บทที่ 4
ลำดับชั้นหินตะกอน (หินแปร)

ในที่นี้เราพยายามอธิบายถึงลำดับชั้นหินตะกอนในประเทศไทย ซึ่งอาจมีการเทียบเคียง (correlation) กับของเพื่อนบ้านของเราบ้างถ้ามีข้อมูลเพียงพอ ในที่นี้เราได้จัดลำดับชั้นหินโดยแบ่งตามอายุตั้งแต่ที่แก่ที่สุด คือ หอนมหายุคพรีแคมเบรียน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแปร จนถึงลำดับชั้นที่อายุอ่อนที่สุด ซึ่งเป็นหินตะกอนไม่แข็งตัวในยุคควอเทอร์นารี โดยพยายามกล่าวถึงหินอายุต่างๆ ที่สำคัญๆ มาอธิบายเท่านั้น

อนึ่งในการอธิบายการจัดลำดับชั้นหินของเรานี้ได้ถือตามและดัดแปลงจากลักษณะการจัดแบ่งตามปทานุกรมลำดับชั้นหินของสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก (Stratigraphic Lexicon the United States of America, 1968-1975) โดยมีองค์ประกอบของเนื้อหาในแต่ละลำดับชั้นหิน ซึ่งได้แก่ 1) ความหมายตลอดจนการบรรยายเกี่ยวกับลักษณะของชั้นหินนั้นๆตลอดจนผู้ที่กระทำการศึกษาและความเป็นมา 2) การกระจายตัวของหินในมณฑลแปรสัณฐานต่างๆ 3) ชั้นหินแบบฉบับ (Stratotype) ซึ่งกล่าวถึงการบรรยายลักษณะการลำดับชั้นโดยละเอียดสำหรับประเทศไทยความหนาแน่นและการกำเนิดและ 4) อายุโดยเปรียบเทียบกับบริเวณอื่นหรือมณฑลอื่นบ้าง องค์ประกอบเหล่านี้สามารถแยกแยะออกมาได้เป็นการลำดับชั้น 3 รูปแบบ คือ ในส่วนแรกเราเน้นทางลำดับชั้นหินด้วยหิน (lithostratigraphy) ต่อมาจึงเป็นเรื่องของการลำดับชั้นด้วยบรรพชีวิน (biostratigraphy) และชั้นสุดท้ายเป็นการนำเอาการลำดับชั้นเพื่อแสดงถึงอายุเพื่อประโยชน์ในการเทียบเคียงลำดับชั้นหินของยุคที่แก่กว่าและอ่อนกว่าซึ่งก็คือการลำดับชั้นโดยอายุ (chonostratigraphy)

4.1 หินยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Rocks)

ลักษณะโดยทั่วไป

หินอายุแก่ที่สุดของประเทศไทย คือ หินที่วินิจฉัยให้ (inferred) มีอายุอยู่ในยุคพรีแคม-เบรียน ซึ่งอาจเป็นโดยทางการลำดับชั้นหินและโดยการหาอายุทางอ้อม โดยทั่วไปมีลักษณะเด่นเป็นพิเศษ คือ ผ่านการแปรสภาพไพศาล (regional metamorphism) ค่อนข้างรุนแรง และเป็นหินแปรมีลำดับขั้นสูงถึงกลุ่มชุดแร่แอมฟิโบไลต์ (amphibolite facies)

การกระจายตัว

การกระจายตัวของหินอายุพรีแคมเบรียนมักอยู่กันเป็นแนวหินแปรเกือบทั้งหมดวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่เหนือสุดของประเทศจนถึงตอนใต้ของไทย (ดูหมายเลขในรูป 4.1.1) โดยเริ่มจาก 1) บริเวณแถบตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่โดยเฉพาะแถบน้ำตกแม่สายและออบหลวง *(ที่เรียก ไนส์*

ออบหลวง-Orbluang Gneiss, Bunopas, 1983) ทอดตัวเรื่อยลงไปทางใต้จนถึงเขื่อนภูมิพล ซึ่งยาวกว่า 200 กม แล้ววางตัวเบี่ยงเล็กน้อยไปทางทิศตะวันออกไปยัง 2) ห้วยแม่โถ, คลองวังแก้ว, และน้ำตกลานสาง จ. ตาก (หินไนส์ลานสาง-Lansang Gneiss, Cambell, 1973) ซึ่งทอดตัวยาวไปอีก 200 กม จนถึง 3) คลองสวนหมาก อ.โป่งน้ำร้อน กำแพงเพชร (หินไนส์คลองสวนมาก Klong Suanmark Gneiss, Bunopas, 1976) และ 4) แถบ อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี (หินซับซ้อนอุทัยธานี, Uthai Thani Complex, Bunopas, 1980) ซึ่งไปโผล่อีกทีและต่อเลยลงไปทางใต้ 5) แถบตะวันตกของ จ. สุพรรณบุรี(บ้านทับศิลา) และกาญจนบุรี (ไนส์ทับศิลา-Thabsila Gneiss, Bunopas, 1983) โดยแตกเป็นแขนงเล็ก ๆ และไปโผล่อีกที่ 6) แถบปราณบุรี-หัวหิน จ. ประจวบคีรีขันธ์ (ไนส์ปราณบุรี-หัวหิน-Pranburi-Hua Hin Gneiss, Pongsapich และคณะ, 1980) ยาวประมาณ 50 กม และโผล่พบเห็นอีกครั้งที่ 7) แถบใต้สุดที่ จ. สุราษฎร์ธานี-นครศรีธรรมราช (ไนส์ขนอม-Khanom Gneiss, Khosuwan & Charusiri, 1997) โดยแผ่ตัวยาวไม่เกิน 50 กม และ 8) ในบริเวณตะวันออก แนวหินอายุพรีแคมเบรียนพบทอดตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือยาวกว่า 100 กม ตั้งแต่ อ.พนัสนิคม จ. ชลบุรี จนถึง อ. บ้านเพ จ. ระยอง (ไนส์ชลบุรี-Chonburi Massif, Workman, 1975) เป็นที่น่าสังเกตว่าบริเวณแถบมาเลเซียไม่พบรายงานว่ามีหินอายุนี้ (ดูรูป ข.1.1 ประกอบ)

ชั้นหินแบบฉบับ

จนถึงปัจจุบันไม่ค่อยมีผู้ใดทำการศึกษาหินยุคพรีแคมเบรียนเท่าใดนัก แม้หินชุดดังกล่าวมีการโผล่ที่เห็นชัดเจน ซึ่งอาจเป็นเพราะการศึกษาจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากธรณีวิทยาโครงสร้างและศิลาวิทยาหินแปร(metamorphic petrology)ที่ยุ่งยากซับซ้อนอยู่มาก จึงทำให้นักธรณีวิทยาที่สนใจเรื่องนี้มีไม่มากนัก อย่างไรก็ตามผู้ที่ทำการศึกษาเรื่องนี้อย่างละเอียดได้แก่ Baum และคณะ (1972) Dheeradilok (1973, 1975) Cambell(1973, 1975) Nutalaya (1974) Bunopas และ Bunjitradulya (1975) Piyasin (1975) Bunopas (1976, 1980) Pongsapich และคณะ (1980, 1983), Macdonald (1981) Thanasuthipitak และ Sinthusan (1981) Lacassin และคณะ (1977) Kosuwan และ Charusiri (1997) จากการประมวลผลการศึกษาพบว่าลักษณะทางธรณีวิทยา ศิลาวิทยา และการลำดับชั้นหิน เป็นไปในรูปแบบเดียวกันเกือบทั่วประเทศแต่ก็ยังหาชั้นหินแบบฉบับชัดเจนไม่ได้ ซึ่งพอรวบรวมได้เป็น 5 หน่วย คือ 1) หน่วยหินไนส์ (Gneissic unit) 2) หน่วยหินชิสต์ (Schist unit) 3) หน่วยหินแคลซิลิเกต (Calcsilicate unit) 4) หน่วยหินควอร์ตไซต์ (Quartzite unit) และ 5) หน่วยหินอ่อน (Marble unit)

หน่วยหินที่ 1 จนถึง 3 มักพบได้ทั่วไปในเกือบทุกแห่ง ส่วนหน่วยที่ 4 และ 5 มักพบเป็นบางแห่ง Bunopas & Bunjitradulya (1975) และ Bunopas (1976) ได้เสนอว่าที่กาญจนบุรีพบหินชิสต์ปนควอร์ต-ไมก้า(quartz-mica schist) วางตัวเหนือหน่วยหินแคลซิลิเกตและที่ตากพบว่าหินชิสต์ปนคอวร์ตวางตัวเหนือหน่วยหินแคลซิลิเกต เช่นกัน ซึ่งอาจเทียบเคียงได้กับหน่วยหินควอร์ตไซต์

นั่นเอง Pongsapich(1980) ได้ทำการศึกษาหินอายุพรีแคมเบรียนที่ปราณบุรี-หัวหิน จ. ประจวบ-คีรีขันธ์(ดูรูป 4.1.2)อย่างละเอียด และพบว่าหน่วยหินคอวร์ตไซต์และหน่วยหินที่อายุอ่อนกว่า ซึ่งได้แก่หน่วยหินอ่อนวางตัวอยู่เหนือหน่วยหินแคลซิลิเกตอย่างแน่นอน แต่ที่น่าสนใจมากคือที่พนัสนิคม(ชลบุรี) หินแปรประกอบด้วยหินแอมฟิโบโลต์ ซึ่งทำให้คาดคิดว่าอาจมีกำเนิดมาจากหินบะซอลต์ที่ต่อมาถูกแปรสภาพไป

สภาพศิลาวิทยา

1) หน่วยหินไนส์ จากการศึกษาพบว่าหินไนส์มีทั้งที่เป็นหินออร์โทไนส์ (orthogneiss) และพวกพาราไนส์(paragneiss) ซึ่งหินไนส์พวกนี้มักพบเห็นเป็นแกนหินแปรเชิงซ้อน(metamorphic core complex) โดยมากพบว่าหินทั้งสองอยู่ปะปนกันไม่แน่ชัดว่าใครเกิดก่อน แต่ที่ อ.ขนอม สุราษฎร์ธานี Kosuwan & Charusiri (1997) พบว่าหินออร์โทโนส์ตัดแทรกเข้ามาในหินพาราไนส์ หน่วยหินไนส์ที่ปรากฏจากในภาคสนามมีได้ทั้งสีขาว(leucosome)จนถึงสีค่อนข้างดำ(melano-some) ผลึกมีตั้งแต่ขนาดเล็กเนื้อละเอียด จนถึงขนาดใหญ่เนื้อหยาบลายดอกแปร(coarse-grained porphyroblastic) บางทีก็เป็นลายแทรกสลับกันอยู่ บางลายอาจหนาถึง 8 ซม แต่บางครั้งก็บางมากน้อยกว่า 1 มม ที่เห็นเป็นลายสลับกันคงเป็นเพราะมีความแตกต่างในแง่ของขนาดเม็ดตะกอนและปริมาณ/ชนิดของแร่ที่อยู่ในหินดั้งเดิมก่อนเกิดขบวนการแปรสภาพ

