

สภาพแวดล้อมบรรพกาลของชั้นหินคาร์บอนีฟิวคเพอร์เมียตอนกลาง บริเวณทางตอนใต้ของแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ โดยใช้ข้อมูลตะกอนวิทยา ซากดึกดำบรรพ์โคโนดอนต์ และฟิวซูลินิด

Paleoenvironments of the Middle Permian carbonate sequences in the southern part of the Loei-Phetchabun Foldbelt using sedimentology, conodonts and fusulinids

มรกต สิงหะสุริยะ,^{1*} มงคล อุดชาชน,² หทัยทิพย์ ทศนภักดิ์²

Morakot Singhasuriya,¹ Mongkol Udchachon,² Hathaithip Thassanapak²

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาพแวดล้อมบรรพกาลช่วยให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องราวทางธรณีวิทยาในอดีต การศึกษาสภาพแวดล้อมบรรพกาลนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลหลายด้านประกอบกัน เช่น ข้อมูลตะกอนวิทยา บรรพชีวินวิทยา การลำดับชั้นหิน และอายุหิน เป็นต้น โดยวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้เพื่อสำรวจและศึกษาอนุกรมวิธานซากดึกดำบรรพ์โคโนดอนต์และซากดึกดำบรรพ์ฟิวซูลินิด และการศึกษาด้านตะกอนวิทยาเพื่อการศึกษาสภาพแวดล้อมบรรพกาล ซึ่งพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณตอนใต้ของแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ประกอบด้วยหินตะกอนยุคเพอร์เมียเป็นหลัก โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างหินตะกอนคาร์บอนีฟิวคทั้งหมด 8 ตัวอย่าง จากสองหน้าตัดชั้นหินในพื้นที่ อำเภอแมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี โดยผลการศึกษาพบโคโนดอนต์จำนวน 3 สกุล แยกได้ 4 ชนิด ได้แก่ *Mesogondolella siciliensis*, *Mesogondolella omanensis*, *Sweetognathus subsymmetricus* และ *Hindeodus* sp. และพบฟิวซูลินิด 7 สกุล ได้แก่ *Parafusulina* sp., *Schwagerina* sp., *Afghanella* sp., *Neofusulinella* sp., *Dunbarula* sp., *Pseudodoliolina* sp. และ *Verbeekina* sp. จากข้อมูลซากดึกดำบรรพ์เหล่านี้และการศึกษาด้านตะกอนวิทยาบ่งชี้ว่าสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนของคาร์บอนีฟิวคเป็นแบบเขตร้อนบริเวณพื้นลาดความชันและแอ่งทะเลลึก ซึ่งสามารถกำหนดอายุในช่วงยุคเพอร์เมียตอนกลาง

คำสำคัญ: ซากดึกดำบรรพ์ สภาพแวดล้อมบรรพกาล โคโนดอนต์ ฟิวซูลินิด แนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ แผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ยุคเพอร์เมีย

¹ นิสิตปริญญาโท, ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master degree student, ² Assist. Prof., Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author: Morakot Singhasuriya, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand

Abstract

Paleoenvironmental study has been used for understanding on natural history of geological past. Paleoenvironmental interpretation requires various basic data such as lithology, sedimentology, paleontology, stratigraphy and age of rock. The main objective of this study is to investigate and study on taxonomy of conodonts and fusulinids and integrated with sedimentology in order to interpret paleoenvironment of the carbonate sequences exposed in central Thailand. The study area belongs to the southern part of the Loei-Phetchabun foldbelt which is located to the western portion of the Indochina terrane. Eight limestone samples were collected from Muak Lek District of Sara Buri Province. As a results 3 genera and 4 species of conodont were observed and consisted of *Mesogondolella siciliensis*, *Mesogondolella omanensis*, *Sweetognathus subsymmetricus* and *Hindeodus* sp. Fusulinids can be classified into 7 genera which include *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Afghanella*, *Neofusulinella*, *Dunbarula*, *Pseudodoliolina* and *Verbeekina*. These faunas and sedimentological data of the studied sequences indicate warm-tropical marine environment during Middle Permian, which includes a slope and a deep basin paleoenvironments.

Keywords: Fossil, Paleoenvironment, Conodont, Fusulinid, Loei-Phetchabun Foldbelt, Permian.

บทนำ

การศึกษาอนุกรมวิธานของซากดึกดำบรรพ์มีประโยชน์ต่อการศึกษาวिकासของสิ่งมีชีวิต การลำดับชั้นหินตามชีวภาพ และอายุชั้นหินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะซากดึกดำบรรพ์ขนาดเล็ก (Microfossil) เช่น โคนodont และฟิวซูลินิด เป็นต้น เนื่องจากมีช่วงเวลาการปรากฏในธรณีกาลสั้น หรือมีวิวัฒนาการรวดเร็ว จึงมีประโยชน์ในการระบุช่วงอายุของชั้นหินได้แม่นยำ ซึ่งนิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการลำดับชั้นหิน การตีความเหตุการณ์ทางธรณีในอดีต และถูกใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลกเพื่อเทียบเคียงอายุสัมพัทธ์และอาจนำมาใช้เป็นซากดึกดำบรรพ์ดัชนี¹ นอกจากนี้สมบัติทางตะกอนที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดของเม็ดตะกอน รูปร่างของตะกอน สี โครงสร้างของหินตะกอน และซากดึกดำบรรพ์ เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการสะสมตะกอนตามสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและเวลาที่แตกต่างกัน สามารถนำมาตีความสภาพแวดล้อมบรรพกาลได้เป็นอย่างดี²

อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านบรรพชีวินวิทยาในบางพื้นที่ศึกษารังนี้ยังไม่มีการศึกษาอย่าง

ละเอียด เนื่องจากเหตุผลหลายประการ แต่ปัจจุบันการก่อสร้างและการขยายตัวด้านที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมช่วยเปิดพื้นที่ให้ค้นพบหน้าตัดชั้นหินใหม่ ซึ่งบริเวณตอนกลางของประเทศไทยเป็นรอยต่อระหว่างที่ราบลุ่มภาคกลางและที่ราบสูงโคราชมีโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่น่าสนใจ เช่น แนวเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ และบ่อขุดหินเพื่อทำอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณจังหวัดสระบุรี ซึ่งตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของประเทศไทยมีชั้นหินอยู่ในช่วงรอยต่อระหว่างกลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) กับกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) หรือบริเวณตอนใต้ของแนวเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ ซึ่งมีการโผล่ปรากฏของหินปูนและพบซากดึกดำบรรพ์สัตว์เป็นจำนวนมาก เช่น ฟิวซูลินิด ไครนอยด์ ปะการัง หอยตะเกียงโบราณ หอยฝาเดียว หอยสองฝา และฟองน้ำ เป็นต้น³ จึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพต่อการศึกษาสภาพแวดล้อมบรรพกาล โดยเฉพาะการใช้กลุ่มชีวินโคนodont และฟิวซูลินิดมาศึกษาร่วมกับลักษณะข้อมูลทางด้านตะกอนวิทยาของชั้นหิน ซึ่งจะสามารถนำมาตีความ

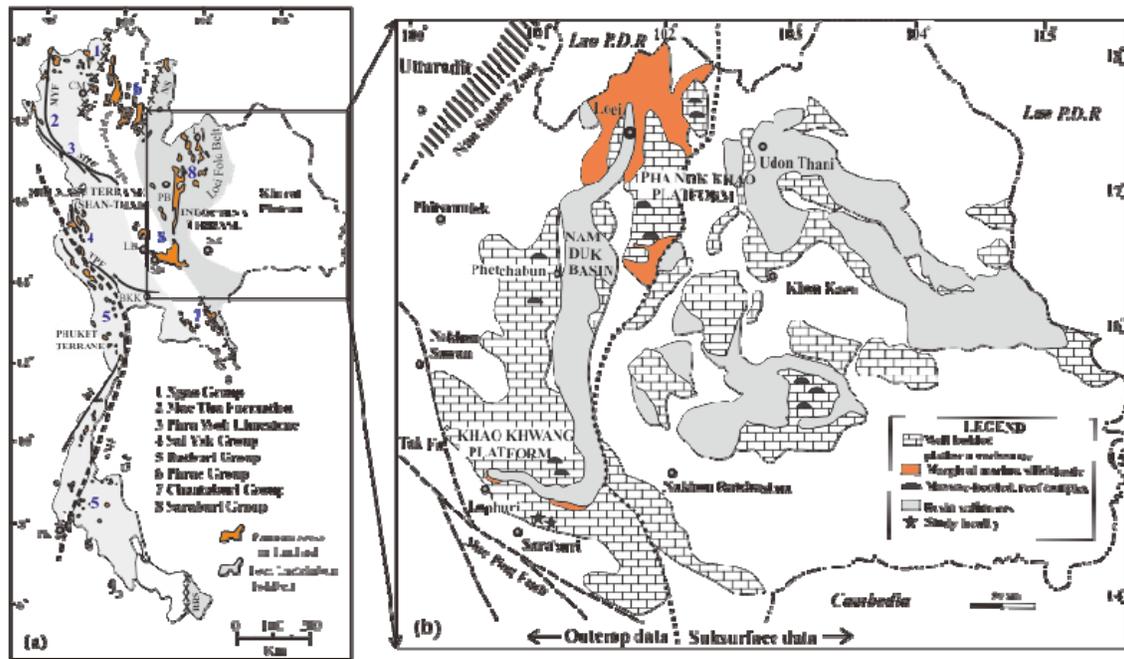


Figure 1 Paleogeographic map of NE Thailand showing generalized distribution of Cisuralian–Guadalupian sequences and paleoenvironments of central Thailand based on Burrett *et al.* (2014).⁴ The study sections are located to the southern part of the Khao Khwang Platform in the south of Loei-Phetchabun Foldbelt.

การเปลี่ยนแปลงหรือวิวัฒนาการของสภาพแวดล้อมในอดีตของพื้นที่ศึกษาได้ตี

ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกขนาดเล็ก 2 แผ่น คือ แผ่นเปลือกโลกอินโดจีน อยู่ทางทิศตะวันออก และแผ่นเปลือกโลกฉาน-ไทย อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของแนวตะเข็บธรณีน่าน (Nan Suture) (Figure 1) พื้นที่ประเทศไทยส่วนของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนรองรับด้วยหินมหายุคพาลีโอโซอิก มหายุคมีโซโซอิก และมหายุคซีโนโซอิก ส่วนของแผ่นเปลือกโลกฉาน-ไทยรองรับด้วยหินมหายุคพรีแคมเบรียน มหายุคพาลีโอโซอิก มหายุคมีโซโซอิก และมหายุคซีโนโซอิก โดยหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบนประกอบด้วยหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคเพอร์เมียน หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสส่วนใหญ่เป็นพวกหินทราย หินดินดาน และหินโคลนปนกรวด มีหินเชิร์ตและหินปูนอยู่บ้าง ในขณะที่หินยุคเพอร์เมียนส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูนชั้นหนาและแสดงลักษณะภูมิ

ประเทศแบบคาสต์ (Karst topography) มีหินดินดาน หินทราย และหินเชิร์ตบ้าง ซึ่งขอบเขตของหินปูนยุคเพอร์เมียนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวหลัก แนวที่ปรากฏอยู่ทางด้านตะวันตกและบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยกำหนดให้อยู่ในกลุ่มหินราชบุรี ส่วนแนวที่ปรากฏทางด้านตะวันออกครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสระบุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดนครสวรรค์ และพื้นที่ตามแนวขอบที่ราบสูงโคราชด้านตะวันตก กำหนดให้อยู่ในกลุ่มหินสระบุรี สำหรับหินยุคเพอร์เมียนในบริเวณภาคเหนือกำหนดให้อยู่ในกลุ่มหินงาว³ (Figure 1)

