

บทที่ 25

หินและแร่ประกอบหิน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าสารที่อยู่ภายในโลกนั้นยังคงมีสภาพเหลวอยู่ มวลสารหรือน้ำแร่และหินเหลวที่เป็นส่วนประกอบของโลกนั้น เรียกว่า Magma เมื่อ Magma ไหลออกมาสู่ผิวโลก เราจะเรียกว่า Lava หินที่เกิดจากการแข็งตัวของมวลสารหรือน้ำแร่และหินหรือ Magma นั้น เป็นหินที่เกิดแบบ Primary เราเรียกว่า หินอัคนี (Igneous rocks) ส่วนประกอบของหินอัคนีจะมีอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับส่วนประกอบดั้งเดิมของมวลสารเหลวและสภาพการเย็นตัวของสารนั้น ๆ ในขณะที่เกิดภูเขาไฟระเบิดหรือภายหลังจากการเกิดรอยเหลี่ยม มักจะมีน้ำแร่และหินเหลว หรือที่เรียกว่า Lava พ่นออกมา เมื่อมีอุณหภูมิลดต่ำลง มวลสารเหลวนี้ก็จะแข็งตัวเกิดเป็นหินขึ้น ถ้าการเย็นตัวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว หินที่เกิดจะมีเนื้อละเอียด เนื่องจากแร่ประกอบหินไม่มีโอกาสจะขยายตัว แต่ถ้าการเย็นตัวของมวลสารเหลวเป็นไปอย่างช้า ๆ แร่ประกอบหินจะมีโอกาสงอกขยายตัวให้มีผลึกโตขึ้น ดังนั้นหินจะมีเนื้อหยาบ

จากการศึกษา Lava ที่ไหลขึ้นมาสู่ผิวโลก ทำให้เราทราบถึงอุณหภูมิของ Magma ที่อยู่ลึกลงไปว่ามีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 600 - 1200°C แต่ Magma ที่มีส่วนประกอบต่างกันก็มีอุณหภูมิต่างกันด้วย Magma อาจเกิดขึ้น ณ ที่ใดในโลกก็ได้สุดแต่ว่าที่ใดจะเหมาะสม อุณหภูมิของ magma สูงพอที่จะละลายหินหรือแร่ให้หลอมเหลวได้ เมื่อหินหรือแร่หลอมแล้วมักจะมี ความตึงจำเพาะต่ำกว่าหินที่แข็งตัว ประกอบกับใน Magma มักมีก๊าซชนิดต่าง ๆ ปะปนอยู่ ดังนั้นจะทำให้ Magma มีความเบามากยิ่งขึ้นและโดยที่ภายในโลกนั้นมีความกดดันสูงมาก อาทิเช่นที่ระดับ 200 ไมล์จากผิว ความกดดันภายในโลกมีถึง 600 ตัน/ตร.นิ้ว ความดันนี้เป็นตัวการทำให้ Magma เกิดการเคลื่อนที่ และมักจะเคลื่อนตัวสูงขึ้นหาจุดที่มีความกดดันต่ำกว่า ในขณะที่ Magma เคลื่อนตัวสูงขึ้นเข้าหาผิวโลก ความร้อนที่สะสมตัวใน Magma จะลดลง ดังนั้นเมื่อ Magma ขึ้นมาถึงตำแหน่งหนึ่งซึ่งมีความร้อนไม่พอที่จะหลอมหินให้เหลว

และผ่านลอยขึ้นมาอีก Magma ก็หยุดนิ่งอยู่แค่ระดับนั้น และถ้าในตำแหน่งนั้นมีช่องหรือรอยแตกในเนื้อหิน Magma ก็อาจจะเคลื่อนตัวเข้าไปในช่องแตกเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนบน ๆ ของ Magma ซึ่งมีก๊าซปนอยู่มาก

ความร้อนที่สะสมตัวอยู่ใน Magma อาจคงอยู่ได้นานถึงหลายพันปี และมวลสารหรือน้ำแร่และหินเหลวอาจจะไหลออกมาเป็นครั้งคราวในลักษณะของภูเขาไฟ

25.1 ส่วนประกอบของ Magma

ส่วนประกอบของ Magma แตกต่างกันไปตามที่ต่าง ๆ ของโลก นักธรณีวิทยาเชื่อว่ามวลสารเหลวที่มีกำเนิดมาจากภายในโลกในระดับลึก ประมาณ 10 ไมล์ จะมีส่วนประกอบชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า “Granitic Compositions” ที่ระดับประมาณ 10 - 40 ไมล์ จะมีส่วนประกอบที่ต่างไป คือเป็นแบบ “Gabbroid” หรือ “Basaltic Compositions” และถ้าลึกลงไปอีกได้ชั้น Crust หรือเข้าสู่ชั้น Mantle จะมีส่วนประกอบของ Peridotite เสียส่วนมาก แต่ในขณะที่ Magma ลอยตัวสูงขึ้น จะหลอมเอาหินที่อยู่บน ๆ ให้เหลว และรวมเข้ากับตัวมันเองด้วย ดังนั้นส่วนประกอบจะแตกต่างกันในที่ต่าง ๆ ส่วนประกอบที่เป็นแบบหิน granite จะมีธาตุ Si, Al, K และ Na เสียส่วนมาก ส่วนในหินแบบ Gabbro หรือ Peridotite นั้นมีธาตุ Fe, Mg, Ca เสียส่วนมาก ส่วน Si มีน้อยกว่าร้อยละ 60

25.2 การแข็งตัวของ Magma

การแข็งตัวของ Magma นั้นขึ้นอยู่กับ

- (1) อัตราความเร็วของการเย็นตัว
- (2) ส่วนประกอบของ Magma

25.2.1 อัตราความเร็วของการเย็นตัว ดังที่ได้กล่าวมาแล้วแต่ข้างต้นว่า Magma มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 600°C ถึง 1200°C และเมื่อ Magma เคลื่อนตัวขึ้นสูงสู่มิวโลก จะคายความร้อนให้แก่หินโดยรอบ อัตราความเร็วของการเย็นตัวขึ้นอยู่กับ factor ต่าง ๆ ดังนี้

25.2.1.1 ความลึกของมวลสารจากผิวโลก Magma ที่อยู่ใกล้ผิวโลกจะมีความร้อนน้อยกว่าที่อยู่ลึกลงไป และการเย็นตัวของ Magma ก็ จะเย็นตัวเร็วกว่าด้วย

25.2.1.2 ขนาดของ Magma มวลสารที่อยู่ในระดับความลึกเดียวกันที่มีขนาดใหญ่มากกว่าย่อมใช้เวลาในการเย็นตัวนานกว่า

25.2.1.3 ลักษณะของมวลสาร Magma ที่มีรูปร่างทรงกลมย่อมมีการคายความร้อนออกได้ช้ากว่า Magma ที่มีรูปร่างแบน

อัตราการเย็นตัวของ Magma จะมีผลต่อขนาดผลึกของแร่ที่เกิดจากการเย็นตัวของ Magma ทั้งนี้เนื่องจากใน Magma ที่มีอัตราการเย็นตัวช้า ๆ จะทำให้ atom ต่าง ๆ มีโอกาสจับตัวกันและเกิดเป็นผลึกใหญ่ขึ้นได้ ซึ่งตรงข้ามกับ Magma ที่มีอัตราการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ผลึกแร่ประกอบหินที่เกิดจะเล็กละเอียด

25.2.2 ส่วนประกอบของ Magma ส่วนประกอบของ Magma จะมีผลโดยตรงต่อการมีสภาพเป็นของเหลว หรือความหนืดน้อย Magma ที่มีความหนืดน้อยหรือมีสภาพเป็นของเหลวมาก เช่น Basaltic Magma โมเลกุลของสารจะสามารถเคลื่อนไหวได้เร็วในระหว่างการเย็นตัวเป็นผลให้เกิดผลึกแร่ใหญ่ การที่มีน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซกำมะถัน และก๊าซอื่น ๆ อยู่ใน Magma ก็เป็นผลต่อการทำให้เกิดผลึกแร่ต่าง ๆ ใหญ่ขึ้น น้ำแร่และหินเหลวที่มีก๊าซต่าง ๆ ปนอยู่เช่นนี้เรียกว่า “Mineralizers”

หินอัคนี

25.3 ชนิดต่าง ๆ ของหินอัคนี

หินอัคนีอาจจำแนกออกได้ตามลักษณะและส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งวินิจฉัยได้จากแร่ที่ประกอบอยู่ในหินนั้น ๆ ในหินชนิดเนื้อละเอียด แร่ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นหิน มีขนาดเล็กเกินกว่าที่เราจะมองด้วยตาเปล่า ในหินชนิดเนื้อหยาบปานกลาง ขนาดของแร่ประกอบหินมีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ก็เล็กเกินไปที่จะพิสูจน์ว่าเป็นแร่ชนิดใดให้ถูกต้องแน่นอน หินที่มีเนื้อหยาบจะสามารถมองเห็นผลึกแร่ได้ถนัด แต่หินบางชนิดมีดอก (phenocrysts) ซึ่งก็คือผลึกของแร่ตัวเอง ที่ใหญ่โตเกิดอยู่ในพื้น (groundmass) ที่ประกอบด้วยแร่ชนิดต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็ก

หินที่มีเนื้อละเอียดเป็นหินที่เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว เรียกว่า “Extrusive rocks” หรือหินที่เกิดบนผิวโลก ดังเช่นเกิดจาก Lava ที่ไหลออกมา หินที่มีเนื้อหยาบปานกลาง และเนื้อหยาบมากเรียกว่า Intrusive rocks เป็นหินที่เกิดขึ้นจากการเย็นตัวอย่างช้า ๆ หินเหล่านี้เกิดขึ้นภายในโลก โดยอาจมีความลึกลงไปถึงหลายไมล์ก็ได้ หินอัคนีบางอย่างเช่น Granites หรือ Gabbros เราเรียกว่า “Plutonic rocks” ซึ่งหมายถึงหินที่เกิดอยู่ระดับที่ลึกลงไปจากผิวโลกมากและมีเนื้อหยาบ ส่วนหินอัคนีบางชนิด เช่น Dolerites มักเรียกว่า Hypabyssal rocks คือหินที่เกิดอยู่ภายในโลกแต่มีระดับตื้น ๆ การที่จะใช้เรียกชื่อแบบนี้จำเป็นจะต้องรู้กำเนิดของหินนั้น ๆ อย่างแท้จริง

หินอัคนีอาจแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ตามส่วนประกอบของแร่ที่อยู่ในหินนั้น ๆ โดยปกติเรามักจะถือแร่เป็นสำคัญ หินที่มีแร่ชนิดหนึ่ง หรือกลุ่มหนึ่งจะบ่งให้ทราบถึงส่วนประกอบของ Magma ที่หินนั้นเกิดมา อาทิเช่น หินที่มี Quartz ปนอยู่ เราจะถือว่าหินนั้นมี Acidic Composition ความมากน้อยของแร่ Quartz ยังสามารถแบ่งหินออกเป็นชนิดย่อยต่อไปอีก หินที่มีแร่ Olivine ปนอยู่เป็นพวก Basix igneous rocks หินที่มีอยู่ระหว่างกลางเราจัดเป็นพวก Intermediate composition หินที่มีแร่พวก Serpentine และไม่มี Quartz ปนอยู่เลยเป็นพวก Ultra basic ความหยาบหรือละเอียดในเนื้อหินก็ยังมีมีความสำคัญต่อการแบ่งประเภทของหินอัคนีอีกด้วย

ตารางที่ 1 แสดงประเภทต่างๆ ของหินอัคนี โดยสังเขป

ลักษณะเนื้อหิน	Acid	Intermediate		Basic	Ultra basic
		Alkali feldspar (orthoclase)	Soda-lime feldspar (plagioclase)		
เนื้อหยาบมาก	Granite	Syenite	Diorite	Gabbro	Peridotite Serpentinite, etc.
เนื้อหยาบปานกลาง	Microgranite Rhyolite, obsidian	Microsyenite Trachyte	Microdiorite Andesite	Dolerite Basalt	- -
เนื้อละเอียด ความถ่วงจำเพาะ แร่ประกอบหิน ที่สำคัญ	2.4-2.7 Quartz, feldspar (ปกติมักเป็น orthoclase) และ mica ในบางกรณี อาจมี augite และ hornblende ปนบ้าง	2.8 Hornblende และ feldspar มีมากที่สุด บางทีอาจมี Quartz, mica หรือ augite และแร่ feldspatoid เช่น leucite เกิดรวมด้วยได้ แล้วแต่ส่วนประกอบว่าจะค่อนข้างไปทาง acid หรือ basic		2.9 Augite และ feldspar ชนิด plagioclase มีมากที่สุด และมักมี olivine ปนอยู่ด้วย	3.0 หรือมากกว่า อาจมี feldspar บ้าง จำนวนเล็กน้อย แต่ส่วนมากมักมี แร่เดี่ยว ๆ

วิธีการสังเกตอย่างง่าย ๆ เพื่อจะดูว่าหินชนิดหนึ่งจะจัดอยู่ในประเภท Acid, basic หรือ Ultrabasic นั้นอาจทำได้โดยการสังเกตแร่ที่มีสีดำหรือสีคล้ำ (Mafic minerals) เป็นต้นว่า

0 – 20 %	Mafic Minerals – Acidic rocks
20 – 40 %	” – Intermediate rocks
40 – 75 %	” – basic rocks
< 75 %	” – Ultrabasic

วิธีดังกล่าวเป็นการช่วยสังเกตอย่างคร่าว ๆ เท่านั้น แต่เราจะต้องพิจารณาถึงแร่ตัวอื่น เช่น Quartz และแร่ที่มีสีจางหรือสีขาว (felsic minerals) เข้าประกอบด้วย เพื่อจะได้แบ่งหินนั้นให้ละเอียดออกไปอีก

25.4 หิน Granite

หิน Granite เป็นหินเนื้อหยาบ สีขาวมีจุดดำ หรือเทา จะปนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของ Magma แร่ประกอบหินที่สำคัญคือ Quartz เป็นแร่ใสที่ไม่มีสีหรือสีเทาอ่อน feldspar ซึ่งอาจมีทั้ง Potash-feldspar และ plagioclase feldspar เป็นแร่ทึบไม่ใสอาจมีสีขาวขุ่น หรือเหลืองอ่อน หรือชมพู แล้วแต่ส่วนประกอบของแร่ แร่ mica เป็นกลุ่มแร่ที่มีทั้ง biotite สีดำ Muscovite สีขาว หรือ lepidolite สีม่วงอ่อน แร่ mica เหล่านี้เป็นแผ่นบาง ๆ ซึ่งมักเกิดซ้อนกันอยู่ นอกจากนี้ยังมี hornblende ซึ่งเป็นแร่สีเขียวแก่เกือบดำ หิน granite ยังอาจแบ่งย่อยออกไปอีกตามส่วนประกอบของแร่ เช่น leucocratic granite คือ granite ที่มีสีขาวหรือไม่มีสี ประกอบด้วยแร่ไม่มีสีเสียส่วนมาก

Muscovite granite คือ granite ที่มี inuscovite เป็นส่วนประกอบของแร่พวก mica ถ้าหากเป็น mica พวก biotite ก็เรียกหินนั้นว่า biotite granite

Hornblende granite คือ granite ที่มีจุด ๆ หรือแท่ง ๆ สีเขียวแก่เกือบดำของ hornblende

หินที่มีเม็ดดอก (phenocrysts) ของแร่ชนิดใดชนิดหนึ่ง เป็นรูปผลึกหรือรูปรีเหลี่ยมบนพื้น (groundmass) ของแร่อื่น ๆ ที่มีเนื้อละเอียด เรียกหินชนิดนี้รวม ๆ ว่า Porphyritic rocks ถ้าดอก (phenocrysts) นั้นเป็น quartz และ feldspar เราเรียกหินนั้นว่า Quartz-feldspar porphyry

หินที่มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับ granite คือมี felsic minerals หรือแร่สีขาวย หรือสีจางเกินกว่า 80% ของแร่ทั้งหมด แต่มีเนื้อละเอียดอาจมีดอก (phenocrysts) บ้าง หินนั้น เราเรียกว่า Rhyolite หินบางแห่งมี quartz มากเราอาจเรียก Quartz rhyolite ก็ได้ ซึ่งเป็น หินภูเขาไฟหรือหินที่เกิดบนผิวโลก

25.5 หิน Diorite

หิน Diorite เป็นหินอัคนีเนื้อหยาบอีกชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในหินพวก Plutonic rocks หรือหินที่เกิดใต้ผิวโลก เนื้อหยาบ ส่วนประกอบของหินชนิดนี้ประกอบด้วยแร่ feldspar ชนิด Oligoclase หรือ Andesine (20 - 50% anorthite) มีแร่ที่มีสีดำหรือสีคล้ำประมาณ 10-40% ของแร่ทั้งหมด แร่ที่มีสีดำหรือสีคล้ำเหล่านี้มี biotite, hornblende บางครั้งมี pyroxene ปนด้วย ถ้าหากแร่ Feldspar ในหินนั้นมี feldspar เป็น Orthoclase หรือ Microcline และมีมากถึง 33-65% ของแร่ feldspar ทั้งหมดแล้ว หินนั้นจะกลายเป็น "Monzonite" ซึ่งมี ส่วนประกอบของแร่อื่นเหมือนหิน Diorite ถ้าส่วนประกอบของแร่ feldspar ในหินสูงเพิ่มขึ้นอีกถึง 67% หรือมากกว่านั้นและแร่ที่มีสีคล้ำหรือแร่พวก Ferromagnesian ไม่เกินร้อยละ 20 หินนั้นถูกจัดเป็นหิน "Syenite" หิน syenite นี้ไม่ค่อยพบในเมืองไทยทั้งหิน Diorite, Monzonite และ Syenite จัดเป็นหินชนิด Intermediats compositions

Andesite เป็นหินเนื้อละเอียดมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกับ Diorite หรือจะถือเป็น หิน Diorite ที่เกิดโผล่ขึ้นมาบนผิวโลก ในลักษณะของ Lava ก็ไม่ผิด

25.6 หิน Gabbro

คำว่า Gabbro โดยทั่วไปหมายถึงหินที่มีสีดำหรือคล้ำมาก ๆ มีส่วนประกอบของแร่ ferromagnesian สูง หรือหมายถึงหินที่ค่อนข้าง basic กว่า Granite และ Diorite นั่นเอง เนื้อหิน Gabbro อาจจะหยาบปานกลางถึงหยาบมาก แร่ประกอบหินที่สำคัญ ๆ ได้แก่ basic plagioclase และ clinopyroxene ถ้าหิน Gabbro ใดมี Olivine ปนอยู่มากเราเรียกว่า "Olivine gabbro" หรือเรียก "Quartz gabbro" ถ้ามี quartz ปนอยู่ แต่หินชนิดหลังนี้มีน้อย

“Norite” เป็นชื่อหินอีกชนิดหนึ่งในกลุ่มหิน Gabbro นี้ มีส่วนประกอบของแร่ pyroxene ชนิด Hypersthene หรือ Enstatite มาก แต่ถ้ามี Hypersthene เท่า ๆ กับ Enstatite แล้ว หินนั้นเรียกว่า “Hyperite”

Basalt เป็นหินภูเขาไฟหรือหินอัคนีเนื้อละเอียด ซึ่งมีส่วนประกอบเหมือน Gabbro โดยมีแร่ประกอบหินที่สำคัญ ๆ คือ plagioclase (labradorite) และ pyroxene บางทีอาจมี Olivine หรือ Quartz ปน แร่ pyroxene ที่เกิดอยู่ในหิน basalt นั้นส่วนมากเป็นแร่ augite, hypersthene และ pigeonite

Diabase หรือ Dolerite เป็นหินที่มีส่วนประกอบของแร่เหมือน Basalt แต่เนื้อหยาบ บางทีพบแก้วธรรมชาติปนอยู่ในเนื้อหินด้วย

25.7 หินหมู่ Ultrabasic

หินกลุ่มนี้อาจเรียกว่า Ultramafic ส่วนมากมีสีดำหรือคล้ำมาก เนื่องจากมีแร่สีดำนอกกว่า 75% ของแร่ทั้งหมดมักจะประกอบด้วยแร่อย่างหนึ่งอย่างใด ทั้งหมดมี feldspar เพียงเล็กน้อย เช่น หิน Pyroxenite คือหินที่ประกอบด้วยแร่ pyroxene เสียส่วนมาก มีแร่ olivine ไม่เกิน 30% และแร่สีขาหรือสีจางน้อยกว่า 10%

ถ้าแร่ olivine มีมากกว่า 30% และแร่สีจางยังน้อยกว่า 10% หินนั้นคือ “Peridotite” Serpentinite เป็นหินที่ประกอบด้วยแร่ serpentine มาก และหิน Hornblendite เป็นหินที่ประกอบด้วยแร่ hornblende เสียส่วนมาก

ที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นหินอัคนีที่พบเสมอ ๆ มีส่วนประกอบเฉพาะ และแตกต่างกันอย่างชัดเจน หินแต่ละชนิดมีแร่ประกอบหินที่แตกต่างกันมากและง่ายแก่การสังเกต ยังมีหินอัคนีอีกหลายชนิด ซึ่งมีชื่อและส่วนประกอบที่อยู่ระหว่างหินต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ การสังเกตจากตัวอย่างทำได้ยากมาก นอกจากวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยที่ในธรรมชาตินั้นเมื่อมีหินอัคนีชนิดหนึ่งเกิดขึ้นแล้ว อาจมีหินอัคนีชนิดอื่น ๆ เกิดขึ้นในบริเวณนั้นอีกก็ได้ ทำให้หินที่เกิดอยู่เดิมอาจถูกหลอมตัวและรวมตัวเข้ากับ Magma ที่เกิดทีหลังก็ได้ ทำให้หินที่เกิดขึ้นใหม่มีส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป เช่น หินในกลุ่ม Lamprophyres เป็นต้น

โดยเหตุที่ในขณะที่ Magma เกิดการเคลื่อนตัวจากส่วนลึกของโลก ขึ้นหาผิวโลก ความร้อนของ Magma จะทำให้หินต่าง ๆ หลอมตัว และถูกรวมตัว (เกิด Assimilation) เข้ากับ Magma นั้นได้ ด้วยเหตุนี้เรามักจะพบเสมอว่า แม้แต่หินชนิดเดียวกันในที่ต่างกัน แร่ประกอบหินอาจแตกต่างกัน

25.8 หินชั้น (Sedimentary Rocks)

ในขณะที่หินชนิดต่าง ๆ บนผิวโลกถูกรบกวนด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทำให้หินเดิมถูกบีบอัดตัวจนกดโค้ง บางส่วนจะถูกยกตัวให้สูงขึ้น จนเป็นภูเขาหรือเทือกเขายาว ส่วนที่จมตัวลงก็กลายเป็นแอ่งหรือทะเล หินที่เกิดตามภูเขาไม่ว่าจะเป็นหินชนิดใดก็ตามจะตกอยู่ภายใต้อำนาจการกัดกร่อนธรรมชาติ เกิดการผุพัง แดกแยกตัวออกเป็นชิ้นย่อย ๆ และถูกน้ำ น้ำแข็ง และลมพัดพาไป ตามแม่น้ำลำธาร หรือตามหุบเขา สิ่งที่ถูกพัดพาไปหรือที่เรียกว่า Sediments นี้ จะตกตะกอนอีกครั้งหนึ่ง ในแอ่งหรือทะเล และแม้แต่บนผิบบนบกก็มีการสะสมตัวด้วย และเมื่อแข็งตัวก็จะกลายเป็นหินชั้น (Sedimentary Rocks)

หินชั้นมีมากมายหลายชนิด ลักษณะที่เด่นชัดของหินพวกนี้คือการเกิดเป็นชั้น หนาบ้างบางบ้าง ชั้นจะชัดเจนหรือไม่ขึ้นอยู่กับสารที่ถูกพัดพามาตกตะกอน และกระบวนการที่สารนั้น ๆ ตกตะกอน หินบางชนิดจะไม่แสดงชั้นเลยก็มี ในหินชั้นเราอาจพบซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ อาทิเช่น ซากหอย ปลา ไบโม่ ไดโนเสาร์ ฯลฯ ซากดึกดำบรรพ์เหล่านี้ มีประโยชน์ในการหาอายุของหินนั้น ๆ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาธรณีประวัติ ขบวนการตกตะกอน ตลอดจนธรณีโครงสร้าง ได้มีการประมาณแล้วว่าหินชั้นปกคลุมเนื้อที่กว้างขวางกว่าหินอัคนี และหินแปรมาก คือปกคลุมเป็นเนื้อที่ถึง 75% ของพื้นที่ของผิวโลก แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณและเทียบกับหินอื่น ๆ ในชั้นเปลือกโลก (Crust) แล้ว หินชั้นมีเพียง 5% เท่านั้น ซึ่งนับว่าน้อยกว่าหินอื่นมากมาย หินชั้นมีความหนาอยู่ระหว่าง 40,000 ถึง 50,000 ฟุต

25.9 ชนิดของหินชั้น

หินอาจแบ่งออกตามกำเนิดได้เป็น 3 หมู่ด้วยกัน คือ

25.9.1 Clastic sedimentary rocks หินหมู่นี้เกิดจากอำนาจการกัดกร่อนทางกล (Mechanical weathering) และทางเคมี (Chemical weathering) โดยที่สารที่ให้กำเนิดหินชนิดนี้

ถูกอำนาจการกัดกร่อน เช่น จากการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกโดยแรงกระทำด้วยวิธีใดก็ตาม สารต้นกำเนิดจะแตกย่อยออกเป็นเศษแร่ หรือเศษหินขนาดต่าง ๆ หรือเกิดจากขบวนการกัดกร่อนทางเคมี เกิดเป็นสารที่ไม่ละลาย แล้วถูกนำมาโดยกระแสน้ำ ลม หรือคลื่นทะเล สารเหล่านี้จะตกตะกอนทันที เมื่ออัตราความเร็วของการเคลื่อนที่ของตัวการที่นำพาลดลง และไม่สามารถจะพาสารเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ต่อไปได้ การตกตะกอนอาจเกิดบนดินหรือตามทะเลสาบได้ แต่มีความสำคัญน้อยกว่าส่วนที่เกิดในทะเล ในขณะที่แม่น้ำลำธารพาสารที่เกิดจากการกัดกร่อนมา ไม่ว่าจะมีความเร็วเท่าใดก็ตาม เมื่อลำน้ำนั้นไหลมาปะทะน้ำทะเลซึ่งไหลนิ่งอยู่ อัตราความเร็วของลำน้ำจะเปลี่ยนแปลงทันที ทำให้มีการตกตะกอนเกิดขึ้น ผลดังกล่าวอาจทำให้เกิดสันดอนขึ้นได้ตามปากน้ำ

สารที่เราจัดเป็น Clastic material นั้น หมายถึง สสารที่เป็นของแข็งและได้มีการแตกย่อยลงมา (คำว่า Clastic หมายถึง แตกแยก หรือแตก) ขนาดของสาร Clastic เหล่านี้มีชื่อเรียกต่างกัน เป็นต้นว่า

ชนิด	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)
Boulders	ใหญ่กว่า 256
Cobbles	64 - 256
Pebbles	4 - 64
Granules	2 - 4
Sand	1/16 - 2
Silt	1/256 - 1/16
Clay	เล็กกว่า 1/256

จากขนาดต่าง ๆ ของสารเหล่านี้ทำให้เราสามารถแยกหิน Clastic Sedimentary rocks ออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

25.9.1.1 Conglomerate และ Breccia หินที่เกิดจากสารที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 4 มม. (pebbles, cobbles และ Boulders) หรือสารที่เรารู้จักกันทั่วไปว่ากรวด สำหรับ Conglomerate นั้นกรวดเหล่านี้มักมีรูปมน แสดงถึงการถูกพัดพามาและมีการเสียดสีกันเกิดขึ้น มุมเหลี่ยมต่าง ๆ ของเศษหิน หรือเศษแร่จึงถูกลบมุมออกไป โดยปกติหิน Conglomerate

มักประกอบด้วยกรวด และสารอื่นที่เป็นตัวเชื่อมหรือที่เรียกว่า Cementing materials สำหรับกรวดและ Cementing materials นี้ อาจเป็นสารอย่างเดียวกันหรือต่างกันได้ ตัวอย่างเช่นกรวดอาจเป็น Quartz, chert, limestone และ Cementing materials อาจเป็น limestone หรือทรายก็ได้

สำหรับ Breccia นั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับ Conglomerate ผิดแต่ที่สารที่เป็นเศษแร่หรือเศษหินชั้นมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมาก ซึ่งแสดงว่าส่วนของหินที่แตกออกนั้นมิได้ถูกนำพาและเกิดการเสียดสีขึ้นเลย Breccia เป็นหินที่เรามักพบในบริเวณที่มีรอยเลื่อน หรืออยู่ใน fault zone การเกิดของหินชนิดนี้ แตกต่างกับ Conglomerate โดยสิ้นเชิง

25.9.1.2 Sandstone (หินทราย) สารที่ประกอบเป็นหินทรายมีขนาดระหว่าง granules และ sand หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1/16-4 มม. ส่วนประกอบของหินทรายมี quartz (SiO₂), feldspar และแร่อื่น ๆ นอกจากนี้หินทรายบางชนิดยังมีส่วนประกอบของซีเมนต์ หรือถ้าที่พ่นมาจากภูเขาไฟ หินทรายอาจแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้อีกหลายอย่าง เช่น Arkosic sandstone

โดยที่สารที่ประกอบเป็นหินทรายนั้น มีขนาดไม่ใหญ่โตนัก จึงมักถูกกระแสน้ำพาลงสู่ทะเล บางทีอาจไกลจากฝั่งเป็นระยะทางหลายไมล์ แต่หินทรายมักเกิดในบริเวณใกล้ฝั่งทะเล ความหนาบางของชั้นหินขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ถูกนำพามา กำลังของกระแสคลื่น ความชันของฝั่งทะเล และลักษณะเว้าแหว่งของขอบฝั่ง หินทรายมีมากเป็นอันดับสองในบรรดาหินชั้นทั้งหมด คือมีประมาณ 12% ของหินชั้น

25.9.1.3 Siltstone และ Shale (หินดินดาน) หินทั้งสองอย่างนี้มีเนื้อละเอียด ประกอบด้วยสารที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1/16 มม. ฉะนั้นจึงมักถูกพาสู่ทะเลลึก บริเวณที่น้ำนิ่งปราศจากคลื่นรบกวน แต่ถ้าในกรณีที่แผ่นดินบริเวณริมฝั่งมีความสูงไม่มากนัก และทะเลตื้น สารที่เป็น silt และ clay อาจตกตะกอนบริเวณริมฝั่งก็ได้ และเมื่อแข็งตัวก็กลายเป็น siltstone และ shale Siltstone นับว่าเป็นหินที่อยู่ระหว่างหิน ทราย และหินดินดาน แต่บางทีมักจะถูกเรียกรวมไปกับหินดินดาน มีผู้คำนวณดูแล้วว่ามี Siltstone อยู่ประมาณ 10% ของหินดินดาน (ซึ่งมีมากเป็นอันดับหนึ่งหรือ 82% ของหินชั้นทั้งหมด) เหตุผลที่หินดินดานเป็นหินที่มีมากที่สุดในบรรดาหินชั้นนั้นก็คือหินอัคนี โดยเฉลี่ยแล้วประกอบด้วยแร่ feldspar เสียส่วนมาก เมื่อ feldspar แตกตัวก็จะกลายเป็นแร่ clay ชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดเหมาะสมกับหินดินดาน ดังนั้นจึงทำให้ส่วนประกอบของหินชนิดนี้มีมากกว่าหินอื่น

25.9.2 Chemical sedimentary rocks หินหมู่ที่สองเกิดจากการตกตะกอนของสารละลาย สารละลายดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากอำนาจการกัดกร่อนทางเคมี และสารต่าง ๆ ละลายหมด ถ้าสารใดที่ไม่ละลาย ก็จะถูกนำพาไปเช่นเดียวกับ clastic sediments สารที่ละลายและถูก นำพาลงสู่ทะเลนั้น อาจแบ่งออกได้เป็น 2 จำพวก พวกแรกได้แก่สารที่ละลายได้เพียง เล็กน้อยในน้ำทะเล สารพวกนี้เมื่อลงสู่ทะเลแล้วจะตกตะกอนทันที อีกพวกหนึ่งละลายได้ดี ในน้ำทะเล การตกตะกอนของสารพวกหลัง จำเป็นต้องมีกระบวนการพิเศษเกิดขึ้น

สารที่ละลายได้เล็กน้อยในน้ำทะเล

Calcium carbonate

Magnesium carbonate

Silica

Iron minerals

สารที่ละลายได้ดีในน้ำทะเล

Sodium chloride

Calcium sulphate

Magnesium sulphate

Magnesium chloride

Potassium sulphate

Potassium chloride

25.9.2.1 หินปูน และ Dolomite สารละลายจำพวก Calcium carbonate นับว่ามีปริมาณ มากที่สุดที่ถูกนำพาลงสู่ทะเล ในขณะที่เกิดการระเหย หรือถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นกว่าเดิม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทะเลก็จะระเหยออก ทำให้สารละลายพวก Calcium carbonate จะตกตะกอนเป็นแร่ Calcite ซึ่งมีขนาดเล็กมาก หินที่เกิดจากแร่เหล่านี้ถ้ายังไม่อัดแน่น มีรู พรุนมาก เราเรียกว่า Chalk แต่ถ้า Calcite มี clay ปนหินนั้นก็จะกลายเป็น marl หรือหินมาร์ล แต่ถ้าหินนั้นเกิดแข็งตัว และอัดแน่น ก็จะเป็นหินปูน (Limestone) ในบางครั้ง สารพวก Calcium carbonate เกิดจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ (Oöoid) หินที่เกิดก็กลายเป็น Oölitic limestone โดยเหตุที่หินปูนเหล่านี้มักเกิดในทะเล ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสัตว์ทะเล หอย ฯลฯ เกิดอยู่ ดังนั้น หินปูนจึงมักรวมซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์เหล่านี้เข้าไปด้วย หินปูนเป็นหินที่มีประโยชน์ใช้ เป็นหินก่อสร้าง เช่น สร้างถนนเป็นต้น

นอกจากสารพวก Calcium carbonate แล้วในน้ำทะเลยังมี Magnesium carbonate ปนอยู่ด้วยไม่น้อย สารชนิดหลัง อาจถูกเปลี่ยนไปเป็นสารจำพวกซัลเฟตและคลอไรด์ บ้าง แต่บางส่วนจะตกตะกอนร่วมกับ Calcium Carbonate เกิดเป็น Dolomite $[CaMg(CO_3)_2]$ Dolomite หรือ Dolostone เป็นหินที่แข็งกว่าและหนักกว่าหินปูนเล็กน้อย โดยทั่วไปมีสีสน

ลักษณะต่าง ๆ เหมือนหินปูนเกือบทุกประการ ผิดกันอยู่ที่หินปูนละลายกรดเกลืออย่าง
เจือจางได้ดีกว่า คุณสมบัติดังกล่าวจึงใช้เป็นวิธีตรวจสอบโดยทั่วไปว่าหินสงสัยที่จะเป็น
Dolomite หรือ Limestone ในประเทศไทย Dolomite พบมากในจังหวัดกาญจนบุรี

25.9.2.2 Chert และ Flint สารพวก silica ที่นำลงสู่ทะเล มีจำนวนมากเป็นอันดับสอง
แต่สัตว์ทะเลต่าง ๆ มักไม่ใช้ silica มาสร้างเปลือกหรือสิ่งป้องกัน ดังนั้น silica ในน้ำทะเล
จึงตกตะกอนเสียส่วนมาก สารละลายพวก silica ตกตะกอนใต้ทะเลในบริเวณเดียวกับสาร
พวก Calcium carbonate ถ้าสารพวก silica มีมาก สารเหล่านี้จะตกตะกอนและแผ่กระจาย
ออกเป็นชั้น หรือเป็นก้อนกลม ๆ แต่ภายหลังที่ถูกบีบอัดตัวมักเปลี่ยนเป็นรูปกลมรีแบน ๆ
เราเรียกรูปปร่างต่าง ๆ เหล่านี้ว่า Nodules หรือ Concretions และ Lenses (รูปรีแบนยาว)
หินที่เกิดจากการแข็งตัวของสารพวก silica นี้ ถ้ามีสีขาวเรียกว่า chert ถ้าสีดำเรียกว่า flint
ทั้ง chert และ flint ที่เกิดร่วมกับสารพวก calcium carbonate มักเกิดในทะเลที่น้ำใส (คือ
ไม่มีสารพวก clay มากมายนัก) เพราะมีฉะนั้นแล้วแทนที่ silica ในน้ำทะเลจะเกิดเป็น chert
หรือ flint กลับจะรวมกับ clay แล้วเกิดเป็น shaly limestone ทั้ง chert และ flint อาจมี
ซากดึกดำบรรพ์บรรจุได้ ในขณะที่หินนี้ยังไม่แข็งตัวดี

25.9.2.3 แร่เหล็ก สารละลายที่มีแร่เหล็กเจือปนนั้นโดยปกติมีเป็นจำนวนน้อย แร่ที่
ละลายอยู่มี Hematite (Fe_3O_2) หรือบางที่เป็นเหล็กคาร์บอเนต ($FeCO_3$) แต่ถ้าเป็นสารชนิด
หลัง อาจถูกเปลี่ยนไปเป็น hematite ได้ถ้ามีออกซิเจนละลายปนอยู่ในสารละลายนั้น ๆ เมื่อ
สารละลายที่มีแร่เหล็กเจือปนถูกนำพาลงสู่ทะเล จะเกิดการตกตะกอนเป็นแร่ hematite ใน
บางกรณีถ้าสารละลายมีแร่เหล็กเจือปนอยู่มาก อาจเกิดเป็นชั้นของ hematite, limonite หรือ
บางที siderite ได้ แหล่งแร่เหล็กใหญ่ ๆ ในโลกเกิดจากการตกตะกอนในแบบนี้

สารละลายชนิดที่ละลายได้ดีในน้ำทะเลนั้นตกตะกอนยาก ยกเว้นแต่ว่าจะมีปรากฏ
การณ์อย่างอื่นเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น สารพวก Sodium chloride ซึ่งละลายน้ำได้ดีมาก Sodium
chloride จะตกผลึกเป็นเกลือต่อเมื่อมีการระเหยเอาน้ำออกไปถึง 90% แต่สารต่าง ๆ เหล่านี้
เมื่อตกตะกอนแล้ว ล้วนแต่เป็นสิ่งที่มนุษย์ใช้การได้ เช่น calcium sulphate เมื่อตกผลึกแล้ว
เกิดเป็น Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ถ้าเป็นชนิดเนื้อแน่น เรียกว่า Alabaster ชนิดผลึกใสเรียก
ว่า Selenite หรือถ้าเป็นเส้น ๆ เรียกว่า Satin spar Calcium Sulphate อาจเกิดเป็น Anhydrite
($CaSO_4$) ก็ได้

สารจำพวกซัลเฟตและคลอไรด์ของ Magnesium และ Potassium เป็นสารที่ละลายในน้ำทะเลได้ดีที่สุด ดังนั้นสารเหล่านี้จึงตกผลึกหลังสุด และจะตกผลึกต่อเมื่อน้ำทะเลเกิดระเหยไปหมดได้สารที่เรียกว่า Bittern ซึ่งใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ย ได้มีการค้นพบสารประกอบเหล่านี้ที่เมือง Stassfurt ประเทศเยอรมนี, ประเทศฝรั่งเศสและตะวันออกเฉียงของ New Mexico

25.9.3 Organic Sedimentary Rocks หินชั้นหมุ่สุดท้ายเกิดจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อาจเป็นสัตว์หรือพืชก็ได้ที่ให้สารจำพวก Calcareous, Siliceous และ Carbonaceous.

25.9.3.1 หินชั้นที่เกิดจากสารจำพวก Calcareous หินที่เกิดจากสารจำพวกนี้ ได้แก่ หินปูน สิ่งที่มีชีวิตเป็นจำนวนมากที่อาศัยอยู่ในทะเลมีเปลือกที่สร้างจากสารจำพวก Calcium Carbonate ในขณะที่อุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ มีความเหมาะสม มีอาหารอุดมสมบูรณ์ สิ่งที่มีชีวิตเหล่านี้จะเจริญเติบโต แต่เมื่อสิ่งที่มีชีวิตเหล่านี้ตายลงเปลือกแข็งจะเหลืออยู่ และถูกสะสมตัวด้วยคลื่น อาจถูกคลื่นซัดให้แตกหัก มีขนาดเท่ากรวดหรือทรายได้ หินที่เกิดจากการสะสมตัวของเปลือกแข็งเหล่านี้คือ หินปูน หินปูนแบบนี้มักมีซากดึกดำบรรพ์เหลืออยู่มากและถ้าหากปราศจากซากดึกดำบรรพ์ที่ยังคงเหลืออยู่ในเนื้อหินแล้วก็จะเป็นการยากที่จะกล่าวว่าหินปูนนั้นเกิดจากการตกตะกอนทางเคมีหรือเกิดจากสิ่งมีชีวิต

ชอล์ก (Chalk) เป็นสารอีกชนิดหนึ่งซึ่งเชื่อกันว่าเกิดจากการสะสมตัวของเปลือกหอยและซากของสิ่งที่มีชีวิตตัวเล็ก ๆ แต่จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าชอล์กประกอบด้วยซากของสิ่งมีชีวิตเพียงส่วนน้อย ส่วนมากเกิดจากการตกตะกอนทางเคมี

25.9.3.2 หินชั้นที่เกิดจากสารจำพวก Siliceous แม้ว่าสิ่งที่มีชีวิตบางอย่างในทะเลลึก เช่น Ooze จะมีส่วนแข็งซึ่งประกอบด้วยสารจำพวก Siliceous ก็ตาม แต่หินที่เกิดจากสารเหล่านี้มีน้อยมาก Diatom เป็นพืชเล็ก ๆ ชนิดหนึ่งซึ่งมีส่วนแข็ง ประกอบด้วย Silica Diatom เกิดเป็นจำนวนมากภายในทะเล ซากของ Diatom เมื่อสะสมกันเข้าจะเกิดเป็นหินซึ่งเรียกว่า Diatomite ซึ่งพบอยู่มากมายหลายแห่งในโลก ในประเทศไทยได้มีการพบ Diatomite ในจังหวัดลำปาง

25.9.3.3 สารจำพวก Carbonaceous สิ่งที่เกิดจากสารจำพวก Carbonaceous นั้น ได้แก่ ถ่านหิน (Coal) และน้ำมันธรรมชาติ (Oil) สารชนิดแรกมีกำเนิดจากพืช ส่วนชนิดหลังเกิดจากพืชและสัตว์ร่วมกัน

พืชที่เกิดอยู่อย่างหนาแน่นใน Swamp เมื่อตายลงจะเกิดทับถมกันขึ้นและในที่สุดจะเกิดการเน่าเปื่อยผุโดยการช่วยเหลือของแบคทีเรียชนิด Anaerobic จะทำให้ธาตุออกซิเจนและไฮโดรเจนในเนื้อเยื่อของพืชถูกกำจัดออก และในขณะเดียวกันก็จะสะสมธาตุถ่าน เมื่อพืชที่ทับถมกันนี้ถูกบีบอัดตัวด้วยสารอื่นที่ทับถมอยู่ก็จะกลายเป็นถ่านหิน ทั้งชนิดและคุณภาพของถ่านหินนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและขบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เราได้พบถ่านหินประเภท Lignite หลายแห่งในจังหวัดลำปางและลำพูน

น้ำมันธรรมชาติเป็นสารประกอบรวมของสารพวก hydrocarbon ซึ่งเชื่อกันว่าเกิดจากพืชและสัตว์ แต่ตำแหน่งที่เกิดน้ำมันนั้นยังไม่ทราบแน่นอน เป็นที่เชื่อกันว่า (1) น้ำมันอาจเกิดจากสิ่งที่มีชีวิตและแยกตัวออกเมื่อสิ่งที่มีชีวิตนั้นตาย (2) น้ำมันอาจเกิดจากสิ่งที่มีชีวิตในขณะที่เกิดการผุเน่าเปื่อยแล้วสะสมตัวอยู่ที่อื่น (3) สิ่งที่มีชีวิตที่ถูกฝังและกลบอยู่ในโคลนนั้นถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำมันธรรมชาติ แหล่งที่สะสมน้ำมันนั้นเรียกว่า Reservoirs ซึ่งส่วนมากเป็นหินที่มีรูพรุน เช่น หินทราย หรือช่องว่างในหินปูน

25.10 ลักษณะบางอย่างของหินชั้น

ลักษณะบางอย่างในหินมักปรากฏอยู่เฉพาะในหินชั้น ดังนั้นจึงอาจใช้ลักษณะเหล่านี้เป็นเครื่องช่วยชี้ให้เห็นว่าหินดังกล่าวเป็นหินชั้นได้ ลักษณะเหล่านี้มักเกิดในระหว่างการตกตะกอนของสาร หรือภายหลัง

Bedding-ชั้นหิน เป็นลักษณะที่เกิดระหว่างการตกตะกอน ชั้นของหินอาจสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดหรือชนิดของสารที่ผุดไปจากส่วนที่ตกตะกอนอยู่ หรือรอยในเนื้อหินซึ่งเกิดจากการหยุดชะงักของการตกตะกอน หินบางชนิดมีชั้นหนามาก แสดงว่าการตกตะกอนของหินนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด และชนิดของสารเลย ชั้นหินที่เกิดเป็นชั้นบาง ๆ เรียกว่า laminae ชั้นที่มีความหนาไม่สม่ำเสมอเรียกว่า nodular bedding

Cross-bedding หรืออาจเรียกว่า Cross-laminated ก็ได้ เกิดจากการกระทำของกระแส น้ำในระหว่างการตกตะกอน โดยปกติกระแสน้ำมักเปลี่ยนทิศทาง การเปลี่ยนทิศทางของกระแสน้ำทำให้เกิด Cross-bedding มักเกิดในหินทราย และมีประโยชน์ในการช่วยสังเกตดูการวางตัวของหินชั้นว่าปกติหรือไม่

Ripple Marks เป็นลักษณะที่เกิดในหินชั้นอีกชนิดหนึ่ง โดยการกระทำของคลื่นในขณะที่คลื่นพัดอยู่ใต้ท้องทะเลนั้น จะทำให้สารเกิดการเคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน สารบางส่วนจะเคลื่อนย้ายเร็วกว่าส่วนอื่น ทำให้เกิดเป็นรอยริ้วขึ้น เมื่อแข็งตัวเรียกว่า Ripple Marks

Mud Cracks มักเกิดในหินที่มีเนื้อละเอียด เช่น clay หรือ siltstone โดยเหตุที่ในขณะที่เกิดการตกตะกอน และสารเหล่านี้ยังไม่แข็งตัวดี แต่ถูกยกตัวขึ้น และถูกแดดตากจนแห้ง ทำให้เกิดการแตกเป็นร่องรอยต่าง ๆ ภายหลังได้มีการจมตัว และมีการตกตะกอนของหินอื่นต่อไป สารที่ตกตะกอนใหม่จะเข้าแทรกอยู่ในรอยแตกดังกล่าว และเมื่อทั้งหมดเกิดแข็งตัวกลายเป็นหิน จะยังคงมีร่องรอยของการแตกแยกเหลืออยู่

25.11 หินแปร (Metamorphic Rocks)

หินแปร คือหินชั้นหรือหินอัคนีที่มีเนื้อหิน โครงสร้าง และบางที่อาจรวมทั้งแร่ประกอบหินด้วย ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความกดดัน อุณหภูมิ หรือการเปลี่ยนแปลงภาวะทางเคมี อำนาจการเปลี่ยนแปลงของหินนี้ไม่มีผู้ใดสามารถจะกำหนดความมากน้อย หรือความกว้างขวางของบริเวณที่หินจะเปลี่ยนได้

Metamorphism หมายถึงขบวนการตกผลึกใหม่พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงไปของแร่ประกอบหิน ตัวอย่างเช่นในขณะที่เกิด Metamorphism แร่บางอย่างเช่น Quartz, feldspar และ Calcite จะมีการขยายตัวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิม และอาจมีการเรียงตัวของแร่เสียใหม่เท่านั้น แต่แร่จำพวก clay, chlorite, dolomite และแร่คาร์บอเนตอื่น ๆ จะเกิดตกผลึกใหม่พร้อมทั้งเกิดเป็นแร่ชนิดใหม่ซึ่งไม่ปรากฏในหินเดิมอีกด้วย การเกิดแร่ใหม่เช่นนี้ เรียกว่า Neomineralization

หินแปรบางอย่างหลังจากที่เปลี่ยนแปลงไปจากหินเดิมแล้ว ส่วนประกอบทางเคมีไม่เปลี่ยนแปลงเลย แต่ส่วนมากมักมีการเปลี่ยนแปลง คืออาจมีธาตุเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปจากเดิม ตัวอย่างเช่น หินดินดานเมื่อถูก metamorphose หรือเปลี่ยนแปลงจะเสียน้ำ (Dehydration) และสารละลายบางอย่างหรือสารที่ระเหยไปได้ หินปูนหรือ dolomite ในขณะที่เปลี่ยนเป็นหินพวกซิลิเกต จะคายก๊าซ CO₂ (Decarbonatization) มีหินอยู่จำนวนไม่น้อยที่มีส่วนประกอบเพิ่มขึ้นระหว่างเกิดการเปลี่ยนแปลง ขบวนการดังกล่าวเรียกว่า Metasomatism สารที่เพิ่มขึ้นอาจมาจากน้ำแร่พวก hydrothermal หรือ pegmatitic, connate หรือ metamorphic

25.12 ตัวการต่าง ๆ ในขบวนการ Metamorphism ตัวการที่สำคัญที่ทำให้เกิด Metamorphism นั้น มีอยู่มากมายหลายชนิด แต่อาจจำแนกออกได้เป็น Chemical agents ซึ่งได้แก่ น้ำ และก๊าซต่าง ๆ และ physical agents ได้แก่ ความกดดัน ความร้อน และตัวการอื่น ๆ

น้ำและก๊าซ ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น น้ำจะร้อนเดือดจนกลายเป็นไอน้ำ ซึ่งไอน้ำ จะสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้น สำหรับก๊าซนั้น ที่สำคัญมี ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกไซด์ของกำมะถัน คลอรีน และฟลูออรีน ก๊าซเหล่านี้ช่วยเร่งน้ำ ให้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงแร่ประกอบหินสูงขึ้น

ความร้อนและความกดดัน ทั้งสองเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ หิน ความกดดันมีอยู่ทั่วไปในเปลือกโลก และยิ่งลึกลงไปก็ยิ่งมีความกดดันสูงขึ้น ผลของความกดดันจะมากยิ่งขึ้นถ้ามีการกระทำของความร้อนร่วมด้วย ถ้าพึ่งความกดดันอย่างเดียว เป็นตัวการที่จะกันมิให้แร่เกิดการแตกสลาย ส่วนความร้อนนั้นเป็นตัวการสำคัญให้แร่ตกผลึก

25.13 ชนิดของหินแปร

หินแปรมีมากมายหลายชนิด วิธีการแบ่งหินแปรนอกจากจะแบ่งได้ตามวิธีการเปลี่ยนแปลงแล้ว ยังสามารถแบ่งได้ตามหินเดิม เช่น

25.13.1 หินแปรที่เกิดจากหินอัคนี

หินอัคนี	หินแปร
Granite, diorite	Gneiss, schist
Gabbro	Hornblende gneiss, hornblende chlorite schist
Peridotite	Talc schist, chlorite schist, serpentine
Felsite, felsite porphyry	Mica schist
Basalt, basalt porphyry	Chlorite schist, hornblende schist, talc schist, greenstone
Volcanic glass, tuff	Mica schist

25.13.2 หินแปรที่เกิดจากหินชั้น

หินชั้น	หินแปร
Conglomerate	Gneiss
Sandstone	Quartzite, quartz—hornfels, quartz schist
Siltstone & shale	Slate, mica schist, hornfels
Limestone & dolomite	Marble
Coal	Graphite

25.14 การเปลี่ยนแปลงของหินบางอย่าง

25.14.1 Granite เป็น gneiss เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนที่สุด แร่ทุกชนิด ยกเว้น Quartz จะเปลี่ยนไปเป็นแร่ใหม่ อาทิเช่น แร่พวกสีดำ พวก hornblende หรือ pyroxene จะกลายเป็น hornblende, chlorite, biotite หรือ garnet หิน gneiss บางแห่งมีผลึกแร่ garnet ใหญ่ถึง 4 นิ้ว

25.14.2 หินทรายเป็น quartzite ในขณะที่เกิด metamorphism เมล็ด Silica ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหินทรายจะขยายตัวใหญ่ขึ้น ทำให้เนื้อหินแน่นขึ้น จนเกือบไม่มีช่องว่างระหว่างเม็ดทราย หินที่มีเนื้อแน่นกว่าและแข็งกว่านี้คือ Quartzite

25.14.3 หินดินดานเป็น Slate และ Schist การเปลี่ยนแปลงของหินดินดานค่อนข้างจะยุ่งเหยิงกว่าหินทราย เพราะมีขบวนการต่าง ๆ เกี่ยวข้องหลายขบวนการ เป็นต้นว่า Dehydration แร่บางอย่างจะเกิดรวมตัวกัน เช่น พวก Alumina และ Silica จะรวมตัวกันเกิดเป็น muscovite ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของ Slate ถ้าหินแปรมีการเรียงเป็นแผ่นดียิ่งขึ้นก็จะกลายเป็น Schist

25.14.4 หินปูนและ Dolomite เป็นหินอ่อน การเปลี่ยนแปลงของหินทั้งสองเป็นขบวนการที่ง่ายที่สุดทั้งนี้เพราะไม่มีแร่ใหม่เกิดขึ้นเลย หินอ่อนก็คือหินปูนหรือ dolomite ที่ตกผลึกใหม่นั้นเอง ทำให้มีเนื้อแน่นและมองไม่เห็นเม็ดแร่เดิม

ลักษณะที่สำคัญของหินแปรชนิดหนึ่งคือ Schistosity คือการเกิดเป็นแผ่น ๆ มักพบในหินพวก Slate หรือ Schist แผ่นหินที่เราเห็นมิใช่ลักษณะที่เกิดอยู่เดิมหรือชั้นหินที่เกิดในขณะเกิดการตกตะกอน หากแต่เป็นชั้นที่เกิดจากการเรียงตัวของแร่ประกอบหินโดยการกระทำ

ของแรงกดดัน โดยทั่วไปแร่ในหินแปร มักจะเรียงตัวตั้งฉากกับแรงกดดันที่มีต่อหินนั้น บางครั้ง Schistosity จะเกิดขนานกันและชัดเจนมาก ทำให้เข้าใจผิดว่าเป็น bedding ได้

ภายหลังจากการเปลี่ยนแปร จากหินอัคนีหรือหินชั้นเป็นหินแปรเสร็จสิ้นลง ถ้าหากอุณหภูมิของบริเวณนั้นยังสูงอยู่ (ระหว่าง 600-900°C) หินแปรก็อาจถูกหลอมตัวได้ และถ้าหลอมตัว ก็จะกลายเป็นวัตถุเหลว หรือที่เรียกว่า Magma ซึ่งภายหลังจากการเย็นตัวก็จะกลายเป็นหินอัคนีอีก ดังนั้นวงจรการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดก็จะสมบูรณ์ขึ้น คือเปลี่ยนจากหินอัคนีเป็นหินชั้น จากหินชั้นเป็นหินแปร และจากหินแปรเปลี่ยนเป็นหินอัคนีอีก

25.15 อายุของหิน

หินที่ปรากฏอยู่บนผิวโลกในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นหินอัคนี หินแปร หรือหินชั้น ก็ตาม เราสามารถหาอายุของหินเหล่านี้ได้ว่าเกิดมาแล้วกี่ล้านปี วิธีการหาอายุของหินมีหลายวิธีต่างกัน สำหรับหินอัคนี และหินแปร ซึ่งไม่มีซากดึกดำบรรพ์เหลืออยู่ให้เป็นหลักฐานในการศึกษาหาอายุได้ หินพวกนี้ต้องหาอายุ โดยวิธี “Radioactive Dating” ส่วนหินชั้นหรือหินตะกอนนั้น มักใช้วิธีศึกษาชนิดของซากดึกดำบรรพ์ที่เหลืออยู่ในหินนั้น ๆ สิ่งที่มีชีวิตบางชนิดมีช่วงระยะเวลาที่อยู่บนโลกสั้นมาก ซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นก็จะเป็นตัวชี้อายุของหินได้อย่างดี

25.15.1 Radiometric Dating

วิธีการของ Radiometric dating นั้นเป็นวิธีการหาอายุของหินโดยอาศัยธาตุกัมมันตรังสีเป็นหลัก ธาตุกัมมันตรังสีโดยปกติจะสลายตัวให้ รังสี 3 ชนิด คือ Alpha (α) rays, Beta (β) rays และ Gamma (γ) rays ธาตุเหล่านี้จะเริ่มสลายตัวทันทีที่เกิดและจะต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมด ระยะเวลาที่ธาตุกัมมันตรังสีสลายตัวไปครึ่งหนึ่งเราเรียกว่า Half-life Half-life ของธาตุกัมมันตรังสี แต่ละชนิดแตกต่างกัน ธาตุบางชนิดมี Half-life คิดเป็นเศษส่วนของวินาทีเท่านั้น บางชนิดอาจนานหลายล้านปี

นักธรณีวิทยาได้ให้ความสนใจต่อการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราการสลายตัวของธาตุเหล่านี้ ทั้งนี้เพราะว่าการสลายตัวของแร่กัมมันตรังสีไม่ถูกรบกวนด้วยการเปลี่ยนแปลง หรือขบวนการต่าง ๆ บนโลกเลย และถ้าเราถือว่าการสลายตัวของธาตุมีความเร็วสม่ำเสมอแล้ว เราก็สามารถวัดอายุของสารที่มีธาตุกัมมันตรังสีได้โดยการหาอัตราส่วนระหว่างธาตุที่มีอยู่เดิม และธาตุที่เกิดขึ้นภายหลังการสลายตัวของ

ธาตุกัมมันตรังสี จากอัตราส่วนนี้เราก็สามารถหาระยะเวลาดังแต่ ธาตุนั้นเกิดจนถึงปัจจุบัน ธาตุกัมมันตรังสีที่นำมาใช้หาอายุนั้น ได้แก่ ธาตุยูเรเนียมสลายเป็นตะกั่ว ทอเรียมสลายเป็นตะกั่ว รูปีเดียมเป็นสตรอนเชียม โพแทสเซียมเป็นอาร์กอน และคาร์บอนเป็นไนโตรเจน

ในธรรมชาติ ธาตุยูเรเนียมมี 2 ชนิด (หรือ 2 Isotopes) คือ U-238 และ U-235 ทั้งสองชนิดเกิดอยู่ร่วมกันโดยมี U-238 มากกว่า U-235 แร่ที่มีธาตุยูเรเนียมนั้นพบอยู่ในสายแร่

U-238	→	Pb-206	(half-life = 4,510 ล้านปี)
U-235	→	Pb-207	(half-life = 7,100 ล้านปี)
Th-232	→	Pb-208	(half-life = 13,900 ล้านปี)
K-40	→	A-40	(half-life = 1,350 ล้านปี)
Rb-87	→	Sr-87	(half-life = 6,000 ล้านปี)

Pegmatite แร่ยูเรเนียมส่วนมากเหมาะสมกับการใช้หาอายุโดยวิธี Radiometric dating นี้ สำหรับแร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม นั้น มีอยู่มากมายทั้งในหินอัคนี และหินชั้น เช่นแร่จำพวก Mica ซึ่งพบมากในหิน granite นอกจากนี้ยังมีแร่ Sylvite, Glaucosite โดยเหตุที่แร่ของธาตุโพแทสเซียม (K) มีมากมายและมีอยู่ในหินหลายชนิด ดังนั้นจึงนิยมใช้โพแทสเซียมเป็นตัวหาอายุมากกว่าธาตุอื่น ธาตุรูปีเดียมมีความสำคัญในหินที่เก่าแก่ ส่วนคาร์บอนพบมากในสิ่งที่มีชีวิตโดยวิธี Radiometric Dating นี้ นักวิทยาศาสตร์สามารถหาอายุของหินที่เก่าแก่ที่สุดบนโลกได้ 3,100 ล้านปี หินจากดวงจันทร์วิเคราะห์หาอายุได้ 3.7×10^9 ปี

25.16 ซากดึกดำบรรพ์ (Paleontology)

นอกจากแร่ หิน แล้วย ฟอสซิล หรือที่เรียกกันว่า ซากดึกดำบรรพ์ก็มีความสำคัญในทางธรณีวิทยาเหมือนกัน โดยที่มันเป็นตัวกำหนดอายุของชั้นหินต่าง ๆ ฉะนั้นเราจึงน่าจะศึกษาถึงความเป็นมาของซากดึกดำบรรพ์ว่าคืออะไร และเกิดมาได้อย่างไร

ซากดึกดำบรรพ์ หมายถึงซากเหลือหรือร่องรอยของสัตว์ พืช ที่เคยมีชีวิตอยู่ในอดีตนานนับเป็นล้าน ๆ ปีล่วงมาแล้ว ซากหรือร่องรอยเหล่านั้นยังสามารถคงรูปให้เห็นอยู่โดยถูกฝังตัวอยู่ในดิน หรือในหิน แล้วแต่สภาพของมัน ส่วนใหญ่ซากดึกดำบรรพ์จะมีโอกาสพบได้

มากในชั้นหินที่เกิดจากการสะสมตัวในน้ำ เป็นต้นว่าในหินชั้น (Sedimentary rocks) ที่เคยเป็นท้องทะเลลึกมาก่อน บางครั้งจะพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์บกฝังตัวอยู่ในหินที่เคยเป็นท้องทะเล หรือแม่น้ำหรือตามที่ราบต่าง ๆ ที่น้ำท่วมตัว ทั้งนี้ก็เพราะถูกพัดพาโดยกระแสน้ำ

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วส่วนที่เหลือเป็นซากดึกดำบรรพ์ให้เห็นจะเป็นส่วนที่แข็งของสัตว์หรือพืชนั้น ๆ เพราะมีโอกาสเน่าเปื่อยผุพังทำลายได้ยากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อหนัง หรือส่วนอ่อนอื่น ๆ แต่ก็มีบางครั้งที่เราได้พบซากดึกดำบรรพ์ที่สมบูรณ์ทั้งเนื้อหนัง เช่น ซากของช้าง Mammoth ที่ฝังอยู่ในน้ำแข็งทางตะวันตกของไซบีเรีย

ส่วนแข็งของพืชและสัตว์ก็ได้แก่ ไม้ แก่นกระดูก เปลือกหอย และโครงร่างต่าง ๆ เป็นต้น เมื่อสัตว์ตายลงส่วนเหล่านี้ก็จะถูกกระแสน้ำพัดพาไปพร้อมกับเศษหินเศษดินต่าง ๆ และจมลงสู่ใต้ท้องน้ำ ในที่สุดยังเป็นเวลานานก็ยิ่งมีการทับถมตัวกันหนาขึ้น เศษหินเศษดินเหล่านี้ก็จะเกาะตัวกันแน่นเป็นเนื้อเดียวกันโดยมีน้ำประสานมาเป็นตัวเชื่อมและมันจะแปรสภาพเป็นหินไป พร้อมกับซากดึกดำบรรพ์ที่ยังคงฝังตัวอยู่ในหินเหล่านั้น

การที่สัตว์และพืชจะทิ้งร่องรอยหรือซากเหลือไว้ให้เห็นนั้น ก็จะต้องมีสภาพสิ่งแวดล้อมดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม เป็นต้นว่า ในสภาพที่ที่เย็นจัดแห้งแล้ง หรือเมื่อถูกฝังตัวอยู่อย่างปัจจุบันทันด่วนในตะกอนของหินหรือดิน ซึ่งในสภาพสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศเช่นนี้จะทำให้ซากสัตว์และพืชนั้น ๆ พ้นจากการเน่าเปื่อยและผุพังทำลายได้

ส่วนแข็งของสัตว์ พืช ที่เป็นซากเหลือนั้น อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในโดยทางเคมีบ้าง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ก็เนื่องมาจากน้ำที่พาเอาแร่ต่าง ๆ มาด้วย แร่เหล่านั้นจะแทรกซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างของแต่ละอนุของสารเดิม โดยที่รูปร่างเดิมของมันไม่เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า การกลายเป็นหิน (Petrification)

การกลายเป็นหินที่ส่วนแข็งดังกล่าว ถูกเปลี่ยนแปลงโดยน้ำแร่ต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในน้ำ เรียกว่า การถูกแทนที่ด้วยแร่ (Permineralization)

ส่วนการกลายเป็นหินแบบที่เรียกว่า การเข้าประจุ (replacement) ก็คือสารที่อยู่ในส่วนแข็งเดิมละลายตัวอย่างรวดเร็ว แล้วมีสารใหม่เข้าแทนที่สารเดิม สารที่เข้าไปแทนที่ใหม่นี้มักจะได้แก่ Silica, Calcium Carbonate และ Ferrous sulphide เป็นต้น

ส่วนอ่อน หรือส่วนเนื้อหนังนั้น อาจจะเหลือเป็นร่องรอยอยู่ในสภาพของคาร์บอน สภาพเช่นนี้เกิดได้จากธาตุที่แตกตัวง่ายของสารอินทรีย์ เช่น Hydrogen, Oxygen และ Phosphorus ซึ่งถูกกลั่นหรือระเหิดออกไปคงเหลือแต่ร่องรอยของธาตุ Carbon บาง ๆ ติดอยู่ตามชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์แบบนี้เรียกว่า เกิดจากการกลายเป็นถ่าน (Carbonization) หรือการกลั่นตัว (distillation) ส่วนใหญ่จะพบในพวกซากใบไม้และแกรปโตไลต์ (Graptolite)

การเกิดร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์อีกชนิดหนึ่งเกิดโดยการแทนที่สารเดิมทั้งหมด และแสดงให้เห็นลักษณะของซากดึกดำบรรพ์นั้นอย่างกว้าง ๆ ในสภาพแบบหล่อ (Mould) และรูปหล่อ (Cast) ทั้งสองแบบนี้เกิดขึ้นโดยน้ำซึมผ่านหินชั้นที่มีเนื้อแน่น ซึ่งอาจจะมีการเปื่อยพังตัวอยู่เปลือกหอยเหล่านั้นละลายไปเหลือเป็นแบบหล่อทิ้งไว้ให้เห็นในหิน ส่วนรูปหล่อนั้นเกิดโดยน้ำแร่ไหลแทรกเข้ามาประจูดอยู่ในช่องว่างของแบบหล่อเหมือนกับ หล่อพระ

ส่วนร่องรอยอื่น ๆ เช่นรอยพิมพ์ของใบไม้ รอยพิมพ์เท้าของสัตว์ต่าง ๆ เช่น ไดโนซอร์ สัตว์หรือโพรงที่สัตว์สร้างขึ้น หรือมูลสัตว์เหล่านี้ ที่เป็นร่องรอยเหลือให้เห็นอยู่บนหินได้ เราถือว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์แบบหนึ่งด้วยเหมือนกัน

โดยทั่วไปแล้วแหล่งที่จะพบซากดึกดำบรรพ์ได้ก็คือ บริเวณที่เป็นหินชั้น เพราะเป็นหินที่เกิดจากการสะสมตัวของดินหินตะกอนต่าง ๆ ส่วนในหินอัคนี (Igneous rock) หรือหินแปร (Metamorphic rocks) นั้นจะไม่ปรากฏว่ามีซากดึกดำบรรพ์เลย นอกจากกรณีพิเศษซึ่งเคยพบรอยพิมพ์เท้าของมนุษย์โบราณบนหินไหลจากภูเขาไฟ

หินชั้นได้แก่ หินปูน หินทราย หินดินดาน พบว่าส่วนใหญ่มักมีซากดึกดำบรรพ์ของพวกหอยต่าง ๆ ปะการัง ใบไม้ ผังตัวอยู่ ซากดึกดำบรรพ์เหล่านั้นโดยมากมักอยู่ไม่ครบบริบูรณ์ทั้งตัว อาจจะพบเพียงเป็นเศษหรือชิ้นส่วนเล็ก ๆ ส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่รูปร่างก็อาจจะผิดแปลกไปจากเดิม เป็นต้นว่า บิดเบี้ยว โค้งงอไปมา หรือแบนแปบ ทั้งนี้ก็เนื่องจากแรงเสียดหรือความกดดันที่เกิดขึ้นในหิน จนบางครั้งไม่สามารถจะทราบได้ว่าเป็นส่วนไหนของสัตว์ หรือของพืช เมื่อเป็นเช่นนี้ก็ต่ออาศัยความเคยชินที่ได้พบเห็นมาบ่อย ๆ

การออกไปค้นหาซากดึกดำบรรพ์ จากแหล่งต่าง ๆ ตามป่าตามเขานั้นไม่ใช่ของง่ายเลย เราอาจจะคิดว่าหินทุกก้อนหรือภูเขาทุกแห่งที่เป็นหินชั้นย่อมมีซากดึกดำบรรพ์ไปเสียทั้งหมด ซึ่งความจริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น บางครั้งเดินเป็นระยะทางนับเป็นหลาย ๆ กิโลเมตรหรือตลอดเขาทั้งเขาก็ไม่ปรากฏร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์เลย สุสานซากดึกดำบรรพ์มัก

จะพบเป็นส่วนมากในหินที่เกิดจากการสะสมตัวในน้ำและเมื่อพบแล้วก็เชื่อว่าซากดึกดำบรรพ์เหล่านั้นจะโผล่ออกมาให้เห็นอย่างชัดเจน ส่วนใหญ่แล้วผิวของมันจะฉุพังทำลายไปโดยน้ำหรือลม บางครั้งชั้นหินที่มีซากดึกดำบรรพ์จะมีดินหรือทรายมาทับอยู่เป็นชั้นหนา ๆ ต่อเมื่อขุดเอาดินทรายออกแล้วจึงจะพบชั้นหินที่มีซากดึกดำบรรพ์อยู่

วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์นั้นเราเรียกว่าบรรพชีวินวิทยา (Paleontology) ซึ่งกล่าวถึงเรื่องราวของสัตว์และพืชที่เคยมีชีวิตมาแล้วในอดีต นักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาวิชานี้เรียกว่านักบรรพชีวิน (Paleontologist) การศึกษาวิชานี้ทำให้ได้ประโยชน์หลายประการด้วยกันทั้งในทางธรณีวิทยาและชีววิทยา

ประการแรกเกี่ยวกับการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต (Evolution of life) ว่าสิ่งมีชีวิตนั้นคาดว่าเริ่มเกิดขึ้นมาตั้งแต่สมัยประมาณ 3,000 ล้านปีล่วงมาแล้ว แม้ไม่มีร่องรอยหรือซากปรากฏให้เห็นก็ตาม เราเพิ่งจะพบซากดึกดำบรรพ์อายุประมาณ 600 ล้านปีที่แล้วมานี่เอง ต่อมาก็มีการขยายแพร่พันธุ์ออกไปมากมายหลายหมื่นจำพวก ทั้งรูปร่างและความเป็นอยู่ก็วิวัฒนาการขึ้นเรื่อย ๆ จากสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กเซลล์เดียวกลายเป็นสัตว์ พืช ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โครงสร้างสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น จนกระทั่งเป็นมนุษย์ สัตว์ และพืชอย่างที่เห็นในปัจจุบัน

ประการที่สองเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่สัตว์และพืชเหล่านั้นเคยดำรงชีวิตอยู่ เป็นต้นว่า ถ้าพบซากปะการังอยู่ในหินปูนบนภูเขาสูงก็บอกได้ว่าบริเวณนั้นครั้งหนึ่งเมื่อปะการังยังมีชีวิตอยู่เคยเป็นท้องทะเลในเขตอบอุ่น (temperate zone) แล้วท้องทะเลตอนนั้นยกตัวขึ้นมาเป็นภูเขาสูงในกาลต่อมาหรือถ้าพบซากสัตว์ชนิดหนึ่งในเขตทวีปเอเชียแล้วไปพบซากสัตว์ชนิดเดียวกันนั้นในทวีปอื่น เช่น อเมริกา ก็ทำให้เชื่อว่าพื้นแผ่นดินทั้ง 2 ทวีปนี้เคยต่อเนื่องกันไม่ทางบกก็ทางน้ำ แล้วจึงเกิดการแบ่งแยกทวีปขึ้นในภายหลังถ้าชั้นหินหรือแหล่งไหนมีซากดึกดำบรรพ์เกิดอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ก็แสดงว่าบริเวณนั้นเคยมีสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมที่จะทำให้สัตว์และพืชนั้น ๆ มีการแพร่พันธุ์ได้อย่างแพร่หลาย และเมื่อตายก็สะสมกันอยู่จนได้พบซากดึกดำบรรพ์อย่างหนาแน่นเช่นนั้น จะเรียกเป็นสุสานซากดึกดำบรรพ์ก็ได้

ประโยชน์อีกประการหนึ่งก็คือ ประเมินอายุของหินได้ว่า หินชั้นไหนเก่าหรือใหม่เพื่อทำธรณีวิทยาประวัติได้ เพราะในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ พืชหรือสัตว์ย่อมมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แต่ถ้าหินกำเนิดในช่วงเวลาเดียวกัน ซากดึกดำบรรพ์ย่อมมีลักษณะ

เหมือนกัน เป็นอันว่าถ้าเราพบซากดึกดำบรรพ์ที่เหมือนกันในชั้นหิน ที่แม้อยู่ห่างกันไกล เพียงไรก็ตามเราก็เทียบอายุได้ว่าหินชั้นนั้นอยู่ในยุคเดียวกันแม้เนื้อของหินจะผิวกันมาก

บางครั้งเราพบว่าสัตว์และพืชเกิดอย่างอุดมสมบูรณ์ในช่วงเวลาหนึ่งแล้วสูญพันธุ์หมดไปในระยะเวลาอันสั้น จากเหตุการณ์ดังกล่าวเราอาจสันนิษฐานได้ว่าสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน จนสัตว์และพืชเหล่านั้นปรับตัวตามไม่ทัน ซากดึกดำบรรพ์ที่เกิดอย่างแพร่หลายในช่วงระยะเวลาอันสั้น แล้วสูญพันธุ์หมดไปถือว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์ดัชนี (Index fossils) ของยุคนั้น

จากข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้เองที่ทำให้สามารถแบ่งลำดับชั้นหินออกเป็นยุคต่าง ๆ ได้ ตั้งแต่ยุคเก่าที่สุดจนกระทั่งถึงปัจจุบัน (ดูตารางที่ 2)

จากธรณีกาลจะเห็นได้ว่าในยุคพรีแคมเบรียนเริ่มปรากฏสิ่งมีชีวิตขึ้นเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กชนิดที่เป็นเซลล์เดียว และยังไม่สามารถแยกได้ยากกว่าเป็นพืชหรือสัตว์

ต่อมาในยุคแคมเบรียนประจักษ์พยานจากซากดึกดำบรรพ์ที่พบนี้มาขึ้นเป็นพวกสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งหมด สัตว์ประเภทหนึ่งที่เรียกว่า “ไทรโลไบท์” (Trilobite) เริ่มเกิดในยุคนี้และแพร่พันธุ์ออกไปอย่างแพร่หลาย นอกจากนั้นก็มีหอยต่าง ๆ เริ่มเกิดขึ้นบ้างพร้อมกับพืชน้ำและบก

ยุคออร์ดีวิเซียน ไทรโลไบท์ยังเจริญแพร่พันธุ์ต่อไป และมีสัตว์อีกประเภทหนึ่งซึ่งโครงสร้างของมันมีลักษณะไม่เหมือนกระดูกอ่อนใด ๆ ได้แก่ สัตว์ประเภทโปรโตคอร์ดาดา (Protochordata) ซากดึกดำบรรพ์ที่พบแพร่หลายในยุคนี้ได้แก่แกรปโตไลต์ (Graptolite) แกรปโตไลต์ยังคงแพร่พันธุ์ต่อไปในยุคไซลูเรียน และสูญพันธุ์หมดในตอนปลายยุคพร้อมกับมีพืชที่เกิดมากขึ้น ยุคดีโวเนียน มีกบ ปลา ซึ่งมีกระดูกหรือก้างอ่อนและใส ผิวหนังของมันเป็นแผ่นแข็ง แทนที่จะเป็นเกล็ด ครีบหน้ามีขนาดใหญ่ทำหน้าที่เหมือนเท้าและถ่ายเทออกซิเจนด้วยระบบปอดเพื่อที่จะขึ้นไปอยู่บนบกได้บางเวลา จึงเรียกว่าสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (Amphibian)

สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่เกิดครั้งแรกในยุคดีโวเนียนได้มีวิวัฒนาการขึ้นมาอยู่บนบกอย่างถาวรกลายเป็นพวกสัตว์เลื้อยคลาน (Reptile) ในตอนยุคคาร์บอนนิเฟอรัส แต่ยังมี

ตารางที่ 2 ลำดับอายุทางธรณีวิทยา *(Geologic Time Scale)

SC 103

มหายุค (Era)	ยุค (Period)	สมัย (Epoch)	จำนวนปีที่ ผ่านมา (ล้าน)	ซากดึกดำบรรพ์
ซีโนโซอิก (Cenozoic)	ควอเทอร์นารี (Quaternary)	รีเซนต์ (Recent)	2	มนุษย์เริ่มเกิดปลายสมัยไพลสโตซีน
		ไพลสโตซีน (Pleistocene)		
	เทอร์เชียรี (Tertiary)	ไพลโอซีน (Pliocene)	17	ลิง ค้างคาว เริ่มเกิด
		ไมโอซีน (Miocene)		
พาลีโอซีน (Paleocene)	โอลิโกซีน (Oligocene)	น้อยกว่า 40	ม้า อูฐ ช้าง ปลาวาฬ เริ่มเกิด	
	อีโอซีน (Eocene)	น้อยกว่า 60		
มีโซโซอิก (Mesozoic)	ครีเตเชียส (Cretaceous)	พาลีโอซีน (Paleocene)	น้อยกว่า 70	เกิดไม้ดอกส่วนไดโนซอร์ส์และหอยวงข้างสูญพันธุ์
		จูรัสสิก (Jurassic)	90	
		ไทรแอสสิก (Triassic)	140	
พาลีโอโซอิก (Paleozoic)	เพอร์เมียน (Permian)	คาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous)	200-170	สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ไดโนซอร์ส์
			230	
	ดีโวเนียน (Devonian)	ไซลูเรียน (Silurian)	300	ไทโลไบท์สูญพันธุ์ สัตว์เลื้อยคลาน เกิดสัตว์เลื้อยคลาน สุน เกิดปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก
			น้อยกว่า 350	
			น้อยกว่า 440	
ออร์โดวิเซียน (Ordovician)	แคมเบรียน (Cambrian)	470	พืชทั่วไปพืชบกเกิดมากขึ้น สัตว์มีกระดูกสันหลัง หอย พืชบก สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เกิดไทโรไลไบท์	
		600-3,000		
พรีแคมเบรียน (Precambrian)				เริ่มมีสิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็กมาก

341

*รวบรวมจากเอกสารสำหรับประชาชน ฉบับที่ 19 กรมทรัพยากรธรณี และ Kummel B. 1961 Dunbar, C.O. 1961.

จำแนกไม่ค่อยได้จากสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พร้อมกันนั้นพืชสีเขียวพวกเฟอรัมและสนก็เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายเป็นป่าชื้นแฉะในยุคคาร์บอนิเฟอรัสนี้

ตอนปลายยุคเปอร์เมียน สัตว์เลื้อยคลานเกิดขึ้นอย่างแพร่หลายและไทรโลไบต์ สูญพันธุ์หมดในปลายยุคนี้

ในยุคไทรแอสสิกและจูรัสสิก สัตว์เลื้อยคลานเจริญแพร่หลายมากที่สุดและมีขนาดใหญ่ที่สุด ได้แก่ พวกไดโนซอร์ส์ต่าง ๆ ยุคนี้เป็นยุคที่สัตว์เลื้อยคลานครองโลก

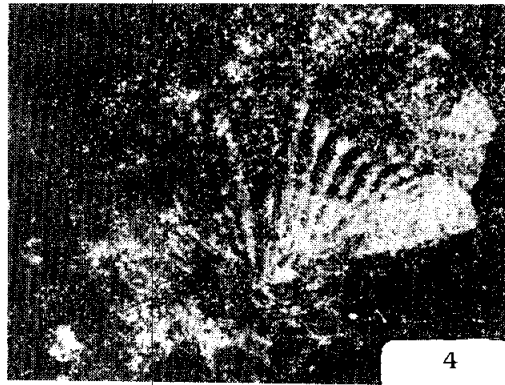
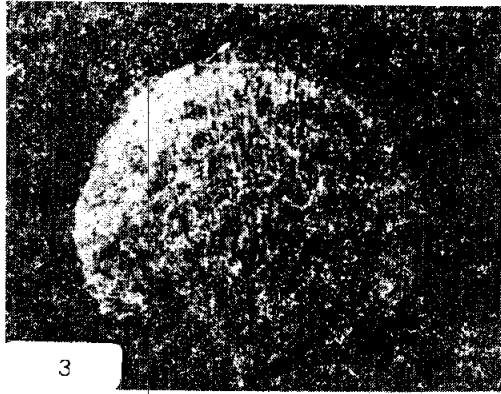
ยุคครีเตเชียส ไดโนซอร์ส์และมอลลัสกาชนิดหนึ่งที่เรียกว่าหอยวงช้าง (ammonite) สูญพันธุ์หมดในตอนปลายยุค พร้อมกับพันธุ์ไม้ใหญ่ประเภทไม้ดอกก็เริ่มเกิดขึ้นในยุคนี้

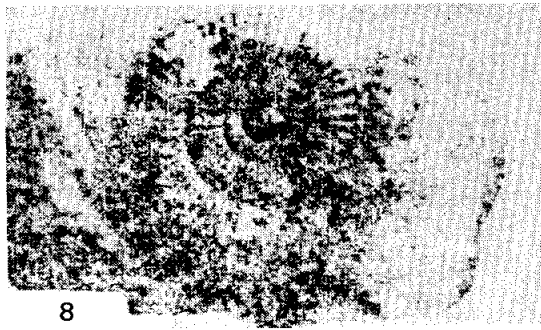
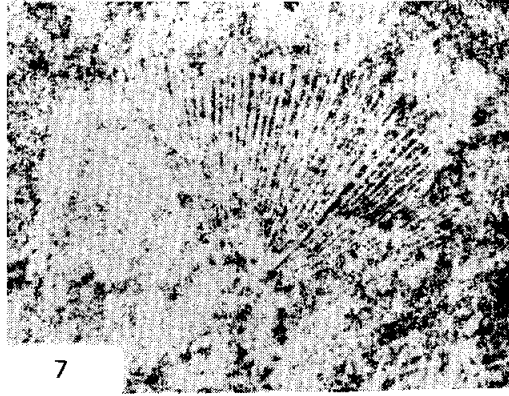
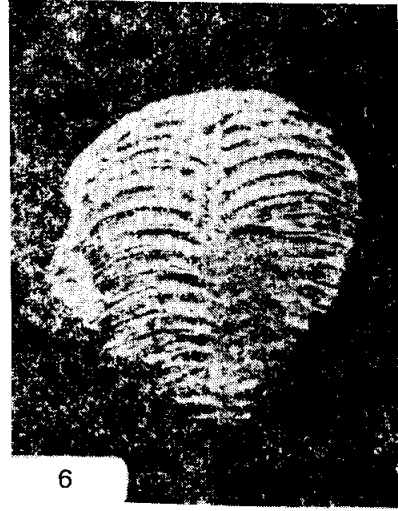
เมื่อเริ่มยุคเทอร์เชียรี สัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมเกิดขึ้นมากมาย แม้ความจริงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมนั้นจะเริ่มมีมาตั้งแต่ยุคไทรแอสสิกแล้วก็ตาม แต่ก็เป็พวกต้นตระกูลของยุคนี้ในยุคเทอร์เชียรีสัตว์พวกเลี้ยงลูกด้วยนมเจริญแพร่หลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

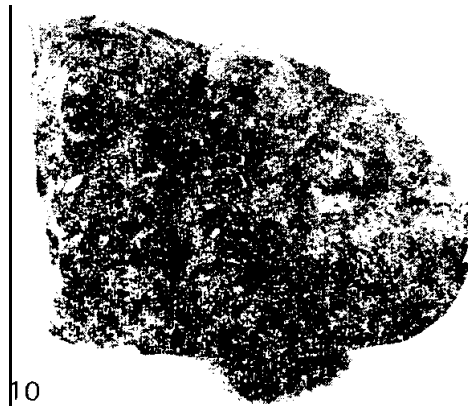
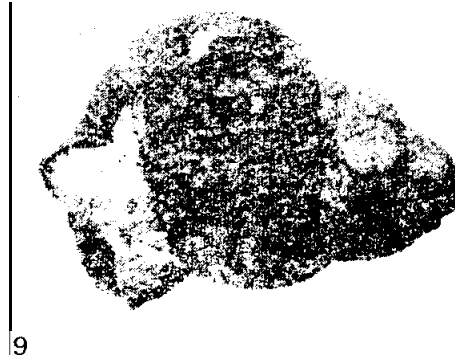
มนุษย์ที่วิวัฒนาการมาจากมนุษย์วานร (Ape) นั้น เข้าใจกันว่าเริ่มมีขึ้นในตอนล่างสุดของไพลีสโตซีนพวกแรกที่สุด ได้แก่ มนุษย์ชวา ซึ่งพบในหมู่เกาะชวาเกิดเมื่อประมาณ 750,000-950,000 ปีล่วงมาแล้ว ต่อมาก็คือมนุษย์ปักกิ่ง พบโครงกระดูกและกะโหลกในถ้ำหินปูนที่ใกล้เมืองปักกิ่ง ประเทศจีน และค่อย ๆ เจริญขึ้นจนสืบเชื้อสายอยู่จนปัจจุบันนี้เป็นชนเผ่าเอเชีย ส่วนชนเผ่ายุโรปนั้น เข้าใจว่ามีต้นกำเนิดทางแอฟริกา

สำหรับซากดึกดำบรรพ์ในยุคต่าง ๆ ที่พบในประเทศไทย ได้พบเป็นจำนวนมากด้วยกัน ตัวอย่างเหล่านั้นได้ทำการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญบรรพชีวินวิทยาชาวต่างประเทศ บางตัวก็เป็นชนิดใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อนเลยจึงได้ตั้งชื่อให้เป็นเกียรติแก่นักธรณีวิทยาของประเทศหรือสถานที่ที่พบซากดึกดำบรรพ์เหล่านั้น ซึ่งพอจะแบ่งออกตามลำดับอายุได้ดังนี้

25.16.1 ซากดึกดำบรรพ์ยุคแคมเบรียน ได้พบซากไทรโลไบต์และหอยแบรคคิโอพอดในหินทรายสีน้ำตาลแดง ที่เกาะตะรุเตา ซึ่งอยู่ทางใต้ของประเทศไทย ซากดึกดำบรรพ์พวกนี้พบเป็นครั้งแรกโดยนายสมาน บุราราศ และได้ตรวจโดยศาสตราจารย์โกบายาชิ แห่งประเทศญี่ปุ่น ว่ามีอายุอยู่ในตอนปลายยุคแคมเบรียน บางชนิดก็เป็นชนิดใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน เช่น







คำอธิบายรูป แผ่นภาพที่ 1, 2 และ 3

1. *Apheoorthis* (?) sp. ยุคแคมเบรียน
2. *Thiaspis sethaputi* KOBAYASHI ยุคคาร์บอนิเฟอรัส ตอนกลางและตอนบน ตัวอย่างจาก อ.เซียงคาน จ.เลย
3. “*Linoproductus*” cf. *umariensis* REED ยุคคาร์บอนิเฟอรัส
4. *Brachythyrina thailanndica* HAMADA ยุคคาร์บอนิเฟอรัส
5. *Ipciphyllum timoricum* GERTH ยุคเปอร์เมียน ตัวอย่างจาก จ.ปราจีนบุรี
6. *Leptodus tenuis* WAAGEN ยุคเปอร์เมียน ตัวอย่างจาก อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์
7. *Halobia* cf. *comata* ยุคไทรแอสสิกตอนบน
8. *Tmetoceras regleyi* ยุคจูรัสสิก
9. *Viviparus raynoldsianus* MEEK & HAYDEN ยุคเทอร์เชียรี
10. ทรายช้าง *Stegolophodon praelatidens* ยุคเทอร์เชียรี

<i>Pagodia thaiensis</i>	KOBAYASHI (nov.)
<i>Thailandium solum</i>	KOBAYASHI (nov.)
<i>Eosaukia buravasi</i>	KOBAYASHI (nov.)
<i>Saukiella tarutaoensis</i>	KOBAYASHI (nov.)

