

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาในที่นี้ประกอบด้วย 2 หัวข้อหลักคือ 1)การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน 2)การศึกษาศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

3.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีต่อศักยภาพการเกิดกรด

3.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งถ่านหิน

ทำการศึกษาถึงลักษณะทางธรณีวิทยา การเกิดสะสมตัวของถ่านหินแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย และทำการศึกษาเปรียบเทียบแหล่งถ่านหินที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา คือ แหล่งถ่านหินในแอ่งลำปาง ซึ่งอยู่ในชุดหินแม่เมาะ อันได้แก่แหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง อ.ลี้ จ.ลำพูน และแหล่งถ่านหินแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพโดยรวมของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของแอ่งโดยการเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ใกล้เคียง จากนั้นจึงนำลักษณะทางธรณีวิทยาดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ถึงโอกาสการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของแหล่งถ่านหินในเขตภาคเหนือของประเทศต่อไป

3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีวิทยา

ถ่านหินมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) และกำมะถัน (S) และจากองค์ประกอบเหล่านี้ กำมะถันเป็นสาเหตุหลักของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นในการศึกษาถึงลักษณะทางธรณีวิทยาจึงต้องดูองค์ประกอบของถ่านหินที่เป็นกำมะถันหรือซัลเฟอร์เป็นหลัก ซึ่งกำมะถันในถ่านหินพบได้ทั้งในรูปกำมะถันอินทรีย์ (Organic Sulfur) และกำมะถันอนินทรีย์ (Inorganic Sulfur) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1. **กำมะถันอินทรีย์ (Organic Sulfur)** เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างพันธะทางเคมีระหว่างกำมะถัน (Sulfur) กับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) โดยทั่วไปถ่านหินจะมีกำมะถันอินทรีย์ในปริมาณที่น้อยกว่ากำมะถันอนินทรีย์ กล่าวคือมีสารประกอบซัลไฟด์ (Sulfide compound) มาก
2. **กำมะถันอนินทรีย์ (Inorganic Sulfur)** คือสารประกอบซัลไฟด์ (Sulfide) ที่พบมากในถ่านหิน ได้แก่ กาลีนา (Galena, PbS) ซาโคไพไรต์ (Chalcopyrite, CuFeS_2) อาซิโนไพไรต์ (Arsenopyrite, FeAsS) แต่ที่พบมากคือสารประกอบเหล็กซัลไฟด์ (FeS_2) ซึ่งจัดเป็นกำมะถันที่พบส่วนใหญ่ในถ่านหิน
3. **สารประกอบซัลเฟต (Sulphate Compound)** ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเกิดออกซิเดชันของกำมะถันอินทรีย์และสารประกอบซัลไฟด์ในถ่านหินนั้นๆ โดยสารประกอบซัลเฟตที่มักพบในถ่านหิน ได้แก่ แร่แบไรต์ (Barite, BaSO_4) แคลเซียมซัลเฟต (Gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Anhydrite, CaSO_4) และเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) ดังนั้นถ้าถ่านหินมีปริมาณสารประกอบซัลเฟตมากกว่าปกติแสดงว่าถ่านหินนั้นถูกออกซิไดซ์ (Oxidize) จึงมีโอกาสในการเกิดกรดมาก

ดังนั้น หลักเกณฑ์การศึกษาศักยภาพการเกิดกรดจากลักษณะทางธรณีวิทยาจึงพิจารณาจากธาตุองค์ประกอบที่เกิดในพื้นที่ร่วมกับความหนาของชั้นถ่านหิน จำนวนชั้นถ่านหิน ตลอดจนชั้นหินบริเวณรอบพื้นที่ เป็นตัวชี้วัดศักยภาพเบื้องต้นของการเกิดกรดของแต่ละแหล่งถ่านหิน

