

수능 특강

과학탐구영역 지구과학I

이 책의 차례 Contents

I 고체 지구

01	판 구조론과 대륙 분포의 변화	6
02	판 이동의 원동력과 마그마 활동	22
03	퇴적암과 지질 구조	38
04	지구의 역사	54

II 대기과 해양

05	대기의 변화	74
06	해양의 변화	100
07	대기와 해양의 상호 작용	120

III 우주

08	별의 특성	142
09	외계 행성계와 외계 생명체 탐사	172
10	외부 은하와 우주 팽창	184

학생 EBS 교재 문제 검색
EBS 단추에서 문항코드나 사진으로 문제를 검색하면 푸러봇이 해설 영상을 제공합니다.

[22026-0001]
1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

22026-0001

※ EBSi 사이트 및 모바일에서 이용이 가능합니다.
※ 사진 검색은 EBSi 고교강의 앱에서만 이용하실 수 있습니다.

교사 교사지원센터 교재 자료실
교재 문항 한글 문서(HWP)와 교재의 이미지 파일을 무료로 제공합니다.

교재 자료실

- 한글다운로드
- 교재이미지 활용
- 강의활용자료

※ 교사지원센터(<http://teacher.ebsi.co.kr>) 접속 후 '교사인증'을 통해 이용 가능

이 책의 구성과 특징 Structure

교육과정의 핵심 개념 학습과 문제 해결 능력 신장

[EBS 수능특강]은 고등학교 교육과정과 교과서를 분석·종합하여 개발한 교재입니다.

본 교재를 활용하여 대학수학능력시험이 요구하는 교육과정의 핵심 개념과 다양한 난이도의 수능형 문항을 학습함으로써 문제 해결 능력을 기를 수 있습니다. EBS가 심혈을 기울여 개발한 [EBS 수능특강]을 통해 다양한 출제 유형을 연습함으로써 대학수학능력시험 준비에 도움이 되기를 바랍니다.



총실한 개념 설명과 보충 자료 제공

1. 핵심 개념 정리

- 주요 개념을 요약·정리하고 탐구 상황에 적용하였으며, 보다 깊이 있는 이해를 돕기 위해 보충 설명과 관련 자료를 풍부하게 제공하였습니다.

탐구자료 살펴보기

주요 개념의 이해를 돕고 적용 능력을 기를 수 있도록 시험 문제에 자주 등장하는 탐구 상황을 소개하였습니다.

과학 돋보기

개념의 통합적인 이해를 돕는 보충 설명 자료나 배경 지식, 과학사, 자료 해석 방법 등을 제시하였습니다.

2. 개념 체크 및 날개 평가

- 본문에 소개된 주요 개념을 요약·정리하고 간단한 퀴즈를 제시하여 학습한 내용을 갈무리하고 점검할 수 있도록 구성하였습니다.



단계별 평가를 통한 실력 향상

[EBS 수능특강]은 문제를 수능 시험과 유사하게 **2점 수능 테스트**와 **3점 수능 테스트**로 구분하여 제시하였습니다.

2점 수능 테스트는 필수적인 개념을 간략한 문제 상황으로 다루고 있으며, 3점 수능 테스트는 다양한 개념을 복잡한 문제 상황이나 탐구 활동에 적용하였습니다.

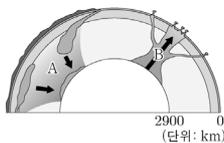
I

고체 지구

2022학년도 대학수학능력시험 2번

2. 그림은 플룸 구조론을 나타낸 모식도이다. A와 B는 각각 차가운 플룸과 뜨거운 플룸 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



<보 기>

- ㄱ. A는 차가운 플룸이다.
- ㄴ. B에 의해 호상 열도가 형성된다.
- ㄷ. 상부 맨틀과 하부 맨틀 사이의 경계에서 B가 생성된다.

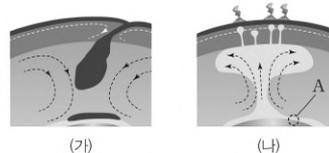
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능완성 140쪽 3번

03

▶21069-0314

그림 (가)와 (나)는 각각 차가운 플룸과 뜨거운 플룸의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. 차가운 플룸은 대부분 대륙판이 하강하여 형성된다.
- ㄴ. A는 외핵과 내핵의 경계이다.
- ㄷ. (나)의 플룸은 지구 내부의 에너지를 지구 표면으로 전달하는 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

대수능 2번 문제는 수능완성 140쪽 3번 문제와 연계하여 출제되었다. 수능완성 문제에서 제시된 그림 (가)와 (나)를 대수능 문제에서는 하나의 그림으로 제시하였으나, 제시된 자료가 거의 같으며 대수능 문제와 수능완성 문제 모두에서 차가운 플룸과 뜨거운 플룸을 구분할 수 있는가를 묻고 있다. 특히 대수능 문제 <보기> ㄱ과 수능완성 문제 <보기> ㄱ 모두는 제시된 자료에서 차가운 플룸과 뜨거운 플룸을 구분할 수 있는가를 묻고 있다는 점에서 높은 유사성을 보인다. 뿐만 아니라, 대수능 문제 <보기> ㄷ과 수능완성 문제 <보기> ㄴ 모두는 자료에서 뜨거운 플룸이 상승하기 시작하는 위치를 묻고 있다는 점에서 매우 높은 유사성을 보인다. 한편 대수능 문제 <보기> ㄴ에서는 뜨거운 플룸과 관련된 화산 지형을 묻고 있으나, 수능완성 문제 <보기> ㄷ에서는 플룸의 역할에 대해서 묻고 있다는 점에서 차이가 있다.

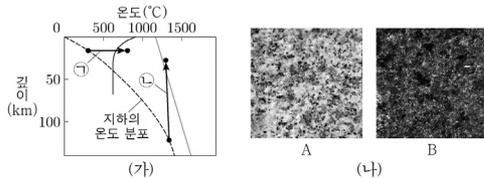
학습 대책

대수능 문제에서는 수능특강 등 EBS 연계 교재 문제의 자료를 매우 유사하게 출제하는 경우가 있다. 또한 대수능 문제에서는 수능특강 등 EBS 연계 교재 문제의 <보기> 지문을 매우 유사하게 출제하는 경우도 있다. 하지만 자료를 변형하거나 <보기> 지문을 변형하여 출제하는 경우도 있다. 따라서 수능특강 등 EBS 연계 교재를 공부할 때는 <보기> 지문에서는 묻고 있지 않더라도 제시된 자료를 하나하나 해석하는 방향으로 학습해야 한다.

수능 _ EBS 교재 연계 사례

2022학년도 대학수학능력시험 9번

9. 그림 (가)는 깊이에 따른 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 나타낸 것이고, (나)는 반력암과 화강암을 A와 B로 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 (가)의 ㉠ 과정과 ㉡ 과정으로 생성된 마그마가 굳어진 암석 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㉠. ㉠ 과정으로 생성된 마그마가 굳으면 B가 된다.
- ㉡. ㉡ 과정에서는 열이 공급되지 않아도 마그마가 생성된다.
- ㉢. SiO₂ 함량(%)은 A가 B보다 높다.

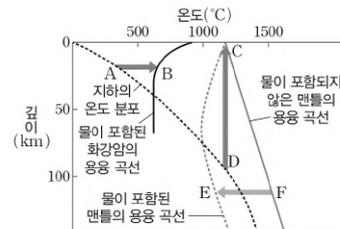
- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

2022학년도 EBS 수능완성 18쪽 5번

05

▶21069-0027

그림은 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㉠. 깊이가 깊어질수록 지온 상승률은 대체로 감소한다.
- ㉡. 암석에 물이 공급되면 용융점이 높아진다.
- ㉢. 호상 열도에서 분출되는 마그마는 주로 F → E 과정과 A → B 과정을 거쳐 생성된 마그마가 혼합되어 생성된다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢
④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉠, ㉢

연계 분석

대수능 9번 문제는 수능완성 18쪽 5번 문제와 연계하여 출제되었다. 대수능 9번 문제는 마그마의 생성 과정과 심성암의 종류를 자료로 제시하고 있으며, 수능완성 5번 문제에서는 마그마의 생성 과정을 자료로 제시하고 있다. 대수능 문제에 제시된 그림 (가)에서 ㉠은 온도 상승에 의한 유문암질 마그마의 생성 과정을 나타내고 ㉡은 압력 감소에 의한 현무암질 마그마의 생성 과정을 나타내며, 수능완성 문제에 제시된 그림에서 A → B는 온도 상승에 의한 유문암질 마그마의 생성 과정을 나타내고 D → C는 압력 감소에 의한 현무암질 마그마의 생성 과정을 나타내고 있다는 점에서 유사성이 매우 높다. 한편 대수능 문제에서는 유문암질 마그마가 냉각되어 만들어질 수 있는 심성암의 종류와 현무암질 마그마가 냉각되어 만들어질 수 있는 심성암의 종류에 대한 자료를 추가로 제시하고 이에 대해 묻고 있다는 점에서 수능완성 문제와 차이가 있다.

학습 대책

대수능 문제에서는 수능특강 등 EBS 연계 교재의 자료와 <보기>를 변형하거나 추가적인 내용을 묻는 경우가 많다. 따라서 수능특강 등 EBS 연계 교재를 공부할 때는 문제의 정답을 찾는 것에 그치지 말고 제시된 자료를 분석하고 제시된 자료와 연관된 내용을 파악하는 방향으로 학습해야 하며, 단순한 지식 암기보다는 개념을 이해하고 이를 다양한 경우에 적용하는 방향으로 학습해야 한다.

개념 체크

- **베게너의 대륙 이동설**
대륙이 이동하여 대륙의 분포가 변한다.
- **판게아**
고생대 말기~중생대 초기에 존재했던 초대륙이다.
- **베게너가 생각했던 판게아의 모습**



1. 고생대 말기~중생대 초기에 초대륙 ()가 존재했다.
2. 메소사우루스 화석은 남아메리카 대륙과 () 대륙에서 산출된다.
3. 고생대 말 빙하 퇴적층과 빙하의 이동 흔적이 여러 대륙에서 발견되는 것은 ()의 증거이다.

1 판 구조론의 정립

(1) 대륙 이동설의 등장

- ① 베게너: 1915년 저서 『대륙과 해양의 기원』을 통해 여러 대륙들이 모여 만들어진 하나의 거대 대륙인 초대륙 판게아가 고생대 말기~중생대 초기에 존재하였으며, 판게아는 약 2억 년 전부터 분리되어 현재와 같은 대륙 분포가 되었다고 주장하였다.
- ② 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거
 - 대서양 양쪽 대륙 해안선 굴곡의 유사성: 대서양 양쪽에 위치한 남아메리카 대륙 동쪽 해안선과 아프리카 대륙 서쪽 해안선의 굴곡이 유사하다.
 - 화석 분포: 육상 식물인 글로소프테리스 화석이 남아메리카, 아프리카, 인도, 남극 대륙 및 오스트레일리아 대륙에서 산출되며, 메소사우루스 화석이 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙에서 산출되는 등 멀리 떨어진 대륙에서 같은 종의 화석이 산출된다.
 - 고생대 말 빙하 퇴적층의 분포와 빙하 이동 흔적: 남아메리카, 아프리카, 인도, 오스트레일리아, 남극 대륙에서 고생대 말 빙하 퇴적층과 빙하의 이동 흔적이 발견된다.
 - 지질 구조의 연속성: 북아메리카의 애팔래치아산맥과 유럽의 칼레도니아산맥의 분포가 연속성을 가지며, 대서양 양쪽 해안에서 발견되는 암석 분포와 지질 구조가 대륙들 간에 연속성을 갖는다.



화석 분포



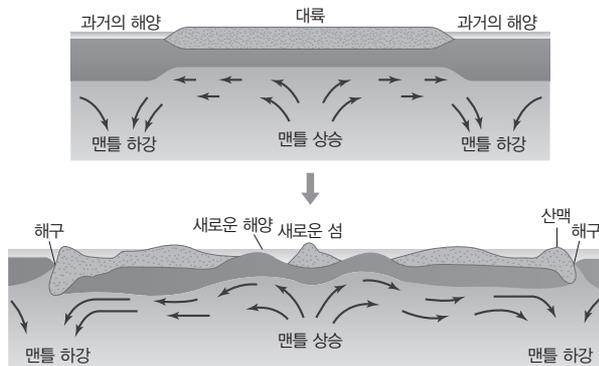
고생대 말 빙하 퇴적층의 분포



지질 구조의 연속성

- ③ 베게너의 대륙 이동설 쇠퇴: 대륙 이동에 대해 제시한 여러 증거에도 불구하고 베게너는 대륙을 이동시키는 원동력을 설명하지 못해 대륙 이동설은 많은 과학자들에게 받아들여지지 않았다.

(2) 맨틀 대류설



홈스의 맨틀 대류설

정답

1. 판게아
2. 아프리카
3. 대륙 이동

개념 체크

● 흠스의 맨틀 대류설

흠스는 맨틀 대류가 대륙 이동의 원동력이라고 주장하였다.

● 음향 측심법

해수면에서 해저면을 향하여 초음파를 방사하면 초음파는 해저면에 반사되어 되돌아온다. 이때 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간을 이용하여 해저 지형의 높낮이를 측정할 수 있다. 초음파의 속도가 v , 해수면에서 방사한 초음파가 해저면에서 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간이 t 라면 수심 d 는 다음과 같다.

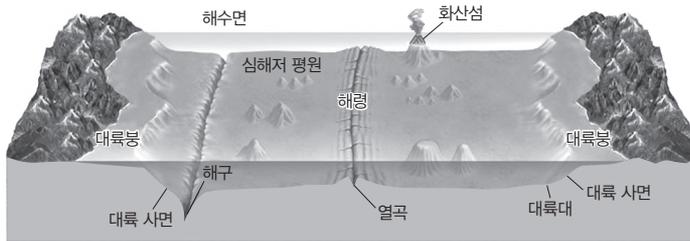
$$\text{수심}(d) = \frac{1}{2}vt$$

1. 흠스는 대륙을 이동시키는 원동력을 ()라고 주장하였다.

2. 해수에서 초음파의 속력이 1500 m/s라고 가정할 때, 초음파가 해저면에 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간이 10초이면 수심은 ()m이다.

3. ()은 해양판의 발산형 경계에 발달하는 해저 산맥이다.

- ① 맨틀 대류설: 1920년대 후반 베게너의 대륙 이동설에 동조했던 흠스는 맨틀 내의 방사성 원소의 붕괴열과 고온의 지구 중심부에서 맨틀로 공급되는 열에 의하여 맨틀이 열대류를 한다고 생각하고 맨틀 대류가 대륙 이동의 원동력이라고 주장하였다. 흠스의 맨틀 대류설은 1950년대에 대륙 이동설의 부활과 함께 해저 확장과 판 구조 운동의 원동력으로 주목받게 되었다.
 - ② 흠스의 주장: 흠스는 맨틀 대류의 상승부에서는 대륙 지각이 분리되면서 새로운 해양이 생성되고 맨틀 대류의 하강부에서는 산맥과 해구가 생성된다고 주장하였다.
- (3) 해저 지형 탐사와 해저 확장설: 음향 측심법을 이용한 해령, 해구 등의 해저 지형 발견은 해저가 확장된다는 해저 확장설이 등장하는 데 중요한 역할을 하였다.

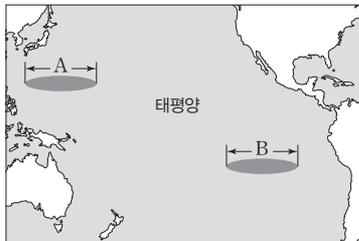


해저 지형 모식도

탐구자료 살펴보기 음향 측심 자료로부터 해저 지형 추정하기

탐구 과정

그림은 태평양의 서로 다른 해역 A와 B를, 표는 해역 A와 B에서 동서 방향으로 일정한 거리 간격의 각 탐사 지점에서 초음파가 해저면에 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간을 나타낸 것이다.



A의 탐사 지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9
초음파가 되돌아오는 데 걸리는 시간(초)	7.99	6.77	6.41	5.07	9.96	6.13	7.62	7.76	7.12

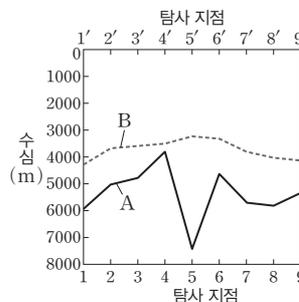
B의 탐사 지점	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
초음파가 되돌아오는 데 걸리는 시간(초)	5.61	4.99	4.81	4.67	4.33	4.45	5.10	5.40	5.53

해수에서 초음파의 속력이 1500 m/s라고 가정할 때, A 해역과 B 해역의 각 탐사 지점에서 수심을 구하고 그래프로 그려 보자.

탐구 결과

A의 탐사 지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9
수심(m)	5993	5078	4808	3803	7470	4598	5715	5820	5340

B의 탐사 지점	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
수심(m)	4208	3743	3608	3503	3248	3338	3825	4050	4148



분석 point

해역 A에는 해구가 발달하고, 해역 B에는 해령이 발달한다. → 해역 A의 탐사 지점 5 부근에서 수심이 급격히 증가하므로 해구가 발달한 것으로 볼 수 있다. 해역 B의 탐사 지점 5' 부근에서 수심이 가장 얇고, 양쪽으로 갈수록 점점 깊어지므로 해령이 발달한 것으로 볼 수 있다.

정답

- 1. 맨틀 대류
- 2. 7500
- 3. 해령

개념 체크

● 해저 확장설

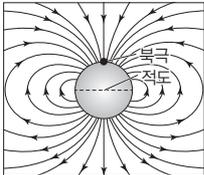
해령에서 새로운 해양 지각이 생성되고 확장된다는 이론이다.

● 해저 고지자기 줄무늬

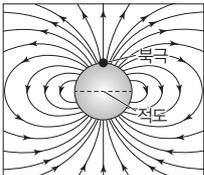
해저 고지자기 줄무늬는 해령과 거의 나란하고 해령을 축으로 대칭을 이룬다.

● 지구 자기의 역전

지질 시대 동안 전 지구적으로 지구 자기장의 방향이 역전되는 현상이 반복되었다. 지구 자기장의 방향이 현재와 같은 시기를 정자극기(정상기), 현재와 반대인 시기를 역자극기(역전기)라고 한다.



→ 자기력선
정자극기



→ 자기력선
역자극기

1. 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령과 심해 퇴적물의 두께는 ()한다.
2. 해양판이 섭입하는 과정에서 섭입하는 해양판을 따라 발달하는 지진대를 ()대라고 한다.
3. 해저 고지자기 줄무늬는 ()을 축으로 대칭을 이룬다.

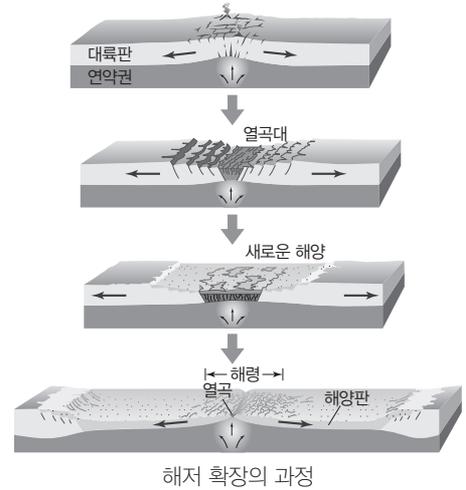
정답

1. 증가
2. 베니오프
3. 해령

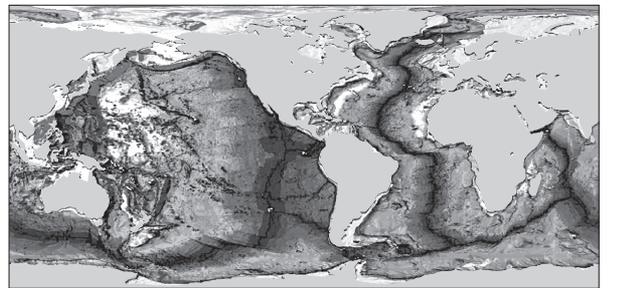
(4) 해저 확장설: 1962년 헤스와 디츠는 해령과 같은 해저 지형의 특징을 설명하기 위해 해저 확장설을 주장하였다.

- ① 해저 확장설: 맨틀 대류의 상승부인 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되고 해령을 중심으로 확장되며, 해구에서는 오래된 해양 지각이 맨틀 속으로 섭입하여 소멸된다.
- ② 해저 확장설의 증거

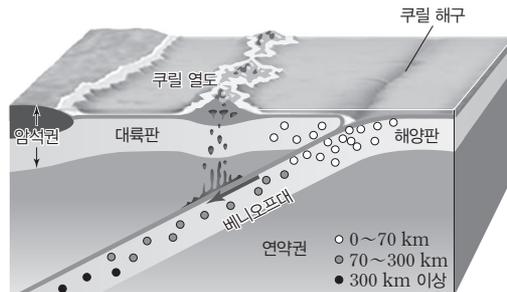
- 해양 지각의 연령 분포: 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령이 증가한다.
- 심해 퇴적물의 두께: 해령에서 멀어질수록 심해 퇴적물의 두께가 증가한다.
- 베니오프대의 발견: 지진학자 베니오프는 쿠릴 열도 일대에서 발생한 지진을 분석한 결과 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 점차 깊어지는 것을 발견하였는데, 이러한 지진대를 베니오프대라고 한다. 베니오프대에서의 이와 같은 특징적인 지진 활동은 해구에서 오래된 해양 지각이 맨틀 속으로 섭입하여 소멸된다는 증거이다.
- 해저 고지자기 줄무늬와 해저 확장: 해양 지각에 기록된 해저 고지자기 줄무늬가 해령과 거의 나란하며 해령을 축으로 대칭을 이룬다. 이러한 해저 고지자기 줄무늬의 대칭적인 분포는 해령에서 새로운 해양 지각이 생성되면서 확장되고 지구 자기의 역전 현상이 반복되기 때문에 나타난다.



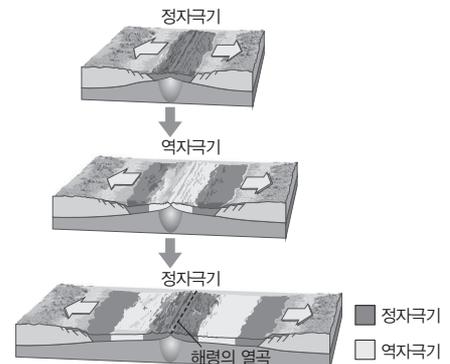
해저 확장의 과정



해양 지각의 연령 분포



쿠릴 열도의 베니오프대

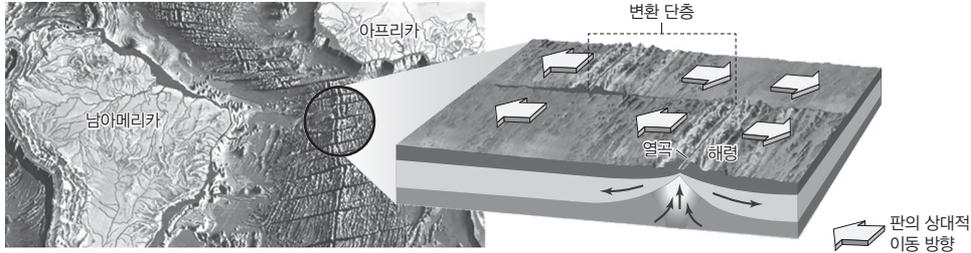


해저 고지자기 줄무늬

- 정자극기
- 역자극기

(5) 판 구조론의 정립

- ① 변환 단층의 발견: 윌슨은 해령의 열곡과 열곡이 어긋난 구간에서 천발 지진이 활발하게 발생하는 것을 발견하고, 이 구간을 변환 단층이라고 하였다. 윌슨은 변환 단층이 형성되는 이유를 맨틀 대류의 상승부인 해령에서 생성된 해양 지각이 확장될 때, 변환 단층의 양쪽에 있는 해양 지각이 반대 방향으로 이동하기 때문이라고 설명하였다.



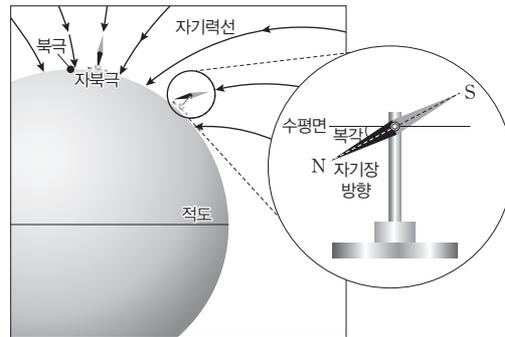
대서양 중앙 해령의 변환 단층

② 판 구조론의 정립

- 판 구조론의 정립: 해저 확장설이 발표된 이후 심해 퇴적물의 두께와 해양 지각의 연령 분포, 베니오프대, 해저 고지자기 줄무늬 분포, 변환 단층 등 여러 가지 현상을 통합적으로 설명하려는 연구가 이루어지면서 판 구조론이 출현하였다.
- 판 구조론: 지구의 표면이 크고 작은 여러 개의 판으로 구성되어 있으며, 이들의 상대적인 운동에 의해 화산 활동, 지진, 마그마의 생성, 습곡 산맥의 형성 등 여러 가지 지질 현상이 일어난다는 이론이다. 판 구조론은 1960년대 말에 공식화되었으며 현재는 거의 보편적인 사실로 받아들여지고 있다.

2 지질 시대의 대륙 분포 변화

- (1) 지구 자기장: 지구는 내부에 막대자석이 있는 것과 유사한 자기적 성질을 가지며, 지구가 가지고 있는 고유한 자기장을 지구 자기장이라고 한다. 나침반의 자침은 지구 자기장 방향으로 배열되며 나침반의 N극은 자북극을 향한다.



지구 자기장과 북각

- ① 북각: 나침반의 자침(지구 자기장의 방향)이 수평면과 이루는 각을 북각이라고 한다. 북각이 0°인 지역을 자기 적도, +90°인 지점을 자북극, -90°인 지점을 자남극이라고 한다.
- ② 지자기 북극: 지구의 자전축과 북반구의 지표면이 만나는 지점을 지리상 북극이라고 한다. 이에 비해 지자기 북극은 지구 자기장을 지구 중심에 놓은 거대한 막대자석이 만드는 자기장이라고 했을 때, 막대자석의 S극 방향의 축과 지표면이 만나는 지점을 말한다. 현재 지구 자기장 자기력선의 축은 지구 자전축에 대해 조금 기울어져 있다.

개념 체크

● 지구 자기장

지구가 가지고 있는 고유한 자기장이다.

● 북각

지구 자기장의 방향이 수평면과 이루는 각이다.

1. 해령의 열곡과 열곡이 어긋난 구간에서 지진이 활발하게 발생하는 단층을 () 단층이라고 한다.
2. 나침반의 자침이 수평면과 이루는 각을 ()이라고 한다.
3. 지구의 자전축과 북반구의 지표면이 만나는 지점을 ()이라고 한다.
4. 자북극에서 북각은 ()°이고, 자남극에서 북각은 ()°이다.

정답

1. 변환
2. 북각
3. 지리상 북극
4. +90, -90

개념 체크

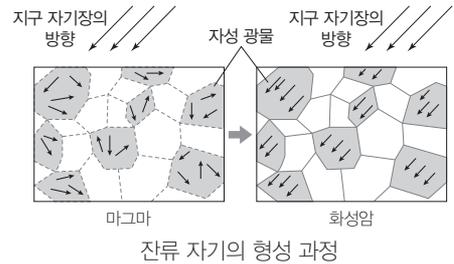
● **지자기 북극의 겹보기 이동 경로**
지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 지자기 북극의 겹보기 이동은 대륙 이동의 증거이다.

1. 화성암에 포함된 () 광물에 의해 기록된 잔류 자기의 방향을 이용하여 화성암이 생성된 위치를 추정할 수 있다.
2. 유럽 대륙과 북아메리카 대륙에서 측정한 지자기 북극의 겹보기 이동 경로가 어긋나 있는 것은 ()의 증거이다.
3. 지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정한다면 고지자기 북극의 크기는 ()와 비례한다.

(2) 고지자기와 대륙 이동

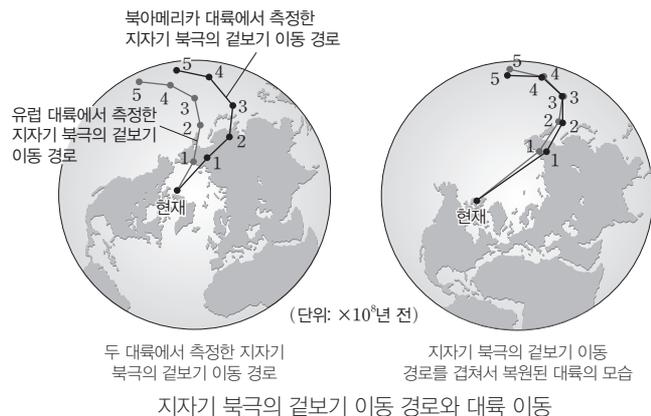
① 잔류 자기

- 마그마가 식어서 굳어질 때 자성 광물이 당시의 지구 자기장 방향으로 자화된다. 그 후 지구 자기장의 방향이 변해도 당시의 자성 광물의 자화 방향은 그대로 보존되는데, 이를 잔류 자기라고 한다.
- 자성 광물이 포함된 암석의 잔류 자기 방향을 측정하면 암석이 생성된 위도와 생성될 당시 자극의 위치를 추정할 수 있다.



② 지자기 북극의 겹보기 이동 경로를 이용한 대륙 이동 복원

- 지자기 북극의 겹보기 이동 경로: 1950년대에 유럽 대륙의 다양한 화성암에서 자성 광물의 자화 방향을 측정하였더니 과거 약 5억 년 동안 지자기 북극의 겹보기 위치가 하와이 부근부터 시베리아를 지나 현재 지자기 북극의 위치로 점차 변했다. 오랜 시간 동안 평균한 지자기 북극의 위치는 지리상 북극의 위치와 같으므로 지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정한다면, 지질 시대 동안 이와 같은 지자기 북극의 겹보기 이동은 대륙의 이동에 의해 만들어진 것이다.
- 유럽 대륙과 북아메리카 대륙에서 측정한 지자기 북극의 겹보기 이동 경로 비교: 유럽 대륙의 화성암과 북아메리카 대륙의 화성암에서 측정한 지자기 북극의 겹보기 이동 경로가 서로 일치하지 않고 어긋나 있다. 지질 시대 동안 지자기 북극은 하나뿐이었으므로 두 대륙이 과거에도 현재와 같은 위치에 있었다면 두 지자기 북극의 겹보기 이동 경로가 어긋나 있는 현상을 설명할 수 없다. 이와 같은 모순을 해결하기 위해 두 지자기 북극의 겹보기 이동 경로를 겹쳐보면 과거 어느 시기에 두 대륙이 서로 붙어 있었음을 알 수 있다.



- ③ 고지자기 북극을 이용한 대륙 이동 복원: 지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 고지자기 북극의 크기는 위도가 높을수록 크다. 따라서 고지자기 북극을 측정하면 대륙의 과거 위도를 알 수 있다.

정답

1. 자성
2. 대륙 이동
3. 위도

탐구자료 살펴보기 **지질 시대 동안 인도 대륙의 위치 변화**

탐구 과정

그림 (가)는 지구 자기장이 정자극기일 때 고지자기 복각과 위도의 관계를, (나)는 지질 시대 동안 인도 대륙의 위치와 정자극기일 때 고지자기 복각을 나타낸 것이다.

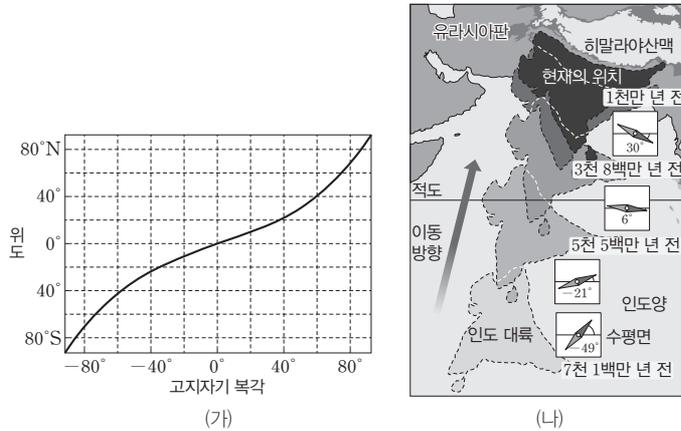


그림 (가)와 (나)를 이용하여 지질 시대 동안 인도 대륙의 위도를 구해 보자.

탐구 결과

시기(만 년 전)	7100	5500	3800	1000	현재
고지자기 복각	-49°	-21°	6°	30°	36°
위도	약 30°S	약 11°S	약 3°N	약 16°N	약 20°N

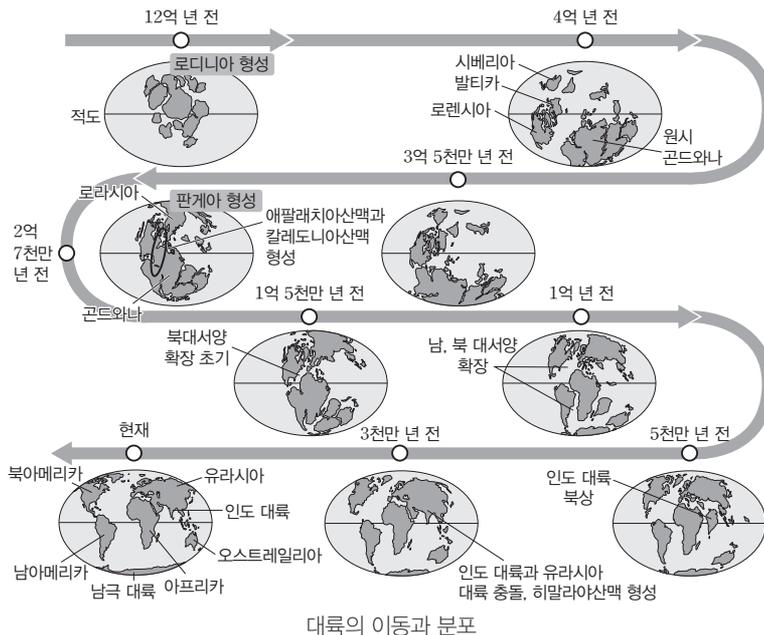
분석 point

- 지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 고지자기 복각의 크기는 위도가 높을수록 크다.
- 최근 7천 1백만 년 동안 인도 대륙은 북상하였다.

개념 체크

- **로디니아**
약 12억 년 전에 형성되어 약 8억 년 전까지 존재했던 초대륙이다.
 - **인도 대륙의 북상**
인도 대륙은 최근 7천 1백만 년 동안 북상하였다.
1. 판게아가 형성되면서 북아메리카의 ()산맥과 유럽의 ()산맥이 형성되었다.
 2. 판게아가 존재하던 시기에 남반구에 존재하던 대륙을 ()대륙이라고 한다.
 3. 판게아가 분리되면서 대서양의 넓이는 ()하였다.

(3) 대륙 분포의 변화: 지질 시대 동안 판의 운동에 의해 대륙의 분포는 변해왔다.



- 정답**
1. 애팔래치아, 칼레도니아
 2. 곤드와나
 3. 증가

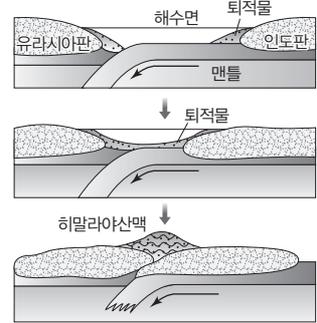
개념 체크

● 로키산맥과 안데스산맥
해양판이 섭입하면서 형성되었다.

● 히말라야산맥
인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 형성되었다.

1. 약 2억 7천만 년 전에 초대륙 ()가 형성되었다.
2. 현재 히말라야산맥의 높이는 점점 ()지고 있다.
3. 현재와 같은 판의 이동 방향과 이동 속력이 지속된다면 한동안 대서양의 면적은 ()할 것이다.

- ① 로디니아의 형성과 분리: 약 12억 년 전에 형성된 초대륙인 로디니아는 약 8억 년 전부터 분리되기 시작하였다.
- ② 판게아의 형성과 분리: 약 2억 7천만 년 전에 대륙이 다시 합쳐져 초대륙인 판게아가 형성되었다. 판게아가 형성되는 과정에서 북아메리카 대륙이 아프리카 대륙 및 유럽 대륙과 충돌하면서 애팔래치아산맥과 칼레도니아산맥이 형성되었다. 이후 판게아가 분리되고 대서양이 형성되면서 애팔래치아산맥과 칼레도니아산맥은 분리되었고, 해양판이 섭입하면서 로키산맥과 안데스산맥이 형성되기 시작하였다.
- ③ 히말라야산맥의 형성: 약 1억 년 전에 인도 대륙이 오스트레일리아 대륙과 분리되었고, 이후 인도 대륙은 북쪽으로 이동하여 약 3천만 년 전에 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥이 형성되었다.

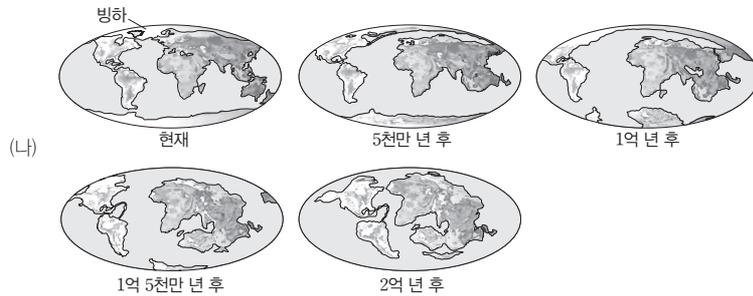
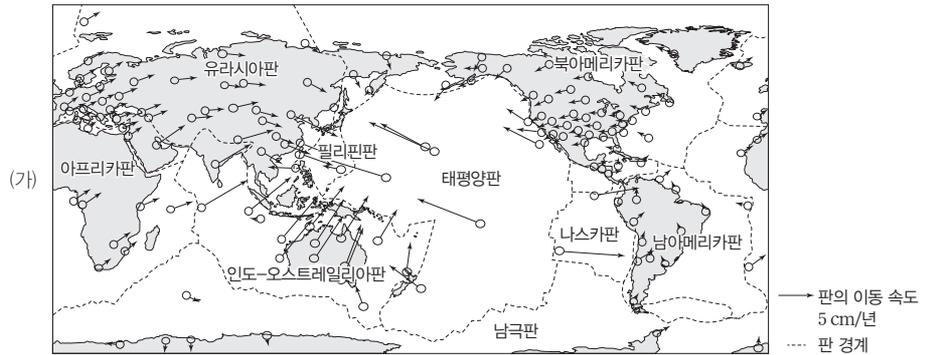


히말라야산맥의 형성 과정

탐구자료 살펴보기 대륙의 이동 속도를 이용하여 미래의 대륙 분포 구상하기

탐구 과정

그림 (가)는 위성 위치 확인 시스템(GPS)을 이용하여 측정한 주요 판의 이동 방향과 이동 속력을, (나)는 어느 예측 모형을 이용하여 추정한 미래의 대륙 분포를 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. (가)와 같이 주요 판의 이동 방향과 이동 속력이 지속된다면 대서양의 면적은 중앙 해령의 발산으로 더욱 증가할 것이다.
2. (나)에서 현재~5천만 년 후 사이에 대서양 양쪽에 있는 대륙 사이의 거리는 멀어지고 대서양의 면적은 증가한다.

분석 point

대륙의 이동으로 대륙 분포는 지속적으로 변한다.

정답

1. 판게아
2. 높아
3. 증가

01 [22026-0001] 그림 (가)는 대서양을 사이에 두고 분포하는 산맥의 위치를, (나)는 산맥의 지질 구조가 연속되도록 배치한 대륙의 모습을 나타낸 것이다.



(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

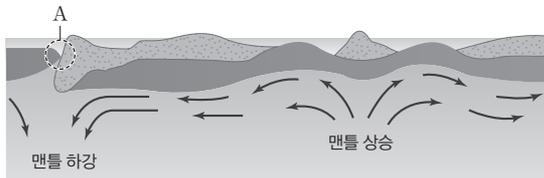
보기

- ㄱ. 애팔래치아산맥과 칼레도니아산맥은 북아메리카 대륙과 유럽 대륙이 분리되기 이전에 생성되었다.
- ㄴ. (나)는 중생대 말의 대륙 모습과 유사하다.
- ㄷ. 지질 구조의 연속성은 베게너가 제시한 대륙 이동의 증거에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 [22026-0002] 다음은 흙의 맨틀 대류설에 대한 설명이다.

고온의 지구 중심부에서 맨틀로 공급되는 열과 (㉠)에 의하여 맨틀 상하부의 온도 차가 생기고, 그 결과 그림과 같이 ㉡ 맨틀 대류가 일어난다.



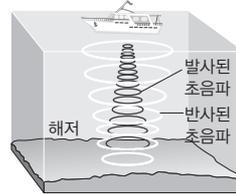
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '맨틀 내 방사성 원소의 붕괴열'은 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. ㉡은 대륙 이동의 원동력이다.
- ㄷ. A에서는 새로운 해양이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0003] 그림은 음향 측심법의 원리를, 표는 해수면상의 지점 A와 B에서 음향 측심법으로 측정된 초음파의 왕복 시간과 수심을 나타낸 것이다.



측정 지점	초음파의 왕복 시간(초)	수심(m)
A	()	3000
B	3	()

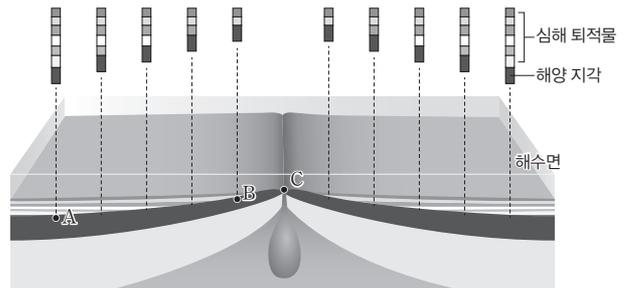
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 해수에서 초음파의 속력은 1500 m/s이다.)

보기

- ㄱ. 음향 측심 과정에서 초음파의 왕복 시간은 수심이 깊을수록 길게 측정된다.
- ㄴ. A에서 측정된 초음파의 왕복 시간은 2초이다.
- ㄷ. 수심은 B가 A보다 깊다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0004] 그림은 어느 판 경계 주변의 심해 퇴적물과 해양 지각의 분포를 나타낸 것이다.



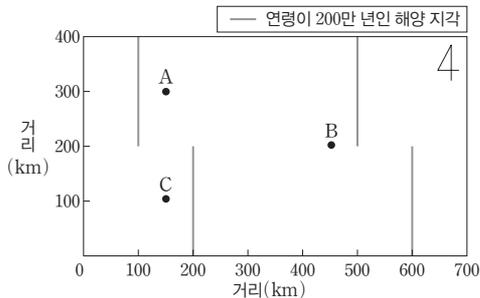
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 심해 퇴적물 최상층과 최하층의 연령 차이는 A 지점 상부보다 B 지점 상부에서 작다.
- ㄴ. 해양 지각의 연령은 A 지점에서 B 지점으로 갈수록 많아진다.
- ㄷ. C 지점은 맨틀 대류의 상승부에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0005] 그림은 어느 해령 주변에서 연령이 200만 년인 해양 지각의 위치를 나타낸 것이다.

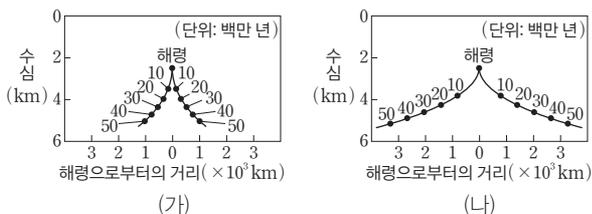


A, B, C 지점에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 해양 지각은 동일한 해령에서 생성되어 일정한 속력으로 확장하였다.)

- 보기
- ㄱ. A가 속한 판의 확장 방향은 서쪽이다.
 - ㄴ. B는 변환 단층에 위치한다.
 - ㄷ. 해양 지각의 연령은 C가 A보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0006] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 해령 부근에서 측정된 해령으로부터의 거리와 수심에 따른 해양 지각의 연령을 나타낸 것이다.

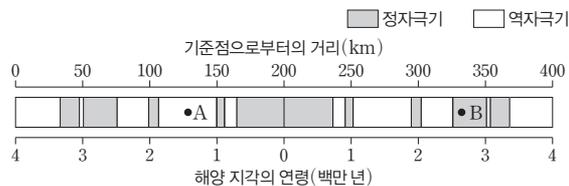


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나) 모두 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령이 많아진다.
 - ㄴ. 해령으로부터의 거리에 따른 수심 변화는 (가)보다 (나)에서 크다.
 - ㄷ. 해양 지각의 평균 확장 속력은 (가)보다 (나)에서 빠르다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0007] 그림은 어느 지역에서 기준점으로부터의 거리에 따라 측정된 해양 지각의 연령과 고지자기 분포를 나타낸 것이다.

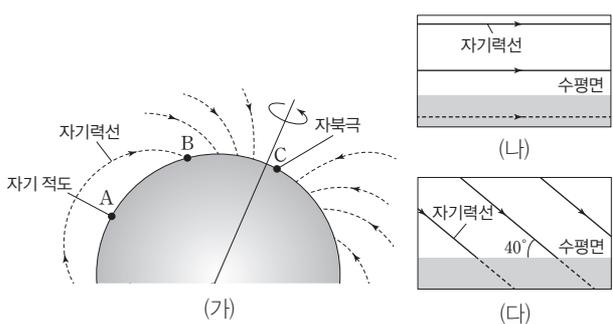


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A 지점의 해양 지각이 생성될 당시 지구 자기장의 방향은 현재와 같았다.
 - ㄴ. A 지점과 B 지점 사이에는 해령이 존재한다.
 - ㄷ. B 지점이 속한 해양판의 평균 이동 속력은 10 cm/년이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0008] 그림 (가)는 지구 자기장의 모습을, (나)와 (다)는 지점 A, B, C 중 두 지점의 자기력선 분포를 나타낸 것이다.

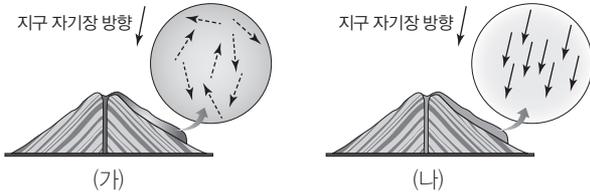


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)는 A의 자기력선 분포이다.
 - ㄴ. (다)에서 북각은 +40°이다.
 - ㄷ. 북각의 크기는 B보다 C에서 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0009] 그림 (가)와 (나)는 어느 지역의 용암이 냉각되어 굳어지는 과정에서 자화되기 전과 자화된 후의 자성 광물 배열 방향을 순서 없이 나타낸 것이다.



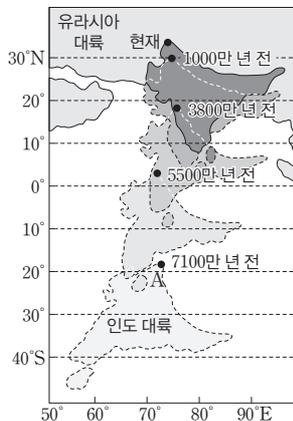
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 용암이 냉각된 시기는 정지극기이다.)

보기

- ㄱ. 이 지역은 북반구에 위치한다.
- ㄴ. 자화된 후의 자성 광물 배열 방향을 나타낸 것은 (나)이다.
- ㄷ. 자성 광물의 배열 방향을 측정하여 암석이 생성될 당시의 위도를 추정할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0010] 그림은 고지자기 자료를 이용하여 알아낸 인도 대륙에 속한 A 지점의 위치 변화를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리상 북극의 위치는 변하지 않았다.)



보기

- ㄱ. 7100만 년 전부터 현재까지 인도 대륙은 북상하였다.
- ㄴ. 고지자기 북극의 크기는 5500만 년 전에 A에서 생성된 암석이 1000만 년 전에 A에서 생성된 암석보다 크다.
- ㄷ. 인도 대륙의 평균 이동 속도는 7100만 년 전~3800만 년 전이 3800만 년 전~현재보다 빠르다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0011] 그림 (가)와 (나)는 남극을 중심으로 지질 시대의 대륙 분포를 우표로 표현한 것이다. (가)와 (나)의 시기는 각각 고생대 말과 신생대 초 중 하나이다.



(가)

(나)

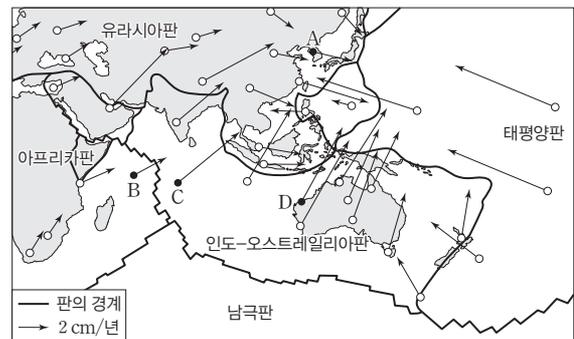
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 인도 대륙은 남반구에 위치한다.
- ㄴ. (나)는 판게아가 형성된 시기의 대륙 분포를 표현한 것이다.
- ㄷ. 대서양의 면적은 (나)의 시기가 현재보다 넓었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [22026-0012] 그림은 GPS를 이용하여 측정한 판의 이동 방향과 이동 속력을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 유라시아판에 속한 지점들은 모두 같은 방향으로 이동한다.
- ㄴ. B 지점과 C 지점 사이에는 해구가 발달한다.
- ㄷ. 이러한 판 운동이 계속된다면 A 지점과 D 지점 사이의 거리는 점차 가까워질 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

멀리 떨어진 대륙에서 발견되는 특정한 시기에 살았던 같은 종의 육상 생물 화석은 대륙 이동의 증거가 될 수 있다.

01 [22026-0013] 그림은 대륙 이동의 증거로 제시된 고생물들의 화석이 산출되는 지역을 판게아의 일부에 나타낸 것이다.



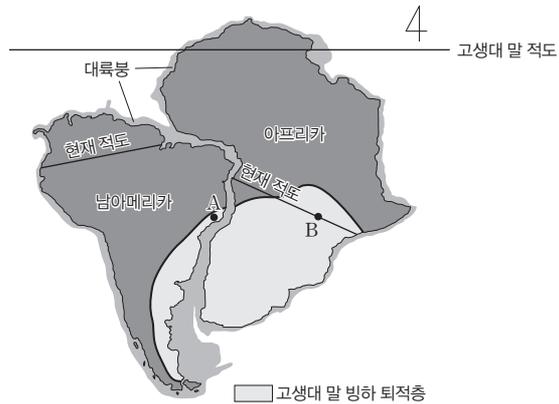
이 자료에 제시된 고생물들의 공통적인 특징으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 육상 생물이다.
 - ㄴ. 판게아의 분리 이후에 등장하였다.
 - ㄷ. 동일한 시대에 살았던 생물의 화석으로 화폐석이 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

대륙 이동의 증거로는 대서양 양쪽 대륙 해안선 굴곡의 유사성, 고생대 말 빙하 퇴적층 분포 등이 있다.

02 [22026-0014] 그림은 고생대 말 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 모습을 추정하여 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 남아메리카 대륙 동쪽 해안선과 아프리카 대륙 서쪽 해안선의 모양은 대체로 일치한다.
 - ㄴ. 고생대 말과 현재의 위도 차이는 A 지점이 B 지점보다 크다.
 - ㄷ. 현재 남대서양의 중앙 해령 부근에는 고생대 말 빙하 퇴적층이 분포한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0015]

표는 판 구조론이 정립되는 과정에서 제시된 과학자들의 주장, 그림은 이 주장들에 대한 세 학생의 대화 장면을 나타낸 것이다.

주장	과학자	내용
(가)	베게너	대륙이 이동하여 대륙의 분포가 변한다.
(나)	헤스, 디츠	해령에서 새로운 해양 지각이 생성되고 확장된다.
(다)	흄스	(㉠)이/가 대륙 이동의 원동력이다.



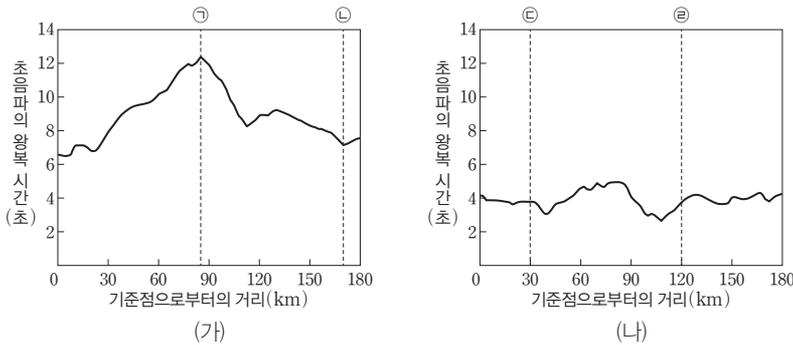
베게너의 대륙 이동설, 흄스의 맨틀 대류설, 헤스와 디츠의 해저 확장설을 거쳐 판 구조론이 정립되었다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C ④ A, B ⑤ B, C

04 [22026-0016]

그림 (가)와 (나)는 해령과 해구를 가로지르며 측정한 음향 측심 자료를 순서 없이 나타낸 것이다.



음향 측심법으로 측정한 수심은 $\frac{1}{2}vt$ (v : 초음파의 속도, t : 초음파의 왕복 시간)이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 해수에서 초음파의 속력은 1500 m/s 이다.)

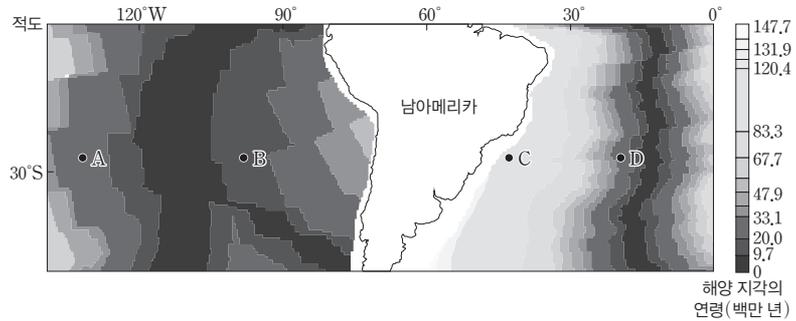
보기

ㄱ. 수심은 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 깊다.
 ㄴ. ㉢ 지점과 ㉣ 지점은 같은 해양판에 위치한다.
 ㄷ. 맨틀 대류의 하강부에 위치한 지역을 측정한 자료는 (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

맨틀 대류의 상승부에 위치한 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되어 양쪽으로 확장되므로 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령이 증가한다.

05 [22026-0017] 그림은 남아메리카 대륙 주변 해양 지각의 연령 분포를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

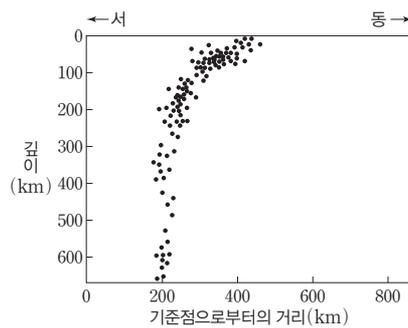
보기

- ㄱ. A 지점과 B 지점 사이에는 맨틀 대류의 상승부에 위치한 지점이 있다.
- ㄴ. C 지점에서 D 지점으로 갈수록 해저 퇴적물의 두께는 두꺼워진다.
- ㄷ. 최근 2천만 년 동안 판의 평균 이동 속력은 B 지점이 속한 판이 D 지점이 속한 판보다 빨랐다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해양판이 섭입하는 수렴형 경계에서는 해구에서 섭입 당하는 판 내부로 갈수록 진원의 깊이가 깊어지는데, 이 지진대를 베니오프대라고 한다.

06 [22026-0018] 그림은 판의 경계선이 남북 방향인 두 해양판의 동서 방향 단면에서의 진원 분포를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

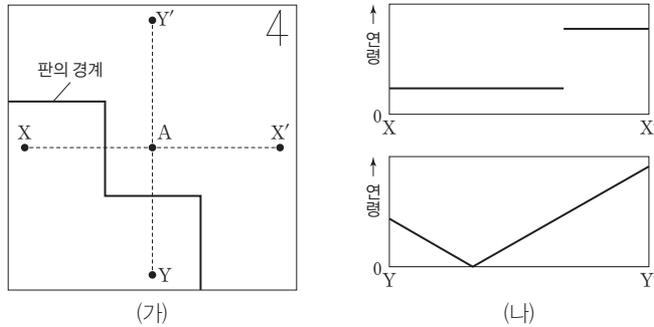
보기

- ㄱ. 섭입하는 판의 기울기는 깊이 0~100 km 구간이 깊이 200~600 km 구간보다 크다.
- ㄴ. 판 경계의 동쪽에 위치한 판은 서쪽에 위치한 판 아래로 섭입한다.
- ㄷ. 화산 활동은 판 경계의 서쪽이 동쪽보다 활발하게 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0019]

그림 (가)는 일정한 속력으로 확장하는 두 해양판의 경계를, (나)는 X-X' 구간과 Y-Y' 구간에 서 측정한 해양 지각의 연령을 나타낸 것이다.



해령은 새로운 해양 지각이 생성되는 경계에 발달하고, 변환 단층은 판의 생성이나 소멸 없이 두 판이 접하면서 서로 반대 방향으로 어긋나는 경계에 발달한다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 퇴적물은 시간에 따라 일정한 양이 퇴적된다.)

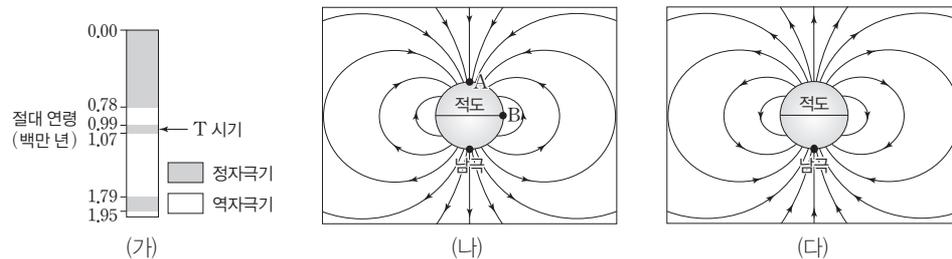
보기

- ㄱ. X-X' 구간에는 변환 단층이 있다.
- ㄴ. X, X', Y, Y' 지점 중 A 지점과의 해저 퇴적물 두께 차이는 X 지점이 가장 작다.
- ㄷ. A 지점이 속한 판은 북쪽으로 확장한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0020]

그림 (가)는 최근 200만 년 동안의 고지자기 연대표를, (나)와 (다)는 지구 자기장 모습을 나타낸 것이다. (나)와 (다)의 시기는 각각 정자기기와 역자기기 중 하나이다.



지구 자기장의 방향이 현재와 같은 시기를 정자기기, 현재와 반대인 시기를 역자기기라고 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

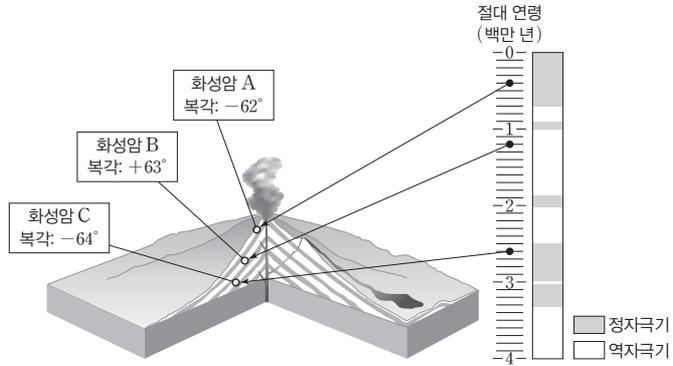
보기

- ㄱ. (가)에서 지구 자기의 역전 주기는 일정하다.
- ㄴ. (나)에서 북극의 크기는 A 지점이 B 지점보다 크다.
- ㄷ. T 시기의 지구 자기장 모습은 (다)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 고지자기 복각의 크기는 위도가 높을수록 크다.

09 [22026-0021] 그림은 어느 대륙의 한 지역에 분포하는 화성암 A, B, C의 고지자기 복각과 절대 연령을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리상 북극의 위치는 변하지 않았다.)

보기

ㄱ. 이 지역은 A가 생성될 당시 남반구에 위치하였다.
 ㄴ. B가 생성될 당시 지구 자기장의 방향은 현재와 같다.
 ㄷ. 이 지역은 C가 생성된 이후 남쪽으로 이동하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

약 2억 7천만 년 전에 대륙이 합쳐져 판게아가 형성되었다.

10 [22026-0022] 그림은 지질 시대의 대륙 분포를 시기별로 구분하여 나타낸 것이다.



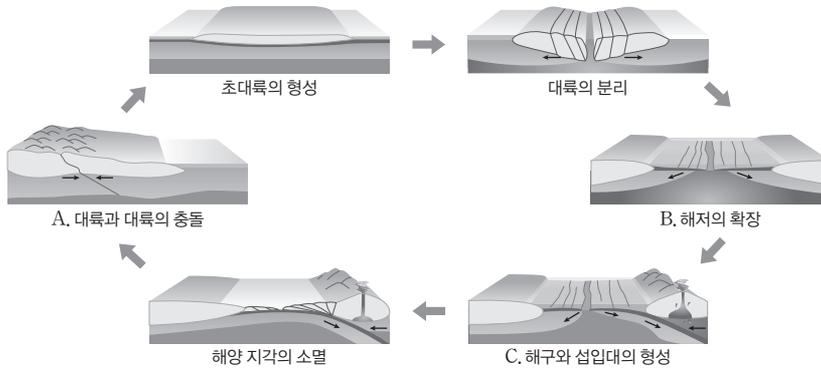
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A 시기의 초대륙은 판게아이다.
 ㄴ. 해안선의 전체 길이는 B 시기가 C 시기보다 짧다.
 ㄷ. 히말라야산맥은 C 시기 이후에 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0023] 그림은 초대륙의 형성과 분리 과정을 나타낸 것이다.



판의 운동과 함께 대륙이 이동하면서 분리되었던 대륙들이 합쳐져서 초대륙이 형성되기도 하고, 이 초대륙이 분리되었다가 다시 합쳐지면서 새로운 초대륙이 형성되기도 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

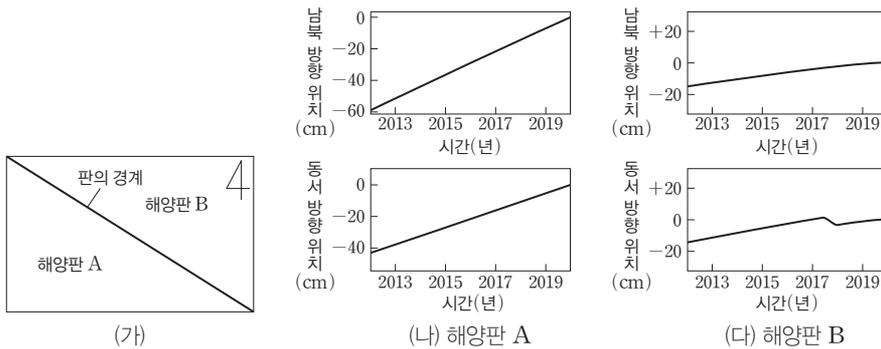
보기

- ㄱ. 히말라야산맥은 A와 같은 과정에 의해 형성되었다.
- ㄴ. 현재 남대서양 주변의 모습은 B보다 C 과정의 모습에 가깝다.
- ㄷ. 지질 시대 동안 초대륙의 형성과 분리 과정은 반복적으로 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0024] 그림 (가)는 해양판 A와 B의 위치를, (나)와 (다)는 각각 GPS를 이용하여 2012년부터 2019년까지 측정된 A와 B의 위치 변화를 2019년 말을 기준으로 나타낸 것이다. (+)는 북쪽과 동쪽 방향을, (-)는 남쪽과 서쪽 방향을 의미한다.

두 판의 이동 방향이 같고 이동 방향 앞에 위치한 판의 이동 속력이 더 느리다면 수렴형 경계가 발달한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 B는 모두 남서쪽으로 이동한다.
- ㄴ. 판의 이동 속력은 A가 B보다 빠르다.
- ㄷ. A와 B의 경계를 따라 해령이 발달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 체크

● 물리적 성질에 따른 지구 내부의 층상 구조

암석권, 연약권, 하부 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분된다.

● 암석권

지각과 상부 맨틀의 일부를 포함하는 암석으로 이루어진 층이다.

● 맨틀 대류

맨틀 대류는 판이 이동하는 원동력이다.

1. 대륙판의 두께는 해양판보다 ()고, 대륙판의 평균 밀도는 해양판보다 ()다.

2. 연약권은 () 상태이다.

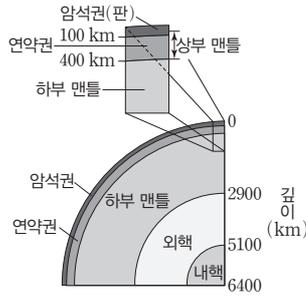
3. 판은 연약권보다 평균 밀도가 ()다.

4. 맨틀은 () 상태이지만 대류가 일어난다.

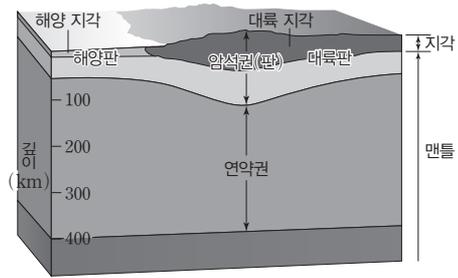
1 판 이동의 원동력

(1) 맨틀 대류와 판의 운동

① 물리적 성질에 따른 지구 내부의 층상 구조: 지구 내부는 물리적 성질에 따라 암석권, 연약권, 하부 맨틀, 외핵, 내핵으로 구분된다. 지각 하부에서부터 약 400 km 깊이까지의 맨틀을 상부 맨틀, 상부 맨틀 하부에서부터 약 2900 km 깊이까지의 맨틀을 하부 맨틀이라고 한다.



물리적 성질에 따른 지구 내부의 층상 구조



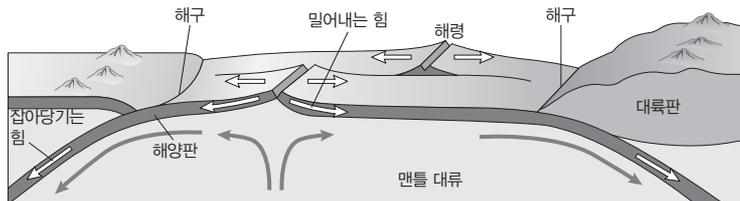
판의 구조

② 판의 구조

- 암석권과 판: 암석권은 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함하는 두께 약 100 km의 암석으로 이루어진 층이다. 암석권은 여러 조각으로 나뉘어져 있는데, 각각의 암석권 조각을 판이라고 한다. 판은 특징에 따라 대륙판과 해양판으로 구분된다.
- 대륙판과 해양판: 대륙판은 지각의 대부분이 대륙 지각인 판이고, 해양판은 지각의 대부분이 해양 지각인 판이다. 대륙판은 해양판에 비해 평균 두께가 두껍고 평균 밀도가 작다.
- 연약권: 상부 맨틀 중에서 암석권의 하부에서부터 약 400 km 깊이까지의 연약권이며, 연약권은 부분 용융 상태이다.

③ 맨틀 대류와 판의 이동: 맨틀은 고체 상태이지만 온도가 높으므로 유동성이 있고 매우 느리게 대류가 일어난다. 맨틀 대류가 상승하는 해령에서는 새로운 해양 지각이 만들어지고 양쪽으로 확장하며 오래된 해양 지각은 해구에서 섭입되어 소멸한다. 이와 같은 과정으로 판은 맨틀 대류를 따라 움직인다. 판은 판 자체에서 만들어지는 물리적인 힘에 의해서도 이동하는데, 이것은 섭입하는 판이 잡아당기는 힘과 해령에서 판을 밀어내는 힘이다.

- 섭입하는 판이 잡아당기는 힘: 섭입대에서 침강하는 판은 판을 섭입대 쪽으로 잡아당긴다.
- 해령에서 판을 밀어내는 힘: 해령에서 솟아오른 해양판이 중력에 의해 해령의 사면을 따라 미끄러지면서 판을 밀어낸다. 과학자들은 이 힘은 섭입하는 판이 잡아당기는 힘에 비해 판의 이동에 크게 영향을 미치지 못하는 것으로 보고 있다.



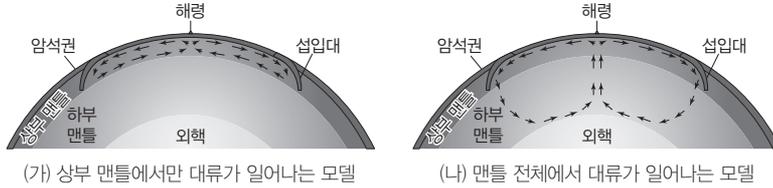
판을 이동시키는 힘

정답

1. 두껍, 작
2. 부분 용융
3. 작
4. 고체

과학 돋보기 맨틀 대류를 설명하는 모델

맨틀 대류를 설명하는 모델에는 그림 (가)와 같이 상부 맨틀에서만 대류가 일어나는 모델과 그림 (나)와 같이 맨틀 전체에서 대류가 일어나는 모델이 있다. 어느 모델이든 맨틀 대류에 의해 해저가 확장되고 섭입대가 형성되는 것을 설명할 수 있다.



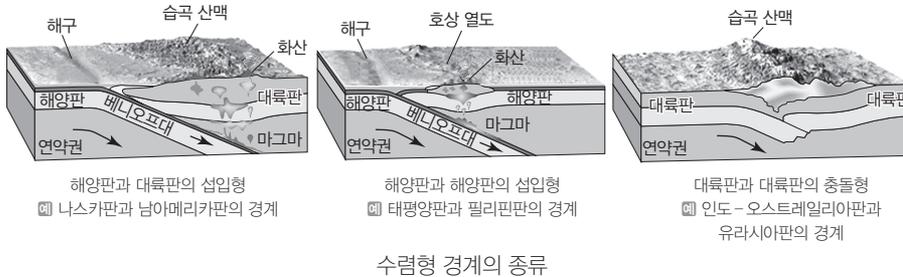
(가) 상부 맨틀에서만 대류가 일어나는 모델

(나) 맨틀 전체에서 대류가 일어나는 모델

(2) 판 경계의 종류: 판의 상대적 이동 방향에 따라 판의 경계를 발산형 경계, 수렴형 경계, 보존형 경계로 분류할 수 있다.



- ① 발산형 경계: 새로운 해양 지각이 생성되면서 양쪽으로 확장되는 경계이다. **예** 대서양 중앙 해령, 동태평양 해령
- ② 수렴형 경계: 판과 판이 충돌하거나 섭입하는 경계이다. 판과 판이 가까워지면서 충돌하는 충돌형 수렴형 경계와 판이 섭입하면서 소멸되는 섭입형 수렴형 경계로 구분된다. **예** 충돌형 수렴형 경계: 히말라야산맥, 섭입형 수렴형 경계: 마리아나 해구, 일본 해구



수렴형 경계의 종류
 ㉠ 나스카판과 남아메리카판의 경계
 ㉡ 태평양판과 필리핀판의 경계
 ㉢ 인도-오스트레일리아판과 유라시아판의 경계

- ③ 보존형 경계: 판이 수평으로 미끄러지면서 어긋나는 경계로, 변환 단층 경계라고도 한다. **예** 산안드레아스 단층
- ④ 판의 경계와 지각 변동

판의 경계	경계부의 판	발달하는 지형	활발한 지각 변동	특징
발산형 경계	해양판과 해양판	해령, 열곡	지진, 화산 활동	지각의 생성
	대륙판과 대륙판	열곡대	지진, 화산 활동	지각의 생성
수렴형 경계	해양판과 대륙판(섭입형)	해구, 호상 열도	지진, 화산 활동	판의 섭입과 소멸
	해양판과 해양판(섭입형)	해구, 습곡 산맥	지진, 화산 활동	판의 섭입과 소멸
	대륙판과 대륙판(충돌형)	습곡 산맥	지진	판의 충돌
보존형 경계	해양판과 해양판	변환 단층	지진	주향 이동 단층
	대륙판과 대륙판	변환 단층	지진	주향 이동 단층

개념 체크

- 발산형 경계
판이 확장하는 경계이다.
- 수렴형 경계
판과 판이 충돌하거나 섭입하는 경계이다.
- 보존형 경계
판이 미끄러지면서 어긋나는 경계이다.
- 주향 이동 단층
수평 방향으로 어긋나게 작용하는 힘을 받아 지구가 수평 방향으로 이동한 단층이다.

1. 대서양 중앙 해령은 판의 ()형 경계에 발달한 지형이다.
2. 히말라야산맥과 마리아나 해구는 모두 판의 ()형 경계에 발달한 지형이다.
3. 변환 단층은 판의 ()형 경계에 발달한다.

정답

1. 발산
2. 수렴
3. 보존

개념 체크

● 플룸 구조론

열점과 같이 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있다.

● 플룸

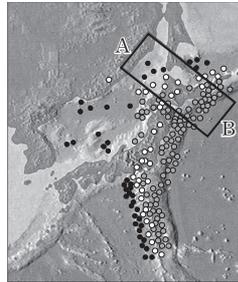
맨틀에서 주위보다 온도가 낮거나 높은 기둥 모양의 부분이다.

1. () 구조론은 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있다.
2. 맨틀에서 ()운 플룸은 주위보다 밀도가 크고, ()운 플룸은 주위보다 밀도가 작다.

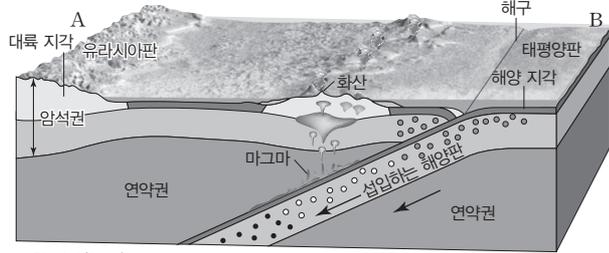
탐구자료 살펴보기 섭입형 수렴형 경계에서의 지각 변동

탐구 자료

그림 (가)는 일본 부근에서 발생한 지진의 진앙을, (나)는 (가)의 A-B 지역의 단면과 진원의 깊이를 모식적으로 나타낸 것이다.



(가)



(나)

탐구 결과

1. 천발 지진은 주로 해구 부근에서 발생한다.
2. 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 평균 깊이가 깊어진다.
3. 섭입하는 태평양판의 영향으로 생성된 마그마가 유라시아판에서 분출하여 해구와 나란하게 호상 열도가 형성되었다.

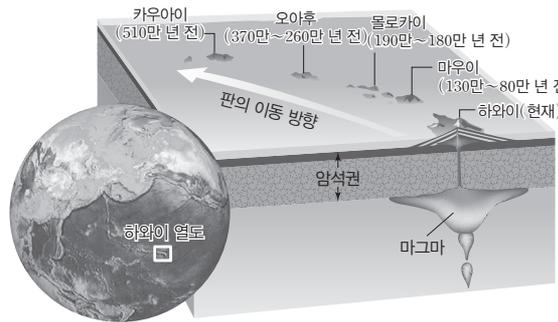
분석 point

태평양판이 유라시아판 아래로 섭입하는 과정에서 베니오프대를 따라 지진이 주로 발생하므로, 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 평균 깊이가 깊어진다.

(3) 플룸 구조론

① 판 구조론과 플룸 구조론

- 판 구조론: 판 구조론은 판과 상부 맨틀의 상호 관계가 중심이며, 판의 경계에서의 지각 변동을 설명하기 위해 대두되었다.
- 플룸 구조론: 플룸 구조론은 판과 맨틀 전체의 상호 관계가 중심이며, 열점에서의 화산 활동과 같이 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명하기 위해 대두되었다.

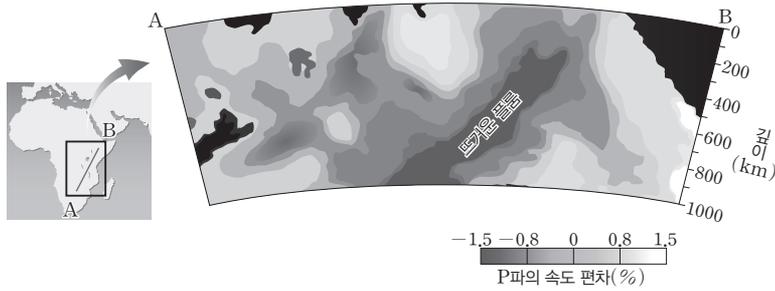


하와이 열도의 생성 원리

- ② 플룸의 종류: 지각과 맨틀에서의 지진파 속도 분포를 나타내는 지진파 단층 촬영 영상에서 지진파의 속도가 빠른 곳은 주위보다 온도가 낮고, 지진파의 속도가 느린 곳은 주위보다 온도가 높다. ➔ 주위보다 온도가 낮거나 높은 부분에서는 맨틀 물질이 기둥 모양으로 하강하거나 상승하는데, 이를 플룸이라고 한다.
 - 차가운 플룸: 주위보다 온도가 낮고, 밀도가 큰 맨틀 물질이 하강한다.
 - 뜨거운 플룸: 주위보다 온도가 높고, 밀도가 작은 맨틀 물질이 상승한다.

정답

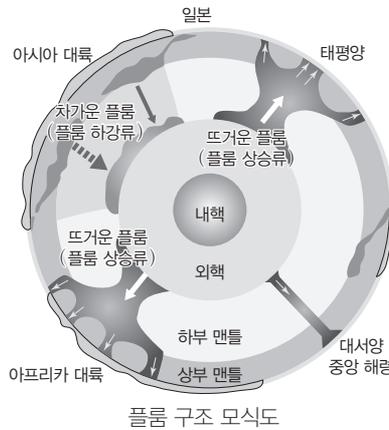
1. 플룸
2. 차가, 뜨거



동아프리카의 지진파 단층 촬영 영상과 뜨거운 플룸

③ 플룸의 생성 원인

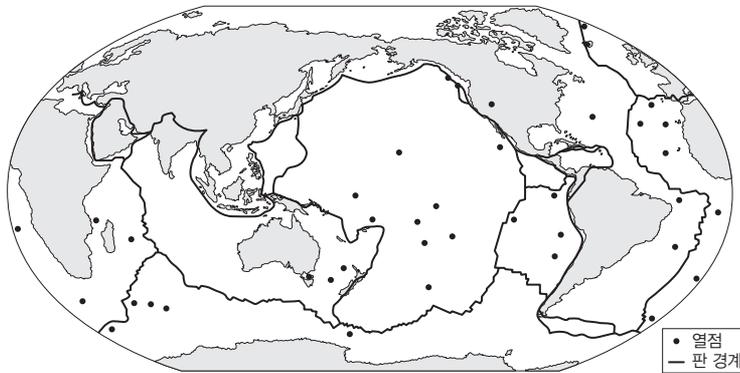
- 차가운 플룸: 차가운 플룸은 판의 섭입형 수렴형 경계에서 섭입한 판이 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계에 머물다가 일정량 이상이 되면 맨틀과 외핵의 경계 쪽으로 가라앉으면서 생성된다. 현재 아시아 대륙의 아래에서 거대한 차가운 플룸이 하강하고 있다.
- 뜨거운 플룸: 차가운 플룸이 맨틀과 외핵의 경계 쪽으로 가라앉으면 그 영향으로 맨틀과 외핵의 경계에서 뜨거운 맨틀 물질이 상승하면서 생성된다. 현재 남태평양과 아프리카 대륙 아래에서 거대한 뜨거운 플룸이 상승하고 있다.



플룸 구조 모식도

④ 플룸과 지각 변동

- 열점: 열점에서는 뜨거운 플룸이 상승하여 생성된 마그마가 지각을 뚫고 분출하여 화산 활동이 일어난다. 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계에서 상승하므로 맨틀이 대류하여 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않는다. 고정된 열점에서 오랫동안 많은 양의 마그마가 분출하면 해산, 화산섬 등이 형성될 수 있다. **예** 하와이 열점



판의 경계와 열점의 분포

- 초대륙의 분리: 초대륙 아래에서 뜨거운 플룸이 상승하면 초대륙이 분리될 수 있다.

개념 체크

❶ 차가운 플룸

섭입한 판이 맨틀과 외핵의 경계로 가라앉으면서 생성된다.

❷ 뜨거운 플룸

맨틀과 외핵의 경계에서 뜨거운 맨틀 물질이 상승하면서 생성된다.

1. 현재 아시아 대륙 아래에는 거대한 ()은 플룸이 있다.
2. 하와이 열점은 ()은 플룸에 의해 화산 활동이 일어나는 곳이다.
3. 현재 동아프리카 열곡대 아래에는 ()은 플룸이 있다.

정답

1. 차가
2. 뜨거
3. 뜨거

개념 체크

● 하와이 열도

하와이 열도는 열점의 화산 활동과 판의 운동에 의해 형성되었다.

● 마그마의 종류

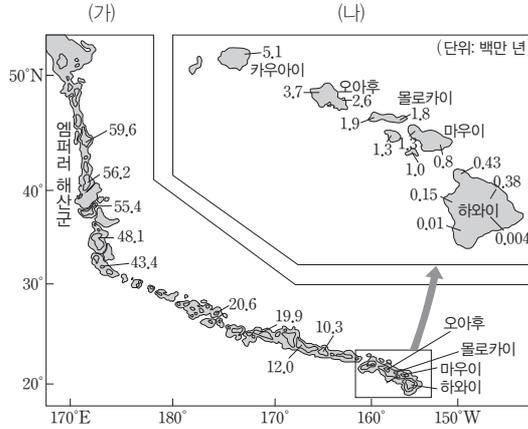
화학 조성에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분된다.

1. 열점에서 멀어질수록 화산섬의 연령이 ()한다.
2. 마그마가 굳어져 만들어진 암석을 ()암이라고 한다.
3. 현무암질 마그마는 유문암질 마그마보다 SiO₂ 함량(%)이 ()다.

탐구자료 살펴보기 하와이 열점과 판의 운동

탐구 자료

그림 (가)는 하와이 열점에서의 화산 활동에 의해 형성된 하와이 열도의 화산섬과 옴퍼러 해산군의 분포 및 연령을 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 일부를 확대한 것이다.



탐구 결과

1. 하와이 열점은 하와이섬의 남동쪽에 위치한다.
2. 열점은 맨틀에 고정된 마그마의 생성 장소이고 하와이 열점에서의 화산 활동으로 형성된 화산섬은 태평양판에 실려 서북서 방향으로 이동하므로 화산섬의 연령은 서북서 방향으로 갈수록 증가한다.
3. 옴퍼러 해산군이 만들어질 때 태평양판은 북북서 방향으로 이동하였고, 하와이 열도가 만들어질 때 태평양판은 서북서 방향으로 이동하였다.

분석 point

- 열점은 맨틀에 고정된 마그마의 생성 장소이지만, 열점에서의 화산 활동으로 형성된 화산섬과 해산은 판에 실려 이동한다.
- 열점에서 멀어질수록 화산섬과 해산의 연령이 증가한다.

2 변동대에서의 마그마 활동

(1) 마그마의 생성 조건

- ① 마그마와 화성암: 지구 내부에서 지각 하부 물질이나 맨틀 물질이 녹아서 생성된 물질을 마그마라고 하며, 마그마가 굳어져서 만들어진 암석을 화성암이라고 한다.
- ② 마그마의 종류: 마그마는 화학 조성(SiO₂ 함량)에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분된다. 마그마의 SiO₂ 함량(%)이 많을수록 마그마의 온도가 낮고 점성이 크다.

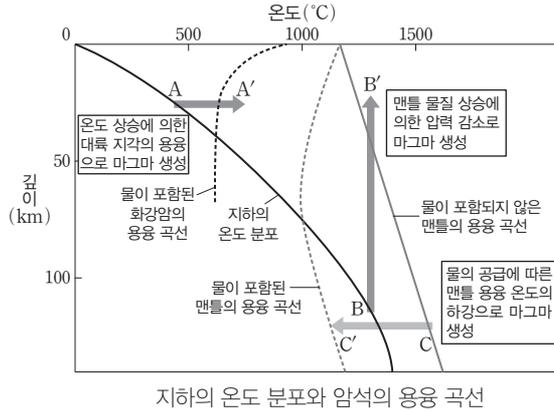
마그마의 종류	현무암질	안산암질	유문암질
SiO ₂ 함량	52 % 이하	52 % ~ 63 %	63 % 이상
온도	높다	← →	낮다
점성	작다	← →	크다

- ③ 마그마의 생성: 일반적으로 지구 내부의 온도는 암석의 용융 온도에 도달하지 못하므로 대부분의 지구 내부에서는 마그마가 생성될 수 없다. 하지만 지구 내부에서 환경 변화가 일어나 지구 내부의 온도가 암석의 용융 온도에 도달하면 암석이 녹아서 마그마가 생성될 수 있다.

정답

1. 증가
2. 화성
3. 적

- 압력 일정, 온도 상승: 그림의 A → A'와 같이 지구 내부의 온도가 높아지면 대륙 지각의 물질이 용융되어 마그마가 생성될 수 있다.
- 압력 하강, 온도 일정: 그림의 B → B'와 같이 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하면 맨틀 물질이 용융되어 마그마가 생성될 수 있다.
- 용융 온도 하강: 그림의 C → C'와 같이 물이 맨틀에 공급되면 맨틀의 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성될 수 있다.



지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선

개념 체크

● 부분 용융 상태

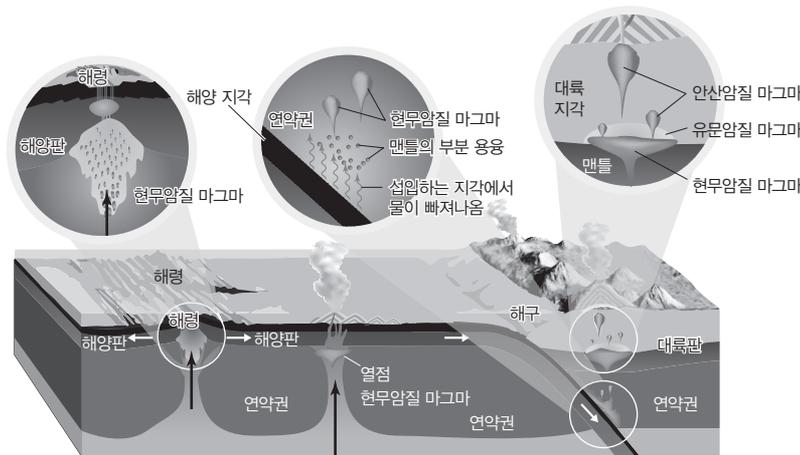
마그마가 생성될 수 있는 조건이 되었을 때 암석을 구성하는 광물 중 용융 온도가 낮은 광물은 용융되고 용융 온도가 높은 광물은 용융되지 않는데, 용융된 액체 상태의 물질과 용융되지 않은 고체 상태의 물질이 섞여 있는 상태를 부분 용융 상태라고 한다.

● 해령 하부에서의 마그마 생성
맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하면 마그마가 생성된다.

● 베니오프대에서의 마그마 생성
연약권에 물이 공급되면 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성된다.

(2) 마그마의 생성 과정

- ① 해령 하부에서의 마그마 생성: 해령 하부에서는 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하면 맨틀 물질이 부분 용융되어 주로 현무암질 마그마가 생성되고, 해령에서는 주로 현무암질 마그마가 분출된다.
- ② 베니오프대에서의 마그마 생성: 해양판이 섭입하여 온도와 압력이 상승하면 해양 지각과 퇴적물의 함수 광물에 포함된 물이 빠져나오고, 이 물의 영향으로 연약권을 구성하는 광물의 용융 온도가 낮아져 주로 현무암질 마그마가 생성된다. 이 현무암질 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 도달하면 대륙 지각을 이루고 있는 암석이 가열되어 유문암질 마그마가 생성될 수 있다. 또한 상승한 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되면 안산암질 마그마가 생성될 수 있다. 베니오프대가 발달하는 수렴형 경계에서는 주로 안산암질 마그마가 분출된다.
- ③ 열점에서의 마그마 생성: 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하면 맨틀 물질이 부분 용융되어 주로 현무암질 마그마가 생성된다.



마그마의 생성 장소

(3) 마그마가 만든 암석

- ① 화성암: 마그마가 굳어져서 만들어진 암석을 화성암이라고 한다.
- ② 화학 조성에 따른 화성암의 종류: SiO₂ 함량에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분된다.

예 염기성암: 현무암과 반려암, 중성암: 안산암과 섬록암, 산성암: 유문암과 화강암

정답

1. 부분 용융
2. 현무암
3. 현무암
4. 산성

개념 체크

● 심성암과 화산암

심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 냉각되어 만들어진 화산암이고, 화산암은 마그마가 지표 부근에서 냉각되어 만들어진 화산암이다.

● 조립질 조직

결정의 크기가 큰 조직이다.

● 세립질 조직

결정의 크기가 작은 조직이다.

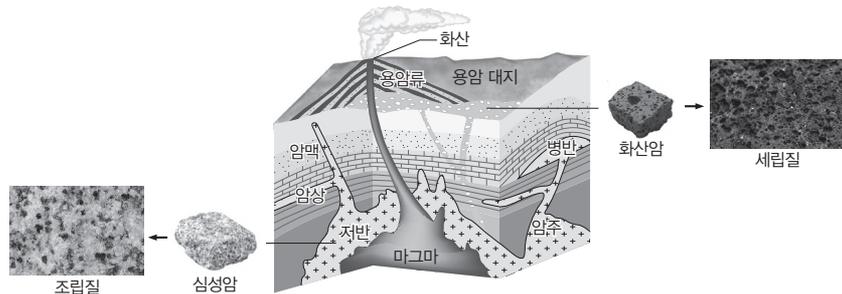
● 유리질 조직

결정을 형성하지 못한 조직이다.

1. 심성암에는 주로 () 질 조직이 발달한다.
2. 화산암이면서 염기성암인 화산암은 ()암이다.
3. 심성암이면서 산성암인 화산암은 ()암이다.
4. 화산암이 생성되는 과정에서 기둥 모양으로 만들어진 절리를 () 절리라고 한다.

③ 산출 상태와 조직에 따른 화산암의 종류: 마그마가 어느 깊이에서 어떤 형태로 굳어지는가에 따라서 화산암의 조직과 종류가 달라진다.

- 심성암과 화산암: 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되면 심성암이 되고, 지표 부근에서 빠르게 냉각되면 화산암이 된다. **예** 심성암: 반려암, 섬록암, 화강암, 화산암: 현무암, 안산암, 유문암
- 화산암의 조직: 심성암의 경우 마그마가 서서히 냉각되어 결정의 크기가 충분히 커서 육안으로 식별할 수 있을 정도인 조립질 조직이 발달한다. 화산암의 경우 마그마가 빠르게 냉각되어 결정의 크기가 작아서 육안으로 식별하기 불가능할 정도인 세립질 조직 또는 결정을 형성하지 못한 유리질 조직이 발달한다.



마그마의 산출 상태와 화산암의 조직

④ 화산암의 분류: 화산암은 화학 조성과 광물의 조성에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 분류하고, 암석의 조직에 따라 화산암과 심성암으로 분류한다.

화학 조성에 따른 분류		염기성암	중성암	산성암
조직에 따른 분류	특징	적다	← 52% → 63%	→ 많다
	색	어둡다	← →	→ 밝다
조직	결정 속도	← →	← →	→ 작다
	속도	← →	← →	→ 작다
화산암	세립질	현무암	안산암	유문암
심성암	조립질	반려암	섬록암	화강암
조암 광물의 함량	무색 광물	← →	← →	석영
	유색 광물			정장석
	회석			사장석
	흑운모			흑운모
	감람석	각섬석	각섬석	흑운모

(4) 한반도의 화산암 지형

- ① 화산암 지형: 제주도, 울릉도, 독도 등에는 현무암이 많이 분포한다. 화산암이 생성되는 과정에서 마그마가 지표 부근에서 급속히 냉각되면서 부피가 급격히 수축되어 기둥 모양으로 갈라진 주상 절리가 발달하기도 한다.
- ② 심성암 지형: 북한산, 설악산의 울산바위는 지하 깊은 곳에서 마그마가 관입하여 생성된 화강암이 지표면에 노출되어 형성된 것이다. 화강암이 지표에 노출되면서 압력 감소로 인해 팽창하면서 판상으로 갈라진 판상 절리가 발달하기도 한다.



현무암과 주상 절리 (제주도 서귀포시)



화강암과 판상 절리 (북한산 인수봉)

정답

1. 조립
2. 현무
3. 화강
4. 주상

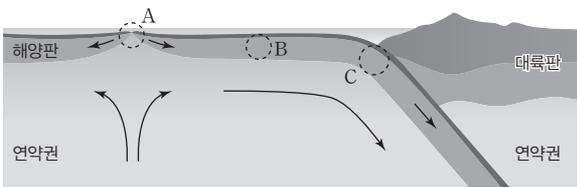
01 [22026-0025] 다음은 판의 구조에 대한 세 학생의 대화 장면이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

02 [22026-0026] 그림은 맨틀 대류와 판의 운동을 나타낸 것이다.

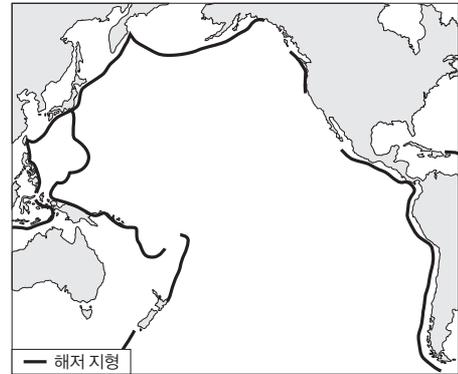


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 「 보기 」
- ㄱ. A에서는 새로운 해양 지각이 생성된다.
 - ㄴ. B에서 판은 맨틀 대류를 따라 이동한다.
 - ㄷ. 판은 B에서 C로 이동하는 동안 밀도가 점차 작아진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0027] 그림은 태평양 주변을 따라 발달한 어느 해저 지형의 분포를 나타낸 것이다.



이 해저 지형에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 「 보기 」
- ㄱ. 주변보다 수심이 깊다.
 - ㄴ. 맨틀 대류의 하강부에 위치한다.
 - ㄷ. 인접하는 두 판이 양쪽으로 확장하는 경계에 발달한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0028] 다음은 플룸 상승류를 알아보기 위해 실시한 실험의 결과이다.

① 찬물을 담은 비커의 ㉠바닥에 잉크를 넣은 후 가열하였더니 그림과 같이 ②상승하는 잉크의 모습이 관찰되었다.



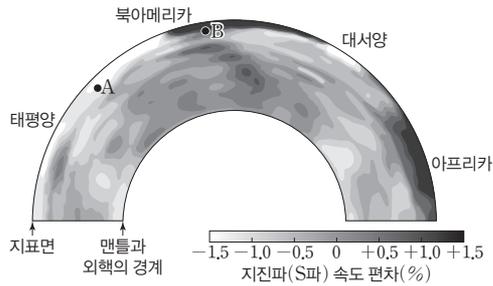
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 「 보기 」
- ㄱ. 밀도는 ②이 ①보다 작다.
 - ㄴ. ㉠은 지각과 맨틀의 경계를 의미한다.
 - ㄷ. 이 실험을 통해 뜨거운 플룸의 상승 원리를 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2점 수능 테스트

05 [22026-0029] 그림은 지구 내부의 지진파 속도 분포를 나타낸 것이다.



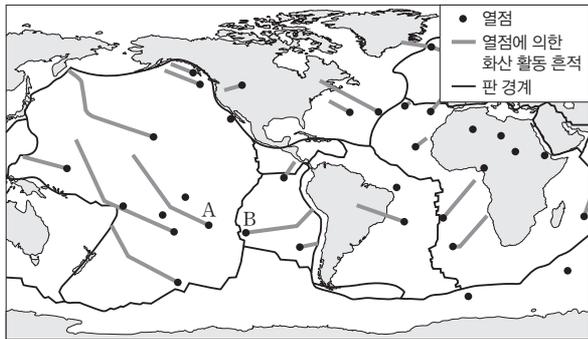
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 지진파 속도는 A 지점이 B 지점보다 빠르다.
 ㄴ. B 지점에서는 뜨거운 플룸이 상승하고 있다.
 ㄷ. 지구 내부의 지진파 속도 분포를 통해 지구 내부의 플룸 구조를 추정할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0030] 그림은 주요 열점의 위치와 열점에 의한 화산 활동 흔적의 분포를 나타낸 것이다.



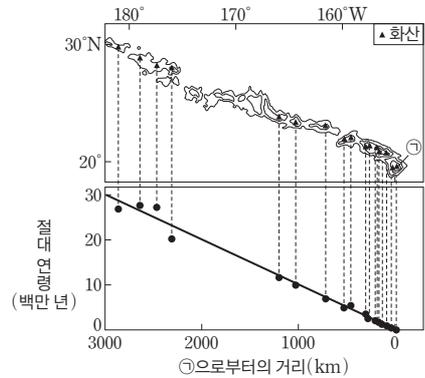
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 열점은 해양에만 분포한다.
 ㄴ. 열점에 의한 화산 활동 흔적의 분포를 통해 판의 이동 방향을 추정할 수 있다.
 ㄷ. A 지점과 B 지점 사이에는 발산형 경계가 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0031] 그림은 하와이 열도를 이루는 화산의 절대 연령을 화산섬 ㉠으로부터의 거리에 따라 나타낸 것이다.



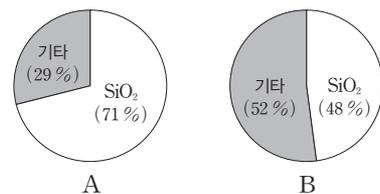
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 뜨거운 플룸의 상승에 의해 형성된 화산섬이다.
 ㄴ. 하와이 열도가 포함된 판의 평균 이동 속력은 약 10 cm/년이다.
 ㄷ. 새로 생성되는 화산섬은 ㉠의 남동쪽에 위치할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0032] 그림은 마그마 A와 B의 SiO₂ 함량을 나타낸 것이다.



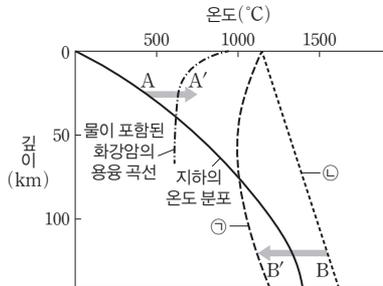
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A가 굳어지면 화강암이 생성될 수 있다.
 ㄴ. 해령에서 분출하는 마그마의 화학 조성은 A보다 B에 가깝다.
 ㄷ. 마그마의 생성 과정에서 A와 B가 혼합되면 안산암질 마그마가 생성될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0033] 그림은 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선과 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선 중 하나이다.



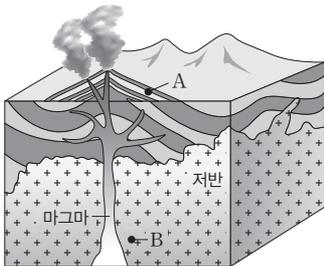
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A → A' 과정에서는 유문암질 마그마가 생성될 수 있다.
- ㄴ. ㉠은 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선이다.
- ㄷ. 섭입대 부근에서는 B → B' 과정에 의해 마그마가 생성될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0034] 그림은 화성암이 생성되는 환경을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 심성암과 화성암이 생성되는 환경 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 마그마의 냉각 속도는 A보다 B에서 빠르다.
- ㄴ. A에서 생성된 화성암은 B에서 생성된 화성암보다 광물 입자의 크기가 작다.
- ㄷ. 반력암은 주로 A와 같은 환경에서 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0035] 그림 (가)와 (나)는 각각 북한산 인수봉과 제주도 용두암의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)와 (나)의 주요 구성 암석은 화산암이다.
- ㄴ. (가)의 주요 구성 암석은 조립질 조직이 발달한다.
- ㄷ. 어두운색 광물의 함량은 (가)의 주요 구성 암석이 (나)의 주요 구성 암석보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0036] 표는 백악산도와 총석정도의 모습과 각 그림에 묘사된 화성암의 특징을 정리한 것이다.

화성암	(가)	(나)
그림		
	「백악산도」	「총석정도」
SiO ₂ 함량	63 % 이상	52 % 이하
조직	조립질	세립질

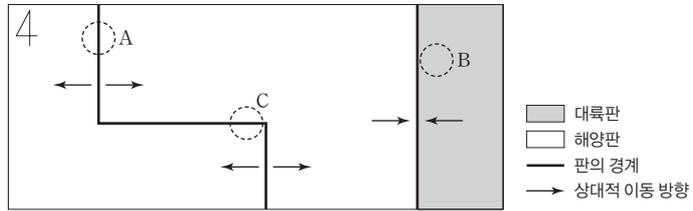
(가)와 (나)에 해당하는 화성암으로 가장 적절한 것은?

- | | |
|-------|-----|
| (가) | (나) |
| ① 화강암 | 현무암 |
| ② 화강암 | 유문암 |
| ③ 현무암 | 화강암 |
| ④ 유문암 | 반력암 |
| ⑤ 반력암 | 유문암 |

맨틀 대류의 상승부에 위치한 해령에서는 판을 양쪽으로 밀어내는 힘이 작용하고, 맨틀 대류의 하강부에 위치한 해구에서는 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이 작용한다.

판의 이동 속력은 판이 섭입되는 경계의 유무와 분포 면적 등에 따라 달라진다.

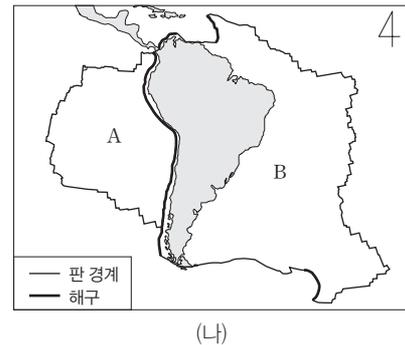
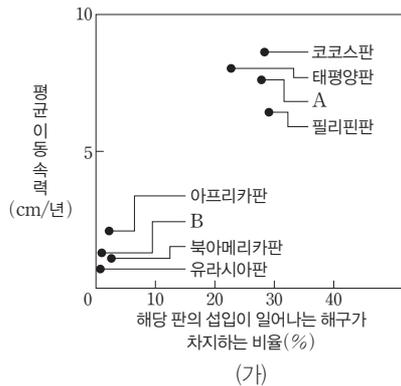
01 [22026-0037] 그림은 판의 경계와 상대적 이동 방향을 나타낸 것이다.



영역 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 맨틀 대류의 상승부이다.
 - ㄴ. B의 하부에서는 섭입하여 침강하는 판이 잡아당기는 힘이 작용한다.
 - ㄷ. 인접한 두 판의 해양 지각 연령 차이는 C가 A보다 크다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0038] 그림 (가)는 주요 판의 평균 이동 속력과 각 판의 경계 중 해당 판의 섭입이 일어나는 해구가 차지하는 비율을, (나)는 판 A와 B의 판 경계와 해구 분포를 나타낸 것이다.

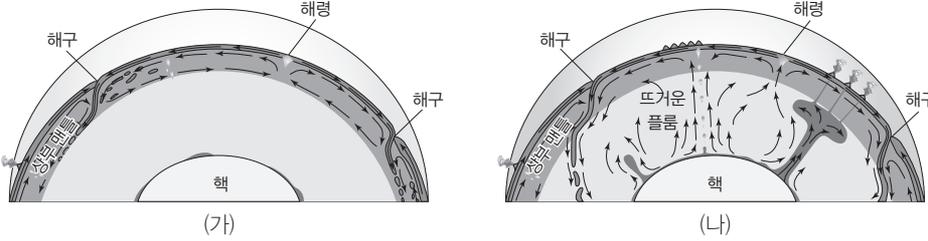


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 판의 평균 이동 속력은 A가 B보다 빠르다.
 - ㄴ. A와 B가 만나는 경계에서 A는 B의 하부로 섭입한다.
 - ㄷ. B의 이동 방향이 서쪽이라면 A의 이동 방향도 서쪽이다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0039]

그림 (가)는 상부 맨틀에서만 대류가 일어나는 경우를, (나)는 맨틀 전체에서 대류가 일어나는 경우를 나타낸 것이다.



맨틀 대류를 설명하는 모형에는 맨틀 대류가 상부 맨틀에서만 일어나는 모형과 맨틀 전체에서 일어나는 모형이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

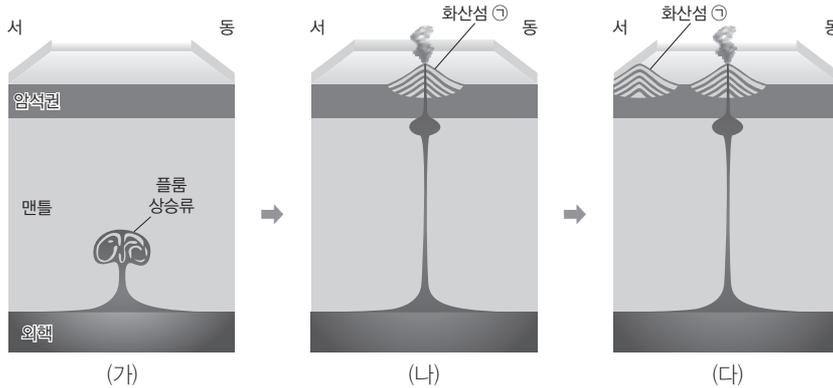
보기

ㄱ. (가)는 뜨거운 플룸에 의해 열점이 생성되는 과정을 설명할 수 있다.
 ㄴ. (나)에서 섭입된 해양판에 의해 차가운 플룸이 생성될 수 있다.
 ㄷ. (가)와 (나) 모두 해령에서 판을 밀어내는 힘이 작용한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0040]

그림 (가), (나), (다)는 플룸 상승류에 의해 화산섬이 생성되는 과정을 나타낸 것이다.



뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계에서 상승하므로 맨틀이 대류하여 판이 이동해도 열점의 위치는 변하지 않는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

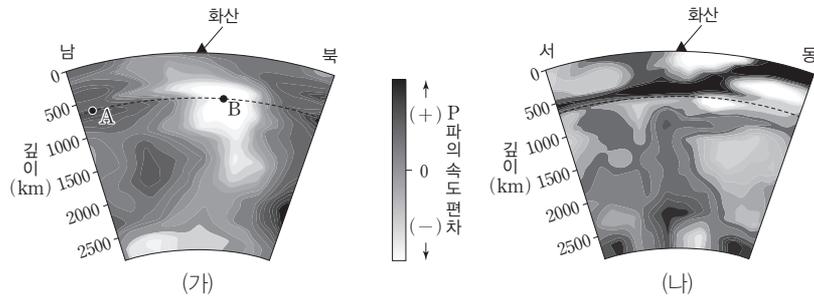
보기

ㄱ. (가)에서 플룸 상승류의 밀도는 주변 맨틀보다 작다.
 ㄴ. (나)의 화산섬 ㉠에서는 주로 유문암질 마그마가 분출한다.
 ㄷ. (나) → (다) 과정에서 판의 이동 방향은 동쪽이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

지진파 단층 촬영 영상에서 주위보다 지진파의 속도가 빠른 곳은 온도가 낮고, 주위보다 지진파의 속도가 느린 곳은 온도가 높다.

05 [22026-0041] 그림 (가)와 (나)는 섭입대와 열점 부근의 지진파 단층 촬영 영상을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

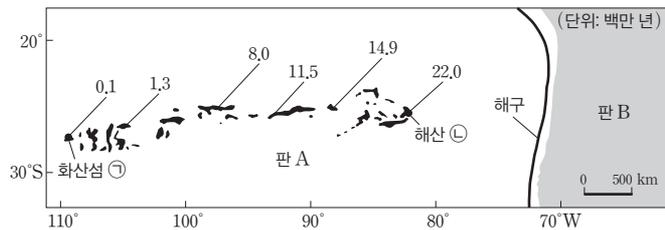
보기

- ㄱ. (가)에서 맨틀 물질의 밀도는 A 지점이 B 지점보다 작다.
- ㄴ. (나)에서 화산의 동쪽에 판의 경계가 있다.
- ㄷ. 맨틀과 외핵의 경계로부터 뜨거운 맨틀 물질이 상승하는 것은 (가)이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

위치가 고정된 열점에서 분출된 마그마에 의해 생성되어 판의 이동을 따라 움직인 화산섬과 해산은 연령이 많을수록 열점으로부터의 거리가 멀다.

06 [22026-0042] 그림은 어느 열점에서 분출된 마그마에 의해 형성된 화산섬과 해산의 분포를 절대 연령과 함께 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 판 A와 B의 이동 방향은 같다고 가정한다.)

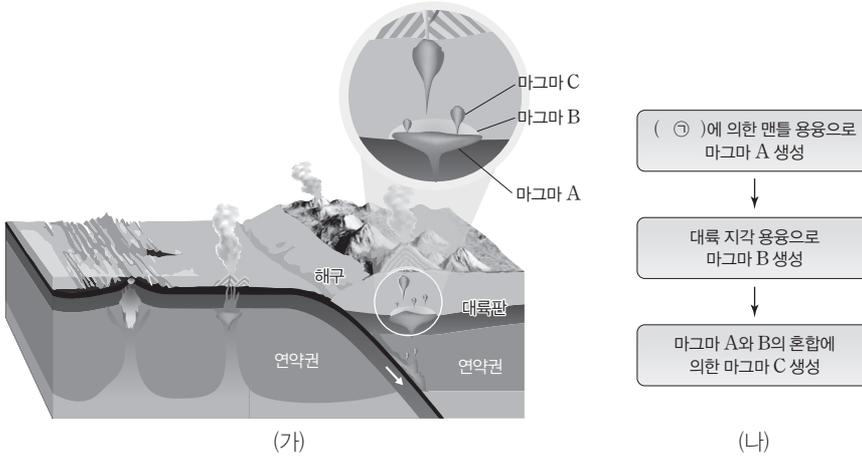
보기

- ㄱ. 이 열점으로부터의 거리는 ㉠이 ㉡보다 가깝다.
- ㄴ. 화산섬과 해산이 생성되는 동안 A의 이동 속력은 일정하였다.
- ㄷ. 판의 평균 이동 속력은 A가 B보다 빠르다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0043]

그림 (가)는 종류가 서로 다른 마그마 A, B, C가 생성되는 섭입대의 단면을, (나)는 A, B, C의 생성 과정을 나타낸 것이다.



해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 판의 경계 부근에서는 주로 안산암질 마그마가 분출한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

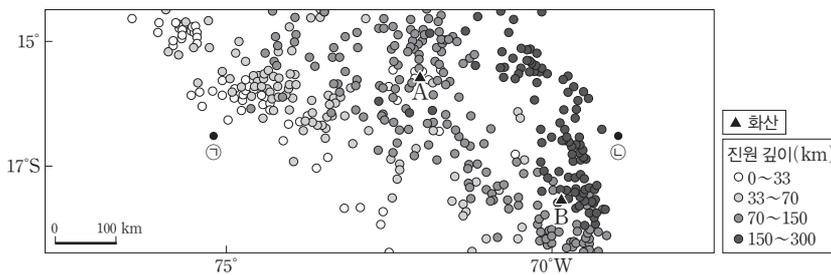
보기

- ㄱ. '물 공급'은 ㉠에 들어갈 내용으로 적절하다.
- ㄴ. 마그마의 SiO₂ 함량은 A가 B보다 많다.
- ㄷ. C가 지표로 분출하면 주로 안산암이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0044]

그림은 대륙판과 해양판이 경계를 이루는 어느 지역에서 발생한 지진의 진앙 분포와 화산 A, B의 위치를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 서로 다른 판에 위치한 지점이다.



섭입대에서는 판 경계로부터 섭입 당하는 판의 내부로 갈수록 진원의 깊이가 깊어진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 이 지역에 열점은 없다.)

보기

- ㄱ. 이 지역은 맨틀 대류의 하강부에 위치한다.
- ㄴ. 판 경계로부터의 최단 거리는 ㉠이 ㉡보다 가깝다.
- ㄷ. A와 B에서는 주로 현무암질 마그마가 분출한다.

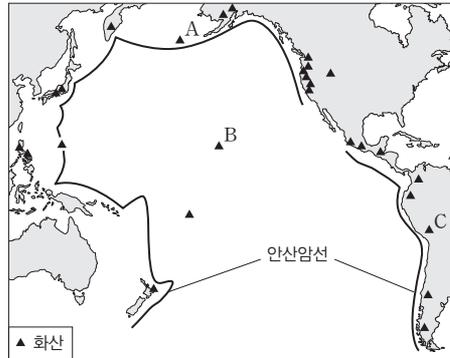
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태평양 주변의 판 경계를 따라 바깥쪽에 위치한 화산에서는 주로 베니오프대 부근에서 생성된 마그마가 분출한다.

안산암질 마그마가 굳어져 만들어진 안산암과 섬록암 중 광물 입자의 크기는 섬록암이 크다.

09 [22026-0045]

그림은 태평양 주변의 주요 화산과 안산암선 분포를 안산암선에 대한 설명과 함께 나타낸 것이다.



안산암선은 태평양 주변을 따라 형성된 안산암 분포의 한계선이다. 이 선 안쪽의 해양 지대에서는 현무암질 마그마의 분출이 일어나고, 이 선 바깥쪽에서는 안산암질 마그마와 현무암질 마그마의 분출이 모두 일어날 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

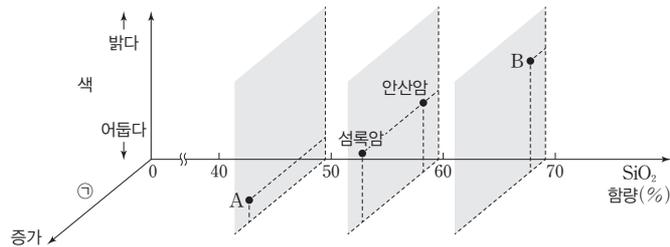
보기

- ㄱ. 안산암선은 판의 수렴형 경계와 대체로 일치한다.
- ㄴ. 화산 A의 하부에는 베니오프대가 있다.
- ㄷ. 화산체를 이루는 암석의 평균 SiO₂ 함량은 화산 B가 화산 C보다 적다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0046]

그림은 화성암의 분류 기준에 따라 어느 섬록암, 안산암, 화성암 A와 B의 상대적인 위치를 나타낸 것이다.



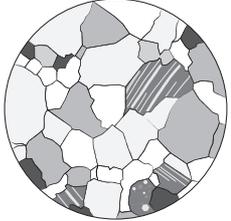
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 어두운색 광물의 함량은 A가 안산암보다 많다.
- ㄴ. ‘광물 입자의 크기’는 ㉠에 들어갈 분류 기준으로 적절하다.
- ㄷ. 암석이 생성될 당시 마그마의 냉각 속도는 B가 섬록암보다 빨랐다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0047] 표는 화성암 A와 B의 SiO₂ 함량과 A와 B를 현미경으로 관찰하여 스케치한 모습을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 심성암과 화산암 중 하나에 해당한다.

화성암	A	B
SiO ₂ 함량	48 %	71 %
모습		
	2 mm	2 mm

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 염기성암이다.
- ㄴ. A는 B보다 지하 깊은 곳에서 생성되었다.
- ㄷ. B는 제주도에 주로 분포하는 암석이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0048] 다음은 삼부연 폭포와 재인 폭포의 모습과 주변 화성암에서 찾아볼 수 있는 특징을 나타낸 것이다.

삼부연 폭포	재인 폭포
	
<ul style="list-style-type: none"> • ㉠ 암석의 색이 밝고 광물 입자의 크기가 눈에 보일 정도로 큼 • 여러 방향의 절리가 발달한 암석 절벽을 따라 물줄기가 떨어짐 	<ul style="list-style-type: none"> • ㉡ 암석의 색이 어둡고 광물 입자의 크기가 작음 • ㉢ 기둥 모양의 절리가 발달한 암석 절벽을 따라 물줄기가 떨어짐

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 세립질 조직이 발달한다.
- ㄴ. ㉡은 용암이 빠르게 냉각되는 과정에서 생성되었다.
- ㄷ. 암석을 이루는 전체 원소에 대한 철과 마그네슘의 함량비는 ㉠이 ㉡보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

현무암은 SiO₂ 함량이 52% 이하인 화산암이고, 화강암은 SiO₂ 함량이 63% 이상인 심성암이다.

화성암에서 SiO₂ 함량은 다른 원소의 함량과 밀접한 관계가 있다. SiO₂ 함량이 적은 염기성암은 철과 마그네슘의 함량이 많다.

개념 체크

● 풍화

지표 부근의 암석이 공기, 물, 생물 등의 작용으로 오랜 시간에 걸쳐 성분이 변하거나 잘게 부서지는 현상을 풍화라 하고, 풍화를 일으키는 모든 작용을 풍화 작용이라고 한다.

● 공극

퇴적 입자 사이의 빈틈을 공극이라고 한다. 퇴적물이 속성 작용을 받으면 입자들 사이의 간격이 좁아지고 공극의 크기가 작아진다.

1. 퇴적물이 다져지고 굳어지면서 퇴적암이 되기까지의 전체 과정을 ()이라고 한다.

2. 속성 작용 중에서 () 작용은 아랫부분의 퇴적물이 윗부분에 쌓인 퇴적물의 무게에 의해서 다져지는 작용이다.

3. () 퇴적암은 퇴적 입자의 크기에 따라 역암, 사암, 이암 등으로 구분한다.

4. 바닷물에 녹아 있던 NaCl 성분이 침전되어 생성된 암염은 () 퇴적암에 속한다.

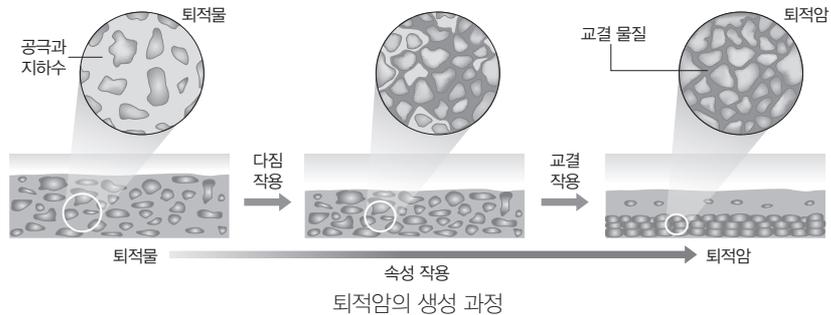
5. 석회암 중에서 물에 녹아 있던 CaCO₃가 화학적으로 침전되어 만들어진 것은 () 퇴적암에 해당하고 석회질 생물체가 쌓여 만들어진 것은 () 퇴적암에 해당한다.

1 퇴적암과 퇴적 환경

(1) **퇴적암**: 지표의 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 쇄설물, 물에 녹아 있는 물질, 생물의 유해 등이 쌓인 퇴적물이 다져지고 굳어져 퇴적암이 생성된다.

① **속성 작용**: 퇴적물이 쌓여 퇴적암이 되기까지의 전체 과정으로, 다짐 작용과 교결 작용이 있다.

- **다짐 작용**: 퇴적물이 쌓이면서 아랫부분의 퇴적물이 윗부분에 쌓인 퇴적물의 무게에 의해 치밀하게 다져지는 작용이다. → 퇴적 입자 사이의 공극의 크기와 부피가 감소하고 퇴적물의 밀도가 증가한다.
- **교결 작용**: 퇴적물 속의 수분이나 지하수에 녹아 있던 석회질 물질, 규질 물질, 산화 철 등이 퇴적 입자 사이에 침전되어 퇴적물 알갱이들을 단단히 붙게 하여 굳어지게 하는 작용이다.



② **퇴적암의 종류**: 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

- **쇄설성 퇴적암**: 지표 부근의 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 쇄설성 퇴적물이나 화산재와 같은 화산 쇄설물이 쌓여서 생성된 퇴적암이다.
- **화학적 퇴적암**: 호수나 바다 등에서 물에 녹아 있던 물질이 화학적으로 침전되거나 물이 증발함에 따라 잔류하여 만들어진 퇴적암이다.
- **유기적 퇴적암**: 생물의 유해나 골격의 일부가 쌓여서 만들어진 퇴적암이다.

구분		주요 퇴적물	퇴적암
쇄설성 퇴적암	풍화·침식 작용	자갈(2 mm 이상)	역암
		모래($\frac{1}{16} \sim 2$ mm)	사암
		실트, 점토($\frac{1}{16}$ mm 이하)	이암, 셰일
	화산 분출	화산탄, 화산암괴(64 mm 이상)	집괴암(화산 각력암)
		화산력(2~64 mm)	라필리 응회암
		화산재(2 mm 이하)	응회암
화학적 퇴적암	침전 작용	CaCO ₃	석회암
		SiO ₂	처트
		NaCl	암염
유기적 퇴적암	생물의 유해나 골격 퇴적	석회질 생물체(산호, 유공충 등)	석회암
		규질 생물체(방산충 등)	처트, 규조토
		식물체	석탄

정답

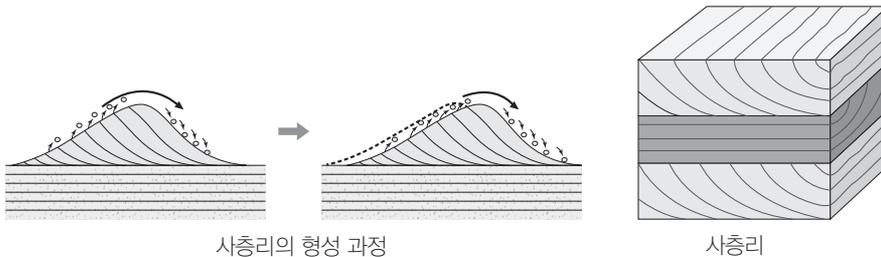
1. 속성 작용 2. 다짐
3. 쇄설성 4. 화학적
5. 화학적, 유기적



퇴적암의 종류

(2) 퇴적 구조: 퇴적이 일어나는 장소와 퇴적 당시의 환경에 따라 특징적인 퇴적 구조가 형성된다. ➔ 퇴적 당시의 자연환경을 연구하는 데 중요한 단서를 제공하며, 지층의 역전 여부를 판단하는 데 도움을 준다.

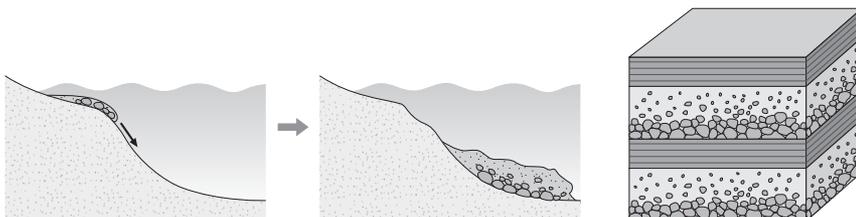
① **사층리:** 층리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어지거나 엇갈려 나타나는 퇴적 구조로, 주로 수심이 얇은 물밑이나 바람의 방향이 자주 바뀌는 곳에서 물이 흘러가거나 바람이 불어가는 방향의 비탈면에 퇴적물이 쌓여 형성된다. ➔ 과거에 물이 흘렀던 방향이나 바람이 불었던 방향을 알 수 있다.



사층리의 형성 과정

사층리

② **점이 층리:** 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 작아지는 퇴적 구조로, 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 퇴적될 때 큰 입자가 밑바닥에 먼저 가라앉고 작은 입자는 천천히 가라앉아 형성된다. ➔ 대륙 주변부의 해저에 쌓여 있던 퇴적물이 빠르게 이동하여 수심이 깊은 바다에 쌓일 때나 홍수가 일어나 퇴적물이 수심이 깊은 호수로 유입될 때 잘 형성된다.



점이 층리의 형성 과정

점이 층리

개념 체크

● 층리

층리는 크기, 모양, 색깔 등이 서로 다른 퇴적물들이 겹겹이 쌓여 만들어진 층상 구조로, 보통 수평으로 나란하게 형성된다.

● 저탁류

대륙 주변부의 해저에 불안정하게 쌓여 있던 퇴적물이 해저 지진 등에 의해 대륙 사면 아래로 빠르게 이동하는 퇴적물의 흐름을 저탁류라고 한다. 저탁류와 같이 다양한 크기의 쇄설성 입자들로 구성된 흙탕물에서 퇴적물들이 가라앉아 형성된 쇄설성 퇴적암에는 점이 층리가 잘 나타난다.

1. 퇴적 구조는 퇴적 당시의 ()을 추정하고 지층의 역전을 밝히는 데에도 도움을 준다.

2. 층리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어지거나 엇갈려 나타나는 퇴적 구조는 ()이다.

3. 사층리는 일반적으로 아래 쪽에서 위쪽으로 갈수록 층리의 폭이 ()진다.

4. 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 작아지는 퇴적 구조를 ()라고 한다.

5. 수심이 깊은 바다에 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 공급될 때, 큰 입자는 작은 입자보다 침강 속도가 ().

정답

1. 자연환경
2. 사층리
3. 넓어
4. 점이 층리
5. 빠르다

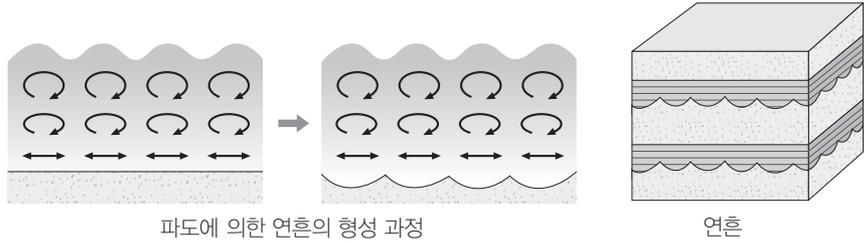
개념 체크

연흔의 형태

파도와 같이 물의 운동이 양쪽 방향으로 반복적으로 나타나는 경우에는 대칭 형태를 보이고, 유수와 같이 한쪽 방향으로 나타나는 경우에는 비대칭 형태를 보인다.

1. 퇴적물의 표면에 물결 모양으로 자국이 생길 후 퇴적층 속에 남아 있는 퇴적 구조를 ()이라고 한다.
2. 연흔은 퇴적물이 수심이 () 물밑 등에서 퇴적될 때 잘 형성된다.
3. 퇴적층의 표면이 썩기 모양으로 갈라져 생긴 퇴적 구조를 ()이라고 한다.
4. 역전되지 않은 지층에서 건열의 썩기 모양으로 갈라진 부분은 표면에서 아래로 가면서 ()지는 경향을 보인다.

③ 연흔: 물결 모양의 흔적이 지층에 남아 있는 퇴적 구조이다. 수심이 얇은 물밑에서 퇴적물이 퇴적될 때에는 물결의 영향을 받아 연흔이 잘 형성된다.



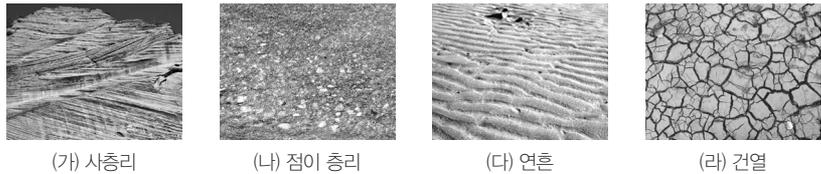
④ 건열: 퇴적층의 표면이 갈라져서 썩기 모양의 틈이 생긴 퇴적 구조이다. 수심이 얇은 물밑에 점토질 물질이 쌓인 후 퇴적물의 표면이 대기에 노출되어 건조해지면서 갈라지면 건열이 형성된다.



탐구자료 살펴보기 퇴적 구조

탐구 자료

그림 (가)~(라)는 퇴적암에서 볼 수 있는 여러 가지 퇴적 구조를 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. 사층리는 층리가 기울어지거나 엇갈린 형태를 나타내며, 일반적으로 하부에서 상부로 갈수록 층리의 폭이 넓어진다. 점이 층리는 상부로 갈수록 입자의 크기가 작아진다. 연흔은 층리면에 물결 모양의 자국이 남아 있고, 뾰족한 부분이 상부를 향하고 있다. 건열은 가뭄에 의해 논바닥이 갈라진 것과 같은 형태를 나타내고, 썩기 모양으로 갈라진 부분은 하부로 갈수록 점점 좁아지는 경향을 보인다.
2. 사층리는 수심이 얇은 해안이나 사막에서, 점이 층리는 대륙대나 수심이 깊은 호수에서, 연흔은 수심이 얇은 물밑에서 잘 형성된다. 건열은 물밑에 있던 점토질 퇴적물이 대기에 노출되면서 건조될 때 잘 형성된다.

분석 point

구분	사층리	점이 층리	연흔	건열
형성 원인	바람, 흐르는 물	퇴적물이 가라앉는 속도 차이	흐르는 물, 파도, 바람	건조한 환경에 노출
퇴적 환경	사막, 삼각주	대륙대, 수심이 깊은 호수	수심이 얇은 물밑	건조한 환경

정답

1. 연흔
2. 얇은
3. 건열
4. 좁아

개념 체크

○ 선상지

경사가 급한 골짜기에서 흘러내리는 유수가 경사가 완만한 평야에 이르면 유속이 느려지므로 유수에 의해 운반되어 오던 퇴적물이 쌓여 부채를 펼친 모양의 지형이 형성되는데, 이를 선상지라고 한다.

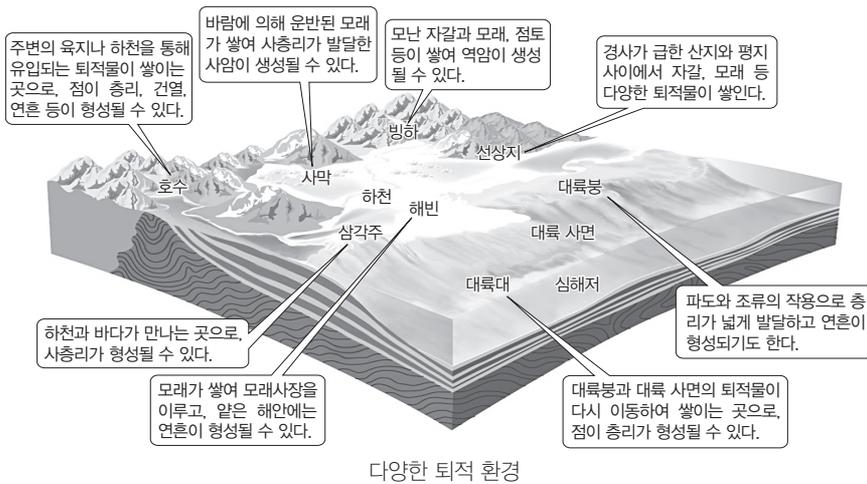
○ 삼각주

강물이 바다나 호수로 유입될 때 유속이 느려지므로 운반되던 퇴적물들이 퇴적되어 삼각형 모양의 지형이 형성되는데, 이를 삼각주라고 한다. 삼각주가 점점 바다 쪽으로 확장되면 삼각주에서는 연직 상방으로 갈수록 퇴적 입자의 크기가 커지는 경향을 보인다.

1. 퇴적 환경은 크게 육상 환경, () 환경, 해양 환경으로 구분한다.
2. 선상지, 하천, 호수, 사막 등은 () 환경에 해당한다.
3. ()는 하천과 바다가 만나는 곳에서 만들어진 삼각형 모양의 지형으로, 사층리가 잘 형성된다.
4. 대륙대에는 대륙 사면의 급경사를 따라 다양한 퇴적물이 흘러와 쌓이면서 ()가 잘 형성된다.
5. 강원도 태백시 구문소: 고생대 바다에서 퇴적된 석회암으로 주로 이루어져 있고, 삼엽충과 완족류 화석이 발견되며, 연흔과 건열 등의 퇴적 구조가 나타난다.
6. 경기도 화성시 시화호: 중생대에 형성된 역암, 사암 등의 퇴적암 지층에서 다량의 공룡알 화석이 발견된다.

(3) 퇴적 환경: 퇴적암이 생성되는 퇴적 환경은 크게 육상 환경, 연안 환경, 해양 환경으로 구분할 수 있으며, 육상 환경과 해양 환경 사이에 연안 환경이 있다.

- ① 육상 환경: 육지에서 퇴적암이 만들어지는 환경으로 선상지, 하천, 호수, 사막, 빙하 등이 있다. → 육지에서는 주로 침식이 일어나지만, 지대가 낮은 일부 지역에서는 퇴적이 일어나 주로 쇄설성 퇴적물이 퇴적된다.
- ② 연안 환경: 육상 환경과 해양 환경이 만나는 곳에서 퇴적암이 만들어지는 환경으로 삼각주, 조간대, 해변, 사주, 석호 등이 있다.
- ③ 해양 환경: 바다 밑에서 퇴적암이 만들어지는 환경으로 가장 넓은 면적을 차지하며, 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대, 심해저 평원 등이 있다.



(4) 한반도의 퇴적 지형

- ① 강원도 태백시 구문소: 고생대 바다에서 퇴적된 석회암으로 주로 이루어져 있고, 삼엽충과 완족류 화석이 발견되며, 연흔과 건열 등의 퇴적 구조가 나타난다.
- ② 전라북도 부안군 채석강: 중생대 호수에서 퇴적된 역암과 세일 등으로 이루어져 있고, 층리가 잘 발달해 있으며, 연흔과 건열 등의 퇴적 구조가 나타난다.
- ③ 경상남도 고성군 덕명리: 중생대 호수에서 퇴적된 세일층으로 이루어져 있고, 다양한 공룡 발자국 화석과 새 발자국 화석이 발견되며, 연흔과 건열 등의 퇴적 구조가 나타난다.
- ④ 제주도 한경면 수월봉: 신생대 화산 활동으로 분출된 화산재가 두껍게 쌓인 황갈색의 응회암으로 이루어져 있으며, 층리가 잘 발달해 있다.
- ⑤ 전라북도 진안군 마이산: 중생대 호수에서 퇴적된 역암, 사암, 세일 등으로 이루어져 있고, 민물조개나 고둥 같은 생물의 화석이 발견된다.
- ⑥ 경기도 화성시 시화호: 중생대에 형성된 역암, 사암 등의 퇴적암 지층에서 다량의 공룡알 화석과 공룡 뼈 화석이 발견된다.



강원도 태백시 구문소



경상남도 고성군 덕명리



제주도 한경면 수월봉

정답

- | | |
|--------|----------|
| 1. 연안 | 2. 육상 |
| 3. 삼각주 | 4. 점이 층리 |
| 5. 고생 | 6. 중생 |

개념 체크

● 지질 구조

지층이나 암석이 지각 변동을 받아 여러 모양으로 변형된 구조를 통틀어 지질 구조라고 한다.

● 암석의 변형

지표 부근에서 압력을 받으면 파쇄되는 암석도 지하 깊은 곳의 고온·고압 환경에서는 휘어지는 성질이 나타난다.

1. 습곡은 암석이 ()을 받아 형성된다.

2. 습곡에서 위로 볼록하게 휘어진 부분을 (), 아래로 오목하게 휘어진 부분을 ()라고 한다.

3. 고도가 일정한 지역에서 지표면에 노출된 지층의 연령은 향사축으로 접근할수록 ()한다.

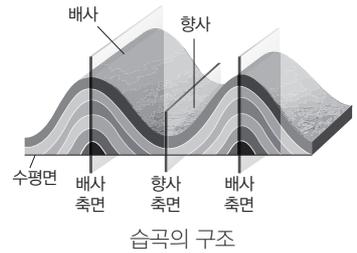
4. 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층은 ()이고, 상반이 하반에 대해 위로 이동한 단층은 ()이다.

5. 정단층은 지층이 ()을 받아 형성된 것이고, 역단층은 지층이 ()을 받아 형성된 것이다.

2 지질 구조

(1) 습곡: 암석이 비교적 온도가 높은 지하 깊은 곳에서 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조이다.

- ① 습곡의 구조: 가장 많이 휘어진 부분을 지나는 축을 습곡축, 습곡축 양쪽의 경사면을 날개, 위로 볼록하게 휘어진 부분을 배사, 아래로 오목하게 휘어진 부분을 향사라고 한다. 고도가 일정한 지역에서 지표면에 노출된 지층의 연령은 배사축으로 접근할수록 증가하고, 향사축으로 접근할수록 감소한다.

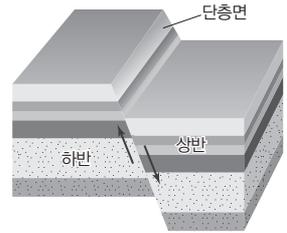


- ② 습곡의 종류: 습곡축면이 수평면에 대하여 거의 수직인 정습곡, 기울어진 경사 습곡, 거의 수평으로 누운 횡와 습곡 등이 있다.

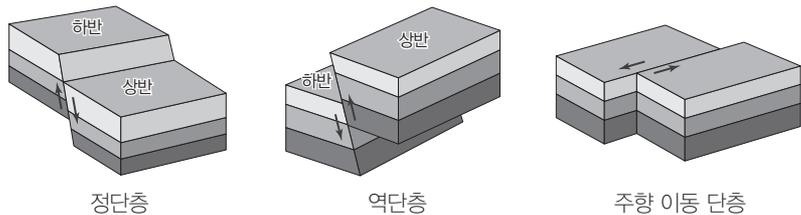


(2) 단층: 암석이 깨져 생긴 면을 경계로 양쪽의 암석이 상대적으로 이동하여 서로 어긋나 있는 지질 구조이다. 단층은 대체로 습곡 작용이 일어나는 깊이보다 얇은 지표 부근에서 형성된다.

- ① 단층의 구조: 단층면이 경사져 있을 때 그 윗부분을 상반, 아랫부분을 하반이라고 한다.

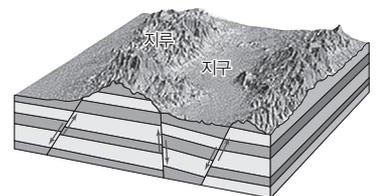


- ② 단층의 종류: 장력을 받아 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 정단층, 횡압력을 받아 상반이 하반에 대해 위로 이동한 역단층, 수평 방향으로 어긋나게 작용하는 힘을 받아 지괴가 수평 방향으로 이동한 주향 이동 단층 등이 있다.



과학 돋보기 지구와 지류

대규모의 단층 작용은 지형의 형성에 큰 영향을 미친다. 여러 개의 단층이 발달한 지역에서 지면이 주변에 비해 상대적으로 침강한 부분을 지구라 하고, 이와 반대로 지면이 상대적으로 융기한 부분을 지류라고 한다. 지구는 긴 골짜기를 이루는 경우가 많고, 지류는 산악 지역을 형성하여 분지에 쌓이는 퇴적물의 공급지가 된다.



정답

1. 횡압력
2. 배사, 향사
3. 감소
4. 정단층, 역단층
5. 장력, 횡압력

개념 체크

● **박리 작용**

지하 깊은 곳에 있던 암석이 지표에 노출되면서 암석의 내부 압력과 외부 압력의 차이에 의해 양파 껍질처럼 벗겨지는 현상이다.

● **기저 역암**

부정합면 바로 위에 놓인 역암을 말한다.

1. 주상 절리는 기둥 모양의 절리로, 지표로 분출한 용암이 급격히 식을 때 부피가 ()하여 형성된다.

2. 심성암이 지표면에 드러나게 하는 압력이 감소하면 심성암의 부피가 ()하면서 () 절리가 형성될 수 있다.

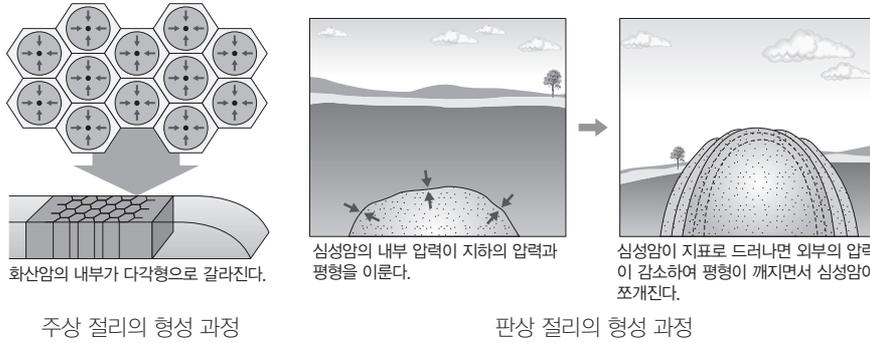
3. 주상 절리는 ()에서 잘 나타나고, 판상 절리는 ()에서 잘 나타난다.

4. 퇴적이 연속적으로 일어난 경우 상하 지층의 관계를 ()이라고 한다.

5. 부정합은 퇴적 → () → 풍화·침식 → 침강 → 퇴적 → 퇴적의 과정을 거쳐 형성된다.

(3) **절리**: 암석에 생긴 틈이나 균열로, 단층과는 달리 절리면을 기준으로 양쪽 암석의 상대적인 이동이 없는 지질 구조이다.

① **절리의 형성**: 마그마나 용암이 식어 굳으면서 수축할 때, 지하 깊은 곳에 있던 암석이 용기하거나 암석이 힘을 받을 때 형성된다.



절리 형성 과정의 사례

② **절리의 종류**: 지표로 분출한 용암이 식을 때 부피가 수축하여 단면이 오각형이나 육각형인 긴 기둥 모양으로 갈라진 주상 절리, 지하 깊은 곳에 있던 암석이 용기할 때 압력이 감소하면서 부피가 팽창하여 판 모양으로 갈라진 판상 절리 등이 있다. → 주상 절리는 화산암에서 잘 나타나고, 판상 절리는 심성암에서 잘 나타난다.



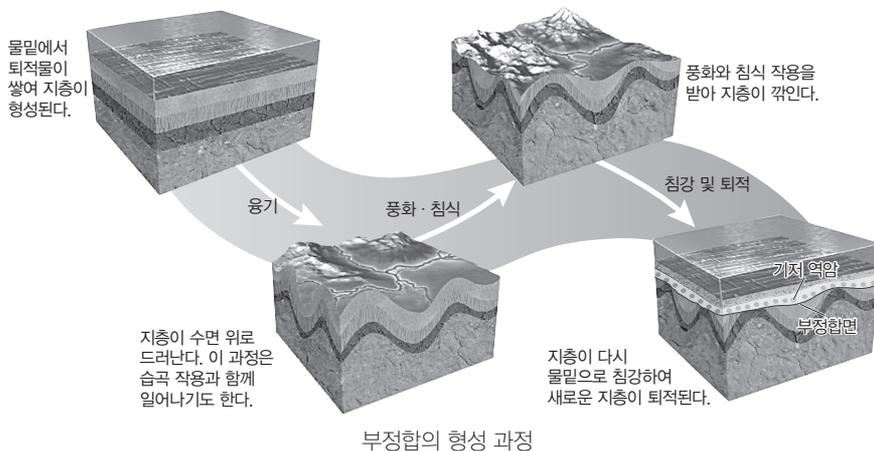
주상 절리



판상 절리

(4) **부정합**: 퇴적이 연속적으로 일어난 경우 상하 지층의 관계를 정합이라고 한다. 그러나 퇴적이 오랫동안 중단된 후 다시 퇴적이 일어나면 지층 사이에 퇴적 시간의 공백이 생기는데, 이러한 상하 지층 관계를 부정합이라 하고, 그 경계면을 부정합면이라고 한다.

① **부정합의 형성 과정**: 퇴적 → 용기 → 풍화·침식 → 침강 → 퇴적



부정합의 형성 과정

정답

1. 수축
2. 팽창, 판상
3. 화산암, 심성암
4. 정합
5. 용기

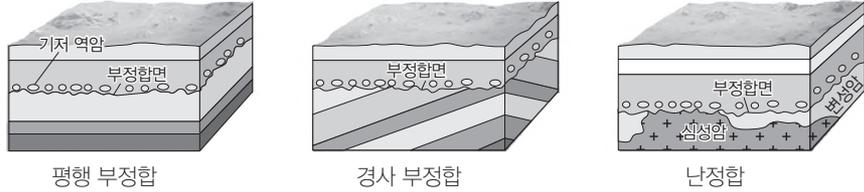
개념 체크

● 조륙 운동과 조산 운동

넓은 범위에 걸쳐 지각이 서서히 융기하거나 침강하는 운동을 조륙 운동, 거대한 습곡 산맥을 형성하는 지각 변동을 조산 운동이라고 한다. 조륙 운동이나 조산 운동에 의해 지층이 융기하여 침식을 받은 후, 다시 침강하여 그 위에 새로운 지층이 쌓이면 부정합이 형성된다.

1. 부정합면을 경계로 상하 지층이 나란한 부정합을 () 부정합이라고 한다.
2. 지하에서 생성된 심성암이나 변성암이 융기하여 침식 작용을 받은 후 그 위에 새로운 지층이 퇴적되어 생긴 부정합을 ()이라고 한다.
3. 마그마가 기존 암석의 약한 부분을 뚫고 들어가 굳어진 암석을 ()이라고 한다.
4. 마그마가 관입할 때 주변 암석의 일부가 떨어져 나와 마그마 속으로 유입되는 것을 ()이라고 한다.

2. 부정합의 종류: 부정합면을 경계로 상하 지층이 나란한 평행 부정합, 상하 지층의 경사가 서로 다른 경사 부정합, 부정합면의 하부에 심성암이나 변성암이 분포하는 난정합 등이 있다.
 - ➔ 평행 부정합은 조륙 운동, 경사 부정합은 조산 운동을 받은 지층에서 잘 나타나고, 난정합은 다른 부정합에 비해 만들어질 때 더 오랜 시간이 걸리는 경향이 있으며 상하 지층 사이의 시간 간격이 매우 큰 경향이 있다.

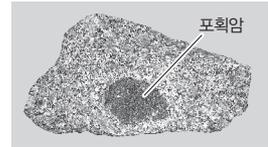


(5) 관입과 포획

1. 관입: 마그마가 기존 암석의 약한 부분을 뚫고 들어가는 과정을 관입이라 하고, 관입한 마그마가 식어서 굳어진 암석을 관입암이라고 한다. ➔ 마그마는 주변의 암석에 비해 온도가 높으므로 주변의 암석은 열에 의한 변성 작용을 받을 수 있다.
2. 포획: 마그마가 관입할 때 주변 암석의 일부가 떨어져 나와 마그마 속으로 유입되는 것을 포획이라 하고, 포획된 암석을 포획암이라고 한다. ➔ 포획암을 관찰하면 화성암과 주변 암석의 생성 순서를 알 수 있다.



관입

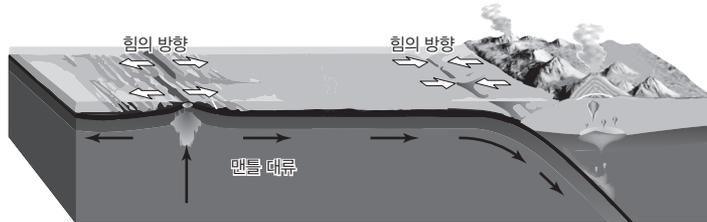


포획

탐구자료 살펴보기 판의 운동과 지질 구조

탐구 자료

그림은 판의 운동과 판의 경계에 작용하는 힘의 방향을 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. 발산형 경계: 두 판이 서로 멀어지는 해령이나 대륙의 열곡대에서는 양쪽에서 잡아당기는 장력이 작용하여 정단층이 형성된다. ☞ 동아프리카 열곡대
2. 수렴형 경계: 두 판이 서로 가까워지는 습곡 산맥이나 해구 부근에서는 양쪽에서 미는 횡압력이 작용하여 습곡과 역단층이 형성된다. ☞ 히말라야산맥, 안데스산맥
3. 보존형 경계: 두 판이 접하면서 서로 반대 방향으로 평행하게 어긋나는 경계에서는 수평 방향으로 어긋나게 작용하는 힘에 의해 주향 이동 단층의 일종인 변환 단층이 형성된다. ☞ 산안드레아스 단층

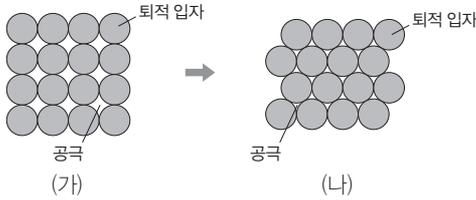
분석 point

구분	발산형 경계	수렴형 경계	보존형 경계
작용하는 힘	장력	횡압력	수평 방향으로 어긋나게 작용하는 힘
지질 구조	정단층	습곡, 역단층	주향 이동 단층

정답

1. 평행
2. 난정합
3. 관입암
4. 포획

01 [22026-0049] 그림 (가)와 (나)는 속성 작용에 의한 퇴적물의 변화를 모식적으로 나타낸 것이다.



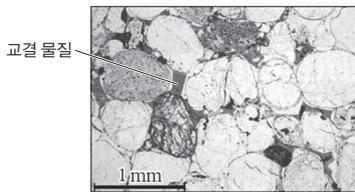
(가) → (나) 과정에서 일어난 변화에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 공극의 총 부피가 감소하였다.
- ㄴ. 퇴적물의 평균 밀도가 증가하였다.
- ㄷ. 주로 교결 작용이 일어났다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0050] 그림은 화강암이 풍화·침식 작용을 받아 만들어진 쇄설물이 퇴적되어 형성된 어떤 퇴적암을 현미경으로 관찰한 모습을 나타낸 것이다.



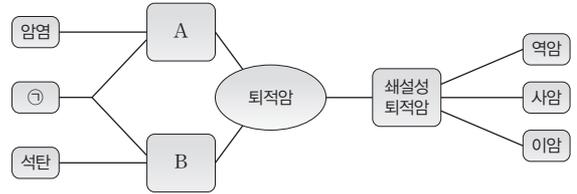
이 퇴적암에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 역암이다.
- ㄴ. 퇴적 입자 사이의 공간이 교결 물질로 채워져 있다.
- ㄷ. 구성 광물의 모양이 모암인 화강암과 거의 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0051] 그림은 퇴적암을 쇄설성 퇴적암, 유기적 퇴적암, 화학적 퇴적암으로 분류하고, 그 예를 나타낸 것이다.



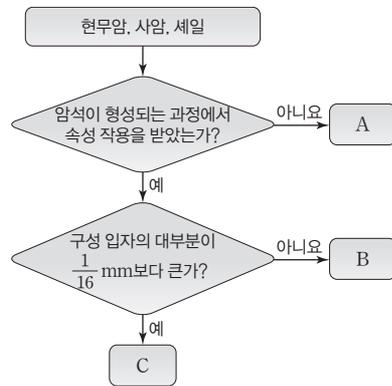
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 화학적 퇴적암이다.
- ㄴ. 석회암은 ㉠에 해당한다.
- ㄷ. B는 생물의 유해나 골격의 일부가 쌓여서 만들어진 퇴적암이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0052] 그림은 현무암, 사암, 셰일을 특징에 따라 구분하는 과정을 나타낸 것이다.



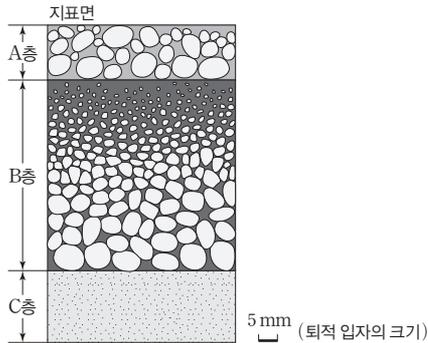
암석 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 조립질 조직이 발달한다.
- ㄴ. B와 C는 모두 쇄설성 퇴적암에 해당한다.
- ㄷ. C는 사암이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0053] 그림은 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다.

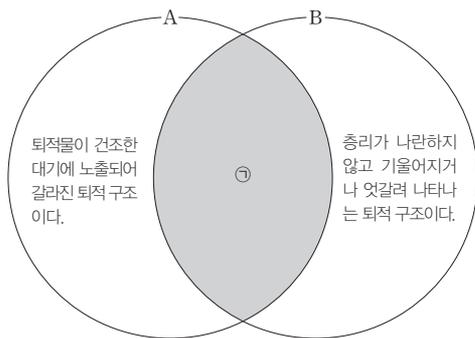


A층, B층, C층에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A층은 역암층이다.
 - ㄴ. B층에서는 점이 층리가 나타난다.
 - ㄷ. C층이 가장 먼저 퇴적되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0054] 그림은 서로 다른 두 퇴적 구조 A와 B의 특징을 벤 다이어그램으로 나타낸 것이다.

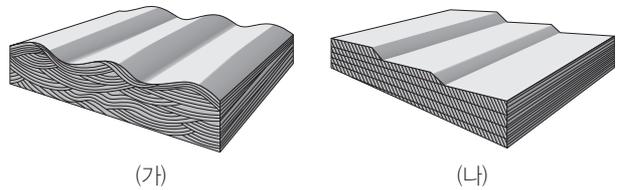


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 사암층보다 셰일층에서 잘 나타난다.
 - ㄴ. B를 이용하여 퇴적물이 공급된 방향을 추정할 수 있다.
 - ㄷ. '지층의 역전 여부를 추정할 수 있다.'는 ①에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0055] 그림 (가)와 (나)는 형태가 다른 두 연흔을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 파도에 의해서 만들어진 연흔과 흐르는 물에 의해서 만들어진 연흔 중 하나이다.

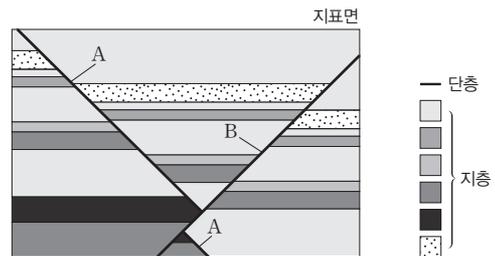


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 수심이 얇은 환경에서 잘 만들어진다.
 - ㄴ. 흐르는 물에 의해서 만들어진 연흔은 (나)이다.
 - ㄷ. (나)로부터 퇴적물의 이동 방향을 추정할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0056] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



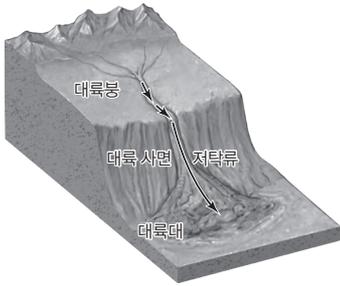
단층 A, B에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 정단층이다.
 - ㄴ. B에 의해 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였다.
 - ㄷ. 생성 순서는 B → A이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0057] 다음은 대륙대에 퇴적된 지층에 나타나는 어떤 퇴적 구조가 만들어지는 과정을 설명한 것이다.

대륙붕과 같이 대륙 주변부에 쌓여 있던 다양한 크기의 퇴적물이 해저 지진이나 폭풍 등에 의해 대륙 사면의 계곡을 따라 이동하는 퇴적물의 흐름을 ㉠ 저탁류라고 한다. 저탁류에 의해 운반된 다양한 크기의 퇴적물이 가라앉아 지층이 퇴적되는 과정에서 (㉡)에 의해서 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 작아지는 퇴적 구조가 만들어진다.



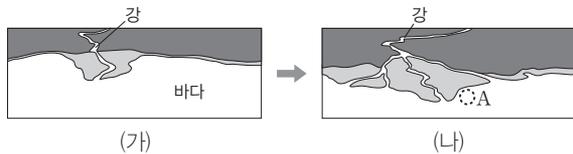
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠의 평균 밀도는 주변 해수보다 작다.
- ㄴ. '퇴적 입자의 크기에 따른 침강 속도 차이'는 ㉡에 해당한다.
- ㄷ. 이 퇴적 구조는 점이 층리이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0058] 그림 (가)와 (나)는 강물이 바다로 유입되는 환경에서 어떤 퇴적 지형이 형성되고 변화되는 과정을 나타낸 것이다.



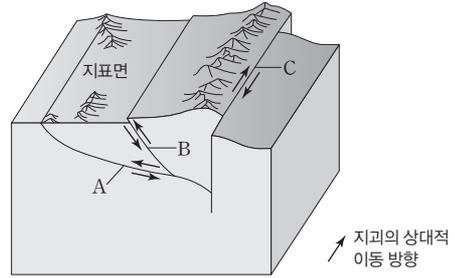
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이 퇴적 지형은 삼각주이다.
- ㄴ. 이 퇴적 지형이 형성된 퇴적 환경은 연안 환경이다.
- ㄷ. (나)의 A 지점의 퇴적물에서는 연직 상방으로 갈수록 퇴적 입자의 크기가 작아지는 경향을 보인다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

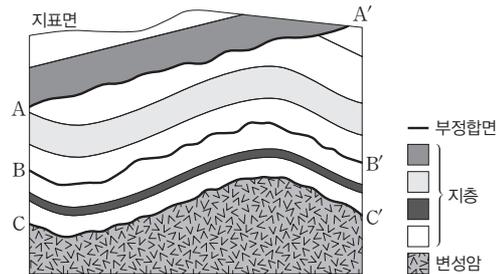
11 [22026-0059] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



단층 A, B, C의 종류를 옳게 짝 지은 것은?

- | A | B | C |
|-------|-----|----------|
| ① 정단층 | 정단층 | 역단층 |
| ② 정단층 | 정단층 | 주향 이동 단층 |
| ③ 정단층 | 역단층 | 주향 이동 단층 |
| ④ 역단층 | 역단층 | 주향 이동 단층 |
| ⑤ 역단층 | 역단층 | 정단층 |

12 [22026-0060] 그림은 세 개의 부정합면이 나타나는 지질 단면이다.

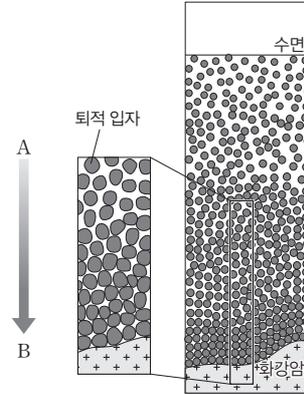


부정합 A-A', B-B', C-C'에 해당하는 부정합의 종류를 옳게 짝 지은 것은?

- | A-A' | B-B' | C-C' |
|----------|--------|--------|
| ① 평행 부정합 | 경사 부정합 | 경사 부정합 |
| ② 평행 부정합 | 경사 부정합 | 난정합 |
| ③ 평행 부정합 | 평행 부정합 | 난정합 |
| ④ 경사 부정합 | 평행 부정합 | 평행 부정합 |
| ⑤ 경사 부정합 | 평행 부정합 | 난정합 |

속성 작용은 퇴적물이 쌓여 퇴적암이 되기까지의 전체 과정이며, 속성 작용에는 다짐 작용과 교결 작용이 있다.

01 [22026-0061] 그림은 크기가 거의 같은 퇴적 입자가 지속적으로 퇴적되는 어느 지역에서 깊이에 따른 단면을 나타낸 것이다.



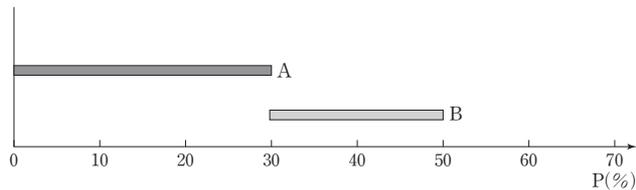
A에서 B로 갈수록 증가하는 경향을 보이는 물리량만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 퇴적물의 밀도
 - ㄴ. 퇴적물의 공극 크기
 - ㄷ. 퇴적물이 받는 압력

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

퇴적물이 속성 작용을 받으면 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}} \times 100$ 은 감소한다.

02 [22026-0062] 그림은 모래 퇴적물의 물리량 P의 분포와 사암의 물리량 P의 분포를 나타낸 것이다. 물리량 P는 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}} \times 100$ 이고, A와 B는 각각 모래 퇴적물과 사암 중 하나이다.

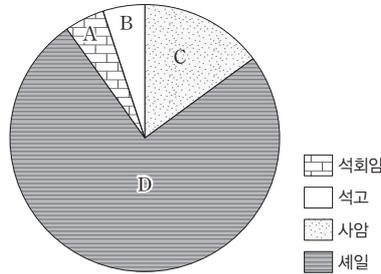


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 사암이다.
 - ㄴ. 평균 밀도는 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. 공극의 평균 크기는 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0063] 그림은 어느 지역에 분포하는 퇴적암 A~D의 비율을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
 ㄱ. A는 쇄설성 퇴적암에 해당한다.
 ㄴ. B의 주요 구성 성분은 NaCl이다.
 ㄷ. 퇴적 입자의 평균 크기는 C가 D보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

사암과 셰일은 쇄설성 퇴적암이고, 석회암은 화학적 퇴적암에 해당하는 것도 있고 유기적 퇴적암에 해당하는 것도 있다.

04 [22026-0064] 다음은 세 개의 암석 표본을 관찰한 결과이다.

암석 표본	관찰 내용	돋보기로 관찰한 모습
A	0.1~1.0 mm의 광물들이 교결 물질에 의해 붙어 있음	1 mm
B	마그마가 식어서 만들어진 암석으로, 0.1 mm보다 작은 광물로 이루어짐	0.1 mm
C	마그마가 식어서 만들어진 암석으로, 2 cm보다 큰 광물로 이루어짐	5 cm

암석 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기
 ㄱ. A는 사암이다.
 ㄴ. A는 C보다 고온에서 생성되었다.
 ㄷ. B와 C는 모두 화성암이다.

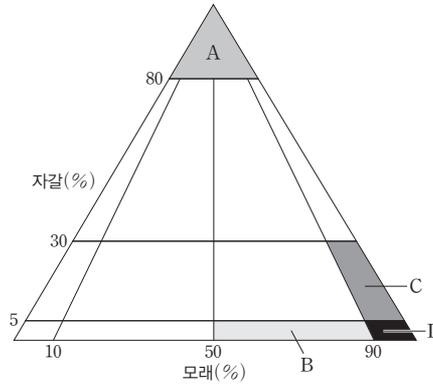
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

광물이 교결 물질에 의해서 붙어 있는 암석은 퇴적암이고, 마그마가 식어서 만들어진 암석은 화성암이다.

사암은 주로 모래가 퇴적되어 생성된 퇴적암이고, 이암은 주로 실트와 점토가 퇴적되어 생성된 퇴적암이며, 역암은 주로 자갈이 퇴적되어 생성된 퇴적암이다.

이 지층은 여름철과 겨울철에 입자 크기가 다른 퇴적물이 교대로 퇴적되어 형성된다.

05 [22026-0065] 그림은 자갈, 모래, (실트+점토)의 함량에 따라 쇄설성 퇴적암을 분류하는 기준을 나타낸 것이다. A~D 중 하나는 역암이다.



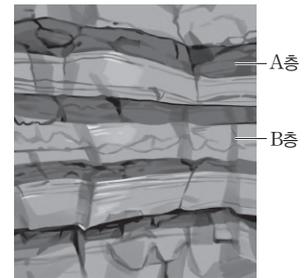
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 역암은 A이다.
 - ㄴ. 퇴적 입자의 평균 크기는 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. 퇴적 입자 크기의 균질한 정도는 C가 D보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

06 [22026-0066] 다음은 어떤 지층에 대한 설명이다.

- 이 지층은 빙하가 녹은 물에 의해 운반된 퇴적물이 호수에 쌓여 형성된다. 계절에 따라 ㉠ 빙하가 녹은 물의 양과 유속이 달라져서 여름철과 겨울철에 입자 크기가 다른 퇴적물이 교대로 퇴적되어 형성된다.
- 퇴적 입자의 평균 크기는 A층이 B층보다 작다.



[지층 단면]

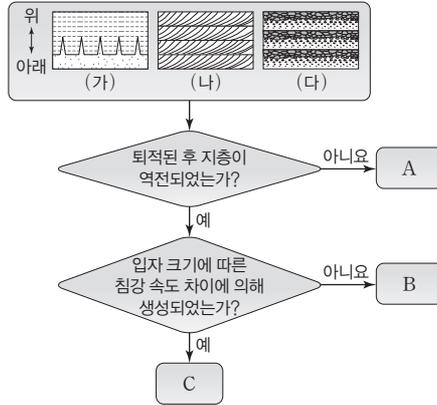
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 여름철이 겨울철보다 많다.
 - ㄴ. B층의 퇴적은 여름철이 겨울철보다 활발하다.
 - ㄷ. 이 지층을 이용하여 지층이 퇴적된 기간을 추정할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0067]

그림은 퇴적 구조 (가), (나), (다)를 특징에 따라 구분하는 과정을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 사층리, 건열, 점이 층리 중 하나이다.



퇴적 구조를 이용해 지층의 역전 여부를 판단할 수 있으며, (가)는 역전된 건열, (나)는 역전되지 않은 사층리, (다)는 역전된 점이 층리이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

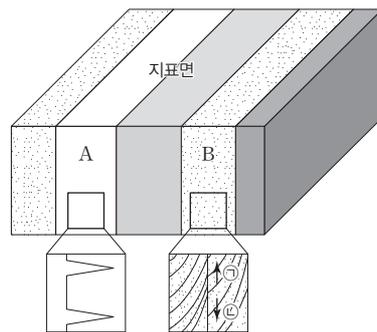
보기

- ㄱ. A로부터 퇴적물이 공급된 방향을 추정할 수 있다.
- ㄴ. B는 심해 환경에서 잘 생성된다.
- ㄷ. C는 점이 층리이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08 [22026-0068]

그림은 지층 경계면이 수직으로 나타나는 어느 지역의 지질 단면과 지층에서 관찰되는 퇴적 구조를 나타낸 것이다.



건열에서 썩기 모양으로 갈라진 부분은 표면에서 아래로 가면서 좁아지는 경향을 보이고, 사층리는 일반적으로 위쪽에서 아래쪽으로 갈수록 층리의 폭이 좁아진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

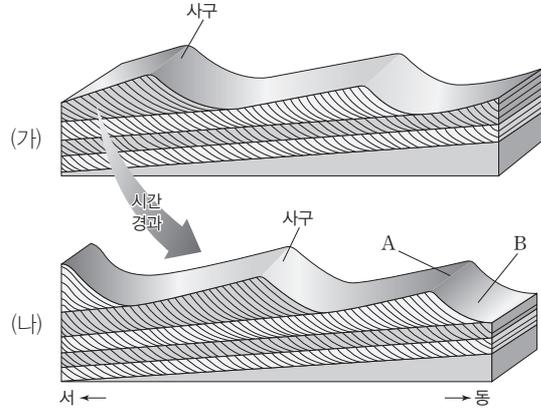
보기

- ㄱ. A층이 퇴적되는 동안에 수면 밖으로 노출된 시기가 있었다.
- ㄴ. A층이 B층보다 먼저 생성되었다.
- ㄷ. ㉠과 ㉡ 중 B층이 퇴적되던 당시에 퇴적물이 이동한 방향은 ㉠이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

층리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어진 퇴적 구조는 사층리이다.

09 [22026-0069] 그림 (가)와 (나)는 모래사막에서 바람에 의한 사구의 이동 과정과 퇴적 구조 생성 과정을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

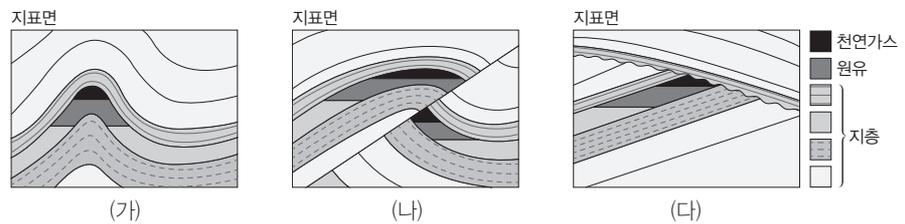
보기

- ㄱ. (가)와 (나) 모두에 사층리가 나타난다.
- ㄴ. (가) → (나) 과정에서 사구는 서쪽에서 동쪽으로 이동하였다.
- ㄷ. (나)에서 퇴적 작용은 B보다 A에서 우세하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

경사 부정합은 부정합면을 경계로 상하 지층이 서로 경사져 있다.

10 [22026-0070] 그림 (가), (나), (다)는 원유와 천연가스가 매장되어 있는 지질 구조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 원유와 천연가스는 향사에 주로 매장되어 있다.
- ㄴ. (나)에서 가장 오래된 지층은 하반에 분포한다.
- ㄷ. (다)에는 경사 부정합이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [22026-0071] 다음은 천연기념물 제411호에 대한 설명이다.

- 분류: 자연유산 / 천연기념물 / 지구과학 기념물 / 고생물
- 소재지: 경남 고성군 하이면 덕명리 5길 65(덕명리)
- 특징
 - ㉠ 세일층에 약 1억 2천만 년 전에 생존했던 다양한 ㉡ 고생물의 생활 흔적이 보존되어 있음
 - ㉢ 연흔과 건열 등 여러 가지 퇴적 구조들이 관찰됨



[연흔]

경상남도 고성군 하이면 덕명리 세일층은 중생대 호수에서 퇴적된 지층이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

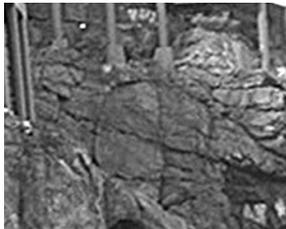
㉠ 보기

- ㉠. ㉡은 중생대 지층이다.
- ㉡. 공룡은 ㉡에 해당한다.
- ㉢. ㉢은 얇은 바다에서 만들어졌다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

12 [22026-0072] 다음은 어느 지역의 국가 지질 공원 탐방로 안내문의 일부이다.

[○○ 국가 지질 공원 탐방로]



[1 지점] 현무암: 중생대 백악기 말에 만들어진 현무암을 관찰할 수 있다. 방사성 동위원소를 이용한 절대연령 측정 결과, 현무암의 절대연령은 약 (㉠)억 년으로 밝혀졌다.



[2 지점] 응회암: 이 지점의 지층군에는 응회암이 포함되어 있다.



[3 지점] 다양한 퇴적암: 강물에 의해 운반된 퇴적물이 쌓여서 만들어진 붉은색의 사암과 회색의 역암이 교대로 나타나는 모습과 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층을 관찰할 수 있다.

응회암은 화산 활동에 의해 분출된 화산재가 쌓여서 만들어진 퇴적암이며, 정단층은 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

㉠ 보기

- ㉠. ㉠은 0.6보다 크다.
- ㉡. [2 지점]의 지층군이 퇴적되는 동안 주변에서 화산 분출이 있었다.
- ㉢. [3 지점]에서 정단층을 관찰할 수 있다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

개념 체크

● 동일 과정의 원리

현재 지구상에서 일어나고 있는 여러 가지 자연 현상은 조건이 동일하다면 과거에도 동일하게 일어났기 때문에 현재 일어나고 있는 자연 현상을 이해하면 과거 지구에서 일어났던 일을 알 수 있다는 것으로, 지사학의 기본 원리이다. 즉, '현재는 과거를 아는 열쇠'라는 것이다.

1. 바다나 호수 밑에 퇴적물이 쌓일 때는 ()의 영향을 받아 ()으로 쌓인다.

2. 지층의 역전이 없었다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 () 생성되었다.

3. 지층의 역전 여부는 ()나 표준 화석을 이용하여 판단할 수 있다.

4. 동물군 천이의 법칙에 의하면 오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 더욱 ()된 생물의 화석이 산출된다.

정답

1. 중력, 수평
2. 먼저
3. 퇴적 구조
4. 진화

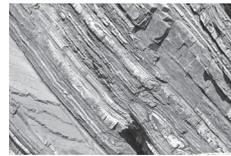
1 지층의 생성 순서

(1) **지사학의 법칙:** 지층의 선후 관계는 현재 지각에서 발생하는 지질학적 사건들이 조건이 동일하다면 과거에도 동일하게 일어났다는 동일 과정의 원리를 바탕으로 여러 가지 법칙을 이용하여 결정한다.

① **수평 퇴적의 법칙:** 퇴적물이 쌓일 때는 중력의 영향으로 수평면과 나란한 방향으로 쌓여 지층이 생성된다. → 현재 지층이 기울어져 있거나 휘어져 있으면 퇴적물이 쌓인 후 지각 변동을 받았다는 것을 알 수 있다.



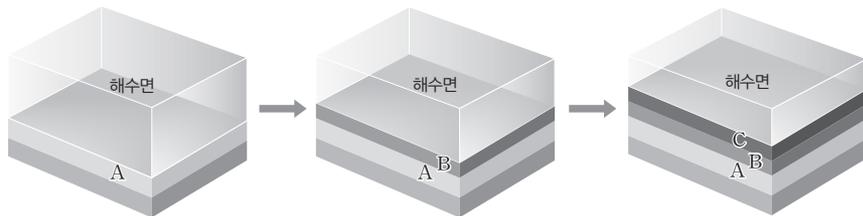
수평층



경사층

② **지층 누층의 법칙:** 퇴적물이 쌓일 때 새로운 퇴적물은 이전에 쌓인 퇴적물 위에 쌓이므로, 지층의 역전이 없었다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 퇴적되었다.

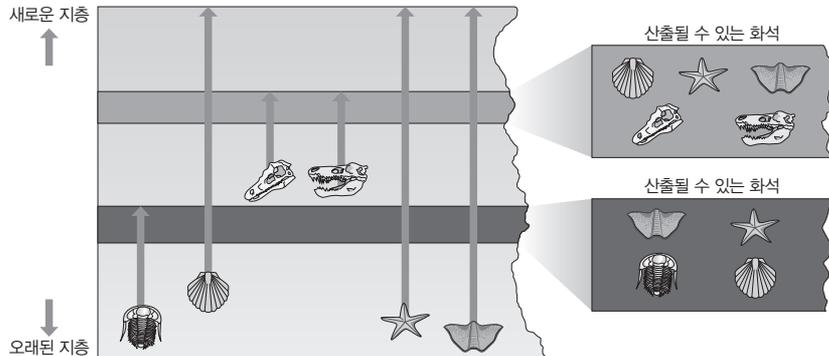
- 지층이 생성된 후 지각 변동을 받으면 역전되거나 변형될 수 있다.
- 지층의 역전 여부는 사층리, 점이 층리, 연흔, 건열 등의 퇴적 구조와 지층 속에 보존되어 있는 화석을 이용하여 판단할 수 있다.



지층 누층의 법칙(지층 생성 순서: A → B → C)

③ **동물군 천이의 법칙:** 오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 더욱 진화된 생물의 화석이 산출된다.

- 지층에서 산출되는 화석군의 변화를 이용하여 지층의 선후 관계를 파악할 수 있다.
- 서로 멀리 떨어져 있는 지층들 사이의 선후 관계를 알 수 있다.



동물군 천이의 법칙

개념 체크

● 관입

마그마가 주변의 암석을 관입할 때는 주변의 암석 조각이 포획암으로 들어갈 수 있으며, 주변의 암석이 열을 받아 변성 작용이 일어날 수 있다.

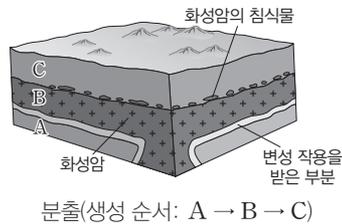
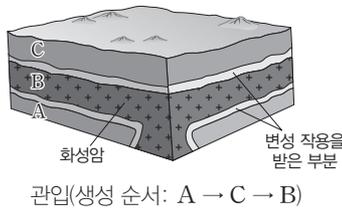
1. 부정합면 위에는 기존의 암석 파편 중 큰 것이 퇴적되어 ()로 나타나기도 한다.
2. 관입 당한 암석은 관입한 화성암보다 () 생성되었다.
3. 여러 지역에 분포하는 지층들을 서로 비교하여 시간적인 선후 관계를 밝히는 것을 ()라고 한다.
4. 암상에 의한 대비를 할 때 기준이 되는 지층을 ()이라고 한다.
5. 같은 종류의 () 화석이 산출되는 지층은 같은 시기에 생성된 지층이다.

④ 부정합의 법칙: 부정합면을 경계로 상부 지층과 하부 지층의 퇴적 시기 사이에는 큰 시간적 간격이 존재한다.

- 부정합은 퇴적이 중단되거나 먼저 퇴적된 지층이 없어진 상태에서 다시 퇴적이 일어날 때 만들어진다.
- 부정합면을 경계로 상하 지층을 이루는 암석의 조성이나 지질 구조, 발견되는 화석의 종류 등이 다른 경우가 많고, 부정합면 위에는 기존의 암석 파편 중 큰 것이 퇴적되어 기저 역암으로 나타나기도 한다.

⑤ 관입의 법칙: 마그마가 주변의 암석을 뚫고 들어가 화성암이 생성되었을 때, 관입 당한 암석은 관입한 화성암보다 먼저 생성되었다.

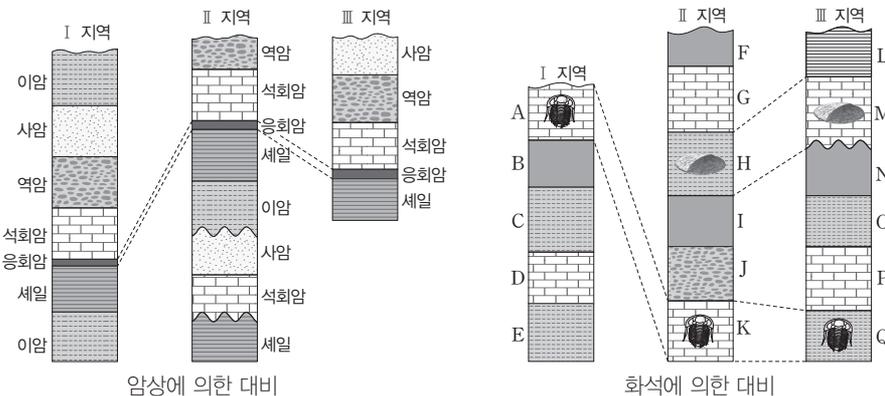
- 마그마가 주변의 암석을 관입한 경우 주변의 암석은 화성암보다 먼저 생성되었으며, 주변의 암석이 변성 작용을 받을 수 있다.
- 마그마가 지표로 분출한 경우 화성암 위의 지층은 화성암보다 나중에 생성되었으며, 화성암 위의 지층에는 변성 작용을 받은 부분이 나타나지 않는다.



(2) 지층 대비: 여러 지역에 분포하는 지층들을 서로 비교하여 퇴적 시기의 선후 관계를 밝히는 것을 지층 대비라고 한다.

① 암상에 의한 대비: 비교적 가까운 지역의 지층을 구성하는 암석의 종류, 조직, 지질 구조 등의 특징을 대비하여 지층의 선후 관계를 판단한다. ➔ 지층을 대비할 때 기준이 되는 지층을 건층 또는 열쇠층이라고 한다. 건층으로는 비교적 짧은 시기 동안 퇴적되었으면서도 넓은 지역에 걸쳐 분포하는 응회암층이나 석탄층이 주로 이용된다.

② 화석에 의한 대비: 같은 종류의 표준 화석이 산출되는 지층은 같은 시기에 생성된 지층이라고 할 수 있으므로, 같은 종류의 표준 화석이 산출되는 지층을 연결하여 지층의 선후 관계를 판단한다. ➔ 진화 계통이 잘 알려진 생물의 화석을 이용하여 대비하며, 가까운 거리뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 지층의 대비에도 이용된다.



정답

1. 기저 역암
2. 먼저
3. 지층 대비
4. 건층 또는 열쇠층
5. 표준

개념 체크

● 방사성 동위 원소

원자핵 내의 양성자 수는 같지만 중성자 수가 달라 질량수가 다른 원소가 있는데, 이러한 관계가 있는 원소를 동위 원소라고 하며, 동위 원소 중 자연적으로 붕괴하여 방사선을 방출하면서 다른 원소로 변해가는 것을 방사성 동위 원소라고 한다.

● 방사성 동위 원소의 반감기

각각의 방사성 동위 원소는 각각의 반감기를 가진다.

1. 지질학적 사건의 발생 순서나 지층과 암석의 생성 시기를 상대적으로 나타낸 것을 ()이라고 한다.
2. 절대 연령을 측정할 때는 방사성 동위 원소의 ()를 이용한다.
3. 붕괴하는 방사성 동위 원소를 (), 방사성 동위 원소가 붕괴하여 생성되는 원소를 ()라고 한다.
4. 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 함량의 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 ()라고 한다.

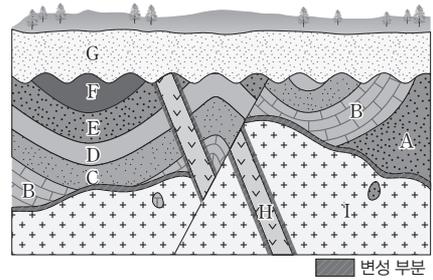
2 상대 연령과 절대 연령

(1) **상대 연령**: 과거에 일어난 지질학적 사건의 발생 순서나 지층과 암석의 생성 시기를 상대적으로 나타낸 것을 상대 연령이라고 한다. ➔ 지사학의 여러 법칙을 적용하여 지질학적 사건의 발생 순서를 판단한다.

탐구자료 살펴보기 지층의 상대 연령 결정하기

탐구 자료

그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다. 이 지역에서는 지층의 역전이 일어나지 않았으며, 화성암 I는 습곡이 형성된 이후에 관입하였다.



탐구 결과

1. 지층 A, B, C, D, E, F가 순서대로 퇴적된 후 습곡이 형성되었다. 화성암 H와 I 주변에서 변성 작용을 받은 부분이 나타나고 I에서 포획암이 발견되므로, H와 I는 기존의 암석을 관입하였다.
2. 지층 A~F, 화성암 H와 I는 단층에 의해 어긋나 있으므로 단층 작용은 지층 A~F, 화성암 H와 I가 생성된 후에 일어났고, 지층 G의 하부에 부정합면이 나타나는 것으로 보아 지층 A~F, 화성암 H와 I가 생성된 후 지각 변동에 의해 융기 → 풍화·침식 → 침강이 일어났다.
3. 지사학의 법칙을 적용하면 이 지역에서는 A → B → C → D → E → F → 습곡 → I → H → 정단층 → 부정합 → G 순으로 지질학적 사건이 일어났음을 알 수 있다.

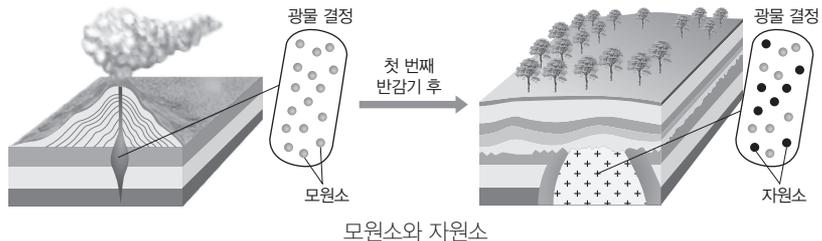
분석 point

- 지층과 암석의 생성 순서: 지층 A~G는 지층 누층의 법칙과 부정합의 법칙, 화성암 H와 I는 관입의 법칙을 적용하여 생성 순서를 결정한다.
- 지질 구조의 종류

습곡	수평 퇴적의 법칙에 의해 퇴적물은 일반적으로 수평으로 쌓이는데, 현재 지층 A~F가 휘어져 있다.
단층	단층면을 경계로 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였으므로 장력에 의해 형성된 정단층이다.
부정합	부정합면을 경계로 상부 지층과 하부 지층의 경사가 서로 다르므로 경사 부정합이다.

(2) **절대 연령**: 암석의 생성 또는 지질학적 사건의 발생 시기를 절대적인 수치로 나타낸 것을 절대 연령이라고 한다. ➔ 암석 속에 포함되어 있는 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 알아낸다.

- ① 반감기: 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 함량의 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.
 - 모원소와 자원소: 방사성 동위 원소는 시간이 지남에 따라 방사선을 방출하면서 붕괴하여 다른 원소로 변하는데, 붕괴하는 방사성 동위 원소를 모원소, 방사성 동위 원소가 붕괴하여 생성되는 원소를 자원소라고 한다.

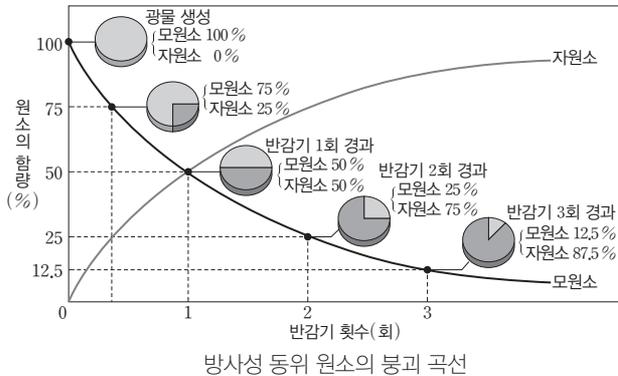


정답

1. 상대 연령
2. 반감기
3. 모원소, 자원소
4. 반감기

- ② 반감기와 절대 연령의 관계: 시간이 지남에 따라 모원소의 함량은 지속적으로 감소하고, 자원소의 함량은 지속적으로 증가한다. ➔ 암석이나 광물에 포함된 모원소와 자원소의 비율, 반감기를 알면 그 암석이나 광물이 생성된 시기를 알 수 있다.

$$t = n \times T \quad (t: \text{절대 연령}, n: \text{반감기 경과 횟수}, T: \text{반감기})$$



- 화성암에서 측정한 절대 연령은 암석이 생성된 시기를 나타내고, 퇴적암은 생성 시기가 다른 여러 광물 입자가 섞여 있으므로 퇴적암에서 측정한 절대 연령은 퇴적암의 퇴적 시 상한선을 지시한다.
- 오래 전에 생성된 암석의 절대 연령은 반감기가 긴 방사성 동위 원소를 이용하여 측정하고, 비교적 최근에 생성된 암석의 절대 연령은 반감기가 짧은 방사성 동위 원소를 이용하여 측정한다.

모원소	자원소	반감기	포함된 광물 및 물질
²³⁸ U	²⁰⁶ Pb	약 45억 년	지르콘, 우라니나이트, 피치블렌드
²³⁵ U	²⁰⁷ Pb	약 7억 년	지르콘, 우라니나이트, 피치블렌드
²³² Th	²⁰⁸ Pb	약 141억 년	지르콘, 우라니나이트
⁸⁷ Rb	⁸⁷ Sr	약 492억 년	흑운모, 백운모, 정장석, 각섬석
⁴⁰ K	⁴⁰ Ar	약 13억 년	휘석, 흑운모, 백운모, 정장석
¹⁴ C	¹⁴ N	약 5730년	뼈, 나무 등 탄소를 포함한 유기물

개념 체크

❶ 절대 연령 측정 시 유의 사항
절대 연령을 측정하려는 시료가 생성될 때 모원소를 많이 가질수록, 자원소를 적게 포함할수록 절대 연령 측정에 유리하다.

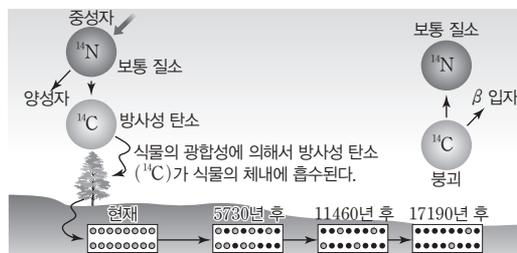
❷ 퇴적암의 절대 연령

퇴적암은 여러 시기의 퇴적물이 섞여 있으므로 절대 연령을 정확히 측정하기 어렵다. 따라서 화성암의 절대 연령을 측정한 후 이들과의 생성 순서를 비교하여 간접적으로 알아낸다.

1. 시간이 지남에 따라 모원소의 함량은 지속적으로 ()하고, 자원소의 함량은 지속적으로 ()한다.
2. 반감기가 4번 지나면 방사성 동위 원소의 함량은 처음 함량의 ()이 된다.
3. 퇴적암에서 측정한 절대 연령은 퇴적암의 퇴적 시기 ()을 지시한다.
4. 반감기가 약 5730년으로 짧고 탄소를 포함한 유기물의 절대 연령 측정에 많이 이용되는 방사성 동위 원소는 ()이다.

과학 돋보기 방사성 탄소(¹⁴C)를 이용한 연대 측정

- 대기 중의 탄소는 대부분 ¹²C로 존재하지만 극히 일부는 ¹⁴C로 존재하는데, ¹⁴C는 붕괴하여 ¹⁴N로 변한다. 그런데 ¹⁴N가 지구 밖에서 오는 중성자와 반응하여 ¹⁴C로 되는 과정이 반복되므로 대기 중에 존재하는 ¹²C와 ¹⁴C의 비율은 일정하게 유지된다.
- ¹²C와 같이 ¹⁴C도 산소와 결합하여 CO₂가 되고 이를 식물이 흡수하므로 살아 있는 생물체 내의 ¹²C와 ¹⁴C의 비율은 대기의 비율과 같다. 그러나 생물이 죽으면 물질 대사가 정지되고 시간이 지남에 따라 생물체 내의 ¹⁴C는 붕괴하여 ¹⁴N로 변한다. 따라서 생물체 내의 ¹²C와 ¹⁴C의 비율을 측정하면 그 생물이 죽은 후 경과한 시간을 알 수 있다.
- 방사성 탄소(¹⁴C)는 반감기가 약 5730년으로 짧기 때문에 비교적 최근에 생성된 지층 속에 들어 있는 화석과 고고학적 유물의 연대 측정에 많이 이용된다.



정답

1. 감소, 증가
2. $\frac{1}{16}$
3. 상한선
4. ¹⁴C

개념 체크

● 산소 안정 동위 원소를 이용한 고기후 연구 방법

빙하를 구성하는 물 분자의 산소 안정 동위 원소 비율(¹⁸O/¹⁶O)을 측정하여 과거의 기후를 알아내는 방법이다. 기온이 높을수록 빙하를 구성하는 물 분자의 산소 안정 동위 원소 비율(¹⁸O/¹⁶O)이 커진다.

● 지질 시대

지구의 역사 약 46억 년을 1일(24시간)로 환산하면 1시간은 약 1억 9200만 년에 해당하므로 고생대는 21시 11분경, 중생대는 22시 41분경, 신생대는 23시 39분경에 시작되었다.

1. 지질 시대 결정과 지층 대비에 유용한 화석을 () 이라고 한다.
2. 시상 화석은 생물이 살았던 시기의 ()을 추정하는 데 이용된다.
3. 지질 시대는 ()에서 일어난 급격한 변화나 지각 변동, 기후 변화 등을 기준으로 구분한다.
4. () 누대는 고생대, 중생대, 신생대로 세분된다.
5. 빙하를 구성하는 물 분자의 산소 안정 동위 원소 비율로부터 () 변화를 추정할 수 있다.

3 지질 시대의 환경과 생물

(1) **화석의 생성과 보존**: 일반적으로 생물체에 뼈나 줄기와 같은 단단한 부분이 있으면 유리하고, 생물체가 분해되기 전에 빨리 묻혀야 하며, 퇴적암이 생성된 후 심한 지각 변동이나 변성 작용을 받지 않아야 한다.

(2) 표준 화석과 시상 화석

표준 화석	시상 화석
<ul style="list-style-type: none"> • 지질 시대 중 일정 기간에만 번성했다가 멸종한 생물의 화석으로, 지질 시대 결정과 지층 대비에 이용된다. • 조건: 생존 기간이 짧고, 분포 면적이 넓으며, 개체 수가 많아야 한다. <p>☞ 삼엽충: 고생대, 암모나이트: 중생대, 매머드: 신생대</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 자연환경에서만 서식하는 생물의 화석으로, 생물이 살았던 시기의 자연환경을 추정하는 데 이용된다. • 조건: 생존 기간이 길고, 분포 면적이 좁으며, 환경 변화에 민감해야 한다. <p>☞ 고사리: 따뜻하고 습한 육지</p>

(3) **지질 시대의 구분**: 지구가 탄생한 약 46억 년 전부터 현재까지를 지질 시대라고 한다.

- ① 지질 시대의 구분 기준: 생물계에서 일어난 급격한 변화나 지각 변동, 기후 변화 등을 기준으로 구분한다.
- ② 지질 시대의 구분 단위: 누대(累代), 대(代), 기(紀) 등으로 구분한다. ➔ 시생 누대와 원생 누대는 화석이 거의 발견되지 않으며, 현생 누대는 화석이 비교적 풍부하여 많이 산출된다. 현생 누대는 생물의 출현과 진화 등 생물계에 큰 변화가 나타난 시기를 기준으로 구분한다.

지질 시대			지질 시대		
누대	대	절대 연대 (백만 년 전)	대	기	절대 연대 (백만 년 전)
현생 누대	신생대	66.0	신생대	제4기	2.58
	중생대	252.2		네오기	23.03
	고생대	541.0		팔레오기	66.0
원생 누대	신원생대	1000	중생대	백악기	145.0
	중원생대	1600		쥐라기	201.3
	고원생대	2500		트라이아스기	252.2
시생 누대	신시생대	2800	고생대	페름기	298.9
	중시생대	3200		석탄기	358.9
	고시생대	3600		데본기	419.2
	초시생대	4000		실루리아기	443.8
				오르도비스기	485.4
			캄브리아기	541.0	

지질 시대의 구분

(4) 지질 시대의 기후

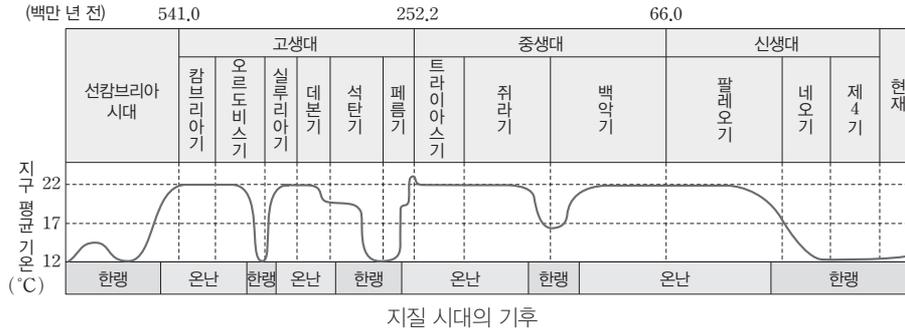
① 고기후 연구 방법

- 화석 연구: 시상 화석의 종류와 분포로부터 과거의 기후를 추정할 수 있다.
- 지층의 퇴적물 연구: 퇴적물 속에 보존되어 있는 꽃가루 화석을 분석하면 과거 식물의 분포와 기후를 추정할 수 있다.
- 나무의 나이테 연구: 나이테 사이의 폭과 밀도를 측정하여 과거의 기온과 강수량 변화를 추정할 수 있다.
- 빙하 코어 연구: 빙하 속에 들어 있는 공기 방울을 분석하여 과거 대기 조성을 알 수 있고, 빙하를 구성하는 물 분자의 산소 안정 동위 원소 비율(¹⁸O/¹⁶O)로부터 기온 변화를 추정할 수 있다.

정답

1. 표준 화석
2. 자연환경
3. 생물계
4. 현생
5. 기온

② 지질 시대의 기후: 선캄브리아 시대와 고생대 및 신생대에는 빙하기가 있었으며, 중생대에는 빙하기 없이 대체로 온난하였다.



개념 체크

● **선캄브리아 시대**

고생대 최초의 시기가 캄브리아기 이므로 이보다 앞선 시기를 일반적으로 선캄브리아 시대라고 한다. 선캄브리아 시대는 전체 지질 시대의 약 88%를 차지한다.

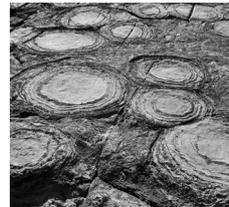
● **스트로마톨라이트**

남세균(시아노박테리아)에 의해 형성된 것으로 '층상 바위'라는 의미를 가지고 있으며, 따뜻하고 수심이 얇아 햇빛이 잘 드는 적도 부근의 바다에서 잘 만들어진다. 우리나라에서는 소청도와 태백시 구문소 등에서 산출된다.

(5) 지질 시대의 환경과 생물

① 선캄브리아 시대의 환경과 생물: 오랫동안 여러 차례의 지각 변동을 받으면서 대부분의 기록이 사라졌기 때문에 환경을 알기 어렵다.

- 시생 누대: 대기 중에 산소가 거의 없었고, 육지에는 강한 자외선이 도달하였으므로 바다에서 최초의 생명체가 출현하였다. 원핵 생물인 남세균이 출현하여 얇은 바다에 스트로마톨라이트를 형성하였다.
- 원생 누대: 남세균의 광합성으로 대기 중에 산소의 양이 점차 증가하였고, 말기에는 최초의 다세포 동물이 출현하였으며, 그 일부가 에디아카라 동물군 화석으로 남아 있다.



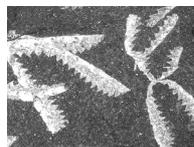
스트로마톨라이트

② 고생대의 환경과 생물

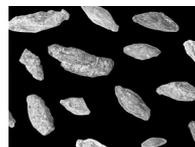
환경	<ul style="list-style-type: none"> • 캄브리아기, 실루리아기, 데본기에는 대체로 온난했으며, 오르도비스기, 석탄기, 페름기에는 빙하기가 있었다. • 말기에 여러 대륙들이 하나로 모여 초대륙 판게아를 형성하면서 대규모 조산 운동이 일어났다.
생물	<ul style="list-style-type: none"> • 캄브리아기(삼엽충의 시대): 다양한 생물이 폭발적으로 증가하였고, 온난한 바다에서 삼엽충, 완족류 등의 해양 무척추동물이 번성하였다. • 오르도비스기(필석의 시대): 삼엽충, 필석류, 완족류가 크게 번성하였고, 최초의 척추동물인 어류가 출현하였다. • 실루리아기: 필석류, 산호, 갑주어, 바다전갈 등이 번성하였다. • 데본기(어류의 시대): 갑주어를 비롯한 어류가 번성하여 전성기를 이루었고, 최초의 양서류가 출현하였다. • 석탄기: 방추충(푸줄리나), 산호, 유공충이 번성하였고, 최초의 파충류가 출현하였다. 양서류가 전성기를 이루었으며, 양치식물이 거대한 삼림을 형성하였다. • 페름기: 은행나무, 소철 등의 겉씨식물이 출현하였고, 말에는 삼엽충과 방추충을 비롯하여 많은 해양 생물이 멸종하였다.



삼엽충



필석



방추충

정답

1. 중생대
2. 원생
3. 캄브리아
4. 석탄
5. 판게아

개념 체크

● 중생대의 지각 변동과 기후

중생대에는 판게아가 분리되면서 화산 활동이 활발하게 일어났다. 그 결과 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하였고, 이로 인한 온실 효과에 의해 전반적으로 온난한 기후가 지속되었을 것으로 추정된다.

1. 중생대 트라이아스기에는 판게아가 분리되면서 ()과 인도양이 형성되기 시작하였다.
2. 중생대 ()기에 육지에서 공룡과 원시 포유류가 출현하였다.
3. 공룡은 중생대 () 말에 멸종하였다.
4. ()대에 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 ()산맥이 형성되었다.
5. 신생대에는 겉씨식물이 쇠퇴하고, ()식물이 번성하였다.

③ 중생대의 환경과 생물

환경	<ul style="list-style-type: none"> • 전반적으로 온난한 기후가 지속되었으며, 빙하기가 없었다. • 트라이아스기에 초대륙 판게아가 분리되면서 대서양과 인도양이 형성되기 시작하였고, 해양판이 섭입하면서 로키산맥, 안데스산맥과 같은 습곡 산맥이 형성되기 시작하였다.
생물	<ul style="list-style-type: none"> • 트라이아스기: 바다에서는 암모나이트가 번성하였으며, 육지에서는 공룡과 원시 포유류가 출현하였다. 은행류, 소철류 등의 겉씨식물이 번성하였다. • 쥐라기: 공룡을 비롯한 파충류와 암모나이트, 겉씨식물이 크게 번성하였고, 파충류와 조류의 특징을 모두 가진 시조새가 출현하였다. • 백악기: 말기에 공룡과 암모나이트가 멸종하였으며, 속씨식물이 겉씨식물을 대체하기 시작하였다.



암모나이트



공룡



시조새

④ 신생대의 환경과 생물

환경	<ul style="list-style-type: none"> • 팔레오기와 네오기는 대체로 온난하였으나 제4기에 접어들면서 점차 한랭해져 여러 번의 빙하기와 간빙기가 있었다. • 인도 대륙과 아프리카 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 히말라야산맥과 알프스산맥이 형성되었고, 태평양이 좁아지면서 오늘날과 비슷한 수륙 분포를 이루었다.
생물	<ul style="list-style-type: none"> • 팔레오기, 네오기: 대형 유공충인 화폐석이 번성하였고, 겉씨식물이 쇠퇴하였으며, 속씨식물이 번성하였고 넓은 초원이 형성되었다. • 제4기: 매머드 등의 대형 포유류가 번성하였고, 인류의 조상이 출현하였으며, 단풍나무, 참나무 등의 속씨식물이 번성하였다.



화폐석

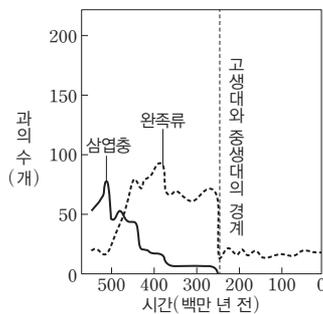


매머드

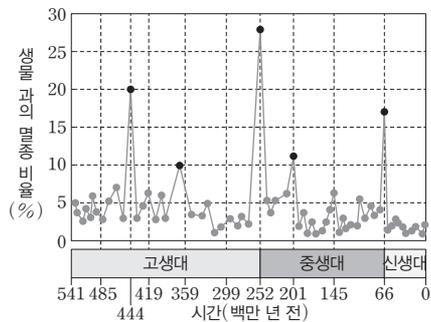


단풍나무

과학 돋보기 생물의 주요 멸종 시기



(가)



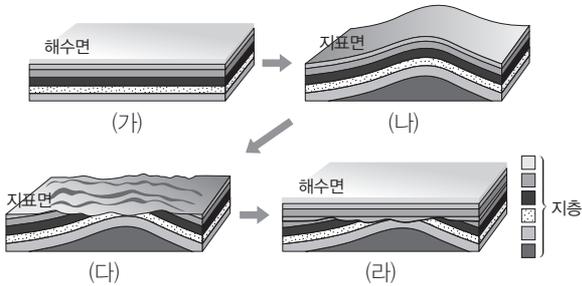
(나)

- (가)는 현생 누대 동안 삼엽충과 완족류의 과(과)의 수 변화를 나타낸 것이다. 고생대 페름기 말에 삼엽충이 멸종하였고, 완족류 과의 수는 급격히 감소하였다.
- (나)는 현생 누대 동안 생물 과(과)의 멸종 비율을 나타낸 것이다. 고생대 오르도비스기 말, 데본기 후기, 페름기 말, 중생대 트라이아스기 말, 백악기 말에 생물의 대량 멸종이 있었다.

정답

1. 대서양
2. 트라이아스
3. 백악기
4. 신생, 히말라야
5. 속씨

01 [22026-0073] 그림 (가)~(라)는 어느 지역의 지각 변동 과정을 모식적으로 나타낸 것이다.

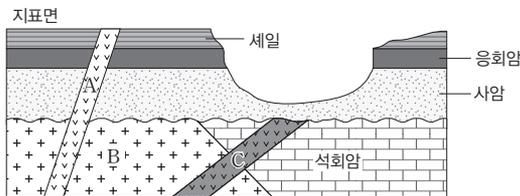


이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 퇴적물은 중력의 영향으로 수평면과 나란하게 쌓였다.
 - ㄴ. (나) → (다) 과정에서 퇴적 작용이 침식 작용보다 우세하게 일어났다.
 - ㄷ. (라)에는 평행 부정합이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

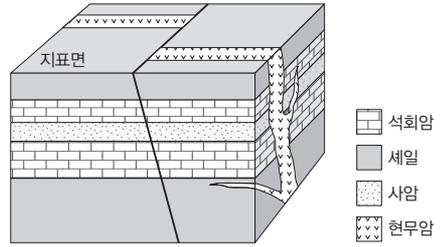
02 [22026-0074] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



관입암 A, B, C의 생성 순서를 옳게 나열한 것은?

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

03 [22026-0075] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.

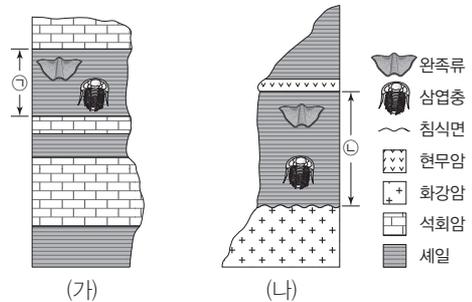


이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 현무암이 관입한 후 단층이 만들어졌다.
 - ㄴ. 단층에 의해 지층이 수평 방향으로 이동하였다.
 - ㄷ. 가장 오래된 암석과 가장 새로운 암석 모두 셰일이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

04 [22026-0076] 그림은 서로 다른 두 대륙 (가)와 (나)의 지질 단면을 나타낸 것이다.

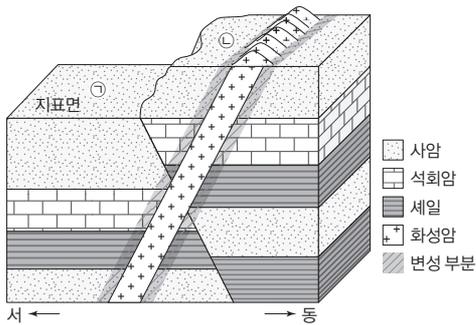


이 자료에 대해 옳게 말한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- 학생 A: 지층 누층의 법칙에 의하면, (가)에서 가장 오래된 지층은 셰일층이야.
- 학생 B: 동물군 천이의 법칙에 의하면, (가)의 ㉠층과 (나)의 ㉡층은 같은 지질 시대에 만들어졌어.
- 학생 C: 관입의 법칙에 의하면, (나)에서 화석이 산출되는 셰일층은 화강암보다 먼저 만들어졌어.

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

05 [22026-0077] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



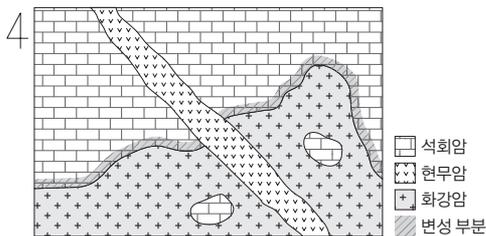
이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, ㉠ 지점과 ㉡ 지점은 지표면에 위치한다.)

보기

ㄱ. 횡압력에 의해 만들어진 단층이 있다.
 ㄴ. 화성암이 가장 새로운 지층을 관입하였다.
 ㄷ. 지표면에 노출된 사암의 퇴적 시기는 ㉡ 지점이 ㉠ 지점보다 빠르다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0078] 그림은 고도가 일정한 어느 지역 지표면의 암석 분포를 나타낸 것이다. 현무암과 화강암의 절대 연령은 각각 0.5억 년과 1억 년이다.



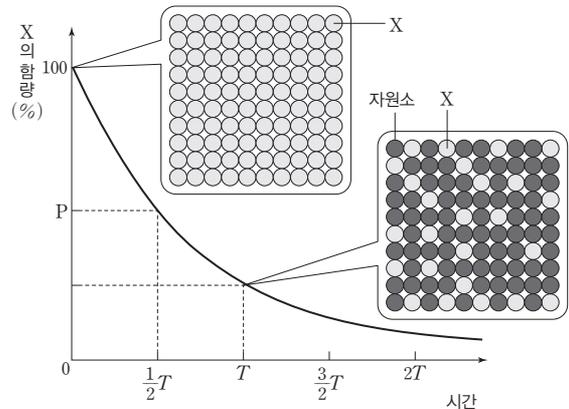
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 화강암의 내부에는 포획암이 존재한다.
 ㄴ. 화강암이 석회암과 현무암을 모두 관입하였다.
 ㄷ. 석회암에는 화폐석 화석이 산출될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

07 [22026-0079] 그림은 방사성 동위 원소 X의 붕괴 곡선과 시간에 따른 방사성 동위 원소 X와 자원소의 함량을 나타낸 것이다.



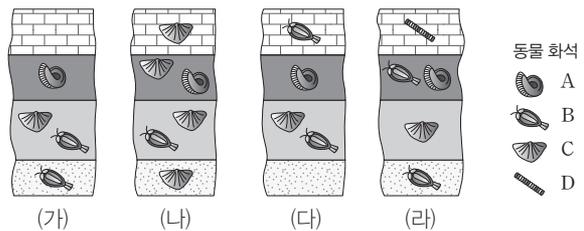
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. X의 반감기는 T이다.
 ㄴ. P는 50이다.
 ㄷ. 2T일 때, $\frac{\text{자원소의 함량}}{\text{X의 함량}}$ 은 15이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 [22026-0080] 그림은 인접한 (가)~(라) 지역의 지층 단면과 산출되는 동물 화석을 나타낸 것이다.



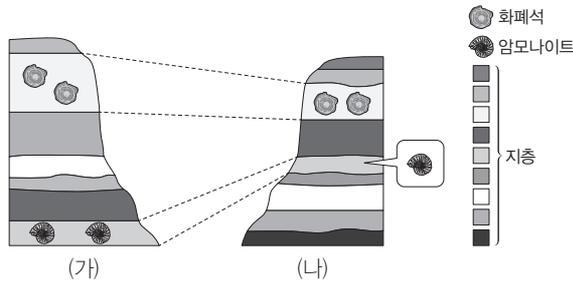
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 생존 기간을 고려할 때, A는 C보다 표준 화석으로 적합하다.
 ㄴ. B와 C는 같은 시기에 생존한 적이 있다.
 ㄷ. 가장 먼저 출현한 동물은 D이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0081] 그림은 약 2000 km 떨어져 있는 두 지역 (가)와 (나)를 화석을 이용해 지층 대비한 결과를 모식적으로 나타낸 것이다.



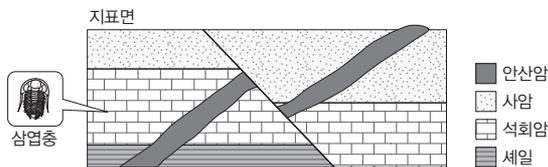
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 화석을 이용한 지층 대비는 두 지역이 동일한 퇴적 환경에 있었던 경우에만 지층 대비가 가능하다.
- ㄴ. 화석을 이용한 지층 대비에는 표준 화석보다 시상 화석이 유용하다.
- ㄷ. 가장 오래된 지층은 (나)에 분포한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0082] 그림은 어느 지역의 지질 단면과 산출되는 화석을 나타낸 것이다.



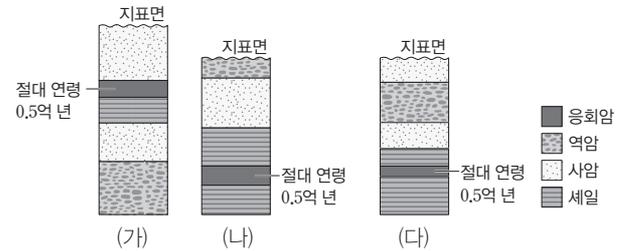
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 석회암은 고생대 지층이다.
- ㄴ. 장력에 의해 만들어진 단층이 있다.
- ㄷ. 안산암의 절대 연령은 6억 년보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

11 [22026-0083] 그림은 인접한 (가), (나), (다) 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



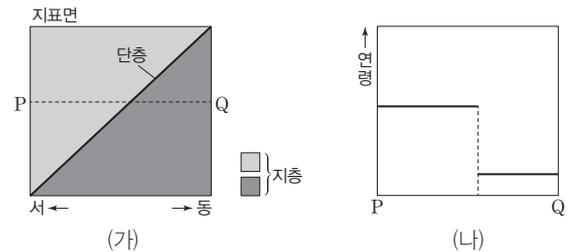
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나), (가)와 (다)에는 각각 같은 시기에 퇴적된 셰일층이 존재한다.)

보기

- ㄱ. 가장 오래된 지층은 (가)에 분포한다.
- ㄴ. (가)의 역암층은 (다)의 역암층과 같은 시기에 생성되었다.
- ㄷ. (나)의 사암층에서 암모나이트 화석이 산출될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [22026-0084] 그림 (가)는 지표면의 고도가 일정한 지역의 지층 단면이고, (나)는 (가)의 P-Q 구간에서 지층 연령을 나타낸 것이다. 두 지층 각이 퇴적되는 동안 각각의 퇴적 속도는 일정했다.



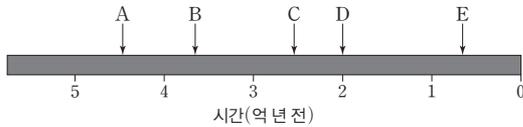
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 상반은 단층의 서쪽에 위치한다.
- ㄴ. 두 지층의 층리는 나란하다.
- ㄷ. 단층이 형성되는 과정에서 상반이 하반에 대해 아래로 이동하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

13 [22026-0085] 그림은 현생 누대 동안 해양 생물의 주요 멸종 시기 A~E를 나타낸 것이다.



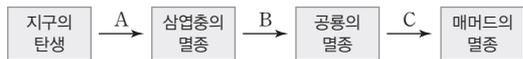
주요 멸종 시기 A~E에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A 시기에 삼엽충이 멸종했다.
- ㄴ. B 시기와 C 시기 사이에 공룡이 출현하였다.
- ㄷ. 해양 생물의 멸종 비율이 가장 큰 시기는 C이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

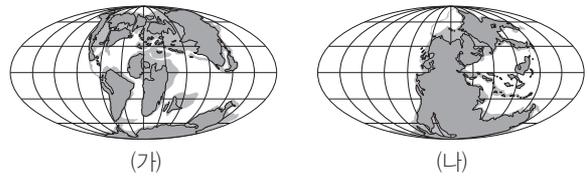
14 [22026-0086] 그림은 지구의 역사 약 46억 년 동안 지구에서 일어난 주요 지질학적 사건을 시간 순으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 최초의 사지동물은 A 기간에 출현하였다.
- ② 지구의 역사에서 A 기간이 차지하는 비율은 90% 이상이다.
- ③ B 기간은 현생 누대에 속한다.
- ④ B 기간에 겉씨식물이 번성했다.
- ⑤ C 기간은 1억 년보다 길다.

15 [22026-0087] 그림 (가)와 (나)는 고생대 페름기와 중생대 백악기의 대륙 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.



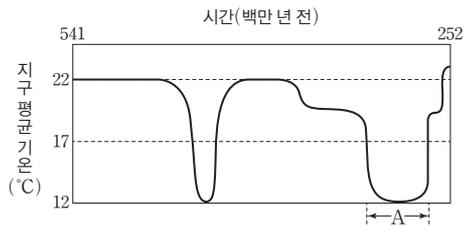
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가) 시기에 바다에는 방추충이 생존했다.
- ㄴ. 초대륙 로디니아가 존재하던 시기는 (나) 시기보다 빠르다.
- ㄷ. (나) 시기에 히말라야산맥이 존재했다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

16 [22026-0088] 그림은 현생 누대 중 어느 지질 시대 동안 지구 평균 기온 변화를 나타낸 것이다.



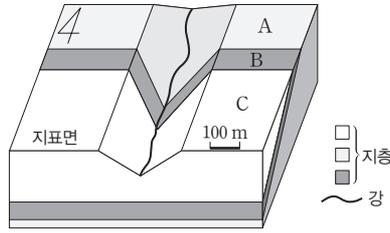
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이 지질 시대는 고생대이다.
- ㄴ. A 시기에 빙하기가 있었다.
- ㄷ. A 시기에 삼엽충이 멸종했다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

01 [22026-0089] 그림은 강이 있는 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다. 강물은 북쪽에서 남쪽으로 흐른다.



수평 퇴적의 법칙에 의하면, 퇴적물이 쌓일 때는 중력의 영향으로 수평면과 나란한 방향으로 쌓여 지층이 생성된다. 지층의 역전이 없었다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 퇴적되었다.

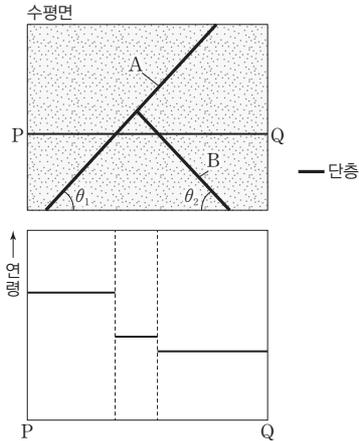
지층 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 지층이 남쪽 방향으로 경사져 있는 것은 강물의 의해 침식되었기 때문이다.
- ㄴ. 지표면에서 강물이 흐르는 방향을 따라 지층의 퇴적 시기를 조사해 보면 퇴적 시기가 늦어지는 경향을 보인다.
- ㄷ. 지표면에서 B와 C의 경계를 따라가면서 산출되는 화석을 조사해 보면 강 부근에서 가장 오래된 표준 화석이 산출될 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 [22026-0090] 그림은 어느 지층의 단면과 P-Q 구간의 지층 연령을 나타낸 것이다. A와 B는 단층이며, 이 지층이 퇴적되는 동안 퇴적 속도는 일정했고 θ_1 과 θ_2 의 크기는 같다.



정단층은 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층이고, 역단층은 상반이 하반에 대해 위로 이동한 단층이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

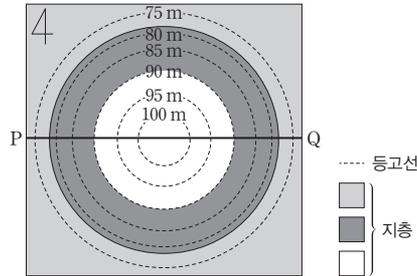
- ㄱ. 이 지층의 층리는 Q 쪽으로 기울어져 있다.
- ㄴ. A 단층은 역단층이다.
- ㄷ. 하반에 대한 상반의 연직 방향의 이동 거리는 A 단층이 B 단층보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

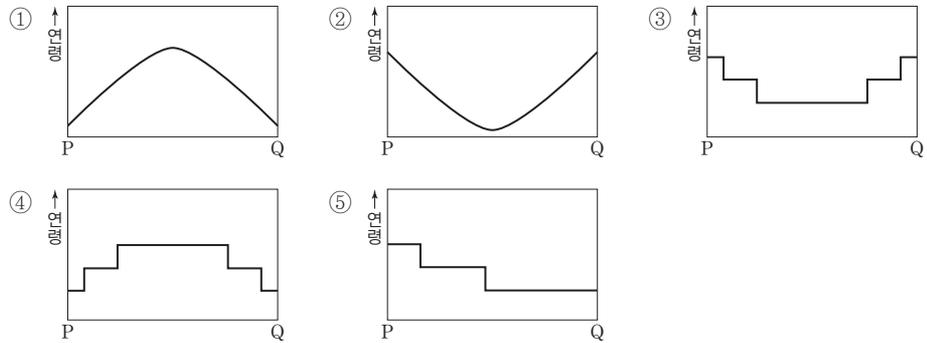
지층의 역전이 없었다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 퇴적되었다. 지층이 기울어지지 않고 수평하게 분포하면, 지층과 지층의 경계선은 등고선과 나란하다.

03 [22026-0091]

그림은 어느 지역의 등고선 지도에 지표면에 분포하는 수평층을 나타낸 것이다. 모든 지층은 서로 정합 관계이고 지층이 퇴적되는 동안 퇴적 속도는 일정했으며, 지층은 수평으로 퇴적되었다.



P-Q 구간에서 지표면에 노출된 지층의 연령으로 가장 적절한 것은? (단, P-Q 구간에서 고도는 연속적으로 변한다.)

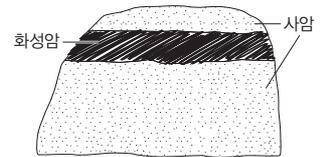


마그마가 기존 암석을 뚫고 들어가는 과정을 관입이라고 한다. 관입 당한 암석은 관입한 화성암보다 먼저 생성되었다.

04 [22026-0092]

다음은 영희가 어느 절벽의 모습이 간단히 스케치된 그림을 보고 이에 대해 설정한 가설이다.

[가설] 화성암이 사암을 관입하였을 것이다.



[스케치된 그림]

설정한 가설을 검증하기 위해 영희가 이 절벽에 대해 조사해야 할 내용으로 적절한 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 화성암 속에 사암이 포획암으로 존재하는지를 조사한다.
- ㄴ. 화성암과 접촉한 사암에 변성 작용의 흔적이 있는지를 조사한다.
- ㄷ. 화성암의 생성 시기 및 사암의 퇴적 시기를 조사한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0093] 다음은 영희가 어느 절벽을 관찰한 보고서의 일부이다.

[보고서]

- A 지층에는 ㉠ 여러 지질 구조가 발달해 있다.
- B 지층의 층리면이 동쪽 방향으로 8° 정도 기울어져 있다.
- ㉡ A 지층과 B 지층의 경계면(U-U')이 8° 정도 기울어져 있다.

[지질 단면]

부정합면을 경계로 상부 지층과 하부 지층의 퇴적 시기 사이에는 큰 시간적 간격이 존재한다.

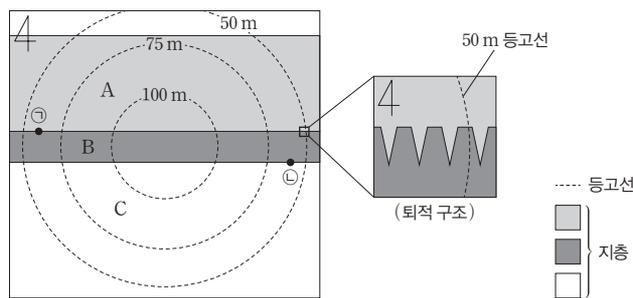
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 습곡과 정단층은 모두 ㉠에 해당한다.
- ㄴ. A와 B의 퇴적 시기 사이에는 큰 시간 간격이 있다.
- ㄷ. ㉡은 U-U'가 경사 부정합면이라는 증거이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0094] 그림은 어느 지역의 등고선 지도에 지표면에 분포하는 지층과 관찰된 퇴적 구조를 나타낸 것이다. 관찰된 퇴적 구조는 지표면을 위에서 내려다 본 모습이다.



지층이 역전되지 않았을 경우, 건열에서 썩기 모양으로 갈라진 부분은 표면에서 아래로 가면서 좁아지는 경향을 보인다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 지층의 두께는 A층이 C층보다 두껍다.
- ㄴ. B층은 퇴적된 후에 건조한 대기에 노출된 시기가 있었다.
- ㄷ. ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 나중에 퇴적되었다.

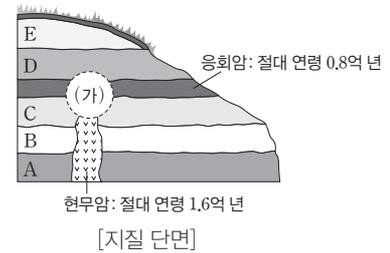
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

관입 당한 암석은 관입한 암석보다 먼저 생성되었다. 반감기는 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 함량의 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

방사성 동위 원소 X의 반감기는 T이고, 방사성 동위 원소 Y의 반감기는 $\frac{1}{2}T$ 이다.

07 [22026-0095] 다음은 어느 절벽에 대한 설명이다.

- A~E 지층의 층리면이 거의 수평하다.
- 지층의 경계면과 나란하게 응회암이 분포하며, 응회암의 절대 연령은 0.8억 년이다.
- 지층의 경계면과 거의 수직하게 현무암이 분포하며, 현무암의 절대 연령은 1.6억 년이다.

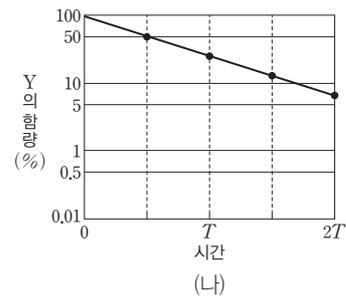
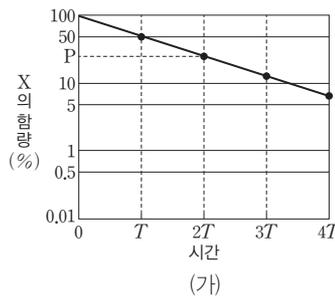


이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 응회암과 현무암이 각각 생성될 당시 방사성 동위 원소 X의 함량은 100%이고, X의 반감기는 0.8억 년이다.)

- 보기
- ㄱ. D는 응회암보다 나중에 퇴적되었다.
 - ㄴ. X의 함량은 응회암이 현무암의 2배이다.
 - ㄷ. (가) 부분에서 현무암이 응회암을 관입한 모습이 나타날 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0096] 그림 (가)와 (나)는 각각 방사성 동위 원소 X와 Y의 시간에 따른 함량을 나타낸 것이다.

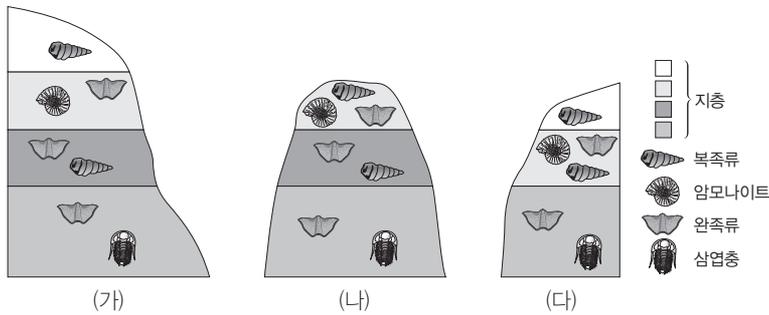


이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 P는 25이다.
 - ㄴ. Y의 함량이 처음의 5%가 되는 데 걸리는 시간은 3T이다.
 - ㄷ. 암석이 생성되고 4T 동안 방사성 동위 원소 함량의 감소량은 X가 Y보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [22026-0097] 그림은 인접한 지역 (가), (나), (다)의 지층과 산출되는 화석을 나타낸 것이다.

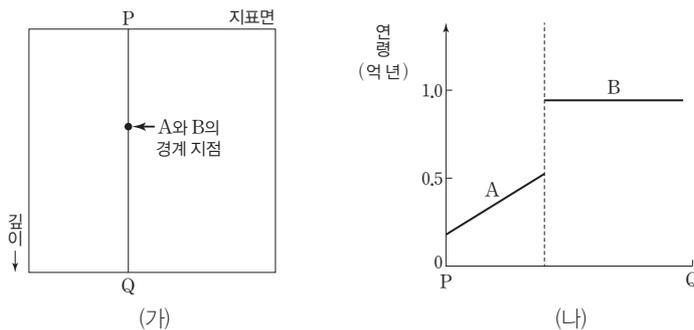


같은 종류의 표준 화석이 산출되는 지층은 같은 시기에 퇴적되었으므로, 표준 화석을 이용해서 지층을 대비할 수 있다.

이에 대한 해석으로 옳지 않은 것은?

- ① (가), (나) 중에서 가장 새로운 지층은 (가)에 분포한다.
- ② (다)에는 부정합이 있다.
- ③ (가), (나), (다) 모두에서 가장 오래된 지층은 고생대 지층이다.
- ④ 암모나이트는 복족류보다 표준 화석으로 적합하다.
- ⑤ 완족류는 고생대 말에 멸종했다.

10 [22026-0098] 그림 (가)는 암석 A와 B만이 분포하는 어느 지역의 지질 단면이고, (나)는 (가)의 P-Q 구간에서 암석의 연령을 나타낸 것이다. 암석 A와 B는 각각 사암과 화강암 중 하나이다.



암석 A에서는 깊이가 깊어질수록 암석의 연령이 증가하고, 암석 B에서는 암석의 연령은 일정하다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

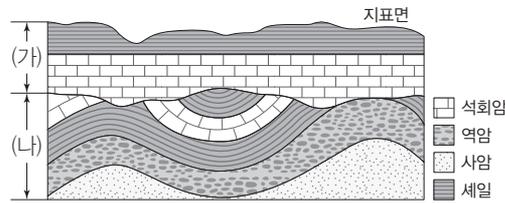
보기

- ㄱ. A는 사암이다.
- ㄴ. B가 생성되던 시기에 육지에는 공룡이 생존했다.
- ㄷ. A와 B는 부정합 관계이다.

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

석탄기는 고생대에 해당하고, 백악기는 중생대에 해당한다. 생물계에서 일어난 급격한 변화를 이용하여 지질 시대를 구분할 수 있다.

11 [22026-0099] 그림은 어느 지역의 지층 단면을, 표는 지층군 (가)와 (나)의 퇴적 시기를 나타낸 것이다.



지층군	퇴적 시기
(가)	백악기
(나)	석탄기

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

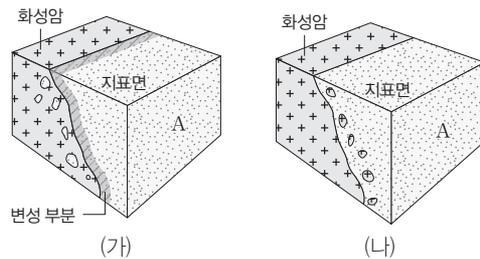
보기

ㄱ. (가)에서는 화폐석 화석이 산출될 수 있다.
 ㄴ. (가)가 퇴적될 당시는 빙하기였다.
 ㄷ. (가)와 (나)의 퇴적 시기 사이에 생물의 대멸종이 있었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

방사성 동위 원소 X의 반감기를 이용하여 화성암의 절대 연령을 알 수 있다.

12 [22026-0100] 그림은 인접한 두 지역 (가)와 (나)의 지질 단면을, 표는 (가)와 (나)의 화성암에 포함된 방사성 동위 원소 X와 자원의 함량을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 A층은 동일한 시기에 생성된 해성층이다.



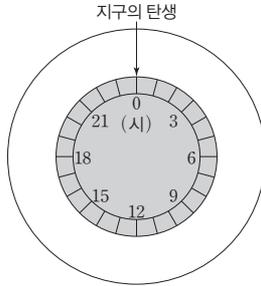
	X의 함량 : 자원의 함량
(가)의 화성암	50% : 50%
(나)의 화성암	25% : 75%

※ 방사성 동위 원소 X의 반감기=1억 년

A층에서 산출될 수 있는 화석으로 가장 적절한 것은?

- ① 삼엽충 화석 ② 화폐석 화석 ③ 공룡 발자국 화석
 ④ 암모나이트 화석 ⑤ 방추충 화석

[13~14] 그림은 지구의 역사 46억 년을 24시간의 지질 시계에 대비하여 나타낸 것이다. 표 (가)는 지구의 역사에서 각 지질 시대가 차지하는 비율을, (나)는 생물계에서 일어난 변화를 나타낸 것이다.



지질 시대	비율(%)
선캄브리아 시대	88.2
고생대	6.3
중생대	4.1
신생대	1.4

(가)

생물계의 변화	
㉠	공룡의 출현
㉡	어류의 출현
㉢	암모나이트의 멸종
㉣	가장 큰 규모의 대멸종

(나)

13 [22026-0101] 지구의 역사 46억 년을 24시간의 지질 시계에 대비할 때에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 지질 시계에서 1시간은 지구의 역사 약 1.9억 년에 해당한다.
- ㄴ. 지질 시계에서 고생대의 시작은 21시 이전에 표시된다.
- ㄷ. 지질 시계에서 선캄브리아 시대의 지속 시간은 22시간 이상이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

지구의 역사 46억 년을 24시간의 지질 시계에 대비할 때, 지구의 역사 1억 년은 지질 시계에서 약 0.52시간에 해당한다.

14 [22026-0102] 생물계의 변화를 지질 시계에 표시하는 활동에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 ㉡보다 늦은 시각에 표시된다.
- ㄴ. ㉢은 23시와 0시 사이에 표시된다.
- ㄷ. ㉣을 기준으로 선캄브리아 시대와 고생대가 구분된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

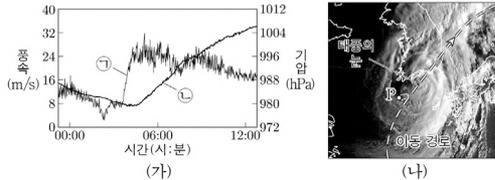
공룡은 중생대 트라이아스기에 출현하였고, 암모나이트는 중생대 백악기 말에 멸종하였다.

II

대기와 해양

2022학년도 대학수학능력시험 8번

8. 그림 (가)는 어느 태풍이 이동하는 동안 관측소 P에서 관측한 기압과 풍속을 ㉠과 ㉡으로 순서 없이 나타낸 것이고, (나)는 이 기간 중 어느 한 시점에 촬영한 가시 영상에 태풍의 이동 경로, 태풍의 눈의 위치, P의 위치를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

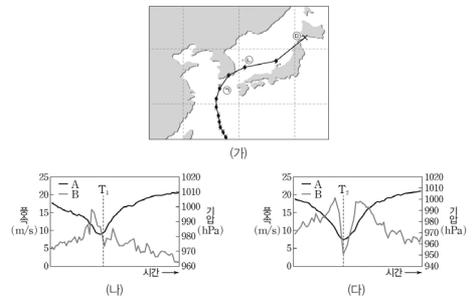
- ㄱ. 기압은 ㉠이다.
- ㄴ. (가)의 기간 동안 P에서 풍향은 시계 반대 방향으로 변했다.
- ㄷ. (나)의 영상은 (가)에서 풍속이 최소일 때 촬영한 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 94쪽 9번

[21026-0131]

09 그림 (가)는 어느 태풍의 이동 경로를, (나)와 (다)는 태풍의 중심부가 통과한 우리나라 두 관측소에서 관측된 평균 풍속과 해면 기압을 나타낸 것이다. 그림에서 T₁과 T₂는 시각을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. T₁은 T₂보다 나중이다.
- ㄴ. A는 평균 풍속, B는 해면 기압이다.
- ㄷ. 태풍이 ㉠-㉡으로 이동하는 동안 태풍의 중심 기압은 점차 낮아진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

대수능 8번 문제는 수능특강 94쪽 9번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 어느 관측소의 기압과 풍속을 제시하고, 태풍의 이동에 따른 풍속과 기압의 변화를 묻고 있다. 대수능 8번 문제에서는 태풍 진행 방향의 왼쪽에 위치한 관측 지점에서의 풍향 변화와 태풍의 중심이 관측소에 가장 가까운 위치를 통과했을 때의 풍속에 대하여 묻고 있으며, 수능특강 94쪽 9번 문제에서는 태풍의 중심부가 두 관측소를 모두 통과하는 경우에 대한 풍속의 변화, 중심 기압의 변화, 통과 시기에 대하여 묻고 있다. 두 문제 모두 관측소의 위치에 따른 태풍 통과 시의 기압 변화, 풍속 변화, 풍향 변화 등에 대하여 묻고 있다는 점에서 매우 유사하다.

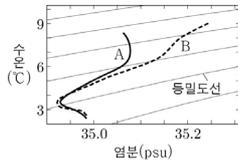
학습 대책

대수능 문제에서는 EBS 연계 교재 문제의 자료와 상황을 그대로 활용하는 경우도 있지만, 실제 발생한 사례를 자료로 제시함으로써 추가적인 내용을 묻는 경우도 있다. 특히, 태풍의 경우는 관측된 이동 경로와 통과 시 관측되는 기압, 풍속, 풍향 등의 자료가 사례마다 특징을 가지고 있으므로, 수능특강 등 EBS 연계 교재를 공부할 때는 문제의 정답을 찾는 것에 그치지 말고 제시된 자료를 상황에 따라 분석하고 연관된 내용을 파악하는 방향으로 학습해야 한다. 또한 단순한 지식 암기보다는 개념을 이해하고 이를 실제 다양한 사례에 적용해서 해석하는 방향으로 학습해야 한다.

수능 _ EBS 교재 연계 사례

2022학년도 대학수학능력시험 3번

3. 그림은 어느 고위도 해역에서 A 시기와 B 시기에 각각 측정된 깊이 50~500 m의 해수 특성을 수온-염분도에 나타낸 것이다. 이 해역의 수온과 염분은 유입된 담수의 양에 의해서만 변화하였다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

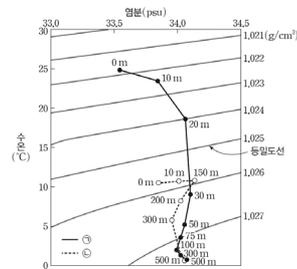
<보기>

- ㄱ. A 시기에 깊이가 증가할수록 밀도는 증가한다.
- ㄴ. 50 m 깊이에서 산소의 용해도는 A 시기가 B 시기보다 높다.
- ㄷ. 유입된 담수의 양은 A 시기가 B 시기보다 적다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 112쪽 2번

02 [21026-0160]
그림은 북반구 중위도 어느 해역에서 여름과 겨울에 측정된 해수면에서 수심 500 m까지의 수온과 염분을 수온-염분도에 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉓은 여름에 측정된 것이다.
- ㄴ. 수심 500 m에서 여름과 겨울에 측정된 해수 성질은 비슷하다.
- ㄷ. 표층과 수심 150 m 해수의 밀도 차는 여름이 겨울보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

대수능 3번 문제는 수능특강 112쪽 2번 문제와 연계하여 출제되었다. 제시된 자료가 거의 비슷하고, 수온-염분도에서 해수의 밀도와 염분의 특징을 묻고 있다는 점에서 연계 정도가 높다고 볼 수 있다. 한편, 대수능 3번 문제에서는 50 m 깊이에서 수온이 낮을수록 산소의 용해도가 커진다는 것과 유입된 담수의 양이 많을수록 염분이 낮아진다는 것을 묻고 있으나, 수능특강 112쪽 2번 문제에서는 겨울과 여름의 수온 및 염분의 특징을 이용하여 표층과 수심 150 m에서의 겨울과 여름의 밀도 차를 묻고 있다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

수능특강이나 수능완성 문제에 사용된 그림이 모의평가나 대수능 문제에 매우 유사하게 출제되는 경우가 많다. 특히 수온-염분도와 관련된 문제에서는 제시된 문제와 같이 깊이에 따른 수온과 염분 분포를 나타낸 수온-염분도의 출제 빈도가 매우 높다. 수온-염분도를 이용하여 출제되는 문제를 해결하기 위해서는 수온-염분도에서의 밀도의 크기, 계절별 염분 분포, 계절별 수온 분포와 관련지어 이해하고 염분과 수온의 변화에 영향을 주는 요인들을 학습해 두어야 한다.

개념 체크

● 기압

공기의 무게에 의해 생기는 대기의 압력을 기압이라고 한다. 기압의 단위로는 hPa, mmHg, atm 등을 사용하는데, 1 atm(기압)은 약 1013 hPa, 760 mmHg에 해당한다.

1. 주변보다 기압이 높은 곳을 ()이라고 한다.
2. 저기압 중심에는 () 기류가 발달하여 구름이 형성되고 날씨가 ()이다.
3. 고기압의 중심부가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르는 고기압을 () 고기압이라고 한다.
4. 우리나라의 여름철에 영향을 미치는 정체성 고기압은 () 고기압이다.
5. 양쯔강 기단에서 발달하여 이동하는 비교적 규모가 작은 고기압을 () 고기압이라고 한다.

1 기압과 날씨 변화

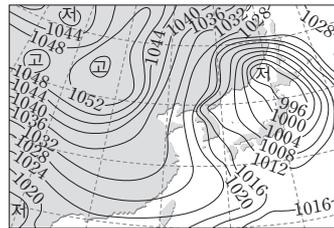
(1) 고기압과 저기압

고기압	저기압
주변보다 기압이 높은 곳	주변보다 기압이 낮은 곳
	
바람이 시계 방향으로 불어 나감(북반구), 하강 기류 발달, 날씨 맑음	바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어감(북반구), 상승 기류 발달, 구름 형성, 날씨 흐림

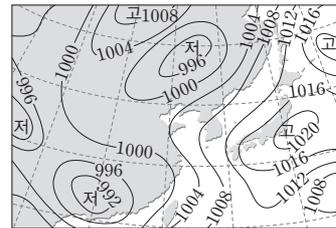
(2) 정체성 고기압과 이동성 고기압

① 정체성 고기압: 고기압의 중심부가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르는 고기압이다.

예 시베리아 고기압, 북태평양 고기압



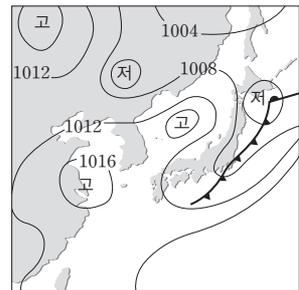
시베리아 고기압(겨울철)



북태평양 고기압(여름철)

② 이동성 고기압

- 시베리아 기단에서 일부가 떨어져 나오거나 양쯔강 기단에서 발달하여 이동하는 비교적 규모가 작은 고기압을 이동성 고기압이라고 한다.
- 우리나라가 이동성 고기압의 영향을 받을 때는 2~3일 정도 맑은 날씨가 이어지다가, 뒤를 이어 다가오는 저기압의 영향을 받아 흐리거나 비가 내리기도 한다.



이동성 고기압(봄철, 가을철)

(3) 온대 저기압

① 온대 저기압의 발생

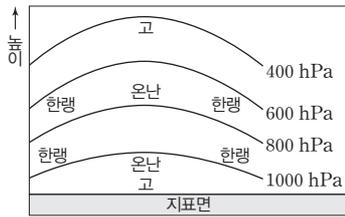
- 온대 저기압은 찬 기단과 따뜻한 기단이 만나는 중위도의 정체 전선상의 파동으로부터 발생하며, 온대 저기압은 북반구에서는 찬 공기가 남하하는 남서쪽으로 한랭 전선을, 따뜻한 공기가 북상하는 남동쪽으로 온난 전선을 동반한다.
- 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하며, 중위도 지방의 날씨 변화에 큰 영향을 미친다.

정답

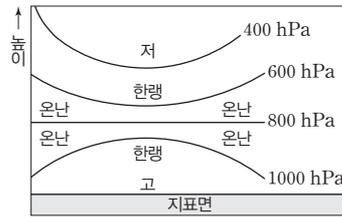
1. 고기압
2. 상승, 흐리다
3. 정체성
4. 북태평양
5. 이동성

과학 돋보기 온난 고기압과 한랭 고기압

그림은 정체성 고기압을 연직 기압 분포에 따라 분류한 것이다. 고기압권 내의 기온이 주위보다 높은 고기압을 온난 고기압(warm high), 고기압권 내의 기온이 주위보다 낮은 고기압을 한랭 고기압(cold high)이라고 한다.



온난 고기압의 연직 구조(예)



한랭 고기압의 연직 구조(예)

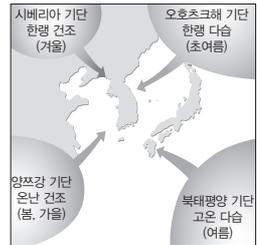
온난 고기압은 '키 큰 고기압', 한랭 고기압은 '키 작은 고기압'이라고도 불린다. 우리나라의 여름철에 영향을 미치는 북태평양 고기압은 온난 고기압, 겨울철에 영향을 미치는 시베리아 고기압은 한랭 고기압에 해당한다.

개념 체크

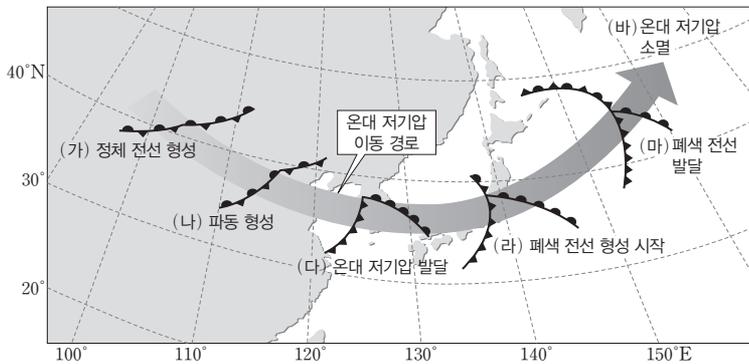
❶ 기단

넓은 지역에 걸쳐 있는 성질(기온, 습도 등)이 비슷한 공기 덩어리를 말하며, 발원지의 성질을 닮아서 차고 건조한 대륙에서 발생한 기단은 한랭 건조하고, 따뜻한 해양에서 발생한 기단은 고온 다습하다.

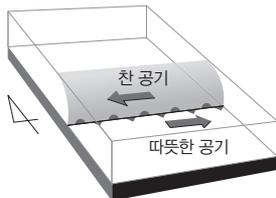
❷ 우리나라 주변의 기단



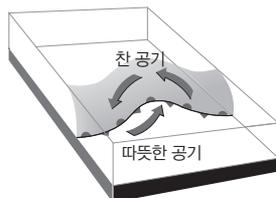
② 온대 저기압의 일생



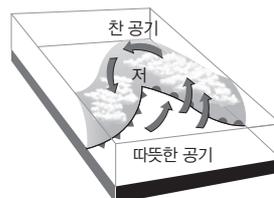
온대 저기압의 일생



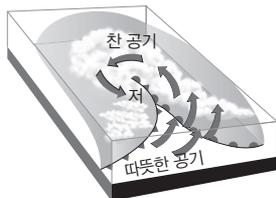
(가) 정체 전선 형성
남쪽의 따뜻한 기단과 북쪽의 찬 기단 사이에 정체 전선이 형성된다.



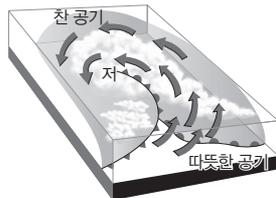
(나) 파동 형성
정체 전선을 사이에 두고 남쪽과 북쪽에서 서로 반대 방향으로 바람이 불면서 작은 파동이 형성되고 이 과정에서 한랭 전선과 온난 전선이 형성된다.



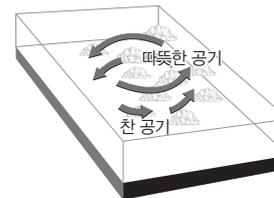
(다) 온대 저기압 발달
온난 전선과 한랭 전선이 발달하면서 중심부에 저기압이 형성된다.



(라) 폐색 전선 형성 시작
이동 속도가 빠른 한랭 전선이 온난 전선 쪽으로 이동하여 폐색 전선이 형성되기 시작한다.



(마) 폐색 전선 발달
폐색 전선의 양쪽에 찬 공기가 위치하게 되면 온대 저기압의 세기는 점차 약해진다.



(바) 온대 저기압 소멸
따뜻한 공기는 위로 올라가고, 찬 공기는 아래에 위치하여 온대 저기압이 소멸된다.

1. 온대 저기압은 () 지역의 정체 전선상의 파동으로부터 발생한다.
2. 북반구에서는 온대 저기압 중심으로 바람이 () 방향으로 불어 () .
3. 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐지면 () 전선이 형성된다.
4. 우리나라를 통과하는 온대 저기압은 ()의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.
5. 한랭 전선의 이동 속도가 온난 전선의 이동 속도보다 () .

정답

1. 중위도
2. 시계 반대, 들어간다
3. 폐색
4. 편서풍
5. 빠르다

개념 체크

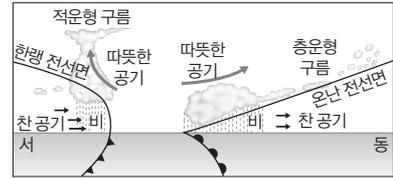
● 전선과 전선면

성질이 크게 다른 두 기단의 경계면을 전선면이라 하고, 전선면과 지표면이 만나는 선을 전선이라고 한다.

- () 전선은 찬 기단과 따뜻한 기단의 세력이 비슷하여 전선이 거의 이동하지 않고 한곳에 오랫동안 머무르는 전선이다.
- 한랭 전선의 후면에서는 ()형 구름이 형성된다.
- 온난 전선이 통과하면 기온이 ()한다.
- 온난 전선과 한랭 전선 사이에서는 날씨가 ()고, ()풍이 분다.
- 한랭 전선이 통과하면 기압이 ()한다.

③ 온대 저기압과 전선

- 정체 전선: 찬 기단과 따뜻한 기단의 세력이 비슷하여 전선이 거의 이동하지 않고 한곳에 오랫동안 머무르는 전선이다. 예) 장마 전선
- 한랭 전선과 온난 전선: 한랭 전선은 찬 공기가 따뜻한 공기 쪽으로 이동하여 따뜻한 공기 밑으로 파고들 때 형성되고, 온난 전선은 따뜻한 공기가 찬 공기 쪽으로 이동하여 찬 공기 위로 올라갈 때 형성된다.



한랭 전선과 온난 전선

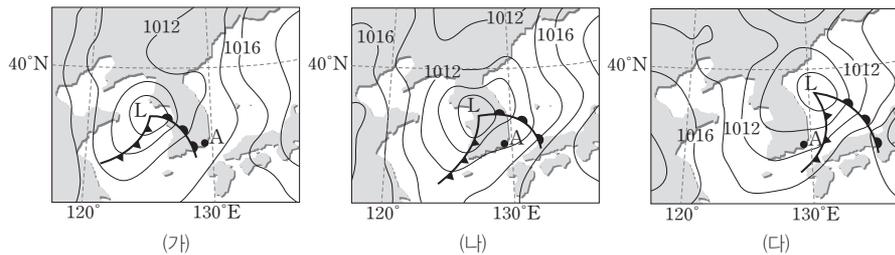
구분		한랭 전선	온난 전선
전선면의 기울기		급하다	완만하다
구름과 강수 형태		적운형, 소나기	층운형, 지속적인 비
구름과 강수 구역		전선 후면의 좁은 구역	전선 전면의 넓은 구역
전선의 이동 속도		빠르다	느리다
통과 전후의 변화	기온	하강	상승
	기압	상승	하강
	바람(북반구)	남서풍 → 북서풍	남동풍 → 남서풍

- 폐색 전선: 이동 속도가 상대적으로 빠른 한랭 전선이 이동 속도가 느린 온난 전선을 따라 잡아 두 전선이 겹쳐질 때 형성된다.

탐구자료 살펴보기 온대 저기압과 날씨 변화

탐구 자료

그림 (가), (나), (다)는 온대 저기압이 우리나라를 통과한 어느 날의 일기도를 시간 순서대로 나타낸 것이다.



탐구 결과

- 온대 저기압은 대체로 서쪽에서 동쪽으로 이동하였다.
- A 지역은 (가)에서 온난 전선의 전면에 위치하므로 층운형 구름이 형성되어 약한 비가 내렸을 것이다. (나)에서는 온난 전선이 통과한 후이므로 (가)보다 기온이 상승하고, 날씨는 맑아졌을 것이다. (다)에서는 한랭 전선의 후면에 위치하므로 적운형 구름이 형성되어 소나기가 내리고, 기온은 하강하였을 것이다.

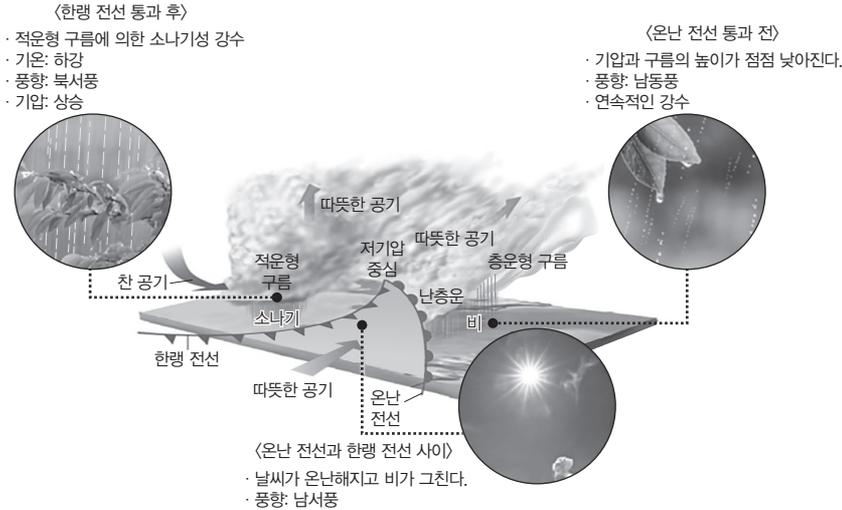
분석 point

- 중위도 지역에 위치하는 우리나라에서 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 대체로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.
- 우리나라에 온대 저기압이 통과할 때는 온난 전선이 먼저 통과하고, 이어서 한랭 전선이 통과한다. 또한 편서풍의 영향으로 강수 지역도 대체로 우리나라의 서쪽에서 먼저 나타나고 동쪽에서 나중에 나타나는 경향을 보인다.

정답

- 정체
- 적운
- 상승
- 맑, 남서
- 상승

④ 온대 저기압 주변의 날씨



(4) 일기 기호

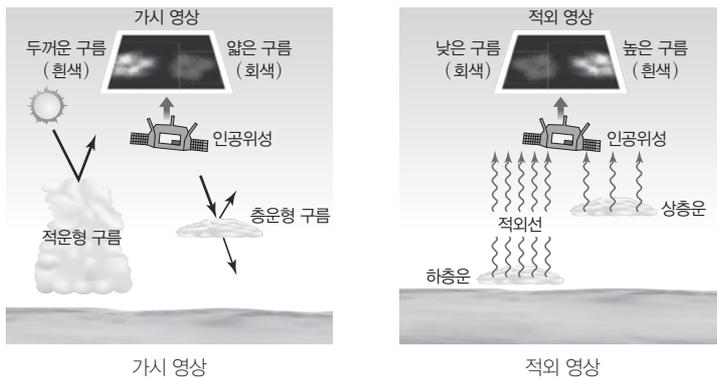
일기	● 비	* 눈	∩ 뇌우	≡ 안개	● 가랑비	⊙ 소나기					
운량	○ 0	◐ 1	◑ 2	◒ 3	◓ 4	◔ 5	◕ 6	◖ 7	◗ 8	⊗ 9	
풍속 (m/s)	0	2	5	7	12	25	27	풍향 기온 일기 18 이슬점 12 운량 280—기압 +10—기압 변화량			
전선과 기압	온난 전선		한랭 전선		⊕ 고기압	⊖ 저기압	폐색 전선 정체 전선 ● 태풍				

개념 체크

● 적운형 구름
상승 기류가 강할 때 형성되는 치솟는 형태의 구름을 적운형 구름이라고 한다.

1. () 전선이 다가올 때는 구름의 높이가 점차 낮아진다.
2. 한랭 전선의 후면에서는 ()성 강수가 있다.
3. 한랭 전선이 통과하면 기온이 ()한다.
4. 북반구의 경우 온난 전선의 전면에서는 ()풍이 분다.
5. 위성 영상 중 () 영상은 태양 빛이 있는 구간에만 관측이 가능하다.

과학 돋보기 위성 영상 해석



- 가시 영상은 구름과 지표면에서 반사된 태양 빛의 반사 강도를 나타내는 것으로, 반사도가 큰 부분은 밝게 나타나고 반사도가 작은 부분은 어둡게 나타내며, 일반적으로 육지는 약간 밝게, 구름은 매우 밝게, 바다는 어둡게 보인다. 구름이 두꺼울수록 햇빛을 많이 반사하므로 층운형 구름보다 적운형 구름이 더 밝게 보이며, 야간에는 태양 빛이 없으므로 이용할 수 없다.
- 적외 영상은 물체가 온도에 따라 방출하는 적외선 에너지량의 차이를 이용하는 것으로, 온도가 높을수록 어둡게, 온도가 낮을수록 밝게 나타난다. 따라서 구름의 최상부 높이가 높을수록 밝게 나타나며, 물체가 방출하는 적외선 에너지를 탐지하는 것이므로 태양 빛이 없는 야간에도 관측이 가능하다.

정답

1. 온난
2. 소나기
3. 하강
4. 남동
5. 가시

개념 체크

☉ 숨은 열

물질의 상태가 변하는 과정에서 방출하거나 흡수하는 열로, 잠열이라고도 한다.

- 태풍의 에너지원은 수증기가 응결하면서 방출하는 ()이다.
- 북반구 서태평양의 열대 해상에서 발생하는 열대 저기압 중 중심 부근 최대 풍속이 17 m/s 이상인 것을 ()이라고 한다.
- () 부근 해역에서는 전향력이 약하여 태풍이 거의 발생하지 않는다.
- 태풍의 등압선은 일기도 상에서 매우 좁은 () 형태로 나타난다.
- 열대 저기압은 온대 저기압과 달리 ()을 동반하지 않는다.

2 태풍과 날씨

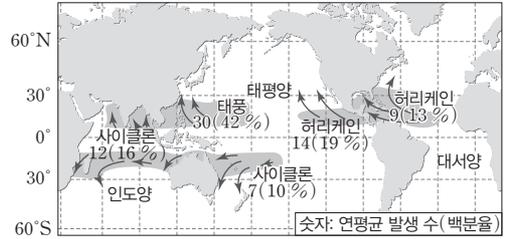
(1) **태풍**: 강한 바람과 비를 동반하는 기상 현상으로, 수온이 약 27℃ 이상인 열대 해상에서 발생하여 중심 부근 최대 풍속이 17 m/s 이상으로 성장한 열대 저기압을 말한다.



저위도의 따뜻한 열대 해상에서 열과 수증기를 공급받은 공기가 상승을 시작한다. 공기의 상승으로 해상에 약한 저기압이 형성된다. 저기압에서 수증기의 응결로 방출되는 숨은열에 의해 가열된 공기가 상승하고, 주변의 공기가 회전하면서 중심 방향으로 수렴하여 상승 기류와 저기압이 강화된다. 더욱 많은 양의 수증기가 응결하여 적란운이 발달하고, 주변에서 더 많은 양의 공기가 모여들어 강한 풍속을 갖는 태풍이 된다.

태풍의 발생 과정(북반구)

(2) **열대 저기압(태풍)의 발생 지역**: 태풍은 북태평양 서쪽의 위도 5°~25°의 열대 해상에서 주로 발생한다. 위도 25° 이상인 해역에서는 표층 수온이 낮아서 발생하기 어렵고, 적도 부근 해역에서는 전향력이 약해 태풍이 회전하는 데 필요한 힘을 얻지 못하므로 발생하기 어렵다. 또한 열대 저기압은 남반구 해역보다 북반구 해역에서 더 많이 발생하며, 무역풍의 영향으로 표층 수온이 높은 서태평양이 동태평양보다 발생 빈도가 높다.

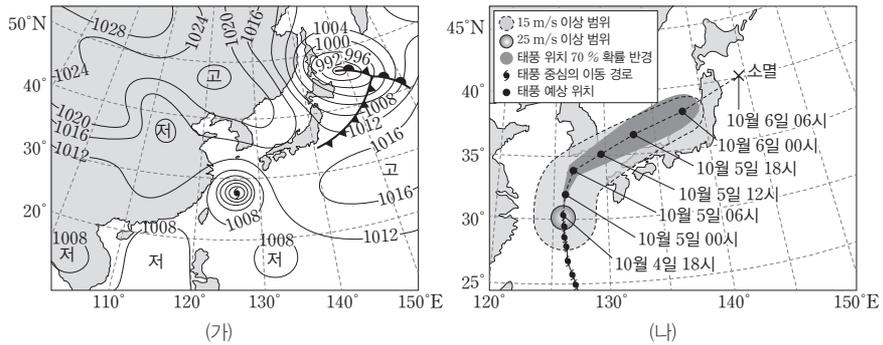


열대 저기압 발생 지역과 평균적인 이동 경로

탐구자료 살펴보기 태풍의 이동

탐구 자료

그림 (가)와 (나)는 2016년 태풍 차바가 접근할 때의 일기도와 태풍 중심의 예상 이동 경로를 나타낸 것이다.



탐구 결과

- 태풍은 전선을 동반하지 않으며, 등압선은 거의 원형인 동심원 모양으로 나타난다.
- 태풍은 발생 초기에는 무역풍과 주변 기압 배치의 영향으로 북서쪽으로 진행하다가 북위 25°~30° 부근에서 편서풍의 영향으로 진로를 바꾸어 북동쪽으로 진행한다.

분석 point

태풍은 일반적으로 무역풍, 편서풍 및 주변 기압 배치의 영향으로 포물선 궤도를 그리며 이동한다.

정답

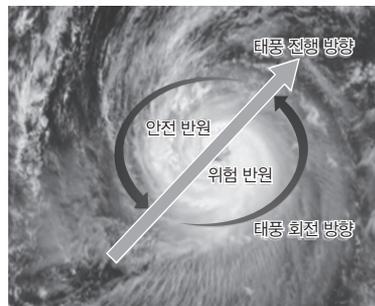
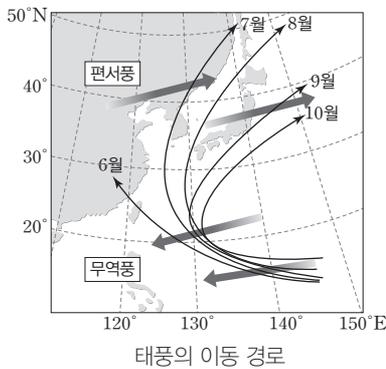
- 잠열(숨은열, 응결열)
- 태풍
- 적도
- 동심원
- 전선

(3) 태풍의 이동과 피해

① 태풍의 진로: 태풍의 진로는 대기 대순환의 바람과 주변 기압 배치의 영향을 받는다. 즉, 발생 초기에는 무역풍과 북태평양 고기압의 영향을 받아 대체로 북서쪽으로 진행하다가 북위 25°~30° 부근에서는 편서풍의 영향으로 진로를 바꾸어 북동쪽으로 진행하는 포물선 궤도를 그린다. 태풍이 진로를 바꾸는 위치를 전향점이라고 하는데, 전향점을 지난 후에는 태풍의 진행 방향과 편서풍의 방향이 일치하여 이동 속도가 대체로 빨라진다.

② 태풍의 피해

- 위험 반원과 안전 반원(가항 반원): 북반구에서 태풍 진행 방향의 오른쪽 지역은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 같아 풍속이 상대적으로 강하므로 위험 반원이라고 하며, 태풍 진행 방향의 왼쪽 지역은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 반대여서 풍속이 상대적으로 약하므로 안전 반원이라고 한다.
- 태풍이 통과하면 강풍, 호우, 홍수, 침수 등의 피해가 발생할 수 있으며, 태풍에 의해 발생한 해일이 조석의 만조와 겹치면 해안 지역의 침수 피해가 커질 수 있다.



위험 반원과 안전 반원

개념 체크

① 대기 대순환

위도에 따른 태양 복사 에너지량과 지구 복사 에너지량의 위도별 불균형을 해소하기 위해 일어나는 지구 규모의 대기 순환을 말한다.

② 무역풍

적도와 위도 30° 사이의 저위도에서 부는 동풍 계열의 바람이다.

③ 편서풍

위도 30°와 60° 사이의 중위도에서 부는 서풍 계열의 바람이다.

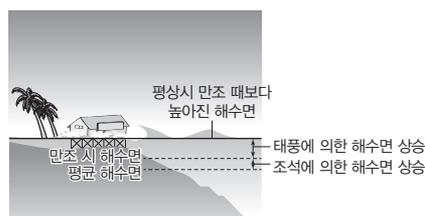
1. 북반구에서 태풍 진행 방향의 () 쪽은 () 쪽보다 바람이 강하다.
2. 북반구에서 태풍 진행 방향의 오른쪽을 () 반원이라고 한다.
3. 북반구에서 태풍은 무역풍 대에서는 북서쪽으로, 편서풍대에서는 북동쪽으로 이동하므로 () 궤도를 그리며 이동한다.
4. 태풍에 의해 발생한 해일이 조석의 ()와 겹치면 해안가에 더 큰 피해를 일으킬 수 있다.

과학 돋보기 태풍에 의한 해일의 발생

강한 저기압인 태풍이 해상에 위치하면 주변보다 해수를 누르는 압력이 약하므로 해수면이 주변보다 높아진다. 태풍의 중심 기압이 주위보다 50 hPa 낮으면 태풍 중심 부근의 해수면은 약 50 cm 높아진다. 이와 같은 과정에 의해 높아진 해수면은 일종의 해파와 같아서 수심이 얕아지는 해안으로 접근하게 되면 그 높이가 더 높아지고, 해안을 덮쳐 해일의 피해가 발생할 수 있다. 또한 해일의 발생 시기가 만조와 겹치면 더욱 피해가 커진다.



기압 하강에 의한 해수면 상승



태풍과 만조가 겹쳤을 때

정답

1. 오른, 왼
2. 위험
3. 포물선
4. 만조

개념 체크

● 태풍의 눈

태풍의 눈에서는 약한 하강 기류가 나타나지만, 중심 기압은 주변보다 낮다.

● 지구 시스템 구성 권역의 상호작용으로서의 태풍

태풍의 발생과 성장에 관여하는 에너지원은 수증기의 잠열이므로, 태풍의 발생은 기권과 수권의 상호 작용에 해당하며, 태풍의 강한 바람이 표층 해수를 혼합시키고 용승을 활발하게 하여 표층 해수에 영양염을 공급하기도 하므로 기권과 수권 및 생물권의 상호 작용이기도 하다. 또한 태풍이 육지에 상륙하면 기권과 지권의 상호 작용을 통해 태풍의 세력이 약해지거나 소멸한다.

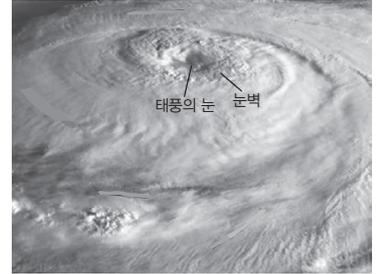
- 태풍의 중심으로부터 반지름 약 15~30 km에는 약한 () 기류가 나타나 날씨가 맑은 태풍의 ()이 존재한다.
- 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 줄어들어 세력이 ()해진다.
- 태풍 진행 방향의 오른쪽 지역은 시간에 따라 풍향이 ()방향으로 변한다.
- 태풍의 발생은 지구 시스템을 구성하는 권역 중 기권과 ()의 상호 작용에 해당한다.
- 태풍은 비교적 짧은 시간 동안 대규모의 열을 () 위도에서 ()위도로 운반하는 역할을 한다.

정답

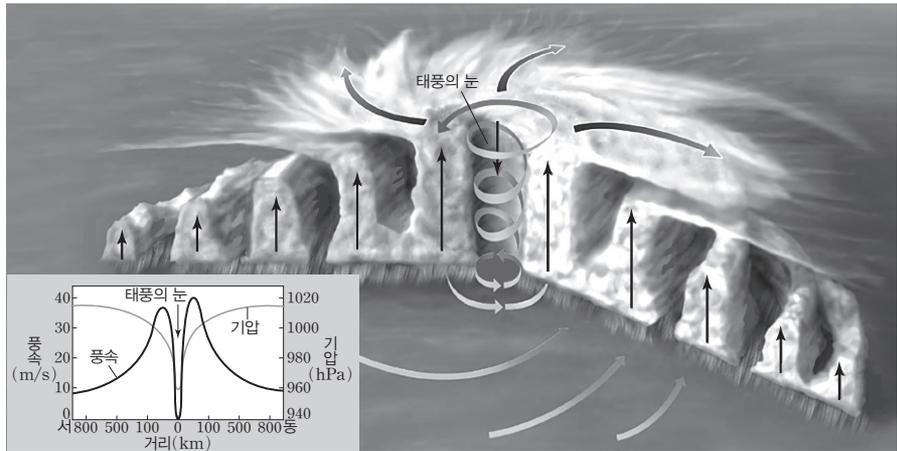
1. 하강, 눈 2. 약
3. 시계 4. 수권
5. 저, 고

(4) 태풍의 구조와 날씨

- 태풍의 구조: 태풍은 반지름이 수백 km에 이르고, 전체적으로 상승 기류가 발달하여 중심부로 갈수록 두꺼운 적운형 구름이 형성된다. 중심부로 갈수록 바람이 강해지다가 태풍의 눈에서 약해지며, 중심으로 갈수록 기압은 계속 낮아진다.
- 태풍의 눈: 발달한 태풍에서 나타나며, 태풍 중심으로 부터 약 15~30 km에 이르는 지역으로 약한 하강 기류가 나타나 날씨가 맑고 바람이 약하다.



위에서 본 태풍의 모습

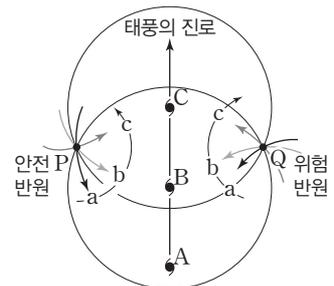


복상하는 태풍의 구조와 이동 방향에 수직인 연직 단면에서의 기압과 풍속

(5) 태풍의 에너지원과 소멸

- 태풍의 에너지원: 열대 해상에서 상승한 공기 중의 수증기가 응결하면 이때 방출되는 많은 양의 숨은열이 에너지원이 되어 강한 상승 기류를 갖는 열대 저기압으로 발달하여 태풍을 발생시킨다. 따라서 태풍이 크게 성장하려면 지속적인 수증기 공급이 필요하다.
- 태풍의 소멸: 태풍의 세력이 유지되거나 더 강하게 발달하려면 지속적인 에너지(수증기) 공급이 필요한데 태풍이 차가운 바다 위를 지나거나 육지에 상륙하면 열과 수증기를 더 이상 공급받지 못하므로 세력이 약해진다. 또한 태풍이 육지에 상륙하면 지표면과의 마찰이 증가하여 세력이 급격히 약해진다.

- (6) 태풍의 진행 경로에 따른 풍향 변화: 태풍 주변에서는 공기가 저기압성 회전을 하면서 바람이 불게 되므로, 북반구에서는 기압이 낮은 중심부를 향해서 시계 반대 방향으로 바람이 불어 들어간다. 따라서 태풍 진행 경로의 오른쪽(위험 반원)에 위치하면 태풍 통과 시 풍향이 시계 방향으로 변하고, 태풍 진행 경로의 왼쪽(안전 반원)에 위치하면 태풍 통과 시 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

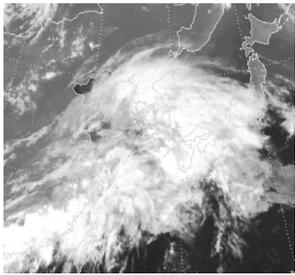
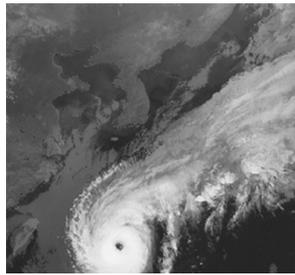


태풍의 진행 경로에 따른 풍향 변화

(7) 온대 저기압과 열대 저기압(태풍)

① 우리나라에 영향을 주는 저기압에는 온대 저기압과 열대 저기압이 있는데, 온대 저기압은 주로 봄철과 가을철에 영향을 미치고 열대 저기압은 주로 여름철에 영향을 미친다. 온대 저기압과 열대 저기압은 모두 저기압이므로 북반구에서는 공기가 시계 반대 방향으로 회전하면서 수렴한다.

② 온대 저기압과 열대 저기압의 비교

구분	온대 저기압	열대 저기압
발생 지역	한대 전선대	위도 5°~25°의 열대 해상
전선의 유무	전선을 동반한다.	전선을 동반하지 않는다.
등압선의 형태	등압선 간격이 열대 저기압보다 넓은 편이며 일그러진 타원형이다.	등압선 간격이 온대 저기압보다 좁고 원형에 가깝다.
풍속	풍속이 열대 저기압보다 약하다. 중심부와 주변부의 풍속이 대체로 비슷하다.	풍속이 온대 저기압보다 대체로 강하다. 중심 부근의 풍속이 주변부보다 강하다.
강수 지역	온대 저기압의 중심 부근과 전선 부근에서 강수 현상이 있다.	나선형의 구름대를 따라 강수 현상이 있다.
이동 경로	주로 편서풍의 영향을 받아 동쪽으로 이동한다.	북반구에서는 주로 북진하는데, 무역풍과 편서풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하다가 전향하여 북동쪽으로 이동한다.
주요 에너지원	찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 과정에서 나타나는 기단의 위치 에너지	따뜻한 해양에서 공급된 수증기가 응결하면서 방출하는 잠열(숨은열)
위성 영상		

개념 체크

● 한대 전선대

대기 대순환에서 극동풍과 편서풍이 만나는 경계로 대략 위도 60° 부근에 형성되는 전선대를 한대 전선대라고 한다.

● 등압선과 풍속

등압선의 간격이 조밀할수록 기압차가 크므로 풍속이 크다.

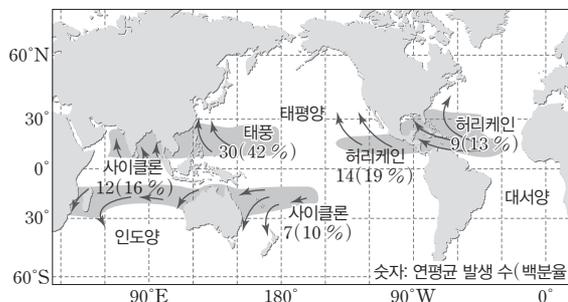
1. 온대 저기압은 찬 기단과 따뜻한 기단이 만나서 형성되므로 ()을 동반한다.
2. 태풍의 등압선은 일반적으로 온대 저기압의 등압선보다 간격이 ()다.
3. 우리나라를 통과하는 온대 저기압은 주로 ()의 영향을 받아 이동한다.
4. 북상하는 태풍이 무역풍대를 통과할 때는 주로 ()쪽으로 이동한다.
5. 열대 저기압 중 중앙 아메리카 대륙 주변 해역에서 발생하는 것을 ()이라고 한다.

과학 돋보기 열대 저기압의 지역별 명칭

- 열대 저기압은 발생 지역에 따라 다르게 부르는데, 북태평양 서쪽에서 발생하여 우리나라, 일본, 중국, 필리핀 등을 통과하는 것을 태풍(typhoon), 중앙 아메리카 대륙 주변 해역에서 발생하는 것을 허리케인(hurricane), 인도양과 남태평양에서 발생하는 것을 사이클론(cyclone)이라고 한다.

- 태풍에 대한 관심을 높이고 경계를 강화하기 위해 태풍에 이름을 붙이고 있다.

2000년부터 아시아 태풍 위원회에서 아시아-태평양 지역 14개국에서 각각 10개씩 태풍의 이름을 제출받아 순차적으로 사용하고 있는데, '매미'처럼 큰 피해를 입힌 태풍의 이름은 더 이상 사용하지 않고 새로운 이름을 추가하여 사용하고 있다. '개미', '나리', '미리내' 등은 우리나라가 제출한 이름이고, '기러기', '도라지', '갈매기' 등은 북한이 제출한 이름이다.



정답

1. 전선
2. 좁
3. 편서풍
4. 북서
5. 허리케인

개념 체크

● 번개와 천둥

적란운 내에서 분리된 양(+)전하와 음(-)전하가 구름 속에 쌓였다가 방전이 일어나 번개가 발생하고, 이때 주변 공기의 부피 팽창으로 천둥이 치게 된다.

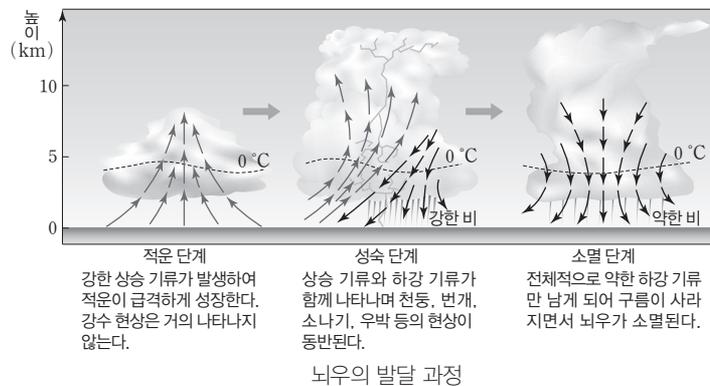
1. 뇌우는 강한 상승 기류에 의해 ()이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상이다.
2. 뇌우의 발달 단계 중 천둥, 번개, 소나기, 우박 등은 주로 () 단계에서 나타난다.
3. () 호우는 국지적으로 단시간 내에 많은 양의 비가 집중하여 내리는 현상이다.
4. 우리나라의 여름철에 주로 발생하는 집중 호우는 ()와 산사태 등의 피해를 일으킬 수 있다.
5. 우리나라 서해안의 폭설은 겨울철에 () 기단이 황해상에서 변질되어 기층이 불안정해져서 상승 기류가 발달할 때 잘 발생한다.

3 우리나라의 주요 악기상

(1) **악기상**: 일상생활에 큰 불편함과 위험을 동반하는 기상 현상을 말하며, 우리나라에서 발생하는 주요 악기상에는 뇌우, 호우, 폭설, 강풍, 우박, 황사 등이 있다.

(2) **뇌우**: 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상이다.

- ① 발생 조건: 여름철 강한 햇빛을 받은 지표 부근의 공기가 국지적으로 가열되어 활발하게 상승할 때, 한랭 전선에서 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들어 따뜻한 공기가 빠르게 상승할 때, 온대 저기압이나 태풍에 의해 대기가 불안정하여 강한 상승 기류가 발달할 때 잘 발생한다.
- ② 발달 단계: 적운 단계 → 성숙 단계 → 소멸 단계를 거치면서 변한다. 적운 단계에서는 강한 상승 기류에 의해 적운이 발달하고, 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나며, 천둥, 번개, 소나기, 우박 등이 동반된다. 소멸 단계에서는 전체적으로 하강 기류가 우세하고 비가 약해진다.



③ 피해: 뇌우는 집중 호우, 우박, 돌풍, 낙뢰 등을 동반하기 때문에 인명 피해나 농작물 파손, 가옥 파괴 등의 큰 재산 피해를 가져온다. 특히 낙뢰는 직접적인 인명 피해나 감전을 일으키기도 하고, 정전, 전기 설비나 기구의 고장을 초래하며, 항공기 운항에 지장을 주기도 한다.

(3) **호우**: 시간과 공간 규모에 제한 없이 많은 비가 연속적으로 내리는 현상을 호우라고 한다.

- ① 국지성 호우(집중 호우): 국지적으로 단시간 내에 많은 양의 비가 집중하여 내리는 현상을 말한다. 한 시간에 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내릴 때, 또는 연 강수량의 10% 정도의 비가 하루에 내리는 것을 말하며, 비교적 좁은 지역(반지름 10~20 km 정도)에 집중적으로 내린다.
- ② 발생 조건: 주로 강한 상승 기류에 의해 형성된 적란운이 한곳에 정체하여 계속 비가 내릴 때 집중 호우가 된다.
- ③ 피해: 집중 호우는 홍수, 산사태 등을 일으킬 수 있어서 많은 인명과 재산 피해를 가져온다.

(4) **폭설**: 짧은 시간에 많은 양의 눈이 내리는 기상 현상이다.

- ① 발생 조건: 겨울철에 발달한 저기압이 통과할 때나 시베리아 기단의 찬 공기가 남하하면서 황해상에서 변질되어 기층이 불안정해져 상승 기류가 발달할 때 잘 발생한다.
- ② 피해: 폭설이 내리면 교통의 마비, 교통사고, 시설물 붕괴 등 인명과 재산에 많은 피해가 발생할 수 있다.



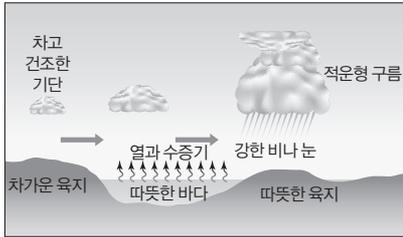
폭설에 의한 피해

정답

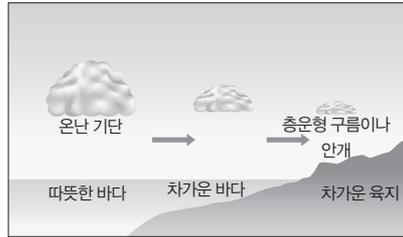
1. 적란운
2. 성숙
3. 국지성(집중)
4. 홍수
5. 시베리아

과학 돋보기 **기단의 변질**

넓은 대륙이나 해양 위에 공기가 오랫동안 머무르면서 지표면이나 해수면과 열, 수증기를 교환하여 그 성질이 지표면 또는 해수면과 비슷해져서 형성된 대규모의 공기 덩어리를 기단이라고 한다. 기단이 발원지를 떠나 다른 곳으로 이동하면 이동한 지역의 지표면이나 해수면의 영향을 받아 성질이 변하게 되는데, 이를 기단의 변질이라고 한다.



한랭 기단의 변질



온난 기단의 변질

- 한랭한 대륙에서 형성된 기단이 따뜻한 바다 위를 지나가면 기단의 하부가 가열되어 불안정해지므로 적운이나 적란운이 형성된다.
- 따뜻한 해양에서 형성된 온난한 기단이 차가운 바다를 지나 차가운 육지 쪽으로 이동하면 기단의 하부가 냉각되어 안정해지므로 층운형 구름이나 안개가 형성된다.
- 겨울철에 한랭 건조한 시베리아 기단이 따뜻한 황해상을 지나면서 열과 수증기를 공급받아 기온과 습도가 높아지고, 기층이 불안정해져 우리나라의 서해안에는 폭설이 내리기도 한다.

(5) 강풍: 10분 동안의 평균 풍속이 14 m/s 이상인 바람을 말한다.

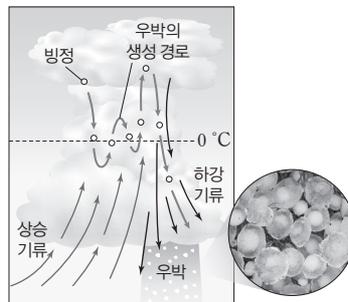
- ① 발생 조건: 겨울철에 발달한 시베리아 기단의 영향을 받을 때, 여름철에 태풍의 영향을 받을 때 주로 발생한다.
- ② 피해: 강풍은 가로수 등의 나무나 여러 가지 시설물을 파손시키고, 바다에서는 높은 파도를 일으켜 선박 사고나 해안 양식장에 피해를 입힐 수 있다.



강풍에 쓰러진 나무

(6) 우박: 얼음의 결정 주위에 차가운 물방울이 얼어붙어 땅 위로 떨어지는 얼음덩어리를 우박이라고 한다.

- ① 발생 조건: 주로 적란운에서 강한 상승 기류를 타고 발생한다. 우박은 겨울과 한여름에는 거의 발생하지 않는데, 날씨가 매우 추울 때는 상승 기류가 잘 발달하지 않으며, 매우 더울 때는 우박이 떨어지는 동안에 녹아서 없어지기 때문이다.
- ② 구조와 크기: 우박은 적란운 내에서 강한 상승 기류를 타고 상승과 하강을 반복하며 성장하므로 핵을 중심으로 투명한 얼음층과 불투명한 얼음층이 번갈아 싸고 있는 층상 구조를 하고 있다. 보통 지름이 1 cm 미만이지만 2~3 cm 정도인 것도 있고, 그보다 훨씬 큰 것도 있다.
- ③ 피해: 우박은 농작물이나 과일, 가축에 피해를 주기도 하고, 자동차, 항공기의 동체나 건물에도 손상을 입힐 수 있다.



우박의 생성 과정

개념 체크

❶ 시베리아 기단

시베리아의 한랭한 대륙에서 형성되어 성질이 한랭하고 건조한 기단으로, 주로 우리나라의 겨울철에 영향을 미친다.

1. 한랭한 기단이 따뜻한 바다 위로 이동하면 기층이 불안정해지므로 ()형 구름이 형성된다.
2. 온난한 기단이 차가운 바다 위로 이동하면 기층이 안정해지므로 ()형 구름이나 ()가 형성된다.
3. 기단이 발원지를 떠나 다른 곳으로 이동하여 성질이 변하는 것을 기단의 ()이라고 한다.
4. 강풍은 겨울철에 발달한 시베리아 기단의 영향을 받을 때나 여름철에 ()의 영향을 받을 때 발생할 수 있다.
5. ()은 얼음의 결정 주위에 차가운 물방울이 얼어붙어 생성된 후 낙하하는 얼음덩어리이다.

정답

1. 적운
2. 층운, 안개
3. 변질
4. 태풍
5. 우박

개념 체크

○ 황사와 사막화

기후 변화와 과도한 개발로 인해 사막화가 진행될수록 황사의 발생 빈도와 피해는 대체로 증가한다.

1. 황사는 다량의 모래 먼지가 상층의 ()을 타고 멀리까지 날아가 서서히 내려오는 현상이다.
2. 우리나라에 영향을 미치는 황사의 주요 발원지는 중국 북부나 ()의 사막 또는 건조한 황토 지대이다.
3. 황사가 발생하려면 발원지에서 강한 바람과 함께 () 기류가 나타나고, 지표면의 토양은 ()해야 한다.
4. 우리나라의 경우 강수량이 많은 ()철에는 황사가 거의 발생하지 않는다.
5. 중국 내륙 지역의 삼림 파괴와 ()가 가속화되면 우리나라에서 황사로 인한 피해가 증가할 가능성이 높다.

(7) 황사: 발원지에서 강한 바람이 불어 상공으로 올라간 다량의 모래 먼지가 상층의 편서풍을 타고 멀리까지 날아가 서서히 내려오는 현상을 말한다.

① 발원지: 우리나라에 영향을 미치는 황사의 주요 발원지는 중국 북부나 몽골의 사막 또는 건조한 황토 지대이다.



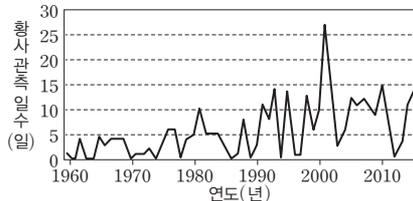
황사의 발원지와 이동 경로

- ② 발생 조건: 지표면의 토양은 건조해야 하며, 토양의 구성 입자는 미세할수록 잘 발생한다. 또한 지표면에 식물 군락이 적고, 강한 바람과 함께 상승 기류가 나타나 토양의 일부가 쉽게 공중으로 떠오를 수 있어야 한다.
- ③ 발생 시기: 건조한 겨울철이 지나고 얼었던 토양이 녹기 시작하는 봄철에 주로 발생한다. 황사는 상공의 강한 편서풍을 타고 우리나라와 일본을 지나 태평양, 북아메리카 대륙까지 날아가기도 한다. 중국 내륙 지역의 삼림 파괴와 사막화가 가속화되고, 이 지역의 온난 건조한 상태가 지속되고 있어 우리나라의 연간 황사 발생 일수와 발생 빈도는 증가하는 추세이다.

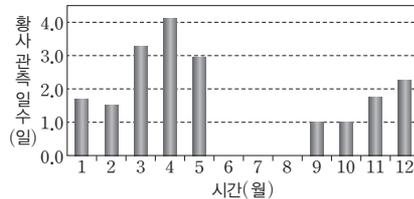
탐구자료 살펴보기 황사의 발생 추이 분석

탐구 자료

그림 (가)는 1959년부터 2015년까지 서울 지역의 연도별 황사 관측 일수를, (나)는 같은 기간 동안 서울 지역의 월별 평균 황사 관측 일수를 나타낸 것이다.



(가) 연도별 황사 관측 일수



(나) 월별 평균 황사 관측 일수

탐구 결과

1. 이 기간 동안 서울 지역의 연도별 황사 관측 일수는 대체로 증가하는 경향을 보인다.
2. 황사는 봄철인 3~5월에 가장 많이 발생하였다.

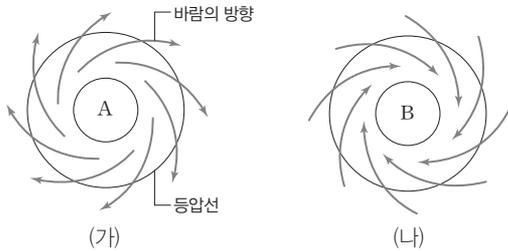
분석 point

- 지구 온난화로 인해 기온이 상승하면 겨울철에도 토양이 얼지 않아 겨울철 황사 발생 횟수는 증가할 가능성이 있다.
- 황사는 강수량이 많은 계절(여름철)에는 잘 발생하지 않는다.

정답

1. 편서풍
2. 몽골
3. 상승, 건조
4. 여름
5. 사막화

01 [22026-0103] 그림 (가)와 (나)는 지상의 고기압과 저기압에서 부는 바람을 순서 없이 나타낸 것이다.

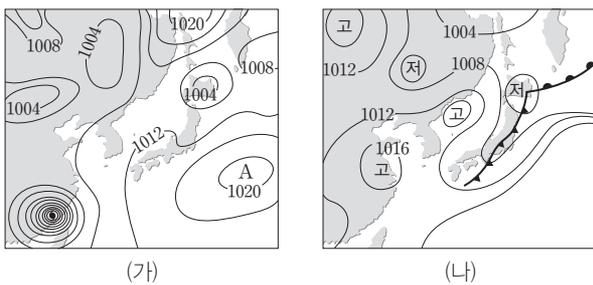


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. (가)와 (나)는 모두 북반구의 모습이다.
 - ㉡. A는 주변보다 기압이 낮다.
 - ㉢. 중심부에서 구름이 발달할 가능성은 B가 A보다 높다.

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

02 [22026-0104] 그림 (가)와 (나)는 봄철과 여름철에 잘 나타나는 지상 일기도를 순서 없이 나타낸 것이다.

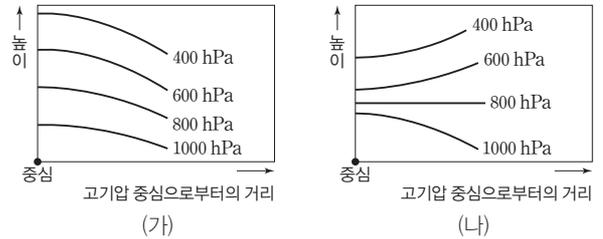


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. A에는 북태평양 고기압이 위치한다.
 - ㉡. (가)는 여름철의 일기도이다.
 - ㉢. (나)에서 우리나라는 이동성 고기압의 영향을 받는다.

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

03 [22026-0105] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 계절에 우리나라에 영향을 미치는 정체성 고기압의 연직 기압 분포를 나타낸 것이다.

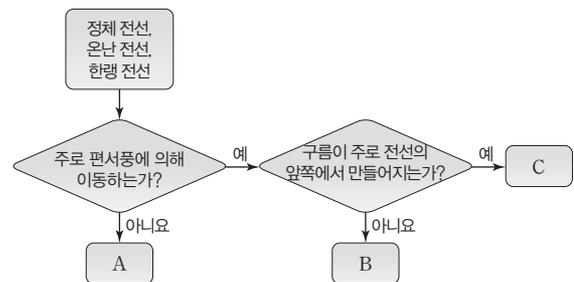


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 1000 hPa 등압면의 고도는 (가)와 (나) 모두 고기압의 중심이 주변보다 높다.
 - ㉡. 고기압 중심에서의 기온은 (나)가 (가)보다 높다.
 - ㉢. (나)는 한랭 고기압이다.

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

04 [22026-0106] 그림은 온대 저기압이 발생하는 과정에서 발달하는 전선을 구분하는 과정을 나타낸 것이다.



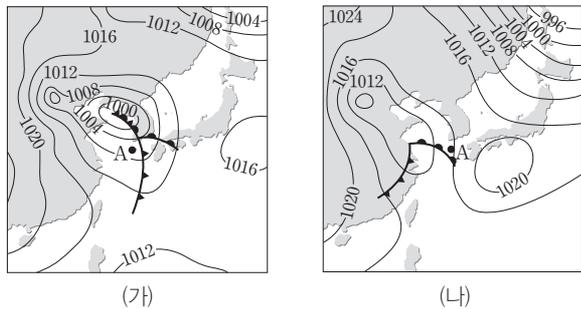
전선 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. A는 주로 한대 전선대에서 형성된다.
 - ㉡. B가 통과한 후 기온은 대체로 높아진다.
 - ㉢. C의 전선면 부근에서는 주로 층운형 구름이 만들어진다.

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

2점 수능 테스트

05 [22026-0107] 그림 (가)와 (나)는 어느 날 12시간 간격의 지상 일기도를 순서 없이 나타낸 것이다.

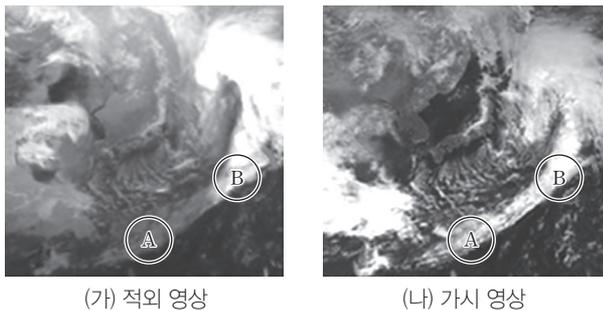


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 (나)보다 먼저 관측한 것이다.
 - ㄴ. 우리나라의 평균 기압은 (가)가 (나)보다 낮다.
 - ㄷ. A 지역의 기온은 관측 기간 동안 지속적으로 상승했다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0108] 그림 (가)와 (나)는 각각 어느 날 같은 시각에 기상 위성으로 촬영한 우리나라 주변의 적외선 영상과 가시 영상을 나타낸 것이다.

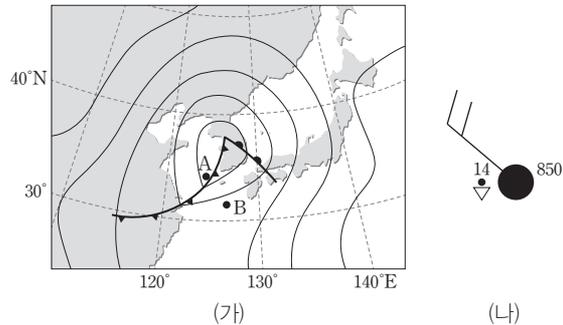


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 구름이 방출하는 적외선의 세기는 A가 B보다 강하다.
 - ㄴ. 구름의 두께는 B가 A보다 두껍다.
 - ㄷ. 관측 시각은 밤이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

07 [22026-0109] 그림 (가)는 어느 날 우리나라 주변의 지상 일기도를, (나)는 지역 A와 B 중 어느 한 곳의 날씨를 일기 기호로 나타낸 것이다.

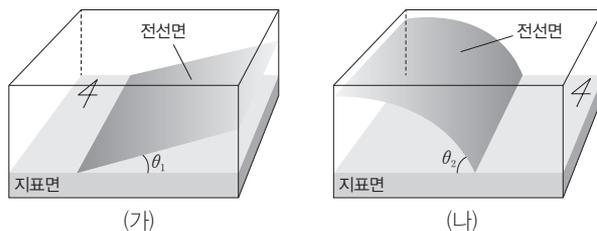


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 온대 저기압의 중심 기압은 850 hPa보다 낮다.
 - ㄴ. A에서는 약한 비가 지속적으로 내린다.
 - ㄷ. B의 기온은 14°C보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0110] 그림 (가)와 (나)는 북반구 중위도에서 발달한 온대 저기압에서 볼 수 있는 서로 다른 전선의 모습을 나타낸 것이다.

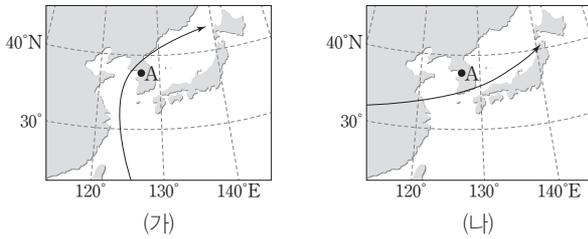


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. θ_1 은 θ_2 보다 크다.
 - ㄴ. 전선의 이동 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.
 - ㄷ. (가)와 (나) 모두 구름은 찬 기단보다 따뜻한 기단이 상승하여 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0111] 그림 (가)와 (나)는 각각 우리나라를 통과한 태풍과 온대 저기압 중심의 이동 경로를 나타낸 것이다.

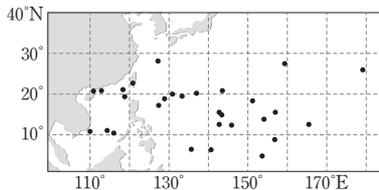


(가)와 (나)에서 공통적으로 나타나는 현상에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우리나라 주변에서 저기압은 편서풍의 영향을 받아 이동하였다.
 - ㄴ. 저기압의 중심은 점차 고위도로 이동하였다.
 - ㄷ. A 지역의 풍향이 시계 방향으로 변했다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0112] 그림은 어느 해 북서 태평양에서 발생한 태풍들의 발생 위치를, 표는 같은 해 월별 태풍 발생 개수를 나타낸 것이다.



월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
개수	1	1	1	0	0	4	5	9	4	1	3	0
	(1)	(2)	(3)	(3)	(3)	(7)	(12)	(21)	(25)	(26)	(29)	(29)

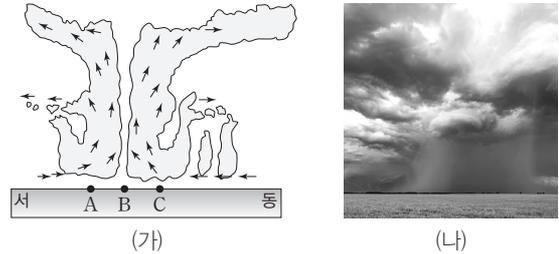
()안의 숫자: 누적 태풍 수

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 태풍은 주로 적도 해역에서 발생한다.
 - ㄴ. 태풍은 발생 초기에 주로 무역풍의 영향을 받는다.
 - ㄷ. 7월~8월에 발생한 태풍의 개수는 같은 해 발생한 전체 태풍 개수의 50% 이상이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0113] 그림 (가)는 북반구 중위도에서 북상하고 있는 태풍 단면의 모식도를, (나)는 뇌우를 나타낸 것이다.

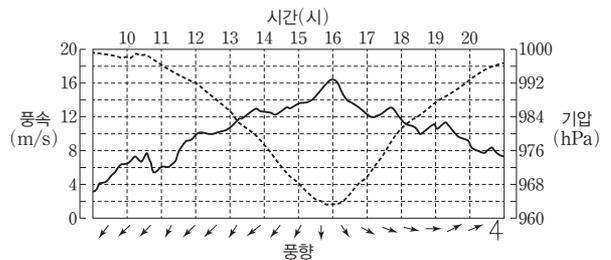


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (나)는 (가)에 동반되어 나타날 수 있다.
 - ㄴ. 해수면에서 측정된 기압은 A가 B보다 낮다.
 - ㄷ. C에서 풍속은 태풍의 이동 속도가 빠를수록 크게 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0114] 그림은 태풍이 우리나라를 지나가는 동안 우리나라의 어느 지역에서 관측한 기압, 풍속, 풍향을 나타낸 것이다.

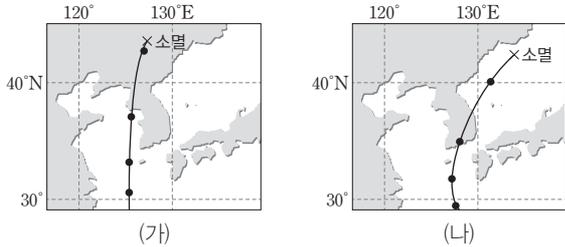


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 이 지역은 안전 반원에 위치하였다.
 - ㄴ. 태풍은 이 지역의 남동쪽에서 북서쪽으로 지나갔다.
 - ㄷ. 관측된 풍속이 최대일 때 태풍의 중심 기압은 964 hPa 보다 높았다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [22026-0115] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 두 태풍이 우리나라를 통과할 때 예상되는 위치를 일정한 시간 간격으로 나타낸 것이다.

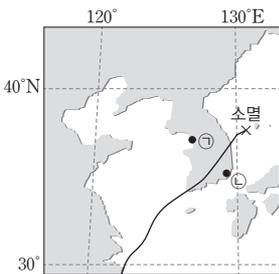


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 태풍의 이동 속도는 (가)와 (나) 모두 고위도로 갈수록 증가할 것이다.
 - ㄴ. (가)에서 태풍은 육지에 상륙한 후 중심 기압이 낮아질 것이다.
 - ㄷ. 태풍이 지나가는 동안 (나)에서 제주도의 풍향은 시계 방향으로 변할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22026-0116] 그림은 어느 태풍의 이동 경로를, 표는 이 태풍이 우리나라를 통과하는 동안 관측소 A에서 일정한 시간 간격으로 관측한 풍향과 태풍의 중심 기압을 나타낸 것이다. A의 위치는 ㉠과 ㉡ 중 하나이다.



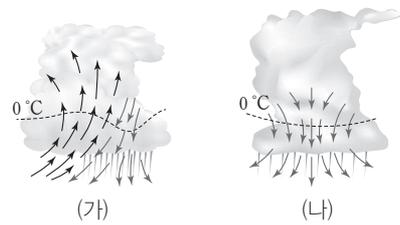
시기	풍향	태풍의 중심 기압(hPa)
T ₁	동풍	985
T ₂	남동풍	985
T ₃	남풍	990
T ₄	남서풍	992

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A의 위치는 ㉠에 해당한다.
 - ㄴ. 관측 기간 동안 평균 풍속은 ㉠에서가 ㉡에서보다 클 것이다.
 - ㄷ. 태풍의 세력은 T₁ 시기가 T₄ 시기보다 강하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22026-0117] 그림 (가)와 (나)는 뇌우의 발생부터 소멸까지의 과정 중 일부를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 강수 현상은 주로 하강 기류와 함께 나타난다.
 - ㄴ. (나)는 소멸 단계에 해당한다.
 - ㄷ. (가)와 (나) 모두 구름 최상부의 온도는 0°C 이하이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22026-0118] 다음은 어느 날 서울에서 발생한 폭설의 원인과 관련된 신문 기사의 일부이다.

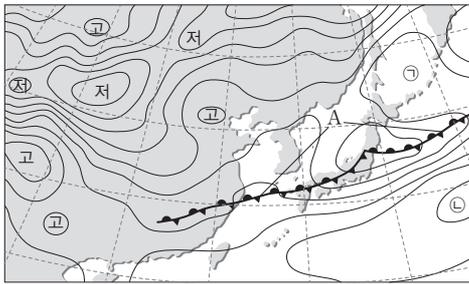
지난해 12월부터 강추위가 이어지는 가운데 ㉠ 북쪽에서 차가운 공기가 한 번 더 내려와 평년보다 따뜻한 황해를 지나가면서 (㉡)한 대기가 형성되어 두꺼운 눈구름이 만들어졌다. 그리고 강한 서풍 계열의 바람으로 인해 이렇게 만들어진 눈구름이 수도권으로 밀려들어온 것이 이번 폭설의 원인이라고 기상청은 설명하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 이날 강설량은 동해안보다 서해안에 많을 것이다.
 - ㄴ. ㉠은 시베리아 기단의 세력 확장에 의해 나타난다.
 - ㄷ. '불안정'은 ㉡에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 [22026-0119] 그림은 장마 전선 A가 발달한 어느 시기의 일기도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 서로 다른 기단이다.

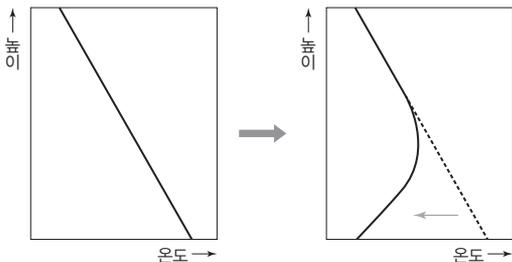


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 주변보다 기압이 높은 곳에 형성되었다.
 - ㄴ. ㉠은 한랭 다습한 성질이 나타난다.
 - ㄷ. ㉡의 세력이 커지면 A는 북상할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22026-0120] 그림은 해양에서 발달한 어느 기단이 우리나라로 이동하는 과정에서 기단의 변질이 일어났을 때 높이에 따른 온도 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 기단은 저위도에서 고위도로 이동했다.
 - ㄴ. 기단이 이동하는 동안 기단의 하층부는 불안정한 상태로 변했다.
 - ㄷ. 기단의 변질로 인해 우리나라 부근의 해상에서는 적운형 구름이 발달할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22026-0121] 표는 우리나라의 주요 악기상 중 우박, 집중 호우, 강풍에 대한 설명을 순서 없이 나타낸 것이다.

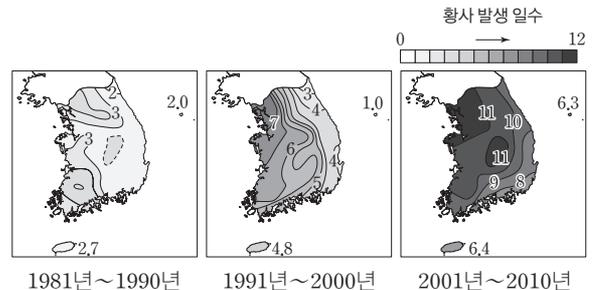
기상 현상	특징
(가)	적란운 내에서 강한 상승 기류를 타고 상승과 하강을 반복하며 성장하므로 투명한 얼음층과 불투명한 얼음층이 번갈아 나타난다.
(나)	한 시간에 30 mm 이상이나 하루에 80 mm 이상의 비가 내리는 것을 말하며 비교적 좁은 지역에 집중적으로 내린다.
(다)	10분 동안의 평균 풍속이 14 m/s 이상인 바람으로 바다에서는 높은 파도를 발생시킨다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)와 (나)는 온난 전선의 전면에서 잘 발생한다.
 - ㄴ. 태풍의 영향권에서는 (나)와 (다)가 발생할 수 있다.
 - ㄷ. (가), (나), (다) 모두 발생과 피해를 예측하기 쉽다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22026-0122] 그림은 1981년부터 2010년까지 10년 단위의 우리나라 평균 황사 발생 일수를 등치선으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

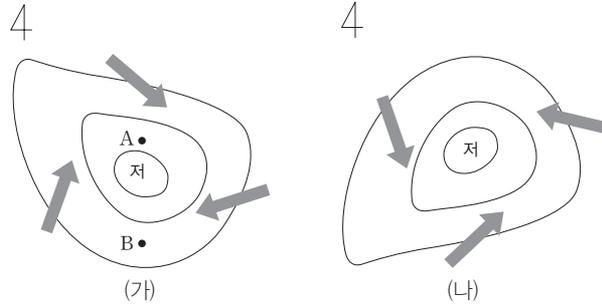
- 보기
- ㄱ. 10년 단위의 평균 황사 발생 일수는 대체로 증가하고 있다.
 - ㄴ. 황사는 대도시를 중심으로 더 많이 발생한다.
 - ㄷ. 중국 내륙의 사막화가 심해지면 황사 발생 횟수가 감소할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

저기압에서 바람은 중심부를 향해 불어 들어간다. 북반구에서는 저기압 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어가고, 남반구에서는 저기압 중심을 향해 시계 방향으로 불어 들어간다.

우리나라 부근에서 저기압은 편서풍에 의해 서쪽에서 동쪽으로 이동한다. 저기압의 중심부에 위치한 곳은 고기압의 중심부에 위치한 곳에 비해 날씨가 흐리다.

01 [22026-0123]
그림 (가)와 (나)는 서로 다른 지역의 온대 저기압에서 부는 바람(→)을 등압선과 함께 모식적으로 나타낸 것이다.

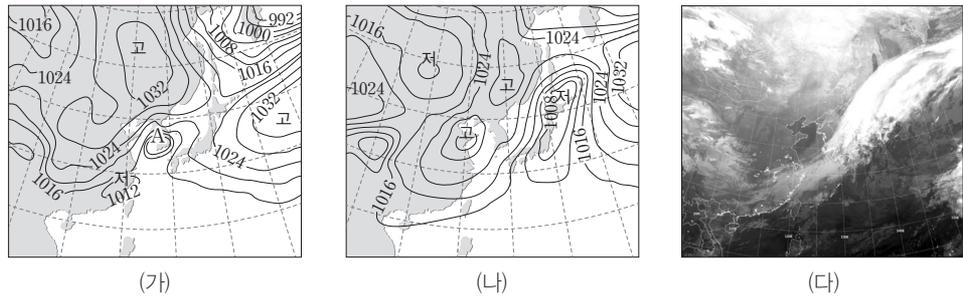


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 기온은 A 지점이 B 지점보다 높다.
 - ㄴ. (가)에서 한랭 전선은 B 지점보다 A 지점에 가깝게 위치한다.
 - ㄷ. (나)에서 저기압의 중심은 시간이 지나면 서쪽 방향으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0124]
그림 (가)와 (나)는 어느 해 3월 1일 15시와 3월 2일 15시의 우리나라 주변의 지상 일기도를 순서 없이 나타낸 것이고, (다)는 (가)로부터 12시간 후의 위성 영상을 나타낸 것이다.



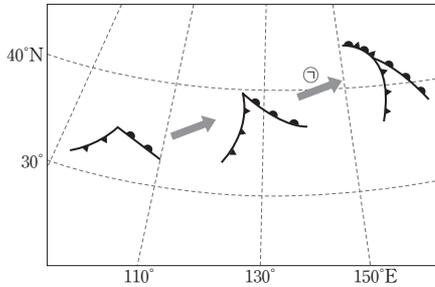
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 (나)보다 먼저 관측한 것이다.
 - ㄴ. (다)는 적외 영상이다.
 - ㄷ. A는 저기압이다.

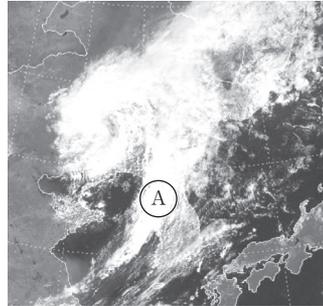
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0125]

그림 (가)는 온대 저기압에서 폐색 전선이 만들어지는 과정을 모식도로 나타낸 것이고, (나)는 우리나라 주변에서 발달한 폐색 전선을 동반한 온대 저기압의 가시 영상을 나타낸 것이다. A는 가시 영상에서 밝게 촬영된 구름 영역이다.



(가)



(나)

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

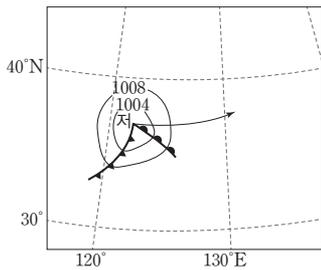
보기

- ㄱ. ① 과정에서 저기압 중심부에 많은 양의 구름이 형성된다.
- ㄴ. A에서 방출되는 적외 복사의 세기는 지표면보다 약하다.
- ㄷ. 전선의 이동 속도는 한랭 전선이 온난 전선보다 빠르다.

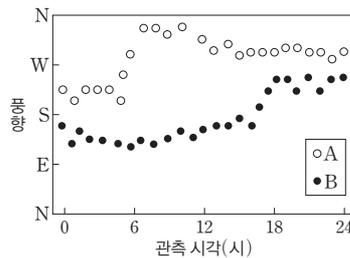
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0126]

그림 (가)는 어느 온대 저기압의 이동 경로를, (나)는 (가)의 온대 저기압의 전선이 통과한 서로 다른 두 지역 A, B에서 측정된 풍향을 시간에 따라 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 B보다 서쪽에 위치한다.
- ㄴ. 전선이 통과한 시각은 B가 A보다 빠르다.
- ㄷ. 20시경에 A와 B 모두 찬 기단의 영향을 받는다.

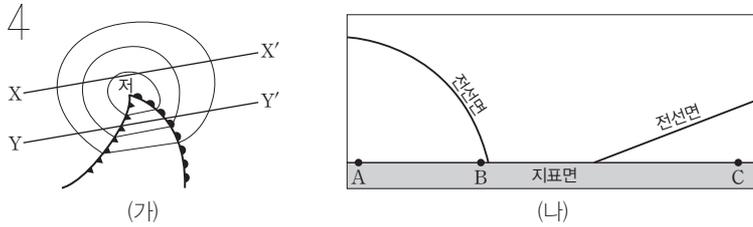
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

온대 저기압에서 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 상대적으로 이동 속도가 느린 온난 전선을 따라잡으면 폐색 전선이 형성된다.

온대 저기압이 이동할 때 온난 전선이 관측소를 통과하면 관측소의 풍향은 남동풍에서 남서풍으로 변하고, 한랭 전선이 관측소를 통과하면 관측소의 풍향은 남서풍에서 북서풍으로 변한다.

찬 기단과 따뜻한 기단이 만나면 따뜻한 기단은 전선면을 따라 상승한다. 전선면의 기울기가 급할수록 두꺼운 구름이 주로 형성되고 소나기성 강수가 발생한다.

05 [22026-0127] 그림 (가)는 북반구에서 형성된 온대 저기압의 모습을, (나)는 X-X' 또는 Y-Y'의 단면을 모식도로 나타낸 것이다. 전선 부근에서는 강수 현상이 나타난다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

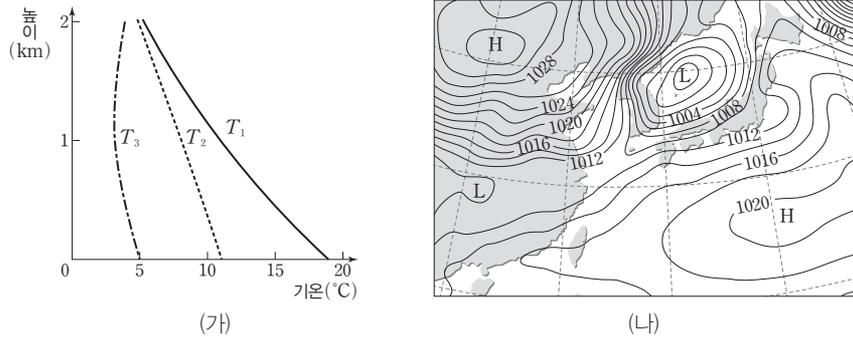
보기

- ㄱ. 전선면 부근에서 형성되는 구름의 두께는 A가 B보다 두껍다.
- ㄴ. 시간당 강수량은 B가 C보다 많을 것이다.
- ㄷ. (나)는 X-X'의 단면에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

온대 저기압의 영향을 받는 지역에서 온난 전선이 통과하면 대체로 기온이 높아지고, 한랭 전선이 통과하면 대체로 기온이 낮아진다.

06 [22026-0128] 그림 (가)는 어느 날 우리나라 어느 관측소에서 서로 다른 시기에 관측한 높이에 따른 기온 변화를, (나)는 이날 T_2 시기의 우리나라 주변 지상 일기도를 나타낸 것이다. 관측 순서는 $T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3$ 이며, 이 기간 동안 온난 전선과 한랭 전선 중 하나가 이 관측소를 통과하였다.



이 관측소에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

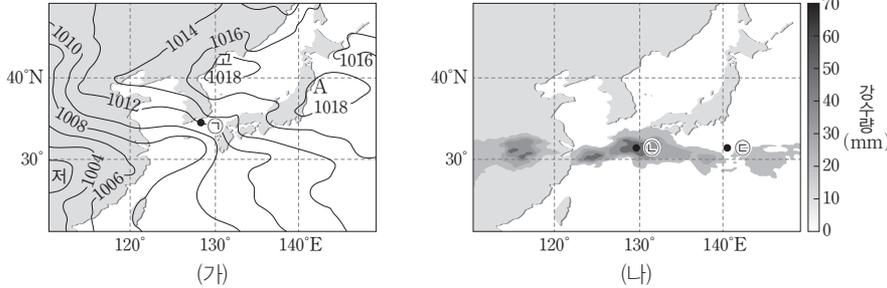
보기

- ㄱ. 관측소를 통과한 전선은 한랭 전선이다.
- ㄴ. 높이에 따른 기온 변화는 T_1 시기보다 T_2 시기에 더 크다.
- ㄷ. $T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3$ 시기로 갈수록 지상의 평균 기압은 지속적으로 낮아진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

07 [22026-0129]

그림 (가)는 장마 전선이 발달한 어느 날 우리나라 부근의 지상 일기도를, (나)는 같은 날 12시간 누적 강수량을 나타낸 것이다.



우리나라 부근에 형성되는 장마 전선은 전선을 기준으로 남쪽에는 온난 다습한 기단이, 북쪽에는 한랭 다습한 기단이 위치한다. 전선면에서는 남쪽의 온난 다습한 기단이 북쪽의 한랭 다습한 기단을 타고 상승한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

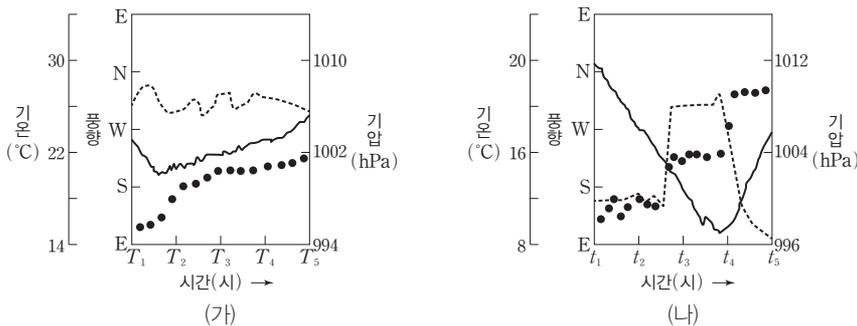
보기

- ㄱ. A는 이동성 고기압이다.
- ㄴ. ㉠에서는 서풍 계열의 바람이 분다.
- ㄷ. 공기의 상승 운동은 대체로 ㉡보다 ㉠에서 강했을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0130]

그림 (가)와 (나)는 각각 서로 다른 날에 어느 관측소 부근을 통과한 열대 저기압과 온대 저기압에 의한 기압, 기온, 풍향 변화를 순서 없이 나타낸 것이다. 온대 저기압이 통과한 시기에 관측소에는 한랭 전선과 온난 전선이 모두 통과했다.



온대 저기압이 이동할 때 저기압의 이동 경로에 대해 관측소의 위치가 남쪽(또는 오른쪽)에 위치하면 관측소에서의 풍향은 시계 방향으로 변하고, 북쪽(또는 왼쪽)에 위치하면 관측소에서의 풍향은 시계 반대 방향으로 변한다. 관측소에 온난 전선이 통과하면 기온이 높아지고, 한랭 전선이 통과하면 기온이 낮아진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

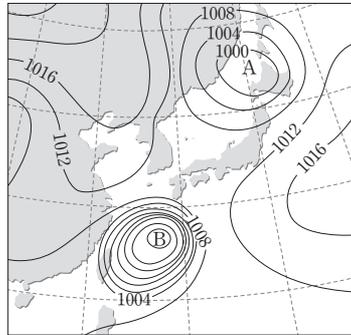
- ㄱ. 관측소는 북반구에 위치한다.
- ㄴ. (가)는 열대 저기압 통과 시 관측 결과이다.
- ㄷ. (나)에서 관측소는 저기압 중심의 이동 경로에 대해 왼쪽에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

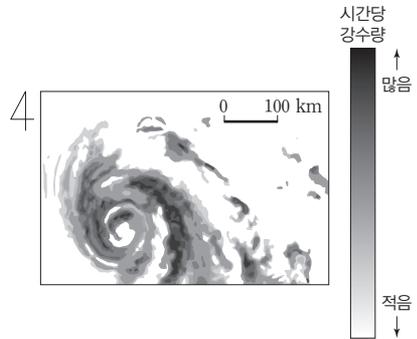
태풍의 강수 구역은 태풍의 눈 주변으로 원형 또는 원형에서 한 방향으로 늘어진 모습으로 나타나지만, 온대 저기압의 강수 구역은 온대 저기압의 중심부 및 온난 전선의 전면과 한랭 전선의 후면에 제한적으로 나타난다. 온대 저기압의 중심에서는 강수 현상이 나타나지만 태풍의 눈에서는 강수 현상이 잘 나타나지 않는다.

09 [22026-0131]

그림 (가)는 서로 다른 종류의 저기압 A, B가 발달한 우리나라 부근의 지상 일기도를, (나)는 A와 B 중 어느 하나에 의해 내린 비의 시간당 강수량 분포를 레이더 영상으로 나타낸 것이다. A와 B는 각각 온대 저기압과 열대 저기압 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

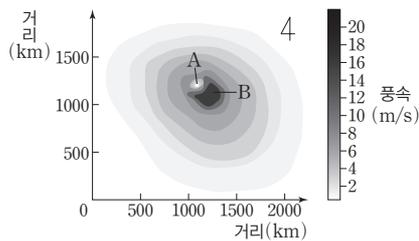
- ㄱ. (나)는 A의 강수량 분포이다.
- ㄴ. B의 에너지원은 수증기의 잠열이다.
- ㄷ. A가 중심 기압이 낮아지면 B와 같은 저기압으로 발달할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

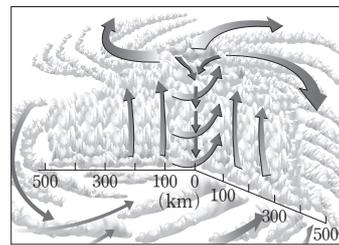
북반구 해상에서 태풍이 이동할 때 태풍 이동 경로의 오른쪽에 위치하면 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 같아 풍속이 상대적으로 강하지만, 태풍 이동 경로의 왼쪽에 위치하면 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 반대여서 풍속이 상대적으로 약하다.

10 [22026-0132]

그림 (가)는 어느 시기에 북반구 해상에서 이동하고 있는 태풍의 풍속 분포를, (나)는 이 시기의 태풍 구조를 모식도로 나타낸 것이다. A와 B는 해상의 지점이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

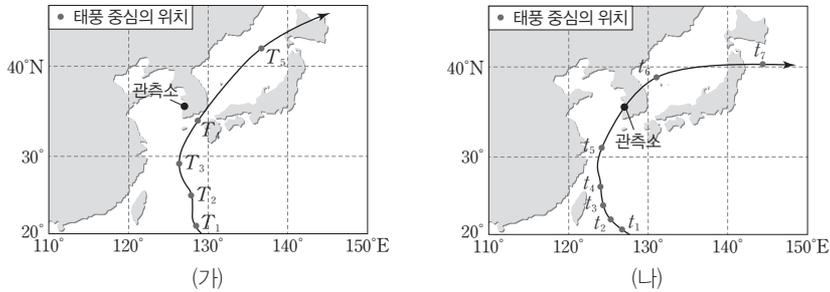
보기

- ㄱ. 태풍의 이동 방향은 북동쪽이다.
- ㄴ. 기압 효과만을 고려할 때 해수면의 높이는 A가 B보다 높다.
- ㄷ. 태풍의 상공에서 공기는 시계 반대 방향으로 회전하며 불어 나간다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0133]

그림 (가)와 (나)는 어느 해 우리나라를 통과한 서로 다른 태풍의 이동 경로를 1일 간격으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 태풍은 우리나라를 통과하는 동안 태풍의 눈이 발달한 상태였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

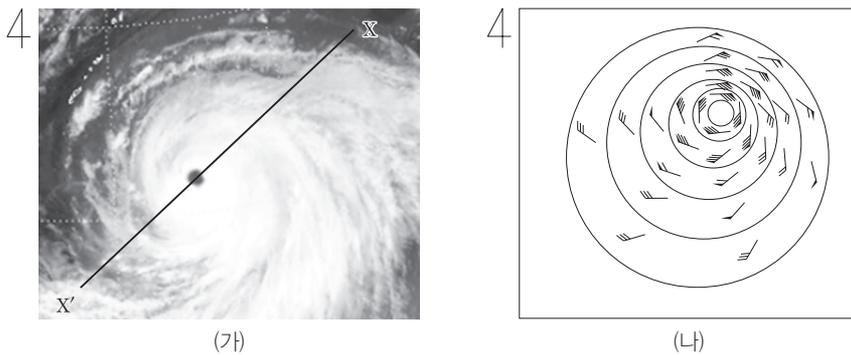
ㄱ. (가)에서 태풍이 우리나라를 통과할 때 관측소의 풍향 변화는 시계 반대 방향으로 나타난다.
 ㄴ. 위도 20°N~30°N에서 태풍의 평균 이동 속도는 (가)가 (나)보다 느렸다.
 ㄷ. (가)와 (나) 모두 관측소에서 측정된 기압이 최소일 때 풍속이 최대로 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태풍 통과 시 관측소가 태풍 이동 경로의 왼쪽(안전 반원)에 위치하면 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다. 태풍 통과 시 관측소에 태풍의 눈이 통과하면 기압이 최소인 시점에 풍속은 매우 약하게 측정된다.

12 [22026-0134]

그림 (가)는 어느 해역에 위치한 태풍의 적외 영상, (나)는 (가)의 위치에 있는 이 태풍의 해수면에서의 등압선과 풍속 및 풍향 분포를 모식도로 나타낸 것이다.



태풍의 이동 방향에 대해 왼쪽에 위치한 지역은 풍속이 상대적으로 약해 안전 반원에 속하게 되고, 오른쪽에 위치한 지역은 풍속이 상대적으로 강해 위험 반원에 속하게 된다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

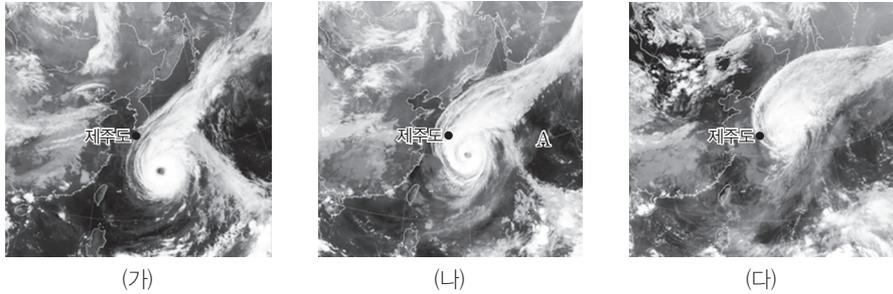
보기

ㄱ. 태풍은 남쪽으로 이동하고 있다.
 ㄴ. 태풍은 X-X'를 축으로 안전 반원과 위험 반원이 구분된다.
 ㄷ. 구름은 태풍의 눈을 중심으로 남동쪽이 북서쪽보다 넓게 분포한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

태풍은 북상하면서 차가운 바다 위를 지나거나 육지에 상륙하면 열과 수증기의 공급이 감소하기 때문에 세력이 약해진다. 태풍의 세력이 약해질수록 태풍의 눈은 잘 나타나지 않는다.

13 [22026-0135] 그림 (가), (나), (다)는 어느 해 9월 우리나라에 영향을 준 어느 태풍을 18시간 간격으로 관측한 위성 영상을 순서대로 나타낸 것이다.



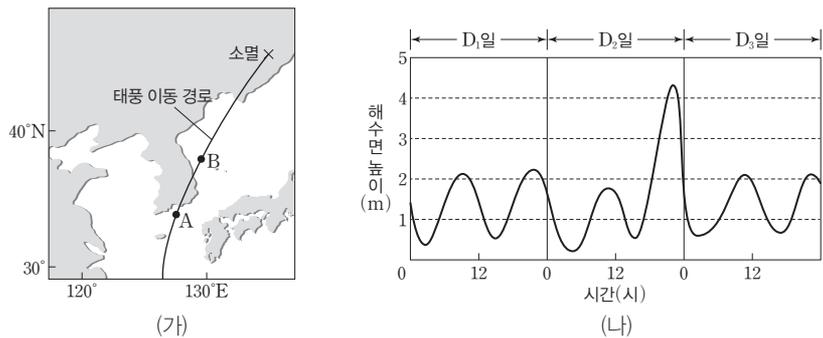
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 제주도는 태풍의 안전 반원에 속해 있었다.
 - ㄴ. 태풍 중심의 하강 기류는 (가)보다 (다)가 강하다.
 - ㄷ. (나)에서 A 지역에는 정체성 고기압이 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태풍은 강한 저기압으로 태풍의 중심에 위치한 해역은 저기압에 의한 해수면 상승 효과가 나타난다.

14 [22026-0136] 그림 (가)는 어느 태풍의 이동 경로를, (나)는 이 태풍의 영향을 받는 동안 A 해역에서의 해수면 높이 변화를 나타낸 것이다. 태풍이 A 해역을 지나 B 해역까지 이동하는 데 걸린 시간은 약 12시간이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 태풍의 중심이 A 해역을 통과한 시기는 D₂일 03시경이다.
 - ㄴ. B 해역의 해면 기압은 D₃일 12시보다 D₄일 0시에 더 높을 것이다.
 - ㄷ. 바람 효과만 고려할 때 태풍이 통과한 해역의 표층 수온은 태풍 통과 후가 태풍 통과 전에 비해 낮아진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22026-0137] 그림 (가), (나), (다)는 각각 우리나라에서 발생하는 주요 악기상 중 뇌우, 우박, 집중 호우를 나타낸 것이다.



(가)



(나)



(다)

뇌우, 우박, 집중 호우는 강한 상승 기류에 의해 적란운이 형성될 때 잘 발생한다.

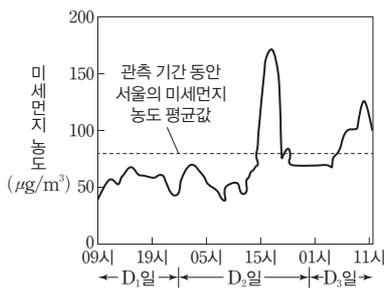
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)와 (나) 모두 한여름에 주로 발생한다.
- ㄴ. (다)는 홍수, 산사태 등을 일으킬 수 있다.
- ㄷ. (가), (나), (다) 모두 적란운이 발달하는 상황에서 잘 발생할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22026-0138] 그림 (가)는 우리나라에서 황사가 관측된 시기를 전후하여 서울에서 측정한 미세먼지 농도를, (나)는 이 황사의 발원지와 이동 경로, 이동 시간을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

우리나라에서 황사는 주로 봄철에 발생하며, 발원지는 주로 중국 북부의 사막 지대나 몽골 고원이다. 황사가 발생한 날에는 미세먼지 농도가 평상시에 비해 높아진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

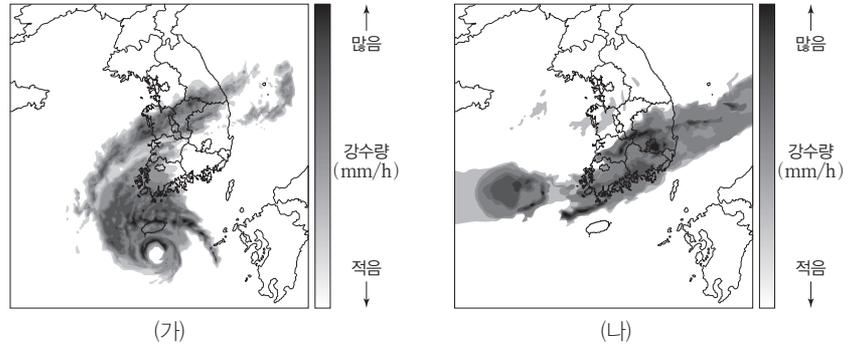
보기

- ㄱ. 황사가 발원한 시기는 D₂일 15시경이다.
- ㄴ. 우리나라에서 황사가 관측된 시기에 서울의 미세먼지 농도는 평상시보다 높아진다.
- ㄷ. 우리나라에서 주로 황사가 관측되는 시기는 시베리아 기단의 세력이 확장되는 시기이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태풍의 강수 구역은 태풍의 눈 주변에서 원형 또는 원형에서 한 방향으로 늘어진 형태로 나타나지만, 장마 전선에 의한 강수 구역은 띠 형태를 이루며 나타난다.

17 [22026-0139] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 시기에 다른 원인에 의해 발생한 집중 호우의 시간당 강수량(mm/h)을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

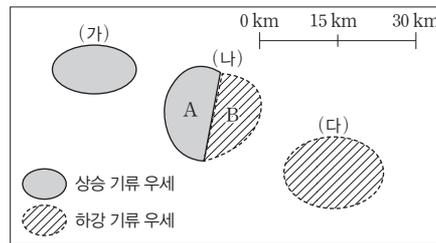
보기

- ㄱ. (가)에서 제주도 부근에는 남풍 계열의 바람이 분다.
- ㄴ. (나)와 같은 형태의 집중 호우는 주로 여름철에 나타난다.
- ㄷ. (가)와 (나) 모두 시간당 강수량이 가장 많은 곳에서 기압이 가장 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

뇌우의 발달 단계 중 성숙 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타나며 강한 돌풍과 함께 천둥, 번개, 소나기, 우박 등의 현상이 동반될 수 있다.

18 [22026-0140] 그림은 불균등 가열에 의해 발생하는 뇌우의 발달 단계에 따라 나타나는 적운형 구름 (가), (나), (다)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 구름의 두께는 (나)가 (가)보다 두껍다.
- ㄴ. 집중 호우는 B보다 A에서 주로 발생한다.
- ㄷ. 이와 같은 기상 현상은 비교적 규모가 크기 때문에 예측하기 쉽다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19

[22026-0141]

다음은 삼국사기에 나타난 기상 관련 기록 중 일부이다. 인용문에 제시된 월은 모두 음력이다.

- (가) 221년: 여름 5월(양력 6월 8일~7월 7일) 나라 동쪽(國東)에 ㉠ 큰물이 나서 산 40여 곳이 무너졌다.
- (나) 298년: 봄 2월(양력 2월 28일~3월 29일)에 경도(경주)에 ㉡ 안개가 짙게 끼어 사람을 분별할 수가 없었는데 5일 만에 걷혔다.
- (다) 800년: 여름 4월(양력 4월 28일~5월 26일)에 ㉢ 폭풍이 나무를 부러뜨리고 기와를 날려 보냈다. 서란전(瑞蘭殿)에 찢던 발(簾)이 날려 어디로 갔는지 알 수 없었다.

이 자료에 대해 타당하게 설명한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

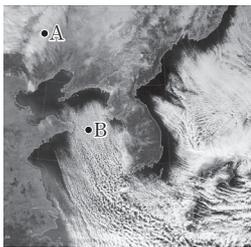
- 학생 A: ㉠은 주로 집중 호우가 발생한 지역에서 나타났을 거야.
- 학생 B: ㉡을 관측한 지역의 대기는 안정한 상태였을 거야.
- 학생 C: ㉢은 강풍을 설명한 것일 거야.

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

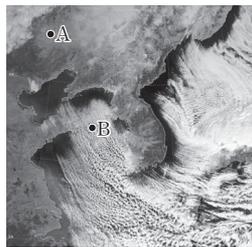
20

[22026-0142]

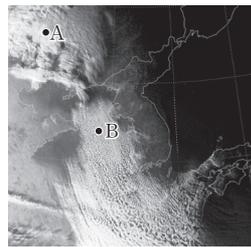
그림 (가), (나), (다)는 우리나라 서해안에 폭설이 내린 어느 날 정오부터 3시간 간격으로 촬영한 가시 영상을 순서 없이 나타낸 것이다. A, B는 지표상의 지점이다.



(가)



(나)



(다)

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에서 구름의 두께는 (가)가 (나)보다 두껍다.
- ㄴ. B 부근에서는 대체로 남풍 계열의 바람이 분다.
- ㄷ. 촬영 시각이 가장 늦은 것은 (다)이다.

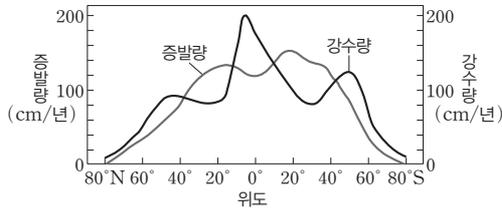
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

큰물(홍수)은 강수량이 많은 시기에 발생하고, 안개는 대기가 안정한 상태일 때 주로 나타난다.

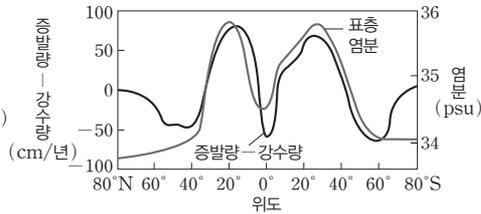
가시 영상은 구름과 지표면에 반사된 태양 빛의 반사 강도를 나타내는 것으로 반사도가 큰 부분은 밝게 나타나며, 반사도가 작은 부분은 어둡게 나타난다. 일반적으로 구름이 두꺼울수록 밝게 나타난다.

- 염분의 증가 요인: 증발, 해수의 결빙
- 염분의 감소 요인: 강수, 육지로부터 담수의 유입, 빙하의 용해

③ 표층 염분의 분포: 증발량이 강수량보다 많은 중위도 고압대의 해양에서는 표층 염분이 높게 나타난다.



증발량과 강수량의 분포

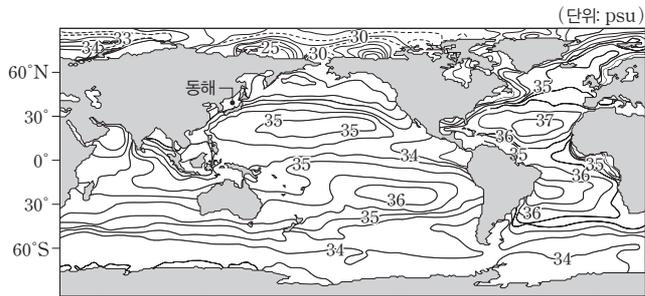


(증발량 - 강수량)과 표층 염분 분포

- 적도 지방은 저압대가 위치하므로 증발량보다 강수량이 많아 표층 염분이 중위도 지방보다 낮다.

- 극지방은 증발량이 적고 빙하가 용해되어 표층 염분이 낮다. 하지만 얼음이 어는 해역에서는 표층 염분이 높게 나타난다.

- 육지로부터 담수가 흘러들어오는 연안은 대양의 중심부보다 표층 염분이 낮다.



전 세계 해양의 평균 표층 염분 분포

개념 체크

① 해수의 결빙과 염분 변화

해수의 결빙이 일어날 때 염류는 빠져나가고 순수한 물만 얼기 때문에 주변 해수의 염분이 높아진다.

② 염분비 일정 법칙

19세기에 세계 주요 해양의 해수를 분석한 결과, 각 해양에서 염분은 서로 다르지만 해수에 녹아 있는 주요 염류들 사이의 상대적 비율은 모든 해양에서 거의 일정하다는 것을 확인하였다. 이를 염분비 일정 법칙이라고 한다.

1. 적도 해역은 증발량이 강수량보다 적어서 표층 염분이 중위도 해역보다 ()게 나타난다.

2. 극지방에서 결빙이 일어나면 주변 해수의 표층 염분이 ()아진다.

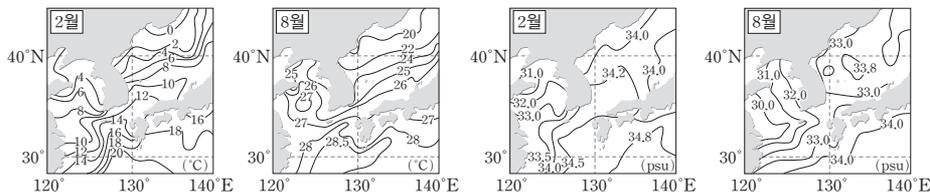
3. 육지로부터 담수가 흘러들어오는 연안은 대양의 중심부보다 표층 염분이 ()다.

4. 우리나라 주변 해수의 표층 염분은 여름철보다 겨울철에 대체로 ()다.

탐구자료 살펴보기 우리나라 주변 해수의 수온, 염분 분포

탐구 자료

그림 (가)와 (나)는 우리나라 주변 해역에서 계절에 따른 표층 수온과 표층 염분 분포를 나타낸 것이다.



(가) 표층 수온 분포

(나) 표층 염분 분포

탐구 결과

1. 표층 수온: 2월보다 8월에 높고, 남북 간의 표층 수온 차는 8월보다 2월에 크다.
2. 표층 염분: 8월보다 2월에 높고, 연안보다 외해에서 대체로 높다.

분석 point

- 표층 수온은 태양 복사 에너지가 강한 여름철에 더 높고, 난류의 영향을 받는 해역에서 더 높다. 특히 황해는 평균 수심이 얕고 대륙 및 바람의 영향을 많이 받아 수온의 연교차가 크게 나타난다.
- 표층 염분은 강수량이 많은 여름철에 대체로 낮고, 강물이 유입되는 연안에서 낮게 나타난다. 또한 난류보다 한류가 흐르는 해역에서 더 낮게 나타난다.

정답

1. 낮
2. 높
3. 낮
4. 높

개념 체크

● 밀도 약층

수심이 깊어질수록 밀도가 급격하게 커지는 층으로, 수온 약층이 나타나는 깊이와 대체로 일치한다.

● 수온 약층

일반적으로 밀도가 다른 두 수괴가 만나면 쉽게 섞이지 않기 때문에 오랜 기간 동안 그 특성을 유지한다. 따라서 수온 약층도를 이용하면 수괴의 특성뿐만 아니라 이동까지 추정할 수 있다.

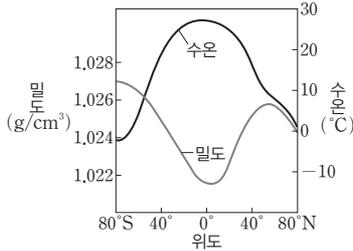
● 기체의 용해도

기체는 용액의 온도가 낮을수록, 기체 압력이 클수록 많이 녹는다.

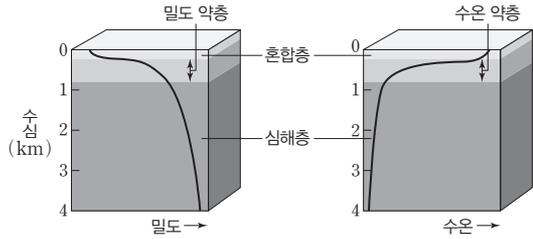
1. 해수의 밀도는 수온이 ()을수록, 염분이 ()을수록 커진다.
2. 해수의 용존 산소량은 해수의 표층보다 심층에서 ()다.
3. 해수의 용존 이산화 탄소량은 표층에서 ()때문에 적지만 수심이 깊어질수록 증가한다.

(3) 해수의 밀도

- ① 해수의 밀도에 영향을 주는 요인: 해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정된다. → 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록, 수압이 클수록 커진다.
- ② 해수의 밀도 분포: 깊이에 따른 압력의 효과를 무시할 때 해수의 밀도는 약 1.021~1.027 g/cm³로 순수한 물보다 크다.
 - 표층 해수의 밀도 분포: 표층 해수의 밀도는 남반구의 경우 80°S 부근에서, 북반구의 경우 약 50°N~60°N에서 최댓값을 가지며, 적도 부근에서 최솟값을 갖는다.
 - 해수의 연직 밀도 분포: 북반구의 경우 저위도와 중위도 해역에서 해수의 밀도는 수심이 깊어질수록 커지다가 심해에서는 거의 일정하다.

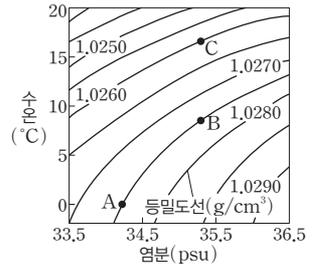


위도별 표층 해수의 수온과 밀도 분포



해수의 연직 밀도와 수온 분포

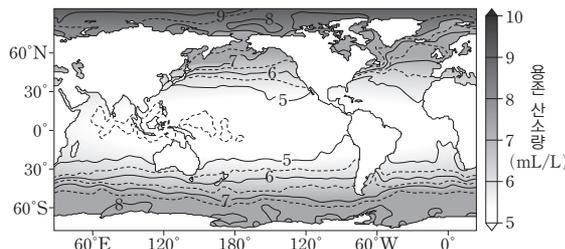
- ③ 수온 염분도(T-S도): 해수의 특성을 나타내는 그래프로, 수온(Temperature)과 염분(Salinity)의 첫 글자를 따서 수온 염분도(T-S도)라고 한다.
 - 오른쪽 그림에서 해수의 수온은 A < B < C이고, 염분은 A < B = C이며, 해수의 밀도는 C < B = A이다.
 - 수온 염분도(T-S도)를 이용하면 해수의 밀도를 알아낼 수 있으며, 해수의 특성과 이동을 추정할 수 있다.



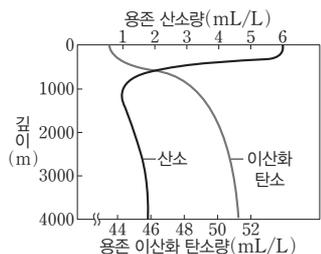
수온 염분도(T-S도)

- (4) 해수의 용존 기체: 해수의 용존 기체량은 일차적으로 기체의 용해도에 영향을 미치는 온도, 대기압 및 염분에 의해 결정된다. 용존 기체의 분포는 해수 중에 존재하는 생물 활동의 영향을 크게 받는다.

- ① 용존 산소: 용존 산소량은 식물성 플랑크톤의 광합성과 대기로부터의 산소 공급에 의해 해수 표층에서 가장 많다. 심해에서는 극지방의 표층에서 침강한 찬 해수에 의해 용존 산소량이 약간 많다.
- ② 용존 이산화 탄소: 이산화 탄소는 산소보다 기체의 용해도가 크므로 용존 이산화 탄소량은 용존 산소량보다 전체적으로 많다. 표층에서는 광합성 때문에 용존 이산화 탄소량이 적지만 수심이 깊어질수록 증가한다.



연평균 표층 용존 산소량 분포



수심에 따른 용존 기체량의 변화

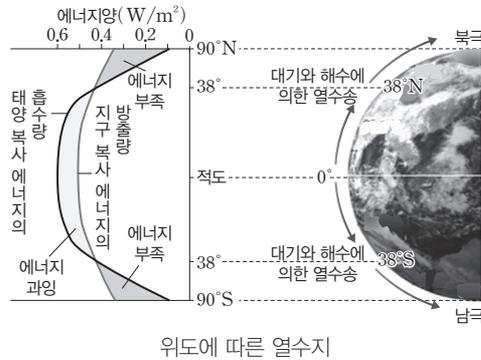
정답

1. 낮, 높
2. 적
3. 광합성

2 해수의 표층 순환

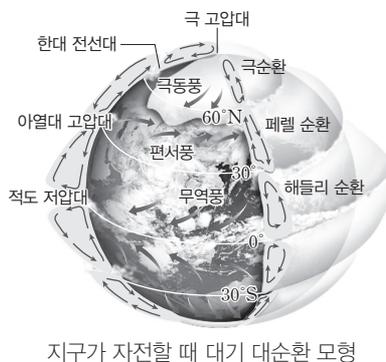
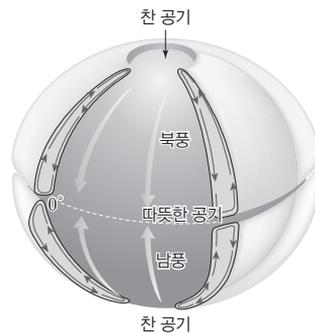
(1) 대기 대순환

- 지구의 복사 평형: 지구는 흡수한 태양 복사 에너지와 같은 양의 에너지를 우주 공간으로 방출하므로 지구의 평균 기온은 거의 일정하게 유지된다.
- 위도에 따른 열수지: 위도에 따라 태양 복사 에너지의 흡수량과 지구 복사 에너지의 방출량이 차이가 난다.
 - 저위도 지방(적도~위도 약 38°)에서는 에너지가 남고, 고위도 지방(위도 약 38°~극)에서는 에너지가 부족하다.
 - ➔ 복사 평형 상태일 때 에너지 과잉량과 부족량의 크기는 같다.
 - 대기와 해수의 순환: 저위도의 남는 에너지를 에너지가 부족한 고위도로 운반한다.
- 대기 대순환의 원인: 지구 규모의 열에너지 이동을 일으키는 가장 큰 규모의 대기 순환으로, 위도에 따른 태양 복사 에너지의 양과 지구 복사 에너지의 양 차이에서 비롯된 에너지 불균형이 대기 대순환의 원인이다.



(2) 대기 대순환 모형

- 단일 세포 순환 모형(지표면이 균일하고 자전하지 않는 지구): 적도 지방에는 상승 기류가, 극지방에는 하강 기류가 발달하여 북반구 지상에는 북풍만, 남반구 지상에는 남풍만 분다.
- 대기 대순환 모형(자전하는 지구): 지구 자전에 의한 전향력의 영향으로 각 반구에 3개의 순환 세포가 형성된다.
 - 해들리 순환: 적도 지방에서 공기가 상승하여 고위도로 이동한 다음 위도 30° 부근에서 하강하여 다시 적도 지방으로 되돌아온다. 이때 적도 지방에서는 열대 수렴대(적도 저압대)를 형성하고, 위도 30° 부근에서는 아열대 고압대(중위도 고압대)를 형성한다.
 - 페렐 순환: 위도 30° 부근에서 공기가 하강하여 고위도로 이동한 다음 위도 60° 부근에서 상승한다.
 - 극순환: 극지방에서 공기가 하강하여 저위도로 이동한 다음 위도 60° 부근에서 상승한다. 페렐 순환과 극순환이 만나는 위도 60° 부근에서는 한대 전선대를 형성한다.
- 직접 순환과 간접 순환: 해들리 순환과 극순환은 가열된 공기가 상승하거나 냉각된 공기가 하강하면서 만들어진 열적 순환으로 직접 순환에 해당한다. 이에 비해 위도 30°~60° 사이의 페렐 순환은 해들리 순환과 극순환 사이에서 형성된 간접 순환이다.



개념 체크

● 전향력

자전하는 지구에서 운동하는 물체에 나타나는 가상의 힘으로 북반구에서는 물체가 운동하는 방향의 오른쪽으로, 남반구에서는 물체가 운동하는 방향의 왼쪽으로 작용한다.

● 대기 대순환

지구의 실제 대기 대순환은 지구 자전뿐만 아니라 대륙과 해양의 분포 등에 의해 이론적인 모형보다 훨씬 복잡하게 나타난다.

- 대기 대순환의 발생 원인은 위도에 따른 () 불균형이다.
- 지구가 자전하지 않을 때 북반구에서는 () 개의 순환 세포가 형성되며, 지상에서는 () 풍이 분다.
- 대기 대순환 모형에서 위도 0°~30° 사이에 형성된 순환 세포를 () 순환이라고 한다.
- 해들리 순환과 극순환은 () 순환이고, 페렐 순환은 () 순환이다.

정답

- 에너지
- 1, 북
- 해들리
- 직접, 간접

개념 체크

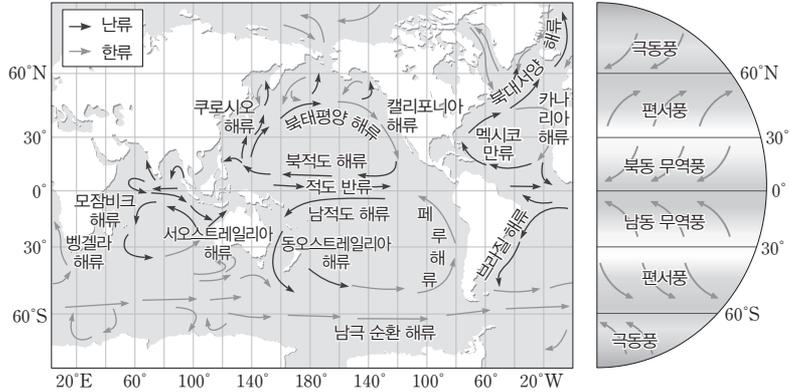
● 표층 순환

해양의 표층에서 수평 방향으로 일어나는 해수의 순환으로 아열대 순환, 아한대 순환 등이 있다.

1. 표층 해류는 ()에 의해 형성되므로 표층 해류의 방향은 대기 대순환의 영향을 받는다.
2. 북적도 해류와 남적도 해류는 ()에 의해, 북태평양 해류는 ()에 의해 형성된다.
3. 북반구의 아열대 순환에서 해류는 () 방향으로, 남반구의 아열대 순환에서 해류는 () 방향으로 흐른다.
4. 편서풍에 의해 남극 대륙 주위를 흐르는 해류를 ()라고 한다.
5. 북반구와 남반구의 표층 순환은 적도 부근을 경계로 대체로 ()적인 분포를 보인다.

(3) **해수의 표층 순환**: 표층 해류는 육지로 가로막힌 대양 안에서 몇 개의 거대한 순환을 이루고 있으며, 적도 부근을 경계로 북반구와 남반구가 대체로 대칭적인 분포를 보인다.

- ① 해양은 대륙에 의해 가로막혀 있으므로 동서 방향으로 흐르던 해류가 대륙과 부딪혀 남북 방향으로 갈라져 흐르면서 순환을 이룬다.
- ② 표층 순환은 적도 부근을 경계로 북반구와 남반구가 거의 대칭을 이루면서 순환한다.

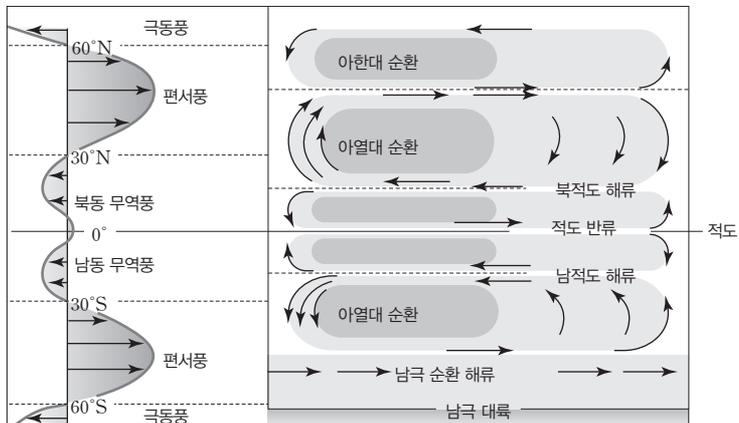


전 세계 표층 해류의 분포와 대기 대순환에 의한 바람

③ **아열대 순환**: 무역풍대의 해류와 편서풍대의 해류로 이루어진 순환을 말한다.

- 북태평양: 북적도 해류, 쿠로시오 해류, 북태평양 해류, 캘리포니아 해류로 이루어져 있으며, 시계 방향으로 순환한다.
- 남태평양: 남적도 해류, 동오스트레일리아 해류, 남극 순환 해류, 페루 해류로 이루어져 있으며, 시계 반대 방향으로 순환한다.
- 북대서양: 북적도 해류, 멕시코 만류, 북대서양 해류, 카나리아 해류로 이루어져 있으며, 시계 방향으로 순환한다.
- 남대서양: 남적도 해류, 브라질 해류, 남극 순환 해류, 벵겔라 해류로 이루어져 있으며, 시계 반대 방향으로 순환한다.

④ **아한대 순환**: 편서풍대의 해류와 극동풍에 의한 해류가 이루는 순환으로, 대양이 육지로 막혀 있는 북반구에서만 나타난다.

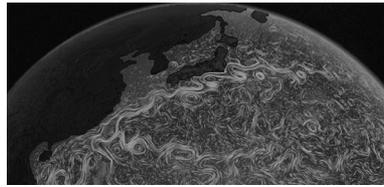


대기 대순환과 표층 순환의 관계를 나타낸 모식도

정답

1. 바람
2. 무역풍, 편서풍
3. 시계, 시계 반대
4. 남극 순환 해류
5. 대칭

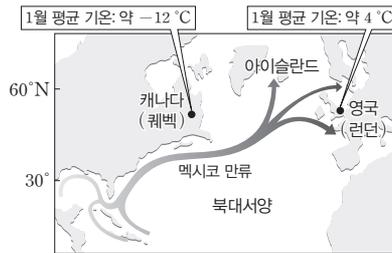
- ⑤ 대양의 서쪽 연안을 따라 흐르는 해류는 동쪽에서 흐르는 해류에 비해 속도가 빠르다. → 북태평양의 서쪽에서 흐르는 쿠로시오 해류는 동쪽에서 흐르는 캘리포니아 해류에 비해 유속이 훨씬 빠르다.
- ⑥ 해수의 표층 순환은 지구의 자전, 대기 대순환, 대륙의 분포 등의 영향을 받아 이론적인 모형보다 훨씬 복잡하게 나타난다.



시각화한 해류의 모습

(4) 해류의 역할

- ① 해류는 저위도의 에너지를 고위도로 수송하는 역할을 하며, 전 세계의 기후와 해양 환경에 영향을 미친다.
- ② 난류가 흐르는 지역은 따뜻한 난류의 영향을 받아 겨울철 평균 기온이 동일 위도의 다른 지역에 비해 높은 편이다. 비슷한 위도에 있는 영국의 런던과 캐나다 퀘벡의 1월 평균 기온을 비교해 보면, 난류인 멕시코 만류의 연장인 북대서양 해류가 열을 공급하여 유럽의 서쪽 지역을 온난하게 하기 때문에 런던이 퀘벡보다 1월 평균 기온이 높다.



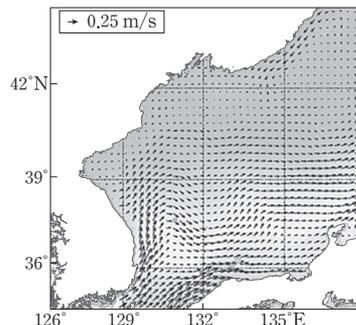
해류의 영향

(5) 우리나라 주변의 해류

- ① 난류: 우리나라 주변 난류의 근원은 쿠로시오 해류이다. 쿠로시오 해류의 지류가 동중국해에서 갈라져 나와 북상하여 황해 난류, 대마 난류(쓰시마 난류), 동한 난류를 형성한다.
 - 황해 난류: 쿠로시오 해류의 지류가 북상하다가 제주도 부근 해역에서 갈라져 황해의 중앙부 쪽으로 북상한다.
 - 대마 난류(쓰시마 난류): 제주도 남동쪽에서 남해를 거쳐 대한 해협을 통과한 후 동해로 흘러 들어간다.
 - 동한 난류: 대한 해협에서 대마 난류로부터 갈라져 나와 동해안을 따라 북상한다. 동해에서 북한 한류와 만나 조경 수역을 형성한 후 동진하여 대마 난류와 다시 합류한다.
- ② 한류: 우리나라 주변 한류의 근원은 연해주를 따라 남하하는 연해주 한류이다.
 - 북한 한류는 연해주 한류와 연결되기도 하고, 끊어지기도 하면서 동해안을 따라 남하하다가 동한 난류와 만난다.
- ③ 난류와 한류의 특징: 난류는 수온과 염분이 높고, 영양염과 용존 산소량이 적어 식물성 플랑크톤이 적다. 반면, 한류는 수온과 염분이 낮고, 영양염과 용존 산소량이 많아 식물성 플랑크톤이 많다.



우리나라 주변의 표층 해류 분포



동해에서 해류의 유속 분포

개념 체크

조경 수역

난류와 한류가 만나는 곳으로 영양염, 플랑크톤, 용존 산소량이 풍부하여 좋은 어장이 형성된다.

1. 해류는 () 위도의 에너지를 () 위도로 수송하는 역할을 한다.
2. 우리나라 주변 난류의 근원은 () 해류이다.
3. 동해에서는 () 난류와 () 한류가 만나 조경 수역이 형성된다.
4. 한류는 난류에 비해 용존 산소량과 영양염이 () 다.

정답

1. 저, 고
2. 쿠로시오
3. 동한, 북한
4. 많

개념 체크

● 밀도류

심층 순환을 이루는 해류는 물의 밀도 차에 기인하기 때문에 심층 해류를 밀도류라고도 한다.

● 해수의 순환

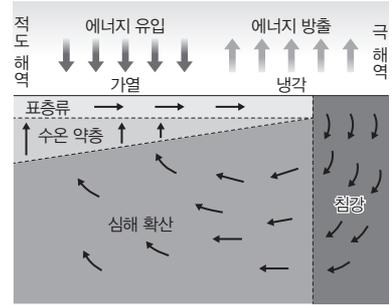
해수가 표층에서 침강한 뒤 심층 순환을 거쳐 다시 처음의 표층으로 되돌아오는 데는 수백 년에서 천 년에 가까운 오랜 시간이 걸린다.

1. 해수의 심층 순환은 해수의 () 차에 의해 일어나는 순환이다.
2. 해수의 심층 순환은 표층 순환에 비해 해수의 이동 속도가 매우 () .
3. 표층에서 침강하여 흐르면서 수온과 염분이 거의 일정하게 유지되는 해수 덩어리를 ()라고 한다.

3 해수의 심층 순환

(1) 심층 순환

- ① 해양에서는 표층뿐만 아니라 수심이 깊은 곳에도 해류가 존재한다. 표층에서 수온이 낮아지거나 염분이 높아지면 밀도가 커진 해수가 심해로 가라앉아 해수의 순환이 일어나는데, 이를 심층 순환이라고 한다.
- ② 심층 순환은 수온과 염분 변화에 따른 밀도 차로 형성되기 때문에 열염 순환이라고도 한다.
- ③ 극 해역의 좁은 면적에서 차갑게 냉각된 해수는 밀도가 커져 상대적으로 빨리 가라앉는다. 이후 가라앉은 해수는 저위도로 이동하여 온대나 열대 해역에 걸쳐 매우 천천히 상승하고 표층을 따라 극 쪽으로 이동한다.

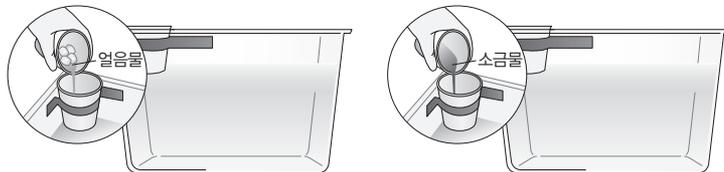


심층 순환 모형

탐구자료 살펴보기 심층 순환의 원리

탐구 과정

1. 수조에 약 20 °C의 물을 $\frac{2}{3}$ 정도 채우고, 수조 한쪽에 구멍 뚫린 종이컵의 아랫부분이 물에 잠길 정도로 놓고 접착테이프로 고정시킨다.
2. 색소를 탄 얼음물을 수조의 종이컵에 붓고 얼음물의 이동을 관찰한다.
3. 색소를 탄 약 20 °C의 소금물을 이용하여 과정 1과 2를 반복한다.



탐구 결과

얼음물과 소금물은 모두 수조의 물보다 밀도가 크므로 수조 바닥에 가라앉은 후 바닥을 따라 천천히 움직인다.

분석 point

- 얼음물과 소금물이 가라앉은 곳은 실제 해양에서 침강이 일어나는 해역에 해당하고, 얼음물과 소금물이 바닥을 따라 움직이는 것은 심층 해류에 해당한다.
- 실제 해양에서도 수온이 낮거나 염분이 높은 고밀도 해수가 가라앉아 심해에서 이동하는 심층 순환이 일어난다.

(2) 심층 순환의 특징

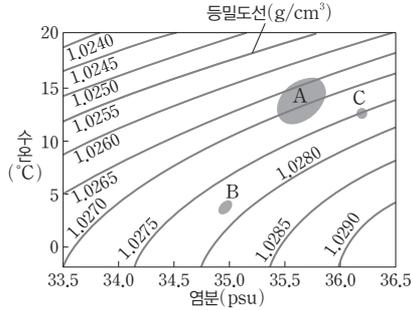
- ① 심층 순환은 수온과 염분 및 밀도를 조사하여 간접적으로 흐름을 알아낼 수 있다.
- ② 수괴: 표층에서 침강하여 흐르면서 수온과 염분이 거의 일정하게 유지되는 해수 덩어리이다. 수괴는 성질이 다른 수괴와 잘 섞이지 않기 때문에 수온과 염분이 거의 변하지 않는다.
- ③ 수괴 분석: 수괴의 성질을 조사하여 수온 염분도에 나타내면 그 기원과 이동 경로를 추정할 수 있다.

정답

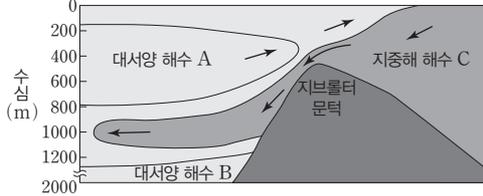
1. 밀도
2. 느리다
3. 수괴

과학 돋보기 수온 염분도를 이용한 해수의 이동 해석

그림 (가)는 대서양 해역과 지중해에서 관측된 해수 A, B, C의 수온과 염분, (나)는 대서양으로 들어가는 지중해 해수 C의 모습을 나타낸 것이다.



(가)

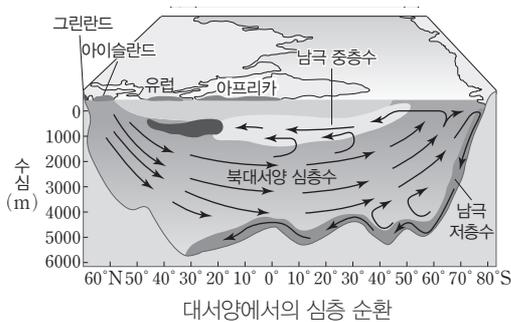


(나)

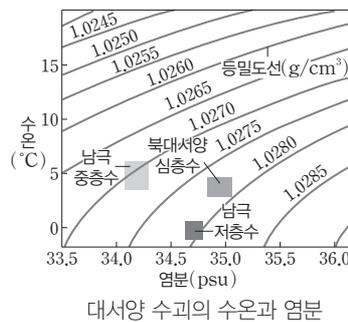
(가)에서 A와 B는 지중해와 만나는 대서양에서 각각 수심 200~800 m, 1200 m보다 깊은 곳에 있는 해수이고, C는 지중해의 해수이다. 지중해의 해수 C가 대서양으로 유출되면 A보다 밀도가 크고 B보다 밀도가 작으므로, 대서양에서 수심 약 1000 m 부근을 따라 이동한다.

④ 대서양에서의 심층 순환

- 남극 저층수: 남극 대륙 주변의 웨델해에서 만들어진 남극 저층수는 해저를 따라 북쪽으로 이동하여 30°N까지 흐른다.
- 북대서양 심층수: 그린란드 해역에서 만들어진 북대서양 심층수는 수심 약 1500~4000 m 사이에서 60°S까지 이동한다.
- 남극 중층수: 60°S 부근에서 형성된 남극 중층수는 수심 1000 m 부근에서 20°N까지 이동한다.

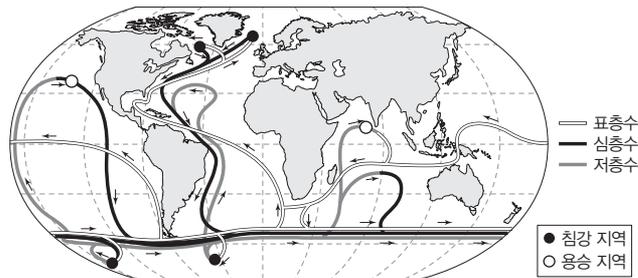


대서양에서의 심층 순환



대서양 수괴의 수온과 염분

⑤ 심층 순환의 역할: 거의 전체 수심에 걸쳐 일어나면서 해수를 순환시키는 역할을 하며, 표층 순환과 연결되어 열에너지를 수송하여 위도 간의 열수지 불균형을 해소시킨다. 또한 용존 산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하여 심해에 산소를 공급한다.



전 세계 해수의 순환

개념 체크

❶ 침강 해역

북대서양 심층수는 그린란드 남쪽의 래브라도해와 그린란드 동쪽의 노르웨이해에서 형성되고, 남극 저층수는 남극 대륙 주변의 웨델해와 로스해에서 형성된다.

❷ 북대서양 심층수와 남극 저층수의 수온과 염분 비교

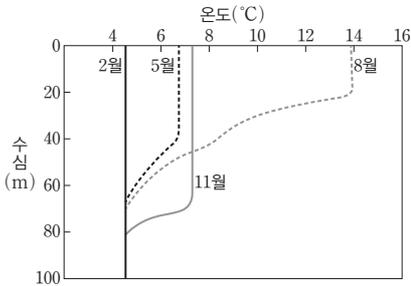
수괴	북대서양 심층수	남극 저층수
평균 수온	3 °C	-0.5 °C
평균 염분	34.9 psu	34.7 psu

1. 극 지역에서 밀도가 커져 ()한 해수는 저층에서 적도를 향해 흐른다.
2. 북대서양 심층수는 남극 저층수보다 밀도가 ()다.
3. 심층 순환은 용존 ()가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하는 역할을 한다.

정답

1. 침강
2. 작
3. 산소

01 [22026-0143] 그림은 북태평양 어느 해역에서 서로 다른 시기에 측정된 수온의 연직 분포를 나타낸 것이다.

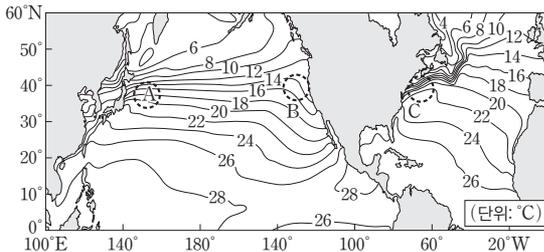


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 평균 풍속은 8월보다 11월에 더 크다.
 - ㄴ. 수온 약층은 5월보다 8월에 더 뚜렷하게 나타난다.
 - ㄷ. 수온만을 고려할 때, 표층 용존 산소량은 2월에 가장 적다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0144] 그림은 북반구 해양의 표층 수온 분포를 나타낸 것이다.

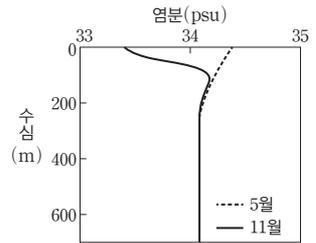


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 30°N 부근에서 표층 수온은 대양의 서쪽이 동쪽보다 대체로 높다.
 - ㄴ. A 해역은 B 해역보다 위도에 따른 수온 변화가 크다.
 - ㄷ. 표층 용존 산소량은 B 해역이 C 해역보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0145] 그림은 우리나라의 어느 해역에서 5월과 11월에 측정된 해수의 염분을 깊이에 따라 나타낸 것이다.

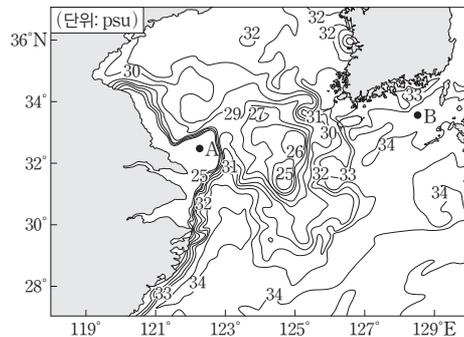


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 표층 염분은 5월보다 11월에 낮다.
 - ㄴ. 수심 0~100 m 구간에서 5월에는 깊이가 깊어질수록 염분이 감소한다.
 - ㄷ. 같은 수심에서 5월과 11월의 염분 차는 깊이가 깊어질수록 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0146] 그림은 어느 해 8월 우리나라의 남서쪽 주변 해역의 표층 염분 분포를 나타낸 것이다. A 해역과 B 해역의 표층 수온은 같다.

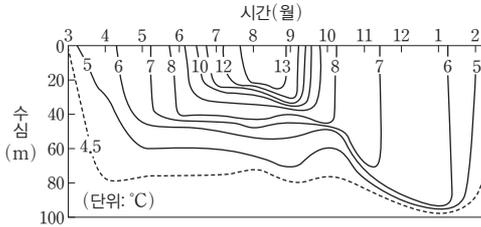


A 해역이 B 해역보다 더 큰 값을 가지는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 표층 해수 1 kg 속에 녹아 있는 염류의 총량
 - ㄴ. 표층 해수의 평균 밀도
 - ㄷ. 육지로부터의 담수 유입량

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0147] 그림은 북반구 어느 해역의 한 지점에서 1년 동안 관측한 월별 수심에 따른 수온 변화를 등수온선으로 나타낸 것이다.

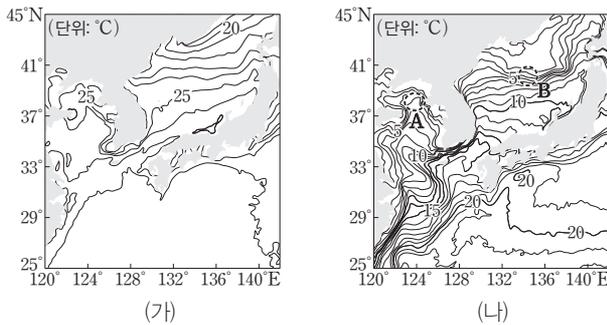


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 수온의 연교차는 표층보다 수심 60 m에서 크다.
 - ㉡. 혼합층의 평균 두께는 여름철보다 겨울철이 두껍다.
 - ㉢. 수심 40 m에서 수온의 변화 폭은 4월과 5월 사이보다 7월과 8월 사이에 더 크다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

06 [22026-0148] 그림 (가)와 (나)는 1990년부터 2014년까지 우리나라 주변 해역에서 관측된 2월과 8월의 평균 표층 수온 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.

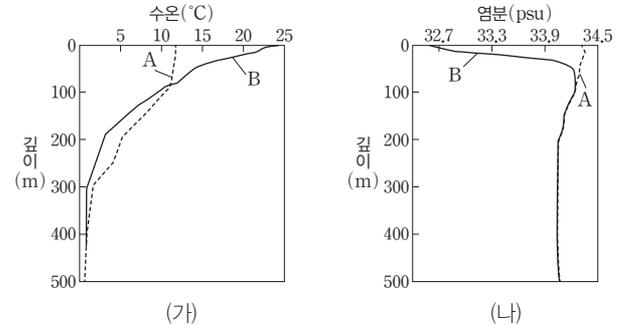


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. (가)는 8월의 평균 표층 수온 분포이다.
 - ㉡. (나)에서 위도에 따른 수온 변화는 A 해역이 B 해역보다 크다.
 - ㉢. (나)에서 황해의 평균 표층 수온이 동해보다 낮은 이유는 한류의 영향 때문이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

07 [22026-0149] 그림 (가)와 (나)는 우리나라 동해에서 측정한 수온과 염분의 평균값을 깊이에 따라 나타낸 것이다. A와 B는 각각 2월과 8월 중 하나이다.

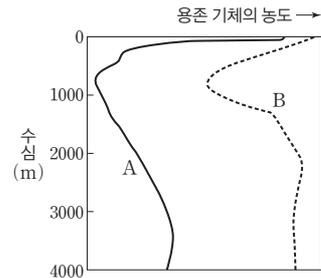


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. A는 8월의 자료이다.
 - ㉡. 수온 약층이 시작되는 깊이는 A가 B보다 깊다.
 - ㉢. 8월에 수심 0~100 m 구간에서 밀도는 깊이가 깊어질수록 대체로 감소한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

08 [22026-0150] 그림은 서로 다른 두 해역 A, B에서 관측한 어느 용존 기체의 농도를 나타낸 것이다. 이 두 해역의 표층 염분은 같고, 용존 기체는 산소와 이산화 탄소 중 하나이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 용존 기체는 이산화 탄소이다.
 - ㉡. 표층 수온은 A 해역이 B 해역보다 높다.
 - ㉢. A 해역에서 용존 기체의 농도가 표층이 수심 500 m보다 높은 이유 중 하나는 광합성 때문이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

09 [22026-0151] 표는 지구가 자전할 때 북반구에 형성되는 대기 대순환 세포 A, B, C의 순환 과정 중 일부에 대하여 정리한 것이다.

순환 세포	특징
A	극지방에서 냉각된 공기가 하강하여 저위도로 이동한 다음 위도 60° 부근에서 상승한다.
B	적도 지방에서 공기가 상승하여 고위도로 이동한 다음 위도 30° 부근에서 하강한다.
C	위도 30° 부근에서 공기가 하강하여 고위도로 이동한 다음 위도 60° 부근에서 상승한다.

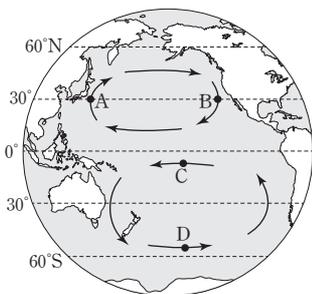
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 B는 모두 지표 부근에 동풍 계열의 바람을 형성한다.
- ㄴ. 지표 부근에서 남북 간의 기온 차는 A와 C의 경계 부근이 B와 C의 경계 부근보다 크다.
- ㄷ. C에 의해 지표 부근에서 부는 바람은 북태평양 해류의 형성에 영향을 준다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0152] 그림은 태평양의 주요 표층 해류 분포를 나타낸 것이다.



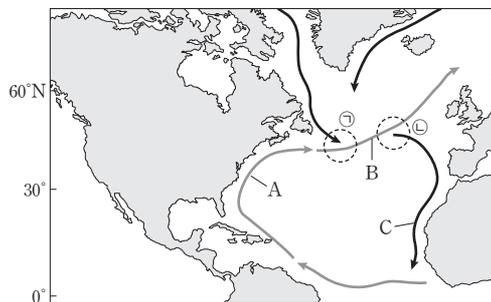
해역 A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 표층 염분은 A가 B보다 높다.
- ㄴ. 표층 용존 산소량은 D가 가장 많다.
- ㄷ. C와 D에 흐르는 해류의 주된 형성 원인은 대기 대순환에 의해 지표 부근에 형성되는 바람이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0153] 그림은 북대서양의 주요 표층 해류를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 북대서양 해류, 멕시코 만류, 카나리아 해류 중 하나이다.



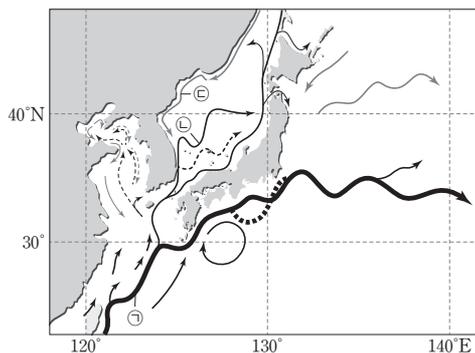
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 위도 30°N 해역에서 표층 해류의 평균 용존 산소량은 A가 C보다 많다.
- ㄴ. B는 북대서양 아열대 표층 순환의 일부를 형성한다.
- ㄷ. 해역 ㉠은 해역 ㉡보다 영양염이 풍부하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0154] 그림은 우리나라 주변의 표층 해류를 나타낸 것이다. 실선은 연중 지속성을 보이는 해류를, 점선은 수개월 또는 수년 단위의 변동성을 보이는 해류를 의미한다.



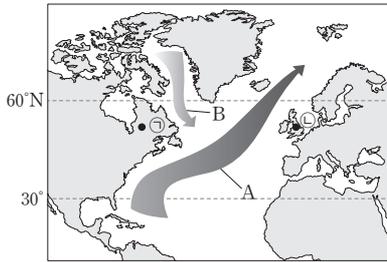
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 우리나라 주변 난류의 근원은 ㉠이다.
- ㄴ. ㉡은 여름철보다 겨울철에 더 북상한다.
- ㄷ. 위도 40°N 해역에서 ㉡은 ㉠보다 식물성 플랑크톤이 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [22026-0155] 그림은 북대서양을 흐르고 있는 표층 해류를 간략하게 나타낸 것이다. 지역 ㉠과 ㉡은 동일 위도에 있다.

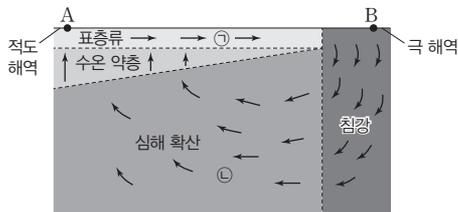


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 해류 A는 난류이다.
 - ㄴ. B는 북대서양 아열대 표층 순환을 형성하는 해류 중 하나이다.
 - ㄷ. 1월 평균 기온은 지역 ㉠이 지역 ㉡보다 낮다.

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

14 [22026-0156] 그림은 해수의 심층 순환 모형을 나타낸 것이다.

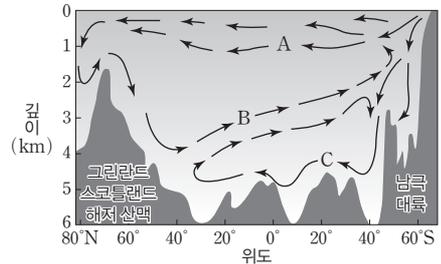


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 해수의 평균 밀도는 해역 A가 해역 B보다 크다.
 - ㄴ. 해류의 평균 유속은 해류 ㉠이 해류 ㉡보다 빠르다.
 - ㄷ. 심층 순환을 일으키는 주요 원인은 해수의 밀도 차이이다.

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

15 [22026-0157] 그림은 대서양의 연직 단면에서 해수의 심층 순환을 나타낸 것이다.

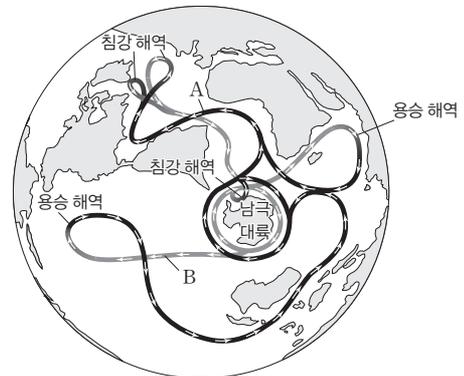


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 남극 중층수이다.
 - ㄴ. 해수의 평균 밀도는 B가 C보다 작다.
 - ㄷ. 심층 순환은 용존 산소가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하는 역할을 한다.

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

16 [22026-0158] 그림은 표층 순환과 심층 순환을 모식적으로 나타낸 것이다. A와 B는 각각 표층 순환과 심층 순환 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

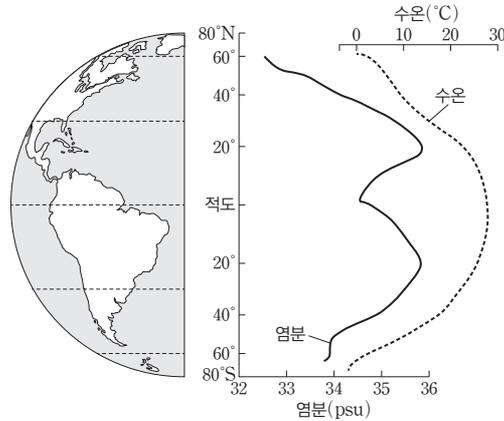
- 보기
- ㄱ. 순환류가 이동하는 평균 깊이는 A가 B보다 깊다.
 - ㄴ. 순환류의 평균 유속은 A가 B보다 빠르다.
 - ㄷ. 침강 해역에 담수가 유입되면 해수의 침강은 더 강해질 것이다.

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

증발량이 강수량보다 많은 중 위도 고압대의 해양에서 표층 염분이 높다.

혼합층은 바람의 혼합 작용으로 인해 수온이 깊이에 따라 거의 일정한 층이다.

01 [22026-0159] 그림은 위도에 따른 표층 염분과 표층 수온 분포를 나타낸 것이다.



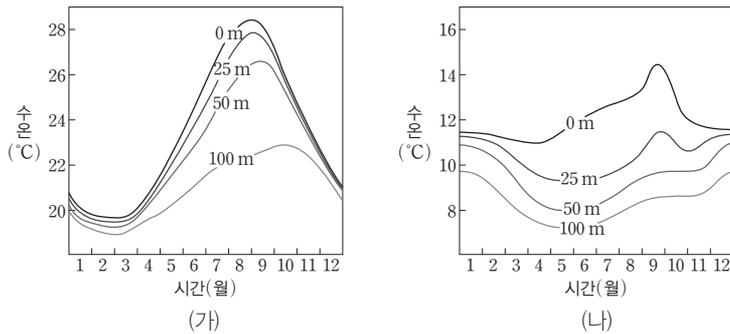
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 표층 염분은 표층 수온이 가장 높은 위도에서 가장 높다.
- ㄴ. (증발량-강수량) 값은 위도 30° 해역이 적도 해역보다 크다.
- ㄷ. 고위도 해역에서 표층 염분이 낮은 이유 중 하나는 해수의 결빙이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0160] 그림 (가)와 (나)는 북반구의 위도가 다른 두 해역의 월별 수심에 따른 수온 분포를 나타낸 것이다.



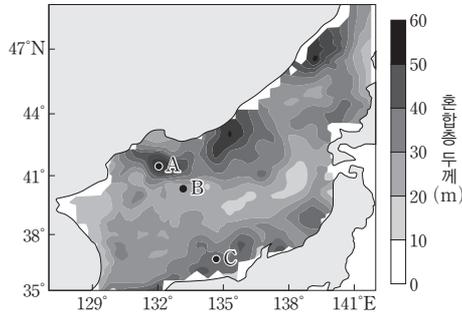
(가)와 (나)를 비교한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 두 해역에서의 표층 염분은 같다.)

보기

- ㄱ. (가)의 분포를 보이는 해역의 위도가 더 높다.
- ㄴ. 겨울철 혼합층의 두께는 (가)의 분포를 보이는 해역에서 더 두껍다.
- ㄷ. 연평균 표층 용존 산소량은 (가)의 분포를 보이는 해역에서 더 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0161] 그림은 우리나라 동해의 연평균 혼합층 두께를 나타낸 것이다.



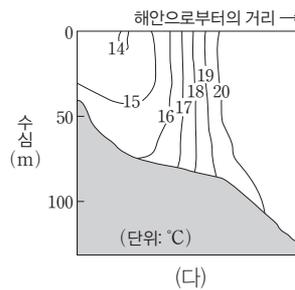
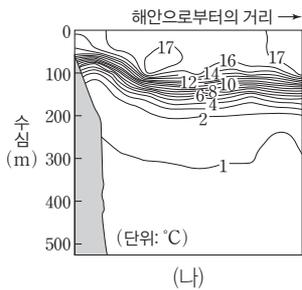
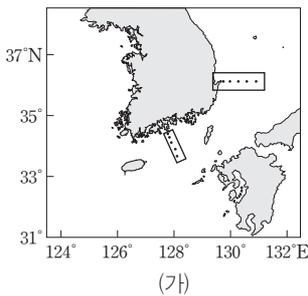
해역 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 바람의 평균 풍속이 가장 빠른 해역은 A이다.
- ㄴ. 여름철에 B의 평균 혼합층 두께는 40 m보다 두껍다.
- ㄷ. 표층 해수의 연직 혼합은 B가 C보다 대체로 활발하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0162] 그림 (가)는 남해와 동해의 관측 지점을, (나)와 (다)는 12월에 이들 관측 지점에서 측정한 연직 수온 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.



우리나라 겨울철 남해는 연안에서 멀어질수록 난류의 영향으로 수온이 높아진다. 수온 약층은 혼합층 아래에서 깊이가 깊어질수록 수온이 급격히 낮아지는 층이다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

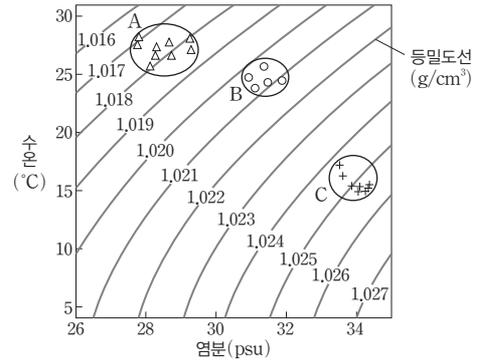
보기

- ㄱ. (나)는 남해에서 측정한 자료이다.
- ㄴ. 수온 약층은 동해가 남해보다 뚜렷하다.
- ㄷ. (다)에서 먼 바다로 갈수록 대체로 표층 수온이 높아지는 가장 큰 이유는 연안 용승이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정된다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.

05 [22026-0163] 그림은 북반구 중위도 어느 해역에서 서로 다른 깊이에서 측정한 해수 A, B, C의 수온과 염분을 수온-염분도에 나타낸 것이다. 해수 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

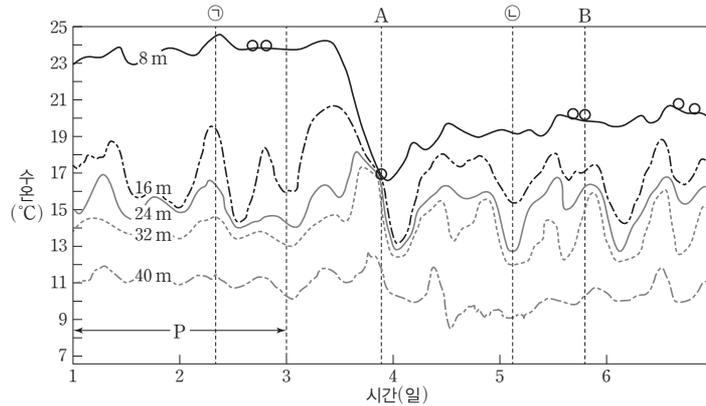


- 보기
- ㄱ. 평균 깊이는 A가 가장 얇다.
 - ㄴ. 평균 밀도는 C가 가장 크다.
 - ㄷ. A와 B의 평균 밀도 차가 B와 C의 평균 밀도 차보다 작은 이유는 수온보다 염분의 영향이 더 크기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

위성에서 관측한 표층 수온과 임의의 깊이에서 측정한 수온이 일치할 때, 표층 수온과 일치하는 깊이 중 가장 깊은 깊이가 혼합층의 두께(깊이)이다.

06 [22026-0164] 그림은 중위도 어느 해역에서 6일 동안 관측한 수심별 수온 분포를 나타낸 것이다. 원(○)으로 표시된 값은 위성에서 관측한 표층 수온이다.



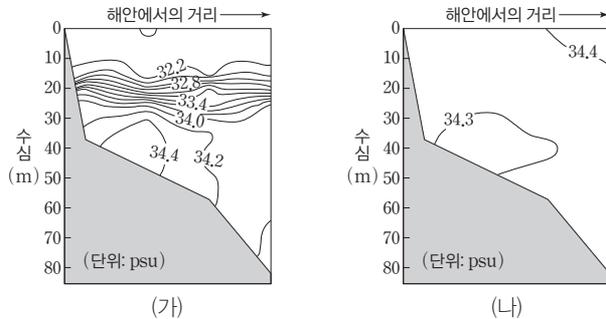
이 해역에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. P 기간 동안 수온의 평균 변동 폭은 수심 16 m에서 가장 크다.
 - ㄴ. 수온 약층에서 수온 변화/깊이 변화는 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 크다.
 - ㄷ. 혼합층의 두께는 A 시기가 B 시기보다 얇다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0165]

그림 (가)와 (나)는 각각 2월과 8월 중에 우리나라 동해안의 어느 지점에서 먼 바다로 가면서 측정한 연직 염분 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.



우리나라 동해에서의 표층 염분은 8월보다 2월에 높고, 연안보다 외해에서 대체로 높다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

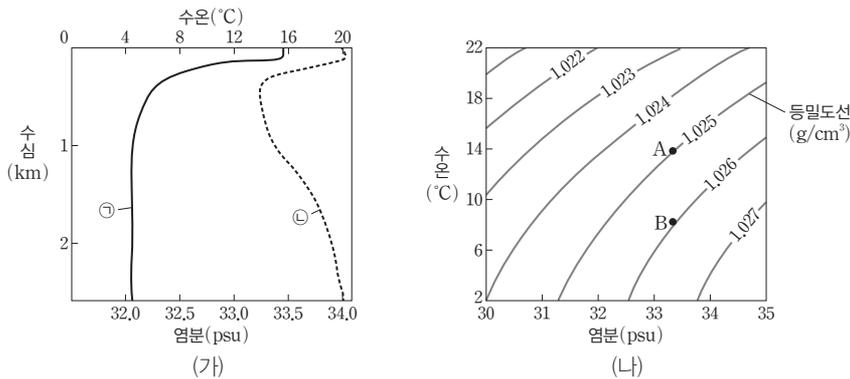
보기

- ㄱ. (가)는 8월의 염분 분포이다.
- ㄴ. 표층 해수의 평균 밀도는 (나)보다 (가) 시기에 크다.
- ㄷ. 수심 10~30 m 구간에서 수심에 따른 염분 변화는 대체로 (가)보다 (나) 시기에 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0166]

그림 (가)는 북반구 중위도 어느 해역의 수심에 따른 수온과 염분 분포를 순서 없이 나타낸 것이고, (나)는 이 해역에서 채취한 깊이가 서로 다른 해수 A, B를 수온-염분도에 나타낸 것이다.



북반구 중위도 해역에서 깊이에 따른 수온 분포는 혼합층, 수온 약층, 심해층의 층상 구조를 나타낸다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

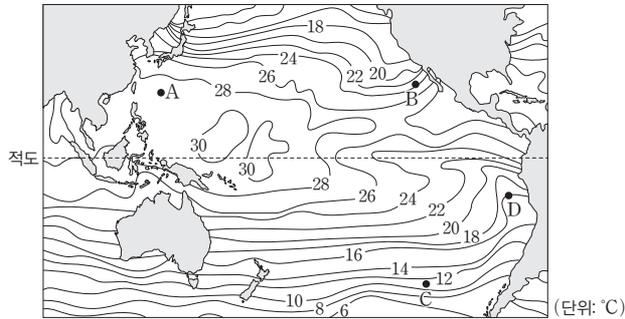
- ㄱ. ㉠은 수온, ㉡은 염분 분포 곡선이다.
- ㄴ. 이 해역에서 표층 해수의 밀도는 1.026 g/cm³보다 크다.
- ㄷ. A와 B의 밀도 차는 염분보다 수온의 영향이 더 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태평양의 서쪽 해안에서는 저위도에서 고위도로 표층 해류가 흐르고, 동쪽 해안에서는 고위도에서 저위도로 표층 해류가 흐른다.

같은 위도에서는 난류가 흐르는 해역보다 한류가 흐르는 해역에서 표층 용존 산소량이 많다.

09 [22026-0167] 그림은 태평양의 8월의 표층 수온과 주요 표층 해류가 흐르는 해역 A~D를 나타낸 것이다.



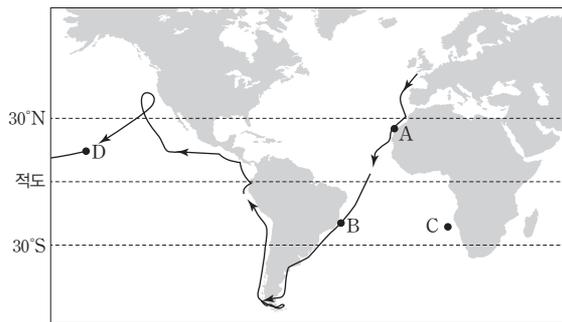
해역 A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 해류에 의해 저위도에서 고위도로 수송되는 에너지량은 A가 B보다 많다.
- ㄴ. C에서는 표층 해류가 등수온선과 대체로 나란하게 흐른다.
- ㄷ. D는 동일 위도의 주변 해수보다 표층 용존 산소량이 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0168] 그림은 어느 탐험가가 돛이 달린 범선을 타고 세계 일주를 한 항해 경로의 일부와 주변 해역을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

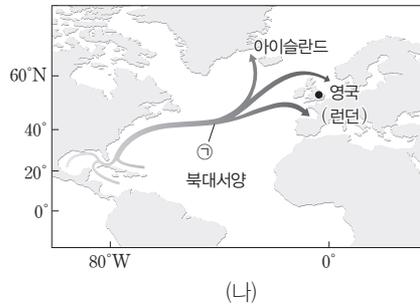
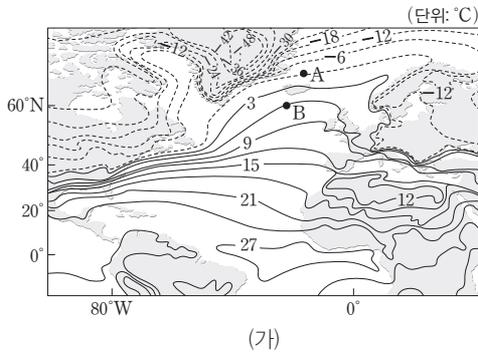
보기

- ㄱ. A 해역에서는 카나리아 해류를 이용하여 항해했다.
- ㄴ. 표층 용존 산소량은 B 해역이 C 해역보다 많다.
- ㄷ. D 해역에 흐르는 해류는 무역풍의 영향을 받았다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0169]

그림 (가)와 (나)는 각각 북대서양 부근에서 1월의 평균 지상 기온과 표층 해류의 분포를 나타낸 것이다. A 해역에서는 해수의 침강이 일어난다.



해류는 저위도의 에너지를 고위도로 수송하는 역할을 하며 전 세계 기후와 해양 환경에 영향을 미친다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

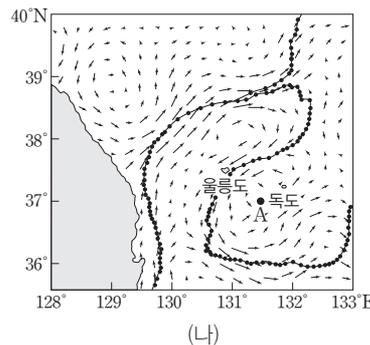
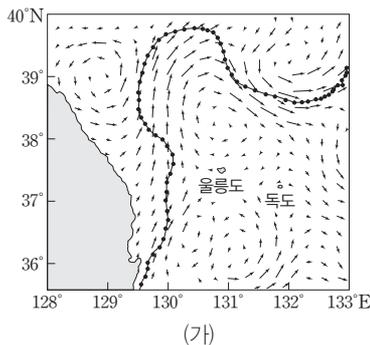
보기

- ㄱ. 빙하가 녹은 물이 A 해역으로 흘러 들어가면 A 해역의 표층 염분은 높아질 것이다.
- ㄴ. B 해역의 기온이 동일 위도의 다른 지역보다 높은 이유 중 하나는 해류 ㉠의 영향 때문이다.
- ㄷ. A 해역에서 표층 해수의 밀도가 낮아지면, 해류 ㉠의 세기는 약해질 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0170]

그림 (가)와 (나)는 서로 다른 시기에 관측한 우리나라 동해의 표층 해류를 나타낸 것이다. 점(•)은 일정 시간 간격으로 관측한 표층 뜰개의 위치를, 화살표(→)는 해류의 평균 이동 방향과 유속의 크기를 나타낸다.



동한 난류는 대한 해협에서 대마 난류로부터 갈라져 나와 동해안을 따라 북상하기도 하고, 독도 주변에 시계 반대 방향의 소용돌이를 형성하기도 한다.

* 표층 뜰개: 표층에서 해류의 흐름을 따라 이동하며 수시간 간격으로 위치, 수온 등의 정보를 위성에 전달하는 장비

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

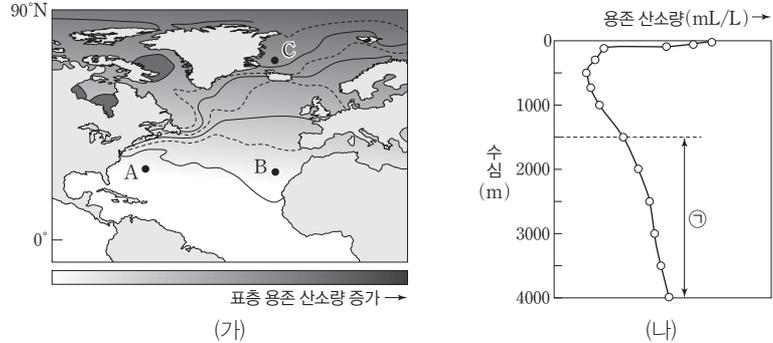
보기

- ㄱ. 표층 뜰개의 위치를 선으로 연결해 보면 동한 난류의 흐름을 추정할 수 있다.
- ㄴ. 130°E 부근에서 동한 난류는 (나) 시기보다 (가) 시기에 더 높은 위도까지 북상하였다.
- ㄷ. (나) 시기에 동한 난류의 일부는 A 해역을 중심으로 시계 방향의 소용돌이를 형성하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해수의 용존 산소량은 수온뿐만 아니라 수중 생물의 활동과 해수의 용승 및 침강의 영향을 받는다.

13 [22026-0171] 그림 (가)는 북대서양의 표층 용존 산소량 분포를, (나)는 남대서양의 중위도 해역에서 관측한 깊이에 따른 용존 산소량을 나타낸 것이다.



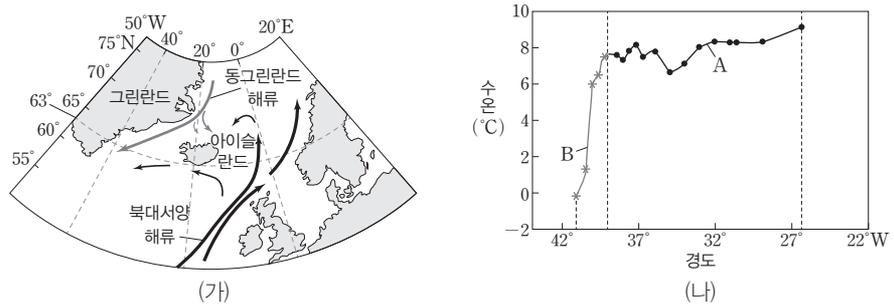
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 표층 수온은 해역 B보다 해역 A에서 높다.
 - ㄴ. 해역 C에 담수가 유입되면 북대서양의 남북 간 수온 차는 감소할 것이다.
 - ㄷ. 해역 C에서 일어나는 해수의 침강은 ① 구간의 용존 산소량을 증가시키는 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

북대서양 해류는 아열대 표층 순환의 일부로 멕시코 만류와 연결되어 북쪽으로 흐르는 난류이다.

14 [22026-0172] 그림 (가)는 북대서양 표층 순환의 일부를, (나)는 63°N의 위도선을 따라 아이슬란드에서 그린란드까지 측정한 표층 수온 분포를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 동그린란드 해류와 북대서양 해류에서 나뉘어져 나온 해류 중 하나의 표층 수온 분포이다.



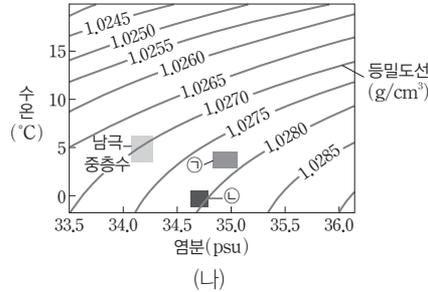
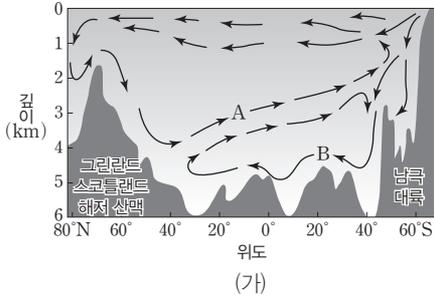
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 북대서양 해류에서 나뉘어져 나온 해류의 표층 수온 분포이다.
 - ㄴ. (나)에서 조경 수역은 경도 27°W 부근 해역보다는 경도 39°W 부근 해역에 형성되기 쉽다.
 - ㄷ. 관측 구간에서 북대서양 해류에서 나뉘어져 나온 해류가 흐르는 해역이 동그린란드 해류가 흐르는 해역보다 넓다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22026-0173]

그림 (가)는 대서양의 심층 순환을, (나)는 심층 순환을 형성하는 수괴를 수온 염분도에 나타낸 것이다. 수괴 ㉠, ㉡은 각각 북대서양 심층수와 남극 저층수 중 하나이다.



남극 저층수는 남극 대륙 주변의 웨델해에서 만들어지며, 북대서양 심층수보다 염분과 수온이 모두 낮다.

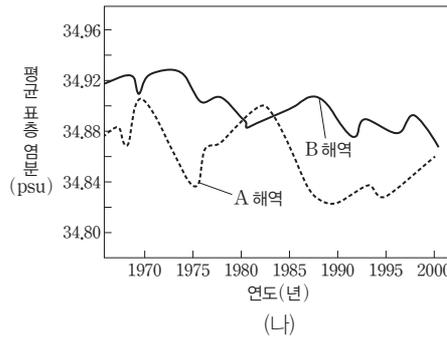
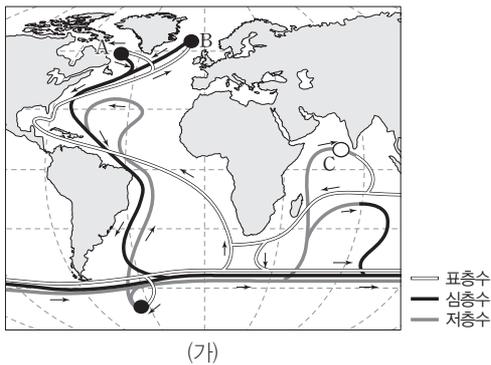
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A 순환을 형성하는 수괴는 ㉠이다.
 - ㄴ. 수괴 ㉡에 빙하 녹은 물을 섞으면 밀도가 감소한다.
 - ㄷ. 수괴 ㉡이 수괴 ㉠보다 밀도가 높은 것은 수온보다 염분의 영향이 더 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22026-0174]

그림 (가)는 지구 규모의 해수 순환의 일부를, (나)는 과거 35년간 A, B 해역에서의 평균 표층 염분 변화를 나타낸 것이다.



심층 순환은 거의 전체 수심에 걸쳐 일어나면서 해수를 순환시키는 역할을 하며, 표층 순환과 연결되어 열에너지를 수송하여 위도 간의 에너지 불균형을 해소시킨다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 관측 기간 동안 A와 B 해역 모두에서 표층 염분은 감소 추세이다.
 - ㄴ. A 해역에서는 해수의 침강이, C 해역에서는 해수의 용승이 일어난다.
 - ㄷ. (나)와 같은 추세로 염분이 변하면 북대서양 심층수의 침강 속도는 느려질 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 체크

● 무역풍

북동 무역풍은 적도~북위 30° 사이에서 부는 대기 대순환의 바람이고, 남동 무역풍은 적도~남위 30° 사이에서 부는 대기 대순환의 바람이다.

● 용승의 영향

용승이 일어나는 주변 해역은 서늘한 날씨가 나타나고, 안개가 자주 발생하며, 심층의 산소와 영양염이 표층으로 운반되어 플랑크톤이 번식하므로 좋은 어장이 형성된다.

1. ()은 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오는 현상을 말한다.

2. 북반구에서 대륙의 동해안에 ()풍이 지속적으로 불 때 연안 용승이 일어날 수 있다.

3. () 용승은 무역풍 때문에 () 부근 해역에서 심층의 찬 해수가 올라오는 현상이다.

4. 북반구에서 지속적으로 부는 고기압성 바람에 의해 고기압 중심부의 표층 해수는 ()한다.

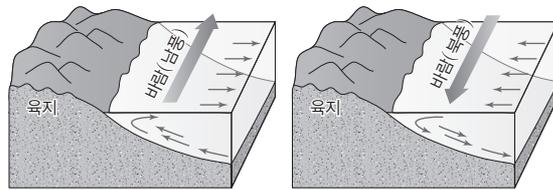
5. 용승의 영향으로 대기가 ()되므로, 용승이 일어나는 해역 주변에서는 서늘한 날씨가 나타나고 안개가 자주 발생한다.

1 해양 변화와 기후 변화

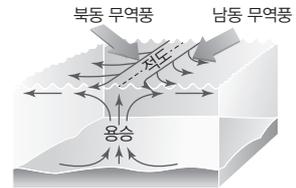
(1) 용승과 침강: 용승은 표층 해수의 발산에 의해 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오는 현상이고, 침강은 표층 해수의 수렴 또는 냉각에 의해 표층의 해수가 심층으로 내려가는 현상이다.

① 용승의 종류

- 연안 용승: 대륙의 연안에서 바람 때문에 표층 해수가 먼 바다 쪽으로 이동하면 이를 채우기 위해 심층에서 찬 해수가 올라오는 현상이다. **예** 여름철에 우리나라의 동해안을 따라 남풍이 계속 불 때
- 적도 용승: 적도 부근에서 북동 무역풍은 해수를 북서쪽으로, 남동 무역풍은 해수를 남서쪽으로 이동시키기 때문에 이를 채우기 위해 심층에서 찬 해수가 올라오는 현상이다.



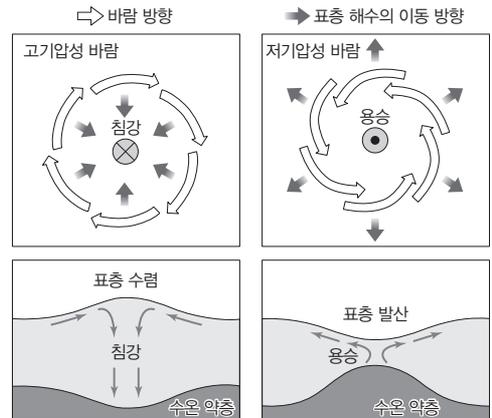
용승 → 해수의 이동 방향 침강
북반구 연안에서 일어나는 용승과 침강



적도 해역에서 일어나는 용승

- 저기압과 고기압에서의 용승과 침강: 북반구에서는 시계 방향으로 지속적으로 부는 고기압성 바람에 의해 고기압 중심부의 표층 해수가 수렴하여 침강이 일어나고, 시계 반대 방향으로 지속적으로 부는 저기압성 바람에 의해 저기압 중심부의 표층 해수가 발산하여 용승이 일어난다.

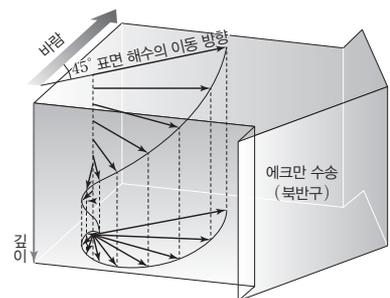
② 세계의 용승 해역: 적도 부근 해역, 북아메리카의 캘리포니아 연안, 남아메리카의 페루 연안, 아프리카 서해안 등 주로 대륙의 서해안에서 잘 발달한다.



수렴으로 인한 침강(북반구) 발산으로 인한 용승(북반구)

과학 돋보기 에크만 수송

- 에크만 나선: 해수면 위에서 바람이 일정한 방향으로 계속 불면 북반구에서 표면 해수는 전향력의 영향으로 바람 방향의 오른쪽으로 45° 편향되어 흐른다. 또한 수심이 깊어짐에 따라 해수의 흐름은 오른쪽으로 더 편향되고 유속은 더 느려지게 되는데, 이를 바닥에 투영한 것을 에크만 나선이라고 한다.
- 에크만 나선을 따라가다 보면 표면 해수의 이동 방향과 흐름이 정반대가 되는 깊이가 나오게 되는데, 이 깊이까지의 층을 에크만층(마찰층)이라고 한다. 에크만층 전체에서 해수의 평균적인 이동은 북반구에서 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 나타나는데, 이를 에크만 수송이라고 한다.

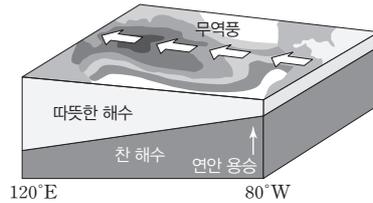


정답

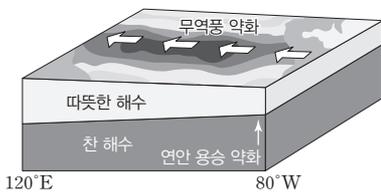
1. 용승
2. 남
3. 적도, 적도
4. 침강
5. 냉각

(2) 엘니뇨와 라니냐

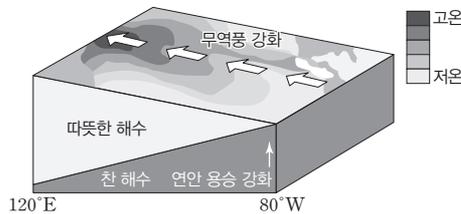
- ① 열대 태평양의 수온 분포: 평상시 열대 태평양을 따라 동쪽에서 서쪽으로 부는 무역풍으로 인해 동태평양 해역에서는 연안 용승이 활발하다. 따라서 표층 수온은 서태평양보다 동태평양에서 낮게 나타난다.
- ② 엘니뇨 시기: 평상시에 비해 무역풍이 약해지면 동태평양 해역에서는 연안 용승이 약해지고, 해수면이 높은 서태평양에서 동쪽으로 따뜻한 해수가 이동하여 태평양 중앙부에서 페루 연안에 이르는 해역의 표층 수온이 상승한다.
- ③ 라니냐 시기: 평상시에 비해 무역풍이 강해지면 동태평양 해역에서는 연안 용승이 강해지고, 따뜻한 해수는 서태평양 쪽으로 더욱 집중되므로 페루 연안의 한랭 수역이 확대되어 표층 수온의 동서 간 차이가 커진다.



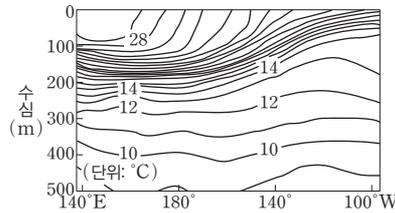
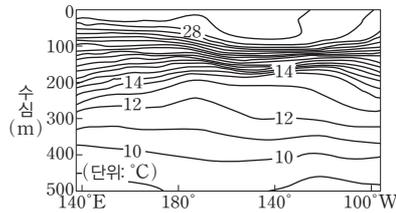
평상시의 열대 태평양 수온 구조



엘니뇨 시기의 열대 태평양 수온 구조



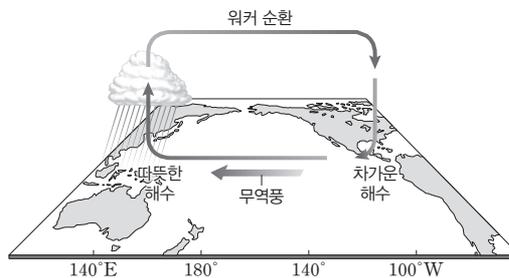
라니냐 시기의 열대 태평양 수온 구조



엘니뇨(왼쪽)와 라니냐(오른쪽) 발생 시 열대 태평양의 해수 온도의 연직 분포

(3) 엘니뇨와 남방 진동

- ① 워커 순환: 평상시 무역풍으로 인해 열대 서태평양은 따뜻한 해수로부터 열과 수증기를 공급받은 공기가 상승하여 강수대가 형성되고, 상대적으로 온도가 낮은 동태평양은 공기가 하강한다. 이로 인해 열대 태평양 지역에서는 동서 방향의 거대한 순환이 형성되는데, 이를 워커 순환이라고 한다.
- ② 엘니뇨 시기의 워커 순환: 엘니뇨가 발생하면 열대 동태평양의 표층 수온이 평년에 비해 상승하고 서태평양의 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동한다. 이로 인해 워커 순환에서 공기가 상승하는 지역과 강수대가 동쪽으로 이동하고, 태평양 전체의 기압 분포가 변한다. 따라서 동태평양에서는 평상시보다 기압이 낮아져 강수량이 많아지고, 서태평양은 평상시보다 기압이 높아져 강수량이 적은 건조한 날씨가 나타난다.



평상시 대기 순환(워커 순환)

개념 체크

● **엘니뇨**
열대 태평양 동쪽 해역의 표층 수온이 평년보다 0.5°C 이상 높은 상태로 6개월 이상 지속되는 현상이다.

● **라니냐**
열대 태평양 동쪽 해역의 표층 수온이 평년보다 0.5°C 이상 낮은 상태로 6개월 이상 지속되는 현상이다.

1. 엘니뇨는 태평양 적도 부근에서 부는 무역풍이 ()해지면서 발생한다.

2. 엘니뇨가 발생하면 열대 태평양 중앙부에서 동태평양에 이르는 해역의 표층 수온이 ()진다.

3. 라니냐 시기에는 열대 동태평양 해역의 연안 용승이 평상시보다 ()해진다.

4. 엘니뇨가 발생하면 열대 서태평양의 해면 기압은 평상시보다 ()진다.

정답

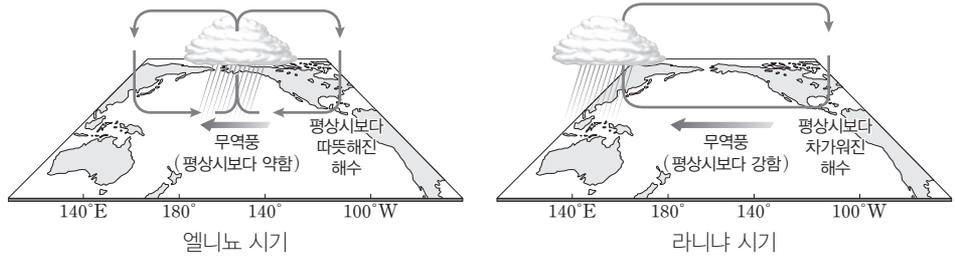
1. 약
2. 높아
3. 강
4. 높아

개념 체크

● 해면 기압 편차

각 지점에서 관측한 해면 기압에서 각 지점의 수십 년 동안의 평균 해면 기압을 뺀 값이다.

1. 엘니뇨와 라니냐 현상과 관련하여 열대 태평양의 기압 분포가 시소 현상을 나타내는 것을 () 이라고 한다.
2. 엘니뇨 시기에는 워커 순환에서 대기가 상승하는 지역이 평상시보다 () 쪽으로 이동한다.
3. 라니냐 시기에는 열대 동태평양의 강수량이 평년보다 () 한다.
4. 엘니뇨 시기에는 라니냐 시기보다 남방 진동 지수가 () 다.
5. 남방 진동 지수가 () 질수록 열대 동태평양 해역의 연안 용승이 활발하다.
6. 엘니뇨와 남방 진동을 합쳐서 () 이라고 한다.



엘니뇨와 라니냐 시기의 워커 순환

③ 남방 진동: 기상학자 워커가 호주 북부 다윈의 해면 기압과 남태평양 타히티의 해면 기압의 차이를 분석하여 발견한 사실로, 서태평양의 기압이 평상시보다 높아지면 동태평양의 기압은 평상시보다 낮아지고, 서태평양의 기압이 평상시보다 낮아지면 동태평양의 기압은 평상시보다 높아지는 기압 분포의 시소 현상을 남방 진동이라고 한다.

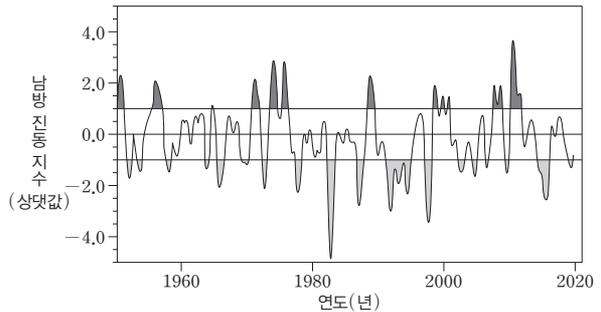
탐구자료 살펴보기 엘니뇨와 남방 진동

탐구 자료

그림은 1950년~2020년까지의 남방 진동 지수를 나타낸 것이다.

탐구 결과

1. 남방 진동 지수는 라니냐 시기에는 큰 양(+)의 값이고, 엘니뇨 시기에는 큰 음(-)의 값이다.
2. 1982년~1983년 사이에는 남방 진동 지수가 약 -4.9로 가장 작다. 남방 진동 지수가 작은 시기에는 무역풍이 약하므로 열대 동태평양의 연안 용승이 약하다.



남방 진동 지수 = (남태평양 타히티의 해면 기압 편차 - 호주 북부 다윈의 해면 기압 편차) / 표준 편차

분석 point

- 남방 진동 지수는 라니냐 시기가 엘니뇨 시기보다 값이 크다.
- 남방 진동 지수가 큰 시기에는 열대 동태평양의 연안 용승이 활발하다.

(4) 엘니뇨 남방 진동(엔소, ENSO)

- ① 엔소(ENSO, El Niño-Southern Oscillation): 엘니뇨와 라니냐는 해양에서 발생하는 현상이고 남방 진동은 대기에서 나타나는 현상인데, 이 두 현상은 서로 독립된 것이 아니라 대기와 해양의 끊임없는 상호 작용의 결과로 나타난 것이다. 엘니뇨, 라니냐에 의한 표층 수온의 변화와 대기의 기압 분포가 변하는 현상이 서로 영향을 주고받아 나타나는 하나의 현상으로 생각하여 이 두 현상을 합쳐 엔소(ENSO)라고 한다.
- ② 엔소의 영향: 열대 태평양의 수온 변화로 인한 대기 운동의 변화는 파동의 형태로 고위도까지 전파될 수 있으므로, 엔소의 영향은 단지 열대 태평양의 대기와 해양의 상태에만 국한된 것이 아니다. 이와 같이 어느 지역에서 나타난 변화가 매우 먼 곳까지 영향을 주는 현상을 원격 상관(Tele-connection)이라고 한다.

정답

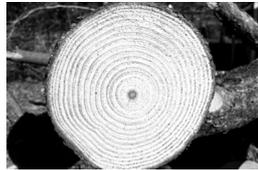
1. 남방 진동
2. 동
3. 감소
4. 작
5. 커
6. 엘니뇨 남방 진동(엔소, ENSO)

2 기후 변화의 요인

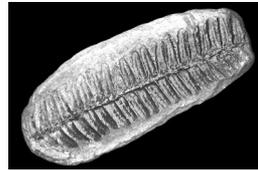
(1) **고기후 연구**: 비교적 짧은 기간 동안 변화하는 대기의 상태를 일기 또는 기상이라고 하며, 기후는 오랜 기간의 기상 평균을 말한다. 지질 시대의 기후는 빙하 시추물, 나무의 나이테, 화석 등의 연구로부터 알아낸다.



빙하 시추물



나무의 나이테

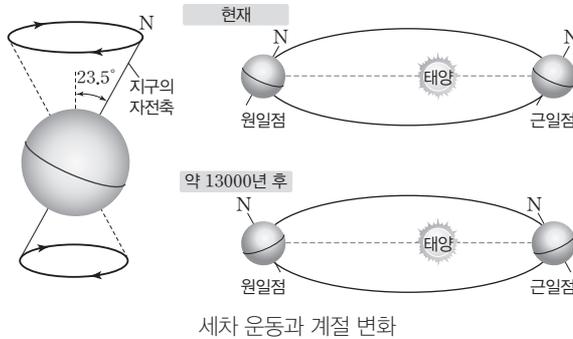


화석

(2) 기후 변화의 자연적 요인-지구 외적 요인

① 지구 자전축의 방향 변화: 지구의 자전축이 약 26000년을 주기로 회전하는데, 이를 세차 운동이라고 한다.

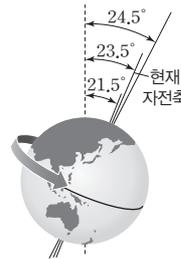
- 지구의 자전축이 회전하여 약 13000년 후에는 자전축의 경사 방향이 현재와 반대가 된다.
- 현재 북반구는 근일점에서 겨울이다. 하지만 지구의 세차 운동에 의해 약 13000년 후에 북반구는 근일점에서 여름이 된다. ➔ 다른 요인의 변화가 없다면 약 13000년 후 북반구에서 기온의 연교차는 현재보다 커진다.



세차 운동과 계절 변화

② 지구 자전축의 기울기 변화

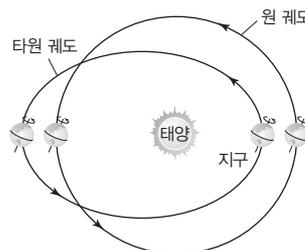
- 지구 자전축의 경사각이 약 41000년을 주기로 21.5°~24.5° 사이에서 변한다.
- 지구 자전축의 기울기가 변하면 각 위도에서 받는 일사량이 변하므로 기후 변화가 생긴다. ➔ 다른 요인의 변화가 없다면 자전축 경사각이 커질수록 기온의 연교차가 커진다.



지구 자전축의 기울기 변화

③ 지구 공전 궤도 이심률의 변화

- 지구 공전 궤도 이심률이 약 10만 년을 주기로 변한다.
- 현재 근일점과 원일점에 위치할 때 일사량의 차이가 약 7%이지만, 이심률이 최대로 커지면 근일점과 원일점에 위치할 때 일사량의 차이가 최대 23%까지 증가한다.
- 공전 궤도가 현재보다 원에 더 가까워지면(이심률이 작아지면) 근일점 거리는 현재보다 멀어지고, 원일점 거리는 현재보다 가까워진다. ➔ 다른 요인의 변화가 없다면 북반구에서 겨울철은 더 추워지고 여름철은 더 더워지므로 기온의 연교차가 커진다.



지구 공전 궤도 이심률의 변화

개념 체크

❶ 빙하 시추물 연구

빙하 얼음을 구성하는 산소 안정 동위 원소 비율(¹⁸O/¹⁶O)을 분석하면 과거 지구의 기온을 알 수 있고, 빙하 얼음 속에 포함된 공기 방울을 분석하면 과거 지구 대기에 포함된 온실 기체의 농도를 알 수 있다.

❷ 공전 궤도 이심률과 공전 궤도 긴반지름(장반경)

지구의 공전 궤도 이심률이 변하더라도 공전 주기가 일정하면 공전 궤도 긴반지름(근일점에서부터 원일점까지 거리의 절반)은 변하지 않는다.

1. 지질 시대의 기후는 빙하 시추물, 나무의 나이테, () 등의 연구로부터 알아낸다.
2. () 운동은 지구의 자전축이 약 26000년을 주기로 회전하여 자전축의 경사 방향이 변하는 현상이다.
3. 지구 자전축의 경사각이 현재보다 ()지면 기온의 연교차가 커진다.
4. 지구의 공전 궤도 이심률이 현재보다 ()지면 근일점 거리는 가까워지고 원일점 거리는 멀어진다.

정답

1. 화석
2. 세차
3. 커
4. 커

개념 체크

● 흑점 수의 증감 주기

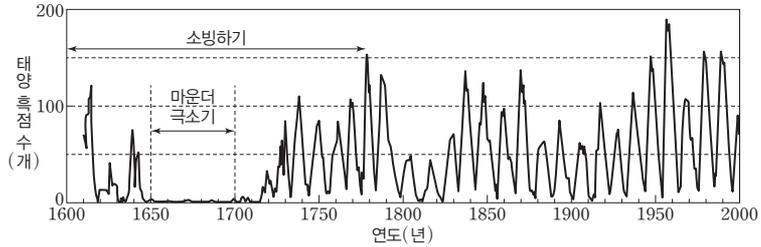
태양 흑점 수는 약 11년을 주기로 증감하는데, 이 기간 중 흑점 수가 가장 많은 시기를 극대기, 가장 적은 시기를 극소기라고 한다.

● 지표면의 반사율

구분	반사율(%)
빙하	50~70
숲	8~15
토양	5~40
모래 사막	20~45
아스팔트	4~12

1. 소빙하기로 알려진 시기에는 태양 () 수가 대체로 적었다.
2. 수륙 분포의 변화는 기후를 변화시키는 자연적 요인 중 지구 () 요인에 해당한다.
3. 화산이 폭발할 때 분출된 화산재 등은 지구의 반사율을 ()시키는 역할을 한다.

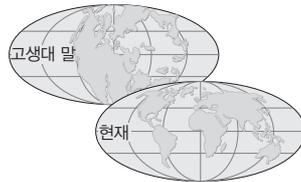
④ 태양 활동의 변화: 태양 활동이 달라지면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 달라진다. 태양 활동의 변화는 흑점 수 변화로 알 수 있는데, 역사적으로 소빙하기로 알려진 시기에 태양 흑점 수가 매우 적었던 시기(마운더 극소기)가 존재한다.



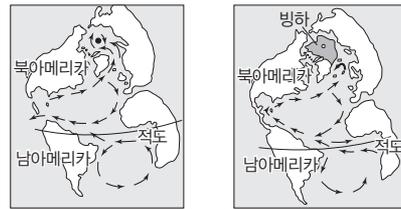
태양 흑점 수의 변화와 소빙하기

(3) 기후 변화의 자연적 요인-지구 내적 요인: 지구의 기후 변화는 지구 외적 요인 이외에 지구 내적 요인에 의해서도 일어난다.

① 수륙 분포의 변화: 육지와 해양은 비열과 반사율이 다르므로 판의 운동에 의한 수륙 분포의 변화는 기후를 변화시킨다. ➔ 고생대 말에 형성된 초대륙 판게아는 지구의 기후대를 크게 변화시켰고, 생물계의 큰 변화를 일으킨 주요 원인이 되었다. 수륙 분포의 변화는 해류의 변화를 일으켜 기후 변화의 원인이 된다.



대륙과 해양의 지리적 위치 변화

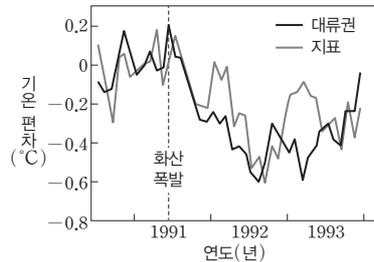


두 대륙이 연결된 후 북극해로 흘러드는 따뜻한 해류의 양이 감소했다.

② 화산 활동: 화산이 폭발할 때 분출된 화산재 등이 성층권에 퍼지면 태양 빛의 산란이 많이 일어나 지구의 반사율이 커지므로 지구의 평균 기온이 하강한다.



피나투보 화산의 분출 모습



피나투보 화산 분출 후 기온 변화

③ 지표면 상태의 변화: 극지방의 빙하 면적 변화는 지표면의 반사율을 변화시켜 지표에 흡수되는 태양 복사 에너지의 양을 달라지게 하므로 기후가 변한다.

(4) 기후 변화의 인위적 요인

① 온실 기체의 증가: 인간 활동에 의해 온실 기체가 증가한다. ➔ 대기 및 지표의 평균 온도가 상승하고 지구의 기후가 변한다.

정답

1. 흑점
2. 내적
3. 증가

개념 체크

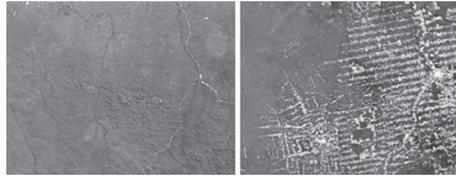
● 에어로졸

대기 중에 떠 있는 1nm~100 μm의 작은 액체나 고체 입자를 말한다.

● 주요 온실 기체의 온실 효과 기여도

온실 기체	기여도(%)
수증기	30~70
이산화 탄소	9~26
메테인	4~9
오존	3~7

- ② 에어로졸 배출: 산업 활동이나 화석 연료 사용 과정에서 대기로 배출된 에어로졸은 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지를 감소시켜 지구의 기온을 낮추는 역할을 한다.
- ③ 사막화: 과잉 방목, 과잉 경작 등에 의한 사막화 현상은 대기 순환을 변화시켜 지구의 기후를 변화시키는 요인이 된다.
- ④ 도시화: 도로, 건물 등을 건설하여 숲이 도시화되면 지표의 반사율을 변화시켜 기후 변화가 나타난다.



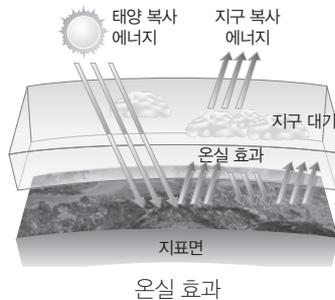
1975년(왼쪽)과 2001년(오른쪽)에 인공위성에서 관측한 아마존 열대 우림의 변화(사진에 밝게 나타난 영역이 열대 우림이 훼손된 지역이다.)

3 기후 변화의 영향

(1) 복사 평형: 흡수하는 만큼의 에너지를 방출하여 평균 온도가 일정하게 유지되는 상태이다.

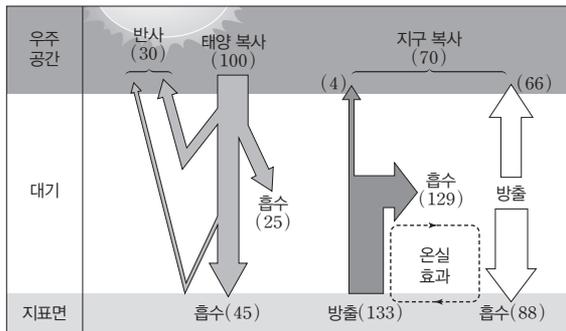
(2) 온실 효과

- ① 지구 대기는 짧은 파장의 태양 복사 에너지(가시광선)는 잘 통과시키지만, 긴 파장의 지구 복사 에너지(적외선)는 대부분 흡수한 후 지표로 재복사하여 지표면의 온도를 높인데, 이를 온실 효과라고 한다.
- ② 온실 효과를 일으키는 수증기, 이산화 탄소, 메테인, 오존 등의 기체를 온실 기체라고 한다. 온실 기체가 온실 효과에 기여하는 정도는 수증기 > 이산화 탄소 > 메테인 > 오존 순이다.



(3) 지구의 열수지 평형

- ① 지구에 입사하는 태양 복사 에너지 100 단위 중 25 단위는 대기에 흡수, 45 단위는 지표면에 흡수, 30 단위는 우주 공간으로 반사된다. 지구에서 방출하는 지구 복사 에너지 70 단위 중 66 단위는 대기 복사, 4 단위는 지표면 복사이다.



지구의 열수지

- ② 지구가 흡수하는 복사 에너지양과 지구가 방출하는 복사 에너지양이 같다. → 지구는 복사 평형을 이루고 있어서 연평균 기온이 거의 일정하게 유지된다.
- ③ 대기 중 온실 기체가 증가하면 대기에서 흡수하는 지표 복사 에너지와 대기에서 지표로 재복사되는 에너지가 증가하여 지표의 온도가 상승한다.

- 1. 인간 활동에 의한 대기 중 ()의 증가는 지구의 평균 기온을 상승시키는 역할을 한다.
- 2. 지구는 ()을 이루고 있어서 연평균 기온이 거의 일정하게 유지된다.
- 3. 대기는 지표가 방출하는 133 단위의 에너지 중 () 단위를 흡수한 후, 그중 일부를 다시 지표로 재복사한다.

정답

- 1. 온실 기체
- 2. 복사 평형
- 3. 129

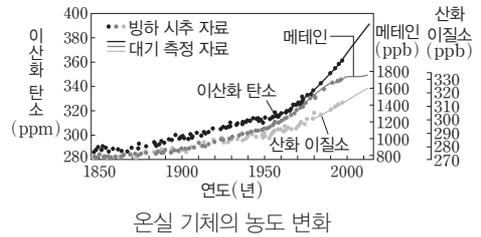
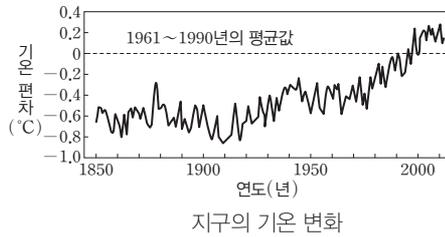
개념 체크

● 지구 온난화

19세기 중반부터 시작된 전 지구적인 지표면 부근의 기온 상승을 의미한다.

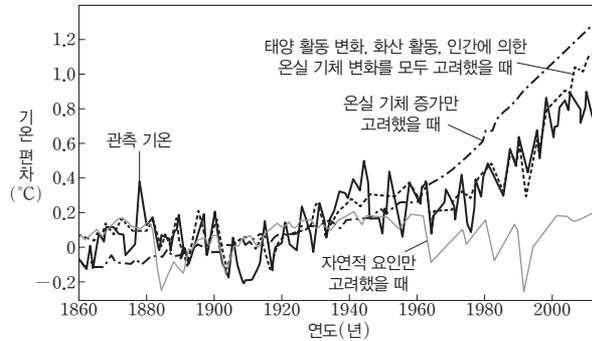
1. 인간 활동에 의한 온실 기체 증가가 지구 ()의 주요 원인으로 여겨지고 있다.
2. 화석 연료 사용량의 증가로 인해 대기 중 온실 기체의 양이 ()하고 있다.
3. 지구 온난화가 심해지면 기상 이변의 발생 횟수가 ()할 것으로 예상된다.

(4) 지구 온난화: 최근 들어 지구의 온실 효과가 강화되어 지구의 평균 기온이 점점 높아지고 있는데, 이를 지구 온난화라고 한다. 대부분의 과학자들은 인간 활동에 의해 대기 중 온실 기체의 양이 증가하였기 때문에 지구 온난화가 나타난다고 생각한다.



과학 돋보기 지구의 기온 변화 경향성

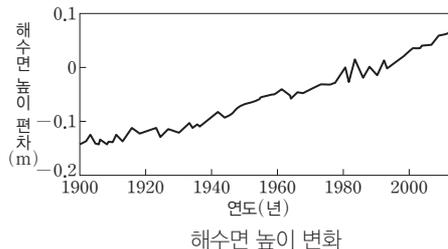
그림은 기후 모형으로 모의실험한 지구의 기온 변화와 실제 관측한 기온을 나타낸 것이다.



- 태양 활동 변화, 화산 활동 등 자연적 요인만을 고려했을 때 지구의 기온은 약간 낮아졌다가 다시 회복하는 경향이 있다.
- 자연적 요인과 인위적 요인을 함께 고려했을 때 기온 변화 모형은 관측된 기온 변화와 비슷한 경향을 나타낸다.
- 현재의 지구 온난화는 자연적 요인보다는 인위적 요인에 의해 나타난다.

(5) 지구 온난화의 영향

- ① 해수면 상승: 해수의 온도가 상승하면 해수의 열팽창이 일어나 해수면이 상승한다. 또한 육지의 빙하가 녹아 바다로 흘러 들어가면 해수면이 상승한다.
- ② 기후대가 변하여 생태계 변화, 식량 생산 감소, 질병 증가 등이 예상된다.
- ③ 기상 이변의 발생 횟수와 강도가 증가하여 태풍, 홍수, 가뭄 등에 의한 피해가 커질 것이다.
- ④ 수자원 변화, 곡물 수확량 감소 등 사회적, 경제적인 측면에 미치는 영향이 커질 것이다.



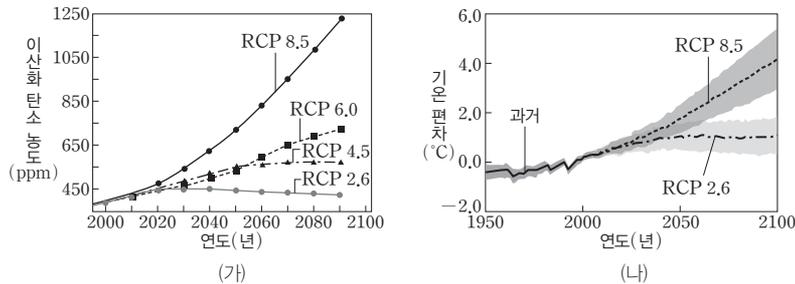
기상 이변으로 인한 홍수 피해

정답

1. 온난화
2. 증가
3. 증가

과학 돋보기 지구 온난화에 의한 미래의 지구 환경 변화

그림 (가)는 4개의 시나리오별 이산화 탄소 농도 변화를, (나)는 이 중에서 2개의 시나리오를 바탕으로 기후 모형이 예측한 지표면 온도 변화를 나타낸 것이다.



- RCP 2.6은 이산화 탄소의 최소 배출량 시나리오, RCP 4.5와 RCP 6.0은 중간 수준의 저감 정책을 실시한 시나리오, RCP 8.5는 고농도 배출(현재 추세) 시나리오이다.
- 현재 추세로 온실 기체가 배출된다면 21세기 말(2081년~2100년경)에 지구의 지표면 온도는 현재보다 약 4 °C 상승할 것으로 예측된다.

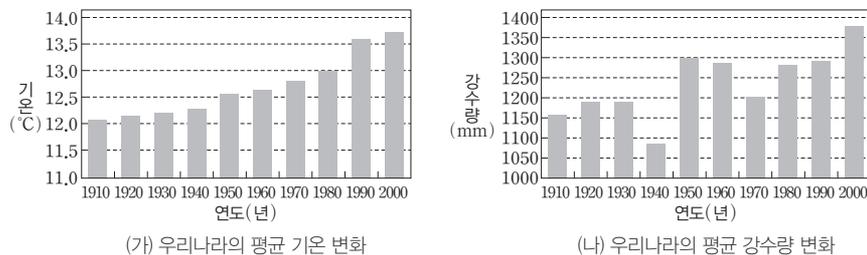
(6) 지구 환경 보존을 위한 노력

- ① 온실 기체 배출량 감소: 자원을 절약하고 대체 에너지를 개발한다.
- ② 지구 환경 보존을 위한 국제 협약: 지구 자원의 환경 보호를 위해 세계 각국은 환경 협약을 체결하고 환경 보호에 대한 국가별 의무와 노력을 규정하고 있다.
 - 기후 변화에 관한 국제 연합 기본 협약(1992년): 지구 온난화 방지를 위한 협약
 - 교토 의정서(1997년): 온실 기체의 감축 목표치를 규정한 국제 협약
 - 파리 협정(2015년): 전 세계 온실 기체 감축을 위한 국제 협약

탐구자료 살펴보기 한반도의 기후 변화 경향성

탐구 자료

그림 (가)와 (나)는 우리나라의 관측소 6곳(서울, 인천, 강릉, 대구, 목포, 부산)에서 1910년~2009년 기간 동안 측정된 기온과 강수량을 10년 범위로 평균한 값을 나타낸 것이다.



탐구 결과

최근 100년간 우리나라에서도 지속적으로 기온이 상승하였고, 강수량도 대체로 증가하였다.

분석 point

- 지구의 평균 기온은 최근 100년간 약 0.85 °C 상승하였으며, 우리나라는 이보다 약 2배 크게 상승하였다.
- 우리나라의 기후는 점차 고온 다습한 아열대 기후로 변해가고 있으며, 주요 작물 재배지가 북상하고, 바다에서 잡히는 주요 어종이 바뀌는 등 다양한 변화가 일어나고 있다.

개념 체크

☉ 정부 간 기후 변화 협의체 (IPCC)

세계 기상 기구(WMO)와 유엔 환경 계획(UNEP)에 의해 인간의 활동이 기후 변화에 미치는 영향을 평가하고, 국제적인 대책을 마련하기 위해 1988년에 설립되었다.

☉ RCP

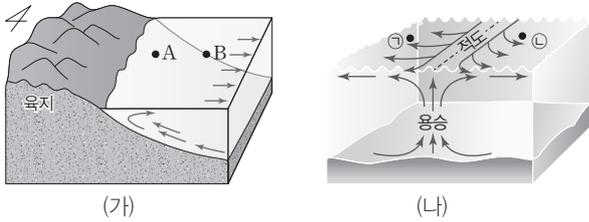
대표농도경로의 약자로, 대기오염 물질 및 토지 이용 변화 등과 같은 요인들을 바탕으로 향후 온실 기체 배출량과 대기 중 농도가 2100년까지 어떻게 전개될지 나타내는 4가지 경로 시나리오이다.

1. () 의정서는 1997년에 국가 간 온실 기체의 감축 목표치를 규정한 국제 협약이다.
2. 최근 100년간 한반도의 평균 기온은 지구의 평균 기온보다 약 () 배 크게 상승하였다.
3. 우리나라의 기후는 점차 고온 다습한 기후로 변해가고 있으며, 주요 작물 재배지가 ()하고 있는 추세이다.

정답

1. 교토
2. 2
3. 북상

01 [22026-0175] 그림 (가)는 남반구 어느 해역에서 해안에 나란하게 지속적으로 바람이 부는 모습을, (나)는 적도 부근에서 용승이 일어날 때 해수가 이동하는 모습을 나타낸 것이다.

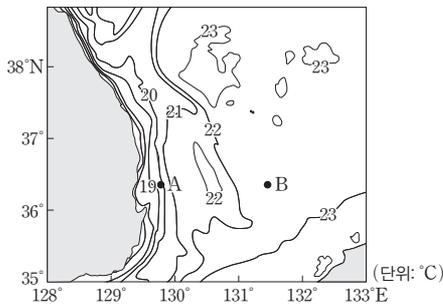


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 부는 바람은 북풍이다.
 - ㄴ. 표층 수온은 A 해역이 B 해역보다 높다.
 - ㄷ. ㉠과 ㉡ 지점에서 대기 대순환에 의해 부는 바람은 모두 서풍 계열이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0176] 그림은 어느 시기에 우리나라 동해안의 표층 수온 분포를 나타낸 것이다.

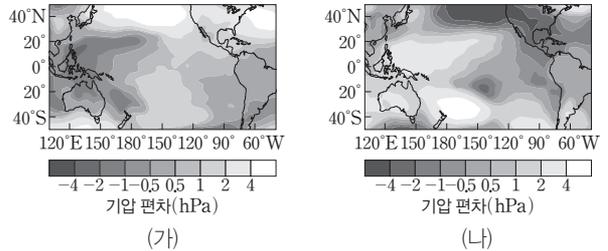


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 이 자료와 같은 분포는 겨울철보다 여름철에 잘 나타난다.
 - ㄴ. 심층에서 표층으로 운반되는 영양염의 양은 A 해역이 B 해역보다 적다.
 - ㄷ. 해수면의 높이는 A 해역이 B 해역보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0177] 그림 (가)와 (나)는 엘니뇨와 라니냐 시기의 열대 태평양의 기압 편차(관측값-평년값)를 순서 없이 나타낸 것이다.

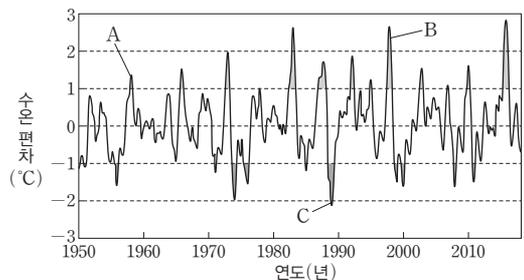


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 엘니뇨, (나)는 라니냐 시기이다.
 - ㄴ. 무역풍의 세기는 (가)가 (나)보다 약하다.
 - ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역에서 구름의 양은 (가)가 (나)보다 적다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0178] 그림은 1950년부터 2018년까지 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온 편차(관측값-평년값)를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 엘니뇨와 라니냐 시기 중 하나이다.

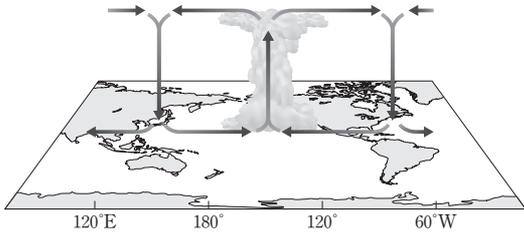


A, B, C 시기에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 무역풍의 세기는 A가 B일 때보다 강하다.
 - ㄴ. 동태평양 적도 부근 해역에서 구름의 양은 B가 C일 때보다 많다.
 - ㄷ. 동태평양의 표층 해수에서 영양염이 가장 많은 시기는 B이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0179] 그림은 엘니뇨 또는 라니냐 중 어느 한 시기의 열대 태평양의 대기 순환을 나타낸 것이다.



이 시기에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 엘니뇨 시기이다.
- ㄴ. 남동 무역풍은 평상시보다 더 강하다.
- ㄷ. 적도 해역에서 (서태평양의 표층 수온-동태평양의 표층 수온)은 평상시보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0180] 다음은 어느 해 태평양의 해수면 높이 편차(관측값-평균값) 자료를 보고 학생 A, B, C가 나누는 대화를 나타낸 것이다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
- ④ B, C ⑤ A, B, C

07 [22026-0181] 표는 과거의 기후를 연구하는 여러 가지 방법에 대한 설명이다.

고기후 연구 방법	내용
(가)	빙하가 생성될 당시의 대기 성분, 기온 변화를 알 수 있다.
㉠ 화석 연구	생물이 살았던 당시의 환경을 알 수 있다.
나무 나이테 연구	강수량, 기온 변화를 알 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 빙하 시추물 분석은 (가)에 해당한다.
- ㄴ. ㉠에는 표준 화석보다 시상 화석이 더 적합하다.
- ㄷ. 나무 나이테 연구로 (가)보다 더 오래된 시기의 기온 변화를 알 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0182] 다음은 기후 변화를 일으키는 요인을 분류한 것이다.



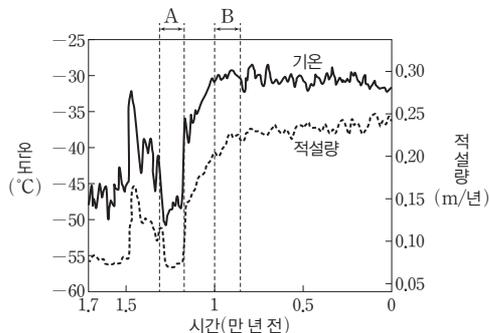
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에는 지구 내적 요인과 지구 외적 요인이 있다.
- ㄴ. 화산 활동은 (나)에 해당한다.
- ㄷ. (가)는 (나)보다 인간의 노력으로 제어하기가 어렵다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0183] 그림은 그린란드 빙하 코어를 분석하여 얻은 과거 17000년 동안의 연평균 기온과 연간 적설량의 변화를 나타낸 것이다.

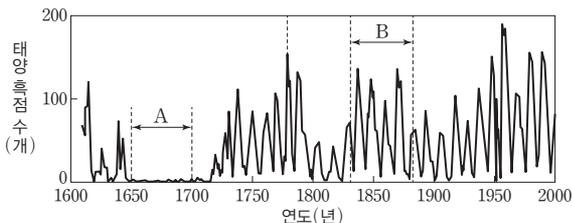


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 연평균 기온과 연간 적설량의 변화는 대체로 비슷한 경향을 보인다.
 - ㄴ. 적설량에 의한 빙하의 두께는 A 시기가 B 시기보다 얇다.
 - ㄷ. 평균 해수면은 A 시기가 B 시기보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0184] 그림은 약 400년 동안 관측한 태양 흑점 수의 변화를 나타낸 것이다.

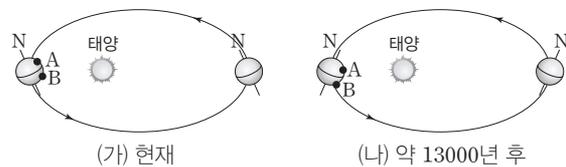


A 시기와 B 시기를 비교한 것으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 태양 활동은 A가 B보다 활발하다.
 - ㄴ. 태양 활동만을 고려할 때, 지구의 평균 기온은 A가 B보다 높을 것이다.
 - ㄷ. 태양 활동만을 고려할 때, 지구의 평균 빙하 면적은 A가 B보다 넓을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0185] 그림 (가)와 (나)는 현재와 약 13000년 후의 지구 자전축의 경사 방향을 나타낸 것이다. A, B 지역은 각각 35°N과 35°S에 위치한다.

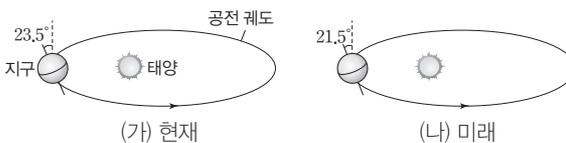


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자전축의 경사 방향 이외의 요인은 변하지 않는다고 가정한다.)

- 보기
- ㄱ. 지구 자전축의 세차 운동 주기는 약 26000년이다.
 - ㄴ. A에서 여름철 한낮의 태양의 최대 고도는 (가)일 때가 (나)일 때보다 높다.
 - ㄷ. B에서 기온의 연교차는 (가)일 때가 (나)일 때보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0186] 그림 (가)와 (나)는 현재와 미래 어느 시점의 지구 자전축의 경사각을 나타낸 것이다.

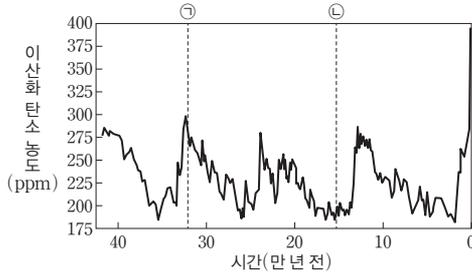


(나)일 때, (가)와 비교하여 북반구 중위도 지역에서 나타나는 현상에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자전축의 경사각 이외의 요인은 변하지 않는다고 가정한다.)

- 보기
- ㄱ. 기온의 연교차는 커진다.
 - ㄴ. 여름철 평균 일사량은 증가한다.
 - ㄷ. 겨울철 낮의 평균 길이는 길어진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

13 [22026-0187] 그림은 약 40만 년 동안 대기의 이산화 탄소 농도 변화를 나타낸 것이다.



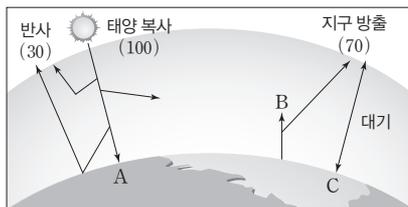
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이산화 탄소 농도만을 고려할 때, 과거 약 40만 년 동안 지구의 평균 기온은 현재보다 낮았을 것이다.
- ㄴ. 대기에서 흡수되는 지표면의 복사 에너지량은 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 많았을 것이다.
- ㄷ. ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 이산화 탄소 농도가 높은 이유는 화석 연료 소비량 증가 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22026-0188] 그림은 지구에 입사하는 태양 복사 에너지를 100 단위로 했을 때 지구의 에너지 출입을 나타낸 것이다. A, B, C는 지표면에서 흡수 또는 방출하는 에너지이다.



A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

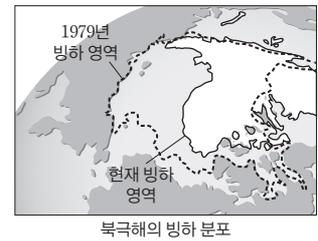
보기

- ㄱ. $A+B=C$ 이다.
- ㄴ. 최대 복사 에너지의 파장은 A가 가장 짧다.
- ㄷ. B의 복사 에너지량은 빙하기가 현재보다 작았을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22026-0189] 다음은 어느 신문 기사의 일부이다.

최근 ㉠ 그린란드 빙하와 남극 대륙 빙하가 많이 녹은 것으로 관측되었다. 또한 ㉡ 북극해 빙하 역시 빠른 속도로 소실되고 있다.



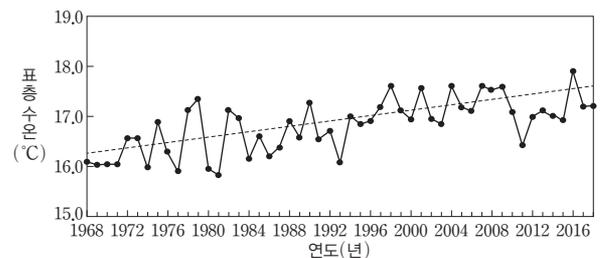
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 평균 해수면의 상승에 대한 기여도는 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ㄴ. ㉠이 녹으면 북반구 여름철에 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지량이 증가한다.
- ㄷ. 북극해의 표층 해수의 평균 밀도는 현재보다 1979년에 더 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22026-0190] 그림은 1968년~2018년 기간 동안 우리나라 주변 해역의 평균 표층 수온을 나타낸 것이다.



이 기간에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

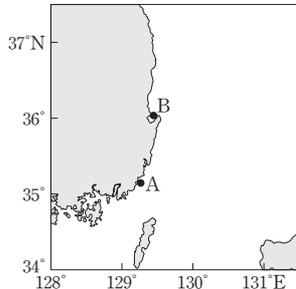
- ㄱ. 우리나라 주변 해역의 평균 표층 수온은 증가 추세이다.
- ㄴ. 우리나라 주변 해역의 평균 해수면의 높이는 높아졌을 것이다.
- ㄷ. 우리나라의 온대 과일 재배지가 북상하였을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

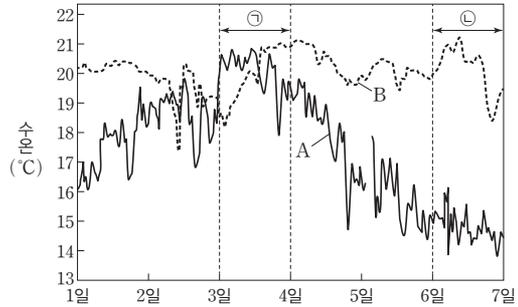
우리나라 동해안에서 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불면 표층 해수가 외해로 이동하여 연안 용승이 일어난다. 용승이 일어난 해역은 주변보다 수온이 낮으므로 표층 용존 산소량이 많다.

01 [22026-0191]

그림 (가)는 우리나라 동해안의 두 해역 A, B의 위치를, (나)는 남풍이 지속적으로 불고 있는 어느 해 6일 동안 이 두 해역에서의 표층 수온 변화를 나타낸 것이다. 이 기간 중 강한 용승이 일어난 적이 있다.



(가)



(나)

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

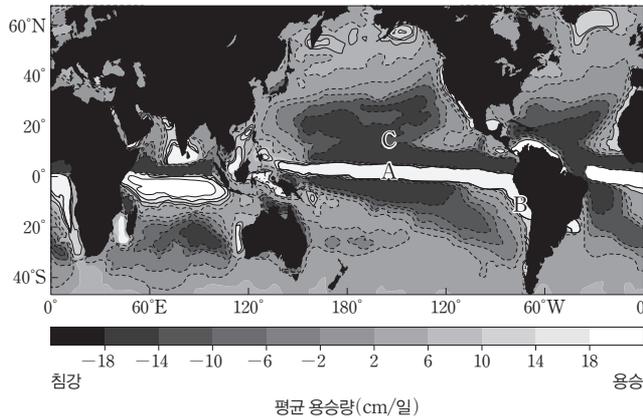
- ㄱ. A에서 남풍의 세기는 ㉠ 기간이 ㉡ 기간보다 강하다.
- ㄴ. ㉡ 기간에 A에는 B보다 표층 수온이 5°C 이상 낮은 해수가 존재한다.
- ㄷ. ㉡ 기간에 표층 용존 산소량은 A가 B보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

적도 부근에서는 북동 무역풍은 해수를 북서쪽으로, 남동 무역풍은 해수를 남서쪽으로 이동시키기 때문에 이를 채우기 위하여 용승이 일어난다.

02 [22026-0192]

그림은 세계 해역의 평균 용승량을 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

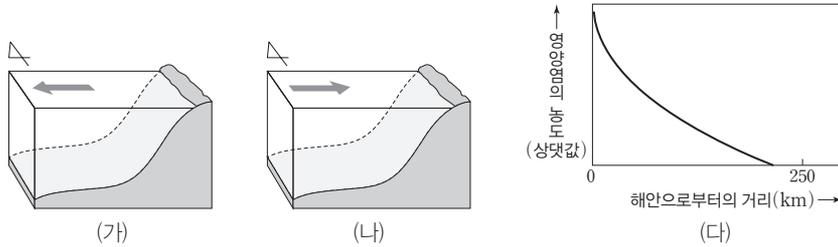
보기

- ㄱ. A와 B 해역에서는 용승이, C 해역에서는 침강이 일어난다.
- ㄴ. B 해역은 주변 해역보다 해수면의 높이가 높다.
- ㄷ. A 해역과 B 해역에서는 모두 북풍 계열의 바람에 의해 표층 해수의 이동이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0193]

그림 (가)와 (나)는 남반구에서 해안을 따라 바람이 지속적으로 불 때 해수의 이동 방향(→)을, (다)는 남반구에 위치한 어느 대륙 서해안의 표층 영양염의 농도를 나타낸 것이다.



남반구의 서해안에서 남풍이 지속적으로 불면 용승이 일어나 해안 부근의 수온이 외해보다 낮으며, 영양염이 풍부해진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

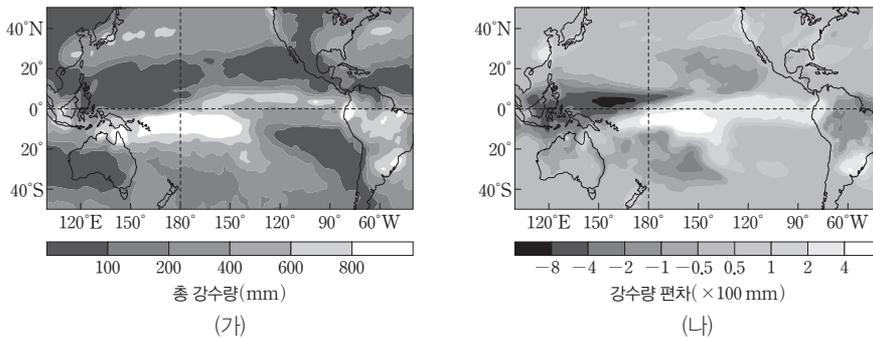
보기

- ㄱ. (가)에서는 남풍, (나)에서는 북풍이 분다.
- ㄴ. 연안에서 해수의 침강이 일어나는 경우는 (나)이다.
- ㄷ. (다)의 분포는 (나)보다 (가)일 때 잘 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0194]

그림 (가)와 (나)는 엘니뇨 또는 라니냐 중 어느 한 시기의 태평양에서의 총 강수량과 강수량 편차(관측값 - 평년값)의 분포를 각각 나타낸 것이다.



엘니뇨 시기에 동태평양 적도 해역에서는 평상시보다 강수량이 많아지고, 서태평양 적도 해역에서는 평상시보다 강수량이 적어 건조한 날씨가 나타난다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

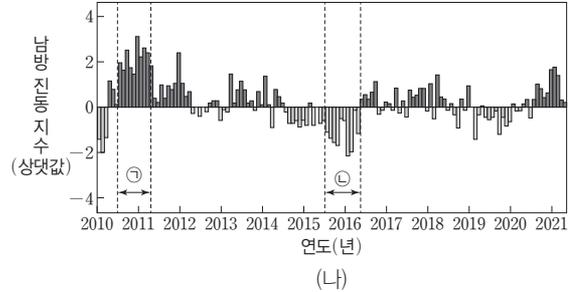
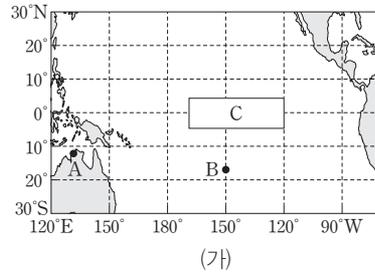
- ㄱ. 총 강수량은 20°N 해역이 적도 해역보다 대체로 많다.
- ㄴ. 강수량 편차가 +50 mm 이상인 해역은 서태평양 적도 부근 해역보다 동태평양 적도 부근 해역에 넓게 분포한다.
- ㄷ. 서태평양 적도 부근 평균 해수면 기압은 평상시보다 크다.
- ㄹ. 동태평양 적도 부근 평균 해수면 기압은 평상시보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

남방 진동은 열대 태평양에서 엘니뇨 시기와 라니냐 시기에 나타나는 대기의 기압 분포의 시소 현상으로, 서태평양의 기압이 평상시보다 높아지면 동태평양의 기압은 평상시보다 낮아지고, 서태평양의 기압이 평상시보다 낮아지면 동태평양의 기압은 평상시보다 높아진다.

05 [22026-0195]

그림 (가)는 엘니뇨와 남방 진동을 관측하기 위한 관측소의 위치를, (나)는 A와 B 두 지점에서 관측된 남방 진동 지수를 나타낸 것이다. 다윈(A)과 타히티(B)에서는 해면 기압을, 엘니뇨 감시 구역(C)에서는 수온을 측정한다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 남방 진동 지수는 [(타히티의 해면 기압 편차 - 다윈의 해면 기압 편차) / 표준 편차]이다.)

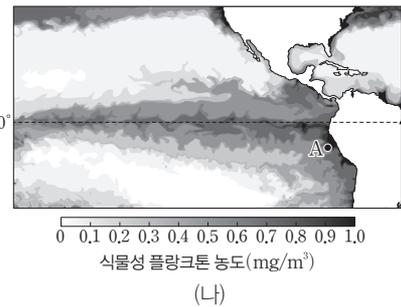
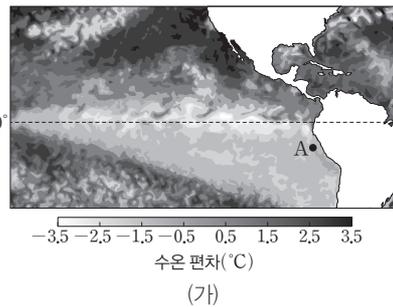
- 보기
- ㄱ. ① 시기에는 동태평양 적도 부근 해역의 따뜻한 해수층이 평상시보다 두껍다.
 - ㄴ. ② 시기에 C 구역에서 측정된 수온 편차(관측값 - 평년값)는 (+)의 값을 갖는다.
 - ㄷ. 서태평양 적도 해역과 동태평양 적도 해역 사이의 해수면 높이 차는 ① 시기가 ② 시기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

적도 부근의 남아메리카 연안으로부터 열대 태평양 중앙에 이르는 해역에 걸쳐 해수면의 온도가 평상시보다 0.5 °C 이상 낮은 상태로 6개월 이상 지속되는 현상을 라니냐라고 한다.

06 [22026-0196]

그림 (가)는 엘니뇨 또는 라니냐 시기에 측정된 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온 편차(관측값 - 평년값)를, (나)는 (가)와 같은 시기에 관측한 동태평양 적도 부근 해역의 식물성 플랑크톤 농도 분포를 나타낸 것이다.



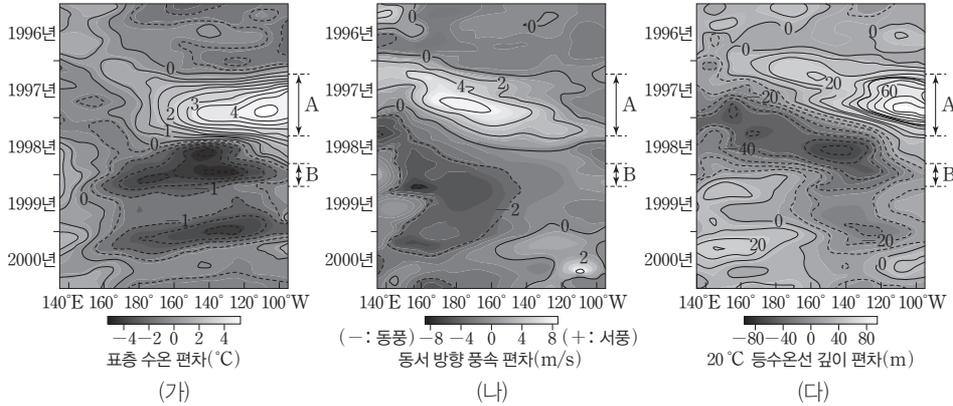
평상시와 비교했을 때, 이 시기에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이가 깊다.
 - ㄴ. A 해역에서 표층 영양염의 농도가 높다.
 - ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역과 서태평양 적도 부근 해역의 표층 수온 차가 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0197]

그림 (가), (나), (다)는 1996년부터 2000년까지 관측한 태평양 적도 해역(2°S~2°N)의 월평균 표층 수온 편차, 동서 방향 풍속의 편차, 20 °C 등수온선의 깊이 편차 분포를 나타낸 것이다. 편차는 (관측값-평균값)이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 동태평양 적도 해역에서 표층 수온은 A 기간이 B 기간보다 낮다.
- ㄴ. B 기간에 적도 해역에서 무역풍의 세기는 평년보다 대체로 강하다.
- ㄷ. 동태평양 적도 해역에서 혼합층의 두께는 A 기간이 B 기간보다 두껍다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0198]

다음은 빙하 코어를 이용한 고기후 연구 방법을 소개한 글이다.

대규모의 화산 폭발은 대기 중으로 다량의 화산 분출물을 방출하여 내린 눈의 산성도를 (㉠)시키고, 빙하 코어의 전기 전도도 값을 증가시킨다. 연구자들은 오른쪽 그림과 같이 빙하 코어의 큰 전기 전도도 값에 해당하는 화산 폭발 시기를 찾아 (㉡)을/를 추정할 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '증가'는 ㉠에 해당한다.
- ㄴ. '빙하 코어 생성 시기'는 ㉡에 해당한다.
- ㄷ. 대기 중의 먼지 양은 얼음 깊이가 A인 시기가 얼음 깊이가 B인 시기보다 많았을 것이다.

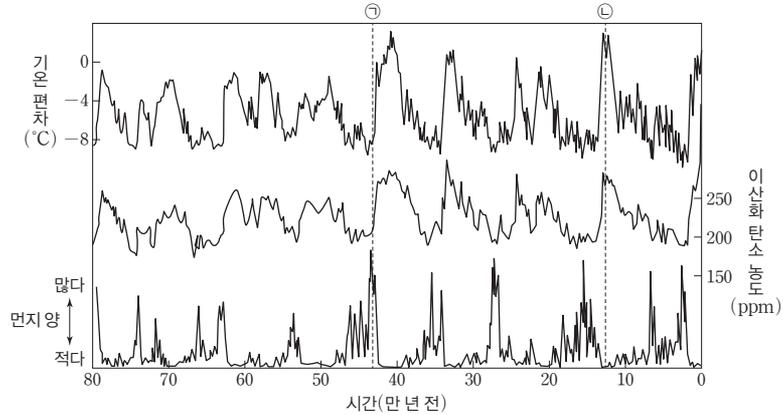
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

엘니뇨 시기에 무역풍이 약해지면 동태평양 연안에서의 연안 용승이 약해지고, 서태평양에서 동쪽으로 따뜻한 해수가 이동하여 태평양 중앙부에서 페루 연안에 이르는 해역의 표층 수온이 상승한다.

빙하 코어를 분석하면 빙하가 생성될 당시의 대기 성분과 화산 폭발 등을 알 수 있다.

대기 중 이산화 탄소 농도가 높으면 지구의 평균 기온이 높고, 대기 중 먼지 양이 많으면 일사량은 적다.

09 [22026-0199] 그림은 각각 약 80만 년 동안의 기온 편차(관측값-평년값), 대기 중 이산화 탄소 농도와 대기 중 먼지 양을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 지구의 평균 빙하 면적은 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 넓다.
- ㄴ. 지표에 도달하는 평균 일사량은 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 많다.
- ㄷ. 위 자료는 모두 나무의 나이테를 분석하여 얻을 수 있다.

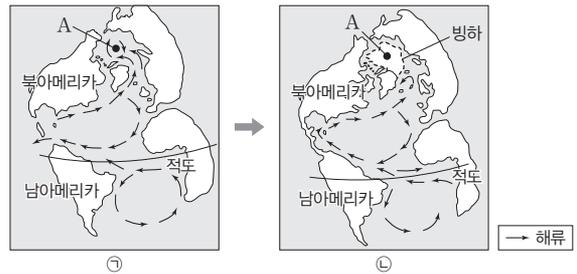
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

화산 활동, 수륙 분포의 변화는 지구의 기후를 변화시키는 자연적 요인 중 지구 내적 요인에 해당한다.

10 [22026-0200] 그림 (가)와 (나)는 기후 변화를 일으키는 서로 다른 요인을 나타낸 것이다.



(가) 화산 폭발



(나) 수륙 분포의 변화

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나) 이외의 요인은 변하지 않는다고 가정한다.)

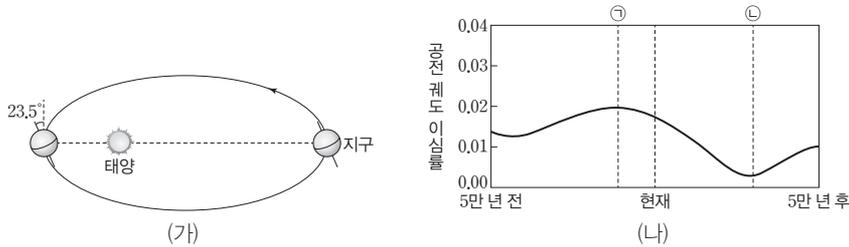
보기

- ㄱ. (가)의 경우 화산재가 성층권에 도달하면 지구의 반사율이 감소한다.
- ㄴ. (나)의 경우 A 지역의 기온은 수륙 분포가 ㉠보다 ㉡일 때 높다.
- ㄷ. (가)와 (나)는 모두 기후 변화를 일으키는 지구 내적 요인이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0201]

그림 (가)는 현재 지구 자전축의 경사 방향과 지구 공전 궤도를, (나)는 5만 년 전~5만 년 후의 지구 공전 궤도 이심률 변화를 나타낸 것이다.



지구 공전 궤도 이심률이 현재보다 작아지면 근일점 거리는 현재보다 멀어지고, 원일점 거리는 현재보다 가까워진다. 따라서 다른 요인의 변화가 없다면 북반구에서 겨울철은 더 추워지고, 여름철은 더 더워진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 공전 궤도 이심률 이외의 조건은 변하지 않는다고 가정한다.)

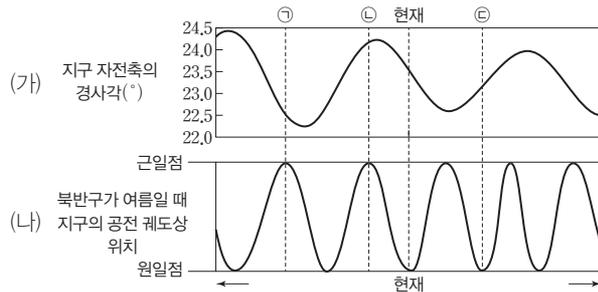
보기

- ㉠. (가)에서 지구가 근일점에 위치할 때 남반구는 겨울철이다.
- ㉡. 우리나라의 여름철 기온은 ㉠ 시기가 현재보다 더 높다.
- ㉢. 근일점과 원일점에서 지구로 입사되는 태양 복사 에너지량의 차는 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 크다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

12 [22026-0202]

그림 (가)는 지구 자전축의 경사각 변화를, (나)는 지구 자전축의 경사 방향 변화에 따른 북반구가 여름일 때 지구의 공전 궤도상의 위치를 나타낸 것이다.



지구 자전축의 경사각이 변화면 각 위도에서 받는 일사량이 변하므로 기후 변화가 생긴다. 다른 요인의 변화가 없다면 지구 자전축 경사각이 커질수록 기온의 연교차가 커진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자전축의 경사각과 지구 자전축의 경사 방향 이외의 조건은 변하지 않는다고 가정한다.)

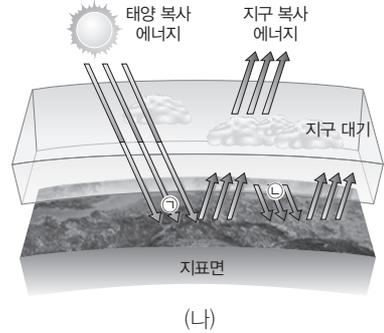
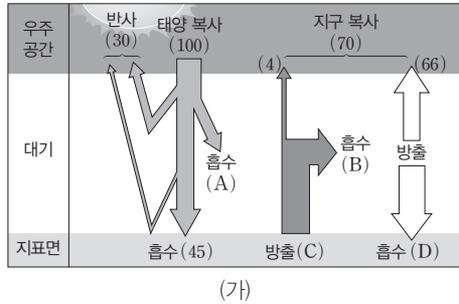
보기

- ㉠. 35°N에서 여름철 동안 받는 태양 복사 에너지량은 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 많다.
- ㉡. 우리나라의 겨울철 기온은 ㉢ 시기가 현재보다 낮다.
- ㉢. 남반구 중위도 지역의 기온 연교차는 현재가 ㉣ 시기보다 크다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

산업 활동이나 화석 연료 사용 과정에서 대기로 배출된 에어로졸은 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지를 감소시켜 지구의 기온을 낮추는 역할을 한다.

13 [22026-0203] 그림 (가)는 지구에 입사하는 태양 복사 에너지를 100 단위로 했을 때 지구의 에너지 출입을, (나)는 온실 효과가 일어나는 원리를 나타낸 것이다. A, B, C, D는 에너지 단위를 나타낸다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. $A < B < C$ 이다.

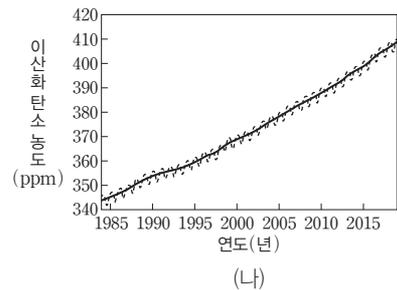
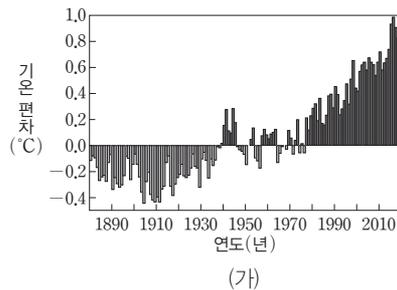
ㄴ. 가시광선 영역의 에너지양은 ㉠이 ㉡보다 크다. 적외선 영역의 에너지양

ㄷ. 산업 활동으로 대기 중에 에어로졸이 증가하면 ㉠이 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가할수록 지구의 기온이 높아진다. 과도한 삼림 벌채는 식물(나무)의 광합성에 의해 흡수되는 이산화 탄소량을 감소시켜 대기 중의 이산화 탄소 농도를 증가시키게 된다.

14 [22026-0204] 그림 (가)는 1901년~2000년의 평균 기온 대비 전 지구 기온 편차를, (나)는 전 지구 이산화 탄소 농도 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 대기 중 이산화 탄소 농도가 높아질수록 전 지구 평균 기온은 높아지는 경향이 있다.

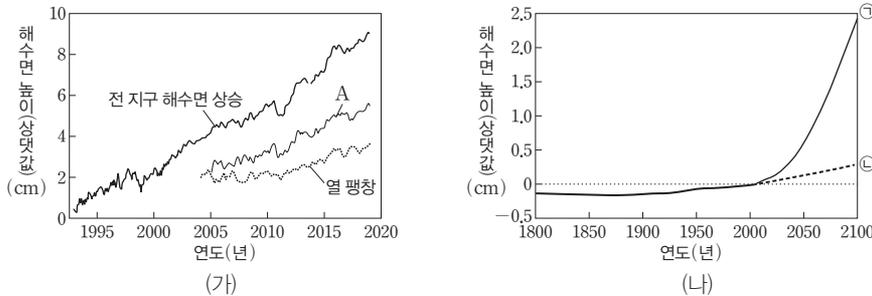
ㄴ. (나)와 같은 경향이 계속되면 지구의 평균 해수면 높이는 상승할 것이다.

ㄷ. 과도한 삼림 벌채는 (나)의 이산화 탄소 농도를 증가시키는 데 기여한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[22026-0205]

15 그림 (가)는 1993년 대비 전 지구 해수면 높이 상승과 그에 영향을 미치는 요인을, (나)는 서로 다른 모델에 의한 2000년 대비 전 지구 해수면 높이 변화를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 온실 기체가 최소로 배출되는 경우와 현재의 추세로 배출되는 경우 중 하나이다.



전 지구 해수면 높이를 상승시키는 요인에는 대륙 빙하가 녹아 더해지는 물과 해수의 수온 상승에 따른 열팽창이 있다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

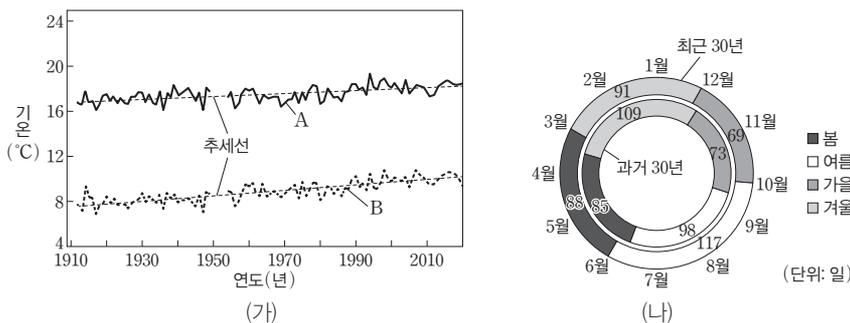
보기

- ㄱ. '대륙 빙하의 용해'는 A에 해당한다.
- ㄴ. 온실 기체가 최소로 배출되는 경우는 ㉠이다.
- ㄷ. 온실 기체가 현재의 추세로 배출되는 경우 인위적 요인에 의한 지구 온난화는 2000년 이전보다 이후에 더 크다.

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

[22026-0206]

16 그림 (가)는 우리나라의 1912년~2017년까지 연평균 일 최고 기온과 일 최저 기온을, (나)는 이 기간 동안 과거 30년(1912년~1941년) 대비 최근 30년(1988년~2017년)의 우리나라 계절 길이 변화를 나타낸 것이다.



우리나라는 1912년~2017년까지 일 최고 기온과 일 최저 기온이 모두 상승하는 경향이 있다. 이 기간 동안 최근 30년은 과거 30년에 비해 겨울의 길이는 짧아졌고, 여름의 길이는 길어졌다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 일 최고 기온, B는 일 최저 기온이다.
- ㄴ. 이 기간 동안 우리나라의 연평균 기온은 상승하였다.
- ㄷ. 최근 30년 동안은 과거 30년에 비해 겨울 일수는 감소, 여름 일수는 증가하였다.

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

III

우주

2022학년도 대학수학능력시험 13번

13. 표는 별 (가), (나), (다)의 분광형, 반지름, 광도를 나타낸 것이다.

별	분광형	반지름 (태양=1)	광도 (태양=1)
(가)	()	10	10
(나)	A0	5	()
(다)	A0	()	10

(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

<보 기>

- ㄱ. 복사 에너지를 최대 방출하는 파장은 (가)가 가장 짧다.
- ㄴ. 절대 등급은 (나)가 가장 작다.
- ㄷ. 반지름은 (다)가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 155쪽 6번

[21026-0212]

06 표는 별 A와 B의 표면 온도와 광도를 나타낸 것이다.

별	표면 온도(K)	광도(태양=1)
A	3000	100
B	6000	1

A와 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

「 보 기 」

- ㄱ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 B가 A의 2배이다.
- ㄴ. 단위 면적당 단위 시간에 방출하는 복사 에너지의 양은 B가 A의 16배이다.
- ㄷ. 반지름은 A가 B의 40배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

대수능 13번은 문제는 수능특강 155쪽 6번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 별의 광도, 표면 온도, 반지름이 각각 L, T, R 일 때 별의 광도 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 의 관계식으로부터 별의 광도, 표면 온도, 반지름 중 두 가지 물리량이 제시되었을 때 나머지 한 가지 물리량을 파악하는 <보기>를 구성하였다. 대수능 문제에서는 별의 표면 온도 대신 분광형을 제시하였으며, 광도와 절대 등급의 관계를 묻는 <보기>까지 다루고 있다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

수능특강 문제에서는 표면 온도와 최대 복사 에너지를 방출하는 파장과의 관계가 제시되었다면 대수능 문제에서는 분광형이 제시되었고 분광형과 표면 온도와와 관계를 알고 이로부터 다시 최대 복사 에너지를 방출하는 파장과의 관계를 이해하고 있는지 묻고 있다. 또한 광도와 절대 등급과의 관계를 다루고 있다. 별의 광도 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ 의 관계식으로부터 별의 광도, 표면 온도, 반지름의 관계를 알고 각 물리량과 관련된 여러 가지 물리량을 해석할 수 있어야 한다. 교재의 문항이 연계되어 출제될 때는 기존의 문제들에서 묻는 개념을 확장시키거나 보다 복잡한 형태로 출제되므로 제시된 자료를 분석하고 배운 내용들을 서로 관련지어 해석하는 능력을 길러야 한다.

수능 _ EBS 교재 연계 사례

2022학년도 대학수학능력시험 15번

15. 표는 주계열성 A, B, C를 각각 원 궤도로 공전하는 외계 행성 a, b, c의 공전 궤도 반지름, 질량, 반지름을 나타낸 것이다. 세 별의 질량과 반지름은 각각 같으며, 행성의 공전 궤도면은 관측자의 시선 방향과 나란하다.

외계 행성	공전 궤도 반지름 (AU)	질량 (목성 = 1)	반지름 (목성 = 1)
a	1	1	2
b	1	2	1
c	2	2	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C의 시선 속도 변화는 각각 a, b, c와의 공통 질량 중심을 공전하는 과정에서만 나타난다.) [3점]

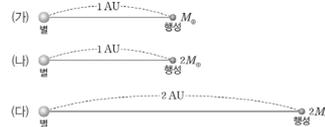
<보 기>

- ㄱ. 시선 속도 변화량은 A가 B보다 작다.
- ㄴ. 별과 공통 질량 중심 사이의 거리는 B가 C보다 짧다.
- ㄷ. 행성의 식 현상에 의한 겉보기 밝기 변화는 A가 C보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

2022학년도 EBS 수능특강 180쪽 1번

01 [21026-0263] 그림 (가), (나), (다)는 질량이 같은 중심별을 각각 공전하는 세 행성의 공전 궤도 반지름과 질량을 나타낸 것이다. 세 행성의 공전 궤도면은 관측자의 시선 방향과 나란하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가), (나), (다)에서 별의 반지름, 행성의 반지름은 모두 같으며, M_{\odot} 은 지구의 질량이다.)

- ㄱ. 별의 시선 속도 변화는 (가)보다 (나)가 크다.
 ㄴ. 행성에 의해 식이 진행되는 시간은 (나)보다 (다)가 길다.
 ㄷ. (가)에서 식이 진행되어 별의 밝기가 최소일 때 별의 시선 속도가 가장 크다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

대수능 15번은 수능특강 180쪽 1번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 별 주위를 행성이 공전할 때 별의 시선 속도 변화와 식 현상으로 외계 행성을 탐사하는 방법을 이해하고 있는지 묻고 있다. 수능특강에서는 별이 시선 속도 변화에 미치는 요인에 초점을 맞추어 문제가 제시되었다면, 대수능 문제에서는 시선 속도 변화에 미치는 요인뿐만 아니라 식 현상이 일어났을 때 별이 밝기에 영향을 미치는 요인까지 다루고 있다는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

대수능 문제에서는 EBS 연계 교재 문제의 상황을 그대로 활용하기도 하지만, 자료 제시 형태와 선택지를 일부 변형하여 출제하기도 한다. 그러나 EBS 연계 교재 문제를 학습하면서 별의 시선 속도에 영향을 미치는 요인과 행성에 의해 식 현상이 일어날 때 별의 밝기 변화에 영향을 주는 요인을 잘 이해했다면 어렵지 않게 해결할 수 있는 문제이다. 핵심 개념의 원리를 정확하게 이해하고 있으면 다른 상황이 주어져도 문제를 파악하고 이를 적용할 수 있으므로 단순 암기보다는 이해를 바탕으로 학습해야 한다. 또한 단원 전체에 대해 포괄적으로 이해하고 여러 개념을 서로 관련 지어 종합적으로 사고할 수 있는 능력을 길러야 한다.

개념 체크

● 분광 관측

분광기를 사용하여 전자기파를 파장별로 분산시켜서 나타난 스펙트럼을 관측하는 것을 분광 관측이라고 한다. 분광 관측은 별의 물리량 파악에 중요한 역할을 한다.

● 전자기파

전자기파는 파장에 따라 감마선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 전파로 구분하며, 감마선에서 전파 쪽으로 갈수록 파장이 길어진다. 가시광선 중 파란색 빛은 붉은색 빛보다 파장이 짧다.

● 흑체 복사

- 구성 물질의 종류에 관계없이 온도에 의해서만 특성이 결정된다.
- 연속 스펙트럼을 방출한다.
- 파장에 따른 복사 에너지 세기의 변화는 플랑크 곡선을 따른다.

1. ()은 전자기파를 파장별로 분산시켜 나타난 스펙트럼을 관측하는 것이다.
2. 스펙트럼은 연속 스펙트럼, () 스펙트럼, 방출 스펙트럼으로 구분한다.
3. 플랑크 곡선에서 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 별의 ()에 반비례한다.

1 별의 물리량

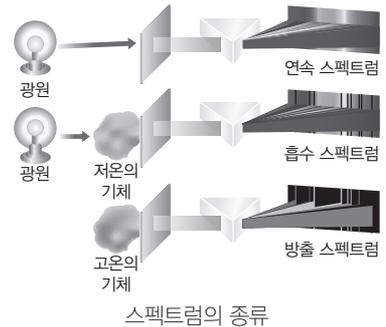
(1) 분광 관측

① 분광 관측의 역사

- 17세기에 뉴턴은 프리즘을 통과한 햇빛이 무지개처럼 여러 색으로 나누어지는 것을 발견하고, 이를 스펙트럼이라고 불렀다.
- 1814년 프라운호퍼는 태양의 스펙트럼에서 324개의 검은 흡수선을 발견하였다.
- 19세기에 허긴스는 별의 스펙트럼을 분석한 결과 별이 나트륨, 칼슘, 철, 수소 등의 원소로 이루어져 있는 것을 발견하였으며, 1864년에는 성운의 스펙트럼을 분석하였다.
- 20세기 초 피커링과 케넌은 별의 스펙트럼에 나타나는 수소 흡수선의 종류와 세기에 따라 별을 A, B, C, ..., P형의 16가지로 구분하였다. 그 후 흡수선의 세기가 별의 표면 온도와 관련이 있음을 알고, 표면 온도에 따라 나타나는 흡수선의 종류와 세기를 기준으로 O, B, A, F, G, K, M형의 7가지로 분광형을 분류하였다.
- 1943년 모건과 키넌은 별의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 선폭을 분석하여 분광형과 광도 계급을 고려한 별의 분류법인 M-K 분류법(여키스 분류법)을 고안하였다.

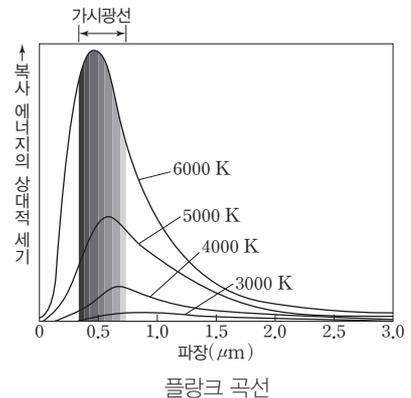
② 스펙트럼의 종류

- 연속 스펙트럼: 넓은 파장 범위에 걸쳐 연속적으로 나타나는 색의 띠를 연속 스펙트럼이라고 한다. 백열등 빛을 프리즘에 통과시키면 무지개 색깔의 연속적인 색의 띠를 관찰할 수 있다.
- 흡수 스펙트럼: 연속 스펙트럼이 나타나는 빛을 온도가 낮은 기체에 통과시키면 연속 스펙트럼 위에 검은색 선(흡수선)들이 나타나는데, 이를 흡수 스펙트럼이라고 한다. 별의 대기에 존재하는 기체가 별이 방출하는 빛 중에서 특정 파장의 빛을 흡수할 때 흡수 스펙트럼이 나타난다.
- 방출 스펙트럼: 기체가 고온으로 가열될 때 불연속적인 파장의 빛이 방출되는데, 특정 파장에 해당하는 빛의 밝은 선(방출선)이 나타나는 스펙트럼을 방출 스펙트럼이라고 한다.



(2) 별의 표면 온도

- ① 흑체 복사: 입사하는 모든 복사 에너지를 흡수하고, 흡수한 복사 에너지를 모두 방출하는 이상적인 물체를 흑체라고 한다.
 - 플랑크 곡선: 흑체가 복사하는 파장에 따른 복사 에너지 세기를 나타낸 곡선이다.
 - 빈의 변위 법칙: 흑체가 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 표면 온도(T)가 높을수록 짧아진다.



$$\lambda_{max} = \frac{a}{T} \quad (a = 2.898 \times 10^3 \mu\text{m} \cdot \text{K})$$

정답

1. 분광 관측
2. 흡수
3. 표면 온도

개념 체크

● 색지수

서로 다른 파장대의 필터로 관측한 별의 겉보기 등급 차이로, 짧은 파장대의 등급에서 긴 파장대의 등급을 뺀 값으로 정의한다. 표면 온도가 약 10000 K인 흰색의 별은 색지수가 0이다.

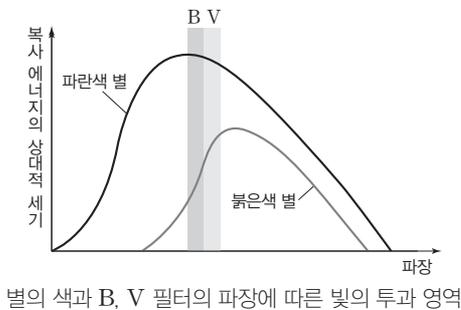
1. 별의 표면 온도가 높을수록 ()색을 띠고, 별의 표면 온도가 낮을수록 ()색을 띤다.
2. 색지수는 별의 표면 온도가 높을수록 ()진다.
3. 표면 온도가 약 10000 K인 별은 ()색이고, 색지수는 ()이다.

• 별의 색과 표면 온도: 별은 거의 흑체와 같이 복사하므로, 별의 표면 온도가 높을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧아 파란색을 띠고, 표면 온도가 낮을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 길어 붉은색을 띤다.

② 색지수와 표면 온도: 색지수는 별의 표면 온도를 나타내는 척도로 사용되며, U, B, V 필터로 정해지는 겉보기 등급의 차를 이용한다.

• U, B, V 필터: 별의 등급과 색을 측정하기 위해 보통 U(Ultraviolet), B(Blue), V(Visual) 세 종류의 필터를 사용하는데, U, B, V 필터는 각각 $0.36 \mu\text{m}$, $0.44 \mu\text{m}$, $0.54 \mu\text{m}$ 부근 파장의 빛만을 통과시킨다. 이들 필터로 정해지는 겉보기 등급을 각각 U, B, V 등급이라고 하며, 보통 (B-V)를 색지수로 활용한다.

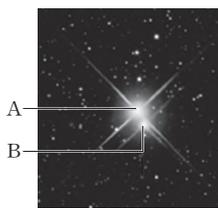
• 색지수와 표면 온도: 표면 온도가 높은 별은 파장이 짧은 자외선과 파란색 부근에서 에너지를 많이 방출하므로 B 등급이 작지만, 파장이 긴 붉은색 부근에서는 에너지를 적게 방출하므로 V 등급이 크다. 즉, 별의 표면 온도가 높을수록 색지수(B-V)는 작아지고, 별의 표면 온도가 낮을수록 색지수(B-V)는 커진다.



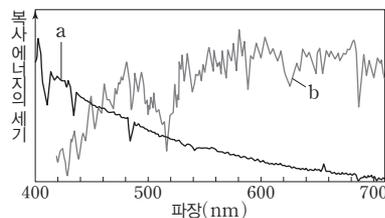
- 붉은색 별: B 필터보다 V 필터를 통과한 별빛이 더 밝다.
 - ➔ B 등급보다 V 등급이 작다.
 - ➔ 색지수(B-V)가 (+) 값이다.
 - ➔ 저온의 별이다.
- 파란색 별: V 필터보다 B 필터를 통과한 별빛이 더 밝다.
 - ➔ B 등급보다 V 등급이 크다.
 - ➔ 색지수(B-V)가 (-) 값이다.
 - ➔ 고온의 별이다.

탐구자료 살펴보기 별의 색

탐구 자료 그림 (가)는 알비레오 쌍성을 이루는 두 별 A와 B의 모습을, (나)는 두 별이 방출하는 복사 에너지의 세기를 파장에 따라 나타낸 것이다. 표는 별 A와 B의 색깔이다.



(가)



(나)

별	색깔
A	노란색
B	파란색

탐구 결과

1. 별 A는 별 B보다 표면 온도가 낮다.
2. (나)에서 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 a가 b보다 짧으므로 a가 b보다 표면 온도가 높은 별이다. 즉, a는 별 B, b는 별 A에서 방출하는 복사 에너지의 파장에 따른 세기를 나타낸 것이다.

분석 point

- 별의 색은 표면 온도에 따라 다르다. 파란색 별은 분광형이 O형으로 표면 온도는 약 28000 K 이상이며, 노란색 별은 분광형이 G형으로 표면 온도는 약 5000~6000 K이다.
- 빈의 변위 법칙 $\lambda_{\text{max}} = \frac{a}{T}$ ($a = 2.898 \times 10^3 \mu\text{m} \cdot \text{K}$)에 의하면, 고온의 흑체일수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})이 짧아진다.

정답

1. 파란, 붉은
2. 작아
3. 흰, 0

개념 체크

● 중성 원자와 이온의 표현

• 중성 원자: 이온화되지 않은 원자로, 기호 뒤에 로마자 I을 붙여 표현한다.

☐ HI(중성 수소), HeI(중성 헬륨)

• 이온: 전자 1개가 떨어져 나가 +1가로 이온화된 원자는 II, 전자 2개가 떨어져 나가 +2가로 이온화된 원자는 III을 붙여 표현한다.

☐ CaII(Ca⁺), SiIII(Si²⁺)

1. 분광형 O, B, A, F, G, K, M형은 별의 표면 온도가 () 것부터 정렬한 것이다.

2. A형 별에서는 ()에 의한 흡수선이 가장 강하게 나타난다.

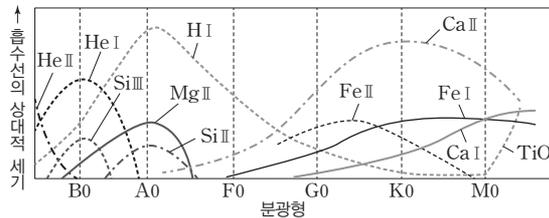
3. 표면 온도가 () 별의 경우 금속 원소와 분자에 의한 흡수선이 강하게 나타난다.

4. 흑체가 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지는 표면 온도의 ()제곱에 비례한다.

5. 별의 광도는 ()의 제곱과 ()의 4제곱에 비례한다.

③ 분광형과 표면 온도: 별의 대기에 존재하는 원소들은 별의 표면 온도에 따라 이온화되는 정도가 다르기 때문에 각각 가능한 이온화 단계에서 특정 흡수선을 형성하므로, 흡수 스펙트럼 선의 종류와 세기는 별의 표면 온도에 따라 달라진다.

- 분광형: 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼을 O, B, A, F, G, K, M형의 7개로 분류하며, 각각의 분광형은 다시 고온의 0에서 저온의 9까지 10등급으로 세분한다. O형 별은 표면 온도가 가장 높고 파란색을 띠며, M형 별로 갈수록 표면 온도가 낮아지고 붉은색을 띤다.
- 별의 표면 온도에 따라 원소가 이온화되는 정도가 다르고, 각각 가능한 이온화 단계에서 특정한 흡수선을 형성하기 때문에 별빛의 스펙트럼에는 별마다 다양한 흡수선이 나타난다.
- 표면 온도가 높은 O형, B형 별에서는 이온화된 헬륨(HeII)이나 중성 헬륨(HeI)에 의한 흡수선이, 표면 온도가 낮은 K형, M형 별에서는 금속 원소와 분자에 의한 흡수선이 강하게 나타나며, 표면 온도가 약 10000 K인 A형 별에서는 중성 수소(HI)에 의한 흡수선이 강하게 나타난다.



분광형과 흡수선의 상대적 세기

• 태양은 표면 온도가 약 5800 K인 노란색 별로, 이온화된 칼슘(CaII) 흡수선이 가장 강하게 나타나며, 분광형은 G2형이다.

분광형	색깔	표면 온도(K)	스펙트럼의 모습
O	파란색	28000 이상	30000 K H선, He선
B	청백색	10000~28000	20000 K He선, C선
A	흰색	7500~10000	10000 K Ca선, Fe선
F	황백색	6000~7500	7000 K Fe선, O선, Mg선, Na선
G	노란색	5000~6000	6000 K O선
K	주황색	3500~5000	4000 K 여러 가지 분자선
M	붉은색	3500 이하	3000 K 여러 가지 분자선

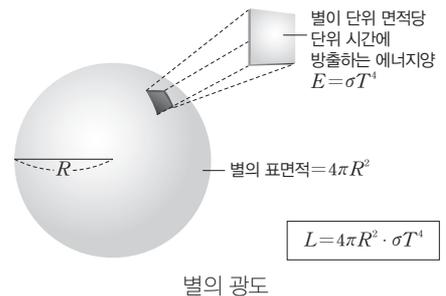
(3) 별의 광도와 크기

① 슈테판·볼츠만 법칙: 흑체가 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지양(E)은 표면 온도(T)의 4제곱에 비례한다.

$$E = \sigma T^4 \quad (\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4})$$

② 별의 광도

• 별이 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 양을 광도(L)라고 한다.



별의 광도

정답

1. 높은
2. HI
3. 낮은
4. 4
5. 반지름, 표면 온도

- 반지름이 R 인 별의 광도는 별의 표면적과 별이 단위 시간 동안 단위 면적에서 내보내는 에너지량을 곱하여 얻을 수 있다. $\rightarrow L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$

과학 돋보기 별의 절대 등급과 광도

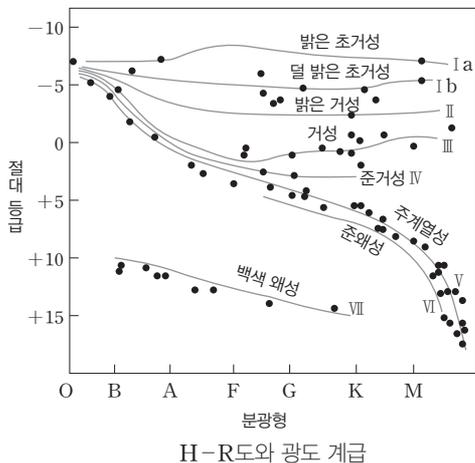
- 별의 밝기는 등급으로 나타내며, 1등급의 별은 6등급의 별보다 100배 밝다. 따라서 1등급 간의 밝기 비는 $100^{\frac{1}{5}}=10^{\frac{2}{5}}$ 배, 즉 약 2.5배이다.
- 별의 절대 등급은 모든 별을 10 pc(약 32.6광년)의 거리에 옮겨 놓았다고 가정했을 때의 밝기를 등급으로 정한 것으로, 별의 실제 밝기, 즉 별의 광도를 비교할 때 이용될 수 있다.
- 광도가 L_1, L_2 인 별의 절대 등급이 각각 M_1, M_2 이면 $M_2 - M_1 = 2.5 \log \frac{L_1}{L_2}$ 의 관계를 만족한다.

- ③ 별의 반지름: 별의 스펙트럼을 분석하여 표면 온도(T)를 알아내고, 별의 절대 등급을 이용하여 별의 광도(L)를 알아내면 별의 반지름(R)을 구할 수 있다.

$$L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4 \rightarrow R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2}$$

(4) 별의 광도 계급

- ① 허키스 천문대의 모건과 키넨은 분광형이 같더라도 별의 반지름이 클수록 스펙트럼 흡수선의 선 폭이 좁아지는 것을 발견하고, 새로운 별의 분류법을 고안하였다.
- ② 같은 분광형을 가지는 별들의 스펙트럼에 나타나는 흡수선의 선 폭을 비교하여 별의 크기를 알 수 있고, 이를 이용하여 광도를 결정할 수 있다. 이와 같은 방법을 이용하면 같은 분광형을 가진 별들을 광도에 따라 분류할 수 있는데, 이를 광도 계급(luminosity class)이라고 한다.
- ③ 별의 광도는 표면 온도와 반지름에 의해 결정되므로, 분광형이 같더라도 별의 광도가 다를 수 있다. 별들의 분광형과 절대 등급을 다음 그림과 같이 2차원으로 나타내면 별의 표면 온도, 광도, 반지름을 동시에 비교할 수 있다.
- ④ 광도 계급은 별을 I~VII(백색 왜성을 포함하면 I~VIII)으로 분류하며, 분광형이 같을 때 광도 계급의 숫자가 클수록 별의 반지름과 광도가 작아진다.
- ⑤ 태양은 표면 온도가 약 5800 K이고 주계열성에 해당하므로, 태양의 분광형과 광도 계급은 G2V이다.



광도 계급	별의 종류
Ia	밝은 초거성
Ib	덜 밝은 초거성
II	밝은 거성
III	거성
IV	준거성
V	주계열성(왜성)
VI	준왜성
VII	백색 왜성

개념 체크

● 광도 계급

별의 표면 온도와 광도를 고려하여 별을 분류한 것이다. 분광형이 같을 때 별의 크기와 광도는 광도 계급 I이 가장 크고, 숫자가 커질수록 작아진다.

- 1. 별의 광도가 같을 때, 표면 온도가 높을수록 반지름이 () .
- 2. 광도 계급이 V인 별은 ()에 해당한다.
- 3. 별의 분광형이 같을 때, 광도 계급의 숫자가 () 수록 반지름이 크다.

정답

- 1. 작다
- 2. 주계열성
- 3. 작음

개념 체크

● H-R도

가로축에 표면 온도로 분광형 또는 색지수를, 세로축에 절대 등급 또는 광도를 나타낸 그래프이다. H-R도에서 주계열성의 수가 다른 집단에 비해 많은 이유는 별이 진화 과정 중 주계열 단계에서 가장 오랫동안 머무르기 때문이다.

● H-R도에서 별의 물리량 변화
가로축의 왼쪽으로 갈수록 별의 표면 온도가 높고, 세로축의 위로 갈수록 별의 광도가 크다. 또한 오른쪽 위로 갈수록 별의 반지름이 크고, 왼쪽 아래로 갈수록 별의 밀도가 크다.

1. H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 대각선을 따라 분포하는 별들을 () 이라고 한다.
2. 거성은 별이 주계열 단계에 있을 때보다 반지름이 () .
3. 적색 초거성은 백색 왜성에 비해 표면 온도가 () , 평균 밀도가 () .
4. H-R도의 세로축에서 위로 갈수록 광도가 () .
5. 질량이 큰 별일수록 주계열에 머무르는 기간이 () .

정답

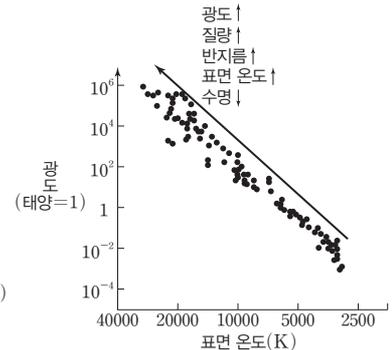
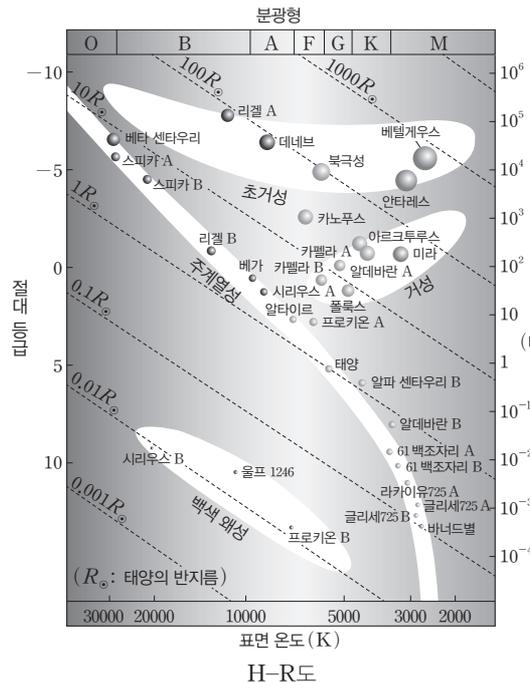
1. 주계열성
2. 크다
3. 낮고, 작다
4. 크다
5. 짧다

2 H-R도와 별의 종류

(1) H-R도: 20세기 초 덴마크의 헤르츨스프룽은 별의 분광형과 절대 등급의 관계를 알아보기 위해 그래프를 만들었다. 비슷한 시기에 미국의 천문학자 러셀도 별의 표면 온도(분광형)와 광도(절대 등급) 사이의 관계를 그래프로 그려 분석하였다. 가로축을 별의 분광형(또는 표면 온도), 세로축을 별의 절대 등급(또는 광도)으로 하였으며, 별의 표면 온도, 광도, 반지름과 같은 물리적인 특성을 파악하기 쉽다. 이 그래프를 두 천문학자 이름의 첫 글자를 따서 H-R도라고 한다.

(2) 별의 종류

- ① 주계열성: H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 대각선을 따라 분포하는 별들로, 모든 별의 약 80~90%가 주계열성에 속한다. → 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고 광도가 크며 반지름과 질량이 크고, 오른쪽 아래에 분포할수록 표면 온도가 낮고 광도가 작으며 반지름과 질량이 작다. 예 태양, 스피카, 시리우스 A
- ② 거성: 주계열의 오른쪽 위에 분포하는 별들로 대체로 붉은색을 띤다. 표면 온도는 낮으나 반지름이 매우 커서 광도가 크다. 반지름은 태양의 10배~100배이며, 광도는 태양의 10배~1000배이다. 예 알데바란 A, 아르크투루스
- ③ 초거성: H-R도에서 거성보다 더 위쪽에 분포하는 별들로, 반지름이 태양의 수백 배~1000배 이상인 초대형 별이다. 광도는 태양의 수만 배~수십만 배로 매우 크지만, 평균 밀도가 매우 작다. 예 베틀게우스, 안타레스
- ④ 백색 왜성: H-R도의 왼쪽 아래에 분포하는 별들로, 표면 온도가 높지만 반지름이 매우 작아 어둡게 보이며, 평균 밀도는 태양의 100만 배 정도로 매우 크다. 예 시리우스 B



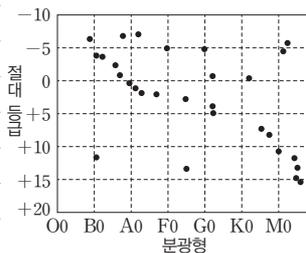
- 주계열성의 특징: 주계열에서 왼쪽 위로 갈수록
- ➡ 광도가 크다(절대 등급이 작다).
 - ➡ 질량이 크다.
 - ➡ 반지름이 크다.
 - ➡ 표면 온도가 높다.
 - ➡ 수명이 짧다.

탐구자료 살펴보기 H-R도

탐구 자료

표는 여러 별의 절대 등급과 분광형을, 그림은 가로축을 분광형, 세로축을 절대 등급으로 하여 각 별들의 위치를 나타낸 것이다.

별 이름	절대 등급	분광형	별 이름	절대 등급	분광형	별 이름	절대 등급	분광형
태양	+4.8	G2	백조자리 B	+8.3	K7	에니프	-4.5	B1
시리우스 A	+1.5	A1	카프타인별	+10.8	M0	스피카	-3.6	B1
시리우스 B	+11.5	B1	루이텐별 A	+15.3	M6	아르크투루스	-0.3	K2
포말하우트	+2.1	A3	카노푸스	-4.6	F0	안타레스	-4.5	M1
바너드별	+13.2	M5	민타카	-6.0	O9	직녀(베가)	+0.5	A0
북극성	-4.5	G0	크뤼거 B	+11.9	M4	견우(알타이르)	+2.3	A7
센타우루스 A	+4.4	G2	카펠라	-0.7	G2	데네브	-6.9	A2
센타우루스 C	+15.0	M5	알데바란	-0.2	K2	황소자리17	-2.2	B6
프로키온 A	+2.7	F5	리겔	-6.8	B8	벨라트릭스	-3.6	B2
프로키온 B	+13.3	F5	베델게우스	-5.5	M2	로스128	+13.5	M5
백조자리 A	+7.5	K5	레굴루스	-0.6	B7	-	-	-



탐구 결과

1. 별들을 분광형과 절대 등급을 축으로 한 그래프에 나타내면 몇 개의 집단으로 분류된다.
2. 대부분의 별들은 그래프의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 연결된 띠에 분포하며, 태양도 이 띠 위에 분포한다.

분석 point

- 그림에서 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 연결된 띠에 분포하는 별들은 주계열성으로, 왼쪽 위로 갈수록 광도가 크고 표면 온도가 높은 별이 분포한다. 가장 많은 별들이 분포하는 집단이다.
- 그림에서 주계열의 오른쪽 위에는 표면 온도는 낮지만 반지름이 매우 커서 광도가 큰 별들인 거성과 초거성이 분포하고, 주계열의 왼쪽 아래에는 표면 온도는 높지만 반지름이 매우 작아서 광도가 작은 백색 왜성이 분포한다.

개념 체크

영년 주계열

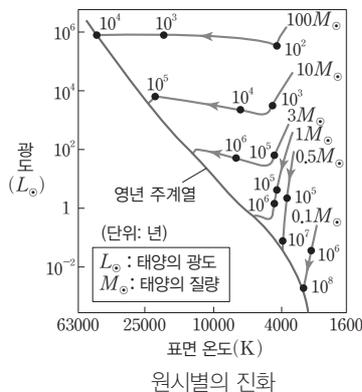
별의 중심에서 수소 핵융합 반응이 시작되고 중력 수축이 멈추면, 별은 H-R도에서 표준 주계열이라는 곡선 위에 위치한다. 이 위치를 영년 주계열(Zero Age Main Sequence; ZAMS)이라고도 한다. ZAMS는 별이 수소 핵융합 반응을 시작하는 지점을 의미한다.

1. 별은 밀도가 (), 온도가 () 성운에서 탄생한다.
2. 원시별이 수축하여 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 온도에 도달하면 ()이 된다.
3. 원시별에서 주계열성이 되는 데 걸리는 시간은 질량이 큰 별일수록 ()이다.

3 별의 진화

(1) 원시별에서 주계열성 전까지

- ① 별은 밀도가 크고 온도가 낮은 성운에서 탄생한다. 거대한 성운이 회전하면서 수축하면 성운의 밀도가 점점 커지면서 원반이 형성되며, 성운의 중심부에서는 중력 수축에 의해 온도가 높아지고 밀도가 커져 원시별이 생성된다.
- ② 원시별이 중력 수축하여 내부 온도가 높아지고, 표면 온도가 약 1000 K에 이르면 가시광선을 방출하기 시작한다.
- ③ 원시별이 중력 수축을 계속하여 중심부 온도가 약 1000만 K이 되면, 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 주계열성이 된다. → 질량이 큰 원시별은 대체로 H-R도의 오른쪽에서 왼쪽으로 수평 방향으로 진화하여 주계열성이 되고, 질량이 작은 원시별은 대체로 H-R도의 위쪽에서 아래쪽으로 수직 방향으로 진화하여 주계열성이 된다.
- ④ 질량이 클수록 중력 수축이 빠르게 일어나 주계열성에 빨리 도달한다.



정답

1. 크고, 낮은
2. 주계열성
3. 짧다

개념 체크

● 주계열 단계

별의 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 단계이다. 별의 일생 중 가장 길고 안정적인 단계이다.

1. 주계열성은 주로 () 반응에 의해 에너지를 얻는다.
2. 주계열성은 별의 중심 쪽으로 향하는 ()과 바깥쪽으로 향하는 ()이 평형을 이룬다.
3. 별의 일생에서 가장 오랜 시간을 보내는 단계는 () 단계이다.
4. 주계열성은 질량이 () 수록 광도가 크다.

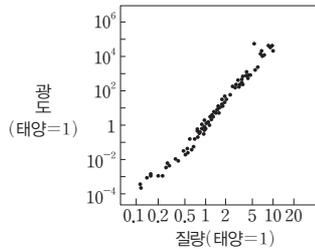
(2) 주계열 단계

- ① 원시별의 중심부 온도가 약 1000만 K에 이르면 별의 중심에서 수소 핵융합 반응이 일어나 에너지를 생성한다.
- ② 수소 핵융합 반응에 의해 별의 내부 온도가 상승하여 기체 압력이 커지면 별의 중력과 기체 압력 차에 의한 힘이 평형을 이루는 정역학 평형 상태에 도달하고, 별의 반지름은 거의 일정하게 유지된다.
- ③ 별의 일생 중 약 90 %를 머무르는 가장 안정적인 단계로, 관측되는 별 중에서는 주계열성이 가장 많다. 질량이 큰 별일수록 중심부의 온도가 높아 수소 핵융합 반응이 빠르게 일어나 수소를 빨리 소비하기 때문에 별이 주계열 단계에 머무르는 기간이 짧아진다.

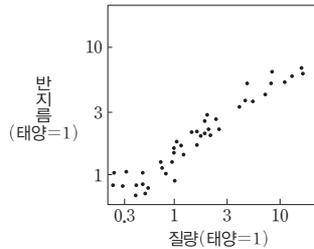
분광형	색지수 (B-V)	표면 온도 (K)	반지름 (태양 반지름=1)	질량 (태양 질량=1)	광도 (태양 광도=1)	주계열성의 수명(년)
O5V	-0.33	40000	12	40	500000	100만
B0V	-0.30	28000	7	18	20000	1000만
A0V	0.0	10000	2.5	3.2	80	5억
F0V	+0.30	7400	1.3	1.7	6	27억
G0V	+0.58	6000	1.05	1.1	1.2	90억
K0V	+0.81	4900	0.85	0.8	0.4	140억
M0V	+1.40	3500	0.6	0.5	0.06	2000억

분광형에 따른 주계열성의 물리량 비교

- ④ 주계열성의 질량-광도 관계: 주계열성은 질량이 큰 별일수록 광도가 크다. ➡ 주계열성의 겉보기 등급을 관측하고 별까지의 거리를 이용하여 절대 등급을 구하면, 질량-광도 관계를 이용하여 별의 질량을 간접적으로 구할 수 있다.
- ⑤ 주계열성의 질량-반지름 관계: 주계열성의 경우 질량이 큰 별일수록 반지름이 크다.



질량-광도 관계



질량-반지름 관계

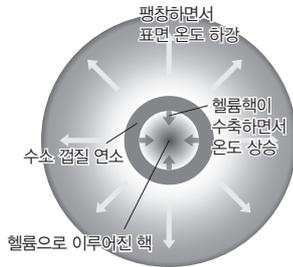
(3) 거성, 초거성 단계

- ① 별의 중심핵에서 핵융합 반응에 사용되는 수소가 고갈되면 별은 주계열 단계를 벗어난다. 중심부에서 수소 핵융합 반응이 멈추면 별의 중력과 평형을 이루던 기체 압력 차에 의한 힘이 감소하여 중심부는 수축한다.
- ② 중심부가 수축할 때 발생한 열에너지에 의해 중심부 바로 바깥쪽에서 수소 핵융합 반응이 일어나고, 이때 발생한 열에너지에 의해 별의 바깥층이 팽창하면서 별의 크기가 커진다.
- ③ 별의 크기가 커지면서 광도가 급격히 커지지만 표면 온도가 낮아져 붉은색으로 보이는데, 이러한 특징을 가진 별을 적색 거성, 적색 초거성이라고 한다.
- ④ 질량이 태양과 비슷한 별이 주계열 단계를 떠나면 적색 거성으로 진화하고, 질량이 태양보다

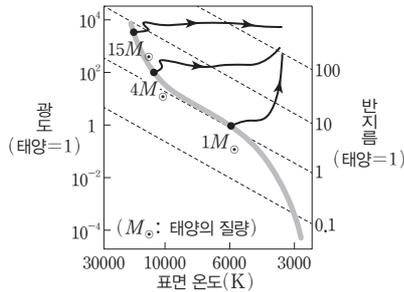
정답

1. 수소 핵융합
2. 중력, 기체 압력 차에 의한 힘
3. 주계열
4. 클

매우 큰 별이 주계열 단계를 떠나면 적색 거성보다 반지름과 광도가 크게 증가하여 반지름은 태양의 수백 배 이상, 광도는 태양의 수만 배~수십만 배인 적색 초거성이 되고, H-R도의 오른쪽 맨 위쪽으로 이동한다.



거성(초거성)으로의 진화

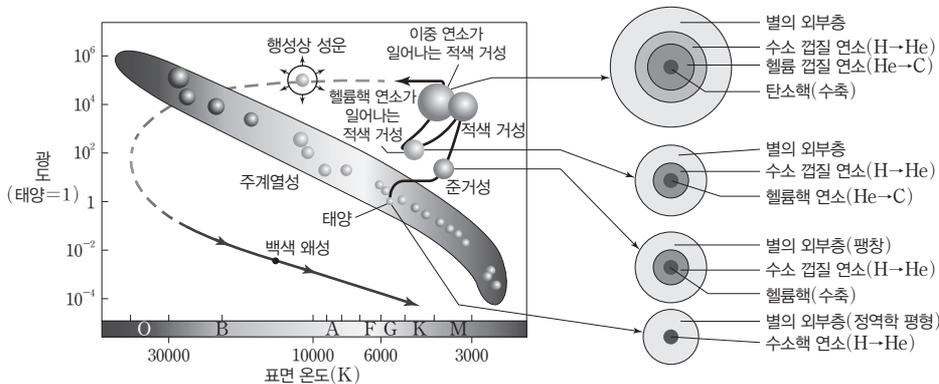


주계열 이후의 진화 경로

(4) 별의 종말

① 질량이 태양과 비슷한 별의 진화

- 거성 단계 이후 중심부는 계속 수축하고, 별의 바깥층은 정역학 평형 상태를 이루기 위해 수축과 팽창을 반복하여 반지름과 표면 온도, 광도가 주기적으로 변하는 맥동 변광성 단계를 거친다.
- 맥동 변광성 단계 이후, 별의 바깥층 물질이 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 만들어지며, 별의 중심부는 더욱 수축하여 크기는 매우 작고 밀도가 큰 백색 왜성이 된다.



태양의 진화 경로

② 질량이 매우 큰 별의 진화

- 별 중심부에서 지속적인 핵융합 반응이 일어나 탄소, 규소, 철 등의 무거운 원소가 만들어진다. 중심부에서 핵융합 반응이 멈추면 별은 빠르게 중력 수축하다가 결국 엄청난 에너지와 무거운 원소를 우주 공간으로 방출하는 초신성 폭발을 일으킨다.
- 초신성 폭발 이후 중심부는 더욱 수축하여 밀도가 매우 큰 중성자별이 생성된다. 별의 중심부 질량이 더욱 큰 경우에는 밀도와 표면 중력이 너무 커서 빛조차 빠져나올 수 없는 블랙홀이 생성된다.

개념 체크

● 별의 진화

주계열 이후의 단계를 별의 질량에 따라 진화 경로가 달라진다.

- 주계열 이후의 별의 진화 경로는 별의 ()에 따라 달라진다.
- 별의 내부가 불안정하여 수축과 팽창을 주기적으로 반복하는 별을 () 변광성이라고 한다.
- 태양 정도의 질량을 가지는 별의 최후 단계는 행성상 성운과 ()이다.
- 질량이 매우 큰 별은 마지막 단계에서 중력 수축을 하다가 () 폭발을 한다.
- 초신성 폭발 이후 중심핵은 질량에 따라 ()이나 ()로 진화한다.

정답

1. 질량
2. 맥동
3. 백색 왜성
4. 초신성
5. 중성자별, 블랙홀

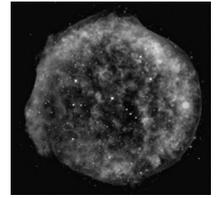
개념 체크

중력 수축 에너지

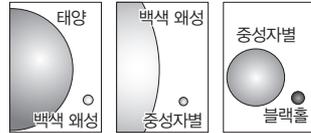
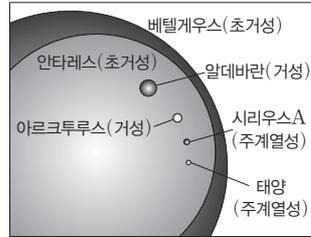
별의 구성 물질이 중력에 의해 수축할 때 위치 에너지의 감소로 생성되는 에너지로, 원시별의 에너지 원에 해당한다.

1. 원시별에서는 기체 압력 차에 의한 힘보다 중력이 더 ().
2. 중력 수축 에너지는 별이 중력에 의해 수축될 때 위치 에너지의 ()로 인해 생성되는 에너지이다.
3. 중력 수축 에너지는 별의 탄생이나 진화 과정에서 내부의 ()를 높이는 역할을 한다.

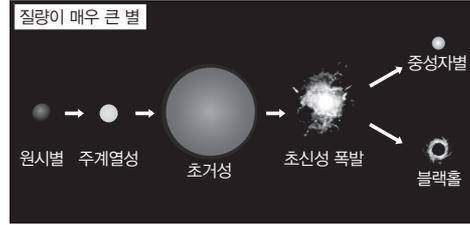
• 초신성 폭발이 일어날 때 금, 은, 우라늄 등 철보다 무거운 원소들이 생성되며, 초신성 폭발 당시 우주 공간으로 방출된 물질들은 초기의 성간 물질과 함께 성운의 일부가 되고, 이 성운에서 다시 새로운 별이 탄생한다.



초신성(SN 1572)의 잔해



별의 상대적 크기 비교

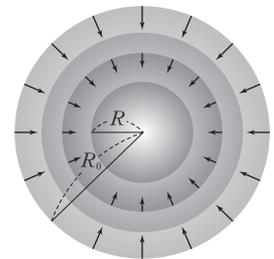


질량에 따른 별의 진화 과정

4 별의 에너지원과 내부 구조

(1) 원시별의 에너지원

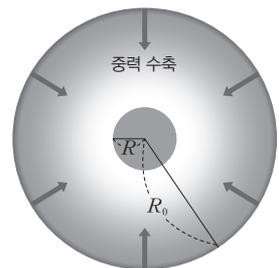
- ① 원시별에서는 별의 중력이 기체 압력 차에 의한 힘보다 크므로 정역학 평형 상태를 이루지 못하고 중력 수축이 일어나 크기가 작아진다.
- ② 중력 수축 에너지: 별의 구성 물질이 중력에 의해 수축될 때 위치 에너지의 감소로 생성되는 에너지이다.
- ③ 중력 수축 에너지의 역할: 중력 수축 에너지는 별의 탄생이나 진화 과정에서 내부 온도를 높이는 역할을 한다. 반지름이 R_0 인 원시 성운이 중력 수축하여 반지름이 R 인 별이 될 때, 중력 수축에 의해 감소한 위치 에너지 중 일부가 복사 에너지로 전환된다.



중력 수축 에너지 발생 과정

과학 돋보기 태양의 중력 수축 에너지

태양 질량 $M_{\odot} = 2 \times 10^{30}$ kg, 태양 반지름 $R_{\odot} = 7 \times 10^8$ m이므로, 태양에서 중력 수축 에너지(E)는 $E = \frac{1}{2} \cdot \frac{GM_{\odot}^2}{R_{\odot}} \approx 1.9 \times 10^{41}$ J이다. 태양 광도 L_{\odot} 은 약 4×10^{26} J/s 이므로 중력 수축 에너지를 모두 방출하는 데 소요되는 시간(t)은 $t = \frac{E}{L_{\odot}} \approx 1600$ 만 년이다. 즉, 태양이 만약 중력 수축으로만 현재의 광도를 유지한다면 태양의 수명은 약 1500만 년 밖에 되지 않을 것이다.

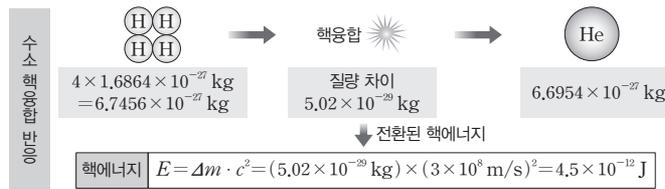


정답

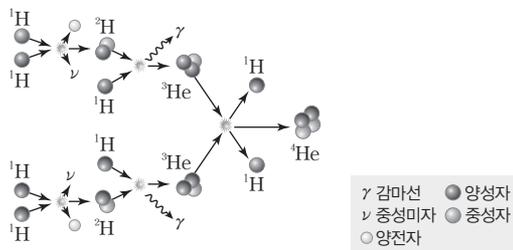
1. 크다
2. 감소
3. 온도

(2) 주계열성의 에너지원

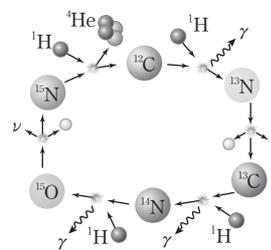
- 태양이 원시 성운에서 중력 수축에 의해 현재의 크기로 작아질 때까지 방출하는 에너지량은 현재의 태양 광도와 비교했을 때 약 1600만 년 동안 방출한 양에 해당한다. 따라서 중력 수축에 의한 에너지만으로는 나이가 약 46억 년인 태양이 방출하는 에너지의 양을 설명할 수 없다.
- 수소 핵융합 반응: 온도가 1000만 K 이상인 주계열성의 중심부에서는 수소 핵융합 반응에 의해 에너지가 생성된다.
 - 4개의 수소 원자핵이 융합하여 만들어진 헬륨 원자핵 1개의 질량은 4개의 수소 원자핵을 합한 질량에 비해 약 0.7% 작으므로 수소 핵융합 과정에서 질량 결손이 발생한다. 이 질량 결손(Δm)은 아인슈타인의 질량·에너지 등가 원리에 따라 에너지(E)로 전환된다.



- 수소 핵융합 반응에는 양성자·양성자 반응(p-p 반응)과 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이 있다.
- 양성자·양성자 반응(p-p 반응)은 수소 원자핵 6개가 여러 반응 단계를 거치는 동안 헬륨 원자핵 1개와 수소 원자핵 2개로 바뀌면서 에너지를 생성하는 과정이다.
- 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)은 4개의 수소 원자핵이 1개의 헬륨 원자핵으로 바뀌면서 에너지를 생성하는 과정에서 탄소, 질소, 산소가 촉매 역할을 한다.

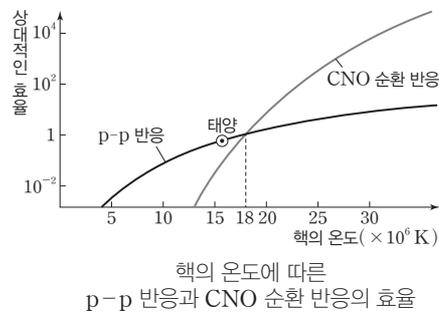


p-p 반응



CNO 순환 반응

- 중심부 온도가 1800만 K 이하인 주계열 하단부의 별은 양성자·양성자 반응(p-p 반응)이 우세하고, 중심부 온도가 1800만 K 이상인 주계열 상단부의 별은 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이 우세하게 일어난다. 태양의 경우 중심부 온도가 약 1500만 K이므로 양성자·양성자 반응(p-p 반응)이 우세하게 일어난다.
- 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)은 중심부 온도가 높을 때 양성자·양성자 반응(p-p 반응)에 비해 시간당 많은 양의 에너지를 생성하므로, 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이 우세하게 일어날수록 별은 밝고, 주계열 단계에서 머무르는 시간이 짧다.



개념 체크

● 질량·에너지 등가 원리

질량과 에너지는 서로 전환될 수 있다는 것이다. 핵융합 반응에서 감소한 질량을 Δm 이라 하고 빛의 속도를 c 라고 할 때, 핵융합 반응에 의해 생성되는 에너지양(E)은 Δmc^2 에 해당한다.

- 현재 태양 광도와 비교했을 때 중력 수축에 의한 에너지만으로는 태양의 나이를 설명할 수 () .
- 수소 핵융합 반응에서는 ()개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 생성한다.
- 수소 원자핵 4개의 질량이 헬륨 원자핵 1개의 질량보다 () .
- CNO 순환 반응은 중심부 온도가 () 주계열성에서 주로 일어나는 수소 핵융합 반응이다.

정답

- 없다
- 4
- 크다
- 높은

개념 체크

정역학 평형 상태

기체 압력 차에 의한 힘과 중력이 평형을 이루는 상태로, 정역학 평형 상태의 별은 크기가 거의 일정하게 유지된다.

- 헬륨 핵융합 반응에서는 3개의 헬륨 원자핵이 융합하여 1개의 () 원자핵을 생성한다.
- 질량이 매우 큰 별은 중심부의 온도가 ()기 때문에 헬륨보다 무거운 원소들의 핵융합 반응이 일어날 수 있다.
- 질량이 태양보다 훨씬 큰 별의 내부에서 핵융합 반응으로 만들어지는 마지막 원소는 ()이다.
- 주계열성은 기체 압력 차에 의한 힘과 중력이 평형을 이루는 ()에 있다.
- 질량이 태양 정도인 주계열성의 내부 구조는 중심에서부터 중심핵, (), ()순으로 되어 있다.

정답

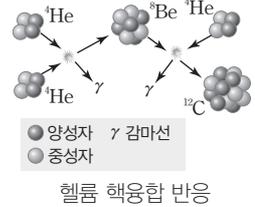
- 탄소
- 높
- 철
- 정역학 평형 상태
- 복사층, 대류층

과학 돋보기 태양이 주계열 단계에 머무르는 시간 계산

수소 핵융합 반응에서 수소의 질량 결손 비율은 약 0.7%이고, 수소 핵융합 반응을 일으킬 수 있는 핵의 질량은 현재 태양 질량(2×10^{30} kg)의 약 10%이므로 태양이 수소 핵융합 반응으로 방출할 수 있는 총 에너지는 $E = \Delta mc^2 = 2 \times 10^{30} \text{ kg} \times 0.1 \times 0.007 \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 1.26 \times 10^{44} \text{ J}$ 이다. 이를 태양의 광도인 $4 \times 10^{26} \text{ J/s}$ 로 나누면 태양이 주계열 단계에 머무르는 시간은 약 100억 년이 된다.

(3) 적색 거성과 초거성의 에너지원

- 헬륨 핵융합 반응:** 온도가 1억 K 이상인 적색 거성의 중심부에서는 3개의 헬륨 원자핵이 융합하여 1개의 탄소 원자핵을 만드는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.
- 더 무거운 원소의 핵융합 반응:** 질량이 큰 별은 중력 수축에 의해 중심부의 온도가 더 높아지기 때문에 헬륨보다 더 무거운 원소들의 핵융합 반응이 일어난다. \rightarrow 별은 질량에 따라 중심부의 온도가 달라지므로 핵융합 반응이 진행되는 정도는 별의 질량에 따라 결정된다. 별의 질량이 클수록 중심부에서는 헬륨 이후에 탄소, 산소, 네온, 마그네슘, 규소 등의 핵융합 반응이 순차적으로 일어날 수 있다. 핵융합 반응으로 만들어지는 마지막 원소는 철(Fe)이다.

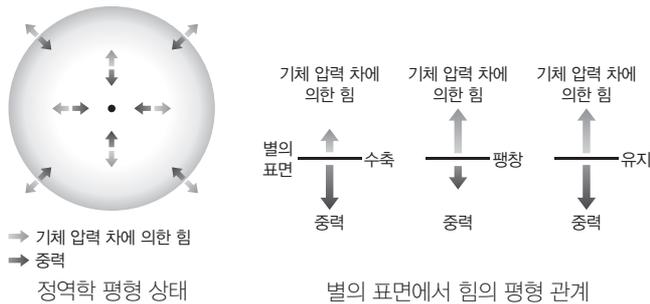


핵융합 반응 순서: H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow ... \rightarrow Fe

(4) 별의 내부 구조

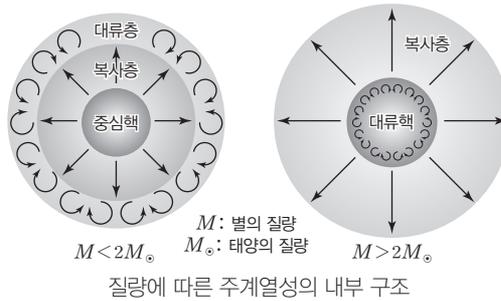
① 주계열성

- 주계열성은 중력과 기체 압력 차에 의한 힘이 평형을 이루는 정역학 평형 상태에 있으므로 수축이나 팽창을 하지 않고 크기가 거의 일정하게 유지된다.



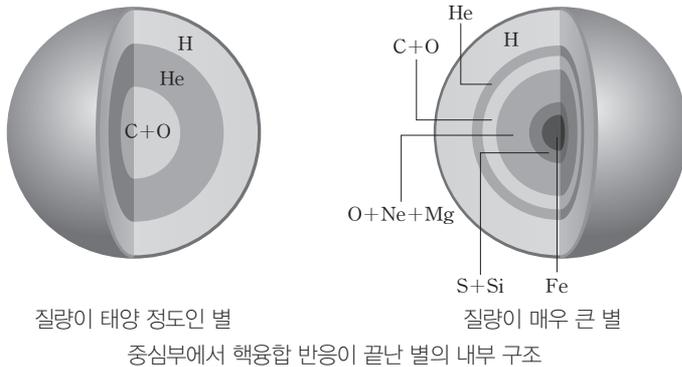
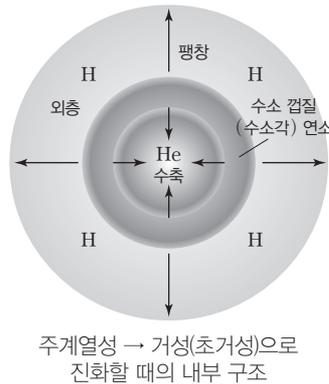
- 주계열성의 내부는 중심핵처럼 에너지를 생성하는 영역과 생성된 에너지를 표면으로 전달하는 부분으로 나눌 수 있다.
- 별의 중심핵에서 생성된 에너지는 주로 복사와 대류를 통해 별의 표면으로 전달된다. 이 중 대류는 온도 차가 클 때 에너지를 효과적으로 전달하는 방법이다. 복사를 통해 에너지를 전달하는 영역을 복사층, 대류를 통해 에너지를 전달하는 영역을 대류층이라고 한다.
- 질량이 태양 정도인 주계열성은 수소 핵융합 반응이 일어나는 중심핵을 복사층과 대류층이 차례로 둘러싸고 있다.

- 질량이 태양 질량의 약 2배보다 큰 주계열성은 중심부의 온도가 매우 높기 때문에 중심부에 대류가 일어나는 대류핵이 나타나고, 바깥쪽에 복사층이 나타난다.



② 주계열 단계 이후 별의 내부 구조

- 질량이 태양 정도인 별: 주계열성 내부에서 수소 핵융합 반응이 끝나면 중심에 헬륨핵이 생성되고, 헬륨핵의 중력 수축으로 발생한 에너지가 중심부 외곽에 공급되어 헬륨핵 외곽(수소 껍질)에서 수소 핵융합 반응이 일어난다. 또한 바깥층은 팽창하여 크기가 커지고 표면 온도는 낮아져 적색 거성이 된다. 중심부의 온도가 계속 상승하여 1억 K에 도달하면 헬륨 핵융합 반응이 일어나 탄소와 산소로 구성된 핵이 만들어진다. 질량이 태양 정도인 별은 중심에서 헬륨 핵융합 반응까지만 일어난다.
- 질량이 매우 큰 별: 질량이 매우 큰 별은 중심부의 온도가 매우 높기 때문에 더 높은 단계의 핵융합 반응이 일어나며, 최종적으로 철로 이루어진 중심핵이 만들어진다. 또한 별의 내부는 중심으로 갈수록 더 무거운 원소로 이루어진 양파 껍질 같은 구조를 이룬다. 별의 바깥층은 적색 거성보다 더 크게 팽창하여 적색 초거성이 된다.



개념 체크

초거성

질량이 매우 큰 별이 주계열 단계 이후 크기가 매우 커진 단계이다. 초거성의 내부에서 양파 껍질과 같은 구조를 이루고 있을 때, 각 껍질에서는 여러 가지 원소들이 핵융합 반응으로 에너지를 생성한다.

1. 별은 주계열 단계 이후 헬륨핵의 중력 수축으로 발생한 에너지가 ()에서 수소 핵융합 반응을 일으킨다.
2. 주계열을 벗어난 별은 바깥층이 팽창하여 표면 온도가 ()진다.
3. 질량이 매우 큰 별은 주계열 단계 이후 핵융합 반응이 연속적으로 일어나 내부가 () 같은 구조를 이룬다.
4. 별의 내부에서 () 반응에 의해 철보다 무거운 원자핵은 만들어질 수 없다.

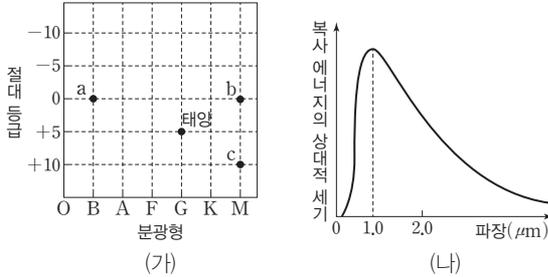
과학 돋보기 핵융합과 핵분열

- 핵반응에 의한 원자핵의 변환으로 더 안정한 상태의 다른 종류의 원자가 만들어진다. 핵반응에는 무거운 원자핵이 분열되어 가벼운 원자핵들이 되는 핵분열과 가벼운 원자핵들이 결합하여 무거운 원자핵이 되는 핵융합이 있다.
- 우라늄과 같이 무거운 원자핵은 핵분열을 하여 가벼운 원자핵으로 변환되고, 수소와 같이 가벼운 원자핵은 핵융합을 하여 무거운 원자핵으로 변환된다.
- 핵융합의 경우 철보다 무거운 원자핵이 만들어지면 불안정해지므로 철보다 무거운 원소는 만들어질 수 없다. 철보다 무거운 원소는 초신성 폭발 때 만들어진다. 핵분열의 경우 철보다 더 가벼운 원자핵이 만들어지면 불안정해지므로, 핵융합 반응과 핵분열 반응의 마지막 단계에서 만들어지는 원소는 철이다.

정답

1. 수소 껍질(수소각)
2. 낮아
3. 양파 껍질
4. 핵융합

01 [22026-0207] 그림 (가)는 별 a, b, c와 태양을 H-R도에 나타낸 것이고, (나)는 a, b, c 중 어느 한 별의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 나타낸 것으로, 이 별의 반지름은 태양 반지름의 40배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 태양이 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 0.5 μm이다.)

보기

- ㄱ. a는 b보다 광도가 크다.
- ㄴ. a, b, c 중 반지름이 가장 큰 별은 c이다.
- ㄷ. (나)는 b의 파장에 따른 복사 에너지의 세기이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0208] 표는 별 A와 B의 물리량을 나타낸 것이다.

구분	절대 등급	색깔
A	2	흰색
B	-5	노란색

A가 B보다 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 광도
- ㄴ. 표면 온도
- ㄷ. 반지름

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0209] 표는 별 A, B, C의 표면 온도와 광도 계급을 나타낸 것이다.

구분	표면 온도(K)	광도 계급
A	10000	V
B	6000	V
C	3000	III

A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

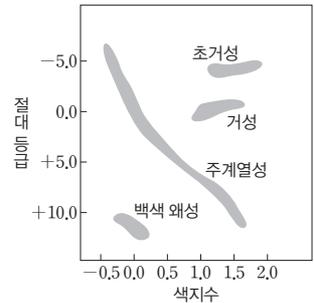
보기

- ㄱ. A는 B보다 절대 등급이 크다.
- ㄴ. C는 붉은색으로 보인다.
- ㄷ. 진화 단계상 C는 A보다 진화가 많이 진행되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0210] 표는 별 A, B, C의 물리량을, 그림은 색지수와 절대 등급을 기준으로 별을 분류한 H-R도를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 거성, 주계열성, 백색 왜성 중 하나이다.

구분	절대 등급	색지수
A	11.5	-0.03
B	-0.1	1.23
C	2.6	①



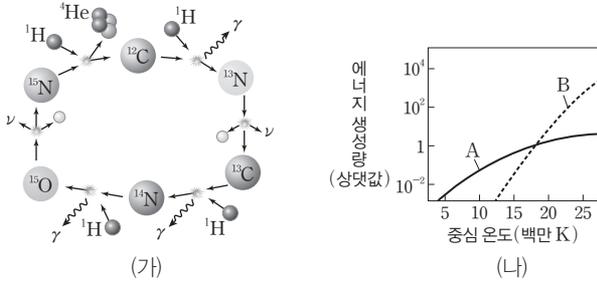
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ①은 1보다 크다.
- ㄴ. 표면 온도는 A가 B보다 높다.
- ㄷ. A, B, C 중 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 B가 가장 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0211] 그림 (가)는 p-p 반응과 CNO 순환 반응 중 하나를, (나)는 별의 중심 온도에 따른 p-p 반응과 CNO 순환 반응의 에너지 생성량을 A, B로 순서 없이 나타낸 것이다.



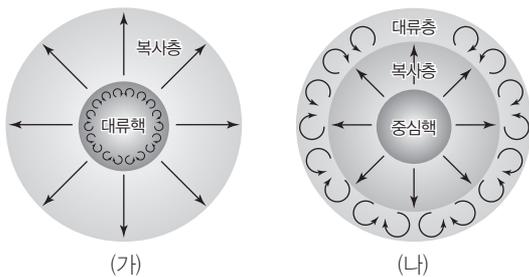
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 태양의 중심부 온도는 약 1500만 K이다.)

보기

- ㉠. (가)는 여러 반응 단계에서 6개의 수소 원자핵이 반응하여 에너지를 생성한다.
- ㉡. (나)에서 (가)에 해당하는 것은 B이다.
- ㉢. 현재 태양에서는 A와 B의 반응 중 B의 반응이 더 우세하게 일어난다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

06 [22026-0212] 그림은 질량이 서로 다른 두 주계열성 (가)와 (나)의 내부 구조를 나타낸 것이다.



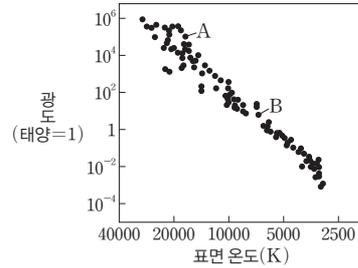
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 별의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㉡. 주계열에 머무르는 시간은 (가)가 (나)보다 길다.
- ㉢. (가)의 중심부에서는 CNO 순환 반응보다 p-p 반응이 우세하게 일어난다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

07 [22026-0213] 그림은 주계열성의 표면 온도와 광도의 관계를 나타낸 것이다.



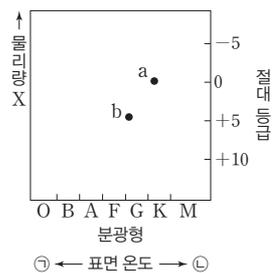
별 B와 비교한 별 A에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 반지름이 크다.
- ㉡. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 길다.
- ㉢. 중심부 온도가 낮다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

08 [22026-0214] 그림은 별 a와 b를 H-R도에 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 광도는 물리량 X로 적절하다.
- ㉡. 표면 온도는 ㉠ 방향으로 갈수록 낮다.
- ㉢. 반지름은 b가 a보다 크다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

09 [22026-0215] 표는 주계열성 A, B, C의 질량과 최종 진화 단계를 나타낸 것이다.

구분	질량(태양=1)	최종 진화 단계
A	1	㉠
B	㉡	중성자별
C	㉢	블랙홀

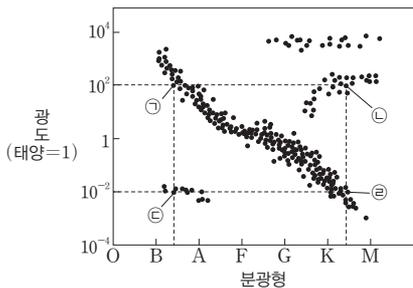
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 별의 절대 등급은 A가 B보다 크다.
 ㄴ. ㉠의 내부에서는 탄소 핵융합 반응이 일어난다.
 ㄷ. ㉢은 ㉡보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0216] 그림은 H-R도에 별 ㉠~㉢의 위치를 나타낸 것이다.



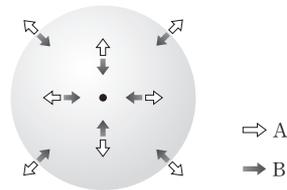
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠과 ㉡의 광도 계급은 같다.
 ㄴ. 주계열에 머무르는 시간은 ㉠이 ㉢보다 짧다.
 ㄷ. 별의 반지름은 ㉡이 ㉢보다 100배 이상 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0217] 그림은 별의 내부에서 작용하는 힘 A와 B의 방향을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 기체 압력 차에 의한 힘과 중력 중 하나이다.



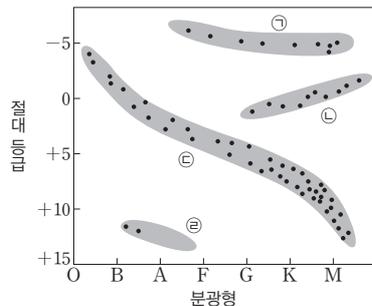
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 성운에서 원시별이 만들어질 때는 B가 A보다 크다.
 ㄴ. 별이 주계열 단계에 머무르는 동안에는 별의 표면에서 A와 B가 평형을 이룬다.
 ㄷ. 별의 중심핵에서 핵융합 반응이 멈추면 중심핵에서는 A가 줄어 중력 수축이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0218] 그림은 서로 다른 별의 집단 ㉠~㉢을 H-R도에 나타낸 것이다.



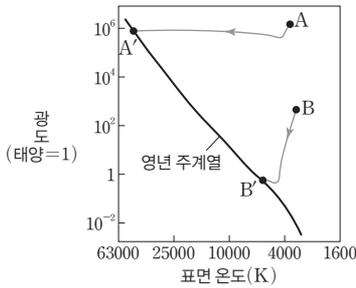
㉠~㉢에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 평균 광도는 ㉠이 ㉡보다 작다.
 ㄴ. ㉢에 속한 별의 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.
 ㄷ. 진화가 가장 많이 진행된 것은 ㉢이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [22026-0219] 그림은 질량이 서로 다른 원시별 A와 B가 주계열에 도달하는 경로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A → A' 과정에서 원시별의 반지름이 감소한다.
 - ㄴ. 주계열에 도달하는 데 걸리는 시간은 A가 B보다 길다.
 - ㄷ. B → B' 과정에서 원시별의 중심부 온도가 상승한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [22026-0220] 표는 별 a, b, c를 분광형과 광도 계급을 기준으로 분광 분류한 것이다.

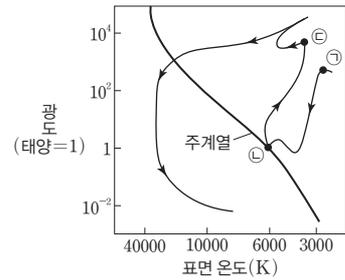
별	a	b	c
분광 분류	G2V	A2V	A2VII

a, b, c에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 색지수는 a가 c보다 크다.
 - ㄴ. 반지름은 b가 a보다 크다.
 - ㄷ. 광도가 가장 큰 별은 b이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22026-0221] 그림은 질량이 태양과 비슷한 별의 진화 경로를 H-R도에 모식적으로 나타낸 것이다.



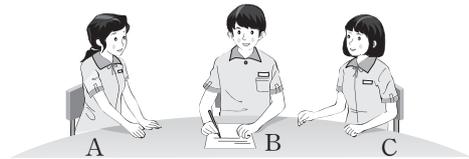
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠ → ㉡ 과정에서 별의 표면에서는 중력이 기체 압력 차에 의한 힘보다 크게 작용한다.
 - ㄴ. ㉢ → ㉣ 과정 동안 별 내부에서 수소 핵융합 반응은 일어나지 않는다.
 - ㄷ. ㉤에서는 중심핵에서 탄소 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22026-0222] 다음은 원시별이 탄생하여 주계열성이 되는 과정에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습이다.

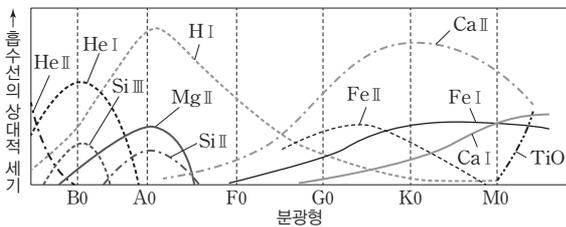
- 원시별은 성운 내부에서 밀도와 온도가 높은 곳에서 탄생하기 쉬워.
- 원시별은 중력 수축으로 중심부의 온도가 상승해.
- 질량이 큰 원시별일수록 주계열 단계에 빨리 도달해.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C
- ④ B, C ⑤ A, B, C

17 [22026-0223] 그림은 별의 스펙트럼에서 나타난 흡수선의 상대적 세기를 별의 분광형에 따라 나타낸 것이다.



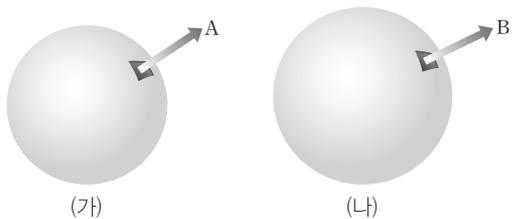
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 흡수선의 종류와 세기는 별의 표면 온도에 따라 달라진다.
- ㄴ. 표면 온도가 높은 별일수록 수소 흡수선이 강하게 나타난다.
- ㄷ. 태양에서는 +1가로 이온화된 칼슘 흡수선이 수소 흡수선보다 강하게 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22026-0224] 그림은 서로 다른 두 별 (가)와 (나)의 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지량 A, B를 나타낸 것이다.



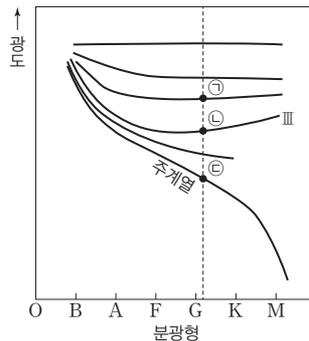
A와 B의 크기를 비교할 수 있는 방법으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장을 비교한다.
- ㄴ. 절대 등급을 비교한다.
- ㄷ. 표면에 대한 광도의 비를 비교한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22026-0225] 그림은 별의 광도 계급을 H-R도에 나타낸 것이다.



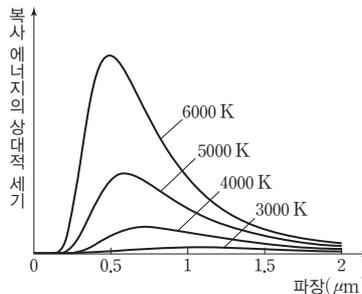
별 ㉠, ㉡, ㉢에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 광도는 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ㄴ. 반지름은 ㉡이 ㉢보다 크다.
- ㄷ. ㉢의 광도 계급은 V이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22026-0226] 그림은 표면 온도가 다른 별들의 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지의 상대적 세기를 파장에 따라 나타낸 것이다.



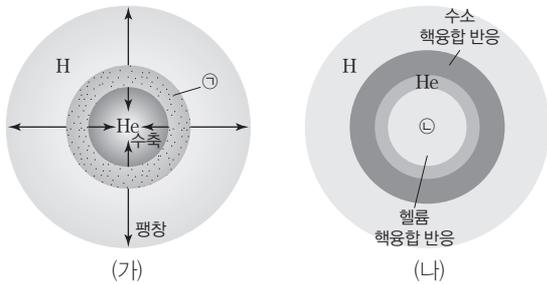
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지의 양은 표면 온도가 높을수록 많다.
- ㄴ. 별의 표면 온도는 최대 복사 에너지를 방출하는 파장에 반비례한다.
- ㄷ. 표면 온도가 높을수록 광도가 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 [22026-0227] 그림 (가)와 (나)는 질량이 태양 정도인 별이 진화하는 과정에서 나타나는 내부 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 주계열 단계가 끝난 직후에 나타나는 내부 구조는 (나)와 같다.

ㄴ. ㉠에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

ㄷ. ㉡에서는 탄소가 생성되고 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

22 [22026-0228] 표는 주계열성 a, b, c의 분광형과 B 등급과 V 등급을 순서 없이 ㉠과 ㉡으로 나타낸 것이다.

별	분광형	㉠	㉡
a	M4	9.51	11.24
b	()	2.41	2.01
c	F9	3.61	4.16

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

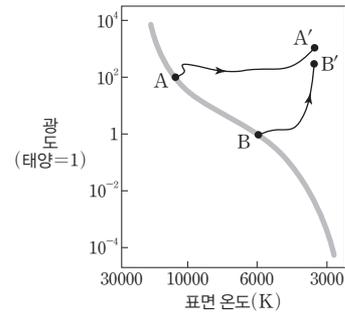
ㄱ. ㉠은 V 등급이다.

ㄴ. 질량은 a가 b보다 작다.

ㄷ. a, b, c 중 표면 온도는 b가 가장 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 [22026-0229] 그림은 주계열성 A와 B가 주계열 단계 이후 적색 거성 A', B'로 진화하는 경로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A가 A'로 진화하는 데 걸리는 시간은 B가 B'로 진화하는 데 걸리는 시간보다 길다.

ㄴ. 반지름은 A가 B보다 크다.

ㄷ. B'의 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 [22026-0230] 표는 별 A, B, C의 절대 등급과 특징을 나타낸 것이다. 별 A, B, C는 각각 주계열성, 거성, 백색 왜성 중 하나이다.

별	절대 등급	특징
A	5	분광형이 G형이다.
B	11	표면 온도가 10000 K이다.
C	0	반지름이 A의 10배이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 반지름은 A가 B보다 크다.

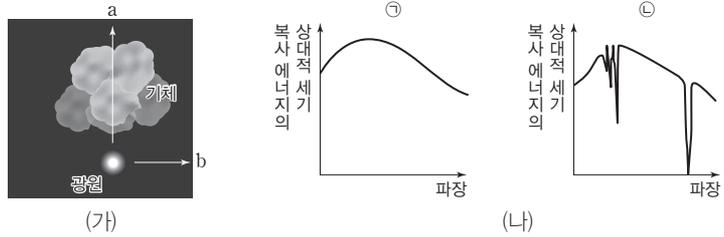
ㄴ. C는 분광형이 G형인 별이다.

ㄷ. A는 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연속 스펙트럼이 나타나는 빛을 기체에 통과시키면 연속 스펙트럼 위에 검은색 선(흡수선)들이 나타나는데, 이를 흡수 스펙트럼이라고 한다. 고온의 기체에서는 불연속적인 파장의 빛이 방출되는데, 특정 파장에 해당하는 빛의 밝은 선이 나타나는 스펙트럼을 방출 스펙트럼이라고 한다.

01 [22026-0231] 그림 (가)는 a, b 방향의 관측자가 스펙트럼을 관측하는 상황을, (나)는 (가)의 a, b에서 관측되는 스펙트럼의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

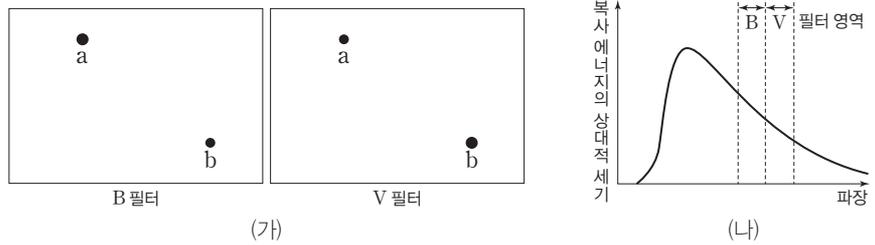
보기

ㄱ. a에서 관측되는 스펙트럼의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 나타낸 것은 ㉠이다.
 ㄴ. 별의 스펙트럼을 관측하면 ㉡과 같은 종류의 스펙트럼을 얻을 수 있다.
 ㄷ. 기체에 의해 흡수선이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별에서 방출되는 복사 에너지 중 각 필터를 통과하는 파장 영역의 빛의 양이 많을수록 각 필터를 이용하여 측정된 별의 밝기가 밝다.

02 [22026-0232] 그림 (가)는 B 필터와 V 필터로 주계열성 a와 b를 관측한 것이고, (나)는 a와 b 중 한 별의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)에서 별의 시지름이 클수록 겉보기 밝기가 밝다.)

보기

ㄱ. 표면 온도는 a가 b보다 낮다.
 ㄴ. 절대 등급은 a가 b보다 크다.
 ㄷ. (나)는 a의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기 분포이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0233]

다음은 분광 관측의 발달에 기여한 과학자들의 업적을 시간 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) 캐넌은 스펙트럼의 흡수선의 종류와 세기에 따라 별들을 O, B, A, F, G, K, M형으로 분류하였다.
- (나) 프라운호퍼는 태양을 관측하여 수백 개의 흡수선을 찾아내었다.
- (다) 모건과 키넌은 분광형과 광도 계급을 고려한 별의 분류법인 M-K 분류법을 고안하였다.

(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 시간 순서는 (나) → (다) → (가)이다.
- ㄴ. (가)로부터 별의 표면 온도와 광도를 알 수 있게 되었다.
- ㄷ. (다)를 통해 별의 반지름에 대한 정보를 얻을 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0234]

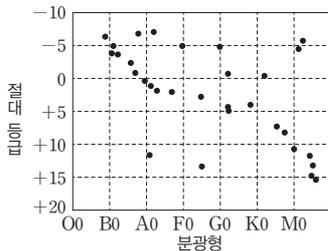
다음은 H-R도상에서 태양 주변의 별들을 몇 개의 집단으로 나누고, 각 집단의 물리적 특징을 해석하는 탐구 활동이다.

[탐구 수행]

표는 별의 분광형과 절대 등급을 나타낸 것이다.

- (가) 모눈종이에 가로축과 세로축을 각각 분광형과 절대 등급으로 나타내고 표의 별들을 분광형과 절대 등급에 따라 H-R도에 표시한다.
- (나) H-R도상에 표시된 별들을 몇 개의 집단으로 구분하고, 각 집단의 물리적 특징을 정리한다.

[탐구 결과]



번호	이름	분광형	절대 등급
1	태양	G2	4.8
2	견우성	A7	2.2
3	공작자리 δ	G8	4.6
4	레굴루스	B8	-0.5
5	시리우스	A1	1.5
6	☉	A1	11.3
7	직녀성	A0	0.6
⋮	⋮	⋮	⋮

구분	집단 a	집단 b	집단 c	집단 d
표면 온도	다양하다.	낮은 편이다.	다양하다.	높은 편이다.
광도	다양하다.	크다.	매우 크다.	작다.
☉	다양하다.	크다.	매우 크다.	작다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ☉은 집단 d에 속한다.
- ㄴ. 별이 가장 많이 모여 있는 집단은 집단 a이다.
- ㄷ. 평균 밀도는 물리량 ☉에 해당한다.

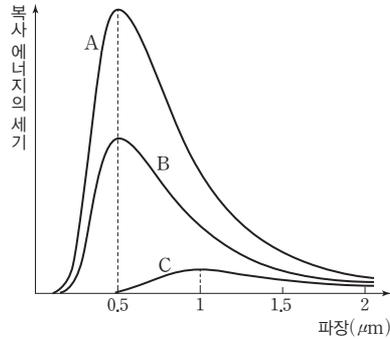
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전자기파를 파장별로 분산시켜서 나타난 스펙트럼을 관측하는 것을 분광 관측이라고 하며, 분광 관측은 별의 물리량 파악에 중요한 역할을 한다.

H-R도상에서 별의 물리적 특징(표면 온도, 분광형, 광도, 절대 등급 등)을 통해 별을 분류하면 주계열성, 초거성, 거성, 백색 왜성으로 구분할 수 있다.

별의 광도는 별의 표면에서 단위 시간당 방출하는 총 복사 에너지의 양이다.

05 [22026-0235] 그림은 별 A, B, C가 단위 시간당 별의 표면에서 방출하는 총 복사 에너지의 세기를 파장에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 반지름은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 표면 온도는 B가 C의 2배이다.
- ㄷ. 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지는 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

두 별의 절대 등급이 5등급 차이 일 때 광도는 100배 차이가 난다.

06 [22026-0236] 표는 별 a, b, c의 물리량을 나타낸 것이다. 태양의 절대 등급은 4.8등급이고, 표면 온도는 5800 K이다.

별	절대 등급	표면 온도(K)	반지름(태양=1)
a	-0.2	11600	⊙
b	-5.2	()	20
c	()	11600	100

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

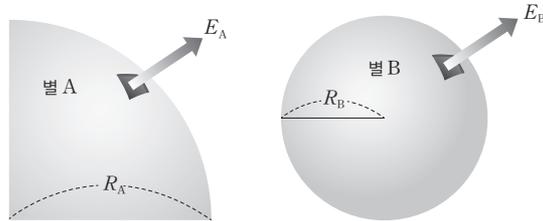
보기

- ㄱ. ⊙은 2.5이다.
- ㄴ. a, b, c 중 광도가 가장 큰 별은 c이다.
- ㄷ. 표면 온도는 b가 c보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0237]

그림은 별 A와 B에서 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지 E_A , E_B 를 나타낸 것이다. $E_A : E_B = 25 : 10$ 이고, 별의 반지름 $R_A : R_B = 2 : 1$ 이다.



별의 표면 온도가 T 일 때 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지량은 표면 온도 (T)의 4제곱에 비례한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

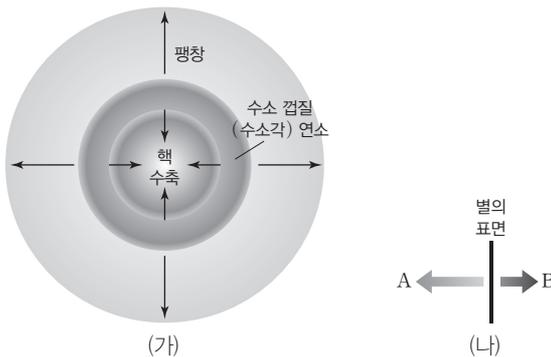
보기

- ㄱ. 광도는 A가 B의 50배이다.
- ㄴ. 표면 온도는 A가 B보다 높다.
- ㄷ. 최대 에너지를 방출하는 파장은 B가 A의 3배보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0238]

그림 (가)는 어느 별의 내부 구조를, (나)는 (가)의 별 표면에 작용하는 두 힘의 크기와 방향을 화살표로 나타낸 것이다. A와 B는 각각 중력과 기체 압력 차에 의한 힘 중 하나이다.



기체 압력 차에 의한 힘은 별의 바깥쪽으로 향하는 힘이고, 중력은 별의 중심으로 향하는 힘이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

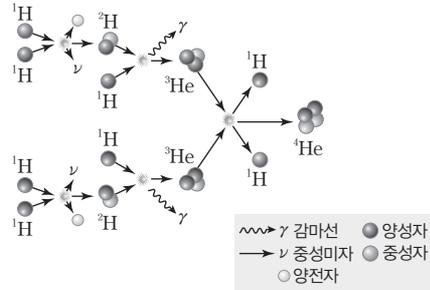
- ㄱ. 기체 압력 차에 의한 힘은 A이다.
- ㄴ. (가)의 중심부에서는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. (가)의 중심부에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

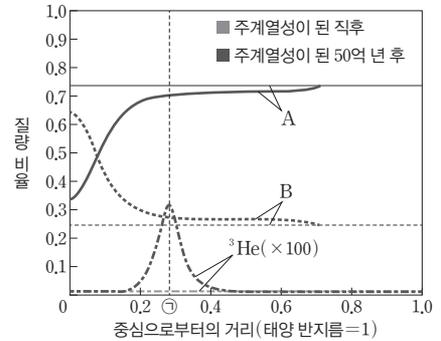
수소 핵융합 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵이 만들어지는 과정에서 에너지가 생성되며, 온도가 높을수록 반응이 활발하게 일어난다.

09 [22026-0239]

그림 (가)는 p-p 반응을, (나)는 태양이 주계열성이 된 직후와 50억 년 후에 중심으로부터의 거리에 따른 온도와 ^1H 와 ^4He , ^3He 의 질량 비율을 나타낸 것이다. (나)에서 A와 B는 각각 ^1H 와 ^4He 의 질량 비율 중 하나이고, ^3He 은 수소 핵융합 반응의 중간 생성물이며 질량 비율은 원래 값에 100을 곱한 값이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 수소(^1H), B는 헬륨(^4He)의 질량 비율이다.
 ㄴ. 주계열성이 된 50억 년 후에 수소 핵융합 반응은 ㉠ 부근에서 가장 활발하게 일어난다.
 ㄷ. 주계열성이 된 50억 년 후에 중심부에서 B가 증가한 것은 중력 수축으로 가라앉았기 때문이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별의 분광형이 같을 때, 광도가 클수록 반지름이 크다.

10 [22026-0240]

다음은 별 a, b, c의 물리량에 대한 설명이다.

- a와 b의 분광형은 G2이다.
- a와 b의 반지름 비는 1 : 10이다.
- a와 c는 광도 계급이 V이다.
- b와 c의 절대 등급은 0등급이다.

a, b, c에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. a의 절대 등급은 5등급이다.
 ㄴ. 반지름이 가장 큰 별은 b이다.
 ㄷ. 표면 온도가 가장 높은 별은 c이다.

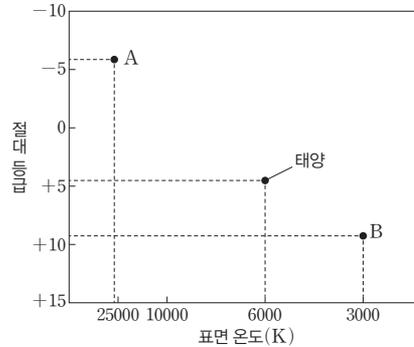
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [22026-0241]

다음은 주계열성의 질량-광도 관계에 대한 설명을, 그림은 주계열성 A, B, 태양을 H-R도에 나타낸 것이다.

주계열성의 질량(M)-광도(L) 관계를 $L \propto M^n$ 으로 나타낼 때, 질량이 $0.4M_{\odot}$ (M_{\odot} : 태양 질량)보다 작은 별은 $n \approx 2$, 질량이 $0.4M_{\odot} \sim 20M_{\odot}$ 인 별에 대해서는 $n \approx 4$ 의 값을 가진다. 한편 별의 주계열 수명(t)은 그 질량에 비례하고, 광도에 반비례한다.

$$t \propto \frac{M}{L}$$



주계열성은 표면 온도가 높을수록 광도, 반지름, 질량이 크고, 수명은 짧다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 태양의 수명은 약 1×10^{10} 년이다.)

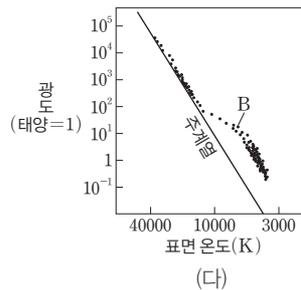
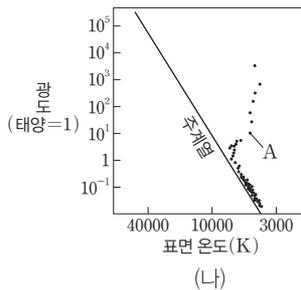
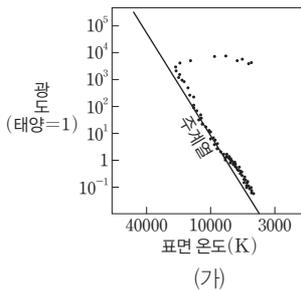
보기

- ㄱ. 질량은 A가 태양보다 약 10배 크다.
- ㄴ. 반지름은 태양이 B보다 약 2.5배 크다.
- ㄷ. 태양 광도의 16배인 별의 주계열 수명은 약 1.25×10^9 년이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [22026-0242]

그림 (가), (나), (다)는 서로 다른 시기에 어느 성단을 구성하는 별들을 H-R도에 시간 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 원시별 단계의 별과 주계열 단계에서 벗어나 거성으로 진화하고 있는 별 중 하나이다. 성단을 구성하는 별들의 나이는 모두 같다.



주계열 단계가 끝나면 중심핵은 중심 온도가 헬륨 핵융합 반응이 일어날 수 있는 온도가 될 때까지 수축하고, 중심핵의 수축으로 발생한 에너지에 의해 중심핵의 바깥 겹질에서는 수소 핵융합 반응(수소 겹질 연소)이 일어난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

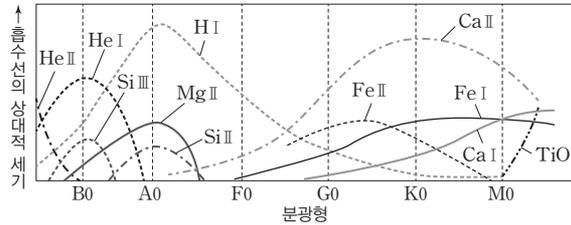
보기

- ㄱ. 시간 순서는 (나) → (가) → (다)이다.
- ㄴ. A의 내부에서는 핵융합 반응이 일어나지 않는다.
- ㄷ. B의 에너지원은 중력 수축 에너지이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

표면 온도에 따라 별의 분광형을 분류하고 다시 각 분광형에서 고온의 0에서 저온의 9까지, 10단계로 세분한다.

13 [22026-0243] 그림은 별의 스펙트럼에서 나타난 흡수선의 상대적 세기를 별의 분광형에 따라 나타낸 것이고, 표는 주계열성 a, b, c의 분광형을 나타낸 것이다.



별	a	b	c
분광형	A0	G2	G8

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

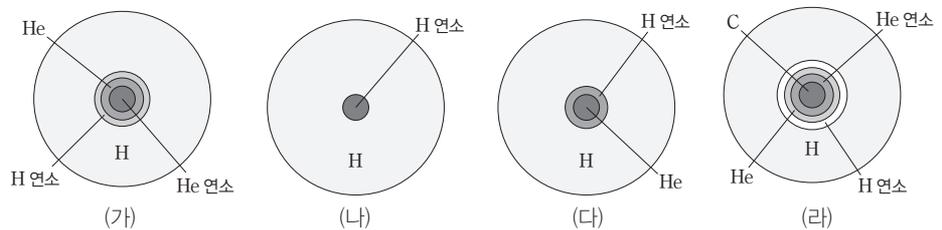
보기

- ㄱ. a, b, c 중 H I 흡수선은 a에서 가장 강하게 나타난다.
- ㄴ. Ca II 흡수선의 세기는 b보다 c에서 강하게 나타난다.
- ㄷ. 표면 온도가 높은 별에서 분자 흡수선이 강하게 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

주계열 단계가 끝나면 중심핵은 중심 온도가 헬륨 핵융합 반응이 일어날 수 있는 온도가 될 때까지 수축하고, 중심핵의 수축으로 발생한 에너지에 의해 중심핵의 바깥 껍질에서는 수소 핵융합 반응(수소 겹질 연소)이 일어난다.

14 [22026-0244] 그림 (가)~(라)는 태양 정도의 질량을 가진 별이 진화하는 과정 동안 내부 구조의 변화를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이 별의 진화 과정 동안 내부 구조의 변화 순서는 (나) → (다) → (가) → (라)이다.
- ㄴ. (다) 단계에서 광도는 점차 커진다.
- ㄷ. (라) 단계 이후에 중심핵에서 탄소 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [22026-0245] 다음은 수소 핵융합 반응에 대한 설명이다.

4개의 수소 원자핵이 1개의 (㉠) 원자핵으로 융합할 때, 질량 결손이 5.02×10^{-29} kg(약 0.7%) 발생한다. 이 결손된 질량이 아인슈타인의 ㉡ 질량(m)·에너지(E) 등가 원리($E=mc^2$)에 따라 에너지로 전환된다.



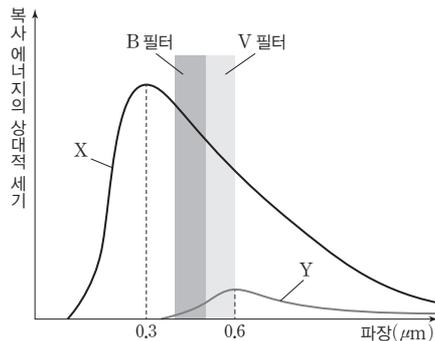
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속도 $c=3.0 \times 10^8$ m/s, $1 \text{ J}=1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 이다.)

보기

- ㄱ. ㉠은 헬륨이다.
- ㄴ. 원시별의 에너지원은 ㉡으로 설명할 수 있다.
- ㄷ. 4개의 수소 원자핵이 융합할 때 방출되는 핵에너지는 약 4.518×10^{-12} J이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 [22026-0246] 그림은 별 X와 Y의 파장에 따른 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지의 상대적 세기를 나타낸 것이다. 별의 반지름은 X가 Y의 0.25배이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 색지수(B-V)는 X가 Y보다 작다.
- ㄴ. X와 Y의 절대 등급은 같다.
- ㄷ. X와 Y의 그래프 밑면적의 비는 약 16 : 1이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

질량·에너지 등가 원리는 질량과 에너지는 서로 전환될 수 있다는 것이다.

최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 별의 표면 온도(T)가 높을수록 짧아진다.

별의 표면 온도가 높을수록 색지수는 작고, 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 짧다.

별의 진화 경로와 진화 속도는 질량에 따라 달라진다.

17 [22026-0247] 표는 별 A, B, C의 물리량을 나타낸 것이다.

별	최대 복사 에너지를 방출하는 파장(μm)	절대 등급	반지름 (태양=1)
A	0.5	5	1
B	0.25	0	①
C	1	②	4

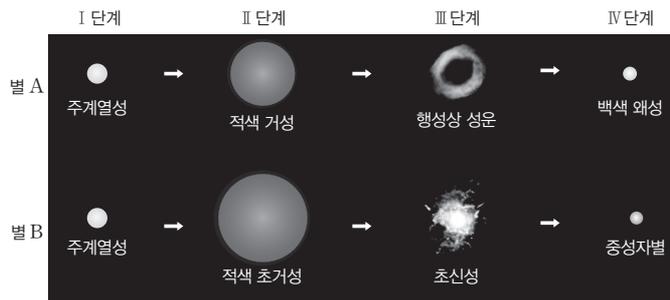
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ①+②=7.5이다.
 ㄴ. A, B, C 중 색지수는 B가 가장 크다.
 ㄷ. A, B, C 중 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지는 C가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22026-0248] 그림은 질량이 다른 두 별 A, B의 진화 과정을 단계별로 나타낸 것이다.



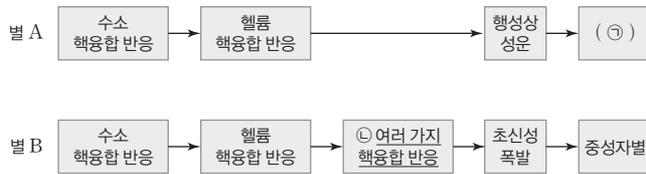
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 질량은 A가 B보다 작다.
 ㄴ. 별의 중심부 온도는 I 단계보다 II 단계에서 높다.
 ㄷ. III 단계에서 A와 B 모두 철보다 무거운 원소가 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22026-0249] 그림은 별 A와 B의 진화 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

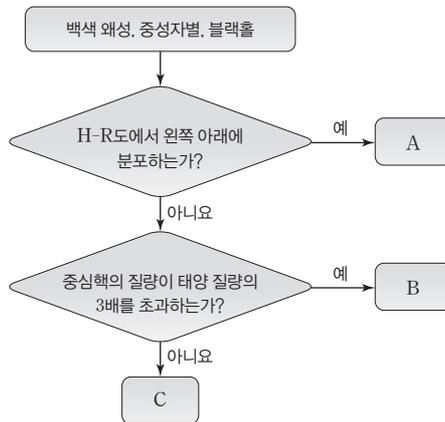
보기

- ㄱ. ㉠은 대부분 탄소로 이루어져 있다.
- ㄴ. ㉠에서 철보다 무거운 원소가 만들어진다.
- ㄷ. 원시별에서 최종 진화 단계에 이를 때까지 걸리는 시간은 A가 B보다 짧다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

질량이 매우 큰 별은 주계열 단계 이후 핵융합 반응이 연속적으로 일어나 최종적으로 철로 이루어진 중심핵이 만들어진다.

20 [22026-0250] 그림은 별의 최종 진화 단계를 분류하기 위한 흐름도이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 백색 왜성이다.
- ㄴ. 평균 밀도는 A가 B보다 크다.
- ㄷ. C는 초신성 폭발 이후에 나타나는 모습이다.

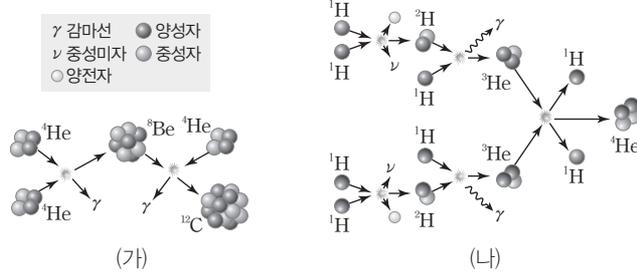
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중성자별은 초신성의 철 중심 부가 붕괴하여 만들어지는데, 중심핵의 질량이 태양 질량의 3배를 초과할 경우는 수축을 계속하여 블랙홀이 된다.

별이 진화하는 과정에서 적색 거성 단계일 때 중심부에서 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.

태양과 질량이 비슷한 별은 적색 거성 단계 이후 별의 바깥층 물질이 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 만들어지고, 별의 중심부는 더욱 수축하여 백색 왜성이 된다.

21 [22026-0251] 그림은 서로 다른 진화 단계의 별 (가)와 (나)의 중심부에서 일어나고 있는 핵융합 반응을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

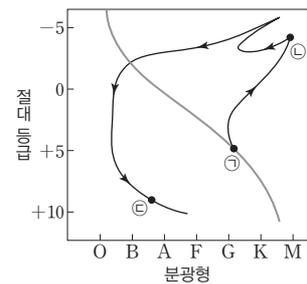
보기

ㄱ. (가)는 주계열성이다.
 ㄴ. 중심부 온도는 (가)가 (나)보다 높다.
 ㄷ. (가)의 핵융합 반응에서 헬륨 원자핵 3개의 질량의 합은 탄소 원자핵 1개의 질량보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

22 [22026-0252] 다음은 태양의 진화 단계 (가), (나), (다)에 대한 설명이고, 그림은 H-R도에 태양의 진화 과정을 나타낸 것이다.

(가) 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나는 단계이다.
 (나) 진화 과정 중 가장 오랫동안 머무르는 단계이다.
 (다) 별의 바깥층 물질이 우주 공간으로 방출되고 남겨진 중심부가 계속 수축하여 표면 온도가 높고 밀도가 매우 큰 단계이다.

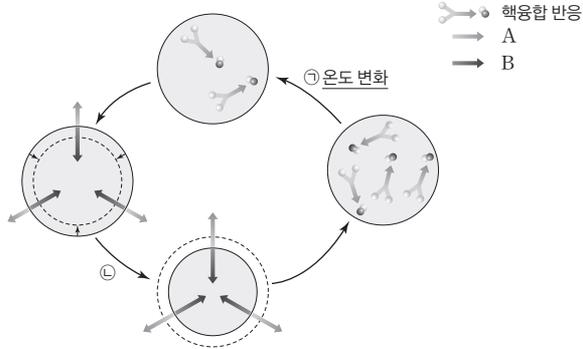


㉠, ㉡, ㉢ 중 (가), (나), (다)에 해당하는 단계로 옳게 짝 지은 것은?

- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| | (가) | (나) | (다) |
| ① | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ② | ㉠ | ㉢ | ㉡ |
| ③ | ㉡ | ㉠ | ㉢ |
| ④ | ㉡ | ㉢ | ㉠ |
| ⑤ | ㉢ | ㉠ | ㉡ |

23 [22026-0253]

그림은 별의 중심부에서 ㉠의 온도 변화가 상승 또는 하강하여 핵융합 반응률이 감소하였을 때, 정역학 평형을 회복하는 과정을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 기체 압력 차에 의한 힘과 중력 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

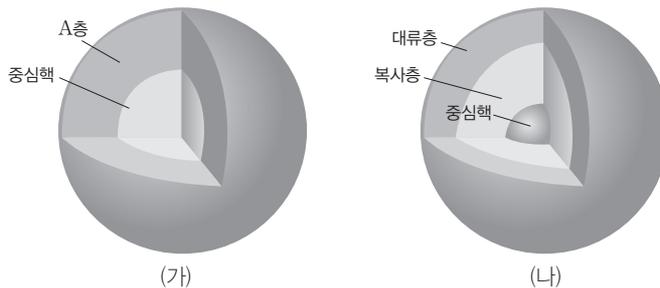
보기

- ㄱ. ㉠의 온도 변화는 상승이다.
- ㄴ. ㉠ 과정에서 별의 중심부 온도는 상승한다.
- ㄷ. A는 기체 압력 차에 의한 힘, B는 중력이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 [22026-0254]

그림 (가)와 (나)는 질량이 태양 정도인 주계열성과 태양 질량의 2배보다 큰 주계열성의 내부 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 절대 등급은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄴ. (가)에서 A층의 주된 에너지 전달 방식은 복사이다.
- ㄷ. (나)의 중심핵에서는 CNO 순환 반응이 p-p 반응보다 우세하게 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별 내부의 기체 압력 차로 발생한 힘과 별의 중력이 힘의 평형을 이루고 있는 상태를 정역학 평형이라고 한다.

태양 질량의 약 2배보다 큰 주계열성은 대류핵-복사층의 내부 구조를 가진다.

개념 체크

● 외계 행성계 탐사

외계 행성은 직접 관측이 어렵기 때문에 주로 간접적인 방법을 통해 탐사한다. 지금까지 외계 행성을 발견하는 데 가장 많이 이용된 방법은 식 현상을 이용한 방법과 중심별의 시선 속도 변화를 이용한 방법이다.

● 도플러 효과

관측자와 광원의 상대적인 운동에 따라 빛의 파장이 달라지는 효과를 말한다. 관측자와 광원 사이의 거리가 상대적으로 가까워질 때 빛의 파장이 고유 파장보다 짧게 관측되고, 멀어질 때 빛의 파장이 고유 파장보다 길게 관측된다.

- 태양계 밖의 별과 그 별 주위를 공전하는 행성들이 이루는 계를 ()라고 한다.
- 행성의 ()이 관측자의 시선 방향과 수직일 때는 중심별의 도플러 효과가 나타나지 않는다.
- 별 주위를 공전하는 행성에 의해 식 현상이 일어나면 별의 ()가 변하므로 이를 이용하여 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.
- 미세 중력 렌즈 현상을 이용하여 행성을 탐사할 때는 주기적인 관측이 ()하다.

1 외계 행성계 탐사

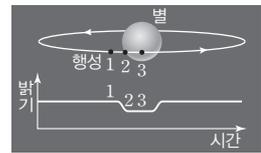
(1) 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 방법

- 별과 행성이 공통 질량 중심을 중심으로 공전함에 따라 별의 시선 속도가 변하면서 도플러 효과에 의한 별빛의 파장 변화가 생긴다. 따라서 별빛의 스펙트럼을 분석하면 행성의 존재를 확인할 수 있다.
- 행성의 질량이 클수록 별빛의 도플러 효과가 커서 행성의 존재를 확인하기 쉽다.
- 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직에 가까운 경우에는 중심별의 시선 속도 변화가 거의 나타나지 않으므로 행성의 존재를 확인하기 어렵다.

도플러 효과를 이용한 행성 탐사	중심별과 행성의 공전에 따른 중심별의 파장 변화	지구와의 거리 변화		중심별의 시선 속도	중심별의 스펙트럼 변화
		중심별	행성		
		가까워짐	멀어짐	(-), 접근	청색 편이
		멀어짐	가까워짐	(+), 후퇴	적색 편이

(2) 식 현상을 이용하는 방법

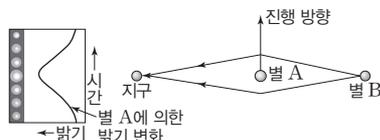
- 중심별 주위를 공전하는 행성이 중심별의 앞면을 지날 때 중심별의 일부가 가려지는 식 현상이 나타난다. 식 현상에 의한 중심별의 밝기 변화를 관측하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.
- 행성의 반지름이 클수록 중심별이 행성에 의해 가려지는 면적이 커서 중심별의 밝기 변화가 크므로 행성의 존재를 확인하기 쉽다.
- 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 거의 나란할 때 식 현상이 일어날 수 있다.



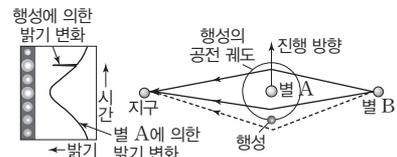
식 현상을 이용한 행성 탐사

(3) 미세 중력 렌즈 현상을 이용하는 방법

- 거리가 다른 두 개의 별이 같은 시선 방향에 있을 경우 뒤쪽 별의 별빛이 앞쪽 별의 중력에 의해 미세하게 굴절되어 휘어지면서 뒤쪽 별의 밝기가 변하는데, 이를 미세 중력 렌즈 현상이라고 한다. 이때 앞쪽 별이 행성을 가지고 있으면 행성에 의한 미세 중력 렌즈 현상으로 뒤쪽 별의 밝기가 추가적으로 변하는데, 이를 이용하여 앞쪽 별을 공전하는 행성의 존재를 확인할 수 있다.
- 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직일 때에도 행성에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 나타나므로 행성의 존재를 확인할 수 있으며, 지구와 같이 질량이 작은 행성을 찾는 데 상대적으로 유리하다. 미세 중력 렌즈 현상은 드물게 발생하며 주기적인 관측이 불가능하다.



행성이 없는 별 A에 의한 별 B의 밝기 변화



별 A와 행성에 의한 별 B의 밝기 변화

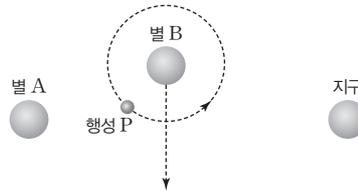
정답

- 외계 행성계
- 공전 궤도면
- 밝기
- 불가능

탐구자료 살펴보기 외계 행성계 탐사 방법

탐구 자료

그림은 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 나란한 별 B가 별 A의 앞쪽으로 지나가는 모습을 나타낸 것이다.



탐구 결과

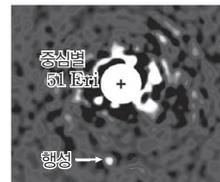
1. 별 B가 행성 P와의 공통 질량 중심을 중심으로 공전할 때 나타나는 주기적인 별빛의 파장 변화를 관측하면 행성 P의 존재를 확인할 수 있다. → 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사 방법
2. 행성 P에 의한 식 현상으로 나타나는 별 B의 주기적인 밝기 변화를 관측하면 행성 P의 존재를 확인할 수 있다. → 식 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법
3. 행성 P에 의한 미세 중력 렌즈 현상으로 나타나는 별 A의 추가적인 밝기 변화를 관측하면 행성 P의 존재를 확인할 수 있다. → 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법

분석 point

행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 나란한 별 B가 별 A의 앞쪽을 지나갈 경우 도플러 효과, 식 현상, 미세 중력 렌즈 현상을 모두 이용하여 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

(4) 직접 관측하는 방법

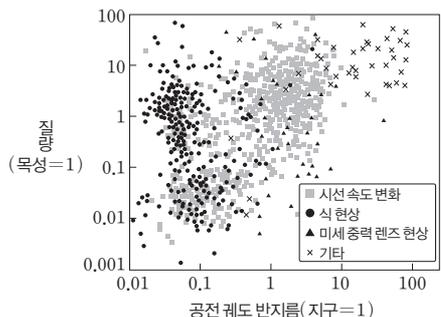
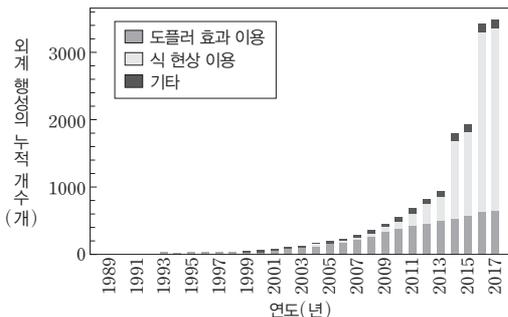
- ① 외계 행성계를 직접 관측할 때는 행성의 밝기가 중심별에 비해 매우 어두우므로 중심별을 가리고 행성을 직접 촬영하여 존재를 확인할 수 있다. → 행성이 방출하는 에너지는 대부분 적외선 영역이므로 행성을 직접 관측할 때 주로 적외선 영역에서 촬영한다.
- ② 지구에서 외계 행성계까지의 거리가 가까울수록, 행성의 반지름이 클수록, 행성의 표면 온도가 높을수록 적외선의 세기가 강하므로 직접 촬영하여 행성의 존재를 확인하기 쉽다.
- ③ 행성 대기를 통과해 온 빛을 분석하여 행성의 대기 성분을 알아낼 수 있다.



직접 촬영한 외계 행성

(5) 여러 외계 행성계 탐사 방법으로 발견한 행성들의 특징

- ① 현재까지 수천 개의 외계 행성이 발견되었다.
- ② 중심별의 시선 속도 변화 이용: 대부분 질량이 크다.
- ③ 식 현상 이용: 대부분 공전 궤도 반지름이 작다.
- ④ 미세 중력 렌즈 현상 이용: 대부분 공전 궤도 반지름이 크다.
- ⑤ 지금까지 발견된 외계 행성은 대부분 목성과 같이 질량이 큰 기체형 행성이었지만 최근에는 외계 생명체가 존재할 가능성이 높은 지구형 행성을 중심으로 탐사하고 있다.



개념 체크

외계 행성 탐사 방법

행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 나란한 경우에는 도플러 효과, 식 현상, 미세 중력 렌즈 현상 모두를 이용하여 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

지구와 비슷한 외계 행성 탐사

지금까지 발견된 외계 행성은 대부분 목성형 행성으로, 생명체가 살기에 부적합하기 때문에 최근에는 주로 지구형 행성을 탐사하고 있다.

1. 행성을 직접 관측할 때는 주로 () 영역에서 촬영한다.
2. 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 () 한 경우에는 도플러 효과, 식 현상, 미세 중력 렌즈 현상 모두를 이용하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.
3. 도플러 효과를 이용하여 발견한 행성들은 대부분 지구보다 질량이 ()다.

정답

1. 적외선
2. 나란
3. 크

개념 체크

● 지구형 행성 탐사

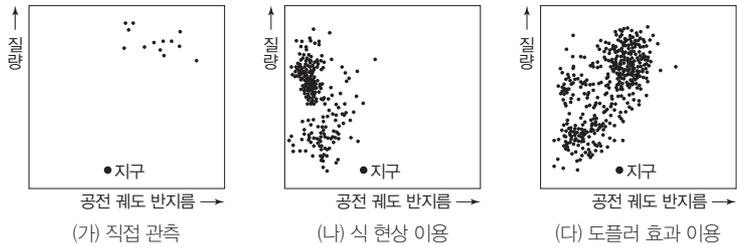
외계 행성계에서 행성에 의한 식 현상이 일어날 때 중심별의 밝기가 감소하는 데 걸리는 시간을 측정하면 행성의 반지름을 추정할 수 있다. → 지구형 행성을 찾는 데 이용할 수 있다.

1. 직접 관측하여 발견한 외계 행성들은 대부분 지구보다 질량과 공전 궤도 반지름이 ()다.
2. 식 현상을 이용하여 발견한 외계 행성들은 대부분 지구보다 공전 궤도 반지름이 ()다.
3. 목성형 행성은 지구형 행성보다 생명체가 존재할 가능성이 ()다.

탐구자료 살펴보기 외계 행성계 탐사 결과

탐구 자료

그림 (가), (나), (다)는 서로 다른 외계 행성 탐사 방법으로 발견한 외계 행성의 물리량을 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. (가)에서 직접 관측을 통해 발견한 행성들은 대부분 지구보다 질량과 공전 궤도 반지름이 크다.
2. (나)에서 식 현상을 이용하여 발견한 행성들은 대부분 지구보다 질량이 크고 공전 궤도 반지름이 작다.
3. (다)에서 도플러 효과를 이용하여 발견한 행성들은 대부분 지구보다 질량이 크다.

분석 point

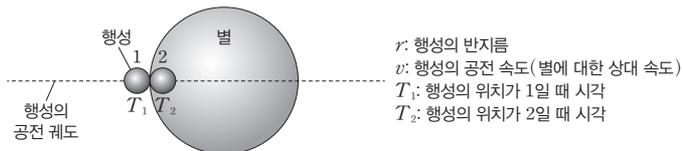
- (가)에서 행성을 직접 관측할 때 행성에서 방출되는 적외선의 양이 많을수록 행성의 존재를 확인하기 쉽다. → 행성의 질량과 반지름이 크고 표면 온도가 높을수록 행성에서 방출되는 적외선의 양이 대체로 많다.
- (나)에서 행성의 공전 궤도 반지름이 작을수록 행성이 중심별을 가리는 식 현상이 일어나는 주기가 짧아 행성의 존재를 확인하기 쉽다. → 행성의 공전 궤도면과 관측자의 시선 방향이 정확하게 일치하는 경우가 드물기 때문에 행성의 공전 궤도 반지름이 작을수록 식 현상이 일어나기 쉽다.
- (다)에서 도플러 효과를 이용할 때 행성의 질량이 클수록 별의 시선 속도 변화가 커서 행성의 존재를 확인하기 쉽다.

2 외계 생명체 탐사

외계 생명체 탐사는 자연에 대한 이해는 물론 지구 생명체를 이해하는 데 큰 도움을 주며, 외계 생명체를 찾기 위해서는 생명 가능 지대에 위치하고 단단한 표면이 있는 지구형 행성을 찾아야 한다.

과학 돋보기 지구형 행성 탐사

- 최근에는 외계 생명체를 찾기 위해 지구와 질량이 비슷하고 표면이 암석으로 이루어진 행성을 주로 탐사하고 있다.
 - 목성과 같은 기체형 행성에는 생명체가 존재할 가능성이 작다.
- 도플러 효과를 이용하면 행성의 질량을 알아낼 수 있다. → 행성의 질량이 클수록 별의 시선 속도 변화가 커서 별빛의 도플러 효과가 커지는 원리를 이용하여 행성의 질량을 구할 수 있다.
- 식 현상을 이용하면 행성의 반지름을 알아낼 수 있다.



$$2r = v(T_2 - T_1), r = \frac{v(T_2 - T_1)}{2}$$

- 중심별의 시선 속도 변화를 이용하여 알아낸 행성의 질량과 식 현상을 이용하여 알아낸 행성의 반지름으로 행성의 밀도를 알아낼 수 있다.
- 행성의 밀도를 이용해 기체형(목성형) 행성과 암석형(지구형) 행성을 구분할 수 있다.

정답

1. 크
2. 작
3. 작

개념 체크

별의 질량과 광도

주계열성인 별의 질량이 클수록 중심핵에서 핵융합 반응이 활발하게 일어나며, 단위 시간당 방출하는 에너지가 많아 광도가 크다.

1. 별의 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 범위를 () 지대라고 한다.
2. 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 광도가 ()다.
3. 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 중심별로부터 ()진다.
4. 태양이 진화함에 따라 광도가 커지면 생명 가능 지대의 폭이 ()진다.

(1) **외계 생명체**: 지구가 아닌 공간에 사는 생명을 지닌 존재로, 지구의 생명체와 같이 주로 탄소를 기본으로 하는 물질로 이루어져 있을 것으로 추정하고 있다. ➔ 탄소는 최외각 전자 수가 4개로, 탄소 원자 1개는 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있다. 또한 탄소는 다른 원자들과 다양한 방식으로 결합하여 복잡하고 다양한 화합물을 만든다.

(2) **생명 가능 지대**: 별의 주위에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 거리의 범위이다. 주계열성인 별의 광도는 별의 질량이 클수록 크므로, 생명 가능 지대는 중심별의 질량에 따라 다르게 나타난다. ➔ 태양계의 경우 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이에 위치한다.

(3) **지구에 생명체가 존재할 수 있는 이유**

- ① **태양으로부터의 거리**: 지구는 태양에서 약 1억 5천만 km 떨어져 있고, 금성이나 화성과 달리 액체 상태의 물이 존재할 수 있었다. 이로 인해 대기 중의 이산화 탄소가 물에 녹아 감소함으로써 온실 효과가 적절하게 일어났으며, 생명체가 살기에 알맞은 온도가 되었다.
- ② **물의 특성과 생명체의 존재**: 액체 상태의 물은 열용량이 커서 많은 양의 열을 오랜 시간 보존할 수 있고, 다양한 물질을 녹일 수 있는 좋은 용매이므로 생명체가 탄생하고 진화할 수 있는 서식 환경으로 중요한 요건이 된다. 지구에는 액체 상태의 물이 존재하므로 생명체가 출현할 수 있었고, 현재와 같이 진화할 수 있었다.
- ③ **대기의 역할**: 지구 대기는 구성 성분과 양이 적절하여 태양에서 오는 자외선 등을 차단하고 생명체를 보호하는 역할을 한다.

탐구자료 살펴보기 중심별의 질량과 생명 가능 지대

탐구 자료

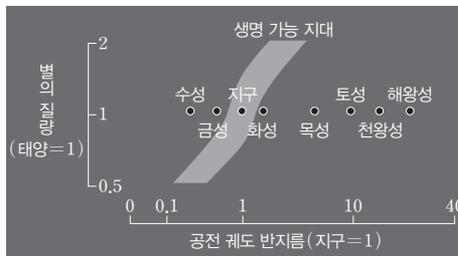
그림은 주계열성인 중심별의 질량을 기준으로 한 이론적인 생명 가능 지대를 나타낸 것이다.

탐구 결과

1. 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어진다.
2. 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 폭도 넓어진다.

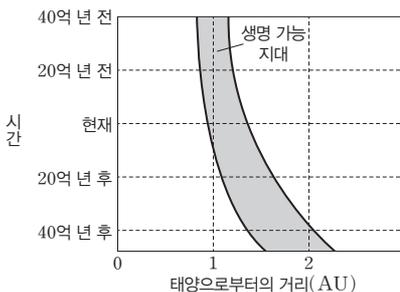
분석 point

주계열성인 중심별은 질량이 클수록 광도가 커지며, 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어지고 폭도 넓어진다.



과학 돋보기 태양의 진화에 따른 태양계 생명 가능 지대의 변화

- 태양이 진화함에 따라 태양의 광도가 점차 커진다.
- 시간이 흐름에 따라 태양으로부터 생명 가능 지대까지의 거리가 점차 멀어지고 생명 가능 지대의 폭도 넓어진다.
- 지구는 현재 생명 가능 지대에 위치하지만 미래에는 생명 가능 지대를 벗어나게 된다. ➔ 미래(약 10억 년 이후)에는 생명 가능 지대가 지구 공전 궤도보다 바깥쪽에 위치하게 되므로 지구는 현재보다 온도가 높아 물이 액체 상태로 존재하지 못하고 모두 증발할 것이다.



정답

1. 생명 가능
2. 크
3. 멀어
4. 넓어

개념 체크

- **별의 질량과 수명(진화 속도)**
별(주계열성)의 질량이 클수록 중심부에서 핵융합 반응이 활발하게 일어나 연료가 빠르게 소모되므로 광도가 크고 수명이 짧다.
- **식 현상을 이용한 행성의 대기 성분 분석**
행성의 대기를 통과한 별빛의 흡수 스펙트럼을 분석하면 행성의 대기 성분을 알아낼 수 있다.

1. 액체 상태의 ()은 다양한 종류의 화학 물질을 녹일 수 있으므로 ()에서 복잡한 유기물 분자가 생성될 수 있다.
2. 행성의 ()은 우주에서 들어오는 우주선 등의 고에너지 입자를 차단한다.
3. 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 ()고, 질량과 광도가 ()다.
4. 분광형이 O형인 주계열성은 K형인 주계열성보다 수명이 ()다.
5. 주계열성의 질량이 크면 별의 중심부에서 연료 소모율이 ()서 광도가 ()고, 수명이 ()다.

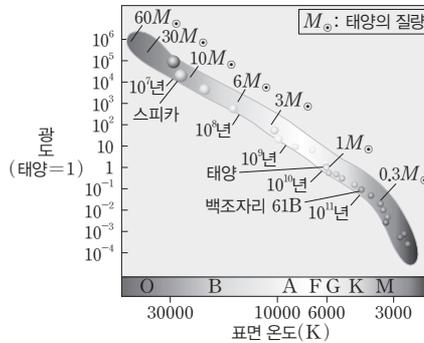
(4) 외계 생명체가 존재하기 위한 행성의 조건

- ① 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 생명 가능 지대에 위치해야 한다. ➔ 액체 상태의 물은 다양한 종류의 화학 물질을 녹일 수 있으므로 물에서 복잡한 유기물 분자가 생성될 수 있다.
- ② 구성 성분과 양이 적절한 대기를 가지고 있어야 한다. ➔ 대기가 적절한 온실 효과를 일으킬 때 생명체가 살아가기에 적당한 온도를 유지할 수 있다. 행성의 대기 성분은 식 현상이 일어날 때 행성의 대기를 통과한 별빛을 분석하여 알아낼 수 있다.
- ③ 행성의 자기장이 우주에서 들어오는 고에너지 입자를 차단시켜 주어야 한다. ➔ 행성의 자기장이 중심별과 우주에서 들어오는 우주선 등의 고에너지 입자를 차단시켜 생명체가 존재하는데 유리한 환경을 만든다.
- ④ 행성에서 생명체가 탄생하여 진화하기 위해서는 행성이 생명 가능 지대에 오랫동안 머물러 있어야 한다. ➔ 중심별의 질량이 클수록 수명이 짧아서 행성이 생명 가능 지대에 머무르는 시간이 짧다.
 - 중심별이 질량이 큰 주계열성일 때: 별의 중심부에서 연료 소모율이 커서 광도가 크고 수명이 짧다. 별의 수명이 짧으면 별 주위를 공전하는 행성에서 생명체가 탄생하여 진화할 시간이 부족하다. 따라서 별의 질량이 매우 크면 생명체가 존재하기에 적합한 환경을 이루지 못한다.

탐구자료 살펴보기 주계열성의 질량에 따른 수명과 생명 가능 지대

탐구 자료

그림은 H-R도에 주계열성의 질량과 수명을 나타낸 것이다.



탐구 결과

주계열성	질량	표면 온도 (K)	분광형	수명 (년)	생명 가능 지대	
					중심별로부터의 거리	폭
스피카	약 10M _☉	약 25000	B형	약 10 ⁷	태양계보다 멀다.	태양계보다 넓다.
태양	1M _☉	약 6000	G형	약 10 ¹⁰	-	-
백조자리 61B	약 0.6M _☉	약 4000	K형	약 10 ¹¹	태양계보다 가깝다.	태양계보다 좁다.

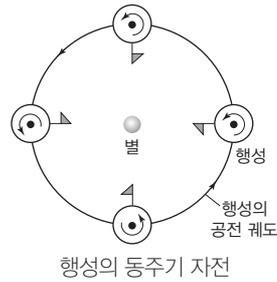
분석 point

- 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 질량과 광도가 크다.
- 주계열성은 질량이 클수록 중심부에서 연료 소모율이 커서 광도가 크고 수명이 짧다.
- 주계열성은 질량이 클수록 광도가 커서 생명 가능 지대가 중심별로부터 멀어지고 폭도 넓어진다.

정답

1. 물, 물
2. 자기장
3. 높, 크
4. 짧
5. 커, 크, 짧

- 중심별이 질량이 작은 주계열성일 때: 별의 중심부에서 연료 소모율이 작아서 광도가 작고 수명이 길다. 별의 광도가 작으면 생명 가능 지대가 중심별에 가까워져 생명 가능 지대 안에 있는 행성의 자전 주기와 공전 주기가 같아질 가능성이 높아진다. 이 경우 행성은 항상 같은 면이 별 쪽을 향하게 되므로 낮과 밤의 변화가 없어 생명체가 살기 어렵다.(평균 온도는 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 온도이지만, 낮인 지역은 온도가 너무 높고, 밤인 지역은 온도가 너무 낮으므로 대부분의 지역에서 액체 상태의 물이 존재할 수 없다.) 따라서 별의 질량이 매우 작으면 생명체가 살기에 적합한 환경을 이루지 못한다.



(5) 외계 생명체 탐사: 외계 행성계 탐사 결과 우리 은하에는 별이 행성을 거느리고 있는 외계 행성계가 많이 존재한다는 것을 알게 되었으며, 외계 생명체 탐사가 지나는 여러 가지 의의 때문에 세계 여러 국가와 단체에서 외계 생명체 탐사를 활발하게 진행하고 있다.

① 외계 지적 생명체 탐사(Search for Extra-Terrestrial Intelligence; SETI): 외계 지적 생명체를 찾기 위한 일련의 활동을 통틀어 부르는 말로, 전파 망원경을 이용하여 외계 행성으로부터 오는 전파를 찾거나 전파를 보내서 외계 지적 생명체를 찾고 있다.



전파 망원경(앨런 망원경 집합체, ATA)

② 우주 탐사선: 태양계 천체를 중심으로 외계 생명체를 탐사하는 탐사선과 탐사 로봇으로 로제타 호, 큐리오시티 등이 있다.

- 로제타 호: 혜성 67P를 탐사한 우주 탐사선으로, 물과 유기물의 기원에 대한 정보를 얻기 위한 탐사를 수행하였다.
- 큐리오시티: 화성 탐사 로봇으로 화성의 기후와 지질 및 물의 역할에 대한 조사와 미래 인간이 살 수 있는 환경 탐사에 대비한 행성의 생명체 연구를 진행 중이며, 2018년 4월에 메테인을 발견하였다.

③ 우주 망원경: 최근에는 우주 망원경으로 생명 가능 지대에 속한 외계 행성을 찾고, 행성의 대기 성분을 분석하여 생명체가 존재할 수 있는 환경인지 파악하는 연구도 진행되고 있다.

- 케플러 망원경: 2009년에 발사된 우주 망원경으로 2018년 11월 임무가 종료될 때까지 외계 행성을 2600개 이상 발견하였으며, 생명체가 존재할 가능성이 높은 지구형 행성도 10여 개 발견하였다. ➔ 식 현상을 이용하여 외계 행성을 탐사하였다.
- 테스 망원경: 2018년에 발사된 우주 망원경으로 케플러 우주 망원경보다 약 400배 더 넓은 영역을 탐사하면서 가동된 지 한 달 만에 행성을 가지고 있을 가능성이 높은 별 73개를 발견하였으며, 지구와 비슷한 규모의 행성 2개를 찾아냈다. ➔ 주로 식 현상을 이용하여 외계 행성을 탐사한다.
- 제임스 웹 망원경: 2021년에 발사한 우주 망원경으로 주된 임무는 적외선 영역에서 우주를 탐사하여 우주의 초기 상태에 대해 연구하는 것이다. 또한 적외선 영역에서 탐사하므로 코로나그래프를 이용하여 중심별의 별빛을 차단한 상태에서 외계 행성이나 행성의 고리 등을 찾는 임무를 수행할 예정이다. ➔ 외계 행성을 직접 촬영하여 그 존재를 확인할 수 있다.

개념 체크

외계 생명체 탐사

우주에서 오는 전파를 분석할 뿐만 아니라 최근에는 우주 망원경으로 생명 가능 지대에 속한 지구형 외계 행성을 찾고 행성의 대기 성분을 분석하여 생명체가 존재할 수 있는 환경인지 파악하는 연구도 진행하고 있다.

우주 망원경

주로 인공위성에 탑재하여 우주에 설치한 망원경으로, 대기에 의해 차단되어 지표에 거의 도달하지 못하는 전자기파 영역(감마선, 엑스선, 자외선, 적외선)에서 정밀하게 관측하기 위해 우주에 설치한다.

1. 행성이 중심별에 가까이 있으면 공전 주기와 자전 주기가 같아질 수 있는데, 이를 ()이라고 한다.
2. 큐리오시티는 () 탐사 로봇으로 ()의 기후와 지질 조사 및 생명체 존재 여부에 대한 탐사를 진행 중이다.
3. 케플러 망원경은 주로 ()을 이용하여 외계 행성을 탐사하였다.
4. 2018년에 발사된 () 망원경은 케플러 망원경보다 약 400배 더 넓은 우주 영역을 탐사할 수 있다.

정답

1. 동주기 자전
2. 화성, 화성
3. 식 현상
4. 테스

01 [22026-0255] 다음은 외계 행성의 탐사 방법을 나타낸 것이다.

- (가) 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 방법
- (나) 식 현상을 이용하는 방법
- (다) 미세 중력 렌즈 현상을 이용하는 방법

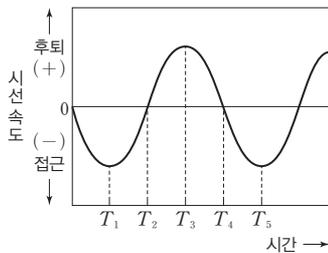
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 행성의 질량이 클수록 중심별의 시선 속도 변화가 크다.
- ㄴ. (나)와 (다)는 행성을 가진 중심별의 밝기 변화를 관측하여 행성의 존재를 확인한다.
- ㄷ. (가), (나), (다) 모두 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향에 수직일 때에는 행성의 존재를 확인할 수 없다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0256] 그림은 어느 외계 행성에 의한 중심별의 시선 속도 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다.



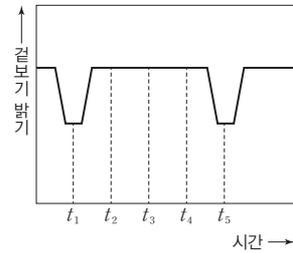
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. T_1 일 때, 중심별은 지구로부터 멀어진다.
- ㄴ. T_2 일 때, 지구로부터의 거리는 행성이 중심별보다 가깝다.
- ㄷ. T_1 에서 T_5 까지의 시간은 행성의 공전 주기에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0257] 그림은 어느 외계 행성에 의한 중심별의 밝기 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다.



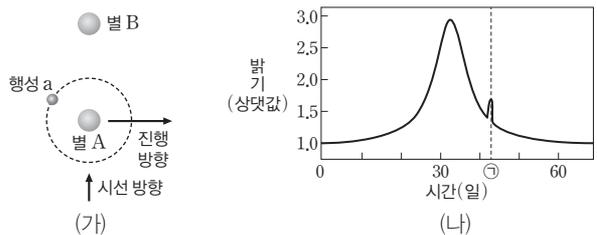
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구와 이 행성계의 질량 중심 간 거리는 변하지 않는다.)

보기

- ㄱ. t_1 일 때, 중심별의 시선 속도는 (-)이다.
- ㄴ. 중심별의 겉보기 밝기 변화는 행성의 반지름이 클수록 크다.
- ㄷ. t_1 에서 t_5 까지의 시간은 행성의 공전 주기에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0258] 그림 (가)는 행성 a를 거느린 별 A가 별 B의 앞쪽에서 이동하는 모습을, (나)는 미세 중력 렌즈 현상에 의한 B의 겉보기 밝기 변화를 나타낸 것이다.



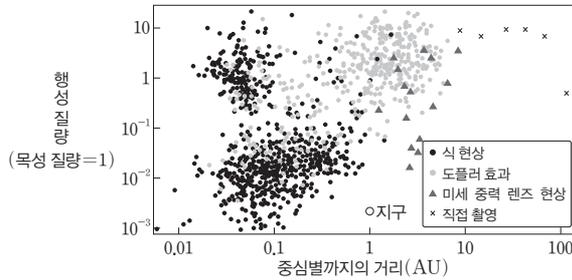
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ① 시기에는 a에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 일어났다.
- ㄴ. (나)의 밝기 변화는 주기적으로 나타난다.
- ㄷ. a의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향에 수직이라면 미세 중력 렌즈 현상이 나타나지 않는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0259] 그림은 서로 다른 외계 행성 탐사 방법으로 발견한 외계 행성의 물리량을 지구의 물리량과 비교하여 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 발견한 외계 행성의 개수는 중심별의 주기적인 밝기 변화를 이용한 것이 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 것보다 많다.
- ㄴ. 직접 관측으로 발견한 행성은 대체로 지구보다 공전 궤도 반지름이 크다.
- ㄷ. 중심별의 시선 속도 변화를 이용하여 발견한 행성들은 대체로 지구보다 질량이 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0260] 표는 주계열성 (가), (나), (다)의 분광형과 중심별로부터 생명 가능 지대의 거리 범위를 나타낸 것이다.

주계열성	분광형	생명 가능 지대의 거리 범위(AU)
(가)	G2	0.95~1.15
(나)	A0	()
(다)	K5	()

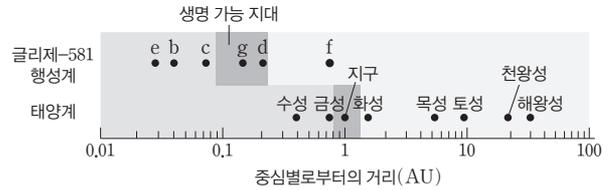
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 별의 질량은 (나)가 가장 크다.
- ㄴ. (나)에서 생명 가능 지대의 폭은 0.2 AU보다 넓다.
- ㄷ. (다)로부터 1.15 AU보다 먼 거리에 있는 행성 표면에는 물이 기체 상태로 존재할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0261] 그림은 태양계와 글리제-581 행성계의 생명 가능 지대와 행성들의 공전 궤도 반지름을 나타낸 것이다.



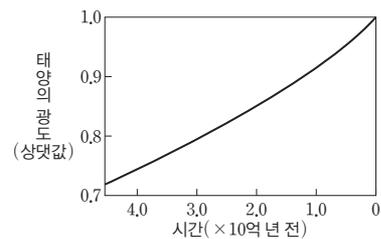
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 글리제-581은 주계열성이다.)

보기

- ㄱ. 글리제-581의 광도는 태양보다 작다.
- ㄴ. 행성이 생명 가능 지대에 머무르는 기간은 글리제-581d가 지구보다 길다.
- ㄷ. 중심별로부터 단위 면적당 단위 시간에 받는 복사 에너지량은 글리제-581f가 금성보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0262] 그림은 태양이 주계열성에 머무르는 동안 시간에 따른 광도 변화를 나타낸 것이다.



이 기간에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 생명 가능 지대는 태양에서 점점 멀어졌다.
- ㄴ. 생명 가능 지대의 폭은 20억 년 전이 현재보다 넓었다.
- ㄷ. 10억 년 전에 화성은 생명 가능 지대에 위치했다.

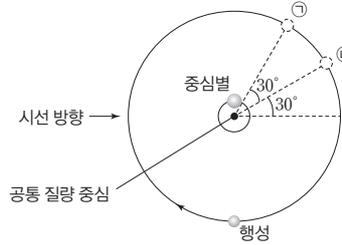
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별과 행성이 공통 질량 중심을 중심으로 같은 주기와 같은 방향으로 공전함에 따라 중심별의 스펙트럼에서 적색 편이가 나타날 때 행성은 지구 방향으로 접근한다.

행성이 중심별의 앞쪽을 지나갈 때, 중심별의 겉보기 밝기가 감소하며, 밝기 감소량은 행성의 단면적에 비례한다.

01 [22026-0263]

그림은 어느 외계 행성과 중심별이 공통 질량 중심을 중심으로 공전하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 행성은 원 궤도를 따라 공전하며, 행성의 공전 궤도면은 관측자의 시선 방향과 나란하다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구와 이 행성계의 질량 중심 간 거리는 변하지 않는다.)

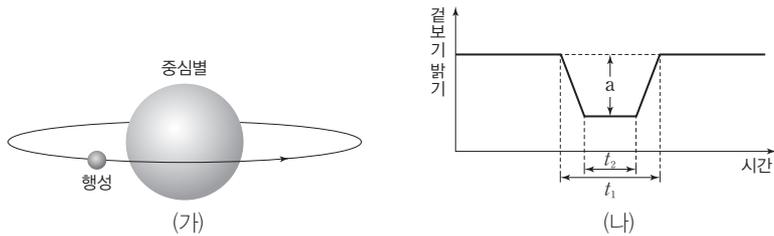
보기

- ㄱ. 행성에 의한 중심별의 밝기 변화가 관측된다.
- ㄴ. 행성이 1에서 2로 이동할 때, 중심별의 적색 편이가 관측된다.
- ㄷ. 중심별에서 어느 흡수선의 파장 변화량은 행성이 1을 지날 때가 2를 지날 때의 $\sqrt{3}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [22026-0264]

그림 (가)는 어느 외계 행성이 중심별 주위를 공전하는 모습을, (나)는 이 별의 겉보기 밝기를 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 행성의 공전 궤도면은 시선 방향과 나란하다.)

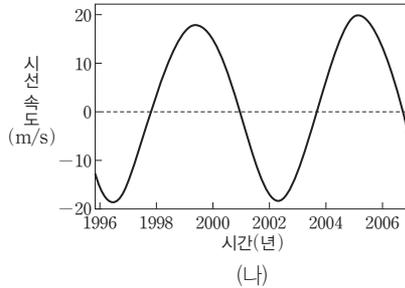
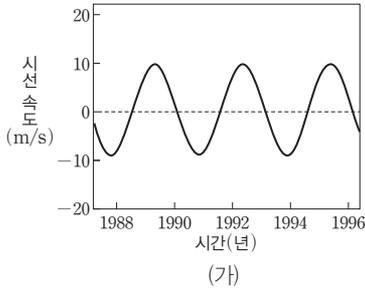
보기

- ㄱ. 행성의 반지름이 2배가 되면 a 는 2배로 커진다.
- ㄴ. 행성의 공전 속도가 일정할 때, t_1 은 중심별의 반지름이 클수록 크다.
- ㄷ. 행성의 반지름이 같다면, $(t_1 - t_2)$ 는 행성의 공전 속도가 빠를수록 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [22026-0265]

그림은 서로 다른 외계 행성계 (가)와 (나)에서 행성에 의한 중심별의 시선 속도 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서 중심별의 질량은 같다.



별과 행성이 공통 질량 중심을 중심으로 공전할 때, 별과 행성 사이의 거리와 별의 질량이 일정할 경우 행성의 질량이 클수록 별과 공통 질량 중심 사이의 거리가 증가하여 스펙트럼에서 중심별의 시선 속도 변화량이 커진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 행성의 공전 궤도면은 시선 방향과 나란하다.)

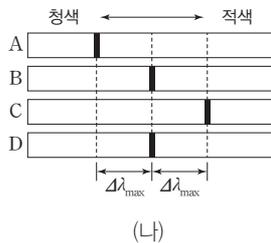
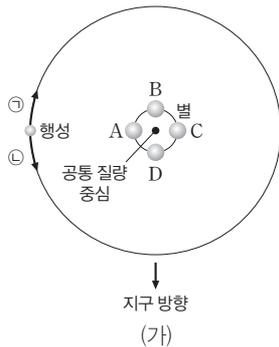
보기

- ㄱ. 행성의 공전 주기는 (가)가 (나)보다 짧다.
- ㄴ. 공통 질량 중심에 대한 중심별의 공전 궤도 반지름은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄷ. 행성의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0266]

그림 (가)는 공통 질량 중심을 중심으로 공전하는 중심별과 행성의 공전 궤도를, (나)는 중심별이 (가)의 A~D에 있을 때 각각 관측된 스펙트럼을 나타낸 것이다. $\Delta\lambda_{\max}$ 는 스펙트럼의 최대 편이량이다.



별과 행성이 공통 질량 중심을 중심으로 공전할 때, 별과 행성의 공전 주기와 공전 방향은 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

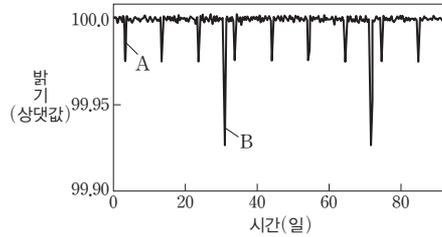
보기

- ㄱ. 행성의 공전 방향은 ㉠이다.
- ㄴ. 지구와 행성과의 거리는 중심별이 D에 있을 때 가장 가깝다.
- ㄷ. 행성의 질량이 클수록 (나)에서 $\Delta\lambda_{\max}$ 는 커진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별 주위를 공전하는 행성이 중심별의 앞면을 지날 때 중심별의 일부가 가려지는 식 현상이 일어나며, 밝기 변화 주기는 행성의 공전 주기와 같다.

05 [22026-0267] 그림은 어느 외계 행성계에서 행성 A와 B에 의한 중심별의 밝기 변화를 시간에 따라 나타낸 것이다. A와 B의 공전 궤도면은 관측자의 시선 방향과 나란하고, 질량은 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

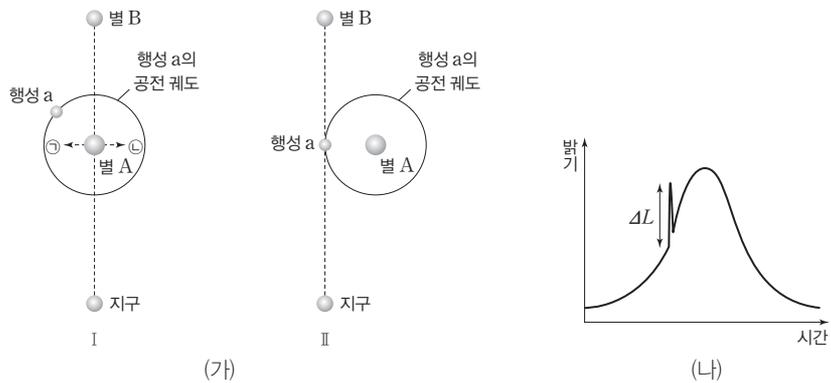
보기

- ㄱ. 공전 궤도 반지름은 A가 B보다 작다.
- ㄴ. 행성의 반지름은 B가 A의 약 3배이다.
- ㄷ. 중심별과 공통 질량 중심 사이의 거리는 B가 A보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

거리가 다른 두 별이 같은 시선 방향에 있을 경우, 앞쪽 별의 미세 중력 렌즈 현상에 의해 뒤쪽 별의 밝기가 밝아지며, 앞쪽 별이 행성을 동반할 경우 행성에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 함께 일어나, 뒤쪽 별의 밝기가 추가적으로 변하게 된다.

06 [22026-0268] 그림 (가)의 I과 II는 행성 a를 거느린 별 A가 별 B의 앞쪽에서 이동할 때 별과 행성의 위치 관계를 순서 없이 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 과정에서 미세 중력 렌즈 현상이 나타난 어느 한 별의 겹보기 밝기 변화이다.



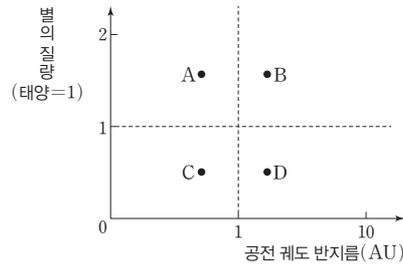
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, a의 공전 궤도면은 시선 방향과 나란하다.)

보기

- ㄱ. (나)는 B의 밝기 변화이다.
- ㄴ. A의 이동 방향은 ㉠이다.
- ㄷ. (나)에서 밝기 변화 ΔL 은 a의 미세 중력 렌즈 현상으로 인해 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0269] 그림은 외계 행성 A~D의 공전 궤도 반지름과 중심별의 질량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중심별은 주계열성이다.)

보기

- ㄱ. 액체 상태의 물이 존재할 가능성은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 자전 주기와 공전 주기가 같아져 낮과 밤의 변화가 나타나지 않을 가능성은 C가 D보다 크다.
- ㄷ. 중심별로부터 단위 면적당 단위 시간 동안 받는 복사 에너지의 양은 B가 D보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

생명 가능 지대는 별의 주위에서 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 거리의 범위이며, 중심별이 주계열성일 때 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 위치는 중심별로부터 멀고, 폭은 넓다.

08 [22026-0270] 표는 외계 생명체 탐사 방법 (가), (나), (다)를 나타낸 것이다.

(가)	지상의 전파 망원경을 이용하여 외계 행성으로부터 오는 전파를 분석하여 외계 생명체의 존재를 파악한다.
(나)	큐리오시티와 같은 탐사 로봇을 태양계 행성에 직접 보내 물과 생명체의 존재 여부를 조사한다.
(다)	케플러 망원경으로 중심별의 주기적인 밝기 변화를 관측하여 생명체가 존재할 수 있는 가능성이 높은 행성을 찾는다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 SETI 프로젝트에 이용할 수 있다.
- ㄴ. (나)의 큐리오시티는 화성 탐사에 이용되었다.
- ㄷ. (다)는 식 현상을 이용하여 외계 행성을 탐사한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

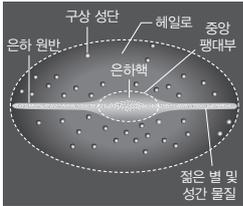
SETI 프로젝트는 외계 지적 생명체를 찾기 위한 일련의 활동을 통칭하는 것으로, 전파 망원경을 이용하여 외계 행성으로부터 오는 전파를 찾거나 전파를 보내서 외계 지적 생명체를 찾고 있다.

개념 체크

● 은하

항성, 성간 물질, 암흑 물질 등이 중력에 의해 묶여 있는 천체들의 집합체이다.

● 나선 은하의 구조(옆에서 본 모습)



● 나선팔

보통 나선 은하의 양쪽 끝부분에 위치하고 중앙 팽대부를 휘감아 돌고 있는 팔 모양의 부분으로 젊고 온도가 높은 별들이 많으며, 밀도가 큰 성간만이 모여 있는 곳에서 별이 탄생한다.

1. 허블은 외부 은하를 () 영역에서 관측되는 모양에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다.

2. 타원 은하는 모양이 가장 원에 가깝게 보이는 ()부터 가장 납작한 타원형으로 보이는 ()까지 구분한다.

3. 나선 은하 중에서 은하핵을 가로지르는 막대 모양의 구조가 없는 은하를 () 나선 은하라고 한다.

4. 불규칙 은하에는 주로 ()과 ()은 별들이 많이 분포한다.

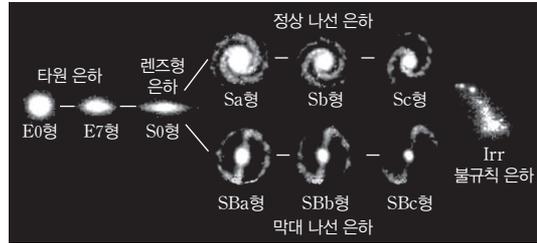
정답

1. 가시광선
2. E0, E7
3. 정상
4. 성간 물질, 젊

1 외부 은하

(1) 은하의 분류

① 허블의 은하 분류: 허블은 외부 은하를 가시광선 영역에서 관측되는 형태에 따라 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다. ➔ 타원 은하(Elliptical galaxy)는 E, 정상 나선 은하(Normal spiral galaxy)는 S, 막대 나선 은하(Barred spiral galaxy)는 SB, 불규칙 은하(Irregular galaxy)는 Irr로 표현한다.



형태에 따른 외부 은하의 분류

② 은하의 종류

- 타원 은하: 성간 물질이 거의 없는 타원형 은하로, 비교적 높고 온도가 낮은 별들로 이루어져 있다. 타원 은하는 타원의 납작한 정도에 따라 E0~E7로 세분하여 나타내는데, 모양이 가장 원에 가깝게 보이는 은하는 E0, 가장 납작한 타원형으로 보이는 은하는 E7에 해당한다.
- 나선 은하: 은하핵과 나선팔로 구성되어 있다. 나선팔에는 젊은 별들과 성간 물질이 모여 있고, 중심부에는 은하핵을 포함한 중앙 팽대부라고 하는 별의 분포 밀도가 큰 부분이 위치한다.
 - 나선 은하는 은하핵을 가로지르는 막대 모양 구조의 유무에 따라 막대 나선 은하와 정상 나선 은하로 구분한다. 나선팔에는 성간 물질과 젊은 별들이 많으며, 중앙 팽대부와 헤일로에는 늙은 별들과 구상 성단이 주로 분포한다.
 - 나선팔이 감긴 정도와 은하핵의 상대적인 크기에 따라 Sa, Sb, Sc 또는 SBa, SBb, SBc로 구분한다. ➔ 나선 은하의 경우 뒤에 붙은 소문자가 a → b → c 순으로 갈수록 중심핵의 크기가 상대적으로 작고 나선팔이 느슨하게 감겨 있다.
- 불규칙 은하: 규칙적인 모양을 보이지 않거나 비대칭적인 은하로, 성간 물질과 젊은 별들이 많이 분포한다.

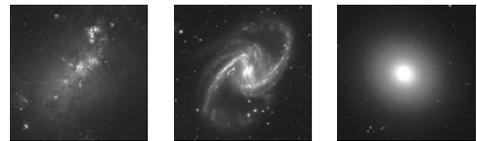
탐구자료 살펴보기 은하의 종류

탐구 자료

그림은 허블의 은하 분류상 서로 다른 형태의 세 은하 A, B, C를 가시광선으로 관측한 것이다.

탐구 결과

A는 불규칙 은하, B는 막대 나선 은하, C는 타원 은하이다.

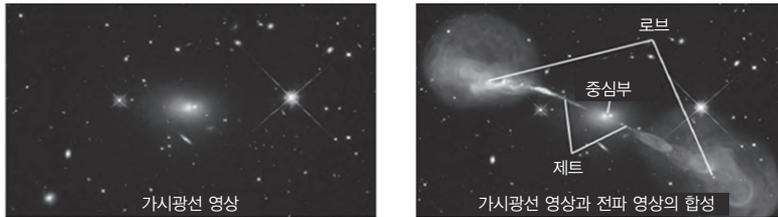


분석 point

구분	별	성간 물질	예
타원 은하	주로 늙은 별	적다	M32, M49
나선 은하	중앙 팽대부와 헤일로	주로 늙은 별	우리은하, 안드로메다은하
	나선팔	주로 젊은 별	
불규칙 은하	주로 젊은 별	많다	NGC 1427A

(2) **특이 은하:** 허블의 분류 체계로는 분류하기 어려운 전파 은하, 퀘이사, 세이퍼트은하 등을 특이 은하라고 한다. 이 은하들은 일반적인 은하에 비해 전파나 X선 영역에서 강한 에너지를 방출할 뿐만 아니라 그 밝기가 시간에 따라 변하는 등 일반 은하와는 다른 특성을 보인다.

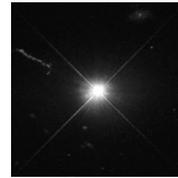
① **전파 은하:** 보통의 은하보다 수백 배 이상 강한 전파를 방출하는 은하로, 관측하는 방향에 따라 중심부가 뚜렷한 전파원으로 보이거나 제트(jet)로 연결된 로브(lobe)가 중심부의 양쪽에 대칭으로 나타나는 모습으로 관측된다. ➔ 전파 은하의 제트와 로브의 일부 영역에서는 강한 X선을 방출하는데, 이것은 블랙홀에 의해 고속으로 움직이는 전자와 강한 자기장 때문이라고 추정하고 있다.



전파 은하(헤라클레스 A)

② **퀘이사:** 수많은 별들로 이루어진 은하이지만 너무 멀리 있어 하나의 별처럼 보인다.

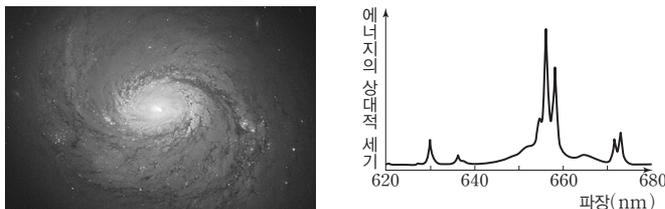
- 퀘이사는 적색 편이가 매우 크게 나타난다. ➔ 적색 편이가 크다는 것은 퀘이사가 매우 먼 거리에서 빠른 속도로 멀어지고 있다는 뜻이다.
- 대부분의 퀘이사는 우주 생성 초기에 만들어진 것이고, 지금까지 발견된 가장 멀리 있는 퀘이사는 우주가 탄생한 후 약 7억 년이 되었을 때 생성된 것이다.
- 퀘이사에서 방출되는 에너지는 보통 은하의 수백 배나 되지만 에너지가 방출되는 영역의 크기는 태양계 정도이다. 이렇게 작은 공간에서 많은 양의 에너지를 방출하고 있는 것으로 보아 퀘이사의 중심에는 질량이 매우 큰 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.



퀘이사(3C 273)

③ **세이퍼트은하**

- 일반적인 은하에 비해 핵이 다른 부분보다 상대적으로 밝고, 은하 내의 가스운이 매우 빠른 속도로 움직이고 있어 스펙트럼에서 넓은 방출선이 관측된다. 이것은 은하의 중심부에 질량이 매우 큰 천체가 있다는 것을 의미하기 때문에 세이퍼트은하의 중심부에는 거대한 블랙홀이 있을 것으로 추정된다.
- 세이퍼트은하는 대부분 나선 은하의 형태로 관측되며, 전체 나선 은하 중 약 2%가 세이퍼트은하로 분류된다.



세이퍼트은하(M77)의 모습과 스펙트럼

개념 체크

☉ 퀘이사(Quasar)

처음 발견 당시 별처럼 관측되었기 때문에 항성과 비슷하다는 뜻인 준항성체라는 이름을 붙였다.

☉ 적색 편이

천체가 관측자로부터 멀어질 때 관측되는 파장이 정지 상태의 파장(고유 파장)에 비해 길어지는 현상이다.

1. 전파 은하의 중심부에서 강하게 뿜어져 나오는 물질의 흐름을 ()라고 한다.

2. 퀘이사는 수많은 별들로 이루어진 은하이지만 매우 () 있어 하나의 별처럼 보인다.

3. 세이퍼트은하는 일반적인 은하에 비해 매우 밝은 ()을 가지며, () 방출선을 보인다.

4. 세이퍼트은하는 대부분 () 은하의 형태로 관측된다.

정답

1. 제트
2. 멀리
3. 핵, 넓은
4. 나선

개념 체크

○ 허블 법칙

2018년 국제천문연맹 총회에서 '허블 법칙'을 '허블-르메트르 법칙'으로 수정하여 부를 것을 권고하는 권고안이 통과되었다.

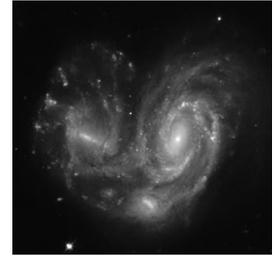
○ 허블 상수(H)

은하까지의 거리와 후퇴 속도가 비례한다는 것을 나타내는 상수로 최근 연구에 의하면 약 68 km/s/Mpc이다.

1. 가까운 곳에 위치한 두 은하 사이에 강한 인력이 작용하면 두 은하가 () 할 수 있다.
2. 허블은 외부 은하의 관측을 통해 대부분 은하들의 스펙트럼상에서 ()가 나타남을 알아냈다.
3. 허블 법칙은 은하의 거리와 ()가 비례한다는 것이다.
4. 외부 은하의 거리를 가로축 물리량으로, 후퇴 속도를 세로축 물리량으로 나타낸 그래프에서 기울기는 ()이다.

(3) 충돌 은하

- ① 우주에 무리를 지어 분포하는 은하들 중 서로 가까이 있는 은하들 사이에는 큰 인력이 작용하여 충돌하기도 한다. 하지만 은하들이 충돌할 때 별들끼리 충돌하는 경우는 거의 없다.
- ② 두 은하가 충돌할 때는 거대한 분자운들이 충돌하게 되고 격렬한 충격이 발생하면 급격히 기체가 압축되어 많은 별들이 탄생할 수 있다.
- ③ 두 은하가 가까이 접근하면 은하의 형태가 변형되어 길게 휘어진 구조물처럼 특이하게 보이기도 한다.
- ④ 현재 약 250만 광년 떨어져 있는 안드로메다은하는 우리은하와 점점 가까워지고 있으며, 약 40억 년 후에 충돌할 것으로 추정하고 있다.



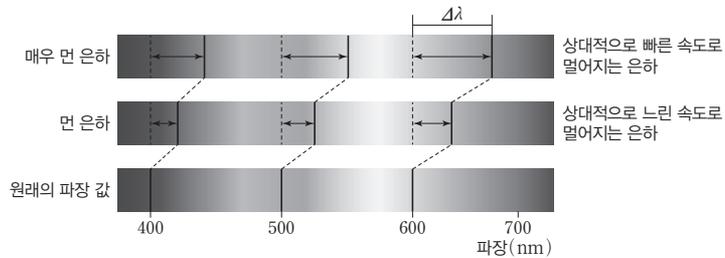
충돌 은하(NGC 6050)

2 허블 법칙과 우주론

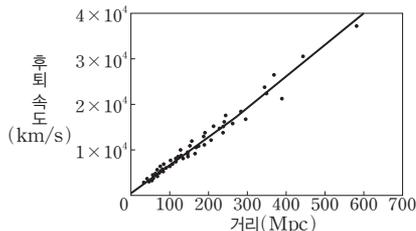
(1) 외부 은하의 관측

- ① 외부 은하의 스펙트럼 관측: 멀리 있는 외부 은하들의 스펙트럼을 관측하면 대부분 흡수선들의 위치가 원래 위치보다 파장이 긴 적색 쪽으로 이동하는 적색 편이가 나타난다. ➔ 적색 편이는 외부 은하가 우리은하로부터 멀어질 때 나타난다.
- ② 외부 은하의 스펙트럼 관측과 후퇴 속도: 외부 은하의 후퇴 속도(v)와 흡수선의 파장 변화량($\Delta\lambda$ =관측 파장-원래 파장) 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (c: \text{빛의 속도}, \lambda: \text{원래의 흡수선 파장}, \Delta\lambda: \text{흡수선의 파장 변화량})$$



- (2) 허블 법칙과 우주 팽창: 허블은 거리가 알려진 외부 은하들의 적색 편이를 측정하여 은하들의 후퇴 속도와 거리와의 관계를 조사한 결과 은하들의 후퇴 속도(v)가 거리(r)에 비례한다는 사실을 알아냈으며, 이 관계를 허블 법칙이라고 한다. ➔ $v = H \cdot r$ (H : 허블 상수)



외부 은하들의 거리에 따른 후퇴 속도

정답

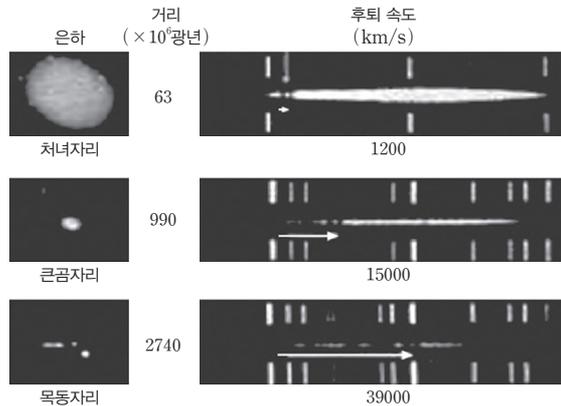
1. 충돌
2. 적색 편이
3. 후퇴 속도
4. 허블 상수

- ① 멀리 있는 은하일수록 빠르게 멀어지는 현상은 우주가 팽창한다는 것을 의미한다.
- ② 외부 은하의 거리와 후퇴 속도의 관계식에서 허블 상수(H)는 1 Mpc당 우주가 팽창하는 속도(km/s)를 나타내는 값이다.
- ③ 우주의 나이(t): 우주가 일정한 속도로 팽창한 것으로 가정할 때 허블 법칙으로부터 우주의 나이는 $t = \frac{r}{v} = \frac{r}{H \cdot r} = \frac{1}{H}$ 로 구할 수 있다. 현재 우주의 나이는 약 138억 년으로 추정하고 있다.
- ④ 관측 가능한 우주의 크기: 빛의 속도가 유한하기 때문에, 관측 가능한 우주의 크기는 우주의 나이($\frac{1}{H}$)에 빛의 속도(c)를 곱한 값으로 정의된다.

탐구자료 살펴보기 외부 은하의 스펙트럼 관측과 우주 팽창

탐구 자료

그림은 외부 은하들의 거리와 Ca 흡수선의 적색 편이를 이용하여 구한 후퇴 속도를 나타낸 것이다. 화살표는 Ca 흡수선의 파장 변화량을 나타낸다.



탐구 결과

1. 거리와 후퇴 속도가 가장 큰 은하는 목동자리 은하이며, 가장 작은 은하는 처녀자리 은하이다.
2. 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 크다.
3. 은하들의 거리와 후퇴 속도의 관계는 우주가 팽창한다는 증거이다.

분석 point

- 은하들의 스펙트럼에서 Ca 흡수선이 원래보다 파장이 길어지는 쪽으로 이동하였는데, 이는 은하들이 관측자로부터 멀어지고 있음을 의미한다.
- Ca 흡수선의 파장 변화량은 은하의 후퇴 속도에 비례하므로 목동자리 은하의 후퇴 속도가 가장 크다.

(3) 빅뱅 우주론(대폭발 우주론)

- ① 빅뱅 우주론: 우주의 모든 물질과 에너지가 매우 작고 뜨거운 한 점에 모여 있다가 대폭발이 일어난 후 팽창하면서 냉각되어 현재와 같은 우주가 생성되었다는 이론이다.
- ② 빅뱅 우주론은 우주의 물질이 균일하고 등방적으로 분포하고 있다는 우주론의 원리와 중력의 원리를 설명하는 아인슈타인의 일반 상대성 이론에 기반하고 있다.

개념 체크

우주의 중심

은하들이 서로 멀어지는 우주에서는 어떤 은하에서 보더라도 은하들 사이의 거리가 멀어지는 것으로 나타나기 때문에 특정한 위치를 우주의 중심으로 정할 수 없다.

등방성

우주를 관측할 때 방향에 따라 물리적 특성이 변하지 않는 성질이다.

1. 관측 가능한 우주의 크기는 우주의 ()에 ()의 속도를 곱한 값이다.
2. 외부 은하의 후퇴 속도는 외부 은하 흡수선의 () 변화량에 비례한다.
3. () 우주론은 우주가 매우 뜨거운 한 점에서 폭발하여 팽창하였다는 이론이다.

정답

1. 나이, 빛
2. 파장
3. 빅뱅(대폭발)

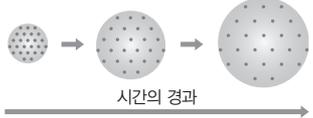
개념 체크

중수소

수소의 동위 원소 중 하나로, 원자핵이 양성자 1개와 중성자 1개로 구성된 원소이다.

1. 정상 우주론에서는 빅뱅 우주론과 달리 우주의 ()와 ()가 일정하다고 주장한다.
2. 빅뱅 우주론에 의하면 초기 우주에서 생성된 수소와 ()의 질량비는 약 3 : 1이다.
3. 양성자 ()개와 중성자 2개로 이루어진 원자핵은 헬륨 원자핵이다.

과학 돋보기 빅뱅 우주론과 정상 우주론

구분	빅뱅 우주론	정상 우주론
우주의 팽창 여부	팽창	팽창
우주의 질량	일정	증가
우주의 밀도	감소	일정
우주의 온도	감소	일정
특징	온도와 밀도가 매우 높은 한 점에서 대폭발이 일어난 후 점차 팽창한다.	우주 밀도가 일정하게 유지되어야 하므로 우주가 팽창하면서 생겨난 빈 공간에 새로운 물질이 계속 생성된다.
모형		

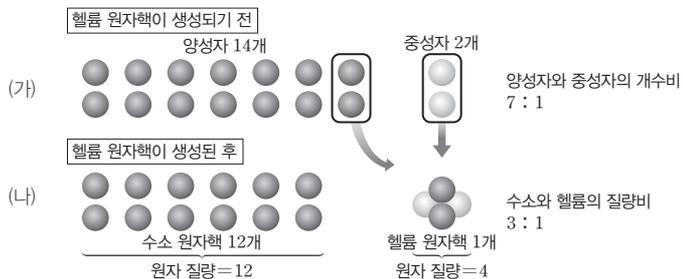
(4) 빅뱅 우주론의 근거: 우주가 팽창한다는 사실은 과거에는 우주의 크기가 매우 작고 뜨거웠다는 사실을 암시하기 때문에 빅뱅 우주론의 가정과 잘 들어맞는다.

- ① 가벼운 원소의 비율: 빅뱅 우주론에 따르면 초기 우주는 매우 뜨거워 빅뱅 약 1초 후 우주의 온도는 약 100억 K에 달했으며 양성자, 전자, 중성자 등의 입자들이 모두 튀어져 있었다. 이후 우주가 식으면서 중성자는 양성자와 결합해 중수소가 되었다. 이렇게 만들어진 중수소의 대부분은 빅뱅 이후 처음 약 3분 동안에 헬륨핵으로 합성되었고 소량의 리튬도 만들어졌다.
 - ➔ 빅뱅 우주론에 따르면 수소와 헬륨의 질량비가 약 3 : 1이 되어야 하는데, 이 예측은 관측 결과와 잘 들어맞는다.

탐구자료 살펴보기 빅뱅 우주론에서 예측한 수소와 헬륨의 질량비

탐구 자료

그림 (가)는 우주 초기 헬륨 원자핵이 생성되기 전의 양성자와 중성자의 개수비, (나)는 헬륨 원자핵이 생성된 후의 수소와 헬륨의 질량비를 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. 우주 초기에 생성된 양성자와 중성자의 개수비는 약 7 : 1이었다.
2. 양성자 2개와 중성자 2개가 결합하여 1개의 헬륨 원자핵이 생성되고 12개의 양성자(수소 원자핵)가 남는다.
3. 헬륨 원자핵이 생성된 후 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비는 약 3 : 1이었다.

분석 point

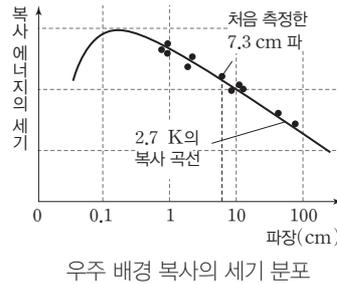
빅뱅 우주론에서 예측한 수소와 헬륨의 질량비(약 3 : 1)는 관측 결과와 잘 들어맞는다.

정답

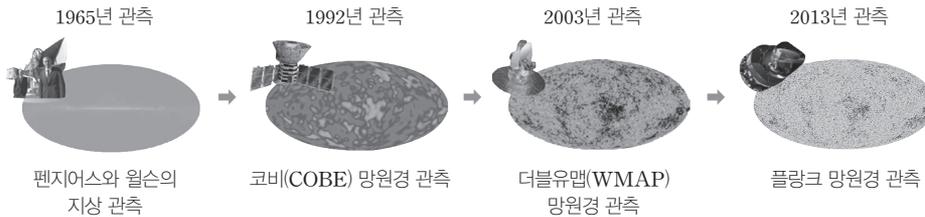
1. 온도, 밀도
2. 헬륨(He)
3. 2

② 우주 배경 복사

- 빅뱅 우주론에 따르면 우주는 초기에 매우 뜨거운 상태였기 때문에 원자핵과 전자가 결합하지 않은 상태로 뒤섞여 있어서 빛이 자유롭게 진행할 수 없었다. ➔ 불투명한 우주
- 빅뱅 후 약 38만 년이 지났을 때 우주는 충분히 식어서 원자핵과 전자가 결합해 중성 원자가 만들어지면서 투명해졌다. 이와 함께 복사와 물질이 분리되기 시작했고, 복사가 우주를 자유롭게 진행하기 시작하였다. ➔ 투명한 우주
- 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출되었던 복사로, 우주가 팽창하는 동안 온도가 낮아지고 파장이 길어져 현재는 약 2.7 K 복사로 관측되고 있다.
- 1964년 미국의 펜지어스와 윌슨은 통신 위성용 전파 망원경으로 우연히 하늘의 모든 방향에서 같은 세기로 나타나는 약 7.3 cm 파장의 전파를 발견하였는데, 이것이 곧 빅뱅 우주론에서 예상하던 우주 배경 복사임이 밝혀졌다.



과학 돋보기 우주 배경 복사 관측



1960년대에 펜지어스와 윌슨이 최초로 관측한 이후 우주 배경 복사는 다양한 우주 망원경으로 더욱 정밀하게 관측되었고, 초기 우주의 온도 분포를 더 정확하게 알 수 있게 되었다. 플랑크 망원경이 관측한 우주 배경 복사로 알아낸 우주 초기의 온도 분포는 거의 균일하다.

(5) 빅뱅 우주론의 한계와 급팽창 이론

① 빅뱅 우주론의 문제점

- 우주의 평탄성 문제: 초기 빅뱅 우주론에 따르면 물질의 양에 따라 우주 공간은 양수 혹은 음수의 곡률을 갖게 되고, 곡률이 0인 편평한 공간이 될 가능성은 거의 없다. 그러나 관측에 따르면 우주 공간은 완벽할 정도로 편평한데, 빅뱅 우주론에서는 그 이유를 설명하지 못한다.
- 우주의 지평선 문제: 현재 관측 결과 우주의 모든 영역에서 물질이나 우주 배경 복사가 거의 균일한데 이는 멀리 떨어진 두 지역이 과거에는 정보 교환이 있었다는 것을 의미하지만, 빅뱅 우주론에서는 그 이유를 설명하지 못한다.
- 우주의 자기 홀극 문제: 현재 우주에는 초기 우주 때 생성된 자기 홀극이 많이 존재해야 하지만 아직까지 발견되지 않았다. 빅뱅 우주론에서는 그 이유를 설명하지 못한다.

개념 체크

① 우주 배경 복사

우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출된 복사로, 우주가 팽창하는 동안 파장이 길어져 현재는 온도가 약 2.7 K인 복사로 관측된다.

② 자기 홀극

일반적인 자석에는 언제나 N극과 S극이 함께 존재하는데, 이와는 달리 N극 혹은 S극만을 가지고 있는 자석을 말한다.

1. 초기 우주에서 원자가 생성되면서 모든 방향으로 퍼져 나간 빛이 현재 () 로 관측된다.

2. 우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 () K일 때 방출되었던 복사이다.

3. 현재 관측되는 우주 배경 복사는 약 () K 흑체 복사와 같은 에너지 분포를 보인다.

4. 펜지어스와 윌슨은 전파 망원경으로 하늘의 모든 방향에서 같은 세기로 나타나는 약 () cm 파장의 전파를 발견하였다.

5. 플랑크 망원경이 관측한 () 복사로 알아낸 우주 초기의 () 분포는 거의 균일하다.

6. 이론상 독립적으로 존재하는 N극과 S극을 () 이라고 한다.

정답

1. 우주 배경 복사
2. 3000
3. 2.7
4. 7.3
5. 우주 배경, 온도
6. 자기 홀극

개념 체크

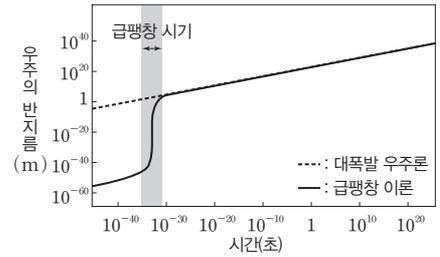
● 백색 왜성

태양 정도의 질량을 가지는 별의 마지막 진화 단계로, 외곽 물질을 방출하여 행성상 성운이 생성되고 남은 부분이 핵융합 반응 없이 서서히 식어가는 천체이다.

- () 이론으로 우주의 팽창성 문제와 지평선 문제를 설명할 수 있었다.
- 우주 전체가 곡률을 가지고 있더라도 우주 생성 초기에 급팽창하여 공간의 크기가 매우 커지게 되면 관측되는 우주의 영역은 ()하게 관측된다.
- Ia형 ()은 백색 왜성이 주변의 별로부터 물질을 끌어들이 폭발할 때 나타나며, 최대로 밝아졌을 때의 ()등급이 일정하다.
- 과거에는 우주를 구성하는 물질의 () 때문에 시간에 따라 우주의 팽창 속도가 ()할 것이라고 예상하였다.
- 최근의 관측 결과 현재의 우주는 팽창 속도가 ()하는 것으로 밝혀졌다.

② 급팽창 이론(인플레이션 이론): 우주 탄생 직후 $10^{-36} \sim 10^{-34}$ 초 사이에 우주가 빛보다 빠른 속도로 팽창했다는 이론으로, 빅뱅 우주론으로 해결할 수 없는 세 가지 문제점을 해결하기 위해 제안된 수정된 빅뱅 우주론에 해당한다.

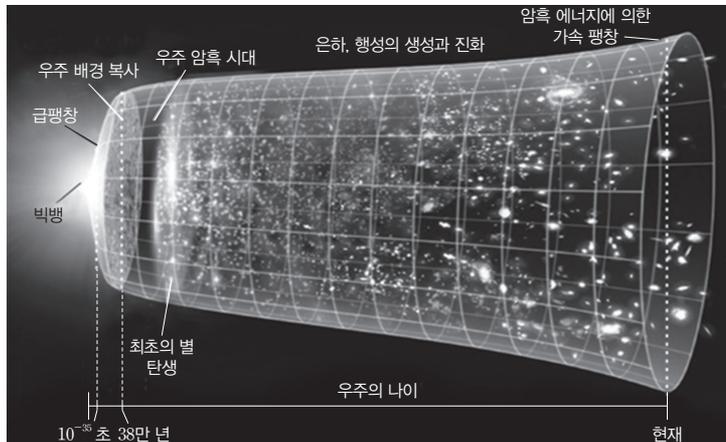
- 우주가 전체적으로는 곡률을 가지고 있더라도 우주 생성 초기에 급격히 팽창하여 공간의 크기가 매우 커지게 되면 관측되는 우주의 영역은 평탄하게 보이게 된다고 주장함으로써 우주의 평탄성 문제를 설명하였다.
- 우주 생성 초기에 우주가 급팽창하였기 때문에 팽창이 일어나기 이전에 가까이 있었던 두 지역은 서로 정보를 교환할 수 있었다고 주장함으로써 우주의 지평선 문제를 설명하였다.
- 우주가 생성 초기에 급격히 팽창하였기 때문에 자기 홀극의 밀도는 관측 가능량 미만으로 희박해졌다고 주장함으로써 우주의 자기 홀극 문제를 해결하였다.



시간에 따른 우주의 크기 변화

(6) 우주의 가속 팽창

- Ia형 초신성을 외부 은하의 거리를 측정하는 도구로 활용하면서 우주의 거리를 이전보다 훨씬 멀리까지 측정할 수 있게 되었다.
- Ia형 초신성은 백색 왜성이 주변의 별로부터 물질을 끌어들이 백색 왜성이 가질 수 있는 질량의 한계를 넘어설 때 중력을 이기지 못하고 붕괴하면서 폭발하는 초신성이다.
- Ia형 초신성은 매우 밝으며, 거의 일정한 질량에서 폭발하기 때문에 최대로 밝아졌을 때의 절대 등급이 일정해 멀리 있는 외부 은하의 거리 측정에 이용되며, 거리에 따른 겉보기 등급을 분석하여 과거 우주의 팽창 속도를 알아낼 수 있다.
- 우주를 구성하는 물질의 인력 때문에 시간에 따라 우주의 팽창 속도가 감소할 것이라고 예상해 왔지만, 1998년 수십 개의 Ia형 초신성 관측 자료를 분석한 결과 우주의 팽창 속도가 점점 증가하고 있다는 것을 알아냈다. 현재는 더 많은 초신성 표본을 이용해 우주의 팽창 속도 변화를 정확하게 알아내려는 노력이 진행되고 있다.



우주의 급팽창과 가속 팽창

정답

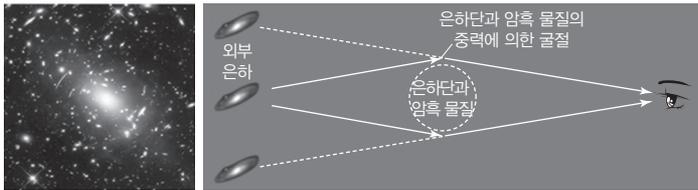
- 급팽창
- 평탄
- 초신성, 절대
- 인력, 감소
- 증가

3 암흑 물질과 암흑 에너지

최근 정밀한 관측 결과 우주 배경 복사에 나타난 미세하게 불균일한 정도를 자세히 분석하면 급팽창 시기의 우주의 불균일한 정도를 알아낼 수 있다. 또한 이 불균일함의 정도로 시간에 따른 우주의 변화를 추정해 볼 수 있으며, 이를 통해 우주의 구성 물질, 우주의 팽창 속도, 우주 공간의 기하학적 모양 등을 밝혀낼 수 있다.

- (1) **암흑 물질**: 전자기파로 관측되지 않아 우리 눈에 보이지 않기 때문에 중력을 이용한 방법으로 존재를 추정할 수 있는 물질이다.

과학 돋보기 중력 렌즈 현상을 이용한 암흑 물질의 확인



은하단과 암흑 물질에 의한 중력 렌즈 현상으로 외부 은하가 왜곡되어 보이는 모습

- 암흑 물질은 전자기파를 이용하여 존재를 확인할 수 없는 물질로, 최근 중력 렌즈 등의 방법을 이용하여 존재를 확인하고 있다.
- 은하단과 암흑 물질에 의한 중력 렌즈 현상으로 외부 은하가 여러 개의 왜곡된 영상으로 관측된다. → 중력 렌즈 효과를 이용해 은하단에서의 암흑 물질 분포를 계산할 수 있다.

탐구자료 살펴보기 우리은하의 회전 속도를 이용한 암흑 물질의 존재 확인

탐구 자료

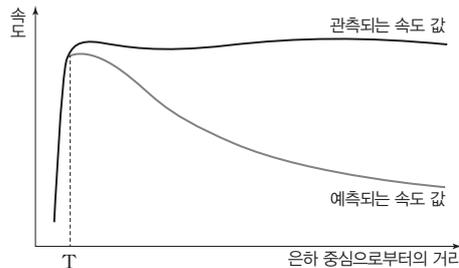
그림은 우리은하의 예측되는 회전 속도 곡선과 관측되는 회전 속도 곡선을 나타낸 것이다.

탐구 결과

1. 우리은하의 중심부(T보다 가까운 영역)는 중심으로부터 멀어질수록 회전 속도가 증가한다.
2. 우리은하에서 물질의 대부분이 중심부에 밀집되어 있다면 별들의 회전 속도는 케플러 제3법칙에 의해 은하 중심으로부터 멀어질수록 감소할 것으로 예측된다.
3. T보다 먼 영역에서는 예측된 회전 속도보다 관측된 회전 속도가 크다.

분석 point

- 우리은하를 구성하는 물질은 예측한 것처럼 중심부에만 집중되어 있지 않고, 은하 외곽에도 많이 분포한다.
- T보다 먼 영역의 회전 속도 곡선으로부터 계산되는 우리은하의 질량은 관측된 물질의 총 질량보다 훨씬 크다. 이는 전자기파로는 관측되지 않는 암흑 물질이 은하 원반과 헤일로에 분포하고 있음을 나타낸다. → 암흑 물질은 별들의 회전 속도 및 중력 렌즈 현상 등을 통해 간접적으로 그 존재를 알아낼 수 있다.



(2) 암흑 에너지

- ① 우주의 모든 물질들 사이에는 인력이 작용하므로 만약 우주를 팽창시키는 어떤 에너지가 없다면 우주는 물질들의 인력에 의해 수축하거나 팽창 속도가 감소할 것이다.

개념 체크

① 암흑 에너지

우주는 우주에 존재하는 물질들에 의해 인력이 작용함에도 불구하고 팽창 속도가 증가하고 있다. 이와 같이 우주의 팽창 속도를 증가시키는 에너지를 암흑 에너지라고 한다.

1. 전자기파로 관측되지 않아 우리 눈에 보이지 않기 때문에 중력을 이용한 방법으로 그 존재를 확인할 수 있는 물질을 ()이라고 한다.
2. 최근 암흑 물질의 존재를 확인하는 데 () 현상을 이용하기도 한다.
3. 우리은하의 회전 속도를 관측하여 ()의 존재를 확인할 수 있다.

정답

1. 암흑 물질
2. 중력 렌즈
3. 암흑 물질

개념 체크

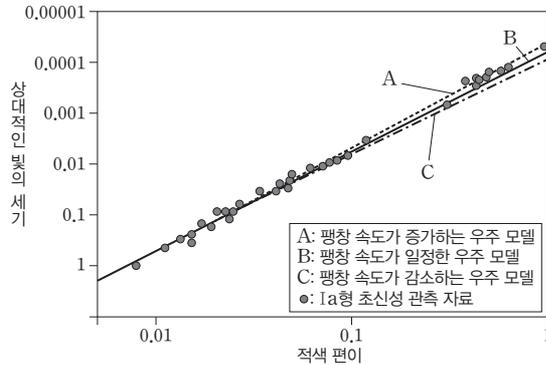
● Ia형 초신성

매우 밝으며, 일정한 질량에서 폭발하기 때문에 최대로 밝아졌을 때의 절대 등급이 일정하여 멀리 있는 외부 은하의 거리를 측정하는 데 이용된다.

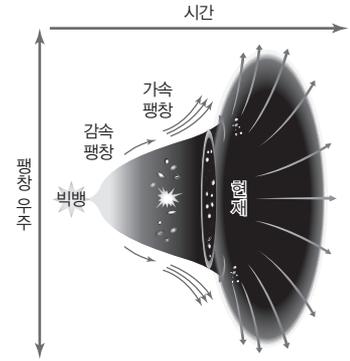
1. 암흑 에너지는 ()력으로 작용해 우주를 가속 팽창시킨다.
2. 우주는 생성 초기 급팽창 이후 팽창 속도가 ()하다가 다시()하였다.
3. () 팽창하는 우주 모델은 보통 물질과 암흑 물질을 고려한 모델이다.
4. 현재 우주를 구성하고 있는 것 중에서 차지하는 비율이 가장 높은 것은 ()이다.

② 최근의 관측 결과 현재 우주는 팽창 속도가 계속 증가하는 것으로 밝혀졌다. 이것은 우주 안에 있는 물질들의 인력을 합친 것보다 더 큰 어떤 힘이 우주를 팽창시키고 있음을 의미한다. 과학자들은 이 힘을 발생시키는 에너지를 암흑 에너지라고 하는데, 암흑 에너지는 우주에 널리 퍼져 있으며 척력으로 작용해 우주를 가속 팽창시키는 역할을 하는 것으로 추정하고 있다.

과학 돋보기 암흑 에너지와 우주의 가속 팽창



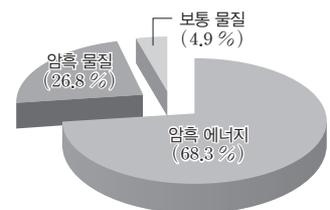
Ia형 초신성 관측 자료와 우주의 팽창 모델



- A(가속 팽창 우주 모델)는 보통 물질, 암흑 물질, 암흑 에너지를 모두 고려한 모델이며, C(감속 팽창 우주 모델)는 보통 물질과 암흑 물질만 고려한 모델이다.
- 20세기 말에 Ia형 초신성을 관측하여 얻은 자료는 A(가속 팽창하는 모델)와 거의 비슷하게 나타난다.
- 지금까지 알려진 이론과 관측 증거들을 종합하면, 우주는 약 138억 년 전에 빅뱅으로 탄생하여 짧은 순간 급격히 팽창하였으며, 이후에 팽창 속도가 조금씩 감소하다가 수십억 년 전부터 암흑 에너지에 의해 다시 증가하기 시작하였다. ➔ 현재 우주는 암흑 에너지에 의해 가속 팽창하고 있다.

(3) 우주의 구성

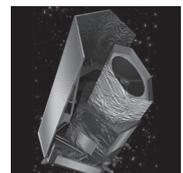
- ① 2013년에 과학자들은 플랑크 우주 망원경으로 관측한 결과를 바탕으로 우주가 약 4.9%의 보통 물질, 약 26.8%의 암흑 물질, 약 68.3%의 암흑 에너지로 구성되어 있다고 주장하였다.
- ② 과학자들은 현재 우주는 평탄하지만 많은 양의 암흑 에너지가 우주를 가속 팽창시키기 때문에 우주는 영원히 팽창할 것이라고 예측하고 있다. 그러나 암흑 물질과 암흑 에너지에 대한 더 많은 이해가 가능해질 때 우주의 정확한 모습이 밝혀질 것이다.



현재 우주의 구성

과학 돋보기 암흑 물질과 암흑 에너지를 찾을 유클리드 망원경

유클리드 망원경은 우주에 분포하는 암흑 물질과 암흑 에너지를 찾기 위해 2022년에 발사될 예정인 우주 망원경으로, 약한 중력 렌즈 현상을 이용하여 우주의 넓은 영역에 대한 이미지를 구현함으로써 암흑 물질과 암흑 에너지를 찾을 계획이다. 또한 은하들의 적색 편이 등을 측정하여 100억 광년 범위의 우주를 포함하는 입체 지도를 작성할 계획이다.



유클리드 망원경

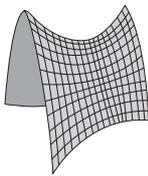
정답

1. 척
2. 감소, 증가
3. 감속
4. 암흑 에너지

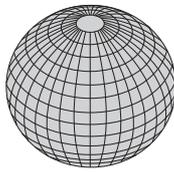
(4) 우주의 미래: 우주가 영원히 팽창할지, 팽창을 멈추게 될지는 우주 내부에 있는 물질과 에너지양에 의해 결정된다.

- ① 임계 밀도: 평탄 우주의 밀도이다.
- ② 우주 모형(암흑 에너지를 고려하지 않을 경우)

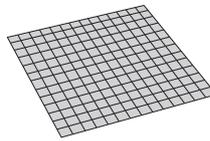
열린 우주	우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작고, 곡률이 음(-)인 우주이다.	
닫힌 우주	우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 크고, 곡률이 양(+)인 우주이다.	
평탄 우주	우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같고, 곡률이 0인 우주이다.	



열린 우주



닫힌 우주

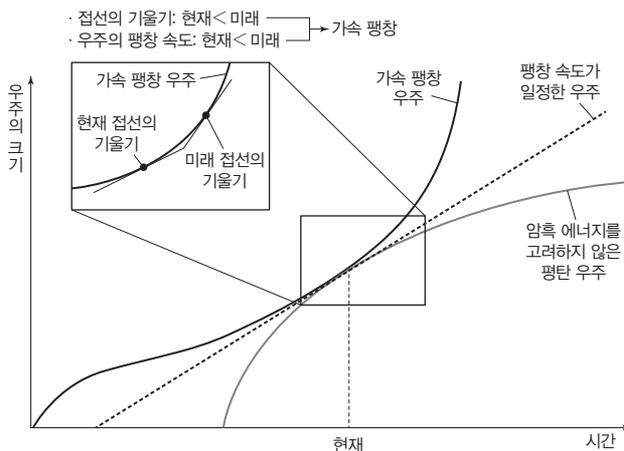


평탄 우주

열린 우주, 닫힌 우주, 평탄 우주의 기하학적 성질을 표현한 2차원 구조

③ 우주 모형에 따른 팽창 속도

- 과학자들은 최근의 관측 자료를 근거로 현재의 우주는 평탄하지만 팽창 속도가 점점 증가하는 것으로 보고 있으며, 이처럼 우주의 팽창 속도가 증가하는 것은 척력으로 작용하는 암흑 에너지 때문인 것으로 설명하고 있다.



우주 모형에 따른 팽창 속도 변화

- 현재 우주는 최근에 관측한 결과를 분석하여 팽창 속도가 점점 증가하는 가속 팽창 우주임이 밝혀졌다. 또한 우주의 크기가 0이 되는 점이 대폭발이 일어난 시점이므로 현재부터 이 점까지의 시간으로 우주의 나이를 추정할 수 있다. 따라서 우주의 나이는 가속 팽창 우주 모형으로 추정한 값이 암흑 에너지를 고려하지 않은 평탄 우주 모형으로 추정한 값보다 많다.

개념 체크

● 우주의 미래(암흑 에너지를 고려하지 않을 경우)

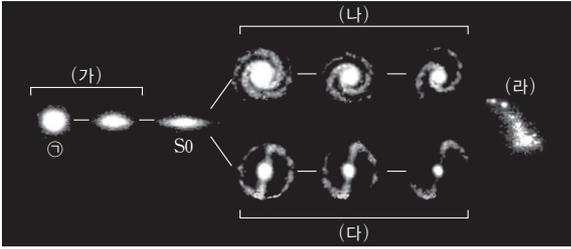
- 평탄 우주: 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같을 때 팽창 속도가 계속 감소하여 0으로 수렴하는 우주 모형이다.
- 열린 우주: 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작을 때 영원히 팽창하는 우주 모형이다.
- 닫힌 우주: 우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 클 때 팽창 속도가 계속 감소하다가 결국은 수축하여 크기가 다시 감소하는 우주 모형이다.

1. 평탄 우주에서는 우주의 평균 밀도와 () 밀도가 같다.
2. 닫힌 우주는 곡률이 ()인 우주이다.
3. 현재 우주는 ()하지만 암흑 ()에 의해 팽창 속도가 점점 증가한다고 추정하고 있다.
4. 시간에 따른 우주 크기의 변화율은 ()이다.
5. 우주의 나이는 가속 팽창 우주 모형으로 추정한 값이 팽창 속도가 일정한 우주 모형으로 추정한 값보다 ()다.

정답

1. 임계
2. 양(+)
3. 평탄, 에너지
4. 우주 팽창 속도
5. 많

01 [22026-0271] 그림은 허블의 은하 분류를 나타낸 것이다.



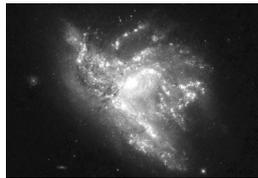
이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① ㉠은 E7에 해당한다.
- ② (나)는 SB, (다)는 S로 나타낸다.
- ③ 은하는 (가)의 상태에서 (나)의 형태로 진화한다.
- ④ (다)에서 성간 물질은 주로 중앙 팽대부에 분포한다.
- ⑤ (라)는 (나)보다 파란 별의 분포 비율이 높다.

02 [22026-0272] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 형태의 은하를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

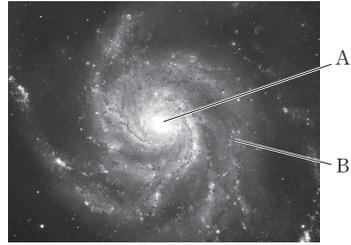
(가)가 (나)보다 큰 값을 가지는 물리량만으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 색지수
- ㉡. 성간 물질의 비율
- ㉢. 구성하는 별의 평균 연령

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

03 [22026-0273] 그림은 어느 외부 은하의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

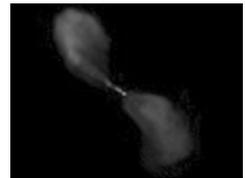
- ㉠. 정상 나선 은하에 해당한다.
- ㉡. 붉은 별의 비율은 A보다 B에서 높다.
- ㉢. 새로운 별의 탄생은 B보다 A에서 활발하다.

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

04 [22026-0274] 그림은 어느 특이 은하를 가시광선 영역과 전파 영역에서 관측한 영상을 나타낸 것이다.



가시광선 영상



전파 영상

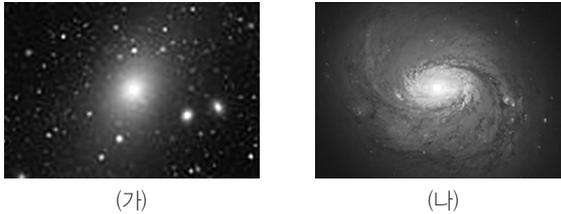
이 은하에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 전파 은하이다.
- ㉡. 형태상 타원 은하에 해당한다.
- ㉢. 은하 중심부로부터 분출되는 물질의 대부분은 관측자의 시선 방향으로 분출된다.

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

05 [22026-0275] 그림 (가)와 (나)는 어느 전파 은하와 세이퍼트은하의 가시광선 영상을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 전파 영역에서 강한 에너지를 방출한다.
 - ㄴ. (나)의 스펙트럼에서 폭이 넓은 방출선이 나타난다.
 - ㄷ. (가)와 (나) 모두 중심부에 블랙홀이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0276] 그림은 두 나선 은하가 충돌하는 모습을 나타낸 것이다.

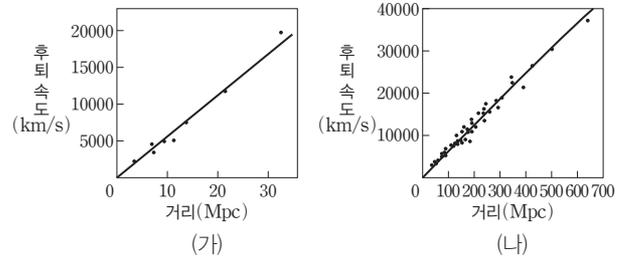


이 과정에서 일어날 수 있는 현상으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 별들의 충돌이 빈번하게 일어난다.
 - ㄴ. 새로운 별의 탄생 빈도가 증가한다.
 - ㄷ. 어느 한 은하에서 다른 은하를 관측하면 청색 편이가 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [22026-0277] 그림은 외부 은하까지의 거리와 후퇴 속도와의 관계를 나타낸 것이다. (가)는 1931년 허블이 발표한 자료이고, (나)는 최근 연구 결과를 바탕으로 한 자료이다.



(가)가 (나)보다 큰 값을 가지는 물리량으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 같은 거리에 있는 은하의 적색 편이
 - ㄴ. 허블 상수
 - ㄷ. 관측 가능한 우주의 크기

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0278] 표는 어느 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선 A, B, C의 기준 파장과 파장 변화량을 각각 나타낸 것이다.

흡수선	기준 파장(λ_0)	파장 변화량($\Delta\lambda$)
A	400	a
B	500	b
C	600	12

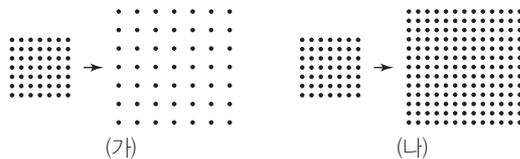
(단위: nm)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속도는 3×10^5 km/s이다.)

- 보기
- ㄱ. a와 b는 같다.
 - ㄴ. B는 512 nm로 관측된다.
 - ㄷ. 후퇴 속도는 6000 km/s이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0279] 그림은 서로 다른 우주론에서 시간에 따른 우주의 변화를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 빅뱅 우주론과 정상 우주론 중 하나이고, 그림에서 점(•)은 은하를 나타낸다.

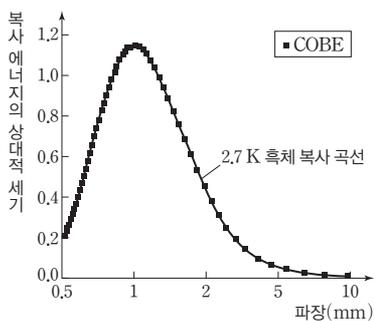


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 빅뱅 우주론이다.
 - ㄴ. (나)에서 은하까지의 거리와 후퇴 속도는 비례한다.
 - ㄷ. 우주의 온도가 항상 일정하게 유지되는 것은 (나)이다.

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

10 [22026-0280] 그림은 2.7 K 흑체 복사 곡선과 COBE의 우주 배경 복사 관측 자료를 나타낸 것이다.

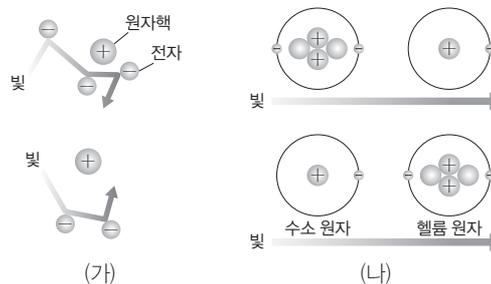


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우주 배경 복사는 2.7 K의 흑체 복사와 거의 일치한다.
 - ㄴ. 우주 배경 복사가 최초로 방출될 당시 우주의 온도는 2.7 K이었다.
 - ㄷ. COBE의 관측 결과는 정상 우주론의 증거가 된다.

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

11 [22026-0281] 그림 (가)와 (나)는 빅뱅 이후 어느 시기의 우주의 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우주의 온도는 (가) 시기가 (나) 시기보다 높다.
 - ㄴ. (가) 시기는 투명한 우주에 해당한다.
 - ㄷ. 우주 배경 복사는 (나) 시기보다 나중에 형성되었다.

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

12 [22026-0282] 다음은 빅뱅 우주론에서 설명하기 어려운 문제 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 우주의 평탄성 문제와 우주의 지평선 문제 중 하나이다.

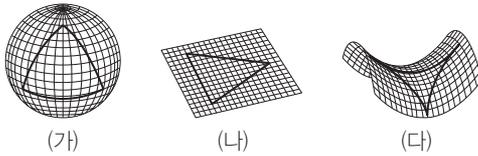
- (가) 현재의 관측 결과 우주는 완벽할 정도로 평탄하다.
- (나) 현재 우주의 모든 방향에서 우주 배경 복사가 거의 균일하게 관측된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 현재 우주의 곡률은 0이다.
 - ㄴ. (나)를 우주의 지평선 문제라고 한다.
 - ㄷ. (가)와 (나)의 문제는 현재 우주의 가속 팽창으로 설명할 수 있다.

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

- 13 [22026-0283] 그림 (가), (나), (다)는 열린 우주, 닫힌 우주, 평탄 우주의 기하학적 성질을 2차원의 형태로 표현하여 순서 없이 나타낸 것이다.

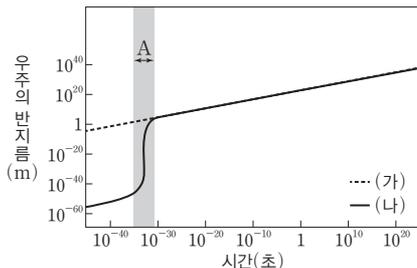


(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우주의 평균 밀도는 (가)의 우주가 가장 크다.
 - ㄴ. 곡률은 (나)의 우주가 (다)의 우주보다 크다.
 - ㄷ. 현재 우주는 (다)의 우주에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 14 [22026-0284] 그림은 빅뱅 이후 시간에 따른 우주의 반지름 변화를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 대폭발 우주론과 급팽창 이론 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 급팽창 이론이다.
 - ㄴ. (나)에서 A 시기에 우주는 빛의 속도로 팽창하였다.
 - ㄷ. (나)에서 A 시기 이전에 우주의 크기는 우주의 지평선보다 작았다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 15 [22026-0285] 표는 현재 우주를 구성하는 요소의 상대적인 비율을 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 보통 물질, 암흑 물질, 암흑 에너지 중 하나이다.

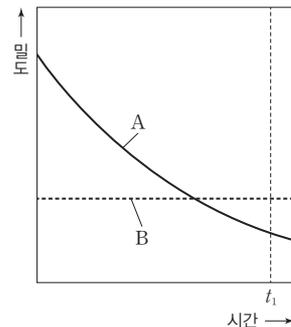
구성 요소	상대적인 비율(%)
A	68.3
B	26.8
C	4.9

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 암흑 에너지이다.
 - ㄴ. B는 가시광선으로 직접 관측할 수 없다.
 - ㄷ. 우리은하의 외곽 부분에는 C보다 B의 밀도가 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 16 [22026-0286] 그림은 시간에 따른 우주의 구성 요소 A와 B의 밀도를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 물질과 암흑 에너지 중 하나이다.

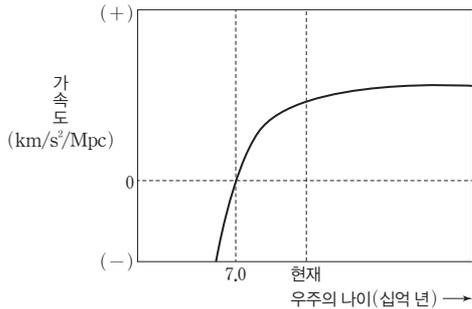


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 암흑 에너지는 B이다.
 - ㄴ. 시간이 흐름에 따라 물질의 질량은 감소한다.
 - ㄷ. t_1 시기의 우주에서 공간에 작용하는 힘은 인력보다 척력이 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

17 [22026-0287] 그림은 우주의 나이에 따른 팽창 가속도를 나타낸 것이다.

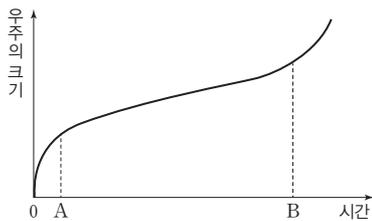


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우주의 나이가 69억 년일 때, 우주에는 암흑 에너지 비율이 물질 비율보다 높았다.
 - ㄴ. 우주의 나이가 70억 년일 때, 우주의 팽창 속도는 0이다.
 - ㄷ. 현재 이후 우주의 팽창 속도는 점점 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22026-0288] 그림은 어느 우주 모형에서 시간에 따른 우주의 크기 변화를 나타낸 것이다.

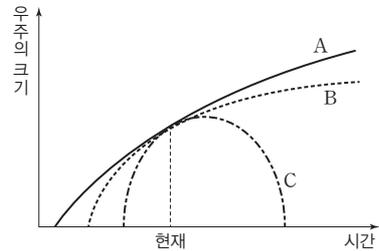


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A 시기에 우주는 감속 팽창한다.
 - ㄴ. 우주에서 $\frac{\text{암흑 에너지 비율}}{\text{물질 비율}}$ 은 A 시기가 B 시기보다 크다.
 - ㄷ. 우주의 온도는 A 시기가 B 시기보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 [22026-0289] 그림은 물질만으로 구성된 우주 모형 A, B, C에서 빅뱅 이후 시간에 따른 우주의 크기 변화를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 열린 우주, 닫힌 우주, 평탄 우주 중 하나이다.

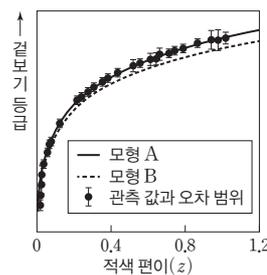


A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 현재 우주의 평균 밀도는 A가 가장 크다.
 - ㄴ. 우주의 곡률은 C가 가장 크다.
 - ㄷ. B에서 우주의 평균 밀도는 임계 밀도와 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 [22026-0290] 그림은 우주 모형 A와 B에서 Ia형 초신성의 적색 편이와 겹보기 등급과의 관계를 관측 자료와 함께 나타낸 것이고, 표는 우주 모형 (가)와 (나)의 임계 밀도(ρ_c)에 대한 물질 밀도(ρ_m) 및 암흑 에너지 밀도(ρ_Λ)를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 A와 B 중 하나이다.



우주 모형	$\frac{\rho_m}{\rho_c}$	$\frac{\rho_\Lambda}{\rho_c}$
(가)	0.3	0.7
(나)	1.0	0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. $z=1.0$ 인 Ia형 초신성의 거리는 A로 예측했을 때가 B로 예측했을 때보다 멀다.
 - ㄴ. A는 가속 팽창하는 우주 모형이다.
 - ㄷ. (가)는 B에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 [22026-0291] 다음은 외부 은하를 허블의 은하 분류에 따라 (가), (나), (다)로 구분하여 특징을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하 중 하나이다.

- 평균 색지수는 (가) > (다)이다.
- 구성하는 별의 평균 연령은 (가) > (나)이다.
- 관측되는 은하 중 구성 비율은 (다) > (나)이다.

(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㉠ 보기 ㉡
- ㉠. (가)는 편평도에 따라 세분한다.
 - ㉡. 은하의 질량에 대한 성간 물질의 비는 (나)가 가장 크다.
 - ㉢. 우리은하는 (다)에 속한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

지구에서 관측되는 은하를 형태에 따라 분류하면 나선 은하의 비율이 가장 높고, 불규칙 은하가 가장 낮은 비율로 나타난다.

02 [22026-0292] 표는 외부 은하를 허블의 은하 분류에 따라 (가), (나), (다)로 구분하여 특징을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하 중 하나이다.

구분	(가)	(나)	(다)
절대 등급	-13 ~ -18	-15 ~ -21	-9 ~ -23
평균 색지수	(㉠)	0.4 ~ 0.8	1.0
$\frac{\text{성간 물질 중 수소 질량}}{\text{전체 질량}} \times 100(\%)$	22 ± 4	5 ± 2	거의 0

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ㉠ 보기 ㉡
- ㉠. (가), (나), (다)는 절대 등급을 기준으로 분류할 수 있다.
 - ㉡. ㉠은 1.0보다 크다.
 - ㉢. 구성하는 별들의 평균 연령은 (다)가 가장 많다.

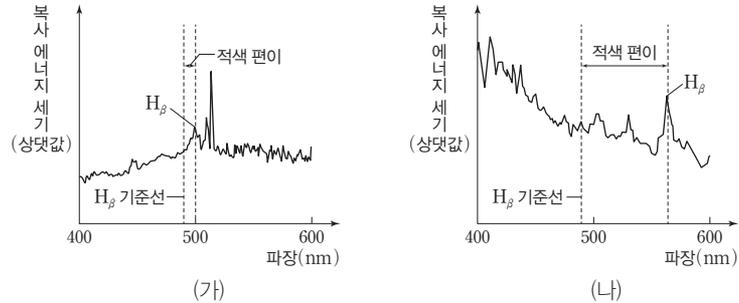
- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

타원 은하는 붉고, 늙은 별들로 주로 구성되어 있으며, 성간 물질이 상대적으로 적게 분포한다. 반면 불규칙 은하는 파랗고, 젊은 별들로 주로 구성되어 있으며, 성간 물질이 많이 분포한다.

세이퍼트은하는 대부분 나선 은하로 관측되며, 퀘이사는 별처럼 점상으로 관측된다. 은하임에도 불구하고 퀘이사가 점상으로 관측되는 이유는 매우 먼 거리에 위치하기 때문이다.

퀘이사는 적색 편이가 매우 크게 나타나는데, 이는 매우 먼 거리에서 빠른 속도로 후퇴하고 있다는 것을 의미한다. 이는 퀘이사가 대부분 우주 생성 초기에 형성되었다는 것을 나타낸다.

03 [22026-0293] 그림은 특이 은하의 스펙트럼을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 퀘이사와 세이퍼트은하 중 하나이다.

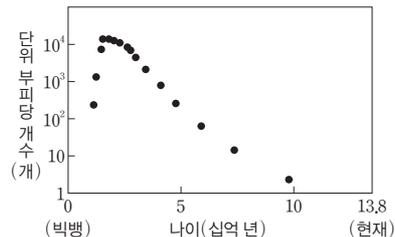


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 세이퍼트은하이다.
 - ㄴ. 시지름은 (가)가 (나)보다 크다.
 - ㄷ. (가)는 (나)보다 과거에 생성되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [22026-0294] 그림 (가)는 퀘이사 3C 273을 배경별과 함께 촬영한 것이고, (나)는 우주 나이에 따른 단위 부피당 퀘이사의 개수를 나타낸 것이다.



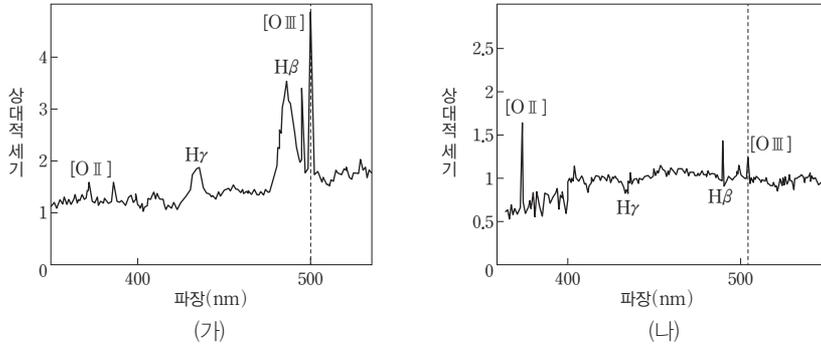
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 3C 273은 우리은하 안에 있는 천체이다.
 - ㄴ. 퀘이사는 대부분 최근에 만들어졌다.
 - ㄷ. 적색 편이가 큰 퀘이사일수록 보다 과거의 모습으로 관측된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [22026-0295]

그림은 서로 다른 은하의 스펙트럼을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 세이퍼트 은하와 일반적인 나선 은하 중 하나이다. 점선은 [O III] 방출선의 관측 파장에 해당한다.



세이퍼트 은하는 일반적인 은하에 비해 핵이 다른 부분보다 상대적으로 밝고, 은하 내의 가스운이 매우 빠른 속도로 움직이고 있어 스펙트럼에서 넓은 방출선이 관측된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

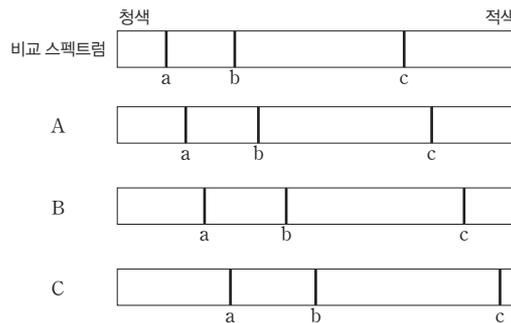
보기

ㄱ. 세이퍼트 은하는 (가)이다.
 ㄴ. 지구에서 은하까지의 거리는 (가)가 (나)보다 멀다.
 ㄷ. $\frac{\text{중심핵 밝기}}{\text{은하 전체 밝기}}$ 는 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [22026-0296]

그림은 은하 A, B, C의 관측 스펙트럼을 비교 스펙트럼과 함께 나타낸 것이다. 세 은하는 허블 법칙을 만족한다.



외부 은하의 후퇴 속도(v)는 흡수선의 파장 변화량($\Delta\lambda = \text{관측 파장} - \text{원래 파장}$)이 클수록 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① A에서 흡수선의 파장 변화량은 b가 a보다 작다.
 ② 흡수선 c의 적색 편이는 C가 A보다 크다.
 ③ 후퇴 속도는 A가 B보다 크다.
 ④ 지구에서 은하까지의 거리는 B가 C보다 멀다.
 ⑤ $\frac{\text{후퇴 속도}}{\text{은하까지의 거리}}$ 는 C가 A보다 크다.

허블 법칙에 의하면 은하의 거리와 후퇴 속도는 비례하고, 후퇴 속도는 은하의 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화량에 비례한다.

외부 은하까지의 거리를 가로축 물리량으로, 후퇴 속도를 세로축 물리량으로 나타낸 그래프에서 기울기는 허블 상수에 해당한다.

07 [22026-0297] 다음은 은하 A, B, C에 대한 설명이다. A, B, C는 허블 법칙을 만족한다.

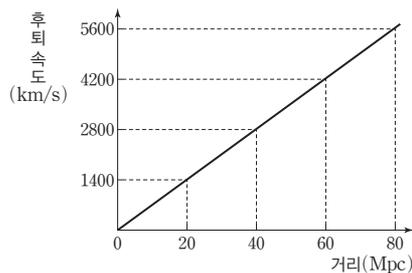
- 우리은하, A, B, C는 일직선상에 위치하며, 우리은하를 기준으로 두 은하는 다른 한 은하와 반대 방향에 위치한다.
- B와 C 사이의 거리는 A와 B 사이의 거리보다 멀다.
- 우리은하에서 A까지의 거리는 30 Mpc이다.
- C의 스펙트럼에서 500 nm의 기준 파장을 갖는 흡수선이 507 nm로 관측되었다.
- 만약 C에서 B를 관측한다면, B는 3500 km/s의 속도로 멀어질 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 허블 상수는 70 km/s/Mpc, 빛의 속도는 3×10^8 km/s이다.)

- 보기
- ㄱ. A의 스펙트럼에서 500 nm의 기준 파장을 갖는 흡수선은 503.5 nm로 관측된다.
 - ㄴ. 가장 빠른 속도로 멀어지는 것은 B이다.
 - ㄷ. C에서 A를 관측한다면, A는 2100 km/s의 속도로 멀어질 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [22026-0298] 그림은 외부 은하의 거리와 후퇴 속도와의 관계를, 표는 외부 은하 (가)와 (나)의 거리와 스펙트럼에서 어느 방출선 A의 파장 변화량($\Delta\lambda$)을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 허블 법칙을 만족한다.



은하	거리(Mpc)	$\Delta\lambda$ (nm)
(가)	()	2.1
(나)	90	6.3

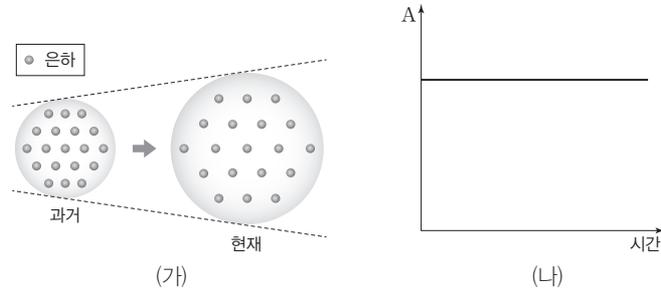
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속도는 3×10^8 km/s이다.)

- 보기
- ㄱ. 허블 상수는 70 km/s/Mpc이다.
 - ㄴ. 방출선 A의 기준 파장은 300 nm이다.
 - ㄷ. (가)의 후퇴 속도는 2100 km/s이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [22026-0299]

그림 (가)는 어느 우주론에서 시간에 따른 우주의 변화를, (나)는 (가)의 우주론에서 시간에 따른 우주의 물리량 A의 변화를 나타낸 것이다.



빅뱅 우주론은 온도와 밀도가 매우 높은 한 점에서 대폭발이 일어난 후 점점 우주가 팽창한다는 이론으로, 팽창하는 동안 우주의 질량은 일정하다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

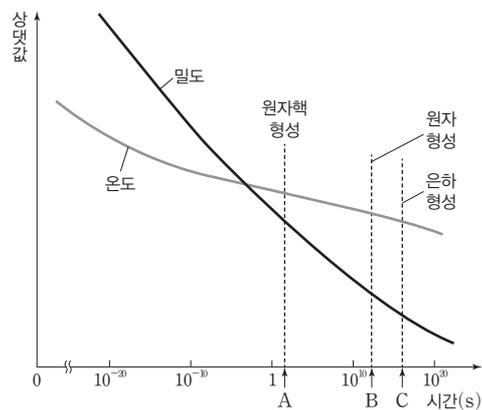
보기

- ㄱ. (가)는 빅뱅 우주론에 해당한다.
- ㄴ. 우주의 밀도는 A에 해당한다.
- ㄷ. 2.7 K 우주 배경 복사의 관측은 (가) 우주론의 증거가 된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [22026-0300]

그림은 빅뱅 우주론에서 시간에 따른 우주의 온도와 밀도 변화를 우주가 진화하는 동안 발생한 주요 사건과 함께 나타낸 것이다.



빅뱅 우주론에 의하면 시간이 경과함에 따라 우주의 크기는 증가하고, 우주의 밀도와 온도는 감소하며, 우주의 질량은 일정하다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

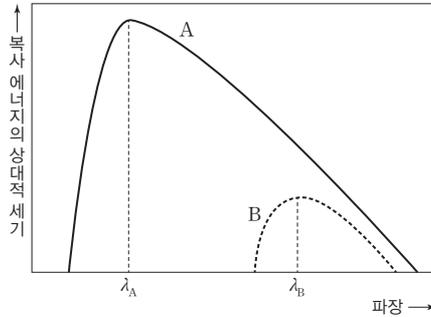
보기

- ㄱ. 빅뱅 이후 우주의 크기는 증가하였다.
- ㄴ. 우주 배경 복사가 최초로 방출된 시기는 A 시기 무렵이다.
- ㄷ. 우주의 총 질량은 B 시기보다 C 시기에 더 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

우주 배경 복사는 우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출된 복사 에너지로, 우주가 팽창하는 동안 파장이 길어져 현재는 온도가 약 2.7 K인 복사로 관측된다.

11 [22026-0301] 그림의 A와 B는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때와 현재의 우주 배경 복사의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 순서 없이 나타낸 것이다. λ_A 와 λ_B 는 각각 A와 B에서 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

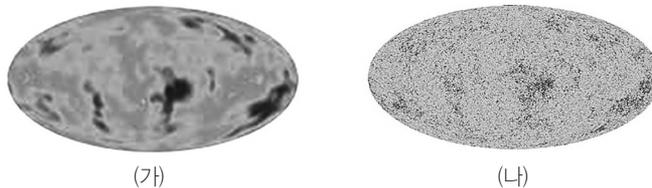
보기

- ㄱ. 우주의 온도는 빅뱅 이후 약 38만 년이 지났을 때가 현재보다 높다.
- ㄴ. 현재 우주 배경 복사의 상대적 세기를 나타낸 것은 B이다.
- ㄷ. λ_B 는 λ_A 의 약 100배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

우주 배경 복사는 1960년대 펜지어스와 윌슨이 최초로 관측한 이후 코비(COBE), 더블유맵(WMAP), 플랑크(Planck) 등 다양한 우주 망원경으로 더욱 정밀하게 관측되었고, 그로 인해 초기 우주의 온도 분포를 더 정확하게 알 수 있게 되었다.

12 [22026-0302] 그림 (가)와 (나)는 각각 코비(COBE) 우주 망원경과 플랑크(Planck) 우주 망원경으로 관측한 우주 배경 복사의 분포를 나타낸 것이다.



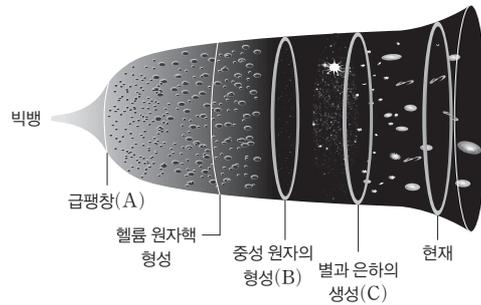
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 (나)보다 먼저 관측한 것이다.
- ㄴ. (가)와 (나) 모두 적외선 영역으로 관측한 것이다.
- ㄷ. (나)의 관측 결과, 초기 우주의 온도 분포가 완벽하게 균일하다는 것이 확인되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 13 [22026-0303] 그림은 빅뱅 이후 현재에 이르는 동안 일어난 주요 사건들을 나타낸 것이다.



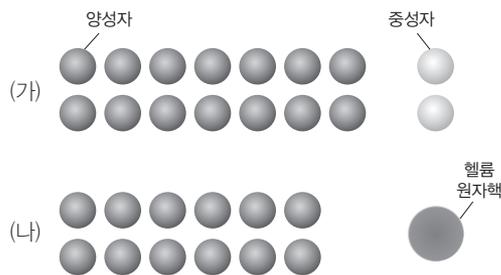
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A 시기 무렵 우주는 빛의 속도로 팽창하였다.
 ㄴ. 우주 배경 복사가 방출된 시기는 B 시기 무렵이다.
 ㄷ. 우주 구성 물질 중 암흑 에너지가 차지하는 비율은 C 시기가 현재보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 14 [22026-0304] 그림 (가)와 (나)는 초기 우주의 서로 다른 시기에 양성자, 중성자, 헬륨 원자핵의 개수를 비율대로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 우주의 온도는 (가) 시기가 (나) 시기보다 높다.
 ㄴ. (나) 시기의 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 개수비는 약 3 : 1이다.
 ㄷ. 현재 우주에 존재하는 수소와 헬륨의 질량비는 (나) 시기에 존재하는 수소 원자핵과 헬륨 원자핵의 질량비와 거의 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

급팽창 이론(인플레이션 이론)은 우주가 탄생한 후 10^{-36} ~ 10^{-34} 초 사이에 우주가 빛보다 빠른 속도로 팽창하였다는 이론으로, 빅뱅 우주론에서 설명할 수 없었던 여러 문제들을 해결할 수 있었다.

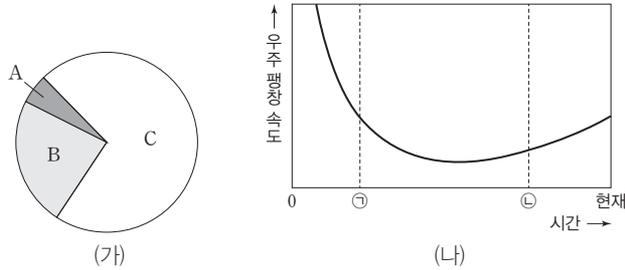
빅뱅 우주론에 따르면 초기 우주에서 생성된 수소와 헬륨의 질량비는 약 3 : 1이며, 이는 실제 관측 결과와 거의 일치한다.

암흑 에너지는 척력으로 작용하여 공간을 팽창시키는 역할을 한다. 암흑 에너지의 비율이 물질 비율보다 높으면 우주는 가속 팽창한다.

빅뱅 이후 시간이 경과함에 따라 우주에서 암흑 에너지가 차지하는 비율은 점점 증가하였고, 공간이 팽창함에 따라 물질이 차지하는 비율은 점점 감소하였다.

[22026-0305]

15 그림 (가)는 현재 우주를 구성하는 요소 A, B, C의 상대적인 비율을, (나)는 빅뱅 이후 현재까지 우주의 팽창 속도를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 보통 물질, 암흑 물질, 암흑 에너지 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

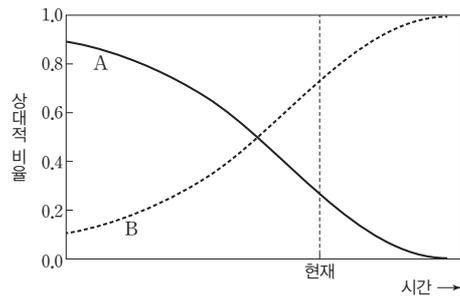
보기

- ㄱ. 중성자는 A에 해당한다.
- ㄴ. ㉠ 시기의 우주에는 C가 B보다 구성 비율이 높다.
- ㄷ. C의 밀도는 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[22026-0306]

16 그림은 시간에 따른 우주 구성 요소 A, B의 상대적 비율을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 물질과 암흑 에너지 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

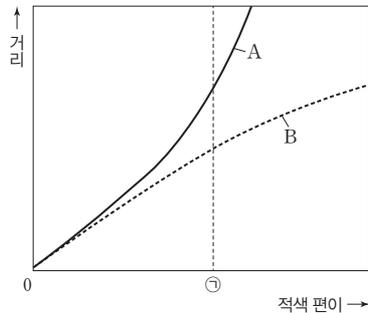
보기

- ㄱ. A는 물질이다.
- ㄴ. B는 중력 렌즈 현상을 일으킨다.
- ㄷ. 현재 이후 우주의 팽창 속도는 점점 증가할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 [22026-0307]

그림은 은하들의 적색 편이와 거리와의 관계를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 가속 팽창 우주 모형과 감속 팽창 우주 모형 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

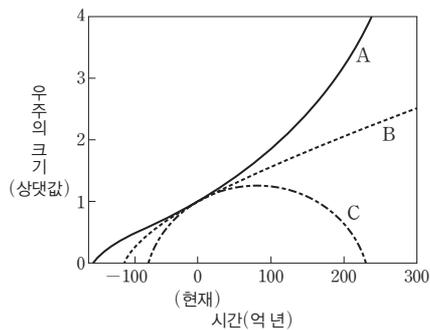
보기

- ㄱ. A와 B 모두 은하의 거리가 멀수록 후퇴 속도가 빠르다.
- ㄴ. 적색 편이가 ①일 때, 은하의 겉보기 밝기는 B보다 A에서 밝다.
- ㄷ. B에서는 암흑 에너지 밀도가 물질 밀도보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 [22026-0308]

그림은 서로 다른 우주 모형 A, B, C에서 시간에 따른 우주의 상대적 크기를, 표는 A, B, C에서 임계 밀도(ρ_c)에 대한 물질 밀도(ρ_m) 및 암흑 에너지 밀도(ρ_Λ)를 나타낸 것이다.



우주 모형	$\frac{\rho_m}{\rho_c}$	$\frac{\rho_\Lambda}{\rho_c}$
A	0.3	0.7
B	1.0	0
C	(①)	0

A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 열린 우주이다.
- ㄴ. 우주의 곡률은 A와 B가 같다.
- ㄷ. C에서 ①은 1.0보다 크다.
- ㄹ. 우주의 나이는 C에서 가장 많다.

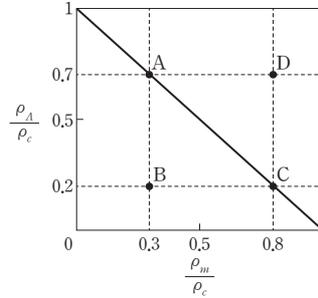
- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄱ, ㄹ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄷ, ㄹ

가로축이 적색 편이, 세로축이 거리인 그래프에서 기울기는 허블 상수의 역수, 즉 우주의 팽창률의 역수를 의미한다. 즉, 기울기가 작을수록 우주가 빠른 속도로 팽창하고 있음을 의미한다.

평탄 우주는 임계 밀도가 우주의 밀도(물질 밀도+암흑 에너지 밀도)와 같은 우주로 곡률이 0이다.

우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 크면 닫힌 우주, 같으면 평탄 우주, 작으면 열린 우주에 해당한다. 현재 우주는 평탄하지만, 암흑 에너지에 의해 가속 팽창하고 있다.

19 [22026-0309] 그림은 서로 다른 우주 모형 A~D에서 임계 밀도(ρ_c)에 대한 물질 밀도(ρ_m) 및 암흑 에너지 밀도(ρ_Λ)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우주의 곡률은 A가 B보다 작다.
 - ㄴ. 우주의 평균 밀도는 A가 C보다 크다.
 - ㄷ. D는 닫힌 우주에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Ia형 초신성의 적색 편이 값과 밝기를 관측하여 얻은 결과로부터 최근 우주가 가속 팽창하고 있다는 사실을 발견하였다.

20 [22026-0310] 다음은 Ia형 초신성에 대한 설명이다.

Ia형 초신성은 동반성을 가진 백색 왜성이 동반성의 물질을 흡수하다가 질량이 태양 질량의 1.44배가 될 때 자신의 중력을 더 이상 버티지 못하고 붕괴하면서 엄청난 폭발을 일으키는 초신성을 말한다. 이렇게 폭발하는 초신성은 최대 밝기가 거의 일정하므로 거리 측정의 잣대로 사용된다.

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 최대 밝기일 때, Ia형 초신성의 절대 등급은 거의 일정하다.
 - ㄴ. 최대 밝기일 때, 겉보기 등급이 큰 Ia형 초신성일수록 거리가 멀다.
 - ㄷ. Ia형 초신성 관측을 통해 현재 우주가 가속 팽창함을 알게 되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