

5. อบตัวอย่างให้แห้งในตู้อบให้อุณหภูมิในตู้ประมาณ 50° - 60° ซ. ทั้งไว้ทั้งคืน
6. นำตัวอย่างที่เหลืออยู่แบบเดียวกันจนหมด

5.3.5 ขั้นตอนแยกแร่ด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic separation)

นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนที่ 4 ที่แห้งดีมาผ่านกรรมวิธีแยกแร่โดยใช้สมบัติทางแม่เหล็ก (magnetic property)

1. ค่อย ๆ เทตัวอย่างลงบนกระดาษสะอาดเกลี่ยให้ทั่วโดยใช้กระดาษเล็กกว่าอีกแผ่น นำแม่เหล็ก (กำลังดูดแรง ๆ ก็ได้) วางบนกระดาษแผ่นเล็ก แล้วเลื่อนกระดาษแผ่นเล็กไปให้ทั่วตัวอย่าง สารแม่เหล็กจากตัวอย่าง (บางเกล็ดอาจหลุดมาจากครกที่ตำ) แยกสารที่ติดแม่เหล็กนี้ออกมา

2. นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอน 5.1 มาเข้าเครื่องแม่เหล็กไฟฟ้า (Frantz's Isodynamic magnetometer) ในกรณีนี้เราปรับให้มุมลาดเอียง (Slope angle) ของรางไหลตัวอย่างให้เท่ากับ 25° และมุมเอียงข้าง (Fifing) ของรางให้เท่ากับ 0.4°

3. หลังจากปรับปรุงรางเสร็จแล้วเปิดเครื่องให้รางสั่นปรับกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 0.1 แอมแปร์

4. ค่อย ๆ เทตัวอย่างลงในกรวยเหนือราง ปรับให้ตัวอย่างไม่ให้ไหลเร็วจนเกินไปเพราะตัวอย่างอาจกระดอนออกนอกรางได้ (ขั้นนี้สำคัญมาก เพราะกรณีตัวอย่างเรามีน้อยมาก) ให้สังเกตว่าตัวอย่างสีดำ ๆ จะออกมาเกือบหมด

5. ทำซ้ำตามหัวข้อ 5.3 และ 5.4 โดยนำเอาเฉพาะตัวอย่างที่ตกลงในร่องตัวอย่าง) ที่มีคอว์ตปน (ชั้นที่อยู่ด้านนอกของเครื่อง) ผ่านกรวยเหนือรางใหม่ แต่คราวนี้ปรับให้กำลังกระแสไฟฟ้าเป็น 1.4 แอมแปร์ (คราวนี้ลองพิจารณาดูว่าแร่ที่ตกลงในร่องเป็นแบบใดจะเห็นว่าชั้นนอกเครื่องจะขาวขึ้นกว่าเดิม)

6. ทำความสะอาดกรวยเหนือรางและตัวรางไหลตัวอย่างให้ดี

7. ทำซ้ำ ๆ ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 6 กับตัวอย่างที่เหลือ

5.3.6 ขั้นตอนละลายแร่เฟลสปาร์ และแร่อื่นที่ค้างอยู่

1. นำตัวอย่างที่ผ่านกรรมวิธีในข้อ 5 มาสกัดด้วยกรดกัดแก้ว HF ชนิด 46.5 % ขนาด 1 : 1 (คือให้เหลือ ~ 26 %) โดยเทตัวอย่างลงในภาชนะเทฟลอน (teflon) ที่เป็นพลาสติกขาวพอประมาณคิดว่าให้ท่วมตัวอย่าง (การเตรียมกรดกัดแก้วเข้มข้นพอประมาณนี้มีหลักการทำคล้ายเตรียมกรดเกลือ 1 : 1 ในหัวข้อ 4.1 แต่ขอให้เตรียมในหลอดพลาสติกมีมาตรฐานวัดแทน เพราะกรดกัดแก้วจะกัดแก้วหมด)

2. ตั้งทิ้งตัวอย่างมีกรดกัดแก้วปนลงในหม้ออุ่น (water bath) ที่ตั้งไว้ประมาณ 30 นาที

3. นำตัวอย่างมาล้างโดยการเทกรดกัดแก้วออกก่อน โดยเทกรดสกลงในบีกเกอร์ อีกใบ ขนาด 1 ลิตร (ส่วนใหญ่ไม่เททิ้งลงท่อระบายน้ำในตู้ควั่นเหมือนกรดเกลือ)

4. ทำความสะอาดด้วยน้ำอีกทีเหมือนในหัวข้อ 4.3 และ 4.4 (แต่ไม่ต้องอบตัวอย่างให้แห้ง)

5. จากนั้นนำมาทำความสะอาดด้วยกรดเกลือ 1 : 1 เหมือน ข้อ 4.1 ถึง 4.6 (หลังจากเสร็จขั้นนี้แล้วตัวอย่างของเราถือว่า ประกอบด้วยแร่ควอร์ตที่สามารถใช้หาอายุได้ ส่วนแร่เฟลสปาร์และแร่อื่นถูกทำให้สลายตัวไม่เหมาะที่จะใช้ในการคำนวณหาอายุอีกต่อไป)

5.3.7 ปรับเวลาใหม่(reset) ให้ตัวอย่าง

ขั้นตอนในการทำงาน

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการทำให้บริสุทธิ์ ออกจากฟลักเกอร์ แล้วนำมาเทลงบนแผ่นอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ ใส่ชื่อตัวอย่างให้เรียบร้อย

2. ใช้ช้อนคีบยาว (Spatula) คัดตัวอย่างประมาณ 5 ช้อนเล็ก (ประมาณ 1/2 ช้อนชา)

3. ใส่ตัวอย่างที่เตรียม 5 ช้อนเล็กนั้นลงบนแผ่นอะลูมิเนียมแผ่นเล็ก เพื่อเข้าเตาอบ กาเครื่องหมาย อย่างดีจัดลำดับหมายเลขให้เป็นระเบียบเพราะวันรุ่งขึ้นจะพบว่าด้วยอุณหภูมิสูงหมึกที่เขียนไว้จะลบออกหมด

4. ปรับอุณหภูมิเตาอบให้อยู่ที่ 330° ซ. ใส่ตัวอย่างที่เตรียมทั้งหมดในเตาและตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

5. ในวันรุ่งขึ้น (ยังเช้ายังดี) ปิดเครื่อง อย่าเปิดเอาตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้เย็น(ที่ห้องปฏิบัติการที่ Akita University นี้ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมงในการปล่อยให้เย็นแล้วจึงเปิดเอาตัวอย่างออก

5.3.8 เตรียมตัวอย่างสำหรับอาบรังสี (Sample preparation for irradiation)

ลักษณะกระบอกลใส่ตัวอย่าง

กระบอกลใส่ตัวอย่างทำด้วยพลาสติกอคริลิกอย่างดี(acrylic resin) โดยจะเป็นรูปร่างเป็นระเบียบจำนวน 6 แถว (รูป 5.4) แถวบน 2 แถว สำหรับใส่ตัวอย่างที่เผาแล้ว(เพื่อปรับเวลาใหม่) เพื่อให้ได้รับรังสีจากเตาปฏิกรณ์น้อยที่สุด ส่วนแถวกลาง 2 แถวสำหรับใส่ตัวอย่างธรรมชาติที่ไม่ผ่านการเผาเพื่อให้รับรังสีจากเตาปฏิกรณ์ปานกลางและมากที่สุด ตามลำดับ

ขั้นตอนในการใส่ตัวอย่างลงกระบอกลใส่ตัวอย่าง

1. คัดกระดาษแก้วขุ่นให้มีลักษณะคล้ายราง ใช้ช้อนคัดหรือค้อย ๆ เทตัวอย่างลงในรางกระดาษที่เตรียมไว้ ะทำให้ได้ประมาณตัวอย่างเกือบ 2 ใน 3 ของ 3

2. เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อน ให้ใช้เทปพันสายไฟ ปิดช่องข้าง ๆ (ช่อง LB1, LB2, LB3, LA1 และ LA3) ช่องที่เราต้องการใส่ตัวอย่าง (LA2 ในรูป 5.4 ค)

3. ค้อย ๆ เทตัวอย่างจากรางกระดาษลงในช่องใส่ตัวอย่างที่ละช่อง

4. ใช้เศษกระดาษอุดช่องใส่ตัวอย่าง เพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวน (Insulator) (และกันไม่ให้ตัวอย่างถูกเทพ ทำให้เสียตัวอย่างไป) แต่อย่าใช้กระดาษน้อยเกินไปในการปิดช่อง เพราะจะมีปัญหาในการดึงออกทีหลัง

5. นำเทพปิดช่องใส่ตัวอย่าง (ในที่นี้คือ LA2) ให้สนิท

6. ทำซ้ำ ๆ จากข้อ 2 ถึงข้อ 5 ค่อยไปจนหมดแถว แต่ขอให้เรียงให้เป็นระเบียบ

7. ค่อยไปจึงทำแถวล่างบน (LB) จนหมดในแบบเดียวกัน และทำแถวกลาง (MA, MB) สำหรับตัวอย่างที่ต้องการให้อยู่ห่างจากเตาอบรังสี

8. หลังจากนั้นจึงใส่ตัวอย่างในแถวบน สำหรับตัวอย่างที่ปรับเวลาใหม่

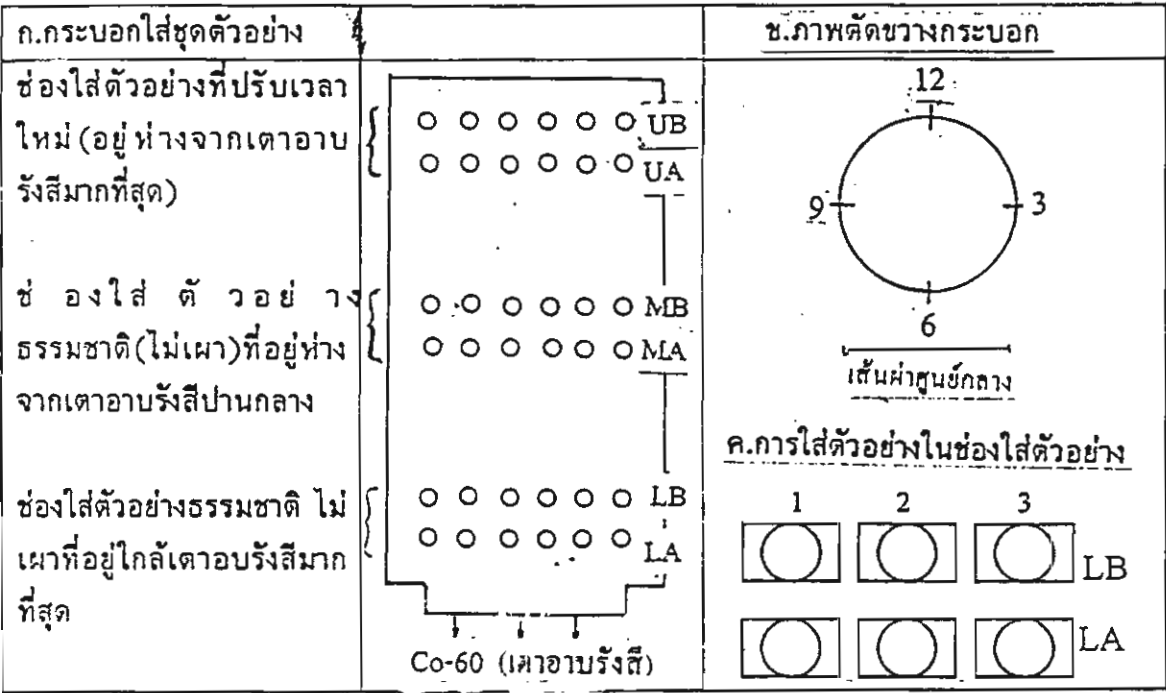
9. นำตัวอย่างไปวัด โดยอาจใช้เตาอบรังสี Co-60 (ในที่นี้ไปที่โรงพยาบาล Akita แต่ส่วนใหญ่ไปวัดที่ศูนย์ไอโซโทปรังสี (radio isotope) ที่เมือง Tsukuba ซึ่งทำงานร่วมกับกรมสำรวจธรณีวิทยาของญี่ปุ่น) โดยให้ระยะเวลาในการอบประมาณ 1 ชั่วโมง ที่ความเย็น 180 Ci และให้ฐานของกระบอกใส่ชุดตัวอย่างห่างจากเตาประมาณ 8.5 ซม. หรือห่างจาก LA ประมาณ 9 ซม. (ซึ่งคาดว่าเมื่ออบแล้วจะปล่อยรังสีออกมา 300 gr)

* ที่โรงพยาบาล Akita รังสีที่ไปอบไม่มีปริมาณหรือกำลังแรงพอที่จะทำให้เกิดอันตราย

10. เมื่ออบเสร็จจึงนำกระบอกใส่ชุดตัวอย่างกลับมาเทออกใส่ในกระดาษอลูมิเนียม (aluminum foil) ขนาด 4x4 ซม. แล้วพันหุ้มหางไว้คืออย่าให้ตัวอย่างรั่วไหลได้

5.4) วิธีการวัดค่าปริมาณรังสีธรรมชาติ (Natural Dose) และค่าปริมาณรังสีหลังอบของชุดตัวอย่าง (Dose from irradiated samples)

ทุกครั้งก่อนที่จะวัดหาค่าปริมาณรังสีบรรพกาล (Paleodose) จำเป็นต้องทำการวัดหาค่าปริมาณรังสีธรรมชาติที่ปรากฏอยู่ก่อนที่จะทำการวัดปริมาณรังสีบรรพกาล เพื่อให้ทราบค่าคร่าวๆ เสียก่อนว่า วัตถุที่เราต้องการทราบอายุนั้น (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอร์ต) มีปริมาณรังสีแล้วในตัวเองเท่าใด และคิดว่ามีแร่ลทินปรากฏออกมาเล็กน้อยเท่าใด (ซึ่งจริง ๆ ไม่ควรมี เช่นแร่เซอร์คอน, โมนาไซต์) ถ้าปริมาณที่วัดได้สูงอาจเป็นในกรณีดังกล่าว หรืออาจมีอายุค่อนข้างมาก จึงให้ปริมาณรังสี N ขณะนั้นมาก นอกจากนั้นยังเป็นการดีที่ทำให้เราได้ทราบถึงการทำงานของเครื่องว่าปกติหรือไม่ และการอบรังสีในปริมาณเท่าใด



รูป 5.4 กระบอกใส่ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยแท่งพลาสติกรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 30 ซม และ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 ซม วงกลมเล็กๆ วางตัวเป็นแถวคือรูใส่ตัวอย่าง

5.4.1 สำหรับขั้นตอนในการวัดมีดังต่อไปนี้

1) ทำการเปิดเครื่อง ปุ่ม “on” ตรงเครื่อง (แต่โดยปกติเครื่องมักจะเปิดทิ้งไว้อยู่แล้ว เครื่องที่ใช้วัดนี้เป็น Thermoluminescence Dosimeter (TLD) ทำการวัดค่าเพียงอย่างเดียวไม่สามารถถ่ายทอด ข้อมูลหรือปริมาณรังสีเข้าเครื่องได้

2) เปิดเครื่องพิมพ์ (Printer) ป้อนกระดาษเข้าเครื่อง (เนื่องจากเครื่องที่นี้เป็นเครื่องรุ่นเก่า จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ กระดาษที่ต้องการพิมพ์ให้ใช้เพียงด้านเดียว คือ เอาหน้าสีขาวออกจากตัวเรา

3) ป้อนข้อมูลเข้าเครื่อง(เครื่องวัดชนิดนี้จัดเป็นเครื่องวัดต้นฉบับ-Prototype) โดยเริ่มจาก กดปุ่ม Range แล้วจึงช่องใส่ตัวอย่างออก กดปุ่ม Heating แล้วจึงเริ่มต้นป้อนข้อมูลเกี่ยวกับเวลาวัด & อุณหภูมิ โดยการกดปุ่ม 120 in (หน่วยเป็น time in second), 450 in max. temperature, 50 in start counting และ 450 in end counting จากนั้นจึงใส่ข้อมูลตัวอย่าง เช่นที่ห้องปฏิบัติการ นี้ใช้ 31/N 97/10 (ซึ่งคือหมายเลขตัวอย่าง/ชนิดรังสีที่วัด ปีที่วัด/เดือนที่วัด)

4) เอาตัวอย่างใส่ในหลอดแก้วใส่ตัวอย่าง (Sample holder) (ห้ามจับปลายหลอด เพราะ แก้วจะฉีก)

5) เปิดช่องใส่ตัวอย่าง (เป็นลิ้นชักสีขาวโลหะ)

6) ค่อย ๆ สอดแท่งตัวอย่างวางบนแท่นวัดในแนวนอนในช่องวางตัวอย่างสีดำ ค่อย ๆ เอา ด้านปาก (คล้ายแตร) ซี่เข้าหาตัว แล้วสอดเข้าหาผู้ปฏิบัติการ ช่องรับตัวอย่างตรงช่องวางตัวอย่าง จะรับตัวอย่างได้พอดี

7) กดปุ่ม “read” กราฟบนจอขึ้นโดยแกน X เป็นสัญญาณ (ถึง 250 cps) และแกน Y เป็น อุณหภูมิ (หน่วยเป็น เซลเซียส)

8) ในระหว่างรอพิมพ์ ให้เตรียมตัวอย่างใหม่ตรงข้อ 4 ถึง 7) ลงในหลอดแก้วใส่ตัวอย่าง

9) กดปุ่ม Y เมื่อพิมพ์ข้อมูลบนจอตามด้วยปุ่ม Return ซึ่งจะได้พิมพ์ออกจากเครื่องพิมพ์ (มั่นใจว่าเลื่อนกระดาษมาที่กราฟแสดงตัวเลข 400 เพื่อให้พิมพ์ได้ 3 กราฟ/แผ่น)

10) ดึงช่องใส่ตัวอย่างออก เอาหลอดแก้วใส่ตัวอย่างเก่าออก แล้วเอาตัวอย่างใหม่ใส่เพื่อ พิมพ์กราฟออกมา

11) ให้ทำแต่ละตัวอย่างซ้ำกัน 3 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความปกติของ เครื่องมือ ชนิดตัวอย่าง ที่เตรียมว่าเป็นตัวอย่างเอกพันธ์ (homogeneous) ดีหรือไม่ เพื่อเปรียบเทียบค่าว่า เฉลี่ยเป็น อย่างไร สูงต่ำหรือไม่ ตรวจสอบดูว่าเส้นเรืองแสง (glow-curve) เป็นอย่างไร มีการปรับสภาพตัวอย่างอีกครั้งหรือไม่

12) ในการขึ้นตัวอย่างใหม่หลังส่งพิมพ์ (Print) ให้เอาตัวอย่างใหม่ใส่ในช่องใส่ตัวอย่าง ก่อน แล้วจึงกดปุ่ม Y เมื่อเครื่องถามว่า go to next step (yeas or no) และกด Return จากนั้นจึง ป้อนข้อมูลตัวอย่างใหม่ลงไป

5.5 วิธีการในการหาอายุ

5.5.1 การคำนวณหา Paleo Dose (PD)

นำตัวอย่างแร่ที่แยกแล้วตามธรรมชาติ (N) และตัวอย่างแร่ที่อบรังสีที่มีความเข้มต่าง ๆ กัน เช่น $N + 18$, $N + 28$, $N + 38$ เป็นต้น ไปวัดความเข้ม (Intensity) ของแสง TL (ปกติจะวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง โดยใช้ตัวอย่างหนักครั้งละ 20 - 30 มิลลิกรัม) เมื่อได้ glow curve ของตัวอย่าง N , $N + 18$, $N + 28$, $N + 38$,..... แล้วเอาค่าความสูงของ peak - ของแต่ละตัวอย่างที่อุณหภูมิเดียวกันมา plot ลงในกระดาษกราฟ โดยเอาความสูงของ peak (ปกติจะวัดเป็น ซม.) จากตัวอย่าง N หาคลอดทุกตัวอย่าง จะได้ค่าเป็นอัตราส่วน ดังนี้

$$\frac{N}{N}, \frac{N+18}{N}, \frac{N+28}{N}, \frac{N+38}{N}, \dots$$

โดยใช้แกน Y เป็นอัตราส่วนของ Intensity ของแสง TL และให้แกน X เป็นความเข้มของกัมมันตรังสี เมื่อ plot เสร็จแล้วเชื่อมจุดต่าง ๆ เหล่านี้ไปตัดที่แกน X จะได้ค่า Paleo Dose ดังแสดงในรูป 5.4

เส้นกราฟที่ plot ได้อาจเป็นเส้นตรง (linear) หรือโค้งเล็กน้อย จะบ่งบอกค่าของ Paleo Dose นำจะถูกต้อง และอายุของหินตัวอย่างนี้ น่าจะมีอายุอ่อนหรือแก่เพียงใด

การหาค่า Paleo Dose นอกจากใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นแล้วยังสามารถหาได้อีกวิธีหนึ่ง กล่าวคือ นำตัวอย่างแร่ธรรมชาติ (N) ไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 320 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยตัวอย่างให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเป็นการทำลายกัมมันตรังสีเดิมที่สะสมในแร่ตั้งแต่อดีต ถึงปัจจุบันให้หมดไป หรือเป็นการ reset ตัวอย่างแร่ให้เท่ากับศูนย์ก่อนที่จะนำตัวอย่างนี้ไปอบกัมมันตรังสี ควรนำตัวอย่างไปอบกัมมันตรังสีที่ความเข้มต่าง ๆ กัน อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง เช่น $N+18$, $N+28$, $N+38$, เป็นต้น แล้วนำตัวอย่างเหล่านี้ไปวัดความเข้มของแสง TL โดยนำ peak ต่าง ๆ ที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับ peak ของตัวอย่างธรรมชาติ (N) แล้วนำไป plot ลงในกระดาษกราฟ เช่นเดียวกับวิธีแรก จะได้ค่า Paleo Dose ซึ่งเป็นการตรวจสอบผลกับวิธีแรก ในการศึกษาของเรานี้ได้ทำการตรวจสอบ(test) ทั้งสองวิธีเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด

5.5.2 การแปลข้อมูลในการวัดอายุโดยวิธี TL

ประกอบด้วยข้อมูลหลักอยู่ 2 ประการคือ

1. ข้อมูลในการคำนวณหา Annual Dose โดยทั่วไปผลวิเคราะห์ทางเคมีของธาตุยูเรเนียม ธอริียม และ โพแทสเซียม ซึ่งใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วข้างต้น จะได้ค่าที่ใกล้เคียง ขึ้นอยู่กับความแม่นยำ (accuracy) ของเครื่องมือแต่ละชนิด และปริมาณของธาตุแต่ละชนิด เช่น เครื่อง X - ray spectrometer และเครื่อง neutron activator ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปริมาณของธาตุ

ยูเรเนียม และธอเรียม ที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ppm. ส่วนเครื่อง XRF. มักมีความลำบากในการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุยูเรเนียม และธอเรียมที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ppm. เป็นต้น ส่วนปริมาณของธาตุโปแตสเซียมจะวิเคราะห์ในรูปของสารประกอบโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) มีหน่วยเป็น % โดยใช้เครื่อง AA เครื่อง XRF. หรือ เครื่อง X - ray spectrometer เป็นต้นการคำนวณค่าของ Annual Dose โดยวิธีการแทนค่าของธาตุโปแตสเซียม ธอเรียม และโปแตสเซียม ลงในสมการ AD_1 หรือ AD_2 เป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวก

สำหรับค่าผิดพลาด (error) จากการวิเคราะห์ของธาตุเหล่านี้มักใช้ตัวเลขของ error ไม่เกินร้อยละ 10 ในการคำนวณ ซึ่ง error 10 % นี้จะเป็นการรวมข้อผิดพลาดทั้งหมด ตั้งแต่การเตรียมตัวอย่าง จนถึงเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

2. ข้อมูลในการคำนวณหา *Paleo Dose* ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหา *Paleo Dose* นั้นเป็นหัวใจของการวัดอายุของหินโดยวิธี TL ซึ่งวิธีการหา *Paleo Dose* นั้นได้กล่าวไว้ในบทก่อน แต่การพิจารณาใช้ glow curve หรือ peak ของแสง TL ที่วัดจากตัวอย่างแร่ธรรมชาติ และตัวอย่างแร่ที่อบด้วยกัมมันตรังสี จำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบดังต่อไปนี้ .

1. การตรวจสอบที่เรียกว่า พลาโต (plateau test) เป็นการตรวจสอบว่า ตัวอย่างแร่ที่แยกออกมานั้นสามารถนำไปวัดอายุโดยวิธี TL ได้หรือไม่

วิธีการตรวจสอบทำได้เป็นขั้นตอนดังนี้

ก. นำตัวอย่างแร่ธรรมชาติส่วนหนึ่งไปวัดความเข้มของแสง TL ได้ glow curve ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0 ถึง 500 องศาเซลเซียส

ข. นำตัวอย่างแร่ธรรมชาติอีกส่วนหนึ่ง (ตัวอย่างเดียวกันกับตัวอย่างข้อ ก) ไปอบด้วยกัมมันตรังสีเพียงตัวอย่างเดียว เช่น อบด้วยกัมมันตรังสีแกมมา 10 เกรย์ (Gy) เป็นต้น แล้วไปวัดความเข้มของแสง TL จะได้ glow curve ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0 ถึง 500 องศาเซลเซียส และ

ค. นำอัตราส่วนระหว่าง glow curve ของแร่ธรรมชาติ (N) กับแร่ที่อบด้วยกัมมันตรังสี ($N + B$) คืออัตราส่วน $N/(N + B)$ ตั้งแต่ 200 องศาเซลเซียส ถึง 475 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับ glow curve ของแร่ธรรมชาติแต่ละชนิด) ไป plot ในกระดาษกราฟ โดยมีแกน Y เป็นอัตราส่วน $N/(N+B)$ และแกน X เป็นอุณหภูมิจะพบว่าที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300 องศาเซลเซียส ถึง 475 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับแร่แต่ละชนิด) มักจะมีค่าของอัตราส่วน $N/(N + B)$ ที่ใกล้เคียงกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ามีค่าคงที่ เส้นกราฟที่ได้จะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ขนานกับแกน X ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.4

ถ้าตัวอย่างแร่แสดงเส้นกราฟลักษณะนี้เรียกว่า plateau ซึ่งหมายความว่า แร่ชนิดนี้น่าจะมี stability ที่ดีเหมาะที่จะวัดอายุโดยวิธี TL ได้ ในทางตรงข้ามถ้าตัวอย่างแร่ไม่แสดงเส้นกราฟลักษณะ plateau หมายความว่า แร่ชนิดนี้อาจไม่เหมาะที่จะใช้วัดอายุโดยวิธี TL ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบ plateau นี้บ่งบอกถึง

ก. ค่าผิดปกติเกี่ยวกับการจางของ glow curve (anomalous fading) เนื่องจากระยะเวลา เช่น แร่เซอร์คอน และแร่ฟลูออไรต์ เมื่อเก็บตัวอย่างเหล่านี้ข้ามคืนจะให้ glow curve ของแสง TL ลดน้อยกว่าความเป็นจริง เป็นต้น จะไม่แสดงลักษณะของ plateau

ข. ตัวอย่างแร่มีค่า reset เป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าแสดงลักษณะของ plateau หมายความว่า ตัวอย่างนั้น ๆ น่าจะ reset เป็นศูนย์

ค. บางส่วนของตัวอย่างแร่อาจได้รับการเหนี่ยวนำโดยรังสีที่ไม่ใช่มาจากสารกัมมันตรังสี ซึ่งเรียกว่า Spurious หรือ non-radiation-induced thermoluminescence ถ้าเป็น spurious จะไม่แสดงลักษณะของ plateau วิธีการแก้ spurious นั้นควรทดลองใส่แก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือ อาร์กอน เข้าไปในเครื่อง heater แล้วทำการทดสอบ plateau ใหม่

ง ตัวอย่างแร่อาจมีมลทิน (contaminated) ระหว่างการเตรียมตัวอย่าง ทำให้ไม่แสดงลักษณะของ plateau

2. การเลือกจุดโค้ง (Peak selection I) ที่อุณหภูมิใดในการคำนวณ PD โดยทั่วไปต้องใช้ peak ที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งที่เหมือนกัน ทั้ง peak จากแร่ธรรมชาติและแร่ที่อาบด้วย กัมมันตรังสีมาใช้เปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนในการคำนวณค่า PD แร่ที่อาบกัมมันตรังสีที่ความเข้มต่าง ๆ กันส่วนใหญ่มักให้ peak มากกว่า 1 peak ทั้งนี้คงเนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของแร่ หลังจากการอาบกัมมันตรังสี (artificial irradiation) ในทางปฏิบัติมักใช้ peak ที่อุณหภูมิที่สูงกว่า เนื่องจาก peak ที่อุณหภูมิสูงมี stability ดีกว่า peak ที่อุณหภูมิต่ำ ในการศึกษาของเรานี้ใช้ประมาณ อุณหภูมิ 270 - 320 เซลเซียส

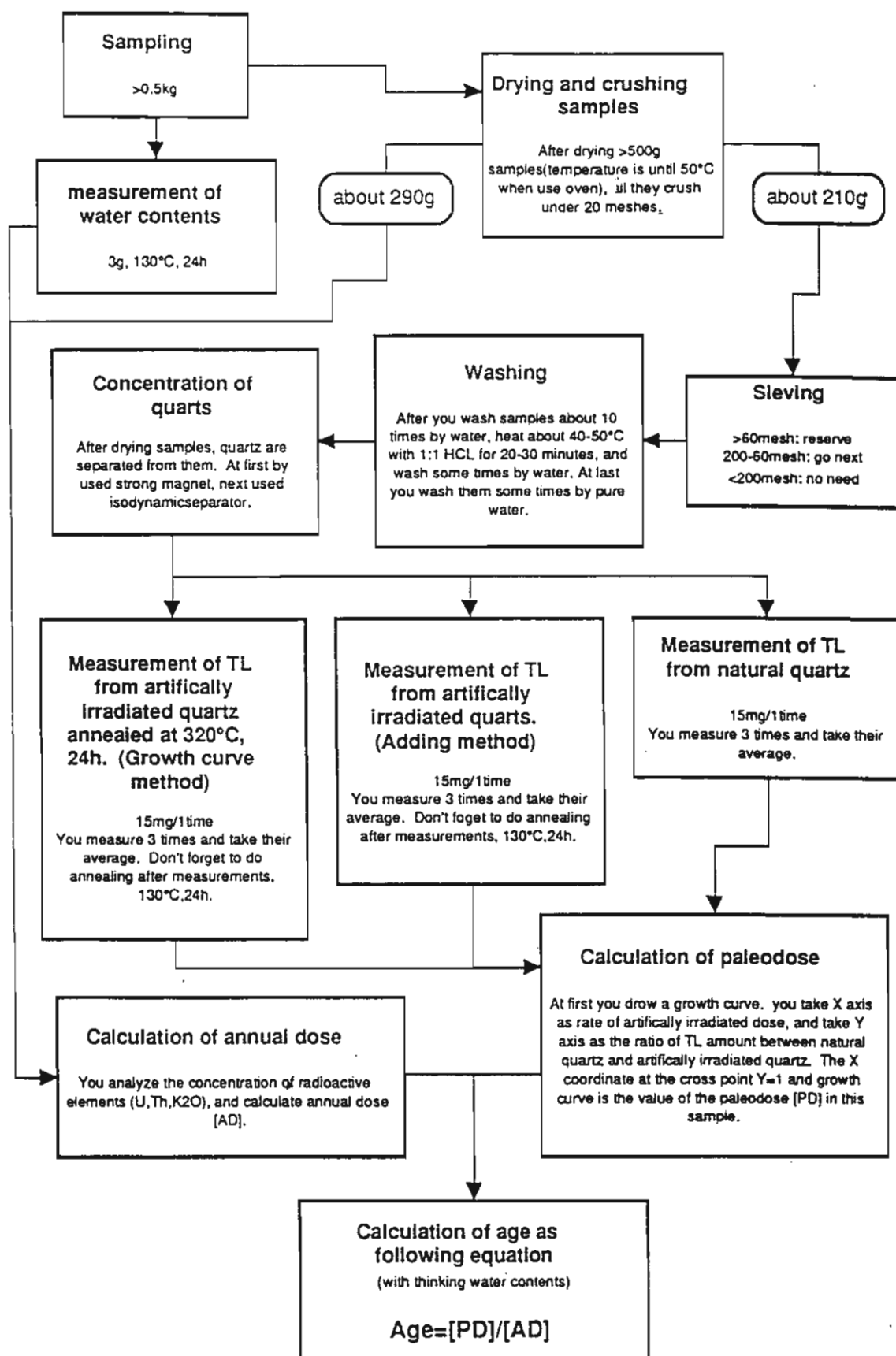
3. การเลือกจุดโค้ง II (Peak selection II) ที่ขนาดความยาวคลื่นใดของแสงในการคำนวณ PD เนื่องจากขนาดความยาวคลื่นของแสงของแร่ธาตุแต่ละชนิดให้ความเข้มของแสง TL ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบโดยการทดลองใช้ฟิลเตอร์ที่มีช่วงความยาวคลื่นของแสงต่าง ๆ กัน ซึ่งบางครั้งอาจใช้เพียงฟิลเตอร์เดียว หรืออาจใช้ฟิลเตอร์ประกอบกันสองชนิดเพื่อให้ได้ขนาดความยาวของคลื่นของแสงที่เหมาะสมสำหรับแร่แต่ละชนิด

นอกจากนี้ข้อผิดพลาด (error) จากการวัดความเข้มของแสง TL ของตัวอย่างแร่ ตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่ง จะเป็นตัวอย่างแร่ธรรมชาติหรือตัวอย่างแร่ที่อาบกัมมันตรังสีแล้วก็ตาม โดยปกติ จะทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ซึ่งอาจให้ความเข้ม หรือ peak ของแสง TL ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องแก้ไขข้อผิดพลาดโดยอาศัยวิชาวสถิติ โดยทั่วไปแล้วค่า error จากการวัด glow curve จะไม่เกิน 10 % จึงเป็นค่าที่น่าเชื่อถือ

ดังนั้นข้อผิดพลาดรวม (total error) ในการวัดอายุของแร่โดยวิธี TL ไม่ควรเกิน 20 % คือ error จากค่า annual dose 10 % และ error จากค่า paleo dose อีก 10 %

สรุป
วิธีการในการคำนวณหาอายุ
1). หาค่าเฉลี่ยของยอด natural dose เช่นได้ $\frac{24 + 23 + 24}{3} = 23.666$
2. หาค่าเฉลี่ย ของยอด ตัวอย่างที่อาบ เช่นได้ 35 30 39 เข้าสู่สูตร $\frac{N+G}{N}$ 1.65 1.47 1.26

อนึ่ง แผนผังรวมบ่งบอกถึงขั้นตอนและกรรมวิธีโดยย่อในการหาอายุ โดยวิธีเรืองแสง ความร้อนได้แสดงไว้ในรูป 5.6



รูป 5.6 แผนผังของขั้นตอนการหาอายุด้วยวิธีเทอร์โมลิเนสเซนส์ (TL – dating technique)

บทที่ 6

โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหว

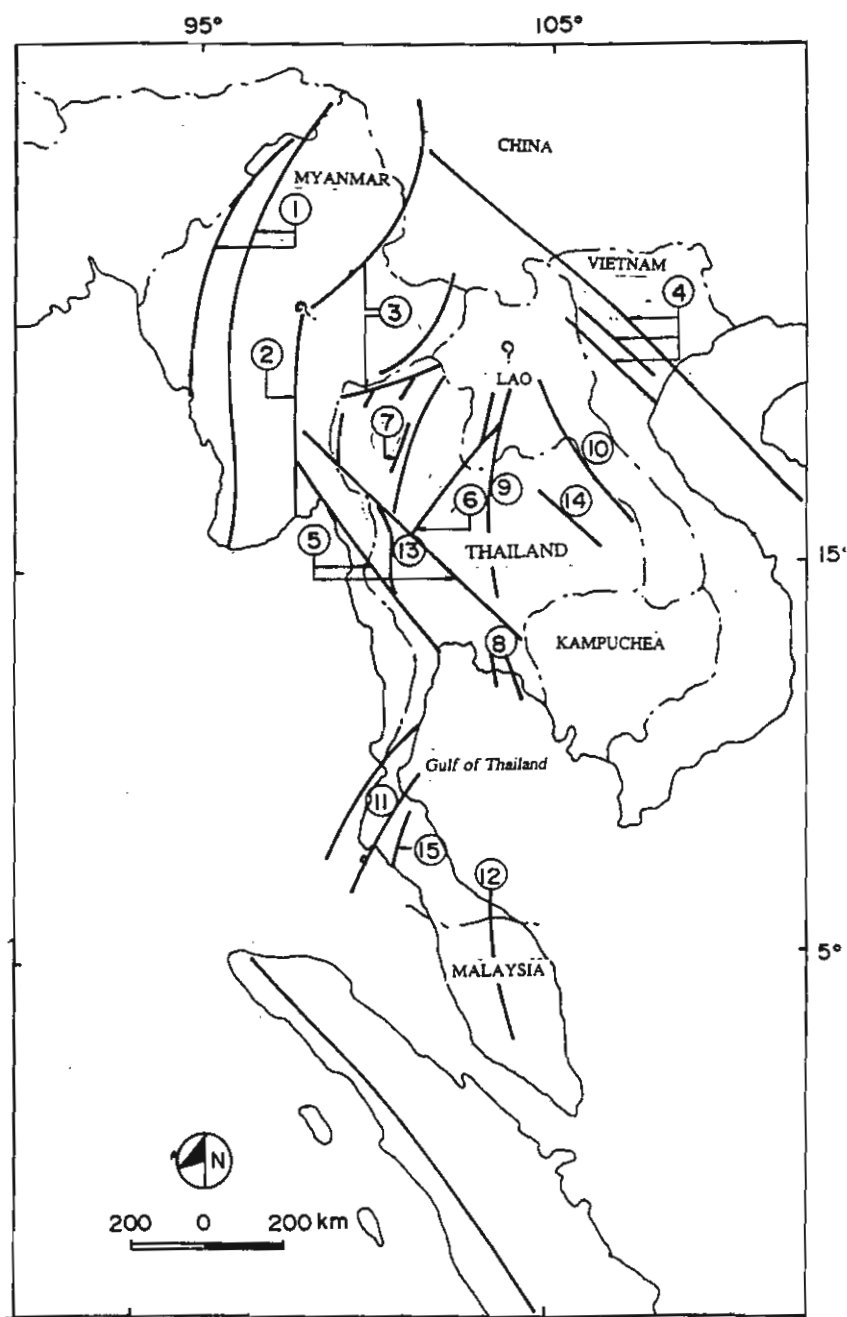
จากแนวคิดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4, 5 โดยเฉพาะในเรื่องข้อมูลแผ่นดินไหว และโครงสร้างทางธรณีวิทยาของประเทศไทย และบริเวณข้างเคียง ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายเทียม และข้อมูลธรณีวิทยาอ้างอิง ทำให้พอสรุปลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 บริเวณตามลักษณะการแปรสัณฐาน และภูมิศาสตร์ คือ

- 1) บริเวณที่เกิดอยู่ในทะเล
- 2) บริเวณที่เกิดอยู่บนทวีป

แผ่นดินไหวที่เกิดอยู่ในทะเลอาจเป็นผลสำคัญเนื่องมาจากการผันแปรแผ่นเปลือกสมุทร(oceanic lithosphere) ซึ่งได้แก่การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรอันดามันในบริเวณหมู่เกาะอันดามัน นิโคบาร์ และเคลื่อนผ่านกันของแผ่นสันสมุทรอันดามัน ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่แสดงรายละเอียดของบริเวณที่เกิดในทะเลเนื่องจากข้อมูลด้านธรณีวิทยามีอยู่อย่างจำกัด แต่ได้ให้ความสำคัญกับแผ่นดินไหวที่เกิดอยู่บนทวีปที่คาดคิดว่าจะจะเป็นผลมาจากการผันแปรแผ่นเปลือกทวีป(continental lithosphere) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนใหญ่ ๆ ทั้งภายในประเทศไทย และประเทศข้างเคียง ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

- 1). กลุ่มรอยเลื่อนเทือกเขาอินโด-พม่า (Indo-Burman Ranges Fault Zone)
- 2). กลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ตวงกุก (Sagaing-Panluang-Taunggui Fault Zone)
- 3). กลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เปาซาน-เชียงราย (Nanting-Paosan-Chiang Rai Fault Zone)
- 4). กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-มา-ดา (Red-Ma-Da River Fault Zone)
- 5). กลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ (Mae Sariang-Mae Ping-Three Pagoda Fault Zone)
- 6). กลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร่-เถิน-อุดรดิตถ์ (Dien Bien Fu-Luang Prabang-Phrae-Thoen-Uttaradit Fault Zone)
- 7). กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม (Mae Tha-Mae Rim Fault Zone)

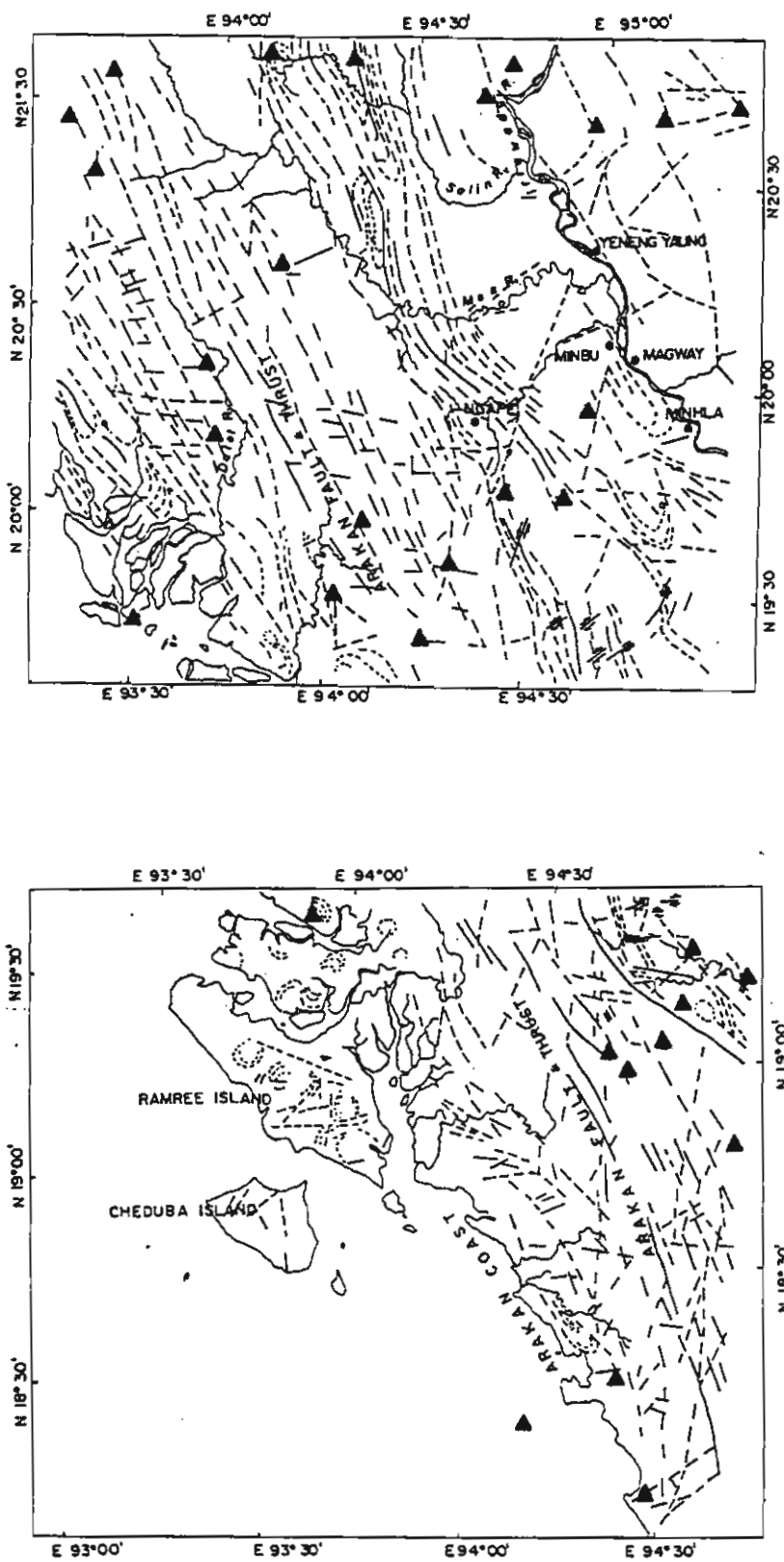
หนึ่งภาพรวม ๆ ของกลุ่มรอยเลื่อนทั้ง 7 กลุ่มนี้ได้แสดงไว้ในรูป 6.1



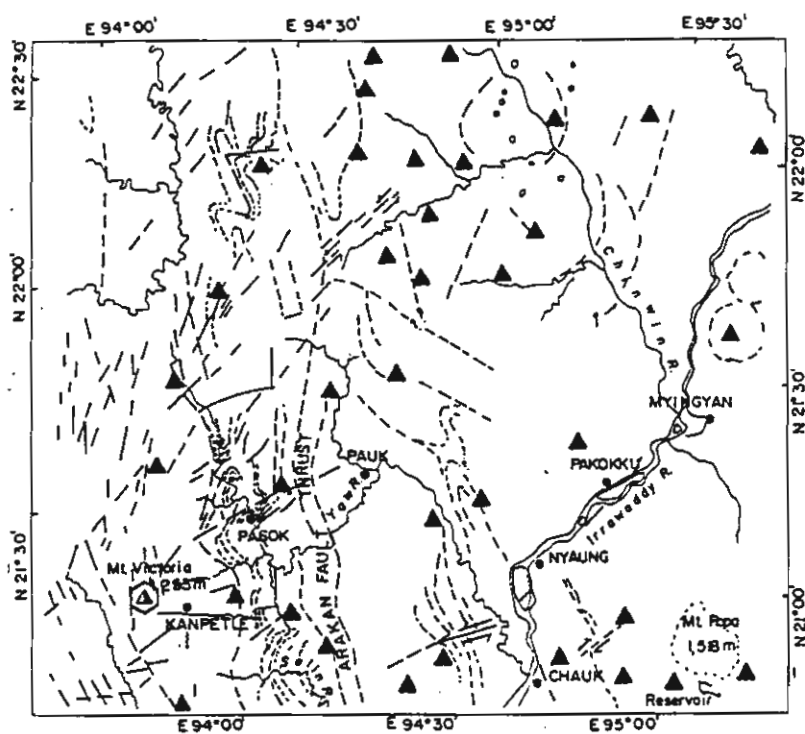
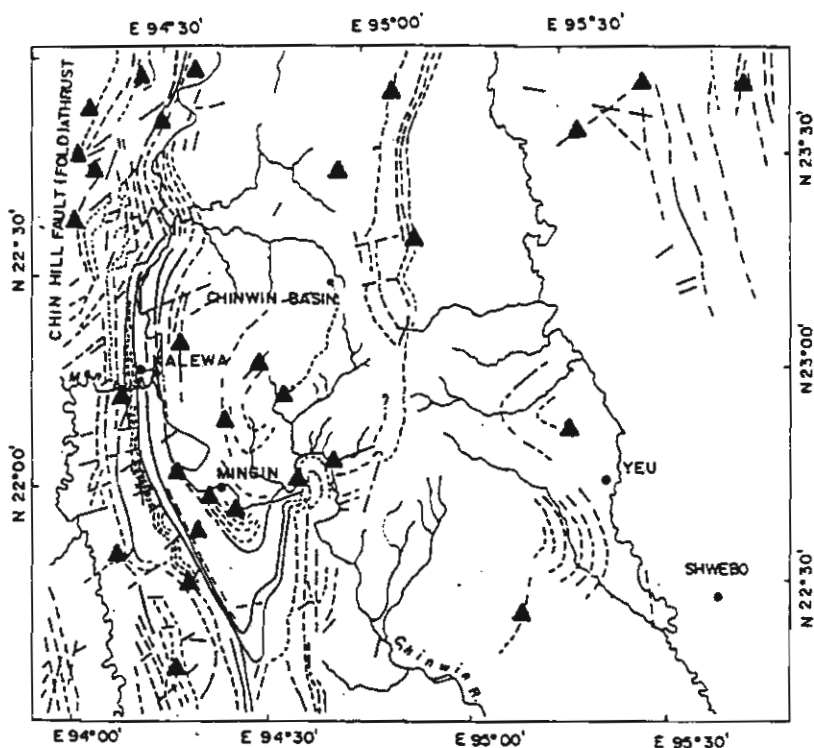
รูป 6.1 กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ได้จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมในการศึกษาครั้งนี้

6.1 กลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง

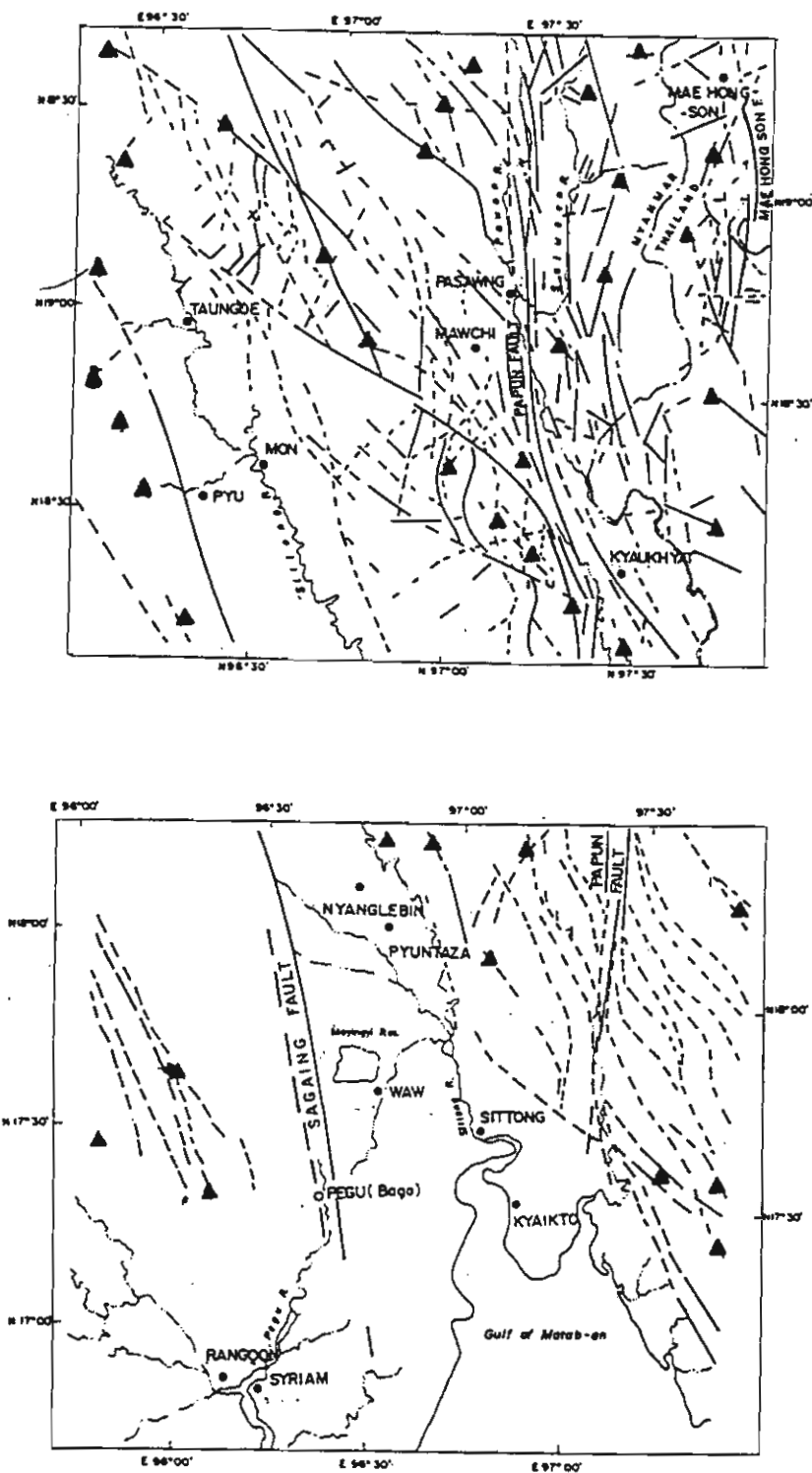
1)กลุ่มรอยเลื่อนเทือกเขาคินโด-พม่า	ข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 6.2) พบว่ารอยเลื่อนย้อนกลับทิศตะวันตกของเทือกเขาซึ่งเป็นแนวยาวในทิศเหนือ-ใต้ จนถึงกลุ่มน้ำอริระวดีฝั่งตะวันตกและจากข้อมูลแผ่นดินไหวรวมทั้งข้อมูลธรณีแปรสัณฐานสามารถยืนยันเป็นหลักฐานได้ว่า รอยเลื่อนนี้เป็นรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) โดย ที่รอยเลื่อนดังกล่าวเป็นตัวการก่อให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (6-6.9 ริกเตอร์) อย่างน้อย 13 ครั้ง และ 4 ครั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่า >7 ริกเตอร์ เมื่อ 16 ค.ศ. 2481, ขนาด 7.2, 1 ค.ศ. 2500, ขนาด 7.3, และ 21 มี.ค. 2497 ขนาด 7.4, และ 8 ค.ศ. 2461 ขนาด 7.6) และเมื่อรวมกับแผ่นดินไหวที่ไม่ทราบขนาดผนวกกับที่มีขนาดเล็กกว่า 6 ริกเตอร์ มีมากถึง 360 ครั้ง (ขนาด 3-6 ริกเตอร์)
2)กลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ดวงกุด	ข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 6.3) พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นรอยระนาบขวาเข้าครอบคลุมอาณาบริเวณ ตั้งแต่ฝั่งด้านตะวันออกของแม่น้ำอริระวดีซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของที่ราบภาคกลางของพม่า จนถึงฝั่งตะวันตกของแม่น้ำสะโตง จากข้อมูลแผ่นดินไหวพบว่ามีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (> 7 ริกเตอร์) อย่างน้อย 4 ครั้ง (15 พ.ศ. 2473, 7.3; 3 ค.ศ. 2473, 7.3, ; 23 พ.ศ. 2455, และ 12 ก.ย. 2489, 7.8) และที่มีขนาดเล็กกว่า 6 ประมาณ 74 ครั้ง และไม่ทราบขนาดอีก 15 ครั้งหรือรวมทั้งหมด 94 ครั้ง (3-6 ริกเตอร์)
3)กลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เปาซาน-เชียงราย	ข้อมูลภาพดาวเทียม (รูป 6.4) พบว่าเป็นกลุ่มรอยเลื่อนใหญ่ที่วางตัวในแนวเกือบตะวันตก-ตะวันตก จากข้อมูลแผ่นดินไหวเป็นที่คาดคิดว่าน่าจะเป็นแนวรอยเลื่อนที่ยังมีพลังอยู่ แม้ความรุนแรงของการเกิดแผ่นดิน ไหวยังไม่มากนักและปรากฏว่าที่มีความรุนแรงมาก(เกินกว่า 6 ริกเตอร์) 6 ครั้ง (16 ม.ค. 2468, 7.1 ; 29 พ.ศ. 2519, 7.0 ; 2 มี.ย. 2466, 7.3 ; 6 พ.ย. 2431, 7.3 ; 26 ค.ศ. 2484, 7.0 และ 2 ก.พ. 24 93, 7.0) จากข้อมูลทางสถิติพบว่าบริเวณนี้เกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด 75 ครั้ง และครั้งสุดท้ายก็เกิดมีความรุนแรงถึง 6.9 และการไหวตัวในครั้งนั้นทำให้มีผู้เสียชีวิตถึงสองหมื่นคน ซึ่งกลุ่มรอยเลื่อนนี้นับว่ามีความสำคัญมากที่สุดกลุ่มหนึ่งในปัจจุบันเพราะเมื่อติดตามทฤษฎีธรณีวิทยาแปรสัณฐานเมื่อแผ่นทวีปอินเดียเข้าชนแผ่นทวีปเอเชียอาจทำให้แผ่นทวีปเอเชียตะวันตกเฉียงใต้เกิดการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกา ซึ่งพบว่าแนวรอยเลื่อนบริเวณนี้เป็นจุดอ่อนตัวที่สุดของแผ่นทวีปเดิม โอกาสที่จะเคลื่อนตัวหรือไหวตัวจนเกิดการส่งผ่านคลื่นแผ่นดินไหวเป็นไปได้มาก ดังนั้นในประเทศไทยบริเวณที่ควรทำการศึกษาให้ละเอียดก็คือรอยเลื่อนเชียงราย (ซึ่งน่าจะมีการทดสอบหาอายุรอยเลื่อนนี้ด้วย)



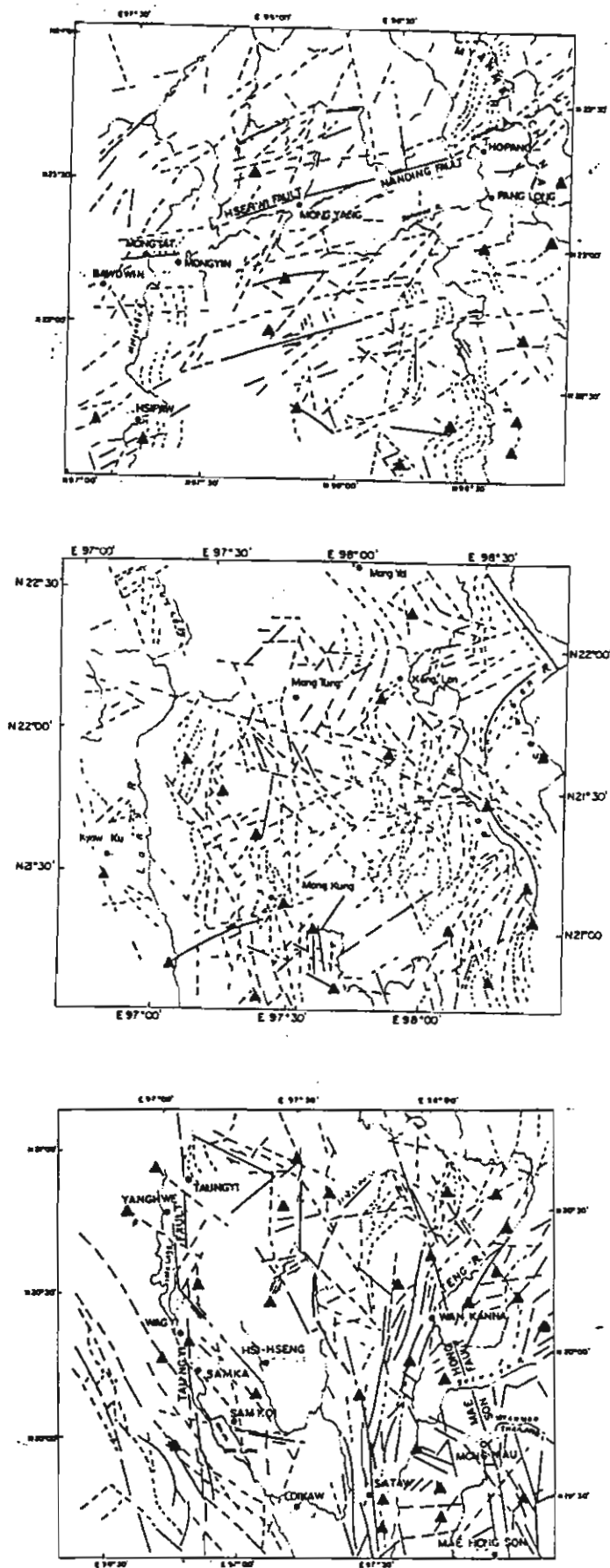
รูป 6.2 แผนที่แนวเส้น โครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอินโด-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)



รูป 6.2 (ต่อ) แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อน เทือกอิน
โค-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

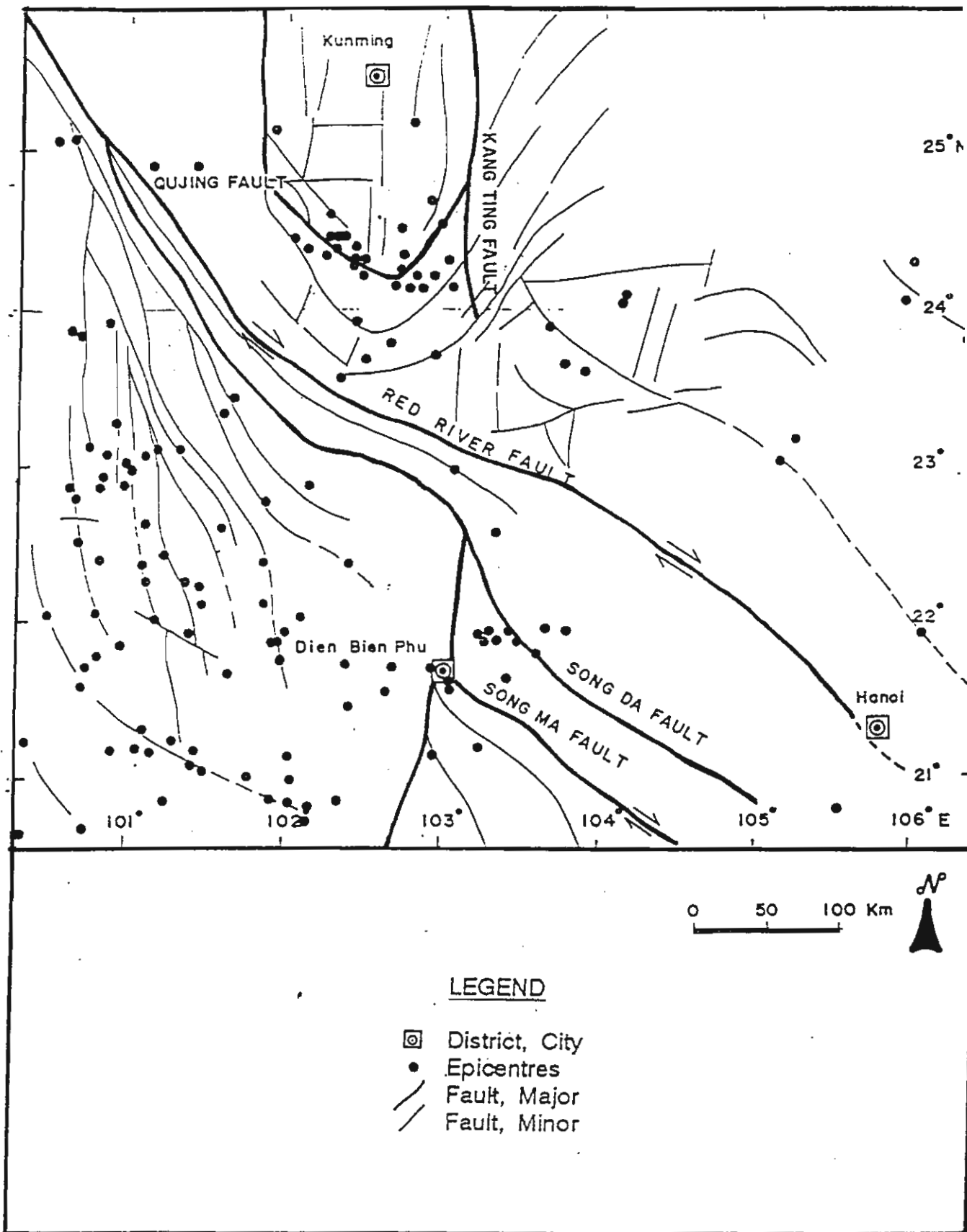


รูป 6.3 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปาน
หลวง-ตวงกุก และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

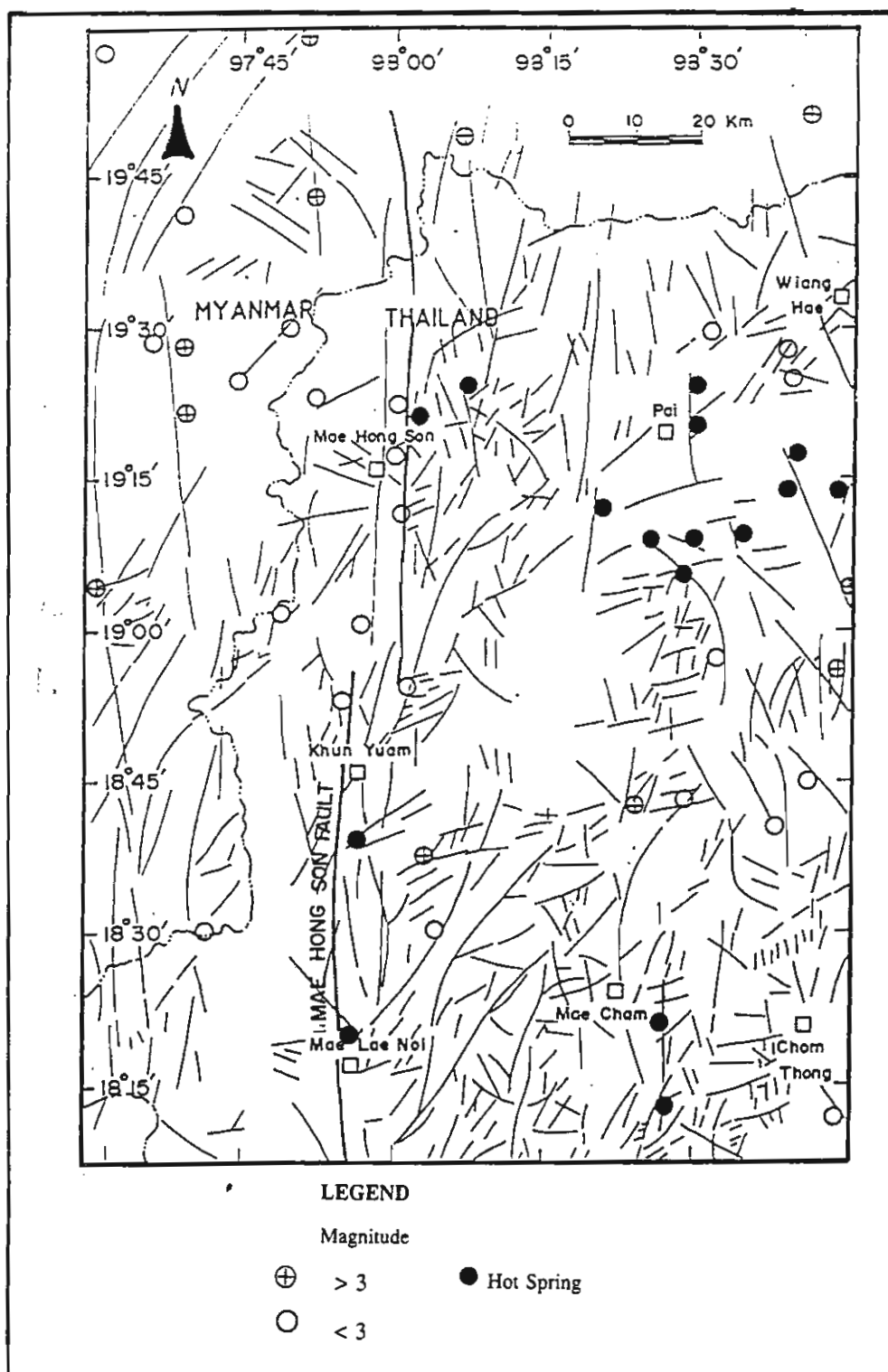


รูป 6.3 (ต่อ) แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ตวงกข และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ (▲)

4)กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-น้ำมา-น้ำดา	กลุ่มรอยเลื่อนทั้งสามวางตัวในแนวเดียวกัน คือ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนนี้มีความรุนแรงในส่วนตอนเหนือของรอยเลื่อนในมณฑลยูนนานมากกว่าบริเวณเวียดนามตอนเหนือ(รูป 6.5) ที่มีความรุนแรงมาก(ขนาดเกิน 7 ริกเตอร์) มีอยู่ 2 ครั้ง (21 ธ.ค. 2456, ขนาด 7.2 และ 4 ม.ค. 2473, ขนาด 7.7) และต่อไปมีความรุนแรงไม่มากนักและมีการไหวตัวประมาณ 10 ครั้ง (ขนาด 6-6.9 ริกเตอร์) จากสถิติพบว่าการไหวตัวทั้งหมดประมาณ 140 ครั้ง (ขนาด 3-6 มาตราริกเตอร์) อย่างไรก็ตามในแง่ธรณีแปรสัณฐานกลุ่มรอยเลื่อนนี้มีความสำคัญเพราะเป็นบริเวณที่เป็นรอยต่อหรือตะเข็บโลก (Geosuture) ที่เกิดจากการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Indochina plate) กับแผ่นจีนใต้ (South China Plate) ในสมัยปลายไทรแอสซิก (Metcalfe, 1995) ทำให้น่าจะเป็นบริเวณที่มีความอ่อนตัวของเปลือกโลกอย่างมาก ทำให้โอกาสเกิดแผ่นดินไหวได้ง่ายเมื่อเกิดการหมุนตัวของแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการคั่นตัวของแผ่นทวีปอินเดีย
5)กลุ่มรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์	กลุ่มรอยเลื่อนทั้งสามตัวนี้อยู่ทางตะวันตกและทางตะวันตกเฉียงเหนือของไทย จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม(รูป 6.6) อาจต่อเชื่อมกันได้ เริ่มจากรอยเลื่อนแม่สะเรียงซึ่งวางตัวในแนวเหนือใต้ ทอดตัวลงมาต่อเข้ากับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิง และรอยเลื่อนคู่ขนานด่านเจดีย์สามองค์ซึ่งทั้งสองวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลสถิติของแผ่นดินไหวพบว่ารอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน ซึ่งส่วนเหนือต่อเลยเข้าไปถึงอำเภอปายทางเหนือถึงเมืองพานทางตะวันออกของพม่าพบว่ามีแผ่นดินไหวเกิดเป็นกระจุกที่มีขนาดเล็ก (ตั้งแต่ 2-4 มาตราริกเตอร์) นับได้เกือบ 40 ครั้ง (นับตั้งแต่ 2455) ส่วนในประเทศไทยมีไม่มากนักนับได้ 12 ครั้งในขนาดเดียวกัน และขนาดใหญ่สุดในไทยมีเพียงครั้งเดียว (22 เม.ย. 25 26, 5.9 ริกเตอร์ และที่รองลงมาก็คือ 15 เม.ย. 2526, ขนาด 5.38 ; 7 ก.พ. 2518, 5.6 ริกเตอร์) และยังไม่ปรากฏที่มีขนาดใหญ่ ขนาด 6 ถึง 7 มาตราริกเตอร์(เลย) ในแง่ของอายุรอยเลื่อนจัดว่ายังเป็นรอยเลื่อนที่มีพลัง ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานทางธรณีแปรสัณฐานจึงจัดว่าน่าจะมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป



รูป 6.5 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแดง-มา-คา และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

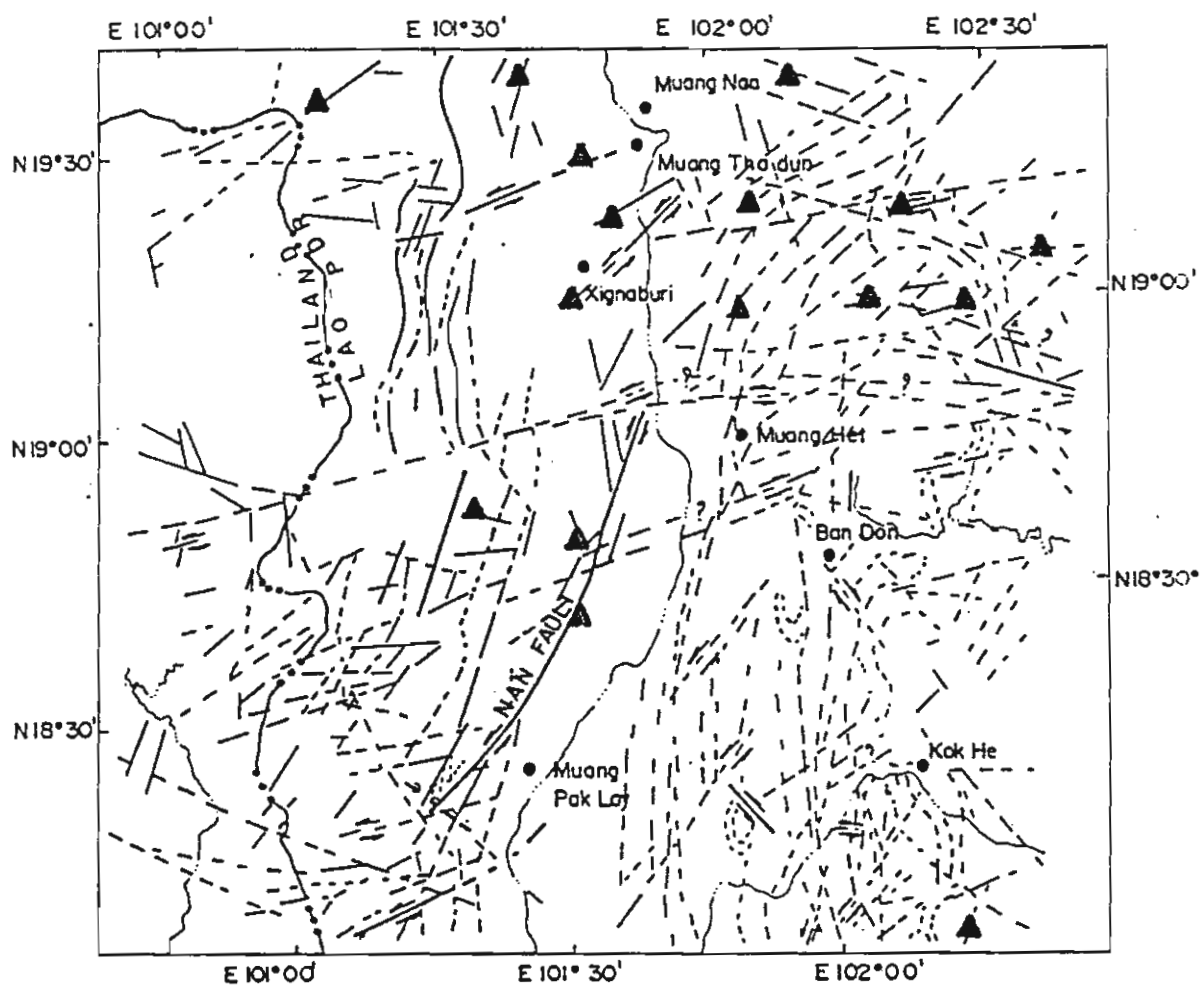


รูป 6.6 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

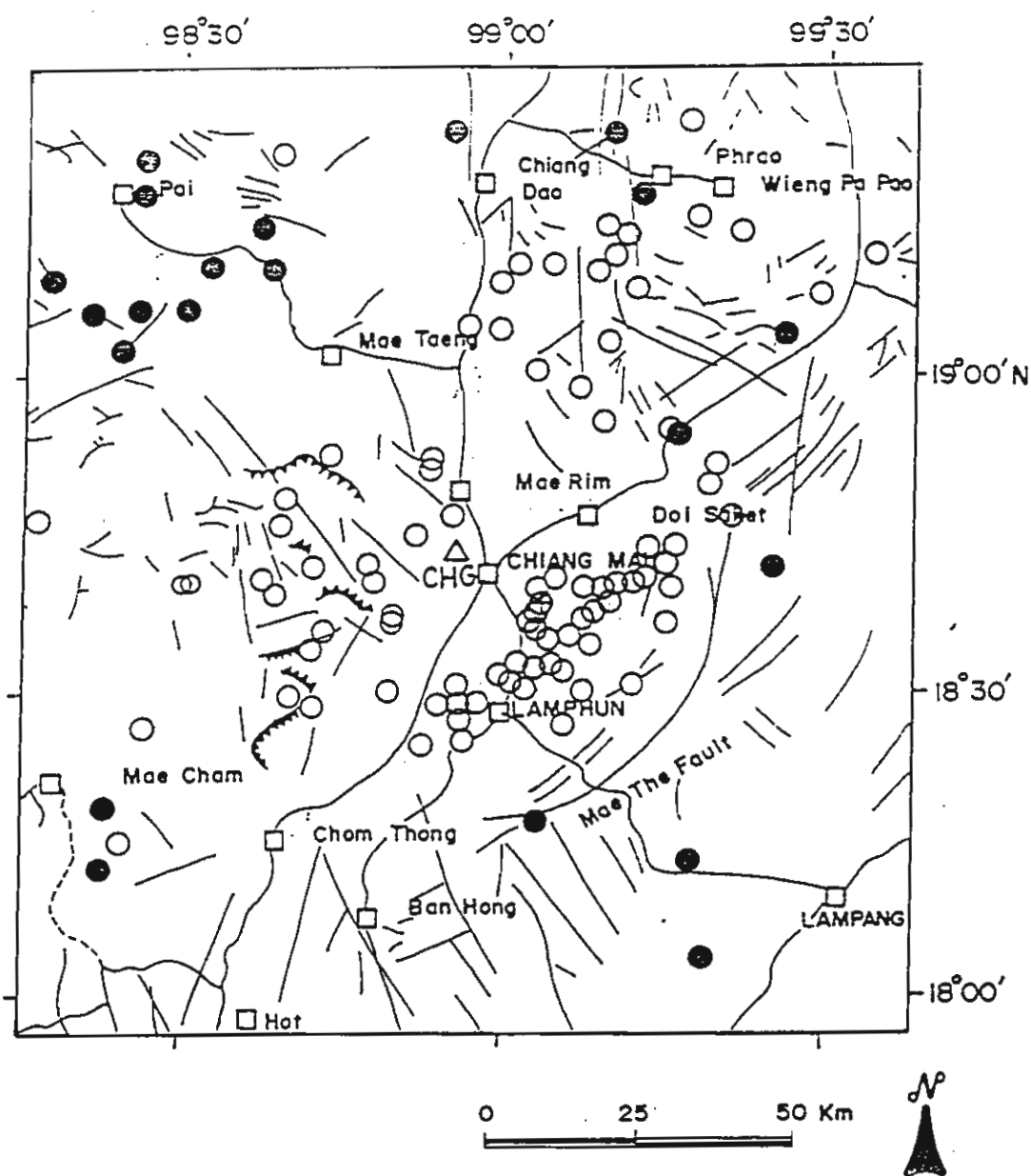
6) กลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร่-อุตรดิตถ์	กลุ่มรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีขนาดใหญ่ (6-7 ริคเตอร์) อยู่นอกประเทศไทยทั้งหมด(12 ม.ค. 77, 6.5 ; 1 ธ.ค. 78, 6.8 ; 21 ก.ย. 80, 6.0) ส่วนในประเทศไทยที่จังหวัดอุตรดิตถ์(3 ก.พ. 21, 6.0) ทำให้น่าเชื่อว่ากลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวน่าจะยังมีพลังอยู่ โดยเฉพาะในกลุ่มรอยเลื่อนแพร่-อุตรดิตถ์ในไทย ซึ่งมักจะเกิดมีแผ่นดินไหวขนาดเล็ก (3-4 ริคเตอร์) เกิดอยู่บ่อย ๆ จากสถิติแผ่นดินไหวพบว่าเกิดประมาณ 30 ครั้ง จนถึงปัจจุบัน ในแง่ธรณีแปรสัณฐาน เนื่องจากกลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นกลุ่มรอยตะเข็บโลก(geosuture) จากการชนกันระหว่างจุลทวีปชานไทยกับจุลทวีปอินโดจีน ทำให้เปลือกโลกบริเวณนี้ยังคงมีความหยุ่นตัวและอ่อนตัวได้มากโอกาสเกิดแผ่นดินไหวเป็นไปได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับการหาอายุรอยเลื่อนซึ่งพบว่าใหม่มาก ทำให้คิดว่ารอยเลื่อนดังกล่าวยังมีพลังอยู่ (ดูรูป 5.7)
7)กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม	กลุ่มรอยเลื่อน(ดูรูป 6.8)นี้มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มรอยเลื่อนปาวซาน-เชียงราย อย่างหนึ่ง คือมีลักษณะโค้ง(curvilinear) รูปตัว S(เอส) จากข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวส่วนใหญ่มีขนาด 3-4 ริคเตอร์ เกิดมาแล้วประมาณ 50 ครั้ง และที่มีความแรงมากที่สุดคือ ประมาณ 5 ริคเตอร์ จากการหาอายุรอยเลื่อน (ชัยยันต์ หินทอง, 2538, คิดต่อส่วนตัว) ทำให้คิดว่าน่าจะยังคงมีพลังอยู่

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะที่เห็นได้จากภาพจากดาวเทียมและข้อมูลและแนวทิศทางธรณีแปรสัณฐาน พอสรุปได้ว่า แนวหรือกลุ่มรอยเลื่อนทั้งเจ็ดที่กล่าวมานี้ เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่มีพลังและน่าจะสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวมาก (potentially active fault zone) จากข้อมูลสถิติกรมอุตุนิยมวิทยา (ตาราง 6.1) ทำให้น่าคิดว่าแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในภาคเหนือของไทยน่าจะมีอิทธิพลมาจากกลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวข้างต้น

อย่างไรก็ตามยังมีกลุ่มรอยเลื่อนอีกหลายกลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มรอยเลื่อนในประเทศไทย เช่น รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเถลิง ทำให้จำแนกกลุ่มรอยเลื่อนหลายกลุ่มในไทยได้ ซึ่งในที่นี้เรียก **กลุ่มรอยเลื่อนที่ก่อกำเนิดพลัง (potentially active fault zone)** และสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นประเภทย่อย ๆ ได้ อีก 2 ประเภทคือ กลุ่มรอยเลื่อนที่ในประวัติศาสตร์เคยมีการเลื่อนตัวและเคยตรวจจับได้ (historically and seismologically active fault zone) และกลุ่มรอยเลื่อนที่น่าจะเคยมีการเลื่อนตัวทางธรณีวิทยา (geologically active fault zone) สำหรับกลุ่มรอยเลื่อนที่ในประวัติศาสตร์เคยมีการไหวตัวหรือเลื่อนตัว ในที่นี้เรียกสั้น ๆ ว่า **รอยเลื่อนมีประวัติ** บางท่านเรียก **รอยเลื่อนประวัติศาสตร์** ส่วนชนิดหลังในที่นี้ขอเรียกสั้น ๆ ว่า **รอยเลื่อนนำไหว** กลุ่มรอยเลื่อนมีประวัติ(หรือเคยไหว) ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และกลุ่มรอยเลื่อนเล็ก ๆ



รูป 6.7 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเคียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร์-อุตรดิตถ์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)



รูป 6.8 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่มริม

ตาราง 6.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวภาคเหนือ

วัน/เดือน/ปี เวลาที่องถัน	ศูนย์กลาง แลติจูด° - ลองจิจูด°	ขนาดริกเตอร์	บันทึกเหตุการณ์
17 ก.ย. 2537	อ. พาน จ. เชียงราย	5.1	ทำให้โรงพยาบาล,โรงเรียน,วัดเสียหาย
16 ม.ค. 2538 12.43 น	อ. เชียงของ (20.2 -100.5)	3.1	รู้สึกได้ที่ อ. เชียงของ จ.เชียงราย
25 ม.ค. 2538 11.56 น	พรมแดนพม่า-ลาว (21.0 - 100.6)	5.0	รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย
24 ก.พ. 2538 00.11 น	สันทราย-สันกำแพง	3.0	รู้สึกได้ที่ อ. เมือง อ. สันกำแพง อ. สัน ทรายจ. เชียงใหม่
24 ก.พ. 2538 15.11 น.	ประเทศพม่า (21.8 -99.5)	5.0	รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย
25 ก.พ. 2538 08.50,09.03 น	อ. หางดง (19.7 - 98.6)	2.5,3.0	รู้สึกได้ที่ อ. เมือง อ. หางดง และ อ.สันป่าดง จ. เชียงใหม่
17 พ.ค. 2538 04.48 น	ประเทศพม่า (18.0 - 96.3)	6.0	รู้สึกได้ที่ อ. สันทราย จ. เชียงราย และ อ. แม่สะเรียง จ. แม่ฮ่องสอน
30 มิ.ย. 2538 06.04 น	ประเทศพม่า (22.0 - 99.3)	5.5	รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย
10 ก.ค. 2538 03.32 น	ประเทศพม่า (22.0 - 99.3)	6.6	รู้สึกได้ที่ จ. เชียงราย จ. เชียงใหม่ จ. พะเยา จ. ลำปาง
11 ก.ค. 2538 05.43 น	ประเทศพม่า (22.0-99.3)	5.4	รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย
12 ก.ค. 2538 04.47 น	ประเทศพม่า (22.0-99.3)	7.2	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย จ. เชียงใหม่ จ. แม่ฮ่องสอน ภาคเหนือตอนบน และ กรุงเทพมหานคร
19 ก.ค. 2538	พม่า-จีน	5.0	รู้สึกได้ที่ จ. เชียงราย เชียงใหม่ และ แม่ฮ่องสอน
9 ธ.ค. 2538	อ. ร้องกวาง	5.1	รู้สึกทั่ว จ. แพร่

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

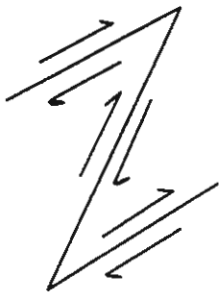
ในภาคเหนือ เช่นรอยเลื่อนฮอด แม่ริม วังเหนือ แม่จาง เป็นต้น ส่วนกลุ่มรอยเลื่อนนำไหว ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนทางใต้ เช่น รอยเลื่อนระนอง คลองมะรุ่ย อ่างลึก คลองท่อม กันตัง เบตง และยะลา-ปัตตานี รวมทั้งรอยเลื่อนทางภาคตะวันออก เช่น รอยเลื่อนแกลง เป็นต้น

6.2 แรงเค้นในอดีต (Paleostress)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาดูในรายละเอียดถึงแนวแรงที่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวโดยอาศัยแนวเส้น (หรือรอยเลื่อน) ที่แปลจากภาพดาวเทียมและการสังเกตลักษณะภูมิประเทศในสนาม โดยเฉพาะบริเวณแถบเขาตะวันตก และกลุ่มรอยเลื่อน(เชิงราย), แม่ทา(แม่ริม), และแพร่-อุตรดิตถ์ ทางตอนเหนือของประเทศ จะเห็นว่ามียลักษณะคล้ายกัน คือ รอยเลื่อนใหญ่ แม่ปิง และด้านเจดีย์สามองค์และมีรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ปรากฏอยู่ข้างในกับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา และแพร่ที่มีรอยเลื่อนเดินปรากฏอยู่ภายใน ซึ่งรอยเลื่อนภายในนี้เป็นรูปตัว S (เอส) ทั้งหมด เมื่อพิจารณาในแง่ธรณีวิทยาโครงสร้าง ถ้าให้รอยเลื่อนที่ขนานอยู่ทางทิศเหนือและทิศใต้ มีการเคลื่อนตัวแบบขนานข้าง (Strike-slip movement) เราสามารถหาทิศทางของแนวแรงเค้นในอดีต(paleostress) ได้ รูป 6.9 แสดงการเกิดรอยเลื่อนขนานข้างและรอยแตกหรือรอยเลื่อนภายในจากการแรงเค้นคู่ขนาน ซึ่งผลที่ได้เมื่อการเคลื่อนตัวยังคงดำเนินต่อไปจนทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็นรูปตัว S (เอส) ได้

6.3 รอยเลื่อนกับการกักน้ำในเขื่อน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพดาวเทียมในการศึกษาครั้งนี้(บทที่ 4) และข้อมูลของการไฟฟ้าฯ เกี่ยวกับจุดกำเนิดแผ่นดินไหวบนผิวโลก(epicenter) ที่เขื่อนเขาแหลม (สุวรรณหม คล้ายพงษ์พันธ์, 2533) ปรากฏว่า ตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหว เกิดอยู่บนแนวเส้นที่วางตัวอยู่ในแนวเหนือเฉียงตะวันออก ซึ่งทำให้คาดคิดว่าถ้าตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวคงไม่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนใหญ่ ที่วางตัวในแนวเหนือเฉียงตะวันตกตามที่มีการคาดคิดกัน จึงอาจสรุปในขั้นนี้ได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแรงสะสมตัวไม่กว้างนักหรือประจําถิ่นที่อาจทำให้เกิดความเครียดหรือความเค้น(stress) และทำให้เกิดเป็นรอยเลื่อนเล็ก ๆ แล้วแผ่นดินไหวจึงเกิดขึ้นได้ แนวคิดดังกล่าวนี้มีลักษณะคล้ายกับที่ Chanpayom และคณะ (1986) ได้เคยเสนอไว้ ซึ่งแรงสะสมดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากแรงดันน้ำเป็นตัวการหรืออาจเกิดจากรอยเลื่อนจริง ๆ (ตามแนวตะวันออกเฉียงเหนือ) เมื่อนำเอาข้อมูลของ AIT (1980) เกี่ยวกับรอยเลื่อนท่ากลอย (Tha Khoei Fault) ซึ่งวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือเหมือนรอยเลื่อนที่เขาแหลม และรอยเลื่อนท่ากลอยตัดขวางรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์ (หรือรอยเลื่อนแควน้อย-แควใหญ่) แบบเหลื่อมข้างเฉียงซ้ายเข้า (oblique strike-slip fault-left lateral movement) ทำให้น่าคิดว่าบริเวณดังกล่าวนี้ นอกจากผลการกักน้ำในเขื่อนจะทำให้เกิดแผ่นดินไหวแล้ว เปลือกโลกบริเวณดังกล่าวยังมีความอ่อนตัวสูงเนื่องจากรอยเลื่อนตัดไปตัดมาด้วย

รูปรอยเลื่อน	ลักษณะ	คำอธิบาย
	รูปตัวเอส (s)	รอยเลื่อนซ้ายเข้า (Left lateral fault)
	รูปตัวแซด (z)	รอยเลื่อนขวาเข้า (Right lateral fault)

รูป 6.9 การเกิดรอยเลื่อนขนานข้าง และรอยแตกภายในรอยเลื่อน ทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็น รูปตัวเอส (S) หรือรูปตัวแซด (Z)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเชื่อว่าตัวอ่างเก็บน้ำเองไม่น่าก่อให้เกิดแผ่นดินไหว แต่ตัวอ่างสามารถกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานจากแรงเค้นที่สะสมอยู่ในรูปคลื่นแผ่นดินไหวได้เมื่อถึงจุดหนึ่ง ดังนั้นการมีอ่างเก็บน้ำจึงอาจเป็นตัวเร่งขบวนการปลดปล่อยแรงเค้น(stress)จนก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้เร็วขึ้นกว่าที่ควรจะเกิดจากธรรมชาติ(ที่ควรเป็น) กระบวนการเร่ง(รัด)ดังกล่าวจึงนับว่ามีความสำคัญ สำหรับในบริเวณพื้นที่ที่มีแนวโน้มของแผ่นดินไหวในเกณฑ์ต่ำ อัตราการสะสมความเครียดตามธรรมชาติจะช้า และเปลือกโลกจะอยู่ในระดับความเค้นที่ใกล้จุดปลดปล่อยได้เป็นช่วงระยะเวลายาวนาน แต่ถ้ามีกระบวนการเร่งรัดดังกล่าวเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นการกักน้ำในบริเวณที่มีการอ่อนตัวของเปลือกโลกสูงก็อาจทำให้เกิด ‘ฟางเส้นสุดท้าย’ ดังนั้น อ่างกักน้ำถึงจุดก็จะเกิดแรงดันและไหวตัวเป็น “แผ่นดินไหว” ในที่สุด

บทที่ 7

กรณีศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกสรรพื้นที่จากบทที่ 6 กรณีศึกษาใน 2 พื้นที่โดยให้ครอบคลุมแนวรอยเลื่อนมีพลัง (เฉพาะในประเทศไทย) ซึ่งได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนที่ 3 ซึ่งได้แก่รอยเลื่อนเชิงราย (หรือรอยเลื่อนแม่จัน) และกลุ่มรอยเลื่อนที่ 5 ซึ่งได้แก่รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ อนึ่งสำหรับรายละเอียดของกลุ่มรอยเลื่อนทั้งสองหาได้จาก ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2541) และ Won-in (1999) ตามลำดับ ในที่นี้เป็นเพียงการสรุปเนื้อหาสาระสำคัญและผลการศึกษาเพิ่มเติมเท่านั้น

7.1 กรณีศึกษาที่ 1 : รอยเลื่อนแม่จัน (เชิงราย)

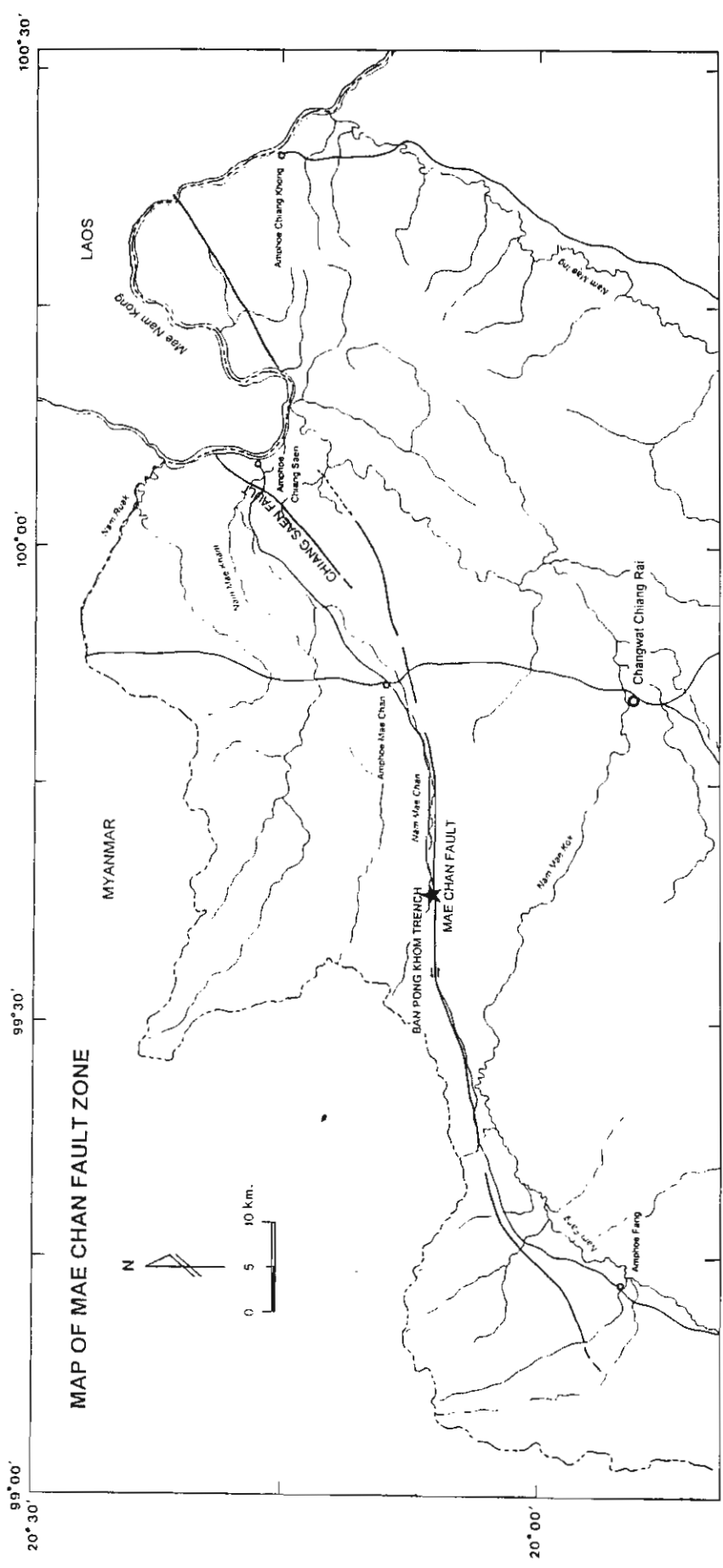
แผ่นดินไหวและธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จัน บริเวณอำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่ จ.เชียงราย มานับหลายพันปีจนถึงปัจจุบัน เป็นนัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงควมมีศักยภาพเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่จัน(รูป 7.1) การศึกษาธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จันได้อาศัยข้อมูลธรณีวิทยา(รูป 7.2) ธรณีสัณฐานวิทยา(รูป 7.3 ก และ ข) และเทคนิคการบูรณะสำรวจ ข้อมูลโทรสัมผัสของภาพจากดาวเทียม Landsat TM5 (รูป 7.4) และภาพถ่ายทางอากาศแสดงชี้ชัดถึงแนวแตกบนพื้นดินอยู่ในแนวตะวันตก-ตะวันออก ซึ่งมีทั้งแนวหลักและแนวย่อย และลักษณะของธรณีสัณฐานที่แปรไปเนื่องจากพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนไปทางด้านข้างแบบซ้ายเข้า อันยังผลให้เกิดลักษณะทางน้ำหักงอ ทะเลสาบ ผารอยเลื่อน เนินเขาปิดกั้นทางน้ำ และตะพักชั้นบันได คำนีของธรณีสัณฐานเหล่านี้แสดงว่ารอยเลื่อน แม่จัน ประกอบด้วยหลายรอยเลื่อนย่อยและมีความยาวรวมกันประมาณ 90 กม ซึ่งรอยเลื่อนย่อยที่ยาวที่สุดประมาณ 65 กม ซึ่งคำนวณได้ว่าได้เคยก่อให้เกิดแผ่นดินไหวไม่น้อยกว่า 7 ริกเตอร์ (Well and Coppersmith, 1994)

ภายในร่องสำรวจ 4 ร่อง (เช่นในรูป 7.5) จากบ้านโป่งขม อ.แม่จัน จ.เชียงราย พบรายละเอียด(รูป 7.6 ก ถึง ง) ของลักษณะชั้นตะกอนดินแสดงการเกิดแบบสะสมอยู่กับที่และตะกอนเชิงเขาที่มีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนย่อย 2 ชุด ในแบบ Antithetic fault กับแนวรอยเลื่อนหลักสำหรับตะกอนชนิดที่สะสมตัวในทะเลสาบ และที่เกิดจากการพัดพาของทางน้ำรวมทั้งตะกอนที่ไม่ได้เกิดตามธรรมชาติที่อยู่บนสุดเกิดขึ้นหลังจากรอยเลื่อนนี้เคลื่อนตัวแล้ว

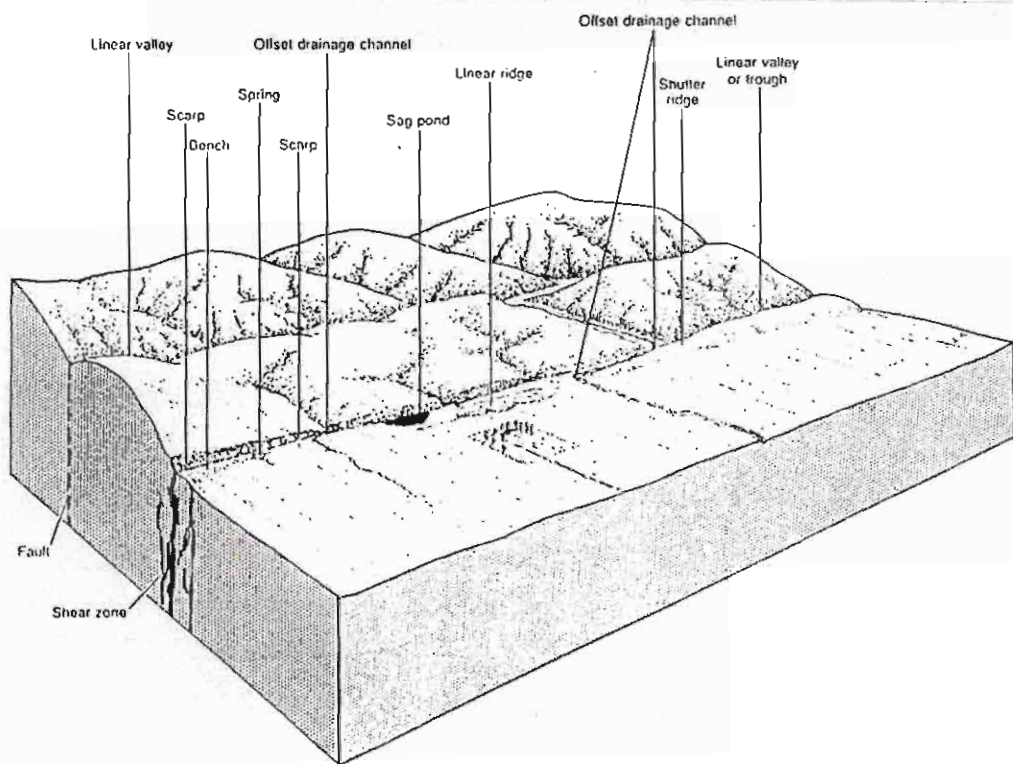
จากตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่างที่ได้จากชั้นของตะกอนดินและผารอยเลื่อน(รูป 7.7) ในร่องสำรวจ และผารอยเลื่อนจากหินโคล่จากแหล่งต่างๆ(ดูตาราง 7.1 และ 7.2) เราได้นำไปหาอายุด้วยวิธี Thermoluminescence ผลการหาอายุ(เช่นรูป 7.8 ก และ ข) พบว่าชั้นตะกอนที่ดินธรรมชาติในพื้นที่

นี้มีการสะสมตัวตั้งแต่ 53,500 ปี ถึง 21,000 ปี โดยที่มีการขยับตัวของรอยเลื่อนแม่จันแนวหลัก และแนวย่อยทำให้เกิดแผ่นดินไหวเมื่อ 92,000 ปี 48,500 ปี 67,000 ปี 25,000 ปี และ 8,500 ปี ล่วงมาแล้ว และเป็นไปได้มากกว่าเกิดแผ่นดินไหวในอดีตเมื่อ 1,600 ปี จากหลักฐานการพบรอยแตกแบบแยกตัว (Extension fracture) หรือร่องระแหงยึดตัว(Tension crack) (ดูรูป 7.9) ในตะกอนชั้นบน

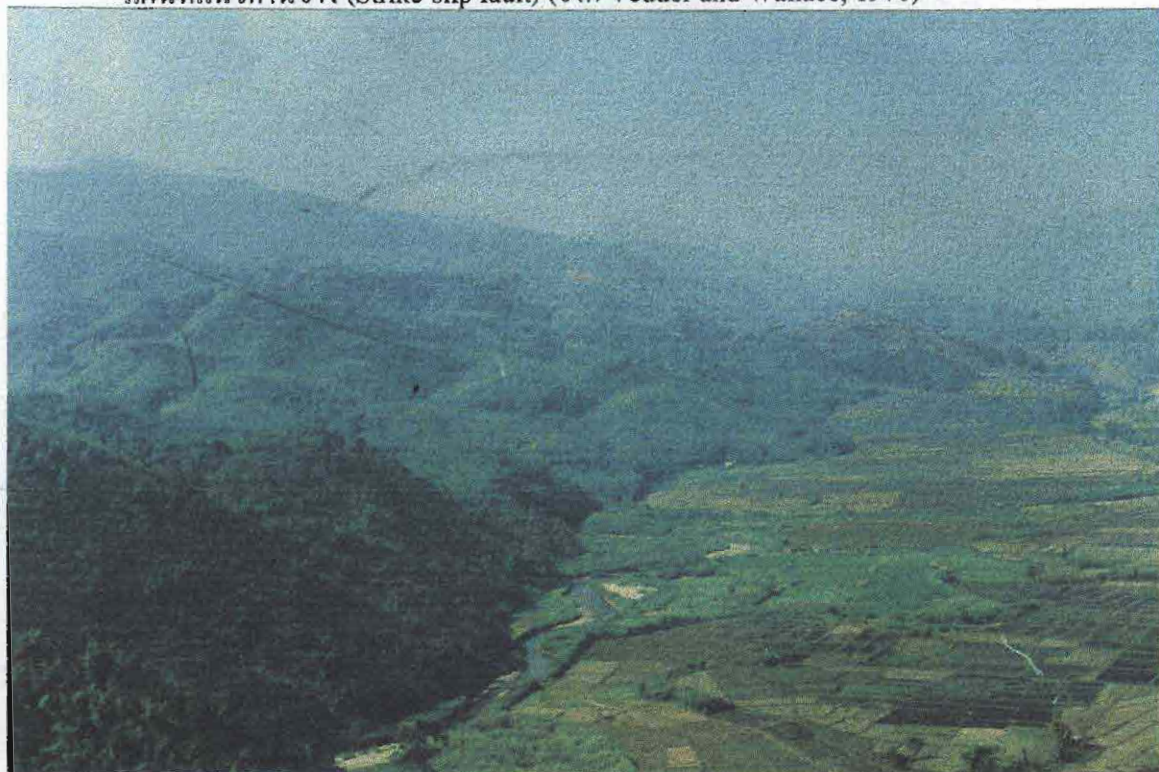


รูป 7.1 รอยเลื่อนแม่จัน(จังหวัดเชียงราย) แสดงการวางตัวในทิศเกือบตะวันออก-ตะวันตก และแยกเป็น แขนงรอยเลื่อนเชียงแสน

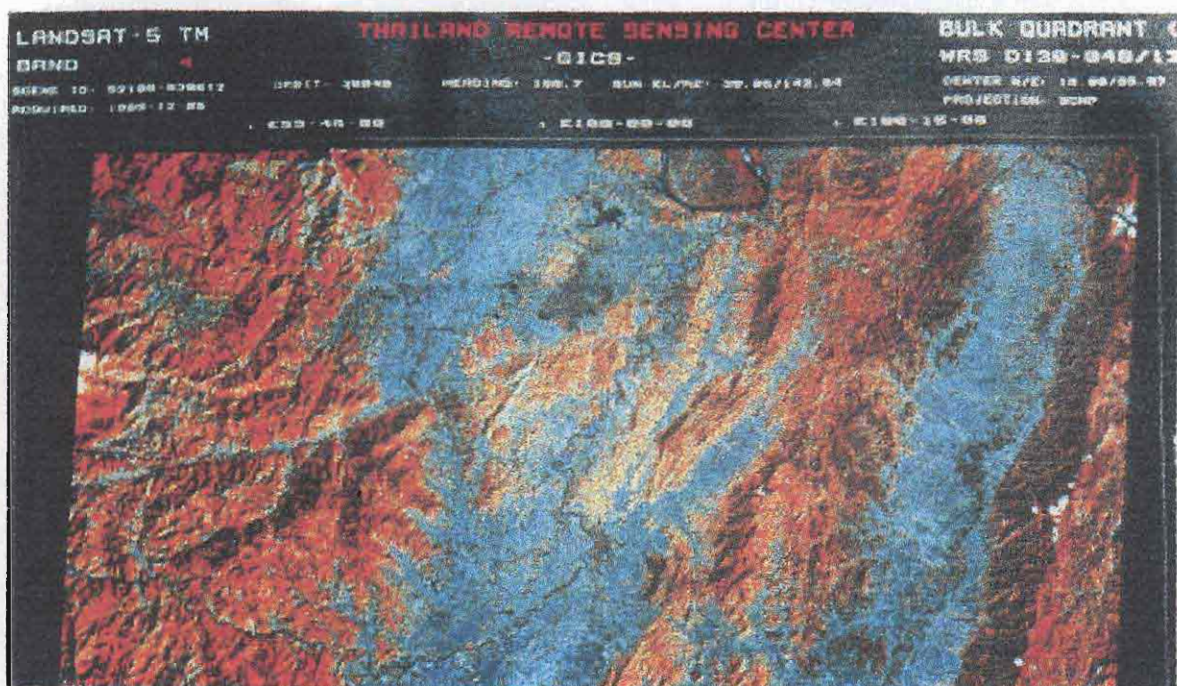
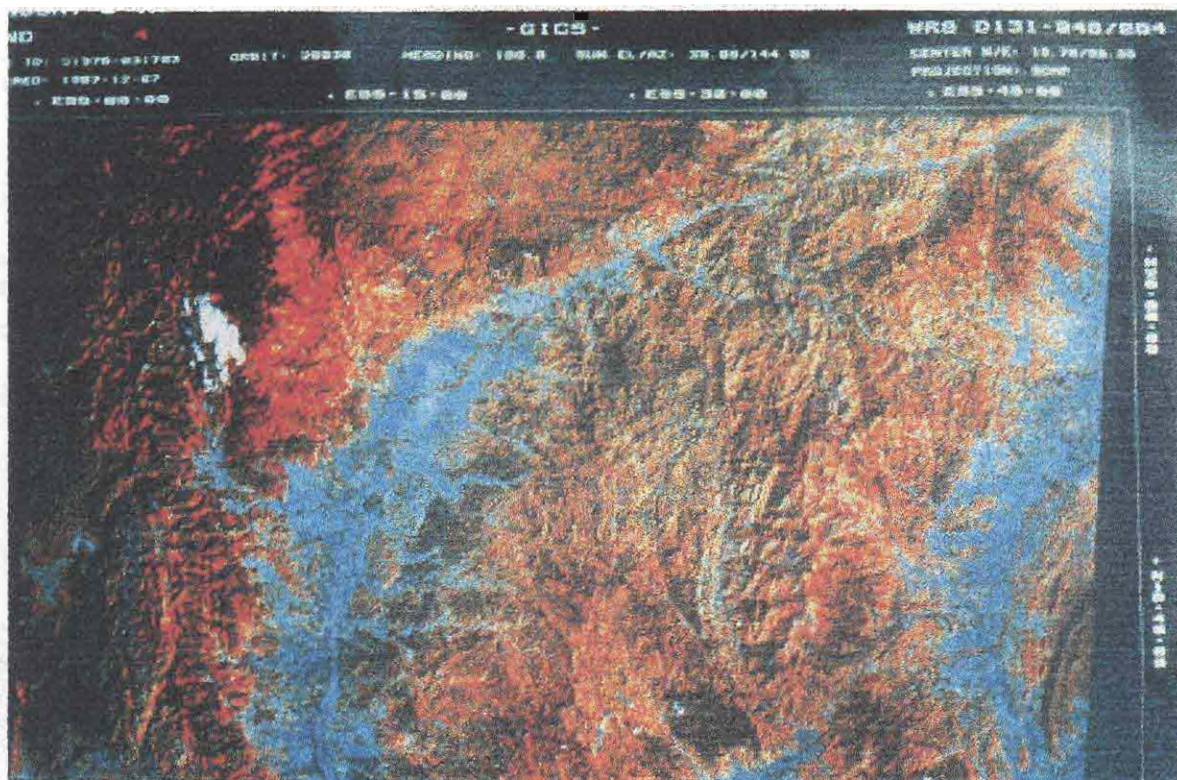




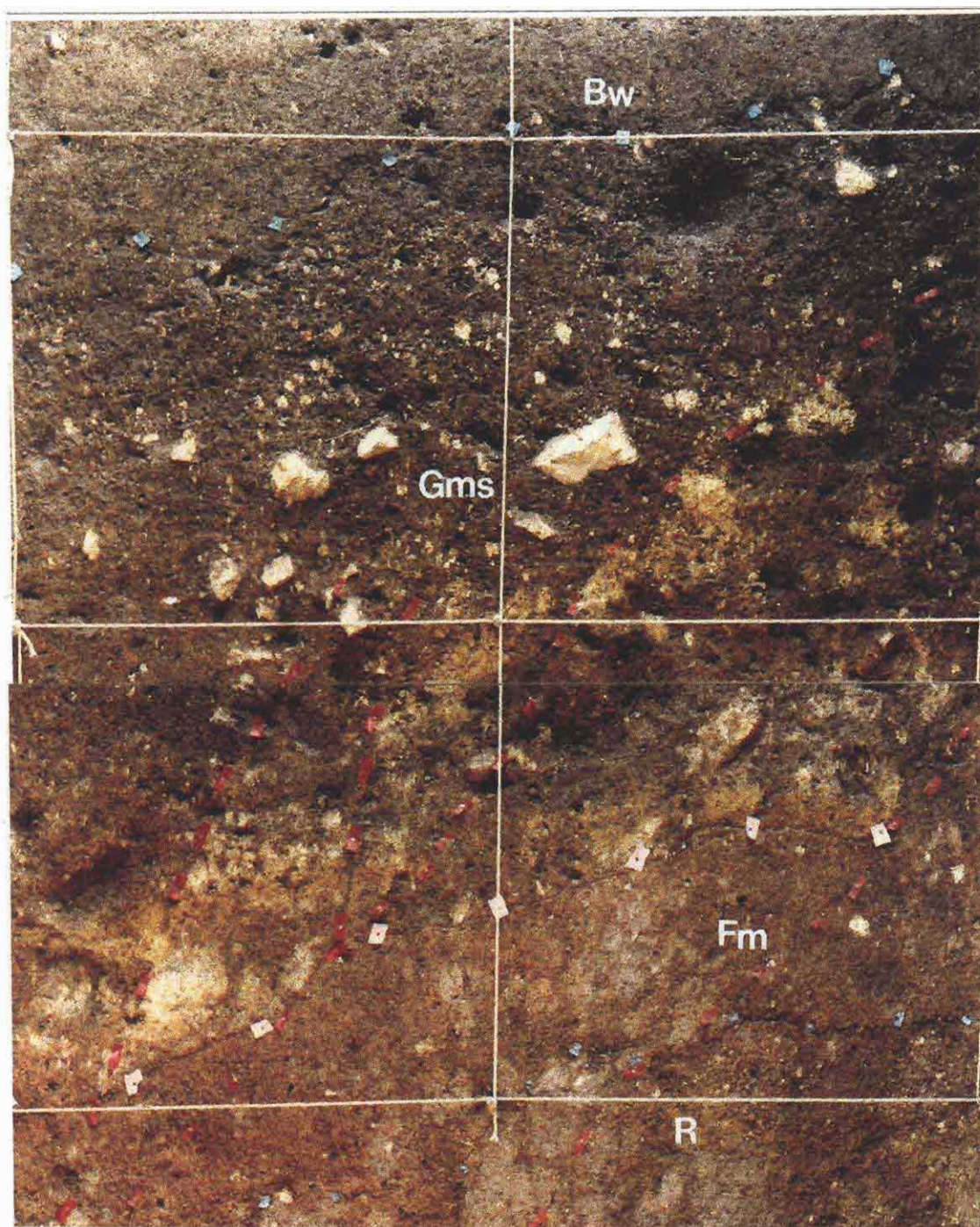
รูป 7.3ก ภาพไดอะแกรมของธรณีลักษณะที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนยุคปัจจุบัน
แผนที่แนวค้ำข้าง (Strike-slip fault) (จาก Vedder and Wallace, 1970)



รูป 7.3ข ภาพถ่ายที่ปรากฏบนรอยเลื่อนแม่จันติดกับเขตที่ราบ บริเวณบ้านห้วยมะหินฝน
อ. แม่จัน จ. เชียงราย

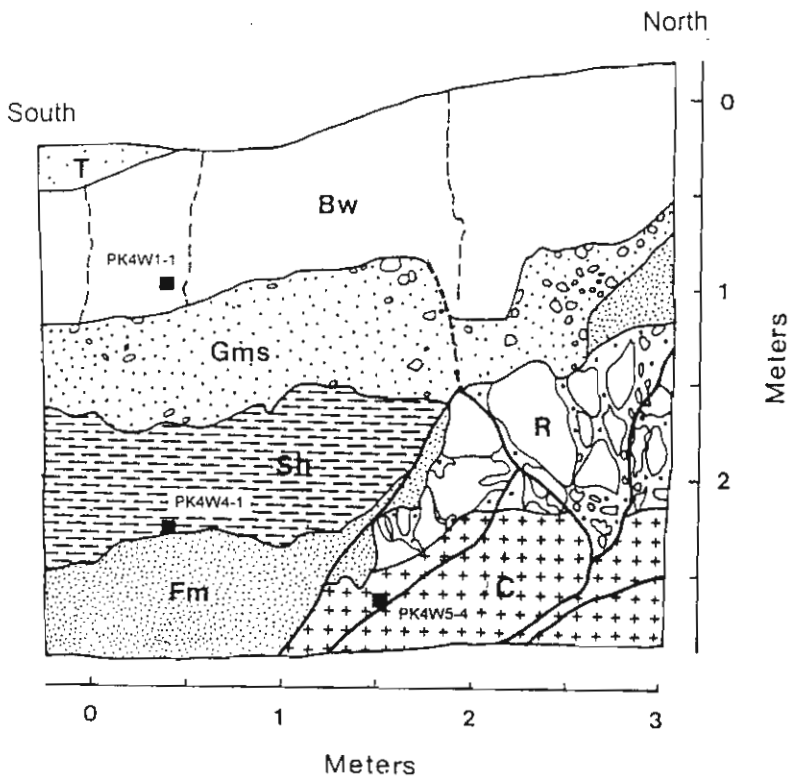


รูป 7.4 ภาพจากดาวเทียม Lansat TM5 (Band 7-5-4, น้ำเงิน-เขียว-แดง) แสดงลักษณะรอยเลื่อนแม่จัน ที่ต่อเลยเข้ามาถึงแอ่ง อ. ผ่าง จ. เชียงใหม่ (ภาพบน) และแนวที่ต่อเลยเข้าไปในประเทศลาวแถบ แม่น้ำโขง (ภาพล่าง)



รูป 7.5 แนวรอยเลื่อนตัดตะกอนหน่วย R, Fm และ Gms ในร่องสำรวจสาขาย่อยของ PK1 ผนัง
ตะวันตก

BAN PONG KHOM TRENCH NO.4 WEST WALL



SYMBOLS

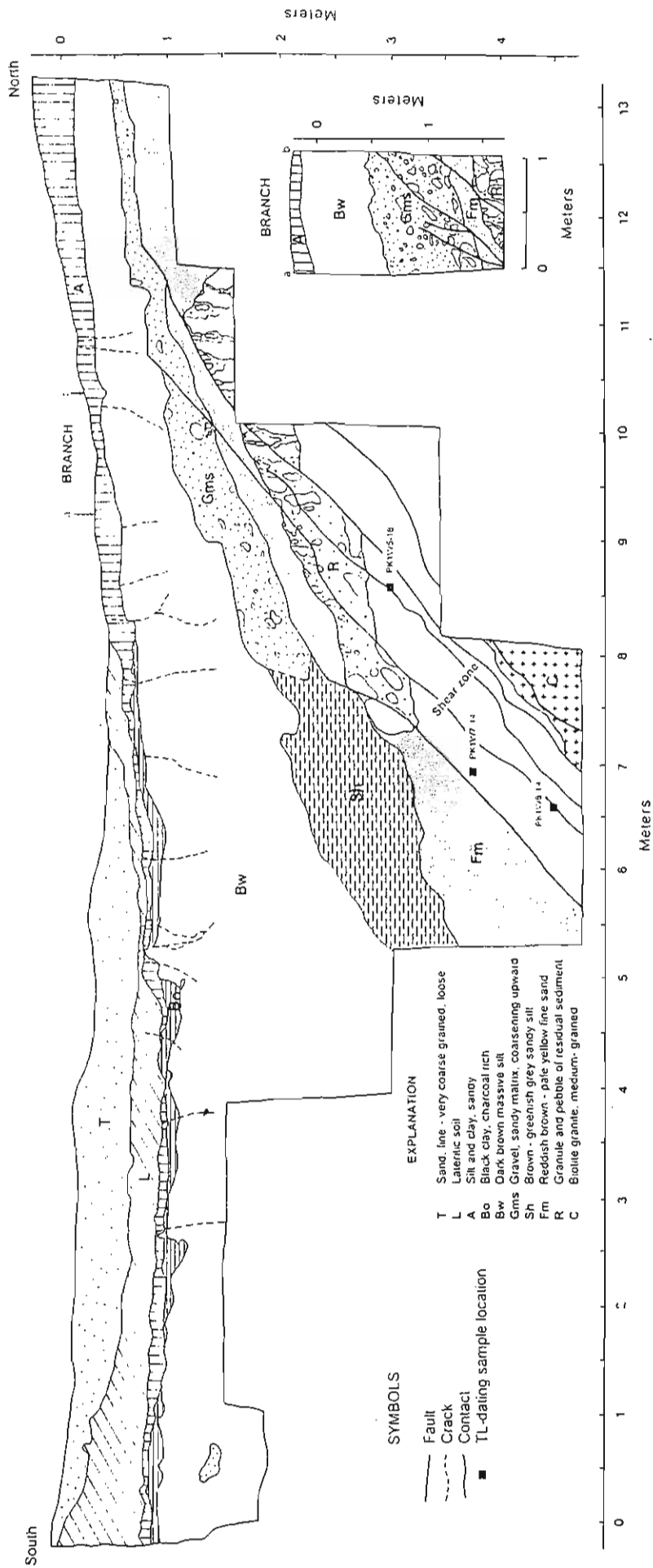
- Fault
- - - Crack
- ~ Contact
- TL-dating sample location

EXPLANATION

- T Sand, fine - very coarse grained, loose
- Bw Dark brown massive silt
- Gms Gravel, sandy matrix, coarsening upward
- Sh Brown - greenish grey sandy silt
- Fm Reddish brown - pale yellow fine sand
- R Granule and pebble of residual sediment
- C Biotite granite, medium-grained

รูป 7.6 ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉาก
รอยเลื่อน แม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย
ก. ผนังด้านตะวันตกของร่องสำรวจ PK4

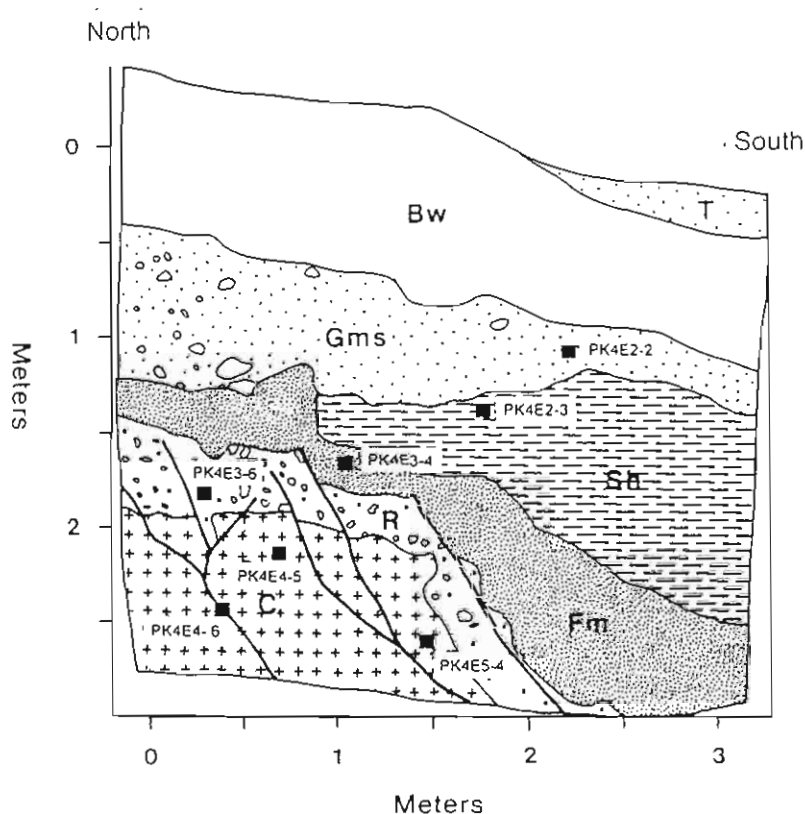
BAN PONG KHOM TRENCH NO.1
WEST WALL



รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอยเลื่อน แม่น้ำ และรอยที่ขนาบแม่น้ำ ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย

ข. แผนผังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK1

BAN PONG KHOM TRENCH NO.4 EAST WALL



SYMBOLS

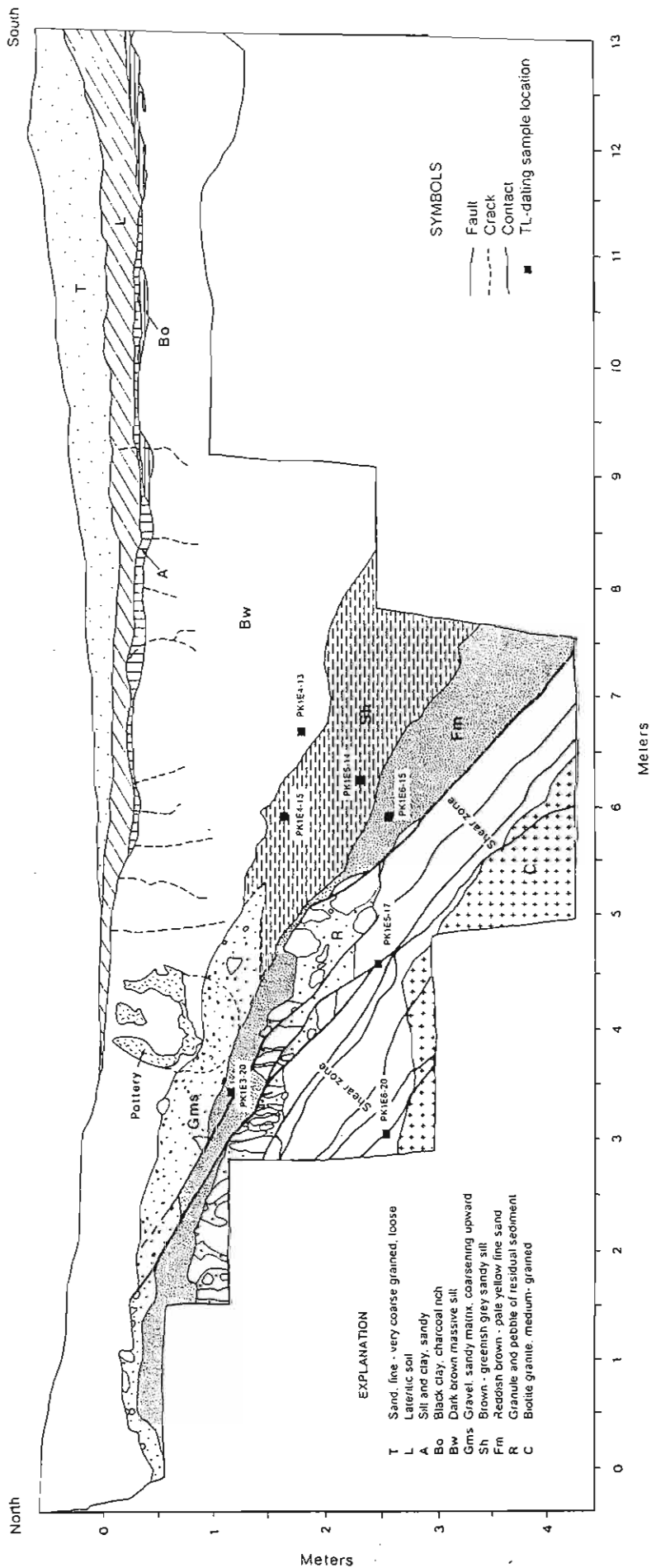
- Fault
- - - Crack
- Contact
- TL-dating sample location

EXPLANATION

- T Sand, fine - very coarse grained, loose
- Bw Dark brown massive silt
- Gms Gravel, sandy matrix, coarsening upward
- Sh Brown - greenish grey sandy silt
- Fm Reddish brown - pale yellow fine sand
- R Granule and pebble of residual sediment
- C Biotite granite, medium-grained

รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอยเลื่อน แม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย
ค. พนักด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK4

BAN PONG KHOM TRENCH NO.1
EAST WALL

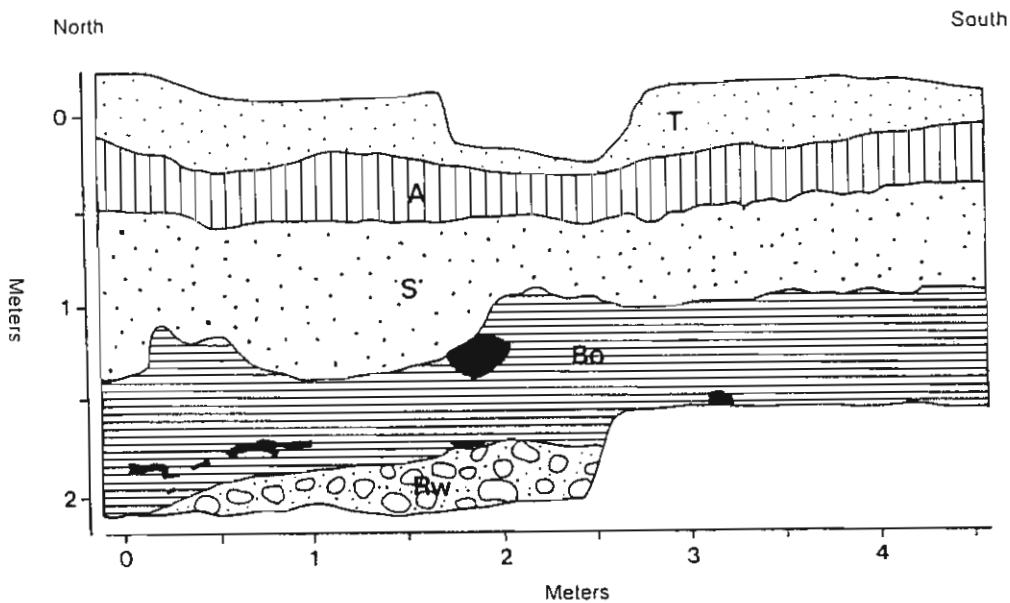


รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางที่เกือบตรงกลางของเนินแม่จัน และรอยพิชานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ.

เขียนราย

จ. ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK1

BAN PONG KHOM TRENCH NO.2
EAST WALL



EXPLANATION

- T Sand, fine - very coarse grained, loose
- A Silt and clay, sandy
- S Sand, medium - coarse, gravelly, fining upward
- Bo Black clay, wood and charcoal rich, sandy intercalation
- Rw Granule and pebble of transported sediment

SYMBOL

- Contact
- Woody stub

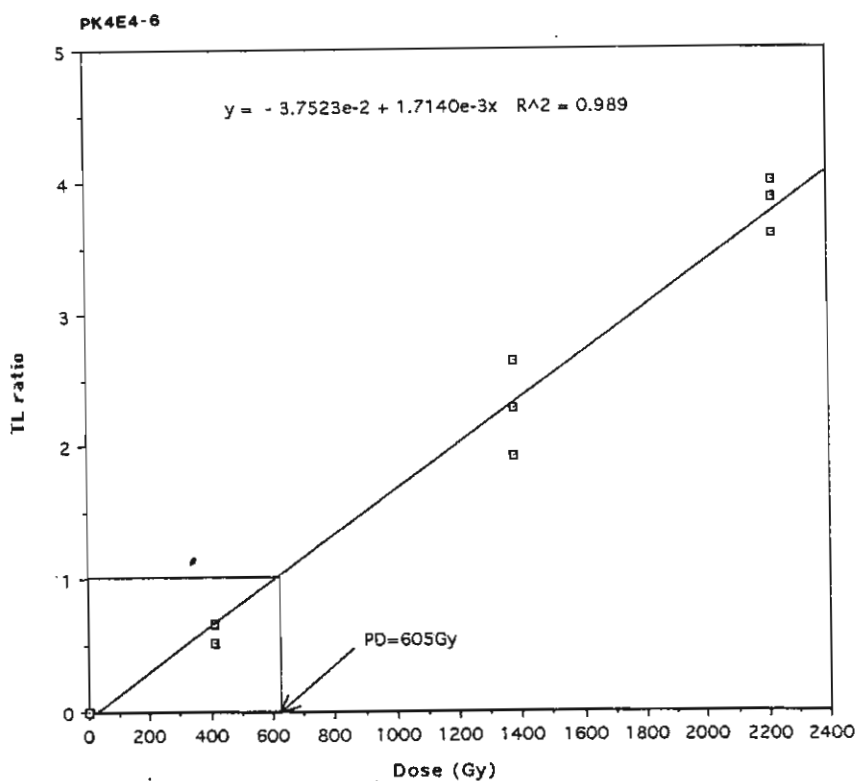
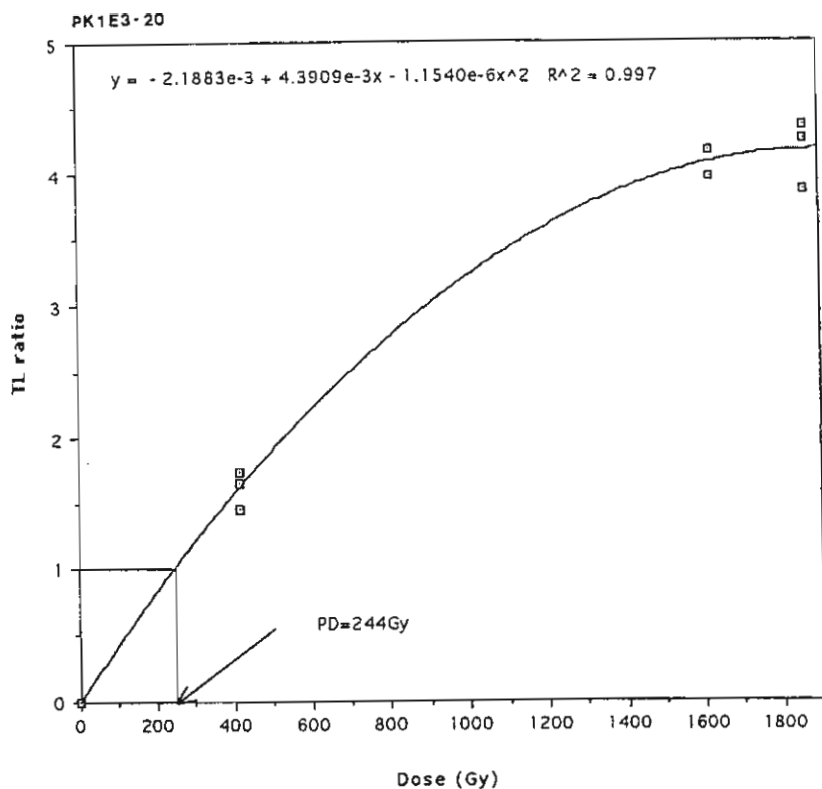
รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอยเลื่อน แม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย
จ. ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK2



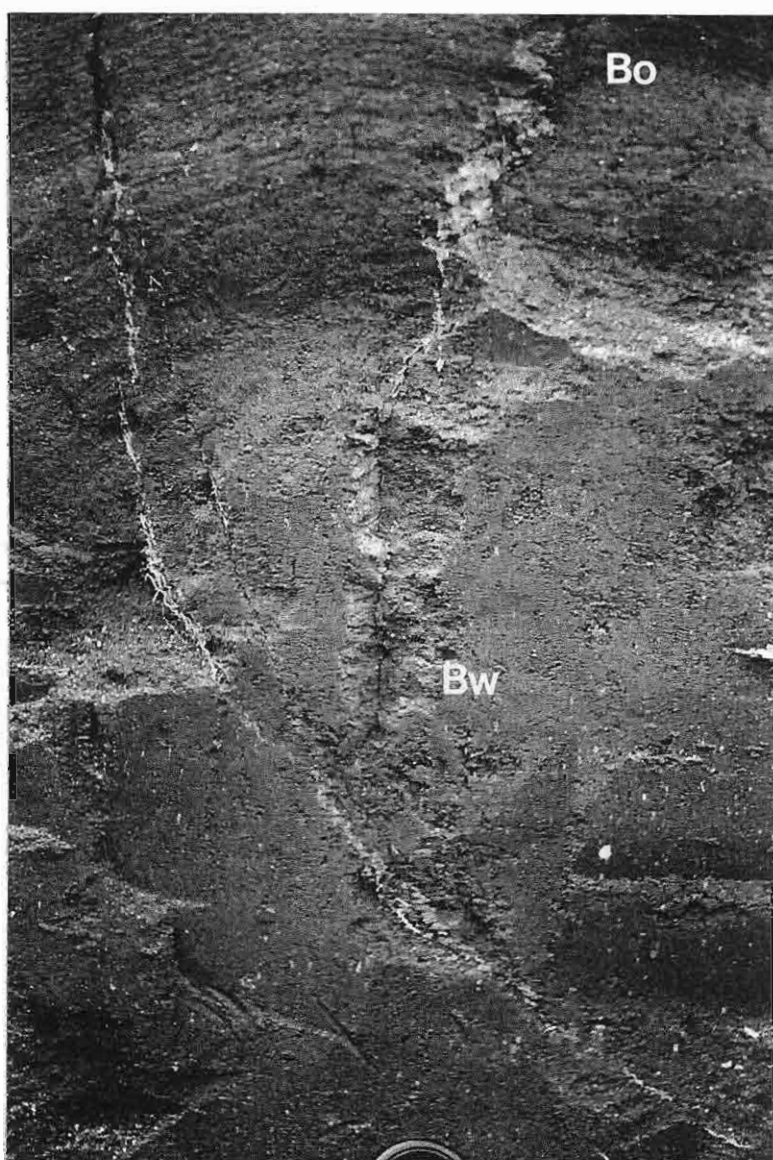
รูป 7.7 ผงรอยเลื่อนในหินแกรนิตผุมากที่ถูกรอยเลื่อนแม่จันทัดผ่านบริเวณ กม 57+000 ถนนแม่ฮาด
- แม่จัน ในเขตจังหวัดเชียงราย



รูป 7.8ก ภาพแสดงอุปกรณ์และเครื่องมือเทอร์โมมิเนสเซนส์ ณ ห้องปฏิบัติการทีมมหาวิทยาลัย Akita ประเทศญี่ปุ่น



รูป 7.8 ข กราฟความสัมพันธ์ของอัตราส่วนค่าสูงสุดของ TL Glow Curves ของตัวอย่างที่อบรังสี ต่อตัวอย่างธรรมชาติ (TL ratio) และปริมาณความเข้มของรังสีที่ใช้อบ เพื่อหาค่า Paleo Dose อันเป็นขั้นตอนสำคัญของการหาอายุโดยวิธี TL ตัวอย่างเป็นตะกอนที่สัมพันธ์กับ รอยเลื่อน จากร่องรอยสำรวจ ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย



รูป 7.9 ร่องร้าวแรงยึดตัว (Tension crack) ที่พบในตะกอนหน่วย Bo และ Bw ผนังด้านตะวันออก
ของร่องสำรวจ PK1 บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย

ตาราง 7.1 ผลการหาอายุของตัวอย่างตะกอนจากร่องสำรวจบ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย

หมายเลข	ร่องสำรวจ	หน่วย	ชนิดของตัวอย่าง	อายุจาก TL (พันปี)	อายุจาก C14 (พันปี)	อายุเฉลี่ย (พันปี)
PK2-8	PK2	Bo	เศษ ไม้		1.60±0.20	1.6
PK4W1-1	PK4	Bw	ทรายแป้งสีน้ำตาลเข้ม	21.14±4.59		22
PK1E4-13	PK1	Bw	ทรายแป้งสีน้ำตาลเข้ม	22.83±3.00		
PK4E2-2	PK4	Gms	ทรายแป้งสีน้ำตาลเหลือง	40.94±5.54		?
PK1E4-15	PK1	Sh	ทรายแป้งสีน้ำตาล	24.12±3.78		
PK1E5-14	PK1	Sh	ทรายสีเทาเขียว	36.55±8.79		32
PK4E2-3	PK4	Sh	ทรายสีเขียวจาง	36.89±6.78		
PK4W4-1	PK4	Sh	ทรายปนทรายแป้งสีเทา	32.42±5.23		
PK1E3-20	PK1	Fm	ทรายสีเหลือง	33.56±3.81		
PK1E6-15	PK1	Fm	ทรายสีเหลืองจาง	27.88±3.74		38
PK4E3-4	PK4	Fm	ทรายสีเหลืองจาง	52.04±10.67		
PK4E3-6	PK4	R	ทรายปนทรายแป้งสีเหลือง	53.46±12.14		?

ตาราง 7.2 ผลการหาอายุของผลรอยเลื่อนแม่จัน ในเขตจังหวัดเชียงราย

หมายเลข	ตำแหน่ง/ร่องสำรวจ	ชนิดตัวอย่าง	อายุจาก TL (พันปี)	อายุเฉลี่ย (พันปี)
MC25	กม.57+000 ถ.แม่จัน-แม่อาย	ผงรอยเลื่อนสีขาว	92.31±9.44	92
MC34	บ.คอยศรีแก้ว อ.เชียงแสน	ผงรอยเลื่อนสีค้ำ	48.46±6.61	48.5
PK1E6-20	PK1	ผงรอยเลื่อนสีขาว	8.52±1.90	8.5
PK1E5-17	PK1	ผงรอยเลื่อนสีขาว	20.19±2.77	
PK1W5-18	PK1	ผงรอยเลื่อนสีขาว	27.34±5.37	25.6
PK1W7-14	PK1	ผงรอยเลื่อนสีขาว	30.77±6.00	
PK1W8-14	PK1	ผงรอยเลื่อนสีขาว	34.89±5.90	
PK4W5-4	PK4	ผงรอยเลื่อนสีขาว	51.08±1.53	
PK4E4-5	PK4	ผงรอยเลื่อนสีขาว	73.08±16.40	67
PK4E4-6	PK4	ผงรอยเลื่อนสีขาว	77.56±11.80	
PK4E5-4	PK4	ผงรอยเลื่อนสีขาว	100.13±23.08	100