ซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนยุคดีโวเนียนตอนปลายจากชุดลำดับชั้นหินเชิร์ต อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย : ผลการศึกษาเบื้องต้น

Late Devonian radiolarians from a chert sequence in Pak Chom district of Loei Province, Northeastern Thailand : A preliminary result

เสาวนีย์ คัดทะมาตร,[1] หทัยทิพย์ ทัศนภักดิ์, [2] มงคล อุดชาชน[2]

Saowani Khattamart, [1] Hathaithip Thassanapak,[2] Mongkol Udchachon[2]

Received: 30 July 2015; Accepted: 25 October 2015

บทคัดย่อ

การศึกษาหินเชิร์ตที่มีเรดิโอลาเรียนถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในการศึกษาวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลก และการเทียบสัมพันธ์การลำดับชั้นหิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดกลุ่มชีวินซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนจากชั้นหินเชิร์ตอายุดีโวเนียนซึ่งโผล่ปรากฏทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดเลย พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Foldbelt) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งทางฝั่งทิศตะวันตกของแผ่นทวีปอินโดจีน (Indochina terrane) โดยทำการเก็บตัวอย่างหินเชิร์ตจำนวน 15 ตัวอย่างจากพื้นที่บ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม จังหวัดเลย พบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนทั้งหมด ได้แก่ *Trilonche echinata*, *T. palimbola*, *Trilonche* sp., *Tetrentactinia gracilispinosa, Polyentactinia leptosphaera*, *Polyentactinia* sp., *Helioentactinia* sp. และชนิดที่ยังไม่สามารถจำแนกได้ จากการเทียบเคียงซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนกับพื้นที่ศึกษาอื่นพบว่าเรดิโอลาเรียนที่พบในพื้นที่ศึกษาบ้านห้วยบ่อซืนมีความคล้ายคลึงกับเรดิโอลาเรียนที่พบในพื้นที่อำเภอเชียงดาว ภาคเหนือของประเทศไทย และพื้นที่หมวดหินโกโก (Gogo Formation) ด้านตะวันตกของประเทศออสเตรเลียและพื้นที่หน่วยหิน Huron member ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งสามารถระบุอายุอยู่ในช่วงยุคดีโวเนียนตอนปลาย ซึ่งแสดงว่าสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนของพื้นที่เหล่านี้ในยุคดีโวเนียนตอนปลายอยู่ในเขตใกล้กันและเรดิโอลาเรียนสามารถกระจายตัวได้ทั่วทั้งพื้นที่เหล่านี้

คำสำคัญ: เรดิโอลาเรียน กลุ่มชีวินซากดึกดำบรรพ์ ยุคดีโวเนียน จังหวัดเลย แผ่นทวีปอินโดจีน

Abstract

The study of radiolarian cherts has been widely used for establishing tectonic evolution of the region and for stratigraphic correlation of the sequences among the terranes (blocks). The main objective of this study is to discriminate radiolarian assemblage from a Devonian chert section exposed in the eastern part of Loei province. The study area belongs to the northern part of the Loei Foldbelt located to the western portion of the Indochina terrane. More than 15 chert samples were collected from the Ban Huai Bo Suen section, 36 km south of Pak Chom district. The obtained radiolarians are composed of *Trilonche echinata, T. palimbola*, *Trilonche* sp., *Tetrentactinia gracilispinosa*, *Polyentactinia leptosphaera*., *Polyentactinia* sp., *Helioentactinia* sp. and unidentified species. These fauna can be correlated to those reports in Chiang Dao (northern Thailand) and Gogo Formation (western Australia) and Huron member (United States of America), indicate the Late Devonian. The result suggests that these localities were located in a common oceanic circulation with free interchanging sea water and radiolarians.

Keywords: Radiolarian, Fossil assemblage, Devonian, Loei province, Indochina terrane

---

[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; Hathaithip Thassanapak, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand, Thailand, E-mail : bthaithip@yahoo.com*

บทนำ

เรดิโอลาเรียน (radiolarian)เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนสัตว์โดยอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือแบบเดี่ยว มีรายงานการค้นพบตั้งแต่ยุคแคมเบรียน (Cambrian) จนถึงปัจจุบัน โครงร่างแข็งของเรดิโอลาเรียนมีแร่เดิมเป็นแร่โอปอล (opal) และได้จากการดูดซึมสารประกอบซิลิกาที่ละลายอยู่ในน้ำทะเล[1] โดยเมื่อเรดิโอลาเรียนตาย โครงร่างแข็งจะตกตะกอนสะสมตัวใต้ท้องทะเลจึงเรียกบริเวณนี้ว่า เรดิโอลาเรียนอูซ (radiolarian oozes) ปัจจุบันได้มีการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่พบมากในชั้นหินเนื้อแก้ว (siliceous rock) ที่เกิดจากการสะสมตะกอนในทะเลค่อนข้างลึกในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleozoic Era) ประกอบกับองค์ประกอบโครงสร้างเป็นเปลือกแข็งจึงพบการเก็บรักษาเป็นซากดึกดำบรรพ์ตามธรรมชาติได้ดี โดยซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนนั้นสามารถนำมาใช้ในการกำหนดอายุชั้นหิน และการเทียบสัมพันธ์การลำดับชั้นหินตามชีวภาพ รวมถึงการตีความสภาพแวดล้อมบรรพกาล (palaeoenvironment) โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายประวัติธรณีแปรสัณฐานและวิวัฒนาการของมหาสมุทรธีทิส (Palaeotethys) ของพื้นที่ศึกษาได้

