



การศึกษาเครื่องแก้วจากแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทยก่อนพุทธศตวรรษที่ 16

โดย

นางสาวญาติมา ทองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์

ภาควิชาโบราณคดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาเครื่องแก้วจากแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทยก่อนพุทธศตวรรษที่ 16

โดย

นางสาวญาติมา ทองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์

ภาควิชาโบราณคดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**A STUDY OF GLASSWARE FROM ARCHAEOLOGICAL SITES ON SOUTHERN COAST
OF THAILAND PRIOR TO 11 TH CENTURY A.D.**

**By
Yatima Thongkam**

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF ARTS

Department of Archaeology

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การศึกษาเครื่องแก้ว จากแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทยก่อนพุทธศตวรรษที่ 16 ” เสนอโดย นางสาวณัฐมา ทองคำ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตั้งกูร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มยุรี วีระประเสริฐ
2. อาจารย์ ร้อยเอก บุญยฤทธิ นายสุวรรณ

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ผาสุข อินทรารุช)
...../...../.....

..... กรรมการ
(พันโท ดร. พิสุทธิ์ คารารัตน์)
...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มยุรี วีระประเสริฐ)
...../...../.....

..... กรรมการ
(อาจารย์ ร้อยเอก บุญยฤทธิ นายสุวรรณ)
...../...../.....

48101202 : สาขาวิชาโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์

คำสำคัญ : ภาชนะแก้ว / วิทยาศาสตร์ / เมืองท่าโบราณในภาคใต้

ญาติมา ทองคำ : การศึกษาเครื่องแก้วจากแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทยก่อนพุทธศตวรรษที่ 16. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.มยุรี วีระประเสริฐ และ อาจารย์ ร้อยเอกบุญฤทธิ์ ฉายสุวรรณ. 420 หน้า.

ในการศึกษาเรื่องเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของคาบสมุทรไทยนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี แหล่งผลิต บทบาทหน้าที่ การกำหนดอายุของวัตถุที่พบ และสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งเป็นการยืนยันถึงการค้าในยุคอินโด-โรมันที่มีการติดต่อระหว่างซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออก ซึ่งเป็นการนำเอากระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ร่วมกับงานทางด้านโบราณคดี โดยแหล่งโบราณคดีที่พบเครื่องแก้ว มีทั้งสิ้น 7 แหล่ง ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางยอน, หุ้งตึก, คลองท่อม, เขาศรีวิชัย, ท่าชนะ (วัดอัมพวา) และแหลมโพธิ กระบวนการวิจัยนี้ได้ใช้การตรวจสอบโดยเครื่องสแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคปพร้อมด้วยอุปกรณ์ติดตั้งเอ็กซ์เรย์ (SEM-EDX) ธาตุองค์ประกอบสามารถแบ่งได้เป็นธาตุหลักและธาตุรอง มี 15 องค์ประกอบ ได้แก่ ซิลิกอน (Si), อลูมิเนียม (Al), แคลเซียม (Ca), โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K), แมกนีเซียม (Mg), ไททาเนียม (Ti), ตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn), ทองแดง (Cu), ดีบุก (Sn), โคบอลต์ (Co), โครเมียม (Cr), สังกะสี (Zn) และแบเรียม (Ba) ผลการศึกษาสามารถแบ่งกลุ่มภาชนะแก้วได้ 5 กลุ่ม คือ กลุ่มแก้วโซดา , กลุ่มแก้วโปแตส, กลุ่มแก้วที่มีแคลเซียมสูง อลูมินาต่ำ และแก้วตะกั่ว ซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งที่พบเครื่องแก้วทั้งซีกโลกตะวันออกและตะวันตก ดังนั้น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วทำให้สันนิษฐานได้ว่าแหล่งโบราณคดีเหล่านี้มีบทบาทเป็นเมืองท่าทางการค้ามาตั้งแต่สมัยยุคอินโด-โรมัน (พศต. 5-9) จนกระทั่งถึงสมัยประวัติศาสตร์ (พศต. 12-16) แสดงให้เห็นว่าเป็นเครือข่ายเส้นทางทางการค้าระหว่างซีกโลกตะวันตกและตะวันออกซึ่งพบว่าสัมพันธ์กับยุโรป ตะวันออกกลาง อินเดียและจีน นอกจากนี้จากการตรวจสอบระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และก้อนแก้ว พบว่ามีความเป็นไปได้ที่มีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วกลับมาหลอมใหม่อีกครั้งเพื่อทำลูกบิดแก้ว

ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2552

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. 2.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ มยุรี วีระประเสริฐ ผู้ซึ่งเสียสละเวลาคอยให้คำปรึกษาและแนะนำแนวคิดต่างๆ และ ร.อ. บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ ที่คอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูลภาคสนาม พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ ศ.ดร. ผาสุข อินทราวุฑู ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการ อาจารย์ พันโท ดร. พิศุทธิ์ ดารารัตน์ ที่กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ คอยตรวจสอบแก้ไขและแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ อาจารย์.ดร.กฤษณ์ วงศ์อินทร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับงานวิจัย และ คณาจารย์ในคณะทุกท่านที่คอยให้ความรู้และประสบการณ์หลายอย่างตลอดปีการศึกษาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูล ซึ่งสำเร็จได้เนื่องจากความอนุเคราะห์และร่วมมือในการดำเนินการจากบุคคลหลายฝ่าย ดังรายนามต่อไปนี้ คุณบุษกร จินะเจริญ ผู้อำนวยการพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติสงขลา คุณชัยวุฒิ พิชะกุล ผู้เชี่ยวชาญสถาบันทักษิณคดีศึกษา คุณอนงค์ หนูแป้น ผู้อำนวยการพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช คุณพงษ์ธันว์ สำเภาเงิน คุณสารวัช ชลอสันติกุล แห่งสำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช ดร. Bellina Bérénice, ดร. Laure Dissubieux เจ้าหน้าที่ทุกท่านจากพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ ไซยา, พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติเขา ชุมพร, พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติสงขลา, พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ ถิ่นกลางทุกท่านที่คอยให้อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือในการดำเนินการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งขอขอบคุณทุกท่านดังต่อไปนี้ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด คุณเรไร นัยวัฒน์ คุณเสาวลักษณ์ พิชะกุล คุณศุทนต์ ผาสุก คุณพรกมล แสงอรุณ คุณธนนิสรา พุ่มพะกา คุณปิลันท์ ไทยสรวง รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทั้งหมด และขอขอบคุณอีกครั้งสำหรับเพื่อนร่วมรุ่นปริญญาโทปี พ.ศ.2548

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนในการวิจัย และงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี เนื่องจากบุคคลที่สำคัญสองท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณพ่อกับแม่ ที่คอยอบรมสั่งสอนให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษาดังสมความปรารถนา

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ มยุรี วีระประเสริฐ ผู้ซึ่งเสียสละเวลาคอยให้คำปรึกษาและแนะนำแนวคิดต่างๆ และ ร.อ. บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ ที่คอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูลภาคสนาม พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ ศ.ดร. ผาสุข อินทราวุธ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการ อาจารย์ พันโท ดร. พิศุทธิ์ ดารารัตน์ ที่กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ คอยตรวจสอบแก้ไขและแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ อาจารย์.ดร.กฤษณ์ วงศ์อินทร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับงานวิจัย และ คณาจารย์ในคณะทุกท่านที่คอยให้ความรู้และประสบการณ์หลายอย่างตลอดปีการศึกษาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องในการเก็บข้อมูล ซึ่งสำเร็จได้เนื่องจากความอนุเคราะห์และร่วมมือในการดำเนินการจากบุคคลหลายฝ่าย ดังรายนามต่อไปนี้ คุณบุษกร จินะเจริญ ผู้อำนวยการพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติสงขลา คุณชัยวุฒิ พิชะกุล ผู้เชี่ยวชาญสถาบันทักษิณคดีศึกษา คุณอนงค์ หนูแป้น ผู้อำนวยการพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช คุณพงษ์ธันว์ สำเภาเงิน คุณสารวัช ชลอสันติกุล แห่งสำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช ดร. Bellina Bérénice, ดร. Laure Dissubieux เจ้าหน้าที่ทุกท่านจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ ไซยา, พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติเขา ชุมพร, พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติสงขลา, พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช และพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ ถลางทุกท่านที่คอยให้อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือในการดำเนินการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งขอขอบคุณทุกท่านดังต่อไปนี้ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด คุณเรไร นัยวัฒน์ คุณเสาวลักษณ์ พิชะกุล คุณศุทนต์ ผาสุก คุณพรกมล แสงอรุณ คุณธนนิสรา พุ่มพะกา คุณปิลันท์ ไทยสรวง รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทั้งหมด และขอขอบคุณอีกครั้งสำหรับเพื่อนร่วมรุ่นปริญญาโทปี พ.ศ.2548

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนในการวิจัย และงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ลุล่วงด้วยดี เนื่องจากบุคคลที่สำคัญสองท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณพ่อกับแม่ ที่คอยอบรมสั่งสอนให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษาดังสมความปรารถนา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ	ฐ
สารบัญแผนภูมิ.....	ป
สารบัญแผนที่	ภ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
สมมติฐานของการศึกษา.....	8
ขอบเขตการศึกษา.....	9
นิยามศัพท์.....	9
วิธีการศึกษา.....	11
ผลการศึกษาที่ผ่านมา	13
2 ประวัติความเป็นมาของเครื่องแก้ว (ภาชนะแก้ว).....	34
การพัฒนากาเกิดแก้ว.....	34
ประวัติของการใช้เครื่องแก้วในดินแดนต่างๆ ของโลก	36
คุณลักษณะของแก้ว	66
ชนิดของแก้ว.....	67
ร่องรอยที่ปรากฏในเนื้อแก้ว	70
การขึ้นรูปภาชนะแก้ว	73
การตกแต่งเครื่องแก้ว.....	75
ประเภทของเครื่องแก้ว	77
บทบาทหน้าที่ของเครื่องแก้ว.....	79

บทที่	หน้า
	องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของแก้ว..... 81
	สรุป 82
3	เครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีภาคใต้ในประเทศไทย..... 84
	การศึกษา..... 89
	การจำแนกโบราณวัตถุประเภทเครื่องแก้ว..... 90
	กระบวนการศึกษาชิ้นส่วนภาชนะแก้ว..... 89
	แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง 95
	แหล่งโบราณคดีนางย่อน 104
	แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (เกาะคอเขา)..... 112
	แหล่งโบราณคดีคลองท่อม 120
	แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว..... 127
	แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์..... 131
	แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย 135
	แหล่งโบราณคดีท่าชนะ 138
	แหล่งโบราณคดีสทิงพระ 141
	สรุป 144
4	เครื่องแก้วโบราณและการวิเคราะห์ตัวอย่างที่พบในประเทศไทย..... 146
	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่าง..... 146
	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง..... 147
	หลักการทำงานทั่วไปของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด..... 149
	เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ใช้ในงานวิจัย..... 150
	ธาตุองค์ประกอบของแก้วที่นำมาวิเคราะห์..... 153
	ข้อสังเกตในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้ว 154
	การวิเคราะห์เครื่องแก้วที่พบในภาคใต้ของประเทศไทย..... 158
	แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง..... 156
	แหล่งโบราณคดีนางย่อน..... 174
	แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก..... 196
	แหล่งโบราณคดีคลองท่อม..... 218

บทที่	หน้า
แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย.....	244
แหล่งโบราณคดีท่าชนะ.....	247
แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ.....	249
สรุป	259
5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบ	260
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้วในแต่ละแหล่งโบราณคดี.....	261
การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ.....	263
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโบราณวัตถุประเภทแก้ว.....	270
แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง	270
แหล่งโบราณคดีนางย่อน	281
แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก	294
แหล่งโบราณคดีคลองท่อม	304
แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ.....	319
แหล่งโบราณคดีท่าชนะ (วัดอัมพาวาส)	325
การเปรียบเทียบสี.....	329
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลและ แหล่งโบราณคดีต่างประเทศ.....	336
การวิเคราะห์ชนิดของแก้ว.....	353
การวิเคราะห์ประเภทของภาชนะแก้วโดยใช้สูตรคำนวณ.....	372
สรุป	377
6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	388
บรรณานุกรม.....	395
ภาคผนวก	408
ภาคผนวก ก.....	409
ภาคผนวก ข.....	425

	หน้า
ประวัติผู้วิจัย.....	429

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงสีที่เกิดจากออกไซด์ชนิดต่างๆ.....	80
2	แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง.....	91
3	แสดงโบราณวัตถุประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้ว.....	100
4	แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีนางย่อน.....	107
5	แสดงชิ้นส่วนของเครื่องแก้ว.....	109
6	แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก.....	114
7	แสดงชิ้นส่วนของเครื่องแก้ว.....	116
8	แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีคลองท่อม.....	122
9	แสดงชิ้นส่วนของเครื่องแก้ว.....	124
10	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง...	271
11	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน....	282
12	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก.....	295
13	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม.	305
14	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ..	319
15	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีท่าชนะ.....	325
16	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีจากแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า... ประเทศไทย.....	337
17	ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีจากแหล่งโบราณคดีเปنگาลัน บูจัง มาเลเซีย..	338
18	องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วในจีน.....	339
19	องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วที่พบในสุสานจีน.....	340
20	แสดงองค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบในอินเดีย.....	341
21	แสดงผลการวิเคราะห์แก้วที่พบในอินเดีย, อริกาเมซุ.....	341
22	แสดงผลการวิเคราะห์ของแก้วโรมันที่พบใน Rupal, อินเดีย.....	342
23	แสดงผลวิเคราะห์ของแก้วโรมันที่พบในตักชิลลา, อินเดีย.....	342
24	แสดงผลการวิเคราะห์ของแก้วโรมันที่พบในนาลันทา, อินเดีย.....	343
25	แสดงผลการวิเคราะห์แก้วโรมันที่พบในนาสิก,อ อินเดีย.....	343
26	แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบแก้วโรมันที่พบใน Ter, อินเดีย.....	344

ตารางที่		หน้า
27	แสดงผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบแก้วโรมันที่พบในหัตถินาปุระ, อินเดีย.....	344
28	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วจากตะวันออกเฉียง.....	345
29	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของแก้วอิสลาม (Hedwig) Levent (10 th -13 th c.) และที่อียิปต์ เปอร์เซีย และซีเรีย (ค่าเฉลี่ย) (9 th -13 th) ...	346
30	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของภาชนะแก้วในสมัยราชวงศ์ซาชานีเยน.....	347
31	ตารางองค์ประกอบทางเคมีของภาชนะแก้วโรมัน.....	348
32	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของแก้วโรมันที่ Koln, เยอรมันนี	348
33	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของแก้วโรมันที่พบในสวิตเซอร์แลนด์.....	349
34	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของแก้วโรมันที่พบใน Santa Martio di Ovaro	350
35	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของแก้วที่พบใน Aquilela, Italy	350
36	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของแก้วใสในสุสาน Bocholtz, เนเธอร์แลนด์....	351
37	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของแก้วโรมันในอังกฤษ.....	351
38	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีของแก้วใน Augusta Praetoria, Italy.....	352
39	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันใน Jalame, Palestine.....	352
40	ผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันจากตอนกลางทางตะวันตกในฝรั่งเศส	352

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องมือหินทำจากหินออบซิเดียนพบในเคนยา มีอายุประมาณ 3,700-900 ปีมาแล้ว	34
2	ลูกบิดเคลือบฟายของซีในยุคราชวงศ์เก๋าราว 3,000 ปีมาแล้ว	36
3	ถ้วยมีก้านจาร์ริก Carthouche ของ Thushmosis III	37
4	Amphoriskos ขึ้นรูปด้วยแกน (1400-1350 ปีก่อนคริสตกาล).....	39
5	ภาชนะแก้วแบบ gold sandwich glass.....	40
6	ภาชนะแก้วแบบโมเสก, เมดิเตอร์เรเนียน, ประมาณ 200-100 ปีก่อนคริสตกาล	41
7	แจกัน Portland Vase (Cameo)	42
8	ภาชนะแก้วขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์จาร์ริกชื่อผู้ผลิต.....	43
9	ภาชนะแก้วขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์มีภาพการต่อสู้ของนักรบ.....	43
10	ภาชนะแก้วที่ตกแต่งด้วยลายเส้นแก้ว หรือลายงู(คริสต์ศตวรรษที่ 2)	44
11	ถ้วยดื่มทรงเขา (dinking horn).....	46
12	ถ้วยแบบ claw หรือ Rüsselbecher	47
13	เหยือกแก้วเขียนสี, อายุราว ค.ศ.100.....	49
14	แผ่นดินเหนียวจาร์ริกเกี่ยวกับการผลิตแก้ว, พบใน Neneveh (Iraq).....	50
15	ขวดแก้วโมเสกขึ้นรูปด้วยแกนจาก Ur, 1300 BC.....	51
16	แจกันแก้วจาร์ริกพระนามของกษัตริย์ซากอนที่ 2	52
17	ชามแก้วเจียระไนผิวให้เป็นริ้ววงกลมมนต่ำ.....	53
18	เครื่องแก้วแบบ Hedwig ผลิตในอียิปต์ราวคริสต์ศตวรรษที่ 11-12	54
19	ภาชนะแก้วเขียนสีและเคลือบบนเนื้อแก้ว ผลิตในซีเรีย (ค.ศ.1127-1144)	55
20	เหยือกแก้วเขียนสีและเคลือบ, 1300 A.D.	56
21	ถ้วยแก้วแบบปุ่ม (prunts).	57
22	จานแก้วเจียระไน อายุประมาณกลางคริสต์ศตวรรษที่ 17	58
23	แก้วที่ประดับบนดาบของจักรพรรดิกุเจียน.....	59
24	ลูกบิดมีตาจากตะวันออกกลาง	59
25	ชามแก้วที่ตกแต่งด้วยการเจียระไน.....	62
26	โบราณวัตถุที่พบในในหุบเขา Thu Bon, Quang Nam.....	63

ภาพที่		หน้า
27	ชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีสุโขทัย บูจัง ประเทศมาเลเซีย	64
28	ชิ้นส่วนก้อนแก้วหลอม	66
29	ชิ้นส่วนเครื่องแก้วพบที่แหลมโพธิ์.....	66
30	ร่องรอยของสิ่งเจือปนที่พบภายในเนื้อแก้วจากแหล่งโบราณคดีนางย่อน.....	71
31	ร่องรอยของฟองอากาศที่ปรากฏในเนื้อแก้วจากแหล่งโบราณคดีนางย่อน.....	71
32	ร่องรอยริ้วที่พบบนลูกบิดสีน้ำตาลแดงจากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง	72
33	ร่องรอยริ้วสีแดงที่พบบนผิวของชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีน้ำเงินจากแหล่ง โบราณคดีนางย่อน	72
34	การขึ้นรูปภาชนะด้วยการพันบนแกน	74
35	การขึ้นรูปภาชนะด้วยแม่พิมพ์.....	75
36	เครื่องแก้วที่ใช้ในพิธีกรรม.....	79
37	แผ่นโปสเตอร์ Munsell Color System	91
38	อุปกรณ์วัดค่าสี GIA GemSet	94
39	องค์ประกอบ dimension ของ hue, value, chroma	93
40	สภาพแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง.....	96
41	แอมฟอราที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง	102
42	ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (ขาม) คามิโอ (cameo).....	103
43	ชิ้นส่วนแก้วโมเสก.....	103
44	ชิ้นส่วนลำตัวแก้วมีการแต้มจุดสี	103
45	โบราณวัตถุประเภทแก้วจากระดับสมมติ 60-70 cm.dt.	104
46	ลูกบิดแก้วจากระดับสมมติ 70-80 cm.dt.	104
47	สภาพแหล่งโบราณคดีนางย่อน.....	106
48	ลูกบิดแก้วจากหลุมขุดค้นที่ 1 ระดับสมมติ 70-90 cm.dt.....	111
49	ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จากหลุมขุดค้นที่ 1 ระดับสมมติ 60-70 cm.dt.	111
50	เศษแก้วหลอม จากหลุมขุดค้นที่ 2 ระดับสมมติ 70-80 cm.dt.....	111
51	เศษแก้วหลอมจากหลุมขุดค้นที่ 2 ระดับสมมติ 90-100 cm.dt.....	111
52	ขวดแก้วโรมันพบในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก.....	118
53	ขวดแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก	118

ภาพที่		หน้า
54	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีน้ำตาลใน	119
55	ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้าจากการขุดค้น	119
56	ลำตัวภาชนะแก้วจากการขุดค้น	119
57	ขวดแก้วจากการขุดแต่งเนินโบราณสถาน	119
58	ชิ้นส่วนแก้วเขียนสี (จากการสำรวจ)	119
59	ชิ้นส่วนก้นภาชนะจากการสำรวจ	119
60	สภาพพื้นที่บริเวณแหล่งแม่ น้ำคลองท่อม	121
61	ชิ้นส่วนปากภาชนะจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2551	126
62	ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (จากการสำรวจ)	126
63	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้ว	126
64	คลองท่าตะเภาบริเวณเนินเขาด้านทิศตะวันตก	129
65	เศษแก้วหลอม ลูกปัดแก้ว และกำไลแก้ว	129
66	ลูกปัดแก้ว	130
67	ชิ้นส่วนกำไลแก้วสีเขียว	130
68	ชิ้นส่วนกำไลแก้วสีเขียว	130
69	สภาพของแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ	132
70	ลูกปัดมีตาจากการขุดค้นและสำรวจแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ	134
71	ชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบจากการสำรวจและขุดค้น	134
72	เศษลูกปัดแก้วและเศษแก้ว	134
73	ขวดแก้วจากแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ	134
74	ศาสนสถานบนเขาศรีวิชัย	137
75	ศาสนสถานบนเขาศรีวิชัย	137
76	ลูกปัดแก้วจากการสำรวจ	137
77	ลูกปัดแก้วจากการสำรวจ	137
78	ลูกปัดแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2545	137
79	ลูกปัดแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2545	137
80	ชิ้นส่วนคอขวด	138
81	ขี้ตะกั่วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2545	138

ภาพที่		หน้า
82	บริเวณพื้นที่ถ้าเขาประสงค์พื้นที่ใกล้เคียงแหล่งโบราณคดีวัดอัมพาวาส.....	140
83	ร่องรอยการลักลอบขุดโดยใช้เครื่องสูบลิน.....	140
84	ลูกปัดแก้วสีเขียว.....	140
85	เศษแก้ว ก้อนแก้วหลอม.....	140
86	คาบสมุทรสทิงพระ.....	142
87	ลูกปัดแก้วจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีสทิงพระ.....	144
88	ก้อนแก้วหลอมและเศษขี้แก้ว.....	144
89	อุปกรณ์ทำความสะอาดระบบอุลตราโซนิก.....	147
90	เตาอบตัวอย่าง.....	148
91	เครื่อง Carbon & Gold Sputter Coating.....	148
92	เครื่อง Scanning Electron Microscope: JEOL JSM-5910 LV.....	151
93	เครื่อง Scanning Electron Microscope : JEOL JSM-6335F.....	152
94	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ณ บริษัทโครแอ็กซ์ จำกัด มหาชน	152
95	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วหลายสี (สีเขียวและสีเหลือง) ด้านหน้า.....	153
96	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วหลายสี (สีเขียวและสีเหลือง) ด้านหลัง.....	153
97	โครงสร้างเนื้อแก้วสีเขียว.....	153
98	โครงสร้างเนื้อแก้วสีเหลือง.....	153
99	ชิ้นส่วนแก้วโมเสกสีน้ำเงิน แดง ขาว (ด้านหน้า).....	158
100	ชิ้นส่วนแก้วโมเสกสีน้ำเงิน แดง ขาว (ด้านหลัง).....	158
101	โครงสร้างเนื้อแก้วสีขาว.....	158
102	โครงสร้างเนื้อแก้วสีน้ำเงิน.....	158
103	โครงสร้างเนื้อแก้วสีแดง.....	158
104	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง (ด้านหน้า).....	160
105	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง (ด้านหลัง).....	160
106	โครงสร้างเนื้อแก้วสีเหลือง.....	160
107	โครงสร้างเนื้อแก้วสีเหลืองสีเหลืองทึบ.....	160
108	ชิ้นส่วนก้นภาชนะแก้วสีน้ำเงิน.....	162
109	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	162

ภาพที่		หน้า
110	ลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง.....	163
111	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	163
112	ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้า/เขียวอมฟ้า.....	164
113	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	164
114	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียวอ่อน.....	165
115	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	165
116	ก้อนแก้วสีเขียวอ่อน.....	166
117	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	166
118	ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำเงิน.....	167
119	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	167
120	ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำเงิน.....	168
121	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	168
122	ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำตาล.....	169
123	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	169
124	ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีเขียว (เข้ม).....	170
125	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	170
126	ลูกบิดแก้วสีฟ้า.....	171
127	สภาพผิวแก้วด้านนอก.....	171
128	ลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน.....	172
129	พื้นผิวของลูกบิดแก้ว.....	172
130	ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง.....	173
131	สภาพผิวแก้วด้านนอก.....	173
132	ด้านหน้าของชิ้นส่วนไหล่/คอสีน้ำเงิน.....	174
133	ด้านหลังของชิ้นส่วนไหล่/คอสีน้ำเงิน.....	174
134	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	174
135	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีม่วง.....	176
136	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	176

ภาพที่		หน้า
137	ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้วสีเขียว.....	177
138	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	177
139	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า.....	178
140	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	178
141	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้าอมเขียว.....	179
142	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	179
143	ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีฟ้า.....	180
144	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	180
145	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน.....	181
146	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	181
147	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง.....	182
148	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	182
149	ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีเขียว.....	183
150	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	183
151	ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน.....	184
152	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	184
153	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว.....	185
154	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	185
155	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีม่วง.....	186
156	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	186
157	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า.....	187
158	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	187
159	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว.....	188
160	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	188
161	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน.....	189
162	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	189
163	ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ.....	190
164	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	190

ภาพที่		หน้า
165	ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (ขุ่น).....	191
166	ลักษณะพื้นผิวของเนื้อแก้ว.....	191
167	เศษแก้วสีน้ำเงิน.....	192
168	ลักษณะพื้นผิวของเนื้อแก้ว.....	192
169	เศษแก้วสีดำ.....	193
170	ลักษณะพื้นผิวของเนื้อแก้ว.....	193
171	ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง.....	194
172	พื้นผิวของลูกบิดแก้ว.....	194
173	ลูกบิดแก้วสีดำ.....	195
174	พื้นผิวของเนื้อแก้ว.....	195
175	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว.....	196
176	โครงสร้างของเนื้อแก้วสีเขียว.....	196
177	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า.....	198
178	โครงสร้างของเนื้อแก้วสีฟ้า.....	198
179	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วใส.....	199
180	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	199
181	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้า.....	200
182	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	200
183	ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้า.....	201
184	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	201
185	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงินมีริ้วสีแดง.....	202
186	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	202
187	ชิ้นส่วนก้นภาชนะแก้วน้ำตาลใส.....	203
188	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	203
189	ชิ้นส่วนลำตัวของภาชนะแก้วสีน้ำเงิน.....	204
190	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	204
191	ชิ้นส่วนไหล่ภาชนะแก้วใสออกเหลือง.....	205
192	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	205

ภาพที่		หน้า
193	ชั้นส่วนขอบปากด้านหน้า.....	206
194	ชั้นส่วนขอบปากด้านหลัง (ขูด)	206
195	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	206
196	ชั้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว	208
197	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	208
198	ชั้นส่วนลำตัวภาชนะขูดสีฟ้า	209
199	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	209
200	ชั้นส่วนภาชนะแก้วใส.....	210
201	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	211
203	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	211
204	ชั้นส่วนภาชนะแก้วกำลังหลอม	212
205	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	212
206	ด้านหน้าของชั้นส่วนไหล่	213
207	ด้านในของชั้นส่วนไหล่.....	213
208	ชั้นส่วนคอขวดสีเขียว (ใส), ด้านหน้า.....	214
209	ชั้นส่วนคอขวด, ด้านใน	214
210	ชั้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วมีการตกแต่งด้วยการชุบขีด.....	215
211	ชั้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วมีการเขียนลาย.....	216
212	ชั้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียนสีและเคลือบ.....	217
213	ชั้นส่วนขอบปากใสมีริ้วสีแดงประดับ	218
214	โครงสร้างของเนื้อแก้วสีเขียว.....	218
215	โครงสร้างของเนื้อแก้วสีแดง.....	220
216	ชั้นส่วนขอบปากสีใส	220
217	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	221
218	ชั้นส่วนไหล่ภาชนะแก้วใส.....	221
219	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	222
220	ชั้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วใส	222

ภาพที่		หน้า
221	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	222
222	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว.....	223
223	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	223
224	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง.....	224
225	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	224
226	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า.....	225
227	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	225
228	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า.....	226
229	ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า.....	227
230	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว.....	228
231	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	228
232	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน.....	229
233	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	229
234	ชิ้นส่วนก้นสีเขียว.....	230
235	พื้นผิวของเนื้อแก้ว.....	230
236	ชิ้นส่วนขี้ตะกรันแก้ว.....	231
237	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	231
238	ชิ้นส่วนเศษแก้วสีฟ้า.....	232
239	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	232
240	ชิ้นส่วนเศษแก้วสีฟ้า.....	233
241	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	233
242	เศษแก้วสีเหลือง.....	234
243	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	234
244	เศษแก้วสีน้ำเงิน.....	235
245	พื้นผิวของเนื้อแก้ว.....	235
246	ลูกบิดแก้วสีฟ้า.....	236
247	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	236
248	ลูกบิดแก้วสีฟ้า.....	237

ตารางที่		หน้า
249	โครงสร้างของเนื้อลูกบิดแก้ว.....	237
250	ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง.....	238
251	โครงสร้างของเนื้อแก้ว.....	238
252	ลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน.....	239
253	พื้นผิวของลูกบิดแก้ว.....	239
254	ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง.....	240
255	พื้นผิวของลูกบิดแก้ว.....	241
256	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีคลองท่อม	242
257	ชิ้นส่วนไหล่ภาชนะแก้วสีน้ำเงิน.....	243
258	ชิ้นส่วนไหล่ภาชนะแก้วสีน้ำตาลเข้ม/ส้ม	244
259	ชิ้นส่วนปากขวด.....	245
260	ชิ้นส่วนเศษแก้วหลอม.....	246
261	ลูกบิดแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2545.....	247
262	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน	248
263	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	248
264	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว	249
265	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	249
266	ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน.....	250
267	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	250
268	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว	251
269	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	251
270	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว	252
271	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	252
272	ชิ้นส่วนลำตัว กำลังหลอม.....	253
273	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	253
274	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า	254
275	พื้นผิวของเนื้อแก้ว	254
276	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีม่วง.....	255

ตารางที่		หน้า
277	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียนลายและเคลือบ	256
278	ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีลายชุดขีด.....	258
279	ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีน้ำเงิน.....	259
280	ชิ้นส่วนก้นจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก.....	266
287	ชิ้นส่วนก้นจากการสำรวจแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ.....	266
282	ไหล่ (ขวด?) จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีนางย่อน.....	266
283	ชิ้นส่วนก้นที่มีการขึ้นรูปในแม่พิมพ์.....	266
284	แก้วโมเสกจากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง.....	268
285	ชิ้นส่วนขอบปากแก้วโมเสก, โรม, อิตาลี อายุประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 1...	268
286	เตาหลอมแก้ว (ภาพรวม).....	426
287	เตาหลอมแก้ว (ด้านบน).....	426
288	เป่าหลอมแก้วขนาดต่างๆ.....	426
289	เศษแก้วแตก เป็นส่วนหนึ่งของวัตถุดิบ.....	426
290	ช่างเป่าแก้วกำลังขึ้นรูปภาชนะ.....	427
291	ช่างเป่าแก้วกำลังแกว่งก้อนแก้วเพื่อขึ้นรูป.....	427
292	ช่างเป่าแก้วกำลังเป่าแก้วในแม่พิมพ์.....	427
293	ช่างเป่าแก้วกำลังเป่าแก้วในแม่พิมพ์.....	427
294	คอมไฟแก้วขณะยังไม่ได้ตกแต่ง.....	428
295	เครื่องอบแก้วหลังจากเป่า.....	428
296	การขัดแก้วให้เรียบ.....	428
297	เครื่องแก้วสำเร็จรูป.....	428

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	แสดงปริมาณของโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้นเมื่อ ปี พ.ศ. 2548-2549 ในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง.....	98
2	แสดงสีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (รวมทุกหลุมขุดค้น).....	99
3	แสดงชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่ค้นพบทั้ง 4 หลุมในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง.....	100
4	แสดงประเภทของโบราณวัตถุประเภทแก้ว.....	107
5	แสดงสีของภาชนะแก้ว.....	109
6	แสดงชิ้นส่วนของภาชนะแก้วทั้ง 2 หลุมขุดค้น.....	110
7	แสดงประเภทของโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้น.....	114
8	แสดงสีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว.....	116
9	แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก.....	117
10	แสดงปริมาณของโบราณวัตถุประเภทแก้ว.....	123
11	แสดงปริมาณสีของภาชนะแก้ว.....	124
12	แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม.....	125
13	แสดงปริมาณสีของลูกปัดที่พบจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2522.....	143
14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์และซิลิกาในชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว.....	276
15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว.....	277
16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะ แก้ว และเศษแก้ว.....	278
17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะ แก้ว ก้อนแก้ว และลูกปัดแก้ว.....	279
18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม ตามประเภทโบราณ วัตถุประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว (ภาพรวม)	280
19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียม แยกตามประเภทของ แก้ว ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว.....	281
20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา โซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์.....	287
21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว.....	288

แผนภูมิที่		หน้า
22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม รวมโบรอนด์ตุ.....	288
23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียมของภาชนะแก้ว.....	289
24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียมของภาชนะแก้ว เศษแก้ว.... และลูกบิดแก้ว.....	290
25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมระหว่างชิ้นส่วน ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว	292
26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโปแตสระหว่างชิ้นส่วน ภาชนะแก้ว เศษแก้ว ก้อนแก้ว และลูกบิดแก้ว	293
27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา โซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์	300
28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียม.....	301
29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม และโปแตส	302
30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา แมกนีเซียม ตามประเภทแก้ว.....	303
31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม และโปแตส ตามประเภทโบรอนด์ตุ วัตถุ ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้ว	310
32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา โซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์	311
33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมของภาชนะแก้ว.....	310
34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียม แยกตามประเภท.....	312
35	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียม ของเครื่องแก้ว.....	313
36	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโปแตสของโบรอนด์ตุแยกประเภท แก้ว	314
37	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะ แก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว	316
38	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะ แก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว	317
39	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา โซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์	321
40	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา โซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์	322
41	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม และโปแตสของชิ้นส่วน ภาชนะแก้ว และก้อนแก้วหลอม.....	323

แผนภูมิที่		หน้า
42	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม และอลูมินาของชิ้นส่วนภาชนะ แก้ว กับก้อนแก้วหลอม	324
43	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียม ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้วหลอม	324
44	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา โซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์	327
45	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมของภาชนะแก้ว.....	328
46	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม และโปแตสของภาชนะแก้ว.....	329
47	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมในกลุ่มแก้วสีน้ำเงินฟ้า.....	330
48	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมในกลุ่มแก้วสีเขียว.....	331
49	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมในกลุ่มแก้วสีเหลือง.....	332
50	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียมของกลุ่มแก้วสีแดง น้ำตาลแดง.....	333
51	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมของกลุ่มแก้วขาว-ใส	334
52	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมของกลุ่มแก้วสีดำ.....	335
53	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและโปแตสที่มีค่าสูงตั้งแต่ 10% ขึ้นไป	353
54	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและโซเดียมในเครื่องแก้ว.....	355
55	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีเป็งกาลัย บูจิง (มาเลเซีย).....	358
56	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีในอินเดีย.....	358
57	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างเครื่องแก้วของแหล่ง โบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน.....	359
58	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง.....	359
59	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในโรมัน.....	360
60	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีเป็งกาลัย บูจิง (มาเลเซีย).....	362

แผนภูมิที่		หน้า
61	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีในอินเดีย.....	363
62	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีในตะวันออกเฉียง.....	363
63	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน	364
64	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในโรมัน.....	364
65	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูจิ่ง	365
66	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างแหล่ง โบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน.....	367
67	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างแหล่ง โบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในอินเดีย.....	367
68	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างแหล่ง โบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกเฉียง.....	368
69	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างแหล่ง โบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในโรมัน	368
70	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสระหว่างแหล่งโบราณคดี โบราณคดีชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูจิ่ง.....	370
71	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน.....	371
72	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในอินเดีย	371
73	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกเฉียง	372
74	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสระหว่างแหล่งโบราณคดี ชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วโรมัน.....	37

แผนภูมิที่		หน้า
75	แสดงวิธีการคำนวณหาประเภทของแก้ว.....	374

สารบัญแผนที่

แผนที่ที่		หน้า
1	แสดงที่ตั้งภาคใต้ของประเทศไทยระหว่างมหาสมุทรอินเดียและทะเลจีนใต้..	84
2	แสดงพื้นที่ภาคใต้ และแหล่งโบราณคดีที่มีการค้นพบแก้ว	86
3	แสดงแผนที่ประเทศไทย และแหล่งโบราณคดีที่มีการพบเครื่องแก้ว.....	88
4	แสดงแผนที่ภาคใต้ และแหล่งโบราณคดีที่มีการพบเครื่องแก้ว	88
5	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีที่พบเครื่องแก้วในภาคใต้ของไทย.....	94
6	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง	96
7	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา.....	105
8	แสดงที่ตั้งเกาะคอเขา และแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา.....	113
9	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (ควนลูกปัด) อ.คลองท่อม จ.กระบี่	121
10	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว อ.เมือง จ.ชุมพร	128
11	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี.....	132
12	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี	136
13	แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี.....	142

[หมายเลข]	[ข้อความ]	[หน้า]

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แก้วเป็นผลิตภัณฑ์จากอนินทรีย์วัตถุที่เกิดจากการหลอมส่วนผสมต่างๆ เข้าด้วยกัน ประกอบด้วย ททราย โซเดียมคาร์บอเนต และหินปูน ที่อุณหภูมิประมาณ 1,300°C โดยทรายช่วยในการขึ้นรูป¹ โซเดียมคาร์บอเนตช่วยหลอมเหลวให้ง่ายขึ้น หินปูนจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงตัวของแก้ว ส่วนตะกั่วช่วยในการหลอมละลายและทำให้แก้วมีความวาวมากขึ้น แก้วจะมีลักษณะเป็นของแข็งเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 500°C โดยทั่วไปแก้วจะมีความคงทน แข็งแกร่ง แต่เปราะ มีความโปร่งใส โปร่งแสงและทึบแสง มีน้ำหนักเบา ทำความสะอาดได้ง่าย และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปและตกแต่งได้หลากหลายวิธี ดังนั้น ผลิตภัณฑ์จากแก้วจึงมีลักษณะที่ดูสวยงาม คงทน กว่าวัตถุอื่นๆ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแก้วที่ต่างจากวัตถุชนิดอื่น ทำให้แก้วได้รับความนิยมตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน

หลักฐานเกี่ยวกับแก้วที่เก่าแก่ที่สุดพบว่า การผลิตแก้วพัฒนามาจากการผลิตแก้วน้ำเคลือบบนลูกบิดหินหรือดินเผา (glaze bead) หรือน้ำยาเคลือบบนภาชนะดินเผา จากหลักฐานทางโบราณคดีพบว่าบริเวณดินแดนแถบตะวันออกกลาง บางทีอาจเป็นเมโสโปเตเมีย ที่เริ่มผลิตแก้วเป็นแห่งแรก จากนั้นจึงส่งไปยังอียิปต์ ซีเรีย² แก้วเป็นวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบทั้งเครื่องประดับและเครื่องใช้ หลักฐานเกี่ยวกับแก้วที่เก่าแก่ที่สุดพบในอียิปต์เป็นลูกบิดแก้วมีอายุประมาณ 4,500 ปีมาแล้ว ส่วนเครื่องแก้วที่เก่าแก่ที่สุดพบในสุสานของกษัตริย์ทุทโมซิสที่ 3 (Tuthmosis III) เป็นเหยือกขนาดเล็กและถ้วยมีพวย มีอายุราว 1,500 ปีก่อนคริสตกาล³

¹Frank,susan, Glass and Archaeology (New York : Academic Press,1982),1-2.

²Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass “core-formed, rod-formed, and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D. 50.(New York : Hudson Hills Press,1989), 45.

³Frank, Susan, Glass and Archaeology, 17.

แม้มีการค้นพบแก้วมานานแล้ว แต่การผลิตเครื่องแก้วหรือภาชนะที่ทำจากแก้วเริ่มปรากฏมาเมื่อไม่กี่พันปีในสมัยราชวงศ์ที่ 18 แห่งยุคอาณาจักรใหม่ (1,567-1,320 ก่อนคริสตกาล) ในระยะแรกนั้นมียุติการผลิตเครื่องแก้วด้วยแกน (core technique) โดยการจุ่มและการพัน ต่อมาจึงพัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ (mould technique)

การผลิตเครื่องแก้วในดินแดนเมโสโปเตเมียราว 600 ปีก่อนคริสตกาล ยังคงใช้เทคนิคเช่นเดียวกับที่อียิปต์ และในรัชสมัยของกษัตริย์ซาร์กอนที่ 2 (Sargon II) แห่งซีเรียการผลิตเครื่องแก้วเจริญมาก (721-705 ก่อนคริสตกาล) มีการคิดค้นเทคนิคการตกแต่งแก้วแบบใหม่ เช่น การตัดแก้วและการเจียรไนแก้ว (cut glass) จนกระทั่งดินแดนแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนกลายเป็นส่วนหนึ่งของอาณาจักรโรมันและได้ค้นพบเทคนิคการเป่าแก้ว (blowing glass) ขึ้นเมื่อราว 30 ปีก่อนคริสตกาล ทำให้เครื่องแก้วเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ เนื่องจากสามารถผลิตได้จำนวนมากและสวยงาม ต่อมาเมื่ออาณาจักรโรมันล่มสลายลงจากการโจมตีของชนเผ่าเยอรมันราวคริสต์ศักราช 500 จึงเกิดศูนย์กลางการผลิตแก้วแห่งใหม่ที่เมืองคอนสแตนติโนเปิล (Constantinople) บริเวณฝั่งตะวันออกของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน⁴ ผลิตภัณฑ์แก้วในยุคนี้มักเป็นขวดขนาดเล็กหรือเหยือกใส่น้ำมันหรือเครื่องหอม

ก่อนที่อาหรับจะมีอำนาจเหนือดินแดนเมโสโปเตเมียและเปอร์เซีย (ปัจจุบันคือประเทศอิรักและประเทศอิหร่าน) ดินแดนแถบนี้เป็นแหล่งอุตสาหกรรมผลิตแก้วที่สำคัญภายใต้การปกครองของราชวงศ์ซาสานีเนียน (Sasanian Dynasty) จนกระทั่งราว ค.ศ. 750-1258 แอบบาซิด (Abbasid Dynasty) ได้ขยายอำนาจเหนือดินแดนทางตะวันตกของเอเชียและทางตอนใต้ของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีแบกแดดเป็นศูนย์กลางทางการเมือง ส่วนเปอร์เซียได้กลายมาเป็นแหล่งผลิตเครื่องแก้วที่มีคุณภาพภายใต้การควบคุมของราชวงศ์ซามานิด (Samanid Dynasty) ราว ค.ศ. 819-1004 ในสมัยนี้มีการใช้เทคนิคการตกแต่งที่หลากหลายทั้งเทคนิคการหล่อ (casting) การกดประทับ (stamping) การเคลือบผิวให้มันวาว (luster) การเขียนสี (painting) ต่อมาราว ค.ศ. 1170-1270 ในยุคนี้เองที่ซีเรียเริ่มเป็นศูนย์กลางการผลิตเครื่องแก้วที่มีการตกแต่งด้วยการเคลือบ (enamel glass) และทาสีทอง (gilt glass) บนผิวแก้วราวคริสต์ศตวรรษที่ 13-14⁵ และยังเป็นผู้ผลิตเครื่องแก้วจำพวกสัตว์เหยือกมีพวย (beaker) ประดับด้วยลวดลายต่างๆ นอกจากการ

⁴Klein, Dan and Ward Lloyd, general ed., The History of Glass (London : Orbis Publishing Limited,1984), 36.

⁵Marshall, Jo, Glass source Book (Hongkong : Leefung Printers Ltd.,1990),16-19.

ผลิตแก้วในดินแดนโรมัน ตะวันออกกลางแล้ว ยังมีดินแดนอื่นอีกที่มีการผลิตแก้ว เช่น ที่อินเดียพบหลักฐานเก่าแก่ที่สามารถย้อนไปถึง 3,500 ปีมาแล้ว ว่าเป็นแหล่งผลิตลูกบิด กำไลแก้ว และส่งออกไปยังดินแดนอื่นของโลก ที่จีนปรากฏหลักฐานเกี่ยวกับโบราณวัตถุประเภทแก้วเมื่อประมาณ 800 ปีก่อนคริสตกาล รวมทั้งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีหลักฐานเกี่ยวกับแก้วปรากฏขึ้นราว 2,500-2,000 ปีมาแล้วด้วย

จากประวัติการผลิตแก้วในดินแดนต่างๆ แสดงให้เห็นว่าพัฒนาการเกี่ยวกับเทคนิคการผลิตเครื่องแก้วมีเป็นระยะเวลายาวนาน ซึ่งแก้วนั้นนับได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์จนกระทั่งถึงสมัยปัจจุบัน ดังนั้น แก้วจึงเป็นหลักฐานทางโบราณคดีประเภทหนึ่ง que แสดงให้เห็นถึงความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี และความนิยมต่อแก้วในแต่ละยุค วัตถุที่ทำจากแก้วมีทั้งเครื่องประดับและเครื่องใช้ อาทิ ลูกบิดแก้ว กำไลแก้ว ต่างหู จี้แก้ว ตราประทับ ภาชนะแก้วรูปแบบต่างๆ เช่น ขวดแก้ว จาน ถ้วย เขี่ยอก เป็นต้น

การศึกษาเกี่ยวกับแก้วภายในประเทศไทย พบหลักฐานว่ามีการนำแก้วมาทำเป็นเครื่องประดับประเภทลูกบิด ตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ราว 2,500 – 2,300 ปีมาแล้ว และได้รับความนิยมมากในสมัยประวัติศาสตร์ตอนต้น ส่วนที่เป็นเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วนั้น มักอยู่ในสภาพที่แตกหักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยกระจัดกระจายอยู่ตามแหล่งเมืองท่าโบราณสมัยประวัติศาสตร์ตอนต้นในภาคใต้ เครื่องแก้วที่พบดังกล่าวคงเป็นสินค้านำเข้าที่มาจากตามเส้นทางการค้าระหว่างซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออก เพราะมีการค้นพบเครื่องแก้วในลักษณะเช่นเดียวกันนี้ ตามเมืองท่าแห่งอื่นๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีอายุร่วมสมัยกัน เช่น เมืองออกแคว (Oc-èò) ประเทศเวียดนาม⁶ เมืองปาเล็มบัง (Palembang) ประเทศอินโดนีเซีย⁷ ไปจนถึง

⁶Malleret, L., “Bibliographic.L’archeologie du Delta du Mekong,” in Bulletin de la société des Etudes Indochines Tome XXXIX n° 1 (Saigon : Ministre de l’Information, 1964), 5.

⁷กรมศิลปากร, โบราณคดีศรีวิชัย มุมมองใหม่การศึกษาวิเคราะห์แหล่งโบราณคดีรอบอ่าวบ้านดอน (นครศรีธรรมราช : สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 นครศรีธรรมราช, 2543), 85.

และเมืองหยังโจว (Yangzho) เมืองท่าโบราณสมัยราชวงศ์ถัง (พ.ศ.1161-1450) ซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของจีน⁸

จากการสำรวจและการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลตะวันตกและตะวันออกเฉียงเหนือ ในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย ได้พบชิ้นส่วนของเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีหลายแห่ง ดังนี้

1. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี ในปี พ.ศ. 2524 เขมชาติ เทพไชย นักโบราณคดี ได้ดำเนินการขุดค้นในโครงการโบราณคดีประเทศไทยภาคใต้ ณ แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี จำนวน 5 หลุมขุดค้น⁹ พบโบราณวัตถุต่างชาติมากมาย อาทิ ลูกปัดแก้ว เครื่องถ้วยจีนสมัยปลายราชวงศ์ถัง (อายุราวพุทธศตวรรษที่ 15) เครื่องถ้วยเปอร์เซีย (ราวพุทธศตวรรษที่ 14) ในจำนวนนี้พบเศษแก้วหลากสีทั้งหมด จำนวน 81 ชิ้น และยังพบก้อนแก้วหลอมหลากสีอีกด้วย

2. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ได้ดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 - 2527 โดยการสำรวจและตรวจสอบทางโบราณคดี และเมื่อปี พ.ศ. 2543 สำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต ได้ดำเนินการขุดค้นจำนวน 2 หลุมด้วยกัน พบโบราณวัตถุต่างชาติเป็นจำนวนมาก¹⁰ ได้แก่ ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหินคาร์เนเลียน (carnelian beads) ลูกปัดหินอะเกต (Agate Beads) เศษภาชนะเครื่องถ้วยเปอร์เซีย เศษภาชนะเครื่องถ้วยจีน รวมถึงการพบชิ้นส่วนของเครื่องแก้ว และจากการสำรวจพบว่ามีชิ้นส่วนเครื่องแก้วกระจายอยู่ทั่วแหล่งโบราณคดี

สำหรับแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์และแหล่งโบราณคดีทุ่งตึกได้ทำการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2531-2532 นำโดยนายพิสิฐ เจริญวงศ์ นักโบราณคดี กองโบราณคดี เป็นผู้อำนวยการฝ่ายไทย ดร. เบนเนท บรอนสัน ผู้อำนวยการฝ่ายอเมริกัน และนายธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี เป็นผู้อำนวยการภาคสนามร่วมกันเหอ ชู่เหม่ย นักโบราณคดีจากฟิลิปปินส์ เข็ม ชิดาโก

⁸Jaiyao, An. "Ancient Glass Trade in Southeast Asia," in Ancient Trade and Cultural Contacts in Southeast Asia the Office of the National Culture Commission (Bangkok : The Office, 1996),132-134.

⁹กรมศิลปากร, แหลมโพธิ์ แหล่งเศรษฐกิจของศรีวิชัย (กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2531), 73-106.

¹⁰กรมศิลปากร, ทุ่งตึก : เมืองท่าการค้าโบราณ (กรุงเทพฯ : สำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต, 2550), 86-90.

สหรัฐอเมริกา¹¹ ผลจากการขุดค้นพบว่าทั้งสองเมืองเป็นเมืองท่าชายฝั่งทะเลสมัยพุทธศตวรรษที่ 14-15 ได้พบสินค้าต่างชาติมากมาย รวมถึงเครื่องถ้วยจีน เครื่องแก้วจากตะวันออกกลาง ทำให้สรุปได้ว่าเมืองท่าชายฝั่งทั้งสองแห่งนี้เป็นเมืองคู่ค้าระหว่างกัน

3. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง เมื่อปี พ.ศ. 2548 - 2549 สำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต โดยร้อยเอกบุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ นักโบราณคดีได้ดำเนินการขุดค้นจำนวน 4 หลุมขุดค้น พบโบราณวัตถุทั้งภาชนะดินเผาแบบพื้นเมืองแบบเนื้อดิน และภาชนะดินเผานำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ ภาชนะดินเผาแบบรูแลตต์ (rouletted ware) ภาชนะดินเผาแบบ knob ware ลูกปัดหินและลูกปัดแก้ว เครื่องประดับทองคำ ก้อนแก้วหลอมหลากสี ลูกปัดติดกันเป็นก้อนที่ชำรุดขณะทำการผลิต ชิ้นส่วนเศษเครื่องแก้วทั้งแบบใสและแบบโมเสค (mosaic) ซึ่งบริเวณล้อมรอบแหล่งโบราณคดีภูเขาทองยังมีแหล่งโบราณคดีใกล้เคียงที่พบเศษเครื่องแก้วอีกด้วย เช่น แหล่งโบราณคดีเขากล้วย อ.สุขสำราญ จ.ระนอง แหล่งโบราณคดีบางกล้วยนอก บ้านบางกล้วยนอก หมู่ 3 ตำบลนาคา อำเภอสุขสำราญ จังหวัดระนอง รวมเรียกแหล่งโบราณคดีใกล้เคียงเหล่านี้ว่ากลุ่มแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง

และจากการสำรวจโดย ปรีชา นุ่นสุข เมื่อปี พ.ศ. 2539 พบขวดแก้วสีเขียวใส มีจารึกด้านข้างลำตัว อายุราวพุทธศตวรรษที่ 9-11 ลักษณะคล้ายภาชนะบรรจุเหล้าของโรมัน (Amphora)¹²

4. แหล่งโบราณคดีควนลูกปัด อ.คลองท่อม จ.กระบี่ มีการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2522 โดยนายธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดีกรมศิลปากร และในปี พ.ศ. 2526 มีการขุดค้นนำโดย มยุรี วีระประเสริฐ โดยการสนับสนุนจากรัฐบาลฝรั่งเศสและมูลนิธิฝรั่งเศส ในการขุดค้นครั้งพบ

¹¹อมรวิภา ศรีสุชาติ, “คุยกับผู้เชี่ยวชาญเบนเนท บรอนสันและพิสิฐ เจริญวงศ์ เรื่อง การขุดค้นแหล่งโบราณคดีและแหลมโพธิ์ และการศึกษาเส้นทางการค้าชายทางทะเล ของโครงการศึกษาการตั้งถิ่นฐานและการค้าสมัยโบราณในประเทศไทย,” *ศิลปากร* 33, 1 (มีนาคม-เมษายน 2532) : 32-37.

¹²ปรีชา นุ่นสุข, รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาวิจัยแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทย (กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2539), 182-187.

เศษภาชนะดินเผาแบบเนื้อดิน ลูกปัดแก้วเป็นจำนวนมาก เศษแก้วและก้อนแก้ว ทั้งยังพบชิ้นส่วนเครื่องแก้วในระดับชั้นดินที่ 6 เป็นเศษขอบปากของภาชนะแก้วสีฟ้าใส (คล้ายแก้วโรมัน)¹³

5. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี มีการสำรวจและขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543 โดย นางราญ ศรีชาย และวรวิทย์ หัศภาค พบชิ้นส่วนเศษแก้วสีเขียวเข้ม ในหลุมขุดค้น D4 จำนวน 1 ชิ้น¹⁴ และจากการขุดค้นในปี พ.ศ. 2549 โดยสำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช พบลูกปัดจำนวน 4 เม็ด¹⁵

6. แหล่งโบราณคดีนางย่อน (ควนบางโร) อ.คุระบุรี จ.พังงา จากการสำรวจแหล่งโบราณคดีแห่งนี้เมื่อปี พ.ศ. 2550 โดยสำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต พบเศษเครื่องแก้วกระจายอยู่บนพื้นผิวดินเล็กน้อย และได้ดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ.2551 พบหลักฐานเกี่ยวกับแก้ว ดังนี้ ลูกปัดแก้วสีเขียวจำนวนมาก ลูกปัดแบบหลากสี ลูกปัดหิน เศษชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวนหนึ่ง เศษแก้วและก้อนแก้ว

7. แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว ต.นาชะอัง อ.เมือง จ.ชุมพร ขุดค้นโดยอมรา ศรีสุชาติ และธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี กองโบราณคดี กรมศิลปากร เมื่อปี พ.ศ. 2524¹⁶ แหล่งโบราณคดีแห่งนี้เป็นชุมชนเมืองท่าและแหล่งผลิตเครื่องประดับเพื่อส่งออก พบหลักฐานที่สำคัญได้แก่ ลูกปัดหินคาร์เนเลียนจารึกด้วยอักษรพราหมี ภาษาสันสกฤต (พุทธศตวรรษที่ 5) กลองมโหระทึกสำริดฝังพร้อมกับหุ่นจำลองสำริดรูปคนและสัตว์ กำไลหิน กำไลสำริด กำไลแก้ว ลูกปัดแก้ว และแร่ประกอบหินฝังเส้นสี เศษแก้ว ก้อนแก้วหลอม

8. แหล่งโบราณคดีสีทิงพระ หมู่ 5 ต.จะทิงพระ อ.สีทิงพระ จ.สงขลา ขุดค้นโดยกองโบราณคดี กรมศิลปากร ร่วมกับหน่วยศิลปากรที่ 9 สงขลา เมื่อปี พ.ศ. 2522 พบเศษเหล็กหลอม

¹³ มยุรี วีประเสริฐ, “คลองท่อมแหล่งอุตสาหกรรมทำลูกปัดและเมืองท่าขนถ่ายสินค้าสมัยโบราณ,” ใน ปัจจุบันของโบราณคดีไทย (กรุงเทพฯ : คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528), 43.

¹⁴ กรมศิลปากร, รายงานการขุดแต่ง ขุดค้น โบราณสถานเขาศรีวิชัย อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี (นครศรีธรรมราช : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2543), 28.

¹⁵ กรมศิลปากร, รายงานการขุดแต่งโบราณสถานเขาศรีวิชัย (นครศรีธรรมราช : สำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช, 2543), 191.

¹⁶ ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, “เขาสามแก้ว : ชุมชนโบราณ,” สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ เล่ม 2 (2542) : 841-853.

จับตัวปนอยู่กับเศษแก้วหลอมอย่างน้อย 6 ชิ้น และยังพบลูกบิดแก้วจำนวนหนึ่ง¹⁷ ในการขุดค้นครั้งนี้ยังพบเครื่องปั้นดินเผาแบบพื้นเมือง เครื่องถ้วยจีนตั้งแต่สมัยราชวงศ์ถัง ซ้อง หยวน ก้อนแก้วหลอม ชิ้นส่วนเครื่องมือเหล็ก ถ้วยดินเผาหรือตะคัน แท่นหินบด¹⁸

จากการศึกษาเรื่องเครื่องแก้วจากแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทยที่ผ่านมา นั้น ส่วนมากเป็นการศึกษาแก้วที่เป็นเครื่องประดับจำพวกลูกบิดแก้วและกำไลแก้วเท่านั้น การศึกษาที่เกี่ยวกับเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วจริงๆ มีไม่มากนัก ที่มีอยู่นั้นก็เป็นเพียงข้อสรุปสั้นๆว่า เครื่องแก้วที่พบในภาคใต้คงจะมีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 12-16 และสันนิษฐานว่าเป็นสิ่งของที่นำเข้ามาจากตะวันออกกลาง¹⁹ โดยใช้วิธีการศึกษาเปรียบเทียบกับเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีอื่นๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีอายุร่วมสมัยกันเท่านั้น ยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดอย่างจริงจัง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องเครื่องแก้วที่พบบริเวณแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลโบราณสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ราวพุทธศตวรรษที่ 5 จนกระทั่งถึงพุทธศตวรรษที่ 16 ในประเทศไทย โดยจะนำตัวอย่างของชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีดังกล่าวมาทำการศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพ (physical properties analysis) ได้แก่ สี ความหนา และจะศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแก้วโดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับเทคนิคการผลิต แหล่งผลิตหรือแหล่งที่มาของตัวอย่างแก้วนั้นๆ โดยจะนำตัวอย่างของก้อนแก้วหลอมหลากสี และลูกบิดแก้วสีต่างๆ ที่พบในแหล่งโบราณคดีเดียวกับที่พบตัวอย่างแก้วมาวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบทางเคมีด้วย เพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับข้อสันนิษฐานที่กล่าวกันว่า ชิ้นส่วนของภาชนะแก้วที่พบอยู่ตามแหล่งโบราณคดีในภาคใต้นั้นอาจจะเป็นวัตถุดิบในการทำลูกบิดแก้ว เพราะ ชิ้นส่วนของเครื่องแก้ว ที่พบทั้งฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกนั้น มักกระจายตัวอยู่ตามแหล่งโบราณคดีที่เป็นเมืองท่าโบราณ ที่เชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตลูกบิดแก้วด้วย ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์แบบจุลภาค (microanalysis) ที่ประกอบด้วยกล้อง

¹⁷ธราพงศ์ ศรีสุชาติ. “หลักฐานใหม่จากการปฏิบัติงานขุดค้นทางโบราณคดี ของกองโบราณคดี กรมศิลปากร เกี่ยวกับชุมชนแรกเริ่มสมัยประวัติศาสตร์ในคาบสมุทรสทิงพระ,” ใน ประวัติศาสตร์และโบราณคดีคาบสมุทรสทิงพระ (กรุงเทพฯ : สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2528), 47-51

¹⁸ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, “สทิงพระ : ชุมชนโบราณ,” สารานุกรมวัฒนธรรมภาคใต้ 16 (2542) : 7731-7748.

¹⁹ชมชาติ เทพไชย, “แก้ว : หลักฐานทางด้านโบราณคดีที่สำคัญในบริเวณคาบสมุทรไทย,” ศิลปวัฒนธรรม 6, 8 (มิถุนายน 2528) : 60-64.

จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) และชุดอุปกรณ์ระบบการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยรังสีเอ็กซ์ (energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy, EDX) ซึ่งเป็นการศึกษารูปแบบโครงสร้างด้วยอิเล็กตรอน (electron) และวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยการยิงรังสี x-ray ลงบนเนื้อวัตถุตัวอย่างเพื่อกระตุ้นให้เกิดพลังงาน ทำให้สามารถตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีได้ว่าตัวอย่างเครื่องแก้วประกอบด้วยธาตุชนิดใดบ้าง วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ทำลายโบราณวัตถุ (non-destructive technique) เมื่อได้ข้อมูลจากวิธีการศึกษาดังกล่าวแล้วก็จะนำข้อมูลวิเคราะห์ที่ได้ไปศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของเครื่องแก้วทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น เครื่องแก้วที่เมืองอริกาเมดู (Arikamedu) ประเทศอินเดีย เมืองอัลฟุสตัดท์ (alFustat) ประเทศอียิปต์ เป็นต้น และการค้นพบชิ้นส่วนของเครื่องแก้วในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยอาจนำมาวิเคราะห์เชื่อมโยงเรื่องเส้นทางการค้าและความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนโบราณคดีดังกล่าวกับดินแดนภายนอกได้อีกด้วย

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้ว แหล่งผลิต บทบาทหน้าที่การใช้งาน และการกำหนดอายุของภาชนะแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดี
2. เพื่อวิเคราะห์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนในบริเวณใกล้เคียง รวมถึงความเชื่อมโยงเส้นทางการค้าและความสัมพันธ์กับดินแดนภายนอก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้ว แหล่งผลิต บทบาทหน้าที่การใช้งาน และการกำหนดอายุของภาชนะแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทย
2. ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนร่วมสมัยในบริเวณใกล้เคียง รวมถึงความเชื่อมโยงเส้นทางการค้าและความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับดินแดนภายนอก โดยศึกษาจากการกระจายตัวของเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีทางภาคใต้ของไทย

สมมุติฐานของการศึกษา

1. การกระจายตัวของเครื่องแก้ว สิ้นค้า้นำเข้าจากต่างแดน ตามเมืองท่าชายฝั่งสมัยประวัติศาสตร์ตอนต้นของประเทศไทยและเมืองท่าโบราณอื่นๆร่วมสมัย ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากจะแสดงตำแหน่งเส้นทางการค้าของบ้านเมืองโบราณในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้กับ

ดินแดนโพ้นทะเลระหว่างภูมิภาคตะวันตกและภูมิภาคตะวันออกแล้ว อาจยังแสดงถึงเครือข่ายการค้าร่วมสมัยที่สำคัญในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อีกด้วย

2. การพบแก้วสีน้ำตาลในสภาพที่เป็นเศษชิ้นเล็กชิ้นน้อยจำนวนมากกระจายอยู่ตามแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลของไทยซึ่งเป็นแหล่งผลิตลูกปัดแก้วสมัยโบราณด้วยนั้น อาจนำไปสู่ข้อสันนิษฐานขึ้นส่วนเครื่องแก้วเป็นสินค้านำเข้า เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตลูกปัดแก้ว

ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาเครื่องแก้วครั้งนี้ จะทำการวิเคราะห์เครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลภาคใต้ก่อนพุทธศตวรรษที่ 16 โดยจะศึกษาในเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างเครื่องแก้ว ที่ได้จากการสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดี ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบจุลภาค โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พร้อมด้วยชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุองค์ด้วยรังสีเอ็กซ์ (scanning electron microscope with energy dispersive x-ray fluorescence spectroscopy, SEM-EDX) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ทำลายเนื้อวัตถุตัวอย่าง (non – destructive method) เพื่อแสดงให้เห็นถึงธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างแก้ว ทั้งที่เป็นชิ้นส่วนของภาชนะแก้ว ก้อนแก้วหลอม และลูกปัดแก้ว และนำมาวิเคราะห์ถึงความเปราะ และบทบาทของเครื่องแก้วจากแหล่งโบราณคดีภาคใต้ของประเทศไทย

คำนิยามศัพท์

แก้ว (le verre) หมายถึง วัตถุที่เกิดจากการผสมขององค์ประกอบทางเคมีของซิลิกาหรือทราย และเกลือของโซเดียม หรือโปแตสเซียม ซึ่งตัววัตถุแก้วจะมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง โปร่งแสง เปราะ และแตกง่าย²⁰

แก้ว (Glass) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นอินทรีย์วัตถุจากการหลอมละลาย ซึ่งเมื่อเย็นตัวลงจะมีสภาพแข็ง ปราศจากการตกผลึก ในอดีตแก้วมักจะมีส่วนประกอบ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ทราย (ซิลิกา, silica) ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐาน อัลคาไล ออกไซด์ (alkali oxide) ได้แก่ โซดา (Soda

²⁰Maubourguet, Patrice, Le Petie Larousse : Dictionnaire Encyclopédique (Paris : LAROUSSE, 1993),1060.

ash) หรือ นาตรอน (natron) จะช่วยให้หลอมละลายในอุณหภูมิที่ต่ำ และหินปูน (lime) ที่ช่วยให้แก้วมีลักษณะแข็งตัว และน้ำไม่สามารถซึมออกมาได้²¹

แก้วน้ำเคลือบ (Faïence หรือ Egyptian faïence) หมายถึง วัตถุที่ทำจากผงควอทซ์เคลือบเหมือนกับแก้ว มักจะมีสีฟ้าใส หรือสีเขียว ภาชนะมีลักษณะโปร่งใสและเป็นผลึก ซึ่งสามารถนำมาหล่อในแม่พิมพ์เพื่อที่จะประดิษฐ์ภาชนะ หรือวัตถุอื่นๆ ได้²²

เครื่องแก้ว (Glassware) หมายถึง ภาชนะหรือวัตถุทำจากแก้วจำพวกเครื่องใช้ประเภทแก้ว มีหลากหลายประเภท ได้แก่ 1) เครื่องแก้วที่เป็นภาชนะต่างๆ เช่น หม้อ ถ้วย จาน แจกัน กระถาง และภาชนะเครื่องใช้อื่นๆ 2) เครื่องแก้วขนาดเล็ก เช่น ลูกบิดแก้ว ตุ๊กตาแก้ว อัญมณีแก้ว เป็นต้น 3) กระจกสีตามหน้าต่างโบสถ์ 4) แผ่นกระจกขนาดใหญ่²³ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เครื่องแก้ว (glassware) หมายถึง เครื่องแก้วที่เป็นภาชนะสำหรับเป็นเครื่องใช้ประเภท หม้อ ถ้วย จาน ขวด เป็นต้น

เศษแก้ว (Fragments) หมายถึง ชิ้นส่วนเล็กๆ ชิ้นส่วนที่แตกหัก สะเก็ด หรือ เศษ²⁴

ลูกบิดแก้ว (Glass bead) หมายถึง สิ่งประดิษฐ์ขนาดเล็กที่มี “รู” เพื่อร้อยด้ายหรือเชือกสำหรับห้อยหรือแขวน ทำมาจากวัตถุดิบประเภทอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ เช่น ไม้ หิน แร่ กระจก เปลือกหอย ปะการัง เมล็ดพืช ดินเผา แก้วน้ำเคลือบ แก้วหลอม โลหะต่างๆ อาทิ เงิน ทอง ตะกั่ว ดีบุก เป็นต้น ซึ่งทำให้มีรูปทรงต่างๆ โดยการขัด ฝน บั่น หรือหลอมหล่อ และแต่งแต้มให้มีรูปลักษณะต่างๆ²⁵

²¹Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass Core-Formed, Rod-Formed, and Cast Vessels and Objects from the Late Bronze Age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50, 29-30.

²²Grose, David, Frederick, *ibid.*, 29.

²³Newman, Harold. An Illustrated Dictionary (London : Thames and Hudson Ltd.,1977),136.

²⁴Maubourguet, Le Petie Larousse : Dictionnaire encyclopédique, 456.

²⁵อมรา ศรีสุชาติ, “ลูกบิดโบราณ,” สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ 16 (2542) : 6,954-6,999.

วิธีการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ เช่น รายงานการสำรวจทางโบราณคดี รายงานการขุดค้นแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ รายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์ หนังสือ และบทความทางวิชาการ รวมทั้งข้อมูลด้านสภาพภูมิศาสตร์ แผนที่ และภาพถ่ายต่างๆ

2. ตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้ที่อายุตั้งแต่สมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ถึงพุทธศตวรรษที่ 16 ในเขตจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พังงา ระนอง และจังหวัดกระบี่ เป็นต้น โดยทำการจดบันทึกข้อมูลและถ่ายภาพเพื่อนำไปศึกษาวิเคราะห์ต่อไป

3. คัดเลือกตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4. ศึกษา วิเคราะห์ และตีความข้อมูลทั้งทางด้านโบราณคดีและวิทยาศาสตร์

5. นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เอกสาร การสำรวจ การขุดค้น และการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาเรียบเรียง จัดพิมพ์เป็นวิทยานิพนธ์และนำเสนอผลงาน

แหล่งข้อมูล

1. แหล่งข้อมูลประเภทเอกสาร

1.1 สำนักหอสมุดกลาง วิทยาเขตวังท่าพระ มหาวิทยาลัยศิลปากร

1.2 หอสมุด สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ

1.3 หอสมุดจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 หอสมุดศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร

2. แหล่งข้อมูลประเภทโบราณวัตถุ

2.1 สำนักศิลปากรที่ 13 สงขลา

2.2 สำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช

2.3 สำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต

2.4 พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติไชยา อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี

2.5 พิพิธภัณฑสถานแห่งชาตินครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช

2.6 พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติชุมพร อ.เมือง จ.ชุมพร

2.7 พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติถลาง อ.ถลาง จ.ภูเก็ต

2.8 พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติสงขลา อ.เมือง จ.สงขลา

2.9 สถาบันทักษิณคดีศึกษา จ. สงขลา

3. แหล่งสำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.3 บริษัทโคแอกซ์ กรุ๊ป จำกัด (Coax Group Co.Ltd.)

ผลการศึกษาที่ผ่านมา

แก้วเป็นวัตถุที่แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีของมนุษย์มานานหลายพันปี ด้วยคุณสมบัติลักษณะเฉพาะต่างจากวัตถุประเภทอื่น กล่าวคือ มีความแข็ง โปร่งใส โปร่งแสง และทึบแสง มีสีและไม่มีสี(ใส) คงทน เปราะ และดูสวยงาม จึงมีการใช้แก้วเป็นวัตถุดิบในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้มากมาย อาทิ ลูกบิดแก้ว กำไลแก้ว เครื่องแก้วหรือภาชนะแก้ว เป็นต้น ในประเทศไทยนั้นได้พบโบราณวัตถุประเภทแก้วโดยเฉพาะลูกบิดแก้วกระจายตัวเป็นจำนวนมากในแหล่งโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายถึงสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ราว 2,500-1,500 ปีมาแล้ว ในขณะที่หลักฐานประเภทเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วพบไม่มากนัก ทั้งนี้จากการขุดค้นอย่างเป็นระบบตามหลักวิชาการพบว่ามีจำนวนของเครื่องแก้วน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับโบราณวัตถุอื่นๆ ที่พบในหลุมขุดค้น ทำให้การศึกษาเกี่ยวกับเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่ผ่านมายังมีไม่มาก ส่วนมากแล้วมักพบเครื่องแก้วจากการสำรวจตามแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทางภาคใต้ เช่น แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ. พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ เป็นต้น ในขณะที่โบราณวัตถุประเภทแก้ว โดยเฉพาะลูกบิดแก้วซึ่งเป็นโบราณวัตถุที่ปรากฏตามแหล่งโบราณคดีต่างๆ ทั้งในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ทำให้การศึกษาเรื่องแก้วของประเทศไทยในอดีตที่ผ่านมาโดยมากจึงเน้นลูกบิดแก้วเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการศึกษาภาชนะแก้วกล่าวได้ว่ามีน้อยมาก ดังนั้น ในการทบทวนผลการศึกษาที่ผ่านมาจึงเป็นการรวบรวมผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีในภาคใต้เป็นหลัก ดังนี้

เมื่อปี พ.ศ. 2504 (ค.ศ.1961) อลาสแตร์ แลมป์ (Alastair Lamb) เขียนบทความเรื่องการเปรียบเทียบส่วนฐานของเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเคดาห์ (Kedah) และแหล่งโบราณคดีตะกั่วป่า (Takuapa) เรื่อง “The Bases of glass vessels from Kedah and Takuapa compared,”²⁶ ใน Misullaneous Papers on early Hindu and Buddhist Settlement in Southern Thailand จากวารสาร Federation Museums Journal Vol.6, New Series 1961 ผู้เขียนอธิบายถึงความแตกต่างของลักษณะเฉพาะของภาชนะแก้วในแต่ละแหล่ง โดยสังเกตจาก

²⁶ Lamb, Alastair, “The Bases of Glass Vessels from Kedah and Takuapa Compared,” in Misullaneous Papers on Early Hindu and Buddhist Settlement in Southern Thailand, Federation Museums Journal Vol. 6, New Series (S.I : s.n.,1961), 56-62. (Mimeographped)

รอยนูนบริเวณส่วนฐานของภาชนะ ว่ามีฐานเป็นเชิง(foot) หรือมีรอยพับของแก้ว ซึ่งแก้วจากแหล่งโบราณคดีตะกั่วป่าขึ้นรูปด้วยการเป่าแบบอิสระ และรอยขึ้นรูปที่เกิดจากท่อนเหล็กไม่ได้อยู่ที่กึ่งกลาง ซึ่งต่างจากเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเปنگกาลัย บูจิง มักขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ จึงมักพบว่าบริเวณกึ่งกลางของฐานมีรอยนูนเสมอ และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าชิ้นส่วนเครื่องแก้วทั้งสองแห่งคล้ายคลึงกับตะวันออกกลางมากกว่าจะเป็นเครื่องแก้วที่นำมาจากจีน แสดงให้เห็นว่ามีการติดต่อทางการค้ากับตะวันออกกลางในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 9 ซึ่งตรงกับสมัยราชวงศ์ถังของจีน โดยมีแหล่งการค้าที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งโบราณคดีเปنگกาลัย บูจิง และแหล่งโบราณคดีตะกั่วป่า ส่วนทางตอนบนของบูจิงมีความสำคัญน้อยทางด้านการค้า

เมื่อปี พ.ศ. 2512 ? (ค.ศ.1969?) อลาสแตร์ แลมป์ (Alastair Lamb) เขียนบทความเกี่ยวกับเครื่องแก้ว เรื่อง เครื่องแก้วตะวันออกกลางที่พบในคาบสมุทรมาเลย์ "Old Middle Eastern glass in the Malay Peninsula"²⁷ ในหนังสือ *Artibus Asiae V.II* ผู้เขียนได้กล่าวถึงการศึกษาเครื่องแก้วและแก้วน้ำเคลือบซึ่งเป็นสินค้าจากตะวันออกกลางที่พบในคาบสมุทรมาเลย์ในยุคโรมัน มักเป็นเศษแก้วแตกเหมือนกับเครื่องแก้วสมัยปัจจุบัน แหล่งโบราณคดีที่พบเครื่องแก้วจากตะวันออกกลางในคาบสมุทรมาเลย์ ได้แก่ ตะกั่วป่า ประเทศไทย เปنگกาลัย บูจิง เคดาห์ กัวลาเซลินซิง และปรัก ในดินแดนมาลัคกา โกตา ดิงจิก (Kota Tinggi) และ โจโฮ ลาม (Johore Lame) บริเวณลุ่มน้ำโจโฮ (Johore river) และที่แหล่งซานตูปอง (Santubong) ใกล้กับชายฝั่งของรัฐซาราวัก (Sarawak) และใกล้กับคูซิง (Kuching) นอกจากนี้เครื่องแก้วแล้วยังพบลูกปัดแก้วเป็นจำนวนมากหลายด้วย อีกทั้งแหล่งโบราณคดีเหล่านี้ยังตั้งอยู่ระหว่างเส้นทางการค้าที่เป็นจุดเชื่อมระหว่างตะวันออกกลางกับจีน

จากการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของชิ้นส่วนเครื่องแก้วและลูกปัดแก้วในแหล่งโบราณคดีเปنگกาลัย บูจิง กัวลาเซลินซิง และตะกั่วป่า เหมือนกับองค์ประกอบของแก้วจากตะวันออกกลาง ดังนั้น เครื่องแก้วน่าจะเป็นสินค้าที่สำคัญอีกประเภทหนึ่งจากตะวันออกกลาง นอกจากนี้ ชิ้นส่วนหรือเศษเครื่องแก้วจากตะวันออกกลางที่พบจำนวนมากมานั้นถูกใช้เป็นวัตถุดิบ (Raw material) สำหรับผลิตลูกปัดด้วย เศษเครื่องแก้วจากตะวันออกกลางยังพบตามแหล่งโบราณคดีต่างๆ ในดินแดนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อาทิ แหล่งโบราณคดีเปنگกาลัยพบทั้งเศษขวดแก้วแตกและตะเกียงแก้ว ดังนั้น เครื่องแก้วที่นำเข้ามาน่าจะมีวัตถุประสงค์อื่นมากกว่า

²⁷Lamb, Alastair, "Old Middle Eastern Glass in the Malay Peninsula," in *Artibus Asiae V.II.*, ed. Salmony, Alfred (Ascona, Switzerland : Artibus Asiae Publish, 1958),74-88.

เป็นวัตถุศิลปะผลิตลูกปัดโดยตรง ซึ่งอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับบรรจุน้ำหอมเพื่อนำไปค้าขายที่จีน เมื่อแก้วเหล่านี้แตกทำให้เกิดการค้าเศษแก้วแตกในแหล่งนี้ และก็มีตัวอย่างในการนำเศษแก้วแตกกลับมาใช้ใหม่อีกด้วย

ในปี พ.ศ. 2516 ศรีศักดิ์ วัลลิโภดม ตีพิมพ์เผยแพร่บทความเรื่อง “ควนลูกปัดและแผ่นดินบก แหล่งโบราณวิทยาในภาคใต้”²⁸ ในวารสารอาษา ผู้เขียนกล่าวถึงโบราณวัตถุที่พบภายในแหล่งควนลูกปัด อ.คลองท่อม จ.กระบี่ รวบรวมโดยพระครูอาทร และจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์วัดคลองท่อม อาทิ ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เบ้าหิน เครื่องประดับทำด้วยดีบุก สำริด และทองคำ เหรียญโลหะทำด้วยดีบุก และซากเรือเก่า ผู้เขียนเสนอว่าควนลูกปัดเป็นเมืองท่าโบราณในภาคใต้ และยังเป็นแหล่งอุตสาหกรรมการทำดีบุก แก้ว เครื่องประดับ นอกจากนี้ เศษแก้วจำนวนมากที่พบน่าจะได้รับมาจากประเทศในเอเชียทางตะวันออกเฉียง โดยผ่านเข้ามาทางอินเดีย

นับตั้งแต่ทศวรรษที่ 2520 เป็นต้นมา เริ่มมีการขุดค้นทางโบราณคดีอย่างเป็นระบบมากขึ้นในแหล่งโบราณคดีต่างๆ ในคาบสมุทรมไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งโบราณคดีที่เป็นเมืองท่าริมชายฝั่งทะเล หรือสถานีการค้าในยุคโบราณ ดังต่อไปนี้

ราว พ.ศ. 2521-2522 ธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี หน่วยศิลปากรที่ 9 สงขลา ได้สำรวจ ขุดแต่ง ศึกษาโบราณสถานและโบราณวัตถุของแหล่งโบราณคดีในคาบสมุทรมไทย จากการขุดค้นทางโบราณคดีได้ข้อสรุปว่าบริเวณชุมชนโบราณสทิงพระเป็นชุมชนที่เจริญในพุทธศตวรรษที่ 15-18²⁹ พบหลักฐานทางโบราณคดีดังนี้ เครื่องปั้นดินเผา ลูกปัด (แก้ว, แร่ประกอบหิน, ดินเผาเคลือบ (faience)) เศษเหล็ก เศษสำริด ก้อนดินขาว เมล็ดพืชและเมล็ดข้าว เศษกระดูกสัตว์ เครื่องมือหิน หินต่างๆ ตะกั่วหลอม และเศษถ่าน เป็นต้น อีกทั้งยังขุดค้นพบแหล่งเตาเผาปะโอซึ่งเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาเนื้อดินขาว ประเภทกุนโท กุนที ร่วมสมัยกับชุมชนโบราณสทิงพระ แต่ที่พบหลักฐานการอยู่อาศัยมาไม่ต่ำกว่าพุทธศตวรรษที่ 12 ซึ่งเป็นชุมชนเกษตรกรรมในระยะแรก ที่ได้รับอิทธิพลจากชุมชนต่างชาติทั้งอินเดีย และจีน

²⁸ ศรีศักดิ์ วัลลิโภดม, “ควนลูกปัดและแผ่นดินบก แหล่งโบราณวิทยาในภาคใต้,” อาษา 2, 3 (กันยายน 2516) : 47-49.

²⁹ ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, “สทิงพระ : ชุมชนโบราณ,” สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ 16 (2542) : 7740-7741.

และในปี พ.ศ. 2522 ธาราพงศ์ ศรีสุชาติ เสนอรายงานเรื่อง “ลูกบิดสทิงพระ”³⁰ จากการขุดค้นทางโบราณคดีที่แหล่งโบราณคดีสทิงพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา พบโบราณวัตถุประเภท ลูกบิดทั้งจำนวน 159 เม็ด แบ่งเป็นลูกบิดหิน 5 เม็ด ลูกบิดแก้ว 152 เม็ด มีสีเขียว เหลือง เทา แดง ดำ น้ำตาล ไร้สี น้ำเงิน ขาว และม่วง ลูกบิดดินเผา 1 เม็ด ลูกบิดดินเผาเคลือบ 1 เม็ด เศษก้อน แก้วหลอม เศษซี่แก้ว ผลการศึกษาและวิเคราะห์สรุปว่าน่าจะมีการผลิตลูกบิดแก้วขึ้นเองในชุมชน โดยเฉพาะลูกบิดเกลียว ซึ่งอาจจะรับวัตถุดิบแก้วหรือตัวอย่างลูกบิดมาจากดินแดนโพ้นทะเล รวมถึงลูกบิดบางเม็ดที่คล้ายคลึงกับลูกบิดต่างชาติอาจจะมาจากการติดต่อกับอินเดียทั้งทางตรง และทางอ้อม

ในปีเดียวกันนี้เอง เดชา วัชรมณี เสนอสารนิพนธ์ศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา โบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร เรื่อง “ลูกบิดที่แหล่งขุดค้นโบราณคดีสทิงพระ ต.จะติงพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา ปี 2522”³¹ ผลจากการศึกษาผู้เขียนได้สรุปว่าลูกบิดแก้วน่าจะมีการนำเข้าวัตถุดิบประเภทก้อนแก้วหลอมจากต่างถิ่น จากนั้นจึงนำมาผลิตลูกบิดเอง เนื่องจากการ พบเศษซี่แก้วหลอม และเศษซี่เหล็กหลอมที่ปะปนในหลุมขุดค้น ดินแดนต่างชาติที่คาดว่ามีการ ติดต่อกับชุมชนโบราณแห่งนี้ ได้แก่ จีน โรมัน และอาหรับ

ในปี พ.ศ. พ.ศ.2523 ธาราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี ได้ดำเนินการขุดค้นแหล่ง โบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ ได้สรุปในรายงานเรื่อง “ผลสรุปปฏิบัติงานขุดค้นทาง โบราณคดีที่ควนลูกบิด ตำบลคลองท่อมใต้ อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่” โบราณวัตถุที่พบมาก คือ ลูกบิดแก้วและลูกบิดหิน³² ผู้เขียนได้สรุปว่าชุมชนโบราณแห่งนี้มีการเข้ามาอยู่อาศัยตั้งแต่ช่วง แรกเริ่มประวัติศาสตร์ ราวพุทธศตวรรษที่ 5-6 ถึงพุทธศตวรรษที่ 8 และระหว่างพุทธศตวรรษที่ 10-11 มีการติดต่อกับชุมชนต่างชาติที่มีความก้าวหน้าทางวัฒนธรรมและเทคโนโลยีด้านโลหะ เช่น จีน อินเดีย ตะวันออกกลาง และยุโรปแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เป็นต้น โดยเฉพาะสินค้าที่นิยม

³⁰กรมศิลปากร, ลูกบิดจากแหล่งขุดค้นโบราณคดีสทิงพระ ปี 2522, (โครงการขุดค้น แหล่งโบราณคดีสทิงพระ : ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2522) , 109-112.

³¹เดชา วัชรมณี, "ลูกบิดที่แหล่งขุดค้นโบราณคดีสทิงพระ ต.จะติงพระ อ.สทิงพระ จ. สงขลา ปี 2522," (สารนิพนธ์ศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2522), 55-63.

³²ธาราพงศ์ ศรีสุชาติ, "คลองท่อม : แหล่งโบราณคดี," สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 2 (2542) : 928-930.

ซื้อขายแลกเปลี่ยน เช่น ลูกบิด วัตถุโลหะ วัตถุดิบแก้ว มาเป็นแบบอย่างในการผลิต และสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแก้วด้วย³³

ต่อมา พ.ศ.2524 อมรา ชันติสิทธิ์ (ศรีสุชาติ) และธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี³⁴ ได้ดำเนินการขุดค้นแหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว จำนวน 5 หลุมขุดค้น จากหลักฐานทางโบราณคดีที่ปรากฏพบโบราณวัตถุ อาทิ เครื่องมือหิน ลูกบิดหิน ภาชนะดินเผา เช่น ฝาจุก ฝาภาชนะ พวยการ แว เครื่องสำริด ได้แก่ กลองมโหระทึก หุ่นจำลอง รูปคน-สัตว์ และสิ่งของ ชิ้นส่วนภาชนะสำริด เครื่องมือเหล็ก เช่น หอกใบข้าว ขวานเหล็ก เข็ม เครื่องประดับทอง เช่น แหวน ลูกบิดทอง และเครื่องประดับทำด้วยแก้ว มีกำไล ลูกบิด เศษแก้วหลอม ผู้เขียนเสนอว่าแหล่งโบราณคดีเขาสามแก้วเป็นชุมชนที่สืบเนื่องมาตั้งแต่ชุมชนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย ประมาณพุทธศตวรรษที่ 5-10 และมีการติดต่อทางวัฒนธรรมกับชุมชนอื่นทั้งภายในและภายนอก มีพัฒนาการทางเทคโนโลยีก้าวหน้า จนกระทั่งน่าจะเป็นชุมชนสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ที่ได้รับอิทธิพลภายนอก

และในปีเดียวกันยังได้ดำเนินการขุดค้นแหล่งโบราณคดีวัดอัมพาวาส (วัดท่าม่วง) ซึ่งเป็นชุมชนโบราณท่าชนะในสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ในเขต อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี³⁵ ประกอบด้วยแหล่งโบราณคดีที่สำคัญ 3 แหล่ง คือ แหล่งโบราณคดีวัดพระพิฆเนศวร แหล่งโบราณคดีถ้ำเขาประสงค์ และแหล่งโบราณคดีวัดพาวาส (วัดท่าม่วง) จากการขุดค้นพบหลักฐานโบราณวัตถุ ได้แก่ เศษภาชนะแบบเนื้อดิน เครื่องถ้วยจีน ชิ้นส่วนเครื่องประดับ ลูกบิดแก้ว และลูกบิดแร่ประกอบหินรูปทรงต่างๆ โดยชุมชนแห่งนี้ได้พัฒนาจนกลายเป็นเมืองท่า และสถานีการค้า มีการรับวัฒนธรรมจากต่างแดนเข้ามาโดยเฉพาะเครื่องประดับ ทำให้ชุมชนมีพัฒนาการทางสังคมและเทคโนโลยีที่สูงขึ้นราวพุทธศตวรรษที่ 10 และรับอารยธรรมสมัยประวัติศาสตร์จากต่างแดนอย่างเด่นชัดราวพุทธศตวรรษที่ 12-13 และเจริญอีกครั้งในสมัยประวัติศาสตร์ราวพุทธศตวรรษที่ 18-23

³³ เรื่องเดียวกัน, 939-942.

³⁴ ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, "เขาสามแก้ว : ชุมชนโบราณ," สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 2 (2542) : 841-853.

³⁵ ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, "ท่าชนะ : ชุมชนโบราณ," สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 7 (2542) : 3271-3278.

นอกจากนี้ ผู้เขียนยังได้เขียนเกี่ยวกับชุมชนโบราณพูนพิณ³⁶ ว่าเป็นชุมชนสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ในภาคใต้เช่นกัน ประกอบด้วยแหล่งโบราณคดี 2 แหล่ง คือ แหล่งโบราณคดีควนพูนพิณ (ควนท่าข้าม หรือ ควนสรณมณีน) และแหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย (เขาพระนารายณ์) มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 11-14 และเจริญอีกครั้งราวพุทธศตวรรษที่ 17-18 โบราณวัตถุที่พบรอบๆ แหล่ง ได้แก่ บริเวณเขาพระนารายณ์พบพระวิษณุศิวลา ลูกปัดลักษณะต่างๆ มีปริมาณหนาแน่นทั้งบนเนินและพื้นที่ราบรอบๆ เชิงเขา ส่วนหลักฐานทางโบราณคดีที่ได้จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2504-2505 โดยมานิต วัลลิโกดม มีพระโพธิสัตว์สำริด พระพิมพ์ดินเผา เศษภาชนะดินเผาพื้นเมือง เครื่องถ้วยจีนและเหรียญอาหรับจารึก พ.ศ. 1310 และลูกปัดจากหลักฐานทางโบราณคดีแสดงให้เห็นว่าชุมชนแห่งนี้เป็นชุมชนที่มีการติดต่อกับชนภายนอกทั้งเวียดนาม อินเดีย จีน และตะวันออกกลาง โดยเฉพาะลูกปัด อาจจะเป็นสินค้าที่สำคัญ

พ.ศ. 2525 เขมชาติ เทพไชย ได้ขุดค้นแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี พบหลักฐานที่เป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศจำนวนมากทั้งเครื่องถ้วยจีน เครื่องถ้วยเปอร์เซีย ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เศษแก้วจำนวนมาก จากหลักฐานทำให้ทราบว่าแหลมโพธิมีบทบาทเป็นเมืองท่าทางการค้าที่มีอายุระหว่างพุทธศตวรรษที่ 13-16³⁷ และในงานสัมมนาโบราณคดี-ประวัติศาสตร์ศรีวิชัย ณ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อวันที่ 25-30 มิถุนายน 2525 ผู้เขียนเสนอบทความเรื่อง การสำรวจ ขุดค้น และศึกษาทางด้านโบราณคดีเพื่อหาหลักฐานเกี่ยวกับศรีวิชัย³⁸ โดยตั้งข้อสังเกตว่าวัตถุดินที่นำมาผลิตลูกปัดแก้วนั้น ได้มาจากเศษแก้วซึ่งเดิมเป็นภาชนะแก้วขนาดเล็กสำหรับบรรจุน้ำหอมที่เป็นสินค้าจากดินแดนตะวันตก บริเวณตะวันออกกลางหรือโรมัน

ต่อมาในปี พ.ศ. 2526 ธราพงศ์ ศรีสุชาติ ได้เสนอบทความในงานสัมมนาประวัติศาสตร์และโบราณคดีคาบสมุทรมหานคร เมื่อวันที่ 5-11 สิงหาคม พ.ศ. 2526 เรื่องหลักฐานใหม่จากการปฏิบัติงานขุดค้นทางโบราณคดีของกองโบราณคดี กรมศิลปากร เกี่ยวกับ

³⁶ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, "พูนพิณ : ชุมชนโบราณ," สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 11 (2542) : 5503-5510.

³⁷กรมศิลปากร, แหลมโพธิ แหล่งเศรษฐกิจของศรีวิชัย (กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2531), 197-198.

³⁸เขมชาติ เทพไชย, "การสำรวจ ขุดค้น และศึกษาทางด้านโบราณคดีเพื่อหาหลักฐานเกี่ยวกับศรีวิชัย," ใน รายงานการสัมมนาประวัติศาสตร์และโบราณคดีศรีวิชัย (กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2525), 188.

ชุมชนแรกเริ่มประวัติศาสตร์ในคาบสมุทรสทิงพระ³⁹ ซึ่งประกอบด้วย แหล่งโบราณคดีปะโอ และ แหล่งโบราณคดีสทิงพระ ผู้เขียนได้กำหนดอายุสมัยว่าอยู่ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 15-18 แต่ก็มี การอยู่อาศัยต่อเนื่องมาแล้วไม่น้อยกว่าพุทธศตวรรษที่ 12-13 ส่วนชุมชนโบราณปะโอพบว่ามีอายุร่วม สมัยกับชุมชนโบราณสทิงพระ

ในปีเดียวกัน มยุรี วีระประเสริฐ ร่วมกับ สมिति ศิริภัทร์ และปฐมฤกษ์ เกตุทัต ได้ ดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่⁴⁰ โดยได้รับเงินทุนช่วยเหลือจาก รัฐบาลฝรั่งเศสและมูลนิธิฝรั่งเศส ผลจากการขุดค้นพบการทับถมของชั้นดิน 7 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นดินวัฒนธรรม 2 ชั้น และชั้นดินธรรมชาติ 5 ชั้น โบราณวัตถุที่พบ มีเศษภาชนะดินเผาแบบเนื้อ ดินทั้งผิวเรียบและลวดลาย ลูกปัดแก้ว-ลูกปัดหิน เศษแก้วสีต่างๆ ดินเผาไฟ เศษถ่าน และขอบ ปากภาชนะแก้วสีฟ้าใส (แก้วโรมัน) จำนวน 1 ชิ้น นอกจากนี้โบราณวัตถุที่พบในพิพิธภัณฑสถาน คลองท่อมก็มีความสำคัญเช่นกัน ได้แก่ แผ่นหินแกะสลัก เหรียญโรมัน จารึก ตะคันดินเผา เครื่องประดับโลหะ เป็นต้น จากหลักฐานจึงได้สันนิษฐานว่าแหล่งโบราณคดีนี้เคยเป็นเมืองท่าบน ฝั่งตะวันตกของคาบสมุทรไทย มีการติดต่อกับชนต่างชาติ เช่น ชาวโรมัน ชาวอาหรับ และที่สำคัญ คลองท่อมยังเป็นแหล่งอุตสาหกรรมผลิตลูกปัดมีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 8-10 เจริญเรื่อยมาจนถึง พุทธศตวรรษที่ 11-13

ต่อมาปี พ.ศ.2527 มยุรี วีระประเสริฐได้เสนอบทความเรื่อง “บทวิจัยและวิทยานิพนธ์ ที่น่าสนใจ”⁴¹ในวารสารเมืองโบราณ โดยกล่าวถึงหลักฐานทางโบราณคดีที่เก็บรักษาในพิพิธภัณฑ สถานคลองท่อมโดยเจ้าอาวาสวัดคลองท่อม ได้แก่ จารึกบนหินแก้วด้วยตัวอักษรสันสกฤตอายุราวพุทธ ศตวรรษที่ 10-12และเครื่องประดับทองคำ ลูกปัดจำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นลูกปัดแก้วสีต่างๆ แผ่นหินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีหลุมอยู่กึ่งกลาง 3 หลุม แม่พิมพ์หิน เหรียญโลหะสำริด นอกจากนี้ยัง

³⁹ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, “หลักฐานใหม่จากการปฏิบัติงานขุดค้นทางโบราณคดีของกอง โบราณคดี กรมศิลปากร เกี่ยวกับชุมชนแรกเริ่มสมัยประวัติศาสตร์ในคาบสมุทรสทิงพระ”, ใน ประวัติศาสตร์และโบราณคดีสทิงพระ (กรุงเทพฯ : สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนคริ นทรวิโรฒ, 2528),47-50.

⁴⁰ มยุรี วีระประเสริฐ, “คลองท่อมแหล่งอุตสาหกรรมทำลูกปัดและเมืองท่าขนถ่ายสินค้า สมัยโบราณ,” ใน ปัจจุบันของโบราณคดีไทย (กรุงเทพฯ : ภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัย ศิลปากร, 2528), 40-49.

⁴¹ มยุรี วีระประเสริฐ, “บทวิจัยและวิทยานิพนธ์ที่น่าสนใจ,” เมืองโบราณ 10, 1 (มกราคม – มีนาคม 2527) : 133-137.

พบเครื่องมือเครื่องใช้หินสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย จากตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดี ซึ่งอยู่ในเส้นทางการค้าคมนาคมระหว่างอินเดียใต้กับเอเชียอาคเนย์ และหลักฐานทางโบราณคดี ทำให้ทราบว่าชุมชนโบราณแห่งนี้ น่าจะมีการติดต่อสัมพันธ์กับอินเดีย อาหรับ เวียดนาม และยังเป็นแหล่งอุตสาหกรรมผลิตลูกปัดขนาดใหญ่

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 เป็นต้นมา ได้มีผู้ศึกษาเรื่องแก้วมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้ว ทำให้มีผลการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องแก้วเผยแพร่ออกมาอย่างมากในขณะนี้ และในปีนี้อเอง เขมชาติ เทพไชย ได้ค้นคว้าเรื่องแก้ว โดยเสนอบทความเรื่อง “แก้ว : หลักฐานทางด้านโบราณคดีที่สำคัญในบริเวณคาบสมุทรไทย”⁴² ในบทความนี้ผู้เขียนเน้นความสำคัญของภาชนะแก้วเป็นหลัก ซึ่งเป็นหลักฐานที่สำคัญทางด้านพัฒนาการเทคโนโลยี และยังเป็นหลักฐานที่แสดงว่าภาชนะแก้วเป็นสินค้านำเข้า แก้วบางชิ้นน่าจะมีการผลิตเองในแหล่งที่เคยเป็นเมืองท่าการค้าโบราณ ทำให้เกิดการค้าขายกับดินแดนต่างชาติ แหล่งที่มีการพบแก้วสมัยโบราณ มีดังนี้ เขาสามแก้ว ต.นาชะอัง อ.เมือง จ.ชุมพร แหล่งโบราณคดีในตำบลวัง อ.ท่าชนะ เขาศรีวิชัย ต.เขาศรีวิชัย จ.สุราษฎร์ธานี แหล่งดังกล่าวพบเพียงก้อนแก้ว ลูกปัดแก้ว และเครื่องประดับ แต่ไม่พบหลักฐานของภาชนะแก้ว แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี มีการพบชิ้นส่วนแก้วสีต่างๆ มีการเขียนลวดลายบนตัวแก้ว และยังพบชิ้นส่วนของปาก ก้น และลำตัวด้วย สามารถแบ่งออกเป็นรูปทรงขวด และรูปทรงถ้วย ส่วนแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ก็พบร่องรอยของชิ้นส่วนภาชนะแก้วเช่นกัน แต่รูปทรงขวดที่พบมีลักษณะลำตัวกลมและเป็นแท่ง แหล่งโบราณคดีท่าเรือ อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช พบเพียงเศษแก้วเท่านั้น และแหล่งโบราณคดีควนลูกปัด อำเภอคลองท่อม จ.กระบี่ พบเศษแก้วสีต่างๆ ไม่พบชิ้นส่วนภาชนะแก้ว นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งโบราณคดีบางแห่ง มีการนำชิ้นส่วนของภาชนะแก้วกลับมาหลอมอีกครั้งเพื่อนำมาลูกปัดแก้วด้วย

ในปีเดียวกัน พรชัย สุจิตต์ ตีพิมพ์บทความ เรื่อง “แก้วโบราณในเอเชีย”⁴³ ในวารสารเมืองโบราณ โดยผู้เขียนได้สรุปเรื่องราวเกี่ยวกับแก้วในดินแดนโบราณต่างๆ ว่ามีต้นกำเนิดเมื่อประมาณ 6,000 ปีมาแล้ว โดยแรกเริ่มรู้จักแก้วในรูปน้ำเคลือบ (faience) ซึ่งมีต้นกำเนิดในอียิปต์ หรืออาจจะเป็นดินแดนในตะวันออกกลาง จากนั้นแก้วได้รับการพัฒนามากขึ้นตั้งแต่ยุคโรมัน ไบ

⁴² เขมชาติ เทพไชย, “แก้ว : หลักฐานทางด้านโบราณคดีที่สำคัญในบริเวณคาบสมุทรไทย,” ศิลปวัฒนธรรม 6,8 (มิถุนายน 2528) : 60-64.

⁴³ พรชัย สุจิตต์, “แก้วโบราณในเอเชีย,” เมืองโบราณ 11, 1 (มกราคม-มีนาคม 2528) : 37-49.

แซนโทน์ จนกระทั่งในยุคอิสลามได้เกิดการพัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปใหม่ ๆ ขึ้น เช่น การขึ้นรูปด้วยการเป่า (blowing) สำหรับแหล่งโบราณคดีในเอเชียที่พบแก้ว ได้แก่ ประเทศไทย มาเลเซีย ญี่ปุ่น และจีน ซึ่งการศึกษาแก้วโบราณทำให้ทราบความรู้ต่างๆ ทั้งเทคนิคการผลิต แหล่งที่มาของวัตถุดิบ รวมถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนหรือดินแดนต่าง โดยเฉพาะด้านการค้าบทบาทการเป็นเมืองท่าและแหล่งผลิตลูกบิด

ฝากจิต ราชฤทธิ์ ได้เสนอสารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต ต่อภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปี พ.ศ. 2528 เรื่องหลักฐานการใช้แก้วยุคต้นประวัติศาสตร์ที่พบในประเทศไทย⁴⁴ หลักฐานประเภทแก้วที่พบ ได้แก่ ลูกบิดแก้ว ลูกบิดแก้ว-น้ำเคลือบ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ก้อนแก้ว เศษชิ้นแก้วหลอม โดยได้รวบรวมแหล่งโบราณคดีที่พบหลักฐานเกี่ยวกับแก้วทั้งหมด 55 แหล่งทั่วประเทศไทย⁴⁵ (ข้อมูลขณะนั้น) สำหรับแหล่งโบราณคดีที่พบว่ามีหลักฐานเกี่ยวกับชิ้นส่วนภาชนะแก้ว มีดังนี้ 1. ชุมชนโบราณเขาสามแก้ว อ.เมือง จ. ชุมพร 2. แหล่งโบราณคดีใกล้วัดอัมพาวาส อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 3. แหล่งโบราณคดีวัดเวียงบ้านเวียง ต.ตลาดไชยา อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี 4. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี 5. แหล่งโบราณคดีนางย่อน ต.บ้านกลาง อ.คุระบุรี จ.พังงา 6. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย ต.ศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี 7. แหล่งโบราณคดีควนพุนพิน ต.ท่าข้าม อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี 8. แหล่งโบราณคดีเหมืองทองเกาะคอเขา บ้านทุ่งตึก อ.คุระบุรี จ.พังงา 9. แหล่งโบราณคดีควนลูกบิด บ้านควนลูกบิด ต.คลองท่อมใต้ อ.คลองท่อม จ.กระบี่ และ 10. แหล่งโบราณคดีอุ้มทอง อ.อุ้มทอง จ.สุพรรณบุรี พบแผ่นแก้วสีเหลืองที่มีการกดประทับลายในภายในกรอบสีเหลือง คล้ายกับลายกดประทับภาชนะดินเผาในวัฒนธรรมทวารวดี

และได้แบ่งช่วงอายุของแหล่งโบราณคดีที่มีหลักฐานการใช้แก้วในภาคใต้เป็น 2 ช่วง คือ ก่อนที่ศรีวิชัยจะมีอำนาจ รวาก่อนพุทธศตวรรษที่ 13 และช่วงที่ศรีวิชัยมีอำนาจ รวาก่อนพุทธศตวรรษที่ 13-19 สำหรับแหล่งที่มาของแก้วมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ จากการติดต่อค้าขายทั้งทางตรงและทางอ้อมกับชนต่างชาติ ชุมชนต่างแดนที่ติดต่อกันด้วยอาจจะมีอินเดีย อาหรับหรือตะวันออกกลาง และยุโรปแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เพราะปรากฏหลักฐานที่สำคัญ เช่น ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ซึ่งเป็นเครื่องแก้วเปอร์เซียอายุราวพุทธศตวรรษที่ 13-15 แท่งแก้วสีสำเร็จรูป ลูกบิดโรมัน และ

⁴⁴ฝากจิต ราชฤทธิ์, “หลักฐานการใช้แก้วยุคต้นประวัติศาสตร์ที่พบในประเทศไทย,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528), 1-60.

⁴⁵เรื่องเดียวกัน, 18-47.

โดยการผลิตงานแก้วบางประเภทขึ้นได้เองภายในท้องถิ่น เนื่องจากพบตะกอนของแก้วหลอม รอยคราบของแก้วน้ำเคลือบ⁴⁶

พรชัย สุจิตต์ และ เขมชาติ เทพไชย ร่วมกันเขียนบทความเรื่อง “เครื่องแก้วโบราณ : ที่พบในภาคใต้”⁴⁷ ว่าเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีในภาคใต้มีทั้งลูกบิดแก้ว ลูกบิดมีตา กำไล แก้ว ขวดแก้ว ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้วสีต่างๆ โดยวัตถุแก้วเหล่านี้เหมือนกับที่พบใน อินเดียใต้และอินเดียเหนือ และบางชิ้นก็เหมือนกับที่ออกแก้วในประเทศเวียดนาม ในการศึกษา เปรียบเทียบพบว่าลูกบิดแก้วในระยะแรกเป็นสินค้าจากต่างประเทศ (อินเดีย) แต่ในสมัยหลัง อาจจะมีการผลิตเองในภาคใต้⁴⁸ ภาชนะแก้วที่พบตามแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี พบชิ้นส่วนของปาก ลำตัว และก้น ส่วนแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา อ.คุระบุรี จ.พังงา พบรูปทรงขวด ลำตัวกลม และเป็นแท่งสี่เหลี่ยม นอกจากนี้แหล่งโบราณคดีควนลูกบิด อ.คลองท่อม จ.กระบี่ พบเศษแก้วมากมาย จากการพบแก้วโบราณทำให้ทราบว่ามีการพัฒนาทาง เทคโนโลยีเพื่อผลิตลูกบิด หลักฐานประเภทภาชนะแก้วรูปแบบต่างๆ คงรับรูปแบบมาจากแก้ว อารหรับ โรมัน และอียิปต์ อายุราวพุทธศตวรรษที่ 12-16 ในบทความนี้ผู้เขียนได้รวมวัตถุแก้วทุก ประเภทว่าเป็นเครื่องแก้ว ประกอบด้วยลูกบิดแก้ว กำไลแก้ว ขวดแก้ว เศษภาชนะแก้ว ก้อนแก้วสี ต่างๆ⁴⁹

พ.ศ. 2529 มีการดำเนินงานสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดีที่แหล่งโบราณคดีบ้าน ประแวง อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี⁵⁰ โดย สว่าง เลิศฤทธิ และ ดร.เดวิด เจ เวลส์ (Dr.David.J. Wales) ได้พบลูกบิดแก้วสีฟ้า จำนวน 2 เม็ด เจาะรูตรงกลาง ทรงกลม⁵¹ ซึ่งอาจจะมีการติดต่อ สัมพันธ์ระหว่างชุมชนแห่งนี้กับชุมชนอื่นในคาบสมุทรภาคใต้ เช่น แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ. คลองท่อม จ.กระบี่

⁴⁶ เรื่องเดียวกัน, 58-66.

⁴⁷ พรชัย สุจิตต์ และ เขมชาติ เทพไชย, “เครื่องแก้วโบราณ : ที่พบในภาคใต้,” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 3 (2542) : 1091-1105.

⁴⁸ เรื่องเดียวกัน, 1091.

⁴⁹ เรื่องเดียวกัน, 1105.

⁵⁰ สว่าง เลิศฤทธิ และเดวิด เจ เวลส์, รายงานการสำรวจและขุดค้นแหล่งโบราณคดี บ้านประแวง ตำบลยะรัง อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี (ปัตตานี : ศูนย์การศึกษาเกี่ยวกับภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2529, 4-7.

⁵¹ เรื่องเดียวกัน, 7.

ปีเดียวกันนี้ พ.ศ.2529 (ค.ศ.1986) เบนเนท บรอนสัน (Bennet Branson) ได้เสนอ บทความเรื่อง “แก้วและลูกปัดที่พบในแหล่งโบราณคดีควนลูกปัดในภาคใต้ของประเทศไทย”⁵² (glass and Beads at Khuan Lukpad, Southern Thailand) ในหนังสือ Southeast Asian Archaeology 1989 กล่าวว่าแหล่งโบราณคดีคลองท่อมเป็นศูนย์กลางการทำอุตสาหกรรมตีบุก การผลิตเครื่องประดับจากหินและแก้ว และยังเป็นเมืองท่าขนาดเล็กบนชายฝั่ง สินค้านำเข้าจาก ต่างแดนที่พบมีเพียงเล็กน้อย ได้แก่ ภาชนะแก้วจากตะวันออกกลางและเครื่องถ้วยจีน หลักฐาน เกี่ยวกับการผลิตที่พบ มีวัตถุที่ทำจากตีบุกและเครื่องประดับๆ ที่ทำจากแก้วและหินจำนวนมาก เช่น หินคาร์เนเลียน โอนิกซ์ และควอทซ์ เศษแก้วหลอมที่มีชิ้นส่วนของดินเผาติดอยู่ด้วย หยอดของ แก้วหลอมหลากสี และชิ้นส่วนของขี้ตะกรันแก้ว

สำหรับแก้วที่พบในแหล่ง มีข้อสันนิษฐาน 3 ข้อ คือ 1) นำเข้าเศษแก้วจากตะวันออก กลาง อินเดีย เมดิเตอร์เรเนียน เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผลิตแก้ว 2) นำเข้าวัตถุดิบแก้วจากแหล่งอื่น และ 3) มีการผลิตแก้วขึ้นเองภายในท้องถิ่น ซึ่งมีความเป็นไปได้มากกว่าข้ออื่นๆ แต่ยังคงต้องรอผล การศึกษาต่อไปเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่แน่นอน และในการผลิตลูกปัดแก้วจะใช้วิธีการดึง ยืด ตัด (draw bead) สีที่พบมี 13 สี ได้แก่ สีแดงทึบ สีส้มแดงทึบ หรือเหลืองส้มทึบ สีเหลืองทึบ สีเหลืองโปร่งแสง สีขาวออกเหลืองโปร่งแสง สีเขียวทึบโปร่งแสง สีเขียวใส สีเขียวเข้มโปร่งแสง สีฟ้าอมเขียว สีฟ้าใส สีฟ้าเข้มปานกลาง-มาก สีดำทึบแสง และยังกล่าวถึงองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ เช่น ออกไซด์ของ เหล็กทำให้แก้วไม่มีสี คอปเปอร์ออกไซด์ทำให้แก้วสีแดงทึบ หรือส้ม โคบอลท์ออกไซด์ทำให้แก้วมีสี ฟ้าใส มักพบในแก้วจากอินเดียและเมดิเตอร์เรเนียน แมงกานีสออกไซด์ทำให้แก้วมีสีม่วง เป็นต้น ส่วนตะกั่วออกไซด์ที่พบในแก้วคลองท่อมมีจำนวนน้อยมาก และแก้วที่พบในคลองท่อมเป็นแก้วที่ มีส่วนประกอบของโซดาสูง ตอนท้ายได้กล่าวไว้ในบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายถึง เทคโนโลยีการผลิตแก้วเบื้องต้น และเพื่อหาเหตุผลว่าทำไมอุตสาหกรรมการผลิตแก้วถึงเกิดขึ้นที่ คลองท่อมเป็นแห่งแรก

ต่อมาในปี พ.ศ. 2532 อมรา ศรีสุชาติ ตีพิมพ์บทความเรื่อง “คุยกับผู้เชี่ยวชาญ เบน เนท บรอนสัน และพิสิฐ เจริญวงศ์ เรื่อง การขุดค้นแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา และแหลมโพธิ์ และการศึกษาเส้นทางค้าทางทะเลของโครงการวิจัยการตั้งถิ่นฐานและการค้าสมัยโบราณใน

⁵² Bronson, Bennet, “Glass and Beads at Khuan Lukpad, Southern Thailand,” in Southeast Asian Archaeology 1986, ed. Emily and Ian Glover (Oxford, Eng. : B.A.R., 1990), 213-229.

ประเทศไทย”⁵³ ในวารสารศิลปากร ซึ่งการวิจัยนี้ครั้งนี้เป็นการร่วมมือกันระหว่างไทย-อเมริกา ของกรมศิลปากรและพิพิธภัณฑ์ฟิลด์ (Field Museum) ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ.2531-มกราคม พ.ศ.2532 ผู้เขียนได้สัมภาษณ์เบนเนท บรอนสัน ผู้อำนวยการฝ่ายอเมริกาเรื่องการขุดค้นระหว่าง 2 แหล่ง ซึ่งวัตถุประสงค์ของการขุดค้นครั้งนี้เพื่อหาเส้นทางการค้าทางทะเลระหว่างจีนกับตะวันออกเฉียงกลาง โดยมีแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขาและแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิเป็นเส้นทางข้ามคาบสมุทรที่สำคัญ หลักฐานทางโบราณคดีที่พบมักเป็นสินค้าจากต่างแดน เช่น เศษเครื่องถ้วยจีนสมัยราชวงศ์ถัง (พุทธศตวรรษที่ 14) แก้วจากตะวันออกเฉียง และภาชนะแบบน้ำเคลือบ ลูกบิดแก้ว จึงแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของชุมชนโบราณทั้งสองแห่งที่พัฒนาชุมชนขึ้นมาจากการติดต่อค้าขายกับอารยธรรมภายนอก

ปีเดียวกัน พรชัย สุจิตต์ ได้ตีพิมพ์บทความ “ลูกบิดอินเดียและที่พบในประเทศไทย”⁵⁴ ในวารสารเมืองโบราณ ผู้เขียนได้สรุปเกี่ยวกับลูกบิดแก้วที่พบในอินเดียว่าเป็นของที่พบได้ทั่วไปเมื่อประมาณ 300 ปีก่อนคริสตกาล ลูกบิดแก้วของอินเดียเหนือและใต้มีความแตกต่างกันในด้านเทคนิค และลักษณะเฉพาะของการผลิต กล่าวคือ ทางเหนือมีการผลิตลูกบิดแก้วโดยใช้เทคนิคการพันแบบดั้งเดิม (wound beads) และใช้ในการผลิตกำไลแก้วด้วย ที่เมือง Purdalpur ช่างแก้วได้รับเทคนิคเข้ามาทำลูกบิด เป็นการเป่าแก้วเป็นท่อและยืดเป็นหลอด จากนั้นจึงนำไปตัดเป็นลูกบิด ส่วนการผลิตลูกบิดแก้วของทางใต้จะใช้เทคนิคแบบดึง (draw beads) ซึ่งสามารถผลิตได้เร็วและได้ลูกบิดแก้วในปริมาณจำนวนมาก อุตสาหกรรมการผลิตลูกบิดแก้วแบบอินเดียใต้มีมากกว่าสองพันปีแล้ว ตรงกับอุตสาหกรรมการผลิตลูกบิดแก้วที่ใช้เทคนิคแบบพันของอินเดียเหนือ ลูกบิดที่ปรากฏในประเทศไทยอาจแบ่งได้ 3 กลุ่มด้วยกัน คือ 1) กลุ่มสมัยก่อนประวัติศาสตร์ เป็นลูกบิดที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เช่น แหล่งโบราณคดีบ้านเก่า จ.กาญจนบุรี โคกพนมดี อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี 2) กลุ่มสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย รวมถึงกลุ่มสมัยประวัติศาสตร์ตอนต้น เป็นระยะที่เริ่มมีการติดต่อกับชุมชนโพ้นทะเล จากตะวันออกเฉียงและตะวันตก มักพบลูกบิดหินต่างๆ และลูกบิดแก้วสีต่างๆ ในแหล่งโบราณคดีร่วมสมัยยุคนี้ โดยเฉพาะที่จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลพบุรี จังหวัดพังงา และจังหวัดกระบี่ เป็นต้น และ 3) เริ่ม

⁵³ อมรา ศรีสุชาติ, “คุยกับผู้เชี่ยวชาญเบนเนท บรอนสัน และฟิลิส จेरินวูดส์ และการศึกษาเส้นทางการค้าทางทะเลของโครงการศึกษาการตั้งถิ่นฐานและการค้าสมัยโบราณในประเทศไทย,” *ศิลปากร* 33,1 (มีนาคม-เมษายน ,2532) : 32-37.

