

3. ผลวิจัย

3.1 ลักษณะธรณีวิทยาของหินคาร์บอนเนตทั่วไปในภาคใต้ตอนล่าง

หินคาร์บอนเนตในภาคใต้ตอนล่างที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขาหน้าผาชัน มักวางตัวอยู่ในแนวเทเหนือใต้ หากอาศัยอายุหินเป็นเกณฑ์ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ (รูปที่ 4) คือ

- + หินคาร์บอนเนตยุคออร์โดวิเซียน (Ordovician)
- + หินคาร์บอนเนตยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian)
- + หินคาร์บอนเนตยุคเพอร์โมคาร์บ และเพอร์เมียน (Permocarb and Permian)
- + หินคาร์บอนเนตยุคไทรแอสซิก-จูราสซิก (Triassic-Jurassic)

3.1.1 หินคาร์บอนเนตยุคออร์โดวิเซียน

หินคาร์บอนเนตที่พบในยุคนี้ประกอบด้วยหินปูนส่วนใหญ่ เรียกว่า หินปูนชุดทุ่งสง (Thung Song Group) มีอายุอยู่ในช่วง 435 ถึง 500 ล้านปี สีเทาเข้มถึงดำ มีขนาดเม็ดเนื้อตะกอนละเอียดแทรกอยู่ในเนื้อคาร์บอนเนต มักแสดงลักษณะเป็นชั้นบางๆ บางส่วนแปรสภาพเป็นหินอ่อน (Recrystallized Limestone) ความหนาทั้งหมดประมาณ 1600 เมตร (Bunopas, 1983) พบซากดึกดำบรรพ์ พวก Graptotites, Brachiopod, Conodont และ Cephalopod หินยุคนี้แพร่กระจายใน จ.นครศรีธรรมราช ตรัง พัทลุง และ สตูล

Wongwanich et al. (1983) ได้แบ่งหินชุดนี้ออกเป็น 6 หน่วย พบว่าหินคาร์บอนเนตนี้มีคุณภาพหลากหลายมาก หินปูนที่คุณภาพดีได้แก่หน่วยที่ 5 มีลักษณะชั้นหนาถึงหนามาก สีเทา เนื้อหินตกผลึก มีชั้นเนื้อดินเป็นรูปเลนซ์เล็กน้อย หน่วยที่ 2 มีส่วนประกอบของแร่โคโลไซต์ ส่วนหน่วยที่ 1, 3, 4 และ 6 จะประกอบด้วยชั้นปูนสลับกับชั้นหินดินดาน และชั้นปูนปนเนื้อดินคุณภาพต่ำเพราะมีส่วนประกอบของซิลิกาปนอยู่สูงมาก

3.1.2 หินคาร์บอนเนตยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน

ส่วนใหญ่พบเห็นแทรกสลับด้วยหินดินดาน มีอายุราว 345 ถึง 435 ล้านปี เรียกว่า หินกลุ่มตะนาวศรี (Tanaosi Group) มักจะไม่ค่อยพบเห็นมากนัก อาทิ ในแถบ อ.เบตง จ.ยะลา

3.1.3 หินคาร์บอนเตยุคเพอร์โมคาร์บ และเพอร์เมียน

กลุ่มหินคาร์บอนเตมีการวางตัวแบบต่อเนื่อง (Conformity) ขึ้นมาจากกลุ่มหินตะกอนของช่วงอายุยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (Carboiferous-Permian) เนื่องจากไม่มีความชัดเจนที่จะแบ่งแยกหินของทั้งสองช่วงยุคนี้ออกจากกัน รายงานจากคณะสำรวจธรณีวิทยาชุดต่างๆ ได้ทำการสำรวจในบริเวณภาคใต้ ภาคตะวันตกของประเทศ จึงได้จัดกลุ่มหินทั้งสองช่วงยุคนี้เข้าด้วยกัน เป็น *กลุ่มหินคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน* และได้จัดแยกกลุ่มหินคาร์บอนเต ที่แผ่กระจายอยู่ในภูมิภาคนี้ ออกมาเป็นหินปูนเพอร์เมียน (Perminan Limestone) มีช่วงอายุที่แน่นอนคือ เพอร์เมียน โดยอาศัยหลักฐานทั้งจาก หินวิทยา (Lithology), ลำดับชั้นหิน (Stratigraphy) และ ซากดึกดำบรรพ์ (Paleontology) ในการจัดแบ่ง

หินยุคนี้มีชื่อเรียกทั่วไปว่า กลุ่มหินราชบุรี (Ratburi Group) ส่วนใหญ่เป็นหินปูนมีอายุในช่วง 225 ถึง 280 ล้านปี ซึ่งแพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างในภาคใต้ (Baird and Bosence, 1993; Ingavat, 1993) เกิดในสภาพแวดล้อมบริเวณที่ราบขานซาลา ของทะเลตื้นตั้งแต่ส่วนที่เป็นทะเลเปิดถึงบริเวณที่เป็นทะเลสาบ (Lagoon) โดยมีการรูก้ำและการถอยกลับของน้ำทะเลอยู่เสมอ โดยสภาพเช่นนี้จึงเกิดหินคาร์บอนเตเป็นชั้น ๆ ถึงสามแน่นอน และมีชั้นหินดินดานและหินทรายอยู่ตอนล่าง มีลักษณะเป็นภูเขาโคค มีสันเขาตะปุ่มตะป่ำ (Karst Topography) มักปรากฏเป็นหน้าผาสูง พบใน จ.สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สำหรับในเขต จ.ยะลา หินคาร์บอนเตยุคนี้ จะเกิดผลึกใหม่จนกลายเป็นหินอ่อน

ลักษณะของการลำดับชั้นหินปูนเป็นชั้นหนามากจะพบอยู่ช่วงล่างถัดขึ้นมา ช่วงกลางส่วนใหญ่จะเป็นหินเนื้อทรายซิลิกาสลับชั้นหินปูนบาง ๆ บางแห่งจะพบเป็นเนื้อโดโลไมติกส์ถึงโดโลไมต์ ส่วนช่วงบนสุดจะเป็นชั้นเนื้อหินปูน มีชั้นทรายหรือเนื้อซิลิกาเป็นกระเปาะแทรกสลับอยู่ หรือบางที่มีเนื้อโดโลไมต์อีก (Chinoroje, 1993)

กลุ่มหินคาร์บอนเตยุคนี้ ในบางพื้นที่จะพบเป็นเนื้อหินโดโลไมติกไลม์สโตนและหินโดโลไมต์ มีการแปรสภาพขององค์ประกอบที่เรียกว่า *การก่อตัวใหม่* (Diagenesis) มาจากสาเหตุการทับถมตัวและจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (Baird and Basence, 1993) โดยเฉพาะบริเวณแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ เช่น แนวรอยเลื่อนระนอง-ชุมพร แนวรอยเลื่อนคลองมารุย (กระบี่-สุราษฎร์ธานี)

3.1.4 หินคาร์บอนเตยุคไทรแอสซิก-จูแรสซิก

หินมีอายุในราว 190 ถึง 225 ล้านปี ยุคนี้ไม่ค่อยพบแพร่หลายในภาคใต้ตอนล่าง คงมีปรากฏรอบอ่าวไทย (Fontaine et al., 1992) ลักษณะของหินยุคนี้เชื่อว่าเกิดจากการสะสมตัว

ของตะกอนในทะเล ในสภาพแวดล้อมบริเวณที่ราบขานขาลา (Platform) และบริเวณที่มี กระแสน้ำทะเลขุ่น (Turbidity) หินยุคไทรแอสซิกพบกระจายตัวตามพื้นที่ต่าง ๆ มากกว่าหินยุคจูราสซิก เช่น อ.สะบ้าย้อย จ.สงขลา และหินยุคจูแรสซิกพบที่ จ.ชุมพร

3.2 ธรณีวิทยาในเขตจังหวัดยะลา

ส่วนใหญ่บริเวณจังหวัดยะลาตั้งอยู่บนส่วนหนึ่งของแอ่งลุ่มน้ำปัตตานี โดยวางตัวอยู่บน หินที่มีอายุตั้งแต่ยุคไซลูเรียนจนถึงยุคเพอร์เมียน หินเหล่านี้ถูกแทรกซ้อนขึ้นมาโดยหินแกรนิตยุค ไทรแอสซิกตอนปลาย (Lower Triassic) จนถึงจูราซิกตอนต้น (Upper Jurassic)

โครงสร้างหินรอบแอ่งมีการวิวัฒนาการขึ้นมา ระหว่างที่มีการแทรกขึ้นมาแทนที่ของทิว เขาหินแกรนิตหรือในเวลาถัดมา โดยหินชั้นยุคไทรแอสซิกหรือหมวดหินมะยอ (Ma Yo Formation) จะมีการคดโค้งแบบนอนทับ ชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย ชั้นหินโค้งรูปประทุน รอย แฉก รอยเลื่อน และรอยแยก โดยที่รอยเลื่อนเกิดขึ้นที่หลังจากวางตัวทางตะวันออกของแอ่งตาม แนวสัมผัสกับหินยุคไซลูเลียน-ดีโวเนียน หรือหมวดหินบ้านโต (Ban To Formation) วางตัวแบบ รอยชั้นไม่ต่อเนื่องเชิงมุมล่างหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Tonmayopas, 1994)

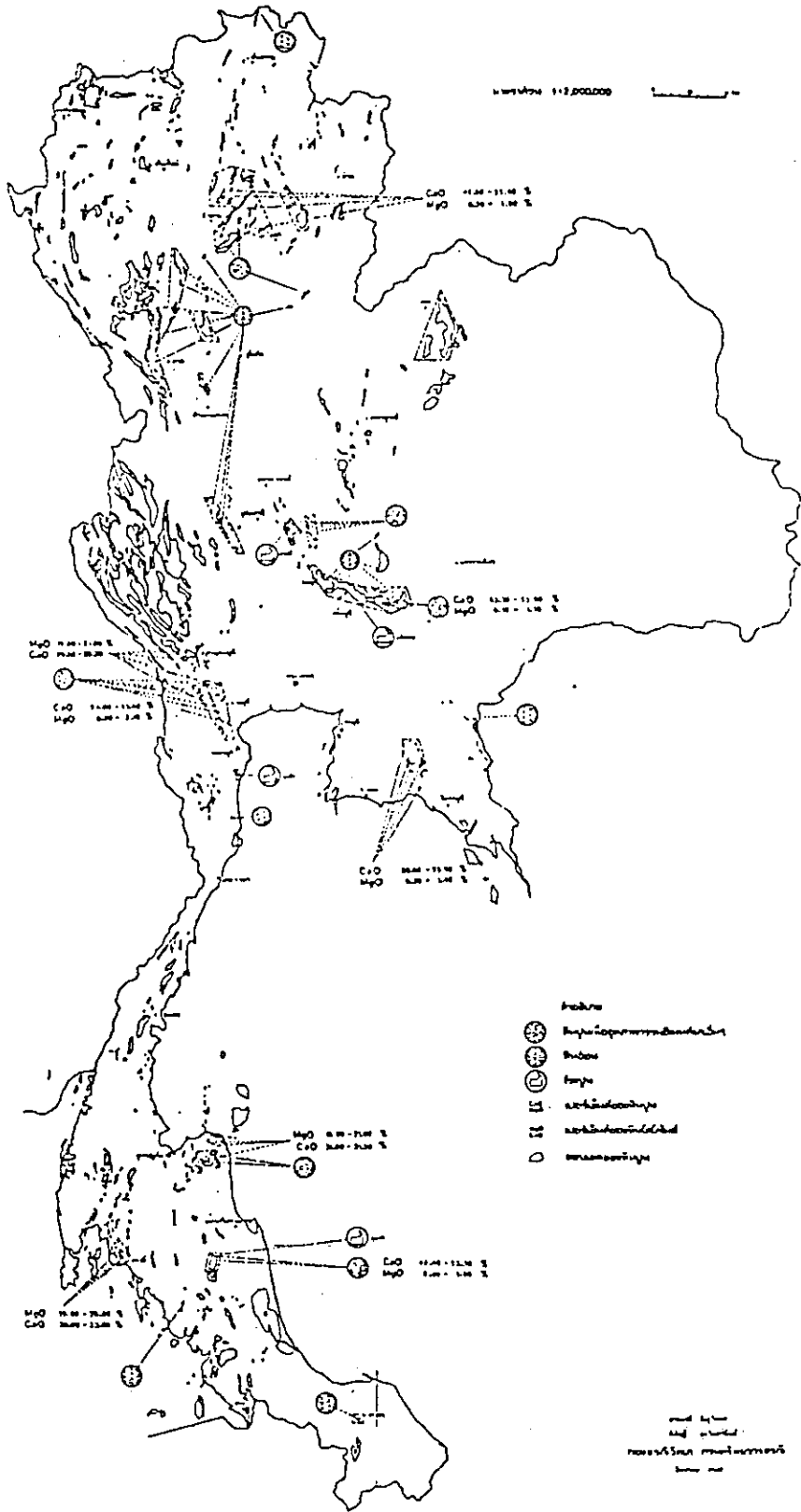
หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส หรือหมวดหินยะหา (Yaha Formation) พบว่าคลุมพื้นที่เป็นส่วน มาก โดยจัดตัวเป็นเทือกเขาใหญ่อยู่ตอนล่างของแอ่ง ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน หิน โคลน และหินเชิร์ตสีเทาถึงดำ

สำหรับหินปูนยุคเพอร์เมียน พบอยู่ทั้งในและรอบแอ่ง ประกอบด้วยหินปูนตกผลึกใหม่ จนถึงระดับหินอ่อนชั้นต้น มักเกิดเป็นเขาทอดยาวขนาดเล็ก และ/หรือเขาโดด มีความเป็นโพรง สูง (วัดคูหาภิมุข ยะลา) และรอยแตกในตัวหินมาก (รูปที่ 6)

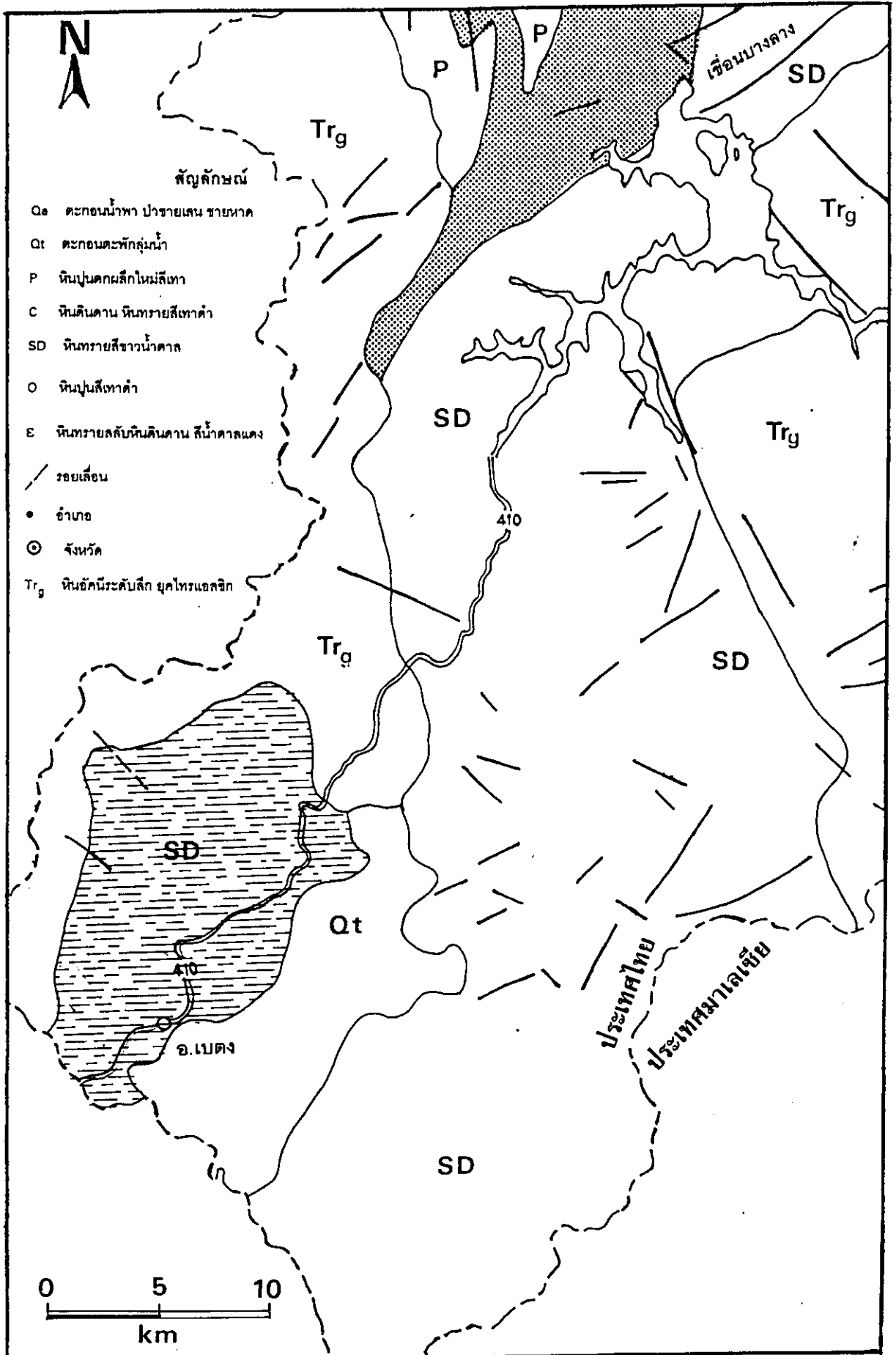
Tiyapairach (1988) ได้แบ่งสิ่งทับถมยุคควอเทอร์นารีในเขตยะลา อันประกอบด้วย ตะกอนน้ำพา (Alluvium), ตะกอน (Sediment), และลานตะพักน้ำ (Terrace) ซึ่งประกอบด้วย ก้อนหินมนใหญ่ (Boulder), ก้อนหินมนเล็ก (Cobble), ก้อนกรวด (Gravel) ทราย และชั้นดิน เหนียวปกคลุมแอ่ง และบางที่พบชั้นตะพักน้ำ หรือที่ยังคงเหลือจากการกร่อนของตะกอนชั้นบน แบ่งลำดับชั้นตะกอนออกเป็น 6 หน่วย เรียงจากอายุมากไปหาอ่อนได้แก่

1. ตะกอนตะพักน้ำระดับสูง (High Terrace Deposits) : มีความหนาประมาณมากกว่า 30 ม. ประกอบด้วยชั้นกรวด ก้อนหินมนเล็ก ก้อนหินมนใหญ่

2. ตะกอนตะพักน้ำระดับต่ำ (Lower Terrace Deposits) หรือแหล่งเศษหินเชิงเขา (Colluvial deposits) : แบ่งออกได้ 3 ชั้นย่อย ชั้นบนสุดเป็นชั้นทรายบาง วางตัวค่อยปรับเป็นชั้น ทรายปนดินเหนียวสีแดง มีความหนา 20-80 ซม. ชั้นกลางเป็นเศษหินและเหล็ก มีเนื้อพื้นพวก

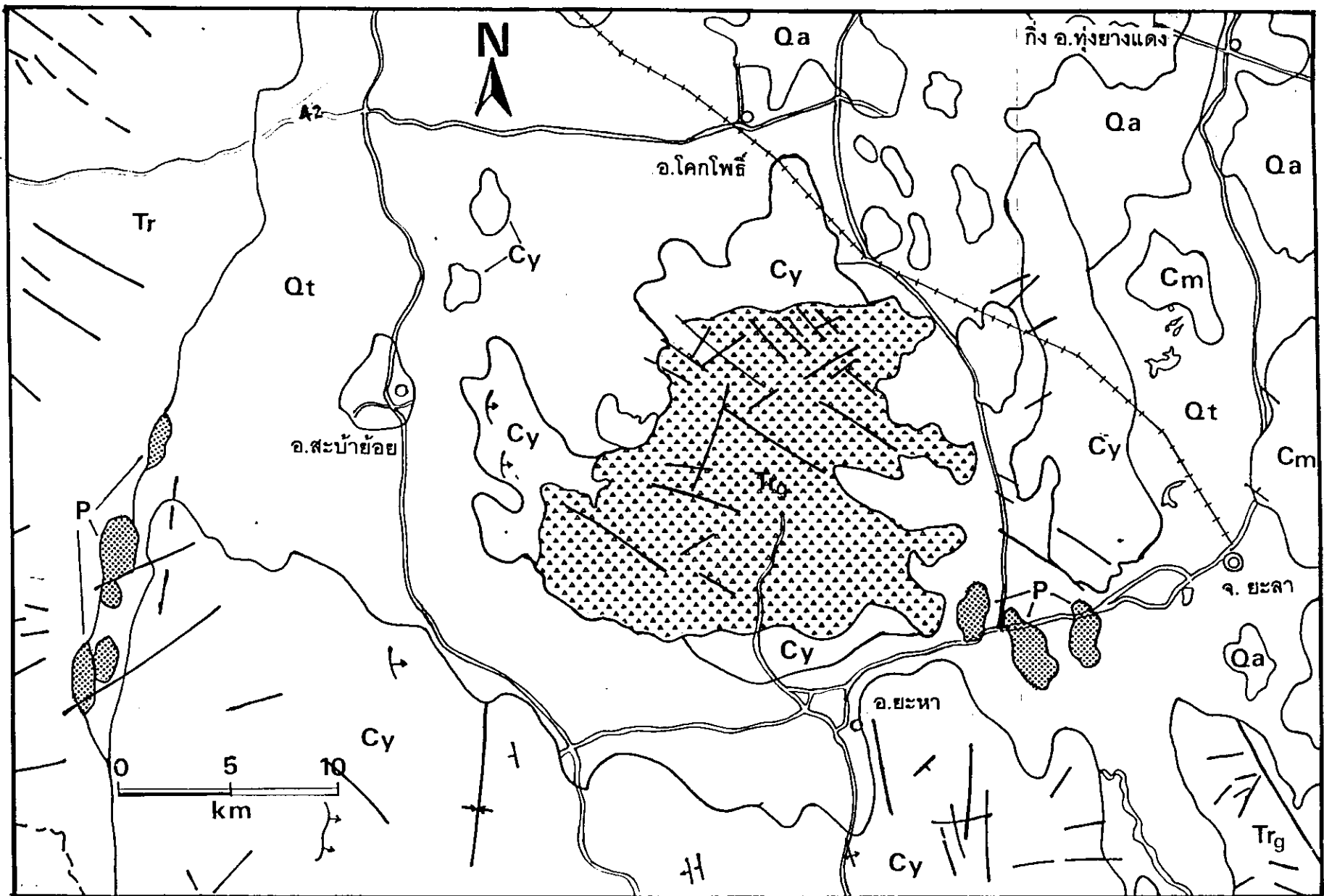


รูปที่ 4 แผนที่แสดงการแผ่กระจายของหินคาร์บอนเตยุคต่างๆ ในประเทศไทย (จาก 100 ปี กรมทรัพยากรธรณี, 2536)



รูปที่ 5 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณเขตจังหวัดยะลา (ดัดแปรมาจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2519)

รูปที่ 6 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณเขตจังหวัดยะลาและสงขลา (ตัดแบบมาจาก กรมทรัพยากรธรณี, 2519)



ทรายปนดินเหนียว หนา 40 ซม. ชั้นล่างสุดเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง สีแดงและขาว หนามากกว่า 10 ม. และมีความเหนียวแข็งมาก มีจุดประสีน้ำตาลแกมแดงกระจายอยู่ทั่วไป

3. ตะกอนที่ราบน้ำขึ้นถึง (Tidal Flat Deposits) : พบตอนเหนือของพื้นที่ ลึกลงไปจากผิวดิน 2 ม. วางตัวอยู่ล่งตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึงและที่สะสมในทางน้ำโค้งตัวอย่างชัดเจน ประกอบด้วยดินเหนียวอ่อนกับชั้นพีต (Peat) และกระเปาะทราย มีความหนา 1 ถึงมากกว่า 3 ม.

4. ตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain Deposits) : พบก่อรูปตามสองฝั่งแม่น้ำและในพื้นที่ดินต่ำ เช่น ที่ลุ่มน้ำขังส่วนใน (Backswamp) ประกอบด้วยดินเหนียวปนทรายแป้งแทรกสลับด้วยทรายและก้อนกรวด หนามากกว่า 20 ม.

5. ตะกอนน้ำพาซับซ้อน (Alluvial Complex Deposits) : เป็นตะกอนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสภาพแวดล้อมเนินตะกอนน้ำพารูปพัดและในหุบเขา และมีดินลูกรังเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. ชุดนี้หนามากกว่า 10 ม. และประสานสลับกับตะกอนชนิดอื่น

6. ตะกอนน้ำพาที่สะสมในทางน้ำโค้งตัว (Meandering Belt Deposits) : หน่วยลำดับอายุอ่อนที่สุด ประกอบด้วยตะกอนใหม่ของที่ราบน้ำท่วมถึง คันดินธรรมชาติ (Natural Levee), ร่องน้ำที่กระจาย (Channel), สันดอน (Point Bar) ประกอบด้วยชั้นทรายและก้อนกรวดที่แทรกสลับด้วยชั้นทรายแป้งและดินเหนียว มีความหนาประมาณ 3-5 เมตร และวางตัวอยู่บนตะกอนที่ราบน้ำขึ้นถึงอย่างชัดเจน แต่คลุมเครือกับตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง

รายงานของกรมทรัพยากรธรณี ในการเจาะหาน้ำบาดาล สรุปได้ว่าพื้นล่างของแอ่งปิดตานี้ มีลักษณะลึกมาก ขอบแอ่งอาจเป็นหินตะกอนกึ่งหินแปรยุคพรีแคมเบรียน และหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก ความลึกนอกชายฝั่งแอ่งปิดตานี้เฉลี่ยประมาณ 6,700 ม. (Sangkhabun & Charuratana, 1992)

นอกจากนี้ในพื้นที่ จ.ยะลา ตอนล่าง พบว่าหินอัคนีระดับลึกทอดยาว แบ่งออกได้เป็นสองแนว (รูปที่ 6) คือ

* หินอัคนีระดับลึกรามัน มีแนววางตัวตะวันตกเฉียงเหนือ

* หินอัคนีระดับลึกหรือเสา มีแนววางตัวในทิศเหนือ ต่อมาภายหลังถูกตัดแยกแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยจากรอยเลื่อนแนวตะวันตก-ออก (แม่น้ำสายบุรี) ซึ่งประกอบด้วยรอยเลื่อนมากมาย

โดยทั่วไปหินแกรนิตนี้มีขนาดเม็ดปานกลางถึงหยาบ มีเนื้อดอกเช่นกัน แร่ไบโอไทต์จะเป็นแร่หลัก บางแห่งพบหินแกรนิตมัสโคไวต์-ไบโอไทต์ (Muscovite-Biotite Granite), หินเพกมาไทต์ (Pegmatite), หินแอฟไลต์ (Aplite), หินแกรนิตเนื้อดอก (Porphyritic Granite) เข้าใจว่าหินอัคนีระดับลึกได้แทรกซอนขึ้นมาในช่วงของยุคไทรแอสซิก ในใจกลางของหินยุคไซลูเรียน-ดี

โวเนียน และคาร์บอนิเฟอรัส จึงทำให้หินยุคดังกล่าวแตกออกเป็นเสี่ยง ภายหลังเกิดธรณีแปรสัณฐานเป็นผลให้รอยเลื่อนขนาดใหญ่ตัดเข้ามา 2 แนวคือ แนวตะวันตกเฉียงใต้ และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ

- สุวรรณ ดิยะไพรัช และเดชา มณีชัย (2531) ได้แบ่งหินอัคนีแถบนี้ออกเป็น 4 ชุด คือ
- + หินแกรนิตบือยอ มีลักษณะหินแกรนิตกึ่งหินไนส์ มีแร่ซิลิมาไนต์ ไบโอไทต์ มัสโคไวต์ เนื้อดอก ผลึกหยาบปานกลางถึงหยาบ แสดงริ้วขนานชัดเจน และหินคะตาคลาสไซต์
- + หินแกรนิตกือลอง เป็นหินแกรนิตที่มีไบโอไทต์ มัสโคไวต์ ท้วมาลีนมาก เนื้อดอก ผลึกหยาบปานกลางถึงหยาบ
- + หินแกรนิตปกโย๊ะ เป็นหินแกรนิตที่มีท้วมาลีน มัสโคไวต์ ไบโอไทต์ เนื้อหยาบ
- + หินแกรนิตเขาคีบุ คือ หินแกรนิตที่มีท้วมาลีน มัสโคไวต์ เนื้อละเอียด และหินแอไฟลด์

3.2.1 โรงไม้หินเขาบ่อน้ำร้อน

บริเวณเหมืองหินนี้ พบเป็นแนวเขาขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนใหญ่ มีหินดินดานแทรกสลับบ้าง มีสีเทาเข้มจนถึงดำ เนื้อหินผลึกละเอียด แสดงลักษณะชั้นบาง (Lamination) อย่างชัดเจน หินเหล่านี้มีรอยเลื่อนตัดเข้ามาทางด้านซ้ายของหน้าเหมือง จนสามารถเห็นแผ่นหน้าไถล (Slickenside) ทำให้หินบริเวณแถวนี้ถูกแรงกระทำ เกิดเป็นชั้นหินคดโค้ง ซึ่งวางตัวอยู่ในแนวตะวันออก-ตก หินมีอายุในช่วงไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian-Devonian)

3.2.2 โรงไม้หินเขา ก.ม. 4

หน้าเหมืองอยู่ฝั่งด้านตรงข้ามของสายถนนเดียวกัน เป็นแนวเขาขนาดเล็ก ประกอบด้วยหินปูนเนื้อละเอียด มีสีขาวปนเทาถึงเทาเข้ม พบว่ามีสายแร่แคลไซต์ตัดผ่านหินปูนมาก ขนาดใหญ่สุดประมาณ 30 ซม. แทรกขึ้นมาตามแนวรอยแยกในแนวทิศ $50^{\circ}/90^{\circ}$, $58^{\circ}/82^{\circ}$, $64^{\circ}/88^{\circ}$ ลักษณะรอยแยกมักมีผงแร่แคลไซต์เคลือบที่ผนัง ผิวผนังคดเป็นลูกคลื่น (Undulating) มีรอยเลื่อนเฉือน (Sheared fault) ตัดแทรกในแนว $280^{\circ}/54^{\circ}$ หินมีอายุในช่วง ไซลูเรียน-ดีโวเนียน (?) เช่นเดียวกัน

3.2.3 โรงไม้หินสามแยกยะลา

หน้าเหมืองเป็นผาชันของแนวเทือกเขาขนาดเล็ก ชื่อว่า เขาบาตูปูเต๊ะ (บาตูปูเต๊ะ = ภูเขาบาตูปูเต๊ะ = ชาว) มีรอยแยกตัดเข้ามามากมาย ประกอบขึ้นด้วยหินอ่อน ผลึกมีขนาดเล็ก มีสีเทาอ่อนจนถึงขาว และสีชมพูจาง แสดงลักษณะเนื้อสมานแน่น (Granoblastic) รอยแยกวางตัวแนว $280^{\circ}/90^{\circ}$ บางแห่งพบมีลายแนวเส้น และมีรอยแยกเฉือนวางแนว $070^{\circ}/50^{\circ}$ และ $240^{\circ}/65^{\circ}$ ผิวผนัง

โค้งเป็นลูกคลื่น แร่ผลึกแคลไซต์เคลือบ สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากกระบวนการแปรสภาพความร้อนหรือสัมผัส (Thermal or Contact Metamorphisms) เพราะถัดไปด้านหลังของเขานี้เป็นหินอัคนีมวลไพศาล (Batholith) แทรกขึ้นมาทำให้มีเขตบริเวณการแปรสภาพ และแหล่งแร่ดีบุกแบบสการ์น (Skarn) หินมีอายุเพอร์โมคาร์บ (Permo-Carb)

3.2.4 โรงโมหินมยุชะลา

หน้าเหมืองเป็นแนวเทือกเขาเดียวกับของโรงโมสามแยก เป็นหินอ่อนที่มีการแปรสภาพไม่เต็มที่ สีเทาส่วนมาก ยังคงเหลือสภาพลักษณะชั้นหินอยู่ โดยมีผงโคลนเคลือบตามชั้นหินวางตัวในแนว $080^{\circ}/60^{\circ}$ ลักษณะชั้นหินคดโค้ง บางแห่งพบว่ามีการแตกหักมาก อันเนื่องมาจากรอยแยกที่เข้ามาตัดค่อให้เป็นแท่งมากขึ้น โดยวางตัวอยู่ในแนว $230^{\circ}-240^{\circ}/90^{\circ}$ ผิวราบลื่นไถล ทอดยาวอย่างไม่ต่อเนื่อง (1.50 เมตร) ช่วงห่างประมาณ 15 เซนติเมตร หินมีอายุเพอร์โมคาร์บเช่นเดียวกัน (Tonnyopas et al., 1995)

3.2.5 เหมืองหินอ่อนหน้าถ้ำ

หน้าเหมืองเป็นหน้าผารอยเลื่อน (Fault Scarp) มีแนวตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นหินอ่อนที่มีการแปรสภาพไม่เต็มที่ สีเทาจนถึงสีขาวส่วนมาก (รูปที่ 7) โดยทั่วไปมีรอยแตกหักมาก และเป็นรูปทรงจนถึงขนาดเป็นถ้ำ ภายในมักมีผลึกแร่แคลไซต์ตกผลึก และน้ำมักไหลซึมออกมาเกิดเป็นคราบสนิมเหล็กทั่วไป หินมีอายุเพอร์โมคาร์บเช่นเดียวกัน



รูปที่ 7 สภาพหน้าเหมืองหน้าถ้ำและกองหินอ่อนนำมาทำเป็นหินแกริตเพชร

3.3 สมบัติทางเคมี กายภาพ และเชิงกลของหินคาร์บอนในพื้นที่จังหวัดยะลา

ก่อนตัวอย่างนำมาทดสอบทุกเหมืองและโรงโม่หิน ยกเว้นของเหมืองหินอ่อนหน้าถ้ำหรือหินอ่อนไทยแลนด์ เนื่องจากได้เคยวิเคราะห์ไว้ในรายงานชื่อ “การศึกษาคุณสมบัติธรณีเทคนิคของหินอ่อนในพื้นที่จังหวัดยะลา” ปี 2536 ก่อนหน้าแล้ว จึงขอไม่แสดงผลไว้ในรายงานนี้

3.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบแร่

ใช้ตัวอย่างครั้งละ 0.5 กรัม สกัดด้วยกรดเกลือความเข้มข้น 50% และกรดไนตริก 1 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Complexometric Titration และวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ได้ผลสรุปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์แร่ธาตุบางตัวในหินคาร์บอนเขตพื้นที่ จังหวัดยะลา (หน่วย %)

แหล่งเก็บตัวอย่าง	จำนวน	CaO	MgO	MnO	Fe ₂ O ₃	lg Loss
1. โรงโม่หินเขาบ่อน้ำร้อน	2	46.14-48.58	0.75-0.97	0.032-0.071	0.51-0.64	38.88-39.58
2. โรงโม่หินเขา ก.ม. 4	2	51.16-51.98	0.43-1.33	0.039-0.042	0.51-0.64	39.22-39.66
3. โรงโม่หินสามแยก	4	52.03-55.14	0.35-0.57	0.003	0.04-0.07	41.89-42.81
4. โรงโม่หินมธุชะลา	3	44.61-54.64	0.23-9.17	0.007	0.06-0.08	42.32-44.39

3.3.2 การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์

ผลวิเคราะห์ที่ได้ออกมาแนะนำเสนอในรูปของเส้นโค้ง (ภาคผนวก ก) โดยมีเส้นโค้งของค่าสารมาตรฐานเทียบกับสารตัวอย่างวิเคราะห์ และได้สรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ในหินคาร์บอนเขตพื้นที่จังหวัดยะลา

แหล่งเก็บตัวอย่างวิเคราะห์	จำนวน	แร่หลักที่ประกอบ	ชนิดหิน
1. โรงโม่หินเขาบ่อน้ำร้อน	2	แคลไซต์ มัสโคไวต์	หินปูน
2. โรงโม่หินสามแยก	4	แคลไซต์	หินอ่อน
3. โรงโม่หินมธุชะลา	3	แคลไซต์ โดโลไมต์	หินอ่อน

3.3.3 ความขาวและความขาวสว่าง

การวัดความขาวได้ใช้เมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) เป็นมาตรฐานเทียบเท่าระดับ 100 % และความขาวสว่างใช้แผ่นโลหะเคลือบ (Enamel) เป็นมาตรฐานเทียบเท่าระดับ 75.50 % ผลการวัดตัวอย่างทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งทั้งค่าความขาวสูงสุดและความขาวสว่างสูงสุด เป็น 88.50 % และ 82.25 % ตามลำดับ เป็นของโรงโม่หินสามแยก ส่วนค่าความขาว

ต่ำสุด และค่าความขาวสว่างต่ำสุดมีค่า 49.50 % และ 46.50 % ตามลำดับ เป็นของโรงโม่หินเขาบ่อน้ำร้อน

ตารางที่ 3 ผลทดสอบความขาวและสว่างของหินคาร์บอนเขตพื้นที่ จังหวัดยะลา (หน่วย %)

แหล่งเก็บตัวอย่าง	หมายเลข /จำนวน	ความขาว	ความขาวสว่าง	ลักษณะกายภาพ
1. โรงโม่หินเขาบ่อน้ำร้อน	1/11	59.75	56.00	สีเทาเรียงตัว
	2/5	49.50	46.50	ไม่เรียงตัว
2. โรงโม่หินเขา ก.ม. 4	1/16	59.75	56.00	สีเทาเรียงตัว
	2/2	79.25	74.50	สีขาวปนเทาเล็กน้อย
3. โรงโม่หินสามแยก	1/8	76.00	71.75	สีเทาดำแทรก
	2/3	84.50	79.25	สีขาว
	3/8	88.50	82.25	สีเทา
	4/1	51.50	48.00	สีเทาเข้ม
4. โรงโม่หินมณูยะลา	1/15	81.50	76.50	สีเทา
	2/1	57.00	54.00	สีเทาเข้ม
	3/2	84.00	79.25	สีชมพูปนเทา

3.3.4 ตรวจสอบทางคิลาวรรณนา

จากก้อนตัวอย่างนำมาตรวจสอบทั้งมหภาคและจุลภาค ซึ่งนำมาทำแผ่นหินขัดบางจำนวน 10 แผ่น สรุปได้ว่า

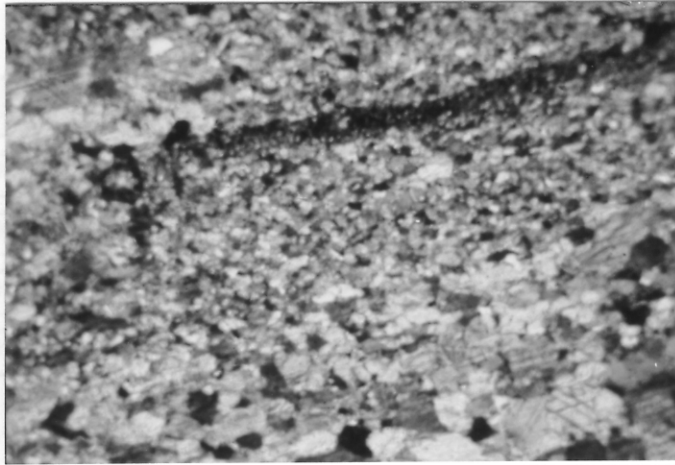
ก) โรงโม่หินเขาบ่อน้ำร้อน : เนื้อหินแบบ micrite โดยมีแร่แคลไซต์เป็นตัวเชื่อมยึด และพบแร่ไบโอไทต์เป็นแถบยาว (รูปที่ 9 ก)

ข) โรงโม่หินเขา ก.ม. 4 : เนื้อหินแบบผลึกเท่ากัน (Equicrystalline mosaic) โดยมีผลึกแร่แคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ และแร่มีสโคไวต์แทรกเข้ามาแทนที่ (รูปที่ 9 ข)

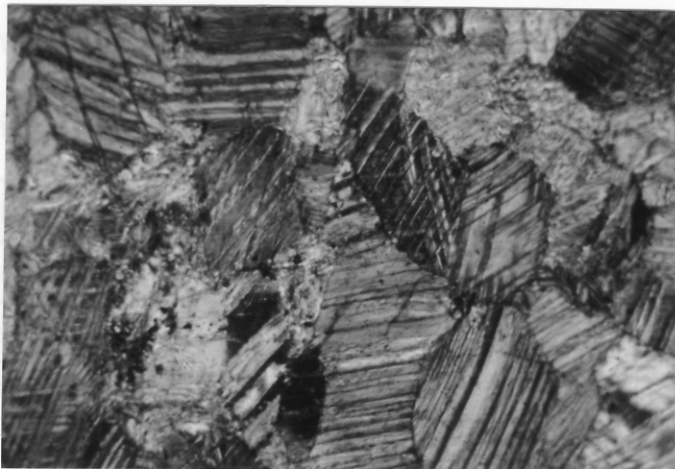
ค) โรงโม่หินมณูยะลา : เนื้อหินแบบ micrite โดยมีแร่แคลไซต์เป็นตัวเชื่อมยึด และพบแร่ไบโอไทต์เป็นแถบ (รูปที่ 9 ค)

3.3.5 ปริมาณความชื้น (w)

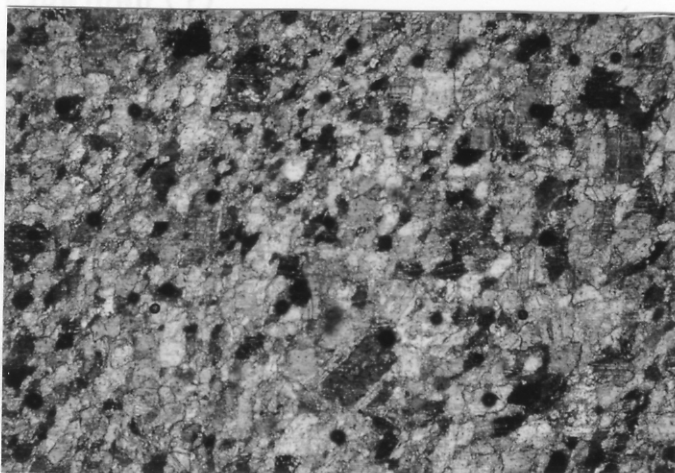
ก้อนหินตัวอย่างทดสอบจำนวน 66 ชิ้น มีค่าความชื้นสูงสุดเป็น 0.23 % ของโรงโม่หินเขา ก.ม. 4 และค่าต่ำสุดเป็น 0 % ของโรงโม่หินเขาบ่อน้ำร้อน และโรงโม่หินมณูยะลา ค่าเฉลี่ยของทุกแหล่งอยู่ในช่วงพิสัย 0.05 - 0.09 %



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 9 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของแผ่นหินขัดบาง ด้วยกำลังขยาย 4 เท่า ในแสงทิศทางเดียว (polarised light) เมื่อ cross nicol ของโรงโม่หิน ก) เขาบ่อน้ำร้อน ข) เขา ก.ม. 4 และ ค) มนุษะลา

ตารางที่ 5 แสดงผลค่าปริมาณความชื้นของหินคาร์บอนเนตในพื้นที่จังหวัดยะลา (หน่วย %)

แหล่งเก็บตัวอย่างทดสอบ	จำนวน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. โรงโมหินเขาบ่อน้ำร้อน	16	0.22	0.00	0.09	0.06
2. โรงโมหินเขา ก.ม. 4	18	0.23	0.03	0.08	0.05
3. โรงโมหินสามแยก	14	0.19	0.02	0.09	0.04
4. โรงโมหินมนุษะลา	18	0.14	0.00	0.05	0.04

3.3.6 ความพรุน (n)

หินมีค่าความพรุนสูงสุดเป็น 0.91 % ของโรงโมหินมนุษะลา ส่วนค่าต่ำสุดเป็น 0.17 % ของเขาบ่อน้ำร้อน ค่าเฉลี่ยของทุกแหล่งอยู่ในช่วงพิสัย 0.43-0.48 % จัดว่าหินเหล่านี้เป็นพวกหินความพรุนต่ำมาก (IAEG, 1979) หรือหินเนื้อตัน (ทึบ)

ตารางที่ 6 แสดงผลค่าความพรุนของหินคาร์บอนเนตในพื้นที่จังหวัดยะลา (หน่วย %)

แหล่งเก็บตัวอย่างทดสอบ	จำนวน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. โรงโมหินเขาบ่อน้ำร้อน	16	0.84	0.17	0.43	0.21
2. โรงโมหินเขา ก.ม. 4	18	0.86	0.17	0.48	0.19
3. โรงโมหินสามแยก	14	0.70	0.18	0.44	0.15
4. โรงโมหินมนุษะลา	18	0.91	0.22	0.43	0.18

3.3.7 หน่วยน้ำหนัก (γ)

หินมีค่าหน่วยน้ำหนักสูงสุดเป็น 2.86 กรัม/ลบ.ซม. ของโรงโมหินสามแยก ส่วนค่าต่ำสุดเป็น 2.66 กรัม/ลบ.ซม. ของโรงโมหินมนุษะลา ค่าเฉลี่ยของทุกแหล่งอยู่ในช่วงพิสัย 2.71-2.73 กรัม/ลบ.ซม. จัดว่าเป็นหินที่มีค่าหน่วยน้ำหนักสูงถึงสูงมาก (IAEG, 1979)

ตารางที่ 7 แสดงผลค่าหน่วยน้ำหนักของหินคาร์บอนเนตในพื้นที่ จังหวัดยะลา (หน่วย กรัม/ลบ.ซม.)

แหล่งเก็บตัวอย่างทดสอบ	จำนวน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. โรงโมหินเขาบ่อน้ำร้อน	16	2.83	2.69	2.73	0.03
2. โรงโมหินเขา ก.ม. 4	18	2.74	2.68	2.72	0.01
3. โรงโมหินสามแยก	14	2.86	2.70	2.73	0.30
4. โรงโมหินมนุษะลา	18	2.76	2.66	2.71	0.02

3.3.8 การดูดซึมน้ำ (A)

หินมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดเป็น 0.06 % ของโรงโม่หินสามแยก ส่วนค่าสูงสุดเป็น 0.33 % ค่าเฉลี่ยของทุกแหล่งอยู่ในช่วงพิสัย 0.16 - 0.18 % จัดเป็นหินที่มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในขั้นสูงถึงสูงมาก (IAEG, 1979)

ตารางที่ 8 แสดงผลค่าการดูดซึมน้ำของหินคาร์บอนในพื้นที่ จังหวัดยะลา (หน่วย %)

แหล่งเก็บตัวอย่างทดสอบ	จำนวน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. โรงโม่หินเขาปอ่น้ำร้อน	16	0.31	0.06	0.16	0.08
2. โรงโม่หินเขา ก.ม. 4	18	0.32	0.06	0.18	0.07
3. โรงโม่หินสามแยก	20	0.25	0.07	0.16	0.05
4. โรงโม่หินมธุชะลา	18	0.33	0.08	0.16	0.06

3.3.9 ระดับชั้นของการอิมตัวด้วยน้ำ (S)

หินมีค่าระดับชั้นของการอิมตัวด้วยน้ำสูงสุดเป็น 100 % ของโรงโม่หินสามแยก ส่วนค่าต่ำสุดเป็น 0 % ของเขาปอ่น้ำร้อนและโรงโม่หินมธุชะลา และค่าเฉลี่ยของทุกแหล่งอยู่ในช่วงพิสัย 30.93 - 57.61 % จัดว่าเป็นหินที่มีค่าการอิมตัวปานกลางถึงสูง (IAEG, 1979)

ตารางที่ 9 แสดงผลค่าระดับชั้นของการอิมตัวด้วยน้ำของหินคาร์บอนในพื้นที่ จังหวัดยะลา (หน่วย %)

แหล่งเก็บตัวอย่างทดสอบ	จำนวน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. โรงโม่หินเขาปอ่น้ำร้อน	16	100	0.00	56.92	29.02
2. โรงโม่หินเขา ก.ม. 4	18	100	16.67	50.15	25.08
3. โรงโม่หินสามแยก	20	100	22.22	57.61	23.49
4. โรงโม่หินมธุชะลา	18	75	0.00	30.93	24.38

3.3.10 อัตราส่วนช่องว่าง (e)

ผลการคำนวณจากข้อมูลวัดค่า (ตารางที่ 10) พบว่าหินมีค่าอัตราส่วนช่องว่างสูงสุดเป็น 0.0092 ของโรงโม่หินมธุชะลา ส่วนค่าต่ำสุดเป็น 0.0017 ของแหล่งเขาปอ่น้ำร้อน และเขา ก.ม. 4 ค่าเฉลี่ยของทุกแหล่งอยู่ในช่วงพิสัย 0.0043-0.0073

3.3.11 การขัดสีแบบลอสแอนเจลิส

การทดสอบหาความทนทานของมวลรวมหินคาร์บอน จำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แสดงผลรายละเอียดไว้ในตารางที่ 11 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์สึกกร่อน (Percentage of Wear) มีค่าสูง