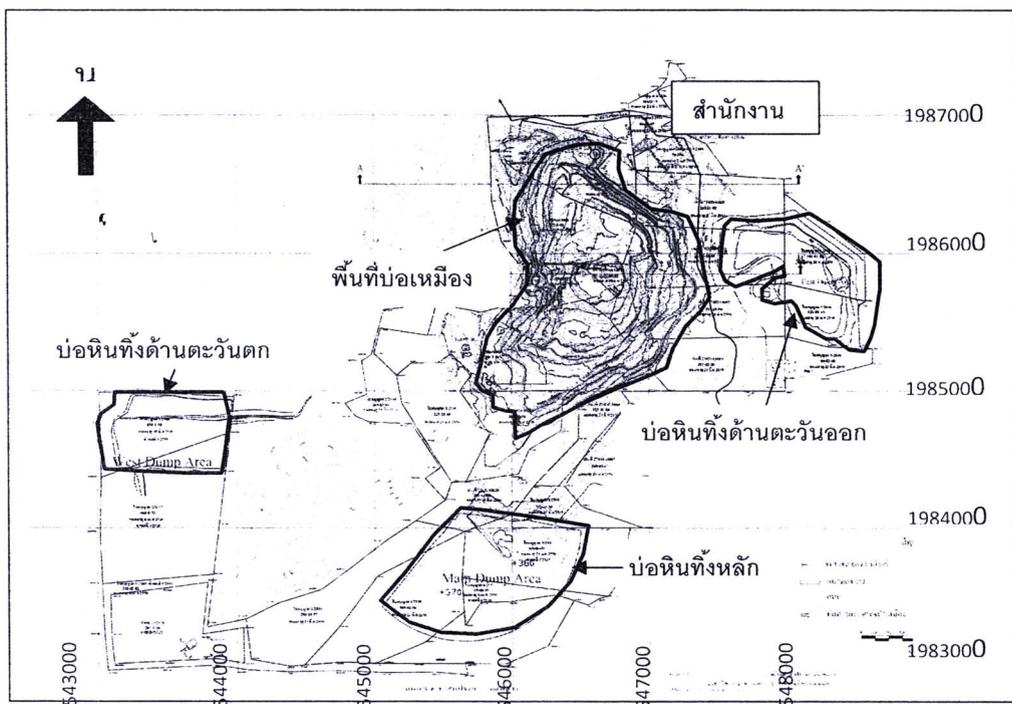
3.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง จากการวิเคราะห์ทางธรณีเคมีด้วยวิธีสแตติก (Static Test) สองวิธีคือ Acid Base Accounting (ABA Test) และ Net Acid Generation (NAG Test)

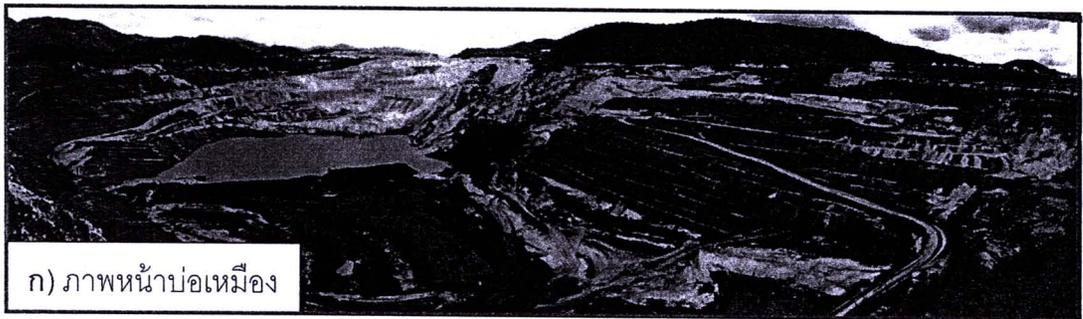
3.2.1 การเก็บตัวอย่าง

พื้นที่ดำเนินการศึกษาเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่เหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ ของบริษัท เอสซีจี ซิเมนต์ จำกัด (รูปที่ 3.1) โดยบริเวณที่ทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ ชั้นหินบริเวณพื้นที่บ่อเหมือง (Pit Mine) และพื้นที่กองหินทิ้ง (Waste dump) (รูปที่ 3.2) ซึ่งได้เก็บ

ตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 202 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างหินในพื้นที่บ่อเหมืองจำนวน 142 ตัวอย่าง และตัวอย่างหินบริเวณกองหินทิ้งจำนวน 60 ตัวอย่าง ตามชนิดหินและความหนาของชั้นหิน ดังสรุปในตารางที่ 3.1 – 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณพื้นที่การเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงพื้นที่บ่อเหมืองและกองหินทิ้งบริเวณเหมือง

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิด และจำนวนตัวอย่างหินจากพื้นที่บ่อเหมือง

ชื่อชั้นหิน	ชนิดหิน	จำนวน
เปลือกดินชั้นบน (Top Overburden: TOB)	ตะกอนหน้าดิน (Unconsolidated Sediment, US)	7
	หินถ้ำภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic Tuff, Tuff)	4
	หินควอร์ตซ์ (Quartzite, Qtz)	4
	หินโคลน (Mudstone, MS)	1
	ไม่สามารถระบุได้ (Unknown)	1

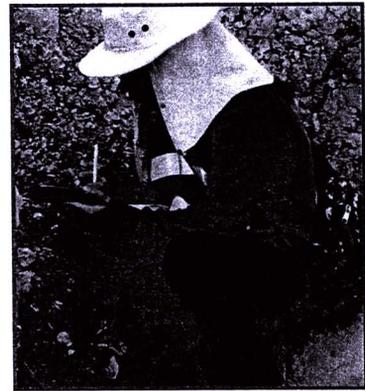
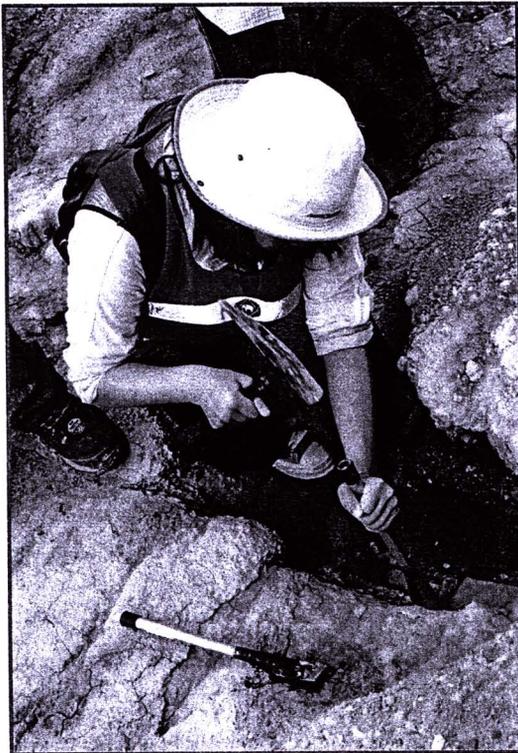
ชื่อชั้นหิน	ชนิดหิน	จำนวน
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden; OB)	หินทราย (Sandstone, SS)	11
	แคลครีต (Calcrete, Cal)	6
	หินกรวดมน (Conglomerate)	10
	หินโคลน (Mudstone, MS)	9
ชั้นแร่บอลเคลย์ (Ball Clay; BC)	ดินอุตสาหกรรม (Ball Clay, BC)	5
	หินโคลน (Mudstone, MS)	5
	หินทราย (Sandstone, SS)	6
	ดินเหนียวคาร์บอนเนต (Carbonaceous Claystone, CC)	5
ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1; CI)	ถ่านหิน (Coal, C)	7
	ถ่านหินที่มีไพไรต์แทรกสลับ (Coal/Pyrite, Py)	5
	หินเคลย์ที่มีคาร์บอนสูง (Carbonaceous Claystone, CC)	4
ชั้นหินระหว่างชั้นถ่าน หิน (Interburden; IB)	หินทราย (Sandstone, SS)	5
	หินดินเหนียว (Claystone, CS)	5
	หินโคลน (Mudstone, MS)	5
	ไม่สามารถระบุได้ (Unknown)	1
ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2; CII)	ถ่านหิน (Coal, C)	6
	ถ่านหินที่มีไพไรต์แทรกสลับ (Coal/Pyrite, Py)	8
ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden; UB)	หินดินเหนียว (Claystone, CS)	5
	หินทราย (Sandstone; SS)	7
	หินทรายแป้ง (Siltstone, Silt)	5
	หินถ้ำภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic Tuff, Tuff)	3
	ไม่สามารถระบุได้ (Unknown)	2

ตารางที่ 3.2 จำนวนตัวอย่างหินจากบริเวณกองหินทิ้ง

ชื่อพื้นที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง
กองหินทิ้งฝั่งตะวันตก (West dump, WD)	10
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (Inside pit south dump, InS)	10
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	10
กองหินทิ้งด้านตะวันออก (East dump, ED)	10
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	10
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	10

โดยมีรายละเอียดวิธีการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตและวางแผนการเก็บตัวอย่าง
2. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ค้อนธรณี เสียมหรือช้อนตักดิน เครื่องวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System, GPS) ถุงเก็บตัวอย่าง ปากกาเคมี กล้องถ่ายภาพ และสมุดบันทึก เป็นต้น
3. เก็บตัวอย่างโดยใช้ค้อนธรณีกะเทาะเอาดินผิวหน้าออกประมาณ 5 เซนติเมตร
4. ขุดดินที่อยู่ด้านในออกมาประมาณ 1 กก. ใส่ถุงเก็บตัวอย่าง ขนาด 10 x 15 นิ้ว (รูปที่ 3.3)
5. เขียนชื่อตัวอย่าง ชั้นหิน ชนิดหิน และพิกัดจุดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง GPS พร้อมทั้งเขียนชื่อชั้นหินและชนิดหินกำกับไว้ที่ข้างถุงตัวอย่างด้วย เพื่อความสะดวกในการนำตัวอย่างกลับไปทดสอบ (รูปที่ 3.3 และ 3.4)



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่าง

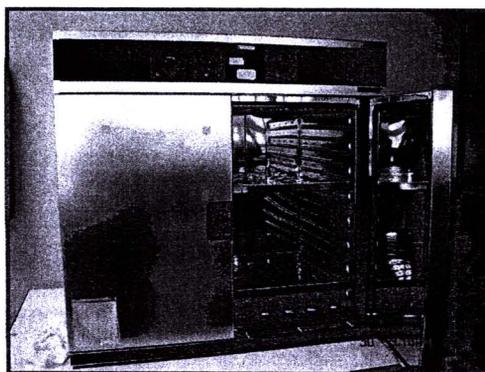


รูปที่ 3.4 แสดงการเก็บรักษาตัวอย่างหลังจากเก็บมาจากภาคสนาม

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างก่อนทำการทดลอง

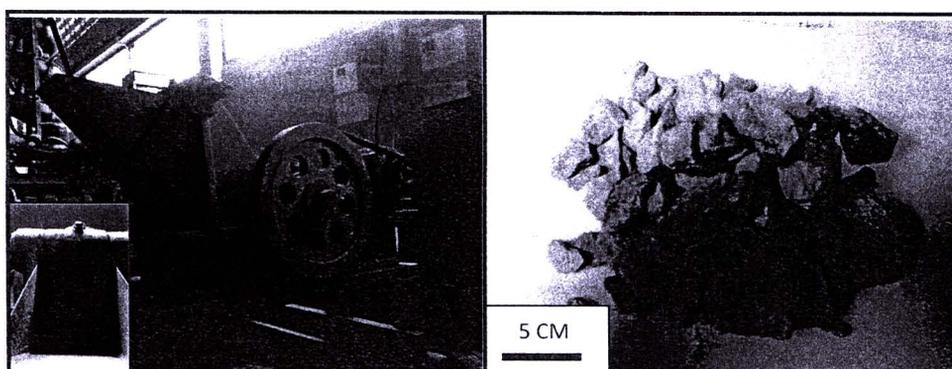
ก่อนจะนำตัวอย่างที่เก็บจากภาคสนามมาทำการทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องทำให้ทุกตัวอย่างอยู่ในสถานะที่เหมือนกันเพื่อควบคุมปัจจัย อันจะมีผลต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี เช่น เรื่องของขนาด ความชื้น และปริมาณ เป็นต้น โดยรายละเอียดวิธีการเตรียมตัวอย่างมีดังนี้

1. นำตัวอย่างมาอบ (รูปที่ 3.5) ที่ อุณหภูมิประมาณ 50° จนกว่าตัวอย่างจะแห้ง (ประมาณ 24 ชั่วโมง)