⁵⁴ พรชัย สุจิตต์, “ลูกบิดอินเดียและที่พบในประเทศไทย,” *เมืองโบราณ* 15, 1 (มกราคม-มีนาคม, 2532) : 70-82.

เข้าสู่วัฒนธรรมประวัติศาสตร์ หรือ สมัยวัฒนธรรมทวารวดี ปรากฏลูกปัดหินและแก้วกระจายตัว อยู่ตามแหล่งชุมชนทวารวดีเป็นจำนวนมาก ในกลุ่มสมัยประวัติศาสตร์ นับแต่สมัยสุโขทัยลงมาไม่ ปรากฏลูกปัดแบบทวารวดีแล้ว ลูกปัดแก้วที่พบมักจะทำขึ้นในบ้ำหรือแม่พิมพ์

และปี พ.ศ.2532 ธารพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี เสนอบทความ “ลูกปัดต่างชาติใน แหล่งโบราณคดีไทย”⁵⁵ ในวารสารศิลปากร กล่าวถึงความสำคัญของลูกปัดว่าเป็นสิ่งที่แสดงถึง ความเชื่อ ธรรมเนียม พัฒนาการและความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมด้วย บทบาทของลูกปัดเริ่มมี ความสำคัญขึ้น เนื่องมาจากการติดต่อแลกเปลี่ยนทางการค้า ลูกปัดจึงเป็นสิ่งที่แสดงถึงการติดต่อกับดินแดนโพ้นทะเล ในดินแดนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มักพบลูกปัดแก้วขนาดเล็กสีเขียว หรือลูกปัดแบบอินโด-แปซิฟิก (Indo-Pacific Beads) โดยมีหลักฐานการเป็นแหล่งอุตสาหกรรม ผลิตลูกปัดพบในควนลูกปัด อ.คลองท่อม จ.กระบี่ และที่ออกแคว ประเทศเวียดนาม ประมาณ พุทธศตวรรษที่ 6-7 จนถึงพุทธศตวรรษที่ 12 ต้นแบบของลูกปัดต่างชาติที่แหล่งโบราณคดีควน ลูกปัดอาจจะรับโดยตรงจากโรมันหรือเมดิเตอร์เรเนียนหรือตะวันออกเฉียง หรืออาจรับทางอ้อม จากอินเดีย นอกจากนี้ยังพบแหล่งอื่นๆ ที่เป็นแหล่งผลิตลูกปัดด้วย เช่น แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ. ตะกั่วป่า จ.พังงา อายุราวพุทธศตวรรษที่ 14-15 แหล่งโบราณคดีท่าชนะ แหลมโพธิ์ ไชยา จ.สุ ราษฎร์ธานี นอกจากนี้ยังมีลูกปัดเกลียวที่พบที่แหล่งโบราณคดีสทิงพระ จ.สงขลา ได้รับอิทธิพล จากจีนด้วย

ระหว่างปีพ.ศ. 2539-2540 ปรีชา นุ่นสุข และคณะ ได้สำรวจแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง เสนอว่าแหล่งโบราณคดีภูเขาทองเป็นแหล่งโบราณคดีในยุคตักโกลา ซึ่งอายุระหว่าง พ.ศ. 443-600 ร่วมสมัยกับแหล่งโบราณคดีหลายแห่ง อาทิ แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว จ.ชุมพร แหล่งโบราณคดีควนลูกปัด จ.กระบี่⁵⁶ เนื่องจากพบหลักฐานทางโบราณคดีที่มีความสำคัญ ได้แก่ ขวดแก้วลักษณะคล้ายแอมฟอร่า (amphora) ทรงกรวย ก้นแหลม คอแคบ ด้านข้างของขวดมีอักษรพราหมีสลักอยู่ จากการเปรียบเทียบกับตัวอักษรสันนิษฐานได้ว่าจารึกนี้มีอายุอยู่ในพุทธศตวรรษที่ 5 นอกจากนี้ยังพบลูกปัดทองคำทั้งรูปทรงกรวย และทรงกลม ประติมากรรมบนแผ่นทองคำ ลูกปัดแบบ etched Bead ลูกปัดหินจากหินอาเกต คาร์เนเลียน หิน อาร์เมทิสต์ (amethyst) ลูกปัดแก้วพบปริมาณมากที่สุด เศษแก้วหลอม เครื่องประดับทองคำ

⁵⁵ ธารพงศ์ ศรีสุชาติ. “ลูกปัดต่างชาติในแหล่งโบราณคดีไทย,” *ศิลปากร* 33, 1 (มีนาคม-เมษายน 2532) : 5-19.

⁵⁶ ปรีชา นุ่นสุข, รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาวิจัยแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทย, (กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2539), 182-187.

กำไลแก้ว ประติมากรรมสลักลอยตัว เช่น สิ่งโต กบ เต่า และปลา เครื่องมือหิน และภาชนะดินเผา จากหลักฐานที่พบแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของภูเขาทองในบทบาทการเป็นเมืองท่าการค้าและการเป็นแหล่งผลิตอุตสาหกรรมลูกบิด รวมถึงการติดต่อสัมพันธ์กับต่างแดน ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างโรมกับอินเดีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อายุสมัยของแหล่งโบราณคดีภูเขาทองอยู่ระหว่างพุทธศตวรรษที่ 5 ถึงพุทธศตวรรษที่ 8⁵⁷

พ.ศ. 2543 นางคราญ ศรีชาย และวรวิทย์ หัศภาค ได้รายงานผลการดำเนินการขุดค้นทางโบราณคดีที่แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี เมื่อปี พ.ศ. 2543⁵⁸ จากการสำรวจและขุดค้นพบเนินโบราณสถานจำนวน 8 แห่ง และยังพบลูกบิดเป็นจำนวนมาก เช่น ลูกบิดหิน ลูกบิดแก้วสีเขียว และหลายสี รวมถึงการพบประติมากรรมรูปเคารพพระนารายณ์ ในการปฏิบัติงานผู้เขียนได้ขุดค้นเนินโบราณสถานหมายเลข 1 โบราณวัตถุที่พบนอกจากชิ้นส่วนสถาปัตยกรรมต่างๆแล้ว ยังพบฐานเสาหิน ภาชนะดินเผาแบบต่างๆ ภาชนะดินเผาเนื้อแกร่ง กระดุกสัตว์และเปลือกหอย และโบราณวัตถุที่ทำจากแก้ว มีดังนี้ ลูกบิดแก้วสีเขียวทรงปริซึม สีเหลี่ยมผืนผ้าลบบม เศษขี้แก้วหลอมสีเขียวอ่อน มีฟองอากาศในเนื้อแก้ว และยังพบเศษแก้วสีเขียวเข้ม น่าจะเป็นชิ้นส่วนของขวดแก้ว และการขุดค้นในระยะต่อมาก็พบลูกบิดแก้วด้วยเช่นกัน

ในปี พ.ศ.2546 ร้อยเอกบุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ และเรไร นัยวัฒน์ นักโบราณคดี ได้ดำเนินการขุดค้นแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2546⁵⁹ พบหลักฐานทางโบราณคดีที่มีความสำคัญ ได้แก่ โบราณสถานจำนวน 8 แห่ง โบราณวัตถุที่พบ ได้แก่ ภาชนะดินเผาพื้นเมืองแบบเนื้อดิน มีลายประทับต่างๆ ภาชนะดินเผา นำเข้าจำพวกเครื่องถ้วยจีนสมัยปลายราชวงศ์ถัง อายุราวพุทธศตวรรษที่ 13-14 และเครื่องถ้วยเปอร์เซีย มีน้ำเคลือบสีฟ้าบริเวณพื้นผิวภาชนะ ชิ้นส่วนประติมากรรมรูปหัตถ์ถือลูกประคำของพระโพธิสัตว์ ชิ้นส่วนพระบาท ลูกบิดพบทั้งหินและแก้วนับได้ว่าพบปริมาณหนาแน่น ซึ่งน่าจะนำเข้ามาจากอินเดียและตะวันออกเฉียง นอกจากนี้ยังพบเศษแก้วแตกเล็กๆ จำนวนมาก ซึ่งเป็นของนำเข้ามาจากเปอร์เซียหรือโรมัน เครื่องประดับทองคำ ผู้เขียนได้สรุปว่า แหล่งโบราณคดีนี้มี

⁵⁷ เรื่องเดียวกัน, 188-194.

⁵⁸ กรมศิลปากร, รายงานการขุดแต่ง ขุดค้น โบราณสถานเขาศรีวิชัย อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี, (นครศรีธรรมราช : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช, 2543), 21-28.

⁵⁹ กรมศิลปากร, ทุ่งตึก เมืองท่าการค้าโบราณ, (กรุงเทพฯ : สำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต 2550).

ความสำคัญในการเป็นเมืองท่าการค้า ที่อยู่ในเส้นทางข้ามคาบสมุทร และติดต่อสัมพันธ์ระหว่างดินแดนแถบตะวันตกกับดินแดนด้านตะวันออก และเสนอว่าจากลักษณะการเป็นเมืองที่มีความซับซ้อนทางด้านสังคม และมีพัฒนาการต่อเนื่องมากกว่าชุมชนแรกเริ่มประวัติศาสตร์หลายแห่ง เช่น คลองท่อม จ.กระบี่ นางย่อน จ.พังงา และภูเขาทอง จ.ระนอง ทำให้เชื่อว่าแหล่งโบราณคดีแห่งนี้ น่าจะหมายถึง เมืองตักโกลา เพราะปรากฏชื่อนี้ตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 7- 16 แต่เมื่อเปรียบเทียบโบราณวัตถุพบว่าแหล่งนี้มีอายุประมาณ 1,300 ปีมาแล้ว จึงต้องศึกษาต่อร่วมกับแหล่งโบราณคดีอื่นๆ ในแถบอันดามัน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปและภาพรวมของชุมชนโบราณฝั่งอันดามันต่อไป

ต่อมาระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2549 บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ นักโบราณคดีสำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต ได้ดำเนินการทางโบราณคดี ณ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง โดยขุดค้นจำนวน 4 หลุม พบโบราณวัตถุทั้งภาชนะดินเผาแบบพื้นเมืองแบบเนื้อดิน และภาชนะดินเผานำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ ภาชนะดินเผาแบบรูเล็ตต์ (Rouletted ware) ภาชนะดินเผาแบบ knob ware ลูกบิดหินและลูกบิดแก้ว เครื่องประดับทองคำ ก้อนแก้วหลอมหลากสี ลูกบิดติดกันเป็นก้อนที่ชำรุดขณะทำการผลิต ชิ้นส่วนเศษเครื่องแก้วทั้งแบบใสและแบบโมเสก (Mosaic)

เกี่ยวกับลูกบิดแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ศรีธัญญา สุวรรณาลัย ได้ศึกษาสารนิพนธ์เรื่อง การศึกษารูปแบบลูกบิดแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ต.เกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา⁶⁰ เสนอต่อภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปี พ.ศ.2548 ในการศึกษาครั้งนี้เน้นการศึกษาลักษณะภายนอกของลูกบิดแก้วด้วยตาเปล่า สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ รูปทรง สี และขนาด ซึ่งรูปทรงของลูกบิดแก้วที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ รูปทรงกระบอก (cylinder) รองลงมาคือ รูปทรงถังเบียร์ (barrel) รูปทรงวงแหวน (annular) รูปทรงกลมเหมือนผลส้ม (oblate) และรูปทรงไข่ ตามลำดับ ส่วนสีพบจำนวน 10 สี สีที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ สีเหลือง รองลงมา คือ สีขาว สีฟ้า สีน้ำตาล สีฟ้าอมเขียว สีเขียว แบบตกแต่งพิเศษ สีดำ สีม่วง สีอำพันทอง และสีส้ม ตามลำดับ ขนาดของลูกบิดพบว่าหลายขนาดทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ แต่ที่พบมากเป็นลูกบิดชนิดสั้น สรุปว่าลูกบิดได้รับความนิยมมากในแหล่งโบราณคดีแห่งนี้ ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 13-16 ซึ่งเป็นยุคที่มีการติดต่อค้าขายกับชนชาติต่างๆ ในฐานะเมืองท่าฝั่งทะเล

⁶⁰ ศรีธัญญา สุวรรณาลัย, "การศึกษารูปแบบลูกบิดแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ต.เกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา," (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548).

ตะวันตก ด้านความสัมพันธ์กับชุมชนใกล้เคียง ก็มีการติดต่อแลกเปลี่ยนลูกปัดจากแหล่งโบราณคดีควนลูกปัด อ.คลองท่อม จ.กระบี่ และมีการนำเข้าลูกปัดโดยตรงจากต่างชาติโดยเฉพาะจากตะวันออกกลาง

ต่อมา พ.ศ.2549 อนุรักษ์ภัทร จันทวิษ นักโบราณคดี ร่วมกับเรียม พุ่มพงษ์แพทย์ วิจัยเรื่อง “เครื่องใช้และเครื่องประดับที่ทำด้วยแก้วก่อนพุทธศตวรรษที่ 18” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบ ลวดลาย และวิธีการผลิต เครื่องประดับและเครื่องใช้ที่ทำด้วยแก้วทั้งในภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ โดยผู้เขียนกล่าวถึงแหล่งผลิตแก้วในอารยธรรมโบราณและประวัติความเป็นมาของแก้ว ตั้งแต่แรกเริ่มพบในอียิปต์ เพอร์ซิเซีย จีน อินเดีย เปอร์เซีย กรีซ กรุงโรม ยุโรปตะวันออก ไบแซนไทน์ และเวนิส เป็นต้น⁶¹ จากนั้นจึงกล่าวถึงเครื่องแก้วที่เป็นภาชนะ มีกลุ่ม 7 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ ชามและถ้วย คนที่ จานเล็ก เขี่ยอกมีหู แจกัน ขวด⁶² รวมถึงวิธีการผลิตภาชนะแก้ว อาทิ การเป่าแก้ว การหล่อด้วยแม่พิมพ์ การปั้นด้วยมือ การจุ่ม การพันรอบแกน และการตกแต่งภาชนะแก้วรูปแบบต่างๆ ส่วนเครื่องแก้วที่เป็นเครื่องประดับแก้ว โดยเฉพาะลูกปัดแก้วที่พบมีหลากหลายรูปแบบ ทั้งลูกปัดแก้วสีเดียว หลากสี ลูกปัดแก้วมีลาย ลูกปัดแก้วมีแถบสี เป็นต้น พบในแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์ในไทย และแหล่งโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์ของประเทศไทย ซึ่งเป็นสินค้าที่สำคัญ

ในปีเดียวกันนี้เรไร นัยวัฒน์ เสนอบทความเรื่อง “แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง จังหวัดระนอง เมืองท่าโบราณ 2,000 ปี” ในวารสารศิลปวัฒนธรรม ผู้เขียนเสนอว่าแหล่งโบราณคดีแห่งนี้ เป็นเมืองท่ายุคแรกที่มีการติดต่อกับอินเดียอย่างชัดเจน อายุราว 2,000-1,200 ปีมาแล้ว โดยวิเคราะห์ตีความจากหลักฐานที่ปรากฏรอบๆ แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ อาทิ ก้อนแก้วหลอม หินวัตถุติบสำหรับทำลูกปัด ลูกปัดแก้วหลอมติดกัน ลูกปัดสีเดียวแบบอินโดแปซิฟิก (Indo-pacific Beads) ประติมากรรมสิงห์ครึ่งตัว จี๋หรือหัวแหวนรูปต่างๆ ทั้งมนุษย์ สัตว์ ภาชนะดินเผาแบบรูแลตต์ (Rouletted ware)⁶³

พ.ศ. 2550 เบเรนิส เบลลินา (Bérénice Bellina) และ ประอร ศิลาพันธ์ เขียนบทความเกี่ยวกับแหล่งโบราณคดีเขาสามแก้วเรื่อง “Khao Sam Kao and the Upper Thai

⁶¹ กรมศิลปากร , เครื่องใช้และเครื่องประดับที่ทำด้วยแก้วก่อนพุทธศตวรรษที่ 18, (กรุงเทพฯ : สำนักงานพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ กรมศิลปากร, 2549), 9-32.

⁶² เรื่องเดียวกัน, 33-34.

⁶³ เรไร นัยวัฒน์, “แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง จังหวัดระนอง เมืองท่าโบราณ 2,000 ปี,” ศิลปวัฒนธรรม 28,1 (พฤศจิกายน 2549) : 28-30.

Peninsula : Understanding the Mechanisms of Early Trans-Asiatic Trade and Cultural Exchange”⁶⁴ ในหนังสือ Uncovering Southeast Asia's past Selected papers from the 10th International Conference of the European Association of Southeast Asian Archaeologists. เพื่อรายงานผลการดำเนินงานขุดค้นทางโบราณคดีที่แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้วระหว่างปี 2002 – 2005 ของการร่วมมือขุดค้นทางโบราณคดีระหว่างระหว่างไทย-ฝรั่งเศส โบราณวัตถุที่พบจากการสำรวจและการขุดค้น มีเครื่องมือเหล็ก ภาชนะดินเผา ตราประทับและเครื่องราง เครื่องประดับหินจำพวกลูกปัด จี้ และเครื่องประดับจำพวกแก้ว เช่น ลูกปัดแก้ว ก้อนแก้ว ชิ้นส่วนกำไลแก้ว แก้วที่พบมักจะมีสีเขียว มีการขึ้นรูปด้วยความร้อน และใช้เทคนิคการเจียรไน จากหลักฐานทางโบราณคดีแสดงสรุปได้ว่าแหล่งนี้เป็นแหล่งผลิตเครื่องประดับหินและแก้ว มีการใช้พื้นที่ในสมัยต่างๆ ตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ราวก่อน ค.ศ.400 นอกจากนี้แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้วยังเป็นเมืองท่าและศูนย์กลางการผลิตในช่วงที่มีการตื่นตัวทางการค้าในช่วงตอนปลายของสหัสวรรษที่ 1

และ ปรีชา นุ่นสุข และวัฒนสาสน์ นุ่นสุข เผยแพร่บทความเรื่อง “ภูเขาทอง : สถานีการค้ายุคต้นบนฝั่งอันดามัน”⁶⁵ ในวารสารเมืองโบราณ โดยแหล่งโบราณคดีแห่งนี้มีบทบาทการเป็นสถานีการค้าบนฝั่งตะวันตกเพื่อข้ามไปยังฝั่งตะวันออก และเป็นศูนย์กลางทางการค้าระหว่างมหาสมุทรอินเดียและแปซิฟิก อีกทั้งยังเป็นแหล่งผลิตลูกปัดอีกด้วย โบราณวัตถุที่พบ เช่น เศษภาชนะดินนำเข้า ลูกปัดหิน ลูกปัดแก้ว จี๋หิน วัตถุดินเผาสำหรับผลิตลูกปัด ก้อนแก้ว เศษแก้ว หัวแหวน ประติมากรรมรูปสัตว์ และขดแก้วสีเขียวมีจารึกภาษาพราหมี

หลักฐานที่เป็นแก้วประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้วนี้ ไม่เพียงแต่พบในแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทยเท่านั้น ยังพบในภาคกลาง และภาคตะวันออกของไทยอีกด้วย ได้แก่ เมืองโบราณอู่ทอง อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี ที่พบชิ้นส่วนแก้วถูกประทับในกรอบสี่เหลี่ยม⁶⁶ และในปี พ.ศ.

⁶⁴ Bérenice Bellina and Praon Silapanth, “Khao Sam Kaeo and the Upper Thai Peninsula : Understanding the Mechanisms of Early Trans-Asiatic Trade and Cultural Exchange,” in Uncovering Southeast Asia's Past : Selected papers from the 10th International Conference of the European Association of Southeast Asian Archaeologists. (Singapore : NUS Press, 2006), 379-391.

⁶⁵ ปรีชา และวัฒนสาสน์ นุ่นสุข, “ภูเขาทอง : สถานีการค้ายุคต้นบนฝั่งอันดามัน,” เมืองโบราณ 33 ,2 (เมษายน-มิถุนายน 2550) : 70-78.

⁶⁶ ฝากจิต ราชฤทธิ์, เรื่องเดียวกัน, 56.

2552 จากการขุดค้นของ พิมพ์ชนก พงศ์เกษตรกรรมที่แหล่งโบราณคดีดงแม่นางเมือง จ. นครสวรรค์ พบชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 1 ชิ้น ลูกปัดแก้วสีเขียว เครื่องถ้วยเปอร์เซีย เศษภาชนะดินเผา เนื้อดิน เศษภาชนะดินเผาเนื้อแกร่ง ส่วนภาคตะวันออกก็พบชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวน 2 ชิ้น สีเขียว ในแหล่งโบราณคดีเมืองพระรถ จ. ชลบุรี⁶⁷ อีกด้วย

นอกจากงานศึกษาเรื่องแก้วในภาคใต้ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีการศึกษาเรื่องลูกปัดแก้วที่พบตามแหล่งโบราณคดีต่างๆ ในภาคต่างๆ ของประเทศไทย ของนักศึกษาระดับปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต และระดับปริญญาโท เช่น สารนิพนธ์ของ โสมสุดา รัตนิน ได้ศึกษาเรื่องลูกปัดที่ดงศรีมหาโพธิ์ ประจำปี พ.ศ.2517 ตั้งอยู่ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี⁶⁸ สารนิพนธ์ของ ชัยยุทธ มณีรัตน์ ได้ศึกษาเรื่องลูกปัดแก้วจากแหล่งโบราณคดีดงละคร ตำบลดงละคร อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ประจำปี พ.ศ. 2530⁶⁹ สารนิพนธ์ของ ธนพร ต้นเล่ง ได้ศึกษารูปแบบลูกปัดแก้วจากแหล่งโบราณคดีบ้านพรหมหินใต้ ตำบลหลุมข้าว อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ประจำปี พ.ศ.2548⁷⁰ สารนิพนธ์ของ บัณฑิต ทองอร่าม ได้ศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ลูกปัดที่ได้การขุดค้นทางโบราณคดีที่ อ.คูทอง จ.สุพรรณบุรี ปี พ.ศ.2541⁷¹ สารนิพนธ์ของ จตุพร มะโน ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษารูปแบบเครื่องประดับที่แหล่งโบราณคดีบ้านโป่งมะนาว ตำบลห้วยขุนราม อำเภอ

⁶⁷ อำไพ สุลักษณ์านนท์, “การศึกษาเมืองพระรถ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี จากหลักฐานโบราณสถานและชั้นดินทางโบราณคดี,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2530).

⁶⁸ โสมสุดา รัตนิน, “ลูกปัดที่ดงศรีมหาโพธิ์,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2517).

⁶⁹ ชัยยุทธ มณีรัตน์, “การศึกษารูปแบบแก้วจากแหล่งโบราณคดีดงละคร,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2530).

⁷⁰ ธนพร ต้นเล่ง, “การศึกษารูปแบบลูกปัดแก้วจากแหล่งโบราณคดีบ้านพรหมหินใต้ ตำบลหลุมข้าว อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547).

⁷¹ บัณฑิต ทองอร่าม, “การวิเคราะห์ลูกปัดที่ได้การขุดค้นทางโบราณคดีที่ อ.คูทอง จ.สุพรรณบุรี,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2541).

พัฒนานิคมน จังหวัดลพบุรี ในปี พ.ศ.2545⁷² สารนิพนธ์ของวิลภา กาศวิเศษ ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาเครื่องประดับที่ได้จากการขุดค้นที่วัดโพธิ์ศรีในตำบลบ้านเชียง อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี ประจำปี พ.ศ. 2546⁷³ นอกจากการศึกษาเกี่ยวกับทางด้านกายภาพของลูกปัดแก้วแล้วในงานศึกษาระดับปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต ยังมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี เช่น ผุสดี รอดเจริญ ได้เสนอนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เรื่อง “การศึกษาแก้วสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายที่พบในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” ประจำปี พ.ศ.2548⁷⁴ ผู้เขียนได้เน้นการศึกษารูปแบบของลูกปัดแก้วที่พบทั้งสองภาค โดยใช้คุณลักษณะของวัตถุสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ องค์ประกอบด้านการตกแต่งหรือผิวหน้า องค์ประกอบด้านรูปทรง และองค์ประกอบด้านเทคโนโลยี และยังได้ตรวจสอบองค์ประกอบเคมีทางวิทยาศาสตร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีว่าแก้วประกอบด้วยธาตุใดบ้าง ซึ่งทำให้ทราบความเหมือนหรือแตกต่างกันของลูกปัดแก้วในแต่ละแหล่งได้ และ นิพนธ์ของ ภาณุพงศ์ พนมวัน ได้ศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์กลุ่มสำหรับองค์ประกอบทางเคมีของลูกปัดแก้วที่ได้จากการขุดค้นที่แหล่งโบราณคดีพรหมทินใต้ จ.ลพบุรี⁷⁵ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ทางเคมีของลูกปัดแก้ว

⁷² จตุพร มะโน, “การศึกษารูปแบบเครื่องประดับที่แหล่งโบราณคดีบ้านโป่งมะนาว ตำบลห้วยขุนราม อำเภอพัฒนานิคมน จังหวัดลพบุรี,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545).

⁷³ วิลภา กาศวิเศษ, “การศึกษาเครื่องประดับที่ได้จากการขุดค้นที่วัดโพธิ์ศรีในตำบลบ้านเชียง อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546).

⁷⁴ ผุสดี รอดเจริญ, “การศึกษาแก้วสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายที่พบในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย,” (นิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548).

⁷⁵ ภาณุพงศ์ พนมวัน, “การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและการวิเคราะห์กลุ่มสำหรับองค์ประกอบทางเคมีของลูกปัดแก้วที่ได้จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีพรหมทินใต้ ลพบุรี,” (นิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547).

จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2547 โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ได้ข้อสรุปว่ามีธาตุอลูมิเนียมและโปแตสเซียมในยุคเหล็กสูงกว่าลูกปัดแก้วในยุคทวารวดี

สรุป

จากการศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจะเห็นได้ว่าโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบในประเทศไทยสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

ประเภทแรก คือ เครื่องประดับ เช่น ลูกปัดแก้ว กำไลแก้ว แหวนแก้ว เป็นต้น

ประเภทที่สอง คือ เครื่องใช้ เช่น ขวดแก้ว ชามแก้ว ถ้วยแก้ว ภาชนะต่างๆ เป็นต้น

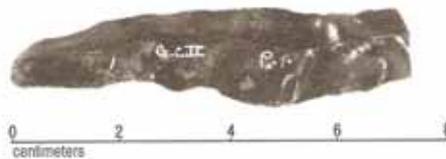
ซึ่งจากการรวบรวมผลการศึกษาค้นคว้าที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าในการศึกษาเรื่องแก้วมักจะเน้นไปที่เครื่องประดับแก้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกปัดแก้ว ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากพบในปริมาณที่หนาแน่น และพบเกือบทุกแหล่งในประเทศไทย ส่วนในภาคใต้ก็พบลูกปัดแก้วในปริมาณมหาศาลในบริเวณเมืองท่าชายฝั่งโบราณ เช่น แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว อ.เมือง จ.ชุมพร แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (เกาะคอเขา) อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา เป็นต้น

แม้ว่าจะมีการศึกษาภาชนะแก้วโดย อลาสแตร์ แลมป์ เมื่อราว ค.ศ.1960 แต่ก็เป็นการเปรียบเทียบเฉพาะชิ้นส่วนของภาชนะแก้วที่พบแหล่งโบราณในรัฐเคดาห์ ประเทศมาเลเซีย กับแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (เกาะคอเขา) อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ส่วนการศึกษาภาชนะแก้วในประเทศไทยเริ่มปรากฏจริงจังประมาณ พ.ศ.2528 นั้น ก็พบเป็นส่วนน้อย อาจเป็นเพราะจากการขุดค้นทางโบราณคดีพบชิ้นส่วนภาชนะแก้วเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยกำหนดอายุว่าอยู่ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 12-16 และสินค้าที่มาจากโรมันหรือตะวันออกกลาง แต่ทว่าจากการขุดค้นทางโบราณคดีบริเวณชายฝั่งอันดามันในช่วงปี พ.ศ. 2546-2551 เป็นต้นมา ได้พบแหล่งโบราณคดีที่ปรากฏร่องรอยของภาชนะแก้วขึ้น ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อำเภอสุขสำราญ จ.ระนอง แหล่งโบราณคดีนางยอน อ.คุระบุรี จ.พังงา นับได้ว่าเป็นหลักฐานใหม่ที่สำคัญที่แสดงถึงการติดต่อสัมพันธ์กับต่างแดน และการเป็นเมืองท่าร่วมสมัยกับแหล่งโบราณคดีอื่นๆ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับภาชนะแก้วที่พบในคาบสมุทรไทยทั้งฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก นอกจากจะศึกษาจากลักษณะทางกายภาพ เช่น สี ขนาด ลักษณะการขึ้นรูป รูปทรง อีกทั้งยังจะใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของภาชนะแก้วว่ามีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไรในแต่ละแหล่ง นอกจากนี้การที่มีผู้ตั้งข้อสงสัยถึงการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วมาหลอมทำลูกปัดอีกครั้ง ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าเศษแก้วแตกเหล่านี้เป็นสินค้านำเข้ามาเพื่อผลิตลูกปัด

ด้วยหรือไม่ หรือเป็นการนำแก้วกลับมาหลอมเพื่อใช้ประโยชน์อีกครั้ง เนื่องจากพบว่ามีผู้นำเศษชิ้นส่วนภาชนะแก้วกลับมาหลอมใหม่อีกครั้งในแหล่งโบราณคดีบางแห่งในภาคใต้ ซึ่งหากได้ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้วหรือก้อนแก้ว และลูกบิดแก้ว อาจจะสามารถไขข้อสงสัยนี้ให้กระจ่างก็เป็นได้

บทที่ 2 ประวัติความเป็นมาของภาชนะแก้ว

ก่อนหน้าที่มนุษย์จะมีความรู้ในการผลิตแก้วขึ้นมานั้น แก้วชนิดแรกของโลกได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ และเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ซิลิกอนไปแตสเซียม อลูมิเนียม และแคลเซียมหลอมรวมกันขึ้น¹ เรียกว่า หินออบซิเดียน (obsidian) หินชนิดนี้มนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์รู้จักนำมาใช้เป็นเครื่องมือและอาวุธสำหรับหั่นตัดมานานนับหมื่นปีแล้ว (ดูภาพที่1) ลักษณะการใช้งานของจะคล้ายกับเครื่องมือหินฟลินท์ (flint) ต่อมาเมื่อมนุษย์รู้จักการใช้ไฟ จึงเกิดการพัฒนาประสบการณ์ในการผลิตแก้วขึ้นมาจากกระทั่งถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 1 เครื่องมือหินทำจากหินออบซิเดียนพบในเคนยา มีอายุประมาณ 3,700-900 ปีมาแล้ว

ที่มา : Goffer, Zvi, *Archaeological Chemistry*, 2nd ed. (Hoboken, N.J. : Wiley-Interscience, 2007),106.

การพัฒนาการเกิดแก้ว

แก้วถือกำเนิดมานานมากกว่า 3,500 ปีมาแล้ว โดยไพลนี (Pliny) นักประวัติศาสตร์ชาวโรมันที่มีอายุอยู่ในช่วง พ.ศ. 566-632 (ค.ศ.23-79) ได้บันทึกว่าแก้วเกิดขึ้นโดยบังเอิญในขณะที่นักเดินเรือชาวฟินิเซียนใช้ก้อนนาตรอน (natron) ก่อเป็นเตาไฟสำหรับประกอบอาหารบน

¹ Newton, Roy and Sandra Davison, *Conservation of Glass* (Great Britain : Cambridge University,1989),1-2.

หาดทราย ทำให้เกิดของเหลวไหลออกมา เมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัว และกลายเป็นแก้ว² ซึ่งบันทึกเล่มนี้ไม่ได้รับการยอมรับ เนื่องจากลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถเกิดแก้วขึ้นมาได้เพราะการหลอมแก้วต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมาก

ในปัจจุบันทฤษฎีการเกิดแก้วสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากการพัฒนาประสบการณ์ของมนุษย์ในการหลอมโลหะและผลิตภาชนะดินเผา³ กล่าวคือ เมื่อประมาณ 6,000 ปีมาแล้ว ในดินแดนตอนกลางของเอเชีย ไชปรัส คาบสมุทรไซไน ได้มีการผลิตแก้วน้ำเคลือบ (glaze) ที่ได้จากหลอมโลหะ เช่น ทองแดง ตะกั่ว หรือซัลเฟอร์กับแก้วที่ได้จากเตาหลอมแร่ ซึ่งเมื่อเติมทองแดงและตะกั่วลงไปจะทำให้แก้วมีสีน้ำเงิน และแก้วน้ำเคลือบที่ได้จากวัตถุดิบของภาชนะดินเผาที่มีส่วนผสมของซิลิกาสูง แก้วลักษณะนี้เกิดขึ้นในอียิปต์ และฮาร์ปัน นอกจากนี้ นักวิชาการส่วนมากเชื่อว่าแก้วพัฒนามาจากฟายองซ์ (faience) ซึ่งเกิดจากการหลอมระหว่างแร่ควอทซ์บดละเอียดและด่าง (alkali) ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าแก้ว สีที่ได้มักจะมีสีฟ้าหรือเขียวโปร่งใส มีรูปทรงบริเวณลำตัว และเงาวาว สามารถนำมาผลิตภาชนะหรือวัตถุอื่นๆ ได้ องค์ประกอบเหล่านี้ถ้าผสมในอัตราส่วนที่ต่างกันจะสามารถผลิตแก้วได้⁴ ต่อมาจึงเริ่มมีการผลิตแก้วน้ำเคลือบ (glazes) ที่เกิดจากฟายองซ์ที่ได้รับอุณหภูมิสูง (ดูภาพที่ 2) ทำให้โซดาที่ปนอยู่กลายเป็นแก้ว⁵ เกิดขึ้นโดยบังเอิญในขณะเผาภาชนะดินเผา แก้วน้ำเคลือบเป็นแก้วที่เคลือบบนพื้นผิวของวัตถุต่างๆ เช่น ลูกปัด ภาชนะดินเผา รูปปั้น พบในอียิปต์เมื่อประมาณ 6,000 ปีมาแล้ว ในระยะแรกแก้วน้ำเคลือบใช้เคลือบลูกปัดที่ทำจากแร่ สตีทไทต์ (steatite) หรือควอทซ์ (quartz)

²Zerwick C., A short History of Glass (New York : The Corning Museum of Glass, 1990), 9-10.

³Singh N. Ravindra, Ancient Indian Glass (Delhi : Parimal Publications, 1989), 13-14.

⁴Zerwick C., *ibid.*, 10-13.

⁵Van Der Sleen W.G.N., A Hand Book on Beads (Pennsylvania : Liberty Cap books 1973), 58-61.



ภาพที่ 2 ลูกปัดฟายองซ์ในยุคราชวงศ์เก่าราว 3,000 ปีก่อนคริสตกาล

ที่มา : [Ancient Faience in Egypt, 3000 B.C.](http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/qau/tomb507/finds.html#27368) [Online], accessed 7 September 2009. Available from <http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/qau/tomb507/finds.html#27368>

อย่างไรก็ตาม ในบริเวณดินแดนแถบชายฝั่งทะเลก็สามารถผลิตแก้วขึ้นเองได้ โดยองค์ประกอบสามารถหาได้จากท้องถิ่น เช่น ทราช ไซดาจากเกลือสมุทรหรือขี้เถ้าจากสาหร่าย (ash seaweed) ซึ่งไซดาประเภทหลังนี้เป็นที่นิยมมากในการผลิตแก้วของชาวเวนิสเมื่อราว ค.ศ. 500-1400 ปี ส่วนโปแตสเซียมในสมัยโบราณสามารถหาได้จากการขี้เถ้าจากการเผาไม้ และปูนขาวได้จากเปลือกหอย⁶

ประวัติความเป็นมาของภาชนะแก้วในดินแดนต่างๆ มีดังนี้

ภาชนะแก้วจากอียิปต์ (Egyptian vessel glass)

แม้ว่ายังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าการผลิตแก้วเริ่มขึ้นเมื่อใด แต่ในอียิปต์สามารถผลิตแก้วในรูปแบบของฟายองซ์ (faïence) ได้เมื่อประมาณ 6,000 ปีมาแล้ว ซึ่งเป็นการผสมของทราช (ซิลิกา) โซเดียมคาร์บอเนตออกไซด์ของทองแดง และน้ำ เมื่อเผาแล้วซิลิกาจับตัวแข็งโดยเกาะตัวเป็นน้ำเคลือบที่บางและมันคล้ายแก้ว อันเกิดจากปฏิกิริยาของไซดาและซิลิการะหว่างการเผา⁷ โดย

⁶Van Der Sleen W.G.N., *A Hand Book on Beads*, 48. อ้างใน กรมศิลปากร, *ลูกปัดจากแหล่งขุดค้นโบราณคดีสทิงพระ ปี 2522*, (โครงการขุดค้นแหล่งโบราณคดีสทิงพระ : ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2522.) ,65-66.

⁷พรชัย สุจิตต์, “แก้วโบราณในเอเชีย,” *เมืองโบราณ* 11,1 (มกราคม-มีนาคม 2528) : 37-49.

ฟายองซ์สามารถขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ หล่อ และปั้นหมุน⁸ เมื่อเข้าสู่ยุคอาณาจักรเก่าราว 4,800-4,500 ปีมาแล้ว หลักฐานเกี่ยวกับแก้วที่พบ ได้แก่ ลูกบิด ทัพทรวงรูปหัวสิงโตทำจากแก้วสีฟ้า จารึกพระนามฟาโรห์ Intef Nubkheperre และแท่งแก้วจารึก Cartouche ของ Amenemhet III แห่งราชวงศ์ที่ 12 (ราว 2,300 ปีมาแล้ว)⁹

ในยุคอาณาจักรใหม่ (New Kingdom) ราว 3,500 ปีมาแล้ว เป็นยุคแห่งความมั่งคั่ง ทางด้านการเมือง เศรษฐกิจ และศิลปะ ตรงกับรัชสมัยของฟาโรห์ทูทโมซิสที่ 3 (Tuthmosis III) แห่งราชวงศ์ที่ 18 อียิปต์มีอำนาจเหนือดินแดนเอเชียตะวันตกบางส่วน ซึ่งเป็นระยะเดียวกันที่อุตสาหกรรมการผลิตแก้วเจริญขึ้นในดินแดนอียิปต์ เช่น ที่ทีบิส (Thebes), ลิสท์ (Lisht) และเทล-อามาร์นา (Tel el-Amarna) โดยพบหลักฐานการผลิตแก้วจำนวนมาก จึงอาจเป็นไปได้ว่าการผลิตแก้วในอียิปต์เรียนรู้จากเอเชียตะวันตกหรือตะวันออกกลาง¹⁰ และภาชนะแก้วได้ปรากฏขึ้นครั้งแรกในยุคนี้ ซึ่งหลักฐานที่เป็นวัตถุที่ทำจากแก้ว ได้แก่ เครื่องประดับแก้วต่างๆ และภาชนะแก้วหรือถ้วยแก้วมีจารึกของฟาโรห์ทูทโมซิสที่ 3 (ดูภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ถ้วยมีเชิงจารึก Carthouche ของ Thushmosis III, สูง 13 ซม.

ที่มา : Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C.to A.D.50. (New York : Hudson Hills Press, 1989), 49.

⁸Battie, David and Simon Cottle, general ed., Sotheby's Concise Encyclopedia of Glass (London : Coran Octopus Limited, 1991), 16.

⁹Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50 (New York : Hudson Hills Press, 1989), 49.

¹⁰Ibid., 51.

รูปทรงของภาชนะแก้วในยุคแรกๆ ไม่หลากหลายมากนัก มักเลียนแบบจากรูปทรงของวัตถุอื่นๆ เช่น ภาชนะดินเผา เครื่องโลหะ และภาชนะที่ทำจากหิน¹¹ อาทิ ถ้วย เขี่ยอก และขวดหรือเหยือกขนาดเล็ก มีหูจับ และเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วจำนวนมากมักมีปากขนาดเล็ก บางทีรูปร่างต่างๆ เช่น สัตว์ ต้นไม้ อาทิ รูปปลา รูปนก รูปหมา และต้นปาล์ม สำหรับใส่น้ำหอมและน้ำมัน¹² ภาชนะแก้วที่ผลิตขึ้นเป็นบรรจุภัณฑ์ใส่น้ำมันหอม ซี้ผึ้ง เครื่องสำอาง ผงแป้ง หรือยา บางทีใช้ซี่ผึ้งปิดปากภาชนะไว้¹³ นอกจากนี้ยังใช้แก้วผลิตเป็นวัตถุอื่นๆ เช่น สร้อยคอ แผลงสคาร์บ เครื่องประดับต่างๆ ทั้งเครื่องวาง สร้อยข้อมือ ต่างหู และปิ่นปักผม (hair pin) ซึ่งวัตถุแก้วเหล่านี้ล้วนเป็นของมีค่าในสมัยนั้น ชนชั้นสามัญไม่สามารถใช้ได้ทั่วไป ดังจะเห็นว่าพบเครื่องประดับแก้วและภาชนะแก้วรวมอยู่กับมัมมี่ในสุสานของฟาโรห์ นักบวช และชนชั้นสูงเท่านั้น¹⁴

การผลิตภาชนะแก้วใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยแกน (core technique) โดยทำจากทรายหรือดินเหนียว นำไปจุ่ม (dip) ในแก้วหลอมหรือพันด้วยเส้นแก้ว จากนั้นนำไปกลิ้งกับพื้นเรียบเพื่อให้ผิวภาชนะเรียบเนียน อาจตกแต่งด้วยการเติมเส้นแก้วสีต่างๆ แล้วนำไปหลอมให้อ่อน จึงตกแต่งด้วยการขีดขึ้น-ลง ให้เป็นรูปร่างซิกแซก (comb) เมื่อเสร็จแล้วนำไปกลิ้งให้เรียบเนียนอีกครั้ง¹⁵ (ดูภาพที่ 4) แก้วที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยแกนมักจะทึบแสง สีของแก้วที่นิยมจะเป็นสีฟ้า แต่ก็พบสีที่ตัดกันด้วย นอกจากนี้ช่างทำแก้วชาวอียิปต์ยังได้ผลิตแก้วแบบโมเสก (mosaic glass) ซึ่งมีวิธีการนำแท่งแก้วหลากสีมัดรวมกันให้เป็นรูปร่างตามต้องการ จากนั้นนำไปหลอมให้แก้วติดกัน จึงดึงและตัดในด้านขวาง ดังนั้น แก้วโมเสกจึงมักมีขนาดเล็ก

การผลิตแก้วในอียิปต์เจริญสูงสุดตรงกับรัชสมัยของฟาโรห์ Amenhotep IV จนถึงฟาโรห์ Akhenaten เมื่อประมาณ 1,370-1,358 ปีก่อนคริสตกาล และเสื่อมความนิยมลงหลังจาก

¹¹Drahotova, Olga, European Glass, trans. Norah Hronkova (Prague : Czechoslovakia, 1983), 13.

¹²Phoebe, Phillips, The Encyclopedia of Glass (New York : Crescent books, 1987), 20.

¹³Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50, 51.

¹⁴Battie, David and Simon Cottle, general ed., Sotheby's Concise Encyclopedia of Glass , 23.

¹⁵Vose, Ruthhurst, Glass (London : Ebury Press, 1975), 15.

ราชวงศ์ที่ 18 ล่มสลายลง อียิปต์เข้าสู่ยุคมืดเป็นระยะเวลามากกว่า 500 ปี และเพื่อฟื้นฟูก่อขึ้นอีกครั้ง เมื่อเมืองอเล็กซานเดรีย (Alexandria) กลายเป็นแหล่งผลิตแก้วที่สำคัญและมีชื่อเสียงภายใต้การปกครองของอเล็กซานเดอร์มหาราชในช่วง 399-300 ปีก่อนคริสตกาล เป็นช่วงระยะเวลาเดียวกันที่อาณาจักรซีเรีย (Syria) มีการพัฒนาการประดิษฐ์แก้วที่ก้าวหน้า



ภาพที่ 4 Amphoriskos ขึ้นรูปด้วยแกน (สมัยอาณาจักรใหม่ราว 1400-1350 ก่อนคริสตกาล, สูง 12.3 ซม. หน้า 0.4 ซม.)

ที่มา : Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50 (New York : Hudson Hills Press, 1989), 59.

ภาชนะแก้วจากโรมัน (Roman vessel glass)

อาณาจักรโรมันถูกสถาปนาขึ้นโดยซีซาร์ ออกุสตุส (Caesar Augustus) ราวปลายสหัสวรรษที่ 1 ก่อนคริสตกาล¹⁶ มีอำนาจครอบคลุมดินแดนต่างๆ ได้แก่ ฝรั่งเศส สเปน โปรตุเกส อังกฤษ เบลเยียม สวิตเซอร์แลนด์ ตุรกี ตะวันออกกลาง อียิปต์ อัฟริกาเหนือ บางส่วนของเนเธอร์แลนด์ เยอรมันนี ยุโรปตะวันออก และออสเตรเลีย ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 1- 4 หรือ พ.ศ. 543-943 ซึ่งแก้วที่ผลิตขึ้นจากดินแดนเหล่านี้หรือเรียกว่า แก้วโรมัน จึงหมายถึง แก้วที่ผลิตขึ้นจากดินแดนที่อยู่ภายใต้อำนาจของอาณาจักรโรมันในช่วงเวลาดังกล่าว¹⁷ ก่อนหน้านั้นราว 300-100 ปี

¹⁶ Battie, David and Simon Cottle, general ed., *ibid.*, 26.

¹⁷ Zerwick, Choloe, A short History of Glass (New York : Corning Museum of Glass , 1990), 23.

ก่อนคริสตกาล ภาชนะแก้ว (เครื่องแก้ว) ในยุคนี้มีความสวยงามมาก อันเนื่องจากการพัฒนาทางด้านเทคนิคและทักษะ เช่น การหล่อแก้วในแม่พิมพ์ การผลิตแก้วแบบ gold sandwich glass เป็นการสลักภาพลงบนแผ่นทอง จากนั้นนำแก้วใสสองชิ้นประกบระหว่างแผ่นทอง (ดูภาพที่ 5) แหล่งผลิตอาจจะอยู่ที่เมืองอเล็กซานเดรีย แต่ผลจากการขุดค้นในอิตาลีแสดงว่าอาจจะมีการผลิตขึ้นในอิตาลีเอง¹⁸ นอกจากนี้ยังมีการผลิตแก้วโมเสกในแถบตะวันออกของเมดิเตอร์เรเนียนด้วย ซึ่งใช้แท่งแก้วสีชาวม้วนกับสีเหลืองพันรอบๆ ก้อนแก้วใส จากนั้นจึงหลอมติดบนพื้นแก้วใส ส่วนมากมักจะนิยมตกแต่งขอบปากด้วยเส้นแก้วพันระหว่างสองสี¹⁹ (ดูภาพที่ 6) เช่น สีเหลืองกับขาว เป็นต้นจากหลักฐานทางโบราณคดีที่พบในโรม-อิตาลีแสดงให้เห็นว่าในระยะแรกเทคนิคที่ใช้ผลิตภาชนะแก้วเป็นการหล่อแก้วด้วยแม่พิมพ์คู่ (two mould)²⁰ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะ มักมีร่อง หรือ ริว (ribbed) ผิวเรียบเกิดจากการตัดหรือเจียรระโน และมีสีทึบ-ขุ่น



ภาพที่ 5 ภาชนะแก้วแบบ gold sandwich glass, เส้นผ่านศูนย์กลาง 19.3 เซนติเมตร
ที่มา : Klein, Dan, and Ward Lloyd, The History of Glass (London : Orbis,1984) 19.

¹⁸ Klein Dan and Ward Lloyd, The History of Glass (London : Orbis,1984), 19

¹⁹ Bettie David and Simon Cottle, *ibid.*, 2.

²⁰ Marshall Jo, Glass Source Book (Hong kong : Leefung Asco Printer Ltd.,1990), 18.



ภาพที่ 6 ภาชนะแก้วแบบโมเสก (Mosaic glass), เมดิเตอร์เรเนียนตะวันตก ประมาณปลาย 200-100 B.C., เส้นผ่านศูนย์กลาง.14.1 เซนติเมตร

ที่มา : Battie, David and Simon Cottle, general ed., Sotheby' s Concise Encyclopedia of Glass(London : conran outpress Limited, 1991),22.

ภาชนะแก้วแบบโมเสกที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ ชาม ภาชนะทรงเหลี่ยม(pyxide) หรือขวดที่เรียกว่า reticelli²¹ การตกแต่งภาชนะแก้วที่งดงามในยุคนี้ ก็คือ แก้วคามิโอ (Cameo) หรือรู้จักกันว่า the Portland vase²² ซึ่งเป็นการเลียนแบบลายของหิน เช่น หินโอนิกซ์ (Onyx) ใช้เทคนิคเป่าแก้วและหล่อแก้ว ให้แก้วไล่สีเป็นชั้นๆ โดยมีสีขาวขุ่นอยู่ด้านบน ส่วนแกนด้านในมักมีสีเข้ม เช่น สีน้ำเงินเข้ม, สีม่วง หรือสีเขียว จากนั้นจึงเจียรระโนและแกะสลักเป็นเรื่องราว (ดูภาพที่ 7) ศูนย์กลางแหล่งผลิตแก้วชนิดนี้เชื่อว่าอยู่ที่เมือง อเล็กซานเดรีย (Alexandria) รูปทรงที่พบมากจะเป็นเหยือก นอกจากนี้ยังมีแก้วลายหินอ่อน แก้วสีฟ้าอมเขียวหรือเขียวอมฟ้า²³

²¹ Ibid., 24-26.

²² เหตุผลที่เรียกแก้ว cameo อีกชื่อว่า "The Portland vase" เนื่องจากพิพิธภัณฑสถานอังกฤษได้ซื้อมาจากคุณแห่ง Portland เมื่อปี ค.ศ.1945 ซึ่งการค้นพบแก้วคามิโอพบตั้งแต่ปี ค.ศ. 1582 ในโลงหินที่ The Appian Way ใกล้กับโรม [ที่มา : Vose Ruth Hurst, The Antique collector's guides Glass, (London : Ebury Press,159.)]

²³Battie, David and Simon Cottle, ibid., 31.



ภาพที่ 7 แจกัน Portland vase (Cameo) สูง 24.5 เซนติเมตร

ที่มา : Battie, David and Simon Cottle, general ed., Sotheby's Concise Encyclopedia of Glass, (London : Coran Octopus Limited, 1991), 31.

ต่อมาเมื่อเทคนิคการเป่าแก้ว (Free blowing) ถูกประดิษฐ์ขึ้นราวปลาย 100 ปีก่อนคริสตกาลในดินแดนในซีเรีย-ปาเลสตีเนียน และแพร่กระจายไปทั่วโรมัน อาจเป็นช่างผลิตแก้วชาวเมดิเตอร์เรเนียนที่เผยแพร่ความรู้ให้แก่อิตาลี²⁴ ก่อให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมแก้วจนส่งผลให้เทคนิคการหล่อแก้วเสื่อมลง เนื่องจากการเป่าแก้วสามารถผลิตแก้วได้อย่างรวดเร็วและหลากหลายทั้งในด้านรูปทรงและขนาด อีกทั้งยังราคาถูก ภาชนะแก้วจึงกลายเป็นสิ่งของสามัญ โดยเฉพาะการเป่าแก้วในแม่พิมพ์ (mould-blowing) ทำให้เกิดพัฒนาด้านเทคนิคและรูปร่าง บ้างมีคำขวัญหรือจารึกบนลำตัวภาชนะ เช่น เพื่อสุขภาพ แต่ความสำเร็จ หรือชื่อผู้ผลิต²⁵ เช่น Ennion, Jason, Meges หรือเป็นประโยค เช่น เอนเนียนผลิตฉันขึ้นมา (Ennion made me) เอนเนียนแห่งไซดอน (Ennion of Sidon) (ดูภาพที่ 8) สำหรับแหล่งผลิตแก้วประเภทนี้อาจจะผลิตโดยช่างผลิตแก้วชาวไซดอนและเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออกที่อพยพไปยังอิตาลีเมื่อแรกเริ่มคริสต์ศตวรรษผลิตภัณฑ์แก้วมักมีขนาดเล็ก เช่น เขยือก ขวดสีเหลี่ยม หรือหลายเหลี่ยม ทางฝั่งตะวันตกของโรมันได้พบภาชนะแก้วขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ บ้างมีการแสดงบนลำตัวภาชนะเป็นเรื่องราวต่างๆ เช่น ภาพเหล่านักสู้ (ดูภาพที่ 9)

²⁴ Klein, Dan and Ward Lloyd, *ibid.*, 23.

²⁵ *Ibid.*, 29-30.



ภาพที่ 8 ภาชนะแก้วขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์มีจารึกชื่อผู้ผลิต, สูง 60 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 97 มม.

ที่มา : Newby, Martine and Painter, Roman Glass : Two Centuries of Art and Invention, (London : Society of Antiquaries of London, 1991), 59.



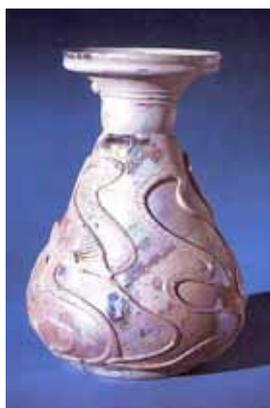
ภาพที่ 9 ภาชนะแก้วขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์มีภาพการต่อสู้ระหว่างนักรบ, สูง 79 มม.

เส้นผ่านศูนย์กลาง 81 มม.

ที่มา : Newby, Martine and Painter, Roman Glass : Two Centuries of Art and Invention, (London : Society of Antiquaries of London, 1991), 59.

การผลิตขวดทรงปรีซีมีใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ มักมีสีฟ้าอมเขียว หรือเขียวอ่อน นิยมบรรจุของเหลว ง่ายต่อการทำความสะอาด และนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ขวดแก้วมักโปร่งแสง การใช้ภาชนะแก้วบรรจุของเหลวเป็นบทบาทใหม่ รูปทรงของขวดมีหลากหลาย เช่น ขวดแก้วสีหน้า หรือหลายเหลี่ยม หรือขวดทรงกระบอกนิยมมากในคริสต์ศตวรรษที่ 2 และยังนำแก้วใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นลูกบิดหรือเครื่องประดับต่างๆ และของเล่น นอกจากนี้ยังพบแก้วใช้ประดับในสถาปัตยกรรมอีกด้วย ราว ค.ศ. 200-300 แหล่งผลิตแก้วเพิ่มจำนวนมากขึ้น เนื่องจากอาณาจักรโรมันขยายอาณาเขต เทคนิคมีการทั้งแบบเป่าอิสระและเป่าในแม่พิมพ์ เครื่องแก้วจึงเป็นสิ่งที่ทุกคนสามารถมีได้ เน้นความเรียบง่าย ไม่ตกแต่งมากนัก และมีคุณภาพ ทั้ง

ภาชนะสำหรับโต๊ะอาหาร (table ware) และภาชนะแบบบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ จาน, ถาด, ชาม, เหยือก, ถ้วย, ขวด, ตะเกียง, เชิงเทียน ส่วนมากแล้วจะมีสีธรรมชาติ บางที่ไม่มีสี (colourless glass) แต่ก็พบภาชนะรูปแบบต่างๆ เช่น ขวดรูปหน้าคน (mould-blown head-flasks) รูปเทพเจ้า โดยทั่วไปส่วนมากมักเป็นเหยือก, แจกัน, ขวด เป็นต้น รูปแบบเหล่านี้พบทุกแห่งทั้งโรมันและดินแดนเมดิเตอร์เรเนียนตะวันตก ทางฝั่งตะวันตกของโรมันมีโรงงานผลิตแก้ว เช่น ที่โคโลญจ์ (Cologne) มักจะผลิตภาชนะแก้วใส หรือมีสีจาง พร้อมกับตกแต่งเป็นลวดลายต่างๆ ด้วยเส้นแก้ว เช่น ลายนก ลายดอกไม้ ลายงู หรือเรียกว่า Snake-thread ware (ดูภาพที่ 10) นอกจากนี้ยังมีการตกแต่งด้วยร่องขนาดใหญ่ รูปเรขาคณิต หรือรูปร่างของมนุษย์หรือสัตว์ บางทีสลักชื่อผู้ผลิตเป็นภาษากรีก-ลาติน



ภาพที่ 10 ภาชนะแก้วที่มีการตกแต่งด้วยลายเส้นแก้ว หรือ ลายเส้นงูอายุประมาณคริสต์วรรษที่ 2
ที่มา : Marshall Jo, Glass Source book (Hong Kong : Chartwell, 1990), 41.

ในช่วงปลาย ค.ศ. 300 - 400 มีกบฏและจลาจลภายในอาณาจักรโรมัน จักรพรรดิคอนสแตนตินเข้ายึดครองและย้ายเมืองหลวงไปยังกรุงคอนสแตนติโนเปิล ผลจากสงครามทำให้เศรษฐกิจตกต่ำ เกิดการเปลี่ยนแปลงทั่วอาณาจักรทั้งอำนาจทางการเมืองและสังคม ยังผลให้ศาสนาคริสต์เริ่มมีบทบาทสำคัญต่อชาวโรมัน เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านการเมืองและเศรษฐกิจ แต่การผลิตแก้วก็ยังเฟื่องฟู ลักษณะภาชนะแก้วสำหรับใช้ในชีวิตประจำวันนั้น มักมีสีเหลืองซีด เขียวซีด สีเขียวมะกอก และสีน้ำตาล ส่วนแก้วใสและสีเขียวอมฟ้าพบไม่มากนัก รูปร่างมีขนาดเล็กมากขึ้น บ้างก็มีก้าน (ถ้วยสำหรับเหล้าองุ่น) ตะเกียงสำหรับแขวน แต่ยังพบขวดทรงสูงเหยือกคอยาว แจกัน และถ้วย ส่วนการตกแต่งนิยมใช้เส้นแก้วประดับบนผิวให้เป็นลายขีดและรูป

หยุด²⁶ ความนิยมของภาชนะแก้วได้แพร่หลายไปยังดินแดนต่างๆ เช่น อิตาลี อัฟริกาเหนือ และบริเวณอ่าวเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออก และอาจไกลไปยังดินแดนต่างๆ ในยุโรป

ภาชนะแก้วในยุคไบแซนไทน์ (Byzantine glass)

หลังจากที่ชนชาติป่าเถื่อนได้บุกกรุกยุโรปราวคริสต์ศตวรรษที่ 5 เป็นผลให้อาณาจักรโรมันล่มสลายลง ศิลปวัฒนธรรมและเทคนิคการผลิตแก้วต่างๆ ล่มลง จักรพรรดิคอนสแตนตินได้ย้ายเมืองหลวงจากอาณาจักรโรมันสู่กรุงคอนสแตนติโนเปิล ในยุคนี้มีระยะเวลาถึง 500 ปี นับได้ว่าเป็นยุคมืด (Dark Ages) ของโรมัน อย่างไรก็ตามการผลิตแก้วยังคงมีอยู่และพัฒนาเปลี่ยนแปลงโดยช่างฝีมือแก้วในยุคต่อมา

อาณาจักรไบแซนไทน์ (Byzantine Empire) ตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของอาณาจักรโรมัน และเป็นศูนย์กลางของอารยธรรมกรีกและโรมันตอนปลาย จนกระทั่งการล่มสลายของกรุงคอนสแตนติโนเปิลในปี ค.ศ.1453 (พ.ศ. 1996) การผลิตแก้วในสมัยนี้ได้บันทึกถึงการตกแต่งภาชนะสำหรับใส่อาหารและประดับสิ่งก่อสร้างด้วยแก้วโมเสก การเคลือบ การทาสีทองลงบนภาชนะแก้วในราว ค.ศ.1100-1200

คีวาน รัสเซีย (Kievan Russia) พบว่ามีการนำแก้วมาทำกระจก ภาชนะสำหรับโต๊ะอาหาร เครื่องประดับต่างๆ จนกระทั่งพวกมองโกลได้โจมตีในตอนต้น ค.ศ.1200 หลังจากนั้นราว ค.ศ.1200 ถึงกลาง ค.ศ.1500 แก้วได้กลายเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากในคาบสมุทรบอลข่านตอนกลาง (Central Balkans)²⁷

หลังจากการล่มสลายของอาณาจักรโรมัน การผลิตแก้วในดินแดนต่างๆ ของยุโรปเกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ในยุโรปตะวันตก ศูนย์กลางอำนาจแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แห่งหนึ่งอยู่ทางตอนเหนือ ประกอบด้วยเยอรมันนี โบฮีเมีย เบลเยียม ฝรั่งเศสและอังกฤษ ซึ่งอาศัยอยู่ในป่า อันเป็นแหล่งเชื้อเพลิงอย่างดี และอีกแห่งหนึ่งอยู่ทางตอนใต้ มีอิตาลีเป็นศูนย์กลาง ภาชนะแก้วแบบใหม่ที่ผลิตในเยอรมันนีเรียกว่า Frankish glassware เป็นการขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์ และตกแต่งด้วยเส้นแก้วหลากสี ในยุคนี้นิยมการภาชนะแบบทรงโคนโปร่งใส (cone Beaker) และภาชนะทรงเขา (drinking horns) (ดูภาพที่ 11) แหล่งผลิตอยู่ที่เบลเยียม และ Rhinland หรืออาจจะผลิตในตอนกลางของ Rhine or Meuse และยังสามารถผลิตถ้วยทรงเขาประมาณ ค.ศ. 300-

²⁶ Klein, Dan and Ward Lloyd, *ibid.*, 36-37.

²⁷ Klein, Dan and Ward Lloyd, *ibid.*, 39.

ตอนต้น ค.ศ.700 ส่วนในอิตาลีผลิตใน ปลาย ค.ศ.600-ต้น ค.ศ. 700 โดยทั่วไป สีที่พบบ่อยมีสีเขียว สีเขียวมะกอก และสีน้ำตาล²⁸



ภาพที่ 11 ถ้วยดื่มทรงเขา (drinking horn), สูง 23 เซนติเมตร

ที่มา : Klein, Dan and Ward Lloyd, The History of Glass, (London : Orbis,1984), 42.

นอกจากนี้ยังมีถ้วยแบบ claw หรือ Rüsselbecher เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากยุคโรมัน มีลักษณะคล้ายอุ้งเล็บเกาะอยู่บริเวณลำตัว (ดูภาพที่ 12) เป็นเทคนิคการเป่าก่อนแก้วให้พองตัวขึ้น จากนั้นพองอากาศจะถูกดึงเข้าไปในแก้วเกิดเป็นพองอากาศที่มีลักษณะคล้ายกรงเล็บ รูปแบบถ้วยชนิดนี้ได้รับความนิยมมากในช่วงปลายของ ค.ศ. 500-ต้น ค.ศ. 600 และอาจจะใช้งานจนถึงต้น ค.ศ.800 โรงงานที่มีชื่อเสียงในด้านนี้ คือ โรงงาน Teutonic glass ในบริเวณดินแดนแซน-ไรน์ (Seine-Rhine) จากนั้นจึงส่งออกไปยังอังกฤษและสแกนดิเนเวีย และภาชนะแก้วทรง Kutrolf มีความหมายว่า การหยดที่ละหยด มีลักษณะเฉพาะจะมีแท่งแก้ว 3-5 แท่ง ประดับตรงกลาง จึงแบ่งระหว่างส่วนลำตัวด้านบนและด้านล่าง ขอบปากงุ้มเข้า มีการใช้งานถึง ค.ศ.700 เป็นรูปแบบภาชนะแก้วแบบโรมัน ผลิตขึ้นในดินแดนซีเรีย โกลด์ และไรน์ ราว ค.ศ.400 ภาชนะที่มี

²⁸ Ibid., 43-45.



ภาพที่ 12 มีถ้วยแบบ claw หรือ Rüsselbecher, สูง 19 เซนติเมตร

ที่มา : Klein, Dan and Ward Lloyd, The History of Glass, (London : Orbis, 1984), 43.

เมื่อประมาณกลาง ค.ศ. 700-1200 แก้วในยุคนี้เรียกว่าแก้วคาโรลิงเจียน (Carolingian Period) มีแหล่งผลิตอยู่ทางฝั่งตะวันตกของโรมัน หลังจากการปฏิวัติทางด้านวิทยาการต่างๆ แม้ว่าจะเกิดความเจริญก้าวหน้าด้านต่างๆ แต่การผลิตแก้วกลับตกต่ำลง โรงงานการผลิตแก้วยังผลิตอยู่โดยเฉพาะเครื่องแก้วสำหรับชีวิตประจำวัน แต่ไม่เพียงพอนัก ประมาณราว ค.ศ. 1000 ปรากฏการผลิตแก้วสำหรับตกแต่งเป็นกระจกขึ้น (stained-glass- window) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ยอดเยี่ยมมากในยุคกลาง โดยใช้วิธีแผ่แก้วออกไปให้กว้าง (cylinder or broad) เป่าก่อนแก้วหลอมละลาย จากนั้นจึงปาดให้ยาวโดยใช้ความร้อน อันเป็นเทคนิคเฉพาะสำหรับทำกระจกหน้าต่างในยุโรปตะวันตก การผลิตกระจกสำหรับหน้าต่างในอาคาร เช่น วัด โบสถ์ นับได้ว่าฝรั่งเศสเป็นศูนย์กลางการผลิตในด้านนี้ และใน ค.ศ. 676 ฝรั่งเศสได้ส่งช่างฝีมือผลิตแก้วไปยังอังกฤษอีกด้วย

ภาชนะแก้วในอินเดีย (Indian vessel glass)

ประวัติแก้วในอินเดียยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่เมื่อราว 3,500 ปีมาแล้ว ได้มีการผลิตแก้วในรูปของน้ำเคลือบ (faience) โดยชาวโมहनโจ-ดาโร และยังพบลูกปัดแก้วและกำไลแก้วตามแหล่งโบราณคดีต่างๆ เช่น ที่เมืองตุรบัท (Turbat) และที่ซาฮี ธัมป์ (Shahi Thump) ในเขตบาลูจิสถานตอนใต้ และเปเซียน กุนได (Persian), ดาบาคอท (Dabakot) ในเขตบาลูจิสถานภาคเหนือ หลักฐานทางโบราณคดีที่เป็นแก้ว ได้แก่ ลูกปัดแก้ว กำไล ต่างหู จี๋รูปดอกไม้ เป็นต้น

ส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วปรากฏขึ้นในอินเดียราว ค.ศ. 100 ที่เมืองตักซิลลา (Taxila) ซึ่งเป็นระยะที่อินเดียได้เริ่มติดต่อกับโรมัน ภาชนะแก้วที่พบมีทั้ง แบบ cameo , โมเสก (mosaic) ภาชนะแก้วแบบริ้วจากโรมัน และยังพบที่เมืองสั๊กกะ-ปาเถียน (Saka-Parthian) ด้วย

นอกจากจะนำเข้าแก้วจากต่างแดนแล้ว ชนพื้นเมืองก็สามารถแก้วขึ้นได้เองในท้องถิ่น เช่น ต่างหู จี๋รูปดอกไม้ ทรายประดับ แหวน แผ่นแก้ว และจากการขุดค้นที่ Dharmarajika และ Kalawan ได้พบกระเบื้องแก้วสำหรับใช้ตกแต่งพื้นของสถูป มีหลากหลายสี ได้แก่ สีน้ำเงิน สีเหลือง สีขาว และสีดำ²⁹ และจากการขุดค้นที่เบคราม (Bagram) ซึ่งตั้งอยู่บนเส้นทางสายไหมระหว่างซีกโลก ตะวันออกและตะวันตก เมื่อปี ค.ศ.1936 -1939 มีการค้นพบภาชนะแก้ว และสิ่งของมีค่าจากต่างแดนจำนวนมากในห้องเก็บสินค้าใน New royal city โดยพบภาชนะแก้วบนเส้นทางการค้าระหว่างโรมันมายังเบคราม รูปแบบที่พบ ได้แก่ แก้วโมเสก, ภาชนะแก้วแบบริ้ว, แจกัน, เหยือก อีกทั้งยังพบภาชนะแก้วที่การเขียนสีอีกด้วย เป็นต้น มีการกำหนดอายุอยู่ในช่วง ค.ศ. 100-400³⁰ (ดูภาพที่ 13) ลักษณะของภาชนะแก้วเหมือนกับที่พบที่ตักซิกา³¹ แสดงให้เห็นว่าเบครามอาจจะเป็นส่วนกลางการแลกเปลี่ยนทางการค้าระหว่างจีน, เอเชียกลาง และโรมัน ภายใต้ราชวงศ์กุษาณะ³²

ส่วนบริเวณพื้นที่ราบสูงเดคข่านราวปลาย 200 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งถูกปกครองโดยราชวงศ์สาตวะวาหนะ (Satvahanas) จากการขุดค้นตามแหล่งโบราณคดีต่างๆ ในพื้นที่แถบนี้ เช่น ที่ Paithan, Ter, Nevasa, Kondapu, Kolhapur ได้พบหลักฐานการผลิตแก้วขึ้นเอง ส่วนมากแล้วจะเป็นลูกบิดแก้ว กำไลแก้ว ขี้ตะกรันแก้ว เป็นต้น และยังพบชิ้นส่วนแก้วนำเข้าจากต่างประเทศด้วย เช่น ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้าที่ Nasik และชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วจำนวน 12 ชิ้นที่ Navasa มีสีเขียวมรกต (emerald green) สีฟ้าแบบเปอร์เซีย (Persian blue) และ kohl-stick และที่ Ter ก็ยังพบชิ้นส่วนเหยือกแก้วลายหินอาเกตอีกด้วย

ที่อริกาเมดูซึ่งเป็นเมืองท่าที่สำคัญทางการค้าระหว่างโลกตะวันตกและโลกตะวันออก ก็พบโบราณวัตถุประเภทแก้วที่ผลิตขึ้นเองภายในท้องถิ่น เช่น กำไล ลูกบิด จี๋ ต่างหู เป็นต้น จากการขุดค้นพบสินค้าแก้วที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ ชิ้นส่วนขามแก้วสีรุ้งที่มีแหล่งผลิตในอิตาลี ขอบปากภาชนะแก้วสีม่วง ชิ้นส่วนคอสีม่วงเข้ม ชิ้นส่วนขามสีเขียวใส เป็นต้น³³ ซึ่งเครื่อง

²⁹ Singh N. Ravindra, *ibid.*, 24-34.

³⁰ Hiebert , Fredrik and Pierre Cambon, Afghanistan, hidden Treasures from the National Museum, Kabul (China : National Geographic Society, 2008), 131-153.

³¹ *Ibid.*,160.

³² Singh N. Ravindra, *ibid.*, 62-63.

³³ Bergley, Vimala,ed., The Ancient Port of Arikamedu ; New excavations and Researches 1989-1992 Volume Two (Paris : École française d'Extrême Orient,2005), 518-519.

แก้วเหล่านี้มีอายุประมาณ ปลาย 100 ปีก่อนคริสตกาล ถึง ค.ศ.100 ต่อมาราว ค.ศ.350-750 ตรงกับสมัยราชวงศ์คุปตะกล่าวได้ว่าแก้วได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะลูกบิดแก้ว และกำไลแก้ว ส่วนภาชนะแก้วพบชิ้นส่วนคอขวด ซามแก้ว ที่ Deonimori ,ที่ Nagra พบขวดแก้วสีเขียว, หูจับสีน้ำเงิน ลูกบิดแก้ว และขี้ตะกรันแก้ว ,ที่ Amerieli ได้ขุดพบชิ้นส่วนของหูจับถ้วยสีขาวที่บชิ้นส่วนขอบปากสีชมพูและสีขาวที่บจำนวน 2 ชิ้น, ที่ Brahmanbad ในรัฐซินด์ พบชิ้นส่วนของซามแก้วที่นิยมเมื่อประมาณ ค.ศ.400 นอกจากนี้ยังพบร่องรอยการผลิตแก้วภายในท้องถิ่นใน Hulaskhera ที่ Lucknow การผลิตภาชนะแก้วในอดีตยังไม่ปรากฏชัดเจนจนกระทั่งในสมัยราชวงศ์โมกุล³⁴



ภาพที่ 13 เหยือกแก้วเขียนสี, อายุ ค.ศ. 100 สูง 12.6 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ซม.

ที่มา : Hiebert , Fredrik and Cambon, Pierre, Afghanistan Hidden Treasures from the National Museum, Kabul, (China : National Geographic Society, 2008),173.

ภาชนะแก้วจากตะวันออกกลาง

ร่องรอยหลักฐานเกี่ยวแก้วในดินแดนตะวันออกกลางปรากฏครั้งแรกในสุเมเรียนเมื่อราว 5,500 ปีมาแล้วในรูปของแก้วน้ำเคลือบแบบฟายองซ์ ต่อมาเมื่อราว 2,000 ปีก่อนคริสตกาล ชาวสุเมเรียนได้รู้จักการผลิตแก้ว โดยพบตะเกียงแก้วสีน้ำเงินใน Eridu และแท่งแก้วสีเขียวอ่อนจาก Eshunuan การผลิตภาชนะแก้วยังไม่ปรากฏจนกระทั่งใน 1,500 ปีก่อนคริสตกาล³⁵ แก้วใน

³⁴ Bergley, Vimala,ed., ibid., 34-40.

³⁵ Auth, H. Susan. Ancient Glass at the Newark Museum from the Eugenc Shaefer Collection of Antiquities,15.

ระยะแรกที่พบมักเป็นชิ้นเล็กๆ เช่น ลูกบิดอียิปต์ในสมัยราชวงศ์ที่ 6 ตะเกียงแก้วเคลือบในเมโสโปเตเมีย ตราประทับแก้วในอิหร่าน นอกจากนี้ยังพบจารึกการผลิตแก้วของชาวอัคเคเดียนในบริเวณตอนกลางของบาบิโลเนีย (ดูภาพที่ 14) จึงเป็นไปได้ว่าแหล่งผลิตแก้วเมื่อนั้นอยู่ในบริเวณเอเชียตะวันตก บางทีอาจจะเป็นเมโสโปเตเมีย หรือบริเวณใกล้เคียง³⁶



ภาพที่ 14 แผ่นดินเหนียวจารึกเกี่ยวกับแก้ว, พบใน Nineveh (Iraq) อายุราว 1700 B.C.

ที่มา : Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50., (New York : Hudson Hills Press, c1989), 74.

ร่องรอยของภาชนะแก้วปรากฏในตะวันออกกลางเมื่อประมาณ 1,500 ปีก่อนคริสตกาล หรือปลาย 1,600 ปีก่อนคริสตกาล โดยพบชิ้นส่วนแก้วขึ้นรูปด้วยแกน (core) ในบริเวณตอนเหนือของเมโสโปเตเมีย เช่น ที่ Ashur , Nineveh ใน อัสนีเรีย Nuzi , Tell al –Fakhar ทางตะวันตกเฉียงใต้ของ Kirkuk , Tell al –Rimah ในคาบสมุทรไซนาย , Tell brak และ ที่ Chagar bazaar ในหุบเขา Khabur ลักษณะของภาชนะแก้วมักคอดยาว ก้นกลม ในช่วงเวลาเดียวกันการผลิตแก้วได้แพร่กระจายอย่างรวดเร็วในซีเรีย ไชปรัส อีเจียน รวมทั้งอนาโตเลีย และดินแดนซีเรีย-ปาเลสตีเนียน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตแก้วที่สำคัญในเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออก³⁷

³⁶ Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50 (New York : Hudson Hills Press, c1989), 74.

³⁷ Marshall, Jo, *ibid.*, 16.

ราว 1,500-1,300 ปีก่อนคริสตกาล ช่างทำแก้วในเมโสโปเตเมียได้ผลิตแก้วแบบโมเสกขึ้นมา (ดูภาพ 15) โดยเลียนแบบสีของหินกึ่งรัตนชาติ เช่น สีนํ้าเงินเลียนแบบหินลาปีสลาซูลี สีเหลืองเลียนแบบทอง และสีผสมระหว่างสีขาวและสีน้ำตาลแดงเลียนแบบลายของหิน



ภาพที่ 15 ขวดแก้วโมเสกขึ้นรูปด้วยแกนจาก Ur ,1300 B.C

ที่มา : Barag D.,Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum Volume I, (London : British Museum Publications Ltd., 1985), plate B.

ภาชนะแก้วในยุคนี้มีทั้งโปร่งใส-ทึบแสง มักใช้บรรจุของเหลว เช่น เครื่องสำอาง ยา น้ำมันหอม เทคนิคการขึ้นรูปด้วยแก้วในช่วงประมาณ 1,000 ปีก่อนคริสตกาล มีดังนี้

1. เทคนิคการหล่อและการตัดหรือเจียรระไน (cast and cut glass vessels) เมื่อประมาณ 800-700 ปีก่อนคริสตกาล ซึ่งเป็นการหล่อในแม่พิมพ์ บางทีอาจใช้เทคนิคหล่อขี้ผึ้ง (lost-wax) จากนั้นจึงนำมาขัด ตัด เจาะ และขัดละเอียด ซึ่งเป็นการประยุกต์เทคนิคการผลิตเครื่องหิน มักมีสีเขียว หรือใส บางทีอาจมีสีเขียว ส่วนสีนํ้าเงินหรือสีม่วงไม่ค่อยพบ เช่น ภาชนะแก้วจารึกพระนามกษัตริย์ซากอนที่ 2 (Sagon II, 721-705 B.C.) (ดูภาพที่ 16) และจากหลักฐานทางโบราณคดีพบชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวนมากที่ Nimrud

2. เทคนิคการขึ้นรูปด้วยแกน (core-formed vessels) มักเป็นขวดทรงสูง หรือขวดปากกว้างทรงกลม แต่ยังไม่พบรูปแบบเหยือก

3. การขึ้นรูปแก้วด้วยการหล่อและประกอบชิ้นส่วนรูปปั้น (cast parts of composite statue) เป็นการนำชิ้นส่วนแก้วประกอบเป็นบางส่วนของรูปปั้น³⁸ เทคนิคนี้นิยมในอียิปต์สมัยอาณาจักรใหม่

ราว 900 ปีก่อนคริสตกาล ซีเรียและเมโสโปเตเมียเป็นแหล่งผลิตแก้วแห่งใหม่ในตะวันออกกลาง ต่อมาราว 700 ปีก่อนคริสตกาล การผลิตแก้วในดินแดนเมโสโปเตเมียยังคงใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยแกน จนกระทั่งเมื่อประมาณ 538-330 ก่อนคริสตกาลในยุคราชวงศ์อาร์เคมิ นิด (Achaemenid period) มีชื่อเสียงในการผลิตแก้วที่ใช้เทคนิคการหล่อและการเจียรไนแก้ว แหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ อิหร่าน (Persepolis) โมโสโปเตเมีย (Nippur) เอเชียไมเนอร์ (Ephesus, Gordion, Caunus และ Levant) นอกจากนี้ยังพบตราประทับแก้วทรงกระบอกแกะสลักอันเป็น สัญลักษณ์ของราชวงศ์ ในตอนกลาง 100 ปีก่อนคริสตกาล เมืองอเล็กซานเดรียมีความสำคัญในการเป็นศูนย์กลางการผลิตแก้ว ซึ่งพบว่าแก้วโมเสกและแก้วอำพันมีแหล่งผลิตแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนอีกด้วย



ภาพที่ 16 แจกันแก้วที่จารึกพระนามของกษัตริย์ซาคอนที่ 2, สูง 8 เซนติเมตร

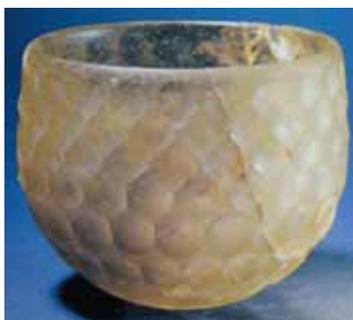
ที่มา : Barag D., Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum Volume I, (London : British Museum Publications Ltd., 1985), plate B.

ภาชนะแก้วอิสลาม (Glassware of the Islamic period)

หลังจากที่อาณาจักรโรมันล่มสลายลง แหล่งผลิตแก้วในดินแดนตะวันออกกลางยังคงดำเนินการผลิตอย่างต่อเนื่อง ภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้วชั้นดีถูกผลิตขึ้นในประเทศอิสลาม ยุคนี้

³⁸ Barag D., Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum Volume 1 (London : British Museum Publications Ltd., 1985), 35-60.

เริ่มประมาณ ค.ศ. 700-900³⁹ โดยมีแหล่งผลิตในอียิปต์ และอิหร่าน เป็นต้น การผลิตแก้วมีความสำคัญมากขึ้นราว ค.ศ. 600 หรือประมาณพุทธศตวรรษที่ 11 ภายใต้การปกครองของราชวงศ์ซาสซานีเยน (Sassanian Dynasty, 224 -651 AD) ซึ่งมีอำนาจเหนือตอนใต้ของอิหร่าน เมโสโปเตเมีย (อิรัก) อัฟกานิสถาน และบางส่วนของไซเวียตตอนกลาง⁴⁰ ช่วงนี้มีการพัฒนาการตกแต่งแก้วอย่างหลากหลาย บางอย่างก็คงสืบต่อมาจากยุคโรมัน เช่น การเจียรไนแก้วแบบเว้าข้างใน การตกแต่งเครื่องประดับบนลำตัวภาชนะ การขึ้นรูปด้วยการเป่าลงในแม่พิมพ์ เทคนิคที่สำคัญ คือ เทคนิคการแต่งภาชนะแก้วโดยกลิ้งกับวัตถุที่หยาบ (wheel-cut bowls) ซึ่งใช้วิธีกลิ้งหรือเจียรไนให้เป็นเหลี่ยม (facet) (ดูภาพที่ 17) ในยุคหลังๆ ได้ส่งออกภาชนะประเภทนี้ไปยังญี่ปุ่นอีกด้วย



ภาพที่ 17 ซามที่เจียรไนผิวให้ให้เป็นวงกลม, Gilan Province, อายุประมาณ ค.ศ.300-700

สูง 8.4 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 9.8 ซม.

ที่มา : Fukai, shinji, Persian Glass, trans, Crawford B.Edna (New York : Weatherhill, 1977),93.fig.4 .

หลัง ค.ศ.632 อาณาจักรอิสลาม (Islamic Empire) ได้ขยายดินแดนอาณาเขตจากคาบสมุทรอาระเบียไปยังตอนเหนืออัฟริกาและทางตะวันตกของสเปน เมโสโปเตเมีย ซีเรีย เปอร์เซียทางตะวันออก จนกระทั่งราว ค.ศ.750 แยกแตกกลายเป็นเมืองหลวงภายใต้การปกครองของราชวงศ์แอบบาซิด (Abbasid) การผลิตแก้วดูเหมือนจะหยุดชะงักลง ในเมโสโปเตเมียเองยังมีการพัฒนาการผลิตแก้วอย่างต่อเนื่อง เมื่อความเชื่อทางศาสนาอิสลามได้แพร่หลายออกไป ทำให้แก้วอิสลามกลายเป็นแก้วที่มีเอกลักษณ์มากขึ้น

³⁹Fukai, shinji, Persian Glass, trans. Crawford B. Edn (Japan :Tankosha,1977), 62-64.

⁴⁰ Klein, Dan and Lloyd, Ward, *ibid.*,40.

ต่อมาราว ค.ศ.900 เทคนิคการการเจียรระไนแก้วและการผลิตรูปแบบใหม่ๆ ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้อิทธิพลของศาสนา มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภาชนะแก้ว เช่น การแกะสลักแก้ว การเขียนสีแก้ว การเคลือบแก้ว และการเจียรระไนแก้วด้วยการกลึงเป็นที่นิยมอย่างมากในโลกอิสลาม โดยเฉพาะเปอร์เซีย มีวิธีการทำ คือ การเจียรระไนพื้นผิวของภาชนะตามลวดลายแบบนูนต่ำ หรือที่รู้จักกันในนามของแก้ว Hedwig (ดูภาพที่ 18) ได้รับความนิยมในอียิปต์ ส่วนการตกแต่งแก้วแบบมันวาว (luster-painted glass) ได้รับความนิยมนมาก มีการตกแต่งทั้งภาชนะแก้วและภาชนะดินเผา เป็นเทคนิคเฉพาะของศิลปะอิสลาม ซึ่งเป็นลักษณะที่เด่นมากในซีเรียเมื่อราว ค.ศ. 1300-1400 การตกแต่งด้วยการเขียนสีทอง (gilding) และการเคลือบสี (enamelling) (ดูภาพที่ 19) เป็นการประยุกต์ขึ้นมาจากภายหลังแล้วโดยใช้ออกไซด์ของโลหะต่างๆ ทาบนผิวของภาชนะ มักตกแต่งลวดลายด้วยเคลือบ มักมีสีขุ่น บางที่อาจจะผลิตขึ้นในซีเรียเมื่อ ค.ศ. 1400 ต่อมาเปอร์เซียเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญและมีชื่อเสียงมาก จนกระทั่งราชวงศ์โมกุลสิ้นสุดลง เมื่อมีการปฏิวัติศิลปะ (Renaissance) ศิลปะและงานฝีมือต่างๆ ได้รับการฟื้นฟู โดยเน้นคุณภาพเป็นหลัก เวนิสในช่วงกลาง ค.ศ.1500 กลายเป็นศูนย์กลางการผลิตแก้วที่ใหญ่ที่สุด ส่งออกแก้วไปทั่วโลก⁴¹



ภาพที่ 18 เครื่องแก้วแก้วแบบ Hedwig ผลิตในอียิปต์หรือซีเรีย อายุราวคริสต์ศตวรรษที่ 11-12
ที่มา : Blend, Barbara, *Islamic Glass* (London : British Museum, London, 1980), 61.

⁴¹ Klein, Dan and Ward Lloyd, *ibid.*, 58-65.



ภาพที่ 19 ภาพการเขียนสีและเคลือบบนเนื้อแก้ว ผลิตในซีเรียราว ค.ศ.1127-1144
ที่มา : Blend, Barbara, Islamic Glass (London : British Museum, 1980), 112.

เครื่องแก้วยุโรปในดินแดนต่างๆ

ราวคริสต์ศตวรรษที่ 12 เป็นต้นมา ศาสนาคริสต์เริ่มเข้ามามีบทบาทต่อผู้คนในยุโรปมากขึ้น ก่อให้เกิดสิ่งก่อสร้างทางศาสนามากมาย แก้วกระจก (stained glass window) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาประดับตกแต่งอาคาร ซึ่งใช้เป็นสื่อกลางในคำสอนของศาสนา เช่น แก้วที่ประดับโบสถ์ในกรีซ อิตาลี ซิซิลี และไบแซนไทน์ ในยุคกลางนี้มีการผลิตแก้วทั้งทางตอนเหนือและตอนใต้ของยุโรป⁴²

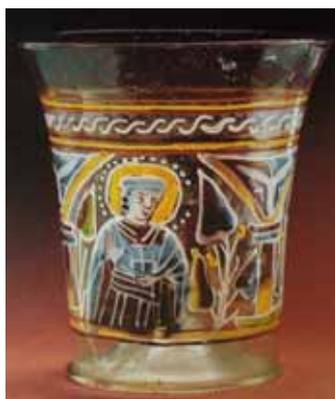
เวนิส (Venice)

เวนิสเริ่มเป็นศูนย์กลางการผลิตแก้วที่สำคัญแห่งหนึ่งทางตอนใต้ของยุโรป หลังจากที่อาณาจักรอิสลามเสื่อมความนิยมลงตั้งแต่ ค.ศ. 1100 เป็นต้นมา และเป็นเมืองที่มีความสำคัญทางด้านการค้าระหว่างดินแดนตะวันตกและตะวันออก กลุ่มช่างฝีมือแก้วเริ่มปรากฏราว ค.ศ. 1200 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเกาะมูรานาซึ่งเป็นแหล่งผลิตแก้วที่สำคัญตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อาจกล่าวได้ว่าการผลิตแก้วในดินแดนแห่งนี้เป็นงานฝีมือที่สำคัญอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากข้อจำกัดด้านอิสรภาพของช่างผลิตแก้ว และการให้สิทธิลูกสาวช่างแก้วสามารถแต่งงานกับชนชั้นสูงได้นอกจากนี้ยังมีการผลิตลูกบิดแก้วราว ค.ศ. 1300 เป็นต้นมา ซึ่งได้รับความนิยมมากทางตอนเหนือของอเมริกา⁴³

⁴² Zerwick Chloe., *ibid.*, 47-48.

⁴³ *ibid.*, 49-57.

ราว ค.ศ.1500 -1700 ภาชนะแก้วที่ผลิตในเวนิสกล่าวได้ว่าเป็นแก้วที่ดีที่สุดในยุค ซึ่งที่นิยมมากเป็นภาชนะแก้วไร้สี (colourless glass) หรือเรียกว่า คริสตัล (cristallo) คล้ายคลึงกับ rock crystal แต่ก็ยังผลิตแก้วแบบเขียนสีและเคลือบด้วย (ดูภาพที่ 20) นอกจากนี้แหล่งผลิตแก้วในเวนิสแล้ว ยังมีกลุ่มชนแถบ Altare ผลิตเครื่องแก้วอยู่บริเวณเทือกเขาแอลป์ที่ แต่คล้ายคลึงกับเครื่องแก้วในเวนิสมาก แสดงว่ามีการเผยแพร่การผลิตแก้วไปยังดินแดนอื่นๆ อีก



ภาพที่ 20 เหยือกแก้วเขียนสีและเคลือบ (enamel-painted glass), 1300 A.D., สูง 9.6 ซม.
ที่มา : Klein, Dan and Ward Lloyd, The history of Glass (London : Orbis Publishing Limited, 1988), 68.

ยุโรปเหนือ

อิทธิพลการผลิตแก้วของชาวเวนิสได้แพร่กระจายไปยังสเปน ฝรั่งเศส เยอรมันนี เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ และสวีเดน ในช่วง ค.ศ. 1600-1700 ในดินแดนแถบนี้กลุ่มที่มีชื่อเสียงมากได้แก่ ช่างฝีมือแก้วในป่า หรือ Forest glass houses ช่างผลิตแก้วถูกจำกัดอิสรภาพเช่นเดียวกับที่เวนิส เนื่องจากความสามารถในการควบคุมไฟ ลักษณะที่แตกต่างของแก้วทางยุโรปตอนเหนือกับยุโรปตอนใต้ คือ ทราายจะประกอบด้วยเหล็ก (iron) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแก้วสีเขียวของแก้วยุโรปเหนือ และนอกเหนือจากส่วนผสมที่นำเข้ามาจากเมดิเตอร์เรเนียนแล้ว ในการผลิตแก้วยังใช้ขี้เถ้าจากไม้อีกด้วย รวมถึงความระมัดระวังในเรื่องความบริสุทธิ์ของขี้เถ้า และการเติมคอปเปอร์ออกไซด์เป็นส่วนประกอบเพิ่มขึ้นมา ต่อมาราว ค.ศ. 1600 ช่างทำแก้วเริ่มรู้จักการผลิตแก้วไร้สี (colourless glass) ขึ้น ลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของกลุ่มชนนี้คือ เครื่องแต่งกายของช่างผลิตแก้วเป็นสีเขียวตามสีของแก้วอีกด้วย รูปแบบของเครื่องแก้วในยุโรป

เหนือ มักเป็นแก้วกระจกสำหรับประดับหน้าต่าง (window glass) และภาชนะแก้วแบบมีปุ่ม (prunts) บนลำตัว หรือเรียกว่า Roemer ซึ่งเป็นแก้วที่มีชื่อเสียงอย่างมาก⁴⁴(ดูภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 ถ้วยแก้วแบบปุ่ม (prunts), สูง 8.3 เซนติเมตร

ที่มา : Klein, Dan and Ward Lloyd, The History of Glass (London : Orbis Publishing Limited, 1988), 53.

แก้วโบฮีเมีย (Bohemian Glass)

เครื่องแก้วชนิดนี้ผลิตขึ้นที่โบฮีเมีย ในบริเวณแคว้นบาวาเรีย (Bavaria) และซิลีเซีย (Silesia) เมื่อประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 14 ถึงปลายคริสต์ศตวรรษที่ 20 โดยช่างผลิตแก้วในกลุ่มนี้ได้ประยุกต์และสร้างสรรค์งานสืบเนื่องมาจากชาวเวนิส⁴⁵ เครื่องแก้วโบฮีเมียนจะมีลักษณะใส ตกแต่งด้วยการแกะสลักให้เป็นภาพนูนต่ำหรือแกะสลักลงบนพื้นผิวให้เป็นเส้นแหลม (brilliant) โดยใช้เข็มที่ทำจากเพชร โดยเจียรระโนบนผิวแก้วอย่างรวดบนแป้นหมุนทองแดงหรือหิน จากนั้นจึงแกะสลักให้เป็นรูปต่างๆ เมื่อเสร็จแล้วจึงขัดให้เรียบ⁴⁶ (ดูภาพที่ 22) ลักษณะเฉพาะอีกประการหนึ่งคือ การใช้โปแตส (potash) เป็นองค์ประกอบในการผลิตแก้ว ซึ่งพบว่ามีมากกว่าแก้วคริสตันของเวเนเทียน (Venetian glass)

⁴⁴ Zerwick, Chloe, A Short History of Glass (New York : The Corning Museum of Glass, 1990),59.

⁴⁵ Klein, Dan and Ward Lloyd, *ibid.*, 87.

⁴⁶ *Ibid.*, 60-63.



ภาพที่ 22 จานแก้วเจียรระโน อายุประมาณกลางคริสต์ศตวรรษที่ 17, เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.2 ซม.

ที่มา : Zerwick, Chloe, A Short History of Glass (London : The Corning Museum of Glass, 1990), 61.

เครื่องแก้วในอังกฤษ

การผลิตแก้วในอังกฤษมีมานานตั้งแต่สมัยโรมันมีอำนาจเหนืออังกฤษแล้ว โดยมีหลักฐานการผลิตกระจกสำหรับประดับในโบสถ์ตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 7 เป็นต้นมา⁴⁷ แม้ว่าอังกฤษจะขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตแก้ว แต่ก็ยังผลิตกระจกสีสำหรับตกแต่งหน้าต่างได้อย่างมีคุณภาพตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 13 เป็นต้นมา โดยได้รับการเผยแพร่ความรู้จากช่างทำแก้วชาวเวเนซีย และในปี ค.ศ. 1574 ได้มีช่างทำแก้วจากเวเนซียได้เข้ามาผลิตแก้วในสมัยของพระนางอลิซาเบธ ซึ่งเป็นยุคแห่งการขยายอำนาจและการเมือง จากนั้นราวค.ศ.1615 เริ่มใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแทนไม้ การผลิตแก้วขยายตัวมากขึ้นในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ 17 สินค้าประเภทแก้วที่ได้รับการพัฒนามาก คือ ขวดแก้วสีเข้ม (เขียว) ซึ่งสามารถป้องกันแสงได้ แข็งแกร่ง หนา และแตกค่อนข้างยาก ดังนั้น อังกฤษกลายเป็นผู้ผลิตขวดแก้วรายใหญ่โลกตะวันตก เพื่อส่งออกไปขายยังอินเดีย อเมริกา และในดินแดนอาณานิคม นอกจากนี้ ราว ค.ศ.1676 ช่างทำแก้วชื่อ George Ravenscroft ได้คิดค้นการผสมตะกั่วเข้าในแก้วเพื่อเพิ่มความใส ซึ่งก็คือ แก้วตะกั่ว (lead glass) นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเทคนิคต่างๆ เช่น การแกะสลัก เป็นต้น⁴⁸

⁴⁷Kenneth, Blackmore, A Retailer's Guide to Glass and Pottery (London : Butterworths, 1984), 12-13.

⁴⁸ Ibid., 63-69.

เครื่องแก้วในประเทศจีน (Glassware in China)

แก้วปรากฏในจีนเมื่อประมาณ 800 ปีก่อนคริสตกาลมาแล้ว ตรงกับช่วงแรกของยุคสงครามระหว่างรัฐ (The Warring States period) มักพบแก้วในสุสานต่างๆ ได้แก่ ชิ้นส่วนแก้วสีน้ำเงินที่ระดับบนดาบจำนวน 6 ชิ้น (ดูภาพที่ 23) พบในสุสานของจักรพรรดิฉู่เจี้ยนแห่งรัฐฉู่ ตั้งอยู่ในจังหวัดหูเป่ย์ (Hupei Province) และยังมีชิ้นส่วนแก้วใสที่ระดับบนลำตัวดาบของกษัตริย์ Fuchai แห่งรัฐหวู่ (king of Wu State) พบในจังหวัดหูหนาน (Hunan Province) นอกจากนี้ยังรวมถึงลูกปัดมีตา (ดูภาพที่ 24) พบในสุสานของพระชายาของเจ้าชาย Fuchai แห่งรัฐหวู่ ผลการวิเคราะห์พบว่าเป็นแก้วโซดา (Soda-lime-glass) ซึ่งเหมือนกับองค์ประกอบของแก้วในตะวันออกกลาง ทั้งรัฐหวู่และอยู่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของจีน จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าแก้วในระยะแรกถูกนำเข้ามาโดยทางทะเล⁴⁹ ต่อมาจีนเริ่มผลิตแก้วได้เองเมื่อประมาณ 500-400 ปีก่อนคริสตกาล สิ่งประดิษฐ์แก้วที่พบในระยะแรก คือ ลูกปัดมีตา (eyeball) (ดูภาพที่ 24) ซึ่งเลียนแบบลูกปัดมีตาจากตะวันออกกลาง องค์ประกอบธาตุแก้วของจีนมักประกอบด้วยตะกั่วและแบเรียมในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่พบในจีนเท่านั้น



ภาพที่ 23 แก้วบนดาบของจักรพรรดิฉู่เจี้ยน
ที่มา : Gun, Fuxi, Robert Brill, and Tian
Shouyun, ed., Ancient Glass Research Along
the Silk Road (USA : Stallion Press, 2009),16 .



ภาพที่ 24 ลูกปัดมีตาจากตะวันออกกลางพบในจีน
ที่มา : Gun, Fuxi, Robert Brill, and Tian
Shouyun, ed. ,Ancient Glass Research Along
the Silk Road (USA : Stallion Press, 2009)16.

⁴⁹ Jaiyao, An, "Ancient Glass Trade in Southeast Asia," in Ancient trades and Cultural Contacts in Southeast Asia, Amara Srisuchat, ed. (Bangkok : Srimuang Printing Co., Ltd., 1996),127-128.

รวมทั้งภาชนะแก้วด้วย ดังจะเห็นได้จากถ้วยแก้วจำนวน 13 ใบ ที่พบในสุสานของเจ้าชายชู (สิ้นพระชนม์ราว 123 ปีก่อนคริสตกาล) ใน Xuzhou จังหวัดเจียงซู (Jiangsu) พบว่ามีองค์ประกอบของธาตุตะกั่ว-แบเรียมสูงมาก ในช่วงเวลาเดียวกัน ลูกปัดแก้วเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย โดยพบทั้งในสุสานของชนชั้นสูงและสามัญด้วย นอกจากนี้ยังพบภาชนะแก้วรวมอยู่ด้วย ดังเช่น สุสาน 2 แห่งของราชวงศ์ฮั่นตะวันออกมีอายุประมาณ ค.ศ.200 พบชุดเครื่องแก้วในจังหวัดกวางซี (Guangxi) โดยมีส่วนประกอบของโปแตช (potassium-silica glass) ซึ่งแตกต่างจากแก้วโซเดียมในตะวันตกหรือแก้วตะกั่วของจีนบริเวณตอนเหนือ แก้วลักษณะนี้พบทางตอนใต้ของจีนในยุคนี้ ซึ่งตามพงศาวดารได้บันทึกว่า จักรพรรดิหวู่ (140-87 ปีก่อนคริสตกาล) ได้ส่งคนไปทางทะเลตอนใต้เพื่อซื้อแก้ว อาจจะเป็นที่อินเดียในอริกาเมทุหรือเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ก็เป็นได้

50

บริเวณชายฝั่งทางตอนใต้และตะวันออกของจีนเริ่มปรากฏภาชนะแก้วจากโรมันในสุสานต่างๆ หลังคริสตกาล เช่น ชามแก้วสีน้ำเงินเข้ม 3 ใบในสุสานของราชวงศ์ฮั่นตะวันตก (ค.ศ. 200-100) ใน Canton และยังพบชิ้นส่วนของภาชนะแก้วแบบริ้วในสุสานฮั่นตะวันออก (ค.ศ.76) ใน Hangjian จังหวัดเจียงซู และชิ้นส่วนแก้วแบบโมเสก (mosaic) สีม่วงมีริ้วลายสีขาวทึบ ซึ่งเป็นแก้วโรมันที่มีโซดาสูง แก้วประเภทนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมในจีนมากนัก แต่แพร่หลายในอิตาลีและดินแดนแถบเมดิเตอร์เรเนียนราว 100 ปีก่อนคริสตกาล ภาชนะแก้วเหล่านี้ถูกนำเข้ามายังจีนในสมัยราชวงศ์ฮั่นโดยทางทะเลผ่านเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นจุดแวะพักระหว่างทางของการเดินทางข้ามทะเลระหว่างตะวันออกและตะวันตก นอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนแก้วโรมันในปอนดิเชอรี เมืองท่าสมัยโบราณในอินเดียด้วย

ราว ค.ศ.220-581 ภาชนะแก้วได้รับความนิยมอย่างสูงอยู่ในสมัยราชวงศ์เว่ย (Wei Dynasty) ทางตอนเหนือ และจีนทางตอนใต้ เนื่องจากแก้วโรมันถูกนำเข้าไปทั้งทางบกและทางทะเล ที่เมืองนานจิงซึ่งเป็นเมืองท่าทางตะวันออก พบแก้วโรมันในสุสานของราชวงศ์จินตะวันออก ลักษณะของแก้วมีการตัดหรือเจียรระไน (cut glass) ผลการวิเคราะห์พบว่าเป็นแก้วโซดา มีเหล็กปริมาณน้อย ซึ่งใกล้เคียงกับแก้วโรมันที่ผลิตในบริเวณชายฝั่งตะวันออกของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน นอกจากนี้ วัตถุจำพวกแก้วโรมันสมัยราชวงศ์ซาซาเนียน (Sassanian Dynasty) ได้รับความนิยมทางตอนเหนือของประเทศ เนื่องจากมีการติดต่อกันทางทะเลทราย เช่น ชามแก้วในสุสานของราชวงศ์จินตะวันตกราว ค.ศ.300-400 ในปักกิ่ง และยังพบในสุสานของราชวงศ์ซู่ ทางตอนเหนือราว ค.ศ.600 ในจังหวัด Ningxia

⁵⁰ Jaiyao, An ,ibid.,130-132.

ต่อมาในสมัยราชวงศ์ถัง (Tang Dynasty, 618-907 AD.) พบแก้วอิสลามจำนวนมากบนเส้นทางสายไหมระหว่างตะวันออกไปยังตะวันตก เช่น แก้ว Famensi crypt มีอายุราว ค.ศ. 874 พบในจังหวัดซานซี และแก้วอิสลามจำนวน 18 ใบ แจกันแก้วที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์และตกแต่งด้วยเส้นแก้ว และจานเขียนลายรูปพืชพันธุ์และเรขาคณิต ซึ่งบางทีอาจจะมีแหล่งผลิตในเมืองนิซาปูร์ (Nishapur) ประเทศอิหร่าน โดยผ่านมาทางทะเลทราย และยังพบภาคเคลือบสี อันเป็นลักษณะเด่นของศิลปะอิสลาม นอกจากนี้แก้วอิสลามยังได้ถูกค้นพบในเมืองท่าโบราณหยางชูปริเวณชายฝั่งทะเลตะวันตกของจีน ซึ่งเครื่องแก้วตะวันตกเหล่านี้ก็ถูกค้นพบเช่นกันที่แหลมโพธิและเกาะคอเขา เมืองท่าโบราณที่สำคัญเมื่อประมาณ ค.ศ.900 (พ.ศ.1443) แก้วลักษณะเด่นจำพวกเคลือบสีที่พบในแถบนี้คล้ายคลึงกับภาคแก้วเคลือบสีใน Fammensi แหล่งผลิตแก้วประเภทนี้มีศูนย์กลางการผลิตที่เมืองฟูสตัดท์ ประเทศอียิปต์⁵¹ จากหลักฐานทางโบราณคดีทำให้ทราบว่ามีการค้าเครื่องแก้วผ่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เมื่อประมาณ 400-500 ปีก่อนคริสตกาลมาแล้ว และยังคงใช้เส้นทางเพื่อการค้าในเวลาต่อมา

ภาชนะแก้วในญี่ปุ่น

ในระยะแรกแก้วที่พบในญี่ปุ่นอาจจะนำวัตถุแก้วหรือแก้วหลอมมาจากอินเดีย การผลิตแก้วของญี่ปุ่นอาจจะเริ่มมีขึ้นในสมัยยาโย (Yayoi period) ราว 250-300 ปีก่อนคริสต์ศักราช ถึง ค.ศ. 300 หรือปรากฏขึ้นเมื่อราว 2,000 กว่าปีมาแล้ว⁵² ส่วนมากเป็นเครื่องวาง และลูกบิด มักพบเป็นจำนวนมากในหลุมศพต่างๆ ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 1 ซึ่งคงมีการผลิตเองเป็นจำนวนมาก ภาชนะแก้วที่พบในเมืองนารายังเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการติดต่อกับชาติตะวันออก มีการตกแต่งด้วยการเจียรระโนแก้วในรูปแบบของยุคซาสาเนียน กำหนดอายุได้ประมาณ ค.ศ.500 ยังพบภาชนะแก้วในสุสานของจักรพรรดิอันคัน (Ankan) ในเมืองโอซากา และในคลังสมบัติของ Shoso-in⁵³ (ดูภาพที่ 25) การผลิตแก้วเริ่มเสื่อมและยกเลิกการผลิตราว ค.ศ. 1400-1600

⁵¹ I Jaiyao, An, ibid., 132-336.

⁵² Klein Dan and Ward Lloyd, ibid., 65.

⁵³ พรชัย สุจิตต์, “เครื่องแก้วโบราณ : ที่พบในภาคใต้,” สารานุกรมวัฒนธรรมไทย 3 (2542) : 1091-1105.



ภาพที่ 25 ขามแก้วที่ตกแต่งด้วยการเจียระไน, Shoso-in, สูง 8.5 ซม. คริสตวรรษที่ 8

ที่มา : Ryoichi, Hayashi, The Silk Road and the Shoso-in, trans. Ricketles, Robert (Tokyo : heibonsha, 1975), 88.

เครื่องแก้วในเวียดนาม

หลักฐานการพบแก้วในเวียดนามเริ่มปรากฏขึ้นในวัฒนธรรมซาฮุ่น (Sa Huynh) บริเวณริมชายฝั่งทะเลทางภาคกลางของเวียดนาม มีอายุอยู่ในช่วงสมัยก่อนประวัติศาสตร์หรือยุคเหล็ก จากการขุดค้นในปี ค.ศ.1909 บริเวณแหล่งโบราณคดีริมชายฝั่งทะเลทางตอนใต้ของเมืองดานัง (Da Nang) พบภาชนะดินเผาบรรจุศพ (Jar burial) จำนวน 200 ใบ และยังพบแหล่งโบราณคดีร่วมวัฒนธรรมนี้กว่า 50 แหล่งอีกด้วย หลักฐานที่พบมีทั้งขวานหินขัด กริช และเครื่องประดับต่างๆ จากการกำหนดอายุพบว่าร่วมกับวัฒนธรรมดองซอนราว 1,000 ปีก่อนคริสตกาล ต่อมาราว 200 ปีก่อนคริสตกาล ได้ปรากฏกลุ่มชนจามขึ้นซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับชุมชนสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในวัฒนธรรมซาฮุ่นเข้ามาอาศัยในพื้นที่นี้ และได้รับวัฒนธรรมอินเดียเข้ามาโดยเฉพาะทักษะการผลิตเครื่องประดับชั้นสูงทั้งที่ทำจากหิน และแก้ว โดยเครื่องประดับในวัฒนธรรมนี้ได้พบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ไทย ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ แสดงว่ามีการติดต่อทางด้านการค้ากับดินแดนต่างๆทั้งทางบกและทางทะเล⁵⁴

นอกจากนี้ เมืองออกแคว (Oc-ec) ซึ่งเป็นเมืองท่าโบราณบริเวณทางใต้ ซึ่งเป็นแหล่งแลกเปลี่ยนสินค้าระหว่างอินเดียและตะวันออกในยุคที่เริ่มมีการติดต่อทางด้านการค้าราวคริสต์ศตวรรษที่ 1 มีการดำเนินทางโบราณคดีโดย Malleret⁵⁵ เมื่อปี พ.ศ. 2485 (ค.ศ.1942) พบ

⁵⁴ Ancient glass in Vietnam [online], accessed 3 October 2009. Available from http://www.viettouch.com/champa/champa_culture.html

⁵⁵ Malleret, Louis. L'archeologie du Delta du Mekong. Tome Troisième (La culture du Fou-Nan), (Paris : Ecole française d'extrême-orient, 1962), 243-271.

โบราณวัตถุประเภทแก้วเป็นจำนวนมาก อาทิ ลูกปัดแก้ว ตัวเรือนแหวน ชิ้นส่วนแก้ว ขี้ตะกรันแก้ว เป็นต้น ซึ่งมีทั้งโปร่งแสง และทึบแสง โดยเฉพาะลูกปัดแก้ว และลูกปัดหลากสี (Mosaic beads) สีที่พบมีสีฟ้าอมเขียว สีเขียว สีเหลือง สีดำ และใส (colour) นอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนแก้วสีเขียว สีน้ำเงิน และจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2002-2009 ในแหล่งโบราณคดีโบราณคดีของวัฒนธรรมซาฮูญ (Sa huynh) ที่แหล่งโบราณคดี Lai Nghi ⁵⁶จังหวัด Quang Nam ทางตอนใต้ของเวียดนาม พบภาชนะดินจำนวน 63 ใบอายุประมาณ 100 ปีก่อนคริสตกาล ภายในไหพบโบราณวัตถุประเภทต่างๆ มากมายทั้งอาวุธเหล็ก ลูกปัดทอง ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน ลูกปัดแก้วที่พบมีขนาดเล็กสีเขียวจำนวนมาก ส่วนมากเป็นสีน้ำตาล สันนิษฐานว่าน่าจะนำเข้ามาจากอินเดีย (ดูภาพที่ 26) แต่จากหลักฐานประเภทแก้วหลอม และเครื่องประดับแก้วที่มีลักษณะเฉพาะ ทำให้สันนิษฐานว่ามีการผลิตแก้วขึ้นได้เองในชุมชนท้องถิ่น และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้วโดย เอียน โกลฟเวอร์ (Ian Glover) และ เอมี ซาลิสเบอรี (Amy Slisbury) พบว่ามีการนำแก้วจากอินเดียกลับมาหลอมอีกครั้ง และมีการผลิตแก้วขึ้นเอง ดังนั้น แหล่งนี้น่าจะเป็นผลิตแก้วที่สำคัญแห่งหนึ่ง



ภาพที่ 26 โบราณวัตถุที่พบในไหในหุบเขา Thu Bon, จังหวัด Quang Nam

ที่มา : Lam Thi My Dzung, "Sa Huynh regional and inter-regional interactions in the Thu Bon Valley, Quang Nam province, central Vietnam" , *IPPA BULLETIN* 29 (2009) : 71.

⁵⁶ [Sa huynh culture](http://www.thebeadsite.com/SEAC1-03.html) [online], accessed 3 October 2009. Available from www.thebeadsite.com/SEAC1-03.html.

ภาชนะแก้วในมาเลเซีย

ภาชนะแก้วโบราณในมาเลเซียมีรายงานการค้นพบมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 โดยพบเป็นจำนวนมากในแหล่งโบราณคดีทางตอนใต้ของรัฐเคดาห์ (Kedah) เช่น ที่แหล่งโบราณคดีสุโงิง บูจัง (Sungai Bujang) แหล่งโบราณคดีสุโงิง มัส (Sungai mus) แหล่งโบราณคดีเปงกอลัน บูจัง (Peng Kalan Bujang) เป็นต้น แหล่งโบราณคดีทางใต้ของเคดาห์เหล่านี้มีอายุสมัยประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 5- 14 และมีร่องรอยการติดต่อกับต่างชาติ เช่น อินเดีย ตะวันออกกลาง และจีน เป็นต้น หลักฐานประเภทแก้วที่พบมีทั้ง ลูกบิดแก้ว และชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากตะวันออกกลาง มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 13-14⁵⁷ (ดูภาพที่ 27) ซึ่งแก้วที่พบสามารถแยกออกเป็นแก้วที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ ภาชนะแก้ว และแก้วที่ผลิตเองโดยชนพื้นเมือง ได้แก่ ลูกบิดแก้ว และเครื่องประดับต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้วที่พบในเปงกอลัน บูจังมีความคล้ายคลึงกับแก้วจากตะวันออกกลางมากกว่าแก้วจากจีน



ภาพที่ 27 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีสุโงิงมัส บูจัง ประเทศมาเลเซีย
ที่มา : Jacq-Hergoualc'h, Michel. La Civilization de Ports-Entrepôts du Sud Kedah, (Malaysia : Vè –XIVè.Paris : L'Harmattan,1992),82.

⁵⁷ Lamb, Alastair, "The Bases of Glass Vessels from Kedah and takuapa compared," in Miscellaneous papers on early Hindu and Buddhist Settledment in Southern Thailand from Federation Musuem Journal Vol.VI new Series 1961, 56-63. (Mimeographed)

เครื่องแก้วในประเทศไทย

จากหลักฐานทางโบราณคดีที่เป็นวัตถุประเภทแก้ว พบว่าวัตถุที่ทำด้วยแก้วปรากฏอยู่ในประเทศไทยตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลาย มักพบในรูปแบบของเครื่องประดับ เช่น ลูกปัด กำไล ต่างหู ซึ่งกระจายอยู่ตามแหล่งโบราณคดีทั้งในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคใต้ โดยลูกปัดแก้วพบเป็นจำนวนมากที่สุด ลูกปัดแก้วที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทยพบอยู่แหล่งโบราณคดีบ้านดอนตาเพชรมีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 3-5 ซึ่งอาจจะนำเข้ามาจากอินเดียเมื่อราว 2,500-2,000 ปีมาแล้ว ในยุคที่มีการติดต่อแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมและการค้าระหว่างดินแดนต่างๆ ได้แก่ อินเดีย เอเชียตะวันตก เมดิเตอร์เรเนียน ต่อมาชนท้องถิ่นเริ่มมีการผลิตแก้วขึ้นได้เอง ดังจะเห็นได้จากหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต ได้แก่ เศษแก้วหลอม ชีตะกรันแก้ว ลูกปัดแก้วที่ยังผลิตไม่เสร็จ ชิ้นส่วนกำไลแตก หยอดแก้ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีวัตถุประเภทแก้วอื่นๆ ที่นำเข้ามาจากต่างแดน⁵⁸ นั่นก็คือ ภาชนะแก้ว หรือเครื่องแก้ว ซึ่งพบกระจายตัวตามแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ เช่น แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี⁵⁹ แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา⁶⁰ แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่⁶¹ และจากการขุดค้นโดยสำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต ในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง และแหล่งโบราณคดีนางยอน อ.คุระบุรี จ.พังงาก็ได้พบชิ้นส่วนภาชนะแก้วในหลุมขุดค้นด้วย (ดูภาพที่ 28-29)

การศึกษาเกี่ยวกับเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่พบในประเทศไทยกล่าวได้ว่ามีน้อยมาก รูปแบบที่พบในแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี มีรูปทรงขวด ขอบปากผายออก ลำตัวกลม และภาชนะพวกถ้วย ปากโค้งออก ก้นมีวงแหวนหรือฐาน ส่วนในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา พบรูปทรงขวด ลำตัวกลม และแท่งสี่เหลี่ยม ส่วนคอเป็นแท่งยาว ปากผายออก หรือก้นเว้าเข้า⁶² ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีได้ทำการวิเคราะห์โดย

⁵⁸ พรชัย สุจิตต์, เรื่องเดียวกัน, 1091-1105.

⁵⁹ กรมศิลปากร, แหลมโพธิ์ แหล่งเศรษฐกิจศรีวิชัย, 71-106

⁶⁰ _____, ทุ่งตึก เมืองท่าการค้าโบราณ, 86-96.

⁶¹ มยุรี วีระประเสริฐ, "คลองท่อมแหล่งอุตสาหกรรมทำลูกปัดและเมืองท่าขนถ่ายสินค้าสมัยโบราณ," ใน ปัจจุบันของโบราณคดีไทย (กรุงเทพฯ : คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528), 40-49.

⁶² เขมชาติ เทพไชย, "แก้ว : หลักฐานทางด้านโบราณคดีที่สำคัญในบริเวณคาบสมุทรมไทย," ศิลปวัฒนธรรม 6,8 (มิถุนายน 252) : 60-64.

