

บทที่ 13

เวลาทางธรณีวิทยา (GEOLOGIC TIME)

เวลาในทางธรณีวิทยาจะแตกต่างจากเวลาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพราะเวลาทางธรณีวิทยานั้นมีช่วงกว้างมาก ในช่วงเวลาอันสั้นของเวลาทางธรณีวิทยาอาจกินเวลานับเป็นพันหรือล้านปี นักธรณีวิทยาจะสนใจศึกษาเวลาในช่วงระยะที่โลกกำเนิดขึ้นมาเป็นดาวเคราะห์ในสภาพไร้สิ่งมีชีวิต จนกระทั่งได้มีสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้น และวิวัฒนาการจนถึงปัจจุบันนี้ เหตุการณ์เหล่านี้จะถูกบันทึกอยู่ในชั้นหินทั่วโลก เพราะฉะนั้น นักธรณีวิทยาต้องคำนวณอายุของชั้นหินและซากดึกดำบรรพ์ที่พบ เพื่อสร้างปฏิทินของเหตุการณ์ในอดีตอย่างละเอียด การหาระยะเวลาหรืออายุของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในอดีต ในทางธรณีวิทยานั้นแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ เวลาสัมบูรณ์ (Absolute time) และเวลาสัมพัทธ์ (Relative time)

13.1 เวลาสัมบูรณ์

เวลาสัมบูรณ์ เป็นการหาอายุของหินหรือวัตถุต่าง ๆ ที่สามารถบอกได้เป็นจำนวนปี โดยคำนวณจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีที่พบอยู่ในหินหรือวัตถุนั้น ๆ นอกจากนี้ในชั้นหินตะกอนจะคำนวณเวลาได้จากอัตราการสะสมของตะกอนนั่นเอง

13.1.1 กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) เป็นวิธีการหาอายุของหินโดยอาศัยธาตุกัมมันตรังสีเป็นหลัก ธาตุกัมมันตรังสีจะอยู่ปะปนกับธาตุต่าง ๆ มากมายบนเปลือกโลก แต่ธาตุกัมมันตรังสีจะมีการสลายตัวอยู่ตลอดเวลาจนปัจจุบันนี้จะเหลือเฉพาะธาตุกัมมันตรังสีที่มีช่วงครึ่งชีวิต (half life) ที่ยาวนาน ครึ่งชีวิตของธาตุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ธาตุบางชนิดคิดเป็นเศษส่วนของวินาทีเท่านั้น บางชนิดอาจนานหลายล้านปี ครึ่งชีวิตหมายถึงระยะเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวลดปริมาณลง ไปครึ่งหนึ่ง

การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีแต่ละชนิดจะให้ธาตุใหม่ที่ไม่ใช่ธาตุกัมมันตรังสีเกิดขึ้น ซึ่งจะผ่านขั้นตอนต่าง ๆ แตกต่างกันไป และธาตุกัมมันตรังสีเหล่านี้จะมีการกระจายรังสี

ออกสู่สิ่งแวดล้อมตลอดเวลา รังสีที่กระจายออกมาสู่สิ่งแวดล้อมนี้จะออกมาอยู่ 3 รูปแบบคือรังสีอัลฟา รังสีเบตาและรังสีแกมมา รังสีต่าง ๆ นี้เมื่อกระทบกับวัสดุใด ๆ ก็ก่อให้เกิดพลังงานขึ้น

นักธรณีวิทยาได้ให้ความสนใจต่อธาตุกัมมันตรังสีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตรา การสลายตัวของธาตุเหล่านี้ ทั้งนี้เพราะว่าอัตราการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีไม่ขึ้นอยู่กับ สภาพของสิ่งแวดล้อม นั่นคือ อุณหภูมิและความดัน ไม่มีอิทธิพลต่อการสลายตัว ฉะนั้นอัตราการ สลายตัวของมันจะต้องคงที่เสมอ ไม่ว่าสภาวะภายใต้เปลือกโลกจะเป็นเช่นไร เราสามารถวัด อายุของสารที่มีธาตุกัมมันตรังสีได้โดยการหาอัตราส่วนระหว่างธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่เดิม (parent element) และธาตุที่เกิดขึ้นภายหลังการสลายตัว (daughter element) จาก อัตราส่วนนี้เราก็สามารถหาระยะเวลาดังแต่ธาตุนั้น เกิดจนถึงปัจจุบัน ดูตัวอย่างธาตุกัมมันตรังสี บางตัวที่ใช้ในการหาอายุของแร่และหินในตารางที่ 13.1 สำหรับหินที่มีอายุมาก ๆ นั้น จะใช้ ธาตุ K-40, Ru-87, U-235, U-238 และ Th-232 เป็นตัวคำนวณอายุที่สำคัญ แต่ถ้าเป็น เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่นานนักก็ใช้ C-14

ตารางที่ 13.1 ธาตุกัมมันตรังสีบางตัวที่ใช้ในการหาอายุ

ธาตุกัมมันตรังสี (parent element)	ครึ่งชีวิต (half life)	ธาตุคงที่สุดท้าย (daughter element)
คาร์บอน 14 (C ₁₄)	5.730 ปี	ไนโตรเจน 14 (N ₁₄)
โพแทสเซียม (K ₄₀)	1,300 ล้านปี	อาร์กอน 40 (Ar ₄₀)
รูบิเดียม 87 (Ru ₈₇)	47.000 ล้านปี	สตรอนเชียม 87 (Sr ₈₇)
ยูเรเนียม 235 (U 235)	713 ล้านปี	ma& 207 (Pb ₂₀₇)
ยูเรเนียม 238 (U ₂₃₈)	4,510 ล้านปี	ตะกั่ว 206 (Pb ₂₀₆)
ทอเรียม 232 (Th ₂₃₂)	13,900 ล้านปี	ตะกั่ว 208 (Pb ₂₀₈)

(ที่มา : ดัดแปลงจาก : Leet & Judson, 1971 หน้า 175)

1. วิธียูเรเนียม-ทอเรียม-ตะกั่ว (Uranium-Thorium-Lead Method)

ยูเรเนียมเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีความสำคัญและมีไอโซโทป (isotopes) หลายชนิด แต่มีสองชนิดที่ใช้ในการคำนวณหาอายุคือ ยูเรเนียม 235 และยูเรเนียม 238 ยูเรเนียม 238 จะมีมากกว่ายูเรเนียม 235 ยูเรเนียม 235 และยูเรเนียม 238 จะสลายตัวให้ตะกั่ว 207 และตะกั่ว 206 ตามลำดับ นอกจากนี้มีธาตุกัมมันตรังสีทอเรียม 232 ที่สลายตัวให้ตะกั่ว 208 ยูเรเนียมและทอเรียมจะมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกันจึงมักเกิดอยู่ร่วมกัน แร่ที่มียูเรเนียมอยู่ก็พบทอเรียมด้วย ในธรรมชาติยังพบตะกั่ว 204 ที่ไม่ได้เกิดจากการสลายตัวของธาตุใด ๆ ฉะนั้นจึงคิดให้ปริมาณของตะกั่วชนิดนี้คงที่ตั้งแต่มันเริ่มเกิดขึ้น วิธีหาอายุสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างยูเรเนียมหรือทอเรียมกับตะกั่วแต่ละชนิด (U_{235}/Pb_{207} , U_{238}/Pb_{206} , Th_{232}/Pb_{208}) หรือคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างตะกั่วแต่ละชนิด (Pb_{207}/Pb_{206}) วิธีนี้เรียกว่าวิธีตะกั่ว-ตะกั่ว (Lead-Lead Method) ตะกั่วทุกชนิดจะเกิดอยู่รวมกันในสินแร่ โดยมีอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

ยูเรเนียมพบในหินอัคนี หินแปร และในแร่ยูเรไนต์ แร่พิตช์เบลนด์ แร่เซอร์คอน ดังนั้นหินและแร่เหล่านี้สามารถคำนวณหาอายุโดยวิธีนี้ได้ผลดี และสามารถหาอายุได้มากกว่า 100 ล้านปีขึ้นไป

2. วิธีรูบิเดียม-สตรอนเซียม (Rubidium-Strontium Method) รูบิเดียม

87 เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้สตรอนเซียม 87 จะสลายตัวอย่างช้า ๆ เพราะมีค่าครึ่งชีวิตยาวนาน วิธีนี้จึงใช้ได้ดีสำหรับหินที่มีอายุมาก ๆ และไม่มียูเรเนียมอยู่ด้วย การคำนวณหาอายุของแร่และหินใช้อัตราส่วนระหว่างรูบิเดียม 87 กับสตรอนเซียม 87 (Pb_{87}/Sr_{87}) แต่สตรอนเซียมอาจเกิดขึ้นเองในธรรมชาติคือสตรอนเซียม 86 ซึ่งใช้คำนวณหาอายุได้ ถ้าปริมาณของรูบิเดียม 87 มีน้อยก็ใช้อัตราส่วนของสตรอนเซียม 87 กับสตรอนเซียม 86 (Sr_{87}/Sr_{86})

ธาตุรูบิเดียมมักพบในแร่ที่มีโพแทสเซียม โดยอะตอมของรูบิเดียมเข้าไปแทนที่อะตอมของโพแทสเซียมในโครงสร้าง เช่น แร่มีสโคไวต์ แร่ไบโอไทต์ แร่ไมโครไคลน์ แร่กลอโคไนต์ และในหินอัคนี หินแปร คำนวณอายุได้มากกว่า 100 ล้านปี

3. วิธีโพแทสเซียม-อาร์กอน (Potassium-Argon Method) โพแทสเซียม

จะเป็นธาตุที่เกิดขึ้นมากและเป็นส่วนประกอบอยู่ในแร่และหินหลายชนิด มีหลายไอโซโทป เช่น

โพแทสเซียม 39 โพแทสเซียม 40 และโพแทสเซียม 41 แต่ที่เป็นธาตุกัมมันตรังสี คือ โพแทสเซียม 40 ซึ่งจะสลายตัวให้แคลเซียม 40 และอาร์กอน 40 การคำนวณหาอายุไม่นิยมใช้แคลเซียม 40 เพราะในธรรมชาติแร่ประกอบหินทั่วไปจะมีแคลเซียม 40 เป็นส่วนประกอบอยู่มาก ทำให้แยกออกจากกันยาก วิธีที่นิยมใช้คือโพแทสเซียมสลายตัวไปเป็นอาร์กอน 40 โดยหาปริมาณของโพแทสเซียม 40 และอาร์กอน 40 ในตัวอย่าง อาร์กอน 40 เป็นก๊าซเฉื่อยจึงไม่รวมกับธาตุอื่น

โพแทสเซียมพบทั่วไปในหินอัคนี โดยเฉพาะหินอัคนีภูเขาไฟ หินแปร และหินชั้น และพบในแร่มีสโคไวต์ แร่ไบโอไทต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ แร่กลอโคไนต์ แร่ซานิติน ใช้คำนวณอายุได้มากกว่า 10 ล้านปีขึ้นไป

4. วิธีคาร์บอน 14 (Carbon-14 Method) คาร์บอน 14 เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นตลอดเวลาในบรรยากาศของโลก โดยการชนของรังสีคอสมิก (cosmic ray) ต่ออะตอมของไนโตรเจน 14 คาร์บอน 14 ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่สารอินทรีย์ทุกชนิด สะสมตัวเรื่อย ๆ จนกว่าสิ่งมีชีวิตนั้นตายลง คาร์บอน 14 ที่สะสมอยู่ก็จะสลายตัวเป็นไนโตรเจน 14 วิธีการคำนวณทำได้โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนของคาร์บอน 14 ที่เหลือในตัวอย่างกับปริมาณของคาร์บอน 14 ในตัวอย่างที่มีชีวิต หรืออัตราส่วนของคาร์บอน 14 กับคาร์บอนอื่น ๆ ในตัวอย่าง เช่น คาร์บอน 12

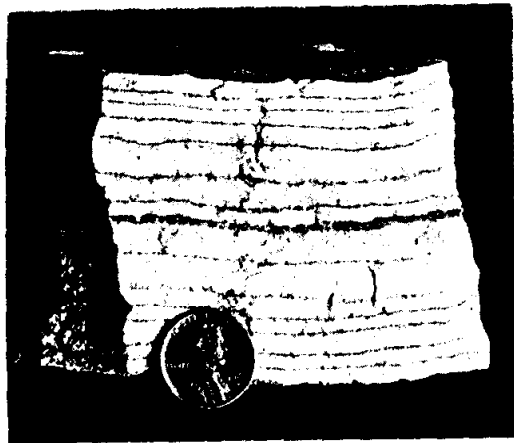
คาร์บอน 14 จะมีช่วงครึ่งชีวิตสั้น จึงใช้หาอายุของซากสิ่งมีชีวิต เช่น ไม้ กระดูก เปลือกหอย ที่มีอายุระหว่าง 100-60,000 ปีได้ดี และในหินตะกอนที่มีอายุไม่มากนัก ปัจจุบันวิธีคาร์บอน 14 ใช้ในการหาอายุทางโบราณคดีวิทยามาก

13.1.2 การตกตะกอน (Sedimentation) การตกตะกอนเป็นวิธีหาอายุสัมบูรณ์ของหินตะกอน โดยการคำนวณอัตราของการสะสมของตะกอน นักธรณีวิทยาจะคำนวณปริมาณของตะกอนที่สะสมตัวในแต่ละปีว่ามีอัตราเท่าใด หน่วยเป็นจำนวนปีต่อหนึ่งฟุต แล้วคำนวณความหนาสูงสุดของหินตะกอนตั้งแต่เริ่มสะสมตัวจนถึงปัจจุบัน เอาตัวเลขที่ได้มาคูณกัน ผลลัพธ์จะเป็นจำนวนปีที่ตะกอนมีการสะสม

นอกจากนี้การตกตะกอนที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลในแต่ละปีก็เรียกว่า วาร์ฟ (varve) ที่ใช้คำนวณหาเวลาได้ วาร์ฟจะเป็นชั้นตะกอนเรียงซ้อนกันเป็นชั้น

บาง ๆ ซึ่งในแต่ละชั้นมันใช้เวลาในการสะสมตัวของตะกอนประมาณ 1 ปี ดังนั้นจากการนับจำนวนชั้นทั้งหมดเราก็สามารถคำนวณเวลาที่ต้องใช้ในการสะสมเป็นหินตะกอนขึ้นมา (ดูรูปที่ 13.1)