พื้นที่ประเทศไทยนั้นได้มีรายงานการศึกษาพบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนในช่วงยุคดีโวเนียนจนถึงยุคไทรแอสซิก (Devonian to Triassic) ซึ่งพบเกือบทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทั้งพื้นที่ภาคเหนือ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนยุคดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle to Late Devonian) และในพื้นที่อำเภอปากชม จังหวัดเลย พบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนตั้งแต่ยุคดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (Late Devonian - Early Carboniferous)[2,3,4] พื้นที่ศึกษาอำเภอปากชม จังหวัดเลย ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแนวชั้นหินคดโค้งเลย ของแผ่นทวีปอินโดจีน ซึ่งมีประวัติทางธรณีวิทยาที่ยาวนานตั้งแต่ช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกเรื่อยมาจนถึงมหายุคมีโซโซอิก การเคลื่อนตัวของแผ่นทวีปอินโดจีนกับแผ่นทวีปฉานไทยได้บีบอัดกลุ่มหินตะกอนในแนวคดโค้งเลยเกิดเป็นแนวชั้นหินคดโค้งเลย[5] ดังนั้น ในพื้นที่ศึกษานี้จึงพบการโผล่ปรากฏของหินตะกอนในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกของยุคดีโวเนียน ได้แก่ หินเชิร์ต หินดินดาน และหินทราย เป็นต้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาอนุกรมวิธานซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนเพื่อใช้ในการกำหนดอายุชั้นหินและการเทียบเคียงซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนกับพื้นที่ศึกษาอื่น ถึงแม้ว่าในอดีตพื้นที่อำเภอปากชม จังหวัดเลยได้มีรายงานพบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนมาแล้วก็ตาม[3,4,6] แต่ในพื้นที่ศึกษาบ้านห้วยบ่อซืน ที่ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของอำเภอปากชมนั้นยังไม่พบรายงานการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนมาก่อน และส่วนมากผลการศึกษาในอดีตนั้นครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ทางตอนเหนือของจังหวัดเลยที่อยู่ใกล้กับบริเวณพื้นที่แม่น้ำโขง[4] และพื้นที่ สปป.ลาว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอนุกรมวิธานซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียน
2. เพื่อกำหนดอายุของชั้นหินและเทียบเคียงซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนกับพื้นที่ศึกษาอื่น

ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

แผ่นทวีปในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็นสองแผ่น ได้แก่ แผ่นทวีปฉานไทยที่ตั้งอยู่ฝั่งทางทิศตะวันตก และแผ่นทวีปอินโดจีนที่ตั้งอยู่ฝั่งทางทิศตะวันออกโดยมีแนวตะเข็บธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ คั่นกลางระหว่างทั้งสองแผ่นทวีป พื้นที่ศึกษาจังหวัดเลยตั้งอยู่ทางทิศเหนือของแนวชั้นหินคดโค้งเลย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งทางด้านทิศตะวันตกของแผ่นทวีปอินโดจีน[7] บริเวณขอบเขตทางทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษาติดกับกลุ่มหินโคราช และบริเวณแนวชั้นหินคดโค้งเลยซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินตะกอนและหินอัคนีเป็นหลัก โดยหินเหล่านี้มีอายุตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิก มีโซโซอิก และซีโนโซอิก ซึ่งหินในมหายุคพาลีโอโซอิกสามารถแบ่งเป็นหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง ได้แก่ หินยุคไซลูเรียนถึงยุคดีโวเนียน โดยหินยุคดีโวเนียน พบปรากฏให้เห็นทางด้านตะวันออกของอำเภอปากชม จังหวัดเลย และพื้นที่อำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรธานี หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน ได้แก่ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์เมียน ซึ่งจะปรากฏอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดเลย หินมหายุคมีโซโซอิก ได้แก่ หินยุคจูแรสซิกถึงยุคครีเทเชียส พบปรากฏอยู่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของแนวเทือกเขาในจังหวัดเลย[6] (Figure 2) จากการศึกษาการลำดับชั้นหินโดยทั่วไปของแนวชั้นหินคดโค้งเลยในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิก[7] สามารถแบ่งหมวดหินตามการลำดับชั้นหิน ได้ดังนี้ หมวดหินนาโม (Na Mo Formation) อายุไซลูเรียนถึงดีโวเนียน(Silurian to Devonian) ถูกปิดทับด้วยหมวดหินปากชม (Pak Chom Formation) อายุไซลูเรียนถึงดีโวเนียน และหมวดหินวังสะพุง (Wang Saphung Formation) อายุคาร์บอนิเฟอรัส ต่อมา Udchachon and others (2014)[8] ได้เสนอการลำดับชั้นหิน โดยเรียงลำดับจากชั้นหินที่มีอายุแก่ไปยังหินที่มีอายุอ่อน ประกอบด้วย หมวดหินปากชมถูกปิดทับ

แบบไม่ต่อเนื่องด้วยหมวดหินหนองดอกบัว (Nong Dok Bua Formation) หมวดหินวังสะพุง หมวดหินอีเลิศ (E-lert Formation) หมวดหินน้ำมโหพาร (Nam Mahoran Formation) และหมวดหินผาเดื่อ (Pha Dua Formation) ตามแท่งลำดับชั้นหิน (Figure 1)

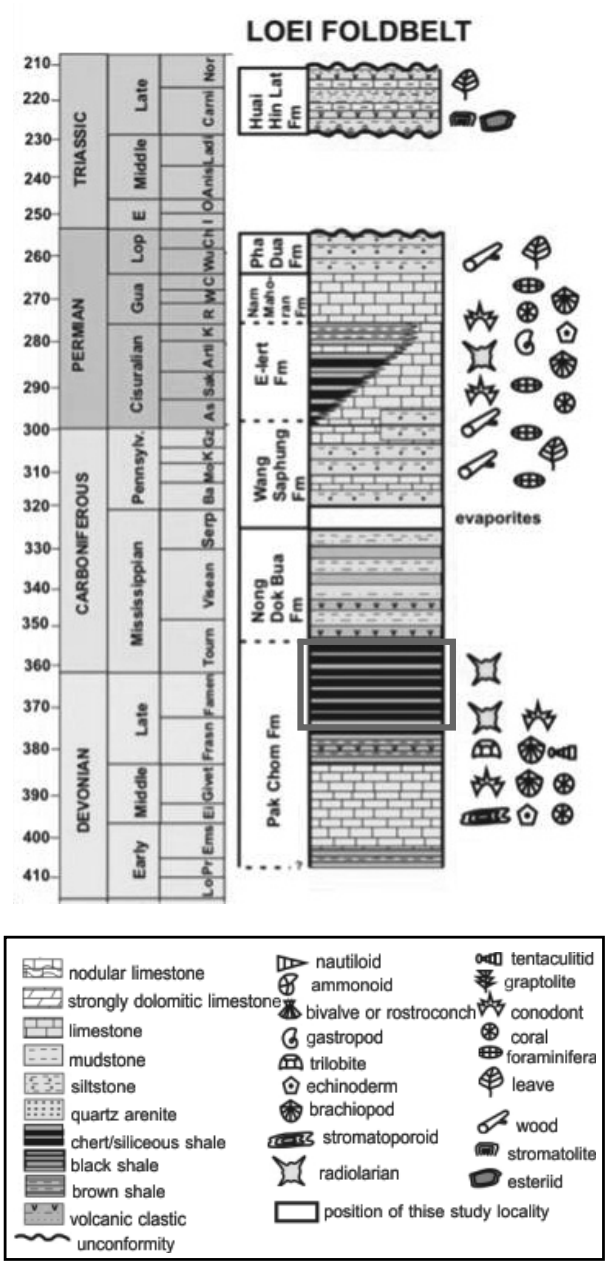

Figure 1 Stratigraphic columns of the Loei Foldbelt showing a position of radiolarian and others fossils and a position of thise study locality.[8]

