บทที่ 16
ทรัพยากรธรณี
(EARTH RESOURCES)

ทรัพยากรธรณีหมายถึงทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยกรรมวิธีทางธรณีวิทยา อันได้แก่แร่และหิน ตลอดจนดินทรายอุตสาหกรรม น้ำบาดาล เชื้อเพลิงธรรมชาติและแหล่งพลังงานธรรมชาติต่าง ๆ ทรัพยากรธรณีเป็นปัจจัยในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นเราต้องพยายามใช้ทรัพยากรธรณีที่มีอยู่อย่างประหยัดและให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ เพราะปัจจุบันทรัพยากรธรณีหลายชนิดได้ถูกค้นพบและนำขึ้นมาใช้ประโยชน์กันมากขึ้น เมื่อใช้หมดไปแล้วไม่สามารถที่จะเกิดหรือทดแทนขึ้นมาได้ในชั่วอายุคน

16.1 แหล่งพลังงาน

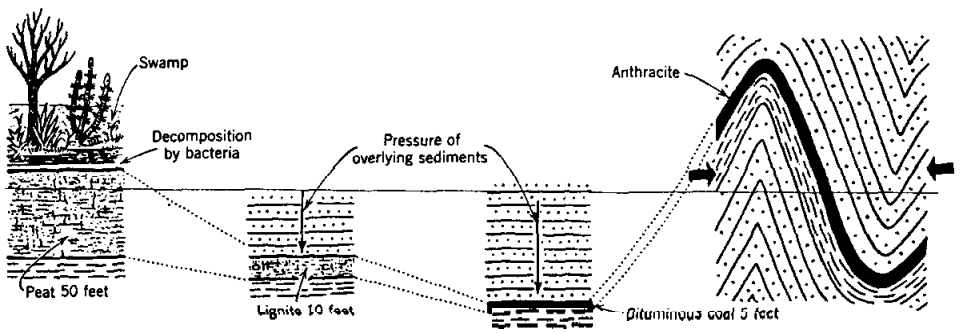
แหล่งพลังงานธรรมชาติ (sources of energy) แบ่งเป็นพลังงานที่ได้จากแร่เชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ ทรายน้ำมัน หินน้ำมัน และแร่กัมมันตรังสี นอกจากนี้ก็เป็นพลังงานที่ไม่ใช่เชื้อเพลิง เช่น พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานสุริยะ พลังงานลม พลังงานคลื่น เป็นต้น

16.1.1 พลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติ แหล่งพลังงานธรรมชาติที่สำคัญส่วนมากมาจากเชื้อเพลิงธรรมชาติประเภทปิโตรเลียมคือน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน ทรายน้ำมัน หินน้ำมัน จัดว่าเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติซึ่งเกิดจากการสะสมและแปรสภาพของอินทรีย์สารทั้งพืชและสัตว์โดยกรรมวิธีทางธรณีวิทยาตามสภาพแวดล้อมของธรรมชาติอันสามารถผลิตนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนและให้พลังงานได้ พลังงานประเภทนี้มีจำกัดและเมื่อใช้ไปแล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

1. ถ่านหิน (coal) ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้แทนฟืนและถ่านไม้ ถ่านหินเป็นวัสดุคาร์บอนที่แปรสภาพมาจากพืช มีลักษณะแข็งสีดำหรือดำอมน้ำตาลและไหม้ไฟได้ ในถ่านหินนอกจากจะมีธาตุคาร์บอนแล้วยังมีออกซิเจน ไฮโดรเจน และ

อาจมีธาตุอื่น ๆ อีกเช่น ซัลเฟอร์ แต่ถ่านหินชั้นดีจะมีปริมาณคาร์บอนมาก

การกำเนิดถ่านหินเกิดจากการสะสมตัวและการสลายตัวของพวกพืชในที่ลุ่มน้ำขัง ทำให้ได้วัตถุพวกหนึ่งซึ่งเรียกว่าพีต (Peat) พีตที่เกิดขึ้นเป็นชั้นหนา ต่อมามีตะกอนดินทรายถูกพัดพามาตกทับถมข้างบน ทำให้เกิดความดันกดทับชั้นพีตให้ฝังลึกลงใต้ผิวโลก ระหว่างนั้นกรรมวิธีของการสลายตัวและการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นช้า ๆ ภายใต้ความกดดันและความร้อน ทำให้พีตเปลี่ยนเป็นถ่านหินเกรดต่าง ๆ ส่วนตะกอนดินทรายเปลี่ยนเป็นหินดินดานและหินทราย (ดูรูปที่ 16.1)



รูปที่ 16.1 แสดงการเกิดถ่านหิน

(ที่มา : Longwell & **others, 1969** หน้า 573)

ถ่านหินสามารถแบ่งตามคุณสมบัติและตามเกรดของการแปรสภาพเป็นถ่านหินตั้งแต่เกรดต่ำจนเกรดสูงได้ดังนี้คือ

พีต ไม่จัดเป็นถ่านหิน แต่ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ให้ความร้อนน้อย ยังมีสภาพของเนื้อไม้อยู่บางส่วน มีสีน้ำตาล ลักษณะพรุน มีธาตุคาร์บอนประมาณ 57 เปอร์เซนต์

ลิกไนต์ (Lignite) เป็นถ่านหินคุณภาพต่ำสุดที่เปลี่ยนมาจากพีต ยังมีร่องรอยของเศษไม้ปรากฏให้เห็นบ้าง เมื่อทิ้งให้แห้งจะแตกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ และลุกไหม้ได้ง่าย ถ้าเก็บไม่ถูกวิธี มักมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำ บางทีเรียกถ่านหินสีน้ำตาล (brown coal) มีธาตุคาร์บอนประมาณ 65 เปอร์เซนต์ ให้ความร้อนสูงกว่าถ่านไม้

บิทูมินัส (Bituminous) เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดี สีดำด้าน ๆ มีธาตุคาร์บอนประมาณ 75 เปอร์เซนต์ ให้ความร้อนสูง เหมาะสำหรับนำมาใช้ผลิตถ่านโค๊ก (coke)

แอนทราไซต์ (Antracite) เป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดีที่สุด เกิดจากการบีบอัดภายใต้ความร้อนและความกดดันสูงมาก พบในชั้นหินที่มีการโค้งงอ สีดำมันวาว มีความแข็งมากจะแตก โค้งเว้า มีธาตุคาร์บอนประมาณ 93 เปอร์เซนต์ ติดไฟยากแต่ให้ความร้อนสูงมาก

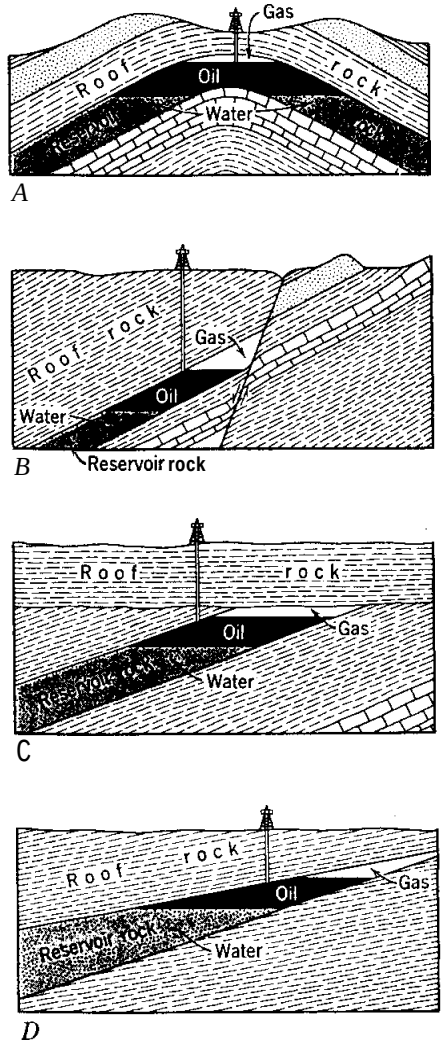
ถ่านหินส่วนใหญ่มีกำเนิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส ยุคที่เกิดถ่านหินรองลงมาได้แก่ยุคครีเตเชียสจนถึงยุคเทอเทียรี ถ่านหินที่มีคุณภาพสูงอยู่ในทวีปยุโรปและอเมริกาเป็นส่วนมาก ส่วนถ่านหินในประเทศไทยที่พบแล้วเกือบทั้งหมดเป็นถ่านหินยุคเทอเทียรี พบร่วมกับหินชั้นยุคเทอเทียรี มีคุณภาพต่ำขั้นลิกไนต์ พบมากที่แม่เมาะ จ.ลำปาง ลี้ จ.ลำพูน ประโยชน์ที่สำคัญของถ่านหินคือใช้เป็นเชื้อเพลิง การผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานผลิตปุ๋ยเคมี โรงงานใบยา ทำถ่านสังเคราะห์

2. **น้ำมันดิบ** (crude oil) น้ำมันดิบคือปิโตรเลียม (petroleum) ที่อยู่ในสภาพของเหลว เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นส่วนสำคัญ นอกนั้นเป็นไนโตรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ เป็นส่วนน้อย

การเกิดของน้ำมัน เริ่มเกิดขึ้นหลายล้านปีมาแล้ว โดยสารอินทรีย์ทั้งสัตว์และพืชทั้งหลายได้สะสมรวมกันกับตะกอนต่าง ๆ ในทะเลหรือทะเลสาบ ต่อมาการสะสมมากขึ้นเป็นเหตุให้สารอินทรีย์เหล่านั้นตกอยู่ใต้สภาวะการณ์พิเศษทางธรรมชาติคือถูกกดทับไว้ด้วยตะกอนอื่น ๆ ที่อยู่เบื้องบน และถูกความร้อนที่มีอยู่ภายในโลกและแบคทีเรียทำให้สารอินทรีย์ดังกล่าวแปรสภาพเป็นของเหลวประเภทไฮโดราคาร์บอน และน้ำหนักของหินที่กดทับยังมีอยู่ทำให้ไฮโดรคาร์บนสามารถเคลื่อนย้ายไปบริเวณหินกักเก็บ

การสะสมของน้ำมันเริ่มจากมีหินต้นกำเนิด (source rock) ก็คือตะกอนที่คลุกเคล้ากับอินทรีย์สารก่อนจะเกิดน้ำมัน ได้เปลี่ยนสภาพไปเป็นหินตะกอนเนื้อละเอียด ส่วนมากเป็นหินดินดานมีสีเข้มเนื่องจากอินทรีย์สาร ต่อมาอินทรีย์สารจึงเปลี่ยนเป็นสารไฮโดรคาร์บอน สารไฮโดรคาร์บอนเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะเคลื่อนย้ายไปสู่หินกักเก็บ (reservoir rock) ซึ่งเป็นหินที่มีความพรุนและสภาพซึมได้ที่ดี ทำให้สารไฮโดรคาร์บอนไปกักเก็บสะสมตัวอยู่ ส่วนมากเป็นหินทราย (59%) หินปูนและหินโดโลสโตน (40%) และหินที่มีรอยแตก (1%) สารไฮ

โดรคาร์บอนที่เคลื่อนสู่หินกักเก็บแล้วจะเคลื่อนสู่เบื้องบนเนื่องจากเบากว่าน้ำ ถ้าไปเจอชั้นหินเนื้อแน่น หินเหล่านี้ก็จะปิดกั้นไม่ให้สารไฮโดรคาร์บอนซึมผ่านได้ ทำให้เกิดเป็นแหล่งกักเก็บ (trap) ขึ้น ซึ่งมีแก๊ส น้ำมัน และน้ำแยกเป็นชั้นเนื่องจากความหนาแน่นต่างกัน น้ำจะมีความหนาแน่นมากที่สุดจึงอยู่ล่างสุด แหล่งกักเก็บมีหลายรูปแบบ ทั้งแบบโครงสร้างแบบลำดับชั้นหิน และแบบผสม (ดูรูปที่ 16.2)



รูปที่ 16.2 แหล่งกักเก็บน้ำมันและแก๊สธรรมชาติที่พบทั่วไปแบบโครงสร้าง (A - anticline B - fault C - unconformity) แบบลำดับชั้นหิน (D = stratigraphic)

(ที่มา : Longwell & Others, 1969 หน้า 576)

น้ำมันเป็นสารที่มีประโยชน์มากชนิดหนึ่งซึ่งมนุษย์รู้จักนำมันขึ้นมาจากภายใต้ผิวโลก และนำไปดัดแปลงเพื่อใช้ประโยชน์เอนกประสงค์ แหล่งน้ำมันในประเทศไทยมีอยู่หลายแห่ง เช่น ฝาง จ.เชียงใหม่ แหล่งนางนวล บริเวณอ่าวไทย แหล่งสิริกิติ์ จ.กำแพงเพชร

3. แก๊สธรรมชาติ (natural gas) ปิโตรเลียมที่อยู่ในสภาพแก๊สคือ แก๊สธรรมชาติ แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีที่ธรรมชาติอำนวยให้เกิดขึ้น แก๊สธรรมชาติมีกำเนิดแบบเดียวกับน้ำมันและมักพบเกิดร่วมอยู่กับน้ำมันบ่อย ๆ แต่แหล่งแก๊สธรรมชาติขนาดใหญ่ที่มีแต่แก๊สธรรมชาติก็มีเหมือนกัน แก๊สธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ธาตุคาร์บอนกับไฮโดรเจนจับตัวกันเป็นโมเลกุลจะไม่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคาร์บอนมอนนอกไซด์ผสมอยู่ จึงทำให้แก๊สธรรมชาติไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ส่วนมากมีสถานะเป็นแก๊สหรือไอที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเบากว่าอากาศ ส่วนใหญ่ของแก๊สธรรมชาติได้แก่ มีเทน (methane, CH_4) อีเทน (ethane, C_2H_6) โพรเพน (propane, C_3H_8) บิวเทน (butane, C_4H_{10}) เพนเทน (pentane, C_5H_{12}) เฮกเซน (Hexane, C_6H_{14}) เป็นต้น

แก๊สธรรมชาติที่นำขึ้นมาจากแหล่งแก๊สสามารถแยกออกเป็นประเภทเพื่อการใช้ประโยชน์ โดยขั้นแรกจะแยกเอา<u>แก๊สธรรมชาติเหลว</u> หรือแก๊สโซลีนธรรมชาติหรือแก๊สที่มีอะตอมคาร์บอนตั้งแต่ 5 ขึ้นไป แก๊สชนิดนี้ขณะที่อยู่ในชั้นหินใต้พื้นดินจะมีสภาพเป็นแก๊สหรือไอ แต่เมื่อถูกผลิตขึ้นมาที่ผิวดินจะควบตัวกลายเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อนหรือน้ำตาลปนแดง มีลักษณะและกลิ่นคล้ายน้ำมันเบนซิน ประโยชน์นำไปกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูป และใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และใช้ผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ส่วนที่เหลือจะเป็นแก๊สแห้งและแก๊สชื้น ประเภท<u>แก๊สแห้ง</u> ได้แก่ แก๊สมีเทนและแก๊สอีเทนเป็นแก๊สที่มีมากที่สุด มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ แก๊สมีเทนใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม วัตถุดิบผลิตปุ๋ยเคมี นำไปอัดความดันสูงเป็นแก๊สธรรมชาติใช้ในรถยนต์ (NGV-Natural Gas of Vehicles) ส่วนแก๊สอีเทนเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ใช้ผลิตพลาสติก เส้นใยพลาสติก เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกสำเร็จรูปต่อไป

และประเภท<u>แก๊สชื้น</u> ได้แก่ แก๊สโพรเพน และบิวเทน เป็นไฮโดรคาร์บอนมีสภาพเดียวคือเป็นสภาพของแก๊สขณะอยู่ในชั้นทราย แต่เมื่อนำขึ้นมาอยู่ในเครื่องแยกโดยอุณหภูมิ

และความกดดันลดลงจะเกิด 2 สภาพคือแก๊สและของเหลวที่เรียกว่า แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG-Liquid Petroleum Gas) แก๊สโพรเพนส่วนหนึ่งใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ส่วนแก๊สปิโตรเลียมเหลวใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มในครัวเรือน

แหล่งแก๊สธรรมชาติในประเทศไทยส่วนใหญ่จะอยู่ในอ่าวไทย

4. ทรายน้ำมัน (tar sand or oil sand) ทรายน้ำมันนั้นแต่เดิมก็คือชั้นทรายที่เก็บอุ้มปิโตรเลียมไว้นั่นเอง แก๊สธรรมชาติและน้ำมันดิบที่เกิดขึ้นจากการแปรสภาพของสารอินทรีย์ใต้พื้นโลกจะถูกบีบอัดให้ไหลเข้าไปกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดทราย ต่อมาชั้นทรายที่อุ้มน้ำมันนี้ในบางแห่งถูกยกดันขึ้นมาใกล้พื้นผิวโลก หรือเกิดมีรอยแตกแยกในชั้นหิน แก๊สและน้ำมันส่วนที่เป็นน้ำมันเบา (light oil) จะระเหยออกไปหมดเหลือแต่พวกน้ำมันหนัก (heavy oil) หุ้มเคลือบติดผิวเม็ดทรายอยู่เกิดเป็นทรายน้ำมัน น้ำมันหนักจะมีความเหนียวและสีดำ การผลิตปิโตรเลียมจากทรายน้ำมันใช้กรรมวิธีให้ความร้อนเพื่อให้น้ำมันหนักละลายหลุดออกจากผิวเม็ดทรายแล้วแยกเอาน้ำมันออกจากเม็ดทราย น้ำมันที่สกัดออกมาได้เรียก tar oil หรือ sand oil

สำหรับแหล่งทรายน้ำมันในประเทศไทย พบที่ตำบลแม่สูน อำเภอฝาง จ. เชียงใหม่

5. หินน้ำมัน (oil shale) หินน้ำมันคือหินดินดานเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาล น้ำตาลแก่ ที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่ติดไฟได้เรียกเคโรเจน (kerogen) อยู่ในเนื้อหิน เมื่อเอาหินน้ำมันไปทำให้ร้อนโดยวิธีใดวิธีหนึ่งที่ความร้อนประมาณ 500 องศาเซลเซียส สารเคโรเจนจะละลายให้น้ำมันเหนียวข้น มีสีดำ เรียกน้ำมันหิน (shale oil) สามารถนำไปกลั่นด้วยวิธีเพิ่มไฮโดรเจนจะให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหลายประเภทเช่นเดียวกับการกลั่นน้ำมันดิบ

หินน้ำมันเกิดจากการสะสมของอินทรีย์สารทั้งพืชและสัตว์รวมกับดินโคลนในหนอง บึง ทะเลสาบ หรือทะเลที่มีแผ่นดินปิดล้อม เมื่อเวลาผ่านไปหลายล้านปี สารอินทรีย์เหล่านี้ถูกแรงบีบอัดและความร้อนจากภายในโลกทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารเคโรเจน ส่วนตะกอนดินโคลนก็เปลี่ยนเป็นหินดินดาน

แหล่งหินน้ำมันในประเทศไทยพบที่ อ.แม่สอด จ.ตาก และ อ.ลี้ จ.ลำพูน มีอายุเทอร์เทียรี

6. แร่กัมมันตรังสี (radioactive minerals) นอกจากแร่เชื้อเพลิงที่ได้มาจากซากดึกดำบรรพ์ (fossil fuels) ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ปัจจุบันได้มีการนำแร่กัมมันตรังสีที่มีคุณสมบัติในการแผ่กัมมันตรังสีออกมาตลอดเวลาเข้ามามีบทบาทในด้านเชื้อเพลิงธรรมชาติมากขึ้นทุกที ดังนั้นแร่กัมมันตรังสีจึงใช้เป็นเชื้อเพลิงธรรมชาติเพื่อผลิตพลังงานนิวเคลียร์ด้วยอีกชนิดหนึ่ง เพื่อทดแทนพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงธรรมชาติชนิดอื่น ปัจจุบันใช้แร่ยูเรเนียม 235 เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานโดยวิธีปฏิกิริยาแตกตัว (Fission reaction)

16.1.2 พลังงานไม่ใช่เชื้อเพลิง ความต้องการใช้พลังงานนับวันจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าใช้แร่เชื้อเพลิงธรรมชาติอย่างเดียวอาจจะหมดไปจากโลกในอนาคต เพราะเป็นทรัพยากรธรรมชาติสิ้นเปลืองการขาดแคลนพลังงานจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นหาพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่น ๆ มาใช้ประโยชน์แทนเชื้อเพลิงธรรมชาติกันมากขึ้น ซึ่งพลังงานบางชนิดก็มีการใช้กันมานานแล้ว เช่น พลังงานน้ำจากน้ำตกหรือสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำ ส่วนพลังงานชนิดอื่นขณะนี้ก็มีการนำมาใช้กันบ้างแล้ว เช่น พลังงานความร้อนใต้พิภพในรูปของน้ำร้อนหรือไอน้ำร้อน พลังงานสุริยะ พลังงานลม พลังงานคลื่น พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง เป็นต้น พลังงานชนิดนี้เป็นพลังงานจากแหล่งธรรมชาติที่ไม่มีวันสูญสิ้น ส่วนมากถูกนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

16.2 แหล่งแร่และประเภทของแหล่งแร่

นอกจากแร่เชื้อเพลิงที่ให้ประโยชน์ทางด้านพลังงานแล้ว ยังมีแร่อีกมากมายที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ แร่ต่าง ๆ ส่วนมากจะเกิดกระจัดกระจายอยู่ในเปลือกโลกแต่ถ้าแร่เกิดมาสะสมตัวกันอาจมีชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ ซึ่งมีความสมบูรณ์สูงกว่าบริเวณทั่ว ๆ ไปเรียกว่าแหล่งแร่ (mineral deposits) แร่ในแหล่งแร่มีทั้งแร่เชื้อเพลิง แร่โลหะ และแร่อโลหะ ถ้าแร่ในแหล่งแร่นั้นเป็นสินแร่ (ore) เราเรียกแหล่งสินแร่ (ore deposits)

สินแร่หมายถึงแร่ที่เกิดในแหล่งแร่โดยมีปริมาณมากพอที่จะขุดขึ้นมาขายได้กำไร เนื้อแร่นั้นอาจจะให้ธาตุโลหะชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ แร่อโลหะหรือแร่เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ในปัจจุบันจัดเป็นสินแร่ด้วยเหมือนกัน

แหล่งเกิดแร่ใด ๆ ในธรรมชาติอาจจะเป็นแหล่งแร่ได้ แต่แหล่งแร่ที่สามารถทำการผลิตแร่ออกมาโดยมีกำไรเท่านั้นจึงเรียกแหล่งสินแร่

แหล่งแร่ส่วนใหญ่จัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติในพวกเมื่อใช้ไปแล้วไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก (nonrenewable) และมิได้มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนพื้นโลกมากมายเหมือนกับทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ ดังนั้น จึงต้องมีการอนุรักษ์ทรัพยากรแร่โดยการใช้ทรัพยากรแร่ที่มีอยู่จำกัดอย่างระมัดระวัง และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การที่จะนำทรัพยากรแร่จากแหล่งแร่ขึ้นมาใช้ประโยชน์ต้องมีการประเมินมูลค่าแหล่งแร่ โดยนำปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์มาเกี่ยวข้องด้วยอย่างมาก และใช้ความรู้ทางธรณีวิทยาแหล่งแร่เป็นเกณฑ์ในการประเมิน แหล่งแร่ส่วนใหญ่นักธรณีวิทยาสามารถค้นหาการเกิดได้ แต่แหล่งแร่บางแห่งการเกิดซับซ้อนจนติดตามกำเนิดของมันไม่ได้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลใหม่ ๆ ในทางเหมืองแร่ที่เปิดดำเนินการแล้วหรือจากทฤษฎีการเกิดแร่ใหม่จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

การแยกประเภทของแหล่งแร่ แหล่งแร่จะเกิดในบริเวณที่มีเหตุการณ์ผิดปกติเป็นสาเหตุให้แร่มีค่ามารวมกันมากกว่าปกติ ดังนั้นการที่จะแยกประเภทขององแหล่งแร่ได้อย่างสมบูรณ์จึงยาก ในที่นี้จะแยกประเภทแหล่งแร่ตามลักษณะการกำเนิดเป็นเกณฑ์

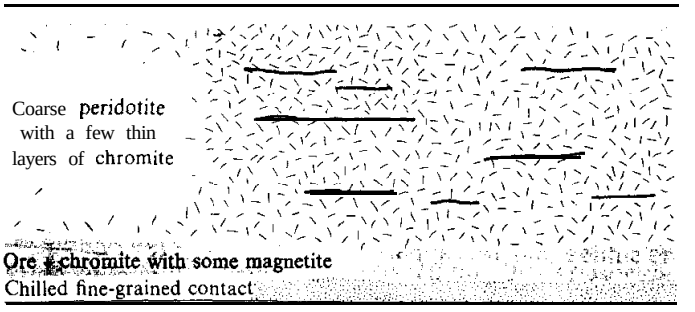
16.2.1 แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการหินอัคนี (Concentration by Igneous activity) สินแร่หลายชนิดมักเกิดอยู่ในมวลหินอัคนี หรือใกล้มวลหินอัคนี จะมีลักษณะการเกิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหินอัคนี เกิดขึ้นได้หลายแบบเช่น

1. แหล่งแร่แบบหินหนืด (magmatic deposits) เป็นแหล่งแร่ที่เกิดขึ้นโดยตรงจากหินหนืด แหล่งแร่จะแตกต่างกันหลายแบบตามช่วงระหว่างที่หินหนืดเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ และตกผลึก เช่น

แบบฝังประหรือกระจัดกระจาย (dissemination or scattered) คือ สินแร่ในแหล่งแร่จะตกผลึกในส่วนของมวลหินอัคนีแบบฝังประหรือกระจัดกระจายไปทั่ว ตามกระบวนการตกผลึกของแร่ประกอบหินอัคนี เช่น เพชร

แบบแยกตัว (segregration or early crystal settling) โดยแร่ที่มีน้ำหนักจะตกผลึกแยกตัวออกมาก่อนขณะที่หินหนืดนั้นกำลังเย็นตัว และจะสะสมตัวอยู่ตอนล่างของมวลหินอัคนี เช่น แร่โครไมต์ (ดูรูปที่ 16.3)

แบบตกผลึกระยะปลาย (late magmatic) แหล่งแร่ที่เกิดในลักษณะนี้มีมาก คือแร่ที่มีน้ำหนักหรือแร่โลหะมักจะตกผลึกอย่างช้า ๆ ในระยะปลายของกระบวนการเกิด



รูปที่ 16.3 แหล่งแร่แบบหินหนืดแสดงการสะสมของโครไมต์แบบแยกตัว

(ที่มา : Foster, 1983 หน้า 118)

2. แหล่งแร่แบบเพกมาไทต์ (pegmatite deposits) เพกมาไทต์เป็นหินอัคนีที่มีเนื้อหยาบมากชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นหลังจากหินหนืดเย็นตัวเป็นหินอัคนีแล้วที่ระดับลึก แต่ยังมีส่วนประกอบพวกก๊าซและไอน้ำเหลืออยู่ ซึ่งจะตกผลึกเป็นหินเพกมาไทต์ แร่ประกอบหินที่สำคัญคือควอรตซ์ เฟลด์สปาร์ และไมกามีผลึกแร่โต มักเกิดเป็นรูปเลนซ์หรือสายแทรกตามรอยแตกของหินอัคนี แร่มีค่าที่พบในหินเพกมาไทต์ เช่น แร่ที่มีธาตุลิเทียม เบริลเลียม เป็นส่วนประกอบดีบุก วุลแฟรม

3. แหล่งแร่แบบน้ำร้อน (hydrothermal deposits) เกิดจากน้ำร้อนที่เหลือจากการเย็นตัวของหินหนืด ภายหลังการเกิดหินเพกมาไทต์แล้ว น้ำร้อนนี้จะเคลื่อนตัวขึ้นสู่ผิวโลกและละลายธาตุโลหะต่าง ๆ ปนมา โดยแทรกตัวไปตาม รอยแตกหรือช่องว่างต่าง ๆ ของหินอัคนีที่เกิดขึ้นก่อนในเวลาใกล้เคียงกัน หรือเข้าไปแทนที่ (replacement) ในหินมักพบแหล่งแร่นี้บริเวณตอนบนของบาโทลิต (ดูรูปที่ 16.4) แหล่งแร่แบบน้ำร้อนแบ่งออกได้ตามอุณหภูมิของน้ำร้อน และความลึก ดังนี้

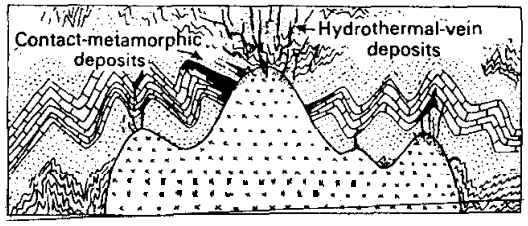
แหล่งแร่เกิดที่อุณหภูมิสูง (hypothermal deposits) 300-500 องศาเซลเซียส ความลึกมากอยู่ใกล้มวลหินอัคนี เช่น ทองคำ ดีบุก วุลแฟรม

แหล่งแร่เกิดที่อุณหภูมิปานกลาง (mesothermal deposits) 200-300 องศาเซลเซียส ความลึกปานกลาง เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี

แหล่งแร่เกิดที่อุณหภูมิต่ำ (epithermal deposits) 50-200 องศาเซลเซียส อยู่ระดับตื้น เช่น พลวง ปรอท ทอง เงิน แบไรต์ ฟลูออไรต์

4. แหล่งแร่แบบแปรสัมผัส (contact metamorphic deposits) หินหนืดเมื่อแทรกเข้าไปในบริเวณใด ทำให้เกิดการแปรสภาพของหินข้างเคียง เนื่องจากความร้อนและสารละลายร้อนที่แพร่กระจายจากหินหนืดออกไปรอบ ๆ ทำให้หินข้างเคียงเหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงทั้งส่วนประกอบและเนื้อหิน เรียกกระบวนการแปรสัมผัส เกิดเป็นแหล่งแร่แปรสัมผัส จากหินอัคนีขึ้น จะเกิดอยู่รอบ ๆ ขอบของมวลหินอัคนีหรือบริเวณที่ใกล้ ๆ กัน (ดูรูปที่ 16.4) แร่ส่วนมากเป็นพวกซัลไฟด์และออกไซด์ เช่น สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก ดีบุก

แหล่งแร่แปรสัมผัสถ้าเกิดขึ้นกับหินปูน ทำปฏิกิริยากับสารละลายร้อนพวกซิลิกาและเกิดสินแร่ขึ้น เรียกแหล่งแร่แบบนี้ว่า แหล่งแร่แบบสการ์น (skarn deposits)



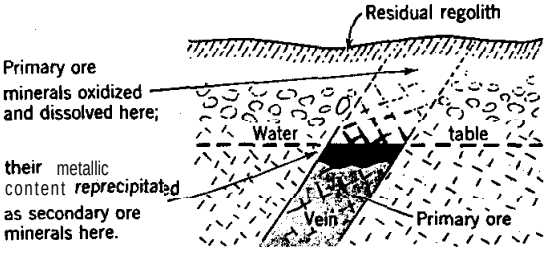
รูปที่ 16.4 แหล่งแร่แบบน้ำร้อน และแหล่งแร่แบบแปรสัมผัส

(ที่มา : Gilluly & others, 1968 หน้า 554)

16.2.2 แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการผุพังและน้ำใต้ดิน (Concentration by weathering and ground water) กระบวนการผุพังอยู่กับที่และกิจกรรมของน้ำใต้ดินทำให้เกิดแหล่งแร่ได้ เช่น

1. แหล่งแร่แบบสะสมหลังการผุพังหรือแบบศิลาแลง (Residual or lateritic deposits) เป็นแหล่งแร่ที่เกิดขึ้นจากการผุพังทางเคมีของหิน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแร่ส่วนประกอบ แร่บางชนิดอยู่ในรูปของสารละลายและถูกชะล้างออกไปจากแหล่งเดิม เหลือแร่บางชนิดที่มีคุณค่าและมีความคงทนกว่าสะสมอยู่ที่แหล่งเดิม หรือเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม สะสมอยู่ที่เดิมเพิ่มมากขึ้นทุกทีจนกลายเป็นแหล่งแร่ที่สมบูรณ์ได้ เช่น บอกไซต์ ศิลาแลง

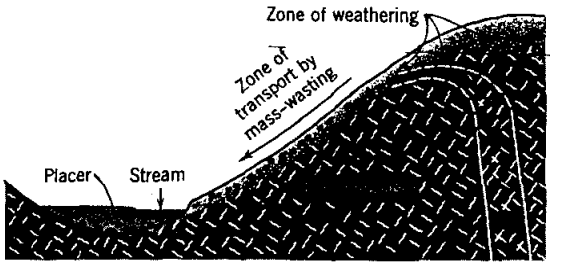
2. แหล่งแร่แบบตกตะกอนใหม่ (supergene deposits) เป็นแหล่งแร่ที่เริ่มด้วยการผุพังอยู่กับที่ก่อน แล้วต่อมามีการกระทำของน้ำใต้ดิน โดยการชะล้างหรือละลายแร่ธาตุที่มีคุณค่าจากแหล่งเดิม ซึ่งมีจำนวนน้อย ๆ เคลื่อนลงสู่เบื้องล่าง และพาไปตกผลึกสะสมตัวในสภาพแวดล้อมใหม่ จนมีปริมาณและความสมบูรณ์แร่สูง กลายเป็นแหล่งแร่ ส่วนมากจะเกิดอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นโซนออกซิเดชั่น (oxidation zone) เช่น แร่ออกไซด์ คาร์บอเนต ซัลเฟต และซิลิเกตของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ถ้าสารละลายซึมผ่านระดับน้ำใต้ดินลงไป ซึ่งเป็นเขตอับออกซิเจนจะให้แหล่งแร่โลหะซัลไฟด์ทุติยภูมิ เช่น แร่ซัลไฟด์ของทองแดงและเงิน (ดูรูปที่ 16.5)



รูปที่ 16.5 แหล่งแร่แบบตกตะกอนใหม่
(ที่มา : Longwell & others, 1969 หน้า 587)

16.2.3 แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการหินตะกอน (Concentration by sedimentary processes) กระบวนการหินตะกอนคือการผุพัง การกัดเซาะ การพัดพา และการทับถม ที่เกิดกับหินบนพื้นโลกหรือแหล่งแร่ที่เกิดขึ้นมาก่อน ทำให้มีการสะสมแร่ที่มีค่าขึ้นใหม่กลายเป็นแหล่งแร่ได้ เช่น

1. แหล่งแร่แบบลานแร่ (placer deposits) แหล่งแร่ที่เกิดเป็นสายแร่อยู่ก่อนถูกทำให้ผุพังและกร่อน ต่อมาสายน้ำพัดพาแร่ที่มีความต้านทานต่อการผุพังสูงไปสะสมยังบริเวณอื่น เช่นตามพื้นท้องน้ำ ชายฝั่งทะเล การสะสมแร่พวกที่มีความถ่วงจำเพาะสูงหรือน้ำหนักมากจะสะสมก่อนตามน้ำหนักและจะสะสมตัวมากขึ้นในบริเวณแหล่งลานแร่ (placer) (ดูรูปที่ 16.6) ถ้าการสะสมตัวเกิดอยู่ตามไหล่เขาใกล้กับสายแร่เดิมเรียกลานแร่พลัด (eluvial placer deposits) แร่มีค่าจะปนอยู่กับทรายและกรวด แร่ที่เกิดขึ้นในแหล่งแร่แบบนี้เช่น ทองคำ ดีบุก เพชร พลอย



รูปที่ 16.6 แหล่งแร่แบบลานแร่

(ที่มา : Longwell & others, 1969 หน้า 589)

2. แหล่งแร่แบบชั้นหินตะกอน (sedimentary deposits) เป็นแหล่งแร่ที่เกิดชั้นในลักษณะเดียวกับหินตะกอนธรรมดา มักเกิดเป็นชั้น ๆ สลับกับชั้นหินตะกอนธรรมดา เกิดจากหินที่มีอยู่ก่อนบนพื้นโลกหรือที่ระดับตื้นเกิดการผุพังทางกายภาพและเคมี ทำให้ได้ตะกอนขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่หยาบจนละเอียดและในรูปของสารละลาย เมื่อตะกอนและสารละลายเหล่านี้ถูกพัดพาไปสะสมตัวกันยังบริเวณแอ่งสะสมตัวมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้ได้แหล่งตะกอนขนาดกรวด ทราย ดิน ก่อนที่ตะกอนเหล่านี้จะแข็งกลายเป็นหิน ส่วนสารละลายเมื่อเกิดการระเหยหรือเกิดการตกตะกอน (precipitation) และเปลี่ยนเป็นหินแล้ว จะได้แหล่งหินปูน หินฟอสเฟต หินอีแวพอไรต์ พวกเกลือ ยิปซั่ม และแร่เหล็ก แมงกานีส สารละลายส่วนมากได้มาจากน้ำทะเล แหล่งแร่ชนิดนี้มักเกิดเป็นบริเวณกว้างตามลักษณะการเกิดของหินตะกอน

แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการหินอัคนีทั้งหมด และกระบวนการหินตะกอนแบบชั้นหินตะกอน จัดเป็นแหล่งแร่แบบปฐมภูมิ (primary deposits) ส่วนแหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการผุพังและน้ำใต้ดิน และแหล่งแร่แบบลานแร่จัดเป็นแหล่งแร่ทุติยภูมิ (secondary deposits)

16.3 แร่โลหะ

แร่โลหะเป็นแร่ที่มีโลหะชนิดเดียวหรือหลายชนิดสูงพอที่จะสกัดเอาโลหะมาใช้ประโยชน์ได้ โลหะอาจเกิดเป็นโลหะธรรมชาติ เช่น ทองคำเงิน ทองแดง หรือเป็นสารประกอบเช่น ซัลไฟด์และออกไซด์ของเหล็ก ทองแดง ตะกั่ว

โลหะอาจแบ่งออกตามปริมาณที่พบบนเปลือกโลก คือ **โลหะมีมาก** (abundance metals) ได้แก่โลหะที่มีค่าเฉลี่ยในเปลือกโลกมากกว่า 0.01 เปอร์เซนต์ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม แมงกานีส แมกนีเซียม โครเมียม และไทเทเนียม

โลหะมีน้อย (scarce metals) ได้แก่โลหะที่มีค่าเฉลี่ยในเปลือกโลกน้อยกว่า 0.01 เปอร์เซนต์ เช่น ทอง ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ดีบุก

โลหะมีมากแต่ละชนิดมักจะเป็นองค์ประกอบของแร่ประกอบหินพวกแร่ซิลิเกต จะสกัดเอาโลหะในแร่มาใช้ได้ยาก ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นโลหะมีมากที่จะนำมาใช้ประโยชน์จึงต้องอยู่ในรูปของแร่ที่สามารถสกัดโลหะออกมาได้ง่าย และราคาไม่แพง

โลหะมีน้อยมักจะเกิดแทรกอยู่ในโครงสร้างอะตอมของแร่ประกอบหินทั่ว ๆ ไป หรือเกิดในลักษณะที่เป็นส่วนประกอบแร่ เป็นโลหะที่นำมาใช้ประโยชน์ในปริมาณที่มากกว่าโลหะมีมาก

ตัวอย่างแร่โลหะที่สำคัญและพบในประเทศไทยมีดังนี้

1. **เหล็ก** แร่เหล็กมีหลายชนิดที่สำคัญคือ แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) หรือแร่เหล็กดำ หรือแร่แม่เหล็ก ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) หรือแร่เหล็กแดง และไลมอไนต์ ($FeO(OH).2HO_2$) หรือแร่เหล็กเหลือง แร่เหล็กเหล่านี้จะมีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง แหล่งแร่เหล็กจะมีลักษณะการเกิดได้หลายแบบ เช่น แบบแปรสัมผัส แบบน้ำร้อน แบบชั้นหินตะกอน แร่ที่พบส่วนใหญ่เป็นแร่แมกนีไทต์และฮีมาไทต์ และแบบศิลาแลง ส่วนใหญ่เป็นแร่ไลมอไนต์

ประโยชน์ถลุงเอาโลหะมาใช้งานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมเหล็กกล้า และเหล็กแปรรูปต่าง ๆ

2. **แมงกานีส** แร่แมงกานีสมีหลายชนิด ชนิดที่ใช้ประโยชน์ได้มากคือไพโรลูไซต์ (MnO_2) และไซโลมีเลน $(Ba,Mn)_3(O,OH)_6Mn_8O_{16}$ ส่วนประกอบจะเปลี่ยนได้เพราะอาจมีการแทนที่กันจากธาตุอื่น แมงกานีสจะแบ่งออกเป็นเกรดตามคุณภาพและประโยชน์การใช้ จากเกรดสูงไปเกรดต่ำดังนี้ เกรดเคมี เกรดแบตเตอรี่ เกรดโลหะกรรม แหล่งแร่แมงกานีสอาจเกิดแบบศิลาแลง แบบน้ำร้อน และแบบชั้นหินตะกอน จะพบแร่สะสมเป็นแหล่งใหญ่

ประโยชน์แมงกานีสมีความสำคัญต่องานอุตสาหกรรมปัจจุบันมาก ใช้เป็นวัสดุในอุตสาหกรรมเคมี วัตถุดิบในการผลิตถ่านแบตเตอรี่แห้งหรือถ่านไฟฉาย และใช้ในโรงงานถลุงเหล็กกล้าบางชนิดและโลหะผสมต่าง ๆ

3. **อะลูมิเนียม** อะลูมิเนียมจะเป็นธาตุที่มีมากโดยเป็นส่วนประกอบของแร่ซิลิเกต แต่การสกัดโลหะอะลูมิเนียมออกจากแร่ซิลิเกตทำได้ลำบาก ดังนั้นโลหะอะลูมิเนียมจึงได้จากแร่บอกไซด์ ($Al_2O_3.nH_2O$) เป็นส่วนมาก แหล่งแร่บอกไซด์มีการเกิดแบบศิลาแลง ที่ต้องใช้ระยะเวลาเกิดยาวนาน

ประโยชน์โลหะอะลูมิเนียมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้มากเพราะเบา เช่นโลหะผสมใช้ในงานต่าง ๆ อุตสาหกรรมเครื่องไฟฟ้า อุตสาหกรรมเคมี

4. **ดีบุก** แร่ดีบุกเป็นแร่โลหะที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ แร่ดีบุกที่สำคัญมีเพียงชนิดเดียวคือแร่แคสสิเทอร์ไรต์ (SnO_2) ที่มีปริมาณดีบุกสูง แหล่งแร่ดีบุกเกิดได้หลายแบบ มักเกิดสัมพันธ์กับหินอัคนี ทั้งแบบหินหนืดแบบฝังประ แบบเพกมาไทต์ แบบน้ำร้อน แบบแปรสัมผัส และเกิดแบบลานแร่ ลานแร่พลัด สะสมตัวบนบกและนอกชายฝั่งทะเล

ประโยชน์ถลุงเอาโลหะดีบุกไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเหล็กอาบดีบุก สำหรับทำภาชนะบรรจุอาหาร โลหะบัดกรีในอุตสาหกรรมไฟฟ้า โลหะผสม สารเคมี

5. **ทังสะเตน** แร่ที่สำคัญคือวุลแฟรไมต์ $(Fe,Mn)WO_4$ เฟอร์เบอไรต์ ($FeWO_4$) เฮิมเนอไรต์ ($MnWO_4$) และชีไลต์ ($CaWO_4$) แร่วุลแฟรไมต์จะเป็นแร่ที่ผลิตได้มากในประเทศไทย ดังนั้นแร่ทังสะเตนจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่าแร่วุลแฟรม แหล่งแร่ทังสะเตนลักษณะการเกิดส่วนมากเกิดแบบน้ำร้อน แบบแปรสัมผัส และแบบลานแร่ ซึ่งพบน้อย ในแหล่งแร่ดีบุก มักพบแร่วุลแฟรไมต์และชีไลต์ปนอยู่เสมอ

ประโยชน์นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น อุตสาหกรรมเหล็กกล้าโลหะผสม อุตสาหกรรมไฟฟ้า ด้านเคมี

6. **ตะกั่ว** ตะกั่วเป็นโลหะที่ใช้กันมานานแล้ว และปัจจุบันก็จัดว่าเป็นโลหะที่ผลิตขึ้นมากเหมือนเหล็ก สังกะสี ทองแดง ส่วนมากเกิดในรูปสารประกอบ แร่ตะกั่วที่สำคัญคือแร่กาลีนา (PbS) เป็นที่รู้จักกันดีมานาน และเซรัสไซต์ ($PbCO_3$) แร่ตะกั่วกาลีนามักเกิดร่วมกับแร่สังกะสีชนิดสฟาเลอไรต์ กำเนิดของแหล่งแร่เป็นแบบชั้นหินตะกอน แบบน้ำร้อน แบบแปรสัมผัส และแบบตกตะกอนใหม่

ประโยชน์ใช้ในอุตสาหกรรมสี โลหะผสมต่าง ๆ ผลิตกระสุนปืน หุ้มสายไฟ ทำ

ท่อน้ำ หม้อแบตเตอรี่

7. **สังกะสี** แร่สังกะสีมักเกิดร่วมกับแร่ตะกั่วอยู่เสมอ แร่สังกะสีมีหลายชนิดเช่น สฟาเลอไรต์ (ZnS) สมิทซอไนต์ ($ZnCO_3$) เฮมิมอร์ไฟต์ [$Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2H_2O$] ไฮโดรซิงไคต์ [$2ZnCO_3.3Zn(OH_2)$] ซิงไคต์ (ZnO) แหล่งแร่เกิดเช่นเดียวกับตะกั่ว

ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กชุบสังกะสี โลหะผสมพวกทองเหลือง ทำเครื่องใช้ต่าง ๆ อุปกรณ์รถยนต์ และสารเคมีต่าง ๆ

8. **พลวง** แร่พลวงที่สำคัญคือสติบไนต์ (Sb_2S_3) หรือแร่พลวงเงิน และสติบิโคไนต์ ($H_2Sb_2O_8$) หรือแร่พลวงทอง ซึ่งพบไม่มากนัก เกิดจากแร่สติบไนต์สลายตัวทางเคมี แร่พลวงจะเกิดในสายแร่ควอรตซ์ แหล่งแร่แบบหินหนืด หรือแบบน้ำร้อน

ประโยชน์โลหะพลวงใช้ผสมกับโลหะตะกั่วทำตัวพิมพ์ ทำแผ่นโลหะแบตเตอรี่ เป็นโลหะในการทำอาวุธต่าง ๆ ผสมสีทาเครื่องใช้ ผสมกับพลาสติกทำใยสังเคราะห์ ใช้ในการแพทย์

9. **ทองแดง** แร่ทองแดงมีทั้งแบบโลหะธรรมชาติ และสารประกอบ แร่ที่สำคัญเช่น คาลโคไพไรต์ ($CuFeS_2$) คาลโคไซต์ (Cu_2S) อะซูไรต์ $Cu_3(Co_3)_2(OH)_2$ มาลาไคต์ ($Cu_2Co_3(OH)_2$) คิวไปรต์ (Cu_2O) แหล่งแร่ทองแดงเกิดได้หลายแบบ เช่น แบบแปรสัมผัส แบบหินหนืด แบบชั้นหินตะกอน

ประโยชน์ เราใช้โลหะทองแดงกันอย่างกว้างขวาง ที่สำคัญ ๆ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะผสม งานก่อสร้าง เครื่องใช้ในครัว ทำเหรียญ อาวุธ และในอุตสาหกรรมเคมี

10. **ทองคำ** ทองคำเป็นโลหะชนิดเดียวที่ยอมรับเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนสินค้าหรือเงินตราระหว่างประเทศ ทองคำเป็นธาตุหายากและราคาสูง มีความสวยงาม ทองคำมักเกิดเป็นโลหะธรรมชาติที่เกือบจะบริสุทธิ์ และเกิดอยู่ในหินทั่วไป ทองคำพบอยู่ในแหล่งแร่เกือบทุกชนิด แต่ที่พบมากเป็นแหล่งแร่แบบน้ำร้อน และแบบลานแร่

ประโยชน์ใช้ในระบบเงินตราระหว่างประเทศ ทำทองรูปพรรณ อุตสาหกรรมอิเลกโทรนิกส์

6.4 แร่อโลหะ

แร่อโลหะเป็นแร่เมื่อพัฒนาแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลยในรูปของแร่หรือหิน โดยไม่ต้องสกัดเอาโลหะออกมาเหมือนแร่โลหะ เช่น ฟลูออไรต์ แบไรต์ ยิปซั่ม รัตนชาติ ตลอดจนกรวด ทราย หรือหินต่าง ๆ

แร่อโลหะจะแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ เช่น สำหรับการเกษตร วัตถุดิบในอุตสาหรรมเคมี สำหรับใช้ตัดหรือขัด สำหรับทำวัตถุฉนวน วัตถุทนไฟ รัตนชาติ และแร่หรือหินที่ใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง

ตัวอย่างแร่อโลหะที่สำคัญ และพบในประเทศไทย มีดังนี้

1. **ฟลูออไรต์** แร่ฟลูออไรต์ (CaF_2) บางทีเรียกฟลูออสปาร์ ฟลูออไรต์จะแบ่งเป็นเกรดตามคุณภาพของเนื้อแร่ CaF_2 เช่น เกรดโลหกรรม เกรดเซรามิก และเกรดเคมี เป็นเกรดที่มีคุณภาพสูงสุด แหล่งแร่ฟลูออไรต์จะเกิดแบบน้ำร้อน

ประโยชน์ของแร่ฟลูออไรต์ที่สำคัญคือ ใช้เป็นเชื้อถลุง (flux) ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้าและอื่น ๆ อุตสาหกรรมผลิตแก้ว และวัตถุเคลือบ ผลิตกรดกัดแก้ว

2. **แบไรต์** แร่แบไรต์ ($BaSO_4$) มีคุณสมบัติสำคัญคือมีความแข็งน้อยแต่ความถ่วงจำเพาะสูง ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายใดที่เกิดตามธรรมชาติ แหล่งแร่แบไรต์เกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น เป็นสายแร่เกิดแบบน้ำร้อน แบบลานแร่พลัด แบบชั้นหินตะกอน โดยตกตะกอนจากน้ำทะเล

ประโยชน์ใช้ทำโคลนผงในงานเจาะสำรวจระดับลึก ๆ อุตสาหกรรมทำแม่สีและเนื้อสี อุตสาหกรรมเคมี และทางการแพทย์

3. **ใยหิน** แร่ใยหินที่ใช้ประโยชน์มากที่สุดคือแร่คริโซไทล์ [$Mg_3Si_2O_5(OH_4)$] เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นเส้นใยเหนียว แหล่งแร่ใยหินจะเกิดแบบน้ำร้อนเป็นสายอยู่ในหินอัคนีสีเข้ม

ประโยชน์ใช้เป็นวัตถุฉนวนกันความร้อน ป้องกันกระแสไฟฟ้า พวกที่มีคุณภาพต่ำใช้เป็นแม่แบบในงานหล่อโลหะ ผ้ากรอง ตัวประสานเนื้อในวัสดุก่อสร้าง

4. **เฟลด์สปาร์** แร่เฟลด์สปาร์มีหลายชนิดที่สำคัญคือโพแทสเฟลด์สปาร์ ($KAlSi_3O_8$) และแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ [$(Na,Ca)(Al,Si)(AlSi_2O_8)$] การนำเฟลด์สปาร์ไปใช้ในงานอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพเป็นสำคัญ แหล่งแร่เฟลด์สปาร์จะ

เกิดเป็นแร่ประกอบหินที่พบทั่วไป แต่ถ้าเกิดเป็นผลึกใหญ่จะมีการเกิดแบบเพกมาไทต์ และพบในหินแกรนิต หินไนส์

ประโยชน์โพแทสเฟลด์สปาร์ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิก ส่วนแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว

5. **ยิปซัม** แร่ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) หรือแร่เกลือจืด ในธรรมชาติเกิดได้หลายลักษณะเช่น เป็นผลึกโปร่งใส เนื้อแร่เป็นเส้นใย หรือผลึกละเอียด แต่ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นชนิดผลึกละเอียด เนื้อแน่น ขาว แร่ยิปซัมมักเกิดร่วมกันกับแร่แอนไฮไดรต์ ($CaSO_4$) ในธรรมชาติ แหล่งแร่ยิปซัมส่วนมากเกิดจากการตกตะกอนจากทะเลที่มีแคลเซียมซัลเฟตละลายอยู่ในเขตภูเขาไฟที่มีหินปูนอยู่ใกล้ ๆ หินปูนจะทำปฏิกิริยากับไอกำมะถันเกิดเป็นแร่ยิปซัมแทรกในสายแร่โลหะได้

ประโยชน์ นำมาใช้ในการทำปูนซีเมนต์ ปูนพลาสเตอร์ แผ่นยิปซัมบอร์ด ทำปุ๋ย แป้งนวล ชอล์ก และแกะสลักทำเครื่องประดับหรือเครื่องตกแต่ง

6. **ฟอสเฟต** แร่ฟอสเฟตเกิดอยู่ในรูปของสารประกอบต่าง ๆ กันที่สำคัญคือ แร่อะพาไทต์ $Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$ แหล่งแร่จะเกิดเป็นสายแร่แบบน้ำร้อน แบบเพกมาไทต์ แบบชั้นหินตะกอน เกิดจากการสะสมตัวของฟอสเฟตในทะเลหรือเกิดจากการสะสมตัวของมูลค้างคาว

ประโยชน์ใช้ในด้านเกษตรกรรม เป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ยเคมี และผลิตธาตุฟอสฟอรัสใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย

7. **เกลือหิน** เกลือหินหรือฮาไลต์ (NaCl) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ ปัจจุบันนอกจากใช้บริโภคแล้วยังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี เกลือมาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากชั้นเกลือหิน เกลือจากทะเล และเกลือจากน้ำเค็มใต้ดิน จะเกิดแบบชั้นหินตะกอน เกิดจากการตกตะกอนเนื่องจากการระเหยของน้ำทะเล

ประโยชน์ใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมเคมี ผลิตโซดาแอช โซดาเค้ก และใช้ผลิตสารสังเคราะห์ต่าง ๆ ใช้ในอุตสาหกรรม

8. **เกลือโพแทช** แร่โพแทสเซียมมีหลายชนิด ที่มีคุณค่าจะเป็นพวกที่ละลายน้ำได้ที่สำคัญคือแร่ซิลไวต์ (KCl) มักอยู่ในรูปของแร่เกลือโพแทช (potash) ที่เกิดตามธรรมชาติเกิดจากการระเหยของน้ำทะเลและตกผลึกเป็นชั้นร่วมกับชั้นเกลือหิน

ประโยชน์ใช้ในทางเกษตรผลิตปุ๋ยเคมี เครื่องรถยนต์ เครื่องสำอาง เซรามิก

9. รัตนชาติ รัตนชาติหรืออัญมณีเป็นแร่ที่มีค่าสูงที่เกิดตามธรรมชาติ ลักษณะที่ทำให้รัตนชาติมีค่าขึ้นอยู่กับความสวยงาม ความหายาก ความคงทน เราอาจแบ่งรัตนชาติออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ คือ

รัตนชาติอันดับหนึ่ง (precious stone) เช่น เพชร มรกต พลอยตระกูลคอรันดัม (ทับทิม ไพลิน บุษราคัม)

รัตนชาติอันดับสอง (semi precious stone) เช่น เพทาย โกเมน นิลตะโก พลอยตระกูลควอรตซ์

รัตนชาติบางชนิดเกิดจากสารอินทรีย์ที่รู้จักกันดีคือไข่มุก นอกจากนี้ก็มีอำพัน หินปะการัง และเจตหรือแกเกต (jet or gagate)

แหล่งแร่รัตนชาติจะเกิดขึ้นได้หลายแบบเพราะแร่รัตนชาติมีมากชนิดเช่น แหล่งแร่แบบหินหนืด แบบเพกมาไทต์ แบบแปรสัมผัส แบบน้ำร้อน แบบลานแร่

ประโยชน์ของรัตนชาติใช้เป็นเครื่องประดับเพื่อความสวยงาม หรือใช้ป้องกันภัยอันตรายโรคภัยไข้เจ็บ ใช้ตกแต่งสถานที่หรือเครื่องใช้ที่สำคัญ ปัจจุบันเราใช้รัตนชาติในการทำเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่น เพชร ใช้เป็นหัวเจาะในงานสำรวจ ผงขัด ตัดกระจก หินแร่ ทับทิมเป็นเครื่องมือผลิตแสงเลเซอร์ อุตสาหกรรมอัญมณีในประเทศไทยทำรายได้เข้าประเทศมากในปัจจุบัน

10. วัสดุหิน กรวดทรายและดิน มีหิน กรวดทรายและดินหลายชนิดที่มีคุณค่าตามธรรมชาติและถูกนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างหรือในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ทำซีเมนต์ อุตสาหกรรมแก้ว ตัวอย่างเช่น หินปูน หินทราย หินชนวน หินอ่อน หินแกรนิต ศิลาแลง ดินลูกรัง ดินมาร์ล กรวดและทราย

16.5 การสำรวจแหล่งแร่

ทุกประเทศต่างก็มีทรัพยากรธรรมชาติเป็นของตนเอง แต่แตกต่างกันที่ปริมาณ คุณภาพ และความยากง่ายที่จะนำทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้มาใช้ ดังนั้น การสำรวจจึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อจะให้ได้ข้อมูลดังกล่าว การสำรวจแหล่งแร่เป็นการสำรวจโดยอาศัยข้อมูลทางธรณีวิทยาใน

การหาแหล่งแร่ มีหลายวิธี เช่น

การสำรวจเบื้องต้นจากแผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายระยะไกลจากดาวเทียม ทำให้ทราบชนิดของหิน การวางตัว และโครงสร้างของหิน ประกอบกับความรู้ของการเกิดแหล่งแร่ ทำให้ทราบว่าควรจะสำรวจแร่ใด

การสำรวจทางธรณีวิทยาของผิวโลกส่วนมากจะมุ่งบริเวณที่พบว่ามีแร่อยู่ก่อนแล้ว หรือสภาพธรณีวิทยาที่คล้ายคลึงกับแหล่งแร่ที่มีแร่อยู่ หรือวิธีธรณีเคมีโดยการเก็บตัวอย่างเศษตะกอน หิน น้ำ ไปวิเคราะห์ปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแร่ต่าง ๆ ซึ่งอาจแสดงค่าผิดปกติจากปริมาณปกติของธาตุนั้น เนื่องจากอิทธิพลของแหล่งแร่ที่มีอยู่

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ของชั้นหินใต้ผิวโลกลงไปทำให้ทราบถึงสภาพธรณีโครงสร้างและการวางตัวของชั้นหิน มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแร่และหิน เช่น วิธีสำรวจด้านแม่เหล็กจะใช้ได้ดีในการหาแร่ที่มีความเป็นแม่เหล็กสูง วิธีสำรวจแหล่งด้านแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดี วิธีสำรวจด้านความต้านทานจำเพาะ ใช้สำรวจแหล่งแร่ที่มีความต้านทานไฟฟ้าที่ดี วิธีสำรวจด้านการแผ่กัมมันตรังสี นอกจากสำรวจแร่แล้วยังใช้ในการสำรวจสภาพธรณีวิทยาได้อีก เพราะหินบางชนิดจะมีธาตุกัมมันตรังสีปะปนอยู่ในปริมาณสูง วิธีสำรวจด้านการหักเหและการสะท้อนของคลื่นแผ่นดินไหว ในการหาแหล่งน้ำบาดาล น้ำมัน

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอจะต้องใช้ข้อมูลธรณีวิทยาอื่น ๆ มาเปรียบเทียบด้วย ทำให้ทราบว่าบริเวณใดน่าจะมีแหล่งแร่หรือไม่ ทั้งนี้เพื่อกำหนดบ่อเจาะในการเจาะสำรวจอย่างละเอียด เพื่อให้รู้แน่ชัดถึงขนาดลักษณะและปริมาณของแร่ในแหล่งแร่มีมากน้อยเท่าใดจะได้ใช้ตัดสินใจว่าทำเหมืองโดยใช้วิธีใดจึงจะเหมาะสม การสำรวจแหล่งแร่ส่วนมากเป็นการสำรวจระดับตื้นหรือในระดับผิวโลกเท่านั้น

16.6 วิธีการทำเหมือง

การทำเหมืองแร่เป็นการขุดเอาแร่หรือหินออกจากแหล่งด้วยวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะของแหล่งแร่นั้น ๆ สำหรับประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณีได้บัญญัติวิธีการทำเหมืองดังนี้

1. **เหมืองสูบ** เป็นวิธีการทำเหมืองที่ทำกันมากสำหรับแหล่งแร่ดีบุกหรือทองแบบลานแร่ โดยการใช้น้ำฉีดพังดิน บางเหมืองอาจใช้รถตักดิน รถไถดิน หรือการระเบิดช่วยใน

การพังหน้าดิน ดินทรายปนแร่จะถูกน้ำฉีดให้ไหลไปรวมกัน แล้วจึงใช้เครื่องสูบ (gravel pump) สูบดินทรายปนแร่ขึ้นสู่รางกู้แร่ (palong) เครื่องสูบใช้พลังงานเครื่องยนต์หรือไฟฟ้า

2. **เหมืองฉีด** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งลานแร่ดีบุก คล้ายกับเหมืองสูบแต่ใช้กระบอกดูด (hydraulic elevator) ซึ่งใช้น้ำที่เก็บไว้ในทำนบเป็นพลังงานในการดูดดินทรายปนแร่ขึ้นรางกู้แร่

3. **เหมืองแล่น** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งลานแร่พลัด โดยใช้น้ำฉีดไปพังหน้าดิน แล้วปล่อยให้ดินปนแร่ไหลไปตามคูดินที่ขุดไว้ไปสู่รางกู้แร่ ไม่มีการสูบขึ้นเหมือนเหมืองสูบหรือเหมืองฉีด

4. **เหมืองเรือขุด** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งลานแร่เช่นเดียวกับเหมืองสูบ แต่ต้องมีพื้นที่กว้างขวางกว่ามาก ส่วนมากอยู่ในทะเล โดยเครื่องขุดล้างแร่สร้างอยู่บนโป๊ะลอยน้ำ

5. **เหมืองหาบ** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งลานแร่หรือสายแร่ระดับตื้น ใช้คนขุดและหาบแร่ไปล้าง ต่อมาเครื่องจักรอุปกรณ์ทำเหมืองวิวัฒนาการขึ้นมีการเจาะระเบิดตักแร่ใส่รถไปล้าง

6. **เหมืองเจาะง่าน** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งที่มีสายแร่ตื้นและไม่ใหญ่ โดยการขุดหรือระเบิดไปตามสายแร่เพื่อเอาแร่ออกมา การลงทุนน้อยเป็นการทำเหมืองแบบไม่ค่อยถูกหลักนัก

7. **เหมืองปล่อง** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งลานแร่ดีบุกที่อยู่ลึกแต่แร่สมบูรณ์ ใช้แรงคนหรือเครื่องจักรเจาะเป็นปล่องลงไปล้วงเอากรวดปนแร่ออกมา ปล่องเจาะติด ๆ กันและก้นหลุมทะลุถึงกันได้

8. **เหมืองอุโมงค์** เป็นวิธีการทำเหมืองในแหล่งสายแร่ขนาดใหญ่และลึก โดยเจาะอุโมงค์หรือปล่องตามสายแร่ลงไปใต้ดิน ที่ใดดินอ่อนก็มีการค้ำยันกันอุโมงค์พัง

9. **เหมืองละลาย** เป็นการทำเหมืองเกลือหิน โดยการเจาะบ่อลงไปถึงชั้นเกลือ แล้วใช้น้ำพ่นลงไปเพื่อละลายเกลือ แล้วสูบสารละลายนี้ขึ้นมาทิ้งให้ตกผลึกเป็นเกลือ

16.7 สรุป

ทรัพยากรธรณีเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ตั้งแต่สมัยโบราณ ปัจจุบันการใช้ทรัพยากรธรณีจะเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ

ทรัพยากรธรณีประเภทพลังงาน แบ่งเป็นพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติที่ได้มาจากแร่เชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่นถ่านหิน น้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน แร่เชื้อเพลิงเหล่านี้จะมีกำเนิดมาจากอินทรีย์สารที่มาสะสมกันในสภาพแวดล้อมที่อินทรีย์สารจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสารคาร์บอนหรือสารไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้แร่ก้มมันตรังสีก็จัดเป็นทรัพยากรประเภทพลังงานเชื้อเพลิงเช่นกัน พลังงานประเภทนี้จะสะสมอยู่ในโลกเป็นพลังงานที่มีจำกัด

และพลังงานไม่ใช่เชื้อเพลิง เป็นพลังงานที่ได้มาจากทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ เช่น น้ำ แสงอาทิตย์ คลื่น ลม ความร้อนใต้พิภพ เป็นแหล่งผลิตพลังงานได้ดีเช่นกัน และจะไม่มีวันสูญสิ้น จึงเหมาะสมที่จะพัฒนามาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง

ทรัพยากรธรณีประเภทสินแร่แบ่งเป็นแร่โลหะ ได้แก่ แร่ที่มีโลหะชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดสูงพอที่จะสกัดหรือถลุงเอาโลหะมาใช้ประโยชน์ได้ แบ่งเป็นโลหะมีมากและโลหะมีน้อยตามปริมาณที่พบบนเปลือกโลก แร่โลหะที่สำคัญคือ เหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ดีบุก ทังสะเตน ตะกั่ว สังกะสี พลวง ทองแดง ทองคำ

และแร่อโลหะได้แก่แร่ที่เมื่อพัฒนาแล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้เลยในรูปของแร่หรือหิน โดยไม่ต้องสกัดเอาธาตุใดธาตุหนึ่งโดยเฉพาะ แร่อโลหะที่สำคัญคือ ฟลูออไรต์ แบไรต์ ไยหิน เฟลด์สปาร์ ยิบซัม ฟอตเฟต เกลือหิน เกลือโพแทช รัตนชาติ วัสดุหิน กรวดและทราย ดิน

แหล่งแร่ต่าง ๆ จะแบ่งออกได้ 3 ประเภทตามลักษณะการเกิดได้ดังนี้

1. แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการหินอัคนี
   - แหล่งแร่แบบหินหนืด
   - แหล่งแร่แบบเพกมาไทต์
   - แหล่งแร่แบบน้ำร้อน
   - แหล่งแร่แบบแปรสัมผัส
2. แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการผุพังและน้ำใต้ดิน
   - แหล่งแร่แบบสะสมหลังการผุพังหรือแบบศิลาแลง

แหล่งแร่แบบตกตะกอนใหม่

3. แหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการหินตะกอน

แหล่งแร่แบบลานแร่

แหล่งแร่แบบชั้นหินตะกอน

การสำรวจแหล่งแร่เพื่อนำมาใช้หรือให้ทราบปริมาณสำรองของแร่ต่าง ๆ ในโลกมีหลายวิธี เช่น ศึกษาจากภาพถ่ายทางอากาศ จากแผนที่ทางธรณีวิทยา การสำรวจทางธรณีวิทยา การสำรวจทางธรณีวิทยาของผิวโลก สำรวจทางธรณีฟิสิกส์

การทำเหมืองแร่ในประเทศไทยแบ่งออกได้หลายวิธี เช่น เหมืองสูบ เหมืองฉีด เหมืองแล่น เหมืองเรือขุด เหมืองหาบ เหมืองเจาะงัน เหมืองปล่อง เหมืองอุโมงค์ เหมืองละลาย

แบบฝึกหัดบทที่ 16

1. อะไรคือความเหมือนและความแตกต่างระหว่างทรัพยากรธรณีกับทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ
2. อธิบายถึงปัญหาและการแก้ปัญหาของการใช้ทรัพยากรแร่
3. อธิบายถึงแหล่งที่มาของพลังงานเชื้อเพลิง
4. จงบอกและอภิปรายแหล่งพลังงานของโลกในอนาคตที่จะนำมาทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง
5. อธิบายถึงการเกิดและคุณสมบัติของถ่านหิน
6. อธิบายขั้นตอนในการเกิดน้ำมันจนกระทั่งถูกกักเก็บไว้ให้เรานำขึ้นมาใช้ประโยชน์
7. แก๊สธรรมชาติจะมีการเกิดเหมือนกับแร่เชื้อเพลิงตัวใด มีคุณสมบัติและแบ่งออกเป็นกี่ประเภท อธิบาย
8. อธิบายการเกิดและคุณสมบัติของทรายน้ำมัน
9. อธิบายการเกิดและคุณสมบัติของหินน้ำมัน
10. อธิบายแหล่งแร่ที่เกิดจากกระบวนการหินอัคนี
11. กระบวนการผุพังและน้ำใต้ดินทำให้เกิดแหล่งแร่ได้อย่างไร
12. แหล่งแร่แบบใดที่เกิดจากกระบวนการหินตะกอน
13. ทำไมเราต้องสำรวจหาแหล่งลานแร่ก่อนในการที่จะทำเหมืองทอง
14. บอกชื่อสินแร่สำคัญ ๆ ของเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ดีบุก ทังสะเตน ตะกั่ว สังกะสี พลวง ทองแดง
15. บอกชื่อแร่อโลหะที่สำคัญพร้อมทั้งอธิบายมา 5 ชนิด
16. อธิบายคุณสมบัติและประโยชน์ของแร่รัตนชาติ
17. วิธีการทำเหมืองแร่ในประเทศไทยมีกี่วิธี อะไรบ้าง
18. อธิบายการสำรวจแหล่งแร่