หินยุคเพอร์เมียนบริเวณตอนกลางของประเทศไทยนั้นไหลให้เห็นตลอดแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ จากด้านเหนือถึงใต้ (Figure 1) โดยทั่วไปหินยุคเพอร์เมียนประกอบด้วยหินตะกอนเนื้อประสมและหินคาร์บอนเนตแทรกสลับกัน พบค่อนข้างต่อเนื่องจากจังหวัดเลยจนกระทั่งถึงบริเวณจังหวัดสระบุรีและจังหวัดนครราชสีมา โดยหินยุคเพอร์เมียนทางตอนใต้แนวเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ประกอบด้วยหินปูนเป็น

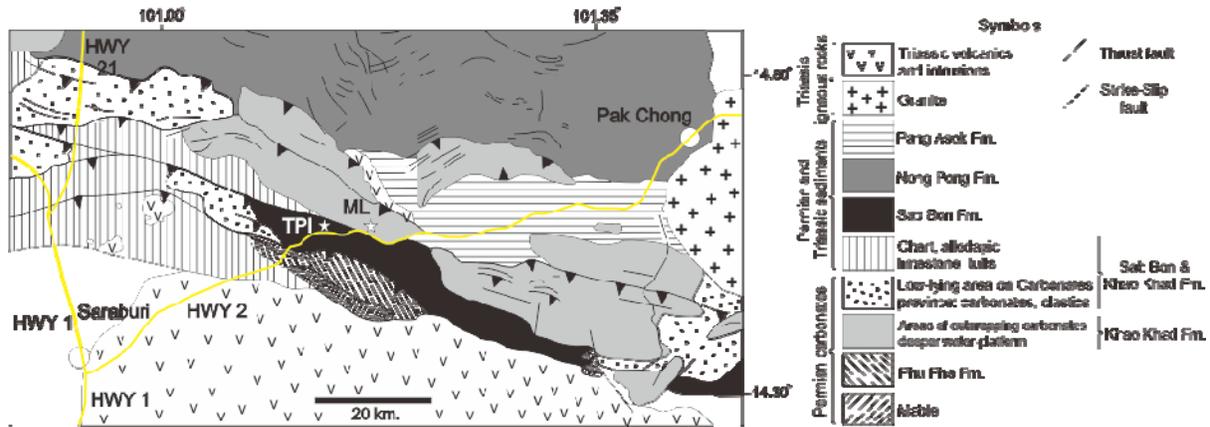


Figure 2 Geological map of the Saraburi-Pak Chong district in the southern part of the Loei-Phetchabun Foldbelt based on Arboit *et al.* (2016).⁵ The ML section is located in the Khao Khad Formation. The TPI section is located in the Sap Bon Formation.

ส่วนใหญ่ บางแห่งมีหินโดโลไมต์และหินปูนเนื้อปนโดโลไมต์แทรกสลับ ในหลายพื้นที่มีหินดินดานและหินเชิร์ตแทรกสลับอยู่ด้วย ภูมิศาสตร์บรรพกาลของหินยุคเพอร์เมียนตามแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์จัดออกเป็น 3 พื้นที่หลัก คือลานตะกอนคาร์บอนเนตเขาขวางตั้งอยู่ด้านทิศตะวันตกและลานตะกอนคาร์บอนเนตผานกเค้าตั้งอยู่ด้านทิศตะวันออก โดยมีแอ่งตะกอนน้ำจืดอยู่ตรงกลาง⁶ (Figure 1) หินยุคเพอร์เมียนในพื้นที่ทางตอนใต้ของแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์จัดอยู่ในกลุ่มหินสระบุรี ซึ่งกลุ่มหินสระบุรีสะสมตัวในยุคเพอร์เมียนพบบริเวณจังหวัดสระบุรี ติดต่อกับเขตจังหวัดลพบุรีและนครราชสีมา และสามารถแบ่งได้เป็น 6 หมวดหิน ได้แก่ หมวดหินภูเพ (Phu Phe Formation) หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) หมวดหินปางอศอก (Pang Asok Formation) หมวดหินเขาขาด (Khao Khad Formation) และหมวดหินซัพบอน (Sap Bon Formation)⁷ ทั้งนี้ส่วนใหญ่มีช่วงอายุคาบเกี่ยวกันในยุคเพอร์เมียน ขณะที่บางหมวดหินมีช่วงอายุถึงยุคไทรแอสซิก (Figure 2, 7)

การโผล่ปรากฏของชั้นหินในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 หน้าตัดชั้นหิน โดยตั้งอยู่ในอำเภอแมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี

(Figure 3) ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนใต้ของแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

หน้าตัดชั้นหินแมวกเหล็ก (ML) บริเวณระหว่างหลักกิโลเมตรที่ 31-32 ของถนนหมายเลข 2 ตำแหน่งละติจูด 14° 37' 48" ลองจิจูด 101° 09' 36" ทางตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี พบการโผล่ปรากฏของชั้นหินปูนสีเทาจางและวางตัวอยู่บนหินดินดานสีน้ำตาลเข้ม โดยชั้นของหินปูนส่วนใหญ่มีความหนาปานกลางถึงหนามาก ความยาวของชั้นหินทั้งหมดประมาณ 80 เมตร ประกอบด้วยหน้าตัดชั้นหินที่มีความแตกต่างกันของเนื้อหิน 5 หน่วยหิน ได้แก่ หน่วยหิน A: หินดินดานชั้นหนา สีน้ำตาลจาง วางตัวเรียงกันอย่างต่อเนื่อง มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 25 เมตร หน่วยหิน B: หินดินดานชั้นบาง สีน้ำตาลและสีส้ม ผุพังมาก วางตัวเรียงกันอย่างต่อเนื่อง มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 15 เมตร หน่วยหิน C: หินปูนชั้นหนามาก เนื้อหยาบสีเทา มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 25 เมตร หน่วยหิน D: หินปูนสีเทาชั้นหนา เนื้อค่อนข้างละเอียด มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 10 เมตร หน่วยหิน E: หินปูนสีเทาชั้นหนานปานกลาง มีการคดขนาดเนื้อหยาบสลับเนื้อละเอียด และมีหินดินดานแทรกบ้างเล็กน้อย มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 5 เมตร (Figure 3, 4) ซึ่งจากแผนที่ธรณีวิทยาสามารถกำหนดให้อยู่ในหมวดหินเขาขาด^{5, 7}



หน้าตัดชั้นหินโรงงานปูนซีเมนต์ที่พีไอ (TPI) บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 27+500 ของถนน หมายเลข 2 ตำแหน่งละติจูด 14° 37' 48" ลองจิจูด 101° 07' 48" ทางตอนใต้ของอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี พบการโผล่ปรากฏของชั้นหินปูนสีเทา สีเทาจาง และหินดินดานสีน้ำตาลเข้ม โดยชั้นของหินปูนส่วนใหญ่มีความหนาปานกลาง ความยาวของชั้นหินทั้งหมดประมาณ 40 เมตร ประกอบด้วยหน้าตัดชั้นหินที่มีความแตกต่างกันของเนื้อหิน 4 หน่วยหิน ได้แก่ หน่วยหิน A: หินปูนสีเทา ชั้นหนา เนื้อเนียนผสมเนื้อหยาบ มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 3 เมตร หน่วยหิน B: หินดินดานสีน้ำตาล ชั้นหนา วางตัวต่อเนื่องกับหน่วยหินแรก มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 7 เมตร หน่วยหิน C: หินดินดานสีน้ำตาลและส้ม เนื้อฟู มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 10 เมตร บางจุดพบก้อนหินปูนสีเทา เนื้อหยาบ พบซากดึกดำบรรพ์น้อย หน่วยหิน D: หินปูนสีเทาชั้นหนาปานกลาง เนื้อหยาบเต็มไปด้วยเศษซากดึกดำบรรพ์ ตอนบนมีการคั่นขนาดของขนาดตะกอน มีความหนาทั้งหมด ประมาณ 20 เมตร (Figure 3, 4) ซึ่งจากแผนที่ธรณีวิทยาสามารถกำหนดให้อยู่ในหมวดหินชั้นบน^{5, 7}

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาหินปูนจากสองหน้าตัดชั้นหินในพื้นที่อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี จำนวนทั้งหมด 8 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น หน้าตัดชั้นหินมวกเหล็ก 3 ตัวอย่าง และ หน้าตัดชั้นหินโรงงานปูนซีเมนต์ที่พีไอ 5 ตัวอย่าง ซึ่งนำมาศึกษาภายในห้องปฏิบัติการตามวิธีการของ Green (2001)⁸ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

การสกัดตัวอย่างหินเพื่อตรวจสอบซากดึกดำบรรพ์โคโนดอนต์ โดยนำตัวอย่างหินที่เก็บมาจากการสำรวจภาคสนามประมาณ 10-15 กิโลกรัม ไปตรวจสอบในห้องปฏิบัติการเคมี โดยใช้กรดน้ำส้ม (CH₃COOH) 15-20% แล้วแยกโคโนดอนต์ออกจากตะกอนโดยใช้สาร Sodium Polytungstate (Heavy liquid): (Na₆(H₂W₁₂O₄₀)H₂O) แล้วนำตัวอย่างไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอและถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในชั้นตอนต่อไป

การทำแผ่นหินขัดบางเพื่อศึกษาซากดึกดำบรรพ์ฟิวซิลินิดและเนื้อหิน โดยนำตัวอย่างหินที่เก็บมาจากการสำรวจภาคสนามไปเตรียมในห้องปฏิบัติการตัดหินเพื่อจัดทำแผ่นหินขัดบาง โดยใช้เครื่อง RF 14-1 6 Slab Saw, SF-8 Trim Saw, Thin-Section Grinder และ Thin-Section Machine ตามลำดับ และศึกษาอนุกรมวิธานฟิวซิลินิดและตะกอนวิทยาต่อไป

ผลการศึกษา

การศึกษานุกรมวิธานของโคโนดอนต์

ตัวอย่างโคโนดอนต์ได้ดำเนินการศึกษาด้วยกล้องใช้แสงแบบสเตอริโอและภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยจัดอนุกรมวิธานตามหลักของ Sweet (1998)⁹ พบว่ามีโคโนดอนต์ในพื้นที่ศึกษาอยู่อย่างน้อย 3 สกุล ได้แก่ *Mesogondolella*, *Sweetognathus* และ *Hindeodus* ซึ่งพบในหน้าตัดชั้นหินมวกเหล็ก ได้แก่ *Mesogondolella siciliensis*, *Mesogondolella omanensis*, *Sweetognathus subsymmetricus* และ *Hindeodus* sp. และหน้าตัดชั้นหินโรงงานปูนซีเมนต์ที่พีไอ ได้แก่ *Mesogondolella siciliensis*, *Sweetognathus subsymmetricus* และ *Hindeodus* sp.