วาร์ฟที่เห็นชัดส่วนมากเกิดจากธารน้ำแข็ง แต่ในบริเวณอื่น ๆ ก็เกิดได้ เช่น เกิดในทะเลสาบ เกิดในท้องทะเล โดยการทับถมของหินดินดานหรือเกิดในชั้นหินเกลือ ตัวอย่าง เช่น บริเวณคาบสมุทรสแกนดิเนเวีย นครควีนส์ทาวน์นิวซีแลนด์ บารอน เดอ เกียร์ (Baron de Geer) ศึกษาวาร์ฟที่เกิดขึ้นกับทะเลสาบน้ำแข็ง ทำให้สามารถติดตามเหตุการณ์ ภูมิประเทศรอบ ๆ ทะเลบอลติก ย้อนหลังไปได้ถึง 20,000 ปี และในสหรัฐอเมริกาที่แม่น้ำกรีน (Green River) ในรัฐไวโอมิ่ง มีการศึกษาหินดินดาน ซึ่งประกอบด้วยชั้นบาง ๆ แต่ละชั้นเกิดขึ้นภายในเวลา 1 ปี ตะกอนในแต่ละปีจะมีความหนาแน่นน้อยกว่า 0.017 เซนติเมตร ความหนาแน่นทั้งหมดประมาณ 980 เมตร เท่ากับหินดินดานพวกนี้ใช้เวลาในการเกิดประมาณ 6.5 ล้านปี



รูปที่ 13.1 แสดงวาร์ฟเกิดบริเวณทะเล ประกอบด้วยชั้นของแร่แอนไฮไดรต์ (ชั้นหนาสีขาว) สะสมตัวในช่วงฤดูกลางแห้งแล้ง และชั้นของแร่แคลไซต์ปนกับสารอินทรีย์ (ชั้นบางสีดำ) สะสมตัวในช่วงฤดูกลางความชื้นสูง

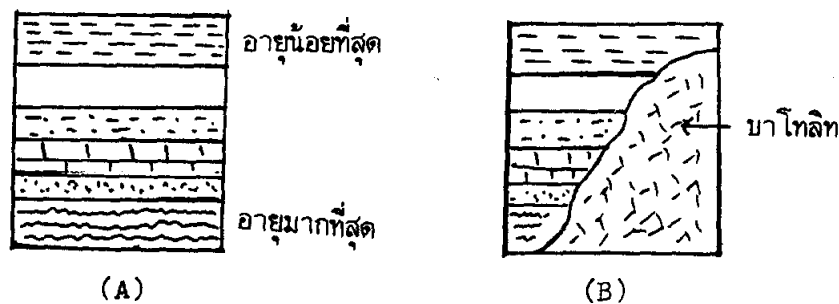
(ที่มา : Eicher, 1968 หน้า 76)

13.2 เวลาสัมพัทธ์

เวลาสัมพัทธ์เป็นการหาระยะเวลาหรืออายุโดยการนำเอาเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมดมาเรียงลำดับการเกิด เพื่อเปรียบเทียบว่าเหตุการณ์หนึ่งมีอายุน้อยกว่าหรือมากกว่าอีกเหตุการณ์หนึ่ง โดยทั่วไป เป็นการหาระยะเวลาในหินตะกอน หรือหินที่มีซากดึกดำบรรพ์ ส่วนหินที่ไม่มีซากดึกดำบรรพ์มักหาอายุแบบสัมบูรณ์ การหาอายุแบบสัมพัทธ์ส่วนมากอาศัยหลักการต่าง ๆ ดังนี้

13.2.1 กฎการลำดับชั้น (Law of Superposition) นิโคไลส สเตโน

(Nicolaus Steno) ได้ศึกษาและสังเกตการสะสมของตะกอนจากการทับถมกันทั้งในน้ำและอากาศ จึงได้ตั้งกฎที่เกี่ยวข้องกับการหาอายุสัมพัทธ์ของหินตะกอนชั้น ที่สำคัญคือกฎการลำดับชั้น ซึ่งกล่าวว่าการเรียงลำดับชั้นหินที่ยังไม่มีการผันกลับ (overturn) ของชั้นหิน ให้ถือว่าชั้นหินที่วางตัวอยู่ล่างสุดมีอายุมากที่สุด และชั้นหินที่อยู่บนสุดมีอายุน้อยที่สุด อธิบายง่าย ๆ ได้ว่า การทับถมของตะกอนในปัจจุบันจะวางตัวอยู่บนตะกอนที่ทับถมกันเมื่อปีที่แล้ว และจะเป็นไปเช่นนี้ตลอดสุดท้าย การทับถมที่อยู่ล่างสุดจะมีอายุมากและอายุน้อยจะอยู่บนสุด (ดูรูปที่ 13.2A) นอกจากนี้ สเตโนยังอธิบายว่าหินตะกอนโดยทั่วไปการทับถมของตะกอนเริ่มแรกจะทำให้เกิดชั้นในแนวราบเสมอ (Original horizontality)



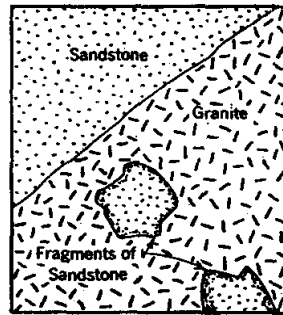
รูปที่ 13.2. การหาเวลาสัมพัทธ์

- (A) กฎการลำดับชั้น ชั้นหินที่มีอายุมากอยู่ล่างและอายุน้อยอยู่บน
- (B) กฎการสัมพันธ์ในการตัดผ่าน บาโทลิตจะมีอายุน้อยกว่าชั้นหินทั้งหมดที่มันแทรกขึ้นมา

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Foster, 1983 หน้า 328)

13.2.2 กฎการสัมพันธ์ในการตัดผ่าน (Law of cross-cutting

relationship) เจมส์ ฮัตตัน (James Hutton) ได้คิดวิธีหาอายุสัมพันธ์โดยดูความสัมพันธ์ในการตัดผ่านของหิน ซึ่งกฎนี้อธิบายว่าหินทุกชนิดที่ตัดผ่านชั้นหินชั้นมาจะมีอายุน้อยกว่าชั้นหินนั้น ตัวอย่างเช่นถ้าคนเฝ้าจะเป็นไดร์หรือบาโทลิตก็ได้ ที่แทรกเข้าไปในชั้นหินตะกอน ไดร์หรือบาโทลิตจะมีอายุน้อยกว่าหินตะกอน (ดูรูปที่ 13.2B) เราอาจจะหาเวลาสัมพันธ์ของหินจากเศษหินแปลกปลอม (inclusions) ได้ หลักนี้กล่าวว่าหินที่มีเศษหินอื่นฝังอยู่จะมีอายุน้อยกว่าหินที่เป็นเศษหินนั้น (ดูรูปที่ 13.3)



รูปที่ 13.3 แสดงเศษหินแปลกปลอมของหินทรายในหินแกรนิต

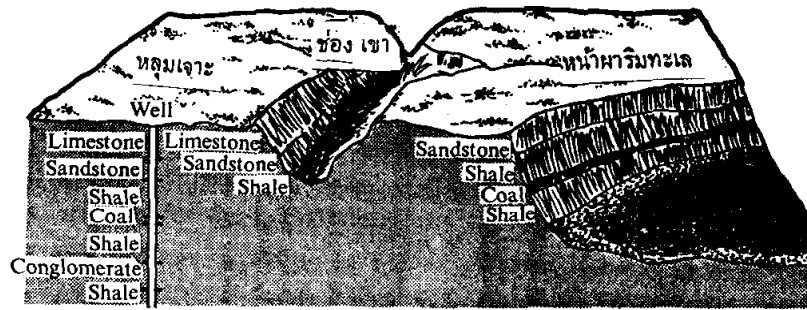
ดังนั้นหินทรายจะมีอายุมากกว่าหินแกรนิต

(ที่มา : Stokes, 1965 หน้า 62)

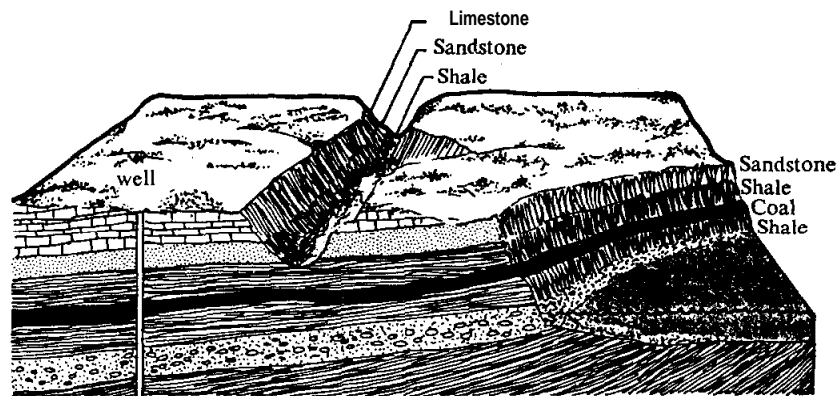
13.2.3 การเทียบสัมพันธ์ของหินตะกอน (Correlation of sedimentary

rocks) การหาเวลาสัมพันธ์ที่สำคัญและมีขอบเขตกว้างขวางคือการเทียบสัมพันธ์ของหินตะกอน โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพของหินตะกอน หรือจากซากดึกดำบรรพ์ในชั้นหินตะกอนจากหลาย ๆ บริเวณ แล้วนำมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ต่อเนืองกันของชั้นหิน ก็จะทราบว่าชั้นหินหรือเหตุการณ์ใดเกิดก่อนเกิดหลัง

การเทียบสัมพันธ์จากลักษณะทางกายภาพ (Correlation by physical features) เป็นการศึกษาลักษณะทางกายภาพของชั้นหินตะกอนที่โผล่ให้เห็นในแต่ละบริเวณที่อยู่ห่างไกลกันไม่มากนักนำมาเชื่อมโยงกัน เราก็จะได้ชั้นหินเรียงตามลำดับการเกิด (ดูรูปที่ 13.4 และ 13.5)



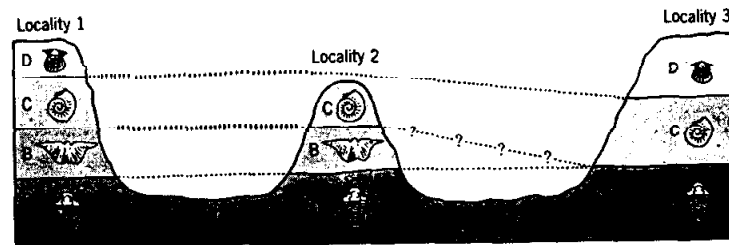
รูปที่ 13.4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ของหินตะกอนจากสามบริเวณ
(ที่มา : ดัดแปลงจาก Leet & Judson, 1971 หน้า 181)



รูปที่ 13.5 แสดงการเชื่อมโยงหินในบริเวณทั้งสามตามรูปที่ 13.4
(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 181)

การเทียบสัมพันธ์จากซากดึกดำบรรพ์ (Correlation by fossils) ซากดึกดำบรรพ์มีความสำคัญในการหาอายุสัมพันธ์ของหินตะกอนที่อยู่ห่างไกลกันมาก ๆ วิลเลียม สมิท (William Smith) ได้ศึกษาซากดึกดำบรรพ์ที่ฝังอยู่ในชั้นหินตะกอนและพบว่าชั้นหินแต่ละชั้นจะมีซากดึกดำบรรพ์แตกต่างกันไป จึงตั้งกฎการสืบลำดับของสัตว์ (Law of Faunal Succession) ขึ้น กฎนี้กล่าวว่าชั้นหินที่มีอายุที่แตกต่างกันจะมีกลุ่มของซากดึกดำบรรพ์ที่แตกต่างกันด้วย (ดูรูปที่ 13.6) ดังนั้นถ้าหินเกิดในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งอาจเป็นหินต่างชนิดกัน

ซากดึกดำบรรพ์ย่อมมีลักษณะเหมือนกัน ซากดึกดำบรรพ์ที่ใช้บอกอายุของชั้นหินได้จะเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่เกิดแพร่หลายในช่วงระยะเวลาอันสั้นแล้วสูญพันธุ์หมดไป เราเรียกซากดึกดำบรรพ์ดัชนี (index fossil) ซากดึกดำบรรพ์จะบอกถึงวิวัฒนาการของมันและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ณะที่มันดำรงชีวิตอยู่



รูปที่ 13.6 แสดงความสัมพันธ์ของชั้นหินในสามบริเวณที่อยู่ห่างไกลกัน โดยศึกษาซากดึกดำบรรพ์ที่พบในชั้นหินนั้น (ที่มา : Flint & Skinner, 1977 หน้า 92)

13.3 ธรณีคอลัมน์

โดยอาศัยกฎการลำดับชั้นและการเทียบสัมพันธ์จากซากดึกดำบรรพ์ นักธรณีวิทยาได้จัดเรียงหินตะกอนทุกชนิดเท่าที่พบในโลกตามลำดับการเกิดก่อนหลังเป็นคอลัมน์ (column) โดยให้หินอายุมากที่สุดอยู่ล่างและน้อยสุดอยู่บน เมื่อเรียงเสร็จแล้วก็จัดการแบ่งหินออกเป็นกลุ่มตามความแตกต่างอย่างเด่นชัดของซากดึกดำบรรพ์และหลักฐานการขาดช่วงแบบทันทีทันใด และให้ชื่อกลุ่มหินแต่ละกลุ่ม เรียกการลำดับชั้นหินทั้งหมดนี้ว่าธรณีคอลัมน์ (Geologic column) ดูตารางที่ 13.2

ปัจจุบันจากความก้าวหน้าในการศึกษาเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์ เราพบว่าวิวัฒนาการของมันตามกฎการสืบลำดับของสัตว์เป็นไปอย่างช้า ๆ ไม่ใช่เปลี่ยนแปลงไปรวดเร็วอย่างที่คิดแต่แรก ดังนั้น การแบ่งขอบเขตของหินแต่ละกลุ่มจึงยากที่จะตัดสินลงไปได้ แต่อย่างไรก็ดีลักษณะโดยทั่วไปของธรณีคอลัมน์ก็ยังคงเหมือนเดิมนั่นเอง

ตารางที่ 13.2 แสดงธรณีคอลัมน์ (Geologic column)

Era	System	Series	Aspects of the life record	
			Some major events	Dominant life form ^b
Cenozoic	Quaternary^b	Holocene (Recent)		Man
		Pleistocene		
	Tertiary^b	Pliocene Miocene Oligocene Eocene Paleocene	Grasses become abundant Horses first appear	Mammals Flowering plants
Mesozoic	Cretaceous	Jurassic Triassic	Extinction of dinosaurs Birds first appear Dinosaurs first appear	Reptiles Conifer and cycad plants
Paleozoic	Permian Pennsylvanian Mississippian		Coal-forming swamps	spore-bearing land plants Amphibia
		Devonian Silurian Ordovician Cambrian	Vertebrates first appear (fish)	Fish Marine invertebrates
	Precambrian		First abundant fossil record (marine invertebrates)	Primitive marine plants and invertebrates One-celled organisms Marine plants

(ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยาฯ 2529 หน้า 128)

13.4 ตารางเวลาทางธรณีวิทยา

การจัดแบ่งตารางเวลาทางธรณี (Geologic time scale) ออกเป็นหน่วยต่าง ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับหน่วยของการแบ่งเวลาเป็นยุคต่าง ๆ เรียก Time units และหน่วยของการแบ่งหินที่ตกตะกอนในแต่ละหนึ่งหน่วยของเวลาเรียก Time-Rock unit ดูตารางที่ 13.3

ตารางที่ 13.3 แสดงหน่วยเวลาและหน่วยลำดับชั้นหินตามเวลา

Time units	Time-Rock units
Era	-
Period	System
Epoch	Series
Age	Stage
-	Zone

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Stockes, 1965 หน้า 115)

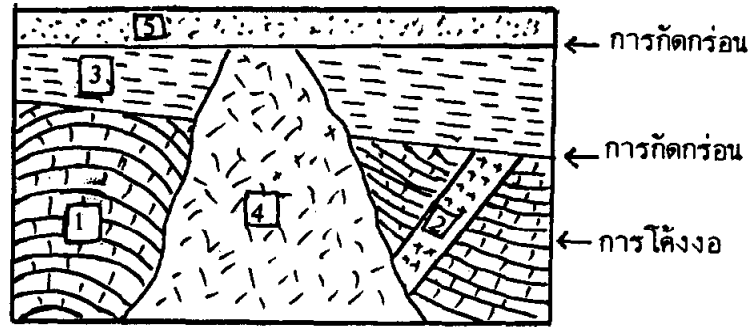
จะเห็นว่าเป็นการแบ่งตามลำดับชั้นจากใหญ่สุดลงไปหาหน่วยเล็กที่สุด และทั้งสองหน่วยดังกล่าวจะแบ่งควบคู่กันไป เช่น หิน 1 system หมายถึงหินตะกอนทั้งหมดที่ตกตะกอนภายในระยะเวลา 1 period ในทำนองเดียวกันระยะเวลา 1 period ก็หมายถึงระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการตกตะกอนของหิน 1 system ชื่อที่ใช้เรียกในตารางเวลาทางธรณีวิทยาเป็นชื่อเดียวกับชุดของหินในธรณีคอลัมน์ เช่น หิน Cambrian system จะตกตะกอนทับถมในช่วงเวลา Cambrian period ตารางเวลาทางธรณีวิทยาแสดงไว้ในตารางที่ 13.4

ตารางที่ 13.4 ตารางเวลาทางธรณีวิทยา (Geologic time scale)

Era	Period	Epoch	Millions of yr		
			Duration	Before present	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	0.01		
		Pleistocene	1.5-2		
Mesozoic	Tertiary	Pliocene	5-5.5		
		Miocene	19		
		Oligocene :	11-12		
		Eocene	15-17		
		Paleocene	11-12		
Paleozoic				55	
	Cretaceous		71		
	Jurassic		54-59		
	Triassic		30-35	225	
	Permian		55		
	Precambrian	Pennsylvanian		45	
		Mississippian		20	
		Devonian		50	
		Silurian		35-45	
		Ordovician		60-70	
	Cambrian		70		
Precambrian time ^b					

(ที่มา : คณะอาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยาฯ 2529 หน้า 130)

ตารางเวลาทางธรณีวิทยาจะเป็นการจัดตามเวลาสัมพัทธ์โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างหินตะกอนและหินอัคนีจากกฎความสัมพันธ์ในการตัดผ่าน ต่อมาจึงได้คำนวณเวลาใส่ลงไปในแต่ละหน่วยของหิน โดยการเปรียบเทียบกับเวลาสัมบูรณ์ที่คำนวณได้จากหินอัคนีโดยกัมมันตภาพรังสี (ดูรูปที่ 13.7)



รูปที่ 13.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหินตะกอนและหินอัคนีที่แทรกเข้ามา และการหาอายุสัมบูรณ์ของหินอัคนี ช่วยประมาณอายุของหินตะกอนได้ (ที่มา: ดัดแปลงจาก Leet & Judson, 1971 หน้า 186)

เป็นตัวอย่างการใช้อายุสัมบูรณ์ของหินอัคนีมาช่วยประมาณอายุของหินตะกอน ในรูปจะมีหินทั้งหมด 5 ชุด โดยหินชุดที่ 1, 3 และ 5 เป็นหินตะกอน และหินชุด 2 และ 4 เป็นหินอัคนี จากกฎความสัมพันธ์ในการตัดผ่านสามารถเรียงลำดับชั้นหินจากอายุมากที่สุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ 1, 2, 3, 4 และ 5 หินอัคนีชุด 2 และ 4 หาอายุสัมบูรณ์ได้จากกัมมันตภาพรังสี ถ้าหินอัคนีชุด 4 มีอายุ 230 ล้านปี หินอัคนีชุด 2 มีอายุ 310 ล้านปี เราก็สามารถบอกอายุประมาณของหินตะกอนชุด 1, 3, 5 โดยเปรียบเทียบกับหินอัคนีได้ ดังสรุปในตารางที่ 13.5 เป็นการลำดับการเกิดขึ้นหินและเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งค่าอายุสัมพัทธ์ อายุสัมบูรณ์ และอายุประมาณของหินชุดต่าง ๆ ตามรูปที่ 13.7

ปัจจุบันการหาอายุสัมบูรณ์ในหินตะกอนเพิ่งจะถูกค้นพบ ดังนั้น การหาอายุเหล่านี้จะต้องปรับปรุง เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำขึ้น

ตารางที่ 13.5 แสดงเหตุการณ์ อายุสัมพัทธ์ อายุสัมบูรณ์ และอายุประมาณของหินชุดต่าง ๆ

เหตุการณ์	อายุ		
	สัมพัทธ์	สัมบูรณ์ (ล้านปี)	ประมาณ (ล้านปี)
หินตะกอน	5		< 230
การกักกร่อน			< 230
หินอัคนี (บาโทลิต)	4	230	
หินตะกอน	3		> 230, < 310
การกักกร่อน			> 230, < 310
หินอัคนี (ไดก์)	2	310	
การโค้งงอ			> 310
หินตะกอน	1		> 310
	1 > 2 > 3 > 4 > 5		

(ที่มา: ดัดแปลงจาก Leet & Judson, 1971 หน้า 187)

13.5 สรุป

การทำเวลาทางธรณีวิทยาแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ เวลาสัมบูรณ์และเวลาสัมพัทธ์
 เวลาสัมบูรณ์ เป็นการหาอายุของแร่และหินที่วัดค่าได้เป็นจำนวนปี โดยใช้กัมมันตรังสี
 ได้แก่วิธี

ยูเรเนียม - ทอเรียม - ตะกั่ว

รูบิเดียม - สตรอนเชียม

โพแทสเซียม -อาร์กอน

และคาร์บอน 14

นอกจากนี้ การหาอายุสัมบูรณ์ของหินตะกอนยังทำได้จากการตกตะกอนโดยการคำนวณ อัตราการสะสมของตะกอนในแต่ละปี หรือการตกตะกอนที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ในแต่ละปี เช่น จากวาร्ष

เวลาสัมพัทธ์ เป็นการหาเวลาทั่วไปโดยศึกษาความสัมพันธ์ของหินตะกอนในแต่ละ บริเวณ และนำมาเรียงลำดับการเกิดก่อนหลังโดยไม่ทราบจำนวนปี วิธีนี้อาศัยกฎการลำดับชั้น คือ ชั้นหินที่อยู่ล่างสุดจะมีอายุมากที่สุดและชั้นหินที่อยู่บนสุดจะมีอายุน้อยสุด กฎการสัมพันธ์ในการ ตัดผ่านคือ หินทุกชนิดที่ตัดผ่านชั้นหินชั้นมาจะมีอายุน้อยกว่าชั้นหินนั้น และการหาเวลาสัมพัทธ์จาก การเทียบสัมพันธ์ของหินตะกอนจากหลาย ๆ แห่ง ทำให้สามารถจัดเรียงลำดับของชั้นหินบริเวณ หนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่งได้ โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพ และที่สำคัญคือจากซากดึกดำบรรพ์

ธรณีคอลัมน์ เป็นการเรียงลำดับของหินจากอายุมากที่สุด อยู่ล่างและน้อยสุดอยู่บน เป็นการจัดหน่วยของหิน (Rock unit) โดยใช้เวลาสัมพัทธ์ของหินตะกอน

ตารางเวลาทางธรณีวิทยา เป็นการจัดลำดับหน่วยเวลาที่สัมพันธ์กับหน่วยของหินใน ธรณีคอลัมน์ เวลาสัมบูรณ์ในตารางเวลาทางธรณีวิทยา คำนวณได้จากวิธีกัมมันตภาพรังสีของหิน อ่อน

แบบฝึกหัดตอนที่ 13

1. อธิบายข้อแตกต่างระหว่างเวลาสัมพัทธ์กับเวลาสัมบูรณ์
2. ถ้าตุ้มมันตรงสี่ ใช้วัดเวลาทางธรณีวิทยาได้เพราะอะไร มีธาตุอะไรบ้าง
3. อธิบายวิธีต่าง ๆ ทางกัมมันตภาพรังสีที่ใช้ในการหาเวลาสัมบูรณ์

วิธียูเรเนียม - ทอเรียม - ตะกั่ว

วิธีรูบิเดียม - สทรอนเซียม

วิธีโพแทสเซียม - อาร์กอน

วิธีคาร์บอน 14

4. การตกตะกอนเป็นวิธีหาอายุของหินอะไร อธิบาย
5. อธิบายกฎการลำดับชั้น
6. อธิบายกฎการสัมพันธ์ในการตัดผ่าน
7. อธิบายกฎการสับลำดับสัตว์
8. เศษหินแปลกปลอมคืออะไร ใช้เป็นหลักในการเปรียบเทียบอายุของชั้นหินได้อย่างไร
9. อธิบายการเทียบสัมพันธ์ของหินตะกอน โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพ
10. ซากดึกดำบรรพ์สามารถใช้หาเวลาสัมพันธ์ของหินตะกอนได้อย่างไร
11. ซากดึกดำบรรพ์ดัชนีคืออะไร
12. อธิบายธรณีคอลัมน์
13. อธิบายการจัดแบ่งตารางเวลาทางธรณีวิทยา
14. อธิบายการหาเวลาสัมบูรณ์ในตารางเวลาทางธรณีวิทยา