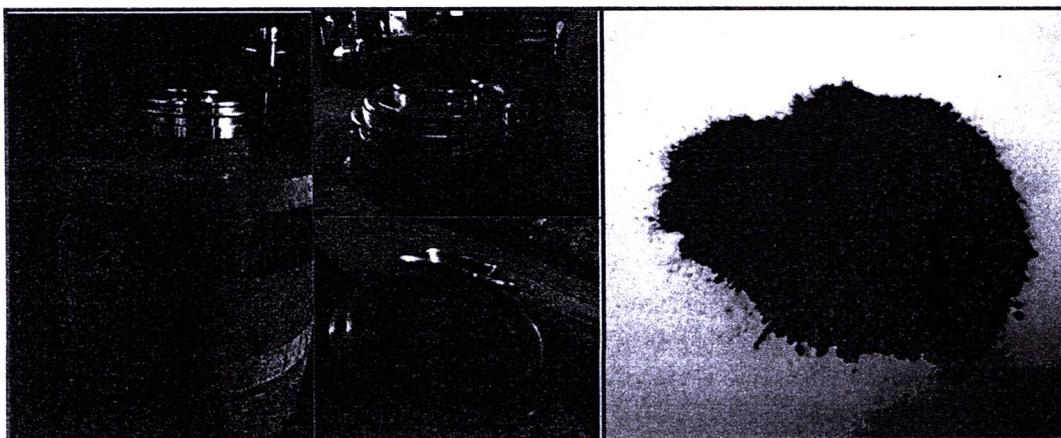
รูปที่ 3.5 ตู้อบที่ใช้ในการอบตัวอย่างให้แห้ง

2. นำตัวอย่างที่แห้งแล้วมาย่อยด้วยเครื่องย่อยแบบกระแทก (Jaw Crusher) (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 ภาพเครื่องย่อยแบบกระแทก (Jaw Crusher) และขนาดตัวอย่างหลังจากผ่านเครื่องย่อย

3. นำตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาบดจนมีขนาด 60 เมช (mesh) ด้วยเครื่องบดแบบถ้วย (Vibrating cup mill) ดังรูปที่ 3.7 แล้วจึงนำตัวอย่างมาทำการทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการตามขั้นตอนที่จะกล่าวต่อไป



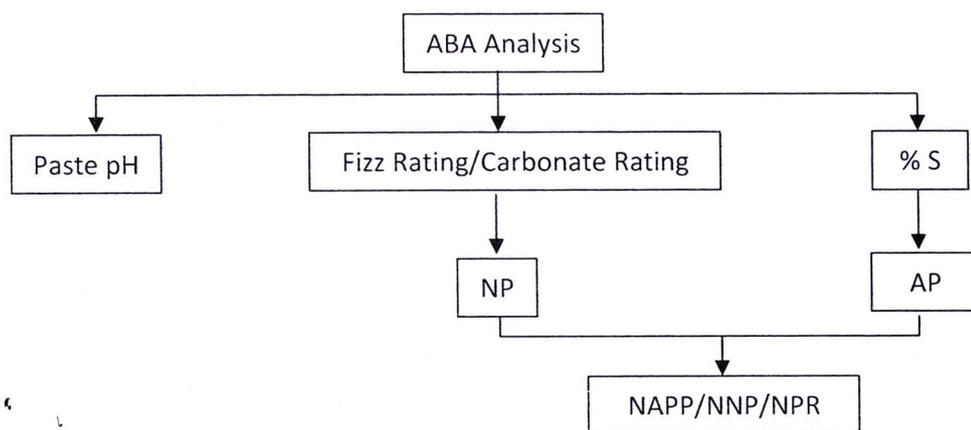
รูปที่ 3.7 ภาพแสดงเครื่องบดแบบถ้วย (Vibrating cup mill) และขนาดตัวอย่างหลังบด

3.2.3 การทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

วิธี Acid Base Accounting (ABA Test) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำเหม็นเป็นกรดซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH) ซึ่งวัดโดยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH meter) ค่าศักยภาพความเป็นกรดของเปลือกดินชั้นหิน (Acid Potential, AP) ซึ่งได้จากการนำค่าร้อยละของซัลเฟอร์คูณด้วย 31.25 (ร้อยละ 1 ของซัลเฟอร์ในดินต้องใช้คาร์บอน 3.125 กรัม ในการทำให้เป็นกลาง) และค่าศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP) ได้จากการหาอัตราการการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนกับกรด (Carbonate Rating) โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างตัวอย่างกับกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric, HCl) และการไทเทรตเพื่อหาค่าคาร์บอนที่เหลืออยู่ แล้วจึงนำมาหาค่า AP และ NP เพื่อนำไปคำนวณศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Net Neutralization Potential, NNP) และค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (Net Acid Production Potential, NAPP) จากผลต่างของ NP กับ AP ($NNP = NP - AP$, $NAPP = AP - NP$) (Lottermoser, 2003) และอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR) จากผลหารของ NP กับ AP ($NPR = NP/AP$) (Skousen et al, 2002 ; นุชนาท นาคำ, 2550.) โดยมีขั้นตอนดังแสดงใน

รูปที่ 3.8 ซึ่งการพิจารณาเป็นไปตามเกณฑ์ศักยภาพการเกิดน้ำเหม็นองเป็นกรดดังที่จะกล่าวต่อไป ในหัวข้อที่ 3.2.4



รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบแบบ ABA Test (นุชนาท นาคำ, 2550)

ขั้นตอนการทดลองด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

ขั้นตอนที่ 1: ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH)

- ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 10 กรัม ในบีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร (รูปที่ 3.9 ก.)
- เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันกับตัวอย่าง ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- วัดค่าความเป็นกรดของสารละลาย วัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (รูปที่ 3.9 ข.)



รูปที่ 3.9 แสดงการทดสอบการวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

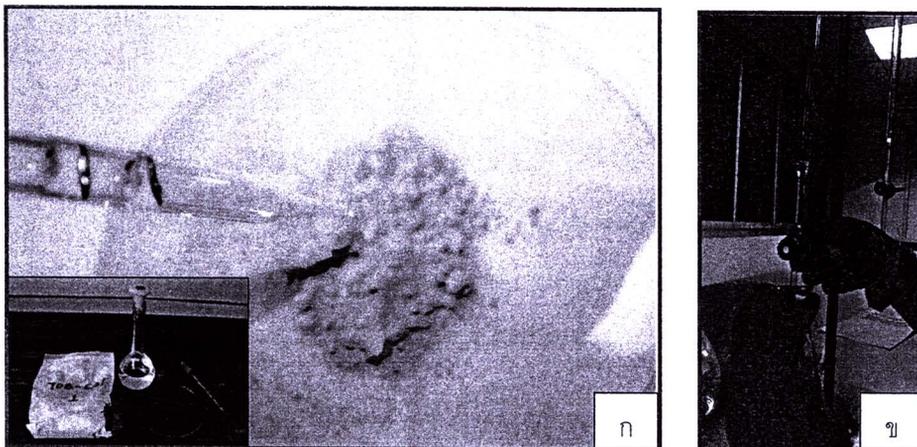
ขั้นตอนที่ 2: ศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP)

- หาอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนเนตกับกรด (Carbonate rating) ด้วยการหยด

- กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 1 ส่วนในน้ำกลั่น 3 ส่วน ลงในตัวอย่าง (รูปที่ 3.10 ก)
- สังเกตอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอเนตกับกรด (Carbonate rating) ของแต่ละตัวอย่าง เพื่อเลือกปริมาณและความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาตามตารางที่ 3.3
 - เตรียมสารละลายมาตรฐาน (Blank) โดยการนำกรดไฮโดรคลอริก (HCl) โทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) ตามความเข้มข้นและปริมาณในตารางที่ 3.3
 - เตรียมตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ปริมาณและความเข้มข้นตามอัตราการทำปฏิกิริยาของแต่ละตัวอย่าง (ตารางที่ 3.3)
 - นำสารละลายที่ได้ไปต้ม 2 ชั่วโมง โดยกวนสารทุกๆ 5 นาที
 - ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วต้มต่อ 1 นาที ก่อนทิ้งไว้ให้เย็น
 - นำสารละลายที่เย็นแล้วมาไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จนค่าความเป็นกรดต่างมีค่าเท่ากับ 7 (pH = 7) ดังรูปที่ 3.10 ข
 - บันทึกค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่า NP ตามสูตรที่จะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.2.4

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ในการทดลอง (Mills et al., online)

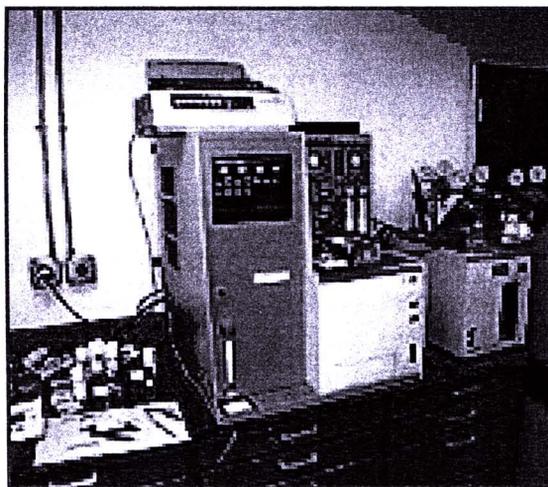
อัตราการฟู	HCl (ml)	HCl (N)
ไม่ทำปฏิกิริยา	20	0.1
ทำปฏิกิริยาเล็กน้อย	40	
ทำปฏิกิริยาปานกลาง	40	0.5
ทำปฏิกิริยาอย่างมาก	80	