Class CONODONTA Eichenberg, 1930

Subclass CONODONTI Branson, 1938

Order OZARKODINIDA Dzik, 1976

Superfamily GONDOLLELLACEA Lindström, 1970

Family GONDOLLELLIDAE Lindström, 1970

Genus *Mesogondolella* Kozur, 1989

Type species: *Mesogondolella bisselli* Clark and Benhken, 1971

Mesogondolella siciliensis (Kozur, 1975)

Plate 1 Figure 1-11

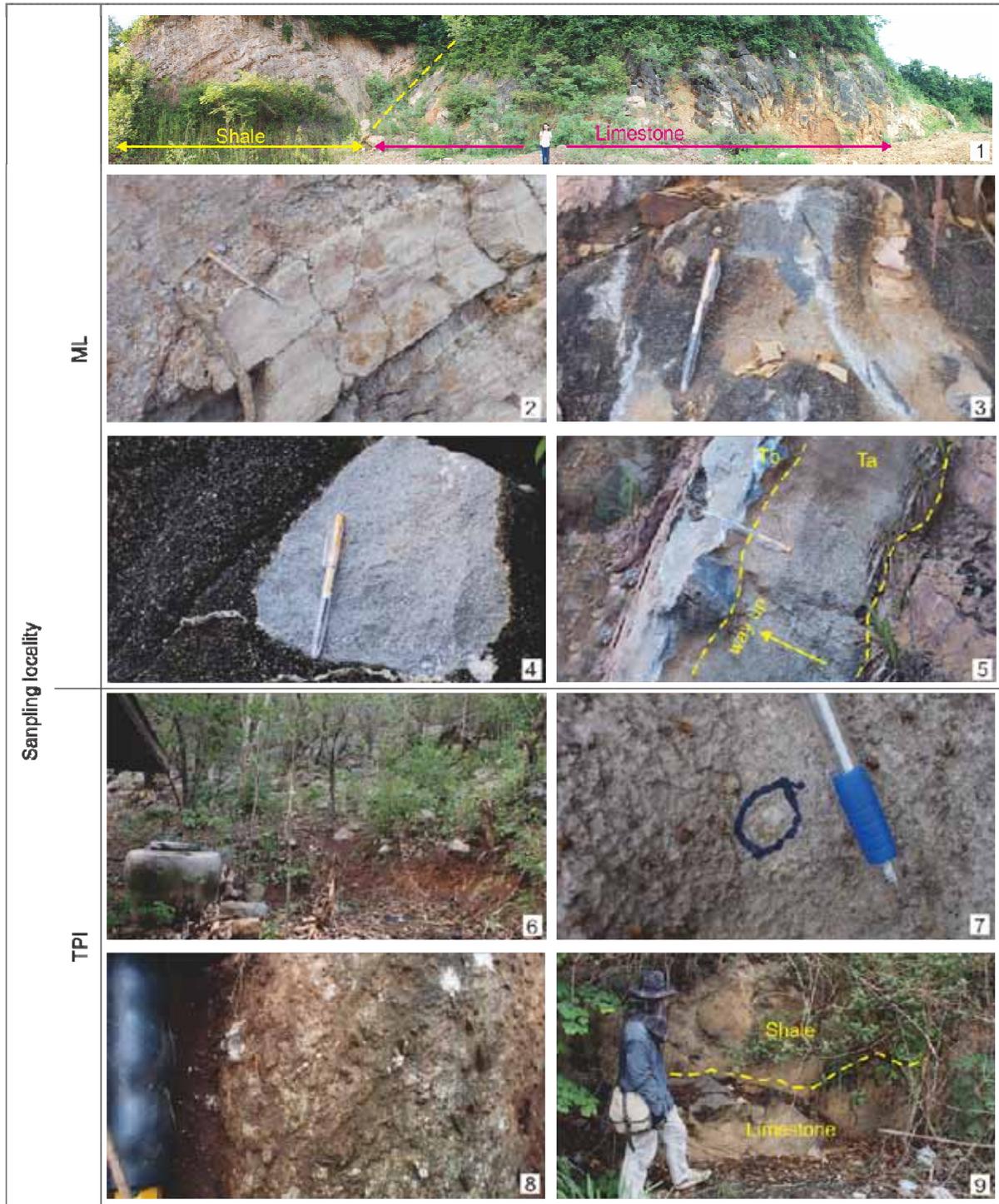


Figure 3 Field photographs of the study area in the southern part of the Loei-Phetchabun Foldbelt. ML section in the west of Muak Lek town between KM. 31-32 north of HW no. 2 (1-5) showing shale (2), limestone (3), high concentration of crinoid fragments in crinoidal packstone (4), and part of turbidite sequence showing graded fossil grains overlain by fine carbonate grains (5). TPI section at KM. 27+500 in the east of TPI factory, north of HW no. 2 (6-9) showing grains of crinoids and fusulinids in crinoidal-fusuline packstone (7), limestone blocks in shale (8, 9).

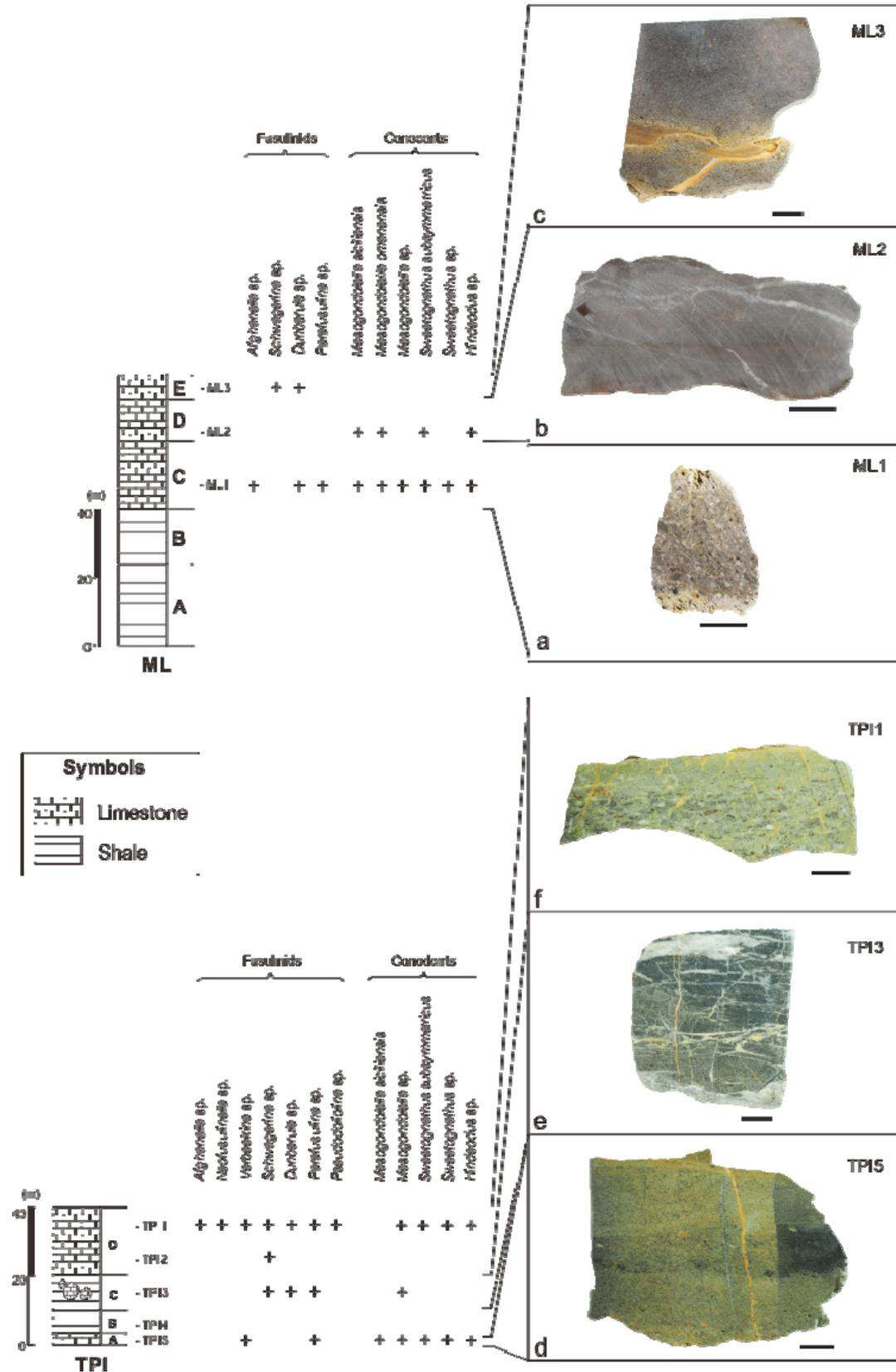


Figure 4 Stratigraphic columns of the study area showing photographs of slab rock samples which include grain-supported (a, d and f) and matrix-supported limestone (b, c and e) and occurrences of conodonts and fusulinids in the studied sections. (All scale bars = 2 cm.)



2003 *Mesogondolella siciliensis* (Kozur) - Henderson and Mei,¹⁰ pl. I, 1-14, Pl. II, 2, 6-8, 10-11, 13-14, Pl. III, 1-8, 10-12.

2010 *Mesogondolella siciliensis* (Kozur) – Kozur and Wardlaw,¹¹ pl. 2, fig. 1, 3, 9, 15, 18, 19-20, pl. 3, fig. 12, 14, 16.

2014 *Mesogondolella siciliensis* (Kozur) – Burrett *et al.*,⁴ fig. 7, a-v.

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ ประกอบด้วยชิ้นส่วน Pa มีรูปร่างแบบ Pectiniform ลักษณะ Platform ขยายกว้างสุดบริเวณส่วนกลางและแคบลงในส่วนหน้าและส่วนหลัง ประกอบด้วย Denticles เรียงตัวกันในแนวแกนกลางจากด้านหน้าถึงด้านหลัง Anterior denticles เชื่อมต่อเนื้องกันและสูง Posterior denticles เรียงตัวห่างกัน Cusp มีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า Posterior denticles เล็กน้อย ส่วนหลังมีรูปร่างแบบโค้งมน ขอบ Brim แคบหรือไม่มีเลย ตัวอย่างระยะตัวอ่อน (Juvenile) มีจำนวนขนาดเล็ก Posterior denticles มีจำนวนน้อยและเรียงตัวค่อนข้างห่างกัน

สถานที่พบ และช่วงอายุ: รายงานในอดีตกพบในบริเวณรัฐเท็กซัส ตอนใต้ของประเทศจีน ประเทศโอมาน ตอนกลางของทวีปเอเชีย ตอนใต้ของจังหวัดเลย และพื้นที่ศึกษา (ML1, ML2 และ TPI5) ยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Wordian)

Mesogondolella omanensis Kozur and Wardlaw, 2010

Plate 1 Figure 12-14

2010 *Mesogondolella omanensis* Kozur and Wardlaw,¹¹ pl. 2, fig. 11-14, 16, pl. 3, fig. 1-7, 9, 10, 18.

2014 *Mesogondolella omanensis* (Kozur and Wardlaw) – Nishikane *et al.*,¹² pl. 2, fig. 3, 7, 10, 13.

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ ประกอบด้วยชิ้นส่วน Pa มีรูปร่างแบบ Pectiniform ลักษณะ Platform ขยายกว้างสุดบริเวณส่วนหลังและ

แคบลงในส่วนหน้า (anterior) ประกอบด้วย Denticles เรียงตัวกันในแนวแกนกลางจากด้านหน้าถึงด้านหลัง Anterior denticles เชื่อมต่อเนื้องกัน Posterior denticles ขนาดเล็กเรียงตัวต่อเนื้องกัน มองดูเป็นสันต่อเนื้องกัน Cusp มีขนาดเท่าๆกับ Posterior denticles บางตัวอย่างพบ Denticles แยกเป็น 2 ปุ่มทางส่วนหลัง (Bifurcated posterior carina) และ Platform ส่วนหลังมีรูปร่างแบนบานออก

สถานที่พบ และช่วงอายุ: รายงานในอดีตกพบในบริเวณประเทศโอมาน ประเทศญี่ปุ่น และพื้นที่ศึกษา (ML1 และ ML2) ช่วงกลางของยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Wordian)

***Mesogondolella* sp.**

Plate 1 Figure 15-18

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ ประกอบด้วยชิ้นส่วน Pa ที่พบมีการแตกหักค่อนข้างมาก ตัวอย่างส่วนใหญ่หลงเหลือเฉพาะส่วนหลัง (posterior) ซึ่งมีรูปร่างแบบ Pectiniform ประกอบด้วย Denticles ขนาดเล็ก เรียงตัวในแนวตอนกลางจากด้านหน้าถึงด้านหลัง Platform ขยายกว้างสม่ำเสมอ ตัวอย่างส่วนใหญ่มีรูปร่างของส่วนหลังแบบบานออกเหมือนในตัวอย่าง *M. omanensis*

ตัวอย่างมีลักษณะรูปร่างและ Denticles คล้ายคลึงกับ *Mesogondolella idahoensis* Youngquist, Hawley and Miller, 1951 และ *Mesogondolella phosphoriensis* Youngquist, Hawley and Miller, 1951 โดย Henderson and Mei (2003)¹⁰ พบที่เมือง Rustaq ประเทศโอมาน ซึ่งมีอายุในช่วงปลายของยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงต้นของยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Early-early Middle Permian) แต่ตัวอย่างที่พบพื้นที่ศึกษามีขนาดของ Cusp เล็กกว่า และมีลักษณะคล้าย *Mesogondolella omanensis* Kozur and Wardlaw, 2010 โดย Nishikane *et al.* (2014)¹² พบบริเวณ Gujohachiman เมือง Gifu ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีอายุในช่วงกลางถึงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Wordian-Capitanian)



สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (ML1, TPI1, TPI3 และ TPI5) ยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Early-Middle Permian)

Family SWEETOGNATHIDAE, Ritter, 1986

Genus *Sweetognathus* Clark, 1972

Type species *Sweetognathus whitei* (Rhodes)

Sweetognathus subsymmetricus Wang, Ritter and Clark, 1987

Plate 2 Figure 1-9

2003 *Sweetognathus subsymmetricus* (Wang, Ritter and Clark) - Henderson and Mei,¹⁰ pl. IV, fig. 9. II, 2, 6-8, 10-11, 13-14, Pl. III, 1-8, 10-12.

2008 *Sweetognathus subsymmetricus* (Wang, Ritter and Clark) - Metcalfe & Sone,¹³ pl. 3, figs. 1-22

2014 *Sweetognathus subsymmetricus* (Wang, Ritter and Clark) – Burrett *et al.*,⁴ fig. 9, a-n.

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ประกอบด้วยชิ้นส่วน Pa มีรูปร่างแบบ Pectiniform เป็นรูปแบบ Wide morphotype ประกอบด้วย Ridges จำนวน 7-8 สัน Platform มีส่วนกว้างที่สุดบริเวณ Ridges ที่ 3 จากส่วนหน้า และแคบลงเรื่อยๆในส่วนหลัง

สถานที่พบ และช่วงอายุ: รายงานในอดีตพบในอเมริกา ตอนใต้ของประเทศจีน ประเทศโอมาน เกาซีซีลี ตอนกลางของทวีปเอเชีย ตอนใต้ของจังหวัดเลย ตอนกลางของประเทศไทย และพื้นที่ศึกษา (ML1 ML2 TPI1 และ TPI5) อายุช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Wordian)

Sweetognathus sp.

Plate 2 Figure 10-12

ลักษณะสัณฐานวิทยา: Platform บริเวณส่วนหน้าลดรูปลงในด้านกว้าง แต่แผ่ขยายออกชัดเจนในส่วนกลาง

และส่วนหลัง Anterior denticles สูงชัดเจนในส่วนหน้า และค่อยๆลดรูปลงไปในส่วนหลัง

ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีการแตกหักมาก ยากต่อการระบุชนิด แต่โดยภาพรวมมีลักษณะรูปร่างและปุ่มฟันคล้ายคลึงกับ *Sweetognathus aff. subsymmetricus* Wang, Ritter and Clark, 1987 โดย Mei *et al.* (1998)¹⁴ พบบริเวณเมือง Laibin เขตปกครองตนเอง Guangxi ตอนใต้ของประเทศจีน ซึ่งมีอายุช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian)

สถานที่พบ และช่วงอายุ: พบที่พื้นที่ศึกษา (ML1, TPI1 และ TPI5) อายุช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (last Early-Middle Permian)

Family ANCHIGNATHODONTIDAE Clark, 1972

Genus *Hindeodus* Rexroad and Furnish, 1964

Type species: *Hindeodus cristulus* Youngquist and Miller, 1949

Hindeodus sp.

Plate 2 Figure 13-16

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ประกอบด้วยชิ้นส่วน Pa และมีการแตกหักค่อนข้างมาก มีลักษณะปรากฏของ Main Cusp 1 ที่มี Denticles ทรงสามเหลี่ยมขนาดใหญ่ 9-15 ซี่ในด้านหลัง Denticles มีลักษณะตั้งตรงและโค้งลงในลำดับหลังๆ ส่วน Platform ขยายออกสูงสุดบริเวณ Denticles ที่ 3-5 จากด้านหน้าและแคบเข้าในด้านหลัง โดยตัวอย่างโคโนดอนต์ที่พบไม่ปรากฏ Denticles ด้านหน้าเนื่องจากแตกหัก (ตามปกติสกุล *Hindeodus* พบ Denticles ขนาดเล็กและสั้นในด้านหน้า 0-3 ซี่) และช่วงปลายส่วนหลังสุดซึ่งแตกหัก พบเพียงชิ้นส่วน Denticles ด้านหลัง 7 ซี่ และส่วน Platform ขยายออกด้านข้าง

ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีการแตกหักมาก ยากต่อการระบุชนิด แต่โดยภาพรวมมีลักษณะรูปร่างและ Denticles คล้ายคลึงกับ *Hindeodus excavates* Behnken, 1975 โดย Sun *et al.* (2010)¹⁵

พบบริเวณ Sichuan ตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน ซึ่งมีอายุในช่วงกลางถึงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Wordian-Capitanian) และ Lai *et al.* (2008)¹⁶ พบบริเวณ Sichuan ตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน ซึ่งมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Guadalupian) *Hindeodus wordensis* Wardlaw, 2000 โด ย Nishikane *et al.* (2014)¹² พบบริเวณ Gujo-hachiman เมือง Gifu ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีอายุในช่วงต้นของยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Roadian) และ *Hindeodus gulloides* Kozur and Mostler, 1995 โดย Burrett *et al.* (2014)⁴ พบบริเวณ ห้วยอีเล็ค ทางตอนใต้ของจังหวัดเลย ประเทศไทย ซึ่งมีอายุในช่วงปลายของยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงต้นของยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian)
สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (ML1, ML2, TPI1 และ TPI5) ยุคเพอร์เมียน (Permian)

ผลการศึกษานุกรมวิธานของฟิวซูลินิด

นุกรมวิธานของฟิวซูลินิดนั้นพิจารณาตามหลักของ Sundharovat and Nogami (1972)¹⁷ และเนื่องจากตัวอย่างไม่สมบูรณ์และแตกหัก จึงพิจารณาในชั้นสกุลเท่านั้น โดยผลการศึกษาพบว่ามีฟิวซูลินิดในพื้นที่ศึกษาอยู่ อย่างน้อย 7 สกุล ได้แก่ *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Afghanella*, *Neofusulinella*, *Dunbarula*, *Pseudodoliolina* และ *Verbeekina* ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษามากเหลืออีก อยู่อย่างน้อย 4 สกุล ได้แก่ *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Afghanella* และ *Dunbarula* และพื้นที่ศึกษาโรงงานปูนซีเมนต์ที่ฟิไอ อยู่อย่างน้อย 7 สกุล ได้แก่ *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Afghanella*, *Neofusulinella*, *Dunbarula*, *Pseudodoliolina* และ *Verbeekina*

Class SARCODINA

Order FORAMINIFERIDA Eichwald, 1830

Suborder FUSULININA Wedekind, 1937

Superfamily FUSULINOIDEA von Moller, 1879

Family Schwagerinidae Dunbar and Henbest, 1930

Genus *Parafusulina* Dunbar and Skinner, 1931

Type species: *Parafusulina wordensis* Dunbar and Skinner, 1931

***Parafusulina* sp.**

Plate 3 Figure 1, 2

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างกลมรี (Discoid) และแบบกระสวย (Fusiform) กว้าง 1.5-5 มิลลิเมตร ยาว 1.8-8.7 มิลลิเมตร วงการขดของเปลือก (Volution) 5-9 วง วงการขดของเปลือกมีขนาดใหญ่ขึ้นจากวงในสู่วงนอก ห้องแรกหรือจุดศูนย์กลาง (Proloculus) มีขนาดหลากหลายตั้งแต่เล็กถึงใหญ่ ผันัง (Spirotheca) หนาถึงหนามาก หนาตัดตัวอย่างแบบ Sagittal ผันัง (Spirotheca) มีลักษณะโค้งเว้าคล้ายถุง ผันังกันห้อง (Septa) มีขนาดหนาชัดเจน ด้าน Axial ผันังกันห้องมีการขดตัวหนาแน่น (Septal fluting) ในทิศทางจากวงในสู่วงนอก ตัวอย่างบางตัวอย่างพบโคมาตาหนามาก (Axial filling) โดยเฉพาะบริเวณขั้ว (Polar) ของเปลือก

ตัวอย่างมีลักษณะคล้ายคลึงกับ *Parafusulina yabei* Hanzawa, 1942 *P. kuzuensis* Chisaka and Fuse, 1973 *P. shimotsukensis* Kobayashi, 2006 *P. japonica* Guembel, 1874 *P. nakamigawai* Morikawa and Horiguchi, 1956 และ *Parafusulina* sp. โดย Kobayashi (2006)¹⁸ พบในหมวดหิน Nabeyama และ Izuru บริเวณ Kuzu ตอนกลางของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Middle Permian) *P. cf. kaerimizensis* Ozawa, 1925 *Parafusulina* sp. A. และ *Parafusulina* sp. B. โดย Ota (2000)¹⁹ พบในหมวดหิน Dobaru เมืองคิตะกิวชู จังหวัดฟุกุโอะ ตอนใต้ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน (Permian) *P. (Skinnerella) japonica deprati* nov. subsp. *P. (Skinnerella) japonica curta* nov. subsp. และ *P. (Skinnerella) cuniculata* Igo, 1967 โดย Leven and Campbell (1998)²⁰ พบบริเวณลำธาร Glenfalloch ประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง



ปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (last Kungurian-early Roadian) *P. gigantea* Deprat, 1913 *P. kaerimizensis* Ozawa, 1925 โดย Toriyama and Kanmera (1979)²¹ พบบริเวณเขาขาว จังหวัดสระบุรี ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง *P. methikuli minor*, *P. parva* และ *P. loeyensis* Pitakpaivan, 1966 โดย Pitakpaivan (1966)²² พบบริเวณแนวเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งจากรายงานอาจมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง แต่ผนังและผนังกันห้องของตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ในพื้นที่ศึกษาหนากว่า และหลายตัวอย่างมีรูปร่างทรงรีกว่า

สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (ML1, TPI1, TPI3, และ TPI5) ยุคเพอร์เมียน

Genus *Schwagerina* Moller, 1877

Type species: *Borelis princeps* Ehrenberg, 1842

***Schwagerina* sp.**

Plate 3 Figure 3-7

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างกลมรีและแบบกระสวย วงการขดของเปลือก 5-7 วง วงการขดของเปลือกมีขนาดใหญ่ขึ้นจากวงในสู่วงนอก ห้องแรกหรือจุดศูนย์กลาง มีขนาดหลากหลายตั้งแต่เล็กถึงใหญ่ ผนังหนาถึงหนามาก หน้าตัดตัวอย่างแบบ Sagittal กว้าง 1.5-3.9 มิลลิเมตร ยาว 2.1-6.4 มิลลิเมตร ผนังกันห้องบางและยาว บางตัวอย่างพบ phrenotheca ด้าน Axial กว้าง 1.2-1.6 มิลลิเมตร ยาว 5.2-8.6 ผนังกันห้องมีการขดตัวหนาแน่น

ตัวอย่างมีลักษณะรูปร่าง วงการขดของเปลือก ผนัง และผนังกันห้องคล้ายคลึงกับ *Schwagerina fax* Thompson and Wheeler, 1946 พบที่ California รายงานใน Sundharovat and Nogami (1972)¹⁷ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้น *Schwagerina* sp. โดย Ingavat-Helmcke (1993)²³ พบบริเวณเขาทอง อำเภอละแม จังหวัดชุมพรภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งจากรายงานอาจมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนกลาง ตัวอย่างในพื้นที่