นอกจากนี้ยังพบซากดึกดำบรรพ์ของหนอนทะเลชนิดหนึ่ง กับรอยพิมพ์ของหอยแบรคคิโอพอด ที่ยังจำแนกชนิดไม่ได้ในหินดินดานปนทราย ที่เกาะภูเก็ต ซึ่งประมาณอายุว่าอยู่ในช่วงยุคแคมเบรียนเหมือนกัน

25.16.2 ซากดึกดำบรรพ์ยุคออร์โดวิเชียน

ซากดึกดำบรรพ์ยุคนี้พบอยู่ในหินปูนสีดำนี่ซึ่งเรียกกันว่า หินปูนชุดทุ่งสง ซึ่งพาดอยู่ตามแนวภูเขาทางทิศตะวันตกของจังหวัดนครศรีธรรมราช ลงไปสู่จังหวัดสตูล และสิ้นสุดที่เมืองเปอร์ลิสในมลายู ซากหอยเซฟฟาโลพอด (Cephalopod) ซึ่งพบที่เหมืองหินปูนอรอนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช ได้ตรวจสอบโดยศาสตราจารย์ชาวญี่ปุ่นว่าอยู่ในยุค Middle Ordovician และยังพบชนิดคล้ายกันนี้ที่บริเวณเหนือเขื่อนภูมิพลกับตะวันตกของ จ.เชียงใหม่ อีกด้วย ซากดึกดำบรรพ์อื่น ๆ ที่พบในยุคนี้ก็ได้แก่ หอยปากเปิด หอยสองฝา และไทรโลไบท์ ซึ่งอยู่ในชั้นหินที่วางตัวอยู่บนหินชุดแคมเบรียน

นอกจากนี้ยังได้พบซากไทรโลไบท์และหอยสองฝา ชนิดต่างๆ ที่ อ.ทุ่งหว้า จ.สตูล อีกเช่น

<i>Basiliella satunensis</i>	KOBAYASHI and HAMADA (nov.)
<i>Cyrtotonella thailandica</i>	HAMADA (nov.)
<i>Rafinesquina komalarjuni</i>	HAMADA (nov.)

25.16.3 ซากดึกดำบรรพ์ยุคดีโวเนียน

พบพวก Pteropoda ชนิด *Tentaculites elegans*, *Styliolina clavula* ในหินดินดานปนทรายสีชมพูอ่อน ซึ่งวางตัวอยู่ข้างล่างหินปูนยุคเปอร์เมียน ที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี และในหินดินดานสีเหลืองตรงเขตติดต่อจังหวัดตรัง และพัทลุงพร้อมกับซากไทรโลไบท์ ชนิด *Plagiolaria poothaii* ซึ่งกำหนดอายุอยู่ในยุคดีโวเนียน ต่อมานักธรณีวิทยาได้พบ Conodonts ซึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์ที่มีขนาดเล็ก และ graptolites พวก *Monograptus* ชนิดต่างๆ ในหินดินดานสีดำ ที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ซึ่งกำหนดอายุว่าอยู่ในช่วงล่างของยุคดีโวเนียน (Lower Devonian)

25.16.4 ซากดึกดำบรรพ์ยุคคาร์บอนิเฟอรัส

ซากดึกดำบรรพ์ในยุคคาร์บอนิเฟอรัสที่ค้นพบที่ อ.ควนดินสอ จ.พัทลุง ในปี พ.ศ. 2433 และได้ตรวจสอบในปี พ.ศ. 2434 โดย ดร. Reed ว่าเป็นซากของหอยพีลีซีพอด (Pelecypod) หอยสองฝาและซากไทรโลไบต์ ชนิดต่าง ๆ เช่น

Posidonomya becheri BROWN var. *siamensis*

Productus cf. *plicatus* SAFFRES

Chonetes aff. *buchiana* DE KON

Proetus cf. *coddonensis* WOOD

Phillipsia aff. *silesiaca* SCUPIN

ต่อมาในปี พ.ศ. 2503 และ 2506 ดร. HAMADA ได้ตรวจซากหอยสองฝาและปะการัง ซึ่งได้จากเกาะมุข จ.ตรัง และ อ.วังสะพุง จ.เลย ว่าเป็นชนิดต่าง ๆ กัน เช่น

Kitakamithyris buravasi HAMADA (nov.)

Brachythyris thailandica HAMADA (nov.)

Heterocaminia peuciradiata HAMADA (nov.)

Purdonella pitakpaivani HAMADA (nov.)

และในปี 2504 ได้พบซากไทรโลไบต์ชนิดใหม่คือ *Thaiaspis sethaputi sethaputi* KOBAYASHI ในชั้นหินดินดานที่ จ.เลย ว่าอยู่ในระหว่างช่วงกลางถึงบนสุดของยุค Carboniferous (Middle-Upper Carboniferous)

นอกจากนี้ยังได้พบ Protozoa พวก Fusulines (คดข้าวสาร) ชนิดต่าง ๆ อีก เช่น

Ozawainella sp.

Fusulipa konoii

Schubertella sp.

Fusulina cylindrica

25.165 ซากดึกดำบรรพ์ยุคเปอร์เมียน

เราพบซากดึกดำบรรพ์ในหินยุคเปอร์เมียนอย่างมากมายโดยเฉพาะในหินปูนซึ่งเรียกว่า หินปูนชุตราชบุรี และทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยพบซากดึกดำบรรพ์ยุคนี้ในชั้นหินดินดาน

ซากส่วนมากที่พบคือคดข้าวสาร (Fusulinids) พบมากในตอนกลางยุคเปอร์เมียน นอกจากนี้ได้พบหินปูนที่มีซากปะการังในช่วงกลางยุคเปอร์เมียนที่จังหวัดสระบุรีและทางภาคเหนือ ส่วนช่วงบนสุดของยุคนี้ยังไม่ได้มีการศึกษาซากดึกดำบรรพ์อย่างละเอียด

คดข้าวสารต่าง ๆ ที่พบ ได้แก่:

Pseudoschwagerina taiensis TORIYAMA

Parafusulina methikuli PITAKPAIVAN

Parafusulina parva PITAKPAIVAN

Parafusulina loeyensis PITAKPAIVAN

ซากปะการังที่พบมี:

Ipciphyllum timoricum GERTH

Polythecalis of. *P. multicystosis* HUANG

Yatsengia of. *asiatica* HUANG

25.16.6 ซากดึกดำบรรพ์ยุคไทรแอสสิก

ซากที่พบส่วนมากอยู่ในหินปูนและหินดินดาน ที่จังหวัดเชียงรายพบหอย พวก Halobiidae ในหินดินดานเช่นเดียวกับที่ อ.นาทวี จ.สงขลา ซึ่งพบหอยพวกนี้ในหินดินดาน สีซีดๆ ซากหอยพวกนี้ได้ตรวจสอบโดย KOBAYASHI และ TOKUTAMA ว่าอยู่ในช่วงสมัย CARNIC (ประมาณช่วงล่างถึงช่วงกลางของไทรแอสสิก) ได้พบซากดึกดำบรรพ์หอยวงช้าง ในหินดินดานและหินทราย ที่ดอยช้าง อ.แม่หลวง จ.ลำปาง และให้ชื่อว่า หินดินดานชุดฮ่องหอย ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์เหล่านี้ได้ตรวจสอบโดย Dr. Kummel ว่าอยู่ในสมัย Anisian (ประมาณตอนกลางของยุคไทรแอสสิก)

นอกจากนี้ในการสำรวจธรณีวิทยาภาคเหนือของนักธรณีวิทยา ได้พบตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์อีกมากมาย ซึ่งทำให้หินชุดไทรแอสสิกแบ่งออกเป็นหน่วยย่อย ๆ ได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ต่าง ๆ ที่พบในยุคนี้ได้แก่

Halobia of. *comata* BITTNER

Daonella of. ex-gr. *D. pichleri* MOJSISOVICS

Daonella sumatriensis Volz

Trachyceras (*Paratrachyceras*) of. *regoledanum* MOJSISOVICS

Lobites of. *ellipticus* HALIER

Joanites of. *klipsteini* MOJSISOVICS

นอกจากนั้น ยังได้พบซากปะการังในหินปูนที่บ้านผาคัน อ.ล่อง จ.แพร่ และที่ อ.แม่สอด จ.ตาก ตัวอย่างเหล่านี้ได้วิจัยแล้ว ปรากฏว่ามีอายุอยู่ในช่วงกลางถึงช่วงบนของยุคไทรแอสสิก ได้แก่

Conophyllia sp. aff. *C. boletifermia* MINSTER

Margarosmia sp.

Thammasteria sp. aff. *T. frechi* VOLZ

25.16.7 ซากดึกดำบรรพ์ยุคจูรัสสิก

พบซากหอยวงช้าง ในหินดินดานที่ผาแดงและห้วยหินฝน อ.แม่สอด จ.ตาก ซึ่งผลจากการวิจัย โดย ดร.SATO ว่าเป็น *Erycites* sp. *Tmetoceras* sp. และ *Graphoceras* sp. นอกจากนี้ก็พบซากดึกดำบรรพ์ของหอย *Pelecypod* ในหิน siltstone ที่ปากน้ำ จ.ชุมพร ชนิด *Posidonia* sp. ex. *P. Ornati* QUENSTEDT

ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่

Tmetoceras dhanarajatai n. sp. SATO

Eomiodon chumphonensis HAYAMI

Goniomya (?) *khoratensis* KOBAYASHI & HAYAMI

ต่อมาได้พบฟอสซิลของสัตว์เลื้อยคลานพวก *Ichthyosaurian* และ *Saurop terygian* ในหินชุดโคราช ตามทางหลวงสายอุดรธานี-หนองบัวลำภู ซึ่ง Dr. Takai ได้ทำการวิจัยว่าอยู่ในยุคจูรัสสิก

25.16.8 ซากดึกดำบรรพ์ยุคครีเตเชียส

ได้พบซากดึกดำบรรพ์ที่บ้านนายอ อ.มุกดาหาร จ.นครพนม อยู่ทางด้านตะวันออกของที่ราบสูงโคราช ศาสตราจารย์ KOBAYASHI ได้ทำการวิจัยว่าเป็นซากหอย Pelecypod น้ำจืดชนิด *Nippononaia*, *Trigonioides* และ *Plicanionia* ซึ่งอยู่ในตอนล่างสุดของยุคครีเตเชียสที่เขื่อนน้ำพุง จ.สกลนคร และเหนือ จ.ชัยภูมิ ก็มีซากหอยแบบเดียวกัน

ส่วนซากใบไม้ที่พบก็มี *Araucarioxylon* sp., *Sequoia* sp. และพวก *Dicotyledonous* plant.

ตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่

Nippononaia mekongensis KOBAYASHI

Paranodonta (?) *khoratensis* KOBAYASHI

25.16.9 ซากดึกดำบรรพ์ยุคเทอร์เชียรี

ซากดึกดำบรรพ์ยุคเทอร์เชียรีที่พบ พบในแอ่งเทอร์เชียรีทางภาคเหนือหลายแอ่งด้วยกันคือ ที่แอ่งฝาง ซากดึกดำบรรพ์ที่พบได้แก่ ฟันและกระดูกของสัตว์มีกระดูกสันหลัง กระดองตะพาบน้ำ ใบไม้ต่าง ๆ แมลง และหอยปากเปิด ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นพวกที่อยู่ในน้ำจืดหรือน้ำกร่อย ส่วนที่แอ่งแม่สอดพบซากดึกดำบรรพ์พวกปลาตะเพียน แมลงและใบไม้ต่าง ๆ ซากทั้ง 2 แหล่งนี้อยู่ในสมัยไพล์โอซีน หรือไพล์สโตซีน ตอนล่าง

นอกจากนี้ยังได้พบฟันของช้าง *Mastodon* ซึ่ง Dr. Von KOENIGSWALD ได้วิจัยว่าเป็นฟันช้าง ชนิด *STEGOLOPHODON praelatidens* พบฝังตัวอยู่ในชั้นถ่านลิกไนท์ ที่เหมืองลิกไนท์ อ.แม่เมาะ จ.ลำปางรวมอยู่กับเปลือกหอยปากเปิด ซากใบไม้ กระดองตะพาบน้ำ ซากดึกดำบรรพ์ทั้งหมดนี้มีอายุอยู่ในตอนกลางสมัยไพล์โอซีน

ต่อมาได้พบซากใบไม้และเมล็ดสนบางชนิดในชั้นลิกไนท์และหินน้ำมันที่ อ.ลี้ จ.ลำพูน ซึ่งได้ทำการวิจัยโดย ดร.ENDO แห่งญี่ปุ่น ในปี 2505 ว่าเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่นชื่อ

Alnus thaiensis ENDO sp. nov.

Taxodium thaiensis ENDO sp. nov.

Sparganium thaiensis ENDO sp. nov.

25.16.10 ซากดึกดำบรรพ์สมัยไพลสโตซีน

ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในสมัยนี้คือ โครงกระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในท้องแม่น้ำเจ้าพระยา ที่นครสวรรค์ ตรงที่ขุดดินเพื่อสร้างตอม่อ สะพานเดชาดิวงค์ และผลการวิจัยของ Dr. VON KOENIGSWALD ปรากฏว่าเป็นส่วนกระดูกหัวของควายขนาดใหญ่ชนิด Balbalus หัวกะโหลกของช้างน้ำ (Hippopotamus skull) และกรามบนของช้าง Stegodon

นอกจากนี้ยังพบซากกระดูกของสุนัขป่า อยู่ในชั้นทรายท้องน้ำเจ้าพระยาใกล้ ๆ จ.อ่างทอง ซากกระดูกนี้อยู่ในสภาพที่เกือบจะเป็นซากดึกดำบรรพ์แล้ว ได้วิจัยแล้วปรากฏว่าเป็นสุนัขป่าชนิด *Cuon alpina infuscus* POCKOCK