การโผล่ปรากฏของชั้นหินในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบ้านห้วยบ่อซืน ตั้งอยู่ด้านทิศใต้ของอำเภอปากชม จังหวัดเลย บริเวณหน้าตัดถนนผ่านเส้นทางบ้านห้วยบ่อซืน โดยอยู่ในตำแหน่งละติจูด 17°45 องศา ลองจิจูด 101°50 องศา ตะวันออกเฉียงใต้ (Figure 2 A และ B) พบการโผล่ปรากฏของชั้นหินเชิร์ตสีน้ำตาลแดงแทรกสลับชั้นกับหินดินดาน โดยชั้นของหินเชิร์ตมีความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 เซนติเมตร ความยาวของหน้าตัดชั้นหินประมาณ 30 เมตร โดยชั้นหินวางตัวในแนวประมาณ 357 องศา มีมุมการเอียงเท ประมาณ 75 องศา ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างหินเชิร์ตจำนวน 15 ตัวอย่าง โดยมีช่วงเก็บตัวอย่างห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร จนถึง 100 เซนติเมตร (Figure 3)

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษาหินเชิร์ตเรดิโอลาเรียนจากพื้นที่บ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม จังหวัดเลย จากตัวอย่างหินเชิร์ตทั้งหมด 15 ตัวอย่าง (HBS1-HBS15) ซึ่งนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการเคมี โดยการสกัดคัดแยกซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนออกจากหินเชิร์ตด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) ความเข้มข้นประมาณ 3% ตามวิธีการของ Pessagon and Newport (1972)[9] จากนั้นจึงนำไปถ่ายรูปโดยใช้อุปกรณ์กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด SEM (Scanning electron microscope) และนำไปศึกษาอนุกรมวิธานด้านจุลบรรพชีวินวิทยาโดยการเปรียบเทียบกับเอกสารงานงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อระบุชนิดของตัวอย่างที่ค้นพบ

ผลการศึกษา

อนุกรมวิธานของเรดิโอลาเรียนของการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนในพื้นที่ศึกษา บ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม จังหวัดเลยนี้ได้จัดหลักอนุกรมวิธานตามของ De Wever *et al*. (2001)[1]

Class : Actinopoda

Subclass : Radiolaria Müller 1858[10]

Superorder : Polycystina Ehrenberg 1838[11], emend. Riedel 1967[12]

Family Entactiniidae Riedel 1967[12]

Genus *Helioentactinia* Nazarov 1975[13]

Type species: *Helioentactinia* Foreman 1963[14]