อลาสแตร์ แลมป์ (Alastair Lamb) สรุปว่ามีองค์ประกอบคล้ายคลึงกับแก้วจากตะวันออกกลาง เช่นเดียวกับแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเป็งกาดัน บูจัน ที่มาเลเซีย⁶³ จากหลักฐานทางด้านเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลของคาบสมุทรมลายู-ไทย แสดงว่าบริเวณนี้เคยเป็นแหล่งเมืองท่าที่สำคัญและมีการค้าขายภาชนะแก้วจากตะวันออกกลางไปยังตะวันออก เช่น จีน ญี่ปุ่น



ภาพที่ 28 ชิ้นส่วนก้อนแก้วหลอม
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์วัดคลองท่อม)



ภาพที่ 29 ชิ้นส่วนเครื่องแก้วพบที่แหลมโพธิ์
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติไชยา
จ.สุราษฎร์ธานี)

คุณลักษณะของแก้ว

แก้ว เป็นวัสดุที่มีรูปลักษณะและเป็นเนื้อเดียวกัน โดยปกติแล้วเกิดจากการเย็นตัวลงอย่างฉับพลันของวัสดุหลอมหนืด ซึ่งทำให้การแข็งตัวนั้นไม่ก่อผลึก เนื้อแก้วบริสุทธิ์จะโปร่งใส ผิวค่อนข้างแข็ง ทนต่อการกัดกร่อน เฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมีและซีวะภาพ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของแก้วที่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ถึงแม้ว่าแก้วจะมีความแข็ง แต่ก็เปราะและแตกหักได้ง่าย คุณสมบัติของแก้วสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายด้วยการผสมสารอื่นลงในเนื้อแก้ว หรือการปรับสภาพทางกายภาพ

แก้วโดยทั่วไปทำจากส่วนผสมหลักอย่างน้อยที่สุดประกอบด้วยซิลิกา (silica; silicon dioxide, SiO₂) โซเดียม หรือโปแตสเซียม และแคลเซียม (lime) องค์ประกอบแก้วเหล่านี้แทบจะไม่แตกต่างกันเลยระหว่างแก้วโบราณกับแก้วปัจจุบัน⁶⁴ ซึ่งซิลิกาเป็นวัตถุดิบหลักที่ช่วยในการขึ้นรูป

⁶³ Lamb, Alastair, *ibid.*, 56-63.

⁶⁴ Susan, Frank, Glass and Archaeology (London New York : Academic Press, 1982),72.

โซเดียมหรือโปแตสเซียม หรือเรียกว่า ด่าง (alkali oxide) เป็นตัวช่วยเร่งความเร็วของปฏิกิริยาในการหลอม เป็นผลทำให้อุณหภูมิในการหลอมลดลง และหินปูนหรือแคลเซียมช่วยในการขึ้นรูป ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อแก้ว เพิ่มอัตราเร็วในการแข็งตัวของแก้ว ลดความหนืด และเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำและสารเคมี แก้วไม่มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีเกณฑ์แน่นอน หากแต่มีส่วนประกอบมากมาย เช่น การเกิดสีในแก้วที่ประกอบด้วยธาตุเหล็ก ซัลเฟอร์ โคบอลต์ โครเมียม ฯลฯ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แก้วแต่ละชิ้นมีความแตกต่างในด้านองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์⁶⁵

ปกติแล้วในการหลอมแก้วต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 1,350-1,600 °C เพื่อหลอมละลายแก้ว โดยมีด่างช่วยลดอุณหภูมิให้ลดลงเหลือเพียง 800 °C และยังมีการเติมตะกั่วลงไปเพื่อให้ลดอุณหภูมิอีกวิธีหนึ่ง นอกจากนี้ตะกั่วยังช่วยให้แก้วเกิดความวาวและใสมากขึ้น⁶⁶ แก้วสามารถขึ้นรูปเป็นวัตถุได้ในอุณหภูมิที่ 500 °C เช่น หน้าต่าง ขวด ภาชนะต่างๆ เป็นต้น หรือบางทีอาจผลิตก้อนแก้วเพื่อส่งไปยังดินแดนต่างๆ ในการผลิตเครื่องใช้และเครื่องประดับต่างๆ ที่ทำจากแก้ว

ประเภทของแก้วโบราณที่พบบ่อยประกอบด้วย แก้วโซดา (soda-lime-silica) และอีกประเภทที่พบ ก็คือ แก้วโปแตส (potash-lime-silica) จะเห็นได้ว่าในอียิปต์ใช้นาตรอน (natron) เป็นด่างเป็นส่วนผสมในการทำแก้ว แต่ในดินแดนเมโสโปเตเมียใช้ซี้้เถ้าที่ได้จากพืชทะเลซึ่งประกอบด้วยโซดา ในขณะที่แก้วยุคหลัง จะใช้ซี้้เถ้าจากไม้ เช่น แก้วที่ผลิตในเวเนเทียน แก้วจากอังกฤษและเยอรมันนี้ โดยองค์ประกอบเหล่านี้ยังคงใช้มาจนถึงปัจจุบัน

ชนิดของแก้ว สามารถแบ่งตามธาตุได้ 5 ประเภทได้⁶⁷ ดังนี้

1. แก้วโปแตสเซียม (Potassium glass) มีปริมาณโปแตสเซียมสูงตั้งแต่ 10% ขึ้นไป
2. แก้ว โซดา-ไลม์ (Soda-Lime glass) มีปริมาณโซเดียมสูงตั้งแต่ 10% ขึ้นไป

⁶⁵ Grose, Early Ancient Glass Core-formed, rod-formed, and cast vessels and objects from the late Bronze age to the Early Foman Empire, 1600 B.C. to A.D. 50, 29-30.

⁶⁶ Frank, Susan, *ibid.*, 71-85.

⁶⁷ ผุสดี รอดเจริญ , “การศึกษาแก้วสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายที่พบในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548), 22-23.

3. แก้วโซดา (Soda glass) มีปริมาณโซเดียมสูง และมีปริมาณของอลูมินาปานกลางถึงสูง

4. แก้วอลูมินา (Alumina glass) มีปริมาณอลูมินาสูงตั้งแต่ 10% ขึ้นไป

5. แก้วผสมต่าง (Mixed Alkali glass) มีปริมาณของโซเดียมของโปแตสเซียมใกล้เคียงกัน ประมาณ 5 % ขึ้นไป

แก้วแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. แก้วอ่อน หรือ แก้วโซดา-ไลม์ (Soda-lime) ทำจากส่วนผสมของวัตถุดิบหลัก 3 ชนิด คือ ททราย โซดา และแคลเซียม ประกอบด้วย ซิลิกาปริมาณ 70% โซเดียมปริมาณ 15% และแคลเซียมปริมาณ 10% บางที่เรียกว่าแก้วโซดา การผลิตแก้วชนิดนี้นิยมเติมโซดาหรือโปแตสเซียมเพื่อช่วยให้จุดอ่อนตัวลดลงกว่าเดิมประมาณ 800-900 °C สามารถให้สีได้โดยการเติมออกไซด์ของโลหะ โดยมีสารโคบอลต์ออกไซด์ให้สีน้ำเงิน โครเมียมออกไซด์ให้สีเขียว และเหล็กออกไซด์ให้สีน้ำตาล แก้วประเภทนี้มีความแข็งแรงทนทานสำหรับการใช้งานทั่วไป แต่ทนทานต่อสภาพกรด-ด่าง ไม่ดีนัก ถ้าได้รับกรดมากเกินไปจะทำปฏิกิริยากับแก้ว ทำให้เกิดการละลายของแก้วปรากฏเป็นรอยฝ้าที่บริเวณนั้นๆ ถ้าสัมผัสกับด่างสูง ไฮดรอกไซด์ไอออนจะทำลายโครงสร้างของซิลิกาในแก้ว ทำในแก้วเกิดการละลายอย่างรุนแรง ในบริเวณที่สารสัมผัสกับแก้วจะมีฟิล์มสีขาวปรากฏบนผิวแก้ว ลักษณะเช่นนี้จะพบได้หากนำแก้วไปแช่ในน้ำยาล้างจานนานเกินไป

2. แก้วคริสตัล หรือแก้วตะกั่ว⁶⁸ (Lead glass) เป็นแก้วที่เติมออกไซด์ของตะกั่วแทนปูนขาว แก้วชนิดนี้ซิลิกาประมาณ 54-65% มีออกไซด์ของตะกั่ว (PbO) > 10% ส่วนอีก 13-25 เปอร์เซ็นต์จะเป็นโซดา (Na₂O) หรือโปแตสเซียม (K₂O) หรือออกไซด์ตัวอื่นๆ แต่แก้วชนิดนี้ ก็มีการแบ่งระดับตามปริมาณของตะกั่ว ดังนี้

1. Crystal glass ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 10%
2. Pressed lead crystal glass ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 18% (กำหนดเฉพาะในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี)
3. Lead glass ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 24%
4. Full lead glass ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 30%

⁶⁸ Heinz G., Pfaender, Schott Guide to Glass (New York : Van Nostrand Reinhold Company Inc.,1983), 93-94.

แก้วชนิดนี้มีค่าดัชนีหักเหแสงสูงส่องประกายแวววาว จึงนำมาใช้เป็นการเปลี่ยนแปลง ในโครงสร้างและมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพ เช่นทำให้คุณสมบัติหลอมต่ำมาก, ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น, ค่าดัชนีและการกระจายแสงเพิ่มขึ้น, ความหนืดลดลง, แรงตึงผิวลดลง สามารถตัดหรือทำให้โค้งงอได้ง่าย แก้วชนิดนี้ใช้ทำหลอดเทอร์โมมิเตอร์ หลอดไฟฟ้า และหลอดนีออนในป้ายโฆษณา เป็นต้น

3. แก้วบอโรซิลิเกต (borosilicate) เป็นแก้วที่มีบอริกออกไซด์เป็นองค์ประกอบ แก้วชนิดนี้มีซิลิกาประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแก้วโซดา และแก้วคริสตัล มีบอริกออกไซด์ (B₂O₃) 7-13 % มีโซเดียม หรือโปแตสเซียม 4-8% และมีลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) 1-7% แก้วชนิดนี้มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จึงเป็นแก้วที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเคมีและในห้องปฏิบัติการต่างๆ รวมทั้งเป็นหลอด และขวดบรรจุยาในวงการเภสัชกรรม และใช้เป็นโคมแก้วในหลอดไฟ เป็นอุปกรณ์เครื่องครัวชนิดทนความร้อนที่ใช้ในเตาอบได้ แก้วชนิดนี้สามารถแยกย่อยออกไปอีกมากมาย ขึ้นกับว่ามีบอโรนเป็นองค์ประกอบอยู่มากน้อยเพียงใด⁶⁹

นอกจากนี้ยังมีแก้วอีกหลายชนิด เช่น แก้วควอทซ์ (Fused quartz) ประกอบด้วยซิลิกาถึง 99.5 % บางทีเรียกว่า ซิลิกาบริสุทธิ์ (Pure silica glass) มีความแข็งแรงแรงมาก มีความต้านทานต่อสารเคมีและไฟฟ้าสูงแม้ในขณะที่ยังร้อน โปร่งแสง แต่ข้อเสียของแก้วชนิดนี้ คือ ใช้อุณหภูมิที่สูงมากในการผลิตแก้วประมาณ 1,850-2,100 C มีราคาแพง แก้วประเภทนี้ใช้กับการทดลองที่อุณหภูมิสูง ใช้เป็นวัสดุสะท้อนแสงเลเซอร์ หรือกระจกสำหรับกล้องโทรทรรศน์ แก้วไวคอร์ (Vycor glass) เป็นแก้วที่มีความต้านทานความร้อนและสารเคมีได้ดี ใช้สำหรับในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะการทดลองที่มีอุณหภูมิสูง และแก้วอลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminosilicate glass) เป็นแก้วที่ทนต่อสารเคมีและไฟฟ้าได้ดีแม้ในอุณหภูมิสูง ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์ หลอดสุญญากาศ และเครื่องครัว⁷⁰

จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบหลักของแก้ว คือ ททราย ด่าง และหินปูน เป็นสิ่งที่ใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน ซึ่งแทบจะไม่มีใครมีความแตกต่างกันเลย และเทคนิควิธีการหลอมแก้วก็ยังคง

⁶⁹ นรินทร สิริกุลรัตน์, "แก้ว," ใน เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง การสร้างแก้ว สำหรับงานศิลป์ เมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2548 เสนอที่ โรงแรม รามาร์เด็นส์ กรุงเทพมหานคร โดย กองส่งเสริมการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2548, 1-5. (อัดสำเนา)

⁷⁰ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, การเป่าแก้วเบื้องต้น (ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2527), 3-8.

มีความคล้ายคลึงกันมาก รวมทั้งการขึ้นรูปแก้วในปัจจุบันก็ยังคงใช้เทคนิคที่สืบเนื่องมาจากอดีต ดังจะเห็นได้จากกรรมวิธีการเป่าแก้ว ที่แพร่หลายและได้รับความนิยมตลอดมา แต่อาจจะแตกต่างกันในเรื่องของวัตถุดิบและเตาหลอมแก้วที่มีคุณภาพมากกว่า การขึ้นรูปที่มีความหลากหลาย การควบคุมอุณหภูมิที่แน่นอน รวมถึงการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในการผลิต ทำให้ผลิตแก้วได้อย่างรวดเร็ว และมีมาตรฐานเดียวกัน ทำให้แก้วในปัจจุบันมีคุณภาพดีกว่าทั้งในเรื่องของเนื้อแก้ว และสีแก้ว โดยแก้วที่มีคุณภาพดีจะต้องผ่านการให้ความร้อน และควบคุมอุณหภูมิในขณะที่แก้วเย็นลงหลายครั้ง เพื่อช่วยกำจัดฟองอากาศ และกำจัดรอยแตกที่มีในเนื้อแก้ว ซึ่งเป็นรอยมลทิน เทคโนโลยีที่พัฒนาเหล่านี้ได้ส่งผลต่อการผลิตภาชนะแก้ว ทำให้ได้ภาชนะแก้วที่สวยงาม แข็งแรง และมีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้นด้วย

ร่องรอยที่ปรากฏในเนื้อแก้ว

ด้วยคุณสมบัติของแก้วตามธรรมชาติ จะทิ้งร่องรอยที่ปรากฏในเนื้อแก้ว เนื่องจากแก้วเป็นวัตถุดิบที่สามารถมีรอยตำหนิได้หลังจากการหลอม ซึ่งมีปัจจัยมาอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการหลอมแก้ว ระยะเวลาที่หลอมละลายแก้วกับเวลาที่ทำ และความรู้ในการลดอุณหภูมิแก้ว (annealing)⁷¹ ร่องรอยที่ปรากฏเหล่านี้สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าหรือใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ไม่หลอมละลาย พบในก้อนแก้วที่มีลักษณะเป็นแท่ง หรือก้อนแก้ว มักจะเป็นสิ่งแปลกปลอมปนอยู่ในเนื้อแก้ว การที่วัตถุเจือปนไม่หลอมละลายอาจจะแสดงถึงความชำนาญของช่างที่ควบคุมอุณหภูมิในการหลอม และเทคนิคต่างๆ ที่ช่วยให้ส่วนผสมในการทำแก้วหลอมละลายได้อย่างสมบูรณ์ ได้แก่ (ดูภาพที่ 30)

- 1.1 การควบคุมอุณหภูมิไม่ให้ต่ำกว่า 900 – 1,200 °C
- 1.2 การใช้ดินเหนียวที่มีคุณภาพ เหมาะแก่การทำเข้าหลอม
- 1.3 การมีความรู้ต่อกรรมวิธีการผลิตแก้ว และวัตถุดิบต่างๆ ก่อนนำมาผสม
- 1.4 การคัดสิ่งเจือปนออกจากส่วนประกอบต่างๆ ก่อนนำไปหลอม
- 1.5 การกำหนดส่วนผสมให้ได้สัดส่วนพอเหมาะ
- 1.6 การเติมออกไซด์เพื่อให้แก้วมีสีสดใสหรือทึบแสง

⁷¹ พัชรี สาริกบุตร, เทคโนโลยีสมัยโบราณ, (กรุงเทพฯ : ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2523), 162-164.



ภาพที่ 30 ร่องรอยของสิ่งเจือปนที่พบภายในเนื้อแก้วจากแหล่งโบราณคดีนางย่อน

2. การเกิดฟองอากาศ

ฟองอากาศที่ปรากฏในเนื้อแก้วเป็นช่องอากาศที่เกิดจากออกไซด์ของวัตถุดิบต่าง และแคลเซียม ซึ่งส่วนใหญ่อยู่รูปของสารประเภทคาร์บอเนต ไนเตรต ซัลเฟต คลอไรด์ออกไซด์ หรือไฮดรอกไซด์ และเมื่อได้รับความร้อนจึงหลอมละลายกลายเป็นก๊าซอยู่ในเนื้อแก้วหลอม เมื่อแก้วเย็นตัวลงช่องก๊าซจะหดตัว เกิดเป็นโพรงหรือช่องว่างในรูปของฟองอากาศ ซึ่งมองเห็นไม่ชัด ด้วยตาเปล่า รูปร่างของฟองอากาศขึ้นอยู่กับการไหลของแก้วเพื่อขึ้นรูป ซึ่งอาจจะมีรูปร่างกลม หรือรียาว หากนำแก้วที่มีฟองอากาศแบบรูปไข่ (speroid) ไปขัดผิว รูปร่างฟองอากาศจะ เปลี่ยนเป็นรูปครึ่งวงกลม (hemisphere) (ดูภาพที่ 31)

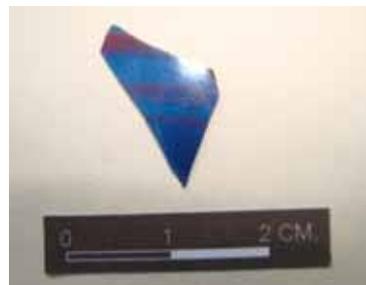


ภาพที่ 31 ร่องรอยของฟองอากาศที่ปรากฏในเนื้อขึ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีนางย่อน

3. การเกิดริ้วบนเนื้อแก้ว เกิดจากส่วนผสมของแก้วละลายไม่สมบูรณ์ ทำให้เนื้อแก้วมี ลักษณะเป็นแถบริ้วเป็นเส้นหรือเป็นชั้น แสดงให้เห็นว่าเนื้อแก้วไม่หลอมเป็นเนื้อเดียวกันอย่าง สมบูรณ์ มักพบบนพื้นผิวของลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดง และภาชนะแก้วที่พบว่ามีการเกิดจาก องค์ประกอบภายในเนื้อแก้วทำปฏิกิริยากับความร้อนขณะขึ้นรูป (ดูภาพที่ 32-33)



ภาพที่ 32 ร่องรอยริ้วที่พบบนลูกปัดสีน้ำตาลแดง
จากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง



ภาพที่ 33 ร่องรอยริ้วสีแดงที่พบบนผิวของ
ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีน้ำเงินจาก
แหล่งโบราณคดีนางย่อน

รอยมลทินบนผิวแก้ว

ในการศึกษาเรื่องแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดีมักจะมีคราบสกปรกเกาะติดแน่นที่ผิวของแก้ว เป็นการเกิดปฏิกิริยาของแก้วกับดิน เนื่องจากแก้วถูกฝังอยู่ในดินเป็นเวลานาน ทำให้เกิดเป็นรอยมลทินบนผิวแก้ว ดังนั้น จึงต้องขูดสิ่งสกปรกที่เกาะติดอยู่ออกให้หมด เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ให้น้อยที่สุด รอยมลทินมีระดับต่างกัน⁷² ดังนี้

1. พื้นผิวของแก้วไม่มีร่องรอยขูดขีดหรือรอยสึกหรอนปรากฏ (unweathered)
2. พื้นผิวของแก้วไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (little or no weathered)
3. พื้นผิวมีคราบเกาะหนาประมาณ น้อยกว่าครึ่งมิลลิเมตร หรือมากกว่าเล็กน้อย และอาจปรากฏบนหลุมเล็กๆ บนพื้นผิว (lightly weathered)
4. พื้นผิวที่มีความหยาบ เหมือนมีฝ้าหรือแผ่นฟิล์มบางๆ เคลือบอยู่
5. พื้นผิวของแก้วมีเปลือกแข็งหนาประมาณ 1 มิลลิเมตรเคลือบอยู่ หรืออาจปรากฏหลุมจำนวนมากบนผิวลูกปัด (heavily weathered)
6. พื้นผิวมีคราบเกาะแน่นจำนวนมาก หรือมีคราบเกาะหนากว่า 1 มิลลิเมตร อาจเหลือเนื้อแก้วอยู่เพียงเล็กน้อย (very heavily weathered)

⁷² ผู้สตี รอดเจริญ, เรื่องเดียวกัน, 26.

การขึ้นรูปภาชนะแก้ว มีหลายวิธี ดังนี้

1. การจุ่ม (Core-dipping) ใช้แกนดินซึ่งทำจากดินผสมทรายปั้นให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการรอบแกนโลหะหรือแกนไม้ (rod) หรือ ใช้ทรายมาปั้นรอบแกนแล้วนำแถบผ้ามาพันรอบแกนให้แน่น จากนั้นจึงจุ่มลงในแก้วหลอม เมื่อแก้วเย็นจึงแกะทรายข้างในออก

2. การพันรอบแกน (Core-Winding) ดึงแก้วหลอมที่อ่อนตัวให้เป็นเส้นยาว (cane) แล้วนำเส้นแก้วไปพันรอบแกนทรายให้เป็นรูปตามต้องการ เมื่อพันเสร็จแล้วจึงนำภาชนะแก้วไปคลึงบนพื้นที่เรียบ (marver) พร้อมทั้งให้ความร้อนเพื่อให้เส้นแก้วประสานติดจนเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อแก้วเย็นแล้วจึงแกะทรายออก (ดูภาพที่ 34)

3. การปั้น (Pâte de Verre) เป็นการปั้นแก้วให้เป็นภาชนะด้วยมือ (Hand-moulded) คล้ายกับการทำภาชนะดินเผา ส่วนผสมที่ใช้มีแก้วบดละเอียดผสมกับกาวจำพวกอินทรียวต์ดู (adhesive) นำแก้วไปให้ความร้อน จากนั้นจึงปั้นแก้วด้วยมือเป็นรูปร่างต่างๆ เช่น คน สัตว์ หรือเครื่องประดับต่างๆ จากนั้นนำเข้าเตาเผา กาวที่เป็นอินทรียวต์ดูจะสลายตัวไป แก้วที่ได้จึงมีความขุ่น (opaque) และยังเกิดช่องว่างภายในเนื้อแก้วอีกด้วย

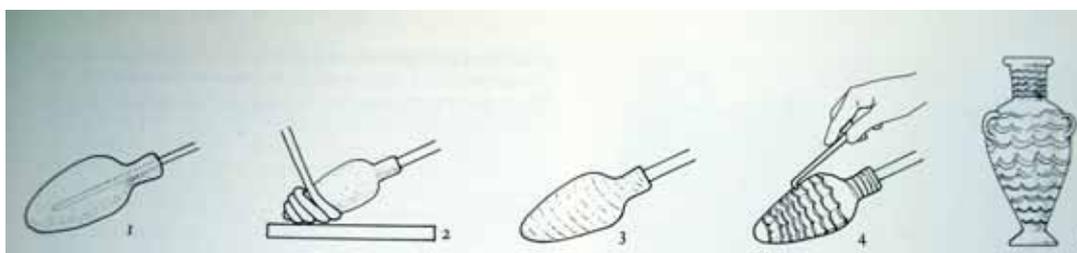
4. การอัดในพิมพ์ (Moulded Glass) เป็นการหล่อแก้วด้วยแม่พิมพ์ นำแก้วหลอมใส่ลงในแม่พิมพ์ จากนั้นกดเนื้อแก้วให้เป็นรูปตามต้องการ (ดูภาพที่ 35)

5. การเป่าแก้ว (Glass Blowing) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากเนื่องจากสะดวก รวดเร็ว อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ หลอดเป่าซึ่งทำจากโลหะกลวง ยาวประมาณ 5-6 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ - 1 นิ้ว วิธีการเป่ามี 2 วิธี คือ

5.1 การเป่า (Free blowing) นำหลอดเป่าและเนื้อแก้วหลอมให้เป็นก้อน หมุนไปมาบนพื้นเรียบเพื่อให้รูปร่างกลมและผิวเรียบ จากนั้นจึงเป่าลม เกิดเป็นช่องว่างภายในแก้ว แก้วจึงพองตัวขึ้น การบังคับการเป่าเพื่อให้ได้แก้วมีรูปร่างตามต้องการ ทำโดยหมุนแก้วไปรอบๆ แก้วหลุดไปมาจึงเป่าบังคับรูปร่าง หรืออาจเป่าแก้วบนพื้นเรียบ เพื่อให้รูปร่างและผิวภาชนะได้ตามต้องการ แล้วจึงใช้แท่งโลหะ (panty or pontil) และที่กั้นภาชนะตรงข้ามกับหลอดเป่าให้ติดเพื่อยึดรูปร่างของภาชนะไว้ จากนั้นตัดตรงปลายแก้วที่ติดกับหลอดเป่า จากนั้นตัดปลายปากภาชนะด้วยกรรไกร (Shears or Jack) หรือเส้นลวดให้ได้ขนาดความสูงตามต้องการ จึงตกแต่งขอบปากให้ เรียบหรือประดับลวดลายอีกครั้งหนึ่ง เครื่องมือสำคัญในการเป่าแก้ว ได้แก่ หลอดเป่า (blow-pipe) แผ่นโลหะ หรือพื้นเรียบ (marver) แท่งโลหะกลม (panty or pontil) กรรไกร (shears or Jack) ปากคีบ (tongs)

5.2 การเป่าลงในแม่พิมพ์ (Mould-Blowing) เป็นการเป่าโดยใช้แม่พิมพ์ 2 ชั้นประกบกัน นำหลอดโลหะตะกั่วก่อนแก้วแล้วนำไปเป่าในแม่พิมพ์ แก้วจะพองตัวอยู่ภายในแม่พิมพ์ตามรูปร่างของแม่พิมพ์ที่ต้องการ เมื่อเย็นแล้วจึงแกะแม่พิมพ์ออก ต่อมาได้เปลี่ยนจากหลอดเป่าเป็นการอัดลมลงในแม่พิมพ์ เมื่อทิ้งเนื้อแก้วหลอมลงไปแล้วจึงเป่าลมเข้าไป ทำให้แก้วพองตัวตามรูปแบบพิมพ์ เมื่อแก้วเย็น จึงแกะแม่พิมพ์ออก ตกแต่งให้เรียบ⁷³ เมื่อขึ้นรูปภาชนะแก้วแล้วจากนั้นจึงนำไปขัดฝนแต่งผิวและขอบให้เรียบ จึงนำไปตกแต่งลวดลายในขั้นตอนต่อไป

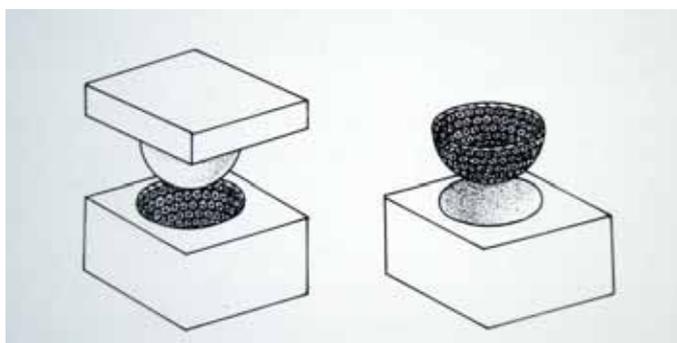
ภาพประกอบการขึ้นรูปภาชนะแก้ว



ภาพที่ 34 การขึ้นรูปภาชนะด้วยการพันบนแกน (would-technique)

ที่มา : Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass Core-Formed, Rod-Formed, and Cast Vessels and Objects from the Late Bronze Age to the Early Roman Empire, 1600 B.C. to A.D.50 (New York : Hudson Hills Press,1989), 31.

⁷³ พัชรี สาริกบุตร, เทคโนโลยีสมัยโบราณ, (กรุงเทพฯ : ภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2523), 147-149. (อัดสำเนา)



ภาพที่ 35 การขึ้นรูปภาชนะด้วยแม่พิมพ์ (mould-technique)

ที่มา : Grose, David, Frederick, Early Ancient Glass core-formed, rod-formed, and cast vessels and objects from the late bronze age to the early roman empire, 1600 B.C. to A.D.50 (New York : Hudson Hills Press, 1989), 32.

การตกแต่งภาชนะแก้ว มีดังนี้

1. การแกะสลัก หรือ การเจียรระโน (Cutting or Engraving) โดยใช้เหล็กเพชร (diamond point) ขีดเป็นเส้นลาย หรือใช้ล้อหมุนทำด้วยทองแดง (lap-wheel) สลักเส้นแก้วโดยกดเส้นแก้วลงบนล้อหมุน นอกจากนี้วิธีการแกะสลักอีกหลายวิธี เช่น

เมื่อเป่าแก้วต่างสีลงในเนื้อแก้วอีกสีหนึ่ง ทำให้แก้วร้อนจนเนื้อแก้วต่างสีประสานกัน จากนั้นจึงขีดหรือสลักบนผิวจนเห็นสีเนื้อแก้วชั้นใน วิธีนี้ เรียกว่า casting หรือ cupping เมื่อเป่าแก้วสีหลายๆ ชั้นเข้าไปภายใน จากนั้นจึงสลักแก้วตามชั้นและสี ทำให้ดูคล้ายกับหินโมรา (Agate) จึงเรียกว่า "Agate Glass"

2. การเรียงชิ้นแก้วสี (Mosaic Glass) ทำโดยปั้นแกนดินให้เป็นรูปร่างตามต้องการ จากนั้นเรียงชิ้นแก้วสีต่างๆ นำไปให้ความร้อนจนเนื้อแก้วประสานติดกันเป็นรูปร่างตามแกน เมื่อแก้วเย็นจึงแกะเอาดินออก ขัดผิวให้เรียบ

3. การฝังชิ้นหรือเส้นแก้วสี (Inlay Glass) มีวิธีดังนี้

3.1 การพาดเส้นแก้วลงบนผิวแก้ว จากนั้นนำไปให้ความร้อน และคลึงไปมาบนพื้นเรียบจนเนื้อแก้วประสานกันเป็นเนื้อเดียวกัน (thread Inlay)

3.2 การสลักผิวแก้วให้เป็นลวดลายตามต้องการ จากนั้นจึงฝังเส้นแก้ว หรือหยอดแก้วลงตามร่องในขณะที่แก้วยังอ่อนตัว เส้นแก้วที่ฝังลงไปจะหนุนขึ้นจากเนื้อแก้วเล็กน้อย

3.3 การพันเส้นแก้วรอบผิวภาชนะแก้ว โดยพันตามลวดลายที่ต้องการ หรือ อาจจะใช้เครื่องมือหวี หรือซี่ฟัน ชีดเส้นแก้วให้เป็นลายคลื่น ชิกแซก (combed glass) หรืออื่นๆ นำไปให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่งพร้อมกับคลึงไปมาบนพื้นเรียบ เพื่อให้ผิวแก้วเรียบเนียน

3.4 การใช้แท่งแก้วสีต่างๆ มัดเข้าด้วยกัน จากนั้นให้ความร้อนจนเนื้อแก้วติดกัน ให้ความร้อนอีกครั้งแล้วจึงดึงยืดออก พร้อมกับบิดให้เป็นเกลียว ใช้ฝังหรือพาดบนเส้นแก้ว

3.5 การเรียงชิ้นแก้วสีต่างๆ ลงบนพื้นโลหะเรียบให้เป็นลวดลายตามต้องการ จากนั้นนำภาชนะแก้วไปให้ความร้อนทำให้อ่อนตัว หมุนกลิ้งลงบนชิ้นแก้วสีที่วางบนพื้นเรียบ เมื่อชิ้นแก้วสีติดกับภาชนะแก้วแล้วจึงนำไปให้ความร้อนอีกครั้ง (mosaic Inlay) และนำไปคลึงบนพื้นเรียบ เพื่อให้ผิวเรียบ หรือบางทีอาจจะเป่าก็ได้

3.6 การทำลวดลายบนผิวแก้ว (millefiore) เป็นการนำแก้วหลายสีมาซ้อนกันให้เป็นวงท่อซ้อนๆ กันเป็นชั้นๆ จากนั้นให้ความร้อน แล้วนำไปหมุนกลิ้งบนพื้นทีขรุขระ เพื่อให้มีรูปร่างคล้ายกลีบดอกไม้ นำตัดเป็นแท่งสั้นๆ แล้วจึงใช้วิธี Mosaic Inlay หรืออาจจะใช้แท่งแก้วกลมต่างสี มัดติดกัน ให้ความร้อนจนเนื้อแก้วประสานกัน จึงดึงให้ยืดออก จากนั้นตัดเป็นแท่งสั้นๆ หลังจากตีตกแต่งด้วยวิธีต่างๆ แล้ว จึงตกแต่งผิวให้เรียบ โดยขัดผิวให้เรียบ

4. การลงยา หรือเคลือบ (Enamel) เป็นการเคลือบผิวแก้วด้วยผงโลหะ มี 2 วิธี คือ

4.1 การเคลือบด้วยแก้ว (glass enamelling) น้ำยาเคลือบจะมีส่วนประกอบที่มีออกไซด์ของทองแดงและเหล็กผสมเพื่อให้เกิดสี นำไปหลอมละลายจนเป็นน้ำยาเคลือบ เกลงในน้ำเย็นเพื่อให้แข็งตัว จากนั้นนำไปบดเป็นผง เรียกว่า ฟริท (frit) นำลงน้ำยาเคลือบผสมกับกาบ จากนั้นนำฟริทที่ได้เคลือบทาบนผิวแก้ว แล้วจึงนำไปเผาอีกครั้ง การเผาจะทำให้ผงแก้วที่เคลือบละลายตัวติดกับผิวแก้ว การที่ผสมกันระหว่างกาบกับผงโลหะเคลือบก็เพื่อให้วัสดุบางชนิดละลายน้ำได้ง่าย เช่น โซดาแอช ซึ่งเมื่อนำไปเคลือบผิวแก้วแล้วจะปนกันได้ และยังทำให้สีของน้ำเคลือบสม่ำเสมออีกด้วย

4.2 การแต้มน้ำยาเคลือบ เป็นการใช้โลหะเงินหลอมรวมกับกำมะถัน (sulphur) เพื่อให้รวมตัวกันเป็นซิลเวอร์ซัลไฟด์ (silver sulphide) จากนั้นจึงบดให้เป็นผงแล้วนำไปผสมกับกาบหรือดินเหนียว เคลือบทาบนผิวแก้ว แล้วจึงนำไปเผา การเคลือบแบบนี้เนื้อแก้วจะดูออกไซด์ของเงินที่สีเข้าไปในเนื้อแก้ว ทำให้ปรากฏรอยต่าง ผิวของแก้วจะเรียบเสมอกัน แก้วที่ใช้ในการเคลือบนี้ต้องเป็นแก้วประเภทโปแตส-โซดา ซึ่งมีส่วนผสมของเกลือ-โซเดียม และเกลือโปแตสเทียม ซึ่งต้องนำไปทำเป็นฟริทก่อนจึงจะสามารถรวมตัวกับแก้วอื่นๆ ได้⁷⁴

⁷⁴ พัทรี สาริกบุตร, เรื่องเดียวกัน, 149-152.

ประเภทของเครื่องแก้ว

เครื่องแก้วที่เป็นภาชนะ สามารถแบ่งได้ 7 ประเภท⁷⁵ คือ

1. ชามและถ้วย (Bowl or cup) ลักษณะของภาชนะประเภทนี้จะมีปากกว้าง ก้นแบน เล็ก ภาชนะที่เป็นถ้วยแบ่งได้ 3 กลุ่มตามรูปแบบของปาก คือ

กลุ่มที่ 1 ขอบปากตรงขึ้นหรือโค้งเข้าเล็กน้อย บางที่มีเชิงเล็กๆ ที่ก้นด้วย

กลุ่มที่ 2 ขอบปากโค้งออกเล็กน้อย บางที่จะมีเชิงเล็กๆ

กลุ่มที่ 3 ขอบปากโค้งออก แต่มีส่วนคอเพิ่มขึ้น

1.1 ถ้วยมีเชิงสูง (Footed cup) ถ้วยแบบนี้จะมีเชิงหรือมีก้านต่อเชิงให้ดูเรียวขึ้น

1.2 กรวย (beaker) ลักษณะคล้ายแจกันทรงสูง ปากกว้าง ก้นเรียวแหลม ตัวกรวยมีทั้งตรงหรือโค้งเล็กน้อย ส่วนขอบปากมีทั้งปากตรงและปากโค้งออกเล็กน้อย

2. คนที่ (rhyton) หมายถึง ภาชนะที่มีพวยอยู่ด้านบนของไหล่ภาชนะหรือส่วนล่างใกล้กับเชิง

3. จานเล็ก (Dish) เป็นจานก้นตื้น ตัวจานอาจจะตรงหรือผายโค้งออกเล็กน้อย

4. เขี่ยอกมีหู (handled bottle) ตัวเขี่ยอกกลมกว้างเรียวสูง คอคอดเล็ก ขอบปากเรียวยื่นออก เป็นจะงอยด้านหลังมีหูติดกับขอบปากด้านหลัง และยาวลงไปต่อกับลำตัวของส่วนที่กว้างที่สุด หรืออาจเป็นรูปแหวนติดอยู่กับขอบปากและส่วนคอคอด

5. แจกัน (vase) ลำตัวและคอเป็นรูปกลม ความกว้างของขอบปากจะเล็กกว่าความกว้างของลำตัวแจกัน

6. ขวด ในปัจจุบันหมายถึง ภาชนะที่มีรูปทรงกว้าง คอบแคบและไม่มีหูจับ ไม่มีเชิง และขอบก้น สามารถแบ่งได้เป็น ขวดทรงกลม (bottles) กับขวดทรงแบน (flasks) ศัพท์คำว่า bottle รับมาจากภาษาสเปน คือ bota หมายถึงภาชนะที่ใช้บรรจุเหล้าองุ่น หรือภาชนะที่เป็นถุงพาดข้างอานม้าระหว่างเดินทาง ทำด้วยหนังวัวหรือหนังหมู

6.1 ขวดทรงกรวย (prismatic bottles) ใช้สำหรับบรรจุเหล้า ขวดโบราณมีหลากหลายรูปทรง เช่น ทรงสี่เหลี่ยมหรือหกเหลี่ยม พบทั่วไปในยุคโรมันตอนต้น

6.2 เขี่ยอกน้ำ (flagons) เป็นขวดที่มีคอยาว มีรูปร่างนูนหรือทรงกลม บางทีอาจจะมีเชิง ใช้สำหรับใส่เหล้าองุ่น พบเป็นจำนวนมากในสมัยโบราณ

⁷⁵ Fukai, shinji, ibid., 30-31. และ กรมศิลปากร, เครื่องใช้และเครื่องประดับที่ทำด้วยแก้วก่อนพุทธศตวรรษที่ 18 (กรุงเทพฯ : สำนักพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2549), 33-35.

6.3 ขวดแบบคาราฟ เป็นขวดที่มีลำตัวด้านล่างกว้าง คอแคบ ใช้ตั้งโต๊ะ ไม่ได้ใช้บรรจุสิ่งใดโดยเฉพาะ

6.4 ขวดใส่ปรอท เป็นขวดแบนทรงกรวย ที่มีทรงสี่เหลี่ยมทรงสูง คอเรียว ปากแคบ บางทีที่ก้นขวดจะมีตัวอักษร หรือบางครั้งมีรูปเทพเจ้าเมอร์คิวรี (mercury) ที่ก้นขวดหรือด้านข้างของลำตัว ปกติขวดชนิดนี้มักทำอย่างหยาบ พบมากในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 2 หรือประมาณพุทธศตวรรษที่ 7

6.5 ขวดเล็ก (vial) มักเป็นขวดทรงหลอดมีขนาดเล็กที่นักเคมีใช้เป็นหลอดทดลอง ในสมัยโรมันขวดประเภทนี้จะนำมาใส่น้ำหอม ของเหลว หรือเป็นเครื่องใช้ในหลุมศพ ซึ่งพบตามสุสานต่างๆ ในสมัยโรมันและซีเรีย

6.6 ขวดแบน (flasks) ใช้สำหรับบดอาหารและในการเดินทาง เพราะขนาดพอเหมาะกะทัดรัด บางทีลักษณะของขวดเหล่านี้มักคล้ายกับขวด ส่วนมากมีหูจับ หรืออาจจะไม่มีรูปทรงของขวดมีทั้งเป็นรูปหยดน้ำและรูปกรวย ซึ่งใช้เป็นเครื่องวางที่เก่าแก่ที่สุดมีอายุราวคริสต์ศตวรรษที่ 1 เป็นขวดทรงหกเหลี่ยม ต่อมาราวคริสต์ศตวรรษที่ 4 มักเป็นขวดทรงสี่เหลี่ยมและหกเหลี่ยม

6.7 ขวดกลม (ampulla) เป็นขวดขนาดเล็กหรือปานกลาง มีคอยาวเรียวเข้ากับลำตัวขวดที่มีลักษณะกลม พบมากประมาณ 100 ปีก่อนคริสตกาล และผลิตสืบต่อมาอีก 200-300 ปี ลักษณะที่เก่าที่สุดจะมีก้นแบนราบ ไหล่ลาดเล็กน้อย คอหยัก และขอบปากกว้างเล็กน้อย ในยุคหลังคอขวดจะเรียวสูงเหมือนทรงกระบอก ไหล่ผาย

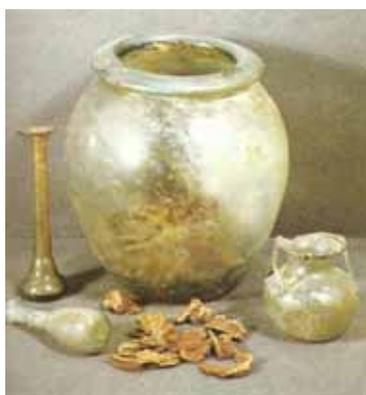
6.8 ขวดใส่น้ำมัน แบบ โฮลโมส (holmos) หรือเรียกว่า bacchic vase เป็นขวดของมาซิโดเนียที่มีหูหิ้ว บางทีมีหูเดียวหรือสองหู ตัวขวดมีทั้งทรงสูง ทรงกลม ทรงผายแบน ทรงยาวก้นแหลม และทรงกระเป่า (askos) มีใช้มาตั้งแต่ 100 ปีก่อนคริสตกาลและคริสต์ศตวรรษที่ 1 พบมากในปอมเปอี ตริโปลี และซาร์ดีเนีย

7. ไห (amphora) ต้นแบบของขวดประเภทนี้ทำจากดินเผา ใช้สำหรับบรรจุ ลักษณะทรงสูง ก้นแหลม มีหู 2 หูที่ใหญ่ ภาชนะทรงนี้ที่ทำด้วยแก้ว มีขนาดเล็ก จากลักษณะที่มีก้นแหลม จึงต้องใช้ที่ตั้งเป็นรูปสามขา หรือบางทีก็ทำก้นตัดเหมือนก้นแจกัน

บทบาทหน้าที่ของเครื่องแก้ว สามารถแยกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ⁷⁶ คือ

1. ชีวิตประจำวัน กล่าวคือ ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ (container) สำหรับบรรจุของเหลว เช่น น้ำมัน, น้ำหอม, เครื่องสำอาง และยา เป็นต้น หรือใช้สำหรับเก็บหรือใส่อาหาร เช่น ถ้วย ชาม จาน ถาด แก้วสำหรับดื่ม เป็นต้น และใช้เป็นตะเกียง

2. พิธีกรรมหรือศาสนา เช่น ใช้เป็นโถใส่อัฐิ (unerary urns) หรือขวดใช้ในพิธีศพ (tear bottle) หรือใส่น้ำมันหอม เป็นต้น (ดูภาพที่ 36)



ภาพที่ 36 เครื่องแก้วที่ใช้พิธีกรรม เช่น ไหสำหรับใส่กระดูก

ที่มา : Vost, Hurst, Ruth, The Antique Collector's Guides Glass, (London : Ebury Press, 1975), Plate I.

การเกิดสีของแก้ว

แก้วสามารถทำให้เกิดสีได้ โดยสามารถจำแนกได้ตามกระบวนการผลิตได้ 2 วิธี คือ สีที่เกิดในเนื้อแก้ว และสีที่เกิดขึ้นจากการเคลือบสีลงในบนเนื้อแก้ว สำหรับในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะการเกิดสีในเนื้อแก้วเท่านั้น ซึ่งสีที่พบในเนื้อแก้วเกิดจากการเติมออกไซด์ต่างๆ ของโลหะในปริมาณที่เหมาะสม และหลอมในอุณหภูมิที่ไม่สูงมากหรือต่ำมาก การเกิดสีมีความสำคัญเนื่องจากสามารถบอกถึงวัตถุประสงค์ของการเกิดสีได้ แต่โดยส่วนมากสีของแก้วมักเป็นความลับ ซึ่งสีเดิมของแก้ว คือ สีเขียวอ่อน อันเกิดมาจากเหล็กออกไซด์ที่ผสมอยู่ในเนื้อทรายที่ไม่บริสุทธิ์⁷⁷ แก้วโบราณ

⁷⁶ Mentasti, Barovier, Rosa et al. Glass Throughout Time History and Technique of Glassmaking from the Ancient World to the Present (Italy : Skira editore, 2003), 127-133.

⁷⁷ กรมศิลปากร, ลูกปัดจากแหล่งขุดค้นโบราณคดีสทิงพระ ปี 2522 (โครงการขุดค้นแหล่งโบราณคดีสทิงพระ : ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2522.), 77-83.

ส่วนมากจะใช้คอปเปอร์ออกไซด์ เป็นสารให้สี และยังมีการเติมออกไซด์ตัวอื่นเพื่อให้เกิดสี จนกระทั่งราวคริสต์ศตวรรษที่ 1 ช่วงผลิตแก้วในโรมันได้รู้จักเติมแมงกานีสเข้าไปเพื่อช่วยในการฟอกสีของเนื้อแก้วให้เกิดสีใส⁷⁸ นอกจากนี้การเกิดสีอาจจะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมทางเคมีในโครงสร้างของเนื้อแก้ว เช่น นิกเกิล ในแก้วโซเดียม-ตะกั่ว จะให้สีน้ำตาล แต่ในแก้วโปแตส-ตะกั่ว จะให้สีม่วงแดง เป็นต้น

ตารางที่ 1 แสดงสีที่เกิดจากออกไซด์ชนิดต่างๆ

ออกไซด์ของโลหะ	สี
เหล็ก (iron)	เขียว เขียวออกเหลือง และเขียวออกฟ้า (แก้วในกลุ่ม Soda-lime)
แมงกานีส (manganese)	ปริมาณน้อย ให้สีเขียวอ่อน ปริมาณมากให้สีเทา น้ำตาล ดำ ม่วง
นิกเกิล (Nikel)	ม่วงเข้ม (แก้วในกลุ่มโปแตสซีมสูง) เหลืองชุ่น (แก้วในกลุ่ม soda lime)
ทองแดง (copper)	ฟ้า ฟ้าออกเขียว เขียว แดง
โคบอลต์ (cobalt)	น้ำเงิน น้ำเงินเข้ม
โครเมียม (chromium)	เขียว เหลืองออกเขียว
เซเลเนียม (selenium)	ชมพู (แก้วในกลุ่ม soda-lime) เหลืองใส (แก้วที่มีปริมาณของตะกั่วสูง)

การกำหนดสีของเนื้อแก้ว

หลักการในการเทียบสีของเนื้อแก้ว นอกจากการดูด้วยตาเปล่าแล้ว นักวิจัยชาวตะวันตกได้ใช้หลักการกำหนดสีของแก้ว ดังนี้

1. การกำหนดสีโดยระบบของ National Bureau of Standards ISCC-NBS Centroid Colour Chart มีสีทั้งหมดให้เทียบ 267 สี เนื่องจากราคาถูก ง่าย และเป็นที่ยอมรับ⁷⁹

⁷⁸ Coombs, David, The antique Collector's guides : Glass (London : Ebury Press,1979), 71-72.

⁷⁹ Peter Jr. Francis, "Beads and Selected Small finds from the 1989-92 excavations," in The Ancient Port of Arikamedu Volume Two, B , ed. Berley, Vimala (Paris : Ecole française d'Extrême Orient, 2005), 525-529.

2. การกำหนดสีโดยใช้ตารางเทียบสี Munsell เป็นหนังสือเทียบสีที่ราคาสูงมาก โดยใน Munsell สามารถแบ่งออกเป็นการเทียบสีต่างๆ เช่น ใช้ Munsell Soil Colour ซึ่งใช้เทียบสีดิน หรือ Munsell Colour System

3. การกำหนดสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี GIA Gemset เป็นเครื่องวัดค่าสีสำหรับวัดค่าสีของแก้วสำหรับประดิษฐ์อัญมณี หรือวัดค่าสีของหินกึ่งมีค่า เช่น อามethyst คาร์เนเลียน เป็นต้น อุปกรณ์ชนิดนี้ทำจากพลาสติก จึงมีความใสคล้ายกับแก้ว สีให้เทียบทั้งหมด 324 ตัวอย่าง มีโทนสี 7 โทน มีค่าอยู่ในช่วงระหว่างเกือบใสจนถึงเข้มเกือบดำ⁸⁰

องค์ประกอบทางเคมีที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของแก้ว

ศูนย์บริการข้อมูลวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุแก้ว ได้เผยแพร่ความเกี่ยวกับคุณสมบัติของแก้วจากองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้⁸¹

1. ซิลิกา แก้วที่มีปริมาณซิลิกาสูง จะทำให้แก้วมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนต่อความร้อนและสารเคมี แต่ทำการผลิตได้ยากเนื่องจากต้องใช้เวลาหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงขึ้น และขึ้นรูปได้ยากเนื่องจากมีความหนืดสูง
2. โซเดียม แก้วที่มีปริมาณโซเดียมสูงจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ เปราะแตกง่าย และไม่ทนต่อสารเคมี ถ้ามีปริมาณโซเดียมสูงมากๆ จะสามารถละลายน้ำได้
3. โบตอสเซียม ช่วยในเกิดการตกผลึกอย่างช้าๆ การเรียงตัวของผลึกจึงออกมาสวยงาม
4. แคลเซียมและแมกนีเซียม จะช่วยในการขึ้นรูป ทำให้แก้วคงตัว (set) เร็วขึ้นเมื่อเย็นลง และเพิ่มความทนต่อสารเคมี แก้วที่มีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่าแคลเซียม จะทำให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้การเรียงตัวของผลึกออกมาสวยงาม
5. อลูมินา แก้วที่มีอลูมินาสูงจะช่วยให้แก้วมีความต้านทานต่อการสึกกร่อนและสารเคมีได้ดีขึ้น
6. ตะกั่ว แก้วที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ (Lead glass) เนื้อแก้วใสมว เนื่องจากมีค่าดัชนีหักเหสูง มีความอ่อน (soft) ไม่แข็งกระด้าง ง่ายต่อการเจียรระโน เวลาเคาะมีเสียงกังวาน

⁸⁰ GIA Gem Instruments Corporation, GIA Gemset Manual (Santa Monica : GIA GEM Instruments, 1993),1-33.

⁸¹ www.mtec.or.th/th/research/GSAT/Glassweb/define.html อ้างถึงใน ผุสดี รอดเจริญ, เรื่องเดียวกัน, 38.

7. เหล็ก ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในขณะหลอม แต่จะทำให้เนื้อแก้วกระจกใส มีสีค่อนข้างเขียว

สรุป

นับตั้งแต่โบราณ การผลิตแก้วมักจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่างเสมอ ได้แก่ ซิลิกา (silica) ด่าง (alkali) และหินปูน (lime) แม้ว่าจะไม่เป็นที่แน่ชัดว่าอียิปต์ หรือ ตะวันออกกลางที่ผลิตแก้วได้เป็นแห่งแรก โดยแก้วถูกใช้เป็นวัตถุดิบ ตั้งแต่ในการทำวัสดุต่างๆ หลากหลาย เช่น ภาชนะ เครื่องประดับต่างๆ อาทิกำไล สร้อย ปิ่นปักผม แหวน เป็นต้น และแผ่นแก้วสำหรับตกแต่ง แต่จากหลักฐานที่พบเกี่ยวกับเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วนั้นปรากฏมาตั้งแต่ 1,500 ปีก่อนคริสตกาล ทั้งในอียิปต์และตะวันออกกลาง (อิหร่าน) และช่วงฝีมือได้ผลิตภาชนะแก้ว อย่างเป็นล่ำเป็นสันในสมัยอาณาจักรโรมันราวคริสต์ศตวรรษที่ 1 เนื่องจากการค้นพบวิธีการเป่าแก้ว ซึ่งสามารถทำให้ผลิตได้อย่างรวดเร็ว ง่าย สะดวก และยังคงผลิตต่อเนื่องมาในสมัยหลัง ซึ่งแต่ละแห่งก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละยุคสมัย อาทิ แก้วในยุโรปจะมีความวาวใส และเจียรระโน แก้วเปอร์เซียใช้เทคนิคการเจียรระโนผิวแก้วให้เป็นเหลี่ยม (facet glass) แก้วอิสลามที่ตกแต่งด้วยการเขียนสีและเคลือบ (gild-enamel glass) เป็นต้น

ส่วนในดินแดนแถบเอเชียที่พบเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่มีหลักฐานชัดเจน ได้แก่ อินเดีย อฟกานิสถาน (เบคราม) มาเลเซีย ไทย ญี่ปุ่น และจีน ซึ่งเครื่องแก้วที่พบตามแหล่งต่างๆ เป็นช่วงเวลา que แสดงให้เห็นถึงการติดต่อสัมพันธ์ระหว่างตะวันตกและตะวันออกเมื่อประมาณ คริสต์ศตวรรษที่ 1 เป็นต้นมา โดยจะพบว่า มีทั้งเส้นทางสายไหมทางบกซึ่งผ่านทะเลทราย และเส้นทางสายไหมทางทะเล จึงทำให้มีการติดต่อทางการค้าแลกเปลี่ยนสินค้าต่างๆ ซึ่งเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วก็เป็นสินค้าประเภทหนึ่ง que แสดงให้เห็นการติดต่อแลกเปลี่ยนสินค้านี้ระหว่างกัน

การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับภาชนะแก้วที่พบในทั้งในดินแดนตะวันตก และตะวันออก กล่าวได้ว่า ไม่ใช่เรื่องใหม่ ดังจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของภาชนะแก้วที่พบในอินเดีย และจีน หรือในดินแดนยุโรปและตะวันออกกลางก็มีการศึกษาทางด้านนี้อย่างกว้างขวาง แต่การศึกษาเกี่ยวกับเครื่องแก้วในประเทศไทยอย่างเจาะลึกยังมีไม่มากนัก อาจเพราะพบโบราณวัตถุประเภทนี้ไม่มากนัก ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่พบในประเทศไทย นอกจากจะทำให้ได้ทราบถึงองค์ประกอบของธาตุแล้ว ยังสามารถนำผลวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของเครื่องแก้วที่พบในยุโรป ตะวันออกกลาง จีน มาเลเซีย เป็นต้น

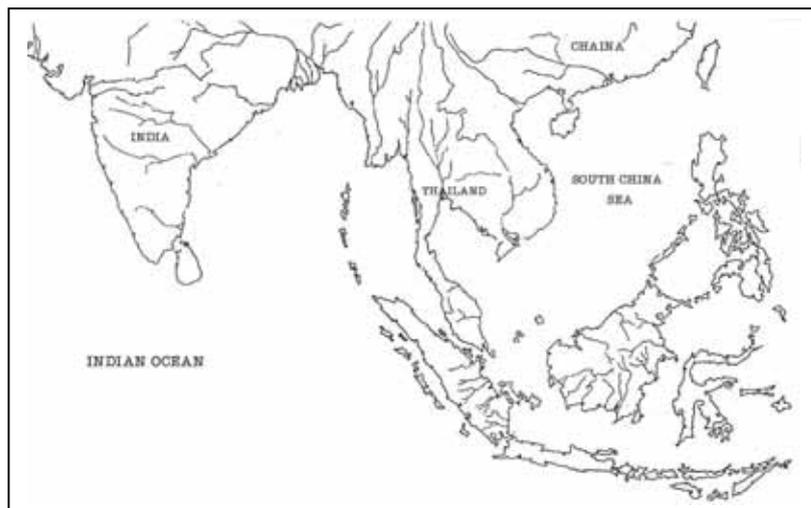
ซึ่งอาจจะทำให้ทราบถึงแหล่งผลิตของแก้วในแต่ละแหล่งก็เป็นได้ หรือทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วด้วย รวมทั้งทราบถึงการติดต่อสัมพันธ์กันระหว่างชุมชนต่างๆ อันอาจจะเชื่อมโยงถึงเส้นทางการค้าโลก โดยมีเมืองท่าโบราณที่ตั้งอยู่บนคาบสมุทรเป็นจุดเชื่อมโยงของทั้งสองซีกโลก

นอกจากนี้ ในงานวิจัยครั้งนี้ยังจะวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบทางเคมีของเศษแก้ว และลูกบิดแก้วบางส่วนด้วย โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบ ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วมีองค์ประกอบใกล้เคียงกันหรือไม่ เพื่อหาผลสรุปว่าชิ้นส่วนเครื่องแก้ว/ภาชนะแก้วที่พบในประเทศไทย เป็นวัตถุดิบในการทำลูกบิดแก้วด้วยหรือไม่

บทที่ 3

เครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย

ภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นคาบสมุทร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคาบสมุทรไทย-มาเลย์ (Thai-Malay Peninsula) มีลักษณะภูมิประเทศเป็นผืนแผ่นดินทอดยาวจากเหนือลงมาใต้ ตั้งต้นจากบริเวณคอคอตกกระที่ประมาณละติจูด 10°C และยาวต่อเนื่องลงไปทางใต้จนถึงประเทศมาเลเซีย หรือมีอาณาเขตครอบคลุมตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปจนถึงประเทศ โดยตั้งระหว่างมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิก ดังจะเห็นว่าจากคอคอตกกระลงไปทางใต้ซึ่งเป็นบริเวณที่ประเทศไทยมีชายฝั่งทะเลขนานอยู่ทั้งสองด้าน คือ ชายฝั่งทะเลทางตะวันตกติดกับทะเลอันดามันและตะวันออกติดต่อกับอ่าวไทย จากตำแหน่งที่ตั้งของภาคภาคใต้ที่มีลักษณะเป็นจุดกึ่งกลางของเส้นทางเดินเรือระหว่างซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออก ทำให้ดินแดนแถบนี้มีโอกาสติดต่อและรับอิทธิพลจากต่างชาติได้โดยตรงทั้งสองทาง จากนั้นจึงพัฒนาจนกลายเป็นเมืองท่าชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นจุดแวะพักและขนถ่ายสินค้าที่สำคัญในสมัยโบราณ โดยเฉพาะเมื่อมีการติดต่อทางการค้าระหว่างดินแดนต่างๆ เมื่อราวคริสต์ศตวรรษที่ 1



แผนที่ที่ 1 แสดงที่ตั้งภาคใต้ของประเทศไทยระหว่างมหาสมุทรอินเดียและทะเลจีนใต้

ในการเดินทางติดต่อระหว่างซีกโลกตะวันตกและตะวันออกซึ่งมีคาบสมุทรไทยเป็นจุดกึ่งกลางระหว่างซีกโลกทั้งสอง มีเส้นทางหลัก 2 ทาง¹ คือ 1) เส้นทางเดินเรือผ่านช่องแคบมะละกา 2) เส้นทางข้ามคาบสมุทร ซึ่งมีอยู่หลายทาง เช่น เส้นทางกระบี่-ชุมพร, เส้นทางทุ่งตึก-คลองเหล-คลองสก-คลองพุมดวง-แม่น้ำตาปี-อ่าวบ้านดอน, เส้นทางคลองท่อม-คลองสินปุน-แม่น้ำตาปี-อ่าวบ้านดอน เป็นต้น² หลักฐานอันเป็นสิ่งของหรือสินค้าจากต่างแดนมักพบตามแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเล อาทิ เครื่องถ้วยจีน ลูกปัดแก้ว จีโรมัน เหรียญโรมัน ตราประทับทำจากหินมีค่าต่างๆ และเครื่องแก้ว เป็นต้น ซึ่งเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วก็เป็นหลักฐานประเภทหนึ่ง que แสดงให้เห็นว่าเป็นสินค้านำเข้ามาจากต่างแดนเพื่อนำไปค้าขายยังจีน และญี่ปุ่น จากการขุดค้นที่ผ่านมามีพบว่าเป็นบางแหล่งโบราณคดีเหล่านี้เป็นแหล่งผลิตเครื่องประดับที่สำคัญอีกด้วย เช่น ลูกปัดแก้ว ชิ้นส่วนก้อนแก้ว เศษแก้ว จำนวนมาก แหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลที่เป็นแหล่งผลิตลูกปัด ได้แก่ แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว อ.เมือง จ.ชุมพร แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง เป็นต้น ในบางแหล่งการพบชิ้นส่วนเครื่องแก้วมักพบพร้อมๆ กับวัตถุโบราณประเภทแก้วจำนวนมาก ดังนั้น จึงทำให้การศึกษาด้านแก้วที่พบในภาคใต้มักเน้นไปที่ลูกปัดแก้ว อาจจะเนื่องจากการพบโบราณวัตถุแก้วประเภทอื่นพบน้อยมาก จึงยังไม่เป็นที่น่าสนใจศึกษาเท่าใดนัก

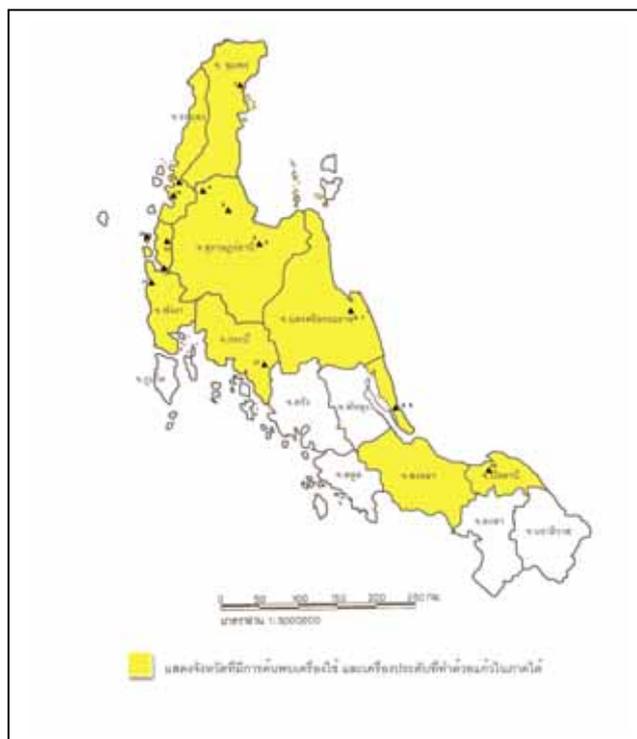
นอกจากจะพบเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลโบราณในภาคใต้แล้วยังพบในภาคกลางและภาคตะวันออก ได้แก่ แหล่งโบราณคดีอุททอง อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี แหล่งโบราณคดีดงแม่นางเมือง อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์³ และแหล่งโบราณคดีเมืองพระรถ อ.พนัสนิคม

¹ ทิวา ศุภจรรยา, “ความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์ และที่ตั้งชุมชนโบราณในจังหวัดภาคใต้,” ใน รายงานการสัมมนา ประวัติศาสตร์-โบราณคดี ศรีวิชัย (กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2525), 128-133.

² ฝากจิต ราชฤทธิ์, “หลักฐานการใช้แก้วยุคต้นประวัติศาสตร์ที่พบในประเทศไทย,” (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528), 56.

³ ข้อมูลจากการขุดค้นประกอบวิทยานิพนธ์ เรื่องพัฒนาการทางวัฒนธรรมเมืองโบราณดงแม่นางเมือง อำเภอบรรพตพิสัยจังหวัดนครสวรรค์ ของนางสาวพิมพ์ชนก พงษ์เกษตรกรรม

จ.ชลบุรี⁴ จะเห็นได้ว่าเครื่องแก้วในประเทศไทยพบไม่มากนัก แต่จากประวัติการศึกษาทางโบราณคดี และขุดค้นทางโบราณคดีในแหล่งโบราณคดีเมืองต่างๆ ในภาคใต้ตั้งแต่ทศวรรษที่ 2540 เป็นต้นมา ทำให้พบร่องรอยหลักฐานของเครื่องแก้วเพิ่มขึ้นมาในอีกหลายแหล่ง ซึ่งนับได้ว่าเป็นการค้นพบที่สำคัญ



แผนที่ที่ 2 แผนที่ภาคใต้ของประเทศไทยแสดงแหล่งที่มีการค้นพบแก้ว

แหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ที่พบร่องรอยหลักฐานประเภทแก้ว มีจำนวน ทั้งหมด 16 แหล่ง ได้แก่ (ดูแผนที่ที่ 2-3)

1. แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว ต.นาชะอัง อ.เมือง จ.ชุมพร
2. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย ต.ศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

⁴ อ่ำไพ สุกษณานนท์, “การศึกษาเมืองพระรถ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี จากหลักฐานโบราณวัตถุสถานและชั้นดินทางโบราณคดี,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์ ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2530).

3. แหล่งโบราณคดีควนพุนพิน หรือควนท่าข้าม บ้านดอนควน ต.ท่าข้าม อ.พุนพิน

จ. สุราษฎร์ธานี

4. แหล่งโบราณคดีวัดอัมพวาส ต.บ้านท่าเมือง อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

5. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ ต.พุมเรียง อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี

6. แหล่งโบราณคดีท่าเรือ ต.ท่าเรือ อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช

7. แหล่งโบราณคดีบ้านเกตกาย ต.ท่าเรือ อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช

8. แหล่งโบราณคดีสทิงพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา

9. แหล่งโบราณคดีวัดพังซีเหล็ก บ้านพังซีเหล็ก ต.บ่อแดง อ.สทิงพระ จ.สงขลา

10. แหล่งโบราณคดีประแว บ้านประแว อ.ยะรัง จ.ปัตตานี

11. แหล่งโบราณคดีภูเขาทองและแหล่งโบราณคดีใกล้เคียง ได้แก่ บ้านไร่ใน 1-2, เขา

กล้วย, บ้านบางกล้วยนอก และบางคลัก เป็นต้น

12. แหล่งโบราณคดีกะเปอร์ อ.กะเปอร์ จ.ระนอง

13. แหล่งโบราณคดีบ้านเตรียม (บ้านบางหว่า) อ.คุระบุรี จ.พังงา

14. แหล่งโบราณคดีนางย่อน ต.บ้านกลาง อ.คุระบุรี จ.พังงา

15. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก บ้านทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

16. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม ต.คลองท่อมใต้ อ.คลองท่อม จ.กระบี่

ส่วนแหล่งโบราณคดีที่พบเครื่องแก้วในภาคใต้ ทั้งบริเวณฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของประเทศ
ไทย ได้แก่ (ดูแผนที่ 4-5)

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง

2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา

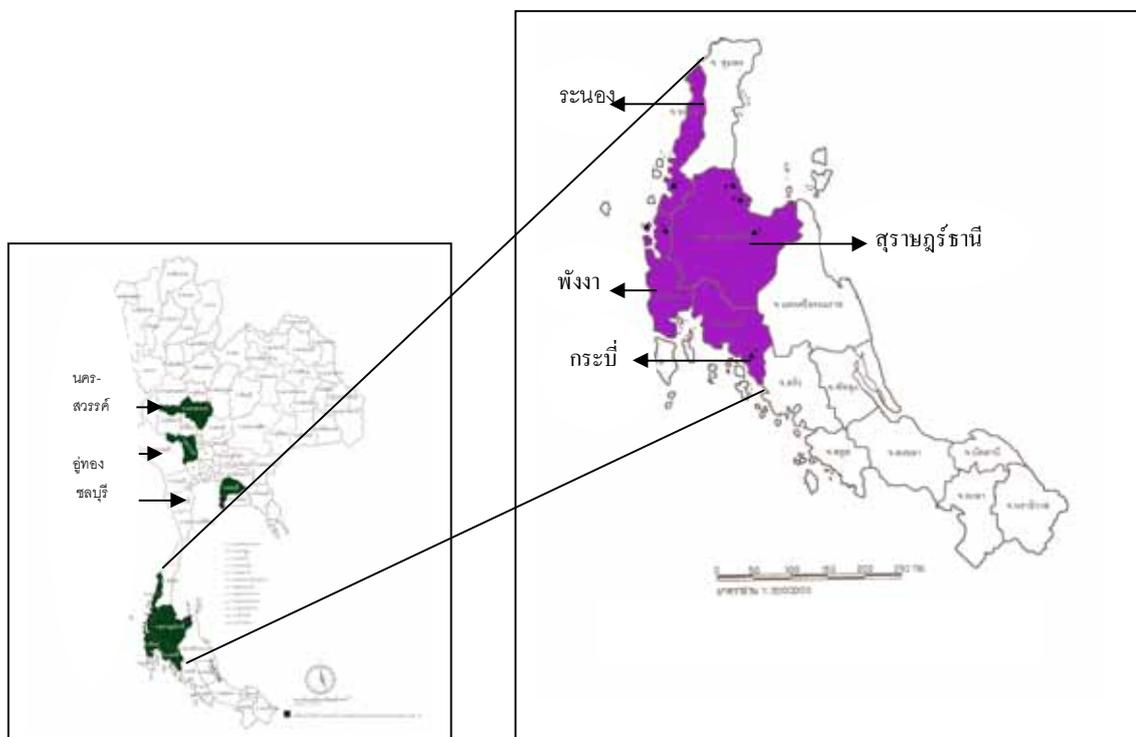
3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่

5. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

6. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

7. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี



แผนที่ที่ 3 แสดงที่ตั้งแหล่งโบราณคดีที่พบแก้ว แผนที่ที่ 4 แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีที่พบเครื่องแก้วในภาคใต้ในประเทศไทย

นอกจากนี้ในแหล่งโบราณคดีที่พบหลักฐานโบราณวัตถุประเภทแก้ว ยังพบว่ามีการผลิตลูกปัดแก้วขึ้นเองภายในแหล่ง ได้แก่ แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว อ.เมือง จ.ชุมพร และแหล่งโบราณคดีสีทิงพระ อ.สีทิงพระ จ.สงขลา แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง เป็นต้น ซึ่งแหล่งโบราณคดีดังกล่าวนี้จากการสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดีได้ค้นพบโบราณวัตถุประเภทแก้วจำนวนมาก ทั้งลูกปัดแก้ว เศษแก้วและก้อนแก้ว ก้อนแก้วกำลังหลอมและชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้ว ดังนั้น ก่อนที่จะศึกษาเกี่ยวกับภาชนะแก้ว จึงมีวิธีการจัดระเบียบเพื่อนำข้อมูลแก้วที่ได้จากการขุดค้นมาทำการศึกษา อันดับแรกจึงต้องจัดจำแนกโบราณวัตถุประเภทแก้วออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ด้วยกัน คือ

1. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว
2. เศษแก้ว และก้อนแก้ว
3. ลูกปัดแก้ว และเครื่องประดับอื่นๆ เช่น แหวน กำไลแก้ว เป็นต้น
4. ชิ้นส่วนแก้วอื่นๆ เช่น ชีตะกัณแก้ว (glass slag)

เมื่อแบ่งแยกโบราณวัตถุที่ทำจากแก้วออกเป็นประเภทต่างๆ แล้ว จึงได้ลงลึก รายละเอียดของชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้ว ในกระบวนการศึกษา ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

การศึกษาขั้นต้น

1. เริ่มจากการทำความสะอาด และแยกชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วออกเป็น ส่วนต่างๆ เช่น ปาก คอ ไหล่ ลำตัว ก้น/ฐาน ซึ่งใช้หลักการในการแยกชิ้นส่วนเช่นเดียวกับการแยกเศษ ภาชนะดินเผา
2. จากนั้นนำมาแยกสี ขั้นแรกจะเป็นการแยกสีด้วยตาเปล่าเพื่อแบ่งเฉดสีออกเป็น ประเภทใหญ่ๆ ตามหลักสากล เช่น สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเหลือง สีเขียว สีม่วง เป็นต้น
3. นำมาชั่งน้ำหนัก นับจำนวนชิ้นตามประเภทและสีที่แยกไว้

การศึกษาขั้นกลาง

ในการศึกษาภาชนะขั้นตอนนี้ จะทำการศึกษาลักษณะกายภาพด้วยตาเปล่า (physical or visible characteristic) ได้แก่ สี ขนาด การตกแต่ง เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปการศึกษา เกี่ยวกับภาชนะจะเป็นการศึกษาในเรื่องรูปแบบ (typology) ซึ่งเป็นการศึกษา ชนิด ประเภทหรือส่วน สำคัญที่แสดงลักษณะทั่วไปในการศึกษาทางโบราณคดี⁵ เช่น รูปทรง รูปแบบ เป็นต้น แต่เนื่องจาก ชิ้นส่วนของภาชนะแก้วที่พบจากการขุดค้นมีสภาพแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ไม่สามารถที่สร้างรูป สมบูรณ์ (Reconstruction) และกลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบ เช่น ปาก คอ ไหล่ ลำตัว และก้น ก็ไม่สามารถแสดงรูปทรงภาชนะได้ชัดเจน อีกทั้งยังยากต่อการศึกษาถึงรูปแบบภาชนะแก้วในแหล่ง โบราณคดีได้เลย จึงศึกษาได้ในส่วนอื่น ได้แก่

1. การศึกษาด้านเทคนิคการขึ้นรูป (Forming Technique) โดยส่วนมากแล้วการขึ้น รูปของภาชนะแก้วมักจะใช้เทคนิคการเป่า (Blowing)
2. การศึกษาการตกแต่งผิวภาชนะ (Surface Decoration) โดยมากแล้วจะเป็นการ ตกแต่งผิวภายนอกที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า
3. เมื่อแยกสีของภาชนะแก้วออกเป็นเฉดสีแล้ว จึงแบ่งสีย่อยออกมาตามลักษณะ ของสี โดยใช้เครื่องมือ Munsell Colour System เพื่อให้สามารถแบ่งแยกสีให้ได้มาตรฐาน

⁵ Mcleod, William T. International Dictionary (Singapore : Singapore National Printers (Pte) Ltd., 1983), 1268.

การศึกษาขั้นสูง

ในการศึกษาขั้นสูงจะลงลึกในรายละเอียดขององค์ประกอบของธาตุที่พบในชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ซึ่งจะทำให้ทราบองค์ประกอบของธาตุ และทราบว่าภาชนะแก้วที่พบเป็นแก้วประเภทใด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM-EDX) ซึ่งในการศึกษาขั้นตอนนี้จะทำการสุ่มหรือเลือกเฉพาะโบราณวัตถุที่มีลักษณะเฉพาะ หรือมีความคล้ายคลึงของสีในแต่ละแหล่งเพื่อมาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งอาจจะเป็นตัวแทนของแต่ละเขตนั้นๆ

กระบวนการศึกษาชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

จากการศึกษาภาชนะแก้วพบว่าไม่มีการศึกษาในด้านนี้มากนัก แต่เนื่องจากภาชนะแก้วมีลักษณะเป็นภาชนะสำหรับบรรจุสิ่งของ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้หลักเกณฑ์การศึกษารูปแบบของภาชนะดินเผา มาประยุกต์ในการแยกภาชนะแก้วออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามรูปร่างของภาชนะ ได้แก่

1. ปาก (Rim) เป็นส่วนแรกสุดของภาชนะ ลักษณะของปาก แยกได้เป็น
 - 1.1 ปากโค้งออก
 - 1.2 ปากโค้งเข้า
 - 1.3 ปากตรง
2. คอ (Neck) เป็นส่วนที่อยู่ระหว่างปากกับลำตัว (ไหล่) และเห็นได้ชัดว่ามีลักษณะคอด
3. ไหล่ (Shoulder) เป็นส่วนที่ลาดจากส่วนคอต่อกับลำตัว
4. ลำตัว (Body) พบเป็นจำนวนมากที่สุด
5. ก้น (Bottom) เป็นส่วนล่างสุดของภาชนะ และมักจะมีคานมากกว่าส่วนอื่นๆ

แยกเป็น

- 5.1 ก้นเรียบ
- 5.2 ก้นกลม
- 5.3 ก้นมีเชิง

การขึ้นรูปภาชนะแก้ว

ขึ้นรูปด้วยการเป่า (Blow technique) มี 2 ประเภท คือ

1. การเป่าโดยอิสระ สังเกตได้จากร่องรอยปุ่มบริเวณกึ่งกลางของก้น และมักจะมีคานมากกว่าส่วนอื่นๆ ของภาชนะ
2. การเป่าในแม่พิมพ์ (Mould technique)

การตกแต่งและลวดลาย

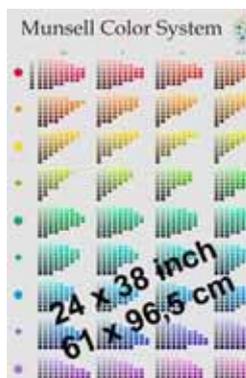
จะทำการวิเคราะห์ลวดลายที่ปรากฏบนผิวด้านนอกของภาชนะ สามารถแยกได้ดังนี้

1. การแต้มจุด
2. การเขียนสีและเคลือบ
3. แก้วโมเสก (Mosaic glass)

การแบ่งกลุ่มสีของชิ้นส่วนภาชนะใช้หลักเกณฑ์ ดังนี้

ในการบันทึกคุณลักษณะของสีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วได้ใช้เครื่องวัด 2 ประเภทด้วยกัน คือ Munsell colour system และเครื่องวัด GIA Gemset Manual ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. เครื่องวัดสี Munsell colour system⁶ ประดิษฐ์ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2441 (ค.ศ. 1898) โดย Albert H. Munsell และพิมพ์เผยแพร่เมื่อปี 1905 เพื่อใช้เป็นหลักวิธีการอธิบายค่าสี ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการปรับปรุงหลายครั้งและยังคงใช้ต่อเนื่องมาจนกระทั่งปัจจุบัน เฉดสีของอุปกรณ์วัดค่าสีนี้ สามารถแบ่งได้ 10 เฉดสี ได้แก่ สีเหลือง, เหลือง-แดง, สีแดง, แดง-ม่วง, สีม่วง, ม่วง-น้ำเงิน, สีน้ำเงิน, น้ำเงิน-เขียว, สีเขียว, เขียว-เหลือง ลักษณะของเครื่องวัดสีนี้เป็นโปสเตอร์หรือหนังสือ ซึ่งแสดงค่า Hue, value and chroma (ดูภาพที่ 85)



ภาพที่ 37 แผ่นโปสเตอร์ Munsell Color System

ที่มา : [Munsell Color System](http://www.babelcolor.com/main_level/Munsell.htm), [Online], accessed 1 December 2009. Available from http://www.babelcolor.com/main_level/Munsell.htm

⁶Munsell. A.H., A Color Notation (Maryland : A Division of Kollmorgen Corporation, 1946), 13-53.

2. เครื่องวัด GIA Gemset Manual⁷ ประดิษฐ์ขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2531 โดย Ken Roberts ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านอัญมณี โดยสถาบัน The firm International Color Standard. L.P. มีจุดประสงค์เพื่ออธิบายสีของหินอัญมณี (Gemston color) ให้มีความถูกต้องมากกว่าการมองด้วยตาเปล่า เนื่องจากสีจากหินให้ค่าสีผิดเพี้ยน ดังนั้น จึงประยุกต์นำพลาสติกเป็นวัตถุติดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีความโปร่งแสง ทำให้เครื่องมือ Gemset มีลักษณะคล้ายแก้ว ความเพี้ยนของสีจึงมีน้อยมากเมื่อเทียบกับเครื่องวัดสีด้วย Munsell color system อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยตัวอย่างของสีทั้งหมด 324 ตัวอย่าง แบ่งเป็นเฉดสีได้ 7 โทน⁸ (Tone) โดยเรียงลำดับจากส่วนที่ไรสี (ใส) ไปจนถึงใกล้เคียงกับสีดำ ผลิตภัณฑ์ของ GIS GEMSET มีหลายรูปแบบ เช่น แบบหนังสือ (Color Book) เครื่องวัด GEMSET ขนาดพกพา (Portable Set) แบบวงล้อ (Hue Weel) แบบต้นกำเนิดหิน (Birthstone Set) เป็นต้น (ดูภาพที่ 86)



ภาพที่ 38 อุปกรณ์วัดค่าสี GIA GemSet

(ภาพจากภาควิชาธรณีฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

การประดิษฐ์เครื่องมือทั้งสองมีหลักการในประดิษฐ์เครื่องวัดค่าสีแบบเดียวกัน ซึ่งเป็นเทคนิคที่สูงและมีความซับซ้อนมาก กล่าวคือ จะมีลักษณะของการบันทึกสีในรูปแบบของ 3 มิติ (3 dimension) ประกอบด้วย (ดูภาพที่ 87)

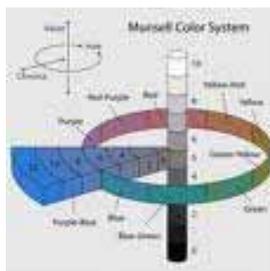
1. ค่า Hue คือ ค่าที่ใช้เรียกชื่อสี หรือกลุ่มสี เช่น กลุ่มสีแดง เหลือง เขียว น้ำเงิน และม่วง ซึ่งจะมีลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

⁷ GEM INSTRUMENTS Corporation, GIA GEM Manual (Santa Monica : GIA GEM Omstri, emts. 1993), 2-16.

⁸ เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านเวลาและสถานที่ จึงใช้อุปกรณ์วัดค่าสี GIA Gemset Manual เฉพาะโบราณวัตถุประเภทแก้วที่วิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น

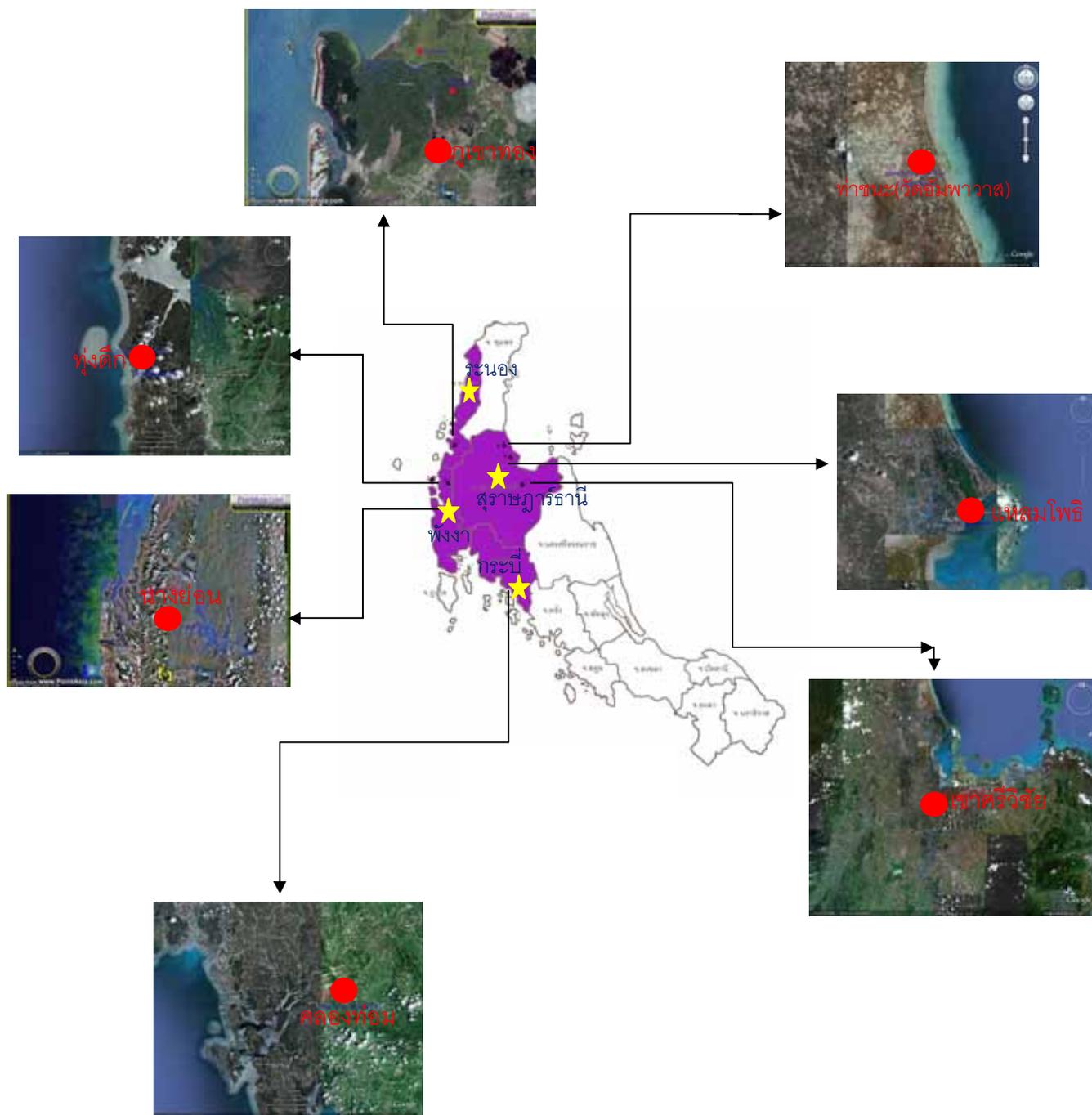
2. ค่า Value หรือ Tone คือ ค่าของสีที่ความอ่อนหรือสว่าง (light) หรือเข้ม สีขาวหรือสีสว่างจะอยู่บนสุด ส่วนสีเข้มหรือดำจะอยู่ล่างสุด (Dark)

3. ค่า Chroma หรือ Saturation คือ ค่า strength และ ค่าความบริสุทธิ์ (Purity) ของสี



ภาพที่ 39 องค์ประกอบ dimension ของ hue, value, chroma

ที่มา : [Munsell Color System](http://www.answers.com/topic/munsell-color-system) [Online], accessed 1 December 2009. Available from www.answers.com/topic/munsell-color-system.



แผนที่ 5 แหล่งโบราณคดีในภาคใต้ที่พบเครื่องแก้ว

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง และแหล่งโบราณคดีใกล้เคียง

ตั้งอยู่หมู่ 4 ต.กำพวน อ.สุขสำราญ จ.ระนอง พิกัดเส้นรุ้งที่ 9° 20' 00" เหนือ และเส้นแวงที่ 98° 20' 00" ตะวันออก ลักษณะของแหล่งโบราณคดีเป็นภูเขาลูกเล็กๆ ตั้งอยู่ริมถนนเพชรเกษมระหว่างหลักกิโลเมตรที่ 700-701 (ช่วงระหว่าง อ.กะเปอร์ และ อ.สุขสำราญ) อยู่ห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 1.5 กิโลเมตร โดยใช้คลองนาพรุใหญ่ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านเหนือเป็นเส้นทางคมนาคมออกไปยังชายฝั่งทะเลที่แหลมกล้วยได้ ปัจจุบันมีการปรับสภาพพื้นที่สำหรับการทำนาถุ้ง และพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกบุกรุกลักลอบขุดหาลูกปัดเป็นจำนวนมาก

พื้นที่ของแหล่งโบราณคดีภูเขาทองและแหล่งใกล้เคียง ประกอบด้วย บ้านบางกล้วยนอก และเขากล้วย (บางคลัก) เริ่มมีการดำเนินการทางโบราณคดีตั้งแต่ พ.ศ.2525 โดยการสำรวจของโครงการโบราณคดีไทย (ภาคใต้) และต่อมาเมื่อปี พ.ศ.2548-2549 ร.อ.บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ นักโบราณคดี ได้ดำเนินการขุดค้นทั้งหมดจำนวน 4 หลุม หลุมขุดค้นมีขนาด 3 X 3 เมตร และในปี พ.ศ. 2550 ได้มีการสำรวจแหล่งโบราณคดีแห่งนี้อีกครั้ง โดย ร.อ.บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ และคณะ

โบราณวัตถุที่พบจากการขุดค้นทางโบราณคดี ได้แก่ เศษภาชนะดินเผาพื้นเมืองแบบเนื้อดินเนื้อหยาบ และเนื้อละเอียด ภาชนะดินเผานำเข้าจากต่างประเทศ เช่น รูแลตต์แวร์ (Roulette ware) เครื่องถ้วยเปอร์เซีย ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เศษแก้วหลอมจำนวนมาก และเครื่องประดับทอง เป็นต้น อายุสมัยของแหล่งน่าจะอยู่ในช่วงสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ราวพุทธศตวรรษที่ 5 -8 หรือประมาณ 1,200-2,000 ปีมาแล้ว

อาณาเขต

ทิศเหนือ	ติดกับคลองนาพรุใหญ่
ทิศใต้	ติดกับชุมชน
ทิศตะวันออก	ติดกับถนนหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 (เพชรเกษม)
ทิศตะวันตก	ติดกับนาถุ้ง



แผนที่ที่ 6 แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง



แหล่งโบราณคดี
ภูเขาทอง

ภาพที่ 40 สภาพแหล่งโบราณคดีภูเขา

จากการขุดค้นทางโบราณคดีเมื่อปี พ.ศ.2548-2549 จำนวน 4 หลุมขุดค้น พบโบราณวัตถุประเภทแก้ว ดังนี้

หลุมขุดค้นที่ 1 ปี พ.ศ.2548

1. ลูกบิดแก้ว	จำนวน	93	เม็ด
---------------	-------	----	------

2. เศษแก้วและก้อนแก้ว ไม่พบ
3. ชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้ว ไม่พบ

หลุมขุดค้นที่ 2 ปี พ.ศ.2548

1. ลูกปัดแก้ว จำนวน 1,009 เม็ด
2. เศษแก้วและก้อนแก้ว จำนวน 43 ชิ้น
3. ชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้ว จำนวน 3 ชิ้น

หลุมขุดค้นที่ 1 ปี พ.ศ.2549

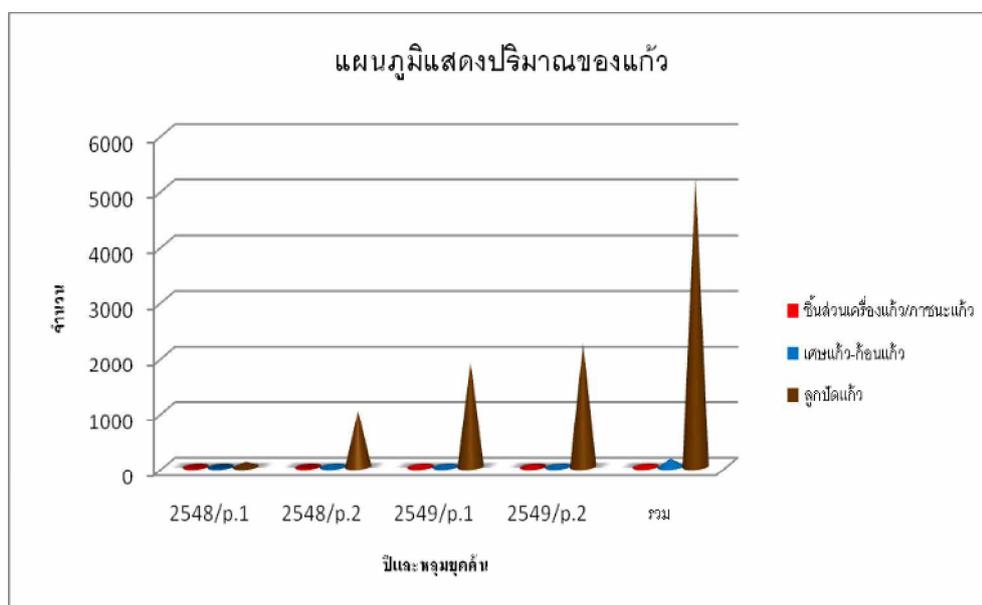
1. ลูกปัดแก้ว จำนวน 1,880 เม็ด
2. เศษแก้วและก้อนแก้ว จำนวน 52 ชิ้น
3. ชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้ว จำนวน 17 ชิ้น

หลุมขุดค้นที่ 2 ปี พ.ศ.2549

1. ลูกปัดแก้ว จำนวน 2,223 เม็ด
2. เศษแก้วและก้อนแก้ว จำนวน 54 ชิ้น
3. ชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้ว จำนวน 8 ชิ้น

ตารางที่ 2 แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง

ปี/หลุมขุดค้น	โบราณวัตถุประเภทแก้ว				
	ชิ้นส่วน เครื่องแก้ว	เศษแก้ว- ก้อนแก้ว	ลูกปัดแก้ว	อื่นๆ	รวม
2548/p.1	-	-	93	-	93
2548/p.2	3	43	1,009	-	1,055
2549/p.1	17	52	1,880	-	1,949
2549/p.2	8	54	2,223	-	2,285
รวม	28	149	5,205	-	5,382



แผนภูมิที่ 1 แสดงปริมาณของโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548-2549

จากตารางและแผนภูมิข้างต้น แสดงให้เห็นว่าจากการขุดค้นทั้ง 4 หลุม พบโบราณวัตถุประเภทแก้วประเภทลูกบิดแก้วมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เศษแก้วก้อนแก้ว และชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ตามลำดับ

การจำแนกสี

โดยแบ่งกลุ่มสีหลักของแก้วที่พบมีจำนวน 7 สี ดังนี้ ได้แก่ สีน้ำเงิน, สีเขียว, สีฟ้า, สีฟ้าอมเขียว สีเหลือง สีแดง และสีใส ในการวัดค่าสีโดย Munsell colour System สามารถแบ่งได้ (รวม 3 หลุม-ข้อมูลในแต่ละหลุมขุดค้นให้ดูภาคผนวก) มีดังนี้

สีน้ำเงิน แบ่งได้ 3 เฉดย่อย ได้แก่

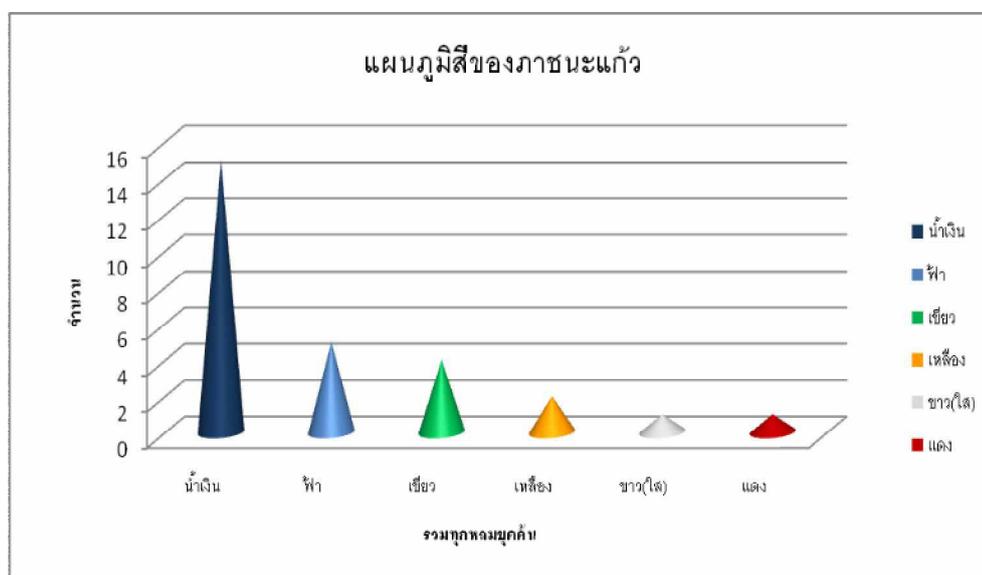
1. 7.5 PB 1/8	จำนวน	10	ชิ้น
2. 7.5 PB 2/2	จำนวน	4	ชิ้น
3. 7.5 PB 1/12	จำนวน	1	ชิ้น

สีฟ้า แบ่งได้ 2 เฉดย่อย ได้แก่

1. 2.5 BG 4/6	จำนวน	1	ชิ้น
2. 2.5 BG 6/6	จำนวน	1	ชิ้น

สีฟ้าอมเขียว

1. 2.5 BG 6/8	จำนวน	3	ชิ้น
สีเขียว แบ่งได้ 2 เจดสีย่อย ได้แก่			
1. 10 GY 3/8	จำนวน	1	ชิ้น
2. 10 GY 8/10	จำนวน	3	ชิ้น
สีเหลือง มีสีเดียว			
1. 2.5 GY 8/10	จำนวน	2	ชิ้น
สีขาว (ใส)			
1. ไม่ปรากฏค่าสี	จำนวน	1	ชิ้น
สีแดง (ในแก้วโมเสก)			
1. 7.5 R 4/14	จำนวน	1	ชิ้น
รวม		28	ชิ้น

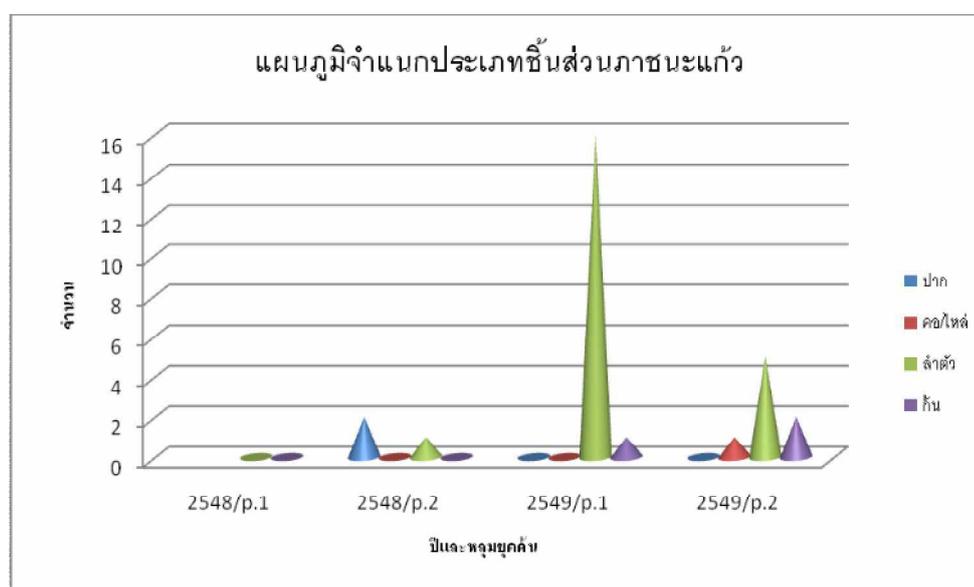


แผนภูมิที่ 2 แสดงสีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (รวมทุกหมวดหมู่)

สีที่พบมากที่สุด ได้แก่ สีน้ำเงิน รองลงมาได้แก่ สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีขาว (ใส) และสีแดง ตามลำดับ โดยสีน้ำเงินมีจำนวน 14 ชิ้น สีฟ้า 4 ชิ้น สีเขียว 3 ชิ้น สีเหลือง 2 สี สีใสและสีแดงมีจำนวนละ 1 ชิ้น

ตารางที่ 3 โบราณวัตถุประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

ปี/หลุมขุดค้น	ประเภทของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว					น้ำหนัก (g.)
	ปาก	คอ/ไหล่	ลำตัว	ก้น	รวม	
2548/p.1	-	-		-	-	-
2548/p.2	2	-	1	-	3	8.98
2549/p.1	-	-	16	1	17	7.62
2549/p.2	-	1	5	2	8	12.4
รวม	2	1	22	3	28	29



แผนภูมิที่ 3 แสดงชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่ค้นพบทั้ง 4 หลุมในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง

ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบจากการขุดค้นทั้งหมดมีจำนวน 28 ชิ้น โดยพบลำตัวมากที่สุด มี 22 ชิ้น รองลงมา ได้แก่ ปาก ก้น และคอ/ไหล่ ตามลำดับ

โบราณวัตถุชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548-49

1. ปาก จำนวนปากที่พบมีเพียง 2 ชิ้น ซึ่งลักษณะของปากภาชนะแก้วมีขนาดเล็กและใหญ่ ขนาดเล็ก สีฟ้า(อมเขียว) มีความกว้าง 0.3 ซม. ยาว 0.55 ซม. หนา 0.2 ซม. หนัก 0.02 กรัม และใหญ่ สีฟ้ามีขนาด กว้าง1.95 ซม. หนา 2.55 ซม. หนา1.32 ซม. หนัก 7.55 กรัม
2. คอ/ไหล่ มีจำนวน 1 ชิ้น สีเหลือง ขนาดกว้าง 0.5 ซม. หนา 0.9 ซม. และสูง 0.17 ซม.
3. ลำตัว มีจำนวน 17 ชิ้น มีสีน้ำเงิน, ฟ้า, เหลือง, เขียว, ขาวใส และแดง มีขนาดความกว้างตั้งแต่ 0.3 – 1.0 ซม. ความยาวตั้งแต่ 0.5-1.75 ซม. และความหนาตั้งแต่ 0.3-1.35 ซม.
4. ก้น มีจำนวน 3 ชิ้น สีน้ำเงิน มีขนาดความกว้างตั้งแต่ 0.32-0.5 ซม. ความยาวตั้งแต่ 0.5-1.25 ซม. และหนาประมาณ 0.18-0.5 ซม.

การตกแต่ง มี 2 ประเภท คือ

1. ภาชนะแก้วโมเสก (mosaic glass) หรือเรียกว่า millefiori แปลว่า ดอกไม้พันดอก พบจำนวน 3 ชิ้น ได้แก่ แก้วโมเสกพื้นสีเขียว มีลายดอกไม้สีเหลืองจำนวน 1 ชิ้น มีขนาด 1.42 X 2.2 X 0.3 ซม. และพื้นสีน้ำเงิน มีลายดอกไม้เป็นจุดเล็กๆ สีแดงบนพื้นสีขาวจำนวน 2 ชิ้น มีขนาด 1.2-1.72 X 2-2.05 X 0.3-0.35 ซม.

การตกแต่งแก้วโมเสกปรากฏมาตั้งแต่ 1500 ปีก่อนคริสตกาล โดยพบในบริเวณตะวันออกกลางเป็นแห่งแรกแถบเมโสโปเตเมีย⁹ จากนั้นราว 400-300 ปีก่อนคริสตกาล ความนิยมของแก้วโมเสกมีมากขึ้นในสมัยของพระเจ้าอเล็กซานเดอร์มหาราชหรือเรียกว่ายุคเฮลเลนนิสต์ (Hellenistic period) ซึ่งการประดิษฐ์ภาชนะแก้วแบบโมเสกเป็นรูปแบบหนึ่งของการขึ้นรูปด้วยการหล่อ (cast glassware) โดยการหลอมชิ้นส่วนแก้วที่เป็นชิ้นเล็กๆ หลากสีส่น จากนั้นจึงขึ้นรูปตามแบบของแม่พิมพ์¹⁰

2. การแต้มสีหรือเขียนสี พบ 1 ชิ้น มีขนาด 1.28 X 1.9 X 0.25 ซม. หนัก 1.03 กรัม มี (ดูภาพที่) ลักษณะการตกแต่งโดยแต้มสีเหลืองที่บริเวณจุดวงกลมเล็กๆ บนพื้นผิวภาชนะแก้วสีเหลือง(ใส)

⁹ Barag D., Catalogue of Western Asiatic Glass in the british Museum Volume 1 (Jerusalem : The Hebrew University,1985), 36-37.

¹⁰ Grossmann R.A., Ancient Glass a Guide to the Yale Collection (Connecticut : Yale University,2002), 8-9.

สันนิษฐานว่าเป็นลวดลายดอกไม้? ซึ่งลักษณะการแต้มสี (paint-tinted glass) บนผิวภาชนะแก้วปรากฏขึ้นเมื่อราวต้นคริสตศตวรรษ¹¹ ซึ่งเมื่อระบายสีบนผิวแก้วแล้วจึงนำไปเข้าเตาอบอีกครั้งเพื่อหลอมละลายแก้วให้เป็นเนื้อเดียวกัน นอกจากนี้พบการตกแต่งแก้วแบบนี้กระจายอยู่ในโรมัน เบคราม (อัฟกานิสถาน) บนเส้นทางสายไหมทางทะเลทราย

เครื่องแก้วที่พบจากการสำรวจ

1. ขวดแก้วมีจารึก

ทำจากแก้ว มีสีเขียวอ่อน โปร่งแสง ทรงกรวย ก้นแหลม คอแคบ ขอบปากหนา สูง 7 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางปาก 1.5 เซนติเมตร รูปทรงคล้ายกับภาชนะบรรจุเหล้าองุ่นของโรมันที่เรียกว่า แอมฟอร่า (amphora) ข้างลำตัวมีจารึกบริเวณกึ่งกลางขวดจรดก้นขวด มหาเทวันกล่าวว่ามีอักษรทั้งหมดหกตัว แบ่งวรรคหลังตัวอักษรตัวแรกและตัวที่สาม อาจจะสามารถอ่านได้ว่า “ยู ยูตา? ตตา” (yu yuta? Tata) ปัจจุบันยังไม่สามารถแปลหรือตีความคำอ่านได้ รูปแบบตัวอักษรเป็นอักษรพราหมี ราวกลางพุทธศตวรรษที่ 9 ถึงกลางพุทธศตวรรษที่ 11¹² ลักษณะให้ก้นแหลมเป็นที่นิยมมากในยุคโรมัน (ดูภาพที่ 41)



ภาพที่ 41 แอมฟอร่า (amphora)

ที่มา : ไมเคิล ไรท, กรีก-โรมันในอุษาคเนย์ (กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มติชน, 2552), 51.

¹¹ Battie David, cottle Simon, Sotheby's Concise Encyclopedia of Glass (London : Conran Octopus Limited, 1991), 36.

¹² ปรีชา นุ่นสุข และวิณณสาส์น นุ่นสุข, “ภูเขาทอง : สภานีการค้ายุคต้นบนฝั่งอันดามัน” เมืองโบราณ, 33, 2 (เมษายน-มิถุนายน 2550) : 70-78.

2. ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (ซาม) คามีโอ

ชิ้นส่วนงาน (ขนาดใหญ่?) มีลักษณะเป็น 2 สี คือ พื้นเป็นสีเข้ม และสีขาวด้านบน ซึ่งแกะสลักเป็นภาพเล่าเรื่องบริเวณแก้วสีขาว หรือเรียกว่าแก้วคามีโอ (cameo) ในภาพเป็นบุคคล 2 คน กำลังแห่เป็นวง? ที่คนซ้ายมือ้วยระเทศขนาดใหญ่และมีหางมัดติดบนท้าย จึงน่าจะเป็น Saryr (กึ่งมนุษย์ทะเล) ภาพทั้งหมดอาจจะเป็นพิธีกรรมหรือละคร “อนูเทพสำราญ” (Orgy of the Demigods) พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทองและบางกล้วย ฯลฯ¹³ (ดูภาพที่ 42)



ภาพที่ 42 ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (ซาม) คามีโอ (cameo)

ที่มา : ไมเคิล ไรท, กรีก-โรมันในอุษาคเนย์ (กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มติชน, 2552), 52.



ภาพที่ 43 ชิ้นส่วนแก้วโมเสก (mosaic glass)



ภาพที่ 44 ชิ้นส่วนลำตัวแก้วมีการแต้มจุดสีเหลืองที่บ

¹³ ไมเคิล ไรท, กรีก-โรมันในอุษาคเนย์ (นนทบุรี : โรงพิมพ์มติชนปากเกร็ด, 2552), 52.



ภาพที่ 45 ชิ้นส่วนแก้วจากระดับสมมติ 60-70 cm.dt. ภาพที่ 46 ลูกปัดแก้วจากระดับสมมติ 70-80 cm.dt.

2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา

ตั้งอยู่หมู่ที่ 2 บ้านกลาง ต. คุระ อ. คุระบุรี จ. พังงา พิกัดภูมิศาสตร์เส้นรุ้งที่ 9° 24' 00" เหนือ และเส้นแวงที่ 98° 24' 50" ตะวันออก สภาพของแหล่งมีลักษณะเป็นเนินและเป็นที่ยลบนลูกฟูก มีคลองนางย่อนไหลผ่านบริเวณด้านทิศเหนือ เนินจะลาดลงไปยังคลองนางย่อน พื้นที่ส่วนใหญ่ถูกปรับเป็นสวนปลูกยางพาราและไม้ผล ปัจจุบันพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกรบกวนจากนักลักลอบขุดหาลูกปัดจำนวนมาก

การดำเนินงานทางโบราณคดีเริ่มเมื่อปี พ.ศ. 2525-2528 นายธราพงศ์ ศรีสุชาติ และคณะ ได้ดำเนินการสำรวจทางโบราณคดี¹⁴ ต่อมาในพ.ศ. 2550 ร.อ. บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ และคณะ ได้สำรวจพื้นที่อีกครั้ง และในเดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2551 ได้ดำเนินการขุดค้นจำนวน 2 หลุม ขนาด 3X3 เมตร

โบราณวัตถุที่พบ ได้แก่ เศษภาชนะดินเผาพื้นเมืองแบบเนื้อดิน เนื้อแกร่ง และเนื้อละเอียด เศษภาชนะดินเผานำเข้าจากต่างประเทศ เช่น เครื่องถ้วยเปอร์เซีย เครื่องถ้วยจีน ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เศษแก้ว – ก้อนแก้วหลอม จี้หินแกะสลักรูปช้าง (Cameo) หอกเหล็ก ตะปูเหล็ก และเครื่องประดับทอง เป็นต้น อายุสมัยของแหล่งสันนิษฐานว่าน่าจะอยู่ในช่วงแรกเริ่มประวัติศาสตร์เป็นต้นมา

¹⁴ กรมศิลปากร, แหล่งโบราณคดีประเทศไทย เล่ม 6 (กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2534), 246-247.

อาณาเขต

ทิศเหนือ	ติดกับคลองนางย่อน
ทิศใต้	ติดกับสวนระกำ
ทิศตะวันออก	ติดกับสวนระกำ
ทิศตะวันตก	ติดกับสวนยางพารา



แผนที่ที่ 7 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา



ภาพที่ 47 สภาพแหล่งโบราณคดีนางย่อน

จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2551 จำนวน 2 หลุม พบโบราณวัตถุประเภทแก้ว ดังนี้

หลุมขุดค้นที่ 1

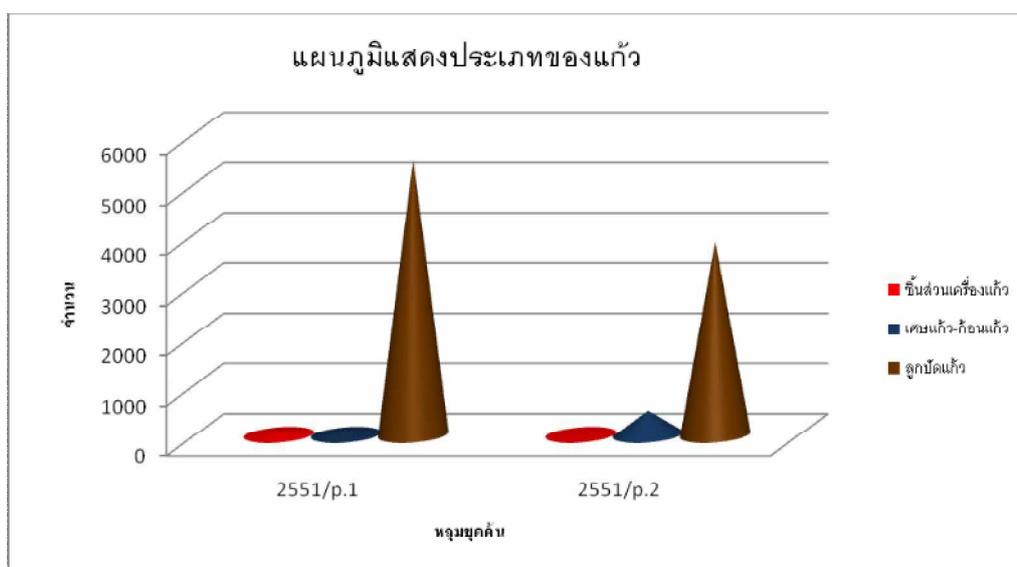
1. ลูกปัดแก้ว	จำนวน	5,484	เม็ด
2. เศษแก้วและก้อนแก้ว	จำนวน	97	ชิ้น
3. เครื่องแก้ว	จำนวน	84	ชิ้น

หลุมขุดค้นที่ 2

1. ลูกปัดแก้ว	จำนวน	3,845	เม็ด
2. เศษแก้วและก้อนแก้ว	จำนวน	491	ชิ้น
3. เครื่องแก้ว	จำนวน	34	ชิ้น

ตารางที่ 4 แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วของแหล่งโบราณคดีนางย่อน

ปี/หลุมขุดค้น	โบราณวัตถุประเภทแก้ว				
	ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว	เศษแก้ว-ก้อนแก้ว	ลูกปัดแก้ว	อื่นๆ	รวม
2551/p.1	84	97	5,484	-	5,665
2551/p.2	34	491	3,845	-	4,370
รวม	118	588	9,329	-	10,035



แผนภูมิที่ 4 แสดงประเภทของโบราณวัตถุประเภทแก้ว

จากแผนภูมิข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโบราณวัตถุประเภทแก้วที่ได้จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551 ทั้งสองหลุมนั้น พบว่ามีปริมาณของลูกปัดแก้วพบมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ เศษแก้ว ส่วนชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วนั้นพบเป็นจำนวนมากเพื่อเปรียบเทียบกับโบราณวัตถุประเภทแก้วทั้งหมด พบเพียง 118 ชิ้น

การจำแนกสี

สีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วสามารถแบ่งตามหลัก Munsell colour system สามารถแบ่งได้ 7 สี มีดังนี้ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีฟ้าอมเขียว สีเขียว สีเหลือง สีม่วง สีขาว (ใส) ซึ่งแต่ละสีมีเฉดสีย่อย (รวมทั้ง 2 หลุมชุดค้น – ข้อมูลในแต่ละหลุมดูในภาคผนวก)¹⁵ ดังต่อไปนี้

สีน้ำเงิน แบ่งเป็น 2 เฉดสี ได้แก่

1. 7.5 PB 1/2	19	ชิ้น
2. 7.5 PB 1/6	16	ชิ้น

สีฟ้า / ฟ้าอมเขียว แบ่งได้ 4 เฉดสี ได้แก่

1. 2.5 BG 3/6	2	ชิ้น
2. 2.5 BG 4/6	16	ชิ้น
3. 2.5 BG 4/4	11	ชิ้น
4. 2.5 BG 6/8	12	ชิ้น

สีเขียว แบ่งได้ 3 เฉดสี ได้แก่

1. 10 GY 3/8	11	ชิ้น
2. 10 GY 8/8	29	ชิ้น
3. 10 GY 9/6	4	ชิ้น

สีเหลือง มี 1 เฉดสี ได้แก่

1. 5 GY 6/6	4	ชิ้น
-------------	---	------

สีม่วง มี 1 เฉดสี ได้แก่

1. 5 RP 2/4	10	ชิ้น
-------------	----	------

สีน้ำตาลแดง มี 1 เฉดสี ได้แก่

1. 5 YR 1/4	6	ชิ้น
-------------	---	------

สีขาว (ใส)

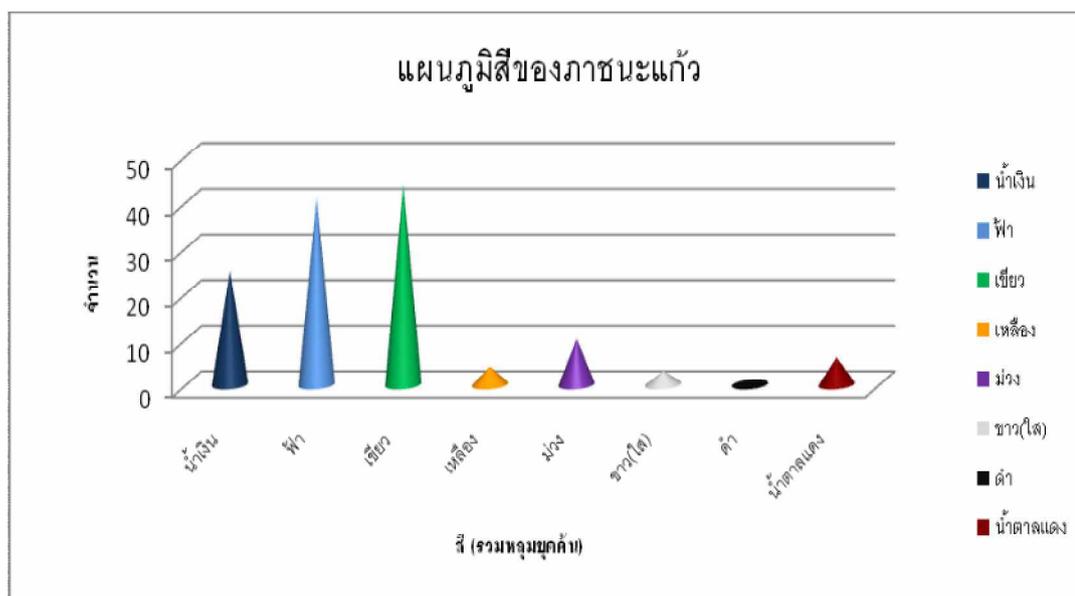
3	ชิ้น
---	------

สีดำ

1	ชิ้น
---	------

¹⁵ เนื่องจากพบชิ้นส่วนเครื่องแก้วไม่มากนักจึงรวมชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่มีเดียวกันสีทั้ง 2

ในการจำแนกสีพบว่าสีที่มากที่สุดได้แก่ สีฟ้าฟ้าอมเขียว รองลงมาได้แก่ สีเขียว และสีน้ำเงิน สีม่วง สีเหลือง สีน้ำตาลแดง สีขาว(ใส) และสีดำ ตามลำดับ ดูในแผนภูมิที่

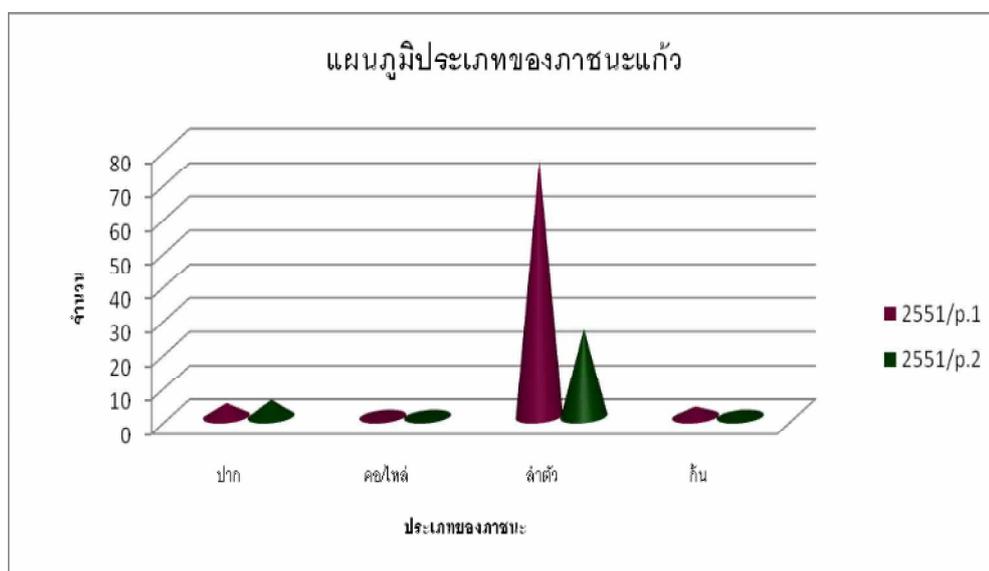


แผนภูมิที่ 5 แสดงสีของภาชนะแก้ว

ขึ้นประเภทของชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้วที่พบมีจำนวนทั้งหมด 118 ชิ้น สามารถจำแนกได้เป็น ปาก คอ/ไหล่ ลำตัว และก้น ที่พบมากที่สุด ได้แก่ ลำตัว รองลงมา ได้แก่ ปาก ก้น และไหล่ ตามลำดับ เนื่องจากว่าส่วนมากชิ้นส่วนที่พบเป็นเศษแตกชิ้นเล็กชิ้นน้อย

ตารางที่ 5 แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้ว

ปี/หลุมขุด ค้น	ประเภทของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว					น้ำหนัก (g.)
	ปาก	คอ/ไหล่	ลำตัว	ก้น	รวม	
2551/p.1	4	1	76	3	84	59
2551/p.2	5	1	26	2	34	12.4
รวม	9	2	102	5	118	71.4



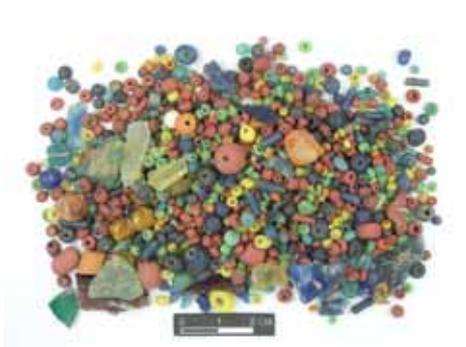
แผนภูมิที่ 6 แสดงชิ้นส่วนภาชนะแก้วทั้ง 2 หลุมขุดค้นในแหล่งโบราณคดีนางย่อน

จากตารางและแผนภูมิแสดงให้เห็นว่าจากการขุดค้นทั้งสองหลุม พบชิ้นส่วนประเภทลำตัวของภาชนะแก้วมากที่สุดจำนวน 84 ชิ้น รองลงมาได้แก่ ปาก จำนวน 9 ชิ้น ก้น จำนวน 5 ชิ้น และคอ/ไหล่ จำนวน 1 ชิ้นตามลำดับ

ภาพโบราณวัตถุชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. ปาก พบปากจำนวน 9 ชิ้น มีฟ้ามเขียว และสีดำ มีขนาดตั้งแต่ กว้างประมาณ 0.3-1.5 ซม. ยาวประมาณ 1.5-2.6 ซม. หนาประมาณ 0.18-0.95 ซม. รวมน้ำหนักประมาณ 13.81 กรัม
2. คอ/ไหล่ พบจำนวน 2 ชิ้น มีสีเขียวและสีน้ำเงิน สีเขียวมีขนาดกว้าง 1.48 ซม. ยาว 1.83 ซม. หนา 1.13 ซม. น้ำหนัก 1.24 กรัม สีน้ำเงินมีขนาดกว้าง 2.01 ซม. ยาว 1.35-1.5 ซม. หนา 0.38 ซม. น้ำหนัก 1.95 กรัม
3. ลำตัว มีจำนวน 102 ชิ้น มีสีน้ำเงิน ฟ้ามเขียว ม่วง เขียว ดำ และขาว (ใส) มีขนาดกว้างประมาณ 0.3-1.5 ซม. ยาวประมาณ 0.3-3.5 ซม. หนาประมาณ 0.1-0.6 ซม. น้ำหนักประมาณ 50 กรัม
4. ก้น มีจำนวน 5 ชิ้น มีสีน้ำเงิน สีเขียว มีขนาดกว้างประมาณ 0.3-0.8 ซม. ยาวประมาณ 1.15-2.9 ซม. หนาประมาณ 0.2-0.7 ซม. น้ำหนัก 3.55 กรัม

การตกแต่ง ลักษณะของชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบเป็นแก้วสีเดียว (monochrome glass)
ไม่การตกแต่ง หรือมีลวดลายบนภาชนะแก้ว



ภาพที่ 48 ลูกปัดแก้ว จากหลุมขุดค้นที่ 1 ระดับ
สมมติ 70-90 cm.dt.



