ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

นางสาวดุจกมล วงศ์สุวพิชญ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556

STRUCTURALGEOLOGYOFLOEI-PHETCHABUN FOLD BELTALONGHIGHWAY 4045 (BAN RAI KHONYANG KWANG – BAN WANG KHONHIGHWAY, KM. 24 – 29), AMPHOE NONG PHAI, CHANGWAT PHETCHABUN

MISS DUTKAMON WONGSUVAPICH

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTSFOR
THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE, CHULALONGKORN UNIVERSITY
ACEDEMIC YEAR 2013

วันที่ส่ง ……/……/……

วันที่อนุมัติ……/……/……

ลงชื่อ……

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ ผู้ซึ่งคอยดูแลและให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาการจัดทำงานวิจัย

ขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงานทั้งหมดมากมาย ทั้งรุ่นพี่ เพื่อน รุ่นน้องและบุคลากร ในภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยให้ข้อมูลเอกสารงานวิจัย เก็บข้อมูลภาคสนาม จัดทำแผ่นหินขัดบางและประมวลผลข้อมูล ซึ่งช่วยให้งานวิจัยบรรลุผลได้

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

ดุจกมล วงศ์สุวพิชญ์

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์:+66868704332 อีเมลล์: dutkamon.w@gmail.com

บทคัดย่อ

แนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Phetchabun fold belt) เป็นแนวของชั้นหินที่มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีรายละเอียดทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละส่วน เป็นผลจากกระบวนการชนกันระหว่างแผ่นจุลทวีปไซบูมาสุ (Sibumasuterrane) และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina- terrane) การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาลักษณะและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ในพื้นที่ศึกษาบริเวณตอนกลางของจังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาประกอบไปด้วย หินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดละเอียดและหินปูน มีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเลน้ำตื้น ยุคเพอร์เมียน

จากการสำรวจภาคสนาม ประมวลผลในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค สรุปได้ว่าลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย เป็นชั้นหินคดโค้งแบบไม่สมมาตร (asymmetric fold) มีระนาบแกน (axial plane) วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ขนานกับชั้นหิน มุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก ลักษณะเป็นประทุนคว่ำ (anticline) และประทุนหงาย (syncline) สลับกัน คล้ายลูกคลื่น มีแนวแตกหลัก 3 แนวและพบรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault) โดยมีลำดับวิวัฒนาการการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างดังนี้ (1) การตกสะสมตัวของตะกอน (2) เกิดชั้นหินคดโค้งในทิศเหนือ-ใต้ ร่วมกับแนวแตกเรียบระนาบแกนในทิศเหนือ-ใต้และแนวแตกทิศตะวันออก-ตะวันตก เนื่องจากแรงบีบอัดในทิศตะวันออก-ตะวันตก (3) เกิดแนวแตกทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ร่วมกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

คำสำคัญ:ธรณีวิทยาโครงสร้างแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์จังหวัดเพชรบูรณ์

Structural Geology of Loei-Phetchabun Fold Belt along Highway 4045 (Ban RaiKhon Yang Kwang – Ban Wang Khon Highway, km.24-29), AmphoeNongPhai, ChangwatPhetchabun

DutkamonWongsuvapich

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Tel: +66868704332, e-mail: dutkamon.w@gmail.com

Abstract

Loei-Phetchabun fold belt is the zone of complex structures and is different geologic data in various parts — the result of the collision between Sibumasuterrane and Indochina terrane. The study aims to find out structural style and evolution of Loei-Phetchabun fold belt in the study area which located in the central part of Phetchabun. The study area comprises Permain fine-grained clastic sedimentary rocks and limestones which were deposited in shallow marine environment.

The conclusion is based on field observation, laboratory processing and microstructure analysis. This study summarized structural style of Loei-Phetchabun fold belt is N-S trending asymmetric folds which axial plane dipping W. Anticlines and synclines occur adjacent as a wavelike. Three dominant joint sets and thrust fault were recognized. There are three phases of the structural evolution: (1) sedimentary deposits (2) N-S trending folds related axial plane cleavages and E-W joint sets were occur as the results of E-W compression (3) NE-SW joint sets and NW-SE trending thrust fault were due to NE-SW compression.

Keywords: Structural geology, Loei-Phetchabun fold belt, Changwat Phetchabun

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 พื้นที่ศึกษา 2

1.3 นิยามปัญหา 2

1.4 วัตถุประสงค์ 2

1.5 สมมุติฐาน 3

1.6 ขอบเขตการศึกษา 3

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงาน 3

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.9 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา 3

1.10 ธรณีวิทยาทั่วไป 5

1.11 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย **10**

2.1 การเตรียมการ 10

2.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม 12

2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ 14

2.4 การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล 15

2.5 สรุปผลการศึกษาและนำเสนอ 16

บทที่ 3 ผลการศึกษา **17**

3.1 ธรณีวิทยา 18

3.2 ข้อมูลภาคสนาม 21

3.3 ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง 32

3.4 ภาพตัดขวาง (cross section) 33

บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา **36**

4.1 ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง 36

4.2 วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง 39

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา **43**
5.1 สรุปผลการศึกษา 43
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ 44
5.3 ปัญหาและอุปสรรค 44
เอกสารอ้างอิง 45

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ดัดแปลงจาก Ridd et al. (2011) 1

รูปที่ 2 ภาพถ่ายจากดาวเทียมSPOT-5 ปี 2013 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ จาก Google Earthเส้นทาง A – A' (เส้นสีเหลือง) แสดงแนวการสำรวจ 2

รูปที่ 3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ศึกษาตามเส้นทางหลวง 4045 จากจุด A - A' ดัดแปลงจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอภักดีชุมพล ระวาง 5240 I ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 2-RTSD 4

รูปที่ 4 ภูมิประเทศตามเส้นทางหลวง 4045 เป็นที่ราบลูกฟูก ทางตะวันตกของพื้นที่เป็นเทือกเขาเพชรบูรณ์ตะวันออก 4

รูปที่ 5 แผนที่ธรณีวิทยา แสดงพื้นที่ศึกษาจุด A - A' ดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์มาตราส่วน 1:250,000 จังหวัดเพชรบูรณ์ (Khaowiset and Chanfoo, 2009) และจังหวัดชัยภูมิ (Boonnop, 2010) โดย กรมทรัพยากรธรณี ประเทศไทย 6

รูปที่ 6 แบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานแบบใหม่โดย Metcalfe (2013) แสดงพื้นที่ศึกษาในกรอบสีแดง 9

รูปที่ 7 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 11

รูปที่ 8 แนววางตัว (strike) บอกถึงแนวการสะสมตัวของชั้นหินมุมเอียงเท (dip angle) คือมุมที่ชั้นหินทำกับแนวระดับ (horizon)และทิศทางมุมเอียงเท (dip direction) คือทิศทางที่ชั้นหินลาดเอียง 12

รูปที่ 9 หลักการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่งจากภาคสนามและการทำแผ่นหินขัดบางเพื่อศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาค 13

รูปที่ 10 ตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าใช้กำหนดตำแหน่งข้อมูลแนววางตัว, มุมเอียงเทและทิศทางมุมเอียงเท (ซ้าย)ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งแนวการวางตัวชั้นหินและการเขียนโพลแทนการวางตัวแนวเส้น (ขวา) 14

รูปที่ 11 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งข้อมูลในแผนภาพกุหลาบ แสดงแนววางตัวของแนวแตกและปริมาณชุดข้อมูล 15

รูปที่ 12 แผนที่ภูมิประเทศแสดงจุดศึกษา 11 จุด รวมระยะทางสำรวจประมาณ 5 กม. จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอภักดีชุมพล ระวาง 5240 I ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่2-RTSD กรมแผนที่ทหาร 17

หน้า

รูปที่ 13 แผนที่เส้นทางการสำรวจแสดงหินโผล่แต่ละจุดศึกษาทั้งหมด 11 จุดและแนวการวางตัวของชั้นหิน 18

รูปที่ 14 เนื้อหินทรายแป้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ แสดงแร่ควอตซ์และแร่ดิน พบลักษณะแนวชั้นบาง 19

รูปที่ 15 เนื้อหินโคลนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงแร่ควอตซ์และแร่ดิน พบลักษณะแนวชั้นบาง 19

รูปที่ 16 เนื้อหินโคลนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงแร่ควอตซ์และแร่ดิน พบลักษณะแนวชั้นบางและแนวแตกถี่ 20

รูปที่ 17 ชั้นหินทรายแป้ง, หินโคลนและหินดินดาน แทรกสลับกัน วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงเกือบตั้งฉากไปทางทิศตะวันออก โดยชั้นหินดินดานมีความหนามากและพบมากสุดในพื้นที่ ส่วนชั้นหินทรายแป้งหนาประมาณ 25 ซม. และชั้นหินโคลนมีความหนาตั้งแต่ 5 – 20 ซม. หรือพบเป็นชั้นบางประมาณ 2 ซม. แทรกในหินอื่น 20

รูปที่ 18 หินโผล่ของหินปูนลักษณะเป็นเลนส์กระจายตัวตามพื้น (ซ้าย) เนื้อหินสีเทาและพบซากดึกดำบรรพ์พลับพลึงทะเล (crinoid) และหอยตะเกียง (brachiopod) (ขวา) 21

รูปที่ 19 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับกับหินโคลนในจุดศึกษาที่ 1แสดงแนวแตกชัดเจนและตลอดทั้งหินโผล่ แนวการวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก 22

รูปที่ 20 หินโผล่ของหินหินดินดานแทรกสลับกับหินโคลน จุดศึกษาที่ 2แสดงแนวแตกชัดเจนและตลอดทั้งหินโผล่ แนวการวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก 22

รูปที่ 21 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน จุดศึกษาที่ 3ชั้นหินแสดงการคดโค้งเล็กน้อย 23

รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวแตกทั้งสามในจุดศึกษาที่ 3 โดยแนวแตกในแนวเหนือ-ใต้ (เส้นสีเขียว)ตัดแนวตะวันออก-ตะวันตก (เส้นสีฟ้า) และแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ไม่ตัดแนวใดเลย 23

รูปที่ 23 หินโผล่ของหินดินดานในจุดศึกษาที่ 4 ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เอียงเทชันไปทางทิศตะวันตกและแสดงการคดโค้ง 24

รูปที่ 24 แนวหินโผล่เป็นแนวยาวตามถนน จุดศึกษาที่ 4 ถึง จุดศึกษาที่ 5 25

รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวแตกทั้งสามในจุดศึกษาที่ 5 เห็นได้ชัดเนื่องจากสายแร่ควอตซ์เข้ามาเติมในช่องว่าง โดยแนวแตกในแนวเหนือ-ใต้ (เส้นสีเขียว)ตัดแนวตะวันออก-ตะวันตก (เส้นสีฟ้า) และแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ไม่ตัดแนวใดเลย 25

รูปที่ 26 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับกับหินทรายแป้งและหินโคลน จุดศึกษาที่ 6ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มุมเอียงเทชันไปทางทิศตะวันออก 26

รูปที่ 27 สายแร่ควอตซ์มีความหนาประมาณ 20 ซม. แทรกขนานไปกับแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ ที่จุดศึกษาที่ 6 26

รูปที่ 29 หินโผล่ของหินโคลนแทรกสลับกับหินทรายแป้งที่จุดศึกษาที่ 8 ชั้นหินวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก 27

รูปที่ 30 หินโผล่ของหินโคลนที่จุดศึกษาที่ 9 ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก 28

รูปที่ 31 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลนที่จุดศึกษาที่ 10 ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มุมเอียงเทชันไปในทิศตะวันตก 29

รูปที่ 32 สายแร่ควอตซ์ความหนาประมาณ 2-3 ซม. แทรกขนานกับแนวชั้นหินดินดาน จุดศึกษาที่ 10 29

รูปที่ 33 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน จุดศึกษาที่ 11ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก แสดงลักษณะโครงสร้างรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำที่มีระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) หินเพดาน (hanging wall) เลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 30

รูปที่ 34 ระนาบรอยเลื่อนแสดงลักษณะเนื้อหินที่ถูกขัดถูจนมันวาว มีสายแร่ควอตซ์แทรกตามระนาบรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแทรกตามรอยแตก 31

รูปที่ 35 ตาข่ายสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงผลเป็นโพลของแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 62 ข้อมูล 32

รูปที่ 36 แผนภาพกุหลาบแสดงแนวรอยแตกหลัก 3 แนวเทียบความสัมพันธ์ของแนวแตกหลักทั้ง 3 แนวที่พบในภาคสนามพบว่าแนวแตกตะวันออก-ตะวันตก ตัดกับ เหนือ-ใต้ และแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ไม่ตัดแนวแตกใดเลย 33

รูปที่ 37 ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษาในแนว NW-SE แสดงเส้นทางที่ตัดผ่านโดยเส้นสีแดงในภาพกรอบด้านขวาบน 34

รูปที่ 38 หินตัวอย่างระบุตำแหน่งจากภาคสนามหินดินดาน (ซ้าย) หินโคลน (ขวา) 34

รูปที่ 39 ลักษณะเนื้อหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพราไลซ์ เป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาด mud มีตะกอนขนาด silt ปนเม็ดแร่ควอตซ์ที่พบในเนื้อหินมีรูปร่างกลมและรีผสมกันในเนื้อหินแสดงลักษณะแนวชั้นบาง (lamination) 35

รูปที่ 40 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในพื้นที่ศึกษา เทียบกับข้อมูลภาคสนาม 38

รูปที่ 41 โหมดการเกิดรอยแตกและชื่อรอยแตกทางธรณีวิทยา (Available at: URL:http://www.naturalfractures.com/1.htm. Accessed March 4, 2014) 39

รูปที่ 42 การเกิดแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NE-SW) และรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ เนื่องจากแรงบีบอัดในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NE-SW) 40

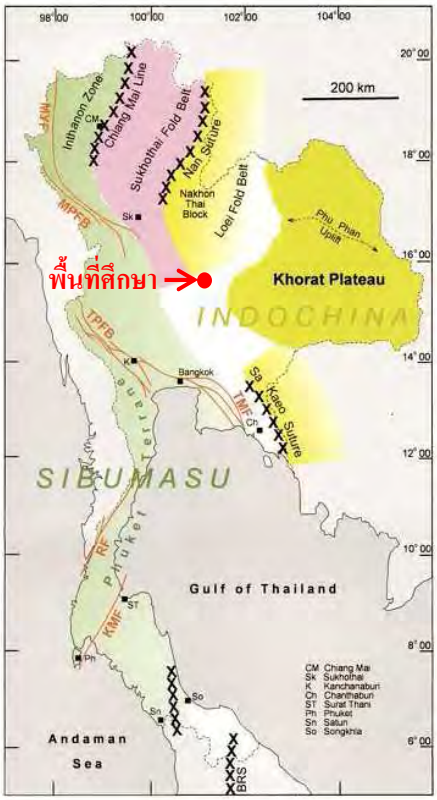
รูปที่ 43 แบบจำลองการเกิดวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง แสดง 3 ลำดับ ได้แก่ (1) การตกสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมทะเลน้ำตื้น (2) เกิดชั้นหินคดโค้งในทิศเหนือ-ใต้ ร่วมกับแนวแตกเรียบระนาบแกนในทิศเหนือ-ใต้และแนวแตกทิศตะวันออก-ตะวันตก แสดงแรงบีบอัดในทิศตะวันออก-ตะวันตก (3) เกิดแนวแตกทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ร่วมกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ แสดงแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ 42

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Phetchabun fold belt) เป็นแนวของชั้นหินที่มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่ซับซ้อน แสดงชั้นหินคดโค้ง (fold) ชัดเจน บางบริเวณแสดงรอยเลื่อน (fault) และรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault) แนวชั้นหินนี้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เริ่มตั้งแต่จังหวัดเลยพาดผ่านจังหวัดเพชรบูรณ์และเป็นส่วนขอบของแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina terrane)(Bunopas, 1982; Metcalfe, 2013)(รูปที่ 1) โดย Metcalfe (2013) ได้เสนอแบบจำลองการเกิดวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย ระบุว่าแผ่นจุลทวีปไซบูมาสุ (Sibumasuterrane) และแผ่นจุลทวีปอินโดจีนชนกันในช่วงไทรแอสสิก ผลจากการชนกันนี้ก่อให้เกิดธรณีวิทยาโครงสร้างหลักในประเทศไทยรวมถึงแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ด้วย ปัจจุบันแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ จึงยังเป็นที่สนใจและมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากยังมีรายละเอียดทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์

การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งผลศึกษานี้จะเป็นหลักฐานชิ้นหนึ่งในการอธิบายลักษณะและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง ตลอดจนวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ได้



รูปที่ 1พื้นที่ศึกษาอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ดัดแปลงจาก Ridd et al. (2011)

1.2 พื้นที่ศึกษา

ตามเส้นทางหลวงชนบทหมายเลข 4045(สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29)บ้านท่าด้วง ตำบลท่าด้วง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ตั้งอยู่ภาคกลางตอนเหนือของประเทศไทย บริเวณแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2ภาพถ่ายจากดาวเทียมSPOT-5 ปี 2013 แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ จาก Google Earth เส้นทาง A – A' (เส้นสีเหลือง)แสดงแนวการสำรวจ

1.3 นิยามปัญหา

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะและวิวัฒนาการอย่างไร

1.4 วัตถุประสงค์

ศึกษาลักษณะและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

1.5 สมมุติฐาน

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้งที่ซับซ้อนและเกิดคนละช่วงเวลา

1.6 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ระดับหลักคือ

1.6.1 **ระดับกลาง(mesoscopic scale)**เก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ การวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) และข้อมูลแนวแตก (joint) จัดทำภาพตัดขวาง (cross section) และนำข้อมูลกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนลักษณะ (deformation)

1.6.2 **ระดับจุลภาพ (microscopic scale)**ศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค(microstructure) จากแผ่นหินบาง (thin section) จากตัวอย่างในหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen)

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระหว่างเดือน มิถุนายน 2556 – มีนาคม2557 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น10เดือน

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ลักษณะและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