***Helioentactinia* sp.**

Figure 4, 6-7

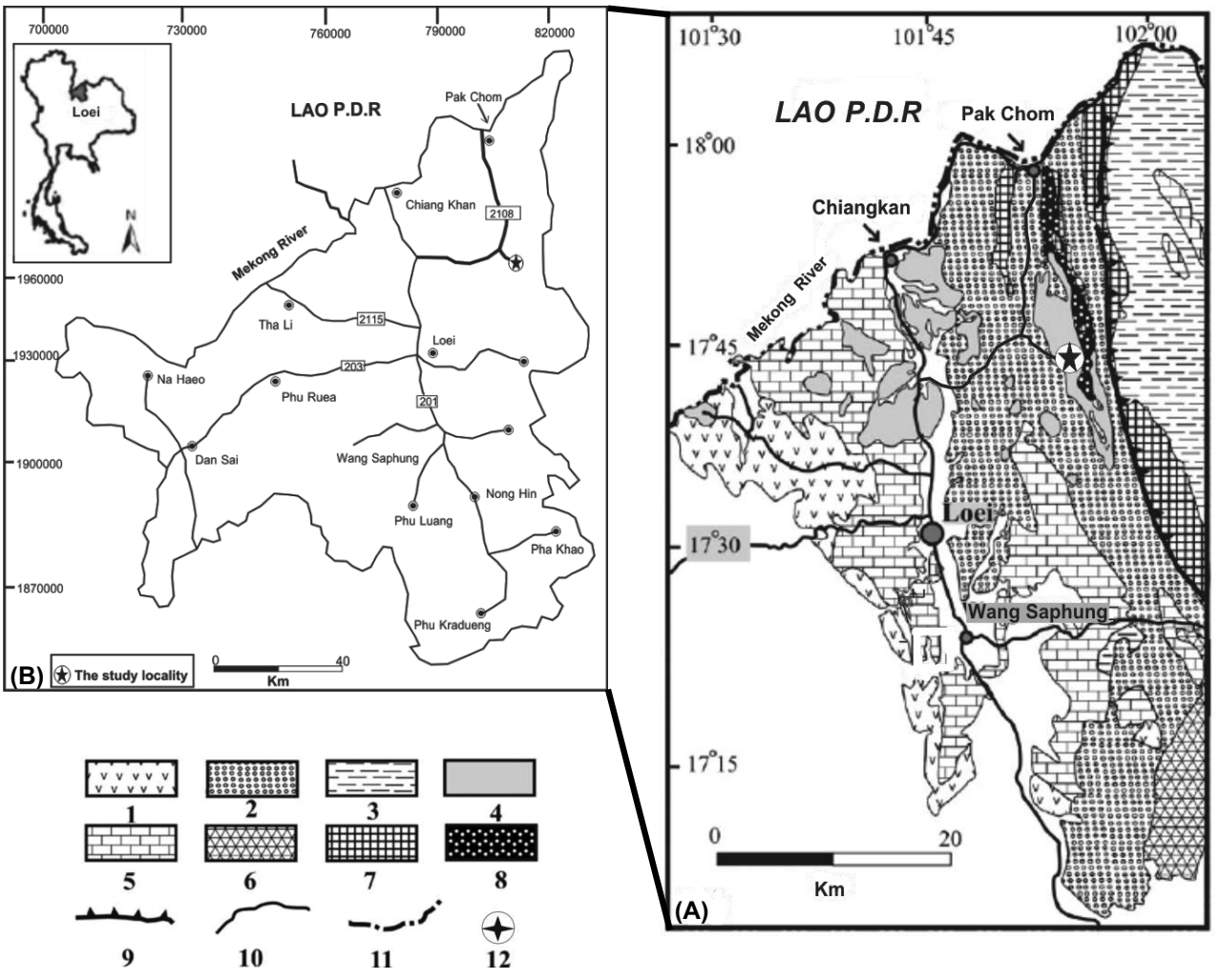

Figure 2 (A) Locality map indicates a study area in Ban Huai Bo Suen which is located to the south of the Pak Chom district. (B) Geological map of the Loei region showing distribution of the sedimentary rocks and volcanic rocks[8] Legend: 1. Permo-Triassic volcanic rocks rhyolite, andesite, tuff, agglomerate 2. Carboniferous rock including conglomerate, sandstone, shale, slate, chert and limestone 3. Permo-Triassic rocks including sandstone, argillaceous limestone, rhyolitic tuff, shale, limestone and chert 4. Permo-Triassic granite 5. Permian rocks including limestone, shale and sandstone 6. Triassic rocks including sandstone, siltstone and mudstone 7. Devonian rocks including chert, shale and tuff 8. Devonian-Carboniferous volcanic rocks including basalt, andesite and tuff 9. Trust fault 10. road 11. Country boundary 12. The study locality

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะของเปลือก ทรงรี (subspherical shell) เปลือก 2 ชั้น ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายปลายเข็ม (needle-like) จำนวน 6-7 อัน วางตัวตรงข้ามกันมีขนาดและความยาวแตกต่างกัน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่ศึกษาบ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

Polyentactinia leptosphaera Foreman, 1963[14]

Figure 4, 4-5

1963 *Polyentactinia leptosphaera* n.sp. Foreman - Foreman, Pl.1, Figure 6

2009 *Costaentactinia? leptosphaera* (Foreman) - Seo and Won, Pl. 1, Figure 13-20

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงรี (subspherical shell) เปลือก 1 ชั้น ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายปลายเข็ม (needle-like) จำนวน 2-6 อัน ที่มีขนาดความยาวต่างกัน โดยหนามมีขนาดความยาวมากกว่าหนาม (spine) อื่น

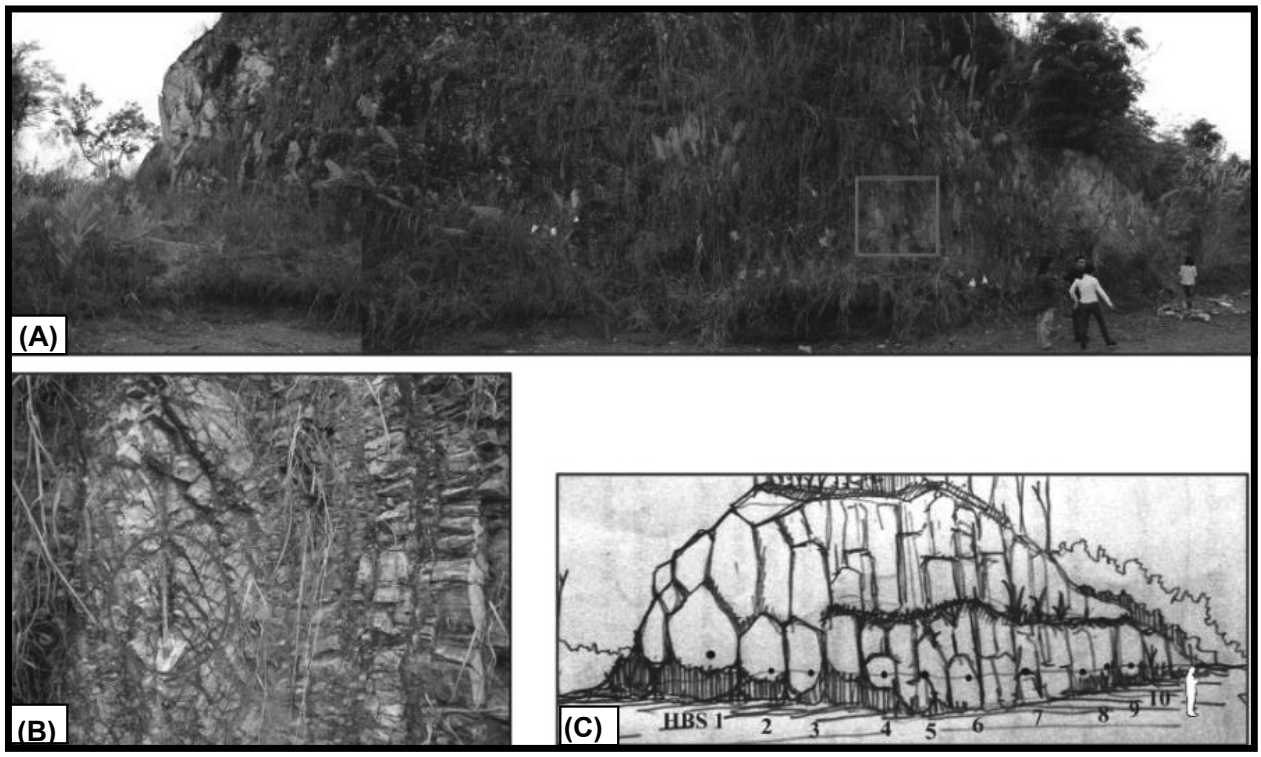

Figure 3 (A) Outcrop photographs of the study locality at Ban Huai Bo Suen section showing bedded chert (B) Photographs showing bedded chert interbedded with shale (pen is about 15 cm long.) (C) Sketch of the study section showing sampling point as drafted from outcrop photograph in A. (HBS1-HBS10)

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่หน่วยหิน Huron member หมวดหิน Ohio shale ประเทศสหรัฐอเมริกา อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

***Polyentactinia* sp.**

Figure 4, 1-3

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงกลมและรี (spherical-subspherical shell) เปลือก 1 ชั้น ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายปลายเข็ม (needle-like) จำนวนหนาม (spine) แตกต่างกัน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่ศึกษาบ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

Genus *Tetrentactinia* Foreman, n. sp.