ภาพที่ 49 ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จากหลุมขุดค้นที่ 1
ระดับสมมติ 60-70 cm.dt.



ภาพที่ 50 เศษแก้วหลอม จากหลุมขุดค้นที่ 2
ระดับสมมติ 70-80 cm.dt.



ภาพที่ 51 เศษแก้วหลอมจากหลุมขุดค้นที่ 2
ระดับสมมติ 90-100 cm.dt.

3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

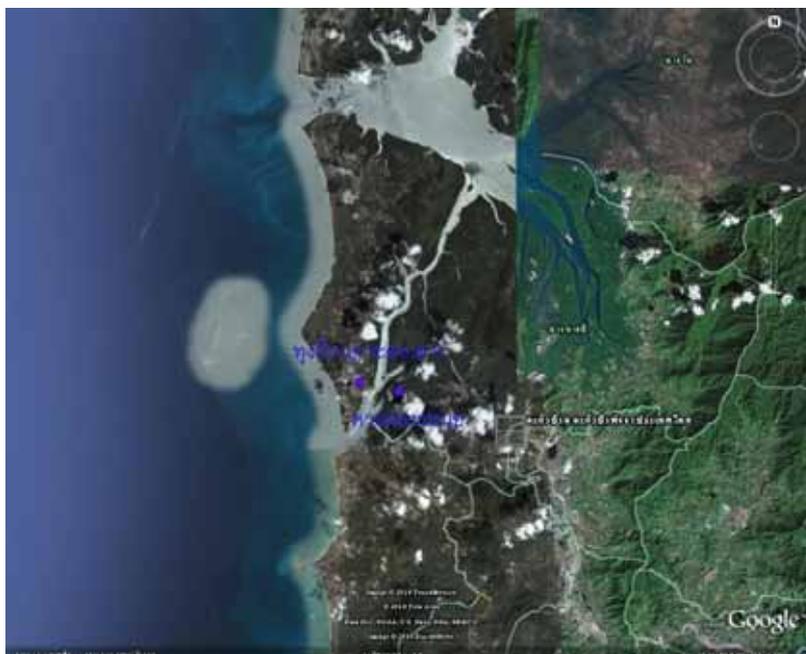
แหล่งโบราณคดีทุ่งตึกหรือแหล่งโบราณคดีเหมืองทอง ตั้งอยู่ที่บ้านทุ่งตึก หมู่ 3 ต.เกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา พิกัดภูมิศาสตร์ที่เส้นรุ้ง $8^{\circ} 53' 20''$ และเส้นแวงที่ $98^{\circ} 16' 52''$ ตะวันออก เกาะคอเขาเป็นเกาะด้านฝั่งทะเลอันดามัน มีขนาดเล็กยาวประมาณ 15 กิโลเมตร กว้างประมาณ 5 กิโลเมตร ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเกาะคอเขา (ทุ่งตึก) อยู่ตรงข้ามกับปากแม่น้ำตะกั่วป่า

การดำเนินงานทางด้านโบราณคดีมีมาตั้งแต่ทศวรรษที่ 2440 เป็นต้นมา แต่มักจะเป็นการสำรวจ ส่วนการดำเนินการขุดค้นมีทั้งสิ้น 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งแรกขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2477-2548 โดย ดร. เอช.จี. ควอริทซ์ เวลส์ (Dr. H.G.Quaritch Wales) ครั้งที่สองขุดค้นเมื่อ พ.ศ.2525-2526 โดยธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี และครั้งล่าสุดขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2543 โดย รอ.บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ นักโบราณคดี จำนวน 2 หลุม และขุดแต่งโบราณสถานอีก 6 แห่ง ในส่วนของโบราณวัตถุประเภทลูกปัดแก้วนั้น ศรีญา สุวรรณาลัย¹⁶ ได้ศึกษาเพื่อประกอบสารนิพนธ์ เรื่อง การศึกษารูปแบบลูกปัดแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ต.เกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา ซึ่งได้ศึกษาในเรื่องของรูปแบบและสีเป็นหลัก โบราณวัตถุที่พบจากการสำรวจและขุดค้น ได้แก่ โบราณสถานจำนวน 6 หลัง และประติมากรรมรูปเคารพพระวิษณุ พระนารายณ์ พระคเณศศิลา พระพุทธรูปปางมารวิชัย พระพิมพ์ดินเผา เหรียญโลหะ เครื่องถ้วยเปอร์เซีย คันฉ่องสำริดสมัยราชวงศ์ถัง เครื่องถ้วยจีน รวมทั้งเครื่องประดับทอง เขี้ยวโลหะ ขวดแก้ว เครื่องแก้ว ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน ก้อนแก้วหลอมเป็นต้น อายุสมัยของแหล่งอยู่ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 13-16

อาณาเขต

ทิศเหนือ	ติดกับภูเขาขนาดเล็กทอดตัวในแนวเหนือ-ใต้
ทิศใต้	ติดกับป่าชายเลน
ทิศตะวันออก	ติดกับป่าชายเลน
ทิศใต้	ติดกับชายหาด

¹⁶ ศรีญา สุวรรณาลัย. "การศึกษารูปแบบลูกปัดแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ตำบลเกาะคอเขา อำเภอเกาะคอเขา จังหวัดพังงา," (สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548).



แผนที่ที่ 8 แสดงที่ตั้งเกาะคอเขาและแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (เกาะคอเขา)

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่ได้จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2543 จำนวน 2 หลุม
โบราณสถานอีก 6 แห่งมีดังนี้ และหลุมทดสอบ (T2) 1 แห่ง รวมลูกปัดแก้วที่พบมีจำนวน 1,370 เม็ด

17

หลุมขุดค้นที่ 1

1. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว	จำนวน	6	ชิ้น
2. ลูกปัดแก้ว	จำนวน	14	เม็ด
3. เศษแก้วหลอม			

หลุมขุดค้นที่ 2

1. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว	จำนวน	36	ชิ้น
2. ลูกปัดแก้ว	จำนวน	33	เม็ด

¹⁷ ศรัญญา สุวรรณาลัย. เรื่องเดียวกัน.

ลูกบิดแก้วมีปริมาณน้อย ส่วนชิ้นส่วนเครื่องแก้วและภาชนะแก้วที่พบจากหลุมขุดค้นมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ส่วนเศษแก้วหรือก้อนแก้วพบเพียง 2 ชิ้นเท่านั้น ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นส่วนของภาชนะแก้วกำลังหลอม

การจำแนกสี

สีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วสามารถแบ่งตามหลักหลักสากลมี 7 สี ได้แก่ สีน้ำเงิน สีฟ้า/ฟ้าอมเขียว สีเขียว สีเหลือง สีขาว สีน้ำตาลใส และสีแดง ซึ่งสามารถแยกเฉดสีตามหลัก Munsell colour system (รวมหลุมขุดค้น-คูในภาคผนวก) ได้ดังนี้

สีน้ำเงิน แบ่งได้ 2 เฉดสี ได้แก่

1. 7.5 PB 1/2	3	ชิ้น
2. 7.5 PB 1/6	1	ชิ้น

สีฟ้า/ฟ้าอมเขียว แบ่งได้ 3 เฉดสี ได้แก่

1. 2.5 BG 4/6	2	ชิ้น
2. 2.5 BG 6/4	11	ชิ้น
3. 2.5 BG 6/6	3	ชิ้น

สีเหลือง แบ่งได้ 3 เฉดสี ได้แก่

1. 2.5 GY 7/6	2	ชิ้น
2. 2.5 GY 6/4	1	ชิ้น
3. 2.5 GY 9/6	8	ชิ้น

สีเขียว แบ่งได้ 3 เฉดสี ได้แก่

1. 10 GY 1/4	1	ชิ้น
2. 10 GY 8/10	2	ชิ้น
3. 10 GY 8/12	1	ชิ้น

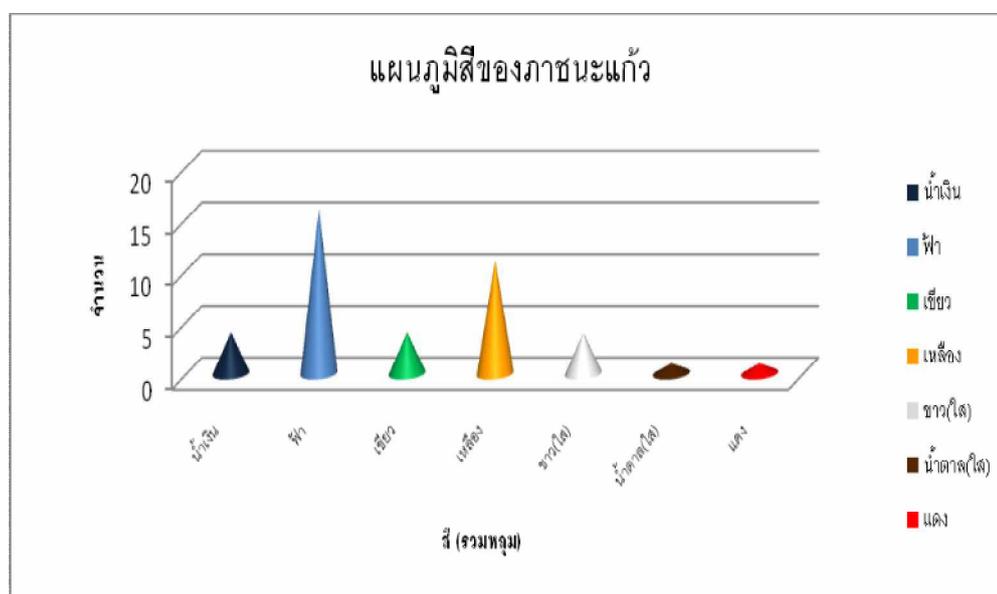
สีน้ำตาลใส มี 1 เฉดสี ได้แก่

1. 5 Y 7/4	1	ชิ้น
------------	---	------

สีแดง มี 1 เฉดสี

1. 7.5 R 3/8	1	ชิ้น
--------------	---	------

สีขาว (ใส) 4 ชิ้น

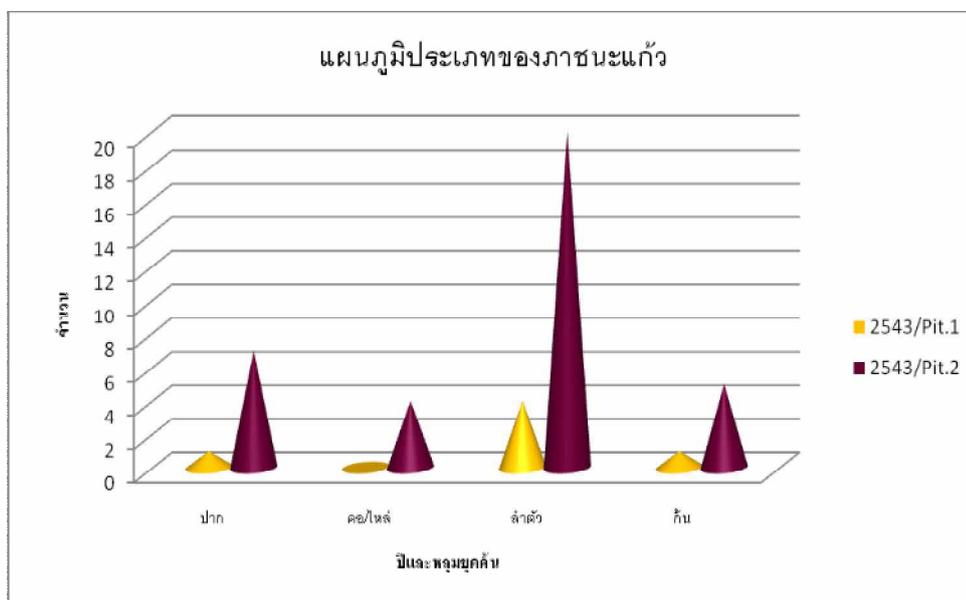


แผนภูมิที่ 8 แสดงสีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

จะเห็นได้ว่าสีที่พบมากที่สุด ได้แก่ สีฟ้า/ฟ้าอมเขียว รองลงมาได้แก่ สีเหลือง สีน้ำเงิน สีเขียว และสีขาว ตามลำดับ ที่พบน้อย ได้แก่ สีน้ำตาลใส สีแดง

ตารางที่ 7 แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้ว

ปี/หลุมขุด ค้น	ประเภทของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว					น้ำหนัก (g.)
	ปาก	คอ/ไหล่	ลำตัว	ก้น	รวม	
Pit.1	1	-	4	1	6	14.02
Pit.2	7	4	20	5	36	50.43
รวม	8	4	24	6	42	64.45



แผนภูมิที่ 9 แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก

จากตารางและแผนภูมิที่แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบในแหล่งพบชิ้นส่วนต่างๆ ของภาชนะจำนวน 42 ชิ้น โดยลำตัวพบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ปาก ก้น คอ/ไหล่ เรียงตามลำดับ

ภาพโบราณวัตถุชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. ปาก มีจำนวน 8 ชิ้น มีสีฟ้า สีเหลือง (ออกเขียว) และสีขาว (ใส) มีขนาดกว้าง 0.9-2.2 ซม. ยาว 1.3 - 4.5 ซม. หนา 0.2 - 4.8 ซม. น้ำหนัก 5.69 กรัม
2. คอ/ไหล่ มีจำนวน 4 ชิ้น มีสีเหลือง (ออกเขียว) และสีขาว (ใส) มีขนาดกว้าง 1.0-2.8 ซม. ยาว 1.5-3.6 ซม. หนา 0.12-0.35 ซม. น้ำหนัก 13.85 กรัม
3. ลำตัว มีจำนวน 24 ชิ้น มีสีน้ำตาล สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีขาว (ใส) และสีแดง มีขนาดกว้างประมาณ 0.78-2.9 ซม. ยาว 0.5-4.38 ซม. หนา 0.1-0.48 ซม. น้ำหนัก 31.69 กรัม
4. ก้น มีจำนวน 6 ชิ้น มีสีฟ้า สีเหลือง สีเหลือง (ออกน้ำตาล) มีขนาดกว้าง 1.2-3.1 ซม. ยาว 1.5-4.5 ซม. หนา 0.15-0.48 ซม. น้ำหนัก 13.22 กรัม

การตกแต่ง

ลักษณะของชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบในแหล่งนี้ ส่วนมากเป็นแก้วโปร่งใสแสง (transparent-translucent) ไม่พบแก้วทึบแสง ส่วนมากเป็นแก้วสีเดียว (monochrome glass) แต่พบแก้วที่มี 2 สี คือ ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีน้ำเงินมีริ้วลายสีแดงอยู่บนพื้นผิวภาชนะ

โบราณวัตถุที่พบจากการสำรวจ

1. ขวดแก้ว (โรมัน)

1.1 ขวดแก้วสีน้ำตาล โปร่งแสง ลำตัวกลม คอสูงไม่มากนัก ขอบปากโค้งมน สูงประมาณ 10-12 เซนติเมตร ขอบปากกว้างประมาณ 1.5 เซนติเมตร (ดูภาพที่)

1.2 ขวดแก้วสีน้ำตาลใสออกเขียว มีขนาดสูงประมาณ 4 เซนติเมตร ปากกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร คอหักหายไป ได้รับบริจาคมาจากนายประเสริฐ-นางจินดา สุทธิกุลเวทย์ ร้านคู่ทองพาณิชย์ มอบให้พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ นครศรีธรรมราช



ภาพที่ 52 ขวดแก้วโรมันพบในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก
ที่มา : “เครื่องแก้วโบราณ : ที่พบในภาคใต้.”
สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 2 (2529) :519.



ภาพที่ 53 ขวดแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก, สูง 4.5 ซม.
, ปากกว้าง 1.2 ซม., ลำตัวกว้าง 3.2 ซม.
(ภาพจากพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ
นครศรีธรรมราช)



ภาพที่ 54 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีน้ำตาลใส



ภาพที่ 55 ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้าจากการขุดค้น



ภาพที่ 56 ลำตัวภาชนะแก้วจากการขุดค้น



ภาพที่ 57 ขวดแก้วจากการขุดแต่งเนินโบราณสถาน



ภาพที่ 58 ชิ้นส่วนแก้วเขียนสี (จากการสำรวจ)



ภาพที่ 59 ชิ้นส่วนก้นภาชนะแก้ว (จากการสำรวจ)

4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม (ควนลูกปัด) อ.คลองท่อม จ.กระบี่

ตั้งอยู่หมู่ 2 บ้านควนลูกปัด ต.คลองท่อมใต้ อ.คลองท่อม จ.กระบี่ พิกัดภูมิศาสตร์เส้นรุ้งที่ 7° 55' 30" เหนือ และเส้นแวงที่ 99° 09' 05" ตะวันออก ลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินดินราบในระดับ

ความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 8 เมตร เป็นที่ราบมีขนาดประมาณครึ่งกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้ปลูกสวนยางพารา สวนปาล์ม และพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในความครอบครองของเอกชนและวัดคลองท่อมบริเวณบางส่วน

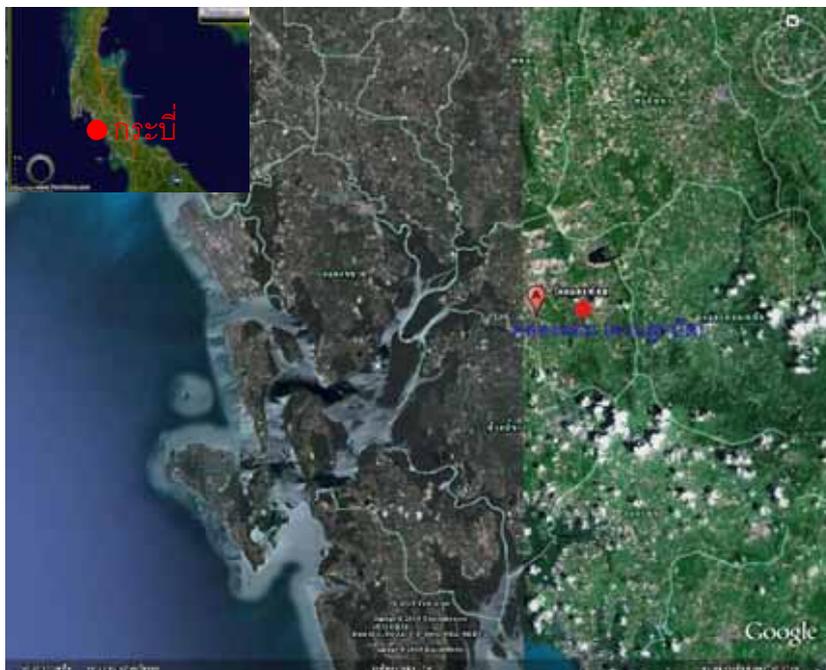
การดำเนินงานทางด้านโบราณคดีอย่างเริ่มเมื่อราว พ.ศ.2509 โดยพระครูอาทรสังวรภิกขุ (สวาท กนฺตสฺวโร) ได้เก็บรวบรวมโบราณวัตถุไว้ในวัด จากนั้นจึงมีการสำรวจอย่างจริงจัง และมีการขุดค้นทางวิชาการ 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2523 โดยธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี ต่อมา พ.ศ. 2526 มยุรี วีระประเสริฐ และคณะ¹⁸ ได้ขุดค้นหลุมทดสอบ 2 X 2 และครั้งล่าสุด เมื่อปี พ.ศ.2551 ร.อ. บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ และคณะ ได้ดำเนินการสำรวจและขุดค้นจำนวน 3 หลุม ขนาด 3 X 3 เมตร

โบราณวัตถุที่พบจากการขุดค้น ได้แก่ ภาชนะดินเผาพื้นเมืองแบบเนื้อดิน ภาชนะดินเผา นำเข้า ได้แก่ เครื่องถ้วยเปอร์เซีย เป็นต้น ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เศษแก้วหลอม ชีตะกรันแก้ว (slag) ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว ตะปูเหล็ก และเครื่องประดับทองจำนวนหนึ่ง การกำหนดอายุสมัย สันนิษฐานว่าอยู่ในสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์

อาณาเขต

ทิศเหนือ	ติดตลาดคลองท่อม
ทิศใต้	ติดคลองท่อม
ทิศตะวันออก	ติดภูเขาหินปูนลูกโดด
ทิศตะวันตก	ติดทางหลวงหมายเลข 4 (เพชรเกษม)

¹⁸ มยุรี วีระประเสริฐ, “คลองท่อม แหล่งอุตสาหกรรมทำลูกปัด และเมืองท่าขนถ่ายสินค้าสมัยโบราณ”, ปัจจุบันโบราณคดีไทย, (กรุงเทพฯ : ภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528), 40-49.



ภาพที่ 9 แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (ควนลูกปัด) อ.คลองท่อม จ.พังงา



ภาพที่ 60 สภาพพื้นที่แหล่งบริเวณแม่น้ำคลองท่อม

จากการขุดค้นเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ.2551 พบโบราณวัตถุประเภทแก้ว ดังนี้

หลุมขุดค้นที่ 1

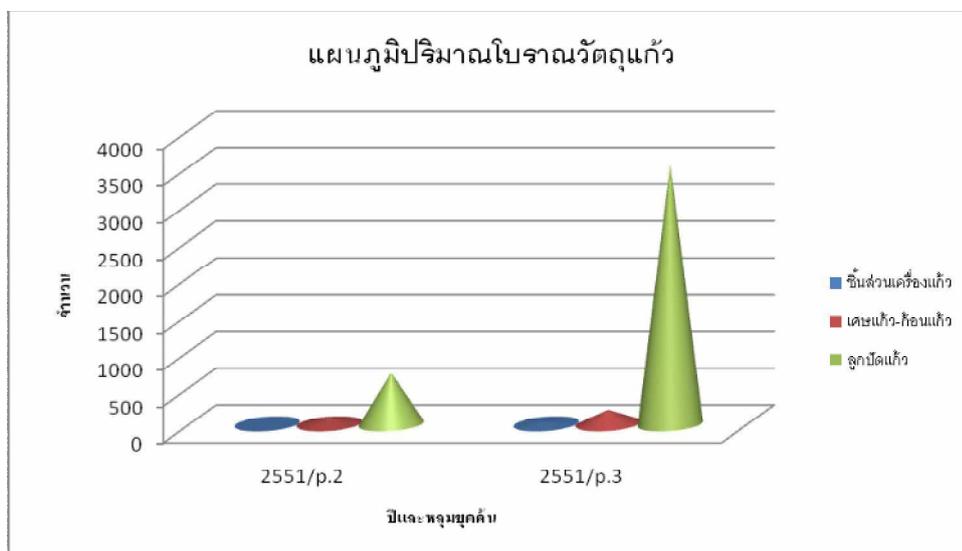
1. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว	จำนวน	4	ชิ้น
2. ลูกปัดแก้ว	จำนวน	698	เม็ด
3. เศษแก้วและก้อนแก้ว	จำนวน	85	ชิ้น

หลุมขุดค้นที่ 2

1. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว	จำนวน	34	ชิ้น
2. ลูกปัดแก้ว	จำนวน	3,531	เม็ด
3. เศษแก้วและก้อนแก้ว	จำนวน	195	ชิ้น

ตารางที่ 8 แสดงโบราณวัตถุประเภทแก้วที่ได้จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีคลองท่าอม

ปี/หลุมขุดค้น	โบราณวัตถุประเภทแก้ว				
	ชิ้นส่วน เครื่องแก้ว	เศษแก้ว- ก้อนแก้ว	ลูกปัดแก้ว	อื่นๆ	รวม
2551/p.2	4	85	698	-	787
2551/p.3	34	195	3,531	-	3,760
รวม	38	280	4,229		4,547



แผนภูมิที่ 10 แสดงปริมาณของโบราณวัตถุประเภทแก้ว

จากแผนภูมิข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้นทั้งสองหลุมขุดค้น พบลูกปัดแก้วมากที่สุด รองลงมาได้แก่ เศษแก้ว ก้อนแก้ว และชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ตามลำดับ

การจำแนกสี

แบ่งกลุ่มสีหลักของแก้วที่พบมีจำนวน 7 สี ดังนี้ ได้แก่ สีน้ำเงิน, สีเขียว, สีฟ้า/ฟ้าอมเขียว สีเหลือง และสีใส ในการวัดค่าสีโดย Munsell colour System สามารถแบ่งได้ (รวม 2 หลุม-ข้อมูลในแต่ละหลุมขุดค้นให้ดูในภาคผนวก) มีดังนี้

สีน้ำเงิน แบ่งได้ 2 เฉดสี ได้แก่

1. 7.5 PB 1/2	5	ชิ้น
2. 7.5 PB	1	ชิ้น

สีฟ้า แบ่งได้ 2 เฉดสี ได้แก่

1. 2.5 BG 6/6	6	ชิ้น
2. 5 PB 8/4	9	ชิ้น

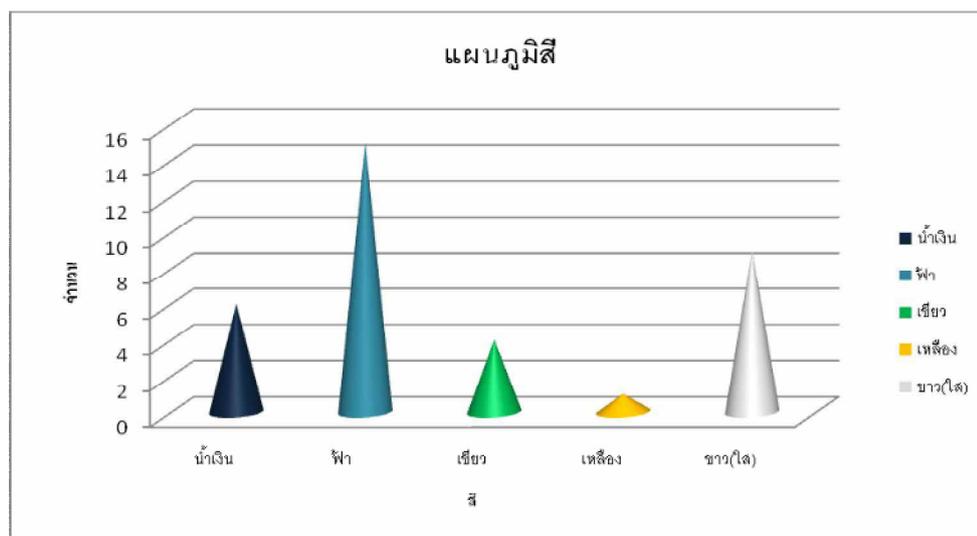
สีเขียว แบ่งได้ 2 เฉดสี ได้แก่

1. 10 GY 3/8	1	ชิ้น
2. 10 GY 8/10	3	ชิ้น

สีเหลือง มี 1 เคนสี ได้แก่

1. 2.5 GY 8/103 ชี้น

สีขาวใส 9 ชี้น

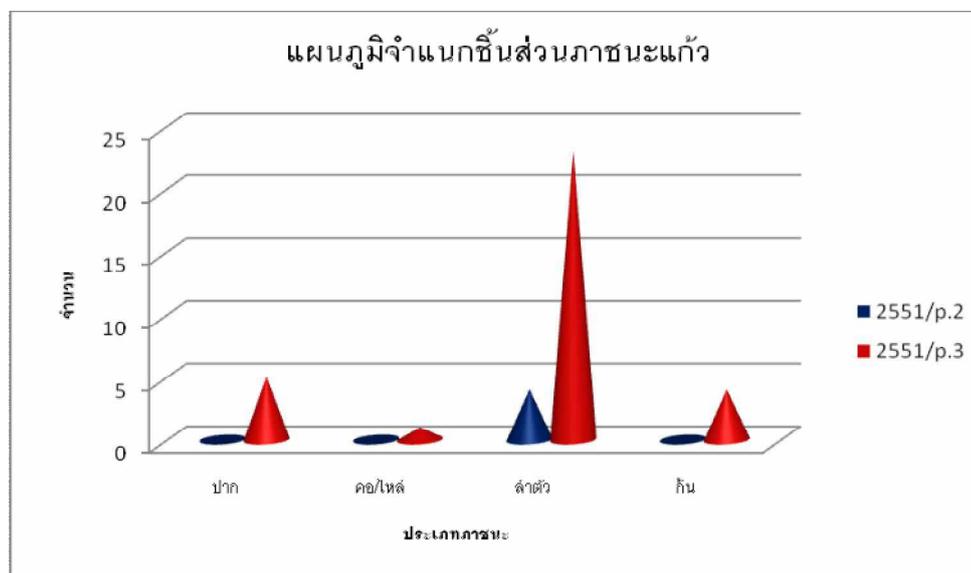


แผนภูมิที่ 11 แสดงปริมาณสีของภาชนะแก้ว

จากแผนภูมิและตารางจะเห็นได้ว่าสีที่พบมากที่สุดได้แก่ สีฟ้า มีปริมาณ 15 ชี้น รองลงมาได้แก่ สีขาว (ใส) มีปริมาณ 8 ชี้น สีน้ำเงินมีปริมาณ 5 ชี้น สีเขียว มีปริมาณ 3 ชี้น และสีเหลือง 1 ชี้น

ตารางที่ 9 แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้ว

ปี/หลุมขุด ค้น	ประเภทของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว					น้ำหนัก (g.)
	ปาก	คอ/ไหล่	ลำตัว	ก้น	รวม	
Pit.2		-	4	-	4	0.4
Pit.3	5	1	23	4	29	3.22
รวม	9	1	23	4	33	3.26



แผนภูมิที่ 12 แสดงชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม

จากแผนภูมิและตารางข้างต้น แสดงให้เห็นว่าชิ้นส่วนของเครื่องแก้วที่พบมากที่สุด ได้แก่ ลำตัว รองลงมา ได้แก่ ปาก ก้น และไหล่ ตามลำดับ

ภาพโบราณวัตถุชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. ปาก มี 4 ชิ้น มีสีฟ้า สีเขียว สีขาว (ใส) และสีแดงหรือน้ำตาลแดง กว้างประมาณ 0.02-0.19 ซม. ยาว 0.1-0.35 ซม. หนาประมาณ 0.1-0.35 ซม.
2. คอ/ไหล่ มี 1 ชิ้น สีขาว (ใส) มีขนาดกว้าง 0.8 ซม. ยาว 1.18 ซม. หนา 0.18 ซม. หนักประมาณ 0.13 กรัม
3. ลำตัว มี 23 ชิ้น มีสีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง และสีขาว (ใส) มีขนาดกว้าง 0.07-0.85 ซม. ยาวประมาณ 0.4-1.15 ซม. หนา 0.1-0.35 ซม. หนัก 2.04 กรัม
4. ก้น มี 4 ชิ้น มีสีน้ำเงิน และสีฟ้า มีความกว้าง 0.3 -0.19 ซม. ยาวประมาณ 0.5-1.15 ซม. หนาประมาณ 0.27-0.35 ซม. หนา 0.8 ซม. หนัก 0.8 กรัม

การตกแต่ง

ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบส่วนมากเป็นแก้วสีเดียว(monochrome glass) มีคุณลักษณะโปร่งใส โปร่งแสง ไม่พบแก้วทึบแสง การตกแต่งแก้วที่พบมี 1 ชิ้น ได้แก่ ชิ้นส่วนปากขาว (ใส) มีสีแดงล้อมรอบ ซึ่งปากมีขนาดกว้าง 0.2 ซม. ยาว 0.6 ซม. หนา 0.1 ซม. (ดูภาพที่)



ภาพที่ 61 ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วจากการขุดค้น
เมื่อปี พ.ศ. 2551



ภาพที่ 62 ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (สำรวจ)
(ภาพจากศูนย์วัฒนธรรมกระบี่)



ภาพที่ 63 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้ว
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์วัดคลองท่อมอ.คลองท่อม จ.กระบี่)

5. แหล่งโบราณคดีเขาสามแก้ว อ.เมือง จ.ชุมพร

ตั้งอยู่หมู่ที่ 1 บ้านสามแก้ว ต.นาชะอัง อ.เมือง จ.ชุมพร พิกัดภูมิศาสตร์เส้นรุ้งที่ 10° 31'-32' 00" เหนือ และเส้นแวงที่ 99° 11'-12' 00" ตะวันออก ตั้งอยู่ห่างจากตัวเมืองชุมพรประมาณ 1 กิโลเมตร และห่างจากทะเลประมาณ 5 กิโลเมตรจากด้านตะวันออก จังหวัดชุมพรตั้งอยู่บนคอคอดกระ มีความกว้างประมาณ 40 กิโลเมตร จากตะวันออก-ตะวันตก ลักษณะของแหล่งเป็นเนินเขาหินกรวดปนเนินดิน จำนวน 4 เนิน มีระดับความสูงโดยเฉลี่ย 20-30 เมตรจากระดับน้ำทะเล เรียงสลับกับพื้นที่ราบระหว่างเนินเขาทั้ง 4 มีอาณาเขตประมาณ 3 ตารางกิโลเมตร มีคลองท่าตะเภาเป็นเส้นทางน้ำที่สำคัญ

การดำเนินการทางโบราณคดีเริ่มมีการสำรวจตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 เป็นต้นมา โดยกรมศิลปากร และมีการขุดค้นทางวิชาการในระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2524¹⁹ โดยกองโบราณคดี กรมศิลปากร โดยดำเนินการขุดค้นบริเวณเนินเขาสามแก้ว 3 เนิน คือ เนินเขาที่ 1 เนินเขาที่ 2 เนินเขาที่ 3 และพื้นที่ราบระหว่างเนินเขาที่ 2 และเนินเขาที่ 3 และเมื่อปี พ.ศ.2548-2551 มีการขุดค้นอีกครั้งโดยโครงการร่วมไทย-ฝรั่งเศส²⁰

โบราณวัตถุที่พบจากการสำรวจและขุดค้น ได้แก่ เครื่องมือเครื่องใช้หิน เช่น ขวานหินขัด ครก แท่นหินบด เครื่องปั้นดินเผา ลูกปัด พวยกา เครื่องมือเครื่องใช้สำริด-เหล็ก ได้แก่ กลองมโหระทึก หุ่นจำลองรูปสิ่งของ เครื่องประดับ หอก ขวานเหล็ก เครื่องประดับทำด้วยแก้วหลอม มี กำไล ลูกปัด เศษแก้วหลอม และเครื่องประดับทอง เป็นต้น²¹ สีของที่พบ ส่วนมากเป็นสีเขียว (bottle green) ซึ่งเป็นผลมาจากส่วนผสมของทราย และยังพบสีเขียวมะกอก (olive green) , ดำ (black), น้ำเงิน (blue)²²

การกำหนดอายุสมัยสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นชุมชนสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ราวพุทธศตวรรษที่ 5 ถึงพุทธศตวรรษที่ 10

¹⁹ ธาราพงศ์ ศรีสุชาติ, "เขาสามแก้ว : ชุมชนโบราณ", สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 11 (2542): 841-853.

²⁰ Bérénice Bellina. Mission Archéologique Franco-Thaïe Khao Sam Kaeo (Province de Chumphon, Thaïlande péninsulaire) Rapport préliminaire de la Campagne 2005-2009 (mimeographps)

²¹ ธาราพงศ์ ศรีสุชาติ, เรื่องเดิม, 841-853

²² Bérénice Bellina. Ibid. 48.



ภาพที่ 64 คลองท่าตะเภาบริเวณเนินเขาด้านทิศตะวันตก

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบ มีดังนี้

1. ลูกบิดแก้ว พบแบบสีเดียว (monochrome glass) มีสีน้ำเงิน, ฟ้ำ, เขียว, เขียวอมฟ้า, เหลือง, น้ำตาลแดง เป็นต้น
2. ชิ้นส่วนกำไลแก้ว ส่วนมากสภาพชำรุด มีสีฟ้า, เขียว และน้ำเงิน เป็นต้น
3. ก้อนแก้วหลอม หรือเศษแก้ว (cullet) มีลักษณะเป็นก้อนแก้วหลอมแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ส่วนมากพบสีเขียว



ภาพที่ 65 เศษแก้วหลอม ลูกบิดแก้ว และกำไลแก้ว

(ภาพจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548-2550 โดยโครงการวิจัยร่วมไทย-ฝรั่งเศส)



ภาพที่ 66 ลูกปัดแก้วสีเขียว

(ภาพจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548-2550 โดยโครงการวิจัยร่วมไทย-ฝรั่งเศส)



ภาพที่ 67 ชิ้นส่วนกำไลแก้วสีเขียว

(ภาพจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548-2550 โดยโครงการวิจัยร่วมไทย-ฝรั่งเศส)



ภาพที่ 68 ชิ้นส่วนกำไลแก้วสีเขียว

(ภาพจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548-2550 โดยโครงการวิจัยร่วมไทย-ฝรั่งเศส)

6. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

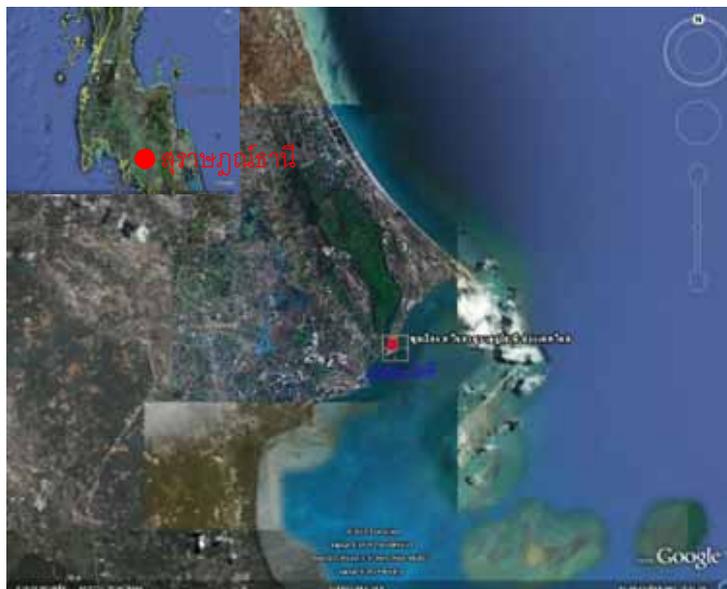
ตั้งอยู่ในเขต อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี พิกัดเส้นรุ้งที่ 9° 22' 31" เหนือ และเส้นแวงที่ 99° 12' 09" ตะวันออก ห่างจากเมืองโบราณไชยาเพียง 7 กิโลเมตร แหลมโพธิเกิดจากแผ่นดินใหญ่ถูกคลองพุมเรียง ซึ่งมีต้นน้ำอยู่ในเขตอำเภอท่าชนะไหลผ่าน ส่วนปากน้ำมีคลองพุมเรียงไหลผ่านสันทรายที่ใหญ่ที่สุดบริเวณนี้

การดำเนินงานทางโบราณคดี มี 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกดำเนินการขุดค้นโดย เขมชาติ เทพไชย เมื่อปี พ.ศ.2525²³ และได้ขุดค้นอีกครั้งโดยโครงการศึกษาการตั้งถิ่นฐานและการค้าสมัยโบราณในประเทศไทย ซึ่งเป็นโครงการร่วมไทย-อเมริกัน ระหว่างกองโบราณคดี กรมศิลปากร ประเทศไทย กับพิพิธภัณฑสถานประวัติศาสตร์ธรรมชาติแห่งชิคาโกเมื่อปี พ.ศ.2532²⁴

โบราณวัตถุที่พบ ได้แก่ ภาชนะดินเผาแบบเนื้อดิน เครื่องแก้วจากตะวันออกกลาง ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เครื่องถ้วยจีน ภาชนะเคลือบจากตะวันออกกลาง เป็นต้น ผลการขุดค้น พบว่าเป็นเมืองท่าชายฝั่งทะเลอ่าวไทยสมัยพุทธศตวรรษที่ 14-15 และมีความสัมพันธ์ในฐานะเมืองคู่ค้ากับแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ซึ่งเป็นเมืองท่าชายฝั่งทะเลทางฝั่งทะเลอันดามัน

²³ กรมศิลปากร, แหลมโพธิ แหล่งเศรษฐกิจของศรีวิชัย (กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2531).

²⁴ อมรา ศรีสุชาติ, “คุยกับผู้เชี่ยวชาญ เบนเนท บรอนสัน และฟิลิปป์ เจริญวงศ์ เรื่อง งานขุดค้นแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขาและแหลมโพธิ และการศึกษาเส้นทางทางการค้าทางทะเล ของโครงการศึกษา การตั้งถิ่นฐานและการค้าสมัยโบราณในประเทศไทย,” ศิลปากร 33, 1 (มกราคม-มีนาคม 2532) : 32-37.



แผนที่ที่ 11 แสดงตำแหน่งของแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี



ภาพที่ 69 สภาพแหล่งโบราณคดีที่เปลี่ยนไป มีเขตแนวกันคลื่นสร้างบริเวณริมหาด

จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ.2525 จำนวน 5 หลุม แต่เนื่องจากหลุมทดสอบที่ 4 (LP.VI) และ 5 (LP.V) ถูกชาวบ้านลักลอบขุดจนทำลายชั้นดิน จึงไม่สามารถขุดจนหมดชั้นดินได้ ดังนั้น ผู้ขุดค้นจึงศึกษาโบราณวัตถุและชั้นดินจากหลุมขุดค้น 3 หลุมแรก โบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบ ดังนี้

หลุมทดสอบที่ 1 (LP.I)

1. ลูกบิดแก้ว จำนวน 26 เม็ด
2. เศษแก้ว²⁵ 1 ชิ้น

หลุมทดสอบที่ 2 (LP.II)

1. ลูกบิดแก้ว จำนวน 30 เม็ด
2. ไม่พบเศษแก้ว

หลุมทดสอบที่ 3 (LP.III)

1. ลูกบิดแก้ว จำนวน 33 เม็ด
2. เศษแก้ว 90 ชิ้น

สีของลูกบิดแก้วที่พบ มีสีเหลือง, เขียว, น้ำเงิน, ม่วง, ดำ, เขียวปนเหลือง, เขียว, ฟ้ำ
สีของเศษแก้วที่พบ ได้แก่ สีเขียว สีฟ้า น้ำเงิน, ขาว, เขียวปนเหลือง, ม่วง

โบราณวัตถุที่พบจากการสำรวจและขุดค้น

1. ลูกบิดแก้ว มีทั้งลูกบิดแก้วสีเดียว (monochrome glass) และหลากสี (polychrome glass) หรือเรียกว่าแก้วโมเสก (mosaic) สีที่พบมีสีเขียว เหลือง น้ำเงิน ฟ้ำ เขียว ใส เป็นต้น (ดูภาพที่ 66)

2. เศษภาชนะแก้ว มีทั้งแบบสีเดียว โปร่งใส-แสง และมีการตกแต่งด้วยการเขียนสีและเคลือบ (ดูภาพที่ 67)

3. เศษภาชนะแก้วกำลังหลอม มีลักษณะเป็นภาชนะแก้วกำลังหลอมติดกัน มีขนาดกว้าง

4. ขวดแก้ว มีสีน้ำตาลอ่อน โปร่งใส ส่วนฐานขนาดประมาณ 3 เซนติเมตร สูงประมาณ

5.2 เซนติเมตร และส่วนปากมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-1.2 เซนติเมตร ลักษณะเป็นลำตัวค่อนข้างกลม ส่วนคอยาว ลักษณะคล้ายคลึงกับขวดแก้วที่นิยมในแถบตะวันออกกลาง

²⁵ จากการสอบถามผู้ขุดค้นเกี่ยวกับเศษแก้วที่ได้จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2525 พบว่า เศษแก้ว หมายถึง ชิ้นส่วนเครื่องแก้วและเศษแก้วรวมกัน สัมภาษณ์เมื่อเดือน มีนาคม พ.ศ.2552



ภาพที่ 70 ลูกปัดมีตาจากการขุดค้นและ
สำรวจ แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติไชยา)



ภาพที่ 71 ชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบจากการ
สำรวจและขุดค้น
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติไชยา)



ภาพที่ 72 เศษลูกปัดแก้วและเศษแก้ว จากการ
สำรวจ



ภาพที่ 73 ขวดแก้วจากแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ
(ภาพจากสถาบันทักษิณคดีศึกษา)

7. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย (เขาพระนารายณ์) อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

ตั้งอยู่ในเขตหมู่ที่ 1 บ้านหัวเขา ตำบลเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี พิกัดภูมิศาสตร์เส้นรุ้งที่ 9° 9' 15" เหนือ และเส้นแวงที่ 99° 13' 35" ตะวันออก ลักษณะพื้นที่เป็นเนินเขากลางพื้นที่ราบ มีขนาดกว้าง 45-50 เมตร ยาวประมาณ 650 เมตร สูงประมาณ 21 เมตรจากระดับน้ำทะเล แนวเขาทอดตัวยาวในแนวแกนทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ไกล่กับคลองพุนพิน ซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำตาปี บนเนินเขาและฝั่งตะวันออกของแหล่งเป็นที่ตั้งของโบราณสถานทั้งหมด 18 แห่ง

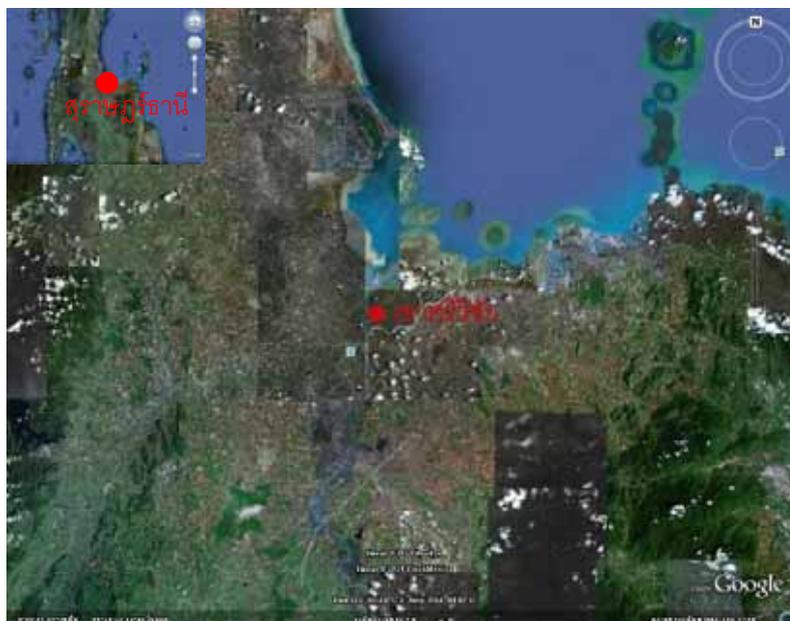
การดำเนินงานทางด้านโบราณคดีที่แหล่งโบราณคดีแห่งนี้ ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการสำรวจ และโบราณวัตถุที่พบ ได้แก่ ประติมากรรมรูปเคารพพระนารายณ์ ศิวลึงค์ ฐานโยนิ (โยนิโพธิธนะ) เครื่องถ้วยจีน ลูกปัด เครื่องปั้นดินเผาแบบพื้นเมือง ขวานหินขัด-สิ่วหิน ภาชนะและเครื่องใช้สำริด อักขระบนแผ่นประกอบหิน พระพิมพ์และสถูปจำลองดินเผา และร่องรอยของศาสนสถาน เป็นต้น อายุสมัยของแหล่ง สันนิษฐานว่ามีชุมชนเข้ามาอาศัยพื้นที่ไม่ต่ำกว่าพุทธศตวรรษที่ 11-14 เป็นต้นมา²⁶ จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ. 2543 มีการดำเนินการขุดค้นและขุดแต่งทางโบราณคดี พบชิ้นส่วนแก้ว (เครื่องแก้ว?) 1 ชิ้น ลักษณะเป็นปากขวด สีเขียว และพบก้อนแก้วจำนวน 1 ชิ้น²⁷ และในการขุดค้นปี พ.ศ.2545 พบโบราณวัตถุประเภทแก้ว ได้แก่ ลูกปัดแก้ว ลูกปัดแก้วกำลังกลมม เศษลูกปัดขำรอด เศษแก้วกลม และขี้ตะกรันแก้ว

อาณาเขต

ทิศเหนือ	ติดกับบ้านบางใหญ่
ทิศใต้	ติดกับคลองพุนพิน
ทิศตะวันออก	ติดกับคลองพุนพิน
ทิศตะวันตก	ติดกับพื้นที่นา และบ้านดอนไผ่พระ

²⁶ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, "พุนพิน : ชุมชนโบราณ," สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ 11 (2542) : 5503-5510.

²⁷นงคราญ ศรีชาย และรววิทย์ หัศภาค, รายงานการขุดแต่ง ขุดค้น โบราณสถานเขาศรีวิชัย อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี, (นครศรีธรรมราช : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช กรมศิลปากร, 28.



แผนที่ที่ 12 แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้นและสำรวจ

1. ลูกปัดแก้ว เป็นลูกปัดแก้วอินโด-แปซิฟิก สีเดียว มีหลายสี ได้แก่ สีดำ สีฟ้า สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาลแดง เป็นต้น
2. เศษแก้ว ก้อนแก้ว มีลักษณะเป็นเศษแก้วแตกขนาดเล็ก บ้างก็เป็นกลุ่มลูกปัดแก้ว กำลังหลอม จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543 พบเศษแก้วหลอมสีเขียวอ่อน มีฟองอากาศ พบในกริด A4 จำนวน 1 ชิ้น กว้าง 1.2 ซม. หนา 0.7 ซม. และจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2545 พบโบราณวัตถุประเภทแก้ว ได้แก่ ลูกปัดแก้ว เศษแก้ว ขี้ตะกรันแก้ว เป็นต้น
3. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว พบ 1 ชิ้น จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543 สันนิษฐานว่าเป็นชิ้นส่วนขวดแก้ว พบใน กริด D7 กว้าง 2.3 ซม. ยาว 3 ซม. น้ำหนัก 5 กรัม



ภาพที่ 74 ศาสนสถานบนเขาศรีวิชัย



ภาพที่ 75 ศาสนสถานบนเขาศรีวิชัย



ภาพที่ 76 ลูกปัดแก้วจากการสำรวจ



ภาพที่ 77 ลูกปัดแก้วจากการสำรวจ



ภาพที่ 78 ลูกปัดแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2545



ภาพที่ 79 ลูกปัดแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2545



ภาพที่ 80 ชิ้นส่วนคอ (ขวด)

ที่มา : กรมศิลปากร, รายงานการขุดแต่ง ขุดค้น

โบราณสถานเขาศรีวิชัย อำเภอพนมพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

(กรุงเทพฯ : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถาน

แห่งชาติที่ 11 นครศรีธรรมราช, 2543), 191.



ภาพที่ 81 ซึ่ตะกรันแก้วจากการขุดค้นเมื่อปี

พ.ศ. 2545

8. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี (วัดอัมพาวาส (วัดท่าม่วง))

ตั้งอยู่ในเขต อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี พิกัดเส้นรุ้งที่ $9^{\circ} 31' 35''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 8' 13''$ ตะวันออก ลักษณะของแหล่งตั้งอยู่บนสันทรายริมเส้นทางน้ำ การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเป็นการสำรวจ และโบราณวัตถุที่พบมักเป็นประติมากรรมศิลา ต่อมามีการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2525 โดยธราพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี โบราณวัตถุที่พบ ได้แก่ เศษภาชนะดินเผาเนื้อดิน เครื่องถ้วยจีน ชิ้นส่วนเครื่องประดับ ลูกปัดแก้ว และลูกปัดแร่ประกอบหินต่างๆ²⁸ และในสารนิพนธ์เรื่อง การศึกษาแก้วในประเทศไทยตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายถึงสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ กล่าวว่า มีการพบชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

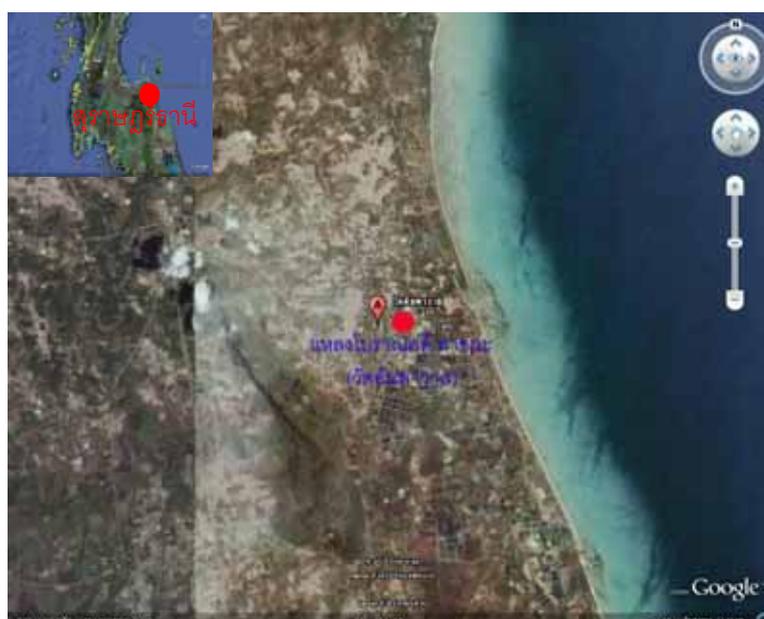
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเดินสำรวจเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ.2551 ที่แหล่งโบราณคดีวัดอัมพาวาส อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี ได้สัมภาษณ์ชาวบ้านที่ค้าขายลูกปัดแถบนั้น (ไม่เปิดเผยนาม) พบว่ามีการลักลอบขุดอย่างเป็นล่ำเป็นสัน ซึ่งจากการสอบถามเกี่ยวกับโบราณวัตถุประเภทแก้ว พบว่ามีลูกปัด แก้วสีเขียวจำนวนมาก อีกทั้งยังมีลูกปัดหินคาร์เนเลียน ลูกปัดหินอาเกต เศษแก้วก้อนแก้ว

²⁸ ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, "ท่าชนะ : ชุมชนโบราณ," สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ 7 (2542) : 3271-3278.

กำลังหลอม และยังพบชิ้นส่วนภาชนะแก้วด้วย แต่ทว่าเมื่อชาวบ้านขุดพบแล้วจะรวบรวมโบราณวัตถุนำไปขายให้กับผู้รับซื้อรายใหญ่ที่เข้ามารับถึงแหล่ง ทำให้หลักฐานเกี่ยวกับภาชนะแก้วพบน้อยมาก ซึ่งจากการสำรวจพบเพียง 2 ชิ้น อายุสมัย สันนิษฐานว่ามีอายุไม่ต่ำกว่าพุทธศตวรรษที่ 10 และเจริญขึ้นราวพุทธศตวรรษที่ 11-14 และเจริญเรื่อยมาจนถึงพุทธศตวรรษที่ 17-21 มีการติดต่อกับชนต่างชาติ เช่น จีน อาหรับ และอินเดีย

อาณาเขต

ทิศเหนือ	ติดต่อกับคลองท่ากระจาย
ทิศใต้	ติดต่อกับคลองท่าม่วง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับเขาหินใหญ่



แผนที่ที่ 13 แสดงตำแหน่งของแหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบจากการขุดค้นและสำรวจ

1. ลูกปัดแก้ว จากการขุดค้นและสำรวจพบลูกปัดแก้วอินโดแปซิฟิก (Indo-pacific glass beads) สีที่พบมีสีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาลแดง เป็นต้น

2. กำไลแก้ว ส่วนมากชำรุด แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย บางชิ้นมีขนาดเป็นก้อน
3. เศษแก้ว ก้อนแก้ว พบเป็นเศษเล็กๆ มีหลากสี เช่น สีเขียว สีฟ้า
4. ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จากการสำรวจพบชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวน 2 ชิ้น คือ ชิ้นส่วนไหล่บริเวณสัน สีดำ มีขนาด และชิ้นส่วนลำตัว สีน้ำเงิน มีขนาด



ภาพที่ 82 บริเวณถ้ำเขาประสงค์พื้นที่ใกล้เคียง
กับแหล่งโบราณคดีวัดอัมพาวาส



ภาพที่ 83 ร่องรอยการลักลอบขุดโดยใช้เครื่องสูบลิน
ภายในแหล่งโบราณคดี



ภาพที่ 84 ลูกปัดแก้วสีเขียว
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติไชยา)



ภาพที่ 85 เศษแก้วก้อนแก้วหลอม
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติไชยา)

9. แหล่งโบราณคดีสทิงพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา

ตั้งอยู่ในเขต ต.กระดังงา ต.จะทิ้งพระ ต.บ่อดาล ต.บ่อแดง ต.คูชุด อ.สทิงพระ พิกัดเส้นรุ้งที่ $7^{\circ} 31' 00'' - 7^{\circ} 24' 00''$ เหนือ และเส้นแวงที่ $100^{\circ} 26' 00''$ ถึงเส้นรุ้งที่ $100^{\circ} 27' -25' 00''$ ตะวันออก

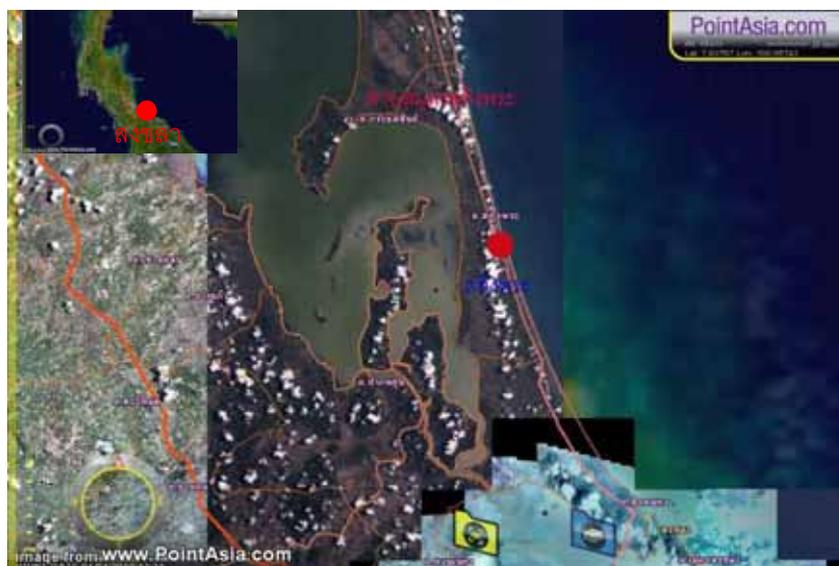
ลักษณะของแหล่งตั้งอยู่บนสันทรายของคาบสมุทรสทิงพระ ซึ่งเป็นแนวสันทรายเก่า มีลักษณะโค้งแบบหลังเต่า โดยจะมีส่วนที่สูงที่สุดอยู่บริเวณกึ่งกลางเมืองแล้วค่อยๆ ลาดลงทั้งสองข้าง ด้านหนึ่งจรดทะเลอ่าวไทย เป็นหาดทรายที่สร้างตัวอยู่เรื่อยๆ เป็นลูกโซ่เกี่ยวเนื่องกันไป จากชายหาด (Beach) เป็นหาดเก่า (Old Beach) และเป็นสันทราย (Old Sandune)

การศึกษาทางด้านโบราณคดีในระยะแรกเป็นชาวต่างชาติเข้ามาศึกษา เช่น เอช .จี. ควอริทซ์ เวลส์ (H.G> Quaritch Wales) อลาสแตร์ แลมบ์ (Alastair Lamb) และสแตนลีย์ เจ. โอคอนเนอร์ (Stanley J.O'Connor Jr.) ศึกษาและสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2507 ดร.เจนิซ สตาร์การ์ด ชุดคันทาง วิชาการเมื่อปี พ.ศ.2514 เป็นต้น และเมื่อปี พ.ศ.2521-2522 มีการสำรวจและขุดค้นโดยธราวพงศ์ ศรีสุชาติ นักโบราณคดี จำนวน 4 หลุม ขนาด 3 X 3 เมตร และหลุมทดสอบ (Trial Trenching) 1 หลุม

โบราณวัตถุที่พบ ได้แก่ เศษภาชนะดินเผา ก้อนอิฐและเศษอิฐแตก เศษเหล็ก เศษซีร่าเหล็ก เศษเครื่องมือเหล็ก เศษสำริดและเศษสนิมสำริด เปลือกหอย กระดุกสัตว์ เมล็ดพืชและเมล็ดข้าว พระคณศศิลา (โกลน) ตะกั่ว ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เศษซีร่าหอยและเศษซีร่าเหล็กปนอยู่ เป็นต้น

จากหลักฐานที่พบแสดงให้เห็นถึงบทบาทการเป็นเมืองท่าที่สำคัญของแหล่งโบราณคดีสทิงพระ ซึ่งมีการเข้ามาอยู่อาศัยไม่ต่ำกว่าพุทธศตวรรษที่ 11 และเจริญขึ้นราวพุทธศตวรรษที่ 12-15 มีการติดต่อกับดินแดนต่างๆ เช่น จีน อินเดีย อาหรับ เวียดนาม มาเลเซีย และอินโดนีเซีย และจากการพบเศษแก้วหอยมัจฉ์สันนิษฐานได้ว่าแหล่งมีการผลิตลูกปัดแก้วขึ้นได้เองภายในท้องถิ่น²⁹

²⁹ ธราวพงศ์ ศรีสุชาติ, "สทิงพระ : ชุมชนโบราณ," สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ 16 (2542) : 7731-7749.



แผนที่ที่ 14 แสดงที่ตั้งของแหล่งโบราณคดีสทิงพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา

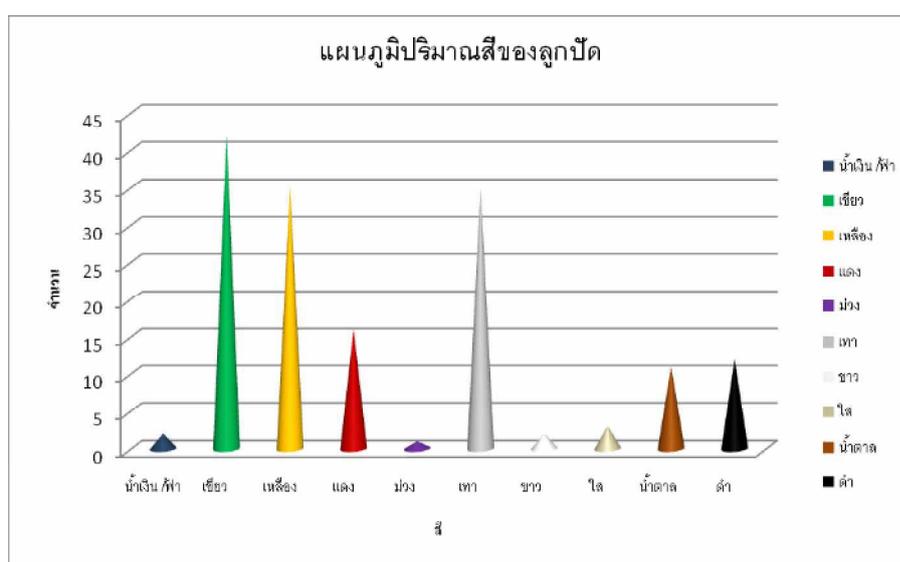


ภาพที่ 86 คาบสมุทรสทิงพระ

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบ³⁰ มีดังนี้

1. ลูกปัดแก้ว จำนวน 152 เม็ด
2. เศษแก้วหลอมสีต่างๆ

สีของลูกปัดมีทั้งสิ้น 12 สี³¹ ซึ่งผู้ศึกษาเปรียบเทียบสีของลูกปัดแก้วจากตารางเทียบสีดิน (Munsell Soil Color Charge) มีสี ดังนี้ สีน้ำตาล (Brown,Dark Reddish Brown,Dark Brown,Reddish Brown) จำนวน 11 เม็ด, สีดำ (Black) จำนวน 12 เม็ด, สีเหลือง (Yellow, PaleYellow) จำนวน 35 เม็ด, สีแดง (Red,Dark Red< Dusky Red) จำนวน 16 เม็ด, สีเขียว (Green, Pale Green, Grayish Green, Light Grayish Green) จำนวน 42 เม็ด, สีขาว, สีน้ำเงิน/ฟ้า จำนวน 2 เม็ด,สีเทา (Gray, Light Gray, Light Blue Gray, Bluish Gray, Light Greenish Gray) จำนวน 35 เม็ด, สีม่วง จำนวน 1 เม็ด, ไม่มีสี (colourless) จำนวน 3 เม็ด



แผนภูมิที่ 13 แสดงปริมาณสีของลูกปัดที่พบจากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2522

³⁰ กรมศิลปากร, ลูกปัดสทิงพระ (โครงการขุดค้นแหล่งโบราณคดีสทิงพระ : ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2522), 30-34.

³¹ เดชา วัชรมณี, "ลูกปัดที่แหล่งโบราณคดีสทิงพระ ต.จะทิ้งพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา ปี 2522," (สารนิพนธ์ศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2522), 56.

จากแผนภูมิข้างต้นจะพบว่าสีเขียวมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สีเหลือง สีเทา สีแดง สีดำ สีน้ำตาล ตามลำดับ ส่วนสีที่พบน้อยได้แก่ สีน้ำเงิน ใส สีขาว และสีม่วง



ภาพที่ 87 ลูกปัดจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีสทิงพระ
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ สงขลา)

ภาพที่ 88 ก้อนแก้วหลอมและเศษขี้แก้ว
(ภาพจากพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ สงขลา)

สรุป

จากข้อมูลที่ได้จากการขุดค้นและสำรวจแหล่งโบราณคดีพบว่าแหล่งโบราณคดีที่พบชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วในภาคใต้ทั้งหมดจำนวน 7 แหล่ง ได้แก่

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง
2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน
3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก
4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม
5. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์
6. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ
7. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย

ส่วนมากขึ้นส่วนของเครื่องแก้วที่พบมีลักษณะแตกเป็นชิ้นเล็ก จนไม่สามารถบอกถึงรูปแบบหรือรูปทรงได้ ซึ่งชิ้นส่วนที่พบ ได้แก่ ปาก คอ/ไหล่ ลำตัว และก้น โดยลำตัวจะพบปริมาณมากที่สุด ส่วนสีของแก้วที่พบมากได้แก่ กลุ่มสีฟ้า สีเขียว ส่วนสีอื่นๆ พบบ้าง เช่น สีน้ำเงิน สีขาว(ใส) สี

เหลือง สีแดง เป็นต้น ส่วนมากจะพบเป็นแก้วโปร่งแสง-ใส ส่วนภาชนะแก้วทึบแสงมีเล็กน้อย ได้แก่ ชิ้นส่วนแก้วโมเสกที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง

การตกแต่ง ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบส่วนใหญ่เป็นแก้วสีเขียว (monochrome glass) โปร่งแสง-ใส มีพบแก้วหลากสีบ้าง ได้แก่ แก้วโมเสก (mosaic glass) และแก้วแต้มสีเหลืองทึบใน แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีรูปร่างในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก และปากภาชนะที่มี รั้วสีน้ำตาลแดงล้อมรอบ ในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม

สามารถกำหนดระยะเวลาของชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบตามแหล่งโบราณคดีเหล่านี้ สามารถแบ่งออกได้ 2 ช่วง คือ

1. ช่วงสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ราวพุทธศตวรรษที่ 5 เป็นต้นมา มีแหล่งโบราณคดีคลองท่อม แหล่งโบราณคดีนางย่อน และแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง

2. ช่วงสมัยประวัติศาสตร์ที่มีร่องรอยของศาสนสถานและรูปเคารพ มีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 12 เป็นต้นมา ได้แก่ แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี และแหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

นอกจากนี้ยังตั้งข้อสังเกตได้ว่าทุกแหล่งที่กล่าวมาข้างต้นได้พบลูกปัดแก้วจำนวนมาก รวมทั้งชิ้นส่วนก้อนแก้ว เศษแก้วหลอมหลากสี และยังพบในแหล่งผลิตแก้วที่สำคัญแห่งอื่นด้วย เช่น เขาสามแก้ว อ.เมือง จ.ชุมพร สทิงพระ อ.สทิงพระ จ.สงขลา เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีการผลิตเครื่องประดับจำพวกแก้วภายในท้องถิ่นของแต่ละแหล่ง ในการพบชิ้นส่วนเครื่องแก้ว ในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลโบราณอันเป็นสินค้านำเข้ามาจากต่างแดน ยังแสดงถึงการติดต่อทางการค้ากับดินแดนซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออกได้เป็นอย่างดี จึงนับได้ว่าเป็นหลักฐานที่สำคัญอีกประเภทหนึ่ง และยังพบอีกว่ามีร่องรอยของการนำแก้วเหล่านี้ (ชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้ว) มาหลอมใหม่ ดังนั้น เป็นไปได้ว่าชิ้นส่วนเครื่องแก้วเหล่านี้ น่าจะเป็นวัตถุดิบที่นำกลับมาทำเป็นเครื่องประดับแก้วอีกครั้ง (reused) ซึ่งข้อสมมติฐานนี้ต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับตรวจสอบเพื่อหาข้อยุติหรือข้อสรุป ดังจะกล่าวรายละเอียดในบทถัดไป

บทที่ 4

การศึกษาและวิเคราะห์ตัวอย่างแก้วที่พบในภาคใต้ของประเทศไทย

การศึกษาเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วในการวิจัยครั้งนี้ ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจและขุดค้นแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้ที่มีการค้นพบชิ้นส่วนภาชนะแก้วได้แก่

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง
2. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา
3. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา
4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่
5. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี
6. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี
7. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

ในบทนี้จะเป็นการลงรายละเอียดในเชิงลึกเกี่ยวกับการศึกษาชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้ว ทั้งที่ศึกษาทางด้านกายภาพทั่วไป เช่น สี ขนาด ร่องรอยมลทินต่างๆ และลวดลาย เป็นต้น และการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด มีวิธีการทำงานและการเตรียมตัวอย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่าง

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เพื่อนำมาศึกษาในขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. ตัวอย่างของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว-ก้อนแก้ว หรือลูกปัดแก้ว ต้องมีที่มาชัดเจน และพบจากชั้นดินที่มีการขุดค้นถูกต้องตามหลักโบราณคดี และมีการบันทึกข้อมูลจากการขุดค้นที่ชัดเจน หรือในกรณีที่ต้องวิเคราะห์เพิ่มเติมอาจนำตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจมาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น
2. ตัวอย่างของแก้ว ทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว ก้อนแก้ว หรือลูกปัดแก้ว ต้องไม่ชำรุดหรือแตกมากจนไม่สามารถบอกรายละเอียดได้ว่าเป็นชิ้นส่วนของแก้วประเภทใด

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ก่อนอื่นนำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ทำความสะอาดให้ปราศจากคราบปนเปื้อนต่างๆ เพื่อป้องกันการวิเคราะห์ผลที่ผิดพลาด และต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้ผิวของวัตถุได้รับความกระทบกระเทือนใดๆ และปราศจากความชื้นหรือน้ำ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการอบด้วยโมเลกุลของโลหะหนัก เพื่อให้ผิวที่ต้องการตรวจสอบมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างที่ต้องการศึกษาล้างให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า หรือน้ำผสมสบู่อ่อนๆ ขัดด้วยแปรง หรือทำความสะอาดโดยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic cleaner) ซึ่งเป็นเครื่องเครื่องล้างอุปกรณ์ โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง (ดูภาพที่ 89)



ภาพที่ 89 อุปกรณ์ทำความสะอาดระบบอัลตราโซนิก

2. การขจัดน้ำออก (Dyhydration) และการทำให้แห้ง (Drying) เป็นกระบวนการขจัดน้ำออกจนตัวอย่างแห้ง อาจทำโดยใช้สารแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) หรืออะซิโตน (Acetone) หรือโดยการนำเข้าเครื่องอบให้แห้งด้วยเครื่อง (ดูภาพที่ 90)

¹ เวคิน นพนิศย์, จุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron microscopy) (กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2524), 95-97.



ภาพที่ 90 เตาอบตัวอย่าง (furnace)

(ภาพจากศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

3. การเคลือบผิวของตัวอย่างด้วยโลหะหนัก (Metal coating) นำตัวอย่างนำไปวางบน stub โดยใช้กาวหรือเทปยึดผิวล่างของตัวอย่างไว้ ในการเคลือบ (coating) เริ่มจากการเคลือบผิวด้วยคาร์บอน เพื่อเพิ่มการนำของไฟฟ้า และตามด้วยการเคลือบผิวด้วยทอง (Gold) ด้วยเครื่อง Carbon & Gold Sputter Coating (ดูภาพที่ 91)



ภาพที่ 91 เครื่อง Carbon & Gold Sputter Coating

(ภาพจากศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

เมื่อได้ตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์แล้ว จากนั้นจึงนำเข้าเครื่อง SEM-EDS โดยจะกล่าวรายละเอียดของพัฒนาการและวิธีการใช้เครื่องมือนี้ในลำดับต่อไป

การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope:SEM)

SEM เครื่องแรกประดิษฐ์ขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 1960 จากนั้นค่อยๆกลายเป็นเครื่องมือที่นำไปประยุกต์ใช้แพร่หลายทั่วไป ทั้งในด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ อุตสาหกรรม วัสดุศาสตร์ นิติวิทยาศาสตร์ โบราณคดี และอื่นๆ อีกหลายด้าน กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) หรือที่เรียกว่า SEM มีประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษา ลักษณะภายนอกของตัวอย่าง เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำอิเล็กตรอนแทนลำแสง สามารถขยายกำลังต่ำใกล้เคียงกับกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา จนกระทั่งมีกำลังขยายสูงถึงประมาณ 300,000 เท่า มีการแจกแจงรายละเอียดของภาพ (Resolving Power) ได้ถึงระดับนาโนเมตร (nanometer)

สำหรับการทำงานนั้น อิเล็กตรอนจะถูกปล่อยจากต้นกำเนิด และถูกเร่งด้วย ศักย์ไฟฟ้าสูง (high voltage) ผ่านสนามไฟฟ้าในสุญญากาศ จะทำให้ความยาวคลื่นของอิเล็กตรอนสั้นกว่าความยาวคลื่นของแสงมาก จากการที่อิเล็กตรอนมีประจุลบ และมีสนามแม่เหล็กอยู่รอบตัวในแนวตั้งฉาก ในขณะที่อิเล็กตรอนกำลังเคลื่อนที่นั้น เราสามารถที่จะบังคับอิเล็กตรอนให้เบี่ยงเบนได้โดยอำนาจสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า มีประโยชน์ในการสร้างระบบเลนส์ให้เกิดกำลังขยายขึ้นภายในกล้อง²

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดนี้ ใช้ในการศึกษาโครงสร้างหรือองค์ประกอบต่างๆ ของวัตถุตัวอย่าง โดยทำให้ลำอิเล็กตรอนกวาดไปบนพื้นผิว และด้วยอุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งอยู่ภายในจะจับเอาอิเล็กตรอนที่กระจายออกมาจากชิ้นงาน แล้วแสดงผลบนจอโทรทัศน์ซึ่งสามารถที่จะบันทึกภาพได้ จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาลักษณะภายนอกของตัวอย่างให้ภาพเป็นแบบ 3 มิติที่มีความลึก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิทยาการแขนงต่างๆ ทั้งทางด้านงานวิจัยการวินิจฉัยโรค และในทางวิชาการต่างๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี วัสดุศาสตร์ ชีววิทยา เซลล์วิทยา พฤกษศาสตร์ ชีวเคมี สัตวศาสตร์ พยาธิวิทยา และเภสัชศาสตร์ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ในการศึกษาการสะสมของธาตุในตัวอย่าง

ในปัจจุบันมีการพัฒนาและเพิ่มเติมส่วนอุปกรณ์ต่างๆ จึงทำให้สามารถทำการวิเคราะห์ธาตุ การคำนวณหามวลและปริมาตรได้ ที่เรียกว่า Energy Dispersive X-ray

² เวคิน นพนิตย์, เรื่องเดียวกัน, 1-20.

Spectroscopy: EDAX หรือ EDS เพื่อตรวจหาธาตุในตัวอย่างโดยใช้หลักการของเอ็กซ์เรย์ ซึ่งแสดงผลในรูปแบบของตัวเลขและกราฟ ซึ่งอุปกรณ์เสริม x-ray Spectroscop เป็นเทคนิควิเคราะห์โดยอาศัย รังสีเอกซ์ (X-ray) ด้วยเทคนิคระบบที่วัดเป็นพลังงาน (energy dispersive) ซึ่งในการใช้รังสีเอกซ์วิเคราะห์ธาตุในวัตถุ (matter) โดยรังสีเอกซ์พุ่งเข้าชนทำปฏิกิริยากับธาตุ เกิดการดูดกลืนของเอกซเรย์ทำให้อะตอมได้รับการกระตุ้น (excite) ให้เปลี่ยนระดับพลังงานจากสภาวะปกติ (ground state) สู่อะตอมที่ถูกกระตุ้น (excited state) ที่ไม่เสถียรอะตอมจะกลับสู่สภาวะปกติ โดยการเปลี่ยนระดับพลังงาน (transition) ของอิเล็กตรอนเกิดการคายคลื่นแสง (emission of radiation) ออกมาในรูปของฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งเทคนิคนี้เรียกว่า x-ray fluorescence ได้พัฒนาขึ้นและเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางและได้มีการนำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างประเภทอื่น ๆ มากมาย เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบเทคนิคนี้กับวิธีวิเคราะห์อื่นๆ ก็คือ เครื่องมือที่ใช้มีส่วนประกอบไม่ยุ่งยาก สามารถตรวจสอบได้รวดเร็วและสะดวก สามารถวิเคราะห์ธาตุเดี่ยวทีละธาตุ (sequential) หรือวิเคราะห์หลายธาตุพร้อมกัน (simultaneous) ซึ่งเทคนิคนี้เป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ได้ง่าย รวดเร็ว และไม่ทำลายวัตถุ³

เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ใช้ในงานวิจัย

หลังจากทำความสะอาดตัวอย่างเรียบร้อยแล้วจึงนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope –EDS หรือเรียกว่า SEM เนื่องจากว่าในการขอใช้เครื่องมือข้อจำกัดในด้านเวลา ดังนั้น จึงต้องกระจายโบราณวัตถุไปวิเคราะห์ในสถาบันหรือองค์กรที่มีเครื่องชนิดนี้เพื่อให้สามารถวิเคราะห์โบราณวัตถุได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยเครื่อง SEM ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 3 เครื่องด้วยกัน ดังนี้

1. เครื่อง Scanning Electron Microscope : Low Vacuum Scanning Electron Microscope ณ ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กตรอน สถาบันการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รุ่น JEOL JSM-5910LV เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่สามารถทำงานในภาวะสุญญากาศต่ำ ชิ้นงานขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถบรรจุได้คือ 20 เซนติเมตร มีระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมให้ง่ายต่อการใช้งาน ติดตั้งพร้อม secondary electron detector, backscattered electron detector และ energy

³ อูรวรรณ อุ่นแก้ว, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์,” วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 44, 140 (มกราคม 2539) : 28-31.

dispersive X-ray Microanalyser (EDAX/EDS) สามารถขยายภาพได้ต่ำที่สุดที่ 0.5 ไมครอน หรือ 500 nm⁴ (ดูภาพที่ 92)



ภาพที่ 92 เครื่อง Scanning Electron Microscope: JEOL JSM-5910LV

(ภาพจากศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

2. Field Emission Scanning Electron Microscope ณ ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รุ่น JEOL JSM-6335F เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์แบบส่องกราดที่มีแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนแบบ cold cathode field emission มีระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมให้ง่ายต่อการใช้งาน ติดตั้งพร้อม secondary electron detector, backscattered electron detector และ energy dispersive X-ray Microanalyser (EDAX/EDS) สามารถขยายภาพได้ต่ำที่สุดที่ 1.5 nm ที่ 15 kV เหมาะสำหรับใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ (ดูภาพที่ 93)

⁴ “ศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวท-มช),” (ม.ป.ท., ม.ป.ป.). (แผ่นพับ)



ภาพที่ 93 เครื่อง Scanning Electron Microscope : JEOL JSM-6335F

(ภาพจากศูนย์วิจัยและบริการจุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์ สถาบันบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

3. Scanning Electron Microscope ณ บริษัท COAX GROUP CORPORATION จำกัด กรุงเทพมหานคร รุ่น HITACHI SU-1500 เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนแบบ Tungsten hairpin filament ขนาดของชิ้นงาน 15 เซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง) และสูง 6 เซนติเมตร มีระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมให้่ง่ายต่อการใช้งาน ติดตั้งพร้อม secondary electron detector, backscattered electron detector และ energy dispersive X-ray Microanalyser (EDAX/EDS) (ดูภาพที่ 94)



ภาพที่ 94 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ณ บริษัทโครแอกซ์ จำกัด มหาชน
(ภาพจากบริษัท โครแอกซ์ จำกัด มหาชน)

องค์ประกอบของธาตุที่วิเคราะห์

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุได้กำหนดกลุ่มธาตุตามลักษณะของการเกิดแก้ว⁵ มีกลุ่มธาตุ ดังนี้

1. กลุ่มธาตุที่ช่วยก่อตัวให้เป็นรูปร่างและขึ้นรูป(คงสภาพ) มีดังนี้
 - 1.1 ซิลิกอน (silicon, Si) ซึ่งอยู่ในรูปของซิลิกา (silica, silicon dioxide, SiO₂)
 - 1.2 แคลเซียม (calcium, Ca) ซึ่งอยู่ในรูปของแคลไซต์ หรือไลม์ (calcium oxide, lime, CaO)
 - 1.3 อลูมินานัม หรือ อลูมิเนียม (aluminum, aluminium, Al) ซึ่งอยู่ในรูปของอลูมินา หรือ อลูมินัม/อลูมิเนียมออกไซด์ (alumina, aluminum/aluminium oxide Al₂O₃)
 - 1.4 แมกนีเซียม (magnesium, Mg) ซึ่งอยู่ในรูปของแมกนีเซีย หรือ แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesia, magnesium oxide, MgO)
2. กลุ่มของธาตุที่ช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย มีดังนี้
 - 2.1 โซเดียม (sodium, Na) ซึ่งอยู่ในรูปของ soda ash (sodium oxide, Na₂O)
 - 2.2 โพแทสเซียม (potassium, K) ได้มาจากการขี้เถ้าของไม้ ซึ่งอยู่ในรูปของโพแทส หรือโพแทสเซียมออกไซด์ (potash, potassium oxide, K₂O)
 - 2.3 ตะกั่ว (lead, Pb)⁶ ซึ่งอยู่ในรูปของตะกั่วออกไซด์ (lead oxide, PbO)
3. กลุ่มของธาตุอื่นๆ ที่มีปริมาณไม่มาก มีผลต่อการให้สีต่างๆ และเพิ่มความวาวใสของแก้ว ทั้งที่อยู่ในรูปของโลหะ และออกไซด์ หรือสารประกอบอื่นๆ มีดังนี้
 - 3.1 ตะกั่ว (lead, Pb) ให้สีเหลือง และก่อให้เกิดความวาว
 - 3.2 เหล็ก (iron, Fe) ให้สีใสอมเหลือง เขียว ฟ้ำ สีน้ำตาล
 - 3.3 ทองแดง (copper, Cu) ให้สีแดง หรือ สีน้ำตาลแดง สีฟ้า สีน้ำเงิน
 - 3.4 โคบอลท์ (cobalt, Co) ให้สีน้ำเงินเข้ม หรือสีฟ้า Turquoise
 - 3.5 ทอง (gold, Au) ให้สีเหลือง ชมพู และแดง

⁵ Dissubieux, L & Lankton, J. W. "Early Glass in Maritime Trade : A Review and an Interpretation of Compositionall Analyses," *Journal of Glass Studies*, 48 (2006) : 121-144.

⁶ อ.พันโท ดร. พิศุทธิ์ ดารารัตน์ แนะนำว่าการเติมตะกั่วในส่วนผสมแก้วเพื่อช่วยให้แก้วหลอมละลายในอุณหภูมิที่ต่ำลง และถ้าเติมในปริมาณที่มาก จะให้สีเหลือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีร่วมของตัวอื่นๆ ด้วย

- 3.6 ดีบุก (tin, Sn) ให้สีขาวขุ่น (opaque)
- 3.7 คลอรีน (chlorine, Cl)
- 3.8 ซัลเฟอร์ (sulfur, S)
- 3.9 เงิน (silver, Ag)
- 3.10 ฟอสฟอรัส (phosphorus, P)
- 3.11 ไทเทเนียม (Titanium, Ti)
- 3.12 แบเรียม (barium, Ba)

ข้อสังเกตในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้ว

ข้อสังเกตนี้เป็นข้อจำกัดขององค์ประกอบทางเคมีของแก้วโบราณ ซึ่งมีผลต่อการตีความทางโบราณคดี มีหลักการดังนี้⁷

1. องค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่มีค่าธาตุต่างๆ ที่แน่นอน เนื่องจากช่างในสมัยโบราณไม่ได้กำหนดสัดส่วนของปริมาณแร่ธาตุต่างๆ อย่างตายตัว แต่เกิดจากประสบการณ์ในการผลิตแก้วและการเรียนรู้พัฒนาขึ้นตามยุคสมัย
2. ปริมาณของธาตุแต่ละชนิด อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อผ่านระยะเวลาและสภาพแวดล้อม เช่น แก้วที่ถูกฝังอยู่ในดินเป็นเวลานาน องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ภายในดิน อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับแก้ว โดยอาจแทรกตัวเข้าไปตามรอยแตกของแก้ว และฝังตัวอยู่ในเนื้อแก้ว หรืออาจทำปฏิกิริยากับผิวหนังด้านนอกของแก้ว และยากต่อการทำความสะอาด ซึ่งอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์

ชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่พบในภาคใต้ของประเทศไทย

จากข้อมูลที่ได้จากการขุดค้นและสำรวจในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทย ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดีทางด้านกายภาพและวิทยาศาสตร์ ในแหล่งโบราณคดีต่อไปนี้ต่อไป

1. แหล่งภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง ***

⁷ Dissubieux, L and Lankton, J. อ้างถึงใน ผุสดี รอดเจริญ, “การศึกษาแก้วสมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่พบในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย,” (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ คณะโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548), 203-204.

2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา
3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา
4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่
5. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี
6. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี
7. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

ซึ่งในส่วนของการศึกษาชิ้นส่วนภาชนะแก้วในการศึกษาครั้งนี้ มีทั้งการศึกษาทางด้านกายภาพและทางวิทยาศาสตร์ของชิ้นส่วนเครื่องแก้วภาชนะแก้ว โดยจะมีทั้งชิ้นส่วนตัวอย่างเครื่องแก้วที่แสดงถึงผลการศึกษาเฉพาะลักษณะทางกายภาพเพียงอย่างเดียว และตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย ซึ่งการคัดเลือกตัวอย่างจะมีตัวอย่างทั้งที่ได้จากการสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดี แต่เนื่องจากชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบจากการขุดค้นพบไม่มากนัก บางแหล่งพบจากการสำรวจ ดังนั้น ในการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์จึงเลือกตัวอย่างที่ได้จากการขุดค้นถูกต้องตามหลักวิชาการและจากการสำรวจในบางส่วน ส่วนข้อมูลที่ได้จากการสำรวจบางส่วนและอยู่ในพิพิธภัณฑ์จะนำเสนอเพียงข้อมูลพื้นฐานเท่านั้น ดังนั้น โบราณวัตถุบางชิ้นจะนำเสนอเพียงลักษณะทางกายภาพ เนื่องจากต้องการให้เห็นถึงลักษณะของแก้วโบราณที่หลากหลาย แต่บางชิ้นมีการวิเคราะห์ร่วมเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีร่วมด้วย

แหล่งโบราณคดีที่สามารถนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วไปวิเคราะห์วิทยาศาสตร์ได้ทั้งหมด 6 แหล่ง มีเพียงชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัยไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากเก็บรักษาอยู่ในคลังของพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ การศึกษาเครื่องแก้วโบราณที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเล มีการศึกษาทางด้านกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี ในแหล่งโบราณคดี ดังต่อไปนี้

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง

จากการขุดค้นพบชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วทั้งหมด 28 ชิ้น และมีตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จำนวน 15 ตัวอย่าง แบ่งเป็นชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวน 9 ตัวอย่าง เศษแก้วและก้อนแก้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง และลูกปัดแก้ว 3 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสี ได้แก่ สีเขียว, เหลือง, น้ำเงิน, ฟ้า, ดำ และน้ำตาลแดง มีการศึกษาและวิเคราะห์ดังนี้

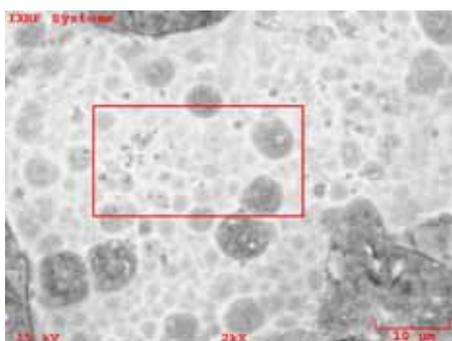
1.1 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วแบบหลากสี มีพื้นสีเขียวลายดอกสีเหลือง (Mosaic Glass or Millefiori)



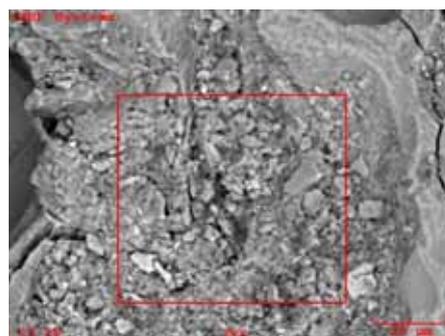
ตัวอย่างชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วแบบหลายสี (สีเขียวและสีเหลือง)

ภาพที่ 95 ด้านหน้า

ภาพที่ 96 ด้านหลัง



ภาพที่ 97 โครงสร้างเนื้อแก้วสีเขียว



ภาพที่ 98 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีเหลือง

เลขทะเบียนถุง/รหัส	#002 / PKT001 (ARN05)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	60-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.42 X 2.20 X 0.3
น้ำหนัก (กรัม)	1.42
สี (colour)	สีเขียว และสีเหลือง
ค่าสี :	
	Munsell colour system เขียว : 10 GY 3/10 เหลือง : 2.5 GY 8/10
	GIA GEMSET Manual เขียว : 5lyG 8/3 เหลือง : Y 5/4
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว

ลักษณะทั่วไป

มีคุณสมบัติโปร่งแสงและทึบแสงสี มีสองสี (polychrome) พื้นหลังเป็นสีเขียว มีลายดอกไม้สี เหลืองประดับอยู่บนเนื้อแก้วสีเขียว พบร่องรอยของการกัดกร่อนของเนื้อแก้วสีเขียว (Corrosion) จากการมองด้วยตาเปล่า

การขึ้นรูป

ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

องค์ประกอบ

ดูในตาราง

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
เขียว	73.27	6.85	4.19	1.47	2.9	2.49	1	0.36	4.48	0.3	1.96	0.73	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
เหลือง	50.35	22.79	2.08	1.14	4.95	6.43	1.29	0.82	8.21	0.16	0.58	1.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

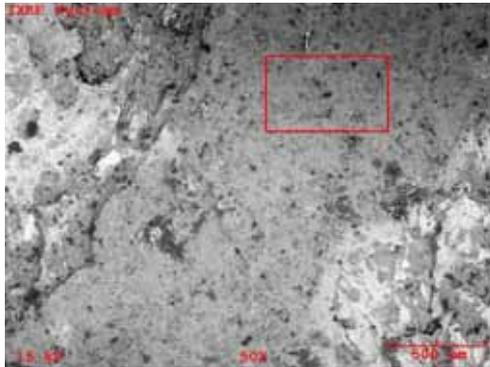
1.2. ชิ้นส่วนแก้วโมเสก (Mosaic Glass) พื้นสีน้ำเงิน มีลายดอกไม้สีแดงบนพื้นขาว



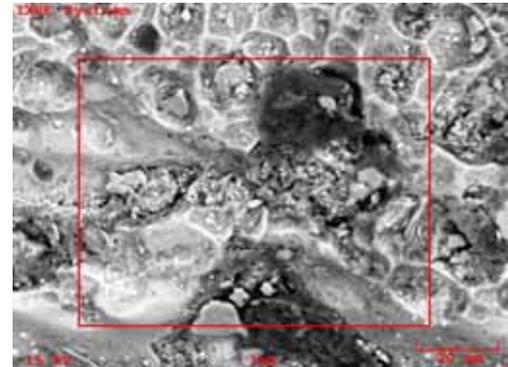
ภาพที่ 99 ตัวอย่างแก้วโมเสกด้านหน้า



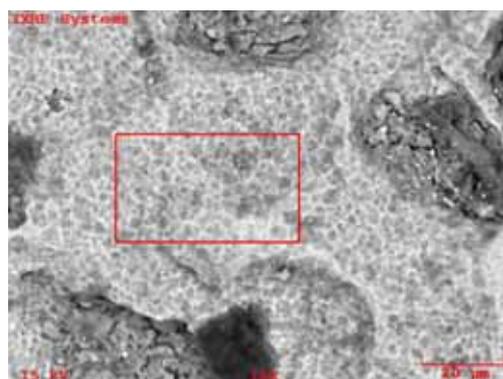
ภาพ 100 ตัวอย่างแก้วโมเสกด้านหลัง



ภาพที่ 101 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีขาว



ภาพที่ 102 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 103 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีแดง

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส
ที่มา

SC0011 / PKT002 (BRN06)
จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1

ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	Layer 1
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.15 X 2.0 X 0.35
น้ำหนัก (กรัม)	1.12
สี (colour)	น้ำเงิน แดง และขาว
ค่าสี :	

Munsell colour system น้ำเงิน : 7.5 PB 2/2 , แดง : 7.5 R 4/14, ขาว – ไม่มี
- ค่าสี

GIA GEMSET Manual น้ำเงิน : B8/3, แดง : rO4/5 , ขาว -ไม่มีค่าสี

ประเภทชั้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณสมบัติที่บดแสง สีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงิน มีลายดอกไม้ สีแดงเป็นจุดบนพื้นสีน้ำเงิน มีร่องรอยการกัดกร่อนบน พื้นผิว (Corrosion) โดยพบรูเล็กๆ กระจายอยู่บนเนื้อ แก้ว (ตาเปล่า)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

ชนิด	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
น้ำเงิน	55.62	11.05	3.37	2.19	3.88	6.31	1.26	0.08	13.86	0.55	0.87	0.65	0.3	<0.01	<0.01	<0.01
แดง	58.76	3.64	6.08	13.57	4.88	1.85	1.78	2.91	4.57	0.28	1.03	0.3	0.38	<0.01	<0.01	<0.01
ขาว	72.03	9.98	2.17	1.41	2.79	3.49	1.63	0.52	5.61	0.04	0.25	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	<0.01

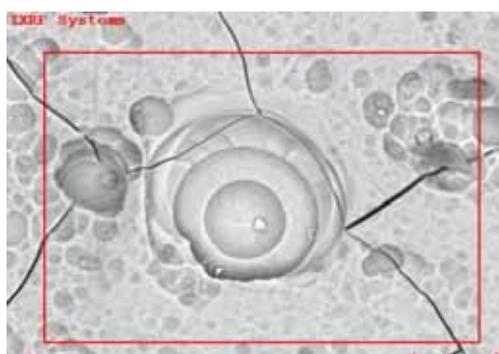
1.3 ลำตัวชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีเขียวออกเหลืองมีลายจุดสีเหลืองเข้มบนพื้นผิว



ภาพที่ 104 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วด้านหน้า



ภาพที่ 105 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วด้านหลัง



ภาพที่ 106 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีเหลือง



ภาพที่ 107 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีเหลืองเข้ม

เลขทะเบียนฤๅ/ รหัส	#003/ PKT003 (CRN06)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	100-110
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.28 X 1.9 X 0.25
น้ำหนัก (กรัม)	1.03
สี (colour)	เหลืองออกเขียว (อ่อน) และเหลือง
ค่าสี :	
	Munsell colour system เหลืองใส 5 GY 8/8
	GIA GEMSET Manual เหลืองใส/จาง : YG/GY 5/4 , เหลืองทึบ : Y 4/5
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว

ลักษณะทั่วไป

เป็นแก้วหลายสี (Polychrome) มีสีเหลืองออกเขียว (อ่อน) เป็นพื้น ตกแต่งด้วยลายจุดสีเหลืองเข้ม ซึ่งเป็นแก้วที่มีความโปร่งใสและโปร่งแสง (เข้ม) มีร่องรอยของฟองอากาศแบบเรียวยาวปรากฏในเนื้อแก้ว และมีการตกแต่งด้วยการแต้มสีเหลืองที่บนพื้นผิวภาชนะแก้ว

การขึ้นรูป

ขึ้นรูปด้วยการเป่า

องค์ประกอบ

ดูในตาราง

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
เหลือง (ใส)	20.33	8.75	10.7	2.55	2.84	2.69	2.87	<0.01	46.49	2.49	<0.01	<0.01	0.27	<0.01	<0.01	<0.01
เหลือง (ทึบ)	42.54	14.18	2.73	4.8	2.62	5.36	1.07	<0.01	25.44	0.74	<0.01	<0.01	0.51	<0.01	<0.01	<0.01

1.4 ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 108 ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 109 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#006/1 / PKT004 (DRN06)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	50-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.32 X 1.75 X 0.35
น้ำหนัก (กรัม)	0.20
สี (colour)	น้ำเงิน
ค่าสี :	

Munsell colour system 7.5 PB 7/12

GIS GEMSET Manual bv 6/5

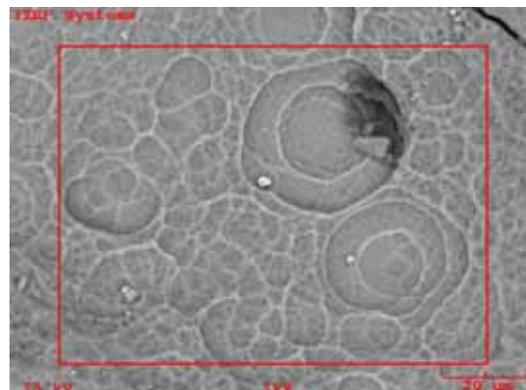
ประเภทชิ้นส่วน	ก้น
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วสีเดียว (monochrome glass) โปร่งแสง สังกะสี เห็นความโค้งของฐานก่อนขึ้นรูปภาชนะได้ และบริเวณ กึ่งกลางมีร่องรอยที่เกิดจากการขึ้นรูปขณะเป่า
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
85.23	2.05	1.22	0.59	2	1.66	0.3	1.31	4.88	0.5	0.28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	

1.5 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง(จาง)



ภาพที่ 110 ลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง



ภาพที่ 111 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#002/1 / PKT005 (ERN06)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.2 X 1.6 X 0.18
น้ำหนัก (กรัม)	0.42
สี (colour)	เหลือง (จาง)
ค่าสี :	

Munsell colour system 5 GY 8/8

GIA GEMSET Manual YG/GY 4/3

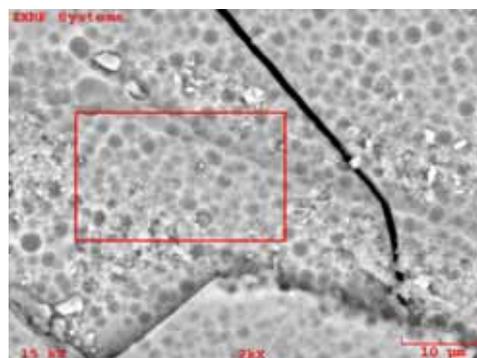
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วแบบโปร่งแสง มีสีเดียว (Monochrome) มีสีเหลืองจาง
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
85.03	4.59	4.09	2.02	1.57	1.05	0.98	<0.01	<0.01	0.5	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	<0.01	<0.01

1.7 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 114 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 115 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#005/ PKT007 (F2RN06)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.72 X 0.95 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	0.31
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GY 8/12

GIA GEMSET Manual YG GY 5/3

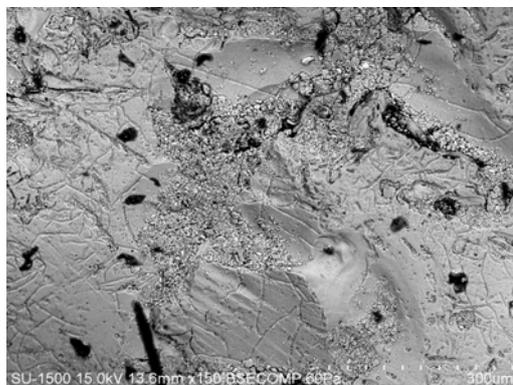
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีสีเขียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อนอย่างเห็นได้ชัดเจนบนพื้นผิวของแก้ว
การขึ้นรูป	การเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
84.63	6.91	0.51	0.2	0.6	2.42	0.2	0.3	3.88	0.22	<0.01	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	<0.01

1.8 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีเขียว



ภาพ 116 ก้อนแก้วสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 117 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

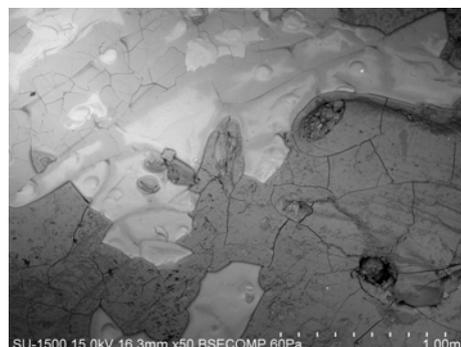
เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#003/1 / PKT008 (ARN)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.32 X 2.1 X 1.18
น้ำหนัก (กรัม)	3.37
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	
	Munsell colour system 10 GY 8/10
	GIA GEMSET Manual G 5/1
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้ว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
75.5	9.41	1.25	0.37	5.58	2.49	0.94	0.3	2.7	0.08	0.67	<0.01	0.55	0.14	<0.01	<0.01

1.9 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีดำ



ภาพที่ 118 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 119 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

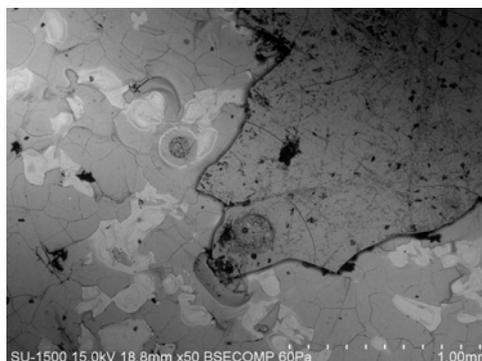
เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#0007 / PKT009 (NTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	120-130
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1 X 1.08 X 0.65
น้ำหนัก (กรัม)	1.09
สี (colour)	ดำ
ค่าสี :	
Munsell colour system	ไม่มีค่าสี
GIA GEMSET Manual	ไม่มีค่าสี
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้ว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วทึบแสง
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
59.69	7.96	1.51	0.97	3.81	1.64	0.95	<0.01	18.62	1.36	1.64	<0.01	0.26	0.16	0.63	0.76

1.10 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 120 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 121 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/รหัส	#0012/ PKT010 (CRNTP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	120-130
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.7 X 1.35 X 0.42
น้ำหนัก (กรัม)	0.52
สี (colour)	น้ำเงิน

ค่าสี :

Munsell colour system 7.5 PB 1/14

GIA GEMSET Manual vB 5/5

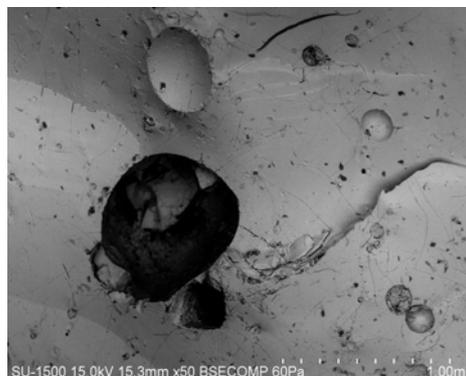
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้วสีน้ำเงิน ทึบแสง
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะทึบแสง มีร่องรอยการกัดกร่อนบนผิวแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
65.21	1.41	1.01	0.6	6.44	1.08	0.36	0.2	21.82	0.55	0.37	<0.01	0.01	0.2	0.47	0.25

1.11 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำตาล



ภาพที่ 122 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีน้ำตาล



ภาพที่ 123 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#008/ PKT011 (DRNTP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2548, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	90-100
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.82 X 2.05 X 0.95
น้ำหนัก (กรัม)	3.09
สี (colour)	น้ำตาล
ค่าสี :	

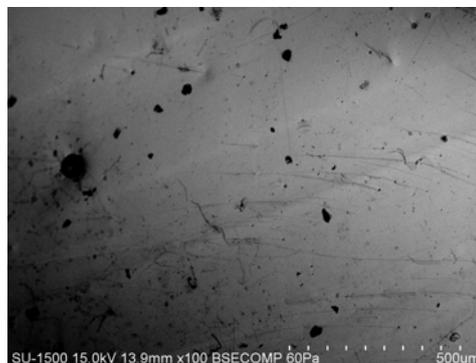
Munsell colour system 10 YR 1/2

GIA GEMSET Manual yO 7/3

ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้ว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง ลักษณะเหมือนเป็นก้อนแก้วที่เกิดจากการหลอมลูกปัดแก้ว (reuse)
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
63.72	3.85	2.36	2.33	2.41	0.52	0.63	<0.01	20.53	1.82	0.19	<0.01	0.09	0.18	0.51	0.86

1.12 ก้อนแก้วสีเขียว (เข้ม)



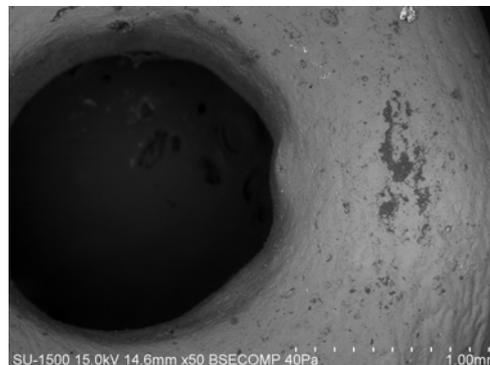
เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#0002/ PKT012 (RN7-001)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	60-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.25 X 3.35 X 1.55
น้ำหนัก (กรัม)	12.14
สี (colour)	เขียว (เข้ม)
ค่าสี :	
	Munsell colour system 10 GY 1/4
	GIA GEMSET Manual styG 6/4
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้ว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วสีเขียว (monochrome) มีร่องรอยของ ฟองอากาศรูปทรงกลม และมีสิ่งเจือปนในแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
57.44	2.27	0.06	1.66	13.64	2.13	0.23	0.08	20.73	0.03	1.13	<0.01	0.13	<0.01	0.33	0.12

1.13 ลูกปัดแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 126 ลูกปัดแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 127 สภาพผิวแก้วด้านนอก

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#18/PKT013 (PKT018)
ที่มา	หลุมขุดค้นที่ 2 ปี พ.ศ. 2549
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	80-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	ศูนย์กลาง -0.42, หนา- 0.18
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GB 6/8

GIA GEMSET Manual vstgB 8/3

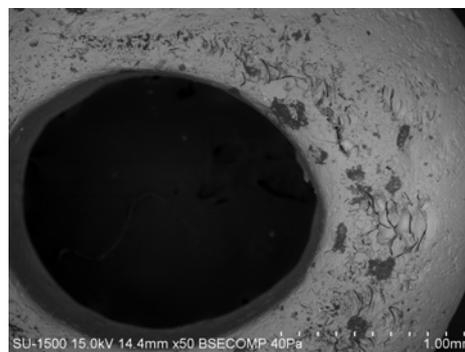
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัดแก้ว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง บริเวณพื้นผิวมีร่องรอยการกัดกร่อน
การขึ้นรูป	ดึง ยืด ตัด
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
58.79	7.79	0.61	0.16	3.98	1.14	0.59	0.1	23.62	0.29	0.35	1.24	0.12	0.09	0.06	0.53

1.14 ลูกปัดแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 128 ลูกปัดแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 129 พื้นผิวของลูกปัดแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#18/PKT014 (PKT018/1)
ที่มา	หลุมขุดค้นที่ 2 ปี พ.ศ. 2549
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	80-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	ศก.-0.32, หนา 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	น้ำเงิน
ค่าสี :	

Munsell colour system 7.5 PB 1/2

GIA GEMSET Manual B 4/5

ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัดแก้ว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง บริเวณพื้นผิวมีร่องรอยการกัดกร่อน
การขึ้นรูป	ดึง ยืด ตัด
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
71.07	1.69	1.9	1.2	0.93	2.67	0.72	0.21	14.7	1.54	1	0.55	0.01	0.47	0.51	0.84

1.15 ลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 130 ลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 131 พื้นผิวและรูของลูกปัดแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส #18/ PKT0185 (PKT018/2)

ที่มา หลุมขุดค้นที่ 2 ปี พ.ศ. 2549

ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.) 80-90

ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm) ศก.-0.3, หนา 0.2

น้ำหนัก (กรัม) -

สี (colour) น้ำตาลแดง

ค่าสี :

Munsell colour system 5 YR 1/4

GIA GEMSET Manual O 8/2

ประเภทชิ้นส่วน ลูกปัดแก้ว

ลักษณะทั่วไป มีคุณลักษณะที่บ่งชี้ บริเวณพื้นผิวมีร่องรอยการกัด

กร่อน

การขึ้นรูป -

องค์ประกอบ ดูนิตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
53.89	8.88	2.83	0.51	1.31	2.65	1.36	0.28	25.28	0.11	0.53	0.78	0.14	0.15	0.54	0.83	

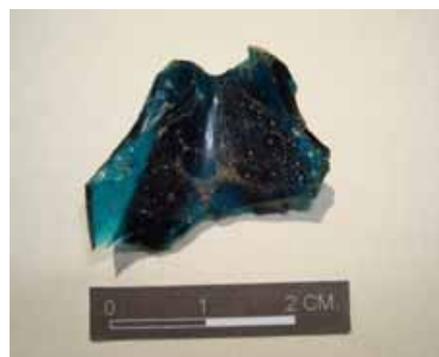
แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา

ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่นำมาวิเคราะห์ มีทั้งหมด 21 ตัวอย่าง แบ่งเป็นชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จำนวน 17 ตัวอย่าง เศษแก้ว 2 ตัวอย่าง และลูกบิดแก้ว 2 ตัวอย่าง แบ่งเป็นสี ได้แก่ สีน้ำเงิน, เขียว, ฟ้ำ, เหลือง, ม่วง, ขาว และดำ มีการวิเคราะห์ดังนี้

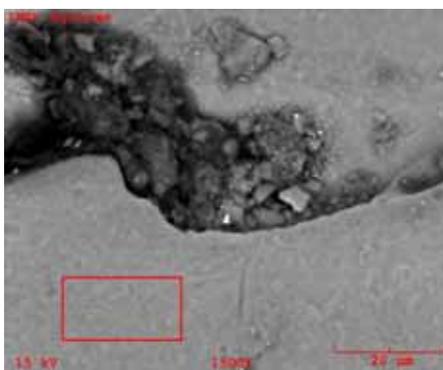
1. ชิ้นส่วนไหล่/คอภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 132 ด้านหน้าของชิ้นส่วนไหล่/คอ



ภาพที่ 133 ด้านหลังของชิ้นส่วนคอ/ไหล่



ภาพที่ 134 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#002/ NY 001 (ANYP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-80
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.01 X 1.35-2.5 X 0.38
น้ำหนัก (กรัม)	1.95

1.2 ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีม่วง



ภาพที่ 135 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีม่วง



ภาพที่ 136 โครงสร้างเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#004/ NY002 (BNYP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.38 X 2.2 X 0.35
น้ำหนัก (กรัม)	1.36
สี (colour)	ม่วงอมแดง/แดงอมม่วง/ม่วง
ค่าสี :	

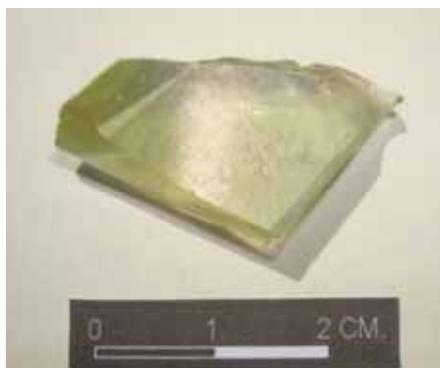
Munsell colour system 5RP 2/4

GIA GEMSET Manual RP 8/3

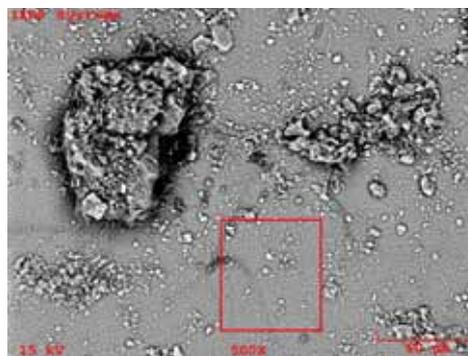
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) พบร่องรอยของฟองอากาศแบบรีวยาว ซึ่งอาจจะเกิดจากการแกว่งขณะขึ้นรูป
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์ (mould)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
76.42	6.89	1.25	1.62	1.46	1.5	0.39	0.29	8.95	0.26	0.2	0.14	0.08	0.32	0.23	<0.01

1.3 ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้วสีเขียวใส



ภาพ 137 ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้วสีเขียวใส



ภาพที่ 138 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#008/3 /NY003 (CNYP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	50-60
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.4 X 2.8 X 0.55-0.7
น้ำหนัก (กรัม)	3.06
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 GY 8/10

