หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2

โลก
ดาราศาสตร์ และอวกาศ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง
ศ. ดร.ปัญญา จารุศิริ
ดร.พีรสิทธิ์ สุรเกียรติชัย

ผู้ตรวจ
รศ. ดร.ฐาสิณีย์ เจริญฐิติรัตน์
ผศ. ดร.บูรพา แพจุ้ย
ผศ.พัชร์สุ วรรณขาว

บรรณาธิการ
ผศ. ดร.ปริชาติ เวชยนต์

ปีที่พิมพ์ 2567
พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวนพิมพ์ 10,000 เล่ม
ISBN : 978-616-606-071-3
รหัสสินค้า 3418030

อักษร
www.aksorn.com

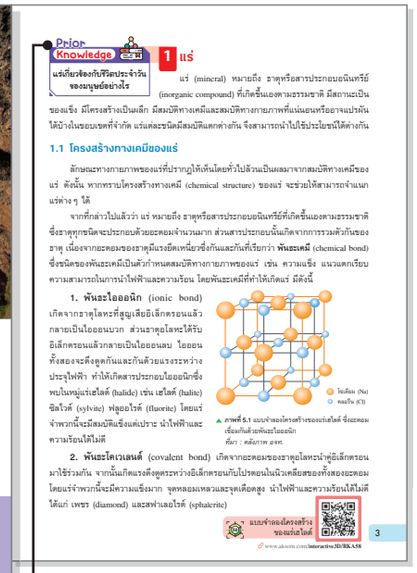
จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย
บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด
142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. 0 2622 2999 (อัตโนมัติ 20 คู่สาย)
พิมพ์ที่ : **บริษัท ไทยร่มเกล้า จำกัด** โทร. 0 2903 9101-6

คำแนะนำในการใช้สื่อ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 จัดทำขึ้นสำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยดำเนินการจัดทำให้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

Big Question

คำถามกระตุ้นการเรียนรู้ ก่อนเข้าสู่เนื้อหา เพื่อให้เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้



Check for Understanding

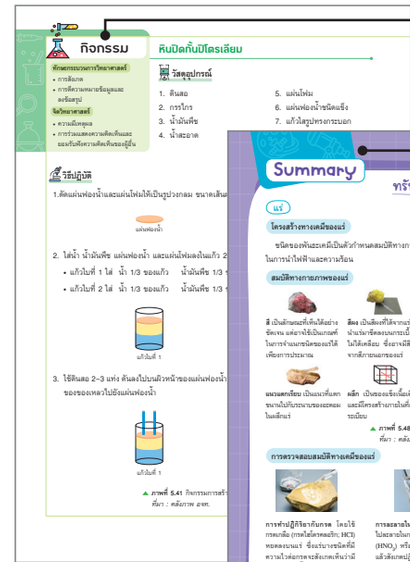
คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน ก่อนเข้าสู่การเรียนการสอน

Prior Knowledge

คำถามทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน เพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่

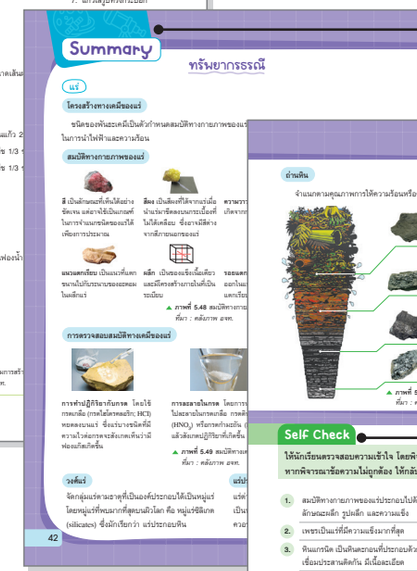
กิจกรรม

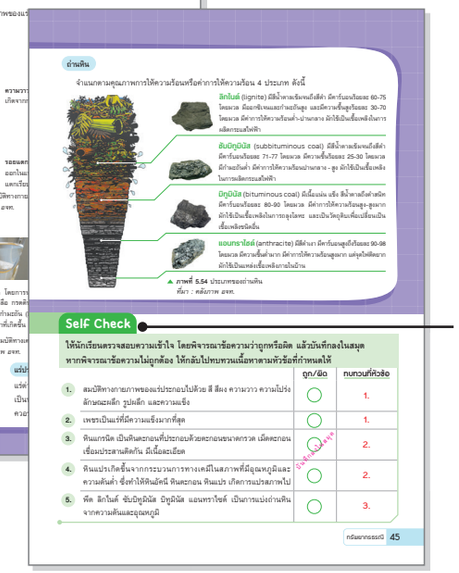
กิจกรรมให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อ**เสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์**



Summary

สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนสาระสำคัญประจำหน่วยการเรียนรู้



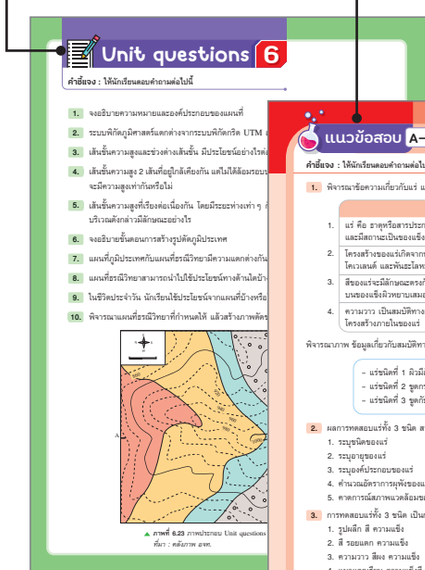


Self Check

คำถามเพื่อให้ผู้เรียน**ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ**ด้วยตนเอง

Unit questions

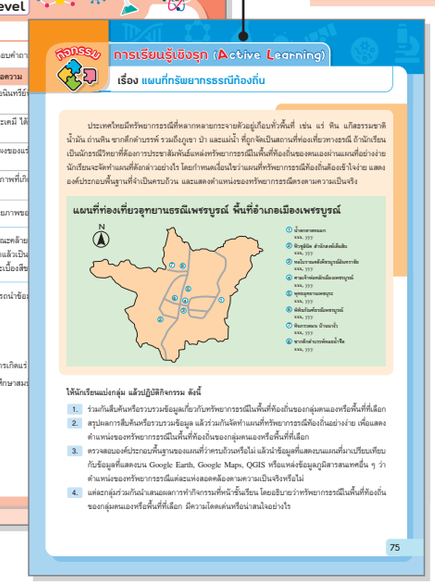
แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้ เพื่อใช้**ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**



แนวข้อสอบ A-Level

แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)



กิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ

Earth Science Focus

ความรู้เสริมจากเนื้อหา เพื่อขยายความรู้ของผู้เรียน

Earth Science in Real Life

เชื่อมโยงความรู้ทาง โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ สู่ชีวิตประจำวัน

QR Code

ใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสแกนเข้าดู**สื่อดิจิทัล**เพิ่มเติม

เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัดเพื่อให้ผู้เรียน**ฝึกฝนจนเกิดความเชี่ยวชาญ**

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เล่ม 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 40 ชั่วโมง

ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบ การระบุชนิดของแร่ สมบัติของแร่ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่อย่างเหมาะสม การตรวจสอบและจำแนกประเภทของหิน การระบุชื่อหิน วิเคราะห์สมบัติของหิน การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรหินอย่างเหมาะสม กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียมและถ่านหิน การอ่านและแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแผนที่ในชีวิตประจำวัน

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบายและการสรุปผลเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด และความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. ตรวจสอบ และระบุชนิดแร่ รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ที่เหมาะสมได้
2. ตรวจสอบ จำแนกประเภท และระบุชื่อหิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติและนำเสนอการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรหินที่เหมาะสมได้
3. อธิบายกระบวนการเกิด และการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน โดยใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยาได้
4. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียมและถ่านหิน พร้อมนำเสนอการใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมได้
5. อ่านและแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบายและยกตัวอย่างการนำไปใช้ประโยชน์ได้

รวม 5 ผลการเรียนรู้

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

ทรัพยากรธรณี 2-47

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

แผนที่ 48-74

ทรัพยากรธรณีนำมาใช้ประโยชน์ในด้านใดได้บ้าง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

ทรัพยากรธรณี

ทรัพยากรธรณี ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของมนุษย์หลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นแหล่งวัตถุดิบในอุตสาหกรรม เป็นแหล่งเชื้อเพลิง เป็นแหล่งวัตถุดิบในการเกษตร รวมทั้งเป็นแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ นักเรียนจึงควรเรียนรู้ถึงลักษณะการใช้ประโยชน์รวมไปถึงวิธีใช้ทรัพยากรธรณีอย่างเหมาะสม เพื่อให้มีทรัพยากรธรณีไว้ใช้ได้อย่างยั่งยืน

Check for Understanding

พิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุดบันทึก	ถูก/ผิด
1. แร่เป็นของแข็งตามธรรมชาติและมีโครงสร้างเป็นผลึกที่เปลี่ยนแปลงได้เป็นวงกว้าง	
2. ความแข็งของแร่สามารถเทียบค่าได้จากมาตราความแข็งของโมห์	
3. หินแบ่งออกเป็นหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร	บันทึกลงในสมุด
4. ปิโตรเลียมจำเป็นต้องมีหินต้นกำเนิด หินกักเก็บ และหินปิดกั้น	
5. ถ่านหินชนิดบิทูมินัสมีคุณภาพสูงกว่าถ่านหินชนิดแอนทราไซต์	

Prior Knowledge

แร่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างไร

1 แร่

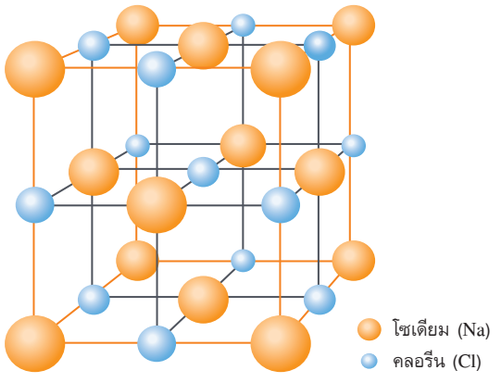
แร่ (mineral) หมายถึง ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compound) ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีสถานะเป็นของแข็ง มีโครงสร้างเป็นผลึก มีสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพที่แน่นอนหรืออาจแปรผันได้บ้างในขอบเขตที่จำกัด แร่แต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน

1.1 โครงสร้างทางเคมีของแร่

ลักษณะทางกายภาพของแร่ที่ปรากฏให้เห็นโดยทั่วไปล้วนเป็นผลมาจากสมบัติทางเคมีของแร่ ดังนั้น หากทราบโครงสร้างทางเคมี (chemical structure) ของแร่ จะช่วยให้สามารถจำแนกแร่ต่าง ๆ ได้

จากที่กล่าวไปแล้วว่า แร่ หมายถึง ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งธาตุทุกชนิดจะประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก ส่วนสารประกอบนั้นเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุ เนื่องจากอะตอมของธาตุมีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันที่เรียกว่า **พันธะเคมี** (chemical bond) ซึ่งชนิดของพันธะเคมีเป็นตัวกำหนดสมบัติทางกายภาพของแร่ เช่น ความแข็ง แนวแตกเรียบ ความสามารถในการนำไฟฟ้าและความร้อน โดยพันธะเคมีที่ทำให้เกิดแร่ มีดังนี้

1. พันธะไอออนิก (ionic bond) เกิดจากธาตุโลหะที่สูญเสียอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนบวก ส่วนธาตุอโลหะได้รับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นไอออนลบ ไอออนทั้งสองจะดึงดูดกันและกันด้วยแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ทำให้เกิดสารประกอบไอออนิกซึ่งพบในหมู่แร่เฮไลด์ (halide) เช่น เฮไลต์ (halite) ซิลไวต์ (sylvite) ฟลูออไรต์ (fluorite) โดยแร่จำพวกนี้จะมีสมบัติแข็งแต่เปราะ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ไม่ดี



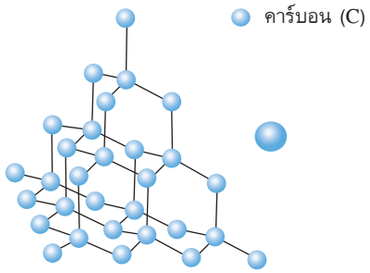
▲ **ภาพที่ 5.1** แบบจำลองโครงสร้างของแร่เฮไลต์ ซึ่งอะตอมเชื่อมกันด้วยพันธะไอออนิก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. พันธะโคเวเลนต์ (covalent bond) เกิดจากอะตอมของธาตุอโลหะนำคู่อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน จากนั้นเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับโปรตอนในนิวเคลียสของทั้งสองอะตอม โดยแร่จำพวกนี้จะมีความแข็งมาก จุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง นำไฟฟ้าและความร้อนได้ไม่ดี ได้แก่ เพชร (diamond) และสฟาเลอไรต์ (sphalerite)

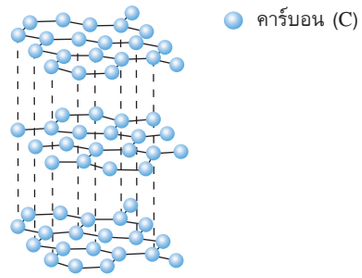
แบบจำลองโครงสร้างของแร่เฮไลต์

www.aksorn.com/interactive3D/RKA58

เมื่ออะตอมรวมตัวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ แต่ละโมเลกุลจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โดยแร่บางชนิดมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) ทำให้มีจุดหลอมเหลวต่ำ ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ สามารถลอกเป็นแผ่นได้ง่าย เช่น แกรไฟต์ (graphite) แร่ดิน (clay minerals) ไมกา (mica) ทัลก์ (talc)

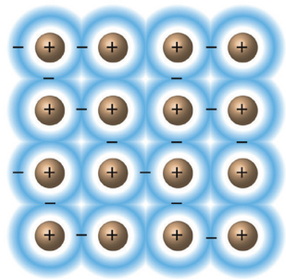


▲ **ภาพที่ 5.2** แบบจำลองโครงสร้างของเพชร ซึ่งอะตอมเชื่อมกันด้วยพันธะโคเวเลนต์
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ **ภาพที่ 5.3** แบบจำลองโครงสร้างของแกรไฟต์ ซึ่งโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3. พันธะโลหะ (metallic bond) ส่วนมากธาตุโลหะจะสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายแล้วกลายเป็นไอออนบวก ซึ่งเวเลนซ์อิเล็กตรอน (valence electron) ที่หลุดออกมาจะมีแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงกับไอออนบวก พบในแร่โลหะ เช่น ทองคำ (Au) เงิน (Ag) ทองแดง (Cu) ซึ่งแร่จำพวกนี้มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง มีความเหนียวมาก สามารถตีแผ่หรือดึงเป็นเส้นได้ นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี



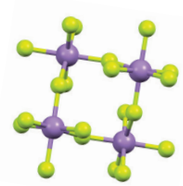
▲ **ภาพที่ 5.4** แบบจำลองโครงสร้างของแร่โลหะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Earth Science Focus พันธะเคมี (chemical bond)

พันธะเคมี คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอมในโมเลกุล หรือกล่าวได้ว่า เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมที่ทำให้เกิดโมเลกุลของสสาร

ตามกฎออกเตต (octet rule) อะตอมของธาตุต่าง ๆ จะรวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 ซึ่งการรวมตัวกันมี 3 ลักษณะ ดังนี้

1. อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นพันธะโคเวเลนซ์
2. อะตอมให้หรือรับอิเล็กตรอน เกิดเป็นพันธะไอออนิก
3. อะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันทั้งก้อน เกิดเป็นพันธะโลหะ



▲ **ภาพที่ 5.5** พันธะเคมี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

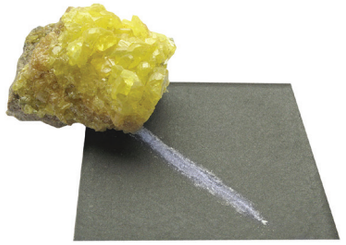
โครงสร้างทางเคมีของแร่

www.aksorn.com/qrcode/a862502

1.2 สมบัติทางกายภาพของแร่

สมบัติทางกายภาพ (physical property) มีความสำคัญต่อการจำแนกชนิดของแร่ และเป็นความรู้พื้นฐานเพื่อศึกษาทางด้านธรณีวิทยา ซึ่งสามารถตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของแร่ได้โดยง่าย ดังนี้

1. สี (color) เป็นลักษณะที่เห็นได้อย่างชัดเจน แต่อาจใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของแร่ได้เพียงการประมาณเท่านั้น เพราะแร่บางชนิดอาจมีหลายสี เช่น ควอตซ์มีชมพู ม่วง ดำเทา หรือใสไม่มีสี และแร่ต่างชนิดกันอาจมีสีคล้ายกัน โดยขึ้นอยู่กับธาตุที่เป็นองค์ประกอบ



▲ **ภาพที่ 5.6** แร่กำมะถัน (sulfer) มีสีเหลืองและมีสีผงละเอียดเป็นสีขาว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. สีผง (streak) เป็นสีผงที่หลุดออกมาจากแร่ โดยเมื่อนำแร่มาขีดบนแผ่นกระเบื้องที่ไม่ได้เคลือบจะเห็นสีของรอยขีดติดอยู่บนแผ่นกระเบื้องนั้น ซึ่งสีผงอาจมีสีต่างจากสีที่ปรากฏภายนอกของตัวแร่ เช่น ฮีมาไทต์ (hematite) มีสีดำ หรือน้ำตาลเข้มอมแดง แต่มีสีผงเป็นสีน้ำตาลแดง ไพไรต์ (pyrite) มีสีทอง แต่มีสีผงเป็นสีเทาแกมเขียว

3. ความวาว (luster) เป็นลักษณะของผิวแร่ที่เกิดจากการสะท้อนแสง ซึ่งแร่แต่ละชนิดมักมีความวาวแตกต่างกันไป โดยแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1) ความวาวแบบโลหะ (metallic luster) ผิวแร่จะมีลักษณะเป็นมันวาวแบบโลหะ เช่น ทองคำ เงิน ทองแดง แมกนีไทต์ (magnetite) คาลโคไพไรต์ (chalcopyrite)

ทองคำ

แมกนีไทต์

▲ **ภาพที่ 5.7** ตัวอย่างแร่ที่มีความวาวแบบโลหะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2) ความวาวแบบอโลหะ (non-metallic luster) โดยมากพบในแร่อโลหะ ซึ่งจำแนกตามลักษณะต่าง ๆ ได้ดังนี้

ความวาวแบบแก้ว

(vitreous luster)
เป็นประกายคล้ายแก้ว
เช่น ควอตซ์ (quartz)
โทแพซ (topaz)
ฟลูออไรต์ (fluorite)
คอรันดัม (corundum)


ควอตซ์

ความวาวแบบเพชร

(adamantine luster)
เป็นประกายคล้ายเพชร
เช่น เพชร(diamond)
เซรัสไซต์ (cerussite)
ดีบุก (tin)


เซรัสไซต์

ความวาวแบบมุก

(pearly luster)
เป็นมันแวววาวและอาจ
เหลือบสีรุ้ง เช่น ทัลก์ (talc)
มัสโคไวต์ (muscovite)
แซนบอร์ไนต์ (sanbornite)


ทัลก์

ความวาวแบบยางสน

(resinous luster)
เป็นมันมีเลื่อมคล้ายยาง
ไม้ที่แห้ง เช่น
สฟาเลอไรต์ (sphalerite)
ไพโรมอร์ไฟต์ (pyromorphite)


สฟาเลอไรต์

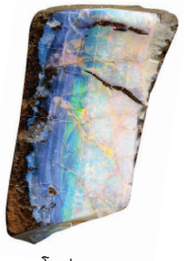
ความวาวแบบใยไหม

(silky luster)
เป็นเส้น ๆ ที่แวววาว
เหมือนไหม เช่น
ใยหิน (asbestos)
ยิปซัม (gypsum)
ชนิดซาทินสปาร์ (satin spar)


ใยหิน

ความวาวแบบอาบน้ำมัน

(greasy luster)
เป็นมันคล้าย
ผิวอาบด้วยน้ำมัน
เช่น โอปอล (opal)
วิเทอร์ไรต์ (witherite)


โอปอล

ด้านเหมือนดิน

(dull luster)
ผิวด้านคล้ายดิน เช่น ชอล์ก (chalk)
ดินขาว (kaolinite) ไลมอไนต์
(limonite)


ชอล์ก

▲ **ภาพที่ 5.8** ตัวอย่างแร่ที่มีความวาวแบบอโลหะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3) ความวาวแบบกึ่งโลหะ (sub-metallic luster) ผิวแร่ของกลุ่มแร่โลหะบางชนิดที่มีความวาวอยู่กึ่งกึ่งระหว่างความวาวทั้งสองชนิดที่กล่าวมา เช่น อิลเมไนต์ (ilmenite) โครไมต์ (chromite) คาลโคไซต์ (chalcocite)


อิลเมไนต์


โครไมต์

▲ **ภาพที่ 5.9** ตัวอย่างแร่ที่มีความวาวแบบกึ่งโลหะ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

4. ความโปร่ง (diaphaneity) เป็นสมบัติของแร่ที่ยอมให้แสงผ่าน โดยสังเกตได้จากการนำแร่ไปส่องกับแสงสว่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

โปร่งใส (transparent) คือ ความโปร่งที่สามารถมองทะลุผ่านได้ เช่น หินเขี้ยวหนุมาน (rock crystal) ควอตซ์ (quartz) โทแพซ (topaz)

▲ **ภาพที่ 5.10** ตัวอย่างแร่ที่มีความโปร่งใส
ที่มา : คลังภาพ อจท.

โปร่งแสง (translucent) คือ ความโปร่งที่ยอมให้แสงทะลุผ่าน แต่ไม่สามารถมองทะลุผ่านได้ เช่น คาลซิโดนี (chalcedony) ซิงไคต์ (zincite)

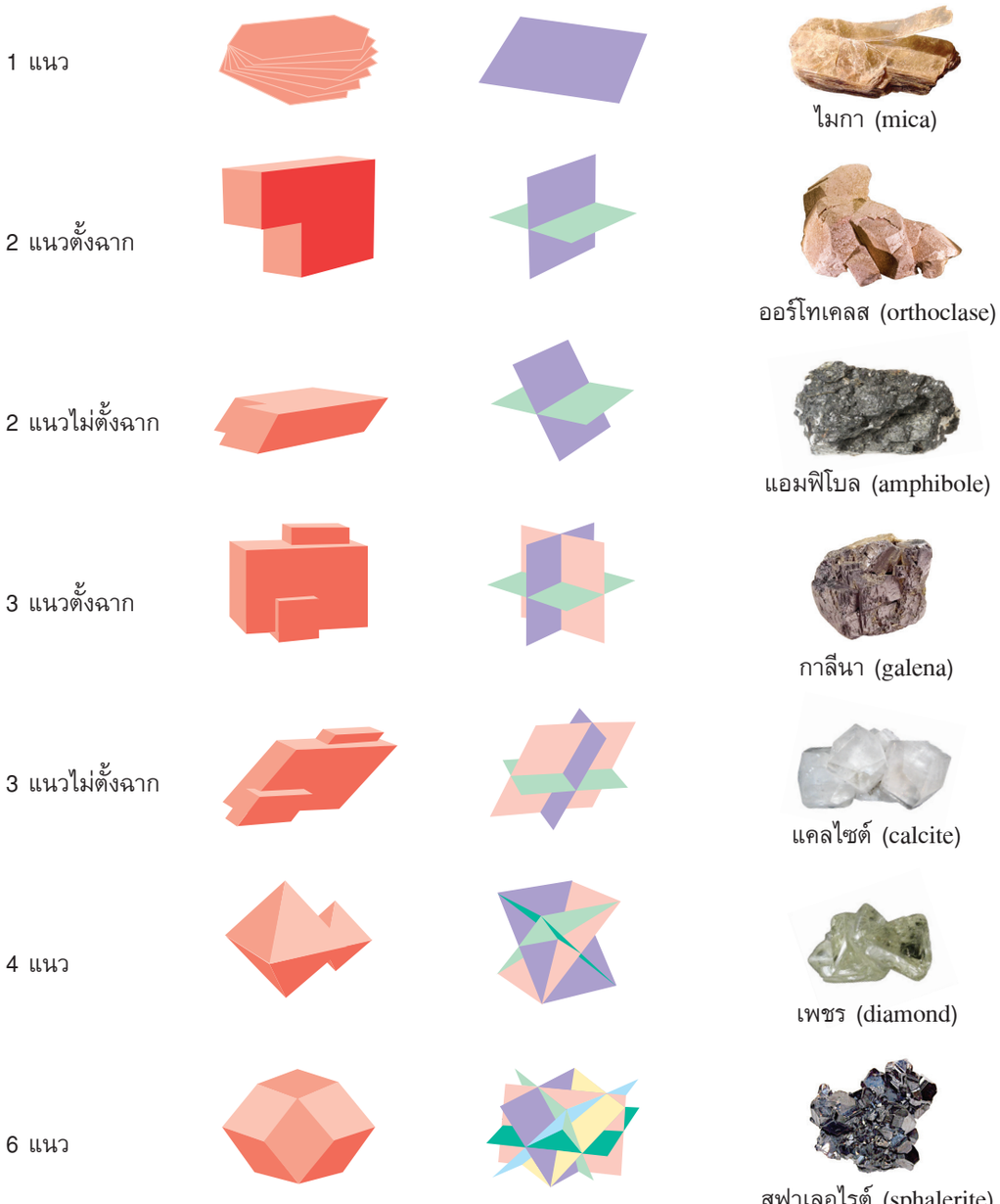
▲ **ภาพที่ 5.11** ตัวอย่างแร่ที่มีความโปร่งแสง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ทึบแสง (opaque) คือ สมบัติของแร่ที่ไม่ยอมให้แสงทะลุผ่านได้ เช่น แมกนีไทต์ (magnetite) ไพไรต์ (pyrite)

▲ **ภาพที่ 5.12** ตัวอย่างแร่ที่มีความทึบแสง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

5. แนวแตกเรียบ (cleavage) คือ แนวที่แตกขนานไปกับระนาบของอะตอม (atomic plane) ในผลึกแร่ ซึ่งอาจมีแนวเดียวหรือหลายแนว

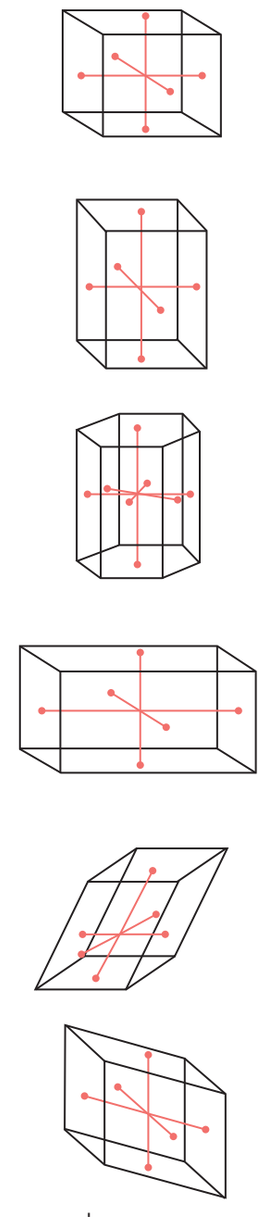
แนวแตกเรียบของแร่ (cleavage)



▲ **ภาพที่ 5.13** แนวแตกเรียบของแร่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

6. ผลึก (crystal) คือ ของแข็งที่มีเนื้อเดียว มีโครงสร้างภายในเป็นระเบียบ ซึ่งผลึกจะมีรูปร่างต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับระบบผลึก โดยแบ่งออกเป็น 6 ระบบ

ระบบผลึกของแร่ (crystal system)



ระบบสามแกนเท่า (isometric system)
ผลึกประกอบขึ้นด้วยแกน 3 แกนที่ยาวเท่ากัน ซึ่งแต่ละแกนทำมุมกัน 90 องศา หรือตั้งฉากซึ่งกันและกัน เช่น ฟลูออไรต์ การ์เนต (garnet) เฮไลต์

ระบบสองแกนเท่า (tetragonal system)
ผลึกประกอบขึ้นด้วยแกน 2 แกนที่ยาวเท่ากัน วางตั้งฉากในแนวราบ ส่วนแกนที่ 3 วางตัวในแนวดิ่ง โดยแต่ละแกนทำมุม 90 องศา ซึ่งกันและกัน เช่น เซอร์คอน (zircon) ดีบุก คาลโคไพไรต์

ระบบสามแกนราบ (hexagonal system)
ผลึกประกอบขึ้นด้วยแกน 4 แกน โดยมี 3 แกนที่ยาวเท่ากัน วางตัวในแนวราบ ทำมุมกัน 120 องศา ส่วนแกนที่ 4 วางตัวในแนวดิ่ง เช่น ควอตซ์ คอรันดัม แคลไซต์ โรโดโครไซต์ (rhodochrosite)

ระบบสามแกนต่าง (orthorhombic system)
ผลึกประกอบขึ้นด้วยแกน 3 แกน ที่มีความยาวไม่เท่ากัน แต่ละแกนวางทำมุม 90 องศา หรือตั้งฉากซึ่งกันและกัน เช่น โทแพซ กำมะถัน (sulfer) แบไรต์ (barite) โอลิวีน (olivine) โคลัมไบต์ (columbite)

ระบบหนึ่งแกนเอียง (monoclinic system)
ผลึกประกอบขึ้นด้วยแกน 3 แกน ที่มีความยาวไม่เท่ากัน โดยมี 2 แกน วางตัวตั้งฉากกัน ส่วนอีก 1 แกนจะทำมุมใด ๆ กับ 2 แกนแรก เช่น ฮอร์นเบลนด์ (hornblende) ออร์โทเคลส ออร์ไจต์ (augite)

ระบบสามแกนเอียง (triclinic system)
ผลึกประกอบขึ้นด้วยแกน 3 แกน ที่มีความยาวไม่เท่ากัน และแต่ละแกนจะวางตัวไม่ตั้งฉากกัน เช่น แพลจิโอเคลส (plagioclase) โรโดไนต์ (rhodonite) คาลแคนไทต์ (chalcanthite)

▲ **ภาพที่ 5.14** ระบบผลึกของแร่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

7. ลักษณะผลึก (crystal habit) นอกจากผลึกจะมีรูปทรงตามระบบผลึกแล้ว ยังมีรูปร่างเฉพาะตามชนิดของแร่อีกด้วย โดยอาจเป็นผลึกเดี่ยวหรือผลึกกลุ่ม

ลักษณะของผลึกแร่ (crystal habit)

ผลึกเดี่ยว	ผลึกกลุ่ม	
รูปเข็ม (acicular) เช่น เนโทรไลต์ (natrolite)	เส้นใย (fibrous) เช่น โอคีไนต์ (okenite)	รูปต้นไม้ (arborescent) เช่น ทองคำ (gold)
รูปใบมีด (bladed) เช่น ไคยาไนต์ (kyanite)	รูปอ้วนสั้น (stubby) เช่น โทแพซ (topaz)	เม็ดแบบไข่ปลา (oolitic) เช่น ฮีมาไทต์ (hematite)
ก้อนเหลี่ยม (blocky) เช่น ออร์โทเคลส (orthoclase)	รูปดอกกะหล่ำปลี (mamillary) เช่น พรีห์ไนต์ (prehnite)	แบบเม็ด (granular) เช่น แฟรงคลิไนต์ (franklinite)
แผ่นกระดาน (tabular) เช่น วุลฟีไนต์ (wulfenite)	แผ่นเกล็ด (micaceous) เช่น มัสโคไวต์ (muscovite)	รูปลูกโลก (globular) เช่น ไกโรไลต์ (gyrolite)
ก้อนลูกเต๋า (cube) เช่น กาลีนา (galena)	กาบ (platy) เช่น วุลฟีไนต์ (wulfenite)	สมานแน่น (massive) เช่น อะซูไลต์ (azurite)
แท่งปริซึม (prism) เช่น ทัวร์มาลีน (tourmaline)	รูปพวงองุ่น (botryoidal) เช่น ฮีมาไทต์ (hematite)	แบบหินย้อย (stalactitic) เช่น โรโดโครไซต์ (rhodocrosite)
แผ่นเกล็ด (micaceous) เช่น ไมกา (micas)	รูปกิ่งไม้ (dendritic) เช่น ไพโรลูไซต์ (pyrolusite)	แผ่เป็นรัศมี (radiated) เช่น อะทาคาไมต์ (atacamite)
ขนาดเท่า (equant) เช่น ฟลูออไรต์ (fluorite)	ก้อนทรงมน (nodular) เช่น ไพไรต์ (pyrite)	เม็ดน้ำตาลฉาบ (drusy) เช่น ซาลามอเนก (salamoniac)

8. รอยแตก (fracture) เป็นรอยที่แร่แตกออกในแนวที่ไม่ใช่แนวแตกเรียบ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเป็นระนาบเรียบ และไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างภายในของแร่ โดยปกติแร่ส่วนมากจะมีรอยแตกเป็นผิวขรุขระ (uneven or irregular) แต่มีแร่บางชนิดที่มีรอยแตกเป็นลักษณะพิเศษดังนี้

รอยแตกแบบโค้งเว้ารูปฝาหอย
(conchoidal)
ผิวหน้าบริเวณส่วนที่แตกมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเรียงซ้อนกันเหมือนลวดลายในฝาหอย เช่น ควอตซ์

รอยแตกแบบเรียบ
(even)
ผิวหน้าบริเวณส่วนที่แตกมีลักษณะเรียบ เช่น แมกนีไทต์ คาลซิโดนี

รอยแตกแบบไม่เรียบ
(uneven)
ผิวหน้าบริเวณส่วนที่แตกมีลักษณะไม่เรียบ เช่น แจสเปอร์ (jasper) โรโดไนต์ (rhodonite)

รอยแตกแบบหยักแหลม
(hackly)
ผิวหน้าบริเวณส่วนที่แตกมีลักษณะขรุขระและมีปลายแหลมเล็ก ๆ อยู่ทั่วไป เช่น ทองแดง เงิน

รอยแตกแบบเสี้ยน
(splintery)
ผิวหน้าบริเวณส่วนที่แตกมีลักษณะคล้ายเสี้ยนไม้ หรือเป็นเส้น เช่น ใยหิน แอมฟิโบล

แตกร่วน
(earthy)
แร่จะแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ร่วนเหมือนก้อนดิน เช่น ดินขาว

▲ **ภาพที่ 5.15** รอยแตกของแร่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

9. ความแข็ง (hardness) คือ ความคงทนต่อการขูดขีด โดยเทียบค่าได้จากมาตราความแข็งของโมห์ (Mohs hardness scale) ดังนี้

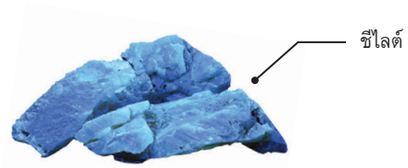
ตารางที่ 5.1 : มาตราความแข็งของโมห์ (Moh's scale of hardness)

ค่าความแข็ง	ชื่อแร่	ค่าความแข็ง	ชื่อแร่
1	ทัลก์	6	ออร์โทเคลส
2	ยิปซัม	7	ควอตซ์
3	แคลไซต์	8	โทแพซ
4	ฟลูออไรต์	9	คอรันดัม
5	อะพาไทต์	10	เพชร

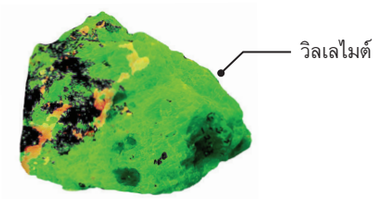
10. ความเหนียว (tenacity) คือ ความทนทานของแร่ต่อการตี ทุบ หัก หรือตัด ซึ่งมีลักษณะต่างกัน ดังนี้

1) **ตัดได้** (sectile) เช่น ยิปซัมชนิดเซเลไนต์ (selenite) ทัลก์ ไมกา แกรไฟต์
2) **ทุบเป็นแผ่นได้** (malleable) เช่น ทองคำ เงิน ทองแดง
3) **เปราะ** (brittle) เช่น กาลีนา กำมะถัน ควอตซ์ ฟลูออไรต์
4) **ดึงเป็นเส้นได้** (ductile) เช่น ทองแดง เงิน
5) **บิดให้โค้งงอและกลับรูปเดิมได้** (elastic) เช่น ไมกา
6) **บิดให้โค้งงอได้ แต่กลับรูปเดิมไม่ได้** (flexible) เช่น ทัลก์ ยิปซัม

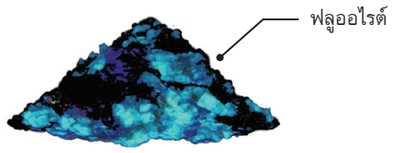
11. การเปล่งแสง (luminescence) เป็นการเปล่งแสงของแร่ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้



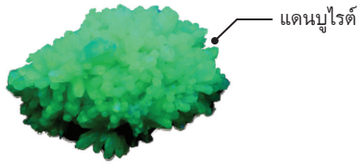
การเรืองแสง
(fluorescence)
แร่เปล่งแสงออกมาในขณะที่ได้รับแสง เช่น ชีไลต์ (scheelite) เซอร์คอน (zircon)



การพรายแสง
(phosphorescence)
แร่เปล่งแสงออกมาภายหลังจากที่ได้รับแสง เช่น วิลเลไมต์ (willemite) สฟาเลอไรต์



การเปล่งแสงเมื่อได้รับความร้อน
(thermoluminescence)
แร่จะเปล่งแสงออกมาเมื่อได้รับความร้อนระดับหนึ่ง เช่น ฟลูออไรต์ (fluorite)



การเปล่งแสงเมื่อถูกขูดขีด
(triboluminescence)
แร่จะเปล่งแสงออกมาเมื่อได้รับการขูดขีดหรือบด เช่น เลพิโดไลต์ (lepidolite) แดนบูไรต์ (danburite)

▲ **ภาพที่ 5.16** การเปล่งแสงของแร่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

12. ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของแร่กับความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่น้ำมีความหนาแน่นมากที่สุด) ที่ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ

13. ปฏิกิริยาต่อแม่เหล็ก (magnetism) แร่บางชนิดมีปฏิกิริยาต่อแรงดึงดูดของแม่เหล็ก ซึ่งทดสอบได้โดยการใช้แม่เหล็กแตะกับตัวแร่หรือผงแร่ แล้วสังเกตความสามารถในการดูดหรือผลักแม่เหล็ก ดังนี้

1) **ดูดแม่เหล็ก** แร่สามารถดูดแม่เหล็กได้ดี เช่น แมกนีไทต์
2) **ดูดแม่เหล็กอย่างอ่อน** แร่ดูดแม่เหล็กได้ไม่มากนัก แต่รู้สึกได้ว่ามีแรงดูดอยู่บ้าง เช่น โครไมต์ ไบโอไทต์ ซิเดอไรต์
3) **ผลักแม่เหล็ก** แร่ผลักแม่เหล็ก แต่ปฏิกิริยามักไม่รุนแรง เช่น เซอร์คอน ควอตซ์ แคลไซต์

14. รส (taste) แร่หลายชนิดเมื่อละลายจะให้รสเฉพาะตัว ตัวอย่างเช่น

เปรี้ยว (acid) มีรสเปรี้ยวอย่างมะนาวหรือน้ำส้ม เช่น แร่พวกโซเดียมซัลเฟต	**ฝาด** (alkaline) มีรสฝาด เช่น แร่ที่ประกอบไปด้วยไฮดรอกไซด์ของอัลคาไลน์เอิร์ท	**เฝื่อน** (astringent) มีรสเฝื่อนอย่างสารส้ม เช่น อะลูไนต์ (alunite)
ขม (bitter) มีรสขมคล้ายดีเกลือ เช่น แอปซอไมต์ (epsomite)	**เค็ม** (saline) มีรสเค็มอย่างเกลือ เช่น เฮไลต์	**เย็น** (cooling) รู้สึกเย็นลิ้น เช่น โซดาไนเตอร์

15. กลิ่น (odor) เมื่อนำแร่บางชนิดไปเผาจะมีกลิ่น ซึ่งจำแนกลักษณะของกลิ่นได้ ดังนี้

1) **กลิ่นโคลน** (argillaceous) มีกลิ่นคล้ายโคลนหรือดินเปียก พบในแร่ดิน
2) **กลิ่นยางมะตอย** (bituminous) มีกลิ่นคล้ายยางมะตอยหรือน้ำมันดิบ
3) **กลิ่นไข่เน่า** (fetid) มีกลิ่นคล้ายไข่เน่าหรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ พบในแร่กลุ่มซัลไฟด์
4) **กลิ่นฉุน** (galic or horse-radish) อาจมีกลิ่นฉุนเหมือนกระเทียม ซึ่งพบในพวกแร่อาร์เซนิก หรือมีกลิ่นคล้ายหัวผักกาด ซึ่งพบในแร่ซีลีเนียม (selenium)

16. สมบัติทางไฟฟ้า (electrical properties) แบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้

1) **ตัวนำไฟฟ้า** พบในแร่โลหะ เช่น ทอง เงิน ทองแดง ทองคำขาว
2) **สารกึ่งตัวนำไฟฟ้า** เช่น ไพไรต์ แฟรงดีไวต์ แซฟไฟร์
3) **ฉนวนไฟฟ้า** เช่น ใยหิน ไมกา หรือแร่กลุ่มซิลิเกตอื่น ๆ

17. การหลอมละลาย (fusibility) คือ สมบัติของแร่ที่สามารถทนความร้อนได้ในระดับต่างกัน ซึ่งแร่แต่ละชนิดจะมีค่าหลอมละลายมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการหลอมละลายของธาตุที่ประกอบเป็นแร่

1.3 การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของแร่

การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของแร่ทำได้หลายวิธี ในหน่วยการเรียนรู้นี้จะอธิบายถึงวิธีการตรวจสอบขั้นต้นที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ตัวอย่างเช่น

1. **การทำปฏิกิริยากับกรด** โดยใช้กรดเกลือ หรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) หยดลงไปบนแร่ ซึ่งแร่บางชนิดที่มีความไวต่อกรด จะสังเกตเห็นว่ามีฟองแก๊สเกิดขึ้น เช่น แคลไซต์ ส่วนแร่บางชนิดจะต้องให้ความร้อนจึงจะเกิดปฏิกิริยา เช่น โรโดโครไซต์ และแร่บางชนิดเกิดปฏิกิริยาได้ช้า แต่จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) หรือแก๊สไข่เน่า เช่น สฟาเลอไรต์

2. **การละลายในกรด** ทำได้โดยการนำผงแร่ไปละลายในกรดเกลือ กรดดินประสิว (HNO_3) หรือกรดกำมะถัน (H_2SO_4) แล้วสังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นว่าผงแร่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตารางที่ 5.2 : ปฏิกิริยาการละลายในกรดของแร่บางชนิด

แร่	ผลของปฏิกิริยา
คาร์บอเนต	มีฟองแก๊สปริมาณมาก
แมงกานีสออกไซด์	มีกลิ่นฉุนคล้ายคลอรีน
โคบอลต์	ได้สารละลายเป็นสีชมพู
เหล็ก	ได้สารละลายเป็นสีเหลือง น้ำตาล หรือน้ำตาลแดง
ทองแดง	ได้สารละลายเป็นสีเขียวหรือฟ้า
ซัลไฟด์	มีกลิ่นเหมือนแก๊สไข่เน่า

3. **การทดสอบเปลวไฟ** ทำได้โดยนำผงแร่โรยบนห่วงลวดแพลทินัม แล้วนำไปเผาไฟ ซึ่งสีของเปลวไฟทำให้ทราบว่าแร่นั้นมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบบ้าง

แดง
ลิเทียม (Li) สตรอนเชียม (Sr)

ส้ม
แคลเซียม (Ca)

เหลือง
โซเดียม (Na)

เขียวอมเหลือง
แบเรียม (Ba) โมลิบดีนัม (Mo)

เขียวสว่าง
โบรอน (B)

เขียวมรกต
แทลเลียม (Tl)

ฟ้าอ่อน
ฟอสฟอรัส (P)

ฟ้าอมเขียว
สังกะสี (Zn)

เขียวอ่อน
เทลลูเรียม (Te) พลวง (Sb) ตะกั่ว (Pb)

ฟ้า
ทองแดง (Cu) ซีลีเนียม (Se) อินเดียม (In) สารหนู (As)

ม่วง
โพแทสเซียม (K) รูบิเดียม (Rb) ซีเซียม (Cs)

การระบุชนิดของแร่

www.aksorn.com/simulation/sci10016

1.4 วงศ์แร่

สามารถจัดกลุ่มแร่ตามธาตุที่เป็นองค์ประกอบ ได้ดังนี้

ธาตุธรรมชาติ
(native elements)
เป็นแร่ที่เกิดจากธาตุบริสุทธิ์ในธรรมชาติ เช่น ทองคำ กำมะถัน เพชร เงิน สารหนู แกรไฟต์ ปรอท

หมู่แร่ซัลไฟด์
(sulfides)
เป็นแร่ที่ประกอบด้วยธาตุโลหะกับกำมะถัน เช่น กาลีนา (PbS) ไพไรต์ (FeS_2) สติบไนต์ (Sb_2S_3)

หมู่แร่ซัลโฟซอลต์
(sulfosalts)
เป็นแร่ที่ประกอบไปด้วยตะกั่ว ทองแดง หรือเงินกับกำมะถัน เช่น เจมซอไนต์ ($Pb_4FeSb_6S_{14}$)

หมู่แร่ออกไซด์และไฮดรอกไซด์
(oxides and hydroxides)
เป็นแร่ที่ประกอบด้วยธาตุโลหะกับออกซิเจน เช่น ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) แคสซิสเทอร์ไรต์ (SnO_2) แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) กิบบ์ไซต์ ($Al(OH)_3$) รูไทล์ (TiO_2)

หมู่แร่เฮไลด์
(halides)
เป็นแร่ที่มีคลอไรด์ โบรไมด์ หรือไอโอไดด์เป็นองค์ประกอบ เช่น เฮไลต์ (NaCl) ฟลูออไรต์ (CaF_2)

หมู่แร่คาร์บอเนต
(carbonates)
เป็นแร่ที่มีหมู่คาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ เช่น แคลไซต์ ($CaCO_3$) โดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) มาลาไคต์ ($Cu_2(CO_3)(OH)_2$) เซรัสไซต์ ($PbCO_3$)

หมู่แร่ไนเตรต
(nitrates)
เป็นแร่ที่มีหมู่ไนเตรตเป็นองค์ประกอบ เช่น ไนเตอร์ (KNO_3)

หมู่แร่บอเรต
(borates)
เป็นแร่ที่มีบอเรตเป็นองค์ประกอบ เช่น บอแรกซ์ ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) ยูลีไซต์ ($NaCaB_5O_9.8H_2O$) โคลีมาไนต์ ($CaB_3O_4(OH)3.H_2O$)

หมู่แร่ซัลเฟตและโครเมต
(sulfates and chromates)
เป็นแร่ที่มีหมู่ซัลเฟต หรือโครเมตเป็นองค์ประกอบ เช่น แบไรต์ ($BaSO_4$) ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$)

หมู่แร่ทังสเตตและโมลิบเดต
(tungstates and molybdates)
เป็นแร่ที่มีหมู่ทังสเตต หรือโมลิบเดตเป็นองค์ประกอบ เช่น วุลแฟรไมต์ ($FeMnWO_4$) ชีไลต์ ($CaWO_4$) วุลฟีไนต์ ($PbMoO_4$)

หมู่แร่ฟอสเฟต อาร์เซเนต และวานาเดต
(phosphates arsenates and vanadates)
เป็นกลุ่มแร่ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น โมนาไซต์ ($(Ce,La,Y,Th)PO_4$) เทอร์คอยส์ ($CuA16(PO_4)_4(OH)_8.4H_2O$)

หมู่แร่ซิลิเกต
(silicates)
เป็นแร่ที่มีซิลิกอนและออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมักจะเรียกแร่ประเภทนี้ว่า แร่ประกอบหิน

1.5 แร่ประกอบหิน

แร่ประกอบหิน (rock-forming mineral) คือ แร่ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของหิน และใช้เป็นหลักในการจำแนกชนิดของหิน ซึ่งแร่ประกอบหินที่สำคัญ มีดังนี้

กลุ่มแร่ควอตซ์ (quartz)

มักเป็นผลึกหกเหลี่ยม ไม่มีแนวแตกเรียบ รอยแตกโค้งเว้ารูปฝาหอย มีความแข็ง 7 หากมีสีใสเรียกว่า ผลึกหิน (rock crystal) มีสีเหลือง เรียกว่า ซิตริน (citrine) มีสีม่วง เรียกว่า แอเมทิสต์ (amethyst)

กลุ่มแร่เฟลด์สปาร์ (feldspar)

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ออร์โทเคลส (K-feldspar) ซึ่งมีสีชมพู มีแนวแตกเรียบทำมุม 90° มีความแข็ง 6 อีกประเภทหนึ่ง คือ แพลจิโอเคลส (plagioclase-Na, Ca feldspar) ซึ่งมีสีขาวหรือเทา มีแนวแตกเรียบ 2 ชุด

กลุ่มแร่แอมฟิโบล (amphibole)

แร่สามัญของกลุ่มนี้ คือ ฮอร์นเบลนด์ (hornblend) และแอกทิโนไลต์ (actinolite) มีสีเข้ม ได้แก่ สีเขียว น้ำตาลเข้มหรือดำ มีค่าความแข็งประมาณ 5-6

กลุ่มแร่ไพรอกซีน (pyroxene)

แร่สามัญของกลุ่มนี้ คือ ออไจต์ (augite) โดยทั่วไปมักมีสีเขียวถึงดำ มีความแข็ง 5-7 มีแนวแตกเรียบ 2 ชุด มีความวาวแบบแก้ว

กลุ่มแร่การ์เนต (garnet)

แร่สามัญของกลุ่มนี้ คือ ไพโรป (pyrope) แอลมันไดต์ (almandite) แอนดราไดต์ (andradite) มีสีแดงเข้มถึงน้ำตาลแกมแดง มีค่าความแข็ง 6.5-7.5

กลุ่มแร่ไมกา (Mica)

ที่พบในหินทั่วไปมี 2 ชนิด คือ มัสโคไวต์ (muscovite) มีสีขาวโปร่งแสง และไบโอไทต์ (biotite) มีสีเขียวแกมดำ แร่กลุ่มนี้มีลักษณะเป็นแผ่นยืดหยุ่นได้ มีความแข็ง 2-5

กลุ่มแร่โอลีวีน (olivene)

แร่สามัญของกลุ่มนี้ คือ โอลีวีนโดยทั่วไปมีสีเขียว มีค่าความแข็ง 6.5-7 มีความวาวแบบแก้ว

กลุ่มแร่ดิน (clay minerals)

มักประกอบอยู่ในหินดินดาน และดิน เช่น เคโอลิไนต์ (kaolinite) อิลไลต์ (illite)

▲ **ภาพที่ 5.17** กลุ่มแร่ประกอบหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

1.6 อุตสาหกรรมทรัพยากรแร่

ทรัพยากรแร่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมได้ ดังนี้

1. อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เพราะอัญมณีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมเครื่องประดับ เช่น แร่รัตนชาติเป็นแร่ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เพราะเป็นแร่ที่นำมาทำเป็นเครื่องประดับส่งออกที่ทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นอย่างมาก

คุณสมบัติของอัญมณีมี 3 ประการ ดังนี้

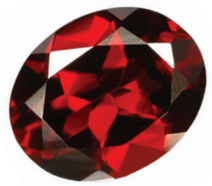
1) ความสวยงาม (beauty) ซึ่งพิจารณาได้จากสี การกระจายแสง การหักเหแสง ประกายความสามารถให้แสงผ่าน และรูปแบบของการเจียระไน

2) ความทนทาน (durability) หมายถึง ความทนทานจากการสวมใส่ ซึ่งสามารถวัดได้จากระดับของความแข็งและความเหนียว ถ้ามีความแข็งมากจะทนทานต่อการขีดข่วนที่ทำให้เกิดตำหนิ เช่น เพชร ถ้ามีความเหนียวมากก็จะทนทานต่อการแตกหัก เช่น หยก ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการแกะสลัก

3) ความหายาก (rarity) หมายถึง การใช้เวลาและการมีต้นทุนในการแสวงหา ซึ่งเป็นผลมาจากระดับลึกของโลกตามสายแร่ หรือความหายากของอำพัน (อินทรียวัตถุ) ที่มีความงดงาม

เพชร

คอรันดัม



โกเมน

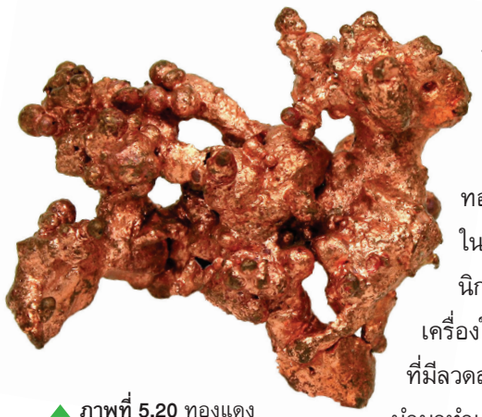
▲ **ภาพที่ 5.18** ตัวอย่างแร่ในอุตสาหกรรมอัญมณี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Earth Science Focus **รัตนชาติ**

รัตนชาติ (gemstone) เป็นแร่หิน หรืออินทรียวัตถุธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นเครื่องประดับ สมบัติที่สำคัญของรัตนชาติ คือ มีความสวยงาม ทนทาน มีความแข็ง คงทนต่อการถูกขูดขีดและหาได้ยาก ซึ่งแต่ละประเทศมีแร่รัตนชาติแตกต่างกัน บางประเทศมีเพชรมาก เช่น แอฟริกาใต้ ส่วนประเทศไทยกับเมียนมามีทับทิมที่มีคุณภาพดี สีสวย เป็นที่รู้จักทั่วโลก ประเทศออสเตรเลียมีโอปอล ที่มีค่าสูง และสวยงาม ประเทศจีนมีหยก

▲ **ภาพที่ 5.19** รัตนชาติ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. อุตสาหกรรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะใช้แร่เศรษฐกิจที่ปริมาณมากพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม ซึ่งแร่เศรษฐกิจแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แร่โลหะและแร่อโลหะ ตัวอย่างแร่เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เช่น หินปูน ยิปซัม สังกะสี เหล็ก ดีบุก ตะกั่ว หินอ่อน ทรายแก้ว ดินขาว ฟลูออไรต์ โพแทซ และรัตนชาติ รวมทั้งแร่อโลหะที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น ถ่านหิน หินน้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ โดยประเทศไทยผลิตแร่ ทั้งเพื่อการส่งออกและเพื่อรองรับอุตสาหกรรมภายในประเทศ เช่น



▲ **ภาพที่ 5.20** ทองแดง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ทองแดง เป็นโลหะที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์เกี่ยวกับรถยนต์ อาวุธ เหรียญกษาปณ์ และยังเป็นส่วนประกอบสำคัญในโลหะผสมหลายชนิด เช่น ทองเหลือง บรอนซ์ โลหะผสมทองแดงนิกเกิลที่นำมาทำท่อในระบบกลั่น อุปกรณ์ภายในเรือเดินทะเล โลหะผสมทองแดงนิกเกิล และสังกะสี (เรียกว่าเงินนิกเกิลหรือเงินเยอรมัน) ใช้ทำเครื่องใช้ เช่น ส้อม มีด เครื่องมือแพทย์ นอกจากนี้ แร่ทองแดงที่มีลวดลายสวยงาม เช่น มาลาไคต์ อะซูไรต์ คริโซคอลลา ที่สามารถนำมาทำเครื่องประดับได้อีกด้วย

สังกะสี ในประเทศไทยพบแร่สังกะสีในหลายจังหวัด เช่น ลำปาง แพร่ แต่สำหรับที่ตากเป็นแร่สังกะสีชนิดซิลิเกต คาร์บอเนตและออกไซด์ ซึ่งจะมีลำดับวิธีการถลุงแร่แตกต่างกันออกไป ปัจจุบันมีการใช้โลหะสังกะสีอย่างกว้างขวาง โดยใช้เป็นสารเคลือบเหล็กกล้า ใช้ผสมกับทองแดงเกิดเป็นทองเหลืองเพื่อใช้ขึ้นรูปหรือหล่อผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ สารประกอบออกไซด์ของสังกะสียังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยาง สี เซรามิก ยา เครื่องสำอาง และอาหารสัตว์

▲ **ภาพที่ 5.21** สังกะสี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

▲ **ภาพที่ 5.22** ทังสเตน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ทังสเตน เป็นโลหะสีเทาเงิน มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวต่ำ เมื่อผสมกับคาร์บอนจะมีความแข็งมาก โลหะทังสเตนใช้ทำไส้และขั้วหลอดไฟฟ้า ชิ้นส่วนบริเวณผิวสัมผัสของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ทำฉากป้องกันความร้อนและรังสีในอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อนำไปผสมกับเหล็กจะได้เหล็กกล้าที่มีความแข็งมาก เหมาะสำหรับใช้ทำเกราะในยานพาหนะ อาวุธสงคราม ทำมีด ตะไบ ใบเลื่อย และเมื่อนำไปผสมกับคาร์บอน นิกเกิล และโคบอลต์ จะมีความแข็งแกร่งเป็นพิเศษ จึงใช้ทำวัตถุสำหรับตัดเหล็กกล้า

สินแร่พลวง เมื่อนำไปถลุงจะได้โลหะพลวง ซึ่งใช้ในการทำโลหะผสม โดยผสมกับโลหะตะกั่วทำแผ่นกริด แบตเตอรี่ ผสมตะกั่วและดีบุกในการทำตะกั่วตัวพิมพ์และโลหะบัดกรีบางชนิด ใช้เป็นส่วนประกอบของกระสุนปืน ใช้ในอุตสาหกรรมไม้ขีดไฟ ยาง ผ้าทนไฟ และในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบ นอกจากนี้ ยังใช้ในการหุ้มสายโทรศัพท์ สายไฟขนาดใหญ่ ทำหมึกโรเนียว อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ หลอดยาสีฟัน สี และยารักษาโรค

ภาพที่ 5.23 แร่สินพลวง ▶
ที่มา : คลังภาพ อจท.

แคดเมียม เป็นผลพลอยได้จากการผลิตสังกะสี ซึ่งจะมีกากของเสีย และเป็นสารพิษที่ร้ายแรง แคดเมียมใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ สีพลาสติก นอกจากนี้ยังใช้เคลือบเหล็กกล้า และทองแดงเพื่อป้องกันการผุกร่อน

▲ **ภาพที่ 5.24** แคดเมียม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

เมื่อพบแหล่งของแร่ทองคำและพลอยในเหมืองแร่ นักเรียนมีวิธีการเก็บแร่แต่ละชนิดอย่างไร

Prior Knowledge

หินที่พบเห็นทั่วไป เป็นหินประเภทเดียวกันหรือไม่ อย่างไร

2 หิน

หิน คือ มวลของแข็งที่ประกอบด้วยแร่ชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมตัวกันอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งนับเป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกโลก หินบริเวณพื้นผิวโลกจะมีการสึกกร่อนเนื่องจากลม น้ำ ธารน้ำแข็ง และการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ส่งผลให้หินมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีไปเป็นหินประเภทต่าง ๆ

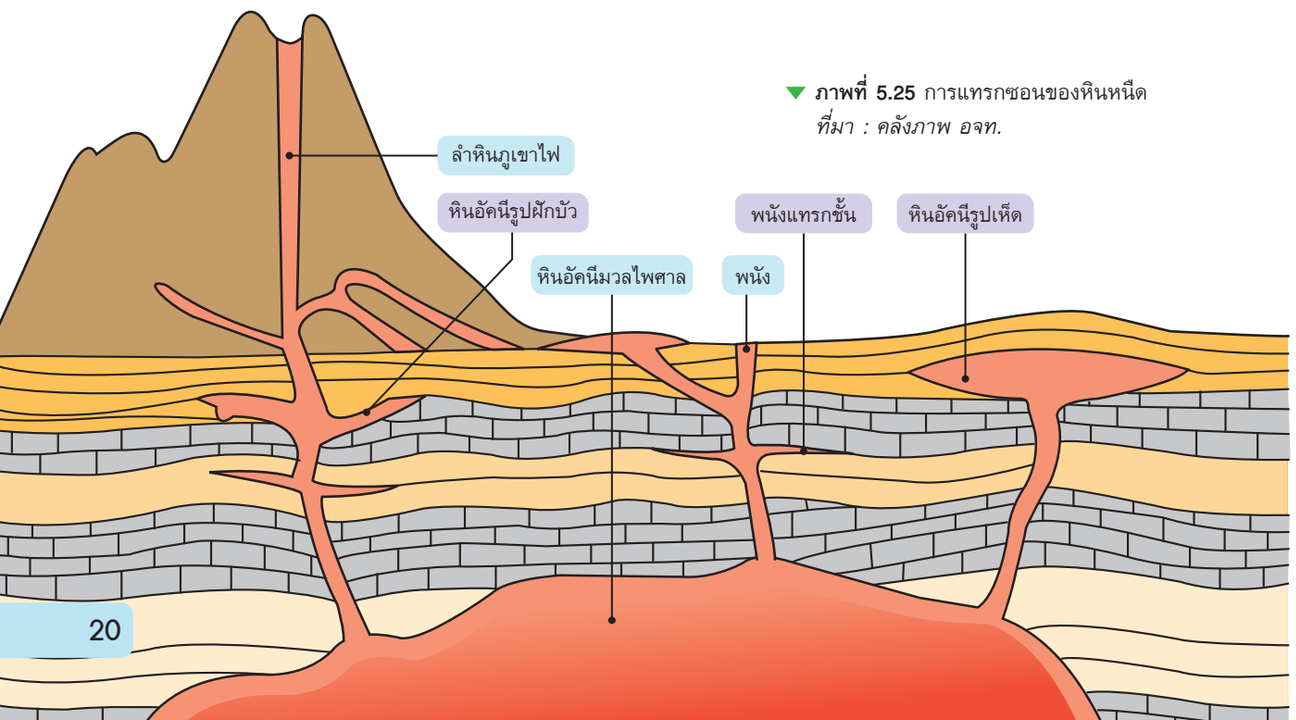
2.1 หินอัคนี

หินอัคนี (igneous rock) เกิดจากการเย็นตัวและแข็งตัวของหินหนืด (magma) ซึ่งพบทั้งใต้เปลือกโลกและบนผิวโลก ลักษณะโดยทั่วไปจะเป็นผลึกและไม่มีซากดึกดำบรรพ์อยู่ในเนื้อหิน

1. การแทรกซอนของหินหนืด เป็นกระบวนการที่หินหนืด (มวลหินอัคนี) แทรกดันเข้าไปในหินที่มีอยู่ก่อน ซึ่งเกิดได้ 2 แบบ ดังนี้

หินอัคนีแทรกซอนร่วมแนว (concordant intrusion)
มวลหินอัคนีแทรกซอนขึ้นไปในทิศขนานกับแนวหินเดิม เช่น พนังแทรกชั้น (sill) หินอัคนีรูปเห็ด (laccolith) หินอัคนีรูปฝักบัว (lopolith)

หินอัคนีแทรกซอนไม่ร่วมแนว (disconcordant intrusion)
มวลหินอัคนีแทรกซอนขึ้นไปในทิศตัดกับแนวหินเดิม เช่น ลำหินภูเขาไฟ (volcanic neck) พนัง (dike) หินอัคนีมวลไพศาล (batholith)



▼ **ภาพที่ 5.25** การแทรกซอนของหินหนืด
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. เนื้อหินอัคนี เป็นลักษณะทางกายภาพของหินที่ได้รับอิทธิพลมาจากอัตราการเย็นตัวหรือการตกผลึกของหินหนืด ซึ่งแบ่งออกเป็นหลายแบบ

เนื้อหยาบ (phaneritic texture) ประกอบไปด้วยผลึกแร่ขนาดใหญ่ มองเห็นด้วยตาเปล่าได้อย่างชัดเจน

เนื้อละเอียด (aphanitic texture) ประกอบด้วยผลึกแร่ขนาดเล็กมาก หากมองด้วยตาเปล่าจะเห็นผลึกแร่ไม่ชัดเจน

เนื้อแก้ว (glass texture) มีลักษณะคล้ายแก้ว ซึ่งเกิดจากการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ไม่มีผลึกแร่ในเนื้อหิน

เนื้อลายดอก (porphyritic texture) ประกอบด้วยผลึกแร่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เรียกว่า ผลึกดอก (phenocryst) ที่ล้อมรอบด้วยเนื้อพื้น (groundmass)

เนื้อฟองน้ำ (vesicular texture) มีลักษณะเป็นโพรงอากาศขนาดต่าง ๆ ในเนื้อหิน ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของฟองอากาศในลาวาขณะที่ลาวาเย็นตัวและแข็งตัว

เนื้อธารไหล (flow texture) เนื้อหินภูเขาไฟที่มีการเรียงตัวของแร่ไปตามทิศทางการไหลของหินหนืด

▲ **ภาพที่ 5.26** ชนิดของเนื้อหินอัคนี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3. แร่ในหินอัคนี แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แร่ปฐมภูมิหลัก (essential primary minerals) คือ แร่ที่เกิดขึ้นในขณะที่หินหนืดเย็นตัวและตกผลึก แล้วกลายเป็นหินอัคนี ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของหินอัคนี เช่น ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไพรอกซีน ฮอร์นเบลนด์ ไบโอไทต์ แร่ปฐมภูมิหลักมีส่วนสำคัญในการเรียกชื่อหินต่าง ๆ

2) แร่ปฐมภูมิรอง (accessory primary minerals) คือ แร่ที่เกิดขึ้นในขณะที่หินหนืดเย็นตัวและตกผลึกแล้วกลายเป็นหินอัคนี แต่มีปริมาณน้อยมาก มักเกิดเป็นผลึกแร่เล็กๆ เช่น แมกนีไทต์ อิลเมไนต์ ฮีมาไทต์ ไพไรต์ เซอร์คอน (zircon) รูไทล์ (rutile) อะพาไทต์ (apatite)

3) แร่ทุติยภูมิ (secondary minerals) คือ แร่ที่เกิดขึ้นหลังจากที่หินหนืดเย็นตัว ตกผลึกและแข็งตัว ซึ่งเป็นผลจากการสลายตัวของแร่ที่เกิดก่อน เช่น คลอไรต์ (chlorite) เกิดมาจากไบโอไทต์ (biotite) เคโอลิไนต์ (kaolinite) เกิดมาจากเฟลด์สปาร์ (feldspar) หรืออาจเกิดจากแก๊สหรือของเหลวที่เหลือจากหินหนืดตกผลึกภายหลัง เช่น ทัวมาลีน (tourmaline) ฟลูออไรต์

4. การจำแนกหินอัคนี หากพิจารณาสภาพการเย็นตัวของหินหนืด สามารถแบ่งหินอัคนีออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) หินอัคนีบาดาลหรือหินอัคนีแทรกซอน (plutonic igneous rock/intrusive igneous rock) เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดอย่างช้า ๆ ภายใต้เปลือกโลก ทำให้มีเวลามากพอที่จะเกิดการตกผลึกของแร่ จึงทำให้เนื้อหินมีผลึกแร่ขนาดใหญ่ เช่น

หินแกรนิต (granite)
มีสีขาวเทาและอาจมีจุดสีดำปน ประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์เป็นส่วนใหญ่ พบตามแนวเทือกเขา เช่น เทือกเขาตะนาวศรี

หินแกบโบร (gabbro)
มีสีเข้มถึงสีดำ ประกอบไปด้วยแร่ไพรอกซีน (pyroxene) และแพลจิโอเคลสเป็นส่วนใหญ่ พบตามแนวเทือกเขาในจังหวัดเลย และแพร่

▲ **ภาพที่ 5.27** ตัวอย่างหินอัคนีบาดาล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2) หินอัคนีพุหรือหินภูเขาไฟ (extrusive igneous rock/volcanic igneous rock) เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของหินหนืดที่ปะทุขึ้นมาบนผิวโลก ทำให้เนื้อหินมีผลึกแร่ขนาดเล็ก เช่น

หินไรโอไลต์ (rhyolite)
มีสีขาวเทา มีแร่ประกอบหินคล้ายกับหินแกรนิต แต่มีเนื้อละเอียดกว่า พบไม่มากนัก โดยพบในจังหวัดสระบุรี ลพบุรี แพร่ อุตรดิตถ์ และตาก

หินบะซอลต์ (basalt)
มีสีเข้มถึงดำ มีแร่ประกอบหินคล้ายกับหินแกบโบร แต่มีเนื้อละเอียดกว่า โดยพบในจังหวัดศรีสะเกษ กาญจนบุรี จันทบุรี และลำปาง

▲ **ภาพที่ 5.28** ตัวอย่างหินอัคนีพุ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

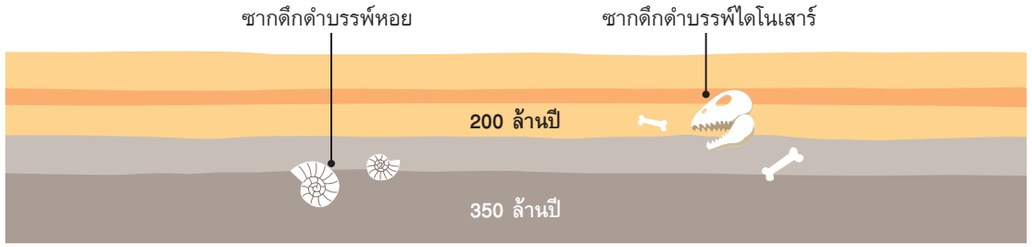
2.2 หินตะกอน

หินตะกอน (sedimentary rock) เกิดจากการทับถมของเศษหินที่ผุพังมาจากหินชนิดต่าง ๆ รวมทั้งดิน ทราย และซากพืชซากสัตว์ที่ถูกพัดพามาโดยลม น้ำ หรือธารน้ำแข็ง

1. กฎในการศึกษาหินตะกอน นิโคลัส สตีโน (Nicolus Steno) นักธรณีวิทยาชาวเดนมาร์ก เป็นผู้คิดค้นหลักการลำดับชั้นหินที่เรียกว่า กฎของสตีโน (Steno's law) ดังนี้

1) กฎการวางตัวแนวราบ (law of original horizontality) กล่าวว่า การสะสมตัวของตะกอนแรกเริ่มมักวางตัวอยู่ในแนวระดับหรือเกือบระดับ ซึ่งขนานไปกับผิวโลก ดังนั้น ชั้นหินที่ลาดเอียงจึงเป็นผลมาจากอิทธิพลรบกวนจนทำให้เกิดการเบี่ยงเบนไปจากแนวเดิม

2) กฎการวางตัวซ้อนทับ (law of superposition) กล่าวว่า ชั้นตะกอนที่วางตัวอยู่ด้านบนย่อมมีอายุน้อยกว่าชั้นตะกอนที่วางตัวอยู่ด้านล่าง โดยชั้นหินนั้นต้องไม่มีการพลิกกลับ (overturned) แต่หากมีแรงปริมาณมากมากระทำต่อชั้นหิน อาจทำให้ชั้นหินเกิดการคดโค้งโก่งงอ (folding) หรือพลิกกลับได้



▲ **ภาพที่ 5.29** ชั้นหินที่อยู่ด้านบนย่อมมีอายุน้อยกว่าชั้นหินที่อยู่ด้านล่างตามกฎการวางตัวซ้อนทับ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3) กฎการเปลี่ยนแปลงแทนที่สัตวชาติ (law of faunal succession) กล่าวว่า ซากดึกดำบรรพ์หรือสิ่งมีชีวิตสามารถเปลี่ยนแปลงจากกลุ่มหนึ่งไปยังอีกกลุ่มได้ ทำให้ลำดับชั้นหินที่ต่อเนื่องกันมีกลุ่มซากดึกดำบรรพ์แตกต่างกัน และทำให้สามารถกำหนดอายุของชั้นหินเหล่านั้นได้

2. การเกิดหินตะกอน แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

1) การสะสมตัวทางกายภาพ เกิดจากตะกอนต่าง ๆ ในลักษณะเม็ดกรวด ทราย หรือดินถูกพัดพาไปตกทับถมกันเป็นชั้น ๆ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นหิน เช่น หินทราย (sandstone)

2) การสะสมตัวทางเคมี เกิดจากการตกตะกอน (precipitation) ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยกรรมวิธีทางเคมี เช่น หินปูน (limestone) หินโดโลไมต์ (dolomite) เกลือหิน (rock salt)

3) การสะสมตัวทางชีวภาพ เกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีจนกลายเป็นหิน เช่น ถ่านหิน (coal)

3. เนื้อหินตะกอน มีลักษณะเป็นตะกอนเม็ด (detrital/clastic sediment) ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.3 : ชื่อและขนาดของตะกอนในเนื้อหินตะกอน

ชื่อตะกอนทางธรณีวิทยา	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	หินตะกอน
ก้อนหินมนใหญ่ (boulder)	>256	หินกรวดมน (conglomerate)
ก้อนหินมนเล็ก (cobble)	64-256	ลักษณะมน (round)
กรวด (prbble)	4-64	หินกรวดเหลี่ยม (breccia)
กรวดเล็ก (granule)	2-4	ลักษณะเหลี่ยม (angular)
ทราย (sand)	1/16-2	หินทราย (sandstone)
ทรายแป้ง (silt)	1/256-1/16	หินทรายแป้ง (siltstone)
เคลย์ (clay)	<1/256	หินดินดาน (shale) หรือหินโคลน (mudstone)

4. การจำแนกหินตะกอน พิจารณาจากวัตถุก่อกำเนิด ซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) หินตะกอนเนื้อประสมหรือหินตะกอนเนื้อเศษหิน (clastic sedimentary rock) ประกอบด้วยเศษหินจากการสลายตัวของหินต่าง ๆ และซากพืชซากสัตว์ที่ถูกพัดพามาทับถมกัน

หินดินดาน (shale)
ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ ไมกา และแร่ดินเป็นส่วนใหญ่ อนุภาคตะกอนมีขนาดเล็กกว่า 1/256 มิลลิเมตร ซึ่งเล็กเกินกว่าจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า พบอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในจังหวัดชลบุรี ยะลา และกาญจนบุรี

หินทราย (sandstone)
ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์และอาจพบเฟลด์สปาร์ การ์เนต และไมกาปนอยู่บ้าง อนุภาคตะกอนมีขนาดประมาณ 1/16 - 2 มิลลิเมตร เป็นเม็ดค่อนข้างกลม ส่วนใหญ่พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

หินกรวดมน (conglomerate)
ประกอบด้วยตะกอนของแร่หรือหินที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร เช่น ตะกอนแร่ควอตซ์ หินควอร์ตไซต์ หินปูน หินแกรนิต โดยตะกอนมีลักษณะกลมมน มีความคงทนสูง พบมากในจังหวัดกาญจนบุรี ระยอง และลพบุรี

▲ **ภาพที่ 5.30** หินตะกอนเนื้อประสม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2) หินตะกอนเนื้อประสานหรือหินตะกอนเคมี (nonclastic/chemical sedimentary rock) เกิดจากการตกผลึกจากสารละลายที่ถูกน้ำพัดพามา

หินปูน (limestone) ประกอบด้วยผลึกแคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ และอาจพบซากดึกดำบรรพ์อยู่ด้วย พบในแถบจังหวัดสระบุรี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ พังงา ชุมพร และเลย

เกลือหิน (rock salt) ประกอบด้วยผลึกเฮไลต์ (halite) เนื้อเนียนสีขาวใสหรือไม่มีสี แต่หากมีสารจำพวกเหล็กปนอยู่อาจมีสีต่าง ๆ เช่น ส้ม เหลือง แดง พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

▲ **ภาพที่ 5.31** หินตะกอนเนื้อประสาน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3) หินตะกอนอินทรีย์ (organic sedimentary rock) เกิดจากการสะสมตัวของซากสิ่งมีชีวิต

ถ่านหิน (coal) เกิดจากการทับถมกันของซากพืชในสภาวะไร้ออกซิเจน มีสีดำมันวาว ทึบแสง และไม่เป็นผลึก พบในแถบจังหวัดลำปาง กระบี่ แพร่ สงขลา และเลย

▲ **ภาพที่ 5.32** หินตะกอนอินทรีย์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2.3 หินแปร

หินแปร (metamorphic rock) เกิดจากการแปรสภาพของหินอัคนี หินตะกอน หรือหินแปร โดยกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีที่อุณหภูมิและความดันสูง

1. ผลกระทบและผลิตผลของการแปรสภาพ การแปรสภาพส่งผลให้เกิดลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1) การเกิดผลึกใหม่ (recrystallization) เป็นการตกผลึกใหม่แทนที่ผลึกเดิม ซึ่งผลึกใหม่อาจมีโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมีเหมือนเดิมหรือเปลี่ยนแปลงไป

2) การจัดเรียงตัวใหม่ (reorganization) เป็นการจัดส่วนประกอบของหินเพื่อให้ได้แร่ใหม่

3) การรวมตัวใหม่ (recombination) เป็นการรวมตัวของหินเดิมกับสารใหม่ ทำให้เกิดแร่ใหม่

4) การแทนที่ (replacement) เป็นกระบวนการที่สารใหม่ตกผลึกแทนที่ภายในแร่เดิมทำให้เกิดแร่ใหม่ที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างไปจากแร่เดิม

5) การบดเม็ดแร่ (crushing and pulverization) การที่แร่ในหินถูกบดขณะที่เกิดรอยเลื่อน

2. ชนิดของการแปรสภาพ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยใช้ลักษณะการเกิดเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1) การแปรสภาพสัมผัส หรือการแปรสภาพเนื่องจากความร้อน (contact/thermal metamorphism) เกิดขึ้นเนื่องจากหินหนืดที่มีอุณหภูมิสูงแทรกตัวเข้าไปในหินท้องที่ (country rocks) แร่ในหินท้องที่จึงเกิดการตกผลึกเป็นแร่ใหม่ ทำให้เกิดหินชนิดใหม่ เช่น หินอ่อน (marble) หินควอร์ตไซต์ (quartzite) หินฮอร์นเฟลส์ (hornfels)

2) การแปรสภาพบริเวณไพศาล (regional metamorphism) มักเกิดขึ้นในบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกมีการมุดตัว ความดันมหาศาลทำให้ชั้นหินมีการคดโค้ง มีรอยแตก มีการเลื่อนและบดเป็นบริเวณกว้าง และมีการแปรสภาพอย่างซับซ้อน โดยหินที่เกิดจากการแปรสภาพลักษณะนี้ เช่น หินชนวน (slate) หินฟิลไลต์ (phyllite) หินชีสต์ (schist) หินไนส์ (gneiss) หินอ่อน (marble) หินควอร์ตไซต์ (quartizite)

3) การแปรสภาพพลวัต (dynamic metamorphism) เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงมากระทำในขณะที่เกิดการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก หินที่เกิดจากการแปรสภาพลักษณะนี้ เช่น หินไมโลไนต์ (mylonite) หินกรวดเหลี่ยมบด (tectonic breccia)

4) การแปรสภาพด้วยน้ำร้อน (hydrothermal metamorphism) เกิดขึ้นจากน้ำที่ได้รับความร้อน (จากหินหนืดหรือหินอัคนีแทรกซอน) แทรกซึมเข้าไปในรอยแตกของหิน ทำให้แร่บางชนิดเปลี่ยนสภาพไป เช่น เฟลด์สปาร์เปลี่ยนสภาพเป็นเซริไซต์หรือดินขาว ฮอร์นเบลนด์เปลี่ยนสภาพเป็นคลอไรต์

3. เนื้อหินแปรและการจำแนก เนื้อหินแปรแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) หินแปรมีริ้วขนาน (foliated metamorphic rock) เนื้อหินจะมีการเรียงตัวของแร่ขนานกันไปในแนวใดแนวหนึ่ง ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น

หินชนวน (slate)

เนื้อละเอียดมาก กะเทาะออกเป็นแผ่นได้ง่ายมักมีสีเทา ดำ เขียว แดงนิยมนำมาทำหลังคา กระดานดำ และทางเท้า

หินชีสต์ (schist)

เนื้อค่อนข้างหยาบ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไมกาเป็นหลัก และยังมีคลอไรต์ ทัลก์ แกรไฟต์ฮีมาไทต์ ซึ่งเรียงตัวเกือบขนานกัน

หินไนส์ (gneiss)

เนื้อหินกะเทาะเป็นแผ่นได้ยาก ประกอบไปด้วยแร่สีอ่อน เช่น ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ เรียงตัวสลับกับแร่สีเข้ม

▲ **ภาพที่ 5.33** หินแปรมีริ้วขนาน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2) หินแปรไม่มีริ้วขนาน (nonfoliated metamorphic rock) เนื้อหินไม่แสดงลักษณะการเรียงตัวของแร่ไปในแนวใดแนวหนึ่ง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยผลึกแร่ที่มาจากการตกผลึกใหม่ เช่น

หินควอร์ตไซต์ (quartzite)
ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแร่ควอรตซ์ แปรสภาพจากหินทราย มีหลายสี เช่น เหลือง ส้ม เทา

หินอ่อน (marble)
ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแคลไซต์ แปรสภาพมาจากหินปูน มีสีขาว หรือสีขาวเทา

หินฮอร์นเฟลส์ (hornfels)
มีเนื้อละเอียดสีเข้มไปถึงสีดำ แปรสภาพมาจากหินที่มีเนื้อละเอียด

▲ **ภาพที่ 5.34** หินแปรไม่มีริ้วขนาน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2.4 ประโยชน์ของหิน

มนุษย์นำหินมาใช้ประโยชน์ในงานแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ และคุณสมบัติเฉพาะตัวของหินนั้น ๆ ได้แก่ แร่ โครงสร้าง ความทนทานต่อสภาพความเป็นกรด ความแกร่ง และความสวยงาม

หินแกรนิต

ประโยชน์

เป็นหินที่ความทนทานสูง จึงนิยมในการก่อสร้าง เช่น ทำพื้น นอกจากนี้หินแกรนิตมีเนื้อแข็งจึงนิยมนำไปทำครก

หินชนวน

ประโยชน์

เป็นหินที่ความทนทานสูงเช่นกัน จึงนิยมนำไปใช้ในการก่อสร้าง เช่น ทำพื้น ทำหลังคา

หินอ่อน

ประโยชน์

ใช้ในการตกแต่งตัวอาคารให้สวยงาม และทำของใช้ที่ต้องการความสวยงาม เช่น ใช้ทำพื้น ผนังบ้าน โต๊ะหินอ่อน หินประดับ กรอบรูป

หินปูน

ประโยชน์

ใช้ในการก่อสร้าง ทำถนน และทำรางรถไฟ อีกทั้งยังใช้เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตปูนซีเมนต์

หินศิลาแลง

ประโยชน์

มีสีน้ำตาลแดง มีรูพรุน จึงนิยมทำกำแพง และตกแต่งสถานที่

หินทราย

ประโยชน์

แกะสลักรูปต่าง ๆ

ถ่านหิน

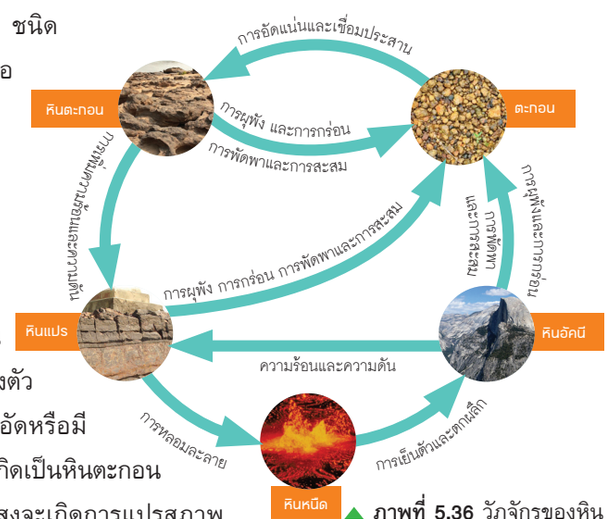
ประโยชน์

ใช้เป็นเชื้อเพลิง นิยมใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

▲ **ภาพที่ 5.35** ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Earth Science Focus วัฏจักรของหิน

การเปลี่ยนแปลงของหินทั้ง 3 ชนิด จากหินชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งหรืออาจเปลี่ยนกลับไปเป็นหินชนิดเดิม กล่าวคือ เมื่อหินหนืดเย็นตัวลงจะตกผลึกได้เป็นหินอัคนี เมื่อหินอัคนีผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนจนกลายเป็นตะกอนโดยมีกระแสน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง หรือคลื่นในทะเล พัดพาไปสะสมตัวและเกิดการแข็งตัวกลายเป็นหิน อันเนื่องมาจากแรงบีบอัดหรือมีสารละลายเข้าไปประสานตะกอน แล้วเกิดเป็นหินตะกอน เมื่อหินได้รับความร้อนและแรงกดอัดสูงจะเกิดการแปรสภาพกลายเป็นหินแปร และหินแปรเมื่อได้รับความร้อนสูงมากจนหลอมละลายก็จะกลายสภาพเป็นหินหนืด ซึ่งเมื่อเย็นตัวลงก็จะตกผลึกเป็นหินอัคนีอีกครั้งหนึ่ง วนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป เรียกว่า วัฏจักรของหิน (rock cycle)



▲ **ภาพที่ 5.36** วัฏจักรของหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

หินไนส์ 3D

www.aksorn.com/interactive3D/RKA5A

Prior Knowledge

ปิโตรเลียมและถ่านหินมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างไร

3 ทรัพยากรปิโตเลียมและถ่านหิน

ทรัพยากรที่เป็นแหล่งพลังงานและความร้อน เรียกว่า ทรัพยากรพลังงาน (energy resource) หรือทรัพยากรเชื้อเพลิง (fuel resource) ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีปริมาณจำกัด ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ทดแทนได้ในระยะเวลาอันสั้น โดยทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหินจัดว่าเป็นทรัพยากรพลังงาน

3.1 ปิโตรเลียม

ปิโตรเลียม (petroleum) คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการทับถมและแปรสภาพของซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ขนาดเล็กเป็นเวลาหลายล้านปี โดยซากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นอาจถูกกระแสน้ำพัดพามาจมลง ณ บริเวณที่เป็นทะเลหรือทะเลสาบ แล้วถูกทับถมด้วยชั้นหิน กรวด ทราย และโคลนสลับกันเป็นชั้น ๆ เกิดน้ำหนักกดทับกลายเป็นชั้นหินต่าง ๆ ผนวกกับความร้อนใต้พิภพและการสลายตัวของอินทรีย์สารตามธรรมชาติ ทำให้ซากสิ่งมีชีวิตกลายเป็นปิโตรเลียม ซึ่งแบ่งออกเป็นแก๊สธรรมชาติ (natural gas) น้ำมันดิบ (crude oil) ทรายน้ำมัน (oil sands) และหินน้ำมัน (oil shale)

แก๊สธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นแก๊ส ประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 1-4 อะตอม ส่วนน้ำมันดิบมีสถานะเป็นของเหลว ประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 4 อะตอมขึ้นไป แก๊สธรรมชาติและน้ำมันดิบที่สำรวจพบในแต่ละแห่งมักมีสมบัติแตกต่างกันออกไปตามองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอน และสิ่งเจือปนที่ผสมอยู่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรียวัตถุซึ่งเป็นต้นกำเนิดของปิโตรเลียม และลักษณะสภาพแวดล้อมของแหล่งที่เกิด เช่น ความดันและอุณหภูมิใต้พื้นผิวโลก

▲ **ภาพที่ 5.37** แท่นขุดเจาะน้ำมันสันทราย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ประเทศไทยนั้นสามารถพบทรัพยากรปิโตรเลียมได้ทั้งบนบกและในทะเล ดังนี้

1. ทรัพยากรปิโตรเลียมบนบก พบอยู่ในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีแหล่งปิโตรเลียมที่สำคัญ ดังนี้

แหล่งปิโตรเลียมบนบก

แหล่งปิโตรเลียมบนบกที่อยู่ในภาคเหนือและภาคกลาง

แหล่งสิริกิติ์
ประกอบด้วยแหล่งสิริกิติ์ (Sirikit field) หรือแหล่งลานกระบือ (แปลง S1) และแหล่งขนาดเล็กอีก 9 แหล่ง โดยกระจายอยู่ในอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร อำเภอคีรีมาศ อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีอัตราการผลิตน้ำมันดิบมากกว่า **30,000** บาร์เรลต่อวัน

แหล่งเพชรบูรณ์
ประกอบด้วยแหล่งขนาดเล็ก 7 แหล่ง เช่น แหล่งวิเชียรบุรี ศรีเทพ นาสนุ่น ในอำเภอวิเชียรบุรี และอำเภอศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีอัตราการผลิตน้ำมันดิบประมาณ **2,000** บาร์เรลต่อวัน

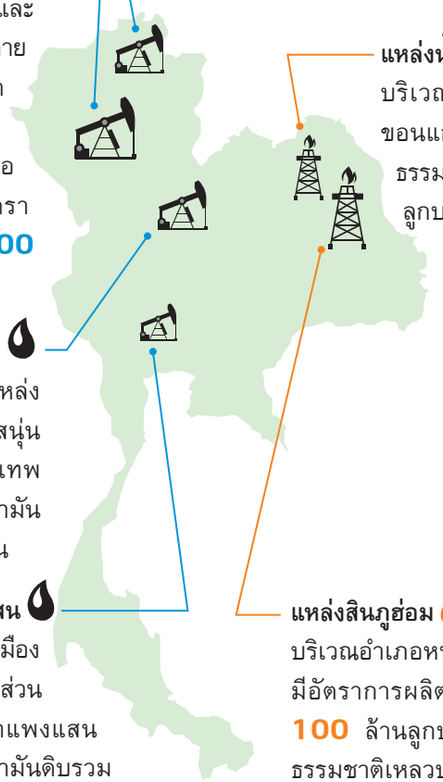
แหล่งสุพรรณบุรีและแหล่งกำแพงแสน
โดยแหล่งสุพรรณบุรีนั้นอยู่ในอำเภอเมืองและอำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ส่วนแหล่งกำแพงแสน อยู่ในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีอัตราการผลิตน้ำมันดิบรวมกันประมาณ **900** บาร์เรลต่อวัน

แหล่งปิโตรเลียมบนบกที่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

แหล่งฝาง
บริเวณอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มีอัตราการผลิตน้ำมันดิบประมาณ **1,000** บาร์เรลต่อวัน

แหล่งน้ำพอง
บริเวณอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น มีอัตราการผลิตแก๊สธรรมชาติประมาณ **15** ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน

แหล่งสินภูฮ่อม
บริเวณอำเภอหนองแสง จังหวัดอุดรธานี มีอัตราการผลิตแก๊สธรรมชาติประมาณ **100** ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน และแก๊สธรรมชาติเหลวประมาณ **450** บาร์เรลต่อวัน



▲ **ภาพที่ 5.38** แหล่งปิโตรเลียมบนบก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

แหล่งปิโตรเลียมบนบก
www.aksorn.com/qrcode/a862503

2. ทรัพยากรปิโตรเลียมในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน มีแหล่งปิโตรเลียมสำคัญ ดังนี้

แหล่งปิโตรเลียมในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน

แหล่งเอราวัณ ประกอบด้วยแหล่งผลิต 5 แหล่ง ได้แก่ แหล่งแก๊สเอราวัณ (erawan complex) แหล่งแก๊สและน้ำมันดิบปลาทอง (platong complex) แหล่งแก๊สสตูล (satun complex) และแหล่งแก๊สฟูนาน (funan complex)

- ประมาณ **543** พันล้านลูกบาศก์ฟุต
- ประมาณ **0.63** ล้านบาร์เรล
- ประมาณ **17.7** ล้านบาร์เรล

ปริมาณสำรองแก๊สธรรมชาติ | ปริมาณแก๊สธรรมชาติเหลว | ปริมาณน้ำมัน

แหล่งไพลิน ประกอบด้วยแหล่งไพลินเหนือ แหล่งไพลิน และแหล่งมรกต

- ประมาณ **1,012.6** พันล้านลูกบาศก์ฟุต
- ประมาณ **35** ล้านบาร์เรล
- ประมาณ **0.19** ล้านบาร์เรลต่อวัน

แหล่งบงกช ประกอบด้วยแหล่งบงกชหลัก และแหล่งบงกชใต้

- ประมาณ **1,536.1** พันล้านลูกบาศก์ฟุต
- ประมาณ **27.1** ล้านบาร์เรล

แหล่งอาทิตย์

- ประมาณ **263** พันล้านลูกบาศก์ฟุต
- ประมาณ **8.17** ล้านบาร์เรล

แหล่งทานตะวัน–เบญจมาศ เป็นแหล่งน้ำมันดิบแหล่งใหญ่ที่สุดในอ่าวไทย

- ประมาณ **191.6** พันล้านลูกบาศก์ฟุต
- ประมาณ **3.6** ล้านบาร์เรล
- ประมาณ **33** ล้านบาร์เรล

แหล่งจัสมิน–บานเย็น

- ประมาณ **17.67** ล้านบาร์เรล

แหล่งบัวหลวง

- ประมาณ **21.5** ล้านบาร์เรล

แหล่งสงขลา

- ประมาณ **65.79** ล้านบาร์เรล

แหล่งอื่น ๆ
เช่น แหล่งราชพฤกษ์ ลันตา สุรินทร์ ยูงทอง

นอกจากนี้ประเทศไทยยังร่วมมือกับประเทศมาเลเซียจัดตั้งองค์กรร่วมไทย-มาเลเซีย (Malaysia - Thailand Joint Authority; MTJA) เพื่อสำรวจและแสวงหาประโยชน์จากแหล่งปิโตรเลียมร่วมกันในพื้นที่ทับซ้อน ซึ่งมีอำนาจในการทำสัญญาให้สิทธิ์สำรวจและพัฒนาปิโตรเลียมแก่บริษัทผู้ประกอบการภายใต้เงื่อนไขระบบสัญญาแบ่งปันผลผลิต (Production Sharing Contract; PSC) โดยได้เริ่มมีการผลิตปิโตรเลียมตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ซึ่งต่อมาในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ได้ส่งแก๊สธรรมชาติและแก๊สธรรมชาติเหลวมายังประเทศไทยวันละประมาณ 760 ล้านลูกบาศก์ฟุต

3. การใช้ประโยชน์จากปิโตรเลียม การใช้ประโยชน์จากปิโตรเลียมจำเป็นต้องแยกสารผสมออกจากกัน โดยอาศัยมวลโมเลกุล ความหนาแน่น และจุดเดือดที่ต่างกัน เรียกว่า การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation)

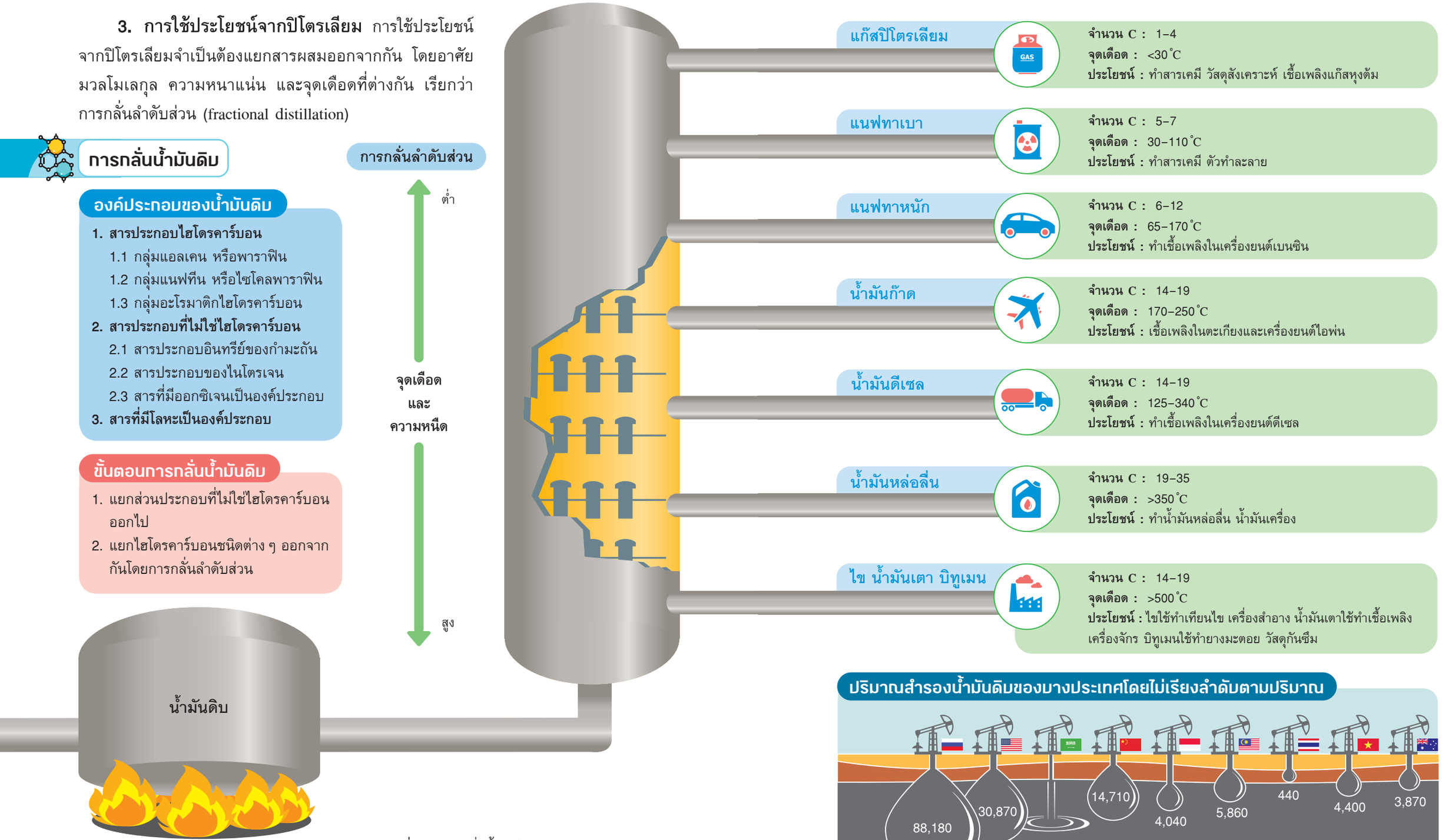
การกลั่นน้ำมันดิบ

องค์ประกอบของน้ำมันดิบ

1. **สารประกอบไฮโดรคาร์บอน**
   - 1.1 กลุ่มแอลเคน หรือพาราฟิน
   - 1.2 กลุ่มแนฟทีน หรือไซโคลพาราฟิน
   - 1.3 กลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
2. **สารประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน**
   - 2.1 สารประกอบอินทรีย์ของกำมะถัน
   - 2.2 สารประกอบของไนโตรเจน
   - 2.3 สารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ
3. **สารที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ**

ขั้นตอนการกลั่นน้ำมันดิบ

1. แยกส่วนประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอนออกไป
2. แยกไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ออกจากกันโดยการกลั่นลำดับส่วน

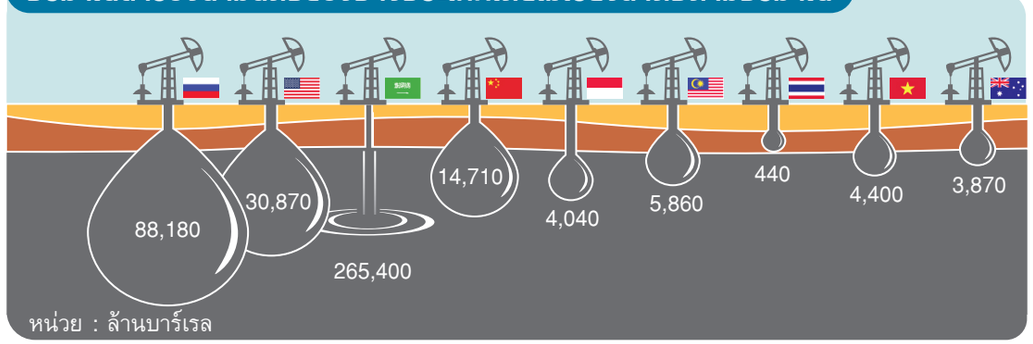


แหล่งกักเก็บปิโตรเลียม

www.aksorn.com/interactive3D/RKA57

▲ **ภาพที่ 5.39** การกลั่นน้ำมันดิบ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ปริมาณสำรองน้ำมันดิบของบางประเทศโดยไม่เรียงลำดับตามปริมาณ

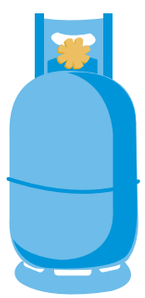


ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นน้ำมันดิบส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ดังนี้

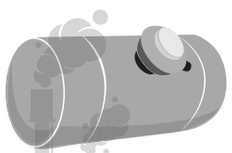
น้ำมันดีเซล (diesel fuel) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นน้ำมันที่เรียกว่า น้ำมันใส มีจุดเดือดอยู่ที่ประมาณ 180–370 องศาเซลเซียส

น้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซลีน (gasoline) เป็นเชื้อเพลิงที่ระเหยได้ง่าย ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ แล้วนำมาผสมกับสารเพิ่มคุณภาพและสารเติมแต่ง เช่น MTBE (methyl tertiary butyl ether) เอทานอล เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินชนิดสันดาปภายใน

แก๊สโซฮอล์ (gasohol) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ที่เกิดจากการผสมระหว่างน้ำมันเบนซินกับแอลกอฮอล์ที่สกัดจากพืชผลทางการเกษตร ข้อดีของแก๊สโซฮอล์ คือ ทำให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น จึงก่อให้เกิดมลพิษในระดับต่ำ



แก๊สปิโตรเลียมเหลว (liquefied petroleum gas; LPG) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ 1. แก๊สบิวเทน 2. แก๊สโพรเพน 3. สารที่มีกลิ่น ที่เรียกว่า เอทิลเมอร์แคปเทน (C_2H_5SH) ซึ่งเมื่อองค์ประกอบต่าง ๆ อยู่ในรูปของแก๊สที่ยากต่อการจัดเก็บ ในขั้นตอนการผลิตจึงมีกระบวนการทำให้แก๊สเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวโดยการให้ความดัน แล้วจัดเก็บลงถังระบบปิด เมื่อเปิดวาล์วถังแล้วของเหลวนั้นออกมาสู่ความดันและอุณหภูมิปกติก็จะระเหิดกลายเป็นไอ ซึ่งส่วนมากใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม และปัจจุบันใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะด้วย



แก๊สธรรมชาติอัด (compress natural gas; CNG) ได้จากการนำแก๊สธรรมชาติที่มีส่วนประกอบหลักเป็นแก๊สมีเทนซึ่งเรียกว่า natural gas for vehicles : NGV มาอัดลงถังด้วยความดันสูง เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะทำให้เครื่องยนต์มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จึงก่อให้เกิดมลพิษในระดับต่ำ

▲ **ภาพที่ 5.40** ผลิตภัณฑ์จากแก๊สธรรมชาติและน้ำมันดิบ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

กิจกรรม หินปิดกั้นปิโตรเลียม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์
- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์
- ความมีเหตุผล
- การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

วัสดุอุปกรณ์

1. ดินสอ
2. กรรไกร
3. น้ำมันพืช
4. น้ำสะอาด
5. แผ่นโฟม
6. แผ่นฟองน้ำชนิดแข็ง
7. แก้วใสรูปทรงกระบอก

วิธีปฏิบัติ

1.ตัดแผ่นฟองน้ำและแผ่นโฟมให้เป็นรูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่สามารถใส่ลงในแก้วได้

2. ใส่น้ำ น้ำมันพืช แผ่นฟองน้ำ และแผ่นโฟมลงในแก้ว 2 ใบตามลำดับ ดังนี้
   - แก้วใบที่ 1 ใส่ น้ำ 1/3 ของแก้ว น้ำมันพืช 1/3 ของแก้ว แผ่นฟองน้ำ
   - แก้วใบที่ 2 ใส่ น้ำ 1/3 ของแก้ว น้ำมันพืช 1/3 ของแก้ว แผ่นฟองน้ำ แผ่นโฟม

3. ใช้ดินสอ 2–3 แท่ง ดันลงไปบนผิวหน้าของแผ่นฟองน้ำ และแผ่นโฟมในแก้วทั้งสองใบ สังเกตการซึมผ่านของของเหลวไปยังแผ่นฟองน้ำ

▲ **ภาพที่ 5.41** กิจกรรมการสร้างหินปิดกั้นปิโตรเลียม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ตำแหน่งการวางชั้นของน้ำและน้ำมันพืชในแก้วทั้ง 2 ใบ มีลักษณะอย่างไร
2. แผ่นฟองน้ำและแผ่นโฟม มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร
3. เมื่อดันแผ่นฟองน้ำและแผ่นโฟมในแก้วทั้ง 2 ใบ ของเหลวที่อยู่ในแก้วเกิดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างไร จงให้เหตุผลประกอบการอธิบาย
4. ในกิจกรรมนี้น้ำสะอาด น้ำมันพืช แผ่นฟองน้ำ และแผ่นโฟม ใช้จำลองแทนสิ่งใด

อภิปรายผลกิจกรรม

จากกิจกรรมเป็นการจำลองเหตุการณ์เมื่อมีหินปิดกั้นปิโตรเลียม โดยให้น้ำสะอาดแทนน้ำที่อยู่ภายในแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม ให้น้ำมันพืชแทนน้ำมันดิบ แผ่นฟองน้ำแทนชั้นหินที่มีรูพรุน แผ่นโฟมแทนชั้นหินที่มีเนื้อแน่น การดันแผ่นฟองน้ำแทนแรงดันที่เกิดจากน้ำหนักของชั้นหินต่าง ๆ ที่ทับถมอยู่ในตำแหน่งเหนือหินกักเก็บปิโตรเลียมขึ้นไป

จากกิจกรรมชั้นของน้ำมันจะลอยอยู่เหนือชั้นของน้ำ และถ้ามีแรงกดทับมาจากด้านบน ในแก้วใบที่ 1 น้ำมันพืชจะไหลซึมผ่านช่องว่างของแผ่นฟองน้ำไปยังด้านบน ส่วนในแก้วใบที่ 2 น้ำมันพืชไม่สามารถไหลซึมผ่านแผ่นโฟมที่ปิดกั้นอยู่ได้

ในธรรมชาติเมื่อมีแรงต่าง ๆ มากระทบกับชั้นหินกักเก็บปิโตรเลียมจะทำให้ปิโตรเลียมเคลื่อนที่ผ่านระหว่างเม็ดแร่หรือหรือรูพรุนของหินขึ้นสู่ผิวโลกและระเหยไป แต่หากหินกักเก็บปิโตรเลียมถูกปิดทับด้วยหินที่มีเนื้อแน่น เมื่อมีแรงต่าง ๆ มากระทำกับชั้นหินกักเก็บปิโตรเลียม ปิโตรเลียมก็จะไม่สามารถไหลซึมผ่านหินดังกล่าวขึ้นสู่ผิวโลกได้ ซึ่งหินเนื้อแน่นดังกล่าวจะช่วยปิดกั้นปิโตรเลียมให้อยู่ในแหล่งกักเก็บ

Earth Science Focus การสำรวจปิโตรเลียม

การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียมประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

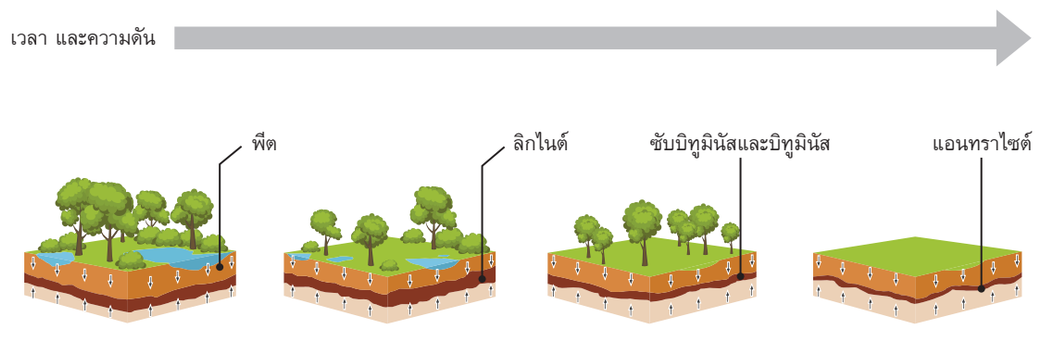
- **การสำรวจทางธรณีวิทยา** โดยการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ และศึกษาลักษณะของหิน วิเคราะห์ซากพืชซากสัตว์ที่อยู่ในหิน ซึ่งช่วยให้คาดคะเนได้ว่ามีโอกาสพบโครงสร้าง และชนิดของหินที่เอื้ออำนวยต่อการกักเก็บปิโตรเลียมในบริเวณนั้นมากหรือน้อยเพียงใด
- **การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์**
  - การวัดความเข้มสนามแม่เหล็กโลก จะบอกให้ทราบถึงขอบเขตของชั้นหิน
  - การวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก จะช่วยในการกำหนดขอบเขตและรูปร่างของแอ่งใต้ผิวดิน
  - การวัดค่าความไหวสะเทือน จะบอกให้ทราบตำแหน่ง ลักษณะและโครงสร้างของหินใต้ดิน
- **การเจาะสำรวจ** จะบอกให้ทราบถึงความยากง่ายของการขุดเจาะ และบอกให้ทราบว่าสิ่งที่กักเก็บอยู่เป็นแก๊สธรรมชาติหรือน้ำมันดิบ

3.2 ถ่านหิน

ถ่านหิน (coal) เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติ เกิดจากการสะสมตัวตามธรรมชาติของซากพืชในแอ่งตะกอนน้ำตื้น ถ่านหินเป็นหินตะกอนชนิดหนึ่งที่สามารถติดไฟได้ และมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ สารประกอบของคาร์บอน ซึ่งจะมีอยู่ประมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยปริมาณ ถ่านหินมีกำเนิดมาจากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของพืชพันธุ์ไม้ต่าง ๆ ที่สลายตัวและสะสมอยู่ในลุ่มน้ำหรือแอ่งน้ำต่าง ๆ นับเป็นเวลาหลายล้านปี ซึ่งเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก เช่น เกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือมีการทับถมของตะกอนมากขึ้น ทำให้แหล่งสะสมตัวนั้นได้รับความดันและความร้อนที่มีอยู่ภายในโลกเพิ่มขึ้น ซากพืชนั้นก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นถ่านหินชนิดต่าง ๆ

1. การกำเนิดถ่านหิน ในธรรมชาติซากพืชที่ทับถมกัน โดยปกติจะถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาเคมี แต่บางครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติจะทำให้กระบวนการย่อยสลายหยุดชะงักและซากพืชทับถมกันมากขึ้น เมื่อมีการทรุดตัวของแผ่นดินหรือระดับน้ำในบริเวณนั้นสูงขึ้น ทำให้ซากพืชจมลงใต้ระดับน้ำและถูกปิดทับโดยตะกอนเคลย์ที่ถูกพัดพามากับน้ำ ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการย่อยสลายซากพืชจะหยุดไป เมื่อตะกอนที่ปิดทับมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ซากพืชเหล่านั้นจะถูกบีบอัดโดยน้ำหนักของตะกอนที่ปิดทับอยู่ ผนวกกับอิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจนซากพืชเหล่านั้นกลายเป็นถ่านหิน

การกำเนิดถ่านหิน



ซากพืชสะสมทับถมกันในแหล่งสะสมตะกอนจนกลายเป็นพีต

เมื่อเวลาผ่านไป พีตได้รับความดันเพิ่มขึ้นจนกลายเป็นลิกไนต์

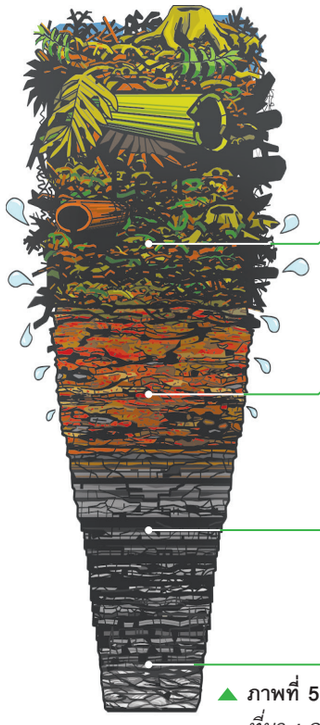
เมื่อเวลาผ่านไป และมีความดันเพิ่มขึ้น ลิกไนต์จะกลายเป็นซับบิทูมินัสและบิทูมินัสตามลำดับ

เมื่อเวลาผ่านไป และมีความดันเพิ่มขึ้น ซับบิทูมินัส และบิทูมินัสจะกลายเป็นแอนทราไซต์

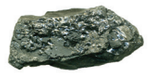
▲ **ภาพที่ 5.42** การกำเนิดถ่านหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. ค่าการให้ความร้อน ถ่านหินประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 4 อย่าง ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และอาจมีธาตุหรือสารอื่น เช่น กำมะถัน เจือปนเล็กน้อย ซึ่งถ่านหินสามารถจำแนกตามคุณภาพการให้ความร้อนหรือค่าการให้ความร้อนได้ 4 ประเภท ดังนี้

ค่าการให้ความร้อน (heating value)



ลิกไนต์ (lignite) มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีคาร์บอนร้อยละ 60-75 โดยมวล มีออกซิเจนและกำมะถันสูง และมีความชื้นสูงร้อยละ 30-70 โดยมวล มีค่าการให้ความร้อนต่ำ-ปานกลาง มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า



ซับบิทูมินัส (subbituminous coal) มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีคาร์บอนร้อยละ 71-77 โดยมวล มีความชื้นร้อยละ 25-30 โดยมวล มีกำมะถันต่ำ มีค่าการให้ความร้อนปานกลาง - สูง มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

บิทูมินัส (bituminous coal) มีเนื้อแน่น แข็ง สีน้ำตาลถึงดำสนิท มีคาร์บอนร้อยละ 80-90 โดยมวล มีค่าการให้ความร้อนสูง-สูงมาก มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการถลุงโลหะ และเป็นวัตถุดิบเพื่อเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงชนิดอื่น

แอนทราไซต์ (anthracite) มีสีดำเงา มีคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 90-98 โดยมวล มีความชื้นต่ำมาก มีค่าการให้ความร้อนสูงมาก แต่จุดไฟติดยาก มักใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงภายในบ้าน

▲ **ภาพที่ 5.43** ประเภทของถ่านหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

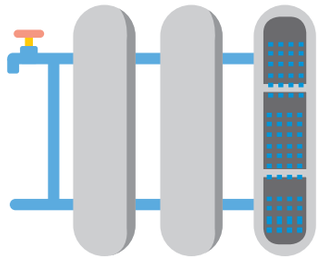
ตารางที่ 5.4 : เปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ของถ่านหินแต่ละชนิด

ชนิดของถ่านหิน	ปริมาณความร้อน	ปริมาณความชื้น	ปริมาณขี้เถ้า	ปริมาณกำมะถัน
ลิกไนต์	ต่ำ - ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ - สูง
ซับบิทูมินัส	ปานกลาง - สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
บิทูมินัส	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
แอนทราไซต์	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

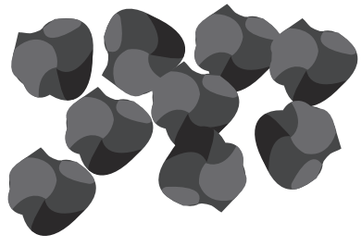
3. การใช้ประโยชน์จากถ่านหิน ในประเทศไทยมี 2 ภาคส่วน ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม (industrial sector) และภาคการผลิตไฟฟ้า (power sector) โดยส่วนมากเชื้อเพลิงถ่านหินจะถูกนำไปเผาไหม้ในหม้อไอน้ำเพื่อนำไปผลิตไฟฟ้า แล้วนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โรงบ่มยาสูบ อุตสาหกรรมสิ่งทอ และเคมีภัณฑ์

1) ภาคอุตสาหกรรม มีการนำมาใช้ประโยชน์ ดังนี้

- มักนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น เป็นเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า การถลุงโลหะ การผลิตปูนซีเมนต์ บ่มใบยาสูบ อุตสาหกรรมผลิตอาหาร และอุตสาหกรรมที่ต้องใช้หม้อน้ำร้อนในกระบวนการผลิต



- ใช้ในการทำถ่านสังเคราะห์เพื่อนำไปใช้เป็นสารดูดกลิ่นในเครื่องกรองน้ำ และเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ต้องการประโยชน์ด้านการดูดซับกลิ่น



- ถ่านหินยังนำมาทำเป็นถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เพื่อใช้เป็นสารดูดซับกลิ่นในเครื่องกรองน้ำ เครื่องกรองอากาศ หรือนำไปทำคาร์บอนไฟเบอร์ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแกร่ง แต่น้ำหนักเบา สำหรับใช้ทำอุปกรณ์กีฬา เช่น ด้ามไม้กอล์ฟ ไม้แบดมินตัน ไม้เทนนิส

- การแปรสภาพถ่านหินให้เป็นของเหลว เพื่อเพิ่มคุณค่าทางด้านพลังงานและความสะดวกในการขนส่งด้วยระบบท่อส่ง เชื้อเพลิงแก๊สหรือของเหลวนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์เคมีอื่น ๆ ที่มีประโยชน์ รวมทั้งเป็นการช่วยเสริมปริมาณความต้องการใช้เชื้อเพลิงธรรมชาติจากปิโตรเลียมอีกด้วย

▲ **ภาพที่ 5.44** การใช้ประโยชน์จากถ่านหินในภาคอุตสาหกรรม
ที่มา : คลังภาพ อจท.

H.O.T.S.

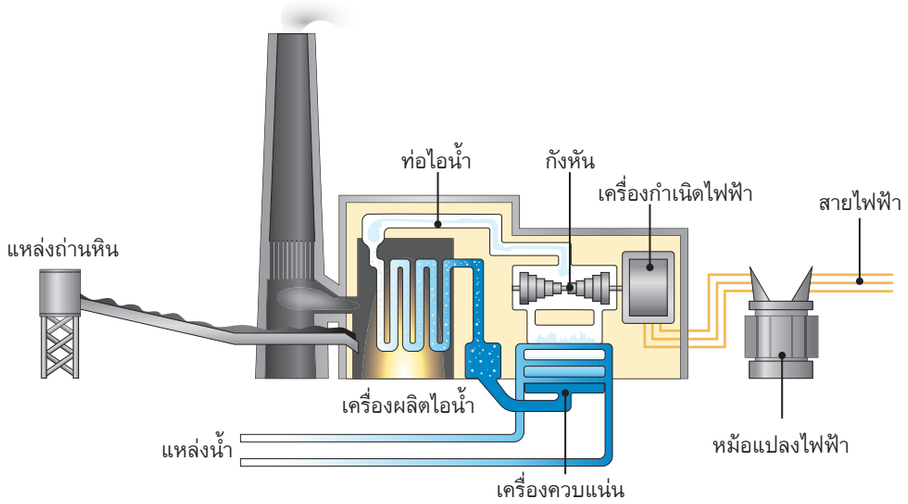
คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

แหล่งพลังงานชนิดใดบ้างที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ทดแทน เพื่อประหยัดพลังงานจากปิโตรเลียม

2) ภาคการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากถ่านหินมีธาตุองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) เมื่อนำไปเผาไหม้จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อน และถ้าการเผาไหม้นั้นเป็นแบบไม่สมบูรณ์จะเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เพิ่มอีกด้วย ซึ่งเป็นแก๊สพิษต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยปกติการเผาในที่โล่ง เช่น การเผาขยะ การเผานา การสันดาปในเครื่องยนต์ ล้วนเป็นการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์และปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมา แต่การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้ามักจะทำในสภาพที่เหมาะสม คือ มีอากาศมากพอ และอุณหภูมิสูงเพียงพอ ทำให้ปัญหาการเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่ค่อยพบมากนัก

▲ **ภาพที่ 5.45** การใช้ถ่านหินในการผลิตไฟฟ้า
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ปัญหาของถ่านหินมักจะเกิดจากการที่ถ่านหินมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำถ่านหินไปเผา กำมะถันจะไปรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดเป็นแก๊สกำมะถันหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งถ้ามีมากและไม่มีอุปกรณ์ดักจับไว้ แล้วถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศจะทำให้เกิดฝนกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนได้รุนแรง ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศหากไม่ควบคุมดูแล วิธีการป้องกัน คือ ใช้ถ่านหินคุณภาพดี (มีกำมะถันต่ำ) และติดตั้งอุปกรณ์ดักจับแก๊สกำมะถันหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์



▲ **ภาพที่ 5.46** ระบบของโรงไฟฟ้าถ่านหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

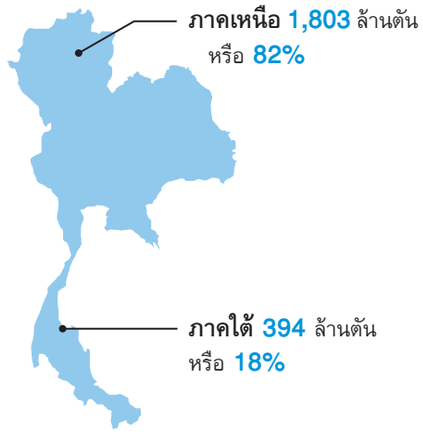
4. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด เป็นการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการกำจัดหรือลดมลพิษเพื่อนำเอาถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้เกิดประโยชน์สูงสุด และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด การพัฒนาเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจะนำมาแก้ปัญหามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหิน ได้แก่ ฝุ่นละออง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดได้รับการพัฒนาและสามารถกำจัดปัญหามลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละออง แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งกระบวนการของเทคโนโลยีนี้สามารถทำได้ 3 ขั้นตอน

1) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดก่อนการเผาไหม้ อาจเรียกขั้นตอนนี้ว่า การปรับระดับถ่านหิน (coal upgrading) เพื่อลดปริมาณของขี้เถ้าและกำมะถันที่ปะปนอยู่ในถ่านหิน ในขณะเดียวกันจะเป็นการเพิ่มค่าความร้อนของถ่านหินอีกด้วย ซึ่งการทำความสะอาดก่อนการเผาไหม้นั้นมีด้วยกัน 3 วิธี คือ การทำความสะอาดโดยวิธีทางกายภาพ การทำความสะอาดโดยวิธีทางเคมี และการทำความสะอาดโดยวิธีทางชีวภาพ

2) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินหรือในขณะที่นำถ่านหินไปใช้ประโยชน์ซึ่งจะมีด้วยกันหลายเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดขณะเผาไหม้ เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดโดยการแปรรูป และเทคโนโลยีสังเคราะห์เชื้อเพลิงสะอาด ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะช่วยลดปริมาณสิ่งเจือปนต่าง ๆ โดยเฉพาะกำมะถันในถ่านหินลงได้เป็นอย่างดี

3) เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ถ่านหินก่อนที่จะถูกปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งมีทั้งที่อยู่ในรูปของฝุ่นละอองและแก๊ส

5. แหล่งถ่านหินในประเทศไทย ถ่านหินที่พบในประเทศไทยมีหลายชนิด แต่ที่พบมากที่สุด คือ ถ่านหินลิกไนต์และซับบิทูมินัส ซึ่งพบมากที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน และอำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ อำเภอสบปราบ จังหวัดลำปาง (เหมืองแม่ทาน) และอำเภองาว จังหวัดลำปาง ถ่านหินส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



▲ **ภาพที่ 5.47** แหล่งถ่านหินในประเทศไทย
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Summary

ทรัพยากรธรณี

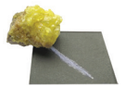
แร่

โครงสร้างทางเคมีของแร่

ชนิดของพันธะเคมีเป็นตัวกำหนดสมบัติทางกายภาพของแร่ เช่น ความแข็ง แนวแตกเรียบ ความสามารถในการนำไฟฟ้าและความร้อน

สมบัติทางกายภาพของแร่

สี เป็นลักษณะที่เห็นได้อย่างชัดเจน แต่อาจใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชนิดของแร่ได้เพียงการประมาณ



สีผง เป็นสีผงที่ได้จากแร่เมื่อนำแร่มาขีดลงบนกระเบื้องที่ไม่ได้เคลือบ ซึ่งอาจมีสีต่างจากสีภายนอกของแร่

ความวาว เป็นลักษณะผิวแร่ที่เกิดจากการสะท้อนแสง

ความโปร่ง เป็นสมบัติของแร่ที่ยอมให้แสงผ่าน

แนวแตกเรียบ เป็นแนวที่แตกขนานไปกับระนาบของอะตอมในผลึกแร่

ผลึก เป็นของแข็งเนื้อเดียวและมีโครงสร้างภายในที่เป็นระเบียบ

รอยแตก เป็นรอยที่แร่แตกออกในแนวใด ๆ ที่ไม่ใช่แนวแตกเรียบ

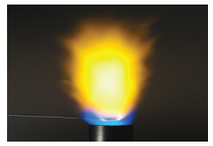
การเปล่งแสง เป็นการเปล่งแสงของแร่ภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต

▲ **ภาพที่ 5.48** สมบัติทางกายภาพของแร่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของแร่

การทำปฏิกิริยากับกรด โดยใช้กรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก; HCl) หยดลงบนแร่ ซึ่งแร่บางชนิดที่มีความไวต่อกรดจะสังเกตเห็นว่ามีฟองแก๊สเกิดขึ้น

การละลายในกรด โดยการนำผงแร่ไปละลายในกรดเกลือ กรดดินประสิว (HNO_3) หรือกรดกำมะถัน (H_2SO_4) แล้วสังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



การทดสอบเปลวไฟ โดยนำผงแร่โรยบนห่วงลวดแพลทินัม แล้วนำไปเผาไฟ

▲ **ภาพที่ 5.49** สมบัติทางเคมีของแร่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วงศ์แร่

จัดกลุ่มแร่ตามธาตุที่เป็นองค์ประกอบได้เป็นหมู่แร่ โดยหมู่แร่ที่พบมากที่สุดบนผิวโลก คือ หมู่แร่ซิลิเกต (silicates) ซึ่งมักเรียกว่า แร่ประกอบหิน

แร่ประกอบหิน

แร่ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของหิน และใช้เป็นหลักในการจำแนกชนิดของหิน เช่น กลุ่มแร่ควอรตซ์ กลุ่มแร่ไพรอกซีน

หิน

หินอัคนี

เกิดจากการเย็นตัวและแข็งตัวของหินหนืด ลักษณะโดยทั่วไปจะเป็นผลึก ไม่มีชั้น และไม่มีซากดึกดำบรรพ์อยู่ในเนื้อหิน

- **การแทรกซอนของหินหนืด** ทำให้เกิดหินอัคนี 2 แบบ ดังนี้
  อัคนีแทรกซอนร่วมแนว มวลหินอัคนีแทรกซอนขึ้นไปในทิศทางขนานกับแนวหินเดิม
  อัคนีแทรกซอนไม่ร่วมแนว มวลหินอัคนีแทรกซอนขึ้นไปในทิศทางตัดกับแนวหินเดิม
- **การจำแนกหินอัคนี**

หินอัคนีระดับลึก หรือหินอัคนีบาดาล เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดใต้เปลือกโลก เช่น หินแกรนิต หินแกบโบร

หินอัคนีพุ หรือหินภูเขาไฟ เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดที่ปะทุขึ้นมาบนผิวโลก เช่น หินไรโอไลต์ หินบะซอลต์

▲ **ภาพที่ 5.50** ประเภทของหินอัคนี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

หินตะกอน

เกิดจากการทับถมของเศษหินที่ผุพังมาจากหินชนิดต่าง ๆ รวมทั้งดิน ทราย และซากพืชซากสัตว์

- **กฎในการศึกษาหินตะกอน** ประกอบด้วย
  กฎการวางตัวแนวราบ การสะสมตัวของตะกอนจะวางตัวอยู่ในแนวราบหรือเกือบราบ ขนานกับผิวโลก
  กฎการวางตัวซ้อนทับ ชั้นหินที่วางตัวอยู่ด้านบนย่อมมีอายุน้อยกว่าหินที่วางตัวอยู่ด้านล่าง
  กฎการเปลี่ยนแปลงแทนที่สัตวชาติ ซากบรรพชีวินตระกูลเดียวกันที่อยู่ในชั้นหินที่มีอายุมากกว่า ย่อมมีวิวัฒนาการน้อยกว่าซากบรรพชีวินที่อยู่ในชั้นหินที่มีอายุน้อยกว่า

หินแปร

เกิดจากการแปรสภาพของหินต่าง ๆ ในภาวะอุณหภูมิและความดันสูง

- **เนื้อหินแปรและการจำแนก**

หินแปรมีริ้วขนาน เนื้อหินมีการเรียงตัวของแร่ขนานกัน ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจน

หินแปรไม่มีริ้วขนาน เนื้อหินไม่แสดงลักษณะการเรียงตัวของแร่ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยผลึกแร่ที่มาจากการตกผลึกใหม่

▲ **ภาพที่ 5.51** ประเภทของหินแปร
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ทรัพยากรปิโตรเลียมและถ่านหิน

ปิโตรเลียม (petroleum) คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการทับถมและแปรสภาพของซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ขนาดเล็กเป็นเวลาหลายปี โดยซากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นอาจถูกกระแสน้ำพัดพามาจมลง ณ บริเวณที่เป็นทะเลสาบ แล้วถูกทับถมด้วยชั้นหิน กรวด ทราย และโคลน สลับกันเป็นชั้น ๆ เกิดน้ำหนักกดทับกลายเป็นชั้นหินต่าง ๆ ผนวกกับความร้อนใต้พิภพ และสลายตัวของอินทรียสารตามธรรมชาติ ทำให้ซากสิ่งมีชีวิตกลายเป็นปิโตรเลียม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แก๊สธรรมชาติ และน้ำมันดิบ

แหล่งปิโตรเลียมบนบก

แหล่งปิโตรเลียมบนบกที่อยู่ในภาคเหนือ และภาคกลาง (แหล่งสิริกิติ์ แหล่งเพชรบูรณ์ แหล่งสุพรรณบุรี และแหล่งกำแพงแสน)

แหล่งปิโตรเลียมบนบกที่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (แหล่งฝาง แหล่งน้ำพอง แหล่งสินภูฮ่อม)

▲ **ภาพที่ 5.52** แหล่งปิโตรเลียมบนบก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ผลิตภัณฑ์จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นน้ำมันดิบ

- น้ำมันดีเซล
- น้ำมันเบนซิน
- แก๊สโซฮอล์
- แก๊สปิโตรเลียมเหลว
- แก๊สธรรมชาติอัด

แหล่งปิโตรเลียมในอ่าวไทยและอันดามัน

มีแหล่งปิโตรเลียมสำคัญ ดังนี้

- แหล่งเอราวัณ
- แหล่งบงกช
- แหล่งจัสมิน–บานเย็น
- แหล่งสงขลา
- แหล่งไพลิน
- แหล่งอาทิตย์
- แหล่งบัวหลวง
- แหล่งทานตะวัน–เบญมาศ

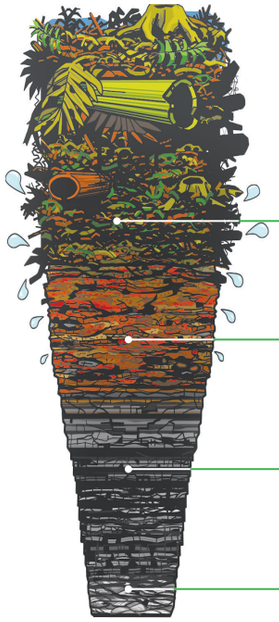
▲ **ภาพที่ 5.53** แหล่งปิโตรเลียมในทะเล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การสำรวจแก๊สธรรมชาติและปิโตรเลียม

- การสำรวจทางธรณีวิทยา
- การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์
- การเจาะสำรวจ

ถ่านหิน

จำแนกตามคุณภาพการให้ความร้อนหรือค่าการให้ความร้อน 4 ประเภท ดังนี้



ลิกไนต์ (lignite) มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีคาร์บอนร้อยละ 60-75 โดยมวล มีออกซิเจนและกำมะถันสูง และมีความชื้นสูงร้อยละ 30-70 โดยมวล มีค่าการให้ความร้อนต่ำ-ปานกลาง มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ซับบิทูมินัส (subbituminous coal) มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีคาร์บอนร้อยละ 71-77 โดยมวล มีความชื้นร้อยละ 25-30 โดยมวล มีกำมะถันต่ำ มีค่าการให้ความร้อนปานกลาง - สูง มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

บิทูมินัส (bituminous coal) มีเนื้อแน่น แข็ง สีน้ำตาลถึงดำสนิท มีคาร์บอนร้อยละ 80-90 โดยมวล มีค่าการให้ความร้อนสูง-สูงมาก มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในการถลุงโลหะ และเป็นวัตถุดิบเพื่อเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงชนิดอื่น

แอนทราไซต์ (anthracite) มีสีดำเงา มีคาร์บอนสูงถึงร้อยละ 90-98 โดยมวล มีความชื้นต่ำมาก มีค่าการให้ความร้อนสูงมาก แต่จุดไฟติดยาก มักใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงภายในบ้าน

▲ **ภาพที่ 5.54** ประเภทของถ่านหิน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Self Check

ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด หากพิจารณาข้อความไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

		ถูก/ผิด	ทบทวนที่หัวข้อ
1.	สมบัติทางกายภาพของแร่ประกอบไปด้วย สี สีผง ความวาว ความโปร่ง ลักษณะผลึก รูปผลึก และความแข็ง	○	1.
2.	เพชรเป็นแร่ที่มีความแข็งมากที่สุด	○	1.
3.	หินแกรนิต เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยตะกอนขนาดกรวด เม็ดตะกอนเชื่อมประสานติดกัน มีเนื้อละเอียด	○	2.
4.	หินแปรเกิดขึ้นจากกระบวนการทางเคมีในสภาพที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำ ซึ่งทำให้หินอัคนี หินตะกอน หินแปร เกิดการแปรสภาพไป	○	2.
5.	พีต ลิกไนต์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส แอนทราไซต์ เป็นการแบ่งถ่านหินจากความดันและอุณหภูมิ	○	3.

บันทึกลงในสมุด

Unit questions 5

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. แร่และหินมีความเหมือนและความแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบายและยกตัวอย่างประกอบ
2. เมื่อนำเฟลด์สปาร์และแคลไซต์มาขูดกัน แร่ใดจะเป็นรอย เพราะเหตุใด
3. หากต้องการทดสอบแร่ 2 ชนิดที่มีสีเหมือนกัน ว่าเป็นแร่ชนิดเดียวกันหรือไม่ นักเรียนจะเลือกทดสอบด้วยวิธีใด จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ
4. นักธรณีวิทยาจำแนกหินออกเป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง และใช้สิ่งใดเป็นเกณฑ์ในการจำแนก
5. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างหินอัคนีระดับลึกกับหินอัคนีพุ
6. เพราะเหตุใดจึงพบซากดึกดำบรรพ์เฉพาะในหินตะกอน แต่ไม่พบในหินอัคนีหรือหินแปร
7. ในชีวิตประจำวันของนักเรียน นำหินมาใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง จงยกตัวอย่างมาอย่างน้อย 5 ข้อ
8. จงอธิบายการเกิดถ่านหินและประเภทของถ่านหินตามคุณภาพการให้ความร้อน มาพอสังเขป
9. ปิโตรเลียมแบ่งตามสถานะได้กี่ประเภท อะไรบ้าง และปัจจัยใดที่ทำให้ปิโตรเลียมประเภทต่าง ๆ มีลักษณะแตกต่างกัน
10. เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ เป็นพลังงานที่ใช้หมดไป ต้องใช้เวลานานหลายล้านปีจึงจะสร้างขึ้นมาใหม่ได้อีก นักเรียนมีวิธีการใดในการอนุรักษ์พลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์

แนวข้อสอบ A-Level

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. พิจารณาข้อความเกี่ยวกับแร่ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้ว่าถูกต้องใช่หรือไม่ใช่

	ข้อความ	ใช่/ไม่ใช่
1.	แร่ คือ ธาตุหรือสารประกอบอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีสถานะเป็นของแข็ง	ใช่/ไม่ใช่
2.	โครงสร้างของแร่เกิดจากพันธะเคมี ได้แก่ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ	ใช่/ไม่ใช่
3.	สีของแร่จะมีลักษณะตรงกับสีผงของแร่ ที่เกิดจากการนำแร่ไปขูดบนของแข็งผิวหยาบเสมอ	ใช่/ไม่ใช่
4.	ความวาว เป็นสมบัติทางกายภาพที่เกิดจากแสงเคลื่อนที่ทะลุผ่านโครงสร้างภายในของแร่	ใช่/ไม่ใช่

พิจารณาภาพ ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของแร่จำนวน 3 ชนิด แล้วตอบคำถามข้อ **2.** - **3.**

- แร่ชนิดที่ 1 ผิวมีลักษณะคล้ายแก้ว
- แร่ชนิดที่ 2 ขูดกระจกแล้วเป็นรอย
- แร่ชนิดที่ 3 ขูดกับกระเบื้องสีขาวที่ไม่ได้เคลือบ พบว่าผงแร่มีสีน้ำตาล

2. ผลการทดสอบแร่ทั้ง 3 ชนิด สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านใดได้มากที่สุด

1. ระบุชนิดของแร่
2. ระบุอายุของแร่
3. ระบุองค์ประกอบของแร่
4. คำนวณอัตราการผุพังของแร่
5. คาดการณ์สภาพแวดล้อมของการเกิดแร่

3. การทดสอบแร่ทั้ง 3 ชนิด เป็นการศึกษาสมบัติของแร่ตามหลักการใด

1. รูปผลึก สี ความแข็ง
2. สี รอยแตก ความแข็ง
3. ความวาว สีผง ความแข็ง
4. แนวแตกเรียบ ความแข็งสี
5. ความโปร่งแสง ความแข็ง สีผง

แนวข้อสอบ A-Level