Type species : *Tetrentactinia barysphaera* Foreman, n.sp.

Tetrentactinia gracilispinosa Foreman, 1963[14]

Figure 4, 8

1963 *Tetrentactinia gracilispinosa* Foreman - Foreman Pl. 7, Figure 2a-b

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกค่อนข้างรี (sub-spherical shell) เปลือก 1 ชั้น โดยเปลือกนอกคล้ายฟองน้ำ (spongy) เปราะบาง ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายปลายเข็ม (needle-like) จำนวน 6 อัน มีขนาดและความยาวแตกต่างกัน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่หน่วยหิน Huron member หมวดหิน Ohio Shale ประเทศสหรัฐอเมริกา อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

Genus *Trilonche Hinde*, 1899; emend. Foreman, 1963; emend. Aitchison and Stratford 1997 (syn. *Entactino-sphaera* (Foreman, 1963)

Type species: *Trilonche vetusta* Hinde, 1899

Trilonche davidi (Hinde, 1899)[15]

Figure 4, 13-15

1899 *Staurolonche davidi* Hinde - Hinde, p. 46; Pl. 8, Figure 13

1997 *Trilonche davidi* (Hinde) - Aitchison and Stratford, Figure 2-8, Figure 3-4

1999 *Trilonche davidi* (Hinde) - Aitchison,
Pl. 3, Figure K and L, Pl. 4, Figure C,D,F,G,K,L ; Pl. 5, Figure M and N, Pl. 6, Figure C and S
2002 *Trilonche davidi* (Hinde) - Luo, Pl.
2, Figure 7,8
2003 *Trilonche davidi* (Hinde) - Wang, Pl. 1, Figure 14,15, Pl. 3, Figure 21
2012 *Trilonche davidi* (Hinde) - Thassanapak, Figure 7. 1-9

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงกลมขนาดเล็กถึงปานกลาง (spherical shell) เปลือก 2 ชั้นและหนา ลักษณะ pore ทรงกลมและรี (spherical-subspherical) ขนาดปานกลาง อยู่บริเวณข้างนอกเปลือก ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายใบมีด (thee-bladed) จำนวน 2-4 อัน ขนาดความยาวเท่ากัน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่ Eastern New South Wales ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนกลาง (Middle Devonian) พื้นที่ Gamilaroi terrane New England Orogen ภาคตะวันออก ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนต้นและตอนกลาง (Early and Middle Devonian) พื้นที่หมวดหิน Tanhe Formation, Nannin, Guangxi ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน อายุดีโวเนียนตอนต้นถึงตอนกลาง (Early to Middle Devonian) พื้นที่ Shaijingpo, Lila, Bazhai และ Shiti reservoir ตอนใต้ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน อายุดีโวเนียนตอนกลางและตอนปลาย (Middle and Late Devonian) พื้นที่บริเวณตอนกลาง สปป. ลาว อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

Trilonche echinata (Hinde, 1899)[15]
Figure 5, 1-4
1899 *Heliosoma echinata* Hinde - Hinde, p. 50, Pl. 9, Figure 12
1963 *Entactinosphaera echinata*? (Hinde) - Foreman, Pl. 3, Figure 10, Pl. 4, Figure 12a-b
1993 *Entactinosphaera echinata* (Hinde) - Aitchison, Pl. 5, Figure6, 11, 14, Pl. 7, Figure3
1997 *Trilonche echinata* (Hinde) - Aitchison and Stratford, Figure 2-5, 6,10
1999 *Trilonche echinata* (Hinde) - Aitchison, Pl. 1, FigureG-K,N, Pl. 2, Figure D,K,L,Q, Pl. 3, Figure O and X, Pl. 4, Figure S Pl.5, Figure B-D,G,I, Pl. 6,Figure A,I,L-N,P
2002 *Trilonche echinata* (Hinde) - Luo, Pl. 1, Figure 13,14
2003 *Trilonche echinata* (Hinde) - Wang, Pl. 1, Figure 16-19, Pl. 5, Figure 26-30
2005 *Trilonche echinata* (Hinde) - Wonganan, Pl. 2, Figure 17,18

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงกลมขนาดใหญ่ (large spherical shell) เปลือก 2 ชั้น ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายใบมีด (three-bladed) จำนวน 2-6 อัน ขนาดความยาวต่างกัน โดยมีเพียง 1 หนามที่มีขนาดความยาวมากกว่าหนามอื่น by-spine คล้ายปลายเข็ม (needle-like) ขนาดความยาวต่างกันเป็นจำนวนมากอยู่บริเวณโดยรอบของชั้นบน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่หน่วยหิน Huron member หมวดหิน Ohio shale ประเทศสหรัฐอเมริกา อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian) พื้นที่หมวดหิน GoGo Formation, Canning Basin, ภาคตะวันตก ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian) พื้นที่ Eastern New South Wales ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนกลาง (Middle Devonian) พื้นที่หมวดหิน Tanhe Formation, Nanning, Guangxi ภาคตะวันตกเฉียงใต้ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน อายุดีโวเนียนตอนล่างถึงตอนกลาง (Early to Middle Devonian) พื้นที่ Shaijingpo, Lila, Bazhai และ Shiti reservoir ตอนใต้ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน อายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle to Devonian) พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือ ประเทศไทย อายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle to Late Devonian)

Trilonche elegans Hinde, 1899[15]
Figure 5, 5-8
1899 *Trilonche elegans* Hinde - Hinde, p. 48, Pl. 8, Figure 22
1997 *Trilonche elegans* Hinde - Aitchison and Stratford, Figure 2-7, Figs. 3-6
1999 *Trilonche elegans* Hinde - Aitchison, Pl.1, Figure C,D,F,P, Pl. 4, Figure E,I, Pl. 6, Figure B,R
2003 *Trilonche elegans* Hinde - Wang, Pl.1,
Figure 22,23
2005 *Trilonche elegans* Hinde - Wonganan, Pl. 2, Figure 3

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงรี (subspherical shell) เปลือก 2 ชั้น ลักษณะ pore ทรงกลมอยู่บริเวณข้างนอกเปลือก ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายใบมีด (three-bladed) จำนวน 6-7 อัน ขนาดความยาวเท่ากันและวางตัวอยู่ในระนาบเดียวกัน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่ Eastern New South Wales ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนกลาง (Middle Devonian) พื้นที่ Gamilaroi terrane New England Orogen ภาคตะวันออก ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนต้นถึงตอนกลาง (Early and Middle Devonian) พื้นที่ Shaijingpo, Lila, Bazhai และ Shiti reservoir ตอนใต้ใต้ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน อายุดีโวเนียนตอนกลางและตอนปลาย (Middle and Late Devonian) พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือ ประเทศไทย อายุดีโวเนียนตอนกลางและตอนปลาย (Middle and Late Devonian)

Trilonche palimbola (Foreman, 1963)[14]
Figure 5, 9-12
1963 *Entactinosphaera palimbola* n.sp. Foreman – Foreman, Pl. 2, Figs. 7a-e, Pl. 3, Figs. 3a-d
1993 *Entactinosphaera palimbola* (Foreman) - Aitchison, Pl. 5, Fig. 5
1994 *Entactinosphaera palimbola* (Foreman) - Kiessling, Pl. 5, Figs. 2.4-5
2005 *Trilonche palimbola* (Foreman) - Wonganan, Pl.3, Figs. 3-5
2012 *Trilonche palimbola* (Foreman) -Thassanapak, Figs. 7.20-21

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงกลมและทรงรี (spherical-subspherical shell) ขนาดปานกลางถึงใหญ่เปลือกชั้นนอกหนาลักษณะหนาม (main spine) คล้ายใบมีด (three-bladed) จำนวน 2-6 อัน มีขนาดความยาวต่างกัน โดยมีเพียง 1 หนาม ที่ดูแข็งแรงมีขนาดความยาวมากกว่าหนามอื่น

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่หน่วยหิน Huron member หมวดหิน Ohio shale ประเทศสหรัฐอเมริกา อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian) พื้นที่หมวดหิน GoGo Formation, Canning Basin, ภาคตะวันตก ประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian) พื้นที่ตอนเหนือของ บาวาเรีย ประเทศเยอรมัน อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian) พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือ ประเทศไทย อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian). พื้นที่ตอนกลาง สปป ลาว อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

***Trilonche* sp.**
Figure 4, 9-12

ลักษณะสัณฐานวิทยา : ลักษณะเปลือกทรงกลมและรี (spherical-subspherical shell) เปลือก 2 ชั้น ลักษณะหนาม (main spine) คล้ายใบมีด (three-bladed) จำนวน 2-6 อัน ขนาดความยาวต่างกัน

ช่วงอายุ และสถานที่พบ : บริเวณพื้นที่ศึกษาบ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

อภิปรายผล และสรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนทั้งหมด 4 สกุล 6 ชนิด จากข้อมูลการศึกษาพบการปรากฏอยู่ร่วมกันของ *Polyentactinia leptosphaera* Foreman, *Tetrentactinia gracilispinosa, Trilonche elegans* Hinde, *Trionche palimbola* (Hinde) และ *Helioentactinia* sp. ซึ่งที่พบจำนวนมากที่สุดคือ *Trilonche elegans* Hinde โดยกลุ่มชีวินนี้สามารถเทียบเคียงได้กับผลการศึกษาของ Foreman (1963)[14] บริเวณพื้นที่หน่วยหิน Huron member หมวดหิน Ohio shale ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งสำรวจพบกลุ่มชีวินเรดิโอลาเรียนที่คล้ายคลึงกัน และได้บ่งชี้อายุของเรดิโอลาเรียนชนิด *Polyentactinia leptosphaera* Foreman, *Tetrentactinia gracilispinosa*, *Trilonche elegans* Hinde, *T. davidi* (Hinde), *T. echinata* (Hinde) และ *T. palimbola* (Hinde) อยู่ในช่วงยุคดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)[16,17] นอกจากนี้ยังมีรายงานการค้นพบกลุ่มชีวินเรดิโอลาเรียน *Trilonche davidi* (Hinde), *T. echinata* (Hinde), *T. elegans* Hinde และ *T. palimbola* (Hinde) เกิดร่วมกันในชั้นหินจากพื้นที่หมวดหิน Gogo Formation (western Australia)[18] พื้นที่ Shaijingpo, Lila, Bazhai และ Shiti reservoir ตอนใต้ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน[19] พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่[2] และพื้นที่ตอนกลางของ สปป.ลาว[20] ต่างก็บ่งชี้อายุของซากดึกดำบรรพ์กลุ่มนี้ตรงกันว่าอยู่ในช่วงอายุดีโวเนียนตอนปลาย ดังนั้นจากหลักฐานที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนในพื้นที่ศึกษานี้ มีอายุทางธรณีวิทยาอยู่ในช่วงยุคดีโวเนียนตอนปลาย จากผลการศึกษา

ซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนร่วมกับการเทียบเคียงกลุ่มชีวินกับพื้นที่อื่น และจากการรายงานผลการศึกษาด้านธรณีวิทยาและธรณีเคมี[6] บ่งชี้สภาพแวดล้อมการสะสมตัวของชั้นหินเชิร์ตเรดิโอลาเรียนบริเวณพื้นที่ศึกษานี้ มีการตกตะกอนสะสมตัวของหินเชิร์ตในทะเลลึกหรือกึ่งทะเลลึกที่บริเวณขอบทวีป (continental margin) อย่างน้อยในช่วงยุคดีโวเนียนตอนปลาย

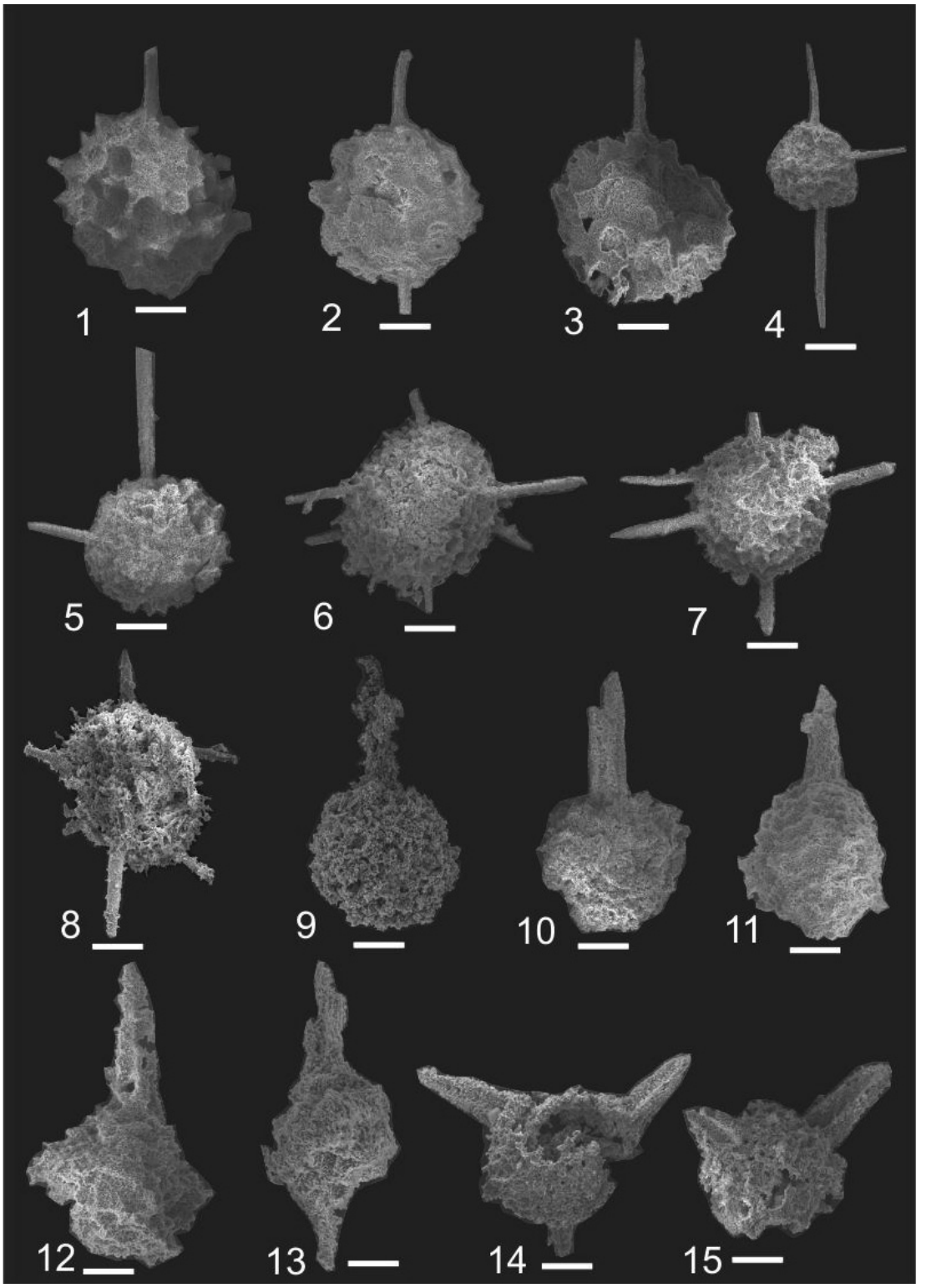

Figure 4 Scanning electron micrographs of radiolarian from the Ban Huai Bo Suen section (HBS1-HBS8) (all scale bars = 20 μm). 1-3 = *Polyenatctinia* sp. (1= HBS7; 2= HBS5; 3= HBS7), 4-5 = *Polyentactinia leptosphaera* Foreman (4= HBS2; 5= HBS8), 6-7 = *Helioentactinia* sp. (6= HBS1; 7= HBS8), 8 = *Tetrentactinia gracili-spinosa* Foreman (HBS3), 9-12 = *Trilonche* sp. (9= HBS7; 10= HBS5; 11= HBS3; 12= HBS1), 13-15 = *T. davidi* (Hinde) (13= HBS3; 14-15= HBS1)

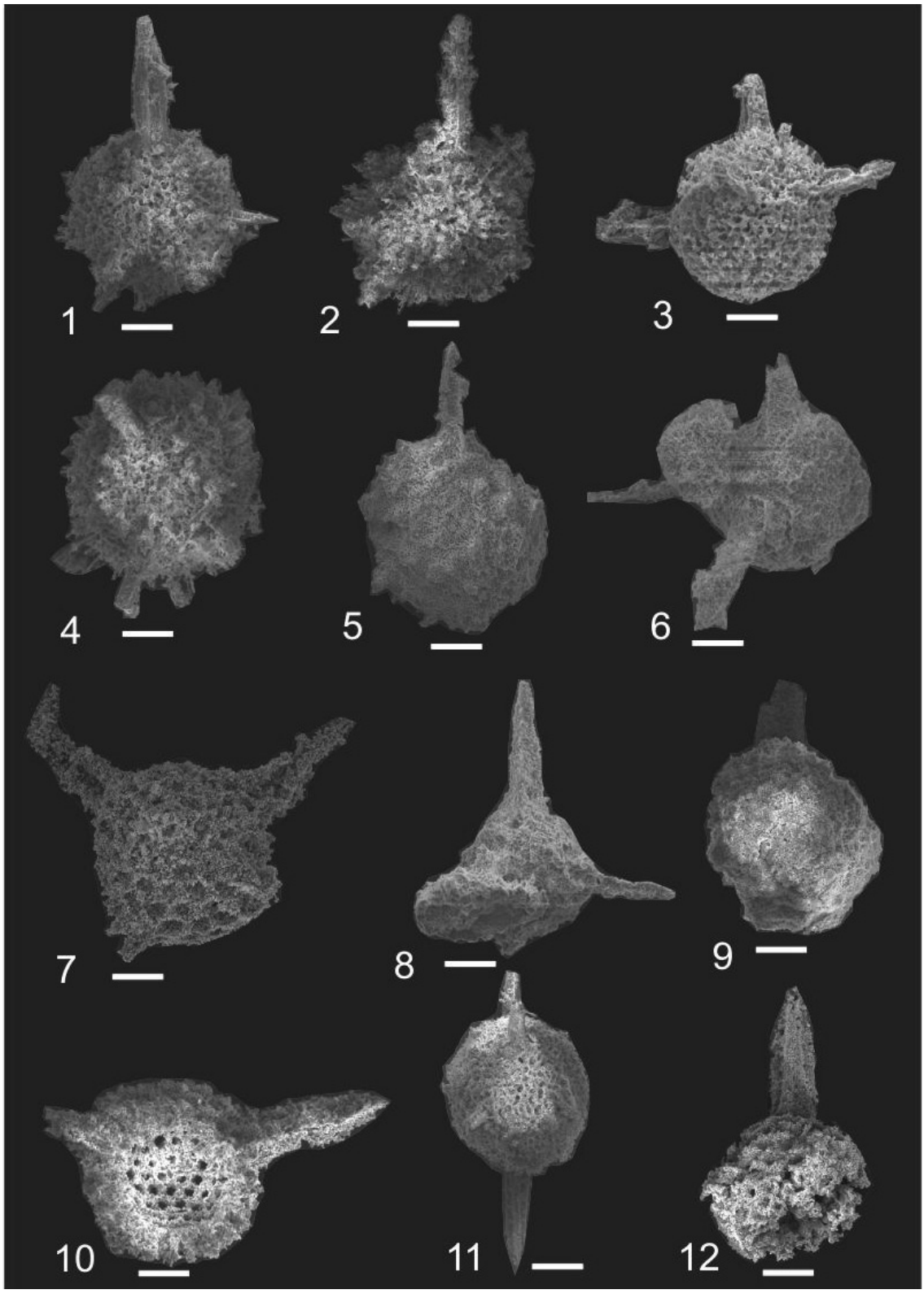

Figure 5 Scanning electron micrographs of radiolarian from the Ban Huai Bo Suen section (HBS1-HBS 5) (all scale bars = 20 μm). 1-4 = *Trilonche echinata* (Hinde) (1-2= HBS1; 3= HBS5; 4= HBS1), 5-8 = *T. elegans* Hinde (5= HBS3; 6= HBS1; 7= HBS5; 8= HBS2), 9-12 = *T. palimbola* (Foreman) (9= HBS4; 10= HBS2; 11= HBS4; 12= HBS5)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (Science Achievement Scholarship of Thailand) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณ นายมรกต สิงห์สะสุริยะ และนายคมกฤษ อุตรวิเศษ สำหรับความช่วยเหลือตลอดงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. De Wever P, Dumitrica P, Caulet JP, Nigrini C, Caridroit M. Radiolarians in the sedimentary record; 2001.
2. Wonganan N, Caridroit M. Middle and Upper Devonian radiolarian faunas from Chiang Dao area, Chiang Mai proince, northern Thailand. Micropaleontology 2005; 51(1): 39-57.
3. Sashida K, Igo H, Hisada KI, Nakornsri N, Ampornmaha A. Occurrence of Paleozoic and Early Mesozoic Radiolaria in Thailand (preliminary report). Southeast Asian Earth Sciences 1993; 8(1): 97-108.
4. Saesaengseerung D, Sashida K, Sardsud A. Late Devonian to Early Carboniferous radiolarian fauna the Pak Chom area, Loei Province, northeastern Thailand. Paleontological Research 2007; 11(2): 109-121.
5. กรมทรัพยากรธรณี. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดเลย.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: จันวาณิชย์ ซีเคียวริตี้ พริ้นติ้ง; 2552.
6. Udchachon M, Thassanapak H, Feng Q, Chonglakmani C. Geochemical constraints on the depositional environment of Upper Devonian radiolarian cherts from Loei, north-eastern Thailand. Earth Sci 2011; 5(2): 178-190.
7. Bunopas S. Regional stratigraphic correlation Thailand. In: National Conference on " Geologic of Mineral Resources, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand; 1992; 189-208.
8. Udchachon M, Burrett C, Thassanapak H, Chonglakmani C, Campbell H, Feng Q. Depositional setting and paleoenvironment of an alatoconchid- beraring Middle Permian carbonate ramp sequence in the Indochina Terrane. Asian Earth Sciences 2014; 8: 37-55.
9. Pessagno JR, Newport RL. A new technique for extracting radiolarian from radiolarian chert. Micropaleontology 1972; 18(2): 231-234.
10. Müller J. Uber die Thalassicoleen,Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. Konigliche Preussichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Abhandlung, Jahre 1858; 54-155.
11. Ehrenberg CG. Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen. Köningliche Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Abhandlungen, Jahrgang 1838: 59-147.
12. Riedel WR. Chapter 8 (Protozoa). In: W. B. Harland and others, Eds. Cambridge: Cambridge University; 1967.
13. Nazarov BB. Radiolyarii nizhnego-srednego paleozoya Kazakhstana (metody issledovanii, sistematika, stratigraficheskoe znachenie (Lower and Middle Paleozoic radiolarians of Kazakhstan (methods of investigation, systematics and stratigraphic significance). In: M.E. Raaben, Ed., Trudy Akademiya Nauk SSSR, Geologicheskii Institut (Transactions of the Academy of Sciences of the USSR, Geological Institute); 1975; 1-203.
14. Foreman HP. Upper Devonian Radiolaria from the Huron member of the Ohio shale. Micropaleontology 1963; 9(3): 267-304.
15. Hinde GJ. On the Radiolaria in the Devonian rocks of New South Wales. Journal of the Geological Society of London; 55, 38-64.
16. Aitchison JC, Dais AM, Stratford JMC, Spiller FCP. Lower and Middle Devonian radiolarian biozonation of the Gamilaroi terrane New England Orogen, eastern Australia. Micropaleontology 1999; 45(2): 138-162.
17. Aitchison JC, Kong H, Stratford JMC. Middle Devonian (Givetian) Radiolaria from eastern New South Wales, Australia: A reassessment of the Hinde (1899) fauna. Neues Jahrbuch für Geologic and Paläontogic 1997; 203(3): 369-390.
18. Aitchison JC. Devonian (Frasnian) radiolarians from the GoGo Formation, Canning Basin, Western Aus-

tralia. Palaeontographica Abt, A,1993; 228: 105-128.

19. Wang Y, Aitchison JC, Lou H. Devonian radiolarian faunas from South China. Micropaleontology 2003; 49(2): 127-145.
20. Thassanapak H, Udchachon M, Burrett C. Devonian radiolarians and tentaculitids from central Laos. Asian Earth Sciences 2012; 60: 104-113.