GIA GEMSET Manual vs/bG 5/3

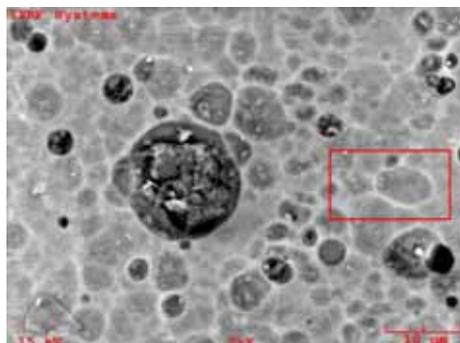
ประเภทชิ้นส่วน	ก้น
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเขียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงกลมจำนวนมาก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์ (mould)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
64.26	2.9	3.86	1.23	2.92	0.71	2.53	0.29	19.14	0.25	0.42	0.45	0.25	0.23	0.57	<0.01

1.4 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 139 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 140 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#002/ NY004 (DNYP1)
ที่มา	จากการรูดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.92 X 1.05 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.18
สี (colour)	
ค่าสี :	

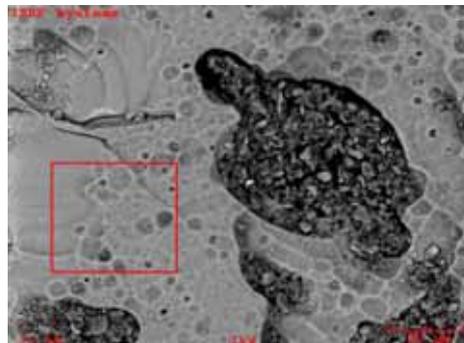
Munsell colour system 2.5 BG 4/6

GIA GEMSET Manual BG/GB 5/3

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	พบร่องรอยของฟองอากาศในเนื้อแก้วและมีการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion) บนพื้นผิว (ตาเปล่า)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
69.73	9.49	3.14	1.02	3.46	1.03	0.2	0.74	8.61	0.23	0.76	0.58	0.24	0.23	0.5	<0.01

1.5 ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้าอมเขียว



ภาพที่ 141 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้าอมเขียว

ภาพที่ 142 โครงสร้างเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#001/3/ NY005 (ENYP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.15 X 1.45 X 0.18-0.3
น้ำหนัก (กรัม)	0.36
สี (colour)	ฟ้าอมเขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 BG 6/8

GIA GEMSET Manual bG 7/3

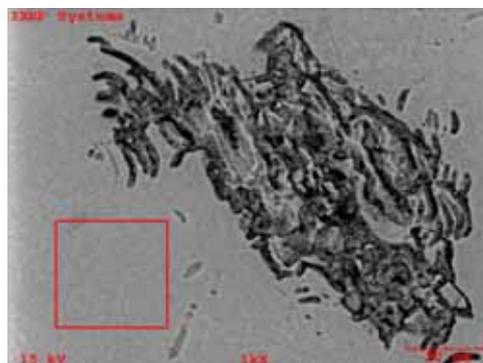
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง พบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion) และมีร่องรอยของฟองอากาศรูปร่างรีเรียวยาวเล็กๆ จำนวนมากในผิวแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
47.67	9.48	2.42	18.18	2.71	0.85	0.27	0.43	16.27	0.21	0.56	<0.01	0.22	0.2	0.28	<0.01

1.6 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียวจาง



ภาพที่ 143 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 144 ภาพโครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#007/6/ NY006 (ENYP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.4- 0.62 X 2.2 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.28
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GY 3/8

GIA GEMSET Manual bG 3/3

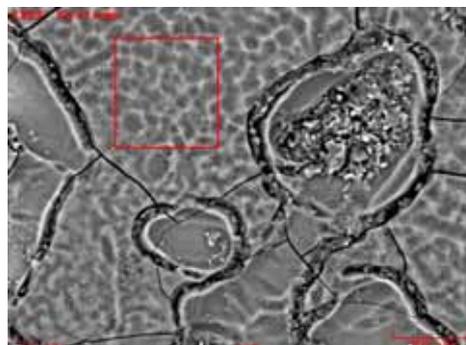
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีร่องรอยของฟองอากาศรูปร่างรีในเนื้อแก้วชัดเจน ซึ่งเกิดจากการแกว่งเพื่อขึ้นรูปขณะขึ้นรูป
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
58.39	3.58	5.26	17.1	1.88	0.76	2.62	0.34	8.16	0.29	0.43	0.4	0.09	0.23	0.37	<0.01

1.7 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 145 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว



ภาพที่ 146 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#008/1/ NY007 (GNYP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	110-120
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.23 -0.68 X 0.9 X 0.27
น้ำหนัก (กรัม)	0.15
สี (colour)	น้ำเงิน
ค่าสี :	

Munsell colour system 7.5 PB 1/6

GIA GEMSET Manual bV 6/4

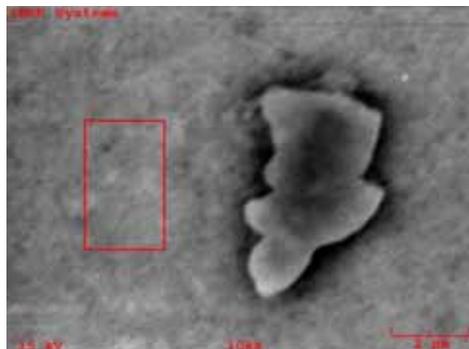
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง พบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion) และแตกร้าวในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
67.81	4.29	<0.01	0.38	0.14	0.39	0.99	<0.01	21.24	0.03	1.04	0.37	1.9	0.04	0.11	1.18

1.8 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีใส(ออกเหลือง)



ภาพที่ 147 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง



ภาพที่ 148 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#004/5/ NY008 (HNYP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-80
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.3-0.58 X 0.12 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	0.37
สี (colour)	ใส (ออกเหลือง)
ค่าสี :	

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

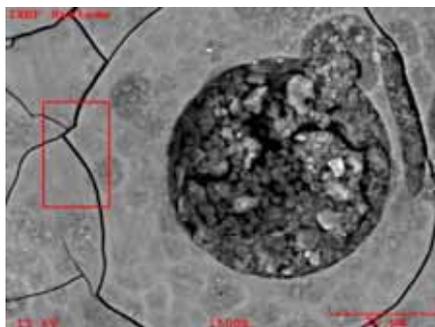
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วสีเดียว (monochrome) พบร่องรอยของ ฟองอากาศรูปทรงรีในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
50.19	1.5	4.45	10.95	3.78	0.42	2.13	<0.01	22.88	0.23	0.55	1.16	0.16	0.27	0.57	0.79

1.9 ชิ้นส่วนปากสีเขียวมรกต



ภาพที่ 149 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว



ภาพที่ 150 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#004/2/ NY009 (INYP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-80
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.18 -0.9 X 0.18 X 0.32
น้ำหนัก (กรัม)	0.44
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 GB 3/6

GIA GEMSET Manual bG 7/3

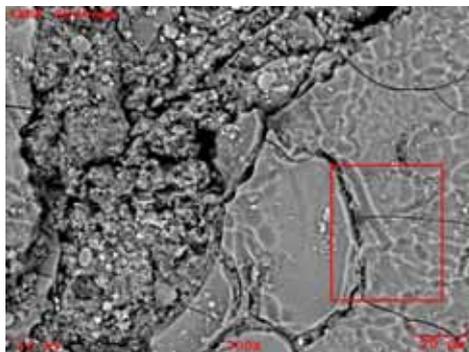
ประเภทชิ้นส่วน	ปาก
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเขียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศรูปร่างยาว พบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
55.92	2.96	3.02	13.44	2.19	0.9	0.61	0.17	17.24	0.37	0.63	0.27	0.18	0.44	0.53	1.2

1.10 ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 151 ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

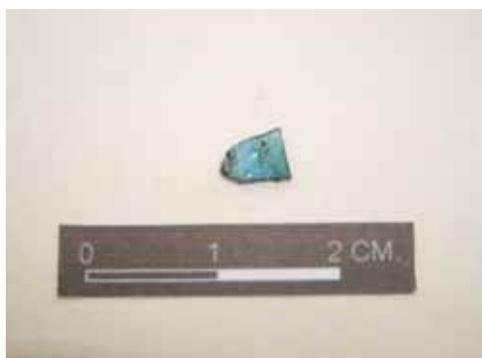


ภาพที่ 152 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

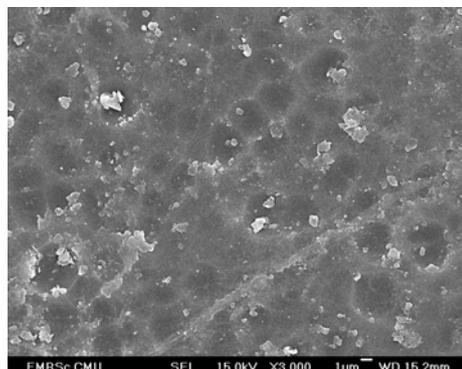
เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#003/1 / NY010 (JNYP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	80-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.92 X 0.12 X 0.27
น้ำหนัก (กรัม)	0.45
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	
	Munsell colour system 5 GY 5/8
	GIA GEMSET Manual YG/GY 7/3
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	พบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
66.48	4.93	<0.01	0.56	0.33	0.82	1.31	0.35	21.48	0.03	0.54	1.74	0.28	0.11	0.58	0.44

1.11 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 153 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว



ภาพที่ 154 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#001/ NY011 (NY001a)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.38 X 0.5 X 0.1
น้ำหนัก (กรัม)	0.02
สี (colour)	สีฟ้า

ค่าสี :

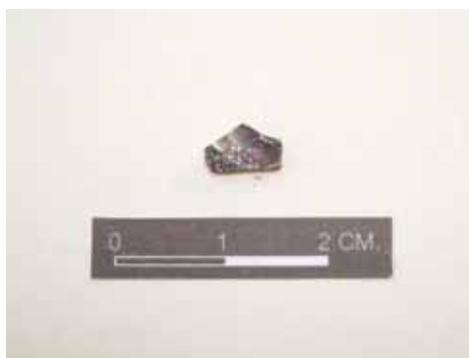
Munsell colour system 7.5 PB 1/2

GIA GEMSET Manual vstgB 8/3

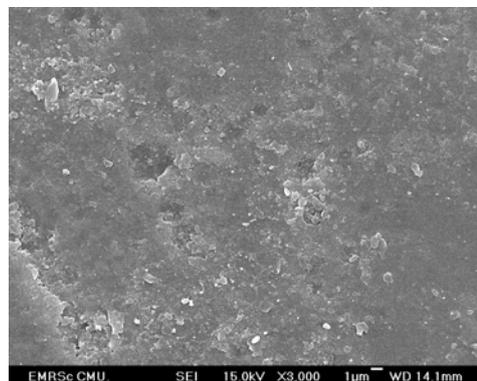
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
60.08	8.26	3.59	3.2	3.72	1.05	0.54	0.16	15.73	0.73	1.24	<0.01	0.06	<0.01	0.69	0.97

1.12 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีม่วง



ภาพที่ 155 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีม่วง



ภาพที่ 156 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนเลข/ รหัส	#004 / NY012 (NY002a)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.42 X 0.68 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.06
สี (colour)	ม่วง/ม่วงอมแดง
ค่าสี :	

Munsell colour system 5 RP 2/4

GIA GEMSET Manual rP 8/3

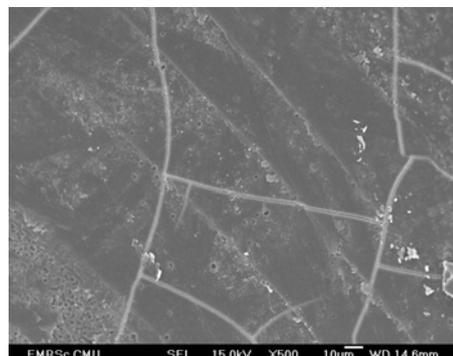
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง เห็นร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงวงรี มีขนาดเล็ก กระจายอยู่ทั่วภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
66.87	4.14	3.26	0.41	0.47	1.67	1.3	0.55	18.09	0.74	0.58	<0.01	0.18	0.35	0.19	<0.01	

1.13 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 157 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 158 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#007/5/ NY013 (NY006a)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.22X 0.5 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	

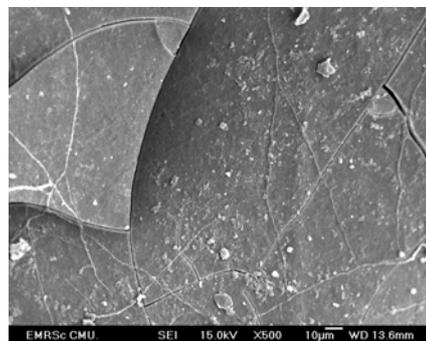
Munsell colour system 2.5 BG 4/6

GIA GEMSET Manual GB/BG 5/3

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง พบร่องรอยของฟองอากาศรูปวงรี มีร่องรอยการแตกร้าวที่ผิวแก้ว และการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
63.16	7.4	1.45	0.51	1.03	3.59	0.59	0.32	18.75	0.35	<0.01	<0.01	0.28	0.72	0.79	1.06	

1.14 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว (มรกต)



ภาพที่ 159 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว

ภาพที่ 160 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#007/1/1/ NY014 (NY008a)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.43 X 1.05 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	0.18
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

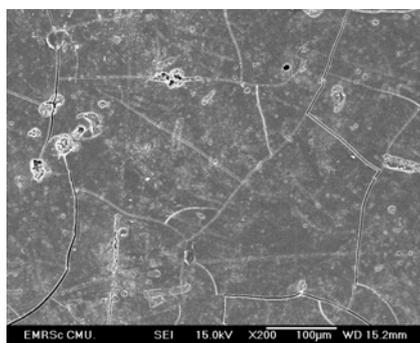
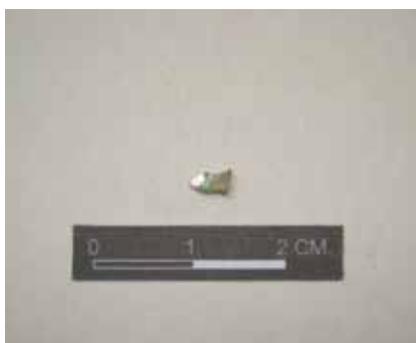
Munsell colour system 10 GY 3/8

GIA GEMSET Manual G 7/4

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	แก้วโปร่งแสง พบร่องรอยการแตกร้าวที่ผิวแก้ว และร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
62.84	10.02	1.19	1.15	0.97	2.46	0.36	0.87	17.33	0.78	1.18	<0.01	0.11	0.24	0.5	<0.01

1.15 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียวอ่อนใส



ภาพที่ 161 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน

ภาพที่ 162 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

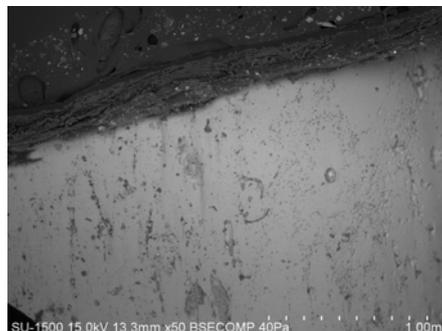
เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#001/1 / NY015 (NY009a)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.25 X 0.4 X 0.08
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	
	Munsell colour system 10 GY 9/6
	GIA GEMSET Manual G 5/1
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	พบร่องรอยการแตกร้าวที่ผิวแก้ว และพบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
72.12	2.78	1.28	0.35	0.87	1.88	0.93	0.28	14.99	0.12	0.81	0.85	0.33	<0.01	2.12	0.31

1.16 ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ



ภาพที่ 163 ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ



ภาพที่ 164 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#006/1 / NY016 (NY006/1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	90-100
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.6 X 0.62 X 0.42
น้ำหนัก (กรัม)	0.54
สี (colour)	ดำ

ค่าสี :

Munsell colour system ไม่ปรากฏค่าสี

GIA GEMSET Manual ไม่ปรากฏค่าสี

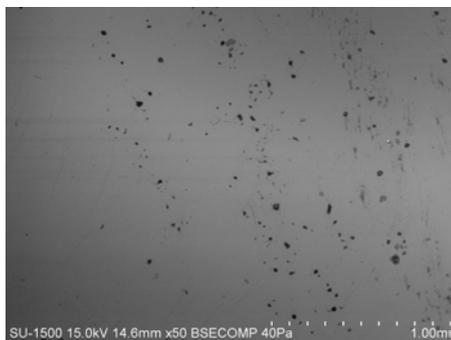
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
64.25	3.63	7.28	0.75	0.75	3.75	1.15	0.02	18.02	0.29	0.63	0.31	0.16	0.27	0.63	0.73

1.17 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีขาว



ภาพที่ 165 ชิ้นส่วนลำตัวสีขาว (ชิ้น)



ภาพที่ 166 ลักษณะบริเวณพื้นผิวของเนื้อแก้ว

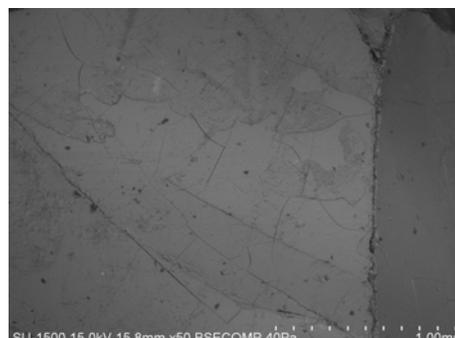
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#NY006/3 / NY017 (NY006/3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	90-100
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ขาว (ชิ้น)
ค่าสี :	
Munsell colour system	ไม่ปรากฏค่าสี
GIA GEMSET Manual	ไม่ปรากฏค่าสี
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
79.34	3.93	5.89	0.31	0.68	1.02	0.94	0.58	4.56	1.17	0.29	0.18	0.16	0.36	0.33	0.27

1.18 เศษแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 167 เศษแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 168 บริเวณพื้นผิวของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#NY0013/ NY018 (NY0013)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.42 X 0.48 X 0.25
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	น้ำเงิน
ค่าสี :	

Munsell colour system 7.5 PB1/12

GIA GEMSET Manual bV 6/4

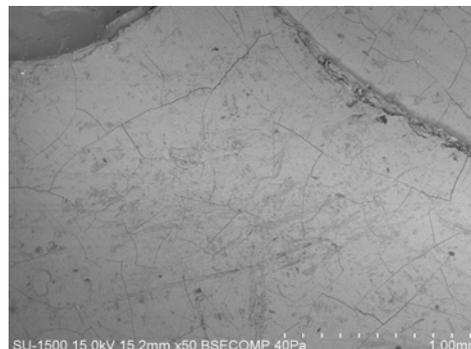
ประเภทชิ้นส่วน	เศษแก้ว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
75.15	7.31	4.12	0.71	0.32	2.59	0.84	<0.01	6.11	0.13	0.43	<0.01	0.15	0.4	0.88	0.87

1.19 เศษแก้วสีดำ



ภาพที่ 169 เศษแก้วสีดำ



ภาพที่ 170 บริเวณพื้นผิวของเนื้อแก้ว

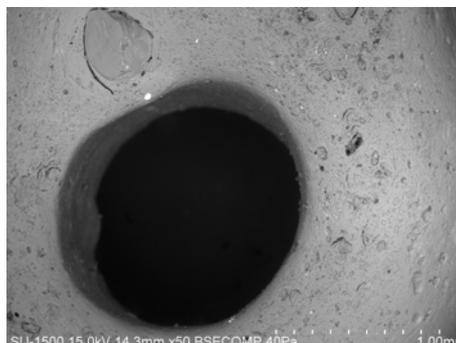
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#001/2 / NY019 (NY001/2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.45 X 0.35 X 0.15
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ดำ
ค่าสี :	
Munsell colour system	ไม่ปรากฏค่าสี
GIA GEMSET Manual	ไม่ปรากฏค่าสี
ประเภทชิ้นส่วน	เศษแก้ว
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง-โปร่งแสง
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
70.9	4.26	3.77	0.08	0.25	2.28	1.22	0.39	14.02	0.14	0.22	0.06	0.03	0.07	0.78	0.77

1.20 เศษแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 171 ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 172 พื้นผิวของลูกบิดแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#NY0014 / NY020 (NY0014)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	70-90
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	ศก.-.35, หนา-0.18
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	น้ำตาลแดง
ค่าสี :	

Munsell colour system 5 YR 1/4

GIA GEMSET Manual O 8/3

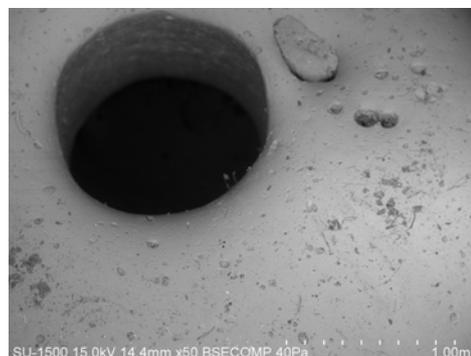
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกบิดแก้ว
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง
การขึ้นรูป	ดึง ยืด ตัด
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
58.19	11.22	2.86	3	1.41	3.69	0.74	0.84	13.6	0.17	2.19	0.67	0.09	0.57	0.61	0.86

1.20 ลูกปัดแก้วสีดำ



ภาพที่ 173 ลูกปัดแก้วสีดำ



ภาพที่ 174 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#001/2 /NY021 (NY001/2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	ศก.0.4, หนา 0.22
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ดำ
ค่าสี :	
Munsell colour system	ไม่ปรากฏค่าสี
GIA GEMSET Manual	ไม่ปรากฏค่าสี
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัดแก้ว
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง-โปร่งแสง
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
70.41	10.5	1.072	7.97	1.19	2.52	0.7	0.65	<0.01	0.11	0.5	0.44	<0.01	0.24	0.59	0.82

แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

ชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่นำมาวิเคราะห์มี จำนวน 15 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จำนวน 14 ตัวอย่าง และก้อนแก้วหลอม 1 ตัวอย่าง สีของแก้วมี สีเขียว 4 ตัวอย่าง สีฟ้า 4 ตัวอย่าง สีน้ำเงิน 2 ตัวอย่าง ขาวใส(ออกเหลือง) 1 ตัวอย่าง ใสออกน้ำตาล 2 ตัวอย่าง ใส 1 ตัวอย่าง มีผลวิเคราะห์ต่อไปนี้

1.1 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 175 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 176 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีเขียว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#3/00/ KKK001 (GTP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.32 X 1.6 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	0.73
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GY 8/12

GIA GEMSET Manual G 5/1

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศภายในเนื้อแก้วจำนวนมาก และมีร่องรอยของการกัดกร่อน รวมทั้งการแตกร้าวของเนื้อแก้ว

การขึ้นรูป
องค์ประกอบ

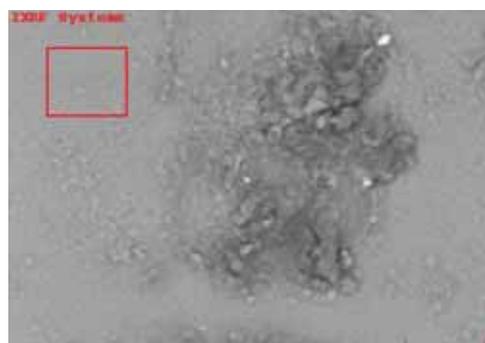
ขึ้นรูปด้วยการเป่า
ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
70.27	3.32	4.64	13	3.52	0.94	3.08	0.3	<0.01	0.72	<0.01	<0.01	0.19	<0.01	<0.01	<0.01

1.2 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 177 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 178 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#002/ KKK002 (HTTP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	50-60
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1 X 1.9 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.38
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 BG 4/6

GIA GEMSET Manual GB/BG 4/2

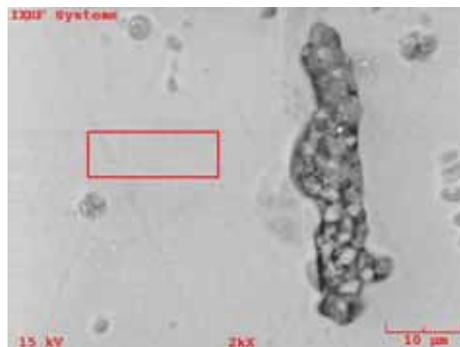
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศในเนื้อแก้วรูปทรงกลม และพบร่องรอยการกัดกร่อนภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
67.3	2.2	3.65	15.82	4.9	0.57	4.83	<0.01	<0.01	0.52	<0.01	<0.01	0.18	<0.01	<0.01	<0.01

1.3 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีใสออกน้ำตาล



ภาพที่ 179 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้ว



ภาพที่ 180 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#001 /KKK003 (ITTP1)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	50-60
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.65 X 2.4 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	1.14
สี (colour)	ใส (ออกน้ำตาลอ่อน)
ค่าสี :	

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual Y 2/2

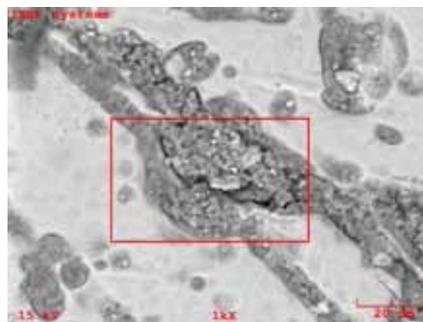
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งใส มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก รูปร่างปรากฏในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
63.77	1.32	4.17	21.6	3.3	0.58	4.48	<0.01	<0.01	0.7	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01

1.4 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 181 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 182 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#1/3 / KKK004 (JTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	surface
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.92 X 1.57 X 0.27
น้ำหนัก (กรัม)	0.42
สี (colour)	สีฟ้า
ค่าสี :	

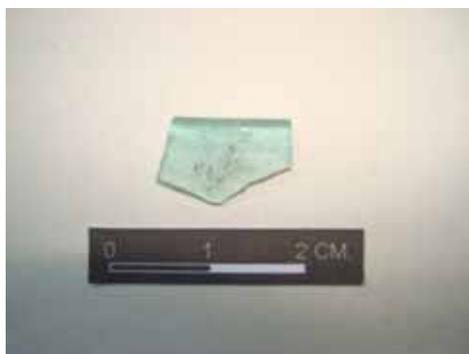
Munsell colour system 2.5 BG 6/4

GIA GEMSET Manual GB / BG 6/1

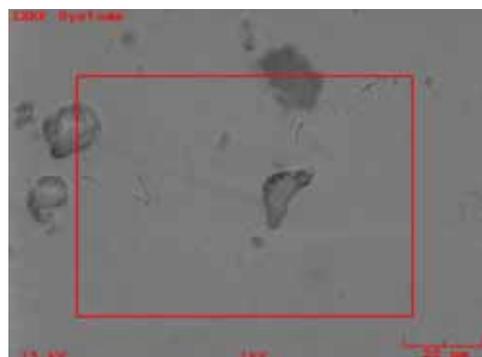
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) พบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion) และมีของฟองอากาศขนาดเล็กกลุ่มเรียวยาวภายในเนื้อแก้วจำนวนมาก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
65.11	4.27	3.23	16.69	5.19	0.43	4.05	<0.01	<0.01	0.87	<0.01	<0.01	0.15	<0.01	<0.01	<0.01

1.5 ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 183 ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 184 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#3/007 /KKK005 (KTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.82 X 1.35 X 0.22
น้ำหนัก (กรัม)	0.31
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 BG 6/4

GIA GEMSET Manual vstbG 2/3

ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion) และพบร่องรอยของฟองอากาศรูปวงรีบริเวณขอบปาก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
62.64	2.35	3.06	22.21	3.43	0.45	5.5	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	<0.01	0.17	<0.01	<0.01	<0.01

1.6 ส่วนปากภาชนะแก้วน้ำเงินมีริ้วสีแดง



ภาพที่ 185 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงินมีริ้วสีแดง

ภาพที่ 186 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

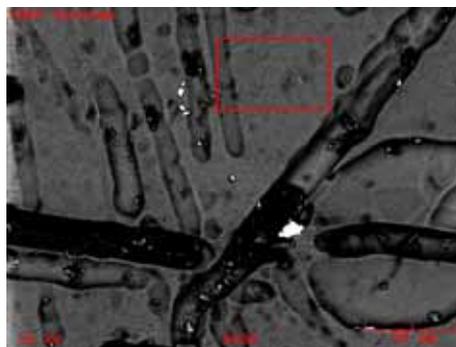
เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#12 / KKK006 (LTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.9 X 1.6 X 0.5
น้ำหนัก (กรัม)	0.11
สี (colour)	น้ำเงิน และ แดง
ค่าสี :	
Munsell colour system	น้ำเงิน 7.5 PB 1/6, แดง 7.5 R 3/8
GIA GEMSET Manual	น้ำเงิน by 8/3
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณสมบัติโปร่งแสง เป็นแก้วสองสี (polychrome) มีสีพื้นเป็นสีน้ำเงิน และมีสีแดงเป็นริ้ว พบร่องรอยของฟองอากาศในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
59.32	3.84	3.69	19.25	3.94	1.7	1.7	0.26	3.93	0.61	0.35	1.22	0.13	<0.01	<0.01	<0.01

1.7 ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้วสีน้ำตาลใส



ภาพที่ 187 ชิ้นส่วนกันภาชนะแก้ว



ภาพที่ 188 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#002/1 / KKK007 (MTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	13-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา ผศ. (cm)	3.1 X 4.5 X 0.25 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	6.56
สี (colour)	น้ำตาลใส
ค่าสี :	

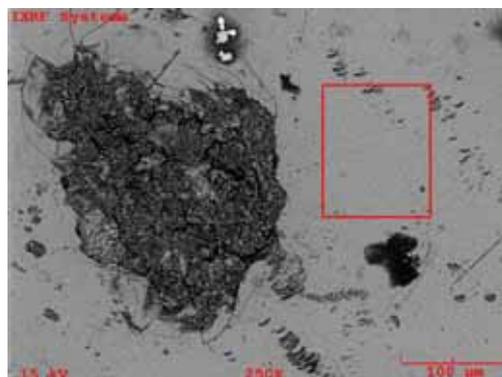
Munsell colour system 7.5 R 3/8

GIA GEMSET Manual OY 2/3

ประเภทชิ้นส่วน	กัน
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศทั้งรูปทรงกลมและรีวยาวกระจายตัวอยู่ในเนื้อแก้ว และมีร่องรอยแตกของท่อเป่าบริเวณกึ่งกลางของชิ้นส่วนกัน
การขึ้นรูป	การเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
62.16	1.8	3.14	13.45	4.53	0.4	5.5	0.12	8	0.3	0.22	<0.01	0.26	0.14	0.12	<0.01

1.8 ลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 189 ชิ้นส่วนลำตัวของภาชนะแก้วสีน้ำเงิน

ภาพที่ 190 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#1/1/ KKK008 (NTPP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	พื้นผิวดิน (Surface)
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.4 X 2.7 X 0.25
น้ำหนัก (กรัม)	2.18
สี	สีน้ำเงิน
ค่าสี :	

Munsell colour system 7.5 PB 1/2

GIA GEMSET Manual B 8/3

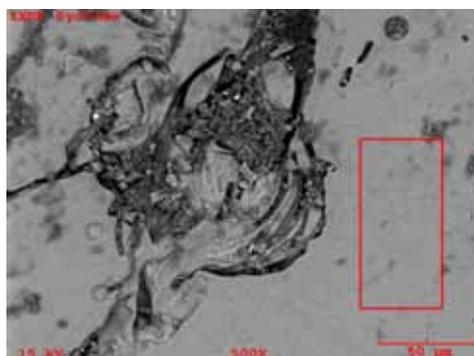
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงรียาวภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
54.07	2.34	4.15	16	4.23	0.71	2.16	0.3	13.74	1.2	0.28	<0.01	0.19	0.16	0.4	<0.01

1.9 ส่วนใหญ่ภาชนะแก้วมีสีใสออกเหลือง



ภาพที่ 191 ชิ้นส่วนใหญ่ภาชนะแก้ว



ภาพที่ 192 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#002/2/ KKK009 (PTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	13-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.38 X 3.12 X 0.28
น้ำหนัก (กรัม)	1.46
สี (colour)	ใส(ออกเหลือง)
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 GY 7/6

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของ ฟองอากาศรูเปรีวยาวหรือวงรีในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
58.67	1.4	3.66	7.8	3.51	0.33	3.3	0.24	18.74	0.86	0.24	0.07	0.4	0.17	0.61	<0.01	

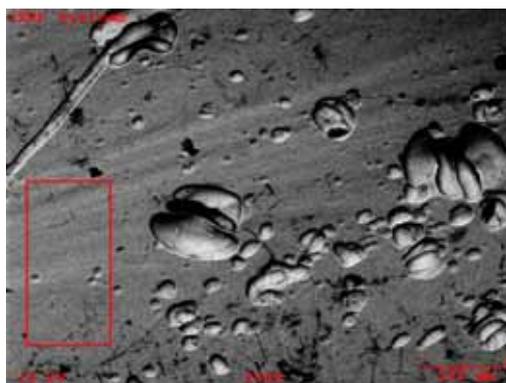
1.10 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 193 ชิ้นส่วนขอบปากด้านหน้า (ขวด)



ภาพที่ 194 ชิ้นส่วนขอบปากด้านหลัง (ขวด)



ภาพที่ 195 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#3/004/ KKK010 (RTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.2 X 1.92 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	2.22
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	
	Munsell colour system 10 GY 4/8
	GIA GEMSET Manual G 5/1
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปากขวด

ลักษณะทั่วไป

มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มี

ร่องรอยของฟองอากาศรูปรีวยาวอยู่ในเนื้อแก้ว

การขึ้นรูป

ขึ้นรูปด้วยการเป่า

องค์ประกอบ

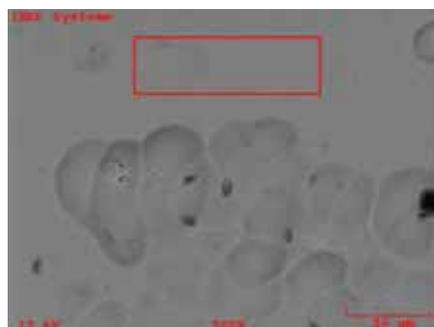
ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
53.52	8.79	6.16	11.14	2.43	2.99	1.16	1.94	<0.01	2.86	1.68	3.21	3.59	0.54	<0.01	<0.01

1.11 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 196 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 197 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#3/005/ KKK011 (STTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.88 X 2.15 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	1.05
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GY 8/10

GIA GEMSET Manual G 5/1

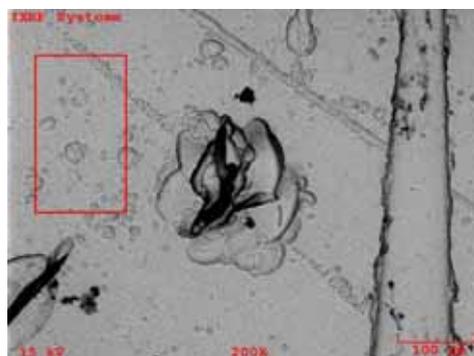
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง สีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศทรงกลมกระจายอยู่ในเนื้อแก้วจำนวนมาก และพบร่องรอยการแตกร้าวของเนื้อแก้วอย่างชัดเจน รวมทั้งการกัดกร่อนบนพื้นผิวของแก้วอีกด้วย
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
61.43	2.23	4.42	14.24	3.68	0.53	2.88	0.33	7.99	0.76	0.27	0.24	0.16	0.29	0.55	<0.01

1.12 ลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 198 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะขวด



ภาพที่ 199 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#3/006/ KKK012 (TTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.9 X 4.65 X 0.3
น้ำหนัก (กรัม)	4.33
สี (colour)	
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 G 3/6

GIA GEMSET Manual GB/BG 7/2

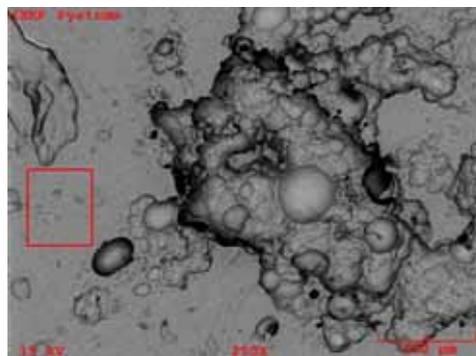
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นลักษณะของขวด (bottle) โดยมีร่องรอยของฟองอากาศปรากฏในรูปเรียวยาวหรือวงรี
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
63.23	1.3	5.81	15.99	4.58	0.78	2.17	0.26	3.72	1.34	0.13	0.09	0.13	0.22	0.25	<0.01

1.13 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 200 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 201 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#3/009/ KKK013 (UTTP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.45 X 1.7 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.59
สี (colour)	ใส (ออกน้ำตาล-เหลืองจางๆ)
ค่าสี :	

Munsell colour system ไม่ปรากฏค่าสี

GIA GEMSET Manual YG / GY 2/1

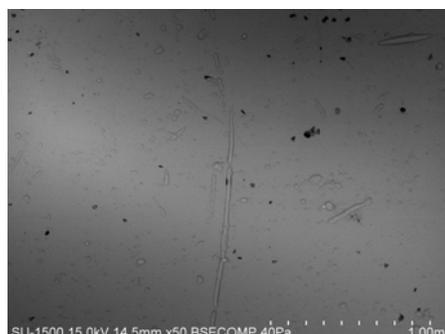
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งใส มีร่องรอยของฟองอากาศอยู่ในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
52.93	0.62	2.93	10.58	3.02	0.01	4.28	0.06	23.37	0.75	0.22	0.37	0.35	0.22	0.28	<0.01

1.14 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีเหลือง(จาง)



ภาพที่ 202 ขอบปากสีเหลือง



ภาพที่ 203 บริเวณพื้นผิวของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#3/ KKK014 (kkk003)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.3 X 2 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	0.66
สี (colour)	เหลือง
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 GY 7/6

GIA GEMSET Manual YG / GY 2/1

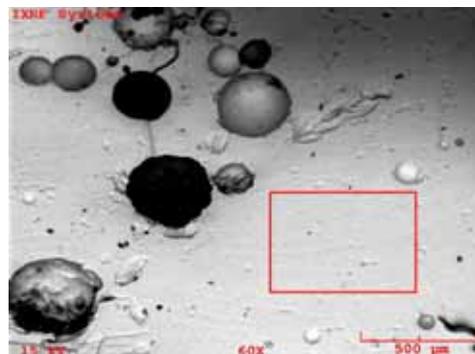
ประเภทชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศทรงกลมกระจายตัวอยู่ในเนื้อแก้วจำนวนมาก มีร่องรอยการกัดกร่อน
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
61.39	1.1	3.21	6.5	1.58	0.2	3.61	0.03	19.62	1.52	0.19	0.17	0.12	0.13	0.18	0.46

1.15 ชิ้นส่วนก้อนแก้วสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 204 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วกำลังหลอม



ภาพที่ 205 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#3/ KKK015 (VTIP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.0 X 3.0 X 0.5
น้ำหนัก (กรัม)	4.89
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GY 4/6

GIA GEMSET Manual G 5/1

ประเภทชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว?
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งใส ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วกำลังหลอม มีร่องรอยของฟองอากาศทรงกลมกระจายตัวอยู่ภายในเนื้อแก้วจำนวนมาก มีร่องรอยการกัดกร่อน
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
60.91	1.23	3.72	17.56	3.91	0.46	3.78	0.19	6.49	1.06	0.16	<0.01	0.26	<0.01	0.26	<0.01	

1.16 ชิ้นส่วนไหลของภาชนะแก้วสีขาว (ใส)



ภาพที่ 206 ด้านหน้าของชิ้นส่วนไหล



ภาพที่ 207 ด้านในของชิ้นส่วนไหล

เลขทะเบียนธง/ รหัส	#3/003 / -
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2546, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง หนา ศก. (cm)	1.1 X 0.5 X 2.5
น้ำหนัก (กรัม)	3.33
สี (colour)	ใส (ออกเหลืองอ่อน)
ค่าสี :	
	Munsell colour system -
	GIA GEMSET Manual -
ประเภทชิ้นส่วน	ไหล/คอ
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งใส มีลักษณะของคอหรือไหลของขวด มีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงกลมอยู่ภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์
องค์ประกอบ	-

1.17 ชิ้นส่วนคอขวดสีเขียว (ใส)



ภาพที่ 208 ชิ้นส่วนคอขวดสีเขียว (ใส), ด้านหน้า



ภาพที่ 209 ชิ้นส่วนคอขวด, ด้านใน

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#3/0010 /-
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.9 X 2.1 X 0.22
น้ำหนัก (กรัม)	1.00
สี (colour)	ใส
ค่าสี :	
	Munsell colour system -
	GIA GEMSET Manual -
ประเภทชิ้นส่วน	คอ/ไหล่ของขวด
ลักษณะทั่วไป	มีลักษณะโปร่งใส และมีร่องรอยของฟองอากาศอยู่ ภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์
องค์ประกอบ	-

1.18 ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีลายขีดขีด



ภาพที่ 210 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วมีการตกแต่งด้วยการขีดขีด

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจ
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.8-3.0X 2.5 X0.5
น้ำหนัก (กรัม)	-

ค่าสี :

Munsell colour system

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีการตกแต่งด้วยการขีดขีดให้เป็นลวดลาย
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

1.19 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วมีการเขียนลายและเคลือบ



ภาพที่ 211 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วมีการเขียนลาย

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจ
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	4.2X2.7 X0.32
น้ำหนัก (กรัม)	-

ค่าสี :

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วใสที่มีการตกแต่งด้วยการเขียนลาย (luster glass)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

1.20 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียนสีและเคลือบ



ภาพที่ 212 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียนสีและเคลือบ

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจ
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.5X 1.0 X 0.3
น้ำหนัก (กรัม)	-

ค่าสี :

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วสีน้ำเงินที่มีการเขียนลาย
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

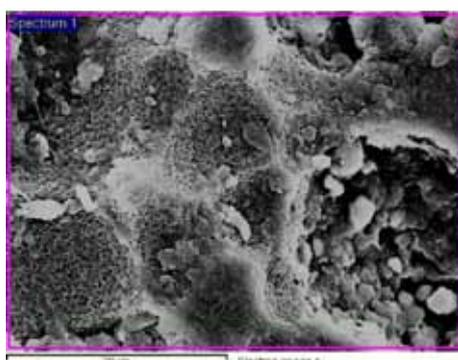
แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่วิเคราะห์วิทยาศาสตร์ จำนวน 20 ตัวอย่าง 16 ชิ้นงาน แบ่งออกเป็น ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 10 ตัวอย่าง เศษแก้ว 5 ชิ้น ลูกปัดแก้ว 5 เม็ด มีดังนี้

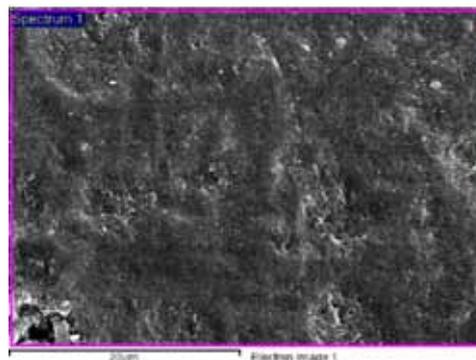
1.1 ชิ้นส่วนขอบปากใสมีริ้วสีแดงประดับ



ภาพที่ 213 ชิ้นส่วนขอบปากใสมีริ้วสีแดงประดับ



ภาพที่ 214 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีขาว



ภาพที่ 215 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีแดง

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	001/4 / KB001
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-30
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.32 X 0.6 X 0.08
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ลำตัวเป็นแก้วใส ประดับด้วยริ้วสีแดงบริเวณขอบปาก
ค่าสี :	

Munsell colour system ขาว : - น้ำตาลแดง : 5YR 1/4

GIA GEMSET Manual ขาว : - น้ำตาลแดง : 07/3

ประเภทชิ้นส่วน

ลำตัว

ลักษณะทั่วไป

เป็นแก้วใส มีคุณลักษณะโปร่งแสง ส่วนสีน้ำตาลแดงที่ใช้ตกแต่งบริเวณขอบปาก และริ้ว มีคุณสมบัติที่บดแสง มีคุณลักษณะที่บดแสงมีสี (monochrome)

การขึ้นรูป

ขึ้นรูปด้วยการเป่า

องค์ประกอบ

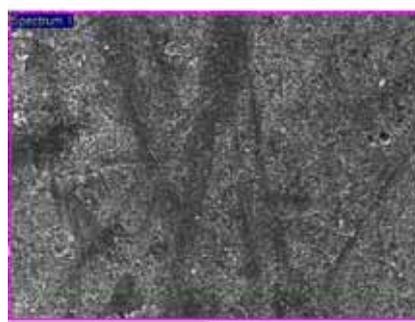
ดูในตาราง

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ขาว	62.63	7.35	2.64	15.31	7.73	1.45	1.52	<0.01	0.12	0.6	0.65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
แดง	69.97	8.91	2.95	5.02	4.11	3.1	4.77	0.36	<0.01	<0.01	0.31	<0.01	<0.01	0.15	0.33	<0.01

1.2 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 216 ชิ้นส่วนขอบปากสีใส



ภาพที่ 217 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#001/4/ KB002 (KB 08-01)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-30
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.5 X 0.55 X 0.1
น้ำหนัก (กรัม)	0.05
สี (colour)	ใส
ค่าสี :	

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

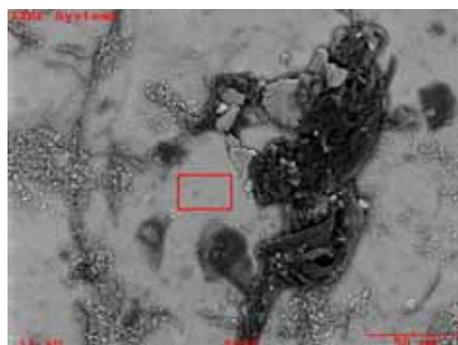
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
76.24	<0.01	8.23	4.44	5.12	1.7	2.14	0.84	<0.01	0.21	0.54	<0.01	0.52	<0.01	<0.01	<0.01

1.3 ชิ้นส่วนไหล่ภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 218 ชิ้นส่วนไหล่ภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 219 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#001/3/ KB003 (FKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-30
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.8 X 1.18 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.13
สี (colour)	ใส
ค่าสี :	

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

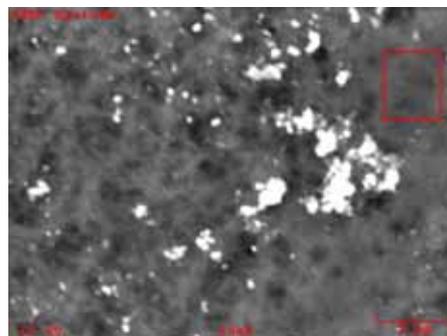
ประเภทชิ้นส่วน	ไหล่
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งใส มีร่องรอยการกัดกร่อนบริเวณพื้นผิว เนื่องจากพบรูเล็กๆ กระจายอยู่เป็นจำนวนมาก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
42.2	2.01	3.57	8.43	4.27	0.82	3	<0.01	32.36	0.12	0.14	1.26	0.17	0.16	0.43	1.06

1.4 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 220 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีใส



ภาพที่ 221 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#002/2/ KB004 (JKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.25 X 0.85 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	0.02
สี (colour)	ใส
ค่าสี :	

Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

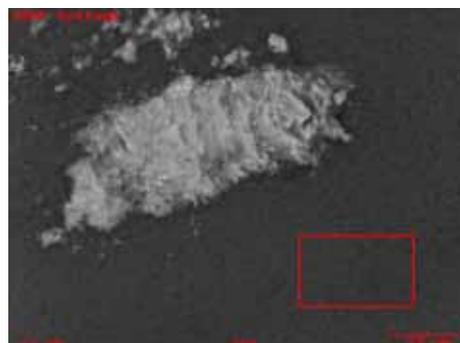
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง สีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศทรงกลมขนาดเล็กอยู่ภายในเนื้อแก้ว และพบร่องรอยของการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
53.04	1.23	5.72	1.76	3.44	0.43	2.38	<0.01	26.96	0.04	0.03	2.62	0.28	0.21	1.14	0.54

1.5 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วขาวใสออกสีเหลือง



ภาพที่ 222 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว



ภาพที่ 223 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#001/ KB005 (HKBP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	90-100
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.23 X 1.9 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.37
สี (colour)	เหลืองใส
ค่าสี :	

Munsell colour system 7.5 GY 8/4

GIA GEMSET Manual YG / GY 2/1

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งใส มีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงรียาวหรือวงรีอยู่ในเนื้อแก้ว และมีร่องรอยของสิ่งเจือด้วย
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
47.33	1.89	4.98	2.67	4.08	1.61	2.03	0.22	30.59	0.11	0.62	1.55	0.56	0.37	0.81	0.59

1.6 ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (เข้ม)



ภาพที่ 224 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง



ภาพที่ 225 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#003/2 /KB006 (KB08003.2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.85 X 0.9 X 0.2
หนัก (กรัม)	0.1
สี (colour)	เหลืองเข้ม
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 GY 2/10

GIA GEMSET Manual gY 4/3

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งใส มีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงรียาวยาวหรือวงรีอยู่ในเนื้อแก้ว สภาพพื้นผิวด้านนอกขรุขระมาก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
86.72	3	2.96	0.12	3.88	1.18	0.21	<0.01	<0.01	0.04	0.2	1.64	<0.01	<0.01	0.07	<0.01

1.7 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า(จาง)



ภาพที่ 226 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า

ภาพที่ 227 โครงสร้างของเนื้อ

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#003/3 /KB007 (KB0803.3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	40-50
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.45 X 0.53 X 0.02
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	ฟ้า จาง (ใส)

ค่าสี :

Munsell colour system 5 PB 8/4

GIA GEMSET Manual bG 2/3

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
72.17	4.61	5.02	12.4	3.53	0.9	0.27	<0.01	<0.01	<0.01	0.45	<0.01	0.49	0.16	<0.01	<0.01

1.8 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า(ใส)



ภาพที่ 228 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#002/1 / -
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.5 X 0.52 X 0.1
น้ำหนัก (กรัม)	0.05
สี (colour)	ใส ออกสีฟ้าจาง
ค่าสี :	
	Munsell colour system 2.5 BG 6/6
	GIA GEMSET Manual vsIbG 2/3
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของ ฟองอากาศทรงกลมภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้วิเคราะห์

1.9 ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้าฟ้าอมเขียว



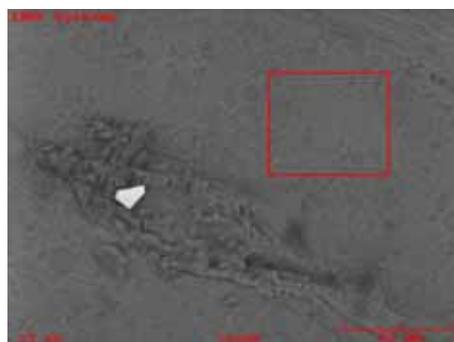
ภาพที่ 229 ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#004/2 / -
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	60-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.35 X 1.1 X 0.3
น้ำหนัก (กรัม)	0.22
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	
	Munsell colour system 2.5 BG 6/6
	GIA GEMSET Manual BG/GB 3/3
ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของ ฟองอากาศทรงกลมภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้วิเคราะห์

1.10 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 230 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว



ภาพที่ 231 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#001/2/ KB008 (EKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s- 30
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.4 X 0.92 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.06
สี (colour)	ฟ้า

ค่าสี :

Munsell colour system 2.5 BG 6/6

GIA GEMSET Manual GB/BG 5/3

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีร่องรอยฟองอากาศขนาดเล็ก อยู่ในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
48.23	1.16	5.86	11.34	4.06	0.56	1.91	0.21	23.08	0.17	0.73	1.15	0.28	0.55	0.08	0.56

1.11 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 232 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 233 โครงสร้างของเนื้อแก้วสีน้ำเงิน

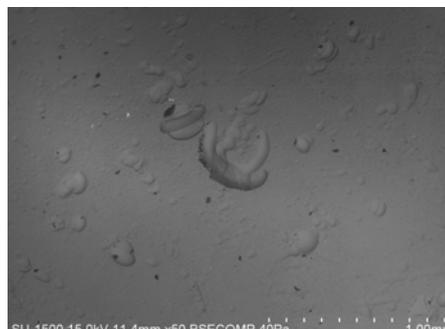
เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#005/ KB009 (IKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	60-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.3 X0.7 X0.1
น้ำหนัก (กรัม)	0.04
สี (colour)	น้ำเงิน
ค่าสี :	
	Munsell colour system 7.5 PB 1/2
	GIA GEMSET Manual vslgB 6/3
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศขนาด เล็กทรงกลมจำนวนมากภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
53.2	1.37	1.74	1.25	4.12	0.57	0.22	0.61	31.24	0.08	1.01	1.71	<0.01	0.25	0.83	0.83

1.12 ชิ้นส่วนกันสีเขียว



ภาพที่ 234 ชิ้นส่วนกันสีเขียว



ภาพที่ 235 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

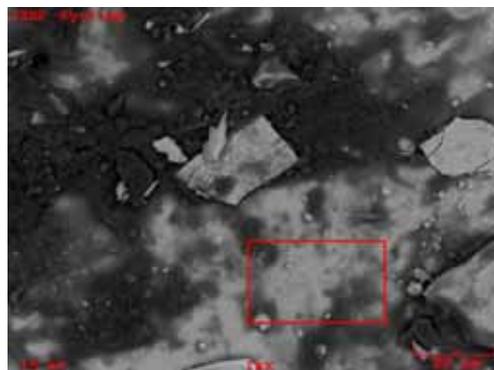
เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#002/3 / KB010 (KB002/3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.05 X 1.6 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	0.58
สี (colour)	เขียว
ค่าสี :	
	Munsell colour system 10 GY 8/10
	GIA GEMSET Manual bV 6/4
ประเภทชิ้นส่วน	กัน
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง สีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของ ฟองอากาศขนาดเล็กทรงกลมภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
62.91	1.4	6.46	8.83	1.91	0.53	3.41	<0.01	10.67	0.18	0.38	0.24	0.15	0.17	0.48	0.68

1.13 ขี้ตะกรันแก้วสีดำ/น้ำตาลเข้ม (Glass Slag) ซึ่งเป็นเนื้อแก้วแบบสีเดียว (monochrome)



ภาพที่ 236 ชิ้นส่วนขี้ตะกรันแก้ว



ภาพที่ 237 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#001/1/ KB011 (AKBP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	120-130 กริด NEQ
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.62 X 0.8 X 0.4-0.52
น้ำหนัก (กรัม)	0.45
สี (colour)	น้ำตาลเข้มออกดำ/ดำ
ค่าสี :	

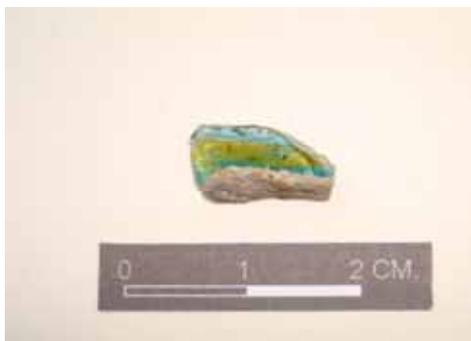
Munsell colour system -

GIA GEMSET Manual -

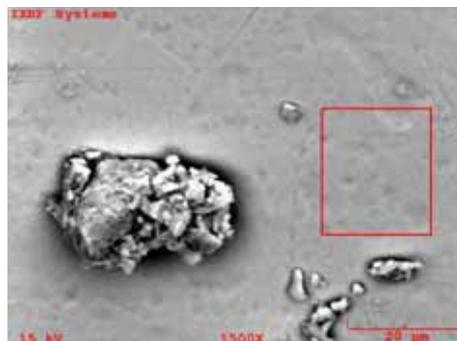
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนขี้ตะกรัน (glass Slag)
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะที่บดแสง
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
45.51	9.9	<0.01	0.09	0.74	5.37	0.64	0.76	32.44	0.13	0.47	1.3	0.19	0.23	0.53	1.77

1.14 ชั้นส่วนเศษแก้วสีฟ้าและมีสีเหลืองอยู่บริเวณกึ่งกลาง



ภาพที่ 238 ชั้นส่วนเศษแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 239 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#0001/1 / KB012 (BKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	s-30
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.7 X 1.2 X 0.25-0.5
น้ำหนัก (กรัม)	0.38
สี (colour)	ฟ้า – เหลือง
ค่าสี :	

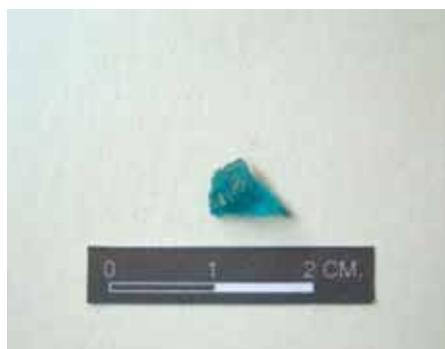
Munsell colour system ฟ้า : 2.5BG 2/8 , เหลือง : 10 GY 9/10

GIA GEMSET Manual ฟ้า : GB/BG 5/5, เหลือง : Y 6/5

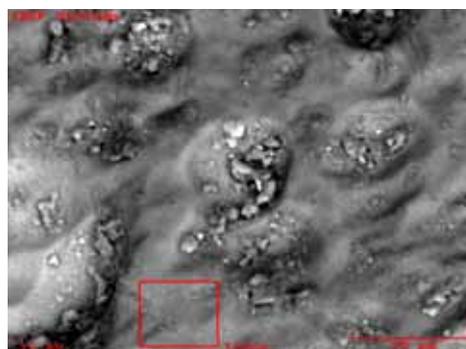
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้ว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีสีสองสี (polychrome) เป็นแก้วสีฟ้ามีสีเหลืองอยู่ระหว่างกลาง มีดินเผาเกาะติดอยู่บนเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
44.64	11.41	<0.01	0.2	0.33	4.93	0.32	1.35	32.8	0.26	0.44	1.5	0.12	0.28	0.69	0.79

1.15 เศษแก้วสีฟ้าเข้ม



ภาพที่ 240 ชิ้นส่วนเศษแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 241 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

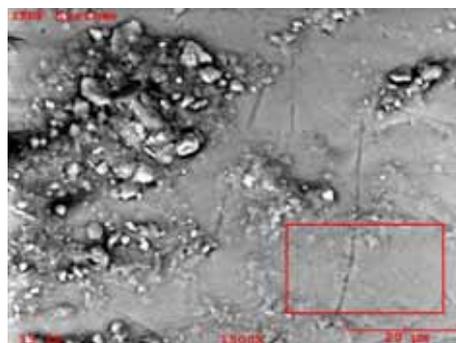
เลขทะเบียนถุง/รหัส	#0002/1/ KB013 (CKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2549, หลุมขุดค้นที่ 1
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	30-40
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.52 X 0.8 X 0.18-0.38
น้ำหนัก (กรัม)	0.11
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	
	Munsell colour system 2.5 BG 4/6
	GIA GEMSET Manual GB/BG 5/5
ประเภทชิ้นส่วน	เศษแก้ว
ลักษณะทั่วไป	มีคุณลักษณะโปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยฟองอากาศขนาดเล็กทรงกลมอยู่ภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
40.16	2.6	4.48	17.56	3.25	0.74	2.48	<0.01	24.68	0.26	0.42	0.93	0.31	0.28	0.64	1.2

1.16 เศษแก้วสีเหลือง



ภาพที่ 242 เศษแก้วสีเหลือง



ภาพที่ 243 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	#0004/3/ KB014 (DKBP3)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2550, หลุมขุดค้นที่ 3
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	60-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.38 X 1.05 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	0.06
สี (colour)	เหลือง
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 GY 8/10

GIA GEMSET Manual gY 4/3

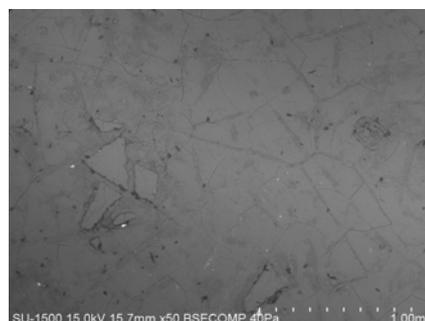
ประเภทชิ้นส่วน	ก้อนแก้ว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศทรงกลมขนาดเล็ก อยู่ในเนื้อแก้วจำนวนมาก พบร่องรอยการกัดกร่อน ของผิวแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
58.98	3.97	1.33	0.84	4.98	1.16	0.3	<0.01	23.25	0.38	0.3	2	0.17	0.18	0.99	1.14

1.17 เศษแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 244 เศษแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 245 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

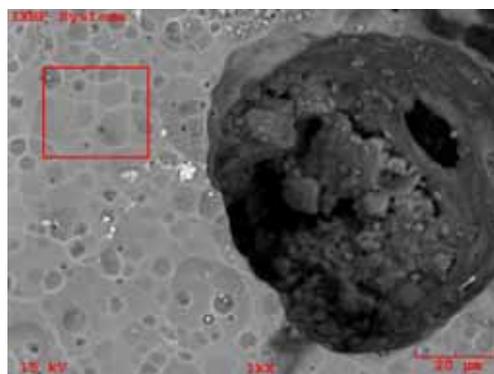
เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#0004 / KB015 (KB0004)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	60-70
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	0.55 X 1.1 X 0.12
น้ำหนัก (กรัม)	0.11
สี (colour)	สีน้ำเงิน
ค่าสี :	
	Munsell colour system 7.5 PB 1/6
	GIA GEMSET Manual B 8/3
ประเภทชิ้นส่วน	เศษแก้ว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อน (corrosion) บนพื้นผิว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
63.71	9.22	1	6.43	1.66	3.12	0.41	0.58	9.21	0.41	1.9	0.54	0.54	0.43	0.29	0.55

1.18 ลูกปัดแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 246 ลูกปัดแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 247 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#13/ KB016 (KKBP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	100-110
ขนาด กว้าง หนา ศก. (cm)	- X 0.3 X 0.42
น้ำหนัก (กรัม)	0.07
สี (colour)	สีฟ้า
ค่าสี :	

Munsell colour system

GIA GEMSET Manual BG/BG 5/3

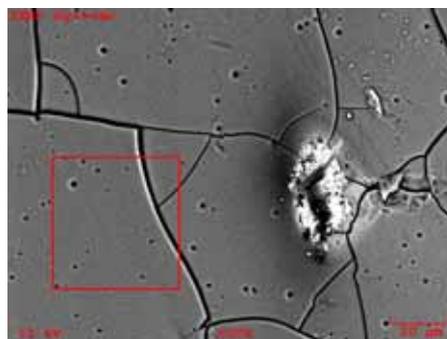
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัดแก้ว
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง มีสีเดียว (monochrome) และพบร่องรอยการกัดกร่อนที่ผิวแก้ว (corrosion)
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการดึง-ยัด-ตัด (Drawn beads)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
42.85	12.08	1.47	5.61	3.44	1.2	0.13	0.32	29.68	0.11	0.84	0.9	0.11	0.29	0.2	0.71

1.19 ลูกปัดแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 248 ลูกปัดแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 249 โครงสร้างของเนื้อลูกปัดแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#13 / KB017 (K1KBP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	100-110
ขนาด กว้าง หนา ศก.(cm)	- X 0.2 X 0.3
น้ำหนัก (กรัม)	-
สี (colour)	สีฟ้า
คำสี :	

Munsell colour system

GIA GEMSET Manual BG/BG 5/3

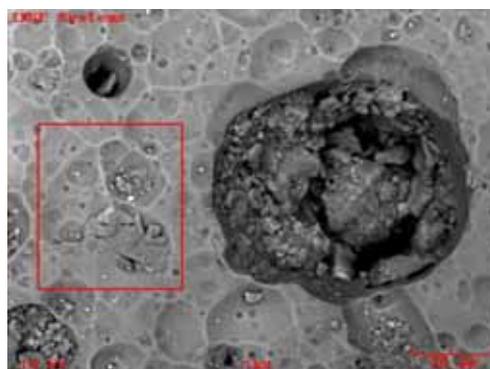
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัด
ลักษณะทั่วไป	สภาพชำรุด โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อนบริเวณพื้นผิว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการดึง-ยึด-ตัด (Drawn beads)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
61.82	10.67	1.62	0.62	0.22	1.52	0.3	0.46	15.91	0.4	1.32	2.73	0.14	0.46	0.91	0.11	

1.20 ลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 250 ลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 251 โครงสร้างของเนื้อแก้ว

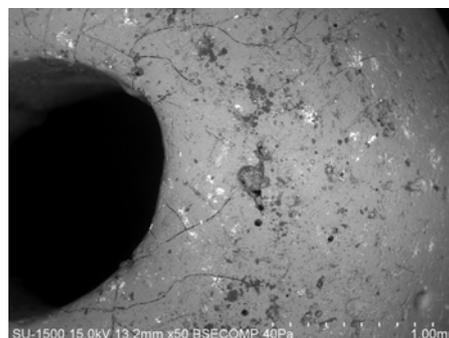
เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#13/ KB018 (K2KBP2)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	100-110
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	- X 0.25 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	0.07
สี (colour)	สีน้ำตาลแดง
ค่าสี :	
	Munsell colour system 5 YR 1/4
	GIA GEMSET Manual O 8/2
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัด
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อน (corrosion)
การขึ้นรูป	การดึง-ยืด-ตัด (Drawn)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
46.55	12.07	1.6	2.48	4.12	1.51	0.74	0.5	24.94	0.1	1.06	1.58	0.02	0.24	1.52	1

1.21 ลูกปัดแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 252 ลูกปัดแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 253 พื้นผิวของลูกปัดแก้ว

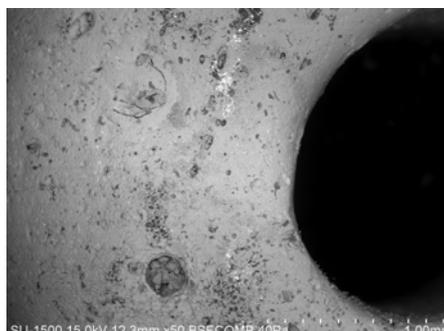
เลขทะเบียนถุ/ รหัส	#18 / KB019 (KB18)
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	110-120
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	ศก.0.5, หนา 0.3
น้ำหนัก (กรัม)	0.13
สี (colour)	สีน้ำตาลแดง
ค่าสี :	
	Munsell colour system 7.5 PB 1/2
	GIA GEMSET Manual B 8/3
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกปัด
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อน (corrosion)
การขึ้นรูป	การดึง-ยืด-ตัด (Drawn)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
66.56	6.79	4.65	5.04	1.7	3.21	1.1	0.28	9	1.51	0.23	0.75	0.21	0.13	0.35	0.49

1.22 ลูกบิดแก้วน้ำตาลแดง



ภาพที่ 254 ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 255 พื้นผิวของลูกบิดแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	#13 / KB020) KB013
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2551, หลุมขุดค้นที่ 2
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	100-110
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	ศก.0.6, หนา 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	0.23
สี (colour)	สีน้ำตาลแดง

ค่าสี :

Munsell colour system 5 YR 1/4

GIA GEMSET Manual O 8/2

ประเภทชิ้นส่วน	ลูกบิด
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง มีสีเดียว (monochrome) มีริ้วสีดำพาดผ่าน และมีร่องรอยการกัดกร่อน (corrosion) ในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	การดึง-ยืด-ตัด (Drawn)
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
60.18	6.37	2.91	0.47	1.03	2.13	0.57	0.58	23.49	0.26	0.2	0.72	0.22	0.13	0.34	0.41

ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบจากการสำรวจแหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่

1.23 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพ 256 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/ <u>SVKT02</u>
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อปีพ.ศ. 2526
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.0 X 1.25 X 0.25
น้ำหนัก (กรัม)	0.62
สี (colour)	ฟ้า
ค่าสี :	

Munsell colour system 2.5 BG 6/4

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ขอบปาก
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงรียาวขนาดเล็กอยู่ในเนื้อแก้ว ในเนื้อแก้วมีริ้วสันนิษฐานว่าเกิดจากการร้าวของเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้วิเคราะห์

1.24 ชิ้นส่วนไหลของภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพ 257 ชิ้นส่วนไหลภาชนะแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/ <u>SVKT03</u>
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2526
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.28 X 1.3 X 0.2-0.5
น้ำหนัก (กรัม)	0.81
ค่าสี :	
	Munsell colour system 7.5 BG 1/8
	GIA GemSet Manual -
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัวมีสันขอบ
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของ ฟองอากาศขนาดเล็ก รูปวงรี อยู่ภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์
องค์ประกอบ	ไม่ได้วิเคราะห์

1.25 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีน้ำตาลเข้ม/ส้ม



ภาพ 258 ชิ้นส่วนไหล่ภาชนะแก้ว

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/ <u>SVKT04</u>
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2526
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.15 X 1.4 X 0.2-0.28
น้ำหนัก (กรัม)	0.49

ค่าสี :

Munsell colour system 10 YR 6/10

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	วิเคราะห์

แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัยหรือเขาพระนารายณ์ อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543 พบชิ้นส่วนแก้วสีเขียว จำนวน 1 ชิ้น ซึ่งนักโบราณคดีสันนิษฐานว่าเป็นชิ้นส่วนขวดแก้ว

1.1 ชิ้นส่วนปากขวดแก้ว ?



ภาพที่ 259 ชิ้นส่วนปากขวด

ที่มา : กรมศิลปากร, รายงานการขุดแต่ง ขุดค้น โบราณสถานเขาศรีวิชัย อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี (กรุงเทพฯ : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 นครศรีธรรมราช, 2543), 191.

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	- / -
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.3 X 3 X 0.2
น้ำหนัก (กรัม)	5
สี (colour)	เขียว(มรกต)
ค่าสี :	

Munsell colour system 10 GY 3/8

GIA GEMSET Manual -

ประเภทชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนคอขวด
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง เป็นชิ้นส่วนของคอขวด
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	-

1.2 ชิ้นส่วนก้อนแก้วหลอม



ภาพที่ 260 ชิ้นส่วนเศษแก้วหลอม

ที่มา : กรมศิลปากร, รายงานการขุดแต่ง ขุดค้น โบราณสถานเขาศรีวิชัย อำเภอพนมพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี (กรุงเทพฯ : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 นครศรีธรรมราช, 2543), 191.

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการขุดค้นเมื่อปี พ.ศ. 2543
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.2 X - X 0.7
น้ำหนัก (กรัม)	-
ค่าสี :	
	Munsell colour system 10 GY 8/8
	GIA GEMSET Manual -
ประเภทชิ้นส่วน	เศษแก้วหลอม
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	-

1.3 ลูกบิดแก้วสีเดียว



ภาพที่ 261 ลูกบิดแก้วจากการชุดคั้นเมื่อปี พ.ศ. 2545

(ภาพจากสำนักศิลปากรที่ 14 นครศรีธรรมราช)

เลขทะเบียนเลข/ รหัส	-/ -
ที่มา	จากการชุดคั้นเมื่อปี พ.ศ. 2545
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	-
น้ำหนัก (กรัม)	-
ค่าสี :	
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลูกบิดแก้ว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง เป็นลูกบิดแบบมีสีเดียว (monochrome) มีหลากสี เช่น สีน้ำเงิน สีเหลือง สีเขียว สีน้ำตาลแดง สีฟ้า และสีดำ พบร่องรอยของฟองอากาศในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	-
องค์ประกอบ	-

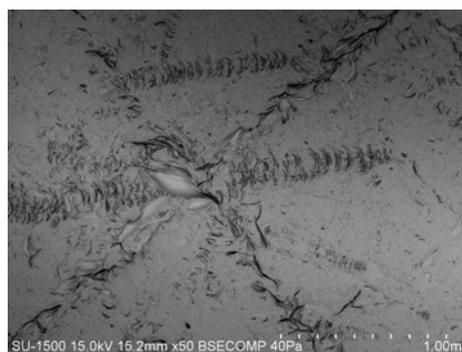
แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

โบราณวัตถุประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบจากการสำรวจมีจำนวน 2 ชิ้น ดังนี้

1.1 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 262 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 263 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

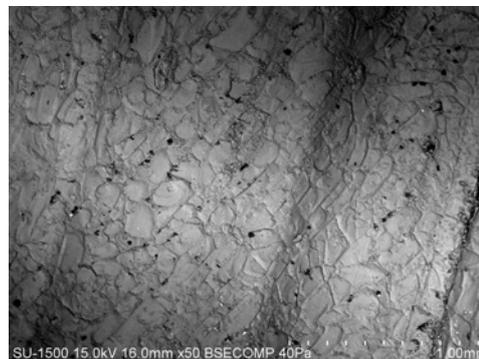
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/TCH#001
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.5 X 2.85 X 0.6
น้ำหนัก (กรัม)	7.11
ค่าสี :	
	Munsell colour system 7.5 PB 1/8
	GIA GEMSET Manual B 4/5
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีร่องรอยการกัดกร่อนบนผิวแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
67.64	1.59	0.87	0.28	1.37	1.4	0.4	0.04	19	1.84	0.36	0.71	0.092	0.2	1.87	1.14	

1.2 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีดำ (มีสี?)



ภาพที่ 264 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว



ภาพที่ 265 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

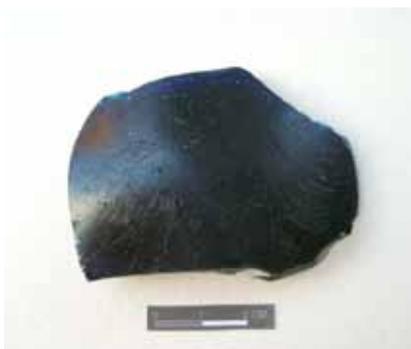
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/TCH#002
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	1.5 X 2.4 X 0.4-0.7
น้ำหนัก (กรัม)	1.68
ค่าสี :	
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	ทึบแสง มีสีเดียว (monochrome) มีร่องรอยการกัดกร่อนบนผิวแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์? / หล่อในแม่พิมพ์?
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
64.16	6.47	0.96	0.17	1.78	0.96	0.39	>0.001	21.92	0.18	1.23	0.29	0.15	0.19	0.45	0.7

แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

จากการขุดค้นพบเศษแก้วจำนวน 81 ชิ้น⁸ และมีตัวอย่างเครื่องแก้วจากการสำรวจ
จำนวน 7 ชิ้น ดังนี้

1.1 ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน



ภาพที่ 266 ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน

ภาพที่ 267 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	-/LP001
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	4.4 X 6.05 X 0.8
น้ำหนัก (กรัม)	36.52
ค่าสี :	น้ำเงิน
	Munsell colour system 7.5 PB 1/2
	GIA GEMSET Manual bV 6/5
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว

⁸ เนื่องจากขณะไปเก็บข้อมูลที่พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติไชยา อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี เจ้าหน้าที่ผู้ถือกุญแจประสพอุบัติเหตุทางรถยนต์จึงไม่สามารถทำการเปิดตู้จัดแสดงได้ จึงเพียงถ่ายภาพจากด้านนอกกระจกเท่านั้น ส่วนข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากแหล่งพบว่ามีกรลักลอบขุดจำนวนมาก ทำให้ข้อมูลประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้วพบน้อย โดยโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบมาก ได้แก่ ลูกบิดแก้ว ก้อนแก้ว และเศษแก้ว รวมทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

ลักษณะทั่วไป

ทึบแสง (เนื่องจากมีความหนามาก) พบฟองอากาศทรงกลมในเนื้อแก้ว

การขึ้นรูป

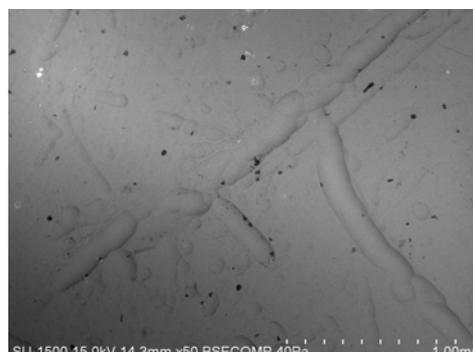
ขึ้นรูปด้วยการเป่าหล่อ? ในแม่พิมพ์

องค์ประกอบ

ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
60.41	2.03	6.5	9.43	2.61	1	3.525	0.1	10.35	1.01	0.2	0.72	0.29	0.15	1.18	0.51

1.2 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 268 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว

ภาพที่ 269 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

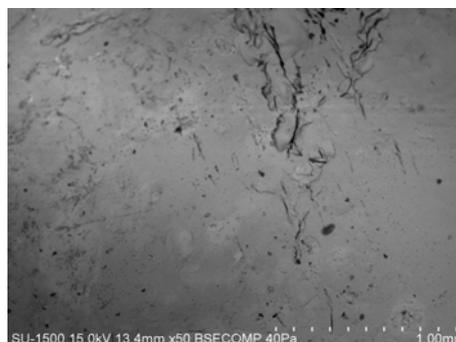
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/ LP002
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	2.85 X 2.4 X 0.6
น้ำหนัก (กรัม)	5.64
ค่าสี :	เขียว
	Munsell colour system 7.5 GB 8/10
	GIA GEMSET Manual YG GY 4/3
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	โปร่งแสง มีสีเขียว (monochrome) มีร่องรอยของฟองอากาศภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
59.02	1.36	3.02	0.62	1.78	0.71	4.68	0.07	22.58	0.53	0.43	0.17	0.25	0.28	0.88	0.8

1.3 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 270 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเขียว



ภาพที่ 271 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

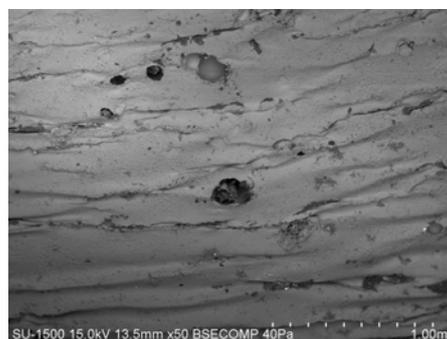
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/ LP003
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	3.3 X 1.33 X 0.8
น้ำหนัก (กรัม)	5.78
ค่าสี :	เขียว
	Munsell colour system 10 GY 1/4
	GIA GEMSET Manual -
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วโปร่งแสง มีร่องรอยการกัดกร่อนบนพื้นผิว และมีฟองอากาศภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
60.69	2.65	3.88	5.81	3.03	0.79	2.82	<0.001	16.25	1.41	0.37	0.89	0.27	0.3	0.4	0.43

1.4 ชิ้นส่วนลำตัวแก้วใส กำลังหลอม



ภาพที่ 272 ชิ้นส่วนลำตัว กำลังหลอม



ภาพที่ 273 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

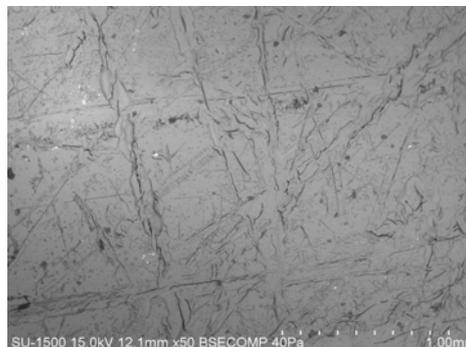
เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/ LP004
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	4.9 X 1.15-2.25 X 0.4-0.5
น้ำหนัก (กรัม)	9.91
ค่าสี :	ใส
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นชิ้นส่วนภาชนะแก้วกำลังหลอม มีฟองอากาศ ภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
46.18	1.13	7.73	5.02	0.58	0.23	0.96	0.27	35.69	0.11	0.62	0.05	0.31	0.18	0.67	0.27

1.5 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 274 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า



ภาพที่ 275 พื้นผิวของเนื้อแก้ว

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/ LP005
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	4.2 X 2.9 X 0.75
น้ำหนัก (กรัม)	7.21
ค่าสี :	
	Munsell colour system 2.5 BG 6/6
	GIA GEMSET Manual vstgB 6/4
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	มีร่องรอยฟองอากาศภายในเนื้อแก้ว
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ดูในตาราง

องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
72.02	2.9	6.89	1.25	0.92	0.73	0.68	0.06	10.74	0.13	0.59	0.05	0.19	0.37	0.47	0.51

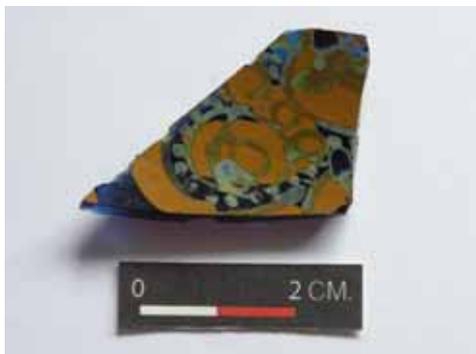
1.6 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีม่วง



ภาพที่ 276 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีม่วง

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	3.9 X4.2 X0.35
น้ำหนัก (กรัม)	-
ค่าสี :	
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วสีม่วงมีการตกแต่งโดยการชุบสีบนผิวภาชนะ
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

1.7 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียนลายและเคลือบ



ภาพที่ 277 ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วเขียนลายและเคลือบ

เลขทะเบียนถุง/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2551
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	3.8 X 2.3 X 0.4
น้ำหนัก (กรัม)	-
ค่าสี :	
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นแก้วสีม่วงมีการตกแต่งโดยการชุบสีบนผิวภาชนะ
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

1.8 ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีลายชุดขีด



ภาพที่ 278 ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีลายชุดขีด

เลขทะเบียนถุ/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจ
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	-
น้ำหนัก (กรัม)	-
ค่าสี :	
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นส่วนลำตัวของขวดแก้วขนาดเล็ก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่า
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

1.9 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีน้ำเงิน



ภาพที่ 279 ชิ้นส่วนขอบปากภาชนะแก้วสีน้ำเงิน

เลขทะเบียนถุญ/ รหัส	-/-
ที่มา	จากการสำรวจ
ระดับชั้นดินสมมติ (cm.dt.)	-
ขนาด กว้าง ยาว หนา (cm)	-
น้ำหนัก (กรัม)	-
ค่าสี :	
Munsell colour system	-
GIA GEMSET Manual	-
ประเภทชิ้นส่วน	ลำตัว
ลักษณะทั่วไป	เป็นส่วนลำตัวของขวดแก้วขนาดเล็ก
การขึ้นรูป	ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์
องค์ประกอบ	ไม่ได้นำมาวิเคราะห์

สรุป

จากศึกษาวิเคราะห์โบราณวัตถุประเภทแก้ว ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และ ลูกปัดแก้วจาก 6 แหล่งโบราณคดี (ยกเว้นแหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย) โดยเน้นชิ้นส่วนภาชนะแก้วเป็นหลัก และจัดจำแนกกลุ่มสีที่วิเคราะห์ออกเป็นเฉดสีสากล ได้แก่ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีแดง/น้ำตาลแดง สีขาว หรือใส สีม่วง และสีดำ เป็นต้น สามารถวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ด้านกายภาพ จะพบว่าแก้วส่วนมากจะเป็นแก้วสีเดียว (monochrome glass) และมีคุณสมบัติโปร่งใส โปร่งแสง และทึบแสง โดยทั่วไปชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบมีขนาดเล็ก แตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ซึ่งยากต่อการวิเคราะห์รูปแบบ แต่โดยภาพรวมเทคนิคการขึ้นรูปภาชนะแก้วจะใช้เทคนิคการเป่าโดยเป่าแบบอิสระ หรือเป่าในแม่พิมพ์ ซึ่งในกรณีหลังจะสามารถผลิตได้ในปริมาณที่มาก และเร็วกว่าการเป่าแบบอิสระ แต่ก็ยังพบว่ามีกรขึ้นรูปด้วยการหล่อภาชนะแก้วด้วย คือ แก้วโมเสกในแหล่งคดีภูเขาทอง นอกจากนี้ ลวดลายที่พบมีไม่มากนัก ได้แก่ แก้วโมเสกในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง แก้วที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ จะพบลวดลายหรือว่าเป็นลวดลายเรขาคณิต ในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก, นางยอน และแหลมโพธิ์

2. ด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์แก้ว จะพบว่ามียุ่กลุ่มองค์ประกอบธาตุเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มขึ้นรูป ได้แก่ ซิลิกา (SiO_2), แคลเซียม (CaO), กลุ่มที่ช่วยในการหลอมละลาย (flux) ได้แก่ และกลุ่มที่ให้สี ได้แก่ เหล็ก (Fe), โคบอลต์ (Co), ตะกั่ว (Pb) เป็นต้น ซึ่งปริมาณขององค์ประกอบแตกต่างกันทุกตัวอย่าง แม้ว่าจะมีเฉดสีที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น ส่วนของสีสำหรับการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างเฉดสีอย่างชัดเจน คงต้องเป็นการศึกษาในระดับเชิงลึก โดยวิเคราะห์องค์ประกอบเฉพาะสำหรับกลุ่มของสารที่ก่อให้เกิดสี โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดในการวิเคราะห์เชิงลึกถึงความสัมพันธ์ของระหว่างภาชนะแก้ว หรือ เศษแก้วก้อนแก้ว และลูกปัดแก้วในบทถัดไป

บทที่ 5

การวิเคราะห์ชิ้นส่วนเครื่องแก้วและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ ระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้และต่างประเทศ

การศึกษาเครื่องแก้วในงานวิจัยนี้ เน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วเป็นหลักก็จริง แต่ลักษณะทางกายภาพภายนอกก็มีความสำคัญด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะการวิเคราะห์ทางด้านรูปแบบ และลวดลาย เพียงแต่ว่าหลักฐานที่ได้จากการขุดค้นส่วนใหญ่เป็นเศษแก้วแตกชิ้นเล็กชิ้นน้อยจึงยากที่จะศึกษาในด้านนี้ อย่างไรก็ตาม ยังมีชิ้นส่วนเครื่องแก้วบางชิ้นที่พอจะสามารถศึกษาในด้านรูปแบบ และลักษณะทางกายภาพได้บ้าง

ในส่วนของ การวิเคราะห์ที่ได้แยกออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ลักษณะทางกายภาพที่ศึกษาได้ คือ ขนาด ลวดลาย และรูปแบบ ของชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้ว

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพร้อมชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุ (Scanning electron microscope with energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer, SEM-EDX) โดยจะกล่าวถึงผลวิเคราะห์ของเครื่องแก้วในแต่ละแหล่งโบราณคดีเพื่อทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีและเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องแก้วที่พบภายในแหล่งโบราณคดี และแหล่งโบราณคดีใกล้เคียง นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (ภาชนะแก้ว) เศษแก้ว-ก้อนแก้ว และลูกปัดแก้วบางส่วนเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบร่วมในการทำลูกปัดแก้ว

จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลภาพรวมในแต่ละแหล่งโดยนำไปเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วที่พบในต่างประเทศ ซึ่งผลวิเคราะห์ของเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วในต่างประเทศที่สามารถค้นได้บางแหล่ง ระบุเพียงองค์ประกอบทางเคมีเท่านั้น ไม่ได้บอกชื่อของตัวอย่างที่วิเคราะห์ หรือแม้จะบอกชื่อของเครื่องแก้วที่นำมาวิเคราะห์ แต่ก็มีเพียงไม่กี่ชื่อ เช่น สีเขียว สีใส สีฟ้า เป็นต้น ซึ่งในแต่ละแหล่งโบราณคดีในต่างประเทศมีผลการวิเคราะห์ที่มีเฉพาะสี ดังนั้นในการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างดินแดนจึงวิเคราะห์ในภาพรวม โดยมีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้วในแต่ละแหล่งโบราณคดี

1. การหาความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) โซดา (Na_2O) โพแทส (K_2O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO) ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างซิลิกาและองค์ประกอบของกลุ่มสารที่ช่วยหลอมละลาย (flux) ข้างต้น โดยจัดเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ โซดา (Na_2O) โพแทส (K_2O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO) เพื่อบ่งบอกถึงองค์ประกอบของสารช่วยหลอมละลาย ซึ่งจะแสดงถึงที่มาหรือต้นกำเนิดของแก้วได้

1

1. การแบ่งกลุ่มโดยใช้องค์ประกอบของสารช่วยหลอมละลาย มีหลักการ ดังนี้

1.1 แบ่งกลุ่มโดยใช้โซดา (Si_2O) เป็นหลัก² ได้แก่

1.1.1. กลุ่มที่ 1 มีโซดาน้อยกว่า 10% (soda < 10%)

1.1.2. กลุ่มที่ 2 มีโซดาตั้งแต่ 10 % ขึ้นไป (soda >10%)

1.2 แบ่งกลุ่มโดยใช้โพแทส (K_2O) เป็นหลัก³ ได้แก่

1.2.1 กลุ่มที่ 1 มีโพแทสน้อยกว่า 2% (potash <2%)

1.2.2 กลุ่มที่ 2 มีโพแทสมากกว่า 2% (potash >2%)

1.3 แบ่งกลุ่มโดยใช้ตะกั่วออกไซด์ (PbO) เป็นหลัก⁴ ได้แก่

1.3.1 กลุ่มที่ 1 มีตะกั่วออกไซด์น้อยกว่า 15% (PbO <15%)

1.3.2 กลุ่มที่ 2 มีตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15% (PbO >15%)

¹ Carmona, Noemí et al., "Islamic Glasses from Al-Andalus, Characterisation of materials from a Murcian Workshop (12th century AD, Spain)," Journal of Cultural Heritage 10 (2009) : 439-445.

²Salisbury, Amy and Ian, Glover, "New Analyses of Early Glass from Thailand and Vietnam," Bead Study Trust Newsletter 30 (1997) : 7-14 อ้างถึงใน ผุสดี รอดเจริญ, "การศึกษาแก้วสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายที่พบในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย," (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548), 22-23.

³Hall M. E. and Yablonsky L., "Chemical Analyses of Sarmatian Glass Beads from Pokroska, Russia," Journal of Archaeological Science 25 (1998) : 1239-1245.

⁴Shalm, Olivier et al., "Composition of 12-18th century Window glass in Belgium: Non-Figurative Windows in Secular Buildings and Stained-Glass Windows in Religious Buildings," Spectrochimica Acta Part B 62 (2007) : 663-668.

2. การความสัมพันธ์โดยใช้อลูมินา (Al_2O_3) เป็นหลัก โดยนำไปเปรียบเทียบกับแมกนีเซียม (MgO) มีรายละเอียดแบ่งกลุ่มโดยใช้อลูมินาเป็นหลัก⁵ ดังนี้

2.1 กลุ่มที่ 1 มีอลูมินาตั้งแต่ 0.1-5 %

2.2 กลุ่มที่ 2 มีอลูมินาตั้งแต่ 5.1-10 %

2.3 กลุ่มที่ 3 มีอลูมินาตั้งแต่ 10.1% ขึ้นไป

ซึ่งในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซียม (MgO) ได้จัดทำเป็นแผนภูมิ โดยแยกตามแหล่งโบราณคดี และแยกสีของชั้นส่วนภาชนะแก้ว จากนั้นจึงวิเคราะห์รวมแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีในต่างประเทศ โดยไม่ได้แยกสีเนื่องจากในบางแหล่งที่มีการวิเคราะห์เครื่องแก้วมีเพียงไม่กี่สี และบางแหล่งไม่ได้ระบุสี จึงวิเคราะห์รวมเพื่อหาความสัมพันธ์ในเชิงกว้าง

3. การแบ่งกลุ่มหาความสัมพันธ์โดยใช้แมกนีเซียมเป็นตัวหลัก จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับระหว่างโปแตส (K_2O) กับแมกนีเซียม (MgO) น้อยกว่า 1% ซึ่งจะบอกถึงตัววัตถุบในการผลิตแก้ว⁶ ได้แก่

3.1 กลุ่ม 1 แมกนีเซียมต่ำ (low-magnesia, LMG) มีแมกนีเซียมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1% และโปแตสน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 %

3.2 กลุ่ม 2 แมกนีเซียมต่ำ-โปแตสสูง (low-magnesia, high-potash, LMHK) มีแมกนีเซียมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1% และโปแตส มากกว่า 2 %

3.3 กลุ่ม 3 แมกนีเซียมสูง (high-magnesia, HMG) มีแมกนีเซียมมากกว่า 1 %

หลังจากหาความสัมพันธ์ของแก้วในแต่ละแหล่งโบราณคดีแล้ว จึงวิเคราะห์กลุ่มสีของชั้นส่วนภาชนะแก้วโดยการแยกเป็นกลุ่มสี (รวมแหล่งโบราณคดี) ต่อมาจึงเป็นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับภาชนะแก้วที่พบในต่างประเทศ โดยจะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในภาพรวมระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม, อลูมินาและแคลเซียม, โปแตสและแมกนีเซียม และโปแตสและแคลเซียม เพื่อหาความสัมพันธ์จากองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว

จากลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละแหล่งโบราณคดี มีผลวิเคราะห์ต่อไปนี้

⁵ ผุสดี รอดเจริญ, เรื่องเดียวกัน, 38.

⁶ Hall M. E. and Yablonsky L., *ibid.*, 1239-1245.

1. การวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพ

จากลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบจากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีที่พบเครื่องแก้วทั้ง 7 แหล่งในภาคใต้ของไทย ได้แก่

1. แหล่งภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง
2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา
3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา
4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่
5. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี
6. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี
7. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

คุณลักษณะทั่วไปของเนื้อแก้วมีความโปร่งใส โปร่งแสง ส่วนที่บดแสงพบในปริมาณที่น้อยมาก ส่วนมากเป็นแก้วสีเดียว (monochrome) มีบ้างที่เป็นแก้วหลากสี (polychrome) เช่น แก้วโมเสก (mosaic) ที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง เป็นต้น และชิ้นส่วนที่พบมากที่สุดเป็นส่วนของลำตัวของภาชนะ สีที่พบมากที่สุด ได้แก่ สีเขียว สีฟ้า/ฟ้าอมเขียว รองลงได้แก่สีน้ำเงิน สีเหลือง สีขาว (ใส) และสีน้ำตาลใส และสีแดงพบจำนวนน้อย ตามลำดับ โดยในแต่ละเฉดสีตามหลักสากลสามารถแยกย่อยสีได้อีก โดยใช้อุปกรณ์วัดค่าสี Munsell colour system สีที่พบสามารถแบ่งได้ดังนี้ (รวมทุกแหล่ง)

1. สีน้ำเงิน สามารถแบ่งได้แบ่งได้ 5 เฉดสีย่อย ได้แก่
 - 1.1 7.5 PB 1/2
 - 1.2 7.5 PB 1/6
 - 1.3 7.5 PB 1/8
 - 1.4 7.5 PB 2/2
 - 1.5 7.5 PB 1/12
2. สีฟ้า / ฟ้าอมเขียว แบ่งได้ 4 เฉดสีย่อย ได้แก่
 - 2.1 2.5 BG 3/6
 - 2.2 2.5 BG 4/6
 - 2.3 2.5 BG 6/6
 - 2.4 2.5 BG 6/8
3. สีเขียว แบ่งได้ 5 เฉดสีย่อย ได้แก่

- 3.1 10 GY 3/8
- 3.2 10 GY 8/8
- 3.3 10 GY 8/10
- 3.4 10 GY 8/12
- 3.5 10 GY 9/6
- 4. สีเหลือง แบ่งได้ 4 เฉดสีย่อย ได้แก่
 - 4.1 2.5 GY 7/6
 - 4.2 2.5 GY 8/10
 - 4.3 5 GY 6/6
 - 4.4 5 GY 9/6
- 5. สีม่วงได้แบ่ง 1 เฉดสี ได้แก่
 - 5.1 5 RP 2/4
- 6. สีนํ้าตาลแดงมี 1 เฉดสี
 - 6.1 5 YR 1/4
- 7. สีนํ้าตาล (ใส) แบ่งได้
 - 7.1 5 Y 7/4
- 8. สีแดง (ในแก้วโมเสก) วัดได้ 7.5 R 4/14
- 9. สีขาว (ใส) (Colourless) ไม่ปรากฏค่าสี
- 10. สีดำ ไม่ปรากฏค่าสี

ในการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์วัดค่าสี Munsell colour system และ GIA Gemset พบว่ามีสีที่หลากหลาย แม้จะเป็นเฉดสีเดียวกัน สีที่ปรากฏในเนื้อแก้วมีความแตกต่างกัน เช่น กลุ่มสีเขียว อาจแบ่งได้เป็น สีเหลืองเขียว (YG/GY) เขียวเหลือง (GY/YG) หรือมีความอ่อน-เข้มไม่เท่ากัน จึงทำให้ผลการวิเคราะห์การจัดค่าสีด้วยเครื่องมือวัดค่าสีไม่อาจได้ข้อมูลที่ชัดเจนในเรื่องของสีที่อาจจะบอกถึงแหล่งที่มาว่ามีความเหมือนหรือต่างกัน ดังนั้น จึงกำหนดสีที่พบในภาชนะแก้วเป็นเฉดสีสากล คือ สีนํ้าเงิน, สีฟ้า, สีเหลือง, สีเขียว, สีแดง, สีขาว, สีดำ เป็นต้น ในส่วนผสมแก้วเดียวกัน การเกิดสีขึ้นอยู่กับการเติมสารที่ทำให้เกิดสี (colourant) ได้แก่ เหล็ก ให้สีเขียว หรือนํ้าตาลอ่อน โคบอลต์ให้สีนํ้าเงิน ดีบุกให้สีเหลือง ทองแดงให้สีเขียว ฟ้า เป็นต้น และในอดีตยังไม่มี

การกำหนดอัตราส่วนของส่วนผสมที่แน่นอน รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิ จึงทำให้สีของเนื้อแก้ว ไม่ได้มีมาตรฐานเหมือนเครื่องแก้วในปัจจุบัน

ชิ้นส่วนภาชนะแก้วเกือบทุกชิ้นในทุกแหล่งโบราณคดีพบว่า มีร่องรอยฟองอากาศ รูปทรงต่างๆ เช่น รูปทรงเรียวยาวหรือทรงกลมอยู่กระจัดกระจายเป็นจำนวนมาก สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องแก้วบางชิ้นมีร่องรอยของการกัดกร่อน (corrosion) ที่ผิวแก้ว และการแตกร้าวในเนื้อแก้ว ส่วนการเกิดริ้วบนพื้นผิวภาชนะ ที่เกิดจากองค์ประกอบภายในเนื้อแก้วหลอมไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิให้ความร้อนไม่ทั่วถึง โดยพบโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบมาก โดยเฉพาะ ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง

จากลักษณะของภายนอกของชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่พบทั้งจากการสำรวจและจากการขุดค้น พบว่าการขึ้นรูปของชิ้นส่วนเครื่องแก้วมี 2 เทคนิคด้วยกัน คือ

1. การขึ้นรูปด้วยการเป่า (blowing) มี 2 กลุ่ม ดังนี้

1.1 การเป่าอิสระ (free-blowing) เป็นการขึ้นรูปด้วยการเป่าโดยใช้ท่อนเหล็ก (rod) ตะกั่วหรือเหล็ก จากนั้นจึงเป่า และแกว่งแก้วไปมา ขึ้นรูปตามที่ต้องการ และตกแต่ง

1.2 การเป่าในแม่พิมพ์ (mould-blowing) เป็นการขึ้นรูปด้วยการเป่าโดยในแม่พิมพ์ มีข้อสังเกต คือ รูปร่างของเครื่องแก้วหรือภาชนะจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยม หรือรีวรอย ลวดลายบนตัวจะมีลักษณะที่เท่ากันอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น เครื่องแก้วจากแหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี (NY001) แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา และ แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

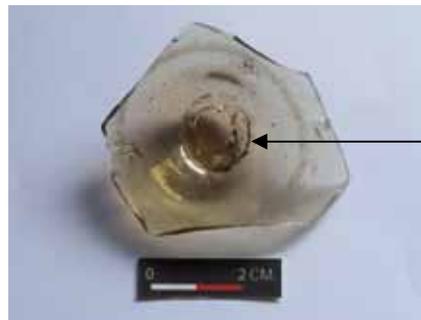
ข้อสังเกตของการขึ้นรูปด้วยการเป่า คือ บริเวณกึ่งกลางของฐานภาชนะจะพบรอยแตกเล็กๆ เป็นรูปทรงกลมของหลอดเป่า (pontil mark) (ดูภาพที่ 280) หรือ มีรูปุ่มเล็กขึ้นภายในก้นภาชนะแก้ว (ดูภาพที่ 281) นอกจากนี้ยังมีลักษณะการขึ้นรูปภาชนะแก้วหลายแบบ เช่น ฐานของภาชนะเป็นทรงกลมหรือโค้ง และบริเวณกึ่งกลางจะมีรอยพับของแก้ว หรือฐานมีเชิงก็จะพบว่ารอบพับสองรอยของเนื้อแก้ว⁷

⁷ Lamb, Alastair, "The Based of Glass Vessels from Kedah and Takuapa Compared," in Miscellaneous Papers on Early Hindu and Buddhist Settlement in Southern Thailand from Federation Museums Journal Volume VI new series, 1961,56 (Mimeographed)

บริเวณ
กึ่งกลางของ
ชิ้นส่วนกันที่
พบรอยแตก
ทรงกลม



ภาพที่ 280 ชิ้นส่วนกันจากการขุดค้นแหล่ง
โบราณคดีทุ่งตึก



บริเวณ
กึ่งกลางของ
ชิ้นส่วนกันที่
มีรูมุมลึกลง
ไป

ภาพที่ 281 ชิ้นส่วนกันจากการสำรวจแหล่งโบราณคดี
แหลมโพธิ์



ภาพที่ 282 ไหล่ (ขวด?) จากการขุดค้นแหล่ง
โบราณคดีนางยอน



ภาพที่ 283 ชิ้นส่วนกันขึ้นรูปในแม่พิมพ์จากการสำรวจแหล่ง
โบราณคดีแหลมโพธิ์

จากชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบจากการขุดค้นและสำรวจทั้ง 7 แหล่งโบราณคดี พบว่าส่วนใหญ่แล้วการขึ้นรูปภาชนะแก้วมักขึ้นรูปด้วยการเป่า โดยอาจเป่าแบบอิสระ หรือเป่าในแม่พิมพ์ แต่การขึ้นรูปภาชนะแก้วโดยการเป่าในแม่พิมพ์จะได้ภาชนะแก้วที่ได้มาตรฐาน มีขนาดของรูปทรงเท่ากัน อีกทั้งยังผลิตได้สะดวกรวดเร็ว และยังมีราคาถูก มีการคิดค้นรูปทรงใหม่ เช่น ทรงกระบอก ทรงหลายเหลี่ยม เป็นต้น⁸ การเป่าทั้งสองแบบสังเกตได้ว่าจะมีร่องรอยของฟองอากาศรูปทรงรียาวหรือวงรีในเนื้อแก้วที่มีคุณลักษณะโปร่งใส และโปร่งแสง ฟองอากาศที่พบมีหลายขนาดสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จนกระทั่งต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ร่องรอยของฟองอากาศนี้จะแสดงให้เห็นการไหลของเนื้อแก้วก่อนขึ้นรูป อาจะเกิดขึ้นในขณะที่เป่าแก้วและแก้วเป่าไปมา

⁸ Klein, Dan and Waid Lloyd, general ed., The History of Glass (London : Orbis Publishing Limited, 1984), 24-26.

เพื่อให้แก้วขึ้นรูปตามที่ต้องการ หรืออาจจะเกิดจากการเป่าขณะขึ้นรูปในแม่พิมพ์ เนื่องจากการเป่าในแม่พิมพ์ ในกระบวนการเป่าเพื่อขึ้นรูปต้องหมุนแก้วเพื่อให้ได้ภาชนะแก้วที่มีผิวที่สม่ำเสมอราบเรียบ ซึ่งการเทคนิคการขึ้นรูปด้วยการเป่านี้เกิดขึ้นเมื่อราว 30 ปีก่อนคริสตกาล ในดินแดนแถบตะวันออกกลางเป็นแห่งแรก ซึ่งอาจจะเป็นดินแดนซีเรีย-ปาเลสตีเนียนที่เป็นแหล่งกำเนิดเทคนิคนี้ หลังจากนั้นจึงได้แพร่ขยายเทคนิคนี้ไปยังโรม อิตาลี และได้รับความนิยมมากในยุคโรมัน (100-400 A.D.) เนื่องจากสามารถผลิตได้เร็ว สะดวก และมีหลากหลายขนาด

2. เทคนิคการหล่อในแม่พิมพ์ (casting with mould)

เทคนิคการหล่อในแม่พิมพ์ใช้ทั้งในการหล่อภาชนะแก้วสีเขียว (monochrome glass) และในงานแก้วโมเสก (mosaic)⁹ ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวเฉพาะวิธีการทำแก้วโมเสกเท่านั้น แก้วโมเสกมีกรรมวิธีในการผลิตที่ซับซ้อนกว่าการเป่าแก้ว กล่าวคือ ต้องนำแท่งแก้วหลากสีมาหลอมรวมกันให้เป็นลวดลายตามต้องการ จึงตัดแท่งแก้วสีเป็นท่อนๆ แล้วนำไปหลอมรวมเนื้อแก้วใส จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปภาชนะหรือเครื่องแก้วบนแม่พิมพ์ ซึ่งอาจจะเป็นแม่พิมพ์แบบเปิด (open moulds) หรือในแม่พิมพ์แบบปิดที่มีหลายด้าน (interlocking mould)¹⁰ เครื่องแก้วโมเสก (mosaic) ที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง เป็นการค้นพบที่สำคัญ มีจำนวน 3 ชิ้น คือ ชิ้นส่วนโมเสกมีพื้นแก้วสีเขียว ลายดอกสีเหลือง (PKT001) เป็นรูปดอกไม้ และอีก 2 ชิ้น สันนิษฐานว่าเป็นชิ้นส่วนของเครื่องแก้วชิ้นเดียวกัน เนื่องจากมีลักษณะที่คล้ายกัน คือ มีขาและสีน้ำเงินเป็นพื้น ประกอบด้วยลายดอกเป็นจุดๆ สีแดง (PKT002, 003) ข้อสังเกตของแก้วโมเสกจะพบว่าเนื้อแก้วมีความหนามากกว่าแก้วที่ขึ้นรูปด้วยการเป่า

แก้วที่มีหลายสีในชิ้นเดียวกันหรือที่เรียกว่าแก้วโมเสก (mosaic) มีการผลิตเมื่อราวกลาง 1,500 – 1,300 ปีก่อนคริสตกาล หรือประมาณ 4,000 ปีมาแล้ว โดยพบหลักฐานแก้วโมเสกที่เก่าแก่ที่สุดในพระราชวัง The Kassite ที่ Aqar Quf ZDur Kuriglzu ทางตะวันตกของแบกแดด¹¹ และเทคนิคนี้ยังผลิตต่อเนื่องจนกระทั่งเสื่อมลงในยุคปลายโรมัน¹² ซึ่งในยุคโรมันราวคริสต์ศตวรรษที่ 1-4 แก้วโมเสกเป็นที่นิยมมาก ผลิตภัณฑ์แก้วโมเสกมักจะมีรูปทรงเป็นทรงถ้วย (patella) ซึ่งมี

⁹ Battie, David and Simon Cottle, general ed., Sotheby's Encyclopedia of Glass (London : Conran Octopus Limited, 1996), 28-30.

¹⁰ Klein, Dan and Waid Lloyd, general ed., 10-11.

¹¹ Barag D., The Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum Volume 1 (Jerusalem : The Magnes Press, 1985), 37.

¹² Klein, Dan and Waid Lloyd, general ed., The History of Glass , 10.

เทคนิคการผลิตโดยใช้แท่งแก้วหลากสี (cane) รวมกันจากนั้นจึงหล่อให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ ขั้นตอนสุดท้ายจึงขัดผิวให้เรียบทั้งด้านนอกและด้านใน แหล่งผลิตแก้วโมเสกนี้มีแหล่งผลิตอยู่ในโรมันและเมืองอเล็กซานเดรีย แต่หลักฐานที่พบจำนวนมากสันนิษฐานได้ว่ามีแหล่งผลิตในโรม ประเทศอิตาลีด้วย แก้วโมเสก (mosaic) หรืออีกชื่อหนึ่งเรียกว่า millefiore แปลว่า ดอกไม้พันดอก ได้รับความนิยมนมากในยุคโรมันราวคริสต์ศตวรรษที่ 1-4 ดังจะเห็นได้ว่ามีลักษณะของแก้วโมเสก หลากหลาย เช่น ลายดอกไม้ (rosette or millefiori), reticelli, spiral เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบ ลักษณะทางกายภาพของแก้วโมเสกที่พบชั้นสีเขียว-เหลือง มีพื้นเขียวลายดอกไม้เหลือง มีลักษณะ ที่คล้ายคลึงกับแก้วโมเสกที่พบในโรม ที่อิตาลี มีอายุราวปลาย 100 ปีก่อนคริสตกาล - ต้น คริสต์ศตวรรษที่ 1 โดยมีพื้นเป็นสีเขียว และมีลายดอกไม้เหลือง แม้ว่าแก้วโมเสกที่พบในอิตาลีจะมี ลายดอกไม้ม่วงประดับอยู่ด้วยก็ตาม (ดูภาพที่)



ภาพที่ 284 ชิ้นส่วนแก้วโมเสก (mosaic) จากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง



ภาพที่ 285 ชิ้นส่วนขอบปากแก้วโมเสก (mosaic), โรม(อิตาลี) อายุประมาณ คริสต์ศตวรรษที่ 1
ที่มา : Grose, Frederick, David. Early Ancient Glass core-formed, rod-formed, cast-vessels and objects from the Late Bronze age to the Early Roman empire 1600 B.C. to A.D.50. (New York : Hudson Hills Press, 1989), 229.

จากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของแก้วโมเสกที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง และชิ้นส่วนแก้วโมเสกที่พบในโรม แม้ว่าจะมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกัน แต่ก็ยังไม่สามารถชี้ชัดถึงแหล่งที่มาได้ ซึ่งต้องนำผลวิเคราะห์เปรียบเทียบกับแหล่งต่างๆ เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างกัน อย่างไรก็ตาม ในขั้นต้นสามารถจะกล่าวอย่างกว้างๆ ว่าแก้วโมเสกเป็นแก้วโรมันที่มาจากซีกโลกตะวันตก อาจจะเป็นโรมันหรือตะวันออกกลางในยุคโรมันที่เป็นแหล่งผลิต

นอกจากนี้ ยังพบชิ้นส่วนของแก้วคามีโอ (cameo glass) หรือเรียกว่า Portland vase ในกลุ่มแหล่งโบราณคดีภูเขาทองและใกล้เคียง แม้ว่าจะเป็นวัตถุที่พบจากการสำรวจแต่ก็แสดงให้เห็นว่ามีเครื่องแก้วจากตะวันตกพบแหล่งโบราณคดีเมืองท่าโบราณของไทย ลักษณะเด่นของแก้วชนิดนี้จะเป็นสี 2 สี ไล่เป็นชั้น เป็นการเลียนแบบลายหินโอนิกซ์ (onyx) โดยสีเข้มจะเป็นพื้นหลัง ส่วนสีขาวจะแกะสลักเป็นเรื่องราวต่างๆ ซึ่งมีเทคนิคการผลิตโดยแกะสลัก จากนั้นจึงขัดให้เรียบ นับว่าเป็นเครื่องแก้วที่สวยงามหรือหยาบมาก แหล่งผลิตแก้วประเภทนี้เชื่อกันว่าอยู่ที่เมืองอเล็กซานเดรีย แต่ก็พบเครื่องแก้วประเภทนี้เป็นจำนวนมากในอิตาลี โดยเฉพาะที่ปอมเปอี ซึ่งอาจจะผลิตในโรมหรือแหล่งใกล้ๆ ก็เป็นไปได้¹³ สันนิษฐานว่าการผลิตแก้วคามีโอมีระยะเวลาสั้นๆ ราวปลาย 100 ปีก่อนคริสต์กาลถึงคริสต์ศตวรรษที่ 1 เท่านั้น¹⁴ ซึ่งการพบลักษณะของแก้วคามีโอ (cameo) เป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการติดต่อสัมพันธ์กับชุมชนโพ้นทะเลอีกชิ้นหนึ่ง และยังพบภาชนะแก้วที่เขียนสีบนลำตัวแก้ว (พบบนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลืองใสของแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT003)) นอกจากนี้ยังมีการเขียนสีและเคลือบบนผิวภาชนะ (gild glass, enamel glass) ซึ่งพบจากการสำรวจในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา และแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.พังงา ยังว่ามีพบชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่มีชุดขีดตกแต่งบนพื้นผิวแก้ว ซึ่งลักษณะการตกแต่งแบบนี้เป็นที่นิยมในยุคอิสลามในสมัยราชวงศ์ซาฟาเนียน (Sassanian Dynasty) ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 9 เป็นต้นมา¹⁵ ซึ่งสอดคล้องกับรูปทรงของเครื่องแก้วสามารถจำแนกได้มี 2 แหล่ง คือ แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก มีลักษณะเป็นทรงขวด, หรือลำตัวกลม และเป็นแท่งสี่เหลี่ยม และแหลมโพธิ์ พบเครื่องแก้วรูปทรงขวดและถ้วย ซึ่งลักษณะรูปทรงกลมบริเวณขอบ

¹³ Battie, David and Simon Cottle, general ed., Sotheby's Encyclopedia of Glass, 31

¹⁴ Marshall, Jo, Glass Source Book (Hongkong : Leefung Asco Printers Ltd., 1990), 26-27.

¹⁵ Yoko Shindo, "Islamic glass finds from RAYA, Southern Sinai," AIHV Annales du 15^e Congrès 2001, 180-184.

ปากพับริม คอทรงกระบอก ลำตัวกลม เป็นรูปทรงของเครื่องแก้วที่พบใน Fustat ที่ Usais ราวคริสต์ศตวรรษที่ 8 เป็นต้นมา¹⁶ แสดงให้เห็นว่าจากลักษณะทางกายภาพ จากการตกแต่ง การขึ้นรูป สามารถสันนิษฐานในเบื้องต้นว่าเป็นกลุ่มเครื่องแก้วที่นำเข้ามาจากตะวันออกกลาง ซึ่งยังต้องใช้ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับแหล่งอื่นๆ เพื่อยืนยันถึงแหล่งผลิตของเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของไทย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโบราณวัตถุประเภทแก้ว : ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง

โบราณวัตถุประเภทแก้วที่วิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 15 ตัวอย่าง 19 ชิ้นงาน มีทั้งแบบสีเดียว (monochrome) และแบบหลายสี (polychrome) ได้แก่ ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว จำนวน 7 ชิ้น เศษแก้ว จำนวน 5 ชิ้น และลูกบิดแก้ว 3 เม็ด จากการศึกษาลักษณะเฉพาะทางเคมีและจุลทรรศน์ศาสตร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ (chemical and microstructural characterization) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของแก้วแต่ละชิ้นมีความแตกต่างกัน วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการหลอมแก้ว ได้แก่ ซิลิกา (SiO_2) อลูมินา (Al_2O_3) ไคลม์ (CaO) แมกนีเซีย (MgO) ไทเทเนีย (TiO_2) แมงกานีสออกไซด์ (MnO) และ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่ามีแหล่งผลิตแก้วเป็นคนละแหล่ง หรืออาจจะเป็นแหล่งเดียว แต่ในการหลอมแต่ละครั้งใช้วัตถุดิบที่ไม่เท่ากัน (ตามตาราง)

¹⁶ Yoko Shindo, "The Early Islamic glass from al-Fustat in Egypt," Annales du 14è Du verre, Milano 2000, 233-237.

