

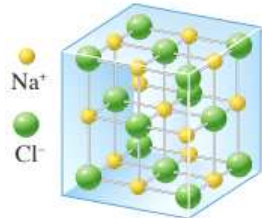
Chapter 2. 지질과 지사학



제1절 지각의 물질

I. 광물의 구조

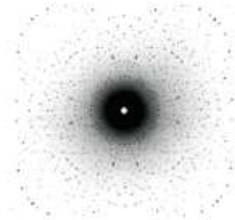
1. 광물의 조건: 광물이란, 자연적으로 만들어진 고체의 무기물이나 화합물을 말하며, 일정한 화학 조성과 규칙적인 내부 결정 구조로 되어 있다. ex) 암염($NaCl$)



암염의 결정 구조

- 지구의 지각은 암석으로 구성되어 있고, 암석을 구성하는 기본 물질은 광물이다.

- (1) 고체의 무기물: 동식물에 의해 직접 만들어지지 않은 고체 물질
- (2) 일정한 화학 조성: 광물은 원소 또는 화합물로 이루어져 있다.
- (3) 규칙적인 결정 구조: 광물은 구성 원자들이 규칙적으로 배열되어 있다.
 - ① 원자가 규칙적으로 배열된 것을 결정질이라고 한다.
 - ② 광물 내부의 규칙적인 원자 배열을 알아내는 방법: 광물에 X선을 통과시키면 규칙적으로 배열된 점무늬(라우에 점무늬)가 나타난다.



라우에 점무늬

③ 광물은 대부분 결정질(석영, 암염 등)이다. 비결정질에는 유리, 흑요석, 단백질 등이 있다.

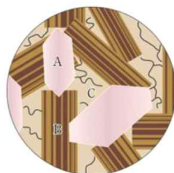
2. 광물의 성질

(1) 광물의 결정

광물 중 원자나 이온의 규칙적인 배열에 따라 독특한 외형을 이루는 것을 결정이라고 한다. 광물의 결정은 종류에 따라 그 모양이 다르다.

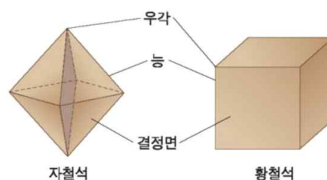
1) 외형이 발달한 결정면의 형태에 따른 분류:

- ① 자형: 외부 방해받지 않고 자신의 고유한 결정형을 가진 형태로서 고온에서 정출된다.
- ② 반자형: 고온에서 먼저 정출된 광물의 방해받지 않고 일부 받지만 고유한 결정면을 가진 형태이다.
- ③ 타형: 먼저 정출된 광물의 결정들 사이에서 성장하여 고유한 결정면을 갖추지 못한 형태로 저온에서 정출된다.



A: 자형, B: 반자형, C: 타형

자형, 반자형, 타형



자형

결정형

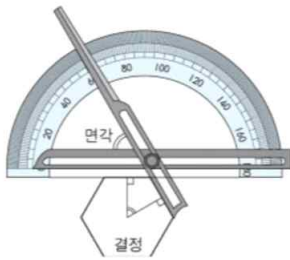
결정의 3요소

2) 오일러의 법칙

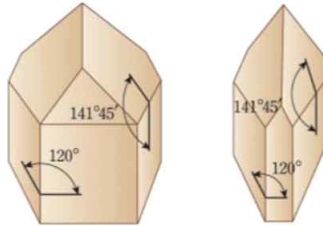
하나의 결정에서 결정면의 수를 F , 우각의 수를 S , 능의 수를 E 라고 하면 다음과 같은 관계식이 성립한다. $F + S = E + 2$

3) 면각 일정의 법칙

같은 종류의 광물에서는 결정면의 외형이나 크기가 다르더라도 대응하는 면각이 항상 일정하다. 접촉 측각기나 반사 측각기를 이용하여 측정한다.



면각의 측정(접촉 측각기)



면각 일정의 법칙

2) 결정계

결정계	등축정계	정방정계	육방정계	사방정계	단사정계	삼사정계
결정계의 요소	$x=y=z$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$x=y \neq z$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$x_1=x_2=x_3$ $x \perp z, \theta=60^\circ$	$x \neq y \neq z$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$x \neq y \neq z$ $\alpha=\gamma=90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	$x \neq y \neq z$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
간단한 결정형						
광물 예	금강석, 형석, 압염	지르콘, 황동석, 회중석	석영, 방해석, 흑연	자연황, 황옥, 감람석	정장석, 보통휘석, 석고	사장석, 납정석, 규회석

(2) 광물의 물리적 성질

1) 색: 광물마다 나타나는 고유한 색깔

① 광물의 색은 광물 고유의 화학 조성, 결정 구조의 영향을 받아 서로 다른 파장의 빛을 선택적으로 흡수 또는 반사하여 나타내거나 불순물 등에 의해 결정된다.

② 규산염과 결합하는 양이온의 종류에 따라 유색 광물과 무색 광물로 구분한다.

- 유색 광물: Fe, Mg 함량이 높아 어둡게 보인다.

ex) 감람석, 휘석, 각섬석, 흑운모 등

- 무색 광물: Na, K 함량이 높아 투명하거나 흰색, 밝은색으로 보인다.

ex) 석영, 사장석, 정장석 등

2) 조흔색: 조흔색 광물을 조흔판(조별구이 도자기 판)에 굽었을 때 묻어 나오는 가루의 색

광물					
색	노란색	노란색	검은색	검은색	적갈색
조흔색	노란색	녹흑색	검은색	검은색	적갈색

3) 쪼개짐과 깨짐

① 쪼개짐

광물에 물리적인 힘을 가했을 때 광물이 특정한 방향으로 갈라지는 성질
- 결합력이 약한 면을 따라 나타난다.



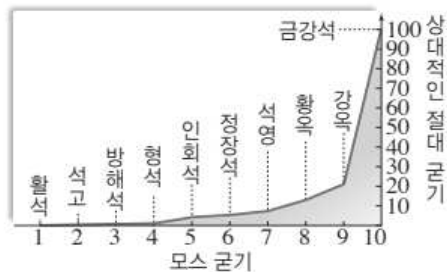
② 깨짐

- 광물에 물리적인 힘을 가했을 때 광물이 방향성 없이 불규칙하게 갈라지는 성질
- 모든 방향으로 결합력이 비슷한 경우에 나타난다.



4) 굳기(경도): 광물의 단단한 정도

- ① 광물을 구성하는 원자나 이온의 밀도가 클수록, 화학적 결합력이 강할수록 광물이 단단하다.
- ② 두 광물을 서로 긁었을 때 긁히는 쪽이 더 무르다.
- ③ 모스 굳기계: 모스가 정한 표준 광물 10개의 상대적인 굳기 순서 → 모스 굳기 숫자가 클수록 단단한 광물이다.



5) 광택

광택 광물 표면에서 반사되는 빛에 대한 느낌으로, 금속광택과 비금속 광택으로 구분한다. 비금속 광택에는 유리 광택, 진주 광택, 견사 광택, 지방 광택 등이 있다.



방연석의 금속 광택

6) 광물의 또 다른 물리적 성질

- ① 비중: 같은 부피의 4° C 물의 질량에 대한 광물의 질량비로, 같은 종류의 광물은 비중이 같다.
- ② 자성: 광물에 자석을 가까이 대면 달라붙는 성질. ex) 자철석

(3) 광물의 화학적 성질

1) 동질이상: 화학 성분은 같지만, 생성 온도와 압력 조건에 따라 결정 구조가 달라 서로 다른 성질을 갖는 광물

- ① 금강석과 흑연(C)
- ② 홍주석, 남정석, 규선석(Al_2SiO_5)
- ③ 방해석, 아라고나이트($CaCO_3$)

2) 유질동상: 유사한 화학 성분을 가지고 있으면서 동일한 결정 구조를 지니는 광물을 유질동상이라고 한다.

- 방해석($CaCO_3$), 능철석($FeCO_3$), 마그네사이트($MgCO_3$) → 모두 육방정계

3) 고용체: 광물의 고정 비율이 어느 범위 내에서 변하면서 일정한 결정 구조를 가지는 광물을 말한다. 따라서 비중이 일정한 범위 안에서 변한다. 고용체 성분은 생성되는 온도에 따라 결정되므로 성분을 분석하면 생성 온도를 알아낼 수 있다.

- 감람석($Mg_2SiO_4 - Fe_2SiO_4$)

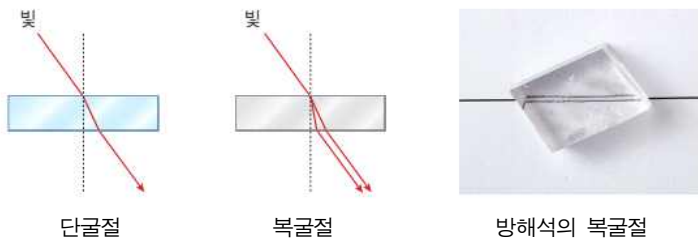
(4) 광물의 광학적 성질

1) 자연광과 편광: 자연광은 진행 방향에 수직인 모든 방향으로 진동하지만, 편광판을 통과한 빛은 한 방향으로만 진동하는데, 이를 편광이라고 한다.

2) 단굴절과 복굴절

① 단굴절: 빛이 광물 내부를 통과할 때 방향과 관계없이 빛의 속도가 일정하여 한 방향으로 굴절하는 현상으로, 등방체 광물(광학적 등방체)에서 일어난다. ex) 압연, 형석 등

② 복굴절: 빛이 광물 내부를 통과할 때 빛의 속도가 진행 방향에 따라 달라져 진동 방향이 서로 수직인 두 개의 광선으로 갈라지면서 굴절하는 현상으로, 이방체 광물(광학적 이방체)에서 일어난다. ex) 방해석, 석영, 흑운모, 각섬석 등



3) 투명 광물과 불투명 광물

① 투명 광물: 석영, 방해석과 같이 빛이 통과할 수 있는 광물로, 조암광물 중에서 규산염 광물은 모두 여기에 속한다. 복굴절 여부에 따라 광학적 등방체와 광학적 이방체로 구분한다.

② 불투명 광물: 황철석, 방연석 등과 같이 빛이 통과할 수 없는 광물로 대부분 금속 광물이다.

③ 이방체와 등방체: 복굴절이 나타나는 광물을 이방체라 하고, 빛이 한 갈래로 굴절하는 단굴절이 일어나는 광물을 등방체라고 한다.

4) 편광 현미경: 편광판을 이용한 현미경으로, 광물의 광학적 성질을 관찰할 수 있다.

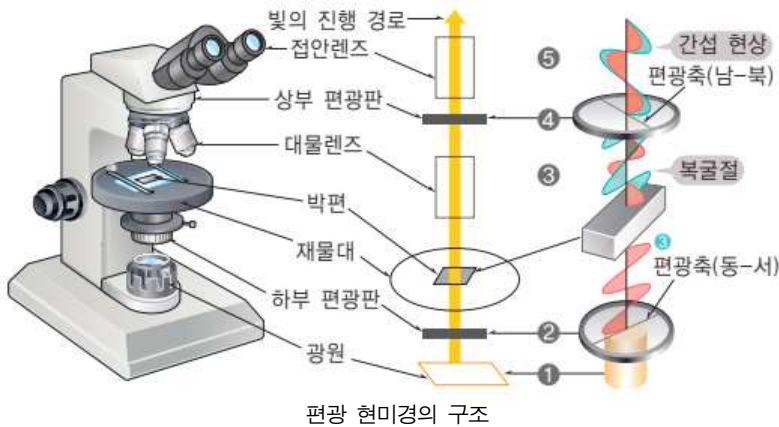
① 편광 현미경의 구조

- 재물대(회전 재물대)를 기준으로 위에는 상부 편광판, 아래에는 하부 편광판이 있다.

- 하부 편광판은 편광 현미경에 고정되어 있고, 상부 편광판은 끼웠다 뺐다 할 수 있다.

- 일반적으로 하부 편광판은 동서 방향으로 진동하는 빛만 통과시키고, 상부 편광판은 남북 방향으로 진동하는 빛만 통과시킨다. → 상부 편광판과 하부 편광판은 빛이 통과하는 방향이 서로 수직이다.

- 재물대 위에 광물 박편이나, 암석 박편을 놓고 관찰하며, 재물대는 360° 회전시킬 수 있다.



편광 현미경의 구조

- ① 광원에서 나오는 빛이 사방으로 진동한다.
- ② 빛이 동-서 방향으로 진동한다.
- ③ 빛이 이방체 광물을 통과하면 복굴절이 일어난다.
- ④ 빛이 남-북 방향으로 진동한다.
- ⑤ 복굴절 된 빛이 간섭을 일으켜 광학적 성질을 관찰할 수 있다.

② 편광 현미경을 이용한 광물 관찰

- 개방 니콜과 직교 니콜

· 개방 니콜: 상부 편광판을 뺀 상태로, 광물의 투명성, 색, 다색성, 결정형, 입자 크기, 쪼개짐 등을 관찰할 수 있다.

· 직교 니콜: 상부 편광판을 끼운 상태로, 간섭색, 소광 등을 관찰할 수 있다.

- 개방 니콜 상태에서 관찰할 수 있는 광물의 광학적 성질

· 색: 하부 편광판을 통과한 빛이 광물을 통과할 때 광물에 흡수되어 나타나는 현상

· 다색성: 재물대를 돌리면 광축 방향에 따라 광물이 빛을 흡수하는 정도가 달라져 색과 밝기가 미세하게 변하는 현상 → 이방체 광물 중 유색 광물에서만 나타난다. ex) 흑운모, 각섬석 등

- 직교 니콜 상태에서 관찰할 수 있는 광물의 광학적 성질

· 간섭색: 이방체 광물을 관찰할 때 복굴절로 만들어진 두 방향의 빛이 서로 간섭을 일으켜 나타나는 현상

· 소광 현상: 상부 편광판을 통과한 빛이 전혀 없어 어둡게 보이는 현상으로, 재물대를 돌리면 등방체 광물은 항상 어둡게 보이는 완전 소광이 관찰되고, 이방체 광물은 90° 마다 한 번씩 광물이 어두워진다.

③ 재물대 위에 박편이 없는 상태에서 직교 니콜로 관찰하면 암흑 상태로 보인다.

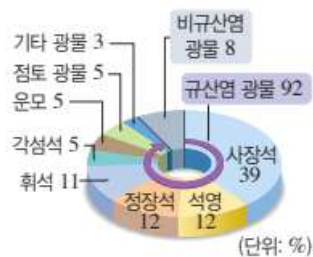
→ 까닭: 상부 편광판을 통과한 빛과 하부 편광판을 통과한 빛이 수직이기 때문이다.

3. 조암광물

(1) 조암광물: 지각의 약 90% 이상을 이루고 있는 20여 종의 광물

1) 조암광물은 크게 규산염 광물과 비규산염 광물로 구분한다.

2) 지각과 맨틀을 구성하는 광물은 대부분 규산염 광물이다.

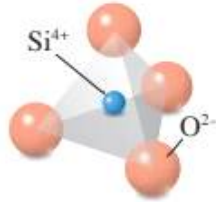


조암광물의 부피비

(2) 규산염 광물

규산염 사면체를 기본 구조로 한다.

- 1) 규산염 사면체(SiO_4 사면체): 중심에 규소 이온(Si^{4+})이 있고, 네 개의 꼭짓점에 산화 이온(O^{2-})이 위치하여 규산염 사면체(SiO_4^{4-})를 이룬다.



규산염 사면체

- 2) 규소 이온은 산화 이온에 비해 크기가 작다.

3) 규산염 광물의 결합구조: 규산염 사면체에 양이온이 결합하거나 규산염 사면체끼리 산소를 공유하여 다양한 구조의 규산염 광물이 만들어진다.

- (1) 독립형 구조: 각 사면체는 다른 규산염 사면체와 결합하지 않아 공유하는 산소가 없다.
- (2) 단사슬 구조: 규산염 사면체의 산소 2개가 공유 결합하여 1개의 긴 사슬 모양을 이룬다.
- (3) 복사슬 구조: 산소 2개를 공유하는 규산염 사면체와 산소 3개를 공유하는 규산염 사면체가 교대로 배열되어 2개의 단사슬 사면체 구조가 연결된 형태이다.
- (4) 판상 구조: 규산염 사면체가 산소 3개를 인접한 사면체와 공유하여 판 모양으로 연결된다.
- (5) 망상 구조: 규산염 사면체끼리 산소 4개를 모두 공유하여 입체 모양으로 연결된다.

광물	감람석	휘석	각섬석	흑운모	석영
구조	독립상	단사슬	복사슬	판상	망상
SiO_4 사면체 구조					
결정형	짧은 기둥 모양	짧은 기둥 모양	가늘고 긴 기둥 모양	육각형의 판 모양	육각 기둥 모양
정출 온도	고온 ←————→ 저온				
뜨개짐	없음	2방향	2방향	1방향	없음
화학식	SiO_4	SiO_3	Si_2O_7	Si_2O_5	SiO_2
공유 산소 수	적음 ←————→ 많음				
풍화 안정도	약함 ←————→ 강함				

(3) 비규산염 광물

- 1) 탄산염 광물: CO_3^{2-} (탄산 이온) 방해석, 백운석
- 2) 산화 광물: O^{2-} (산화 이온) 자철석, 적철석, 강옥
- 3) 황화 광물: S^{2-} (황화 이온) 황철석, 황동석, 방연석
- 4) 황산염 광물: SO_4^{2-} (황산 이온) 석고, 중정석
- 5) 할로젠화 광물: F^- (플루오린화 이온), Cl^- (염화 이온), Br^- (브로민화 이온), I^- (아이오딘화 이온), 암염, 형석
- 6) 원소 광물: 다른 원소와 결합하지 않은 광물. Au (금), Ag (은), Cu (구리) 등

II. 암석

지각을 이루는 암석은 그 생성 원인에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암으로 구분할 수 있다.

1. 화성암

지구 내부의 지각이나 상부 맨틀의 물질이 녹아 이루어진 고온의 규산염 용융체를 마그마라고 하고, 지표로 흘러나온 것을 용암이라고 하는데, 마그마나 용암이 굳어서 생성된 암석을 화성암이라고 한다.

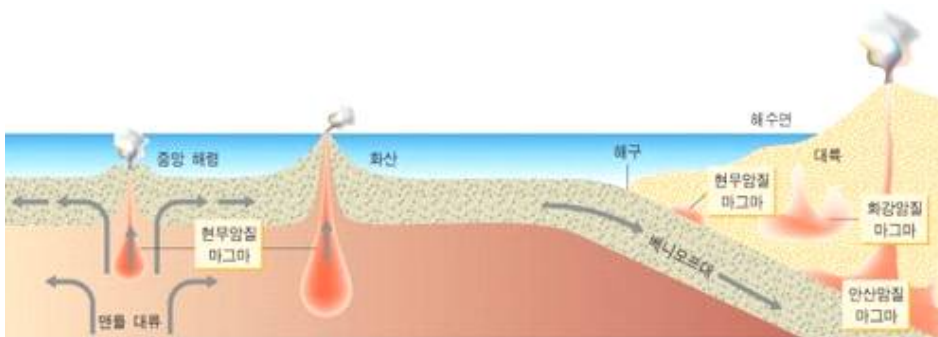
(1) 마그마의 생성

마그마는 상부 맨틀이나 지각 하부의 특정 조건이 갖추어진 지역에서 생성된다.

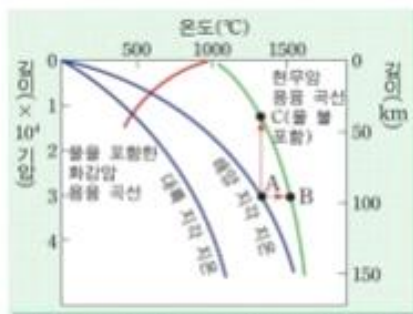
1) 마그마의 종류: 일반적으로 화학 조성(SiO_2 함량)에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질(화강암질) 마그마로 구분한다.

① 현무암질 마그마의 생성 : (A→C) 해령 하부에서 맨틀 대류의 상승으로 압력이 낮아지는 경우, (A→B) 열점에서 온도가 상승하는 경우, (A→C) 뜨거운 플룸의 상승으로 압력이 낮아지는 경우 생성된다. 수렴대의 경우 용융점이 낮아져서 현무암질 마그마가 생기기도 한다.

② 화강암질 마그마의 생성 : 물을 포함한 화강암의 경우 현무암보다 용융 온도가 낮아 해양판이 대륙판 밑으로 섭입되는 베니오프대(섭입대)와 접해있는 대륙판의 하부에서 화강암질(또는 안산암질) 마그마가 생성된다.



마그마 생성 장소의 종류



깊이에 따른 지온분포 곡선과 용융온도 곡선

2) 마그마의 성분

마그마의 주성분은 지구의 구성 원소인 $O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg$ 등으로 이루어져 있으며, 이러한 성분이 SiO_2, Al_2O_3 등과 같은 산화물의 형태로 나타난다. 가장 풍부한 성분은 SiO_2 이다.

3) 결정 분화 작용(보엔의 반응 계열)

마그마가 냉각되어 광물이 만들어질 때 용융점이 높은 광물부터 정출되고, 용융점이 낮은 광물은 나중에 정출이 되게 된다. 이러한 과정 동안 마그마의 성분이 변하게 되는데 이것을 마그마의 분화 작용이라고 한다. 보엔의 반응 계열이라고도 하는데, 마그마의 분화 작용을 설명하기 위해서 보엔이 제안했으며 광물이 정출되는 순서를 온도에 따라서 나타내었다. 불연속 반응 계열과 연속 반응 계열로 나뉘며 다음과 같이 표현된다.



보엔의 반응 계열

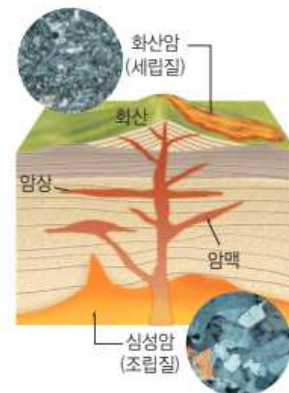
- 결정 분화가 진행될수록 SiO_2 , K_2O , Na_2O 는 증가하고, MgO , CaO , $FeO + Fe_2O_3$ 는 감소한다.

4) 화성암의 산출 상태

① 분출암: 마그마가 지각의 갈라진 틈이나 화산체의 분화구를 통해 분출하여 굳어진 암석, 용암류의 형태로 흘러나와 굳은 화성암체.

② 관입암: 마그마가 지표 쪽으로 상승하는 도중 지하 깊은 곳이나 지표 가까이에서 관입하여 굳어진 화성암체.

- 저반: 면적이 약 $200km^2$ 이상인 거대한 화성암체
- 암주: 주로 저반의 일부이며 위쪽으로 뾰족하게 솟아오른 화성암체
- 암상: 지층에 수평으로 관입한 판상의 화성암체
- 병반: 암상과 비슷하게 관입하여 렌즈 모양으로 관입한 화성암체
- 암맥: 마그마가 암석의 틈을 따라 비스듬히 관입하여 맥상으로 형성된 화성암체
- 암경: 화구로 연결되는 분화구를 따라 굳어진 기둥 모양의 화성암체



화성암의 산출 상태

5) 화성암의 분류

화성암은 암석의 조직과 구성 광물의 화학 조성에 따라 분류한다.