โดยมากมักพบว่าหน่วยหินพาราไนส์ ประกอบด้วยหินไนส์จำพวกคอวร์ต-เฟลสปาร์-ไบโอไทต์ (ทำให้ได้สีออกไปทางเทาดำ) และจำพวกควอร์ตซเฟลสปาร์ติก(ทำให้ได้สีของหินออกมาทางเทาขาว) ในแง่วิทยาแร่หน่วยหินไนส์(แบบพาราไนส์) มักประกอบด้วยแร่โปแตสเฟลสปาร์ทั้งที่เป็นไมโครไคลน์(microcline) และ/หรือออร์โทคเคลส(orthoclase) ซึ่งส่วนใหญ่พบเป็นผลึกดอกแปร อาจเป็นได้ทั้งก้อนเหลี่ยม (tabular) หรือก้อนเลนซ์(lenticular) ก็ได้เฟลสปาร์อีกจำพวกคือ แพลจิโอเคลส มักเกิดในเนื้อพื้น(groundmass) มีส่วนประกอบระหว่างโอลิโอเคลส(oligoclase ~ An_{20})ไปจนถึงแอนดีซีน(Andesine ~ An_{38}) และส่วนใหญ่แสดงแนวค่าเคลื่อน(zoning) ตามปกติ ส่วนจังหวัดตาก(วนอุทยานลานสาง) พบว่ามักพบเห็นการ์เนต (หรือ โกเมน, almandine garnet) และซิลิมาไนต์ (sillimanite) ในหินพาราไนส์ด้วย ในบางครั้งพบว่าหินพาราไนส์ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปเป็นหินแคลซิลิเกตไนส์ และหินแคลซิลิเกตได้ เช่นที่ออมหลวง และปราณบุรี ส่วนที่ปราณบุรี-หัวหิน และที่ชลบุรีก็มีรายงานว่า พบแร่ทั้งสองในหินไนส์เหมือนกันในหลายแห่ง เช่นที่ อ. ขนอม (สุราษฎร์ธานี) พบหินแคลซิลิเกตและหินชีสแทรกสลับอยู่เป็นชั้นบาง หินที่เป็นต้นกำเนิดของพาราไนส์ ได้แก่ หินจำพวกควอร์ตโซเฟลสปาร์ติก หรือหินทรายจำพวก หินทรายขุ่น(arkose) และหินทรายสกปรก(graywacke)

สำหรับหินออร์โทโนส์ที่มักพบอยู่ปนและสลับกับหินพาราไนส์นั้น โดยทั่วไปมีส่วนประกอบทางแร่ใกล้เคียงกับหินพวกไนส์ แต่ในหลายแห่งพบว่ามักแสดงลักษณะริ้วลาย

(foliation) ที่เด่นชัดมาก หน่วยหินไนส์โดยมากมีหินเพกมาไทต์(pegmatite) แอบไพลต์(aplite) และสายแร่ควอร์ตตัดผ่าน บางทีก็แสดงริ้วลายขนานไปกับหินไนส์ บางทีก็ไม่แสดงริ้วลายขนานเลย หินสีจาง(leucorratic rocks) พวกนี้เชื่อกันว่าน่าจะเป็นผลมาจากการหลอมละลายบางส่วน (anatectic หรือ partial melting) ตอนช่วงที่เกิดขบวนการแปรสภาพถึงขีดสุด(culmination) ในหลายแห่ง เช่นที่ปราณบุรี-หัวหินพบว่าหินไนส์ดังกล่าวอาจได้รับแรงจากการแปรสัณฐาน เนื่องจากพบรอยเลื่อนมากมายและหินไนส์เปลี่ยนแปลงไปเป็นหินไมโลไนต์(mylonite)ได้

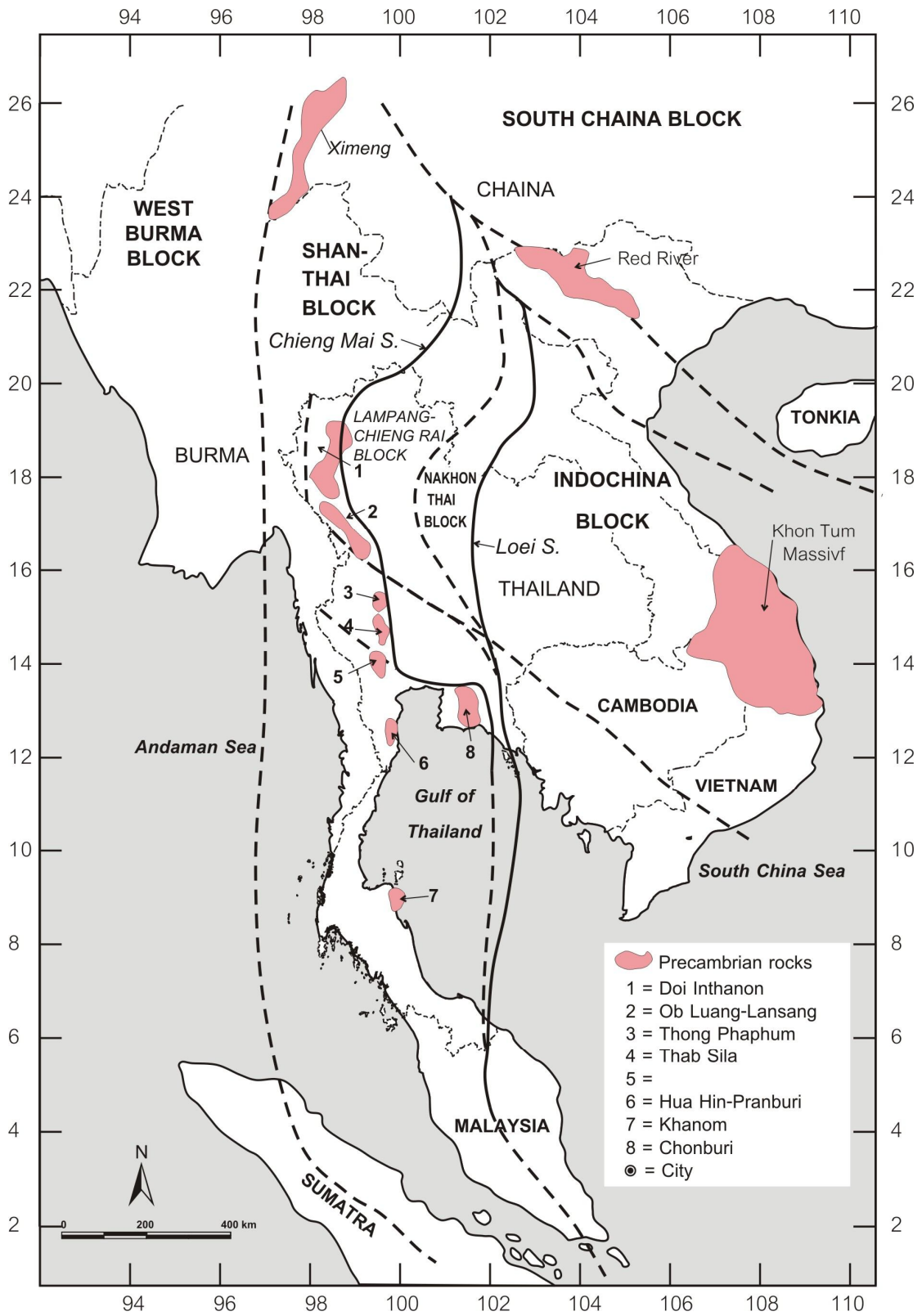
2) หน่วยหินชีสต์ จากการศึกษาพบว่าหน่วยหินชีสต์(หรือหินเมตตาเพลไลต์) มักพบอยู่ร่วมกับหน่วยหินเมตตาคาร์บอเนตหรือแคลซิลิเกตอยู่เสมอ และโดยมากหน่วยหินชีสมักพบในปริมาณที่น้อยกว่าและปรากฏเป็นชั้นบางกว่าหน่วยหินแคลซิลิเกต ส่วนใหญ่หน่วยหินชีสประกอบด้วยหินมีริ้วลายขนานชัดเจนผลึกละเอียด ทางตอนเหนือมักพบเห็นเป็นหินชีสชนิดควอร์ต-ไมก้า เป็นส่วนใหญ่ และอาจมีแร่ซิลิมาไนต์ การ์เนต และคอร์เดียไรต์(cordierite) ได้บ้าง โดยเฉพาะหินแถบเขื่อนภูมิพล ที่ท่ามะกา (กาญจนบุรี) พบว่าหินชีสประกอบด้วยกลุ่มแร่คอวร์ต-ไบโอไทต์-มัสโคไวท์-ซิลิมาไนต์-ออร์โทเคลส) ส่วนที่ปราณบุรี-หัวหิน หน่วยหินชีสประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย (subunit) คือ 1) คอวร์ต-ไบโอไทต์-ซิลิมาไนต์-การ์เนต 2) คอวร์ต-ไบโอไทต์-ซิลิมาไนต์-การ์เนต-ออร์โทเคลส และ 3) คอวร์ต-ไบโอไทต์-ซิลิมาไนต์-การ์เนต-ออร์โทเคลส และคลอเดียไรต์ บริเวณแถบอมก๋อย(เชียงใหม่)มีรายงานว่าหน่วยหินชีสประกอบด้วยการ์เนต(โกเมน) และสตอโรไลต์ (staurolite)อยู่ด้วย เชื่อกันว่าหน่วยหินชีสน่าจะแปรสภาพมาจากหินตะกอนจำพวกเพลไลต์ (pelitic)

3) หน่วยหินแคลซิลิเกต หินแปรหน่วยนี้เข้าใจว่าคงมาจากชั้นหินตะกอนชนิดคาร์บอเนตที่สลับกัน(alternating layers) ระหว่างพวกที่มีแร่คอวร์ต-เฟลสปาร์อยู่มาก กับที่มีแร่ดิน(argillaceous)อยู่มาก หินตะกอนเหล่านี้อาจปรับขั้น(grade)ไปเป็นหินอ่อนได้ หรือหินอ่อนโดโลไมต์ (dolomitic marble) หน่วยหินแคลซิลิเกตมักแสดงการสลับแถบ(metamorphic bandings)อันเนื่องมาจากส่วนประกอบทางแร่ของแต่ละแถบหรือชั้นหินเดิมแตกต่างกันนั่นเอง กลุ่มแร่ที่พบเห็นบ่อย ๆ ในหินแปรหน่วยนี้คือ ควอร์ต-แพลจิโอเคลส-ไดออบไซต์-คัลไซต์ และอาจมีแร่จำพวกไมโครไคล์น-ไบโอไทต์-แอมพิโบลชนิดแคลเซียมและการ์เนต(โกเมน) อยู่ด้วย ทั้งนี้แล้วแต่ว่าส่วนประกอบรอง(subordinate component)ในหินคาร์บอเนตจะค่อนมาทางโปแตสเซียมมาก หรืออลูมิ-เนียมมาก ในหลายแห่งพบว่าแร่อีพิโดด(epidote)สามารถเกิดรวมอยู่ด้วย เช่นที่วนอุทยานลานสาง (ตาก) พบว่าอีพิโดดเกิดร่วมอยู่กับแร่แพลจิโอเคลสชนิดแอนดิซีน (ดู Campbell, 1975) แต่จากการศึกษาหินแปรหน่วยนี้ที่ปรานบุรี-หัวหิน(ประจวบคีรีขันธ์) พบว่าอีพิโดดน่าจะเป็นแร่ลดขั้นแปร (retrograde mineral) มากกว่า (ดู Pongsapich และคณะ, 1980, 1983) นอกจากนั้นยังพบว่าแร่ที่พบเห็นบ่อย ๆ จากแผ่นหินบางเพิ่มเติม คือ แร่สปีน(sphene) + คลอไรต์(chlorite) + มัสโคไวท์ (muscovite) + อพาไทต์(apatite) และแร่ทึบแสง (opaques) ที่วนอุทยานลานสาง และที่

ปราณบุรี-หัวหิน ยังพบแร่สแกบโบไลต์ (scapolite) อีกด้วย ในหินอ่อนโคโลไมต์ที่ปรานบุรี พบแร่เพอริเคลส (periclase) และคอนโดรไดท์ (chondrodite) เพิ่มเติมจากกลุ่มแร่ที่กล่าวมาข้างต้น

4) หน่วยหินควอร์ตไซต์ หน่วยหินแปรแคลซิลิเกตในหลายแห่งอาจเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางแร่ไปเป็นหน่วยหินควอร์ตไซต์ ซึ่งได้แก่หินควอร์ตไซต์ปนแคลซิลิเกต หินควอร์ตไซด์ หินชีสควอร์ตมาก หินชีส ควอร์ต-ไมก้ามาก แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงจากหินเดิมคือหินคาร์บอเนตไปเป็นหินตะกอนเนื้อทราย(psammitic sediments) ซึ่งคือหินทรายแปรที่มีควอร์ตมากนั่นเอง ในรายงานหลายฉบับ (เช่น Pongsapich และคณะ, 1980, 1983, Dheradilok, 1973, 1975) ได้เสนอตรงกันว่าที่ปราณบุรีพบหินควอร์ตไซด์เป็นชั้นหนาวางตัวสลับหินชีสต์และแคลซิลิเกต

อายุหินและการเทียบเคียง



Distribut on of Precambrian rocks in Thailand and nearby

รูป 4.1.1 แผนที่ผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงการกระจายตัวของหินมหายุคพรีแคมเบรียนของประเทศต่าง ๆ น่าสังเกตว่าประเทศมาเลเซียไม่มีหินมหายุคนี้ปรากฏให้เห็น

4.2 การลำดับชั้นหินของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

การลำดับชั้นหิน และความสัมพันธ์ของหิน ที่มีการแผ่กระจายตัวบนผืนแผ่นดินที่เชื่อมต่อกัน (main- lands) ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งประกอบไปด้วยประเทศไทย มาเลเซีย พม่า ลาว กัมพูชา เวียตนาม และส่วนประเทศจีนตอนใต้ (ยูนาน) ลักษณะหินของหลาย ๆ กลุ่มมีความต่อเนื่องและเชื่อมโยงกันได้ด้วยความคล้ายคลึงทางลักษณะปรากฏ (lithofacies) ถึงแม้ว่าบางส่วนแสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏไปตามพื้นที่บ้าง แต่ก็ยังคงเค้าโครงของลักษณะปรากฏหลัก ๆ ที่คล้ายคลึงกันและด้วยหลักฐานของซากดึกดำบรรพ์ รวมถึงร่องรอยของซากบรรพชีวินยังคงมีความน่าเชื่อถือในการใช้อ้างอิงด้านอายุและสิ่งแวดล้อมในสภาวะบรรพกาล ที่ปรากฏจารึกในกลุ่มหินหลาย ๆ กลุ่มที่แผ่กระจายตัว ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงเปรียบประดุจลายแทงอันเป็นหลักฐานสำคัญในการเชื่อมโยงผูกความสัมพันธ์ของกลุ่มหินต่างๆในหลายบริเวณที่เรียกชื่อแตกต่างกันเข้าไว้ด้วยกัน ตามตารางธรณีกาล (geologic times scale)

สำหรับการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้น นักธรณีวิทยาได้มีสันนิษฐานว่าส่วนที่เป็นแผ่นฐานธรณีของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ประกอบกันขึ้นจากชิ้นส่วนของแผ่นฐานธรณีย่อยๆ หลายส่วน ประกอบด้วย

1. WEST BURMA BLOCK
2. SHAN THAI BLOCK
3. INDOCHINA BLOCK
4. SOUTH CHINA BLOCK
5. EAST OF MALAYSIA BLOCK
6. UNKNOWN ORIGIN BLOCK (อยู่ระหว่าง เกาะสุมาตรา และ มาเลเซีย บริเวณ รอยเลื่อนสุมาตรา)

ปัจจุบันนักธรณีวิทยามักจะศึกษาลักษณะธรณีวิทยาของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยการจำแนกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1.แผ่นฐานธรณีไซบูมาสุ ประกอบด้วย ส่วนหนึ่งของประเทศไทยที่อยู่ทางด้านตะวันตกของรอยต่อน่าน (Nan Suture) พม่า มาเลเซีย บางส่วนของตอนใต้ของจีน

2.แผ่นฐานธรณีอินโดไชน่า ประกอบด้วย บริเวณประเทศเวียดนาม กัมพูชา ลาว จีนตอนใต้ และ ส่วนหนึ่งของประเทศไทยที่อยู่ทางด้านตะวันออกของรอยต่อน่าน (Nan Suture)

สำหรับการกล่าวถึงลักษณะกลุ่มหินต่าง ๆ ในที่นี้ จะกล่าวถึงประเทศไทยเป็นหลัก โดยการอ้างถึงลักษณะของกลุ่มหินต่าง ๆ นั้น Bunopas (1991) ได้แบ่ง ขอบเขตการลำดับ (Stratigraphic belts) ทั้งหมด 7 ขอบเขตโดยขอบเขตที่ 1-5 อยู่บนแผ่นฐานธรณีฉานไทย และขอบเขตที่ 6-7 อยู่บนแผ่นฐานธรณีอินโดไช

4.3 หินยุคพรีแคมเบรียนในประเทศเวียดนาม (Precambrian rocks in Vietnam)

ในยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Era) นั้นมีการแบ่งย่อยออกเป็น 2 ยุค ได้แก่

1. ยุคอาร์เคี่ยน (Archean) ซึ่งอยู่ทางตอนล่าง

2. ยุคโปรเทอโรโซอิก (Proterozoic) ซึ่งอยู่ทางตอนบน

โดยสามารถวัดหาอายุของหิน (age dating) ได้ด้วยวิธี Rb/Sr และ U/Pb

ลักษณะโดยทั่วไปของหินมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian rocks) ประกอบด้วยหินแปรเกรดสูง (high-grade metamorphic rocks) จำพวกหินไนส์ (gneiss) และหินชีสต์ (schist) ประเภทต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่จะเรียกว่าเป็นหินฐาน (basement complex) ในช่วงยุคอาร์เคี่ยน (Archean) ให้ลักษณะของหินที่ปรากฏในขั้นการแปรสภาพ (grade of metamorphism) สูงจนถึงในขั้นแสดงลักษณะปรากฏแอมฟิโบไลต์ (amphibolite facies) หรือสูงกว่าจนมีลักษณะของไฮเปอร์สทีน-ออร์โทเคลส-การ์เนต-ชีสต์ (hyperstene-orthoclase-garnet-schist) ซึ่งชี้นำถึงสภาพที่มีอุณหภูมิสูง จนอาจมีลักษณะปรากฏของแกรนูไลต์ (granulite facies) และสามารถจัดได้ว่ามีการแปรสภาพสูงกว่าหินของยุคโปรเทอโรโซอิก (Proterozoic rocks) ที่มักเป็นหินแปรขั้นต่ำกว่า และเป็นหินแปรขั้นต่ำจนถึงลักษณะปรากฏของกรีนชีสต์ (greenschist facies)

จากหลักฐานการเกิดวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาในส่วนของแผ่นฐานอินโดไชน่านั้น (geological evolution of Indochina) ทำให้สามารถแบ่งขอบเขตทางธรณีวิทยา (geological regions) ออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ (รูปที่ 1)

1. Littoral Bacbo
2. Vietbac
3. West Bacbo
4. Northwest Lao
5. Truongson
6. Kontum-Savannakhet
7. Dalat-Stungtreng
8. West Cambodia

ซึ่งประเทศเวียดนามนั้น จะอยู่ในบริเวณส่วนใหญ่ของขอบเขตทางธรณีวิทยาทั้ง 8 ส่วนนี้ ได้แก่ Littoral Bacbo, Vietbac, West Bacbo, Truongson, Kontum-Savannakhet และ Dalat-Stungtreng

หินที่พบในประเทศเวียดนาม สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่
(อ้างอิงจาก Geology of Cambodia, Lao and Vietnam, 1991)

1. ยุคอาร์เคี่ยน (Archean)
2. ยุคโปรเทอโรโซอิกตอนล่าง (Lower Proterozoic)
3. ยุคโปรเทอโรโซอิกตอนบน ถึง ยุคแคมเบรียนตอนล่าง (Upper Proterozoic – Lower Cambrian)

4.3.1 ยุคอาร์เคี่ยน (Archean)

หินที่พบในยุคนี้ จะพบเฉพาะในบริเวณทางตะวันออกของส่วนที่เรียกว่า คอนทูมแมสซีฟ (Kontum Massif) ซึ่งอยู่ทางตอนกลางของประเทศเวียดนาม โดยหินกลุ่มนี้ชื่อว่า แคนแนคคอมเพล็กซ์ (Kannack Complex) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ชุดหิน ได้แก่

4.3.1.1 หินชุดคอนโร (Konro Formation) เป็นชุดหินที่อยู่ทางตอนล่าง ประกอบด้วยหินจำพวก แกรนูไลต์ที่พบแร่องค์ประกอบเป็น ไพรอกซีน และไฮเปอร์สทีน-การ์เนต ซึ่งมีต้นกำเนิดหินเดิมเป็นหินจำพวกหินภูเขาไฟสีเข้ม และหินตะกอนภูเขาไฟ (two-pyroxene and hypersthene-garnet bearing granulites of mafic volcanic and volcano-sedimentary origin) หินชุดนี้มีความหนาประมาณ 3,000 เมตร พบกระจายตัวบริเวณแอ่งตอนบนของแม่น้ำบา ทางตอนกลางของประเทศเวียดนาม (รูปที่ 2)

นอกจากนี้ หินชุดนี้ยังพบแทรกสลับกับหินอ่อน และหินคอนดาไลต์ที่มีอลูมินาสูง (marbles and high-alumina khondalites)

4.3.1.2 หินชุดคิมซัน (Kimson Formation) เป็นชุดหินที่อยู่ทางตอนบน ประกอบด้วยหินจำพวกคอนดาไลต์ที่มีอลูมินาสูง ที่พบแร่ซิลิมแมนไนต์ คอร์ดิเออไรต์ และการ์เนตอยู่ภายในหิน (high-alumina khondalites bearing sillimanite, cordierite and garnet) หินชุดนี้มีความหนาประมาณ 4,000 เมตร พบกระจายตัวบริเวณเป็นบริเวณกว้างในแอ่งของแม่น้ำคิมซัน และแม่น้ำบา ทางตอนกลางของประเทศเวียดนาม (รูปที่ 2)

4.3.2 ยุคโปรเทอโรโซอิกตอนล่าง (Lower Proterozoic)

หินที่พบในยุคนี้ สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ชุด ได้แก่

4.3.2.1 หินชุดซองทราน และซอยเชียง (Songtranh and Suoichieng Formation)

เป็นชุดหินที่อยู่ทางตอนล่าง ประกอบด้วยหินจำพวกแอมฟิโบไลต์ที่พบแร่แอมฟิโบล-ไบโอไทต์อยู่ภายในหิน (amphibole-biotite bearing amphibolite) ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากหินจำพวกหินภูเขาไฟสีเข้ม และหินตะกอนภูเขาไฟ (mafic volcanic and volcano-sedimentary rocks) โดยที่หินทั้งสองชุดนี้จัดอยู่ในกลุ่มหินที่เรียกว่า ซอนไดคอมเพล็กซ์ (Xuandai Complex) หินชุดนี้มีความ

หนาประมาณ 6,000 เมตร พบกระจายตัวบริเวณขอบเขตทางธรณีวิทยาในส่วนของ West Bacbo (รูปที่ 2)

4.3.2.2 หินชุดซินคูเยน และดากมิ (Sinquyen and Dakmi Formation) เป็นชุดหินที่อยู่ทางตอนบน ประกอบด้วยหินชีสต์เป็นส่วนใหญ่ที่พบแร่ไบโอไทต์-การ์เนต-ซิลิมแมนไนต์อยู่ภายในหิน (biotite-garnet-sillimanite bearing schists) โดยที่หินทั้งสองชุดนี้จัดอยู่ในกลุ่มหินที่เรียกว่างอกหลินคอมเพล็กซ์ (Ngoclinh Complex) หินชุดนี้มีความหนาประมาณช่วง 2,500-3,000 เมตร ถึง 6,000-7,000 เมตร พบกระจายตัวบริเวณที่เรียกว่าคอนทูมแมสซีฟ (Kontum Massif) (รูปที่ 2)

นอกจากนี้ หินชุดนี้ยังพบแทรกสลับกับหินจำพวกควอร์ตไซต์ หินอ่อน และหินแอมฟิโบไลต์รูปเลนส์ (quartzite, marble and lenses of amphibolite)

1) ยุคโปรเทอโรโซอิกตอนบน ถึง ยุคแคมเบรียนตอนล่าง (Upper Proterozoic – Lower Cambrian) หินที่พบในยุคนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยจำแนกตามลักษณะของหินที่ปรากฏ ได้แก่

1.1) หินแปรจำพวกชีสต์ (greenschist facies) ที่เป็นชุดหินฐาน (basement)ที่รองรับอยู่ด้านล่าง พบกระจายตัวบริเวณที่เรียกว่าคอนทูมแมสซีฟ (Kontum Massif) ซึ่งหินกลุ่มนี้สามารถจัดอยู่ในชุดหินโปโค (Poco Formation) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ชุดหินซาปา (Sapa Formation) โดยที่ส่วนที่อยู่ทางตอนล่างของชุดหินนี้ ประกอบด้วยหินชีสต์ และควอร์ตไซต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีความหนาประมาณ 300 ถึง 400 เมตร ส่วนที่ทางตอนบนของหินชุดนี้ ประกอยด้วยหินอ่อนสีขาว และสีเทาเป็นส่วนใหญ่ (white sugary-grained dolomite marble and grey marble) ซึ่งมีความหนาประมาณ 400 ถึง 500 เมตร

ทั้งชุดหินโปโค (Poco Formation) หรือ ชุดหินซาปา (Sapa Formation) สามารถจำแนกให้อยู่ในช่วงอายุโปรเทอโรโซอิกตอนบน ถึง ยุคแคมเบรียนตอนล่าง (Upper Proterozoic – Lower Cambrian) โดยอาศัยซากบรรพชีวินที่มีขนาดเล็ก (microfossils) เป็นตัวกำหนดอายุ

1.2) หินตะกอนบนบก (terrignous sequence) ชุดหินที่ถูกจัดให้อยู่ในหินกลุ่มนี้ ได้แก่ ชุดหินซองเช (Songchay Formation) ชุดหินน้ำโค (Namco Formation) และชุดหินบักแฮง (Bukhang Formation) หินที่พบส่วนใหญ่ เป็นพวกตะกอนที่ถูกแปรสภาพ (metasediments)

4.3.3. หินอัคนีแทรกซอนที่พบในประเทศเวียดนาม (Intrusive rocks)

4.3.3.1 หินอัคนีแทรกซอนช่วงอายุอาร์เคี่ยน (Archean)

หินอัคนีแทรกซอนชนิดนี้มีอายุแก่ที่สุด อยู่ช่วงต้นของมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Era)และมีความเกี่ยวข้องใกล้ชิดกับหินแกรนูไลต์ (granulite)ของ Kannack complex ซึ่งเกิดในด้านตะวันออกของ Kontum massif เท่านั้น สามารถจำแนกได้ 3 กลุ่มหิน ดังนี้

1) กลุ่มหินนอไรต์ – แกบโบรนอไรต์ (Norite-Gabbronorite)

หินกลุ่มนี้เป็นหินอัคนีแทรกซอนชนิดเมฟิก ปกติจะมีลักษณะเป็นเลนส์ (lense) มีความหนาตั้งแต่ 1-2 เมตร ถึง 20-30 เมตร มีความสัมพันธ์กับหินเมฟิกแกรนูไลต์ที่ได้มาจาก effusive rocks ของ Konro Formation

หินอัคนีแทรกซอนที่พบใกล้กับ Konkbang ในบริเวณตอนบนของแอ่งสะสมตะกอนของแม่น้ำบา หินนอไรต์และแกบโบรนอไรต์มีสีดำปนเขียว หินนอไรต์ประกอบด้วยแร่ประกอบหลักคือเพลกจิโอเคลส (55-66%) ไฮเปอร์สทีน (35-40%) และแร่ประกอบรองคือ ไบโอไทต์ และอิลมาไนต์ (3-5%) หินแกบโบรนอไรต์มีลักษณะเด่นคือประกอบด้วย ไดออปไซด์ (diopside) (5-10%) และมีไฮเปอร์สทีนลดลง (25-35%)

หินชนิดนี้ถูกพิจารณาว่ามีอายุแก่ที่สุดในช่วงอายุอาร์เคี่ยน เนื่องจากพบเป็น xenoliths ในหินแอนเดอไบต์ (enderbites) และหินแกรนิตที่มีการ์เนต (garnet-bearing granites)

2) กลุ่มหินแอนเดอไบต์-คาร์นอคิไทต์แอนเดอไบต์ (Enderbite – Charnockitized Enderbite)เกิดในแกนของโครงสร้างแบบโดม หินแอนเดอไบต์ตามปกติจะเกิด concordant plutons ใน hyperstene plagiogneisses ของ Kannack complex ในบริเวณส่วนกลางของโดมลักษณะของหินแอนเดอไบต์มีความเป็น Homogeneous มากขึ้นและมี color petrochemical inde ลดลง มีลักษณะเนื้อแน่น (massive structure) และเนื้อหินแบบ hipidiomorphic texture ถูกแสดงชัดเจนขึ้นในหินแอนเดอไบต์เนื้อแน่นพบ xenoliths ของหินนอไรต์ และหินแกบโบรนอไรต์

แร่ที่เกิดร่วมกับหินแอนเดอไบต์ คือ ไฮเปอร์สทีน (hyperstene) ไบโอไทต์ (biotite) การ์เนต (garnet) เพลกจิโอเคลส (plagioclase) และควอร์ตซ์ (quartz) แร่ประกอบร่วมมที่พบทั่วไปได้แก่ อะพาไทต์ (apatite) และเซอร์คอน (zircon) ลักษณะที่มีปริมาณไบโอไทต์สูง แสดงลักษณะของหินแอนเดอไบต์ แร่โพแทสเฟลด์สปาร์(potash-feldspar) โดยทั่วไปพบน้อยมาก (2%)

3) กลุ่มหินแกรนิตที่มีการ์เนต-คอร์เดอไรต์ (Garnet-Cordierite bearing Granite)

หินโบโอไทต์แกรนิตที่มีแร่การ์เนต (garnet) และคอร์เดอไรต์ (cordierite) มีอลูมิเนียมและโปแตสเซียมสูง โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กับหินแกรนูไรต์ของ Kannack complex

หินแกรนิตที่มีไบโอไทต์ และการ์เนต มีสีเทาปนน้ำตาล เม็ดแร่มีขนาดปานกลาง และมีเนื้อหินแบบ hipidiomorphic texture หินชนิดนี้ประกอบไปด้วย แร่หลักคือ แพลกจิโอเคลส (30-35%) ไมโครไคลน์-เพอไทต์ (25-30%) ควอร์ตซ์ (25-30%) และไบโอไทต์ (5-10%) โดยแร่ประกอบรองที่พบบ่อยคือ เซอร์คอน (zircon) อะพาไทต์ (apatite) และสินแร่บางชนิด

สำหรับหินแกรนิตที่มีไบโอไทต์ คอร์เดอไรต์ ปรากฏเป็นสายแร่ หรือ dyke ตัดผ่านหินแอนเดอไบต์ มีสีเทาอ่อน เนื้อแน่น (massive) มีขนาดเม็ดแร่ปานกลาง โดยหินชนิดนี้ประกอบไปด้วยแร่หลัก คือ แพลจิโอเคลส (25-30%) ไมโครไคลน์-เพอไทต์ (30-35%) ควอร์ตซ์ (30-35%) ไบโอไทต์ (2-3%) และคอร์เดอไรต์ (3-5%) ซึ่งไบโอไทต์มีแดงปนน้ำตาลเข้ม คล้ายกับไบโอไทต์ในหินแกรนิตชนิดที่มีการ์เนต และหินแกรนูไลต์ของ Kannack complex

4.3.3.2 หินอัคนีแทรกซอนช่วงอายุโปรเทอร์โรโซอิก (Proterozoic)

หินชนิดนี้พบแผ่กระจายอยู่ใน crystalline basement ในส่วนของ Bacbo และ Central Trungbo แร่ประกอบหินมีตั้งแต่ mafic จนถึง acidic และพวกอัลคาไลน์ (alkaline) ประกอบด้วย 4 กลุ่มหิน ได้แก่

1) กลุ่มหินแอมฟิโบไลต์ – แกบโบรแอมฟิโบไลต์ (Amphibolite – Gabbro amphibolite)

ประกอบไปด้วยหินแอมฟิโบไลต์ และแกบโบรแอมฟิเบอไลต์ เป็นพวกหินภูเขาไฟกึ่งแปรชนิดเมฟิก ยุคโปรเทอร์โรโซอิค (Proterozoic mafic metavolcanics)

หินแอมฟิโบไลดมีสีดำปนเขียว เม็ดแร่มีขนาดปานกลาง แสดงโครงสร้างแบบ oriented structure แร่ประกอบหลักคือ ฮอร์นเบลนด์ (40-70%) และแพลกจิโอเคลส (30-60%) พบไบโอไทต์เล็กน้อย (2-3%) หรืออาจไม่พบเลยก็ได้แต่ในบริเวณที่เป็นหินมิกมาไทต์จะพบแร่ไบโอไทต์มากขึ้นจนสังเกตได้ (10-15%) และพบว่ามีไมโครไคลน์ (2-5%) และควอร์ตซ์ (3-5%) ร่วมด้วย

แร่ประกอบรองอื่นๆ ได้แก่ อะพาไทต์ (apatite) สฟีน (sphene) และแมกนีไทต์ (magnetite)

2) กลุ่มหินโทนาไลต์ – แพลจิโอแกรนิต มิกมาไทต์ (Tonalite - Plagiogranite Migmatite Association)

หินที่เกิดร่วมประกอบด้วย มิกมาไทต์ และUltrametamorphogene granite ที่มีแร่ประกอบเป็นพวกโทนาไลต์ – แพลจิโอแกรนิต โดยที่มิกมาไทต์ และUltrametamorphogene granite ได้มาจากหินแพลจิโอไนส์ที่มีไบโอไทต์ และฮอนเบลนด์ (plagiogneiss with biotite and hornblende) มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ และโครงสร้างอย่างเป็นลำดับจากแพลจิโอไนส์ (plagiogneiss) เป็นแพลจิโอมิกมาไทต์ (plagiomigmatite) และแพลจิโอแกรนิต (plagiogranite) ซึ่งแร่ที่เป็น

องค์ประกอบเปลี่ยนจากไดโอไรต์ (diorite) ควอร์ตซ์-ไดโอไรต์ (quartz-diorite) เป็นโทนาไลต์ (tonalite) แพลจิโอแกรนิต (plagiogranite) และลูโคเครติก แพลจิโอแกรนิต (leuco-granite plagiogranite)

แร่ประกอบหลักคือ ฮอร์นเบลนด์ (hornblende) ไบโอไทต์สีน้ำตาลปนเขียว แพลจิโอเคลส (plagioclase) และควอร์ตซ์ (quartz) มีแร่ประกอบรองเป็นพวกอะพาไทต์ (apatite) เซอร์คอน (zircon) สฟีน (sphene) ออไทต์ (orthite) และแมกนีไทต์ (magnetite)

มิกมาไทต์ และ Ultrametamorphogene granite มีอายุอยู่ในช่วงที่มีการแปรแบบไพศาล (regional metamorphism) ในยุคโปรเทอร์โรโซอิกตอนต้น (Early Proterozoic) มีค่าการหาอายุจากปริมาณกัมมันตรังสีในบริเวณ Western bacbo และ Kontum อยู่ในช่วง 2,070 – 2,300 ล้านปี แรประกอบหลัก คือ ฮอนเบลน ไบโอไทตสป้าตาลปนเขียว แพลกจิโอเคลส

3) กลุ่มหินแกรโนไดโอไรต์ – แกรนิต มิกมาไทต์ (Granodiorite – Granite Migmatite)

หินกลุ่มนี้เป็นพวกมิกมาไทต์ และ Ultrametamorphogene granite ใน West Bacbo และ Kontum คุณลักษณะที่สำคัญของหินกลุ่มนี้ก็คือ มีไมโครไคล์น (microcline) ในปริมาณสูง

มิกมาไทต์และแกรนิต มีความสัมพันธ์กับหินแปรที่มีการเกิดแบบ vocalno-sedimentary ในช่วงอายุโปรเทอร์โรโซอิกตอนต้น (Early Proterozoic) แร่องค์ประกอบหลักได้แก่ ฮอร์นเบลน (hornblende) ไบโอไทต์สีน้ำตาลอมเขียว (biotite) แพลกจิโอเคลส (plagioclase)ไมโครไคลน์ (microcline) ควอร์ตซ์ (quartz) ส่วนแร่ประกอบรองเป็นพวกอะพาไทต์ (apatite) เซอร์คอน (zircon) สฟีน (sphene) ออไทต์ (orthite) อิพิโดท (epidote) และแมกนีไทต์ (magnetite) หินในกลุ่มนี้ได้มาจากโทนาไลต์ (tonalite) และแพลกจิโอแกรนิต (plagiogranite) โดยผ่านกระบวนการ microclinization

มิกมาไทต์ แกรนิต และเพกมาโทต์ มีความสัมพันธ์กับ metapelites ใน Singuyen, Dakmi Formation และ Songhong Complex มีคุณลักษณะเหมือนกันคือ มีแร่ประกอบเป็นพวกไบโอไทต์สีน้ำตาลปนแดง แพลจิโอเคลส ไมโครไคลน์ ควอร์ตซ์ มีแร่ประกอบร่วมที่พบทั่วไปเป็นพวกอะพาไทต์ เซอร์คอน การ์เนต ซิลิมาไนต์ (sillimanite) และทัวร์มาลีน (tourmaline) โดยเฉพาะแร่ไบโอไทต์สีน้ำตาลปนแดง และการ์เนต โดยเฉพาะอย่างยิ่งซิลีมาไนต์ เป็นแร่ประกอบสำคัญใน metapelite และหินแกรนิตที่มีอลูมิเนียมสูง

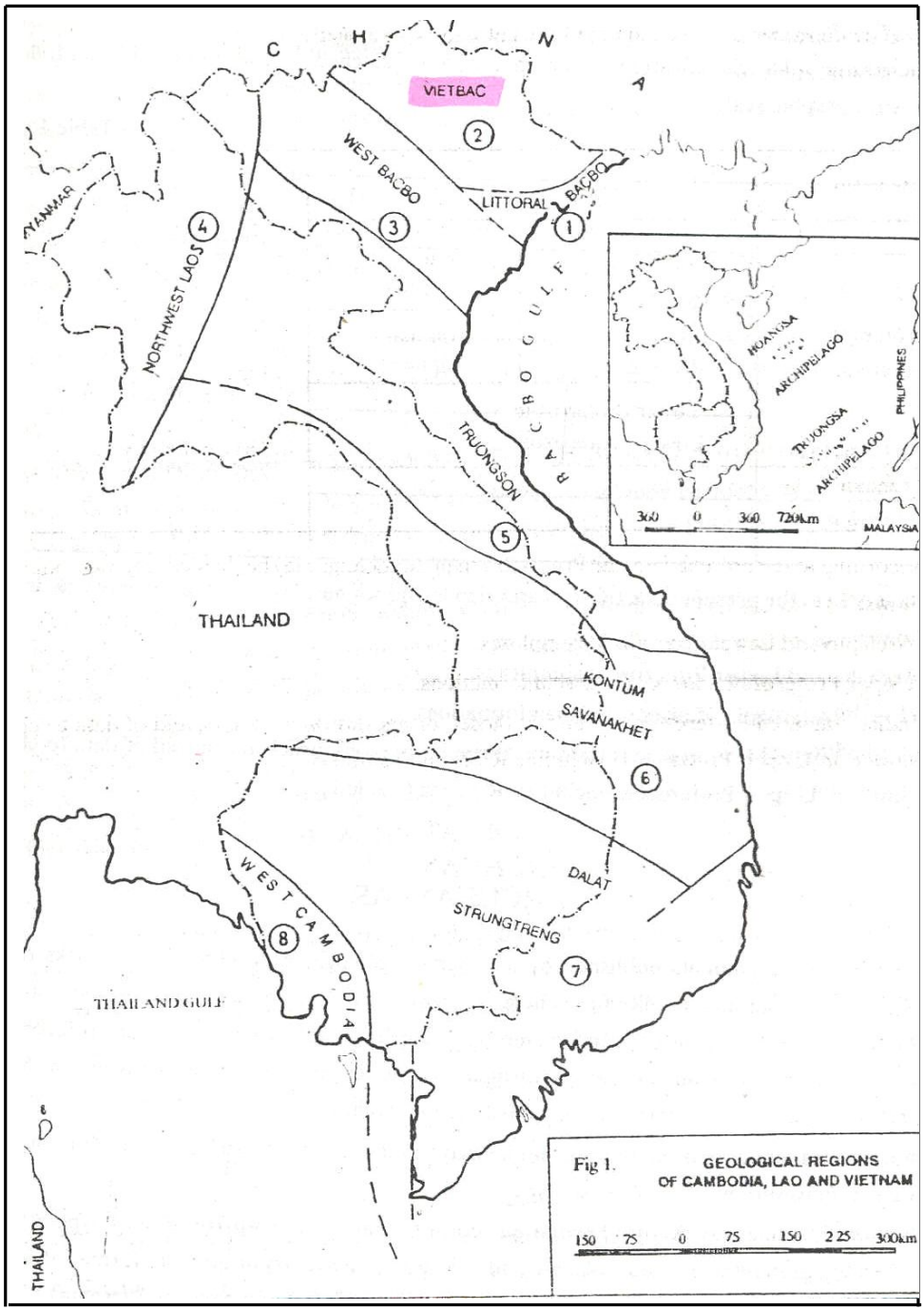
การเกิดของหินในกลุ่มนี้เป็นแบบ regional potassic metasomatose ต่อจากช่วงของการแปรไพศาลในยุคโปรเทอร์โรโซอิกของหินโทนาไลต์ และแพลกจิโอแกรนิต

4) กลุ่มหินอัลคาไลน์แกรนิต ยุคโปรเทอร์โรโซอิก (Proterozoic Alkaline Granite)

ปัจจุบันพบว่ามีเพียง Muonghum Complex เท่านั้นมีการแผ่กระจายอยู่ในบริเวณเวียดนามตอนเหนือ ประกอบด้วย หินอัลคาไลน์ไพรอกซีน (alkaline pyroxene) และหินไบโอไทต์แกรนิต (biotite granite)ที่มีแอมฟิโบล มีลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ gneissic texture เม็ดแร่มีขนาดปานกลาง แร่ประกอบหินหลักมีแพลกจิโอเคลสชนิดอัลไบต์ (albite) เฟลด์สปาร์ชนิดไมโครไคลน์ (microcline) และควอร์ตซ์ (quartz) มีแร่ประกอบพวกไบโอไทต์ (5.2%)

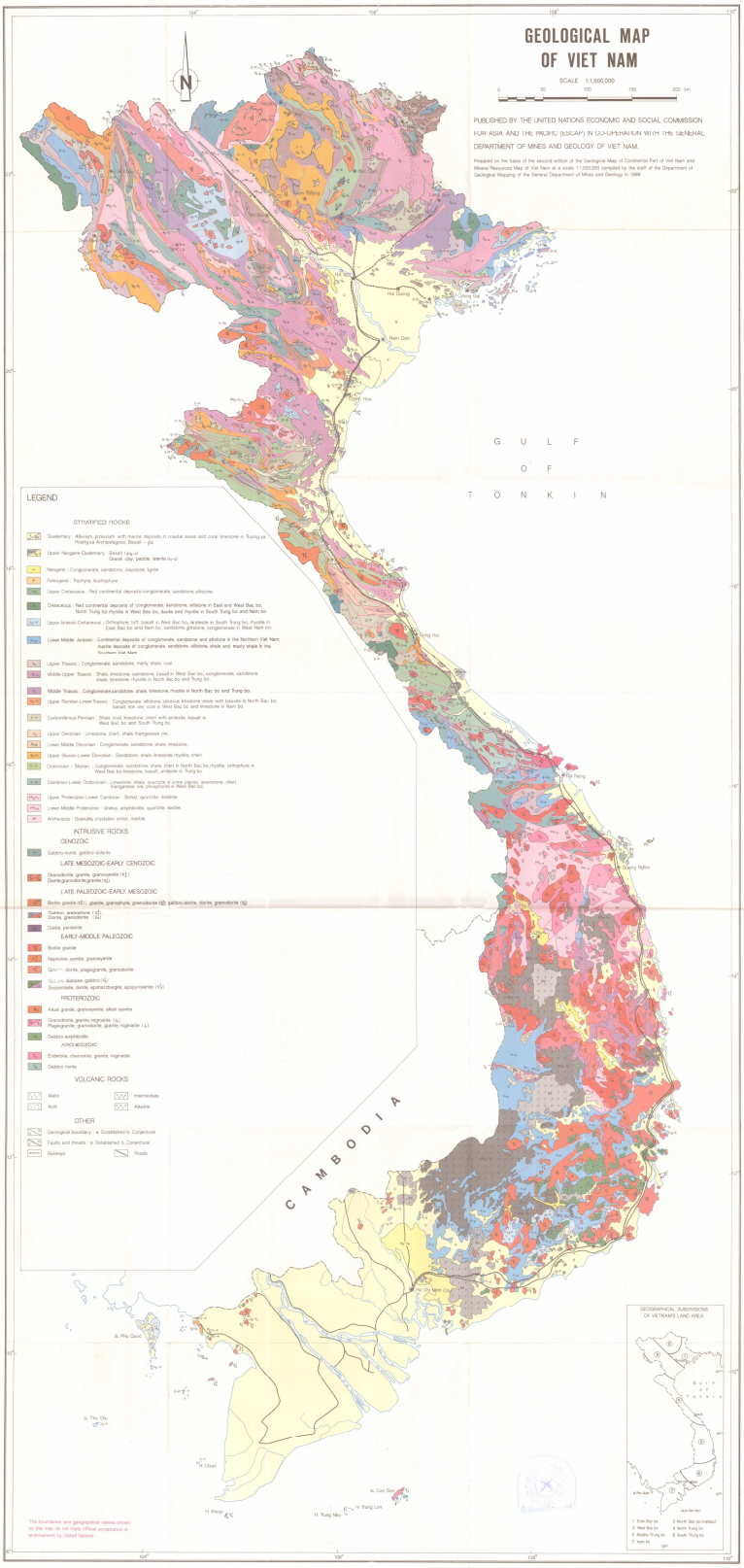
แร่ประกอบรอง และพวกสินแร่ ประกอบด้วย สฟีน (sphene) อะพาไทต์ (apatite) เซอร์คอน (zircon) ออไทต์ (orthite) ฟลูออไรด์ (fluorite) โมนาไซต์ (monazite) แมกนีไทต์ (magnetite) ไพไรต์ (pyrite) แบไรต์ (barite) และกาลีนา (galena)

อัลคาไลน์แกรนิตในกลุ่ม Muonghum Complex ตัดผ่านหินตะกอนกึ่งแปรในช่วงอายุโปรเทอร์โรโซอิกตอนต้น (Early Proterozoic) และพบเศษหินแกรนิต ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับหินแกรนิตของ Muonghum Complex อยู่ในชั้นหินชุดสาปา (Sapa Formation) อายุโปรเทอร์โรโซอิกตอนปลาย (Late Proterozoic)



รูปที่ 1 ขอบเขตทางธรณีวิทยา (geological regions) ที่เกิดจากวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาในส่วนของแผ่น ฐานอินโดไชน่า (geological evolution of Indochina)

(ที่มา: Geology of Cambodia, Lao and Vietnam, 1991)

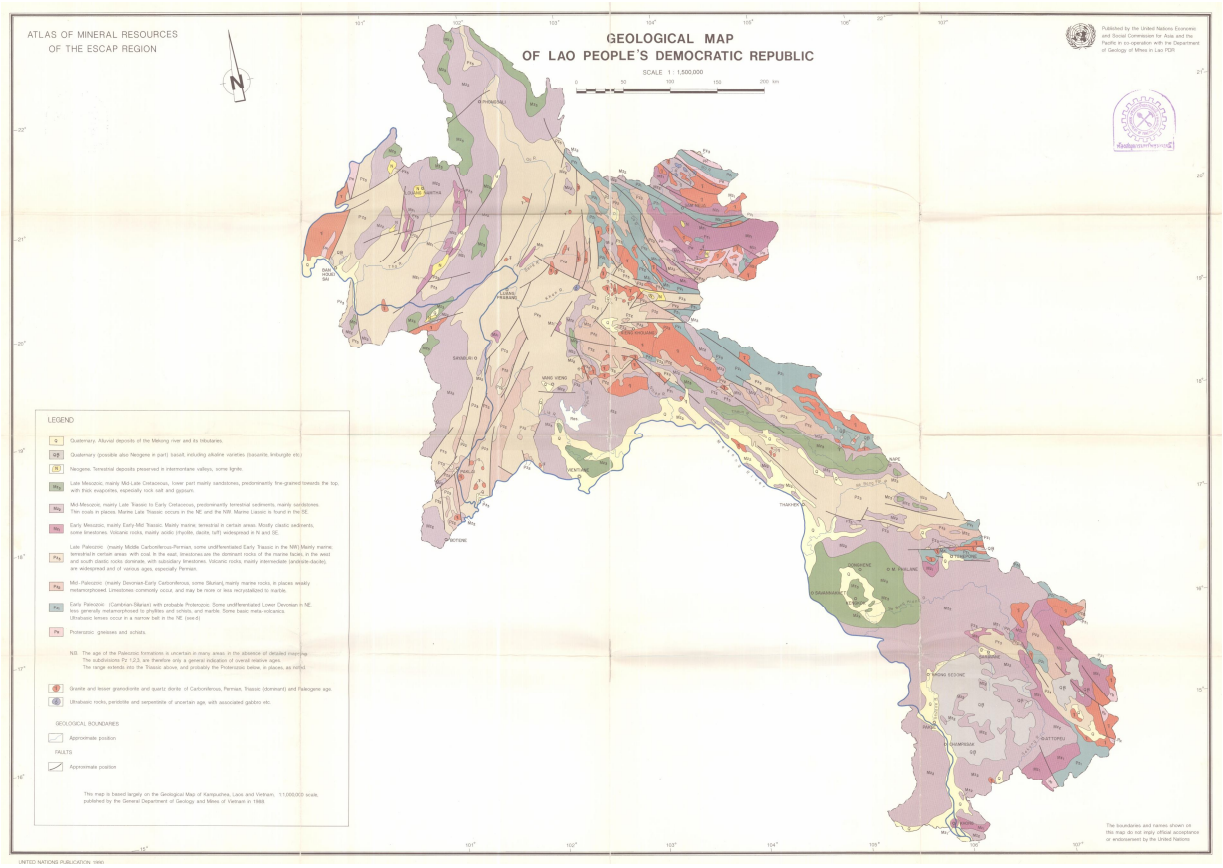


รูปที่ 4.3.3.2 แผนที่ธรณีวิทยา ประเทศเวียดนาม (คัดลอกจาก Escap Region, v.6, Viet Nam 1990.)

รูปที่ 2 การกระจายตัวของหินมหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian rocks) ที่พบลักษณะของหินที่ปรากฏ ตามส่วนต่าง ๆ ของประเทศเวียดนาม (ที่มา: www.geography.about.com)

4.4 หินมหายุคพรีแคมเบรียนในประเทศลาว (Precambrian rocks in Lao)

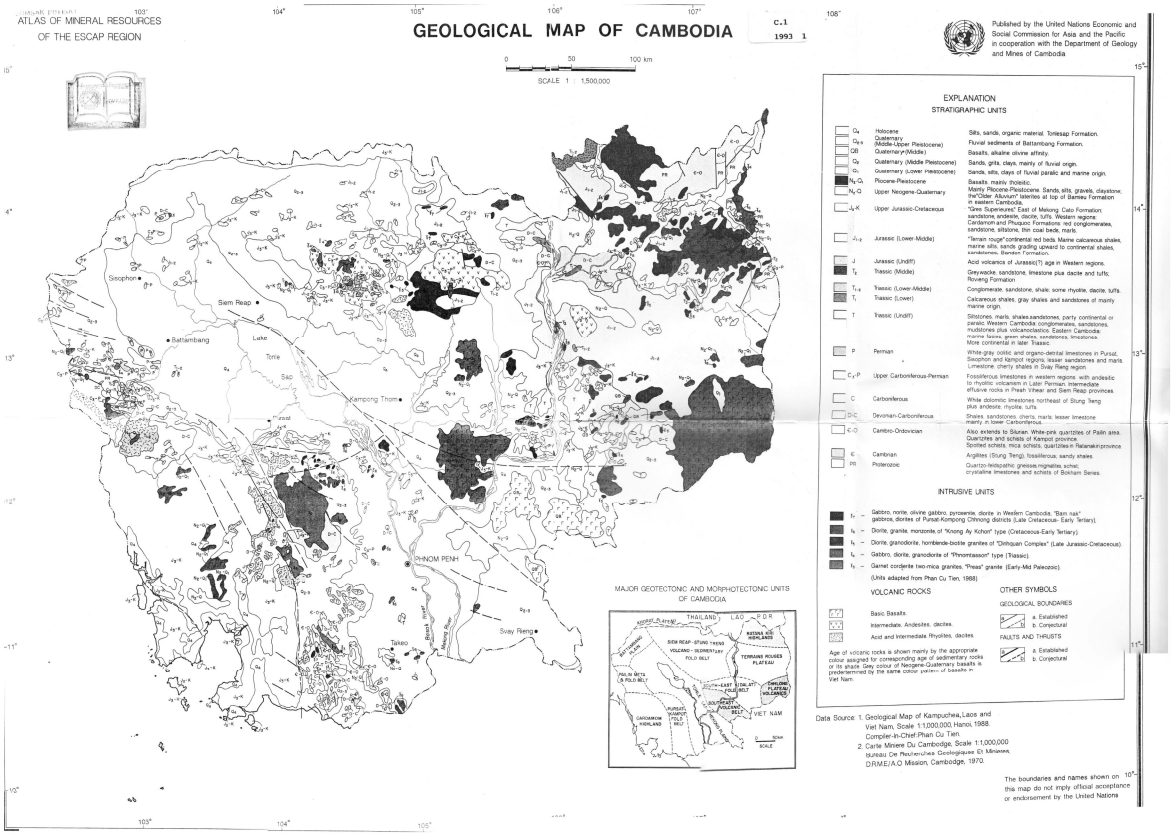
จากการศึกษาของ Escap Region, v.7, Lao People's Democratic Republic,1990 สรุปได้ว่า ไม่มีข้อมูลทางการลำดับชั้นหินหรือข้อมูลการลำดับเวลาทางธรณีวิทยา (geochronological) แต่พบหินแปรเกรดสูง ทางตะวันตกเฉียงเหนือ ทางตอนเหนือ และทางใต้ ซึ่งเชื่อว่าเป็นหินในยุค โปรเทอโรโซอิก (Proterozoic) เนื่องจากลักษณะหิน เหมือนหินในยุคนี้ของประเทศเวียดนาม และบริเวณที่พบ มีความต่อเนื่องมาจากประเทศเวียดนาม



รูปที่ 4.4.1 แผนที่ธรณีวิทยาประเทศลาว (คัดลอกจาก Escap Region, v.7, Lao People's Democratic Republic 1990.ในส่วนของ Geological Map of Lao PDR at 1: 1,500,000 scale)

4.5หินมหายุคพรีแคมเบรียนในประเทศกัมพูชา (Precambrian rocks in Cambodia)

ในประเทศกัมพูชา Escap Region, v.10, Cambodia,1993 กล่าวถึงการหาอายุของหินในมหายุคพรีแคมเบรียนในประเทศกัมพูชาว่าทำได้ยาก เนื่องจากมีกระบวนการแปรสภาพเกิดขึ้นหลายครั้ง โดยการกำหนดอายุของหินมหายุคพรีแคมเบรียนในประเทศกัมพูชานี้ ใช้การเปรียบเทียบลักษณะของหิน และความต่อเนื่องของชุดหิน ที่ต่อเนื่องมาจากประเทศเวียดนาม โดยชุดหินที่เป็นชุดหินแบบฉบับคือ ชุดหินบ่อขาม (Bo Kham Series) โดยหินที่พบเป็นหินปูนตกผลึกใหม่ และหินชิสต์ โดยพบบริเวณตอนเหนือ และทางตะวันออกของประเทศ ต่อเนื่องมาจาก Kontum massif ในประเทศเวียดนาม ซึ่งประกอบด้วยหินแกรโนไดออไรต์ แกรนิต และมิกมาไทต์ ในบริเวณหุบเขาในแม่น้ำ Se San นอกจากนี้ยังพบ หินไบโอไทต์-ซิลิมาไนต์ ไนส์ หินชิสต์ หินแปรเกรดสูง พวก ไมโลไนต์ แอมฟิโบลไลต์ และมิกมาไทต์ บริเวณ belt ที่อยู่ในแนว ตะวันออกเฉียงใต้ จากเมืองไพลิน บริเวณทางตะวันตกของชายแดนประเทศกัมพูชา โดยชุดหินนี้มีลักษณะเหมือนชุดหินในประเทศเวียดนาม และลาว และมีความต่อเนื่องกับหิน Peterozoic ที่พบในเวียดนาม

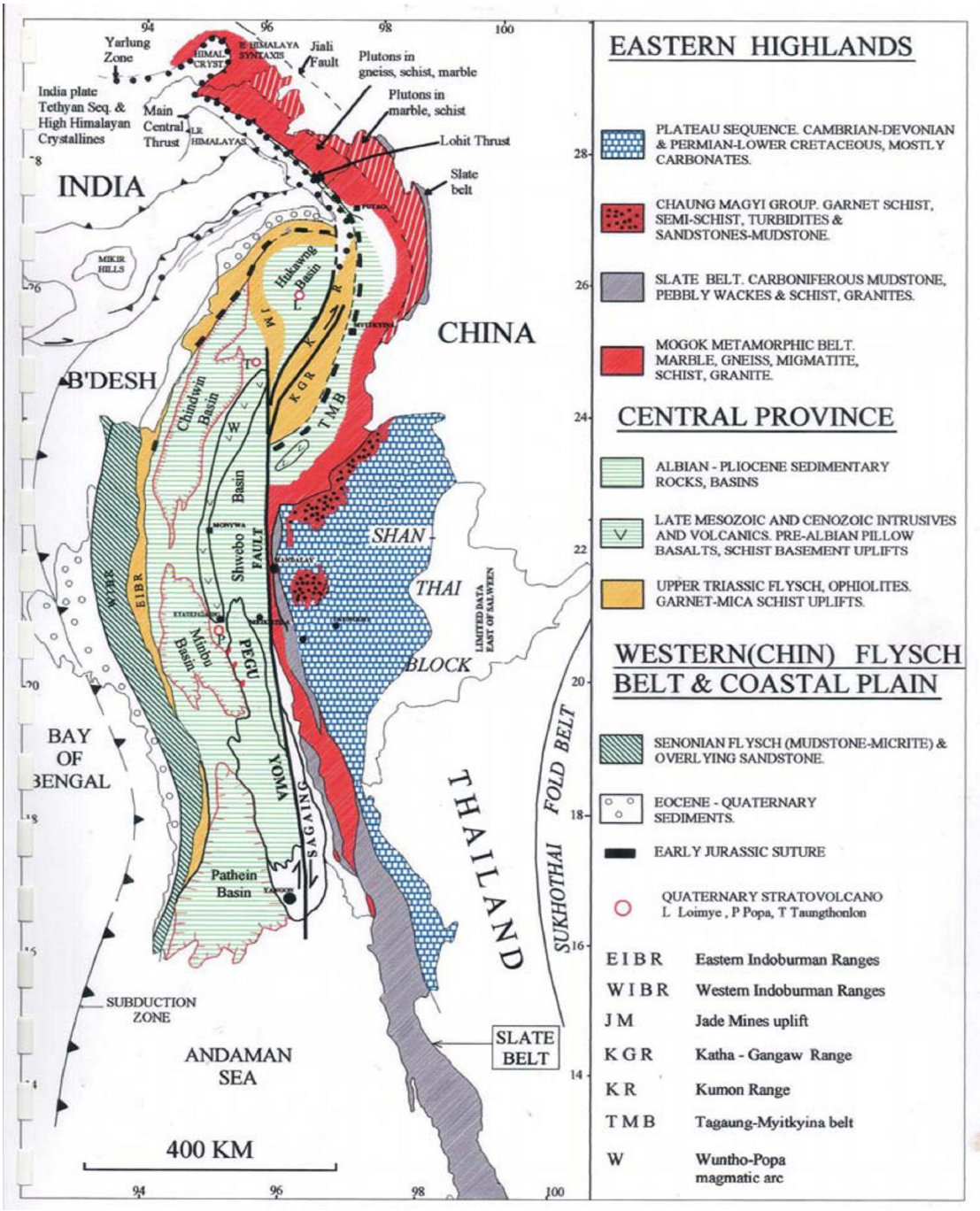


รูปที่ 4.5.1 แผนที่ธรณีวิทยาประเทศกัมพูชา (คัดลอกจาก Escap Region, v.10, Cambodia, 1993)

4.6 หินยุคพรีแคมเบรียนใน ประเทศพม่า

กลุ่มหินอายุพรีแคมเบรียน

หินในมหาอายุพรีแคมเบรียน นับว่ามีความสำคัญเนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดพลอยและทับทิมที่สำคัญของพม่า (Gossens, 1978, Iyer, 1953, Searle & Ba Than Hag, 1969, Bender, 1985, Mitchell, 1993, Brown & Judd, 1995) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินแปรชั้นสูง และหินอัคนีสีเข้มถึงเข้มจัด และอาจมีอัคนีสีจางบ้างจำพวกหินอะล้าสไก้ (Alaskite) หินแปรที่สำคัญได้แก่ หินไนท์สีขาว (leucocratic) เป็นชั้น ๆ (bands) มีผลึกเล็กถึงปานกลางอาจเป็นหินจำพวกมิกมาไทต์ (migmatite) บางครั้งพบว่าหินผลึกหยาบและหยาบปานกลาง ที่มีแร่ควอรตซ์และเฟลด์สปาร์ติดเข้าไปในหินไนส์พวกนี้ หินไนส์เหล่านี้วางตัวอยู่ใต้หินจำพวกหินอ่อนและหินแคลซิลิเกต ซึ่งทั้งสองจัดว่าเป็นหินที่ให้กำเนิดพลอยชนิดต่าง ๆ บางครั้งพบว่าเป็นหินแกรนูไลต์ (granulite) และอาจสลับกับหินไนส์ที่มีการ์เนต-ไบโอไทต์ และควอรตไซต์ (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลึกหยาบถึงหยาบปานกลาง) หินดังกล่าวนี้แยกจากหินตะกอนที่แสดงชั้นได้ชัดเจนจากภาพดาวเทียม Mitchell (1993) ให้บริเวณหรือแนวหนิมหายุคพรีแคมเบรียนนี้ยาวถึง 1,400 กิโลเมตร และมีความกว้าง 30 ถึง 60 กิโลเมตร และเป็นส่วน(1993) ให้บริเวณหรือแนวหนิมหายุคพรีแคมเบรียนนี้ยาวถึง 1,400 กิโลเมตร และมีความกว้าง 30 ถึง 60 กิโลเมตร และเป็นส่วนจองฐานหินของพม่า (Burma basement) แต่ Bender (1983) ให้อาณาเขตของหินยุคนี้กว้างถึง 130 กิโลเมตร โดยตั้งชื่อจากโมก๊อก (22° 52’ & 96° 07’) เป็นบริเวณที่หินพรีแคมเบรียนเปลี่ยนแนวการวางตัวจากเกือบเหนือใต้ไปเป็นตะวันออกตะวันตก (ดู Mitchell, 1993) พบแกรไฟต์ ตรงแนวสัมผัสระหว่างหินอ่อนกับหินไนส์มีแร่สแกบโปไลต์ (scapolite) อนึ่งระหว่างเมืองไมติละ (Meiktila) กับยามีตีน เป็นบริเวณที่พบหินไนส์ปนหินมิกมาไทต์ อย่างไรก็ตามอายุของหินโมก๊อกยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าเป็นเท่าใด



รูป 4.6.1 แผนที่ธรณีวิทยาแสดงลักษณะการวางตัวของแนวหินและโครงสร้างทางธรณีวิทยาในประเทศพม่า (www2.dpim.go.thdmdocumentsinternational_investmentMyanmar.pdf)

4.7 หินยุคพรีแคมเบรียนในตอนใต้ของมณฑล ยูนาน ประเทศจีน

กลุ่มหินยุคพรีแคมเบรียน (Precambrian)

ในมณฑลยูนาน การกระจายตัวของหินชุดพรีแคมเบรียน ส่วนที่ศึกษามีอยู่ทุกพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ยกเว้นในบริเวณแอ่งซิเหมา และที่ราบสูงตอนเหนือ ในส่วนที่เป็นบริเวณเทือกเขาเป็นลอนทางตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา บริเวณแถบเมืองคุนหมิง ซึ่งกลุ่มหินที่ศึกษา นั้นทางจีนจัดให้เป็นช่วงล่างของหินยุคโปรทีโรโซอิก ตอนกลาง (Middle Proterozoic) ของชุดที่ชื่อว่ากลุ่มหินคุนหยาง (Kunyan Group) ซึ่งประกอบด้วยหินแปรเกรดต่ำเป็นส่วนใหญ่ ชุดหินที่ศึกษาชื่อยินหมิน (Yinmin Formation) ซึ่งเป็นหินโดโลไมท์ สีขาวออก ชมพู แทรกสลับอยู่กับหินทรายและหินโคลน จนถึงหินชนวน (Slate) และมีแร่สเปคคูลาไรต์ (Specularite) แทรกเป็นเม็ดปะปนอยู่บ้าง หินชุดอ่อนกว่านี้ที่ทำการศึกษา คือ ชุดหินหลูซู (Luoxue Group) ซึ่งวางตัวอยู่ข้างบนชุดคุนยาง และโดยทั่วไปเป็นหินโดดลไมท์ที่มีสาหร่ายปะปน (Algal Dolomite) ลักษณะหินขาวสะอาดกว่า และเป็นขั้นหินที่พบแหล่งแร่ทองแดงที่มีชื่อของจีน คือ ทองแดงตองชวน (Tong Chuan – Type copper deposit) ทางจีน (ศาสตราจารย์ หลิว เบาจูน-Liu Baojun, 2540, ติดต่อส่วนตัว) เชื่อว่าหินชุดนี้น่าจะเกิดจากสภาพสะสมตัวตามบริเวณที่แห้งแล้งแบบทะเลทราย (Sabkha environment) นอกจากนั้นยังได้ศึกษาชุดหินที่แก่กว่า ชุดหินยินหมิน และอาจวางตัวแบบไม่ต่อเนื่อง (Unconformity) กับชุดหินยินหมิน คือ ชุดหินเมยดาง(Meidang Formation) ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนในตอนล่าง และหินทรายสลับหินโดโลไมท์ ในตอนบน (ซึ่งอาจพบซากดึกดำบรรพ์จำพวกสโตมาโตไลต์ –Stromatolite แทรกอยู่บ้างในบางชั้น) ทางคณะธรณีวิทยาจีน (โดยเฉพาะลี ซินเจน - Li Xinzhen, 2540 ติดต่อส่วนตัว) ได้ทำการจัดแบ่งหินในมหายุคพรีแคมเบรียนใหม่ในบริเวณนี้โดยอาศัยข้อมูลทางภาคสนามและการจัดลำดับชั้นหินเป็นหลัก โดยทั่วไปทางจีนจัดให้หินกลุ่มนี้อยู่ในส่วนที่พวกเขาเรียกว่า ผืนราบแยงซี (Yangze Platform)

ส่วนที่สองของหินอายุพรีแคมเบรียนที่ทำการศึกษา คือ บริเวณส่วนที่จำกัดอยู่ที่เทือกเขา อ้ายลาว หินที่ศึกษามีอายุประมาณมหายุคโปรทีโรโซอิกตอนกลางเหมือนกัน แต่มีเกรดหรือชั้นหินแปรที่สูงกว่า คือจัดอยู่ในชุดกลุ่มแร่กรีนชีสต์ ถึง แอมพิโบโลต์ (Greenschisht – amphibollite facies) ชุดหินที่สำคัญมี 3 ชุด ด้วยกันคือ ชุดหินเสียงยางจี (Xiaoyangjic Formation)ในที่นี้ชุดหินชิ่งฉุ่ยทัว (Qingshuihe Formation) และชุดหินอ้าโหลง (A'long Formation) ในที่นี้ชุดหอนที่ศึกษา คือชุดอ้าโหลง ที่วัดโหลงโต้ง (Longdong) ในถ้ำมังกร ประมาณ 4

กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกของตัวเมืองหยวนเจียง (Yuanjiang) ซึ่งส่วนใหญ่หินที่พบเป็นหินอ่อนบริสุทธิ์จนถึงจำพวกแคลซิลิเกต (Calc-silicate to pure marble) อาจมีหินแอมฟิโบไลต์ชีสต์ และแคลซิลิเกตชีสต์ (calc-silicate schist) สลับอยู่ในบางชั้น ในหินอ่อนบางทีอาจพบก้อนของแอมพิโบไลต์ (Amphibolite nodules) ทางจีนสันนิษฐานว่าอาจเป็นเลนส์เดิมของหินดินดาน (Argillaceous lenses) จากการศึกษาโดยคณะผู้วิจัยพบว่าการหนมุนของผลึกแร่และก้อนเลนส์ในหินอ่อนมี 2 ครั้ง คือ เกิดการหมุนตามเข็มนาฬิกา (clockwise) ก่อนแล้วจึงเกิดการหมุนทวนเข็มนาฬิกา (anticlockwise) หรือเปลี่ยนจากขวาเข้า (dextral หรือ right lateral) เป็นซ้ายเข้า (sinistral หรือ left lateral) แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่ศึกษาอยู่ใกล้ ๆ กับแนวการเคลื่อนตัว (Fault zone)

นอกจากนั้น ณ บริเวณสถานีผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ (Hydro-electric povwe phant 10 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตัวเมืองหยวนเจียง คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาชุดหินชิงฉุ่ยหัว) ซึ่งประกอบด้วยหินแปรระดับกลางขั้นแอมฟิโบไลต์ ซึ่งได้แก่ หินไนส์ (gneiss) และหินไมโลไนต์ (mylonite) และหินแกรนูไลต์ (granulite) จากการศึกษาดครงสร้างคดโค้งของผลึกรูปลูกตา (drag augen) แสดงให้เห็นลักษณะการเปลี่ยนลักษณะ (deformation) แบบหักงอ (ductile)ที่มีการเคลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า (sinistral) จากการศึกษาทางธรณีเคมีของคณาจารย์จีนจากหินไมโลไนต์ขาวในชุดหินดังกล่าวพบว่าหินเดิมน่าจะเป็นหินทรายอาร์โคสิก (arkosic sandstone) และจากการวิเคราะห์หาอายุหินโดยวิธีไอโซโทปหลาย ๆ วิธีของนักธรณีวิทยาจีนจากหลายสถาบัน ทำให้ทราบว่าหินบริเวณเทือกเขาอ้ายลาวมีอายุเก่าแก่มากถึงขนาดมหายุคพรีแคมเบรียน เนื่องจากการแปรสภาพหินในมณฑลยูนานเกิดขึ้นมาตั้งแต่ยุคพรีแคมเบรียนจนถึงยุคเทอร์เชียรี ทำให้สามารถจัดแบ่งช่วงเวลาการแปรสภาพหินและมัธยฐาน (Peak) การแปรสภาพหินได้ นอกจากนี้ยังพบหินอายุพรีแคมเบรียน โผล่ขึ้นมาในบริเวณทางลักษณะภูมิศาสตร์ที่เรียกบริเวณเทือกเขาและที่สูงด้านตะวันตก จุดที่ทำการสังเกตและศึกษา คือ ประมาณ 2 กิโลเมตร ก่อนถึงตัวเมืองซิเหมิง (Ximeng) ซึ่งทางกลุ่มผู้วิจัยจีนได้จัดให้หินชุดนี้มีอายุประมาณโปรทีโรโซอิกตอนต้นถึง ตอนกลาง และโดยทั่วไปเรียกว่า แกนหินแปรซับซ้อนซิเหมิง (Ximeng metamorphic core complex) ชุดหินส่วนใหญ่ ประกอบด้วยหินไนส์สีขาว (felsic gneiss) แทรกสลับด้วยหินไนส์สีดำ (mafic gneiss) ซึ่งไนส์ทั้งสองชนิดมีทั้งพวกที่มีผลึกขนาดเล็กและพวกที่มีผลึกขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีหินจำพวกมิกมาไทต์ (migmatite) และแอมพิโบไลต์ด้วย ลักษณะการวางตัวของหินแปรในยุคพรีแคมเบรียน ในแนวเกือบระนาบ (subhorizontal layers) ณ เมืองซิเหมิง

นอกจากนั้นในบางขั้นหินยังแสดงลักษณะการหมุนของเฟลด์สปาร์ที่เป็นก้อนกลมคล้ายลูกตา (feldspathic augen) แบบตามเข็มนาฬิกา นอกจากนั้นยังแสดงถึงการวางตัวและการกระจายตัวของแหล่งแร่ในบริเวณรอบ ๆ แกนหินแปรซับซ้อน ซิเหม็งอีกด้วย

บริเวณก่อนถึงเมืองต้าลี่ (หรือเมืองหินอ่อน) ซึ่งทางจีนเรียกว่าแกนหินแปรเชิงซ้อนชุดซงซาน (Congshan) อันเป็นส่วนที่หลุด (disrupted) ออกมาจากแกนหินแปร

ชุดล้านช้าง (Lanchang Group) อายุประมาณโปรทีโรโซอิกตอนกลางและอยู่ทางด้านตะวันตกสุดของแอ่งซิเหมา แต่อย่างไรก็ตามอายุของชุดซงซานยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ คณะผู้วิจัยจีนบางท่านเชื่อโดยอาศัยหลักฐานทางบรรพชีวินวิทยาว่าอาจมีอายุอ่อนมากประมาณพาลิโอโซอิคตอนกลางถึงตอนปลาย แต่ในแผนที่ธรณีวิทยาของมณฑลยูนาน (Regional Gelogical Survey Party , 1990) ได้จัดให้หินชุดซงซานมีอายุเก่าแก่มากคือโปรทีโรโซอิกตอนต้น จากการศึกษาพบว่าตอนกลางของแกนหินแปรประกอบด้วยแปรชุดที่แก่กว่าได้แก่ หินไมโลโนต์ขาวบายดอกลูกตา (augen felsic mylonite) และหินชีสต์ผลึกเล็ก (microcrystalline schist) นอกจากนั้นยังมีหิชีสต์จำพวกคลอไรต์เซริไซต์ และ แอมฟิโบล-แพลจิโอเคลส (chlorite-sericite and amphibole-plagioclase) ส่วนทางด้านตะวันออกหินแปรชุดที่อ่อนกว่าเป็นพวกหินอ่อนสีขาวจนถึงสี่เทา หินทั้งสองชุดนี้มีการคดโค้งโก่งงอไปมาหลายตลบ (refoldedfold) แต่ส่วนใหญ่มีระนาบแกน (axial plan) ของแนวคดโค้งเอียงเทไปทางทิศตะวันตก ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันหินอ่อนที่เมืองต้าลี่เป็นที่รู้จักกันมาช้านาน และยังเป็นที่นิยมอยู่ มักเรียกกันโดยทั่วไปว่า หินอ่อนต้าลี่เหยียน (Daliyan) ซึ่งหมายถึงหินที่มาจากเมืองต้าลี่