ตารางที่ 10 องค์ประกอบธาตุของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₂	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₂	ZnO	BaO
PKT001	ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (mosaic)	เขียว (g)		73.27	6.85	4.19	1.47	2.9	2.49	1	0.36	4.48	0.3	1.96	0.73	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		เหลือง (y)		50.35	22.79	2.08	1.14	4.95	6.43	1.29	0.82	8.21	0.16	0.58	1.16	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PKT002	ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (mosaic)	น้ำเงิน (b)		55.62	11.05	3.37	2.19	3.88	6.31	1.26	0.08	13.86	0.55	0.87	0.65	0.3	<0.01	<0.01	<0.01
		แดง (r)		58.76	3.64	6.08	13.57	4.88	1.85	1.78	2.91	4.57	0.28	1.03	0.3	0.38	<0.01	<0.01	<0.01
		ขาว (w)		72.03	9.98	2.17	1.41	2.79	3.49	1.63	0.52	5.61	0.04	0.25	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	<0.01
PKT003	ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว	เหลืองใส (tr)		20.33	8.75	10.7	2.55	2.84	2.69	2.87	<0.01	46.49	2.49	<0.01	<0.01	0.27	<0.01	<0.01	<0.01
		เหลืองทึบ (op)		42.54	14.18	2.73	4.8	2.62	5.36	1.07	<0.01	25.44	0.74	<0.01	<0.01	0.51	<0.01	<0.01	<0.01
PKT004	ชิ้นส่วนกัน	น้ำเงิน		85.23	2.05	1.22	0.59	2	1.66	0.3	1.31	4.88	0.5	0.28	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PKT005	ชิ้นส่วนลำตัว	เหลืองอ่อน		85.03	4.59	4.09	2.02	1.57	1.05	0.98	<0.01	<0.01	0.5	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	<0.01	<0.01
PKT006	ชิ้นส่วนขอบปาก	ฟ้า		68.08	3.6	5.54	18.05	4.72	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
PKT007	ชิ้นส่วนลำตัว	เขียวอ่อน		84.63	6.91	0.51	0.2	0.6	2.42	0.2	0.3	3.88	0.22	<0.01	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	<0.01

ตารางที่ 10 องค์ประกอบธาตุของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง (ต่อ)

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
PKT008	ก้อนแก้ว	เขียว		75.5	9.41	1.25	0.37	5.58	2.49	0.94	0.3	2.7	0.08	0.67	<0.01	0.55	0.14	<0.01	<0.01
PKT009	ก้อนแก้ว	ดำ		59.69	7.96	1.51	0.97	3.81	1.64	0.95	<0.01	18.62	1.36	1.64	<0.01	0.26	0.16	0.63	0.76
PKT010	ก้อนแก้ว	น้ำเงิน		65.21	1.41	1.01	0.6	6.44	1.08	0.36	0.2	21.82	0.55	0.37	<0.01	0.01	0.2	0.47	0.25
PKT011	ก้อนแก้ว	น้ำตาล		63.72	3.85	2.36	2.33	2.41	0.52	0.63	<0.01	20.53	1.82	0.19	<0.01	0.09	0.18	0.51	0.86
PKT012	ก้อนแก้ว	เขียว (เข้ม)		57.44	2.27	0.06	1.66	13.64	2.13	0.23	0.08	20.73	0.03	1.13	<0.01	0.13	<0.01	0.33	0.12
PKT013	ลูกบิดแก้ว	ฟ้า		58.79	7.79	0.61	0.16	3.98	1.14	0.59	0.1	23.62	0.29	0.35	1.24	0.12	0.09	0.06	<0.01
PKT014	ลูกบิดแก้ว	น้ำเงิน		71.07	1.69	1.9	1.2	0.93	2.67	0.72	0.21	14.7	1.54	1	0.55	0.01	0.47	0.51	0.84
PKT015	ลูกบิดแก้ว	น้ำตาลแดง		53.89	8.88	2.83	0.51	1.31	2.65	1.36	0.28	25.28	0.11	0.53	0.78	0.14	0.15	0.54	0.83

จากตารางสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบทางเคมีในแก้วแต่ละชั้นมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจะแบ่งองค์ประกอบหลักของแก้ว เป็น 4 กลุ่ม ตามแต่ละประเภทโบราณวัตถุ ดังนี้

ชั้นส่วนภาชนะแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 20.33-84.63 %

แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณ 0.51-10.7 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 3.6-22.79 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติหรือช่วยในการหลอมละลาย

(flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.2 – 18.05 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 0.6-4.95 %

ตะกั่วออกไซด์ (PbO) น้อยกว่า 0.01-46.49 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 6.43%

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 - 0.55%

ทองแดงออกไซด์ (CuO) และ โคบอลท์ออกไซด์ (CoO) หรือตัวใดตัวหนึ่ง

ที่มีค่าระหว่าง น้อยกว่า 0.01- 1.96 % และน้อยกว่า 0.01 – 0.38 % ตามลำดับ เป็นตัวให้สีฟ้าและน้ำเงิน (blue colourant)

4. องค์ประกอบอื่นๆ หรือวัตถุเจือปนในเนื้อแก้ว

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) มีค่าอยู่ระหว่างน้อยกว่า 0.01 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) มีปริมาณ น้อยกว่า 0.01 – 1.16%

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีปริมาณน้อยกว่า 0.01 %

แบเรียมออกไซด์ (BaO) มีปริมาณ น้อยกว่า 0.01 %

องค์ประกอบเหล่านี้ถือว่าน้อย อาจเจือปนอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมแก้ว

ก้อนแก้ว และลูกปัดแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 53.89-75.5%

แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณ 0.06-2.36%

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 1.41-9.41 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติต่ำหรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.16-2.33 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 0.93-13.64 %

ตะกั่วออกไซด์ (PbO) น้อยกว่า 0.01-25.28 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณน้อยกว่า 0.52-2.67%

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 - 0.55%

ทองแดงออกไซด์ (CuO) ประมาณ 0.19-1.64 %

โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 0.55 % ตามลำดับ

4. องค์ประกอบอื่นๆ หรือวัตถุเจือปนในเนื้อแก้ว

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) น้อยกว่า 0.01-0.47 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 0.78%

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ประมาณ 0.01-0.63 %

แบเรียมออกไซด์ (BaO) ประมาณ 0.01-0.83 %

จากข้อมูลเชิงปริมาณพบว่าองค์ประกอบธาตุของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และ ลูกบิดแก้ว มีปริมาณที่แตกต่างกันชัดเจน เช่น ซิลิกาในชิ้นส่วนภาชนะแก้วมีค่าหลากหลาย ประมาณ 20 % ถึง 85 % ในขณะที่กลุ่มเศษแก้วและลูกบิดแก้วมีซิลิกาที่ประมาณ 50% ขึ้นไป หรือแคลเซียมออกไซด์ในกลุ่มภาชนะแก้วมีค่าสูงมากประมาณ 0.5% ขึ้นไป แต่เศษแก้วและ ลูกบิดแก้วมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.2-0.3% เป็นต้น หรือส่วนของโซดาพบว่ามีภาชนะแก้วมีปริมาณของโซดาที่สูง เป็นต้น

องค์ประกอบธาตุขั้นต้นทำให้ทราบว่าชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง บางส่วนเป็นแก้วชนิดแก้วตะกั่ว (lead-based glass) โดยมีตะกั่วออกไซด์เป็นตัวช่วยหลอม (flux) หลัก มีทั้งโซดา และ โปแตสเป็นตัวช่วยหลอมรอง ตะกั่วออกไซด์นอกจากจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วย หลอมแก้วแล้วยังเป็นสารให้สี (colourant) อีกด้วย ซึ่งถ้ามีปริมาณมากจะทำให้เนื้อแก้วมีสีเหลือง อย่างไรก็ตามก็ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็นสารให้สีอื่นๆด้วย และยังพบว่ามีแก้วประเภทอื่นด้วย เช่น แก้วโปแตส, แก้วโซดา เป็นต้น (ดูรายละเอียดในส่วนวิเคราะห์รวม)

1. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) และ ตัวช่วยหลอมละลาย (flux)

จากตัวอย่างกลุ่มของชิ้นส่วนเครื่องแก้ว ก้อนแก้ว และลูกบิดแก้ว พบว่ามีค่าซิลิกาสูงกว่าองค์ประกอบอื่นอยู่แล้ว ดังนั้น จึงนำโซดา (Na_2O) โปแตส (K_2O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO) มาใช้ในการจัดกลุ่ม

1.1. การพิจารณาโซดาเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1.1 โซดาน้อยกว่า 10 % (low-soda, $\text{Na}_2\text{O} < 10\%$) ได้แก่ ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว โมเสก (mosaic) สีเขียว-เหลือง (PKT001g-y), แก้วโมเสก (mosaic) ขาว-แดง (PKT002w-r), ลำตัวแก้วสีเหลืองใสประดับด้วยจุดสีเหลืองทึบแสง (PKT003, op.), ชิ้นส่วนก้านสีน้ำเงิน (PKT004), ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลืองอ่อน (PKT005, tr.) และชิ้นส่วนลำตัวสีเขียวอ่อน (PKT007) นอกจากนี้กลุ่มของก้อนแก้วและลูกบิดแก้วมีโซดาน้อยไม่เกิน 3% ได้แก่ ก้อนแก้วสีเขียวอ่อน (PKT008), ดำ (PKT009), น้ำเงิน (PKT010), น้ำตาล (PKT011) และเขียว (ขี้ม้าเข้ม) (PKT012) ลูกบิดแก้วสีฟ้า, น้ำเงิน และน้ำตาลแดง (PKT013-15)

1.1.2 โซดามากกว่า 10 % (high -soda, $\text{Na}_2\text{O} > 10\%$) มี 2 ตัวอย่าง คือ แก้วโมเสกสีน้ำเงิน (PKT002b) และ ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006)

1.2 การพิจารณากลุ่มของโปแตสเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.2.1 โปแตสน้อยกว่า 2% (low-potash, $\text{K}_2\text{O} < 2\%$) ได้แก่ ลำตัวสีเหลืองอ่อน (PKT005), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียวอ่อน (PKT007), ลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน และน้ำตาลแดง (PKT014-15)

1.2.2 โปแตสมากกว่า 2% (high-potash, $\text{K}_2\text{O} > 2\%$) ได้แก่ แก้วสีเหลืองในแก้วโมเสกสีเขียว-เหลือง (PKT001g-y), แก้วโมเสกสีน้ำเงิน-แดง-ขาว (PKT002b-r-w), ลำตัวแก้วสีเหลืองใสประดับด้วยจุดสีเหลืองทึบแสง (PKT003, tr.-op.), ชิ้นส่วนก้านสีน้ำเงิน (PKT004) และ ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006) ส่วนก้อนแก้วที่พบ มีสีเขียว (PKT008), ดำ (PKT009), น้ำเงิน (PKT010), น้ำตาล (PKT011) และเขียวเข้ม (PKT012) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (PKT013)

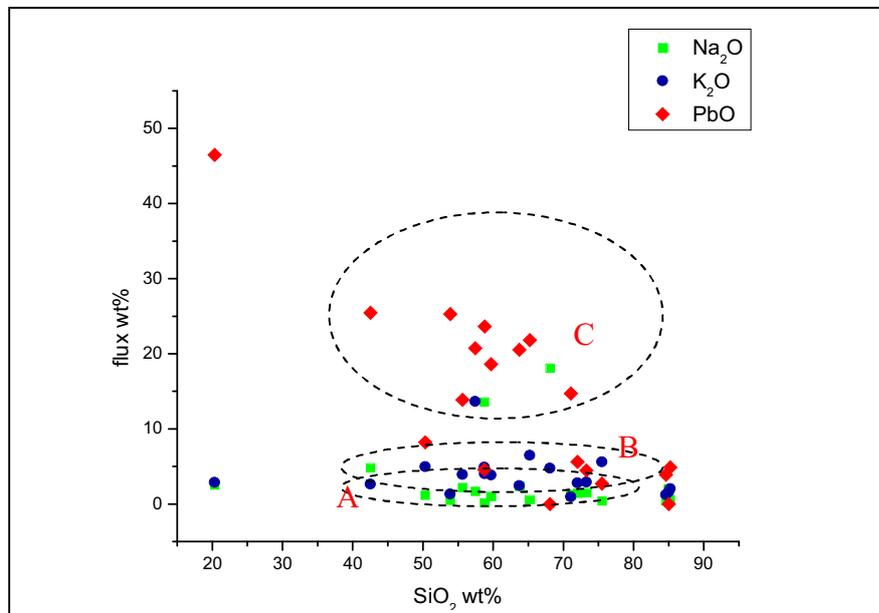
1.3 การพิจารณากลุ่มของตะกั่วออกไซด์เป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้วได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.3.1 ตะกั่วออกไซด์น้อยกว่า 15 % ได้แก่ แก้วสีเขียวและเหลืองจากแก้วโมเสกสีเหลือง-เขียว (PKT001, g-y), แก้วโมเสกสีน้ำเงิน (PKT002b), ชิ้นส่วนก้านสีน้ำเงิน (PKT004),

ชั้นส่วนลำตัวสีเหลืองอ่อน (PKT005), ชั้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียวอ่อน (PKT007), ก้อนแก้วสีเขียว (PKT008)

1.3.2 ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15 % ได้แก่ แก้วสีเหลืองใส-เหลืองทึบ (PKT003tr.-op.), ก้อนแก้วสีดำ (PKT009) ก้อนแก้วสีน้ำตาล (PKT011) ก้อนแก้วสีเขียว (เข้ม) (PKT012) และ ลูกปัด แก้วสีน้ำตาลแดง (PKT015)

จากองค์ประกอบประเภทต่าง เมื่อนำมาจัดทำแผนภูมิ พบว่ามีการกระจายตัวของกลุ่มอย่างชัดเจน เนื่องจากกลุ่ม A พบว่าโซดา มีปริมาณต่ำกว่า 5% มีบางตัวที่เข้ากลุ่ม กลุ่ม B พบว่ามีปริมาณของโปแตสใกล้เคียงกับโซดา ส่วนกลุ่ม C จะสังเกตว่ามีการกระจายตัวที่สูงกว่าทั้ง โซดาและโปแตส



แผนภูมิที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์และซิลิกาในชั้นส่วนภาชนะแก้วเศษแก้วและลูกปัดแก้ว

2. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซีย (MgO)

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุพบว่ามีอลูมินาในปริมาณที่แตกต่างกันชัดเจน แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับแมกนีเซีย (MgO) โดยเปรียบเทียบแก้วในแหล่ง พบว่ามีแก้วอย่างน้อย 5 ชนิด คือ

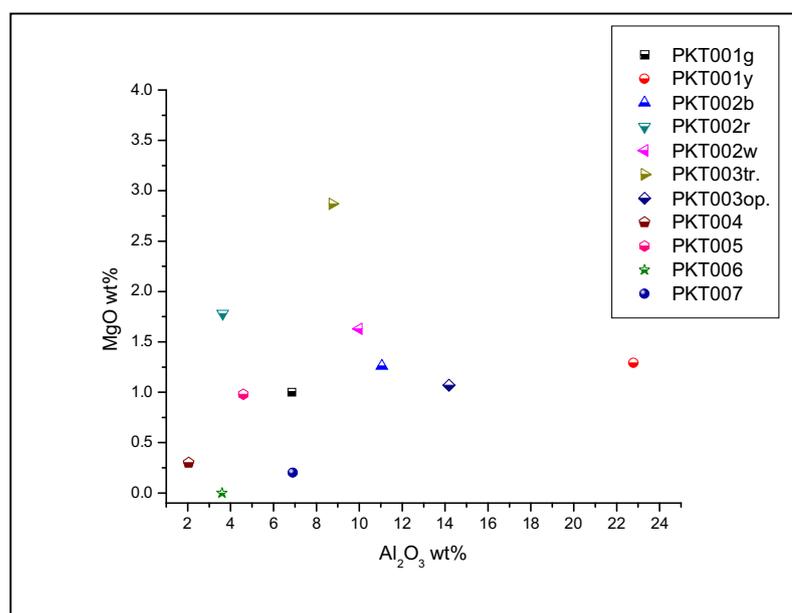
2.1 อลูมินาต่ำประมาณ 0.1- 5 % หรือน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียน้อยกว่า 1 % (low alumina, low-magnesia, $\text{Al}_2\text{O}_3 < 5 \%$, $\text{MgO} < 1 \%$) คือ ชั้นส่วนก้นภาชนะแก้วสีน้ำเงิน (PKT004), ชั้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง (PKT005), ชั้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้า (PKT006)

และมีเศษแก้วก้อนแก้ว ได้แก่ ก้อนแก้วสีน้ำเงิน (PKT010), ก้อนแก้วสีน้ำตาล (PKT011) และก้อนแก้วสีเขียว (PKT012) ส่วนลูกบิดมีเพียงลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (PKT014)

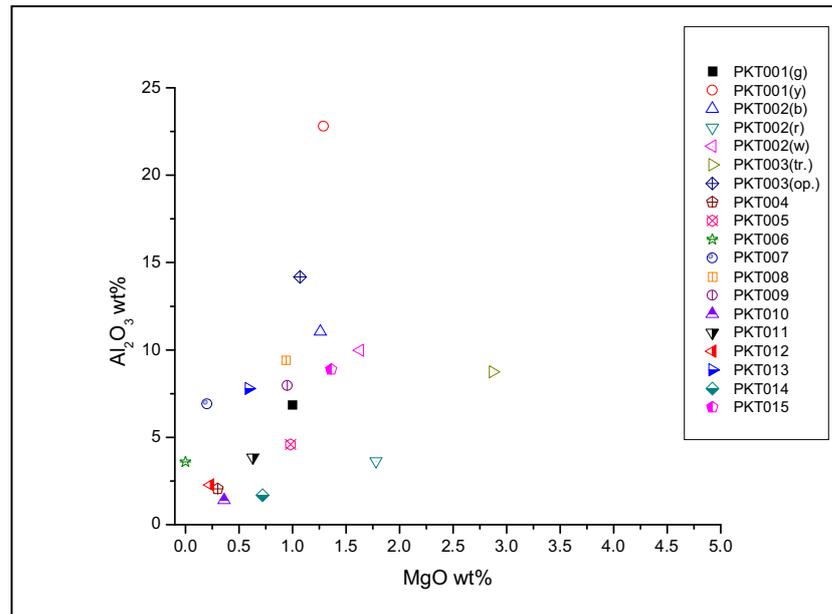
2.2 อลูมินาปานกลางระหว่าง 5 - 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (medium alumina, low-magnesia) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ส่วนปากภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน (PKT007), ก้อนแก้วสีเขียว (PKT012) และ ก้อนแก้วสีดำ (PKT009)

2.3 อลูมินาสูงมากกว่า 10 % และแมกนีเซียมมากกว่า 1 % (high alumina, high-magnesia) ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวโมเสกสีเหลือง (PKT001), ชิ้นส่วนลำตัวโมเสกสีน้ำเงิน (PKT002) และจุดแก้วสีเหลืองทึบ (PKT003 op.)

2.4 อลูมินาปานกลางระหว่าง 5 - 10% และแมกนีเซียมมากกว่า 1 % (medium alumina, high-magnesia) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 7 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนลำตัวแก้วโมเสกสีเขียว (PKT001), ชิ้นส่วนลำตัวแก้วโมเสกสีแดง และน้ำเงิน (PKT002), ลำตัวสีเหลืองใส (PKT003), ก้อนแก้วสีเขียว (PKT008), ลูกบิดแก้วสีฟ้า และน้ำตาลแดง (PKT013-14)



แผนภูมิที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว



แผนภูมิที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว (แยกชิ้นงาน)

3. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K_2O) กับแมกนีเซียม (MgO)

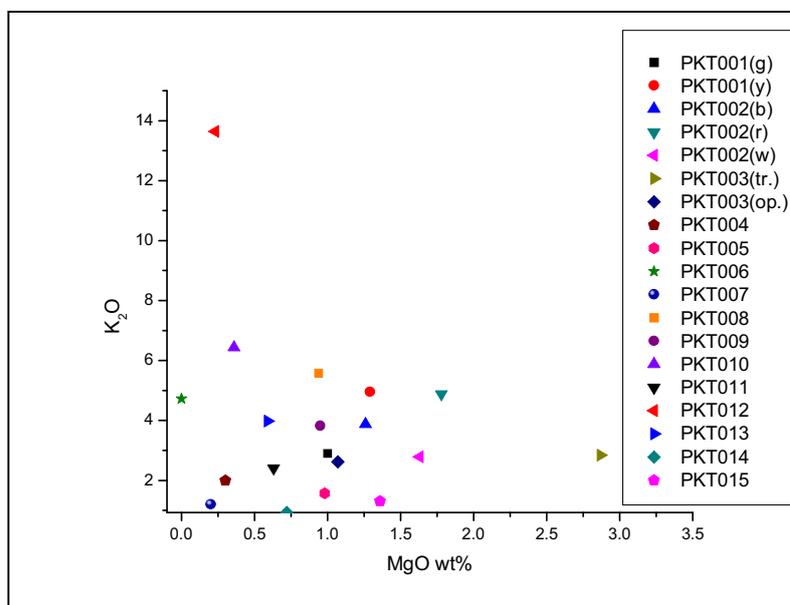
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K_2O) และ แมกนีเซียม (MgO) สามารถแยกได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

3.1 แมกนีเซียมน้อยกว่า 1% และโปแตสน้อยกว่า 2 % ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMG (low-magnesia, soda-lime-silica glass) พบว่ามีตัวอย่างแก้วจำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง (PKT005), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียวอ่อน (PKT007), ลูกบิดแก้วสีน้ำเงินและน้ำตาลแดง (PKT014-15)

3.2 แมกนีเซียมน้อยกว่า 1% และโปแตสมากกว่า 2 % ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMHK (low-magnesia, high-potash, soda-lime-silica glass) ประกอบด้วยตัวอย่างแก้ว จำนวน 8 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนก้นสีน้ำเงิน (PKT004), ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006), เศษแก้วสีเขียวอ่อน (PKT008), เศษแก้วสีดำ (PKT009), เศษแก้วสีน้ำเงิน (PKT010), ก้อนแก้วสีเขียวเข้ม (PKT011) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (PKT013)

3.3 แมกนีเซียมมากกว่า 1% ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด HMG (high-magnesia, soda-lime-silica glass) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง 7 ชิ้นงาน คือ ชิ้นส่วนลำตัวแก้วโมเสกสีเขียว-

เหลือง (PKT001g-y), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วแบบโมเสก สีน้ำเงิน สีแดงและสีขาวขุ่น (PKT002b-r-w) และชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง-เหลืองเข้ม (PKT003-tr.-op.)



แผนภูมิที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K₂O) และแมกนีเซียม (MgO) ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ก่อนแก้ว และลูกปิดแก้ว

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกปิดแก้ว

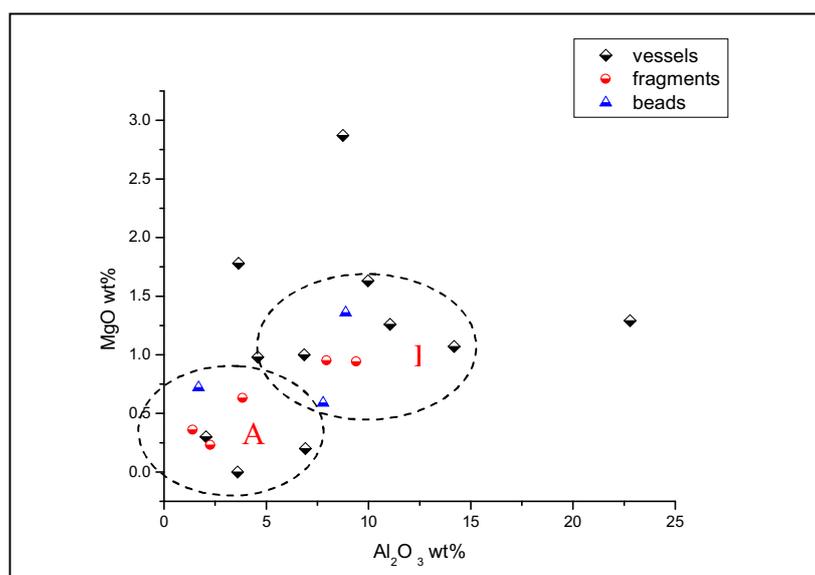
การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกปิดแก้วจากการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่อง SEM-EDX พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วและเศษแก้วมีความใกล้เคียงกัน โดยดูความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ 1) อลูมินา (Al₂O₃) กับแมกนีเซียม (MgO) 2) โปแตส (K₂O) กับแมกนีเซียม (MgO) จะพบว่ามียุุ่มแก้วที่มีความสัมพันธ์กัน ในกลุ่มอลูมินาและแมกนีเซียม คือ

1. กลุ่มอลูมินา (Al₂O₃) น้อยกว่า 5% และแมกนีเซียม (MgO) น้อยกว่า 1% โดยแก้วที่สัมพันธ์มีชิ้นส่วนกันภาชนะสีน้ำเงิน (PKT004), ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง, (PKT005) ปากสีฟ้า (PKT006) สัมพันธ์กับก้อนแก้วเศษแก้ว ได้แก่ ก้อนแก้วสีน้ำเงิน (PKT010), ก้อนแก้วสีน้ำตาล (PKT011) และก้อนแก้วสีเขียว (PKT012)

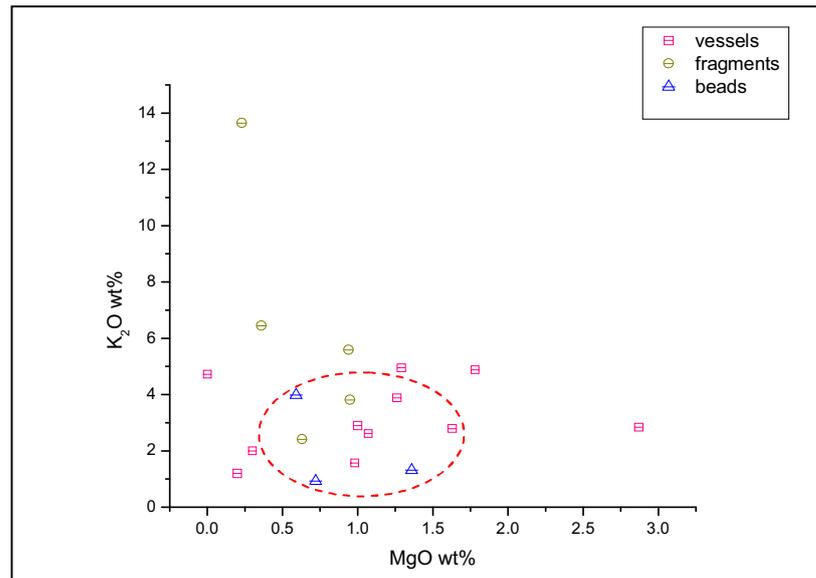
2. กลุ่มที่สองอลูมินา (Al₂O₃) ปานกลางระหว่าง 5-10% และแมกนีเซียม (MgO) มากกว่า 1% มีชิ้นส่วนลำตัวโมเสกสีเขียว (PKT001g), ชิ้นส่วนลำตัวแก้วสีแดง-น้ำเงิน (PKT002r-b) และชิ้นส่วนลำตัวสีเหลืองใส (PKT003tr.) สัมพันธ์กับก้อนแก้วสีเขียว (PKT008) และลูกปิด

แก้วสีฟ้า (PKT014) และน้ำตาลแดง (PKT015) ซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มอลูมินาปานกลางระหว่าง 5 - 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (medium alumina, low-magnesia) ส่วนปากภาชนะแก้วสีเขียวอ่อน (PKT007), ก้อนแก้วสีเขียว (PKT012) และ ก้อนแก้วสีดำ (PKT009) มีความสัมพันธ์กัน ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสและแมกนีเซียม พบว่าในกลุ่มของโปแตสมากกว่า 2 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% (LMHK, (low-magnesia, high-potash, soda-lime-silica glass) ในกลุ่มนี้มีทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีในกลุ่มเดียวกันของชิ้นส่วนก้นสีน้ำเงิน (PKT004), ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006), เศษแก้วสีเขียวอ่อน (PKT008), เศษแก้วสีดำ (PKT009), เศษแก้วสีน้ำเงิน (PKT010), ก้อนแก้วสีเขียวเข้ม (PKT011) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (PKT013)

แสดงว่ามีชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีฟ้า, สีเหลือง, สีน้ำเงิน บางส่วนมีความสัมพันธ์กับเศษแก้วสีดำ, เขียว และน้ำเงิน และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง จากแผนภูมิ 19-20 จะพบว่าองค์ประกอบระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วเกาะกลุ่มกันชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันอาจจะมีความเป็นไปได้ที่มีการนำเอาชิ้นส่วนภาชนะแก้วมาหลอมใช้เป็นวัตถุดิบอีกครั้งหนึ่ง โดยแปรสภาพเป็นเศษแก้ว ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้น จึงมีความสัมพันธ์สัมพันธ์กับลูกบิดแก้วสีฟ้า และสีน้ำตาลแดงหรืออาจจะเป็นไปได้ที่ทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้วและเศษแก้วนำมาจากแหล่งเดียวกัน เพราะมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ยังมีกลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่ไม่เข้าพวก คือ แมกนีเซียม (MgO) มากกว่า 1% (HMG) โดยเฉพาะชิ้นส่วนภาชนะแก้วโมเสกทั้งสองชิ้น (PKT001, 002 และ 003)



แผนภูมิที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม ตามประเภทโบราณวัตถุประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว (ภาพรวม)



แผนภูมิที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K_2O) และแมกนีเซียม (MgO) ตามประเภทของแก้ว ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา

โบราณวัตถุที่นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวน 21 ตัวอย่าง เป็นแบบสีเดียว (monochrome) ทั้งหมด แบ่งประเภทของโบราณวัตถุประเภทแก้วได้ ดังนี้ ชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวน 17 ตัวอย่าง เศษแก้วจำนวน 2 ตัวอย่าง และลูกบิดแก้ว จำนวน 2 ตัวอย่าง จากการศึกษาลักษณะเฉพาะทางเคมีและจุลทรรศน์ศาสตร์ทางอิเล็กทรอนิกส์ (chemical and microstructural characterization) พบว่าแก้วแต่ละตัวอย่างมีองค์ประกอบหลัก อาทิ ซิลิกา (SiO_2) อลูมินา (Al_2O_3) ไค้ม (CaO) แมกนีเซียม (MgO) ไทเทเนียม (TiO_2) แมงกานีสออกไซด์ (MnO) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนี้ (ตามรายละเอียดในตาราง)

ตาราง 11 องค์ประกอบแก้วในแหล่งโบราณคดีนางยอน อ.กระบุรี จ.พังงา

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
NY001	ชิ้นส่วนโหล	น้ำเงิน		61.1	10.31	3.32	0.87	2.19	0.53	0.51	0.57	18.6	0.21	0.81	0.18	0.11	0.17	0.53	<0.01
NY002	ชิ้นส่วน ขอบปาก	ม่วง		76.42	6.89	1.25	1.62	1.46	1.5	0.39	0.29	8.95	0.26	0.2	0.14	0.08	0.32	0.23	<0.01
NY003	ชิ้นส่วนก้น	เขียว		64.26	2.9	3.86	1.23	2.92	0.71	2.53	0.29	19.14	0.25	0.42	0.45	0.25	0.23	0.57	<0.01
NY004	ชิ้นส่วนลำตัว	ฟ้า		69.73	9.49	3.14	1.02	3.46	1.03	0.2	0.74	8.61	0.23	0.76	0.58	0.24	0.23	0.5	<0.01
NY005	ขอบปาก	ฟ้า		47.67	9.48	2.42	18.18	2.71	0.85	0.27	0.43	16.27	0.21	0.56	<0.01	0.22	0.2	0.28	<0.01
NY006	ลำตัว	เขียว		58.39	3.58	5.26	17.1	1.88	0.76	2.62	0.34	8.16	0.29	0.43	0.4	0.09	0.23	0.37	<0.01
NY007	ชิ้นส่วนลำตัว	น้ำเงิน		67.81	4.29	<0.01	0.38	0.14	0.39	0.99	<0.01	21.24	0.03	1.04	0.37	1.9	0.04	0.11	1.18
NY008	ชิ้นส่วนลำตัว	ใส(ออก เหลือง)		50.19	1.5	4.45	10.95	3.78	0.42	2.13	<0.01	22.88	0.23	0.55	1.16	0.16	0.27	0.57	0.79
NY009	ขอบปาก	เขียว		55.92	2.96	3.02	13.44	2.19	0.9	0.61	0.17	17.24	0.37	0.63	0.27	0.18	0.44	0.53	1.2
NY010	ขอบปาก	เขียวอ่อน		66.48	4.93	<0.01	0.56	0.33	0.82	1.31	0.35	21.48	0.03	0.54	1.74	0.28	0.11	0.58	0.44

ตาราง 11 องค์ประกอบแก้วในแหล่งโบราณคดีนางยอน อ.คุระบุรี จ.พังงา (ต่อ)

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (%โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₂	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₂	ZnO	BaO
NY011	ลำตัว	ฟ้า		60.08	8.26	3.59	3.2	3.72	1.05	0.54	0.16	15.73	0.73	1.24	<0.01	0.06	<0.01	0.69	0.97
NY012	ชิ้นส่วนลำตัว	ม่วง		66.87	4.14	3.26	0.41	0.47	1.67	1.3	0.55	18.09	0.74	0.58	<0.01	0.18	0.35	0.19	<0.01
NY013	ชิ้นส่วนลำตัว	ฟ้า		63.16	7.4	1.45	0.51	1.03	3.59	0.59	0.32	18.75	0.35	<0.01	<0.01	0.28	0.72	0.79	1.06
NY014	ชิ้นส่วนลำตัว	เขียว		62.84	10.02	1.19	1.15	0.97	2.46	0.36	0.87	17.33	0.78	1.18	<0.01	0.11	0.24	0.5	<0.01
NY015	ชิ้นส่วนลำตัว	เขียว		72.12	2.78	1.28	0.35	0.83	1.88	0.93	0.28	14.99	0.12	0.81	0.85	0.33	<0.01	2.12	0.31
NY016	ขอบปาก	ดำ		64.25	3.63	7.28	0.75	0.75	3.75	1.15	0.02	18.02	0.29	0.63	0.31	0.16	0.27	0.63	0.73
NY017	ลำตัว	ใส		79.34	3.93	5.89	0.31	0.68	1.02	0.94	0.58	4.56	1.17	0.29	0.18	0.16	0.36	0.33	0.27
NY018	เศษแก้ว	น้ำเงิน		75.15	7.31	4.12	0.71	0.32	2.59	0.84	<0.01	6.11	0.13	0.43	<0.01	0.15	0.4	0.88	0.87
NY019	เศษแก้ว	ดำ		70.9	4.26	3.77	0.08	0.25	2.28	1.22	0.39	14.02	0.14	0.22	0.06	0.03	0.07	0.78	0.77
NY 20	ลูกปัดแก้ว	ดำ		70.41	10.5	1.072	7.97	1.19	2.52	0.7	0.65	<0.01	0.11	0.5	0.44	<0.01	0.24	0.59	0.82
NY21	ลูกปัดแก้ว	น้ำตาลแดง		58.19	11.22	2.86	3	1.41	3.69	0.74	0.84	13.6	0.17	2.19	0.67	0.09	0.57	0.61	0.86

จากตารางสามารถแยกองค์ประกอบหลักของแก้วได้ 4 กลุ่ม แบ่งตามโบราณวัตถุ ได้แก่

ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป ได้แก่

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 46.67– 79.34 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 1.5 – 10.31 %

แคลเซียม (CaO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 7.93 %

แมกนีเซียม (MgO) ประมาณ 0.2-2.62 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำ หรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.38 – 18.18 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 0.14 – 3.72 %

และตะกั่วออกไซด์ (PbO) ประมาณ 4.56 – 22.88 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

ไทเทเนีย (TiO_2) ประมาณ น้อยกว่า 0.01 – 0.87%

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ประมาณ 0.03 – 1.17 %

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณ 0.42 – 3.75 %

4. องค์ประกอบอื่นๆ ที่อาจจะเจือปน

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 0.44 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ประมาณ 0.11 – 2.12%

แบเรียมออกไซด์ (BaO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 1.18 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 1.74%

องค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณที่น้อยมาก อาจจะเจือปนอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมแก้ว

เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป ได้แก่

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 58.19– 75.15 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 4.26 – 11.22 %

แคลเซียม (CaO) ประมาณ น้อยกว่า 1.07 – 4.12 %

แมกนีเซียม (MgO) ประมาณ 0.7–1.22 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำ หรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.38 – 18.18 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 0.25 – 1.41 %

และตะกั่วออกไซด์ (PbO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 14.02%

3. องค์ประกอบของสารให้สี

ไทเทเนีย (TiO_2) ประมาณน้อยกว่า 0.01 – 0.84 %

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ประมาณ 0.11 – 0.17 %

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณ 2.28 – 3.69 %

4. องค์ประกอบอื่นๆ ที่อาจจะเจือปน

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ประมาณ 0.07 – 0.57 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ประมาณ 0.59 – 0.88 %

แบเรียมออกไซด์ (BaO) ประมาณ 0.77 – 0.82 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) ประมาณ 0.01 – 0.64%

จากองค์ประกอบทางของธาตุข้างต้นพบว่าทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วมีองค์ประกอบของธาตุที่หลากหลาย ได้แก่ โซดา โปแตส และตะกั่ว โดยพบว่ามีชิ้นส่วนเครื่องแก้วบางชิ้นเป็นแก้วชนิดแก้วตะกั่ว ซึ่งใช้ตะกั่วออกไซด์เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมแก้ว และมีโซดากับโปแตสเป็นตัวช่วยหลอมร่วมด้วย และหรืออาจเป็นสารให้สีก็เป็นไป และยังพบแก้วโซดา, แก้วโปแตส บ้าง ซึ่งรายละเอียดดูในการวิเคราะห์ชนิดของแก้ว

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) และตัวช่วยหลอมละลาย (flux)

1.1 การพิจารณากลุ่มของโซดาเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1.1 โซดาน้อยกว่า 10 % (low-soda) ได้แก่ ชิ้นส่วนไหลสีน้ำเงิน (NY001), ขอบปากสีม่วง (NY002), ชิ้นส่วนกันสีเขียว (NY003), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY004), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชิ้นส่วนลำตัวสีใส (ออกเหลือง) (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสีเขียวอ่อน (010), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY011), ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY015), ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ (NY016) และชิ้นส่วนลำตัวสีขาว (NY017) รวมทั้งเศษแก้วสีน้ำเงิน และดำ (NY018-19) และลูกบิดแก้วสีดำและน้ำตาลแดง (NY020-21)

1.1.2 โซดามากกว่า 10 % (high-soda) มีเพียงชั้นเดียว คือ ชั้นส่วนขอบปากสีฟ้า (NY005), ลำตัวภาชนะสีเขียว (NY006), ชั้นส่วนลำตัวสีขาว (เหลือง) (NY008) และชั้นส่วนขอบปากสีเขียว (มรกต) (NY009)

1.2 การพิจารณากลุ่มของโปแตสเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

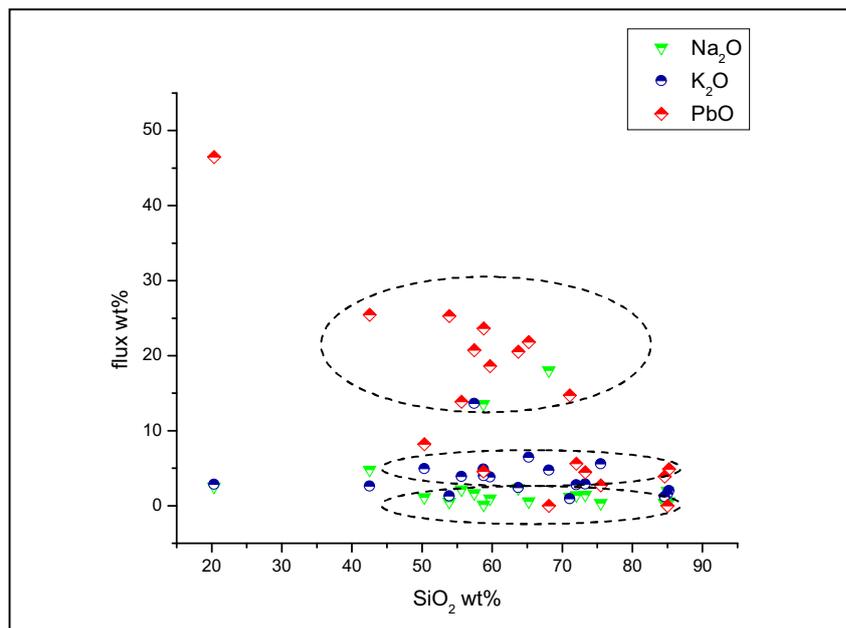
1.2.1 โปแตสน้อยกว่า 2 % (low-potash) ได้แก่ ชั้นส่วนขอบปากสีม่วง (NY001), ชั้นส่วนก้นสีเขียว (NY006), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชั้นส่วนขอบปากสีเขียวอ่อน (NY010), ชั้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014) , ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY015), ชั้นส่วนขอบปากสีดำ (NY016), ชั้นส่วนลำตัวสีขาว (NY017) และเศษแก้วสีน้ำเงิน (NY018), เศษแก้วสีดำ (NY019) ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (NY02) และสีดำ (NY021)

1.2.2 โปแตสมากกว่า 2 % (high-potash) ได้แก่ ชั้นส่วนไหล่สีน้ำเงิน (NY001), ชั้นส่วนก้นสีเขียว (NY003), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY004), ชั้นส่วนขอบปากสีฟ้า (NY005) และชั้นส่วนลำตัวสีใส (ออกเหลือง) (NY008) และชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY011)

1.3 การพิจารณากลุ่มของตะกั่วออกไซด์เป็นหลัก พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้วได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.3.1 ตะกั่วออกไซด์น้อยกว่า 15% ได้แก่ ชั้นส่วนขอบปากสีม่วง (NY002), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY004), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (ใส) (NY006), ชั้นส่วนลำตัวใส (NY017), เศษแก้วสีน้ำเงิน (NY018), เศษแก้วสีดำ (NY0019) , ลูกบิดแก้วสีดำ (NY0020) และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (NY0021)

1.3.2 ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15% ได้แก่ ชั้นส่วนไหล่สีน้ำเงิน (NY001), ชั้นส่วนก้นสีเขียว (เขียว) (NY003) ชั้นส่วนขอบปากสีฟ้า (NY005) ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชั้นส่วนลำตัวใส (NY008), ชั้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY009), ชั้นส่วนขอบปากสีเขียวอ่อน (NY010), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY011), ชั้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY015) และขอบปากสีดำ (NY016)



แผนภูมิที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) โซดา (Na_2O) โพแทส (K_2O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO)

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซียม (MgO)

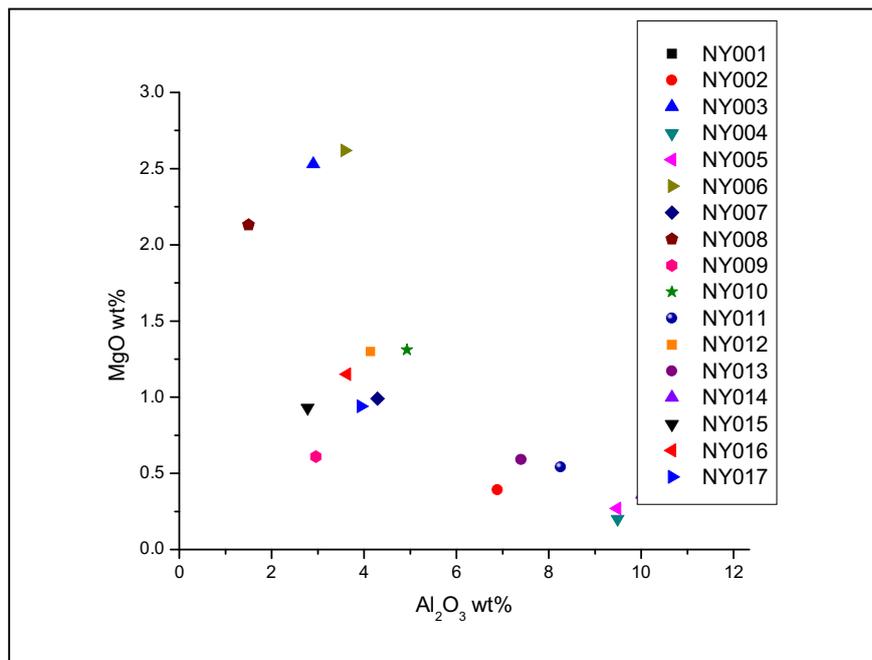
เป็นการวิเคราะห์โดยใช้อลูมินาเป็นหลัก จากนั้นจึงจับคู่แมกนีเซียม ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทำให้ทราบว่ามีแก้วอย่างน้อย 4 ชนิด คือ

2.1 อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, low alumina) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 3 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนลำตัวขอบปากสีเขียว (NY009), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้าใส (NY015) และ ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วใส (NY017) (กลุ่ม A)

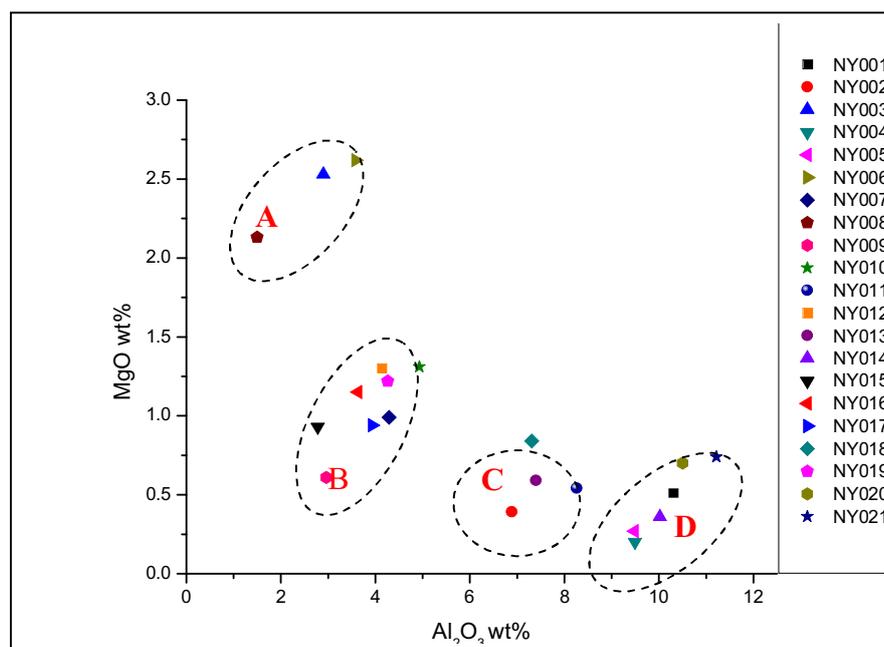
2.2 อลูมินาปานกลางระหว่าง 5-10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, medium alumina) พบว่ามีตัวอย่างแก้ว จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีม่วง (NY002), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า (NY004), ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (NY005), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า (NY011), ชิ้นส่วนลำตัวแก้วสีฟ้า (NY013) และเศษแก้วสีน้ำเงิน (NY018) (กลุ่ม D)

2.3 อลูมินาสูงมากกว่า 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, high alumina) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 4 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนไหล่สีน้ำเงิน (NY001), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014), ลูกบิดแก้วสีดำ (NY020) และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (NY021) (กลุ่ม C)

2.4 อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมมากกว่า 1 % (high-magnesia, low-alumina) มีตัวอย่างแก้วจำนวน 5 ตัวอย่าง คือ ชั้นส่วนกันสีเขียว (NY003), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY006), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชั้นส่วนลำตัวใส (NY008), ชั้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY010), ชั้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012) และเศษแก้วสีดำ (NY019) (กลุ่ม B) (ดูแผนภูมิที่ 21-22)



แผนภูมิที่ 21 แผนภูมิกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al₂O₃) และแมกนีเซียม (MgO) ของชั้นส่วนภาชนะแก้ว



แผนภูมิที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al₂O₃) และแมกนีเซียม (MgO) รวมโบราณวัตถุ (แยกชิ้นงาน)

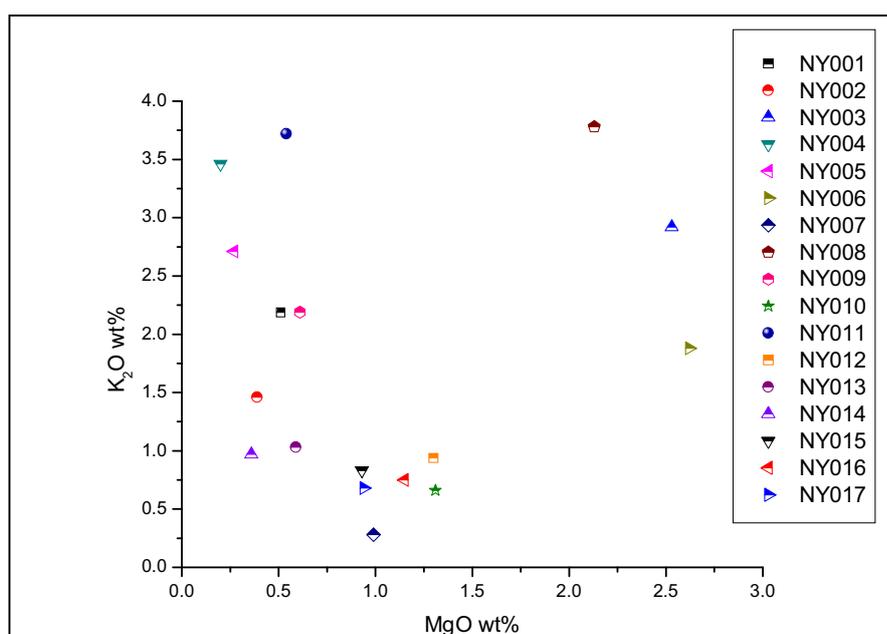
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K₂O)

จากผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งกลุ่มได้ 4 กลุ่ม คือ

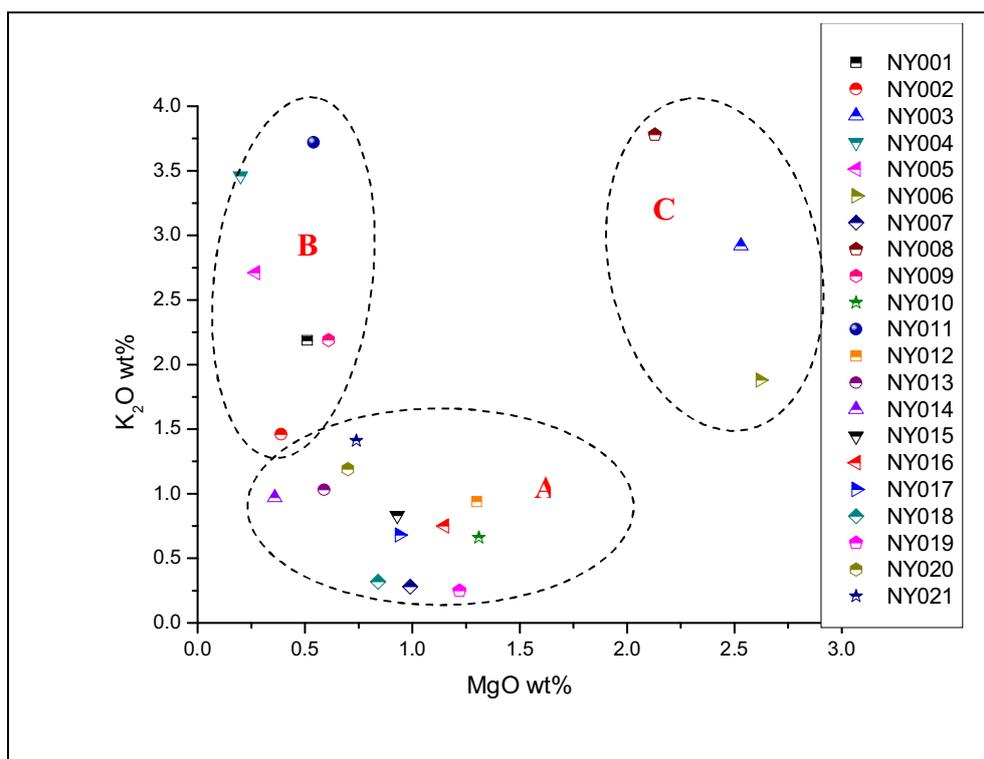
3.1 โปแตสน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1 % (low potash, low-magnesia: LMG) ซึ่งอยู่แก้วกลุ่ม low-magnesia, soda-lime-silica glass พบว่ามีตัวอย่างแก้วจำนวน 10 ตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ชิ้นส่วนขอบปากสีม่วง (NY002), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY015), ชิ้นส่วนลำตัวสีขาว (NY017), เศษแก้วสีน้ำเงิน (NY018) , ลูกบิดแก้วสีดำ (NY020) และน้ำตาลแดง (NY021) (A)

3.2 โปแตสมากกว่า 2% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% (low - magnesia, high-potash, LMHK) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน ได้แก่ ชิ้นส่วนไหล่สีน้ำเงิน (NY001), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY004), ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (NY005), ชิ้นส่วนลำตัวใส (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY009) และ ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY011) (C)

3.3 แมกนีเซียมสูงกว่า 1 % (high-magnesia, HMG) พบว่ามีตัวอย่างแก้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด HMG (high-magnesia, soda-lime-silica glass) คือ ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (NY006), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะใส (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY010), ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ (NY016) และเศษแก้วสีดำ (NY019) ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (NY003) (B)



แผนภูมิ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K₂O) และแมกนีเซียม (MgO) ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว



แผนภูมิที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K_2O) และแมกนีเซียม (MgO) ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างโบราณวัตถุประเภทแก้วของเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว จะวิเคราะห์จากการจับกลุ่มหาความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) กับแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K_2O) และแมกนีเซียม (MgO) โดยในกลุ่มของอลูมินา และแมกนีเซียม พบว่าชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วมีองค์ประกอบใกล้เคียงกัน มี 3 กลุ่ม คือ

1. อลูมินาปานกลาง 5-10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ได้แก่ ชิ้นส่วนขอบปากสีม่วง (NY002), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013), ชิ้นส่วนไหล่สีน้ำเงิน (NY001), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014) มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับลูกบิดแก้วสีดำ (NY020) และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (NY021)

2. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมากกว่า 1% ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีมีความใกล้เคียงกันระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ได้แก่ ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (NY006), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะใส (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY010), ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ (NY016) สัมพันธ์กับก้อนแก้วสีดำ (NY019)

3. อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมมากกว่า 1 % (high-magnesia, low-alumina) พบว่ามีชิ้นส่วนกันสีเขียว (NY003), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า(NY006), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชิ้นส่วนลำตัวสี (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY010), ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012) และ เศษแก้วสีดำ มีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน

และในกลุ่มโปแตส (K_2O) กับแมกนีเซียม (MgO) มี 2 กลุ่ม ที่พบว่าชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดมีองค์ประกอบใกล้เคียงกันได้แก่

1. โปแตสน้อยกว่า 2% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1 % (low potash, low-magnesia: LMG) พบว่ามีชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ได้แก่ ชิ้นส่วนขอบปากสีม่วง (NY002), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY015), ชิ้นส่วนลำตัวสีขาว (NY017) มีความสัมพันธ์กับเศษแก้วสีน้ำเงิน (NY018) , ลูกบิดแก้ว สีดำ (NY020) และน้ำตาลแดง (NY021)

2. กลุ่มแมกนีเซียมสูงมากกว่า 1 % (high-magnesia: HMG) ซึ่งเป็นแก้วชนิด HMG (high-magnesia, soda-lime-silica glass) ประกอบด้วยชิ้นส่วนภาชนะแก้ว คือ ชิ้นส่วนกันสีเขียว (NY003), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะใส (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสีเขียว (NY010), ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ (NY016) มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเศษแก้ว สีดำ (NY019)

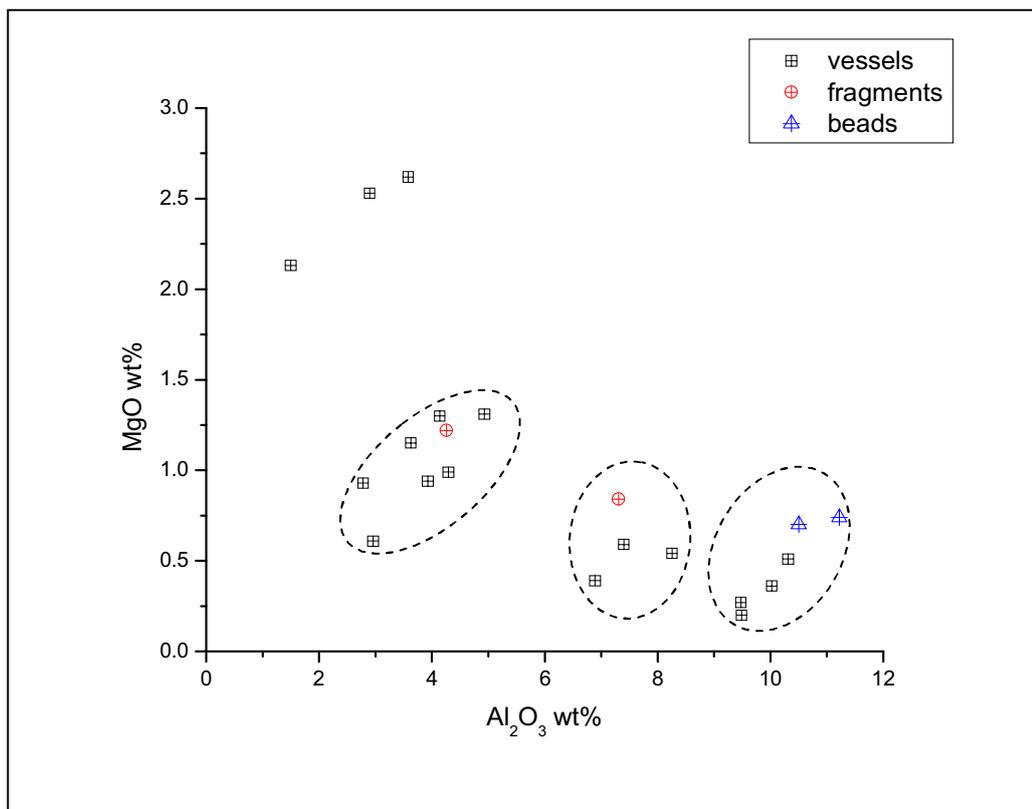
จากองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน ของชิ้นส่วนภาชนะแก้วสีเขียว, ใส, น้ำเงิน, ม่วง เศษแก้วสีน้ำเงิน, ม่วง และลูกบิดแก้วดำ จึงอาจเป็นไปได้ว่าเศษแก้ว เป็นส่วนหนึ่งของภาชนะ แก้วที่มาจากแหล่งเดียวกัน หรืออาจมีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตลูกบิด แก้ว หรืออาจจะเป็นได้ว่าชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้ววัตถุดิบ นำเข้ามาจากแหล่งเดียวกัน จึง มีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน และอาจมีการผลิตของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และลูกบิดแก้วจากแหล่ง วัตถุดิบเดียวกัน (ดูแผนภูมิที่ 25-26)

และจากแผนภูมิที่ 25-26 จะพบว่ามีภาวะกลุ่มกันระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว กับเศษแก้ว และ ชิ้นส่วนภาชนะแก้วกับลูกบิดแก้ว แสดงให้เห็นว่า

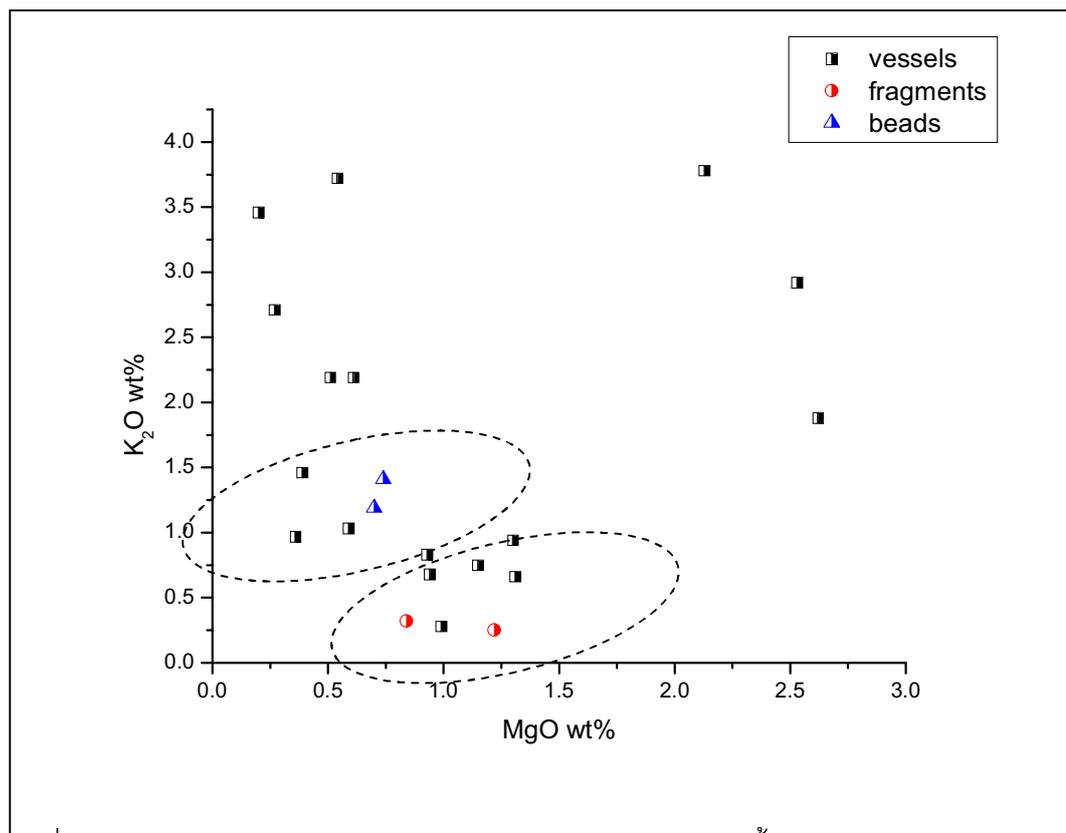
1. เศษแก้วอาจจะเป็นชิ้นส่วนของภาชนะแก้วที่แตก และอาจจะมาจากแหล่งผลิต เดียวกัน

2. อาจจะมีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วนำมาหลอมใหม่ เพื่อผลิตลูกบิด

3. เป็นการผลิตจากวัตถุดิบจากแหล่งเดียวกัน



แผนภูมิที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว
เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว (รวมประเภท)



แผนภูมิที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโปแตสเซียมระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว
เศษแก้ว ก้อนแก้วและลูกบิดแก้ว (รวมประเภท)

3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

ตัวอย่างจากแหล่งโบราณคดี ทุ่งตึก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ประกอบด้วย ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้วกำลังหลอม จำนวน 21 ตัวอย่าง สามารถแบ่งได้เป็น ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 17 ตัวอย่าง ได้แก่

1. ชิ้นส่วนภาชนะแก้วจำนวน 14 ตัวอย่าง
2. ก้อนแก้วหลอม 1 ตัวอย่าง (สันนิษฐานว่าเป็นชิ้นส่วนภาชนะแก้วกำลังหลอม) มีสีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีฟ้า และสีใส มีลักษณะโปร่งแสง และเป็นแก้วสีเดียว (monochrome) จำนวน 16 ตัวอย่าง และแบบหลายสี (polychrome) จำนวน 1 ตัวอย่าง จากผลวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีพบว่าปริมาณขององค์ประกอบหลักไม่เท่ากัน (ตามตาราง)

ตาราง 12 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₂	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₂	ZnO	BaO
TT001	ชิ้นส่วน ลำตัว	เขียว		70.27	3.32	4.64	13	3.52	0.94	3.08	0.3	<0.01	0.72	<0.01	<0.01	0.19	<0.01	<0.01	<0.01
TT002	ชิ้นส่วน ลำตัว	ฟ้า		67.3	2.2	3.65	15.82	4.9	0.57	4.83	<0.01	<0.01	0.52	<0.01	<0.01	0.18	<0.01	<0.01	<0.01
TT003	ชิ้นส่วน ขอบปาก	ใส(ออก น้ำตาล)		63.77	1.32	4.17	21.6	3.3	0.58	4.48	<0.01	<0.01	0.7	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	<0.01
TT004	ชิ้นส่วน ขอบปาก	ฟ้า		65.11	4.27	3.23	16.69	5.19	0.43	4.05	<0.01	<0.01	0.87	<0.01	<0.01	0.15	<0.01	<0.01	<0.01
TT005	ชิ้นส่วน ขอบปาก	ฟ้า		62.64	2.35	3.06	22.21	3.43	0.45	5.5	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	<0.01	0.17	<0.01	<0.01	<0.01
TT006	ชิ้นส่วน ลำตัว	น้ำเงินมี ริ้วสีแดง		59.32	3.84	3.69	19.25	3.94	1.7	1.7	0.26	3.93	0.61	0.35	1.22	0.13	<0.01	<0.01	<0.01
TT007	ชิ้นส่วน กัน	น้ำตาล จาง		62.16	1.8	3.14	13.45	4.53	0.4	5.5	0.12	8	0.3	0.22	<0.01	0.26	0.14	0.12	<0.01
TT008	ชิ้นส่วน ลำตัว	น้ำเงิน		54.07	2.34	4.15	16	4.23	0.71	2.16	0.3	13.74	1.2	0.28	<0.01	0.19	0.16	0.4	<0.01

ตาราง 12 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
TT009	ชิ้นส่วน ลำตัว	ใส		58.67	1.4	3.66	7.8	3.51	0.33	3.3	0.24	18.74	0.86	0.24	0.07	0.4	0.17	0.61	<0.01
TT010	ชิ้นส่วนคอ ขวด	เขียว		53.52	8.79	6.16	11.14	2.43	2.99	1.16	1.94	<0.01	2.86	1.68	3.21	3.59	0.54	<0.01	<0.01
TT011	ชิ้นส่วน ลำตัว	เขียว		61.43	2.23	4.42	14.24	3.68	0.53	2.88	0.33	7.99	0.76	0.27	0.24	0.16	0.29	0.55	<0.01
TT012	ชิ้นส่วน ลำตัว	ฟ้า		63.23	1.3	5.81	15.99	4.58	0.78	2.17	0.26	3.72	1.34	0.13	0.09	0.13	0.22	0.25	<0.01
TT013	ชิ้นส่วน ลำตัว	ใส		52.93	0.62	2.93	10.58	3.02	0.01	4.28	0.06	23.37	0.75	0.22	0.37	0.35	0.22	0.28	<0.01
TT014	ขอบปาก	เหลือง (ใส)		61.39	1.1	3.21	6.5	1.58	0.2	3.61	0.03	19.62	1.52	0.19	0.17	0.12	0.13	0.18	0.46
TT015	ชิ้นส่วน แก้วกำลัง หลอม	เขียว		60.91	1.23	3.72	17.56	3.91	0.46	3.78	0.19	6.49	1.06	0.16	<0.01	0.26	<0.01	0.26	<0.01

จากองค์ประกอบทางเคมีในตารางพบว่าสามารถสรุปองค์ประกอบทางเคมีในแก้วแต่ละชั้นมีปริมาณที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะมีลักษณะสีเฉดเดียวกัน โดยองค์ประกอบหลักของแก้วแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามประเภทโบราณวัตถุ ได้แก่

ชั้นส่วนภาชนะแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป ได้แก่

ซิลิกา (SiO_2) มีปริมาณประมาณ 54.07 – 70.27 %

ไลม์ (CaO) มีปริมาณประมาณ 2.93 – 6.16 %

อลูมินา (Al_2O_3) มีปริมาณประมาณ 0.62 – 8.79 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติ หรือช่วยในการหลอมละลาย (flux) ได้แก่

โซดา (Na_2O) มีปริมาณประมาณ 7.8 – 22.21 %

โปแตส (K_2O) มีปริมาณประมาณ 2.43 – 5.19 %

ตะกั่วออกไซด์ (PbO) มีปริมาณน้อยกว่า 0.01 – 23.37 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีปริมาณน้อยกว่า 0.01 – 2.99 % (ปริมาณของเหล็กออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้แก้วมีสีที่เปลี่ยนจากสีใสอมเหลือง ไปเป็นสีน้ำตาล

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) มีปริมาณประมาณ 0.3 – 2.86 % ซึ่งอาจจะถูกเติมเข้าไปในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อทำเป็นตัวฟอกสี (decolourant) หรือบางตัวอย่างอาจจะเจือปนอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมแก้ว

ทองแดงออกไซด์ หรือคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) ที่มีค่าระหว่างน้อยกว่าน้อยกว่า 0.01 - 1.68%

โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) มีค่าระหว่าง 0.07- 3.59%

4. องค์ประกอบอื่นที่อาจเจือปนอยู่ในแก้ว

ไทเทเนีย (TiO_2) มีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 0.01 – 1.94 %

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง น้อยกว่า 0.01–0.54 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) ซึ่งมีปริมาณ น้อยกว่า 0.01 – 3.21%

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีปริมาณน้อยกว่า 0.01 – 0.61 %

สารที่พบในองค์ประกอบอื่นๆ นับว่าพบปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งอาจจะเจือปนอยู่ในวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมแก้ว และเครื่องแก้วในแหล่งนี้ไม่พบแบเรียมออกไซด์ (BaO)

จากผลวิเคราะห์แสดงองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึกอยู่ในกลุ่มประเภทแก้วโซดา (soda-based glass) โดยพบโซดาในแก้วมากกว่า 10% ในชิ้นส่วนเครื่องแก้วจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ยังพบตะกั่วในแก้วแสดงให้เห็นว่ามีการมีตะกั่วออกไซด์เป็นตัวช่วยหลอม (flux) หลัก และมีโซดากับโปแตสเป็นตัวช่วยหลอมด้วย

เศษแก้ว-ก้อนแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป ได้แก่

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 60.91%

ไลม์ (CaO) ประมาณ 3.72 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 1.23 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติ หรือช่วยในการหลอมละลาย (flux) ได้แก่

โซดา (Na_2O) ประมาณ 17.56 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 3.91 %

ตะกั่วออกไซด์ (PbO) ประมาณ 6.49 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณ 0.46 % (ปริมาณของเหล็กออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้แก้วมีสีที่เปลี่ยนจากสีใสอมเหลือง ไปเป็นสีน้ำตาล

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) มีปริมาณประมาณ 1.06 % ซึ่งอาจจะถูกเติมเข้าไปในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อทำเป็นตัวฟอกสี (decolourant) หรือบางตัวอย่างอาจจะเจือปนอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมแก้ว

ทองแดงออกไซด์ หรือคอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) ที่มีค่าระหว่างน้อยกว่า 0.16%

โคบอลท์ออกไซด์ (CoO) ประมาณ 0.26 %

4. องค์ประกอบอื่นที่อาจเจือปนอยู่ในแก้ว

ไทเทเนีย (TiO_2) ประมาณ 0.19 %

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ประมาณน้อยกว่า 0.01 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) ประมาณน้อยกว่า 0.01 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ประมาณ 0.26 %

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) และตัวช่วยหลอมละลาย (flux)

1.1 การพิจารณากลุ่มของโซดาเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1.1 โซดาน้อยกว่า 10 % (low-soda) ได้แก่ ขึ้นส่วนลำตัวภาชนะแก้ว 2 ขึ้น ส่วนลำตัวใส (TT009) และขึ้นส่วนขอบปากใส (TT014)

1.1.2 โซดามากกว่า 10 % (high-soda) ได้แก่ ขึ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT001), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT002), ขึ้นส่วนขอบปากใส (TT003), ขึ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (TT004), ขึ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (TT005), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีริ้วสีแดง (TT006), ขึ้นส่วนก้นสีน้ำตาลอ่อน (TT007), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TT008), ขึ้นส่วนคอขวดสีเขียว (TT010), ขึ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT011), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT012), ขึ้นส่วนลำตัวใส (TT013) และก้นแก้วหลอมสีเขียว (TT015)

1.2 การพิจารณากลุ่มของโปแตสเป็นหลัก สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

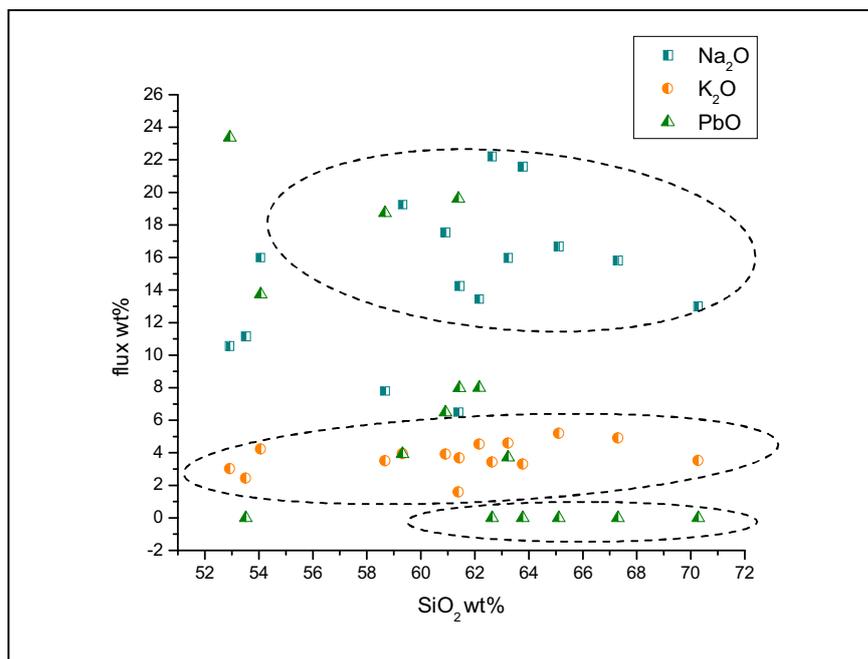
1.2.1 โปแตสต่ำ คือ มีปริมาณน้อยกว่า 2 % (low-potash) มีทั้งหมด 1 ตัวอย่าง คือ ขึ้นส่วนขอบปากสีเหลือง (ใส) (TT014)

1.2.2 โปแตสสูง คือ มีปริมาณโปแตสมากกว่า 2 % (high-potash) มีทั้งหมด 14 ตัวอย่าง ได้แก่ ขึ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT001), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT002), ขึ้นส่วนขอบปากใส (TT003), ขึ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (TT004), ขึ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (TT005), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีริ้วสีแดง (TT006), ขึ้นส่วนก้นสีน้ำตาลอ่อน (TT007), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TT008), ขึ้นส่วนลำตัวใส (TT009), ขึ้นส่วนคอขวดสีเขียว (TT010), ขึ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT011), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT012), ขึ้นส่วนลำตัวใส (TT013) และก้นแก้วหลอมสีเขียว (TT015)

1.3 การพิจารณากลุ่มของตะกั่วออกไซด์เป็นหลัก (PbO) แยกได้ 2 กลุ่ม คือ

1.3.1 ตะกั่วออกไซด์ต่ำกว่า 15% ประกอบด้วย 12 ตัวอย่าง คือ ขึ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT001), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT002), ขึ้นส่วนขอบปากใส (TT003), ขึ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (TT004), ขึ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (TT005), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีริ้วสีแดง (TT 006), ขึ้นส่วนก้นสีน้ำตาลอ่อน (TT007), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TT008), ขึ้นส่วนคอขวดสีเขียว (TT010), ขึ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT011), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT012) และก้นแก้วหลอมสีเขียว (TT015)

1.3.2 ตะกั่วออกไซด์สูงกว่า 15% ประกอบด้วย 3 ตัวอย่าง คือ ขึ้นส่วนลำตัวใส (TT009), ขึ้นส่วนลำตัวใส (TT013) และขึ้นส่วนขอบปากสีเหลือง (ใส) (TT015)



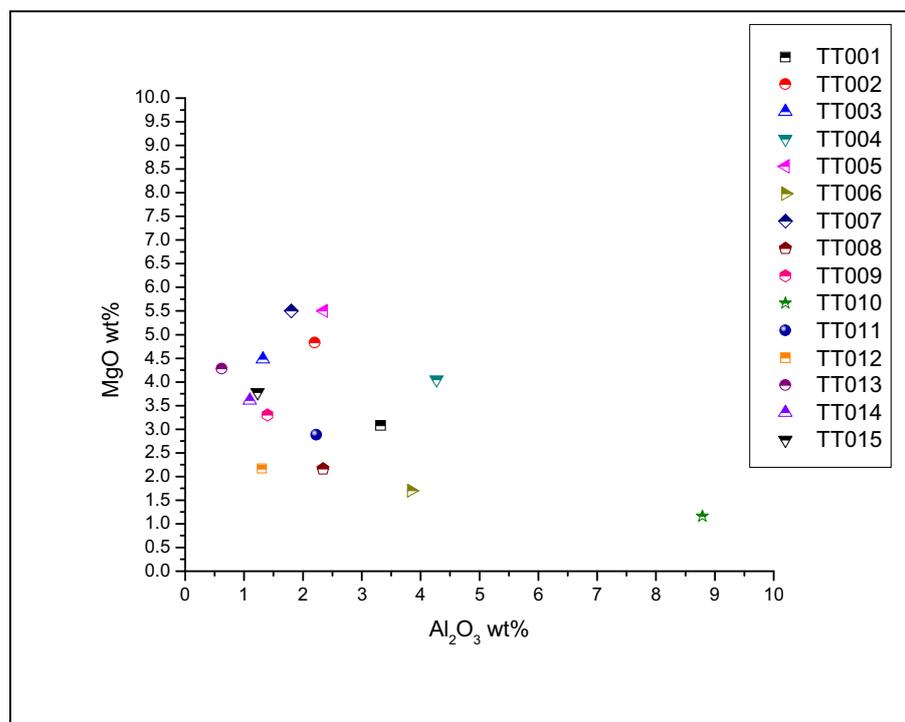
แผนภูมิที่ 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) โซดา (Na_2O) โพแทสเซียม (K_2O) และ ตะกั่วออกไซด์ (PbO)

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซียม (MgO)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม แสดงให้เห็นว่ามีตัวอย่างน้อย 2 ชนิด กล่าวคือ

2.1 อลูมินาต่ำน้อยกว่า 5 % (low-alumina) และแมกนีเซียมสูง (high-magnesia) มากกว่า 1 % มีตัวอย่างแก้วจำนวน 14 ตัวอย่าง คือ ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT001), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT002), ชั้นส่วนปากภาชนะแก้วสีใส (TT003) ชั้นส่วนปากสีฟ้า (TT004), ชั้นส่วนปากสีฟ้า (TT005), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินมีริ้วสีแดง (TT006), ชั้นส่วนก้นน้ำตาลใส (TT007), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TT008), ชั้นส่วนลำตัวใส (TT009), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT011), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT012), ชั้นส่วนลำตัวใส (TT013), ชั้นส่วนขอบปากเหลือง(ใส) (TT014) และก้นแก้วหลอมสีเขียว (TT015)

2.2 อลูมินาปานกลาง (medium-alumina) 5-10% และแมกนีเซียมสูงมากกว่า 1 % (high-magnesia) มี 1 ตัวอย่าง คือ ชั้นส่วนคอขวดสีเขียว (TT010)

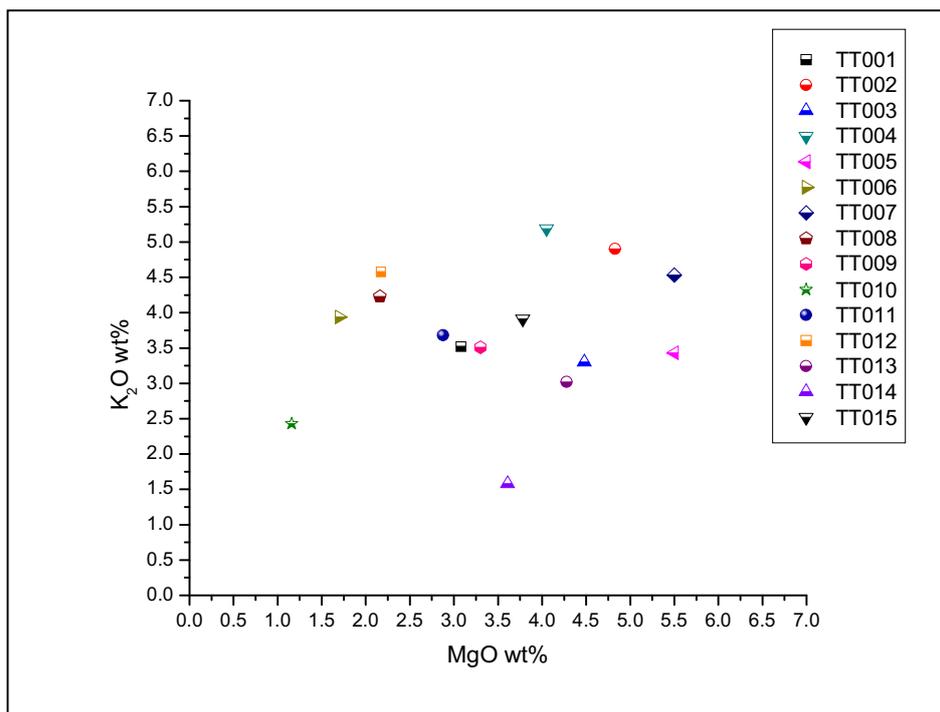


แผนภูมิที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al₂O₃) และแมกนีเซียม (MgO) ของแก้ว (แยกชิ้นงาน)

3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K₂O)

ผลการวิเคราะห์พบว่า มีตัวอย่างเครื่องแก้วทั้งหมดรวม 15 ตัวอย่าง เป็นแก้วในกลุ่มแมกนีเซียมสูง คือ

3.1 แมกนีเซียมมากกว่า 1 % (high magnesia, soda-lime-silica glass ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด HMG) มี 15 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT001), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT002), ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีใส (TT003) ชิ้นส่วนปากสีฟ้า (TT004), ชิ้นส่วนปากสีฟ้า (TT005), ชิ้นส่วนปากภาชนะแก้วสีฟ้า-แดง (TT006), ชิ้นส่วนก้นน้ำตาลใส (TT007), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TT008), ชิ้นส่วนลำตัวใส (TT009), ชิ้นส่วนคอขวดสีเขียว (TT010), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (TT011), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (TT012), ชิ้นส่วนลำตัวใส (TT013) ขอบปากใส (TT014) และก้นแก้วหลอมสีเขียว (TT015)

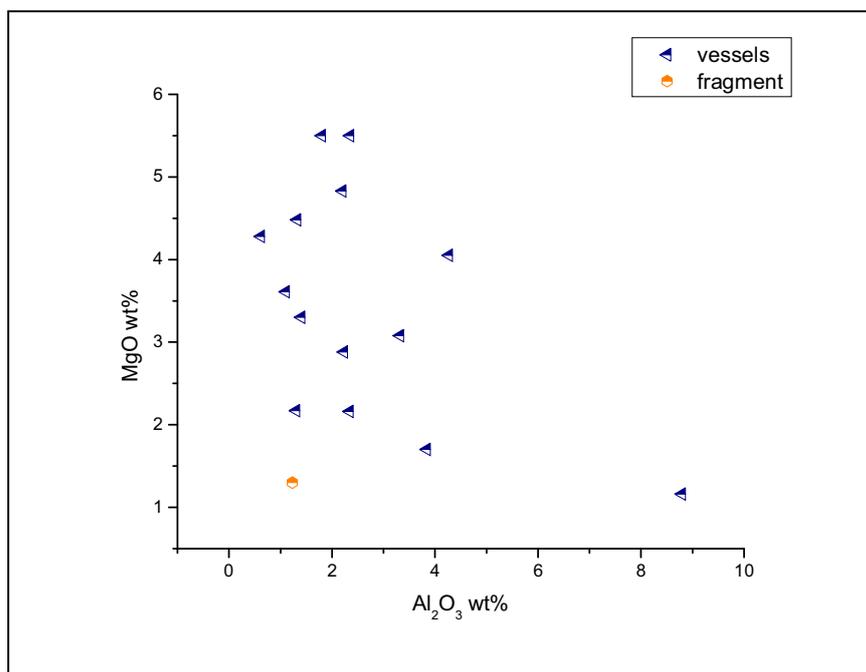


แผนภูมิที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซีย (MgO) และโปแตส (K₂O) ของแก้ว (แยกชิ้นงาน)

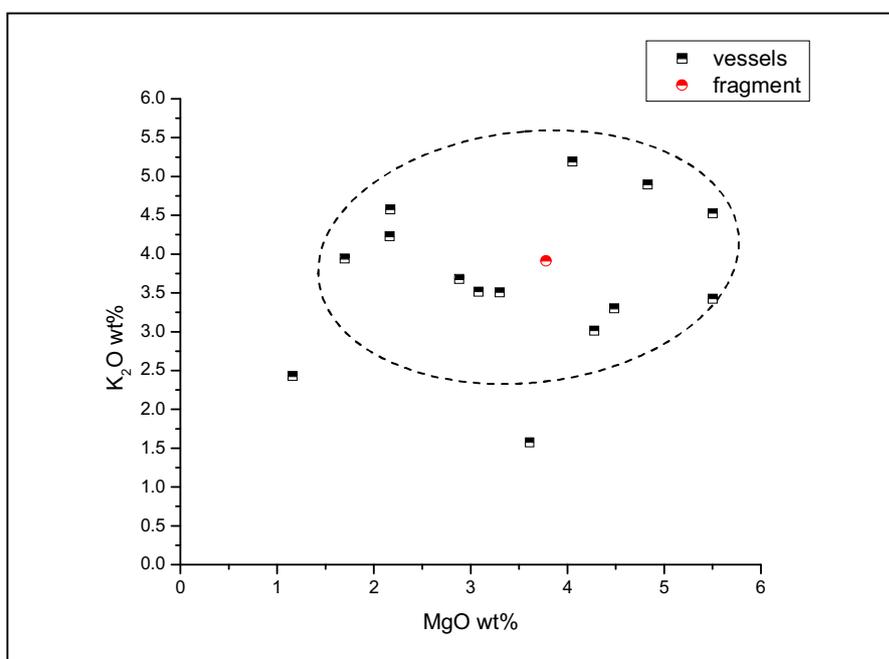
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และเศษก้อนแก้ว

ในแหล่งนี้ได้ทำการวิเคราะห์เพียงชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จำนวน 14 ตัวอย่าง และก้อนแก้วหลอม 1 ตัวอย่าง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้วหลอมมีความสัมพันธ์กันเนื่องจากมีองค์ประกอบอยู่ในกลุ่มของอลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมากกว่า 1% และในกลุ่มของโปแตสมากกว่า 2 % และแมกนีเซียมากกว่า 1% แสดงว่าก้อนแก้วหลอมน่าจะเคยเป็นชิ้นส่วนภาชนะแก้วก่อนจะนำไปหลอมอีกครั้งหนึ่ง (reuse) อย่างไรก็ตาม คงต้องนำองค์ประกอบทางเคมีไปเทียบอัตราสัดส่วนเพื่อหาความสัมพันธ์กับลูกปิดแก้ว เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนมากขึ้น

จากแผนภูมิที่ 30-31 พบว่าชิ้นส่วนก้อนแก้วหลอมเกาะกลุ่มอยู่ในกลุ่มของภาชนะแก้วอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน



แผนภูมิที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซีย แยกชิ้นงาน ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และเศษแก้ว



แผนภูมิที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซีย (MgO) และโปแตส (K₂O) ตามประเภทโบราณวัตถุ ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้ว

4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่

ตัวอย่างของโบราณวัตถุประเภทแก้วที่นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีมีจำนวนทั้งหมด 20 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว จำนวน 9 ตัวอย่าง (10 ชิ้นงาน) เศษแก้ว 5 ตัวอย่าง ลูกปัดแก้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมีในแต่ละตัวอย่างพบว่า มีองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณแตกต่างกัน ทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว ได้แก่ ซิลิกา (SiO_2) อลูมินา (Al_2O_3) แคลเซียม (CaO) แมกนีเซียม (MgO) ไทเทเนียม (TiO_2) แมงกานีสออกไซด์ (MnO) และ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) เป็นต้น (รายละเอียดตามตาราง)

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
KT001	ขอบปาก	ใส(w)		62.63	7.35	2.64	15.31	7.73	1.45	1.52	<0.01	0.12	0.6	0.65	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
		แดง(r)		69.97	8.91	2.95	5.02	4.11	3.1	4.77	0.36	<0.01	<0.01	0.31	<0.01	<0.01	0.15	0.33	<0.01
KT002	ขอบปาก	ใส		76.24	<0.01	8.23	4.44	5.12	1.7	2.14	0.84	<0.01	0.21	0.54	<0.01	0.52	<0.01	<0.01	<0.01
KT003	ชิ้นส่วน ไหล่	ใส		42.2	2.01	3.57	8.43	4.27	0.82	3	<0.01	32.36	0.12	0.14	1.26	0.17	0.16	0.43	1.06
KT004	ลำตัว	ใส		53.04	1.23	5.72	1.76	3.44	0.43	2.38	<0.01	26.96	0.04	0.03	2.62	0.28	0.21	1.14	0.54
KT005	ลำตัว	ใสออกเหลือง		47.33	1.89	4.98	2.67	4.08	1.61	2.03	0.22	30.59	0.11	0.62	1.55	0.56	0.37	0.81	0.59
KT006	ลำตัว	เหลือง(เข้ม)		86.72	3	2.96	0.12	3.88	1.18	0.21	<0.01	<0.01	0.04	0.2	1.64	<0.01	<0.01	0.07	<0.01
KT007	ลำตัว	ฟ้า		72.17	4.61	5.02	12.4	3.53	0.9	0.27	<0.01	<0.01	<0.01	0.45	<0.01	0.49	0.16	<0.01	<0.01
KT008	ลำตัว	ฟ้า		48.23	1.16	5.86	11.34	4.06	0.56	1.91	0.21	23.08	0.17	0.73	1.15	0.28	0.55	0.08	0.56

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ (ต่อ)

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO	
KT009	ลำตัว	น้ำเงิน		53.2	1.37	1.74	1.25	4.12	0.57	0.22	0.61	31.24	0.08	1.01	1.71	<0.01	0.25	0.83	0.83	
KT010	ชิ้นส่วนกัน	เขียว		62.91	1.4	6.46	8.83	1.91	0.53	3.41	<0.01	10.67	0.18	0.38	0.24	0.15	0.17	0.48	0.68	
KT011	ก้อนแก้ว	ดำ		45.51	9.9	<0.01	0.09	0.74	5.37	0.64	0.76	32.44	0.13	0.47	1.3	0.19	0.23	0.53	1.77	
KT012	ก้อนแก้ว	ฟ้า-เหลือง		44.64	11.41	<0.01	0.23	0.33	4.93	0.32	1.35	32.8	0.26	0.44	1.5	0.12	0.28	0.69	0.79	
KT013	ก้อนแก้ว	ฟ้า		40.16	2.6	4.48	17.56	3.25	0.74	2.48	<0.01	24.68	0.26	0.42	0.93	0.31	0.28	0.64	1.2	
KT014	ก้อนแก้ว	เหลือง		58.98	3.97	1.33	0.84	4.98	1.16	0.3	<0.01	23.25	0.38	0.3	2	0.17	0.18	0.99	1.14	
KT015	เศษแก้ว	น้ำเงิน		63.71	9.22	1	6.43	1.66	3.12	0.41	0.58	9.21	0.41	1.9	0.54	0.54	0.43	0.29	0.55	
KT016	ลูกบิดแก้ว	ฟ้า		42.85	12.08	1.47	5.61	3.44	1.2	0.13	0.32	29.68	0.11	0.84	0.9	0.11	0.29	0.2	0.71	
KT017	ลูกบิดแก้ว	ฟ้า		61.82	10.67	1.62	0.62	0.22	1.52	0.3	0.46	15.91	0.4	1.32	2.73	0.14	0.46	0.91	0.11	
KT018	ลูกบิดแก้ว	น้ำตาลแดง		46.55	12.07	1.6	2.48	4.12	1.51	0.74	0.5	24.94	0.1	1.06	1.58	0.02	0.24	1.52	1	
KT019	ลูกบิดแก้ว	น้ำเงิน		66.56	6.79	4.65	5.04	1.7	3.21	1.1	0.28	9	1.51	0.23	0.75	0.21	0.13	0.35	0.49	
KT020	ลูกบิดแก้ว	น้ำตาลแดง		60.18	6.37	2.91	0.47	1.03	2.13	0.57	0.58	23.49	0.26	0.2	0.72	0.22	0.13	0.34	0.41	

จากตารางสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบทางเคมีในแก้วแต่ละชิ้นมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจะแบ่งองค์ประกอบหลักของแก้ว ตามโบราณวัตถุเป็น 4 กลุ่มดังนี้

ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป (คงสภาพ)

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 42.2 – 76.24 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ <0.01 – 4.61%

แคลเซียม (CaO) ประมาณ 2.64 – 6.46 %

แมกนีเซียม (MgO) ประมาณ 0.22-4.77 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติหรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.12 – 15.31 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 1.91 – 4.27 %

และตะกั่วออกไซด์ (PbO) มีค่าระหว่าง <0.01 – 32.36 wt%

3. องค์ประกอบของสารให้สี

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ประมาณ 0.04 – 0.12 %

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณ 0.43 – 1.45 %

4. องค์ประกอบอื่นๆ

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ประมาณ <0.01 – 0.55 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีปริมาณ <0.01 – 1.14 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) มีปริมาณ <0.01 – 1.74 %

แบเรียมออกไซด์ (BaO) มีปริมาณ <0.01 – 1.06%

ไทเทเนียม (TiO_2) มีปริมาณ <0.01 – 0.84 %

ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้พบในจำนวนที่น้อยมาก อาจจะปนเปื้อนมากับวัตถุดิบที่

หลอมแก้ว

เศษแก้วและลูกปัดแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป (คงสภาพ)

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 40.16 – 66.56 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 2.6 – 12.08 %

แคลเซียม (CaO) ประมาณ <0.01 – 4.65 %

แมกนีเซียม (MgO) ประมาณ 0.13-2.48 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติต้านหรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.23 – 17.56 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 0.22 – 4.98 %

และตะกั่วออกไซด์ (PbO) มีปริมาณประมาณ 9 – 32.44 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ประมาณ 0.13 – 2.48 %

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ประมาณ 0.74 – 5.37 %

ทองแดงออกไซด์ (CuO) มีปริมาณประมาณ 0.2-1.32 %

4. องค์ประกอบอื่นๆ

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) มีปริมาณ 0.13 – 0.46 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีปริมาณ 0.2 – 1.52 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) มีปริมาณ 0.72-2.73 %

แบเรียมออกไซด์ (BaO) มีปริมาณ <0.01 – 1.06%

ไทเทเนียม (TiO_2) มีปริมาณประมาณ <0.01 – 0.84 %

จากผลองค์ประกอบทางเคมี แสดงว่า ตัวอย่างโบราณวัตถุประเภทแก้วจากแหล่งโบราณคดีคลองท่อมจัดอยู่ในกลุ่มประเภทแก้วตะกั่ว (lead-based glass) โดยมีตะกั่วออกไซด์เป็นตัวช่วยหลอม (flux) หลัก และมีโซดากับโปแตสเป็นตัวช่วยหลอมรอง ซึ่งแก้วส่วนใหญ่เป็นแก้วชนิดแก้วตะกั่ว เนื่องจากพบตะกั่วออกไซด์ในปริมาณสูง แต่ก็พบว่ามีแก้วชนิดอื่นด้วย แก้วโซดา แก้วโปแตส เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดดูในส่วนวิเคราะห์ชนิดแก้ว ในส่วนขององค์ประกอบอื่นๆ มีปริมาณน้อยมาก อาจจะปนเปื้อนมากับวัตถุดิบในการหลอมแก้ว

1. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) และตัวช่วยหลอมละลาย (flux)

จากตัวอย่างกลุ่มของชิ้นส่วนเครื่องแก้วและก้อนแก้ว พบว่ามีค่าซิลิกาที่สูงกว่าองค์ประกอบอื่นอยู่แล้ว ดังนั้น จึงนำโซดาและโปแตสมาใช้ในการจัดกลุ่ม

1.1 การพิจารณากลุ่มของโซดาเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น

2 กลุ่ม คือ

1.1.1 โซดาน้อยกว่า 10 % (low-soda) แบ่งเป็นชั้นส่วนภาชนะแก้วมีจำนวน 9 ตัวอย่าง เศษแก้ว จำนวน 4 ตัวอย่าง และลูกบิดแก้ว 5 ตัวอย่าง ดังนี้ ชั้นส่วนขอบปากสีแดงบนพื้นใส (KB001), ชั้นส่วนขอบปากใส (KT002), ชั้นส่วนไหล่ (KT003), ชั้นส่วนลำตัวใส (KT004), ชั้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT005), ชั้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT008), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (KT009) และชั้นส่วนก้นสีเขียว (KT010) เศษแก้วมีสีดำ (KT011), เศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012), สีเหลือง (KT014), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015) และลูกบิดแก้วมีสีฟ้า (KT016), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017), ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT018), ลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT019) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)

1.2.1 โซดามากกว่า 10 % (high-soda) แบ่งเป็นชั้นส่วนภาชนะ 2 ตัวอย่าง และ เศษแก้ว จำนวน 1 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนขอบปากใส (KT001), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT008) และ เศษแก้วสีฟ้า (KT013)

1.2 การพิจารณากลุ่มของโปแตสเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้ เป็น 2 กลุ่ม คือ

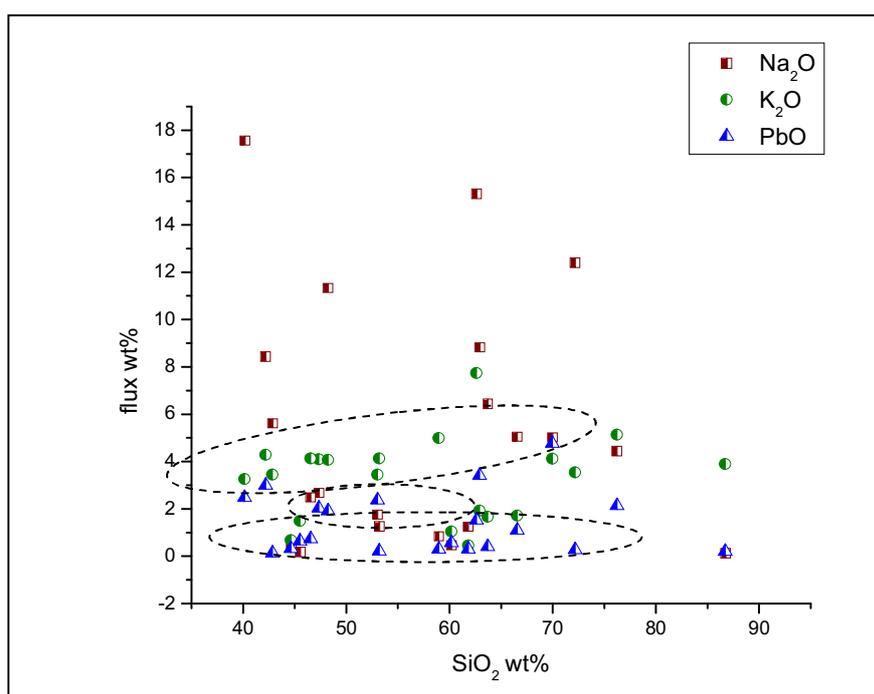
1.2.1 โปแตสน้อยกว่า 2 % (low-potash) มีจำนวน 7 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนก้น (KT010), เศษแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017), ลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT019) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)

1.2.2 โปแตสมากกว่า 2 % (high-potash) มีจำนวนชั้นส่วนภาชนะแก้ว 9 ตัวอย่าง 10 ชิ้นงาน เศษแก้ว จำนวน 2 ตัวอย่าง และลูกบิดแก้ว 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนขอบปากสีขาว-แดง (KT001), ชั้นส่วนขอบปากใส (KT002), ชั้นส่วนไหล่ใส (KT003), ชั้นส่วนลำตัวใส (KT004), ชั้นส่วนลำตัวเหลือง (KT005), ชั้นส่วนลำตัวเหลือง (KT006), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT008), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (KT009), ก้อนแก้วสีเหลือง (KT014), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016) และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT020)

1.3 การพิจารณากลุ่มของตะกั่วออกไซด์เป็นหลัก พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้วได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.3.1 ตะกั่วออกไซด์น้อยกว่า 15% มี 5 ตัวอย่าง 6 ชิ้นงาน ได้แก่ ชั้นส่วนขอบปากขาว-แดง (KT001), ชั้นส่วนขอบปากใส (KT002), ชั้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT008) ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT019)

1.3.2 ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15% มีจำนวน 13 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนไหล่ขาว (ไล) (KT003), ชั้นส่วนลำตัวไล (KT004), ชั้นส่วนลำตัวเหลือง(จาง) (KT005), ชั้นส่วนลำตัวเหลือง (KT006), ชั้นส่วนลำตัวฟ้า (KT007), ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (KT009), ก้อนแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีฟ้า/เหลือง (KT012), เศษแก้วสีฟ้า(KT013), เศษแก้วสีเหลือง (KT014), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017), ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT018) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)



แผนภูมิที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO₂) โซดา (Na₂O) โพแทสเซียม (K₂O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO)

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al₂O₃) และแมกนีเซียม (MgO)

เป็นการวิเคราะห์โดยใช้อลูมินา (Al₂O₃) เป็นตัวหลักในการแบ่งกลุ่ม จากนั้นนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแมกนีเซียม (MgO) สามารถแบ่งแก้วได้ 5 ชนิด กล่าวคือ

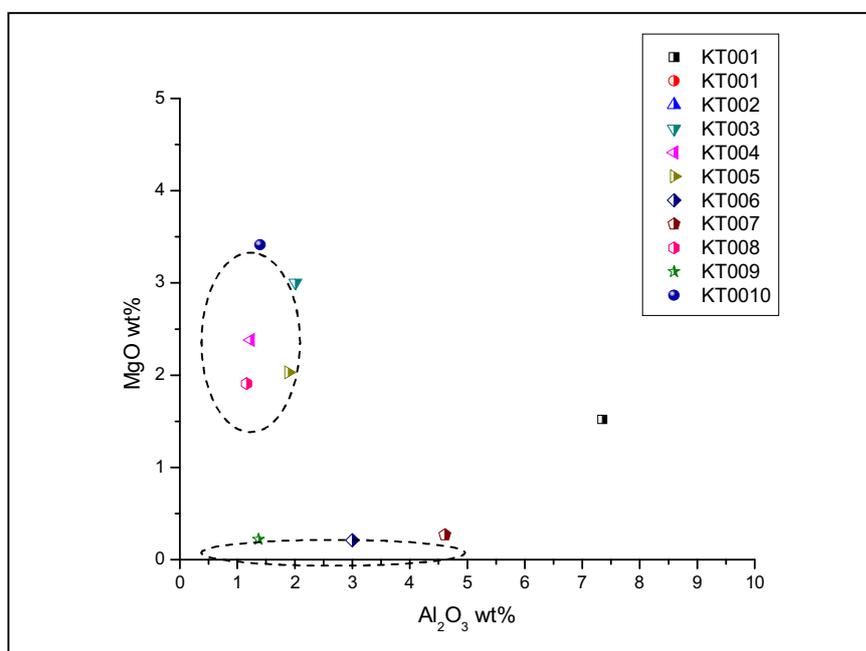
2.1 อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมมากกว่า 1 % (low-alumina, high-alumina) มี 6 ตัวอย่าง คือ ชั้นส่วนขอบปากขาวไล (KT002) ชั้นส่วนไหล่ไล (KT003), ชั้นส่วนลำตัวไล (KT004), ชั้นส่วนลำตัวไล (จาง) (KT005), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007), ชั้นส่วนกันสีเขียว (KT010) และเศษแก้วสีฟ้า (KT013)

2.2 อลูมินาปานกลางระหว่าง 5 - 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, medium alumina) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT06), ก้อนแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015), ลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT019) และ ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)

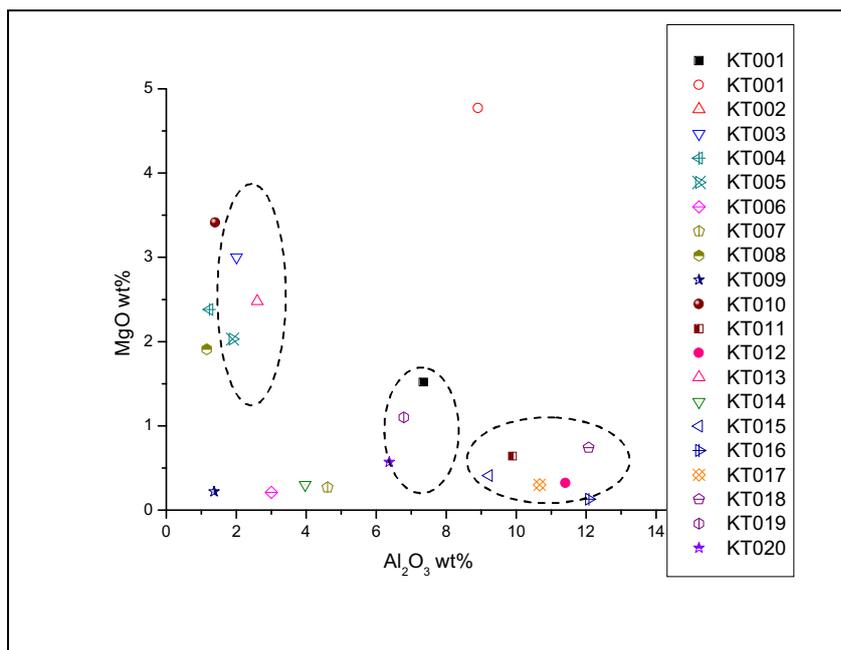
2.3 อลูมินาปานกลางระหว่าง 5-10% และแมกนีเซียมมากกว่า 1% (high-magnesia, medium alumina) มีตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนขอบปากขาว-แดง (KT001) และลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT019)

2.4 อลูมินาสูงมากกว่า 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, high alumina) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 4 ตัวอย่าง คือ เศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017) และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT018)

2.6 อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% (low-magnesia, low-alumina) มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT008), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (KT009), เศษแก้วสีเหลือง (KT014)



แผนภูมิที่ 33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al₂O₃) และแมกนีเซียม (MgO) ของภาชนะแก้ว



แผนภูมิที่ 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซียม (MgO) ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K_2O)

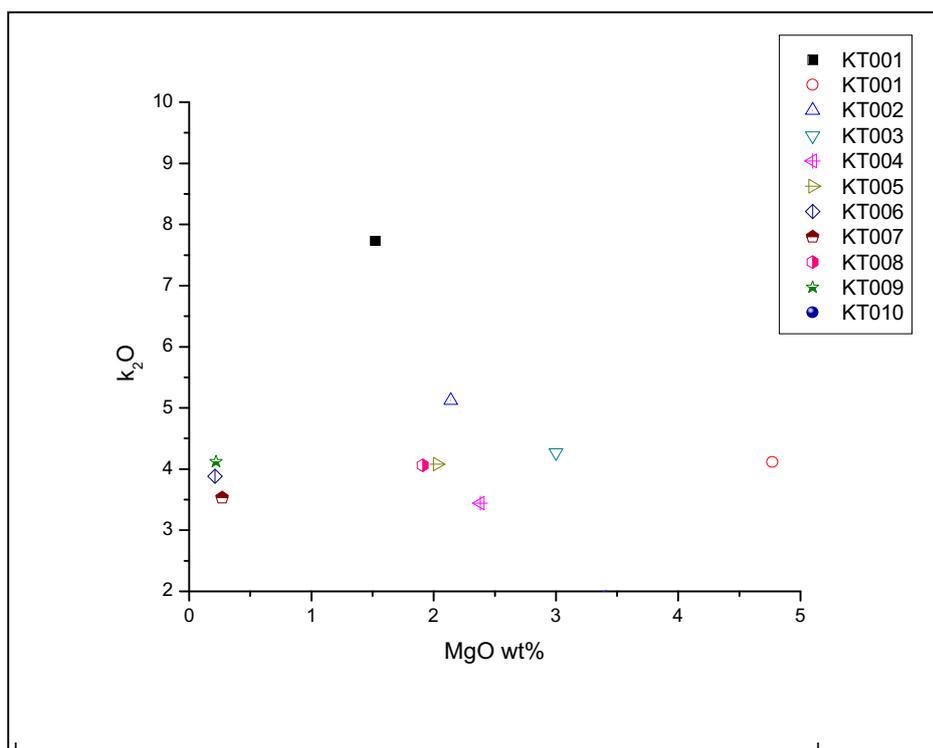
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K_2O) แสดงให้เห็นว่า จากองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว สามารถแบ่งแก้วออกได้ 3 ชนิด คือ

3.1 แมกนีเซียมน้อยกว่า 1% และโปแตสน้อยกว่า 2% (LMG: low-magnesia, low potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMG (low-magnesia, soda-lime-silica glass) พบว่ามีตัวอย่างแก้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ เศษแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017) และ ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)

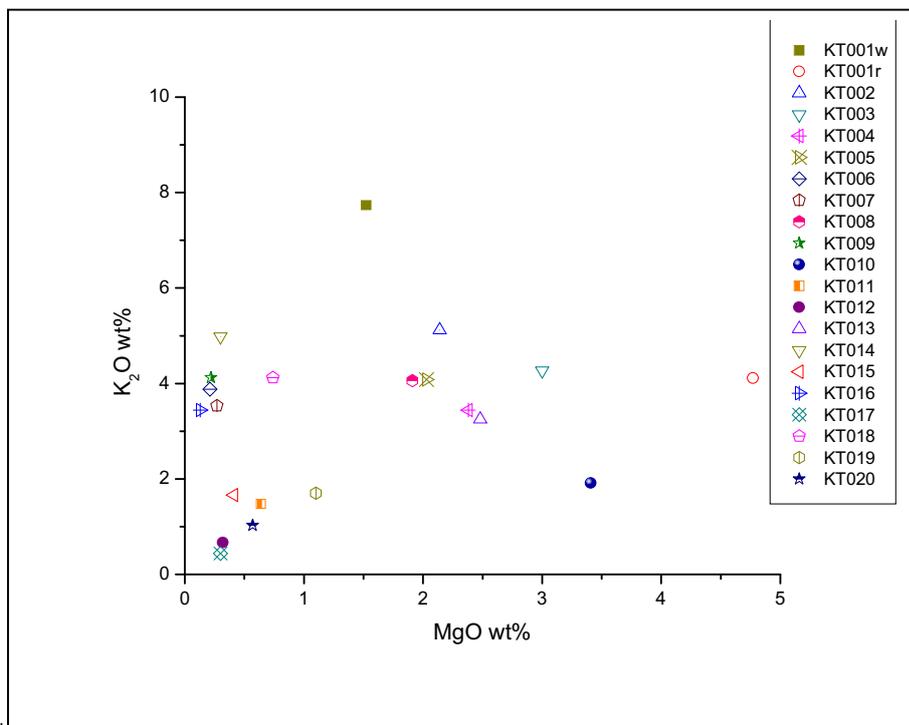
3.2 แมกนีเซียมน้อยกว่า 1% และโปแตสมากกว่า 2% (LMHK: low-magnesia, high potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMHK (low-magnesia, high-potash, soda-lime-silica glass) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT018), ชิ้นส่วนลำตัวแก้วสีน้ำเงิน (KT009), เศษแก้วสีเหลือง (KT014), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016) และ ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT018)

3.3 แมกนีเซียมมากกว่า 1% (HMG: high-magnesia) (มากกว่า 1%) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด HMG (high-magnesia, soda-lime-silica glass) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 9 ตัวอย่าง คือ

ชั้นส่วนกันสีเขียว (KT010) และลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT009), ชั้นส่วนขอบปากขาว-แดง (KT001), ชั้นส่วนขอบปากขาวใส (KT002), ชั้นส่วนไหล่ใส (KT003), ชั้นส่วนลำตัวใส (KT004), ชั้นส่วนลำตัวสีเหลือง (จาง) (KT005), ชั้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007) และเศษแก้วสีฟ้า (KT013)



แผนภูมิที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสเซียม (K_2O) และแมกนีเซียม (MgO) ของเครื่องแก้ว



แผนภูมิที่ 36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโปแตสของโบราณวัตถุแก้ว แบ่งตามชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว

จากการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์โดยองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อมพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วและเศษแก้ว และลูกปัดแก้วมีใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีการเกาะกลุ่มกันระหว่างองค์ประกอบอลูมินา กับแมกนีเซียม ดังจะเห็นได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม รวมทั้งโปแตสและแมกนีเซียม ซึ่งจากกลุ่มอลูมินา และแมกนีเซียม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อลูมินาปานกลางระหว่าง 5 - 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, medium alumina) พบว่าชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT06) มีความสัมพันธ์กับก้อนแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015), ลูกปัดแก้วสีน้ำเงิน (KT019) และลูกปัดแก้วสีฟ้า (KT020)
2. อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมมากกว่า 1% (high-magnesia, low-alumina) มีตัวอย่างแก้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนไหล่สี (KT003), ชิ้นส่วนลำตัวสี (KT004), ชิ้นส่วน

ลำตัวใส (จาง) (KT005), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007), ขึ้นส่วนกันสีเขียว (KT010) มีความสัมพันธ์กับเศษแก้วสีฟ้า (KT013)

3. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% (low-magnesia, low-alumina) พบว่ามีขึ้นส่วนภาชนะแก้ว ได้แก่ ขึ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT008), ขึ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (KT009) มีความสัมพันธ์กับเศษแก้วสีเหลือง (KT014)

4. กลุ่มอลูมินาปานกลาง 5 - 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, medium alumina) พบว่าเศษแก้วฟ้า-เหลือง (KT012) สัมพันธ์กับ ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017) และลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT018)

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสและแมกนีเซียมของขึ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

1. แมกนีเซียมน้อยกว่า 1% และโปแตสน้อยกว่า 2 % (LMG: low-magnesia, low potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMG (low-magnesia, soda-lime-silica glass) ประกอบด้วยเศษแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015) สัมพันธ์กับลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017) และ ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)

2. แมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % และโปแตสมากกว่า 2 % (LMHK: low-magnesia, high potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMHK (low-magnesia, high-potash, soda-lime-silica glass) มีพบว่ามีขึ้นส่วนภาชนะแก้ว ประกอบด้วย ขึ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT018), ขึ้นส่วนลำตัวแก้วสีน้ำเงิน (KT009) มีความสัมพันธ์กับเศษแก้วสีเหลือง (KT014), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016) และ ลูกบิดแก้วสีน้ำตาลแดง (KT018)

3. แมกนีเซียมมากกว่า 1% (HMG: high-magnesia) (มากกว่า 1 %) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด HMG (high-magnesia, soda-lime-silica glass) กลุ่มแก้วที่มีความสัมพันธ์กัน คือ ขึ้นส่วนกันสีเขียว (KT010) และลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT009), ขึ้นส่วนขอบปากขาว-แดง (KT001), ขึ้นส่วนขอบปากขาวใส (KT002), ขึ้นส่วนไหล่ใส (KT003), ขึ้นส่วนลำตัวใส (KT004), ขึ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (จาง) (KT005), ขึ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007) และเศษแก้วสีฟ้า (KT013)

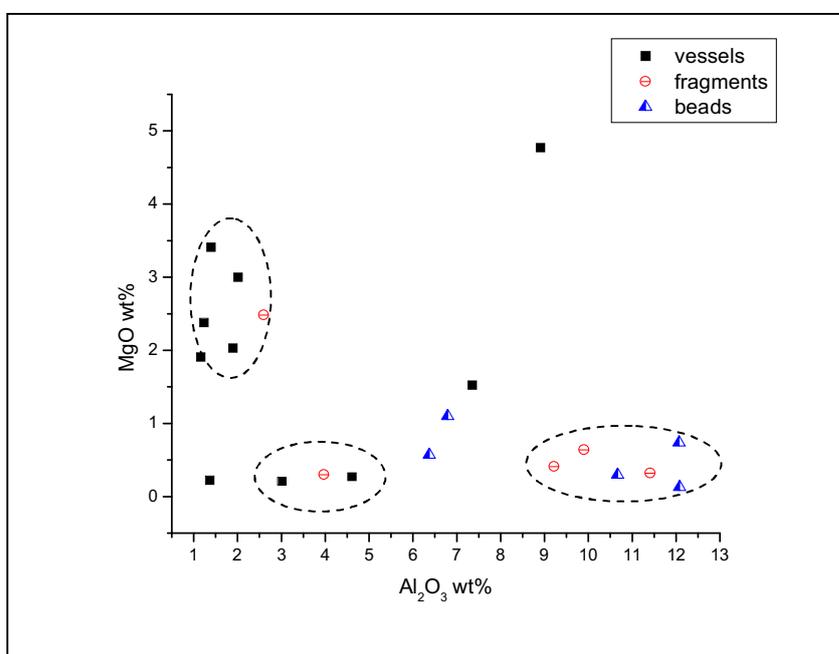
สรุปได้ว่า จากองค์ประกอบทางเคมีของขึ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว พบว่ามีความสัมพันธ์โดยเฉพาะกลุ่มอลูมินาปานกลางระหว่าง 5 - 10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % มีความสัมพันธ์กันชัดเจน และในกลุ่มแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % และโปแตสมากกว่า 2 % พบว่าขึ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วมีความสัมพันธ์กัน จะเห็นได้ว่ามีขึ้นส่วนภาชนะแก้ว

สัมพันธ์กับเศษแก้วสีฟ้า และสีดำ รวมถึงสัมพันธ์กับลูกบิดแก้วสีฟ้าอีกด้วย(ในกลุ่มอลูมินาปานกลางและแมกนีเซียมต่ำ) ส่วนในกลุ่มของโปแตสและแมกนีเซียมพบว่ามีชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับก้อนแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว ในกลุ่มของแมกนีเซียมต่ำกว่า 1 % และโปแตสมากกว่า 2 % โดยเกาะกลุ่มกันอย่างชัดเจนในแผนภูมิ (ดูแผนภูมิที่ 38-39) นอกจากนี้ยังพบว่ามีชิ้นส่วนภาชนะแก้วสัมพันธ์กับเศษแก้ว (วัตถุดิบ) ซึ่งอาจจะสันนิษฐานได้ว่า

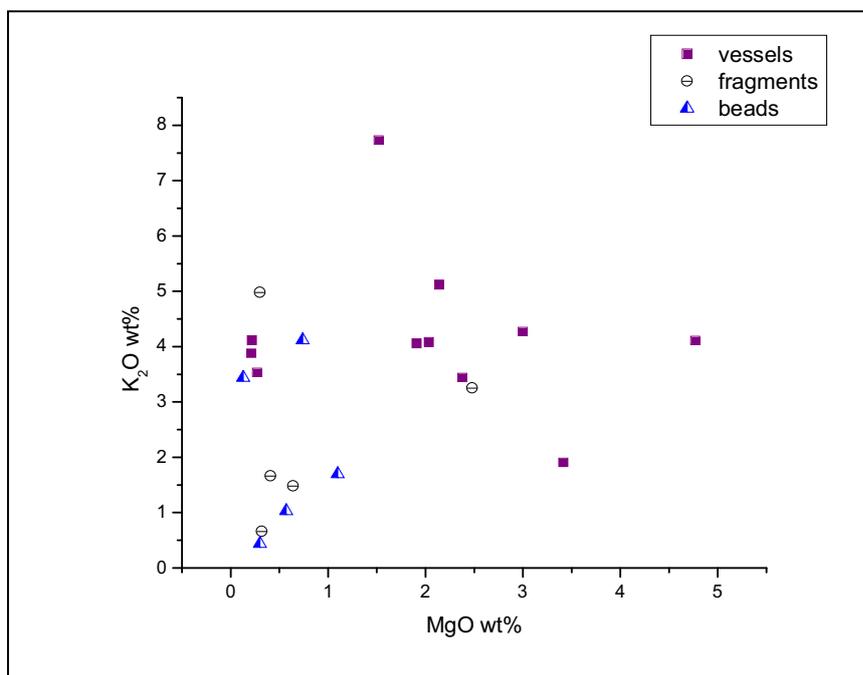
1. มีการนำเอาชิ้นส่วนภาชนะแก้วนำกลับมาหลอมใหม่เพื่อผลิตลูกบิด

2. อาจจะเป็นไปได้ว่าเศษแก้วก้อนแก้วเป็นชิ้นส่วนของภาชนะแก้ว

และนอกจากนี้ จากองค์ประกอบทางเคมีในเศษแก้วสีเหลือง, สีดำ, สีฟ้า มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับกับลูกบิดแก้วสีฟ้า, สีน้ำเงิน และสีน้ำตาลแดง จึงคาดว่าเศษแก้วเป็นวัตถุดิบในผลิตลูกบิด และอาจนำไปสู่ข้อสันนิษฐานว่ามีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วนำกลับมาใช้อีกครั้งหนึ่ง (reused) และอาจจะมีความเป็นไปได้ที่ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และเศษแก้วหลอม ถูกนำมาจากแหล่งเดียวกัน



แผนภูมิที่ 37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียม ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว



แผนภูมิที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส และแมกนีเซียมของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

ชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่ได้จากการสำรวจ (วิเคราะห์เพิ่มเติม)

นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ การศึกษาเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีทางภาคใต้ของไทย ซึ่งจากการขุดค้นและสำรวจพบว่าในแหล่งโบราณคดีทั้งสองคาบสมุทรพบเครื่องแก้ว แต่ข้อมูลที่ได้จากการขุดค้นมีเพียงเฉพาะแหล่งโบราณคดีในฝั่งอันดามันเท่านั้น ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า ควรจะมีการนำเอาชิ้นส่วนเครื่องแก้วจากการสำรวจพบในแหล่งโบราณคดีฝั่งอ่าวไทยร่วมด้วย ได้แก่ แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ และแหล่งโบราณคดีท่าชนะ (วัดอัมพาวาส) เพื่อให้ครอบคลุมแหล่งโบราณคดีที่พบแก้วในคาบสมุทรภาคใต้ แม้ว่าจะเป็นของจากการสำรวจ แต่ก็นับได้ว่ามีประโยชน์ต่อการวิจัยในเรื่องนี้อย่างมาก เพราะนอกจากจะทราบองค์ประกอบทางเคมีแล้ว ยังทราบสัมพันธ์ของเครื่องแก้วว่าสอดคล้อง ยังทราบภาพรวมระหว่างแหล่งอีกด้วย โดยชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่ได้จากการสำรวจนำมาวิเคราะห์มี 2 แหล่งด้วยกัน คือ

1. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี มีชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่นำมาวิเคราะห์จำนวน 5 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ขอบปาก 1 ตัวอย่าง ลำตัว 2 ตัวอย่าง ก้น 1 ตัวอย่าง และ ก้อนแก้วหลอม 1 ตัวอย่าง แบ่งเป็นมีสีน้ำเงิน, เขียว, ฟ้า และขาว(ใส) ซึ่งแต่ละตัวอย่างมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน แหล่งโบราณคดีท่าชนะ (วัดอัมพาวาส) อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

2. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ (วัดอัมพาวาส) อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี จากการสำรวจพบชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 2 ชิ้น คือ ลำตัวสีน้ำเงิน (TCH001) และไหล์สีดำ (TCH002) จึงนำมาวิเคราะห์ทั้งสองตัวอย่าง ผลจากองค์ประกอบทางเคมีพบว่าทั้งสองมีความแตกต่างกันในปริมาณธาตุต่างๆ แต่มีความใกล้เคียงกัน

ทั้งสองแหล่ง มีผลการวิเคราะห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 14 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแก้วในแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₂	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₂	ZnO	BaO	
LP001	ชิ้นส่วน	น้ำเงิน		60.41	2.03	6.5	9.43	2.61	1	3.53	0.1	10.35	1.01	0.2	0.72	0.29	0.15	1.18	0.51	
LP002	ชิ้นส่วน	เขียว		59.02	1.36	3.02	0.62	1.78	0.71	4.68	0.07	22.58	0.53	0.43	0.17	0.25	0.28	0.88	0.8	
LP003	ชิ้นส่วน	เขียว		60.69	2.65	3.88	5.81	3.03	0.79	2.82	<0.01	16.25	1.41	0.37	0.89	0.27	0.3	0.4	0.43	
LP004	ชิ้นส่วน	ใส		46.18	1.13	7.73	5.02	0.58	0.23	0.96	0.27	35.69	0.11	0.62	0.05	0.31	0.18	0.67	0.27	
LP005	ชิ้นส่วน	ฟ้า		72.02	2.9	6.89	1.25	0.92	0.73	0.68	0.06	10.74	0.13	0.59	0.05	0.19	0.37	0.47	0.51	

จากตารางข้างต้นสามารถแยกองค์ประกอบทางเคมี มีรายละเอียด ดังนี้

ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป (คงสภาพ)

ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 46.18 – 72.02 %

อลูมินา (Al_2O_3) ประมาณ 1.13 – 2.65 %

แคลเซียม (CaO) ประมาณ 3.02 - 7.73 %

แมกนีเซียม (MgO) มีปริมาณประมาณ 0.68 – 4.68 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีอุณหภูมิตำหรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) ประมาณ 0.62 – 9.43 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 0.58 – 3.03 %

และตะกั่วออกไซด์ (PbO) ประมาณ 10.35 – 35.69 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) มีปริมาณประมาณ 0.11 – 1.41 %

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีปริมาณประมาณ 0.23 – 1.00 %

4. องค์ประกอบอื่นๆ

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) มีปริมาณ 0.3 – 0.37 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีปริมาณ 0.4– 1.18%

ดีบุกออกไซด์ (SnO) มีปริมาณ 0.05 – 0.89 %

แบเรียมออกไซด์ (BaO) มีปริมาณ 0.8 – 0.51 %

ไทเทเนียม (TiO_2) มีปริมาณประมาณ <0.01 – 0.27 %

ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้พบในจำนวนที่น้อยมาก อาจจะปนเปื้อนมากับวัตถุดิบที่หลอม

แก้ว

จากองค์ประกอบทางเคมีแสดงว่าเป็นแก้วตะกั่ว ที่มีตะกั่วออกไซด์เป็นตัวช่วยหลอมละลาย โดยมีโซดาและโปแตสเป็นตัวช่วยหลอมรวม

1. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) และตัวช่วยหลอมละลาย (flux)

จากตัวอย่างกลุ่มของชิ้นส่วนเครื่องแก้วและก้อนแก้ว พบว่ามีค่าซิลิกาที่สูงกว่าองค์ประกอบอื่นอยู่แล้ว ดังนั้น จึงนำโซดาและโปแตสมาใช้ในการจัดกลุ่ม

1.1 การพิจารณากลุ่มของโซดาเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 1 กลุ่ม คือ

1.1.1 โซดาน้อยกว่า 10 % (low-soda) แบ่งเป็นชั้นส่วนภาชนะแก้วมีจำนวน 4 ชั้น และก้อนแก้วหลอม 1 ชั้น ได้แก่ ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (LP001), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (LP002), ขอบปากสีเขียว (LP003), ก้นภาชนะแก้ว (LP005) และก้อนแก้วหลอม (LP004)

1.2 การพิจารณากลุ่มของโปแตสเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

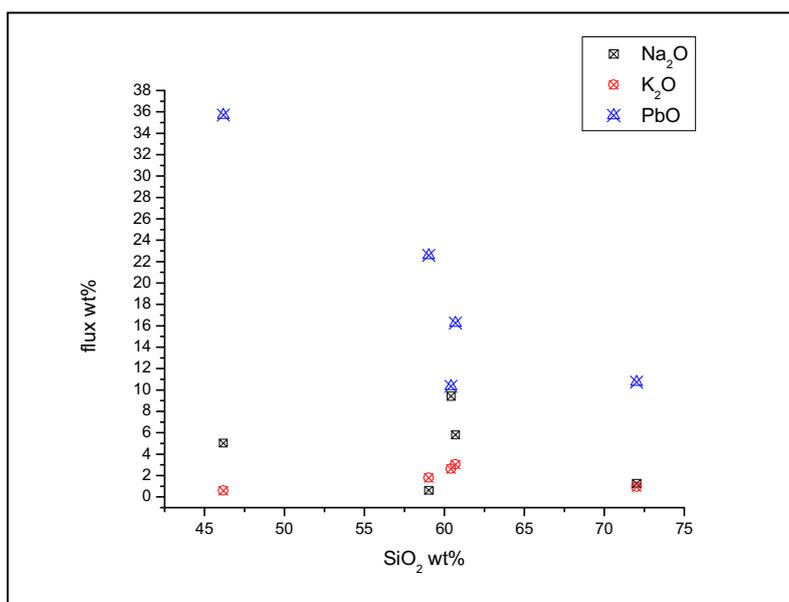
1.2.1 โปแตสน้อยกว่า 2 % (low-potash) มีจำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (LP002), ชั้นส่วนก้น (LP005) และก้อนแก้วหลอม (LP004)

1.2.2 โปแตสมากกว่า 2 % (high-potash) มีจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนภาชนะแก้วสีน้ำเงิน (LP001) และ ขอบปากสีเขียว (LP003)

1.3 การพิจารณากลุ่มของตะกั่วออกไซด์เป็นหลัก พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้วได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.3.1 ตะกั่วออกไซด์น้อยกว่า 15% มี 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (LP001), ชั้นส่วนก้นสีฟ้า (LP005)

1.3.2 ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15% มีจำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (LP002), ชั้นส่วนลำตัวสีเขียว (LP003) และก้อนแก้วหลอม (LP004)

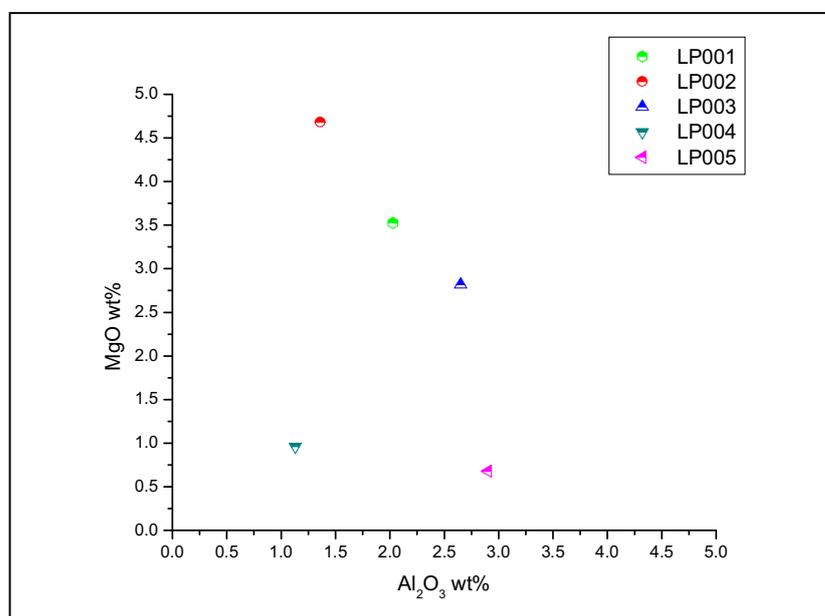


แผนภูมิที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO₂) โซดา (Na₂O) โปแตส (K₂O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO)

เป็นการวิเคราะห์โดยใช้อลูมินา (Al_2O_3) เป็นตัวหลักในการแบ่งกลุ่ม จากนั้นนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแมกนีเซียม (MgO) สามารถแบ่งแก้วได้ 2 ชนิด กล่าวคือ

2.1 อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% (low-magnesia, low-alumina) มี 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนกันสีฟ้า (LP005) และก้อนแก้วหลอม (LP004)

2.2 อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมนอกกว่า 1% (high-magnesia, low-alumina) มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (LP001), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (LP002) และขอบปากสีเขียว (LP003)



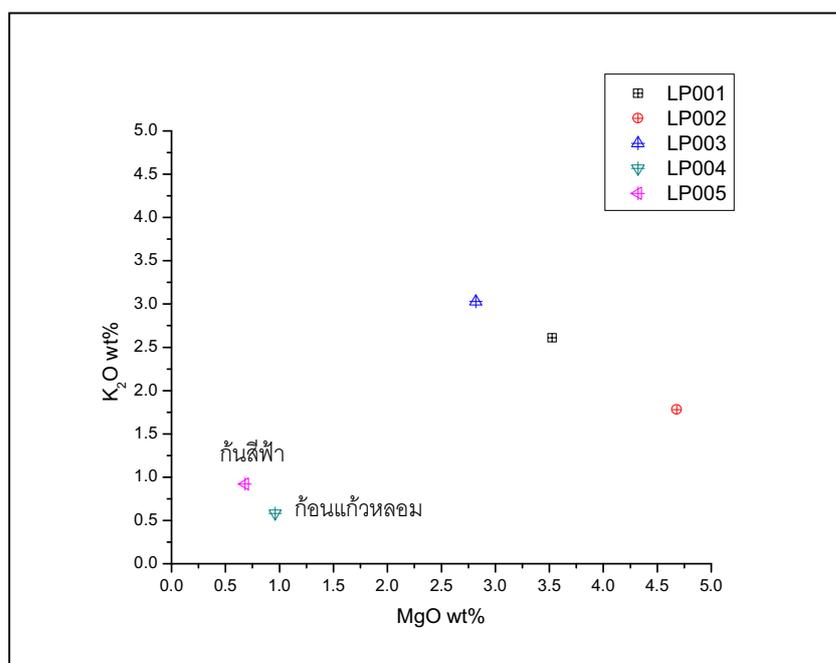
แผนภูมิที่ 40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกาและโซเดียม, โพแทส และตะกั่วออกไซด์

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโพแทส (K_2O)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโพแทส (K_2O) แสดงให้เห็นว่า จากองค์ประกอบทางเคมีของแก้ว สามารถแบ่งแก้วออกได้ 4 ชนิด คือ

3.1 แมกนีเซียมน้อยกว่า 1% และโพแทสน้อยกว่า 2 % (LMG: low-magnesia, low potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMG (low-magnesia, soda-lime-silica glass) พบว่ามีตัวอย่างแก้ว จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนกันสีเขียว (LP005) และก้อนแก้วสีขาวใส (LP004)

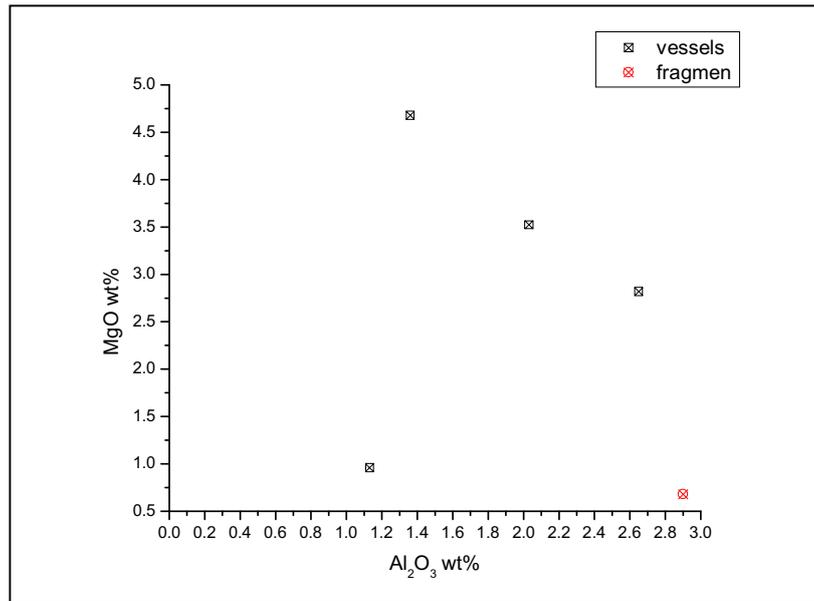
3.2 แมกนีเซียมมากกว่า 1% (high magnesia, soda-lime-silica glass) ซึ่งจัดเป็นแก้ว HMG มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (LP001), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (LP002) และขอบปากสีเขียว (LP003)



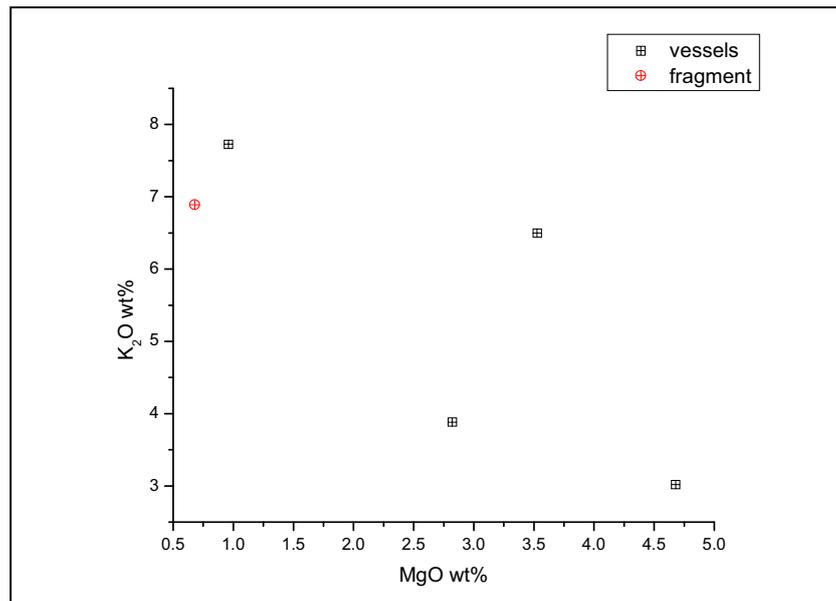
แผนภูมิที่ 41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโปแตสเซียมของชิ้นส่วนภาชนะแก้วและก้อนแก้วหลอม

ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และก้อนแก้วหลอม (ชิ้นส่วนภาชนะ?)