① 조직에 따른 화성암 분류: 구성 광물의 크기, 마그마 냉각 속도, 산출 상태에 따른 분류

- 화산암: 마그마가 지표로 분출하여 빨리 냉각되어 구성 광물의 크기가 작은(세립질) 암석
- 반심성암: 마그마가 비교적 얇은 깊이까지 올라와 냉각되어 굳은 암석
- 심성암: 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 구성 광물의 크기가 큰(조립질) 암석

② 화학 조성(SiO_2 함량)에 따른 화성암 분류

- 염기성암: SiO_2 52% 이하, 현무암질 마그마가 식어 만들어진 암석, 고철질암이라고도 하며, 유색 광물 함량이 많아 어두운색을 띤다.
- 중성암: SiO_2 52%~63%, 안산암질 마그마가 식어 만들어진 암석.
- 산성암: SiO_2 63% 이상, 유문암질 마그마가 식어 만들어진 암석, 규장질암이라고도 하며, 무색 광물의 함량이 많아 밝은색을 띤다.

6) 마그마가 만든 지형

- ① 화산암 지형: 제주도, 울릉도, 독도, 철원 일대, 백두산 등
 - 현무암과 주상절리, 용암대지가 발달했다.
- ② 심성암 지형: 금강산, 설악산, 북한산, 수락산, 불암산 등
 - 화강암과 관상절리, 화강암 돔이 발달했다.

SiO ₂ 함량		52 %	63 %	
산출 상태	분류	염기성암 (고철질암)	중성암	산성암 (규장질암)
		조직	어두운색 ← (색) → 밝은색	(많은 원소) → Na, K, Si
		조직 밀도	← 3.2 g/cm ³ →	→ 2.7 g/cm ³
화산암	세립질이나 유리질	현무암	안산암	유문암
반심성암	조립질	휘록암	섬록 반암	석영 반암
심성암		반려암	섬록암	화강암
조암 광물의 함량(부피비) (%)		80	60	40
무색 광물		40	20	20
유색 광물		20	40	80

화성암의 조직과 화학 조성에 따른 분류

2. 퇴적암

지표의 암석이 풍화·침식 작용을 받은 쇄설물이나 화산쇄설물, 생물의 유해 등이 쌓여서 숙성작용을 받아 굳어져서 생성된 암석을 퇴적암이라고 한다.

(1) 퇴적 환경

퇴적물이 쌓이는 곳 → 육상 환경, 연안 환경, 해양 환경으로 구분한다.



- ① 육상 환경: 육지 내에 주로 쇄설성 퇴적물이 퇴적되는 곳. ex) 선산지, 강, 호수, 사막, 범람원, 빙하 등
- ② 연안(전이) 환경: 육상 환경과 해양 환경 사이에 있는 곳. ex) 삼각주, 해빈, 사주, 석호 등
- ③ 해양 환경: 가장 넓은 면적을 차지하는 퇴적 환경. ex) 대륙붕, 대륙 사면, 심해저 평원 등

(2) 퇴적암의 분류: 구성 물질의 기원에 따라 구분

① 쇄설성 퇴적암: 암석이 풍화, 침식을 받아 생성된 입자나 화산 분출물이 쌓여 만들어진 퇴적암.

역암	사암	세일	응회암
자갈, 모래, 점토	모래, 점토	점토	화산재

② 화학적 퇴적암: 물속에 녹아 있던 석회 물질, 규질, 산화철, 염분 물질이 침전하거나 물이 증발함에 따라 잔류하여 만들어진 퇴적암

		
석회암 탄산 칼슘(CaCO ₃)	처트 규질	암염 염화 나트륨(NaCl)

③ 유기적 퇴적암: 생물의 유해나 골격의 일부가 쌓여서 만들어진 퇴적암

		
석탄 식물체	석회암 석회질 생물체	처트 규질 생물체

(3) 퇴적 구조

퇴적 장소와 퇴적 환경에 따라 퇴적암에 나타나는 특징적인 구조 → 퇴적 당시의 환경을 추정하거나 지층의 상하 관계를 밝히는 데 이용된다.

1) 사층리

① 물이나 바람의 방향이 자주 변하는 환경에서 층리가 기울어진 상태로 쌓인

퇴적 구조

② 퇴적 환경: 사막이나 하천

③ 과거 물이 흘렀던 방향이나 바람이 불었던 방향을 알 수 있다.

2) 점이 층리

① 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 작아지는 퇴적 구조

② 퇴적 환경: 심해저

③ 저탁류로 형성되는 쇄설성 퇴적암에 잘 나타난다.

3) 연흔

① 물결의 영향으로 퇴적물 표면에 생긴 물결 모양이 남은 퇴적 구조

② 퇴적 환경: 수심이 얇은 곳

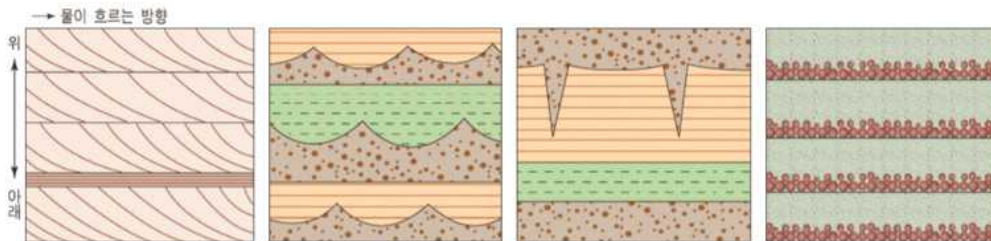
③ 물의 흐름이 양쪽으로 반복적으로 나타나면 대칭 형태를 보이고, 한 방향으로 나타나면 비대칭 형태를 보인다.

4) 건열

① 건조한 환경에 노출되어 퇴적물 표면이 V자 모양으로 갈라진 퇴적 구조

② 퇴적 환경: 건조 기후 지역

③ 점토처럼 입자가 매우 작은 퇴적물이 수면 위의 건조한 환경에 노출되었을 때 만들어진다.



퇴적 구조(사층리, 연흔, 건열, 점이층리)

(4) 퇴적암의 형성

퇴적물이 오랜 세월을 걸쳐 다져지고 굳어져서 단단한 퇴적암이 되는 과정을 속성작용이라고 하고 다짐 작용과 교결작용으로 구분할 수 있다.

1) 다짐 작용: 퇴적물이 오랫동안 쌓여 아래의 퇴적물이 위에 쌓인 퇴적물에 눌리면서 퇴적물 입자 사이의 간격이 좁아져 치밀하게 다져지는 작용

2) 교결작용: 지하수에 녹아 있던 석회 물질, 규질, 산화철 등이 퇴적물 사이에 침전되어 퇴적물 입자 사이의 간격을 메우며 서로 붙여 굳어지게 하는 작용

(5) 우리나라의 퇴적암 지형

1) 전라북도 부안군 채석강

- ① 형성 시기: 중생대 말기
- ② 퇴적 환경: 호수
- ③ 주요 퇴적암: 역암, 사암
- ④ 연흔, 층리, 단층, 습곡이 관찰된다.
- ⑤ 해식 절벽, 해식 동굴이 관찰된다.



2) 전라북도 진안군 마이산

- ① 형성 시기: 중생대 말기
- ② 퇴적 환경: 호수와 호수 주변부
- ③ 주요 퇴적암: 역암
- ④ 융기하여 차별 침식을 받아 형성된 지형으로, 표면에 타포니가 많다.



3) 강원도 태백시 구문소

- ① 형성 시기: 고생대 초기
- ② 퇴적 환경: 바다
- ③ 주요 퇴적암: 셰일, 석회암
- ④ 연흔과 건열이 관찰된다.
- ⑤ 고생대 삼엽충 화석이 발견된다.



4) 경상남도 고성군 덕명리 해안

- ① 형성 시기: 중생대 말기
- ② 퇴적 환경: 호수와 호수 주변부
- ③ 주요 퇴적암: 사암, 셰일
- ④ 연흔과 건열이 관찰된다.
- ⑤ 공룡 발자국과 새 발자국 화석이 발견된다.



5) 제주도 한경면 수월봉

- ① 형성 시기: 신생대 말기
- ② 퇴적 환경: 수성 화산 활동
- ③ 주요 퇴적암: 응회암
- ④ 층리와 화산탄 때문에 퇴적층이 눌린 구조가 관찰된다.



3. 변성암

암석이 원래의 조건보다 높은 온도와 압력 조건에 놓이면 고체상태를 유지하면서 새로운 광물을 성장시키는 재결정 작용이 일어나서 다른 암석으로 바뀌게 되는데 이를 변성 작용이라고 하고 이렇게 만들어진 암석을 변성암이라고 한다.

(1) 변성 작용

1) 접촉 변성 작용: 마그마가 기존의 암석을 관입할 때 열에 의해 마그마의 접촉부를 따라 좁은 범위에서 일어나는 변성 작용

- ① 혼펠스 조직: 재결정 작용을 받아 생성된 광물들이 방향성 없이 맞물려 있으며, 치밀하고 단단하게 짜인 조직 ➡ 혼펠스에서 잘 나타난다.

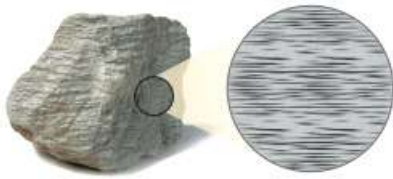
② 입상 변정질 조직: 재결정 작용을 받은 광물 입자가 크고, 크기가 고르며, 방향성이 없이 맞물려 있는 조직 → 규암, 대리암 등에서 잘 나타난다.

2) 동력 변성 작용: 섭입대와 같이 양측에서 미는 힘이 작용하는 경우 암석에 비틀리는 힘이 가해진다. 이런 곳에서는 주로 압력에 의한 변성 작용이 나타날 수 있다. 이런 강한 비틀림 작용을 받아 변성된 암석을 압쇄암이라고 한다.

3) 광역 변성 작용(동력 열변성 작용): 지구 내부로 들어갈수록 상부의 무게 때문에 압력이 증가하며 온도도 증가한다. 따라서 깊이가 증가할수록 변성 정도가 증가하며 온도와 압력이 모두 작용하는 변성 작용이 일어난다. 변성 범위는 비교적 넓은 범위에서 일어나며 광물 입자가 재배열된 엽리가 나타난다.

① 엽리: 암석에 일정한 방향으로 압력이 작용하면 광물이 압력에 수직인 방향으로 배열되어 평행한 줄무늬가 나타나는 조직으로, 엽리에는 편리와 편마 구조가 있다.

- 편리: 세립질 암석에 압력이 가해져 광물이 얇은 판상으로 배열된 조직 → 편암에 잘 나타난다.

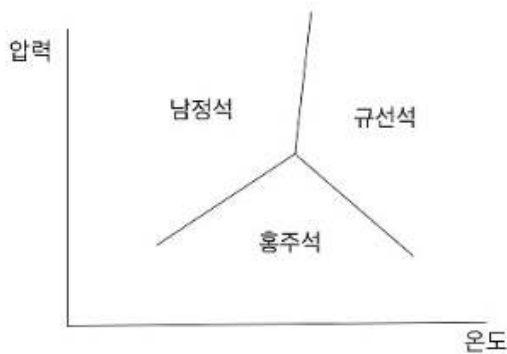


- 편마 구조: 조립질 암석에 압력이 가해지거나 편리가 있는 암석이 재결정 작용을 받아 유색 광물과 무색 광물이 재배열되면서 이루는 두꺼운 줄무늬 조직 → 편마암에 잘 나타난다.



(2) 변성 광물의 생성

화학 조성이 Al_2SiO_5 로 동일이상 관계인 홍주석, 남정석, 규선석은 안정하게 존재할 수 있는 온도와 압력의 범위가 각각 다르다. 이와 같은 자료는 실험을 통해 밝혀진 것인데 이를 이용하면 조산대 내에서의 압력과 온도변화 등을 알아낼 수 있다.



→ 홍주석은 저온·저압 환경에서 생성되고, 남정석은 저온·고압, 규선석은 고온·고압 환경에서 생성된다는 것을 알 수 있다. 또한 각각의 생성 조건 상태에서 안정하다. 세 선의 교점은 세 광물이 공존할 수 있는 조건으로 삼중점이라고도 한다.

(3) 변성암의 분류와 종류

변성 작용	기존 암석	변성암	변성암의 조직	
접촉 변성 작용	세일	혼펠스	혼펠스 조직	엽리가 없음
	사암	규암	입상 변정질 조직	
	석회암	대리암		

광역 변성 작용	세일	점판암	세립질 ↕ 조립질	쪼개짐 ↕ 편마 구조	엽리가 발달함
		천매암			
		편암			
		편마암			
	변성도 증가				
현무암	각섬암	엽리가 발달함			
화강암	(화강) 편마암				

(4) 변성암과 지형

1) 인천광역시 옹진군 대이작도, 백령도

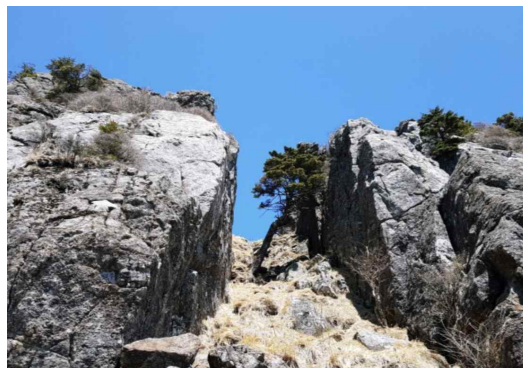
- ① 우리나라에서 가장 오래된(약 25억 년 전) 변성암 존재
- ② 습곡, 단층 등의 지형이 나타남.
- ③ 선캄브리아대 후기 규암층이 넓게 분포
- ④ 해식 절벽, 해식 동굴, 콩돌해변 등이 나타남.

2) 지리산

- ① 대부분 선캄브리아대 변성암인 편마암으로 구성.
- ② 최고봉인 천왕봉은 중생대 섬록암.



옹진군 대이작도 혼성암



지리산 천왕봉 인근 섬록암

제2절 지표의 변화

I. 풍화작용

암석이 대기나 물, 기온변화, 생물의 작용 등에 의해 부서져 토양이 되는 작용을 풍화작용이라고 한다. 기계적 풍화, 화학적 풍화, 생물학적 풍화로 분류할 수 있으며 이러한 풍화작용이 함께 진행된다.

1. 기계적 풍화 작용

암석의 성분 변화 없이 물리적인 힘으로 인해 잘게 부서지는 현상으로 식물의 뿌리, 기온변화, 물의 동결 작용, 압력의 감소 등에 의해 일어난다.

(1) 기계적 풍화 작용이 우세한 장소

고위도의 한랭한 지역이나 고산지대, 건조한 사막 지역 등에서 우세하게 일어난다.

(2) 기계적 풍화작용의 종류

1) 박리 작용

① 암석 위의 두꺼운 토양층이 제거되면, 암석층을 이루고 있던 압력이 감소하고 이로 인해 암석이 팽창하면서 양파껍질처럼 얇게 벗겨지며 부서진다.

② 판상절리가 발달한다.



2) 물의 동결 작용

① 암석의 틈으로 스며든 물이 얼면서 부피가 증가하면 틈이 더 벌어지면서 쪼개진다.

② 산사면 아래 테일러스(부서진 돌무더기)가 생성된다.



3) 결정 작용

① 암석의 틈 속에 스며든 물이 증발하면서 물에 녹아 있던 광물 성분이 침전되어 결정으로 성장하게 되고, 주위에 압력을 가해 암석이 쪼개진다.

② 바위산에 타포니(암석 절벽에서 약한 부분이 풍화되어 둥글게 떨어져 나간 벌집 모양의 지형) 구조가 나타난다.



2. 화학적 풍화 작용

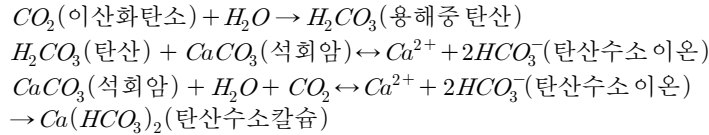
물, 이산화탄소, 산소 등에 의해 암석의 광물 성분이 변하거나 용해되어 풍화되는 작용이다.

(1) 화학적 풍화작용이 우세한 장소

물을 매개로 해서 일어나므로 고온 다습한 지역에서 잘 일어난다(열대, 해안지역 등).

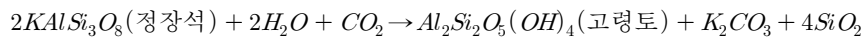
(2) 화학적 풍화 작용의 종류

1) 탄산 작용(용해 작용): 이산화탄소가 용해되어있는 물의 침투로 용해되는 작용으로 석회암 지대에서 잘 나타나 특유의 지형을 만든다. 물속에 녹은 이산화탄소는 석회암을 쉽게 용해한다.

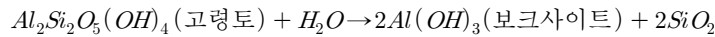


2) 가수 분해

혼한 광물 중 하나인 정장석이 이산화탄소가 녹은 물에 용해되었을 때 잘 녹지 않는 고령토가 남고 나머지는 물에 녹아서 제거된다.

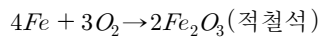


고령토는 점토광물의 일종으로 점토의 주성분이며 온대 지방에서는 안정한 광물이다. 그러나 열대 지방에서는 고령토가 다시 가수분해되어 알루미늄의 원석인 보크사이트가 생성된다.



3) 산화 작용

산소와 결합하는 현상으로 산화제일철은 지표면에서 산소와 결합하여 산화제이철로 변하여 쉽게 부서진다. 암석 속의 철은 산소와 반응하여 적철석이나 갈철석이 된다. 이 과정에서 붉게 변한다.



4) 킬레이션(Chelation)

생물이나 유기물이 일으키는 생화학적 풍화작용을 말하여, 생물이 분비하는 산이나 부패할 때 생기는 물질에 의해 암석이 녹거나 파괴되는 작용을 킬레이션이라고 한다. 화학적이면서 유기적인 풍화라고 볼 수 있다.

(3) 풍화작용의 결과

암석이 잘게 부서져서 물이나 공기와 접하는 표면적이 넓어지므로 화학적 풍화작용이 촉진된다. 또 단단한 암석이 화학적 풍화를 받아 약해지면 기계적 풍화작용이 더 쉽게 일어날 수 있다.

II. 사태

1. 사태: 단단하게 굳지 않은 토양이나 퇴적물, 암석 등의 물질이 중력에 의해 경사면을 따라 낮은 곳으로 흘러내리는 현상

(1) 사태의 원인



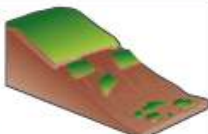

- 1) 자연적인 원인: 지진, 화산, 집중호우 등
- 2) 인공적인 원인: 건설 과정에서 생기는 지반의 교란, 과도한 벌목, 경작지 조성 등

(2) 사태의 발생

경사면의 각도가 안식각보다 크면 불안정해지므로 사태가 발생할 수 있다.(안식각: 물체가 미끄러지지 않는 최대 각도)

2. 사태의 종류

- 1) 미끄럼 사태: 건조한 토양이나 암석이 내부 구조를 변형시키지 않으면서 일정한 면에서 미끄러지면서 이동하는 사태
- 2) 유동에 의한 사태: 내부 구조를 변형시키면서 점성이 큰 물질이 흘러내리는 것처럼 움직이는 사태

<p>암석 낙하</p> <p>절벽의 사면으로부터 커다란 암석 덩어리나 암석의 파편, 흙 등이 중력에 의해 굴러 떨어지는 현상 도로면의 절개지나 경사가 급한 사면에서 주로 발생한다.</p> 	<p>함몰 사태</p> <p>커다란 암석 덩어리나 토사가 오목하게 파인 미끄럼면을 따라 움푹 꺼져 내려앉는 현상 폭우나 장기간 내린 비로 인해 굳어지지 않은 표토가 물로 포화되거나 사면의 경사가 매우 급할 때 발생한다.</p> 
<p>미끄럼 사태</p> <p>굴곡진 사면이나 평탄한 미끄러운 사면을 따라 토양과 암석이 마치 액체와 같이 흘러내리는 현상 눈에 보이지 않는 암석 내의 균열, 층리면, 접리면을 따라 발생한다.</p> 	<p>포행(備 기어가다. 行 다니다)</p> <p>토양이나 암석이 사면 아래로 아주 느린 속도로 서서히 이동하는 현상 산사면에 지라는 나무는 포행으로 아래 부분이 휘어져 지린다.</p> 

사태의 종류

III. 토양

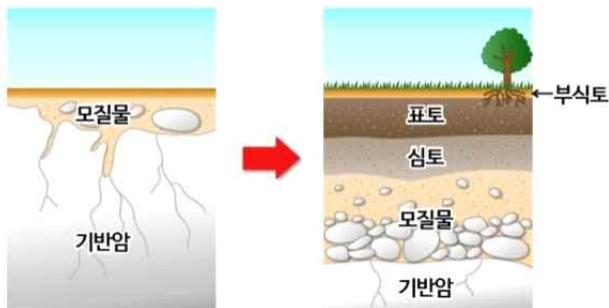
1. 토양

암석이 풍화작용을 받아 생성된 점토 광물과 생물로부터 유래된 유기 물질로 이루어져 있다.

2. 토양의 생성

(1) 성숙한 토양의 단면

기반암 → 모질물 → 심토 → 표토



(2) 성숙한 토양의 생성 순서

기반암 → 모질물 → 표토 → 심토(점토 광물과 산화철이 많음)

3. 토양의 유실

토양의 파괴와 이용 증가, 폭우 등으로 인해 유실이 발생한다.

(1) 방지 대책

1) 사방댐: 굴곡이 큰 계곡이나 강에 건설하여 자갈, 모래의 유실이나 산사태를 방지할 목적으로 만든 댐



2) 다랑논: 경사면을 따라 평평하게 계단 모양으로 개간한 논



- 3) 등고선을 따라 만든 밭
- 4) 윤작이나 사이짓기
- 5) 보존 농업 양식: 논·밭갈이를 최소화하고, 추수 후 작물의 잎과 줄기로 농경지를 덮어서 유실이 일어나는 것을 막는 방법
- 6) 객토: 오염된 토양을 제거하고 깨끗한 토양으로 바꿔주는 방법

4. 산성화

(1) 원인

- 1) 화학 비료의 과다 사용: 흙 속에 남은 화학 물질이 산화되어 산성화된다.
- 2) 공장 매연이나 자동차 배기가스의 성분이 빗물에 녹아 산성비가 되어 토양에 유입된다.

(2) 대책

- 1) 화학 비료의 사용량을 줄이고, 자연 퇴비를 사용한다.
- 2) 공장 굴뚝에 여과 장치 설치를 의무화하고, 자동차 배기가스 배출 기준을 강화한다.

5. 토양의 성질

(1) 공극률

토양의 부피에 대한 공극이 차지하는 부피의 비율. 입자가 고를수록 크다.

$$\text{공극률}(\%) = \frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{토양의 총 부피}} \times 100$$

(2) 투수성

토양이 물을 통과시키는 능력. 입자의 크기가 클수록 투수성이 좋다.

IV. 지표의 변화

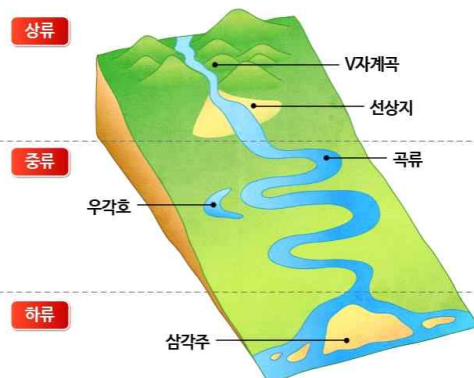
1. 유수의 작용

(1) 침식 작용

하천의 상류에서는 주로 강바닥을 밑으로 깎아 내려가는 하방 침식에 의해 V자형 계곡이 만들어지고 하류에서는 주로 하안을 깎아 넓어지는 측방 침식이 일어난다.