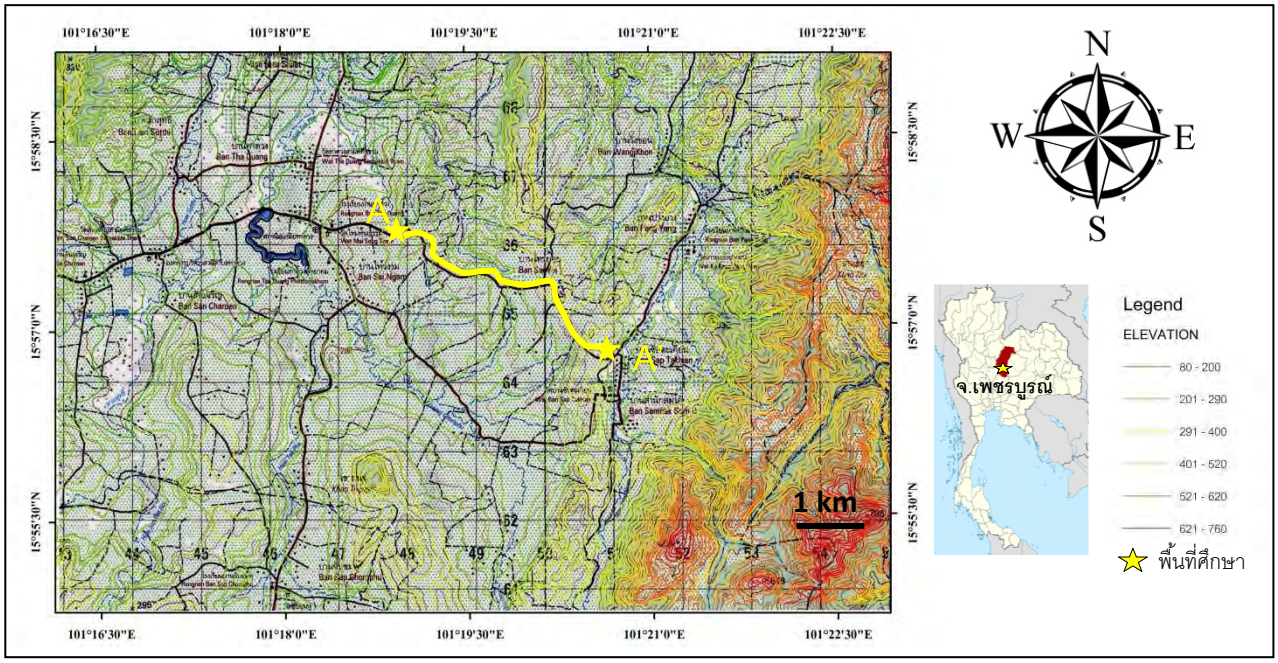
1.9ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

จังหวัดเพชรบูรณ์ตั้งอยู่ในที่ราบภาคกลางตอนบนของประเทศไทย มีแนวเขตติดต่อระหว่างภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ที่อำเภอหนองไผ่ อยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดโดยทิศตะวันออกติดกับจังหวัดชัยภูมิ โดยมีเทือกเขาเพชรบูรณ์ตะวันออกคั่นระหว่างจังหวัด

1.9.1 ภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำกลางเทือกเขาประกอบด้วยเทือกเขาเพชรบูรณ์ซึ่งทอดยาวมาจากประเทศลาวเป็นรูปเกือกม้า รอบพื้นที่ด้านเหนือของจังหวัดเป็นแนวขนานกันไปทั้งสองข้างทิศตะวันออกและทิศตะวันตกพื้นที่ราบอยู่ตอนกลางและอำเภอด้านใต้ของจังหวัดเป็นพื้นที่ลาดชันมีแม่น้ำป่าสักเป็นแม่น้ำสายสำคัญที่สุดของจังหวัดไหลผ่านตอนกลางของจังหวัดจากทิศเหนือไปทิศใต้ต้นน้ำเกิดจากภูเขาผาลาในจังหวัดเลย มีห้วยลำธารหลายสายเกิดจากภูเขาเพชรบูรณ์

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณทางตอนกลางของจังหวัดเพชรบูรณ์ ดังแสดงในแผนที่ภูมิประเทศรูปที่ 3เป็นที่ราบลูกฟูก (undulating plain) ใกล้เชิงเขาในแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ตะวันออก (รูปที่ 4)พื้นที่มีลักษณะเป็นเนินเตี้ยความสูง-ต่ำไม่สม่ำเสมอใช้ทำการเกษตร ได้แก่ ไร่นา, สวนยางพารา และสวนอ้อย มีห้วยหลายสายไหลจากเหนือลงใต้และจากเทือกเขาด้านทิศตะวันออก ชุมชนที่พักอาศัยขนาดเล็กอยู่ตามเชิงเขาและบริเวณอ่างเก็บน้ำด้านทิศตะวันตกของพื้นที่



รูปที่ 3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงพื้นที่ศึกษาตามเส้นทางหลวง4045 จากจุด A - A'ดัดแปลงจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอภักดีชุมพล ระวาง 5240 I ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 2-RTSD

รูปที่ 4 ภูมิประเทศตามเส้นทางหลวง 4045 เป็นที่ราบลูกฟูกทางตะวันตกของพื้นที่เป็นเทือกเขาเพชรบูรณ์ตะวันออก (UTM Grid reference: 504647)

1.9.2 **ภูมิอากาศ**

จังหวัดเพชรบูรณ์ มีภูเขาล้อมรอบ จึงทำให้อากาศร้อนจัดในฤดูร้อน และหนาวจัดในฤดูหนาวโดยเฉพาะพื้นที่อำเภอน้ำหนาวเขาค้อและหล่มเก่าจะมีอากาศหนาวที่สุดและบนพื้นที่ภูเขาจะมีอากาศเย็นตลอดทั้งปีในฤดูร้อนและฤดูฝนจะมีอุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียสฤดูร้อนเริ่มในเดือนมีนาคมถึงเมษายน ฤดูฝนเริ่มเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมและฤดูหนาวในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ของทุกปี

ผลจากสภาพอากาศที่ร้อนจัดในหน้าร้อนและฝนตกชุกนี่เอง ทำให้สภาพหินโผล่ในพื้นที่ผุพังมากและมีพืชขึ้นปกคลุม

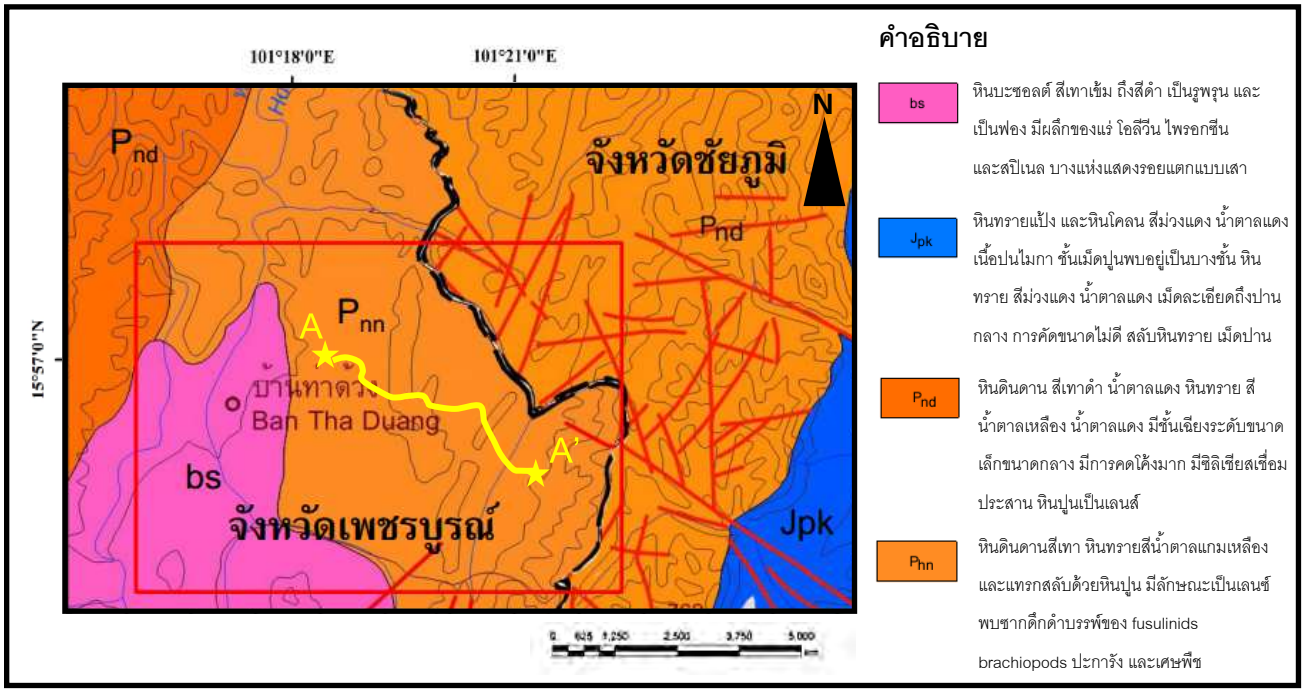
1.10 **ธรณีวิทยาทั่วไป**

จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่บริเวณขอบที่ราบสูงโคราชและเป็นขอบรอยต่อของแผ่นจุลทวีปอินโดจีนและแผ่นจุลทวีปไซบูมาสุ จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นส่วนหนึ่งแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ซึ่งลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่ซับซ้อนนี้เป็นผลจากการชนกันของสองแผ่นจุลทวีป เหตุการณ์นี้ยังทำให้จังหวัดเพชรบูรณ์มีลักษณะทางธรณีวิทยาที่ค่อนข้างหลากหลายประกอบด้วยหินตะกอน, หินแปร, หินอัคนีและตะกอนกึ่งแข็งตัวตลอดจนตะกอนร่วนมีอายุตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคควอเทอร์นารี (ประมาณ 350 ล้านปีถึงปัจจุบัน)

จากข้อมูลธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:250,000 (Khaowiset and Chanfoo, 2009) โดยกรมทรัพยากรธรณี ประเทศไทย (รูปที่ 5) หินพื้นที่ศึกษาจัดเป็นหมวดหินหัวนาคำ (Phn) ยุคเพอร์เมียน ลักษณะเป็นหินดินดานสีเทา, หินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง และแทรกสลับด้วยหินปูน มีลักษณะเป็นเลนส์ พบซากดึกดำบรรพ์ของคดข้าวสาร (fusulinids), หอยตะเกียง (brachiopods), ปะการังและเศษพืช

บริเวณรอบข้างประกอบด้วยหมวดหินน้ำดุก (Pnd)ยุคเพอร์เมียน เป็นหินดินดาน สีเทาดำ น้ำตาลแดง หินทราย สีน้ำตาลเหลือง น้ำตาลแดง มีชั้นเฉียงระดับขนาดเล็กขนาดกลาง มีการคดโค้งมาก มีซิลิเชียสเชื่อมประสาน หินปูนเป็นเลนส์

หินตะกอนยุคเพอร์เมียนถูกปิดทับด้วยหินบะซอลต์ยุคเทอร์เชียรี(bs) ลักษณะสีเทาเข้มถึงสีดำ เป็นรูพรุนและเป็นฟอง มีผลึกของแร่ โอลีวีน, ไพรอกซีนและสปิเนล บางแห่งแสดงรอยแตกแบบเสา(columnar joint)



รูปที่ 5แผนที่ธรณีวิทยา แสดงพื้นที่ศึกษาจุด A - A' ดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์มาตราส่วน 1:250,000จังหวัดเพชรบูรณ์ (Khaowiset and Chanfoo, 2009) และจังหวัดชัยภูมิ (Boonnop, 2010)โดยกรมทรัพยากรธรณี ประเทศไทย

1.11 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

HelmckeและLindenberg (1983)ศึกษาลำดับชั้นหินยุคเพอร์เมียนในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Phetchabun fold belt) และลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่แสดงถึงเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐาน เพื่อบ่งชี้ถึงช่วงเวลาการปิดมหาสมุทรบรรพกาล (Paleotethys)และวิวัฒนาการเกิดเทือกเขาในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ สรุปว่าเหตุการณ์การเกิดเทือกเขาหลักในประเทศไทยเกิดในช่วงก่อนเพอร์เมียนตอนต้นถึงช่วงก่อนเพอร์เมียนตอนปลาย เป็นช่วงที่แผ่นจุลทวีปไซบูมาสุและอินโดจีนเคลื่อนตัวเข้าหากัน ผลการศึกษาบ่งชี้ว่ามหาสมุทรบรรพกาลปิดตัวในช่วงเวลาดังกล่าวและสิ้นสุดการเคลื่อนตัวในยุคไทรแอสสิก เรียกเหตุการณ์นี้ว่าการเกิดเทือกเขาอินโดไซเนี่ยน(Indosinian orogeny) ส่งผลให้หินในช่วงยุคเพอร์เมียนถึงไทรแอสสิกในบริเวณชั้นหินแนวเลย-เพชรบูรณ์แสดงลักษณะการถูกเปลี่ยนลักษณะจากแรงทางธรณีแปรสัณฐาน

Wielchowskyและ Young (1985) ศึกษาหินลักษณะปรากฏ (facies) และจัดทำแผนที่การกระจายตัวของชุดหินคาร์บอเนตและหินตะกอนซิลิกาเนื้อเม็ดในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงตอนกลาง ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เพื่อวิเคราะห์หาสภาพแวดล้อมและบริเวณการสะสมตัวโบราณพบว่าลักษณะของหินและสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้ถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลทั่วโลก (eustatic sea level

variations) และเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานระดับภูมิภาค (regional tectonic events) จากแผนที่แสดงขอบเขตแอ่งสะสมตัวของตะกอนยุคเพอร์เมียนของ Wielchowskyและ Young (1985) จะได้ว่าพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในแอ่งน้ำดุก (Nam Duk basin) และเป็นส่วนของขอบของแผ่นจุลทวีปอินโดจีน มีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวโบราณแบบทะเลน้ำตื้น (shallow marine environment)

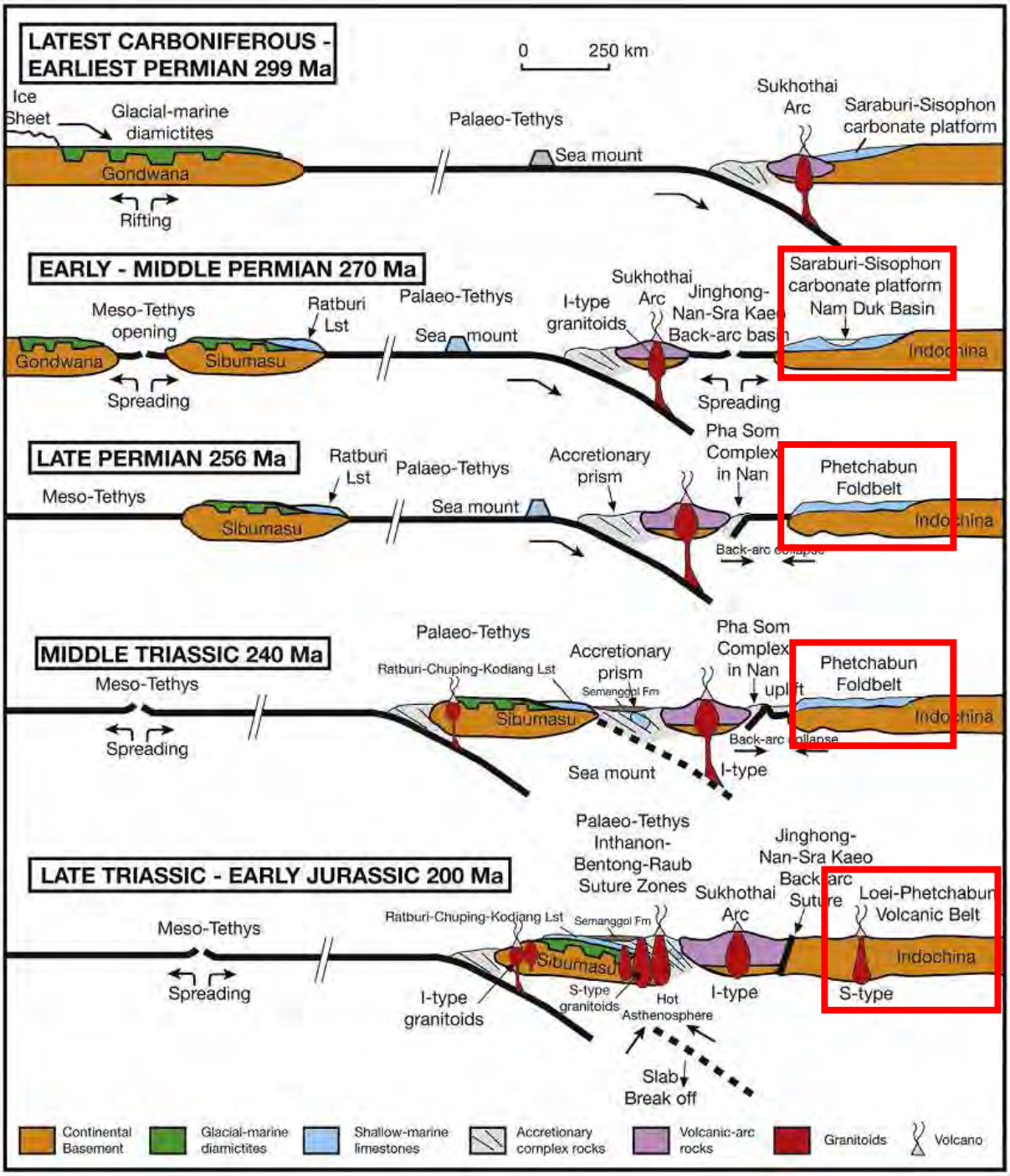
Phoabpet (1994) ได้ทำการศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของหมวดหินน้ำดุก ตามเส้นทางหลวงหมายเลข 12 ระหว่างหลัก กม.16 – 21.5ซึ่งมีอายุเพอร์เมียนและอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้โดยการศึกษาจากการออกภาคสนาม เก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง ได้แก่ แนวการวางตัวของชั้นหินและแนวแตก มาประมวลผลในตาข่ายสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า(equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) รวมถึงจัดทำแผนที่เส้นทางการสำรวจ (traverse map) เพื่อดูลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างโดยรวมของพื้นที่ แล้วสรุปวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างเทียบกับแบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของ Bunopas (1982)แบ่งการเกิดได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่(1) ช่วงเพอร์โม – ไทรแอสสิกเกิดชั้นหินคดโค้งแรก (2) ช่วงไทรแอสสิกเกิดชั้นหินคดโค้งที่สอง ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนลักษณะ (deformation) และ(3) ช่วงครีเตเชียส-เทอร์เชียรี เกิดรอยเลื่อนหลักในพื้นที่

Singharajwarapanและ Berry (1993, 2000) ได้ทำการศึกษาวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวการพอกพูนซับซ้อน (accretionary complex) บริเวณเขื่อนสิริกิตติ์เทียบสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานบริเวณชั้นหินแนวสุโขทัย โดยการศึกษาจากแผนที่ธรณีวิทยาและออกสำรวจภาคสนามเพื่อจัดทำแผนภาพตัดขวางและเก็บข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์ลักษณะการเกิดโดยใช้ตาข่ายสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic net) และศึกษา microstructure จากแผ่นหินขัดบาง ได้ผลออกมาเป็นแบบจำลองลำดับการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างแบ่งโครงสร้างเป็น 2 ช่วงหลักๆ และลำดับการเปลี่ยนแปลงลักษณะ 6 ลำดับ คือ ช่วงสัมพันธ์กับการพอกพูน (accretion-related structure) ประกอบด้วย (1) เกิดรอยคดโค้งแบบพับผ้า (isoclinal fold) (2) การเกิดชั้นหินคดโค้งครั้งที่สองก่อให้เกิดแนวแตกเรียบ (cleavage) (3) เกิดรอยคดโค้งขนาดเล็ก (microfolds) และแนวแตกเรียบรอยหยัก (crenulation cleavage) (4) เกิดการพับงอ (kinks) และช่วงหลังการพอกพูน (post-accretion structure) ประกอบด้วย (5) การเกิดชั้นหินคดโค้งซึ่งแสดงลักษณะแบบเปราะ (brittle character)และสุดท้าย (6) การแตกหักแบบเปราะ (brittle style)

Soneและ Metcalfe (2008) ได้ศึกษาการปิดตัวของมหาสมุทรบรรพ (Paleo-tethys) และผลต่อการเกิดเทือกเขาอินโดไซเนี่ยน(Indosinian orogeny) เสนอว่าบริเวณสุโขทัย(Sukhothai zone) ไม่ได้เป็นส่วนของแผ่นจุลทวีปไซบูมาสุ (Sibumasuterrane) แต่เป็นส่วนของระบบหมู่เกาะรูปโค้งยุคเพอร์เมียน(Permain island-arc system)ซึ่งพัฒนาบริเวณส่วนขอบทางด้านตะวันตกของแผ่นจุลทวีปอินโดจีน และเกิดปิดตัวเนื่องจากการชนกันของแผ่นจุลทวีปไซบูมาสุกับแนวสุโขทัยซึ่งเป็นส่วนของแผ่นจุลทวีปอินโดจีนในช่วงไทรแอสสิกตอนกลาง ทำให้

เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (Sukhothai fold belt) สัมพันธ์กับการเกิดแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์

Metcalfe (2013) ได้รวบรวมเอกสารงานวิจัยศึกษาวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานและภูมิศาสตร์บรรพกาล (tectonic and paleogeographic evolution) สรุปการกระจายตัวของกอนวานา (Gonwana dispersion) และการพอกพูนของเอเชีย (Asian accretion) และได้เสนอแบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานแบบใหม่แสดงให้เห็นว่าแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เกิดขึ้นแป็นผลจากการที่แผ่นจุลทวีปไซบูมาสุและอินโดจีนเคลื่อนตัวเข้าหากันในช่วงเพอร์เมียนตอนต้น-ตอนกลาง (Early - Middle Permain) จนกระทั่งชนกันในช่วงไทรแอสสิกตอนกลาง (Middle Triassic)และยังเคลื่อนตัวอยู่จนถึงช่วงไทรแอสสิกตอนปลาย-จูแรสสิกตอนต้น (Late Triassic – Early Jurassic) ยังส่งผลให้เกิดแนวภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์(Loei-Phetchabun volcanic belt)อีกด้วย(รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานแบบใหม่โดย Metcalfe (2013) แสดงพื้นที่ศึกษาในกรอบสีแดง

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษานี้แบ่งระเบียบวิจัยออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ การเตรียมการ การเก็บข้อมูลภาคสนาม การศึกษาในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล และสรุปผลการศึกษา โดยมีรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยและแผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (รูปที่ 7) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1การเตรียมการ

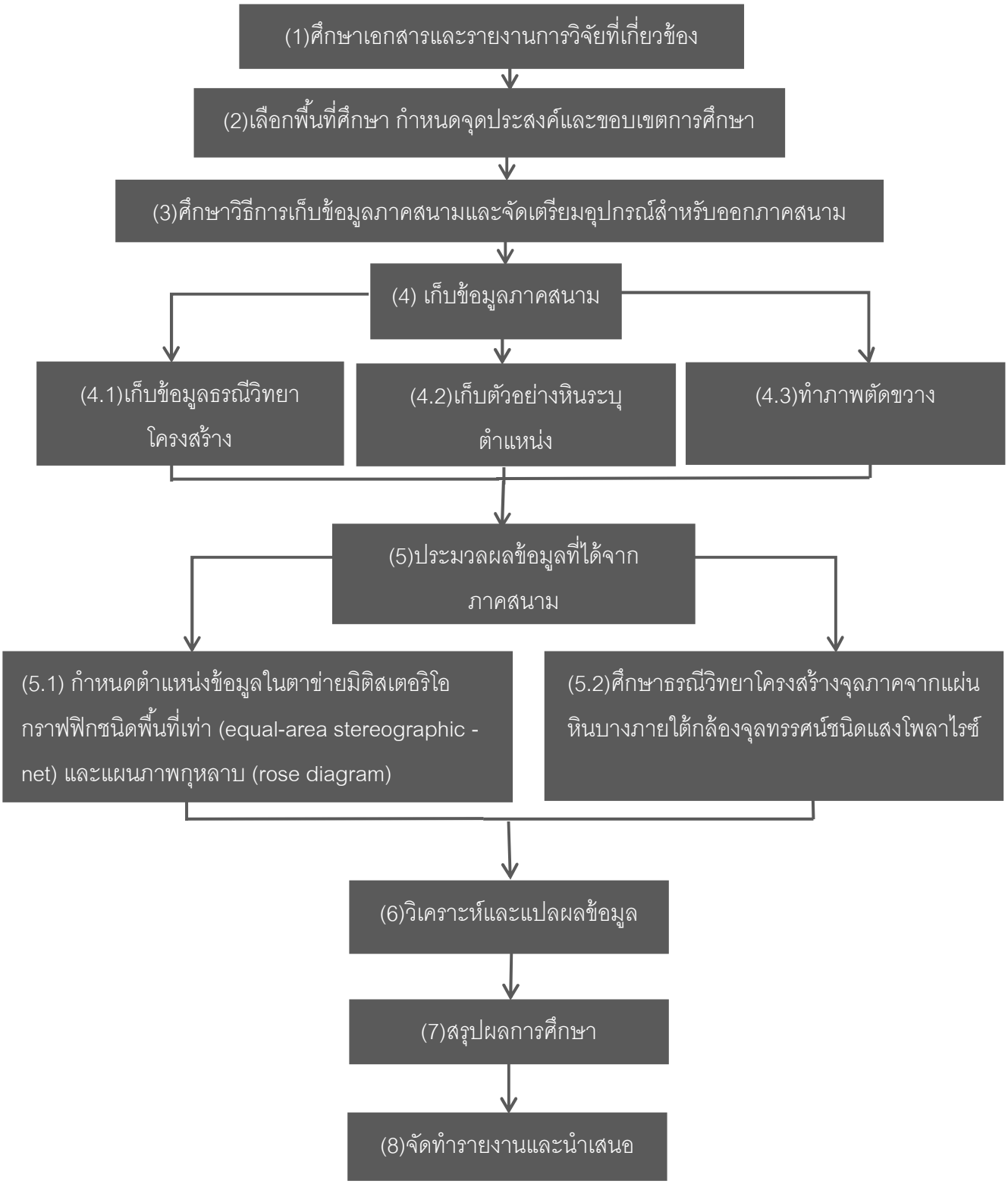
ขั้นตอนศึกษาข้อมูลเชิงธรณีวิทยา เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นก่อนออกภาคสนาม เพื่อใช้ในการวางแผนในการเก็บข้อมูลภาคสนามและกำหนดขอบข่ายการศึกษาได้ชัดเจน แล้วทำการเตรียมความพร้อมและอุปกรณ์ในการออกภาคสนาม

(1) ศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไป ธรณีวิทยาโครงสร้าง ธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสืบค้นได้จากหนังสือ วารสารงานวิจัย (journal) และเอกสารงานประชุม (proceeding) จากห้องสมุดภาควิชาธรณีวิทยาคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและทางอินเตอร์เน็ต

(2) เลือกพื้นที่ศึกษา กำหนดจุดประสงค์และขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษาต้องเลือกให้อยู่ในแนวชั้นคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ซึ่งเราสนใจศึกษาและจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่าแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ เกิดขึ้นในช่วงประมาณเพอร์เมียน– ไทรแอสสิก จึงต้องเลือกพื้นที่ที่แสดงหินโผล่ที่มีอายุแก่กว่าหรือเท่ากับเพอร์เมียน โดยยึดตามแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณีวิทยาประเทศไทย จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและแผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมสรุปได้ว่าแนวการวางตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างหลักในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ จึงเลือกเส้นทางถนนในแนวตะวันออก-ตะวันตก หรือตั้งฉากกับโครงสร้าง เพื่อตัดหินโผล่ให้เห็นลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและการการออกภาคสนามในรายวิชาธรณีสนาม 2 จึงสรุปพื้นที่ศึกษาได้เป็นเส้นทางหลวงชนบทหมายเลข 4045(สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29) บ้านท่าด้วง ตำบลท่าด้วง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์



รูปที่ 7แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

(3) ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลภาคสนามและจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับออกภาคสนาม

เตรียมอุปกรณ์ออกภาคสนามได้แก่ ค้อนธรณีวิทยากล้องถ่ายรูปเข็มทิศบรันตัน (Brunton) จีพีเอส (GPS)และแผนที่ภูมิศาสตร์มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอภักดีชุมพล ประเทศไทย ระวาง 5240 Iลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 2-RTSDสามารถเตรียมอุปกรณ์และสืบค้นแผนที่ได้จากห้องสมุดแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

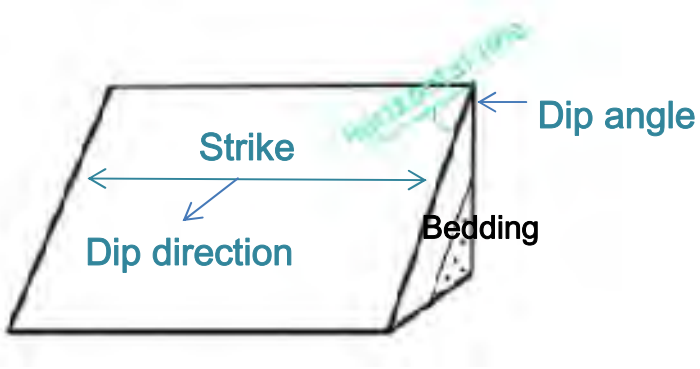
2.2การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม แบ่งข้อมูลเป็น 3ส่วนหลัก ได้แก่ ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง, ตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง และภาพตัดขวาง โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

(4) เก็บข้อมูลภาคสนาม

(4.1) เก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง

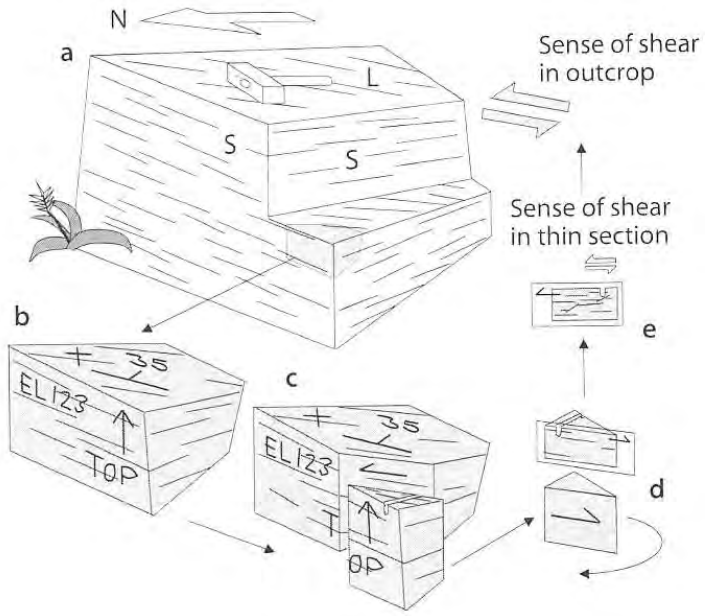
ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง ได้แก่ แนวการวางตัวของชั้นหิน(attitude of bedding), แนวรอยแตก(joint), รอยเลื่อน(fault) หรือโครงสร้างอื่นๆ ที่พบในภาคสนาม โดยใช้เข็มทิศบรันตัน ซึ่งค่าการวางตัวประกอบด้วย แนววางตัว (strike), มุมเอียงเท (dip angle)และทิศทางมุมเอียงเท (dip direction)ดังแสดงในรูปที่ 6 ในแต่ละจุดศึกษาได้ทำการวัดค่าการวางตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างต่างๆ ในจุดหนึ่งหลายค่า เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเชิงสถิติประมวลผลให้ได้แนวการวางตัวที่ถูกต้องที่สุดวิเคราะห์โดยใช้การกำหนดตำแหน่งข้อมูลแนวการวางตัวของชั้นหินในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal area- stereographic net) และข้อมูลแนวแตกแผนภาพกุหลาบ (rose diagram)



รูปที่ 8 แนววางตัว (strike) บอกถึงแนวการสะสมตัวของชั้นหินมุมเอียงเท (dip angle) คือมุมที่ชั้นหินทำกับแนวระดับ (horizon) และทิศทางมุมเอียงเท (dip direction) คือทิศทางที่ชั้นหินลาดเอียง

(4.2) เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง

เก็บตัวอย่างหินขนาดประมาณ 15 ลบ.ซม. โดยเลือกหินส่วนที่สดที่สุดในบริเวณบันทึกค่าระนาบการวางตัวอย่างน้อยหนึ่งระนาบลงบนหินตัวอย่างซึ่งบ่งบอกถึงแนวการวางตัวของชั้นหินดังแสดงหลักการเก็บตัวอย่างระบุตำแหน่งในรูปที่ 7 เพื่อใช้เป็นระนาบอ้างอิงทำให้ทราบถึงการวางตัวของระนาบหินโผล่ที่เราเก็บมาจากการสำรวจภาคสนามแล้วนำกลับมาวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคและบรรยายวิทยาหิน(lithology) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)ในห้องปฏิบัติการโดยหน้าหินที่ตัดเพื่อนำมาแผ่นหินขัดบางต้องขนานกับโครงสร้างแนวเส้นบนเนื้อหิน



รูปที่ 9 หลักการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่งจากภาคสนามและการทำแผ่นหินขัดบางเพื่อศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาค (Passchier and Trouw, 2005)

(4.3) ทำภาพตัดขวาง

จัดทำภาพตัดขวางโดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างประกอบกับแผนที่เส้นทางสำรวจ (traverse map)ซึ่งได้จากภาคสนามแผนที่เส้นทางสำรวจแสดงถึงตำแหน่งของหินโผล่และจุดศึกษา, ลักษณะหินโผล่, ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างซึ่งสังเกตได้จากหินโผล่และแนวการวางตัวของชั้นหินซึ่งนำมาใช้วิเคราะห์ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างโดยรวมของพื้นที่ได้ชัดเจนขึ้น เลือกเส้นทางตัดขวางที่สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในพื้นที่ศึกษาได้ชัดเจนที่สุด

2.3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

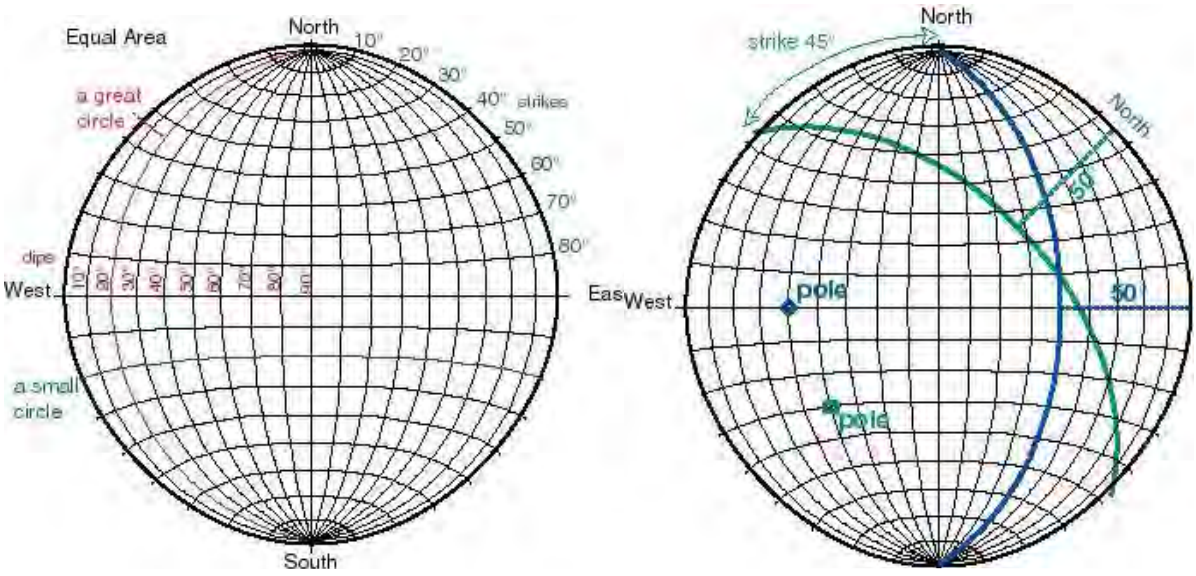
นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากภาคสนามมาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือต่างๆ เพื่ออภิปรายถึงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในพื้นที่ศึกษา

(5) ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม

ข้อมูลจากภาคสนามที่นำมาประมวลผลในห้องปฏิบัติการแบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับกลาง คือ แนวการวางตัวของชั้นหินและแนวแตก และระดับจุลภาค คือ ศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคในแผ่นหินขัดบาง

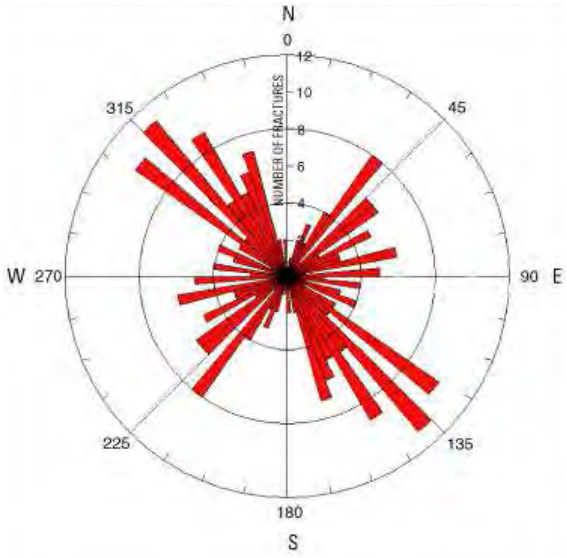
(5.1) กำหนดตำแหน่งข้อมูลในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic-net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram)

ข้อมูลแนวการวางตัวของชั้นหินทุกค่าที่เก็บได้จากภาคสนาม นำมากำหนดตำแหน่งข้อมูลในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า(รูปที่ 10) ใช้สำหรับวิเคราะห์การแสดงของรูปทรงสัณฐานการวางตัวของเส้น (line) และระนาบ (plane)โดยการวางตัวของระนาบสามารถแทนได้ด้วยการวางตัวของเส้นที่ตั้งฉากกับระนาบ จะเขียนแสดงได้ด้วยโพล (pole)ดังตัวอย่างในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าใช้กำหนดตำแหน่งข้อมูลแนววางตัว, มุมเอียงเท และทิศทางมุมเอียงเท (ซ้าย) ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งแนวการวางตัวชั้นหินและการเขียนโพลแทนการวางตัวแนวเส้น (ขวา)
(Available at: URL:http://maps.unomaha.edu/maher/geol3300/lab/lab5.html. Accessed March 4, 2014)

ข้อมูลแนวแตกทุกจากภาคสนาม นำมากำหนดตำแหน่งข้อมูลแนววางตัวของแนวแตกลงในแผนภาพกุหลาบในลักษณะแผนภูมิเชิงปริมาณ ทำให้เราทราบถึงแนวการวางตัวหลักของแนวแตก กลุ่มชุดแนวแตกและปริมาณของแนวแตกของแต่ละกลุ่ม ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งข้อมูลในแผนภาพกุหลาบ แสดงแนววางตัวของแนวแตกและปริมาณชุดข้อมูล (Available at: URL:pubs.usgs.gov/sim/2005/2831.html. Accessed March 4, 2014)

(5.2) ศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ (polarizing microscope)

ลักษณะเนื้อผิว (texture) ของหินและแร่ อาจแสดงถึงโครงสร้างระดับจุลภาคซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงแนวความเครียดของหิน การเปลี่ยนลักษณะหรือสภาวะการแปรสภาพในพื้นที่ได้

2.4 การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

(6) วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการมาวิเคราะห์และอภิปรายถึงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในพื้นที่ศึกษา

2.5 **สรุปผลการศึกษาและนำเสนอ**

(7) **สรุปผลการศึกษา**

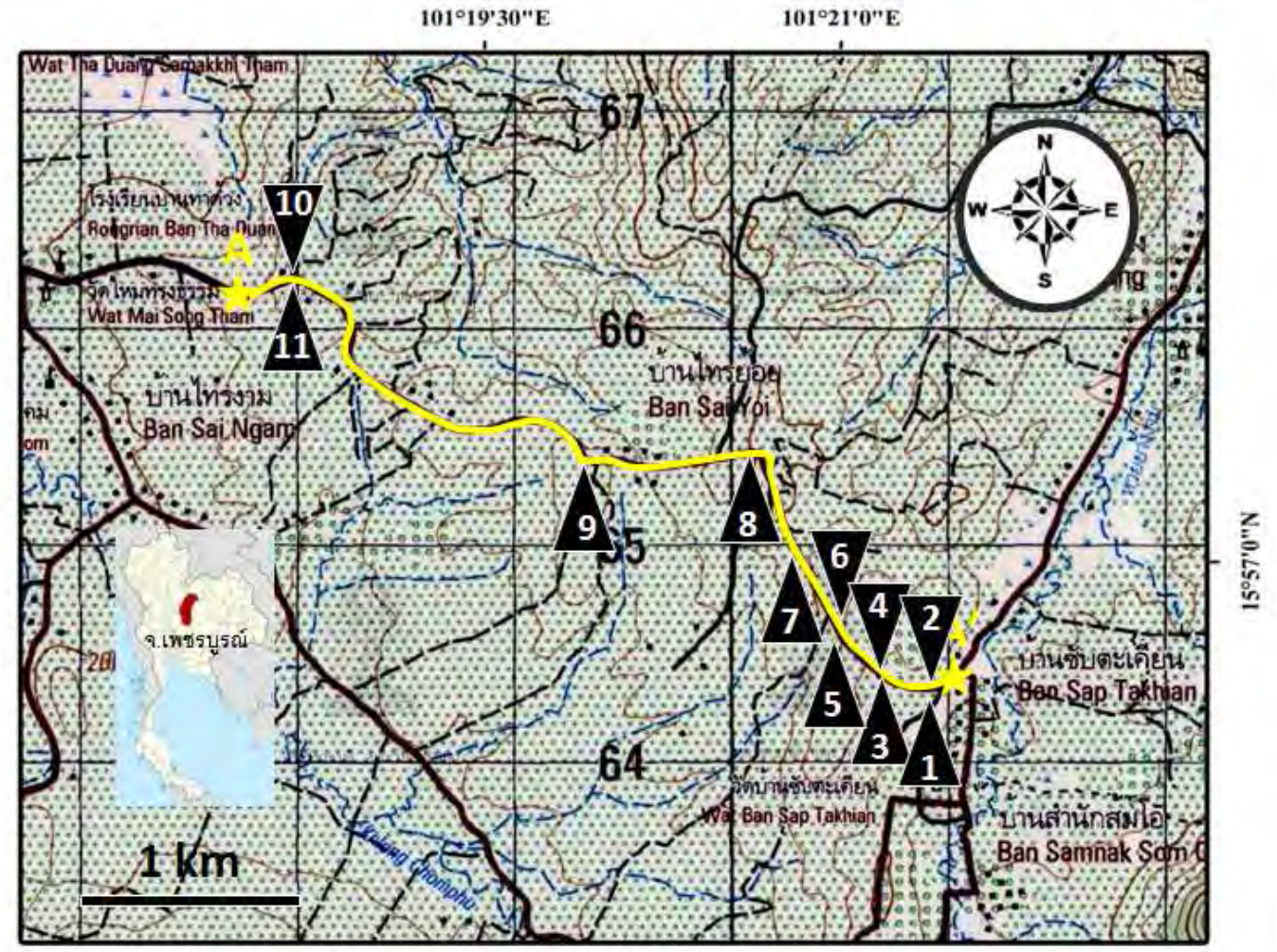
สรุปผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยจากการวิเคราะห์ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในพื้นที่ศึกษา

(8) **จัดทำรายงานและนำเสนอ**

จัดทำรายงานเป็นรูปเล่มและนำเสนอในรูปแบบของการสัมมนา

บทที่ 3 ผลการศึกษา

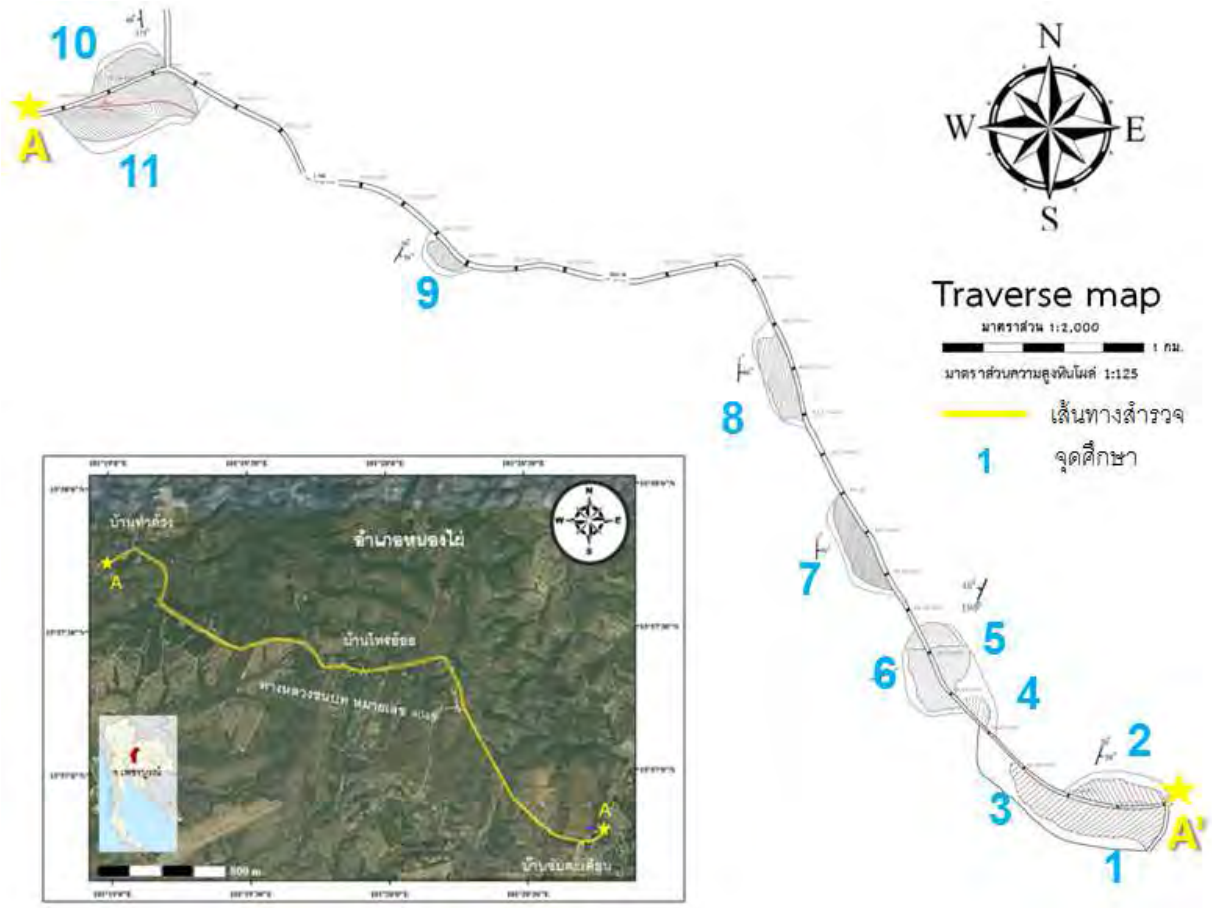
ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างจากการสำรวจภาคสนามเดือนสิงหาคม 2556ได้แก่ แนวการวางตัวของชั้นหิน แนวรอยแตกและรอยเลื่อน รวมถึงตัวอย่างหินระบุตำแหน่งและแผนที่เส้นทางการสำรวจ ถูกรวบรวมและจัดทำจากทั้งหมด11 จุดศึกษาตามเส้นทางหลวงชนบท 4045(สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอน กม.24-29)ตำบลท่าด้วง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (รูปที่12)



รูปที่ 12 แผนที่ภูมิประเทศแสดงจุดศึกษา 11 จุด รวมระยะทางสำรวจประมาณ 5 กม. จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอภักดีชุมพล ระวาง 5240 I ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 2-RTSD กรมแผนที่ทหาร

พื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นที่ราบลูกฟูก (undulating plain) เป็นเนินเขาขนาดเล็กระดับไม่สม่ำเสมอ พื้นที่ส่วนใหญ่ถูกใช้ทำการเกษตร ได้แก่ สวนยาง ไร่ข้าวโพด เป็นต้น หินโผล่ที่พบกระจายตัวไม่ต่อเนื่องตามทางเส้นทางหลวงชนบท 4045 เป็นหินโผล่ชนิดถนนตัด (road-cut outcrop) มีสภาพผุพังมาก หินที่พบมีลักษณะเป็น

หินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดละเอียดและหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์จำพวกทะเลน้ำตื้นหลากหลายเป็นเลนส์แทรกบางบริเวณ ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้และแสดงการคดโค้งเล็กน้อย มีมุมเอียงเทชันไปทั้งทางตะวันออกและตะวันตก ดังแสดงโครงสร้างซึ่งสังเกตได้จากหินโผล่ในแผนที่เส้นทางการสำรวจ (traverse map) รูปที่ 13



รูปที่ 13 แผนที่เส้นทางการสำรวจแสดงหินโผล่แต่ละจุดศึกษาทั้งหมด 11 จุดและแนวการวางตัวของชั้นหิน

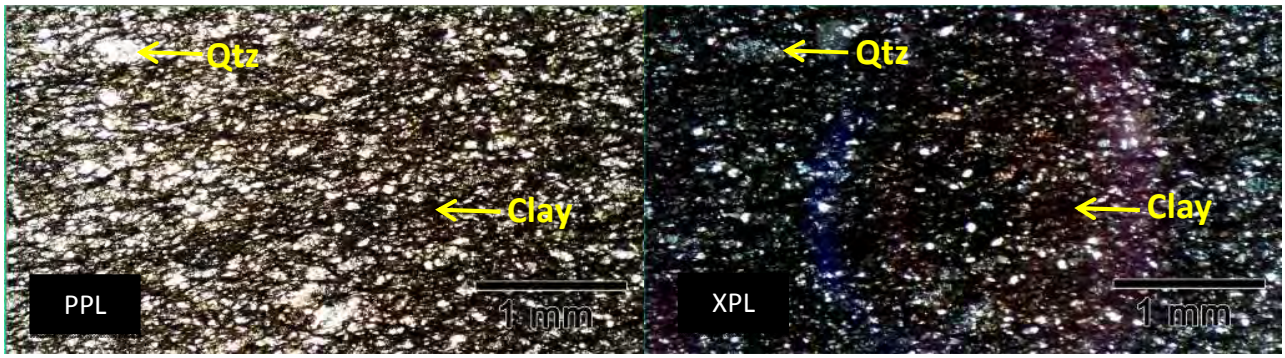
3.1 ธรณีวิทยา

จากข้อมูลธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:250,000 (Khaowiset and Chanfoo, 2009) โดยกรมทรัพยากรธรณี ประเทศไทย (รูปที่ 4) หินพื้นที่ศึกษาจัดเป็นหมวดหินหัวนาคำ (Phn) ยุคเพอร์เมียน ลักษณะเป็นหินดินดานสีเทา, หินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง และแทรกสลับด้วยหินปูน มีลักษณะเป็นเลนส์ พบซากดึกดำบรรพ์ของคดข้าวสาร (fusulinids), หอยตะเกียง (brachiopods), ปะการังและเศษพืช

หินพื้นที่ศึกษาในภาคสนามเป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดละเอียดสีเทา ได้แก่ หินทรายแป้ง, หินโคลน และหินดินดาน แทรกสลับด้วยหินปูนเป็นเลนส์ ระหว่างจุดศึกษาที่ 6-7 พบซากดึกดำบรรพ์พวกทะเลน้ำตื้นหลายชนิดโดยมีรายละเอียดของวิทยาหิน(lithology) ดังนี้

3.1.1 **หินทรายแป้ง** (siltstone)

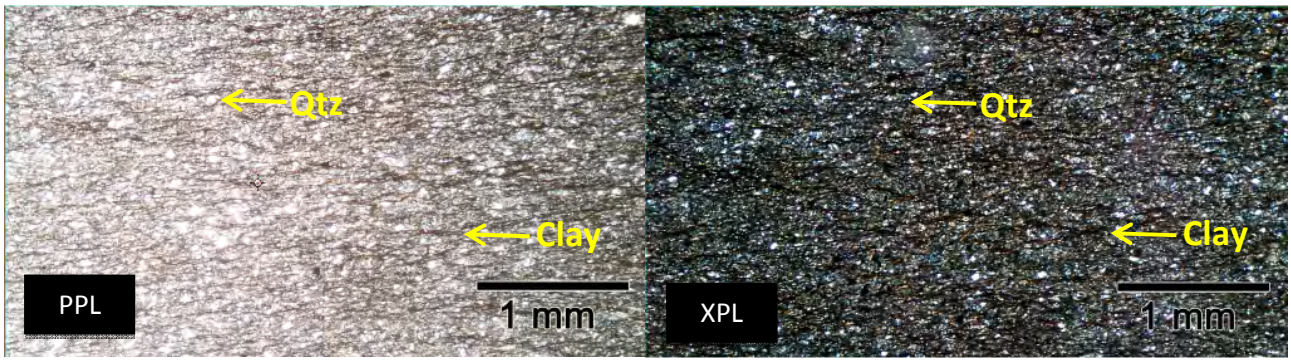
สีสดสีเทา พบลักษณะแนวชั้นบาง (lamination) แทรกสลับกับชั้นหินดินดานหรือหินโคลน องค์ประกอบเป็นแร่ควอตซ์ มีขนาดตะกอนsilt (0.002 – 0.05 มม.) เนื้อพื้น (matrix) เป็นตะกอนขนาด clay (<0.002 มม.)เป็นเนื้อพื้น ตัวเชื่อมประสานเป็นเนื้อดิน (argillaceous cement) (รูปที่ 14)



รูปที่14เนื้อหินทรายแป้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ แสดงแร่ควอตซ์และแร่ดิน พบลักษณะแนวชั้นบาง

3.1.2 **หินโคลน** (mudstone)

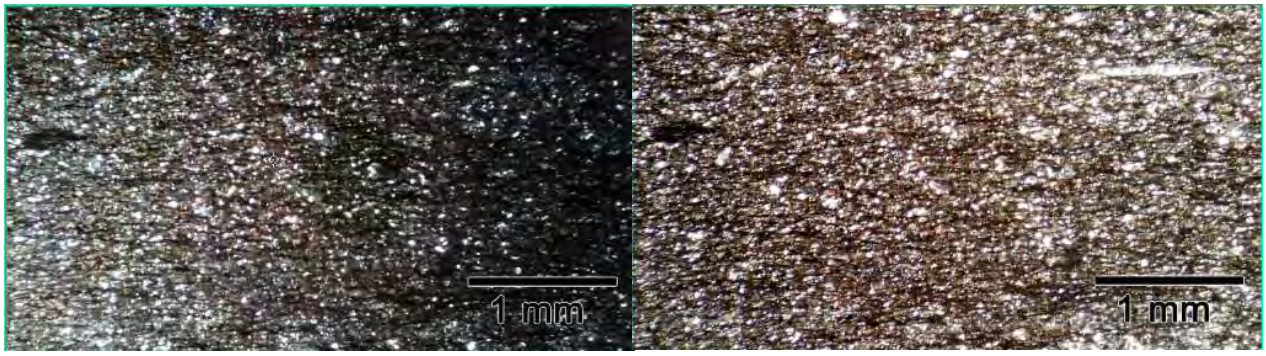
สีสดสีเทาเป็นเนื้อประสานแน่น (massive)มีลักษณะแนวชั้นบาง (lamination)ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ องค์ประกอบเป็นแร่ควอตซ์ มีขนาดตะกอนclay (<0.002 มม.) ปน silt (0.002 – 0.05 มม.) ตัวเชื่อมประสานเป็นเนื้อดิน (argillaceous cement) (รูปที่ 15)พบเป็นชั้นหินแทรกสลับกับหินทรายแป้ง



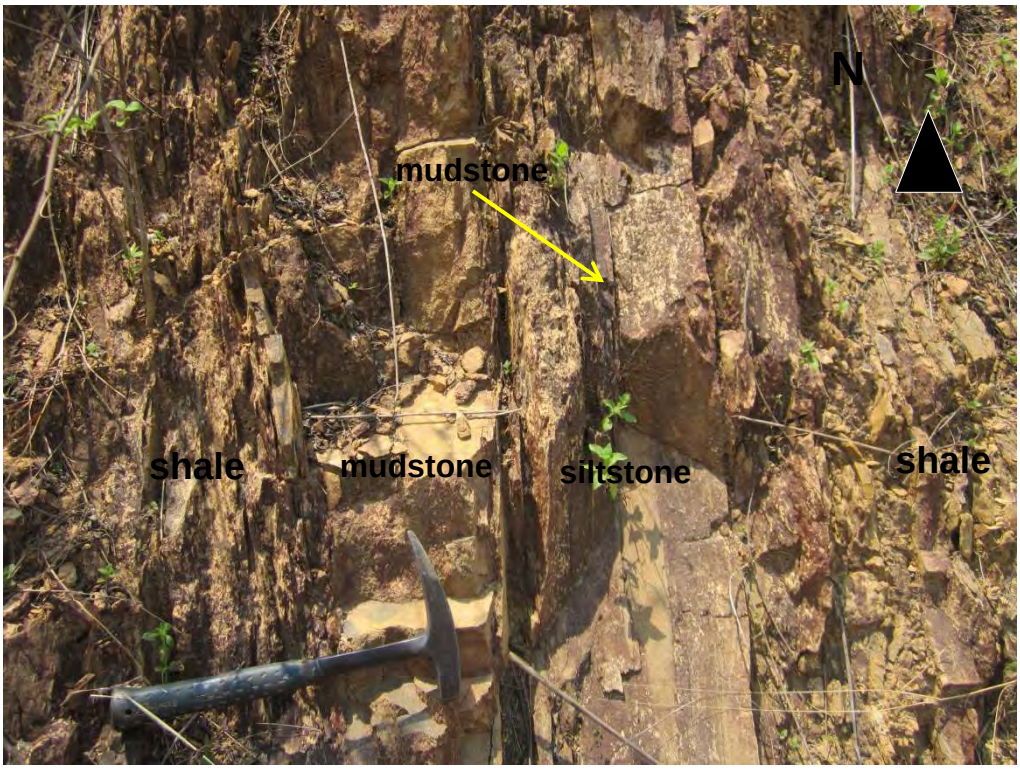
รูปที่15เนื้อหินโคลนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงแร่ควอตซ์และแร่ดิน พบลักษณะแนวชั้นบาง

3.1.3 **หินดินดาน** (shale)

สีสดสีเทา แสดงแนวแตกถี่(fissility)ชัดเจนมีลักษณะแนวชั้นบาง (lamination)ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ องค์ประกอบเป็นแร่ควอตซ์ มีขนาดตะกอนclay (<0.002 มม.) ปน silt (0.002 – 0.05 มม.) ตัวเชื่อมประสานเป็นเนื้อดิน (argillaceous cement) (รูปที่ 16)ซึ่งพบมากสุดในพื้นที่ ชั้นหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดละเอียดทั้งสามนี้มักสะสมตัวแทรกสลับกัน (รูปที่ 17)



รูปที่16 เนื้อหินโคลนภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงแร่ควอตซ์และแร่ดิน พบลักษณะแนวชั้นบางและแนวแตกถี่



รูปที่ 17 ชั้นหินทรายแป้ง, หินโคลนและหินดินดาน แทรกสลับกัน วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงเกือบตั้งฉากไปทางทิศตะวันออก โดยชั้นหินดินดานมีความหนามากและพบมากสุดในพื้นที่ ส่วนชั้นหินทรายแป้งหนาประมาณ 25 ซม. และชั้นหินโคลนมีความหนาตั้งแต่5 – 20 ซม. หรือพบเป็นชั้นบางประมาณ 2 ซม. แทรกในหินอื่น (UTM Grid reference: 505645)

3.1.4 **หินปูน** (limestone)

สีสดสีเทา ลักษณะเป็นเลนส์พบซากดึกดำบรรพ์พวกทะเลน้ำตื้นจำนวนมาก ได้แก่ พลับพลึงทะเล (crinoids) และหอยตะเกียง (brachiopods) กระจายตัวอยู่ทั่วไป(รูปที่ 18) จัดให้อยู่ในประเภท wackestoneตาม Dunham, 1962ส่วนใหญ่เกิดกระบวนการตกผลึกใหม่ (recrystallization) ของแร่แคลไซต์ (calcite)

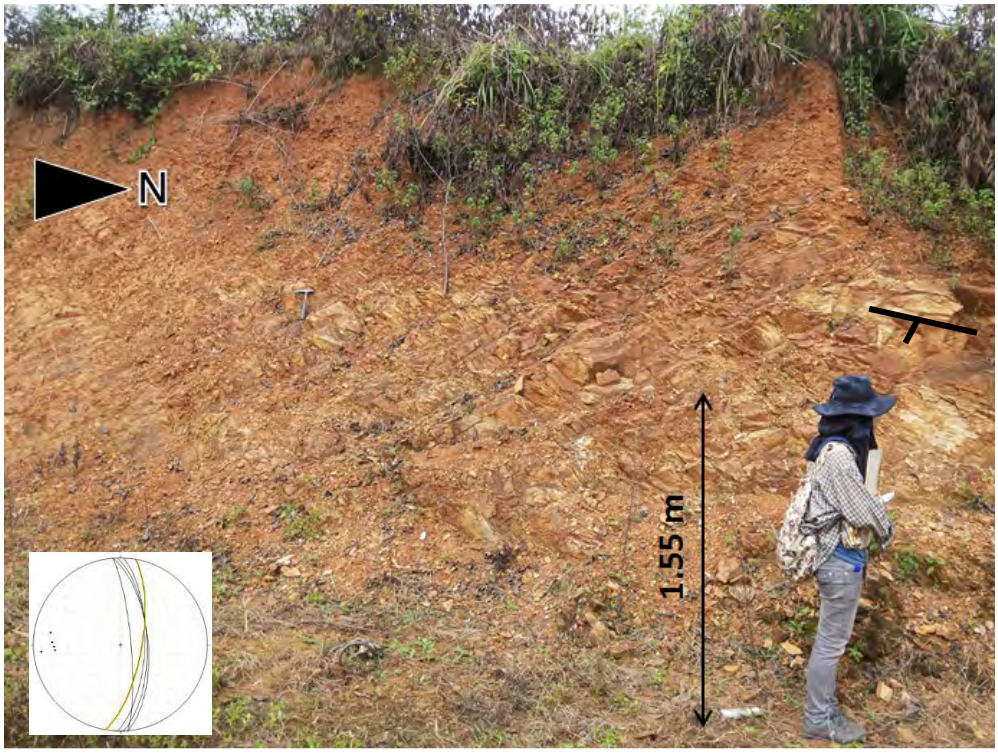
รูปที่ 18 หินโผล่ของหินปูนลักษณะเป็นเลนส์กระจายตัวตามพื้น(ซ้าย)เนื้อหินสีเทาและพบซากดึกดำบรรพ์พลับพลึงทะเล (crinoid) และหอยตะเกียง (brachiopod)(ขวา)(UTM Grid reference: 504647)

3.2ข้อมูลภาคสนาม

จากการออกภาคสนามเดือนสิงหาคม 2556 จุดศึกษาตามเส้นทางหลวงชนบทหมายเลข 4045 ในพื้นที่ศึกษา มีทั้งหมด 11 จุดศึกษา โดยในแต่ละจุดทำจดบันทึกข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างได้แก่ แนวการวางตัวของชั้นหิน, แนวแตก และลักษณะโครงสร้างอื่นๆ ที่สังเกตได้จากภาคสนาม โดยมีรายละเอียดของแต่ละจุดศึกษาดังนี้

จุดศึกษาที่ 1UTM Grid reference:509643

หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน ขนาด สูง 5 ม. X ยาว 15 ม. (รูปที่ 19) ชั้นหินหนาประมาณ10 – 15 ซม. วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก ดังแสดงในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าในรูปที่ 18แนวแตกที่เก็บค่ามี 3 แนว ได้แก่ แนวเหนือ-ใต้ (N-S), แนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เนื่องจากเป็นแนวแตกหลักที่แสดงชัดและต่อเนื่องตลอดหินโผล่ ค่าแนวแตกที่ได้จะนำไปกำหนดตำแหน่งลงในแผนภาพกุหลาบเพื่อวิเคราะห์โดยรวมทั้งพื้นที่ และทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง 1 ก้อน



รูปที่ 19 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับกับหินโคลนในจุดศึกษาที่ 1แสดงแนวแตกชัดเจนและตลอดทั้งหินโผล่แนวการวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก

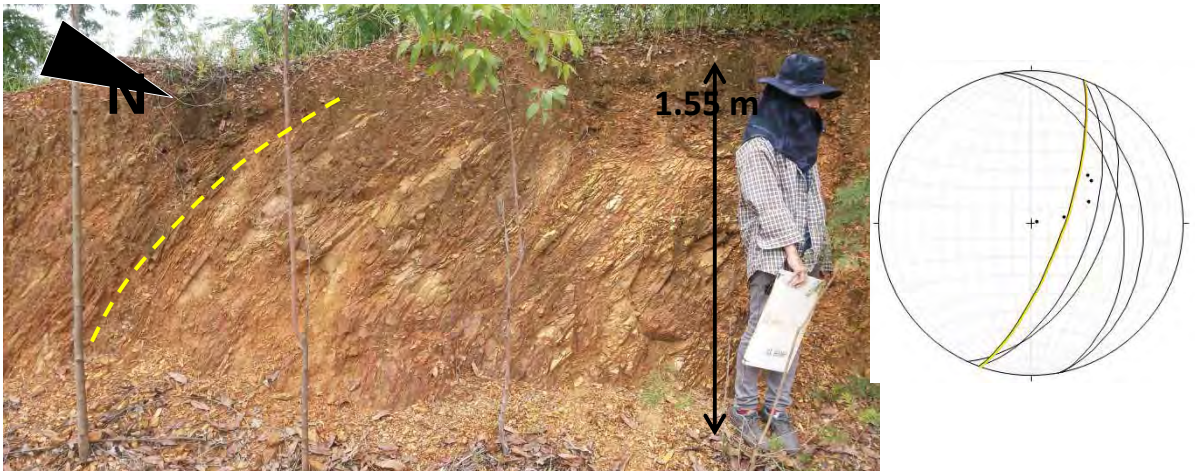
<u>จุดศึกษาที่ 2</u>UTM Grid reference:509644

หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน ขนาด สูง 4ม. X ยาว 15 ม. (รูปที่ 20)สภาพหินโผล่มีความผุพังมากและชั้นหินแตกออกตามรอยแตกไปมากทำให้ยากแก่การวัดค่าชั้นหินหนาประมาณ 10 – 15 ซม. วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก ดังแสดงในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าในรูปที่ 19 แนวแตกที่เก็บค่ามี 3 แนวซึ่งสอดคล้องกับจุดศึกษาที่ 1

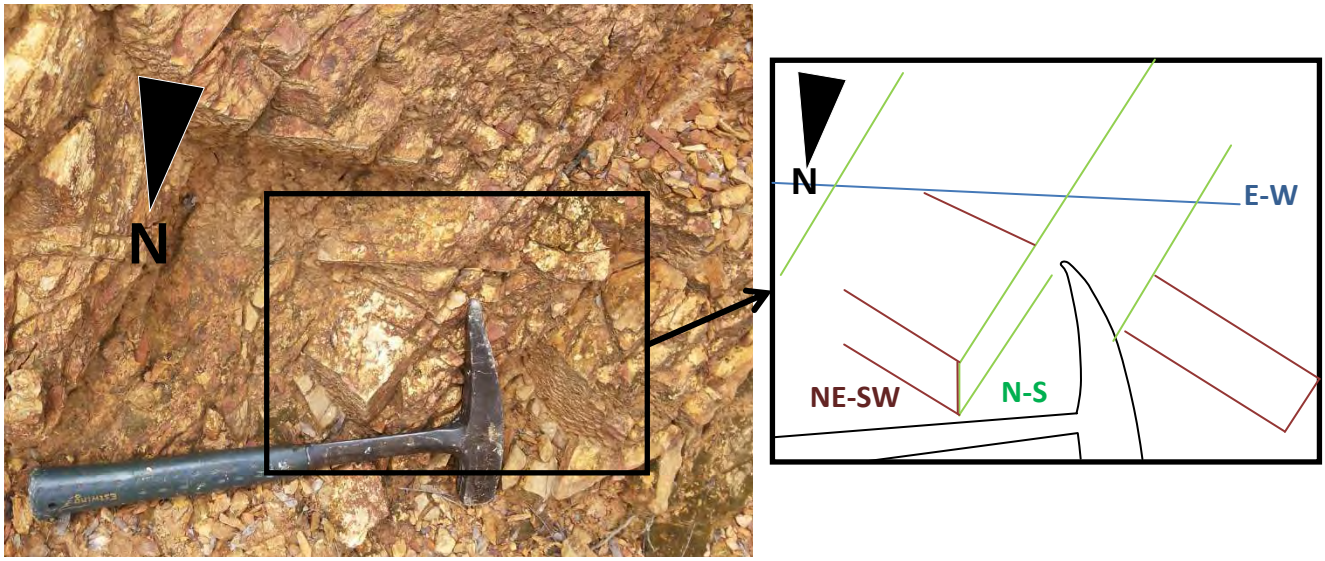
รูปที่ 20 หินโผล่ของหินหินดินดานแทรกสลับกับหินโคลน จุดศึกษาที่ 2แสดงแนวแตกชัดเจนและตลอดทั้งหินโผล่ แนวการวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก

<u>จุดศึกษาที่ 3</u>UTM Grid reference:506644

หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน ขนาด สูง 2 ม. X ยาว 20 ม. (รูปที่ 21) เป็นแนวหินโผล่ยาวต่อเนื่องมาจากจุดศึกษาที่1 ชั้นหินหนาประมาณ 10 – 15 ซม. วางตัวสัมพันธ์กับจุดศึกษาที่ 1แสดงในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่ารูปที่ 21 โดยลักษณะของชั้นหินแสดงความคดโค้งปรากฏด้วย แสดงความสัมพันธ์ของแนวแตกทั้งสามในรูปที่ 22



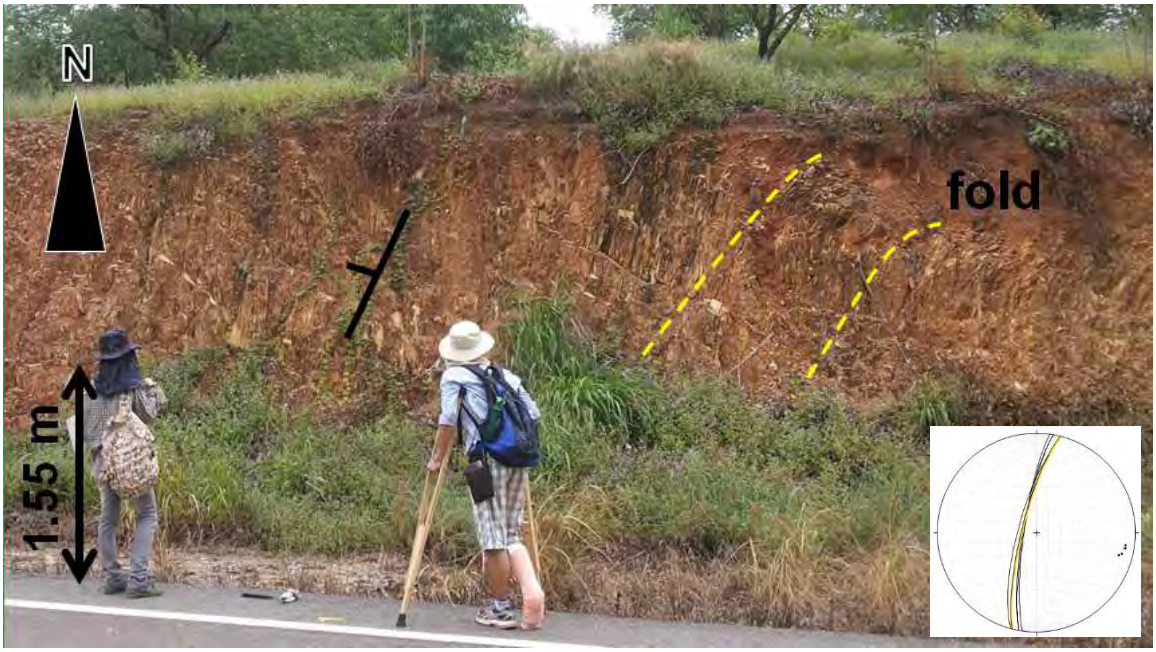
รูปที่ 21 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน จุดศึกษาที่ 3ชั้นหินแสดงการคดโค้งเล็กน้อย



รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวแตกทั้งสามในจุดศึกษาที่ 3 โดยแนวแตกในแนวเหนือ-ใต้(เส้นสีเขียว)ตัดแนวตะวันออก-ตะวันตก(เส้นสีฟ้า)และแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ไม่ตัดแนวใดเลย

<u>จุดศึกษาที่ 4</u> UTM Grid reference:506644

หินโผล่ของหินดินดาน ขนาด สูง 3 ม. ยาวต่อเนื่องไปถึงจุดศึกษาที่ 5 ชั้นหินหนาประมาณ 5 – 10 ซม. วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เอียงเทไปทางด้านตะวันตกโดยลักษณะของชั้นหินแสดงความคดโค้งปรากฏด้วย (รูปที่ 23)ซึ่งสัมพันธ์กับจุดศึกษาที่ 3 เป็นลักษณะชั้นหินโค้งเข้าหากัน เป็นโครงสร้างแบบประทุนคว่ำ (anticline)

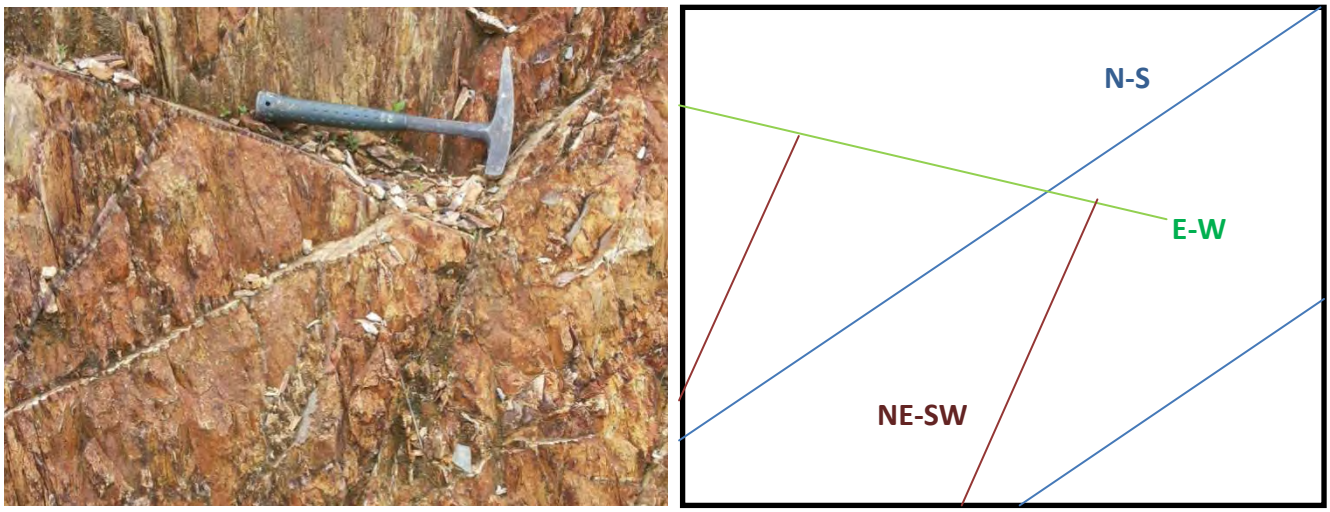


รูปที่ 23 หินโผล่ของหินดินดานในจุดศึกษาที่ 4 ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เอียงเทชันไปทางทิศตะวันตกและแสดงการคดโค้ง

<u>จุดศึกษาที่ 5</u> UTM Grid reference:506644

หินโผล่ของหินทรายแป้งแทรกสลับหินโคลน ขนาด สูง 5ม. ยาวต่อเนื่องมาจากจุดศึกษาที่ 4(รูปที่ 24)แต่ชั้นหินเปลี่ยนแปลงการวางตัว จากจุดศึกษาที่ 4 ที่มุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเป็นเทไปทางทิศตะวันออก ระยะห่างระหว่าง 2 จุดประมาณ 200 ม. ไม่พบลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของแนวชั้นหินทั้งสองจุดศึกษา พบชั้นหินแสดงความคดโค้งแนวแตกในจุดศึกษาที่ 5 ถูกสายแร่ควอตซ์เข้ามาเติมในช่องว่าง ทำให้เห็นความสัมพันธ์ของแนวแตกทั้งสามชัดเจนขึ้นในรูปที่ 25จะเห็นว่า แนวแตกในแนวเหนือ-ใต้(N-S)ตัดกับแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ส่วนแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NE-SW)ไม่ตัดแนวใดเลย และทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง1 ก้อน

รูปที่ 24 แนวหินโผล่เป็นแนวยาวตามถนน จุดศึกษาที่ 4 ถึง จุดศึกษาที่ 5



รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวแตกทั้งสามในจุดศึกษาที่ 5เห็นได้ชัดเนื่องจากสายแร่ควอตซ์เข้ามาเติมในช่องว่าง โดยแนวแตกในแนวเหนือ-ใต้(เส้นสีเขียว)ตัดแนวตะวันออก-ตะวันตก(เส้นสีฟ้า)และแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ไม่ตัดแนวใดเลย

<u>จุดศึกษาที่ 6</u> UTM Grid reference:505645

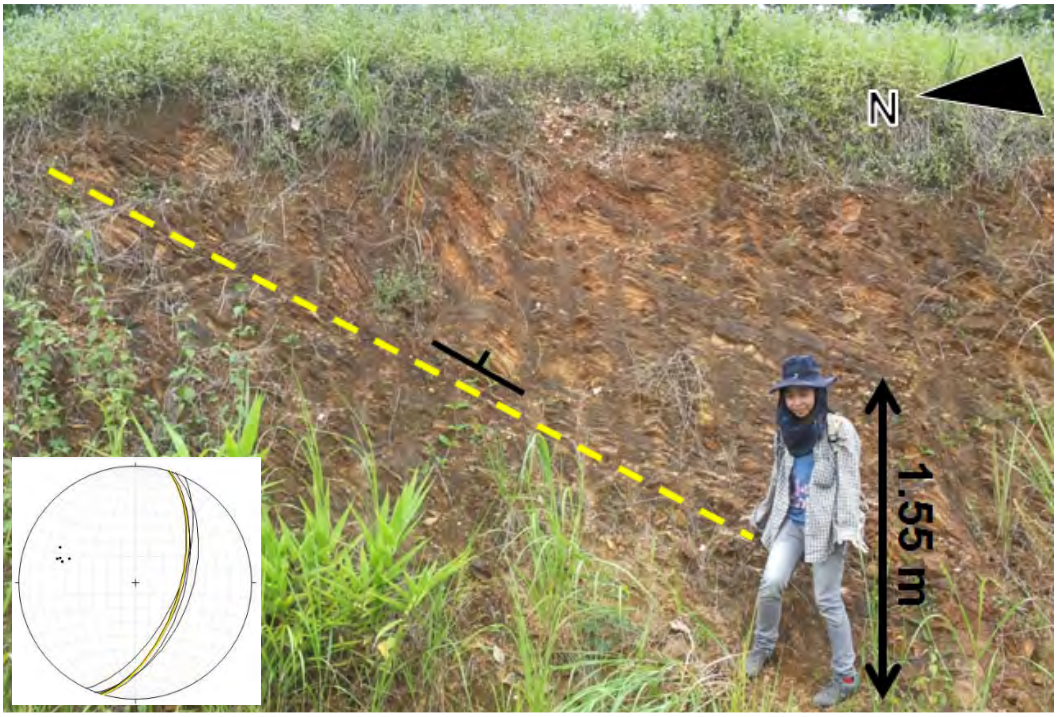
หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลนและหินทรายแป้ง ขนาด สูง 7 ม. ยาวตามแนวถนน (รูปที่ 26)อยู่ตรงข้ามกับจุดศึกษาที่ 5 และจุดศึกษาที่ 4ชั้นหิน วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก ดังแสดงในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าในรูปที่ 26พบสายแร่ควอตซ์ หนา 20-30 ซม. แทรกตามแนวแตกขนานกับแนวการวางตัวของชั้นหิน (รูปที่ 27)

รูปที่ 26 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับกับหินทรายแป้งและหินโคลน จุดศึกษาที่ 6 ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มุมเอียงเทชันไปทางทิศตะวันออก

รูปที่ 27 สายแร่ควอตซ์มีความหนาประมาณ 20 ซม. แทรกขนานไปกับแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ ที่จุดศึกษาที่ 6

<u>จุดศึกษาที่</u> <u>7</u> UTM Grid reference:504648

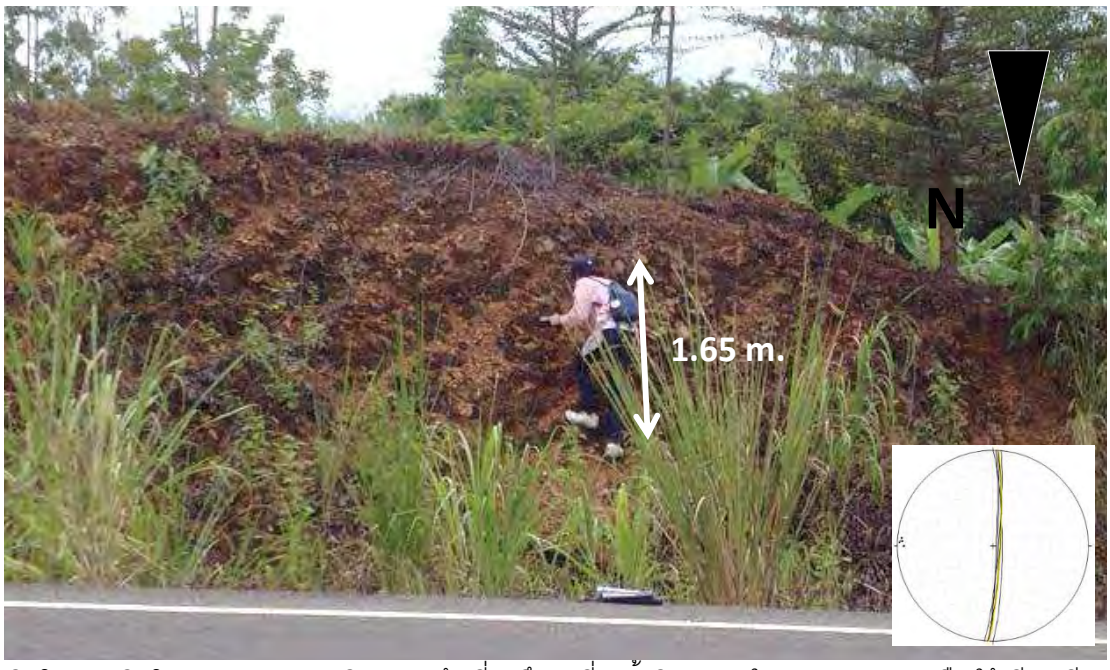
ระหว่างทางจากจุดศึกษาที่ 6 ถึงจุดศึกษาที่ 7 พบหินปูนซึ่งมีซากดึกดำบรรพ์เป็นเลนส์วางตัวในแนวเหนือ-ใต้อยู่ตามพื้น (รูปที่ 18) ดังกล่าวรายละเอียดไปแล้วในส่วนธรณีวิทยา จุดศึกษาที่ 7หินโผล่ของหินโคลนแทรกสลับกับหินทรายแป้ง ขนาด สูง 4 ม. ยาวตามแนวถนน ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก (รูปที่ 28)และทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง2 ก้อน



รูปที่ 28 หินโผล่ของหินโคลนแทรกสลับกับหินทรายแป้งชั้นหินวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก

<u>จุดศึกษาที่ 8</u>UTM Grid reference:502652

หินโผล่ของหินดินดาน ขนาด สูง 4 ม. ยาวตามแนวถนน ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก (รูปที่ 29)และมีค่าแนวแตกสามแนว



รูปที่ 29 หินโผล่ของหินโคลนแทรกสลับกับหินทรายแป้งที่จุดศึกษาที่ 8 ชั้นหินวางตัวในแนวประมาณเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก

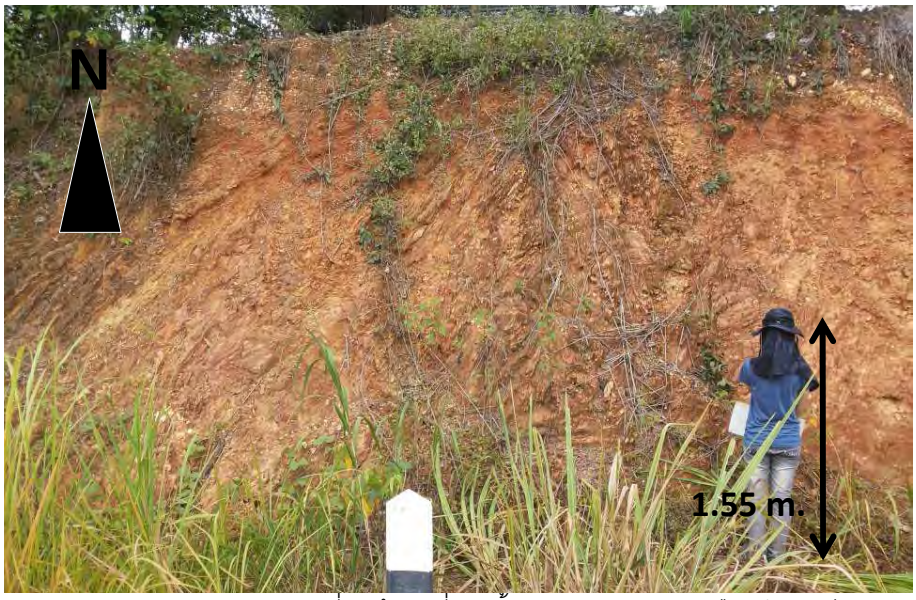
<u>จุดศึกษาที่ 9</u> UTM Grid reference:493654

หินโผล่ของหินโคลน ขนาด สูง 3 ม. X ยาว 5 ม. สภาพของหินโผล่มีความผุพังมาก ทำให้ยากแก่การเก็บค่าแนวแตก ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก (รูปที่ 30)และทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง 1 ก้อน

รูปที่ 30 หินโผล่ของหินโคลนที่จุดศึกษาที่ 9ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทสูงไปทางทิศตะวันออก

<u>จุดศึกษาที่ 10</u> UTM Grid reference:480662

หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน ขนาด สูง 5 ม. X ยาว 20 ม. ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทค่อนข้างสูงไปทางทิศตะวันตก (รูปที่ 31)พบสายแร่ควอตซ์ ขนาดประมาณ 2-3 ซม. แทรกขนานกับชั้นหิน (รูปที่ 32) และทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง 1 ก้อน

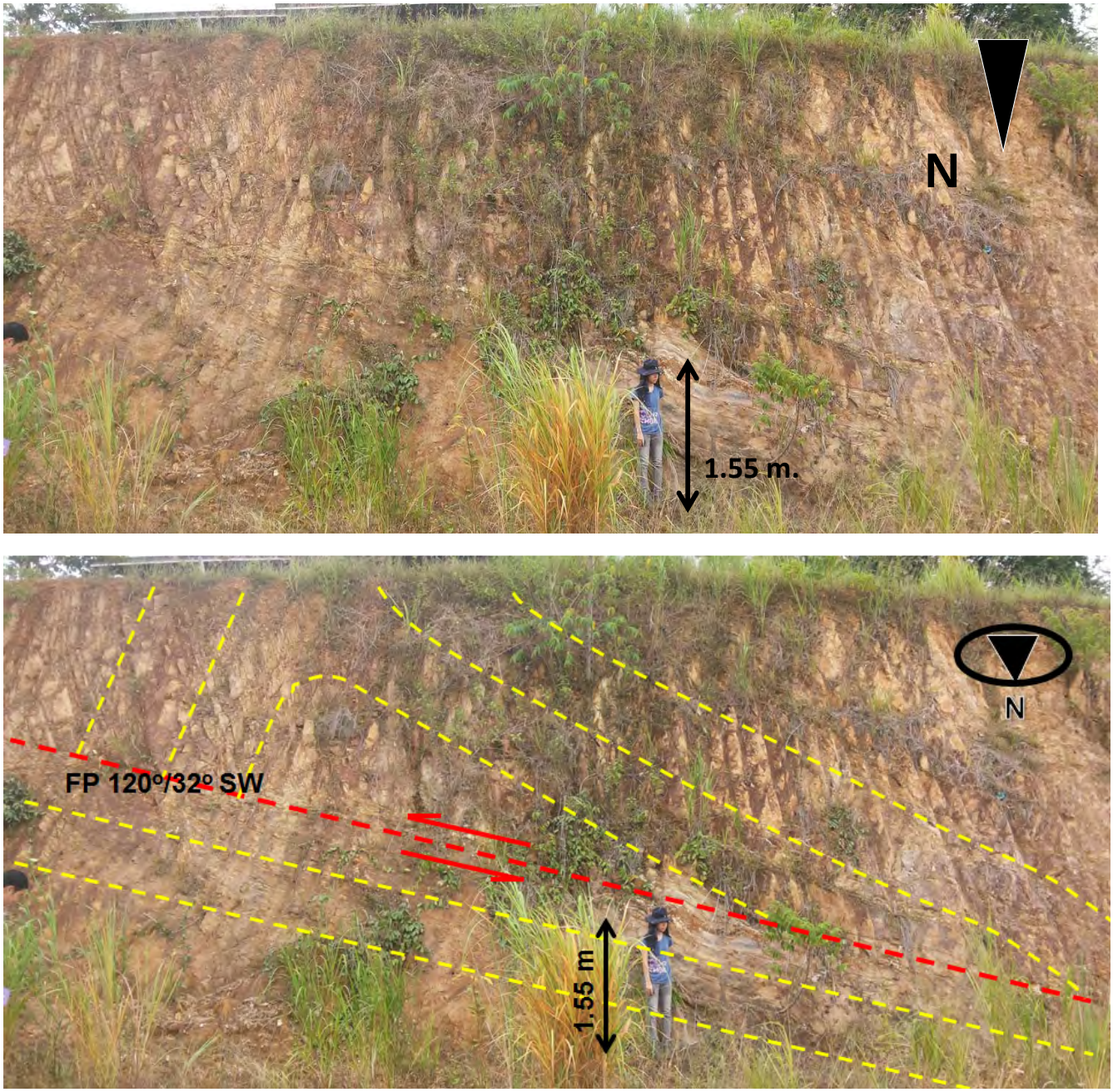


รูปที่ 31 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลนที่จุดศึกษาที่ 10 ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มุมเอียงเทชันไปในทิศตะวันตก

รูปที่ 32 สายแร่ควอตซ์ความหนาประมาณ 2-3 ซม. แทรกขนานกับแนวชั้นหินดินดาน จุดศึกษาที่ 10

<u>จุดศึกษาที่ 11</u> UTM Grid reference:479662

หินโผล่ตรงข้ามกับจุดศึกษาที่ 10 เป็นหินดินดานแทรกสลับหินโคลน ขนาด สูง 15 ม. X ยาว ประมาณ300 ม. ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทค่อนข้างสูงไปทางทิศตะวันตก โครงสร้างเป็นรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ ค่าการวางตัวระนาบรอยเลื่อน 120°/32° SW (รูปที่ 33) พบสายแร่ควอตซ์ ขนาดประมาณ 15ซม. แทรกขนานกับระนาบรอยเลื่อนและตามรอยแตกเชื่อมกับระนาบรอยเลื่อน (รูปที่ 34) และทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง 1 ก้อน



รูปที่ 33 หินโผล่ของหินดินดานแทรกสลับหินโคลน จุดศึกษาที่ 11ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก แสดงลักษณะโครงสร้างรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำที่มีระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) หินเพดาน (hanging wall) เลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

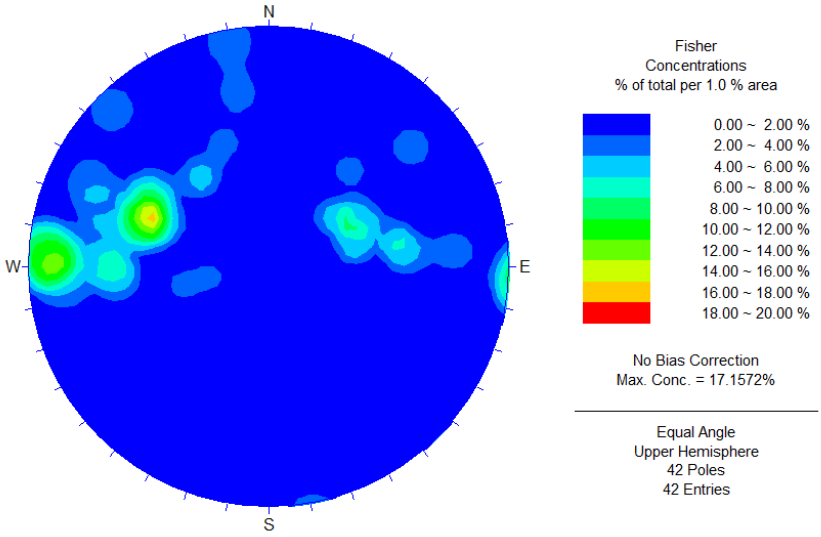
รูปที่ 34 ระนาบรอยเลื่อนแสดงลักษณะเนื้อหินที่ถูกขัดถูจนมันวาว มีสายแร่ควอตซ์แทรกตามระนาบรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแทรกตามรอยแตก

3.3 ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง

ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างที่เก็บจากภาคสนาม ได้แก่ แนวการวางตัวของชั้นหิน, แนวแตก และรอยเลื่อน นำค่าข้อมูลที่เก็บได้จากทุกจุดศึกษามาประมวลผลในห้องปฏิบัติ ใช้ในการอภิปรายลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง ผลการประมวลผลได้ดังนี้

3.3.1 แนวการวางตัวของชั้นหิน(attitude of bedding)

นำค่าข้อมูลแนวการวางตัวของชั้นหินทุกจุดศึกษามาประมวลผลข้อมูลโดยการกำหนดตำแหน่งข้อมูลทั้งหมด62 ข้อมูลลงในตาข่ายสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงผลเป็นโพล(รูปที่ 35)แสดงให้เห็นว่า ชั้นหินวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโดยทิศตะวันออกมีมุมเอียงเทชันกว่าทิศตะวันตกแสดงว่าธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ศึกษาเป็นชั้นหินคดโค้ง จากข้อมูลสรุปว่าระนาบแกน (axial plane) ของชั้นหินคดโค้งในพื้นที่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งขนานกับชั้นหิน



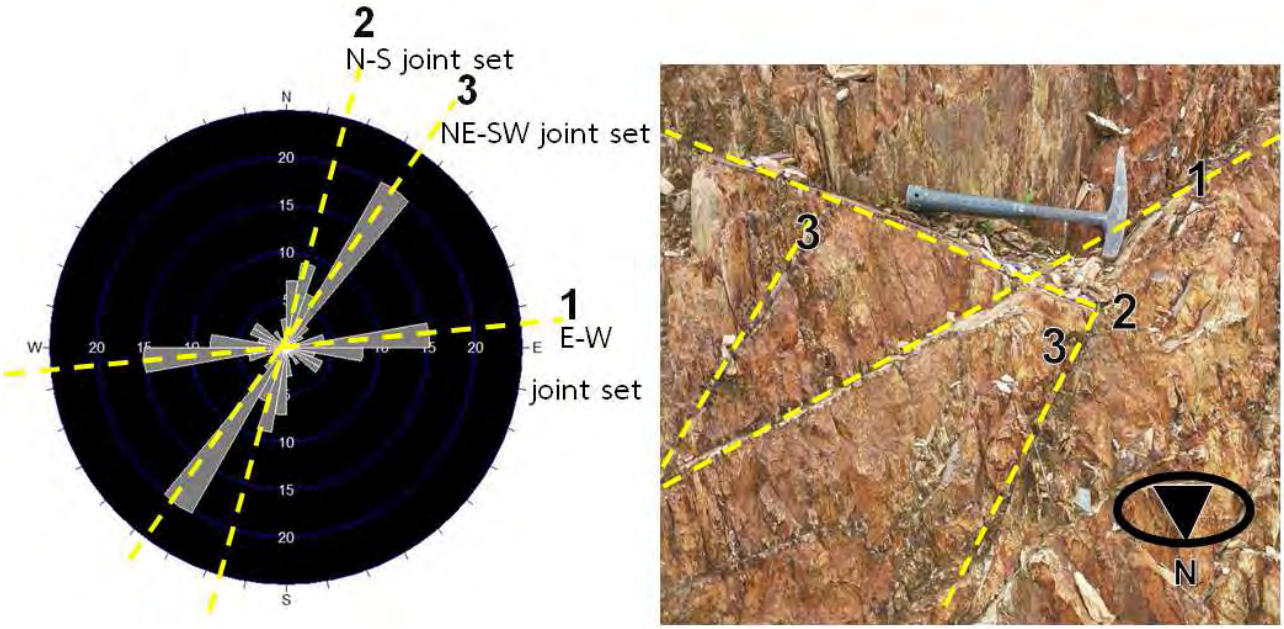
รูปที่ 35 ตาข่ายสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงผลเป็นโพลของแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 62 ข้อมูล

3.3.2 แนวแตก(joint)

ทำการเก็บค่าแนวแตกทั้งหมด 3 แนว ซึ่งเป็นแนวแตกหลัก เห็นได้ชัดมีความต่อเนื่องและพบตลอดทั้งพื้นที่ศึกษา นำมาประมวลผลข้อมูลในแผนภาพกุหลาบ (รูปที่ 36) รวมข้อมูลทั้งหมด 128 ข้อมูล แสดงให้เห็นแนวแตกหลัก 3 แนว ได้แก่ (1) แนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) (2) แนวเหนือ-ใต้ (N-S)และ (3) แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)

จากรูปที่ 36 จะเห็นว่าแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เป็นแนวแตกหลักที่พบมากสุดในพื้นที่ รองลงมาคือแนวแตกตะวันออก-ตะวันตก และ เหนือ-ใต้ ตามลำดับ ข้อมูลจากภาคสนามได้ความสัมพันธ์ของแนวแตกทั้งสาม จากจุดศึกษาที่ 3 และจุดศึกษาที่ 5 พบว่าแนวแตกตะวันออก-ตะวันตก ตัดกับ เหนือ-ใต้ จึง

สรุปว่าแนวแตกทั้งสองเกิดในเหตุการณ์หรือช่วงเวลาเดียวกัน ขณะที่แนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NE-SW) ไม่ตัดแนวแตกใดเลย จึงสรุปว่าแนวแตกนี้เกิดขึ้นในเหตุการณ์หรือช่วงเวลาภายหลัง



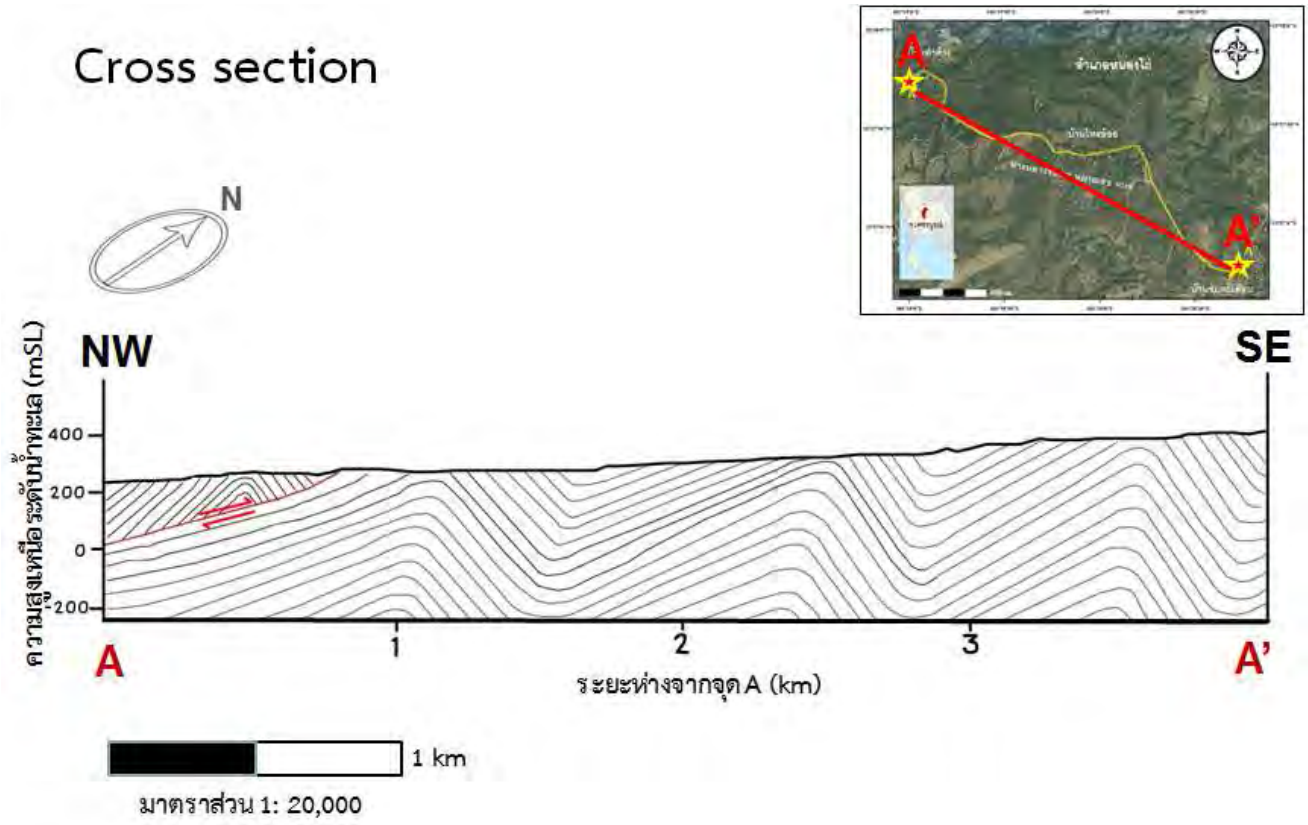
รูปที่ 36 แผนภาพกุหลาบแสดงแนวรอยแตกหลัก 3 แนวเทียบความสัมพันธ์ของแนวแตกหลักทั้ง 3 แนวที่พบในภาคสนามพบว่าแนวแตกตะวันออก-ตะวันตก ตัดกับ เหนือ-ใต้ และแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ไม่ตัดแนวแตกใดเลย

3.3.3 **รอยเลื่อน** (fault)

พบรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault)ในจุดศึกษาที่ 11ดังแสดงในรูปที่ 33ระนาบรอยเลื่อน (fault plane) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NW-SE)ซึ่งหินเพดาน (hanging wall) เลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

3.4 **ภาพตัดขวาง** (cross section)

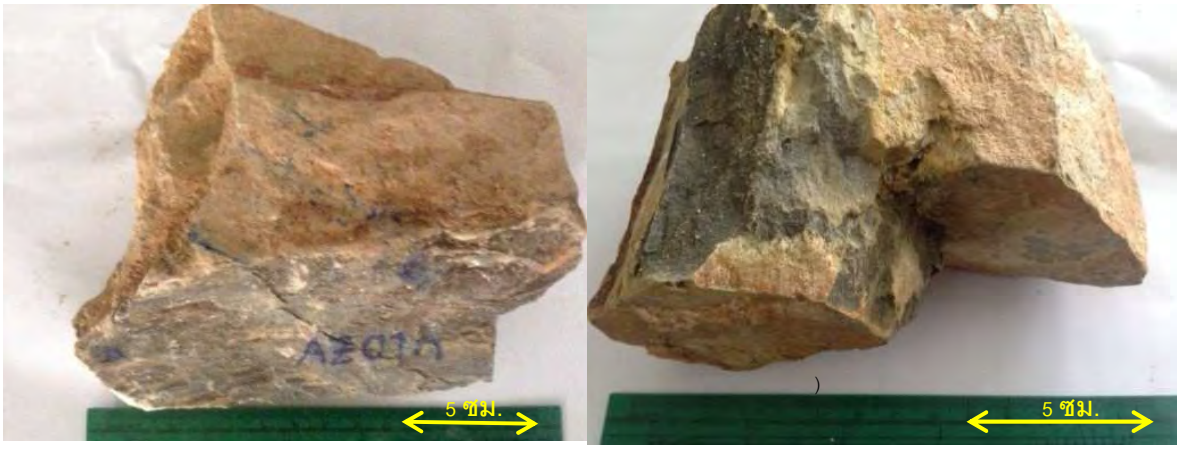
จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ประมวลผลข้อมูลจากแผนที่เส้นทางสำรวจและแนวการวางตัวของชั้นหิน จัดทำเป็นภาพตัดขวางในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้(NW-SE) (รูปที่ 37)แสดงให้เห็นลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างโดยรวมของพื้นที่ เป็นชั้นหินคดโค้งไม่สมมาตร (asymmetric fold) โดยที่ระนาบแกนวางตัวในแนวเหนือ-ใต้และเอียงเทไปทางตะวันตกพบรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำในด้านตะวันตกเฉียงเหนือของภาพตัดขวาง ซึ่งระนาบรอยเลื่อนวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และหินเพดานเลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



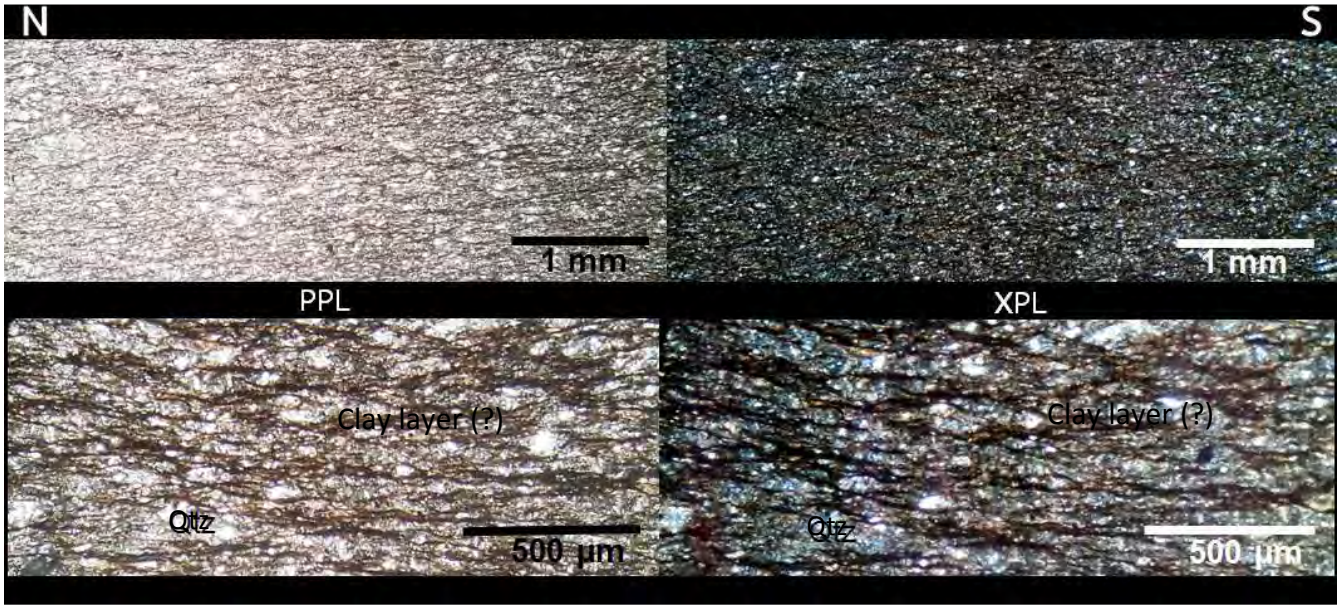
รูปที่ 37 ภาพตัดขวางพื้นที่ศึกษาในแนว NW-SEแสดงเส้นทางที่ตัดผ่านโดยเส้นสีแดงในภาพกรอบด้านขวาบน

3.2.1 ตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง

ตัวอย่างหินระบุตำแหน่งทั้งหมด 7ก้อน (รูปที่ 38) ถูกนำมาศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาคและลักษณะเนื้อหินจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ซึ่งหินในพื้นที่ศึกษาเป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดละเอียดเม็ดแร่ควอตซ์ที่พบในเนื้อหินมีรูปร่างกลมและรีผสมกันในเนื้อหิน(รูปที่ 39)ตัวอย่างหินที่เก็บจึงนำมาใช้อธิบายวิทยาหินตามที่กล่าวในส่วนธรณีวิทยาข้างต้น



รูปที่ 38หินตัวอย่างระบุตำแหน่งจากภาคสนามหินดินดาน (ซ้าย) หินโคลน (ขวา)



รูปที่ 39 ลักษณะเนื้อหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพราไลซ์ เป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาด mud มีตะกอนขนาดsilt ปนเม็ดแร่ควอตซ์ที่พบในเนื้อหินมีรูปร่างกลมและรีผสมกันในเนื้อหินแสดงลักษณะแนวชั้นบาง (lamination)

บทที่ 4 อภิปรายผลการศึกษา

จากการประมวลข้อมูลผลการศึกษาในระดับกลางและระดับจุลภาคในบทที่ 3 นำรวบรวม วิเคราะห์และอภิปรายผลข้อมูลได้แบบจำลองการเกิดวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์บริเวณพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

4.1 ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง

จากการออกภาคสนาม ลักษณะภูมิศาสตร์ของพื้นที่เป็นเนินเขาเตี้ยๆ และชั้นหินไม่ความหนาไม่มากทั้งยังแสดงการคดโค้งเห็นได้ในระดับกลาง และจากข้อมูลแนวการวางตัวของชั้นหินในแผนที่เส้นทางการสำรวจ ทำให้เราทราบระยะห่างระหว่างหินโผล่ที่มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันออกกับทิศตะวันตก (จากรูปที่ 40 คือจุด B - C) ทำให้สามารถประมาณระยะห่างระหว่างยอดชั้นหินคดโค้งหนึ่งไปถึงอีกลูกหนึ่ง หรือความยาวคลื่น (wavelength) ได้ประมาณ 1.5 กม.จึงได้ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเป็นชั้นหินคดโค้งแบบไม่สมมาตร ลักษณะเป็นประทุนคว่ำ (anticline) และประทุนหงาย (syncline) สลับกัน คล้ายลูกคลื่นต่อเนื่องกัน ดังแสดงในภาพตัดขวาง รูปที่ 40

จากการประมวลผลข้อมูลแนวการวางตัวของหินในตาข่ายสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงผลเป็นโพล พบว่าชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ชั้นหินเอียงเทไปทั้งทางตะวันออกและตะวันตก รวมถึงในภาคสนามสังเกตเห็นชั้นหินคดโค้งได้ แสดงว่าโครงสร้างรวมของพื้นที่ศึกษาเป็นชั้นหินคดโค้ง จากมุมเอียงทางตะวันออกและตะวันตกไม่เท่ากันโดยทิศตะวันออกมีมุมเอียงเทชันกว่าทิศตะวันตก จึงสรุปลักษณะโครงสร้างได้เป็นชั้นหินคดโค้งแบบไม่สมมาตร(asymmetricfold) มีระนาบแกน (axial plane) วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ขนานกับชั้นหิน มุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกซึ่งมีความชันน้อยกว่าด้านทิศตะวันออก

แนวแตกหลัก 3 แนว มีต่อเนื่องและพบตลอดพื้นที่ศึกษา นำมาประมวลผลข้อมูลในแผนภาพกุหลาบ (รูปที่ 36) แสดงให้เห็นแนวแตกหลัก 3 แนว ได้แก่

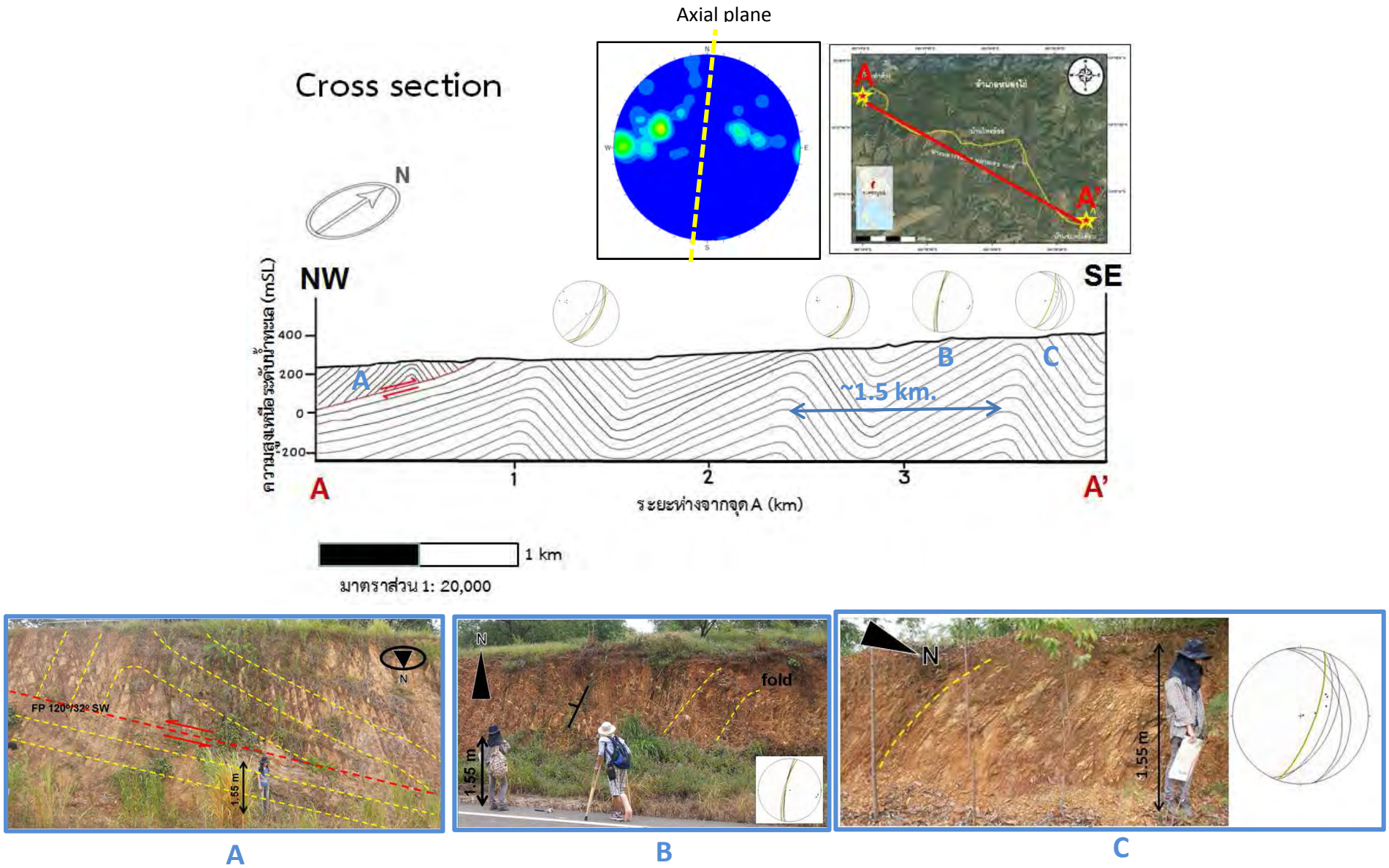
(1) แนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W)ตัดตั้งฉากกับแนวเหนือใต้

(2) แนวเหนือ-ใต้ (N-S) เป็นแนวแตกขนานกับระนาบแกนของชั้นหินคดโค้ง

(3) แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เป็นแนวแตกที่ไม่ตัดกับแนวแตกใดเลย

พบรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault) ในจุดศึกษาที่ 11 ดังแสดงในรูปที่ 33 ระนาบรอยเลื่อน (fault plane) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) ซึ่งหินเพดาน (hanging wall) เลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) จึงสรุปว่ามีแรงบีบอัดมากระทำในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งแรงในแนวนี้จะสัมพันธ์กับการเกิดแนวแตกที่ 3 ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

ลักษณะเนื้อหินจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ แสดงเม็ดแร่ควอตซ์ รูปร่างกลมและรี มีแนวชั้นบาง (lamination) ของแร่ดิน ไม่มีโครงสร้างจุลภาคที่แสดงการเปลี่ยนลักษณะ บ่งชี้ว่าหินในบริเวณที่ศึกษาเป็นหินตะกอนไม่มีการเปลี่ยนลักษณะในเนื้อหิน



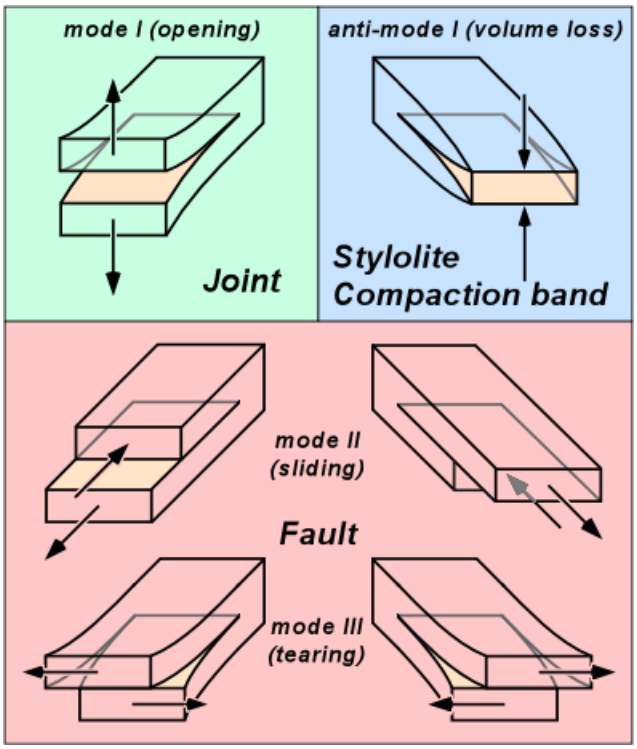
รูปที่ 40 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในพื้นที่ศึกษา เทียบกับข้อมูลภาคสนาม

4.2 วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง

แนวแตกหลัก 3 แนว มีต่อเนื่องและพบตลอดพื้นที่ศึกษา ได้แก่

(1) แนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W)

เกิดจากแรงบีบอัดมากระทำในทิศตะวันออก-ตะวันตก ทำให้แนวเหนือ-ใต้ เกิดการดึงออก จึงรอยแตกเกิดขึ้น ตามหลักโหมดของการเกิดรอยแตก (mode of fracture) สอดคล้องกับการเกิดรอยแตกโหมด 1 แบบเปิด (mode I opening) ดังแสดงในรูปที่ 41



รูปที่ 41 โหมดการเกิดรอยแตกและชื่อรอยแตกทางธรณีวิทยา (Available at: URL:http://www.naturalfractures.com/1.htm. Accessed March 4, 2014)

(2) แนวเหนือ-ใต้ (N-S)

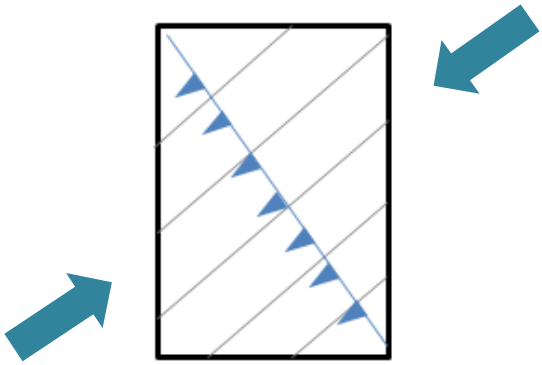
เป็นแนวที่พบขนานไปกับระนาบแกนของชั้นหินคดโค้ง คือ แนวแตกเรียบระนาบแกน (axial plane cleavage) ซึ่งมักเกิดพร้อมกับการเกิดชั้นหินคดโค้งจากหลักฐานในภาคสนามพบว่าเกิดพร้อมกับแนวแตกตะวันออก-ตะวันตก เพราะแนวแตกตัดกัน ดังนั้นแนวแรงมาในทิศตะวันออก-ตะวันตก ก็สัมพันธ์กับการเกิดชั้นหินคดโค้งในแนวเหนือ-ใต้ และทำให้ได้แนวแตกเรียบระนาบแกนอยู่ในแนวเหนือ-ใต้

จึงสรุปเหตุการณ์การเกิดชั้นหินคดโค้ง, แนวแตกตะวันออก-ตะวันตก และแนวแตกเหนือ-ใต้ เกิดในเหตุการณ์เดียวกันเนื่องจากแรงบีบอัดในทิศตะวันออก-ตะวันตก

(3) แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)

แนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ พบเป็นแนวแตกซึ่งกระจายตัวมากที่สุดในพื้นที่และจากความสัมพันธ์ของแนวแตกที่พบในภาคสนามพบว่าเป็นแนวแตกที่ไม่ตัดแนวใดเลยซึ่งเกิดขึ้นภายหลังแนวแตกสองแนวแรกที่กล่าวก่อนหน้า (รูปที่ 36)

โดยเมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault) ในจุดศึกษาที่ 11 ที่มีระนาบรอยเลื่อน (fault plane) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) (รูปที่ 33) ซึ่งหินเพดาน (hanging wall) เลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) จึงสรุปว่าน่าจะเกิดจากแรงบีบอัดมากระทำในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) ซึ่งแรงในแนวนี้จะสัมพันธ์กับการเกิดแนวแตกที่ 3 ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ดังแสดงในรูปที่ 42



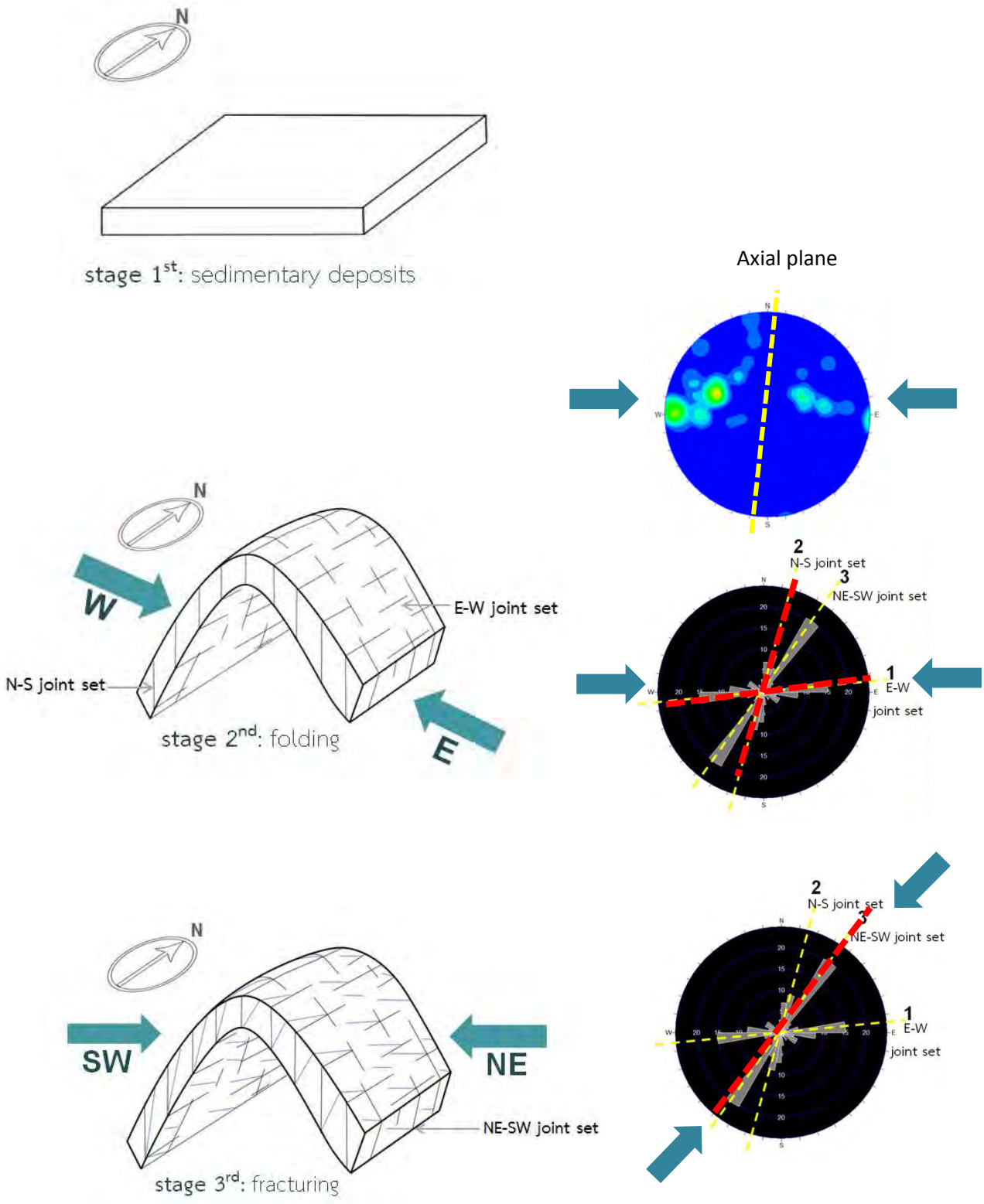
รูปที่ 42การเกิดแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NE-SW) และรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ เนื่องจากแรงบีบอัดในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้(NE-SW)

จึงสรุปแบบจำลองการเกิดวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง (รูป 43) แบ่งเป็น 3 ลำดับ ได้ดังนี้

(1) เกิดการสะสมตัวของตะกอนขนาดละเอียดในสภาพแวดล้อมแบบทะเลน้ำตื้น จากหลักฐานที่พบหินปูนเป็นเลนส์มีซากดึกดำบรรพ์พวกพลับพลึงทะเลและหอยตะเกียง รวมถึงจากแผนที่กรมทรัพยากรธรณีวิทยา (2009) กำหนดให้หินในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในหมวดหินหัวนาคำ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเลน้ำตื้นในอายุเพอร์เมียน

(2) การเกิดชั้นหินคดโค้ง โดยมีแรงบีบอัดมากระทำในทิศตะวันออก-ตะวันตก(E-W)ทำให้ได้ระนาบแกนของชั้นหินคดโค้งในแนวเหนือ-ใต้(N-S)เกิดแนวแตกเรียบระนาบแกนในแนวเหนือ-ใต้ (axial plane cleavage) และแนวแตกตะวันออก-ตะวันตกตามโหมดของการเกิดรอยแตก โหมด 1

(3) การเกิดแนวแตกตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) โดยมีแรงบีบอัดมากระทำในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW)ตามโหมดของการเกิดรอยแตก โหมด 1ร่วมกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำซึ่งมีระนาบรอยเลื่อนในแนว NW-SE และหินเพดานเลื่อนขึ้นไปทางทิศ NE ซึ่งรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำนี้สัมพันธ์กับแนวแรงบีบอัดตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 43 แบบจำลองการเกิดวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง แสดง 3 ลำดับ ได้แก่ (1) การตกสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมทะเลน้ำตื้น (2) เกิดชั้นหินคดโค้งในทิศเหนือ-ใต้ ร่วมกับแนวแตกเรียบระนาบแกนในทิศเหนือ-ใต้และแนวแตกทิศตะวันออก-ตะวันตก แสดงแรงบีบอัดในทิศตะวันออก-ตะวันตก (3) เกิดแนวแตกทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ร่วมกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ แสดงแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบทหมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอน หลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นชั้นหินคดโค้งแบบไม่สมมาตร (asymmetric fold)มีระนาบแกน (axial plane) วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ขนานกับชั้นหิน มุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกซึ่งมีความชันน้อยกว่าด้านทิศตะวันออก ลักษณะเป็นประทุนคว่ำ (anticline) และประทุนหงาย (syncline) สลับกัน คล้ายลูกคลื่นที่มีความยาวคลื่นประมาณ 1.5 กม. มีแนวแตกหลัก 3 แนว ได้แก่

(1) แนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ตัดตั้งฉากกับแนวเหนือใต้

(2) แนวเหนือ-ใต้ (N-S) เป็นแนวแตกขนานกับระนาบแกนของชั้นหินคดโค้ง

(3) แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) เป็นแนวแตกที่ไม่ตัดกับแนวแตกใดเลย

พบรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault) โดยระนาบรอยเลื่อน (fault plane) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) ซึ่งหินเพดาน (hanging wall) เลื่อนขึ้นไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ลักษณะเนื้อหินจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ บ่งชี้ว่าหินในบริเวณที่ศึกษาเป็นหินตะกอนไม่มีการเปลี่ยนลักษณะในเนื้อหิน

วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบทหมายเลข 4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอน หลัก กม.24 – 29) อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่

(1) การตกสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมทะเลน้ำตื้น

(2) เกิดชั้นหินคดโค้งในทิศเหนือ-ใต้ ร่วมกับแนวแตกเรียบระนาบแกนในทิศเหนือ-ใต้และแนวแตกทิศตะวันออก-ตะวันตก เนื่องจากแรงบีบอัดในทิศตะวันออก-ตะวันตก

(3) เกิดแนวแตกทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ร่วมกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับ

ลักษณะและแบบจำลองวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ ตามเส้นทางหลวงชนบท หมายเลข4045 (สายบ้านไร่ขอนยางขวาง-บ้านวังขอนหลัก กม.24 – 29)อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

5.3ปัญหาและอุปสรรค

(1) หินโผลในพื้นที่ศึกษามีสภาพผุมากและกระจายตัวไม่ต่อเนื่อง ทำให้ยากแก่การเก็บหินตัวอย่างและแนวการวางตัวของชั้นหินรวมถึงข้อมูลขาดหายไปบางช่วงในพื้นที่ศึกษา

(2) มีข้อจำกัดด้านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงไม่สามารถทำภาพตัดขวางเสร็จตามกำหนดเวลา

(3) หินตัวอย่างระบุตำแหน่งที่เก็บมาเป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดละเอียดมีสภาพผุ ทำให้เกิดปัญหาในการตัดหินและดูลักษณะเนื้อหิน และมีข้อจำกัดในด้านธรณีวิทยาโครงสร้างจุลภาค

เอกสารอ้างอิง

Boonnop,N., 2010. Geological Mapof Thailand 1:250,000, Sheet ChangwatChaiyaphum (ND 48-1), Geological Survey Division,Department of Mineral Resources, Bangkok.

Bunopas, S., 1982.Paleogeographic history of western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia: A plate tectonics interpretation, *Geological Survey Paper 5*, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.

Chutakositkanon, V., 1999.*Characteristics of detrital chromainspinels in sanstones from the Nam Duk Formation, AmphoeLomSak and Amphoe Nam Nao, ChangwatPhetchabun*. Unpublished Ph.D. Thesis, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand.

Helmcke, D. and Lindenberg, H.G., 1983.New data on the Indonesian orogeny from centralThailand.*GeologischeRundschau*, 72, 317-328.

Khaowiset, K. and Chanfoo, N., 2009. Geological Mapof Thailand 1:250,000, Sheet ChangwatPhetchabun (NE 47-16), Geological Survey Division,Department of Mineral Resources, Bangkok.

Metcalfe, I., 2013,Gondwana dispersion and dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographicevolution of eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66, 1-33.

Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2005.*Microtectonics, 2nd edn*.Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.

Phaobpet, K., 1991,*A structural geologycal study of Nam Duk formation along highway 12 (A14), km 16.0 – km 21.5, AmphoeLomSak, ChangwatPhetchabun*.Unpublished Senior Project, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Ridd, M.F., Barber, A.J. and Crow, M.J., 2011. Introduction to the geology of Thailand.*In:*Ridd, M.F., Barber, A.J. and Crow, M.J. (eds) *The Geology of Thailand*. Geological Society, London, 1-17.

Sone, M. and Metcalfe, I., 2008. Parallel Tethyan sutures in Southeast Asia: new insights for Palaeo-Tethys closure and implications for the Indosinian orogeny.*ComptesRendus Geoscience*, 340, 166-179.

Singharajwarapan, S. and Berry, R.F., 1993.Structural analysis of the accretionary complex in Sirikit Dam area, Uttaradit, Northern Thailand.*Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 8, 233-245.

Singharajwarapan, S. and Berry, R.F., 2000. Tectonic implications of the Nan Suture Zone and its relationship to the Sukhothai Fold belt, Northern Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences*,18, 663-673.

Wielchowsky, C.C. and Young, J.D., 1985. Regional facies variations in Permain rocks of the Phetchabun fold and thrust belt, Thailand. *In*: Thanvarachorn, P. (ed. In chief), *Conferenceon Geology and Minerals Resources Development of the Northeast Thailand*,KhonKaen, 41-55.