จากแผนภูมิตั้งต้นจะพบว่าชิ้นส่วนภาชนะแก้วและก้อนแก้วหลอมมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน โดยเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินากับแมกนีเซียม และแมกนีเซียมกับโปแตสเซียม พบว่า ชิ้นส่วนกันสีฟ้า (LP005) และก้อนแก้วหลอม (ชิ้นส่วนภาชนะ?) (LP006) มีองค์ประกอบเคมีที่ใกล้เคียงกัน จึงอาจสันนิษฐานได้ว่ามีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วนำมาหลอมอีกครั้ง แต่เนื่องจากโบราณวัตถุที่พบจากการสำรวจในแหล่งนี้มีน้อย อีกทั้งการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีไม่ครอบคลุมทั้งชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ก้อนแก้วหลอม และลูกบิดแก้ว จึงอาจกล่าวได้เพียงตั้งต้นว่ามีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วนำมาหลอมอีกครั้ง (reused)



แผนภูมิที่ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียและอลูมินาของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว
กับก้อนแก้วหลอม



แผนภูมิที่ 43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสและแมกนีเซีย ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว
และก้อนแก้วหลอม

ตารางที่ 15 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีท่าชนะ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี

รหัส	ตัวอย่าง	สี	ภาพประกอบ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₂	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₂	ZnO	BaO	
TCH001	ชิ้นส่วน ลำตัว	น้ำเงิน		67.64	1.59	0.87	0.28	1.37	1.4	0.4	0.04	19	1.84	0.36	0.71	0.09	0.2	1.87	1.14	
TCH002	ชิ้นส่วน ไหล่	ดำ		64.16	6.47	0.96	0.17	1.78	0.96	0.39	<0.01	21.92	0.18	1.23	0.29	0.15	0.19	0.45	0.7	

จากตารางข้างต้นสามารถแยกองค์ประกอบทางเคมี มีรายละเอียด ดังนี้

ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

1. องค์ประกอบที่ช่วยในการขึ้นรูป (คงสภาพ)

ซิลิกา (SiO_2) มีปริมาณประมาณ 64.16 – 67.64 %

อลูมินา (Al_2O_3) มีปริมาณประมาณ 1.59 – 6.47 %

แคลเซียม (CaO) มีปริมาณประมาณ 0.87 – 0.96 %

แมกนีเซียม (MgO) มีปริมาณประมาณ 0.4 – 0.39 %

2. องค์ประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำหรือช่วยในการหลอมละลาย (flux)

โซดา (Na_2O) มีปริมาณประมาณ 0.17 – 0.28 %

โปแตส (K_2O) ประมาณ 1.37 – 1.78 %

และตะกั่วออกไซด์ (PbO) มีปริมาณ 19 – 20 %

3. องค์ประกอบของสารให้สี

แมงกานีสออกไซด์ (MnO) มีปริมาณประมาณ 0.18– 1.84 %

เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีปริมาณประมาณ 0.96 – 1.4 %

โคบอลต์ (CoO) มีปริมาณ 0.09-0.15 %

4. องค์ประกอบอื่นๆ

โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) มีปริมาณ 0.2 – 0.19 %

สังกะสีออกไซด์ (ZnO) มีปริมาณ 0.45 – 1.87 %

ดีบุกออกไซด์ (SnO) มีปริมาณ 0.29– 0.71%

แบเรียมออกไซด์ (BaO) มีปริมาณ 0.7 – 1.14 %

ไทเทเนียม (TiO_2) มีปริมาณประมาณ <0.01 – 0.04 %

ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้พบในจำนวนที่น้อยมาก อาจจะปนเปื้อนมากับวัตถุดิบที่หลอมแก้ว

จากองค์ประกอบทางเคมีแสดงว่าเป็นแก้วตะกั่ว ที่มีตะกั่วออกไซด์เป็นตัวช่วยหลอมละลาย โดยมีโซดาและโปแตสเป็นตัวช่วยหลอมรวม

1. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) และตัวช่วยหลอมละลาย (flux)

จากตัวอย่างกลุ่มของชิ้นส่วนเครื่องแก้วและก้อนแก้ว พบว่ามีค่าซิลิกาที่สูงกว่าองค์ประกอบอื่นอยู่แล้ว ดังนั้น จึงนำโซดาและโปแตสมาใช้ในการจัดกลุ่ม

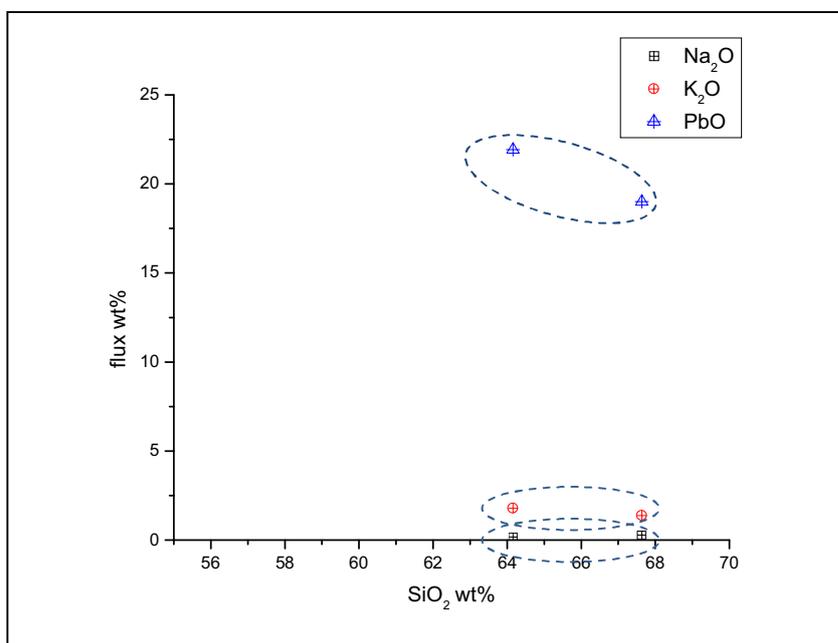
1.1 การพิจารณากลุ่มของโซดาเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว ได้เป็น 1 กลุ่ม คือ

1.1.1 โซดาน้อยกว่า 10 % (low-soda) ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TCH001) และไหลสีดำ (TCH002)

1.2 การพิจารณากลุ่มของโปแตสเป็นหลัก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างแก้ว คือ

1.2.1 โปแตสน้อยกว่า 2 % (low-potash) ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TCH001) และไหลสีดำ (TCH002)

1.3 การพิจารณากลุ่มของตะกั่วออกไซด์เป็นหลัก พบว่ามีตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15 % ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TCH001) และไหลสีดำ (TCH002)



แผนภูมิที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) โซดา (Na_2O) โปแตส (K_2O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO)

ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างซิลิกา (SiO_2) โซดา (Na_2O) และโปแตส (K_2O) และตะกั่วออกไซด์ (PbO) แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างเครื่องแก้วทั้งหมดเป็นแก้วตะกั่วที่มีองค์ประกอบเป็นแบบมิกซ์อัลคาไล (mixed-alkali glass)

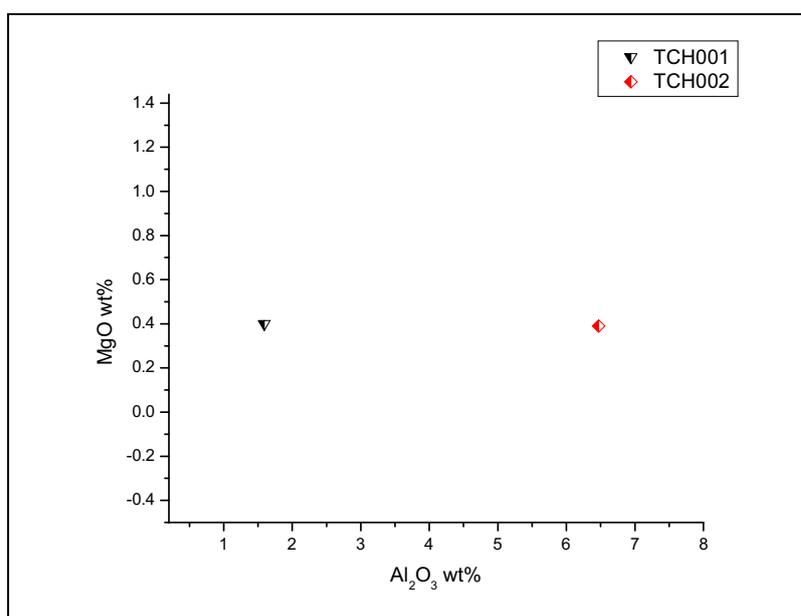
จากองค์ประกอบทางเคมีพบว่าชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงินและชิ้นส่วนไหล่สีดำมีความใกล้เคียงกันระหว่างโซดา โปแตส และตะกั่วออกไซด์

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซียม (MgO)

เป็นการวิเคราะห์โดยใช้อลูมินา (Al_2O_3) เป็นตัวหลักในการแบ่งกลุ่ม จากนั้นนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแมกนีเซียม (MgO) สามารถแบ่งแก้วได้ 2 ชนิด กล่าวคือ

2.1 อลูมินาน้อยกว่า 5 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, low-alumina) ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TCH001)

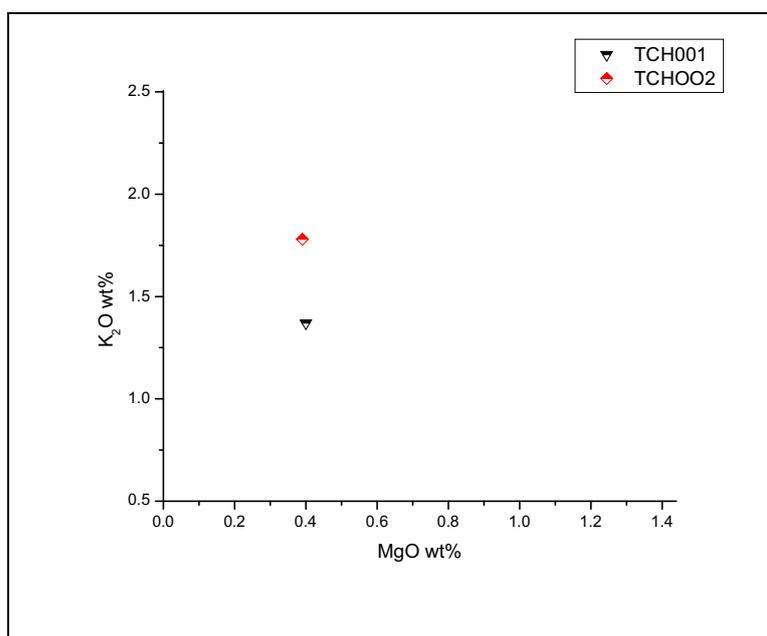
2.2 อลูมินาปานกลาง 5-10 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (low-magnesia, medium alumina) ได้แก่ ชิ้นส่วนไหล่สีดำ (TCH002)



แผนภูมิที่ 45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K₂O)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียม (MgO) และโปแตส (K₂O) แสดงให้เห็นว่า จากองค์ประกอบทางเคมีของแก้วทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่าเป็นแก้วในกลุ่ม แมกนีเซียมต่ำกว่า 1% และโปแตสต่ำกว่า 2 % (LMG: low-magnesia, low potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMG (low-magnesia, soda-lime-silica glass) ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (TCH001) และชิ้นส่วนไหล่สีดำ (TCH002)



แผนภูมิที่ 46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโปแตสของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว

การเปรียบเทียบสี

ในการเปรียบเทียบสีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วระหว่างแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แห่ง โดยใช้ องค์ประกอบทางเคมีหาความสัมพันธ์ มี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอลูมินา (Al₂O₃) เป็นตัวหลัก เพื่อหาความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ซึ่งแบ่งออกเป็นเจดสี 5 กลุ่ม ดังนี้

1. สีน้ำเงิน-ฟ้า
2. สีเขียว
3. สีเหลือง
4. สีแดง-ม่วง-น้ำตาล-น้ำตาลแดง
5. ขาว-ใส

กลุ่มแก้วสีน้ำเงินและฟ้า

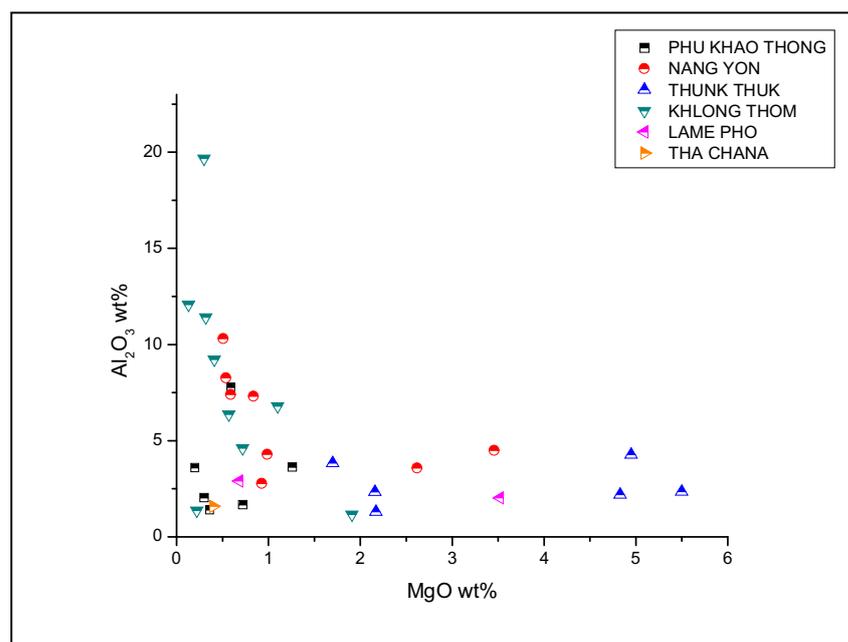
ในกลุ่มแก้วสีน้ำเงินและฟ้าจากแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แหล่ง สามารถแยกกลุ่มของอลูมินา (Al_2O_3) และแมกนีเซียม (MgO) ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง มีชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (PKT004, 006), ก้อนแก้ว (PKT010,011) และลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (PKT014) , นางย่อน (ประกอบชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (NY009,018) , คลองท่อม ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว (KT008,009), แหลมโพธิ มีชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (LP005) และก้อนแก้วหลอม (LP004) และแหล่งโบราณคดีท่าชนะ (TCH001)

2. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมากกว่า 1% พบในชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY003, 006, 007, 010), พุงตึก (TT001, 005, 006, 008, 011, 012, และเศษแก้ว (015)), แหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT007) , เศษแก้ว (KT010, K013) และลูกบิดแก้ว (KT019)) และแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ (LP002, 003)

3. อลูมินาปานกลาง 5-10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง ในกลุ่มของก้อนแก้วสีดำและสีเขียว (PKT007, PKT011, 012), นางย่อน (PKT004, 005, 011, 013) และเศษแก้ว (018) และแหลมโพธิ (PL001)

4. อลูมินามากกว่า 10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT001g, PKT002b และก้อนแก้ว (PKT018), ลูกบิดแก้ว (PKT013), นางย่อน (NY001, 014) และแหล่งโบราณคดีคลองท่อมในเศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012) และลูกบิดแก้ว (KT016-17)



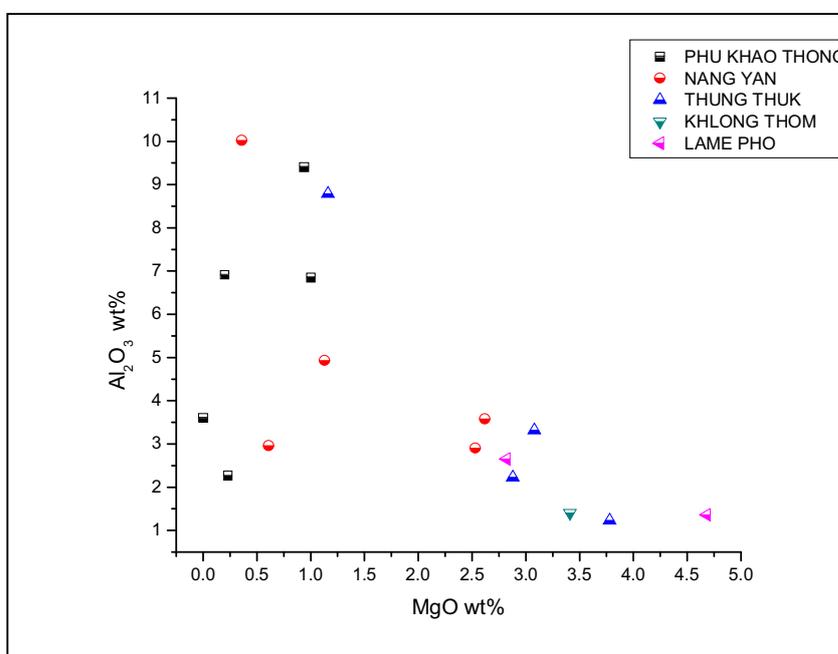
แผนภูมิที่ 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียและอลูมินาของกลุ่มแก้วสีน้ำเงิน-ฟ้า

กลุ่มแก้วสีเขียว

จากการขุดค้นในแหล่งโบราณคดี สามารถแบ่งตามปริมาณของอลูมินาและแคลเซียม ได้ 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT007), (PKT012)

1. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY003), (NY010), ทุ่งตึก (TT001), (TT011), (TT015) และแหลมโพธิ์ (LP002), (LP003)



แผนภูมิที่ 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียม ในกลุ่มแก้วสีเขียว

กลุ่มแก้วสีเหลือง

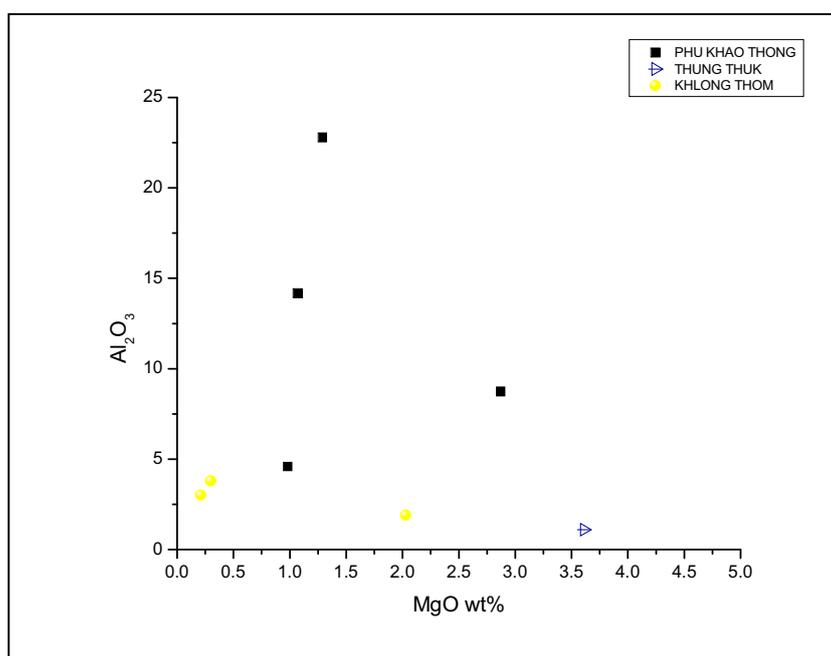
จากการขุดค้นพบกลุ่มแก้วสีเหลืองไม่มากนัก สามารถแบ่งตามสัดส่วนของปริมาณ และแคลเซียม ได้ 4 กลุ่ม ได้แก่

1. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT005)

2. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมมากกว่า 1% ได้แก่ ชั้นส่วนขอบปากในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (TT014)

3. อลูมินापานกลาง 5-10% แมกนีเซียมมากกว่า 1% ได้แก่ ชั้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT003)

4. อลูมินापานกลาง และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT000), (KT014)



แผนภูมิที่ 49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียม ในกลุ่มสีเหลือง

กลุ่มแก้วสีแดง-ม่วง-น้ำตาลแดง-น้ำตาล

ในกลุ่มแก้วสีแดง-ม่วง-น้ำตาลแดง-น้ำตาล จาก 6 แหล่งโบราณคดี พบสีเหล่านี้เพียงบางสี และมีปริมาณไม่มากนัก สามารถแบ่งตามปริมาณของอลูมินาและแมกนีเซียมได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

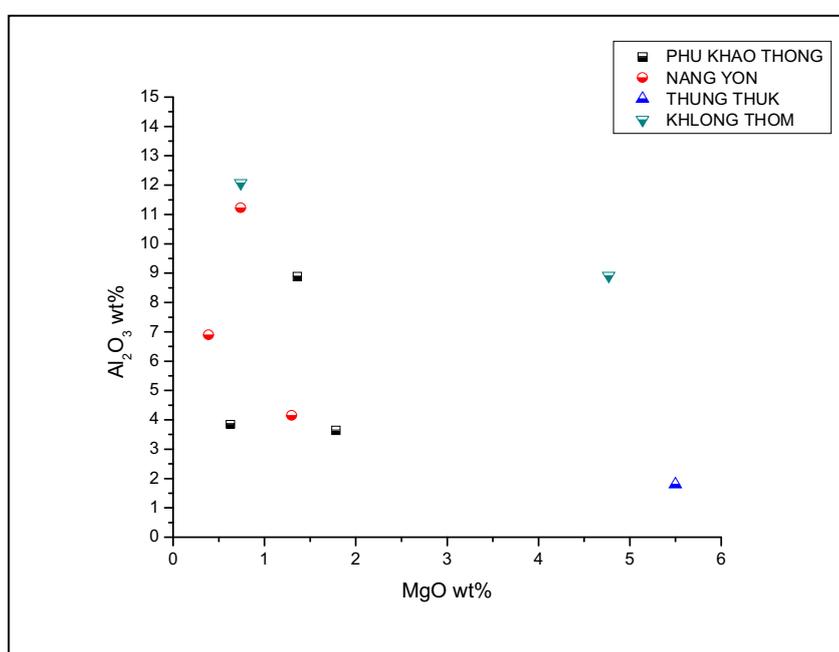
1. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT002r, PKT011, PKT014)

2. อลูมินापานกลาง 5-10% และแมกนีเซียมต่ำกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY002)

3. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมมากกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางยอน (NY012)

4. อลูมินาปานกลาง 5-10% และแมกนีเซียมมากกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางยอน (NY012), ชิ้นส่วนกันจากแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (TT007)

5. อลูมินามากกว่า 10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางยอน (ลูกปัดสีน้ำตาลแดง (NY21) และคลองท่อม (ลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดง ,KT018)



แผนภูมิที่ 50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซีย และอลูมินาของกลุ่มแก้วสีน้ำตาลแดง

กลุ่มแก้วสีขาว-ใส (ไร้สี)

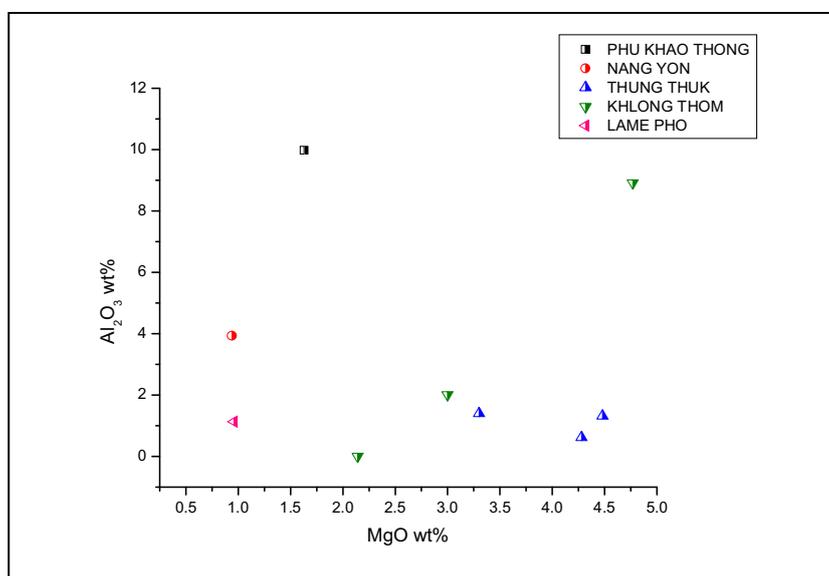
ในกลุ่มแก้วสีขาว-ใส (ไร้สี) สามารถแบ่งตามปริมาณของอลูมินาและแมกนีเซียได้ 4 กลุ่ม ได้แก่

1. อลูมินาน้อยกว่า 1% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วจากแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT002)

2. อลูมินาปานกลาง 5-10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ ชั้นส่วนแก้วขุนใน โม่เสก (PKT002w) ในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง และกลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT001)

3. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT003, 004, 005), ทุ่งตึก (TT003, 009, 013)

4. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมมากกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY017)



แผนภูมิที่ 51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและอลูมินาของกลุ่มแก้วขาว-ใส

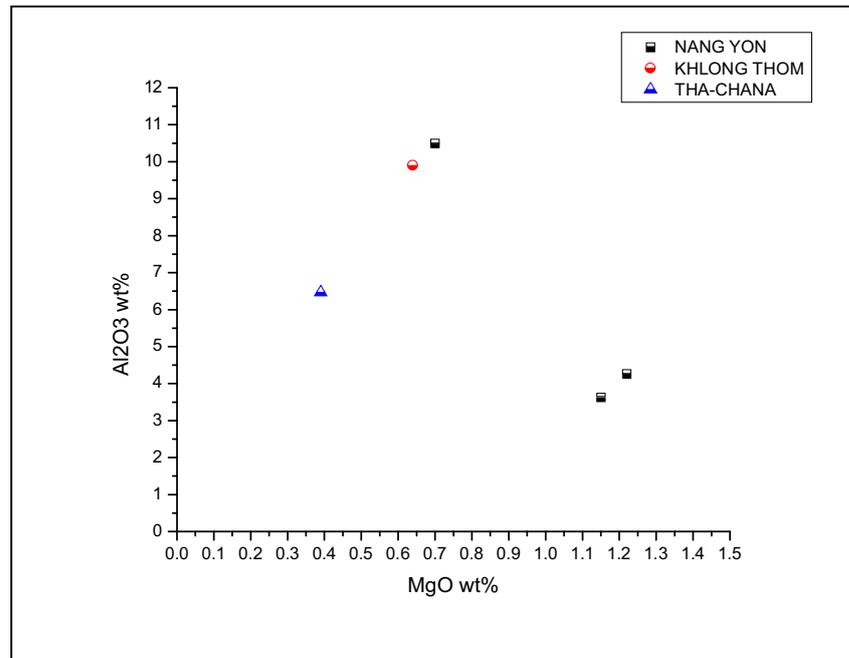
กลุ่มแก้วสีดำ

ในกลุ่มแก้วสีดำมีจำนวนไม่มากนัก แต่ก็พบทั้งชั้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และ ลูกบิดแก้ว สามารถแบ่งตามปริมาณของอลูมินาและแมกนีเซียม ได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. อลูมินาน้อยกว่า 5% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY016), (NY019)

2. อลูมินาปานกลาง 5-10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ ลูกบิดแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY021)

3. อลูมินามากกว่า 10% และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% ได้แก่ ก้อนแก้วสีดำ (KT011)
ในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม



แผนภูมิที่ 52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา และแมกนีเซียม ในกลุ่มแก้วสีดำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลและแหล่งโบราณคดีต่างประเทศ

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของแก้วในแต่ละแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลแล้วในคาบสมุทรของไทยแล้ว จากนั้นจึงได้เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบในต่างประเทศ โดยได้ศึกษาและรวบรวมผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้วที่พบในต่างประเทศ แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ 5 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเครื่องแก้วในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ในแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา, แหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูจัง (มาเลเซีย)
2. กลุ่มเครื่องแก้วในจีน
3. กลุ่มเครื่องแก้วในอินเดีย
4. กลุ่มเครื่องแก้วในโรมัน
5. กลุ่มเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง

ซึ่งการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กำหนดโดยใช้หาความสัมพันธ์กับแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของไทยใช้หลักการการจับกลุ่มเดียวกัน คือ กลุ่มของอลูมินาและแมกนีเซีย กลุ่มโปแตสและแมกนีเซีย ส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาจะเป็นการวิเคราะห์ชนิดของแก้ว ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนทั้งภายในและ โดยองค์ประกอบทางเคมีในแหล่งต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเครื่องแก้วในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ในแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา, แหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูจัง (มาเลเซีย)

1.1 องค์ประกอบเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา (ทุ่งตึก) อ.

ตะกั่วป่า จ.พังงา วิเคราะห์โดยอลาสแตร์ แลมป์

ตัวอย่างที่ 1 ชิ้นส่วนก้นภาชนะแก้วขนาดเล็ก สีน้ำตาลออกเหลืองใส

ตัวอย่างที่ 2 ชิ้นส่วนแก้วสีน้ำเงินเข้ม

ตัวอย่างที่ 3 ชิ้นส่วนแก้วสีน้ำเงินใส

ตัวอย่างที่ 4 ชิ้นส่วนแก้วสีเขียว (มีฟองอากาศจำนวนมาก)

ตัวอย่างที่ 5 ชิ้นส่วนแก้วใส

องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ตารางที่ 16 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุจากแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขา อ.ตะกั่วป่า ประเทศไทย

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe	Mg	TiO ₂	Pb	Mn	Cu	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	Zn	BaO
1	77.9	2.5	7.5	9.5	1.5	0.03	0.25	-	0.10	0.25	0.01	-	-	-	-	-
2	74.3	5.8	8.1	8.1	1.5	0.10	0.20	-	0.25	0.10	0.18	-	-	-	0.5	-
3	75.2	3.8	5.4	13.0	1.6	0.03	0.25	-	-	0.02	0.12	-	-	-	-	-
4	79.8	3.6	4.1	13.0	1.5	0.04	0.25	-	-	0.06	0.18	-	-	-	-	-
5	74.7	5.3	0.12	9.0	2.0	0.05	0.25	-	0.25	0.10	0.12	-	-	-	-	-

ที่มา : Alastair Lamb, "The Bases of Glass Vessels from Kedah and Takuapa compared," in Miscellaneous papers on early hind and Buddhist settlement in southern Thailand from Federation Museum Journal Vol.VI new series 1961,61.

ตารางที่ 17 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของชิ้นส่วนแก้วจากแหล่งโบราณคดี Pangkalan Bujang (Malaysia)

ประเภท	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	Mg	TiO ₂	Pb	Mn	Cu	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ชิ้นส่วนแก้ว น้ำตาลเข้ม	73.1	7.4	4.1	13.0	1.5	0.05	0.15	-	-	0.02	0.17	-	-	-	-	-
ชิ้นส่วนแก้ว น้ำเงิน	73.2	7.1	4.2	13.0	1.6	0.06	0.20	-	-	0.02	0.17	-	-	-	-	-
ชิ้นส่วนแก้ว เขียว	73.2	7.2	4.1	13.0	1.5	0.05	0.25	-	-	0.02	0.16	-	-	-	-	-
ชิ้นส่วนแก้ว ทองเหลือง ใส(amber) ใส	72.3	8.0	4.3	13.0	1.3	0.06	0.25	-	-	0.03	0.11	-	-	-	-	-
ชิ้นส่วนแก้ว ใส	72.3	8.2	4.3	13.0	1.3	0.05	0.20	-	-	0.02	0.11	-	-	-	-	-

ที่มา : Alastair Lamb, "The Bases of Glass Vessels from Kedah and Takuapa compared",
in Miscellaneous papers on early hind and Buddhist Settlement in Southern
Thailand from Federation Museum Journal Vol.VI new series 1961,61.

2 กลุ่มองค์ประกอบทางเคมีชิ้นส่วนเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วที่พบในจีน

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบในจีน

รหัส 82 ชิ้นส่วนหูจับ, สีดำ ร.ฮั่น

รหัส 86 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วประดับด้วยลวดลายตา อายุราว 400-100 B.C.

รหัส 1596 ซามขนาดใหญ่, ร.ถัง-หมิง จากหลุมศพที่ Luoyang, ไสไร้สี และสี
น้ำตาล ด้านในบางส่วนมีสีเทา

รหัส 3345 เขี้ยว ตกแต่งด้วยลวดลายตา มีสีน้ำเงินเป็นจุดล้อมรอบด้วยสีขาว
และน้ำตาล, ยุคโรมัน

รหัส 3382 ถ้วยทรงกระบอก, Xuzhou, 175-128 B.C., สีเขียว

รหัส 3383 ถ้วยทรงกระบอก, รูปสี่เหลี่ยม, ขาวขุ่น,

รหัส 5886 ชิ้นส่วนภาชนะแก้วจาก Famensi, 874 A.D.

ตารางที่ 18 องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วในจีน

รหัส	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO ₂	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
82	27.87	0.26	0.88	0.22	0.16	8.21	0.01	0.01	61.9	0.0005	0.06	0.003	-	-	0.02	0.01
86	53.08	4.28	2.45	1.63	4.57	0.53	0.68	0.15	12.6	0.035	1.31	0.15	-	-	0.007	18.4
3345	50.80	6.29	2.56	1.49	4.75	0.74	0.58	0.24	12.1		1.31	-	-	-	-	17.8
1596	70.14	0.82	5.68	9.81	3.32	0.27	0.23	0.1	9.06	0.12	0.01	-	-	-	0.1	0.2
3382	36.31	1.28	0.16	2.19	0.13	0.19	-	0.13	39.9	-	0.05	-	-	-		19.9
4120	56.69	0.66	8.78	0.40	16.2	0.90	0.40		13.9	0.05	1.24		-	-	-	
5886	66.38	1.26	4.49	15.08	3.33	0.45	5.39	0.03	0.03	1.68	-	-	-	-	-	0.07

ที่มา : Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 1 The Catalogue
(New York : corning Museum of glass, 1999),

2.2 องค์ประกอบทางเคมีที่พบในสุสานในจีน

ถ้วยแก้วจากสุสานเจ้าชาย Chu (123 B.C.)

ถ้วยแก้วจากสุสานราชวงศ์ฮั่นตะวันออก, Guangxi

ภาชนะแก้วโมเสก (mosaic) พื้นม่วง,ลายสีเขียว,จาก Hangjiang

ภาชนะแก้วจากสุสานราชวงศ์จินตะวันออก, Nanjing

ภาชนะแก้วจากสุสานราชวงศ์จินตะวันออก, Nanjing

ตารางที่ 19 องค์ประกอบเคมีที่พบในสุสานจีน

ลำดับ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
1	41.63	1.52	1.96	4.23	0.15	1.46	0.76	-	25.64	0.07	0.08	-	-	-	-	19.46
2	76.28	3.28	0.54	0.27	15.43	0.47	0.45	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-
3	64.79	3.44	7.66	18.18	0.88	1.30	0.61	-	-	2.4	0.03	-	-	-	-	-
4	69.39	1.89	6.81	19.60	0.49		0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	67.70	3.43	6.05	19.23	0.45	0.58	0.94	-	-	1.63	0.02	-	-	-	-	-

ที่มา : Jaiyao, An."Ancient Glass Trade in Southeast Asia." In Ancient Trade and Cultural Contacts in Southeast Asia the Office of the National Culture Commission, 127-138. Edited by Amara Srisuchat. Bangkok : Srimuang Printing Co., Ltd., 1996. 136

3. องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบในอินเดีย

3.1 ภาชนะแก้วที่พบในอินเดีย¹⁷

3.1.1 หัสตินาปุระ (Hastinapur) Period V 2nd c.B.C.-2nd c. A.D.)

รหัส 428 ชิ้นส่วนขอบปาก, สีฟ้าอมเขียว (aqua)

รหัส 429 ชิ้นส่วนแก้ว (จากการเป่า), สีฟ้าอมเขียว (aqua)

รหัส 431 ชิ้นส่วนขอบปาก, สีเขียว

3.1.2 อริกาเมฑู (Arikamedu) 1st c.A.D. or later

รหัส 6306 ชิ้นส่วนจานตกแต่งด้วยการเจียรระโนเป็นริ้ว , สีน้ำเงิน ชุ่น

รหัส 6308 ชิ้นส่วนภาชนะทรงกลม, สีน้ำตาลและม่วง

รหัส 6318 ชิ้นส่วนของเศษแก้ว หรือชิ้นส่วนลำตัวภาชนะ สีน้ำตาลแดง

¹⁷ Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 1 The Catalogue (New York : corning Museum of glass, 1999), 140.

ตารางที่ 20 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบในอินเดีย

รหัส	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
428	69.33	5.59	2.42	18.5	1.48	2.25	0.83	0.3	-	0.05	0.04	-	-	-	0.07	0.05
429	59.94	8.54	5.06	19.3	2.00	3.07	1.34	0.3	-	0.07	0.12	-	-	-	0.06	0.1
431	67.54	3.36	5.61	12.4	3.76	0.69	2.12	0.15	0.01	4.02		-		0.005		0.01
6306	61.35	1.97	5.32	14.1	0.90	1.22	0.71	0.13	5.23	0.72	0.14	-	0.1		0.013	0.01
6308	73.48	3.11	1.54	14.5	1.84	0.82	0.34	0.11	-	3.86	0.064	-	-	0.005	0.009	0.05
6318	63.99	4.21	4.13	15.2	4.93	1.85	2.54	0.32	0.07	0.12	1.52	-	-	0.001	0.0016	0.02
2901	64.19	8.60	3.94	10.1	2.60	8.46	1.66	0.15	0.003	0.21	0.005	-	-	-	-	0.01

ที่มา : Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 1 The Catalogue
(New York : corning Museum of glass, 1999), 333-339.

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์แก้วที่พบในอินเดีย, อริกาเมซุ

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	Ti ₂ O	PbO	MnO	CuO	SnO ₂	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ม่วง เข้ม	73.62	1.38	3.90	2.10	13.4 0	1.10	0.30	-	0.07	5.01	-	-	-	-	-	-
ม่วง ออก ฟ้า	72.49	1.12	2.94	0.20	14.1 4	6.50	0.68	-	0.07	0.68	-	-	-	-	-	-
แดง	64.81	3.41	4.81	11.35	4.32	1.20	2.35	0.32	-	-	-	0.39	-	-	-	-

ที่มา : Ravindra N. Singh, Analytical Study of Ancient India Arhaeology and Technology
(Delhi : Parimal Publications, 1989), 63.

ตารางที่ 22 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน Rugar ,อินเดีย

ชนิด	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO ₂	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
เครื่องแก้ว ดำ	64.3	8.60	3.94	10.1	2.60	8.46	1.66	0.15	0.003	0.21	0.005	0.003	nf	0.085	Nf	0.01

ที่มา : Ravindra N. Singh, Analytical Study of Ancient India Arhaeology and Technology
(Delhi : Palimal Publications), 63.

ตารางที่ 23 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน ตักษิลา, อินเดีย

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	Cu ₂ O	SnO ₂	CoO	CuO	ZnO	Sb2O3
แก้ว แดงที่บ	37.09	-	6.46	0.57	10.33	3.16	0.70		34.85	0.11	7.22	0.22				
แก้ว ขาวขุ่น	61.32		9.74		20.26	1.70	1.64			0.26				6		5.08
กระเบื้อง เขียวอมฟ้า	66.48		4.92	0.55	2.48	3.64	1.80									2.42
เหยือกสีฟ้า ใส	68.44	1.67	8.44	17.76	0.94	1.22	1.44			0.34						
แก้ว น้ำตาล	53.81	1.51	6.27	23.52	2.35	8.47	4.50			0.08						
แก้ว ฟ้าใส	70.69	2.88	7.05	12.86	4.85	0.81	0.50			0.01						
กระเบื้องฟ้า อมเขียว	71.01	3.74	3.73	14.99	2.65	1.84	2.32			0.05				0.24		

ที่มา : Ravindra N. Singh, Analytical Study of Ancient India Arhaeology and Technology
(Delhi : Palimal Publications),65.

ตารางที่ 24 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน นาลันทา, อินเดีย

ชื่อ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	SO ₃	BaO
ตะเกียง ฟ้า/ น้ำเงิน	72.90	3.07	1.99	0.12	14.37	1.77	0.63	0.16	-	0.77	-	-	0.01	00.53	0.54	0.13

ที่มา : Ravindra N. Singh, Analytical Study of Ancient India Arhaeology and Technology
(Delhi : Palimal Publications),67.

ตารางที่ 25 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน นาลิก, อินเดีย

ชื่อ	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ขวด เขียว	65.28	5.75	11.88	7.88	1.06	4.78	1.48	-	-	1.73	-	-	-	-	-	-
Work glass	55.55	9.89	5.99	6.76	16.12	3.06	2.93	-	-	Tr.	-	-	-	-	-	-
แก้ว ขาวขุ่น	80.17	3.17	2.72	2.41	2.41	1.49	2.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : Ravindra N. Singh, Analytical Study of Ancient India Arhaeology and Technology
(Delhi : Palimal Publications), 68.

ตารางที่ 26 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน Ter, อินเดีย

ชนิด	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	Cu ₂ O	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
น้ำเงิน	62.61	2.05	6.95	17.85	5.04	1.61	4.71	-	-	0.06	0.57	-	-	-	-	-
ฟ้า	61.21	1.81	8.15	18.25	4.98	1.60	3.83	-	-	-	0.75	-	-	-	-	-
-	70.74	6.13	2.11	15.80	2.94	1.54	0.26	-	-	Tr.	-	-	-	-	-	-

ที่มา : Ravindra N. Singh, Analytical Study of Ancient India Arhaeology and Technology
(Delhi : Palimal Publications), 74.

ตารางที่ 27 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบในหัตถินาปุระ, อินเดีย

ตัวอย่าง ภาชนะแก้ว	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO ₂	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
สีดำ (A)	59.9	4.74	6.06	17.4	3.02	5.70	1.92	0.55	0.02	0.08	0.13	0.09	nf.	0.05	0.08	0.10
ตะกึ่ง สีน้ำเงิน (B)	80.4	0.83	3.89	0.83	10.7	2.62	4.46	nf.	nf.	0.01	0.07	0.03	nf.	nf.	0.03	0.03
สีดำ (C)	61.2	9.02	3.57	15.7	2.77	6.13	1.26	0.25	0.003	0.08	0.005	nf.	nf.	nf.	-	0.01
สีดำ (D)	64.3	8.60	3.94	10.1	2.60	8.46	1.66	0.15	0.003	0.21	0.005	nf.	nf.	nf.	0.085	0.01

ที่มา : Ravindra N. Singh. Ancient Indian glass, Arhaeology and Technology (Delhi :
Parimal Publications, 1989), 83-86.

4. องค์ประกอบเคมีของกลุ่มเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง

3.1 ภาชนะแก้วจาก Nishapur, 9th-10th c.¹⁸

รหัส 3083 สุสานขวิด, สีเขียว

รหัส 5302 ก้นขวิด แม่พิมพ์, เหลือง-เขียว

รหัส 5303 ริมที่มีการพัน, สีฟ้าอมเขียว

รหัส 5309 สุสานเหยือก, ขึ้นรูปด้วยการเป่าในแม่พิมพ์ (ลำตัวบาง)

รหัส 5330 ลำตัวภาชนะ, สีน้ำเงิน (Blue)

รหัส 5320 ขวดคอและลำตัว, การตัด/เจียรในแก้ว, ใส่ไร้สี

รหัส 3450 จาน, ใส (8th-10th c.) มีร่องรอยการกัดกร่อนบนพื้นผิวภาชนะ

ตารางที่ 28 องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วจากตะวันออกกลาง

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
3083	63.18	3.19	6.91	16.7	3.09	1.14	4.4	0.2	0.005	0.06	0.001			0.005	0.005	0.06
5302	60.40	3.57	7.26	16.5	5.83	0.71	4.24	0.2	0.005	0.54	0.005				0.007	0.05
5303	70.64	2	6.52	13.4	3.1	0.52	2.44	0.2	0.05	0.95	0.005				0.009	0.08
	64.41	1.58	8.01	15.2	3.9	1	4.67	0.2	0.001	0.9	0.005				0.009	0.02
5330	67.63	2.43	7.59	14.4	3.58	2.47	3.02	0.15	0.005	0.18	0.42		0.1	0.005	0.012	0.1
5320	71.97	0.91	6.74	12.2	2.07	0.25	5.46	0.05	0.001	0.25	0.001				0.004	0.02
5340	63.45	4.11	7.8	16.7	2.41	1.54	3.47	0.2	0.03	0.25	0.003					0.005

ที่มา : Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 2 The Catalogue
(New York : Corning Museum of Glass, 1999), 162-167.

¹⁸ Brill H. Robert, Chemical Analyses of Early Glasses Volume 1 The Catalogue (New York : Corning Museum of Glass, 1999), 85-87.

ตารางที่ 29 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้ว(ใส)อิสลาม (Hedwig) ที่พบใน Levant (10th-13th Centuries) และที่ อียิปต์ เปอร์เซีย และซีเรีย (ค่าเฉลี่ย) (9th-13th)

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO ₂	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ภาชนะแก้วใส (Levent)	69.6	1.30	7.94	14.6	2.91	0.60	1.77	0.09	-	0.36	-	-	0.79	0.32	-	-
(อียิปต์ ซีเรีย และเปอร์เซีย)	66.5	2.06	7.17	14.6	2.74	1.02	4.21	0.16	-	0.71	-	-	n.d.	0.41	-	-

ที่มา : Hans, Wedepohl, et al. "A Hedwig Beaker Fragment from Bruno (Czech Republic)," Journal of Glass Studies 49, (2007), 266-268

3.2 ภาชนะแก้วในสมัยราชวงศ์ซัสซานเนียน (Sasanian Dynasty)

ภาชนะแก้วที่ Jezaziyat, 2nd-6th c.¹⁹

รหัส 1266 ฐานขวด, เขียวมะกอก (green olive) ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ และมีร่องรอยแท่งเหล็ก (pontil mark)

รหัส 1270 ลำตัวภาชนะ สีเขียว มีร่องรอยกัดกร่อน สีเขียว

รหัส 1272 ลำตัวภาชนะ, สีใส มีร่องรอยการกัดกร่อน

รหัส 1282 ฐานภาชนะ, สีฟ้าอมเขียว และมีสีเขียวเข้มตกแต่งอยู่บริเวณ

ฐาน

รหัส 1283 ลำตัวภาชนะ, สีน้ำเงิน/ฟ้าอมเขียว มีการกัดกร่อนบนพื้นผิว

¹⁹ Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 1 The Catalogue (New York : corning Museum of glass, 1999), 82.

ตารางที่ 30 องค์ประกอบของภาชนะแก้วในสมัยราชวงศ์ซัสซานีเยน (Sassanian Dynasty)

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
1266	66.13	2.58	5.43	17.3	3.37	1.26	3.62	0.13	0.003	0.068	0.003	-	-	0.005	0.0041	0.005
1271	63.05	2.05	8.28	16.4	3.39	1.33	4.92	0.15	-	0.33	0.001	-	-	0.005	0.0044	0.002
1272	63.37	1.76	7.76	16.4	2.73	0.9	6.42	0.1	-	0.001	0.001	-	-		0.0044	0.005
1282	64.54	2.99	6.77	14.9	4.38	1.42	4.63	0.2	-	0.058	0.001	-	-	0.005	0.0078	0.002
1283	65.06	1.68	5.73	15.8	3.78	0.87	6.79	0.13	-	0.0055	0.001	-	-	0.005	0.0044	0.001

ที่มา : Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 2 The Catalogue
(New York : corning Museum of glass, 1999),152-153.

องค์ประกอบเคมีของเครื่องแก้วที่พบในโรมัน มีดังต่อไปนี้

องค์ประกอบทางเคมีของแก้วโรมัน - ภาชนะแก้ว จาก Jalame²⁰

รหัส 815 คอขวดที่มีการตกแต่งเส้นแก้ว, สีเขียว เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 ซม. ไส

รหัส 816 ริมปากขวด ตกแต่งด้วยเส้นแก้ว, สีเขียว เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.0 ซม.

รหัส 818 ริมปากขวดหรือเหยือก ตกแต่งด้วยเส้นแก้ว, สีฟ้าอมเขียว (aqua)
เส้นผ่าศูนย์กลาง 10. ซม.

รหัส 827 ฐานเหยือกทรงกลม มีบางส่วนของลำตัว, สีเขียว, มีร่องรอยของแท่งเหล็ก (pontil mark)

รหัส 829 ฐานเหยือกทรงกลม, สีเขียว มีร่องรอยของแท่งเหล็ก (pontil mark)

รหัส 831 ฐานเหยือกทรงกลม, สีเขียว มีร่องรอยของแท่งเหล็ก (pontil mark) ไส

รหัส 837 ขอบปากขวด ตกแต่งด้วยเส้นแก้ว สีฟ้าอมเขียว

รหัส 841 ขอบปากชาม และลำตัว มีริ้วหนอยู่ข้างใต้ขอบปาก, สีฟ้าอมเขียว, ไส

รหัส 855 ภาชนะแก้ว ไส (colourless) รหัส 856 ภาชนะแก้วสีม่วงขุ่น

²⁰ Brill H. Robert. Chemical Analyses of Early Glasses Volume 1 The Catalogue (New York : corning Museum of glass, 1999), 54-57.

ตารางที่ 31 องค์ประกอบทางเคมีของภาชนะแก้วโรมัน

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
815	71.35	2.60	7.60	16.2	0.70	0.35	0.70	0.1	0.005	0.043	0.003	-	-	-	0.015	0.04
816	70.27	2.74	8.52	16.4	0.67	0.37	0.51	0.1	0.005	0.014	0.003	-	-	-	0.012	0.06
818	68.34	2.83	10.3	15.9	0.96	0.49	0.67	0.1	0.05	0.067	0.005	-	-	-	0.012	0.04
827	71.63	2.60	8.27	15.3	0.90	0.31	0.53	0.08	0.002	0.102	0.003	-	-	0.0005	0.011	0.04
829	71.22	2.64	8.27	14.7	0.76	0.36	0.46	0.1	0.003	0.12	0.003	-	-	0.0005	0.0084	0.04
831	71.53	2.86	8.62	14.9	0.76	0.39	0.52	0.1	0.0001	0.061	0.001	-	-	0.0005	0.007	0.04
837	69.68	2.65	9.15	16.2	0.86	0.40	0.54		0.04	0.059	0.002	-	-	0.0005	0.014	0.04
841	71.85	2.72	8.42	14.8	0.89	0.32	0.46	0.09	0.04	0.059	0.002			0.0005	0.0073	0.04

ที่มา : Brill H Rober, Chemical analyses of early glasses Volume 1 The Table (New York : corning Museum of glass, 1999), 71-78.

ตารางที่ 32 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน Koln, Germany

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ชิ้นส่วน เครื่อง แก้ว	71.17	2.22	7.76	16/5	0.54	0.91	0.59	-	-	0.26	-	-	-	-	-	-

ที่มา : Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France," Archaeometry 22, 2 (2007) : 184-187.

ตารางที่ 33 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแก้วโรมันที่พบใน สวิตเซอร์แลนด์

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	FeO	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SO ₃	Cl	Cr ₂ O ₃	ZnO	BaO
ภาชนะ (SVI6)	67.2															
ใส	2	0.99	16.84	0.45	11.07	0.18	1.83	0.34	-	0.57	-	0.36	0.14	-	-	-
ภาชนะ (SVI7)	66.7															
ใส	3	0.96	18.03	0.23	9.83	0.29	2.15	0.18	-	0.84	-	0.33	0.06	-	-	-
ภาชนะ (SVI13)	64.1															
น้ำเงิน	3	2.03	22.02	0.34	5.86	0.67	1.80	0.17	-	1.48	-	0.10	0.02	-	-	-
ภาชนะ (SVI14)	71.4															
ใส	9	0.72	6.35	1.14	17.33	0.08	1.15	0.04	-	0.66	-	0.22	0.13	-	-	-
ภาชนะ (SVI15)	64.7															
เขียว	8	1.44	25.06	0.27	4.70	0.54	1.96	0.17	-	0.22	-	0.14	0.04	-	-	-
ภาชนะ (SVI16)	64.9															
ใส	7	2.27	23.35	0.30	4.45	0.82	1.75	0.42	-	0.31	-	0.13	0.06	-	-	-

ที่มา : Silvestri, Alberta, Antonio Longinelli, and Gianmario Molin “ δ^{18} Measurements of Archaeological Glass (Roman to Modern age) and Raw Materials : Possible Interpretation,” Journal of Archaeological Science xxx (2009) :1-12.

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุของแก้วโรมันที่พบใน San Martio di Ovaro (Italy)

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)																	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO ₂	CoO	Cl	SO ₃	ZnO	BaO	NiO
ถ้วยคีม น้ำเงิน	64.7	1.54	11.90	8.7	2.19	2.89	3.91	0.054	0.154	1.08	0.71	0.14	0.431	0.62	0.36	0.323	0.154	0.015
ถ้วยคีม ใส	67.8	1.54	12.49	9.08	2.18	0.61	4.26	0.061	0.005	0.74	0.017	-	-	0.78	0.30	0.0044	-	0.003
ถ้วยคีม ฟ้าเขียว	66.6	1.41	10.46	12.95	2.74	0.65	3.70	0.046	0.009	0.055	0.005	-	-	0.89	0.17	0.0048	-	0.002
หลอด viaใส	66.6	2.24	7.49	18.3	0.61	0.72	0.92	0.086	0.008	1.43	0.006	-	-	0.98	0.45	0.0015	-	0.002
ถ้วยคีม เขียว	63.7	2.37	8.71	18.94	0.74	1.02	1.30	0.110	0.005	1.88	0.004	-	-	0.65	0.41	0.0021	-	0.002
Lamp เขียว	65.7	2.27	7.76	18.63	0.58	0.74	1.09	0.091	-	1.62	0.007	-	-	0.97	0.34	0.0014	-	0.002

ที่มา : Zucchiatti, Alessandro et al. "PIXE analysis of V-XVI century Glasses from the Archaeological Site of San Martino di Ovaro (Italy)," Journal of Culture Heritage 8 (2007) : 307-314.

ตารางที่ 35 แสดงองค์ประกอบธาตุของชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่ Aquilela, Italy (Calvi, Tornati & Scandellari 1968)

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	SrO	ZnO	BaO
ชิ้นส่วน เครื่องแก้ว	70.09	2.33	7.79	16.72	0.86	0.219	0.385	0.056		0.015	<0.05			0.056		0.043

ที่มา : Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France," Archaeometry 22, 2 (2007) : 184-187.

ตารางที่ 36 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแก้วใตที่พบในสุสาน Bocholtz ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์

สี	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	P ₂ O ₃	ZnO	BaO
ชาม ใส	69.60	1.74	5.47	18.66	0.37	0.31	0.28	0.07	-	0.02	-	-	-	0.04	-	-
ใสออก เขียว	69.96	1.81	5.60	18.79	0.38	0.38	0.29	0.08	-	0.02	-	-	-	0.05	-	-
ใสออก เขียว/ เหลือง	66.12	2.16	5.77	19.61	0.47	0.49	0.57	0.15	-	0.02	-	-	-	0.06	-	-
ใส	73.73	2.14	4.43	4.54	0.16	0.43	0.37	0.10	-	0.01	-	-	-	0.03	-	-
ใส	73.25	2.91	3.95	1.48	0.24	0.58	0.42	0.17	-	0.01	-	-	-	0.03	-	-

ที่มา : Huisman, D.J. et al. "Degradation Processes in Colourless Roman glass: Castes from the Bocholtz Burial." *Journal of Archaeological Science* 35 (2008) : 398-411

ตารางที่ 37 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน อังกฤษ

แหล่ง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	P ₂ O ₃	ZnO	Cl
Manchester	70.4	1.9	7.09	17.5	0.7	0.48	0.54	0.08	-	0.41	-	-	-	-	-	-
Wroxeter	70.8	1.9	6.3	17.4	0.9	0.5	-	-	-	0.5	-	-	-	0.1	-	0.8

ที่มา : Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France," *Archaeometry* 22, 2 (2007) : 184-187.

ตารางที่ 38 Augusta Praetoria, Italy (Mirti, Casoli & Appolonia, 1993)

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Sb ₂ O ₅	ZnO	BaO
ชิ้นส่วน เครื่องแก้ว	67.74	2.72	8.11	17.56	0.83	0.783	0.69	-	-	0.54	0.079	-	-	-	-	-

ที่มา : Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France," *Archaeometry* 22, 2 (2007) : 184-187.

ตารางที่ 39 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุแก้วโรมันที่พบใน Jalame, Palestine (Brill, 1988)

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	p ₂ O ₅	BaO	Cl
Roman glass		2.7		15.8		0.39	0.7		0.004					0.1	0.1	0.6

ที่มา : Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France," *Archaeometry* 22, 2 (2007) : 184-187.

ตารางที่ 40 Roman glass from Central Western France

ตัวอย่าง	องค์ประกอบธาตุ (% โดยน้ำหนัก)															
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	PbO	MnO	CuO	SnO	CoO	Cl	ZnO	BaO
เครื่อง แก้ว	70.02	2.29	7.76	16.59	0.55	0.91	0.09	0.09	-	0.26	-	-	-	1.15	-	-

ที่มา : Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France," *Archaeometry* 22, 2 (2007) : 184-187.

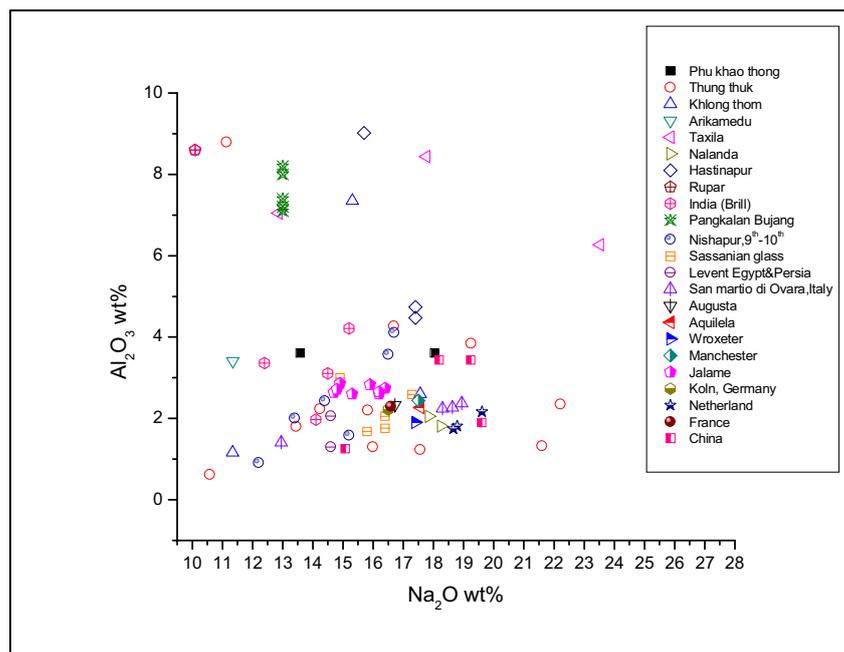
2. แก้วโซดา-ไลม์ (Soda –Lime glass) หรือแก้วโซดา (Soda glass) เป็นกลุ่มแก้วที่มีความใกล้เคียงกัน คือ แก้วที่มีปริมาณของโซเดียมตั้งแต่ 10% ขึ้นไป ซึ่งจากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าแก้วส่วนใหญ่ในแหล่งภูเขาทอง คลองท่อม ทุ่งตึก และเปงกาลัย บ้างมีแก้วที่มีโซดาสูงกว่า 10% ด้วย แต่ที่นางย่อน, แหลมโพธิ และท่าชนะไม่พบแก้วโซดาเลย ดังนั้นจึงคัดเลือกผลวิเคราะห์จากตัวอย่างเครื่องแก้ว/ภาชนะแก้วที่มีปริมาณโซเดียมตั้ง 10% ขึ้นไปนำมาเปรียบเทียบกับอลูมินา สามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 ดังนี้

2.1 อลูมินาต่ำ ตั้งแต่ 0.1-5 % และโซเดียมสูง ตั้งแต่ 10-15% จัดอยู่ในกลุ่มแก้ว Soda-lime ได้แก่ แก้วจากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT002r, PKT006), ในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY006, NY008), แหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT007, KT013), แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก (เกาะคอเขา-แก้วสีน้ำเงินใสและสีเขียวใส), กลุ่มแก้วจากจีนสุสาน ร.จีนตะวันออกและเมือง Nangjing, กลุ่มแก้วจากอินเดีย ได้แก่ อริกาเมฑู, Ter, Rugar, กลุ่มเครื่องแก้วจากตะวันออกกลาง (5303, 5330, 5320) และกลุ่มแก้วจากโรมัน (829, 831, 841)

2.2 อลูมินาต่ำตั้งแต่ 0.1-5% และโซเดียมสูงตั้งแต่ 15-20% ขึ้นไป ได้แก่ กลุ่มเครื่องแก้วจากตะวันออกกลาง (3083, 5302, 5309, 5304) แก้วใสจากเลวองท์, อียิปต์ และเปอร์เซีย (Levent Egypt & Persia), แก้วในสมัยราชวงศ์ซาชานีเยน กลุ่มแก้วจากโรมัน ได้แก่ แก้วจาก Jalame (815, 816, 818, 827, 837), Koln (Germany), Bocholtz ที่สุสานในเนเธอร์แลนด์, แก้วจาก Wroxeter, Mancetta ในอังกฤษ , ฝรั่งเศส, Koln, (Germany), แก้วในอิตาลี ได้แก่ San Martio di Ovara, Augusta Praetoria, Aquileia

2.3 อลูมินาต่ำ ตั้งแต่ 0.1-5% และโซเดียมมากกว่า 20% ขึ้นไป ได้แก่ กลุ่มแก้วจากทุ่งตึก (TT003, TT005) และแก้วสีน้ำตาลจากตักซิลา

2.4 อลูมินาปานกลาง และโซเดียมสูงกว่า 10-15% ขึ้นไป ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY005), ทุ่งตึก (TT002, TT004, TT006, TT008) และกลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (PKT002w) สัมพันธ์กับกลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย, แก้วในอินเดีย (428, 429, 2901), Rugar และ Ter



แผนภูมิที่ 54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและโซดาในเครื่องแก้วในแหล่งต่างๆ

3. แก้วตะกั่ว (Lead glass) เป็นแก้วตะกั่วที่มีปริมาณของตะกั่วประมาณ 15% ขึ้นไป ซึ่งจากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว พบว่ามีตะกั่วปนอยู่ในปริมาณที่สูงมาก และหลากหลาย ดังนั้น จึงจัดกลุ่มโดยหาความสัมพันธ์กับอลูมินาองค์ประกอบตะกั่วออกไซด์ในแก้ว สามารถแบ่งโดยใช้ตะกั่วเป็นตัวหลักได้ 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มแรก ตะกั่วออกไซด์มีปริมาณ 10 - 15%

กลุ่มที่สองออกไซด์มีปริมาณ 15-20 %

กลุ่มที่สามตะกั่วออกไซด์มีปริมาณมากกว่า 20% ขึ้นไป

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สามารถแบ่งได้ 8 กลุ่ม ดังนี้

3.1 อลูมินาต่ำ, ตะกั่วออกไซด์ 10 - 15% ได้แก่ กลุ่มแก้วก้อนแก้วและลูกบิดแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT010, 011, 012, 014), นางย่อน (NY018, 019), ทุ่งตึก (TT008), คลองท่อม (KT010), แหลมโพธิ์ (LP001, 005)

3.2 อลูมินาต่ำ, ตะกั่วออกไซด์มีปริมาณ 15-20% ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY003, 009, 016), ทุ่งตึก (TT009, 014), แหลมโพธิ์ (LP003) และท่าชนะ (TCH001), กลุ่มแก้วที่พบในจีน

3.3 อลูมินาต่ำ, ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 20% ได้แก่ แหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY007, 008, 010), ทุ่งตึก (TT013), คลองท่อม (KT003, 004, 005, 007, 009), แหลมโพธิ (LP002, 004) มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับภาชนะแก้วในตึกศิลา, อินเดีย

3.4 อลูมินาปานกลาง, ตะกั่วออกไซด์มีปริมาณ 15-20% ได้แก่ ก้อนแก้วสีดำในภูเขาทอง (PKT009, 015), นางย่อน (NY005, 011, 012, 013), กลุ่มแก้วที่พบในจีน

3.5 อลูมินาปานกลาง, ตะกั่วออกไซด์มากกว่า 20% ขึ้นไป ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT003 tr., 013), คลองท่อม (KT011, 020) และท่าชนะ (TCH002)

3.6 อลูมินาสูง, ตะกั่วออกไซด์มีปริมาณ 10 - 15% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT002b, PKT003 op.), ลูกปัดแก้วสีน้ำตาลแดงในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY021)

3.7 อลูมินาสูง, ตะกั่วออกไซด์มีปริมาณ 15-20% ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY001, 014), คลองท่อม (KT017, 016, 018)

3.8 อลูมินาสูง, ตะกั่วออกไซด์มีปริมาณ มากกว่า 20% ขึ้นไป ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม (KT012, 016)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับต่างประเทศในภาพรวมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งโบราณในภาคใต้ของไทยและดินแดนต่างๆ

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยการหาความสัมพันธ์มี 4 กลุ่ม ได้แก่

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) กับแคลเซียม (CaO)
2. ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) กับแมกนีเซียม (MgO)
3. ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียม
4. ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแคลเซียม

ในจับกลุ่มเปรียบเทียบที่หลากหลายหลายคู่สัมพันธ์ ก็เพื่อแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบทางเคมีร่วมกันระหว่างภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว (บางส่วน) มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับภาชนะแก้วในแหล่งใด ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วในจีน, อินเดีย, ตะวันออกกลาง และโรมัน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al_2O_3) กับแคลเซียม (CaO) สามารถแบ่งได้ 6 กลุ่ม ได้แก่

1.1 อลูมินาต่ำ (0.1-5%) แคลเซียมต่ำ (0.1-5%) ได้แก่ แก้วที่พบในภูเขาทอง (PKT004, 005, 010, 011, 012, 014) ,นางย่อน (NY003, 007, 008, 009, 010, 012, 015, 019) ,

ทุ่งตึก (TT001, 002-011, 013-015), คลองท่อม (KT003, 005, 006, 009, 013, 014) , แหลมโพธิ (LP002, 003) และท่าชนะ (TCH001) กลุ่มแก้วที่พบใน Pangkalan Bujang กลุ่มแก้วในจีน กลุ่มแก้วในอินเดีย และกลุ่มแก้วโรมันในเนเธอร์แลนด์

1.2 อลูมินาต่ำ แคลเซียมปานกลาง ได้แก่ แก้วที่พบในภูเขาทอง (PKT002r, 002w, 006) ,นางย่อน (NY006, 016, 017) , ทุ่งตึก (TT012) , คลองท่อม (KT002, 004, 007, 008, 010), แหลมโพธิ (LP001, 004, 005) และท่าชนะ (TCH002) กลุ่มแก้วในต่างประเทศที่พบว่ามีองค์ประกอบในกลุ่มนี้ ได้แก่ กลุ่มแก้วในจีน อินเดีย ตะวันออกกลาง (Jalame, Palestine) แก้วใน Levent และอียิปต์ เปอร์เซีย และซีเรีย อิตาลี และอังกฤษ

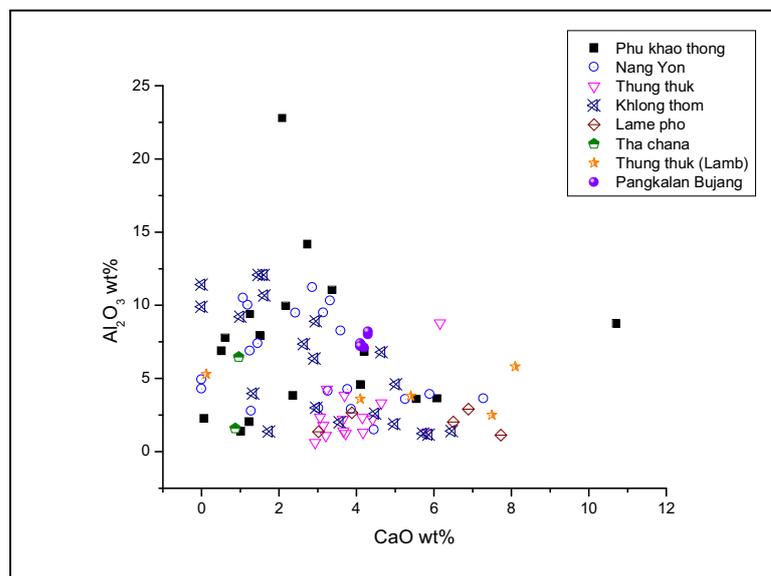
1.3 อลูมินาปานกลาง แคลเซียมต่ำ ได้แก่ แก้วในภูเขาทอง (PKT001g, 007, 008, 009, 015), นางย่อน (NY002, 004, 005, 011, 013, 028) และคลองท่อม (KT001w, 001r, 011, 015, 019, 020)

1.4 อลูมินาปานกลาง แคลเซียมปานกลาง มีเพียงแหล่งเดียว คือ กลุ่มแก้วในทุ่งตึก (TT010)

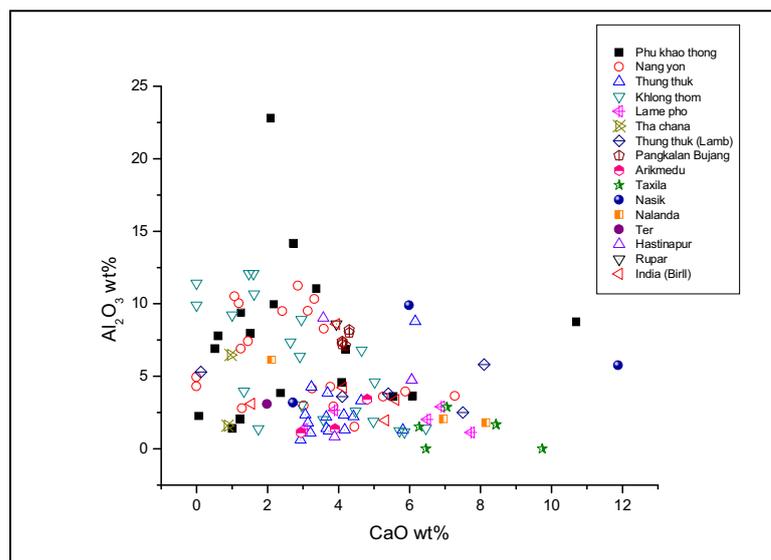
1.5 อลูมินาปานกลาง แคลเซียมสูง ได้แก่ แก้วในภูเขาทอง (PK T003 tr.)

1.6 อลูมินาสูง แคลเซียมต่ำ ได้แก่ กลุ่มแก้วในภูเขาทอง (PKT001y, 002b, 003op.), นางย่อน (NY001, 014, 020, 021), และคลองท่อม (KT012, 016, 017, 018) (ดูแผนภูมิที่ 56 -60)

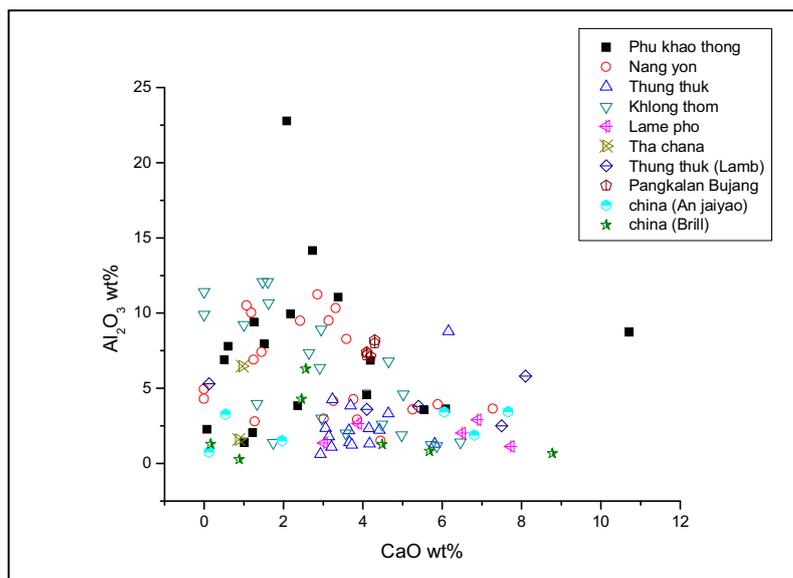
กลุ่มแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลโบราณกับดินแดนต่างๆ



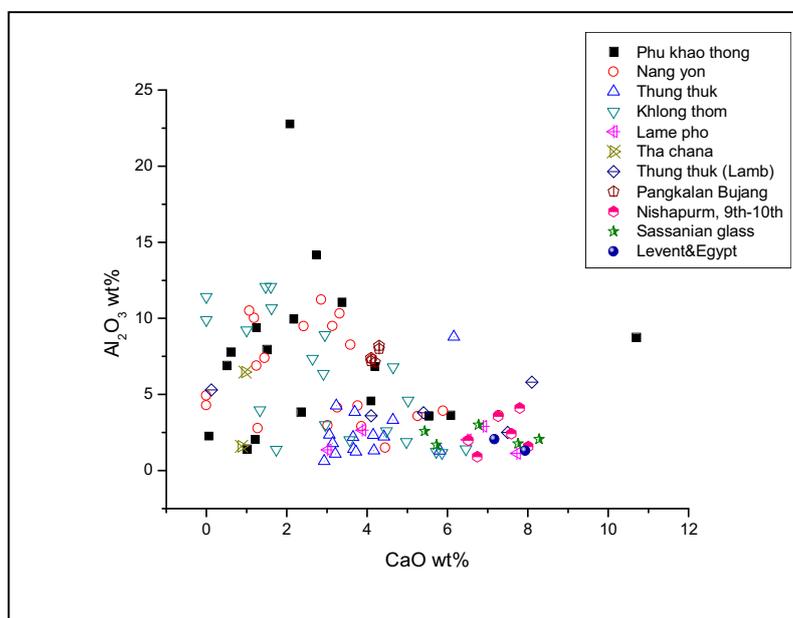
แผนภูมิที่ 55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับแหล่งโบราณคดีเปงกอลัน บูจัง (มาเลเซีย)



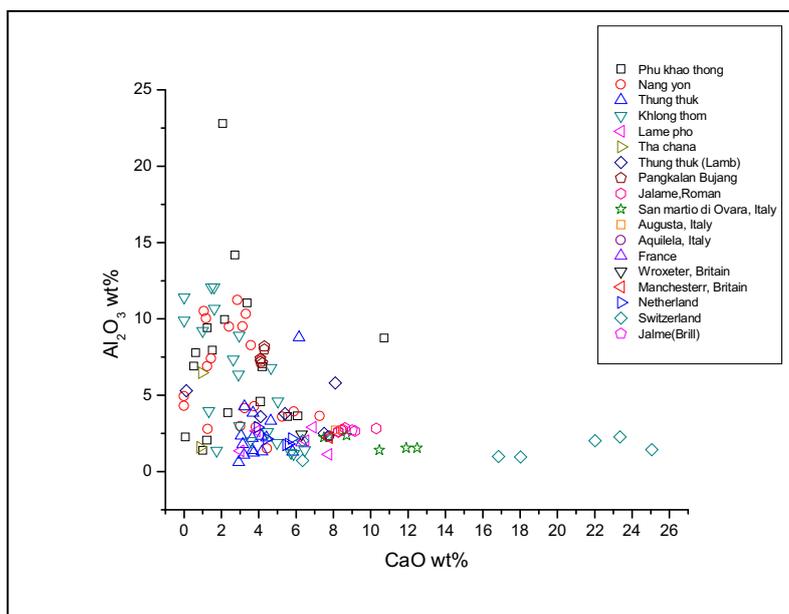
แผนภูมิที่ 56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในอินเดีย



แผนภูมิที่ 57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างเครื่องแก้วของแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน



แผนภูมิที่ 58 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง



แผนภูมิที่ 59 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในโรมัน

จากแผนภูมิและการความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้วโดยใช้ผลวิเคราะห์ห่อลูมินาและแคลเซียม สามารถสรุปในภาพรวมว่ากลุ่มเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แหล่ง สัมพันธ์กับดินแดนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แก้วโรมัน (Roman glass) ที่พบใน Wroxeter และ Manchester (Britain), Jalame (Palestine), Koin (Germany), Central Western (France), และ ในอิตาลี
2. แก้วอิสลาม (Islamic glass) ในตะวันออกกลาง อาทิ เลวองท์ (Levent) อียิปต์ และเปอร์เซีย, เมือง Nishapur และกลุ่มแก้วในยุคซาสซานีเยน (Sassanian dynasty)
3. อินเดีย ได้แก่ Taksila, Ter, Nasik, Nalanda และ Hastinapur และแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดีในจีน คือ Xuzhou, Eastern Jin Tomb (Nanjing) และ Hanjing
4. ตัวอย่างแก้วจากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม, แหลมโพธิ และท่าชนะ มีความสัมพันธ์กับแก้วที่พบจากแหล่งโบราณคดีเป็งกาลัยนบูจิงในมาเลเซีย

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินา (Al₂O₃) และแมกนีเซียม (MgO)

จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้และเครื่องแก้วที่พบในต่างแดนพบว่าแบ่งได้ 6 กลุ่ม ดังนี้ (ดูแผนภูมิที่ 61-65)

1. อลูมินาต่ำ (0.1-5%) และแมกนีเซียมต่ำ (น้อยกว่า 2%) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT002r, 004, 005, 006, 010, 011, 012, 014), นางย่อน (NY007, 009, 010, 012, 015, 016, 017, 019), ทุ่งตึก (TT006-008, 014) และแก้วสีแก้วเหลืองน้ำเงิน และเขียว (วิเคราะห์โดย Lamb), คลองท่อม (KT006, 007-010, 014), แหลมโพธิ์ (LP004-5), ท่าชนะ (TCH001), กลุ่มแก้วในจีน (82, 86, 1596, 3382 และกลุ่มแก้วจากสุสาน), กลุ่มแก้วในอินเดีย (6306, 6308), อริกาเมซุ (ม่วงเข้ม, ม่วงออกฟ้า), ตักซิลา, นาลันทา และหัสตินาปุระ (ภาชนะแก้วสีดำ), กลุ่มแก้วจากตะวันออกกลาง (แก้วในสมัยราชวงศ์ซาชานีเยน), กลุ่มแก้วโรมันจาก Jalame, ในอิตาลี (San Martio di Ovara, Augusta, Aquilela), ฝรั่งเศส, อังกฤษ, เยอรมันนี, เนเธอร์แลนด์ และ สวิตเซอร์แลนด์

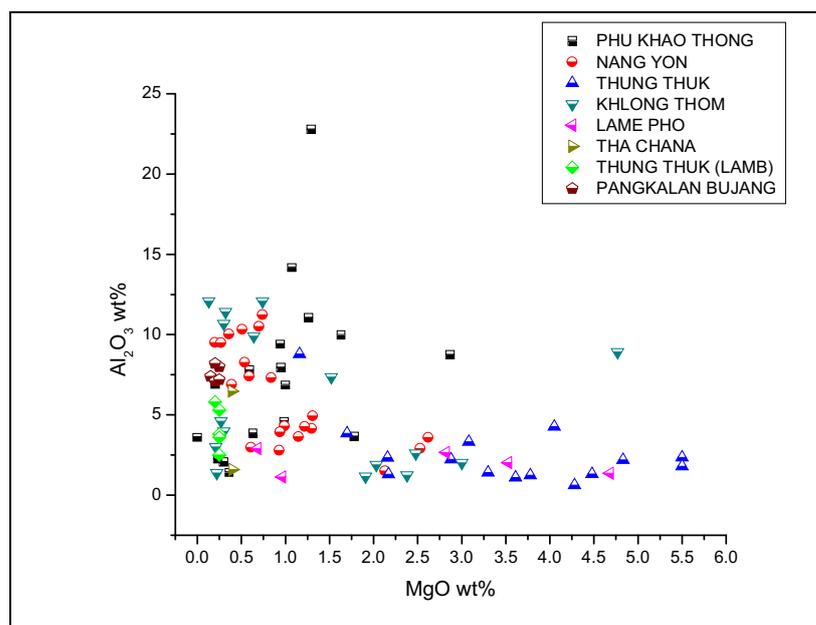
2. อลูมินาต่ำ (0.1-5%) และแมกนีเซียมสูง (มากกว่า 2%) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY003, 006, 008, 011, 016-019), ทุ่งตึก (TT001-005, 009, 011-013, 015), คลองท่อม (KT002, 003, 004, 005, 013,) , แหลมโพธิ์ (LP001-003), ท่าชนะ (TCH002), กลุ่มแก้วในอินเดีย (431, 2901), อริกาเมซุ (แดง), ตักซิลา (น้ำตาล, ฟ้าอมเขียว, นาสิก (ขาวขุ่น), Ter, หัสตินาปุระ, กลุ่มแก้วในตะวันออกกลาง ใน Levent, Egypt, Persia และ Syria และกลุ่มแก้วโรมันในอิตาลี (Santa martio di Ovara)

3. อลูมินาปานกลาง (5-10%) และแมกนีเซียมต่ำ (น้อยกว่า 2%) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT007, 008 009, 013, 015), นางย่อน (NY002, 004, 005, 011, 013, 018), ทุ่งตึก (TT010) และแก้วสีน้ำเงิน, ใส, คลองท่อม (KT001w, 011, 015, 019-20) กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดี Pangkalan Bujang , กลุ่มแก้วในอินเดีย (428, 429, 2901), Rugar นาสิก, Ter, หัสตินาปุระ

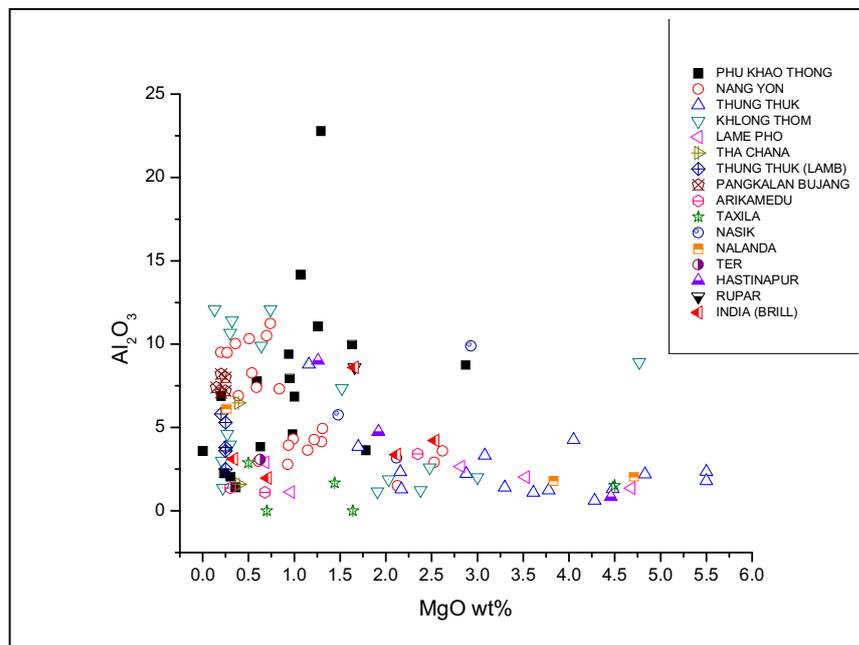
4. อลูมินาปานกลาง (5-10%) และแมกนีเซียมสูง (มากกว่า 2%) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT003 tr.), คลองท่อม (KT001r), แก้วจากจีน (3345), แก้วจากนาสิก (work glass)

5. อลูมินาสูง (10%) และแมกนีเซียมต่ำ (น้อยกว่า 2%) ได้แก่ ภูเขาทอง (PKT003 op.) นางย่อน (NY001, 014, 020, 021) และคลองท่อม (KT012, 017-018)

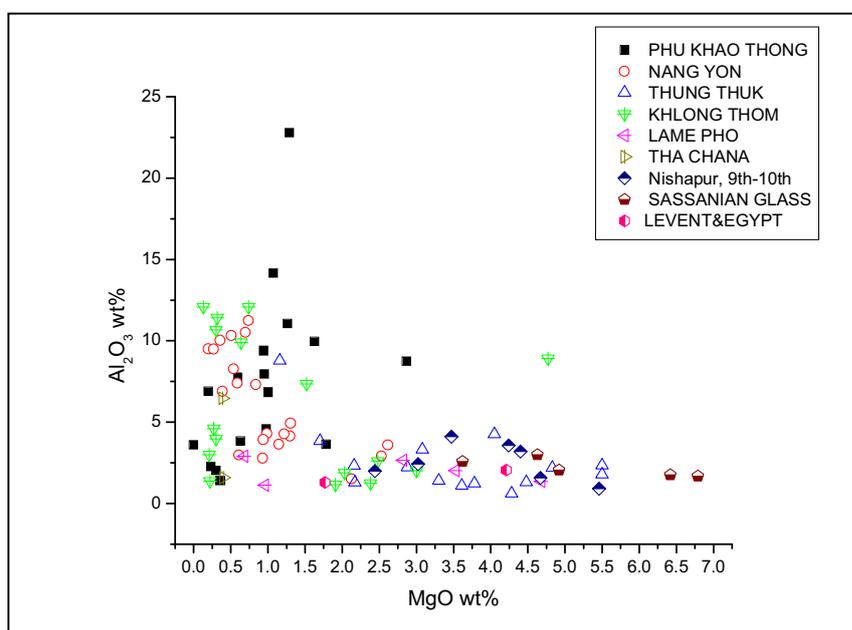
กลุ่มแผนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินากับแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลโบราณกับดินแดนต่างๆ



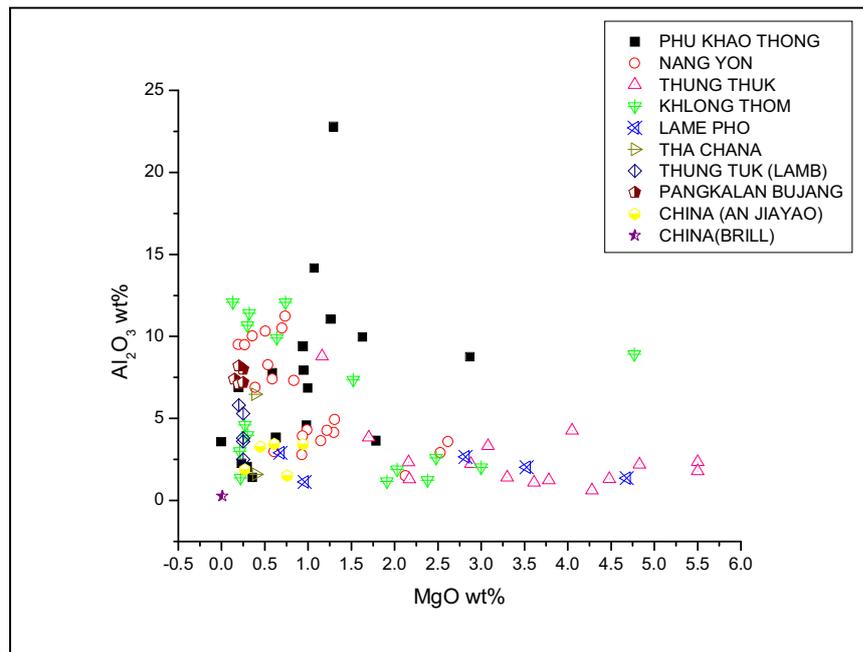
แผนภูมิที่ 60 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแมกนีเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูกัง (มาเลเซีย)



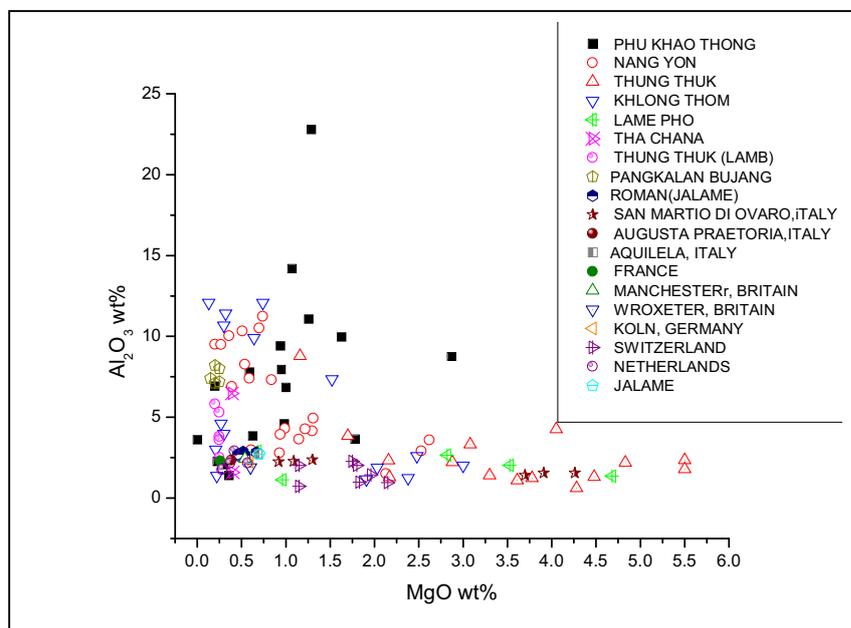
แผนภูมิที่ 61 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในอินเดีย



แผนภูมิที่ 62 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง



แผนภูมิที่ 63 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน



แผนภูมิที่ 64 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินาและแคลเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง

จากแผนภูมิที่ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแคลเซียมของชิ้นส่วน ภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วบางส่วนของแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แห่งกับแหล่งโบราณคดี ต่างประเทศที่พบเครื่องแก้ว สามารถสรุปภาพรวมได้ว่ากลุ่มภาชนะแก้วที่พบมีความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูจิงในมาเลเซีย มีสีน้ำตาลเข้ม, น้ำเงิน, เขียว, ใส, เหลืองใส
2. กลุ่มภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีในอินเดีย อาทิ อริกาเมฑู, ตักษิลา, หัสตินาปุระ, นาลิก, Ter
3. กลุ่มแก้วจากตะวันออกกลาง บริเวณแถบ Levent, Egypt, Syria, Nishapur และกลุ่มแก้วในยุคชานาเนียน
4. กลุ่มแก้วจากโรมัน ได้แก่ อิตาลี, ฝรั่งเศส, อังกฤษ, เยอรมัน, สวิตเซอร์แลนด์ และเนเธอร์แลนด์

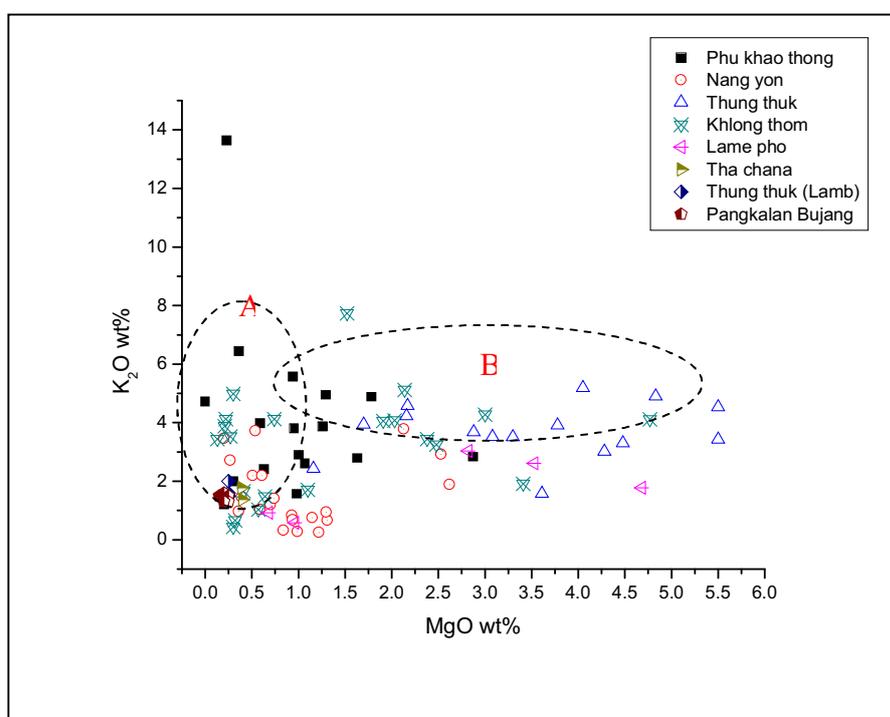
2. ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K₂O) กับแมกนีเซียม (MgO) ระหว่างแหล่งโบราณคดี

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างภาชนะแก้ว (เศษแก้ว และลูกบิดบางส่วน) ในแหล่งโบราณคดีบริเวณคาบสมุทรมไทยมาเลย์กับดินแดนต่างชาติที่มีร่องรอยการพบภาชนะแก้วโบราณ โดยจับกลุ่มระหว่างโปแตส (K₂O) กับแมกนีเซียม (MgO) สามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ

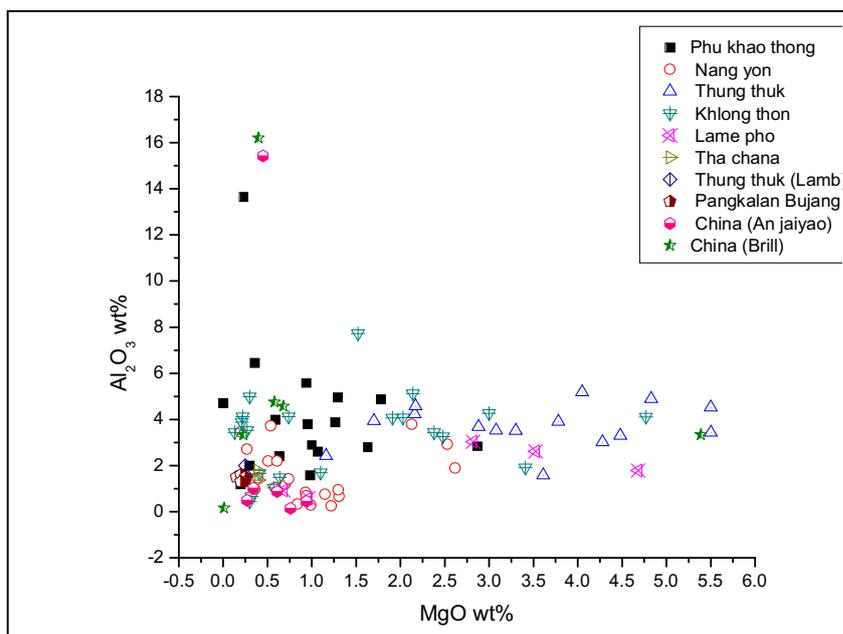
1. โปแตสน้อยกว่า 2 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1% (LMG: low-magnesia, low potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMG (low-magnesia, soda-lime-silica glass) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT005, 006, 014-015), นางย่อน (NY002, 007, 013, 014, 015, 018, 020-21), พุงตึก (Lamb, IL-IVL), คลองท่อม (KT011, 012, 015, 017, 020) และแหลมโพธิ์ (LP004,005) สัมพันธ์กับแก้วในแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บูจิง (มาเลเซีย) แหล่งโบราณคดีในจีน, กลุ่มแก้วในอินเดีย, กลุ่มแก้วโรมันที่ Jalame (Palestine), Konl (Germany), อิตาลี, เนเธอร์แลนด์, อังกฤษ
2. โปแตสมากกว่า 2 % และแมกนีเซียมน้อยกว่า 1 % (LMHK: low-magnesia, high potash) ซึ่งจัดอยู่ในแก้วชนิด LMHK (low-magnesia, high-potash, soda-lime-silica glass) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT004, 006, 008, 009, 010, 013), นางย่อน (NY001, 004, 005, 008, 009, 011), พุงตึก (Lamb) และคลองท่อม (KT006, 009, 014, 016, 018) แหลมโพธิ์ (LP001-003) สัมพันธ์กับแหล่งโบราณคดีในอริกาเมฑู ตักษิลา (แดง, ฟ้ำใส)

3. แมกนีเซียมมากกว่า 1% HMG: high-magnesia (มากกว่า 1 %) ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT001, 002, 003) แหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY003, 008, 010, 012, 016, 019), ทุงตึก (TT001-015) และคลองท่อม (KT001, 002, 003, 004, 005, 007, 010, 013, 019) สัมพันธ์กับกลุ่มแก้วในอินเดีย ได้แก่ อริกาเมฑู (แดง, ตักศิลา(ขาวขุ่น, เขียวอมฟ้า, ฟ้าใส, น้ำตาลแดง), Rugar, Nasik (work glass, ขาวขุ่น, ขวดแก้วสีเขียว), Ter และหัสตินาปุระ (ภาชนะแก้วสีดำ, ฟ้า), กลุ่มแก้วในตะวันออกกลาง เช่น เลวองท์, อียิปต์, เปอร์เซีย และแก้วในยุคซาซาเนียน นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับแก้วโรมันในสวีตเซอร์แลนด์ และกลุ่มแก้วสีเขียวโรมันในอิตาลี

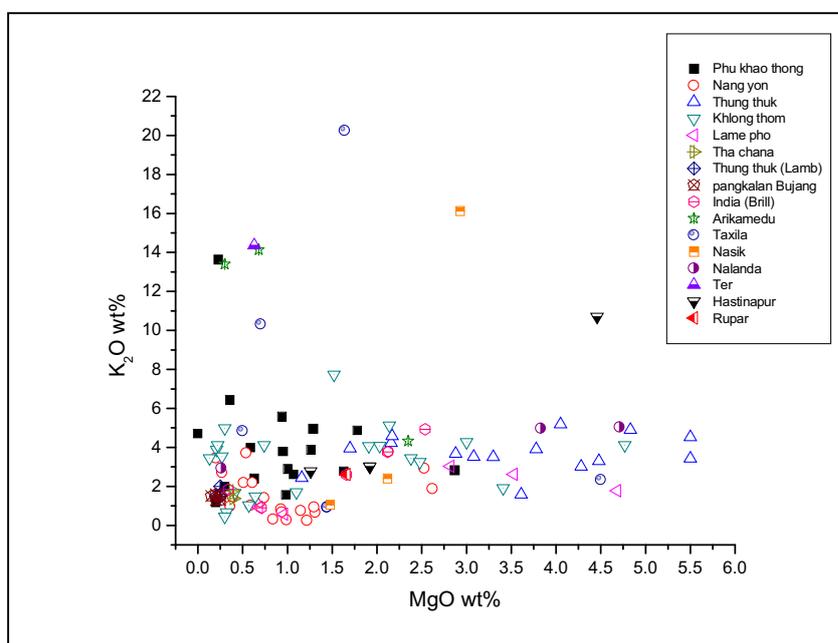
จากแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วในแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แห่งกับแหล่งในต่างประเทศ (ดูแผนภูมิที่ 66-70) ภาชนะแก้วจากแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย ๖ พบว่ามีการเกาะกลุ่มของแก้ว 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ได้แก่ แก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, คลองท่อม, แหลมโพธิ (บางส่วน) มีความสัมพันธ์กับแก้วในแหล่งนี้ ส่วนกลุ่ม B ได้แก่ กลุ่มแก้วในนางย่อน, ทุงตึก, คลองท่อม (บางส่วน) และแหลมโพธิมีความสัมพันธ์กัน



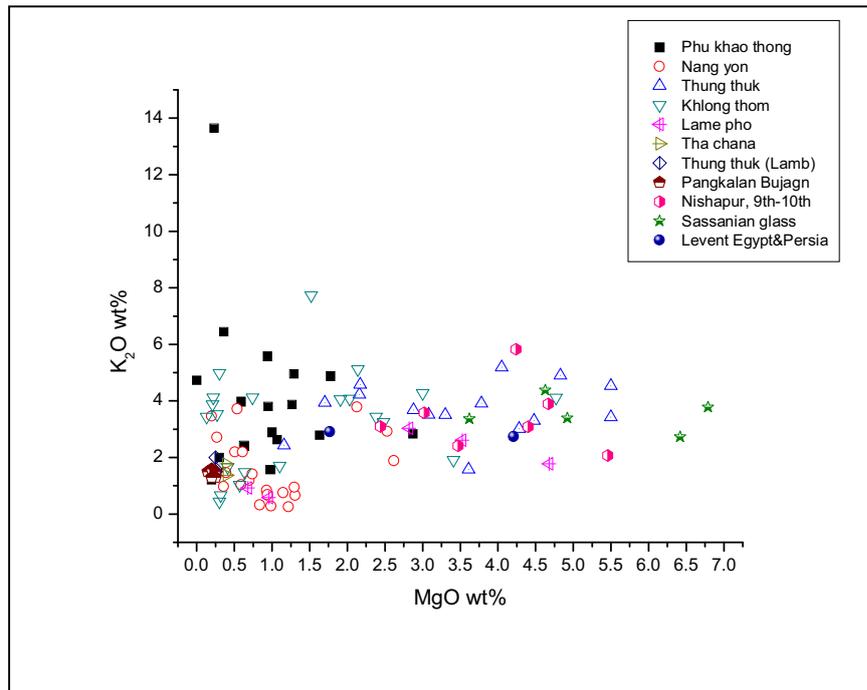
แผนภูมิที่ 65 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย



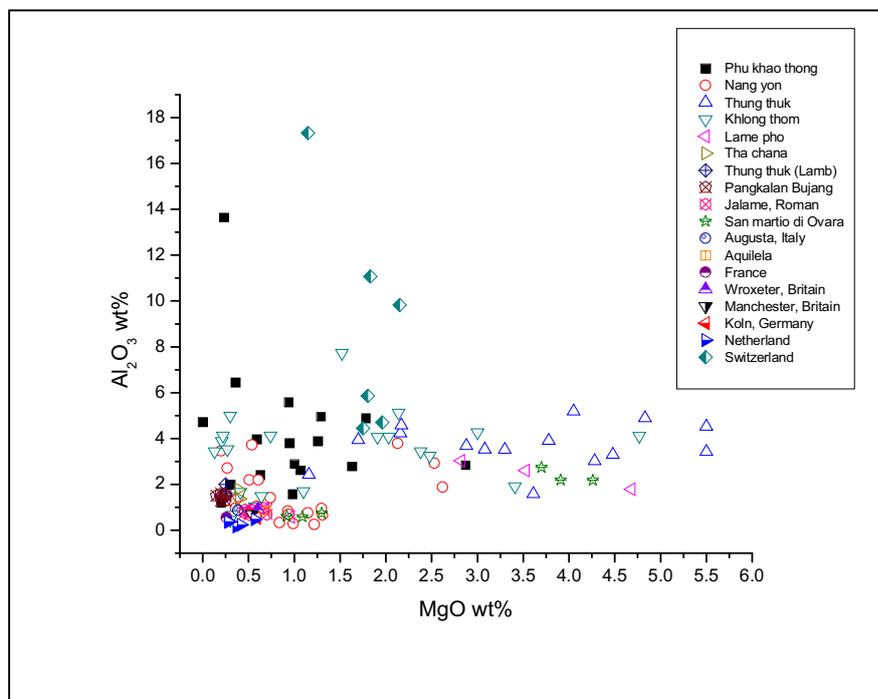
แผนภูมิที่ 66 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างแหล่งโบราณคดี
เมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน



แผนภูมิที่ 67 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างเมือง
ท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในอินเดีย



แผนภูมิที่ 68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสเซียมกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกกลาง



แผนภูมิที่ 69 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเบเตลลูมกับแมกนีเซียมของแก้วระหว่างเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในโรมัน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างโปแตส (K₂O) และแคลเซียม (CaO)

เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสและแคลเซียมระหว่างภาชนะแก้ว (มีเศษแก้ว และลูกบิดแก้วบางส่วน) ในแหล่งโบราณคดีชายฝั่งทะเลบริเวณคาบสมุทรไทย-มาเลย์ กับแหล่งในต่างประเทศที่มีการพบเครื่องแก้ว ซึ่งมีหลักการโดยใช้โปแตสเป็นหลัก มี 2 กลุ่ม ได้แก่

1. โปแตสน้อยกว่า 2% (K₂O < 2%)

2. โปแตสมากกว่า 2% (K₂O > 2%)

เมื่อแบ่งกลุ่มได้แก้ว จึงหาความสัมพันธ์กับแคลเซียม (CaO) โดยแบ่งเป็นแคลเซียมต่ำ (0.1-5%), กลาง (5-10%) และสูง (10% ขึ้นไป) ผลที่ได้สามารถจัดกลุ่มได้ กลุ่ม ดังนี้

1. แคลเซียมต่ำ และโปแตสมากกว่า 2% ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้ว และเศษแก้ว ลูกบิดแก้ว ในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT001g-y, 002b-w, 003 op., 004, 008-015), นางย่อน (NY001-005, 007-015, 018-019), ทุ่งตึก (TT001-009, 011-015) และแก้วใสและเขียวจากผลวิเคราะห์ของแลมบี, คลองท่อม (KT001, 003, 005, 006, 011-014, 016, 018), แหลมโพธิ (LP001, 003) และท่าชนะ (TCH001, 002) สัมพันธ์กลุ่มภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีเป็งกอลันบูจิง (มาเลเซีย), กลุ่มแก้วในจีน, กลุ่มแก้วอินเดีย ได้แก่ อริกาเมซุ, Rupar, ตักชิลลา (กระเบื้องสีฟ้าอมเขียว), นาลันดา, นาลิก (แก้วขาวขุ่น), หัสตินาปุระ (ภาชนะแก้วสีดำและสีฟ้า) และ Ter, กลุ่มแก้วโรมันในสวิตซ์เซอร์แลนด์ และแก้วใสในเนเธอร์แลนด์

2. แคลเซียมต่ำ และโปแตสน้อยกว่า 2% ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT005, 007), คลองท่อม (KT010, 015, 017), แหลมโพธิ (LP002) สัมพันธ์กับกลุ่มภาชนะแก้วในอินเดีย (ตักชิลลา, เขียวสีฟ้า), กลุ่มแก้วโรมันในสวิตซ์เซอร์แลนด์, อังกฤษ (Wroxeter, Manchester)

3. แคลเซียมปานกลาง และโปแตสมากกว่า 2% ได้แก่ กลุ่มแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, ทุ่งตึก และคลองท่อม สัมพันธ์กับภาชนะแก้วในจีน, ถ้วยแก้วจากกวางสี, กลุ่มแก้วจากอินเดีย อาทิ ตักชิลลา, นาลันทา (work glass) และ Ter (แก้วสีน้ำเงินและสีฟ้า), หัสตินาปุระ (ภาชนะแก้วสีดำ) และกลุ่มแก้วโรมันตะวันออกกลางจาก Nishapur, Levent, อียิปต์, เปอร์เซีย และกลุ่มภาชนะแก้วในสมัยราชวงศ์ซาชานเนียน

4. แคลเซียมปานกลาง และโปแตสน้อยกว่า 2% ได้แก่ กลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY016, 017), ทุ่งตึก, คลองท่อม (KT010) และแลมโพธิ (LP004-005) สัมพันธ์กับ

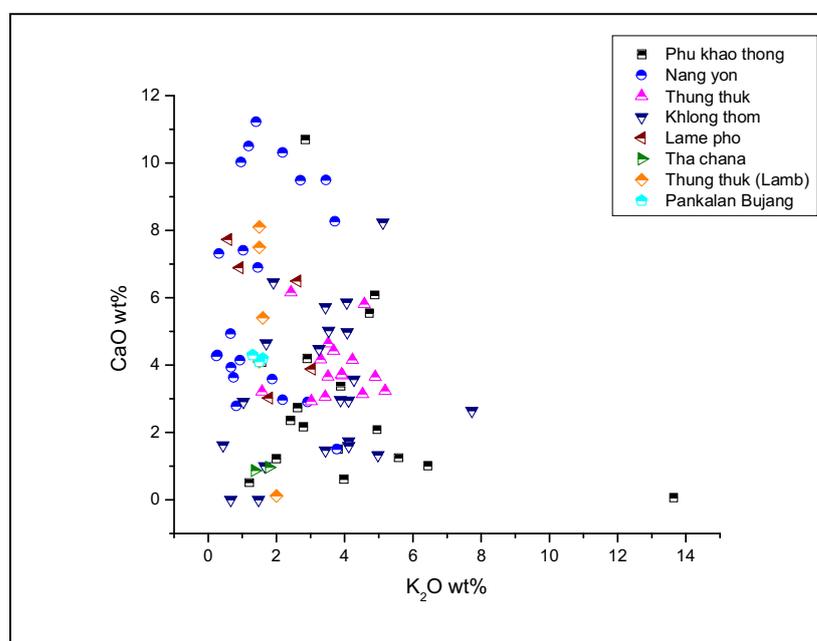
ภาชนะแก้วที่พบในจีน (แก้วโมเสก, และถ้วยแก้วจากนานจิง, กลุ่มแก้วโรมันใน Jalame, Koin (เยอรมันนี), อิตาลี (San Martio di Ovara), Aquilela, Augusta Praetoria และฝรั่งเศส

5. แคลเซียมสูงกว่า 10% และโปแตสเซียมมากกว่า 2% ได้แก่ ภาชนะแก้วจากภูเขาทอง (PKT003) สัมพันธ์กับกลุ่มภาชนะแก้วที่อิตาลี (San Martio di Ovara)

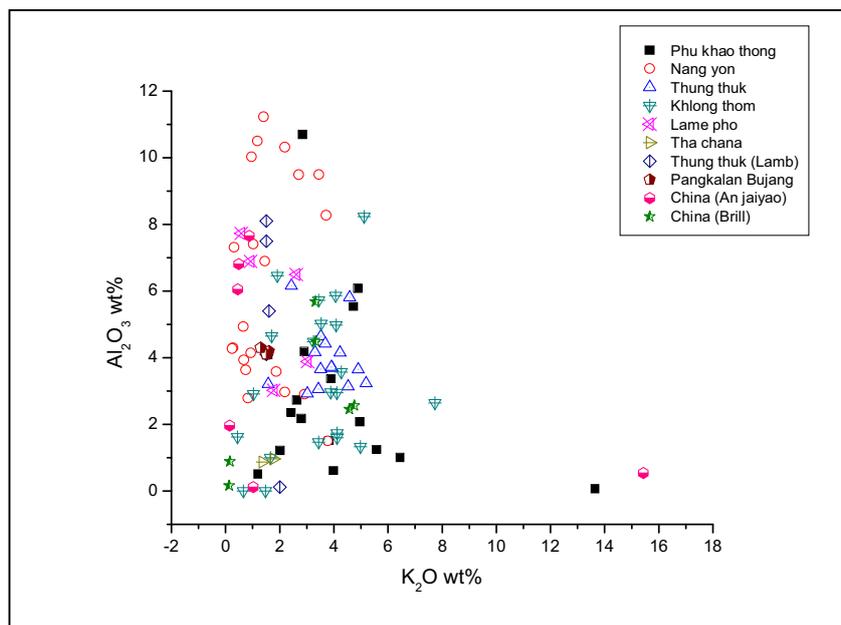
6. แคลเซียมสูงกว่า 10% และโปแตสเซียมต่ำกว่า 2% ได้แก่ กลุ่มลูกบิดแก้วในแหล่งโบราณคดีนางยอน (NY014, 020-021) สัมพันธ์กับขวดแก้วสีเขียวที่นาสิก, อินเดีย และแก้วโรมันที่ Jalame

จากผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างโปแตสเซียมและแคลเซียมของภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วพบว่าแก้วทั้ง 6 แหล่ง มีความสัมพันธ์กับดินแดนต่างๆ ดังต่อไปนี้

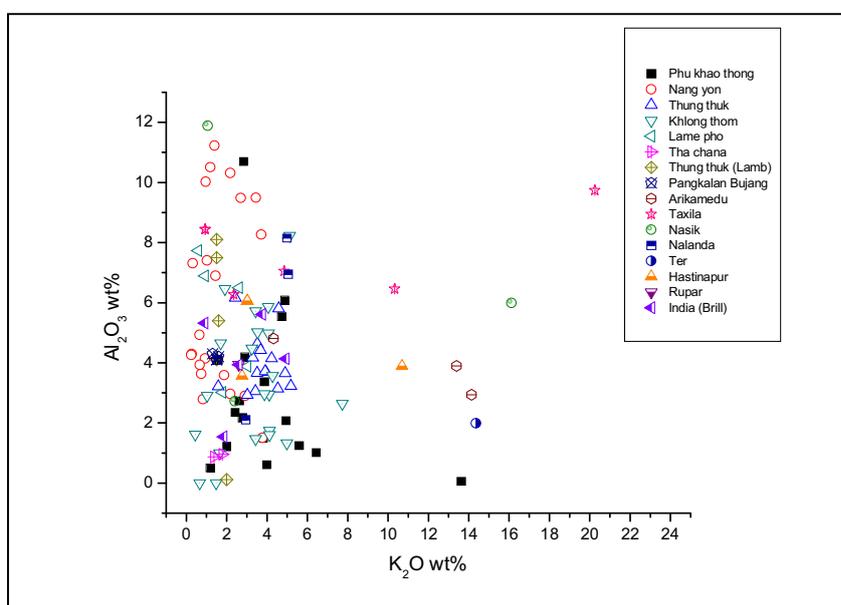
1. กลุ่มภาชนะแก้วจากจีน
2. กลุ่มภาชนะแก้วจากอินเดีย
3. กลุ่มภาชนะแก้วจากตะวันออกกลาง
4. กลุ่มภาชนะแก้วจากโรมัน ได้แก่ อิตาลี, อังกฤษ, เยอรมัน, ฝรั่งเศส, สวิตเซอร์แลนด์ และเนเธอร์แลนด์ (ดูแผนภูมิที่ 71-75)



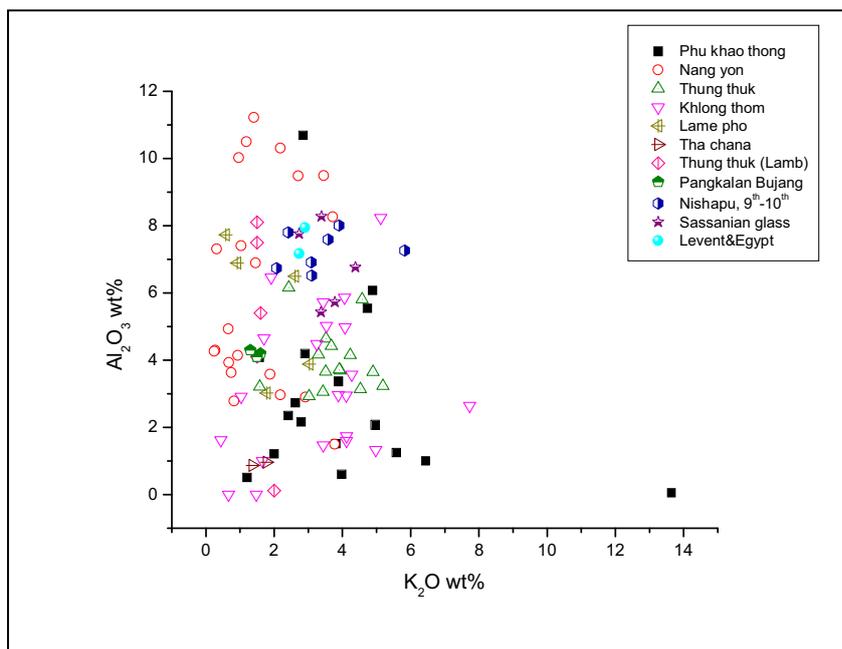
แผนภูมิที่ 70 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีเป็งกาลัยบูจัง



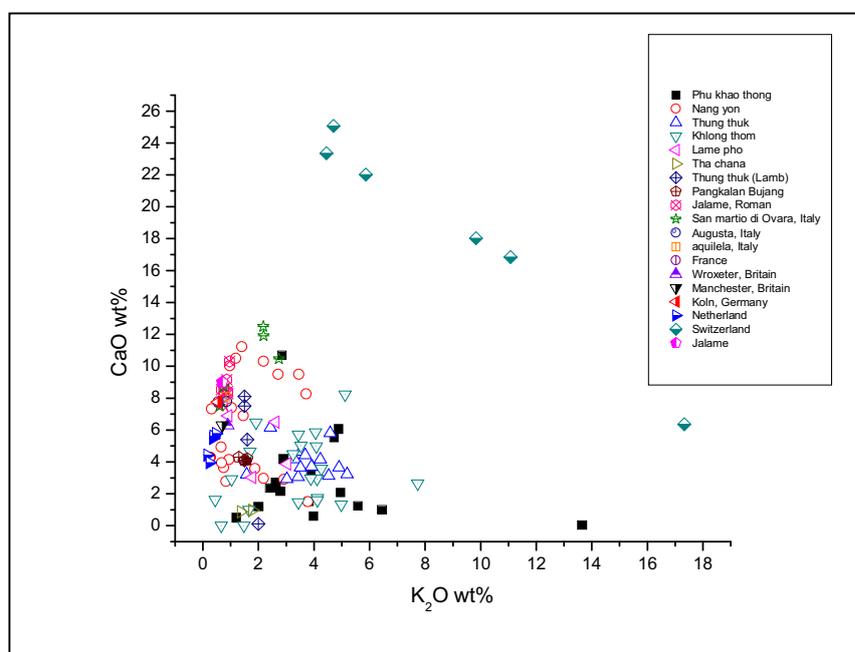
แผนภูมิที่ 71 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสเซระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในจีน



แผนภูมิที่ 72 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสเซระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในอินเดีย



แผนภูมิที่ 73 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในตะวันออกเฉียง



แผนภูมิที่ 74 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโปแตสเซียมระหว่างแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลกับเครื่องแก้วในโรมัน

กลุ่มแก้วที่มีอลูมินา (Alumina glass)

ในการศึกษานี้ได้จัดกลุ่มอลูมินาเป็นหลัก 2 กลุ่ม คือ

1. อลูมินาปานกลาง 5-10% พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT001g, 002w, 003 tr., 007, 008, 009, 013), นางย่อน (NY002, 004, 005, 011,013, 018), ท่งตึก (TT010), คลอง

ท่อม (KT001w-r, 011, 015, 019) และท่าชนะ (TCH002) กลุ่มแก้วที่พบในเปงกาลัย บูจิ่ง, จีน (3345), กลุ่มแก้วในอินเดีย (429, 2901), Ter, Nasik, Rupar

2. อลูมินาสูง 10% ขึ้นไป พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง (PKT001y, 002b), แหล่งโบราณคดีนางย่อน (NY001, 014, 020, 021), คลองท่อม (KT012, 016, 017, 018)

ในกลุ่มของภาชนะแก้วจากตะวันออกเฉียงและโรมัน พบว่ามีอลูมินาต่ำประมาณ 0.1-5%

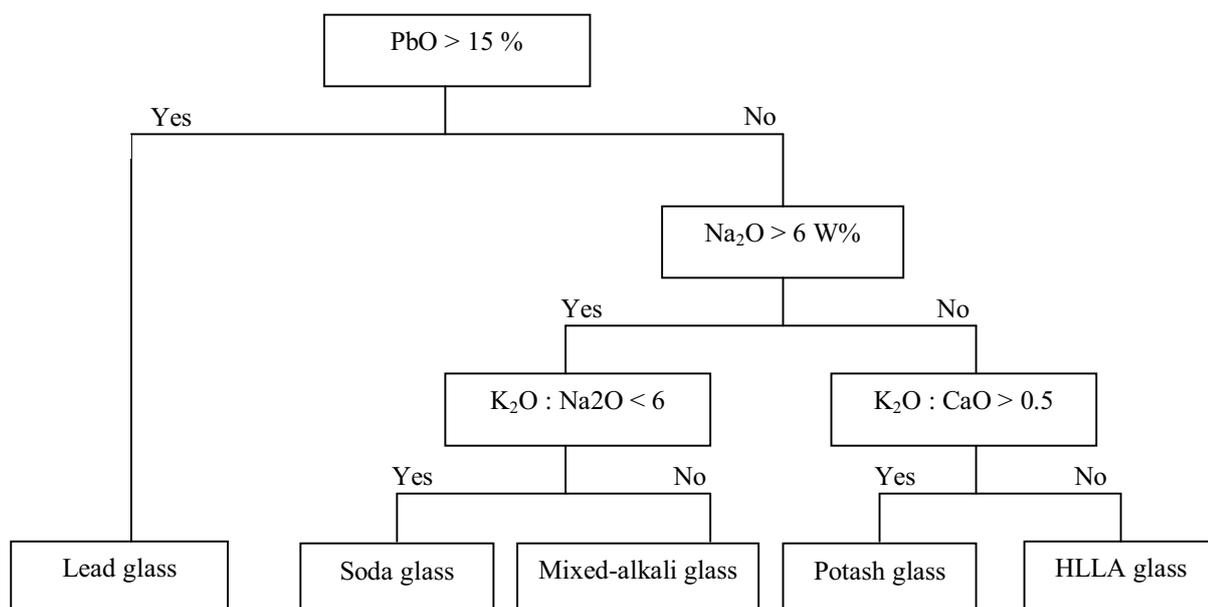
การวิเคราะห์ประเภทภาชนะแก้วโดยใช้สูตรคำนวณ

นอกจากการวิเคราะห์ชนิดของแก้วโดยวิเคราะห์จากปริมาณขององค์ประกอบต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองการวิเคราะห์โดยใช้สูตรคำนวณ เพื่อแบ่งประเภทของซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

1. แก้วตะกั่ว (lead glass) คือ แก้วที่มีองค์ประกอบของตะกั่วออกไซด์มากกว่า 15%

2. แก้วโซดา (soda glass) คือ แก้วที่มีโซเดียมมากกว่า 6% จากนั้นนำไปหารกันระหว่าง โบแตสกับโซดา หากได้ผลน้อยกว่า 6 จะเป็นแก้วโซดา และถ้าได้ผลหารมากกว่า 6 จะเป็นกลุ่มแก้วมิคซ์ อัลคาไล (Mixed-alkali glass) (เป็นแก้วที่มีปริมาณของโซดาและโบแตสใกล้เคียงกัน)

3. แก้วโบแตส (potash glass) เกิดจากการนำโบแตสหารกับแคลเซียม หากได้ค่ามากกว่า 0.5 % เป็นแก้วโบแตส และน้อยกว่า 0.5% เป็นแก้ว HLLA (High lime, low-alkaline) เป็นกลุ่มแก้วที่หินปูนที่สูง



แผนภูมิที่ 75 แสดงสูตรการคำนวณประเภทของแก้ว

ที่มา : Olivier Schalm et al., "Composition of 12-18th century window glass in Belgium: Non-fugurative windows in secular buildings and stained-glass windows in religious buildings," Spectrochimica Acta Part B 62 (2007) : 663-668.

จากการคำนวณโดยใช้สูตรการแบ่งแยกโดยยึดตะกั่วที่มีปริมาณมากกว่า 15 % ขึ้นไป สามารถแบ่งกลุ่มประเภทของภาชนะได้ถึง 5 ประเภท ซึ่งในแหล่งโบราณคดีต่างๆ มีประเภทแก้วดังต่อไปนี้ (ดูแผนภูมิที่ 76)

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง จากตัวอย่างแก้วทั้งหมด ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 7 ตัวอย่าง เศษแก้ว 5 ตัวอย่าง และลูกบิดแก้ว 3 ตัวอย่าง สามารถแบ่งกลุ่มได้ 4 ประเภท ได้แก่

1.1 แก้วตะกั่ว (lead glass) เป็นแก้วกลุ่มใหญ่เนื่องจากตะกั่วปริมาณ 15% ขึ้นไป ได้แก่ เป็นกลุ่มเศษแก้วสีดำ, น้ำเงิน, น้ำตาล และกลุ่มลูกบิดแก้วทั้ง 3 ตัวอย่าง (PKT00-015)

1.2 แก้วโซดา (Soda glass) มี 1 ตัวอย่าง คือ ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006) และชิ้นส่วนลำตัวสีแดงในแก้วโมเสก (PKT002r)

1.3 แก้วโปแตส (Potash glass) ได้แก่ กลุ่มแก้วโมเสก (PKT001, 002), ชิ้นส่วนกันสีน้ำเงิน, ลำตัวสีเขียว (PKT007) และก้อนแก้วสีเขียว (PKT008)

1.4 แก้ว High-lime, Low-alkali glass ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (PKT005)

2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน มีตัวอย่างทั้งหมด 21 ตัวอย่าง สามารถแบ่งกลุ่มได้ 4 ประเภท ได้แก่

1.1 แก้วตะกั่ว (lead glass) เป็นแก้วส่วนใหญ่ของตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ดังต่อไปนี้ ไหลสีน้ำเงิน, กันสีเขียว, ขอบปากสีฟ้า, ลำตัวสีน้ำเงิน, ลำตัวสีเหลืองใส, ขอบปากสีเขียว, ขอบปากสีเขียว, ลำตัวสีฟ้า, ลำตัวสีม่วง, ลำตัวสีฟ้า, ลำตัวสีเขียว, ลำตัวสีฟ้า, ขอบปากสีดำ (NY001, NY003, NY005, NY007, NY008, NY009, NY010, NY011, NY012, NY013, NY014, NY015, NY016 - รหัสตามลำดับของสี)

1.2 แก้วโซดา (soda glass) มี 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY006) และลูกบิดแก้วสีดำ (NY020)

1.3 แก้วโปแตส (potash glass) มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง, ลำตัวสีฟ้า และลูกบิดแก้วสีน้ำตาล (NY002, NY004, NY21)

1.4 แก้ว High-lime, Low-alkali glass มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีขาว และกลุ่มเศษแก้วสีน้ำเงิน และสีดำ (NY017-019)

3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก จากตัวอย่างภาชนะแก้วจำนวน 14 ตัวอย่าง และเศษแก้ว 1 ตัวอย่าง แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

3.1 แก้วตะกั่ว (lead glass) มีเพียง 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ลำตัวภาชนะแก้วใส (TT09), ลำตัวภาชนะแก้วใส (TT013), และ ขอบปากภาชนะแก้วสีเหลืองใส (TT014)

3.2 แก้วโซดา (soda glass) เป็นแก้วกลุ่มใหญ่จากตัวอย่างทั้งหมด จากกลุ่มแก้วสีเขียว, สีฟ้า, ใส (ออกน้ำตาล), สีน้ำเงิน (TT001-008, 011-012, 015) และแก้วที่วิเคราะห์โดยแลมบ์ทั้ง 5 ตัวอย่าง (กลุ่มแก้วสีน้ำตาลออกเหลืองใส, น้ำเงิน, เขียว และใส)

4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม มีตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 ตัวอย่าง แบ่งแก้วได้ 4 ประเภท คือ

4.1 แก้วตะกั่ว (Lead glass) เป็นแก้วกลุ่มใหญ่จากตัวอย่างทั้งหมด ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วแก้วใส, เหลืองอ่อน, ฟ้ำ (KT003, 004, 005, 008, 009) และกลุ่มเศษแก้วสีดำ, สีฟ้า, สีเหลือง (KT011, 012, 013, 014) รวมทั้งลูกบิดแก้วสีฟ้า และน้ำตาลแดง (KT016, 017, 018, 020)

4.2 แก้วโซดา (Soda glass) พบ 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนแก้วใสขอบปากขวดแดง (KT001w), ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (KT009), และเศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015)

4.3 แก้วโปแตส (Potash glass) ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วสีแดงจากขอบปากขวดแดง (KT001r), ลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง (KT006) และ ลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า (KT007)

4.4 แก้ว High-lime, Low-alkali glass เป็นกลุ่มแก้วที่มีแคลเซียมสูง และต่างตำพบในลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT019)

5. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ พบแก้วจำนวน 3 กลุ่มจาก 5 ตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

5.1 แก้วตะกั่ว (lead glass) พบในชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว และชิ้นส่วนภาชนะแก้วกำลังหลอม (LP002, 003, 004)

5.2 แก้วโซดา (Soda glass) พบในลำตัวภาชนะแก้วสีน้ำเงิน (LP001)

5.3 แก้ว High-lime, Low-alkali glass พบในชิ้นส่วนก้นภาชนะแก้วสีฟ้า (LP005)

6. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ มีแก้ว 1 ประเภท คือ แก้วตะกั่ว พบในภาชนะแก้วลำตัวสีน้ำเงินและดำ (TCH001, 002)

เมื่อตรวจสอบกลุ่มแก้วโดยใช้หลักการคำนวณแล้วพบว่า มีกลุ่มแก้วที่หลากหลายกว่าการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีบางตัวอย่างภาชนะแก้วที่มีองค์ประกอบสอดคล้องกันในการหาความสัมพันธ์ของชนิดแก้ว ในการคำนวณชนิดของแก้วด้วยสูตรนับได้ว่าเป็นการตรวจสอบในการจำแนกชนิดของแก้ว ซึ่งผลส่วนใหญ่สอดคล้องกัน ดังนั้น ในส่วนของบทสรุปจึงใช้ผลการวิเคราะห์ทั้งแบบการหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมี และการคำนวณแก้วด้วยสูตร เพื่อจะได้เห็นความสัมพันธ์ของภาชนะแก้วในแต่ละแหล่ง และเศษแก้ว ลูกบิดแก้ว ได้อย่างชัดเจนมากขึ้น

สรุป

เครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลของไทยพบว่ามีลักษณะทางกายภาพ 2 กลุ่ม คือ ส่วนมากเป็นแก้วโปร่งใส-แสง อาจจะมีแก้วทึบแสงบ้างแต่เป็นส่วนน้อย และเครื่องแก้วหรือภาชนะแก้วมีการขึ้นรูปด้วยการเป่า ซึ่งเป็นพัฒนาการการผลิตเครื่องแก้วในโรมัน และตะวันออกกลางตั้งแต่ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 1 เป็นต้นมา นอกจากนี้การตกแต่งยังเป็นตัวกำหนดอายุที่สำคัญ โดยเครื่องแก้วกลุ่มโมเสกซึ่งมีอายุราวคริสต์ศตวรรษที่ 1 เป็นต้นมา และกลุ่มแก้วที่มีการตกแต่งแบบเขียนสี, ขูดขีด เป็นแก้วในตะวันออกกลางบริเวณอียิปต์ ซีเรีย เป็นต้น กำหนดอายุราวคริสต์ศตวรรษที่ 9 เป็นต้นมา ในส่วนของสีแก้วพบว่าส่วนใหญ่เป็นแก้วกลุ่มสีเขียว ส่วนมากเป็นแก้วที่เกิดจากองค์ประกอบเหล็กออกไซด์ในตัวแก้ว และเฉดสีมีหลากหลาย เนื่องจากระบวนการการผลิตยังไม่มีมาตรฐานขององค์ประกอบธาตุอื่นๆ หรืออุณหภูมิก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้แก้วมีสีที่แตกต่างกันออกไป เช่น แก้วกลุ่มสีฟ้า, น้ำเงิน เกิดจากองค์ประกอบของทองแดงออกไซด์ หรือคอปเปอร์ออกไซด์ หากแก้วสีฟ้าได้รับความร้อนมากขึ้นจะกลายเป็นแก้วสีน้ำตาลแดงหรือสีแดง ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแก้วที่จะควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้น สีของแก้วจึงไม่อาจบ่งบอกถึงแหล่งที่มาได้จนกระทั่งจะได้วิเคราะห์ผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์กับกลุ่มแก้วที่พบทั้งในชุมชนโบราณในไทย และในดินแดนต่างประเทศ จึงอาจกล่าวได้ว่าเครื่องแก้วที่พบในภาคใต้ของมีอายุราวคริสต์ศตวรรษที่ 1 เป็นต้นมา จนกระทั่งถึงพุทธศตวรรษที่ 13-16 ในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึกและแหลมโพธิ์

จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง SEM-EDX ในชิ้นส่วนภาชนะแก้ว, เศษแก้ว และลูกบิดแก้วบางส่วนในแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แห่งที่ได้ทำการวิเคราะห์ไปนั้น พบว่าในแต่ละแหล่งมีแก้วซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน สามารถแบ่งกลุ่มได้ 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. แก้วโซดา (Soda glass) ซึ่งมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ช่วยในการหลอมละลายแก้ว ซึ่งสามารถแบ่งได้ตามแหล่งโบราณคดี

1.1 แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง จำนวน 2 ชิ้น คือ ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006) และชิ้นส่วนลำตัวสีแดงในแก้วโมเสก (PKT002r)

1.2 แหล่งโบราณคดีนางย่อน จำนวน 2 ชิ้น คือ ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT005) และลูกบิดแก้วสีดำ (PKT020)

1.3 แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก จำนวน 13 ชิ้น คือ ชิ้นส่วนลำตัวแก้วสีเขียว, ชิ้นส่วนลำตัวแก้วสีฟ้า, ชิ้นส่วนลำตัวแก้วใส, ขอบปากสีฟ้า, ลำตัวแก้วสีน้ำเงินมีริ้วแดง และชิ้นส่วนลำตัว

แก้วสีใสออกน้ำตาล, กั้น?สีน้ำตาล (NY001-008), ขอบปากขวดแก้วสีเขียว, ลำตัว?สีเขียว, ลำตัว?สีฟ้า (NY010-011) และก้นแก้วสีเขียว (NY014)

1.4 แหล่งโบราณคดีคลองท่อม พบจำนวน 3 ชิ้น ได้แก่ ชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 2 ชิ้น คือ แก้วใสของชิ้นส่วนขอบปากสีขา-แดง (PKT001w), ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (KT010) และเศษแก้วสีน้ำเงิน (PKT015)

1.5 แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ พบจำนวน 1 ชิ้น เป็นชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (LP001)

จากการพบแก้วโซดาในแหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แห่ง จึงอาจกล่าวได้ว่ากลุ่มภาชนะแก้วทั้งจากแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางยอน, ทุ่งตึก, คลองท่อม, แหลมโพธิ และท่าชนะ สัมพันธ์กับกลุ่มแก้วกลุ่มภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีเปنگาลันบูจัง (มาเลเซีย), กลุ่มแก้วในอินเดีย อาทิ อริกามาเมฑู, ตักชิลลา, นาลันทา, หัสตินาปุระ, นาสิก, Ter, กลุ่มแก้วจากตะวันออกกลาง ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วจากเมือง Nishapur, กลุ่มแก้วใส ใน Levent, อียิปต์และซีเรีย และกลุ่มแก้วจากโรมัน ได้แก่ Jalame (Palestine), อังกฤษ, ฝรั่งเศส, เยอรมันนี, อิตาลี, สวิตซ์เซอร์แลนด์ และเนเธอร์แลนด์

2. แก้วโปแตส (Potash glass) ซึ่งมีโปแตสเชื่อมเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ช่วยในการหลอมละลายแก้ว ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้วที่ทั้ง 6 แหล่ง ไม่พบชนิดแก้วโปแตส แต่จากการคำนวณด้วยสูตรความสัมพันธ์ระหว่างตะกั่ว โซดา โปแตสและแคลไซต์ พบว่ามีแก้วโปแตสในแต่ละแหล่งโบราณคดี ดังนี้

2.1 แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง พบจำนวน 3 ชิ้น ได้แก่ กลุ่มภาชนะแก้วสีแดงจากขอบปากขา-แดง (KT001r), ลำตัวภาชนะแก้วสีเหลือง (KT006) และลำตัวภาชนะแก้วสีฟ้า (KT007)

2.2 แหล่งโบราณคดีนางยอน มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง, ลำตัวสีฟ้า และลูกปิดแก้วสีน้ำตาล (NY002, NY004, NY21)

2.3 แหล่งโบราณคดีคลองท่อม พบขอบปากสีขาใส (KT002)

แต่จากการเปรียบเทียบกับโปแตสพบว่า มีกลุ่มแก้วโปแตส (10 %) ที่พบในต่างประเทศ ได้แก่ แก้วสีม่วงเข้ม และม่วงออกฟ้าที่อริกามาเมฑู แก้วสีแดงและขาขุ่นที่ตักชิลลา ตะเกียงแก้วสีฟ้า/น้ำเงินที่นาลันทา, ชิ้นงานแก้ว (work glass) ที่นาสิก, ภาชนะแก้วสีฟ้าที่หัสตินา

ปุระ, เครื่องแก้วที่พบใน Ter (แก้วสีน้ำเงิน, สีฟ้า) และถ้วยแก้วจากสุสานฮั่นตะวันออก พบที่เมือง
กวางซี (Guangxi)

3. แก้ว High-lime, Low-alkali glass พบในแหล่งโบราณคดีต่อไปนี้

3.1 แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (PKT005)

3.2 แหล่งโบราณคดีนางยอน มี 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนลำตัวสีขาว และกลุ่ม
เศษแก้วสีน้ำเงิน และสีดำ (NY017-019)

3.3 แหล่งโบราณคดีคลองท่อม พบในลูกปิดแก้วสีน้ำเงิน (KT019)

3.4 แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ได้แก่ ชิ้นส่วนก้นภาชนะแก้วสีฟ้า (LP005)

แก้วกลุ่มนี้เป็นการคำนวณโดยใช้สูตรความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการองค์ประกอบว่า
มีองค์ประกอบของแคลเซียมสูงกว่าต่างทั่วไป ดังนั้น จึงอาจจะกล่าวในขั้นต้นว่าแก้วกลุ่มนี้มี
องค์ประกอบของแคลเซียมสูง

4. แก้วตะกั่ว (Lead glass) พบเป็นส่วนใหญ่ของชิ้นส่วนตัวอย่างแก้ว ซึ่งพบในแหล่ง ต่อไปนี้

4.1 แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง ได้แก่ เป็นกลุ่มเศษแก้วสีดำ, น้ำเงิน, น้ำตาล และ
กลุ่มลูกปิดแก้วทั้ง 3 ตัวอย่าง (PKT00-015)

4.2 แหล่งโบราณคดีนางยอน เป็นแก้วส่วนใหญ่ของตัวอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วน
ภาชนะแก้ว ดังต่อไปนี้ ไหลสีน้ำเงิน, ก้นสีเขียว, ขอบปากสีฟ้า, ลำตัวสีน้ำเงิน, ลำตัวสีเหลืองใส,
ขอบปากสีเขียว, ขอบปากสีเขียว, ลำตัวสีฟ้า, ลำตัวสีม่วง, ลำตัวสีฟ้า, ลำตัวสีเขียว, ลำตัวสีฟ้า,
ขอบปากสีดำ (NY001, NY003, NY005, NY007, NY008, NY009, NY010, NY011, NY012,
NY013, NY014, NY015, NY016 - รหัสตามลำดับของสี)

4.3 แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก มีเพียง 3 ตัวอย่าง ได้แก่ ลำตัวภาชนะแก้วใส
(KKK09), ลำตัวภาชนะแก้วใส (TT013), และ ขอบปากภาชนะแก้วสีเหลืองใส (KKK014)

4.4 แหล่งโบราณคดีคลองท่อม เป็นแก้วกลุ่มใหญ่จากตัวอย่างทั้งหมด ได้แก่
กลุ่มภาชนะแก้วแก้วใส, เหลืองอ่อน, ฟ้า (KT003, 004, 005, 008, 009) และกลุ่มเศษแก้วสีดำ, สี
ฟ้า, สีเหลือง (KT011, 012, 013, 014) รวมทั้งลูกปิดแก้วสีฟ้า และน้ำตาลแดง (KT016, 017,
018, 020)

4.5 แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ ได้แก่ พบในชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว และชิ้นส่วน
ภาชนะแก้วกำลังหลอม (LP002, 003, 004)

4.6 แหล่งโบราณคดีท่าชนะ ได้แก่ ชั้นส่วนภาชนะแก้วทั้งสีน้ำเงินและชั้นส่วนไหล์สีดำ (TCH001, 002)

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีตะกั่วในชั้นส่วนเครื่องแก้ว ก้อนแก้ว และลูกปัดแก้ว ที่พบในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม ภูเขาทอง นางยอน และทุ่งตึก ตะกั่วพบทั้งหมดมีปริมาณตั้งแต่ $0.01-32.44\%$ ซึ่งในแหล่งโบราณคดีต่างประเทศที่มีการใช้ตะกั่วเป็นองค์ประกอบของแก้ว ดังนั้น แก้วโบราณจากแหล่งอื่นๆ ก็พบว่าการใช้ตะกั่วเป็นองค์ประกอบด้วยเช่นกัน

ตะกั่วเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุดิบในการทำแก้ว นับแต่โบราณมาการใช้ตะกั่วยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จนกระทั่งในยุคโรมันนิยมใช้ตะกั่วเป็นส่วนประกอบในการผลิตแก้วเริ่มเป็นที่รู้จักในดินแดนเมโสโปเตเมีย ราวต้นสหัสวรรษที่ 2 และยังมีจารึกคูนิฟอร์มว่าตะกั่วเป็นส่วนประกอบหนึ่งในการผลิตแก้ว ซึ่งสอดคล้องการตรวจสอบก้อนแก้วสีแดงที่มีอายุราว 600 ปีก่อนคริสตกาล พบว่ามีตะกั่วปะปนอยู่ถึง 22.8% ²¹ นอกจากนี้ในดินแดนต่างๆ ปรากฏว่ามีการใช้ตะกั่วเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการทำผลิตแก้ว โดยมีหลักฐานว่ามีการพบตะกั่วปริมาณประมาณ $9.01-74.1\%$ ²² ในเครื่องแก้วจีนที่มีอายุราว 800 ปีก่อนคริสตกาลถึงคริสต์ศตวรรษ 9 ได้แก่ ชั้นส่วนภาชนะแก้วประดับด้วยลวดลายตา (รหัส 86), เขี่ยอกแก้วโรมัน (รหัส 3345), ถ้วยทรงกระบอกสีเขียว (รหัส 3382) , และกลุ่มเครื่องแก้วจากกวางสี กลุ่มแก้วในอินเดีย ได้แก่ ชั้นส่วนจานตกแต่งด้วยริ้ว (รหัส 6306) และกลุ่มแก้วจากตักศิลาสีแดงที่บ ในดินแดนตะวันออกกลางและดินแดนโรมันก็พบว่ามีการใช้ตะกั่วเป็นองค์ประกอบด้วยเช่นกัน ดังเช่น แก้วตะกั่วในโรมัน ราวคริสต์ศตวรรษที่ 1- 4 มีปริมาณตะกั่วตั้งแต่ปริมาณน้อยมากราว $0.1 -11.3\%$ ²³ กลุ่มแก้วตะวันออกกลาง แม้ว่าจะพบในปริมาณที่น้อยมาก (trace element) ประมาณ น้อยกว่า

²¹ Newton, Roy and Davison, Sandra, Conservation of Glass (Butterworths : London Boston Singapore Sydney Toronto Wellington, 1989), 11.

²² Gun, Fuxi., Brill, Robert., and Tian Shouyun, ed. Ancient Glass Research Along the Silk Road (USA : Stallion Press, 2009), 31.

²³ Flemming S.J. and Swann C.P., "Roman Mosaic Glass : a Study of Production Processes, Using PIXE Spectrometry", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 150 (1999) : 622-627. 626.

0.01%²⁴ แต่จากผลการวิเคราะห์แก้วใน Fustat พบว่ามีตะกั่วอยู่ประมาณ 5 -22.4% (3124, 3121) หรือจะเป็นแก้วในโรมันก็พบว่ามีตะกั่วสูงมากถึง 11 % ในแก้วโมเสกสีม่วง²⁵ หรือที่ Cosa พบว่ามีตะกั่วในตัวอย่างแก้วถึง 27.8% (3040)²⁶ หรือที่ Thomas Panel (5457, 5458, 5459)²⁷ และกลุ่มแก้วใน IX D.& IX E. Ravenna พบตะกั่วสูงถึง 5-20%²⁸ โดยแหล่งที่พบเหล่านี้ล้วนอยู่ในยุคโรมัน

บทบาทหนึ่งของตะกั่ว ก็คือ เป็นตัวให้สี (เหลือง) และยังช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมแก้วด้วย ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่า ภาชนะแก้วหรือเครื่องแก้วที่พบตะกั่วมีความสัมพันธ์กับกลุ่มแก้วในโรมัน ตะวันออกกลาง อินเดีย และจีน

กลุ่มแก้วที่มีอลูมินา (Alumina glass) (สูงกว่า 10 % ขึ้นไป) เป็นกลุ่มแก้วที่มีอลูมินามากกว่า 10 % ขึ้นไปพบในแหล่งโบราณคดี

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง ได้แก่ กลุ่มแก้วโมเสกสีเหลือง (PKT001y), แก้วโมเสกน้ำเงิน (PKT002b) และขาว (PKT002w) มีปริมาณอลูมินาใกล้เคียง 10 %
2. แหล่งโบราณคดีนางยอน ได้แก่ ชิ้นส่วนไหล่แก้วสีน้ำเงิน (NY001), ชิ้นส่วนลำตัวสีเขียว (NY014), ชิ้นส่วนลูกบิดแก้วสีดำและสีน้ำตาลแดง (NY020, 021)
3. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม ได้แก่ พบในเศษแก้วสีฟ้า และก้อนแก้วสีดำ (slag) (KT012, 013) และ ลูกบิดแก้วสีฟ้าและน้ำตาลแดง 3 เม็ด (KT016-017)

²⁴ Piero, Mirti et al., "Sasanian Glass from Veh Archsir : New Evidences by ICP-MS analysis," Journal of Archeologica Science 36 (2009) : 1061-1069.

²⁵ Fleming S.J., Swann. C.P. "Roman Mosaic Glass : a Study of Production Processes, Using PIXE Spectrometry," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 150 (1999) : 622-627.

²⁶ Brill., *ibid.*, 92.

²⁷ *ibid.*, 105.

²⁸ *ibid.*, 220-221.

ซึ่งปริมาณของอลูมินาที่สูง อาจจะเป็นผลมาจากองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในการหลอมแก้ว เช่น มีส่วนผสมของเฟลด์สปาร์ (feldspar)²⁹ หรืออาจจะเกิดจากการปนเปื้อนของส่วนผสมก็เป็นได้ และอาจจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีทั้ง 3 แห่งนี้ด้วยเช่นกัน

การแบ่งประเภทแก้วโดยใช้ แมกนีเซีย เป็นหลัก สามารถแบ่ง ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

1. แก้ว LMG (low magnesia glass, soda lime silicate) ได้แก่ กลุ่มแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม, แหลมโพธิ และท่าชนะ รวมถึงชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีเปงกาลัย บ้างด้วย สัมพันธ์กับเครื่องแก้วที่พบในตักศิลา อริกาเมซุ จีน กลุ่มแก้วโรมันในอิตาลี ฝรั่งเศส อังกฤษ เยอรมันนี และสวีตเซอร์แลนด์

2. แก้ว LMHK (low magnesia, high posh, soda-lime-silica glass) พบในกลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม และแหลมโพธิ สัมพันธ์กับเครื่องแก้วที่พบในในอริกาเมซุ ตักศิลา ทุ่งตึก (Lamb)

3. แก้ว HMG (high magnesia , soda-lime-silica glass) พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทองนางย่อน, ทุ่งตึก และคลองท่อม มีความสัมพันธ์กับกลุ่มเครื่องแก้วในเอเชียกลาง และตะวันออกกลาง (Near East) และยังสัมพันธ์กับแหล่งโบราณคดีในอินเดีย โดยสัมพันธ์กับแหล่งในอริกาเมซุ ตักศิลา นาสิก (ขวดแก้วสีเขียว) และเครื่องแก้วที่พบในอิตาลีในอิตาลี

4. แก้วตะกั่ว (Lead glass) พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม, แหลมโพธิ และท่าชนะ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบตะกั่วออกไซด์ในปริมาณที่สูงในชิ้นส่วนภาชนะแก้ว ก้อนแก้วเศษแก้ว และลูกปัดแก้ว มีความสัมพันธ์ในจีน, อินเดีย, ตะวันออกกลาง และโรมัน

ซึ่งกลุ่มแก้วเหล่านี้ สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งและดินแดนที่มีการผลิตแก้ว กล่าวคือ 1) กลุ่มแก้วที่มีองค์ประกอบเป็น LMG (low magnesia glass) มีองค์ประกอบช่วยหลอมที่เป็นนาตรอน (Natron) ซึ่งได้จากสาหร่าย (Seaweed) และเกลือสมุทร (Seasalt) พบในแหล่งเมดิเตอร์เรเนียน และทางตะวันออกของคาบสมุทรไซบีเรีย 2) กลุ่มแก้วที่เป็น LMHK มี

²⁹ เซษฐีย์ เอี่ยมจิตกุล และคณะ, “รายงานการวิจัยการสร้างแก้วสำหรับงานศิลป์,” ศูนย์ศิลปาชีพ บางไทร ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ตุลาคม 2547, ทุนอุดหนุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2545-2547, 45. (อัดสำเนา)

โปแตสเป็นตัวย่อยหลอม (saltpeter, potassium nitrate) เป็นแก้วที่พบในช่วงเวลา 1,000 ปี ก่อนคริสต์กาล โดยพบที่ Guangxi และ Yunnan ในจีน ในแหล่งโบราณคดีอินเดีย เช่น โกสัมพี ตักขิลา และ Rgjhat รวมถึงบริเวณคาบสมุทรไต้หวัน และในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้³⁰ 3) กลุ่มแก้ว HMG (high magnesia) บ่งชี้ว่าแก้วที่หลอมนั้นใช้องค์ประกอบของซีเถ้าจากพืชเป็นตัวย่อยหลอมละลาย³¹ ซึ่งพบได้ในทุกแหล่ง โดยแก้วกลุ่มนี้สามารถพบได้ในเอเชียกลาง ตะวันออกกลาง ในช่วงเวลา 1,000 ปี ก่อนคริสต์กาล และกลุ่มแก้วตะกั่วซึ่งพบว่ามีสัมพันธ์กับกลุ่มแก้วทั้งในโรมัน ตะวันออกกลาง อินเดีย และจีน

ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากลุ่มแก้วในแหล่งโบราณคดีทั้ง 4 แหล่ง มีความสัมพันธ์ในเชิงกว้างกับดินแดนต่างๆ ทั้งในอินเดีย จีน และตะวันออกกลาง สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้จากภาพรวมของการเปรียบเทียบอลูมินากับแคลเซียม, อลูมินากับแมกนีเซียม, โปแตสกับแมกนีเซียม และโปแตสกับแคลเซียม รวมถึงการดูปริมาณขององค์ประกอบที่ช่วยหลอมละลาย สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องแก้วที่พบในแต่ละแหล่งได้ ดังนี้

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทองมีความสัมพันธ์กับแหล่งโบราณคดีนางย่อน และคลองท่อม และยังสัมพันธ์กลุ่มเครื่องแก้วในอินเดีย ในจีน ในโรมัน (อิตาลี, อังกฤษ, เยอรมันนี และสวีตเซอร์แลนด์) กลุ่มแก้ว Sassanian glass (Central Iraq) กลุ่มแก้วใน Pangkalan Bujang ด้วย

2. แหล่งโบราณคดีนางย่อน มีความสัมพันธ์กับแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง และคลองท่อม และยังสัมพันธ์แหล่งโบราณคดีในกลุ่มเครื่องแก้วในอินเดีย ในจีน ในโรมัน (อิตาลี, อังกฤษ, เยอรมันนี และสวีตเซอร์แลนด์) กลุ่มแก้วใน Pangkalan Bujang ด้วย

3. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก มีความสัมพันธ์กับกลุ่มแก้วในอินเดีย (นาสิก, หัสตินาปุระ) กลุ่มแก้วในตะวันออกกลาง เช่น Samarra (Mesopotamia), Levent, Egypt, Persia และ Syria

4. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม สัมพันธ์กับแหล่งโบราณคดีนางย่อน และภูเขาทอง แก้วที่พบใน Pangkalan Bujang กลุ่มเครื่องแก้วในอินเดีย ในจีน ในโรมัน (อิตาลี, อังกฤษ, เยอรมันนี และสวีตเซอร์แลนด์)

³⁰ Hall E. Mark. "Chemical Analyses of Samatian Glass Beads from Pokrovka, Russia," *Journal of Archaeological Science* (1998) 25 : 1239-1245.

³¹ Carmona Noemí et al. *ibid.*, 439-445.

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว

และการวิเคราะห์ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว ซึ่งได้ทดลองหาความสัมพันธ์ 4 แห่ง ได้แก่

- แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง ได้วิเคราะห์ตัวอย่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 7 ตัวอย่าง (ชิ้นส่วนภาชนะแก้วมีสีเขียว, แดง, น้ำเงิน, เหลือง, ฟ้า และเขียว (PKT001 -007) ก้อนแก้ว 5 ตัวอย่าง มีสีเขียว, ดำ, น้ำเงิน, ดำ และเขียวเข้มเกือบดำ (PKT008-012) ลูกบิดแก้ว 3 ตัวอย่าง มีสีฟ้า, น้ำเงิน และน้ำตาลแดง (PKT013-015)

- แหล่งโบราณคดีนางยอน ได้วิเคราะห์ชิ้นส่วนตัวอย่างภาชนะแก้ว 17 ตัวอย่าง มีสีน้ำเงิน, ม่วง, เขียว, ฟ้า, เหลือง และดำ (NY001-017) ก้อนแก้วจำนวน 2 ตัวอย่าง มีสีน้ำเงินและสีดำ (NY018-019) ลูกบิดแก้วสีดำและสีน้ำตาลแดง (NY020-021)

- แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก วิเคราะห์ตัวอย่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 14 ตัวอย่าง (TT001-0014) มีสีน้ำเงิน, ฟ้า, เขียว, ใส, เหลือง และก้อนแก้ว 1 ตัวอย่าง (สีเขียว) (TT015)

- แหล่งโบราณคดีคลองท่อม วิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง แบ่งเป็นชิ้นส่วนภาชนะแก้ว 10 ตัวอย่าง มีสีใส, แดง, เหลือง, เขียว, ฟ้า และน้ำเงิน (KT001-010) เศษแก้ว 5 ตัวอย่าง มีสีฟ้า, สีน้ำเงิน, สีเหลือง และสีดำ (KT011-015) และลูกบิดแก้ว 5 ตัวอย่าง (KT016-020) มีสีฟ้า, น้ำเงิน และน้ำตาลแดง

ผลการหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเคมีชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้วมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ

- แหล่งโบราณคดีภูเขาสามารถแบ่งความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

1. กลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับเศษแก้ว และลูกบิดแก้ว พบว่าชิ้นส่วนกันสีน้ำเงิน (PKT004), ชิ้นส่วนขอบปากสีฟ้า (PKT006) สัมพันธ์กับเศษแก้วสีเขียวอ่อน (PKT008), เศษแก้วสีดำ (PKT009), เศษแก้วสีน้ำเงิน (PKT010), ก้อนแก้วสีเขียวเข้ม (PKT011) และลูกบิดแก้วสีฟ้า (PKT013)

2. กลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับเศษแก้ว ชิ้นส่วนกันภาชนะสีน้ำเงิน (PKT004), ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง, (PKT005) ปากสีฟ้า (PKT006) สัมพันธ์กับก้อนแก้วเศษแก้ว ได้แก่ ก้อนแก้วสีน้ำเงิน (PKT010), ก้อนแก้วสีน้ำตาล (PKT011) และก้อนแก้วสีเขียว (PKT01)

- แหล่งโบราณคดีนางยอน สามารถแบ่งความสัมพันธ์ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษแก้ว และลูกบิดแก้ว พบว่าชิ้นส่วนขอบปากสีม่วง (NY002), ชิ้นส่วนลำตัวสีน้ำเงิน (NY007), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY013),

2. ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว กับเศษแก้ว ประกอบด้วยชิ้นส่วนลำตัว สีเขียว (NY014), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (NY015), ชิ้นส่วนลำตัวสีขาว (NY017) มีความสัมพันธ์กับ เศษแก้วสีน้ำเงิน (NY018), ลูกบิดแก้วสีดำ (NY020) และน้ำตาลแดง (NY021) และชิ้นส่วน ภาชนะแก้ว คือ ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (NY003), ชิ้นส่วนลำตัวภาชนะใส (NY008), ชิ้นส่วนขอบปากสี เขียว (NY010), ชิ้นส่วนลำตัวสีม่วง (NY012), ชิ้นส่วนขอบปากสีดำ (NY016) มีองค์ประกอบทาง เคมีใกล้เคียงกับเศษแก้วสีดำ (NY019)

- แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก ก้อนแก้วหลอม (TT015) มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับชิ้นส่วน ภาชนะแก้วกลุ่มสีเขียว, น้ำเงิน, ใส, ฟ้า (TT001-013, 015)

- แหล่งโบราณคดีคลองท่อม แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับเศษแก้ว และลูกบิดแก้ว ประกอบด้วยชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (KT006), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT018), ชิ้นส่วนลำตัวแก้วสีน้ำ เงิน (KT009) มีความสัมพันธ์กับเศษแก้วสีเหลือง (KT014), ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT016) และ ลูกบิด แก้วสีน้ำตาลแดง (KT018)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับลูกบิดแก้ว ประกอบด้วยกลุ่มเศษแก้วสีดำ (KT011), เศษแก้วสีฟ้า-เหลือง (KT012), เศษแก้วสีน้ำเงิน (KT015) สัมพันธ์กับลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT017) และ ลูกบิดแก้วสีฟ้า (KT020)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับเศษแก้ว พบว่ามี ชิ้นส่วนขอบปากขาว-แดง (KT001), ชิ้นส่วนขอบปากขาวใส (KT002), ชิ้นส่วนไหล่ใส (KT003), ชิ้นส่วนลำตัวใส (KT004), ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (จาง) (KT005), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007) และ เศษแก้วสีฟ้า (KT013) และกลุ่มชิ้นส่วนขอบปากขาว-แดง (KT001), ชิ้นส่วนขอบปากขาวใส (KT002), ชิ้นส่วนไหล่ใส (KT003), ชิ้นส่วนลำตัวใส (KT004), ชิ้นส่วนลำตัวสีเหลือง (จาง) (KT005), ชิ้นส่วนลำตัวสีฟ้า (KT007) และเศษแก้วสีฟ้า (KT013)

- ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มชิ้นส่วนภาชนะแก้ว สัมพันธ์กับลูกบิดแก้ว ประกอบด้วย ชิ้นส่วนก้นสีเขียว (KT010) และลูกบิดแก้วสีน้ำเงิน (KT009)

จากองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนภาชนะแก้ว และเศษแก้วที่พบในแหล่งโบราณ ภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก และคลองท่อม ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแต่ละประเภทใน แต่ละแหล่ง อาจกล่าวโดยรวมว่าเป็นกลุ่มแก้วที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้ว เศษ แก้ว และลูกบิดแก้ว อาจจะมีความเป็นไปได้ว่ามีการนำเอาชิ้นส่วนภาชนะแก้วกลับมาหลอมเพื่อ

ทำเป็นเศษแก้วสำหรับผลิตลูกบิดแก้ว หรืออาจจะนำเข้าชิ้นส่วนภาชนะแก้วและเศษแก้วจากแหล่งเดียวกัน ซึ่งก็จะสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนภาชนะแก้วกับเศษแก้ว และชิ้นส่วนภาชนะแก้วสัมพันธ์กับลูกบิดแก้ว กลุ่มเศษแก้วสัมพันธ์กับลูกบิดแก้ว แสดงให้เห็นว่าเศษแก้วเป็นวัตถุดิบในการผลิตลูกบิดแก้ว ดังจะเห็นได้จากผลวิเคราะห์ในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน และคลองท่อม สังเกตได้ว่ากลุ่มแก้วที่มีความสัมพันธ์กันไม่ได้มีสีเดียวกันทั้งหมด มีความหลากหลาย เนื่องจากองค์ประกอบเคมีมีความสัมพันธ์กับแม่จะต่างสีกัน ซึ่งองค์ประกอบของสารให้สีมีใช้ตัวบ่งบอกความสัมพันธ์ของแก้วเพียงอย่างเดียว กลุ่มของสารช่วยหลอม (flux) และองค์ประกอบของทรายก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์

กลุ่มเศษแก้วแตกที่พบในแหล่งโบราณคดีภาคใต้ของไทยได้มีผู้ตั้งข้อสังเกตว่าเป็นการนำเศษแก้วแตกเข้ามาเพื่อเป็นวัตถุดิบในผลิตลูกบิด เช่น ในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม³² แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์³³ ซึ่งจากองค์ประกอบทางเคมีของกลุ่มเศษแก้ว และลูกบิดแก้ว ทั้ง 3 แหล่งที่มีการตรวจสอบไป ทั้งแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน และคลองท่อม มีผลองค์ประกอบทางเคมีสอดคล้องว่าเศษแก้วมีความสัมพันธ์กับลูกบิดแก้ว แม้จะยังไม่มีการพบหลักฐานอื่นๆ ถึงการส่งออกจากแหล่งผลิต แต่ปรากฏหลักฐานที่น่าสนใจเกี่ยวกับการนำเข้า-ส่งออกก่อนแก้ววัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์แก้วจากอุบัติเหตุเรือล่มที่ Uluburun ราวปลายยุคสำริด จากผลองค์ประกอบทางเคมีของก้อนแก้วแสดงว่ามีความสัมพันธ์กับแหล่งผลิตแก้วอียิปต์³⁴ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านับแต่โบราณกาลมีการผลิตก้อนแก้ววัตถุดิบเพื่อส่งออกไปยังดินแดนอื่น

ดังนั้น จากการความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน ภาชนะ เศษแก้ว และลูกบิดแก้วพบว่าเป็นกลุ่มแก้วที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน จึงอาจจะสันนิษฐานได้ว่าน่าจะมีการนำชิ้นส่วนภาชนะแก้วกลับมาหลอมใหม่อีกครั้ง (reused) ซึ่งในโรมันเองก็มีการนำเศษแก้วแตกนำกลับมาหลอม

³² มยุรี วีระประเสริฐ, “คลองท่อม แหล่งอุตสาหกรรมทำลูกบิด และเมืองท่าขนถ่ายสินค้าสมัยโบราณ,” ใน ปัจจุบันของโบราณคดีไทย (ภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528), 47-48.

³³ เขมชาติ เทพไชย, “การศึกษา ชุดค้น และศึกษาทางด้านโบราณคดี เพื่อหาหลักฐานเกี่ยวกับเรื่องศรีวิชัย,” ใน รายงานการสัมมนา ประวัติศาสตร์-โบราณคดี ศรีวิชัย (กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2525), 188-189.

³⁴ Jackson C.M. and Nicholson P.T., “The Provenance of Some Ingots from the Uluburun Shipwreck,” Journal of Archeological Science (2010) 37: 295-310.

ใหม่อีกครั้งด้วยเช่นกัน หรือมีการนำเข้าเศษแก้วและชิ้นส่วนภาชนะแก้วจากแหล่งเดียวกันก็เป็นได้ และอาจจะมีสาเหตุอีกประการ คือ เศษแก้วที่พบเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของชิ้นส่วนภาชนะแก้วมาก่อนที่จะแตกก็เป็นไปเช่นกัน และต่อมาได้นำเศษแก้วเหล่านี้มาใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์แก้วรูปแบบต่างๆ นั่นเอง

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเครื่องแก้วโบราณที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลนี้ ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแก้วทั้งหมดที่พบในประเทศไทย (ดังรายละเอียดในบทที่ 3) โดยจะพบว่าโบราณวัตถุประเภทแก้วที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องประดับ เช่น ลูกบิดแก้ว กำไลแก้ว แหวนแก้ว เป็น ในขณะที่เดียวกันโบราณวัตถุประเภทชิ้นส่วนภาชนะแก้วพบไม่มากนัก แต่จากการขุดค้นในทศวรรษที่ 2540 เป็นต้น พบร่องรอยของชิ้นส่วนเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีในประเทศไทยเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าจะพบไม่มากนัก ได้แก่

1. แหล่งโบราณคดีเมืองโบราณอู่ทอง อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี พบชิ้นส่วนแก้วในกรอบลายประทับจำนวน 1 ชิ้น
2. แหล่งโบราณคดีดงแม่นางเมือง อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ พบชิ้นส่วนไหล่ สีใสนขนาด กว้าง 1.75 ซม. ยาว 2.5 ซม.หนา 0.2 ซม. จำนวน 1 ชิ้น
3. แหล่งโบราณคดีเมืองพระรถ อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี ชิ้นส่วนเครื่องแก้ว (ลำตัว) 2 ชิ้น
4. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง
5. แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา
6. แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา
7. แหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่
8. แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง จ.สุราษฎร์ธานี
9. แหล่งโบราณคดีท่าชนะ (วัดอัมพาวาส) อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี
10. แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี

โดยในงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องแก้วหรือชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์โบราณวัตถุประเภทเครื่องแก้วทางด้านกายภาพ และทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ การศึกษาทางด้านกายภาพ มีการจัดจำแนกชิ้นส่วนต่างๆออกเป็นขอบปาก คอ/ไหล่ ลำตัว และก้น การวัดขนาด การจำแนกสี

โดยใช้หลักเกณฑ์ของ Munsell colour system และ GIA Gemset บางส่วน แต่เนื่องจากการ เครื่องแก้วที่พบมักอยู่ในสภาพที่แตกชำรุดเป็นเล็กเศษน้อยจึงทำให้ยากต่อการศึกษาในด้านการ เปรียบเทียบรูปแบบ

ส่วนการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ก็เพื่อต้องการทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของ แก้วที่นำมาวิเคราะห์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พร้อมด้วยชุดอุปกรณ์ วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบรังสีเอ็กซ์ (Scanning electron microscope with energy dispersive X-ray fluorescence spectroscope, SEM-EDX) มีวัตถุประสงค์ในการจัดกลุ่มองค์ประกอบทาง เคมีโดยใช้องค์ประกอบหลักเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ อลูมินา โซดา โปแตส และแมกนีเซียม ซึ่งในการ วิเคราะห์ที่ใช้กล้องส่องเข้าไปภายในเนื้อแก้ว จึงจะเห็นถึงลักษณะของโครงสร้างของเนื้อแก้วใน แต่ละตัวอย่าง รวมทั้งร่องรอยที่ปรากฏบนพื้นผิว และรูของลูกบิดแก้วบางส่วน ซึ่งเป็นข้อมูล เพิ่มเติมที่น่าสนใจเช่นกัน

ข้อสรุปเกี่ยวกับเครื่องแก้ว

จากข้อมูลที่ได้จากการขุดค้นและสำรวจของเครื่องแก้วทั้ง 7 แหล่ง ได้แก่ แหล่ง โบราณคดีภูเขาทอง นางย่อน ทุ่งตึก คลองท่อม แหลมโพธิ์ ท่าชนะ (วัดอัมพาวาส) และเขาศรีวิชัย พบชิ้นส่วนลำตัวเป็นชิ้นส่วนมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ชิ้นส่วนปาก ก้น และไหล่ ตามลำดับ แก้วที่ พบมักมีคุณลักษณะโปร่งแสง โปร่งใส ส่วนแก้วทึบแสงพบบ้างเล็กน้อย

ในการวิเคราะห์สีแก้วโดยใช้อุปกรณ์วัดค่าสี Munsell colour system และ GIA Gemset บ่งบอกลักษณะของสีที่อ่อนหรือแก่มากกว่ากันเท่านั้น โดยทั่วไปสีที่พบมีทั้งหมดมี 10 เฉดสีตามหลักสากล ได้แก่ สีน้ำเงิน สีเขียว สีฟ้า สีเหลือง สีดำ สีแดง สีน้ำตาล แก้วใส (colourless) และสีม่วง และกลุ่มสีที่พบมาก คือ กลุ่มแก้วสีฟ้า/ฟ้าอมเขียว พบมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ สีน้ำเงิน สีเขียว ตามลำดับ สีที่พบน้อย ได้แก่ สีเหลือง สีใส สีน้ำตาล สีดำ ซึ่งการวัดค่าสีของ ยังไม่สามารถจำแนกถึงแหล่งที่มาได้ เนื่องจากมีสีแก้วที่หลากหลาย เพียงแต่แบ่งสีตามหลักสากล และสีที่พบมาก คือ กลุ่มแก้วสีฟ้า /ฟ้าอมเขียว ซึ่งมีสารให้สี คือ คอปเปอร์ออกไซด์

การตกแต่งของเครื่องแก้วมักพบแก้วที่มีความโปร่งใส-โปร่งแสง เป็นส่วนมากจึงไม่พบ ร่องรอยการตกแต่งมากนัก แต่ก็พบว่าในแหล่งโบราณคดีภูเขาทองมีแก้วโมเสก (mosaic) มีการ แต้มสีบนพื้นผิวภาชนะแก้วเนื้อใส และแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ และทุ่งตึก พบชิ้นส่วนแก้วที่มีการตกแต่งเป็นจำนวนมาก (สำรวจ) ได้แก่ แก้วเคลือบสี และชุบขีด

ในด้านรูปทรงของเครื่องแก้วไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจนว่ามีลักษณะเป็นภาชนะทรง ใด เนื่องจากแตกเครื่องแก้วที่พบมักเป็นเศษชิ้นเล็กชิ้นน้อย แหล่งที่สามารถแสดงให้เห็นถึงรูปทรง

ที่พบ ได้แก่ ขวดคอสูงลำตัวกลมขนาดเล็ก และถ้วยพบในแหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ์ และขวดทรงเหลี่ยม คอยาวพบที่แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก แต่จากการสังเกตพบว่ากลุ่มเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก และแหลมโพธิ์ มีขนาดของชิ้นส่วนภาชนะแก้วใหญ่กว่า และหนากว่า ชิ้นส่วนภาชนะแก้วในแหล่งโบราณคดีคลองท่อม นางย่อน และภูเขาทอง

จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้ว และเศษแก้ว ก้อนแก้ว ลูกบิดแก้วบางส่วนในแหล่งโบราณคดีทั้ง 4 แหล่ง สามารถสรุปชนิดของแก้ว และความสัมพันธ์ระหว่างแก้วที่พบในต่างถิ่น ได้ดังนี้

1. เครื่องแก้วที่พบส่วนมากเป็นแก้วชนิดแก้วตะกั่ว เนื่องจากมีตะกั่วออกไซด์ในปริมาณที่สูงมาก เพื่อใช้ในการหลอมละลาย โดยมีองค์ประกอบรวมที่เป็นโซดา และโปแตสรั่วร่วมอยู่ด้วย ซึ่งมีลักษณะเป็นแก้ว มิกซ์ อัลคาไล (mixed-alkali glass) ที่มีโปแตสและโซดาเป็นตัวช่วยหลอม แต่พบในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทั้งอลูมินา แคลเซียม แมกนีโปแตส พบว่าเครื่องแก้วที่พบในภาคใต้ของไทย มีความสัมพันธ์กับเครื่องแก้วที่พบในจีน อินเดีย ตะวันออกกลาง และโรมัน

2. แก้วโซดา (Soda glass) พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง นางย่อน และทุ่งตึก ซึ่งแก้วชนิดนี้ มีแหล่งผลิตอยู่ในโรมัน และตะวันออกกลาง เช่น อียิปต์ อิรัก เป็นต้น

ซึ่งชนิดของแก้วข้างต้นยังสัมพันธ์กับกลุ่มของแก้วที่ใช้ แมกนีเซียม (MgO) เป็นหลัก ซึ่งสามารถบอกถึงวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตแก้วในแหล่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม, แหลมโพธิ์, ท่าชนะ และแหล่งโบราณคดีเปงกาลัยนุจัง พบแก้ว LMG (low magnesia glass, soda lime silicate) ซึ่งใช้ในตรอน, ขี้เถ้าจากสากห่า และเกลือทะเลเป็นตัวช่วยหลอมละลายเป็นกลุ่มแก้วที่พบในเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออก และไซปรีเรียตะวันออก

2. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม และแหลมโพธิ์ พบกลุ่มแก้ว LMHK (low magnesia, high-potash) ซึ่งเป็นกลุ่มแก้วที่มีการผลิตแบบท้องถิ่น โดยใช้ saltpeter หรือโซดาบริสุทธิ์เป็นต่างในส่วนประกอบของแก้วซึ่งสัมพันธ์กับกลุ่มแก้วในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

3. แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, นางย่อน, ทุ่งตึก, คลองท่อม และแหลมโพธิ์ พบกลุ่มแก้ว HMG (high magnesia, soda-lime-silica) พบในเอเชียกลาง และตะวันออกไกล รวมทั้งอินเดีย

4. แหล่งโบราณคดีทั้ง 6 แหล่งพบว่า มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบในเนื้อแก้ว ซึ่งพบทั้งใน จีน อินเดีย ตะวันออกกลาง และโรมัน

จากประเภทของแก้ว และกลุ่มของแก้วที่ใช้แมกนีเซียมเป็นหลักพบว่า กลุ่มเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลเป็นกลุ่มเครื่องแก้วแก้วที่นำเข้ามาจากต่างแดน โดยสัมพันธ์กับจีน อินเดีย ตะวันออกกลาง และโรมัน และมีบางส่วนที่เป็นแก้วที่ผลิตขึ้นเองภายในท้องถิ่น ซึ่งอาจจะเป็นก้อนแก้ว และลูกบิดแก้ว อย่างไรก็ตาม จากองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแก้วอาจกล่าวได้ว่า เครื่องแก้วที่พบตามแหล่งโบราณคดีต่างๆ ในบริเวณภาคใต้ของไทยเป็นสินค้าที่นำเข้ามาจากต่างแดน ซึ่งเมื่อประมาณ 2,000-1,500 ปีมาแล้ว แหล่งผลิตเครื่องแก้วที่สำคัญมีอยู่ในโลกตะวันตก ได้แก่ อาณาจักรโรมันในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 1 – 4 มีอาณาเขตครอบคลุมหลายพื้นที่รวมทั้งตะวันออกกลางด้วย และเป็นแหล่งผลิตแก้วที่สำคัญในยุคนี้อีกด้วย ในช่วงนี้เองที่เครื่องแก้วได้ปรากฏร่องรอยในดินแดนต่างๆ ทั่วโลก เช่น จีน อินเดีย ไทย มาเลเซีย อีฟกานิสถาน (เบคราม) อินเดีย เป็นต้น แต่เมื่อราวคริสต์ศตวรรษที่ 7-8 ตะวันออกกลางได้มีอำนาจขึ้นโดยราชวงศ์แอบบาซิด และราวคริสต์ศตวรรษที่ 9 ถูกปกครองโดยราชวงศ์ซาซาเนียน ซึ่งในแหล่งนี้ก็ เป็นแหล่งผลิตแก้วที่สำคัญแห่งหนึ่งด้วยเช่นกัน

เครื่องแก้วที่เป็นสินค้าส่งออกมายังต่างแดน น่าจะมีการใช้งานในลักษณะของการเป็นภาชนะสำหรับใส่ของเหลว เช่น น้ำหอม น้ำมัน เป็นต้น และน่าจะเป็นเครื่องแก้วที่ใช้ในชีวิตประจำวันด้วย (table ware) เช่น ถ้วย จาน ชาม ถ้วยสำหรับดื่ม เป็นต้น ดังจะเห็นได้จากเครื่องแก้วที่พบในสุสานของกษัตริย์จีนและเชื้อพระวงศ์ ส่วนเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีในภาคใต้ของประเทศไทย แม้ว่าจากการขุดค้นจะพบจำนวนไม่มากนัก แต่ก็ยังแสดงให้เห็นว่ามีเครื่องแก้วจากต่างแดน ซึ่งเป็นสินค้าที่สำคัญในยุคโบราณ

การลำดับอายุสมัย

จากการค้นพบการเป่าแก้วเมื่อราวปลายคริสต์กาลในดินแดนโรมัน ยังผลให้ความนิยมการใช้เครื่องแก้วมีจำนวนมากขึ้น จนขั้นทั่วไปสามารถซื้อหามาใช้ในชีวิตประจำวันได้ และเมื่อมีการคิดค้นการเป่าแก้วในแม่พิมพ์ สามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว รูปทรงได้มาตรฐานมากขึ้น อันอาจจะส่งผลให้กลายเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ โดยมีแหล่งผลิตอยู่ในโรมัน (อิตาลี) และ ตะวันออกกลาง เทคนิคนี้จึงแพร่หลายและยังคงใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งการค้นพบเครื่องแก้วในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลในประเทศไทยที่พบส่วนใหญ่เป็นแก้วที่เกิดจากการขึ้นรูปโดยการเป่า โดยพบทั้งเป่าแบบอิสระและเป่าในแม่พิมพ์

ในการกำหนดอายุเครื่องแก้วโดยการเปรียบเทียบรูปแบบไม่สามารถทำได้ ซึ่งต้องอาศัยหลักฐานทางโบราณคดีประเภทอื่นเข้ามาช่วยจำกัดอายุ อย่างไรก็ตาม จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีความสัมพันธ์กับกลุ่มเครื่องแก้วในจีน ตะวันออกกลาง และโรมัน ดังนั้น จึงสันนิษฐานได้ว่า เครื่องแก้วที่พบในประเทศไทยน่าจะมีอายุประมาณพุทธศตวรรษที่ 5 เป็นต้นมา และจากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วนเครื่องแก้ว ได้แก่ แก้วโมเสก (mosaic) ที่พบในแหล่งโบราณคดีภูเขาทองพบว่ามีความคล้ายกับแก้วโมเสกที่พบในอิตาลี ราวตอนปลายของ 100 ปีก่อนคริสตกาลถึงคริสต์ศตวรรษที่ 1 และผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีก็สอดคล้องกับผลการศึกษาด้านองค์ประกอบแก้วโมเสกที่พบโรมันก่อนหน้านี้ ดังนั้น อายุสมัยของเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเมืองท่าชายฝั่งทะเลมีอายุราวพุทธศตวรรษที่ 5-9

องค์ประกอบทางเคมีที่พบในเครื่องแก้วบางส่วนพบว่ามีความสัมพันธ์กับแก้วโรมันและแก้วตะวันออกกลาง แก้วจากอินเดีย และแก้วจากจีน จึงอาจจะเป็นไปได้ว่ามีการนำแก้วจากต่าง ๆ ถิ่นเข้ามาในดินแดนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยอาจจะเข้ามาทางทั้งการติดต่อโดยตรง และการติดต่อทางอ้อม (ผ่านมาจากอินเดีย) นอกจากนี้แก้วบางส่วนในภูเขาทองก็สัมพันธ์กับแก้วจากตะวันออกกลางสมัยราชวงศ์ Sassanian ราว 226 ก่อนคริสตกาล ถึง ค.ศ.642 ดังนั้น การ ในส่วนแก้วตะวันออกกลางนั้นมีแหล่งผลิตที่สำคัญ คือ ซีเรีย และอียิปต์ ดังนั้น สามารถแบ่งอายุของเครื่องแก้วออกอายุสมัยของแหล่งโบราณคดี สามารถแบ่งได้ 2 ช่วง คือ

ช่วงแรก พบในแหล่งโบราณคดีสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ ตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 5 เป็นต้นมาถึงราวพุทธศตวรรษที่ 9 ได้แก่ แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง แหล่งโบราณคดีนางย่อน อ.คุระบุรี จ.พังงา และแหล่งโบราณคดีคลองท่อม อ.คลองท่อม จ.กระบี่ เนื่องจากแหล่งโบราณคดีเหล่านี้ยังไม่เคยพบรูปเคารพหรือศาสนสถาน และการกำหนดอายุของแหล่งโบราณคดีเหล่านี้ใช้ภาชนะดินเผากำหนดรูปแบบและการใช้งานพบว่าสอดคล้องกับการพบเครื่องแก้วด้วย คือ ประมาณพุทธศตวรรษที่ 6-7 เช่นกัน อย่างไรก็ตาม แหล่งโบราณคดีบางแห่งยังมีการใช้พื้นที่ต่อเนื่อง เช่น แหล่งโบราณคดีนางย่อนพบเครื่องถ้วยเปอร์เซีย เครื่องถ้วยจีน (ถัง) ลูกปัดแก้วโรมัน (monochrome) ประมาณพุทธศตวรรษที่ 13-14 รวมสมัยแหล่งโบราณคดีทุ่งตึก

ช่วงที่สอง เป็นเครื่องแก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีที่เข้าสู่สมัยประวัติศาสตร์ มีร่องรอยของศาสนสถาน ประติมากรรมรูปเคารพต่างๆ ได้แก่ แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา แหล่งโบราณคดีแหลมโพธิ อ.พุมเรียง แหล่งโบราณคดีเขาศรีวิชัย อ.พุนพิน และแหล่งโบราณคดีท่าชนะ (วัดอัมพาวาส) อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี มีอายุประมาณพุทธศตวรรษที่ 12 เป็นต้นมา

โบราณวัตถุประเภทอื่นที่พบ เช่น เครื่องถ้วยเปอร์เซีย เครื่องถ้วยจีน รวมถึงประติมากรรมรูปเคารพในศาสนาฮินดูที่มีอายุตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 12 -16

นอกจากเครื่องแก้วที่พบจะเป็นสินค้าที่นำเข้ามาจากต่างแดนแล้ว ยังแสดงให้เห็นถึงบริบทการเป็นเมืองท่าทางการค้าของแหล่งโบราณคดีที่มีการติดต่อสัมพันธ์กันระหว่างแหล่งในฐานะที่เป็นเมืองท่าชายฝั่งในยุคเดียวกัน เช่น ในยุคแรกจะอยู่ในกลุ่มของแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง, เขาสามแก้ว, นางย่อน และคลองท่อม เนื่องจากพบว่ามีโบราณวัตถุบางประเภทที่มีความคล้ายคลึงกัน เช่น ภาชนะดินเผาแบบเนื้อดิน ลูกปัดแก้ว ลูกปัดหิน เครื่องมือโลหะ เศษก้อนแก้ว หลอม เครื่องแก้ว ภาชนะดินเผาจากต่างประเทศ (Rouletted ware) เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีและติดต่อกับชนต่างชาติที่เข้ามาทั้งฝั่งทะเลอันดามัน และฝั่งอ่าวไทย ซึ่งอยู่ในสมัยแรกเริ่มประวัติศาสตร์ราวพุทธศตวรรษที่ 5 เป็นต้นมาและอาจจะมีการอยู่อาศัยต่อเนื่องขึ้นมาจนถึงพุทธศตวรรษที่ 12-13 แต่อาจจะเสื่อมความนิยมลง และเมืองท่าโบราณที่เจริญต่อมาราวพุทธศตวรรษที่ 12-16 เป็นเมืองท่าเจริญขึ้นที่มีลักษณะเป็นเมืองคู่อ้อมอย่างชัดเจน ได้แก่ แหล่งโบราณคดีทุ่งตึก และแหลมโพธิ์ เป็นต้น โดยนำสินค้าเข้ามาค้าขายแลกเปลี่ยน เช่น เครื่องถ้วยจีน เครื่องถ้วยเปอร์เซีย ลูกปัดแก้ว แบบหลายสี เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการติดต่อทางการค้าได้ทำให้ชุมชนโบราณที่อยู่ติดริมทะเลพัฒนาตนเองจนกลายเป็นเมืองท่าและจุดแวะพักขนถ่ายสินค้าที่นำไปค้าขายระหว่างซีกโลกตะวันออกและซีกโลกตะวันตก และยังรวมไปถึงการเป็นแหล่งผลิตเครื่องประดับแก้วที่สำคัญในดินแดนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

นอกจากนี้ในการตรวจสอบว่าชิ้นส่วนเครื่องแก้วที่พบเป็นวัตถุดิบในการทำลูกปัดแก้วหรือเครื่องประดับด้วยนั้น จากผลองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้วสีฟ้า เศษแก้วสีฟ้า ซีตะกรันแก้ว และลูกปัดแก้วสีฟ้า และน้ำตาลแดง พบว่ามีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าช่างทำแก้วในยุคนี้รู้จักการนำแก้วกลับมาใช้ใหม่ (reuse) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแหล่งโบราณคดีต่างประเทศที่พบเครื่องแก้วก็นำแก้วกลับมาใช้ใหม่ เช่น แหล่งโบราณคดีสุโงะมาเอะ หรือแม้แต่แหล่งผลิตแก้วในโรมันเอง

ข้อเสนอแนะ

1. จากการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในงานโบราณคดี ทำให้สามารถตรวจสอบในด้านเคมีระหว่างเครื่องแก้ว เศษแก้ว และลูกปัดแก้ว เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกันแก้วภายในแหล่ง และเครื่องแก้วที่พบในต่างประเทศ ซึ่งเป็นการศึกษาในเชิงลึก ซึ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างของแก้วที่พบว่าเป็นชนิดใด มีตัวหลอมละลายที่พบในแหล่งใด เช่น แก้ว

ตะกั่วพบในจีน แก้วโซดาพบในโรมัน และตะวันออกกลาง และจากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนเครื่องแก้ว และก้อนแก้วที่ได้ตรวจสอบด้วยนั้น พบว่าเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศ จากนั้นจึงมานำหลอมใหม่เพื่อประดิษฐ์เป็นเครื่องประดับ อาทิ ลูกบิดแก้ว โดยการเติมสารประกอบตะกั่วเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ซึ่งใช้หลักการเดียวกับการหลอมโลหะ

2. อาจจะมีการผลิตหรือหลอมแก้วเองภายในชุมชนท้องถิ่น แหล่งที่น่าสนใจที่สันนิษฐานว่ามีการผลิตแก้วขึ้นเอง ได้แก่ แหล่งโบราณคดีคลองท่อม เนื่องจากพบชิ้นส่วนของซีตะกั่วในระดับชั้นวัฒนธรรมเป็นจำนวนมากพอสมควร แต่อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจและขุดค้นทางโบราณคดียังไม่พบภาชนะสำหรับใช้ในการหลอมแก้ว เช่น เบบ้าหลอม เตาหลอมแก้ว จึงไม่อาจยืนยันได้ว่ามีการผลิตแก้วเองในแหล่งนี้ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาแหล่งโบราณคดีคลองท่อมในเชิงลึกเพื่อหาข้อยุติในประเด็นนี้ต่อไป

3. การตรวจทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับยังน้อยเกินไป โดยวิเคราะห์แก้วที่พบในแหล่งโบราณคดีเฉพาะทางฝั่งอันดามันเท่านั้น จึงทำให้ได้ภาพรวมเพียงฝั่งเดียว ซึ่งน่าจะมีการตรวจสอบเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ระหว่างกัน

4. ควรมีการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของแก้วด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ประเภทอื่นร่วมด้วย เพื่อเป็นการตรวจสอบและแม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กรมศิลปากร. โครงการโบราณคดีประเทศไทย (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ), รายงานการสำรวจแหล่งโบราณคดี จังหวัดนครราชสีมา เล่ม 6/2526. (อัดสำเนา)
- _____. "ลูกบัตจากแหล่งขุดค้นโบราณคดีสทิงพระ ปี 2522." โครงการขุดค้นแหล่งโบราณคดีสทิงพระ : ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2522. (อัดสำเนา)
- _____. บ้านปราสาท แหล่งโบราณคดีอีสานล่าง. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์สมาพันธ์, 2534.
- _____. ทุ่งตึก : เมืองท่าการค้าโบราณ. ภูเก็ต : สำนักศิลปากรที่ 15 ภูเก็ต, 2550.
- _____. ชุมชนก่อนเมืองศรีเทพ ผลการขุดค้นในปี พ.ศ. 2531-2334. กรุงเทพฯ : บริษัท พีวเจอร์เพรส จำกัด, 2534.
- _____. โบราณคดีเมืองอุทอง. นนทบุรี : โรงพิมพ์ สหมิตรพรินติ้ง), 2545.
- _____. โบราณคดีศรีวิชัย มุมมองใหม่การศึกษาวิเคราะห์แหล่งโบราณคดีรอบอ่าวบ้านดอน. นครศรีธรรมราช : สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 11 นครศรีธรรมราช, 2543.
- _____. โบราณคดีสี่ภาค . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์หัตถศิลป์, 2530.
- _____. พัฒนาการของชุมชนก่อนประวัติศาสตร์ต้นแม่น้ำเพชรบุรี. กลุ่มวิชาการโบราณคดี สำนักงานศิลปากรที่ 1 ราชบุรี, 2547. (อัดสำเนา)
- _____. ศรีวิชัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บำรุงเมือง, 2531.
- _____. รายงานการขุดค้นแหล่งโบราณคดีบ้านส่วย อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา. กรุงเทพฯ : สำนักศิลปากรที่ 12 นครราชสีมา กรมศิลปากร, 2547.
- _____. หนังสือนำชมอุทยานประวัติศาสตร์เมืองสิงห์ จังหวัดกาญจนบุรี . กรุงเทพฯ : บริษัท คัมบาย อิมเมจจิ่ง จำกัด, ม.ป.ป.
- _____. รายงานการขุดตรวจแหล่งโบราณคดีในซีกฝั่ง บ้านหนองสระปลา ต.บ้านยา อ.หนองหาน จ.อุดรธานี. กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2525. (อัดสำเนา)

- รายงานวิจัย โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาเมืองซีดซิน ต.บ้านหม้อ อ.บ้านหม้อ จ.สระบุรี การปฏิบัติงานทางด้านโบราณคดี. สำนักงานศิลปากรที่ 3 อยุรยา : ภาควิช
โบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2551. (อัดสำเนา)
- รายงานการสำรวจแหล่งโบราณคดีในเขตอุทยานแห่งชาติต้นกระบือใหญ่ที่ ต.พะวอ
อ.แม่สอด และ ต.แม่ท้อ อ.เมือง จ.ตาก. ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2524. (อัด
สำเนา)
- รายงานการสำรวจแหล่งโบราณคดีบ้านเมืองเพี้ย ต.เมืองเพี้ย อ.บ้านไร่ จ.ขอนแก่น
กองโบราณคดี, 2529. (อัดสำเนา)
- รายงานการสำรวจแหล่งโบราณคดี จังหวัดขอนแก่น โครงการโบราณคดีภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2528.
- รายงานสำรวจแหล่งโบราณคดี จังหวัดนครราชสีมา โครงการโบราณคดีภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2526.
- การขุดค้นที่เนินอุโลก อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา, 2543.(อัดสำเนา)
- แหล่งโบราณคดีบ้านท่าแค. (กรมศิลปากรจัดพิมพ์ เนื่องในโอกาสพิพิธภัณฑ์สถาน
แห่งชาติสมเด็จพระนารายณ์ จ.ลพบุรี เปิดนิทรรศการเรื่อง แหล่งโบราณคดีบ้านท่า
แค ธันวาคม 2527).
- แหล่งโบราณคดีบ้านวังไฮ ลำพูน . กรุงเทพฯ : หจก. ป. สัมพันธ์พานิชย์, 2532.
- แหล่งโบราณคดีคูตะเภา . กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พานิชย์, 2534.
- โบราณคดีล้านนา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาพันธ์, 2540.
- แหล่งโบราณคดีประเทศไทย เล่ม 2. ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2531.
- แหล่งโบราณคดีประเทศไทย เล่ม 4. ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2533.
- แหล่งโบราณคดีประเทศไทย เล่ม 6. ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี, 2534.
- แหยมโพธิ แหล่งเศรษฐกิจของศรีวิชัย. กรุงเทพฯ : กรมศิลปากร, 2531.
- เขมชาติ เทพไชย. "แก้ว:หลักฐานทางด้านโบราณคดีที่สำคัญในบริเวณคาบสมุทรไทย."
ศิลปวัฒนธรรม. 6,8 (มิถุนายน 2528) : 60-64.
- "การสำรวจ ขุดค้น แหล่งศึกษาทางด้านโบราณคดีเพื่อหาหลักฐานเกี่ยวกับศรีวิชัย."
ใน รายงานการสัมมนาประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศรีวิชัย, 176-192. กรุงเทพฯ : กอง
โบราณคดี กรมศิลปากร, 2525.

_____ . “แหลมโพธิ์ : การศึกษาเครื่องถ้วยต่างประเทศที่เกี่ยวกับด้านการค้าที่เชื่อมโยงกับภูมิภาคอื่นๆ. “เมืองโบราณ.” 10, 2 (เมษายน-มิถุนายน 2527) : 15-28.

เขมิกา หวังสุข. “พัฒนาการทางวัฒนธรรมในกลุ่มแม่น้ำมูล : กรณีศึกษาแหล่งโบราณคดีเมืองเสมา อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (โบราณคดี สมัยประวัติศาสตร์) ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543.

จตุพร นะโม. “การศึกษารูปแบบเครื่องประดับที่แหล่งโบราณคดีบ้านโป่งมะนาว ตำบลห้วยขุนราม อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี.” สารนิพนธ์ศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2545.

ชิน อยู่ดี. โบราณวิทยาเรื่องเมืองอุททอง, พระนคร : โรงพิมพ์ศิwap, 2509. (กรมศิลปากรรวบรวม จัดพิมพ์เนื่องในงานเสด็จพระราชดำเนินทรงเปิดพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ อุททอง จังหวัดสุพรรณบุรี วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2509).

ณัฐภัทร จันทวิช. เครื่องใช้และเครื่องประดับที่ทำด้วยแก้วก่อนพุทธศตวรรษที่ 18. กรุงเทพฯ : บริษัท ไทภูมิ พับลิชชิ่ง จำกัด, 2549.

นรินทร์ สิริกุลรัตน์, ผศ. “แก้ว.” เอกสารประกอบงานสัมมนาเรื่องการสร้างแก้วสำหรับงานศิลป์ เสนอที่ โรงแรม รามาร์เด็นส์ กรุงเทพมหานคร 2 มิถุนายน 2548 (อัดสำเนา).

ทงศักดิ์ หาญวงศ์. “การวิเคราะห์โบราณวัตถุที่ได้จากการขุดค้นแหล่งโบราณคดีบ้านท่าแค ตำบลท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (โบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์) ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528.

ธนพร ต้นเล่ง. “การศึกษารูปแบบลูกปัดแก้วจากแหล่งโบราณคดีบ้านพรหมหินใต้ ตำบลหลุมข้าว อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี.” สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547.

ธราพงศ์ ศรีสุชาติ. “เขาสามแก้ว : ชุมชนโบราณ.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 2 (2542) : 841-853.

_____ . “คลองท่อม : ชุมชนโบราณ.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 2 (2542) : 928-942.

_____ . “ท่าชนะ : ชุมชนโบราณ.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 7 (2542) : 3271-3278.

ธราพงศ์ ศรีสุชาติ, “พุนพิน : ชุมชนโบราณ.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 11 (2542) : 5503-5510.

_____ . “หลักฐานใหม่จากการปฏิบัติงานชุดค้นทางโบราณคดีของกองโบราณคดี กรมศิลปากร เกี่ยวกับชุมชนแรกเริ่มสมัยประวัติศาสตร์ในคาบสมุทรสทิงพระ.” ใน ประวัติศาสตร์และโบราณคดีสทิงพระ, 47-50. กรุงเทพฯ : รุ่งแสงการพิมพ์, 2528.

_____ . “สทิงพระ : ชุมชนโบราณ.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 16 (2542) : 7740-7741.

ทิวา ศุภจรรยา, ผศ. “ความสัมพันธ์ทางภูมิศาสตร์ และที่ตั้งชุมชนโบราณในจังหวัดภาคใต้.” ใน รายงานการสัมมนาประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศรีวิชัย, 128-132. กรุงเทพฯ : กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2525.

บุญยฤทธิ์ ฉายสุวรรณ, รอ. และเรไร นัยวัฒน์. “ทุ่งตึก : เมืองท่าการค้าโบราณ.” ศิลปากร. 48,3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2548) : 26-37.

ประทุม ชุ่มเพ็งพันธุ์. “การเดินทางเรือและการค้าของอาณาจักรศรีวิชัย.” ใน รายงานการสัมมนาประวัติศาสตร์ โบราณคดี ศรีวิชัย, 149-156. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิมพ์เนศ, 2525.

ปรีชา นุ่นสุข. “เกาะคอเขา : แหล่งโบราณคดี.” สารานุกรมวัฒนธรรมภาคใต้ 1 (2529) : 495-503.

ปรีชา นุ่นสุข และ วัฒนสาสน์ นุ่นสุข. “เขาสามแก้ว : เมืองท่ารุ่งต้นบนคาบสมุทรไทยกับการอนุรักษ์มรดกทางวัฒนธรรม.” เมืองโบราณ 32 ,4 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2549) : 98-104.

_____ . “ภูเขาทอง : สถานที่การค้ายุคต้นบนฝั่งอันดามัน.” เมืองโบราณ. 33, 2 (เมษายน-มิถุนายน 2550) : 70-78.

พัชรี สาริกบุตร. เทคโนโลยีสมัยโบราณ (Primitive Technology) เครื่องมือหิน งานโลหะ เครื่องปั้นดินเผา แก้วและลูกปัดแก้ว. ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2523. (อัดสำเนา)

พิมลพรรณ พัฒนยินดี. “เครื่องประดับที่โคกพลับ (ต.โพหัก อ.บางแพ จ.ราชบุรี).” สารนิพนธ์ศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2522.

พรชัย สุจิตต์. “แก้วโบราณในเอเชีย.” เมืองโบราณ 11, 1 (มกราคม-มีนาคม 2528): 37-49.

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. การเป่าแก้วเบื้องต้น. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2527. (อัดสำเนา)

ภาควิชาโบราณคดี. การขุดค้นและศึกษาวัฒนธรรมของชุมชนโบราณที่บ้านคูเมือง อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี. นครปฐม : แผนกบริการกลาง สำนักอธิการบดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2534. (อัดสำเนา)

ภาควิชาโบราณคดี. ปัจจุบันของโบราณคดีไทย. กรุงเทพฯ : คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528.

ภัทราวดี ดีสมโชค. "ข้อมูลใหม่ จากแหล่งโบราณคดีตองน้ำบ่อ : ชุมชนกึ่งก่อนประวัติศาสตร์ลุ่มน้ำป่าสัก จ.สระบุรี." เอกสารประกอบงานสัมมนาโครงการอบรมโบราณคดีในประเทศไทย เสนอที่ มหาวิทยาลัยศิลปากร 23-25 มิถุนายน 2547, 109-123. (อัดสำเนา)

ผาสุข อินทรารุท, รศ.ดร. ทวารวดี การศึกษาเชิงวิเคราะห์จากหลักฐานทางโบราณคดี. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสมัย, 2542.

_____. ศ.ดร. สุวรรณภูมิจากหลักฐานทางโบราณคดี. กรุงเทพฯ : ศักดิ์โสฬการพิมพ์, 2548.

_____. รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาร่องรอยอารยธรรมโบราณจากหลักฐานทางโบราณคดีในเขตจังหวัดลำพูนก่อนพุทธศตวรรษที่ 19, กรุงเทพฯ : ภาควิชาโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2536. (อัดสำเนา)

_____. รายงานการขุดค้นที่ตำบลพระประโทน อ.เมือง จ.นครปฐม ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2526. (อัดสำเนา)

_____. รายงานการขุดค้นที่บ้านกระเบื้องนอกอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์. นครปฐม : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2544.

_____. สิ้นชัย กระบวนแสง และเพียร นาคเวก. การศึกษาแหล่งโบราณคดีที่บ้านกระเบื้องนอก ตำบลกระเบื้องนอก อำเภอชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์, 2533.

ผุสดี รอดเจริญ. "การศึกษาแก้วสมัยก่อนประวัติศาสตร์ตอนปลายที่พบในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย." วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ภาควิชาโบราณคดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

ฝากจิต ราชฤทธิ์. "หลักฐานการใช้แก้วยุคต้นประวัติศาสตร์ที่พบในประเทศไทย." สารนิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2528.

- มยุรี วีระประเสริฐ, “การขุดค้นทางโบราณคดีที่เมืองโบราณนครจำปาศรี ตำบลบ้านกู่ อำเภอนา
 ดูน จังหวัดมหาสารคาม.” ใน การประชุมทางวิชาการระดับชาติฝรั่งเศส-ไทย ครั้งที่ 3
เรื่อง พัฒนาการของรัฐในประเทศไทยจากหลักฐานทางโบราณคดี 11-13 ธันวาคม
2538 เสนอที่ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 68-90. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2538.
- _____. “คลองท่อมแหล่งอุตสาหกรรมทำลูกปัดและเมืองท่าขนถ่ายสินค้าสมัยโบราณ.” ใน
ปัจจุบันของโบราณคดีไทย, 40-49. กรุงเทพฯ : คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร,
 2528.
- ไมเคิล ไรท. กรีก-โรมันในอุษาคเนย์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มติชน, 2552.
- รัชณี ทศรัตน์. รายงานเบื้องต้นการขุดตรวจที่บ้านบนเนิน ตำบลวัดหลวง อำเภอพนัสนิคม จังหวัด
ชลบุรี, ฝ่ายวิชาการ กองโบราณคดี กรมศิลปากร, 2533. (อัดสำเนา)
- รัศมี ชูทรงเดช และคณะ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการโบราณคดีบนพื้นที่สูงในเขตอำเภอ
ปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน (เล่มที่ 5 : การขุดค้นแหล่งโบราณคดีเพิงผาถ้ำลอด),
 กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2546. (อัดสำเนา)
- เรไร นัยวัฒน์. “แหล่งโบราณคดีภูเขาทอง จังหวัดระนอง เมืองท่าโบราณ 2,000 ปี.”
ศิลปวัฒนธรรม. 28 ,1 (พฤศจิกายน 2549) : 28-30.
- วิชัย เรื่องศรีชัย. รายงานการขุดค้นทางโบราณคดีในเมือง บ้านนาโพธิ์ ต.ชุมแพ อ.ชุมแพ จ.
ขอนแก่น, หน่วยศิลปากรที่ 7 ขอนแก่น กรมศิลปากร, 2527. (อัดสำเนา)
- ศรีศักดิ์ วัลลิโภดม. “ควนลูกปัดและแผ่นดินบงแหล่งโบราณวิทยาในภาคใต้.” อาษา 2,3
 (กันยายน 2516) : 47-57.
- พรชัย สุจิตต์. “แก้วโบราณในเอเชีย.” เมืองโบราณ 11, 1 (มกราคม-มีนาคม 2528) : 37-49.
- พรชัย สุจิตต์. “เครื่องแก้วโบราณ : ที่พบในภาคใต้.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทยภาคใต้ 2 (2529) :
 514-519.
- เวคิน นพินิตย์,ดร. จุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron microscopy). กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์
 ,2524.
- สว่าง เลิศฤทธิ์. การสำรวจขุดค้นทางโบราณคดีบริเวณเมืองโบราณยะรัง อำเภอยะรัง จังหวัด
ปัตตานี. ปัตตานี : ศูนย์การศึกษาเกี่ยวกับภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยา
 เขตปัตตานี, 2530.

- สุกัญญา เบาเน็ด. รายงานเบื้องต้นการสำรวจแหล่งโบราณคดีในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 8 อุบลราชธานี สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2540.
- _____. “หลักฐานจากบ้านท่าแคและข้อคิดบางประการเกี่ยวกับชุมชนโบราณในที่ราบภาคกลางตอนล่าง.” เมืองโบราณ 10, 4 (ตุลาคม-ธันวาคม 2527) : 16-42.
- _____. รากเหง้า บรรพชนคนไทย : พัฒนาการทางวัฒนธรรมก่อนประวัติศาสตร์. นนทบุรี : โรงพิมพ์มติชนปากเกร็ด, 2550.
- โสมสุดา รัตนิน. “ลูกปัดที่ดงศรีมหาโพธิ์” สารนิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (โบราณคดี) ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2517.
- ห้างหุ้นส่วนจำกัดปุราณรักษ์. รายงานการสำรวจแหล่งโบราณคดีบ้านปึกรี ตำบลแก่งผักกูด อำเภอท่าหลวง จังหวัด เสนอ สำนักโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กรมศิลปากร, 2538.(อัดสำเนา)
- _____. รายงานการขุดค้นแหล่งโบราณคดี บ้านชัยบาดาล ตำบลชัยบาดาล อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี เสนอ สำนักงานโบราณคดีและพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติที่ 3 พระนครศรีอยุธยา, 2539. (อัดสำเนา)
- อมรา ศรีสุชาติ. “คุยกับผู้เชี่ยวชาญ เบนเนท บรอนสันและฟิลิปปู เจริญวงส์ เรื่อง งานขุดค้นแหล่งโบราณคดีเกาะคอเขาและแหลมโพธิ์ และการศึกษาเส้นทางการค้าทางทะเลของโครงการศึกษาการตั้งถิ่นฐานและการค้าสมัยโบราณในประเทศไทย.” ศิลปากร 33, 1 (มกราคม-มีนาคม 2532) : 32-37.
- _____. “ลูกปัดโบราณ.” สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคใต้ 16 (2542) : 6954-6999.
- อเนก สีหามาตย์ และ สถาพร เทียงธรรม. “แหล่งโบราณคดีวัดชมชื่น”, รวมบทความทางวิชาการ ๗๒ พรรษาท่านอาจารย์ ศาสตราจารย์ หม่อมเจ้าสุภัทราวดีดิลกดิศกุล. กรุงเทพฯ : บริษัทพิมพ์เนศ พรีนติ้ง เซ็นเตอร์ จำกัด, 2538.
- อำไพ สุกัญญานนท์. “การศึกษาเมืองพระรถ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี จากหลักฐานโบราณวัตถุสถานและชั้นดินทางโบราณคดี.” วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดีประวัติศาสตร์ คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2530.

ภาษาต่างประเทศ

Anderson, Harriette. Kiln-Fired Glass. London : Pitman, 1970.

Auth, Susan H. Ancient glass at the Newark Museum from the Eugene Schaefer Collection of Antiquities. New jersey : the Newark Museum, 1976.

Battie, David., and Cottle, Simon, general editors. Sotheby's Concise Encyclopedia of Glass. London : conran outpress Limited, 1991.

Barag D. Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum Volume 1. London : British Museum Publications Ltd., 1985.

Bellina Bérénice. Mission archeologique Franco-Thaie Khao Sam Kaeo (province de Chumphon, Thaïnde péninsulaire) Rapport préliminaire de la Campagne 2006. UMR 7528 "Mondes iranien et indien" / E.F.E.O. (Mimeographed)

Berley, Vimala, ed. The ancient port of Arikamedu, New excavation and recherches 1979-1992 volume one. Paris : Ecole française d'Extrême orient, 2004.

_____. The ancient port of Arikamedu, New excavation and recherches 1979-1992 volume two. Paris : Ecole française d'Extrême orient, 2004.

Blakemore, Kenneth. A Retailer's Guide to Glass and Pottery. London : Butterworths, 1984.

Blend, Barbara, Islamic Glass. London : British Museum, 1980.

Bronson, Bronson. and Dales, F. Dales. "Excavations at Chansen, Thailaïnd 1968 and 1969, A Preliminary Report." In Asian Perspectives volume XV, 15-48. Honolulu : The University Press of Hawaii, 1973.

Carmona Noemi et al. "Islamic glasses from Al-Andalus, Characterisation of materials from a Murcian workshop (12th century AD, Spain)." Journal of Cultural Heritage 10 (2009) : 439-445.

¹Coombs, David, The antique Collector's guides : Glass (London : Ebury Press, 1979), 71-72.

Drahotova, Olga. European Glass. Translate by Norah Hronkova (Praha : Czechoslovakia, 1983_

- Flemming S.J. and Swann C.P. "Roman Mosaic Glass: a Study of Production Processes, Using PIXE Spectrometry", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 150 (1999) : 622-627.
- Francise, Peter Jr. Asia's Maritime Bead Trade 300 B.C. to the Present. Honolulu : University of Hawai I Press, 2002.
- Frank, Susan. Glass and Archaeology. New York : Academic Press, 1982.
- Fukai, Shinji. Persian glass. Translated by Crawford B.Edna. New York : Weatherhill, 1977.
- GIA Gem Instruments Corporation. GIA Gemset Manual. Santa Monica : GIA GEM Instruments, 1993.
- Goffer, Zvi. Archaeological chemistry. 2nd ed. Hoboken, N.J. : Wiley-Interscience, 2007.
- Goldstein, Sidney M. Pre-Roman and Early Roman Roman Glass in the Corning Museum of Glass. U.S.A. : the Stirehour Press and the Meriden Gravure Company, 1979.
- Grose, Frederick, David. Early Ancient Glass core-formed, rod-formed, cast-vessels and objects from the Late Bronze age to the Early Roman empire 1600 B.C. to A.D.50. New York : Hudson Hills Press, 1989.
- Grossmann R.A. Ancient Glass A guide to the Yale collection. New Haven : Yale University Art Glassery, 2002.
- Grover, Ian, and Bellwood, Peter, ed. Southeast asia from prehistory to history. New York : Routledge Curzon, 2004.
- Gun, Fuxi., Brill, Robert., and Tian Shouyun, ed. Ancient Glass Research Along the Silk Road. USA : Stallion Press, 2009.
- Hall, Mark, E. "Chemical Analyses of Sarmatian Glass Beads from Pokrovka, Russia." Journal of Archaeological Science 25 (1998) : 1239-1243.
- Hans, Wedepohl et al. "A Hedwig beaker fragment from bruno (Czech Republic)." Journal of Glass Studies 49, (2007) : 266-268.
- Henig, Martin. A Handbook of Roman Art. A survey of the Visual Arts of the Roman World. Great Britain : Pitman Press Limited, 1983.

- Klein, Dan and Ward Lloyd. The History of Glass. London : Orbis Publishing Limited, 1988.
- Huisman, D.J. et al. "Degradation Processes in Colourless Roman glass: Castes from the Bocholtz Burial." Journal of Archaeological Science 35 (2008) : 398-411.
- Jackson, C.M., and Nicholson, P.T. "The provenance of some glass ingots from the Uluburan shipwreck." Journal of Archaeological Science XXX (2009) 1-7.
- Jaiyao, An."Ancient Glass Trade in Southeast Asia." In Ancient Trade and Cultural Contacts in Southeast Asia the Office of the National Culture Commission, 127-138. Edited by Amara Srisuchat. Bangkok : Srimuang Printing Co., Ltd., 1996.
- James, Arther M., ed. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. London : Thames Polytechnic,1987.
- Jessens K. et al. "Corrosion phenomena in electron, proton and synchrotron X-ray microprobe analysis of Roman glass from Qumran,Jordan", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B., 109/110 (1996) : 690-695.
- Khoo, C.M.J. Art and Archaeology of Funan. Bangkok : Orchid press, 2003.
- Lamb, Alastair. "The Bases of Glass Vessels from Kedah and Takuapa compared.", In Miscellaneous papers on early hind and Buddhist settlement in southern Thailand from Federation Museum Journal Vol. VI new series 1961., 56-68. (Mimeographed)
- Lankton, James W. and Dussubieux, Laure. "Early glass in Asian Maritime trade : A review and an Interpretation of compositional analyses." Journal of Glass studies 48 (2006) : 121-144.
- Le Xuan Diem and Vu Kim Loc. Artefacts of Champa. Hai Quan. n.p.,1996.
- _____. Oc-Eo Culture, recent Discoveries. Hanoi : Social Science Publishing house,1995.
- Levey, martin. Archeological Chemistry a symposium. Philadelphia : University of Pennsylvania press, 1967.

- Liu, Xinru. Ancient India and Ancient China Trade and Religious Exchange A.D.1-600. Oxford : Oxford University press,1988.
- Mcleod, William T. International dictionary. Singapore : Singapore National Printers (Pte) Ltd., 1983),1268.
- Malleret, Louis. L'archéologie du Delta du Mekong. Bulletin de la société des Etudes Indochines. Tome troisièm. Paris : Ecole française d'extrê-orient, 1962.
- Marshall, Jo. Glass source book. Hong Kong : Chartwell, 1990.
- Mentasti, Barovier Rosa et al. Glass Throughout Time : History and Technique of Glassmaking from the Ancient World to the Present. Italy : Skira, 2003.
- Mergoil, Monique. Le verre préroman en Europe occidentale. Montagnac : Libairi Archéologique, 1989.
- Munsell. A.H. A Color Notation. Maryland : A Division of Kollmorgen Corporation,1946.
- Newman, Harold. An Illustrated dictionary of glass. London : Thames and Hudson Ltd.,1977.
- Newton, Roy and Davison, Sandra. Conservation of Glass. Great Britain : Cambridge University,1989.
- Noemi, Carmona et al. "Islamic Glasses from Al-Ancalus. Characterisation of Materials from a Murcian Workshop (12th century AD., Spain)." Journal of Cultural Heritage 10 (2009) : 439-445.
- Olga, Drahotova. European Glass. Translated by NorahHronkova. Prague : Czechoslovakia, 1983.
- Pautreau, Jean-Pierre, Mornais, Patricia, and Doy-Asa,Tasana, "Ban Wang Hai : Excavation of Iron Age Cemetery in Northern Thailand." The Journal of the Sian Society volume 85 Part 1 & 2 1977 (2003) : 161-172.
- Piero, Mirti et al. "Sasanian Glass from Veh Archsir : New Evidences by ICP-MS analysis." Journal of Archeologicla Science 36 (2009) : 1061-1069.
- Phoeby, Phillipe. The Encyclopedia of Glass. 2nd ed. New York : Crescent books,1987.
- Ravindra, N. Singh. Ancient Indian Glass : Archaeology and Technology. Delhi : Parimal Publicatiosn,1989.

- Rice, Talbot, Tamara. Ancient Arts of Central Asia. America : Thames and Hudson, 1965.
- Ryoichi, Hayashi. The Silk Road and the Shoso-in. Translated by Ricketles Robert. Tokyo : heibonsha, 1975.
- Ruthurst, Vose, Glass. London : Ebury Press, 1975.
- Schalm, Olivier et al. "Composition of 12-18th century Window Glass in Belgium: Nou-Figurtive Windows in Secular Buildings and Stained-glass Windows in Religious Buildings." Spectrochimica ACTA Part B 62 (2007) : 663-668.
- Schuler, Frederic, and Lilli. Glass Forming, Glass Making from the Craftman. Ontario (Canada) : Chilton Book Company and simultanecusly,1970.
- Silvestri, Alberta, Antonio Longinelli, and Gianmario Molin "δ¹⁸O Measurements of Archaeological Glass (Roman to Modern age) and Raw Materials : Possible Interpretation," Journal of Archaeological Science xxx (2009) :1-12.
- Shindo, yoko. "Islamic glass finds from Raya ,southern Sinai." Annale du 15e Congres de l'association internationale pour l'histoire du verre (2001) : 844-857.
- _____. "The early Islamic glass from al-Fustat in Egypt." Annale du 14e congrès de l'association internationale pour l'histoire du verre (2000) : 233-237.
- Weattley. The Golden Khersonese : studies in the Malay Peninsular before A.D.1500. Kuala Lumpur : University of Malaya press,1961.
- Wolters O.W. Early Indonesian Commerce. New York : Cornell University Press, 1974.
- Van Der Sleen W.G.N. A Hand Book on Beads. Pennsylvania : Liberty Cap books, 1973.
- Verita, Marco, Renier, Alessandro, and Zecchin, Sandro. "Chemical Analyses of Ancient Glass Findings excavated in the Venetian lagoon." Journal of Cultural Heritage 3 (2002) : 261-271.
- Velde B. and Gendron C., "Chemical Composition of Some Gallo-Roman Glass Fragments from Central Western France." Archaeometry 22, 2 (2007) : 184-187.
- Vost, Hurst, Ruth. The Antique Collector's Guides Glass. London : Ebury Press,1975.

- Wouters H et al. "Chemical Composition and Deterioration of Glass Excavated in the 15th-16th Centur Finshermen Town of Raversijde (Belgium)." Spectrochimica Acta B 59 (2004) : 1647-1656.
- Zucchiatti, Alessandro et al. "PIXE analysis of V-XVI century Glasses from the Archaeological Site of San Martino di Ovaro (Italy)." Journal of Cultural Heritage 8 (2007) : 307-314.

ภาคผนวก ก

ตารางจำแนกรายละเอียดขึ้นส่วนภาชนะแก้วเบื้องต้น

แบบบันทึกชิ้นส่วนภาชนะแก้วที่พบในหลุมขุดค้น
 ชื่อโครงการ การขุดค้นแหล่งโบราณคดีภูเขาทอง อ.สุขสำราญ จ.ระนอง พ.ศ. 2548
 หลุมขุดค้น หลุมขุดค้นที่ 2 (Pit.2)

หมายเลขถุง (Bag number)	ชั้นดิน สมมติ (cm. dt.)	กีด (Grid)	ส่วนของภาชนะ				ประเภทที่										ปริมาณ				ขนาด			หมายเหตุ				
			ปาก	ไหล่	ลำตัว	ก้น	อื่นๆ	น้ำเงิน	ฟ้า		ฟ้าอม เขียว	เขียว				เหลือง	ม่วง	ขาว	น้ำตาล แดง	น้ำตาล ใส	แดง	หลากสี	จำนวน (ชิ้น)		น้ำหนัก (กรัม)	กว้าง (cm.)	ยาว (cm.)	เส้นผ่า (cm.)
									7.5PB 1/2	7.5PB 2/2		7.5PB 1/12	2.5BG 4/6	2.5BG 6/6	2.5BG 6/8													
#001	s-60	AI	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	0.02	0.3	0.55	0.2		
#002	60-70	AI	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1.42	1.42	2.2	0.3		
#003	120-130	AI	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	7.55	1.95	2.55	1.32		
รวม																						3	8.99					

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการเป่าแก้ว

ภาพประกอบการเป่าแก้ว



ภาพที่ 286 เตาลอมแก้ว (ภาพรวม)



ภาพที่ 287 เตาลอมแก้ว (ด้านบน)



ภาพที่ 288 เป้าหลอมขนาดต่างๆ (โลหะ-เหล็ก)



ภาพที่ 289 เศษแก้วแตก เป็นส่วนหนึ่งของวัดฤติบ



ภาพที่ 290 ช่างเป่าแก้วกำลังขึ้นรูปแก้ว



ภาพที่ 291 ช่างเป่าแก้วกำลังแกว่งก้อนแก้ว



ภาพที่ 292 ช่างเป่าแก้วเป่าเพื่อขึ้นรูปในแม่พิมพ์



ภาพที่ 293 ช่างแก้วเป่าแก้วในแม่พิมพ์



ภาพที่ 294 โคมไฟแก้วขณะยังไม่ได้ตกแต่ง



ภาพที่ 295 เครื่องอบแก้วหลังจากเป่าเสร็จ



ภาพที่ 296 การขัดแก้วให้เรียบ



ภาพที่ 297 เครื่องแก้วสำเร็จรูป

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวญาติมา ทองคำ
ที่อยู่	538/83 ซอย จรัญสนิทวงศ์ 41 ถนน จรัญสนิทวงศ์ แขวงอรุณ อมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2546	จบการศึกษาระดับปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต วิชาเอกภาษา ฝรั่งเศส วิชาโทประวัติศาสตร์ จากคณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ.2548	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาโบราณคดีสมัย ประวัติศาสตร์ ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร