

รายงานฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

“การลำดับชั้นหินของชุดหินเสาขัวที่มีซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย”

ด้วย

ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ปี 2541

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีโรจน์ ดาวฤกษ์

ภาควิชาธรณีวิทยา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิงหาคม 2545

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทฤษฎีดาภิเชกสมโกช

รายงานผลการวิจัย

การลำดับชั้นหินของชุดหินเสาขัว ที่มีซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

Stratigraphy of Dinosaurs Bearing Sao Khua, Northeastern, Thailand

โดย

วิโรจน์ ดาวฤกษ์

ปัญญา จารุศิริ

สุวภาคย์ อิ่มสมุทร

มนตรี ชูวงษ์

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรกฎาคม 2545

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่วิจัยและอุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาลัย เลี้ยงเจริญ สำหรับข้อมูลและรายละเอียดของรอยเท้าไดโนเสาร์บริเวณเขาใหญ่ จังหวัดปราจีนบุรี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ป่าไม้ ชล.4 อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ สำหรับความสะดวกในการทำการวิจัย ขอขอบคุณ นายชัยยันต์ หินทอง อดีตผู้อำนวยการกองธรณีวิทยาสำหรับข้อมูลทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา ขอขอบคุณ นายวารารุช สุธีธร กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ที่ได้ให้ข้อมูลของซากดึกดำบรรพ์ของไดโนเสาร์ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอขอบคุณ ดร. อัสนี มีสุข กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ที่ให้ความช่วยเหลือและข้อเสนอแนะในเรื่องลักษณะเนื้อหินและการลำดับชั้นหินของกลุ่มหินโคราช โดยเฉพาะในหมวดหินเสาขัว ขอขอบคุณนางสาวกฤติกา ตระกูลงาม สำหรับความช่วยเหลือในการศึกษาชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวบริเวณเทือกเขาภูพานตอนใต้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ป่าไม้ ภูเวียง จังหวัดขอนแก่น สำหรับความสะดวกในการทำวิจัย ค่าขอบคุณนี้รวมไปถึงผู้ช่วยเหลือในภาคสนามจากกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณีและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหม

เลขทะเบียน 0๓3๘๐

วัน.เดือน.ปี ๒๕๓๕

ชื่อโครงการวิจัย การลำดับชั้นหินของชุดหินเสาขัว ที่มีซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ประเทศไทย

ชื่อผู้วิจัย วิโรจน์ ดาวฤกษ์, ปริญญา จารุศิริ, สุวภาคย์ อิมสมุท, และมนตรี ชูวงษ์
เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ กรกฎาคม พ.ศ. 2545

บทคัดย่อ

การลำดับชั้นหินของหมวดหินเสาขัว ที่มีซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ อายุครีเทเชียสตอนต้น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ศึกษาจากข้อมูลหลักทางภาคสนามที่ได้จากพื้นที่ศึกษาที่มีชั้นหินอ้างอิง 14 บริเวณ ครอบคลุมพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก และทางตอนกลางของที่ราบสูงโคราช และทำการเก็บตัวอย่างจากทุกชั้นหินอ้างอิงเพื่อทำการศึกษารายละเอียดในแผ่นหินบาง วัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งคือศึกษาสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่ในยุคนั้น

หมวดหินเสาขัวในพื้นที่ศึกษาโดยภาพรวมทั้ง 14 บริเวณ ประกอบด้วย กลุ่มหินซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 lithofacies จากล่างขึ้นบนดังนี้ 1. Mudstone and fine-grained sandstone facies (Lithofacies I) 2. Medium to thick bedded arkosic sandstone facies (Lithofacies II) 3. Cycle of conglomerate - sandstone - mudstone - calcrete horizon (Lithofacies III) 4. Lithic sandstone - siltstone facies (Lithofacies IV) 5. Fresh water limestone - siltstone facies (Lithofacies V) และ 6. Upper mudstone lithofacies (Lithofacies VI)

ชั้นหินอ้างอิงที่พบซากดึกดำบรรพ์รอยเท้าไดโนเสาร์ได้แก่ ชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ซึ่งอยู่ใน Lithofacies II ชั้นหินอ้างอิงที่พบซากดึกดำบรรพ์กระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่ ประเภทกินเนื้อและกินพืชได้แก่บริเวณชั้นหินอ้างอิงที่ 4 - 9 ซึ่งอยู่ใน Lithofacies III และชั้นหินอ้างอิงที่พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์เป็นชั้นเล็ก ๆ ได้แก่ชั้นหินอ้างอิงที่ 2 - 6, 9, 11 และ 13 ซึ่งอยู่ใน Lithofacies III และ V ตามลำดับ

ข้อมูลจากการศึกษาแผ่นหินบาง สรุปได้ว่าหินเกือบทั้งหมดมีการคัดขนาดของเม็ดแร่ค่อนข้างดีแต่ความกลมมนต่ำ และแมททิวริตีไม่สมบูรณ์นัก แสดงถึงการตกตะกอนอย่างรวดเร็ว การแปลความหมายนิเวศน์วิทยาจากข้อมูลของลักษณะหินบ่งชี้ว่า สภาพภูมิอากาศในยุครีเทเชียสตอนต้นส่วนใหญ่เป็นแบบร้อนชื้นสลับร้อนแห้งแล้ง สภาพภูมิประเทศมีลักษณะเป็นที่ราบและลอนลูกฟูกตามริมแม่น้ำสายใหญ่ที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่น มีช่วงน้ำหลากเป็นครั้งคราว ไดโนเสาร์ทั้งชนิดกินพืชและกินเนื้ออาศัยอยู่ในที่ลุ่มชื้นแฉะตามริมแม่น้ำ หรือตามทะเลสาบ ที่พื้นที่ตื้นน้ำมักพบรูหนอน และหอยสองฝาจำศีลอยู่ด้วย

Project Title Stratigraphy of Dinosaur Bearing Sao Khua, Northeastern, Thailand

Name of the Investigators Veerote Daorerk, Punya Charusiri, Suvapak Imsamut
and Montri Choowong

Year July, 2002

Abstract

The stratigraphy of Dinosaur – bearing Sao Khua Formation, northeastern Thailand was obtained mainly from the field studies in the sections of 14 selected areas in southwestern, western and central part of Khorat Plateau. Detailed petrographic studies were also undertaken from thin sections of each reference section. The environments of deposition were also focused in the study.

Of the overall 14 areas, the Sao Khua Formation contains 6 lithofacies, in ascending order as 1. Mudstone and fine – grained sandstone facies (Lithofacies I) 2. Medium to thick bedded arkosic sandstone facies (Lithofacies II) 3. Cycle of conglomerate – sandstone – mudstone – calcrete horizon (Lithofacies III) 4. Lithic sandstone – siltstone facies (Lithofacies IV) 5. Freshwater limestone – siltstone facies (Lithofacies V) and 6. Upper mudstone lithofacies (Lithofacies VI)

The dinosaur footprints appear only in the Lithofacies II of section no. 1. Many dinosaur bones of both Sauropods and Theropods are observed in Lithofacies III of sections no. 4 – 9 while small bone and teeth fragments are found in the section no. 2 – 6, 9, 11 and no. 13 which belong to the Lithofacies III and V respectively.

From petrographic analysis, the rocks have moderate to good sorting but bad roundness and rather low maturity. This is probably due to rapid depositional environment. The appearance of rocks indicated that the climate could be of tropical and dry tropical during Early Cretaceous Period. The Sauropods and Theropods could be roaming in the floodplains or undulating landforms near to the river with dense vegetation. However, overflow or flooding of the river might frequently occur supplying various sediments to the plain. It is also found that other animals like worms or bivalves did dwell in the river or lake beds during that time.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	I
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	II
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ปัญหา ที่มา เหตุผลหรือสมมติฐานของการวิจัย.....	1
1.2 พื้นที่ที่ทำการศึกษา.....	1
1.3 ลักษณะภูมิประเทศและการเข้าถึงพื้นที่.....	2
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.6 ขั้นตอนในการศึกษา.....	5
1.7 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
1.8 ขอบเขตของการศึกษา.....	8
บทที่ 2 ธรณีวิทยาภูมิภาค.....	9
2.1 ลักษณะทั่วไป.....	9
2.2 การเกิดและการสะสมตัวของแอ่งตะกอนโคราช.....	9
2.3 การลำดับชั้นหินและธรณีวิทยาโครงสร้าง.....	12
2.4 ซากดึกดำบรรพ์และอายุ.....	14
2.5 สภาพแวดล้อมการสะสมตัวของกลุ่มหินโคราช.....	16
บทที่ 3 ลักษณะตะกอนของหมวดหินเสาขัว.....	17
3.1 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาดินใหญ่.....	17
3.2 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขางมกแขก.....	26
3.3 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาลอมฟาง.....	33
3.4 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดคันที่ 1.....	40
3.5 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดคันที่ 2.....	46
3.6 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดคันที่ 3.....	52
3.7 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดคันที่ 5.....	58
3.8 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดคันที่ 9.....	63
3.9 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูกุ่มข้าว.....	66
3.10 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ผาน้ำย้อย.....	72
3.11 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่บ้านห้องแสง.....	78
3.12 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูจ้อก้อหนองสูง.....	85
3.13 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูผาโง.....	93
3.14 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่คำชะอี.....	99

บทที่ 4 Lithofacies and Petrography.....	หน้า 104
4.1 Lithofacies and petrography.....	104
4.2 การวิเคราะห์ Lithofacies.....	116
บทที่ 5 การแพร่กระจายตัวของไดโนเสาร์และนิเวศน์วิทยา.....	123
5.1 ชนิด การแพร่กระจายตัวและการสะสมตัวของร่องรอยไดโนเสาร์.....	123
5.2 นิเวศน์วิทยาในช่วงที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่.....	134
บทที่ 6 สรุปผล.....	139
เอกสารอ้างอิง.....	142



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

	หน้า	
รูป 1.1	ลักษณะภูมิประเทศของที่ราบสูงโคราช ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.....	3
รูป 1.2	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยแสดงการเข้าถึงพื้นที่ บริเวณเครื่องหมายเป็นจุดที่มีการศึกษารายละเอียด (section).....	4
รูป 1.3	แผนผังแสดงวิธีการศึกษา.....	6
รูป 2.1	แผนที่ประเทศไทยแสดงลักษณะของแอ่งตะกอนเทคโทนิค 2 แอ่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ แอ่งโคราช-อุบล (ล่าง) และแอ่งอุดร-สกลนคร (บน) (ดัดแปลงจาก Mouret, 1994).....	10
รูป 2.2	แผนที่ธรณีวิทยาของที่ราบสูงโคราช (จากกรมทรัพยากรธรณี, พ.ศ. 2542)	11
รูป 2.3	การคดโค้งโก่งงอ (folding) ของชั้นหินในกลุ่มหินโคราช (จาก Chuaviroj, 1997).....	15
รูป 3.1	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ของหมวดหินเสาขัว (เขาใหญ่)	19
รูป 3.2	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาใหญ่.....	20
รูป 3.3ก	หินทรายเนื้อลิติกชั้นหนาปานกลางสลับกับหินทรายแป้งเนื้อไมก้าชั้นบางมาก	24
รูป 3.3ข	หินโคลนสีเทาเข้มตามหน้าผาใกล้ร่องน้ำใสใหญ่แสดงการแตกหักตามรอยแตก	24
รูป 3.3ค	หินโคลนสีเทาเข้มหนา 3.5 เมตร แสดงการแตกคล้ายดินสอ.....	24
รูป 3.3ง	หน้าผาของหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงชั้นหนา ช้างลำน้ำใสใหญ่.....	24
รูป 3.3จ	ชั้นเฉียงระดับมุมต่ำในหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา ส่วนกลางของชั้นหินอ้างอิง.....	24
รูป 3.3ฉ	หินทรายเนื้อลิติกชั้นบางสลับแบบ rhythmic กับหินทรายแป้งสีเทา.....	24
รูป 3.3ช	เศษหินหลุดของหินทรายอาร์โคสซึ่งอยู่บนชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์.....	25
รูป 3.3ซ	หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนากว่า 2 เมตร ไล่ชัดเจนบริเวณน้ำตกวังเหว..	25
รูป 3.3ฅ	ชั้นแทรกสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงชั้นหนากว่า 1 เมตรกับหินทรายแป้งชั้นบางมาก ซึ่งเป็นหน่วยหินตอนบนของชั้นหินอ้างอิง.....	25
รูป 3.3ณ	ภาพใกล้ของรูหนอนแบบนอน.....	25
รูป 3.3ฏ	ภาพใกล้แสดงรูปล่องของรอยเท้าไดโนเสาร์ประเภทที่ 1.....	25
รูป 3.3ถ	ภาพใกล้แสดงรูปล่องของรอยเท้าไดโนเสาร์ประเภทที่ 2.....	25
รูป 3.4	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 2 ของหมวดหินเสาขัว (เขาจุกเขก).....	27
รูป 3.5	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาจุกเขก.....	27

	หน้า	
รูป 3.6ก	ชั้นหินกรวดมนชั้นหนาประมาณ 30 เซนติเมตร มักพบว่าเป็นชั้นหินล่างสุด ของแต่ละ Cycle.....	32
รูป 3.6ข	หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา วางตัวเป็นตะพักบริเวณไหล่เขาจุกแขก.....	32
รูป 3.6ค	หินทรายแป้งเนื้อปนปูน พบเป็นชั้นหินผู้พั้งระหว่างตะพักหิน.....	32
รูป 3.6ง	หินทรายเนื้อลิติก สีแดงประจุดขาว พบเป็นช่วง ๆ บริเวณส่วนกลางของ ชั้นหินอ้างอิง.....	32
รูป 3.6จ	ภาพใกล้แสดงเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ปะปนกับ clast จำพวกหินทราย แป้ง ในชั้นหินกรวดมน.....	32
รูป 3.6ฉ	ภาพใกล้เศษหอยสองฝาจำนวนมากในชั้นหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง.....	32
รูป 3.7	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 3 ของหมวดหินเสาขัว (เขาลอมฟาง).....	34
รูป 3.8	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาลอมฟาง.....	35
รูป 3.9ก	ชั้นหินกรวดมนชั้นบางสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสน้ำตาลแดงชั้นบาง ส่วนล่างของชั้นหินอ้างอิงเขาลอมฟาง.....	39
รูป 3.9ข	หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนานปานกลาง แสดงลักษณะ irregular bed.....	39
รูป 3.9ค	หินทรายแป้งเนื้อปนปูนกับชั้น caliche พบเป็นชั้นหินหนาทางตอนล่างของ เขาลอมฟาง.....	39
รูป 3.9ง	ภาพใกล้แสดงเศษหอยสองฝาจำนวนมากในชั้นหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ทางตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง.....	39
รูป 3.10	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 4 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียงหลุมชุดคันที่ 1).....	41
รูป 3.11	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมชุดคันที่ 1.....	42
รูป 3.12ก	ชั้นหินกรวดมนชั้นบางสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสน้ำตาลแดงชั้นบาง ส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง.....	45
รูป 3.12ข	ภาพใกล้แสดงลักษณะเนื้อหินกรวดมน ในเม็ดกรวดบางครั้งพบเศษกระดูก และฟันไดโนเสาร์.....	45
รูป 3.12ค	ภาพใกล้ของเลนส์หินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝาจำนวนมาก.....	45
รูป 3.12ง	ชิ้นส่วนของกระดูกไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอดในหินทรายแป้งชั้นหนา บริเวณส่วนบนของชั้นหินอ้างอิง.....	45
รูป 3.13	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 5 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียงหลุมชุดคันที่ 2).....	47
รูป 3.14	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมชุดคันที่ 2.....	48

	หน้า	
รูป 3.15ก	ลักษณะทั่วไปของชั้นหินอ้างอิงที่ 5 ภูเวียงหลุมขุดค้น 2.....	51
รูป 3.15ข	หินทรายแป้งเนื้อปนปูนด้านล่างสุดของชั้นหินอ้างอิง.....	51
รูป 3.15ค	หินโคลนเนื้อคาร์บอนีเชียสซึ่งพบโครงกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่.....	51
รูป 3.15ง	ภาพใกล้แสดงเศษกระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่ฝังตัวอยู่ในหินปูนเนื้อกรวด.....	51
รูป 3.15จ	หินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝาจำนวนมาก ทางตอนบนของชั้นหินอ้างอิง	51
รูป 3.15ฉ	ภาพใกล้แสดงลักษณะของเศษกระดูกไดโนเสาร์ที่ฝังอยู่ในเนื้อของชั้นหิน กรวดมน.....	51
รูป 3.16	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 6 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียงหลุมขุดค้นที่ 3).....	53
รูป 3.17	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3.....	54
รูป 3.18ก	หินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ส่วนล่างของชั้นหินอ้างอิง แสดงลักษณะของ lamination	57
รูป 3.18ข	ชิ้นส่วนโครงกระดูกไดโนเสาร์ซอโรพอดบนชั้นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง..	57
รูป 3.18ค	ภาพใกล้ของกระดูกไดโนเสาร์ที่ฝังตัวอยู่ในหินทรายแป้ง.....	57
รูป 3.18ง	ชิ้นส่วนของกระดูกไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอดในหินทรายแป้งชั้นหนา ถูกเข้าเปลือก เพื่อป้องกันการผุพัง.....	57
รูป 3.19	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 7 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียงหลุมขุดค้นที่ 5).....	59
รูป 3.20	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5.....	60
รูป 3.21ก	ชั้นหินทรายแป้งสีแดงน้ำตาล และ calcrite nodule บริเวณชั้นหินอ้างอิงที่ 7 ภูเวียงหลุมขุดค้นที่ 5.....	62
รูป 3.21ข	หินทรายแป้งเนื้อปนปูนชั้นหนา บริเวณพื้นล่างเป็นชั้นหินที่พบโครงกระดูก ไดโนเสาร์.....	62
รูป 3.21ค	ชิ้นส่วนของโครงกระดูกไดโนเสาร์ที่ขุดค้นในชั้นหินอ้างอิง ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5.....	62
รูป 3.22	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 8 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียงหลุมขุดค้นที่ 9).....	64
รูป 3.23	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9.....	65
รูป 3.24ก	ลานหินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ที่พบกระดูกไดโนเสาร์.....	67
รูป 3.24ข	หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบางสลับกับหินทรายแป้งสีม่วงแดงชั้นบาง พบโครงกระดูกไดโนเสาร์ที่โรพอดฝังตัวในชั้นหิน.....	67
รูป 3.24ค	ภาพใกล้ของกระดูกไดโนเสาร์ที่ฝังตัวอยู่ในหินทราย	67
รูป 3.24ง	ชิ้นส่วนของกระดูกโคนขาของไดโนเสาร์ชนิดที่โรพอดในชั้นหินทราย เนื้ออาร์โคส.....	67

	หน้า
รูป 3.25	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 9 ของหมวดหินเสาขัว (ภูกุ่มข้าว) 69
รูป 3.26	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากุ่มข้าว..... 70
รูป 3.27ก	ชั้นหินทรายควออร์ดซติก ชั้นหนาของหมวดหินภูพาน วางตัวอยู่บนสุดของลำดับชั้นหินที่ภูกุ่มข้าว..... 73
รูป 3.27ข	ภาพใกล้แสดงลักษณะเม็ดกรวดในชั้นหินกรวดมน ซึ่งเป็นส่วนล่างสุดของแต่ละ cycle..... 73
รูป 3.27ค	หินทรายแป้งชั้นหนา ซึ่งอยู่ระหว่างตะพักหิน แสดงลักษณะผุพังเป็นชั้นดินสีแดง..... 73
รูป 3.27ง	หินทรายเนื้ออาร์โคสสลับกับหินทรายแป้ง ตามไหล่เขากุ่มข้าว..... 73
รูป 3.27จ	หินทรายแป้งเนื้อปนปูนชั้นหนาบบริเวณเชิงเขา ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง 73
รูป 3.27ฉ	โครงกระดูกไดโนเสาร์สภาพสมบูรณ์ที่พบในชั้นหินทรายแป้ง ทางตอนล่างของลำดับชั้นหิน..... 73
รูป 3.28	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 10 ของหมวดหินเสาขัว (ผาน้ำน้อย) 75
รูป 3.29	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ผาน้ำน้อย..... 76
รูป 3.30ก	ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลางสลับกับหินทรายแป้งตอนล่างของชั้นหินอ้างอิงผาน้ำน้อย 79
รูป 3.30ข	ลานหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา แสดงชั้นเฉียงระดับ..... 79
รูป 3.30ค	หินทรายแป้งเนื้อปนปูนชั้นหนา แทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นสีขาวคือ calcrete horizon พบทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง..... 79
รูป 3.30ง	ส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงฯ เป็นหินโคลนชั้นบางสีเทาสลับกับหินโคลนสีน้ำตาลแดง ถูกวางทับด้วยหินทรายควออร์ดซติกชั้นหนาของหมวดหินภูพาน 80
รูป 3.30จ	หินโคลนสีเทาเข้มแสดงลักษณะ convolute bed..... 80
รูป 3.30ฉ	ภาพใกล้ของหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน แสดงการสะสมตัวของหอยสองฝาจำนวนมาก..... 80
รูป 3.30ช	ร่องรอยของซากรูทอนอน แนวตั้ง ตามชั้นหินทรายเนื้อลิตติกชั้นหนาปานกลาง. 80
รูป 3.31	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 11 ของหมวดหินเสาขัว (บ้านห้องแสง)..... 81
รูป 3.32	ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่บ้านห้องแสง..... 83
รูป 3.33ก	หินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีม่วงแดง ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง..... 84
รูป 3.33ข	หินทรายเนื้ออาร์โคสสลับกับหินทรายแป้งเนื้อปนปูน เป็นชั้นหินที่มักพบซากกระดูก - ฟันของไดโนเสาร์..... 84
รูป 3.33ค	ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrete nodule ปะปนอยู่ในเนื้อหิน..... 84
รูป 3.33ง	ตัวอย่างฟันไดโนเสาร์ที่พบในชั้นหินอ้างอิงนี้..... 84
รูป 3.34	ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 12 ของหมวดหินเสาขัว

	หน้า
(ภูจ้อก้อหนองสูง).....	86
รูป 3.35 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูจ้อก้อหนองสูง.....	87
รูป 3.36ก (ซ้าย) หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลางสลับกับหินทรายแป้งชั้นบาง ส่วนล่างของชั้นหินอ้างอิงภูจ้อก้อหนองสูง.....	91
รูป 3.36ข (บน) หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลางแสดงชั้นเฉียงระดับ มักพบเป็นส่วนต้นของ cycle.....	91
รูป 3.36ค (บน) หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลาง ค่อนข้างผุแสดงตะพักขนาดเล็ก	91
รูป 3.36ง (ขวา) หินทรายแป้งและหินโคลนสีแดง ชั้นหนามาก ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง มักแสดงลักษณะของเนินเขาเตี้ย ๆ หรือลานดินสีแดง ชั้นหินดังกล่าวพบเป็นส่วนปลายของแต่ละ cycle.....	91
รูป 3.36จ รอยสัมผัสของส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวกับหมวดหินภูพาน แสดงลักษณะของ sharp contact.....	92
รูป 3.36ฉ ภาพใกล้ของหินโคลนสีเทา ตอนบนของชั้นหินอ้างอิง แสดงลักษณะ convolute bed.....	92
รูป 3.36ช หินทรายเนื้อลิตติกชั้นหนาปานกลางแทรกสลับอยู่ในหินทรายแป้ง ตอนบนของชั้นหินอ้างอิง.....	92
รูป 3.37 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 13 ของหมวดหินเสาขัว (ภูผาโง)	94
รูป 3.38 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูผาโง.....	95
รูป 3.39ก หินทรายแป้งเนื้อปูนสีม่วงแดง ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง.....	98
รูป 3.39ข หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาแสดงลักษณะตะพักไหลเขาภูผาโง.....	98
รูป 3.39ค ส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง เป็นชั้นหินโคลนชั้นบางสีเทา สลับกับหินโคลนสีม่วงแดง.....	98
รูป 3.39ง Rip Up clasts ของหินโคลนสีเทาเข้มถูก rework มาสะสมตัวอยู่ทางตอนล่างของชั้นหินทรายควอตซ์ติกในหมวดหินภูพาน.....	98
รูป 3.40 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 14 ของหมวดหินเสาขัว (คำชะอี)	100
รูป 3.41 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่คำชะอี.....	101
รูป 3.42ก ภาพรวมเกี่ยวกับลักษณะของชั้นหินบริเวณชั้นหินอ้างอิงคำชะอี.....	103
รูป 3.42ข ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลาง แสดงลักษณะของชั้นเฉียงระดับ..	103
รูป 3.42ค หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบางสลับกับหินทรายแป้งชั้นบาง.....	103
รูป 3.42ง หินทรายแป้งชั้นหนา (พบอยู่ในช่วงปลายของ cycle) แสดงการสะสมตัวของชั้น calcrete horizon (สีขาว).....	103
รูป 4.1ก รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายซึบแกรเวอแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) ฟลินต์ (rk) และไบโอไทต์(bi) โดยมีแร่ไมก้า (mic) เป็น matrix (x-nicols).....	106

	หน้า	
รูป 4.1ข	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายชั้นแกรนิตแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) กลุ่ม clay mineral (cl) เซิร์ต (ch) และ ฟลินต์(rk)(x-nicols).....	106
รูป 4.1ค	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายแป้งเนื้อไมก้าแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) โดยมีแร่ไมก้า (Mi) เป็น matrix (x-nicols)	106
รูป 4.1ง	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนสีน้ำตาลแดงแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(q) clay min.(cl) ฟลินต์ (rk) โดยมีแร่ไมก้า (mic) เป็น matrix และเหล็กออกไซด์ (fe) เป็น cement(x-nicols).....	106
รูป 4.1จ	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนสีน้ำตาลอ่อนแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(Q) และ clay min. (cl) (x-nicols).....	106
รูป 4.1ฉ	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนสีเทาเข้มแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(Q)และฟลินต์ (rk) โดยมีแร่ไมก้า (mic) เป็น matrix (x-nicols)	106
รูป 4.2ก	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) เคโอลินต์ (kao) เซริไซต์ (ser) และ เซิร์ต (ch) ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ (fe) (x-nicols).....	108
รูป 4.2ข	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายชั้นอาร์โคสแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) เคโอลินต์ (kao) มัสโคไวต์ (mic) และเซิร์ต (ch) ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ (fe)(x-nicols).....	108
รูป 4.2ค	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์แสดงแร่ประกอบหิน ได้แก่ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์ซึ่งแปลงเป็นเคโอลินต์ (K) เซริไซต์ (ser) เซิร์ต (ch) และฟลินต์ (Ro) (X-nicols).....	108
รูป 4.3ก	แผ่นหินขัดของหินกรวดมน แสดงส่วนประกอบในเนื้อหิน.....	111
รูป 4.3ข	รูปถ่ายแผ่นหินบางของ calcrete horizon แสดงแร่ประกอบหินเกือบทั้งหมด เป็นแร่แคลไซต์ (ใส)โดยพบแร่ควอร์ตซ์และเศษหินขนาดเล็กเพียงเล็กน้อย (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol).....	111
รูป 4.3ค	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนที่ประกอบด้วย calcrete nodule แสดงแร่ ประกอบหินเช่นควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์และเศษหิน รวมประมาณ 40% โดย มีตัวเชื่อมประสานของแคลไซต์ + เหล็กออกไซด์ (พื้นเหลืองส้ม) ถึง 40% (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol).....	111
รูป 4.3ง	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงเนื้อปูน แสดงแร่ ประกอบหินควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหิน มีแร่แคลไซต์และเหล็ก ออกไซด์เป็น ตัวเชื่อมประสาน (ความยาวภาพ 1.25 mm) (X-nicol).....	111

	หน้า	
รูป 4.3จ	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสขนาดตะกอนเล็กมากแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ เคโอลิไนต์ เซริไซต์ และเศษหินเซิร์ต ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์และแคลไซต์(x-nicols).....	112
รูป 4.3ฉ	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสขนาดตะกอนเล็กแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ เคโอลิไนต์ มัสโคไวต์) และเซิร์ต ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ และแคลไซต์(x-nicols).....	112
รูป 4.3ซ	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสปนแร่ไมก้าแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์เฟลด์สปาร์ เคโอลิไนต์ เซริไซต์ เซิร์ต และฟลินต์ โดยมี matrix เป็นแร่ไมก้า (X-nicols).....	112
รูป 4.4ก	ฟอสซิลของ gastropod ขนาดใหญ่ในหินปูนน้ำจืด (ความยาวภาพ 1.25 mm) (X-nicol).....	115
รูป 4.4ข	รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินปูนพบลักษณะของ bioclast และ intraclast ขนาดใหญ่ บางส่วนถูก recrystallized ทั้งหมดเป็นแร่แคลไซต์ (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol).....	115
รูป 4.4ค	รูปถ่ายแผ่นหินบางของกระดูกไดโนเสาร์ในแนวตัดกับแนวแกนของกระดูก แสดงการ fill ของแร่แคลไซต์ (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol).....	115
รูป 4.4ง	รูปถ่ายแผ่นหินบางของกระดูกไดโนเสาร์ในแนวเดียวกับแนวแกนของกระดูก (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol).....	115
รูป 4.5	การลำดับชั้นหินของหมวดหินเสาขัวจากการประมวลผลโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะ lithofacies.....	117
รูป 5.1	ภาพแห่งลำดับชั้นหินของ 14 ชั้นหินอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบชนิดและการแพร่กระจายตัวของร่องรอยไดโนเสาร์และซากฟอสซิลอื่นๆ.....	124
รูป 5.2	ภาพโมเดลแสดงการเกิดรอยเท้าไดโนเสาร์.....	131
รูป 5.3	ภาพโมเดลการตายและการสะสมตัวของซากโครงกระดูกไดโนเสาร์.....	133
รูป 5.4	ภาพลักษณะสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปในช่วงที่ไดโนเสาร์ยังมีชีวิตอยู่.....	136
รูป 5.5	ภาพโมเดลแสดงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของไดโนเสาร์.....	138

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 4.1 รายละเอียดของแต่ละ lithofacies	118
ตาราง 5.1 สรุปลักษณะร่องรอยไดโนเสาร์ที่พบในพื้นที่ศึกษา.....	125



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ปัญหา ที่มา เหตุผลหรือสมมติฐานของการวิจัย

เรื่องราวเกี่ยวกับการค้นพบไดโนเสาร์ในประเทศไทย ปรากฏเป็นข่าวต่อเนื่องมาโดยตลอดเป็นเวลาประมาณ 15 ปีมาแล้ว และมาโด่งดังที่สุดเมื่อมีการค้นพบซากไดโนเสาร์กินเนื้อพันธุ์ที่เก่าแก่ที่สุดในโลก ทำให้มีผู้สนใจเรื่องราวเกี่ยวกับไดโนเสาร์มากขึ้นในหลายๆ ระดับ เป็นผลให้เกิดประโยชน์เกี่ยวกับเศรษฐกิจ การท่องเที่ยวและความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นสมบัติของชาติ ในท้องถิ่นนั้น ๆ เป็นอย่างยิ่ง

ผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการหลายคนให้ความสนใจไดโนเสาร์ในรูปแบบต่างๆ แต่ส่วนใหญ่เน้นไปที่ตัวไดโนเสาร์ที่ทำการศึกษาโดยซากชีวิตของมันโดยตรง ซึ่งต้องทำการขุดขึ้นมา เช่นการศึกษาของวราวุธ สุธีธร และคณะสำรวจ จากกรมทรัพยากรธรณี และผู้เชี่ยวชาญจากประเทศฝรั่งเศส (Buffetaut และคณะ, 1983, 1993, 1996) ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ (fossils) ของไดโนเสาร์ที่จังหวัดขอนแก่นและกาฬสินธุ์ ทำให้ได้คำตอบเกี่ยวกับลักษณะของสัตว์ประเภทนี้ในระดับหนึ่ง ขณะเดียวกันได้พบรอยเท้าไดโนเสาร์อย่างน้อย 2 ชนิดในชั้นหินชุดเดียวกันกับที่พบซากที่อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น คือหินทรายหมวดหินเสาขัว (Sao Khua Formation) กลุ่มหินโคราช (Khorat Group) ที่ตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมา (Polhan, M and Daorerk, V., 1992) และพบเศษกระดูกของสัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมาเช่นกัน ทำให้เชื่อว่าคงมีสัตว์ประเภทนี้กระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในภูมิภาคที่มีหินทรายแบบที่ราบสูงโคราช

ขณะเดียวกัน สิ่งที่น่าสนใจศึกษาอีกประการหนึ่งที่ประกอบกับเป็นเรื่องราวของตัวไดโนเสาร์คือ ลักษณะสภาพแวดล้อมหรือนิเวศวิทยาที่มันอาศัย ซึ่งยังไม่มีผู้ศึกษามากนัก โดยปัจจุบันนี้ยังไม่เป็นที่กระจ่างชัดว่า ลักษณะธรรมชาติโดยรอบของไดโนเสาร์เป็นแบบใด มีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศตลอดจนถิ่นที่อยู่เป็นอย่างไร เท่าที่ประมวลจากการสำรวจเชิงเอกสาร มีคำอธิบายเรื่องของสภาพสิ่งแวดล้อมของไดโนเสาร์เพียงสั้น ๆ เท่านั้น

การศึกษารายละเอียดขั้นหินของชั้นหินชุดที่มีซากบรรพชีวินไดโนเสาร์เปรียบเทียบกับชุดที่ประกบมันโดยรอบ นอกจากจะทำให้เราพบร่องรอยไดโนเสาร์เพิ่มเติมแล้ว ยังทำให้มีแนวทางในการศึกษาถึงสภาพแวดล้อมหรือนิเวศวิทยาของไดโนเสาร์ได้ ทั้งนี้ทำได้โดยการศึกษารายละเอียดในเชิงลำดับชั้นหิน (stratigraphy) โครงสร้างตะกอน (sedimentary structure) และลักษณะทางศิลาบรรณ (petrography) ของชั้นหินที่เกี่ยวข้องว่ามีลักษณะอย่างไร มีส่วนประกอบของวัสดุอะไร แร่อะไร มีลักษณะต่างๆ เป็นอย่างไรบ้าง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวชี้บอกถึงสภาพของแอ่งรับตะกอน ณ จุดนั้นว่ามีลักษณะสภาพแวดล้อมอย่างไร ภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศเป็นแบบใด

1.2 พื้นที่ที่ทำการศึกษา

พื้นที่ที่ทำการสำรวจทั้งหมดกระทำในบริเวณเทือกเขาในเขตที่ราบสูงโคราช (รูป 1.1) โดยศึกษาในบริเวณที่มีการไหลของหมวดหินเสาขัวเด่นชัดและมีรายงานเกี่ยวกับการพบซากบรรพชีวินหรือร่องรอยของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ซึ่งได้แก่บริเวณถนนหรือร่องน้ำที่ตัดผ่านพื้นที่ขอบแอ่งโคราชหรือเขาโดดทาง

ด้านตะวันตกของแอ่ง ตั้งแต่จังหวัดปราจีนบุรี นครราชสีมา จนถึง ขอนแก่นและบริเวณเทือกเขาภูพาน ทางตอนใต้ตั้งแต่จังหวัดกาฬสินธุ์ถึงจังหวัดมุกดาหาร

1.3 ลักษณะภูมิประเทศและการเข้าถึงพื้นที่

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยหรือที่เรียกว่า “ที่ราบสูงโคราช (Khorat Plateau)” มีพื้นที่รวมเท่ากับ 1 ใน 3 ของประเทศไทยหรือประมาณ 170,000 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ในพิกัดละติจูดที่ $14^{\circ}\text{N} - 19^{\circ}\text{N}$ และพิกัดลองจิจูดที่ $101^{\circ}\text{E} - 106^{\circ}\text{E}$ (รูป 1.1) ถูกก้ำกัด้วยแม่น้ำโขงทางตอนเหนือและทางฝั่งตะวันออก ทางตะวันตกถูกก้ำกัด้วยแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์และเทือกเขาแดงพญาเย็น และทางทิศใต้และตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นพรมแดนระหว่างไทย-กัมพูชาและไทย-ลาวตามลำดับ ถูกปิดด้วยเทือกเขาสันกำแพงและเทือกเขาพนมดงรัก มีความกว้างของพื้นที่ประมาณ 450 กิโลเมตร

ลักษณะทั่วไปของที่ราบสูงโคราชเป็นแอ่งที่ราบสูงลาดเอียงเล็กน้อยไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 150 เมตร ขอบแอ่งเป็นสันเขาทางด้านตะวันตก ตะวันออก และใต้ซึ่งมีความสูงอยู่ในช่วง 200 ถึงมากกว่า 500 เมตร และลาดเอียงเข้าหากกลางแอ่ง ตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแอ่งเป็นแนวเทือกเขาภูพาน ซึ่งวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้แบ่งแอ่งที่ราบสูงโคราชออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนบนเรียกว่า “แอ่งสกลนคร” และส่วนล่างเรียกว่า “แอ่งโคราช”

แม่น้ำที่ไหลผ่านที่ราบสูงโคราชได้แก่แม่น้ำมูลและแม่น้ำชีซึ่งมีจุดกำเนิดอยู่ที่ขอบแอ่งโคราชทางด้านตะวันตก และลำน้ำป่าวซึ่งไหลจากแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ ทั้งหมดจะมีทิศทางการไหล จากทิศตะวันตกไปตะวันออกผ่านแอ่งโคราช (แอ่งย่อยทางใต้) และไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่จังหวัดอุบลราชธานี สำหรับแอ่งสกลนคร ได้แก่แม่น้ำสงครามและแม่น้ำสาขา เช่น ลำน้ำขามและลำน้ำอูน มีจุดกำเนิดบริเวณเทือกเขาภูพาน มีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือและไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่จังหวัดนครพนม

การเข้าถึงพื้นที่กระทำได้หลายเส้นทาง (รูป 1.2) การศึกษาธรณีวิทยาบริเวณเขาใหญ่ จังหวัดปราจีนบุรีและบริเวณใกล้เคียงใช้ทางหลวงหมายเลข 33 โดยการเดินทางจากกรุงเทพฯ ถึงตัวอำเภอกบินทร์บุรี โดยผ่านตัวจังหวัดนครนายกและปราจีนบุรี และเดินทางต่อไปเพื่อเข้าพื้นที่โดยใช้ทางหลวงหมายเลข 304 ในพื้นที่แถบเทือกเขาภูพานให้ใช้ทางหลวงหมายเลข 2 จากกรุงเทพฯ ถึงตัวจังหวัดขอนแก่นและเดินทางต่อไปตามทางหลวงหมายเลข 209 ถึงตัวจังหวัดกาฬสินธุ์ และอำเภอสหัสขันธ์ (แยกไปตามทางหลวงหมายเลข 213) หรืออำเภอกุฉินารายณ์ หนองสูงและคำชะอี (ตามทางหลวงหมายเลข 2042) ในพื้นที่เทือกเขาภูพานตอนล่างอาจเริ่มที่จังหวัดร้อยเอ็ด (แยกจากทางหลวงหมายเลข 2 ไปตามทางหลวงหมายเลข 23) และเดินทางต่อไปยังอำเภอโพนทอง (ทางหลวงหมายเลข 2044) ถึงอำเภอหนองพอกและอำเภอเลิงนกทา (ทางหลวงหมายเลข 2136) ในพื้นที่ภูเวียงให้เดินทางจากขอนแก่นถึงอำเภอภูเวียงตามทางหลวงหมายเลข 12 แยกเข้าทางหลวงหมายเลข 2033

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.1 เพื่อกำหนดและบ่งบอกสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่

102 E
+

104 E
+

3

+ 18 N

+ 16 N



0 20 40 Kilometers



- Province
- Stream
- Contour
 - 0 - 200 m.
 - 201 - 400 m.
 - 401 - 600 m.
 - 601 - 800 m.
 - 801 - 1200 m.



รูป 1.1 ลักษณะภูมิประเทศของที่ราบสูงโคราช ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

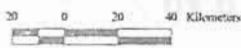
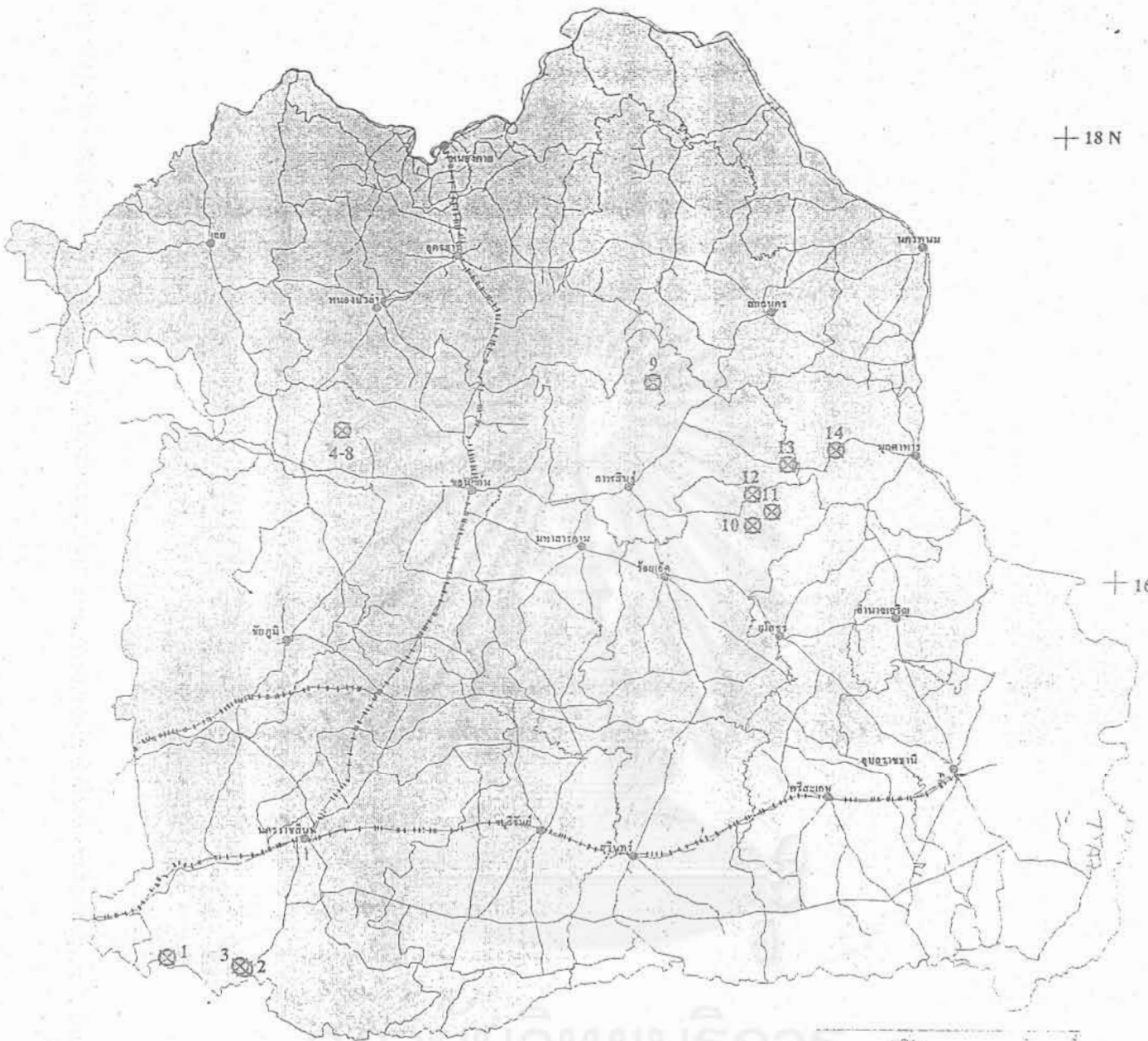
102 E
+

104 E
+

4

+ 18 N

+ 16 N



- Road
- +— Railway
- Province
- - - Province boundary



รูป 1.2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยแสดงการเข้าถึงพื้นที่ เครื่องหมาย ⊗ แสดงจุดที่มีการศึกษารายละเอียด

1.4.2 จำแนกชนิดของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของไดโนเสาร์

1.4.3 เปรียบเทียบสภาพแวดล้อมของไดโนเสาร์ในแต่ละบริเวณศึกษาย่อยของที่ราบสูงโคราช

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ในแง่ของการศึกษาวิจัย ทำให้เกิดความกระจ่างของสภาพแวดล้อมของไดโนเสาร์ เป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษา

1.5.2 ในแง่ของหน่วยงานรัฐบาล สามารถทำให้ประชาชนทั่วไปได้ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นของถิ่นที่อยู่ของไดโนเสาร์

1.5.3 ในแง่ของการท่องเที่ยว ทำให้เกิดการจัดรูปแบบของพิพิธภัณฑ์ไดโนเสาร์ในสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างถูกต้อง

1.5.4 ในแง่เศรษฐกิจ ประชาชนอาจมีรายได้เพิ่มมากขึ้น ถ้าพัฒนาจุดที่เป็นแหล่งพบให้เป็นแหล่งท่องเที่ยว

1.6 ขั้นตอนในการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาประกอบไปด้วย

1.6.1 การศึกษาและรวบรวมรายงานเก่า ที่มีผู้ศึกษาทั้งทางด้านธรณีวิทยาและโบราณชีววิทยา (โดยเฉพาะรายงานการค้นพบซากไดโนเสาร์) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกจุดที่จะทำ section โดยละเอียด ใช้ระยะเวลาประมาณ 1 เดือน

1.6.2 การสำรวจธรณีวิทยาบริเวณกว้าง ศึกษาตามเทือกเขาต่างๆ ในที่ราบสูงโคราช ที่มีรายงานพบชั้นซากดึกดำบรรพ์ในหมวดหินเสาขัวเป็นระยะเวลา 1 เดือนโดยมีจุดประสงค์หลักคือ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการลำดับชั้นหินโคราชและเลือกจุดที่ศึกษารายละเอียดในเชิงลำดับชั้นหินต่อไป

จุดที่เหมาะสมกับการศึกษา ทางคณะผู้ศึกษาได้ตั้งกฎเกณฑ์ไว้ดังนี้

- ต้องเป็นจุดที่เข้าถึงพื้นที่ได้ง่าย เพื่อความสะดวกในการศึกษาและตรวจสอบงาน
- ต้องเป็นจุดที่มั่นใจว่าเป็นหมวดหินเสาขัว และต้องพบหมวดหินอื่นๆ กำกับวางตัวบนหรือล่างหรือทั้งสอง พร้อมทั้งแสดงความสัมพันธ์ของแต่ละหมวดหินอย่างชัดเจน
- ต้องมีลักษณะหินที่หลากหลาย และบ่งชี้ถึงลักษณะหินที่พบในหมวดหินเสาขัว พร้อมทั้งสามารถใช้เป็นตัวแทนของหมวดหินดังกล่าวในพื้นที่ที่ห่างไกลได้
- ต้องมีซากดึกดำบรรพ์ชนิดใดชนิดหนึ่ง (ซึ่งควรเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่เกี่ยวข้องกับไดโนเสาร์)
- ต้องมีลำดับชั้นหินที่ต่อเนื่องและไม่พลิกกลับ (overtum bed)

1.6.3 การศึกษาลำดับชั้นหิน จัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เมื่อได้จุดที่ศึกษาลำดับชั้นหินแล้ว เริ่มมีการทำลำดับชั้นหินอย่างละเอียด โดยศึกษาลักษณะของหินแต่ละชั้นหรือแต่ละช่วง พร้อมทั้งวัดความหนาของชั้นหินแต่ละชั้นหรือแต่ละช่วงโดยใช้เทปวัด ศึกษาลักษณะโครงสร้างตะกอนในเนื้อหิน ลักษณะชั้นซากดึกดำบรรพ์และอื่นๆ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างหินที่เป็นชนิดเด่นๆ ของหมวดหินเสาขัวในแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างหินที่พบซากดึกดำบรรพ์และใกล้เคียง เพื่อนำกลับมาวิจัยในห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน

1.6.4 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างหินจากสนาม ได้นำมาตัดเป็นแผ่นหินบาง (thin section) และนำมาศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อศึกษาชนิดหิน ลักษณะเนื้อหินและชนิดแร่ภายใน การศึกษากระทำที่ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นเวลา 3 เดือน

1.6.5 การแปลความหมายและเขียนรายงาน ข้อมูลทั้งหมดจะนำมาตีความและสร้าง model ของการสะสมตัวบริเวณกว้างของหินทั้งในภาพกว้าง (lateral facies change) และในภาพลึก (vertical facies change) ของหมวดหินเสาขัว เพื่อนำไปสู่การสรุปผลของระบบนิเวศน์วิทยาในช่วงเวลาดังกล่าว พร้อมทั้งเขียนรายงานและจัดพิมพ์ต้นฉบับ ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 3 เดือน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถเขียน flow chart ได้ดังรูป 1.3



รูป 1.3 แผนผังแสดงวิธีการศึกษา

1.7 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของคณะทำงาน พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่ศึกษานี้ประกอบด้วย 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คืองานในเชิงธรณีวิทยาและในเชิงโบราณชีววิทยาดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.7.1 รายงานเก่าในเชิงธรณีวิทยา

งานธรณีวิทยาส่วนใหญ่เป็นการทำแผนที่ธรณีวิทยาซึ่งครอบคลุมพื้นที่ศึกษาโดยนักธรณีวิทยาจากกรมทรัพยากรธรณีหลายท่าน เช่นวราวุธ สุธีธร และไพรัช จรรยาหาญ ปี พ.ศ. 2523 ได้ทำแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ระวังจังหวัดร้อยเอ็ด (NE48-6) ดร. จงพันธ์ จงลักษมณี และคณะในปี พ.ศ. 2522 ได้ทำแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ระวังจังหวัดขอนแก่น (NE48-13) และชัยยันต์ หินทองและคณะได้ทำแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1: 250,000 ระวังจังหวัดพระนครศรีอยุธยา นอกจากนี้ในบางพื้นที่ยังได้ทำการสำรวจรายละเอียดถึงระดับมาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งเป็นรายงานที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากได้บ่งชี้ถึงจุดที่มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ใหม่ๆ เช่นที่เขากำแพง อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ มีรายงานธรณีวิทยาระวางบ้านซับบอนและบ้านท่าอิฐอม (5337 I, IV) ซึ่งสำรวจโดย ดร. ปริญญา พุทธาภิบาลและจิตติพร บัวประเสริฐ ปี พ.ศ. 2532 บริเวณเทือกเขาภูพานและใกล้เคียง แถบระวาง ภูพาน (5842 I) อ. คำชะอี (5842 II) อ.ภูฉิมรายณ์ (5842 III) และ บ.เต่างอย (5842 IV) มีการศึกษาโดย ดร. อัครนิ มีสุขและนายธีระพล วงษ์ประยูร ในปี พ.ศ. 2541 และแถบบริเวณบ.ด่อน (5742 I) กิ่งอ.สมเด็จ (5742 II) อ.สหัสขันธ์ (5742 III) และ บ.โพธิ์ (5742 IV) มีการศึกษาโดย ดร. อัครนิ มีสุขและนายธีระพล วงษ์ประยูร ในปี พ.ศ. 2542 บริเวณเทือกเขาภูพานทางใต้แถบระวาง บ.คำเดือย (5941 II) อ.เลิงนกทา (5941 III) บ.ห้องแซง (5841 I) อ.กุดชุม (5841 II) และกิ่ง อ.หนองพอก (5841 IV) ซึ่งศึกษาโดยนายไชยกาล ไชยรังษี ปี พ.ศ.2543

งานลำดับชั้นหินในบริเวณศึกษาและใกล้เคียงได้มีการศึกษาไว้บ้างแล้ว เช่นนายฟูยศ ไซติคณาพิศ พันธุ์และนายไวพจน์ ยุทธเกษมสันต์ พ.ศ 2527 และ นางสาววิมลมาศ ไชคคำ พ.ศ. 2536 ได้ศึกษาลำดับชั้นหินหมวดหินเสาขัว บริเวณอุทยานแห่งชาติภูเวียง อ. ภูเวียง จ. ขอนแก่น Polhan and Daorerk (1992) ศึกษาลำดับชั้นหินเสาขัวบริเวณเทือกเขากำแพง อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และTrakoolngam (1999) ศึกษาลำดับชั้นหินเสาขัวบริเวณทางใต้ของเทือกเขาภูพาน

งานทางด้านการศึกษาลักษณะของการสะสมตะกอนและการวิจัยในภาพกว้างเรื่องกลุ่มหินโคราชได้แก่การศึกษาของกลุ่มหินโคราชในเขตที่ราบสูงโคราชโดย Chonglakmani and Sattayarak (1978), Sattayarak (1983) และ Piyasin (1985) และการศึกษาของกลุ่มหินโคราชบริเวณเทือกเขาภูพานโดย Mouret et al. (1993), Mouret (1994) และ Meesook et al. (1997)

1.7.2 รายงานเก่าในเชิงโบราณชีววิทยา

รายงานเก่าที่จำเป็นในการศึกษาครั้งนี้ เกือบทั้งหมดเป็นงานเกี่ยวกับซากไดโนเสาร์และสัตว์มีกระดูกสันหลังและซากหอยที่พบในหมวดหินเสาขัวได้แก่รายงานการพบกระดูกไดโนเสาร์ซอโรพอด (กินพืช) เป็นครั้งแรกในหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง จ. ขอนแก่น ของ Ingavat & Taquet (1978) รายงานการพบซากไดโนเสาร์และฟันจระเข้ในหมวดหินเสาขัวจากการทำแผนที่ของนายวราวุธ สุธีธร และคณะ (พ.ศ. 2522) และนายนเรศ สัตยารักษ์ และคณะ (พ.ศ. 2522) รายงานการค้นพบกระดูกขาหน้าของไดโนเสาร์พวกกินพืชที่ภูกุ่มข้าว จ. กาฬสินธุ์ (Buffetaut, 1982, 1983) รายงานการค้นพบฟันจระเข้ genus *Goniopholis*, *G. Phuwiangensis* ในหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง (Buffetaut and Ingavat (1983) รายงาน

งานการค้นพบซีลูโรซอร์ (Coelurosaur) ซึ่งเป็นไดโนเสาร์ขนาดเล็กมากชนิดหนึ่งเดินด้วย 2 ขาหลัง กินเนื้อเป็นอาหาร ประเภทคอมพ์ซอกนาธัส (*Compsognathus longipes*) ในหมวดหินเสาขัวที่ภูพระตุติหมา (Buffetaut and Ingavat, 1984) รายงานการค้นพบฟันไดโนเสาร์กินพืชสยามโมซอร์สสุธีธรเน (*Siamosaurus Suteethomi*) ฟันจระเข้ กระดองเต่า ฟันและเกล็ดปลาเลปิโดเทส (*Lepidotes*) ที่ภูพระตุติหมา ภูเวียง ขอนแก่น โดย Buffetaut and Ingavat (1986) รายงานการค้นพบรอยเท้าไดโนเสาร์กินเนื้อ และกินพืชที่เขาใหญ่ โดย Polhan and Daorerk (1992) รายงานการศึกษาซากสัตว์มีกระดูกสันหลังบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดย Buffetaut et al. (1993) รายงานการค้นพบซากฟันไดโนเสาร์คาร์โนซอร์ ฟันจระเข้ กระดองเต่า เศษกระดูกไดโนเสาร์ซอโรพอด และมูลสัตว์โบราณ (coprolites) ที่ภูผาโง อ. กุฉินารายณ์ จ. กาฬสินธุ์โดย Buffetaut et al. (1993) รายงานการค้นพบไดโนเสาร์กินพืชภูเวียงโกซอร์ส สิรินทรี (*Phuwiangosaurus sirindhormae* ในหมวดหินเสาขัว ภูเวียงโดย Martin et al. (1994) รายงานการพบหอยกาบคู่ ประเภท *Trigonioides* sp., *Plicatounio* sp., *Unio* sp., and *Koreania* sp. ในหมวดหินเสาขัว โดย Meesook et al. (1994, 1995) รายงานการค้นพบไดโนเสาร์กินเนื้อพันธุ์ใหม่ชื่อสยามโมไทรันนัส อีสานเอนซิส (*Siamotyrannus Isanensis*) ในหมวดหินเสาขัว ที่หลุม 9 หินลาดยาว ภูเวียง ขอนแก่น โดย Buffetaut et al. (1996) รายงานการค้นพบซากไดโนเสาร์กินพืชภูเวียงโกซอร์ส สิรินทรี เกือบเต็มตัว ในหมวดหินเสาขัว ภูคุ้มข้าว จ. กาฬสินธุ์ โดย Buffetaut et al., (1997) และรายงานการค้นพบไดโนเสาร์แหล่งใหม่ที่ จ. ชัยภูมิ โดย นางสาวศศิธร ชันสุภาและนายวราวุธ สุธีธร (1998)

1.8 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นถึงการออกภาคสนาม เพื่อรวบรวมข้อมูลด้านการลำดับชั้นหินและลักษณะทางศิลาวรรณาเป็นหลักและนำมาวิจัยเพื่อหาชนิดพันธุ์วิทยาและสภาวะแวดล้อมของไดโนเสาร์ หรืออาจพบร่องรอยของไดโนเสาร์เพิ่มเติม การศึกษาครั้งนี้มีขีดจำกัดเฉพาะบริเวณที่ศึกษา และไม่ได้เกี่ยวข้องกับ การนำเอาซากไดโนเสาร์จากแหล่งที่พบมาศึกษา หรือทำรายละเอียดแต่อย่างใด รวมทั้งไม่ได้ทำการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ หรือทำแผนที่ธรณีวิทยาในพื้นที่แต่อย่างใด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 ธรณีวิทยาภูมิภาค

การศึกษาธรณีวิทยาภูมิภาคของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้รวบรวมมาจากรายงานทางธรณีวิทยาต่าง ๆ และอธิบายในเชิงธรณีวิทยาบริเวณกว้างของกลุ่มหินโคราช ดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะทั่วไป

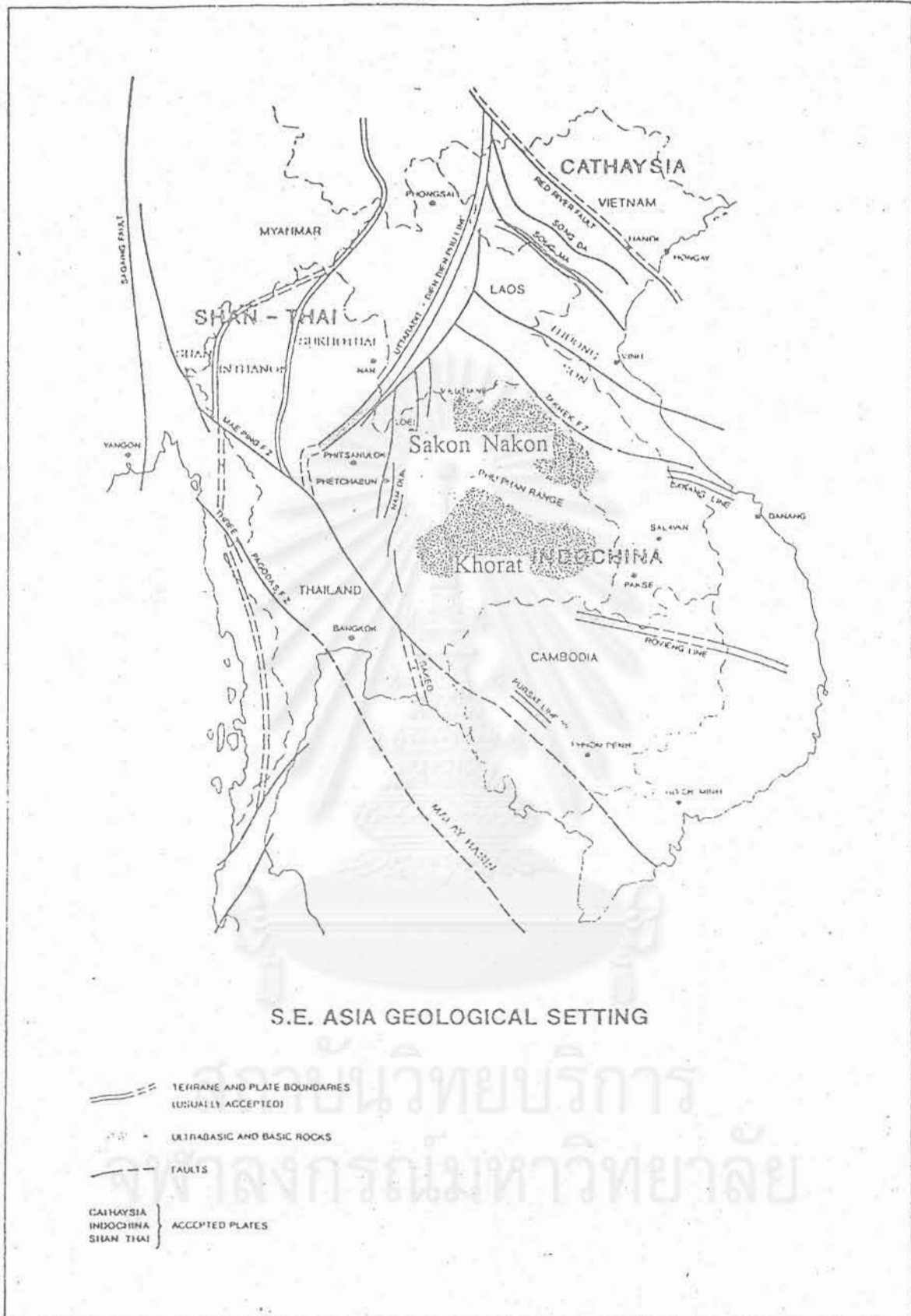
หินตะกอนภาคพื้นทวีปมหายูคมีโซโซอิก ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โผล่ให้เห็นชัดเจนบริเวณขอบของที่ราบสูงโคราชและยังพบเป็นที่ราบสูงกว้างใหญ่ทางตอนกลางของพื้นที่ ทำให้มีลักษณะธรณีสัณฐานโดยรวมคล้ายแอ่งกระทะซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 แอ่งย่อยคือ แอ่งอุดร-สกลนคร (หรือที่เรียกว่าแอ่งสกลนคร) ทางตอนเหนือและแอ่งโคราช-อุบล ทางตอนใต้ แอ่งทั้งสองถูกแยกออกจากกันโดยเทือกเขาภูพานซึ่งพาดผ่านพื้นที่ตอนกลางของที่ราบสูงโคราช (รูป 2.1 และ 2.2) กลุ่มหินทั้งหมดในบริเวณดังกล่าวรู้จักกันทั่วไปในทางธรณีวิทยาว่า “กลุ่มหินโคราช” ซึ่งตั้งโดย Ward and Bunnag (1964)

กลุ่มหินโคราชประกอบไปด้วยตะกอนภาคพื้นทวีปประเภทหินทราย หินทรายแป้งและหินโคลนสีแดงและเทาและชั้นเกลือระเหย บ่งบอกถึงการสะสมตัวบนแผ่นดินโดยมีอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคครีเทเชียสตอนปลาย หรือตั้งแต่ 230 ล้านปีจนถึง 65 ล้านปี โดยอาจมีการหยุดสะสมตัวไปบ้างในบางช่วงของยุคจูแรสซิก ข้อมูลทางธรณีวิทยาพบว่าหินกลุ่มนี้มีการวางชั้นอยู่ในแนวเกือบระนาบ (subhorizontal bed) และวางทับกลุ่มหินมหายูคพาลีโอโซอิก อย่างไม่ต่อเนื่อง โดยมีความหนาของชั้นหินรวมไม่ต่ำกว่า 1,500 เมตร

รายงานทางธรณีวิทยาบ่งชี้ไว้ว่าหากตีค่าบรรพประเภทไดโนเสาร์ของไทยมักพบบริเวณลำดับชั้นหินส่วนกลาง ๆ ถึงส่วนบนของกลุ่มหินโคราช โดยพบมากที่สุดในพื้นที่ประกอบด้วยหินทรายและหินทรายแป้งสีแดง (red bed) ที่เรียกว่าหมวดหินเสาขัว

2.2 การเกิดและการสะสมตัวของแอ่งตะกอนโคราช

กลุ่มหินโคราชมีการสะสมตัวอย่างกว้างขวางตามบริเวณแอ่งสะสมตะกอนทางเทกโทนิค (tectonic basin) ซึ่งปัจจุบันคือที่ราบสูงโคราชต่อเนื่องไปถึงบางส่วนของลาวและกัมพูชา แอ่งสะสมตะกอนดังกล่าวเกิดภายหลังการก่อเทือกเขาอินโดจีนเนียน (Indosinian orogeny) ซึ่งเป็นผลของการชนกันของหินฐานธรณีฐานไทย (ภาคเหนือ-กลาง-ใต้ของไทย พม่าและมาเลเซีย) และหินฐานธรณีอินโดจีน (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย กัมพูชา ลาวและเวียดนาม) ในยุคไทรแอสซิกตอนต้น (Bunopas, 1981) ผลของการชนกันทำให้เกิดรอยเลื่อน strike slip fault และ half-graben ตามบริเวณใกล้แนวชนกันของทั้งสองจุลทวีป หลังการชนกันได้มีการกักต้อนแนวเทือกเขาดังกล่าวและพัดพาตะกอนดังกล่าวโดยตัวพัดพาเช่นน้ำและลม ลงมาสู่แอ่ง half graben ซึ่งมีการยุบตัวอย่างสม่ำเสมอตั้งแต่ช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลายจนถึงครีเทเชียสตอนปลาย ทำให้เกิดการสะสมตะกอนภาคพื้นทวีปชั้นหนา และบางครั้งอาจมีการท่วมของน้ำทะเลบ้างเป็นครั้งคราว



รูป 2.1 แผนที่ประเทศไทยแสดงลักษณะของแอ่งตะกอนเทคโทนิค 2 แอ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ได้แก่ แอ่งโคราช-อุบล (ล่าง) และแอ่งอุดร-สกลนคร (บน) (ดัดแปลงจาก Mouret, 1994)

ภายหลังจากการเกิดธรณีแปรสัณฐานครั้งใหญ่ในช่วงปลายยุคครีเทเชียสถึงต้นยุคเทอร์เชียรี (หรือประมาณ 50-65 ล้านปี) อันเนื่องมาจากการชนกันของแผ่นทวีปอินเดียและยูเรเชีย ทำให้เกิดแนวเทือกเขาหิมาลัย และทำให้แอ่งตะกอนโคราชยกตัวสูงขึ้นกลายเป็นที่ราบสูงซึ่งมีลักษณะคล้ายแอ่งกระทะในปัจจุบัน และยังทำให้เกิดการคดโค้งของชั้นหินในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เกิดเป็นเทือกเขาภูพาน แอ่งแอ่งตะกอนดังกล่าวออกเป็น 2 แอ่งอีกด้วย

2.3 การลำดับชั้นหินและธรณีวิทยาโครงสร้าง

2.3.1 การลำดับชั้นหิน

ปัจจุบันกรมทรัพยากรธรณีได้แบ่งกลุ่มหินโคราชออกเป็น 8 หมวดหินย่อยๆ (Bunopas, 1992) โดยสามารถเรียงอายุจากแก่ไปอ่อนคือหมวดหินห้วยหินลาด น้ำพอง ภูกระดึง พระวิหาร เสกขุ ภูพาน โคกกรวด และมหาสารคาม ดังรายละเอียดโดยย่อดังต่อไปนี้

ก) หมวดหินห้วยหินลาด เป็นหมวดหินที่แก่ที่สุดในกลุ่มหินโคราช ตั้งโดย Iwai et al. (1966) ไล่ลงกระจายกว้างขวางตามพื้นที่ขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช ประกอบด้วยหินกรวดมนชั้นฐาน (Basal conglomerate) ซึ่งพบเม็ดกรวด (pebble) ประเภทหินปูนและหินภูเขาไฟ มีความหนาไม่เกิน 140 เมตร ถูกรวมทับด้วยชั้นสลัของหินทราย หินโคลน หินโคลนสีเทาดำ และชั้นหินกรวดมนปูน (Limestone conglomerate) ความหนาของหินชุดนี้มีการแปรเปลี่ยนตั้งแต่ 100-400 เมตร ที่บริเวณชั้นหินอ้างอิง (type section) มีความหนา 250 เมตร

ข) หมวดหินน้ำพอง ตั้งโดย Ward and Bunnag (1964) พบว่าหมวดหินนี้วางตัวไม่ต่อเนื่องบนหมวดหินห้วยหินลาด พบไล่ลงกระจายกว้างขวางตามพื้นที่ขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราชซึ่งอยู่ใกล้กับขอบเขตของหมวดหินห้วยหินลาด และมักพบเป็นชั้นฐานของกลุ่มหินโคราชบริเวณกลางแอ่งโคราชนี้ด้วย หมวดหินนี้ประกอบด้วยกลุ่มหินทรายแป้ง หินทรายและหินโคลน สีน้ำตาลแกมแดงถึงแดงเทาในตอนล่าง หินทรายและหินกรวดมนในตอนกลาง และหินดินดาน หินโคลนและหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงในตอนบน และตอนบนสุดซึ่งหนาประมาณ 85 เมตร เป็นหินทรายแป้งเนื้อปูนและหินปูนชั้นบาง ความหนาที่ชั้นหินอ้างอิงประมาณ 1,465 เมตร แต่มีความหนาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 100-1,050 เมตร

ระหว่างหมวดหินน้ำพองกับหมวดหินที่อ่อนกว่าคือหมวดหินภูกระดึงพบว่ามีกรวางตัวไม่ต่อเนื่องกัน โดยอาศัยหลักฐานจาก seismic profiles (Sattayarak et al., 1991) และข้อมูลในเชิงอายุหิน ซึ่งขาดหายไปในช่วงยุคจูแรสซิกตอนต้น-กลาง

ค) หมวดหินภูกระดึง ตั้งโดย Ward and Bunnag (1964) ไล่ลงกระจายตัวกว้างขวางกว่าหมวดหินทั้งสองที่กล่าวมา พบทั่วไปตามขอบทางตะวันตกของที่ราบสูงโคราช และยังพบเป็นพื้นที่แคบๆ แถบเทือกเขาภูพาน ประกอบไปด้วยหินทรายแป้ง หินโคลนและหินทรายเนื้อไมก้า (micaceous) ตอนกลางมักพบหินทรายชั้นหนาแทรกสลัอยู่บ้างในตอนกลาง ในเนื้อหินมักพบ green Fe-oxide mottlings, calcrete nodules, caliche และ nodular silcrete ทางตอนล่างสุดมักพบชั้นหินปูน micrite ชั้นบาง ความหนาของหินชุดนี้ 1,000 เมตร ที่บริเวณชั้นหินอ้างอิง ส่วนบริเวณอื่นอาจมีความหนาตั้งแต่ 100-1,111 เมตร

ง) หมวดหินพระวิหาร ตั้งโดย Ward and Bunnag (1964) พบโผล่กระจายตัวเป็นบริเวณแคบๆ แต่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลจากความแข็งแกร่งของเนื้อหิน โดยมักโผล่เป็นลานหินกว้างหรือขอบสันของเทือกเขาที่ปิดล้อมเขตที่ราบสูงโคราชทั้งหมด ตอนล่างของหมวดหินนี้มักพบหมวดหินภูกระดึงโผล่ในบริเวณใกล้เคียง หมวดหินชุดนี้ประกอบไปด้วยหินทรายควอรตซ์ติก สีขาวปนเหลือง เนื้อละเอียดถึงหยาบ การคัดขนาดและความกลมมนดี นอกจากนี้ยังพบหินทรายแป้ง หินดินดานชั้นบาง และหินกรวดมน ความหนาแน่นของหินชุดนี้ที่ชั้นหินอ้างอิงคือ 480 เมตร แต่บริเวณอื่นๆ อาจมีความหนาได้ตั้งแต่ 55-135 เมตร

จ) หมวดหินเสาขัว ตั้งโดย Ward and Bunnag (1964) พบวางตัวต่อเนื่องอยู่บนหมวดหินพระวิหาร พบแผ่กระจายอยู่ด้านในของเทือกเขาที่ปิดล้อมกลุ่มหินโคราช และยังพบเป็นบริเวณกว้างในแถบเทือกเขาภูพาน ประกอบไปด้วยชั้นสลับกันแบบ cycle ของหินโคลนปนหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง สลับกับหินทรายแป้ง หินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลางและหินกรวดมนกับชั้นของ caliches, calcrete nodules และ thin-bedded and nodular silcrettes โดยทั่วไปชั้นหินของหมวดหินเสาขัวมีสีแดงและมี calcrete และ silcrettes หนาและเด่นชัดกว่าที่พบในหมวดหินภูกระดึงและหมวดหินโคกกรวด ความหนาทั่วๆ ไปของหมวดหินนี้ประมาณ 404-720 เมตร บริเวณที่เป็นชั้นหินอ้างอิงมีความหนา 520 เมตร

ฉ) หมวดหินภูพาน ตั้งโดย Ward and Bunnag (1964) โดบส่วนใหญ่วางตัวต่อเนื่องบนหมวดหินเสาขัว พบตามเทือกเขาขอบแอ่งโคราชเช่นเดียวกับหมวดหินเสาขัว และยังพบเป็นบริเวณส่วนบนของเขายอดราบ (Mesa) ตามเขตเทือกเขาภูพาน มักถูกปิดล้อมด้วยหมวดหินเสาขัวตามไหล่เขา ประกอบไปด้วยหินทรายสีเทาปนขาว ขนาดตะกอนปานกลางถึงหยาบจนถึงเม็ดขนาดกรวดมน ชั้นหนาแสดงชั้นเฉียงระดับ (cross-bedding) มักพบเม็ดกรวด (pebble) ขนาดปานกลางในเนื้อหิน ความหนาของหินชุดนี้ประมาณ 115 เมตร ที่บริเวณชั้นหินอ้างอิงและมีความหนาที่บริเวณอื่น ๆ ประมาณ 80-185 เมตร

ช) หมวดหินโคกกรวด พบวางตัวต่อเนื่องบนหมวดหินภูพาน พบโผล่กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างขวางมากตามพื้นที่ราบหรือเนินเขาที่อยู่ตอนในของที่ราบสูงโคราช ประกอบไปด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินโคลนและหินกรวดมน สีน้ำตาลแดง สีแดงปนม่วง นอกจากนี้ยังพบชั้น calcrete nodules และ caliche อยู่ในชั้นบนสุดของ claystone ที่ชั้นหินอ้างอิงพบว่าหินชุดนี้มีความหนา 707 เมตร แต่โดยส่วนใหญ่ชั้นหินที่สมบูรณ์มักพบตามหลุมเจาะใต้พื้นดิน

หมวดหินดังกล่าวพบว่ามีรอยสัมผัสไม่ต่อเนื่องแบบ sharp contact อยู่ใต้ชั้น basal anhydrite ของหมวดหินมหาสารคาม (Hite, 1974; Hite and Japakasetr, 1979) และจาก seismic profiles โดย Sattayarak et al. (1991a) ก็สรุปผลเช่นเดียวกัน

ซ) หมวดหินมหาสารคาม ตั้งโดย Gardner et al. (1967) พบแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างมากที่สุดคือตามที่ราบทั่วไปภายในแอ่งโคราช ประกอบไปด้วยเกลือเฮไลต์ เกลือคาร์เนลไลต์ เกลือซิลไวต์ เกลือแอนไฮไดรต์และยิปซัม สลับกับหินดินดานกลุ่มหินชั้นดังกล่าวมักถูกสลับด้วย sequence หนาของหินทรายสีแดงหรือแดงน้ำตาล ขนาดตะกอนเล็ก พบชั้นเฉียงระดับและหินทรายแป้งและหินดินดานเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆ Japakasetr and Suwanich (1984) สรุปความหนาของหินชุดนี้อาจจะมากกว่า 825 เมตร

2.3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

ธรณีโครงสร้างในแอ่งโคราชเกิดจากการเหตุการณ์ทางธรณีวิทยา 4 ช่วง ช่วงแรกทำให้เกิดโครงสร้างขนาดยาวและแคบในแนวเหนือ-ใต้ ช่วงที่สองเป็นผลจากการบีบอัดของแรงในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก ช่วงที่สามเป็นผลทำให้เกิด thrust fault ของหมวดหินพาลีโอโซอิกทางด้านตะวันตก เลื่อนตัวมาวางทับกลุ่มหินโคราชและช่วงที่สี่ทำให้เกิดรอยเลื่อนปัจจุบันทางตะวันตกของที่ราบสูงโคราช แถบจังหวัดเพชรบูรณ์

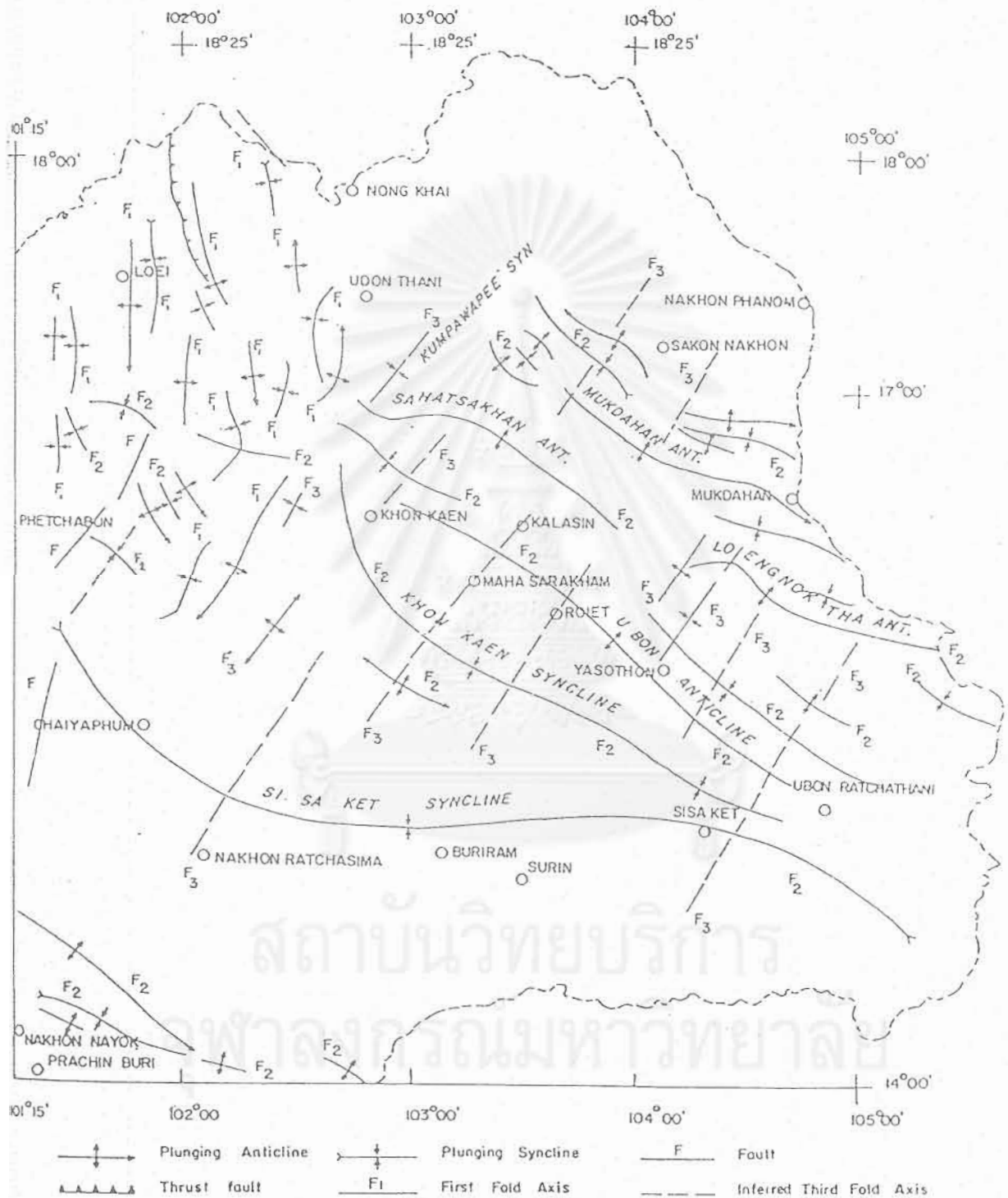
การคดโค้งในที่ราบสูงโคราชทั้งหมดเกิดจากการแปรสภาพหรือ deformation 3 ครั้ง (Chuaviroj, 1997) การคดโค้งครั้งแรกหรือ “the first deformation (F_1)” เกิดในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลาย ชั้นหินคดโค้งจะมีแกนของการคดโค้งอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มักพบตามตอนเหนือของขอบทางตะวันตกของที่ราบสูงโคราช (รูป 2.3) การคดโค้งครั้งที่สองหรือ “the second deformation (F_2)” เกิดในช่วงยุคเทอร์เชียรีตอนต้น ชั้นหินที่มีการคดโค้งจะมีแกนของการคดโค้งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มักพบตามเทือกเขาภูพาน ภายในแอ่งตะกอนย่อยโคราช-อุบล และซ้อนทับแนวคดโค้งแรกบริเวณขอบทางตะวันตกของที่ราบสูงโคราช การคดโค้งครั้งที่สามหรือ “the third deformation (F_3)” เกิดในช่วงยุคเทอร์เชียรีตอนกลาง-ปลาย ชั้นหินที่มีการคดโค้งจะมีแกนของการคดโค้งอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ การคดโค้งนี้พบเด่นชัดมากบริเวณกลางแอ่งตะกอนโคราชและมักพบซ้อนทับบนแนวคดโค้งที่สอง

อย่างไรก็ตาม การคดโค้งทั้งหมดทำให้กลุ่มหินโคราชส่วนใหญ่มีการเอียงเทมุมต่ำไม่เกิน 20° ตามบริเวณขอบแอ่งและเทือกเขาภูพาน และไม่เกิน 5° บริเวณกลางแอ่งโคราช

รอยเลื่อนที่พบส่วนใหญ่มักพบตามขอบที่ราบสูงโคราชและตามเทือกเขาภูพาน จัดว่าเป็นรอยเลื่อนปกติ (normal fault) และรอยเลื่อน strike slip fault ที่อยู่ในแนวเดียวหรือตั้งฉากกับแนวคดโค้งเช่นตามขอบโคราชมักพบรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้และตะวันออก-ตะวันตก ในขณะที่บริเวณเทือกเขาภูพานจะอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ รอยเลื่อนจะมีอิทธิพลทำให้ชั้นหินโคราชในบริเวณใกล้เคียงมีการเอียงเทสูงกว่าปกติ ส่วนใหญ่ร่องรอยของรอยเลื่อนจะพบตามหน้าผาของชุดหินที่แข็งแกร่งเช่นหมวดหินภูพานและพระวิหาร ส่วนบริเวณที่ราบกลางแอ่งมักพบรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นแนวเดียวกับแนวของชั้นเกลือใต้ผิวดิน

2.4 ชากดึกดำบรรพ์และอายุ

กลุ่มหินโคราชเป็นกลุ่มหินตะกอนบกซึ่งพบชากดึกดำบรรพ์จำพวกพืชและสัตว์บกหลายชนิด ชากดึกดำบรรพ์ของสัตว์ที่มีรายงานการค้นพบเสมอได้แก่กลุ่มของสัตว์มีกระดูกสันหลังจำพวกไดโนเสาร์ เต่า จระเข้และปลาซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นชากกระดูก ฟันและชากกระดูก มักพบในหมวดหินเสาขัวและโคกกรวด (ดังแสดงในหัวข้อ 1.7) ในขณะที่หลักฐานทางด้าน trace fossils เช่นรอยเท้าของสัตว์มีกระดูกสันหลังส่วนมากพบในหมวดหินพระวิหาร เสาขัวและภูพาน นอกจากนี้ยังพบชากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเช่นเปลือกหอย Pelecypod , Brachiopod, ostracods ซึ่งพบหลายสปีชีส์และหลายช่วงอายุ และยังพบชากรู



รูป 2.3 การคดโค้งงอ (folding) ของชั้นหินในกลุ่มหินโคราช (จาก Chuaviroj, 1997)

หนอน (worm burrow) ตามหินทรายเนื้อละเอียดของชั้นหินหลายชั้นในหลายหมวดหินอีกด้วย ชากพืชที่พบมักเป็นชากเศษไม้บนบกและชากเรณูอัปสร (spore & pollen) ซึ่งพบอยู่ทุกหมวดหิน

อายุของกลุ่มหินโคราชจากหลักฐานของชากดึกดำบรรพ์ พบว่าอยู่ในช่วงของยุคโทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคครีเทเชียส หมวดหินห้วยหินลาดพบหลักฐานของชากสัตว์มีกระดูกสันหลัง ชากไม้และชากเรณูอัปสร บ่งชี้อายุ Early Norian หรือยุคโทรแอสซิกตอนปลาย (Buffetuat and Ingavat, 1985) หมวดหินน้ำพองได้อายุจากชากไดโนเสาร์และชากเรณูอัปสร บ่งชี้อายุ Late Norian-Rhaetian หรือยุคโทรแอสซิกตอนปลายสุดถึงยุคจูแรสซิกตอนต้นสุด (Buffetuat et al., 1995 ; Racey et al., 1994) หมวดหินภูกระดึง-พระวิหาร-เสาชั่วพบชากดึกดำบรรพ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังหลายชนิดและยังพบรอยเท้าไดโนเสาร์ หอยสองฝา น้ำจืด-น้ำกร่อย ไม้กลายเป็นหิน และเรณูอัปสร มีช่วงอายุตั้งแต่จูแรสซิกตอนกลาง-ยุคครีเทเชียสตอนต้น (Buffetuat et al., 1993) หรืออาจอยู่ภายในยุคครีเทเชียสตอนต้น (Racey et al., 1994) หมวดหินภูพานพบชากดึกดำบรรพ์และซากรอยเท้าของไดโนเสาร์ หอยสองฝา มีอายุยุคครีเทเชียสตอนต้น (Buffetuat et al., 1993) หมวดหินโคกกรวดพบชากดึกดำบรรพ์และฟันของไดโนเสาร์และจระเข้ ชากเปลือกหอย บ่งชี้อายุ Aptian-Albian หรือยุคครีเทเชียสตอนกลาง (Buffetuat and Suteethorn, 1992 ; Racey et al., 1994) หมวดหินมหาสารคามได้อายุจากการหาอายุโดยใช้รังสีไอโซโทป ชากเรณูอัปสรและชากดึกดำบรรพ์ของไดโนเสาร์บางประเภท มีอายุเป็น Albian-Late Cenomanian หรือยุคครีเทเชียสตอนกลางถึงตอนปลาย (Sattayarak et al., 1991)

2.5 สภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของกลุ่มหินโคราช

การศึกษาเกี่ยวกับการสะสมตัวของกลุ่มหินโคราชตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่ามียู 2 สมมติฐานคือสะสมตัวบนบก (continental environments) (Sattayarak, 1983) หรือสะสมตัวบริเวณชายฝั่งทะเล (coastal environments) (Piyasin, 1985) แต่ปัจจุบันพบหลักฐานเกี่ยวกับชากดึกดำบรรพ์จำพวกสัตว์บกมากขึ้น ทำให้แนวความคิดแรกดูน่าเชื่อถือกว่า

จากการศึกษารายงานของนักธรณีวิทยาหลาย ๆ ท่าน เช่น Chonglakmani and Sattayarak (1978); Sattayarak (1983); Hahn (1982) และ Mouret (1994) สรุปว่าแอ่งตะกอนโคราชเริ่มมีการสะสมตัวแบบ Fluvio-lacustrine มาตั้งแต่หมวดหินห้วยหินลาดจนถึงหมวดหินน้ำพอง หลังจากนั้นเริ่มมีการสะสมแบบ meandering river และ alluvial fan ผสมเข้ามาในหมวดหินภูกระดึง จากนั้นสภาวะแวดล้อมได้เปลี่ยนไปเป็นแบบ braided streams มีการสะสมตัวของหมวดหินพระวิหาร และจึงเปลี่ยนเป็น meandering river และ alluvial fan อีกครั้ง เป็นการสะสมตัวของหมวดหินเสาชั่ว สภาพแบบ braided river เกิดขึ้นอีกครั้งในหมวดหินภูพาน หลังจากนั้นสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยนเป็นแบบ Fluvatile ในสภาพอากาศที่ร้อน แห้งแล้ง ทำให้มีการสะสมตัวของหมวดหินโคกกรวด และช่วงท้าย ๆ เริ่มมีการสะสมของเกลือในหมวดหินมหาสารคามแทรกเป็นช่วง ๆ สลับไปกับชั้นตะกอนทราย

บทที่ 3 ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัว

หมวดหินเสาขัวเป็นหมวดหินที่ทางคณะผู้ศึกษาให้ความสนใจมากที่สุดเนื่องจากมีรายงานการค้นพบหลักฐานของซากไดโนเสาร์ชนิดต่างๆ อย่างต่อเนื่อง ในเชิงของการลำดับชั้นหินหมวดหินเสาขัวจัดเป็นหมวดหินตอนกลางของกลุ่มหินโคราช ประกอบไปด้วยหินตะกอนเนื้อประสมเนื้อปนปูนสีแดง แดงม่วง ส้มแดง ถึงเทาเขียว ประเภทหินทรายเนื้ออาร์โคส หินทรายเนื้อลิตติก หินทรายแป้ง และหินโคลน และมักพบชั้น calcrete horizon ซึ่งมีลักษณะทั้งเป็นเม็ด (nodule) และเป็นชั้น (Layer) ปะปนอยู่ในชั้นของหินทรายแป้งและหินโคลน บางครั้งพบชั้นหินกรวดมนซึ่งมีเม็ดกรวดขนาดเล็กจำพวกเม็ดควออร์ตซ์ และเม็ดหินทรายแป้งแทรกสลับ ชั้นหินที่พบส่วนใหญ่เป็นชั้นไม่หนามากนัก และความหนาของชั้นหินไม่ต่อเนื่องกัน (irregular bed) ในหินทรายมักพบชั้นเฉียงระดับ (cross bedding) รอยริ้วคลื่น (ripple mark) และ rip up clast โดยมีแนวกระแสน้ำโบราณส่วนใหญ่ไหลไปทิศตะวันตกถึงตะวันตกเฉียงใต้

เนื่องจากว่าหมวดหินเสาขัวประกอบด้วยชั้นหินที่ไม่แข็งแรงนักที่วางตัวอยู่ระหว่างหินทรายเนื้อแข็งของหมวดหินพระวิหารและหินทรายปนกรวดของหมวดหินภูพาน ลักษณะภูมิประเทศของหมวดหินเสาขัวจึงมีลักษณะเป็นที่ราบลูกฟูกระหว่างหุบเขา เนินเขาเตี้ยๆ หรือมีภูมิประเทศเป็นไหล่เขา และมักเป็นที่อยู่อาศัยของพื้นที่ชุมชนต่างๆ พื้นที่เก็บกักน้ำและมีการคมนาคมค่อนข้างสะดวก ทำให้ชาวบ้านพบซากดึกดำบรรพ์ประเภทไดโนเสาร์อยู่เป็นประจำ

การศึกษาหมวดหินเสาขัวในครั้งนี้ จะทำการศึกษาในลักษณะของชั้นหินอ้างอิง (reference section) ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่จำนวน 14 บริเวณ พื้นที่ 3 บริเวณแรกเป็นตัวแทนของหมวดหินเสาขัวทางขอบทางตะวันตกเฉียงใต้ของที่ราบสูงโคราช พื้นที่ที่ 4-8 อยู่ในเขาภูเวียงซึ่งเป็นตัวแทนของหมวดหินเสาขัวทางขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช และพื้นที่ที่ 9-14 อยู่ในแถบเทือกเขาภูพาน ทางตอนกลางของที่ราบสูงโคราช

การอธิบายลำดับชั้นหินและลักษณะเนื้อหินในแต่ละส่วนของชั้นหินอ้างอิงจะอยู่ใน column ของการลำดับชั้นหิน และการวิเคราะห์ลักษณะชั้นหิน ลักษณะตะกอนในเนื้อหินและลักษณะชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์จะอยู่ในรูปของบทความ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่เขาใหญ่

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ฯ วางตัวชันทับอยู่บนหมวดหินพระวิหารที่โผล่เป็นสันและลานหินของเทือกเขากำแพง การวางตัวของหมวดหินทั้งสองพบว่าอยู่ในแนวเดียวกับแนวเขาแต่อาจจะบิดโค้งไปมาเล็กน้อยเนื่องจากมุมเอียงเทต่ำมากประมาณ 5° - 15° ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ไม่พบว่ามีหมวดหินภูพานวางปิดทับหมวดหินเสาขัวในแนวการสำรวจ

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่เขาใหญ่ ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงฯ ที่โผล่ตามบริเวณลำห้วยใสใหญ่ กลางอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ในระดับความสูง 520-570 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำตกเล็กๆ หลายๆ ชั้นตามลำน้ำ และไหล่เขาสูงชันตามขอบฝั่งของลำน้ำ ชั้นหินที่พบมักถูกกัดเซาะด้วยน้ำอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดลักษณะทางเคมีบางประการเช่นการทำปฏิกิริยากับกรด HCl ทำให้ความเป็นเนื้อปูน (calcareous) หายไปและไม่พบชั้น calcrete horizon

3.1.1 ลักษณะทั่วไปของชั้นหินอ้างอิง

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 931804-907813 (Map sheet 5337 IV บ้านท่าอิฐ่อม)(รูป 3.1)

- พิกัด Geographic $14^{\circ}17'N$ และ $101^{\circ}42'E$

- แม่น้ำใสใหญ่ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ฝั่งตะวันออก จ. ปราจีนบุรี

ข) การเข้าถึงพื้นที่ ใช้ถนนหมายเลข 305 และ 33 ถึง อ. กบินทร์บุรีและต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 304 ถึงบ้าน กม. 79 เลี้ยวซ้ายถึงบ้านคลองทราย และเดินเท้าจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (ข.ญ. 4) เข้าไปพื้นที่ๆ เป็นระยะทาง 30 กิโลเมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 24 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.2) มีความหนารวมประมาณ 138 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 90%

ง) ข้อมูลอื่นๆ หน่วยหินตอนล่างสุด (Unit 22-24) โพลีให้เห็นชัดเจนบริเวณแม่น้ำใสใหญ่ใกล้แยกห้วยพลู (พิกัด 931804) หน่วยหินที่ 18-21พบโพลีชัดเจนบริเวณ พิกัด 922811 และหน่วยหินที่ 1-17 โพลีชัดเจนบริเวณใกล้ๆ ที่พัก/ตั้งแคมป์ (พิกัด 918809) หรือที่น้ำตกวังเหว (พิกัด 907813)

3.1.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาใหญ่ประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ๆ 4 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่างสุด (Unit 22-24) มีความหนารวม 19.5 เมตร เป็นการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณ reducing zone ซึ่งน่าจะเป็นการสะสมตัวในทะเลสาบ (lacustrine environment) ประกอบด้วยการสลับกันของหินทรายเนื้อลิติกประเภทต่างๆ สีเขียวปนเทาถึงเทา ขนาดตะกอนเล็ก ชั้นหนาปานกลางถึงหนากับหินทรายแป้งสีเทาเข้มมีไม้ก้ำชั้นบาง ส่วนบนของชุดหินพบชั้นหินโคลนสีม่วงแดงชั้นหนาและชั้นหินโคลน สีเทาเข้ม ชั้นหนา ส่วนบนสุดเริ่มมีหินทรายเนื้ออาร์โคสแทรกสลับ ซึ่งอาจแสดงถึงการเปลี่ยน environment โครงสร้างหินชั้นที่พบคือลักษณะเป็นชั้นบาง (lamination) และการวางชั้นแบบเรียงขนาดในเนื้อหิน (รูป 3.3ก ถึง 3.3ค)

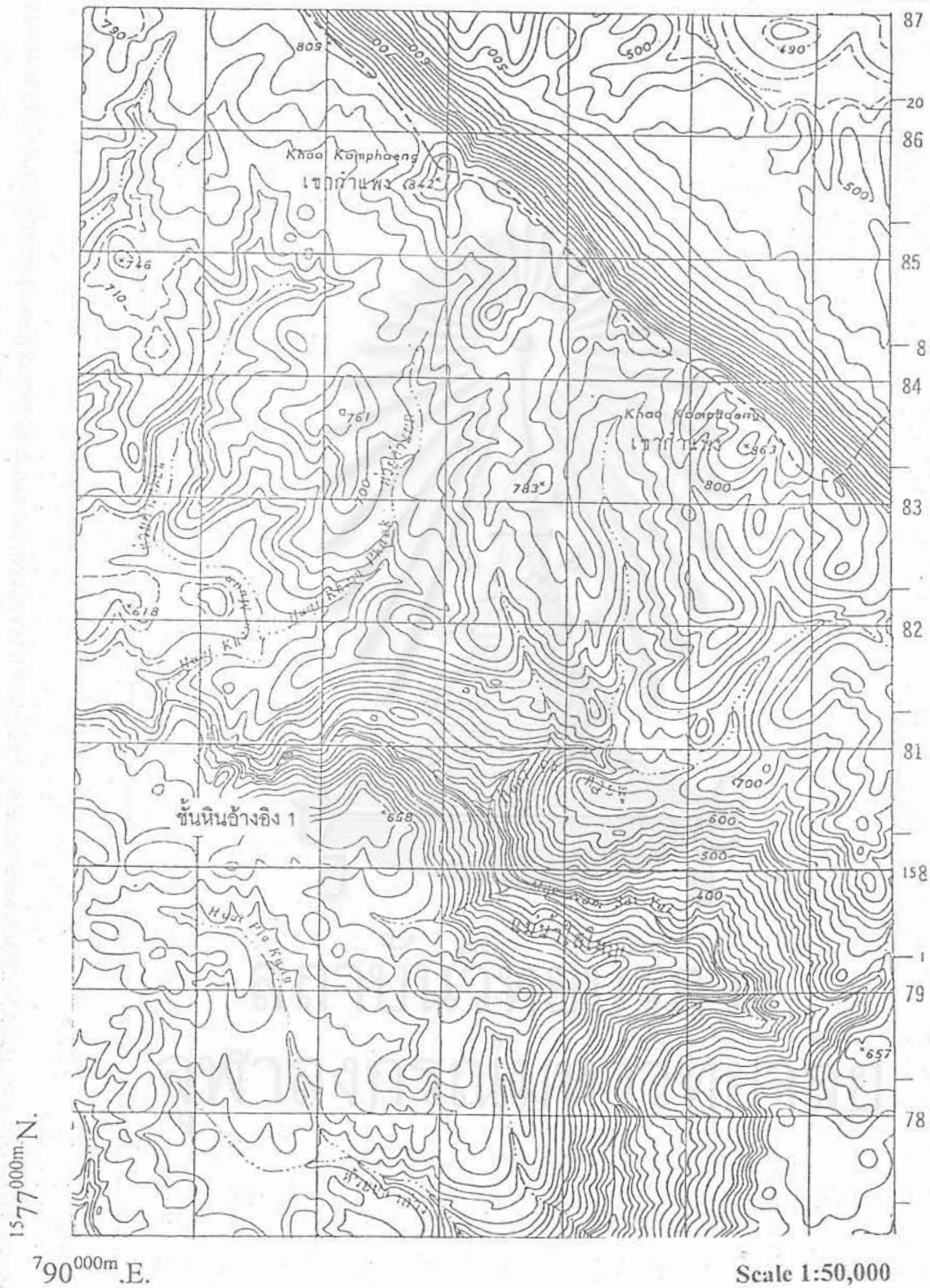
ข) ส่วนกลาง (Unit 19-21) มีความหนาประมาณ 39 เมตร เป็นการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณ oxidizing zone ซึ่งเป็นลักษณะของ fluvial deposit ประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส (arkosic sandstone) ขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็ก ชั้นหนาปานกลางถึงหนา สีน้ำตาลแดงหรือหินทรายเนื้อลิติกขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็ก สีน้ำตาลปนเทา ชั้นหนา แทรกสลับกับหินทรายแป้งที่มีไม้ก้ำปานชั้นบาง (หนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร) ในเนื้อหินทรายมักพบแร่ไมก้าแทรกเป็นริ้วเล็กๆ (รูป 3.3ง และ 3.3จ)

โครงสร้างหินชั้นที่พบมากในชั้นหินทรายได้แก่ชั้นเฉียงระดับที่มีมุมเอียงเทน้อยกว่า 15° ไปทางตะวันตกถึงตะวันตกเฉียงใต้ รอยริ้วคลื่นและ lamination ในส่วนบน ๆ ของชั้นหิน

ค) ส่วนบน (Unit 15-18) มีความหนาประมาณ 28 เมตร เป็นการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณ reducing zone อีกครั้งหนึ่ง โดยส่วนล่างแสดงลักษณะของการค่อยๆ เปลี่ยน environment จาก

BAN THA I SOM

Sheet 5337 IV

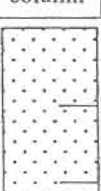

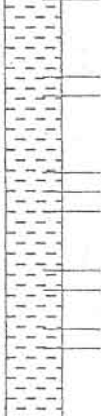

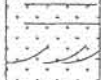





รูป 3.1 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ของหมวดหินเสาขัว (เขาใหญ่)

รูป 3.2 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาใหญ่
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
7		1	หินทรายเนื้ออาร์โคส (95%) ชั้นหนาประมาณ 1-2 เมตร สีแดงน้ำตาล บางชั้นเป็นสีเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนเล็กถึงปานกลาง มีแร่ไมก้าแทรกตามเนื้อหิน การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดปานกลางถึงดี พบโครงสร้างตะกอนประเภทการวางชั้นเฉียงระดับทั้งแบบ planar และ trough x-bedding ในชั้นหินตอนบนๆ และ lamination ในชั้นหินตอนล่างๆ สลับด้วยหินทรายแป้งเนื้อไมก้า สีน้ำตาลถึงเทา ชั้นบางไม่เกิน 20 เซนติเมตร (5%)
0.5		2	หินทรายแป้งเนื้อไมก้า สีน้ำตาลถึงเทา ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก การเชื่อมประสานไม่ดี การคัดขนาดไม่ดี พบโครงสร้างตะกอนประเภท lamination
4		3	หินทรายเนื้ออาร์โคส ลักษณะคล้าย unit 1 ตอนบนของ unit มีลักษณะ massive
2		4	หินทรายแป้งเนื้อไมก้า สีน้ำตาลถึงเทา ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก การเชื่อมประสานไม่ดี การคัดขนาดไม่ดี พบโครงสร้างตะกอนประเภท lamination ตอนกลางแทรกสลับด้วยหินทรายเนื้อโปรโตควอร์ตไซต์สีเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก ชั้นบาง 2-3 ชั้น
7		5	หินทรายเนื้ออาร์โคส (90%) ชั้นหนาถึงหนามากในส่วนล่างๆ (1-2 เมตร/ชั้น) และบางลงเหลือไม่ถึง 30 เซนติเมตร/ชั้นในตอนบนๆ สลับด้วยหินทรายเนื้อโปรโตควอร์ตไซต์สีเทาอ่อนชั้นบาง (5%) และหินทรายแป้งเนื้อไมก้าสีน้ำตาลอ่อน (5%) ชั้นบางกว่า 20 เซนติเมตร โครงสร้างตะกอนที่พบในหินทรายเนื้ออาร์โคส ได้แก่ชั้นเฉียงระดับทั้งแบบ planar และ trough x-bedding ในหินทรายแป้งมักพบ lamination รอยต่อของชั้นหินทั้ง 2 บางครั้งพบรอยรั่วคลื่น
3		6	หินทรายเนื้ออาร์โคส (ลักษณะเดิม) บางครั้งพบ pebbles ขนาดเล็กแทรกตามชั้นเฉียงระดับชั้นหนา 0.5-1 เมตร โดยมีหินทรายแป้งเนื้อไมก้าชั้นบางกว่า 20 เซนติเมตร ตอนบนและล่างของหินทรายเป็นหินทรายแป้งเนื้อไมก้า ขนาด 0.3 เมตร/ชั้น
7		7	ลักษณะคล้าย Unit 5 ตอนกลางชั้นหินมีการสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีน้ำตาลแดงแดงม่วง เทาอ่อน ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดดี และหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ ขนาดตะกอนเล็ก การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดปานกลาง โดยมีหินทรายแป้งเนื้อไมก้า สีเทาถึงน้ำตาล การเชื่อมประสานและการคัดขนาดไม่ดีแทรกเป็นชั้นบางๆ
3.5		8	หินทรายเนื้ออาร์โคส (ลักษณะเดิม) ชั้นหนาปานกลาง (30 เซนติเมตร) แทรกด้วย stringering ของหินทรายแป้ง พบโครงสร้างตะกอนแบบ lamination โดยเฉพาะตามบริเวณรอยต่อของชั้นหิน
4		9	หินทรายแป้งเนื้อไมก้า (80%) สีน้ำตาลอ่อน-เข้ม ชั้นหนา พบลักษณะ fissile สลับเล็กน้อยด้วยหินทรายเนื้อโปรโตควอร์ตไซต์ (20%) สีเทาอ่อนถึงเทาเขียวอ่อน การคัดขนาดปานกลาง ชั้นบางกว่า 10 เซนติเมตร ทางตอนกลาง
4		10	หินทรายเนื้ออาร์โคส (90%) สีแดงม่วงถึงน้ำตาลแดง เนื้อไมก้า ชั้นหนาปานกลาง ตอนล่างมีลักษณะเป็นชั้นสลับกับหินทรายแป้งเนื้อไมก้า ชั้นบางมาก (น้อยกว่า 10 เซนติเมตร) ส่วนล่างๆ มักพบชั้นเฉียงระดับ
2.5		11	หินโคลนสีเทา เทาเข้ม ชั้นหนา แสดง clisoidal weathering
7		12	

ต่อด้านหลัง

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
7		13	หินทรายเนื้ออาร์โคส (98%) ชั้นหนาประมาณ 1-3 เมตร สีแดงน้ำตาล ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง มีแร่ไมก้าแทรกตามเนื้อหิน การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดปานกลางถึงดี สลับด้วยหินทรายแป้งเนื้อไมก้า (2%) สีน้ำตาลถึงเทา ชั้นบางมาก
0.5		14	หินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ สีน้ำตาลอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนหยาบถึงหยาบปานกลาง การเชื่อมประสานและการคัดขนาดดีมาก พบโครงสร้างตะกอนประเภทรอยรั่วคลื่น บริเวณ bottom ของชั้นหิน และพบรอยเท้าไดโนเสาร์เป็นลักษณะของรูปหล่อ (mold)
20		15	หินโคลน (-หินทรายแป้ง) สีน้ำตาลอ่อน (40%) ชั้นหนามาก (3-5 เมตร) แสดง lamination ภายในเนื้อหินพบ clast ของแร่เฟลด์สปาร์ ขนาด 0.05-0.1 มิลลิเมตร สลับกับหินโคลนสีเทาเข้ม (55%) ชั้นหนา (3-5 เมตร) แสดงการแตกแบบ pencil-like fracture หินทั้งสองชนิดมักแตกย่อยตามรอยแตกทำให้เกิดเป็นชั้นเล็กๆ หนาไม่เกิน 30 เซนติเมตร และมักพบหินทรายเนื้อโปรโตควอร์ตไซต์ สีเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก แทรกแบบ stringing ขนาดชั้นไม่เกิน 5-10 เซนติเมตร หลายสิบชั้น
2.5		16	Rhythmic sequence ของหินทรายแป้งเนื้อไมก้า สีน้ำตาลถึงเทา (60%) การเชื่อมประสานและการคัดขนาดไม่ดี ชั้นหนา 30-50 เซนติเมตร สลับกับหินทรายซับแกรเวกลสีน้ำตาลเทาเนื้อไมก้า (40%) ขนาดตะกอนเล็กมาก ชั้นหนา 20-30 เซนติเมตร รอยต่อระหว่างชั้นหินพบซากรูหนอน (worm burrow) ไม่ต่ำกว่า 6 ชั้น โครงสร้างตะกอนที่พบเป็น lamination และการวางชั้นเรียงขนาด
3		17	หินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นหนามาก สีแดงม่วง ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง พบ lamination
		18	คล้าย unit 6 พบซากรูหนอน 4-5 ชั้น
27		19	หินทรายเนื้ออาร์โคส (90%) สีม่วงแดงอ่อนถึงน้ำตาลแดง ชั้นหนาทึบปานกลาง เนื้อปนไมก้า (0.5-2 เมตร) การเชื่อมประสานและคัดขนาดดี พบชั้นเฉียงระดับมุมต่ำทั้งแบบ planar และ trough บางชั้นพบ lamination และการวางชั้นเรียงขนาด แทรกสลับแบบ intercalated กับหินทรายแป้งเนื้อไมก้า (10%) สีน้ำตาล ชั้นบางกว่า 20 เซนติเมตร รอยต่อของชั้นหินทั้ง 2 บางครั้งพบรอยรั่วคลื่น
5		20	หินทรายเนื้อโปรโตควอร์ตไซต์ (80%) สีเทาอ่อน ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง การเชื่อมประสานดี แต่การคัดขนาดปานกลาง ชั้นค่อนข้างหนาประมาณ 50 เซนติเมตร แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งเนื้อไมก้า สีน้ำตาล ชั้นบางกว่า 20 เซนติเมตร โครงสร้างตะกอนในส่วนบน ๆ พบชั้นเฉียงระดับ และส่วนล่าง ๆ พบ lamination
7		21	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง (50%) ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง ชั้นหนาทึบปานกลาง สลับกับหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ สีน้ำตาลปนเทา (45%) ชั้นหนาทึบปานกลาง ทั้งสองชนิดมีไมก้าสูง โดยมีหินทรายแป้งเนื้อไมก้าสีน้ำตาลแทรกเป็นชั้นบางมาก โครงสร้างตะกอนเกือบทั้งหมดเป็นชั้นเฉียงระดับ
8	ต่อด้านหลัง	22	

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
8		22	หินโคลนสีเทาเข้ม (70%) ชั้นหนา เนื้อ homogeneous แตก pencil-like fracture ตอนล่างพบเป็นชั้นหนาถึง 5.5 เมตร ส่วนบน ๆ ประมาณ 3.5 เมตร พบว่าหินโคลนสีเทาเข้มชั้นหนาปานกลาง (30 เซนติเมตร) แทรกสลับอยู่กับหินทรายเนื้ออาร์โดส (30%) ชั้นหนาปานกลาง-หนาประมาณ 30 เซนติเมตรถึง 1 เมตร สีเขียวเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางถึงเล็ก มีแร่ไมก้าแทรกตามเนื้อหิน การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดปานกลางถึงดี บริเวณรอยต่อของชั้นหินมักแสดงลักษณะ irregular bed
1.5		23	หินโคลนสีม่วงแดง (90%) พบแร่ไมก้าแทรกทั่วไปและพบสายแคลไซต์ขนาดเล็กมากมาย ชั้นหนา 30-50 เซนติเมตร โดยแตกแบบ fissility และพบ lamination นอกจากนี้ยังพบการแทรกสลับแบบ stringering ของหินทรายชั้นบางกว่า 5 เซนติเมตร
10		24	หินทรายชั้นบาง (40%) สีเทา ขนาดตะกอนเล็ก การคัดขนาดไม่ดี การเชื่อมประสานดี สลับกับหินทรายโปรโตควอตไซต์ (40%) สีเขียวปนเทา ขนาดตะกอนเล็ก การคัดขนาดปานกลาง การเชื่อมประสานดี มักพบ lamination และการวางชั้นแบบเรียงขนาดในเนื้อหิน ชั้นหินค่อนข้างหนาตั้งแต่ 50-100 เมตร และแทรกสลับด้วย stringering ของหินทรายแบ่งเนื้อไมก้า (20%) ซึ่งมีความหนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร

ชั้นหินอ้างอิงเขาใหญ่ ความหนารวม 138.5 เมตร



Fluvial มาเป็น lacustrine environment โดยเริ่มจากชั้นสลับของหินทรายแป้งที่มีไมก้าสีเทาเข้ม ชั้นหนาปานกลางถึงชั้นบาง กับหินทรายเนื้อลิตติกสีเทา ขนาดตะกอนเล็กมาก ชั้นบาง แบบ rhythmic sequence หลายๆ ครั้ง รอยต่อระหว่างชั้นหินมักพบซากรูหนอน (worm-burrows) เป็นจำนวนมาก บางครั้งอาจพบชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง ชั้นหนา แทรกสลับ ลักษณะโครงสร้างหินชั้นที่พบมีการวางชั้นแบบเรียงขนาด และลักษณะเป็นชั้นบาง (รูป 3.3ค)

ส่วนบนของหน่วยหินประกอบไปด้วยหินโคลน (-หินทรายแป้ง) สีน้ำตาลอ่อนและหินโคลนสีเทาเข้มเรียงสลับกัน หินโคลนทั้งสองชนิดมีลักษณะเป็นชั้นหนา โดยมีหินทรายขนาดเล็กชั้นบางแทรกสลับแบบ stringering ส่วนบนสุดพบว่าวางตัวอยู่ใต้หินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ ซึ่งเป็นชั้นที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์ (รูป 3.3ช)

ง) ส่วนบนสุด (Unit 1-14) มีความหนาประมาณ 51.5 เมตร เป็นการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณ oxidizing zone ซึ่งเป็นลักษณะของ fluvial deposit ประกอบด้วยส่วนล่างสุดเป็นชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์เนื้อหยาบสีน้ำตาลอ่อน หนาไม่เกิน 40 เซนติเมตร ในชั้นหินพบรอยพิมพ์ของรอยเท้าไดโนเสาร์ 2 ชนิดปรากฏเป็นรูปหล่อ (cast) และรูปหล่อของรอยร้าวคลื่นเด่นชัดที่ผิวด้านล่าง ชั้นหินดังกล่าวถูกปิดทับด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดง ขนาดตะกอนปานกลาง และชั้นหินโคลนสีเทาเข้มหนา ซึ่งแสดงถึงลักษณะการสลับกันของ fluvial กับ Lacustrine deposit (รูป 3.3ซ-3.3ฅ)

กลุ่มหินตอนบนเป็นชั้นสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส หินทรายเนื้อลิตติกและหินทรายแป้งเนื้อไมก้า หินทรายเนื้ออาร์โคสมีสีน้ำตาลแดง ม่วงแดงถึงสีเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางถึงเล็ก ชั้นหนาถึงหนาปานกลาง หินทรายเนื้อลิตติกสีเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก ระหว่างชั้นหินทรายทั้งสองชนิดมักพบชั้นหินทรายแป้งเนื้อไมก้าปน (micaceous siltstone) ที่มีลักษณะการแตกเป็นแผ่นแทรกเป็นชั้นบางๆ แทรกสลับอยู่ทั่วไป ในลำดับชั้นหินตอนบนพบว่าปริมาณการแทรกสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคสจะเพิ่มขึ้น ชั้นหนาขึ้นและประกอบด้วยแร่ไมก้าแทรกอยู่ในเนื้อหินเป็นปริมาณมากขึ้น

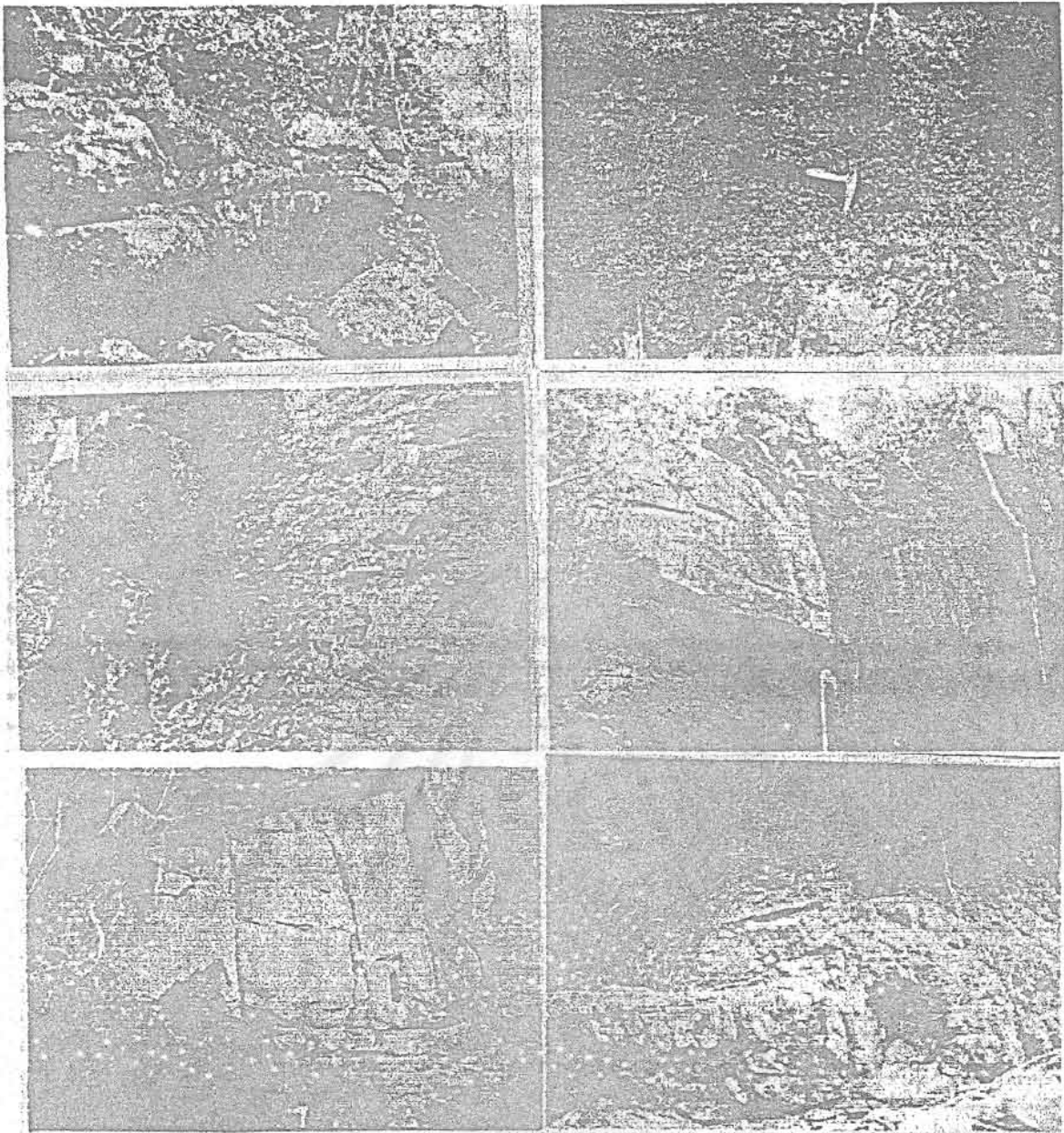
ในชั้นหินทรายที่หนา จะพบลักษณะโครงสร้างหินชั้นหลายชนิด ได้แก่ การวางชั้นเฉียงระดับที่มีแนวกระแสน้ำโบราณไปทางทิศตะวันตก และการวางชั้นแบบเรียงขนาด

3.1.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 2 ชนิดคือซากรูหนอนและรอยเท้าไดโนเสาร์ ซึ่งพบในส่วนที่เป็นรอยต่อของ fluvial และ lacustrine environment

ก) ซากรูหนอน เป็นลักษณะร่องรอยของซากรอยบรรพ์ขีวิน (trace fossils) พบอยู่ในชั้นสลับกันแบบ rhythmic sequence ของ หินทรายเนื้อลิตติกขนาดตะกอนเล็กมากกับหินทรายแป้ง โดยซากรอยบรรพ์ขีวินพบตามผิวหน้าของหินทรายทั้งสองชนิด และภายในชั้นของหินทรายแป้ง มีจำนวนทั้งสิ้น 9 ชั้น เป็นที่น่าสังเกตว่ารูหนอนดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นรูปหล่อ ซึ่งแสดงถึงการทับถมอย่างรวดเร็วของหินทราย ภายหลังจากรูหนอนได้เกิดขึ้นบนชั้นหิน sandy marl (รูป 3.3ญ)

ซากรูหนอนสามารถแบ่งใหญ่ๆ ได้ 2 แบบคือแบบแนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) จำนวนมากกว่า 5 ชนิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูหนอนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 4.5 มิลลิเมตร และมีความยาวของรูตัวหนอนไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตร



รูป 3.3ก หินทรายเนื้อลิกชั้นหนาปานกลางสลับกับหินทรายแป้งเนื้อไม่ก้ำชั้นบางมาก

รูป 3.3ข หินโคลนสีเทาเข้มตามหน้าผาใกล้ร่องน้ำใสใหญ่แสดงการแตกหักตามรอยแตก

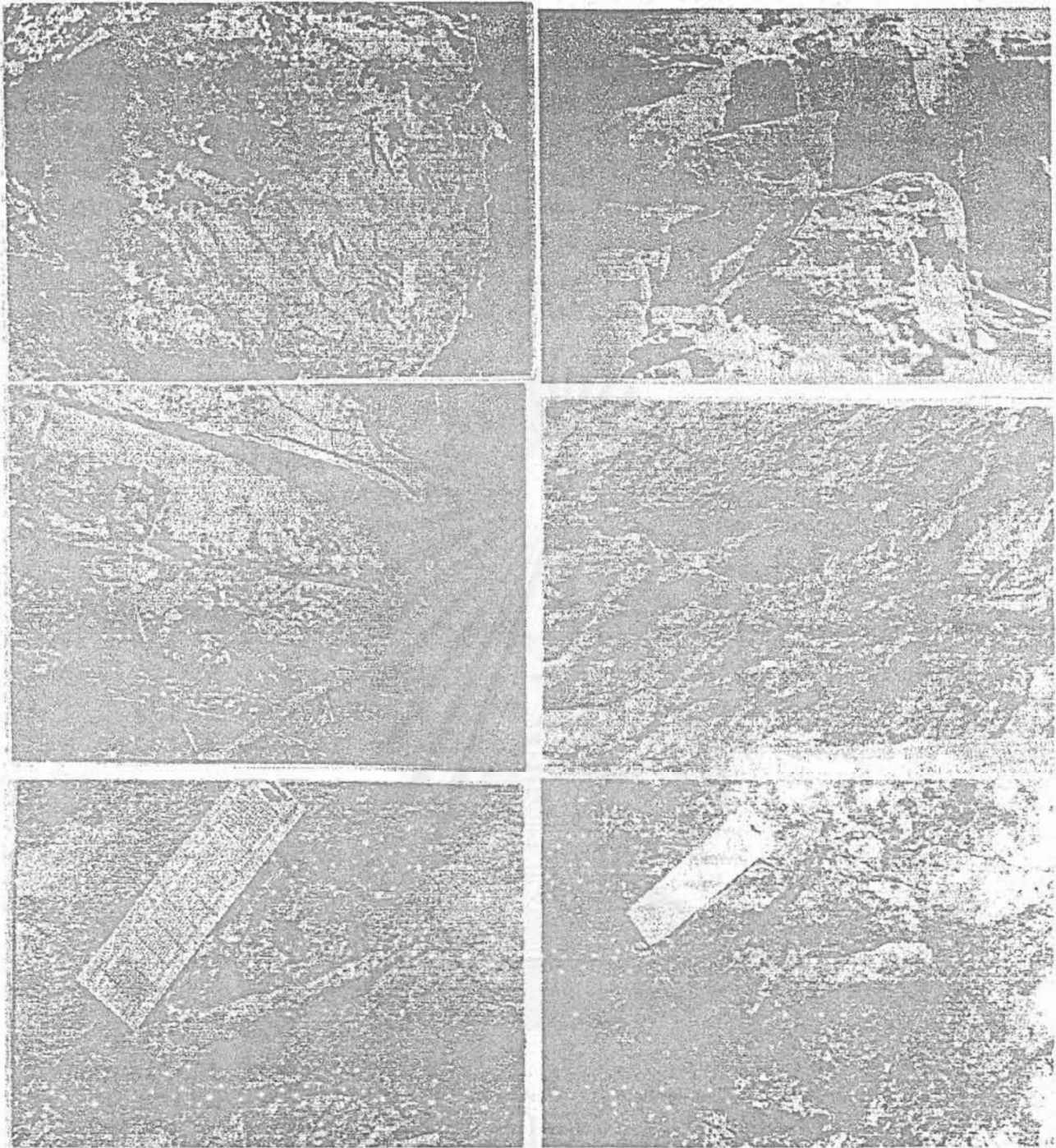
รูป 3.3ค หินโคลนสีเทาเข้มหนา 3.5 เมตร แสดงการแตกคล้ายดินสอ

รูป 3.3ง หน้าผาของหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงชั้นหนา ข้างลำน้ำใสใหญ่

รูป 3.3จ ชั้นเฉียงระดับมุมต่ำในหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาทางส่วนกลางของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.3ฉ หินทรายเนื้อลิกชั้นบางสลับแบบ rhythmic กับหินทรายแป้งสีเทา

3.3ก	3.3ข
3.3ค	3.3ง
3.3จ	3.3ฉ



รูป 3.3 ข เศษหินหลุดของหินทรายอาร์โคสซึ่งอยู่บนชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ ที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์

รูป 3.3 ช หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนากว่า 2 เมตร โผล่ชัดเจนบริเวณน้ำตกวังเหว

รูป 3.3 ฉ ชั้นแทรกสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงชั้นหนากว่า 1 เมตรกับหินทรายแป้งชั้นบางมาก ซึ่งเป็นหน่วยหินตอนบนของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.3 ฉ ภาพใกล้ของรูหนอนแบบนอน

รูป 3.3 ฉ ภาพใกล้แสดงรูปหล่อของรอยเท้าไดโนเสาร์ประเภทที่ 1

รูป 3.3 ฉ ภาพใกล้แสดงรูปหล่อของรอยเท้าไดโนเสาร์ประเภทที่ 2

3.3ข	3.3ช
3.3ฉ	3.3ญ
3.3ฎ	3.3ฏ

ข) รอยเท้าไดโนเสาร์ พบเพียง 1 ชั้น โดยชั้นดังกล่าวมีลักษณะที่เด่นชัดมากคือเป็นชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ สีขาวเนื้อหยาบปานกลาง ขนาด 40 เซนติเมตร ที่มี cast ของรอยร้าวคลื่นที่มีความยาวคลื่น 5-7 เซนติเมตรและความสูงของคลื่น 1 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นคลื่นอสมมาตร (asymmetrical wave) ชั้นหินดังกล่าวอยู่ที่ใต้หินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดงชั้นหนามากกว่า 1 เมตร และเนื่องจากชั้นหินทั้งสองถูกประกอบด้วยหินโคลนชั้นหนา เมื่อชั้นหินเกิดการแตกหัก ผู้พบบนชั้นหินทรายที่เหลืออยู่จะแตกออกมาจากชั้นหินและกลิ้งออกมาเป็น loose block ขนาดใหญ่ (รูป 3.3ก-3.3ข)

คณะผู้สำรวจพบว่าชั้นหินโคลนสีเทาเข้มชั้นหนาใต้หินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ แสดงเบ้า (mold) ของรอยร้าวคลื่นในผิวบนของชั้นหินโคลน จึงน่าจะสรุปได้ว่ารอยเท้าไดโนเสาร์จริงๆ น่าจะเกิดขึ้นบนผิวของชั้นหินโคลนสีเทาเข้มที่มีลอนคลื่นและถูกปิดทับด้วยชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ที่เข้ามาอุดในส่วนที่เป็นรอยเท่านั้นด้วย และเนื่องจากหินโคลนสีเทาเข้มค่อนข้างอ่อน ไม่ทนทาน ดังนั้นการสำรวจหารอยเท้าไดโนเสาร์รอยอื่นๆ ในชั้นหินนี้จึงไม่สามารถกระทำได้นอกจากการหารูปหล่อในหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ที่ถล่มมาจากหินโผล่และพลิกกลับให้เห็นชั้นหินทรายดังกล่าว

สำหรับรอยเท้าไดโนเสาร์พบว่ามี 2 ชนิดซึ่งน่าจะเป็นพวกกินเนื้อในสกุลซีลูโรซอร์ (Coelurosaur)

3.2 ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่เขางมุกแขก

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ศึกษา โผล่ตามเชิงเขาจนถึงไหล่เขางมุกแขก และถูกวางทับด้วยหมวดหินภูพาน ซึ่งโผล่เป็นลานหินและยอดเขางมุกแขกทางตอนบน แต่ไม่พบหมวดหินพระวิหารในพื้นที่ที่ศึกษาชั้นหินอ้างอิง การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือด้วยมุมเอียงเทต่ำกว่า 5°

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่เขางมุกแขก ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงๆ ที่โผล่ตามบริเวณที่ราบจนถึงไหล่เขาทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของทางขึ้นยอดเขางมุกแขก ตั้งแต่ความสูง 320-370 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักเล็กๆ ของหินทรายสลับไหล่เขาเดี่ยวๆ ซึ่งเป็นชั้นหินทรายแบ่งชั้นหนา บริเวณตอนล่างสุดมีลักษณะเป็น quarry อันเนื่องมาจากการขุดหน้าดิน บนสุดของชั้นหินอ้างอิงเป็นชั้นหินทรายแข็งของหมวดหินภูพาน

3.2.1 ลักษณะทั่วไปของชั้นหินอ้างอิง

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 219149 (Map sheet 5338 II บ้านสุขขิง) (รูป 3.4)

- พิกัด Geographic $14^{\circ}35'N$ และ $101^{\circ}59'E$

- เขางมุกแขก บ้านหลุมเงิน จ.นครราชสีมา

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดปราจีนบุรี ใช้ถนนหมายเลข 33 ถึง อ.กบินทร์บุรี และใช้ถนนหมายเลข 304 ถึงบ้านหลุมเงิน เลี้ยวซ้ายไปตามทางลูกรัง 1 กิโลเมตร ถึงเชิงเขางมุกแขก

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 16 หน่วยหิน

BAN SUKHANG

Sheet 5338 II



รูป 3.5 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ 2 ของหมวดหินเสาขัว (เขางมกแขก)

(Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.5) โดยมีความหนารวมประมาณ 40.8 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 75 %

ง) ข้อมูลอื่นๆ เฉพาะหน่วยหิน Unit ที่ 1 ในแท่งลำดับชั้นหินเป็นหมวดหินภูพาน ซึ่งไหลบ้นยอดเขา แต่ไม่พบหลักฐานยืนยันว่าชั้นหินนี้วางตัวต่อเนื่องอย่างแท้จริงบนหมวดหินเสาขัวที่พื้นที่ที่ศึกษาชั้นหินอ้างอิงๆ

3.2.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาจุกแกกประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ๆ 4 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่าง (Unit ที่ 7-16) มีความหนารวม 23.1 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวน 5 ครั้ง ตามลักษณะความรุนแรงของกระแสที่พัดพาตะกอนมาในแต่ละ episode โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวจะเริ่มที่ชั้นหินกรวดมน-หินทรายเนื้ออาร์โคส-หินทรายแป้ง-หินโคลน หรืออาจเริ่มที่หินทรายเนื้ออาร์โคส-หินทรายแป้ง-หินโคลนก็ได้ ความหนาของแต่ละ cycle ประมาณ 4-9 เมตร ขึ้นกับขนาดของตะกอนที่กระแสพัดพามาในช่วงแรกสุดของ และความหนาของชั้นหินตะกอนขนาดเล็กในช่วงปลายสุดของ episode นั้น ๆ

รายละเอียดของแต่ละ cycle พบว่าในส่วนล่างของหมวดหินเสาขัวที่เขาจุกแกก มักเริ่มที่ชั้นหินกรวดมนประเภท paraconglomerate สีน้ำตาลแดงแกมเขียว เนื้อปนปูน ชั้นบางหรือมีลักษณะคล้ายเลนส์หนาไม่เกิน 30 เซนติเมตร เม็ดกรวดในเนื้อหินพบประมาณ 30% โดยปริมาตร เป็นเม็ดหินทรายแป้งสีแดง ความกลมมนดี บางครั้งพบเศษกระดูกไดโนเสาร์ชิ้นเล็กและหอยสองฝาอยู่ในเนื้อหิน (รูป 3.6ก)

ต่อมาชั้นหินจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดง ขนาดตะกอนปานกลางถึงละเอียด-ละเอียดมาก ชั้นหนา 20-50 เซนติเมตร แทรกสลับกับหินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นบาง (น้อยกว่า 10 เซนติเมตร) ลักษณะการเป็นชั้นชัดเจน (well bedded) โครงสร้างหินชั้นที่พบในหินทรายได้แก่ชั้นเฉียงระดับมุมต่ำ และ lamination ความหนาของชั้นหินช่วงนี้พบตั้งแต่ 0.5-3 เมตร ถัดขึ้นไปปริมาณของหินทรายแป้งที่แทรกสลับมีมากขึ้น จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นชั้นหินทรายแป้ง สีม่วงแดง ถึงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนามาก (ตั้งแต่ 1-8 เมตร โดยเฉลี่ย 4 เมตร) (รูป 3.6ข)

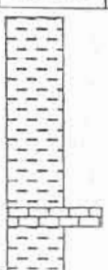
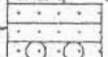
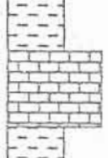
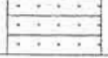
บริเวณช่วงกลางๆ ของหินทรายแป้งมักพบการปะปนของ calcrite nodule สีขาวถึงขาวเหลือง ผิวขรุขระ ขนาด 1-3 เซนติเมตร เป็นช่วงหนาประมาณ 10 เซนติเมตร ถึง 1-2 เมตร ขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นหินทรายแป้ง

ส่วนบนสุดของ cycle พบว่าเป็นหินโคลนสีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนาประมาณ 0.5-1 เมตร ซึ่งพบว่าผิวหน้าตอนบนของชั้นหินมีลักษณะ sharp contact กับหินกรวดมนที่อยู่ใน flow regime ถัดขึ้นไป (ในหลาย cycle อาจเริ่มต้นด้วยชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส ซึ่งมักพบ rip up clast ของหินทรายแป้งสีม่วงแดงในส่วนล่างของชั้นหิน) (รูป 3.6ค)

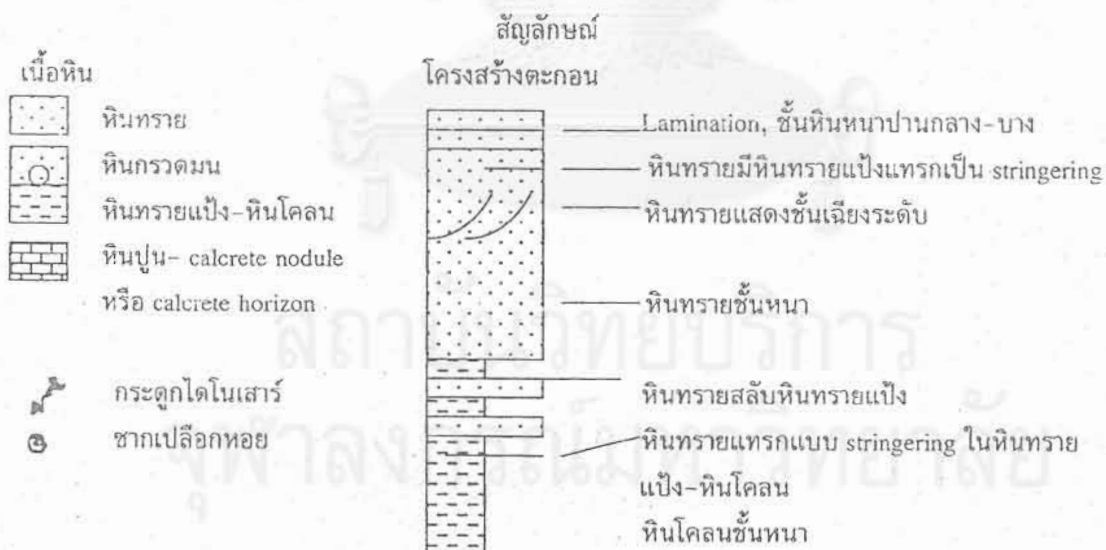
ข) ส่วนกลาง (Unit ที่ 5-6) มีความหนารวม 2.8 เมตร แยกออกจากหมวดหินเสาขัวส่วนล่างด้วยชนิดของหินทราย ซึ่งเป็นหินทรายเนื้อลิติก สีขาวประจุดดำ ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง-ละเอียด

รูป 3.5 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขางมูกแชก
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
0.5		1 (PP)	หินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ สีขาวถึงขาวเหลือง เนื้อหยาบ บางครั้งพบเม็ดกรวดแทรกใน ส่วนล่างของชั้นหินในปริมาณ 20-30% เป็นเม็ดควอร์ตซ์สีขาว เซิร์ตสีดำและแดง รวมทั้ง ยังพบเศษหินทรายแป้งและหินทราย ขนาด 0.3-0.5 เซนติเมตร
10		2	ไม่พบหินโผล่ แต่พบเศษก้อนหินทรายในหมวดหินภูพานและเศษหินทรายแป้ง หินทราย เนื้ออาร์โคสและร่องรอยของ calcrite nodule ที่ยังหลงเหลือ
3.4		3	ช่วงบนสุดของ unit เป็นชั้นหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ชั้นบางหรือเป็นเลนส์ ภายในเนื้อหินปูน พบซากดึกดำบรรพ์ของหอยสองฝาประเภท <i>Unio</i> sp. เป็นจำนวนมาก ต่อมาพบเลนส์ของ หินกรวดมนสีน้ำตาลแดงหนาไม่เกิน 30 เซนติเมตรแทรกในเนื้อหิน ภายในเนื้อหินกรวด มนพบเม็ดกรวดทั้งหมดเป็นเม็ดหินทรายแป้งที่มีความกลมมนสูง ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร และพบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์เป็นจำนวนมาก วางทับด้วยชั้นหินทราย แป้ง เนื้อปูนที่พบ calcrite nodule เพียงเล็กน้อยหนา 1.5 เมตร ส่วนล่างสุด 1.5 เมตร พบว่าเป็นชั้นสลับของหินทรายแป้งชั้นหนากับหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบางมาก
1		4	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงส้ม ขนาดตะกอนเล็ก ความหนาของชั้นหินอยู่ในช่วง 10-60 เซนติเมตร โดยเป็นลักษณะของ thinning upward sequence ที่มีชั้นหินทรายแป้งแทรกเป็น stringering พบโครงสร้างตะกอนประเภทชั้นเฉียงระดับ
1		5	หินทรายแป้งสีแดงม่วงหนา 1 เมตร ซึ่งพบ calcrite nodule แทรกในเนื้อหินอยู่ทั่วไป
1.8		6	หินทรายเนื้อลิติก หรือหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ จำนวน 2 ชั้น ทุกละ 40-70 เซนติเมตร โดยพบหินทรายแป้งเป็นชั้นบาง (5-20 เซนติเมตร) แทรกอยู่ตรงกลาง หินทรายเนื้อลิติก มีสีแดงประจุดขาว ขนาดตะกอนเล็ก ค่อนข้างสุร่วนและความกลมมนของเม็ดแร่ในเนื้อหิน ต่ำ พบชั้นเฉียงระดับมุมต่ำ ชั้นหินดังกล่าวจะค่อย ๆ grade แบบ fining upward และ thinning upward sequence ในตอนบนของชั้นหินแต่ละชั้น พบว่าเป็นชั้นหินทรายชั้นหนา ไม่เกิน 10 เซนติเมตร สลับกับหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปูน
0.6		7	หินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง เนื้อปูนชั้นหนา ตอนล่าง ๆ ของชั้นหินทรายพบการปะปน ของเม็ด calcrite nodule หนาประมาณ 10 เซนติเมตร
2		8	หินทรายเนื้ออาร์โคสสีแดงอ่อนถึงสีขาว ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง ชั้นบาง (20-30 เซนติเมตร) สลับกับหินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง ชั้นบาง (5-10 เซนติเมตร) ในหินทราย แสดงชั้นเฉียงระดับมุมต่ำ
1.2		9	หินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง เนื้อปูนชั้นหนา
1		10	หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนापานกลางถึงชั้นบางสลับกับหินทรายแป้งชั้นบาง พบชั้นเฉียง ระดับและ lamination ในหินทราย
3		11	หินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง เนื้อปูนชั้นหนา
3		12	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงน้ำตาล ปนปูน ชั้นหนापานกลางถึงบางแทรกสลับกับหินทราย แป้งสีม่วงแดงชั้นบางมาก ส่วนล่างสุดเป็นเลนส์ของชั้นหินกรวดมนชั้นบาง

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
8		13	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหินหนามาก ช่วงล่าง 1 เมตรแรกพบ calcrete nodule แทรกปะปนในเนื้อหิน ในขณะที่ช่วงบน 7 เมตร พบว่าหินมีความเป็นเนื้อปนปูนมาก และขนาดตะกอนเล็กลงเป็นหินโคลน ส่วนบนสุดพบว่ามีลักษณะของ sharp contact กับหน่วยหินตอนบนถัดขึ้นไป
0.3		14	หินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดง ตะกอนละเอียดถึงปานกลาง เนื้อปนปูน ชั้นบางแทรกสลับกับหินทรายแป้ง สีม่วงแดง ชั้นบางมาก ลักษณะการเป็นชั้นชัดเจน (well bedded) บางครั้งพบเลนส์ของหินกรวดมน สีน้ำตาลแดงแกมเขียว แทรกตามชั้นหินทราย เม็ดกรวดในเนื้อหินพบประมาณ 30% เป็นเม็ดหินทรายแป้ง สีแดง ความกลมมนดี บางครั้งพบกระดูกไดโนเสาร์ชิ้นเล็กอยู่ในเนื้อหิน
4			
0.5		15	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง ถึงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนามาก บริเวณช่วงกลางๆ ของหน่วยหินพบการปะปนของ calcrete nodule สีขาวถึงขาวเหลือง ผิวขรุขระ ขนาด 1-3 เซนติเมตรหนาประมาณ 2 เมตร ส่วนบนสุดของหน่วยหินพบว่ามีขนาดตะกอนถึงหินโคลน
		16	หินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดง ขนาดตะกอนละเอียดเนื้อปนปูน ชั้นบางแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งสีม่วงแดง ชั้นบางมาก

ชั้นหินอ้างอิงเขาจุกแตก ความหนารวม 40.8 เมตร



ค่อนข้างฝูร่วนและความกลมมนของเม็ดแร่ในเนื้อหินต่ำ ชั้นหนาปานกลาง แสดงชั้นเฉียงระดับ แทรกสลับกับหินทรายแป้งชั้นบาง ต่อมาชั้นหินค่อยๆ เปลี่ยนแบบ fining upward และ thinning upward sequence โดยเป็นชั้นสลับของหินทรายเนื้อลิกิตสีขาวประจุดดำ ขนาดตะกอนละเอียด-ละเอียดมากชั้นหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตรกับหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปนปูน และค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วงหนา 1 เมตร ซึ่งพบ calcrite nodule แทรกในเนื้อหินอยู่ทั่วไป (รูป 3.6ง)

ค) ส่วนบน (Unit ที่ 3-4) มีความหนาประมาณ 4.4 เมตร เป็นลักษณะของการสะสมตัวแบบวงจร (cycle) จำนวน 1 cycle คล้ายที่พบในส่วนล่างของหมวดหินเสาขัวที่เขามุกแซก โดยตอนบนสุดพบว่า เป็นเลนส์ของหินกรวดมนสีน้ำตาลแดงหนาไม่เกิน 30 เซนติเมตร ภายในเนื้อหินพบเม็ดกรวดทั้งหมดเป็นเม็ดหินทรายแป้งที่มีความกลมมนสูง ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร และพบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์และเศษเปลือกหอยเป็นจำนวนมาก (รูป 3.6จ)

ง) ส่วนบนสุด (Unit ที่ 2) มีความหนาไม่เกิน 10 เมตร เป็น conceal zone ที่พบเศษหินกลมซึ่งประกอบด้วยหินทรายปนกรวดของหมวดหินภูพานเป็นหลัก แต่พบว่ามีเศษหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อนภายในเนื้อหินปูนพบซากดึกดำบรรพ์ของหอยสองฝาประเภท Unio sp. เป็นจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนบนสุดของหมวดหินเสาขัวเริ่มมีการสะสมตัวแบบ lacustrine environment (รูป 3.6ฉ)

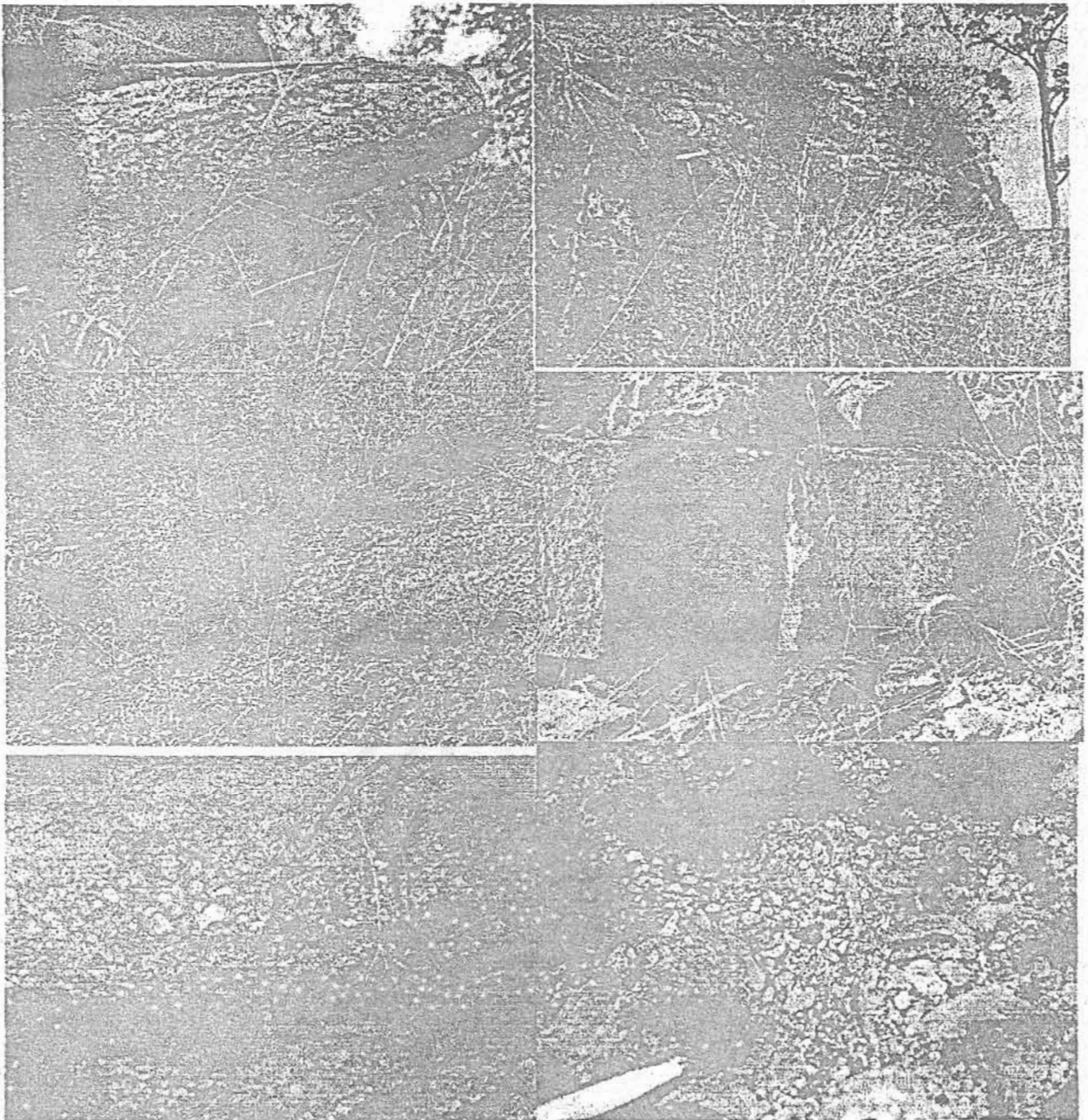
3.2.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 2 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชั้นเล็กและซากหอยสองฝา ซึ่งพบในส่วน flow regime ช่วงต้นของ fluvial environment และใน lacustrine environment ตามลำดับ

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมนของแต่ละ cycle โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง เท่าที่พบมีอยู่ 2 ชั้น (ตามรูป 3.6จ) เนื่องจากซากไดโนเสาร์ที่หลงเหลืออยู่เป็นส่วนที่แข็งมากที่สุด (กระดูกและฟัน-ซึ่งน่าจะเป็นไดโนเสาร์ประเภทกินเนื้อ?) จึงทำให้คณะผู้ศึกษาเชื่อว่า ซากไดโนเสาร์ดังกล่าวเกิดขึ้นบนชั้นหินทรายแป้งสีแดงและถูกพัดพามาด้วยกระแสน้ำที่รุนแรง พร้อมกับเศษหินทรายแป้ง ก่อนที่จะเกิดการสะสมตัวตามท้องน้ำเป็นหินกรวดมนและเกิดการทับถมอย่างรวดเร็วด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส

เศษกระดูกไดโนเสาร์มักพบเป็นชิ้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดงริ้วลายยาวสีม่วงแดงอ่อน ซึ่งเป็นลักษณะ texture ภายในอย่างชัดเจน ในขณะที่ฟันไดโนเสาร์มีลักษณะเรียวยาวกลม ค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 0.5x 2 เซนติเมตร สีเข้ม มีร่องฟันตามผิวฟันเป็นแนวยาว นอกจากนี้ยังพบกระดูกงูเต่า ซึ่งมีลักษณะเรียบ โค้ง สีอ่อน เป็นชิ้นเล็กๆ คล้ายเกล็ดปลาอีกด้วย โดยส่วนใหญ่เศษกระดูกพบไม่เกิน 5% ของ clast ในเนื้อหินปูน

ข) หอยสองฝา พบทั้งในก้อนหินปูนน้ำจืด ซึ่งอยู่ทางส่วนบนสุดของหมวดหินเสาขัว และเป็นส่วนเดียวที่แสดงลักษณะของ lacustrine environment และในหินกรวดมนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ fluvial environment โดยหินปูน biomicrite ที่พบมีปริมาณของซากหอยสองฝามากกว่า 50% ในเนื้อหิน สภาพหอยสองฝาที่พบมีสภาพสมบูรณ์ ขนาดตั้งแต่ 2-5 เซนติเมตร บางตัวถูก recrystallized จนมองไม่เห็น texture ในหินกรวดมนพบว่าซากหอยสองฝาที่พบมีการแตกหักและมีขนาดเล็กกว่ามาก (ตามรูป 3.6ฉ)



รูป 3.6ก ชั้นหินกรวดมนชั้นหนาประมาณ 30 เซนติเมตร มักพบว่าเป็นชั้นหินล่างสุดของแต่ละ Cycle

รูป 3.6ข หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา วางตัวเป็นตะพักบริเวณไหล่เขาจุกแกก

รูป 3.6ค หินทรายแป้งเนื้อปนปูน พบเป็นชั้นหินค้ำระหว่างตะพักหิน

รูป 3.6ง หินทรายเนื้อลิกติก สีแดงประจุดขาว พบเป็นช่วงๆ บริเวณส่วนกลางของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.6จ ภาพใกล้แสดงเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ปะปนกับ clast จำพวกหินทรายแป้ง ในชั้นหินกรวดมน

รูป 3.6ฉ ภาพใกล้เศษหอยสองฝาจำนวนมากในชั้นหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน

ตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง

3.6ก	3.6ข
3.6ค	3.6ง
3.6จ	3.6ฉ

ซากหอยสองฝาทั้งหมดคาดว่าอาจเป็นหอยตระกูลเดียวกันกับหอยสองฝาที่พบบริเวณภูเวียง

3.3 ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่เขาลอมฟาง

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ศึกษา โผล่ตามเชิงเขาจนถึงไหล่เขาลอมฟางและถูกวางทับด้วยหมวดหินภูพาน ซึ่งโผล่เป็นลานหินและยอดเขาลอมฟางทางตอนบน แต่ไม่พบหมวดหินพระวิหารในพื้นที่ที่ศึกษาชั้นหินอ้างอิง การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยมุมเอียงเทต่ำกว่า 5°

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่เขาลอมฟาง ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงฯ ที่โผล่ตามบริเวณที่ราบจนถึงไหล่เขาทางด้านตะวันตกของทางขึ้นยอดเขา ตั้งแต่ความสูง 300-360 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักเล็ก ๆ ของหินทรายสลัปลไหลเขาเดี่ยว ๆ ซึ่งเป็นชั้นหินทรายแบ่งชั้นหนา บริเวณตอนล่างสุดมีลักษณะเป็น quarry อันเนื่องมาจากการขุดหน้าดิน บนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีลักษณะเป็นชั้นหินทรายแข็งของหมวดหินภูพาน

3.3.1 ลักษณะทั่วไปของชั้นหินอ้างอิง

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 154162 (Map sheet 5338 II บ้านสุขัง) (รูป 3.7)

- พิกัด Geographic $14^{\circ}36'N$ และ $101^{\circ}56'E$

- เขาลอมฟาง บ้านหัวโกรก จ. นครราชสีมา

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดปราจีนบุรี ใช้ถนนหมายเลข 33 ถึง อ.กบินทร์บุรี และใช้ถนนหมายเลข 304 จนถึงแยกบ้านบะใหญ่ เลี้ยวซ้ายไปตามทางลาดยางประมาณ 10 กิโลเมตรถึงบ้านโนนทอง เลี้ยวขวาเข้าทางลูกรังผ่านบ้านหัวโกรก ถึงเขาลอมฟาง ระยะทางประมาณ 4 กิโลเมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 18 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.8) โดยมีความหนารวมประมาณ 59 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 95 %

ง) ข้อมูลอื่น ๆ เฉพาะหน่วยหิน Unit ที่ 1 ในแท่งลำดับชั้นหินเป็นหมวดหินภูพาน ซึ่งโผล่บนยอดเขา มีความหนามากกว่า 1 เมตร ลักษณะทั่วไปคล้ายหินทรายใน unit 1 ของเขาจุกแกก ส่วนหมวดหินเสาขัวในภาพรวมพบว่ามีขนาดตะกอนโดยเฉลี่ยใหญ่กว่า

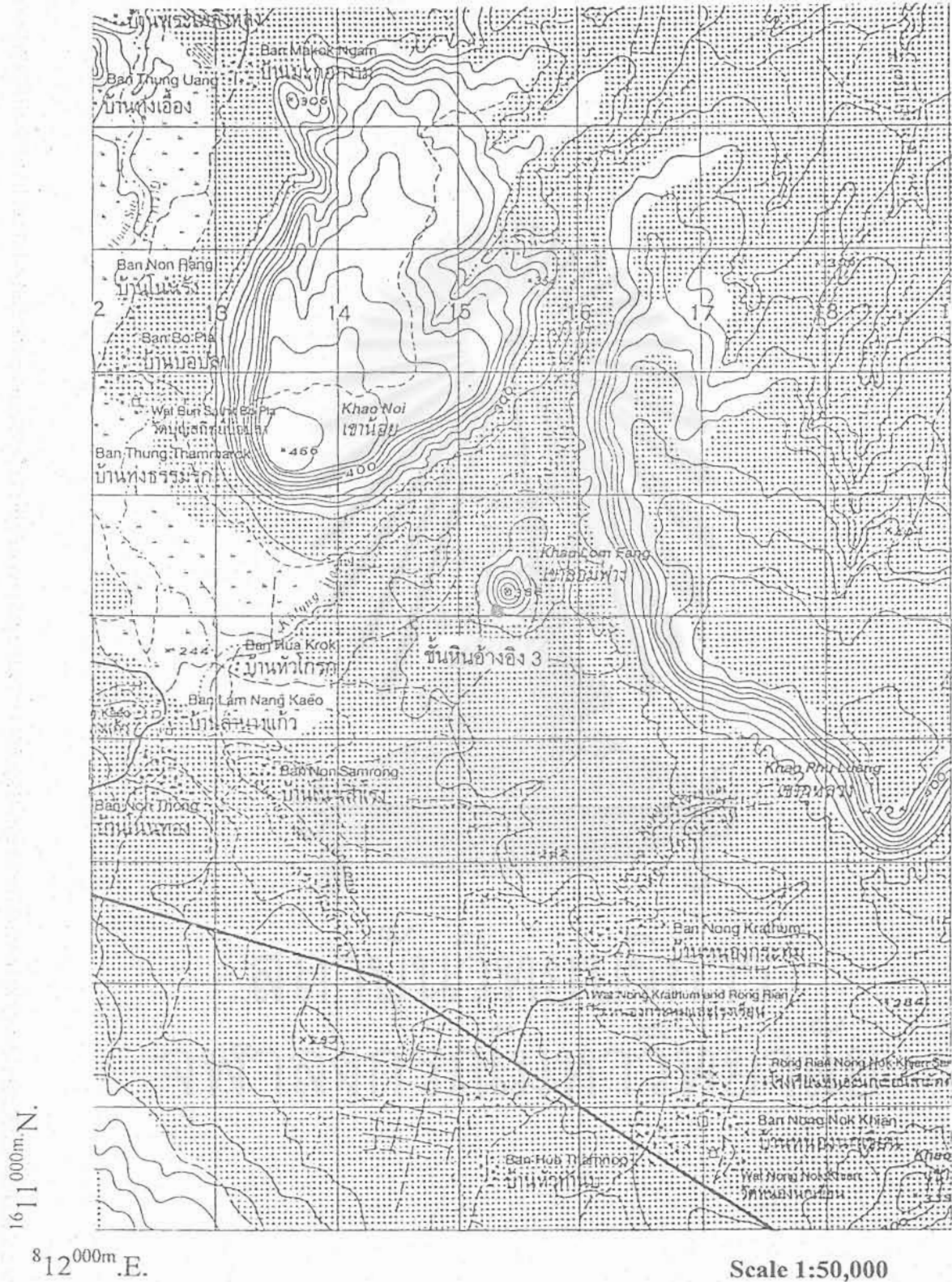
3.3.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาลอมฟางประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ ๆ 3 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่าง-กลาง (Unit ที่ 8-18) มีความหนารวม 40.9 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวน 5 ครั้ง ตามลักษณะความรุนแรงของกระแสที่พัดพาตะกอนมาในแต่ละ episode โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวเริ่มที่ชั้นหินกรวดมน-ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแบ่ง-ชั้นหิน

BAN SUKHANG

Sheet 5338 II



รูป 3.8 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่อ้างอิงที่ 3 ของหมวดหินเสาขัว (เขาลอมฟาง)

รูป 3.8 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาลอมฟาง
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

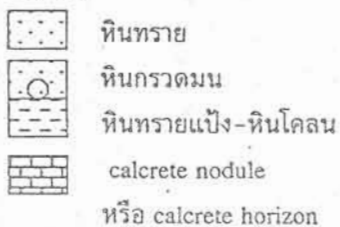
(m)	column	Unit	คำอธิบาย
0.7		1 (PP)	หินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ สีขาวถึงขาวเหลือง เนื้อหยาบ บางครั้งพบเม็ดกรวดแทรกใน ส่วนล่างของชั้นหินในปริมาณ 20-30% เป็นเม็ดควอร์ตไซต์ขาว เซิร์ตสีดำและแดง รวมทั้ง ยังพบเศษหินทรายแป้งและหินทราย ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร
3		2	หินโคลนสีแดงม่วงถึงเทา เนื้อปูนชั้นบางสลับกับหินทรายเนื้อไมก้า สีเทาชั้นบาง ในช่วง 60 เซนติเมตรตอนบน วางทับหินโคลนเนื้อไมก้าสีเทา แสดง convolute bed หนา 40 เซนติเมตร ตอนล่างสุดเป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปูน ชั้นหนา โดยมีหินกรวดมนพบ เม็ดกรวดทั้งหมดเป็นเม็ดหินทรายแป้งที่มีความกลมมนสูง ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร พบ ซากดึกดำบรรพ์ของหอยสองฝาประเภท Unio sp. เป็นจำนวนมาก
4.1		3	หินทรายเนื้อลึติก หรือหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ สีแดงประจุดขาว ค่อนข้างฟูร่วนและ ความกลมมนของเม็ดแร่ในเนื้อหินต่ำ พบแร่เฟลด์สปาร์ในเนื้อหินมาก พบชั้นเฉียงระดับ มุมต่ำเอียงไปทางทิศตะวันออก โดยเฉพาะในชั้นหินส่วนล่าง หินทรายหลายชั้นแสดง ลักษณะของ graded bedding โดยส่วนฐานของแต่ละชั้นมักพบตะกอนขนาดปานกลางซึ่งมี pebble ของแร่ควอร์ตไซต์ และค้อยๆ ลดขนาดตะกอนลงเหลือขนาดตะกอนเล็กในส่วนบน ของชั้นหิน ถัดขึ้นไปเป็นชั้นหินสลับชั้นหนาไม่เกิน 15 เซนติเมตรของหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ เนื้อไมก้า สีขาวประจุดดำ ขนาดตะกอนปานกลางกับหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อ ปูนปูนชั้นบางมาก ก่อนที่จะ grade ไปเป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วงหนา 50 เซนติเมตร (มี อยู่ 2 ช่วง)
1.5		4	หินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง เนื้อปูนปูนชั้นหนา
7.5		5	เหมือน Unit 3 ในชั้นหินทรายที่หนามากแสดง cycle ย่อยๆ ของ coarse-grained - medium grained - fine - grained เป็นช่วงๆ หนา 30 เซนติเมตร/ cycle ไม่แสดงชั้นเฉียง ระดับชัดเจน ชั้นล่างสุดเป็น thick bedded sandstone
		6	เศษหินถล่ม คาดว่าเป็นชั้นสลับของหินทรายกับหินทรายแป้ง ชั้นบาง
1		7	หินทรายเนื้อลึติก-เนื้ออาร์โคส สีน้ำตาลแดง ขนาดตะกอนปานกลาง ช่วงล่างๆ พบว่ามีเม็ด กรวดชนิดแร่ควอร์ตไซต์ ขนาด 0.1 เซนติเมตร ปะปนในเนื้อหิน
0.3		7	
13.1		8	หินทรายแป้งชั้นหนามาก ตอนบนสุดพบหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ตะกอนเล็กมาก เนื้อปูนปูนแทรกเป็น stringering หลายๆ ชั้น และพบ calcrete nodule แทรกปะปน ตอน กลางพบว่าเป็นชั้นหินทรายแป้ง สีแดงม่วง เนื้อปูนปูน ชั้นหนา 3.7 เมตร ส่วนล่างสุดของ หน่วยหินพบเป็นหินทรายแป้งชั้นหนา ซึ่งมักพบการปะปนของ calcrete nodule เป็น จำนวนมาก รวมแล้วชั้น calcrete nodule นี้หนาดัง 4.4 เมตร

ต่อด้านหลัง

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
4.5		9	หินทรายเนื้ออาร์โคสสีแดงม่วง ขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็กมาก เนื้อปนปูน ชั้นบาง (หนา 10-30 เซนติเมตร; ลักษณะ thinning upward) แทรกสลับกับหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปนปูน ชั้นบางมาก (ดูเหมือน stringing) ชั้นหินทรายตอนล่างมักพบชั้นเฉียงระดับซึ่งมีทิศทางของกระแสน้ำไปทางทิศตะวันตก ในขณะที่ชั้นหินทรายตอนบนพบว่าแนวชั้นเฉียงระดับไม่ชัดเจนนัก
0.5		10	หินกรวดมนสีน้ำตาลแดงแกมเขียว ชั้นหนา 20-50 เซนติเมตร เม็ดกรวดในเนื้อหินพบประมาณ 30% เป็นเม็ดหินทรายแป้ง สีแดง ความกลมมนดี พบซากดึกดำบรรพ์ประเภทหอยสองฝาที่แตกหัก ขนาด 1-2 เซนติเมตร
3.5		11	หินทรายแป้งหนา สีแดง เนื้อปนปูน พบการปะปนของ calcareous nodule เป็น layer บางๆ ทางตอนกลางของชั้นหินทรายแป้ง ส่วนล่างประมาณ 1.5 เมตรพบการแทรกสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง เนื้อปนปูน เป็นแบบ stringing
1.5		12	เหมือน Unit 9
1.8		13	หินกรวดมนชั้นบางถึงหนานปานกลาง (10-60 เซนติเมตร) หลายชั้นแทรกสลับกับหินทรายแป้งชั้นบางมาก (น้อยกว่า 5 เซนติเมตร) หินกรวดมนมีลักษณะคล้าย Unit 10 พบซากฟอสซิลและเศษกระดูกไดโนเสาร์ในเนื้อหินเล็กน้อย
3		14	หินทรายแป้ง สีแดงม่วงเนื้อปนปูนชั้นหนา โดยอาจพบเลนส์ของหินทรายเนื้ออาร์โคสขนาดตะกอนเล็กมาก ชั้นหนา 10-50 เซนติเมตรแทรกสลับบริเวณช่วงกลาง พบว่าในหินทรายแป้งเกือบทั้งหมดมีการปะปนของ calcareous nodule สีขาวถึงขาวเหลือง โดยเฉพาะในส่วนบน ส่วนล่างหนา 10 เซนติเมตรเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบาง พบชั้นเฉียงระดับ
1		15	หินกรวดมนชั้นบาง (10-20 เซนติเมตร) สลับกับหินทรายแป้งชั้นบางมาก (น้อยกว่า 5 เซนติเมตร) จำนวน 5 ครั้ง หินกรวดมนมีสีม่วงแดงและเทาเขียว เนื้อปนปูนมาก เนื้อ matrix เป็นหินทรายเนื้อหยาบ เม็ดกรวดเกือบทั้งหมดเป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วงที่มีความกลมมนสูง ขนาดเม็ดกรวด 0.5-1 เซนติเมตร มักพบซากฟอสซิลและเศษกระดูกไดโนเสาร์
4		16	หินทรายแป้ง สีแดงม่วงถึงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนามาก บริเวณช่วงกลางๆ ของหน่วยหินพบการแทรกสลับด้วยเลนส์ของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดง ขนาดตะกอนเล็กมาก ชั้นหนาไม่เกิน 20 เซนติเมตร ประมาณ 2-3 ชั้น ภายในชั้นหินทรายพบชั้นเฉียงระดับชัดเจน
3		17	ส่วนล่างสุดเป็นชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสสีแดงน้ำตาล ชั้นหนาและค่อยๆ บาง (thinning upward sequence) ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง โดยพบหินทรายแป้งสีแดงม่วงแทรกเป็น stringing ชั้นเฉียงระดับ หลายทิศทางมักพบในชั้นหินทรายชั้นล่างๆ ส่วนชั้นบนๆ มักพบแนว lamination
5		18	หินทรายแป้ง สีแดงม่วง เนื้อปนปูน ชั้นหนา แทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นบาง (10-20 เซนติเมตร) ประมาณ 2-3 ชั้น ไม่พบ calcareous nodule แทรกในเนื้อหินทรายแป้ง

ชั้นหินอ้างอิงเขาลอมฟาง ความหนารวม 59 เมตร

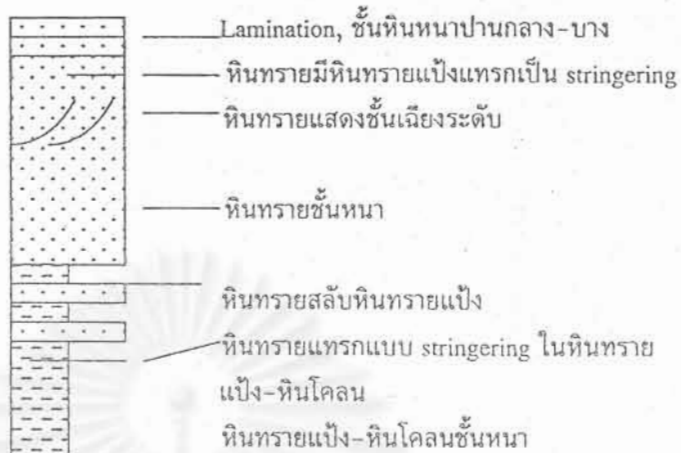
เนื้อหิน



กระดุกไดโนเสาร์
ซากเปลือกหอย

สัญลักษณ์

โครงสร้างตะกอน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โคลน หรืออาจเริ่มที่ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินโคลน ความหนาของ cycle โดยเฉลี่ยประมาณ 4-7 เมตร (cycle สุดท้ายพบว่ามีขนาดหนาลงถึง 19 เมตร) ขึ้นกับขนาดของตะกอนที่ กระแสน้ำพัดพามาในช่วงแรกสุดและขึ้นกับความหนาของชั้นหินตะกอนขนาดเล็กในช่วงปลายสุดของ episode นั้นๆ รายละเอียดโดยทั่วไปคล้ายส่วนล่างของหมวดหินเสาขัวที่เขางมุกแขกมาก แต่พบว่ามีชั้น หินกรวดมนมากกว่า (รูป 3.9 ก ถึง ค) และพบชั้น calcrete nodule มากกว่าและหนากว่า

ข) ส่วนบน (Unit ที่ 3-7) มีความหนารวม 14.4 เมตร แยกออกจากหมวดหินเสาขัวส่วนล่าง ด้วยชนิดของหินทราย โดยจุดเริ่มของ episode เป็นหินทรายเนื้อลิติก สีขาวประจุดดำ ขนาดตะกอน เปลี่ยนแปลงเนื่องจากพบลักษณะของ graded bedding ตั้งแต่หายไปถึงละเอียดปานกลาง หินค่อนข้างฝู ร่วนและความกลมมนของเม็ดแร่ในเนื้อหินต่ำ ชั้นหนาปานกลาง แสดงชั้นเฉียงระดับ แทรกสลับกับหิน ทรายแป้งชั้นบาง ต่อมาชั้นหินค่อยๆ เปลี่ยนแบบ fining upward และ thinning upward sequence โดย เป็นชั้นสลับของหินทรายเนื้อลิติกสีขาวประจุดดำ ขนาดตะกอนละเอียด-ละเอียดมากชั้นหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตรกับหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปนปูน และค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วงหนา 0.5-1.5 เมตร ซึ่งพบ calcrete nodule แทรกในเนื้อหินอยู่ทั่วไป

ในเขางมุกแขกพบ episode ดังกล่าวเพียง 1 cycle แต่ในเขาลอมฟางพบถึง 4 cycle

ค) ส่วนบนสุด (Unit ที่ 2) มีความหนาประมาณ 3 เมตร เป็นลักษณะของ cycle แบบ fluvial environment ทั่วไป แต่การสะสมตัวในช่วงท้ายๆ ก่อนจะเปลี่ยนไปเป็นหมวดหินภูพาน (Unit ที่ 1) อาจ มีการสะสมตัวแบบ lacustrine environment ผสมบ้าง เนื่องจากพบหินโคลนเนื้อไมก้าสีเทา และหินกรวด มนก็ยังมีพบซากดึกดำบรรพ์ของหอยสองฝาประเภท *Unio* sp. ในสภาพที่เกือบสมบูรณ์เป็นจำนวนมาก แสดงถึงความรุนแรงของกระแสน้ำต่ำมาก (รูป 3.9 ง)

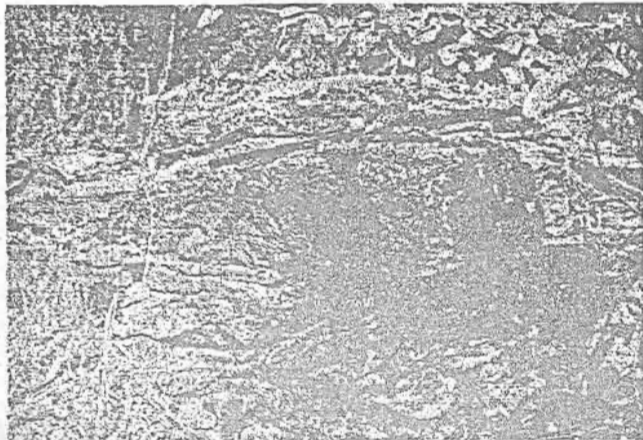
3.3.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 2 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็กและซาก หอยสองฝา ซึ่งพบในหินที่ตกตะกอนใน fluvial environment และใน lacustrine environment ตามลำดับ

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมนของแต่ละ cycle โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง และเป็นส่วนที่แข็งมากที่สุดคือกระดูกและฟัน พบจำนวน 2 ชั้น จึงทำให้คณะผู้ศึกษาเชื่อว่า ซากไดโนเสาร์ดังกล่าวเกิดขึ้นบนชั้นหินทรายแป้งสีแดงและถูกพัดพามาด้วย กระแสน้ำที่รุนแรง พร้อมกับเศษหินทรายแป้ง ก่อนที่จะเกิดการสะสมตัวตามท้องน้ำและเกิดการทับ ถมอย่างรวดเร็วด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส

ลักษณะของเศษกระดูกไดโนเสาร์มักพบเป็นชิ้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดงริ้วลายยาวสีม่วงแดงอ่อน ซึ่งคล้ายเศษกระดูกที่พบในชั้นหินอ้างอิงเขา จมูกแขก โดยส่วนใหญ่เศษกระดูกจะพบไม่เกิน 5% ของ clast ในเนื้อหินกรวดมน

ข) หอยสองฝา พบอยู่ในหินกรวดมนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ fluvial environment พบว่าหินกรวด มนมีปริมาณของซากหอยสองฝามากกว่า 50% ในเนื้อหิน สภาพหอยสองฝาที่พบมีสภาพแตกหัก (Unit 10) -สมบูรณ์ (Unit 3) ขนาดตั้งแต่ 2-5 เซนติเมตร ถึงเล็กกว่า 1 เซนติเมตร บางตัวถูก recrystallized



รูป 3.9ก ชั้นหินกรวดมนชั้นบางสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงชั้นบาง ส่วนล่างของชั้นหินอ้างอิง
เขาลอมฟาง

รูป 3.9ข หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลาง แสดงลักษณะ irregular bed

รูป 3.9ค หินทรายแป้งเนื้อปนปูนกับชั้น caliche พบเป็นชั้นหินหนาทางตอนล่างของเขาลอมฟาง

รูป 3.9ง ภาพใกล้แสดงเศษหอยสองฝาจำนวนมากในชั้นหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อนทางตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.9ก	3.9ข
3.9ค	3.9ง

จนมองไม่เห็น texture ชนิดของหอยสองฝานี้ คาดว่าเป็นหอยตระกูลเดียวกันกับหอยสองฝาที่พบบริเวณ ภูเวียง

3.4 ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 1

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง มักโผล่เป็นเขาสูงเดี่ยวๆ ถัดจากเทือกเขาสูงของหมวดหินพระวิหาร ทางด้านตะวันตก ซึ่งล้อมรอบทั่วทั้งภูเวียง ในขณะที่บริเวณที่ราบทางตะวันออกตอนกลางของภูเวียง เป็นหมวดหินภูพานและโคกกรวด โดยหมวดหินพระวิหาร ซึ่งโผล่เป็นเทือกเขาสูงรอบนอกได้เอียงเทเข้าหาหมวดหินเสาขัว (บริเวณชั้นหินอ้างอิง) และหมวดหินทั้งสอง ต่างเอียงเทเข้าหาหมวดหินภูพานซึ่งอยู่ทางตอนกลาง การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ เอียงเทไปทางตะวันออกด้วยมุมเอียงเทต่ำกว่า 5°

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 1 ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงฯ ที่โผล่ตามบริเวณไหล่เขาทางด้านตะวันตกของทางขึ้นยอดเขา 422 ตั้งแต่ความสูง 380-420 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักเล็ก ๆ ชั้น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนาสลับหินทรายแป้งชั้นหนา บริเวณตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีลักษณะเป็นลานหินทรายแป้งสลับกับเลนส์ของหินกรวดมนชั้นหนา

3.4.1 ลักษณะทั่วไปของชั้นหินอ้างอิง

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 048464 (Map sheet 5442 III อำเภอชุมแพ) (รูป 3.10)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}41'N$ และ $102^{\circ}14'E$

- เขา 422 อุทยานแห่งชาติภูเวียง ตำบลภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดขอนแก่น ใช้ถนนหมายเลข 12 และ 2038 ถึง อ.ภูเวียง เข้าไปถึงเขตอุทยานแห่งชาติภูเวียง หลุม 1 อยู่ทางตะวันตกของเขตทำการอุทยานประมาณ 1 กิโลเมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 11 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.11) โดยมีความหนารวมประมาณ 43 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 95%

ง) ข้อมูลอื่น ๆ หมวดหินเสาขัวที่แนวสำรวจหลุมขุดค้นที่ 1 จัดว่าเป็นส่วนของ "Middle part to Upper part" ของหมวดหินเสาขัวในบริเวณพื้นที่ภูเวียงที่เคยมีการศึกษาจากงานสำรวจแร่กัมมันตรังสีของกองเศรษฐธรณีวิทยา ปี พ.ศ. 2527

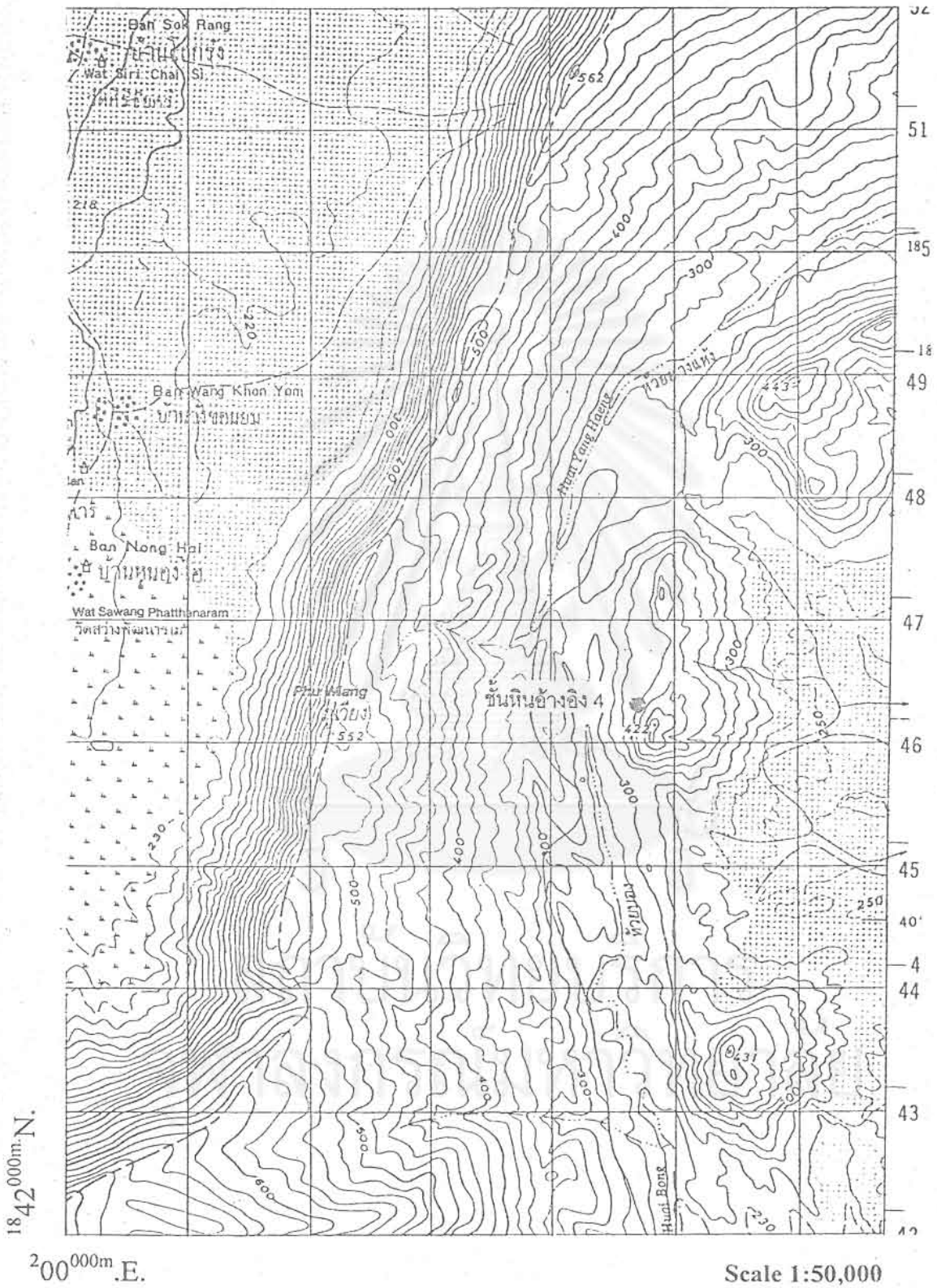
3.4.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 1 ประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ ๆ 3 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่าง-กลาง (Unit ที่ 3-11) มีความหนารวม 39.5 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward

AMPHOE CHUM PHAE

Sheet 5442 III



รูป 3.11 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่อ้างอิงที่ 4 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 1)

รูป 3.11 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขาภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 1
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)





(m)	column	Unit	คำอธิบาย
1.5		1	หินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน พบเม็ดกรวดในเนื้อหินประมาณ 20-45 % เป็นหินทรายแป้งและหินโคลนสีแดง ความกลมมนสูง ขนาดเม็ดกรวด 0.2-3 เซนติเมตร บางครั้งพบเศษหินและกระดูกไดโนเสาร์ขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร ตอนบนของหน่วยหินพบว่าถูกปกคลุมไปด้วยหินผุประเภทหินทรายเนื้ออาร์โคสและหินทรายแป้งชั้นบาง
2		2	หินทรายแป้งชั้นหนา สีแดงม่วง เนื้อปนปูนมาก และพบแร่ไมก้าค่อนข้างมาก ภายในชั้นหินทรายแป้งมักพบก้อน calcrite nodule แทรกปะปนอยู่ทั่วไป และมีปริมาณค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับชั้นหินทรายแป้งชั้นอื่น ๆ หินทรายแป้งตอนกลางพบซากกระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ประเภทซอโรพอด บนสุดของ Unit เป็นเลนส์ของหินปูนน้ำจืด สีเทาอ่อน ขนาดชั้นตั้งแต่ 10-30 เซนติเมตร และพบซากดึกดำบรรพ์ประเภทหอยสองฝา
2.5		2	หินทรายแป้งชั้นหนา สีแดงม่วง เนื้อปนปูนมาก และพบแร่ไมก้าค่อนข้างมาก ภายในชั้นหินทรายแป้งมักพบก้อน calcrite nodule แทรกปะปนอยู่ทั่วไป และมีปริมาณค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับชั้นหินทรายแป้งชั้นอื่น ๆ หินทรายแป้งตอนกลางพบซากกระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ประเภทซอโรพอด บนสุดของ Unit เป็นเลนส์ของหินปูนน้ำจืด สีเทาอ่อน ขนาดชั้นตั้งแต่ 10-30 เซนติเมตร และพบซากดึกดำบรรพ์ประเภทหอยสองฝา
3		3	ตอนบนเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงเทา ขนาดตะกอนหยาบ ชั้นหนา เนื้อไมก้า พบชั้นเฉียงระดับมุมต่ำ ถัดขึ้นมาเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบาง สลับกับหินทรายแป้ง สีม่วงแดง ตอนล่างเป็นชั้นหินกรวดมนสีม่วงแดงถึงเทาเขียว เนื้อปนปูนมาก (ความหนาของชั้นหินกรวดมนเท่าที่วัดได้ 20-40 เซนติเมตร) พบเม็ดกรวดในเนื้อหินประมาณ 35-45 % เป็นหินทรายแป้งและหินโคลนสีแดง ความกลมมนสูง ขนาดเม็ดกรวด 0.2-3 เซนติเมตร บางครั้งพบเศษหินและกระดูกไดโนเสาร์ขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร
4		4	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าในเนื้อหินค่อนข้างมาก ชั้นหินหนา 20-30 เซนติเมตร แต่มีความหนารวมถึง 3 เมตร ตอนบนของชั้นหินทรายแป้ง หนาประมาณ 30 เซนติเมตร พบ calcrite nodule ปะปนในเนื้อหิน
5		5	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนา ตอนล่างของแต่ละชั้นพบเม็ดกรวดแทรกในเนื้อหินเล็กน้อย พบหินทรายแป้งสีม่วงแดง เนื้อปนปูนแทรกเป็น stringering ระหว่างชั้นหิน โครงสร้างตะกอนที่พบชัดเจนคือชั้นเฉียงระดับและรอยรั่วคลื่น
5		6	หินทรายแป้ง สีเทาม่วงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรก ชั้นหนา โดยพบว่าเนื้อหินบางครั้งพบ channel ของเม็ดกรวด แทรกในเนื้อหินแบบเลนส์หรือมีลักษณะของ irregular bed ซึ่งมีความหนาไม่แน่นอน ตั้งแต่ 5-30 เซนติเมตร เม็ดกรวดที่แทรกในเนื้อหินพบประมาณ 10% เป็นพวกหินทรายแป้ง หินเชิร์ต และหินปูน (secondary?) ขนาด 0.2-3 เซนติเมตร หินทรายแป้งชั้นหนาทางตอนบน พบก้อน calcrite nodule สีขาวถึงขาวเหลือง เนื้อหยาบ ขนาดเล็กกว่า 1 เซนติเมตร ปะปนอยู่ในความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร
7		7	ชั้นสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีเทาอมม่วงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูน แสดงลักษณะของ lamination ความหนาของชั้นหินประมาณ 50-60 เซนติเมตร กับหินทรายแป้ง สีเทาอมม่วง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนาประมาณ 20-30 เซนติเมตร/ชั้น

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
5	8		ลักษณะคล้าย Unit 6
		9	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงเทา ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูนสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็ก-ปานกลาง เนื้อปนปูน พบแนวชั้นเฉียงระดับมุมต่ำในชั้นหินทั้งสอง
2			ลักษณะคล้าย Unit 6
		10	
5			cycle แบบ fining upward sequence โดยส่วนล่างสุดของหน่วยหินประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสสีขาวถึงน้ำตาล น้ำตาลแดง ขนาดตะกอนละเอียดถึงปานกลาง เนื้อปนปูน ชั้นหนามาก (ประมาณ 3 เมตร) พบลักษณะของชั้นเฉียงระดับและ lamination ต่อมาชั้นหินค่อยๆ grade มาเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน ชั้นหนาประมาณ 1 เมตรแทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายแป้ง-หินโคลนชั้นบาง เนื้อปนปูน พบรอยร้าวคลื่นในช่วงระหว่างชั้นหิน ตอนบนสุดพบว่าเป็นหินทรายแป้งสีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนา
		11	
7			

ชั้นหินอ้างอิงเขาภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 1 ความหนารวม 43 เมตร

สัญลักษณ์

เนื้อหิน

-  หินทราย
-  หินกรวดมน
-  หินทรายแป้ง-หินโคลน
-  หินปูน- calcrete nodule หรือ calcrete horizon



- กระดูกไดโนเสาร์
- ซากเปลือกหอย
- หินทรายแป้ง-หินโคลนชั้นหนา

โครงสร้างตะกอน



- Lamination, ชั้นหินหนาปานกลาง-บาง
- หินทรายมีหินทรายแป้งแทรกเป็น stringing
- หินทรายแสดงชั้นเฉียงระดับ
- หินทรายชั้นหนา
- หินทรายสลับหินทรายแป้ง
- หินทรายแทรกแบบ stringing ในหินทรายแป้ง- หินโคลน

sequence จำนวน 5 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวเริ่มจากหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแปง-ชั้นหินทรายแปงที่มี calcrite nodule -ชั้นหินโคลน บางครั้งเช่น cycle ที่ 5 (Unit ที่ 3) อาจเริ่มจากชั้นหินกรวดมน ความหนาของ cycle โดยเฉลี่ยประมาณ 7-12 เมตร ขึ้นกับความหนาของชั้นหินตะกอนขนาดเล็กในช่วงปลายสุด ซึ่งมักสะสมตัวหนาไม่ต่ำกว่า 4 เมตร และลักษณะตะกอนขนาดเล็ก (หินทรายแปง) ที่หนามาก จึงทำให้เกิดชั้น calcrite nodule หลายๆ ชั้น

รายละเอียดของแต่ละ cycle เริ่มจากหินทรายเนื้ออาร์โคสสีขาวถึงน้ำตาล น้ำตาลแดง ขนาดตะกอนละเอียดถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนามาก (ตั้งแต่ 2- 3 เมตร) พบลักษณะของชั้นเฉียดระดับและ lamination ชัดเจน ต่อมาชั้นหินค่อยๆ เปลี่ยนมาเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนาปานกลางแทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายแปง-หินโคลนสีม่วงแดงชั้นบาง เนื้อปนปูน พบรอยร้าวคลื่นในช่วงระหว่างชั้นหิน ตอนบนสุดพบว่าเป็นหินทรายแปงสีม่วงแดง เนื้อไมก้าและปนปูน หนาชั้นละ 20-30 เซนติเมตร แต่สะสมตัวหนากว่า 4 เมตร พบก้อน calcrite nodule แทรกปะปนในเนื้อหินมากมาย (รูป 3.12ก และข)

ไม่พบร่องรอยของซากไดโนเสาร์ในหมวดหินเสาขัวส่วนนี้ (เฉพาะในบริเวณชั้นหินอ้างอิง) ยกเว้นในหินกรวดมนบริเวณ cycle สุดท้าย (Unit 3) พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ปะปนอยู่ใน clast ของเนื้อหิน

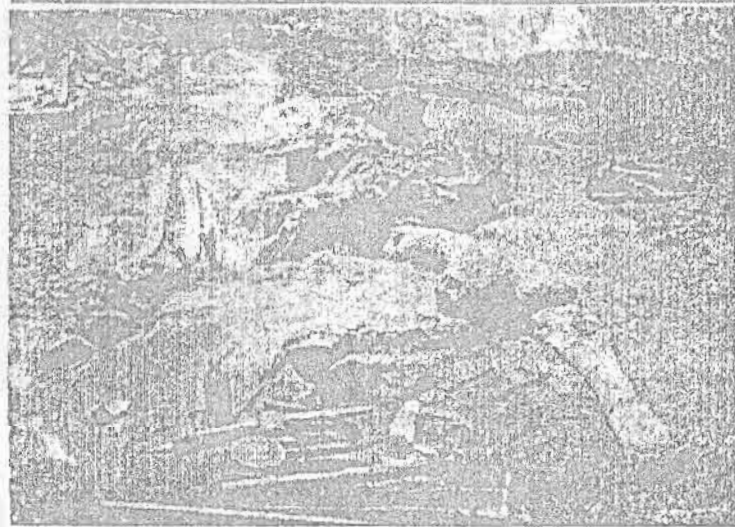
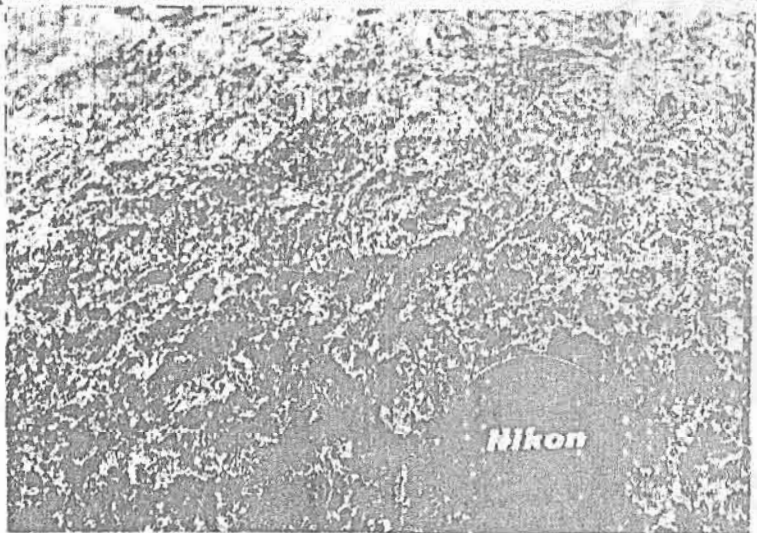
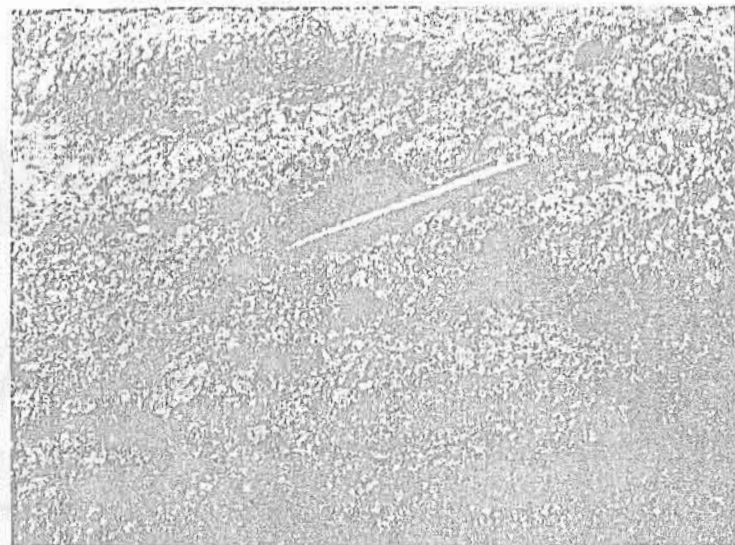
ข) ส่วนบน (Unit ที่ 2) มีความหนารวม 2 เมตร แสดงลักษณะของการสะสมตัวช่วงสุดท้ายของ Fluvial environment และเริ่มมีการสะสมตัวแบบ lacustrine environment โดยพบว่าหินทรายแปงชั้นหนาช่วงล่างเริ่มมีแร่ไมก้ามากผิดปกติ แสดงถึงการสะสมตัวโดยกระแสที่ไม่รุนแรง มีการพบซากกระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่ประเภทซอโรพอด ซึ่งเป็นการสะสมแบบอยู่กับที่ เนื่องจากกระดูกต่างๆ ยังคงรูปร่างเดิมไว้ นอกจากนี้ยังพบเลนส์ของหินปูนน้ำจืด สีเทาอ่อน ซึ่งมีซากหอยสองฝาจำนวนมาก แสดงว่ามีการสะสมตัวในลักษณะของ lacustrine environment อย่างน้อยช่วงหนึ่ง (รูป 3.12ค และ ง)

ค) ส่วนบนสุด (Unit ที่ 1) มีความหนา 1.5 เมตร แสดงลักษณะของการสะสมตัวของ Fluvial environment แบบ cycle สั้นๆ อีก 1 ครั้ง โดยมีช่วงต้นของ episode ที่รุนแรงเนื่องจากมีการสะสมตัวของหินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน ซึ่งพบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์อยู่ในเนื้อหินอีกด้วย

3.4.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 3 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็ก กระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่และซากหอยสองฝา ซึ่งพบในหินที่ตกตะกอนในช่วงต้น ช่วงปลายของ episode ใน fluvial environment และใน lacustrine environment ตามลำดับ

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมนของแต่ละ cycle โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแปง และเป็นส่วนที่แข็งมากที่สุดคือกระดูกและฟัน พบจำนวน 2 ชั้น เศษกระดูกไดโนเสาร์มักพบเป็นชิ้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดงริ้วลายยาวสีม่วงแดงอ่อน เห็นลักษณะ texture ภายในอย่างชัดเจน ในขณะที่ฟันไดโนเสาร์มีลักษณะเรียวยาวแหลม ค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 0.5x 2 เซนติเมตร สีเข้ม มีร่องฟันตามผิวฟันเป็นแนว



รูป 3.12ก ชั้นหินกรวดมนชั้นบางสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดงชั้นบาง ส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.12ข ภาพใกล้แสดงลักษณะเนื้อหินกรวดมน ในเม็ดกรวดบางครั้งพบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์

รูป 3.12ค ภาพใกล้ของเลนส์หินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝาจำนวนมาก

รูป 3.12ง ชั้นส่วนของกระดูกไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอดในหินทรายแป้งชั้นหนา บริเวณส่วนบนของชั้นหินอ้างอิง

3.12ก	3.12ข
3.12ค	3.12ง

ยาว และยังพบกระดูกเต่า มีลักษณะเรียบ โคน สีส่อน เป็นชิ้นเล็ก ๆ คล้ายเกล็ดปลาอีกด้วย ในหินกรวดมนพบเศษกระดูกและฟันประมาณ 5% ของ clast ในเนื้อหิน

ข) กระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่ พบอยู่ในชั้นหินทรายแป้งชั้นหนา ซึ่งถูกปิดทับด้วยชั้น calcrete horizon ใน Unit ที่ 2 จากรายงานการศึกษาซากสัตว์มีกระดูกสันหลังในปี ค.ศ. 1987 (ถูกขุดค้นในปี ค.ศ. 1982) พบว่าประกอบด้วย ribs, femurs, fibulas, pubis and vertebra โดยมีการสะสมตัวอยู่เป็นกลุ่ม เนื้อกระดูกบางครั้งถูก recrystallized เป็นแร่แคลไซต์ (ดูรูป 3.12 ง)

ค) หอยสองฝา พบอยู่ในหินปูนน้ำจืดประเภท biomicrite ในส่วนบนของ Unit ที่ 2 มีปริมาณของซากหอยสองฝามากกว่า 50% ในเนื้อหิน สภาพหอยสองฝาที่พบมีสภาพเกือบสมบูรณ์ ขนาดตั้งแต่ 2-5 เซนติเมตร บางตัวถูก recrystallized จนมองไม่เห็น texture ชนิดของหอยสองฝานี้ ได้แก่ *Unio* sp., *Trigonioides* sp., *Plicatounio* sp., and *Koreania* sp. (Meesook et al., 1994)

3.5 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 2

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 2 ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงฯ ที่โผล่ตามบริเวณไหล่เขาทางด้านตะวันตกของทางขึ้นยอดเขาขำบักล่อ ตั้งแต่ความสูง 400-410 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักเล็ก ๆ ชั้น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา ส่วนบนเป็นแบบ Quarry เปิดหน้าดินเพื่อขุดค้นไดโนเสาร์ และตามทางเดินของอาคารพิพิธภัณฑ์ของหลุมขุดค้นที่ 2 ตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีลักษณะเป็นลานหินทรายแป้งสลับกับเลนส์ของหินกรวดมนชั้นหนาและหินปูนน้ำจืด

3.5.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 050467 (Map sheet 5442 III อำเภอชุมแพ) (รูป 3.13)

- พิกัด Geographic 16°42'N และ 102°14'E

- เขาขำบักล่อ อุทยานแห่งชาติภูเวียง ตำบลภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดขอนแก่น ใช้ถนนหมายเลข 12 และ 2038 ถึง อ.ภูเวียง เข้าไปถึงเขตอุทยานแห่งชาติภูเวียง หลุม 2 อยู่ทางเหนือของหลุมขุดค้นที่ 1 ประมาณ 400 เมตร

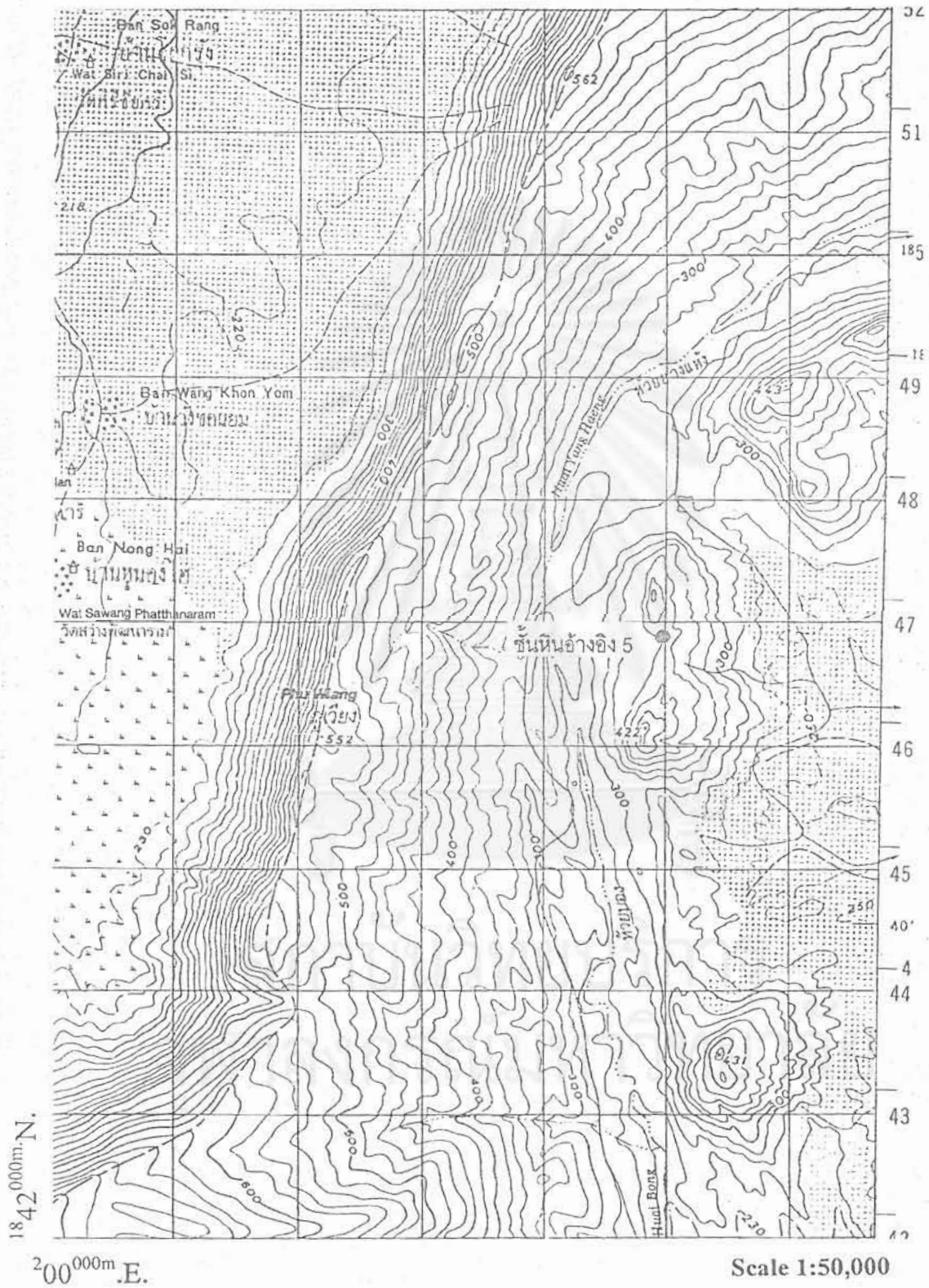
ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 5 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.14) โดยมีความหนารวมประมาณ 12.5 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 95%

ง) ข้อมูลอื่น ๆ หมวดหินเสาขัวที่แนวสำรวจหลุมขุดค้นที่ 2 จัดว่าเป็นส่วนของ "Upper part" ของหมวดหินเสาขัวในบริเวณพื้นที่ภูเวียง ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายหลุมขุดค้นที่ 1 มาก เนื่องจากเป็นลำดับชั้นหินที่ใกล้เคียงกัน

3.5.2 ลักษณะเนื้อหิน

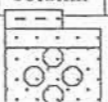
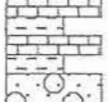

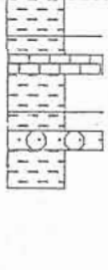

AMPHOE CHUM PHAE

Sheet 5442 III



รูป 3.14 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่อ่างอิงที่ 5 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 2)

รูป 3.14 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมขุดคันที่ 2 จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

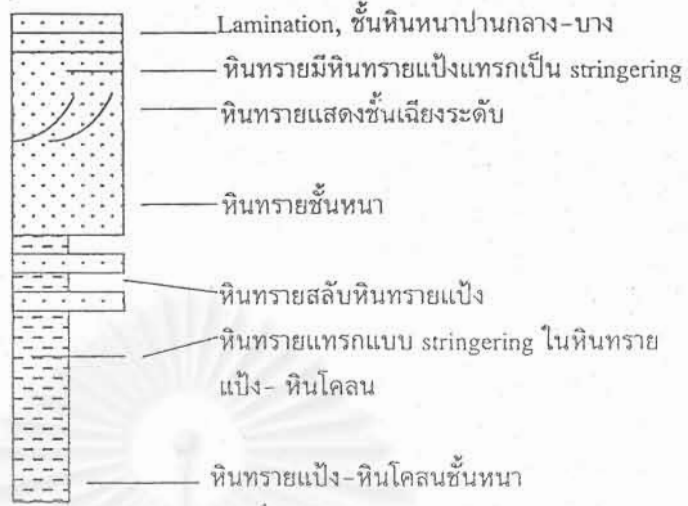
(m)	column	Unit	คำอธิบาย
1		1	หินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน พบเม็ดกรวดในเนื้อหิน ประมาณ 20-45 % เป็นหินทรายแข็ง หินโคลนสีแดง และหินปูนตกผลึก ความกลมมนสูง ขนาดเม็ดกรวด 0.2-3 เซนติเมตร บางครั้งพบเศษหินและกระดูกไดโนเสาร์ขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร ตอนบนของหน่วยหินพบว่าถูกปกคลุมไปด้วยหินผุประเภทหินทรายเนื้ออาร์โคสและหินทรายแข็งชั้นบาง
3		2	ชั้นหินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียส (Carbonaceous mudstone) สีแดงม่วงเข้ม สลับกับหินโคลนสีเทาเขียวซึ่งบางครั้งพบเม็ดกรวดขนาด 0.2-3 เซนติเมตร จำพวกหินปูน และหินโคลนสีม่วงแดงแทรกเป็น layer ในเนื้อหิน ชั้นหินมีความหนาแน่นเพียง 1 เมตร แต่พบว่ามีซากเศษกระดูกไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอด อยู่ในชั้นหินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียส
4.5		3	หินทรายแข็ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหินค่อนข้างมาก ชั้นหินหนา 20-30 เซนติเมตร ตอนกลางของชั้นหินพบ layer หรือ channel ของเม็ดกรวดซึ่งเป็นหินทรายแข็งสีม่วงแดง ปะปนในเนื้อหินหนาประมาณ 50 เซนติเมตร ตอนบนของชั้นหินทรายแข็ง หนาประมาณ 30 เซนติเมตร พบ calcrite nodule ปะปนในเนื้อหิน และพบเลนส์ของหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อนซึ่งพบซากดึกดำบรรพ์ประเภทหอยสองฝาเป็นจำนวนมาก
3		4	ส่วนบนสุดเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นบาง พบหินทรายแข็งสีม่วงแดง เนื้อปนปูนแทรกเป็น stringering ระหว่างชั้นหิน ต่อมาเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส-หินทรายเนื้ออาร์โคสปนกรวดสีเทาม่วง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนา เม็ดกรวดพบประมาณ 10 % มีลักษณะเป็น layer หรือ channel ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นเม็ดหินทรายแข็งขนาดเล็ก ความกลมมนต่ำ ตะกอนที่พบชัดเจนคือชั้นเฉียงระดับในหินทรายและรอยรั่วคลื่นบริเวณรอยต่อของชั้นหิน
		5	หินทรายแข็ง สีเทาถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรก ชั้นหนา บางครั้งพบ channel ของเม็ดกรวด แทรกในเนื้อหินแบบเลนส์หรือมีลักษณะของ irregular bed ซึ่งมีความหนาไม่แน่นอน ตั้งแต่ 5-30 เซนติเมตร เม็ดกรวดที่แทรกในเนื้อหินพบประมาณ 10% เป็นพวกหินทรายแข็ง หินเชิร์ต และหินปูน (secondary?) ขนาด 0.2-3 เซนติเมตร หินทรายแข็งชั้นหนาทางตอนบน พบก้อน calcrite nodule สีขาวถึงขาวเหลือง เนื้อขรุขระ ขนาดเล็กกว่า 1 เซนติเมตร ปะปนอยู่ในความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร บางครั้งพบหินทรายเนื้ออาร์โคสแทรกเป็น stringering

ชั้นหินอ้างอิงเขากูเวียง หลุมขุดคันที่ 2 ความหนาแน่น 12.5 เมตร

เนื้อหิน

-  หินทราย
-  หินกรวดมน
-  หินทรายแป้ง-หินโคลน
-  หินปูน- calcrete nodule หรือ calcrete horizon
-  หินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียส
-  กระดูกไดโนเสาร์
-  ซากเปลือกหอย

สัญลักษณ์
โครงสร้างตะกอน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 2 ประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ๆ 3 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่าง (Unit ที่ 3-5) มีความหนารวม 10.2 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละ cycle เป็นชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสปนกรวดชั้นหนา ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrite nodule -ชั้นหินโคลน ความหนาของ cycle ประมาณ 7 เมตร ขึ้นกับความหนาของชั้นหินตะกอนขนาดเล็กในช่วงปลายสุดของแต่ละ episode ซึ่งมักสะสมตัวหนาประมาณ 3-4 เมตร และลักษณะตะกอนขนาดเล็ก (หินทรายแป้ง) ที่หนามาก จึงทำให้เกิดชั้น calcrite nodule หลายๆ ชั้น (รูป 3.15 ก และ ข)

รายละเอียดของแต่ละ cycle คล้ายกับหมวดหินเสาขัวส่วนล่างของหลุมขุดค้นที่ 1

ไม่พบร่องรอยของซากไดโนเสาร์ในหมวดหินเสาขัวส่วนนี้ (เฉพาะในบริเวณชั้นหินอ้างอิง)

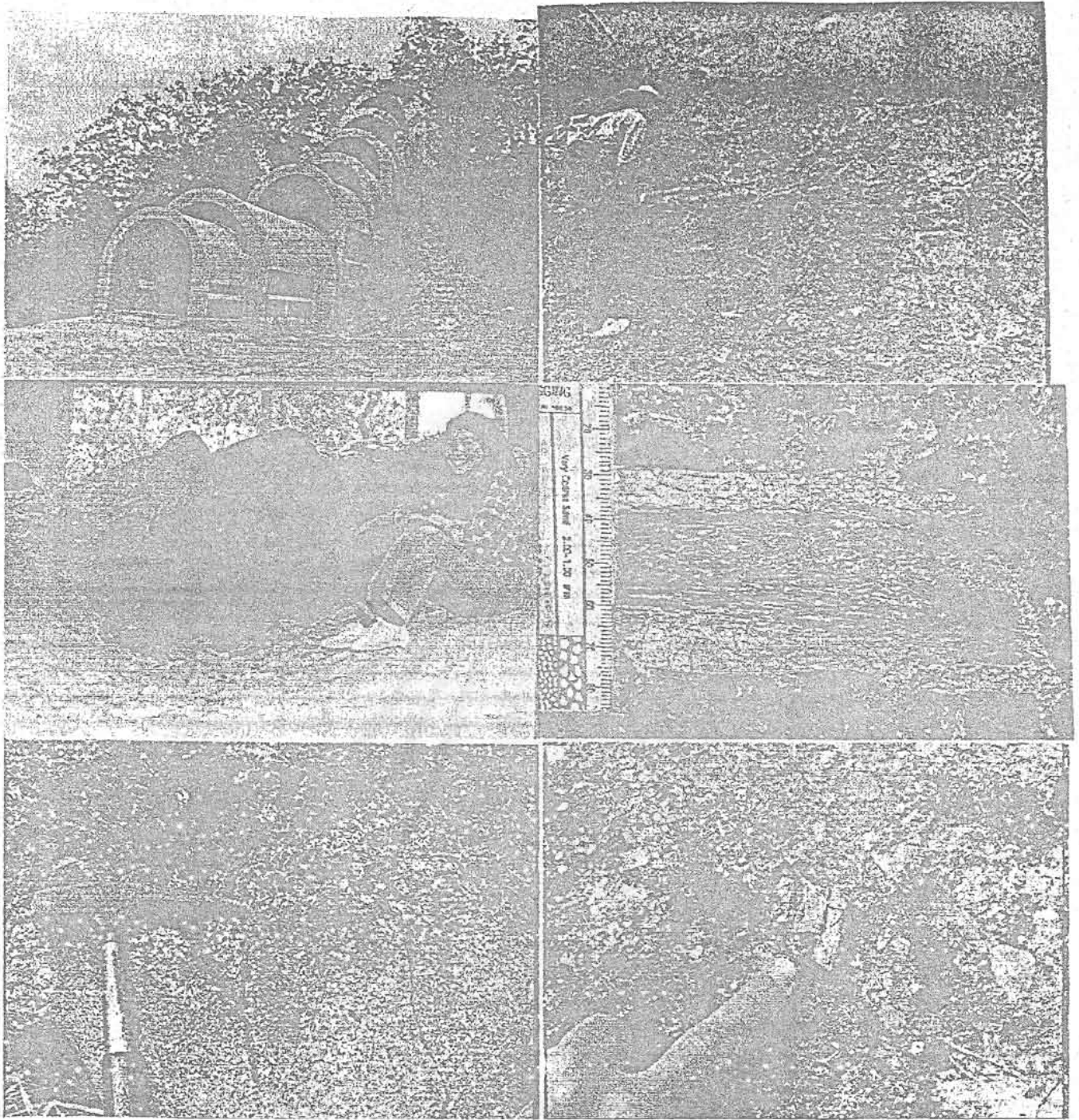
ข) ส่วนกลาง (Unit ที่ 2) ซึ่งรวมไปถึงชั้นหินปูนน้ำจืดที่อยู่ตอนบนสุดของ Unit 3 ด้วย มีความหนารวม 1.3 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่มีการสะสมตัวสลับกันของ reducing และ oxidizing zone บริเวณ lacustrine environment โดยเริ่มจากชั้นหินปูนน้ำจืด สีเทาอ่อน ซึ่งมีซากหอยสองฝาจำนวนมาก แสดงว่ามีการสะสมตัวในลักษณะของ reducing zone ที่ค่อนข้างสงบนิ่ง และถูกชั้นหินโคลนเนื้อคาร์บอนีเชียส สีแดงม่วงเข้ม สลับกับหินโคลนสีเทาเขียวและหินโคลนสีม่วงแดงแทรกเป็น layer ในเนื้อหิน วางทับซึ่งกันจะเป็นบริเวณ reducing zone สลับ oxidizing zone แบบตะกอนขุ่น ชั้นหินดังกล่าวมีความหนาเพียง 1 เมตร แต่พบว่ามีซากกระดูกไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอดชั้นใหญ่ อยู่ในชั้นหินโคลนเนื้อคาร์บอนีเชียส (รูป 3.15 ค ถึง จ)

ค) ส่วนบนสุด (Unit ที่ 1) มีความหนา 1 เมตร แสดงลักษณะของการสะสมตัวของ Fluvial environment แบบ cycle สั้นๆ อีก 1 ครั้ง โดยมีช่วงต้นของ episode ที่รุนแรงเนื่องจากการสะสมตัวของหินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน ที่พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ปะปนอยู่ในเนื้อหิน (รูป 3.15 ฉ)

3.5.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 3 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชั้นเล็ก กระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่และซากหอยสองฝา ซึ่งพบในส่วนที่เป็นช่วงต้น ช่วงปลายของแต่ละ episode ใน fluvial environment และใน lacustrine environment ตามลำดับ

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมนของแต่ละ cycle โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง และเป็นส่วนที่แข็งมากที่สุดคือกระดูกและฟัน พบจำนวน 1 ชั้น เศษกระดูกไดโนเสาร์มักพบเป็นชิ้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดงริ้วลายยาวสีม่วงแดงอ่อน เห็นลักษณะ texture ภายในอย่างชัดเจน ในขณะที่ฟันไดโนเสาร์มีลักษณะเรียวยาวแหลม ค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 0.5x 2 เซนติเมตร สีเข้ม มีร่องฟันตามผิวฟันเป็นแนวยาว ในหินกรวดมนพบเศษกระดูกและฟันประมาณ 5% ของ clast ในเนื้อหิน (ดูรูป 3.15 ฉ)



รูป 3.15ก ลักษณะทั่วไปของชั้นหินอ้างอิงที่ 5 ภูเวียงหลุมขุดค้น 2

รูป 3.15ข หินทรายแป้งเนื้อปนปูนด้านล่างสุดของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.15ค หินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียสซึ่งพบโครงกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่

รูป 3.15ง ภาพใกล้แสดงเศษกระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่ฝังตัวอยู่ในหินปูนเนื้อกรวด

รูป 3.15จ หินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝาจำนวนมาก ทางตอนบนของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.15ฉ ภาพใกล้แสดงลักษณะเศษกระดูกไดโนเสาร์ฝังอยู่ในเนื้อของชั้นหินกรวดมน

3.15ก	3.15ข
3.15ค	3.15ง
3.15จ	3.15ฉ

ข) กระจกโดโนเสาร์ชั้นใหญ่ พบอยู่ในชั้นหินโคลนเนื้อคาร์บอนเซียส เนื้อชั้นหินปูนน้ำจืด อยู่ใน Unit ที่ 2 จากรายงานการศึกษาซากสัตว์มีกระดูกสันหลังในปี ค.ศ. 1989 (ถูกขุดค้นในปี ค.ศ. 1982) พบว่าประกอบด้วยชั้นของซากโดโนเสาร์ซอโรพอดประเภท Occipital เนื้อกระดูกบางครั้งถูก recrystallized เป็นแร่แคลไซต์

ค) หอยสองฝา พบอยู่ในหินปูนน้ำจืดประเภท biomicrite ในส่วนบนของ Unit ที่ 2 มีปริมาณของซากหอยสองฝามากกว่า 50% ในเนื้อหิน สภาพหอยสองฝาที่พบมีสภาพเกือบสมบูรณ์ ขนาดตั้งแต่ 2-5 เซนติเมตร บางตัวถูก recrystallized จนมองไม่เห็น texture ชนิดของหอยสองฝานี้ ได้แก่ Unio sp., Trigonioides sp., Plicatounio sp., and Koreania sp. (Meesook et al., 1994)

3.6 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3 ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงา ที่โผล่ตามบริเวณร่องห้วยประตูตีหมา ทางด้านตะวันตกของตัวอุทยานฯ ตั้งแต่ความสูง 300-360 เมตร เนื้อระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะของการกัดเซาะของร่องน้ำ เป็นตะพักเล็กๆ ชั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา ส่วนล่างเป็นการโผล่เนื่องจากการขุดค้นซากโดโนเสาร์ ในขณะที่ตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีลักษณะเป็นลานหินทรายแบ่งสลับกับเลนส์ของหินกรวดมนชั้นหนา ซึ่งเอียงลาดเทมาจากยอดเขา 422

3.6.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 056459 (Map sheet 5442 III อำเภอชุมแพ) (รูป 3.16)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}41'N$ และ $102^{\circ}14'E$

- ห้วยประตูตีหมา อุทยานแห่งชาติภูเวียง ตำบลภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดขอนแก่น ใช้ถนนหมายเลข 12 และ 2038 ถึง อ.ภูเวียง เข้าไปถึงเขตอุทยานแห่งชาติภูเวียง หลุม 3 อยู่ทางตะวันตกของเขตทำการอุทยานประมาณ 200 เมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 6 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแห่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.17) โดยมีความหนารวมประมาณ 18.5 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 95%

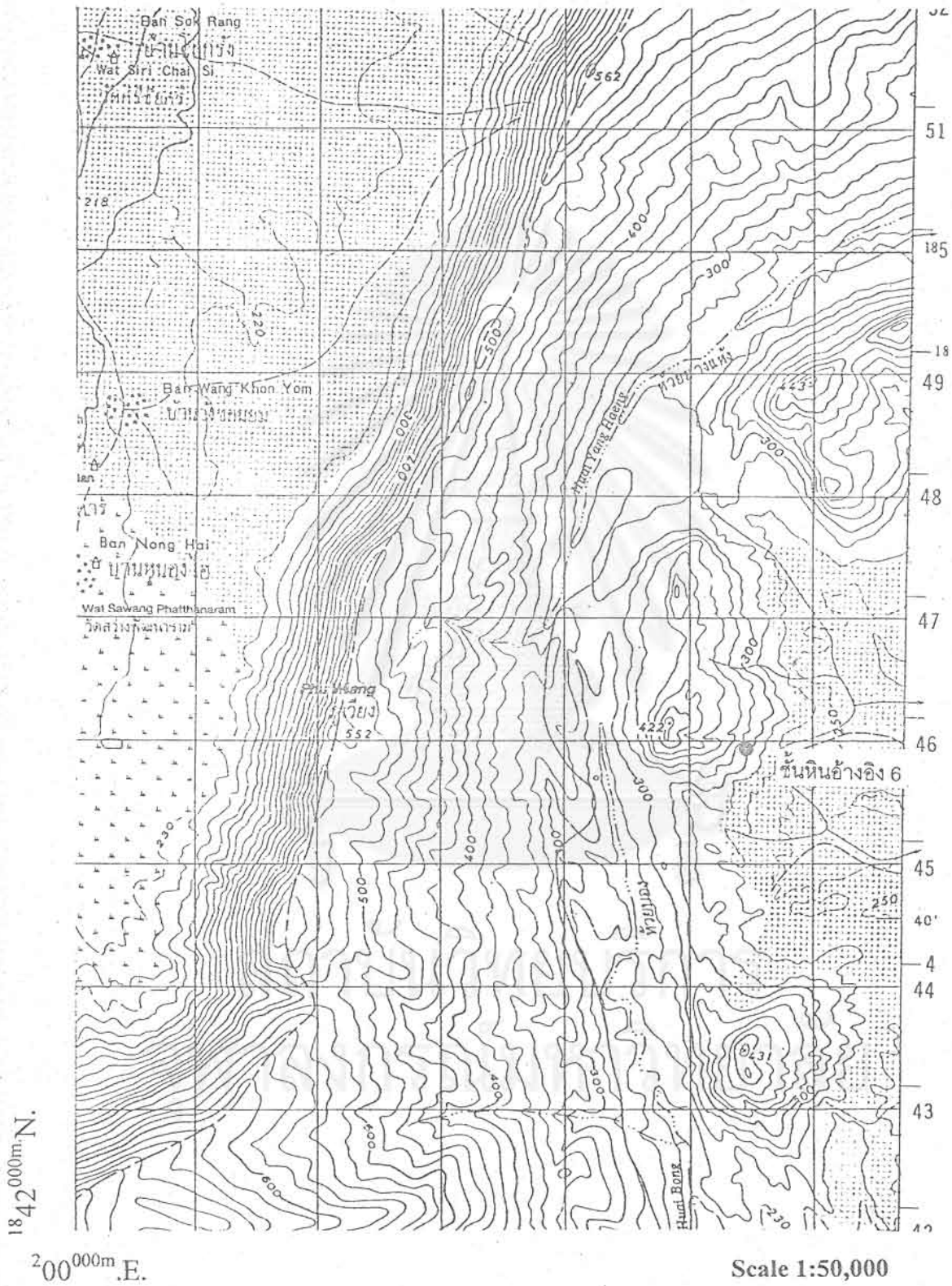
ง) ข้อมูลอื่นๆ หมวดหินเสาขัวที่แนวสำรวจหลุมขุดค้นที่ 3 จัดว่าเป็นส่วนของ "Middle - Upper part" ของหมวดหินเสาขัวในบริเวณพื้นที่ภูเวียง ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายตอนกลางของหลุมขุดค้นที่ 1 มาก เนื่องจากเป็นลำดับชั้นหินที่ใกล้เคียงกัน

3.6.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3 ประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ๆ 4 ชุดหินด้วยกันคือ

AMPHOE CHUM PHAE

Sheet 5442 III








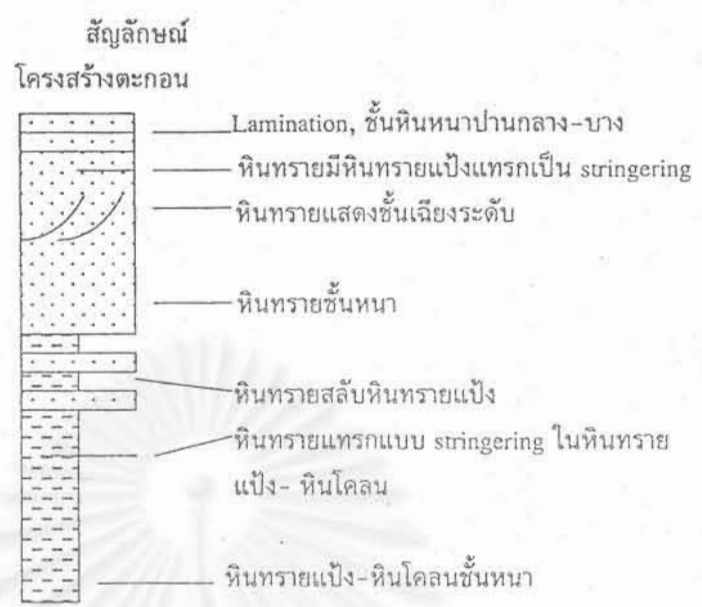
รูป 3.17 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่อ่างอิงที่ 6 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3)

รูป 3.17 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3 ภูประตู่ตีหมา จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
1.5		1	หินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน พบเม็ดกรวดในเนื้อหิน ประมาณ 20-45 % เป็นหินทรายแป้งและหินโคลนสีแดง ความกลมมนสูง ขนาดเม็ดกรวด 0.2-3 เซนติเมตร บางครั้งพบเศษหินและกระดูกไดโนเสาร์ขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร
2		2	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหินค่อนข้างมาก ชั้นหินหนา 20-30 เซนติเมตร ตอนกลางของชั้นหินพบ layer หรือ channel ของเม็ดกรวดซึ่งเป็นหินทรายแป้งสีม่วงแดง ปะปนในเนื้อหินหนาประมาณ 50 เซนติเมตร และพบเลนส์ของหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อนขนาด 10-30 เซนติเมตร ซึ่งพบซากดึกดำบรรพ์ประเภทหอยสองฝา เป็นจำนวนมาก
4		3	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนา ตอนล่างของแต่ละชั้นพบเม็ดกรวดแทรกในเนื้อหินเล็กน้อย พบหินทรายแป้งสีม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าในเนื้อหินมาก แทรกเป็นชั้นบาง ๆ ประมาณ 0.4 เซนติเมตร ระหว่างชั้นหิน โครงสร้างตะกอนที่พบชัดเจนคือชั้นเฉียงระดับและรอยร้าวคลื่น ซึ่งมักพบในชั้นของหินทราย
4		4	หินทรายแป้ง สีเทาม่วงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรก ชั้นหนา โดยพบว่าเนื้อหิน บางครั้งพบ channel ของเม็ดกรวด แทรกในเนื้อหินแบบเลนส์หรือมีลักษณะของ irregular bed ซึ่งมีความหนาไม่แน่นอน ตั้งแต่ 5-30 เซนติเมตร เม็ดกรวดที่แทรกในเนื้อหินพบ ประมาณ 10% เป็นพวกหินทรายแป้งและหินเชิร์ต ขนาด 0.2-3 เซนติเมตร หินทรายแป้งมักพบ calcrite nodule แทรกในเนื้อหินเล็กน้อย
1		5	หินทรายเนื้อกรวด ขนาดตะกอนหยาบ ซึ่งพบ lateral facies change เป็นหินกรวดมนสีแดง ถึงเทาเขียว เม็ดกรวด (5-35% ในเนื้อหิน) ประกอบไปด้วยหินทรายแป้ง ความกลมมนดี เป็นส่วนใหญ่
6		6	ชั้นสลับของหินทรายแป้งสีเทาม่วง เนื้อไมก้า ชั้นหนาปานกลาง (20-40 เซนติเมตร) กับ หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ถึงม่วงเทา ขนาดตะกอนละเอียด แสดงแนว lamination ชั้นหินค่อนข้างหนา (30-70 เซนติเมตร/ชั้น) พบซากกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่ประเภท ซอโรพอด และทีโรพอด กระดองเต่า ฟันไดโนเสาร์ ฯลฯ บริเวณ ความหนาที่ 3 เมตรนับ จากส่วนล่างสุด

ชั้นหินอ้างอิงเขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 3 ความหนารวม 18.5 เมตร

- เนื้อหิน**
-  หินทราย
 -  หินกรวดมน
 -  หินทรายแป้ง-หินโคลน
 -  หินปูน- calcrete nodule หรือ calcrete horizon
-  กระดุกไดโนเสาร์
-  ซากเปลือกหอย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก) ส่วนล่าง (Unit ที่ 6) มีความหนา 6 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment ที่มีการสลับระหว่างกระแสที่รุนแรงกับไม่รุนแรง โดยเป็นการสะสมตัวของหินทรายแป้งสีเทาเข้ม เนื้อไม่ก้ำ ชั้นหนาปานกลาง (20-40 เซนติเมตร) สลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ถึงม่วงเทา ขนาดตะกอนละเอียด แสดงแนว lamination ชั้นหินค่อนข้างหนา (30-70 เซนติเมตร/ชั้น) ในส่วนนี้ พบซากกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่ประเภทซอโรพอด และทีโรพอด กระดองเต่า และ ฟันไดโนเสาร์ ฯลฯ (รูป 3.18ก)

ข) ส่วนกลาง (Unit ที่ 2-5) มีความหนา 10-11 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละ cycle เป็นชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสปนกรวดชั้นหนา ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrite nodule -ชั้นหินโคลน ความหนาของ cycle ประมาณ 5-6 เมตร ขึ้นกับความหนาของชั้นหินตะกอนขนาดเล็กในช่วงปลายสุด สำหรับรายละเอียดของแต่ละ cycle คล้ายกับหมวดหินเสาขัวส่วนล่างของหลุมขุดค้นที่ 1 และ 2

ไม่พบร่องรอยของซากไดโนเสาร์ในหมวดหินเสาขัวส่วนนี้ (เฉพาะในบริเวณชั้นหินอ้างอิง)

ค) ส่วนบน (Unit ที่ 2) มีความหนาประมาณ 30 เซนติเมตร เป็นลักษณะของการเปลี่ยนสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment ที่ค่อนข้างสงบนิ่ง (ชั้นหินทรายแป้ง) มาเป็นสภาวะแวดล้อมแบบ lacustrine (ชั้นหินปูนน้ำจืดที่อยู่ตอนบนสุดของ Unit 2) ที่มีการสะสมตัวของซากหอยสองฝาจำนวนมาก

ง) ส่วนบนสุด (Unit ที่ 1) มีความหนา 1.5 เมตร แสดงลักษณะของการสะสมตัวในช่วงแรกของ episode ใน fluvial environment เนื่องจากพบหินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน ที่พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์อยู่ในเนื้อหิน

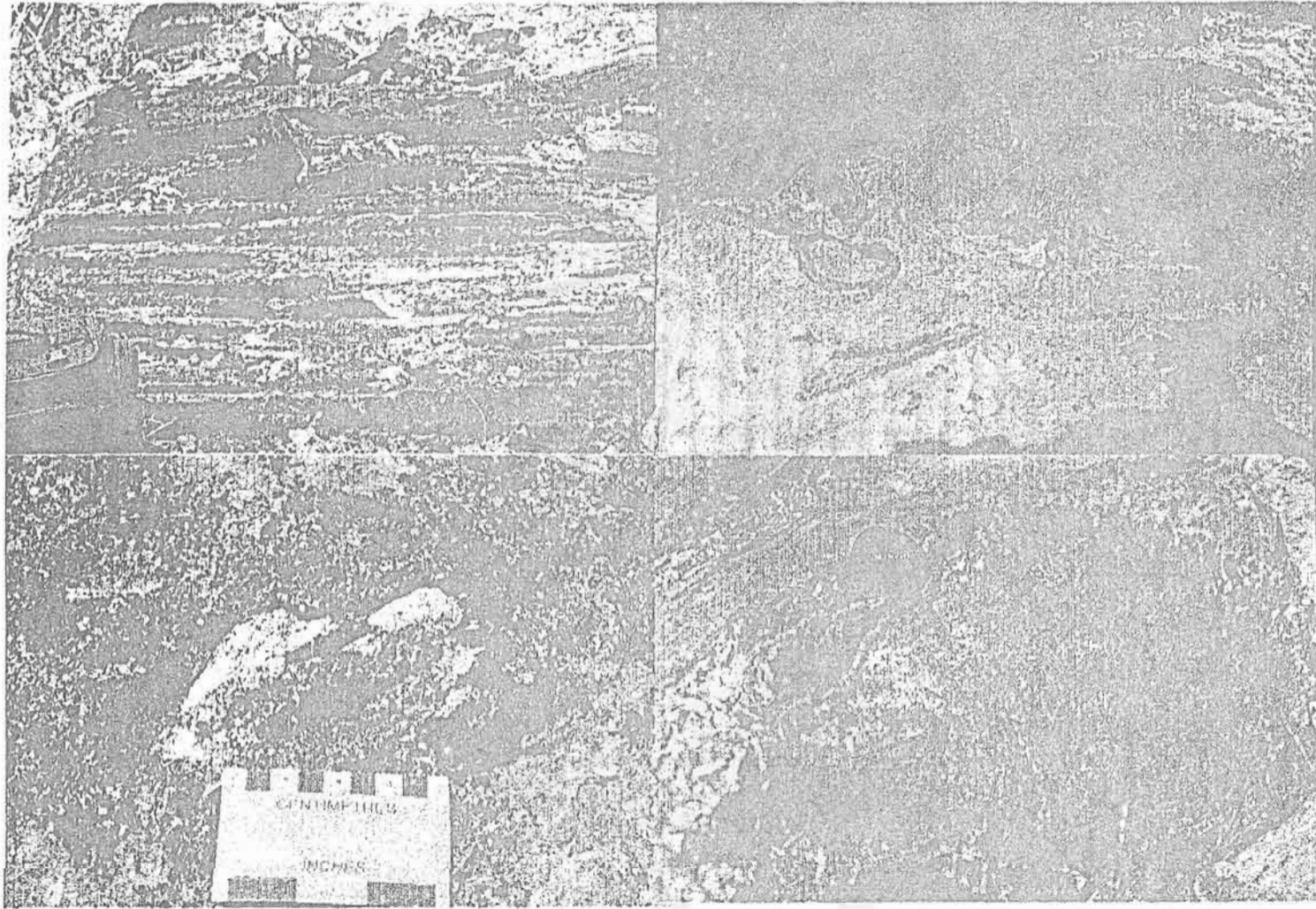
3.6.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 3 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็ก กระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่และซากหอยสองฝา ซึ่งพบในส่วนที่เป็นช่วงต้น ช่วงกลางของแต่ละ episode ใน fluvial environment และใน lacustrine environment ตามลำดับ

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมนของแต่ละ cycle โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง และเป็นส่วนที่แข็งมากที่สุดคือกระดูกและฟัน พบจำนวน 1 ชั้น (Unit ที่ 1) ลักษณะทั่วไปใกล้เคียงกับร่องรอยที่พบในหลุมขุดค้นที่ 1 และ 2

ข) กระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่ พบอยู่ในชั้นหินทรายแป้งสีเทาเข้ม เนื้อไม่ก้ำ ชั้นหนาที่สุด (อยู่ตรงกลางของ unit ที่ 6 หรือประมาณ 3 เมตรนับจากส่วนล่างที่สุด) ซึ่งถูกปิดทับด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ถึงม่วงเทา ขนาดตะกอนละเอียด เฉพาะซากกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่ประเภทซอโรพอดทางยาวที่พบในชั้นหินนี้ ได้แก่ชิ้นส่วนของ ribs และ vertebra (ซึ่งถูกค้นพบจากงานสำรวจยูเรเนียมในปี ค.ศ. 1976 และศึกษาซากสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยความร่วมมือของฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1993) (รูป 3.18ข ถึง ง)

ค) หอยสองฝา พบอยู่ในหินปูนน้ำจืดประเภท biomicrite ในส่วนบนของ Unit ที่ 2 มีปริมาณของซากหอยสองฝามากกว่า 50% ในเนื้อหิน ลักษณะส่วนใหญ่เหมือนที่พบในหลุมขุดค้นที่ 1 และ 2



รูป 3.18ก หินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ส่วนล่างของชั้นหินอ้างอิง แสดงลักษณะ lamination

รูป 3.18ข ชั้นส่วนโครงกระดูกไดโนเสาร์ซอโรพอดบนชั้นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง

รูป 3.18ค ภาพใกล้ของกระดูกไดโนเสาร์ที่ฝังตัวอยู่ในหินทรายแป้ง

รูป 3.18ง ชั้นส่วนของกระดูกไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอดในหินทรายแป้งชั้นหนา ถูกเข้าเผือก เพื่อป้องกันการผุพัง

3.18ก	3.18ข
3.18ค	3.18ง

3.7 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5 ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงๆ ที่โผล่ตามบริเวณเนินเขาทางด้านใต้ของทางขึ้นยอดเขา 422 ตั้งแต่ความสูง 290-300 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักเล็กๆ ชั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา และเป็น Quarry จากหลุมขุดค้น

3.7.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 051445 (Map sheet 5442 III อำเภอชุมแพ) (รูป 3.19)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}40'N$ และ $102^{\circ}14'E$

- เนินเขาไม่มีชื่อ อุทยานแห่งชาติภูเวียง ตำบลภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดขอนแก่น ใช้ถนนหมายเลข 12 และ 2038 ถึง อ.ภูเวียง เข้าไปถึงเขตอุทยานแห่งชาติภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5 อยู่ทางใต้ของหลุมขุดค้นที่ 1 ประมาณ 2 กิโลเมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 4 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.20) โดยมีความหนารวมประมาณ 21.8 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 95%

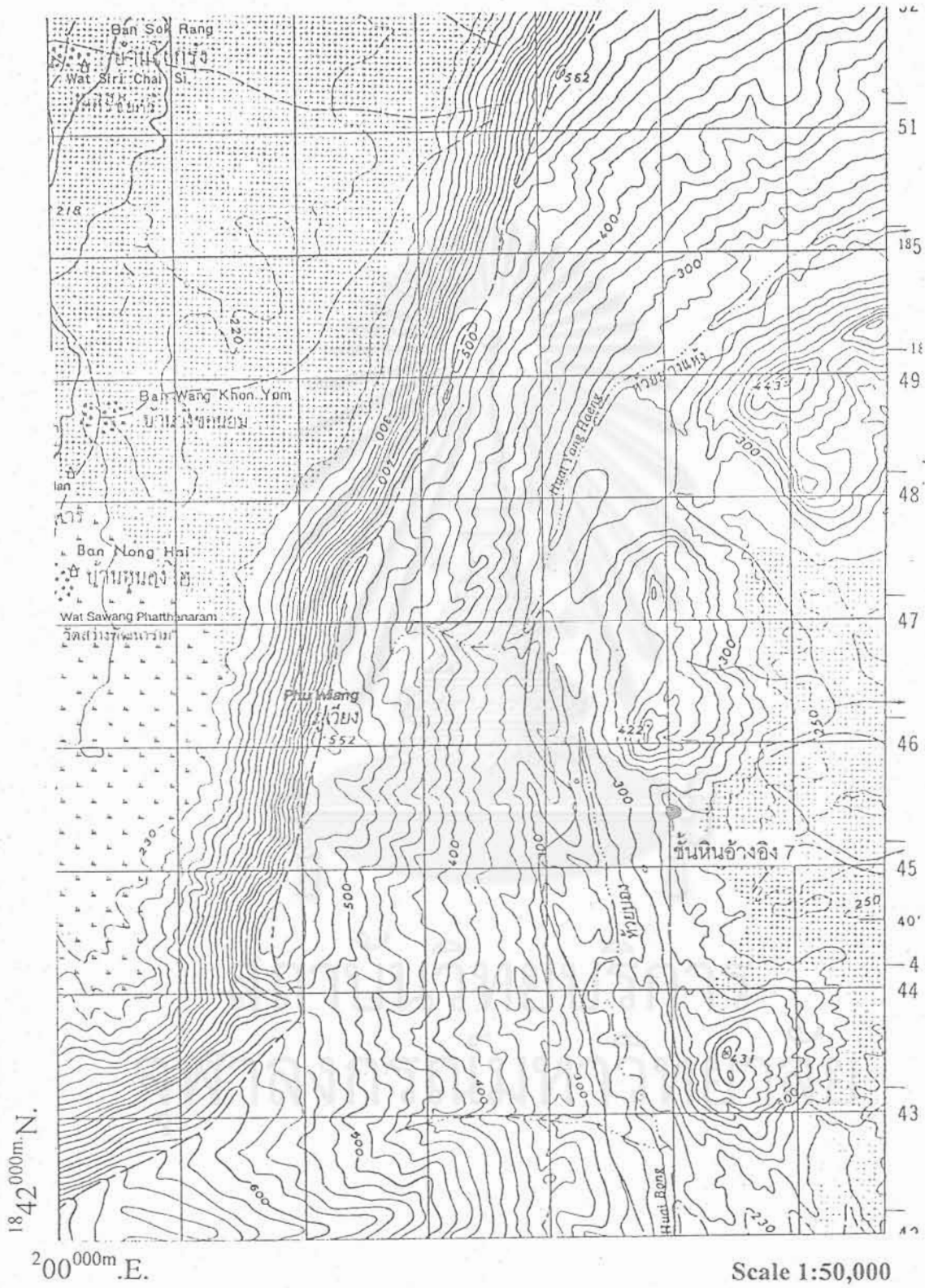
ง) ข้อมูลอื่นๆ หมวดหินเสาขัวที่แนวสำรวจหลุมขุดค้นที่ 5 จัดว่าเป็นส่วนของ "Middle part" ของหมวดหินเสาขัวในบริเวณพื้นที่ภูเวียง ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายส่วนล่างของหลุมขุดค้นที่ 1 มาก เนื่องจากเป็นลำดับชั้นหินที่ใกล้เคียง

3.7.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5 ประกอบไปด้วยลักษณะของการสะสมตัวเพียงแบบเดียวคือ กลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment ที่มีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวมักเริ่มที่ชั้นหินกรวดมนซึ่งเป็น lateral facies change กับหินทรายปนกรวดเนื้อหยาบ ชั้นหนาประมาณ 20-30 เซนติเมตร ปริมาณเม็ดกรวดในเนื้อหินพบตั้งแต่ 10-45 % เกือบทั้งหมดเป็นหินทรายแป้ง ที่มีความกลมมนสูง เนื้อหินมีความเป็นเนื้อปนปูนสูงมาก ต่อมาเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา พบชั้นเฉียงระดับ และค่อยๆ เปลี่ยนเป็นชั้นสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีเทาอมม่วงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูน ที่แสดงลักษณะของ lamination กับหินทรายแป้ง สีเทาม่วง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน โดยความหนาของหินทรายจะลดลงเรื่อยๆ แบบ fining upward sequence จนในที่สุด ช่วงสุดท้ายของ episode จะเกิดการสะสมตัวของหินทรายแป้ง สีแดงม่วง เนื้อปนปูน ชั้นหนา ซึ่งพบก้อน calcrete nodule ปะปนในเนื้อหิน ก่อนที่จะเริ่ม flow regime ใหม่ต่อไป (รูป 3.21ก และ ข)

AMPHOE CHUM PHAE

Sheet 5442 III

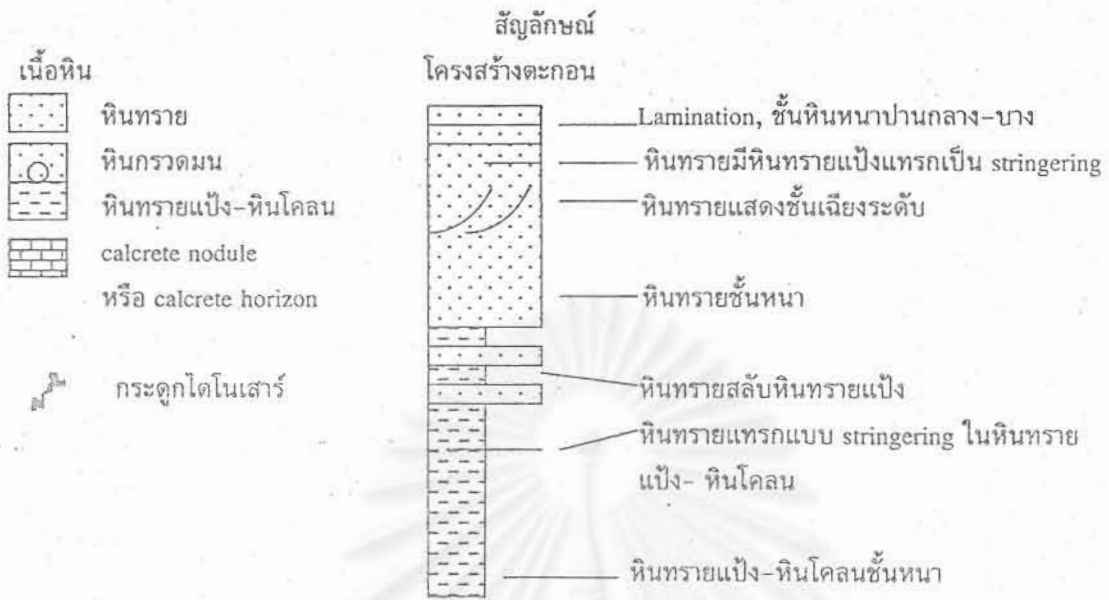


รูป 3.20 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 7 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 5)

รูป 3.20 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมชุดคันที่ 5 จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
6		1	ส่วนล่างสุดประกอบด้วยชั้นหินกรวดมนซึ่งอาจจะ lateral facies change อยู่กับหินทรายปนกรวดเนื้อหยาบหนา 20-30 เซนติเมตร ปริมาณเม็ดกรวดในเนื้อหินพบตั้งแต่ 10-45 % เกือบทั้งหมดเป็นหินทรายแป้ง ที่มีความกลมมนสูง เนื้อหินมีความเป็นเนื้อปนปูนสูงมาก ต่อมาชั้นหินจะเริ่ม grade เป็นชั้นสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีเทาอมม่วงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูน แสดงลักษณะของ lamination ความหนาของชั้นหินประมาณ 30-40 เซนติเมตร กับหินทรายแป้ง สีเทาอมม่วง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหนาประมาณ 20-60 เซนติเมตร/ชั้น โดยความหนาของหินทรายจะลดลงเรื่อยๆ แบบ fining upward sequence พบชั้นเฉียงระดับเป็นโครงสร้างตะกอนในหินทราย
1.8		2	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงเทา ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูนสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็ก-ปานกลาง เนื้อปนปูน พบแนวชั้นเฉียงระดับมุมต่ำในชั้นหินทั้งสอง
7		3	หินทรายแป้ง สีเทาอมม่วงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรก ชั้นหนา โดยพบว่าเนื้อหินบางครั้งพบ channel ของเม็ดกรวด แทรกในเนื้อหินแบบเลนส์หรือมีลักษณะของ irregular bed ซึ่งมีความหนาไม่แน่นอน ตั้งแต่ 5-30 เซนติเมตร เม็ดกรวดที่แทรกในเนื้อหินพบประมาณ 10% เป็นพวกหินทรายแป้งและหินเชิร์ต ขนาด 0.2-3 เซนติเมตร หินทรายแป้งมักพบ calcrete nodule แทรกในเนื้อหินเล็กน้อย พบซากกระดูกไดโนเสาร์จำพวกซอโรพอดขนาดใหญ่ ในชั้นหินทรายแป้ง
7		4	เป็น cycle แบบ fining upward sequence โดยส่วนล่างสุดของหน่วยหินประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสสีขาวถึงน้ำตาล น้ำตาลแดง ขนาดตะกอนละเอียดถึงปานกลาง เนื้อปนปูน ชั้นหนามาก (ประมาณ 3 เมตร) พบลักษณะของชั้นเฉียงระดับและ lamination ต่อมาชั้นหินค่อยๆ grade มาเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน ชั้นหนาประมาณ 1 เมตรแทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายแป้ง-หินโคลนชั้นบาง เนื้อปนปูน พบรอยร้าวคลื่นในช่วงระหว่างชั้นหิน ตอนบนสุดพบว่าเป็นหินทรายแป้งสีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนาประมาณ 1 เมตร ตอนบน 20 เซนติเมตรพบชั้น calcrete nodule ปะปนในเนื้อหินทรายแป้ง

ชั้นหินอ้างอิงเขากูเวียง หลุมชุดคันที่ 5 ความหนารวม 21.8 เมตร



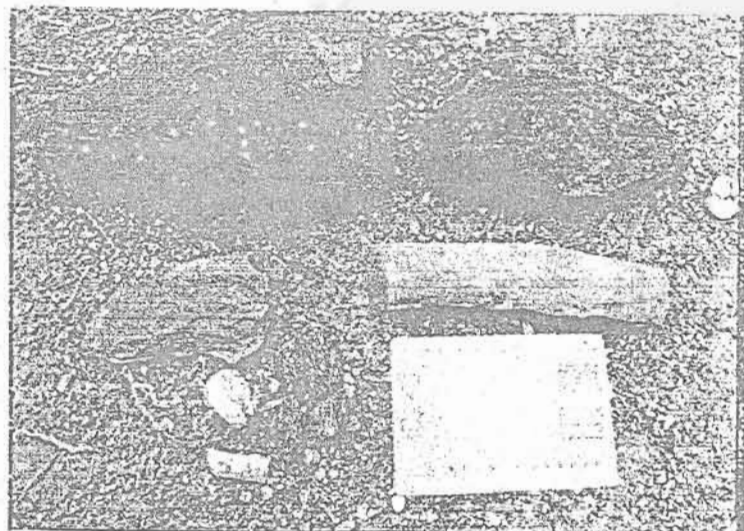
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.21ก ชั้นดินทรายแป้งสี
แดงน้ำตาล และ calcrete
nodule บริเวณชั้นดินอ้างอิงที่ 7
ภูเวียงหลุมขุดค้น 5



รูป 3.21ข ดินทรายแป้งเนื้อปนปูน
ชั้นหนา บริเวณพื้นล่างเป็นชั้นดินที่
พบโครงกระดูกไดโนเสาร์



รูป 3.21ค ชั้นส่วนของโครงกระดูก
ไดโนเสาร์ที่ขุดค้นในชั้นดินอ้างอิง ภู
เวียง หลุมขุดค้น 5

เป็นที่น่าสังเกตว่าชั้นหินทรายแป้งในพื้นที่หลุมขุดค้นนี้ ค่อนข้างเป็นชั้นหนามาก (7 เมตร) แสดงถึงการสะสมตัวในช่วงปลายของ cycle เป็นเวลายาวนาน

3.7.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 1 ชนิดคือกระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ โดยอาจพบเศษกระดูกขนาดเล็กบ้าง ซึ่งพบในส่วนที่เป็นช่วงปลายของ cycle ใน fluvial environment อย่างไรก็ตาม มีรายงานการพบหอย gastropod ของวิมลมาศ โชคดี (1993) ในชั้นหินใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจหมายถึงสภาวะแวดล้อมในบางครั้งเป็น lacustrine environment

ก) กระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ พบอยู่ในชั้นหินทรายแป้งสีเทาอมง เนื้อไมก้า ชั้นหนาที่สุด (อยู่ตรงกลางของ unit ที่ 3) ซึ่งถูกปิดทับด้วยชั้นหินทรายแป้งที่พบก่อน calcrete nodule ชั้นหนา จัดเป็นไดโนเสาร์ขนาดใหญ่ประเภทซอโรพอด ซึ่งยังไม่สามารถจำแนกได้ว่าเป็นส่วนใด (หลุมนี้ถูกค้นพบจากงานสำรวจซากสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยความร่วมมือจากฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1991 และศึกษาซากสัตว์มีกระดูกสันหลังในปี ค.ศ. 1992-1993) (รูป 3.21 ค)

3.8 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9 ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงๆ ที่ไพล่ตามบริเวณลานหินทางทิศเหนือของทางขึ้นยอดเขาซาบักล่อ ตั้งแต่ความสูง 290-300 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การไพล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินไพล่ตามธรรมชาติ ตามการกัดเซาะของน้ำ และยังพบเป็นตะพักเล็ก ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา ตอนกลางของชั้นหินอ้างอิงเป็นแบบ Quarry เปิดหน้าดินเพื่อขุดค้นไดโนเสาร์ ตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีลักษณะเป็นหินผุของหินทราย

3.8.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 053474 (Map sheet 5442 III อำเภอชุมแพ) (รูป 3.22)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}42'N$ และ $102^{\circ}14'E$

- หินลาดยาว ลานหินทางเหนือของหลุมขุดค้นที่ 2 อุทยานแห่งชาติภูเวียง

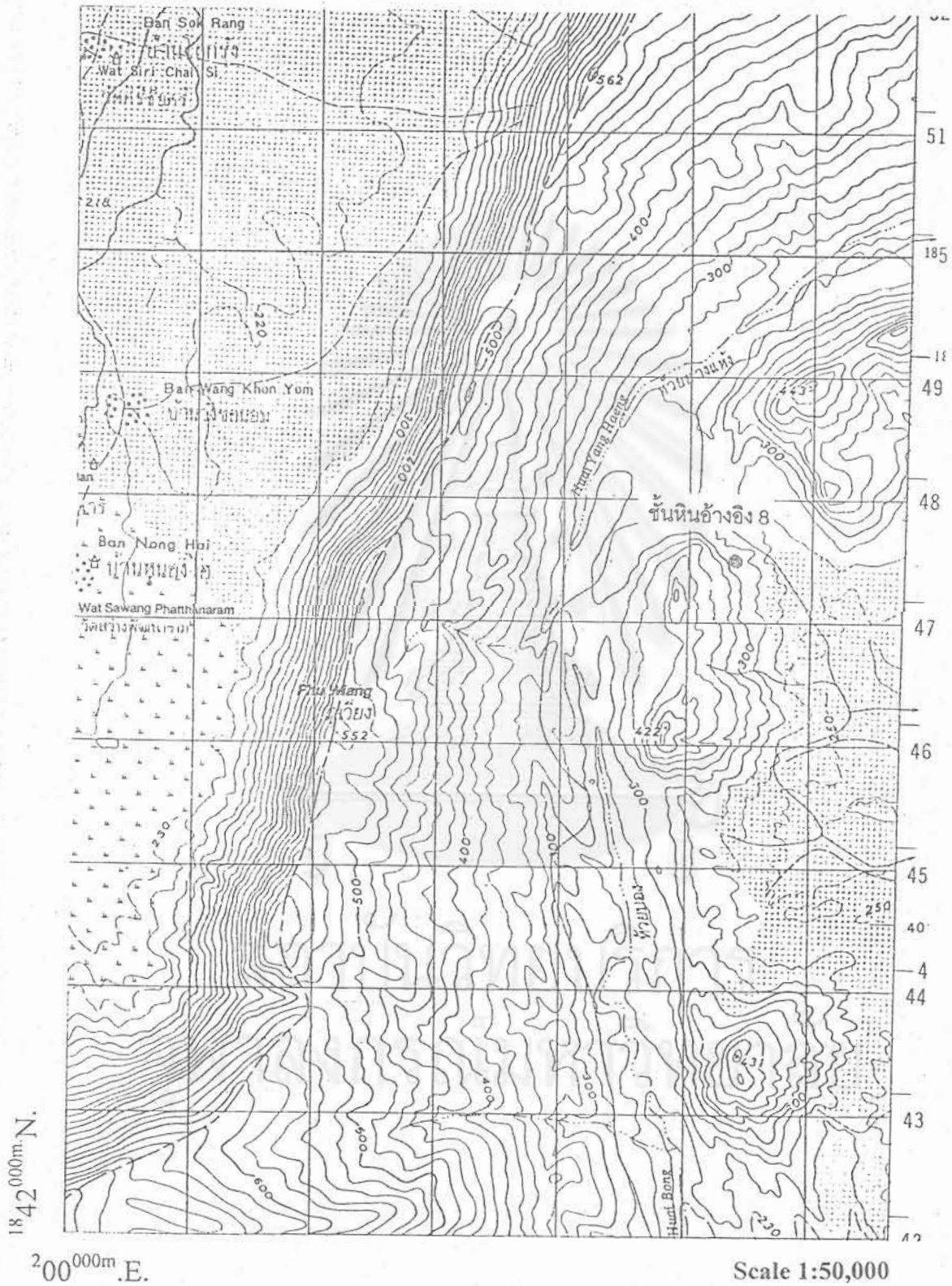
- ตำบลภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดขอนแก่น ใช้ถนนหมายเลข 12 และ 2038 ถึง อ.ภูเวียง เข้าไปถึงเขตอุทยานแห่งชาติภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9 อยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของหลุมขุดค้นที่ 1 ประมาณ 800 เมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 4 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.23) โดยมีความหนารวมประมาณ 9.5 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 95%

AMPHOE CHUM PHAE

Sheet 5442 III

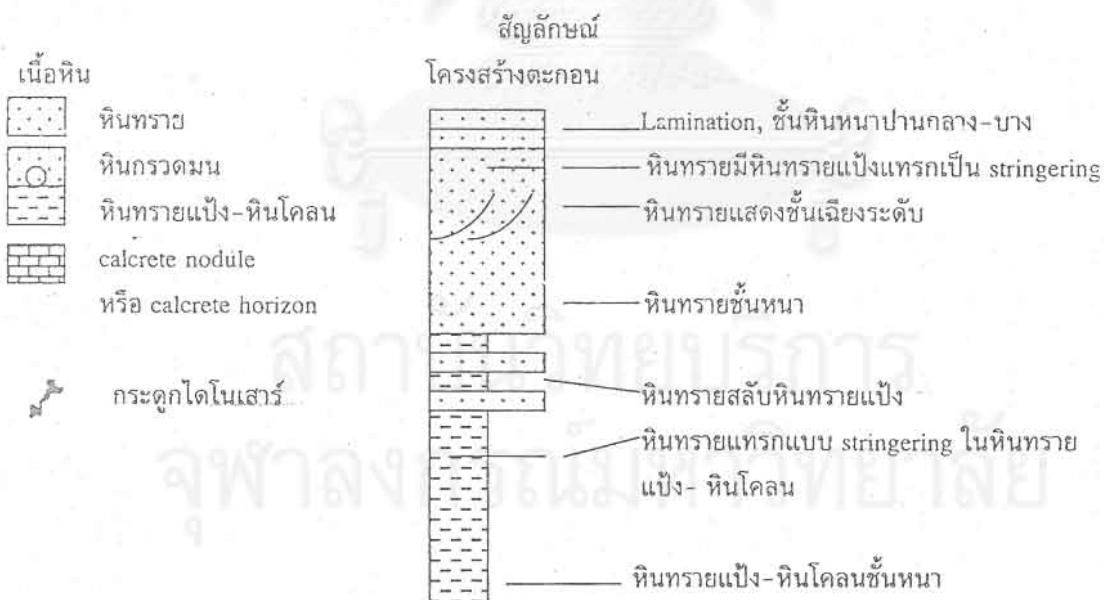


รูป 3.23 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 8 ของหมวดหินเสาขัว (ภูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9)

รูป 3.23 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9 จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
1		1	หินกรวดมน-หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด สีเทาเขียว เนื้อปนปูน พบเม็ดกรวดในเนื้อหิน ประมาณ 20-45 % เป็นหินทรายแป้งและหินโคลนสีแดง ความกลมมนสูง ขนาดเม็ดกรวด 0.2-3 เซนติเมตร บางครั้งพบเศษหินและกระดูกไดโนเสาร์ขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร ตอนบนถูกวางทับด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสและหินทรายแป้งชั้นบาง
4		2	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหินค่อนข้างมาก ชั้นหินหนา 20-30 เซนติเมตร แต่มีความหนารวมถึง 4 เมตร บางช่วงของชั้นหินพบ layer หรือ channel ของเม็ดกรวดซึ่งเป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วง ปะปนในเนื้อหินหนา ตอนบนของ ชั้นหินทรายแป้ง หนาประมาณ 30 เซนติเมตร พบ calcrite nodule ปะปนในเนื้อหิน
0.5		3	หินทรายเนื้ออาร์โคส ขนาดตะกอนเล็ก-ปานกลาง มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน พบซากกระดูกโคนขาของไดโนเสาร์จำพวกทีโรพอด (กินเนื้อ)
4		4	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนเล็กถึงปานกลาง เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรก ในเนื้อหิน ชั้นหนา ตอนล่างของแต่ละชั้นพบเม็ดกรวดแทรกในเนื้อหินเล็กน้อย พบหิน ทรายแป้งสีม่วงแดง เนื้อปนปูนแทรกเป็น stringering ระหว่างชั้นหิน โครงสร้างตะกอนที่ พบชัดเจนคือชั้นเฉียงระดับในหินทรายและรอยร้าวคลื่นบริเวณรอยต่อของชั้นหิน

ชั้นหินอ้างอิงเขากูเวียง หลุมขุดค้นที่ 9 ความหนารวม 9.5 เมตร



ง) ข้อมูลอื่น ๆ หมวดหินเสาขัวที่แนวสำรวจหลุมชุดคันที่ 9 จัดว่าเป็นส่วนของ “Upper part” ของหมวดหินเสาขัวในบริเวณพื้นที่ภูเวียง ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายหลุมชุดคันที่ 2 มาก เนื่องจากเป็นลำดับชั้นหินที่ใกล้เคียงกัน

3.8.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่เขาภูเวียง หลุมชุดคันที่ 9 ประกอบไปด้วยลักษณะของการสะสมตัวเพียงแบบเดียวคือกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment ที่มีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวเริ่มที่ชั้นหินกรวดมน-หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา ที่พบชั้นเฉียงระดับ - ชั้นสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคสกับหินทรายแป้งชั้นบาง-หินทรายแป้งชั้นหนา ซึ่งพบก้อน calcrete nodule ปะปนในเนื้อหิน ก่อนที่จะเริ่ม episode ใหม่ต่อไป (รายละเอียดคล้ายส่วนล่างของหลุมชุดคันที่ 1-2) (รูป 3.24 ก และ ข)

เป็นที่น่าสังเกตว่ากระดูกไดโนเสาร์ที่พบอยู่ระหว่างชั้นหินทรายกับหินทรายแป้ง ในบริเวณส่วนกลางของ cycle ซึ่งแตกต่างไปจากพื้นที่อื่นๆ ซึ่งมักพบการสะสมตัวของกระดูกไดโนเสาร์ในช่วงปลายของ cycle

3.8.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

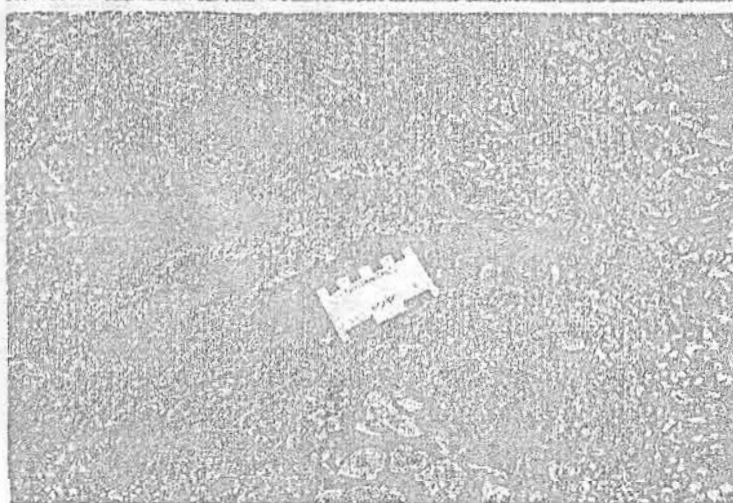
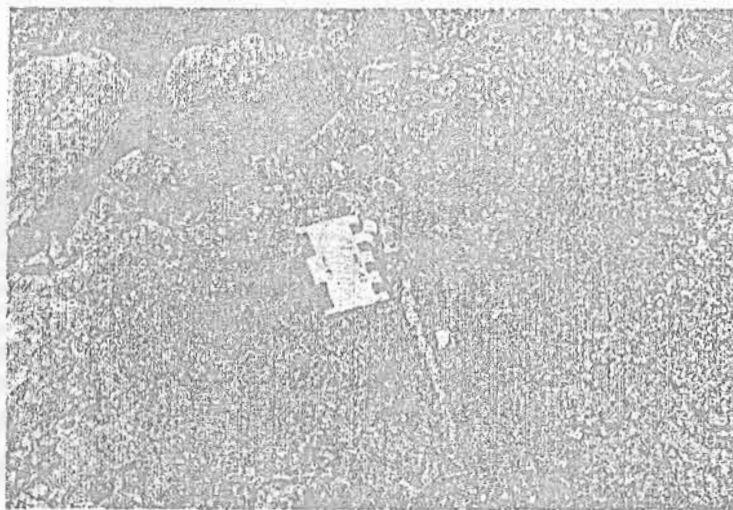
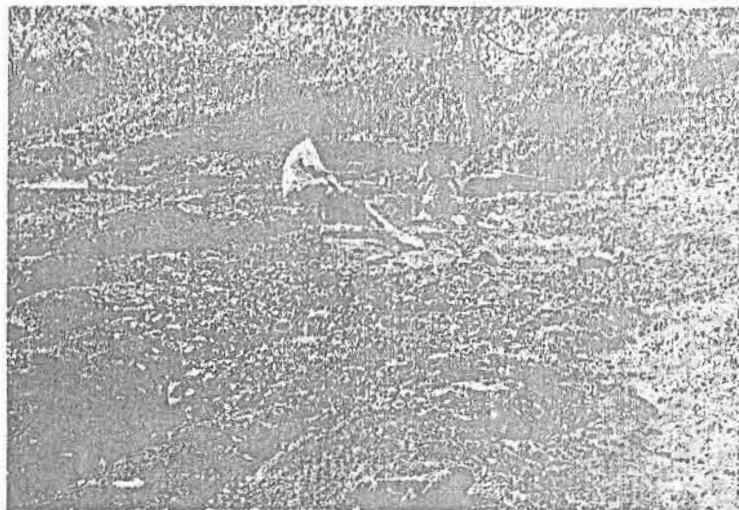
ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่เพียงชนิดเดียวคือกระดูกโคนขาของไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ซึ่งพบในส่วนที่เป็นช่วงกลางของ cycle ใน fluvial environment

ก) กระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ พบอยู่ในส่วนล่างชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส ขนาดตะกอนเล็ก-ปานกลาง ชั้นหนา 0.5 เมตร (Unit 3) ซากกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่ประเภทที่โรพอดนี มีการศึกษาอย่างละเอียดโดย Buffetaut et al. (1996) ซึ่งได้ค้นพบว่าเป็นไดโนเสาร์กินเนื้อพันธุ์ใหม่ชื่อสยามโมไทรันนัสอีสานเอนซิส (Siamotyrannus Isanensis) (รูป 3.24 ค และ ง)

3.9 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูกุ่มข้าว

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่ภูกุ่มข้าวและใกล้เคียง มักโผล่เป็นไหล่เขาจนถึงเชิงเขาสูงโดดต่างๆ เช่น ภูกุ่มข้าว ภูสิงห์และภูเป้ง โดยบริเวณยอดเขามีลักษณะเป็นชั้นหินทรายเนื้อแข็ง สูงชัน ซึ่งเป็นหมวดหินภูพาน วางทับอยู่บนหมวดหินเสาขัวนี้ แต่ไม่พบว่ามีหมวดหินพระวิหารอยู่ในแนวการสำรวจ การวางตัวของชั้นหินไม่ชัดเจนแต่คาดว่ามีการเอียงเทไปทางตะวันออกด้วยมุมเอียงเทต่ำกว่า 5°

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูกุ่มข้าว ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงๆ ที่โผล่ตามบริเวณทางขึ้นวัดสักกะวัน ตั้งแต่ความสูง 210-310 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักเล็กๆ ชั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา บริเวณตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีการโผล่ที่ตีมาก เนื่องจากเป็นหินกรวดมนชั้นหนา ตอนกลางน่าเป็นชั้นหิน



รูป 3.24ก ลานหินทรายเนื้ออาร์โคสสีม่วงแดง ที่พบกระดูกไดโนเสาร์

รูป 3.24ข หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบางสลับกับหินทรายแป้งสีม่วงแดงชั้นบาง พบโครงกระดูกไดโนเสาร์ที่โรพอดฝังตัวบนชั้นหิน

รูป 3.24ค ภาพใกล้ของกระดูกไดโนเสาร์ที่ฝังตัวอยู่ในหินทราย

รูป 3.24ง ชั้นส่วนของกระดูกไดโนเสาร์ประเภทที่โรพอดบริเวณโคนขาในหินทรายเนื้ออาร์โคส

3.24ก	3.24ข
3.24ค	3.24ง

ที่ค่อนข้างอ่อน ทำให้หินโผล่มีลักษณะการถล่มเป็นกองหินตามข้างทาง สลับกับหินผุ ในขณะที่ตอนล่าง ๆ ของชั้นหินมีการโผล่ที่ค่อนข้างดีและหลากหลายอีกครั้งหนึ่ง

3.9.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 435462 (Map sheet 5742 II อ.สหัสขันธ์) (รูป 3.25)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}41'23''N$ และ $104^{\circ}32'01''E$

- ภูมิคุ้มข้าว วัดสักกะวัน ตำบลสหัสขันธ์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดกาฬสินธุ์ ใช้ถนนหมายเลข 227 ถึง อ.สหัสขันธ์ เลี้ยวไปทางตะวันออกประมาณ 1.5 กิโลเมตร ก็จะถึงพื้นที่ฯ

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 17 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแบบแห่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.26) โดยมีความหนารวมประมาณ 96.6 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 55%

ง) ข้อมูลอื่นๆ ใน Unit 1 จัดเป็นส่วนหนึ่งของหมวดหินภูพาน ประกอบด้วยหินทรายเนื้อควอร์ตซิทิก สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง ชั้นหินหนามาก พบชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ เนื้อหินมีการคัดขนาดและความกลมมนดี ส่วนล่างๆพบเม็ดกรวดที่พบในเนื้อหินประมาณ 5 % ซึ่งเป็นเม็ดควอร์ตซิทิก เวิร์ตไซต์ดำและแดง และเม็ดหินทรายโดยมีขนาดตั้งแต่ 0.8-1.2 เซนติเมตร และใน Unit ที่ 2 ไม่พบหินโผล่ คาดว่าอาจเป็นชั้นสลับกันของหินทรายแป้งและหินทรายเนื้อละเอียดที่มีการเชื่อมประสานไม่ดี ซึ่งเป็นส่วนบนสุดของหมวดหินเสาขัว

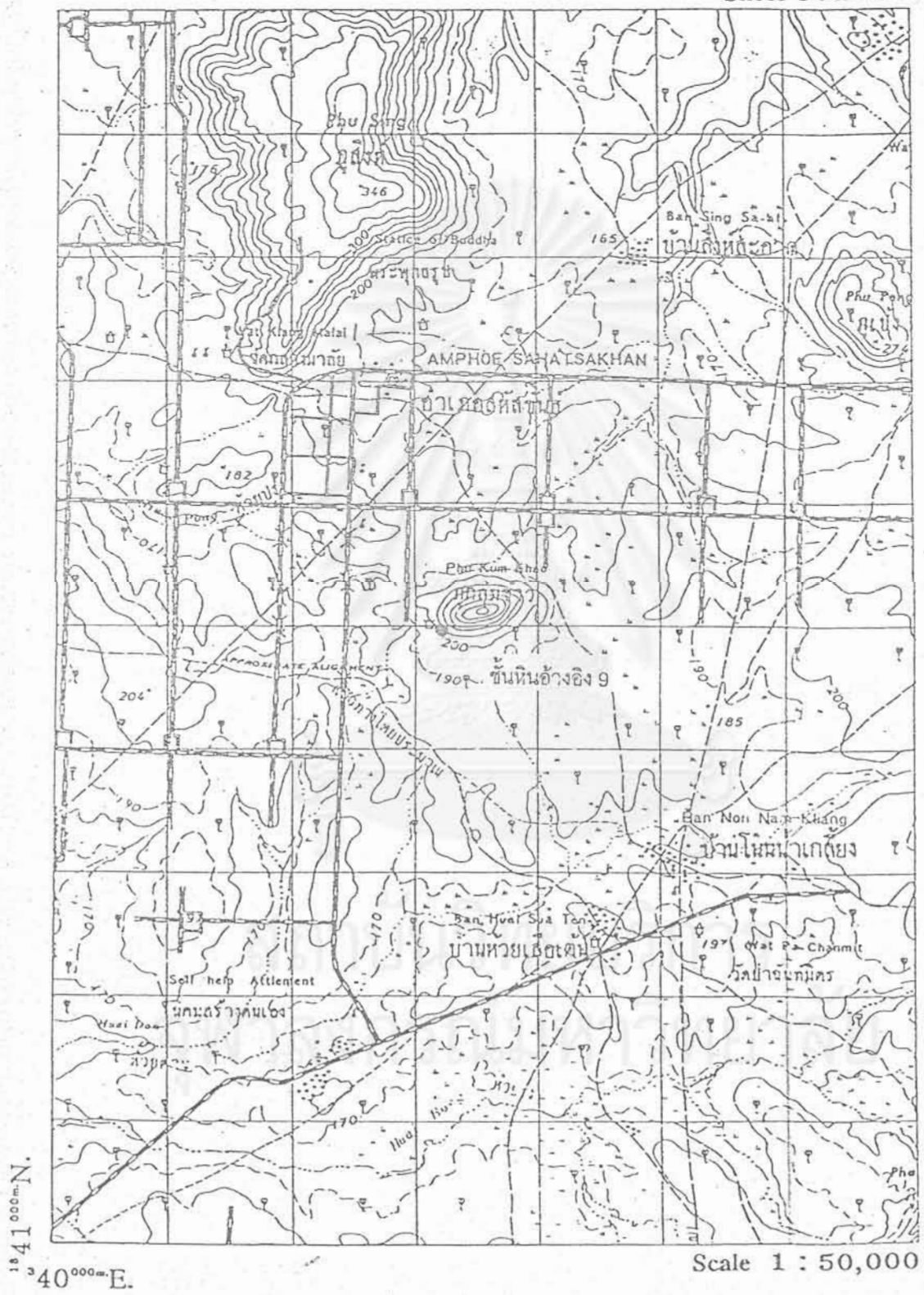
3.9.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ภูมิคุ้มข้าว ประกอบไปด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence ไม่ต่ำกว่า 7 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวประกอบด้วย การสะสมตัวของหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrite nodule ซึ่งมีความหนาของแต่ละ episode ประมาณ 3-8 เมตร บางครั้งเช่น Unit ที่ 7 เป็น flow regime ของ episode ที่เริ่มด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสปนกรวด-หินทรายแป้ง พบว่าความหนาของ cycle ดังกล่าวมีถึง 11 เมตร ข้อสังเกตอีกประการคือในส่วนล่างของหมวดหินเสาขัว มักพบช่วง cycle แฉกๆ แต่มักเป็น cycle ของหินที่หลากหลายกว่าหมวดหินเสาขัวส่วนบน เช่นเป็น episode ที่เริ่มด้วยหินกรวดมน-หินทรายเนื้ออาร์โคส-หินทรายแป้ง-หินทรายแป้งที่พบ calcrite nodule ในขณะที่หมวดหินเสาขัวตอนบนไม่พบชั้น calcrite nodule เลย

รายละเอียดของแต่ละ cycle เริ่มจากหินทรายเนื้อสีแดงม่วง ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก ปานกลางหรือหยาบ (ขึ้นกับความรุนแรงของแต่ละ episode) เนื้อปนปูนเล็กน้อย ชั้นหนา (ตั้งแต่ 40-250 เซนติเมตร) พบชั้นเฉียงระดับขนาด 20-50 เซนติเมตร/set และค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส อาร์โคส ตะกอนละเอียดขึ้น เนื้อปนปูนมากขึ้น และชั้นบาง ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นหินทรายแป้ง สีแดงเข้ม

AMPHOE SAHAT SAKHAN

Sheet 5742 III



รูป 3.26 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 9 ของหมวดหินเสาขัว (ภูคุ้มข้าว)

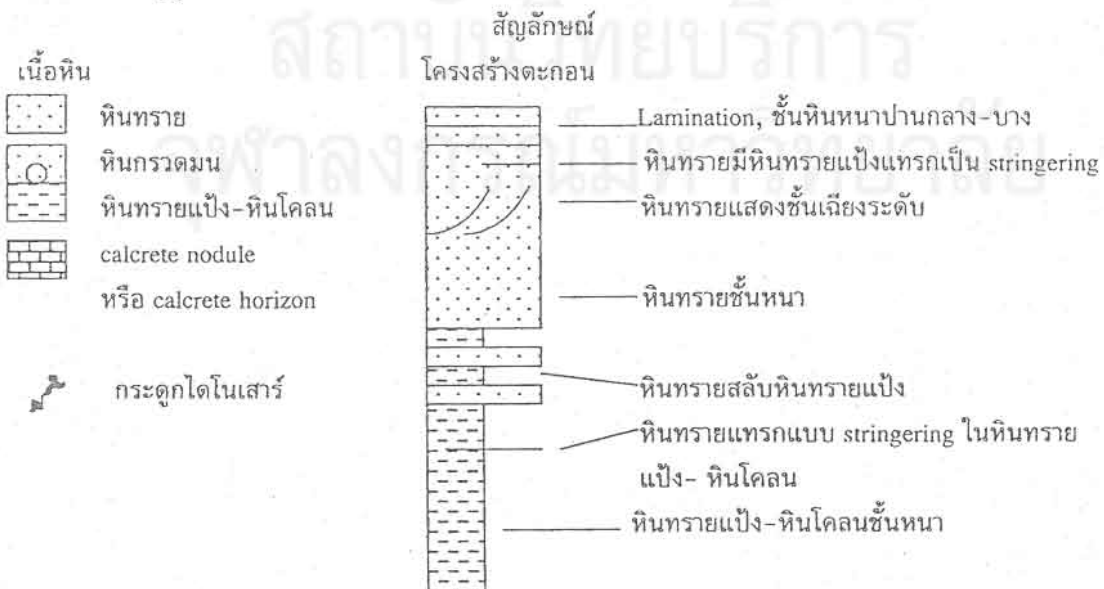
รูป 3.26 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่เขากุ่มข้าว
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	Column	Unit	คำอธิบาย
10		1 (PP)	หินทรายเนื้อควอร์ตซิดิก สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง การเชื่อมประสานปานกลาง ชั้นหินหนามาก พบชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ เนื้อหินมีการหักขนาดและความกลมมนดี ส่วนล่าง ๆ พบเม็ดกรวดที่พบในเนื้อหินประมาณ 5 % ซึ่งเป็นเม็ดควอร์ตซีสีขาว เซิร์ตสีดำและแดง และเม็ดหินทรายโดยมีขนาดตั้งแต่ 0.8-1.2 เซนติเมตร
45		2	ไม่พบหินโผล่ อาจเป็นชั้นสลับกันของหินทรายแป้งและหินทรายเนื้อละเอียดที่มีการเชื่อมประสานไม่ดี (จากลักษณะ float ที่พบอยู่ทั่วไป)
		3	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง ร่วน เนื้อปนปูน
0.8			
2		4	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีน้ำตาลแดง ขนาดตะกอนหยาบปานกลางถึงเนื้อปนกรวด การตัดขนาดปานกลางถึงไม่ดี ความกลมมนดี ชั้นหินหนาตั้งแต่ 15-70 เซนติเมตร โดยเป็นชั้นบางชั้นในส่วนบน ๆ พบชั้นเฉียงระดับอยู่ทั่วไป ในเนื้อหินบางช่วงพบ clast ประมาณ 15 % ของเนื้อหินซึ่งเป็นเม็ดควอร์ตซีสีเซิร์ต หินทรายและหินทรายแป้ง ความมนดีแต่ความกลมไม่ดี ขนาดตั้งแต่ 0.3-2.5 เซนติเมตร
4.5		5	หินทรายแป้ง สีแดง ร่วน เนื้อปนปูน วางทับหน่วยหินถัดไปแบบ sharp contact
		6	หินทรายเนื้ออาร์โคส (95%) สีแดงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง ชั้นหินหนาตั้งแต่ 1.8-2.5 เมตร พบชั้นเฉียงระดับซึ่งมีความหนา 50 เซนติเมตร/set ในเนื้อหินประกอบด้วยเม็ดกรวด 15 % โดยปริมาตร ซึ่งเป็น เม็ดควอร์ตซีสีเซิร์ต และ เซิร์ต ขนาด 0.3-1.2 เซนติเมตร
6.5		7	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดีมาก พบแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน พบชั้นเฉียงระดับ
1.2			
3.5		8	หินทรายแป้งสีแดง ร่วน เนื้อปนปูน
4.5		9	

ต่อด้านหลัง

(m)	Colum	Unit	คำอธิบาย
4.5		9	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ขนาดเม็ดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูน มีแร่ไมก้าแทรกในเนื้อ หินเล็กน้อย การเชื่อมประสานปานกลาง ชั้นหินหนาปานกลาง 20-60 เซนติเมตร โดยชั้น หินบางลงในส่วนบนๆ พบชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ โดยมีความหนาของชั้นเฉียงระดับ 20 เซนติเมตร/set
2.8		10	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง ร่วน เนื้อปนปูน
0.6		11	เหมือน unit 9
2.5		12	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง ร่วน ส่วนบน 10 เซนติเมตรเป็นชั้น calcrete nodule
3.5		13	ชั้นสลับของหินทรายเนื้ออาร์โคส (80%) สีแดงม่วง ขนาดตะกอนละเอียด พบแร่ไมก้า แทรกในเนื้อหิน แสดงชั้นเฉียงระดับ กับหินทรายแป้ง (20%) สีม่วงแดง เนื้อปนปูน ส่วนล่างของหินทรายมักพบ pebble (ประมาณ 5 % ในเนื้อหิน) ซึ่งเป็นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง ความกลมมนต่ำ พบ bioturbated จำพวกรูหนอนทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ
1.5			
2.2		14	หินกรวดมน สีม่วงแดง ในเนื้อ matrix ประกอบด้วยหินทรายเนื้อลิติก ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูนสูง การเชื่อมประสานดี ความหนาของชั้นหินอยู่ในช่วง 40-50 เซนติเมตร Clast พบอยู่ 45 % ของเนื้อหิน เป็นหินทรายแป้ง สีแดงเข้ม ความกลมมนดี ขนาดเฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร พบซากพืชและเศษกระดูกไดโนเสาร์เป็นชั้นเล็ก ๆ
1.8			
3.5		15	หินทรายแป้ง สีแดง เนื้อปนปูน ร่วน พบ calcrete layer หนา 8 เซนติเมตรในช่วงบน
		16	หินทรายเนื้ออาร์โคส (60%) สีแดงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูนเล็กน้อย ชั้นหินหนา 20-80 เซนติเมตรหรือมีลักษณะเป็นเลนส์สลับกับหินทรายแป้ง (40%) สีม่วงแดง เนื้อปนปูนเล็กน้อย ร่วน ชั้นหินหนาดังแต่ 20-50% พบซากกระดูกไดโนเสาร์จำพวก ซอโรพอดขนาดใหญ่
		17	หินทรายแป้ง สีแดง เนื้อปนปูนเล็กน้อย ร่วน มี calcrete nodule แทรกในเนื้อหิน

ชั้นหินอ้างอิงกุ่มข้าว ความหนารวม 96.6 เมตร



ร่วน เนื้อปนปูน ชั้นหนา (มากกว่า 2 เมตร) โดยบางชั้นอาจมีการปะปนของ calcrite nodule ซึ่งมักมีความสัมพันธ์กับการพบกระดูกและฟันไดโนเสาร์ (รูป 3.27 ก ถึง จ)

บางครั้งหินทรายปนกรวดอาจเปลี่ยนเป็นหินกรวดมน สีม่วงแดง ในเนื้อ matrix ประกอบด้วยหินทรายเนื้อลึติก ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูนสูง การเชื่อมประสานดี Clast พบอยู่ 45 % ของเนื้อหิน เป็นหินทรายแป้ง สีแดงเข้ม ความกลมมนดี ขนาดเฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร พบซากฟันและเศษกระดูกไดโนเสาร์เป็นชิ้นเล็ก ๆ

3.9.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 3 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็ก กระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่และซากรูกนอน (bioturbated) ซึ่งพบในส่วนล่างของหมวดหิน ซึ่งเป็นช่วงกลางและช่วงปลายของ episode ของ fluvial environment ตามลำดับ

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมน สีม่วงแดง 1 ชั้น (Unit 15) โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง มีปริมาณ 5% ของ clast ทั้งหมด เศษกระดูกไดโนเสาร์มักพบเป็นชิ้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดงริ้วลายยาวสีม่วงแดงอ่อน เห็นลักษณะ texture ภายในอย่างชัดเจน ในขณะที่ฟันไดโนเสาร์มีลักษณะเรียวยาวแหลม ค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 0.5x1 เซนติเมตร สีเข้ม มีร่องฟันตามผิวฟันเป็นแนวยาว

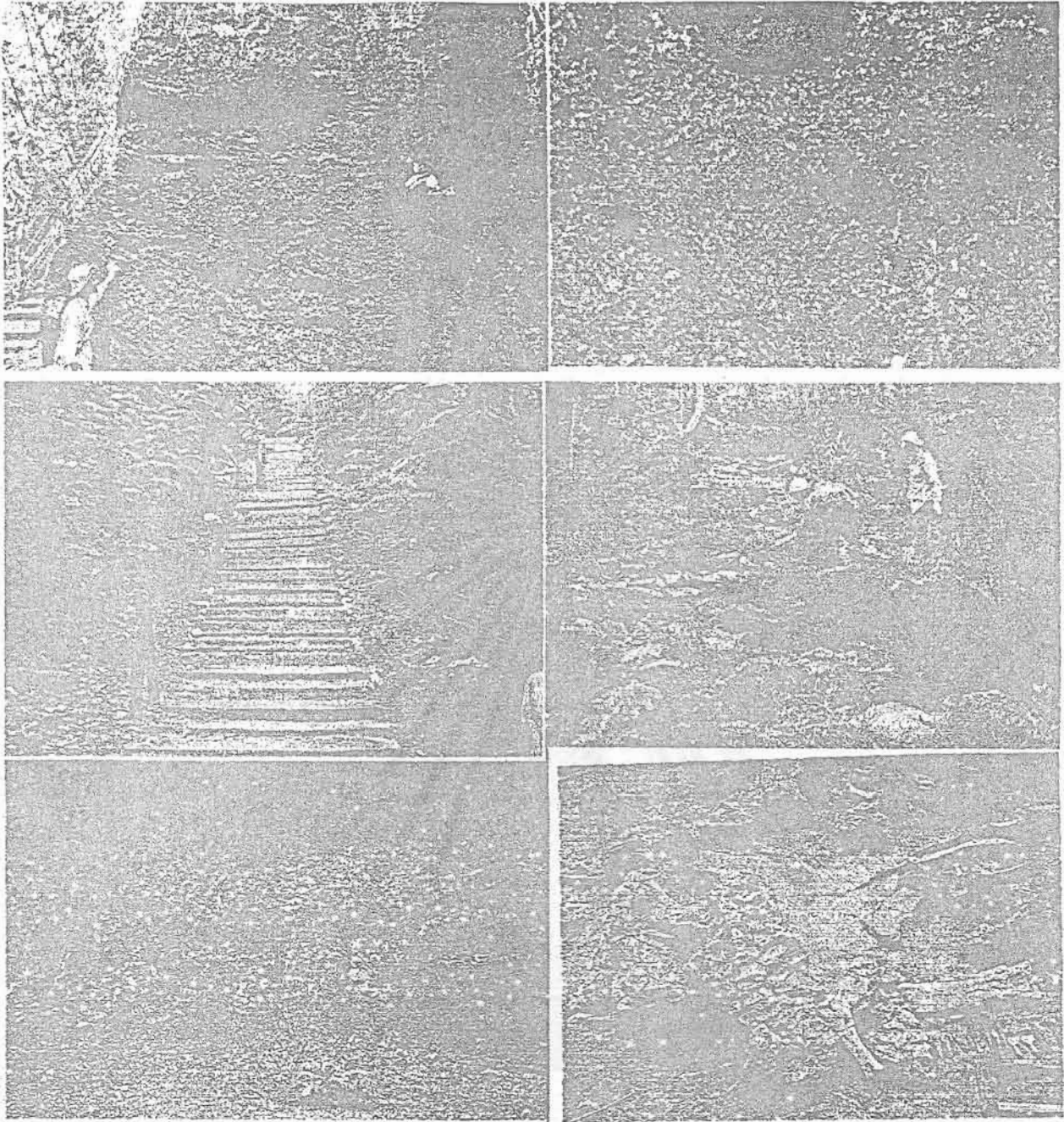
ข) กระดูกไดโนเสาร์ชิ้นใหญ่ พบอยู่ในชั้นหินทรายแป้งสีม่วงแดง เนื้อปนปูน ซึ่งสลับอยู่กับหินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นบาง (20-80 เซนติเมตร) เนื้อปนปูนเล็กน้อย (ส่วนกลางของ Unit ที่ 16) พบซากกระดูกไดโนเสาร์เกือบเต็มตัวจำพวกซอโรพอดขนาดใหญ่ ซึ่งถูกปิดทับด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ถึงม่วงเทา ขนาดตะกอนละเอียด ชั้นบาง จากการศึกษาของ Buffetaut et al., (1997) พบว่าเป็นกระดูกไดโนเสาร์กินพืชกุเวียงโกซอร์ส สิริทรณี (รูป 3.27 ฉ)

ค) ซากรูกนอน พบอยู่ระหว่างชั้นหินทรายแป้งกับหินทรายที่สลับกัน (Unit ที่ 13) โดยพบเป็นชั้นบาง ๆ สีค่อนข้างจางเมื่อเทียบกับหินข้างเคียง ซากรูกนอนที่พบมีอยู่หลายชั้นและมีทั้งแนวตั้งและแนวระดับ มีลักษณะเป็นแนวยาว สีดำถึงเทาดำ โดยมีขนาดรูกนอนเฉลี่ย 0.3x3 เซนติเมตร

3.10 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ผาน้ำย้อย

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่ผาน้ำย้อยไหลเป็นไหล่เขาจนถึงเชิงเขาภูผาน้ำย้อย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุทยานแห่งชาติผาน้ำย้อย บริเวณยอดเขามีลักษณะเป็นลานกว้างของหินทรายเนื้อแข็ง ซึ่งเป็นหมวดหินภูพาน วางทับอยู่บนหมวดหินเสาขัว แต่ไม่พบว่ามีหมวดหินพระวิหารอยู่ในแนวการสำรวจนี้ การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเดียวกับเขา (ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ด้วยมุมเอียงต่ำกว่า 5° ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ผาน้ำย้อย ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงที่ไหลลงมาทางชั้นวัดถ้ำผาน้ำย้อย ตั้งแต่ความสูง 260-340 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การไหลของชั้นหินเป็นลักษณะของหินไหลตามธรรมชาติ เป็นชั้น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา บริเวณตอนบนสุด



สถาบันวิทยบริการ

รูป 3.27ก ชั้นหินทรายควอตซ์ดึก ชั้นหนาของหมวดหินภูพาน วางตัวอยู่บนสุดของลำดับชั้นหินที่ภูกุ่มข้าว

รูป 3.27ข ภาพใกล้แสดงลักษณะเม็ดกรวดในชั้นหินกรวดมน ซึ่งเป็นส่วนล่างสุดของแต่ละ cycle

รูป 3.27ค หินทรายแป้งชั้นหนา ซึ่งอยู่ระหว่างตะพักหิน แสดงลักษณะผุพังเป็นชั้นดินสีแดง

รูป 3.27ง หินทรายเนื้ออาร์โคสสลับกับหินทรายแป้ง ตามไหล่เขาภูกุ่มข้าว

รูป 3.27จ หินทรายแป้งเนื้อปนปูนชั้นหนาบริเวณเชิงเขา ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.27ฉ โครงกระดูกไดโนเสาร์สภาพสมบูรณ์ที่พบในชั้นหินทรายแป้ง

ทางตอนล่างของลำดับชั้นหิน

3.27ก	3.27ข
3.27ค	3.27ง
3.27จ	3.27ฉ

ของชั้นหินอ้างอิงมีการโผล่ที่ตื้นมาก ในขณะที่ตอนกลางซึ่งน่าเป็นชั้นหินที่ค่อนข้างอ่อน ทำให้หินโผล่มีลักษณะการถล่มเป็นกองหิน ตอนล่าง ๆ ของชั้นหินมีการโผล่ที่ค่อนข้างดีและหลากหลายอีกครั้ง

3.10.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 287055 (Map sheet 5841 I บ้านห้องแสง) (รูป 3.28)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}19'43''N$ และ $104^{\circ}19'54''E$

- อุทยานแห่งชาติผาน้ำน้อย อำเภอนองพอก จังหวัดร้อยเอ็ด

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดร้อยเอ็ด ใช้ถนนหมายเลข 2044 ถึง อ. โพนทองและต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 2136 ถึง กม. 35 (เส้นที่ 1) หรือ กม. 38.1 เลี้ยวซ้ายไปประมาณ 1 กิโลเมตร ก็จะถึงพื้นที่

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 14 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.29) โดยมีความหนารวมประมาณ 79.5 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 55%

ง) ข้อมูลอื่นๆ ใน Unit 1 จัดเป็นส่วนหนึ่งของหมวดหินภูพาน ซึ่งประกอบด้วยหินทรายปนกรวด สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง พบชั้นเฉียงระดับขนาด 25-35 เซนติเมตร/set ทิศทางไปทิศตะวันตกเฉียงใต้ กรวดที่พบในเนื้อหินเป็นเม็ดควอร์ตซ์สีชมพูและเม็ดเชิร์ตสีดำ ความมนดี แต่ความกลมต่ำ ขนาดตั้งแต่ 0.3-2.2 เซนติเมตร และใน Unit ที่ 5 ไม่พบหินโผล่ คาดว่าอาจเป็นชั้นหินที่อ่อนมาก ซึ่งอยู่ในส่วนบนของหมวดหินเสาขัว

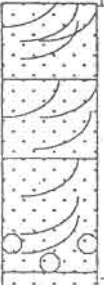



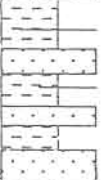
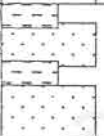

3.10.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ผาน้ำน้อย ประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ๆ 2 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่าง-กลาง (Unit ที่ 6-14) มีความหนารวม 31.5 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence ที่สมบูรณ์มาก จำนวน 2 ครั้งและช่วง flow regime ต้นสุดของ cycle อีก 1 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวมักเริ่มจากหินทรายเนื้ออาร์โคสปกรวด-หินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrite nodule ความหนาของ cycle ประมาณ 20 เมตร ใน cycle แรกมีความหนา 10 เมตร เนื่องจากไม่พบ flow regime ช่วงแรกของการสะสมตัว

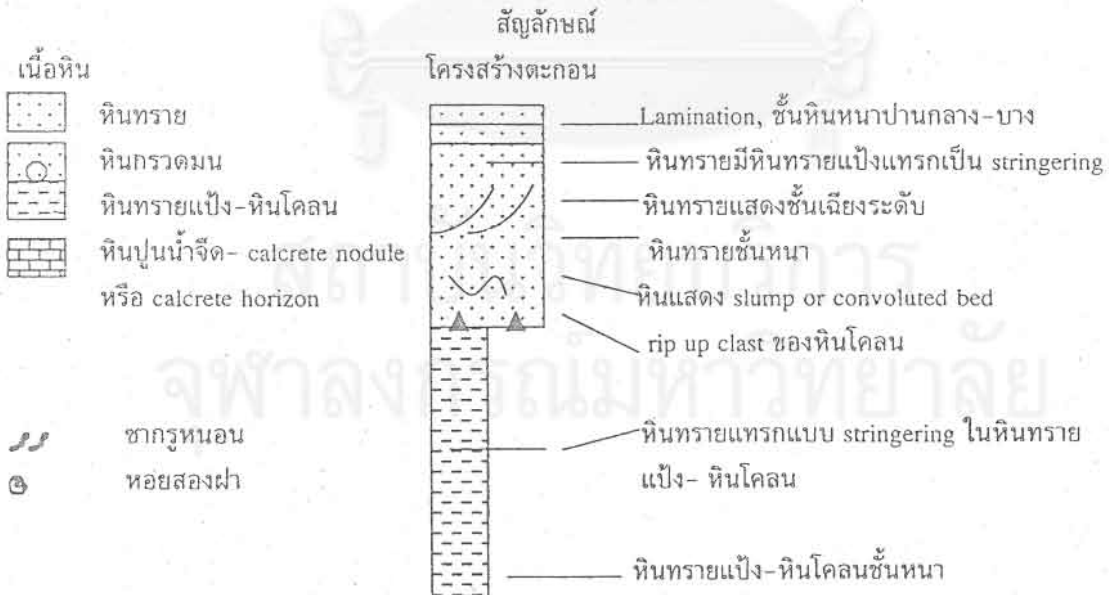
รายละเอียดของ cycle เริ่มจากหินทรายปนกรวด สีขาวถึงน้ำตาลแดง ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง กรวดที่พบในเนื้อหินเป็นเม็ดควอร์ตซ์สีขาวและเม็ดทรายแป้งสีม่วงแดง ความมนดี แต่ความกลมต่ำ ขนาดตั้งแต่ 0.3-0.5 เซนติเมตร ริวที่พบแนวกรวดหนาไม่เกิน 5 เซนติเมตร ขนาดชั้นหินไม่แน่นอน แต่มีความหนารวมกัน 4 เมตร ต่อมา หินเริ่มเปลี่ยนเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นหนา สีน้ำตาลแดงถึงขาวเทา ขนาดเม็ดตะกอนหยาบปานกลาง พบชั้นเฉียงระดับ และค่อยๆ เปลี่ยนเป็นชั้นสลับของหินทราย

รูป 3.29 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ผาน้ำน้อย
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
10		1 (PP)	หินทรายปนกรวด (Pebbly sandstone) สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง พบชั้นเฉียงระดับขนาด 25-35 เซนติเมตร/set ทิศทางไป SW การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดไม่ดี แต่ความมนสูง กรวดที่พบในเนื้อหินเป็นเม็ดควอตซ์สีชมพูและเม็ดเชิร์ตสีดำ ความมนดี แต่ความกลมต่ำ ขนาดตั้งแต่ 0.3-2.2 เซนติเมตร ชั้นหินตอนบน ๆ จะพบปริมาณกรวดน้อยกว่าชั้นล่าง เนื้อหินส่วนล่าง 40 เซนติเมตรอาจจัดให้เป็นหินกรวดมน
1.5 1.5		2	หินทรายเนื้ออาร์โคสถึงหินทรายกึ่งออร์โทควอร์ตไซต์ สีขาวถึงแดงอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนหยาบปานกลาง พบ rip up clast ขนาด 1-5 เซนติเมตร ของหินโคลนสีเทา พบลักษณะของการกวานและตั้งตะกอนชั้นล่างอย่างชัดเจน
>1		3	หินทรายซับแกรเวค (65%) สีเทาประจุดเขียว ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปนปูนเล็กน้อย พบไมก้าปนเล็กน้อย พบโครงสร้างตะกอนชั้นเฉียงระดับขนาดเล็กไม่เกิน 4 เซนติเมตร/set ในเนื้อหิน 20 % พบ bioturbated ซึ่งวางตัวในแนวตั้งและแนวระดับ รุหนอนมีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร ชั้นหินค่อนข้างบาง ประมาณ 10-20 เซนติเมตร โดยจะบางลงเมื่อ Sequence สูงขึ้นและจะแสดงลักษณะของ convoluted ในตอนบน 30 เซนติเมตร ชั้นหินดังกล่าวสลับอยู่กับหินโคลน (35%) สีเทาเขียว เนื้อปนปูนขนาดชั้นบางมาก (น้อยกว่า 5 เซนติเมตร)
		4	หินปูนน้ำจืด สีเทาขาว ขนาดชั้นไม่แน่นอน พบซากหอยสองฝาขนาด 2-3 เซนติเมตรจำนวนมาก
		5	ไม่พบหินโผล่ สภาพแวดล้อมเป็นที่ลาดชันซึ่งเต็มไปด้วยหญ้า ดินคลุมและก้อนหินทรายที่มีขนาดเม็ดตะกอนปานกลางและแสดงรอยชั้นเฉียงระดับอยู่ทั่วไป
2		6	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีขาวถึงเทาอมง ขนาดเม็ดตะกอนหยาบ บางครั้งถึงเนื้อปนกรวด การคัดขนาดค่อนข้างดี เนื้อหินประกอบด้วยแร่ควอร์ตซ์เป็นส่วนใหญ่
6		7	หินทรายแป้ง (60%) สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูนเล็กน้อย ร่วน สลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคส (40%) สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูนเล็กน้อย -ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง ขนาดชั้นหินตั้งแต่ 30-80 เซนติเมตรโดยชั้นหินบางลงเมื่อ sequence สูงขึ้น ชั้นหินส่วนใหญ่แสดงลักษณะ irregular bed
3		8	ลักษณะคล้าย unit 7 แต่ชั้นหินทรายหนาขึ้นและ % มากขึ้นเป็น 70%
5		9	หินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นหนา สีน้ำตาลแดงถึงขาวเทา ขนาดเม็ดตะกอนหยาบ บางครั้งพบเนื้อกรวดขนาด 0.5 เซนติเมตรของเม็ดควอร์ตซ์และหินทรายแป้งสีม่วงแดง โครงสร้างตะกอนที่พบในหินทรายเนื้ออาร์โคส ได้แก่ชั้นเฉียงระดับทั้งแบบ planar และ trough x-bedding
2		10	หินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นหนา สีน้ำตาลแดงถึงขาวเทา ขนาดเม็ดตะกอนหยาบปานกลาง โครงสร้างตะกอนที่พบในหินทรายเนื้ออาร์โคส ได้แก่ชั้นเฉียงระดับทั้งแบบ planar และ trough x-bedding
4	ต่อด้านหลัง		

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
4		11	หินทรายปนกรวด (Pebbly sandstone) สีขาวถึงน้ำตาลแดง ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดไม่ดี กรวดที่พบในเนื้อหินเป็นเม็ดควอร์ตซ์สีขาวและเม็ดทรายแป้งสีม่วงแดง ความมนดี แต่ความกลมต่ำ ขนาดตั้งแต่ 0.3-0.5 เซนติเมตร รั้วที่พบแนวกรวดหนาไม่เกิน 5 เซนติเมตร สำหรับในเนื้อหินมีขนาดตะกอนหยาบ การเชื่อมประสานดี การคัดขนาดปานกลาง ชั้นหินมัก irregular bed หรือมีลักษณะคล้าย channel deposit
4		12	ลักษณะเหมือน unit 8
4		13	หินทรายเนื้ออาร์โคส (70%) สีแดงน้ำตาลถึงแดงม่วง ขนาดตะกอนปานกลาง การเชื่อมประสานดี มีแร่ไมกาในเนื้อหินเล็กน้อย การคัดขนาดค่อนข้างดี ความกลมมนของแร่ในเนื้อหินสูง ความหนาชั้นหินอยู่ระหว่าง 15-80 เซนติเมตร โดยจะบางลงเมื่อ sequence สูงขึ้น พบโครงสร้างตะกอนคือชั้นเฉียงระดับ ซึ่งมีทิศทางส่วนใหญ่ไป SW ชั้นหินแทรกสลับด้วยหินทรายเนื้อละเอียดมาก (30%) สีแดงม่วง เนื้อปนปูน ค่อนข้างร่วน ขนาดชั้นหินใกล้เคียงกัน มีโครงสร้างตะกอนคือชั้นเฉียงระดับ พบว่าหินทรายทั้งสองประเภทนี้แสดงลักษณะ lateral facies change ทำให้ความหนาของชั้นหินเปลี่ยนแปลงไปในระดับ 20-80 เซนติเมตร และขนาดตะกอนแปรเปลี่ยนไปตั้งแต่ขนาดหยาบปานกลางจนถึงละเอียดมาก
1.5		14	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง ร่วน ตอนบน 15 เซนติเมตรพบ Calcrete layer

ชั้นหินอ้างอิงหนาเข้าย้อย ความหนารวม 79.5 เมตร



กับหินทรายแป้ง ความหนาของหินทรายลดลง จนในที่สุดตอนบนของ cycle เป็นหินทรายแป้งชั้นหนา 1-2 เมตร โดยบางครั้งอาจพบ calcrete nodule ในส่วนบนสุดของ episode (รูป 3.30 ก ถึง ค)

ข) ส่วนบน (Unit ที่ 3-4) มีความหนามากกว่า 2.5 เมตร แสดงลักษณะของการสะสมตัวแบบ lacustrine environment โดยพบหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ชั้นหนามากกว่า 1 เมตร ภายในเนื้อหินพบซากหอยสองฝาจำนวนมาก หินดังกล่าวถูกวางทับด้วยหินทรายเนื้อสกปรกสีเทาประจุดเขียว ขนาดตะกอนเล็ก เนื้อปูนปนเล็กน้อย ชั้นหินค่อนข้างบาง ประมาณ 10-20 เซนติเมตร พบไมก้าปนเล็กน้อย สลับกับหินโคลน (35%) สีเทาเขียว เนื้อปูนขนาดชั้นบางมาก (น้อยกว่า 5 เซนติเมตร) พบโครงสร้างชั้นเฉียงระดับขนาดเล็กไม่เกิน 4 เซนติเมตร/set ในเนื้อหิน ทราย และพบซาก bioturbated รูหนอนซึ่งวางตัวในแนวตั้งและแนวระดับจำนวนมาก (รูป 3.30 ง ถึง ช) การสลับกันของชั้นหินมีลักษณะคล้าย rhythmic แสดงถึงการตกตะกอนในที่ๆไม่มีการรบกวนของตัวพัดพาบนบก

3.10.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 2 ชนิดคือซากหอยสองฝาและซาก bioturbated จำพวกรูหนอน ซึ่งพบในหินที่ตกตะกอนใน lacustrine environment ตามลำดับ

ก) หอยสองฝา พบอยู่ในหินปูนน้ำจืดประเภท biomicrite ใน Unit ที่ 4 มีปริมาณของซากหอยสองฝามากกว่า 60% ในเนื้อหิน สภาพหอยสองฝาที่พบมีสภาพเกือบสมบูรณ์ ขนาดตั้งแต่ 2-3 เซนติเมตร บางตัวถูก recrystallized จนมองไม่เห็น texture ยังไม่ทราบชนิดของหอยสองฝานี้ แต่คาดว่าอาจเป็น Unio sp. (ตามรูป 3.30 ฉ)

ข) ซากรูหนอน พบอยู่ในชั้นหินทรายเนื้อสกปรก (ชั้นเกรนเวก) สีเทาประจุดเขียว และตามรอยต่อระหว่างหินทรายดังกล่าวกับหินโคลนสีเทาเขียว เนื้อปูนปน (มีหลายชั้น) ซากรูหนอนที่พบมีทั้งแบบแนวตั้งและแนวระดับ รูหนอนมีลักษณะเส้นตรง สีเข้ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 3-5 เซนติเมตร (ตามรูป 3.30 ช)

3.11 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่บ้านห้องแสง

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่บ้านห้องแสงโผล่เป็นเนินเขาเดี่ยวๆ ตามเชิงเขาภูเขาแดง ภูเขาโล้น โดยบริเวณยอดเขามีลักษณะเป็นสันเขาสูงชันของหินทรายเนื้อแข็ง ซึ่งเป็นหมวดหินภูพาน การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ด้วยมุมเอียงเทน้อยมากไปตะวันตก

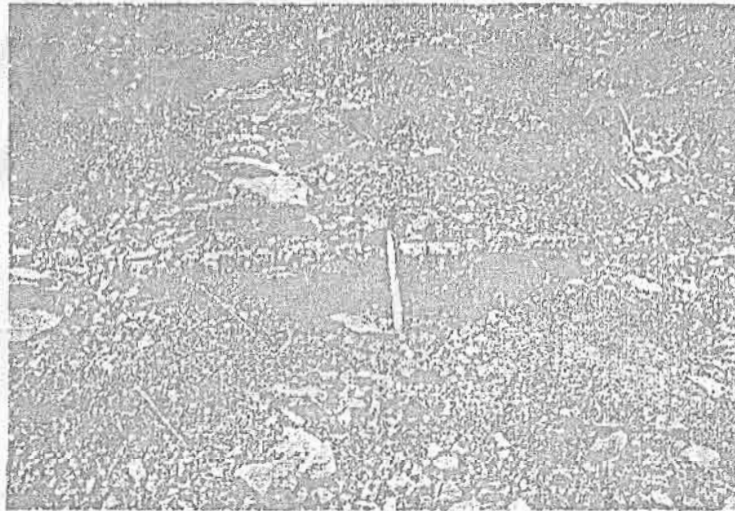
ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่บ้านห้องแสง ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงที่โผล่ตาม Quarry และ road cut ตามถนน ในความสูง 200 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง สภาพหินเกือบทั้งหมดค่อนข้างสดเนื่องจากการขุดหินเพื่อการก่อสร้างเสมอ

3.11.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 317135 (Map sheet 5841 I บ้านห้องแสง) (รูป 3.31)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}23'57''N$ และ $104^{\circ}21'38''E$

- บริเวณถนนสาย 2370 กม. 23.5 ตำบลหนองสูงใต้ อำเภอหนองสูง จังหวัด



รูป 3.30ก ชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลางสลับกับหินทรายแป้ง ตอนล่างของชั้นหินอ้างอิงผาน้ำย่อย

รูป 3.30ข ลานหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนา แสดงชั้นเฉียงระดับ

รูป 3.30ค หินทรายแป้งเนื้อปนปูนชั้นหนา แทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นสีขาวคือ calcrete horizon พบทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง

3.30ก	3.30ข
	3.30ค



รูป 3.30ง ส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงๆ เป็นหินโคลนชั้นบางสีเทาสลับกับหินโคลนสีน้ำตาลแดง ถูกวางทับด้วยหินทรายควอร์ตซิดิกชั้นหนาของหมวดหินภูพาน

รูป 3.30จ หินโคลนสีเทาเข้มแสดงลักษณะ convolute bed

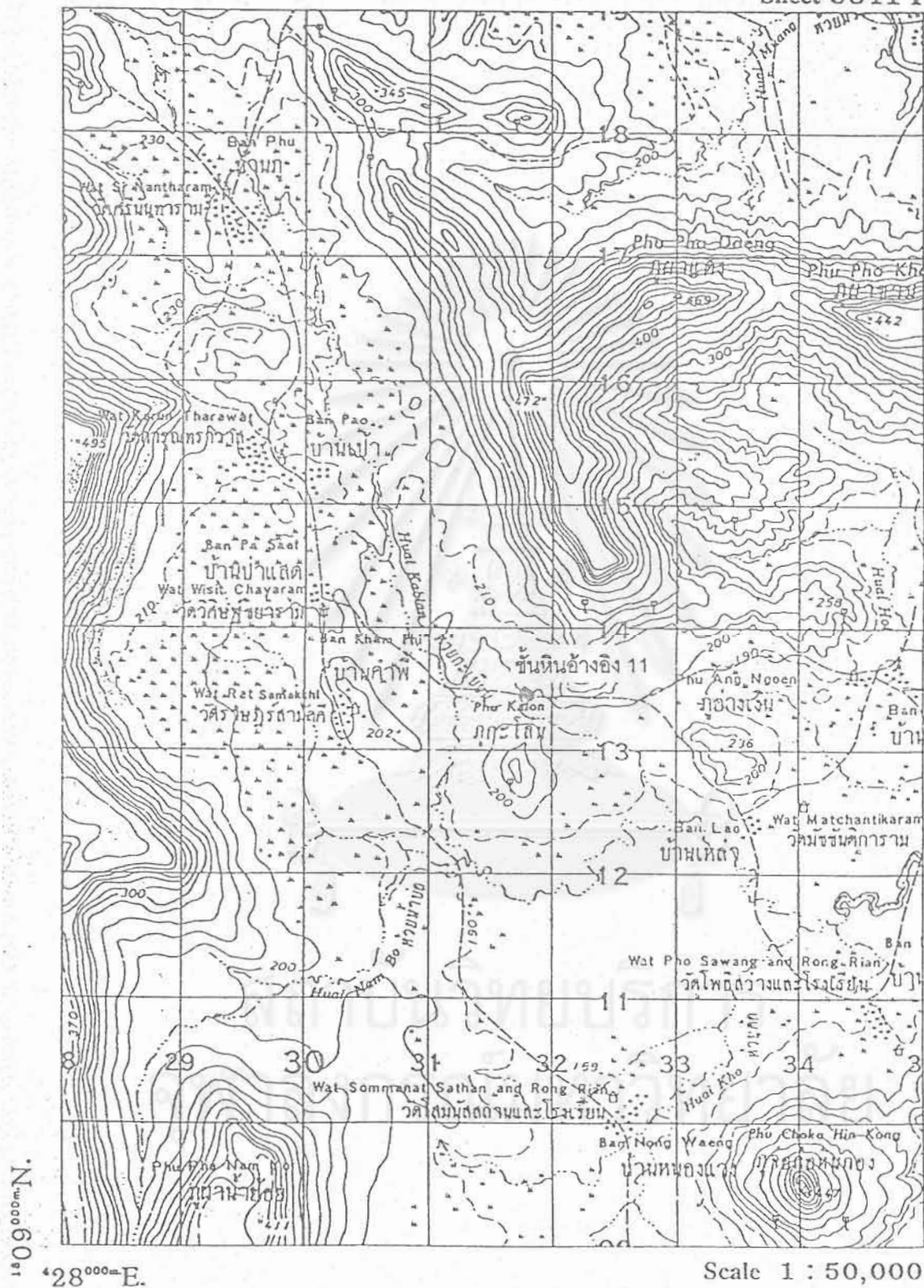
รูป 3.30ฉ ภาพใกล้ของหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อนแสดงการสะสมตัวของหอยสองฝาจำนวนมาก

รูป 3.30ช ร่องรอยของซากทรูหนอน แนวตั้ง ตามชั้นหินทรายเนื้อลิดิกชั้นหนาปานกลาง

3.30ง	3.30จ
3.30ฉ	3.30ช

BAN HONG SAENG

Sheet 5841 I



รูป 3.31 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 11 ของหมวดหินเสาขัว (บ้านห้องแสง)

มุกดาหาร

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดร้อยเอ็ด ใช้ถนนหมายเลข 2044 ถึง อ. โพนทองและต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 2046 ถึง อ.กุฉินารายณ์ และใช้ทางหลวงหมายเลข 2042 ถึง บ้านหนองสูงและเข้าทางหลวงหมายเลข 2370 ถึง กม. ที่ 23.5 ก็จะถึงพื้นที่

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 3 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.32) โดยมีความหนารวมประมาณ 7.7 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 100%

ง) ข้อมูลอื่นๆ -

3.11.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่บ้านห้องแสง ประกอบไปด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence 1 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวประกอบด้วย การสะสมตัวของหินกรวดมน-หินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrite nodule ซึ่งมีความหนาของ episode ไม่ต่ำกว่า 7.7 เมตร


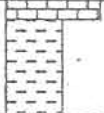

รายละเอียดพบว่าส่วนล่างของหน่วยหิน ประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูน ความหนาของชั้นหิน 10-25 เซนติเมตรโดยมีหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปนขนาด 1 เซนติเมตรแทรกสลับ พบเลนส์ของหินกรวดมน สีแดงม่วง เนื้อปนปูนมาก การเชื่อมประสานดีมาก มีไมก้าเล็กน้อย ความหนาไม่เกิน 50 เซนติเมตร เนื้อหินกรวดมนประกอบด้วยเม็ดกรวด 45 % โดยปริมาตร ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นเม็ดหินทรายแป้งสีแดงม่วงที่มีความกลมมนดีมาก ขนาด 1 เซนติเมตร นอกจากนี้ใน clasts ยังพบเศษซากดึกดำบรรพ์ประเภทฟอสซิลและเศษกระดูกไดโนเสาร์และซากกระดูกเต่าจำนวนมาก แต่มีลักษณะเป็นซากแตกหัก บริเวณตอนบนพบลักษณะของ bioturbated จำพวกรูหนอน ต่อมาหินค่อยๆเปลี่ยนเป็นชั้นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน การแยกชั้นไม่ชัดเจน ตอนกลางพบว่าเนื้อหินมีการปะปนด้วยก้อน calcrite nodule เป็นช่วงๆ ประมาณ 50-100 เซนติเมตร โดยพบมีลักษณะเป็น calcrite layer สีขาวใสขนาด 5 เซนติเมตร แทรกอยู่ 1 ชั้น (รูป 3.33 ก ถึง ค)

3.11.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

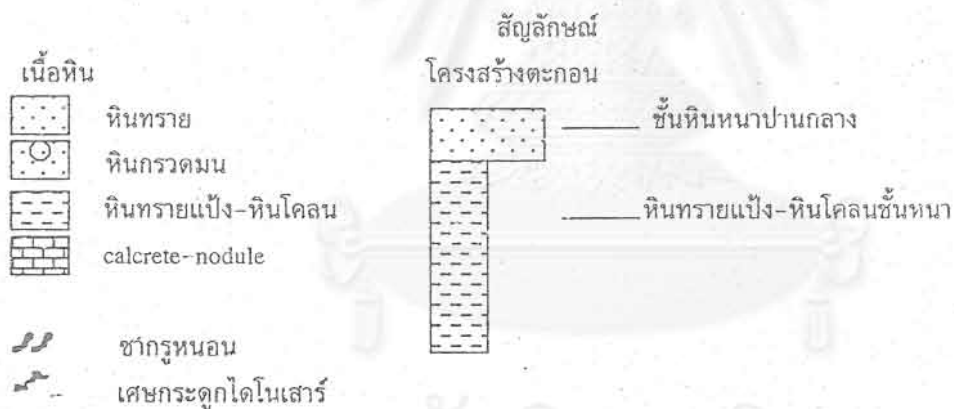
ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่หลายชนิด แต่ที่สนใจมีเพียง 2 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็ก ซึ่งเป็นช่วงต้นของ episode ใน fluvial environment และซากรูหนอน ซึ่งเป็นช่วงกลางของ episode

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมน สีม่วงแดง 1 ชั้น (Unit 15) โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง มีปริมาณ 5% ของ clast ทั้งหมด เศษกระดูกไดโนเสาร์มักพบเป็นชิ้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดงริ้วลายยาวสีม่วงแดงอ่อน เห็นลักษณะ texture ภายในอย่างชัดเจน ในขณะที่ฟันไดโนเสาร์มีลักษณะเรียวยาว

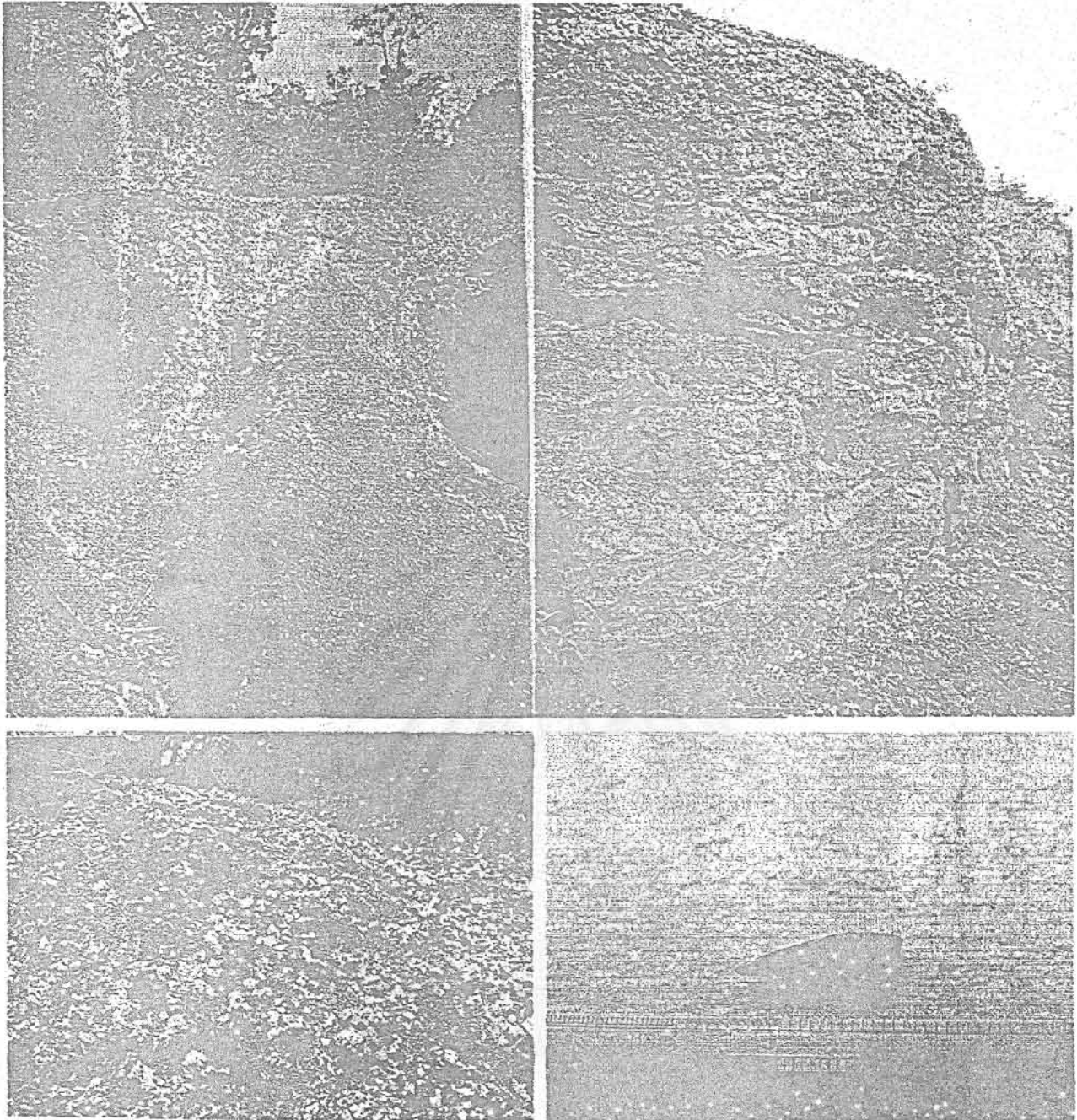
รูป 3.32 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่บ้านห้องแสง จากบนลงล่าง--(No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
3		1	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน
3		2	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน ในเนื้อหินพบ Calcrete nodule or concretion และพบชั้นบาง ๆ ของ calcrete โดยเฉพาะบริเวณทางตอนบนของ unit ที่ 5 เซนติเมตร
1.7		3	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดี ชั้นหินมีความหนาต่อชั้น 10-25 เซนติเมตรและแสดงลักษณะ lateral facies change โดยพบเลนส์ของหินกรวดมน สีแดงม่วง เนื้อปนปูนมาก การเชื่อมประสานดีมาก มีโมกกาเล็กน้อย Clasts มีจำนวน 45% โดยปริมาตร เกือบทั้งหมดเป็น หินทรายแป้งสีแดงม่วง ขนาด 1 เซนติเมตร ความกลมมนดีมาก และยังมีพบฟีนไดโนเสาร์และซากกระดูกเต่าเป็นจำนวนมาก แต่ลักษณะซากไม่สมบูรณ์ บริเวณตอนบนของ unit พบลักษณะของ bioturbated และรูหนอน

ชั้นหินอ้างอิงบ้านห้องแสง ความหนารวม 7.7 เมตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.33ก หินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีม่วงแดง ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.33ข หินทรายเนื้ออาร์โคสสลับกับหินทรายแป้งเนื้อปนปูน เป็นชั้นหินที่มักพบซากกระดูก
ฟันของไดโนเสาร์

รูป 3.33ค ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrete nodule ปะปนอยู่ในเนื้อหิน

รูป 3.33ง ตัวอย่างฟันไดโนเสาร์ที่พบในชั้นหินอ้างอิงนี้

3.33ก	3.33ข
3.33ค	3.33ง

แหลม ค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 0.5x 1 เซนติเมตร สีเข้ม มีร่องฟันตามผิวพื้นเป็นแนวยาว (รูป 3.33 ง)

ข) ซากรูหนอน พบอยู่ตามผิวของชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส ซึ่งต่อกับชั้นหินทรายแป้ง (ระหว่าง Unit ที่ 2 และ 3) ซากรูหนอนที่พบมีทั้งแบบแนวตั้งและแนวระดับ รูหนอนมีลักษณะคล้ายที่พบบริเวณชั้นหินอ้างอิงผาน้ำย่อย เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 3-5 เซนติเมตร

3.12 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูจ้อก้อหนองสูง

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่ภูจ้อก้อหนองสูง โผล่ตามเชิงเขาจนถึงไหล่เขาด้านบนของภูจ้อก้อหนองสูง บริเวณยอดเขามีลักษณะเป็นสันเขาสูงชันของหินทรายเนื้อแข็ง ซึ่งเป็นหมวดหินภูพาน วางทับหมวดหินเสาขัวบริเวณชั้นหินอ้างอิง แต่ไม่พบว่ามีหมวดหินพระวิหารอยู่ในแนวการสำรวจนี้ การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเดียวกับเขาคือแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มุมเอียงเทเกือบราบ (subhorizontal)

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูจ้อก้อหนองสูง ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงที่โผล่ตามบริเวณทางขึ้นวัดพุทธบูชา ตั้งแต่ความสูง 300-440 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะของหินโผล่ตามธรรมชาติ ตามทางป่าและทางที่วัดพุทธบูชาได้พัฒนาไว้แล้ว ลักษณะหินโผล่มักเป็นตะพักๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นช่วงของหินทรายเนื้อแข็งชั้นหนา บางบริเวณเป็นลานกว้างของหินทรายแป้งสีแดง บริเวณตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีการโผล่ที่ตีมาก หลายๆ บริเวณพบการขาดหายไปของการลำดับชั้นหิน เนื่องจากมีลักษณะการถล่มเป็นกองหินตามข้างทาง ตอนล่างๆ ของชั้นหินอ้างอิงมีการโผล่ที่ค่อนข้างดีเนื่องจากเป็น road cut

3.12.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 300190 (Map sheet 5841 I บ้านห้อยแสง) (รูป 3.34)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}19'43''N$ และ $104^{\circ}19'54''E$

- ภูจ้อก้อหนองสูง วัดพุทธศิริ บ้านป่าเม็ก ตำบลหนองสูง อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

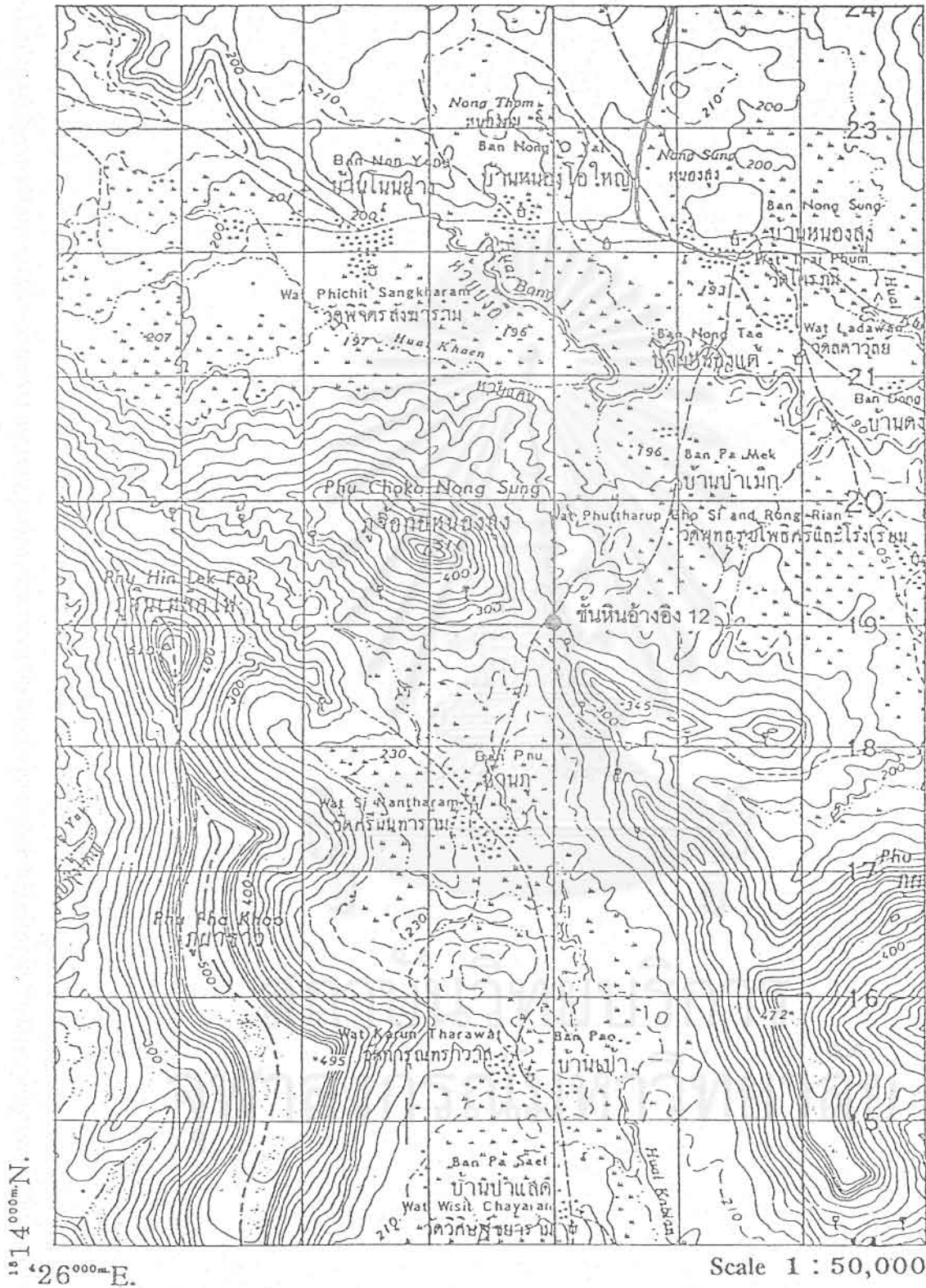
ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดร้อยเอ็ด ใช้ถนนหมายเลข 2044 ถึง อ. โพนทองและต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 2046 ถึง อ.กุฉินารายณ์ และใช้ทางหลวงหมายเลข 2042 ถึง บ้านหนองสูงและเข้าทางหลวงหมายเลข 2370 ถึง กม. ที่ 31 เลี้ยวซ้ายไปประมาณ 200 เมตร

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 22 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแบบแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.35) โดยมีความหนารวมประมาณ 138 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 60%

ง) ข้อมูลอื่นๆ ใน Unit ที่ 1 เป็นส่วนของหมวดหินภูพาน ซึ่งประกอบด้วยหินทรายเนื้อควอร์ตซิก สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง ชั้นหินหนามาก พบชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ ส่วนล่างๆพบลักษณะของ slumped bed และพบเม็ดกรวดที่พบในเนื้อหินประมาณ 5 % ซึ่งเป็นเม็ดควอร์ตซีส

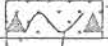
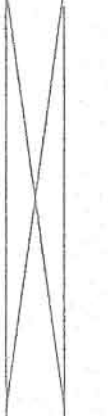
BAN HONG SAENG

Sheet 5841 I

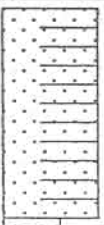
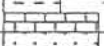
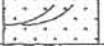
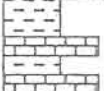

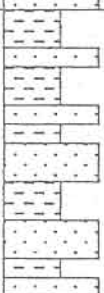
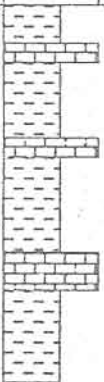








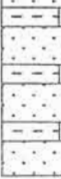
รูป 3.35 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 12 ของหมวดหินเสาขัว (ภูจ้อก้อหนองสูง)

รูป 3.35 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูจ้อก้อหนองสูง
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
10		1 (PP)	หินทรายเนื้อควอร์ตซิติค สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง การเชื่อมประสานปานกลาง ชั้นหินหนามาก พบชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ เนื้อหินมีการคึดขนาดและความกลมมนดี ส่วนล่าง ๆ พบลักษณะของ slumped bed และพบเม็ดกรวดที่พบในเนื้อหินประมาณ 5 % ซึ่งเป็นเม็ดควอร์ตซิติค สีขาว เซิร์ตสีดำและแดง และเม็ดหินทรายโดยมีขนาดตั้งแต่ 0.8-1.2 เซนติเมตร และพบ tip up clast ของหินโคลนเป็นชั้นเล็ก ๆ บาง ๆ เล็กน้อย
0.5		2	หินทรายเกรแนว สีเทาเข้มถึงม่วงเทา ขนาดเม็ดตะกอนละเอียด ร่วนมาก ชั้นบางไม่เกิน 10 เซนติเมตร สลับกับชั้นถ่านชั้นบาง ๆ ประมาณ 1.3 มิลลิเมตร ชั้นหินส่วนล่าง พบ tip up clast ขนาด 0.5 เซนติเมตร ของหินโคลนสีเทา ตอนบนของ unit พบลักษณะของการกวนและการดิ่งตะกอนขึ้นไป
40		3	ไม่พบหินโผล่ อาจเป็นชั้นสลับกันของหินทรายแป้งและหินทรายเนื้อละเอียดที่มีการเชื่อมประสานไม่ดี (จากลักษณะ float ที่พบอยู่ทั่วไป)
12		4	หินทรายแป้ง (85%) สีแดงถึงแดงม่วง ร่วน ชั้นหนา 1.5-3 เมตร สลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ขนาดตะกอนละเอียดมาก ร่วน ขนาดชั้น 20-40 เซนติเมตร พบโครงสร้างตะกอนชั้นเฉียงระดับ ในตอนกลาง ๆ ถึงตอนบนของหินทรายแป้งในแต่ละชั้น พบ calcrete nodule สีขาวแทรกตามเนื้อหินเป็นก้อน ๆ หรือเป็นชั้น ๆ
1.2		5	หินทรายเนื้ออาร์โคส (95%) สีแดงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียดมาก ร่วน แสดงการวางชั้นเฉียงระดับ ความหนาชั้นหินลดลงจากล่างชั้นบนตั้งแต่ 25 เซนติเมตรถึง 3
1.2		6	เซนติเมตร แทรกสลับด้วย stringing ของหินทรายแป้งชั้นบางมาก (5%)
3		7	หินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน ร่วน
3		8	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดีมาก พบแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน พบชั้นเฉียงระดับ ความหนาชั้นหินประมาณ 1.5-2 เมตร แต่ในส่วนล่าง ๆ หินทรายมีขนาดตะกอนเล็กลง ความหนาชั้นหินลดลงเหลือ 5 เซนติเมตร
9		9	หินทรายแป้งสีแดงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน ร่วน พบ calcrete horizon or nodule ขนาดเม็ด 1-3 เซนติเมตร ปะปนอยู่ทั่วไป

ต่อด้านหลัง

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
9		9	หินทรายเนื้ออาร์โคส (95%) สีเทาม่วง ขนาดตะกอนหยาบปานกลางและค้อยๆ ละเอียด ชั้นในตอบนบน การเชื่อมประสานปานกลาง การคัดขนาดปานกลาง เนื้อไม่กำเล็กน้อย ชั้น หินหนาปานกลางประมาณ 20-30 เซนติเมตร แทรกสลับด้วย stringering ของหินทราย แป้งสีแดงม่วง ชั้นบางมาก
1.2		10	หินทรายแป้ง สีแดงถึงแดงม่วง ร่วน พบ calcrite nodule สีขาวแทรกตามเนื้อหินเป็น ก้อนๆ หรือเป็นชั้นๆ
1.8			
4		11	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงถึงม่วงแดง ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง ชั้นหนามาก แสดง การวางชั้นเฉียงระดับ การคัดขนาดปานกลาง
		12	เหมือน unit 10 แต่ละ cycle หนาประมาณ 75 เซนติเมตร
2		13	เหมือน unit 11
8		14	หินทรายแป้ง (70%) สีแดงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูนเล็กน้อย ร่วน ชั้นหินหนา 10-15 เซนติเมตร สลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคส (30%) สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด ชั้นหิน บางลงจาก 30 เซนติเมตรในส่วนล่างๆ ถึง 8 เซนติเมตรในตอบนบนๆ
9		15	Cycle ของชั้นหินทรายแป้ง-หินโคลน-หินโคลนปน calcrite nodule โดย ชั้นหินทราย แป้งสีแดงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูนหนาประมาณ 2-3 เมตร หินโคลนสีม่วงแดง เนื้อปนปูน หนาประมาณ 1 เมตร และ calcrite nodule zone ซึ่งเป็นหินโคลนสีม่วงแดงที่เต็มไปด้วย ก้อน calcrite nodule สีขาวเหลือง หักแหลม ปะปนถึง 70% ของเนื้อหิน มีความหนาตั้ง แต่ 0.5-1 เมตร
1		16	ชั้นหิน calcrite layer สีขาวถึงไม่มีสี การวางตัวของชั้นอยู่แนวเดียวกับของชั้นหิน
1.2		17	หินทรายแป้ง สีแดง - ม่วงแดง เนื้อปนปูนเล็กน้อย ร่วน
18		18	ไม่พบหินโผล่ เนื่องจากถูกปกคลุมด้วยดินและหญ้า คาดว่าน่าเป็นชั้นสลับของหินทราย แป้งและหินทรายเนื้ออาร์โคส (จากหลักฐานของ float)
9			
0.8		19	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด การเชื่อมประสานปานกลาง ชั้น หนา พบโครงสร้างตะกอนแบบชั้นเฉียงระดับ
4	ต่อด้านหลัง		

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
4		20	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน
0.6		21	ชั้น Calcrete layer สีขาวขุ่น ความหนาต่อชั้น 3-5 เซนติเมตร
4.5		22	หินทรายเนื้ออาร์โคส (80%) สีแดงม่วง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดีปานกลาง ชั้นหินมีความหนาต่อชั้น 20-80 เซนติเมตรโดยชั้นหินจะบางลงในส่วนบนๆ พบซาก bioturbated จำพวกรูหนอนทั้งในแนวตั้งและแนวระดับแทบทุกชั้น ชั้นหินนี้พบสลับกับหินทรายแป้ง (20%) แดงถึงม่วงแดง ชั้นหนา 10-15 เซนติเมตร

ชั้นหินอ้างอิงถูกจัดกำหนดสูง ความหนารวม 138 เมตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขาว เซิร์ตสีด้าและแดง และเม็ดหินทรายโดยมีขนาดตั้งแต่ 0.8-1.2 เซนติเมตร และพบ rip up clast ของหินโคลนเป็นชั้นเล็กๆบางๆ เล็กน้อย ในขณะที่ Unit ที่ 3 และ 18 เป็น conceal ชั้นหนา 40 และ 18 เมตรตามลำดับ

3.12.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ภูจ้อก้อหนองสูง มีขนาดตะกอนเล็กกว่าชั้นหินอ้างอิงอื่นๆ โดยประกอบไปด้วยหินทรายแป้งชั้นหนามากและพบ calcrite nodule ปะปนในเนื้อหินมากและต่อเนื่องกว่าที่อื่น ๆ

ลำดับชั้นหินของหมวดหินเสาขัวในพื้นที่นี้ ประกอบไปด้วยชุดหินใหญ่ๆ 2 ชุดหินด้วยกันคือ

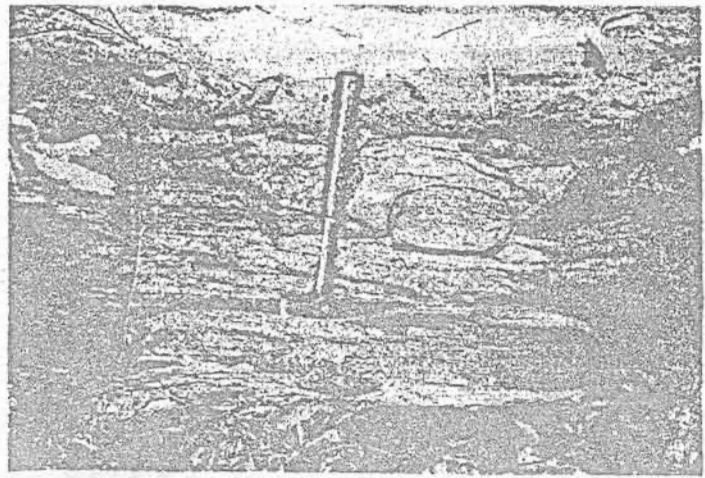
ก) ส่วนล่าง-กลาง (Unit ที่ 4-22) มีความหนารวม 87.5 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence ที่มีสภาพ flow regime ไม่รุนแรง จำนวน 7 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัวเริ่มจากหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrite nodule ความหนาของ cycle พบตั้งแต่ 3-13 ถึง 20 เมตร ขึ้นอยู่กับความหนาของตะกอนเนื้อละเอียดในช่วงปลายของแต่ละ episode

รายละเอียดของ cycle เริ่มจากการสะสมตัวของหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงถึงม่วงแดง ขนาดเม็ดละเอียด แต่บาง episode พบว่ามีเนื้อตะกอนปานกลาง พบชั้นเฉียงระดับ ความหนาต่อชั้นของหินทรายไม่มากนัก เนื่องจากพบการสลับของหินทรายแป้งชั้นบางมาก ต่อมาหินจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นชั้นสลับของหินทรายกับหินทรายแป้ง ความหนาของหินทรายเป็นเฉลี่ย 3-25 เซนติเมตร จนในที่สุดตอนบนของ cycle เป็นหินทรายแป้งชั้นหนา 1-2 เมตร ซึ่งพบ calcrite nodule ปะปนในส่วนกลางๆ ของชั้นหินทรายแป้ง อย่างไรก็ตาม ชั้นหินทรายแป้งบางชั้นเช่น Unit 4 พบว่ามีวงจรรย่อยๆ ของหินทรายเนื้อละเอียดมาก ชั้นบาง-หินทรายแป้ง ชั้นหนา-ชั้น calcrite nodule สลับกันหลายๆ cycle ส่งผลให้ชั้นหินทรายแป้งมีความหนาผิดปกติ (รูป 3.36 ก ถึง จ)

ข) ส่วนบน (Unit ที่ 2) มีความหนาไม่ต่ำกว่า 0.5 เมตร พบว่าเป็นหน่วยหินตอนบนสุดของหมวดหินเสาขัว ซึ่งต่อเนื่องไปถึงหมวดหินภูพาน ลักษณะชั้นหินแสดงสภาวะการสะสมตัวแบบ lacustrine environment โดยพบชั้น หินทรายเนื้อลิติก- เกรแวก สีเทาเข้มถึงม่วงเทา ขนาดเม็ดตะกอนละเอียด ร่วนมาก ชั้นบางไม่เกิน 10 เซนติเมตร สลับกับชั้นถ่านชั้นบางๆ ประมาณ 1.3 มิลลิเมตร ซึ่งแสดงลักษณะของ reducing environment ชั้นหินส่วนล่าง พบ rip up clast ขนาด 0.5 เซนติเมตร ของหินโคลนสีเทา ซึ่งคาดว่าอาจเป็นส่วนของ conceal ที่พบใน Unit ที่ 2 (รูป 3.36 ฉ และ ช)

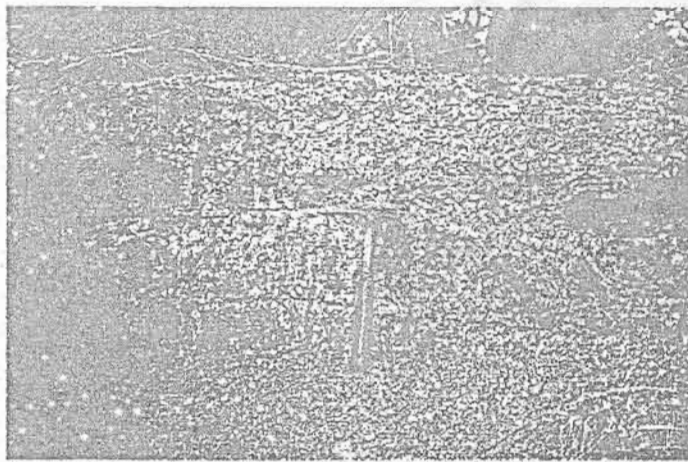
3.12.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่เพียงชนิดเดียวคือซากรูกอน



รูป 3.36ก (ซ้าย) หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลางสลับกับหินทรายแป้งชั้นบาง ส่วนล่างของชั้นหินอ้างอิงจุกก้อนสูง

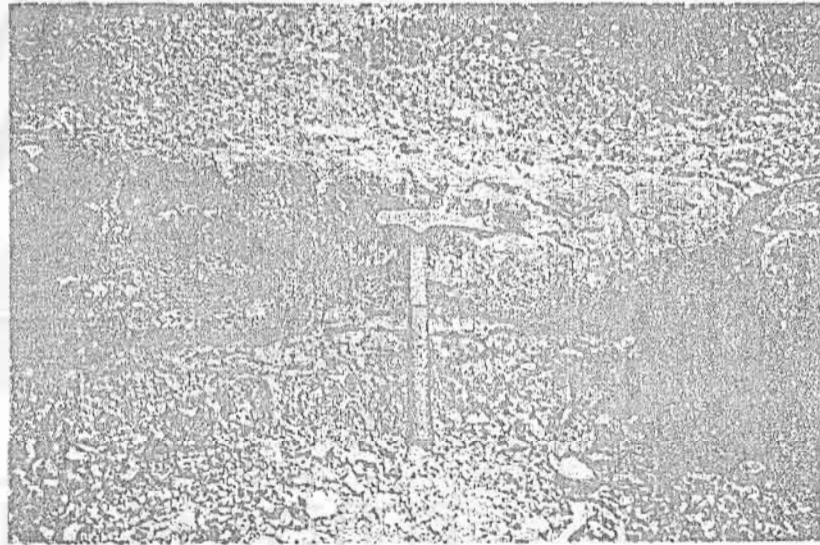
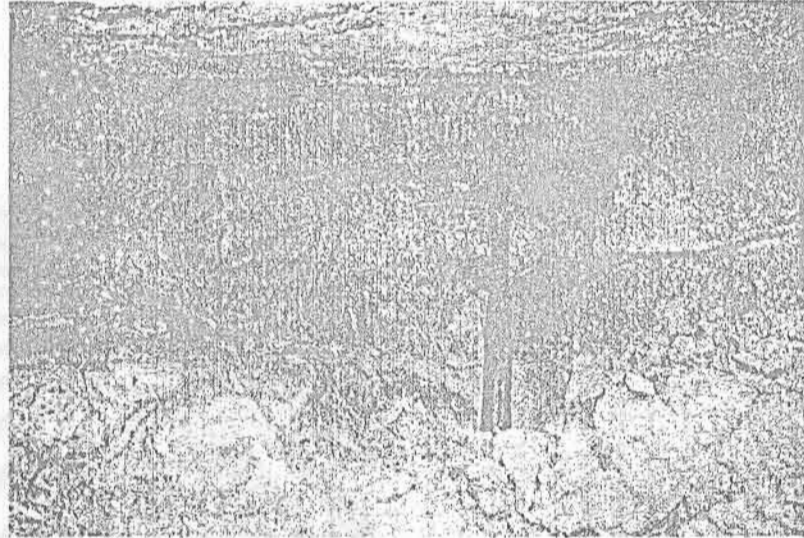
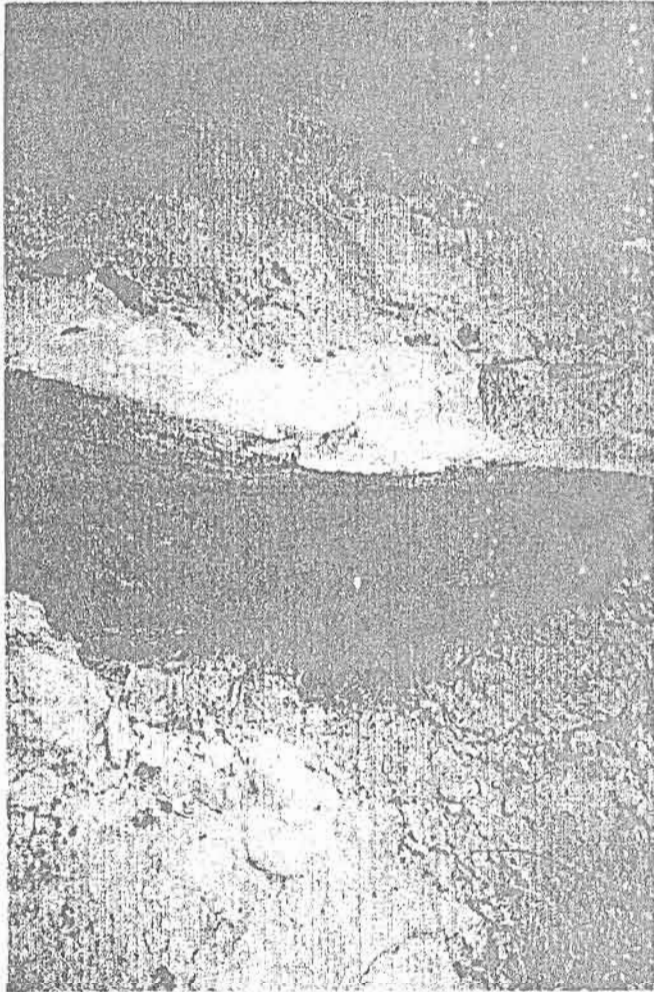
รูป 3.36ข (บน) หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลางแสดงชั้นเฉียงระดับ มักพบเป็นส่วนต้นของ cycle



รูป 3.36ค(บน) หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลาง ค่อนข้างฝู แสดงตะกอนขนาดเล็ก

รูป 3.36ง (ขวา) หินทรายแป้งและหินโคลนสีแดง ชั้นหนาทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง มักแสดงลักษณะของเนินเขาเตี้ย ๆ หรือลานดินสีแดง หินดังกล่าว มักพบเป็นส่วนปลายของแต่ละ cycle





รูป 3.36จ รอยสัมผัสของส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวกับหมวดหินภูพาน แสดงลักษณะของ sharp contact

รูป 3.36ฉ ภาพใกล้ของหินโคลนสีเทา ตอนบนของชั้นหินอ้างอิง แสดงลักษณะ convolute bed

รูป 3.36ช หินทรายเนื้อลิกิตชั้นหนาปานกลางแทรกสลับอยู่ในหินทรายแป้ง ตอนบนของชั้นหินอ้างอิง

3.36จ	3.36ฉ
	3.36ช

ก) ซากรูหนอน พบอยู่ตามผิวของชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ขนาดตะกอนละเอียด ซึ่งถูกวางทับด้วยชั้นหินทรายแป้ง (ใน Unit ที่ 22) สามารถศึกษาได้ง่ายเนื่องจากเป็นพื้นที่ road cut ซากรูหนอนที่พบมีทั้งแบบแนวตั้งและแนวระดับ รูหนอนมีลักษณะเส้นตรง สีเข้ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 3-5 เซนติเมตร

3.13 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวภูผาโง

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่ภูผาโงโผล่เป็นไหล่เขาและเชิงเขาตามเขาโดด เช่น ภูผาโงและภูผาผึ้ง และทางตะวันตกของเทือกเขาภูสีฐาน โดยบริเวณยอดเขามีลักษณะเป็นสันเขาสูงชันของหินทรายเนื้อแข็ง ซึ่งเป็นหมวดหินภูพาน วางทับบนหมวดหินเสาขัวในบริเวณชั้นหินอ้างอิง แต่ไม่พบว่ามีหมวดหินพระวิหารอยู่ในแนวการสำรวจนี้ การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เอียงเทประมาณ 5° ไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ภูผาโง ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงที่โผล่ตามทางขึ้นภูผาโง ซึ่งปัจจุบันเป็นทางป่า ตั้งแต่ความสูง 200-260 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การโผล่ของชั้นหินเป็นลักษณะของหินโผล่ตามธรรมชาติ เป็นตะพักจำนวน 3 ตะพักย่อย ซึ่งค่อนข้างสูงชันเนื่องจากเป็นหินทรายเนื้อแข็งชันหนา บริเวณตอนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงมีการโผล่ที่ตีมาก โดยบางบริเวณมีการเว้าเข้าไปคล้ายเป็นถ้ำ ในขณะที่ตอนกลางซึ่งน่าเป็นชั้นหินที่ค่อนข้างอ่อน มีลักษณะของการถล่มเป็นกองหิน และถูกปกคลุมด้วยหญ้าและไม้ ตอนล่างๆ ของหน่วยหินมีการโผล่ที่ค่อนข้างดีและหลากหลายเนื่องจากเป็นทางลูกรังที่ยังคงมีการใช้งานอยู่

3.13.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 131247 (Map sheet 5842 III อำเภอภูผาโง)(รูป 3.37)

- พิกัด Geographic $16^{\circ}30'N$ และ $104^{\circ}11'E$

- เขาภูผาโง บ้านนาไคร้ ตำบลนาคู อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดร้อยเอ็ด ใช้ถนนหมายเลข 2044 ถึง อ. โพนทองและต่อด้วยทางหลวงหมายเลข 2046 ถึง อ.ภูผาโง และใช้ทางหลวงหมายเลข 2042 ถึง กม. 53.2 เลี้ยวไปทางตะวันออกเฉียง 200 เมตร ก็จะถึงพื้นที่

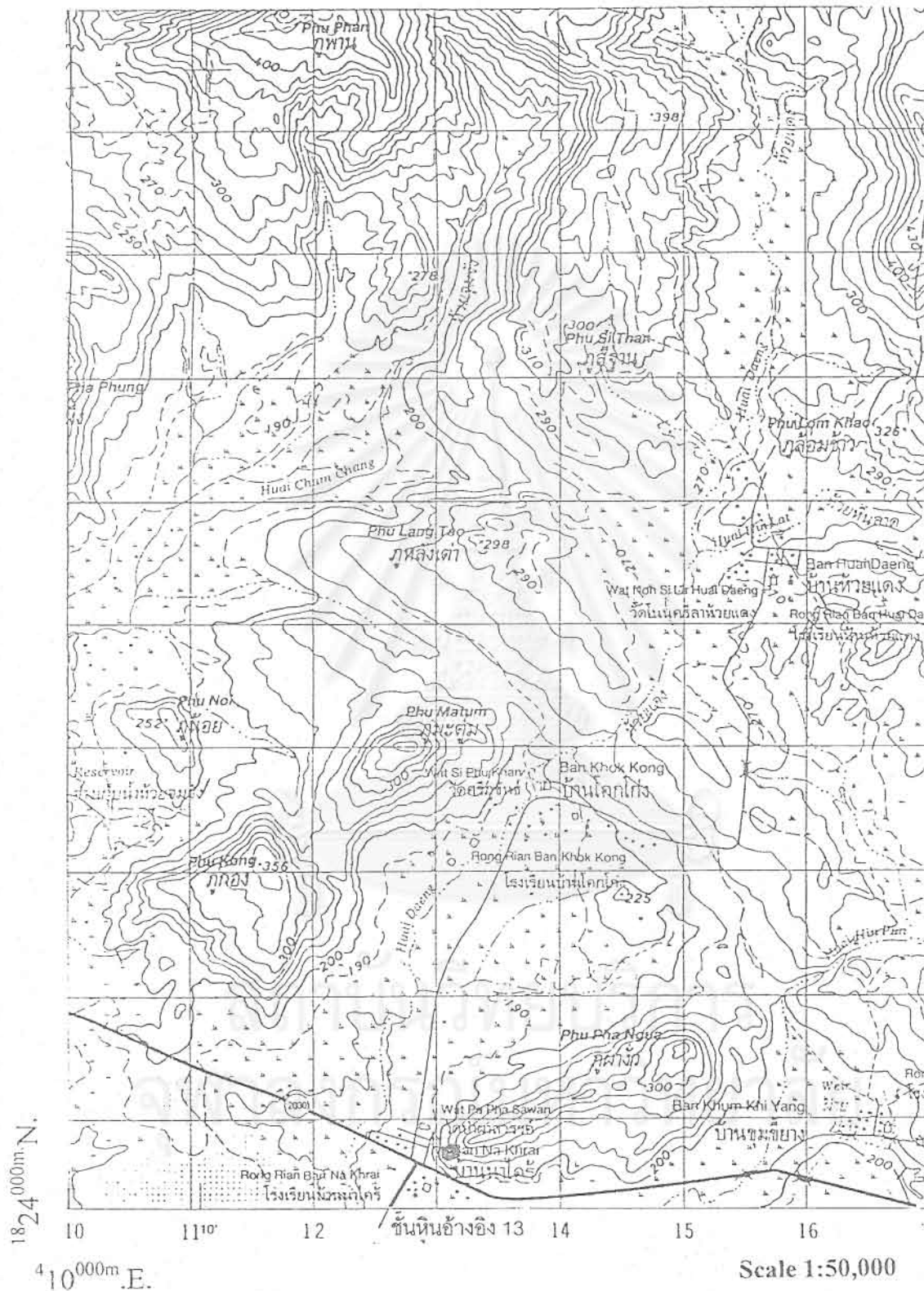
ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตามลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 10 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแบ่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.38) โดยมีความหนารวมประมาณ 78.7 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่องประมาณ 70%

ง) ข้อมูลอื่นๆ ใน Unit ที่ 1 เป็นส่วนของหมวดหินภูพาน ซึ่งประกอบด้วยหินทรายเนื้อควอร์ตซิทิกในหมวดหินภูพานที่มีลักษณะคล้ายบริเวณชั้นหินอ้างอิงภูผาโงที่หนองสูง ในขณะที่ Unit ที่ 3 และ 6 เป็น conceal ชั้นหนา 8 และ 10 เมตรตามลำดับ

3.13.2 ลักษณะเนื้อหิน

AMPHOE KUCHINARAI

Sheet 5842 III



รูป 3.38 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 13 ของหมวดหินเสาขัว (ภูผาโง)

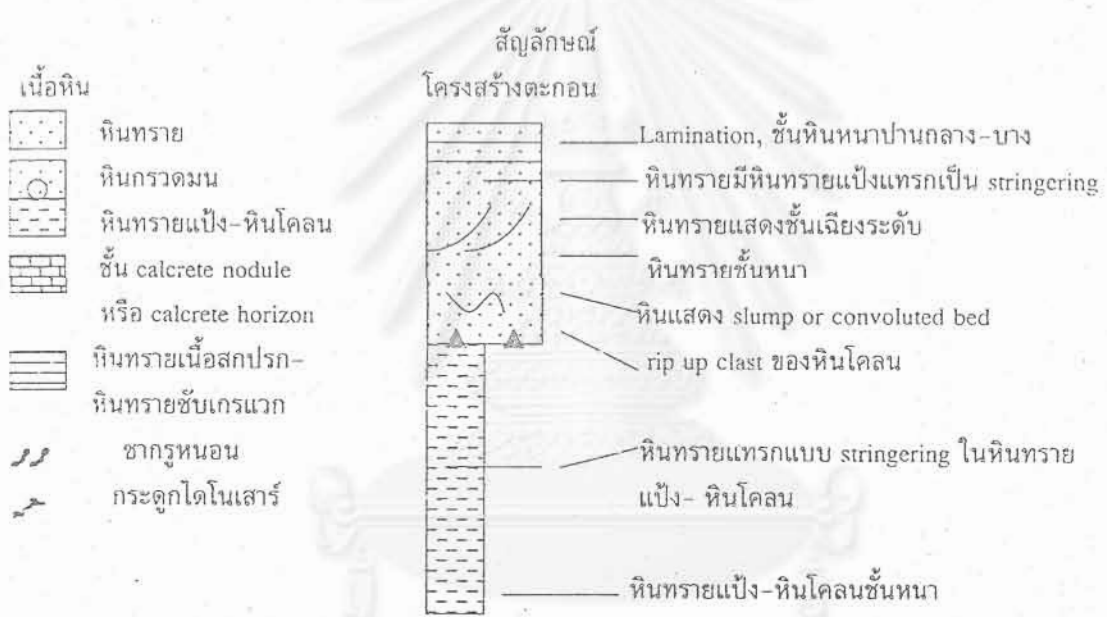
รูป 3.37 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่ภูผาโจ
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
10		1 (PP)	หินทรายเนื้อควอร์ตซิทิก สีขาวถึงเหลืองขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลาง การเชื่อมประสานปานกลาง ชั้นหินหนามาก พบชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ เนื้อหินมีการคัดขนาดและความกลมมนดี ส่วนล่าง ๆ พบเม็ดกรวดที่พบในเนื้อหินประมาณ 5 % ซึ่งเป็นเม็ดควอร์ตซีสีขาว เซิร์ตสีดำและแดง และเม็ดหินทรายโดยมีขนาดตั้งแต่ 0.8-1.2 เซนติเมตร และยังพบ rip up clast ของหินโคลนสีเทาเข้ม ซึ่งมีขนาด 1-15 เซนติเมตร บริเวณส่วนล่างสุดของ unit
1		2	หินทรายเนื้อสกปรกสีเทาเขียวเข้ม(50%) ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปูน การคัดขนาดไม่ดี ร่วนมาก ชั้นหินขนาดบางกว่า 5 เซนติเมตร สลับกับหินทรายสีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด ร่วน ชั้นหินบางใกล้เคียงกัน แสดง lamination ดีมาก ตอนบนของ unit พบลักษณะของการกวานและการตั้งตะกอนขึ้นไป
8		3	ไม่พบหินไฉล์
6		4	หินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ สีขาว ขนาดตะกอนหยาบ เนื้อปูน การเชื่อมประสานดีมาก เม็ดตะกอนมีการคัดขนาดดี ความกลมมนดี ชั้นหินหนามาก พบโครงสร้างตะกอนแบบชั้นเฉียงระดับ ในชั้นล่างสุดของ unit พบ rip-up clasts ของหินทรายแป้งหรือหินโคลนสีเทาเข้มซึ่งแสดงร้าวลาย lamination โดยขนาดของ clast อยู่ในช่วง 0.3-15 เซนติเมตร
0.7		5	หินทรายชั้นแกรนิก-หินทรายแป้ง สีเทาอมม่วง ขนาดตะกอนเล็ก การคัดขนาดไม่ดี ร่วน ชั้นหินหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตรพบว่า 10 % ของเนื้อหินมี bioturbated ของรูหนอน
10		6	ไม่พบหินไฉล์
10		7	หินทรายแป้ง (85%) สีแดงถึงแดงม่วง ร่วน ชั้นหนา 1.5-3 เมตร ในตอนบนของหินทรายแป้งพบ calcrite nodule สีขาวแทรกตามเนื้อหินเป็นก้อน ๆ ขนาด 1-3 เซนติเมตร โดยพบหนาประมาณ 50 เซนติเมตร
2.2		8	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียดมาก เนื้อปูนมาก พบแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหินบางตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร แสดงการวางชั้นเฉียงระดับ ตอนล่างสุดประมาณ 3-10 เซนติเมตร พบ lateral facies change เปลี่ยนเป็นหินกรวดมน ซึ่งพบ clast ของหินโคลนหรือหินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง ซึ่งมีขนาดเม็ดหิน 0.1-2 เซนติเมตร ปริมาณ clast 45-50% ลักษณะค่อนข้างกลมมนดีมาก พบเศษฟันและกระดูกไดโนเสาร์

ต่อด้านหลัง

(m)	Column n	Unit	คำอธิบาย
9		9	หินทรายแป้ง สีแดง เนื้อปนปูน ร่วน ตอนบน 0.5 เมตรเป็นชั้น Calcrete nodule
1.8		10	หินทรายแป้ง สีแดง เนื้อปนปูน ร่วน พบเศษกระดูกขนาดใหญ่และฟันของไดโนเสาร์

ชั้นหินอ้างอิงภูผาโง ความหนารวม 78.7 เมตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวดหินเสาขัวในพื้นที่ภูผาโง มีลักษณะใกล้เคียงกับภูจ้อก้อหนองสูง เพียงแต่ขนาดตะกอนโดยรวมจะใหญ่กว่า โดยหมวดหินเสาขัวในพื้นที่นี้ สามารถแบ่งได้ 3 ชุดหินด้วยกันคือ

ก) ส่วนล่าง-กลาง (Unit ที่ 7-10) มีความหนารวม 23 เมตร ประกอบด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence ที่มีสภาพ flow regime ไม่รุนแรง จำนวน 2 ครั้ง โดยแต่ละ cycle เริ่มจากหินกรวดมนชั้นบาง ความหนารวมไม่เกิน 1 เมตร ซึ่งพบ clast ของหินโคลนหรือหินทรายแป้งสีแดง แดงม่วง ขนาดเม็ดหิน 0.1-2 เซนติเมตร ปริมาณ clast 45-50% ลักษณะค่อนข้างกลมมนดีมาก พบเศษหินและกระดูกไดโนเสาร์ ถูกวางทับด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียดมาก เนื้อปนปูนมาก พบแร่ไมก้าแทรกในเนื้อหิน ชั้นหินบางตั้งแต่ 1-10 เซนติเมตร แสดงการวางชั้นเฉียงระดับ ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นหินทรายแป้ง สีแดงถึงแดงม่วง เนื้อปูน ชั้นหนา 1.5-3 เมตร แต่หลาย ๆ ชั้นรวมกันแล้วมีความหนามากกว่า 10 เมตร ตอนบนสุดของชั้นหินก่อนที่จะเปลี่ยน cycle ใหม่จะพบโซนของ calcrite nodule ชั้นหนาประมาณ 50 เซนติเมตร ความหนาของ cycle ประมาณ 12 เมตร (รูป 3.39 ก และ ข)

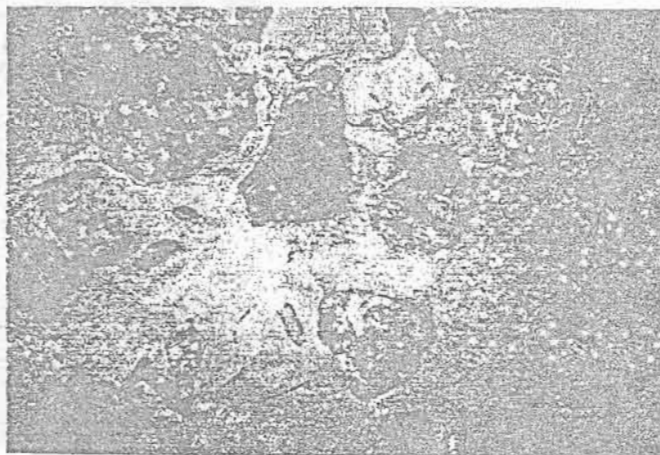
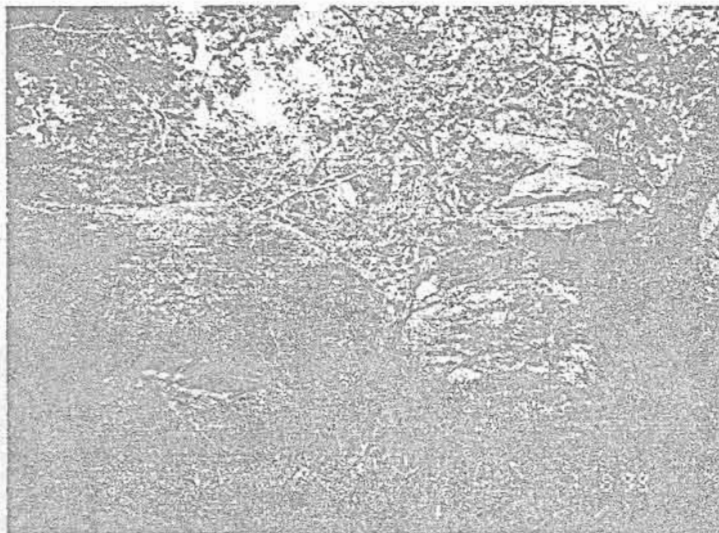
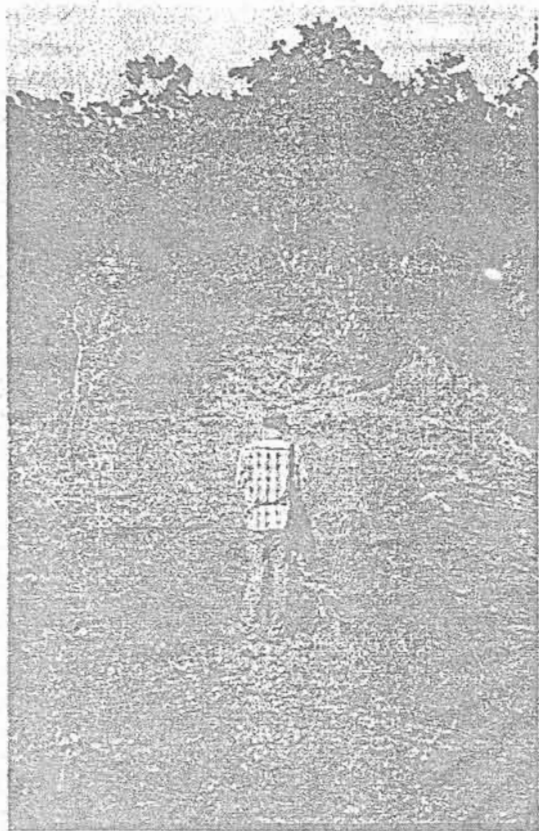
ในชั้นหินทรายแป้งชั้นหนาและในหินกรวดมน พบเศษกระดูกไดโนเสาร์

ข) ส่วนกลาง-บน (Unit ที่ 2-5) มีความหนาไม่ต่ำกว่า 15.7 เมตร พบว่าเป็นหน่วยหินตอนบนสุดของหมวดหินเสาขัว เนื่องจากพบหมวดหินภูพานปิดทับ ลักษณะชั้นหินแสดงสภาวะการสะสมตัวแบบ fluvial environment สลับกับ lacustrine environment โดยพบชั้น หินทรายเนื้อลิติก- เกรเวก สีเทาเข้มถึงม่วงเทา ขนาดเม็ดตะกอนละเอียด ร่วนมาก ชั้นบางไม่เกิน 10 เซนติเมตร และพบรูหนอน หรือชั้นหินทรายเนื้อสกปรกสีเทาเขียวเข้ม(50%) ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูน การคัดขนาดไม่ดี ร่วนมาก ชั้นหินหนาดบางกว่า 5 เซนติเมตร สลับกับหินทรายสีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียด ร่วน ชั้นหินบางใกล้เคียงกัน แสดง lamination ดีมาก ซึ่งทั้งสองช่วงแสดงลักษณะของ reducing zone ของ lacustrine แต่ก็พบว่าในแต่ละชั้นมักถูกกวาดและดึงตะกอนด้วย episode ที่รุนแรงของชุดหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ สีขาว ขนาดตะกอนหยาบ เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดีมาก เม็ดตะกอนมีการคัดขนาดดี ความกลมมนดี ชั้นหินหนามาก พบโครงสร้างตะกอนแบบชั้นเฉียงระดับ เนื่องจากในชั้นล่างสุดของ unit ดังกล่าว พบ rip-up clast ของหินทรายแป้งหรือหินโคลนสีเทาเข้มซึ่งแสดงรูลาย lamination โดยขนาดของ clast อยู่ในช่วง 0.3-15 เซนติเมตร แสดงถึงลักษณะการเปลี่ยนสภาวะแวดล้อมการตกตะกอนอย่างฉับพลันเป็น fluvial environment (รูป 3.39ค และ ง)

3.13.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่ 2 ชนิดคือเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชั้นเล็ก ซึ่งเป็นช่วงต้นของ episode ใน fluvial environment และซากรูหนอน ซึ่งเป็นการสะสมตัวภายใน lacustrine environment และเคยมีรายงานการพบโครงกระดูกโคนขาชิ้นใหญ่ของไดโนเสาร์ประเภทซอโรพอด ซึ่งในขณะที่ศึกษาอยู่นี้ ไม่พบหลักฐานเหล่านี้

ก) เศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ในชั้นหินกรวดมน สีม่วงแดง 1 ชั้น (Unit 8) โดยพบปะปนเป็น clast ขนาดใกล้เคียงกับเม็ดหินทรายแป้ง มีปริมาณ 5% ของ clast ทั้งหมด เศษกระดูก



รูป 3.39ก หินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีม่วงแดง ทางตอนล่างของชั้นหินอ้างอิง

รูป 3.39ข หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาแสดงลักษณะตะพักไหลเซาภูเขาไฟ

รูป 3.39ค ส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิง เป็นชั้นหินโคลนชั้นบางสีเทา สลับกับหินโคลนสีม่วงแดง

รูป 3.39ง Rip Up clasts ของหินโคลนสีเทาเข้มถูก rework มาสะสมตัวอยู่ทางตอนล่าง

ของชั้นหินทรายควอตซ์ติก หมวดหินภูพาน

3.39ก	3.39ข
3.39ค	3.39ง

โดโนเสาร์มักพบเป็นชั้นเล็กไม่เกิน 1x2 เซนติเมตร มีรูปร่างเหลี่ยมและแบน สีค่อนข้างขาว ภายในแสดง ริวลายยาวสีม่วงแดงอ่อน เห็นลักษณะ texture ภายในอย่างชัดเจน ในขณะที่พื้นโดโนเสาร์มีลักษณะเรียวยาว แผลม ค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 0.5x 1 เซนติเมตร สีเข้ม มีร่องพื้นตามผิวพื้นเป็นแนวยาว

ข) ซากรูก้อน พบอยู่ตามผิวของชั้นหินทรายซึบเกรว-หินทรายแป้ง สีเทาอมม่วง โดยมีการ ปิดทับอย่างรวดเร็วด้วยหินทรายเนื้อโปรโตคอร์ตไซต์ (Unit ที่ 5) ซากรูก้อนที่พบมีทั้งแบบแนวตั้ง และแนวระดับ รูก้อนมีลักษณะเส้นตรง สีเข้ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 3-5 เซนติเมตร

3.14 ชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวคำชะอี

ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา พบว่าหมวดหินเสาขัวที่คำชะอีไหลเป็นลานหินกว้างตามเชิงเขาโดดเช่น เขาไถลัดขัวสะพานภู เชิงเขาภูบันโด และอาจไหลทั่วไปตามที่ราบในแถบใกล้พื้นที่ที่ไม่มีการปกคลุมด้วย ตะกอนปัจจุบัน ถูกวางทับด้วยหมวดหินภูพานซึ่งไหลเป็นยอดเขาตามเขาโดดที่มีระดับความสูงกว่า 300 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง แต่ไม่พบว่ามีหมวดหินพระวิหารอยู่ในแนวการสำรวจนี้ การวางตัวของชั้น หินอยู่ในแนวเดียวกับเขา (เหนือ-ใต้) ด้วยมุมเอียงเทประมาณ 5° ไปทางทิศตะวันออก

ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่คำชะอี ทำการศึกษาจากชั้นหินอ้างอิงที่ไหลเป็นลานหิน กว้าง สลับชั้นตะพักเตี้ยๆ อยู่ในความสูง 200 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง การไหลของชั้นหินเป็น ลักษณะของหินไหลตามธรรมชาติ บริเวณที่เป็นลานกว้างพบการไหลของหินทรายแป้งสีแดงที่ชัดเจนมาก

3.14.1 ลักษณะทั่วไป

ก) ตำแหน่ง - พิกัดกริด 350263 (Map sheet 5842 II อำเภอคำชะอี) (รูป 3.40)

- พิกัด Geographic 16°31'05''N และ 104°19'14''E

- เขาเล็ก ๆ บ้านบาก ตำบลขามบก อำเภอคำชะอี จังหวัดมุกดาหาร

ข) การเข้าถึงพื้นที่ จากจังหวัดมุกดาหาร ใช้ถนนหมายเลข 2042 ถึง กม. 79.9 เลี้ยวไปทาง ใต้ประมาณ 3 กิโลเมตร ก็จะถึงพื้นที่

ค) รายละเอียดของชั้นหินอ้างอิง การศึกษาหินทั้งหมดทั้งจากการเรียงลำดับตาม ลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาและลักษณะเนื้อหิน สามารถนำมาจำแนกลำดับชั้นหินเป็น 6 หน่วยหิน (Unit) ย่อย ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหินและความหนาทั้งหมดในรูปแบบแท่งลำดับชั้นหิน (รูป 3.41) โดยมีความหนารวมประมาณ 14.1 เมตร และพบลำดับชั้นหินต่อเนื่อง 100%

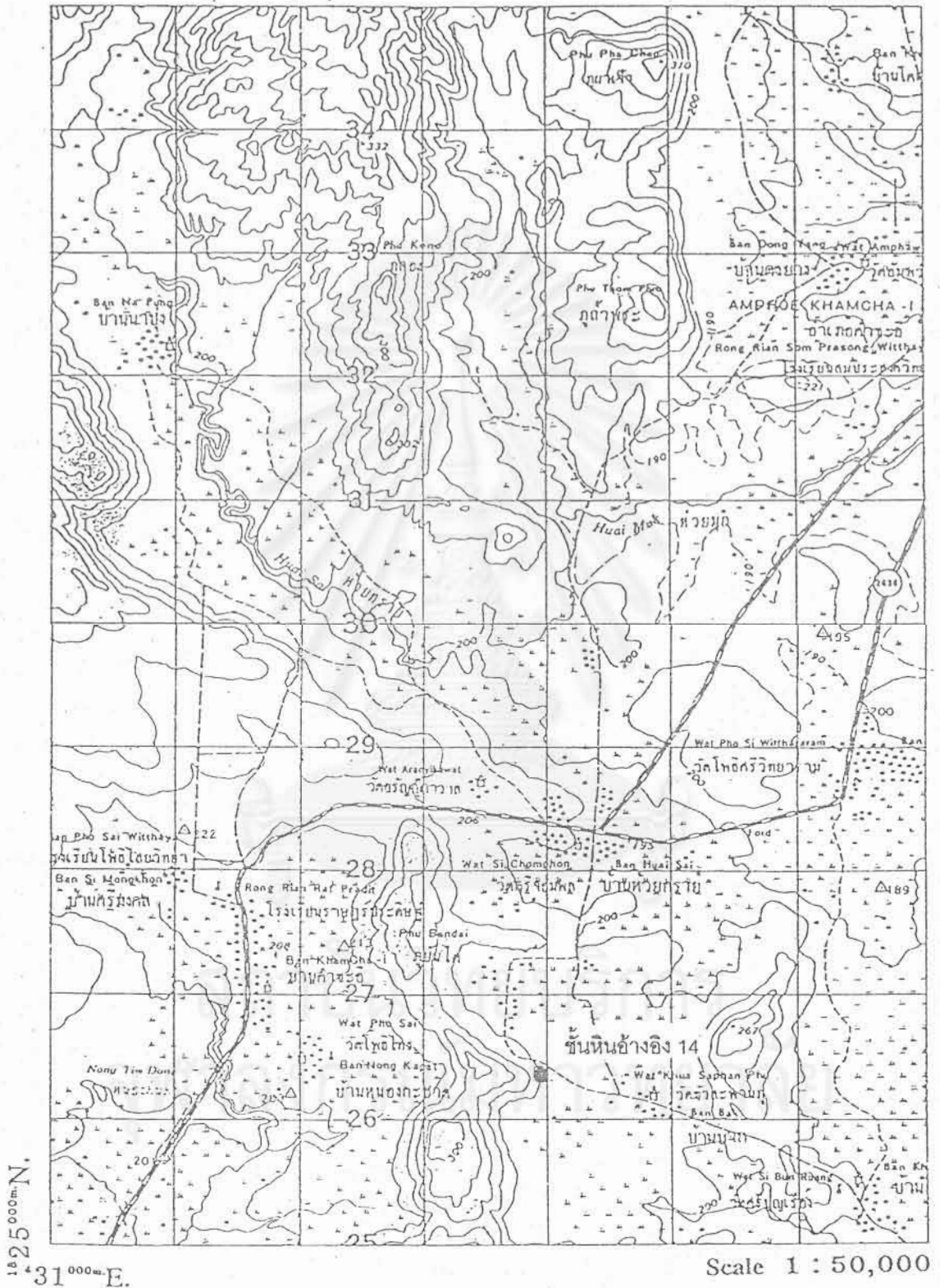
ง) ข้อมูลอื่นๆ -

3.14.2 ลักษณะเนื้อหิน

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหินของหมวดหินเสาขัวที่ได้จากการศึกษาชั้นหินอ้างอิง พบว่าหมวด หินเสาขัวในพื้นที่คำชะอี ประกอบไปด้วยกลุ่มหินที่สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบ fluvial environment โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence 3 ครั้ง โดยแต่ละ cycle ของการสะสมตัว

AMPHOE KHAM CHA-I

Sheet 5842 II

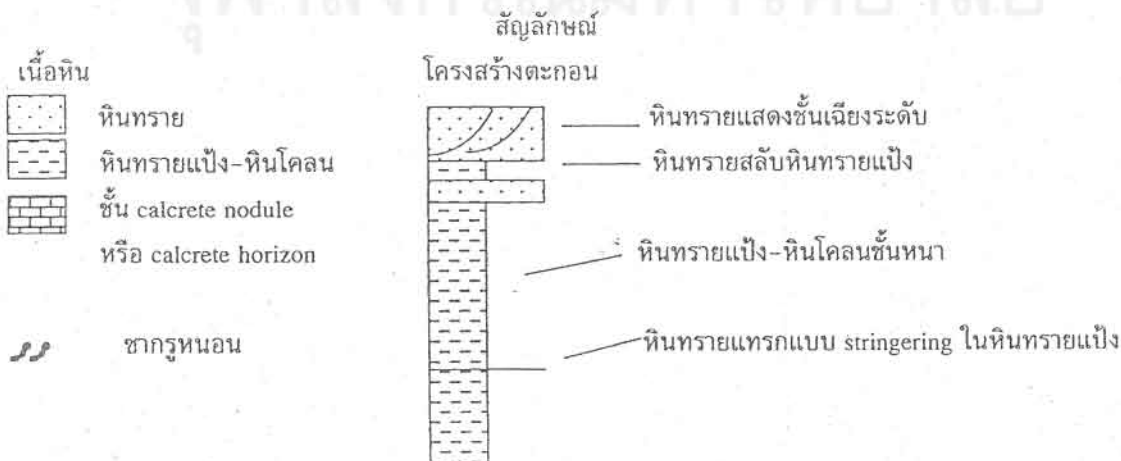


รูป 3.41 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของชั้นหินอ้างอิงที่ 14 ของหมวดหินเสาขัว (คำชะอี)

รูป 3.41 ลักษณะชั้นหินอ้างอิงของหมวดหินเสาขัวที่คำชะอี
จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

(m)	column	Unit	คำอธิบาย
2		1	หินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงเทา ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดีมาก การคัดขนาดและความกลมมนดี ชั้นหินมีความหนาต่อชั้น 15-25 เซนติเมตรและแสดงลักษณะ lateral facies change โดยพบเลนส์ของหินทรายเนื้อหยาบ
4		2	ในชั้นหินเดียวกัน พบโครงสร้างตะกอนแบบชั้นเฉียงระดับ ชั้นหินสลับด้วยหินทรายแป้ง (35%) สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน ชั้นหินหนาประมาณ 5 เซนติเมตร
2.2			หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน ในเนื้อหินพบ Calcrete nodule or concretion หนา 1 เมตรทางตอนบนของ unit
2.2			หินทรายแป้ง (70%) สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน พบ calcrete nodule zone หนา 30 เซนติเมตรทางตอนบนของ unit ชั้นหินมีความหนาดังแต่ 10-60 เซนติเมตร โดยทาง
2		3	ส่วนบนดูเหมือนจะเป็นชั้นหนากว่า และพบลักษณะของ lateral facies change ในชั้นหินเสมอ ๆ ชั้นหินนี้พบสลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคส (30%) สีเทาม่วง ขนาดตะกอนละเอียด เนื้อปนปูนและมีแร่ไมก้าในเนื้อหินเล็กน้อย ชั้นหินหนา 10 เซนติเมตร พบชั้นเฉียงระดับ และ bioturbated จำพวกทรูนอนในแนวตั้งฉากและแนวเดียวกับชั้นหิน
1.7			หินทรายแป้ง (60%) สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ชั้นหินบาง หนา 10-15 เซนติเมตร พบ calcrete nodule zone หนา 10 เซนติเมตรทางตอนบนของ unit พบสลับอยู่กับหินทรายเนื้ออาร์โคส (40%) สีม่วงแดง ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง เนื้อปนปูน การเชื่อม
		4	ประสานดีมาก การคัดขนาดและความกลมมนดี ชั้นหินหนา 10-30 เซนติเมตร พบชั้นเฉียงระดับอยู่ทั่วไป ตอนล่าง 10 เซนติเมตร พบหินเปลี่ยนเป็นหินกรวดมนสีม่วงแดง ซึ่งพบ clast จำนวน 35-45% ของเนื้อหิน จำพวกหินโคลนหรือหินทรายแป้งสีแดง แดง ม่วง ซึ่งมีขนาดเม็ดหิน 0.1-2 เซนติเมตร โดย clast ที่พบค่อนข้างกลมมนดีมาก และยังพบ clast ของเม็ดหินปูนทุติยภูมิสีเทาซึ่งมีความเหลี่ยมมากกว่าอีกด้วย
		5	หินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ร่วน พบ calcrete nodule ในส่วนบน 5 เซนติเมตรของ unit
		6	หินทรายแป้ง (60%) สีน้ำตาลแดง เนื้อปนปูน ชั้นหินอยู่ในช่วง 5-25 เซนติเมตร สลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคส สีม่วงแดง ขนาดตะกอนละเอียดมาก เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดี มีแร่ไมก้าแทรก ความหนาชั้นหินอยู่ในช่วง 10-15 เซนติเมตร

ชั้นหินอ้างอิงคำชะอี ความหนารวม 14.1 เมตร



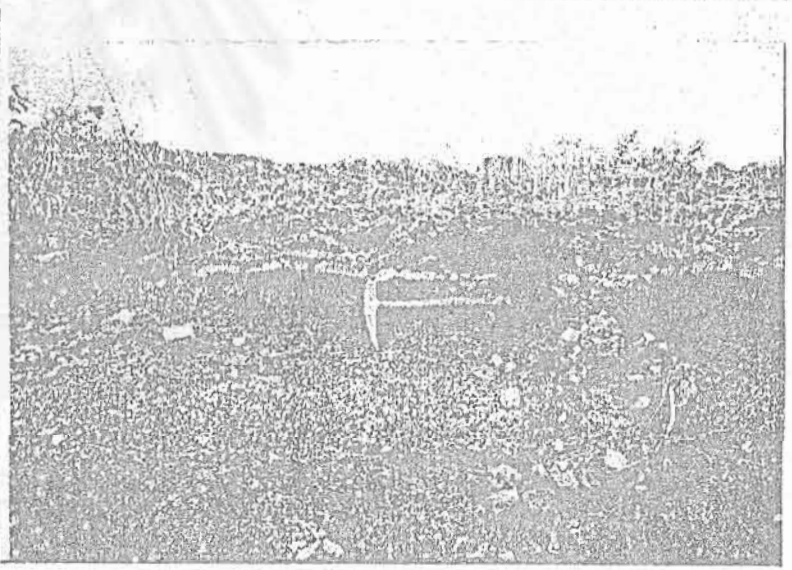
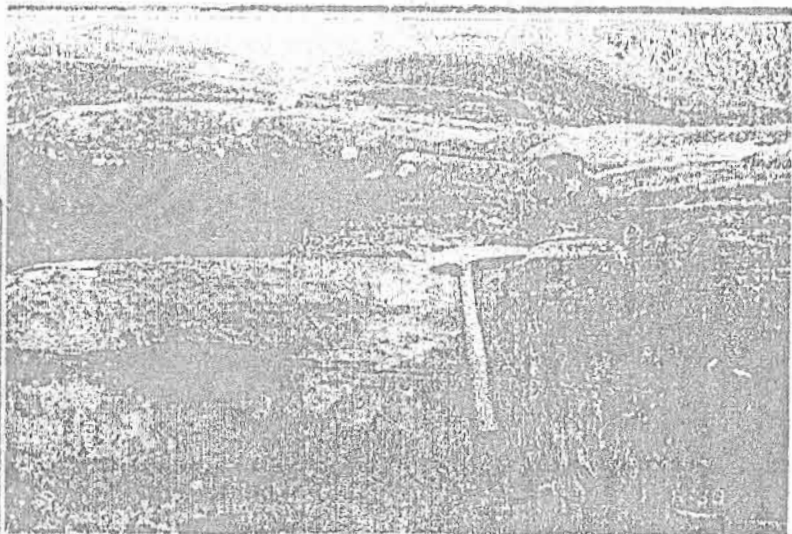
ประกอบด้วยการสะสมตัวของหินทรายเนื้ออาร์โคส-ชั้นหินทรายแป้ง-ชั้นหินทรายแป้งที่มี calcrete nodule ซึ่งมีความหนาของ episode ไม่ต่ำกว่า 6 เมตร

รายละเอียดพบว่าในช่วงแรกของ episode ประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส สีแดงม่วง ขนาดตะกอนหยาบปานกลาง เนื้อปนปูน ความหนาของชั้นหิน 15-25 เซนติเมตร อาจพบชั้นหินกรวดมนได้บ้าง พบหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อปูนขนาด 5 เซนติเมตรแทรกสลับเล็กน้อย ในหินทรายมักแสดงโครงสร้างตะกอนชั้นเฉียงระดับ ต่อมาหินค่อยๆ เปลี่ยนเป็นชั้นหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดง เนื้อปนปูน สลับกับหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบาง หนาประมาณ 1-2 เมตร ก่อนที่จะเป็นหินทรายแป้งชั้นหนา 1-3 เมตร พบว่าช่วงปลายสุดของแต่ละ episode มักพบการปะปนด้วยก้อน calcrete nodule และ calcrete แทรกอยู่ในเนื้อหินทรายแป้ง (รูป 3.42 ก ถึง ง)

3.14.3 ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบ

ร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีอยู่เพียงชนิดเดียวคือ bioturbated จำพวกซากกรูหนอน ซึ่งเป็นการสะสมตัวภายใน fluvial environment

ก) ซากกรูหนอน พบอยู่ตามผิวของชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนานปานกลาง-ชั้นบาง โดยเฉพาะตามบริเวณที่มีการสลับด้วยหินทรายแป้ง (Unit ที่ 3) ซากกรูหนอนที่พบมีทั้งแบบแนวตั้งและแนวระดับ รูหนอนมีลักษณะเส้นตรง สีเข้ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 0.5 เซนติเมตร และมีความยาวตั้งแต่ 3-5 เซนติเมตร



รูป 3.42ก ภาพรวมเกี่ยวกับลักษณะของชั้นดินบริเวณชั้นดินอ้างอิงค่าชะเอี

รูป 3.42ข ชั้นดินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นหนาปานกลาง แสดงลักษณะของชั้นเฉียงระดับ

รูป 3.42ค หินทรายเนื้ออาร์โคสชั้นบางสลับกับหินทรายแป้งชั้นบาง

รูป 3.42ง หินทรายแป้งชั้นหนา (พบอยู่ในช่วงปลายของ cycle) แสดงการสะสมตัวของชั้น calcrete horizon (สีขาว)

3.42ก	3.42ข
3.42ค	3.42ง

บทที่ 4 Lithofacies และ Petrography

หลังจากการศึกษาข้อมูลจากความหนาและลักษณะชั้นหิน บริเวณชั้นหินอ้างอิงต่าง ๆ เสร็จสมบูรณ์แล้ว การศึกษาต่อไปคือการกำหนดลักษณะของ Lithofacies เพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่างหินมาศึกษาอย่างเป็นระบบและการเทียบสัมพันธ์ลำดับชั้นหิน พร้อมกันนี้ ได้ทำการศึกษาทางศิลาวรรณา โดยเก็บตัวอย่างหินที่เป็นตัวแทนของหมวดหินเสาขัวในแต่ละ lithofacies เพื่อนำไปศึกษาแผ่นหินขัด (rock slab) และแผ่นหินบาง (thin section) ในห้องปฏิบัติการของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ข้อมูลทั้งหมดจะใช้ประกอบการอธิบายถึงลักษณะการสะสมตัวของตะกอนของหินแต่ละชนิด ซึ่งจะนำไปเชื่อมโยงถึงนิเวศวิทยาของการตกตะกอน และสภาพแวดล้อมของความเป็นอยู่ของไดโนเสาร์ในบทต่อไป

4.1 Lithofacies และ Petrography

เนื่องจากลักษณะหินในแต่ละชั้นหินอ้างอิงหรือภายในชั้นหินอ้างอิงเดียวกัน มีความคล้ายคลึงและแตกต่างกัน การศึกษานิเวศวิทยาจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดลักษณะของ Lithofacies ที่คล้ายคลึงให้เข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน และแยก Lithofacies ที่แตกต่างกันออกไปต่างหาก โดยใช้คุณสมบัติของชนิดหินควบคุมไปกับการศึกษาศิลาวรรณา

การศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าหมวดหินเสาขัวตามพื้นที่ชั้นหินอ้างอิงทั้ง 14 พื้นที่ประกอบไปด้วย 6 lithofacies ใหญ่ ๆ โดยอธิบายจากล่างขึ้นบน ได้ดังนี้

4.1.1 Mudstone and fine-grained lithic sandstone facies

ก) ลำดับชั้นและการกระจายตัว Facies ดังกล่าว พบเฉพาะในส่วนล่างสุดและส่วนบนของชั้นหินอ้างอิงที่ 1 (เขาใหญ่) ซึ่งคาดว่าเป็นตอนกลางถึงตอนล่างของหมวดหินเสาขัว โดยเป็นหน่วยหินสลับอยู่กับ facies ที่ 2 มีความหนาตั้งแต่ 19.5-28 เมตร

ข) ลักษณะของหิน ส่วนล่างของ facies ประกอบไปด้วยการสลับกันของหินทรายเนื้อลิกัสีเขียวปนเทา ขนาดตะกอนเล็กถึงเล็กมาก ชั้นหนาปานกลางถึงชั้นบาง และพบหินทรายแป้งสีเทาเข้มมีไมก้าชั้นบาง ชั้นหินมีความหนาต่อชั้นค่อนข้างสม่ำเสมอและสลับกันเป็นจังหวะ (rhythmic sequence) ส่วนบนเป็นการสลับกันของหินโคลนสีม่วงแดง สีน้ำตาลอ่อนและสีเทาเข้ม ชั้นหนา โดยมีหินทรายเนื้อลิกัสีแทรกเป็น stringering พบโครงสร้างตะกอนคือลักษณะเป็นชั้นบางและการวางชั้นแบบเรียงขนาดในเนื้อหิน พบซากรูหนอนอยู่ทั่วไปตามชั้นสลับของหินทรายและหินทรายแป้ง ส่วนบนสุดของหินโคลนสีเทาเข้มพบรอยเท้าไดโนเสาร์จำพวกซีลูโรซอร์ วางทับอยู่บนรอยริ้วคลื่น

ค) ข้อมูลทางศิลาวรรณา การศึกษาศิลาวรรณาของหินทรายเนื้อลิกัสีใน lithofacies นี้พบว่า มีขนาดตะกอนเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 - 0.5 มิลลิเมตร (รูป 4.1ก และ ข) จัดว่าเป็นเนื้อ grain-support (มี clast มากกว่า 75% โดยปริมาตร) ความกลมมนต่ำ (subangular and low sphericity) การคัดขนาดปานกลาง (moderate sorting) แร่เม็ดตะกอนเป็น แร่ควอร์ตซ์ 40-70% แร่เฟลด์สปาร์ 10-25% ซึ่งมากกว่า 50% ของแร่เฟลด์สปาร์เป็นพวกกลุ่มแร่ clay minerals และเศษหินเชิร์ต ไมก้า ทั้งมีสโคไวต์และไบโอไทต์และฟลินต์ ประมาณ 30-35% บางครั้งพบแร่หนัก (heavy minerals) ไม่พบเศษหิน

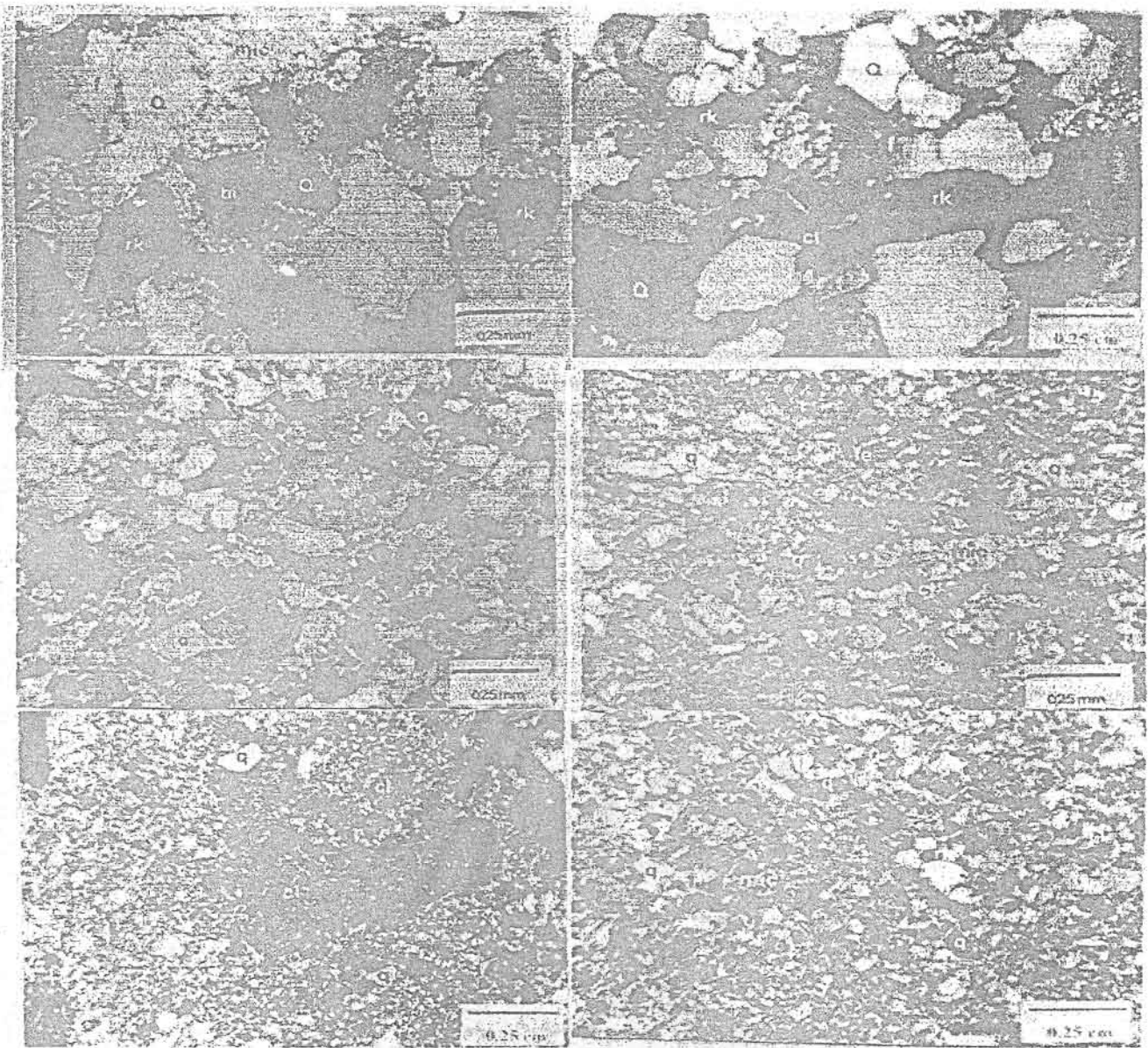
อัคนีภูเขาไฟ (volcanic fragments) แร่ควอร์ตซ์ แสดงรอยแตก crack พบ wavy extinction ในหลาย ๆ และพบลักษณะคล้ายหลอมละลายตรงขอบของแร่ แร่เฟลด์สปาร์พบการผุสลายเปลี่ยนสภาพตามรอยแตกเป็นแร่เซอร์ไซต์หรือแร่เคโอลิไนต์ ขนาดแร่ใกล้เคียงกับแร่ควอร์ตซ์ เศษหินต่าง ๆ เช่น เซิร์ต และ ฟลินต์ มีขนาดใกล้เคียงถึงเล็กกว่ากับแร่ควอร์ตซ์ แสดงการตกผลึกใหม่เป็นผลึกเล็ก ๆ ภายในเม็ดแร่ พวก matrix ซึ่งพบน้อยเป็นแร่ควอร์ตซ์และไมก้าขนาด silt size ไม่แสดงการเรียงตัวชัดเจน ตัวเชื่อมประสานเป็นซิลิกาและเหล็กออกไซด์ จากการ classified ของ Folk (1954) ได้ชื่อหินว่าหินทรายชั้นแกรเวก (Subgraywacke)

การศึกษาคีลาบรรณาจากตัวอย่างหินทรายแป้งเนื้อไมก้า พบว่ามีขนาดตะกอนทรายขนาดเล็กถึงขนาดตะกอนทรายแป้ง เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอน 0.05-0.1 มิลลิเมตร (รูป 4.1ค) จัดว่าเป็นเนื้อ matrix-support (มี clast ประมาณ 40-70% โดยปริมาตร) ความกลมมนปานกลาง-ต่ำ (subangular and low sphericity) การคัดขนาดดี (well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์ 75-95% แร่เฟลด์สปาร์และ clay minerals 5-15% และเศษหินจำพวกแร่หนัก (heavy minerals) และไมก้ามีไม่เกิน 5 % แร่ควอร์ตซ์มักแสดง wavy extinction ขอบของเม็ดแร่มีการหลอมละลายบางส่วน แร่เฟลด์สปาร์เกือบทั้งหมดผุสลายแปรสภาพตามรอยแตกเป็นเซอร์ไซต์ เศษหินส่วนใหญ่เป็นไมก้าและแร่หนัก มีขนาดใกล้เคียงกับแร่ควอร์ตซ์ แร่ไมก้ามักพบเป็นริ้วใหญ่ แร่ที่เป็น matrix มีขนาด silt-clay size เกือบทั้งหมดเป็นแร่ไมก้าที่แสดงการเรียงตัวของแร่ตามชั้นหิน ตัวเชื่อมประสานเป็นซิลิกาและอาจพบเหล็กออกไซด์เป็นจุดประในเนื้อหิน

การศึกษาคีลาบรรณาจากตัวอย่างหินโคลนสีม่วงแดง พบว่ามีขนาดตะกอนทรายแป้งถึงขนาดเคลย์ เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอนต่ำกว่า 0.05 มิลลิเมตร (รูป 4.1ง) เป็นเนื้อ matrix-support (มี clast ประมาณ 50-60% โดยปริมาตร) ความกลมมนต่ำ (subangular and low sphericity) การคัดขนาดดี (well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์ 80% แร่เฟลด์สปาร์และ clay minerals 10-15% และเศษหินจำพวกไมก้าและฟลินต์ไม่เกิน 5 % แร่ที่เป็น matrix มีขนาด silt-clay size เกือบทั้งหมดเป็นแร่ไมก้าและแร่ clay minerals ที่แสดงการเรียงตัวของแร่ตามชั้นหิน ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ และอาจมีตัวเชื่อมประสานเนื้อปูน (calcareous) ด้วย

การศึกษาคีลาบรรณาจากตัวอย่างหินโคลนสีน้ำตาลอ่อนมีขนาดตะกอนทรายแป้งถึงขนาดเคลย์ (รูป 4.1จ) เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอน 0.05-0.1 มิลลิเมตร โดยมี clast ของแร่เฟลด์สปาร์ขนาด 0.5 มิลลิเมตร เป็นเนื้อ matrix-support (มี clast ประมาณ 50-60% โดยปริมาตร) ความกลมมนต่ำ (subangular and low sphericity) การคัดขนาดดีปานกลาง (moderate sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์ 60% แร่เฟลด์สปาร์และ clay minerals 35% และเศษหินจำพวกแร่หนักและฟลินต์ไม่เกิน 5 % แร่ที่เป็น matrix มีขนาด silt-clay size เกือบทั้งหมดเป็นแร่ clay minerals ตัวเชื่อมประสานเป็นซิลิกาและเหล็กออกไซด์

การศึกษาคีลาบรรณาจากตัวอย่างหินโคลนสีเทาเข้มมีขนาดตะกอนทรายแป้งถึงขนาดเคลย์ (รูป 4.1ฉ) เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอนต่ำกว่า 0.03-0.05 มิลลิเมตร จัดว่าเป็นเนื้อ matrix-support (มี clast ประมาณ 60-70% โดยปริมาตร) ความกลมมนปานกลาง (subangular and high sphericity) การคัดขนาดดี (well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์ 70% แร่เฟลด์สปาร์และ clay minerals 5-10% และเศษหินจำพวกไมก้า แร่หนักและฟลินต์ไม่เกิน 20 % แร่ matrix มีขนาด silt-clay size



Bar-scale ทุกรูปคือ 0.25 mm

รูป 4.1ก รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายชั้นแกรนเวกแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควออตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) ฟลินต์ (rk) และไบโอไทต์(bi) โดยมีแร่ไมก้า (mic) เป็น matrix (x-nicols)

รูป 4.1ข รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายชั้นแกรนเวกแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควออตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f)กลุ่ม clay mineral (cl) เซิร์ต (ch) และฟลินต์(rk)(x-nicols)

รูป 4.1ค รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายแป้งเนื้อไมก้าแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควออตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) โดยมีแร่ไมก้า (Mi) เป็น matrix (x-nicols)

รูป 4.1ง รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนสีน้ำตาลแดงแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควออตซ์(q) clay min.(cl) ฟลินต์ (rk) โดยมีแร่ไมก้า (mic) เป็น matrix และเหล็กออกไซด์ (fe) เป็น cement(x-nicols)

รูป 4.1จ รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนสีน้ำตาลอ่อนแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควออตซ์(Q) และ clay min. (cl) (x-nicols)

รูป 4.1ฉ รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนสีเทาเข้มแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควออตซ์(Q)และฟลินต์ (rk) โดยมีแร่ไมก้า (mic) เป็น matrix (x-nicols)

4.1ก	4.1ข
4.1ค	4.1ง
4.1จ	4.1ฉ

เกือบทั้งหมดเป็นแร่ไมก้าและแร่ clay minerals ที่แสดงการเรียงตัวของแร่ตามชั้นหิน ตัวเชื่อมประสานเป็นซิลิกา

ง) ร่องรอยของซากไดโนเสาร์ที่พบใน lithofacies นี้ พบเพียงชนิดเดียวคือเป็นรอยเท้า ไดโนเสาร์จำพวกกินเนื้อ เดินสองขา อยู่บนรอยร้าวคลื่นของหินโคลนสีเทาเข้ม ไม่พบซากกระดูก ฟัน หรือชิ้นส่วนใด ๆ ของไดโนเสาร์นอกจากนี้

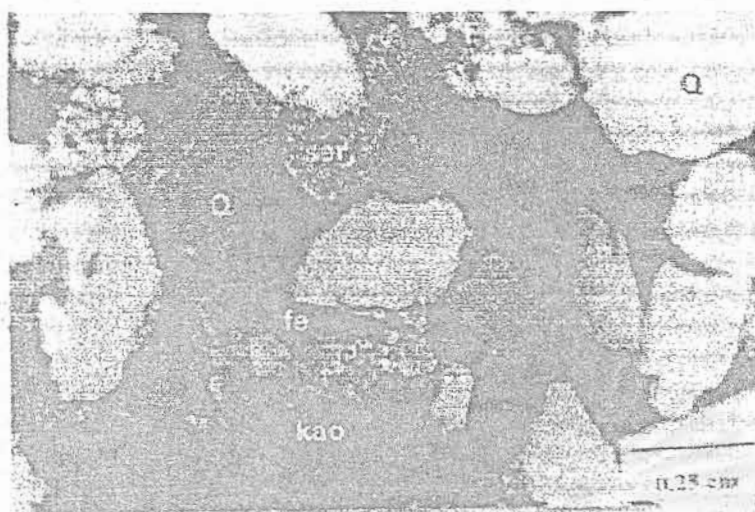
4.1.2 Medium-thick bedded arkosic sandstone facies

ก) ลำดับชั้นและการกระจายตัว Facies ดังกล่าว พบเฉพาะในส่วนล่างและส่วนบนสุดของชั้น หินอ้างอิงที่ 1 ซึ่งคาดว่าจะน่าจะเป็นตอนล่าง-ตอนกลางของหมวดหินเสาขัว โดยเป็นหน่วยหินสลับอยู่กับ facies ที่ 1 มีความหนาตั้งแต่ 39-51.5 เมตร

ข) ลักษณะของหิน ประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส สีน้ำตาลแดง ม่วงแดง ถึงเทาอ่อน ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางถึงเล็ก ชั้นหนาปานกลางถึงหนา ความหนาชั้นหินไม่สม่ำเสมอ พบแร่ไมก้าแทรกตามชั้นหินเป็นริ้วเล็กๆ นอกจากนี้ยังพบหินทรายเนื้อควอร์ตซิดิกสีขาว ขนาดตะกอนหยาบ และหินทรายเนื้อลิตติก สีเทาอ่อน ขนาดตะกอนเล็ก ชั้นหนาปานกลาง ระหว่างชั้นหินมักแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งเนื้อไมก้าปน ที่มีลักษณะการแตกเป็นแผ่นแทรกเป็นชั้นบางๆ โครงสร้างตะกอนที่พบได้แก่ชั้นเฉียงระดับ ซึ่งส่วนใหญ่มีกระแสทางน้ำโบราณไปทางทิศตะวันตก การวางชั้นแบบเรียงขนาด รอยร้าวคลื่น และลักษณะเป็นชั้นบาง

ค) ลักษณะทางศิลาวรรณา การศึกษาศิลาวรรณาจากตัวอย่างหินทรายเนื้ออาร์โคส ใน lithofacies นี้ พบว่าหินทรายชนิดดังกล่าวมีขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 - 1.0 มิลลิเมตร (รูป 4.2ก และ ข) จัดว่าเป็นเนื้อ grain-support (มี clast มากกว่า 90% โดยปริมาตร) ความกลมมนดีปานกลาง (subangular-subrounded and high sphericity) การคัดขนาดดี (well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์ 50-60% (จำพวกหินทรายอาร์โคส) และ 65-75% (จำพวกหินทรายซับอาร์โคส) แร่เฟลด์สปาร์ 30-35% (จำพวกหินทรายอาร์โคส) หรือ 25-30% (จำพวกหินทรายซับอาร์โคส) ซึ่งส่วนใหญ่แร่เฟลด์สปาร์ได้ผุเป็นพวก clay minerals และเศษหินจำพวกเชิร์ตและไมก้า ประมาณ 5-15% แร่ควอร์ตซ์แสดงรอย crack พบ wavy extinction แร่เฟลด์สปาร์ที่ยังเหลืออยู่เป็นแร่เออร์โทเคลสและแพลจีโอเคลส มักผุสลายแปรสภาพตามรอยแตกเป็นแร่เซริไซต์และเคโอลินต์ บางเม็ดแร่แสดงลักษณะผลึกแฝด (twin) เศษหินจำพวกเชิร์ตและฟลินต์ มีขนาดใกล้เคียงกับแร่ควอร์ตซ์ แสดงการตกผลึกใหม่เป็นผลึกเล็กๆ ในเม็ดแร่ แร่ไมก้าเป็นมัสโคไวต์มากกว่าไบโอไทต์ มีการเรียงตัวตามชั้นหิน พบ matrix ขนาด silt size ของแร่ไมก้า ควอร์ตซ์และกลุ่มแร่ clay minerals ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ซึ่งพอกตามขอบของเม็ดตะกอนต่างๆในหิน ชื่อหินจากการเรียกชื่อตาม Folk (1954) คือหินทรายซับอาร์โคส (subarkose) และหินทรายอาร์โคส (arkose)

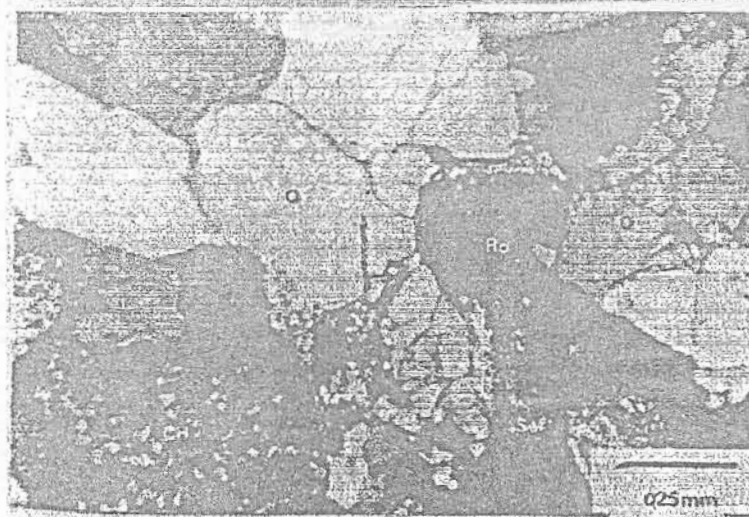
การศึกษาศิลาวรรณาจากตัวอย่างหินทรายเนื้อควอร์ตซิดิก พบว่าหินทรายชนิดดังกล่าวมีขนาดตะกอนปานกลาง เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอน 0.5-1 มิลลิเมตร (รูป 4.2ค) เป็นเนื้อ grain-support (มี clast มากกว่า 99% โดยปริมาตร) ความกลมมนดี-ดีมาก (subrounded to rounded and high sphericity) การคัดขนาดดีมาก (very well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเกือบทั้งหมดเป็นแร่ควอร์ตซ์



รูป 4.2ก รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) เคโอลิไนต์ (kao) เซริไซต์ (ser) และเชิร์ต (ch) ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ (fe) (x-nicols)



รูป 4.2ข รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายซับอาร์โคสแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์(f) เคโอลิไนต์ (kao) มัสโคไวต์ (mic) และเชิร์ต (ch) ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ (fe) (x-nicols)



รูป 4.2ค รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์แสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์(Q) เฟลด์สปาร์ซึ่งแปลงเป็นเคโอลิไนต์ (K) เซริไซต์ (ser) เซิร์ต (ch) และฟลินต์ (Ro) (X-nicols)

Bar-scale ทุกรูปคือ 0.25 mm

(มากกว่า 95%) แร่เฟลด์สปาร์และ clay minerals ไม่เกิน 1% และเศษหินจำพวกเชิร์ต ประมาณ 2-3% แร่ควอร์ตซ์ มักแสดงรอยแตก crack ขอบของเม็ดแร่มีการเชื่อมประสานกันอย่างชัดเจน ไม่พบ matrix ตัวเชื่อมประสานเป็นซิลิกา การเรียกชื่อของ Folk (1954) ให้ชื่อเป็นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์

ง) ร่องรอยของซากไดโนเสาร์ที่พบใน lithofacies นี้ พบเพียงลักษณะเดียวคือเป็นรูปหล่อ (cast) ของรอยเท้าไดโนเสาร์จำพวกกินเนื้อ เดินสองขา ตามส่วนล่างของชั้นหินทรายเนื้อควอร์ตซิก ที่วางทับอยู่บนชั้นหินโคลนสีเทาเข้ม ไม่พบซากกระดูก ฟัน หรือชิ้นส่วนใดๆของไดโนเสาร์ในเนื้อหินอื่นๆ

4.1.3 Conglomerate-sandstone-mudstone-calcrete horizon lithofacies

ก) ลำดับชั้นและการกระจายตัว พบเป็น facies หลักของหมวดหินเสาขัว โดยกระจายตัวอยู่ทั่วไปทั้งทางตอนล่าง ตอนกลางและตอนบน หรือตลอดลำดับชั้นหินของชั้นหินอ้างอิงที่ 2-14 บางครั้งสะสมตัวต่อเนื่องจนถึงช่วงล่างของหมวดหินภูพาน จึงเชื่อว่า facies นี้ เป็นบริเวณส่วนกลาง-ส่วนบนของหมวดหินเสาขัว Lithofacies ดังกล่าวมีความหนาไม่แน่นอน ตั้งแต่ 1.0-87.5 เมตร แต่โดยเฉลี่ยประมาณ 40 เมตร ความหนาที่แตกต่างเป็นผลเนื่องมาจากจำนวน cycle ของการสะสมตัว และความหนาของชั้นหินโคลนสีน้ำตาลแดงและชั้น calcrete horizon และการสะสมตัวสลับของ lithofacies ชนิดอื่น

ข) ลักษณะของหิน ประกอบด้วยการสะสมตัวแบบวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence จำนวนมากกว่า 1 cycle โดยจะเริ่มที่ชั้นหินกรวดมน-หินทรายเนื้ออาร์โคส-หินทรายแป้ง-หินโคลน-ชั้น calcrete horizon หรืออาจเริ่มจากชั้นหินทรายเนื้ออาร์โคส-หินทรายแป้ง-หินโคลน ความหนาของแต่ละ cycle ขึ้นอยู่กับขนาดของตะกอนที่พัดมาในช่วงแรกสุด และความหนาของชั้นตะกอนขนาดเล็กในช่วงปลายสุด โดยเฉลี่ยมีความหนาคycle ประมาณ 4-7 เมตร

ในรายละเอียดพบว่าการสะสมตัวของแต่ละ cycle จะเริ่มที่ชั้นหินกรวดมนสีน้ำตาลแดงแกมเขียว เนื้อปนปูน ชั้นบางหรือเป็นเลนส์ขนาดไม่เกิน 30 เซนติเมตร ต่อมาชั้นหินจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินอาร์โคสสีน้ำตาลแดง ขนาดตะกอนปานกลางถึงละเอียด ชั้นหนานปานกลางแทรกสลับกับหินทรายแป้ง สีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นบาง ลักษณะเป็นชั้นชัดเจน (well bedded) บางครั้งอาจพบร่องรอยของรูหนอนระหว่างชั้นสลับดังกล่าว ถัดขึ้นไป จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นชั้นหินทรายแป้งหรือหินโคลน สีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนามาก (อาจหนาถึง 8 เมตร) บริเวณส่วนบนๆของชั้นหินทรายแป้งหรือหินโคลน ชั้นหนา มักพบการปะปนของ calcrete nodule สีขาว ถึงขาวเหลือง ผิวขรุขระ ขนาด 1-3 เซนติเมตร เป็นช่วงหนาประมาณ 10 เซนติเมตรถึง 2 เมตร ส่วนบนสุดของแต่ละ cycle พบว่าเป็นหินโคลนสีม่วงแดง เนื้อปนปูน ชั้นหนา ผิวหน้าตอนบนมีลักษณะ sharp contact กับหินกรวดมนหรือหินทรายเนื้ออาร์โคสซึ่งมักพบ rip up clast ของหินทรายแป้งสีม่วงแดงในส่วนล่างของชั้นหิน ที่อยู่ใน flow regime ถัดขึ้นไป

โครงสร้างตะกอนที่พบได้แก่ชั้นเฉียงระดับมุมต่ำ และ lamination ในหินทรายเนื้ออาร์โคส และในหินทรายแป้ง

ค) ลักษณะทางศิลาวรรณา การศึกษาศิลาวรรณาด้วยแผ่นหินขัดจากตัวอย่างหินกรวดมน ใน lithofacies นี้ พบว่าหินกรวดมนนี้ประกอบไปด้วย clast จำนวน 45-60% ของเนื้อหิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8-1.5 เซนติเมตร ของหินทรายแป้งสีเดงน้ำตาลแดงเข้ม บางตัวอย่างพบแร่แคลไซต์ตกผลึกเป็นเม็ดปะปนอยู่ด้วย เม็ดตะกอนส่วนใหญ่มีความมนดี แต่ความกลมค่อนข้างต่ำ (rounded but low to

moderate sphericity) เนื้อ matrix ประกอบด้วยแร่ควอร์ตซ์และแร่เศษหิน ตัวเชื่อมประสานเป็นแร่แคลไซต์ (รูป 4.3ก)

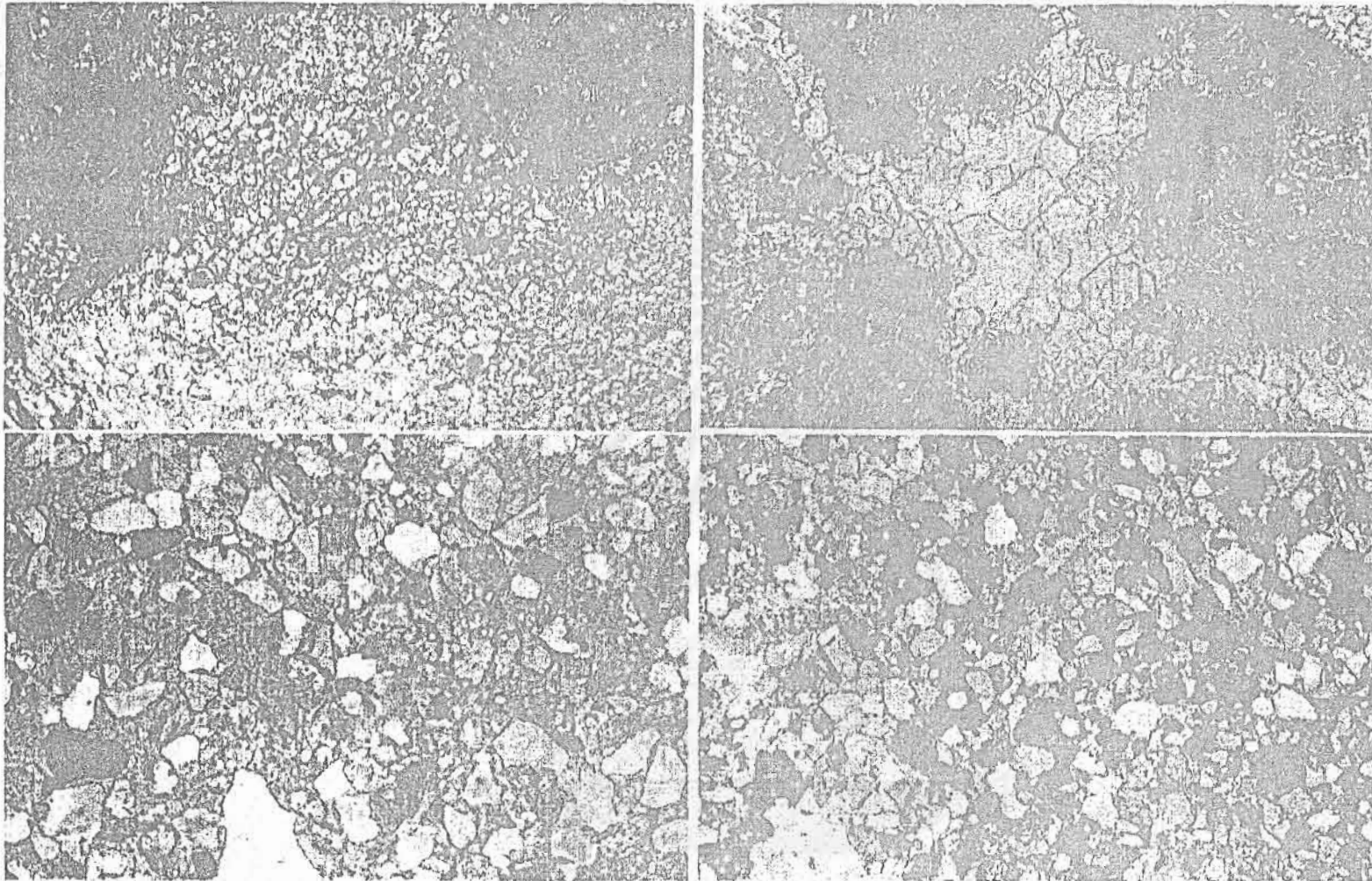
การศึกษาลักษณะซิลิคารรณของหินทรายแป้งซึ่งพบปะปนอยู่กับ calcrete nodule พบว่าหินทรายแป้งแสดงลักษณะของ matrix-grain supported ประกอบด้วย clast ประมาณ 45-50% ของเนื้อหิน โดยมี matrix ประมาณ 10% และตัวเชื่อมประสาน 40-45% เม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็นแร่ควอร์ตซ์ (50-60%) เศษหิน (rock fragment) (20-30%) แร่ทึบแสง (0-10%) และแร่ไมก้า (10-20%) ขนาดตะกอนในเนื้อหินแสดงการคัดขนาดปานกลาง โดยเฉลี่ยขนาดตะกอนเล็ก (0.1 มิลลิเมตร) แร่ควอร์ตซ์มีความกลมมนต่ำถึงค่อนข้างดี (angular to subround with low to moderate sphericity) ในขณะที่แร่เศษหินมีความกลมมนดีกว่า (rounded with moderate to high sphericity) สำหรับแร่ทึบแสงพบว่ามีขนาดตะกอนที่เล็กกว่าเพียง 0.02-0.07 มิลลิเมตร ตัวเชื่อมประสานทั้งหมดเป็น calcareous ที่แสดงการตกผลึกใหม่ ทำให้พบผลึกแคลไซต์ขนาดใหญ่มากมายในเนื้อหิน (รูป 4.3 ข และ ค)

การศึกษาลักษณะซิลิคารรณของหินทรายแป้ง-หินทรายเนื้ออาร์โคสขนาดตะกอนละเอียด ใน Lithofacies นี้ พบว่าหินทรายแป้งแสดงลักษณะของ grain-supported ประกอบไปด้วย clast 50-55% และ matrix 10-15% ขนาดเม็ดตะกอนเล็กถึง silt size ประกอบด้วยแร่ควอร์ตซ์ 60-80% แร่เศษหิน (rock fragment) 20-30% แร่ทึบแสง 10% และแร่ไมก้า การคัดขนาดของตะกอนดีมาก (well sorted) เม็ดแร่ควอร์ตซ์แสดงลักษณะเม็ดตะกอนค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างมน (subangular to sunrounded) และความกลมต่ำ ขนาดตะกอนเล็กมาก (0.01-0.02 มิลลิเมตร) แร่เศษหินแสดงความกลมมนดี และมีขนาดตะกอนใหญ่กว่า (0.1 มิลลิเมตร) แร่ทึบแสงมีขนาดที่แตกต่างกัน (0.01-0.15 มิลลิเมตร) ตัวเชื่อมประสานของหินนี้เป็นแร่แคลไซต์ (รูป 4.3ง และ จ)

การศึกษาซิลิคารรณจากตัวอย่างหินทรายเนื้ออาร์โคส ใน lithofacies นี้ พบว่าหินทรายมีขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 - 1.0 มิลลิเมตร (รูป 4.3ฉ และ ช) เนื้อ grain supported ความกลมมนดีปานกลาง การคัดขนาดดี (well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์ 50-60% แร่เฟลด์สปาร์ 30-35% ซึ่งส่วนใหญ่แร่เฟลด์สปาร์ได้ยุบเป็นพวก clay minerals และเศษหินจำพวกเชิร์ตและไมก้าประมาณ 5-15% ลักษณะโดยทั่วไปใกล้เคียงกับหินทรายที่พบใน Lithofacies II ตัวเชื่อมประสานเป็นเกลือออกไซด์ซึ่งพอกตามขอบของเม็ดตะกอนต่างๆในหินและแร่แคลไซต์ ชื่อหินจากการเรียกชื่อตาม Folk (1954) คือหินทรายอาร์โคส (arkose)

ง) ร่องรอยของซากไดโนเสาร์ที่พบใน lithofacies นี้ พบอยู่ 2 ลักษณะคือ เป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็กๆ ปะปนไปกับเศษหินในเนื้อหินกรวดมน ซึ่งเป็นส่วนล่างสุดของ cycle ของการสะสมตัวของหินในแต่ละช่วงของชั้นหินอ้างอิงที่ 2,3,4,5,6,9,11 และ 13 ในชั้นหินอ้างอิงบางพื้นที่พบปะปนไปกับซากหอยสองฝา กระดองเต่าและเกล็ดปลา นอกจากนี้ยังพบเป็นซากกระดูกไดโนเสาร์ขนาดใหญ่กินพืช ซึ่งอยู่ในชั้นหินทรายแป้งชั้นหนา ซึ่งถูกปิดทับด้วยชั้น calcrete nodule ในชั้นหินอ้างอิงที่ 4,5,6,7,9 และ 13 และเป็นซากกระดูกไดโนเสาร์กินเนื้อ ในหินทรายเนื้ออาร์โคสขนาดตะกอนละเอียดในชั้นหินอ้างอิงที่ 8

4.1.4 Lithic sandstone -siltstone lithofacies



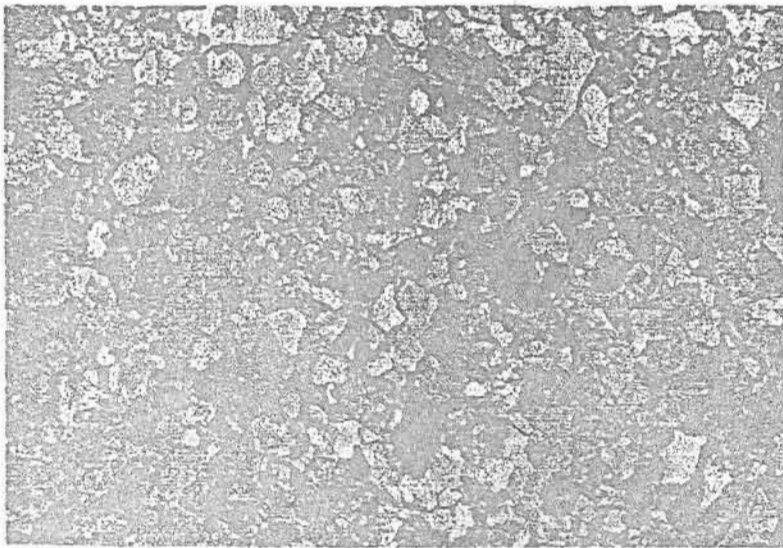
รูป 4.3ก แผ่นหินขัดของหินกรวดมน แสดงส่วนประกอบในเนื้อหิน

รูป 4.3ข รูปถ่ายแผ่นหินบางของ calcrete horizon แสดงแร่ประกอบหินเกือบทั้งหมดเป็นแร่แคลไซต์ (ใส) โดยพบ
แร่ควอร์ตซ์และเศษหินขนาดเล็กเพียงเล็กน้อย (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol)

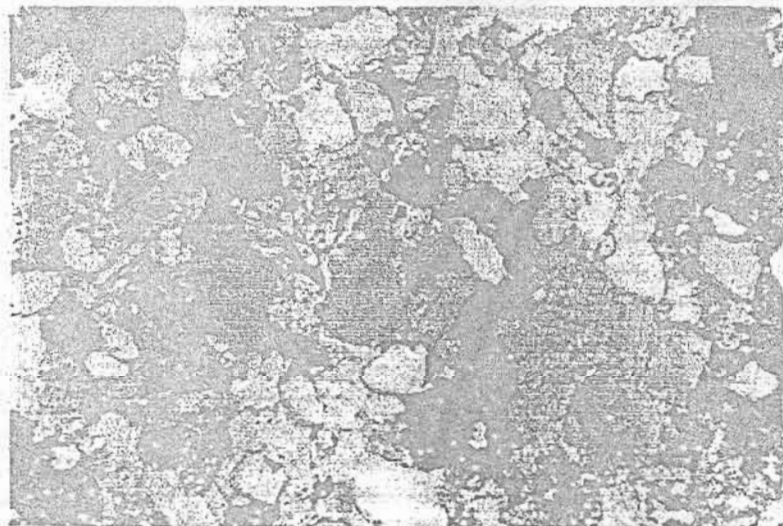
4.3ก	4.3ข
4.3ค	4.3ง

รูป 4.3ค รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินโคลนที่ประกอบด้วย calcrete nodule แสดงแร่ประกอบหินเช่นควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์และเศษหิน รวม
ประมาณ 40% โดยมีตัวเชื่อมประสานของแคลไซต์ + เหล็กออกไซด์ (พื้นเหลืองส้ม) ถึง 40% (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol)

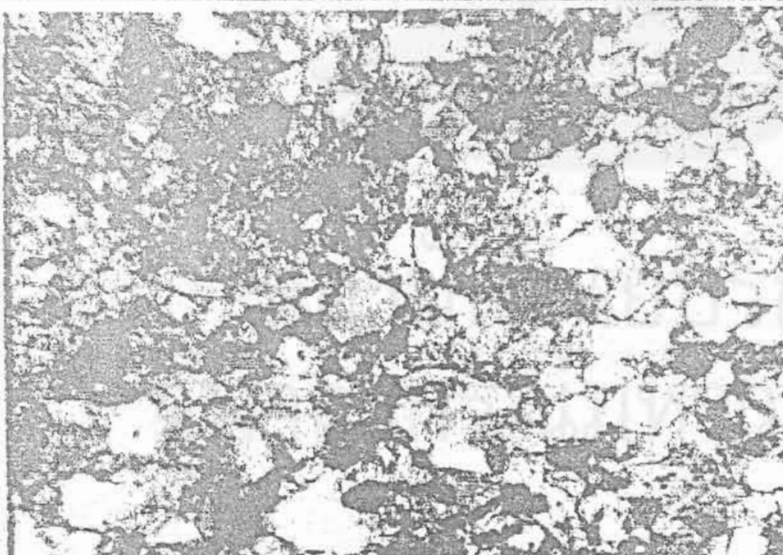
รูป 4.3ง รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงเนื้อปนปูน แสดงแร่ประกอบหินควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหิน มีแร่แคลไซต์และเหล็ก
ออกไซด์เป็น ตัวเชื่อมประสาน (ความยาวภาพ 1.25 mm) (X-nicol)



รูป 4.3จ รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสขนาดตะกอนเล็กมาก แสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ เคโอลิไนต์ เซริไซต์ และเศษหินเซิร์ต ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์และแคลไซต์ (x-nicols)



รูป 4.3ฉ รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสขนาดตะกอนเล็กแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ เคโอลิไนต์ มัสโคไวต์) และเซิร์ต ตัวเชื่อมประสานเป็นเหล็กออกไซด์ และแคลไซต์ (x-nicols)



รูป 4.3ค รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินทรายอาร์โคสปนแร่ไมก้าแสดงแร่ประกอบหินได้แก่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ เคโอลิไนต์ เซริไซต์ เซิร์ต และฟลินต์ โดยมี matrix เป็นแร่ไมก้า (X-nicols)

ความยาวรูปทุกรูปคือ 1.25 mm

ก) ลำดับชั้นและการกระจายตัว พบเป็น facies ย่อยๆ ที่พบเป็นบางบริเวณทางตอนบนๆ ของหมวดหินเสาขัว (ชั้นหินอ้างอิงที่ 2,3 และ 13) ทั้งหมดพบแทรกสลับอยู่ภายใน lithofacies ที่ 3 Lithofacies นี้มีความหนาไม่แน่นอน ตั้งแต่ 1.8-12 เมตร ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากจำนวน cycle ของการสะสมตัว และความหนาของชั้นหินโคลนสีน้ำตาลแดงที่แทรกเข้ามา และการสะสมตัวสลับของ lithofacies ชนิดอื่น

ข) ลักษณะของหิน ในชั้นหินอ้างอิงเขาจุกแขกและเขาลอมฟาง (section 2-3) ประกอบด้วย หินทรายเนื้อลิตติก หรือหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ สีแดงประจุดขาว ถึงสีเทาขาวประจุดดำ ขนาดตะกอนปานกลาง เนื้อไม่ก้ำ ค่อนข้างฝูร่วน ความกลมมนของเม็ดแร่ในเนื้อหินต่ำ พบแร่เฟลด์สปาร์ในเนื้อหินมาก ความหนาของชั้นหินไม่สม่ำเสมอ (ตั้งแต่ 15 เซนติเมตรถึงมากกว่า 1 เมตร) ในส่วนล่างของชั้นหินชั้นเฉียงระดับมุมต่ำไปทางทิศตะวันออก หินทรายเนื้อดังกล่าวพบสลับอยู่กับหินทรายแป้งสีแดงม่วง เนื้อร่วน ปนปูน ชั้นบาง บางครั้งอาจแสดงลักษณะของ cycle แบบ fining upward ของ หินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ - หินทรายแป้ง เป็นช่วงสั้นๆ (set ตั้งแต่ 30 -50 เซนติเมตร)

บริเวณภูผาโง (section 13) พบว่า Lithofacies นี้เป็นหินทรายเนื้อลิตติกชั้นหนามาก สีขาวประจุดดำ ขนาดตะกอนหยาบ เนื้อปนปูน การเชื่อมประสานดีมาก พบโครงสร้างตะกอนชั้นเฉียงระดับอยู่ทั่วไป ส่วนล่างสุดพบ rip up clast ของหินทรายแป้งหรือหินโคลนสีม่วงเทา ซึ่งแสดง lamination โดยมีขนาดของ clast 0.3-1.5 เซนติเมตร

ค. การศึกษาลักษณะสีลวรรณา การศึกษากระทำเฉพาะในหินทราย โดยพบว่าหินทรายชนิดดังกล่าวมีขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ 0.25- 0.5 มิลลิเมตร และ 0.1-0.2 มิลลิเมตร จัดว่าเป็นเนื้อ grain-support (มี clast มากกว่า 90% โดยปริมาตร) ความกลมมนปานกลาง-ต่ำ (subangular and high sphericity) การคัดขนาดดี (well sorting) แร่ในเม็ดตะกอนเป็นแร่ควอร์ตซ์มากกว่า 70% พบแร่เฟลด์สปาร์และ clay minerals ไม่เกิน 20% และเศษหินจำพวกเชิร์ตและไมก้า ประมาณ 15-20% แร่ควอร์ตซ์ มักแสดงรอย crack ขอบของเม็ดแร่มีการเชื่อมประสานกันอย่างชัดเจนโดยเฉพาะในหินที่มีขนาดตะกอนเล็กมาก แร่เฟลด์สปาร์เกือบทั้งหมดผุสลายแปรสภาพตามรอยแตกเป็นแร่เชิร์ตหรือเคโอลิไนต์ เศษหินส่วนใหญ่เป็นเชิร์ตและฟลินต์ มีขนาดใกล้เคียงกับแร่ควอร์ตซ์ แร่ที่เป็น matrix มีขนาด silt size จำพวกแร่ clay minerals พบอยู่น้อยมากในหินทรายชนิดนี้ ตัวเชื่อมประสานเป็นซิลิกา บางชั้นพบเหล็กออกไซด์เป็นตัวเชื่อมประสานมากเป็นลำดับที่ 2 จากปริมาณแร่ที่พบสามารถเรียกชื่อหินนี้ได้เป็นหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ (protoquartzite) โดยเรียกชื่อตาม Pettijohn, 1954 หรือ feldspathic subgraywacke ถ้าเรียกชื่อตาม Folk (1954)

ง) ร่องรอยของซากไดโนเสาร์ที่พบใน lithofacies นี้ ไม่พบหลักฐานของซากฟอสซิลใดๆ ในหน่วยหิน lithofacies นี้

4.1.5 Fresh water limestone-siltstone lithofacies

ก) ลำดับชั้นและการกระจายตัว พบเป็น facies ย่อยๆ พบบางบริเวณของหมวดหินเสาขัวตอนบน (ชั้นหินอ้างอิงที่ 2,4,5 และ 10) ซึ่งวางทับหรือแทรกสลับอยู่กับ cycle บนสุดของ lithofacies ที่

3 Lithofacies นี้มีความหนาค่อนข้างน้อย (0.5, 2, 1.5 และ 1 เมตร ตามลำดับ) ขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นหินโคลนสีน้ำตาลแดงที่แทรกสลับ

ข) ลักษณะของหิน Lithofacies ดังกล่าวประกอบด้วยหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ชั้นบาง (ไม่เกิน 30 เซนติเมตร) หรือเป็นเลนส์ ภายในหินปูนพบซากหอยสองฝาประเภท *Unio* sp. เป็นจำนวนมาก ชั้นหินนี้วางทับหินทรายแป้ง สีแดงม่วงเนื้อปูน หรือบางครั้งอาจวางทับหินกรวดมนที่มี clast เป็นหินทรายแป้งสีแดงม่วง ซึ่งในชั้นหินทรายแป้งและหินกรวดมน มักพบซากดึกดำบรรพ์ของไดโนเสาร์ทั้งเป็นเศษกระดูกหรือชิ้นกระดูกขนาดใหญ่ (ชั้นหินอ้างอิงที่ 4 และ 5)

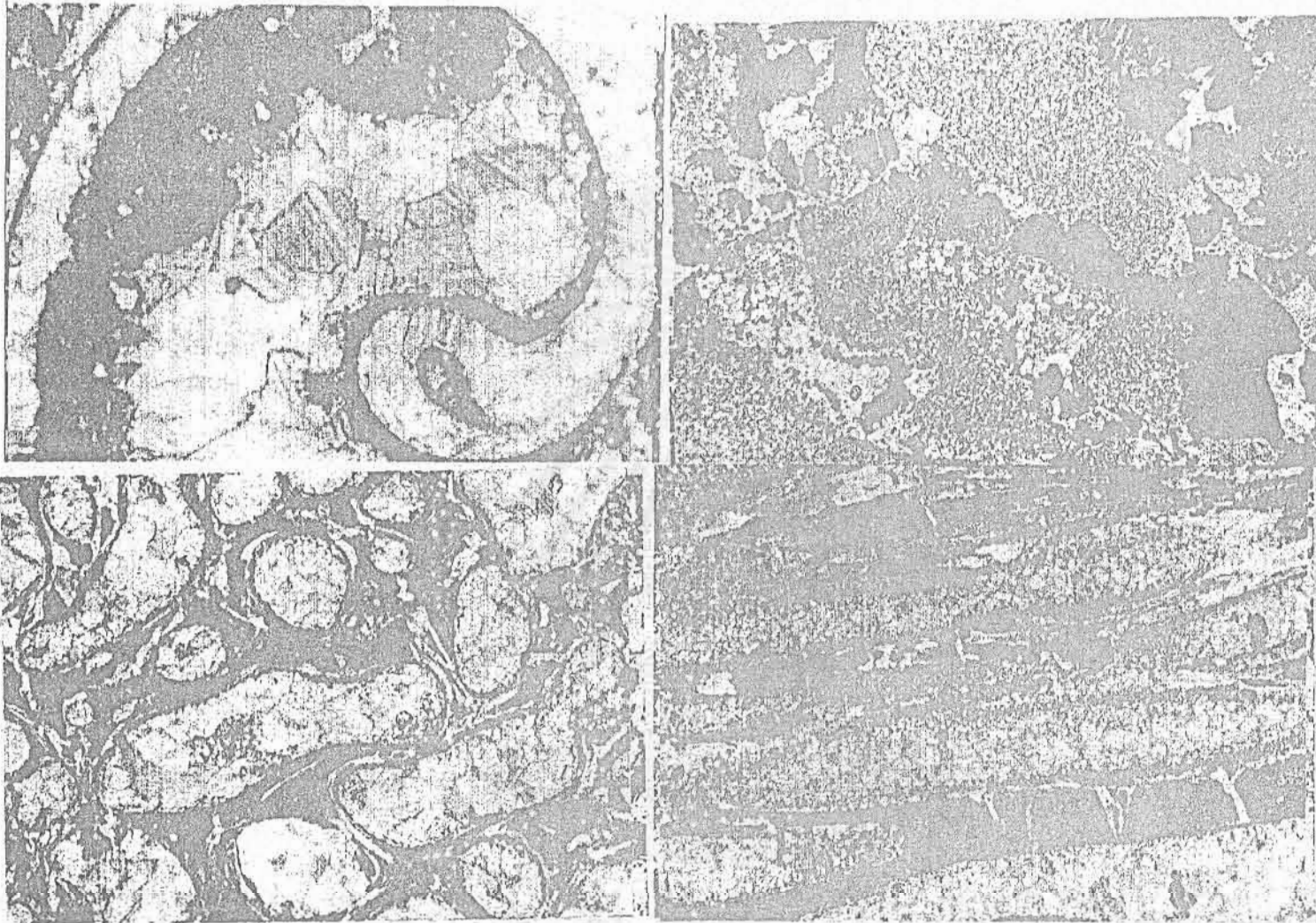
ค. การศึกษาลักษณะศิลาวรรณา การศึกษาศิลาวรรณาของหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน พบว่าหินปูนดังกล่าวประกอบไปด้วยหิน 2 ลักษณะ ลักษณะแรกมีลักษณะคล้าย limestone conglomerate ประกอบด้วย allochem ของ intraclast limestone (20-30%) , bioclast (20-30%), เม็ดแร่ควอร์ตซ์ (20-30%) และเศษหิน (15-20%) มีปริมาณรวม 50% ของเนื้อหิน แร่ matrix เป็นแร่ควอร์ตซ์และเศษหิน แร่ควอร์ตซ์มีขนาดตะกอนเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดตะกอน 0.5-1 มิลลิเมตร ความกลมมนปานกลาง-ต่ำ (subangular and high sphericity) การคัดขนาดปานกลาง (moderate sorting) แร่เศษหินส่วนใหญ่เป็นเชิร์ตและฟลินต์ มีขนาดใกล้เคียงกับแร่ควอร์ตซ์ แสดงการตกผลึกใหม่เป็นผลึกเล็กๆ ในเม็ดแร่ เม็ดแร่ intraclast มีขนาดใหญ่กว่า 1-3 มิลลิเมตร บางครั้งพบการตกผลึกใหม่ภายในเนื้อหิน ส่วน bioclast เกือบทั้งหมดเป็นซากเปลือกหอยที่เนื้อภายในแสดงการตกผลึกใหม่ แต่ยังคงรูปร่างของตัวฟอสซิลอยู่ ขนาดของซากดึกดำบรรพ์ ใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร บางครั้งอาจถึง 1 เซนติเมตร (รูป 4.4 ก และ ข) นอกจากนี้ยังพบซากดึกดำบรรพ์ของกระดูกไดโนเสาร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อเนื่องกัน (ขนาดของแต่ละเส้นยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในด้านขวางพบว่ามียูปร่างค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร ภายในเนื้อกระดูกพบว่าแร่ราโกไนต์ ได้ถูกแปรสภาพเป็นแร่แคลไซต์ทั้งหมด และยังพบการเชื่อมประสานภายในเนื้อกระดูกแต่ละแท่งด้วยสารซิลิกาอีกด้วย (รูป 4.4 ค และ ง) ในเนื้อหินปูนประเภท limestone conglomerate นี้ มีตัวเชื่อมประสานเป็นแคลไซต์

การศึกษาลักษณะทางศิลาวรรณาของหินปูนอีกประเภทซึ่งเป็น fossiliferous limestone ประกอบด้วย allochem ประเภท bioclast ประมาณ 10-20% (ในเนื้อหินโดยทั่วไป) และ 50-60% (ในบริเวณที่เป็น fossiliferous bed) โดยปริมาตร ลักษณะโดยทั่วไปของ bioclast ใกล้เคียงกับหินปูน limestone conglomerate ในส่วนของ allochem ตัวอื่นๆ พบน้อยมาก ไม่เกิน 10% เป็น intraclast แร่ควอร์ตซ์และแร่เชิร์ต ขนาดตั้งแต่ 0.5 - 20 มิลลิเมตร matrix ของแร่เป็น micrite ที่บางส่วนเกิดการตกผลึกใหม่ ตัวเชื่อมประสานเป็นแร่แคลไซต์ ซึ่งจากการเรียกชื่อของ ได้เป็น biomicrite

ง) ร่องรอยของซากไดโนเสาร์ที่พบใน lithofacies นี้ พบเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับซากหอยสองฝาหรือหอยแกรตโตพอด (gastropod) โดยพบเป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชิ้นเล็กๆ ปะปนไปกับเศษหินในเนื้อหินปูนกรวดมน (limestone conglomerate) ซึ่งเป็นส่วนล่างสุดของ lithofacies นี้

4.1.6 Upper mudstone lithofacies

ก) ลำดับชั้นและการกระจายตัว พบเป็น facies บางๆ บริเวณบนสุดของหมวดหินเสาขัว ซึ่งมักต่อเนื่องอยู่ใต้หมวดหินภูพาน (ชั้นหินอ้างอิงที่ 5, 10, 12 และ 13) ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับหินปูน Lithofacies นี้มีความหนาไม่เกิน 1 เมตร



รูป 4.4ก ฟอสซิลขอย gastropod ขนาดใหญ่ในหินปูนน้ำจืด (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol)

รูป 4.4ข รูปถ่ายแผ่นหินบางของหินปูนพบลักษณะของ bioclast และ intraclast ขนาดใหญ่ บางส่วนถูก recrystallized ทั้งหมดเป็นแร่แคลไซต์ (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol)

รูป 4.4ค รูปถ่ายแผ่นหินบางของกระดุกไดโนเสาร์ในแนวตัดกับแนวแกนของกระดุกแสดงการ fill ของแร่แคลไซต์ (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol)

รูป 4.4ง รูปถ่ายแผ่นหินบางของกระดุกไดโนเสาร์ในแนวเดียวกับแนวแกนของกระดุก (ความยาวภาพ 1.25 mm)(X-nicol)

4.4ก	4.4ข
4.4ค	4.4ง

ข) ลักษณะของหิน Lithofacies ดังกล่าวประกอบด้วยหินโคลนสีแดงม่วงเข้มสลับกับหินโคลนสีเทาเขียว ชั้นบางมาก (ไม่เกิน 5 เซนติเมตร/ชั้น) ความหนาของชั้นหินสม่ำเสมอ บางแห่งพบหินทรายเนื้อลึติก ขนาดตะกอนเล็ก สีเทาประจุดเขียว ไมก้าเล็กน้อย แทรกสลับเป็นชั้นบางๆ ตอนล่างสุดของ lithofacies มักพบ rip up clast ของหินโคลนสีเทา ขนาด 0.5 เซนติเมตร บางครั้งพบชั้นถ่าน (peat) เป็นชั้นบางๆ แทรกประปรายในเนื้อหิน ตอนบนๆ ของ lithofacies แสดงลักษณะของ convoluted bedding และการกวนของตะกอนใน lithofacies นี้เข้าไปสะสมตัวใหม่ (rework) ในส่วนล่างของหมวดหินภูพาน โครงสร้างตะกอนที่มักพบคือ lamination ในหินโคลน

ค) ลักษณะทางศิลาวรรณา เนื่องจาก facies นี้ค่อนข้างผู้ ร่วน จึงไม่สามารถศึกษาลักษณะทางศิลาวรรณาได้

ง) ร่องรอยของซากไดโนเสาร์ที่พบใน lithofacies นี้ พบเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับ lithofacies ที่ 3 โดยพบเป็นกระดูกไดโนเสาร์ชั้นใหญ่ ในหินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียส ในชั้นหินอ้างอิงที่ 5 (กฎเวียนหลุมชุดคันที่ 2)

4.2 การวิเคราะห์ lithofacies

ลักษณะของ lithofacies เป็นลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของเนื้อหินในแต่ละส่วนของหมวดหินเสาขัว โดยถ้าพิจารณาร่วมไปกับข้อมูลอื่นๆ เช่น รูปทรงของการกระจายตัว โครงสร้างตะกอน กระแสน้ำโบราณและซากดึกดำบรรพ์ จะสามารถบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของหินและนิเวศวิทยาในช่วงสมัยนั้นได้

ลักษณะการลำดับชั้นหินของหมวดหินเสาขัว ในพื้นที่ๆ ศึกษา สามารถแบ่งแยกจากล่างขึ้นบนได้ 6 lithofacies ย่อยคือ 1. Mudstone and fine-grained lithic sandstone facies (*Lithofacies I*) 2. Medium to thick bedded arkosic sandstone facies (*Lithofacies II*) 3. Cycle of conglomerate-sandstone-mudstone-calcrete horizon facies (*Lithofacies III*) 4. Lithic sandstone-siltstone facies (*Lithofacies IV*) 5. Fresh water limestone-siltstone facies (*Lithofacies V*) และ 6. Upper mudstone lithofacies (*Lithofacies VI*) โดย lithofacies I และ II ซึ่งถือว่าเป็นส่วนกลางของหมวดหินเสาขัว พบเกิดสะสมตัวสลับกัน ยังไม่พบความต่อเนื่องชัดเจนของ lithofacies ดังกล่าวกับ lithofacies ที่เหลือ lithofacies III พบเป็นส่วนใหญ่ของหมวดหินเสาขัวตอนบน โดยตอนบนๆ ของ lithofacies พบการแทรกสลับของ lithofacies ที่ IV V และ VI ตามลำดับ รายละเอียดของการวิเคราะห์ของแต่ละ lithofacies และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และรูป 4.5 โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ในแต่ละ lithofacies ดังนี้

4.2.1 ลักษณะเนื้อหิน-สี, ชนิดหิน (lithology)

ก) การวิเคราะห์ Lithofacies I, V และ VI มีคุณสมบัติของสีหินออกไปโทนสีเทาหรือเทาเขียว โดยพบสีม่วงแดงเป็นปริมาณเล็กน้อย lithofacies IV มีโทนสีออกไปทางสีขาว ขาวแดง ในขณะที่ lithofacies II และ III โทนสีของหินออกไปทางสีแดง ม่วงแดงหรือน้ำตาลแดง

รูป 4.5 การลำดับชั้นหินของหมวดหินเสาขัวที่ศึกษาจากการประมวลโดยใช้ lithofacies จากบนลงล่าง (No Vertical scale)

Lithofacies	Thickness (m)	Column (no scale)	Facies							Lithology	Environment							
			Limestone	Shalee	Mudstone	Siltstone	Fine-ssst	sandstone	Conglo.		Lagoon	Transitional	Floodplain	Channel	Braided stre.	Alluvial fan	Debris flow.	
VI	1-2									Carbonaceous mudstone and siltstone with								
V	1-2									Dinosaur bones and peat Limestone, mudstone								
IV	2-12									and 1st conglo with Unio sp. Bivalve and Dinosaur bones								
III	40-87									Fining upward of lithic sandstone to siltstone, some conglo Lense								
										Fining and thinning upward sequence of conglomerate-arkosic sst-siltstone-mudstone and caliche with dinosaur bone and teeth, bivalve fragments and worm burrow								
LOSS																		
II	39-51									Medium to thick bedded arkosic sandstone and siltstone with mold of Dinosaur footprints								
I	20-28									Mudstone interbedded with lithic sst on the bottom and thick bedded mudstone on top								

สัญลักษณ์เหมือนบทที่ 3

ตาราง 4.1 รายละเอียดของหมวดหินเสาขัวในแต่ละ facies

Lithofacies	Lithology		Geometry		Sedimentary structure	Paleo-current	Fossil
	Color	Lithologic character	Thickness (meter)	Distribution			
VI	Greenish Gray to brownish gray	Carbonaceous mudstone & siltstone	1.0-2.0	Local	Lamination, slump structure, convoluted bed	-	Dinosaur bone, peat
V	White to light gray	Limestone & siltstone	0.5-2.0	Local	Limestone lenses Lamination	-	Bivalve (Unio sp.)
IV	Light gray to reddish brown	Lithic sandstone & siltstone	1.8-12.0	Local&lenses	Planar x-bedding, graded bedding, lamination, fining upward sequence, thinning upward sequence	-	-
III	Reddish brown	Conglomerate, arkosic sandstone, siltstone, mudstone, caliche	1.0-87.5	Cover the area	Planar and trough x-bedding, graded bedding, lamination, ripple structure, mud crack, fining upward sequence, thinning upward sequence	To south To east To west	Dinosaur bone, Dinosaur teeth, bivalve, etc. Worm burrow
II	Reddish brown	Arkosic sandstone & Siltstone	39.0-51.5	Southwest, prism	Planar x-bedding, trough x-bedding, graded bedding, lamination, ripple structure	To west	Dinosaur footprints
I	Greenish gray to gray	Lithic sandstone, siltstone, mudstone	19.5-28.0	Southwest Tabular	Lamination graded bedding ripple structure	-	Worm burrow

ลักษณะชนิดหินของ lithofacies V แตกต่างไปจาก lithofacies อื่นๆ โดยประกอบด้วยหินชั้นเนื้อตกผลึกจำพวกหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ชั้นบางถึงเลนส์ โดยมีบางส่วนเป็นหิน limestone conglomerate วางทับบนชั้นหินทรายแป้งหรือหินกรวดมน

ลักษณะชนิดหินของ lithofacies II และ III มีลักษณะคล้ายคลึงกันคือประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคส ชั้นหนาปานกลางถึงชั้นบาง ความหนาของชั้นหินไม่สม่ำเสมอเป็นชนิดหลัก ความแตกต่างของทั้งสอง lithofacies คือ lithofacies ที่ II พบหินทรายแป้ง ชั้นบางๆ แทรกสลับอยู่น้อยมาก และไม่พบหินกรวดมน ในขณะที่ lithofacies III พบชั้นหินกรวดมน ชั้นหินทรายแป้ง ชั้นหินโคลนและชั้น calcrete horizon ปะปนอยู่ในลำดับชั้นหิน โดยเป็นลักษณะของ fining upward และ thinning upward cycle

ลักษณะชนิดหินของ lithofacies IV คล้ายคลึงกับ lithofacies II, III คือส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทราย ความแตกต่างที่สำคัญคือ หินทรายทั้งหมดจัดเป็นหินทรายเนื้อลิตติก ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างไปจากหินทรายเนื้ออาร์โคส

Lithofacies I และ VI ประกอบด้วยหินโคลน หินทรายแป้งเป็นหลัก โดย lithofacies ที่ 1 พบหินทรายเนื้อลิตติกแทรกเป็นชั้นบางๆ สลับอยู่ทางตอนล่างของ lithofacies

จากข้อมูลของแผ่นหินบางทั้งหมดพบว่าหินทรายเกือบทั้งหมดในหมวดหินเสาขัวมีการกัดขนาดค่อนข้างดี แต่ความกลมมนของเม็ดตะกอนต่ำ และ maturity ของแร่และเนื้อหินไม่สูงนัก แร่ประกอบหินส่วนใหญ่มีทั้งแร่ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหินต่างๆ รวมทั้งมักพบแร่ไมก้าเป็น matrix อยู่เสมอ ในหินทรายแป้งและหินโคลน มักพบแร่ดิน (clay minerals) เป็นองค์ประกอบหลัก

ข) การแปลความหมาย จากลักษณะของเนื้อหิน สี และชนิดหินของแต่ละ lithofacies สามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่า lithofacies ที่น่าจะมีความรุนแรงของการสะสมตะกอนในสภาพที่ขาดออกซิเจน (ไม่สัมผัสอากาศเลย) ได้แก่ Lithofacies I, V และ VI เนื่องจากลักษณะสีของหินออกโทสนีเทา แสดงถึงธาตุโลหะเหล็กที่สะสมตัวอยู่ในหินทรายหรือหินทรายแป้งเป็น Fe^{2+} ซึ่งจะให้สีเทาหรือเขียว ในขณะที่ Lithofacies II, III และ IV น่าจะมีความรุนแรงของการสะสมตะกอนในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอ เนื่องจากลักษณะสีของหินออกโทสนีแดง ม่วง แสดงถึงธาตุโลหะเหล็กที่สะสมตัวอยู่ในหินทรายหรือหินทรายแป้งเป็น Fe^{3+} ซึ่งจะให้สีแดง เหลืองแดง หรือสีสนิมเหล็ก

ลักษณะชนิดหินของแต่ละ lithofacies สามารถสรุปได้ถึงความรุนแรงในการพัดพาตะกอนมาสะสมตัว จะเห็นว่า lithofacies V เป็นหินปูนน้ำจืด ซึ่งเกิดจากการตกผลึกของสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในน้ำ ในสภาพน้ำนิ่ง จึงถือว่ามีความรุนแรงต่ำที่สุด แต่ในบางกรณี พบว่ามีการสะสมตัวของหินปูนเนื้อกรวด (limestone conglomerate) แสดงถึงการ rework ของชั้นหินปูนด้วยตัวพัดพาที่รุนแรงเป็นช่วงๆ เหมือนกัน สำหรับ lithofacies I และ VI พบว่าหินชั้นส่วนใหญ่มีตะกอนเนื้อละเอียด แสดงถึงการพัดพาที่ไม่รุนแรงนัก เนื่องจากในชั้นหินหลายๆชั้นมีตะกอนอินทรีย์ซึ่งถือว่าง่ายต่อการถูกทำลายในสภาวะการสะสมตัวที่รุนแรง สำหรับ lithofacies II จัดว่ามีการสะสมตัวที่ค่อนข้างรุนแรง เนื่องจากตัวพัดพาสามารถพัดพาตะกอนขนาดเม็ดทรายมาได้ และคาดว่า การพัดพาตะกอนน่าจะมีความต่อเนื่องและรวดเร็ว เนื่องจากชั้นหินแต่ละชั้นมีขนาดตะกอนใกล้เคียงกัน แต่ lithofacies ที่มีความรุนแรงในการพัดพาสูง ได้แก่ lithofacies III และ IV ซึ่งความแตกต่างของชนิดหินทั้งสอง facies นี้ น่าจะมาจาก source ที่แตกต่างกัน พบว่าการพัดพาขนาดตะกอนขึ้นกับความรุนแรงในแต่ละ episode โดยเริ่มจากการพัดพาที่รุนแรง

แรงมาก ทำให้มีการสะสมตัวของหินกรวดมน ซึ่งการพัดพาจะถึงกวนเอาตะกอนที่สะสมตัวอยู่ก่อนมา rework เป็น clast ในเนื้อหินด้วย ต่อมาการพัดพาตะกอนจะค่อยๆเบาลง ทำให้เกิดการสะสมตัวของเม็ดตะกอนขนาดทราย และต่อมาการพัดพาตะกอนจะเบามาก เนื่องจากมีการสะสมตัวของหินทรายแป้งซึ่งมีขนาดตะกอนทรายแป้ง-โคลน แต่ต่อมาการสะสมตัวของตะกอนจะรุนแรงมากอีกครั้งหนึ่ง ส่งผลให้ได้ชั้นหินกรวดมนวางทับตะกอนโคลน หรืออีกนัยหนึ่งคือการสะสมตัวแบบมีวงจร (cycle นั้นเอง)

อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลแผ่นหินบางทั้งหมด สรุปได้ว่าหินในแต่ละ lithofacies คงมีการสะสมตัวที่ค่อนข้างรวดเร็วและไม่รุนแรงนัก เนื่องจาก maturity ของหินค่อนข้างต่ำ

นอกจากนี้ลักษณะชนิดหินบางประเภทยังสามารถบ่งชี้ถึงภูมิอากาศได้เช่นการเกิดหินปูนแสดงถึงภาวะอากาศโดยรวมที่อบอุ่น (Tucker, 1981) หรือชั้น caliche แสดงถึงภูมิอากาศที่ค่อนข้างร้อนและแห้งแล้ง (Meesook, 1994)

4.2.2 รูปทรงของชั้นหิน (Geometry)

ก) การวิเคราะห์ จากตาราง 4.1 พบว่าความหนาโดยรวมของ lithofacies III มีความหนามากที่สุด ในขณะที่ lithofacies II, I, IV, V, VI มีความหนารองลงมาตามลำดับ การกระจายตัวของ lithofacies I, II เท่าที่ศึกษาพบว่าจำกัดอยู่ในพื้นที่ชั้นหินอ้างอิงที่ 1 (ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของขอบโคราซ) เท่านั้น ในขณะที่ lithofacies III มีการกระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ การกระจายตัวของ lithofacies ที่ IV, V และ VI พบเป็นบางบริเวณ

เมื่อศึกษารายละเอียดย่อยของความหนาและลักษณะของรูปทรงของชั้นหินแต่ละของ lithofacies พบว่าใน lithofacies I มีลักษณะชั้นหินค่อนข้างต่อเนื่องและสม่ำเสมอและมีการแผ่กระจายกว้าง ใน lithofacies II มีลักษณะชั้นหินค่อนข้างหนา มีลักษณะเป็นเลนส์ ที่ไม่ต่อเนื่อง การแผ่กระจายกว้างขวาง ใน lithofacies III มีลักษณะเป็นชั้นหินหนา พบการแผ่กระจายกว้าง ชั้นหินทรายและหินกรวดมนมีลักษณะคล้ายเป็นลิ้ม มักพบ lateral facies change ในหน่วยหิน ในขณะที่หินทรายแป้งดูเหมือนมีการแผ่กระจายที่ค่อนข้างสม่ำเสมอกว่า ใน lithofacies IV มีลักษณะการสะสมตัวอย่างรวดเร็ว ชั้นหินชั้นหนา การกระจายตัวเป็นช่วงๆ ใน lithofacies V พบการแผ่กระจายเป็นช่วงแคบๆ ความหนาของชั้นหินค่อนข้างสม่ำเสมอ พบ lateral facies change ร่วมไปกับหินทรายแป้งใน lithofacies III และใน lithofacies VI มักพบเป็นเลนส์ในบริเวณแคบๆ ซึ่งมีความหนาชั้นหินสม่ำเสมอและสลับกันอย่างเป็นจังหวะ

ข) การแปลความหมาย โดยส่วนใหญ่ Lithofacies ที่มีการกระจายตัวไม่กว้างขวางมักจะมีการสะสมตัวตามแอ่งปิด หรือบริเวณที่ตัวพัดพาไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้อีก เช่นบริเวณทะเลสาบ ซึ่งได้แก่ Lithofacies V และ VI สำหรับ lithofacies อื่นๆ คาดว่ามีการสะสมตัวทั่วไปตามเส้นทางของตัวพัดพา ลักษณะชั้นหินที่เป็นเลนส์หรือชั้นหินมีความหนาไม่สม่ำเสมอ มักเกิด lateral facies change อาจเกิดจากอิทธิพลของตัวพัดพาโดยตรง โดยความหนาและขนาดตะกอนของหินขึ้นกับความรุนแรงของตัวพัดพาเป็นสำคัญ เช่นหินอาจสะสมตัวตามร่องน้ำ ซึ่งมีความแตกต่างของขนาดและปริมาณตะกอนในจุดต่างๆ ของร่องน้ำ นอกจากนี้ในบริเวณแอ่งเปิด ชั้นหินที่มีค่า ratio ของความหนาของชั้นหิน/ความกว้างของการแผ่กระจายตัวต่ำ (lithofacies I หรือ III ในตอนปลายของแต่ละ cycle) มักแสดงถึงนิเวศวิทยาที่ไม่รุนแรงนักเมื่อเทียบกับ lithofacies ที่มี ratio สูง

4.2.3 โครงสร้างตะกอน (sedimentary structure)

ก) การวิเคราะห์ ใน lithofacies ที่ประกอบด้วยหินทรายเป็นส่วนใหญ่ เช่น lithofacies II, III, IV มักพบโครงสร้างตะกอนแบบชั้นเฉียงระดับมุมต่ำทั้งแบบ planar และ trough x-bedding ในหินทรายชั้นหนา นอกจากนี้ยังพบรอยรั้วคลื่น lamination และบางครั้งพบการวางชั้นแบบเรียงขนาด และมักพบ rip-up clast ของชั้นหินที่อยู่ข้างใต้เสมอ ใน lithofacies ที่ประกอบด้วยหินทรายแป้งและหินโคลนเป็นส่วนใหญ่ เช่น lithofacies I และ VI มักพบ lamination และการวางชั้นแบบเรียงขนาดทั้งในเนื้อหินทรายแป้งและหินทรายที่แทรกสลับ นอกจากนี้ใน lithofacies VI ยังพบลักษณะของ syn-deposition และ convoluted หรือ slump bed ในเนื้อของหินโคลนที่ถูกปิดทับด้วยหมวดหินภูพานอีกด้วย

ใน lithofacies V ซึ่งประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนใหญ่ นั้น ไม่พบโครงสร้างตะกอนชัดเจน โดยอาจพบ lamination ในเนื้อหินปูนเพียงเล็กน้อย

ข) การแปลความหมาย จากลักษณะโครงสร้างตะกอนทั้งหมดเป็นตัวบ่งชี้ว่าเป็นการสะสมตัวโดยน้ำทั้งสิ้น (Selly, 1985) การไม่พบโครงสร้างแบบ hering bone x-bedding บ่งชี้ว่าไม่น่าเป็นการสะสมตัวตามชายทะเล หรือถูกพัดพาโดยทะเล ชั้นเฉียงระดับมุมต่ำและ rip up clast แสดงว่าชั้นหินทั้งหมดไม่ได้สะสมตัวโดยลม การวางชั้นแบบเรียงขนาดและ rip up clast แสดงถึงการสะสมตัวโดยทางน้ำที่ค่อนข้างปั่นป่วน ในขณะที่ lamination แสดงถึงความรุนแรงของการพัดพาของน้ำที่เป็นจังหวะตามช่วงฤดู

4.2.4 กระแสน้ำโบราณ (Paleocurrent)

ก) การวิเคราะห์ ทิศทางของกระแสน้ำโบราณซึ่งได้จากโครงสร้างตะกอนประเภทชั้นเฉียงระดับและรอยรั้วคลื่น พบว่าใน lithofacies I, V และ VI มีทิศทางของกระแสน้ำที่ไม่ชัดเจนนัก ซึ่งอาจแสดงถึงความเร็วของกระแสน้ำในช่วงสะสมตัวไม่รุนแรงหรืออยู่ในบริเวณน้ำนิ่ง ใน lithofacies II ส่วนใหญ่มีกระแสน้ำโบราณไปทางทิศตะวันตก ซึ่งใกล้เคียงกับงานของ Mouret et, al. , 1993 ใน lithofacies III พบชั้นเฉียงระดับเอียงเทไปทั้งทางทิศตะวันออก ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก

ข) การแปลความหมาย เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับกระแสน้ำโบราณมีไม่เพียงพอต่อการศึกษา จึงแปลความหมายได้เพียงว่าส่วนใหญ่ทิศทางของกระแสน้ำไม่แน่นอนนัก

4.2.5 ซากดึกดำบรรพ์ (Fossil)

ก) การวิเคราะห์ จากตาราง 4.1 พบว่า lithofacies ที่พบหลักฐานของซากดึกดำบรรพ์ต่าง ๆ ได้แก่ lithofacies I, II, III, V และ VI โดยซากดึกดำบรรพ์ที่พบมีทั้งซากที่ค่อนข้างสมบูรณ์เช่นหอยสองฝา Unio sp. และสปีชีร์อื่น ๆ ในหินปูนของ lithofacies V ซากโครงกระดูกไดโนเสาร์ในหินทรายแป้งและหินโคลนของ lithofacies III และ VI และยังพบซากดึกดำบรรพ์ที่เป็นลักษณะของการถูกพัดพามาเช่นซากกระดูกเต่า ฟันและเศษกระดูกไดโนเสาร์ เศษหอยสองฝา ซึ่งอยู่ในหินกรวดมนของ lithofacies III และในหินปูนเนื้อกรวดของ lithofacies V นอกจากนี้ยังพบร่องรอยของสิ่งมีชีวิตโบราณ (trace fossil) อีกเป็นจำนวนมากเช่นรูหนอน ทั้งแบบแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งพบทั่วไปตามชั้นหินทรายแป้งและระหว่างชั้น

ของหินทรายเนื้อลิติกและหินทรายแป้งใน lithofacies I และ III และรอยเท้าไดโนเสาร์ซึ่งอยู่ระหว่าง lithofacies I และ II

ข) การแปลความหมาย ซากดึกดำบรรพ์ที่พบทั้งหมดมีหลายชนิดที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงนิเวศวิทยา การพบหอยสองฝาชนิด *Unio* sp. บ่งชี้ว่าหินปูนในหมวดหินเสาขัวสะสมตัวในน้ำจืดที่สภาพอากาศอบอุ่น (Meesook, 1994) ซึ่งกระดองเต่าก็ให้เหตุผลเช่นเดียวกัน การพบรอยเท้าไดโนเสาร์ และร่องรอยของรูหนอนบ่งชี้ถึงการอยู่อาศัยบนบกในเขตที่มีความชุ่มชื้น นอกจากนี้การที่พบซากดึกดำบรรพ์ที่หลากหลาย และมีเป็นจำนวนมากแสดงให้เห็นถึงการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตดังกล่าวอย่างอุดมสมบูรณ์

นอกจากนี้ หลักฐานของลักษณะของเศษซากดึกดำบรรพ์ที่หลงเหลืออยู่ก็สามารถช่วยในการศึกษานิเวศวิทยาได้ เช่นซากโครงกระดูกไดโนเสาร์ที่สมบูรณ์มักอยู่ในชั้นหินทรายแป้งหรือหินโคลน ในขณะที่ซากหอยสองฝาที่สมบูรณ์มักอยู่ในชั้นหินปูน ซึ่งถ้าเราเข้าใจการสะสมตัวของชั้นหินดังกล่าวก็เป็นอีกเหตุผลที่สนับสนุนถึงนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5 การแผ่กระจายตัวของไดโนเสาร์และนิเวศวิทยา

ข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับการลำดับชั้นหิน ชนิดหิน โครงสร้างตะกอนและซากดึกดำบรรพ์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ลักษณะของ lithofacies ได้สรุปไว้แล้วในบทที่ผ่านมา ซึ่งจะนำมาแปลความหมายถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของซากไดโนเสาร์ (Dinosaur remains) และนิเวศวิทยาในช่วงที่ไดโนเสาร์ยังมีชีวิตอยู่

5.1 ชนิดและการแผ่กระจายตัวและการสะสมตัวของร่องรอยไดโนเสาร์

ข้อมูลทางธรณีวิทยาของชั้นหินอ้างอิงทั้ง 14 บริเวณ นำมาสรุปถึงชนิดของร่องรอยของไดโนเสาร์ได้ 3 แบบ โดยมีการแผ่กระจายของซากหรือร่องรอยไดโนเสาร์ ตามรูป 5.1 และตาราง 5.1 ดังมีรายละเอียดต่อไปคือ

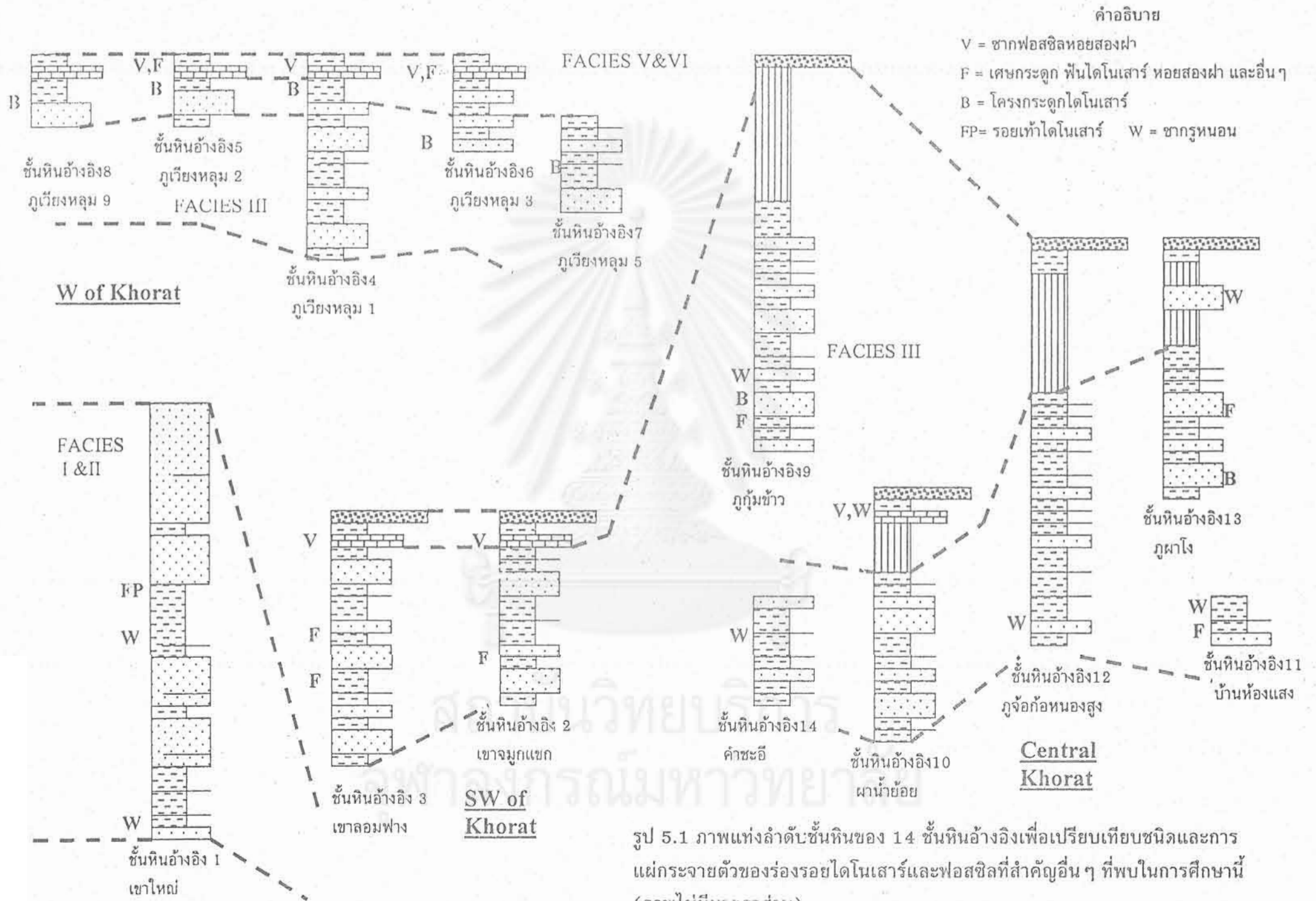
5.1.1 ชนิดและการแผ่กระจายตัวของร่องรอยไดโนเสาร์

ก) รอยเท้าไดโนเสาร์ พบเพียงจุดเดียวบริเวณจุดอ้างอิงเขาใหญ่ (ชั้นหินอ้างอิงที่ 1) ซึ่งจัดเป็นร่องรอยไดโนเสาร์ที่มีอายุแก่ที่สุดในการศึกษานี้ เนื่องจากพบอยู่ในหน่วยหินตอนกลางของหมวดหินเสาขัว รอยเท้าไดโนเสาร์ที่พบมีลักษณะเป็นรูปหล่อ (mold) ในผิวหน้าของหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ ชั้นหนา 40 ฟุตพร้อมแสดงลักษณะของรอยรั้วคลื่นแบบบอสมมาตร ลำดับชั้นหินพบว่าชั้นหินนี้ปิดทับหินโคลนสีเทาเข้มชั้นหนามากซึ่งน่าจะพบส่วนที่เป็นเบ้า (cast) ของรอยเท้าไดโนเสาร์เช่นกัน

ชนิดของรอยเท้าไดโนเสาร์ที่แสดงร่องรอยไว้ น่าจะประกอบด้วยไดโนเสาร์อย่างน้อย 3 ชนิด โดยจากลักษณะของรอยเท้าบ่งชี้ว่าน่าจะเป็นไดโนเสาร์ที่เดิน 2 ขา (Theropod) และกินเนื้อ (Coelurosaur) 2 ประเภทที่แตกต่างกัน (ดูรูป 3.3 ก และข) โดยศึกษาได้จากจังหวะการเดิน ความยาวและความแหลมของเล็บเท้า จำนวนเล็บ และลักษณะการกดลงไปบนชั้นตะกอนเดิมของเท้า นอกจากนี้ คณะสำรวจยังพบรอยเท้าไดโนเสาร์อีกประเภทซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในที่นี้ เป็นรอยเท้าของไดโนเสาร์ ที่มีการกดน้ำหนักทั้งหมดไว้ที่อุ้งเท้าเล็บเท้าของมันมีขนาดเล็กกว่า สั้นกว่าและบางครั้งมี 4 นิ้วซึ่งมากกว่าชนิดกินเนื้อซึ่งมักพบเพียง 3 นิ้ว ปริมาณจำนวนรอยเท้าเมื่อเทียบกับไดโนเสาร์ประเภทกินเนื้อ พบว่ามีจำนวนใกล้เคียงกัน แสดงถึงการอยู่ร่วมกันเป็นฝูงของไดโนเสาร์ทั้งสองประเภท

สิ่งมีชีวิตที่พบร่วมกับรอยเท้าไดโนเสาร์น่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตประเภทตัวหนอน ซึ่งขุดรูตามพื้นที่ชั้นและในระหว่างที่ไดโนเสาร์ดำรงชีวิตอยู่ เนื่องจากคณะสำรวจพบว่าใต้ชั้นหินโคลนที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์ มีชั้นของรูหนอนจำนวนมากแทรกสลั้อยู่

คณะผู้สำรวจเชื่อว่า การพบรอยเท้าไดโนเสาร์ในหมวดหินเสาขัวเฉพาะทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของที่ราบสูงโคราช ไม่ได้แปลความหมายว่าหมวดหินเสาขัวจะพบรอยเท้าไดโนเสาร์เพียงตำแหน่งหรือ timing เดียวเท่านั้น และไม่ใช้เพราะไดโนเสาร์จะรวมตัวเป็นกลุ่มในอดีตเฉพาะที่จุดดังกล่าวเท่านั้น สาเหตุเป็นเพราะการเก็บรักษารอยเท้าจากช่วงที่เกิดจนถึงปัจจุบันต้องมีปัจจัยทางธรณีวิทยาหลายประการ



รูป 5.1 ภาพแท่งลำดับชั้นหินของ 14 ชั้นหินอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบชนิดและการ
 แ่กระจายตัวของร่องรอยไดโนเสาร์และฟอสซิลที่สำคัญอื่น ๆ ที่พบในการศึกษา
 (ดัดแปลงจากงานวิจัยของกรมทรัพยากรธรณี)

ชนิดของร่องรอย ไดโนเสาร์	บริเวณ	จำนวน ชั้น	ลักษณะ	ซากดึกดำบรรพ์อื่น ๆ
1. รอยเท้าไดโนเสาร์	-ชั้นหินอ้างอิงที่1 เขาใหญ่	1	อยู่ในชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ ประกอบด้วยรอยยูน (mold) ของไดโนเสาร์ 2 ชนิดคือชนิดกินพืชและกินเนื้อ	พบซากรูกอนไดโนเสาร์ชั้นหินโคลนซึ่งถูกชั้นหินทรายนี้วางทับอยู่
2. โครงกระดูกไดโนเสาร์	-ชั้นหินอ้างอิงที่4 หลุม 1	1	เป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่เกือบเต็มตัว ฝังอยู่ในชั้นหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแดง	ถูกวางทับด้วยหินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝา
	-ชั้นหินอ้างอิงที่5 หลุม 2	1	เป็นโครงกระดูกของไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่บางส่วน ฝังอยู่ในชั้นหินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียสสีน้ำตาลเทาเขียว	ถูกวางทับด้วยหินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝา
	-ชั้นหินอ้างอิงที่6 หลุม3	1	เป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่เกือบเต็มตัว ฝังอยู่ในชั้นหินทรายอาร์โคสเนื้อละเอียดสีม่วงแดง	-
	-ชั้นหินอ้างอิงที่7 หลุม 5	1	เป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่เกือบเต็มตัว ฝังอยู่ในชั้นหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแดง	ฟันไดโนเสาร์กินเนื้อ
	-ชั้นหินอ้างอิงที่8 หลุม 9	1	เป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินเนื้อบริเวณโคนขาฝังอยู่ในชั้นหินทรายอาร์โคสเนื้อละเอียดสีม่วงแดง	-
	-ชั้นหินอ้างอิงที่9 กุุ่มข้าว	1	เป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่เต็มตัว ฝังอยู่ในชั้นหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแดงสลับกับหินทราย	ซากรูกอนในชั้นหินที่วางทับ
	-ชั้นหินอ้างอิงที่13 กุผาโง	1	เป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่บางส่วน ฝังอยู่ในชั้นหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแดง	-
3. เศษกระดูก&ฟัน ไดโนเสาร์	-ชั้นหินอ้างอิงที่2 เขาจุกแกก	2	เป็นเศษกระดูกชิ้นเล็กร่วมกับเม็ดหินทรายแป้งในชั้นหินกรวดมน และเป็นเศษกระดูกและฟันชิ้นเล็ก ในหินปูนเนื้อกรวด	ซากหอยสองฝาแตกหัก เกือบสมบูรณ์ ในชั้นหินปูนเนื้อกรวด

ชนิดของร่องรอย ไดโนเสาร์	บริเวณ	จำนวน ชั้น	ลักษณะ	ซากดึกดำบรรพ์อื่น ๆ
3. เศษกระดูก&ฟัน ไดโนเสาร์	-ชั้นหินอ้างอิงที่3 เขาลอมฟาง	2	เป็นเศษกระดูกชั้นเล็กร่วมกับเม็ดหินทรายแป้งในชั้นหิน กรวดมน	-
	-ชั้นหินอ้างอิงที่4 หลุม1	1	เป็นเศษกระดูกชั้นเล็กร่วมกับเม็ดหินทรายแป้งในชั้นหิน กรวดมน	ชั้นหินนี้วางตัวอยู่บนชั้นหินปูนน้ำ จืดที่พบซากหอยสองฝา
	-ชั้นหินอ้างอิงที่5 หลุม2	1	ชั้นหินเดียวกับที่พบในหลุมชุดคัน 1	คล้ายที่พบในหลุมชุดคัน 1
	-ชั้นหินอ้างอิงที่6 หลุม3	1	ชั้นหินเดียวกับที่พบในหลุมชุดคัน 1	คล้ายที่พบในหลุมชุดคัน 1 อาจ พบซากกระดูกเต่าและฟันปลา
	-ชั้นหินอ้างอิงที่7 หลุม5	1	เป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ปะปนอยู่ในชั้นหินทราย แป้งร่วมกับโครงกระดูกไดโนเสาร์	อยู่ในชั้นโครงกระดูกไดโนเสาร์
	-ชั้นหินอ้างอิงที่9 ภูกุ่มข้าว	1	เป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชั้นเล็กร่วมกับเม็ดหินทราย แป้งในชั้นหินกรวดมน	วางทับชั้นที่พบโครงกระดูก และมี ชั้นรูหนอนอยู่ใกล้เคียง
	-ชั้นหินอ้างอิงที่ 11 บ้านห้องแสง	1	เป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชั้นเล็กทั้งแบบกินพืชและ กินเนื้อร่วมกับเม็ดหินทรายแป้งในชั้นหินกรวดมน	ซากกระดูกเต่า ตอนบนเป็นชั้นรู หนอน
	-ชั้นหินอ้างอิงที่13 ภูผาโง	1	เป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ชั้นเล็กร่วมกับเม็ดหินทราย แป้งในชั้นหินกรวดมน	-

ตาราง ๓.1 สรุปลักษณะร่องรอยไดโนเสาร์ที่พบในพื้นที่ศึกษา

ข) โครงกระดูกไดโนเสาร์ พบหลายบริเวณในลักษณะแตกต่างกัน

- บริเวณขอบโคราชด้านตะวันตก- ภูเวียง พบที่ชั้นหินอ้างอิงที่ 4 (หลุมขุดค้น 1) เป็นโครงกระดูกของไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ เกือบเต็มตัว ทับถมในหินทรายแป้งเนื้อปนปูน สีน้ำตาลแดงถึงแดงม่วง ชั้นหนา ถูกวางทับด้วยหินปูนน้ำจืด (ตามรูป 5.1) ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยหินตอนบนของหมวดหินเสาขัว ชั้นหินอ้างอิงที่ 5 (หลุมขุดค้น 2) พบเป็นโครงกระดูกของไดโนเสาร์กินพืชขนาดใหญ่ ผังตัวอยู่ในหินโคลนคาร์บอนเนเชียสสีน้ำตาลเทาเขียว ชั้นหนา ซึ่งถูกวางทับด้วยชั้นหินปูนน้ำจืดเช่นกัน ชั้นหินอ้างอิงที่ 6 (หลุมขุดค้น 3) พบเป็นโครงกระดูกของไดโนเสาร์กินพืช คล้ายชั้นหินอ้างอิงที่ 1 แต่พบผังตัวในหินทรายเนื้อละเอียด สีม่วงแดงถึงน้ำตาลแดง ชั้นหนาปานกลาง ซึ่งจากรูป 5.1 พบว่าชั้นไดโนเสาร์ที่หลุมนี้ อยู่ในลำดับชั้นหินที่ต่ำกว่า 2 บริเวณแรก ที่ชั้นหินอ้างอิงที่ 7 (หลุมขุดค้น 5) พบโครงกระดูกขนาดใหญ่ของไดโนเสาร์กินพืชและฟันของไดโนเสาร์กินเนื้อผังตัวในหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแดงชั้นหนา ที่ถูกวางทับด้วยชั้น caliche ซึ่งพบว่ามีอยู่ในลำดับชั้นหินที่ต่ำที่สุดในพื้นที่ภูเวียง และชั้นหินอ้างอิงที่ 8 (หลุมขุดค้น 9) พบโครงกระดูกโคนขาขนาดใหญ่ของไดโนเสาร์กินเนื้อ ผังตัวอยู่ในหินทรายเนื้อละเอียดสีน้ำตาลแดง ชั้นหนาปานกลาง ซึ่งสามารถเทียบลำดับชั้นหินอยู่ต่ำกว่าชั้นหินที่พบซากโครงกระดูกที่หลุมขุดค้น 2 เพียงเล็กน้อย

- บริเวณเทือกเขาภูพาน- ตอนกลางของที่ราบสูงโคราช พบโครงกระดูกไดโนเสาร์อยู่เพียง 2 บริเวณ จากการศึกษาทั้งหมด 6 บริเวณ ได้แก่ชั้นหินอ้างอิงที่ 9 ภูคุ้มข้าว พบโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชเต็มตัวผังตัวอยู่ในหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแดงสลับกับหินทรายชั้นบาง ซึ่งน่าจะอยู่ในลำดับชั้นหินตอนบน-ตอนกลางของหมวดหินเสาขัว นอกจากนี้มีรายงานการค้นพบกระดูกท่อนขาขนาดใหญ่ของไดโนเสาร์กินพืชผังตัวอยู่ในหินทรายแป้ง-หินโคลนเนื้อปนปูนสีม่วงแดง บริเวณฐานของชั้นหินอ้างอิงที่ 13 ภูผาโงอีกด้วย

กระดูกไดโนเสาร์ที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างสมบูรณ์ ขนาดใหญ่และไม่ค่อยมีร่องรอยของการสึกกร่อน รูพรุนเต็มในเนื้อกระดูกถูกสมานแน่นด้วยสารซิลิกาทำให้กระดูกแข็งและหนักขึ้น แต่ละบริเวณมักพบชิ้นส่วนของกระดูกหลายชิ้นส่วน ซึ่งสามารถนำมาต่อเรียงกับเป็นโครงร่างไดโนเสาร์ได้ (ดูรูป 3.12ง และ 3.27ฉ) แสดงถึงการสะสมตัวของกระดูกไดโนเสาร์ไม่ได้เกิดจากการพัดพามาจากที่อื่น แต่เกิดจากการตายผังตัวอยู่ตรงนั้นแล้วก่อนเกิดขบวนการตกตะกอนปิดทับซากดังกล่าวด้วยตะกอนขนาดเล็ก

การพบกระดูกไดโนเสาร์ในหมวดหินเสาขัว ทั้งทางตะวันตกและทางตอนกลางของพื้นที่ที่ราบสูงโคราชเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญว่าในยุคครีเทเชียสตอนต้น ไดโนเสาร์ดำรงชีพแผ่กระจายทั่วทั้งพื้นที่ภาคอีสาน โดยมีปริมาณของไดโนเสาร์ชนิดกินพืชมากกว่าชนิดกินเนื้ออย่างเห็นได้ชัด เมื่อมองในเชิงลำดับชั้นหินพบว่าโครงกระดูกไดโนเสาร์มักพบในระดับช่วงกลาง ๆ ถึงตอนบนของหมวดหินเสาขัว ลักษณะดังกล่าวอาจแปลความได้ 2 ประเภท นัยหนึ่งคือในช่วงดังกล่าว เผ่าพันธุ์ไดโนเสาร์อาจมีการแพร่พันธุ์มากเป็นพิเศษ ดังนั้นซากของมันจึงมีมากพอที่จะเก็บรักษาไว้โดยขบวนการทางธรณีวิทยาจนถึงปัจจุบัน หรืออีกนัยหนึ่ง สภาพแวดล้อมในช่วงเวลาดังกล่าว เหมาะสมต่อการเก็บรักษาซากไดโนเสาร์ไว้ เช่นในบางช่วงที่สภาพแวดล้อมค่อนข้างสงบนิ่งแต่มีการจมตัวอย่างรวดเร็วเช่นบริเวณทะเลสาบ เมื่อไดโนเสาร์ตาย ซากของมันจะยังคงอยู่ที่จุดเดิม และถูกทับถมอย่างรวดเร็วด้วยตะกอนเนื้อละเอียด ทำให้โครงกระดูกของมัน

ไม่เนาเปื่อยหรือสีกร่อน ซึ่งในทางธรณีวิทยาพบว่าแนวความคิดที่ 2 เป็นไปได้มากกว่า เนื่องจากสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวของหิน ซึ่งได้สรุปไว้แล้วในรูป 4.5 ของบทที่ 4

สิ่งมีชีวิตที่พบร่วมกับซากไดโนเสาร์น่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตประเภทตัวหนอน ซึ่งขุดรูตามพื้นที่ชื้นและในระหว่างที่ไดโนเสาร์ดำรงชีวิตอยู่เช่นกัน เนื่องจากคณะสำรวจพบว่าเหนือชั้นหินที่พบโครงกระดูกไดโนเสาร์มักพบชั้นของรูหนอนอยู่ด้วย นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตอีกประเภทที่ดูเหมือนจะมีความสัมพันธ์กันก็คือหอยสองฝาซึ่งพบสะสมตามหินปูน ซึ่งมักวางตัวอยู่บนชั้นซากไดโนเสาร์ (เช่นที่ภูเวียง) แต่คณะผู้สำรวจเชื่อว่าไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กันมากนัก เนื่องจากหอยสองฝาเจริญเติบโตได้ดีในระดับน้ำ ในพื้นที่ที่มีตะกอนพัดพาน้อย ในขณะที่ไดโนเสาร์ควรจะอยู่เหนือน้ำในที่ที่มีตะกอนละเอียดมาก ความสัมพันธ์ของพวกมันจึงน่าจะเป็นการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมจากบนบกเป็นในน้ำของจุดที่เคยมีไดโนเสาร์อาศัยอยู่

ค) ชั้นส่วนกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบอยู่ทั่วไปตามชั้นหินกรวดมน หรือในชั้นหินปูนเนื้อกรวด

- บริเวณขอบโคราชด้านตะวันตกเฉียงใต้ พบ 2 ใน 3 ของชั้นหินอ้างอิง ซึ่งจัดเป็นส่วนบนของหมวดหินเสาขัว ได้แก่บริเวณชั้นหินอ้างอิงที่ 2 (เขาจุกแกก) พบอยู่ 2 ชั้นหิน ชั้นหินตอนล่างเป็นหินกรวดมนหนา 30 เซนติเมตร พบเป็นเศษกระดูกชิ้นเล็กร่วมกับเม็ดหินทรายแป้งซึ่งเป็น clasts ในหินกรวดมน ชั้นบนพบอยู่ในชั้นหินปูนเนื้อกรวด เป็นเศษกระดูกและฟันชิ้นเล็ก ๆ ปะปนอยู่กับซากหอยสองฝาลักษณะค่อนข้างสมบูรณ์ บริเวณชั้นหินอ้างอิงที่ 3 (เขาลอมพาง) พบปะปนกับเม็ดหินทรายแป้งในเนื้อหินกรวดมนจำนวน 2 ชั้น แต่ไม่พบอยู่ร่วมกับซากหอยสองฝา

- บริเวณขอบโคราชทางตะวันตก- ภูเวียง พบ 4 ใน 5 ของชั้นหินอ้างอิง ได้แก่ชั้นหินอ้างอิงที่ 4-7 จัดเป็นส่วนบนของหมวดหินเสาขัว ซึ่งเมื่อเทียบเคียงลำดับชั้นหิน (รูป 5.1) พบว่าเศษกระดูกและฟันที่พบคาดว่าเป็นชั้นเดียวกันคือชั้นหินกรวดมนที่วางตัวอยู่บนชั้นหินปูนน้ำจืดที่พบซากหอยสองฝาและชั้นหินปูนเนื้อกรวดซึ่งเป็นเลนสีในชั้นหินทรายแป้ง กระดูกและฟันไดโนเสาร์พบร่วมกับเม็ดตะกอนทรายแป้งสีม่วงแดง อาจพบกระดูกและฟันไดโนเสาร์ประปรายตามชั้นหินที่มีซากโครงกระดูก ซากฟอสซิลอื่น ๆ ที่มักพบอยู่ด้วยคือซากหอยสองฝา กระดองเต่าและฟันปลาฉลามน้ำจืด

- บริเวณเทือกเขาภูพาน- ตอนกลางของที่ราบสูงโคราช พบ 3 ใน 6 ของชั้นหินอ้างอิง โดยน่าจะเป็นส่วนกลาง-บนของหมวดหินเสาขัว ได้แก่ชั้นหินอ้างอิงที่ 9 ภูกุ่มข้าว พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ฝังตัวอยู่ในหินกรวดมน เนื้อชั้นหินที่พบโครงกระดูกไดโนเสาร์ ชั้นหินอ้างอิงที่ 11 บ้านห้องแสง พบอยู่ในเลนสีของหินกรวดมนชั้นบาง ๆ เป็นเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ทั้งชนิดกินพืชและกินเนื้อ และยังพบซากกระดองเต่าเป็นจำนวนมาก สะสมตัวร่วมกับเม็ดทรายแป้ง เนื้อชั้นหินนี้ พบเป็นชั้นรูหนอน และที่ชั้นหินอ้างอิงที่ 13 ภูผาโจ พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์เล็กน้อยจำนวน 1 ชั้น ซึ่งเป็นหินกรวดมนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับบริเวณอื่น ๆ

กระดูกไดโนเสาร์ที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะแตกหัก ขนาดมักใกล้เคียงหรือใหญ่กว่าเม็ดหินทรายแป้งในเนื้อหินกรวดมนเพียงเล็กน้อย สภาพ texture ค่อนข้างวิจิตรพิสดาร สำหรับฟันไดโนเสาร์ ซึ่งมีความแข็งกว่า ยังคงพอมองเห็น texture ภายในได้บ้าง เนื้อกระดูกและฟันมักถูกสมานแน่นด้วยสารซิลิกาทำให้เศษกระดูกและฟันแข็งและหนักขึ้น

ลักษณะที่เหลืออยู่ของกระดูกและฟันไดโนเสาร์ รวมไปถึงซากดึกดำบรรพ์อื่นๆ สามารถแปลความหมายได้ว่าเกิดจากการพัดพาด้วยกระแสน้ำมาจากที่อื่น ซึ่งสัตว์ต่างๆ ได้ตายทับถมบนหินทรายแป้ง และเกิดขบวนการพัดพา สึกกร่อนและสะสมตัวตามร่องน้ำก่อนแข็งตัวเป็นหินกรวดมน

ถึงแม้หลักฐานทางธรณีวิทยาของซากดึกดำบรรพ์ในหัวข้อนี้จะไม่สามารถบ่งชี้ถึงนิเวศวิทยาได้ดีนัก แต่การพบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ในหมวดหินเสาขัว ในทุกบริเวณของพื้นที่ที่ราบสูงโคราชก็เป็นตัวบ่งชี้ที่ช่วยยืนยันว่าไดโนเสาร์ดำรงชีพแผ่กระจายทั่วทั้งพื้นที่ภาคอีสาน โดยมีทั้งไดโนเสาร์ชนิดกินพืชและชนิดกินเนื้อ เมื่อมองในเชิงลำดับชั้นหิน พบว่าชั้นหินกรวดมนที่พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์อาจมีลำดับชั้นก่อนหรือหลังชั้นที่พบโครงกระดูกไดโนเสาร์ก็ได้ เนื่องจากการสะสมตัวของเศษกระดูกกับโครงกระดูกไดโนเสาร์ มีความแตกต่างกัน และไม่เกี่ยวข้องถึงกันเท่าใดนัก

5.1.2 สภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของซากไดโนเสาร์

ลักษณะทางธรณีวิทยาของชั้นหินและจากหลักฐานทางซากดึกดำบรรพ์ รวมไปถึงข้อมูลทาง facies analysis สามารถอธิบายถึงลักษณะสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของซากไดโนเสาร์ได้ โดยรายละเอียดของการแปลความหมาย จะแยกย่อยเป็นข้อๆ พร้อมเหตุผลประกอบ และสรุปในตอนท้าย ดังนี้

ก) รอยเท้าไดโนเสาร์ เป็นสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวประเภทเดียวของร่องรอยไดโนเสาร์ที่เกิดขึ้นในช่วงที่ไดโนเสาร์ยังมีชีวิตอยู่และเกิดขึ้นในจุดที่ไดโนเสาร์เคยอยู่ จึงสามารถเอาข้อมูลดังกล่าวสรุปถึงนิเวศวิทยาของไดโนเสาร์ได้

การแปลความหมายมีดังต่อไปนี้

- ชั้นหินที่พบรอยนูนของรอยเท้าไดโนเสาร์เป็นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ ซึ่งวางทับหินโคลนสีเทาเข้มที่มีรอยเท้าของรอยเท้าไดโนเสาร์ แสดงถึงสภาพแวดล้อมของช่วงดังกล่าวเป็นการสะสมตัวของดินโคลนในสภาวะ reducing environment ซึ่งเมื่อชั้นดินเริ่มแข็งตัว จะมีการเหยียบย่ำของไดโนเสาร์เกิดเป็นรอยเท้า และหลังจากนั้นไม่นานก็มีการพัดพาตะกอนทรายจำนวนมากมาปิดทับไว้ในสภาวะ oxidizing environment
- ชั้นหินทรายพบโครงสร้างตะกอนรอยรั่วคลื่นในผิวหน้าของชั้นดินโคลนและได้สุดของชั้นหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ แสดงถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของชั้นดินโคลนในช่วงที่ไดโนเสาร์มีชีวิตอยู่ มีลักษณะเป็นแอ่งสะสมตัวน้ำตื้นๆ ที่ยังมีผลของรอยรั่วคลื่นที่เกิดในกระแสน้ำที่ค่อนข้างสงบ (Collinson & Thompson, 1982)
- ชนิด ปริมาณและทิศทางของรอยเท้าไดโนเสาร์ที่หลากหลายแสดงถึงการมีชีวิตอยู่ตามสภาพแวดล้อมดังกล่าวอย่างยาวนาน ไม่ใช่ลักษณะเป็นครั้งคราวหรือเป็นการอพยพ
- ในชั้นหินโคลนพบซากกระดูกเป็นจำนวนมากทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ แสดงถึงการมีชีวิตของตัวหนอนในชั้นหินโคลน ในระดับน้ำที่ไม่ลึกนัก
- ชั้นเฉียงระดับที่พบในหินทรายเนื้ออาร์โคส เหนือชั้นหินออร์โทควอร์ตไซต์ แสดงถึงการสะสมตัวในร่องน้ำ บริเวณ point bar (Collinson & Thompson, 1982)

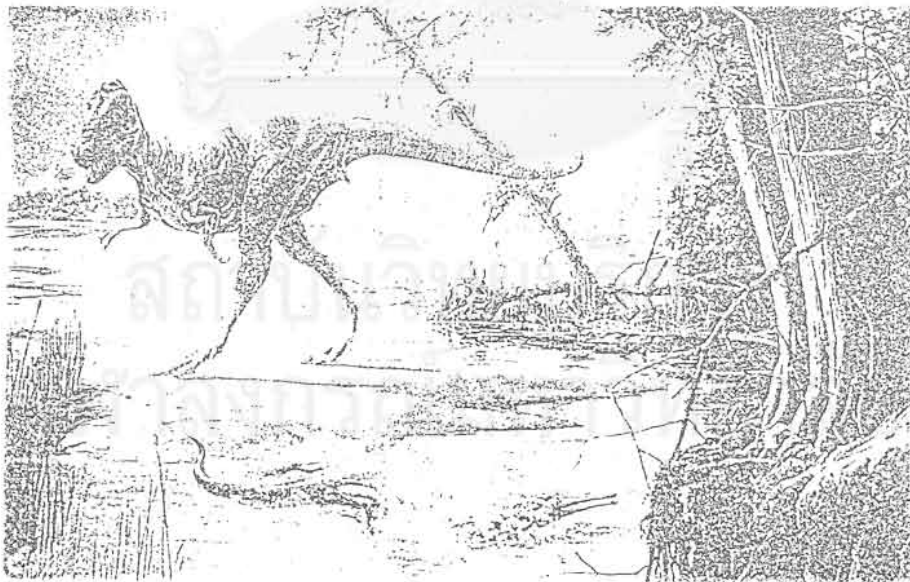
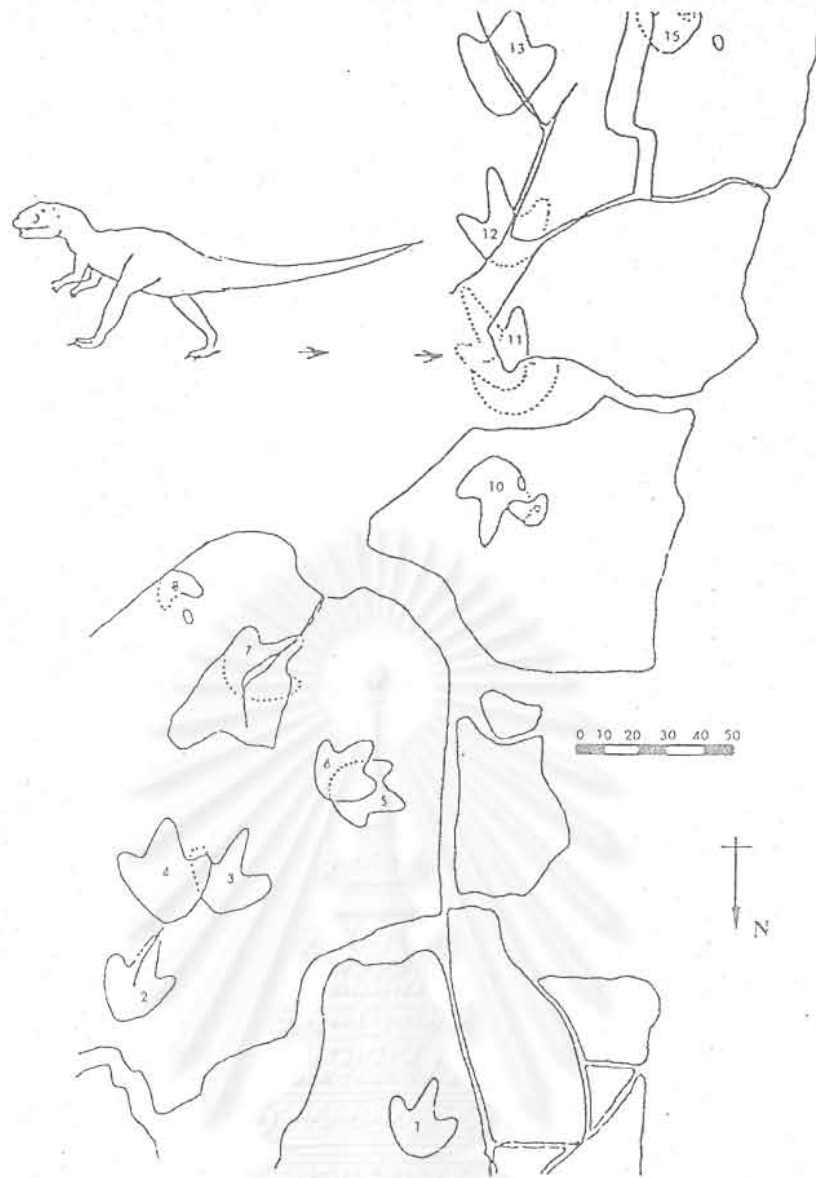
- การวิเคราะห์ facies ของหินพบว่า การสะสมตัวของหินจะเปลี่ยนจากสภาวะแวดล้อมแบบ lagoon มาเป็น transitional และเป็น fluvial deposit

ข้อมูลทั้งหมดจึงสรุปได้ว่ารอยเท้าไดโนเสาร์ที่พบในบริเวณด้านตะวันตกเฉียงใต้ของที่ราบสูงโคราช ซึ่งเป็นตอนกลางของลำดับชั้นหมวดหินเสาขัว เกิดจากการอยู่อาศัยของไดโนเสาร์กลุ่มต่างๆ บริเวณโคลนตมริมแอ่งทะเลสาบหรือหนองน้ำที่กระแสน้ำไม่รุนแรง หรือมีกระแสน้ำไหลเอื่อย และมีรูหนอนหรือสัตว์ขนาดเล็กดำรงชีพอยู่ตามพื้นดินโคลนอยู่ทั่วไป การอยู่อาศัยของไดโนเสาร์ทำให้เกิดการเหยียบลงไปบนชั้นดินโคลนที่มีรอยร้าวคลื่น ริมทะเลสาบ เกิดเป็นรอยเท้าไดโนเสาร์ขึ้นมา (รูป 5.2) ต่อมาเกิดการ flooding ของกระแสน้ำเข้ามาในทะเลสาบ ทำให้ได้ชั้นทรายเข้ามาปิดทับรอยเท้าไดโนเสาร์เหล่านี้

ข) ซากโครงกระดูกไดโนเสาร์ เป็นสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวอีกประเภทของร่องรอยไดโนเสาร์ที่เกิดขึ้นในจุดที่ไดโนเสาร์เคยมีชีวิตอยู่ จึงสามารถเอาข้อมูลดังกล่าว สรุปถึงนิเวศน์วิทยาของไดโนเสาร์ได้เช่นเดียวกัน

การแปลความหมายมีดังต่อไปนี้

- จากหลักฐานของซากกระดูกขนาดใหญ่และการสึกกร่อนของมัน สรุปได้ว่าเป็นการตายในบริเวณที่ไดโนเสาร์เคยมีชีวิตอยู่ประจำ หรือไม่ห่างจากจุดที่ไดโนเสาร์ตายมากนัก
- ชั้นหินที่พบซากกระดูกไดโนเสาร์มีหลายชั้น โดยการเทียบเคียงลำดับชั้นหินพบว่าในพื้นที่อีสาน มีชั้นซากดึกดำบรรพ์รวมแล้วไม่ต่ำกว่า 4 ชั้น แสดงถึงการมีชีวิตของไดโนเสาร์ที่ยาวนานและต่อเนื่อง
- ชั้นหินที่พบซากกระดูกไดโนเสาร์ มีลักษณะหลากหลายคือเป็นชั้นหินทรายแป้งเนื้อปนปูนสีแดง เป็นชั้นหินโคลนคาร์บอนเซียสสีเทาเขียว และเป็นชั้นหินทรายเนื้อละเอียดเนื้อปนปูนสีม่วงแดง แสดงถึงสภาพแวดล้อมของช่วงดังกล่าวเป็นการสะสมตัวของดินโคลนในสภาวะหลายประเภท ที่เกี่ยวข้องกับกระแสน้ำที่ไม่รุนแรง เนื่องจากขนาดเม็ดตะกอนในเนื้อหินมีขนาดเล็ก โดยสภาวะการสะสมตัวของซากไดโนเสาร์ชั้นหินสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ 1) reducing environment คือตายในชั้นหินโคลนที่มีสีเทาเขียว และ 2) oxidizing environment คือตายในชั้นหินทรายแป้ง-หินทรายเนื้อละเอียดสีม่วงแดงถึงแดง
- ในพื้นที่ภูเวียงหลุม 2 ซึ่งเป็นหินโคลนคาร์บอนเซียสสีเทาเขียว แสดงถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของชั้นดินโคลนในช่วงที่ไดโนเสาร์มีชีวิตอยู่ มีลักษณะเป็นแอ่งสะสมตัวในทะเลสาบที่พื้นดินขาดออกซิเจน และกระแสน้ำที่ค่อนข้างสงบ ในขณะที่บริเวณอื่นๆ ไดโนเสาร์ตายในพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หน้าดินสีแดง มีพืชบกปกคลุม มีร่องน้ำเล็กๆในบางฤดู (flood plain)
- การพบฟันและเศษกระดูกไดโนเสาร์ปะปนในซากกระดูกด้วยแสดงถึงการพัดพาตะกอนของทางน้ำเล็กๆ ภายหลังจากการตายของไดโนเสาร์



รูป 5.2 ภาพโมเดลแสดงการเกิดรอยเท้าไดโนเสาร์ (บน) ตัวอย่างที่ศึกษาแล้วที่ภูหลวง ที่ราบสูงโคราช (ล่าง) ภาพจินตนาการแสดงการหาอาหารของไดโนเสาร์ตามหนองน้ำ การเหยียบย่ำลงไปทำให้เกิดรอยเท้า ไดโนเสาร์ (ภาพจากกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2544)

- เนื่องจากซากไดโนเสาร์ที่เกิดขึ้นมักมีลักษณะโค้งเป็นวงกลม เช่นที่ภูเวียงและภูกุ่มข้าว จึงเป็นไปได้ที่ภายหลังการตายของมัน ซากไดโนเสาร์อาจถูกกระแสน้ำพัดไหลวนให้ไปตกตะกอนอยู่ตามท้องน้ำเล็กๆ แล้วจึงเริ่มสะสมตัว
- เนื้อชั้นที่พบซากไดโนเสาร์มักเป็นชั้นหินที่มีขนาดตะกอนเล็กกลอง แสดงถึงสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวที่สงบลงเรื่อยๆ
- ลักษณะของเนื้อป่นปูนในหินทรายแป้งและชั้น calcrete horizon ที่มักพบร่วมกันแสดงถึงหน้าดินโบราณ (paleosol) ของที่ราบน้ำท่วมถึง (Meesook, 1994)
- การวิเคราะห์ facies ของหินพบว่า การสะสมตัวของหินจะเปลี่ยนจากสภาวะแวดล้อมแบบ floodplain มาเป็น transional และเป็น lagoon

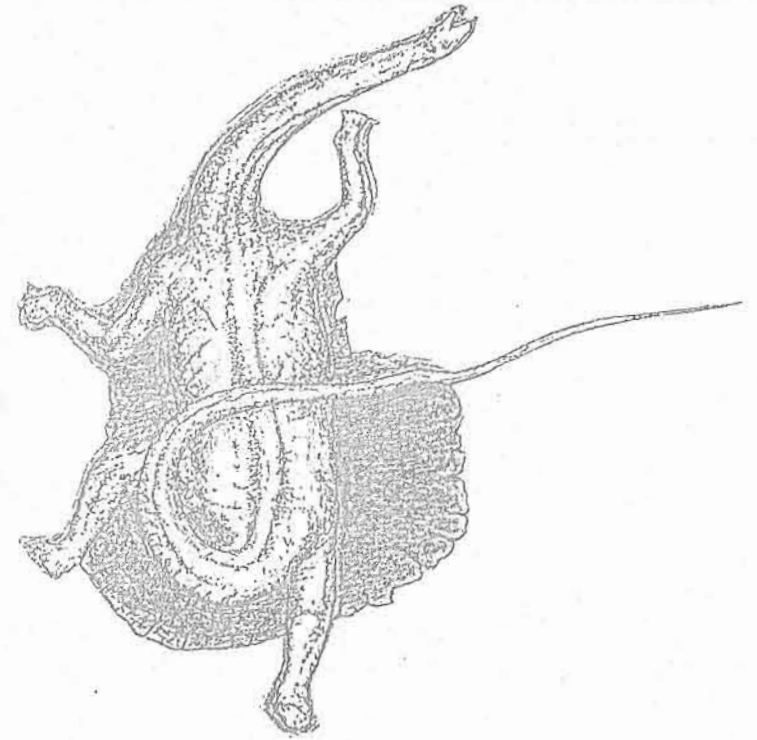
ข้อมูลทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าซากโครงกระดูกไดโนเสาร์ที่พบในบริเวณด้านตะวันตกและตอนกลางของที่ราบสูงโคราช ซึ่งเป็นตอนบนถึงบนสุดของลำดับชั้นหมวดหินเสาขัว เกิดจากการตายของมันในพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆ เช่นที่ราบน้ำท่วมถึง หรือตามหนองน้ำ ซึ่งน่าจะเป็นเขตอยู่อาศัยของไดโนเสาร์กลุ่มต่างๆ ด้วย บริเวณที่มันอาศัยอยู่น่าจะเป็นริมแอ่งทะเลสาปหรือหนองน้ำที่กระแสน้ำไม่รุนแรง หรือตามที่ราบ ที่ราบลูกฟูกริมฝั่งแม่น้ำ ที่มีร่องน้ำขนาดเล็ก การพบชั้นหินทรายแป้งหรือหินทรายเนื้อป่นปูน บ่งชี้ถึงหน้าดินเดิมตามที่ราบเหนือระดับน้ำดังกล่าว หลังจากที่มีมันตายลง ซากไดโนเสาร์บางตัวจะจมตัวลงในที่แห่งนั้น และถูกปิดทับด้วยตะกอนที่เกิดจาก flooding แต่บางตัวอาจถูกพัดพาเล็กน้อย ด้วยกระแสน้ำที่ไม่รุนแรงนัก ไปสะสมตัวตามวังน้ำวนโบราณ (รูป 5.3) ร่วมกับซากเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ที่ถูกพัดพามาจากแหล่งอื่น ก่อนถูกตะกอนดินหรือทรายปิดทับ

เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นซ้ำๆ หลายครั้ง จึงทำให้ได้ชั้นซากไดโนเสาร์หลายชั้น

ข) ซากเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ สภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของร่องรอยไดโนเสาร์ ไม่สามารถบ่งชี้ถึงสภาพของพื้นที่ๆ ไดโนเสาร์เคยมีชีวิตอยู่ได้ แต่สามารถบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมทั่วไปในยุคนี้

การแปลผลรวมหมายมีดังต่อไปนี้

- จากหลักฐานการสึกกร่อนและขนาดของเศษกระดูกและฟันและการสึกกร่อนของมัน สรุปได้ว่าการสะสมตัวเกิดในพื้นที่ๆ ห่างจากจุดที่ไดโนเสาร์เคยดำรงชีวิตอยู่
- ชั้นหินที่พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์มีหลายชั้น แสดงถึงวงจรของการสะสมตัวหลายครั้ง
- ชั้นหินที่พบเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ มีเพียง 2 ลักษณะคือเป็นหินกรวดมนและหินปูนเนื้อกรวด โดยเฉพาะหินกรวดมน มักแสดงชั้นเฉียงระดับ แสดงถึงบริเวณการสะสมตัวของหินเป็นแบบตามร่องน้ำ (Channel fill)
- มักพบซากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกิดและอาศัยในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากไดโนเสาร์ เช่น หอยสองฝา ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณใต้น้ำ แสดงถึงการสะสมตัวของซากดึกดำบรรพ์ทั้งหมด ไม่เกี่ยวข้องกับการอยู่อาศัยของไดโนเสาร์ แต่เป็นการรวบรวมเอาตะกอนต่างๆ มาไว้ในที่หนึ่งๆ เท่านั้น



รูป 5.3 ภาพโมเดลการตายและการสะสมตัวของ
ซากโครงกระดูกไดโนเสาร์ (ซ้าย) ภาพจริง
(ขวา) ภาพจำลอง
(จากกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2544)

- เม็ดกรวดที่มักพบร่วมกับเศษกระดูกไดโนเสาร์เกือบทั้งหมดเป็นหินทรายแป้งที่มีลักษณะเม็ดกลมมนดีมาก แสดงถึงการสะสมตัวของหินกรวดมนดังกล่าว มีความรุนแรงสูง จึงสามารถตั้งเอาตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวของตะกอนทรายแป้ง เข้ามาจนและกัดขนาดให้กลมมนและสะสมตัวตามร่องน้ำได้ ซึ่งเป็นเหตุผลสนับสนุนด้วยว่าไดโนเสาร์มักมีชีวิตอาศัยอยู่บนชั้นหินทรายแป้ง
- ในเม็ดตะกอนของหินปูนเนื้อกรวดก็มีขบวนการเกิดลักษณะเดียวกันกับหินกรวดมน เพียงแต่ตะกอนที่ถูกนำมาจนและสะสมตัวเป็นหินปูน แสดงถึงการ flooding ที่รุนแรงในบริเวณ lagoon ที่มีการสะสมตัวของหินปูน
- การวิเคราะห์ facies ของหินพบว่า การสะสมตัวของหินเป็นแบบ channel fill

ข้อมูลทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ที่พบในหินกรวดมนและหินปูนเนื้อกรวดบริเวณด้านตะวันตกและตอนกลางของที่ราบสูงโคราช ซึ่งเป็นตอนบนของลำดับชั้นหมวดหินเสาขัว เกิดจากการสะสมตัวตามร่องน้ำ ที่อยู่ห่างจากจุดที่ไดโนเสาร์ตาย โดยตะกอนทั้งหมดถูกพัดพามาโดยกระแสน้ำหลากที่รุนแรง และมีการตั้งเอาตะกอนของพื้นดินที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่และซากไดโนเสาร์ที่ตาย มาคัดขนาดทางธรรมชาติ ส่งผลให้ตะกอนดินสีแดงมีลักษณะกลมมน และซากไดโนเสาร์เกิดการแตกหักเป็นเศษกระดูกที่เหลือเฉพาะส่วนที่แข็ง นอกจากนี้ กระแสน้ำที่รุนแรงยังพัดเอาซากเปลือกหอยสองฝา กระดองเต่าและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ตายในที่ต่างๆ มารวมกันตามท้องน้ำ และเกิดการสะสมตัวเป็นหินกรวดมนด้วย

5.2 นิเวศน์วิทยาในช่วงที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่

การบ่งชี้นิเวศน์วิทยาจะประกอบด้วยการอธิบายสรุปใน 3 หัวข้อใหญ่คือ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของไดโนเสาร์

5.2.1 สภาพภูมิประเทศ

สามารถศึกษาได้จากลักษณะของลำดับชั้นหินและการวิเคราะห์ lithofacies พบว่าจากข้อมูลทางลำดับชั้นหินและการประมวลผลโดยใช้ lithofacies (รูป 4.5) หมวดหินเสาขัวที่ศึกษาประกอบไปด้วยชนิดหินหลายประเภทคือหินปูนน้ำจืด หินโคลน หินทรายแป้ง หินทรายและหินกรวดมน ซึ่งสามารถบ่งชี้สภาพแวดล้อมการสะสมตัวได้ถึง 5 แบบคือ lagoon, transitional, floodplain, channel และ braided stream ซึ่งสามารถกล่าวโดยรวมในเบื้องต้นว่า สภาพแวดล้อมทั้งหมดในหมวดหินเสาขัวเป็นสภาพการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากทางน้ำบริเวณพื้นทวีป (continental deposit) โดยไม่มีการสะสมตัวของน้ำทะเลเข้ามาเกี่ยวข้องเลย จากการแปลสภาพแวดล้อมการสะสมตัวพบว่า ส่วนใหญ่ ชั้นหินมีการสะสมตัวตาม floodplain และ channel ซึ่งอยู่ในเขต oxidizing environment หรืออยู่ในสภาพบนบก โดยมีบางครั้งที่มีการสะสมตัวค่อยๆ เปลี่ยนไปสู่สภาพของ reducing environment หรือสภาพใต้น้ำ และมีน้อยครั้งที่จะมี ความรุนแรงของการสะสมตัวสูงถึงชั้น braided stream

เมื่อศึกษาในรายละเอียด พบว่าในส่วนของ floodplain หรือที่ราบน้ำท่วมถึงนั้น พบว่าประกอบด้วยภาคตัดขวางที่คล้าย ๆ กันคือเป็นการสลับกันของตะกอนทรายและทรายแป้ง โดยชั้นบนสุดเป็นหิน

ทรายแป้งสีแดงชั้นหนา ซึ่งมีก้อน calcrete nodule แสดงถึงลักษณะของหน้าดินเดิม (Meesook, 1994) ใน channel พบอยู่ 2 ลักษณะคือเป็นหินทรายชั้นหนาที่พบชั้นเฉียงระดับและหินกรวดมนที่มีเม็ดกรวดส่วนใหญ่เป็นหินทรายแป้ง แสดงถึงลักษณะของ point bar (ตะกอนทรายริมแม่น้ำใหญ่) และ channel fill (ตะกอนท้องน้ำ) ตามลำดับ บริเวณ transitional พบ lamination และการสลับของหินทรายเนื้อลึกลับ แสดงถึงการสะสมตัวในที่ที่ตะกอนน้ำนิ่งสลับกับตะกอนน้ำหลาก ตามบริเวณขอบทะเลสาบหรือหนองน้ำ หรือตาม swamp ซึ่งอาจมีทางน้ำไหลผ่านเป็นครั้งคราว ในส่วนของ lagoon ประกอบด้วย 2 ลักษณะคือ ชั้นหินโคลนชั้นหนาต่าง ๆ ซึ่งควรเป็นส่วนของหนองน้ำที่มีตะกอนโคลนและชั้นหินปูนน้ำจืด ซึ่งอาจเป็นส่วนของหนองน้ำที่อยู่ลึกหรือห่างจากบริเวณพัดพาตะกอนไปอีก และในส่วนของ braided stream อาจเป็นส่วนหนึ่งของ channel system ที่มีความรุนแรงสูง ตะกอนที่ได้จึงมีขนาดใหญ่และมักพบชั้นเฉียงระดับหลายทิศทาง

ดังนั้นสภาพแวดล้อมทางสภาพภูมิประเทศของหมวดหินเสาขัวในช่วงที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่จึงควรเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ หรือที่ราบลูกฟูกริมแม่น้ำ ซึ่งมีตะกอนสีแดงและมีหน้าดินหนา มีต้นไม้เจริญเติบโตได้ดี (รูป 5.4) ในบริเวณใกล้เคียงอาจพบหนองน้ำเล็กๆ หรือทะเลสาบน้ำตื้นอยู่ด้วย ในบางฤดูอาจมีทางน้ำขนาดใหญ่พัดพาตะกอนจากที่อื่นมาทับถม หรืออาจเกิดช่วงฤดูน้ำหลาก ท่วมพื้นที่ๆมีการอาศัยของไดโนเสาร์ให้เปลี่ยนสภาพจากที่ราบดังกล่าวมาเป็นแม่น้ำขนาดใหญ่ ซึ่งในหลายๆครั้งเมื่อแม่น้ำตื้นเขินขึ้นก็อาจเปลี่ยนสภาพภูมิประเทศเป็นหนองน้ำและที่ราบอีกครั้ง ในช่วงปลายๆของยุคพบว่าที่ราบทั้งหลายอาจค่อยๆเปลี่ยนมาเป็นหนองน้ำขนาดใหญ่และมีการตกผลึกของหินปูนและเกิดการเจริญพันธุ์ของหอยสองฝา

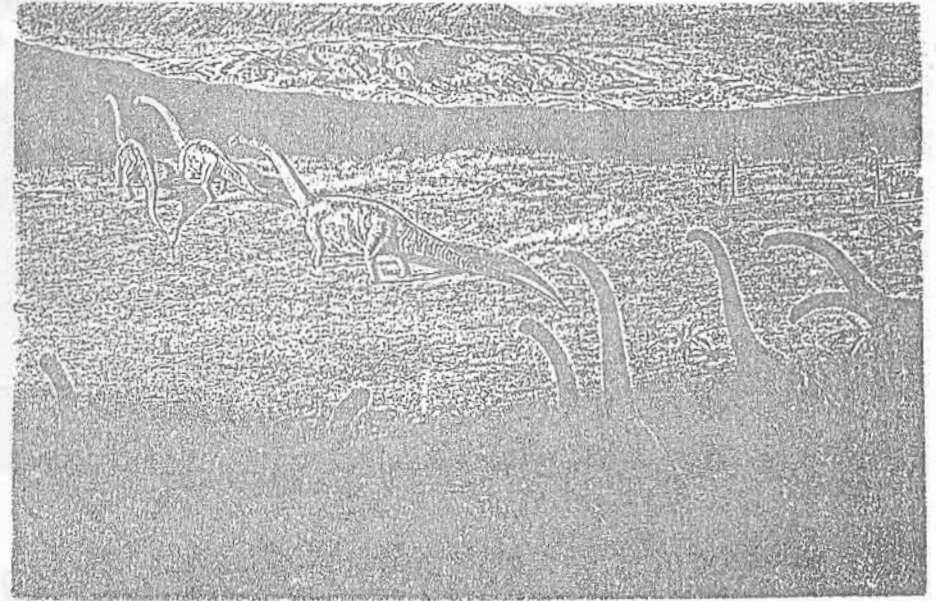
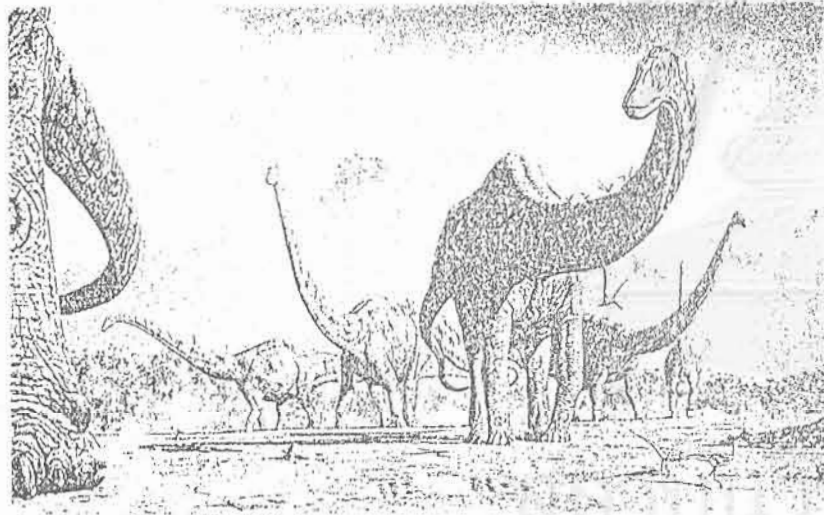
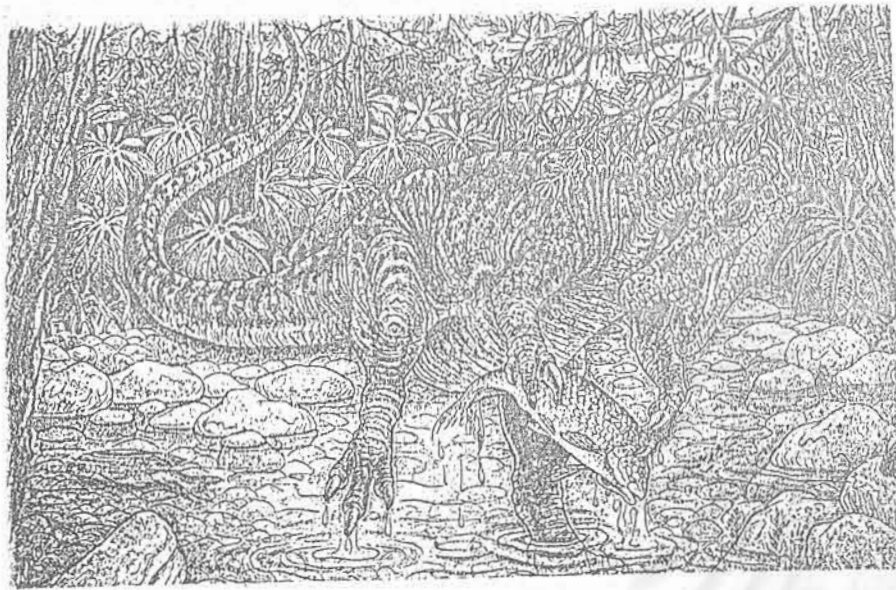
5.2.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศสามารถศึกษาได้จากซากดึกดำบรรพ์และชนิดหิน โดยพบว่าภูมิอากาศโดยรวมในช่วงที่ไดโนเสาร์เจริญพันธุ์ เป็นช่วงที่มีอากาศร้อน หลักฐานได้จากซากหอยสองฝาและหินปูนที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องเกิดในสภาวะอากาศที่อบอุ่นถึงร้อน (Tucker, 1981) การพบเศษ peat หรือถ่านหิน ที่ lithofacies VI แสดงถึงสภาวะอากาศที่ร้อนชื้น อย่างไรก็ตาม การพบโครงสร้างตะกอนระแหงโคลน (mud crack) ตามรอยต่อของชั้นหินทรายแป้งกับหินทราย แสดงถึงสภาวะอากาศแบบร้อนแห้งแล้งผสมอยู่ด้วย ยิ่งไปกว่านั้นการพบ calcrete horizon ตามหินทรายแป้งซึ่งเป็นส่วนของหน้าดินเดิมตามที่ราบน้ำท่วมถึง แสดงถึงชั้นดินในช่วงเวลานั้นค่อนข้างหนามาก แสดงถึงความชุ่มชื้นในดินค่อนข้างดี แต่ค่อนข้างร้อนเหมือนปัจจุบัน จึงทำให้ชั้นคาร์บอนเนตจากทางด้านล่างถูกดึงมาโดยแรง capillary สะสมตัวเป็นโซนใต้ชั้นดินในลักษณะคล้ายการเกิดศิลาแลงในปัจจุบัน

จากข้อมูลทั้งหมดจึงสรุปได้ว่า ภูมิอากาศในช่วงนั้นเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนชื้น และแห้งแล้งในบางเวลา

5.2.3 สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของไดโนเสาร์

ไดโนเสาร์มีลักษณะการอยู่อาศัยเป็นฝูง โดยประกอบด้วยไดโนเสาร์ชนิดกินพืชมากกว่าชนิดกินสัตว์ การอยู่อาศัยของมันอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ ไดโนเสาร์ที่อยู่อาศัยตามหนองน้ำตื้นๆ ที่



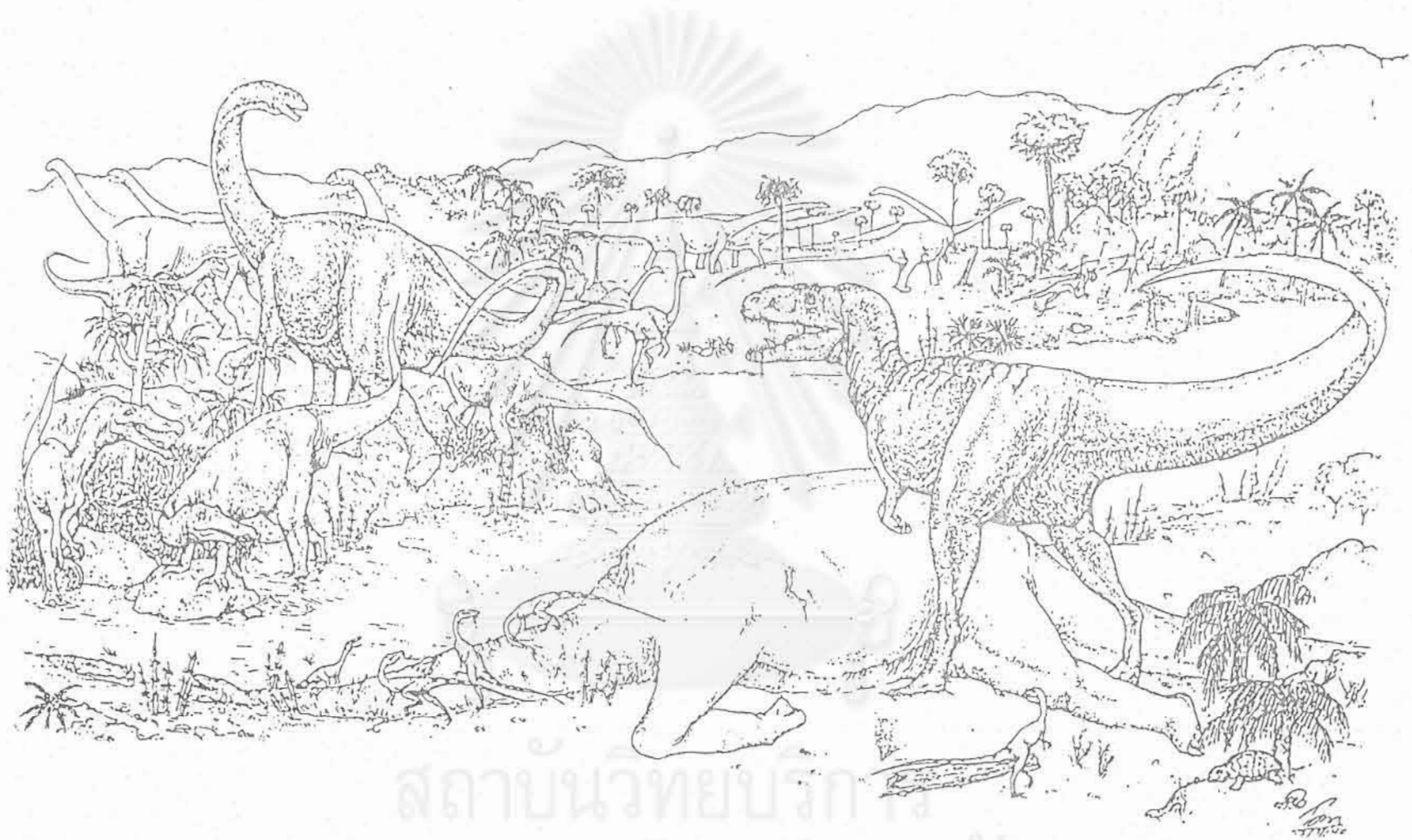
รูป 5.4 ภาพลักษณะภูมิประเทศและนิเวศน์วิทยาโดยทั่วไปในช่วงที่ไดโนเสาร์ยังมีชีวิตอยู่ (บน) ไดโนเสาร์อาศัยอยู่ตามหนองน้ำตื้นๆ (ล่าง) ไดโนเสาร์อาศัยตามที่ราบและที่ราบลูกฟูก (ภาพจากกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2544)

ประกอบด้วยดินโคลนตามริมทะเลสาป (จากหลักฐานของรอยเท้าและซากโครงกระดูก) และไดโนเสาร์ที่อาศัยตามที่ราบหรือที่ราบลูกฟูกกว้างใหญ่ ที่ประกอบด้วยดินสีแดง และอยู่ใกล้แม่น้ำสายใหญ่ (จากหลักฐานของโครงกระดูก) ในสภาพอากาศที่ร้อนชื้น ถิ่นที่อยู่ของมันควรประกอบด้วยต้นไม้ที่ขึ้นอย่างหนาแน่นทั้งตามหนองน้ำ ทะเลสาปหรือในที่ราบ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว ผืนแผ่นดินในส่วนที่เป็นที่ราบกว้างใหญ่มาก การแผ่กระจายของไดโนเสาร์จึงกว้างทั่วทั้งภาคอีสาน ตะกอนหินทั้งหมดไม่แสดงลักษณะของ debris flow หรือ alluvial fan แสดงว่าที่ราบต่างๆที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่นั้น อยู่ห่างจากบริเวณที่เป็นเทือกเขาอยู่พอสมควร อย่างไรก็ตาม ที่ราบ ที่ราบลูกฟูกหรือหนองน้ำดังกล่าว อยู่ใกล้แม่น้ำสายใหญ่ ซึ่งบางครั้งอาจเกิดการหลากของแม่น้ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของตะกอนทางน้ำและการอพยพของไดโนเสาร์ (รูป 5.5)

เมื่อไดโนเสาร์ตายลง ซากของมันจะเกิดการสะสมตัวโดยกระบวนการสะสมตัวของทางน้ำ ซากไดโนเสาร์บางตัวจะถูกพัดพาไปเล็กน้อยแล้วจึงมีการจมตัว และสะสมตัวด้วยตะกอนขนาดเล็ก ตามร่องน้ำขนาดเล็กหรือตามโคลนตมริมทะเลสาป ทำให้ยังคงลักษณะของซากโครงกระดูกที่สมบูรณ์ แต่ซากไดโนเสาร์บางตัว จะถูกพัดพาด้วยทางน้ำขนาดใหญ่ ร่วมกับชั้นดินที่มันตายอยู่ ส่งผลให้กระดูกไดโนเสาร์แตกหัก กระจายตัว ไปสะสมตัวยังท้องน้ำขนาดใหญ่ ก่อนที่จะมีการจับตัวของชั้นหิน เกิดเป็นหินกรวดมนต่อไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5.5 ภาพโมเดลแสดงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของไดโนเสาร์(ภาพจากกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2544)

บทที่ 6 บทสรุป

การศึกษาลำดับชั้นหินของชุดหินเสาขัว ที่มีซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย กระทำเพื่อความเข้าใจในข้อมูลเบื้องต้นของไดโนเสาร์ตามแหล่งต่างๆ ที่เคยมีการขุดค้นพบ และเพื่อศึกษาลักษณะของสภาพแวดล้อมของไดโนเสาร์โดยใช้ลักษณะหินที่เก็บรักษาซากไดโนเสาร์ดังกล่าวเป็นตัวชี้แจง การศึกษานี้กระทำในพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพบร่องรอยไดโนเสาร์แบบต่างๆ จำนวน 14 บริเวณย่อย ซึ่งครอบคลุมหมวดหินเสาขัวบริเวณทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ (เขาใหญ่ เขาภูอก แยกและเขาลอมฟ่าง) บริเวณด้านตะวันตก (เขาภูเวียง) และบริเวณเทือกเขาภูพาน ตอนกลางของที่ราบสูงโคราช (ภูกลุ่มข้าว ฝาน้ำย่อย บ้านห้องแสง ภูจ้อก้อหนองสูง ภูผาโงและคำชะอี)

จากการศึกษาลำดับชั้นหินในภาคสนามและการศึกษาแผ่นหินบางในห้องปฏิบัติการ พบว่าหมวดหินเสาขัวประกอบด้วยหินตะกอนเนื้อประสมปนปูนสีแดง แดงม่วง ส้มแดง และเทาเขียว ประเภทหินทรายเนื้ออาร์โคส หินทรายเนื้อลิตติก หินทรายแป้งและหินโคลน และชั้น calcrite horizon ทั้งที่มีลักษณะเป็นเม็ด (nodule) และเป็นชั้น (layer) ปะปนในชั้นของหินทรายแป้งและหินโคลน บางครั้งพบชั้นหินกรวดมนซึ่งมีกรวดขนาดเล็กจำพวกเม็ดควอร์ตซ์และเม็ดหินทรายแป้ง ตอนบนมักพบเลนส์ของหินปูนน้ำจืดและชั้นหินตะกอนคาร์บอนีเชียส ชั้นหินส่วนใหญ่ไม่หนามากนักและความหนาของชั้นหินไม่ต่อเนื่องกัน (irregular bed) โครงสร้างตะกอนที่มักพบได้แก่ ชั้นเฉียงระดับ รอยริ้วคลื่น ลักษณะเป็นชั้นบาง (lamination) และการวางชั้นแบบเรียงขนาด (graded bedding) ในหินทราย และลักษณะเป็นชั้นบางในหินทรายแป้งและหินโคลน

ลำดับชั้นหินของหมวดหินเสาขัวทั้งหมด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะชั้นหิน พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มย่อยๆ จากล่างขึ้นบนได้เป็น 6 ลักษณะปรากฏ (facies) คือ

1. Mudstone and fine-grained lithic sandstone facies (Lithofacies I) พบเพียงแห่งเดียวคือทางตอนล่างและตอนกลางของชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ประกอบด้วยการสลับกันของหินทรายเนื้อลิตติกสีเขียวปนเทา ขนาดตะกอนเล็กมาก ชั้นหินหนาปานกลางถึงบาง กับหินทรายแป้งสีเทาเข้มเนื้อไม่ก้ำชั้นบาง ในตอนล่าง ตอนบนเป็นชั้นหินโคลนสีเทาเข้มและสีม่วงแดงสลับกัน โครงสร้างตะกอนคือลักษณะเป็นชั้นบางและการวางชั้นแบบเรียงขนาด ความหนาของชุดหิน 19.5-28 เมตร

2. Medium-thick bedded arkosic sandstone facies (Lithofacies II) พบเพียงแห่งเดียวคือทางตอนกลางและตอนบนของชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ประกอบด้วยหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดง ม่วงแดง ถึงเทาอ่อน ขนาดตะกอนปานกลางถึงเล็ก ความหนาชั้นหินไม่สม่ำเสมอ แทรกสลับเล็กน้อยด้วยหินทรายควอร์ตซิดิกสีขาว และหินทรายเนื้อลิตติก สีเทาอ่อน ระหว่างชั้นหินทรายมักพบหินทรายแป้งเนื้อไม่ก้ำแทรกสลับ โครงสร้างตะกอนคือชั้นเฉียงระดับมุมต่ำ การวางชั้นแบบเรียงขนาด รอยริ้วคลื่นและลักษณะเป็นชั้นบาง ความหนาของชุดหิน 39-51.5 เมตร

3. Conglomerate -sandstone-mudstone-calcrete horizon facies (Lithofacies III) พบกระจายทั่วทุกชั้นหินอ้างอิง ยกเว้นชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ประกอบด้วยด้วยการสะสมตัวแบบวงจร (cycle) แบบ fining upward sequence ของหินกรวดมนสีน้ำตาลแดงแกมเขียวชั้นบางหรือเป็นเลนส์ และค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลแดง ชั้นหนา ค่อยๆ เปลี่ยนเป็นหินทรายแป้งหรือหินโคลนสีน้ำตาลแดง

ถึงม่วงแดง ชั้นหนา และเป็นชั้น calcrete horizon สีขาวเหลือง ก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นหินกรวดมนอีกครั้ง โครงสร้างตะกอนได้แก่ ชั้นเฉียงระดับมุมต่ำและ lamination ความหนาของหน่วยหินตั้งแต่ 1-87.5 เมตร เฉลี่ย 40 เมตร

4. Lithic sandstone facies (Lithofacies IV) พบในส่วนบนของชั้นหินอ้างอิงที่ 2,3 และ 13 ประกอบด้วยหินทรายเนื้อลิติกหรือหินทรายโปรโตควอร์ตไซต์ สีแดงประจุดขาวถึงเทาประจุดดำ ขนาดตะกอนปานกลาง เนื้อไม่ก้ำ ความหนาของหินไม่สม่ำเสมอ สลับกับหินทรายแป้งสีม่วงแดง ชั้นบางแบบ fining upward sequence โครงสร้างตะกอนได้แก่ชั้นเฉียงระดับและ lamination ความหนาของหน่วยหินตั้งแต่ 1.8-12 เมตร

5. fresh water limestone-siltstone facies (Lithofacies V) พบในส่วนบนของชั้นหินอ้างอิงที่ 2,4,5 และ 10 ประกอบด้วยหินปูนน้ำจืดสีเทาอ่อน ชั้นบาง หินปูนปนกรวดและหินทรายแป้ง ภายในเนื้อหินปูนพบซากดึกดำบรรพ์ของหอยสองฝา *Unco.sp* เป็นจำนวนมาก ความหนาของชั้นหินไม่เกิน 2 เมตร

6. Upper mudstone facies (Lithofacies VI) พบในส่วนบนสุดของชั้นหินอ้างอิงที่ 5,10,12 และ 13 ประกอบด้วยหินโคลนสีม่วงแดงสลับกับหินโคลนสีเทาเข้ม ชั้นบางมาก ความหนาของชั้นหินสม่ำเสมอ บางครั้งพบแทรกสลับด้วยหินทรายเนื้อลิติก สีเทาประจุดเขียว ขนาดตะกอนเล็กมาก บางครั้งพบชั้นถ่าน โครงสร้างตะกอนได้แก่ lamination และ convoluted bedding ความหนาของหน่วยหินไม่เกิน 2 เมตร

หลักฐานร่องรอยของไดโนเสาร์ที่พบในชั้นหินอ้างอิงดังกล่าวได้แก่

1. รอยเท้าไดโนเสาร์ พบเป็นรูปหล่ออยู่ในหินทรายออร์โทควอร์ตไซต์ใน lithofacies II ของชั้นหินอ้างอิงที่ 1 ประกอบด้วยรอยเท้าไดโนเสาร์อย่างน้อย 3 ชนิด ทั้งแบบกินพืชและกินเนื้อ

2. โครงกระดูกไดโนเสาร์ พบเป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชในหินทรายแป้งเนื้อปนปูนของ lithofacies III ในชั้นหินอ้างอิงที่ 4,7 และ 13 พบเป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชในหินทรายเนื้ออาร์โคส ขนาดตะกอนละเอียด ของ lithofacies III ในชั้นหินอ้างอิงที่ 6 และ 8 พบเป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินพืชในหินโคลนเนื้อคาร์บอนเนเชียสของ lithofacies VI ในชั้นหินอ้างอิงที่ 5 และพบเป็นโครงกระดูกไดโนเสาร์กินเนื้อในหินทรายเนื้ออาร์โคส ขนาดตะกอนละเอียด ของ lithofacies III ในชั้นหินอ้างอิงที่ 8

3. ชิ้นส่วนเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ พบเป็นเศษหินโง่ชั้นหินกรวดมนหรือหินปูนเนื้อกรวดของ lithofacies III และ V ในชั้นหินอ้างอิงที่ 2-7, 9, 11 และ 13 โดยส่วนใหญ่เป็นร่องรอยของไดโนเสาร์ประเภทกินเนื้อ

สภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของซากไดโนเสาร์ พบว่า 1) รอยเท้าไดโนเสาร์เกิดจากการอยู่อาศัยของไดโนเสาร์กลุ่มต่างๆ บริเวณโคลนตมริมแอ่งทะเลสาบหรือหนองน้ำที่กระแสน้ำไม่รุนแรง หรือมีกระแสน้ำไหลเอื่อย เมื่อมีการเหยียบลงไปในพื้นที่โคลนที่มีรอยรั่วคลื่น ริมทะเลสาบ จะเกิดเป็นรอยเท้าไดโนเสาร์ขึ้นมา และต่อมาเกิดการ flooding ของกระแสน้ำเข้ามาในทะเลสาบ ทำให้ได้ชั้นทรายเข้ามาปิดทับรอยเท้าไดโนเสาร์เหล่านี้ 2) ซากโครงกระดูกไดโนเสาร์ เกิดจากการตายในพื้นที่ลุ่มน้ำต่างๆ เช่นริมแอ่งทะเลสาบหรือหนองน้ำที่กระแสน้ำไม่รุนแรง หรือตามที่ราบ ที่ราบลูกฟูกริมฝั่งแม่น้ำ ที่มีร่องน้ำขนาดเล็ก หลังจากที่มีน้ำตายลง ซากไดโนเสาร์บางตัวจะจมตัวลงในที่แห่งนั้น และถูกปิดทับด้วยตะกอนที่เกิด

จาก flooding แต่บางตัวอาจถูกพัดพาเล็กน้อย ด้วยกระแสที่ไม่วุ่นแรงนัก ไปสะสมตัวตามวังน้ำวน โบราณ ร่วมกับซากเศษกระดูกและฟันไดโนเสาร์ที่ถูกพัดพามาจากแหล่งอื่น ก่อนถูกตะกอนดินหรือทราย ปิดทับ และ 3) เศษกระดูกและฟันของไดโนเสาร์ เกิดจากการสะสมตัวตามร่องน้ำ ที่อยู่ห่างจากจุดที่ ไดโนเสาร์ตาย โดยตะกอนทั้งหมดถูกพัดพามาโดยกระแสน้ำหลากที่รุนแรง และมีการดึงเอาตะกอนของ พื้นดินที่ไดโนเสาร์อาศัยอยู่และซากไดโนเสาร์ที่ตาย มาคัดขนาดทางธรรมชาติ ส่งผลให้ตะกอนดินสีแดงมี ลักษณะกลมมน และซากไดโนเสาร์เกิดการแตกหักเป็นเศษกระดูกที่เหลือเฉพาะส่วนที่แข็งแกร่งกับซาก เปลือกหอยสองฝา กระดองเต่าและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่ตายในที่ต่างๆ มารวมกันตามท้องน้ำ

นิเวศวิทยาในช่วงที่ไดโนเสาร์ยังมีชีวิตอยู่ ประกอบด้วย

1. สภาพภูมิประเทศที่อาศัย เป็นแบบที่ราบลุ่มแม่น้ำ หรือที่ราบลูกฟูกริมแม่น้ำ ซึ่งมีตะกอนสี แดงและมีหน้าดินหนา มีต้นไม้เจริญเติบโตได้ดี บริเวณใกล้เคียงอาจพบหนองน้ำเล็กๆ หรือทะเลสาบน้ำ ตื้นอยู่ด้วย ในบางฤดูอาจมีทางน้ำขนาดใหญ่พัดพาตะกอนจากที่อื่นมาทับถม หรืออาจเกิดช่วงฤดูน้ำหลาก ท่วมพื้นที่ๆ มีการอาศัยของไดโนเสาร์ให้เปลี่ยนสภาพจากที่ราบดังกล่าวนั้นมาเป็นแม่น้ำขนาดใหญ่ ช่วง ปลายๆ ของยุคพบว่าที่ราบทั้งหลายอาจค่อยๆ เปลี่ยนมาเป็นหนองน้ำขนาดใหญ่และมีการตกผลึกของหิน ปูนและเกิดการเจริญพันธุ์ของหอยสองฝา

2. สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และแห้งแล้งในบางเวลา

3. สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของไดโนเสาร์ มีลักษณะการอยู่อาศัยเป็นฝูง โดยประกอบด้วย ไดโนเสาร์ชนิดกินพืชมากกว่าชนิดกินสัตว์ การอยู่อาศัยของมันแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ ไดโนเสาร์ที่อยู่ อาศัยตามหนองน้ำตื้นๆ และไดโนเสาร์ที่อาศัยตามที่ราบหรือที่ราบลูกฟูกกว้างใหญ่ ที่ประกอบด้วยดินสี แดง และอยู่ใกล้แม่น้ำสายใหญ่ ถิ่นที่อยู่ของมันควรประกอบด้วยต้นไม้ที่ขึ้นอย่างหนาแน่นทั้งตามหนอง น้ำ ทะเลสาปหรือในที่ราบที่อยู่ห่างจากบริเวณที่เป็นเทือกเขาอยู่พอสมควร แต่บางครั้งอาจเกิดการ หลากของแม่น้ำ ส่งผลให้เกิดการสะสมของตะกอนทางน้ำและการอพยพของไดโนเสาร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2542. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยมาตราส่วน 1: 2,500,000
 จงพันธ์ จงลักษณ์ณี นเรศ สัตยารักษ์ ปานพงษ์ กาญจนพันธุ์ และสัญญา สราภิรมย์ พ.ศ. 2522. แผนที่ธรณี
 วิทยาจังหวัดขอนแก่น มาตราส่วน 1:250,000 กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ.
 ชัยยันต์ หินทอง, แสงอาทิตย์ เชื้อวิโรจน์, วรกุล แก้วยานะ, สุเทพ ศรีสุข และชัยวัฒน์ ผลประสิทธิ์ พ.ศ.
 2528. แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ระวังจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. กองธรณีวิทยา
 กรมทรัพยากรธรณี.
 ไชยกาล ไชยรังษี พ.ศ. 2543. ธรณีวิทยาระวางบ้านคำเดือย อำเภอเลิงนกทา บ้านห้องแซง อำเภอภูคุดชุม
 และกิ่งอำเภอหนองพอก แผนที่และรายงานธรณีสัณฐานวิทยา 1: 50,000 ฉบับที่ 9/2543 กองธรณี
 วิทยา กรมทรัพยากรธรณี
 ธีระพล วงศ์ประยูรและอัศนี มีสุข พ.ศ. 2542 ธรณีวิทยาระวางบ้านด่อน กิ่งอำเภอสมเด็จ อำเภอสหัสขันธ์
 และบ้านโพธิ์ แผนที่และรายงานสำรวจธรณีวิทยา 1: 50,000 ฉบับที่ 7/2542 กองธรณีวิทยา กรม
 ทรัพยากรธรณี
 ปริญา พุทธาภิบาลและจิตติพร บัวประเสริฐ. พ.ศ. 2532 . ธรณีวิทยาระวางบ้านซำบอนและระวางบ้านท่าอิ
 ช่อม. รายงานการสำรวจธรณีวิทยา 1:50,000 ฉบับที่ 128 กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
 พยศ โชติคณาพิศพันธุ์และไวพจน์ ยุทธเกษมสันต์. พ.ศ. 2527. ธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ยูเรเนียม
 แอ่งภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น. รายงานประจำปี 2527 กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กอง
 เศรษฐกิจธรณีวิทยา : กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม หน้า ง-2 ถึง ง-49
 วราวุธ สุธีธรและไพรัช จรรยาหาญ พ.ศ. 2523. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดร้อยเอ็ดมาตราส่วน 1:250,000
 กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ.
 ศศิธร ชันสุภาและวราวุธ สุธีธร พ.ศ. 2541. ไดโนเสาร์แห่งใหม่ที่จังหวัดชัยภูมิ. รายงานการประชุมเชิง
 ปฏิบัติการและสัมมนาวิชาการ กองธรณีวิทยาประจำปี 2541 . 19-23 มกราคม , อุทยานแห่ง
 ชาติศรีสัชนาลัย สุโขทัย หน้า 61-65
 อัศนี มีสุขและธีระพล วงศ์ประยูร พ.ศ. 2541. ธรณีวิทยาระวางภูพาน อำเภอคำชะอี อำเภอกุฉินารายณ์
 และบ้านเต่างอย . รายงานการสำรวจธรณีวิทยา 1 : 50,000 ฉบับที่ 7/2541 กองธรณีวิทยา กรม
 ทรัพยากรธรณี.
 Buffetuat , E. 1983. Stratigraphic significance of fossil vertebrates from the Mesozoic of
 northeastern Thailand: Paper presented at Conf. on Geol. and Min.Res. , Bangkok, Thailand
 19-28 nov. 4 p.
 _____ and Ingavat, R., 1982. Phytosaur remains (Reptilia, Thecodonia) from the Upper Triassic
 of Northeastern Thailand, *Geobios*, v.15, no. 1, p7-17.

- _____ and Ingavat, R. 1983. Vertebrates from the continental Jurassic of Thailand. A very small theropod dinosaur from the Upper Jurassic of northeastern Thailand. **CCOP Tech. Bull.**, 16: pp 68-75
- _____. and Ingavat, P. 1984. A very small theropod dinosaur from the Upper Jurassic of Northeastern Thailand. **C.R.A.cad. Sci. Paris** 298. pp 915-918.
- _____. and Ingavat, R. 1985. The Mesozoic vertebrates of Thailand. **Scientific American**, V. 253, no. 2, pp.80-87.
- _____. and Ingavat 1986. Unusual theropod dinosaur teeth from the Upper Jurassic of Phu Wiang, NE Thailand; **Rev. Paleobiologie**, V.5, no.2 p 217-220.
- _____. , Martin, V., Sattayarak, N. and Suteethon, V. 1995. The oldest known dinosaur from Southeast Asia: a prosauropod from the Nam Phong Formation (late Jurassic) of Northeastern Thailand. **Geol. Mag.** v 132, no.6 p 739-742.
- _____. ,and Suteethorn, V. 1992. A new species of the ornithischian dinosaur Psittacosaurus from the Early Cretaceous of Thailand. **Paleontology**, Vol. 35, no.4, 12 P.
- _____. and Suteethon, V. 1993. The dinosaurs of Thailand. In Polahan, P. et al. (eds.), **J. SE. Asian Earth Sciences** 8, pp.77-82. Great Britain.
- _____. , Suteethorn, V, Martin, V., Chaimanee, Y. and Tong-Bufferuat, H. 1993. Biostratigraphy of the Mesozoic Khorat Group of northeastern Thailand. In Thanasuthipitak, T. (ed.), **Proceedings of the International Conference on the Mainland Southeast Asia: Facies and Paleontology**, Vol. 1, Jan 31-Feb 5. pp.51-62, Chiang Mai, Thailand.
- _____. , Suteethorn, V., and Tong, H. 1996. The earliest known tyrannosaur from the Lower Cretaceous of Thailand. **Nature** 381. pp. 689-691.
- Bufferuat Suteethon, V. Tong, H., Chaimanee, Y and Khansubha, S. New dinosaur discoveries in the Jurassic and Cretaceous of northeastern Thailand. 1997. In; **Proc. Int. Conf. on Stratigraphy and Tectonic Evolution Evolution of SE Asia and the South Pacific** (eds. Dheeradilok, P. et al.), 19-24 August 1997, Bangkok, Thailand, pp 177-187.
- Bunopas, S. 1981. Paleogeographic history of Western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia: A plate tectonic interpretation. **Geological Survey Paper Special Issue 5**, Department of Mineral Resources of Thailand, Bangkok.
- _____. 1992. Regional stratigraphic correlation in Thailand. In Piancharoen, C. et al. (eds.), **Proceedings of a National Conference on Geologic Resources of Thailand: Potential for Future Development**, Nov. 17-24, pp. 198-207, Bangkok, Thailand.

- Chonglakmani and Sattayarak, N. 1978. Stratigraphy of the Huai Hin Lat Formation (Upper Triassic) in northern Thailand. In Nutalaya, P. (ed.), **Proceedings of the Third Regional Conference on the Geology and Mineral Resources of Southeast Asia**, pp.739-762, Bangkok, Thailand.
- Choka, W. 1993. **Study of Dinosaur remains in Phu Wiang National Park with lithological characteristic of the related strata**. B.Sc. report. Dept. of Geology, Chulalongkorn University.
- Chuaviroj, S., 1997. Deformation in Khorat plateau. In; **Proc. Int. Conf. on Stratigraphy and Tectonic Evolution Evolution of SE Asia and the South Pacific** (eds. Dheeradilok, P. et al.), 19-24 August 1997, Bangkok, Thailand, pp. 321-325.
- Collinson, J.D. and Thomson, D.B. 1982. **Sedimentary structure**, George allen&Unwin , London.
- Folk, R.L. 1974. **Petrology of Sedimentary rocks**. Texas : Hemphill.
- Gardner, L.S., Howarth, H.F. and Na Chiang Mai, P. 1967. Salt resources of Thailand. Thai Dept. Mineral Dept. Mineral Resources. **Rept. Invest.11**, 110pp.
- Ingavat and Taquet, 1978 First discovery of dinosaur remain in Thailand, **Jounal of Geological society of Thailand**, v.3 no.1, 9, pp.1-6.
- Iwai, J., Asama, K., Veeraburus, M. and Hongnusunthi, A. 1966. Stratigraphy of the so-called Khorat Series and a note on the fossil plant-bearing Paleozoic strata in Thailand. **Geol. and Paleont. Southeast Asia**, Vol.2, pp. 179-196.
- Hahn, L. 1982. Stratigraphy and marine ingressions of the Mesozoic Khorat Group in northeastern Thailand. **Geol. Jb. B43**. Hannover.
- Hite, R.J. 1974. Evaporite deposits of the Khorat plateau , northeastern Thailand and central Laos. **North Ohio Geol. Soc., Cleaveland, 4th Symp. on Salt**. pp. 135-146.
- Hite, R.J. and Japakasetr. T. 1979. Potash Deposits of the Khorat Plateau, Thailand and Laos. **Econ. Geol. Vol 74. No.2**
- Japakasetr. T. and Suwanich, P. 1984. Potash and Rock salt in Thailand; Appendix C.D, **Nonmetallic Minerals Bulletin No.2** , DMR, 212, 73 P.
- Martin, V., Buffatuat, E. and Suteethorn, V. 1994. A new genus of sauropod dinosaur from the Sao Khua Formation (Late Jurassic or Early Cretaceous) of northeastern Thailand. **C.R. Acad. Sci. Paris 319**. pp. 1085-1092

- Meesook, A., Suteethon, V. and Wongprayoon, T. 1994. **A preliminary report on Jurassic Cretaceous non-marine bivalves of Northeastern Thailand**, Geol. Survey Division, Dept. Min.Res., Bangkok, Thailand 11 p. (in Thai).
- _____, A., Suteethon, V. and Wongprayoon, T. 1995. Early Cretaceous non-marine bivalve of the Sao Khua Formation, Khorat Group, Northeastern Thailand, **3rd symp. IGCP 350**, May 7-14, Manila, Philippines, program and Abstract, Volume, p.10-11.
- _____, A., Wongprayoon, T., Kunder, S. and Chairangsri, C. 1997. Paleoclimatic significance of Lower Cretaceous paleosols and silcretes in the Sao Khua Formation, northeastern Thailand: A preliminary investigation, In Chaodumrong, P (ed), **Proceeding of annual report of Geological Survey Division**, 19-23 Nov, Sri Satchanalai, Sukhothai. pp 1-18(in Thai)
- Mouret, C., Heggemann, Gouadain, J. and Krisadasima. S. 1993. Geological history of the siliciclastic Mesozoic strata of the Khorat Group in the Phu Phan range area, northeastern Thailand. In Thanasuthipitak, T. (ed.), **Proceedings of Mainland Southeast Asia: Facies and Paleontology**, Vol. 1, Jan 31-Feb 5, pp.23-49. Chiang Mai, Thailand.
- _____. 1994. Geological history of northeastern Thailand since the Carboniferous, relations with Indochina and Carboniferous to Early Cenozoic evolution model. In Angsuwathana, P. et al. (eds.), **Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia**. Nov. 15-20, pp.132-158. Bangkok, Thailand.
- Pettijohn, F.T. 1954. Classification of sandstone. **Journal of Geology**, vol. 62. pp 360-365
- _____. 1975. **Sedimentary Rocks**. 3rd edition. New York, Harper and Row.
- Piyasin, S. 1985. Problem of Stratigraphic Classification and environments of Khorat Group. In Thanvarachon, P., Hokjareon, S. and Youngme, W. (eds.). **Conference on Geology and Mineral Resources Development of the Northeastern, Thailand**, Nov. 26-29, pp.85-97, Chiang Mai, Thailand.
- Polhan, M. and Daorerk, V. 1992. Report of additional discovery of dinosaur's footprints in Thailand. In Thanasuthipitak, T. (ed.), **Proceedings of the International Conference on the Mainland Southeast Asia: Facies and Paleontology**, Vol. 1, Jan 31-Feb 5. pp.225-230, Chiang Mai, Thailand.
- Racey, A., Goodall, J.G.S., Love, M.A., Polachan, S. and Jones, P.D. 1994. New age data for the Mesozoic Khorat Group of northeastern Thailand. In Angsuwathana, P. et al. (eds.).

Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia, Nov. 15-20, pp. 245-252, Bangkok, Thailand.

- Sattayark, N. 1983. Review of Continental Mesozoic stratigraphy of Thailand. In Nutalaya, P. (ed.), Proceedings of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia, Vol. I, pp. 127-149,
- _____. 1985. Review on Geology of Khorat Plateau (in Thai). In Thanvarachron, P., Hokjareon, S. and Youngme, W. (eds.), Conference on Geology and Mineral Resources Development of the Northeast, Thailand, Nov. 26-29, pp. 23-30, Khon Kaen, Thailand.
- _____. , Srigulwong and Pattarametha, M. 1991. Subsurface stratigraphy of the non-marine Mesozoic Khorat Group, NE Thailand. In Polachan, P. et al. (eds.) , Proceedings of the Seventh Regional Congress on Geology , Mineral and Energy Resources of Southeast Asia, Nov. 5-8, Bangkok, Thailand.
- Selly, R.C. 1985. Ancient Sedimentary Environments and their subsurface diagenesis. 3rd edition . Chapman and Hall, London.
- Trakoolngam , K. 1999. Sedimentary Characteristics of the Sao Khua Formation at Southern Phu Phan Range, B.Sc. report. Dept. of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- Tucker, M.E. 1981. Sedimentary Petrology, An Introduction. London : Blackwell Scientific Publications.
- Ward, D.E. and Bunnag, D. 1964. Stratigraphy of the Mesozoic Khorat Group in Northeastern Thailand. Report of Investigation no.6, Department of Mineral Resources, Thailand

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย