

판 경계와 지구 내부의 운동 - 플룸 구조론

1. 지구 표면의 화산 및 지진 활동

판 구조론에 따르면 화산 활동과 지진 활동 등의 지각 변동은 판 경계에서만 설명할 수 있었다. 그러나 판 내부에도 지각 변동은 발생하므로 이를 보완할 수 있는 수정된 이론이 필요했다. 그때 등장한 것이 플룸 구조론이다.

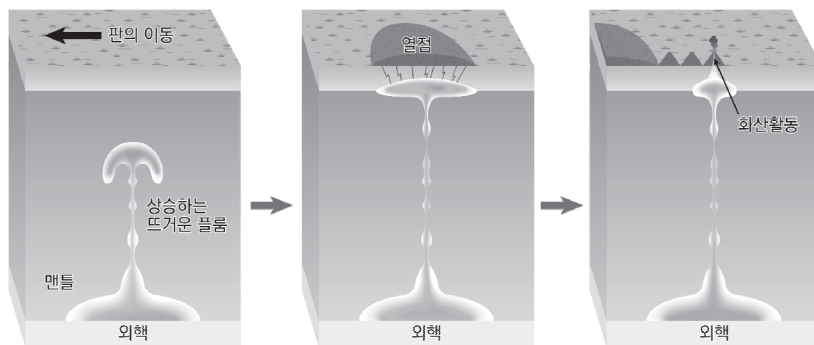
2. 플룸 구조론

플룸이란 맨틀 물질이 대규모로 상승 및 하강하는 에너지의 흐름을 이야기한다. 이는 차가운 플룸과 뜨거운 플룸으로 구분된다. 플룸의 운동은 맨틀의 전 영역에서 일어난다.

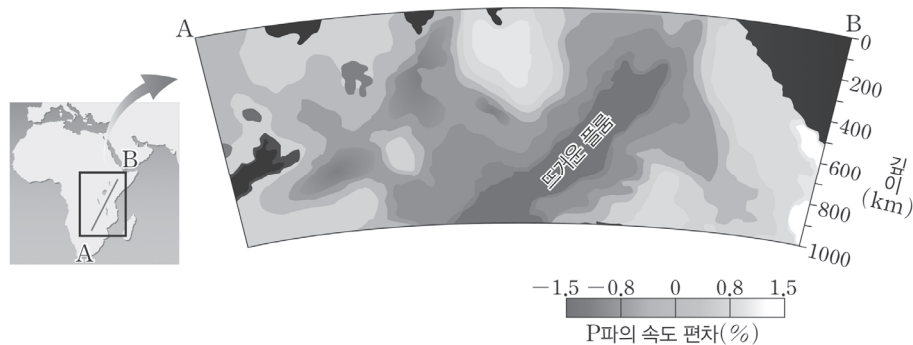
① 차가운 플룸 : 수렴형 경계에서 섭입된 판이 상부 맨틀과 하부 맨틀 경계에 쌓여 있다가 어느 한순간 맨틀과 외핵의 경계로 내려앉으면서 생성된다. 주변 맨틀 물질보다 온도가 낮으므로 차가운 플룸이라 불린다.



② 뜨거운 플룸 : 차가운 플룸이 맨틀과 외핵의 경계 쪽으로 내려앉으면 그 영향으로 인해 다른 부분의 맨틀과 외핵의 경계에서 뜨거운 맨틀 물질이 상승하면서 만들어진다. 주변 맨틀 물질보다 온도가 높으므로 뜨거운 플룸이라 불린다.



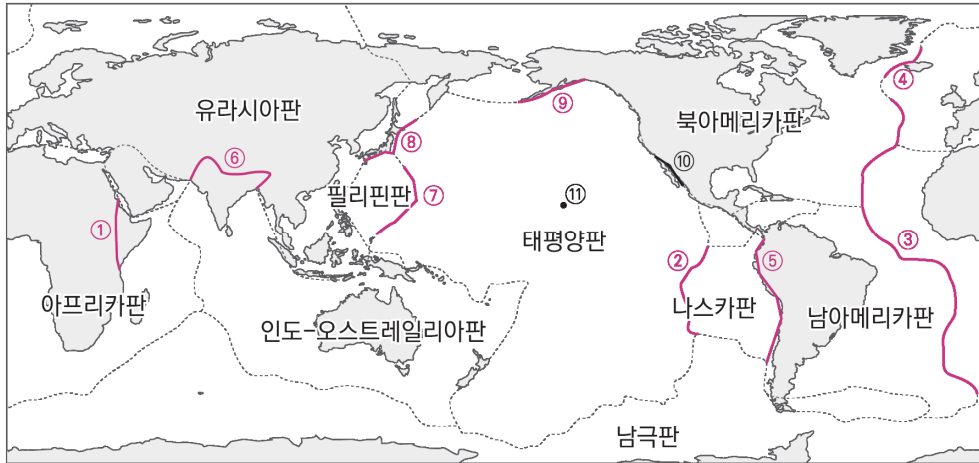
플룸의 존재는 지진파 단층 영상으로 알아낼 수 있다. 지진파의 속도는 주변 맨틀 물질에 비해 온도가 높은 뜨거운 플룸에서 속도가 느려지고 온도가 낮은 차가운 플룸에서는 속도가 빨라진다.



▲ 동아프리카 열곡대에 있는 뜨거운 플룸

4. 전 세계의 주요 판 경계 및 열점

수능에 자주 나오는 판 경계와 열점이다. 반드시 암기하자.

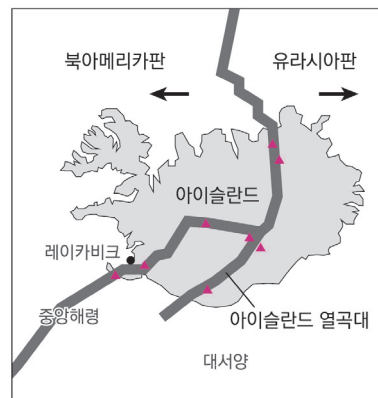


- ① 동아프리카 열곡대 : 대륙과 대륙이 갈라지는 발산형 경계다. 열점이 존재한다.
- ② 동태평양 해령 : 해양판과 해양판이 갈라지는 발산형 경계다.
- ③ 대서양 중앙 해령 : 해양판과 해양판이 갈라지는 발산형 경계다.
- ④ 아이슬란드 열곡대 : 대륙과 대륙이 갈라지는 발산형 경계다. 열점이 존재한다.
- ⑤ 안데스산맥, 페루 해구 : 해양판과 대륙판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑥ 히말라야산맥 : 대륙과 대륙이 부딪히는 수렴형(충돌형) 경계다.
- ⑦ 마리아나 해구 : 해양판과 해양판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑧ 일본 해구 : 해양판과 대륙판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑨ 알류산 열도 : 해양판과 대륙판이 부딪히는 수렴형(섭입형) 경계다.
- ⑩ 샌 안드레아스 변환 단층 : 판과 판이 서로 스쳐 지나가는 보존형 경계다.
- ⑪ 하와이 열도 : 뜨거운 플룸이 상승하는 열점이며 판 경계가 아니다.

+ 시야 넓히기 : 동아프리카 열곡대와 아이슬란드 열곡대의 열점



▲ 동아프리카 열곡대

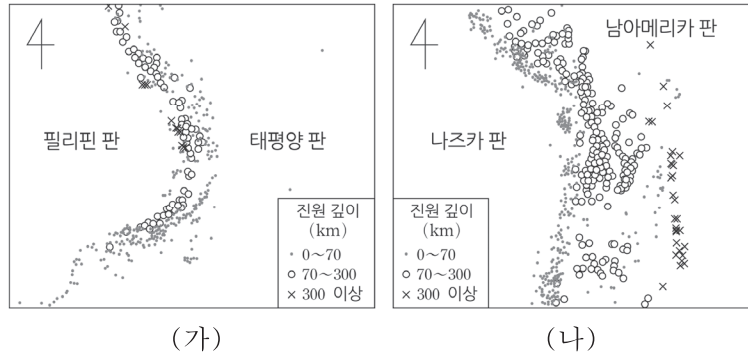


▲ 아이슬란드 열곡대

- 동아프리카 열곡대와 아이슬란드 열곡대는 맨틀 대류의 상승으로 인해 판과 판이 멀어져서 형성되는 발산형 경계이다. 두 지역은 판 경계임과 동시에 뜨거운 플룸이 상승하여 만들어진 열점이 존재한다.

2017학년도 6월 모의평가 지I 11번

그림 (가)와 (나)는 판의 경계 부근에서 발생한 지진의 진앙 분포를 나타낸 것이다.



<보 기>

ㄱ. (가)와 (나)에는 모두 해구가 발달한다.
 ㄴ. 인접한 두 판의 밀도 차는 (나)가 (가)보다 크다.
 ㄷ. (가)에서 진앙의 수는 태평양 판이 필리핀 판보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

추가로 물어볼 수 있는 선지

1. 나즈카 판의 밀도가 남아메리카 판의 밀도보다 크다. (O , X)
 2. (가)와 (나)에서 인접한 두 판 사이에서는 판이 생성되고 있다. (O , X)
 3. 섭입대에서 침강하는 판은 판을 섭입대 쪽으로 잡아당긴다. (O , X)

정답 : 1. (O), 2. (X), 3. (O)

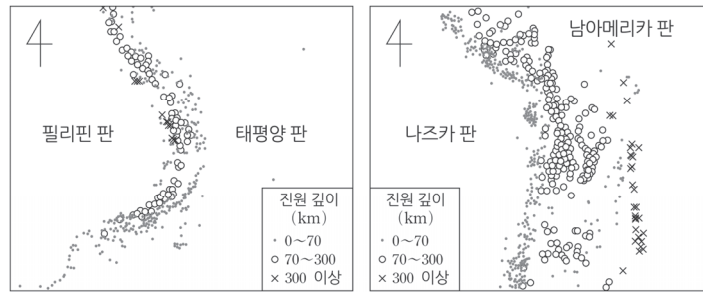
01 2017학년도 6월 모의평가 지 I 11번

KEY POINT #진앙 분포, #밀도 차, #해구

문항의 발문 해석하기

판 경계에서 일어나는 지진의 종류를 떠올려야 한다.

문항의 자료 해석하기



(가)

(나)

1. (가) 자료와 (나) 자료 모두 300km 이상의 심발 지진이 일어나고 있다. 이는 두 자료 모두 섭입대가 존재함을 의미한다. 따라서 두 판 경계 모두 수렴형 경계임을 알 수 있다.
2. (가) 자료에서 진원의 깊이가 필리핀 판 쪽으로 갈수록 깊어지므로 태평양 판이 필리핀 판 아래로 섭입하고 있음을 알 수 있다.
3. (나) 자료에서 진원의 깊이가 남아메리카 판 쪽으로 갈수록 깊어지므로 나즈카 판이 남아메리카 판 아래로 섭입하고 있음을 알 수 있다.

선지 판단하기

ㄱ 선지 (가)와 (나)에는 모두 해구가 발달한다. (O)

(가)와 (나)는 모두 섭입대가 존재하므로 해구가 발달한다.

ㄴ 선지 인접한 두 판의 밀도 차는 (나)가 (가)보다 크다. (O)

(가) 자료에서 필리핀 판과 태평양 판은 모두 해양판이므로 밀도 차이가 크지 않다. 그러나 (나) 자료에서 나즈카 판은 해양판, 남아메리카 판은 대륙판이므로 (나)의 밀도 차이가 더 크다.

ㄷ 선지 (가)에서 진앙의 수는 태평양 판이 필리핀 판보다 많다. (X)

(가)에서 태평양 판이 필리핀 판 아래로 섭입하고 있다. 이때, 진앙이란 진원으로부터 수직선을 그어 지표면과 맞닿는 지점을 의미하므로 진앙은 필리핀 판 부근에서 더 많이 발생한다.

기출문항에서 가져가야 할 부분

1. 심발 지진이 형성된 곳은 반드시 섭입대가 있음을 이해하기
2. 판의 밀도 차이에 의한 섭입대 형성 이해하기
3. 진원과 진앙의 차이점 암기하기

| 기출 문제로 알아보는 유형별 정리

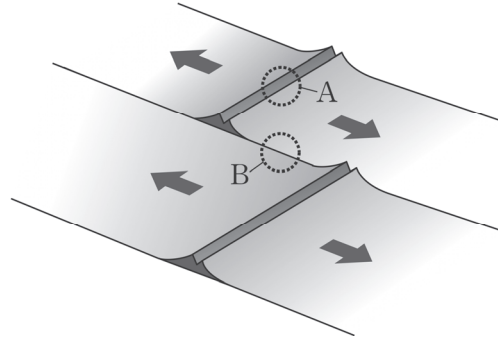
[판 경계]

1 판 경계

① 발산형 경계

2019년 7월 학력평가 8번

그림은 판의 경계와 이동 방향을 나타낸 것이다.



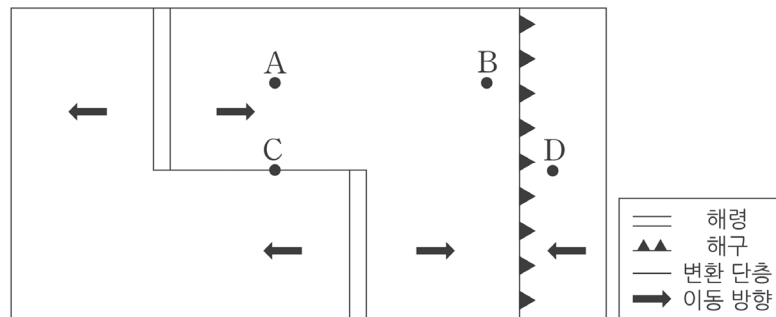
ㄱ. A는 맨틀 대류의 상승부에 위치한다. (O)

- A는 서로 다른 판이 멀어지고 있는 발산형 경계이다. 따라서 A는 맨틀 대류의 상승부에 위치한다.
- 해양판과 해양판의 발산형 경계에는 해령이 형성되고, 대륙판과 대륙판의 발산형 경계에는 열곡대가 형성된다.
- 발산형 경계는 맨틀 대류의 상승부에 위치하며 판이 생성된다.

② 보존형 경계

2016년 3월 학력평가 8번

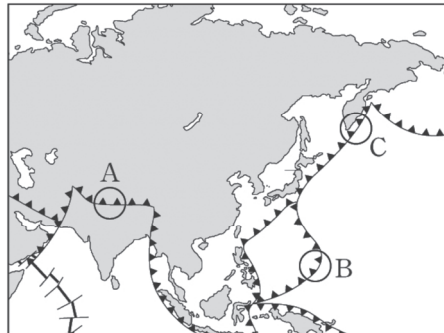
그림은 판의 경계와 이동 방향을 나타낸 것이다.



ㄴ. C에서는 화산 활동이 활발하다. (X)

- C의 위아래에 있는 판은 서로 다른 방향으로 이동하고 있다. C는 판이 생성되거나 소멸하지 않는 보존형 경계이다. 따라서 C는 보존형 경계이므로 화산 활동이 일어나지 않는다.
- 보존형 경계는 판과 판이 스쳐 지나가는 경계이므로 해령과 해령 사이 또는 열곡대와 열곡대 사이에 형성된다는 것을 반드시 알아두자.

그림은 우리나라 주변의 주요 판 경계를 나타낸 것이다. A, B, C 지역의 공통점으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?



ㄷ. 수렴형 경계이다. (O)

- A, B, C는 모두 수렴형 경계에 위치한다.
- 위 자료의 판 경계에서 나타나 있는 기호는 수렴형 경계를 나타내는 기호라는 것을 알아두자. 또한, A는 인도 대륙과 유라시아 대륙이 충돌하여 형성된 **히말라야산맥**, B는 태평양 판이 필리핀 판 아래로 섭입하여 만들어진 **마리아나 해구**이다.
- A는 대륙판과 대륙판이 충돌한 **충돌형 경계**이므로 **천발 지진과 중발 지진이 일어나고 화산 활동은 일어나지 않는다**.
- B는 해양판과 해양판이 충돌한 **섭입형 경계**이므로 **천발 지진 ~ 심발 지진까지 일어나며 화산 활동이 일어난다**.

2 판 경계에서의 진원의 깊이 분포

① 천발 지진만 있어? 그러면 발산형 or 보존형 경계

2019학년도 6월 모의평가 14번

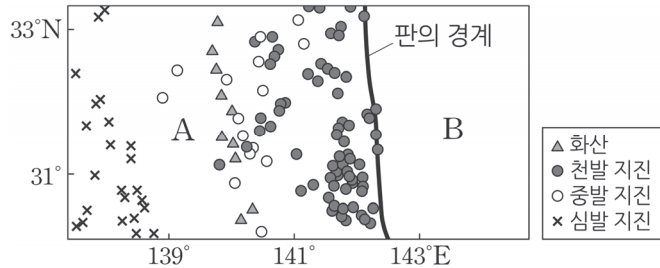
그림은 어느 지역의 판의 경계와 진앙 분포를 나타낸 것이다.



ㄷ. 판의 경계 ㉠을 따라 수렴형 경계가 발달한다. (X)

- A는 아프리카 판과 인도-오스트레일리아 판의 경계이다. 판 경계에서는 천발 지진만 일어나고 있다. 따라서 수렴형 경계가 발달하지 않았다. 수렴형 경계는 중발 지진과 심발 지진이 함께 일어나야 한다.
- 판 경계에서 **천발 지진만 일어나면 발산형 경계 또는 보존형 경계**라고 생각하자.

그림은 두 해양판 A, B의 경계와 화산 분포를 최근 20년간 발생한 규모 5.0 이상인 지진의 진앙 분포와 함께 나타낸 것이다.

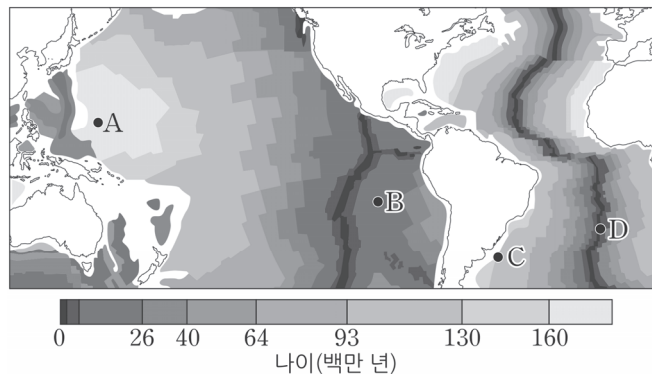


ㄷ. 판의 밀도는 B보다 A가 크다. (X)

- 자료에서 **심발 지진이 일어나고 있으므로 섭입대가 존재**한다. 따라서 수렴형 경계이다. 이때, 심발 지진은 A에서 활발하게 발생하고 있다. 즉, B가 A 아래로 수렴하여 섭입대를 형성하고 있다는 것이다. 이때, **밀도가 큰 판이 섭입**하므로 밀도는 B가 A보다 크다.
- 위 자료처럼 심발 지진이 일어나면 반드시 섭입대가 존재하며, 섭입대는 수백km 깊이까지 형성되므로 깊은 심발 지진이 발생하는 것이다.
- 위 자료처럼 어떤 판이 섭입하는 판인지 찾기 위해서는 **심발 지진이 어느 쪽에서 일어나고 있는지를 살펴**보자. 또한, 밀도가 작은 판 쪽으로 섭입대가 형성되는 것을 이해하자.

3 판 경계와 지각의 연령 분포

그림은 해양 지각의 연령 분포를 나타낸 것이다.



ㄱ. 해저 퇴적물의 두께는 A가 B보다 두껍다. (O)

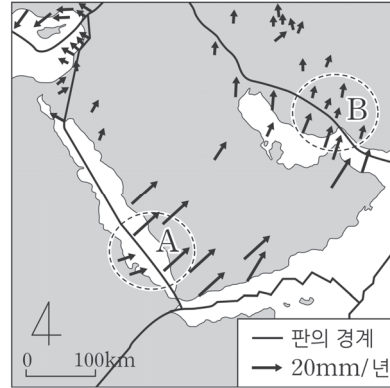
- **해저 퇴적물의 두께는 지각의 나이와 비례**한다. A가 B보다 나이가 많으므로 퇴적물의 두께는 A가 더 두껍다.
- A와 B 사이에 나이가 0년인 곳에 **해령이 존재**할 것이다. 이 해령은 **동태평양 해령**이며 A와 B는 이곳에서부터 이동해 왔을 것이다. 이처럼 해양 지각의 나이를 보고 판의 이동 방향까지 알 수 있도록 하자.
- A와 B에 해당하는 판은 각각 태평양 판, 나즈카 판인 것을 알아두자.

4 판 경계와 판의 이동 속도

① 발산형 경계에서의 판의 이동 속도

지II 2017년 7월 학력평가 5번

그림은 아라비아 반도 주변 지역 판의 경계와 이동 속도를 화살표로 나타낸 것이다.



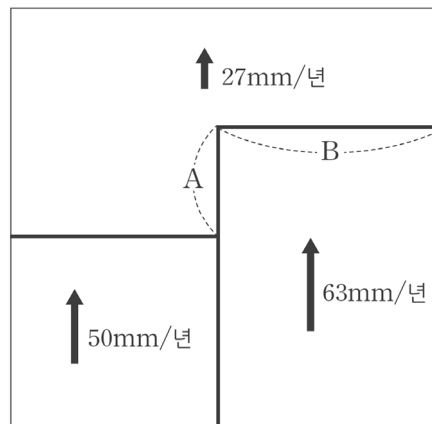
ㄱ. A에는 발산형 경계가 나타난다. (O)

- A에서 두 판은 같은 방향으로 이동하고 있다. 이때 앞에 있는 판이 더 빠르게 이동하므로 두 판은 벌어진다. 따라서 발산형 경계가 나타난다.
- 이처럼 같은 방향으로 이동하고 있는 두 판 경계에서는 누가 더 빠르지 살펴보자.

② 수렴형 경계에서의 판의 이동 속도

지II 2018년 7월 학력평가 8번

그림은 세 대륙판의 판 경계와 이동 속도를 나타낸 모식도이다.



ㄴ. B에서는 화산 활동이 활발하다. (X)

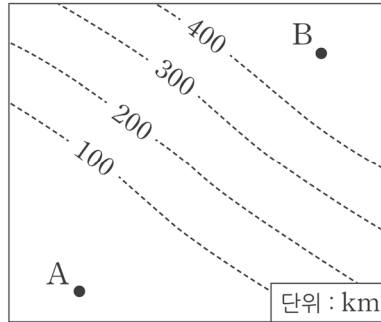
- B 근처의 두 판은 같은 방향으로 이동하고 있다. 이때 뒤에 있는 판이 더 빠르게 이동하므로 두 판은 부딪힌다. 따라서 수렴형 경계가 나타난다.
그림에 나타난 판은 모두 대륙판이므로 B에서는 충돌형 경계가 나타난다. 충돌형 경계에서는 화산 활동이 발생하지 않는다.
- 이처럼 각 판 경계의 특징을 떠올리며 문제에 적용할 수 있도록 하자.

5 수렴형 경계에서의 판 경계

① 진원의 깊이를 보고 판 경계를 찾자.

2021년 10월 학력평가 5번

그림은 어느 판 경계 부근에서 진원의 평균 깊이를 점선으로 나타낸 것이다. A와 B 지점 중 한 곳은 대륙판에, 다른 한 곳은 해양판에 위치한다.



ㄱ. 판의 경계는 A보다 B에 가깝다. (X)

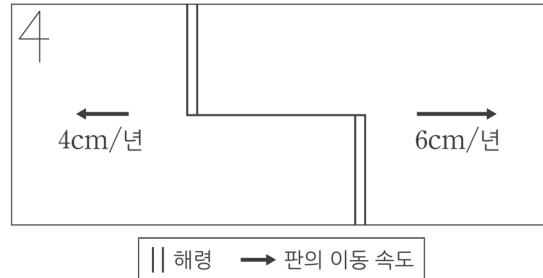
- 진원의 깊이로 보아 판은 A에서 B 쪽으로 섭입하고 있다. 따라서 판 경계는 A에 가깝게 위치해 있다.
- 이처럼 진원의 깊이를 보고 어느 방향으로 섭입하고 있는지 찾을 수 있어야 한다.
또한, '판 경계'는 섭입대가 형성되기 시작하는 곳인 '해구'인 것을 알아두자. 해구는 A에 가깝게 위치할 것이다.

6 해령의 이동

① 해령도 이동한다.

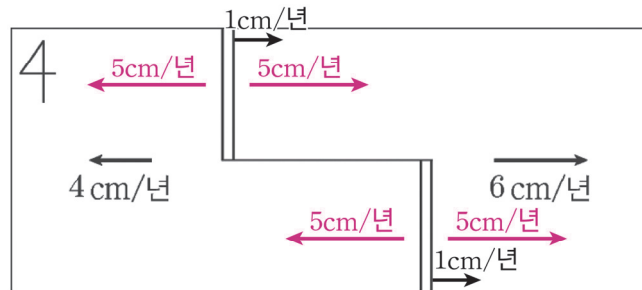
지II 2020학년도 6월 모의평가 20번

그림은 동서 방향으로 이동하는 두 해양판의 경계와 이동 속도를 나타낸 것이다. 고지자기 줄무늬가 해령을 축으로 대칭일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?



㉔. 해령은 1년에 2cm씩 동쪽으로 이동한다. (X)

- 고지자기 줄무늬가 해령을 축으로 대칭이므로 양쪽으로 생성되는 지각의 넓이가 같다. 따라서 각 판은 양쪽으로 5cm/년씩 이동할 것이다. 이때, 해령이 동쪽으로 1년에 1cm씩 움직이고 있기 때문에 판 경계의 이동 속도가 동쪽으로 6cm/년, 서쪽으로 4cm/년의 형태를 보이는 것이다.
- 이처럼 발산형 경계에서 맨틀 대류를 따라 움직이는 판의 이동 이외에도 해령의 이동이 추가될 수 있음을 알아두자.
- ‘고지자기 줄무늬가 해령을 축으로 대칭일 때’라는 조건은 각 판이 해령을 기준으로 정확히 대칭이라는 것도 함께 알아두자.



추가로 물어볼 수 있는 선지 해설

1. 나즈카 판은 해양판이고 남아메리카 판은 대륙판이므로 나즈카 판의 밀도가 더 크다.
⇒ 자료를 보고도 해석할 수 있어야 하는데, 심발 지진이 남아메리카 판 부근에서 일어나므로 나즈카 판이 남아메리카 판 아래로 섭입하고 있다고 볼 수 있다.
2. (가)와 (나)는 모두 심발 지진이 발생하므로 섭입대가 존재한다. 따라서 수렴형 경계이므로 맨틀 대류의 하강 부근이다. 즉 판의 소멸이 일어나고 있다.
3. 판이 움직이는 원인은 맨틀 대류 외에도 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이 존재한다.
⇒ 어느 판에 섭입대가 존재한다면 그 판의 이동 속도는 섭입대가 존재하지 않는 판보다 빠르다.

04 고지자기와 대륙 분포

I 고지자기와 대륙 분포 - 고지자기

1. 지구 자기장

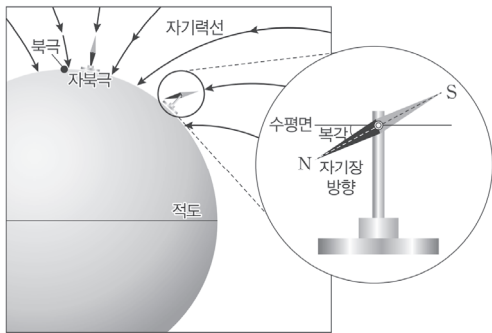
지구는 거대한 막대자석과 같은 성질을 가진다. 따라서 지구는 막대자석의 형태와 유사하게 자기장이 형성되는데 지구가 가진 고유의 자기장을 지구 자기장이라 한다. **현재 지구 자기장은 남극에서 나와서 북극으로 들어간다.** 나침반과 같이 자성을 띤 물체는 **지구 자기장 방향으로 배열되며**, 나침반의 N극은 자북극을 향한다.

(1) 복각

- ① 지구 자기장과 수평면이 이루는 각을 복각이라 한다. 자기장이 **지표면으로 들어가는 지점은 양(+)**의 값을, **지표면 밖으로 나오는 지점은 음(-)**의 값을 가진다.
- ② 복각이 0° 인 지역을 자기 적도, +90° 인 지점을 자북극, -90° 인 지점을 자남극이라고 한다. **정자극기에 북반구의 복각은 양(+)**의 값, **남반구의 복각은 음(-)**의 값을 가진다.
- ③ 저위도에서 고위도로 갈수록 수평면과 이루는 각도가 커져 복각의 크기는 커진다. 이때, **'복각의 크기'**는 측정된 복각의 절댓값을 말하는 것이다.

(2) 지자기 북극(자북극)과 지리상 북극

- ① 지구의 자기장은 모두 지자기 북극을 향하는데 이는 우리가 흔히 알고 있는 지리상 북극과 다른 지점이다.
- ② 지리상 북극은 지구의 자전축이 북반구 지표면과 맞닿는 지점을 의미하고 **지자기 북극은 지구 자기장과 수평면이 +90° 로 맞닿는 지점을 의미한다.**
- ③ 아래 그림을 보면 알 수 있듯이 자석과 같은 자성 광물은 자북극을 바라보고 있는 것을 확인할 수 있다.



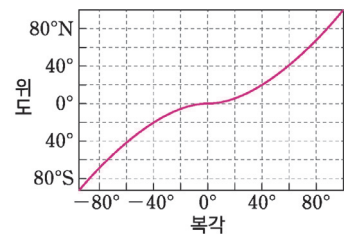
▲ 지구 자기장과 복각



▲ 지자기 북극과 지리상 북극의 위치

+ 시야 넓히기 : 복각과 위도 사이의 관계

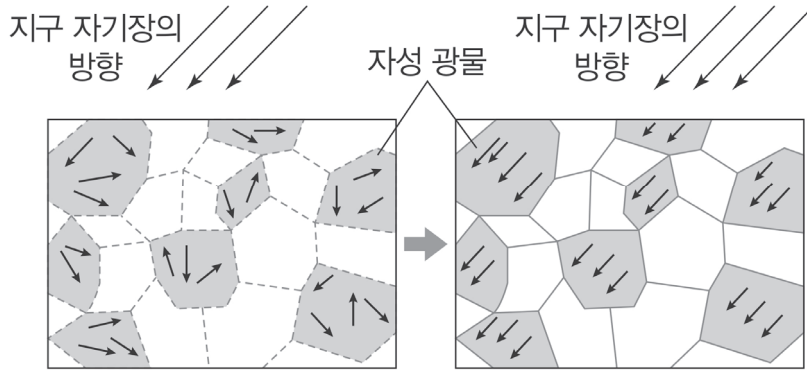
- 오른쪽 그림은 복각과 위도 사이의 관계이다. **복각의 절댓값과 위도는 비례**하는 것을 확인할 수 있다.
- 그러나 **복각과 위도는 정비례 관계가 아니다.**
예를 들어 복각이 +40° 일 때 위도는 40° 가 아닌 것을 확인할 수 있다.



2. 고지자기와 복각

(1) 암석의 형성과 잔류 자기

- 고지자기란 암석에 남아 있는 과거의 지구 자기장을 말하는 것이다. 이때 마그마가 식어 형성된 암석 속 자성 광물은 당시의 지구 자기장 방향으로 자화(자석이 아닌 물체가 자석의 성질을 가지는 것)된다.
- 그 후 지구 자기장의 방향이 변해도 당시의 자성 광물의 자화 방향은 그대로 보존되는데, 이를 잔류 자기라고 한다.



▲ 마그마 상태일 때 자성 광물

▲ 화성암 상태의 자성 광물

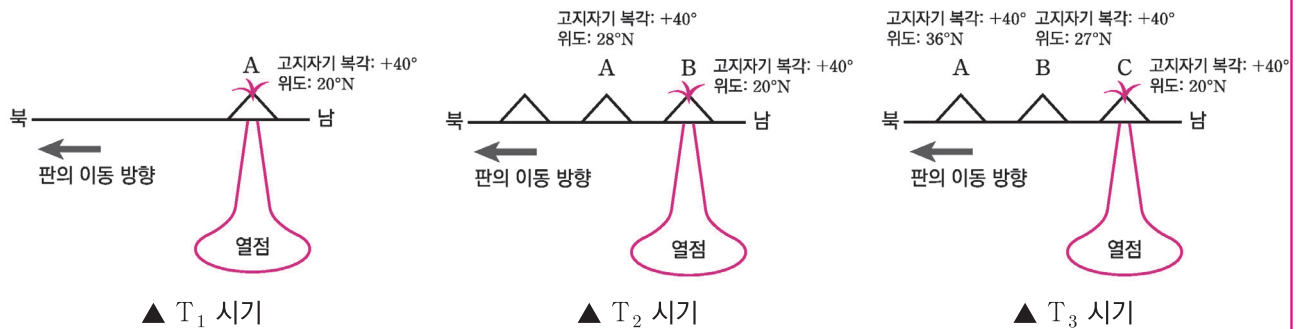
- 위 그림과 같은 암석의 잔류 자기 방향을 보고 암석이 생성될 당시의 지자기 북극 위치를 추정할 수 있다. 지구 자기장 방향이 지자기 북극을 바라보기 때문이다. (정자극기일 때)

(2) 고지자기 복각

- 고지자기 복각은 복각과 잔류 자기의 개념이 합쳐진 것이다.
- 마그마가 식어 암석이 생성된 후 판의 움직임으로 인해 암석의 위도가 **생성 당시와 위도가 달라져도 복각은 변하지 않는다.** 마그마가 식어 암석이 생성된 후 **지구 자기장이 변화하더라도 암석에 남아 있는 잔류 자기의 방향은 변하지 않는다.**

+ 시야 넓히기 : 열점에서 형성된 화산섬의 이동과 위도 및 복각

다음은 $T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3$ 로 시간이 흐를 때 열점에서 형성되는 화산섬의 이동을 나타낸 그림이다. 모든 화산섬은 정자극기에 형성되었다.



▲ T_1 시기

▲ T_2 시기

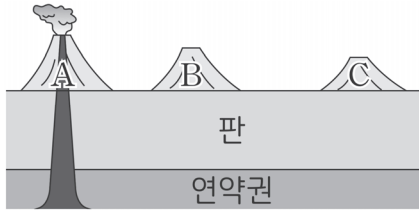
▲ T_3 시기

- 열점에서 형성된 화산섬이 판의 이동 방향을 따라 북쪽으로 이동하고 있다. 형성된 화산섬은 모두 같은 열점에서 형성되었기에 고지자기 복각은 모두 동일하다.
- 이후 시간이 흘러 위도는 변해도 복각은 변하지 않는 것을 확인할 수 있다.

Theme 01 - 4 고지자기와 대륙 분포

2022학년도 수능 지 I 19번

그림은 고정된 열점에서 형성된 화산섬 A, B, C를, 표는 A, B, C의 연령, 위도, 고지자기 복각을 나타낸 것이다. A, B, C는 동일 경도에 위치한다.



화산섬	A	B	C
연령 (백만 년)	0	15	40
위도	10°N	20°N	40°N
고지자기 복각	()	(⊖)	(⊖)

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 고지자기극은 고지자기 방향으로 추정된 지리상 북극이고, 지리상 북극은 변하지 않았다.)

<보 기>

- ㄱ. ⊖은 ⊕보다 작다.
- ㄴ. 판의 이동 방향은 북쪽이다.
- ㄷ. B에서 구한 고지자기극의 위도는 80°N이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

추가로 물어볼 수 있는 선지

1. 열점에서 생성된 화산섬의 고지자기 복각은 항상 같다. (O , X)
2. 정자극기일 때 남반구에서 해령이 북쪽으로 이동하면 새롭게 생성되는 암석에서의 고지자기 복각의 크기는 계속해서 커진다. (O , X)
3. 열점에서 생성된 화산섬이 판의 이동을 따라 북상한다면 정자극기에 관측한 고지자기 북극의 위치는 남하한다. (O , X)

정답 : 1. (X), 2. (X), 3. (O)

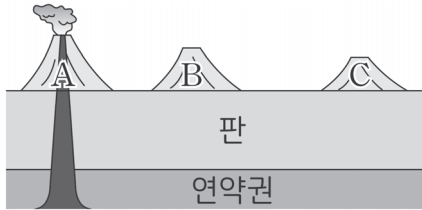
01 2022학년도 수능 지 I 19번

KEY POINT #열점, #고지자기극, #복각, #위도

문항의 발문 해석하기

열점은 고정되어 있으므로 열점에서 형성된 화산섬의 고지자기 복각은 각각의 화산섬 모두 같아야 한다는 것을 알아야 한다. 또한 자료의 위도를 통해 화산섬이 위치한 판의 이동 방향을 추정할 수 있어야 한다.

문항의 자료 해석하기



화산섬	A	B	C
연령 (백만 년)	0	15	40
위도	10°N	20°N	40°N
고지자기 복각	()	(⊕)	(⊙)

1. 화산섬 A의 연령이 0이므로 A 섬 지점 아래에 열점이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 B와 C 섬 모두 A 섬 아래의 열점에서 형성된 것을 알 수 있어야 한다.
2. 표에서 각 화산섬의 연령, 위도, 고지자기 복각을 나타내고 있다.
 표에 나온 화산섬의 연령을 통해 화산섬은 C → B → A 순으로 형성된 것을 알 수 있다. 따라서 C로 갈수록 북쪽에 위치하므로 화산섬이 위치한 판의 이동 방향은 북쪽인 것을 알 수 있다.
 모든 화산섬은 같은 열점에서 형성된 화산섬이므로 고지자기 복각은 세 화산섬에서 모두 같다.

선지 판단하기

ㄱ 선지 ㉠은 ㉡보다 작다. (X)

모든 화산섬은 A 섬 아래에 있는 열점에서 형성되었으므로 고지자기 북극의 변화는 존재하지 않는다. 따라서 ㉠과 ㉡의 값은 같다.

열점은 뜨거운 플룸에 의해 판 아래에 형성된 장소이므로 판의 이동 방향과 무관하게 일정한 지점에 위치하기 때문이다.

ㄴ 선지 판의 이동 방향은 북쪽이다. (O)

각 화산섬의 위도를 보고 동일 경도 상에서의 판의 이동 방향은 북쪽이라는 것을 알 수 있다.

ㄷ 선지 B에서 구한 고지자기극의 위도는 80°N이다. (O)

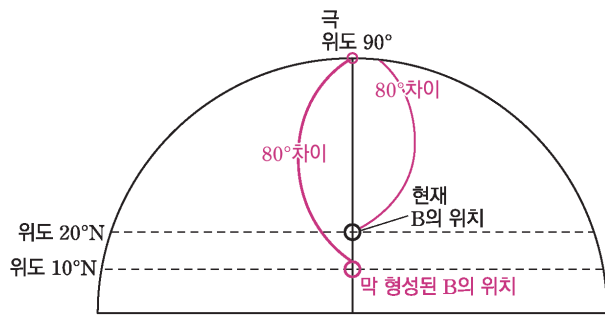
고지자기극은 특정 시기의 북극의 위치이다. 그러나 우리는 지리상 북극은 움직이지 않는다는 것을 알고 있다. 과거의 지리상 북극은 현재와 같은 위치에 위치하고 있다.

따라서 고지자기극을 통해 알 수 있는 것은 지괴와 고지자기극 사이의 과거의 거리이다.

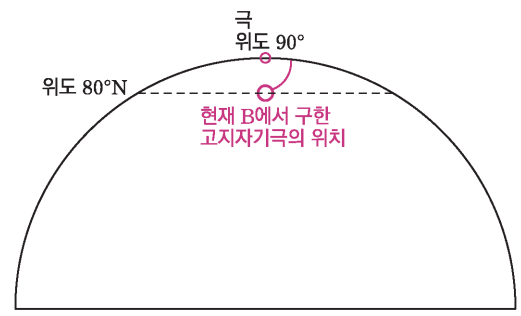
막 형성된 B의 위도는 10°N이었다. 따라서 지리상 북극과의 거리는 80°만큼 차이가 나는 것을 알 수 있다.

이후 지괴가 이동해도 고지자기는 변하지 않으므로 고지자기극의 거리는 항상 80°만큼 차이가 난다.

이때 현재 B의 위도는 20°N이므로 80°만큼 차이가 나기 위해선 100°N이어야 하는데 위도는 90°까지 이므로 고지자기극은 적도 방향으로 10°N 이동한 80°N에 위치할 것이다.



▲ 앞에서 바라본 북반구의 앞모습



▲ 옆에서 바라본 북반구의 뒷모습

기출문항에서 가져가야 할 부분

1. 열점에서 형성된 화산섬의 고지자기 북극 변화는 없음을 이해하기
2. 열점에서 형성된 화산섬의 위도를 보고 판의 이동 방향 해석하기
3. 판의 이동에 따른 동일한 지점에서 관측한 고지자기 극의 이동 이해하기

2 지구의 회전

① 고지자기로 추정된 진북 방향

지II 2017학년도 수능 19번

표는 대륙의 이동을 알아보기 위해 어느 지구의 암석에 기록된 지질 시대별 고지자기 복각과 진북 방향을 나타낸 것이다. 이 지구에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

(← 진북 방향 ← 고지자기로 추정된 진북 방향)

지질 시대	쥐라기	전기 백악기	후기 백악기	제3기
고지자기 복각	+25°	+36°	+44°	+50°
진북 방향				

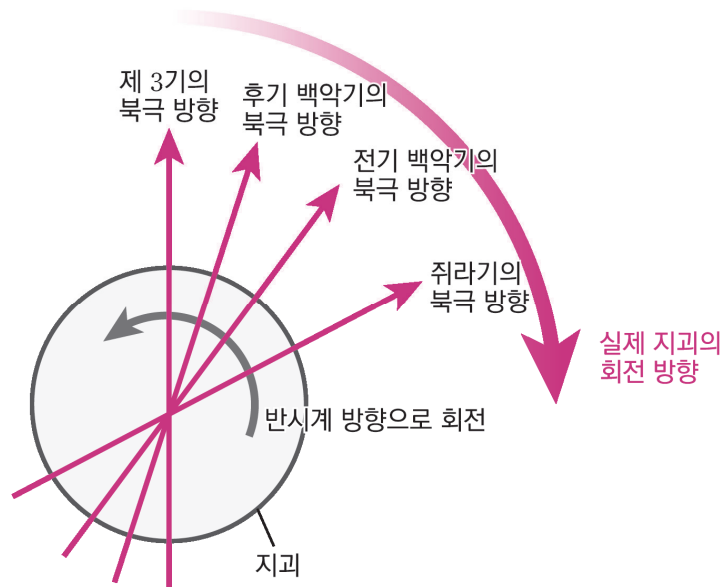
ㄷ. 쥐라기 이후 시계 방향으로 회전하였다. (O)

- 위 자료에 나타난 진북 방향은 시간이 변화해도 변하지 않았다. 그러나 고지자기로 추정된 진북 방향은 변하고 있다. 이때, 시간이 지나면서 고지자기로 추정된 진북 방향은 반시계 방향으로 회전하고 있다. 이때, 실제 움직이고 있는 것은 북극이 아닌 지괴이므로 지괴는 시계 방향으로 이동했을 것이다.

- 고지자기에서 가장 헛갈리는 부분일 것이다. '왜 반시계 방향으로 이동하는데 시계 방향으로 회전한다는 소리지?'가 가장 큰 의문일 것이다.

우선 **지구의 회전은 우리가 추정된 북극의 회전 방향과 반대로 생각해야 한다**는 사실을 기억하고 다음의 자료를 보도록 하자.

- 아래 자료와 같이 지괴가 회전하고 있음을 알아야 한다.
- 아래 자료에서 나타난 북극의 위치는 반시계 방향을 그리며 회전하고 있다. 그러나 실제로 회전하는 것은 북극이 아닌 지괴이므로 우리는 반대로 생각할 수 있어야 한다. 실제 지괴는 시계 방향으로 회전하고 있다.



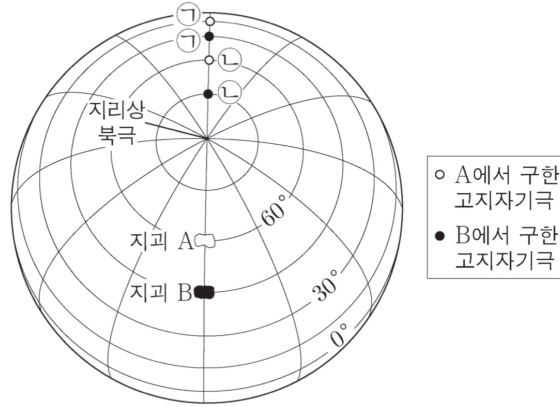
▲ 지괴의 회전 모식도

#3 지괴의 분리

① 지괴의 분리

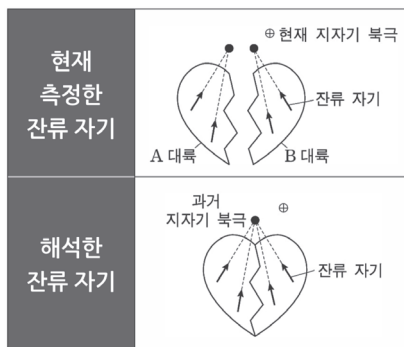
2024학년도 대학수학능력시험 20번

그림은 지괴 A와 B의 현재 위치와 ㉠ 시기부터 ㉡ 시기까지 시기별 고지자기극의 위치를 나타낸 것이다. A와 B는 동일 경도를 따라 일정한 방향으로 이동하였으며, ㉠부터 현재까지의 어느 시기에 서로 한 번 분리된 후 현재의 위치에 있다.



L. A와 B는 북반구에서 분리되었다. (O)

- 현재 지괴의 위치와 시기별 고지자기극 사이의 거리를 통해 시기별 지괴의 위도를 구해야 한다.
 - ㉠ 시기 지괴 A, B의 위도는 모두 0° 즉, 적도에 위치한다.
 - ㉡ 시기 지괴 A, B의 위도는 모두 30° N에 위치한다.
- 이때, ㉠부터 현재까지 일정한 방향으로 이동하고 현재 북반구에 위치하며 한번 분리되었으므로 지속적으로 북상하여 ㉡ 시기 이후에 분리되어 현재와 같은 지괴 분포를 나타낸다고 볼 수 있다. 따라서 A와 B는 ㉡ 시기 이후 북반구에서 분리되었다.
- 이와 같은 예시로 판게아가 존재한다. 초대륙 판게아는 거대한 플룸 상승류에 의해 분리되었다. 이처럼 하나의 지괴로 북상하던 대륙은 아래 자료처럼 두 개 이상의 대륙으로 분리될 수 있다는 사실을 기억하자.



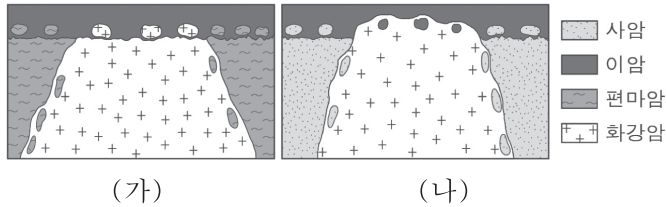
▲ 지 II 2015학년도 6월 모의평가 12번

추가로 물어볼 수 있는 선지 해설

1. 지리상 남극은 시간이 지나도 위치가 변화하지 않는다. 문제에서 지리상 남극이 이동하는 것처럼 보이는 이유는 남아메리카 대륙이 이동하기 때문이다.
2. 북극의 크기와 위도는 정비례 관계가 아닌 비례 관계라는 것을 기억하자.
3. 남아메리카 대륙과 지리상 남극의 거리를 연결해보면 $500\text{Ma} \sim 420\text{Ma}$ 보다 $380\text{Ma} \sim 300\text{Ma}$ 일 때 더 길기 때문에 $380\text{Ma} \sim 300\text{Ma}$ 일 때 이동 속도가 더 빠르다.

지II 2019년 4월 학력평가 16번

그림 (가)와 (나)는 서로 다른 두 지역의 지질 단면도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. (가)에서 편마암은 화강암보다 먼저 생성되었다.
 ㄴ. (나)의 화강암에서는 사암과 이암이 포획암으로 나타난다.
 ㄷ. (가)와 (나)에는 모두 난정합이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

추가로 물어볼 수 있는 선지

1. (나)에서 난정합이 나타나지 않는 까닭은 부정합이 형성된 후 마그마의 관입이 일어났기 때문이다. (O , X)
2. (가)에서 화강암과 편마암의 경계부에서는 변성암이 산출될 수 있다. (O , X)
3. 포획암은 관입을 당한 암석과 구조가 비슷하다. (O , X)

정답 : 1. (O), 2. (O), 3. (O)

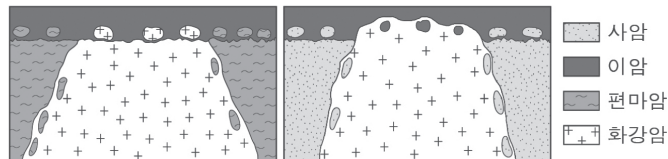
02 지II 2019년 4월 학력평가 16번

KEY POINT #포획암, #난정합

문항의 발문 해석하기

지질 단면도에서 각 지층의 생성 순서를 파악할 준비를 해야 한다.

문항의 자료 해석하기



(가)

(나)

1. (가) 자료에서 화강암 속 편마암이 포획되어 있으므로 화강암이 편마암을 관입하고 있다. 이암층에는 편마암과 화강암이 기저 역암의 형태로 남아 있으므로 부정합이 일어났다.
따라서 지층의 생성 순서는 편마암 → 화강암 → 이암이다.
2. (나) 자료에서 이암층에 사암이 기저 역암의 형태로 남아 있으므로 부정합이 일어났다. 그리고 화강암 속 사암과 이암이 포획되어 있으므로 화강암이 사암과 이암을 모두 관입하고 있다.
따라서 지층의 생성 순서는 사암 → 이암 → 화강암이다.

선지 판단하기

- ㄱ 선지 (가)에서 편마암은 화강암보다 먼저 생성되었다. (O)
화강암이 편마암을 관입하고 있으므로 원래 있던 암석인 편마암이 먼저 생성된 것이다.
- ㄴ 선지 (나)의 화강암에서는 사암과 이암이 포획암으로 나타난다. (O)
(나)를 보면 화강암 속으로 사암과 이암이 포획된 것을 확인할 수 있다.
- ㄷ 선지 (가)와 (나)에는 모두 난정합이 나타난다. (X)
(가)는 관입한 화강암이 기저 역암의 형태로 남아 있으므로 난정합이 일어났다.
그러나 (나)는 부정합이 형성된 후 화강암의 관입이 일어났으므로 난정합이 아니다.

기출문항에서 가져가야 할 부분

1. 지층의 생성 순서 파악하기
2. 평행 부정합 및 경사 부정합과 난정합 차이점 알기
3. 기저 역암과 포획암 차이 알기

| 기출 문제로 알아보는 유형별 정리

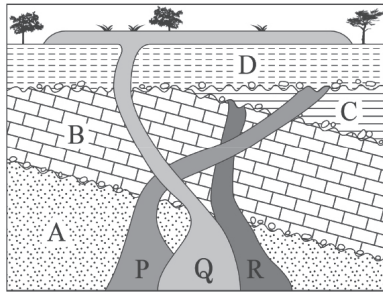
[부정합, 관입, 포획]

1 부정합을 찾는 방법

① 기저 역암으로 판단하기

2021년 7월 학력평가 5번

그림은 어느 지역의 지질 단면도를, 표는 화성암 P와 Q에 포함된 방사성 원소 X와 이 원소가 붕괴되어 생성된 자원의 함량을 나타낸 것이다.

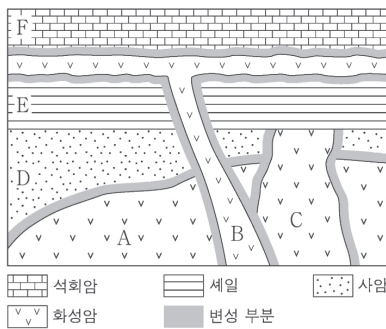


- 위 자료에서 부정합은 A와 B 사이, B와 C 사이, C와 D 사이 총 3번 있었다. 그 이유는 각 지층에 기저 역암이 포함되어 있기 때문이다. 이는 부정합을 판단하는 가장 간단한 방법이다.

② 변성 흔적으로 판단하기

2021학년도 6월 모의평가 14번

그림 (가)는 어느 지역의 지질 단면을, (나)는 방사성 원소 X에 의해 생성된 자원소 Y의 함량을 시간에 따라 나타낸 것이다. 화성암 A, B, C에는 X와 Y가 포함되어 있으며, Y는 모두 X의 붕괴 결과 생성되었다. 현재 C에 있는 X와 Y의 함량은 같다.



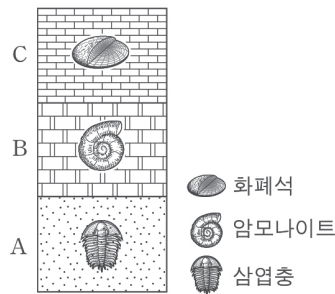
(가)

- 위 자료에서 부정합은 D와 E 사이에 존재한다. 부정합이 존재한다고 판단할 수 있는 이유는 D는 C에 의해 변성되었지만, E는 C에 의해 변성되지 않았기 때문이다.
- 이는 C가 형성된 이후 C의 마그마가 다 식은 후 풍화 작용과 침식 작용이 일어나 그 위에 쌓인 E에는 변성 흔적이 나타나지 않은 것이다.

③ 표준 화석으로 판단하기

지II 2015학년도 수능 2번

그림은 어느 지역의 지질 단면과 지층 A, B, C에서 발견되는 화석을 나타낸 것이다.

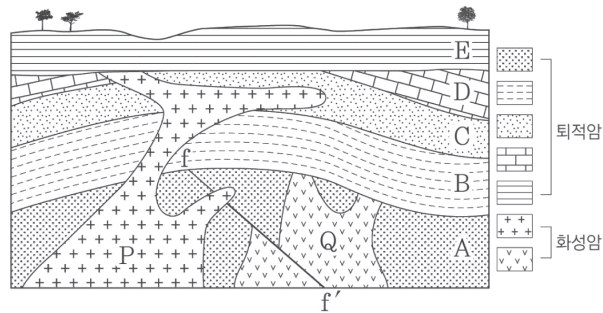


- 지층은 A → B → C 순으로 쌓였다. 그러나 각 지층은 정합 관계가 아닌 부정합 관계이다. 고생대 → 중생대, 중생대 → 신생대의 지층이 연속적으로 나타날 수 없기 때문이다. 따라서 각 지층 사이에 긴 시간 간격이 있는 부정합이라고 판단해야 한다.

④ 모양을 보고 판단하기

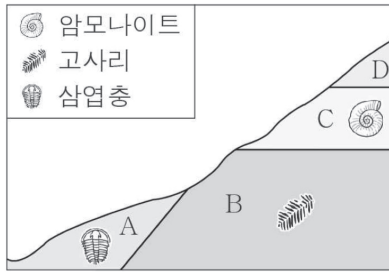
2020년 7월 학력평가 10번

그림은 어느 지역의 지질 단면도이다. 관입암 P와 Q에 포함된 방사성 원소 X의 양은 처음의 $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{64}$ 이고, 방사성 원소 X의 반감기는 1억 년이다.



- 위 자료에서 부정합은 A와 B 사이, D와 E 사이 총 2번 존재한다. 기저 역암, 변성 흔적, 화석 등의 자료가 전혀 없을 때 이용할 수 있는 방법이다. 바로 모양을 보고 판단하는 것이다. Q의 모양을 보면 A에서는 잘 관입하고 있지만 B에는 관입하지 못하고 **깔끔하게 깎여진 모습**을 볼 수 있다. 이는 **풍화 침식 작용**을 받아서 부정합이 형성되었기 때문이라고 볼 수 있다. 또한, P와 D의 모양을 보면 E 지층과 비교했을 때 **깔끔하게 깎여진 모습**을 볼 수 있다. 마찬가지로 **풍화 침식 작용**에 의해 부정합이 형성된 것이다.

그림은 어느 지역의 지질 단면과 산출 화석을 나타낸 것이다.

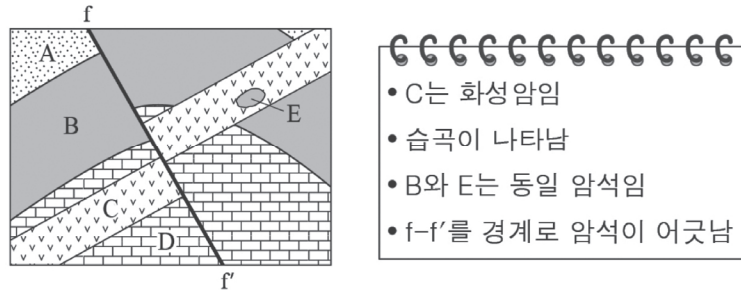


ㄴ. B층과 C층은 부정합 관계이다. (O)

- B는 고사리가 존재하므로 육성층, C는 암모나이트가 존재하므로 해성층이다. 따라서 B층과 C층은 부정합 관계이다.
- 육성층과 해성층은 연속적으로 쌓일 수 없다는 것은 부정합을 판단하는 근거 중 하나이다.
‘지층이 융기하다 보면 그럴 수 있지 않을까?’라는 생각은 하지 않도록 하자.

2 포획암

다음은 어느 지역의 지질 단면도와 관찰 내용이다. (단, 지층은 역전되지 않았다.)



ㄷ. C보다 E가 먼저 형성되었다. (O)


- 화성암 C가 주변 암석을 관입하고 있다. 이때, B와 E는 동일 암석이므로 C가 관입하던 도중 E가 포획된 것이다. 따라서 E가 먼저 형성된 암석이다.
- 포획암의 존재를 통해 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다는 것을 알아두자.

추가로 물어볼 수 있는 선지 해설


1. 난정합은 지층의 형태를 알아볼 수 없을 정도로 마그마에 의한 변성 작용을 심하게 받은 후 부정합 과정이 일어나야 한다. 그러나 (나)에서는 부정합이 형성된 후 마그마의 관입이 일어났기 때문에 난정합이 존재한다고 볼 수 없다.
2. 변성암은 암석이 마그마에 의해 변성되면 만들어지므로 화강암과 편마암의 경계부에는 변성암이 형성될 수 있다.
3. 포획암은 원래 있던 암석이 관입에 의해 관입한 마그마에 갇히면서 만들어지는 암석이다. 따라서 관입을 당한 암석과 구조는 비슷할 것이다.
⇒ ‘비슷하다’고 말하는 이유는 변성 작용을 심하게 받았을 수 있기 때문이다.

I 교과서로 알아보는 (O,X) 개념 정리

1. 맨틀 대류가 일어나는 원인은 맨틀 내 방사성 동위 원소의 붕괴만 해당한다.	(O,X)
YBM p.16	
2. 판과 판이 만나는 판의 경계 지역에서는 천발, 중발, 심발 지진이 모두 발생할 수 있다.	(O,X)
YBM p.31	
3. 열점은 대륙판 내부에는 존재하지 않는다.	(O,X)
YBM p.32	
4. 맨틀이 녹는 직접적인 원인은 방사성 동위 원소의 붕괴에 의한 열에너지이다.	(O,X)
YBM p.33	
5. 반력암의 SiO ₂ 함량은 52% 이상이고, 조립질 암석이다.	(O,X)
YBM p.35	
6. 한반도에 분포하는 화강암의 대부분은 중생대에 관입한 화강암이다.	(O,X)
YBM p.36	
7. 한반도에 존재하는 신생대에 형성된 현무암질 지질 환경은 섭입대에서 분출한 마그마에 의해서 생성된 것이다.	(O,X)
YBM p.37	
8. 마이산의 남쪽 급경사 면에 분포하는 타포니는 풍화 작용에 의해 사암이 빠져나와 생긴 것이다.	(O,X)
YBM p.49	
9. 판상 절리에서 절리가 발달할 때 기반암에서 암괴가 떨어져 나오는 현상을 박리 현상이라고 한다.	(O,X)
YBM p.53	
10. ¹² C의 방사원 동위 원소인 ¹⁴ C는 우주로부터 유입되는 입자가 대기 중 ¹⁴ N와 충돌하면서 생성된다.	(O,X)
YBM p.61	
11. 증발암이 발견되는 지역은 암석 형성 당시 건조한 지역이었음을 알 수 있다.	(O,X)
YBM p.69	
12. 오존층이 형성된 시기는 페름기이다.	(O,X)
YBM p.69	
13. 오존층이 형성되고 나서 출현한 최초의 육상 식물은 송엽란류이다.	(O,X)
YBM p.69	
14. 오존층이 형성되고 나서 출현한 최초의 육상 동물은 에우립테루스이다.	(O,X)
YBM p.69	
15. 석탄기에 형성된 표준 화석인 방추충(푸줄리나)는 원생동물이다.	(O,X)
YBM p.69	

1. X
맨틀 대류는 맨틀 내 방사성 동위 원소의 붕괴에 의한 열에너지와 지구 중심부에서 공급되는 열에너지로 인하여 맨틀 상부와 하부 사이에 온도 차이가 생겨 맨틀 안에서 느리게 열대류가 일어나는 현상을 말한다.
2. O
판과 판이 만나는 수렴형 경계에서는 천발 지진(0~70km), 중발 지진(70~ 300km), 심발 지진(300~700km)이 모두 발생한다. (판과 판이 만나는 판 경계 지역에서는 세 종류가 모두 발생하나, 판이 갈라지는 발산 경계나 변환 단층에서는 주로 천발 지진이 발생한다.)
3. X
열점은 킬라우에아 화산처럼 해양판의 내부에 존재하기도 하고, 옐로스톤처럼 대륙판의 내부에 존재하기도 한다.
4. X
맨틀이 녹는 직접적인 원인은 외핵에서 올라오는 열에너지에 의해 뜨거워진 하부 맨틀 물질이 상승하는 과정에서 부분 용융되기 때문이다.
5. X
반려암은 SiO₂ 함량은 52% 이하인 조립질 암석이다.
6. O
한반도에서 생성된 중생대 화강암의 대표적인 지형은 판상 절리가 나타나는 북한산이 있다.
7. X
우리나라에 분포하는 현무암질 지질 환경은 맨틀이 부분 용융 되어 생성된 현무암질 마그마가 분출한 것이다. (우리나라에는 수렴형 경계가 없다.)
8. X
마이산의 남쪽 급경사면에는 군데군데 움푹 파인 구멍들이 많다. 이는 풍화 작용에 의해 바위를 이루는 역암이 빠져나와 생긴 것으로, 타포니라고 한다.
9. O
판상 절리에서 절리가 발달할 때 기반암에서 암괴가 '양파껍질'처럼 떨어져 나오는 현상을 박리 현상이라고 하고, 박리 현상은 기반암에 작용하는 압력의 감소로 인해 발생한다.
10. O
우주에서 지구로 들어오는 입자를 '우주선(Cosmic Ray)'라고 하며 우주선은 거의 빛의 속도에 준하게 움직이는 고에너지 입자로 우주선이 지구의 대기 중 ¹⁴N와 충돌하면서 1개의 양성자가 중성자로 변하면서 ¹⁴C가 생성된다.
11. O
물의 이동이나 순환이 이루어지지 않는 호수나 지중해와 같이 갇혀 있는 형태의 바다에서 형성된다. 증발암이 발견되는 경우 암석 형성 당시 그 지역 건조한 지역이었다고 추정할 수 있다.
12. X
오존층이 형성된 시기는 실루리아기이다.
13. O 14. O
- 송엽란류 식물은 잎이 작은 돌기처럼 생겨서 양치식물과 외형은 유사하지 않지만, 생활 환경은 비슷하다.
- 에우립테루스(Eurypterus)는 멸종된 바다 전갈의 한 종으로 육지와 해양에서 모두 호흡할 수 있었다.
- 

송엽란류 식물



에우립테루스
15. O
석탄기의 표준 화석인 방추충은 원생동물이다. (원생동물은 단세포의 단순한 구조를 가지는 동물을 뜻한다.) 또한, 이 시기에 육지에는 몸체가 지금보다 훨씬 큰 잠자리와 같은 곤충류가 번성하였다.