ศึกษาหน้าตัดตัวอย่างแบบ Axial มีผนังกันห้องมีการขดตัวหนาแน่น และที่ขั้วของเปลือกมีรูปร่างเป็นปมคล้ายคลึงกับ *Schwagerina crassa padangensis* Lange, 1925 โดย Pitakpaivan (1966)²² พบบริเวณแนวเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งจากรายงานอาจมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้น (Artinskian)

สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (ML3, TPI1, TPI2, และ TPI3) ยุคเพอร์เมียน

Family *Neoschwagerinidae* Dunbar and Condra, 1928

Genus *Afghanella* Thompson, 1946

Type species: *Afghanella schencki* Thompson, 1946

***Afghanella* sp.**

Plate 3 Figure 9-11

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างกลมรีและแบบกระสวย วงการขดของเปลือก 5-10 วง ห้องแรกหรือจุดศูนย์กลางมีขนาดเล็กถึงปานกลาง ผนังบางถึงปานกลาง หน้าตัดตัวอย่างแบบ Sagittal เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.3 มิลลิเมตร ผนังกันห้องบางและยาว บางตัวอย่างพบผนังกันห้องสั้นๆ (Secondary septa) ชั้นระหว่างผนังกันห้องหลัก หน้าตัดตัวอย่างแบบ Axial กว้างประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 3.5 พบ ผนังกันห้องแบบทรานสเวิร์สขั้นปฐมภูมิ (Primary transverse septula) และผนังกันห้องแบบทรานสเวิร์สขั้นทุติยภูมิ (Secondary transverse septula) บาง และพาราโคมาตา (Parachomata) หนา

ตัวอย่างมีลักษณะรูปร่าง วงการขดของเปลือก ผนัง และพาราโคมาตาคล้ายคลึงกับ *Afghanella sumatranaeformis* Gubler, 1935 พบที่ประเทศเวียดนาม รายงานใน Sundharovat and Nogami (1972)¹⁷ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน *Afghanella schencki schencki* Thompson, 1946 *A. schencki tereshkova* Leven, 1967 *A. megaspherica* Sheng, 1958 *A. sumatranaeformis*,



A. pesuliensis Ozawa and Tobler, 1929 *A. japonica* Huzimoto และ *Afghanella* sp. โดย Toriyama and Kanmera (1979)²¹ พบบริเวณเขาขาว จังหวัดสระบุรี ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง
สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (ML1 และ TPI1) ยุคเพอร์เมียน

Family Schubertellidae Skinner, 1931
Genus *Neofusulinella* Deprat, 1912
Type species: *Neofusulinella praecursor* Deprat, 1913

***Neofusulinella* sp.**

Plate 3 Figure 8

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างกลมรี เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.8 มิลลิเมตร วงการขดของเปลือก 7 วง วงการขดของเปลือกมีขนาดใหญ่ขึ้นจากวงในสู่วงนอก ห้องแรกหรือจุดศูนย์กลาง มีขนาดเล็กมาก ผนังหนาปานกลาง ผนังกันห้องเรียงตัวทั้งระยะสม่ำเสมอมีขนาดบางและยาวจรดผนังของวงที่อยู่ต่ำกว่า

ตัวอย่างมีลักษณะรูปร่าง วงการขดของเปลือก ห้องแรกหรือจุดศูนย์กลาง ผนัง และผนังกันห้องคล้ายคลึงกับ *Neofusulinella praecursor* Deprat, 1913 โดย Toriyama, Kanmera and Ingavat (1969)²⁴ พบบริเวณ Khao Phlong Phrab จังหวัดสระบุรี ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียน

สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (TPI1) ยุคเพอร์เมียน

Genus *Dunbarula* Ciry, 1948

Type species: *Dunbarula mathieui* Ciry, 1948

***Dunbarula* sp.**

Plate 3 Figure 14-16

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างกลมรีและทรงรี (Ellipsoidal) กว้าง 1.2-3 มิลลิเมตร ยาว 1.6-7.7

มิลลิเมตร วงการขดของเปลือก 3-4 วง ผนังหนาปานกลาง ผนังกันห้องส่วนใหญ่บางและยาว พบขดตัวและแตกแขนงตลอดวง

ตัวอย่างมีลักษณะรูปร่าง วงการขดของเปลือก ผนัง และผนังกันห้องคล้ายคลึงกับ *Dunbarula* sp. พบที่เขาสมโภชน์ จังหวัดลพบุรี ตอนกลางของประเทศไทย โดย Udchachon (2007)²⁵ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง

สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (ML1, ML3, TPI1 และ TPI3) ยุคเพอร์เมียน

Family Verbeekinidae Staff and Wedekind, 1910

Genus *Pseudodoliolina* Yabe and Hanzawa, 1932

Type species: *Pseudodoliolina ozawai* Yabe and Hanzawa, 1932

***Pseudodoliolina* sp.**

Plate 3 Figure 12, 13

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างกลมรีและแบบกระสวย กว้าง 1.5-2 มิลลิเมตร ยาว 2.7-4.6 มิลลิเมตร วงการขดของเปลือก 10 วง ห้องแรกหรือจุดศูนย์กลาง มีขนาดเล็กมาก ผนังบาง พาราโคมาตาหนาและต่ำพบตลอดวง

ตัวอย่างมีลักษณะคล้ายคลึงกับ *Pseudodoliolina ozawai* Yabe and Hanzawa, 1932 โดย Yabe and Hanzawa (1932) พบที่ประเทศญี่ปุ่น รายงานใน Sundharovat and Nogami (1972)¹⁷ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้น (Artinskian) *Pseudodoliolina ozawai* โดย Kobayashi (2006)¹⁸ พบในหมวดหิน Nabeyama และ Izuru บริเวณ Kuzu ตอนกลางของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง *Pseudodoliolina pseudolepida* Deprat, 1912 โดย Toriyama and Kanmera (1979)²¹ พบบริเวณเขาขาว จังหวัดสระบุรี ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง *Pseudodoliolina ozawai* โดย Ingavat-Helmcke (1993)²³ พบบริเวณเขาทอง อำเภอละแม จังหวัดชุมพรภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งจากรายงานอาจมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนกลาง แต่ตัวอย่างซากดึก



ดำบรรพ์ในพื้นที่ศึกษาหน้าตัดตัวอย่างแบบ Axial มีทรงรีมากกว่าและความสูงของวงการขดของเปลือกในแต่ละวงมีความสูงต่ำกว่า

สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (TPI1) ยุคเพอร์เมียน

Genus *Verbeekina* Staff, 1909

Type species: *Fusulina verbeeki* Geinitz, 1876

***Verbeekina* sp.**

Plate 3 Figure 17, 18

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เปลือกมีรูปร่างทรงกลม (Spherical) ขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-6.9 มิลลิเมตร แต่ละวงค่อนข้างสูง วงการขดของเปลือก 6-9 วง ผนังบาง ผนังกันห้องบางและยาวไม่ขดตัว

ตัวอย่างมีลักษณะรูปร่าง วงการขดของเปลือก ผนัง และผนังกันห้องคล้ายคลึงกับ *Verbeekina verbeeki* Geinitz and Marek, 1876 พบที่ประเทศกัมพูชา รายงานใน Sundharov and Nogami (1972)¹⁷ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง *Verbeekina (Paraverbeekina) pontica* Miklukho-Maklay, 1955 และ *Verbeekina (Paraverbeekina) akasakensis* Thompson, 1936 โดย Toriyama and Kanmera (1979)²¹ พบบริเวณเขาขาว จังหวัดสระบุรี ตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งมีอายุในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง

สถานที่พบ และช่วงอายุ: สถานที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา (TPI1) ยุคเพอร์เมียน

ผลการวิเคราะห์ชุดลักษณะระดับจุลภาค

โดยยึดตามหลักการจำแนกชนิดของหินปูนของ Dunham (1962)²⁶ และหลักการจำแนกสภาพแวดล้อมการสะสมของตะกอนลานคาร์บอนเนตเขตร้อนแบบ rimmed ของ Flugel (2004)²⁷ โดยหน้าตัดชั้นหินมวลเกลือ ประกอบด้วยชุดระดับลักษณะระดับจุลภาค 3 ชนิดหลัก ได้แก่ crinoidal packstone facies, lithoclastic packstone/wackestone/mudstone facies และ crinoidal-fusuline packstone/

wackestone/mudstone facies และหน้าตัดชั้นหินโรงงานปูนซีเมนต์ที่ฟิไอ ประกอบด้วยชุดระดับลักษณะระดับจุลภาค 3 ชนิดหลัก ได้แก่ lithoclastic packstone facies, crinoidal-fusuline packstone facies และ bioclastic packstone facies นอกจากนี้ยังพบโครงสร้างการสะสมตะกอนเรียงตัวเป็นชั้นแยกขนาดของตะกอน โดยมีตะกอนหยาบอยู่ชั้นล่างและมีตะกอนละเอียดปิดทับด้านบน (Graded bedding) (Plate 4) ซึ่งเกิดจากการที่ตะกอนถล่มลงมาตามทางลาดไต่ทะเล เมื่อถึงที่ราบตะกอนที่ฟุ้งอยู่ในน้ำทะเลจึงตกตะกอนตามลำดับน้ำหนัก เรียกว่า การตกตะกอนแบบกระแสความขุ่น (Turbidite)²⁸ ซึ่งโครงสร้างการสะสมตะกอนลักษณะดังกล่าวปรากฏบริเวณพื้นที่ลาดความชัน (Toe-of-slope) และพบกลุ่มก้อนหินปูนในหน้าตัดชั้นหินดินดาน (Olisthostrome) ซึ่งบ่งชี้การสะสมตัวของตะกอนบริเวณลาดความชัน (Slope) และขอบแอ่งทะเลลึก (Deep basin)²⁷ (Figure 6: Facies Zone 1-4)

อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ในพื้นที่ชั้นหินบริเวณมวกเหล็ก พบโคโนดอนต์ 3 สกุล 4 ชนิด ได้แก่ *Mesogondolella siciliensis*, *Mesogondolella omanensis*, *Sweetognathus subsymmetricus* และ *Hindeodus* sp. พบฟิวซูลินิด 4 สกุล ได้แก่ *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Afghanella* และ *Dunbarula* และประกอบด้วยชุดระดับลักษณะระดับจุลภาค 3 ชนิดหลัก ได้แก่ crinoidal packstone facies, lithoclastic packstone/wackestone/mudstone facies และ crinoidal-fusuline packstone/wackestone/mudstone facies บ่งชี้สภาพแวดล้อมของการสะสมตัวบริเวณพื้นที่ลาดความชันและขอบแอ่งตะกอนทะเลลึก

ชั้นหินบริเวณโรงงานปูนซีเมนต์ที่ฟิไอ พบโคโนดอนต์ 3 สกุล 3 ชนิด ได้แก่ *Mesogondolella siciliensis*, *Sweetognathus subsymmetricus* และ *Hindeodus* sp. พบฟิวซูลินิด 7 สกุล ได้แก่ *Parafusulina*, *Schwagerina*, *Afghanella*, *Neofusulinella*, *Dunbarula*, *Pseudodoliolina* และ



Verbeekina และประกอบด้วยชุดระดับลักษณะระดับจุลภาค 3 ชนิดหลัก ได้แก่ lithoclastic packstone facies, crinoidal-fusuline packstone facies และ bioclastic packstone facies ปังชี้สภาพแวดล้อมของการสะสมตัวบริเวณพื้นลาดความชันและขอบแอ่งตะกอนทะเลลึก

จากชนิดของโคโนดอนต์ที่กล่าวมาข้างต้นพบการโผล่ปรากฏร่วมกันของ *Mesogondolella siciliensis* ในพื้นที่ Rustaq และ Wadi Wasit ทางเหนือของประเทศโอมาน โดย Henderson and Mei (2003)¹⁰ ซึ่งมีอายุในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian) และพบ *Mesogondolella siciliensis* และ *Mesogondolella omanensis* บริเวณเมือง Rustaq ทางเหนือของประเทศโอมาน โดย Kozur and Wardlaw (2010)¹¹ ซึ่งมีอายุในช่วงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Roadian-Wordian) และบริเวณ Gujohachiman เมือง Gifu ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศญี่ปุ่น โดย Nishikane *et al.* (2014)¹² ซึ่งมีอายุในช่วงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Roadian-Wordian) และบริเวณตอนใต้ของจังหวัดเลย ประเทศไทย โดย Burrett *et al.* (2014)⁴ ซึ่งมีอายุในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian) รวมทั้งพบการโผล่ปรากฏร่วมกันของ *Sweetognathus subsymmetricus* บริเวณทิศเหนือค่อนไปทางตะวันตก 330-340 องศาของ Khok Samrong ในหมวดหินตากฟ้า (หินปูนสระบุรี) จังหวัดลพบุรี ตอนกลางของประเทศไทย โดย Metcalfe and Sone (2008)¹³ ซึ่งมีอายุในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian) บริเวณตอนใต้ของจังหวัดเลย ซึ่งมีอายุในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian) ประเทศไทย โดย Burrett *et al.* (2014)⁴ ซึ่งมีอายุในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Roadian) ประกอบกับการเทียบเคียงกับ Permian conodont zonation (Mei and Henderson, 2001)²⁹ โดย *Mesogondolella siciliensis* ปรากฏในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียน

ตอนกลาง (Kungurian-Roadian) และ *Sweetognathus subsymmetricus* ปรากฏในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Wordian) บริเวณตอนใต้ของประเทศจีน (Figure 5)

นอกจากนี้ผลการศึกษาพบว่ามีฟิวซูลินิดในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีรูปร่างคล้ายคลึงกับฟิวซูลินิดในเขตทางใต้ของทวีปอเมริกาเหนือ ตอนกลางและตอนใต้ของประเทศญี่ปุ่น ตอนใต้ของประเทศจีน และตอนกลางของประเทศไทย จากการศึกษาอนุกรมวิธานของฟิวซูลินิดพบว่าส่วนใหญ่ฟิวซูลินิดสกุลเหล่านี้ปรากฏช่วงชีวิตในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Early-Middle Permian)

ดังนั้น สามารถสรุปโดยใช้หลักฐานดังกล่าวมาข้างต้นได้ว่าโคโนดอนต์ในพื้นที่ศึกษาชั้นหินบริเวณมวกเหล็ก สามารถกำหนดอายุในช่วงกลางยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Wordian) และชั้นหินบริเวณโรงงานปูนซีเมนต์ที่พีไอ ซึ่งปรากฏฟิวซูลินิดสกุล *Verbeekina* sp. ซึ่งปรากฏเฉพาะช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง ชั้นหินข้างโรงงานปูนซีเมนต์ที่พีไอ สามารถกำหนดอายุในช่วงต้นยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงช่วงกลางยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Roadian-Wordian) ในสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนแบบลานคาร์บอนเขตร้อนบริเวณพื้นลาดความชันและขอบแอ่งทะเลลึก (Figure 6)

นอกจากนี้ พื้นที่ศึกษาซึ่งจัดอยู่ในหมวดหินเขาขาดและซับบอนที่มีช่วงเวลาการปรากฏในธรณีกาลในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงกลางยุคเพอร์เมียนตอนกลาง การศึกษาอายุของชั้นหินของพื้นที่ศึกษาให้ผลสอดคล้องกับอายุของหมวดหินทั้งสอง⁵ (Figure 7) และผลการศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมของตะกอนซึ่งประกอบด้วยบริเวณพื้นลาดความชันและขอบแอ่งทะเลลึก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนบริเวณตอนกลางของประเทศไทยของ Wielchowsky and Young (1985)⁶ ซึ่งบ่งชี้ว่าบริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดสระบุรี-นครราชสีมาเป็นบริเวณเชื่อมต่อระหว่างลานทะเลตื้นเขาขวางกับแอ่งทะเลน้ำตื้น อย่างไรก็ตามพื้นที่ของ



หมวดหินเขาขาดและชั้นบอนยังปรากฏในบริเวณอื่นอีกมาก ซึ่งปัจจัยการสะสมตัวบริเวณลานทะเลต้น (Platform)³⁰ ทั้งนี้การศึกษาครั้งนี้ช่วยให้ทราบว่าบริเวณไหล่ปรากฏของหมวดหินเขาขาดและชั้นบอนสะสมตัวทั้งในบริเวณลานทะเลต้น ลาดความชันและขอบแอ่งทะเลลึก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (SAST) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและการทำวิจัย และขอบคุณศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (PRC) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

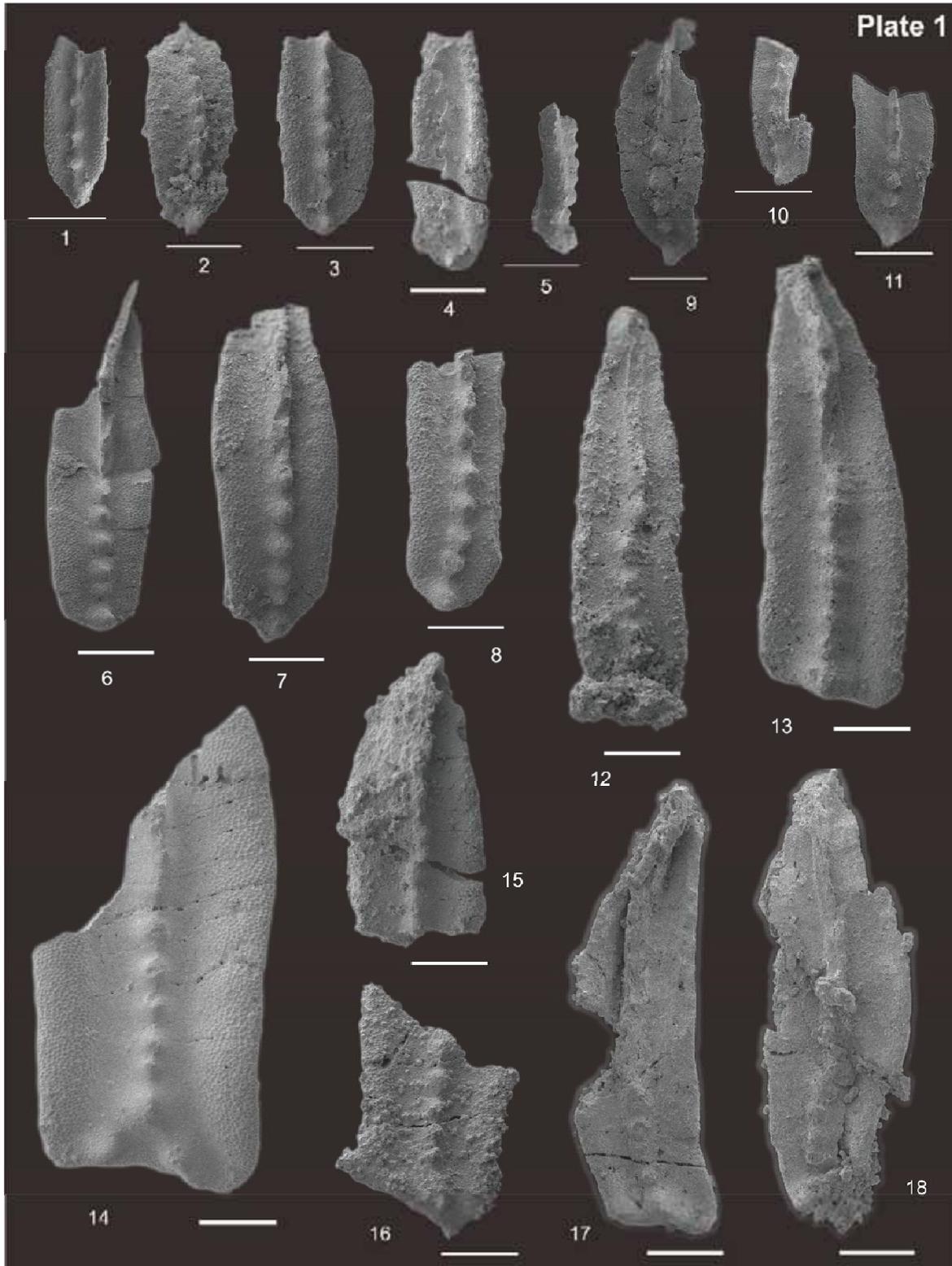


Plate 1 Scanning electron micrographs of conodonts from the study area. All show incomplete upper views or oblique upper views except for lateral view in (5) of Pa (P_1) elements. 1-11 = *Mesogondolella siciliensis* (1-3, 5-8: ML1; 4: ML2; 9-11: TPI5), 12-14 = *Mesogondolella omanensis* (12, 13: ML1; 14: ML2), 15-18 = *Mesogondolella* sp. (15, 16: ML1; 17, 18: TPI1) (all scale bars = 0.2 mm.).

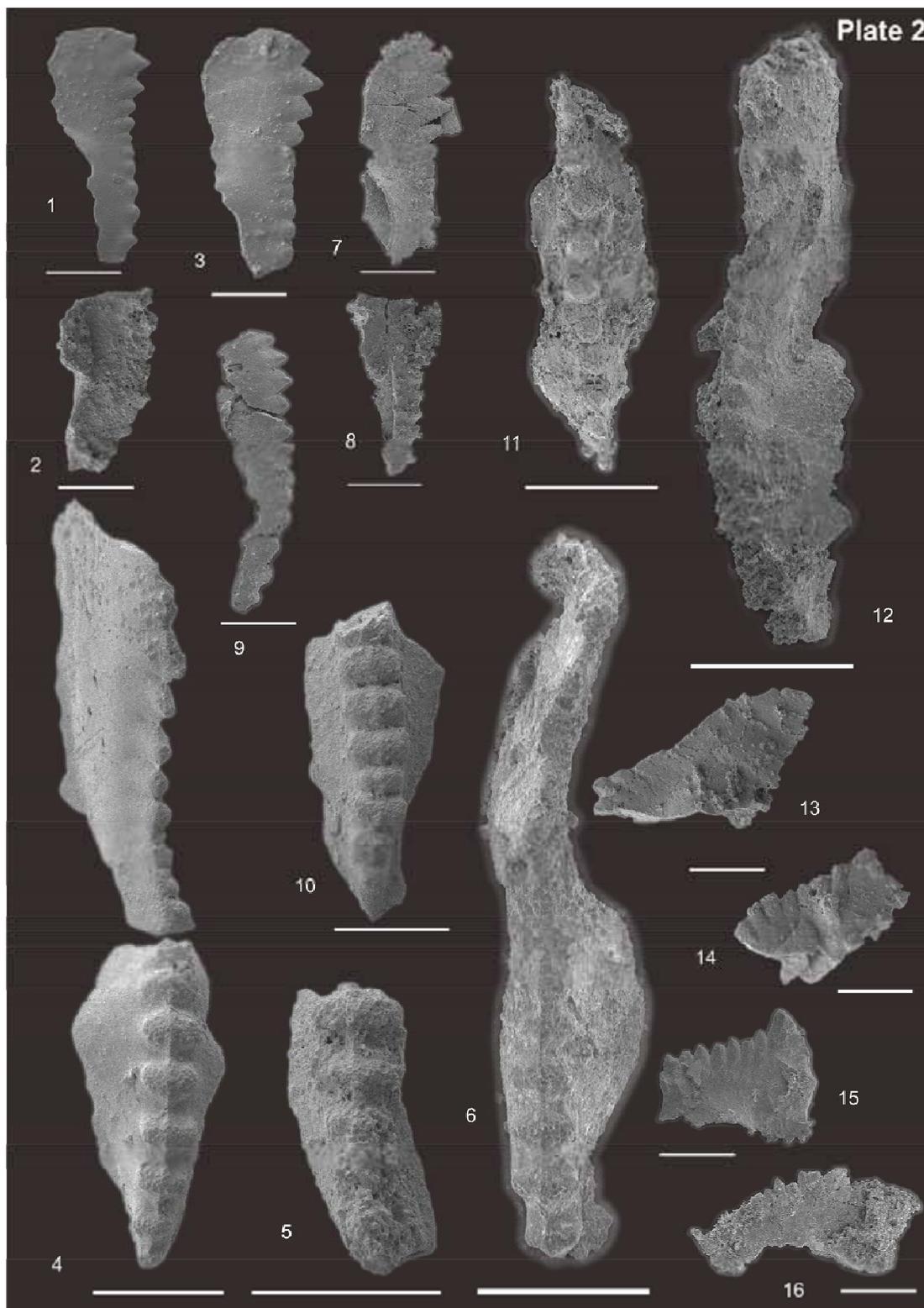


Plate 2 Scanning electron micrographs of conodonts from the study area. 4-6, 10-12: upper views and 1-3, 7-9, 13-16: lateral view of Pa (P_1) elements. 1-9 = *Sweetognathus subsymmetricus* (1-3, 5: ML1; 4: ML2; 6, 9: TPI1; 7, 8: TPI5), 10-12 = *Sweetognathus* sp. (10: ML1; 11: TPI5; 12: TPI1), 13-16 = *Hindeodus* sp. (13, 14: ML2; 15: TPI1; 16: TPI5) (all scale bars = 0.2 mm.).

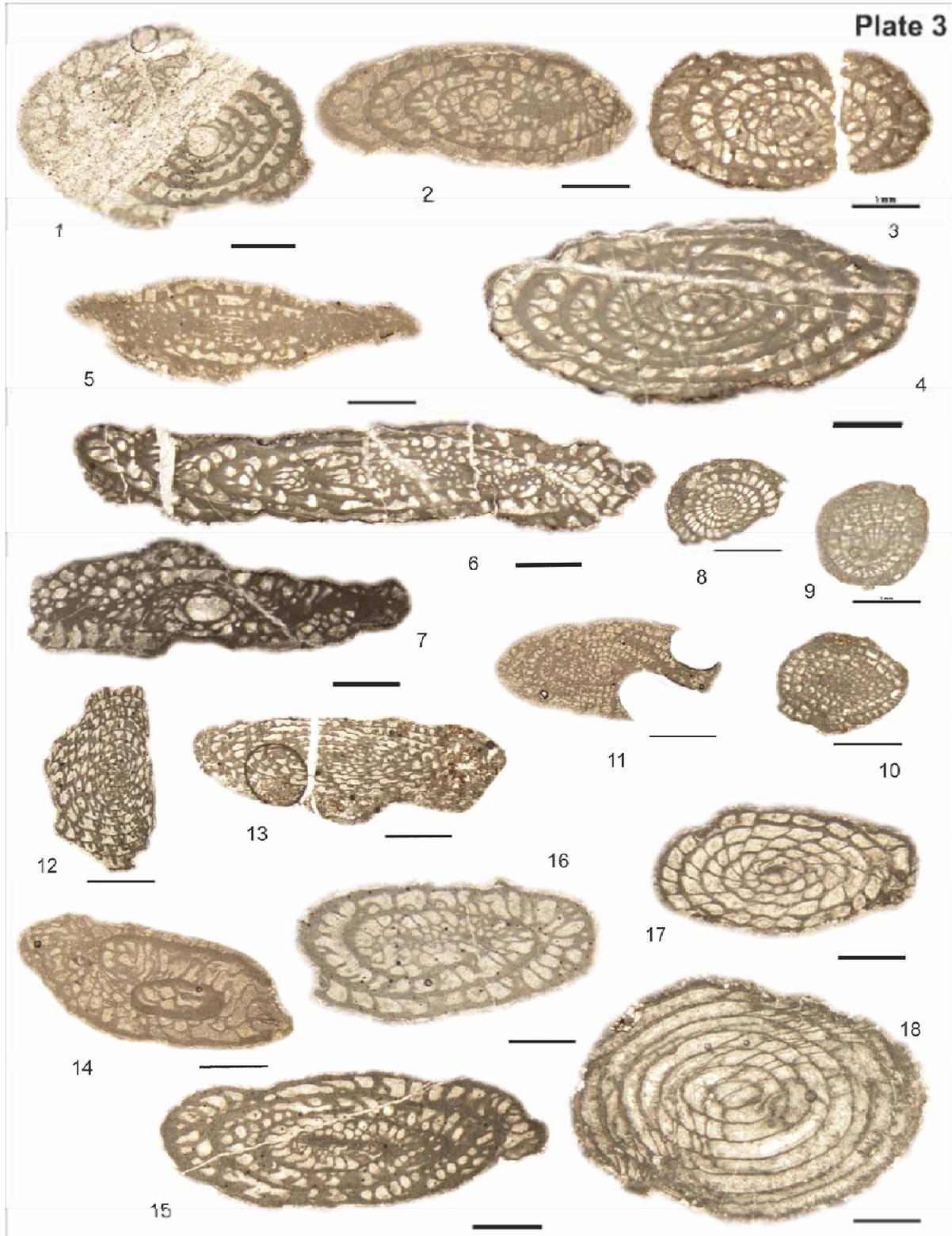


Plate 3 Photomicrographs of fusulinids from the study area. 1, 3, 4, 8-10, 12, 14-17: sagittal section and 2, 5-7, 11, 13, 18: axial section, 1, 2 *Parafusulina* (1: TPI1; 2: ML1), 3-7 *Schwagerina* (3, 4: TPI3; 5: ML3; 6, 7: TPI2), 8 *Neofusulinella* (8: TPI1), 9-11 *Afghanella* (9, 10: TPI1; 11: ML1), 12, 13 *Pseudodoliolina* (12, 13: TPI1), 14-16 *Dunbarula* (14: ML1; 15, 16: TPI1), 17, 18 *Verbeekina* (17, 18: TPI1) (all scale bars = 1 mm.)

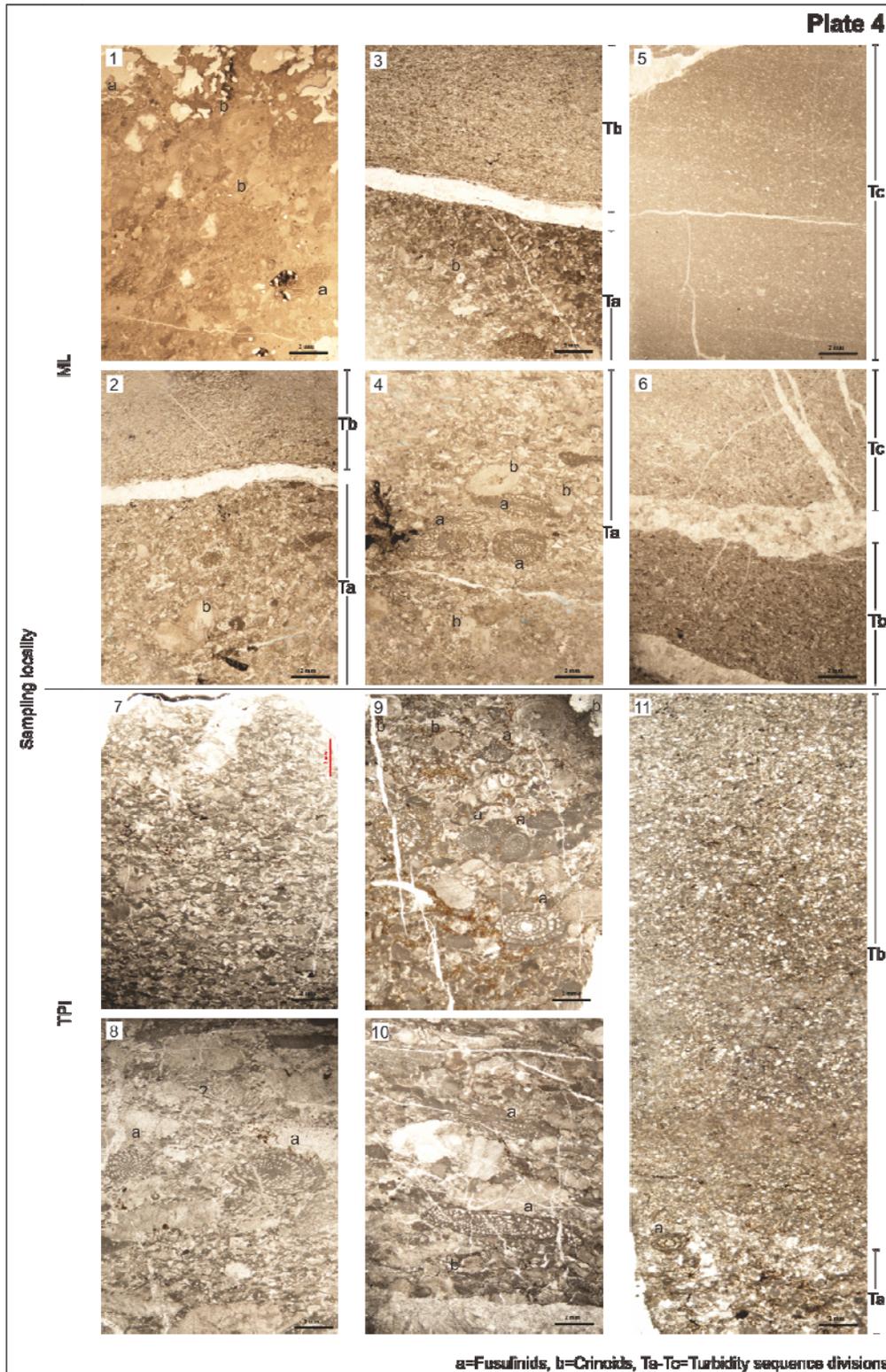


Plate 4 Photomicrographs from thin-sections showing microfacies types and turbidite unit including Ta-Tc. 1 crinoidal packstone facies (1: ML1), 2-4 crinoidal-fusuline packstone/wackestone/mudstone facies (2-4: ML3), 5-6 lithoclastic packstone/wackestone/mudstone facies (5-6: ML2), 7 lithoclastic packstone facies (7: TPI1) 8-10 crinoidal-fusuline packstone facies (8-10: TPI1), 11 bioclastic packstone facies (11: TPI5) (all scale bars = 2 mm.).

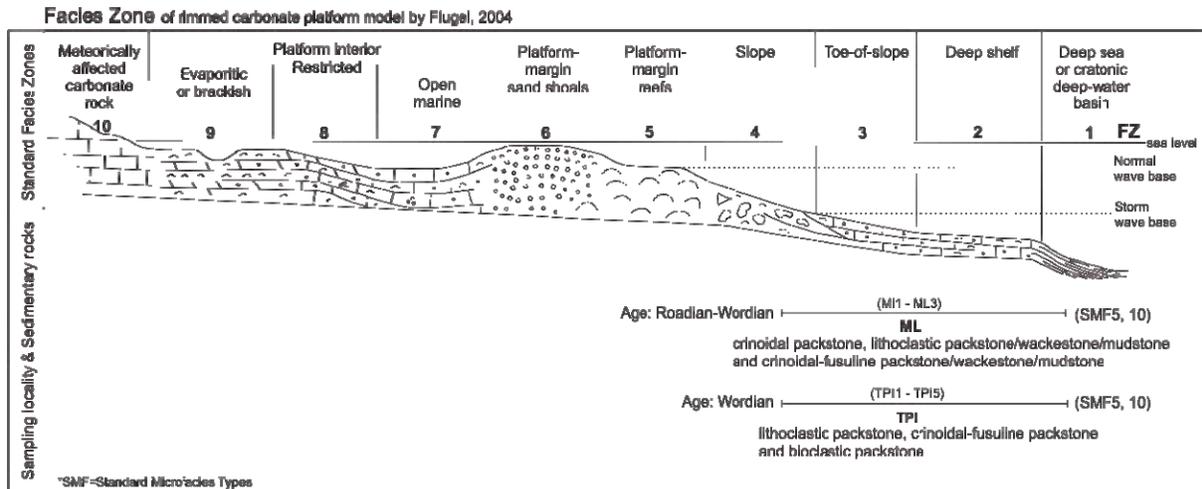


Figure 6 Paleoenvironmental setting of the middle Permian carbonate rocks of the ML and TPI localities in southern part of the Loi-Phetchabun Foldbelt based on facies zone from Flugel (2004).²⁷

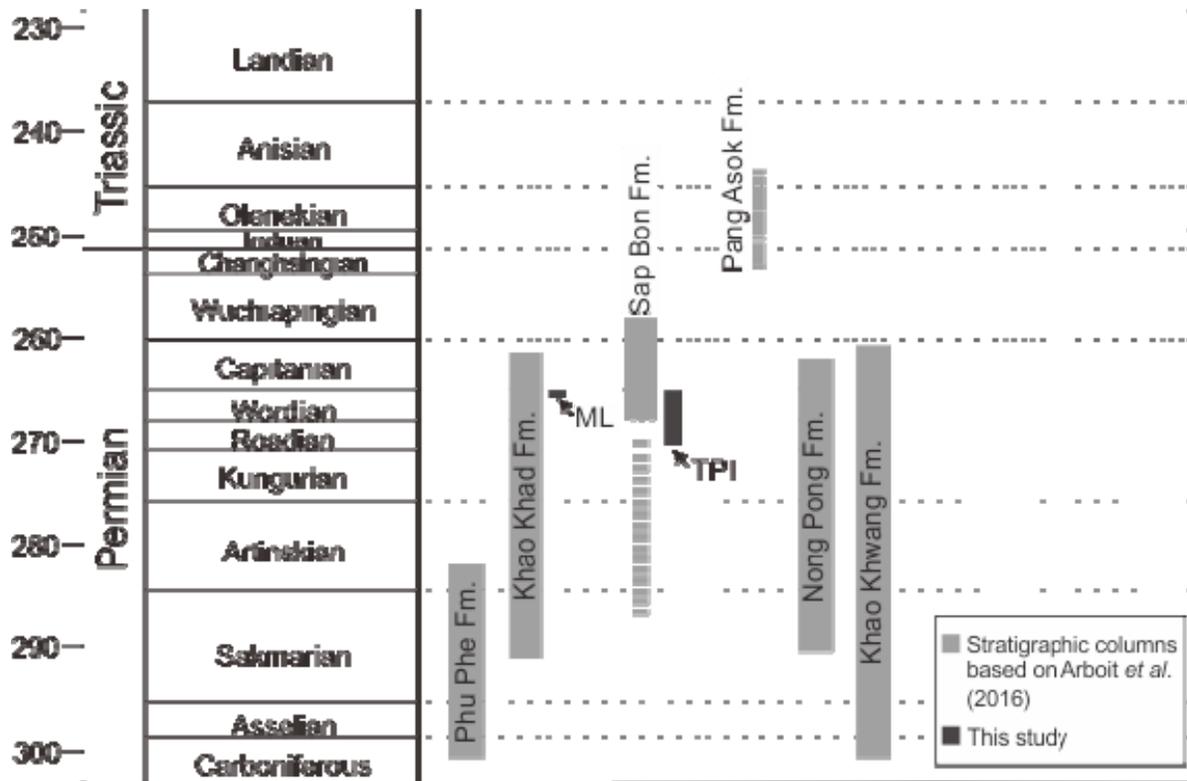


Figure 7 Stratigraphy of the Saraburi Group in the Saraburi area showing the correlation of this study result with the data from the Arboit *et al.* (2016).⁵

เอกสารอ้างอิง

1. Armstrong SH. and Brasier. *Microfossil*. 2nd ed. United Kingdom: Blackwell Publishing; 2005. P. 249-279.
2. ปัญญา จารุศิริ, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, สุวภาคย์ อิ่มสมุทร จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ และ มนต์รี ชูวงษ์. ธรณีวิทยาภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พลัสเพรส จำกัด; 2545. หน้า 106-116.
3. กรมทรัพยากรธรณี. ธรณีวิทยาประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2550. 2-6, 17-26, 124-138.
4. Burrett C., Udchachon M., Thassanapat H. and Chitnarin A. Conodonts, radiolarians and ostracodes in the Permian E-Lert Formation, Loei Fold Belt, Indochina Terrane, Thailand. *Cambridge Journals*. 2014;152 (1): 106-142.
5. Arboit F., Collins AS, Morley CK, King R and Amrouch. Detrital zircon analysis of the southwest Indochina terrane, central Thailand: Unravelling the Indosinian orogeny. *GSA Bulletin*. 2016;128(5-6).
6. Wielchowsky CC. and Young JD. Regional facies variation in Permian rocks of the Phetchabun Fold and Thrust Belt, Thailand. In: Thanvarachorn P., Hokjaroen S. and Youngme W., editors. *Proceedings on Geology and Mineral Resources Development of the Northeastern Thailand*; Khon Kaen, Thailand. Khon Kaen: Kaen University; 1985. P. 41-56.
7. Hinthong C. Upper Paleozoic System, the Central Plain and Lower Phetchabun Ranges. Unpublished Report. Geological Survey Division. Bangkok : Department of Mineral Resources; 1985.
8. Green OR. *A Manual of Practical Laboratory and Field Techniques in Palaeobiology*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 2001. P. 152-153, 188-193, 321-324.
9. Sweet WC. The Conodonta: morphology, taxonomy, paleoecology, and evolutionary history of a long-extinct animal phylum. 1998, 1-212.
10. Henderson CM. and Mei S. Stratigraphic versus environmental significance of Permian serrated conodonts around the Cisuralian-Guadalupian boundary: new evidence from Oman. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2003;191, 301-328.
11. Kozur HW. and Wardlaw BR. The Guadalupian conodont fauna of Rustaq and Wadi Wasit, Oman and a West Texas connection. *Micropaleontology*. 2010;56, 213-231.
12. Nishikane Y., Kaiho K., Henderson C.M., Takahashi S. and Suzuki N. Guadalupian-Lopingian conodont and carbon isotope stratigraphies of a deep chert sequence in Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2014;403: 16–29.
13. Metcalfe I. and Sone M. Biostratigraphy and palaeobiogeography of Lower Permian (lower Kungurian) conodonts from the Tak Fa Formation (Saraburi Limestone), Thailand. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008;(257): 139-151.
14. Mei S., Yügan J. and Wardlaw BR. Conodont Succession of the Guadalupian-Lopingian Boundary Strata in Laibin of Guangxi, China and west Texas, USA. *Palaeoworld*. 1998;9: 53-76.
15. Sun Y, Lai X, Wignall PB., Widdowson M., Ali JR., Jiang H., Wang W., Yan C., Bond DPG. and Védrine S. Dating the onset and nature of the Middle Permian Emeishan large igneous province eruptions in SW China using conodont biostratigraphy and its



- bearing on mantle plume uplift models. *Lithos*. 2010;119: 20–33.
16. Lai X, Wang W, Wignall PB., Bond DPG., Jiang H, Ali JR., John EH. and Sun Y. Palaeoenvironmental change during the end-Guadalupian (Permian) mass extinction in Sichuan, China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008;269: 78–93.
 17. Sundharovat S. and Nogami Y. Key to the Selected Genera of Fusuline. *The Southeast Asian Studies*. 1972;10(3): 433-450.
 18. Kobayashi, F. Middle Permian foraminifers of the Izuru and Nabeyama Formations in the Kuzu areas, Tochigi Prefecture, Japan Part 1. Schwagerinid, neoschwagerinid, and veebeekinid fusulinoideans. *Journal Paleontological Research*. 2006;10(1): 37-59.
 19. Ota Y. Parafusulina (Permian Fusulinacea) from Hazegatoge, Kitakyushu City, Fukuoka Prefecture, Japan. *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.* 2000;19: 25-42.
 20. Leven E.Ja. and Campbell H.J. Middle Permian (Murgabian) fusuline faunas, Torlesse Terrane, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*. 1998;41(2): 149-156.
 21. Toriyama R. and Kanmera K. Fusuline fossils from Thailand, Part XII. Permian fusulines from the Ratburi Limestone in the Khao Khao area, Sara Buri, Central Thailand Contribution to the geology and palaeontology of Southeast Asia, CCIII. In: Kobayashi, T. and R. Toriyama editors. *Geology and palaeontology of Southeast Asia, Volume XX*; Tokyo, Japan. Tokyo: The University of Tokyo Press; 1979. P. 4-14.
 22. Pitakpaivan K. Fusulines of the Rat Buri Limestone of Thailand. In: Kobayashi T. and Toriyama R. editors. *Geology and palaeontology of Southeast Asia*; Tokyo, Japan. Tokyo: The University of Tokyo Press; 1979. P. 63-155.
 23. Ingavat-Helmcke R. Contribution to the Permian fusulinacean faunas of Peninsular Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*. 1993;8: 67-75.
 24. Toriyama R., Kanmera K. and Ingavat R. Fusulinacean fossils from Thailand. Part 5. Neofusulinella from Thailand, In: Kobayashi T. and Toriyama R. editors. *Geology and palaeontology of Southeast Asia*; Tokyo, Japan. Tokyo: The University of Tokyo Press; 1969. P. 15-32.
 25. Udchachon M. Microfacies of Middle Permian Alatoconchid-Bearing Strata in Khao Somphot Locality, Lopburi Province, Central Thailand. [PhD thesis]. Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology; 2007.
 26. Dunham RJ. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham WE. editors. *Classification of Carbonate Rock*. American Association of Petroleum Geologists Memoir; Americ; 1962. P. 108-121.
 27. Flugel E. *Microfacies of Carbonate Rocks*. Germany, Springer; 2004.
 28. กิจการ พรหมมา. ธรณีวิทยาสำหรับวิศวกร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555. หน้า 158.
 29. Mei S. and Henderson CM. Evolution of Permian conodont provincialism and its significance in global correlation and paleoclimate implication. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2001;170: 237-260.
 30. จงพันธ์ จงลักษณ์ณี, พล เชาว์ดำรงค์, เต๋นโชค มั่นใจ, กิจษณะ มลิลลา, มงคล อูชชาชน, หทัยทิพย์

- อุซซาชาน, Feng Q., Shangyue S. และ Wenqiang W. การวิจัยเปรียบเทียบโครงสร้างธรณีวิทยาแปรสัณฐานและวิวัฒนาการของสภาพธรณีวิทยาบริเวณแนวคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์และแนวเทือกเขาเจียงเซ็ง-โมเจียง (ยูเนียน). รายงานการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2553. หน้า 7.
31. Skinner JW. New Lower Permian Fusulinids from Culberson County, Texas. The University of Kansas Paleontological Contributions. 1971;53: 1-10.
 32. Ross A. and Ross RP. Foraminiferal zonation of late Paleozoic depositional sequences. Marine Micropaleontology. 1995;26: 469-478.
 33. Stevens C.H., Davydov V.I. And Bradley D. Permian Tethyan Fusulinina from the Kenai Peninsula, Alaska. Journal of Paleontology. 1997;71(6): 985-994.
 34. Kobayashi F. Late Middle Permian (Capitanian) foraminifers in the Mikata area, Hyogo, with special reference to plasticity deformation of their test and their paleobiogeographic affinity with South China-Late Paleozoic and Early Mesozoic foraminifers of Hyogo, Japan, Part 5. Nature and Human Activities. 2007;11: 17–28.
 35. Jiang H., Lai X., Luo G., Aldridge R., Zhang K. and Wignall P. Restudy of conodont zonation and evolution across the P/T boundary at Meishan section, Changxing, Zhejiang, China. Global and Planetary Change. 2007;55: 39–55.
 36. Sun D., Tong J., Xiong Y., Tian L. and Yin H. Conodont Biostratigraphy and Evolution across Permian–Triassic Boundary at Yangou Section, Leping, Jiangxi Province, South China. Journal of Earth Science. 2012;23(3): 311–325.