

เรดิโอลาเรียนยุคดีโวเนียนตอนปลายถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้นจากหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย

Late Devonian to early Carboniferous radiolarian faunas from the Ban Wang Pha chert section in Pak Chom district, Loei province, northeastern Thailand

ศิริกาญจน์ จรรยา¹, หทัยทิพย์ ทัสณภักดิ์², มงคล อุดชาชน³
Sirakan Janya¹, Hathaitip Thassanapak², Mongkol Udchachon³

Received: 5 February 2021 ; Revised: 2 April 2021 ; Accepted: 19 April 2021

บทคัดย่อ

ซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนจากหินเชิร์ตยุคดีโวเนียนตามแนวชั้นหินคดโค้งเลยนั้นเคยมีรายงานการค้นพบในอดีตมาแล้ว อย่างไรก็ตามยังมีชั้นหินเชิร์ตอีกหลายพื้นที่ของจังหวัดเลยยังไม่มีการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียน การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตที่โผล่ปรากฏบริเวณเนินเขาหลังโรงเรียนบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย โดยทำการละลายหินเชิร์ตมากกว่า 30 ตัวอย่าง เพื่อสกัดซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนตามขั้นตอนมาตรฐานด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 3-5 โดยผลการศึกษาพบเรดิโอลาเรียนอายุดีโวเนียนจำนวน 9 สกุล 17 ชนิด และสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มชีวิน *Polyentactinia tenera* Assemblage ประกอบด้วย *Polyentactinia tenera*, *P. invenusta*, *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum* ร่วมกับ *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (ฟราสเนียน-ฟาเมนเนียน) และกลุ่มที่ 2 กลุ่มชีวิน *Belowea variabilis* Assemblage ประกอบด้วย *Belowea variabilis*, *Trienosphaera sicarius*, *Archocyrtium* sp. และ *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* ระบุอายุได้ในช่วงดีโวเนียนตอนปลาย (ฟาเมนเนียน) ถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

คำสำคัญ: เรดิโอลาเรียน ยุคดีโวเนียนตอนปลาย หินเชิร์ต แนวชั้นหินคดโค้งเลย

Abstract

Some Devonian radiolarian chert sequences have been previously reported from the Loei Fold Belt. However, the various chert sequences exposed in Loei province have not yet been studied. The chert sequence exposed at a hill located behind the Ban Wang Pha School was selected in this study. More than 30 chert samples were collected from the rock section. Standard chemical methods were applied using 3-5 % hydrofluoric acid for radiolarian extraction. The results indicated that these Devonian radiolarians can be classified into 9 genera and 17 species. These faunas can be grouped into 2 assemblages. The first assemblage, *Polyentactinia tenera* assemblage, includes *Polyentactinia tenera*, *P. invenusta*, *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum* and *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* and others. This assemblage indicates of Late Devonian (Frasnian-Famennian). The second assemblage is *Belowea variabilis* Assemblage including *Belowea variabilis*, *Trienosphaera sicarius*, *Archocyrtium* sp. and *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* and others. This assemblage indicates Late Devonian (Famennian) to early Carboniferous.

Keywords: Radiolarian, Late Devonian, Chert, Loei Fold Belt

¹ นิสิตปริญญาโท, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

³ รองศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master degree student, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand

² Assist Prof, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand

³ Assoc Prof, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha sarakham 44150, Thailand

* Corresponding author; Sirakan Janya, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand
sira.sirakan@gmail.com

บทนำ

เรดิโอลาเรียน (Radiolarian) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวในอาณาจักรโพรทิสตา (Kingdom Protista) ชั้นย่อยเรดิโอลาเรีย (Subclass Radiolaria) ที่ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนอาศัยอยู่บริเวณทะเลเปิด (open marine) ในระดับโกลีฟวิ้นตั้งแต่ยุคแคมเบรียน (Cambrian) จนถึงปัจจุบัน โครงสร้างแข็งภายนอก (cortical shell) ของเรดิโอลาเรียนเกิดจากการดูดซับสารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) ในน้ำทะเลมาสร้างเป็นเปลือกแข็งหุ้มลำตัว เมื่อตายลงไปโครงสร้างแข็งดังกล่าวจะตกจมลงสู่พื้นทะเลและสะสมตัวร่วมกับเศษตะกอนอื่นๆ ผ่านกระบวนการทางธรณีวิทยากลายเป็นชั้นหินเชิร์ต (chert) หรือชั้นหินเนื้อแก้ว (siliceous rock) (หทัยทิพย์ ทัศนภักดิ์, 2555) และเรียกบริเวณที่มีการสะสมตะกอนแบบนี้ว่า เลนเรดิโอลาเรียน (Radiolarian ooze) ซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนถือเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญทางด้านบรรพชีวินวิทยาที่สามารถนำไปใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศบรรพกาลที่เกิดขึ้นในอดีต รวมถึงสามารถนำข้อมูลไปใช้เพื่อศึกษาการลำดับชั้นหินทางธรณีวิทยาได้อีกด้วย

การศึกษาเรดิโอลาเรียนในประเทศไทยนั้นมีการรายงานการค้นพบครั้งแรกบริเวณภาคเหนือของประเทศ ในอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ (Caridroit *et al.*, 1990) ระบุอายุช่วงยาวต่อเนื่องจากยุคดีโวเนียน (Devonian) คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) จนถึงเพอร์เมียน (Permian) หลังจากนั้นก็มีรายงานการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Sanjit *et al.*, 2014 ; Wonganan & Caridroit, 2005b, 2005a) ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้นมีการค้นพบตามแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Fold Belt) อำเภอปากชม จังหวัดเลย ระบุอายุดีโวเนียนและคาร์บอนิเฟอรัส (Sashida *et al.*, 1993) และหลังจากนั้นก็มีการรายงานการค้นพบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนในช่วงอายุดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นตามแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Khattamart *et al.*, 2015 ; Saesaengseerung *et al.*, 2007 ; Thassanapak *et al.*, 2017)

อย่างไรก็ตามการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนตามแนวชั้นหินคดโค้งเลยนั้น ยังมีพื้นที่ๆ มีการโผล่ปรากฏของชั้นหินเชิร์ตอื่นๆ ที่น่าสนใจที่ยังไม่มีข้อมูลการศึกษาอยู่อีกหลายพื้นที่ โดยเฉพาะบริเวณบ้านวังผามีการโผล่ปรากฏของหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณเนินเขาด้านหลังโรงเรียนบ้านวังผา และเป็นพื้นที่ๆ ยังไม่มีรายงานการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนมาก่อนเลย ดังนั้นในการศึกษา

ครั้งนี้จึงได้ทำการกำหนดพื้นที่ดังกล่าวเพื่อศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนอายุดีโวเนียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดจำแนกความหลากหลายของซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนที่มีอายุดีโวเนียน และจัดกลุ่มชีวินซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนเพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการกำหนดอายุการสะสมตะกอนของหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผาต่อไป

ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษาบ้านวังผา

ธรณีวิทยาของประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นธรณี 2 แผ่น ได้แก่ แผ่นฉาน-ไทย (Shan-Thai terrane) และแผ่นอินโดจีน (Indochina terrane) (Bunopas, 1992) โดยพื้นที่ศึกษาบ้านวังผานั้นตั้งอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย ซึ่งจัดเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นอินโดจีนทางด้านตะวันตก โดยมีชั้นหินตะกอนที่สะสมตัวตามแนวชั้นหินคดโค้งเลยดังนี้ ชั้นหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลาง ได้แก่ หมวดหินนาโม (Na Mo Formation) เป็นหินฐานของพื้นที่มีอายุไซลูเรียนถึงดีโวเนียน (Silurian-Devonian) หมวดหินปากชม (Pak Chom Formation) อายุดีโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (Devonian-early Carboniferous) โดยวางตัวทับถมวดหินนาโมและถูกปิดทับแบบไม่ต่อเนื่อง (Unconformity) ด้วยชั้นหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน ได้แก่ หมวดหินหนองดอกบัว (Nong Dok Bua Formation) อายุคาร์บอนิเฟอรัส (Udchachon *et al.*, 2014) ถูกปิดทับด้วยหมวดหินวังสะพุง (Wang Saphung Formation) หมวดหินอีเลิศ (E-lert Formation) หมวดหินน้ำมโหฬาร (Nam Mahoran Formation) และหมวดหินผาเตือ (Pha Dua Formation) อายุเพอร์เมียน (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) (Figure 1)

การโผล่ปรากฏของหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผาตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือจากอำเภอเมืองเลย ประมาณ 70 กิโลเมตร บนเส้นทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2414 (ตำแหน่งละติจูด 17 องศา 77 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด 101 องศา 98 ลิปดาตะวันออก) (Figure 2) พบการโผล่ปรากฏหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณเนินเขาด้านหลังโรงเรียนบ้านวังผาลักษณะของหินเชิร์ตมีสีน้ำตาลแดงถึงสีแดงอมม่วง มีความหนาแต่ละชั้นประมาณ 2-5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นภูเขาหินเชิร์ตที่มีความคดโค้งและซับซ้อนเป็นอย่างมาก หลังจากการสำรวจพื้นที่ศึกษา ได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณเชิงเขา กลางเขา และยอดเขา รวมมากกว่า 30 ตัวอย่าง (Figure 3)

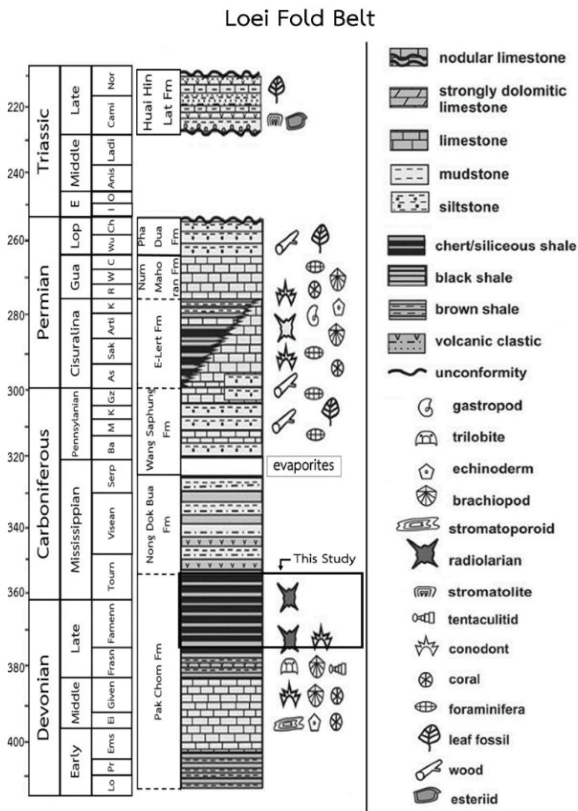


Figure 1 Biostratigraphic columns of Loi Fold Belt showing a detail of assemblages and position of study locality (Thassanapak et al., 2017 ; Udchachon et al., 2014)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

จากการสำรวจพื้นที่ศึกษาหน้าตัดชั้นหินเซิร์ตบ้านวังผานั้นได้ทำการวางตำแหน่งการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ได้แก่บริเวณเชิงเขา จำนวน 14 ตัวอย่าง บริเวณกลางเขา 17 ตัวอย่าง และบริเวณยอดเขา จำนวน 5 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างทั้งหมด 36 ตัวอย่างเพื่อนำมาสกัดเอาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนในเนื้อหินออกมาในขั้นตอนนี้ทำในห้องปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้กรดไฮโดรฟลูออริกหรือกรดกัดแก้ว (HF) ความเข้มข้นร้อยละ 3-5 โดยนำวิธีการสกัดตัวอย่างจากการศึกษาของ (Pessageno & Newport, 1972) มาใช้ โดยในแต่ละครั้งต้องนำตัวอย่างหินเซิร์ตไปแช่ในสารละลายเคมีเป็นเวลา 20-24 ชั่วโมงแล้วทำการเก็บสะสมตัวอย่างตะกอนที่ละลายจากเนื้อหินผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐาน (sieved) เบอร์ 53 และ 250 ไมโครเมตร ขั้นตอนนี้ทำซ้ำนาน 14 วัน จนได้ตัวอย่างที่เพียงพอต่อการศึกษา หลังจากนั้นนำตัวอย่างตะกอนที่ได้ทั้งหมดไปคัดแยกซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereo microscope) และทำการถ่ายภาพตัวอย่างผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) เพื่อทำการจัดจำแนกความหลากหลายของซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนในขั้นตอนต่อไป

ผลการศึกษานุกรมวิธานซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียน

การจัดจำแนกเรดิโอลาเรียนในครั้งนี้ได้ทำการจำแนกตามการศึกษาของ (De wever et al., 2001) สามารถจัดจำแนกทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Systematic paleontology

- Class Actinopoda
- Subclass Radiolaria Müller (1858)
- Superorder Polycystida Ehrenberg (1838), emend. Riedel (1967)
- Family Entactiniidae Reidel (1967)
- Genus *Stigmospherostylus* Rüst (1892), emend. Foreman (1963) (syn: *Entactinia* Foreman, 1963)
- Type species: *Stigmospherostylus herculea* (Foreman, 1963)

Stigmospherostylus pusilla (Hinde, 1899)

(Figure 4: 16) and Figure 5: 2-3)

1899 *Staurosphaera pusilla* Hind-Hind, p.46, pl.8, Figure 12
 1963 *Entactinia?* Additive Foreman-Foreman, p 273, pl.1, Figure 10 ; pl.3, Figure 9
 1997 *Stigmospherostylus pusilla* (Hinde)-Aitchison and Stratford, p.381
 2003 *Stigmospherostylus pusilla* (Hinde)-Wang, pl.2, figs.11-16
 2005 *Stigmospherostylus pusilla* (Hinde)-Wonganan, pl.2, Figure 13
 2017 *Stigmospherostylus pusilla* (Hinde)-Thassanapak, p.36, Figure 10 ; p.37, figs.5-7 ; p.38, figs.5c, 7-8

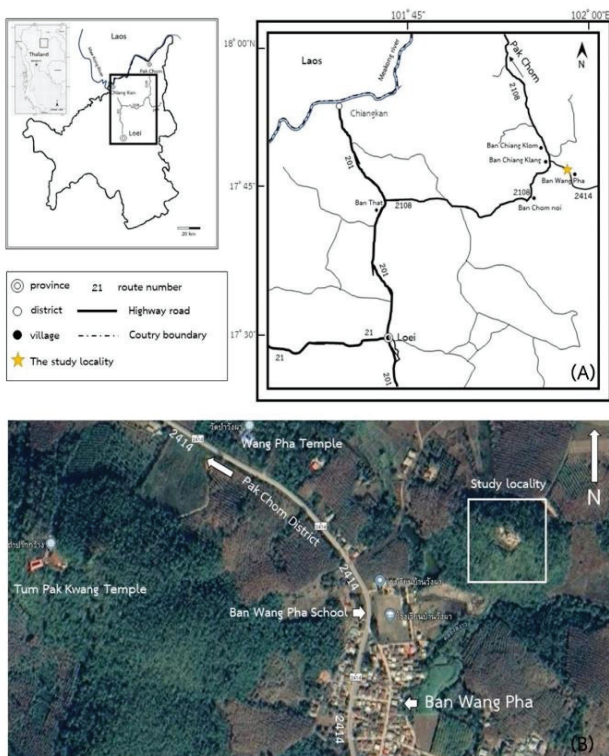


Figure 2 Map showing the locality of study section in Ban Wang Pha chert section

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะของเปลือกนอก (cortical shell) มีรูพรุน (pore frame) เหมือนตาข่ายลักษณะกลม (spherical latticed) ขนาดเล็กเท่ากัน มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ (main spine) ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอก คล้ายกับใบมีด 3 แฉก (three-bladed) โดยลักษณะเด่นของเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีจำนวนของหนามขนาดใหญ่ จำนวน 7 แฉก

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม พื้นที่บริเวณแอ่งของขอบแผ่นอินโดจีนตามแนวชั้นหินคดโค้งเลย ทางตะวันออกของจังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย มีอายุตอนปลายดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian ; Frasnian-Famennian) พื้นที่ทางด้านตะวันออกของรัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียนตอนกลาง (Middle Devonian ; Givetian) พื้นที่ทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle-Late Devonian ; Givetian-Frasnian) และพื้นที่หมู่หิน Huron บริเวณพื้นที่ Ohio shale ของสหรัฐอเมริกา มีอายุดีโวเนียน (Devonian)

Stigmospherostylus* sp. cf. *S. variospina (Won, 1983)
(Figure 4: 17 and figure 5: 1)

- cf. 1983 *Palaeoxyphostylus variospina* Won-Won, pp.156-157, pl.8, figs.1-4, 6-22
cf. 1986 *Entactinia variospina* (Won)-Gourmelon, pp. 183-184, pl.4, Figure 1
cf. 1987 *Entactinia variospina* (Won)-Gourmelon, p.49, pl.3, figs.7-11
cf. 1990 *Entactinia variospina* (Won)-Braun, p.109, pl.7, figs. 4, 6
cf. 1990 *Palaeoxyphostylus variospina* Won-Won, pp.137-138, pl.2, Figure 10
cf. 1993 *Entactinia variospina* (Won)-Sashida *et al.*, figs.4, 1-14
cf. 1994 *Entactinia variospina* (Won)-Kiessling, pl.4, figs.23, 24
cf. 2003 *Stigmosphaerostylus variospina* (Won)-Wong *et al.*, pl.4, figs.1-7
cf. 2005 *Stigmosphaerostylus variospina* (Won)-Wonganan and Caridoit, figs.3-3, 3-4
cf. 2007 (Figure 5: 1) (Won)-Saesaengseerung *et al.*, figs.8: 7, 17

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เนื่องจากตัวอย่างที่ได้มีความชำรุด อย่างไรก็ตามลักษณะของตัวอย่างมีความคล้ายคลึงที่สามารถเทียบเคียงได้กับ *Stigmosphaerostylus variospina* (Won) คือเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นของเปลือกนอกแข็งแรง มีรูพรุนเหมือนตาข่ายลักษณะกลมขนาดเล็กเท่ากัน มีหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกคล้ายกับใบมีด 3 แฉก ที่แข็งแรง (robust) มีขนาดสั้น (short) และปลายทู่ (blunted) และมีจำนวนของหนามขนาดใหญ่ประมาณ 2-6 แฉก

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ภาคเหนือของประเทศไทย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian-Famennian) พื้นที่ตามแนวริมฝั่งแม่น้ำโขงอำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีอายุดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (Late Devonian-early Carboniferous ; Famennian-Tournaisian) พื้นที่ทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Famennian) พื้นที่ทางเหนือของรัฐ Bavaria ประเทศเยอรมัน มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย และพื้นที่เมือง Riescheid ประเทศเยอรมัน มีอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

***Stigmospherostylus* sp.**
(Figure 5: 4-5)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม หนา มีรูพรุนขนาดเล็กเท่ากัน มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกคล้ายกับใบมีด 3 แฉก ขนาดยาวปลายแหลม ซึ่งเป็นลักษณะสัณฐานทั่วไปของสกุลนี้ โดยที่ตัวอย่างเหล่านี้ไม่ได้แสดงถึงลักษณะเฉพาะที่จะสามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย



Figure 3 Field photographs of the Ban Wang Pah chert section including (A) close-up of the Ban Wang Pha chert sequence (pen is about 14 cm long). (B), (C) at lower part of chert sequence (SB01 to S1(2)07). (D), (E), (F) at middle part of chert sequence (S401 to S705), (G), (H) at Upper part of chert sequence (S801 to S902).

Genus *Trilonche* Hinde (1899), emend. Foreman (1963), Aitchison and Stratford (1997)

(syn: *Entactinosphaera* Foreman 1963)

Type species: *Trilonche hindea* (Hinde, 1899)

Trilonche echinata (Hinde, 1899) ; emend. Aitchison and Stratford, 1997

(Figure 5: 6, 15)

1899 *Heliosoma echinatum* Hinde-Hinde, p.50, pl.9, figs.1-2

1963 *Entactinosphaera echinata* ? (Hinde)-Foreman, p.279, pl.3,

Figure 10 ; pl.4, figs.12a-b

1975 *Entactinosphaera echinata* (Hinde)-Nazarov, p.60-61, pl.3, figs.1-3 ; pl.4, figs.6-8

1983 *Entactinosphaera echinata* (Hinde)-Nazarov and Ormiston, pl.1, figs.6-7

1993 *Entactinosphaera echinata* (Hinde)-Aitchison, pl.5, figs.6, 11, 14 ; pl.7, Figure 3

1997 *Entactinosphaera echinata* (Hinde)-Wang, pl.3, figs.4-10 ; pl.4, figs.4, 7

1999 *Trilonche ? echinata* (Hinde)-Braun and Budil, Figure 4A

2003 *Trilonche echinate* (Hinde)-Wang *et al.*, pl.1, Figure 16

2005 *Trilonche echinate* (Hinde)-Wonganan and Caridroit, pl.2, figs.17, 18

2017 *Trilonche echinate* (Hinde)-Thassanapak *et al.*, figs.5b: 10-12 ; figs.5d: 3-4

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกที่เกิดจากก้าน (bars) ภายในที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน (concentric) คล้ายกับใบมีด 3 แฉก โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นคือหนามขนาดใหญ่ 1 แห่งที่ยาวปลายแหลม ลักษณะของบริเวณผิวเปลือกนอกถูกปกคลุมไปด้วยหนามขนาดเล็กคล้ายปลายเข็ม (needle-like) ทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นลักษณะของรูพรุนบนเปลือกนอกได้

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Givetian-Famennian) พื้นที่ของหมวดหิน Tanhe Formation ในเมือง Nanning มณฑลกว่างซี (Guangxi) ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุดีโวเนียนตอนต้นถึงตอนกลาง (Early-Middle Devonian) พื้นที่ทางตะวันออกของรัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียนตอนกลาง (Middle Devonian ; Givetian) พื้นที่ของหมวดหิน Gogo ในแอ่ง Canning Basin ทางด้านตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย และพื้นที่พื้นที่หมู่หิน Huron บริเวณ Ohio shale ประเทศสหรัฐอเมริกา มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Late Devonian)

Trilonche elegans Hinde (1889)

(Figure 4: 2 and figure 5: 5, 7-8)

1889 *Trilonche elegans* Hinde-Hinde, p.48, pl.8, Figure 22

1997 *Trilonche elegans* Hinde-Aitchison and Stratford, figs.2-7, figs.3-6

1999 *Trilonche elegans* Hinde-Aitchison, pl.1, figs. C, D, F, P ; pl.4, figs. E, I ; pl.6, figs. B, R

2003 *Trilonche elegans* Hinde-Wang, pl.1, Figure 22, 23

2005 *Trilonche elegans* Hinde-Wonganan and Caridroit, pl.2, Figure 3

2015 *Trilonche elegans* Hinde-Udchachon *et al.*, figs.7, 6-7

2017 *Trilonche elegans* Hinde-Thassanapak *et al.*, p.36 ; Figure 5a, 14 ; p.37, figs.5b, 13-14 ; p.39, figs.5d, 5-6

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม มีรูพรุนขนาดเล็กสม่ำเสมอ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกที่เกิดจากก้านภายในที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันคล้ายกับใบมีด 3 แฉก ยาวปลายแหลมเท่ากัน มีจำนวน 4-6 แห่ง โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นคือ หนามขนาดใหญ่แต่ละแห่งจะวางตัวทำมุมตั้งฉากซึ่งกันและกัน

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Givetian-Famennian) พื้นที่ทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย พื้นที่แผ่นธรณี Gamilaroi ตามแนวเทือกเขา New England orogen ทางด้านตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย อายุดีโวเนียนตอนต้นถึงตอนกลาง และพื้นที่ทางตะวันออกของรัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียนตอนกลาง (Givetian)

Trilonche hindea (Hinde, 1899)

(Figure 4: 20-21, 24 and figure 5: 9)

1899 *stylosphaera vetusta* Hinde-Hinde, p.46, pl.8, Figure 10

1975 *Entactinosphaera vetusta* (Hinde)-Nazarov, p.64-65, pl.5, figs.8-10 ; pl.6, figs.9-11

1991 *Entactinosphaera vetusta* (Hinde)-Li and Wang, pl.1, figs.15, 16 ; pl.2, figs.9-11

1997 *Trilonche hindea* (Hinde)-Aitchison and Stratford, p.374, figs.2-9, 2

1999 *Trilonche hindea* (Hinde)-Aitchison *et al.*, pl.2, figs.J, R ; pl.3, Figure E ; pl.5, figs.F, H ; pl.6, figs.K, O, Q

2005 *Trilonche hindea* (Hinde)-Wonganan and Caridroit, pl.3, figs.10, 11, 17, 18, 21, 22, 25

2012 *Trilonche hindea* (Hinde)-Thassanapak *et al.*, figs.7 ; 22-25

2017 *Trilonche hindea* (Hinde)-Thassanapak *et al.*, figs.5a ; 15-16, Figure 5b ; 15, figs.5d ; 7-8

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นยาวออกมาจากเปลือกนอกที่เกิดจากก้านภายในที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน คล้ายกับใบมีด 3 แฉก ปลายแหลม มีจำนวน 4-6 แห่ง โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นคือ มีหนามขนาด

ใหญ่ที่มีความยาวกว่าชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นลักษณะที่ใช้จัดจำแนก
เรดิโอลาเรียนชนิดนี้

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่
หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย
พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ของประเทศไทย
มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Givetian-Farmenian)
พื้นที่แผ่นธรณี Gamilaroi ตามแนวเทือกเขา New England
orogen ทางด้านตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย อายุ
ดีโวเนียนตอนต้นถึงตอนกลาง และพื้นที่ทางตะวันออกของ
New South Wales ประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียน
ตอนกลาง (Givetian)

Trilonche palimbola (Foreman, 1963)
(Figure 4: 18, 19 and figure 5: 9)

- 1963 *Entactinosphaera palimbola* Foreman-Foreman, pl.2, figs.3a-d,
figs.7a-e
1987 *Entactinosphaera palimbola* Foreman-Gourmaelon, pl.4, figs.7-10
1993 *Entactinosphaera palimbola* Foreman-Sashida *et al.*, figs.4-10
1998 *Entactinosphaera palimbola* Foreman-Sashida *et al.*, figs.17, 18
2005 *Trilonche palimbola* (Foreman)-Wonganan and Caridroit, pl.3,
figs.3-5
2012 *Trilonche palimbola* (Foreman)-Thassanapak *et al.*, figs.7 ; 20-21
2015 *Trilonche palimbola* (Foreman)-Udchachon *et al.*, figs.7 ; 10, 11
2017 *Trilonche palimbola* (Foreman)-Thassanapak *et al.*, p.36, Figure
5a, 17 ; p.37, figs.5b, 16, 17 ; p.39, figs.5d, 10,11

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม
มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออก
มาจากเปลือกนอกที่เกิดจากก้านภายในที่มีจุดศูนย์กลาง
ร่วมกัน คล้ายกับใบมีด 3 แฉก มีลักษณะยาวปลายแหลม
มีจำนวน 4-6 แฉก โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่น
คือ มีหนามขนาดใหญ่ที่มีขนาดใหญ่ แข็งหนา และยาวกว่า
แฉงอื่นๆ จำนวน 1 แฉก

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่
หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่ตอนกลาง
ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีอายุดีโวเนียนตอน
ปลาย (Frasnian) พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่
ภาคเหนือของประเทศไทย มีอายุดีโวเนียนตอนกลางถึงตอน
ปลาย (Givetian-Famennian) พื้นที่ทางตอนเหนือของรัฐ
Bavaria ประเทศเยอรมัน พื้นที่ของหมวดหิน Gogo บริเวณ
แอ่ง Canning Basin ทางด้านตะวันออกของประเทศ
ออสเตรเลีย และพื้นที่หมู่หิน Huron บริเวณ Ohio Shale ของ
ประเทศสหรัฐอเมริกา มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย

Trilonche vetusta Hinde (1899), emend. Aitchison and Stratford
(1997)
(Figure 4: 27)

- 1899 *Trilonche vetusta* Hinde-Hinde, p.48, pl.8, figs.18, 19
1997 *Trilonche vetusta* Hinde-Aitchison and Stratford, p.374, figs.2: 1,
2 ; figs.3: 1, 2
1999 *Trilonche vetusta* Hinde-Aitchison *et al.*, pl.2, figs. J, R ; pl.3, figs.
E ; pl.5, figs. F, H ; pl.6, figs. K, O, Q
2003 *Trilonche vetusta* Hinde-Wang *et al.*, pl.1, figs. 25-30
2005a *Trilonche vetusta* Hinde-Wonganan and Caridroit, Figure 3: 6
2005b *Trilonche vetusta* Hinde-Wonganan and Caridroit, pl.3, figs. 6-9,
19
2017 *Trilonche vetusta* Hinde-Thassanapak *et al.*, figs.5a: 18, 19 ;
figs.5d: 14, 15

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม
มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมา
จากเปลือกนอกที่เกิดจากก้านภายในที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน
คล้ายกับใบมีด 3 แฉก ยาวปลายแหลม มีจำนวน 4-6 แฉก ที่มี
ความยาวเท่ากัน โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นของ
หนามขนาดใหญ่ 1 แฉกที่เบี่ยงออกมาจากระนาบในแกนตั้ง

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่
หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย
พื้นที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ของประเทศไทย
มีอายุดีโวเนียนตอนกลางและตอนปลาย (Givetian-
Famennian) พื้นที่ของหมวดหิน Tanhe ในเมือง Nanning
มณฑลกว่างซี (Guangxi) บริเวณทางด้านตะวันตกเฉียงใต้
ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุดีโวเนียนตอนต้นถึง
ตอนกลาง (Early-Middle Devonian) และพื้นที่แผ่นธรณี
Gamilaroi ตามแนวเทือกเขา New England orogen ทาง
ด้านตะวันออกของประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียน
ตอนกลางถึงตอนปลาย

Trilonche sp. cf. T. vachardi Wonganan and Caridroit, 2005
(Figure 5: 11)

- cf. 1999 *Entactinosphaera* aff. *E. vetusta* (Hinde)-Yao and Kuwahara,
pl.1, Figure 19
cf. 2005 *Trilonche vachardi* (Hinde)-Wonganan and Caridroit n. sp.,
pl.2, figs. 9-12

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เนื่องจากตัวอย่างที่ได้มี
ความชำรุดแตกหัก อย่างไรก็ตามลักษณะของตัวอย่างมีความ
คล้ายคลึงที่สามารถเทียบเคียงได้กับ *Trilonche vachardi*
Wonganan and Caridroit คือมีลักษณะเปลือกนอกกลม
มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมา
จากเปลือกนอกที่เกิดจากก้านภายในที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน
คล้ายกับใบมีด 3 แฉก ลักษณะยาวปลายแหลม โดย
เรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นคือ มีการบิด (twisted)
ของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมา

สถานที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้า
ตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย พื้นที่

อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnain to Famennian)

***Trilonche* sp.**

(Figure 5: 13-14)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกที่เกิดจากก้านภายในที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันคล้ายกับใบมีด 3 แฉก ลักษณะยาวปลายแหลม ลักษณะของใบมีดบางชนิดจะบางและหนา ซึ่งเป็นลักษณะสัณฐานทั่วไปของสกุลนี้ โดยที่ตัวอย่างเหล่านี้ไม่ได้แสดงถึงลักษณะเฉพาะที่จะสามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย อายุดีโวเนียนตอนปลายถึงตอนต้นคาร์บอนิเฟอรัส

Genus *Triaenosphaera* Deflandre (1973)

Type species: *Triaenosphaera sicarius* Deflandre (1973)

Triaenosphaera sicarius Deflandre (1973)

Figure 4: 8-10

1973 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Deflandre, pl.2, figs. 3-4

1978 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Holdsworth *et al.*, p.781, figs.2

; a-c

1986 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Gourmelon, pl.2, Figure 1

1987 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Gourmelon, pl.6, figs. 1-4

1988 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Schmidt-Effing, pl.3, Figure 5

1990 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Braun, pl.11, figs. 8-9

1993 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Braun and Schmidt-Effing,

pl.1, Figure 9

2001 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Liu, pl.2, figs. 5-9

2004 *Triaenosphaera sicarius* Deflandre-Feng *et al.*, pl.2, figs. 1-2

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลมขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ยาวที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกรูปร่างคล้ายกรวย (cone-shaped) มีลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉกที่มีความหนาของใบมีด มีจำนวน 4 แห่ง โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นคือ การวางตัวทำมุมซึ่งกันและกันของหนามขนาดใหญ่ในรูปแบบ tetrahedral คือหนามขนาดใหญ่จำนวน 3 แห่ง มีลักษณะการวางตัวทำมุมซึ่งกันและกันเป็นฐานสามเหลี่ยม และหนามขนาดใหญ่จำนวน 1 แห่ง จะตั้งตรงตามแนวระนาบแกนนั่ง ซึ่งจะมีความแตกต่างจาก *Trilonche vetusta* Hinde ที่มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่เบี่ยงออกมาจากระนาบในแกนนั่ง และจำนวนของหนามขนาดใหญ่ในสกุล *Trilonche*

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่ประเทศ

ฝรั่งเศส (France) พื้นที่ประเทศเยอรมัน (Germany) และพื้นที่ทางตอนใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน และพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย (Feng *et al.*, 2004) มีอายุดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (Famennian-Tournaesian)

***Triaenosphaera* sp.**

(Figure 4: 11)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลมขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกรูปร่างคล้ายกรวยลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉก และมีหนามขนาดใหญ่ที่วางตัวทำมุมซึ่งกันและกันคล้ายกับฐานสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นลักษณะสัณฐานทั่วไปของสกุลนี้ โดยที่ตัวอย่างนี้ไม่ได้แสดงถึงลักษณะเฉพาะที่จะสามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย มีอายุดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (Late Devonian to Early Carboniferous)

Genus *Tlecerina* Furutani (1983)

Type species: *Tlecerina horrida* Furutani (1983)

***Tlecerina* sp.**

(Figure 4: 12)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลมขนาดเล็ก มีหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นยาวออกมาจากเปลือกนอก มีลักษณะเป็นก้าน (rod-like long spine) และมีลักษณะของหนามขนาดเล็ก (thorn-like) ที่มีขนาดสั้นหนาปกคลุมเปลือกนอก ซึ่งเป็นลักษณะสัณฐานทั่วไปของสกุลนี้ โดยที่ตัวอย่างนี้ไม่ได้แสดงถึงลักษณะเฉพาะที่จะสามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตตัวอย่างบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย อายุดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

Genus *Belowea* Won (1963)

Type species: *Belowea variabilis* (Ormiston & Lane, 1976)

Belowea variabilis (Ormiston and Lane, 1976)

(Figure 4: 3)

1976 *Cromyostylus? variabilis* Ormiston and Lane - Ormiston and Lane, Taf. 4, figs. 7-11

1983 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976) - Won, Taf. 5, figs. 1-5, Taf. 13, figs. 3-5

1983 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976) - Won, Taf. 2, figs. 17-22, Taf. 13, Figure 8

1990 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976) - Won, pl. 6, figs. 5-13

2001 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976) - Liu, pl. 1, figs. 1-3, pl. 2, Figure 15, pl. 3, Figure 1

2002 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976) - Li *et al.*, pl. 1, figs. 16-17

ลักษณะสัณฐานวิทยา: มีลักษณะเปลือกนอกค่อนข้างกลมรี (subspherical-cortical shell) มีรูพรุนขนาดเล็กถึงเล็กมากคล้ายฟองน้ำ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นยาวออกมาจำนวน 2 แห่ง อยู่ตรงข้ามกัน โดยเรดิโอลาเรียงชนิดนี้จะมีลักษณะเด่นคือ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ด้านหนึ่งมีขนาดใหญ่คล้ายกรวยยาวปลายแหลมลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉก ยาวและหนา ส่วนหนามขนาดใหญ่อีกด้านหนึ่งมีลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉก ยาวและบาง

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่ศึกษาหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่เมือง Riescheid ในประเทศเยอรมัน และพื้นที่ Heiyingshan ทางตอนใต้ของเทือกเขา Tianshan สาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

Belowea sp. cf. B. variabilis (Ormiston and Lane, 1976)
(Figure 4: 4-6)

cf. 1976 *Cromyostylus? variabilis* Ormiston and Lane-Ormiston and Lane, Taf. 4, figs. 7-11

cf. 1983 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976)-Won, Taf. 5, figs. 1-5, Taf. 13, figs. 3-5

cf. 1983 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976)-Won, Taf. 2, figs. 17-22, Taf. 13, Figure 8

cf. 1990 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976)-Won, pl. 6, figs. 5-13

cf. 2001 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976)-Liu, pl. 1, figs. 1-3, pl. 2, Figure 15, pl. 3, Figure 1

cf. 2002 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane, 1976)-Liu *et al.*, pl. 1, figs. 16-17

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เนื่องจากตัวอย่างที่ได้มีความชำรุดแตกหัก อย่างไรก็ตามลักษณะของตัวอย่างมีความคล้ายคลึงที่สามารถเทียบเคียงได้กับ *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane) คือมีลักษณะเปลือกนอกค่อนข้างกลมรี (subspherical-cortical shell) มีรูพรุนขนาดเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นยาวออกมา 2 แห่ง อยู่ตรงข้ามกัน ซึ่งตัวอย่างที่ได้จากการมีความชำรุดจึงทำให้สังเกตเห็นลักษณะของหนามด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น คือจะมี 1 แห่ง ขนาดใหญ่คล้ายกรวยยาวปลายแหลม มีลักษณะของใบมีด 3 แฉกที่มีความหนา และอีก 1 แห่ง มีลักษณะบางยาว มีลักษณะของใบมีด 3 แฉกแบบบาง

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่ศึกษาหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่เมือง Riescheid ในประเทศเยอรมัน และพื้นที่ Heiyingshan ทางตอนใต้ของเทือกเขา Tianshan สาธารณรัฐประชาชนจีน มีอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

Belowea sp.
(Figure 4: 7)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: มีลักษณะเปลือกนอกค่อนข้างกลมรี มีรูพรุนขนาดเล็กถึงเล็กมากคล้ายฟองน้ำ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นยาวออกมาลักษณะคล้ายกับกรวยจำนวน 2 แห่ง อยู่ตรงข้ามกัน ลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉก ซึ่งเป็นลักษณะสัณฐานทั่วไปของสกุลนี้ โดยที่ตัวอย่างนี้ไม่ได้แสดงถึงลักษณะเฉพาะที่จะสามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย อายุมีคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

Family Polyentactiniidae Nazarov (1975)

Genus *Polyentactinia* Foreman (1963)

Type species: *Polyentactinia invenusta* Aitchison (1993)

Polyentactinia invenusta Aitchison (1993)

(Figure 5: 19)

1993 *Polyentactinia invenusta* Aitchison-Aitchison, pl.6, Figure 9 ; pl. 7, Figure 19

2017 *Polyentactinia invenusta* Aitchison-Thassanapak *et al.*, figs.5a, 26-28 ; Figure 5b, 3

ลักษณะสัณฐานวิทยา: มีลักษณะเปลือกนอกกลมบางขนาดใหญ่ (thin-spherical cortical shell) มีรูพรุนขนาดเล็กไม่เท่ากัน โดยลักษณะเด่นของเรดิโอลาเรียงชนิดนี้คือ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกจะแสดงลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉก เพียงเล็กน้อยในช่วงเริ่มต้นที่มีความยาวประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวทั้งหมด แล้วหลังจากนั้นจะมีลักษณะเป็นก้านแหลมเรียวยาวไปจนสุดความยาวจำนวน 4-6 ก้าน

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย มีอายุตอนปลายยุคดีโวเนียนตอนปลาย (Farsnian-Famennian) พื้นที่แอ่งของขอบแผ่นธรณีอินโดจีนตามแนวชั้นหินคดโค้งเลย ทางด้านตะวันออกของจังหวัดเลย และพื้นที่หมวด Gogo บริเวณแอ่ง Canning Basin ทางภาคตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian)

Polyentactinia tenera Aitchison (1993)
(Figure 5: 20-24)

1993 *Polyentactinia tenera* Aitchison-Aitchison, pl. 7, figs. 2, 14, 18
2017 *Polyentactinia tenera* Aitchison-Thassanapak *et al.*, Figure 5a, 25

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม โดยเรดิโอลาเรียนชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือ มีรูพรุนขนาดเล็ก คล้ายฟองน้ำ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกกลมเรียวยาวมากคล้ายเข็ม (long-rod like) มีจำนวน 4-6 ก้าน ที่วางตัวในลักษณะทำมุมตั้งฉากซึ่งกันและกัน (perpendicular) อย่างชัดเจน

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Farsnian-Famennian) พื้นที่แอ่งของขอบแผ่นธรณีอินโดจีนตามแนวชั้นหินคดโค้งเลย ทางด้านตะวันออกของจังหวัดเลย พื้นที่หมวด Gogo บริเวณแอ่ง Canning Basin ทางภาคตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian)

Polyentactinia sp. cf. P. leptosphaera Foreman (1963)
(Figure 4: 13-14)

cf. 1963 *Polyentactinia leptosphaera* Foreman-Foreman, pl.1, Figure 6
cf. 2009 *Costaentactinia? leptosphaera* (Foreman)-Seo and Won, pl.1, figs. 13-20
cf. 2015 *Polyentactinia leptosphaera* (Foreman)-Khattamart *et al.*, figs.4 ; 4-5

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เนื่องจากตัวอย่างที่ได้มีความชำรุด อย่างไรก็ตามลักษณะของตัวอย่างมีความคล้ายคลึงที่สามารถเทียบเคียงได้กับ *Polyentactinia leptosphaera* Foreman คือมีลักษณะเปลือกนอกกลม ซึ่งเรดิโอลาเรียนชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือ มีรูพรุนขนาดใหญ่และเล็ก มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกกลมเรียวยาว มีจำนวน 4-6 ก้าน โดยมีความแตกต่างจาก *Polyentactinia tenera* Aitchison บริเวณลักษณะของรูพรุน ความยาวของหนามขนาดใหญ่ และการวางตัวของหนามขนาดใหญ่ที่ไม่ได้ทำมุมตั้งฉากซึ่งกันและกัน

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา และพื้นที่บ้านห้วยบ่อซืน อำเภอปากชม จังหวัดเลย อายุดีโวเนียนตอนปลาย

Polyentactinia sp.
(Figure 4: 15)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะเปลือกนอกกลม

มีรูพรุนขนาดเล็กคล้ายฟองน้ำถึงขนาดใหญ่ มีลักษณะของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาจากเปลือกนอกกลมเรียวยาว และยาวคล้ายปลายเข็ม ซึ่งเป็นลักษณะสัณฐานทั่วไปของเรดิโอลาเรียนสกุลนี้ อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่สกัดได้ไม่แสดงลักษณะเฉพาะที่สามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่ที่มีการรายงาน และช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย

Family Palaeosconidiidae Riedel (1967) ; emend. Holdsworth (1977), Furutani (1983), Goodbody (1986)

Genus *Palaeosconidium* Deflandre (1953), emend. Goodbody (1986)

Type species: *Palaeosconidium cladophorum* Deflandre (1953)

Palaeosconidium sp.

(Figure 5: 18)

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ไม่พบลักษณะของเปลือกนอก มีลักษณะการวางตัวของโครงร่างแข็งเหมือนกระโจม โดยที่ลักษณะก้านด้านบนประสานกันเป็นนระจุกจำนวน 3-4 ก้าน แต่ละก้านเรียวยาวและมีลักษณะของโครงสร้างคล้ายหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นออกมาบริเวณด้านปลายส่วนฐานแต่ละก้าน อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่สกัดได้ไม่แสดงลักษณะเฉพาะที่สามารถระบุถึงระดับชนิดได้

สถานที่ที่มีการรายงานและช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย

Family Ceratoikiscidae Holdsworth (1969)

syn. Holociscidae Cheng (1986)

Genus *Ceratoikiscum* Deflandre (1953)

Type species: *Ceratoikiscum bujugum* Foreman (1963)

Ceratoikiscum sp. cf. C. bujugum Foreman (1963)

Figure 5: 16-17

cf. 1963 *Ceratoikiscum bujugum* Foreman-Foreman p. 288-290, Pl. 8,

Figure 4, Pl. 9, Figure 9

cf. 1993 *Ceratoikiscum bujugum* Foreman-Aitchison, Pl. 4, Figure 13,

14

ลักษณะสัณฐานวิทยา: เนื่องจากตัวอย่างที่ได้มีความชำรุด อย่างไรก็ตามลักษณะของตัวอย่างมีความคล้ายคลึงที่สามารถเทียบเคียงได้กับ *Ceratoikiscum bujugum* Foreman คือมีลักษณะของโครงสร้างของหนามขนาดใหญ่ที่ยื่นเอามามีลักษณะเหมือนกันที่ทับกันเป็นรูปสามเหลี่ยม มีจำนวน 6 ก้าน กลมเรียวยาว (six long extra-triangular rod spine) แต่ตัวอย่างที่สกัดได้แสดงลักษณะของก้านที่ทับกันเพียง 3 ก้านเท่านั้น

สถานที่ที่มีการรายงานและช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย อายุดีโวเนียนตอนปลาย พื้นที่หมวด Gogo บริเวณแอ่ง Canning Basin ทางภาคตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย และพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา อายุดีโวเนียนตอนปลาย (Famennian)

Order Nessellaria Ehrenberg (1875)

Family Archocyrtidae Kozur and Moster (1981) emend. Cheng (1986)

Genus *Archocyrtium* Deflande (1972)

Type species: *Archocyrtium riedeli* Deflande (1972)

Archocyrtium sp.

Figure 4: 1

ลักษณะสัณฐานวิทยา: ลักษณะรูปร่างทรงกรวยหรือทรงหมวกม้า (cone shape or helmet shape) เปลือกนอกค่อนข้างกลม มีรูพรุนขนาดเล็ก มีหนามที่ยื่นยาวออกมาจากเปลือกนอก ซึ่งมีลักษณะคล้ายใบมีด 3 แฉก โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ หนามด้านบนมี 1 แห่ง ขนาดยาวเรียว ตั้งขึ้นตามแบบรูปร่างของทรงกรวย และส่วนล่างมี 3 แห่ง ขนาดยาวโค้งเล็กน้อย เรียกว่า tripod อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่มีการชำรุดแตกหักจึงไม่สามารถระบุได้ถึงระดับชนิด

สถานที่ที่มีการรายงานและช่วงอายุ: พื้นที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผา อำเภอปากชม จังหวัดเลย อายุดีโวเนียนตอนปลายถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น

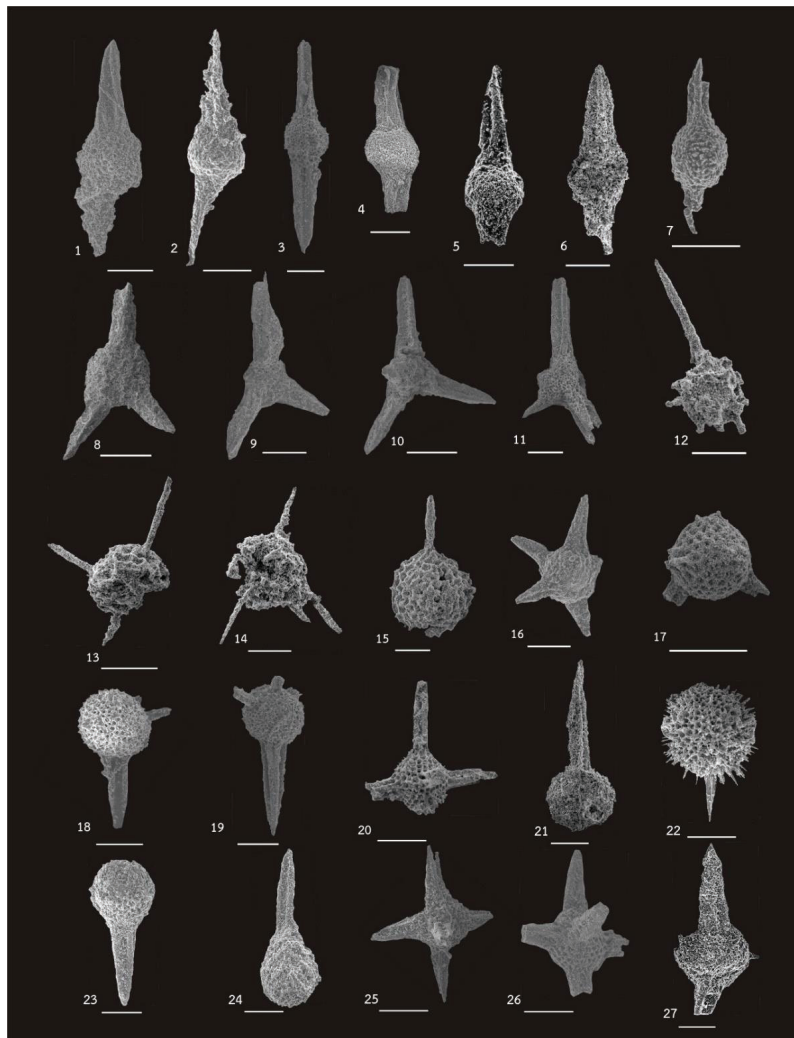


Figure 4 Scanning electron micrographs of radiolarians from the Ban Wang Pha chert section (SB01-S1(2)07) (all scale bars = 100 μ m). 1,2= *Archocyrtium* sp. (1= SB04, 2= SB06). 3= *Belowea variabilis* (SB07). 4, 5, 6= *Belowea* sp. cf. *B. variabilis* (4, 5= SB01, 6= SB04). 7= *Belowea* sp. (SB06). 8, 9, 10= *Triaenosphaera sicarius* (S1(2)07). 11= *Triaenosphaera* sp. (SB07). 12= *Tlecerina* sp. (SB05). 13, 14= *Polyentactinia* sp. cf. *P. leptosphaera* (SB05). 15= *Polyentactinia* sp. (SB02). 16= *Stigmosphaerostylus pusillus* (SB04). 17= *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* (SB02). 18, 19= *Trilonche palimbola* (18= S1(2)04, 19= SB01). 20, 21= *T. hindea* (20= SB01, 21= SB03). 22= *T. echinata* (SB05). 23= *T. palimbola* (SB04). 24= *T. hindea* (SB03). 25, 26= *T. elegans* (25= S1(2)07, 26= SB02). 27= *T. vetusta* (SB01).

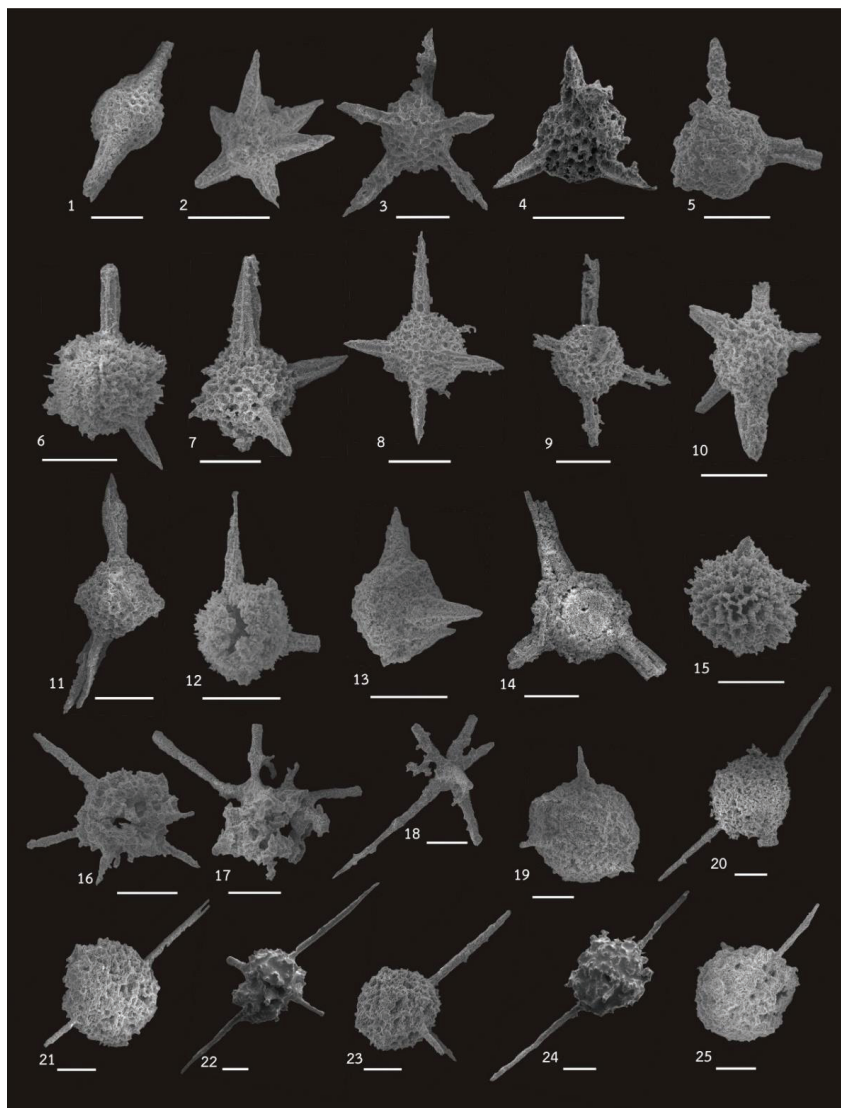


Figure 5 Scanning electron micrographs of radiolarians from the Ban Wang Pha chert section (S401-S902) (all scale bars = 100 μ m). 1= *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* (SB09). 2, 3= *S. pusillus* (2= S401, 3= S901). 4, 5= *Stigmosphaerostylus* sp. (4= S902, 5= S901). 6= *Trilonche echinate* (S401). 7, 8= *T. elegans* (S901). 9= *T. hindea* (S901). 10= *T. palimbola* (S901). 11= *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* (S901). 12= *T. echinate* (S401). 13, 14= *Trilonche* sp. (13= S502, 14= S602). 15= *T. echinate* (S901). 16, 17= *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum* (16= S902, 17= S901). 18= *Paleoscenidium* sp. (S901). 19= *Polyentactinia invenusta* (S503). 20-24= *P. tenera* (20= S901, 21= S902, 22-24= S901). 25= *Polyentactinia* sp. (S902)

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนจากหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผาสามารถจัดจำแนกตามอนุกรมวิธานได้ทั้งหมด 9 สกุล 17 ชนิด ได้แก่ *Archocyrtium* sp., *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane), *Belowea* sp., *Belowea* sp. cf. *B. variabilis* (Ormiston and Lane), *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum* Foreman, *Paleoscenidium* sp., *Polyentactinia invenusta* Aitchison, *P. tenera* Aitchison, *Polyentactinia* sp., *Polyentactinia* sp. cf. *P. leptosphaera* Foreman,

Stigmosphaerostylus pusillus (Hinde), *S. variospina* (Won), *Stigmosphaerostylus* sp., *Trienosphaera sicarius* Deflandre, *Trienosphaera* sp., *Trilonche echinate* (Hinde), *T. elegans* Hinde, *T. hindea* (Hinde), *T. palimbola* (Foreman), *T. vetusta* Hinde, *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* Wongan and Caridroit, *Trilonche* sp., *Tlecerina* sp. และ Entactiniidae gen. et sp. indet. โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณกลางเขา และยอดเขา พบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนชนิด *Polyentactinia tenera* Aitchison, *P. invenusta* Aitchison, *Polyentactinia* sp., *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum*, *Trilonche echinate* (Hinde), *T. elegans* Hinde, *T. hindea* (Hinde), *T. palimbola* (Foreman), *T. vetusta* Hinde, *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* Wonganan and Caridroit, *Trilonche* sp., *Stigmosphaerostylus pusillus* (Hinde), *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* (Won), *Stigmosphaerostylus* sp. และ Entactiniidae gen. et sp. indet ที่ยังไม่สามารถระบุได้ โดยที่หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณกลางเขา และยอดเขานี้มีซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนที่สำคัญ ได้แก่

1.1 *Polyentactinia tenera* Aitchison มีรายงานอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian) บริเวณหมวดหิน Gogo บริเวณแอ่ง Canning Basin ทางด้านตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย (Aitchison, 1993)

1.2 *Polyentactinia invenusta*. Aitchison มีรายงานอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian) บริเวณหมวดหิน Gogo บริเวณแอ่ง Canning Basin ทางด้านตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย (Aitchison, 1993) และแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณขอบแผ่นธรณีอินโดจีนในจังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Thassanapak et al., 2017)

1.3 *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum* Foreman มีรายงานอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian) บริเวณหมวดหินบริเวณหมวดหิน Gogo บริเวณแอ่ง Canning Basin ทางด้านตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย (Aitchison, 1993)

1.4 *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* Wonganan and Caridroit มีรายงานอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnain-Famenian) บริเวณอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย

ดังนั้นหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณกลางเขา และยอดเขานี้ สามารถระบุอายุจากซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนที่พบได้ มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnain-Famenian)

2. หน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณเชิงเขาพบซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนชนิด *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane), *Belowea* sp., *Belowea* sp. cf. *B. variabilis* (Ormiston and Lane), *Trienosphaera sicarius* Deflandre, *Trienosphaera* sp., *Polyentactinia* sp. cf. *P. leptosphaera* Foreman, *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* (Won), *S. pusillus* (Hinde), *Trilonche palimbola* (Foreman), *T. hindea* (Hinde), *T. elegans* Hinde, *T. vetusta* Hinde, *T. echinate* (Hinde), *Trilonche* sp., *Archocyrtium* sp., *Paleoscenidium* sp., *Tlecerina* sp. และ Entactiniidae gen. et sp. indet ที่ยังไม่สามารถระบุได้

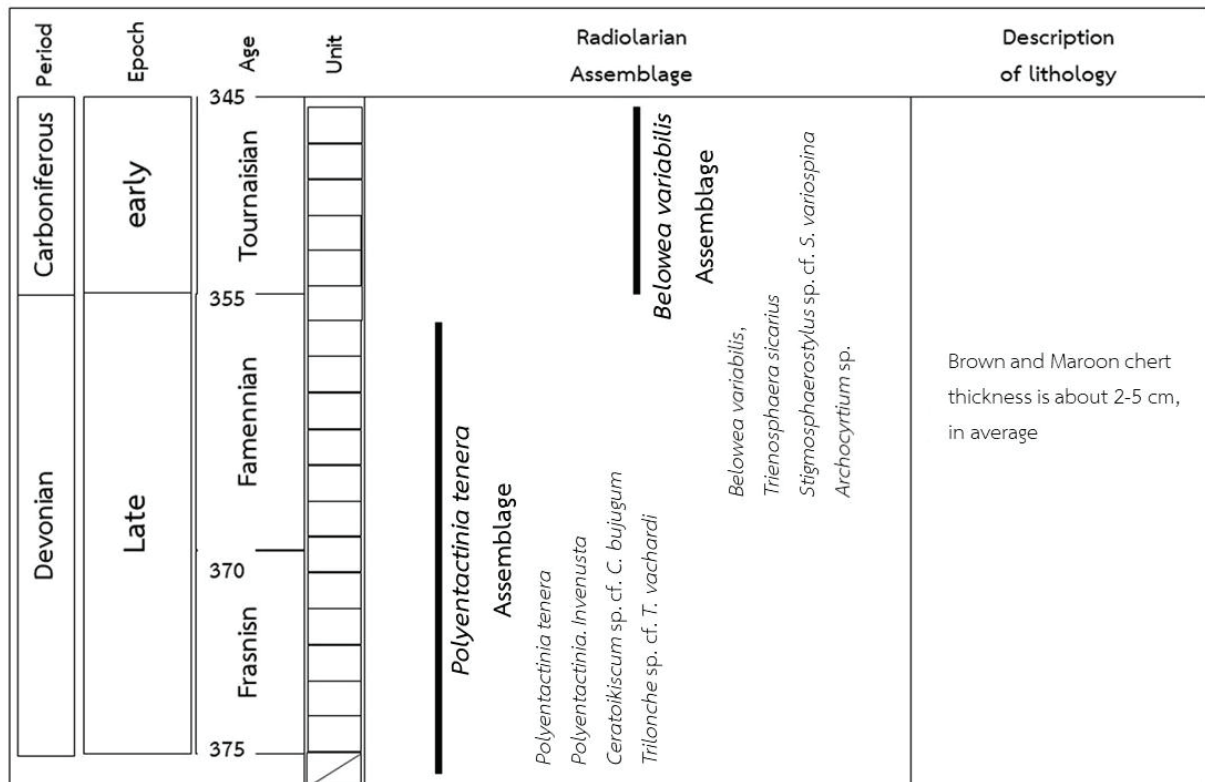


Figure 6 Late Devonian to early Carboniferous radiolarian assemblages.

โดยหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณเชิงเขาที่มีซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนที่เป็นซากดึกดำบรรพ์ดัชนี (index fossil) สำคัญ ได้แก่

2.1 *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane) และ *Trienosphaera sicarius* Deflandre มีรายงานอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (early Carboniferous) ในพื้นที่ Heiyingshan ทางตอนใต้ของเทือกเขา Tianshan สาธารณรัฐประชาชนจีน (Li *et al.*, 2002 ; Liu, 2010)

2.2 *Stigmosphaerostylus variospina* (Won) *Archocyrtium* sp. และ *Polyentactinia* sp. cf. *P. leptosphaera* Foreman มีรายงานอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Famennian) ในพื้นที่อำเภอปากชม จังหวัดเลย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Khattamart *et al.*, 2015 ; Saesaengseerung *et al.*, 2007 ; Sashida *et al.*, 1993)

ดังนั้นหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบริเวณเชิงเขาสามารถระบุอายุจากซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนที่พบได้ มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Famennian) ถึงอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (early Carboniferous)

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียนที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าหน้าตัดชั้นหินเชิร์ตบ้านวังผามีการสะสมตะกอนตั้งแต่อายุดีโวเนียนตอนปลายถึงอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น โดยสามารถจัดกลุ่มชีวินเรดิโอลาเรียนได้ดังนี้ คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มชีวิน *Polyentactinia tenera* Assemblage ประกอบด้วย *Polyentactinia tenera* Aitchison, *P. invenusta* Aitchison, *Ceratoikiscum* sp. cf. *C. bujugum* Foreman ร่วมกับ *Trilonche* sp. cf. *T. vachardi* Wonganan and Caridroit มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Frasnian-Famennian)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มชีวิน *Belowea variabilis* Assemblage ประกอบด้วย *Belowea variabilis* (Ormiston and Lane), *Trienosphaera sicarius* Deflandre, *Archocyrtium* sp. และ *Stigmosphaerostylus* sp. cf. *S. variospina* (Won) มีอายุดีโวเนียนตอนปลาย (Famennian) ถึงอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (early Carboniferous) (Figure 6)

จากข้อมูลอายุที่สรุปได้จากการศึกษาและจัดจำแนกกลุ่มชีวินซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียน บริเวณพื้นที่บ้านวังผา พบว่ามีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางธรณีเคมี (Geochemical analyses) ของหินเชิร์ตตามแนวชั้นหินคดโค้ง

เลย ที่แสดงถึงการสะสมตะกอนตั้งแต่อายุดีโวเนียนตอนปลายเป็นต้นมา (Udchachon *et al.*, 2011)

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทางผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาชีพวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวิน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และเครื่องมือกลาง งานบริการวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. (2555). ธรณีวิทยา จังหวัดเลย และแหล่งอนุรักษ์ธรณีวิทยา. ใน *เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ความรู้ธรณีวิทยา*. สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- หทัยทิพย์ ทศนภักดิ์. (2555). การใช้ข้อมูลกลุ่มชีวินเรดิโอลาเรียนเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 40(1), 1–12.
- Aitchison, J. C. (1993). Devonian (Frasnian) radiolarians from the GoGo Formation, Caning Basin, Western Australia. *Palaeontographica Abt*, 228, 105–128.
- Aitchison, Jonathan C, and Stratford, J. M. C. (1997). Middle Devonian (Givetian) Radiolaria from eastern New South Wales, Australia ; A reassessment of the Hind (1899) fauna. *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie*, 203(3), 369–390.
- Bunopas, S. (1992). Regional stratigraphic correlation Thailand. In *National Conference on "Geologic of Mineral Resources"*, 189–208.
- Caridroit, M., Fontaine, H., Jongkanjanasontorn, Y., Suteethorn, V., and Vachard, D. (1990). First results of a palaeontological study of Northwest Thailand. In *CCOP Technical Secretariat*, 337–350
- Cheng, Y. N. (1986). Taxonomic studies on Upper Paleozoic Radiolaria. *National Museum of Nature Science*, 1, 1–311.
- De wever, P., Dumitric, A. P., Caulet, J. P., Nigrini, C., and Caridroit, M. (2001). *Radiolarians in the Sedimentary Record*. Gordon and Breach Science Publisher.

- Deflandre, G. (1953). Radiolaires fossiles. In Grasse (Eds.), *Traite de Zoologie* (pp. 389–436).
- Deflandre, G. (1972). Remarques complementaires sur la morphologie et la nomenclature de quelques genres de Radiolaires du Paleozoique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*, 275, 13–16.
- Ehrenberg, C.G. (1838). Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen. *Königliche Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Abhandlungen, Jahrgang*, 1838, 59–147
- Ehrenberg, C.G. (1875). Fortsetzung der mikrogeologischen Studien als Gesamtübersicht der mikroskopischen Paläontologie gleichartig analysirter Gebirgsarten der Erde, mitspecieller Rücksicht auf den Polycyrtinen-Margel von Barbados. *Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Abhandlungen, Jahrgang* 1875, 1–226
- Feng, Q., Helmcke, D., Chonglakmani, C., Ingavat-Helmcke, R., and Liu, B. (2004). Early Carboniferous radiolarians from north-west Thailand: Palaeogeographical implications. *Palaeontology*, 47(2), 377–393. <https://doi.org/10.1111/j.0031-0239.2004.00370.x>
- Foreman, H.P. (1963). Upper Devonian Radiolaria from the Huron member of the Ohio shale. *Micropaleontology*, 9(3), 267–304.
- Furutani, H. (1983). Middle Palaeozoic Palaeosceniidae (Radiolaria) from Mt. Yokokura, Shikoku, Japan. Part 1. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan (Nihon Koseibutsu Gakkai Hokoku Kiji)*, 130, 96–116.
- Goodbody, Q.H. (1986). Wenlock Paleosceniidae and Entactiniidae (Radiolaria) from the Cape Phillips Formation of the Canadian Arctic Archipelago. *Micropaleontology*, 32(2), 129–157.
- Hinde, G.J. (1899). On the Radiolaria in the Devonian rock of New South Wales. *Geological Society of London Quarterly Journal*, 55, 38–64.
- Holdsworth, B.K. (1969). The relationship between the genus *Albaillella* Deflandre and the ceratohiscid Radiolaria. *Micropaleontology*, 15(2), 230–236.
- Holdsworth, B.K. (1977). Paleozoic Radiolaria: stratigraphic distribution in Atlantic Borderland. In *Stratigraphic Micropaleontology of Atlantic Basin and Borderlands* (pp. 167–184). Elsevier.
- Khattamart, S., Udchachon, M., and Thassanapak, H. (2015). Late Devonian radiolarians from a chert sequence in Pak Chom district of Loei Province, Northeastern Thailand: A preliminary result. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 35(1), 1–11
- Li, Y., Wang, Z., Wu, H., Huang, Z., Tan, Z., and Luo, J. (2002). Discovery of Radiolarian Fossils from the Aiketik Group at the Western End of the South Tianshan Mountains of China and Its Implication. *Acta Geologica Sinica*, 76(2), 146–154.
- Liu, Y. (2010). Early Carboniferous Radiolarian Fauna from Heiyingshan South of the Tianshan Mountains and Its Geotectonic Significance. *Acta Geologica Sinica-English Edition*, 75(1), 101–108. <https://doi.org/10.1111/j.1755-6724.2001.tb00511.x>
- Müller, J. (1858). Über die Thalassicoleen, Polycystinen und Acanthometren des Mittelmeeres. *Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Abhandlungen, Jahrgang* 1838, 157–155
- Pessageno, J. E., & Newport, R. L. (1972). A new technique for extracting radiolarian from radiolarian chert. *Micropaleontology*, 18(2), 231–234.
- Riedel, W. R. (1967). Protozoa. In W.B. Harland and others (Ed.), *Protozoa* (pp. 649–661). Cambridge University Press.
- Saesaengseerung, D., Sashida, K., and Sardud, A. (2007). Late Devonian to Early Carboniferous radiolarian fauna from the Pak Chom area, Loei Province, northeastern Thailand. *Paleontological Research*, 11(2), 109–121.
- Sanjit, P., Wonganan, N., and Thasod, Y. (2014). Devonian radiolarian faunas in Pai Area, Mae Hong Son Province, Northern Thailand: Paleogeographic implication. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 33(4), 393–402.

- Sashida, K., Igo, H., Hisafa, K. I., Nakornsri, N., and Ampornmaha, A. (1993). Occurrence of paleozoic and early mesozoic radiolaria in Thailand (preliminary report). *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 8(1–4), 97–108. [https://doi.org/10.1016/0743-9547\(93\)90011-D](https://doi.org/10.1016/0743-9547(93)90011-D)
- Thassanapak, H., Udchachon, M., Burrett, C., and Feng, Q. (2017). Geochemistry of radiolarian cherts from a Late Devonian continental margin basin, Loei fold belt, Indo-China terrane. *Journal of Asian Earth Science*, 28(1), 29–50. <https://doi.org/10.1007/s12583-017-0738-4>
- Udchachon, M., Burrett, C., Thassanapak, H., Chonglakmani, C., Campbell, H., and Feng, Q. (2014). Depositional setting and paleoenvironment of an alatoconchid-bearing Middle Permian carbonate ramp sequence in the Indochina Terrane. *Journal of Asian Earth Science*, 8, 37–55.
- Udchachon, M., Thassanapak, H., Feng, Q., and Chonglakmani, C. (2011). Geochemical constraints on the depositional environment of Upper Devonian radiolarian cherts from Loei, north-eastern Thailand. *Frontiers of Earth Science*, 5(2), 178–190. <https://doi.org/10.1007/s11707-011-0153-6>
- Won, M.-Z. (1983). Radiolarien aus dem Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges (Deutschland). *Palaeontographica, Abteilung A: Palaeozoologie-Stratigraphie*, 182, 116–175.
- Wonganan, N., & Caridroit, M. (2005a). Devonian Radiolarians from Pai District Mae Hong Son.pdf. In *International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina (GEOINDO 2005)*, 637-648.
- Wonganan, N., & Caridroit, M. (2005b). Middle and Upper Devonian radiolarian faunas from Chiang Dao area, Chiang Mai province, northern Thailand. *Micropaleontology*, 51(1), 39–57. <https://doi.org/10.2113/51.1.39>.