รูปที่ 3.10 แสดงการทดสอบศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินและชั้นหิน

ขั้นตอนที่ 3 : ศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินชั้นหิน (Acid Potential, AP)

- วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์รวม ด้วยเครื่องวิเคราะห์ซัลเฟอร์ (Elemental Analyser, LECO CHNS-932) (รูปที่ 3.11)
- นำค่าเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ (%S) ที่ได้มาคำนวณหาค่าความเป็นกรดตามสูตรที่กล่าวในหัวข้อ 3.2.4

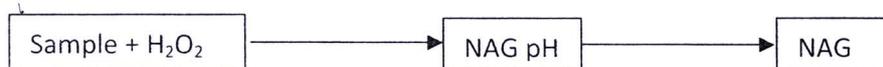


รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์

(<http://www.biorefinery.uga.edu/facilities%20.html>)

การทดสอบด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

วิธี NAG Test เป็นการวัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) และค่าศักยภาพการเกิดกรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid, H_2SO_4) ของซัลไฟต์ในตัวอย่าง (รูปที่ 3.12) โดยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2) ลงในตัวอย่างและต้มเพื่อเร่งปฏิกิริยาจนปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ (หมดฟอง) ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ด้วยเครื่อง pH meter และวัดค่ากรดซัลฟิวริกด้วยการนำสารละลายไปไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า NAG (Mills et al., online) และพิจารณาแยกศักยภาพตามเกณฑ์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.4



รูปที่ 3.12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบโดยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

ขั้นตอนการทดลองด้วยวิธี NAG Test

ขั้นตอนที่ 1: ค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH)

- ชั่งตัวอย่าง 2.5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
- เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ลงในตัวอย่าง ปิดด้วยกระดาษฟิวส์ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (รูปที่ 3.13 ก)
- นำสารละลายไปต้มจนปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ดังรูปที่ 3.13 ข ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เรียกค่าความเป็นกรดต่างนี้ว่า “ค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย” (NAG pH)



รูปที่ 3.13 แสดงการทดสอบหาค่ากรดต่างสุดท้าย (NAG pH)

ขั้นตอนที่ 2: ปริมาณกรดซัลฟิวริก (NAG)

- นำสารละลายที่วัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้ายแล้วในขั้นตอนที่ 1 มาไทเทรตกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ตามค่าความเป็นกรดต่างสุดท้ายและความเข้มข้นดัง ตารางที่ 3.4 จนค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.5 หรือ 7 (pH = 4.5, 7) (รูปที่ 3.14)
- คำนวณหาค่าปริมาณกรดซัลฟิวริก (NAG) ตามสูตรที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (Mills et al., online)

NAG pH	pH	NaOH CONCENTRATION
2 < pH < 4.5	4.5	0.10 N
2 < pH > 4.5	7	
pH < 2	4.5	0.50 N



รูปที่ 3.14 แสดงการทดสอบหาปริมาณกรดซัลฟิวริก

3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ

การทดสอบด้วยวิธี ABA Test

ศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP)

$$\text{คำนวณได้จากสูตร} \quad NP = [A - (B \times C/D)] \times 25 \times N \quad (1)$$

เมื่อ NP = ปริมาณคาร์บอเนต (กิโลกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อตันของหิน, Kg CaCO₃/t)

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ (มล.)

B = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ไทเทรต (มล.)

C = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่เติมในสารละลายมาตรฐาน (มล.)

D = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน (มล.)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ (Normality, N)

ศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินชั้นหิน (Acid Potential, AP)

$$\text{คำนวณได้จากสูตร} \quad AP = 31.25 \times (\% S) \quad (2)$$

เมื่อ AP = ปริมาณกรด (กิโลกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อตันของหิน, Kg CaCO₃/t)

% S = ค่าร้อยละของซิลเฟออร์จากเครื่องวัดปริมาณซิลเฟออร์แต่ละตัวอย่างที่ทดสอบ

31.25 = ค่าคงที่ของกรดที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับคาร์บอเนต

ศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Net Neutralization Potential, NNP) ศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (Net Acid Production Potential, NAPP) และอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Neutralization Potential Ratio, NPR)

ค่าศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (NNP) และค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) ได้จากผลต่างระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดิน (NP) กับค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดิน (AP) โดยมีหลักการคือหากค่าความเป็นกลางของเปลือกดินน้อยกว่าค่าความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดิน (NP < AP) จะได้ว่าค่า NNP ติดลบ (-) ในขณะที่ค่า NAPP เป็นบวก (+) แสดงว่าเปลือกดินชั้นหินนั้นมีศักยภาพในการเกิดกรด แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลต่างของค่าความเป็นกลางกับค่าความเป็นกรดของเปลือกดินนั้นๆ

ค่าอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (NPR) จะได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดิน (NP) กับค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดิน (AP) โดยมีหลักการคือหากค่าความเป็นกลางน้อยกว่าค่าความเป็นกรด (ผลหารน้อยกว่า 1) แสดงว่าเปลือกดินชั้นหินนั้นมีศักยภาพในการเกิดกรด แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสัดส่วนที่เกิดขึ้น หากมีค่าน้อยแสดงว่ามีค่าความเป็นกรดมากซึ่งเกณฑ์การพิจารณาค่าความเป็นกรดของเปลือกดินจากค่าทั้งสองที่กล่าวมานั้นแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี ABA Test (Skousen et al., 2002)

ABA parameter	Calculated value	Predicted quality
NNP	< 0	Net acid
(NP – AP)	>12	Net alkaline
NPR	< 1	Net acid
(NP/AP)	>2	Net alkaline

การทดสอบด้วยวิธี NAG Test

การทดสอบด้วยวิธี NAG Test นั้นจะพิจารณาจากค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ควบคู่กับค่าปริมาณกรดซัลฟิวริก (NAG) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\text{NAG} = 49 \times V \times M/W \quad (3)$$

เมื่อ NAG = ศักยภาพการเกิดกรด (กิโลกรัมของกรดซัลฟิวริกต่อตันของหิน, kg H₂SO₄/t)

V = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ไทเทรต (มล.)

M = โมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (โมล/ลิตร)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาศักยภาพในการเกิดกรดจากทั้งสองค่านี้นั้นแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี NAG Test (Laio et al., 2007)

NAG pH	Calculated NAG	Predicted quality
≥ 5	0 – 2	ไม่มีศักยภาพเป็นกรด
$2.5 < \text{NAG pH} < 5$	2 – 50	ศักยภาพเป็นกรดปานกลาง
≤ 2.5	>50	ศักยภาพเป็นกรด

การเปรียบเทียบการทดสอบด้วยวิธี ABA Test กับวิธี NAG Test

เมื่อได้ค่าศักยภาพความเป็นกรดจากทั้ง 2 วิธีการทดสอบแล้ว สามารถนำค่าทั้งสองที่ได้มาทำการเปรียบเทียบเพื่อความถูกต้องแม่นยำ โดยการนำค่าศักยภาพการเกิดกรดสุทธิ (Net Acid Production Potentials, NAPP) ที่ได้จากการนำต่างระหว่างศักยภาพความเป็นกรดสูงสุด (AP) และความเป็นกลางของเปลือกดิน (NP) ($NAPP = AP - NP$) จากการทดสอบด้วยวิธี ABA Test มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดต่ำสุดท้าย (NAG pH) จากการทดสอบด้วยวิธี NAG Test โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test (Stewart et al., 2006)

NAPP (AP – NP)	NAG pH	Predicted Quality
> 0	< 4.4	Potential Acid Forming (PAF)
≤ 0	< 4.5	Uncertainty
> 0	≥ 4.5	
≤ 0	≥ 4.4	Non Acid Forming (NAF)

จากเกณฑ์ดังกล่าวจะพบว่าผลของตัวอย่างที่ได้จะแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด (Non Acid Forming, NAF) มีศักยภาพในการเกิดกรด (Potential Acid Forming, PAF) และไม่สามารถระบุได้ชัดเจน (Uncertainty)