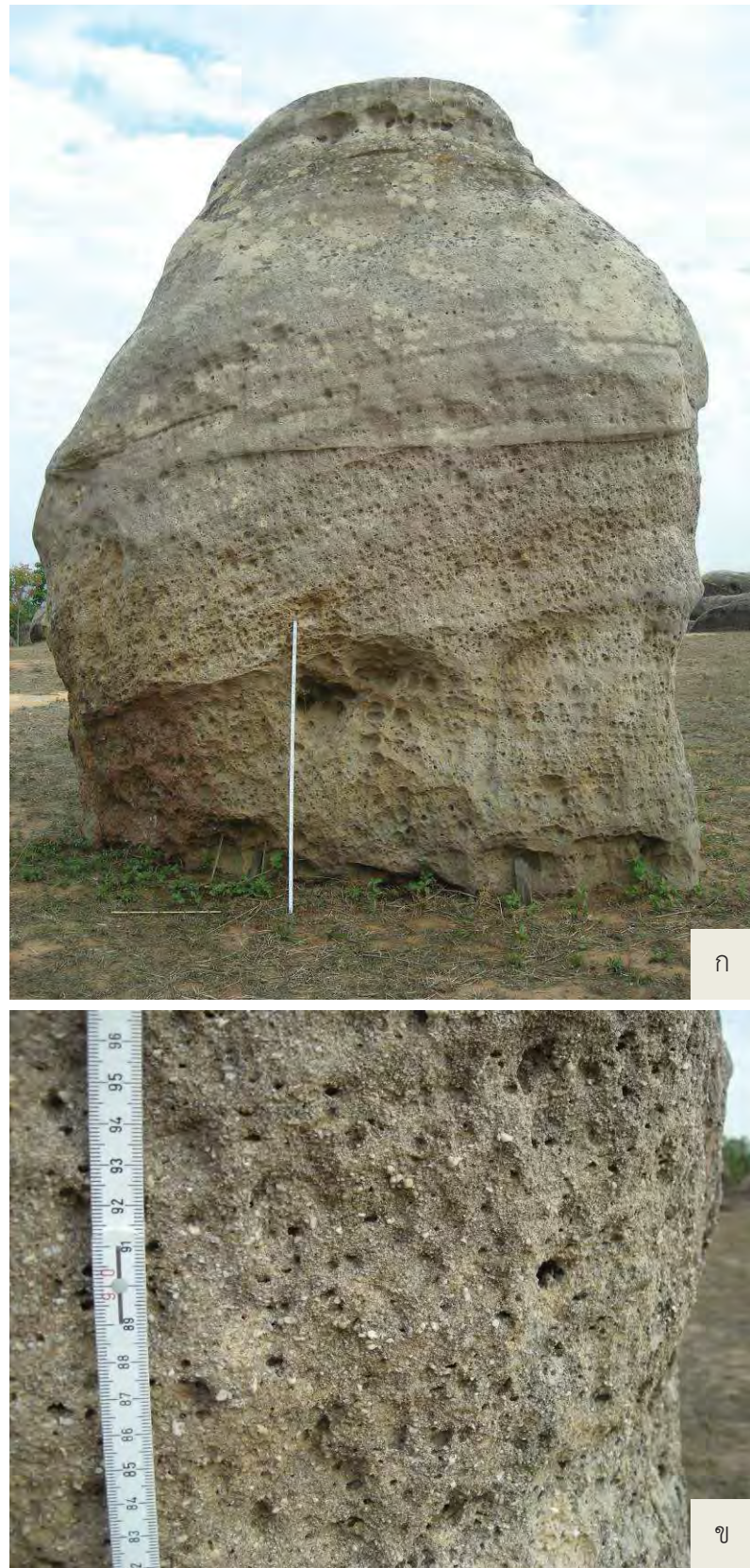
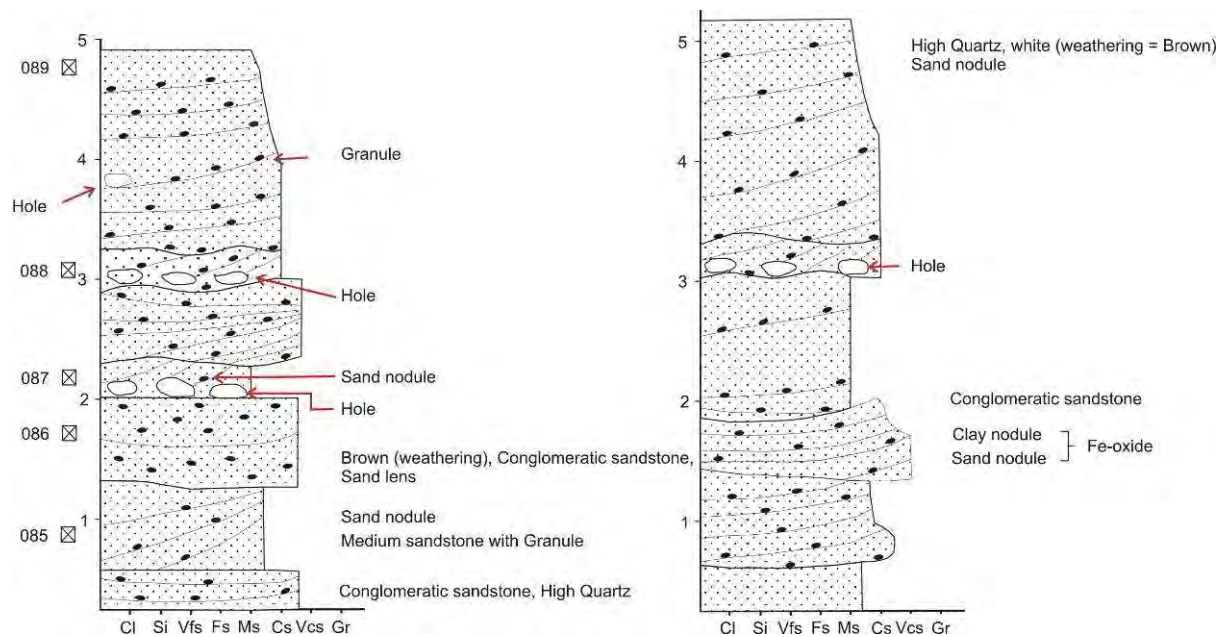




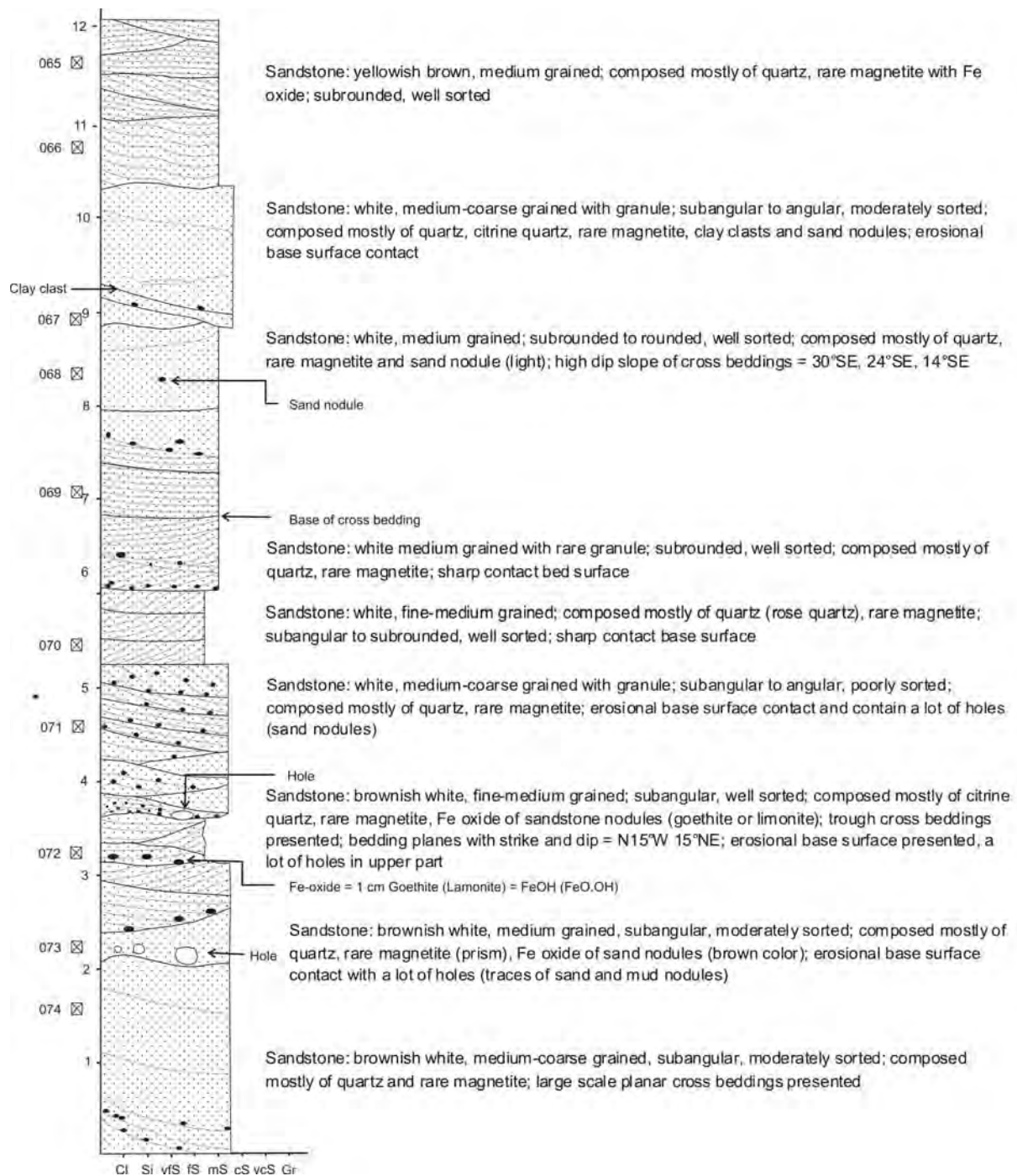
ภาพที่ 5.21 ลำดับชั้นหินบริเวณกลุ่มหินโหลงช้างของชุดลักษณะชั้นหินที่ 7 (ก) แสดงโครงสร้างชั้นหินแบบร่องยาว (trough cross bedding) และการเรียงชั้นของเม็ดตะกอน (finning upward) (ข) ภาพขยายให้เห็นเม็ดตะกอนกรวดเล็กไม่คัดขนาด รูปร่างกึ่งเหลี่ยม



ภาพที่ 5.22 ลำดับชั้นหินบริเวณกลุ่มหินโขลงช้าง ประกอบไปด้วยหินทรายเนื้อหยาบถึงหยาบมาก แทรกสลับกับหินทรายเนื้อปานกลาง โดยมีเม็ดกรวดขนาดกรวดเล็กปน มีการกัดเซาะบริเวณบริเวณฐานของแต่ละชุดเหตุการณ์ พบรูหรือโพรงที่เกิดจากการที่กระแสน้ำหรือลม กัดเซาะเม็ดตะกอนขนาดละเอียดหรือที่อยู่ในรูปของมวลก้อนกลมออกไป

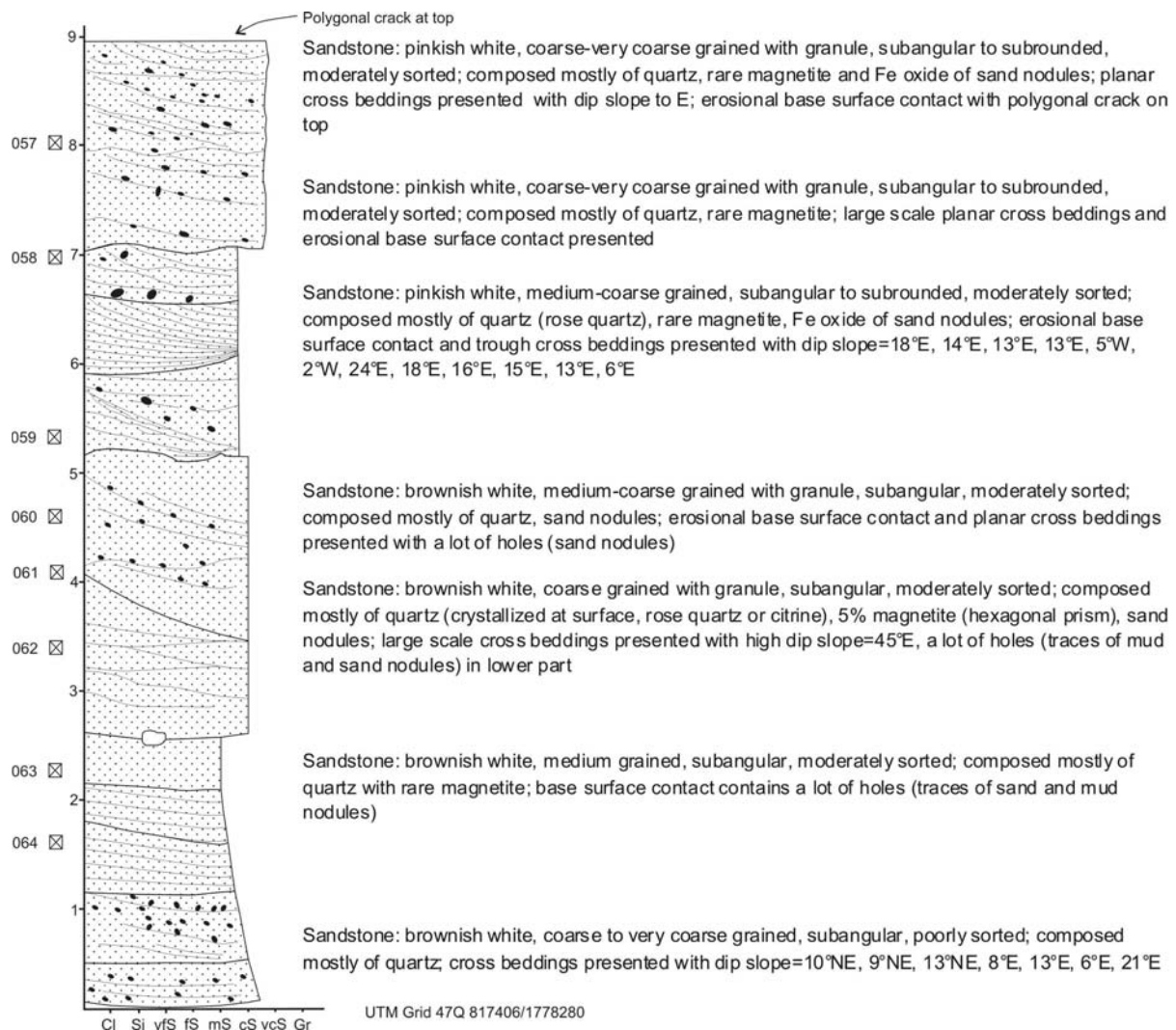


ภาพที่ 5.23 ลำดับชั้นหินบริเวณเสาหิน 5 ต้น แสดงลักษณะชั้นหินของชุดลักษณะชั้นหินที่ 7

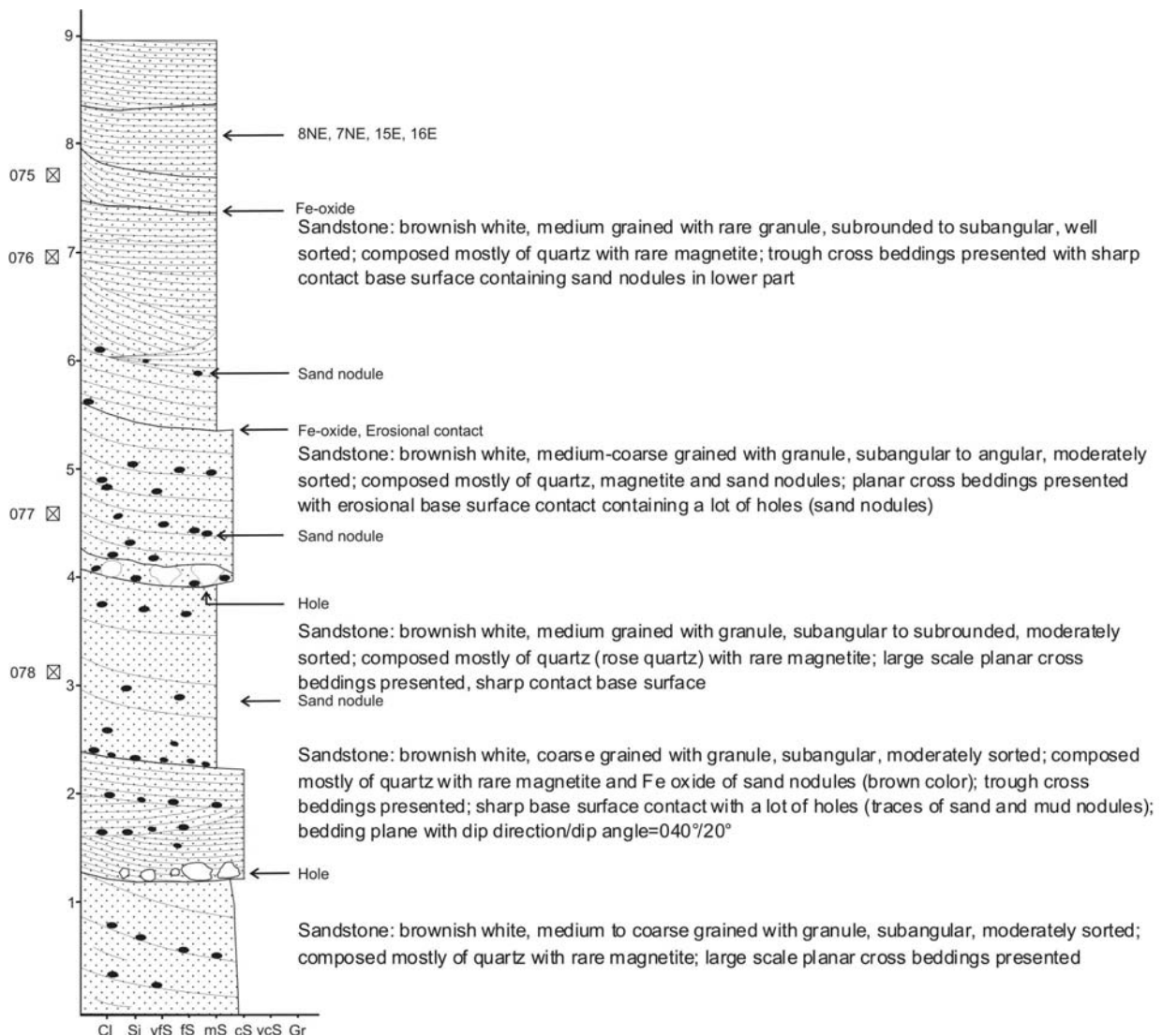


ภาพที่ 5.24 ลำดับชั้นหินบริเวณเสาหินต้นที่ 1 ประกอบได้ด้วยหินทรายเนื้อปานกลางถึงหยาบแทรกสลับกับเนื้อละเอียดถึงปานกลาง มีเม็ดกรวดขนาดกรวดเล็กปน แสดงโครงสร้างชั้นเฉียงระดับและการเรียงชั้นของเม็ดตะกอนในแต่ละชุดชั้นเหตุการณ์ และมีการกัดเซาะบริเวณฐานของแต่ละชุดเหตุการณ์ ซึ่งแยกได้ทั้งสิ้น 4 ช่วงชุดเหตุการณ์ด้วยกัน พบรูหรือโพรงที่เกิดจากการที่กระแสน้ำหรือลม กัดเซาะเม็ดตะกอนขนาดละเอียดหรือที่อยู่ในรูปของมวลก้อนกลมออกไป

หมายเหตุ เก็บข้อมูลตั้งแต่ผิวดินขึ้นไป



ภาพที่ 5.25 ลำดับชั้นหินบริเวณเสาหินต้นที่ 2 ประกอบได้ด้วยหินทรายเนื้อหยาบถึงหยาบมาก มีเม็ดกรวดขนาดกรวดเล็กปน แสดงโครงสร้างชั้นเฉียงระดับและการเรียงชั้นของเม็ดตะกอนในแต่ละชุดชั้นเหตุการณ์ และมีการกัดเซาะบริเวณฐานของแต่ละชุดเหตุการณ์ ซึ่งแยกได้ทั้งสิ้น 4 ช่วงชุดเหตุการณ์ด้วยกัน



ภาพที่ 5.26 ชั้นหินบริเวณเสาหินต้นที่ 5 ประกอบได้ด้วยหินทรายเนื้อหยาบแทรกสลับกับเนื้อปานกลาง มีเม็ดกรวดขนาดกรวดเล็กปน แสดงโครงสร้างชั้นเฉียงระดับและการเรียงชั้นของเม็ดตะกอนในแต่ละชุดชั้นเหตุการณ์ และมีการกัดเซาะบริเวณฐานของแต่ละชุดเหตุการณ์ ซึ่งแยกได้ทั้งสิ้น 4 ช่วงชุดเหตุการณ์ด้วยกัน พบรูหรือโพรงที่เกิดจากการที่กระแสน้ำหรือลม กัดเซาะเม็ดตะกอนขนาดละเอียดหรือที่อยู่ในรูปของมวลก้อนกลมออกไป

ลักษณะของชุดลักษณะชั้นหินนี้เป็นชั้นหินทรายเนื้อตั้งแต่ปานกลางจนถึงหยาบมากมีเม็ดกรวดขนาดกรวดเล็ก (granule) ปะปนอยู่ ชั้นหินมีสีขาว ขาวเทา และสีเทาอมน้ำตาล เมื่อผู้ให้สีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม เม็ดตะกอนมีความกลมมนตั้งแต่กึ่งมนถึงเป็นเหลี่ยม มีการคัดขนาดดีถึงปานกลาง มีการเรียงตัวของเม็ดตะกอนโดยอนุภาคใหญ่อยู่ตอนล่างและอนุภาคเล็กอยู่ตอนบน (fining upward) ผิวหน้าชั้นหินปรากฏโพรง หรือรู ที่เกิดจากการสลายตัวไปของเม็ดตะกอนขนาดละเอียดกว่า จากการกัดเซาะของกระแสน้ำและกระแสนลม องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ ไมก้า เหล็กออกไซด์

แมกนีไทต์ เม็ดดินเหนียว และเม็ดหินทรายแบบมวลก้อนกลม โครงสร้างของชั้นหิน พบว่า มีชั้นเฉียงระดับแบบระนาบและแบบร่องยาว ขนาดตั้งแต่ปานกลาง ถึงใหญ่ โดยมีทิศทางและมุมเอียงเทส่วนใหญ่ไปทางด้านตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ และตอนบนของชั้นหินพบว่าชั้นหินมีการวางตัวแนวระนาบถึงชั้นเฉียงระดับแบบระนาบที่มีมุมต่ำ แต่ละชุดชั้นเหตุการณ์ และมีการกัดเซาะบริเวณฐาน ชั้นหินนี้มีความหนาประมาณ 5-12 เมตร

2. การแปลความหมายชุดลักษณะชั้นหิน

จากการศึกษาพบว่า ชุดลักษณะชั้นหินที่ 1 เป็นหินโคลนถึงทรายแป้งสีแดงอมม่วง มีโครงสร้างแบบรีวคลื่นตลอดชั้น บางบริเวณพบจุดสีเหลืองแทรกอยู่ประปราย บางบริเวณพบหินทรายเนื้อละเอียดดังกล่าวแทรกอยู่ในลักษณะของเลนส์ อาจสะสมตัวในสภาพแวดล้อมบริเวณหนอง บึง ที่ราบน้ำท่วมถึง หรืออาจสะสมตัวบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงใกล้คันดินธรรมชาติ สีแดงอมม่วงของตะกอนบ่งชี้ว่าสภาพภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง (Meesook, 2000) ซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังการสะสมตัวของตะกอน

ชุดลักษณะชั้นหินที่ 2 เป็นหินทรายปานกลางสีน้ำตาลเหลือง แสดงโครงสร้างชั้นเฉียงระดับแบบร่องลึก และแบบระนาบชั้นหนาและระนาบชั้นบาง (planar and tabular cross bedding) มีการเรียงชั้นของตะกอน หินทรายเนื้อหยาบที่วางตัวอยู่ตอนล่างสุดนั้นมีโครงสร้างแบบชั้นเฉียงระดับแบบระนาบทำมุมต่ำ และมีเม็ดก้อนกลมของหินโคลนแทรกในชั้น แสดงลักษณะของร่องรอยบนผิวล่างของชั้นหิน (sole mark) บริเวณฐาน ตอนบนมีชั้นหินทรายเนื้อละเอียดแสดงชั้นระนาบบางแทรกสลับลักษณะของตะกอนบ่งชี้ว่าเป็นตะกอนแม่น้ำโค้งตัว และอาจสะสมตัวได้ในสภาพแวดล้อมแบบสันดอนทราย และสันทราย อาจมีช่วงที่มีกระแสน้ำขึ้นในช่วงแรก การสะสมตัวเกิดขึ้นในช่วงที่กระแสน้ำลดพลังงานลง จากการเปลี่ยนทิศทางการไหล สีน้ำตาลเหลืองของตะกอนบ่งชี้สภาพภูมิอากาศไม่แห้งแล้งมากนัก

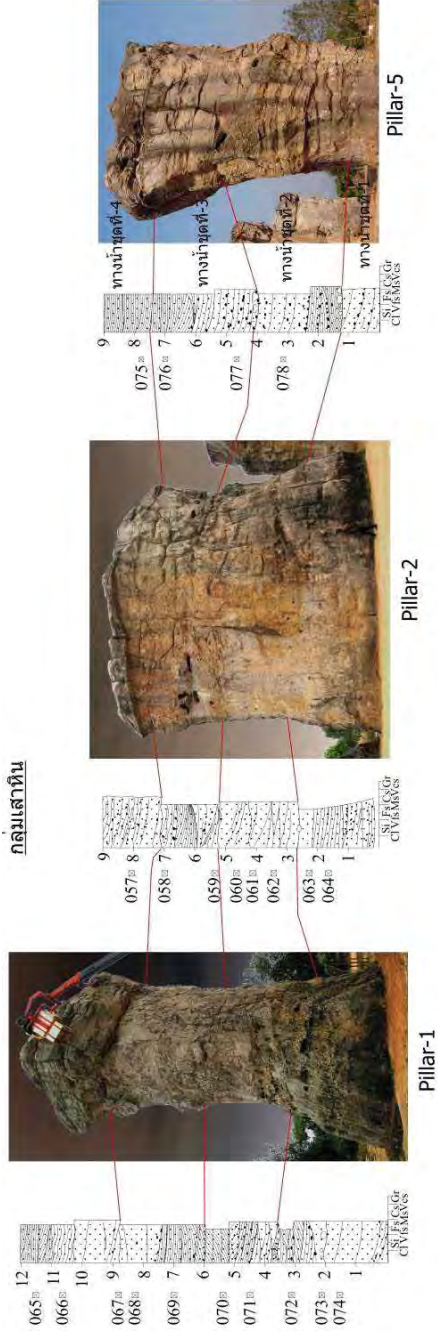
ชุดลักษณะชั้นหินที่ 3 เป็นชั้นหินทรายแป้งและทรายเนื้อละเอียดมาก สีน้ำตาลเหลืองอมเขียว แทรกสลับกัน ชั้นหินทรายแป้งแสดงโครงสร้างของรีวคลื่น ส่วนชั้นหินทรายเนื้อละเอียดมากวางตัวแบบชั้นบางแนวระนาบ ลักษณะเช่นนี้อาจสะสมตัวในสภาพแวดล้อมบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงหนอง บึง ชายขอบฝั่ง และสันดอนทรายของแม่น้ำ สีน้ำตาลเหลืองอมเขียว แสดงว่าสภาพภูมิอากาศมีความชุ่มชื้นมากขึ้น

ชุดลักษณะชั้นหินที่ 4 เป็นหินทรายเนื้อปานกลาง แสดงชั้นเฉียงระดับแนวระนาบทำมุมปานกลาง และวางชั้นแนวระนาบ สีน้ำตาลอมเขียวในตอนล่าง ส่วนตอนบนเป็นสีเหลือง (สีฝู) พบเม็ดกรวด และเม็ดก้อนกลมของหินดินเหนียว (clay clast) ปนอยู่ในตอนล่างของชั้น และพบเศษซากพืชสะสมตัวร่วมด้วย ตะกอนมีการสะสมตัวแบบมีการเรียงชั้น โดยในตอนล่างของชั้นนั้นพบชั้นเฉียงระดับแนวระนาบ (planar cross bedding) ที่ทำมุมต่ำปรากฏอยู่ ส่วนในตอนกลางมีชั้นหินที่สะสมตัวแนวระนาบแทรกอยู่ และตอนบนมีโครงสร้างแบบชั้นเฉียงระดับแนวระนาบปรากฏอีกครั้ง ลักษณะของตะกอนบ่งชี้ว่าเป็นตะกอนแม่น้ำโค้งตัว และอาจสะสมตัวได้ในสภาพแวดล้อมแบบสันดอนทราย และสันทราย อาจมีช่วงที่มีกระแสน้ำขึ้นในช่วงแรกซึ่งพัดพาเอาเศษดินเหนียวและซากพืชมาสะสมรวมกัน

การสะสมตัวเกิดขึ้นในช่วงที่กระแสน้ำลดพลังงานลง จากการเปลี่ยนทิศทางการไหล สีนํ้าตาลอมเขียวของตะกอนบ่งชี้สภาพภูมิอากาศค่อนข้างชุ่มชื้น

ชุดลักษณะชั้นหินที่ 5 เป็นชั้นหินทรายเนื้อปานกลางถึงหยาบสีขาว เทาขาว บางบริเวณพบว่ามีเม็ดกรวด เม็ดก้อนกลมของหินดินเหนียวและหินทราย แทรกอยู่ประปราย โดยเฉพาะชั้นล่างสุดสำหรับโครงสร้างตลอดชั้นหินนั้น พบว่า มีชั้นเฉียงระดับแบบระนาบชันหนาและระนาบชันบาง (planar and tabular cross bedding) (บางบริเวณพบชั้นเฉียงระดับแบบ hummocky ในชั้นนี้ด้วย) สลับกับชั้นเฉียงระดับแบบเป็นร่องยาว (trough cross bedding) และการสะสมตัวแนวระนาบ (horizontal bedding) โดยมีทิศทางและมุมเอียงเทส่วนใหญ่ไปทางด้านเหนือเป็นส่วนใหญ่ และชั้นตะกอนที่มีการสะสมตัวแนวระนาบ เม็ดตะกอนจะมีความละเอียดมากขึ้น ลักษณะของตะกอนบ่งชี้ว่าเป็นตะกอนแม่น้ำโค้งตัวขนาดใหญ่ มีทิศทางการไหลส่วนใหญ่ไปทางด้านทิศเหนือและเปลี่ยนไปด้านทิศตะวันออก ตะกอนสะสมตัวได้ในสภาพแวดล้อมแบบสันดอนทราย และสันทราย การสะสมตัวเกิดขึ้นในช่วงที่กระแสน้ำลดพลังงานลง จากการเปลี่ยนทิศทางการไหล บางช่วงเวลาอาจมีพายุใหญ่เกิดขึ้น ที่ทำให้เกิดชั้นเฉียงระดับแบบ hummocky ซึ่งโดยปกติจะพบในตะกอนชายหาดทะเล แต่ในที่นี้อาจเกิดขึ้นได้บริเวณสันทรายของแม่น้ำ สภาพภูมิอากาศค่อนข้างชุ่มชื้น

ชุดลักษณะชั้นหินที่ 6 ชั้นหินส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อปานกลางถึงหยาบมาก มีชั้นกรวดขนาดกรวดเล็กถึงกรวดกลาง วางตัวเป็นฐาน ชั้นตะกอนมีการเรียงตัวโดยอนุภาคใหญ่อยู่ตอนล่างและอนุภาคเล็กอยู่ตอนบน พบเม็ดก้อนกลมของหินดินเหนียว และหินทราย บริเวณตอนบนของชั้น หินกรวดที่อยู่ล่างสุด มีสีเทาอมนํ้าตาล ลักษณะเป็นกรวดเนื้อพื้นทราย ความกลมมนตั้งแต่กึ่งมนถึงกึ่งเหลี่ยม การคัดขนาดไม่ดี บริเวณฐานพบการกัดเซาะและร่องรอยบนผิวล่างของชั้นหิน (sole mark) ซึ่งลักษณะของร่องรอยบนผิวล่างของชั้นหินที่ปรากฏนั้น เกิดจากการที่วัตถุถูกพัดพามาโดยกระแสน้ำและเคลื่อนที่ผ่านไปบนผิวของตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวจนทำให้เกิดเป็นร่องหรือรอยประทับบนผิวชั้นโคลนก่อนที่จะถูกรักษาสภาพไว้ จากการแทนที่ของชั้นตะกอนที่ปิดทับอยู่ด้านบน และเมื่อตะกอนชั้นบนแข็งตัวกลายเป็นหิน จะรับเอาร่องรอยเหล่านั้นไว้ที่ผิวด้านล่างของชั้นนั่นเอง โดยทิศทางการวางตัวของร่องดังกล่าวบ่งบอกถึงกระแสน้ำที่พัดไปในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนกลางของชั้นพบชั้นหินดินเหนียวเนื้อเดียวสีขาว มีร่องรอยรากพืช และรูขนงไซ แทรกอยู่ในลักษณะของเลนส์ จากที่กล่าวข้างต้น ชุดลักษณะชั้นหินนี้อาจสะสมตัวในท้องแม่น้ำ และสันดอนทราย ของแม่น้ำโค้งตัว จากการพบมวลก้อนกลมของหินทราย และกรวด ในรูปของเหล็กออกไซด์บ่งชี้สภาพอากาศแบบแห้งชื้นสลับ (wet and dry) หรือสภาพอากาศแบบมรสุม

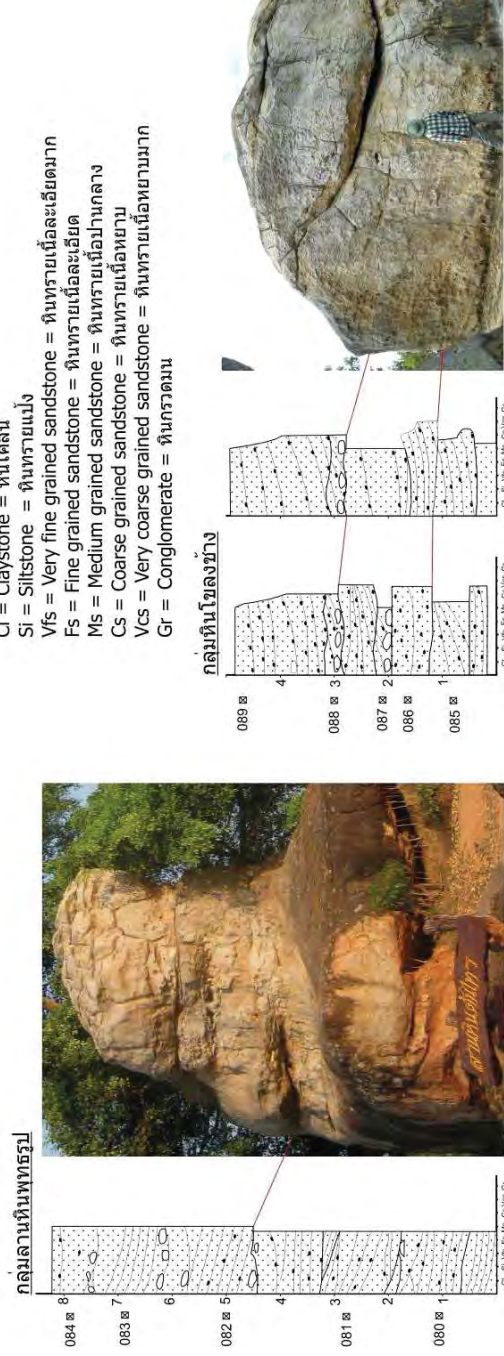


คำอธิบาย

หินทราย
หินปนกรวด
หินทรายละเอียด
หินทรายหยาบ

ช่องว่างหรือรูที่เกิดจากการหลุดหายไปของเม็ดตะกอน

CI = Claystone = หินโคลน
SI = Siltstone = หินทรายแป้ง
Vfs = Very fine grained sandstone = หินทรายเนื้อละเอียดมาก
Fs = Fine grained sandstone = หินทรายเนื้อละเอียด
Ms = Medium grained sandstone = หินทรายเนื้อปานกลาง
Cs = Coarse grained sandstone = หินทรายเนื้อหยาบ
Vcs = Very coarse grained sandstone = หินทรายเนื้อหยาบมาก
Gr = Conglomerate = หินกรวดมน



ภาพที่ 5.27 การเทียบลำดับชั้นหินของมอหินขาวใน 3 บริเวณ คือ กลุ่มหินลานพุทธรูป และกลุ่มหินโขลงช้าง

ชุดลักษณะชั้นหินที่ 7 เป็นชั้นหินทรายเนื้อตั้งแต่ปานกลางจนถึงหยาบมากมีเม็ดกรวด ขนาดกรวดเล็กปะปนอยู่ ชั้นหินมีสีขาว ขาวเทา เม็ดตะกอนมีความกลมมนตั้งแต่กึ่งมนถึงเป็นเหลี่ยม มีการคัดขนาดดีถึงปานกลาง มีการเรียงตัวของเม็ดตะกอนโดยอนุภาคใหญ่อยู่ตอนล่างและอนุภาคเล็กอยู่ ตอนบน ผิวหน้าชั้นหินปรากฏโพรง หรือรู ที่เกิดจากการสลายตัวไปของเม็ดตะกอนขนาดละเอียดกว่า จากการกัดเซาะของกระแสน้ำและกระแสนลม พบเม็ดก้อนกลมของหินดินเหนียวและหินทราย โครงสร้างของชั้นหิน พบว่า มีชั้นเฉียงระดับแบบระนาบและแบบร่องยาว ขนาดตั้งแต่ปานกลาง ถึงใหญ่ โดยมีทิศทางและมุมเอียงเทส่วนใหญ่ไปทางด้านตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะเช่นนี้อาจ สะสมตัวในสภาพแวดล้อมบริเวณท้องแม่น้ำ สันดอนทราย และสันทราย ของแม่น้ำโค้งตัวขนาดใหญ่ ในสภาพภูมิอากาศแบบแห้งชื้นสลับ (wet and dry) หรือแบบมรสุม

3. การแปลความหมายบริเวณเสาหิน 5 แห่ง

ลักษณะการเรียงตัวและการคงสภาพของชั้นหินบริเวณเสาหิน 5 แห่ง พบว่าชั้นมีการเรียง ชั้นใหญ่ ๆ จำนวน 4 ชั้น โดยชั้นที่ 1 อยู่ตอนล่างสุด เป็นชั้นที่มีการเชื่อมประสานค่อนข้างดีในตอนล่าง และตอนบนการเชื่อมประสานน้อยกว่า ทำให้ตอนล่างมีความคงทนมากกว่าตอนบนของชั้น ลักษณะ ของตะกอนเป็นตะกอนทรายหยาบ และค่อย ๆ เรียงชั้นขึ้นไปด้านบนเป็นตะกอนทรายปานกลาง พบ ชั้นเฉียงระดับขนาดปานกลางถึงใหญ่แทรกทั่วทั้งชั้น

ชั้นที่ 2 เป็นชั้นตะกอนขนาดทรายหยาบ มีกรวดเล็กปนบ้างประปราย มีชั้นเฉียงระดับ ขนาดปานกลางถึงใหญ่แทรกทั่วทั้งชั้น การเชื่อมประสานค่อนข้างดี

ชั้นที่ 3 ลักษณะของเม็ดตะกอนจะละเอียดกว่าตอนบน คือ มีขนาดทรายปานกลางถึง หยาบ มีกรวดเล็กปนบ้างประปรายโดยมีมากบริเวณตอนล่างของชั้น มีชั้นเฉียงระดับขนาดปานกลาง แทรกทั่วทั้งชั้น มีการเรียงชั้นตะกอน คือ เม็ดใหญ่อยู่ด้านล่างเม็ดละเอียดกว่าอยู่ด้านบน การเชื่อม ประสานปานกลาง

ชั้นที่ 4 เป็นชั้นที่มีความทนทานต่อการผุกร่อนสูงสุดปิดทับอยู่ตอนบนสุด ส่วนใหญ่เป็น ตะกอนขนาดทรายหยาบถึงทรายหยาบมาก มีเม็ดกรวดเล็กปนทั่วทั้งชั้น การเชื่อมประสานดี มีชั้นเฉียง ระดับขนาดปานกลางถึงใหญ่แทรกในชั้น

จากการศึกษาลำดับชั้นหินโดยละเอียด ทำให้สามารถแบ่งชั้นหินของเสาหินทั้ง 5 แห่ง ออกได้เป็น 4 ชุดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง (sequence) โดยแยกจากลักษณะการกัดเซาะบริเวณฐาน ของแต่ละชุดเหตุการณ์

จากทั้ง 4 ชุดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่องนี้ ทำให้สามารถแปลความหมาย สภาพแวดล้อมการสะสมตัวของชั้นตะกอนบริเวณกลุ่มเสาหิน คือ เป็นตะกอนแม่น้ำโค้งตัว โดยมีทาง น้ำไหลตัวไปมาบริเวณนี้ทั้งหมด 4 ครั้งแบบต่อเนื่อง โดยเป็นการสะสมตัวบริเวณท้องน้ำ (ที่มีการกัด เซาะบริเวณฐาน) และค่อย ๆ เปลี่ยนทิศทางการไหล และลดระดับพลังงานการพัดพาจนทำให้ช่วง บนของแต่ละชั้นเป็นการตกสะสมตัวบริเวณสันทราย หรือสันดอนทราย

4. การจัดจำแนกกลุ่มชั้นหิน

จากการศึกษาลำดับชั้นหินบริเวณมอหินขาว ตั้งแต่ยอดเขาลงไปตามหน้าผาชั้นจนถึงจุดที่ต่ำสุดที่สามารถเก็บข้อมูลได้ พบว่า สามารถจำแนกชุดลักษณะชั้นหินออกได้เป็น 7 ชุดลักษณะ จากที่กล่าวข้างต้น และจาก 7 ชุดลักษณะนี้ สามารถจัดจำแนกกลุ่มชั้นหินได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มชั้นหินที่ 1 ประกอบไปด้วยชุดลักษณะชั้นหินที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นหินเนื้อละเอียดสีแดงอมม่วง มีความหนาทั้งสิ้น 72.7 เมตร และกลุ่มชั้นหินที่ 2 ประกอบไปด้วย ชุดลักษณะชั้นหินที่ 2 ถึง 7 ส่วนใหญ่เป็นหินเนื้อปานกลางถึงหยาบ มีความหนาทั้งสิ้นประมาณ 150 เมตร

หากพิจารณาการลักษณะชั้นหินของกลุ่มหินโคราชที่ Ward and Bunnag (1964) ได้อธิบายไว้ พบว่า ชั้นหินบริเวณมอหินขาวในกลุ่มชั้นหินที่ 1 มีลักษณะใกล้เคียงกับหมวดหินภูกระดึง ที่ประกอบไปด้วย หินทรายแป้ง และหินดินเหนียว สีแดงอมม่วง หินทราย และหินกรวดมน ตอนบนพบเม็ดก้อนกลมแคลกริต คาลิเซ่ และซิลกริต และสะสมตัวบริเวณแม่น้ำโขงตัวต ในสภาพภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง (Meesook, 2000) ส่วนกลุ่มชั้นหินที่ 2 มีลักษณะใกล้เคียงกับหมวดหินพระวิหาร ที่ประกอบไปด้วย หินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง ที่มีปริมาณแร่ควอตซ์จำนวนมาก บางส่วนเป็นหินทรายอาร์โคส สีขาว ขาวเทา ขาวเหลือง เทา เทาเขียว น้ำตาล และบางบริเวณก็มีสีน้ำตาลแดง และสีแดง ตะกอนมีการคัดขนาดดี นอกจากนั้นยังพบว่ามีชั้นหินกรวดมน สีเทา เทาเขียว และหินดินเหนียวจนถึงทรายแป้งสีแดง แทรกอยู่ด้วย หมวดหินนี้มีการสะสมตัวทั้งในแม่น้ำประธานสายและแม่น้ำโขงตัวต ในสภาพภูมิอากาศค่อนข้างชุ่มชื้น (Meesook, 2000)

ผลการศึกษาตะกอนวิทยาและลำดับชั้นหินบริเวณแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์บ้านโนนตูม

1. การอธิบายลักษณะชั้นหิน

จากการศึกษาลักษณะหินตะกอนบริเวณแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์ บ้านโนนตูม ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง พบว่าชั้นล่างสุดเป็นหินโคลนปนปูน สีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล (maroon) ในสภาพคาลิเซ่ (caliche) คือ มีเม็ดปูนแบบไขปลา และร่องรอยของสิ่งมีชีวิต การวิเคราะห์แร่องค์ประกอบทั้งในภาคสนามและด้วยเทคนิค XRD พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย แร่ควอตซ์ แคลไซต์ โดโลไมต์ คลอไรต์ และมัสโคไวต์ (muscovite)

ถัดขึ้นมาเป็นชั้นรอยเท้าไดโนเสาร์ ซึ่งเป็นหินทรายเนื้อละเอียดมากปนปูน สีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล มีความต้านทานปานกลางถึงสูง หนา 20 เซนติเมตร พบร่องรอยบริเวณตอนล่างของชั้นชั้นนี้มีร่องรอยของสิ่งมีชีวิต คือ รอยเท้าไดโนเสาร์ และเศษซากกระดูกของสัตว์มีกระดูกสันหลัง การวิเคราะห์แร่องค์ประกอบทั้งในภาคสนามและด้วยเทคนิค XRD พบว่าส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย แร่ควอตซ์ แอลไบต์ แคลไซต์ และไมก้า (muscovite)

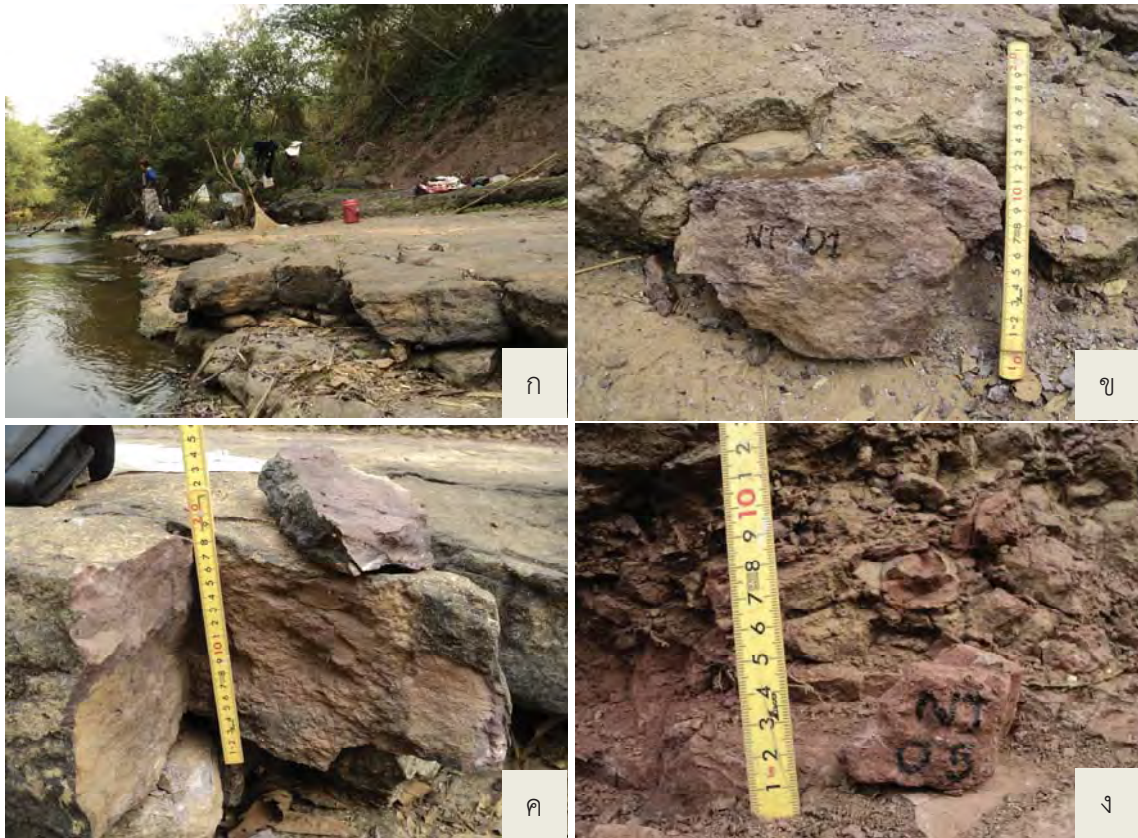
ชั้นรอยเท้าไดโนเสาร์นั้นถูกปิดทับด้วยชั้นหินทรายเนื้อละเอียดมากปนปูน สีแดงอมม่วง มีความต้านทานต่อการผุพังปานกลาง หนา 40 เซนติเมตร เมื่อผุพังจะแตกเป็นก้อนกลม (spheroidal fracture) พบร่องรอยของรากพืช และมีโครงสร้างแบบริ้วคลื่นในตอนล่างของชั้น การวิเคราะห์แร่ องค์ประกอบทั้งในภาคสนามและด้วยเทคนิค XRD พบว่าส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย แร่ควอตซ์ แอลไบต์ แคลไซต์ และมัสโคไวต์ (muscovite)

ถัดจากชั้นหินทรายเนื้อละเอียดปนปูน คือ ชั้นหินทรายแป้งปนปูน สีแดงอมม่วง หนา 2 เมตร มีเม็ดปูนแทรกประปราย มีความต้านทานต่อการผุพังต่ำ ซึ่งเมื่อผุพังจะแตกเป็นก้อนกลม และตามรอยแตกของชั้นหินบางบริเวณพบว่ามีคาร์บอนเนตแทรกอยู่เป็นแผ่นบาง นอกจากนั้นยังพบ โครงสร้างชั้นหินแบบจุดประ (mottled structure) ซึ่งเป็นจุดประสีเทาจากแทรกอยู่ทั่วชั้น และร่องรอยของรากพืชประปราย ตอนกลางชั้นพบหินเนื้อละเอียดกว่าแทรกเป็นชั้นบาง

ชั้นหินทรายแป้งปนปูน สีแดงอมม่วง ถูกปิดทับด้วยชั้นหินทรายเนื้อละเอียดมากสีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาลและสีม่วงแดง ปนปูน หนา 30 เซนติเมตร แสดงโครงสร้างชั้นเฉียงระดับ มีมวลก้อนกลมของคาร์บอนเนตแทรกอยู่ประปราย ชั้นหินนี้วางตัวปิดทับชั้นหินตอนล่างโดยมีรอยต่อไม่ราบเรียบ (irregular contact) องค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ แร่ควอตซ์ แคลไซต์ และไมก้า

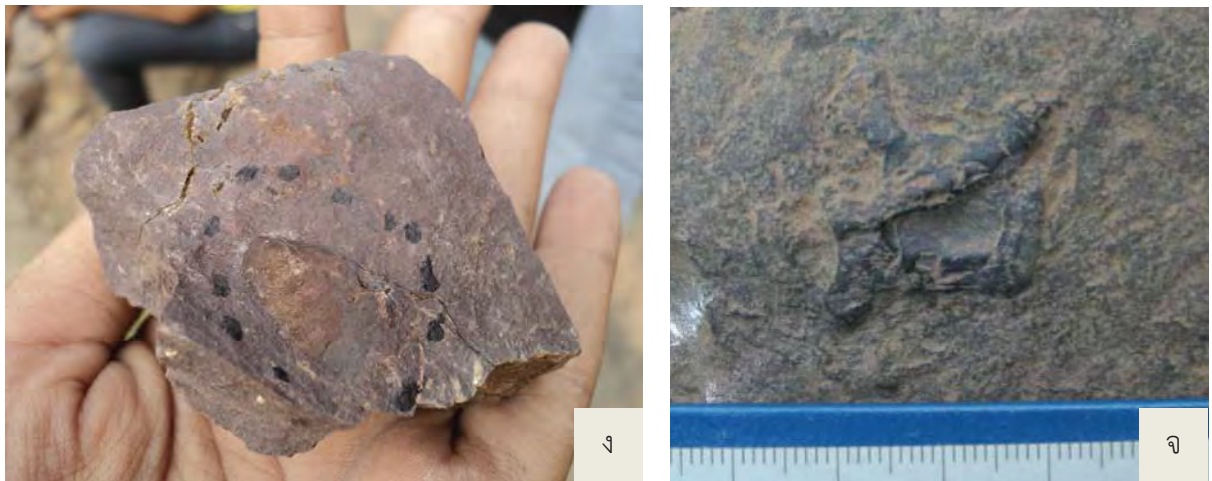
ถัดขึ้นไปเป็นชั้นหินทรายแป้งสีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล และสีแดงอ่อน ปนปูน หนา 1 เมตร มีความต้านทานต่ำ โดยตอนล่างมีโครงสร้างแบบริ้วคลื่น แต่ตอนบนที่มีเนื้อละเอียดกว่านั้นไม่พบ ริ้วคลื่น พบจุดประ และมีมวลก้อนกลมคาร์บอนเนตกระจายทั่วชั้น โดยมวลก้อนกลมจะหนาแน่นในตอนบนของชั้น นอกจากนั้นยังพบร่องรอยของรากพืช ร่องรอยคล้ายใบพืช และร่องรอยของหอยสองฝา ซึ่งหนาแน่นในตอนบนของชั้นเช่นกัน

ตอนบนสุดของชั้นหินบริเวณนี้ เป็นชั้นหินทรายเนื้อละเอียดมากสีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล ถึงแดงเข้ม (ดำแดง) ปนปูน หนา 1 เมตร พบโครงสร้างจุดประทั่วชั้น และมีมวลก้อนกลมของคาร์บอนเนตแทรกอยู่ทั่วไป แต่ไม่หนาแน่น นอกจากนั้นยังพบร่องรอยของรากพืช รูขอนไข และหอยสองฝาจำนวนมาก ชั้นหินดังกล่าวมีความต้านทานต่อการผุพังค่อนข้างสูง วางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เอียงตัวไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

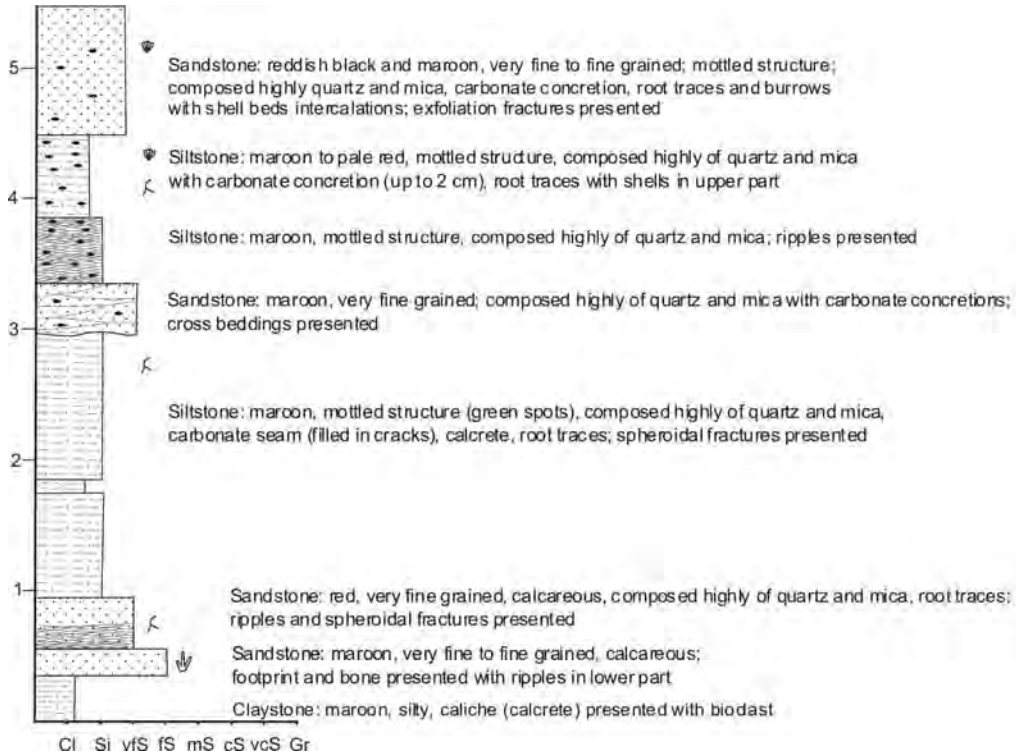


ภาพที่ 5.28 ลักษณะชั้นหินบริเวณแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์บ้านโนนตูม ส่วนใหญ่เป็นชั้นหินเนื้อละเอียด สีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล (ก) แสดงภาพรวมของพื้นที่ (ข) ลักษณะชั้นหินโคลนปนปูน สีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล ที่อยู่ล่างสุดของพื้นที่ (ค) ชั้นหินที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์ เป็นหินทรายเนื้อละเอียดมากปนปูน สีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล มีความต้านทานปานกลางถึงสูง และ (ง) ชั้นหินบริเวณตอนกลางเหนือจากชั้นรอยเท้าประมาณ 1.5 เมตร เป็นหินทรายแป้งปนปูน สีแดงอมม่วง





ภาพที่ 5.29 ลักษณะชั้นหินบริเวณแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์บ้านโนนตูม (ก) ชั้นหินทรายแป้งปนปูน สีแดงอมม่วง (ข) ชั้นหินทรายแป้งสีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล และสีแดงอ่อน ปนปูน เป็นชั้นที่พบร่องรอยของรากพืช ร่องรอยคล้ายใบพืช และร่องรอยของหอยสองฝา (ค) ชั้นหินตอนบนสุดของพื้นที่ ซึ่งเป็นหินทราย เนื้อละเอียดมากสีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล ถึงแดงเข้ม (ดำแดง) ปนปูน และเป็นชั้นที่พบร่องรอยของรากพืช รูขออนไช และหอยสองฝาจำนวนมาก (ง) ร่องรอยของหอยสองฝาที่พบ และ (จ) เศษซากกระดูกที่พบในเดียวกันกับชั้นที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์



ภาพที่ 5.30 แสดงลำดับชั้นหินบริเวณแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์บ้านโนนตูม

2. การแปลความหมาย

จากการศึกษาตะกอนวิทยาของชั้นหินตะกอนบริเวณแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์บ้านโนนตูมนั้น พบว่า ส่วนใหญ่เป็นตะกอนละเอียด โดยตอนล่างสุดอาจตกสะสมตัวบริเวณที่เป็นหนอง บึง ส่วนบริเวณที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์ตะกอนอาจสะสมตัวบริเวณชายฝั่ง และปิดทับด้วยตะกอนแม่น้ำบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ส่วนตอนบนตั้งแต่ชั้นที่ 3 เมตรขึ้นไปนั้น ชั้นตะกอนอาจสะสมตัวโดยอิทธิพลของทางน้ำที่มีกระแสน้ำค่อนข้างนิ่ง สีของตะกอนส่วนใหญ่เป็นสีแดงอมม่วงเข้มปนน้ำตาล บ่งชี้สภาพภูมิอากาศเป็นแบบกึ่งแห้งแล้ง

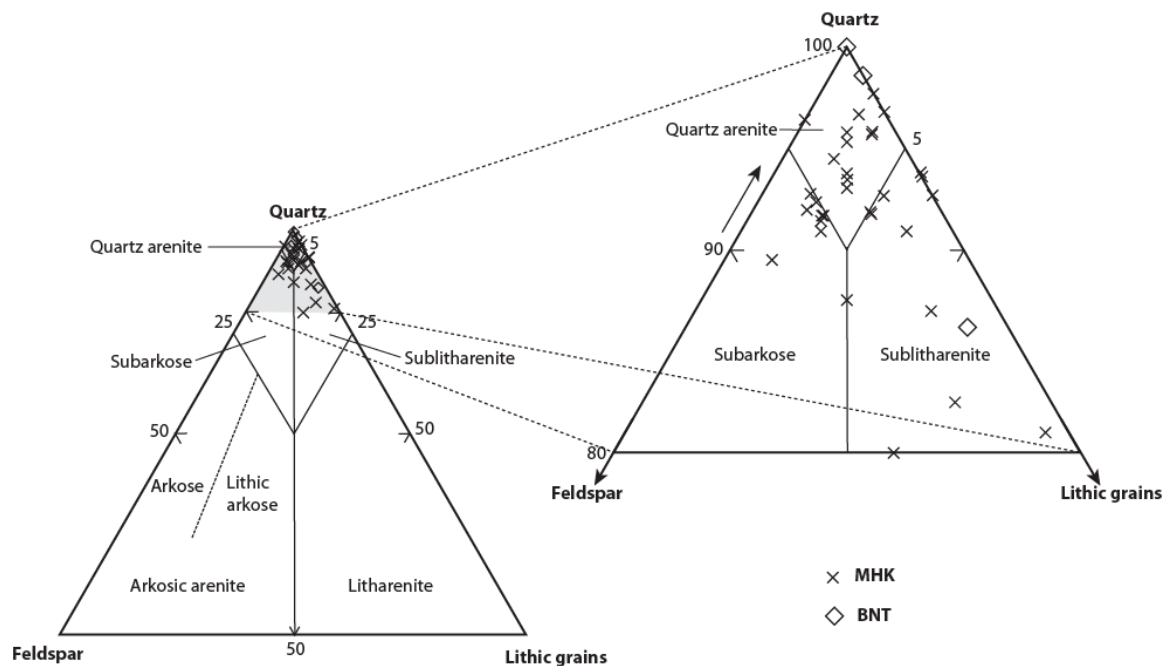
ผลการศึกษาแร่วิทยา

1. ศิลาบรรณา

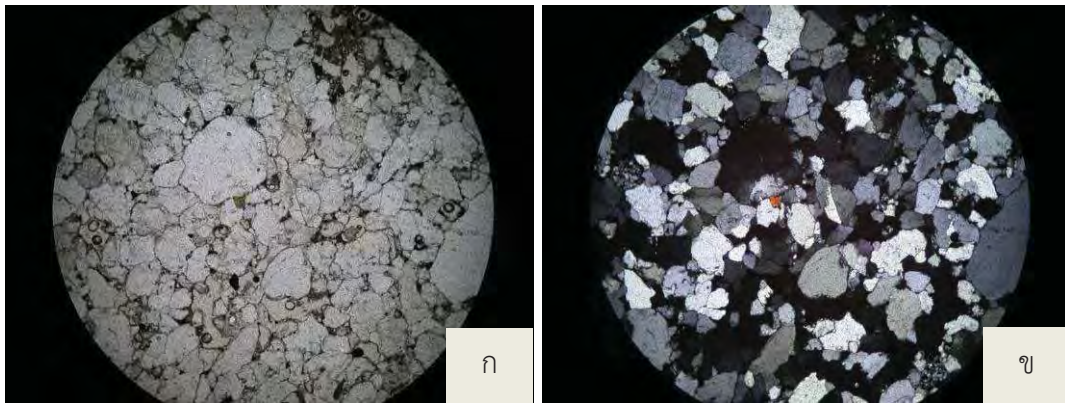
ผลการวิเคราะห์แผ่นหินบางจำนวน 41 ตัวอย่าง (ภาคผนวกที่ 17) พบว่า ตัวอย่างหินบนมอหินขาวส่วนบนโดยเฉพาะที่เป็นที่ตั้งของแท่งหินต่าง ๆ หรือบริเวณจุดที่นักท่องเที่ยวเข้ามาชม ซึ่งถูกจัดอยู่ในหมวดหินพระวิหารนั้น มีเนื้อเป็นหินทรายสีขาวยกชนิด Quartz arenite, Subarkose และ Sublitharenite (ภาพที่ 5.31) กล่าวคือ เป็นหินที่มีเนื้อประกอบไปด้วยแร่หลักคือ แร่ควอตซ์เป็นส่วนใหญ่ บางตัวอย่างมีแร่ควอตซ์สูงถึง 90% รองลงไปเป็นแร่เฟลด์สปาร์ (Alkali feldspar) และเศษหิน (Lithic grains) อย่างละ 3-5% แร่เฟลด์สปาร์ (Alkali feldspar) มักจะผุและเปลี่ยนเป็นแร่ดินหรือไมก้า เศษหินส่วนใหญ่เป็นหินเชิร์ตที่มีองค์ประกอบเป็นกลุ่มผลึกแร่ควอตซ์ขนาดเล็กละเอียด (Microquartz $\phi < 500$ ไมครอน) (ภาพที่ 5.32) ขนาดของเม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็นเม็ดทรายขนาดปานกลาง (Medium sand, 0.25-0.50 มม.) แร่ไมก้าที่พบส่วนใหญ่เป็นชนิดมัสโคไวต์ พบไปโอไทต์บ้างประมาณ 1-3% แร่รองอื่นๆ (พบ $< 1\%$) ที่พบเสมอได้ เช่น ฮอร์นเบลนด์ (Hornblende) เซอร์คอน หรือ เพทาย (Zircon) และแร่ทึบแสงสีดำซึ่งน่าจะเป็นชนิดแมกนีไทต์ (Magnetite) ส่วนสารเชื่อมประสาน (Cement material) ส่วนใหญ่เป็นแร่ในกลุ่มแร่ดิน (Clay minerals) ซึ่งน่าจะเป็นชนิดอิลไลต์ (Illite) หรือ เคโอลิไนต์ (Kaolinite) (เทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD ที่แสดงในหัวข้อถัดไปซึ่งพบว่าส่วนใหญ่เป็นอิลไลต์ และพบเคโอลิไนต์บ้าง) นอกจากนั้นสารเชื่อมยังเป็นเหล็กออกไซด์ (Fe-oxide) ซึ่งน่าจะเป็นแร่ฮีมาไทต์ (Hematite) แร่ควอตซ์ซึ่งเป็นแร่หลักในตัวอย่าง เป็นเม็ดเดี่ยว (Monocrystalline) ถูกพัฒนามาสะสมตัวกัน แร่เฟลด์สปาร์ที่พบส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่ดินหรืออาจเป็นพวกแร่ไมกาทุติยภูมิชนิดเซอร์ไซต์ (Sericite) ซึ่งเป็นวาไรตี้ของแร่มัสโคไวต์ ที่มีผลึกขนาดเล็กมากไม่สามารถแยกได้ง่ายด้วยวิธีทางศิลบรรณา

อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลทางศิลบรรณาทำให้ทราบว่าหินทรายบริเวณมอหินขาวส่วนใหญ่เป็นชนิด Quartz arenite นั้น ในข้อเท็จจริงพบว่า Quartz arenite ควรมีปริมาณ SiO_2 โดยเฉลี่ย สูงถึง 95 wt% (Tucker, 2001: 51) แต่เมื่อพิจารณาประกอบกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีของการศึกษาครั้งนี้ (ตาราง 5.2) แล้ว พบว่าในตัวอย่างหินของมอหินขาวมีค่าเฉลี่ยของ SiO_2 อยู่ประมาณ 87 wt% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า แต่ก็สูงกว่าค่าเฉลี่ยของหินอาร์โคส (Arkose; $\text{SiO}_2 = 77.1 \text{ wt\%}$) (Tucker,

2001) อีกประการหนึ่งเม็ดแร่ควอตซ์ในตัวอย่างหินจากมอหินขาว ก็ไม่แสดงการเจริญเติบโตของแร่ควอตซ์ที่เกิดภายหลัง ตกผลึกหุ้มอยู่ภายนอก (Overgrowth) ของเม็ดแร่ควอตซ์เดิมซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ Quartz arenite แต่ประการใด จึงกล่าวได้ว่าการประเมินด้วยสายตาจากแผ่นหินบางทางศิลารรณามีส่วนทำให้การประเมินเปอร์เซ็นต์ของแร่ควอตซ์-เฟลด์สปาร์-เศษหิน ในปริมาณที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ โดยเฉพาะแร่เฟลด์สปาร์ในหินทรายจำแนกได้ยากภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ส่วนใหญ่จะดูคล้ายกับแร่ควอตซ์มาก จึงอาจทำให้การประเมินเปอร์เซ็นต์แร่เฟลด์สปาร์ต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimation) ซึ่งในการศึกษาที่ละเอียดยิ่งขึ้นนั้นควรมีการย้อมสีแร่เฟลด์สปาร์เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างและจำแนกได้ชัดขึ้น และจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้มาก ดังนั้นตัวอย่างหินส่วนใหญ่จึงน่าจะเป็น Subarkose และ Sublitharenite แต่ก็มี Quartz arenite บ้างสำหรับบางตัวอย่าง

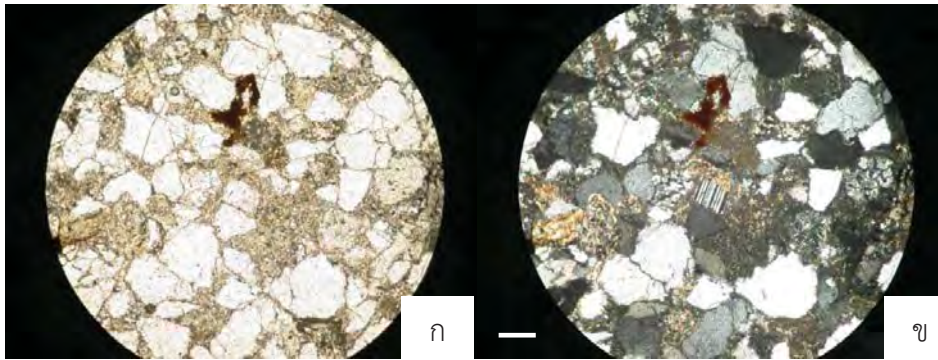


ภาพที่ 5.31 การพลอตแร่ควอตซ์ (Quartz) – เฟลด์สปาร์ (Feldspar) – เศษหิน (Lithic grains) จากการประมาณ % ขององค์ประกอบทั้งสาม โดยวิธีศิลารรณา พบว่าตัวอย่างหินส่วนใหญ่ จัดอยู่ใน Quartz arenite สูงที่สุด รองลงไปคือ Sublitharenite และ Subarkose ตามลำดับ ไตอะแกรมการจำแนกได้จาก Pettijohn *et al.*, (1987) (MHK = Mo Hin Khao; BNT = Ban Non Tum)



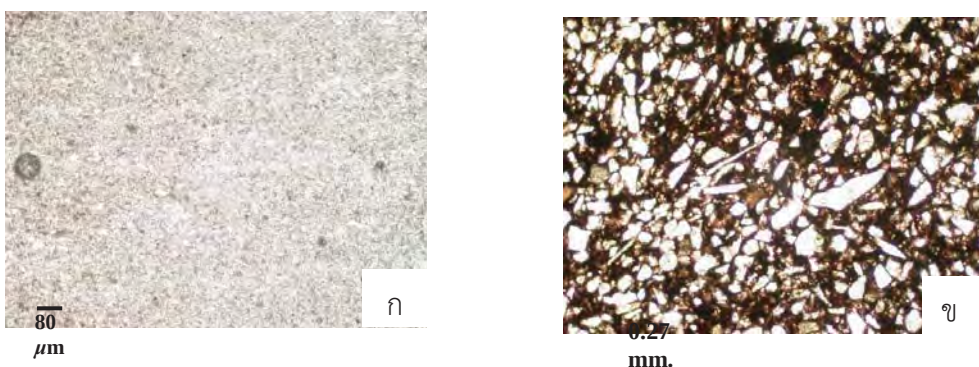
ภาพที่ 5.32 ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ของตัวอย่างหิน MHK-058 (แท่งเสาหิน หมายเลข 2) (ก) แสดงเม็ดแร่ควอตซ์ สีไม่มีสี ซึ่งกระจายอยู่บริเวณส่วนใหญ่ของภาพ เศษหิน (Lithic grains) ซึ่งเป็นหินเชิร์ต (Chert) พบบริเวณกลางซ้ายและล่างขวาของภาพ ในเนื้อประกอบด้วยผลึกควอตซ์ขนาดเล็กๆ (Microquartz) อยู่รวมกัน ส่วนตรงกลางภาพมีแร่ฮอร์เนเบลนด์เป็นผลึกขนาดเล็กสีเขียวปนน้ำตาล ภาพ (ข) เป็นภาพภายใต้แสงแบบ Cross-polars (แท่งสเกลใต้ภาพยาว 0.25 มม.)

ตัวอย่างหินในชั้นหินที่อยู่วางตัวอยู่ด้านล่างตั้งแต่ขอบบนสุดของหน้าผา (ผาหัวนาค) ลงไปจนถึงเชิงเขาด้านล่างทางตะวันตกของพื้นที่มอหินขาว หรือในส่วนของหน้าผา พบว่าขนาดของตะกอนมีแนวโน้มลดลง พบหินทรายสีขาว มีหินทรายสีเขียวแทรกบางบริเวณ บางชั้นเป็นหินทรายแป้ง (Siltstone) (ซึ่งมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.004-0.063 มม.) สีแดง หรือม่วงแดง พบว่าด้านบนหายากกว่าส่วนล่างที่เป็นหน้าผาลงไปจนถึงเชิงเขาด้านตะวันตกซึ่งมีเนื้อหินที่ค่อนข้างละเอียดกว่าซึ่งน่าจะอยู่ในหมวดหินภูกระดึง (แต่แนวต่อระหว่างหมวดหินพระวิหารกับหมวดหินภูกระดึงในบริเวณนี้ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน) ส่วนองค์ประกอบที่เป็นแร่หลัก คล้ายคลึงกับส่วนด้านบนของมอหินขาว ยกเว้นบริเวณที่วางตัวอยู่ด้านล่างนี้มักพบแร่พลาจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (Plagioclase feldspar) (ภาพที่ 5.33) ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีหามุมเอกทิงชันของการแผ่ซ้อนขนานในผลึกแร่พบว่าองค์ประกอบเป็นชนิด แอลไบต์ (Albite) หรือแอนดีซีน (Andesine) แต่เมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วย XRD (ในหัวข้อถัดไป) พบว่าส่วนใหญ่เป็นแร่ แอลไบต์ (Albite)



ภาพที่ 5.33 ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ของตัวอย่างหิน MHK-020 เก็บจากจุดลงหน้าผาใกล้ผาหัวนา (ก) แสดงเม็ดแร่ควอตซ์ใสไม่มีสี แสดงเหลี่ยมมุมแบบ Sub-angular มีการคัดขนาดดีมาก (Very well sorted) มีสารเชื่อมเป็นพวกแร่ดินเหนียวและไมกาชนิดเซอร์ไรต์ (Sericite) มองเห็นเป็นสีน้ำตาลขุ่น และมีเหล็กออกไซด์สีแดงตรงกลางด้านบนของภาพ (ข) เป็นภาพภายใต้แสงแบบ Cross-polars แสดงผลึกแร่พลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์ที่มี Polysynthetic twin อยู่ตรงกลางภาพ (แท่งสเกลใต้ภาพยาว 0.19 มม.)

สำหรับตัวอย่างหินบริเวณบ้านโนนตูม อ.หนองบัวแดง ซึ่งถูกจัดอยู่ในหมวดหินน้ำพอง เป็นหินในที่วางตัวอย่างหรือมีอายุมากกว่าหมวดหินภูกระดึงและหมวดหินพระวิหารที่โผล่บริเวณมอหินขาว หินบริเวณบ้านโนนตูมนี้พบรอยเท้าไดโนเสาร์ มีลักษณะเป็นชั้นของ หินโคลน (ขนาดอนุภาคละเอียดมาก หรือต่ำกว่า 0.004 มม.) หินทรายแป้ง และ หินทรายเนื้อละเอียดสีแดง (ภาพที่ 5.34) ในตะกอนยังพบร่องรอยของเศษซากดึกดำบรรพ์พวกที่ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก ซึ่งเรียกว่าไบโอคลาส (Bioclast) อยู่ในเนื้อหินโคลน ตะกอนส่วนใหญ่มีส่วนประกอบเป็นแร่ควอตซ์ และมีสารเชื่อมเป็นแร่แคลไซต์ (Calcite) และโดโลไมต์ (Dolomite) (ข้อมูลจากผลการวิเคราะห์โดย XRD)



ภาพที่ 5.34 ภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ของตัวอย่างหินบริเวณที่พบรอยเท้าไดโนเสาร์ บ้านโนนตูม อ.หนองบัวแดง จ.ชัยภูมิ (ก) ตัวอย่าง BNT-001 เป็นหินโคลน (Clay stone) ที่แสดงเนื้อละเอียดมาก ประกอบไปด้วยอนุภาคของแร่ดินปนปูนเป็นส่วนใหญ่ (ข) ตัวอย่าง BNT-002 เป็นหินทรายเนื้อละเอียดสีแดงและมีปูนปน (Fine grained calcareous sandstone) แสดงเม็ดแร่มีการเรียงตัวบ่งบอกถึงการไหลของกระแสน้ำ แร่ควอตซ์ใสไม่มีสี มีสารสีน้ำตาลแดง (เหล็กออกไซด์) เป็นสารเชื่อมส่วนแร่ไม่ก้ำมองเห็นเป็นแท่งเล็กและยาวสองแท่งตามแนวทแยงด้านซ้ายของภาพ

2. การวิเคราะห์ทางธรณีเคมี

2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธี X-ray diffraction (XRD)

ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกตัวอย่างมีแร่ควอตซ์ ไมกา และอิลไลต์ (แร่ดินขาวชนิดหนึ่ง) ประกอบอยู่ รองลงไปเป็นแร่แอลไบต์ ซึ่งพบในตัวอย่างส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังพบแร่ แคลไซต์ โดโลไมต์ เคโอลิไนต์ และคลอไรต์ ในบางตัวอย่าง (ภาพ Diffractogram แสดงไว้ในภาคผนวก XRD)

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหินด้วยเครื่อง X-ray diffractometer

ตัวอย่าง/แร่	Quartz	Albite	Calcite	Dolomite	Kaolinite	Chlorite	Mica*
BNT-001	√	-	√	√	-	√	√
BNT-002	√	√	√	-	-	-	√
BNT-003	√	√	√	-	-	-	√
MHK-001	√	-	-	-	-	√	√
MHK-008	√	-	-	-	√	-	√
MHK-016	√	√	-	-	√	-	√
MHK-026	√	√	-	-	-	-	√
MHK-027	√	√	-	-	-	-	√
MHK-029	√	√	-	-	-	-	√
MHK-031	√	√	-	-	-	-	√
MHK-034	√	√	-	-	-	-	√
MHK-039	√	√	-	-	-	-	√
MHK-042	√	√	-	-	√	-	√
MHK-022	√	√	-	-	√	-	√

* Mica is for muscovite and illite

2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธี X-ray Fluorescence (XRF)

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจากทุกแหล่งด้วยเครื่อง XRF ถูกนำมาหักค่า Loss on ignition (LOI) ออกก่อน แล้วจึงคำนวณปรับให้เป็น 100% เฉพาะข้อมูลของตัวอย่างบ้านโนนตูม ต.วังชมภู อ.หนองบัวแดง จ.ชัยภูมิ ถูกหักค่าของ CaO ออกก่อนด้วย เนื่องจาก สารประกอบดังกล่าว ส่วนหนึ่งมาจากสิ่งมีชีวิต (Biogenic source) ไม่ได้เกิดจากการพัฒนามาสะสมโดยตรง ซึ่งสังเกตเห็นได้จากข้อมูลภาคสนาม และศิลาบรรณ ผลการปรับข้อมูลเพื่อนำมาแปลความแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 โดยทั่วไปแล้วหินตัวอย่างประกอบไปด้วยปริมาณ SiO₂ สูง บางตัวอย่างมีมากถึง 97 wt% (เช่นในตัวอย่าง MHK-074) รองลงไปได้แก่ Al₂O₃ สูงสุดถึงประมาณ 17.45 wt% ซึ่งพบในตัวอย่างหินโคลนจากบ้านโนนตูม (BNT-001) อันประกอบด้วยแร่ดินในปริมาณที่สูงดังจะเห็นได้จากปริมาณ K₂O ก็สูง

ตามด้วย ในตัวอย่างเดียวกันนี้ องค์ประกอบที่มีมากอีกชนิดหนึ่งคือ Fe_2O_3 ซึ่งส่วนใหญ่มาจากสารเชื่อม ในตัวอย่างต่างๆ และเห็นได้ชัดในแผ่นหินบาง (ภาพที่ 5.34) ข้อมูลปริมาณธาตุในตัวอย่างถูกนำมา พล็อตกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 5.35 – 5.38 รวมทั้งใช้ในการ ตีความการเกิด และสภาพแวดล้อมของการตกตะกอนด้วย

2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่ในหินด้วยเครื่องมือ Electron probe micro-analysis (EPMA)

ตัวอย่างหิน 3 ตัวอย่าง ซึ่งถูกเตรียมเป็นแผ่นหินบางจำนวน 3 แผ่น ได้แก่ MHK-059 (เก็บตัวอย่างจากเสาหินหมายเลข 2) MHK-020 (เก็บตัวอย่างจากหน้าผาทางตะวันตกของมอหินขาว) และ MHK-031 (เก็บตัวอย่างจากทางลงหน้าผาห้วยนาค) ถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ EPMA ที่ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เพื่อวิเคราะห์หรือจำแนกว่าแร่บาง ชนิดในตัวอย่างหินว่าเป็นแร่ชนิดใด ซึ่งแร่เหล่านี้บางชนิดไม่สามารถทราบได้โดยวิธีศิลาวรรณา (Petrography) หรือวิธีตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ได้ นอกจากนั้น EPMA ยังทำให้ ทราบว่า แร่ที่ทำการวิเคราะห์ มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นอย่างไร โดยแสดงออกมาในรูปของออกไซด์ ของโลหะ ส่วน Fe_2O_3 คำนวณจากสมการของ Droop (1987) เนื่องจากเครื่องมือ EPMA วิเคราะห์ เหล็กออกมาในรูป $\text{FeO}_{\text{total}}$ เท่านั้น ส่วนการนำเสนอผลการคำนวณ จำนวน ไอออนบวก (Cation) ในโครงสร้าง รวมทั้ง % End members ได้ยึดแนวทางการคำนวณของ Deer, *et al.* (1996) และ Droop (1987)

ผลการศึกษา

แร่ที่ได้วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ EPMA เป็นแร่ที่มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบโพลาไรซ์ ซึ่ง พอจะทราบบ้างแล้วว่าเป็นแร่ชนิดใด มีบางชนิดที่ยังไม่ทราบมาก่อนเนื่องจากเหตุผลหลายประการ เช่น ผลึกแร่มีขนาดเล็กมาก และเป็นผลึกกลุ่ม เป็นต้น ได้ทำการวิเคราะห์พบแร่หลายชนิด ดังจะกล่าวไป ตามลำดับดังนี้

1) ควอตซ์

แร่ควอตซ์ (SiO_2) ในตัวอย่างหิน พบเป็นเม็ดแร่หลักในหินซึ่งถูกพัฒนามาสะสมรวมกัน นอกจากนั้นยัง พบอยู่ในรูปของเศษหินเชิร์ตที่มีองค์ประกอบเป็นกลุ่มผลึกแร่ควอตซ์ขนาดเล็กละเอียด (Microquartz) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอยู่ในตารางที่ 5.3

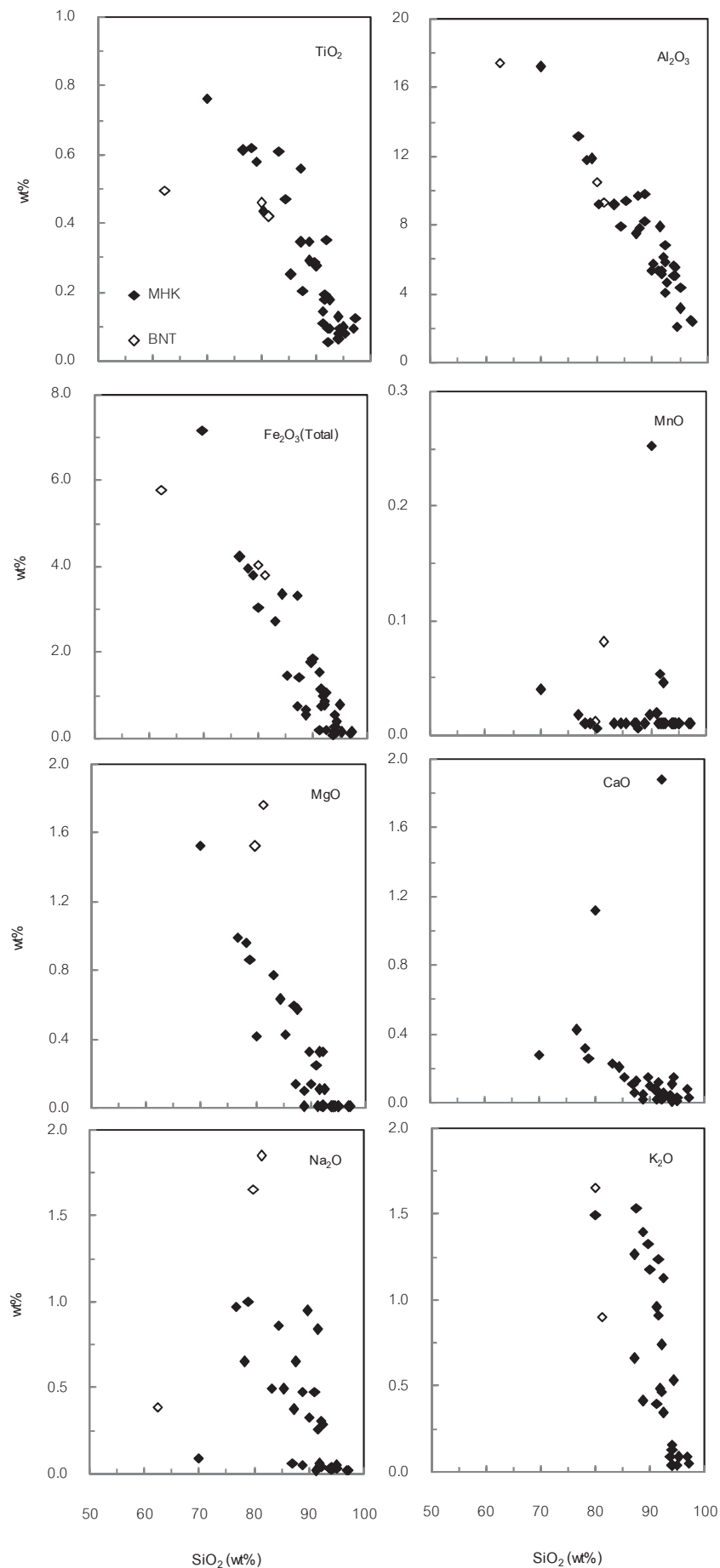
ตารางที่ 5.2 ปริมาณออกไซด์ของธาตุหลักในตัวอย่างหินบรีควมมอหินขาว และบ้านโนนตูม

Oxides (wt%)/Sample No.	BNT-001	BNT-002	BNT-003	MHK-001	MHK-002	MHK-006A	MHK-006B	MHK-011	MHK-016	MHK-018	MHK-020	MHK-022	MHK-023	MHK-026	MHK-027	MHK-029	MHK-030	MHK-031
SiO ₂	62.37	81.32	79.96	69.90	87.07	88.76	91.91	97.24	80.21	92.22	87.27	90.09	89.82	76.70	78.19	79.05	84.43	91.63
TiO ₂	0.50	0.42	0.46	0.76	0.56	0.35	0.35	0.12	0.43	0.10	0.35	0.28	0.29	0.61	0.62	0.58	0.47	0.18
Al ₂ O ₃	17.45	9.32	10.49	17.17	7.48	9.83	6.13	2.36	9.18	4.03	9.72	5.73	5.32	13.17	11.75	11.83	7.94	5.13
Fe ₂ O ₃ (Total)	5.76	3.79	4.02	7.14	3.31	0.52	0.97	0.13	3.04	0.85	0.74	1.84	1.75	4.20	3.96	3.79	3.33	0.75
MnO	0.35	0.08	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01	0.25	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.05
MgO	9.89	1.77	1.53	1.53	0.60	0.01	0.01	0.01	0.42	0.33	0.15	0.14	0.33	1.00	0.97	0.87	0.63	0.33
CaO	X	X	X	0.28	0.11	0.02	0.03	0.03	1.13	1.89	0.06	0.11	0.15	0.43	0.32	0.26	0.21	0.12
Na ₂ O	0.40	1.85	1.66	0.10	0.06	0.05	0.06	0.03	4.01	0.05	0.38	0.33	0.95	0.97	0.66	1.00	0.86	0.84
K ₂ O	3.14	0.91	1.66	2.93	0.66	0.42	0.49	0.06	1.50	0.47	1.27	1.19	1.33	2.80	3.45	2.52	2.05	0.92
P ₂ O ₅	0.15	0.53	0.23	0.14	0.12	0.03	0.04	0.01	0.07	0.03	0.05	0.05	0.05	0.10	0.06	0.08	0.06	0.04
SUM	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
LOI*	29.16	10.91	7.34	5.16	3.04	3.30	2.57	0.54	4.31	4.39	2.89	2.39	2.22	3.67	3.90	3.04	2.74	1.77
Total*	100.09	99.94	100.20	100.16	100.06	100.27	99.80	100.31	100.04	100.03	100.07	99.90	99.81	100.04	99.95	99.93	99.69	99.80
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3.6	8.7	7.6	4.1	11.6	9.0	15.0	41.3	8.7	22.9	9.0	15.7	16.9	5.8	6.7	6.7	10.6	17.9

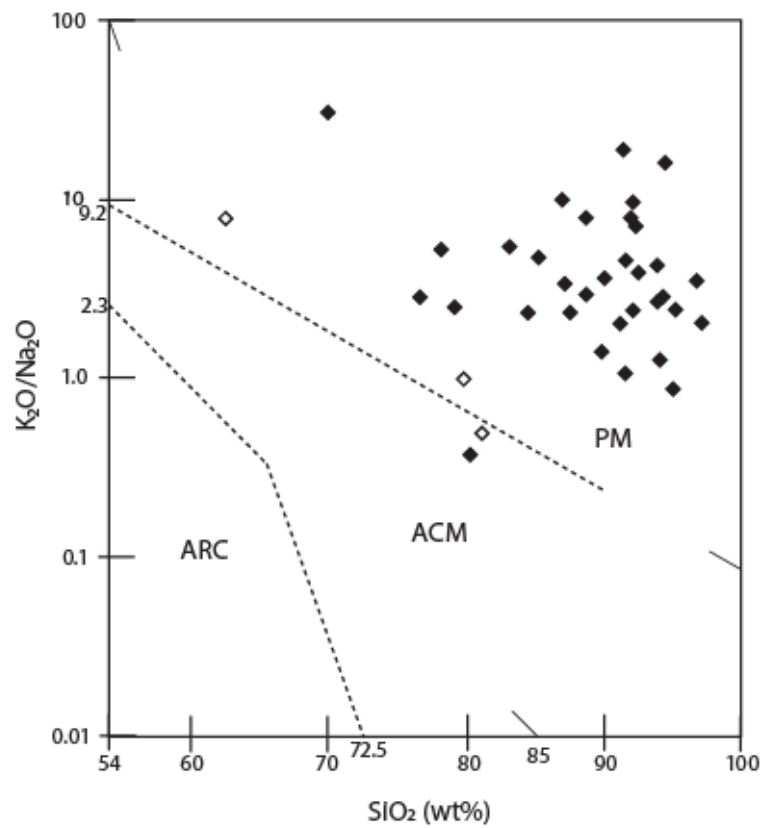
ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

Oxides (wt%)/Sample No.	MHK-034	MHK-036	MHK-039	MHK-040	MHK-042	MHK-049A	MHK-049B	MHK-051A	MHK-052	MHK-054	MHK-056	MHK-058	MHK-059	MHK-063	MHK-066	MHK-074	MHK-077	MHK-087
SiO ₂	83.22	91.15	85.36	87.61	92.24	91.65	92.52	88.73	91.36	92.44	94.16	94.43	93.89	95.18	93.94	96.85	94.19	95.00
TiO ₂	0.61	0.14	0.25	0.20	0.06	0.19	0.18	0.29	0.11	0.09	0.06	0.09	0.08	0.08	0.13	0.09	0.08	0.10
Al ₂ O ₃	9.15	5.36	9.37	7.83	5.80	5.34	4.62	8.22	7.86	6.83	5.53	2.06	5.61	4.32	5.05	2.48	5.05	3.11
Fe ₂ O ₃ (Total)	2.73	1.54	1.45	1.40	0.76	1.11	1.06	0.67	0.19	0.19	0.13	0.36	0.08	0.13	0.53	0.10	0.27	0.76
MnO	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
MgO	0.78	0.25	0.43	0.57	0.02	0.11	0.11	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	0.23	0.08	0.15	0.13	0.04	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.01	0.15	0.03	0.04	0.04	0.08	0.11	0.01
Na ₂ O	0.50	0.48	0.50	0.65	0.31	0.27	0.30	0.48	0.02	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05
K ₂ O	2.71	0.96	2.41	1.54	0.74	1.24	1.13	1.40	0.40	0.35	0.04	0.54	0.09	0.09	0.16	0.10	0.14	0.04
P ₂ O ₅	0.06	0.02	0.07	0.04	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01	0.01	2.31	0.17	0.12	0.08	0.24	0.08	0.90
SUM	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
LOI*	3.96	4.67	2.76	2.39	1.39	1.71	1.83	2.76	3.16	0.86	0.55	1.38	0.82	0.94	0.92	1.63	1.17	1.10
Total*	100.20	99.49	100.07	100.20	99.81	99.27	100.04	99.94	99.25	100.01	99.25	100.10	99.75	99.18	100.14	99.93	100.12	100.07
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	9.1	17.0	9.1	11.2	15.9	17.2	20.0	10.8	11.6	13.5	17.0	45.8	16.7	22.1	18.6	39.0	18.6	30.5

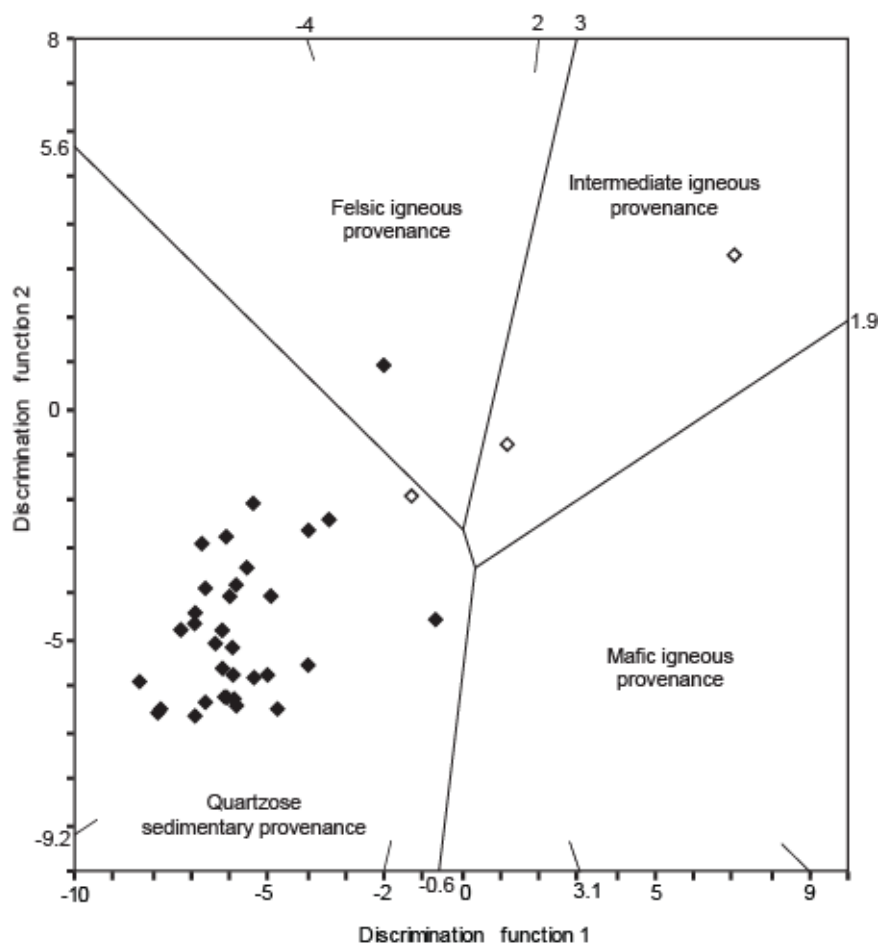
Sample numbers with "BNT" prefixes are from Nong Bua Dang; "MHK" prefixes are from Mo Hin Khao; X = the original CaO for samples BNT-001=29.17 wt%, BNT-002 =10.44 wt% and BNT-003=5.41 wt% as analysed; LOI* and Total* are original LOI and oxide total as analyzed.



ภาพที่ 5.35 กราฟ Harker variation diagrams ของ ตัวอย่างหิน สัญลักษณ์รูป เพชรทึบ = ตัวอย่างจาก มอหินขาว สัญลักษณ์รูป เพชรโปร่ง = ตัวอย่างจากบ้านโนนตูม

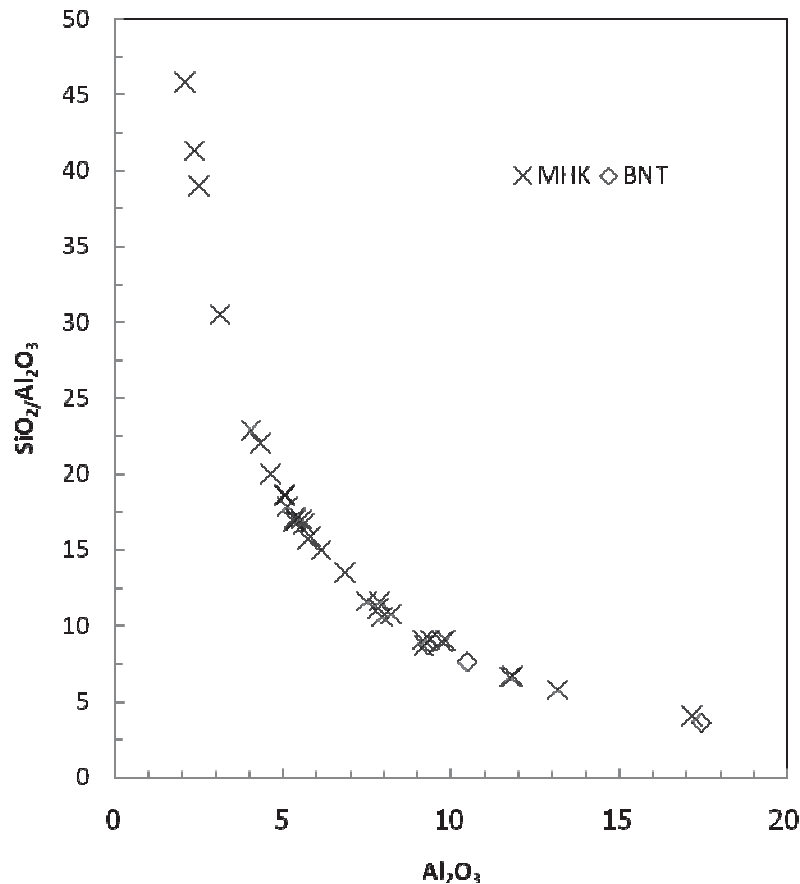


ภาพที่ 5.36 ไดอะแกรม $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O/Na}_2\text{O}$ (Roser & Korsch, 1986) ของตะกอน แสดงให้เห็นว่าหินตัวอย่างส่วนใหญ่เกิดการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณขอบทวีปที่สงบ (Passive continental margin) ซึ่งเป็นขอบทวีปบริเวณระหว่างแผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรและแผ่นเปลือกโลกส่วนทวีปที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิดน้อยมาก (ARC = oceanic island arc; ACM = Active continental margin; PM = Passive continental margin)



ภาพที่ 5.37 ไดอะแกรมเพื่อการจำแนกหินตะกอนโดยอาศัยฟังก์ชันของ Roser and Korsch (1988) ของตัวอย่างจากมอหินขาวและบ้านโนนตูม ($n=36$) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าตัวอย่างหินบริเวณมอหินขาวเป็นหินตะกอนที่เกิดในบริเวณที่มีการสะสมตัวของแร่ควอตซ์ในปริมาณที่สูงมาก (Quartzose sedimentary provenance)

หมายเหตุ ตัวอย่างจากบ้านโนนตูม ไม่เหมาะกับไดอะแกรมนี้เนื่องจากค่า CaO ที่ได้ส่วนหนึ่งมาจากสิ่งมีชีวิต ถูกรวมเข้าไว้ในการคำนวณค่าของฟังก์ชันนี้ด้วย



ภาพ 5.38 การพลอตระหว่าง SiO_2/Al_2O_3 กับ Al_2O_3 เพื่อหาดัชนีการพัฒนากการ (Maturity index) ของตะกอนที่มื่อ หินขาว และ บ้านโนนตูม แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างส่วนมากมีค่าของดัชนีการพัฒนากการสูงกว่า 5 แสดงว่า ตะกอนที่ถูกพัดพามาสะสมตัวก่อนที่จะกลายเป็นหินแข็งเหล่านี้ มีวิวัฒนาการมามาก เพราะค่าดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นในระหว่างเกิดการผุพังอยู่กับที่ (Weathering), การนำพา (Transportation) และการหมุนเวียนมาเป็นตะกอนใหม่ (Recycling) ทั้งนี้เนื่องจาก การเพิ่มขึ้นในสัดส่วนแร่ควอตซ์ซึ่งทนทานกว่า จะตรงข้ามกับการถูกชะล้างไปของแร่ที่ทนน้อยกว่า เช่น เฟลด์สปาร์ (Feldspar) ไพริโบล (Pyriboles: pyroxenes+amphiboles) และ เศษหิน (Lithic fragments) (Roser, *et al.*, 1996).

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณแร่ Quartz ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA

	4	6	29	31	32
Analysis No.	MHK-059 QTZ1 01	MHK-059 MQTZ1 01	MHK-031 QTZ3 01	MHK-031 QTZ1 01	MHK-031 QTZ2 01
Grain type	Detrital grain	Micro quartz in Chert (Lithic fragment)	Detrital grain	Detrital grain	Detrital grain
SiO ₂	98.73	99.68	98.10	97.61	98.42
TiO ₂	0.033	0.012	0.335	0.014	0.035
Al ₂ O ₃	0.00	0.15	0.38	0.01	0.03
Fe ₂ O ₃ *	0.01	0.00	0.03	0.00	0.04
FeO	-	-	-	-	-
MnO	0.013	0	0.027	0	0
MgO	0	0	0.006	0	0
CaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.01	0.06	0.01	0.00
P ₂ O ₅	0.029	0.009	0	0	0.012
NiO	0.036	0	0.013	0.031	0.11
Cr ₂ O ₃	0	0.017	0	0.033	0
SO ₃	0	0	0	0	0
	4	6	29	31	32
Cl	0.001	0.032	0.004	0	0.006
ZnO	0	0.035	0.016	0	0.018
Total	98.86	99.94	98.97	97.71	98.68

* Total Fe as Fe₂O₃

2) เฟลด์สปาร์ (Feldspars)

เฟลด์สปาร์ที่พบในตัวอย่างหินมีทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Plagioclase feldspar พบแร่ชนิด Albite และ กลุ่ม Alkali feldspar พบแร่ชนิด Orthoclase (ตารางที่ 5.4)

ตารางที่ 5.4 แสดงปริมาณแร่ Feldspar ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

	23	24	25	26	27	30
Analysis No.	MHK-020_	MHK-020_	MHK-031_	MHK-031_	MHK-031_	MHK-031_
	Plag1_01	Plag2_01	Plag1_01	Plag2_01	Plag3_01	Feld1_01
	Albite	Albite	Albite	Albite	Albite	Orthoclase
SiO ₂	67.72	67.19	67.88	67.31	67.16	64.58
TiO ₂	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	1.33
Al ₂ O ₃	17.86	17.68	17.87	17.70	17.73	19.43
Fe ₂ O ₃ *	0.06	0.06	0.17	0.02	0.17	1.47
FeO	-	-	-	-	-	-
MnO	0.004	0	0	0.006	0	0.02
MgO	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.75
CaO	0.26	0.11	0.04	0.01	0.07	0.05
Na ₂ O	12.16	12.11	11.98	11.78	11.58	0.00
K ₂ O	0.05	0.07	0.31	0.02	0.09	11.97
P ₂ O ₅	0	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
NiO	0.06	0	0.02	0	0	0.01
Cr ₂ O ₃	0.04	0	0	0	0.02	0
SO ₃	0	0	0	0	0	0
Cl	0.02	0	0.023	0.02	0.02	0.15
ZnO	0.07	0	0.045	0.12	0	0.00
BaO	0	0	0	0	0	0
Total	98.31	97.24	98.57	97.02	96.85	99.78
Numbers of ions on the basis of 32 O						
Si	12.081	12.103	12.078	12.130	12.122	11.723
Ti	0.002	0	0.001	0.001	0	0.181
Al	3.754	3.754	3.747	3.760	3.772	4.157
Fe ³⁺	0.008	0.008	0.023	0.003	0.023	0.201
Fe ²⁺	-	-	-	-	-	-
Mn	0.001	0	0	0.001	0	0.002
Mg	0	0	0.057	0	0	0.204
Ca	0.050	0.022	0.008	0.002	0.014	0.011
Na	4.206	4.228	4.131	4.116	4.053	0
K	0.010	0.015	0.069	0.006	0.021	2.772
P	0	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002
Ni	0.008	0	0.003	0	0	0.001
Cr	0.005	0	0	0	0.003	0
S	0	0	0	0	0	0
Cl	0.006	0	0.007	0.007	0.005	0.046
Zn	0.009	0	0.006	0.016	0	0.001
Ba	0	0	0	0	0	0
Total	20.141	20.133	20.133	20.044	20.014	19.300
End						
Anorthite	1.2	0.5	0.2	0.0	0.3	0.4
Albite	98.6	99.1	98.2	99.8	99.1	0.0
Orthoclase	0.2	0.4	1.6	0.1	0.5	99.6

* Total Fe as Fe₂O₃

3) ไมก้า

ไมก้า (Mica) มีสูตรทั่วไปทางเคมีคือ $X_2Y_4-6Z_8O_{20}(OH,F)_4$ โดยที่

X = mainly K, Na or Ca but also Ba, Rb, Cs, etc.

Y = mainly Al, Mg or Fe but also Mn, Cr, Ti, Li, etc.

Z = mainly Si or Al but perhaps also Fe^{3+} , and Ti.

ไมกาในตัวอย่างหินบริเวณมอหินขาว พบเพียงชนิดเดียวคือ Muscovite หรือไมกาขาว ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของแร่ดังกล่าว แสดงในตารางที่ 5.5 สำหรับ Biotite หรือไมกาดำนั้น พบได้ยาก ทั้งนี้จะเกิดจากการผุพังสลายตัวไปก่อนแล้ว เพราะมีองค์ประกอบที่เป็นธาตุหลักอยู่ในโครงสร้างจึงสลายตัวได้ง่ายกว่าไมกาขาว

ตารางที่ 5.5 แสดงปริมาณแร่ Muscovite ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

Analysis No.	12	28
	MHK-059 Mica1 01	MHK-031 Mica1 01
SiO ₂	48.67	48.01
TiO ₂	0.19	0.27
Al ₂ O ₃	33.59	34.26
Fe ₂ O ₃	-	-
FeO	2.94	2.92
MnO	0.04	0
MgO	0.80	0.76
CaO	0.05	0.01
Na ₂ O	0.05	0.06
K ₂ O	12.36	11.73
P ₂ O ₅	0.08	0.05
Cl	0.00	0.01
ZnO	0.02	0.00
Total	98.80	98.07
Numbers of ions on the basis of 22 O, ignoring H₂O		
Si	7.205	7.158
Al	0.795	0.842
Al	5.065	5.178
Ti	0.021	0.030
Fe ³⁺	-	-
Fe ²⁺	0.364	0.364
Mn	0.005	0.000
Mg	0.177	0.168
Ca	0.008	0.002
Na	0.014	0.019
K	2.334	2.231
P	0.010	0.007
Cl	0.001	0.002
Zn	0.002	0.000
Total	16.000	16.000

4) ทัวร์มาลีน (Tourmaline)

ทัวร์มาลีน มีสูตรทั่วไปทางเคมีคือ $XY_3Z_6B_3Si_6(O,OH)_{30}(OH,F)$ โดยที่

X = Na, Ca หรือ K

Y = Fe^{2+} , Mg หรือ Al+Li อื่นๆ ได้แก่ Fe^{3+} , Zn, Cu, Ba, Mn และ V หรือ Cr

Z = Al, Mg, Fe^{3+} , Mn และ Cr

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณแร่ Tourmaline ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

Analysis	9	10
No.	MHK-059_Tour1_01	MHK-059_Tour1_02
SiO ₂	35.96	35.25
TiO ₂	0.69	0.73
B ₂ O ₃	10.25	10.32
Al ₂ O ₃	31.82	32.86
Fe ₂ O ₃	5.03	6.09
FeO	11.71	10.80
MnO	0	0.03
MgO	4.07	4.01
CaO	0.39	0.48
Na ₂ O	0.57	0.54
K ₂ O	0.06	0.07
NiO	0	0.02
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03
Cl	0.01	0
Total	100.57	101.23
Numbers of cations on the basis of 30 O		
Si	6.049	5.893
B	2.976	2.978
Al	6.000	6.000
Al	0.309	0.475
Fe ³⁺	0.637	0.767
Mg	1.022	1.000
Ti	0.088	0.091
Fe ²⁺	1.647	1.510
Mn	0.000	0.004
Na	0.185	0.176
Ca	0.070	0.085
K	0.013	0.015
Ni	0.000	0.002
Cr	0.003	0.004
Cl	0.003	0.000
Total	19.000	19.000

5) เซอร์คอน (Zircon)

เซอร์คอน ($\text{Zr}[\text{SiO}_4]$) อาจมีธาตุอื่นเข้าแทนที่ในโครงสร้างได้ เช่น Hf, P, U, Th และ ธาตุ REE เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ภายใต้การศึกษารั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ด้วย EPMA ของตัวอย่างหินบริเวณมอหินขาว แสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณแร่ Zircon ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

	13	15	16	17	18	19
Analysis	MHK-	MHK-	MHK-	MHK-	MHK-	MHK-
SiO_2	34.82	34.40	35.65	33.58	33.88	33.78
ZrO_2	62.01	62.88	62.04	63.18	63.19	63.14
HfO_2	1.11	1.68	1.31	1.40	1.27	1.07
TiO_2	0.31	0.01	0.24	0	0	0.01
Al_2O_3	0.09	0.03	0.01	0	0.01	0
Fe_2O_3^*	0.68	0.01	0.20	0	0	0
MnO	0.02	0	0.01	0.01	0.03	0.03
MgO	0.03	0.01	0	0.03	0	0
CaO	0.63	0.00	0	0.01	0	0
Na_2O	0.66	0.00	0	0	0	0
K_2O	0.02	0.00	0.01	0	0	0.02
P_2O_5	0.08	0.02	0	0	0	0
NiO	0.06	0.03	0	0	0	0
Cr_2O_3	0.01	0	0	0	0	0
Cl	0.01	0.00	0.02	0.03	0	0
ZnO	0	0.04	0.06	0.03	0.16	0
Total	100.53	99.11	99.53	98.25	98.53	98.05

Numbers of ions on the basis of 16 O						
Si	4.165	4.194	4.281	4.143	4.161	4.164
Zr	3.617	3.737	3.633	3.800	3.784	3.795
Hf	0.038	0.059	0.045	0.049	0.044	0.038
Ti	0.028	0	0.021	0	0	0.001
Al	0.012	0.005	0.002	0.000	0.002	0
Fe^{3+}	0.061	0.001	0.018	0	0	0
Mn	0.002	0	0.001	0.001	0.003	0.003
Mg	0.006	0.002	0	0.005	0	0
Ca	0.080	0	0	0.001	0	0
Na	0.153	0	0	0	0	0
K	0.003	0	0.001	0	0	0.003
P	0.008	0.002	0	0	0	0
Ni	0.006	0.003	0	0	0	0
Cr	0.001	0	0	0	0	0
Cl	0.002	0	0.004	0.006	0	0
Zn	0	0.004	0.005	0.003	0.015	0
Total	8.181	8.006	8.011	8.008	8.009	8.004
Hf/Zr	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01

* Total Fe as Fe_2O_3

6) แมกนีไทต์ (Magnetite)

แมกนีไทต์ ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$) เป็นแร่ที่มีโครงสร้างในกลุ่มสปิเนล Al สามารถเข้าแทนที่ Fe^{3+} และ Ca, Mn และ Mg สามารถเข้าแทนที่ Fe^{2+} ได้ในปริมาณเล็กน้อย ส่วน Ti สามารถเข้าแทนที่ในโครงสร้างของ Magnetite ได้ในปริมาณมาก จนอาจทำให้ส่วนประกอบค่อนข้างอยู่ระหว่าง Magnetite และ Ulvöspinel (Fe_2TiO_4) นอกจากนี้ ธาตุอื่นๆ เช่น Cr และ V สามารถเข้าแทนที่ Fe^{3+} ในขณะที่ Ni, Co และ Zn สามารถเข้าแทนที่ Fe^{2+} ได้ด้วย (Deer, *et al.*, 1996: 562) ผลการวิเคราะห์ Magnetite ในตัวอย่างหินทรายแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงปริมาณแร่ Magnetite ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

	20	21
Analysis No.	MHK-020_Mgt1_01	MHK-020_Mgt2_01
SiO ₂	0.11	0.99
TiO ₂	1.74	2.73
Al ₂ O ₃	0.46	0.65
Fe ₂ O ₃	69.09	63.93
FeO	33.36	36.33
MnO	0.54	0.00
MgO	0.45	0.04
Cr ₂ O ₃	0.03	0.07
ZnO	0.05	0.07
Total	105.85	104.99
Numbers of cations on the basis of 32 O		
Si	0.031	0.287
Ti	0.378	0.596
Al	0.158	0.221
Fe ³⁺	15.021	13.967
Fe ²⁺	8.060	8.821
Mn	0.131	0
Mg	0.195	0.017
Cr	0.007	0.016
Zn	0.010	0.014
Total	24.000	24.000
%END-MEMBERS		
Spinel	2.4	0.2
Hercynite	0	0
Gahnite	0.1	0.2
Galaxite	1.6	0.0
Magnetite	91.1	91.7
Chromite	0.0	0.1
Ulvöspinel	4.6	7.8
Total	100.0	100.0

7) แอมฟิโบล (Amphiboles)

แอมฟิโบลเป็นกลุ่มแร่ที่ประกอบด้วยแร่หลายชนิด และมีสูตรทั่วไป คือ $AO-1B2C5T8O22(OH,F)_2$ โดย แคตไอออนต่างที่มีโอกาสเข้าอยู่ในโครงสร้างตำแหน่งต่างๆ ดังนี้ คือ (Deer, *et al.*, 1996)

A แทน Na, K

B แทน Na, Ca, Mg, Fe^{2+} แต่อาจมี Mn, Li ด้วย

C แทน Mg, Fe^{2+} , A, Fe^{3+} แต่อาจมี Mn, Zn, Cr, Ti และ Li ด้วย

T แทน Si, Al

ไอออนไฮดรอกซิล (OH) อาจถูก Cl และ F เข้าแทนที่ได้ และบางทีอาจเป็น O

แอมฟิโบลที่ตรวจพบจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าวิเคราะห์ (Identify) เพื่อบอกชนิดได้ยาก เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่ใกล้เคียงหรือเหมือนกับผลการวิเคราะห์ในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับแอมฟิโบลถูกจำแนกออกเป็นชนิดย่อยได้หลายชนิดมาก อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการจำแนกของ Tindle (2012) ผลการวิเคราะห์แอมฟิโบล ในตัวอย่างหินทรายแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงปริมาณแร่ Amphibole ในหินทรายบริเวณหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

Analysis No.	1MHK- 059_AMP1_01	2MHK- 059_AMP1_02	3MHK- 059_AMP1_03	5MHK- 059_AMP2_01	14MHK- 020_AMP1_01	22MHK- 020_AMP2_01
SiO ₂	35.93	35.92	35.73	55.97	39.39	35.42
TiO ₂	0.99	0.97	1.09	0	0.30	0.27
Al ₂ O ₃	32.31	31.44	31.43	13.82	29.02	31.19
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.04	0.06	0.13	0
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-
FeO	7.57	7.39	7.82	6.38	13.42	10.40
MnO	0.02	0.06	0.05	0.05	0.01	0.11
MgO	15.43	15.81	15.72	10.08	6.72	5.49
NiO	0	0.06	0	0	0.09	0.01
ZnO	0.07	0.03	0.03	0	0.07	0.17
CaO	0.37	0.38	0.39	3.42	0.62	0.59
Na ₂ O	0.50	0.58	0.60	6.01	0.71	0.58
K ₂ O	0.04	0.04	0.05	0.62	0.01	0.06
SrO	0	0	0	0.03	0.01	0
F	0	0	0	0	0	0.26
Cl	0	0	0.01	0.09	0.01	0
H ₂ O*	2.10	2.08	2.08	2.15	2.00	1.76
Total	95.34	94.75	95.02	98.67	92.50	86.31
O=F,Cl	0	0	0	0.02	0	0.11
Total	95.34	94.75	95.02	98.65	92.50	86.20

Numbers of cations on the basis of 23 O									
Si	5.140	5.172	5.144	7.720	5.905	5.629			
Al ^{iv}	2.860	2.828	2.856	0.280	2.095	2.371			
Al ^{vi}	2.587	2.507	2.476	1.966	3.032	3.471			
Ti	0.106	0.105	0.118	0	0.034	0.033			
Cr	0.001	0.001	0.004	0.007	0.016	0			
Fe ³⁺	-	-	-	-	-	-			
Fe ²⁺	0.906	0.890	0.941	0.736	1.682	1.382			
Mn	0.003	0.008	0.006	0.005	0.001	0.015			
Mg	3.290	3.393	3.373	2.073	1.502	1.301			
Ni	0	0.007	0	0	0.011	0.001			
Zn	0.007	0.004	0.003	0	0.008	0.020			
Ca	0.056	0.058	0.060	0.505	0.099	0.100			
Na	0.139	0.161	0.167	1.608	0.205	0.179			
K	0.007	0.006	0.009	0.109	0.002	0.012			
Sr	0	0	0	0.003	0.001	0			
F	0	0	0	0	0	0.129			
Cl	0	0	0.001	0.020	0.002	0.001			
OH*	2.000	2.000	1.999	1.980	1.998	1.870			
Total	17.103	17.139	17.158	17.012	16.593	16.513			
Amphibole									
group	Fe-Mg-Mn	Fe-Mg-Mn	Fe-Mg-Mn	Alkali	Fe-Mg-Mn	Fe-Mg-Mn			
(Ca+Na) (B)	0.102	0.090	0.082	2.000	0.305	0.279			
Na (B)	0.046	0.031	0.021	1.492	0.205	0.179			

(Na+K) (A)	0.100	0.136	0.155	0.224	0.002	0.012
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0.784	0.792	0.782	0.738	0.472	0.485
Amphibole						
names	-	-	-	calcian-	gedrite	gedrite
<i>Alternative</i>				glaucophane	gedrite	
<i>name</i>	?					
<i>(monoclinic</i>	<i>magnesio-</i>	<i>magnesio-</i>	<i>magnesio-</i>			
<i>alternative)</i>	<i>cummingtonite</i>	<i>cummingtonite</i>	<i>cummingtonite</i>	-	<i>cummingtonite</i>	<i>cummingtonite</i>

*ได้จากการคำนวณ

8) กลุ่มแร่ดิน (Clay mineral group)

แร่ดินที่พบในหินทรายเป็นแร่ที่เป็นสารเชื่อม (Cementing material) ที่ทำหน้าที่เชื่อมเม็ดแร่เข้าด้วยกัน หรือเป็นแร่ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการตกตะกอนแล้ว ซึ่งเกิดระหว่างกระบวนการ Diagenesis แร่ดินมีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุ Si, Al และ O มีธาตุอื่นบ้าง เช่น K, Na และมีน้ำในโครงสร้างด้วย ผลการวิเคราะห์อยู่ในตารางที่ 5.10 ซึ่งในที่นี้ไม่สามารถระบุได้ว่าป็นแร่ดินชนิดใด

ตารางที่ 5.10 แสดงปริมาณแร่ดิน Clay mineral ในหินทรายบริเวณมอหินขาวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EPMA (Oxides in wt%)

Analysis No.	8 MHK-059_Clay1_01	33 MHK-031_Clay1_01
SiO ₂	45.92	39.34
TiO ₂	0.01	0.12
Al ₂ O ₃	35.45	29.70
FeO	0.09	4.64
MnO	0	0.10
MgO	0.02	6.81
CaO	0.04	0.19
K ₂ O	0.02	2.61
ZnO	0	0.07
Cl	0	0.09
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00
NiO	0	0.03
HfO ₂	0	0.05
P ₂ O ₅	0.07	0.11
Total	81.61	83.86
Numbers of cations on the basis of 22 O, ignoring H ₂ O		
Si	6.525	5.853
Al	5.937	5.209
Ti	0.001	0.014
Fe	0.010	0.578
Mn	0	0.012
Mg	0.004	1.511
Zn	0	0.008
Ca	0.006	0.030
K	0.003	0.496
Cl	0	0.022
Cr	0.002	0
Ni	0	0.003
Hf	0	0.003
P	0.008	0.014
Total	12.495	13.752

สรุปผลการศึกษาด้วยเทคนิค EPMA พบแร่ต่อไปนี้ คือ ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ (แอลไบต์ และ ออโทเคลส) ไมก้า (มัสโคไวต์) ทัวร์มาลีน เซอร์คอน แมกนีไทต์ แร่ในกลุ่มแอมฟิโบล และ แร่ในกลุ่มดินแร่เกือบทุกรายการยกเว้นแร่ในกลุ่มดิน เป็นแร่ที่ผู้พังมาจากหินอัคนีซึ่งน่าจะเป็นหินในกลุ่มเฟลซิก เช่น แกรนิต ส่วนทัวร์มาลีนอาจเกิดจากการสลายตัวมาจากหินเพกมาไทต์ได้เช่นกัน ซึ่งหินแกรนิตโดยทั่วไปมักพบเพกมาไทต์อันเกิดขึ้นในช่วงสุดท้ายของแมกมาที่ให้แกรนิตเกิดร่วมด้วยอยู่แล้ว ผลการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาทางสิลาบรรณ

การแปลความหมายสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวของตะกอนบริเวณมอหินขาวและบ้านโนนตูม

จากข้อมูลหลายๆ ด้านจึงกล่าวได้ว่า หินตะกอนในบริเวณมอหินขาว เกิดในสภาพแวดล้อมของที่ได้รับอิทธิพลของน้ำจืด (Non marine environment) หรือได้รับอิทธิพลของทางน้ำหรือแม่น้ำ (Fluvial environment) โดยเฉพาะเป็นบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood-plain) ซึ่งมีลักษณะที่ประกอบไปด้วยแม่น้ำสายใหญ่ และสายย่อย มีบริเวณคันดินธรรมชาติ (Natural levee) และบริเวณที่เป็นที่ลุ่มหลังคันดิน (Backswamp) ซึ่งเป็นที่ราบอันกว้างใหญ่ ทางน้ำมีการกัดเซาะกัดแหว่งไปมาซึ่งเรียกว่า ทางน้ำโค้งตัว (Meander) หลายยุคหลายสมัย และนำพาเอาตะกอนที่เกิดจากหินในยุคก่อนมาทับถมกันในดินแดนขอบทวีปที่ค่อนข้างสงบจากการเกิดแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิด หรือที่เรียกกันว่า Passive continental margin ในยุคครีเทเชียส ทำให้การตกตะกอนในยุคนี้มีความหนาของตะกอนมากถึง 50-300 เมตร (Racey, 2009) และบริเวณที่ตะกอนมาสะสมตัวกันหากพิจารณาในสเกลที่กว้าง ควรเป็นบริเวณขอบทวีปที่สงบ (Passive continental margin) ซึ่งเป็นขอบทวีปบริเวณระหว่างแผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรและแผ่นเปลือกโลกส่วนทวีปที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิดน้อยมาก และบริเวณนี้ต้องเป็นแอ่งสะสมตัวซึ่ง Racey (2009) กล่าวว่าควรเป็นแอ่งชนิด Foreland basin อันเกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลก Sibumasu กับ Indochina ที่เริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนตอนปลายจนถึงยุคไทรแอสสิก ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดการยกตัวหรือการก่อเทือกเขาที่เรียกว่า Indochinian orogeny ซึ่งทำให้แนวพื้นที่ทางด้านตะวันตกของแอ่งได้ยกตัวเป็นเทือกเขาเพชรบูรณ์ต่อเนื่องลงมาถึงเทือกเขาดงพญาเย็น และต่อมาเทือกเขาเหล่านี้เกิดการผุพังอยู่กับที่และการกร่อน จนเป็นแหล่งให้ตะกอนแก่แอ่งที่ลุ่มต่างๆ โดยเฉพาะแอ่งโคราชทางตะวันออก และจากการศึกษาภาคสนามพบว่า ชั้นหินบริเวณมอหินขาวมีแนวการวางชั้นเฉียงระดับ (Cross bedding) ส่วนใหญ่เอียงตัวไปทางตะวันออกเป็นมุมตํ่าน้อยกว่า 24 องศา ซึ่งนับว่าเป็นหลักฐานสนับสนุนว่าทิศทางการไหลของตะกอนหรือทางน้ำโบราณที่พัดพาเอาตะกอนมาทับถมกลายเป็นหินบริเวณมอหินขาวนี้มีทิศทางพัดมาจากทางตะวันตกและไหลไปทางตะวันออก

ตะกอนส่วนใหญ่แต่ละเม็ดแสดงแนวสัมผัสกับเม็ดอื่นๆ แบบ Point contacts และ เม็ดตะกอนมีการเกาะกันแบบ Grain-supported fabric แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณของสารเชื่อมในปริมาณที่ต่ำ เม็ดตะกอนแสดงความเป็นทรงกลมไม่สูงมาก (Low sphericity) และยังมีเหลี่ยมมุมอยู่บ้าง (Sub-rounded) แสดงให้เห็นว่าแหล่งกำเนิดของตะกอนไม่ได้อยู่ห่างจากแหล่งสะสมตัวมากนัก ตะกอนมีการคัดขนาดดี (Well sorted) แสดงถึงกระแสน้ำไม่ปั่นป่วนรุนแรงมากนัก ความสัมพันธ์ระหว่างเม็ดตะกอนในบางตัวอย่างแสดงการเกาะตัวทั้งที่เป็นแบบลึกเข้าไปในเนื้อที่เรียกว่า Concavo-convex contacts หรือแบบแนว Sutured contacts และยังพบว่าเม็ดแร่ควอตซ์แสดง Undulatory extinction รวมทั้งแร่ไมกาที่โค้งงอ ย่อมแสดงให้เห็นว่าตะกอนถูกแรงกระทำในการบีบอัด (Compaction) มากในระดับหนึ่ง ชั้นหินในพื้นที่บางแห่งแสดงริ้วคลื่นโดยเฉพาะที่มีเนื้อละเอียด เช่น หินทรายละเอียด และหินทรายแป้งบริเวณที่พบเชิงเขา และบริเวณหน้าผาด้านล่างทางตะวันออกของมอหินขาว แสดงให้ทราบว่า การตกตะกอนน่าจะเป็นบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง และอยู่บริเวณห่างจาก

ฝั่งแม่น้ำมากซึ่งความรุนแรงของกระแสน้ำจะค่อนข้างน้อย สำหรับหินทรายแป้งบางชั้นมีลักษณะสีแดงน้ำตาลแดง หรือแดงปนม่วงแดงให้เห็นถึงภูมิอากาศเกิดการแห้งแล้งขึ้นในบางช่วงหลังจากการตกตะกอนแล้ว ซึ่งมักพบในชั้นหินบริเวณด้านล่างของหน้าผามอหินขาว

จากข้อมูลทางธรณีเคมีที่แสดงดัชนีการพัฒนาการ (Maturity index) สูงกว่า 5 แสดงให้เห็นว่าตะกอนมีการพัฒนาการไปมาก ควรจัดอยู่ในระดับ Mature แต่เนื่องจากเม็ดตะกอนมีความเป็นทรงกลมที่ต่ำ และยังมีเหลี่ยมมุมก็แสดงว่าถูกพัดพามาไม่ไกลจากแหล่งมาก แต่หากตะกอนถูกหมุนเวียนมาเป็นตะกอนใหม่ (Reworked / Recycled) จากหินตะกอนดั้งเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้วผู้ฟังลง

การศึกษาศิลาวรรณภาพแร่แอลคาไลน์เฟลด์สปาร์ ส่วนใหญ่จะถูกแทนที่ด้วยแร่ดิน โดยเฉพาะอิลไลต์ และเคโอลิไนต์ โดยเฉพาะที่มองเห็นเป็นสีน้ำตาลขุ่นในแผ่นหินบางน่าจะเป็นเฟลด์สปาร์ชนิดอโทเคลส สำหรับเศษหินที่พบเกือบทั้งหมดและพบมากเป็นเชิร์ตที่ประกอบด้วยไมโครควอตซ์ แสดงให้เห็นว่าเศษหินชนิดอื่นเช่นหินปูนที่เกิดในยุคเก่ากว่า ไม่สามารถหลงเหลืออยู่ได้เนื่องจากถูกชะล้างผู้ฟังไปหมดภายใต้สภาวะภูมิอากาศซึ่งน่าจะเป็นแบบร้อนชื้น ยกเว้นหินเชิร์ตซึ่งมีความคงทนสูงยังหลงเหลืออยู่ แสดงให้เห็นว่าตะกอนในหินหมวดพระวิหารนี้มีวิวัฒนาการไปมาก ส่วนแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (แอลไบต์ หรือ แอนดซีน) ที่พบมักอยู่ในหินที่วางตัวอยู่ด้านล่างของชั้นหินที่บนยอดมอหินขาว โดยเฉพาะบริเวณหน้าผาด้านล่างซึ่งน่าจะเป็นหินในหมวดภูกระดึง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าหินด้านล่างมีการผู้ฟังน้อยกว่า ดังนั้นแพลจิโอเคลสจึงคงสภาพอยู่ได้ดีกว่า ซึ่งโดยปกติแพลจิโอเคลสมักจะผู้ฟังง่ายกว่าแอลคาไลน์เฟลด์สปาร์ อย่างไรก็ตามแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์มักพบเสมอในหินทรายที่มีต้นกำเนิดมาจาก แผ่นดินบริเวณหมู่เกาะรูปโค้ง (Oceanic and island-arc terrains) ยกตัวขึ้น (Tucker, 2001: 45) และเกิดการผู้ฟัง แต่เมื่อพิจารณาปริมาณ K_2O ในตัวอย่างแล้วพบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีสัดส่วนที่สูงกว่า Na_2O

สำหรับแร่รองอื่น ๆ ที่พบ ได้แก่ แร่ในกลุ่มแอมฟิโบล เช่น ฮอร์นเบลนด์ เซอร์คอน แมกนีไทต์ ไบโอไทต์ ซึ่งพบได้ในเกือบทุกตัวอย่างแผ่นหินบาง สามารถบ่งชี้ให้ทราบว่าหินต้นกำเนิดของตะกอนหมวดพระวิหารบริเวณมอหินขาวนี้ มาจากหินอัคนีชนิดแอซิด (Acid igneous rock) หรือเฟลซิก (Felsic) เช่น หินแกรนิต เป็นต้น แต่หินหมวดภูกระดึงที่วางตัวอยู่ด้านล่างบางบริเวณพบแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าหินต้นกำเนิดอาจมีส่วนประกอบตั้งแต่แอซิด ไปจนถึง Intermediate (เช่น แกรนิต, แกรโนไดออไรต์, ไดออไรต์ เป็นต้น)

สำหรับการเกิดหินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลนในบริเวณบ้านโนนตูม ซึ่งประกอบด้วยเนื้อของปูนปนมาก และมีสีแดงอันเกิดจากเหล็กออกไซด์หรือฮีมาไทต์ที่ตกผลึกในช่วงการก่อตัวใหม่ (Diagenesis) ย่อมบ่งชี้ให้เห็นว่า สภาพภูมิอากาศเป็นแบบกึ่งแห้งแล้ง แต่สภาพแวดล้อมก็เป็นแบบที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงเช่นกัน โดยในตะกอนมีธาตุเหล็กปนอยู่ในช่วงก่อนการตกตะกอนยังไม่เกิดฮีมาไทต์ เนื่องจากยังมีน้ำปนอยู่จำนวนมาก ต่อมาหลังจากการตกตะกอนแล้วภูมิอากาศกลับเข้าสู่สภาวะที่แห้งทำให้เหล็กในตะกอนสัมผัสกับอากาศมากขึ้นจึงถูกออกซิไดซ์กลายเป็นสีแดง

ผลการศึกษาเรณูวิทยา

ด้วยข้อจำกัดด้านลักษณะหินของหินทรายจากหมวดหินพระวิหารบริเวณหน้าผาด้านตะวันตกของพื้นที่มอหินขาว โดยส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อหยาบ หินทรายปนกรวด และบ้างก็เป็นหินทรายเนื้อละเอียด ที่เป็นลักษณะหินที่ไม่เอื้ออำนวยในการศึกษาทางเรณูวิทยามากนัก ประกอบกับเนื้อหินมีสีขาวเหลือง หรือน้ำตาลปนเหลือง ที่เป็นลักษณะที่บ่งชี้ว่าเกิดจากการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมที่สัมผัสออกซิเจน (oxidizing environment) อันเป็นสภาพแวดล้อมที่ทำให้ละอองเรณูและองค์ประกอบทางเรณูวิทยาอื่นๆเกิดการผุพังสลายตัว ทำให้หินทรายในพื้นที่ศึกษามีโอกาสพบซากดึกดำบรรพ์ของเรณูสัณฐานน้อย อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจตรวจสอบในพื้นที่ ได้เลือกเก็บตัวอย่างหินทรายจำนวน 2 ตัวอย่าง โดยเลือกเก็บหินทรายที่มีอินทรีย์วัตถุสีดำปะปนอยู่ โดยสันนิษฐานในเบื้องต้นว่า อาจพบเรณูสัณฐาน

ตัวอย่างหินทราย 2 ตัวอย่าง ได้รับการละลายเพื่อแยกเรณูสัณฐานออกมาด้วยวิธีการทางเคมี แต่ก็ไม่พบว่ามีพบเรณูสัณฐานใดๆเพื่อนำไปศึกษาวิเคราะห์สภาพแวดล้อมโบราณได้ อย่างไรก็ตาม ได้พิจารณาการศึกษาทางเรณูวิทยาของหมวดหินพระวิหารในพื้นที่อื่นๆที่ศึกษาโดย Racey and Goodall (2009) พบว่าจากการปรากฏของ *Dicheiropollis etruscus*, *Corollina* spp., *Cicatricosisporites augustus* และ *C. dampieri* ทำให้กล่าวได้ว่าหมวดหินพระวิหารมีการสะสมตัวในช่วงยุคครีเทเชียสตอนต้น (ระหว่าง 125-145 ล้านปีมาแล้วหรือระหว่างสมัย Berriasian-Barremian)

Racey and Goodall (2009) ได้สังเกตเห็นความแตกต่างในความอุดมสมบูรณ์ของชนิดพืชพันธุ์ระหว่างหมวดหินภูกระดึงกับหมวดหินเสาขัวที่มีหมวดหินพระวิหารแทรกอยู่ระหว่างนั้น อาจเป็นผลมาจากความแปรผันของภูมิอากาศ อย่างเช่น จุดสูงสุดของ *Corollina* (*Classopollis*) ซึ่งเป็นสนที่พบแพร่กระจายพันธุ์ไปทั่วโลกในช่วงมหายุคมีโซโซอิกนั้น อนุมานได้ว่าเป็นพืชที่พบกระจายพันธุ์ภายใต้เขตภูมิอากาศใกล้เขตร้อน (subtropical climate) มีความอบอุ่นและแห้งแล้งแบบหลายฤดูกาล

บทที่ 6

ผลการศึกษาแหล่งท่องเที่ยวมอหินขาว ลักษณะทางธรณีวิทยา การกำเนิดและการออกแบบภูมิทัศน์

บทนำ

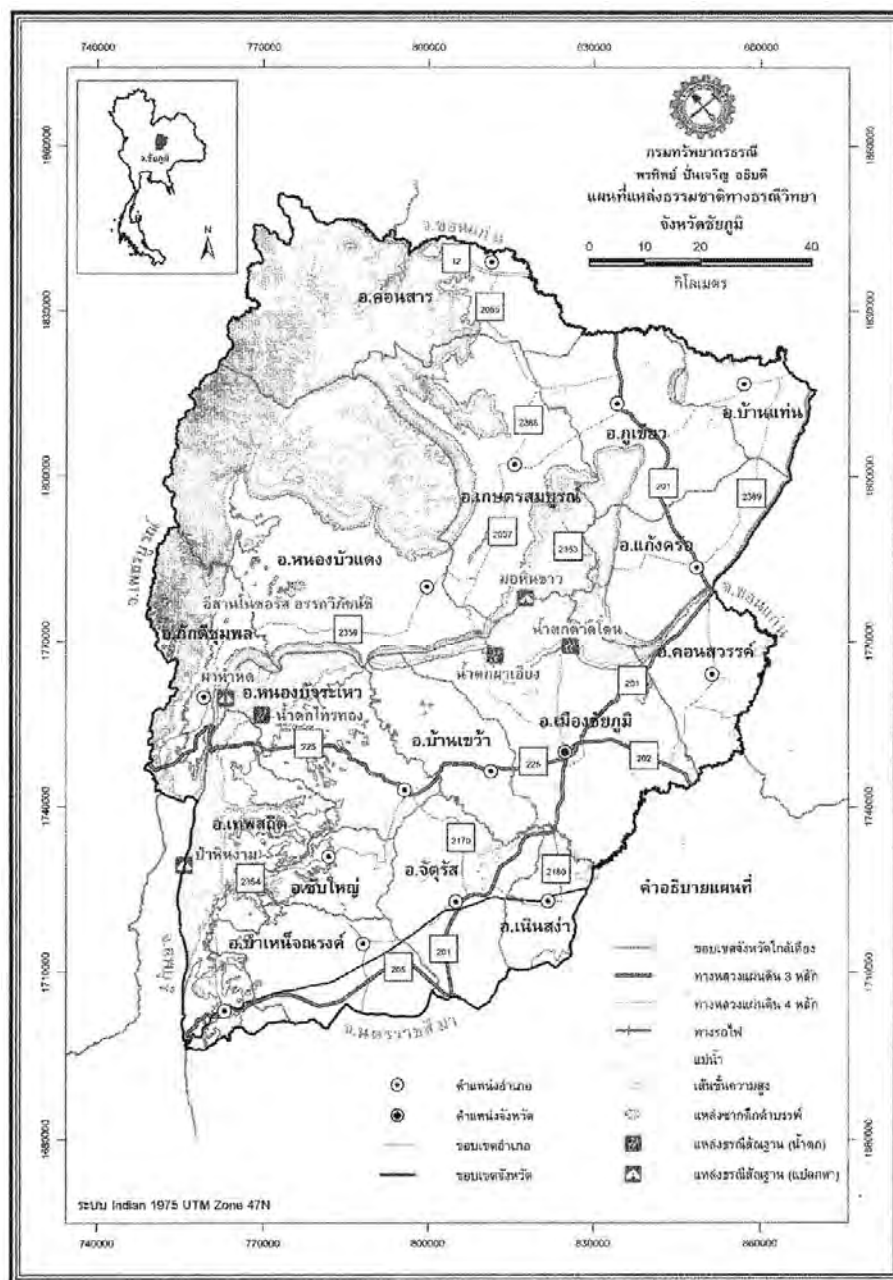
มอหินขาว (Mo Hin Khao) เป็นแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่ของจังหวัดชัยภูมิ ในเขตอุทยานแห่งชาติภูแล่นคา เป็นกลุ่มหินทรายสีขาวรูปทรงต่าง ๆ กลางทุ่งหญ้าบนเนินเขา ซึ่งมองเห็นได้เด่นชัดในระยะไกล สอดคล้องกับชื่อ “มอหินขาว” เพราะคำว่า “มอ” ในภาษาอีสาน หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นแบบเนินหรือ เนินเขาเตี้ย แต่โดยแท้จริงแล้วเป็นลักษณะส่วนบนของสันเขาภูแล่นคาที่มีความสูงประมาณ 800 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งที่ประทับใจนักท่องเที่ยวสิ่งแรกสุดเมื่อเดินทางขึ้นไปถึงสันเขา คือ ความสูงใหญ่อลังการของเสาหินทราย 5 แห่ง ที่เกิดจากประติมากรรมธรรมชาติมาหลายล้านปี จนบางคนนำไปเปรียบเทียบกับสโตนเฮนจ์ (Stonehenge) ในประเทศอังกฤษ ซึ่งเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เมื่อราว 4,500 ปีก่อน และอุปมาว่าเป็น “สโตนเฮนจ์เมืองไทย” แต่สำหรับนักธรณีวิทยาส่วนใหญ่จะเรียกลักษณะดังกล่าวว่า “เสาหิน” (Pillar Rock) เหมือนเสาหินที่เมืองปาซาบา (Pasaba) ประเทศตุรกี หรือที่รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 6.1 กลุ่มเสาหิน 5 แห่งบนมอหินขาว

ที่ตั้ง

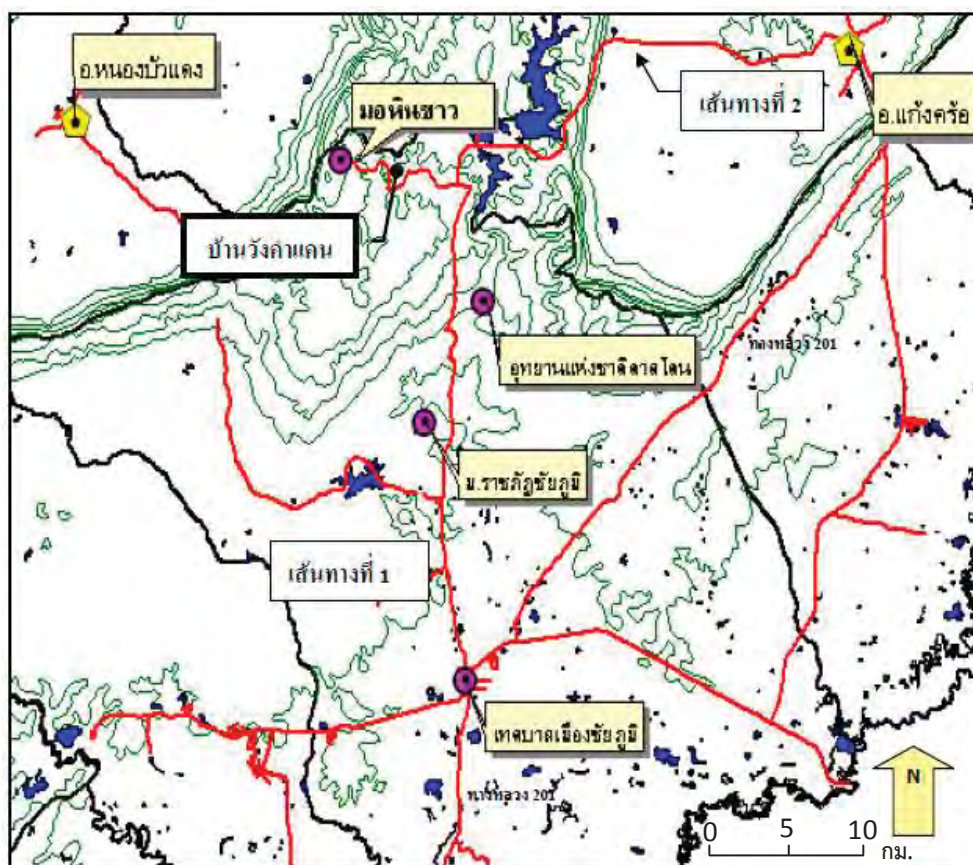
มอหินขาว ตั้งอยู่ในเขตบ้านวังคำแคน หมู่ 9 ตำบลท่าหินโงม อำเภอเมืองชัยภูมิ มีพิกัด ภูมิศาสตร์อยู่ที่เส้นรุ้ง 16° 03 ' เหนือ และเส้นแวง 101° 58 ' ตะวันออก มีอาณาเขตด้านทิศ ตะวันออกและทิศใต้ติดต่อกับบ้านวังน้ำเขียว บ้านซับสมบูรณ์ บ้านแหลมหญ้าคาในตำบลเดียวกัน รวมทั้งพื้นที่อุทยานแห่งชาติตาดโตน ด้านทิศเหนือติดต่อกับตำบลซับสีทอง อำเภอเกษตรสมบูรณ์ ส่วน ด้านทิศตะวันตก ติดต่อกับแนวสันเขาภูแล่นคา อำเภอหนองบัวแดง และพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูแล่นคา



ภาพที่ 6.2 แผนที่ที่ตั้งมอหินขาวและแหล่งธรรมชาติทางธรณีวิทยาอื่น ๆ ในจังหวัดชัยภูมิ
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2545

การเดินทาง

การเดินทางโดยรถยนต์จากตัวเมืองชัยภูมิไปยังมอหินขาว ใช้เส้นทางหลัก 2 สาย คือ จากตัวเมืองชัยภูมิ ใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 2051 ด้วยเส้นทาง ชัยภูมิ - ตาดโตน - ห้วยหมากแดง - บ้านท่าหินโงม - แจ้งเจริญ - วังน้ำเขียว - บ้านวังคำแคน - มอหินขาว ระยะทาง 42 กิโลเมตร จากตัวเมืองชัยภูมิ ใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 201 ถึงอำเภอกำแพงศรี - เชื้อนลำปะทาว - บ้านท่าหินโงม - แจ้งเจริญ - วังน้ำเขียว - บ้านวังคำแคน - มอหินขาว ระยะทาง 90 กิโลเมตร เหมาะสำหรับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาจากจังหวัดเลย หนองบัวลำภู และขอนแก่น เพราะสะดวกและประหยัดเวลามากกว่าเส้นทางแรก



ภาพที่ 6.3 แผนที่เส้นทางสู่มอหินขาว

ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคลุ่มน้ำโขง, 2550

ความสำคัญ

มอหินขาวเป็นที่ตั้งของหินรูปทรงแปลกตา บนเทือกภูแลนคา อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 760-880 เมตร ลักษณะของหินแต่ละแท่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีขนาดใหญ่มหึมา แต่ละแท่งมีความกว้างประมาณ 4 - 5 เมตร สูงประมาณ 10 - 12 เมตร และตั้งเรียงรายกันเป็นแถว แท่งหินแต่ละแท่งมีรูปร่างสูงโปร่งแตกต่างกันออกไป มีสีขาว ความโดดเด่นของแท่งหินบนภูเขาสูงไม่ปรากฏชัดในประเทศอื่นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงอาจเรียกได้ว่าเป็น “เสาหินแห่งอาเซียน”

เพราะมีลักษณะที่สะดุดตาแก่ผู้พบเห็นมากที่สุด นอกจากนี้แห่งหินที่พบในแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะและรูปร่างที่ต่างกันไปแล้วแต่จินตนาการ มีลักษณะโดดเด่นที่แฝงไว้ด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก การผุพังและการกัดเซาะ รวมทั้งความพิเศษที่พบเห็นได้เฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น จึงเหมาะที่จะนำมาจัดเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติด้านภูมิลักษณะและธรณีวิทยา นอกจากนี้ ยังมีที่ราบบนเขาเป็นบริเวณกว้าง จึงทำให้อากาศเย็นสบายทุกฤดู โดยเฉพาะในฤดูหนาวเหมาะสำหรับการตั้งค่ายพักแรมเพื่อชมบรรยากาศโดยรอบบริเวณพื้นที่ อาทิเช่น ชมพระอาทิตย์อัสดง ชมแสงไฟระยิบระยับจากหมู่บ้านด้านล่าง รวมทั้งชมดวงดาวในยามค่ำคืน อีกทั้งบริเวณใกล้เคียงมีสภาพเป็นป่าต้นน้ำลำธาร ลำปะทาว มีพืชพันธุ์และความหลากหลายทางชีวภาพ รวมทั้งทัศนียภาพและทิวทัศน์ที่สวยงาม จึงเหมาะสำหรับกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงนิเวศด้วย

ประวัติความเป็นมา

มอหินขาวได้ชื่อมาจากการสังเกตของชาวบ้าน ที่เห็นเนินเขาในบริเวณนี้มีสีขาว เนื่องมาจากหินทรายสีขาวที่โผล่พ้นต้นหญ้าตามต้องแสงแดดในเวลากลางวัน ยิ่งในช่วงเวลาหลังฝนตกไม่นานจะมองเห็นเป็นสีขาวอย่างชัดเจนจากระยะไกล

พ.ศ. 2544 นายเจริญ เจสันเทียะ ผู้ใหญ่บ้านวังคำแคนร่วมกับหน่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและศิลปกรรมท้องถิ่นของโรงเรียนสตรีชัยภูมิ ร่วมกันสำรวจพื้นที่มอหินขาว แล้วมีความเห็นร่วมกันว่า ควรทำการอนุรักษ์สถานที่แห่งนี้เพื่อเตรียมการส่งเสริมเป็นแหล่งท่องเที่ยว

พ.ศ. 2545 นายสุรพล สายพันธ์ นายอำเภอเมืองชัยภูมิ ประสานงานกับกองธรณีวิทยากรมทรัพยากรธรณี เพื่อสำรวจพื้นที่มอหินขาว พบว่ามีแท่นหินและเสาหินที่มีลักษณะฐานโดดเด่นแปลกตา ไม่ซ้ำกับสถานที่อื่นๆ และพบเห็นได้น้อยมากๆ ในประเทศไทย จึงประสานงานกับป่าไม้จังหวัดชัยภูมิและหัวหน้าอุทยานแห่งชาติภูแล่นคา ทำการสำรวจข้อมูลพื้นที่ ร่วมกับองค์การบริหารส่วนตำบลท่าหินโงมและองค์การบริหารส่วนตำบลซับสีทอง อำเภอเกษตรสมบูรณ์ เพื่อผนวกมอหินขาวเป็นส่วนหนึ่งของอุทยานแห่งชาติภูแล่นคา

พ.ศ. 2548 จังหวัดชัยภูมิได้พัฒนาปรับปรุงเส้นทางสำหรับการเดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวใหม่แห่งนี้ เพื่อให้มีสภาพที่สามารถเดินทางได้สะดวกยิ่งขึ้น

พ.ศ. 2549 จังหวัดชัยภูมิอนุมัติเงินงบประมาณจังหวัดแบบบูรณาการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 สนับสนุนโครงการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศแบบยั่งยืน มอหินขาว เพื่อพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว ได้แก่ กิจกรรมการสำรวจปักผังแนวเขตพื้นที่มอหินขาว สำรวจข้อมูลธรณีวิทยาและพืชพรรณ สำรวจข้อมูลทางด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม ศึกษาเส้นทางและจัดรูปแบบการท่องเที่ยว การฝึกอบรมด้านการท่องเที่ยว โดยได้รับการสนับสนุนด้านวิชาการจากศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคลุ่มน้ำโขง มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2551 จังหวัดชัยภูมิ กรมป่าไม้ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าหินโงม และการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เขต 1 ได้ร่วมมือกันดำเนินการเปิดพื้นที่แห่งนี้ให้

เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรณีวิทยาแห่งใหม่ เตรียมพร้อมต้อนรับนักท่องเที่ยว ขณะเดียวกันก็ได้ตระหนักในการรักษาสภาพแวดล้อม เพื่อให้เป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนสืบไป

พ.ศ. 2553 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) อนุมัติเงินทุนวิจัยแก่สถาบันวิจัยไม้กลายเป็นหินและทรัพยากรธรณีฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เพื่อวิจัยศึกษาการจัดการภูมิทัศน์มอหินขาวและซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ในจังหวัดชัยภูมิ โดยร่วมมือกับจังหวัดชัยภูมิ สำนักงานการท่องเที่ยวและกีฬาจังหวัดชัยภูมิ ทำให้ได้แผนการจัดการภูมิทัศน์ ได้แหล่งพัฒนาอุทยานหรือพิพิธภัณฑสถานไดโนเสาร์ที่เหมาะสม ความเชื่อมโยงระหว่างแหล่งท่องเที่ยวทั้ง 2 ประเภท รวมทั้งสื่อองค์ความรู้ใหม่ทางธรณีวิทยาของแหล่งท่องเที่ยวดังกล่าว เพื่อประโยชน์สำหรับนักท่องเที่ยว เยาวชน และชุมชนท้องถิ่น

ลักษณะโดยทั่วไปของแหล่งท่องเที่ยวมอหินขาว

แหล่งท่องเที่ยวมอหินขาวตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่าภูแล่นคาด้านทิศเหนือ มีสภาพเป็นป่าเสื่อมโทรมซึ่งเกิดจากการทำไม้และถูกบุกรุกทำไร่ของราษฎรในอดีต พื้นที่โดยรอบบริเวณนี้ กรมป่าไม้ร่วมกับองค์การบริหารส่วนตำบลท่าหินโงมและตำบลซับสีทอง ทำการตรวจสอบและกำหนดแนวเขตพื้นที่บางส่วนของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าภูแล่นคาด้านทิศเหนือ เพื่อผนวกเข้าเป็นพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูแล่นคา ประกอบด้วย พื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร พื้นที่ป่าอนุรักษ์ธรรมชาติที่เหลืออยู่และมีความอุดมสมบูรณ์ พื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่ต้องฟื้นฟู พื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า พื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่มีลักษณะเด่นเป็นแหล่งท่องเที่ยว พื้นที่แปลงปลูกป่าของโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวโรกาสทรงครองราชย์ปีที่ 50 แปลงปลูกป่าและพื้นที่ที่มีการขอใช้ประโยชน์ พื้นที่มอหินขาวซึ่งบางส่วนจัดเป็นพื้นที่ท่องเที่ยว เนื้อที่ประมาณ 1,300 ไร่ และเป็นที่ตั้งของสำนักงานโครงการฟื้นฟูป่าภูแล่นคา สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 7 (นครราชสีมา) ซึ่งได้ปลูกป่าไปแล้วจำนวน 700 ไร่

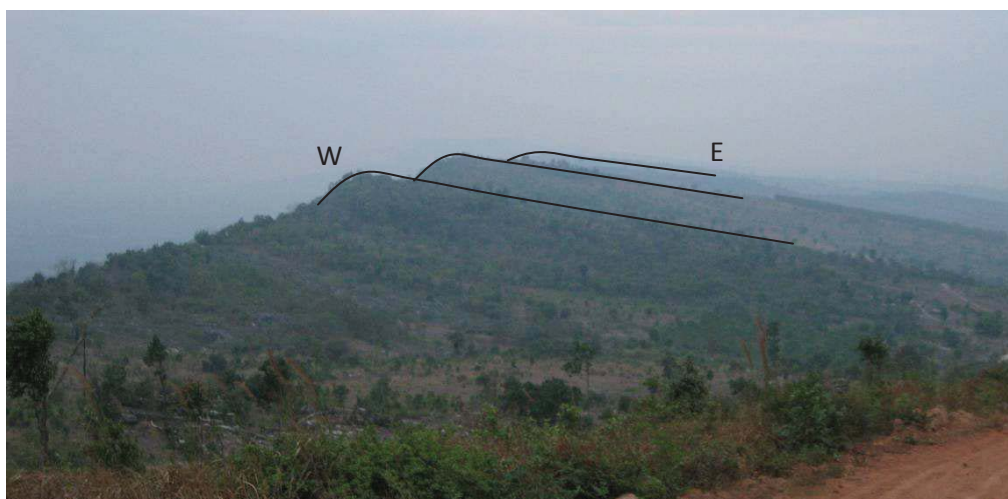
ลักษณะเด่นของแหล่งท่องเที่ยวมอหินขาว

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวมอหินขาวประกอบด้วย กลุ่มหินที่มีความโดดเด่นทางธรณีวิทยา หินในพื้นที่เป็นหินทราย หมวดหินพระวิหาร อยู่ในกลุ่มหินโคราช โดยวางตัวอยู่บนหมวดหินภูกระดึง และวางตัวอยู่ด้านล่างของหมวดหินเสาขัวแบบต่อเนื่อง เกิดจากการตกตะกอนในสภาวะแวดล้อมที่เป็นแม่น้ำคดเคี้ยว และเปลี่ยนแปลงเป็นระบบทางน้ำประสานสาย ในสภาวะอากาศสมัยโบราณจากร้อนชื้นเป็นกึ่งแห้งแล้ง ลักษณะทางกายภาพของหินในหมวดหินพระวิหารโดยทั่วไปประกอบด้วยหินทราย (Sandstone) สีขาวปนเหลือง เม็ดละเอียดถึงหยาบ มีการคัดขนาดและความมนดี ประกอบด้วยเม็ดแร่ควอตซ์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ ยังมีหินทรายแป้ง (Siltstone) หินโคลน (Mudstone) ชั้นบาง ๆ และหินกรวดมน (Conglomerate)

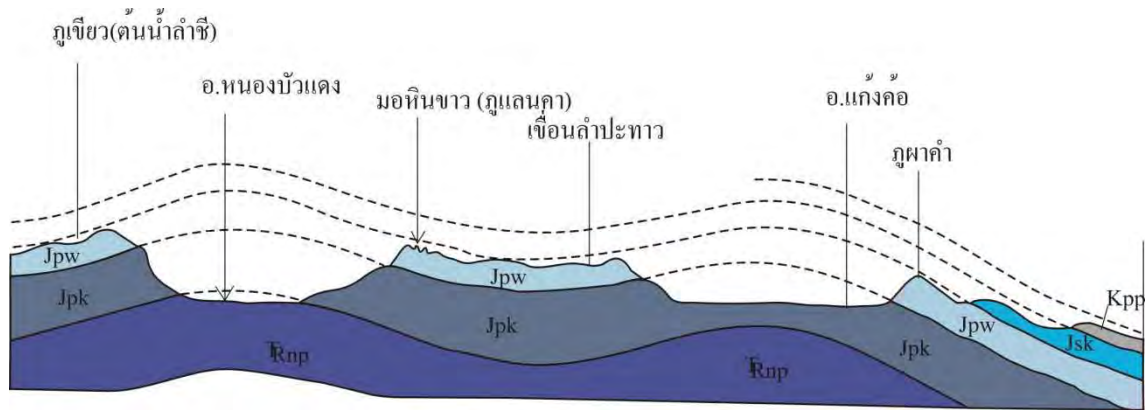
ในด้านโครงสร้างทางธรณีวิทยา ชั้นหินมีการวางตัวเอียงไปทางทิศตะวันออกเล็กน้อย ประกอบด้วยชั้นหินทรายเนื้อหยาบ ความหนาตั้งแต่ 10–20 เมตร มีชั้นเฉียงระดับ รอยแตกแทรกด้วย เหล็กออกไซด์เป็นแนวสันแข็ง หินถูกกัดกร่อนและผุพัง ส่วนที่แตกและผุพังจะถูกชะพาออกไป เหลือเป็นหินโผล่ นอกจากนี้ ขบวนการกัดกร่อนยังทำให้หินเกิดเป็นรูปร่างต่างๆ ตามแต่จะจินตนาการ และ ผูกเรื่องราวตามตำนานโบราณและอายุ

ลักษณะทางธรณีวิทยาของกลุ่มหินบนมอหินขาว

ตะกอนทางน้ำบริเวณจังหวัดชัยภูมิได้ถูกสะสมตัวเป็นเวลานานตั้งแต่ 210 ล้านปีก่อน เรื่อยมา จนถึง 50 ล้านปีก่อน กระทั่งหลัง 50 ล้านปี การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอินเดีย-ออสเตรเลีย เข้า มาชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย ทำให้ก่อเกิดเทือกเขาหิมาลัย และส่งผลกระทบเป็นวงกว้างทั่วทั้ง เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การชนกันดังกล่าว ทำให้ชั้นหินบริเวณที่ราบสูงโคราชเกิดการยกตัวและโค้งงอ ขึ้น เกิดเป็นเทือกเขาภูพาน กั้นแบ่งที่ราบสูงโคราชออกเป็นสองแอ่ง คือ แอ่งโคราช และแอ่งสกลนคร ชั้นหินตั้งแต่ยุคไทรแอสสิกตอนปลาย หรือเมื่อประมาณ 210 ล้านปีก่อน จนถึงยุคครีเทเชียสตอนต้น หรือเมื่อประมาณ 100 ล้านปีก่อน ของจังหวัดชัยภูมิ ที่เคยจมอยู่ใต้พื้นดินกลับโผล่ขึ้นมาให้เห็นเป็น ภูเขา โดยยกขึ้นสูงในด้านทิศตะวันตกและลาดเทไปทางทิศตะวันออกในลักษณะเขารูปอีโต้ (cuesta) การยกตัวของชั้นหินแข็งและการบีบอัดด้านข้างจากแรงที่มากระทำ ส่งผลให้เกิดการแตกของหินบริเวณ ยอด อีกทั้งความลาดชันที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดการกัดเซาะอย่างแรงตามแนวแตกของหิน จากกระแสน้ำ และกระแสลม การกัดกร่อนเกิดขึ้นในช่วงเวลาหลายล้านปีนับตั้งแต่เกิดการยกตัว ทำให้เกิดเป็น รูปลักษณะของหินในรูปทรงต่าง ๆ ทั่วทั้งเขา ในแถบจังหวัดชัยภูมิ และที่มีรูปลักษณะโดดเด่นที่สุด นั่นก็คือ บริเวณมอหินขาวนั่นเอง



ภาพที่ 6.4 การยกขึ้นสูงของภูแล่นคาในด้านทิศตะวันตกและลาดเทไปทางทิศตะวันออกใน ลักษณะเขารูปอีโต้



ภาพที่ 6.5 แสดงการเรียงลำดับชั้นหิน การคดโค้งและการกัดเซาะโดยธารน้ำในบริเวณภูเขียว – มอหินขาว – ภูผาคำ

หมายเหตุ

- TRnp = หินน้ำพุ อายุไทรแอสสิกตอนปลาย หรือประมาณ 210 ล้านปีก่อน
- Jpk = หินภูกระดึง อายุจูแรสสิกตอนปลาย หรือประมาณ 150 ล้านปีก่อน
- Jpw = หินพระวิหาร (ปัจจุบันเปลี่ยนเป็น Kpw) อายุครีเทเชียสตอนต้น หรือประมาณ 140 ล้านปีก่อน
- Jsk = หินเสาขั้ว (ปัจจุบันเปลี่ยนเป็น Ksk) อายุครีเทเชียสตอนต้น หรือประมาณ 130 ล้านปีก่อน
- Kpp = หินภูพาน อายุครีเทเชียสตอนต้น หรือประมาณ 120 ล้านปีก่อน
- Kkk = หินโคกกรวด อายุครีเทเชียสตอนต้น หรือประมาณ 100 ล้านปีก่อน

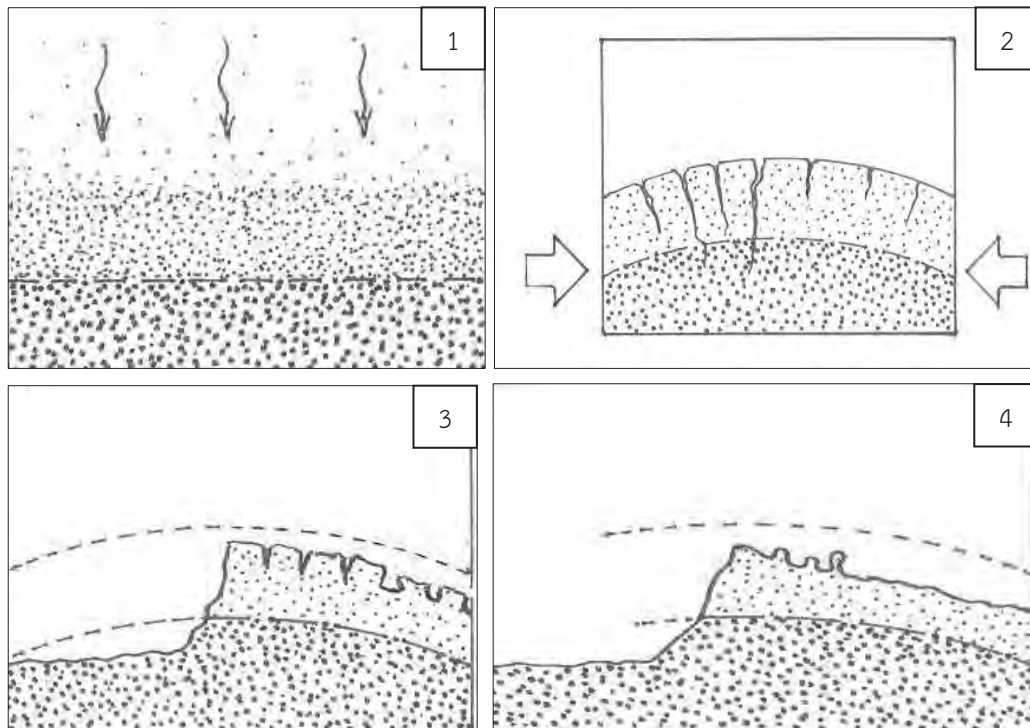
ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง, 2550

ภาพที่แสดงการเรียงลำดับชั้นของหิน การคดโค้งของชั้นหินจากการยกตัว และการกัดเซาะชั้นหิน บริเวณมอหินขาวและบริเวณใกล้เคียง ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นรูปประทุนหงาย (Syncline) สลับกับรูปประทุนคว่ำ (Anticline) โดยชั้นหินที่แก่หรืออายุมากที่สุดคือ หินในหมวดหินน้ำพุ (TRnp) อายุช่วงไทรแอสสิกตอนปลาย รองรับอยู่ใต้สุด ชั้นหินถัดขึ้นมาด้านบน คือ หมวดหินภูกระดึง อายุจูแรสสิกตอนปลาย และหมวดพระวิหาร อายุครีเทเชียสตอนต้น ซึ่งเป็นหมวดหินที่อยู่ตอนบนสุดของมอหินขาว ซึ่งก็คือ บริเวณแท่งหินและกลุ่มหินต่าง ๆ บนมอหินขาวนั่นเอง



ภาพที่ 6.6 ภาพจากดาวเทียมแสดง 1) บริเวณกลุ่มหิน 5 แห่ง 2) กลุ่มหินโขลงช้าง และ 3) กลุ่มหินลานพุทธรูป บริเวณภูแลนคา บ้านวังคำแคน ตำบลท่าหินโงม อำเภอเมืองฯ จังหวัดชัยภูมิ

ที่มา : maps.google.co.th



ภาพที่ 6.7 ขั้นตอนการเกิดหน้าผาและภูมิประเทศบริเวณมอหินขาว

รูปที่ 1 เมื่อประมาณ 195-145 ล้านปีก่อน กระแสน้ำได้พัดพาตะกอนมาตกจมสะสมตัวเป็นบริเวณกว้าง ในบริเวณมอหินขาว ภูกระดึงและถูกปิดทับด้วยหมวดหินพระวิหาร

รูปที่ 2 ต่อมาเมื่อประมาณ 50 ล้านปีก่อน เปลือกโลกเกิดการเคลื่อนไหวมีแรงบีบอัด ทำให้ชั้นยกตัวขึ้นและเกิดการคดโค้ง มีการแตกหักบริเวณยอดและเกิดการผุพัง

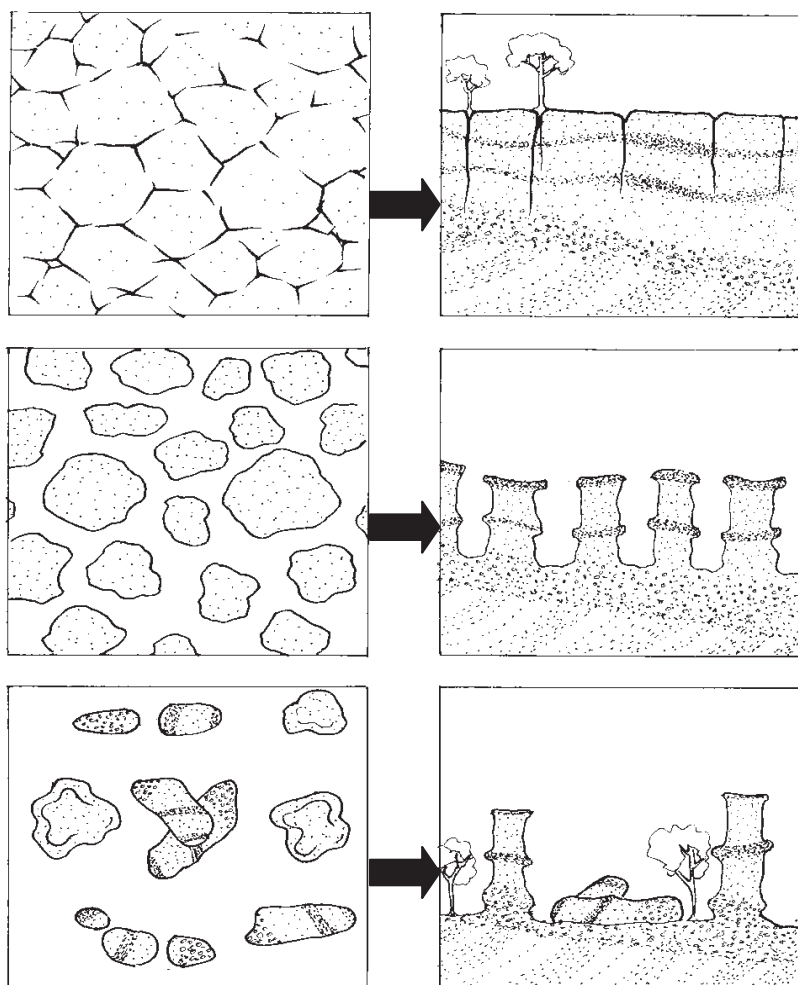
รูปที่ 3 บางส่วนถูกกัดเซาะ พังทลายกลายเป็นภูเขาและหน้าผาชัน

รูปที่ 4 เกิดการกัดเซาะผุพังเรื่อยมาตั้งแต่เมื่อชั้นหินยกตัวจนถึงปัจจุบัน ส่วนที่แข็งแกร่งกว่ามีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูงจะปรากฏให้เห็นเป็นแท่งหินมาจนถึงปัจจุบัน

ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง, 2550

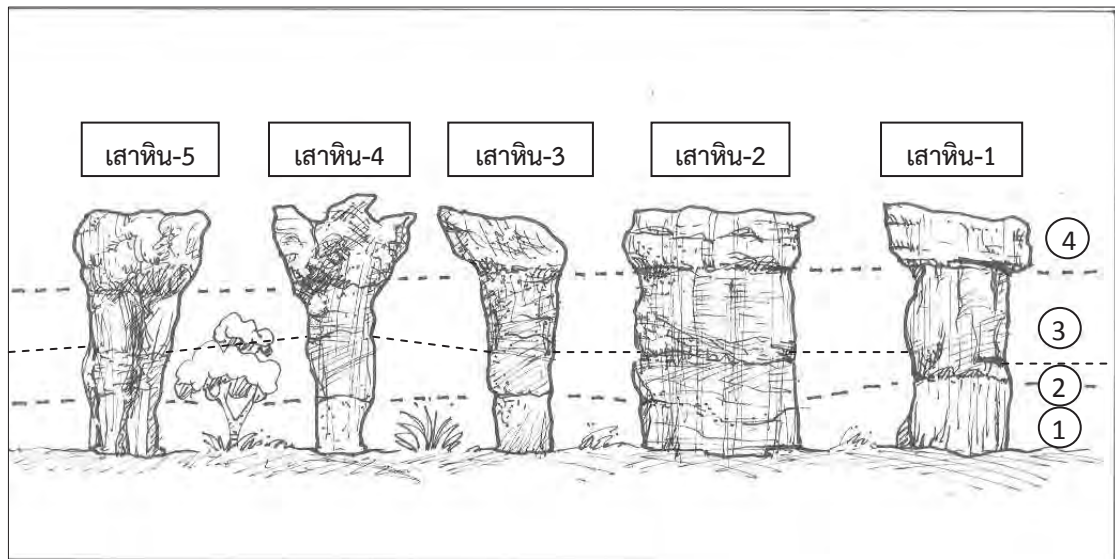
กลุ่มเสาหิน

ลักษณะการเกิดขึ้นของเสาหิน คือ เมื่อชั้นหินแข็งเกิดการยกตัว และเกิดแรงบีบอัดด้านข้าง โดยแรงที่มากระทำนั้น ส่งผลให้เกิดการแตกของหินบริเวณยอดเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) อีกทั้งการคดโค้งของชั้นหินนั้นจะมีความลาดชันเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการกัดเซาะอย่างแรงตามแนวแตกของหิน จากกระแสน้ำและกระแสนลม ชั้นหินเนื้อละเอียดที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ การเชื่อมประสานไม่ดี จะผุพังเร็ว และถูกกัดกร่อนได้ง่าย ส่วนชั้นหินเนื้อหยาบมีช่องว่างขนาดเล็กมากกว่าการเชื่อมประสานดีจะแข็งแกร่งกว่า การผุพังและการกัดกร่อนจะยากกว่า ทำให้ยังคงสภาพอยู่เป็นแท่งหิน หรือเสาหิน



ภาพที่ 6.8 แสดงกระบวนการเกิดกลุ่มเสาหินที่เริ่มจากการแตกบริเวณพื้นผิวหินเป็นรูปหลายเหลี่ยม (Polygon)

ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง, 2550 (ภาพบน)



ภาพที่ 6.9 การเรียงตัวของชั้นหินบริเวณกลุ่มเสาหิน 5 แห่ง

ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคลุ่มน้ำโขง, 2550

ลักษณะการเรียงตัวและการคงสภาพของชั้นหินบริเวณเสาหิน 5 แห่ง พบว่าชั้นมีการเรียงชั้นใหญ่ ๆ จำนวน 4 ชั้น โดยชั้นที่ 1 อยู่ตอนล่างสุด เป็นชั้นที่มีการเชื่อมประสานค่อนข้างดีในตอนล่าง และตอนบนการเชื่อมประสานน้อยกว่า ทำให้ตอนล่างมีความคงทนมากกว่าตอนบนของชั้น ลักษณะของตะกอนเป็นตะกอนทรายหยาบ และค่อย ๆ เรียงชั้นขึ้นไปด้านบนเป็นตะกอนทรายปานกลาง พบชั้นเฉียงระดับขนาดปานกลางถึงใหญ่แทรกทั่วทั้งชั้น

ชั้นที่ 2 เป็นชั้นตะกอนขนาดทรายหยาบ มีกรวดเล็กปนบ้างประปราย มีชั้นเฉียงระดับขนาดปานกลางถึงใหญ่แทรกทั่วทั้งชั้น การเชื่อมประสานค่อนข้างดี

ชั้นที่ 3 ลักษณะของเม็ดตะกอนจะละเอียดกว่าตอนบน คือ มีขนาดทรายปานกลางถึงหยาบ มีกรวดเล็กปนบ้างประปรายโดยมีมากบริเวณตอนล่างของชั้น มีชั้นเฉียงระดับขนาดปานกลางแทรกทั่วทั้งชั้น มีการเรียงชั้นตะกอน คือ เม็ดใหญ่อยู่ด้านล่างเม็ดละเอียดกว่าอยู่ด้านบน การเชื่อมประสานปานกลาง

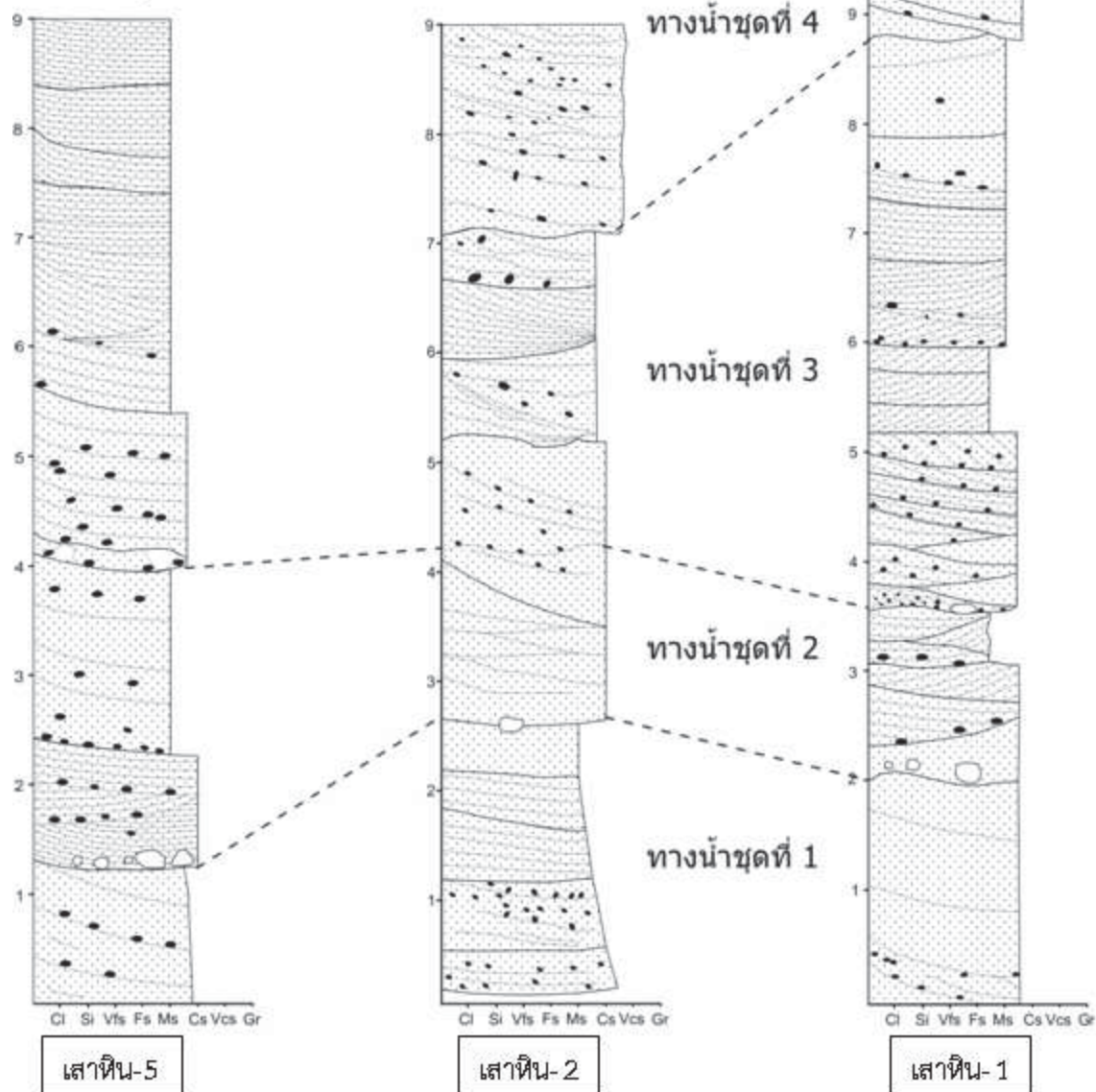
ชั้นที่ 4 เป็นชั้นที่มีความทนทานต่อการผุกร่อนสูงสุดปิดทับอยู่ตอนบนสุด ส่วนใหญ่เป็นตะกอนขนาดทรายหยาบถึงทรายหยาบมาก มีเม็ดกรวดเล็กปนทั่วทั้งชั้น การเชื่อมประสานดี มีชั้นเฉียงระดับขนาดปานกลางถึงใหญ่แทรกในชั้น

จากการศึกษาลำดับชั้นหินโดยละเอียด ทำให้สามารถแบ่งชั้นหินของเสาหินทั้ง 5 แห่ง ออกได้เป็น 4 ชุดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง (sequence) โดยแยกจากลักษณะการกักเซาะบริเวณฐานของแต่ละชุดเหตุการณ์

คำอธิบาย



Cl = Claystone = ดินโคลน
 Si = Siltstone = ดินทรายแป้ง
 Vfs = Very fine grained sandstone = ดินทรายเนื้อละเอียดมาก
 Fs = Fine grained sandstone = ดินทรายเนื้อละเอียด
 Ms = Medium grained sandstone = ดินทรายเนื้อปานกลาง
 Cs = Coarse grained sandstone = ดินทรายเนื้อหยาบ
 Vcs = Very coarse grained sandstone = ดินทรายเนื้อหยาบมาก
 Gr = Conglomerate = หินกรวดมน



ภาพที่ 6.10 ลำดับชั้นหินบริเวณกลุ่มเสาหินจากเสาหินตัวแทน (เสาหินที่ 1 เสาหินที่ 2 และเสาหินที่ 5)

จากทั้ง 4 ชุดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่องนี้ ทำให้สามารถแปลความหมายสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของชั้นตะกอนบริเวณกลุ่มเสาหิน คือ เป็นตะกอนแม่น้ำแบบแม่น้ำโค้งตัวด โดยมีทางน้ำไหลตัวดไปมาบริเวณนี้ทั้งหมด 4 ครั้งแบบต่อเนื่อง โดยเป็นการสะสมตัวบริเวณท้องน้ำ (ที่มีการกัดเซาะบริเวณฐาน) และค่อย ๆ เปลี่ยนทิศทางการไหล และลดระดับพลังงานการพัดพาลงมาทำให้ช่วงบนของแต่ละชั้นเป็นการตกสะสมตัวบริเวณสันทราย หรือสันดอนทราย

กลุ่มหินโหลงช้าง

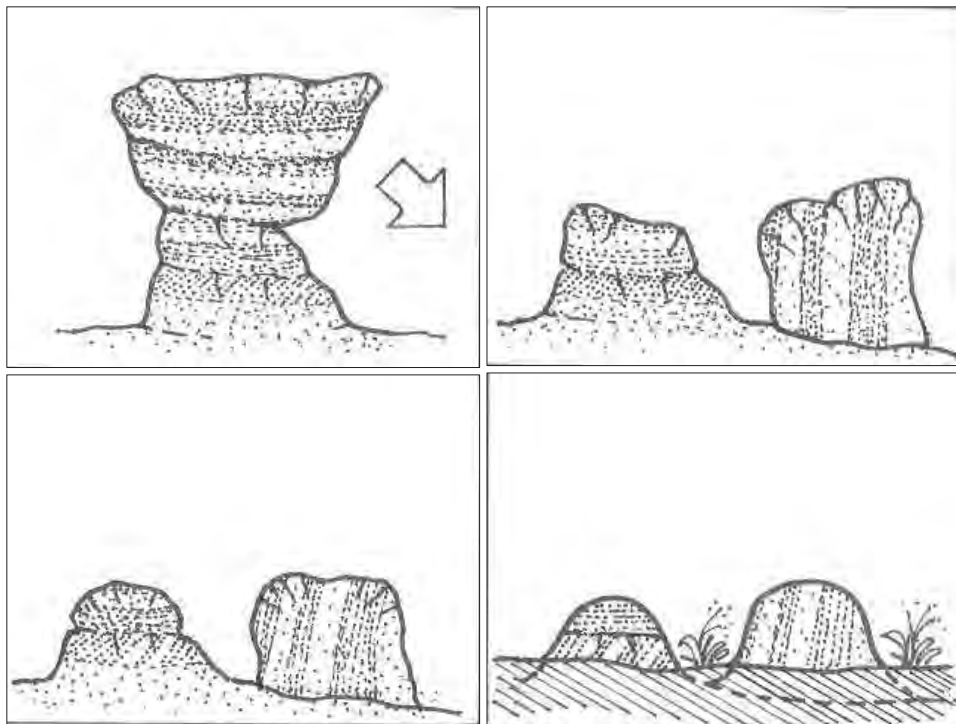
กลุ่มหินโหลงช้าง ตั้งชื่อตามลักษณะหินที่มีรูปร่างคล้ายกับช้างหมอบ ซึ่งเกิดขึ้นจากการกัดเซาะของกระแสน้ำและกระแสนลมตามแนวแตกของหินเช่นเดียวกับบริเวณกลุ่มเสาหิน แต่เนื่องจากบริเวณนี้อยู่สูงกว่ากลุ่มเสาหิน และมีความลาดชันน้อยกว่า อัตราการกัดเซาะทางลิกจึงเกิดขึ้นน้อยกว่า ทำให้หินยังคงสภาพอยู่มากกว่า ส่วนใหญ่ไม่สูงมากนัก และมีรูปร่างมน



ภาพที่ 6.11 หินที่มีรูปร่างคล้ายช้างหมอบในบริเวณกลุ่มหินโหลงช้าง



ภาพที่ 6.12 สภาพโดยทั่วไปของหินบริเวณกลุ่มหินโหลงช้าง



ภาพที่ 6.13 ลำดับกระบวนการกัดกร่อนผุพังตามกาลเวลาของแท่งหิน

ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคกลุ่มน้ำโขง, 2550

ลักษณะรูปทรงของหินอีกแบบที่น่าสนใจ คือ การเรียงชั้นของหินผิดไปจากสภาพที่ควรจะเป็น เช่น แนวระนาบชั้นหินวางตัวในแนวตั้ง เกิดจากการที่หินมีความต้านทานการกัดเซาะแตกต่างกัน ซึ่งบางครั้งชั้นหินที่รองรับอยู่ด้านล่างถูกกัดเซาะไปก่อนชั้นหินที่อยู่ด้านบน ทำให้หินที่อยู่ด้านบนล้มและหล่นลงมา ลักษณะเช่นนี้ทำให้การเรียงตัวของชั้นหินผิดไปจากสภาพเดิม คือ แนวระนาบชั้นหินวางตัวตั้งในแนวตั้ง



ภาพที่ 6.14 ลักษณะชั้นหินที่รองรับอยู่ด้านล่าง ซึ่งถูกกัดเซาะไปก่อนชั้นหินที่อยู่ด้านบน ทำให้หินที่อยู่ด้านบนล้มหรือหล่นลงมา ก่อนจะถูกขัดให้กลมมนโดยกระแสน้ำและกระแสนลม

นอกเหนือจากหินรูปช้างหมอบแล้ว ในบริเวณกลุ่มหินโขลงช้างยังมีจุดที่น่าสนใจอีกจุดหนึ่ง ซึ่งนักท่องเที่ยวชอบไปถ่ายรูปเพราะจะได้กรอบรูปธรรมชาติที่สวยงาม จุดที่กล่าวถึงนี้เป็นแท่งหินซึ่งลักษณะทั่วไปของแท่งหินเกิดจากการกัดเซาะจนเหลือเฉพาะส่วนที่แข็งแกร่งให้เห็นเป็นแท่งหิน เหมือนหินก้อนอื่น ๆ ในบริเวณนี้ แต่ที่ทำให้หินก้อนนี้เด่นขึ้นมา เนื่องจากมีช่อง หรือรู ทะลุตลอดแท่งหิน เมื่อไปยืนอยู่อีกฟากของแท่งหินแล้วถ่ายรูป จะเหมือนได้กรอบรูปที่ประดิษฐ์ขึ้นจากธรรมชาตินั่นเอง ลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นจาก การที่กระแสน้ำได้พัดพาตะกอนต่าง ๆ มาสะสมตัวปะปนกัน ได้แก่ ตะกอนที่มีความต้านทานการผุพังสูง เช่น แร่ควอตซ์ เซิร์ต หินทราย หินกรวด ฯลฯ และตะกอนที่มีความต้านทานต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียว โคลน หรือทรายแป้ง เป็นต้น ตะกอนเนื้อละเอียดเหล่านี้จะถูกพัดพามาในลักษณะของมวลก้อนกลมปะปนมากับตะกอนเม็ดหยาบอื่น ๆ ในช่วงที่กระแสน้ำไหลแรงและปั่นป่วน ตะกอนต่าง ๆ ที่ทับถมกันและเกิดสารเชื่อมได้แข็งตัว

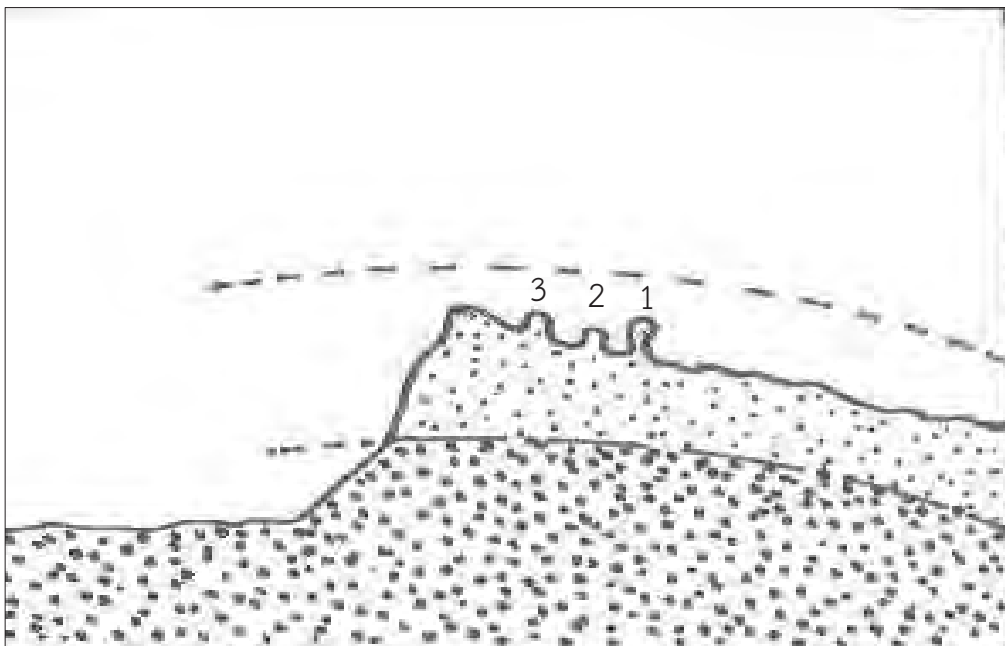
กลายเป็นหิน ต่อมาชั้นหินนั้นเกิดการยกตัวขึ้นมา และถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำหรือกระแสนลม ตะกอน เนื้อละเอียดที่มีความต้านทานต่ำ จะถูกกัดกร่อนไปได้เร็ว จนเกิดเป็นช่อง โพรง หรือรู การกัดเซาะ เกิดขึ้นต่อเนื่องและยาวนานทำให้ช่อง โพรง หรือหลุมเหล่านั้นขยายใหญ่และลึกมากขึ้น จนทะลุแท่งหิน ดังกล่าวนั่นเอง



ภาพที่ 6.15 แสดงโพรงที่ทะลุแท่งหินจากการกัดกร่อนเนื้อหินที่ไม่ต้านทานออกไป กลายเป็นจุด
ถ่ายรูปที่มีกรอบรูปธรรมชาติสวยงามในบริเวณกลุ่มหินโขลงช้าง

กลุ่มหินลานพุทธรูป

กลุ่มหินลานพุทธรูป (ลานหินต้นไทร) ลักษณะภูมิประเทศจะอยู่สูงกว่ากลุ่มเสาหินและกลุ่มหินโขลงช้าง และอยู่ใกล้กับผาหัวนาคมากที่สุด ซึ่งเป็นบริเวณยอดแนวคดโค้งของชั้นหิน ทำให้ลักษณะหินบริเวณนี้ส่วนใหญ่ยังเห็นเป็นลานหินอยู่ คือ มีการกัดเซาะไม่มากเท่ากลุ่มหินสองกลุ่มแรก นอกจากลักษณะลานหินแล้ว โครงสร้างที่เห็นได้มากในหินกลุ่มนี้ คือ การแตกกระแหงเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygon) ซึ่งเกิดจากการยกตัวของชั้นหินและมีแรงบีบด้านข้างทำให้ชั้นหินแข็งแตกกระแหง ก่อนจะเกิดการผุพังอยู่กับที่จากการเผาไหม้ของแดด การกัดกร่อนโดยกระแสลม และน้ำฝน ทำให้ยอดของหินหลายก้อนมีลักษณะกลมมน



ภาพที่ 6.16 ตำแหน่งของกลุ่มหินต่าง ๆ ประกอบด้วย (1) กลุ่มเสาหิน (2) กลุ่มหินโขลงช้าง และ (3) กลุ่มหินลานพุทธรูป

ที่มา : ปรับปรุงจากศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคลุ่มน้ำโขง, 2550



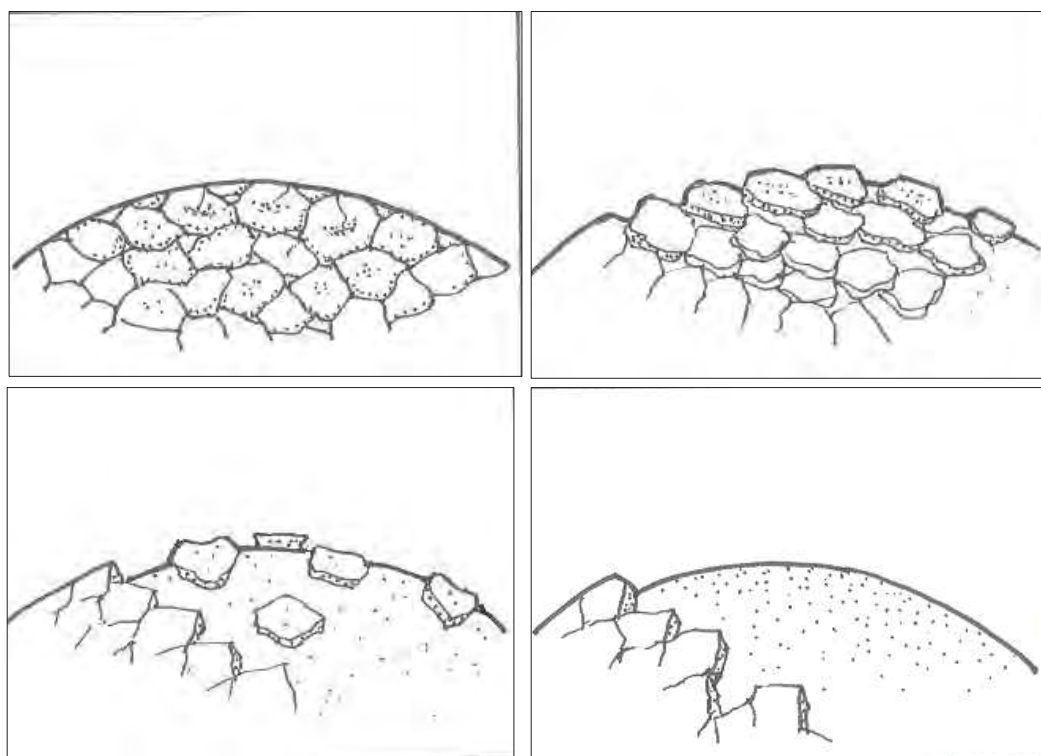
ภาพที่ 6.17 หินรูปทรงคล้ายพุทธรูปนี้เกิดจากการกร่อนของแท่งหินที่ไม่เท่ากันจนทำให้เกิดรูปทรงคล้ายพระพุทธรูปปางสมาธิ



ภาพที่ 6.18 โขดหินในบริเวณกลุ่มหินลานพุทธรูป



ภาพที่ 6.19 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มหินลานพุทธรูปซึ่งเป็นลานหินกว้าง บางก้อนมีความกลมมนจากการถูกร่อนอยู่กับที่และมีรอยแตกกระแหง



ภาพที่ 6.20 ขั้นตอนการเกิดรอยแตกกระแหง และการผุพังอยู่กับที่อันเนื่องมาจากแดด ลม และฝน
ที่มา : ศูนย์วิจัยท่องเที่ยวภูมิภาคลุ่มน้ำโขง, 2550



ภาพที่ 6.21 การแตกของชั้นหินเป็นแบบร่องระแหง และการผุพังอยู่กับที่

การออกแบบโบรชัวร์ (brochure) “กำเนิดมอหินขาว”

ความต้องการประการหนึ่งของนักท่องเที่ยวมอหินขาว คือ ต้องการทราบว่า มอหินขาว คืออะไร ในทางธรณีวิทยาหรือทางภูมิศาสตร์เรียกว่าอะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร อายุเท่าไร จะคงสภาพไปได้อีกนานเท่าไร และมีคุณค่าอย่างไร ซึ่งนอกเหนือจากการจัดนิทรรศการไว้ที่สำนักงานหรืออาคารต้อนรับนักท่องเที่ยวแล้ว ฝ่ายประชาสัมพันธ์ของสำนักงาน อาจจัดพิมพ์เป็นเอกสารโบรชัวร์โดยมีเนื้อหาและภาพ 2 ด้าน ตามตัวอย่างในหน้าถัดไป

การออกแบบภูมิทัศน์มอหินขาว

การออกแบบภูมิทัศน์มอหินขาว เป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพราะผลจากการประชุมระดมสมองของผู้มีส่วนได้เสียภายในจังหวัด 2 ครั้ง และจากแบบสอบถามประชาชนในชุมชนใกล้เคียงมอหินขาว รวมทั้งจากนักท่องเที่ยว ส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการพัฒนาภูมิทัศน์ เพื่อเพิ่มคุณค่าแหล่งท่องเที่ยวแห่งนี้ที่มีความโดดเด่นอยู่แล้ว ให้ความสวยงามและประทับใจแก่ผู้มาเยี่ยมชมเพิ่มขึ้น ให้มีการอนุรักษ์กลุ่มหิน พื้นที่และพืชพรรณธรรมชาติ รวมทั้งแก้ไขปัญหาการปรับปรุงพัฒนาที่มีอยู่ก่อน ให้ความสอดคล้องกลมกลืนกับธรรมชาติ ดังนั้น ในการออกแบบภูมิทัศน์มอหินขาว จึงมีแนวคิดทั่วไป แนวคิดเฉพาะ และการจัดทำแบบภูมิทัศน์ ดังนี้

กำเนิดมอหินขาว

Formation of Mo Hin Khao

ที่ตั้ง

แหล่งท่องเที่ยวมอหินขาว ตั้งอยู่ที่บ้านวังคำแคน ตำบลทำหินใหม่ อำเภอมือเืองฯ จังหวัดชัยภูมิ ในพื้นที่เตรียมพัฒนาของอุทยานแห่งชาติภูแลนคา จำนวน 1,300 ไร่ โดยอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 800 – 840 เมตร และอยู่ห่างจากตัวเมืองชัยภูมิ ไปทางทิศเหนือประมาณ 42 กม.



ที่มาของชื่อ

มอหินขาว มาจากคำว่า “มอ” + “หินขาว” โดยคำว่า “มอ” เป็นภาษาอีสาน หมายถึงที่เนิน เนินเขาหรือที่สูง ส่วนคำว่า “หินขาว” หมายถึง แ่งหินบนมอที่มองเห็นเป็นสีขาวในระยะไกล จึงเรียกพื้นที่ดังกล่าวว่า “มอหินขาว” ซึ่งหมายถึงเนินแห่งหินสีขาวบนภูเขา “ภูแลนคา”

จัดทำโดย สถาบันวิจัยไม่ลายเป็นหินและทรัพยากรธรณีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 2555

ลักษณะของมอหินขาวในทางธรณีวิทยา

แห่งหินบนมอหินขาวเป็นหินทรายที่มีหลายรูปแบบ และอยู่กระจายหลายกลุ่ม แต่กลุ่มที่เด่นที่สุด คือ กลุ่มหิน 5 แห่ง ซึ่งทางธรณีวิทยาจะเรียกว่า “เสาหิน” หรือ Pillar ดังนั้น จึงอาจจะเรียกว่าเสาหินทรายหรือ Sandstone Pillar Rocks หรือ Mo Hin Khao Pillar Rocks ก็ได้ ซึ่งคล้ายกับเสาหินที่เมืองอลิซ สปริงส์ ออสเตรเลีย หรือเสาหินที่เมืองพาซาบา ตรก็ เป็นต้น

แม้จะมีการอุปมาว่ามอหินขาวเป็น “สโตนเฮนจ์เมืองไทย” แต่สโตนเฮนจ์ที่อังกฤษ เป็นโบราณสถานที่มนุษย์สร้างขึ้นอย่างไม่น่าเชื่อเมื่อราว 5,000 ปีก่อน ประกอบด้วยเสาหินจากแดนไกล ขนาดกว้างประมาณ 2 เมตร สูง 5 เมตร ที่นำมาจัดไว้ในทุ่งที่ราบ ขณะที่มอหินขาวเป็นประติมากรรมตามธรรมชาติของหินทรายบนภูเขา เมื่อหลายสิบล้านปีมาแล้ว และส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่มาก โดยเสาหินบางต้น กว้างถึง 10 เมตร และสูงกว่า 10 เมตร

อาจกล่าวได้ว่า มอหินขาวเป็นมอเสาหินทรายที่มหัศจรรย์และสวยที่สุดไม้อาเซียน เพราะยังไม่ปรากฏแหล่งท่องเที่ยวเด่นประเภทนี้ในอีก 9 ประเทศของอาเซียน

กำเนิดของมอหินขาว

พื้นที่มอหินขาว รวมทั้งพื้นที่ภาคอีสาน เคยเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำใหญ่ในแผ่นดิน เมื่อ 210 ล้านปีก่อน คล้ายกับที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและสาขาย่อยในปัจจุบัน การสะสมตัวของตะกอนแม่น้ำที่ยาวนานนับร้อยล้านปี ทำให้ได้ชั้น

ตะกอนหนากว่า 4 กิโลเมตรและเชื่อมตัวกลายเป็นหินแข็งในที่สุดซึ่งนักธรณีวิทยา เรียกว่า “กลุ่มหินโคราช” ต่อมาเมื่อราว 50 ล้านปีก่อน แผ่นเปลือกโลกอนุทวีปอินเดียเคลื่อนตัวมาชนกับแผ่นเปลือกโลกทวีปยูเรเชีย (ยุโรป + เอเชีย) ได้ส่งผลให้เกิดการโค้งตัวของหินจนกลายเป็นเทือกเขาหิมาลัย ภาคกลางของประเทศไทยทรุดจมตัวลงเป็นแอ่งเจ้าพระยา ขณะที่ภาคอีสานชั้นหินคดโค้งไม่มาก กลายเป็นแอ่งโคราช เทือกเขาโค้งตัว “ภูพาน” และแอ่งสกลนคร ต่อมาพื้นที่ภาคอีสานยกตัวสูงขึ้นเป็นที่ราบสูงโคราช โดยยกตัวมากและเป็นขอบเขตนทางด้านตะวันตกและด้านใต้ของภาคมากกว่า ส่วนบริเวณมอหินขาวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขอบเขตนทางด้านตะวันตก กระบวนการกัดเซาะและพัฒนาโดยธารน้ำ ลม ฝน และอื่นๆ ได้ทำให้ชั้นหินที่อยู่ทางตอนบนของกลุ่มหินโคราชหายไป จนกระทั่งถึงชุดชั้นหิน ที่เรียกว่าหมวดหินพระวิหาร (คล้ายชั้นหินที่เขาพระวิหาร อายุ 140 ล้านปีก่อน) ซึ่งมีความแข็งแรงต้านทาน ทำให้คงเหลือจากการสึกกร่อนเป็นภูเขา “ภูแลนคา” รวมทั้งภูเขาอื่นที่เป็นขอบชั้นยาวตลอดทั้งด้านตะวันตกและด้านใต้ของที่ราบสูงโคราช



1. แนวคิดโดยทั่วไปของการออกแบบภูมิทัศน์มอหินขาว

1.1 แนวคิดด้านประโยชน์ใช้สอย คำนึงถึงประโยชน์ด้านความร่มรื่น มีทางเดิน จุดชมวิว หรือถ่ายภาพ การมีกลิ่นหอม การปิดบังสิ่งที่ไม่น่าดู เป็นต้น

1.2 แนวคิดด้านความสวยงาม พิจารณาถึงไม้ประดับไม้ดอกที่มีสีสัน การจัดกลุ่ม การมีระดับความสูงต่ำ ทางเดินเส้นโค้งเลียนแบบธรรมชาติ วัสดุกลมกลืนกับธรรมชาติ จัดจุดชมวิวที่เชิญชวน หรือดึงดูดผู้ชม จัดจุดที่ไม่สวยด้วยต้นไม้พรางตาซึ่งมีสีส้มไม่สะดุดตาหรือไม้ที่ไม่ตัดแต่ง

1.3 แนวคิดด้านความง่ายต่อการดูแลรักษา ส่วนใหญ่จะใช้ไม้ยืนต้นในท้องถิ่น ไม้ที่ไม่ค่อยทั้งใบ จัดกลุ่มพรรณไม้ สนามหญ้า ให้เป็นสัดส่วน ไม่สะเปะสะปะไปทั่ว หลีกเลี้ยงไม้ล้มลุก ยกเว้นในบริเวณที่โชว์ความสวยงาม

1.4 แนวคิดด้านความคุ้มค่าคุ้มทุน เช่น ในการจัดหา ชื้อ จ้าง เกี่ยวกับวัสดุพืชพรรณที่นำมาใช้ในการตกแต่ง กรณีไม้ยืนต้นควรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ไม้ชำพวกเข็มควรเป็นขนาดสูง 4 นิ้ว หินทรายใช้หินในท้องถิ่น หลีกเลี้ยงหินทรายแดง เพราะกะเทาะหรือแตกหักง่าย ทางเดินศิลาแลงจะราคาถูกกว่าหินทราย เป็นต้น

1.5 แนวคิดด้านการมีส่วนร่วมจากชุมชนท้องถิ่น และนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง เช่น การรับข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากผลสรุปแบบสอบถามที่ได้จากชุมชนรอบมอหินขาว นักท่องเที่ยว และจากนักวิชาการที่ทำวิจัยส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศมอหินขาว มหาวิทยาลัยขอนแก่น มาประยุกต์กับงานออกแบบ

2. แนวคิดเฉพาะ เป็นแนวคิดจากนักเทคโนโลยีภูมิทัศน์ ซึ่งเป็นผู้ที่ออกแบบภูมิทัศน์มอหินขาวโดยตรง สรุปได้ดังนี้

กลุ่มหิน 5 แห่ง

- 1) ให้นักท่องเที่ยวรู้สึกสะดวกในการเดินชมหิน 5 แห่ง โดยรอบ
- 2) ทางเดินหรือ Walk way ควรมีผิวเรียบ เพื่อให้นักท่องเที่ยวไม่รู้สึกกังวลว่าสะดุดหรือตก ร่องตกขอบ และใช้วัสดุในท้องถิ่นหรือในธรรมชาติ เป็นทางเดินที่ควบคุมทางน้ำได้ด้วย
- 3) มีที่นั่งพักหรือห้องสุขาเพียงพอและไม่ไกล
- 4) ที่นั่งพัก ควรเป็นธรรมชาติ เช่น ก้อนหินรูปทรงมนรี ลักษณะค่อนข้างแบน เป็นต้น ไม่ควรใช้เก้าอี้ โต๊ะที่มีรูปทรงเป็นเหลี่ยม เพราะไม่กลมกลืนกับธรรมชาติ
- 5) แห่งหิน 5 แห่ง มีความสวยงามเพราะดูระยะไกล จึงไม่จำเป็นต้องเข้าไปใกล้ ซึ่งเสี่ยงต่อการถูกทำลายหรือได้รับอันตรายจากหินโค่นล้ม จึงควรมีไม้ประดับบริเวณโคนหินหรือบริเวณขอบทางเดินเท้า เพื่อเป็นเครื่องกั้น
- 6) ลานหินทำเป็นผิวเรียบ มีความโค้ง ความมน ใช้วัสดุหินทรายหรือคอนกรีตหินทรายเทียมก็ได้
- 7) เลือกหินทรายในท้องถิ่นก่อนสวยๆ มาทำแนวรั้ว ทำหินประดับหรือทำชุดโต๊ะ เก้าอี้ นั่งพักผ่อน



ภาพที่ 6.22 แสดงส่วนหนึ่งของแนวคิดการออกแบบภูมิทัศน์เมืองหินขาว

1) แนวคิดด้านประโยชน์ใช้สอย 2) แนวคิดด้านความสวยงาม

3) แนวคิดด้านความง่ายต่อการดูแลรักษา

- 8) ตัดแต่งต้นไม้ ขุดย้ายปรับกลุ่มต้นไม้
- 9) กำหนดมุมมองที่สวยงามที่สุดก่อนซึ่งจะเป็นพื้นลาน หรือที่โล่งแจ้ง แล้วออกแบบทางเดิน ให้สัมพันธ์กับการออกแบบชนิดต้นไม้ การจัดวางต้นไม้ ก้อนหิน ป้ายต่างๆ จุดมอง จุดถ่ายภาพด้วย
- 10) จัดวางตำแหน่งป้ายใหม่ โดยควรอยู่บริเวณลานหรือบริเวณมุมมอง
- 11) ความลาดชันของพื้นที่ ปรับแต่งให้เป็นไปตามธรรมชาติและปรับให้สามารถชะลอความเร็วของน้ำไหลได้ด้วย
- 12) การออกแบบงานภูมิทัศน์หรืองานก่อสร้างต่างๆ ควรใช้เส้นโค้ง หรือผิวโค้งผิวเว้า หลีกเลี่ยงการใช้เส้นตรงเพราะไม่เป็นธรรมชาติ และให้ความรู้สึกแข็งกระด้างมากกว่า

กลุ่มหินโขลงช้าง

- 1) พิจารณาจากแนวคิด 12 ข้อ ในกลุ่มหิน 5 แห่ง ประกอบ
- 2) กลุ่มหินนี้ ควรให้นักท่องเที่ยวเข้าใกล้ได้ ปีนป่ายได้หรือนั่งถ่ายภาพได้ ยกเว้นบางก้อน ที่การเชื่อมต่อของหินไม่ค่อยดี หรือบางก้อนที่รูปทรงเป็นแท่งสูง ควรดูในระยะไกล
- 3) จัดวางหินบริเวณจุดถ่ายภาพ (หินมีรู) ให้สวย รวมทั้งจัดก้อนหินที่ใช้สำหรับการยืนถ่ายภาพ
- 4) ควรมีห้องน้ำที่ทำด้วยหินเทียม
- 5) ทางเดินเท้า (Walk way) จะมีระยะทางค่อนข้างมาก
- 6) พื้นที่ลาดเท การทำลานจึงควรทำเป็นระดับต่างๆ กัน

กลุ่มหินลานพุทธรูป

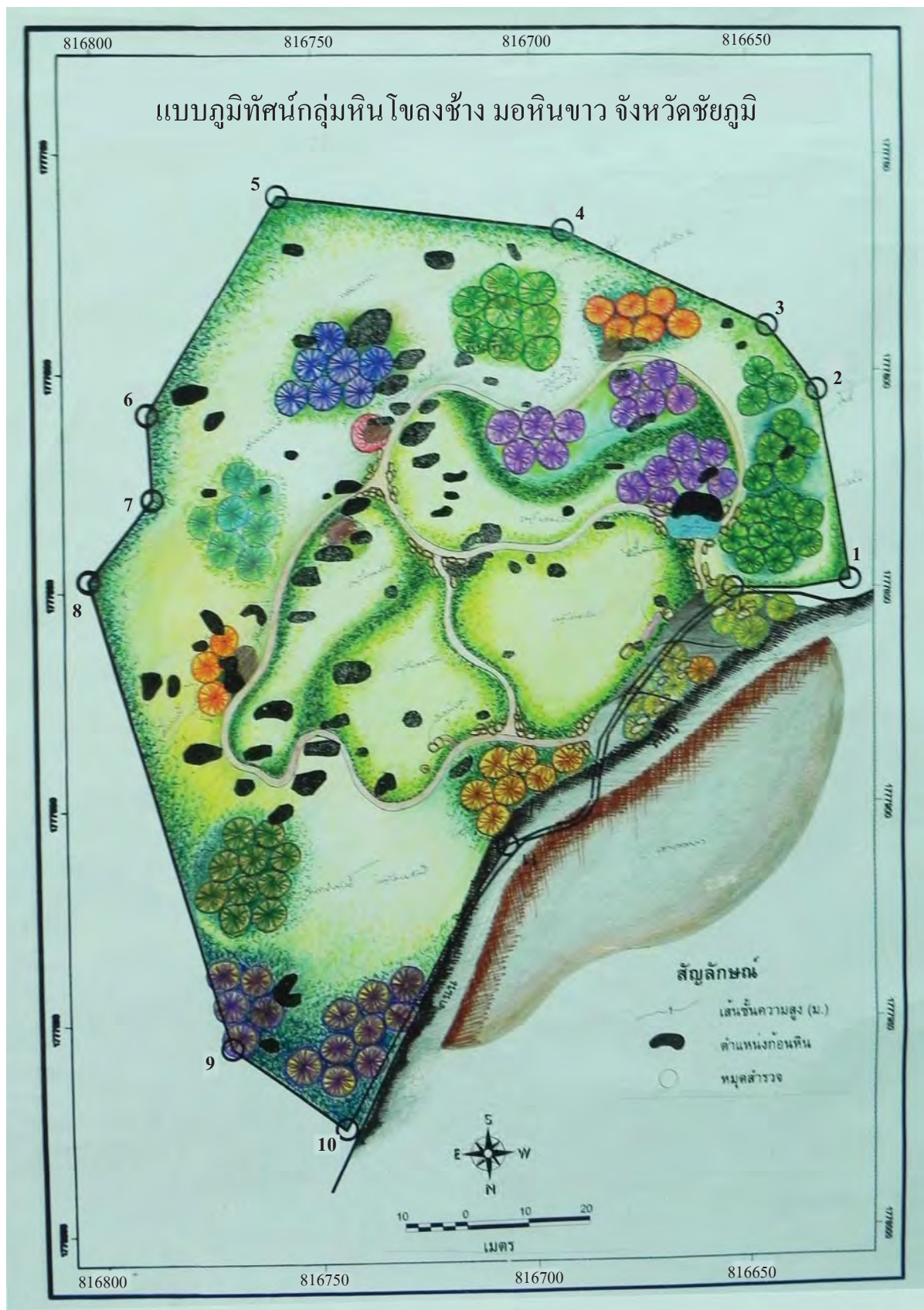
- 1) ชื่อกลุ่มหิน ควรสะท้อนให้เห็นความเด่นของหินเพื่อสนับสนุนความโดดเด่นของมอหินขาว ดังนั้น ชื่อลานหินพุทธรูปน่าจะสอดคล้องกับรูปลักษณ์หินเด่นในพื้นที่มากกว่า “ลานต้นไทร”
- 2) ควรทำลานใหญ่ และมีระดับตามความลาดชัน
- 3) ในอนาคตควรเปลี่ยนสภาพป่ายูคาลิปตัส ที่อยู่ในมุมมองและอยู่ระหว่างพื้นที่กลุ่มหินลานพุทธรูป กับกลุ่มหินโขลงช้าง ให้เป็นพรรณไม้ท้องถิ่น จะให้ความรู้สึกที่ดีว่าการเห็นไม้ต่างถิ่นต่างประเทศในบริเวณมอหินขาว

3. การจัดทำแบบภูมิทัศน์มอหินขาว เริ่มจากการสำรวจขอบเขตพื้นที่กลุ่มเสาหินทั้ง 3 กลุ่ม ซึ่งเปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าไปเยี่ยมชม และดำเนินการสำรวจจริงวัดความลาดชัน โดยทำแผนที่เส้นชั้นความสูงทุก ๆ 1 เมตร สำรวจแนวทางเดินชมที่ควรจะเป็น สภาพของหินในกลุ่มหินต่าง ๆ จุดพักชมวิวในแต่ละกลุ่มหิน พืชพรรณธรรมชาติในท้องถิ่นที่ขึ้นอยู่ สภาพการพัฒนาที่มีอยู่เดิม ผลการศึกษาการพัฒนามอหินขาวโดยนักวิชาการที่กระทำมาแล้ว รวมทั้งความเห็นจากที่ประชุมระดมสมองและแบบสอบถาม จากนั้นนักเทคโนโลยีภูมิทัศน์ที่มีความเชี่ยวชาญและมากด้วยประสบการณ์จะดำเนินการออกแบบและคำนวณปริมาณวัสดุ ราคา และรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (ราคาปี 2555) ตามภาพที่ 6.20-6.22 ที่เป็นแบบแปลนภูมิทัศน์แบบย่อส่วนกับตารางที่ 6.1-6.9 ซึ่งแสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายของการจัดภูมิทัศน์ทั้ง 3 กลุ่มหิน รวมพื้นที่ 50.88 ไร่ (81,406 ตร.ม.) วงเงิน 18,194,539 ล้านบาท

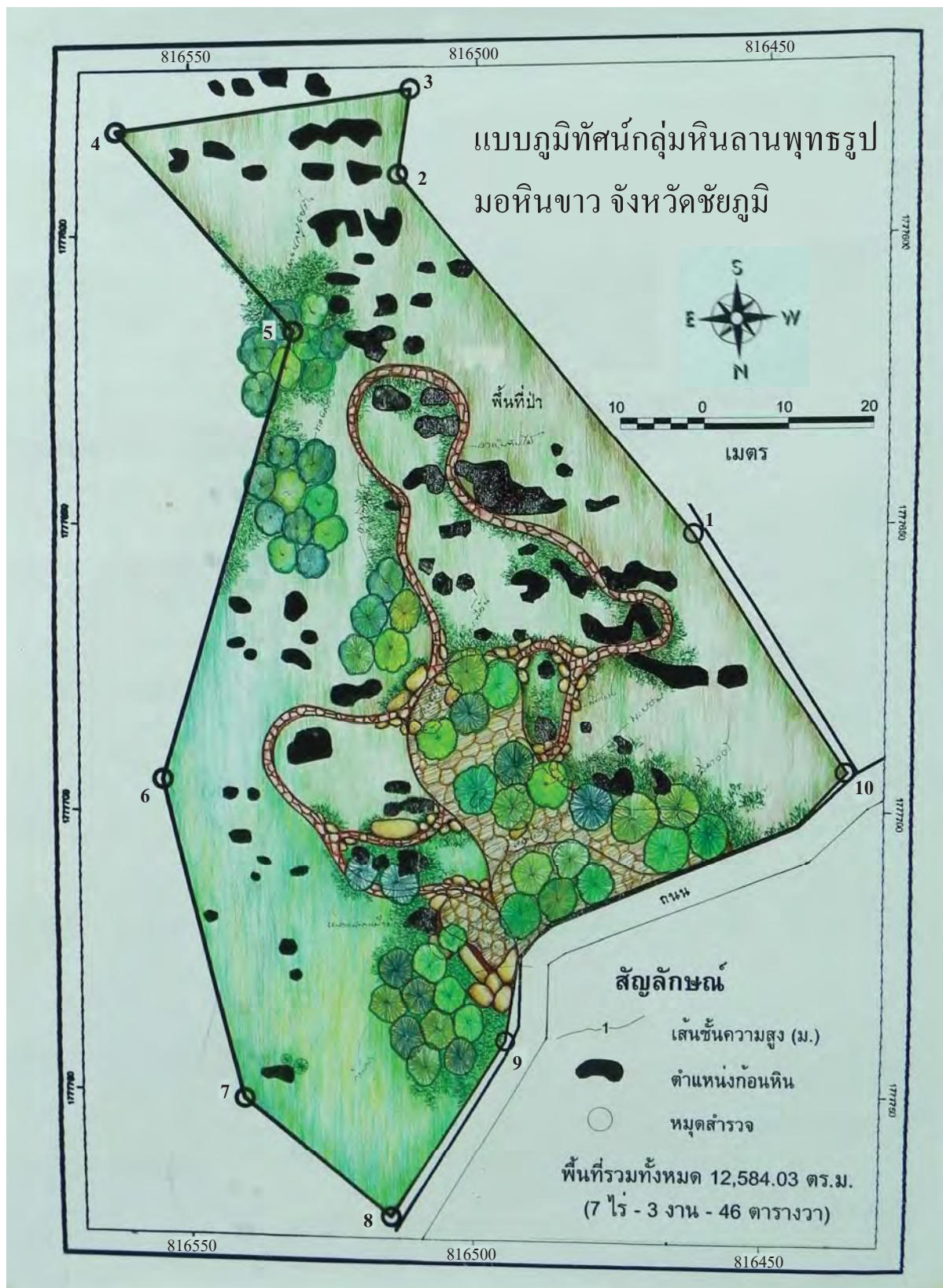
แบบภูมิทัศน์กลุ่มเสาหิน มอหินขาว จังหวัดชัยภูมิ



ภาพที่ 6.23 แบบภูมิทัศน์กลุ่มเสาหิน มอหินขาว จังหวัดชัยภูมิ



ภาพที่ 6.24 แบบภูมิทัศน์กลุ่มหินโขลงช้าง มอหินขาว จังหวัดชัยภูมิ



ภาพที่ 6.25 แบบภูมิทัศน์กลุ่มหินลานพุทธรูป มอหินขาว จังหวัดชัยภูมิ

ตารางที่ 6.1 ประมาณราคาตามภูมิทัศน์ พื้นที่กลุ่มหินเสาดิน									
วันที่ 29 มิถุนายน 2555									
Item	Description	Quantity	unit	Material		Labor		Total	Total
				Cost	Total	Cost	Total		
1	งานปลูกต้นไม้								
	1.1 ขึ้นหลัก 6"	8	ต้น	7,000	56,000	500	4,000		60,000
	1.2 คอแอส 8"	51	ต้น	7,000	357,000	500	25,500		382,500
	1.3 กระบะ 8"	14	ต้น	7,000	98,000	500	7,000		105,000
	1.4 มะค่าโมง 8"	12	ต้น	7,000	84,000	500	6,000		90,000
	1.5 หั่ว 6"	5	ต้น	7,000	35,000	500	2,500		37,500
	1.6 ตั้ว 6"	7	ต้น	7,000	49,000	500	3,500		52,500
	1.7 มะไฟ 6"	7	ต้น	7,000	49,000	500	3,500		52,500
	1.8 มะหาด 8"	8	ต้น	7,000	56,000	500	4,000		60,000
	1.9 ประยูร 6"	7	ต้น	7,000	49,000	500	3,500		52,500
	1.10 ขบถวาย 4"	2,400	ถุง	30	72,000		21,600		93,600
	1.11 ขยอกเย็น 4"	5,040	ถุง	5	25,200		7,560		32,760
	1.12 เข็มเรียงใหม่ 4"	8,910	ถุง	5	44,550		13,365		57,915
	1.13 เข็มบางทราย 4"	3,120	ถุง	20	62,400		18,720		81,120
	1.14 กุหลาบวาสนา 6"	1,280	ถุง	35	44,800		13,440		58,240
	1.15 พวงแสดต้น 6"	2,360	ถุง	30	70,800		21,240		92,040
	1.16 เข็มพิษณุโลก 4"	1,770	ถุง	5	8,850		2,655		11,505
	1.17 ขบถสุกสน 6"	2,320	ถุง	25	58,000		17,400		75,400
	1.18 ขบถต่าง 4"	4,110	ถุง	5	20,550		6,165		26,715
	1.19 ประทัดแตก 6"	1,160	ถุง	25	29,000		8,700		37,700
	1.20 โมกต่างแควะ 6"	2,300	ถุง	35	80,500		24,150		104,650
	1.21 เทพพนม 6"	1,140	ถุง	15	17,100		5,130		22,230
	รวมแผ่นที่ 1				1,366,750		219,625		1,586,375

ตารางที่ 6.2 ประมาณราคางานภูมิทัศน์พื้นที่กลุ่มหินโหล่งช้าง									
วันที่ 29 มิถุนายน 2555									
Item	Description	Quantity	unit	Material		Labor		Total	Total
				Cost	Total	Cost	Total		
1	งานปลูกต้นไม้								
1.1 เหมือด		5	ต้น	7,000	35,000	500	2,500		37,500
1.2 จิงชัน (พยูง)		5	ต้น	7,000	35,000	500	2,500		37,500
1.3 ไทร		5	ต้น	7,000	35,000	500	2,500		37,500
1.4 มะขามป้อม		8	ต้น	7,000	56,000	500	4,000		60,000
1.5 ห้ว		5	ต้น	7,000	35,000	500	2,500		37,500
1.6 ตะเคียนทอง		7	ต้น	7,000	49,000	500	3,500		52,500
1.7 จักป่า		10	ต้น	7,000	70,000	500	5,000		75,000
1.8 หมี่พรม		8	ต้น	7,000	56,000	500	4,000		60,000
1.9 กระโดน		9	ต้น	7,000	63,000	500	4,500		67,500
1.10 พะยอม		10	ต้น	7,000	70,000	500	5,000		75,000
1.11 มะหาด		15	ต้น	7,000	105,000	500	7,500		112,500
1.12 ลำไยเล็ก		6	ต้น	7,000	42,000	500	3,000		45,000
1.13 พญาศรี		10	ต้น	7,000	70,000	500	5,000		75,000
1.14 เสม็ด		10	ต้น	7,000	70,000	500	5,000		75,000
1.15 ทองหลางป่า		24	ต้น	7,000	168,000	500	12,000		180,000
1.16 ประดู่ป่า		11	ต้น	7,000	77,000	500	5,500		82,500
1.17 พลับพลึง กทม. 6"		2,940	ถุง	25	73,500		22,050		95,550
1.18 พันธุ์ไม้ในพื้นที่ย้ายปลูก		43	ต้น	0	-	500	21,500		21,500
1.19 หญ้ากอสน้อย		6,189	ตารางเมตร	30	185,670	0	55,701		241,371
1.20 หญ้ามาเลเซีย		1,337	ตารางเมตร	30	40,110	0	12,033		52,143
	รวมแผ่นที่ 1				1,335,280		185,284		1,520,564

วันที่ 29 มิถุนายน 2555

Page 3 Total 3

[illegible]

บทที่ 7

ผลการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์

แหล่ง การจำแนกและการอนุรักษ์

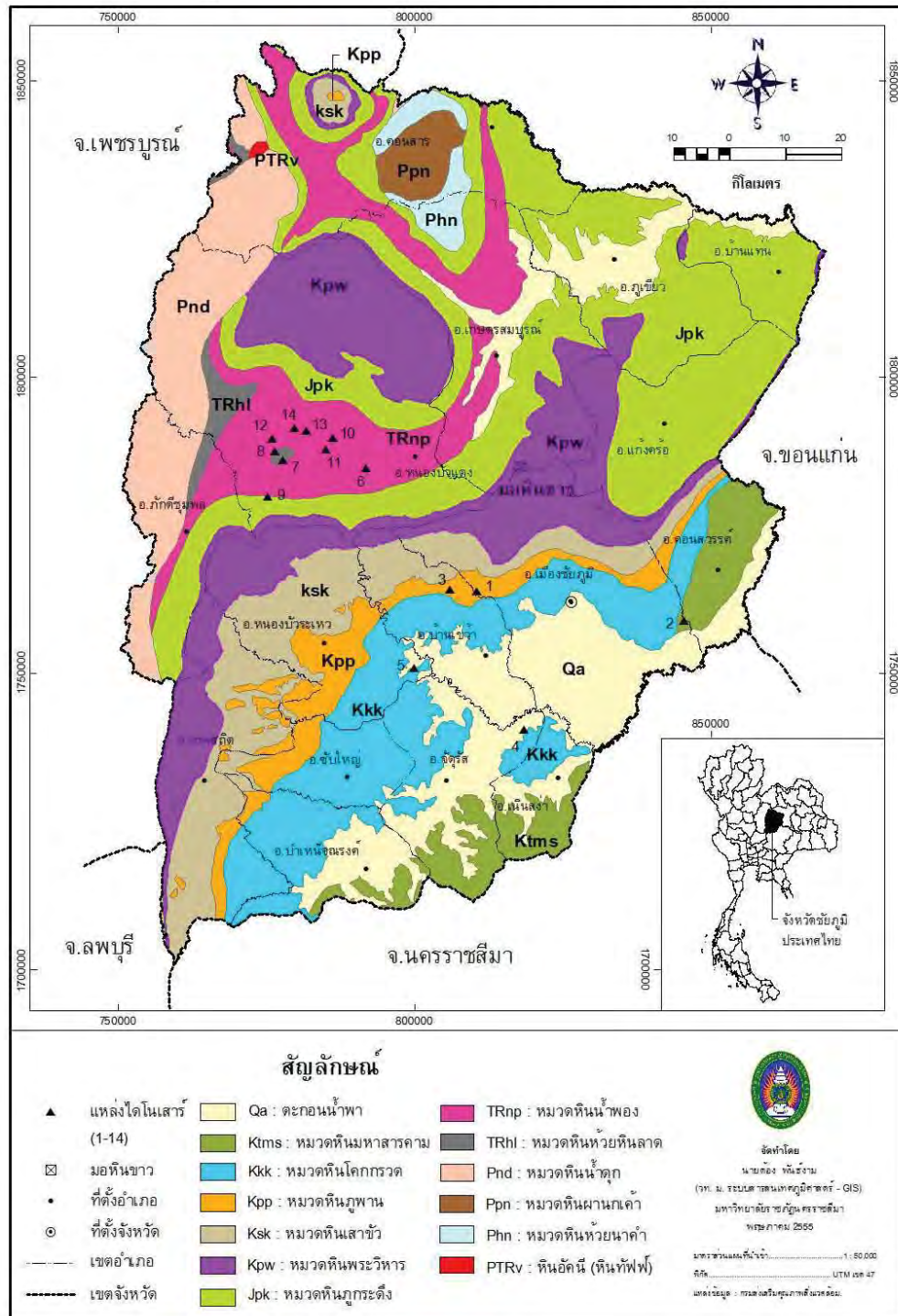
บทนำ

จังหวัดชัยภูมิ ถือเป็นจังหวัดที่มีความโดดเด่นด้านไดโนเสาร์ของประเทศไทยเป็นอย่างมาก จากการค้นพบไดโนเสาร์ซอโรพอด ชื่อ อีสานโนซอร์ส อรรถวิภานันท์ ในหมวดหินน้ำพองบริเวณ ภูนกเขียน ใกล้บ้านโนนถาวร ตำบลถ้ำวัวแดง อำเภอหนองบัวแดง ซึ่งคาดว่ามีความยาวอยู่ในยุค ไทรแอสซิกตอนปลาย หรือประมาณ 210 ล้านปีก่อน และถือเป็นซอโรพอดที่เก่าที่สุดในโลกด้วย ชิ้นส่วนที่พบประกอบด้วยกระดูกสันหลัง กระดูกขาหลัง ฯลฯ ต่อมาได้พบชิ้นส่วนซากซอโรพอดตัวที่ 2 ที่โคกหินเพิง ใกล้กับภูนกเขียน ซึ่งไม่ห่างจากแหล่งแรกมากนัก โดยกระดูกที่พบนั้นเป็นกลุ่มของกระดูก ตัวเดียวกัน ส่วนใหญ่อยู่ในสภาพฟุ้ง แต่ที่เด่นคือ ลักษณะของซอโรพอด และขนาดจากกระดูกขาหน้า ท่อนบน ที่ยาวมากกว่า 1 เมตรเล็กน้อย ซึ่งเทียบได้กับกระดูกขาหน้าท่อนบนของซอโรพอดขนาดใหญ่ ในยุคจูแรสซิกตอนปลาย เช่น คามาราซอร์ส คาดว่าความยาวของไดโนเสาร์ที่พบใหม่นี้ จะอยู่ในช่วง 13-15 เมตร ดังนั้น ไดโนเสาร์จากแหล่งโคกหินเพิง จึงบ่งบอกถึงวิวัฒนาการของไดโนเสาร์ว่า นับตั้งแต่ ปลายยุคไทรแอสซิก ไดโนเสาร์ซอโรพอดก็มีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่กว่าที่เคยคาดกันมาก่อน แต่สาย วิวัฒนาการของกลุ่มซอโรพอดในยุคดังกล่าว ยังไม่เป็นที่ทราบกัน จากนั้นในปี 2549 มีการค้นพบซาก กระดูกไดโนเสาร์ในอำเภอหนองบัวแดงเพิ่มเติมอีก คือ พบกระดูกไดโนเสาร์นักรบวัยขึ้นบริเวณบ้านโนน สะอาด ตำบลท่าใหญ่ อำเภอหนองบัวแดง กระดูกที่พบประกอบไปด้วย กระดูกคอ กระดูกสันหลัง กระดูกเชิงกราน กระดูกขา กระดูกหาง และเศษกระดูกที่ยังไม่สามารถจำแนกได้ ซึ่งกระดูกที่พบคาดว่า เป็นของไดโนเสาร์พวกคอยาวหางยาวซอโรพอด หรืออาจเป็นกระดูกของ อีสานโนซอร์ส อรรถวิภานันท์ ก็ได้ เพราะพบอยู่ในหินอายุเดียวกัน

นอกจากไดโนเสาร์อายุเก่าที่สุดแล้ว จังหวัดชัยภูมิยังพบไดโนเสาร์อายุใหม่สุดของประเทศไทย อีกด้วย จากการค้นพบกระดูกขากรรไกรและฟันกรามล่างของไดโนเสาร์ตัวเล็กกินพืชปากคล้ายนกแก้ว ชื่อ ซิตตะโคซอร์ส สัตยารักษ์กี บริเวณบ้านดงบังน้อย ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง (รายงานที่กรม ทรัพยากรธรณี ระบุตำแหน่งที่พบ คือ บ้านดงบังน้อย อำเภอกอนสวรรค์ แต่จากการสำรวจพบว่า อยู่ในเขตตำบลลาดใหญ่) ซึ่งไดโนเสาร์ดังกล่าวอยู่ในกลุ่มออร์นิทิสเซีย หรือมีกระดูกเชิงกรานแบบนก พบ ฟังตัวในหมวดหินโคกกรวด ให้อายุในยุคครีเทเชียสตอนต้น หรือเมื่อประมาณ 100 ล้านปีก่อน การ ค้นพบนี้มีความสำคัญยิ่ง เพราะที่ผ่านมาพบว่าไดโนเสาร์พันธุ์นี้กระจายตัวอยู่ในแถบเอเชียกลาง บริเวณ ซานตง มองโกเลีย และไซบีเรียเท่านั้น การค้นพบใหม่นี้ทำให้เห็นความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันของสัตว์ใน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในเอเชียกลางในช่วงยุคครีเทเชียสตอนต้น

จากการสำรวจภาคสนามของคณะวิจัยที่ผ่านมาทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับไดโนเสาร์ในจังหวัดชัยภูมิมากขึ้น และพบว่ามีซากไดโนเสาร์การกระจายตัวอยู่หลายอำเภอด้วยกัน ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อวงการศึกษามรดกธรณีวิทยาของประเทศไทยอย่างยิ่ง

แผนที่จังหวัดชัยภูมิ แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาและแหล่งพบซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์



ภาพที่ 7.1 แผนที่จังหวัดชัยภูมิ แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาและแหล่งพบซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์

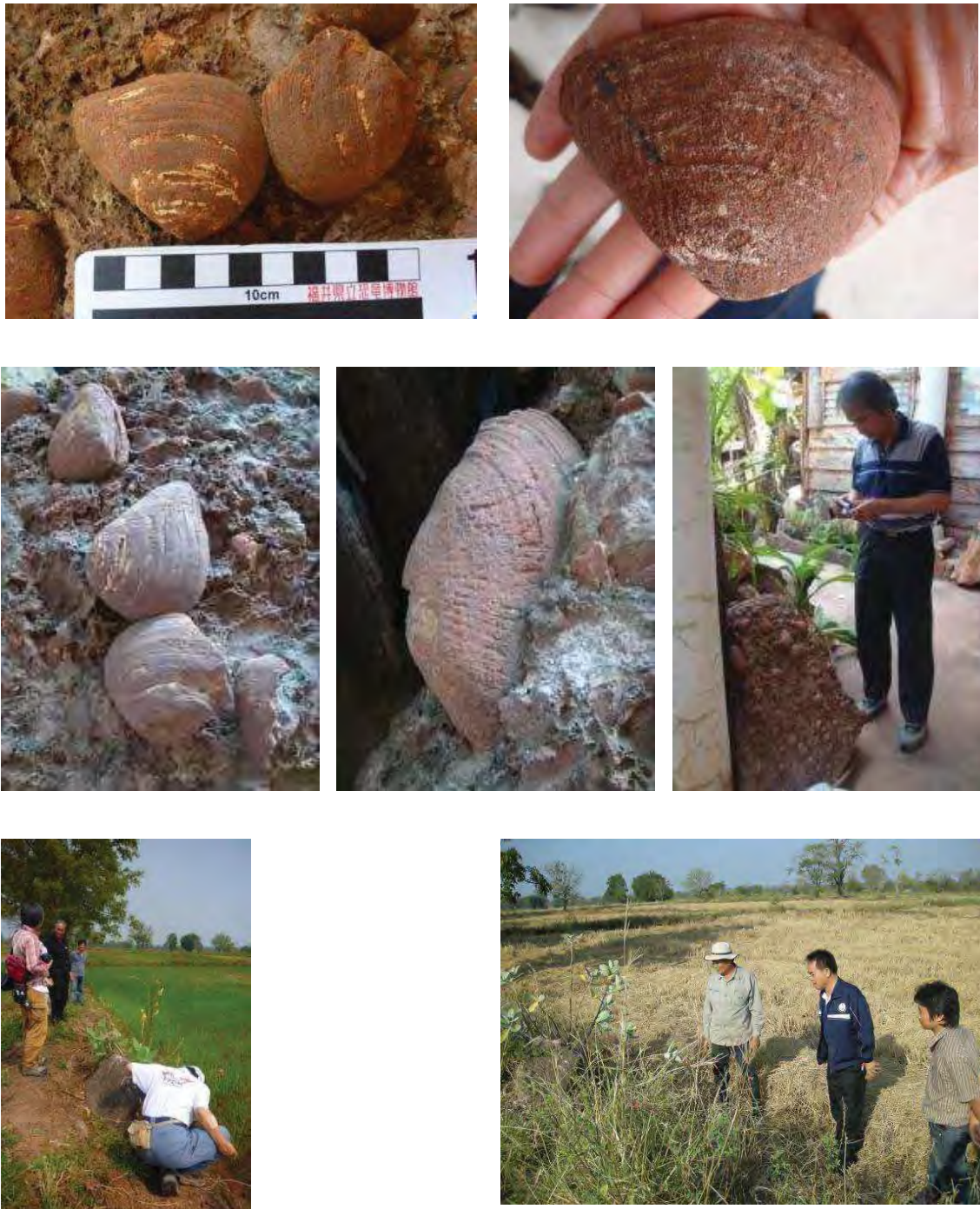
แหล่ง และการจำแนกเบื้องต้นของซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์

จากการสำรวจแหล่งที่ได้รับแจ้งการค้นพบกระดูกไดโนเสาร์ (ตามแผนที่แสดงแหล่งที่พบกระดูกไดโนเสาร์ในจังหวัดชัยภูมิ) พบว่า บางแหล่งคณะวิจัยยังไม่พบชิ้นส่วนกระดูกใด ๆ ตามที่ได้รับแจ้ง เช่น ที่บ้านตาตพัฒนา ตำบลชีบน อำเภอบ้านเขว้า และบ้านหัวหนอง ตำบลหนองบัวระเหว อำเภอนองบัวระเหว แต่ทั้ง 2 จุดดังกล่าวก็มีหินยุคไดโนเสาร์โผล่ให้เห็น จึงมีแนวโน้มว่าอาจจะมีกระดูกไดโนเสาร์เช่นกัน และบางแหล่งยังไม่สามารถระบุตำแหน่งที่พบได้ชัดเจน เช่นที่ บ้านห้วยหัน บ้านท่าวังยางควาย บ้านหลักแดน ตำบลวังชมพู อำเภอนองบัวแดง จากข้อมูลการสำรวจทั้งหมด หากพิจารณาถึงปริมาณและความหลากหลายของซากดึกดำบรรพ์ พบว่ามีอยู่ 2 แหล่งที่มีศักยภาพพอจะพัฒนาไปสู่การเป็นแหล่งเรียนรู้ ในรูปแบบของอุทยานหรือพิพิธภัณฑ์ขนาดใหญ่ได้ คือ แหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์บ้านโนนตูม ตำบลวังชมพู อำเภอนองบัวแดง และแหล่งไดโนเสาร์และหอย ตำบลละหาน อำเภोजตุรัส ซึ่งทั้งสองแหล่งนี้จะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

ตารางที่ 7.1 ข้อมูลแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์และสัตว์ที่พบร่วมกันในจังหวัดชัยภูมิ

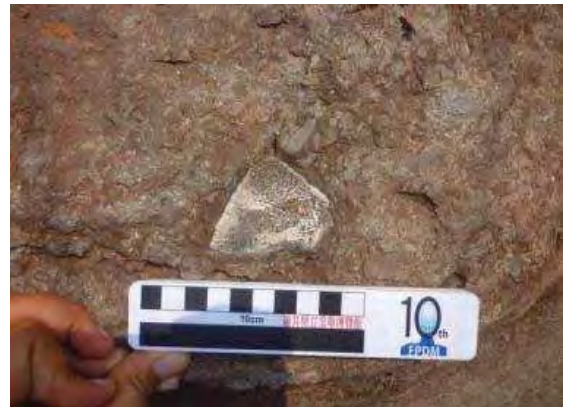
ลำดับ	พื้นที่	ซากดึกดำบรรพ์ที่พบ
1.	บ้านกันกง-บ้านลี ต. ละหาน อ. จตุรัส	หอยสองฝา
2.	ป่าชุมชนโคกช้างน้อย ต.ละหาน อ.จตุรัส	หอยสองฝา รอยรูนอนซอนไซ กระดูกไดโนเสาร์
3.	บ้านโนนตูม ต.วังชมพู อ.หนองบัวแดง	รอยเท้าไดโนเสาร์ ฟันจระเข้ ฟันสัตว์เลื้อยคลานไม่ทราบชนิด หอยตะเกียง หอยสองฝา กระดูกสัตว์มีกระดูกสันหลัง
4.	บ้านทุ่งสว่าง ต.วังชมพู อ.หนองบัวแดง	กระดูกไดโนเสาร์จำนวนมาก
5.	บ้านหลักแดน ต.วังชมพู อ.หนองบัวแดง	กระดูกต้นขาไดโนเสาร์ซอโรพอด
6.	บ้านโนนถาวร ต.ถ้ำวัวแดง อ.หนองบัวแดง	กระดูกขา อีสานโนซอร์ส ออร์นีทอมิซ
7.	บ้านโนนสะอาด ต.ท่าใหญ่ อ.หนองบัวแดง	กระดูกต้นขา และชิ้นส่วนอื่น ๆ จำนวนมาก ของซอโรพอด
8.	บ้านห้วยม่วง ต.หนองแวง อ.หนองบัวแดง	กระดูกต้นแขน กระดูกสันหลังของไดโนเสาร์
9.	บ้านห้วยยาง ต.โคกสูง อ.เมืองชัยภูมิ	กระดูกซี่โครง กระดูกขา กระดูกสันหลังส่วนหางของไดโนเสาร์
10.	บ้านดงบังน้อย ต.ลาดใหญ่ อ.เมืองชัยภูมิ	ซากกระดูกของ ซิตตะโคซอร์ส สตัยารักษ์กิ

3. แหล่งซากดึกดำบรรพ์หอย บ้านกันกง-บ้านลี ตำบลละหาน อำเภोजตุรัส



ภาพที่ 7.2 ซากดึกดำบรรพ์หอยสองฝาไม่ต่ำกว่า 3 ชนิด ในหินกรวดมนปนปูนของหมวดหิน โศกกรวด (อายุ 100 ล้านปีก่อน) รวบรวมอยู่ในบ้านเอกชน บ้านกันกง และ 2 ภาพล่าง คือ แหล่งที่เอกชนพบที่เป็นสภาพทุ่งนา ในเขตบ้านกันกง – บ้านลี ตำบลละหาน อำเภोजตุรัส

4. แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์และหอยสองฝาป่าโคกช้างน้อย ตำบลละหาน



ภาพที่ 7.3 สภาพพื้นที่และจุดที่พบชิ้นส่วนซากกระดูกไดโนเสาร์ และหอยสองฝาในหินกรวดมนปนปูน หมวดหินโคกกรวด บริเวณป่าโคกช้างน้อย ตำบลละหาน อำเภोजัตุรัส นำสำรวจโดยนายกองค์การบริหารส่วนตำบลละหาน และคณะ

จากการสำรวจและศึกษา พบว่า มีซากดึกดำบรรพ์หอยสองฝาน้ำจืดไม่ต่ำกว่า 3 สกุล คือ สกุลที่ใกล้เคียงกับสกุล *Trigoniodes* สกุลที่ใกล้เคียงกับสกุล *Plicatounio* และยังไม่ทราบสกุลที่แน่ชัดอีกหนึ่งสกุล ซึ่งลักษณะชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์หอยสองฝาในตำบลละหานนี้ พบว่า คล้ายคลึงกับหมวดหินโคกกรวด นอกจากนี้ซากดึกดำบรรพ์หอยสองฝาที่พบนั้น ยังมีความคล้ายคลึงกับที่พบใน

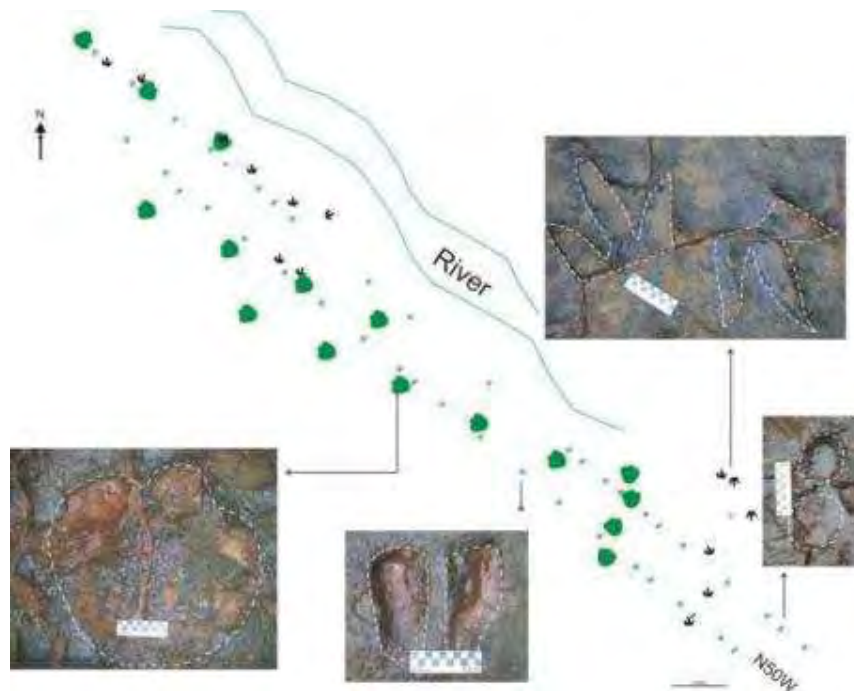
บริเวณบ้านสะพานหิน ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นแหล่งที่พบไดโนเสาร์หลายกลุ่มเช่น อัลโลซอร์ อิกัวโนดอนต์ แอสโตรซอร์ ซอโรพอด เทอโรซอร์ จระเข้ เต่า และฉลามน้ำจืดสกุล ไทโอดัส รุจาอี (*Thaiodus ruchae*) ที่บ่งชี้อายุชั้นหินประมาณ 100 ล้านปีก่อน ดังนั้น ชั้นหินและซากดึกดำบรรพ์ที่พบบริเวณตำบลละหานจึงเทียบได้กับหมวดหินโคกกรวด

5. แหล่งซากดึกดำบรรพ์รอยเท้าไดโนเสาร์ บ้านโนนตูม ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง



ภาพที่ 7.4 แหล่งรอยเท้าบนตลิ่งริมแม่น้ำชี บ้านโนนตูม ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง ภาพขวาเป็นรอยเท้าไดโนเสาร์กินเนื้อขนาดใหญ่ (Carnosaur)

จากการศึกษาพบว่า มีรอยเท้าสัตว์อยู่ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มซอโรพอดคอยาวหางยาว กลุ่มกินเนื้อ เทอโรพอด (สามนิ้ว) และอีกกลุ่มยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสัตว์ประเภทใด (คล้ายกบ)



ภาพที่ 7.5 รูปแบบและลักษณะแนวรอยเท้าและรอยเท้าไดโนเสาร์บนตลิ่งลำชี

6. แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์บ้านทุ่งสว่าง ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง



ภาพที่ 7.6 สภาพทั่วไปของป่าเต็งรังและไร่ร้างสำหรับพื้นที่พบซากชิ้นส่วนกระดูกและฟันของไดโนเสาร์ หรือสัตว์เลื้อยคลานในเขตบ้านทุ่งสว่าง ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง



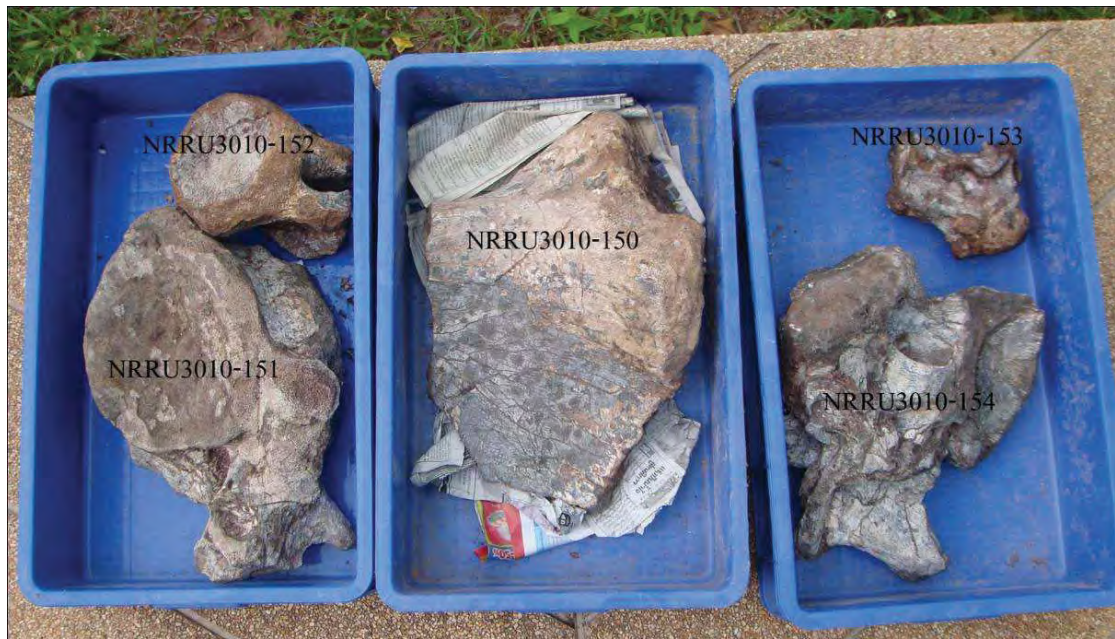
ภาพที่ 7.7 สภาพชิ้นส่วนกระดูกไดโนเสาร์ในแหล่งบ้านทุ่งสว่าง วางตัวอย่างการจัดกระจายในชั้นดินลึกประมาณ 30 - 50 ซม. เป็นชิ้นส่วนที่ถูกพอกด้วยคราบหินคาร์บอนेट สภาพที่มองเห็นก่อนการสกัด คล้ายก้อนหินมากกว่า



ภาพที่ 7.8 จำนวนชิ้นส่วนกระดูกไดโนเสาร์ ซึ่งส่วนใหญ่รวบรวมได้มาจากเอกชนที่นำออกไปจาก บริเวณป่าเต็งรังและไร่นาสำปะหลังเขตบ้านทุ่งสว่าง มีจำนวนมากกว่า 1,000 ชิ้น แบ่งออก ได้ตามจุดที่นำออกไป 2 จุด ซึ่งมีขนาดของกระดูกแตกต่างกัน โดยอีกจุดหนึ่งมีขนาดกระดูก โดยทั่วไปใหญ่กว่า



ภาพที่ 7.9 การเตรียมตัวอย่างกระดูกไดโนเสาร์จากแหล่งบ้านทุ่งสว่าง ในอาคารวิจัยของสถาบันวิจัยไม้กลายเป็นหินและทรัพยากรธรณีฯ ด้วยการใช้ปากกาการอสักัดนิวเมติก (Pneumatic Pen) ภาพล่างเป็นชิ้นส่วนกระดูก และบางส่วนเป็นฟัน ซึ่งการอสักัดเสร็จแล้วกว่า 300 ชิ้น



ภาพที่ 7.10 ซากดึกดำบรรพ์ชิ้นส่วนกระดูก (บน) และซากกระดูกพร้อมฟันของสัตว์เลื้อยคลานโบราณ หรือไดโนเสาร์ในยุคแรก จากแหล่งบ้านทุ่งสว่าง ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง



ภาพที่ 7.11 ซากดึกดำบรรพ์ซากกรไกพร้อมฟันอีกแบบหนึ่งของสัตว์เลื้อยคลานโบราณหรือไดโนเสาร์
ในยุคแรก จากแหล่งบ้านทุ่งสว่าง ตำบลวังชมภู



ภาพที่ 7.12 ฟันไดโนเสาร์กินเนื้อจากแหล่งบ้านทุ่งสว่าง ตำบลวังชมภู

7. บ้านหลักแดน ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง



ภาพที่ 7.13 การสำรวจซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ที่บ้านหลักแดน ตำบลวังชมภู พบชิ้นส่วนกระดูกขนาดใหญ่ของไดโนเสาร์ ในความครอบครองของนายสมัย จิตรโสม

8. บ้านห้วยม่วง ตำบลหนองแวง อำเภอหนองบัวแดง



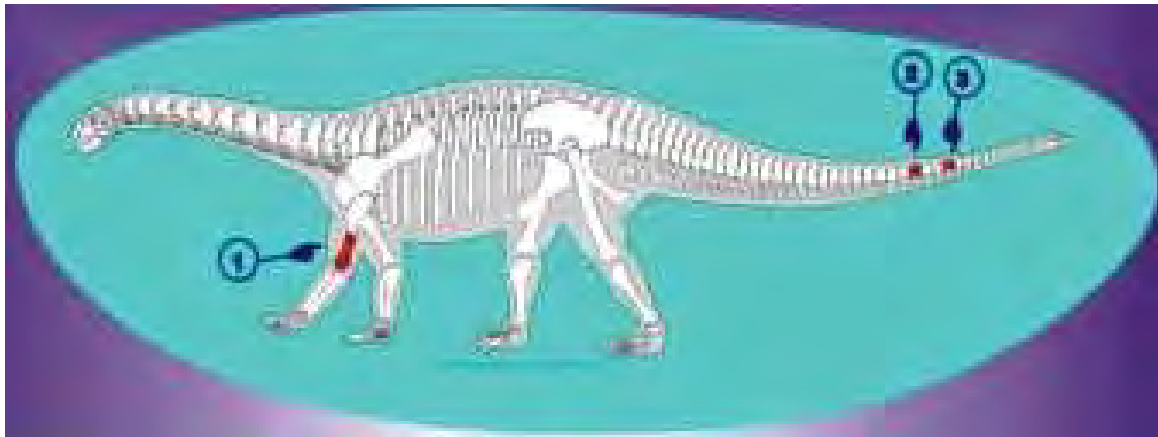
ภาพที่ 7.14 คณะผู้วิจัยประสานงานกับปลัดอำเภอหนองบัวแดง เพื่อตรวจสอบชิ้นส่วนกระดูกซีโครง ไดโนเสาร์ที่ชาวบ้านมอบให้กับทางอำเภอ



ภาพที่ 7.15 แหล่งไดโนเสาร์บ้านห้วยม่วง ในพื้นที่จุดสระน้ำของนายกง ดีวิเศษ พบกระดูกมากกว่า 10 ชิ้น ในภาพล่าง เป็นส่วนหนึ่งของกระดูกขาหน้าท่อนบน (humerus)



ภาพที่ 7.16 กระดูกสันหลังไดโนเสาร์ซอโรพอด (กินพืช คอยาว หางยาว) และฟัน (ภาพล่าง)
จากแหล่งบ้านห้วยม่วง



ภาพที่ 7.17 โครงกระดูกไดโนเสาร์ซอโรพอดจำลอง และตำแหน่งชิ้นส่วนกระดูกจากแหล่งบ้านห้วยม่วง ตำบลหนองแวง อำเภอนองบัวแดง

9. บ้านโนนถาวร ตำบลถ้ำวัวแดง อำเภอนองบัวแดง



ภาพที่ 7.18 กระดูกขาหน้าของไดโนเสาร์อีสานโนซอร์ส อรรถวิวัฒน์ และ ดร.อิริค บุปโต ชาวฝรั่งเศส ผู้ศึกษากระดูกชิ้นนี้

10. บ้านโนนสะอาด ตำบลท่าใหญ่ อำเภอนองบัวแดง



ภาพที่ 7.19 ซากกระดูกไดโนเสาร์จำนวนมากจากแหล่งบ้านโนนสะอาด ที่ชาวบ้านมอบให้คณะ
สำรวจวิจัย จากกรมทรัพยากรธรณี

11. บ้านห้วยยาง ตำบลโคกสูง อำเภอเมืองชัยภูมิ



ภาพที่ 7.20 สภาพพื้นที่ป่าชุมชนบริเวณที่ชาวบ้านเรียกว่า “โคกไดโนเสาร์” ในเขตบ้านห้วยยาง บางส่วนที่เป็นลานหิน พบเศษกระดูกไดโนเสาร์ที่ยังเหลืออยู่แตกเป็นชิ้นเล็กกระจายอยู่ทั่วไป



ภาพที่ 7.21 คณะผู้วิจัยสำรวจลำดับชั้นหินบริเวณโคกไดโนเสาร์ และสภาพชั้นส่วนกระดูกซี่โครงที่แตกหัก (ภาพล่าง)



ภาพที่ 7.22 ชิ้นส่วนกระดูกซี่โครง กระดูกขา กระดูกหางของไดโนเสาร์ รวมทั้งชิ้นไม้กลายเป็นหิน
 ที่เก็บรักษาไว้ที่บ้านนายบุญธรรม กลางสาร อติตผู้ใหญ่บ้านบ้านห้วยยาง

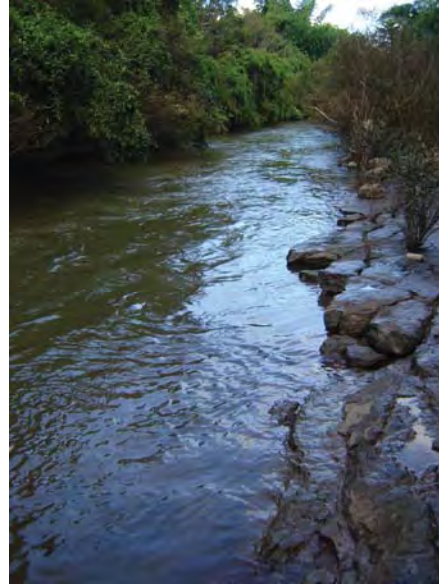
12. บ้านดงบังน้อย ตำบลลาดใหญ่ อำเภอมืองชัยภูมิ



ภาพที่ 7.23 ลานกรวดบริเวณทางเข้าบ้านดงบังน้อย ซึ่งมีชั้นหินหมวดหินโคกกรวด (อายุ 100 ล้านปีก่อน) รองรับอยู่ และพบเศษชิ้นส่วนกระดูกในหินกรวดมนปนปูนของหมวดหินดังกล่าว

การอนุรักษ์ไดโนเสาร์

ผลที่คาดว่าจะได้รับประการหนึ่งจากการศึกษาวิจัย เรื่อง ศึกษาการจัดการภูมิทัศน์มอหินขาว และซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ในจังหวัดชัยภูมิ คือ ได้แนวทางหรือรูปแบบการอนุรักษ์จัดการซากดึกดำบรรพ์ไดโนเสาร์ภายในจังหวัด ดังนั้น ลำดับหัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาแหล่งไดโนเสาร์สถานที่เหมาะสม 2 แห่ง ซึ่งควรจัดสร้างพิพิธภัณฑหรืออุทยาน คือ แหล่งรอยเท้าและกระดูกไดโนเสาร์ในตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง อายุ 210 ล้านปี กับแหล่งกระดูกไดโนเสาร์และซากหอย อายุ 100 ล้านปี ในตำบลละหาน อำเภอจัตุรัส พร้อมทั้งเหตุผลและการเปรียบเทียบ รวมทั้งรูปแบบและลักษณะการอนุรักษ์ในรูปแบบพิพิธภัณฑหรืออุทยาน กับการบริหารจัดการ



ภาพที่ 7.24 “ท้องธาร ตลิ่งและหุบเขาของลำชี คือถิ่นเดิมที่ไดโนเสาร์เคยอยู่อาศัยยาวนานกว่า 210 ล้านปี !”

ความเหมาะสมในการจัดสร้างพิพิธภัณฑในบริเวณใกล้แหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์ตลิ่งลำชี บ้านโนนตูม ตำบลวังชมภู อำเภอหนองบัวแดง

1. เหตุผลทางวิชาการธรณีวิทยาและบรรพชีวินวิทยา

1.1 เป็นพิพิธภัณฑในแหล่งฟอสซิล (Site museum) สำคัญ จึงมีคุณค่ามากกว่าในแหล่งที่ห่างไกลออกไป

1.2 ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าฟอสซิลรอยเท้าไดโนเสาร์มีคุณค่าต่อวิทยาศาสตร์มากกว่ากระดูกหรือโครงกระดูกไดโนเสาร์ เพราะให้ข้อมูลทั้งด้านพฤติกรรมของไดโนเสาร์ขณะมีชีวิตอยู่ และข้อมูลสภาวะแวดล้อมของถิ่นที่อยู่อาศัยของไดโนเสาร์ในยุคโบราณได้ดีกว่า (ภาพที่ 7.25)

1.3 แหล่งรอยเท้าบริเวณตลิ่งลำชีของบ้านโนนตูม เป็นแหล่งรอยเท้าที่มีความสำคัญระดับโลกเพราะเป็นรอยเท้าบรื้อรอยของไดโนเสาร์ขนาดใหญ่พวกกินพืชและกินเนื้อหรือซอโรพอดและคาร์โนซอร์ที่เก่าแก่ที่สุดของโลก ! โดยคาดว่ามีอายุอยู่ในช่วงไทรแอสซิกตอนปลายถึงจูแรสซิกตอนต้น (210 – 180 ล้านปีก่อน)

1.4 บริเวณหมู่บ้านต่าง ๆ ในตำบลวังชมภูหรือตำบลอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงพบฟอสซิลกระดูกไดโนเสาร์อายุเดียวกันกับแหล่งรอยเท้าจำนวนมาก ซึ่งไม่ค่อยปรากฏในแหล่งรอยเท้าไดโนเสาร์สำคัญอื่นของโลกที่มักไม่ค่อยพบชิ้นซากไดโนเสาร์

1.5 บริเวณลานตลิ่งลำชีของบ้านโนนตูม ยังพบรอยเท้าสัตว์มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่จำนวนมากที่ไม่มีในรายงานทางวิชาการหรือในตำราด้านบรรพชีวินวิทยามาก่อน มีลักษณะคล้ายกับควาย(แต่ไม่มีควายในยุคไดโนเสาร์) จึงอาจเป็นแหล่งแรกของโลกที่พบฟอสซิลรอยเท้าประเภทนี้

รวมทั้งยังพบฟอสซิลหอยและสัตว์อื่นร่วมอยู่ด้วยในชั้นหินที่ต่อเนื่องกัน จึงเป็นการเพิ่มความโดดเด่นหรือเอกลักษณ์ของแหล่งฟอสซิลรอยเท้าแห่งนี้ทั้งในระดับประเทศและสากล

1.6 บริเวณอดีตทำน้ำของบ้านโนนตูม มีลักษณะเป็นผาชันด้านฝั่งตะวันตก และมีความสูงมากกว่า 5 เมตร ระยะทางราว 100 เมตร เป็นบริเวณที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นแหล่งศึกษาหน้าตัดทางธรณีวิทยาของหมวดหินน้ำพอง ที่จะช่วยให้ทราบประวัติความเป็นมาของพื้นที่อำเภอนองบัวแดงได้อย่างดี

1.7 อำเภอนองบัวแดง เป็นอำเภอที่พบฟอสซิลไดโนเสาร์กระจายเป็นบริเวณกว้างขวาง หลายหมู่บ้านหลายตำบล มากกว่าอำเภออื่น ๆ ของจังหวัดชัยภูมิ จนอาจกล่าวได้ว่าเป็น “หุบเขาไดโนเสาร์ต้นน้ำชี” หรือ “หุบเขาไดโนเสาร์ชีบน” และฟอสซิลจำนวนมากยังอยู่ในชุมชนท้องถิ่น

แนวคิดปัจจุบัน : ฟอสซิลแนวรอยเท้าสำคัญกว่ากระดูกไดโนเสาร์

“Dino Trackways are important than bones”



เดิมนักบรรพชีวินวิทยาเห็นว่า ซากโครงกระดูกให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากกว่ารอยเท้า เพราะสามารถบอกได้ถึงชนิด ไม่ได้บอกได้เฉพาะวงศ์หรืออันดับอย่างรอยเท้า แต่ปัจจุบันเห็นว่า ฟอสซิลแนวรอยเท้ามีความสำคัญมากกว่า เพราะช่วยไขปริศนาสำคัญ 2 เรื่อง ที่กระดูกไดโนเสาร์ ช่วยไม่ได้ คือ 1) ทำให้เข้าใจพฤติกรรมไดโนเสาร์ขณะมีชีวิตอยู่ และ 2) ทำให้เข้าใจถึงสภาวะแวดล้อมของถิ่นที่อยู่อาศัยของไดโนเสาร์ในยุคโบราณ

แหล่งรอยเท้าที่มีชื่อเสียงของโลก



Dinosaur Valley State Park, Texas,



Natural Monument Dinosaur

Track, Germany



Dinosaur State Park, Connecticut, USA.



Dinosaur Stampede National Monument, Australia.

ภาพที่ 7.25 แนวคิดปัจจุบัน : ฟอสซิลแนวรอยเท้าสำคัญกว่ากระดูกไดโนเสาร์ “Dino Trackways are important than bones”