(2) 퇴적 작용

하천의 상류에서 하류로 갈수록 선상지 → 범람원 → 삼각주를 형성한다. 하류로 갈수록 입자의 크기는 작아지고 분급이 양호해지며 원마도는 커지는 경향을 보인다. 또한 대체로 공극률은 커지며 투수성은 작아진다.



2. 해수의 작용

(1) 침식 작용

- 1) 해식 절벽: 해수(파도)에 의한 작용으로 깎여서 형성된 해안가 절벽
- 2) 해식 대지: 얇은 바다 밑에 평탄하게 침식되어 있는 땅
- 3) 해안 단구: 해식 대지가 융기하면서 반복적인 과정을 통해 만들어진 계단식 지형
- 4) 해안 동굴: 파도의 침식으로 해안가 절벽에 만들어진 동굴

(2) 퇴적 작용

- 1) 사취(사주): 모래가 해류에 의해 밀려와 육지 끝에 붙어서 길에 뺀 퇴적층
- 2) 육계도: 사취가 발달하여 연결된 섬
- 3) 석호: 사취가 바다를 막아 만들어진 호수
- 4) 리아스식 해안: 우리나라 남서해안에 발달한, 해안선이 복잡한 침강 해안



해안 지형

3. 빙하의 작용

(1) 빙식 작용: U자곡, 혼(Horn)

(2) 빙퇴 작용

- 1) 빙퇴석: 빙하에 의해 운반되어 온 퇴적물로 이루어진 암석으로, 분급과 원마도가 불량하다.
- 2) 호상 점토층: 여름과 겨울철에 빙하가 녹는 속도의 차이로 인해 퇴적되는 물질이 달라서 형성된 층리로써 여름에는 밝고 조립질인 퇴적물이, 겨울에는 세립질인 어두운 퇴적물이 퇴적된다.



4. 지하수의 작용

(1) 용해 작용

- 1) 석회 동굴: 지하수가 석회암 지대를 따라 이동하면서 석회암을 녹여서 만들어진 동굴
- 2) 돌리네: 석회 동굴의 함몰에 의해 형성된 지표면 함몰지
- 3) 카르스트 지형: 석회암 지대에서 지하수에 의한 화학적 풍화로 형성된 지형, 고생대 석회암이 분포하는 지역에 주로 나타난다.(강원도 영월, 정선, 삼척, 충북 단양, 제천 등)



(2) 침전 작용: 석회 동굴 생성물(중유석, 석순, 석주 등)

5. 바람의 작용

(1) 바람에 의한 침식(풍식) 작용

모래바람이 날리는 사막에서 주로 발생

- 1) 버섯바위: 바람에 의해 날리는 모래 먼지 바람에 의해 거대 바위의 하층은 침식이 강하고 위쪽은 덜하여 아래가 좁고 위가 큰 바위



버섯바위와 삼릉석

- 2) 삼릉석: 3개의 면과 능이 발달된 암석
- 3) 오아시스: 바람에 의해 침식이 일어나 지하수가 지표에 드러난 호수

(2) 바람의 퇴적(풍퇴) 작용

- 1) 사구: 바람에 의해 이동하는 모래가 퇴적되어 형성된 모래 언덕



충남 태안 신두리 해안사구

2) 황토층: 직경 0.05mm 이하 미세 모래 먼지가 바람에 날려 중국 황하 유역에 널리 분포되어 있는데 이를 황토층이라고 한다. 이는 중앙아시아에서 날아온 것으로, 70m에 이르는 두께를 이루기도 한다. 봄철에 황하 유역이 건조해지면 우리나라로 불어오는 편서풍에 의해 황토가 운반되어 오는데, 이를 황사라고 한다.

3) 황사 현상: 작은 모래나 황토 먼지가 저기압으로 상승하여 상층 편서풍을 타고 멀리까지 날아가 서서히 낙하하는 현상

① 발원지: 우리나라에 영향을 미치는 황사의 주요 발원지는 중국과 몽골의 사막 지대와 황하 중류의 황토 지대이다.

② 발생 조건: 강한 바람과 상승 기류가 나타나고 지표는 건조하며 토양 입자는 미세할 경우 잘 발생한다.

③ 발생 시기: 주로 봄철에 많이 발생하며 중국 내륙 지역의 삼림 파괴와 사막화가 가속되고, 고온 건조한 상태가 지속되고 있어 우리나라의 연간 황사 발생빈도와 그 정도가 증가하는 추세이다.

④ 피해: 일사량을 감소시키고, 건강에 위협을 주며, 항공, 운수, 반도체 등 정밀산업 등에 손실을 준다.

제3절 지각의 변동

I. 화산과 지진

1. 화산 활동

지하에서 형성된 마그마가 지각의 약한 부분을 뚫고 지표로 올라와 고온의 용암과 고체 물질 및 가스를 분출하는 현상

(1) 화산 분출물

화산 활동으로 배출되는 물질. 화산가스(기체), 용암(액체), 화산쇄설물(고체)

1) 화산가스: 대부분 수증기(H_2O), 이 외 이산화탄소(CO_2), 이산화황(SO_2), 황화수소(H_2S), 질소(N_2), 염소(Cl_2) 등이 있다.

① SiO_2 함량이 많은 마그마일수록 화산가스의 함량도 많다.

② 화산가스양이 많을수록 분출 압력이 강해 폭발적 분출이 일어난다.

2) 화산쇄설물: 화산 활동으로 인한 충격 등으로 인해 부서진 상태로 분출되는 암석 조각이나 가루 물질. 화산 퇴적층은 점이 층리와 유사한 구조이며 화산 층은 분화구에서 멀어질수록 작아지는 측방 분급이 나타난다. 화산 분출물의 격렬한 방사상 화산으로 사구와 사층리도 나타날 수 있다.

① 화산탄, 화산 암괴, 화산력, 화산재, 화산진, 스크리아, 부석 등

화산진	화산재	화산력	화산암괴	화산탄
0.06mm이하	0.06~2mm	2~64mm	64mm이상	64mm이상

3) 화쇄류: 온도가 높은 화산재와 화산가스가 혼합되어 화산의 경사면을 따라 빠르게 흐르며, 주변 지역에 큰 피해를 준다.

4) 용암: 마그마에서 화산가스가 빠져나간 나머지 액체 상태의 물질이 지표로 흘러나오는 것이며 마그마와 마찬가지로 SiO_2 함량에 따라 분류한다.

(2) 용암의 종류와 성질

구분	현무암질 용암	안산암질 용암	유문암질 용암	
SiO_2 함량	52% 이하	52~63%	63% 이상	
온도	높다	←————→	낮다	
점성	작다	←————→	크다	
유동성	크다	←————→	작다	
화산 가스 분출량	적다	←————→	많다	
분화 형태	조용히 분출	용암과 화성쇄설물 교대로 분화	격렬한 폭발성 분화	
화산체	경사	완만하다	←————→	급하다
	지형	순상화산	성층화산	용암돔(중상화산)
	형태			

(3) 현무암질 용암의 구분(균기 전 용암의 표면 상태에 따라 구분)

1) 괴상용암(아아 용암): 표면이 거칠고 작은 가지 구조가 밀집된 모양이 나타나는 용암

2) 로피용암(파호이호이 용암): 매끈한 긴 줄 모양의 용암. 온도가 높고, 가스 함량이 높아 점성이 작으므로

용암류가 빠르게 흐른다. 바다로 흘러 들어가면 물과 만나 급격히 식으면서 베개 모양의 용암이 만들어지기도 한다. 해령 부근이나 열곡대에서 바다나 강으로 흘러 들어간 부분에서 많이 관찰된다(우리나라 한탄강 유역). 또한 용암 외부는 식었지만, 내부는 식지 않아 계속 흘러 용암동굴이 만들어지기도 한다(우리나라 제주도 만장굴).

(4) 화산의 분류

1) 화산의 활동 여부에 따른 분류

- ① 활화산: 현재 활동하고 있는 화산.
- ② 휴화산: 현재는 활동이 중지되었으나, 과거 활동 기록이 있는 화산.
- ③ 사화산: 화산이지만, 과거 활동 기록이 없는 화산.

2) 화산체의 모양에 따른 분류

- ① 용암대지: 점성이 매우 작아서 유동성이 큰 현무암질 용암이 대량 분출하여 생긴 평평한 대지. 인도 대칸고원, 우리나라 개마고원, 강원도 철원 용암대지 등이 대표적이다.
- ② 순상화산: 점성이 작아서 유동성이 큰 현무암질 용암이 완만하게 퍼져서 형성된 화산이다. 제주도 한라산과 하와이 마우나로아 화산이 대표적이다.
- ③ 성층화산: 안산암질 용암류와 화산쇄설물이 교대로 분출하여 층을 이루면서 퇴적하여 생긴 화산이다. 일본 후지산이 대표적이다.
- ④ 분석구: 마그마가 폭발적으로 분출하면서 생긴 화산쇄설물이 원추 모양으로 쌓여 만들어진 비교적 작은 화산체이다. 제주도의 수많은 기생화산(오름)들이 그 예이다.
- ⑤ 종상화산: 점성이 크고 유동성이 작은 유문암질 용암이 지표로 분출하여 화구 위로 솟아올라 종(鐘) 모양처럼 생긴 화산이다. 제주도의 산방산과 울릉도가 대표적이다.
- ⑥ 탑상화산: 점성이 매우 큰 용암이 지표에 나오기 전 굳은 후 밑에서 떠밀려 올라와 기둥 형태의 뾰족한 봉우리가 된 화산이다. 파나마 마르티니크섬의 몽펠레 화산이 대표적이다.

(5) 화산 활동의 형식

- 1) 틈새 분출: 용암은 대부분 현무암질로 용암대지를 형성한다.
- 2) 중심 분출: 폭발적으로 분출하는 원추 화산의 형태를 띠거나 현무암질 용암의 분출로 순상화산의 형태를 띤다.
- 3) 화산의 여러 형태
 - ① 마르: 화산 지대에 큰 웅덩이가 있으나 화구 주위는 낮고 밋밋한 언덕을 형성할 뿐 화산체의 형태가 없다. 용암 지하의 가스가 폭발하여 만들어진 웅덩이이며, 화산쇄설물이나 용암류의 분출은 거의 없었던 화산 지형이다. 제주도의 산굴부리가 대표적인 예이다. 이곳에 물이 고이면 화구호가 된다.
 - ② 칼데라: 화산체의 중심부나 가까운 지역에 원형의 웅덩이가 있는데, 이를 칼데라라고 한다. 분화구와는 다르게 규모가 훨씬 크며, 대부분 분화구 주변이 함몰되어서 생긴다. 백두산 천지와 같이 칼데라에 물이 차면 칼데라호가 된다.

(6) 화산 활동의 영향

- 1) 피해: 화산 쇄설류에 의한 재산과 인명 피해, 유독 가스에 의한 피해, 다량의 화산재 분출로 인한 기후변화 등
- 2) 이용: 광상 형성, 온천 개발 등의 관광 산업 발달, 지구 내부 에너지를 이용한 난방 및 지열 발전, 장기적으로 비옥한 토양 형성 등

2. 지진

(1) 지진의 세기

- 1) 규모(Magnitude): ‘리히터 규모’ 라고도 한다. 지진 발생 시 진원으로부터 방출되는 실제 에너지의 총량을 나타낸 것으로, 동일 지진에 대한 규모는 장소에 관계없이 일정하다.

2) 진도(Intensity): 발생한 지진에 대한 사람의 느낌이나 주변의 물체 또는 구조물의 흔들림 정도를 수치로 나타낸 것이다. 진도는 진원까지의 거리에 따라 그 값이 다른 상대적인 세기로 진원이나 진앙으로부터의 거리가 가까울수록, 규모가 클수록 커진다. 또한 지역의 지질 조건이나 구조물의 특성에 따라 달라질 수도 있다. 우리나라에서는 진도계급을 12단계로 구분한 MM진도(수정 메르칼리 진도)를 사용하고 있다.

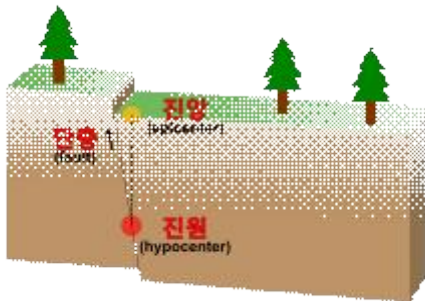
(2) 지진의 종류

1) 발생 원인에 따른 분류

- ① 단층 지진: 지층이 오랫동안 힘을 받는 과정에서 탄성에너지가 저장되고, 암석층이 탄성 한계 이상에 다르면 지층이 끊어지면서 지진파의 형태로 에너지가 방출되는 지진이다. 지각 내의 지진은 대부분 단층 지진인 경우가 많다.
- ② 수렴대(베니오프대) 지진: 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 발생하는 지진으로 환태평양 지진대의 대부분을 차지하며, 천발, 중발, 심발 지진이 모두 발생한다.
- ③ 화산 지진: 지하의 마그마가 유동하거나 관입하는 과정에서 땅이 흔들리거나, 방출된 가스에 의해 또는 화산이 폭발할 때 지각이 흔들릴 때 발생하는 지진으로 해령의 열곡대에서 빈번하게 발생한다.
- ④ 기타 지진: 지하 동굴 등이 함몰되면서 생기는 함락지진, 건축이나 토목공사 현장에서 발생하는 인공지진 등이 있다.

2) 발생 깊이에 따른 분류

- ① 천발 지진: 진원 깊이가 70km보다 얕은 지진. 지구상에 발생하는 지진의 80% 이상이 천발 지진이다. 지진의 범위는 좁지만, 피해는 큰 편이다.
- ② 중발 지진: 진원 깊이가 70~300km의 지진
- ③ 심발 지진: 진원 깊이가 300km보다 깊은 지진. 태평양 주변과 서인도 제도 부근에서만 제한적으로 발생하며 지진이 범위는 넓지만, 피해는 적은 편이다.



진원과 진앙

3. 화산대와 지진대의 분포

- (1) 화산대: 화산 활동이 활발한 지점을 연결한 띠 모양 지역
- (2) 지진대: 지진이 활발한 지점을 연결한 띠 모양 지역
- (3) 화산대와 지진대의 특징
 - 1) 화산과 지진은, 판이 경계에서 판들의 상대적인 운동으로 발생하기 때문에 화산대와 지진대의 분포는 거의 일치한다.
 - 2) 지구상 모든 지역에서 고르지 않고 특정 지역에 띠 모양으로 분포한다.
 - 3) 대륙의 중앙부에는 거의 분포하지 않으며, 상당수 대륙과 해양이 접하는 경계이거나 큰 산맥을 따라 집중되는 경향이 있다.

4. 전 세계 주요 화산대와 지진대



세계 주요 화산대와 지진대 & 판의 경계

- (1) 환태평양 화산대·지진대: 태평양 연안을 따라 등근 형태로 분포하는 지진대로 ‘불의 고리’라고 불린다. 전 세계 화산의 60%, 지진의 80%가 집중되어 있으며 천발~심발 지진이 모두 발생한다.
- (2) 알프스-히말라야 화산대·지진대: 지중해에서 히말라야산맥을 거쳐 인도네시아까지 이어지는 지역이다. 대륙의 충돌로 습곡산맥이 발달해 있고 지진 활동이 활발하다. 전 세계 지진의 약 15%가 발생한다.
- (3) 해령 화산대·지진대: 태평양, 대서양, 인도양의 심해저에 위치하는 해저산맥(해령)을 따라 발달하는 지역이다. 해령 중앙의 열곡, 해령을 가로지르는 변환단층에서 지진이 발생하며, 거의 천발 지진만 발생한다. 전 세계 지진의 약 5%가 발생한다.

II. 지각 변동과 지질 구조

1. 지각 변동

(1) 변동대와 순상지

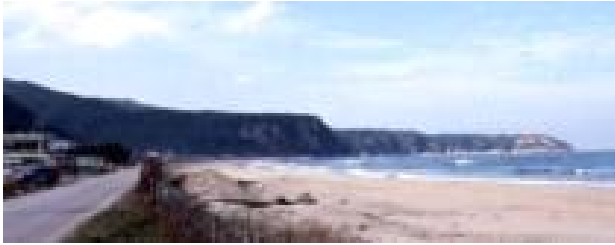
- 1) 변동대: 화산대와 지진대, 조산대 등을 말하며 주로 대륙 주변부에 발달한다.
 - ① 해령: 대부분의 대양에 발달하여 일반적으로 해양의 중앙부를 따라 길게 발달하지만 동태평양 해령의 경우처럼 치우쳐 나타나기도 한다. 해령 정상부에는 V자 형태의 열곡이 발달해 있으며, 여기서 화산 활동과 지진이 발생한다.
 - ② 해구와 호상열도: 해구는 해양의 가장자리 섭입대를 따라 길게 분포하며, 섭입대 위쪽 지표에는 해구와 나란하게 화산섬들이 부채꼴 형태로 배열되는데 이를 호상열도라고 한다. 해구와 나란하게 천발 지진이, 대륙 쪽으로 들어갈수록 심발 지진이 발생하며, 호상열도에서는 화산과 지진이 활발하게 일어난다.
 - ③ 조산대: 히말라야 산맥이나 안데스 산맥과 같이 습곡산맥이 길게 분포하는 지역으로 대륙의 가장자리를 따라 길게 띠 모양으로 분포한다.
 - ④ 순상지: 선캄브리아대에 형성되어 고생대 이후부터 현재까지 지각 변동을 거의 받지 않은 평탄하고 안정한 지역으로 주로 대륙의 중앙부에 분포한다. 시베리아의 양가라 순상지, 북아메리카의 캐나다 순상지, 인도 순상지 등이 있다.

(2) 조륙 운동과 조산운동

- 1) 조륙 운동: 넓은 범위에 걸친 대륙 또는 지반의 융기 또는 침강 운동
 - ① 원인: 풍화·침식으로 가벼워진 대륙지각은 융기하며, 운반된 퇴적물이 바다 밑에 쌓여 무거워지면 침강한다. 이처럼 조륙 운동은 지각이 평형을 이루기 위해 일어난다.

② 증거

- 용기: 높은 산에서 해양 생물 화석 발견, 세라피스 사원 기둥의 천공 조개 구멍, 해안 단구 지형 등



동해안 해안 단구

- 침강: 리아스식 해안, 익곡, 다도해, 해저 삼림 등

2) 조산운동: 습곡산맥이 형성되는 과정

① 조산대의 분포: 알프스-히말라야 산맥, 로키-안데스 산맥과 같은 대규모의 습곡산맥이 분포하는 곳으로 대체로 대륙의 주변부를 따라 좁고 긴 띠 모양으로 분포한다.

- 고생대의 조산대: 유럽의 스칸디나비아 반도의 칼레도니아 산맥, 북아메리카의 애팔래치아 산맥 등이 있다.

- 중생대와 신생대의 조산대: 알프스-히말라야 산맥, 북아메리카의 로키 산맥, 남아메리카의 안데스 산맥 등이 있다.

② 원인: 판 구조 운동에 따른 습곡산맥의 형성은 지각의 수평 운동에 의한 것으로 설명하고 있다. 즉, 판과 판이 충돌하거나 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 밑으로 침강할 때 횡압력을 받아 습곡산맥이 형성되는 것으로 보고 있다.

③ 대규모 습곡산맥의 특징

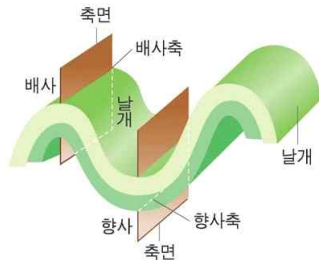
- 해양 생물의 화석이 산출된다.
- 광역 변성 작용을 받았으며, 산맥의 중심부에 마그마의 관입이 있기도 하다.
- 습곡과 역단층이 많이 나타난다.

2. 지질 구조

지각 변동의 흔적이나 암석에 기록되어 있는 것을 지질 구조라고 한다. 이는 과거에 일어난 지각 변동의 형태나 규모를 알아내는 중요한 자료가 된다. 지질 구조의 종류에는 습곡, 단층, 부정합, 절리 등이 있다.

(1) 습곡: 수평으로 퇴적된 층이 횡압력을 받아 휘어진 구조로 주로 지하의 고온·고압 환경에서 만들어진 다. 조산대에서 잘 나타난다.

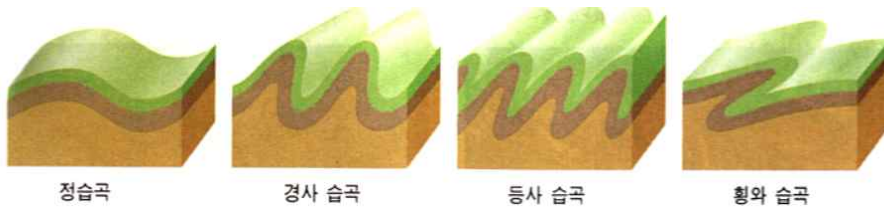
1) 구조와 명칭: 습곡 구조에서 위로 볼록한 구조를 배사, 아래로 오목한 부분을 향사, 습곡의 가장 굽은 부분을 습곡축, 축을 기준으로 배사, 향사 사이의 기울어진 부분을 습곡 날개라고 한다.



습곡의 구조

2) 습곡의 종류: 습곡축의 기울기와 날개 면의 경사에 따라 구분한다.

- ① 정습곡: 습곡축이 수평면에 대해 수직, 날개 면의 경사각이 같고 방향만 반대이다.
- ② 경사습곡: 습곡축이 수평면에 대해 비스듬하고, 날개 면의 경사가 서로 반대이다.
- ③ 등사습곡: 습곡축과 두 날개의 경사각과 경사 방향이 같다.
- ④ 횡외습곡: 습곡축이 수평면에 대해 거의 수평에 가깝게 기울어져 있다.



(2) 단층: 지층에 장력이나 횡압력 등이 작용하여 생긴 틈을 경계로 양쪽의 지반이 상대적으로 이동하여 어긋난 구조이다. 온도가 낮은 지표 근처에서 만들어진다.

1) 구조와 명칭: 단층에서 두 지반이 서로 어긋난 면을 단층면이라고 하고 경사진 단층면을 기준으로 위쪽에 있는 지괴를 상반, 아래쪽에 있는 지괴를 하반이라고 한다.

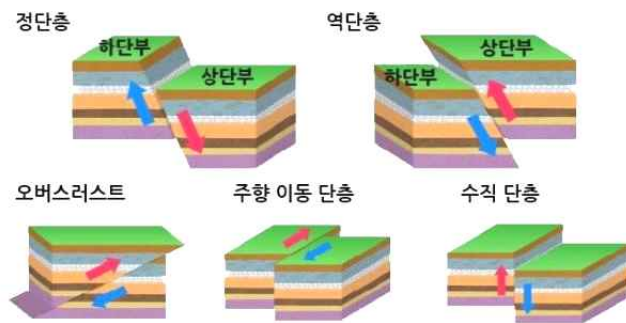
2) 단층의 종류: 단층은 단층면의 경사와 상반과 하반의 상대적인 이동에 따라 구분한다.

① 정단층: 지층이 장력을 받아 상대적으로 내려간 단층. 판의 발산형 경계인 해령이나 열곡대에서 주로 만들어진다.

② 역단층: 지층이 횡압력을 받아 상반이 상대적으로 올라간 단층으로, 판의 수렴형 경계인 해구나 습곡산맥 부근에서 주로 만들어진다. 단층면을 따라 지층의 역전이 나타날 수도 있다.

③ 주향이동단층: 지반이 경사 방향으로의 이동 없이 단층면을 따라 수평으로 이동한 단층. 수평단층이라고도 한다.

④ 오버스러스트(Overthrust): 횡와습곡이 더욱 심한 횡압력을 받아서 생성된 단층으로 단층면의 경사가 45° 이하인 대규모의 역단층이다. 습곡산맥에서 쉽게 발견된다.



(3) 부정합: 연속적으로 쌓인 두 지층 사이의 관계를 정합이라고 하고, 오랫동안 퇴적이 중단되어 긴 시간적 간격이 존재하는 상하 두 지층 사이의 관계를 부정합이라고 한다.

1) 부정합의 형성 과정: 부정합은 지층의 퇴적 → 지각의 융기 → 침식 → 지각의 침강 → 지층의 퇴적 과정을 거쳐 형성된다.

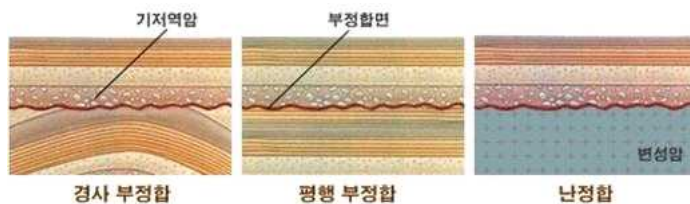
2) 부정합의 종류

① 평행 부정합: 부정합면 아래·위 경사가 평행한 것으로, 조륙 운동을 받은 지역에서 잘 나타난다.

② 경사 부정합: 부정합면 아래가 습곡 작용으로 경사져 있는 부정합으로, 조산운동을 받은 습곡 지역에서 잘 나타난다.

③ 난정합: 부정합면 아래에 결정질인 심성암이나 변성암이 분포하는 부정합으로, 가장 긴 시간 간격이 있는 부정합이다.

3) 부정합의 특징: 부정합면 위에는 흔히 기저역암이 존재하며, 부정합면 위아래 지층에서 산출되는 화석은 큰 차이를 보이므로 지질시대를 구분하는 기준이 된다.

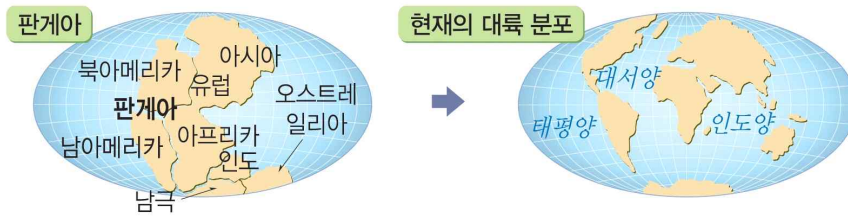


- (4) 절리: 암석 내에 형성된 틈이나 균열. 단층과는 달리 양쪽 지반의 상대적인 이동이 거의 없다.
- 1) 생성 원인: 마그마나 용암이 빠르게 냉각되면서 수축할 때, 지하 깊은 곳의 암석이 응기할 때, 지층이 습곡 작용을 받을 때 생성된다.
 - 2) 종류: 화산암에서 나타나는 주상절리, 심성암에서 잘 나타나는 판상절리 등이 있다.
 - 3) 특징: 절리는 암석의 표면적을 넓혀 줌으로써 풍화작용을 촉진하고, 절리가 발달한 지역은 지반이 약하다.

Ⅲ. 대륙의 이동과 판의 운동

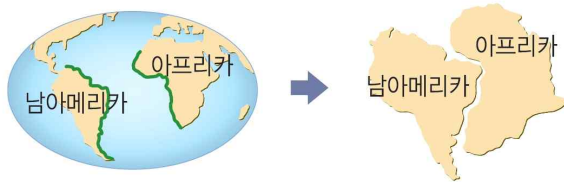
1. 대륙이동설(베게너, 1915)

- (1) 대륙이동설: 과거에 하나로 붙어있던 대륙(판게아)이 분리되고 이동하여 현재와 같은 대륙 분포를 형성하였다.

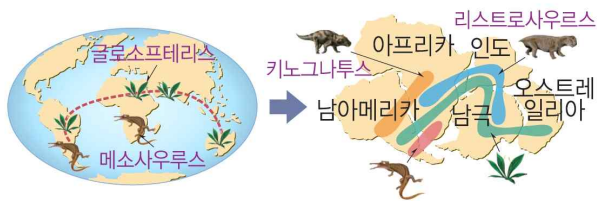


(2) 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거

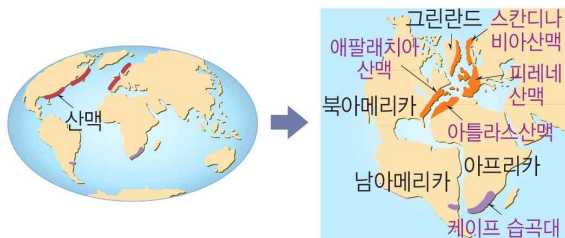
- ① 해안선 일치: 남아메리카 동해안과 아프리카 서해안의 해안선이 일치한다.



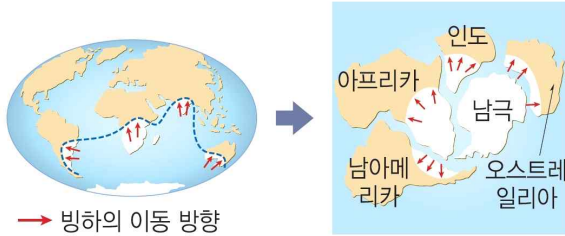
- ② 화석 분포: 멀리 떨어진 대륙에서 같은 종의 고생물 화석이 발견된다.



- ③ 지질 구조의 연속성: 북아메리카와 유럽에서 산맥의 지질 구조가 연속적으로 나타난다.



④ 빙하의 흔적: 떨어져 있는 대륙들을 하나로 모으면 빙하의 중심이 남극 근처에 모여 있었다.



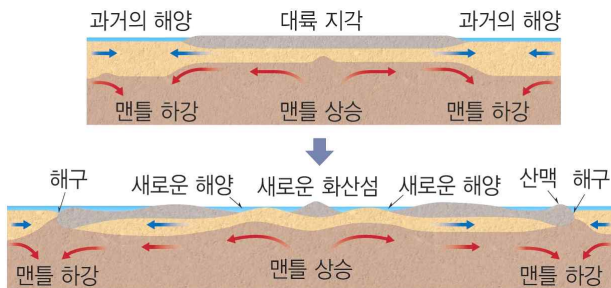
→ 빙하의 이동 방향

(3) 대륙이동설의 한계: 대륙의 수평 이동 개념을 처음으로 도입하였으나, 대륙 이동의 원동력을 설명하지 못해 받아들여지지 않았다.

2. 맨틀 대류설(휴즈, 1929)

(1) 맨틀 대류설: 맨틀 내 방사성 원소의 붕괴열과 지구 중심에서 공급되는 열에 의하여 맨틀 상하부에 온도 차가 생기고, 맨틀 내부에서 느리게 열대류가 일어난다. ⇒ 맨틀 대류의 상승부에서는 마그마의 활동으로 새로운 지각이나 바다가 형성되며, 맨틀 대류의 하강부에서는 지각이 맨틀 속으로 들어가면서 두꺼운 산맥이 형성된다.

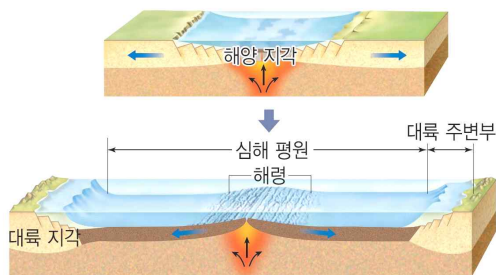
(2) 맨틀 대류의 증거를 제시하지 못해 수용되지 않았다.



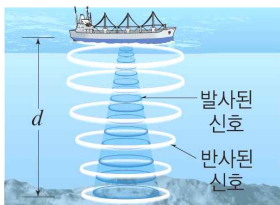
맨틀 대류설의 모형

3. 해저 확장설(헤스와 디츠, 1962)

(1) 해저 확장설: 해령에서 새로운 해양지각이 만들어지고, 양쪽으로 갈라져 이동하면서 해양저가 확장되고, 오래된 해양지각은 해구에서 지구 내부로 침강한다.



(2) 배경: 20세기 중반 탐사 장비와 기술의 발달로 해저 지형이 밝혀졌다.

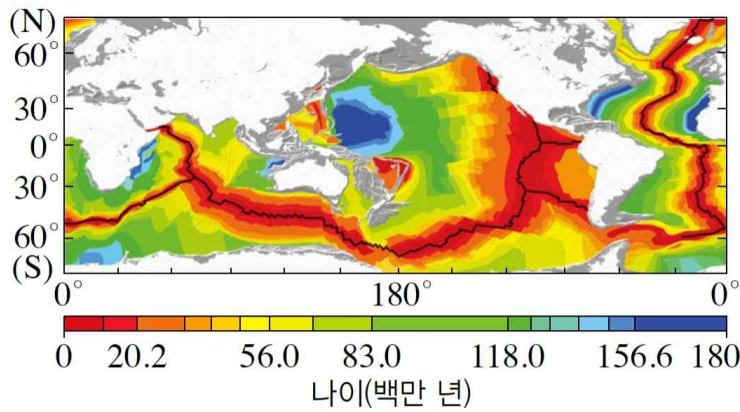
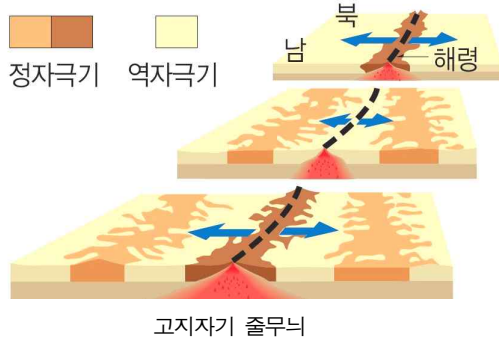


음향 측심법 원리

$$\text{수심 } h = \frac{1}{2}vt \quad (v: \text{물 속에서 초음파의 속도}, t: \text{초음파 왕복시간})$$

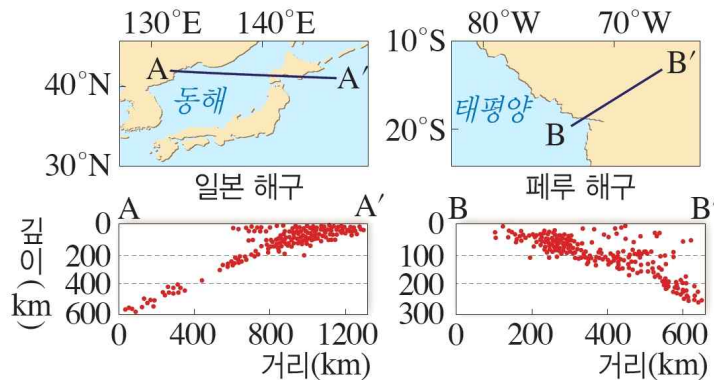
(3) 해양저 확장설을 뒷받침하는 증거

- 1) 변환단층: 해령은 변환단층에 의해 어긋나 있으며, 해령과 변환단층에서 지진이 일어난다.
- 2) 고지자기: 정자극기와 역자극기의 고지자기 줄무늬가 해령을 중심으로 대칭이다.



해양 지각의 연령 분포

- 3) 해양지각의 연령: 해령에서 멀어질수록 지각의 나이가 증가하며, 해저 퇴적물이 두껍다.
- 4) 섭입대 주변에서 진원의 분포: 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 점점 깊어지며, 섭입대에서 화산활동으로 호상열도가 형성된다.

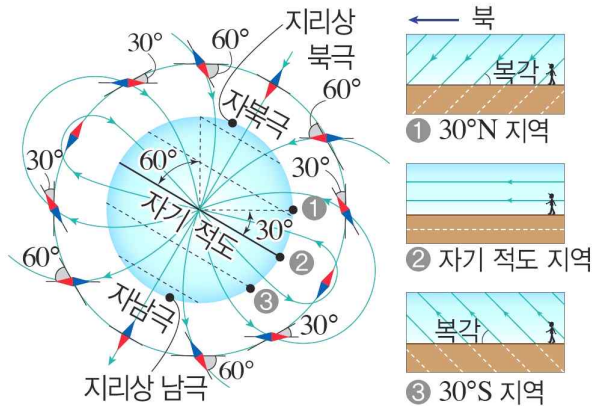


4. 고지자기 연구와 대륙이동설의 부활

(1) 대륙의 이동을 알아내는 방법

- 1) 지구 자기장: 지구 자기장의 북극을 자북극이라고 하며, 자북극은 지리상의 북극과 일치하지 않는다. 어떤 지점에서 나침반의 N극이 가리키는 방향을 자북, 지리상의 북극 방향을 진북이라고 한다.

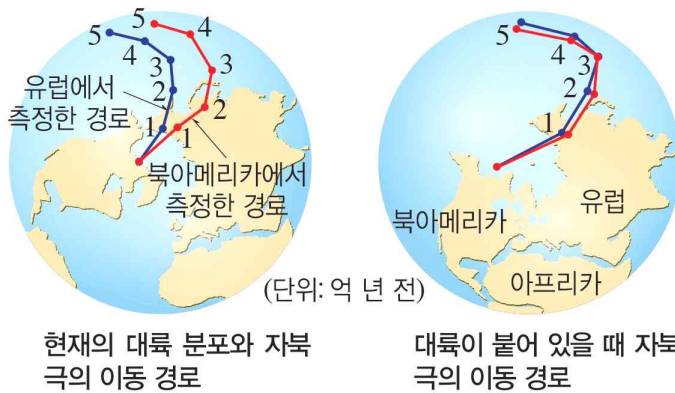
- ① 편각: 수평면 위에서 자북과 진북 사이의 각
- ② 북각: 자침이 수평면과 이루는 각



위도에 따른 자기력선과 북각의 변화

2) 고지자기 연구: 지질시대에 생성된 암석에 남아있는 잔류 자기를 고지자기라고 한다. 암석에 기록된 고지자기의 편각과 북각을 연구하면, 암석이 생성된 당시의 위도나 자북극의 이동을 알 수 있다.

- ① 암석에 기록된 고지자기 북각이 $+90^\circ$ 이면 암석이 만들어질 때 자북극에 위치하였고, 고지자기 북각이 -90° 이면 암석이 만들어질 때 자남극에 위치하였다.
 - ② 남북 방향으로 이동한 대륙에서 생성된 암석은 생성된 위치에 따라 북각의 크기가 다르다.
 - ③ 암석에 기록된 고지자기 자료를 이용하면 암석이 생성될 당시 지자기 북극의 위치를 결정할 수 있다.
- 3) 자북극의 이동: 유럽과 북아메리카 대륙에서 측정한 자북극의 이동 경로를 이용하여 대륙의 이동을 알 수 있다.



⇒ 두 대륙에서 측정한 자북극의 이동 경로가 다르다. 자북극의 이동 경로를 합쳐보면 과거에 두 대륙이 하나로 모여 있었다는 것을 알 수 있다. 자북극의 이동 경로가 다른 까닭은 하나로 모여 있던 대륙이 분리되어 이동했기 때문이다. 이처럼 고지자기 연구는 대륙이동설을 부활시키는 계기가 되었다.

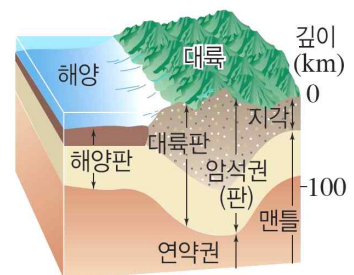
IV. 판구조론

1. 판의 구조와 분포

(1) 판의 구조

1) 판: 지표로부터 지하 약 100km까지 매우 단단한 물질로 이루어져 있는 부분을 암석권 또는 판이라고 한다. 판은 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함한다.

현무암질의 해양지각을 포함하는 해양판과 화강암질의 대륙지각을 포함하는 대륙판으로 나뉘며 해양판의 밀도가 대륙판보다 크다.



2) 연약권: 암석권 아래에 있는 지하 약 100~400km 구간으로, 부분적으로 용융되어 있어 느린 속도로 맨틀의 대류가 일어나는 곳이다.

(2) 판의 분포: 지구 표면은 크고 작은 10여 개의 판으로 이루어져 있는데, 이들 판이 맨틀 대류를 따라 느린 속도로 움직이면서 상호작용을 하여 판의 경계에서 화산, 지진 등의 지각 변동을 발생시킨다.



▲판의 분포와 이동 방향 및 이동 속도(숫자의 단위 : cm/년)

(3) 판 이동의 원동력: 맨틀 대류에 의한 힘, 해령에서 판을 밀어내는 힘, 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘 등이 작용하여 판이 이동한다.

(4) 판의 이동 속도: 일반적으로 해령과 섭입대가 같이 있는 판이 섭입대가 없는 판보다 빠르다. 가장자리에 해구가 있는 태평양판이 해구 없이 해령만 있는 대서양보다 해양저 확장 속도가 빠르다.

2. 판의 경계

판의 상대적인 이동 방향에 따라 크게 발산형, 수렴형, 보존형 경계로 나뉜다.

(1) 발산형 경계: 판이 양쪽으로 멀어지는 곳으로 해령과 열곡대가 대표적인 예이다. 맨틀 대류의 상승에 의한 압력 감소로 암석의 용융점이 내려가 현무암질 마그마가 만들어지면서 분출되는 곳이다.

• 해양판-해양판의 확장 : 해령

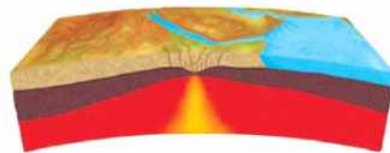
• 대륙판-대륙판의 확장 : 열곡대



▲해령

판의 생성, 천발지진과 화산활동이 일어난다.

예 대서양 중앙 해령



▲열곡대

천발지진과 화산활동이 일어난다.

예 동아프리카 열곡대

1) 해령, V자 열곡: 해양판과 해양판이 발산하는 경계이다. 고온의 맨틀 물질이 상승할 때는 압력이 감소하므로 현무암질 마그마가 생성된다. 이렇게 생성된 마그마가 해령의 열곡으로 분출하여 새로운 해양지각을 형성한다. 열곡이 갈라지는 과정에서 천발 지진이 발생한다. 동태평양 해령, 대서양 중앙해령, 인도양 중앙

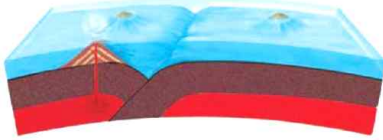
해령 등이 있다.

2) 열곡대: 대륙판과 대륙판이 발산하는 판의 경계이다. 동아프리카 열곡대, 아이슬란드 열곡대 등이 있다.

(2) 수렴형 경계: 판이 가까워지면서 맨틀 대류가 하강하는 곳으로 섭입형 경계와 충돌형 경계가 있다. 판이 소멸하는 곳이므로 지각의 나이가 많다.

1) 섭입형 경계

① 해양판-해양판: 밀도가 조금 더 큰 해양판이 밀도가 작은 해양판 아래로 섭입한다. 해구와 호상열도가 발달하고, 천발~심발 지진이 발생한다.

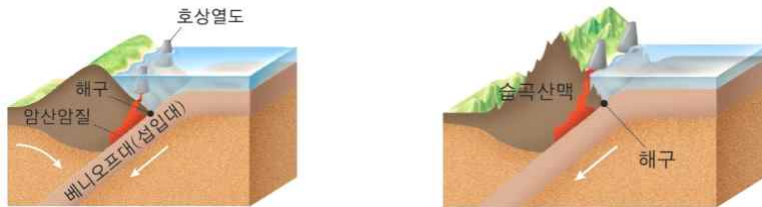


▲해양판-해양판 충돌

해구는 대륙의 연변부나 호상열도와 나란하게 분포하여 태평양 주변부에 주로 발달해 있다. 해구 중에서 가장 깊은 곳은 필리핀 부근의 마리아나 해구로 깊이는 약 11,000m에 달하며 해구 내에서도 가장 깊은 곳을 해연이라고 하는데 마리아나 해구 내의 비티아즈 해연이 있다.

② 대륙판-해양판: 밀도가 큰 해양판이 밀도가 작은 대륙판 아래로

섭입해 들어가면서 안산암질 마그마가 생성된다. 이렇게 생성된 마그마는 해구 부근의 습곡산맥이나 호상열도에서 관입하거나 분출한다. 섭입하는 과정에서 두 판의 마찰로 지진이 발생한다. 이때 경사진 섭입대를 베니오프대 라고 하고 지진은 베니오프대를 따라 발생한다. 따라서 해구 부근에는 천발, 대륙쪽으로는 갈수록 심발 지진이 발생한다. 일본 열도나 안데스 산맥을 예로 들 수 있다.



해양판과 대륙판의 섭입

③ 섭입형 경계에서 마그마의 생성: 해양지각과 해양 퇴적물이 섭입할 때 온도와 압력이 높아져 지각에 포함된 함수 광물에서 물이 빠져나온다. 맨틀에 공급된 물이 용융점을 낮춰 현무암질 마그마가 생성되고, 이 마그마가 상승하다가 대륙지각의 하부를 부분 용융시켜 유문암질 마그마가 만들어지며, 지표로 흘러나오는 과정에서 두 종류의 마그마가 혼합되어 안산암질 마그마가 생성된다.

2) 충돌형 경계: 밀도가 비슷한 두 판이 서로 충돌하면서 습곡산맥 같은 대규모 조산대를 형성하는 곳이다. 대륙판은 밀도가 작아 맨틀 속으로 섭입하지 못하므로 두 대륙판의 경계부와 그 사이에 바다에 퇴적되었던 물질 및 지각의 물질이 횡압력에 의한 심한 습곡 작용과 역단층 작용을 받아 높은 산맥을 형성한다. 화산 활동과 심발 지진은 거의 없고, 천발~중발 지진이 발생한다. 산맥의 중앙부에는 마그마의 관입이 이루어지기도 한다.

(3) 보존형 경계: 이동 방향이 반대인 두 판이 서로 어긋나면서 변환단층을 형성하는 곳으로 판의 생성과 소멸은 없다.

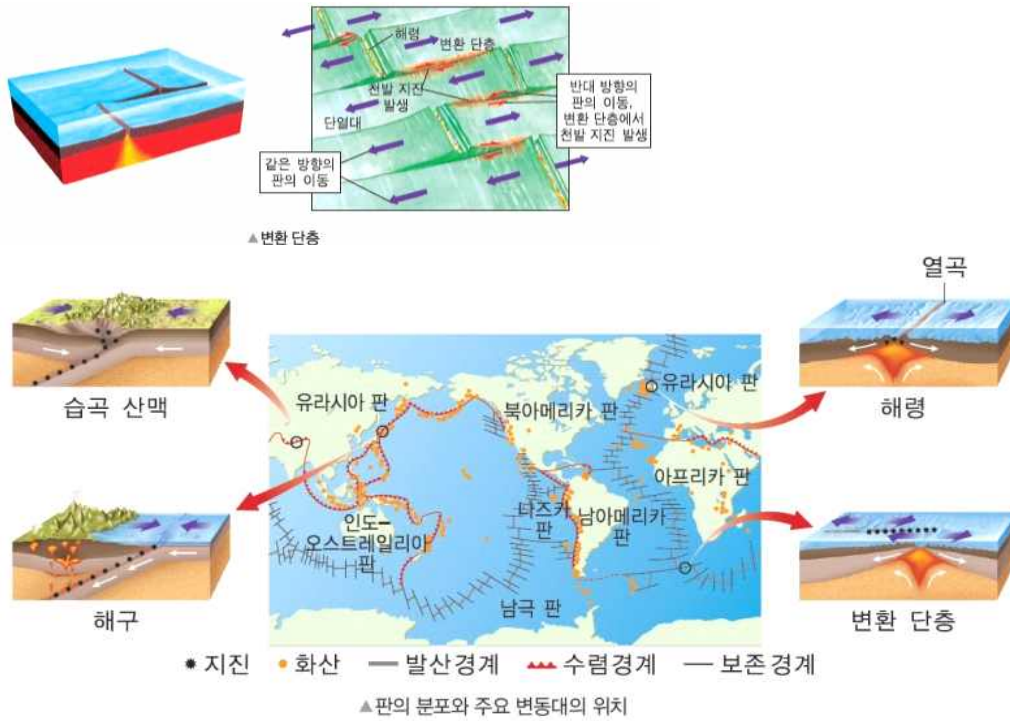
1) 맨틀 대류가 수평으로 이동하는 곳으로 맨틀 대류의 속도 차이 때문에 생긴 것이다.

2) 화산, 심발 지진은 없고, 천발 지진만 발생한다.

3) 변환단층: 양쪽 판이 서로 엇갈리며 평행하게 움직이는 경계에서 나타나는 수평단층이다. 산안드레아스 단층, 케인 단층이 있다.



▲대륙판-대륙판 충돌(습곡 산맥)

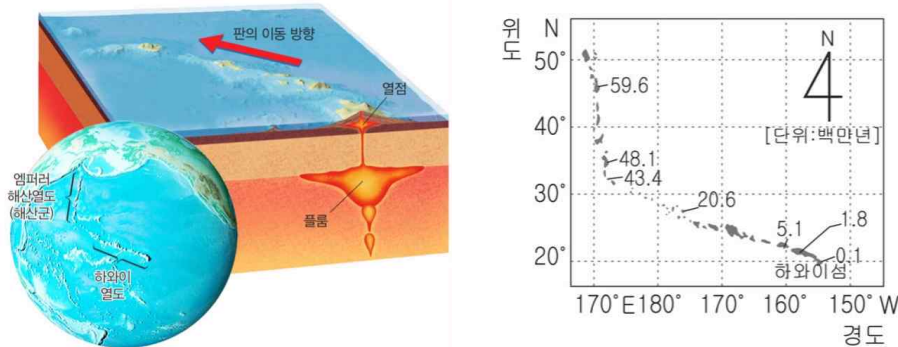


(4) 열점과 판의 이동

1) 열점: 맨틀 깊은 곳에 고정된 마그마의 근원이며, 열점에서 마그마는 기둥 형태(플룸)로 수직으로 올라와 암석권을 뚫고 화산을 형성한다. 열점은 판과 함께 이동하지 않고 한 지점에 고정되어 있으므로 그 근원이 상부 맨틀(연약권)이 아닌 하부 맨틀에 있음을 알 수 있다. 전 세계적으로 확인된 열점은 수십여 개이고, 대표적으로 하와이(해양판 내부)와 옐로스톤(대륙판 내부)이 알려져 있다.

2) 열점과 판의 이동 속도 : 열점과 화산섬 사이의 거리, 화산섬의 나이(생성 시기)를 알면 판의 이동 속도를 구할 수 있다.

- 판의 이동 속도 = 화산섬과 열점 사이의 거리 / 화산섬의 나이



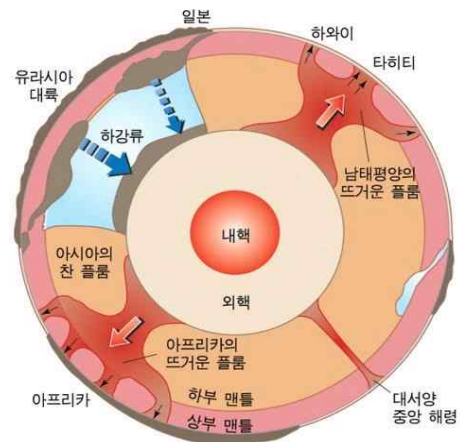
→ 하와이 열도에서 현재 화산활동은 하와이섬에서 일어난다. 화산섬의 나이는 열점에서 멀어질수록 많다. 화산섬의 배열을 보면 판의 이동 방향을 알 수 있는데, 하와이 열도에 속한 화산섬들의 배열과 나이에 따르면, 태평양판은 열점에 대하여 북북서 방향으로 이동하다가 약 4천3백만 년 전부터 서북서 방향으로 이동하였다.

(5) 플룸 구조론

플룸이란, 맨틀과 외핵 경계에서 지각으로 빠르게 상승하거나 지각에서 맨틀 하부로 하강하는 기둥 모양의 물질과 에너지의 흐름이다. 맨틀 상부와 하부의 온도 차이에 따른 밀도 변화에 의해 상대적으로 고온인 맨틀 물질이 상승하는 뜨거운 플룸(hot plume)과 상대적으로 저온인 맨틀 물질이 하강하는 차가운 플룸(cold

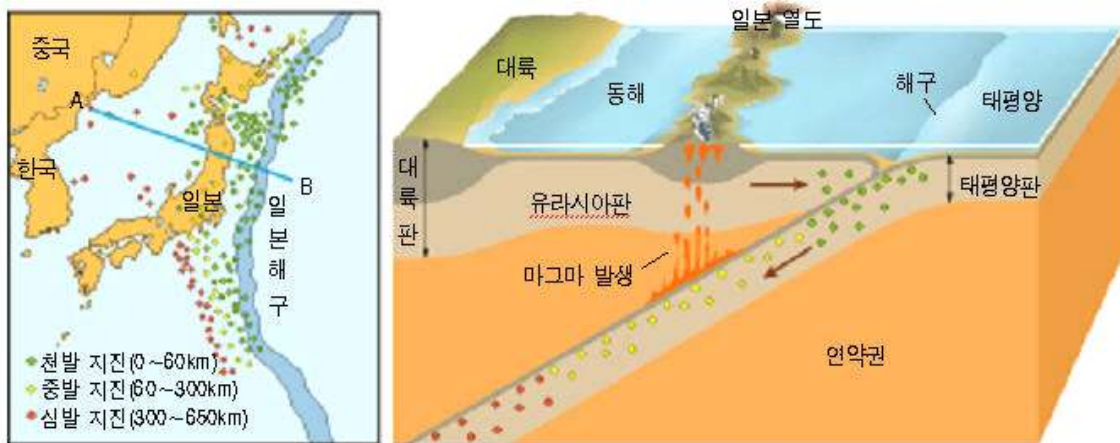
plume)이 유동하면서 지구 내부 구조를 지배한다는 가설이 플룸 구조론이다. 차가운 플룸은 외핵의 상부까지 내려가 온도 구조를 교란시켜 뜨거운 플룸을 생성시키며 뜨거운 플룸은 과거 초대륙을 분리시키는 역할을 한 것으로 추정된다. 뜨거운 플룸이 상승하는 곳은 판의 경계에도 존재하고 판 내부에도 존재한다.

- 뜨거운 플룸은 주변의 맨틀보다 온도가 높아 지진파의 속도가 느리다.
- 차가운 플룸은 주변의 맨틀보다 온도가 낮아 지진파의 속도가 빠르다.



(6) 우리나라 주변의 지각 변동

우리나라와 일본은 모두 유라시아 판에 위치한다. 일본은 수렴형 경계 부근에서 생성된 호상열도이고, 우리나라는 판의 경계에서 비교적 멀리 떨어져 있다. 따라서 일본에서는 화산과 지진이 활발하게 일어나는 반면 우리나라에서는 화산 활동이 잘 일어나지 않고 판의 운동에 의한 지진도 잘 일어나지 않는다.



우리나라 주변의 지각 변동

제4절 지질시대

I. 지층과 화석

지사 연구의 기본 원리

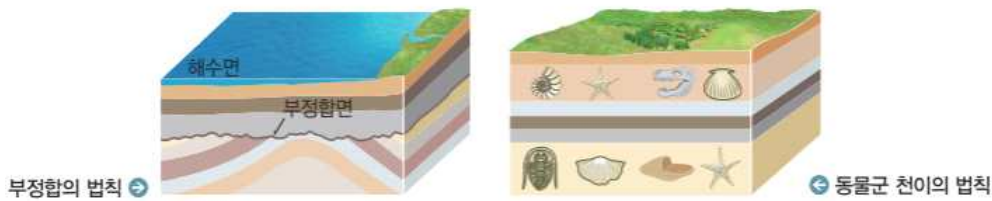
동일 과정의 원리: 현재 지구상에서 일어나고 있는 지질학적 현상은 과거에도 현재와 같은 속도와 과정으로 일어났다는 것으로, 18세기 말, 찰스 라이엘은 ‘현재는 과거를 아는 열쇠이다.’ 라고 주장하였다. 따라서 현재 지구상에서 일어나는 현상을 이해하면 지구의 역사를 해석할 수 있다.

- (1) 수평 퇴적의 법칙 일반적으로 퇴적물은 중력의 영향으로 수평으로 쌓인다. → 현재 지층이 기울어져 있거나 휘어져 있으면 지각 변동을 받았다고 판단한다.
- (2) 지층 누층의 법칙 지층이 쌓일 때 아래쪽은 위쪽보다 먼저 퇴적되었다. → 지각 변동으로 지층이 변형되거나 역전되지 않았다면 아래쪽 지층일수록 먼저 생성된 지층이다.
- (3) 관입의 법칙 관입한 암석은 관입 당한 암석보다 나중에 생성되었다. → 마그마가 관입하면 열 때문에 관입당한 암석은 변성 작용을 받으므로 변성된 암석이 먼저 생성된 것이다.



- 관입이 일어났을 때: 마그마가 기존의 암석을 뚫고 관입하면 화성암 주변은 모두 변성 작용을 받고, 기존 암석의 일부가 화성암 속에 포함될 수 있다.
- 분출이 일어났을 때: 마그마가 지표로 분출한 후 새로운 지층이 퇴적되었다면 분출한 화산암의 위쪽으로는 변성되지 않고, 침식 흔적이거나 기저 역암이 나타난다.

- (4) 부정합의 법칙 부정합면을 경계로 상하 지층 사이에는 긴 시간 간격이 있다. → 이를 경계로 상하 지층을 이루는 구성 암석의 종류와 상태, 지질 구조, 화석의 종류가 달라진다.
- (5) 동물군 천이의 법칙 퇴적 시기가 다른 지층에서는 발견되는 화석의 종류가 달라진다. → 더 복잡하고 진화된 화석이 발견되는 지층이 나중에 생성된 지층이다.



2. 화석

지질 시대를 살았던 생물의 유해나 흔적이 지층 속에 보존된 것을 화석이라고 하며, 화석에 기록된 모든 옛 생물을 고생물이라고 한다. 공룡 발자국, 배설물, 알껍질, 조개가 살았던 흔적 등은 생흔 화석이라고 하며, 시베리아 얼음 속에서 발견된 매머드는 완전한 화석에 포함된다.

(1) 화석의 생존과 보존

① 화석의 생성 조건

- 생물의 개체수가 많아야 한다.
- 뼈, 이빨, 껍데기처럼 단단한 부분이 많아야 한다.
- 죽은 후 냉동, 건조되거나 빨리 매몰되어 다른 생물에 의해 훼손되지 않아야 한다.
- 화석화 작용(치환, 재결정, 탄화 작용 등)을 받아야 한다.
- 퇴적암이 생성된 후 심한 지각 변동이나 변성 작용을 받지 않아야 한다.

② 화석의 보존

- 몰드: 생물의 유해가 없어지고 모양만 남은 것.
- 캐스트: 몰드에 다른 물질이 들어가 침전되어 생물의 원형이 남은 것.
- 인상(imprint): 나뭇잎과 같이 얇은 생물체의 몰드 화석은 암석에 찍힌 것처럼 나타남.
- 치환: 생물의 성분이 다른 광물질로 바뀌면서 생물의 형태와 내부 구조가 보존되는 작용

(2) 화석의 종류

① 표준 화석: 지질 시대를 구분하는 기준이 되는 화석

- 조건: 생존 기간이 짧고, 개체 수가 많으며, 분포 면적이 넓어야 한다.
- 대표적인 예: 삼엽충, 방추충(고생대), 암모나이트, 공룡(중생대), 화폐석, 매머드(신생대)

② 시상 화석: 생물이 살았던 당시의 환경을 알려 주는 화석

- 조건: 생존 기간이 길고, 분포 면적이 좁으며, 환경 변화에 민감해야 한다.
- 대표적인 예: 산호(따뜻하고 얕은 바다 환경), 고사리(온난 다습한 육지 환경)

3. 퇴적층과 퇴적 환경

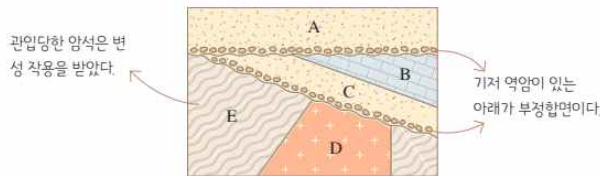
- ① 역암층: 하천이나 얕은 바다
- ② 석회암층: 온난, 비교적 깊은 바다
- ③ 빙퇴석, 호상 점토층: 한랭한 빙설 기후
- ④ 응회암, 집괴암층: 화산 활동 지역
- ⑤ 장식질 사암층: 풍화·침식이 빠르게 진행된 지역
- ⑥ 처트층: 심해 환경
- ⑦ 석탄층: 호수 및 하천의 온난 습윤한 기후
- ⑧ 암염, 석고, 적색 사암층: 열대 건조 기후

III. 지질학적 연대

1. 상대 연대

지층의 생성 시기와 지질학적 사건의 발생 순서를 상대적으로 밝혀낸 것이다. 지층의 상대 연대를 판단할 때는 지사학 법칙 이용한다. 다음은 적용의 예이다.

그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다.



1. 관입의 법칙 적용: 관입한 암석은 관입당한 지층보다 나중에 생성된 것이다. $\Rightarrow E \rightarrow D$
2. 부정합의 법칙 적용: 부정합이 나타나면 부정합면 아래층이 위층보다 오래되었고, 기저 역암이 있는 쪽이 위층이다. $\Rightarrow E$ 와 $D \rightarrow C$, C 와 $B \rightarrow A$
3. 지층 누층의 법칙 적용: 지층이 역전되지 않았다면, 아래층이 위층보다 오래되었다. $\Rightarrow C \rightarrow B$
4. 결론: 지층과 암석의 상대적인 생성 순서는 지층 E 퇴적 \rightarrow 화성암 D 관입 \rightarrow (부정합) \rightarrow 지층 C 퇴적 \rightarrow 지층 B 퇴적 \rightarrow (부정합) \rightarrow 지층 A 퇴적이다.

2. 절대 연대

암석의 생성 시기나 지질학적 사건의 발생 시기를 수치로 나타내는 것으로 방사성 원소의 반감기를 이용한다.

(1) 방사성 동위 원소: 시간이 지남에 따라 방사선을 방출하면서 일정한 속도로 붕괴하여 안정한 원소로 변한다.

- ① 모원소: 붕괴하는 원래의 방사성 동위 원소
- ② 자원소: 모원소가 붕괴하여 새로 생성된 안정한 원소

(2) 방사성 동위 원소의 반감기: 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간 → 외부 온도나 압력의 변화에 관계없이 일정하다. 반감기는 방사성 동위 원소의 종류에 따라 다르다.

방사성 동위 원소		반감기(년)	효과적인 연대 결정 범위(년)	포함 물질
모원소	자원소			
²³⁸ U	²⁰⁶ Pb	약 45억	1천만~46억	지르콘, 우라니나이트, 피치블렌드
²³⁵ U	²⁰⁷ Pb	약 7억	1천만~46억	지르콘, 우라니나이트, 피치블렌드
⁴⁰ K	⁴⁰ Ar	약 13억	5만~46억	휘석, 흑운모, 백운모, 정장석, 화산암
⁸⁷ Rb	⁸⁷ Sr	약 492억	1천만~46억	흑운모, 백운모, 정장석, 각섬석
¹⁴ C	¹⁴ N	약 5730	100~7만	뼈, 나무 등 탄소를 포함한 유기물

(3) 절대 연대의 측정

방사성 동위 원소의 반감기와 절대 연령 암석 또는 광물 안에 포함된 모원소와 자원소의 양과 반감기를 이용하여 암석 또는 광물의 절대 연령을 측정할 수 있다.

① 방사성 붕괴 함수

$$N = N_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

(N: t년 후 모원소의 양, N₀: 처음 모원소의 양, T: 반감기, t: 절대 연령) 또는, 절대연령 t = T × 반감횟수로 구한다.

② 적용의 한계

방사성 원소를 이용한 암석의 절대 연대 측정은 주로 화성암과 변성암에 이용된다. 퇴적암은 생성 시기가 서로 다른 퇴적물들이 모여 굳어진 것으로서 방사성 원소를 이용하여 퇴적암의 절대 연령을 구하는 것은 의미가 없다.

③ 방사성 탄소(¹⁴C)의 이용

퇴적암의 절대 연대 측정의 경우는 퇴적층에 들어있는 화석을 통해 퇴적된 시기를 추정해 볼 수 있는데, 그 중 특히 방사성 탄소(¹⁴C)를 포함한 유기 생명체가 지층에 화석으로 남아있으면, ¹⁴C의 반감기(약 5,730년)를 이용하여 연대를 구할 수 있다.

3. 지층의 대비

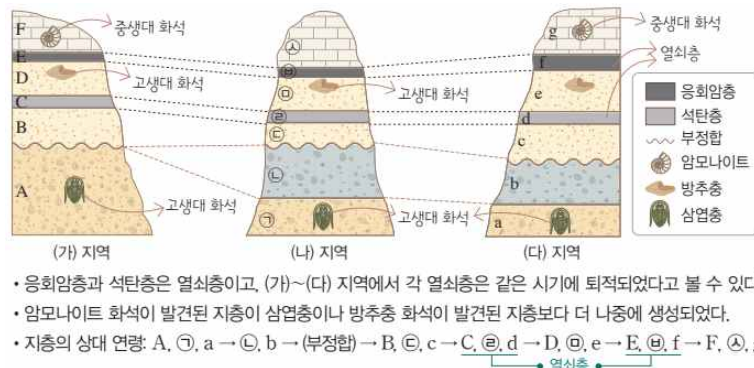
서로 떨어져 있는 지층들을 비교하여 그 지층들이 생성된 시기의 시간적 선후 관계를 밝히는 것이다.

(1) 암상에 의한 대비: 지층을 구성하는 암석의 종류나 열쇠층을 이용하여 대비한다. → 비교적 가까운 거리에 있는 지층 대비에 이용

• 열쇠층(건층, key bed): 지층 대비에 기준이 되는 층 ex) 응회암층, 석탄층 등

• 열쇠층의 조건: 비교적 짧은 시기 동안 퇴적되었으면서 넓은 지역에 분포하는 지층

(2) 화석에 의한 대비: 진화 속도가 빠르거나 비교적 짧은 시기 동안 변성하여 퇴적 시기를 지시해 주는 표준 화석을 이용하여 대비한다. → 멀리 떨어져 있는 지층 대비에 이용



지층의 대비

Ⅲ. 지질시대의 환경과 생물

1. 지질시대의 구분

(1) 지질시대의 구분 기준

지질시대는 지구의 탄생부터 현재까지를 의미하지만, 보통 지각이 생성된 약 40억 년 전부터 인류의 역사가 시작된 약 1만 년 전까지를 말한다.

- 1) 생물계에서 일어난 급격한 변화: 많은 종류의 생물이 갑자기 전멸하거나 출현한 시기를 경계로 구분한다.
- 2) 대규모 지각 변동: 상하 지층의 시간 차이가 크고, 화석의 종류가 뚜렷하게 달라지는 것을 경계로 구분한다. → 주로 부정합면을 경계로 구분한다.

(2) 지질시대의 구분 단위(누대-대-기-세-절)

- 1) 누대(이연): 지질시대를 구분하는 가장 큰 단위로, 퇴적암에서 화석이 비교적 풍부하게 발견되는 시기를 현생누대, 그 이전을 시생 누대, 원생 누대라고 한다.
- 2) 대: 누대를 생물 화석의 큰 변화를 기준으로 대로 구분한다.
 - ① 시생 누대, 원생 누대: 합쳐서 선캄브리아 누대라고도 한다.
 - ② 현생누대: 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다.
- 3) 기와 세: 생물의 진화 과정을 근거로 대를 더 작은 단위인 기로 구분하며, 기를 더욱 작은 단위인 세로 구분한다.

(3) 지질시대 구분표



2. 고기후를 조사하는 방법

(1) 빙하 코어 분석

- 1) 빙하에 포함된 공기로부터 과거 대기 성분을 파악할 수 있다.
- 2) 빙하에 포함된 꽃가루로 당시 환경을 추정할 수 있다.
- 3) 산소 동위 원소비를 이용하여 기온을 추정할 수 있다. → 빙하 코어에는 눈이 쌓일 당시의 꽃가루나 대기 성분이 포함될 수 있기 때문

(2) 나무 나이테 조사

- 1) 나무 나이테의 개수와 폭을 연구하여 과거의 기온과 강수량 변화를 추정한다. → 기온이 높고 강수량이 많으면 나이테의 폭이 넓고, 밀도가 작아진다.
- 2) 비교적 가까운 과거(수천 년 전)까지의 기후를 알아낼 수 있다.

(3) 화석 연구

시상화석의 종류와 분포로부터 과거의 환경을 추정한다.

ex) 고사리: 온난 습윤한 기후에서 서식하므로, 고사리 화석이 발견되면 그 당시 기후가 온난 습윤했음을 알 수 있다.

(4) 유공충 화석 분석

- 1) 바다에서 살았던 유공충 껍데기의 산소 동위 원소비를 이용하여 해수의 온도를 추정할 수 있다.
- 2) 산소 동위 원소비

① 대기 중의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}O}{^{16}O}$)는 기온이 높을수록 높다.

② 해양 생물체 화석 속의 산소 동위 원소비($\frac{^{18}O}{^{16}O}$)는 수온이 높을수록 낮다.

3. 지질시대의 환경과 생물

(1) 선캄브리아 시대(시생 누대, 원생 누대)

대기와 지각, 해양이 형성된 이후 긴 시간 동안 지구에는 생물이 출현하지 않았다. 따라서 선캄브리아 시대 초기에 대해 화석을 통해 알려진 것은 거의 없으며, 현재 발견되는 암석 중 가장 오래된 암석을 통해 그 시작 시기를 추정한다.

1) 선캄브리아 시대의 지각 변동: 오랫동안 여러 차례의 조산운동이 일어나 암석이 심하게 변성되어 화석이 드물다. 대부분 변성 작용을 심하게 받은, 편암이나 화강편마암 같은 결정질 암석이 대부분이며 퇴적암은 거의 없다. 선캄브리아 시대에 형성된 지층 중에서 심한 지각 변동을 받은 후 침식 작용만 받아 지형적으로 낮고 완만한 경사를 이루는 순상지로 많이 나타난다.

2) 선캄브리아 시대의 환경: 이 시기에 수온이 높고, 햇빛이 잘 드는 얕은 바다에서 서식하던 남세균(사이아노 박테리아)이 넓게 분포하였는데, 이것들이 만들어낸 스트로마톨라이트를 통해 선캄브리아 시대가 대체로 온난한 기후였다는 것을 알 수 있다.

① 초기: 강한 자외선이 내리쬐고 있었으므로 육지에는 생명체가 나타날 수 없었고, 자외선이 도달하지 않는 바다에서 생명체가 먼저 출현하였다. 약 38억 년 전 시생 누대 초반에 최초의 광합성 생물이 출현하였고, 지구 환경에 큰 변화를 가져오게 되었다.

② 중기와 말기: 이 시기 퇴적층에서 빙하퇴적물이 발견되면서 아프리카 남부, 인도, 중국, 호주, 미국 북동부 등지에 빙하가 존재했다는 사실이 알려지게 되었다.

③ 대기 성분: 시생 누대에는 대기 중에 산소가 거의 없었으며 핵이 없는 단세포 생물인 원핵생물이 이 시기에 탄생하였다. 이 시기의 생물인 남세균의 화석으로 스트로마톨라이트가 있다. 남세균이 바닷속에서 번성하면서 대기 중에 산소도 조금씩 늘어나기 시작했다.

④ 원생 누대: 진핵생물이 번성하였고, 원시 다세포 생물이 출현하였다. 대륙이 크게 성장하여 초대륙 로디니아가 약 12억 년 전에서 7억 5천만 년 사이에 존재했고, 대기 중 산소의 양이 현재의 2% 수준까지 증가하였으며 몇 차례 빙하기가 존재했던 것으로 알려졌다. 석회조류인 콜레니아가 많고 석회암이 발달해 있는 것으로 보아 원생 누대의 기후가 따뜻했음을 알 수 있으며, 적색 사암층으로 다소 건조한 기후였음을 짐작하게 한다.

3) 선캄브리아 시대의 생물: 이 시기 생물들은 개체 수가 적고, 딱딱한 부분이 거의 없어 화석으로 남은 것이 드물다. 또한 많은 지각 변동으로 인해 그마저도 남아있기 힘들다. 원생 누대의 산소는 생물계의 큰 변화를 가져왔으며, 시생 누대의 생물보다 더 진화된 생물이 많이 등장하게 되었다.

① 시생 누대: 약 38억 년 전 그린란드 남서부에 분포한 퇴적층에서 발견된 단세포 생물이 최초의 생물로 추정되며, 약 32억 년 전의 남아프리카 지층에서 박테리아 화석이 발견되었다.

② 원생 누대: 해면동물, 원생동물, 환형동물, 절지동물 등의 비교적 발전된 무척추동물 화석이 나타난다. 원생 누대의 가장 유명한 화석은 호주 “에디아카라 동물군 화석”으로, 비슷한 화석군이 러시아나 중국, 캐나다와 아프리카 등지에서도 발견되었다.

(2) 고생대

약 5억 4천만 년 전~2억 4천 5백만 년 전까지 지속된 지질시대로, 이 시기 지구상에 많은 생물이 출현하였다. 대륙의 이동과 지각 변동, 생물계의 진화 등에 따라 캄브리아기, 오르도비스기, 실루리아기, 데본기, 석탄기, 페름기로 구분한다.



에디아카라 동물군 화석(복원도)

1) 대륙의 변동: 고생대 초기에 주로 적도 근처에 모여 있던 대륙들이 서서히 이동하여 말기에 초대륙 판게아를 형성하였고, 이 과정에서 대규모 조산운동이 일어나 애팔래치아산맥, 칼레도니아 산맥, 스칸디나비아 맥 등이 형성되었다. 또한 기온도 크게 감소하여 삼엽충, 필석, 갑주어, 방추충 등이 멸종하는 지질시대 최대 규모의 대멸종이 있었다.

2) 고생대의 기후: 초기와 중기의 지층에서 석회암과 산호 화석이 많이 발견되는 것으로 보아 대체로 온난하였으며, 실루리아기 말 지층에서 적색 사암, 석고, 역암 등이 나타나는 것으로 보아 건조했던 것으로 추정된다. 말기에는 석탄층을 이룬 양치식물이 번성한 것으로 보아 온난 습윤했던 것으로 보이며, 페름기에는 남극 부근 대륙의 지층에서 빙하의 흔적이 나타나 이 시기 큰 빙하기가 있었음을 알 수 있다.

3) 고생대의 생물: 선캄브리아 누대에 비해 다양하고 많은 생물 화석이 산출되며 단단한 껍질을 가진 동물 화석이 나타나기 시작했다. 전기에는 삼엽충, 필석 같은 무척추동물이 크게 번성하였고, 후기에는 어류와 양서류 등의 척추동물이 번성하였다. 식물로는 초기에는 원시 해조류가 주류를 이루었으나 말기에 와서는 늘지대를 중심으로 거대한 양치식물이 번성하였다. 특히 실루리아기 이후에 오존층이 생성되어 자외선이 차단되면서 동식물의 진출은 육상으로 확장되었다.

- ① 캄브리아기: 온난한 기후에서 얇은 바다에 삼엽충, 완족류, 절지동물 등이 출현하였다.
- ② 오르도비스기: 삼엽충과 함께 필석류가 번성하였고, 산호, 해백합 등의 화석이 발견되며, 중기에 최초의 척추동물인 어류(갑주어)가 출현하였다.
- ③ 실루리아기: 최초의 육상 동물로 여겨지는 유립테리사라고 불리는 바다전갈이 출현하였고, 최초의 육상 식물인 송엽란류가 출현하였다.
- ④ 데본기: 완족류가 번성하였으며, 폐어, 상어, 갑주어 등의 어류가 크게 번성하여 어류의 시대라고 한다. 양서류가 육상에 출현하였고, 고사리류가 번성하였다.
- ⑤ 석탄기: 방추충(푸줄리나)가 번성하였고, 최초의 파충류가 출현하여 점차 완전한 육상동물로 진화하였다. 인목, 봉인목, 노목 등의 양치식물이 거대한 숲을 이루었으며, 잠자리, 거미 등의 곤충이 서식했다.
- ⑥ 페름기: 양서류가 크게 번성하였고, 은행나무, 소철류 등의 겉씨식물이 출현하였으며, 말기에는 삼엽충, 갑주어, 방추충 등 고생대 생물이 전멸하는 대멸종 사건이 있었다.

(3) 중생대

중생대는 약 2억 4천 5백만 년 전에서 6천 5백만 년 전까지 지속된 지질시대, 트라이아스기, 쥐라기, 백악기로 나뉜다.

1) 중생대의 지각 변동: 트라이아스기 말부터 판게아가 분리되면서 생물의 서식 환경이 다양해졌으며, 로키, 안데스산맥이 생성되기 시작했고, 한반도에서는 대보조산운동이 일어났으며 다량의 마그마가 지각 하부에 관입하였다. 쥐라기 초에 대서양이 생기기 시작하였으며 판게아가 분리된 대륙이 더욱 나뉘어 남아메리카, 아프리카, 인도, 오스트레일리아가 형성되었다.

2) 중생대의 기후: 대기 중 산소의 양은 16% 정도였으며, 고생대에 비해 따뜻했다. 초기 지층에서 적색 사암층과 증발암이 나타나고 산호초가 시베리아까지 발견되는 것으로 보아, 온난 건조하였다. 쥐라기를 거쳐 백악기로 가면서 점차 고온 다습한 기후로 변했고, 말기에는 한랭한 기후로 급변하면서 공룡이 멸종하게 되었다.

3) 중생대의 생물: 고생대에 비해 많은 고등 생물이 등장하였다. 두족류의 일종인 암모나이트, 벨렘나이트 등이 바다에 번성했고, 고생대 후기에 출현한 파충류가 번성하였다. 식물로는 소철류, 송백류, 은행류 등의 겉씨식물이 출현해 번성하였다.

- ① 트라이아스기: 육지에는 공룡, 바다에는 암모나이트가 출현하여 번성하였으며, 최초의 포유류가 출현하였다. 겉씨식물이 많아졌고, 소철류가 크게 번성하였다.
- ② 쥐라기: 익룡이 출현하였고, 파충류와 조류의 특징을 모두 나타내는 시조새가 출현하였다. 겉씨식물이 큰 숲을 이루었다.
- ③ 백악기: 파충류의 진화가 절정에 달했으며, 말기에 암모나이트, 공룡 등이 멸종하였다. 백악기 초기에 활엽수가 나타났으며, 대기 중의 산소의 양이 증가하였다.

(4) 신생대

신생대는 약 6천5백만 년 전에서 1만 년 전까지 지속된 지질시대로, 지질시대 중 가장 짧은 기간을 차지한다. 팔레오기, 네오기, 제4기로 나뉜다.

- 1) 신생대의 지각 변동: 아프리카 대륙과 인도 대륙이 유라시아대륙과 충돌하면서 알프스·히말라야산맥이 형성되었다. 대서양과 인도양이 확장되고, 태평양이 좁아지면서 태평양을 이루는 판들이 유라시아대륙, 아메리카 대륙과 충돌하여 환태평양 조산대를 형성하였다.
- 2) 신생대의 기후: 팔레오기에는 비교적 기온이 높았으며, 제4기에 들어서 기온이 급격히 떨어져 빙하기와 간빙기가 반복적으로 나타났다.
- ① 팔레오기, 네오기: 바다에서는 대형 유공충인 화폐석이 번성하였으며, 육지에는 속씨식물이 번성하고 풀이 무성한 초원이 나타나 말, 매머드 등과 같은 포유류가 번성하였다.
- ② 제4기: 생물은 현재와 비슷하며, 매머드를 비롯한 대형 포유류가 크게 번성하였고, 조류도 번성하였다. 말기에 인류의 조상이 출현하였다.



지질시대 대표적인 표준 화석

IV. 한반도의 지질과 지형

1. 우리나라의 지질 분포

(1) 우리나라의 암석

선캄브리아대 변성암류가 약 40%, 중생대 화성암류가 약 35%, 고생대 이후 형성된 퇴적암류가 약 25%를 차지한다.

(2) 우리나라의 지체 구조

1) 육괴(지괴): 암석의 종류, 나이, 지질 구조 등으로 우리나라를 여러 개의 땅덩어리로 나누는데, 이를 육괴라고 하며, 우리나라의 육괴는 주로 선캄브리아대 변성 퇴적암류와 화강편마암으로 이루어져 있다. 고생대 이후 계속 육지에 드러나 있었다.

ex) 경기육괴, 영남육괴, 낭림육괴 등

2) 퇴적분지: 육괴와 육괴 사이에 분포하며, 고생대 이후 지역에 따라 바다나 호수가 형성되어 퇴적층이 쌓인 곳이다.

ex) 포항 연일 분지, 경상 분지, 평남 분지, 두만강 분지 등

3) 습곡대: 습곡 작용으로 이루어진 지대로 지각 운동이 심하였던 곳이기 때문에 과거의 화산대 및 지진대와 밀접한 관련이 있다.

ex) 고생대 옥천 습곡대, 선캄브리아대 단천 습곡대 등

4) 지구대: 대규모 단층으로 형성된 기다란 분지 형태 구조

ex) 길주-명천 지구대

5) 구조곡: 절리의 침식으로 형성된 지형적으로 길고 좁게 함몰된 지형

ex) 추가령 구조곡



한반도의 지체 구조

(3) 우리나라 지질의 특성

1) 고생대 페름기 초를 경계로 그 이전의 지층은 해성층이고, 그 이후의 지층은 대부분 육성층이다.

2) 가장 오래된 암석은 변성 퇴적암류와 화강 퇴적암류이다.

① 화성암류: 대부분 중생대 관입한 화강암으로 남한 쪽에서는 대체로 중국 방향으로 분포한다.

② 화산암류: 대부분 신생대 현무암으로, 백두산, 철원, 제주도, 울릉도에 주로 분포한다.

③ 퇴적암류: 대부분 고생대 해성층과 중생대 육성층이며, 신생대층은 주로 해안 부근에 좁게 분포한다.

3) 지질 분포: 서울과 원산을 잇는 추가령 구조곡을 경계로 북쪽은 불규칙하고 남쪽은 대체로 북북동~남남서 방향(중국 방향)으로 분포한다. 또한 추가령 구조곡에의 북쪽에는 선캄브리아대와 고생대의 지층이 남쪽에는 중생대의 지층이 넓게 분포한다.

4) 중생대 쥐라기 후반 대보 조산 운동을 경계로 그 이전의 지층은 지각 변동을 받아 습곡, 단층 같은 복잡한 지질 구조를 나타내지만, 그 이후의 지층은 대체로 단순한 지질 구조를 나타낸다.

2. 우리나라 지질의 특징

(1) 선캄브리아 시대

우리나라 지층의 기반을 이루고 있는 선캄브리아 시대의 지층은 낭림육괴, 경기육괴, 영남육괴, 평남분지 등에 고르게 분포한다. 주로 편마암, 편암, 규암, 결정질 석회암 등의 변성 퇴적암류와 화강편마암으로 구성되며 가장 오래된 암석은 약 25억 년 전에 만들어진 변성암으로 밝혀져 있다. 이 시대의 지층은 여러 차례 지각 동과 화성활동으로 심하게 변성되었고, 화석이 드물어 지층의 선후관계나 지질시대를 명확히 밝히기는 어렵다.

1) 경기 편마암 복합체

① 한반도 지질의 기반을 이루는 암석으로 시생 누대에서 원생 누대까지 형성되었다.

② 주로 편마암, 규암, 결정질 석회암 등이 심한 습곡 구조를 보이며 분포한다.

2) 상원 누층군

① 원생 누대 후기의 지층이다.

② 평안남도과 황해도 일부, 경기 북부에 분포한다.

③ 주로 석회암, 규암, 슬레이트 등으로 이루어져 있다.

④ 석회암층에서는 남세균 활동으로 축적된 스트로마톨라이트가 산출되었다.

(2) 고생대

고생대에는 큰 지각 변동은 없었지만, 서서히 일어난 융기와 침강의 반복으로 퇴적이 중단된 시기가 있었다. 고생대 지층은 대부분 퇴적암으로 이루어져 있다. 전기 지층인 조선 누층군과 후기 지층인 평안 누층군으로 구분되고, 그 사이에 실루리아기의 지층인 회동리 층이 분포한다. 실루리아기 중기에서 테본기, 석탄기 초까지는 우리나라가 육지에 드러나 있어서, 퇴적된 지층이 거의 없는데 이를 대결층이라고 한다. 이 시기 우리나라는 적도 부근에 있었던 것으로 추정된다.

① 조선 누층군

- 캄브리아기에서 오르도비스기에 퇴적된 지층이다.
- 대부분 해성층이며, 강원도 남부와 충청북도 그리고 평안남도에 주로 분포한다.
- 석회암, 사암, 셰일 등으로 구성되며, 삼엽충, 완족류, 필석류, 코노돈트, 두족류 등의 화석이 산출된다.

② 회동리층

- 실루리아기의 지층이며, 강원도 정선, 평창 지역에 분포한다.
- 주로 석회암으로 이루어져 있으며, 코노돈트 화석이 발견된다.

③ 대결층

- 실루리아기 중기에서 데본기, 석탄기 전기에 이르는 동안 지층이 나타나지 않는데, 이를 대결층이라고 한다.

④ 평안 누층군

- 석탄기부터 중생대 트라이아스기 초에 걸쳐 퇴적된 지층이다.
- 주로 강원도와 평안남도에 분포하며, 무연탄층을 포함한다.
- 하부는 해성층으로 석회암이 사암, 셰일과 교대로 나타나며 중간에는 석탄층이 포함되어 있다. 석회암층에는 방추충, 완족류, 산호 등의 해양 생물 화석이 산출된다.
- 상부는 무연탄층이 좁게 나타나고, 양치식물의 화석이 발견되는 것으로 보아 육성층이며, 사암과 셰일일 반복적으로 나타난다.



(3) 중생대

한반도에서 조산운동과 화성활동이 가장 활발했던 시대로 모두 육성층으로 이루어져 있다. 중생대의 지질은 크게 화강암류와 퇴적암류로 구분된다.

화강암류는 쥐라기의 대보 화강암과 주로 경상도 지역에 불규칙하게 분포하는 백악기의 불국사 화강암으로 구분되며, 퇴적암류는 중생대 전기의 대동누층군과 추기의 경상누층군으로 구성되어 있고, 그 사이에 묘곡층(상부 쥐라계~하부 백악계)이 있다.

① 대동 누층군

- 트라이아스기 후기에서 쥐라기 초기에 걸쳐 호수에서 퇴적된 지층이다.
- 트라이아스기 후반에는 송림 변동의 영향으로 고생대의 퇴적분지가 사라지고, 작은 규모의 육성 퇴적분지가 형성되었다.
- 평양 부근, 함경북도, 충청남도 보령, 충청북도 단양, 경상북도 문경, 경기도 김포 등지에 분포한다.
- 역암, 사암, 셰일 그리고 석탄층으로 이루어져 있다.
- 규화목 등 식물 화석과 담수어 화석 및 절지동물 화석 등이 발견된다.

② 묘곡층

- 경상북도 봉화군 묘곡리 부근에 소규모로 분포하며, 후기 백악기에 생성된 층이다.
- 흑색, 암회색의 셰일과 사암으로 구성되며 석탄층이 얇게 분포한다.
- 지질 구조가 복잡하고 연체동물과 다양한 식물 화석이 발견된다.

③ 경상 누층군

- 백악기에 주로 경상남북도 지역에 형성된 대규모의 호수에서 퇴적된 지층이다.
- 하부에는 주로 역암, 사암, 셰일 등 쇄설성 퇴적암으로 구성되어 있으며, 중간에는 퇴적층 사이에 화산암류와 응회암이 나타나고, 상부는 대부분 화산암류로만 구성되어 있다.
- 공룡 발자국 화석, 새 발자국 화석, 민물조개와 어류 화석, 식물 화석 등이 발견된다.
- 경상 누층군이 퇴적된 후 마그마가 관입하여 불국사 화강암이 형성되고, 화산 분출이 있었는데 이를 불국사 변동이라고 한다.



④ 지각 변동과 화성활동

트라이아스기에는 송림 변동이, 쥐라기에는 대보 조산 운동이, 백악기에는 불국사 변동이 일어났다.

- 송림 변동: 트라이아스기 말 우리나라에서 일어난 조산운동으로 고생대 퇴적분지를 완전히 육지화시켜 사라지게 하였다. 이 조산운동에 의해 소규모의 호수들이 한반도 곳곳에 생겼고, 한반도 북쪽의 지질 구조와 방향성에 큰 영향을 미쳤다.
- 대보 조산 운동: 쥐라기 말에 일어났으며 고생대 이후 한반도에서 일어난 지각 변동 중에서 가장 격렬했던 대규모의 조산운동으로, 전에 형성된 지층은 심한 습곡과 단층 작용을 받아 변형되었고, 한반도에 새로운 호수들을 생성시켰다. 이 시기 우리나라 습곡산맥의 대부분이 형성되었으며, 대보 화강암이 대규모로 관입하였다.
- 불국사 변동: 백악기 후기에 한반도 남부를 중심으로 화산 활동을 동반한 화성활동이 광범위하게 일어났으며, 이 변동으로 경상 분지, 설악산, 금강산 등 여러 지역에 불국사 화강암이 관입하였다.

(4) 신생대

신생대 퇴적층은 동해안을 따라 소규모로 나타나며, 소규모 화성활동에 의해 형성된 화산암류가 여러 곳에 산재해 나타난다.

① 제3계

- 육성층과 해성층이 번갈아 나타난다. 전기에 주로 육성층, 후기에 해성층이 분포한다.
- 육성층으로 함경북도, 평안남도, 황해도 일대가 있고, 해성층으로 길주-명천 지역, 경상북도 포항 지역이 있다.
- 대부분 포항 등지의 동해안 일부 지역에 작은 규모로 분포하며 참나무와 유공층 등의 화석이 발견된다.
- 사암, 역암, 셰일, 응회암 등으로 구성되고 갈탄층이 얇게 존재한다.



② 제4계

- 백두산, 울릉도, 독도, 제주도, 철원 등지에서 화산 활동이 활발하게 일어나 화산쇄설물과 화산암이 형성되었으며, 현재 한반도의 모습이 만들어졌다.

3. 한반도의 지형

(1) 특징

- 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며, 동고서저의 지형을 이룬다.
- 하천은 산지의 경사를 따라 서쪽과 남쪽으로 흐르고, 하천의 중류와 하류에는 비교적 넓은 충적평야가 형성되어있다.

(2) 특이 지형

① 카르스트 지형

- 석회암 지대에서 지하수에 의한 화학적 풍화로 형성된 지형.
- 고생대 석회암이 분포하는 강원도 삼척, 정선, 영월, 충북 단양, 경북 울진 등이 대표적인 곳이다.
- 환선굴, 고수동굴, 백룡동굴 등의 석회동굴이 많이 발견되는 곳이며, 그 내부에는 중유석, 석순, 석주 등이 형성되어있다.

② 해안 지형

- 동해안: 해안선이 단순하고 산지가 해안 가까이 있어 넓은 평야가 없다. 해안을 따라 사주와 석호가 발달되었고, 사빈이 발달하여 해수욕장으로 사용된다.
- 서해안: 서해 남부에는 침강에 의해 해안선이 복잡해진 리아스식 해안이 발달하고 해안을 따라 넓은 평지가 나타난다. 조차가 크고 간석지가 발달했다.
- 남해안: 해안선이 복잡한 리아스식 해안이 발달했다. 조차가 서쪽으로 갈수록 커지고 간석지가 곳곳에 형성되어 있으며, 2,000개 이상의 섬이 분포해 다도해를 이루고 있다.



리아식 해안과 다도해

③ 화산지형

- 우리나라는 현재는 화산 활동이 없지만, 과거 지질시대에는 화산 활동이 활발했던 시기가 있었다.
- 화산지형: 제주도(한라산, 각종 오름), 울릉도, 독도, 철원, 백두산 등



제주도 오름 군락



경기도 연천군 재인폭포

제5절 지질 조사와 광상

I. 지질 조사

지역에 분포하는 암석의 종류와 분포상태 및 생성 순서, 지질 구조 등을 조사하는 것을 지질 조사라고 한다. 지질 조사의 목적은 조사할 암석과 지층이 어떤 변화를 거쳐 현재와 같은 지질 구조를 이루게 되었는지 알아내는 것이다. 이를 통해 터널이나 댐, 지하 구조물 등의 건설에 필요한 자료를 얻고, 산사태와 같은 자연재해를 예방한다.

1. 주향과 경사

(1) 주향

① 주향선: 지층면과 수평면이 만나는 교선

② 주향: 주향선이 진북 방향과 이루는 각

③ 표시법: N을 기준으로 방향과 각도로 표시

ex) NS, N25° E, EW, N40° W

④ 측정: 클리노미터가 수평이 되도록 하여 한쪽 모서리를 지층면에 밀착시켜 자침이 가리키는 바깥쪽 눈금을 N 기준으로 읽는다. 클리노미터에는 E와 W가 반대로 되어있는데, 주향은 클리노미터의 나침반 바늘이 가리키는 대로 읽으면 된다.

⑤ 주향 보정: 클리노미터가 나타내는 주향은 자북이 기준이므로 편각만큼 보정하여 진북을 기준으로 표시해야 한다.

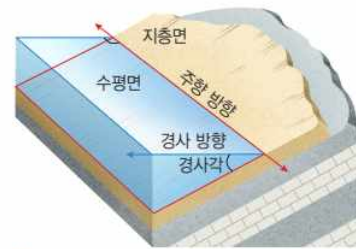
(2) 경사

① 경사 지층면과 수평면이 이루는 각

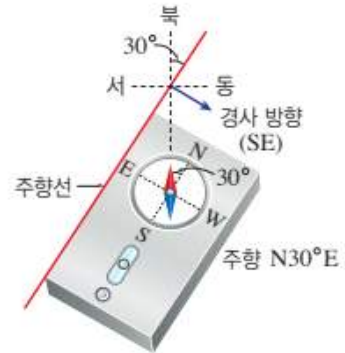
② 표시법: 기울어진 정도를 앞에 쓰고 방향을 뒤에 쓴다.

ex) 40° SE, 20° NW, 60° SW, 30° NE

③ 측정: 클리노미터의 긴 면을 주향과 직각으로 세워 밀착시킨 다음 추가 가리키는 안쪽 눈금으로 표시된 각(E나 W)을 읽는다.



주향과 경사



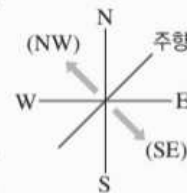
클리노미터의 구조

[주향을 읽는 방법]

- 주향 방향: 클리노미터의 N을 기준으로 자침이 가리키는 방향을 읽어 *E 또는 W로 나타낸다.
예 사진의 주향 방향: NE
- 주향 각도: 자침이 가리키는 바깥쪽의 주향 눈금을 읽는다.
예 사진의 주향 각도: 30°
- 주향을 표시한다. 예 N30°E

[경사를 읽는 방법]

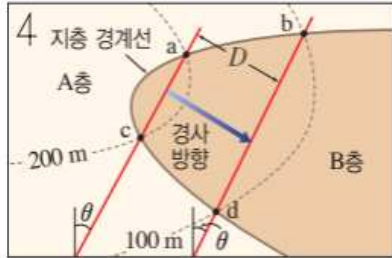
- 경사 방향: 주향 방향에 직각인 방향으로, 두 방향 중 한 방향이다. 어느 방향인지는 클리노미터로 판단할 수 없고, 실제 지형에서 판단한다.
예 사진의 경사 방향: NW 또는 SE
- 경사각: 클리노미터의 E 또는 W를 기준으로 경사를 재는 지침이 가리키는 안쪽의 경사 눈금을 읽는다. 예 35°
- 경사를 표시한다. 예 35°NW 또는 35°SE



2. 지질도 작성과 해석

(1) 지질도에서의 주향과 경사

지질평면도를 통해 주향과 경사 방향, 경사각을 알 수 있다.



① 주향

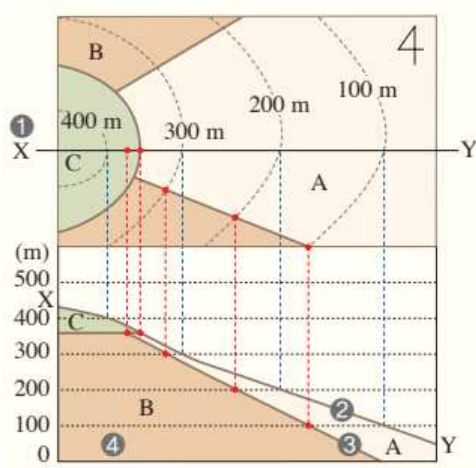
같은 높이의 등고선과 지층 경계선이 만나는 두 점을 연결한 직선 (a-c 또는 b-d)의 방향이 주향이다.

② 경사

높은 고도의 주향선(a-c)에서 낮은 고도의 주향선(b-d) 쪽으로 수직선으로 그은 선의 방향으로 경사를 알 수 있다.

지질도에서 주향과 경사

③ 지질 평면도를 통해 지형의 단면을 해석하는 방법



① 단면을 그릴 부분 선택하기: 지질도에서 단면을 작성할 부분에 선 X-Y를 그린다.

② 지형의 단면 그리기: 선 X-Y와 등고선이 만나는 점을 단면도에 같은 높이까지 수직으로 내린 후(-----), X에서 Y까지 지형의 단면을 그린다.

③ 지층의 경계 그리기: 선 X-Y와 주향선이 만나는 점을 단면도에 같은 높이까지 수직으로 내린 후(-----), 만나는 점을 연결한다.

④ 색 칠하기: 암석의 분포를 고려하여 색을 칠한다.

[해석] 지층의 역전이 없었다면, 지층 A~C의 생성 순서는 B → A → C이다.

(2) 지질도에서 지층의 분포와 형태

*수평층	수직층	경사층
지층 경계선이 등고선에 나란하게 나타난다.	지층 경계선이 등고선에 관계없이 직선으로 나타난다.	지층 경계선이 여러 등고선과 교차하여 곡선으로 나타난다.

(3) 지질도에서 지질 구조의 해석

습곡	부정합	*단층
지층 경계선이 대체로 대칭적으로 나타난다. 지층 경계선의 경사 방향을 해석하여 배사와 향사를 알아낸다.	한 지층 경계선이 다른 지층 경계선을 덮는다. 부정합(경사 부정합)은 상하 지층의 경사가 다르다.	지층 경계선이 끊어지고, 같은 지층이 반복되어 나타난다. 단층면의 경사 방향과 상반과 하반의 이동을 해석하여 정단층과 역단층을 알아낸다.

(4) 지질도에서 사용되는 여러 가지 기호

암석의 기호		지질 구조의 기호					
화강암		주향 경사	역전층	단층			
역암	사암	수평층	배사	추정 단층			
세일	석회암	수직층	향사	화석 산지			
점판암	편암						
편마암	규암						

II. 지구의 자원과 친환경 에너지

1. 지하자원

지구 환경에서 자연적으로 만들어져 지하에 매장되어 있는 채취 가능한 자원을 말한다.

2. 지하자원의 종류

(1) 에너지 자원: 석유, 석탄, 천연가스 등의 일상생활에 사용되는 연료들이 대표적이다.

(2) 광물 자원: 우리에게 필요한 제품을 생산하는데 사용하는 금속, 비금속 광물을 말한다.

1) 금속 광물 자원

① 금속 원소가 주성분인 광물, 대체로 은백색의 금속광택(예외적으로 금은 노란색, 구리는 붉은색)이 나고, 열과 전기전도성이 좋으며, 제련 과정을 거쳐 이용한다.

② 금, 은, 구리, 철, 아연, 망가니즈, 텅스텐, 니켈, 주석 등

③ 자동차, 건축, 조선, 전선, 전자부품, 우주항공산업, 반도체 등에 사용된다.

2) 비금속 광물

① 주로 비금속 원소로 이루어진 광물. 대체로 제련 과정이 필요 없으며 대신 분리, 분쇄 과정이 필요하다.

② 석회석, 고령토, 금강석, 점토, 규석, 운모, 장석 등

③ 비료, 시멘트의 원료, 도자기, 유리, 내화벽돌, 반도체 소자 등에 사용된다.

3. 지하자원의 생성 및 개발

(1) 에너지 자원: 가장 많이 사용되고 있는 에너지 자원은 석탄, 석유, 천연가스 등의 화석 연료이며, 이는 과거 지구상에 살았던 동식물의 유해가 오랜 세월을 거치면서 지질학적 변동을 받아 생성된 것이다.

1) 석탄: 고생대, 중생대에 번성했던 거대 육상 양치식물이 분해되어 생성

2) 석유와 천연가스: 세일에 포획된 해양 생물이 분해되어 생성

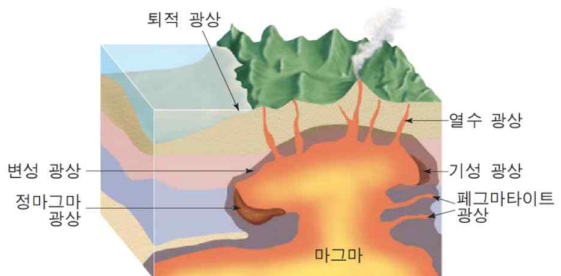
3) 가스 하이드레이트: 심해의 저온·고압 환경에서 탄소 성분의 기체가 물 분자와 결합하여 생성

(2) 광물 자원: 화성, 퇴적, 변성 활동을 통해 암석이 생성되는 과정에서 만들어진다.

1) 화성 광상: 마그마가 냉각되어 화성암이 형성되는 과정에서 용융점이 비슷한 유용한 성분이 모여 형성. 백금, 크로뮴, 니켈, 텅스텐, 철, 구리, 납, 아연, 금, 은, 금강석 등

2) 퇴적 광상: 암석이나 광상이 지표에서 풍화되고 운반·퇴적되는 과정에서 유용한 성분이 모여 형성. 사금, 사철, 고령토, 보크사이트, 석회석 등

3) 변성 광상: 암석이나 광상이 변성되는 과정에서 유용한 성분이 재배열되거나 조성이 달라져 형성. 흑연, 활석, 석면 등



광상의 종류

(3) 광물 자원이 개발 과정: 탐광 → 채광 → 선광 → 제련

- 1) 탐광: 지질 조사, 지구 물리적인 방법 등으로 유용한 광물의 존재를 확인하고, 확실한 자료를 얻기 위해 시추를 하는 과정이다.
- 2) 채광: 경제성이 확인된 후, 광물을 채취하는 과정이다.
- 3) 선광: 원하는 광물을 다른 광물과 가려내어 품위를 높이는 과정이다.
- 4) 제련: 원하는 광물을 녹여서 뽑아낸다.

(4) 광물 자원의 이용

금속 광물	이 용	비금속 광물	이 용
알루미늄	합금, 비행기, 건축 재료	점토 광물	종이, 도자기, 내화벽돌
망가니즈	강철, 합금, 의약품	고령토	종이, 도자기, 내화벽돌
철	기계, 건축자재	석회석	시멘트, 제철공업, 화학공업
금	보석, 전자제품, 치과 재료	형석	알루미늄 제련, 의약품
은	보석, 식기, 사진 재료	유황	화학공업 원료
납	도료, 전지, 휘발유 첨가제	규사	유리, 첨단 산업

4. 지하자원의 유한성

지하에서 오랜 세월을 걸쳐 생성되므로 인간의 시간으로 재생산이 불가능한 자원이다. 세계 산업 구조의 변화에 따라 화석 연료 뿐 아니라 희토류, 리튬과 같이 첨단 산업에 쓰이는 광물 자원의 소비도 증가하고 있다. 매장량은 한정되어 있고, 사용량은 늘어나고 있으므로 언젠가는 고갈될 자원이다.

5. 광상

지각에 유용한 광물이 농집된 곳을 광상이라고 한다. 이러한 광상에서 광석을 채굴하는 장소를 광산이라고 한다.

(1) 화성 광상(마그마 광상)

- 1) 정마그마 광상(600~1,000℃): 마그마가 냉각되는 과정 초기에 휘발 성분이 적은 상태에서 용융점이 높고 비중이 큰 광물이 정출하여 마그마의 특정 부분에 집중됨으로서 생긴 광상이다. 염기성 화성암과 관계가 깊고 타이타늄, 철광, 크로뮴, 금강석 광상이 생성된다.
- 2) 페그마타이트 광상(500~600℃): 화강암질 마그마의 냉각 후반에 생긴 잔액 중에 휘발 성분이 농집하여 증기압이 높은 상태에서 생기는 광상으로 석영, 장석, 운모의 큰 결정이 정출시켜 형성된다. 규모는 작으나 Be, Nb, U, Ce 등의 희유원소가 산출된다.
- 3) 기성광상과 접촉교대광상(370~500℃): 마그마가 더 냉각되어 잔액 중에 할로젠 원소 등의 휘발 성분이 증가하여 유동성이 커졌을 때, 잔류 용액이 주위의 암석을 침입하여 교대 작용을 일으킴으로서 생긴 광상이다. 휘발 성분이 주위 암석과 화학 반응을 일으켜 텅스텐, 주석 등이 포함된 기성광상이 형성되고 마그마 잔액이 석회암과 반응하여 철, 구리, 납, 아연 등과 석류석, 규회석과 같은 스키른 광물을 포함하는 접촉 교대 광상이 형성된다.
- 4) 열수 광상(370℃ 이하): 마그마 분화 작용의 말기에 마그마의 잔액이 금, 황화물, 탄산염, 규산염 등을 함유하는 고온의 열수가 되어 기존 암석 중에 생긴 열극이나 공극을 채우거나 기존 암석과 교대하여 생성된다. 금, 은, 구리, 납, 아연 등이 산출된다.

(2) 퇴적 광상

유용한 광물이 특정한 장소에 농집되거나 퇴적될 때 생긴 광상이다.

- 1) 풍화 잔류 광상: 암석이나 광상이 화학적 풍화를 받을 때 쓸모없는 성분은 녹아서 흘러가고 물에 잘 녹지 않는 유용한 광물만 남아서 이룬 광상이다.
 - ① 장석을 많이 포함한 화성암이나 변성암이 풍화를 받으면 온대 지방에서는 고령토가 열대 우림 지역에서는 알루미늄의 원광물인 보크사이트가 된다.

② 망가니즈나 철을 포함한 석회암에서 망가니즈 광상이나 철 광상이 생성되기도 한다.

2) 표사 광상: 광상이나 암석 중에 있던 광물들이 풍화·침식 작용으로 부서져서 유수에 의해 운반되면, 그 과정에서 비중이 큰 유용 광물들이 하천 바닥으로 가라앉아 한 장소에 집중되게 되는데, 이를 표사 광상이라고 한다.

- 사금, 백금, 금강석, 자철석, 지르콘 등의 광물이 대표적이다.

3) 침전 광상: 광물질이 용해되어있던 수용액이 증발이나 화학적 변화로 인해 침전되어 이루어진 광상. 퇴적암 중에 층을 이루어 나타나는 것이 보통이라 성층 광상 또는 광층이라고도 한다.

- 암염, 석고 광층은 증발 작용에 의한 침전 광상이고 철, 구리, 망가니즈, 우라늄 광층은 화학적 변화에 의한 침전 광상이다.

(3) 변성 광상

앞에서 언급한 광상이나 암석이 광역 변성 작용을 받으면 물리적 조건이 변하므로 여러 가지 유용한 광물이 새로 만들어지거나 다시 이동, 농집되어 광상을 만들기도 한다. 이를 변성광상이라고 한다.

- 흑연은 무연탄이 변성 작용을 받아서 만들어진 변성 광상이다.

(4) 유기적 광상

1) 석탄: 고온다습한 지역의 습지에서 번성하던 식물이 수중에 매몰되어 무산소 환경으로 들어가면 먼저 토탄이 된다. 이 토탄이 열과 압력을 받으면 수분의 대부분과 일부 탄소를 잃어버리고 탄소가 주성분인 석탄이 된다.

- 석탄은 고정 탄소의 비율에 따라서 토탄 → 갈탄 → 역청탄 → 무연탄의 순으로 된다.

2) 석유와 천연가스: 석유와 천연가스는 대체로 함께 산출되며 같은 탄화수소를 가지고 있어서 그 기원은 동일하다. 석유와 천연가스는 지질시대에 살던 생물이 남긴 유해로서 퇴적암층 내에 존재하는데, 주로 해양성 퇴적물에 풍부하게 나타난다.

① 신생대 지층에 총 석유 매장량의 60%가 들어있고, 중생대 지층에 25%, 고생대 지층에 15%가 들어있다.

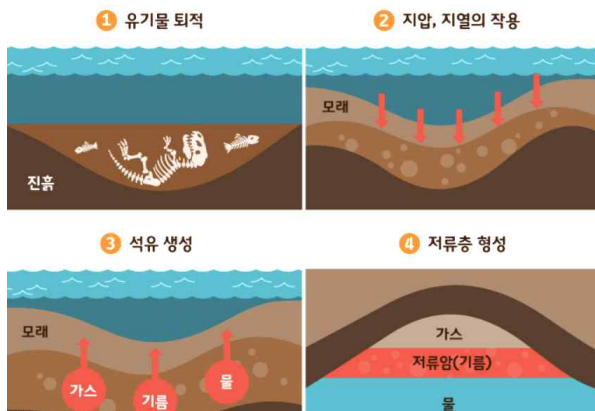
② 유기물을 함유한 지층이 석유가 되기까지 과정은 다음과 같다.

- 퇴적물에 섞인 유기물이 호수나 바다 밑에 퇴적된 후 환원 환경에서 박테리아의 작용을 받아 산소·질소·기타 원소가 제거되고 탄소와 수소가 남는 고분자 화합물인 케로젠이 된다.

- 케로젠이 열 분해되어 석유가 되므로 지층이 계속 쌓여서 유기물을 포함한 층이 깊이 묻혀 열과 압력을 받아 화학변화가 일어나야 한다.

- 유기물이 성숙하여 석유로 변해가면서 이를 보존할 수 있는 사암 같은 다공질의 암층(저류암)이 있어야 하며, 이렇게 생긴 석유의 이동을 막기 위해 저류암 위쪽에 치밀하고 침투율이 낮은 암석층이 덮개암으로 있어야 한다.

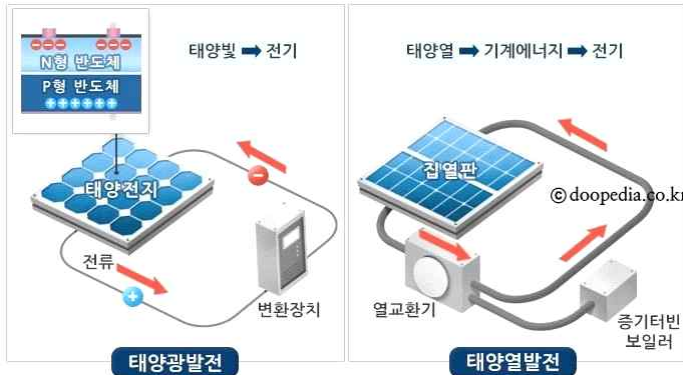
- 석유가 모일 수 있는 배사구조나 돔 구조 같은 특수한 지질 구조가 있어야 한다. 이러한 조건을 갖춘 유전에는 비중의 차이에 의해 상부에 천연가스, 중간에 석유, 하부에 물이 차지하고 있는 경우가 대부분이다.



석유의 생성 과정

6. 친환경 에너지

(1) 태양 에너지



- 1) 태양열 발전: 태양열로 직접 물을 끓여 증기를 발생시켜 터빈을 돌려 전기에너지를 생산하는 발전 방식이다.
- 2) 태양광 발전: 태양 전지를 이용하여 태양광을 전기에너지로 직접 전환한다.
 - ① 태양 전지: 반도체의 접합 면에 빛이 비치면 광전효과에 의해 전자의 이동을 일으켜 전기를 생산하는 장치.
 - ② 장점: 무공해이며 재생에너지이다. 햇빛이 있으면 간단하게 설치할 수 있고 장치의 수명도 길다. 소음과 진동이 없고, 폐기물이 나오지 않으므로 환경오염도 거의 없다.
 - ③ 단점: 태양 빛이 비칠 때만 사용할 수 있고, 에너지 생산량을 일정하게 통제하기 힘들다. 공간이 많이 차지되며 초기 비용이 많이 든다.

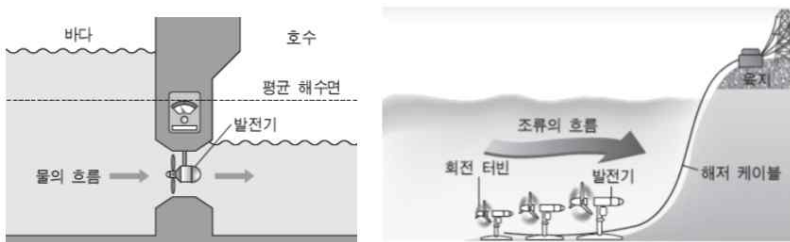
(2) 풍력 에너지

바람의 힘으로 발전기를 돌려 전기에너지를 생산하는 풍력발전이 대표적이다.

- 1) 장점: 설비가 비교적 간단하다.
- 2) 단점: 바람의 세기나 방향이 항상 변하므로 발전량의 예측이 어렵다. 일정 속도 이상의 바람이 지속적으로 부는 지역에서만 이용이 가능하다.

(3) 조력 에너지

달과 태양의 인력에 의해 발생하는 밀물과 썰물의 흐름을 이용하며, 조력발전과 조류발전이 있다. 특히 우리나라 서해안에는 조석 간만의 차가 크므로 조력 에너지 개발에 적합하다.



조력 발전과 조류 발전의 원리

- 1) 조력 발전: 주기적으로 해수면의 높이가 변하면서 나타나는 조석 간만의 차를 이용한다. 바닷물의 위치 에너지를 이용해서 에너지를 생산하는 방식이다.
 - ① 장점: 날씨나 계절과 관계없이 언제나 발전할 수 있다. 발전량 예측이 가능하며, 대규모 전력 생산도 가능하다.
 - ② 단점: 해수의 간헐 현상으로 갯벌이 사라지고 염분 농도가 변하여 해양 생태계에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다.

2) 조류 발전: 자연적으로 발생하는 흐름인 조류에 직접 터빈을 설치함으로써 해수의 수평 흐름을 회전운동으로 변환시켜 전기에너지를 생산하는 방식이다. 바닷물의 운동에너지를 이용한다.

① 장점: 날씨나 계절과 관계없이 항상 발전할 수 있다. 특정 지역의 시간대별 유속을 알면 발전량 예측이 가능하고, 조력 발전과는 달리 생태계에 미치는 영향이 거의 없다.

② 단점: 조류의 흐름이 빠른 지역에만 설치가 가능하다.

(4) 파력 에너지

파력 발전: 바람에 의해 생기는 파도의 상하좌우 운동을 이용하는 것이다.

- 장점: 에너지를 지속적으로 이용 가능하고 청정에너지를 얻을 수 있다.

- 단점: 초기 투자비가 많이 들고 특정한 지역에 설치 가능하다.

(5) 지열에너지

지열 발전: 지구 내부의 열에너지를 이용하여 난방이나 발전 등이 이용한다. 지열로 물을 끓여 발생하는 증기로 터빈을 돌려 전기를 생산하는 방식이다.

- 장점: 친환경 에너지이며, 에너지 생산량이 비교적 일정하다.

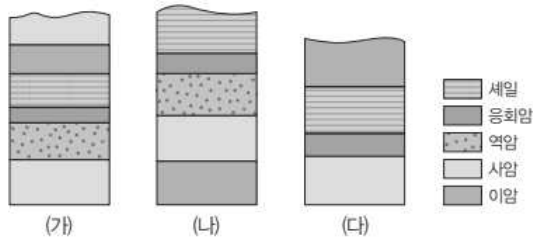
- 단점: 화산 지대와 같이 지하의 마그마가 상승하여 지열이 많이 발생하는 곳이 유리하며, 초기 건설 비용이 많이 든다.

♣ 개념 확인 문제 ♣

1. 지구 역사를 연구하는데 가장 중요한 것은? 27회
 ① 지층과 화석 ② 지층과 광물 ③ 광물과 화강암
 ④ 암석과 화석 ⑤ 광물과 암석

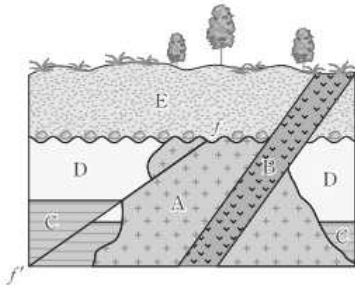
2. 지층의 생성 순서를 결정하는데 도움을 주지 않는 것은?
 ① 화석 ② 퇴적구조 ③ 부정합 ④ 관입과 분출 ⑤ 운석

3. 다음 그림은 비교적 가까이 있는 세 지역의 지질 단면도이다.



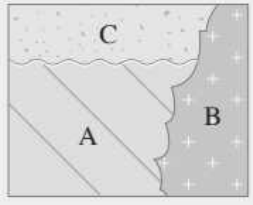
- 위 그림을 옳게 해석한 것은?
 ① 가장 새로운 지층은 (나) 지역에서 나타난다.
 ② 가장 오래된 지층은 (다) 지역에서 나타난다.
 ③ 세 지역은 모두 화성암의 관입 작용을 받았다.
 ④ (다) 지역에서는 부정합을 관찰할 수 있다.
 ⑤ 변성암은 세 지역 모두에서 관찰할 수 있다.

4. 그림은 어느 지역의 지질 단면도이다. 이 지역 지층의 생성 원리를 알아보는데 이용된 지사 연구의 원리를 모두 나열한 것은?



- ① 부정합의 원리, 관입의 원리, 동일 과정의 원리
 ② 부정합의 원리, 관입의 원리, 지층 누중의 원리
 ③ 동물군 천이의 원리, 지층 누중의 원리, 관입의 원리
 ④ 동일 과정의 원리, 지층 누중의 원리, 동물군 천이의 원리
 ⑤ 지층 누중의 원리, 동일 과정의 원리, 동물군 천이의 원리

5. 지사 연구의 법칙을 이용하여 판단할 때, 다음 지층의 단면의 생성 순서를 옳게 제시한 것은?



- ① A → B → C ② A → C → B ③ B → C → A
 ④ B → A → C ⑤ C → B → A

6. 상하 두 지층 사이에 퇴적이 중단되어 긴 시간적 간격이 있게 된 증거는? 34회

- ① 단층 ② 습곡 ③ 절리 ④ 부정합 ⑤ 스러스트

7. ^{235}U (우라늄)가 ^{207}Pb (납)로 변화하는데 반감기가 7억년 이라고 할 때 8g의 ^{235}U 이 1g만 남고 나머지는 ^{207}Pb 와 에너지로 변하였다면 이는 몇 년이 지난 것인가? 33회

- ① 7억년 ② 14억년 ③ 21억년 ④ 28억년 ⑤ 56억년

8. 어느 유적지에서 출토된 목탄 중에 ^{14}C 동위원소 함량이 원래 함량의 1/4이 남아 있었다. 이 목탄이 만들어진 시대는 몇 년 전인가? (단, ^{14}C 의 반감기는 5,730년이다.) 37회

- ① 5,730년 전 ② 11,400년 전 ③ 1,432년 전
 ④ 2,865년 전 ⑤ 573년 전

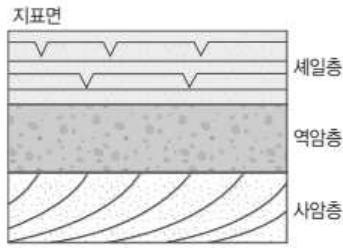
9. 어느 선사시대의 유적지에서 출토된 도끼자루 조직 속의 ^{12}C : ^{14}C 의 비율이 1 : 2.5×10^{-13} 이었다. 이 도끼자루의 제작 연대는?(단, 대기 중에서 보통 탄소(^{12}C)와 방사성 탄소(^{14}C)의 비율은 1:10⁻¹²이고, ^{14}C 의 반감기는 5,700년이다.)

- ① 2,850년 전 ② 5,700년 전 ③ 8,550년 전 ④ 11,400년 전 ⑤ 14,250년 전

10. 다음 방사성 원소인 ^{14}C 에 대한 설명으로 잘못된 것은?

- ① 죽은 식물 내에서는 ^{14}C 의 붕괴가 일어나지 않는다.
 ② 동위원소 연구 중 반감기가 짧은 ^{14}C 법은 인류학, 고고학에 이용하기 적당하다.
 ③ 살아있는 식물에서 ^{12}C : ^{14}C 의 비율은 일정하다.
 ④ 생성된 ^{14}C 는 β 붕괴에 의해 전자를 잃고 안정한 ^{14}N 로 변한다.
 ⑤ 대기 상층에서 중성자와 질소(^{14}N)가 충돌하여 ^{14}C 가 생성된다.

11. 그림은 퇴적 구조가 나타난 지층의 단면을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르면?

|보기|

ㄱ. 세일층은 건조한 기후에 노출된 적이 있다.
 ㄴ. 역암층에서는 점이 층리를 관찰할 수 있다.
 ㄷ. 사암층의 퇴적물은 오른쪽에서 왼쪽으로 공급되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12. 다음은 원시 대기의 변화에 대한 설명이다. 잘못된 것을 고르면?

- ① 원시 대기의 주성분이었던 CO₂는 현재 대부분 해수에 이온 형태로 녹아있다.
 ② 현재 대기의 대부분을 차지하는 N₂는 NH₃가 붕괴되어 생성되었다.
 ③ 원시 대기가 현재와 같은 대기 조성 비율을 갖게 된 것은 선캄브리아대 후기부터이다.
 ④ 바다가 형성되었던 시기에 대기의 평균 분자량은 현재 대기의 평균 분자량보다 컸다.
 ⑤ 대기 중의 O₂는 주로 식물에 의한 광합성에 의해 생성되었다.

13. 원시 대기의 성분으로 가장 거리가 먼 것은?

- ① 수증기 ② 이산화탄소 ③ 메탄 ④ 암모니아 ⑤ 산소

14. 비교적 온난한 기후가 계속되었던 지질시대와 초원이 발달하여 초식 동물이 번성한 지질시대가 차례대로 맞게 나열된 것은?

- ① 선캄브리아대- 중생대 ② 고생대- 신생대 ③ 고생대-중생대
 ④ 중생대- 신생대 ⑤ 신생대-신생대

15. 식물의 진화 과정을 바르게 나타낸 것은?

- ① 양치식물→속씨식물→겉씨식물
 ② 양치식물→겉씨식물→속씨식물
 ③ 겉씨식물→속씨식물→양치식물
 ④ 겉씨식물→양치식물→속씨식물
 ⑤ 속씨식물→양치식물→겉씨식물

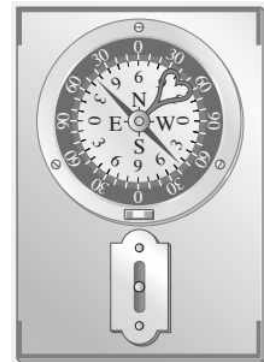
16. 고생대 실루리아기에는 최초의 육상 동물인 유립테리스와 최초의 육상 식물인 리니아가 나타났다. 실루리아기에 이들이 육상 진출할 수 있었던 근본적인 조건을 고르면?

- ① 대륙 이동이 완성되었다.
- ② 기후가 온난하여 육상 생활이 가능했다.
- ③ 유해 자외선이 차단될 수 있는 환경이 마련되었다.
- ④ 바다 속 생물체의 양이 급증하여 육상 생활을 택하게 되었다.
- ⑤ 거대한 부정합 이후 생활 환경이 급변하였다.

17. 다음 중 변성 시기가 오래된 고생물부터 순서대로 바르게 나열된 것은?

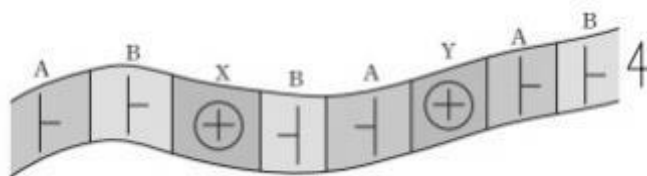
- ① 필석 - 갑주어 - 푸줄리나 - 공룡 - 화폐석 - 매머드
- ② 필석 - 갑주어 - 푸줄리나 - 공룡 - 매머드 - 화폐석
- ③ 갑주어 - 필석 - 공룡 - 푸줄리나 - 화폐석 - 매머드
- ④ 갑주어 - 필석 - 공룡 - 푸줄리나 - 매머드 - 화폐석
- ⑤ 푸줄리나 - 필석 - 갑주어 - 공룡 - 화폐석 - 매머드

18. 오른쪽 그림은 강원도 어느 지역에서 클리노미터를 이용하여 지층의 주향과 경사를 측정한 것이다.(단, 강원도 지방의 편각은 약 6° W이다.) 클리노미터에 나타난 주향과 지질도에 표시한 주향을 순서대로 바르게 나열한 것은? (클리노미터의 위로 향한 바늘이 N극이다.)



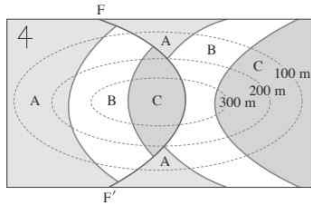
- ① N45° E, N39° E
- ② N45° E, N51° E
- ③ N40° E, N34° E
- ④ N40° E, N46° E
- ⑤ N60° E, N54° E

19. 오른쪽 그림은 평탄한 어느 퇴적암 지역의 지질 평면도이다. 이 지질의 X 주위에 나타나는 지질구조는 무엇인가? 29회



- ① 난정합 ② 경사 부정합 ③ 배사 ④ 향사 ⑤ 절리

20. 그림은 지층 A, B, C에 단층 F-F'가 형성된 어느 지역의 지질도를 나타낸 것이다.



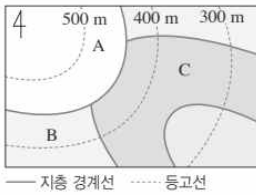
이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르면? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

ㄱ. 지층 C는 동쪽으로 경사져 있다.
 ㄴ. 단층 F-F'의 단층면은 서쪽으로 경사져 있다.
 ㄷ. 지층이 생성된 순서는 A → B → C이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21. 그림은 어느 지역의 지질도이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르면? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

ㄱ. A는 수평층이다.
 ㄴ. 지층 A와 B 사이에는 퇴적 시간에 긴 공백이 있다.
 ㄷ. 지층 C의 주향은 NE 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

22. 그림 (가)와 (나)는 클리노미터로 어느 지층의 주향과 경사를 측정한 것이다.



(가) 주향

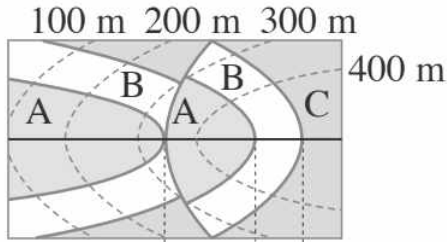


(나) 경사

이 지층의 주향과 경사를 지질도의 기호로 가장 옳게 나타낸 것은? (단, 편각은 고려하지 않으며, 위쪽이 북쪽이다.)

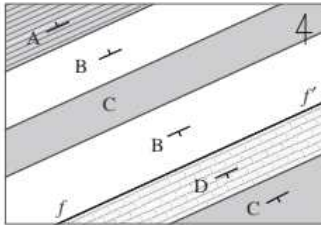
- ① ② ③
- ④ ⑤

23. 그림과 같은 지질 평면도에서 나타나는 지질 구조와 지층 A, B, C의 생성 순서를 바르게 나타낸 것은?



- ① 부정합, A→B→C ② 역단층, C→B→A ③ 역단층, A→B→C
 ④ 정단층, A→B→C ⑤ 정단층, C→B→A

24. 그림은 지층 A~D가 분포하는 어느 지역의 지질도이다. f-f' 는 단층선이고, 지표의 고도는 동일하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르면? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

ㄱ. 배사 구조가 나타난다.
 ㄴ. A층의 주향 방향은 NE이다.
 ㄷ. C층이 D층보다 나중에 퇴적되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

25. 다음 중 선캄브리아대의 대표적인 화석은? 37회

- ① 삼엽충 ② 어류 ③ 스트로마톨라이트 ④ 암모나이트 ⑤ 유공충

26. 다음 중 화석을 잘 발견할 수 있는 암석만으로 묶인 것은?

- ① 셰일, 석회암 ② 응회암, 집괴암 ③ 슬레이트, 천매암
 ④ 석회암, 대리암 ⑤ 사암, 석회암

27. 다음 중 연관관계가 맞는 것은?

- ① 제3기 - 알프스 조산 운동 - 화폐석
 ② 쥐라기 - 네바다 조산운동 - 필석
 ③ 석탄기 - 바리스칸 조산 운동 - 공룡
 ④ 데본기 - 라라미드 조산 운동 - 갑주어
 ⑤ 트라이아스기 - 칼레도니아 조산 운동 - 삼엽충

28. 지구의 나이를 연구하는 방법에 대한 설명이다. 잘못된 것은?

- ① 태양계 행성은 동시에 생겼다고 가정하고 연구한다.
- ② 방사성 동위원소의 반감기를 이용한다.
- ③ 월석 연구에서 얻은 자료를 통해 약 46억 년으로 추정하고 있다.
- ④ 운석은 지구 나이를 연구하는데 귀중한 자료로 쓰인다.
- ⑤ 지표에서 가장 오래된 암석인 그린란드의 이수아 층에서 발견된 변성암이 결정적인 단서를 제공하였다.

29. 다음 중 우리나라 지질의 특성으로 옳은 것은?

- ① 현무암이 화강암보다 많이 분포한다.
- ② 퇴적암류가 변성암류보다 많이 분포한다.
- ③ 중생대층은 동해안과 제주도에 소규모로 분포한다.
- ④ 선캄브리아대 층은 북한 지역보다 남한 지역에 많이 분포한다.
- ⑤ 남한 지역의 화강암은 대체로 북북동-남남서 방향으로 분포한다.

30. 지질시대 중 중생대 트라이아스기에 대한 설명으로 잘못된 것은?25회

- ① 바다에는 두족류인 암모나이트가 번성하기 시작하였다.
- ② 육지에는 양서류에서 진화된 파충류의 전 종류가 나타났다.
- ③ 식물로는 송백류, 은행류, 소철류 등의 나자식물이 번성하였다.
- ④ 공룡이 번성하였다.
- ⑤ 조류의 선조인 시조새가 출현하였다.

31. 생물이 화석이 되기 위한 일반 조건으로 적당하지 않은 것은?

- ① 생물체에 단단한 부분이 있을수록 잘 형성된다.
- ② 생존 기간이 길고 분포 면적이 한정되어 있으면 좋다.
- ③ 생물의 유해가 퇴적물 속에 빨리 매몰되어야 한다.
- ④ 치환 작용, 탄화작용 등을 받아야 한다.
- ⑤ 지층 형성 이후 지각 변동을 받아야 한다.

32. 우리나라의 지질 계통에 대한 설명으로 잘못된 것은?

- ① 쥐라기에 일어났던 화산 활동은 남한 지역보다 북한 지역에서 더 활발하였다.
- ② 변성암은 남한 지역보다 북한 지역에 더 넓게 분포한다.
- ③ 고생대 초기부터는 거의 육지화하였다.
- ④ 산맥 구조는 대부분 중생대에 화산은 대부분 신생대에 만들어졌다.
- ⑤ 고생대와 중생대의 층계는 조선계 - 평안계 - 대동계 - 경상계 순이다.

33. 다음 중 우리나라에서는 지층을 찾아볼 수 없는 시대는?

- ① 캄브리아기 ② 오르도비스기 ③ 실루리아기 ④ 데본기 ⑤ 페름기

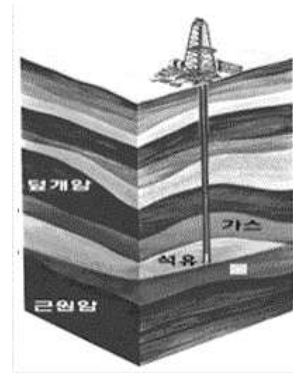
34. 다음 중 화성 광상의 생성 순서로 옳은 것은?

- ① 정마그마 광상 → 페그마타이트 광상 → 기성광상 → 열수 광상
- ② 정마그마 광상 → 기성 광상 → 페그마타이트 광상 → 열수 광상
- ③ 정마그마 광상 → 열수 광상 → 페그마타이트 광상 → 기성 광상
- ④ 페그마타이트 광상 → 기성 광상 → 열수 광상 → 정마그마 광상
- ⑤ 기성 광상 → 열수 광상 → 정마그마 광상 → 페그마타이트 광상

35. 다음 그림은 어느 지역의 석유 광상의 구조를 나타낸 것이다. 위 자료에 대한 설명으로 옳은 것은?

|보기|

- ㄱ. 덮개암으로는 세일이 적당하다.
- ㄴ. 근원암으로는 화강암이 적당하다.
- ㄷ. 이 지역 외에 향사 구조가 발달된 지역에서도 석유를 얻을 수 있다.
- ㄹ. 천연가스는 다공질 암석에 포함되어 있다.



- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄱ, ㄹ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄷ, ㄹ

36. 다음 중 원유를 찾을 때 고려할 조건으로 잘못된 것은?

- ① 배사나 돛 구조 ② 다공질인 사암이나 석회암의 저류암 ③ 불투수층의 덮개암
- ④ 다량의 유공층 화석 산출 ⑤ 중력 이상이 (+)

37. 다음 중 정마그마 광상인 것은? 29회

- ① 금강석 ② 금 ③ 은 ④ 구리 ⑤ 아연

38. 다음 중 퇴적 광상에 속하지 않는 것은? 31회

- ① 암염 광상 ② 사금 광상 ③ 킴벌라이트 광상
- ④ 호상 철광상 ⑤ 보크사이트 광상

39. 우리나라에 존재하는 세계적인 금속 광상은?

- ① 금 광상 ② 은 광상 ③ 구리 광상 ④ 아연 ⑤ 텅스텐 광상

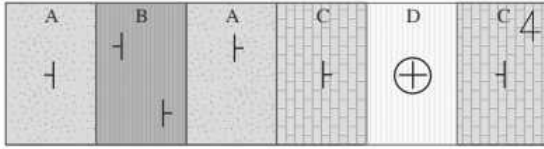
40. 다음 중 대양저에 가장 많이 포함되어 있는 금속은?

- ① 구리 ② 망간 ③ 니켈 ④ 코발트 ⑤ 금

41. 스카른 광물을 포함하고 있는 스카른 광상 주변에서 많이 볼 수 있는 암석은 무엇인가?

- ① 화강암 ② 현무암 ③ 점판암 ④ 석회암 ⑤ 응회암

42. 그림은 어느 지역에서 조사한 지층 A~D의 주향과 경사를 나타낸 것이다.



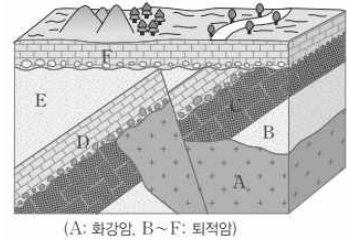
이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 있는 대로 고르면? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

[보기]

- ㄱ. 지층 B는 동쪽과 서쪽의 지층 경사가 반대이다.
- ㄴ. 이 지역에서 가장 오래된 지층은 D이다.
- ㄷ. 이 지역은 장력에 의한 정단층이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

43. 오른쪽 그림은 어느 지역의 지질 단면도를 나타낸 것이다. 다음 보기 중 이 지질 단면도에 대한 해석으로 옳은 것은 몇 개인가?



[보기]

- ㄱ. 이 지역에는 최소한 3회의 용기가 일어났다.
- ㄴ. 단층은 지층이 장력을 받아서 생성된 것이다.
- ㄷ. 화성암 A와 접하는 부분에서는 변성암이 관찰될 수 있다.
- ㄹ. 이 지역에는 과거에 대규모의 조륙 운동이 일어났다.
- ㅁ. 횡압력이 작용한 흔적이 있다.

- ① 1개 ② 2개 ③ 3개 ④ 4개 ⑤ 5개

44. 다음은 우리나라 지질의 특징에 대한 설명이다. 틀린 것은?

- ① 하부는 석회암층이고, 방추층 화석이 산출되며, 양질의 무연탄층이 협재하는 상부지층은 평안누층군이다.
- ② 강원도 정선에서 발견된 실루리아기의 해성층으로, 코노돈트 화석이 산출되는 지층은 실루리아계(회동리층)이다.
- ③ 우리나라에서 공룡 발자국과 알 등의 화석이 가장 많이 나오는 층은 경상누층군이다.
- ④ 동해 가스전이 포함된 지층은 신생대 제3기 해성층이다.
- ⑤ 우리나라 평안도, 강원도, 함경도 등지에 널리 분포하는 고생대 말에 생성된 육성층은 조선누층군이다.

45. 그림은 표준 화석과 시상 화석의 조건을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르면?

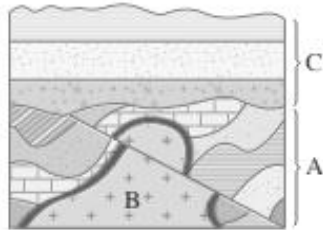


[보기]

- ㄱ. 시상 화석은 (가)에 해당한다.
- ㄴ. (나) 화석의 예로 산호 화석이 있다.
- ㄷ. 비교적 멀리 떨어져 있는 지층의 대비에는 (가)보다 (나)를 이용하는 것이 적합하다.

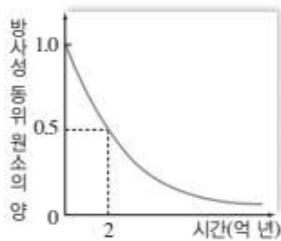
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

46. 그림은 어느 지역의 지질 단면도를 나타낸 것이다. 이 지역에 나타난 지질학적인 현상을 순서대로 옳게 나타낸 것은?



- ① A 퇴적 → B 관입 → 역단층 → 부정합 → C 퇴적
- ② A 퇴적 → 역단층 → B 관입 → 부정합 → C 퇴적
- ③ A 퇴적 → B 관입 → 정단층 → 부정합 → C 퇴적
- ④ A 퇴적 → 정단층 → B 관입 → 부정합 → C 퇴적
- ⑤ A 퇴적 → B 관입 → 부정합 → 역단층 → C 퇴적

47. 그림은 어떤 암석 속에 들어 있는 방사성 동위 원소의 시간에 따른 변화량을 나타낸 것이다. 이 암석의 절대 연령이 4억 년이라고 할 때 현재 이 암석 속에 남아있는 방사성 동위 원소의 양은 처음 양의 몇 %인가?



- ① 12.5 % ② 25 % ③ 50 %
- ④ 75 % ⑤ 100 %

48. 그림은 우리나라에서 산출된 고생대, 중생대, 신생대 중 어느 지질 시대의 화석이다.



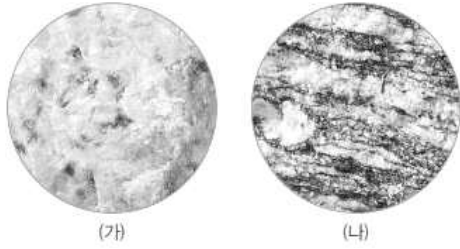
이 시기에 한반도의 지사에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르면?

보기

- ㄱ. 화성 활동과 조산 운동이 매우 활발하였다.
- ㄴ. 소규모 분지에 대동 누층군이 생성되었다.
- ㄷ. 호수 환경에서 경상 누층군이 생성되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

49. 그림 (가)는 석회암이, (나)는 셰일이 변성 작용을 받아 생성된 암석이다.

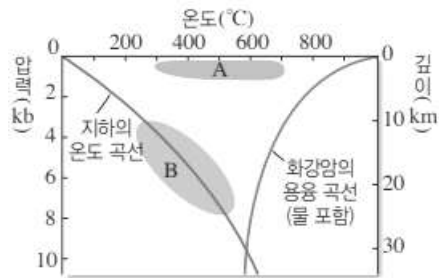


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르면?

- 보기**
- ㄱ. (가)는 입상 변정질 조직이 나타난다.
 - ㄴ. (가)와 (나)는 모두 광역 변성 작용으로 생성될 수 있다.
 - ㄷ. (나)의 변성도가 더 증가하면 규암이 된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

50. 그림은 지하의 온도와 압력에 따라 변성 작용이 일어나는 환경 A, B를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고르면?

- 보기**
- ㄱ. 마그마 접촉부의 변성 작용은 A에서 일어난다.
 - ㄴ. 편리와 편마 구조가 발달하는 변성암은 B에서 생성된다.
 - ㄷ. 규암은 A와 B에서 모두 생성될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