

บทที่ 6

การผุพังและดิน

(WEATHERING AND SOILS)

เราอาจจะเคยสังเกตเห็นแผ่นดินที่จารึกข้อความต่าง ๆ หรือภาพแกะสลักถูกลบเลือนไป ซากที่สลักหักพังของสิ่งก่อสร้างสมัยโบราณหรือเศษหินที่แตกหักตามถนน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้บอกให้เราทราบว่าหินนั้น ได้ถูกทำลายไปตลอดเวลา การทำลายดังกล่าวมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้นที่ซึมเข้าไปในดินและการกระทำของสิ่งมีชีวิต ซึ่งล้วนแต่เป็นการทำลายหินทั้งสิ้น กระบวนการทำลายนี้เรียกว่า การผุพัง (weathering) มีความหมายง่าย ๆ คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแก่แร่และหิน ที่บริเวณผิวโลกหรือใกล้ผิวโลกเนื่องจากบรรยากาศ น้ำ พืชและสัตว์

การผุพังจะเกิดทั่วไปรอบ ๆ ตัวเราจนเรามักจะมองข้ามไปเสีย การผุพังนี้มีบทบาทสำคัญต่อวัฏจักรของหิน เพราะไปทำให้หินแข็งและตะกอนที่ยังไม่แข็งบนผิวโลกเกิดการแตกหักผุพังกลายเป็นวัตถุดินที่จะไปเกิดเป็นหินชนิดใหม่ ส่วนใหญ่เศษหินที่เกิดจากการผุพังจะถูกพัดพาไปโดยสายน้ำหรือแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) และอาจถูกพัดพาไปโดยสายลมและธารน้ำแข็งได้บ้าง ไปตกสะสมกันยังสถานที่ใหม่ เช่น โคลนที่สายน้ำพัดพามา ซึ่งเป็นวัตถุที่ได้จากการผุพังถูกพัดพาไปสะสมกันบริเวณแอ่งส่วนมากก็คือแอ่งมหาสมุทร บางทีวัตถุที่ได้จากการผุพังยังคงอยู่ตรงที่เกิดนั้นเองและถูกรวมเข้าไว้เป็นหิน

6.1 แหล่งพลังงาน

พลังงานที่ทำให้เกิดกระบวนการผุพังมาจากทั้งภายในและภายนอกโลก การเปลี่ยนแปลงภายในโลกย่อมมีผลให้บางส่วนของผิวโลกมีระดับสูงขึ้นและในขณะเดียวกันบางส่วนก็ทรุดต่ำลงไป เช่นการเกิดแผ่นดินไหวและการเกิดภูเขา จะด้วยสาเหตุอะไรก็ตามมันจะทำให้วัตถุบนผิวโลกจัดตัวใหม่เพื่อว่าแรงโน้มถ่วงของโลกจะสามารถทำให้หินที่เป็นวัตถุนั้นแตกออก ดังนั้นหินที่ยกตัวขึ้นเป็นภูเขาจะมีพลังงานศักย์ (potential energy) ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนไป

เป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) ถ้าแรงโน้มถ่วงมีมากพอที่จะดึงให้หินนั้นเคลื่อนลงสู่ระดับต่ำกว่า การแตกหักของหินนี้เมื่อตกลงมาก็คือ แบบของการแผ่รังสีนั่นเอง

เราเคยทราบมาแล้วว่าภายในโลกมีความร้อนสูงและความร้อนนี้ไหลออกสู่ผิวโลกแล้วแผ่กระจายไป นอกจากนั้นที่ผิวโลกยังได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ด้วย การแผ่กระจายความร้อนทำให้เกิดความแตกต่างของความร้อนในบรรยากาศกับในมหาสมุทร ซึ่งความร้อนที่แตกต่างกันนี้ทำให้เกิดการหมุนเวียนความร้อนในบรรยากาศกับมหาสมุทรทำให้เกิดลมฟ้าอากาศ (weather) ภูมิอากาศ (climate) และกำหนดความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิต และทั้งหมดนี้^{ซึ่ง}ไปช่วยปรับวัตถุดิบผิวโลกหรือทำให้เกิดกระบวนการแผ่รังสีในที่สุด

พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่ออกมานั้นมีค่าถึงนาทีละ 100,000 แคลอรี/ตร.ซม. พื้นราบตรงขอบผิวบนของโลกตำแหน่งที่ตั้งฉากกับผิวดวงอาทิตย์จะได้รับพลังงานความร้อนประมาณนาทีละ 2 แคลอรี/ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2×10^{-5} ของจำนวนความร้อนที่แผ่ออกมาโดยมีพื้นที่เท่ากับบนผิวดวงอาทิตย์ ค่านี้คือ solar constant

สมมติฐานของเราพื้นราบที่ตั้งฉากกับรังสีดวงอาทิตย์ตรงขอบของบรรยากาศชั้นนอก ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับโลก จากหลักเรขาคณิตจะได้ว่าพื้นที่ราบนั้นต้องมีพื้นที่เป็น 1/4 ของพื้นที่โลก ถ้าเป็นจริง เราก็สามารถเขียนค่า solar constant ของผิวโลกได้เป็นนาทีละ 0.5 แคลอรี/ตร.ซม. ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับโลกทั้งหมด แต่พลังงานนี้ประมาณ 1/3 จะไม่แผ่ความร้อนบนชั้นบรรยากาศหรือโลก มันจะสะท้อนกลับสู่อวกาศจากเมฆหรือจากโลกหรือกระจายสู่อวกาศจากอนุภาคภายในบรรยากาศ ดังนั้นจะเหลือค่าประมาณนาทีละ 0.3 แคลอรี/ตร.ซม. เท่านั้นที่แผ่ความร้อนให้บรรยากาศและโลก

จะสังเกตเห็นได้ชัดว่าพลังงานนี้จะแผ่กระจายออกไปไม่สม่ำเสมอบนผิวโลก บริเวณขั้วโลกจะมีปริมาณน้อยกว่าบริเวณเส้นศูนย์สูตร

6.2 ชนิดของการแผ่รังสี

การแผ่รังสีแบ่งออกเป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ การแผ่รังสีทางกายภาพและการแผ่รังสีทางเคมี ในธรรมชาติเราจะแยกการแผ่รังสีทั้งสองชนิดนี้ออกจากกันได้ยาก เพราะว่าการแผ่รังสีทั้งทางกายภาพและทางเคมีเกิดขึ้นด้วยกันเสมอถึงแม้ว่าในสภาวะแวดล้อมบางแห่งจะมีชนิดใดชนิดหนึ่งเกิด

ขึ้นมากกว่าอีกชนิดหนึ่ง แต่ในที่นี้จะแยกกล่าวการผุพังในรายละเอียดของแต่ละแบบเพื่อความชัดเจนในความหมายของแบบทั้งสอง

6.2.1 การผุพังทางกายภาพ (Physical or Mechanical weathering)

การผุพังทางกายภาพบางครั้งเรียกว่า การพังหรือการแตกตัว (disintegration) หมายถึงกระบวนการที่หินแตกหักออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยลง ไปเรื่อย ๆ โดยการกระทำของพลังงานที่เกิดขึ้นจากแรงต่าง ๆ ของฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น น้ำที่ซึ่งอยู่ในรอยแตกร้าวของหินเมื่ออุณหภูมิเย็นจัด น้ำจะกลายเป็นน้ำแข็ง อาจจะมีพลังงานจากแรงกดดันที่มาจากการขยายตัวของน้ำแข็งดันให้หินแตกเป็นชิ้น ๆ หรือหินก้อนใหญ่กลิ้งลงมาตามลาดเขาแล้วแตกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ ได้ การผุพังทางกายภาพสามารถแยกออกได้ดังต่อไปนี้

1. การขยายตัวและหดตัวเนื่องจากความร้อน (expansion and contraction resulting from heat) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิถ้าเกิดขึ้นเร็วและมากพอก็จะทำให้เกิดการผุพังทางกายภาพได้ ในพื้นที่โล่งที่หิน ไผ่ขั้วขึ้นมาโดยปราศจากชั้นดินคลุมหรือไม่มีต้นไม้หรือหญ้าขึ้น ไฟป่าสามารถให้ความร้อนมากพอที่จะทำให้หินแตกหักได้ โดยส่วนนอกของหินได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วและรุนแรงหินก็ขยายตัว ถ้าการขยายตัวเกิดขึ้นมากหินก็จะแตกออก ไฟป่านี้มักจะเกิดขึ้นจากฟ้าผ่าและในบางครั้งหิน ไผ่อาจแตกร้าวได้โดยการถูกฟ้าผ่าโดยตรง

ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ก่อให้เกิดการผุพังได้นั้น เป็นที่ถกเถียงกันมาก เช่นความแตกต่างของอุณหภูมิจากกลางวัน เป็นกลางคืนหรือจากฤดูหนาว ไปเป็นฤดูร้อนมากพอที่จะทำให้เกิดการผุพังทางกายภาพหรือไม่ ตามทฤษฎีแล้วความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งกล่าวย่อมทำให้เกิดการแตกตัวของหินได้ ดังตัวอย่างเช่น หินแกรนิต ซึ่งมีแร่หลายชนิดเป็นส่วนประกอบ และแร่แต่ละชนิดเหล่านั้นมีอัตราการขยายตัวและหดตัวไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงกระทบกระเทือนการจับตัวกันระหว่างแร่เหล่านั้น เมื่อมีระยะเวลาานพอเม็ดแร่ก็อาจจะแตกหลุดออกจากกันได้โดยง่าย ในบริเวณทะเลทรายมักจะพบก้อนหินแตกหลุดจากกัน แต่ที่แตกได้อย่างไรนั้นหลายคนคิดว่าสาเหตุมาจากการขยายตัวและหดตัวโดยความร้อนที่เพิ่มขึ้นและการเย็นตัวนั่นเอง

แต่ผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่จะเป็นข้อสนับสนุนคำอธิบายข้างบนนั้นยังสรุปไม่ได้ ในการทดลอง โดยใช้หินแกรนิตเนื้อหยาบไปเผาให้ร้อนแล้วปล่อยให้เย็น ในช่วงอุณหภูมิ

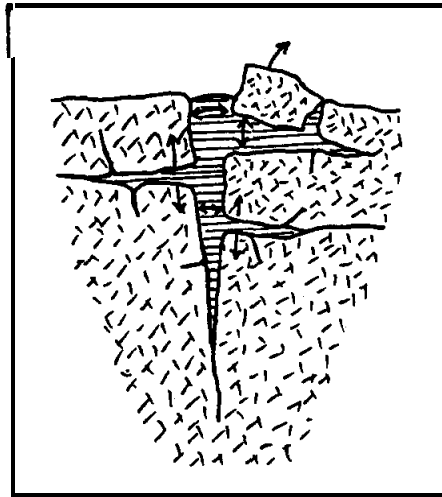
มีจาก 14.5 ถึง 135.5° ซ ทุก ๆ 15 นาที การเผาให้ร้อนและปล่อยให้เย็นสลับกันนี้กระทำติดต่อกันไปเวลานานเทียบได้กับการเปลี่ยนอุณหภูมิประจำวันได้นาน 244 ปี แต่หินแกรนิตก็ไม่มีที่คาดว่าจะแตกแยกออกจากกันได้เลย จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าการทดลองยังไม่านพอที่จะทำให้เกิดการแตกตัวของหินดังที่ปรากฏเองตามธรรมชาติ ในกรณีอื่นเรายังไม่แน่ใจว่าการแตกหักของหินเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวันหรือประจำฤดูกาล ถ้าการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้หินเกิดการแตกหักได้แล้วมันจะต้องเกิดขึ้นอย่างช้ามาก

2. การกระทำเนื่องจากน้ำแข็ง (Frost action) การแข็งตัวของน้ำมีผลต่อการผุพังทางกายภาพยิ่งกว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยความร้อนเมื่อน้ำยังอยู่ตามซอกหินรอยแตกหรือโพรงหิน พออุณหภูมิต่ำมาก ๆ จนกลายเป็นน้ำแข็งจะทำให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นราวเก้าเปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนสภาวะจากน้ำเป็นน้ำแข็งที่มีปริมาตรมากกว่าเดิมเช่นนี้ทำให้เกิดแรงดันดันซอกหินรอยแตกหรือโพรงหินให้กว้างออก ถ้าหากแรงดันนี้มีมากพอจะทำให้หินแตกตัวได้เราเรียกฟรอสต์แอคชั่น (frost action) เท่าที่ทราบเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงถึง -22° ซ จะทำให้เกิดความกดดันมากถึง 2,100 กิโลกรัม/ตร.ซม. อุณหภูมิต่ำขนาดนี้ไม่ต่ำจนเกินไป เพราะเกิดขึ้นบ่อยครั้งในปีหนึ่ง ๆ แม้แต่ในเขตอบอุ่น (temperate)

แต่อย่างไรก็ตามความกดดันมาก ๆ จะไม่เกิดขึ้นจากการแข็งตัวของน้ำอย่างน้อยที่สุดก็ไม่เกิดใกล้กับผิวโลก ความกดดันภายใน 2100 กิโลกรัม/ตร.ซม. ที่เกิดขึ้นนั้นรอยแตกของหินจะต้องมีน้ำยังอยู่เต็มและแข็งตัวพร้อมกันหมดและหินจะต้องมีความแข็งเพียงพอที่จะต้านความกดดันที่เกิดขึ้นที่จุดนั้นได้ แต่โดยมากรอยแตกของหินมักมีอากาศอยู่กับน้ำและรอยแตกนั้นอาจยาวขึ้นมานานผิวหินหรือรอยแตกอาจติดต่อกับรอยแตกอื่น ดังนั้นไม่มีหินใดสามารถมีความกดดันมาตรฐานถึง 2100 กิโลกรัม/ตร.ซม. ถ้าความกดดันเกิดขึ้นโดยตรงจากภายในออกสู่ข้างนอก

แต่อย่างไรก็ตามการกระทำเนื่องจากน้ำแข็งก็ทำให้เกิดการผุพังทางกายภาพได้อย่างมาก โดยน้ำไหลซึมลงไปซึ่งอยู่ในรอยแตกหรือช่องว่างของหินแล้วน้ำก็เริ่มแข็งตัวบริเวณผิวบนของน้ำก่อนในขณะที่อุณหภูมิลดลง และในเวลาต่อมา น้ำตอนล่างถูกแรงดันจากน้ำแข็งตอนบนมันจะค่อย ๆ แข็งลงสู่เบื้องล่าง น้ำแข็งที่ซึ่งอยู่จะขยายและความกดดันที่เกิดขึ้นก็จะดันออกข้างนอก หินจะได้รับปฏิกิริยานี้หลายครั้งในแต่ละปี โดยเฉพาะบริเวณภูเขาสูง อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาผ่านจุดเยือกแข็งเป็นประจำ มีการสะสมความกดดันมากหินก็จะแตกออกได้

(รูปที่ 6.1)



รูปที่ 6.1 การแตกของดินเนื่องจากน้ำแข็ง
(ที่มา : Foster, 1983 หน้า 72)

เศษหินที่แตกหักออกมาจากการผุพังทางกายภาพจะมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมและขนาดของมันขึ้นอยู่กับธรรมชาติของชั้นหินที่มันแตกหักออกมา ส่วนมากแล้วเศษหินจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร แต่ในบางแห่งเศษหินอาจจะมีขนาดถึง 3 เมตรได้

การผุพังหลายทางกายภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำกลายเป็นน้ำแข็งอีกแบบหนึ่งคือ ฟรอสต์ฮีฟวิ่ง (frost heaving) ซึ่งเกิดขึ้นกับตะกอนเม็ดละเอียดยังไม่เกาะตัวกันแข็งมากกว่าที่จะเกิดกับหินแข็ง เมื่อมีฝนหรือหิมะตกลงสู่พื้นดินน้ำก็จะซึมลงใต้ดินและรวมตัวอยู่ในช่องว่างหรือโพรงใต้ผิวดิน เมื่ออุณหภูมิเย็นจัดในฤดูหนาวน้ำที่ขังอยู่ก็จะค่อย ๆ แข็งตัว ถ้ามีการสะสมในบริเวณนั้นมากขึ้นน้ำแข็งจะรวมตัวกันเป็นมวลรูปเลนซ์และทำให้ผิวดินตอนบนถูกดันให้โก่งขึ้นเกิดรอยร้าวหรือผิวดินแตก มักพบเห็นทั่วไปบนถนนที่สร้างไม่ดี สนามหญ้า สวน ซึ่งจะอ่อนและนุ่มเหมือนฟองน้ำในฤดูใบไม้ผลิ เป็นผลจากดินถูกดันโก่งขึ้นมาในระหว่างฤดูหนาว

การผุพังอันเกิดจากการแข็งตัวของน้ำทั้งสองชนิดที่กล่าวมาจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อบริเวณนั้นมีความชื้นมากเพียงพอ ความชื้นนี้สามารถแทรกซึมเข้าไปในหินหรือดินได้และอุณหภูมิต้อง

เปลี่ยนกลับไปกลับมาโดยผ่านจุดเยือกแข็งบ่อย ๆ ดังนั้นจะเห็นว่าการกระทำเนื่องจากน้ำแข็ง จะเกิดขึ้นมากบริเวณภูเขาสูงและบริเวณที่มีความชื้นซึ่งอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงประจำวันหรือฤดูกาล ผ่านจุดเยือกแข็งกลับไปกลับมาเสมอ

3. การแตกของหินแบบเอกโฟลเลชัน (exfoliation) การแตกของหินแบบเอกโฟลเลชัน เป็นกระบวนการผุพังทางกายภาพที่ทำให้เกิดแผ่นหินโค้งหลุดเป็นแผ่นออกมาหรือการแตกตัวของหินเป็นกาบจากมวลหินใหญ่โดยการกระทำของแรงทางฟิสิกส์ การกระทำนี้ทำให้เกิดลักษณะที่พบทั่วไปในภูมิประเทศสองแบบคือ เนินเขารูปโดมขนาดใหญ่เรียก เอกโฟลเลชันโดม (exfoliation dome) และก้อนหินใหญ่รูปทรงกลมเรียกการผุพังแบบสเฟียรอยดัล (spheroidal weathering) ซึ่งแรงที่มากกระทำให้เกิดลักษณะทั้งสองแบบนี้เกิดขึ้นในวิธีที่ต่างกัน

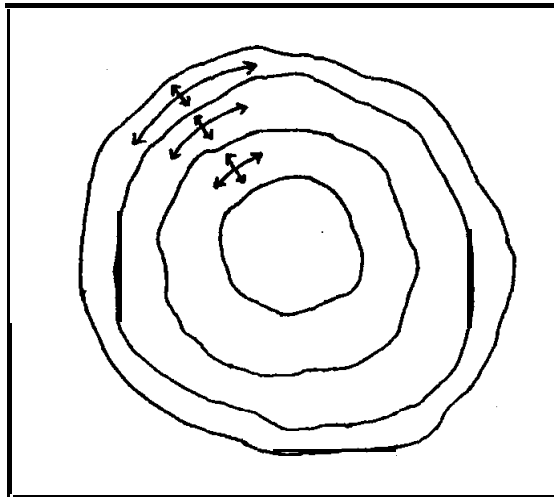
วิธีการที่ทำให้เกิดเนินเขารูปโดมขนาดใหญ่ในหินเนื้อแน่นปกติ มักจะมีรอยแตกร้าวหรือแนวแยกที่เรียกว่า รอยแยก (joints) รอยแยกเหล่านี้จะแตกเป็นรูปโค้งกว้างและเกือบขนานกับผิวของหิน ระยะห่างระหว่างรอยแยกประมาณ 2-3 เซนติเมตรในส่วนใกล้ผิว แต่ระยะห่างนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นหลาย ๆ เมตรเมื่อลึกลงไป ในหิน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมแผ่นหินโค้งระหว่างรอยแยกจะหลุดหรือลอกออกจากมวลหิน ในที่สุดก็เกิดเป็นเนินเขารูปโค้งกว้าง

แผ่นหินโค้งเกิดขึ้นได้อย่างไรนั้นยังเป็นที่โต้แย้งกันอยู่ แต่ส่วนมากเชื่อว่าเกิดจากการกัดเซาะทำให้หินที่ปิดอยู่ตอนบนหลุดไป ความกดดันที่มีต่อหินชั้นล่างจะลดน้อยลง หินก็เริ่มขยายตัวออกทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นเป็นแผ่นและต่อมาก็ตกหลุดออก ได้มีการวัดหินแกรนิตขนาดใหญ่เพื่อสนับสนุนทฤษฎีนี้ โดยการวัดขนาดของหินแกรนิตในเมือง แล้วสกัดหินแกรนิตนั้นออกมาเพื่อไม่ให้รับแรงกดดันจากมวลหินรอบข้าง ทำการวัดขนาดของหินอีกครั้งพบว่ามันจะมีขนาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่สามารถวัดได้ สรุปได้ว่าหินเนื้อแน่นจะขยายตัวขณะที่แรงกดดันลดลง อัตราที่ขยายตัวออกแม้จะเล็กน้อยแต่ก็เพียงพอที่จะไปทำให้เริ่มกระบวนการแตกออกแบบเอกโฟลเลชัน

ส่วนการแตกของหินที่เป็นรูปทรงกลมนั้นเป็นผลจากการแตกหักออกมาของหินเป็นกาบซ้อนกันเป็นวง ๆ พบมากในหินที่เป็นก้อนใหญ่ (boulders) เกิดจากความกดดันที่เกิดขึ้นภายในหิน โดยการผุพังทางเคมีมากกว่าที่จะเกิดจากแรงกดดันจากข้างบนลดน้อยลงจากการถูกกัดเซาะออกไป ทั้งนี้เพราะผิวของก้อนหินที่ถูกสัมผัสกับอากาศและความชื้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลง

ทางเคมีทำให้แร่ที่มีอยู่ในหินเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นแร่อื่นที่มีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้ส่วนของหินก้อนนั้น โดยรอบเกิดการขยายตัวและแตกออกเป็นวง ๆ (ดูรูปที่ 6.2) ก้อนหินใหญ่รูปทรงกลมนี้บางทีก็เกิดขึ้น โดยการพังออกของกาบที่ซ้อนกันเป็นวง ถ้าแรงเคาะกันของหินต่ำ เม็ดหินแต่ละเม็ดจะผุเป็นบางส่วนแล้วหลุดออกมาและหินก็เพียงแต่แตกพังออกไปเท่านั้น

หินบางชนิดจะแตกเป็นหินก้อนใหญ่รูปทรงกลมได้ดีกว่าหินชนิดอื่น ๆ เช่น ในหินอัคนีชนิดหินแกรนิต หินไดโอไรต์และหินแกบโบรจะแตกแบบนี้ได้ดีมาก เพราะประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์เป็นจำนวนมากซึ่งเมื่อมีการผุพังทางเคมีจะให้แร่ใหม่ที่มีปริมาณมากขึ้น



รูปที่ 6.2 ก้อนหินใหญ่ที่มีการผุพัง เป็นรูปทรงกลมและลูกศรแสดงแรงดันที่เกิดขึ้น เนื่องจากแร่ที่มีอยู่ในหินเปลี่ยนแปลงเป็นแร่อื่น
(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 109)

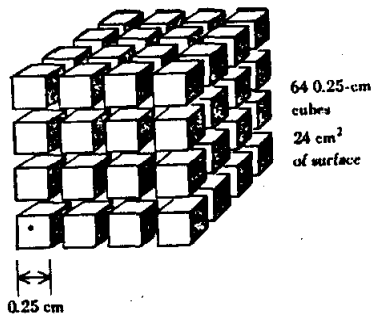
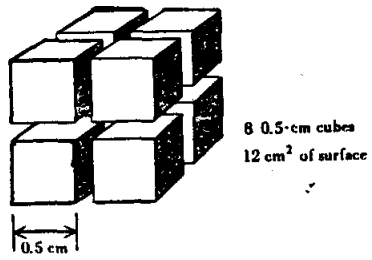
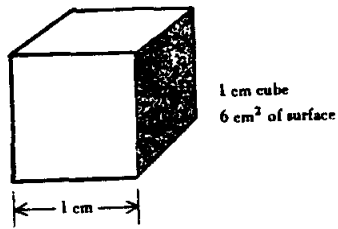
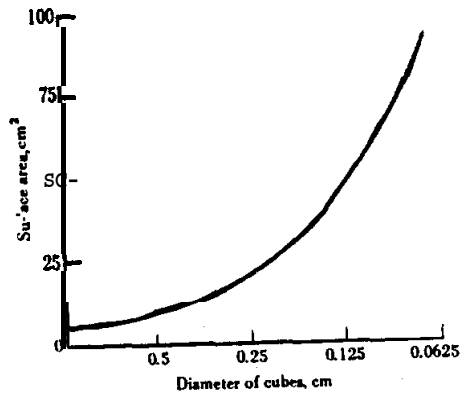
4. การผุพังทางกายภาพชนิดอื่น พืชก็มีส่วนทำให้เกิดการผุพังทางกายภาพได้ เพราะรากของต้นไม้หรือไม้พุ่มจะงอกลงไปในรอยแตกของหินทำให้เกิดแรงกดดันพอที่จะทำให้หินแตกออกจากกันและพังได้ง่าย นอกจากนั้นเรายังจะพบเห็นบ่อย ๆ ที่รากต้นไม้ไปดันพื้นทางเท้าให้แตกออก

นอกจากพืชแล้วที่สำคัญมากคือสัตว์พวก มด หนอน ไส้เดือน และสัตว์ที่ใช้ฟันแทะ ซึ่ง สัตว์พวกนี้จะมีกิจกรรมที่คงที่ทำให้อนุภาคของดินมีการผุพังทางเคมีง่ายขึ้นและอาจทำให้เกิดการ ผุพังทางกายภาพของอนุภาคต่อไป

6.2.2 การผุพังทางเคมี (Chemical weathering) การผุพังทางเคมีบางครั้ง เรียกว่า การสลายตัว (decomposition) ซึ่งค่อนข้างซับซ้อนกว่าการผุพังทางกายภาพ เพราะการผุพังทางกายภาพเพียงแต่ทำให้หินแตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยเท่านั้น ไม่ได้ทำให้ส่วน ประกอบของหินแตกต่างกันออกไป แต่การผุพังทางเคมีจะทำให้หินมีส่วนประกอบผิดไปจากเดิม ตัวอย่างเช่น การผุพังทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์จะได้แร่ดินเหนียวซึ่งมีส่วนประกอบและลักษณะ ทางกายภาพต่างจากแร่เฟลด์สปาร์เดิม แต่บางที่การผุพังทางเคมีก็ไม่ปรากฏว่าได้แร่อะไรเกิด ขึ้น เช่นการละลายของแร่เฮไลต์จะได้สารละลายเกลือ แต่ก็ถือได้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงทาง เคมีอย่างหนึ่ง

ขนาดอนุภาคและการผุพังทางเคมี ขนาดของอนุภาคแต่ละอนุภาคที่เป็นส่วนประกอบ ของหินมีความสำคัญต่อการผุพังทางเคมีเพราะสารจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ต่อเมื่อเกิดการสัมผัส ซึ่งกันและกัน ซึ่งพื้นที่ผิวของสารมีมากก็เพิ่มปฏิกิริยาทางเคมีมากขึ้น ตัวอย่างเช่น นำก้อนกรวด (pebble) มาบดให้ละเอียดก็จะเห็นว่าพื้นที่ผิวของผงละเอียดทั้งหมดจะมากกว่าพื้นที่ผิวของ ก้อนกรวดเดิม ผลคือก้อนกรวดที่แตกออกจะเกิดการผุพังทางเคมีได้เร็วกว่าก้อนกรวดที่ยังไม่แตก

รูปที่ 6.3 แสดงถึงวิธีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวของรูปลูกบาศก์ขนาด 1 เซนติเมตรทุก ด้านเมื่อถูกแบ่งเป็นลูกบาศก์เล็ก ๆ แล้วจะทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นอย่างไร เริ่มด้วยลูกบาศก์มีปริมาตร 1 ลบ.ซม. จะมีพื้นที่ผิว 6 ตร.ซม. ถ้าเราแบ่งลูกบาศก์นี้ให้เล็กลงมีขนาดของด้านยาว ด้านละ 0.5 ซม. ก็จะได้ลูกบาศก์ 8 ลูกและเมื่อคิดพื้นที่รวมก็จะได้ 12 ตร.ซม. ทั้ง ๆ ที่ ปริมาตรคงเดิม และเมื่อแบ่งลูกบาศก์ให้เล็กลงไปอีกให้มีความยาวด้านละ 0.25 ซม. ก็จะมี พื้นที่รวมเป็น 24 ตร.ซม. ถ้าแบ่งต่อไปอีกโดยให้ด้านยาวของลูกบาศก์ยาวด้านละ 0.125 ซม. ก็จะมีพื้นที่ผิวรวมเป็น 96 ตร.ซม. จึงเห็นได้ว่าเมื่อแบ่งลูกบาศก์ให้มีขนาดเล็กลงก็จะมีพื้นที่ผิว เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันเมื่อหินแตกตัวออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ก็จะมีพื้นที่ผิวมากขึ้นและช่วยให้ เกิดการผุพังทางเคมีได้รวดเร็วยิ่งตามไปด้วย



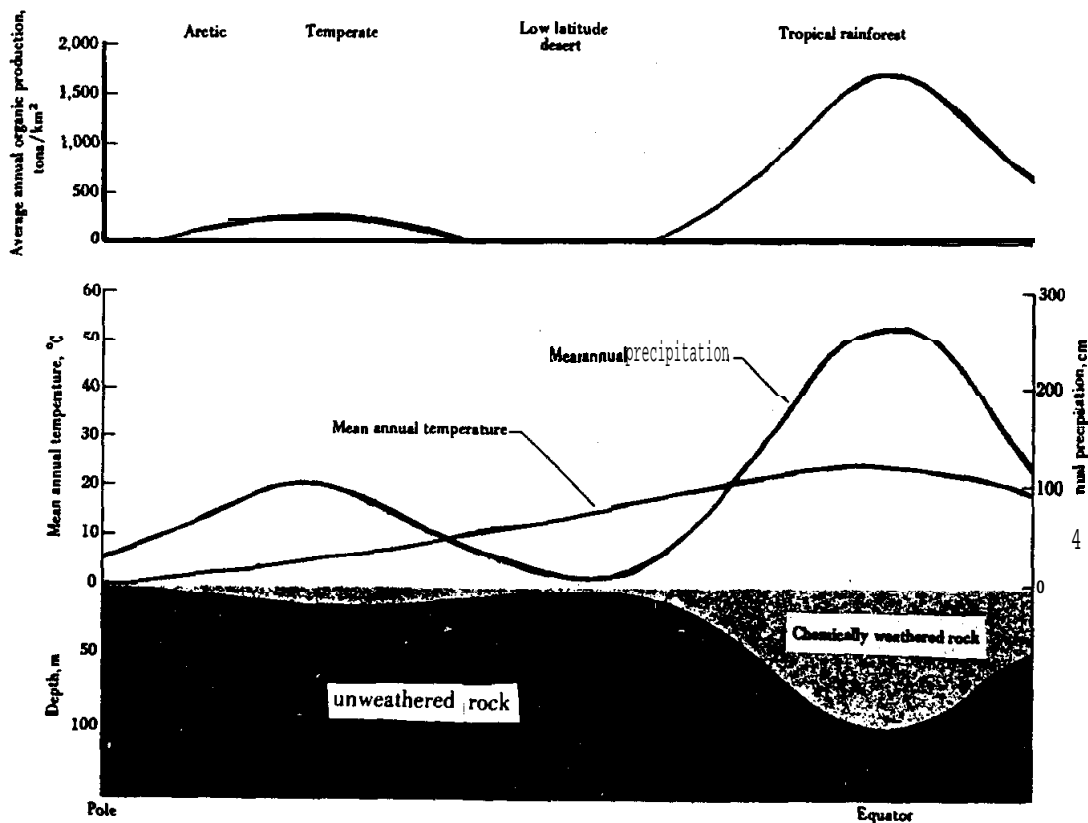
รูปที่ 6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรขนาดอนุภาคและพื้นที่ผิว
(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 111)

ปัจจัยอื่น ๆ ในการผุพังทางเคมี อัตราการผุพังทางเคมียังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีก นอกเหนือไปจากขนาดของอนุภาค เช่น ส่วนประกอบของแร่เดิม แร่บางอย่างอาจทำปฏิกิริยาทางเคมีได้เร็วกว่าแร่อีกชนิดหนึ่งเช่น แร่ควอร์ตซ์มีส่วนประกอบเป็น SiO_2 จะเกิดการผุพังทางเคมีช้ากว่าแร่โอลิวีนซึ่งมีส่วนประกอบเป็น $(\text{Fe, Mg})_2\text{SiO}_4$

ภูมิอากาศก็เป็นปัจจัยหนึ่งของการผุพังทางเคมีโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความชื้นสูง และประกอบกับอุณหภูมิค่อนข้างสูงด้วยย่อมเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีกว่าในบริเวณที่แห้งแล้งและอุณหภูมิต่ำ

นอกจากนี้ก็มีสิ่งมีชีวิต เช่นพืชและสัตว์ก็มีส่วนช่วยในการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เพราะว่าสิ่งที่มีชีวิตจะผลิตออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์และกรดต่าง ๆ มาช่วยในปฏิกิริยาทางเคมี

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ แสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการผุพังทางเคมี ปริมาณน้ำอุณหภูมิและสารอินทรีย์ จากบริเวณขั้วโลกถึงบริเวณเขตร้อน (ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 112)

ในรูปที่ 6.4 จะแสดงบริเวณต่าง ๆ ของโลกตั้งแต่ขั้วโลกจนถึงแถบศูนย์สูตรและแสดงปริมาณน้ำ อุณหภูมิและสารอินทรีย์ พร้อมกันนี้ก็แสดงถึงช่วงความลึกของการผุพังทางเคมีที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยทั้งสามนั้นด้วย จะเห็นได้ว่าบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตร (equator) มีการผุพังทางเคมีลึกลงไปใต้ผิวดินมากกว่าบริเวณอื่นเพราะเป็นบริเวณที่มีปริมาณน้ำ อุณหภูมิและสารอินทรีย์มากที่สุด และบริเวณที่มีการผุพังทางเคมีน้อยที่สุดคือบริเวณทะเลทรายหรือกึ่งทะเลทราย ซึ่งอยู่ในเขตกึ่งโซนร้อน (subtropics) และขั้วโลก (pole) บริเวณที่มีการผุพังทางเคมีมากเป็นที่สองคือบริเวณภูมิอากาศอบอุ่น (temperate climate) เพราะบริเวณนี้ปริมาณน้ำและสารอินทรีย์มีมากเป็นที่สองเช่นกัน

6.2.3 การผุพังทางเคมีของหินอัคนี (Chemical weathering of Igneous rocks) เป็นที่ทราบมาแล้วว่า แร่ที่มีมากที่สุดในหินอัคนีคือแร่ซิลิเกตและในบรรดาแร่ซิลิเกตก็มีแร่สำคัญ ๆ เช่น แร่ควอร์ตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่เฟอร์โรแมกนีเซียนบางชนิด ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการผุพังทางเคมีที่เกิดขึ้นกับแร่ดังกล่าวนี้

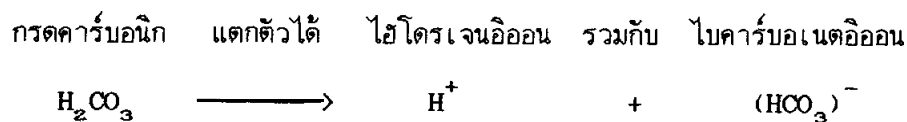
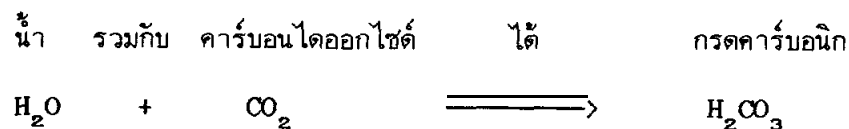
1. การผุพังของแร่ควอร์ตซ์ ตามปกติแร่ควอร์ตซ์ถูกเปลี่ยนแปลงทางเคมียากและด้วยเหตุนี้เองจึงถือว่าแร่ควอร์ตซ์เป็นแร่ที่ค่อนข้างจะคงทน แร่ควอร์ตซ์เป็นแร่ที่มีอยู่ในหินแกรนิตด้วยปริมาณสูง ดังนั้นเมื่อหินแกรนิตเกิดการแตกกร้าวแร่ที่เป็นองค์ประกอบก็จะหลุดออกมาและอาจจะหลุดออกมาเป็นแร่เดี่ยว ๆ และมีสภาพเหมือนกับอยู่ในเนื้อหินแกรนิต กล่าวคือไม่ถูกเปลี่ยนแปลงของเนื้อแร่แต่ขนาดของเม็ดแร่อาจจะเล็กลงกว่าเดิมเพราะการแตกหัก เม็ดแร่ควอร์ตซ์ชิ้นเองที่มักจะเรียกกันว่าเม็ดทราย แร่ควอร์ตซ์เมื่อหลุดออกมาจากหินใหม่ ๆ จะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมและมีคม แต่เมื่อกินเวลานาน ๆ แร่ควอร์ตซ์ก็ถูกเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้เหมือนกัน จึงมีลักษณะแบบกลมมนและบางที่ถูกขัดสีเพราะการพัดพาของกระแสน้ำด้วย แต่อย่างไรก็ตามน้ำในแม่น้ำหรือในทะเลสาบมักพบว่ามีสารซิลิกา (SiO_2) ปนอยู่ด้วยเสมอจึงอาจเป็นไปได้ว่าสารซิลิกามาจากการผุพังทางเคมีของแร่ควอร์ตซ์หรือแร่ซิลิเกต

2. การผุพังของแร่เฟลด์สปาร์ จากลำดับปฏิกิริยาของ Bowen แสดงให้เห็นว่าการเย็นตัวของหินหลอมเหลวกลายเป็นหินอัคนีเช่น หินแกรนิตนั้น แร่เฟลด์สปาร์จะตกผลึกก่อนแร่ควอร์ตซ์ เมื่อหินแกรนิตไต่ล้อยู่เหนือผิวโลกแร่เฟลด์สปาร์จะเป็นแร่ชนิดแรกที่ผุพังไปก่อน การผุพังของแร่เฟลด์สปาร์กลายเป็นแร่ดินเหนียวยังมีรายละเอียดที่ต้องศึกษาค้นคว้ากันต่อไป แต่ส่วน

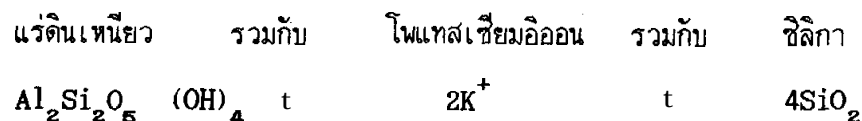
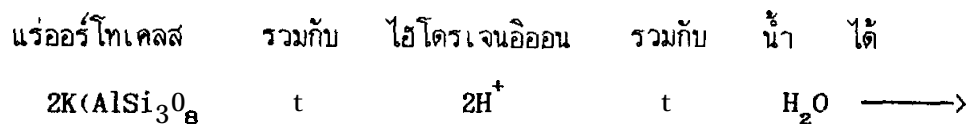
ใหญ่แล้วกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแร่เฟลด์สปาร์ก็เป็นที่ยอมรับกัน

แร่ดินเหนียวมีองค์ประกอบสำคัญเป็นสารอะลูมิเนียมซิลิเกตเกิดจากการผุพังทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ สารอะลูมิเนียมซิลิเกตเมื่อไปรวมตัวกับน้ำก็จะเป็นสารไฮโดรอะลูมิเนียมซิลิเกต ซึ่งเป็นองค์ประกอบมูลฐานของแร่ซิลิเกตอื่น ๆ

ตัวอย่างที่ดีของการผุพังทางเคมีในกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์ได้แก่ แร่ออร์โทเคลส ในกระบวนการผุพังนี้จำเป็นต้องมีแหล่งให้ไฮโดรเจนอิออนแก่ปฏิกิริยา และในการผลิตไฮโดรเจนอิออนนั้นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นสารประกอบที่มีส่วนสำคัญ บรรยากาศมีคาร์บอนไดออกไซด์อยู่เล็กน้อยและในดินมีจำนวนมากกว่า เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำได้ดีมากฉะนั้นจึงรวมตัวกับน้ำฝนและน้ำในดิน กลายเป็นกรดอย่างอ่อนมีชื่อเรียกว่า กรดคาร์บอนิก (carbonic acid), H_2CO_3 ซึ่งเมื่อแตกตัวจะให้ไฮโดรเจนอิออนและไบคาร์บอเนตอิออนดังต่อไปนี้



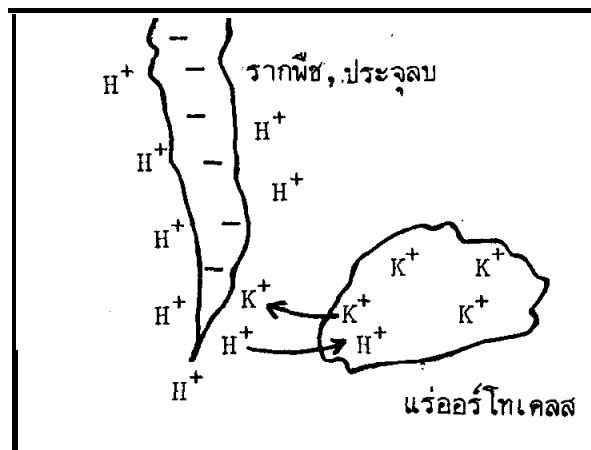
และเมื่อแร่ออร์โทเคลสสัมผัสกับไฮโดรเจนอิออนก็จะเกิดปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



ในปฏิกิริยานี้ไฮโดรเจนอิออนจากน้ำจะเข้าไปไลโพแทสเซียมออกจากแร่ออร์โทเคลสแล้วโครงสร้างผลึกของแร่ก็จะถูกทำลาย เมื่อไฮโดรเจนอิออนเข้าไปรวมตัวกับอนุ

มูลอะลูมิเนียมซิลิเกตของแร่ฮอร์โทเคลส ก็จะเกิดเป็นแร่ใหม่คือแร่ดินเหนียว (กระบวนการที่นำรวมตัวทางเคมีกับโมเลกุลอื่น ๆ นั้นเรียกว่า ไฮเดรชัน) ส่วนโพแทสเซียมที่หลุดออกมาจากแร่ฮอร์โทเคลสจะจับตัวกับไบคาร์บอเนตไอออนที่มาจากการแตกตัวของกรดคาร์บอนิกกลายเป็นสารโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต และซิลิกาเกิดขึ้นโดยการรวมตัวของซิลิคอนและออกซิเจนที่เหลือหลังจากปฏิกิริยา

พืชพันธุ์ต่าง ๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่มีส่วนในการทำลายแร่ฮอร์โทเคลสเพราะรากพืชที่อยู่ในดินมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นประจุลบและถูกล้อมรอบด้วยไฮโดรเจนไอออนซึ่งเป็นประจุบวก ดังนั้นเมื่อมีแร่ฮอร์โทเคลสอยู่ใกล้ ๆ ไฮโดรเจนไอออนก็จะเข้าไปแทนที่โพแทสเซียมไอออนของแร่ฮอร์โทเคลสและทำลายโครงสร้างผลึกของแร่ (ดูรูปที่ 6.5) แล้วก็จะได้แร่ดินเหนียวเกิดขึ้น เหมือนกับในปฏิกิริยาเคมีที่ได้แสดงข้างต้น



รูปที่ 6.5 การเปลี่ยนแปลงของแร่ฮอร์โทเคลสเป็นแร่ดินเหนียวโดยรากของพืช (ที่มา : ดัดแปลงจาก Leet & Judson, 1971 หน้า 114)

จากที่กล่าวมาเป็นตัวอย่างของการผุพังทางเคมีที่เกิดขึ้นกับแร่ฮอร์โทเคลส ถ้าเป็นแร่เฟลด์สปาร์ชนิดอื่นเช่น แร่แพลจิโอเคลส ผลที่เกิดขึ้นก็มีส่วนเหมือนกันมาก คือแทนที่จะได้โพแทสเซียมคาร์บอเนตก็จะได้เป็น โซเดียมหรือแคลเซียมคาร์บอเนตทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของแร่แพลจิโอเคลส เพราะแร่แพลจิโอเคลส มีทั้งชนิดโซเดียมแพลจิโอเคลสหรืออัลไบต์ และแคล

เชื่อมแพลจีโอเคลสหรืออะนอร์ไทต์ ทั้งโซเดียมและแคลเซียมคาร์บอเนตต่างก็ละลายน้ำได้จึงถูกสายน้ำนำลงสู่ทะเล สำหรับแคลเซียมคาร์บอเนตจะเกิดเป็นแร่แคลไซต์ในภายหลัง และเมื่อสะสมตัวมาก ๆ ก็จะกลายเป็นหินปูนหรือหินอ่อนได้

3. การผุพังของแร่เฟอโรแมกนีเซียน การผุพังทางเคมีของแร่ที่มีมากในหินอัคนีอีกชนิดหนึ่งคือแร่เฟอโรแมกนีเซียน การผุพังของแร่เหล่านี้ทำให้เกิดผลอย่างเดียวกับการผุพังของแร่เฟลด์สปาร์คือหลังจากการผุพังก็ได้แร่ดินเหนียว แผลละลายน้ำได้และซิลิกาเม็ดละเอียดมาก แต่การที่มีเหล็กกับแมกนีเซียมอยู่ในแร่เหล่านี้ทำให้ได้ผลที่แตกต่างออกไป กล่าวคือเหล็กอาจจะถูกนำเข้าไปรวมไว้ในแร่ดินเหนียวชนิดใดชนิดหนึ่งหรือเข้าไปรวมอยู่ในแร่เหล็กคาร์บอเนต แต่โดยมากแล้วเหล็กจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นแร่ฮีมาไทต์มีสูตร Fe_2O_3 ซึ่งเป็นแร่ที่มีมากที่สุดชนิดหนึ่งของเหล็กออกไซด์ ส่วนมากแล้วแร่ฮีมาไทต์มีสีแดงเข้มและเมื่อเป็นผงจะมีสีแดงเสมอ บางทีเหล็กก็รวมกับออกซิเจนและไฮดรอกซิลไอออนเกิดเป็นแร่เกอไทต์มีสูตร $FeO(OH)$ ส่วนมากมีสีปนน้ำตาล นอกจากนั้นในการผุพังของแร่เฟอโรแมกนีเซียนยังให้สารที่เรียกว่า ไลโมไนต์มีสีปนเหลืองถึงปนน้ำตาล และรู้จักกันโดยทั่วไปในชื่อสนิมเหล็ก ไลโมไนต์ไม่ใช่แร่จริง ๆ เพราะว่ามีส่วนประกอบไม่คงที่ แต่ชื่อนี้โดยทั่ว ๆ ไปแล้วถูกใช้เรียกเหล็กออกไซด์ที่มีส่วนประกอบไม่แน่นอน ซึ่งมีน้ำปริมาณต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย ไลโมไนต์และเหล็กออกไซด์อื่น ๆ บางชนิดเป็นสารให้สีแก่ดินเป็นส่วนมาก

ส่วนแมกนีเซียนั้นเมื่อมีการผุพังทางเคมีเกิดขึ้นกับแร่เฟอโรแมกนีเซียน บางส่วนอาจจะถูกพาไปในรูปของสารละลายคาร์บอเนต แต่แมกนีเซียนั้นส่วนใหญ่ยังคงเหลืออยู่ในแร่ที่เกิดใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแร่ดินเหนียวพวกอิลไลต์และมอนต์โมริลไลต์

สรุปผลที่ได้จากการผุพัง ถ้าเราทราบแร่ที่เป็นส่วนประกอบของหินอัคนีเราก็สามารถที่จะกำหนดอย่างกว้าง ๆ เกี่ยวกับผลที่จะได้จากการผุพังของหินนั้นได้ ผลที่เกิดขึ้นจากการผุพังทางเคมีของแร่ประกอบหินที่มีมากนั้นมีในตารางที่ 6.1 ผลที่ได้เหล่านี้ได้แก่แร่ต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นหินตะกอนทั้งหลาย

ตารางที่ 6.1 ผลที่ได้จากการเผึ่งทางเคมีของแร่ประกอบหินชนิดซิลิเกตที่มีมากทั่วไป

แร่	ส่วนประกอบ	ผลที่ได้จากการเผึ่ง	
		แร่	อื่น ๆ
ควอร์ตซ์	SiO_2	เม็ดแร่ควอร์ตซ์	ซิลิกาบางส่วนละลาย
เฟลด์สปาร์: ออร์โทเคลส	$\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$	แร่ดินเหนียว ซิลิกา	โพแทสเซียมคาร์บอเนต (ละลาย) ซิลิกาบางส่วนละลาย
แอลไบต์ (โซเดียมแอลจิโอเคลส)	$\text{Na(AlSi}_3\text{O}_8)$	แร่ดินเหนียว	ซิลิกาบางส่วนละลาย
อะนอร์ไทต์ (แคลเซียมแอลจิโอเคลส)	$\text{Ca(Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	ซิลิกา แร่แคลไซต์ (จาก แคลเซียม)	โซเดียมและแคลเซียม คาร์บอเนต (ละลาย)
เฟอร์โรแมกนีเซียน ไบโอไทต์ ออกไซด์ ฮอร์นเบลนด์	Fe, Mg, Ca Silicate of A	แร่ดินเหนียว แคลไซต์ ไลมอนต์ ฮีมาไทต์ ซิลิกา	ซิลิกาบางส่วนละลาย แคลเซียมและแมกนีเซียม คาร์บอเนต (ละลาย)

แร่	ส่วนประกอบ	ผลที่ได้จากการผุพัง	
		แร่	อื่น ๆ
โอลิวีน	$(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$	โลมอไนต์ ฮีมาไทต์ ซิลิกา	ซิลิกาบางส่วนละลาย เหล็กและแมกนีเซียม คาร์บอนเนต (ละลาย)

(ที่มา : ดัดแปลงจาก Leet & Judson, 1971 หน้า 115)

6.3 อัตราของการผุพัง

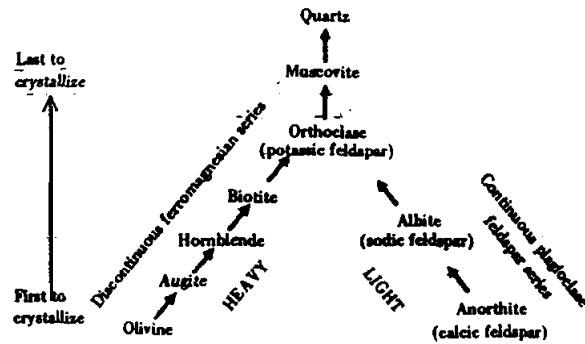
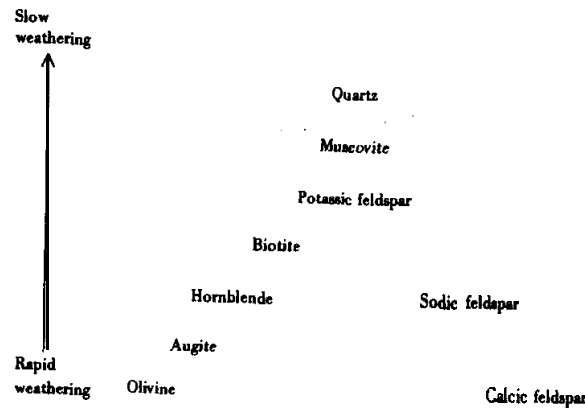
อัตราการผุพัง (Rates of weathering) ของหินบางชนิดผุพังรวดเร็วแต่บางชนิดผุพังช้า อัตราการผุพังขึ้นอยู่กับชนิดหินและปัจจัยอื่น ๆ เช่น แร่และความชื้น อุณหภูมิและภูมิประเทศตลอดจนถึงกิจกรรมของพืชและสัตว์

6.3.1 อัตราการผุพังของแร่ (Rate of mineral weathering) จากการสังเกตในภาคสนามและการทดลองในห้องปฏิบัติการ ปรากฏว่าแร่ที่พบมากในหินอัคนีสามารถจะจัดลำดับการผุพังทางเคมีที่ผิวโลกสลับได้กว้าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. แร่ควอร์ตซ์มีความคงทนสูงต่อการผุพังทางเคมี
2. แร่เพลจีโอเคลสเฟลด์สปาร์ผุพังเร็วกว่าแร่ออร์โทเคลสเฟลด์สปาร์
3. แร่แคลเซียมเพลจีโอเคลส (อะนอร์ไทต์) มักจะผุพังเร็วกว่าแร่โซเดียมเพลจีโอเคลส (แอลไบต์)
4. แร่โอลิวีนมีความคงทนน้อยกว่าแร่ฮอร์ไจต์ และแร่ฮอร์ไจต์ผุพังได้เร็วกว่าแร่ฮอร์นเบลนด์
5. แร่ไบโอไทต์ไม่ภาดูช้ากว่าแร่สีเข้มอื่น ๆ และแร่มีสโคไวต์ไม่ภาคงทนกว่าแร่ไบโอไทต์

ลำดับที่กล่าวข้างต้นนี้คล้ายกับลำดับปฏิกิริยาของ โบเวน สำหรับการตกผลึกของหิน

หลอมเหลว (ดูรูปที่ 6.6)



รูปที่ 6.6 อัตรการผุพังทางเคมีของแร่ประกอบหินอัคนีทั่วไป (รูปบน)

ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับลำดับปฏิกิริยาของ โบเวน (รูปล่าง)

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 117)

เนื่องจากแร่มีความคงทนแตกต่างกันนี้เองจึงทำให้สภาพของผิวดินมีลักษณะที่ผิดกัน
ไปด้วย แร่โอลิวีนเป็นแร่ที่เกิดขึ้นก่อนที่อุณหภูมิและความกดดันสูง ดังนั้นแร่โอลิวีนจึง ไม่มีความ
คงทนภายใต้อุณหภูมิและความกดดันต่ำ ๆ ที่ผิวโลกก็ผุพังทลายเร็ว ส่วนแร่ควอร์ตซ์ซึ่งเกิดเป็น

อันดับสุดท้ายตามลำดับปฏิกิริยาของ โบเวนและเกิดภายใต้อุณหภูมิและความกดดันต่ำ ซึ่งไม่แตกต่างไปจากอุณหภูมิและความกดดันที่บริเวณผิวโลกมากนัก ด้วยเหตุนี้แร่ควอร์ตซ์จึงมีความมั่นคงและคงทนต่อการผุพังได้ดี

6.3.2 ความลึกและความเร็วของการผุพัง (Depth and rapidity of weathering) การผุพังส่วนมากเกิดขึ้นในระดับบนสองถึงสามเมตรหรือหลาย ๆ ลิบเมตรจากชั้นเปลือกโลก ซึ่งเป็นบริเวณที่หินสัมผัสอย่างใกล้ชิดกับอากาศ ความชื้นและอินทรีย์วัตถุ หรือถ้าหากชั้นหินเบื้องบนที่ผุพังเกิดหลุดออกไปผิวของหินชั้นถัดไปก็จะสัมผัสกับลมฟ้าอากาศ และมีการทำงานลึกลงไปเรื่อย ๆ และในบางครั้งถ้าเกิดรอยแตกในชั้นหินผิวของรอยแตกก็มีโอกาสที่จะเกิดการผุพังได้ง่าย ถ้าเป็นแบบนี้ความลึกของการผุพังก็อาจจะลึกได้มากตามความลึกของรอยแตกและอาจจะลึกได้เป็นร้อย ๆ เมตรจากผิวดิน

น้ำจำนวนมากที่ซึมผ่านดินแล้วลงสู่ความลึกใต้ดินจะไปเปลี่ยนแปลงวัตถุบางชนิดที่นานก่อนที่วัตถุเหล่านี้จะ ไหลสู่ผิวโลก เช่นหินเกลือที่วางตัวอยู่ที่ระดับลึก ๆ ใต้ผิวโลกในรูปของหินตะกอนมักจะถูกเปลี่ยนแปลงแบบนี้เสมอ ถ้ามีน้ำ ใต้ดินอยู่เป็นจำนวนมากเกลือจะละลายและถูกพัดพาออกไปนานก่อนที่การกัดเซาะสามารถไปทำให้หินเกลือนั้น ไหลออกสู่ผิวโลก

การผุพังบางทีก็เร็วมากจนกระทั่งสามารถถูกบันทึกไว้ได้จริง ๆ เช่นการผุพังที่เกิดขึ้นบนแผ่นศิลาจารึกต่าง ๆ ทำให้ตัวหนังสือลบเลือนไปบ้าง

6.4 อัตราของการกัดเซาะ

การผุพังทั้งทางเคมีและทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับหินบนโลกจะให้วัสดุต่าง ๆ ซึ่งวัสดุที่เกิดจากการผุพังนี้จะถูกเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่ง จนกระทั่งในที่สุดก็ไปตกตะกอนในที่ต่ำคือมหาสมุทร ตัวการที่มีบทบาทในการเคลื่อนย้ายวัสดุบนผิวโลกมีอยู่หลายอย่างเช่น น้ำ น้ำแข็งและลม เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดภายหลัง สำหรับในที่นี้จะพิจารณาถึงว่าวัสดุต่าง ๆ นั้นถูกขนย้ายออกไปจากพื้นทวีปในปริมาณและด้วยอัตราเท่าไร

อัตราของการกัดเซาะ (Rates of erosion) ที่เกิดขึ้นกับผิวโลกจริง ๆ แล้วมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอัตราของการผุพัง หินที่ผุพังง่ายจะถูกขนย้ายออกไปด้วยอัตราเร็วกว่าหินที่ผุพังยาก อัตราของการกัดเซาะขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ พืชและชนิดชั้น

ของการเพาะปลูกของท้องที่ เราสามารถวัดอัตราการกัดเซาะได้โดยการวัดปริมาณวัสดุต่าง ๆ ที่ถูกพัดพาไปแต่ละปีโดยแม่น้ำจากเขตระบายน้ำ (drainage basin) ของแม่น้ำนั้น ๆ ค่าเฉลี่ยของจำนวนดังกล่าวทั่วบริเวณของแอ่งจะเป็นค่าเฉลี่ยของการกัดเซาะ จะเห็นได้ว่าอัตราการกัดเซาะจะไม่เท่ากันในที่ทุก ๆ แห่งของแอ่งนั้น บางแห่งวัสดุจะถูกขนย้ายออกไปได้เร็วกว่าบริเวณอื่น ยิ่งไปกว่านั้นยังมีบริเวณที่มีการตกทับถมของตะกอนเกิดขึ้นและทำให้วัสดุเหล่านี้หยุดพักชั่วคราวในการเคลื่อนย้ายออกไปจากแอ่ง อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ให้ค่าเฉลี่ยสำหรับพื้นที่หนึ่ง ๆ ที่อยู่ภายในเขตของการระบายน้ำ อัตราการกัดเซาะวัดได้เป็นหน่วย มม. หรือ ซม./1000 ปี หรือเป็น ตัน/ตร.กม./ปี

สายน้ำสามารถจะนำวัสดุต่าง ๆ ไปได้ทั้งแบบสารละลายและของแข็งอย่างพวกตะกอนต่าง ๆ ตะกอนส่วนมากจะลอยตัวขึ้นโดยแรงน้ำไหลและถูกพาไปในลักษณะแขวนลอย (suspension) ปริมาณส่วนน้อยถูกผลักและกระดอนไปตามท้องน้ำในลักษณะที่เรียกว่าพวกไปตามพื้น (bed load หรือ traction load) วัสดุที่เคลื่อนไปตามสายน้ำในแบบสารละลายและแขวนลอยนั้นสามารถวัดปริมาณได้ไม่ยากนัก แต่วัสดุที่ไปตามพื้นนั้นวัดปริมาณได้ยากมาก โดยทั่วไปแล้ววัสดุจำพวกนี้จะมีน้อยจึงมักจะกำหนดให้มีปริมาณเอาว่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณวัสดุแขวนลอยที่อยู่ในสายน้ำนั้น

ในเขตระบายน้ำแอ่งใหญ่ ๆ มีปัจจัยหลายชนิดร่วมกันกำหนดความเร็วของการกัดเซาะอย่างหนึ่งที่เราควรจะนำมาพิจารณาอย่างรอบคอบคืออิทธิพลของมนุษย์ เพราะว่ามีมนุษย์เมื่อไปตั้งถิ่นฐานบริเวณใด ๆ ก็จะทำให้การเพาะปลูก มนุษย์จะไปเร่งอัตราการกัดเซาะขึ้น 10 ถึง 100 เท่าของอัตราการกัดเซาะบริเวณป่าไม้หรือทุ่งหญ้าตามธรรมชาติ

จากการศึกษาข้อมูลอัตราการกัดเซาะในแอ่งของแม่น้ำสายใหญ่ ๆ ของโลก บนพื้นทวีปต่าง ๆ และอัตราการกัดเซาะที่มีความสัมพันธ์กับภูมิประเทศและภูมิอากาศ ทำให้ประมาณได้ว่าวัสดุที่ถูกเคลื่อนย้ายจากพื้นทวีปสู่มหาสมุทรนั้นประมาณ 10,000 ล้านตัน/ปี ก่อนที่มนุษย์จะเป็นตัวการที่สำคัญและไม่รวมพวกที่ถูกพัดไปโดยลมหรือธารน้ำแข็งซึ่งนับว่าน้อยมากจนไม่มีผลเปลี่ยนแปลงต่อค่านี้ อัตราการขนย้าย 10,000 ล้านตัน/ปี นี้คิดเทียบได้กับพื้นทวีปลดต่ำลงประมาณ 25 มม./1000 ปี ถ้าเราพิจารณาเอาอิทธิพลของมนุษย์ต่อการกัดเซาะเข้ามารวมด้วยจำนวนวัสดุที่แม่น้ำพัดพาลงสู่มหาสมุทรจะประมาณ 24,000 ล้านตัน/ปี จะเห็นว่าจำนวนวัสดุมาก

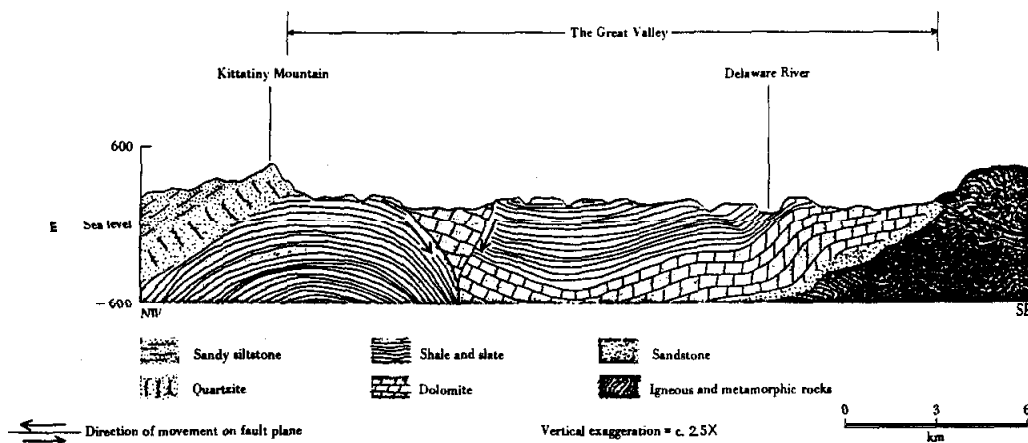
ชั้นประมาณ 2.5 เท่า

การสึกกร่อนต่าง (Differential erosion)

การสึกกร่อนต่างเป็นกระบวนการที่มวลหินต่างชนิดกันหรือส่วนต่าง ๆ ของมวลหินเดียวกันสึกกร่อนไปด้วยอัตราไม่เท่ากัน มวลหินเกือบทั้งหมดไม่ว่าขนาดใด ๆ จะผุพังไปในลักษณะที่กล่าวนี้ อัตราการสึกกร่อนที่ต่างกันนี้เป็นสาเหตุมาจากหินมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ส่วนที่คงทนมากกว่าจะบุนเด่นขึ้นมาเป็นเนิน สันหรือเป็นแท่งตั้งขึ้นมาบนหินที่ผุพังไปเร็วซึ่งล้อมรอบอยู่

สาเหตุชนิดที่สองของการสึกกร่อนต่าง เป็นแบบธรรมดาคือความรุนแรงของการผุพังต่างกันระหว่างส่วนหนึ่งของหินกับส่วนอื่นในหินเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับปัจจัยของการผุพังไม่เท่ากัน เช่น ได้รับความชื้นไม่เท่ากัน เป็นต้น

การสึกกร่อนต่างที่ปรากฏผลกว้างใหญ่คือ เป็นลักษณะภูมิประเทศ เช่นภูเขาหรือที่สูงที่เป็นที่ต่ำหรือที่ราบ (ดูรูปที่ 6.7) หินที่สึกกร่อนช้าเช่นหินอัคนี หินแปรเนื้อหยาบ หินทราย หินเชิร์ตและหินปูน มักจะก่อตัวเป็นภูเขา ส่วนหินที่สึกกร่อนเร็วเช่น หินดินดาน หินชนวน เป็นต้น จะก่อตัวเป็นที่ต่ำหรือที่ราบ



รูปที่ 6.7 แสดงลักษณะภูมิประเทศที่มีการสึกกร่อนต่าง บริเวณที่เป็นหินควอร์ตซ์ไซด์ หินอัคนีและหินแปร จะเป็นสันสูงเพราะผุพังช้าเป็นขอบแอ่ง ส่วนบริเวณที่เป็นหินดินดาน หินชนวน และหินโดโลไมต์ จะเป็นแอ่งเพราะผุพังง่าย

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 122)

6.5 ดิน

ตามที่กล่าวมาแล้วว่าการผุพังที่เกิดขึ้นกับหินซึ่งทำให้หินนั้นแตกหักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยเพื่อที่จะเกิดเป็นหินใหม่แล้ว การผุพังก็มีส่วนอย่างสำคัญในการทำให้เกิดดินที่ปกคลุมผิวโลกและเป็นที่ดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย ในปัจจุบันการศึกษาดินได้พัฒนาขึ้นเป็นวิทยาศาสตร์ชื่อปฐพีวิทยา (Pedology)

6.5.1 ปัจจัยในการเกิดดิน (Factors in soil formation) การกำเนิดดินนั้นมีปัจจัยที่ควบคุมอยู่ 5 ชนิดด้วยกัน โดยในแต่ละชนิดสามารถจะแยกย่อยต่อไปได้อีก ความรุนแรงของปัจจัยแต่ละชนิดและการผสมกันของปัจจัยหลายชนิดนี้เองทำให้ดินที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่ซับซ้อนและแตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงมีดินชนิดต่าง ๆ อยู่เป็นจำนวนมากในโลก

1. **วัตถุดิบกำเนิด** ในระยะแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับดินพบว่าหินเดิมเป็นต้นตอของดินย่อมมีบทบาทสำคัญในการบอกชนิดของดินนั้น ๆ ดังเช่นหินแกรนิตเมื่อผุพังย่อยกลายเป็นดินชนิดที่แตกต่างไปจากดินซึ่งเกิดจากการผุพังของหินปูน ซึ่งบางที่เราสามารถทราบชนิดของหินได้จากการศึกษาหินที่วางทับหินอยู่ แต่โดยมากแล้ววัตถุดิบกำเนิดดินเป็นพวกที่มีการเคลื่อนย้ายมาทับถมใหม่จากแหล่งอื่น ๆ ดังนั้นมันจึงมีลักษณะผสมกันของหินหลายชนิด มีการผสมคลุกเคล้าและสลายตัวมากจนไม่สามารถจะบอกชนิดของหินดั้งเดิมได้ ต่อมาการศึกษาดินยังพบข้อมูลเพิ่มเติมอีกกล่าวคือ หินชนิดเดียวกันอาจจะเกิดการผุพังเป็นดินชนิดที่แตกต่างได้ ถ้าหากว่าวัตถุดิบกำเนิดนั้นถูกปัจจัยอื่นควบคุมต่างกัน

2. **ภูมิอากาศ** ภูมิอากาศนับได้ว่ามีอิทธิพลต่อการเกิดและลักษณะของดินอย่างมาก เป็นปัจจัยอิสระไม่สามารถที่จะกำหนดหรือควบคุมปัจจัยชนิดนี้ได้ ในธรรมชาติ เป็นปัจจัยที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการกำเนิดดิน ดินแม้ว่าจะกำเนิดมาจากหินชนิดเดียวกันก็ตามจะแตกต่างกันเมื่อเกิดในบริเวณที่มีภูมิอากาศไม่เหมือนกันเพราะดินจะเริ่มมีการพัฒนาตัวเองตามสภาวะแวดล้อม

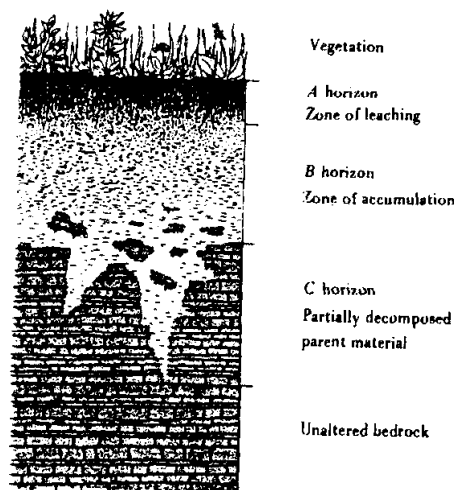
3. **สภาพภูมิประเทศ** ความสูงต่ำของสภาพภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อการกำเนิดดินมาก ดินบนยอดเขาจะมีส่วนแตกต่างกับดินตามลาดเขาหรือตามที่ราบใกล้เชิงเขา ทั้ง ๆ ที่ดินทั้งสามแห่งเกิดจากหินต้นกำเนิดเช่นเดียวกันก็ตาม

4. **เวลา** เวลาเป็นสิ่งจำเป็นมากในการพัฒนาดิน เพราะเวลาที่ใช้ในการ

ทับถมมากหรือเวลาที่หินผุพังมากทำให้ชั้นดินเกิดชั้นลึกและมีความสมบูรณ์ ดังนั้นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนใหม่จะต่างกับดินที่เกิดจากการทับถมมานานแล้ว แม้ว่าภูมิอากาศวัตถุต้นกำเนิดและลักษณะภูมิประเทศจะเหมือนกันก็ตาม

5. กิจกรรมของสิ่งมีชีวิต พืชที่เจริญเติบโตในท้องที่หนึ่งจะมีอิทธิพลต่อชนิดของดินที่เกิดในท้องที่นั้น เช่น บริเวณทุ่งหญ้าจะเกิดดินชนิดหนึ่ง บริเวณป่าไม้สูงเกิดดินอีกชนิดหนึ่ง และพืชจะช่วยเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินต่อเมื่อตายลง ส่วนสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในดินจะทำให้เกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่ทับถมอยู่บนผิวดิน ทำให้ดินที่เกิดจะลึกและมีชั้นชัดเจน

6.5.2 ชั้นดิน (soil horizon) ดินคือวัสดุธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ปกคลุมผิวนอกของเปลือกโลกและช่วยในการดำรงชีพของพืช ดินจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศและการกระทำของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ได้มีส่วนในการพัฒนาดินให้เปลี่ยนคุณสมบัติไปตามกาลเวลา นอกจากนั้นลักษณะของดินยังแตกต่างกันตามความลึกอีกด้วย ฉะนั้น ดินจะแสดงส่วนต่าง ๆ ซึ่งแต่ละส่วนจะมีส่วนประกอบ สี และลักษณะเนื้อต่างกันจากส่วนที่อยู่บนและอยู่ล่าง ส่วนแต่ละส่วนที่แยกได้ตามความลึกนี้เรียกว่าชั้นดิน (soil horizon หรือ horizon) ดินทั่ว ๆ ไปจะมีชั้นดินที่สำคัญ ๆ อยู่ 3 ชั้น (ดูรูปที่ 6.8) ซึ่งจะกล่าวแต่ละชั้นจากข้างล่างขึ้นมาสู่ผิวดินดังต่อไปนี้



รูปที่ 6.8 แสดงชั้นดินที่สำคัญ

(ที่มา : Leet & Judson, 1971 หน้า 124)

ชั้นดินซี (C-horizon) ชั้นดินนี้เป็นชั้นของหินที่ผุพังบ้างแล้ว แร่เดิมบางชนิดของหินดานยังคงมีอยู่ แต่บางชนิดถูกเปลี่ยนไปเป็นแร่ใหม่หมดแล้ว ชั้นดินซีจะค่อยเปลี่ยนไปเป็นหินที่ยังไม่ผุพังลึกลงไป

ชั้นดินบี (B-horizon) ดินชั้นนี้วางทับบนชั้นดินซีขึ้นมา เป็นชั้นที่หินผุพังมากกว่าชั้นที่อยู่ข้างล่างและแร่ของหินเดิมจะมีเฉพาะแร่ต่าง ๆ ที่คงทนต่อการผุพัง เช่น แร่ควอร์ตซ์เท่านั้น ส่วนแร่อื่น ๆ ถูกเปลี่ยนไปเป็นแร่ใหม่หรือเป็นเกลือชนิดละลายได้ ในบริเวณที่มีภูมิอากาศชื้นชั้นดินจะมีดินเหนียวและเหล็กออกไซด์ปนมากเพราะเกิดจากน้ำชะวัสดุเหล่านี้จากผิวดินซึมลงไปและถูกสะสมตัวกันในชั้นดินนี้ ส่วนในแถบภูมิอากาศแห้งแล้งนอกจากจะมีชั้นดินเหนียวและเหล็กออกไซด์แล้วยังพบว่ามีเกลือชนิดละลายบางชนิดด้วย เช่น พวกแคลไซต์ สารละลายของแร่เหล่านี้อาจได้รับมาจากผิวดินหรือบางส่วนซึมขึ้นมาจากข้างล่างเมื่อน้ำในดินถูกดูดซับขึ้นสู่ข้างบนเมื่อมีอัตราการระเหยสูง แร่เหล่านี้จะตกตะกอนสะสมกันในชั้นดินบีนี้ ด้วยเหตุที่ชั้นดินบีมีวัตถุต่าง ๆ มาตกตะกอนสะสมตัวกันเราจึงเรียกชั้นนี้ว่า โซนสะสม (Zone of accumulation)

ชั้นดินเอ (A-horizon) ชั้นดินเอนี้เป็นชั้นที่อยู่บนสุดเป็นชั้นที่มีดินไม่ปกคลุมอยู่ดินมีลักษณะร่วนซุยซึ่งน้ำสามารถผ่านลงไปเบื้องล่างได้สะดวก ดังนั้นเหล็กออกไซด์และวัสดุที่ละลายได้ซึ่งมีอยู่ในบริเวณนี้จะถูกชะลงไปสู่ชั้นดินบี โดยเฉพาะในแถบที่อากาศแห้งแล้งสารละลายจะไปสะสมและตกตะกอนในชั้นดินบี เนื่องจากดินในชั้นนี้มีลักษณะเหมือนทางผ่านของน้ำนั่นเองจึงเรียกกันว่า โซนชะล้าง (zone of leaching) ในบริเวณชั้นดินเอย่อมมีอินทรีย์สารปะปนอยู่มากมาย เพราะเบื้องบนผิวดินมักถูกปกคลุมด้วยพืชนานาชนิดและสิ่งมีชีวิตที่ตายทับถมกัน อินทรีย์สารที่มีอยู่ในชั้นดินเอ จะมีมากน้อยเพียงไรย่อมแล้วแต่ความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตที่ผิวดินบริเวณนั้นและอินทรีย์สารนี้เองที่ทำให้ชั้นดินเอมีสีเทาหรือดำ

ชั้นดินทั้งสามชั้นนี้ล้วนแล้วแต่เกิดมาจากหินที่อยู่ข้างใต้ เมื่อหินที่อยู่ข้างใต้ผุพังออกสู่ผิวโลกใหม่ ๆ ส่วนบนจะตกอยู่ในแวดล้อมของการผุพังอย่างรุนแรงและการผุพังก็จะดำเนินไปอย่างรวดเร็ว เมื่อวัสดุที่เกิดจากการผุพังก่อตัวกันขึ้น น้ำที่ซึมผ่านสู่เบื้องล่างจะเริ่มชะล้างแร่บางชนิดออกไปแล้วน้ำไปตกตะกอนยังข้างล่างนั้น ฉะนั้นจะได้ชั้นดินเอและชั้นดินบีค่อย ๆ ก่อตัวขึ้นแต่การผุพังยังคงดำเนินต่อไปด้วยอัตราที่ช้าลงกว่าเดิม และบนพื้นดินกำเนิดที่อยู่ข้าง

ล่างให้กำเนิดชั้นดินซี เมื่อเวลานานเข้าชั้นดินซีจะค่อย ๆ เกิดลงไปลึกมากขึ้น ๆ ส่วนที่ไม่ผุพัง เบื้องล่าง ชั้นดินบีก็ขยายลงข้างล่างเรื่อย ๆ และเช่นเดียวกับชั้นดินเอก็ขยายเข้าไปคลุมส่วน บนของชั้นดินบี ในที่สุดจะได้ดินที่สมบูรณ์ (mature) เกิดขึ้น

ความหนาของชั้นดินที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิดเฉพาะอย่างยิ่งความลึกของการผุพังและอายุของดิน ชั้นดินที่อายุน้อยกว่าจะบางกว่าชั้นดินที่มีอายุมากกว่า ความหนาของชั้นดินนี้อาจจะหนาตั้งแต่หลายสิบเซนติเมตรขึ้นไปถึงเป็นสิบ ๆ เมตร

6.5.3 ชนิดของดิน (Soil types) นักธรณีวิทยาทำไมต้องทำความเข้าใจในเรื่องดินและกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดดิน เหตุผลก็มีอยู่ด้วยกันหลายประการดังนี้

ประการแรกดินให้หลักฐานที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมเมื่อดินนั้นเกิดมา การวิเคราะห์ดินตกตำบรวรที่ฝังตัวอยู่ในหินนั้นจะบอกให้เราทราบถึงลักษณะภูมิอากาศและสภาวะต่าง ๆ ทางกายภาพที่มีอยู่ทั่วไปเมื่อดินนั้นเกิดขึ้น

ประการที่สองดินบางชนิดเป็นแหล่งสะสมแร่ที่มีค่าและกระบวนการผุพังจะ ไปทำให้เกิดการสะสมแร่ในดินที่เหมาะสมบางแห่ง จนมีแร่อุดมสมบูรณ์และมีปริมาณมากพอแก่การทำเหมืองได้ ฉะนั้นความเข้าใจในเรื่องดินและกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดดินจึงเป็นแนวทางในการหาสินแร่ (ores) ได้

ประการที่สาม เนื่องจากดินเกิดจากการผุพังของหิน ดังนั้นลักษณะของดินจึงสะท้อนถึงธรรมชาติของหินที่ให้กำเนิดได้ การวิเคราะห์ดินที่สะสมตัวอยู่ข้างบนย่อมเป็นการบอกให้ทราบถึงลักษณะของหินเบื้องล่างได้ด้วย

แต่ที่สำคัญที่สุดของทั้งหมดก็คือดินเป็นแหล่งตะกอนนานาชนิดซึ่งค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นหินตะกอนในภายหลัง และหินตะกอนเหล่านี้ก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นหินแปรหรือไม่ก็อาจจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นดินใหม่ตามวัฏจักรของหิน ถ้าเราเข้าใจกระบวนการและผลของการเกิดดินก็จะทำให้เราทราบการเกิดและวิวัฒนาการของหินหลายชนิด

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงดินที่สำคัญ 3 ชนิด สองชนิดแรกคือดินพีดัลเฟอร์ (Pedalfers) และดินพีโดคาล (Pedocals) ซึ่งเป็นดินทั่วไปในเขตละติจูดกลาง ชนิดที่สามคือดินเลเทอไรต์ (Laterite) พบในบริเวณภูมิอากาศเขตร้อน (tropical climate)

ดินพีคัลเฟอร์ ดินพีคัลเฟอร์เป็นดินที่มีเหล็กออกไซด์หรือดินเหนียวอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมีทั้งสองอย่างผสมตัวอยู่ในชั้นบี ชื่อนี้มาจากคำว่าพีดอน (pedon) เป็นภาษากรีกแปลว่าดิน และสัญลักษณ์ Al และ Fe ก็คืออะลูมิเนียมและเหล็กตามลำดับ โดยทั่วไปสารละลายน้ำได้เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต จะไม่ปรากฏในดินชนิดนี้ ดินพีคัลเฟอร์พบทั่วไปในภูมิอากาศเขตอบอุ่น (temperate climate) และภูมิอากาศชื้น (humid climate) ตามปกติมีป่าไม้ปกคลุม

การเกิดดินพีคัลเฟอร์นั้นสารประกอบที่ละลายน้ำได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารที่มีโซเดียม แคลเซียมและแมกนีเซียมจะถูกชะล้างจากชั้นดินเอลง ไปถึงชั้นดินบีแล้วจะถูกพัดพาไปโดยน้ำบาดาล ส่วนสารที่ละลายได้น้อยจำพวกเหล็กออกไซด์และดินเหนียวจะตกตะกอนอยู่ในชั้นดินบี ซึ่งจะทำให้ชั้นดินบีมีลักษณะเป็นดินเหนียวและมีสีน้ำตาลถึงสีแดง

ดินพีคัลเฟอร์ยังแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้อีก เช่น ดินพอดโซล (podsol) เป็นภาษารัสเซีย แปลว่า ดินสีเทาซีดำ

ดินพีโดแคล ดินพีโดแคล เป็นดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตผสมตัวอยู่มาก ชื่อของดินนี้มาจากการผสมของคำพีดอน ซึ่งแปลว่าดินกับคำย่อของแคลเซียม ดินชนิดนี้พบในเขตอบอุ่นซึ่งอุณหภูมิค่อนข้างสูงปริมาณฝนตกน้อยและพืชส่วนใหญ่ เป็นหญ้าหรือ ไม้พุ่ม

การเกิดดินพีโดแคลซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตและบางทีก็มีแมกนีเซียมคาร์บอเนตตกตะกอนผสมในชั้นดิน โดยเฉพาะ ในชั้นดินบีกระบวนการเกิดดินชนิดนี้จะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง ฝนตกน้อยและชั้นบนของดินร้อนและแห้งแล้งเกือบตลอดเวลา น้ำจะระเหยไปก่อนที่จะสามารถชะล้างสารคาร์บอเนตออกไปจากดิน ทำให้สารประกอบเหล่านี้ตกตะกอน เราเรียกว่า คาลิซี (caliche) เป็นสารสีขาวส่วนใหญ่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ถ้ามีฝนตกเป็นครั้งคราวอาจจะไปพาเอาสารที่ละลายน้ำได้จากชั้นดินเอลง ไปยังชั้นดินบีและตกตะกอนที่นี้ เมื่อน้ำระเหยไปสารละลายน้ำได้นั้นอาจจะเคลื่อนที่จากข้างล่างขึ้นมาอยู่ในดิน ในกรณีที่น้ำที่อยู่ใต้ดินหรืออยู่ในส่วนล่างของชั้นดินซึมขึ้นมาข้างบนผิวโลก แล้วเมื่อน้ำในส่วนบนระเหยไปสารที่ละลายอยู่ก็จะตกตะกอน

ดินพีโดแคลมักจะเกิดในพื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตของไม้พุ่มและหญ้า ซึ่งจะช่วยในการผสมตัวของสารคาร์บอเนตด้วยโดยพืชไปดูดสารคาร์บอเนตไว้ก่อนที่จะถูกพาลลงสู่ดินชั้น GY 113,

ล่าง เมื่อพืชตายไปสารคาร์บอนนั้นก็จะเพิ่มปริมาณให้แก่ดินซึ่ง เป็นประโยชน์สำหรับพืชอื่นต่อไป หรือไม่สารคาร์บอนนั้นก็จะต้องตกตะกอนอยู่ในดิน ถ้ามีอัตราการระเหยสูง

เพราะว่าบริเวณที่ดินพีโดแคลเกิดขึ้นภูมิอากาศมีฝนตกน้อย กระบวนการผุพังทางเคมีจึงช้าและการเกิดดินเหนียวก็ เป็นไปช้ากว่าในภูมิอากาศชื้น ด้วยเหตุนี้ดินพีโดแคลจึงมีแร่ดินเหนียวจำนวนน้อยกว่าดินพีดัลเฟอร์

ดินพีโดแคลแยกออกไปได้หลายสี เช่น สีดำ สีลูกเกาลัด สีปนแดง สีแดงและสีเทา เป็นต้น

ดินเลเทอไวต์ หรือเรียกดินเขตร้อน (tropical soils) คำว่าเลเทอไวต์ใช้เรียกดินเขตร้อนหลายชนิดที่มีไฮดรอกไซด์อะลูมิเนียมและเหล็กออกไซด์มาก การเกิดดินเลเทอไวต์ยังไม่เป็นที่กระจ่าง นักวิชาการเรื่องดินยังไม่แน่ใจว่าชั้นดินเอ, บี และ ซี ซึ่งเป็นลักษณะชั้นดินพีดัลเฟอร์และพีโดแคลนั้นมีในดินเลเทอไวต์หรือไม่ ถึงแม้ว่าดินเหล่านี้จะแสดงชั้นต่างๆ ที่เห็นได้ชัด

ในการกำเนิดของดินเลเทอไวต์นั้นเหล็กและอะลูมิเนียมสะสมตัวในชั้นที่สมมติว่าเป็นชั้นดินบี อะลูมิเนียมเป็นสารประกอบในรูปของ $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าบอกไซต์ (bauxite) เป็นสินแร่อะลูมิเนียม สินแร่ชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อมีการผุพังที่รุนแรงและกินเวลานานไปชะล้างซิลิกาออกไปจากแร่ดินเหนียว และทั้งส่วนที่เหลือพวกไฮดรอกไซด์อะลูมิเนียมออกไซด์ไว้นั้นคือบอกไซต์ ในเลเทอไวต์บางชนิดการสะสมตัวของเหล็กออกไซด์ในชั้นดินที่สมมติว่าเป็นชั้นดินบีนั้นมีมากจนกระทั่งสามารถที่จะทำเหมืองเพื่อผลิตเหล็กได้

คำว่าเลเทอไวต์เหมาะสมเพียง ใช้เรียกชั้นดินที่มีเหล็กและอะลูมิเนียมสะสมตัวอยู่ซึ่งดินในชั้นนี้อาจเปรียบเทียบกับชั้นดินบีในดินที่กล่าวมาแล้ว บนชั้นดินนี้มักจะมีชั้นของเศษก้อนดินเหนียวและไต่ชั้นนี้ลงไปจะมีสีจางเหมือนกับดินถูกชะล้างออกไปและไปต่อกับหินต้นกำเนิด นักวิชาการเรื่องดินบางคนให้ชั้นดินทั้งสองนี้เป็นชั้นดินเอ และชั้นดินซี ตามลำดับ

6.6 สรุป

การผุพังคือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับวัสดุบนผิวหรือใกล้ผิวโลกเนื่องจากบรรยากาศ น้ำและสิ่งมีชีวิต

พลังงานที่ทำให้เกิดกระบวนการผุพังมาจากทั้งภายในและภายนอกโลก เช่น การเกิดแผ่นดินไหว การเกิดภูเขา ความร้อนภายในโลกและความร้อนจากดวงอาทิตย์

ชนิดของการผุพังมี 2 ชนิดคือ การผุพังทางกายภาพและการผุพังทางเคมี

การผุพังทางกายภาพจะลดขนาดของหินและอนุภาคของแร่ให้เล็กลง โดยไม่เปลี่ยนส่วนประกอบ

การผุพังทางเคมี จะเปลี่ยนส่วนประกอบของสารที่มีการผุพัง อัตราของการผุพังทางเคมีจะเพิ่มขึ้นถ้าขนาดของอนุภาคเล็กลงและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้น

การผุพังทางเคมีของหินอัคนี ซึ่งมีแร่ควอร์ตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และแร่เฟอโรโรแมกนีเซียนเป็นส่วนประกอบจะให้แร่ใหม่คือ แร่ดินเหนียว เหล็กออกไซด์ ควอร์ตซ์และสารละลายเกลือชนิดต่าง ๆ

อัตราของการผุพังจะเปลี่ยนไปตามวัสดุที่ผุพังและสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น แร่โอลิวีนจะมีการผุพังทางเคมีได้เร็วกว่าแร่ควอร์ตซ์ และหินปูนจะผุพังเร็วมากในภูมิอากาศที่ชื้น แต่จะช้ามากในภูมิอากาศที่แห้งแล้ง

อัตราของการกัดเซาะ ซึ่งให้เห็นว่าก่อนที่มนุษย์จะเริ่มใช้ลักษณะภูมิประเทศอย่างจริงจัง สายน้ำได้พัดพาวัสดุประมาณ 10,000 ล้านตันลงสู่ทะเลเป็นประจำทุกปี แต่ทุกวันนี้จะเพิ่มขึ้นเป็นสองหรือสามหรือมากกว่านี้เพราะการอยู่ของมนุษย์ในพื้นที่นั้นเป็นการเพิ่มอัตราของการกัดเซาะ

การสึกกร่อนต่าง คือกระบวนการที่มวลหินต่างชนิดกันหรือส่วนต่าง ๆ ของมวลหินเดียวกันมีการสึกกร่อนในอัตราที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น หินปูนจะมีความคงทนสูงต่อการสึกกร่อนในภูมิอากาศแห้งแล้งมากกว่าหินโคลน

ดินคือ วัสดุบนผิวโลกที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและช่วยในการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตและโดยทั่วไปเป็นผลจากการผุพัง

ปัจจัยในการเกิดดิน ทำให้เกิดดินชนิดต่าง ๆ อยู่ เป็นจำนวนมากในโลก มีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิดคือ วัตถุต้นกำเนิด ภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ เวลาและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต

ชั้นดินมีอยู่ 3 ชั้นนับจากชั้นบนลึกลง ไปข้างล่างคือชั้นดินเอ ชั้นดินบี และชั้นดินซี

ชนิดของดินมี 3 ชนิด คือ ดินพิตลเฟอร์ พบมากในเขตภูมิอากาศอบอุ่นค่อนข้างชื้น
ดินพีโดนคัล พบในเขตภูมิอากาศอบอุ่นค่อนข้างแห้งแล้ง
และดินเลเทอไวต์ พบในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

แบบฝึกหัดบทที่ 6

1. อธิบายแหล่งพลังงานที่ทำให้เกิดกระบวนการผุพัง
2. ทำไมการผุพังจึงมีความสำคัญ อธิบาย
3. เปรียบต่างผลที่เกิดขึ้นจากการผุพังทางกายภาพกับการผุพังทางเคมี
4. การผุพังทางกายภาพง่ายกว่าการผุพังทางเคมีอย่างไร
5. ภูมิอากาศอะไรที่มีอิทธิพลมากต่อการผุพังทางเคมีและทำไมถึงเป็นเช่นนั้น
6. ภูมิอากาศอะไรที่มีอิทธิพลมากต่อการผุพังทางกายภาพและทำไมถึงเป็นเช่นนั้น
7. อธิบายการผุพังทางกายภาพมา 2 วิธี
8. อธิบายการผุพังทางเคมีมา 2 วิธี
9. แสดงให้เห็นว่าทำไมน้ำจึงมีความสำคัญมากทั้งการผุพังทางกายภาพและการผุพังทางเคมี
10. จงบอกชื่อแร่เรียงตามลำดับความคงทนต่อการผุพังทางเคมี
11. อะไรคือกระบวนการที่สำคัญที่สุดในการผุพังของแร่ซิลิเกต บอกชื่อแร่ที่สำคัญในหินแกรนิต และเมื่อหินแกรนิตผุพังผลที่ได้จากการผุพังของแร่แต่ละชนิดเป็นอย่างไร
12. อธิบายอัตราของการกัดเซาะ
13. อธิบายการสึกกร่อนต่าง
14. นิยามดิน อธิบายการเกิดขึ้นดิน และลักษณะที่แตกต่างของดินแต่ละชั้น
15. อธิบายปัจจัยในการเกิดดิน
16. อธิบายลักษณะดินพิตลเฟออร์ ดินพีโดแคล ดินเลเทอไรต์ และภูมิอากาศที่ดินเหล่านี้เกิด