

수능특강

과학탐구영역 | 지구과학I

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.

[23026-0001] 23026-0001

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

100
80
60
40
20
0

100
80
60
40
20
0

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

1. 2. 3.

참각!

※ 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

1. 아래 그래프를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

100
80
60
40
20
0

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

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.

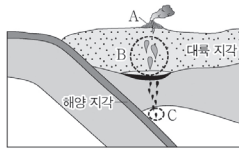
I

고체 지구

2023학년도 대학수학능력시험 6번

6. 그림은 해양판이 섭입되는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 마그마가 생성되는 지역과 분출되는 지역 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



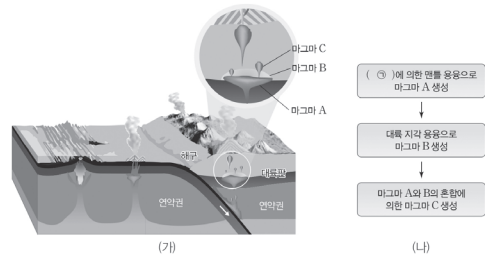
<보 기>

- ㉠. A에서는 주로 조립질 암석이 생성된다.
- ㉡. B에서는 안산암질 마그마가 생성될 수 있다.
- ㉢. C에서는 맨틀 물질의 용융으로 마그마가 생성된다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

2023학년도 EBS 수능특강 35쪽 7번

07 [2026-0043] 그림 (가)는 종류가 서로 다른 마그마 A, B, C가 생성되는 섭입대의 단면을, (나)는 A, B, C의 생성 과정을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 (보기)에서 있는 대로 고른 것은?

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

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

연계 분석

수능 6번 문제는 수능특강 35쪽 7번 문제와 연계하여 출제되었다. 수능 문제는 해양판이 섭입하는 모습과 마그마의 생성 지역 및 분출 지역을 자료로 제시하고 있으며, 수능특강 문제는 섭입대 부근에서 마그마의 생성 과정을 자료로 제시하고 있다. 수능 문제의 그림에서 C는 맨틀 물질의 용융에 의한 현무암질 마그마의 생성을 나타내고, B는 대륙 지각 하부에서 생성된 유문암질 마그마와 현무암질 마그마의 혼합에 의한 안산암질 마그마의 생성을 나타낸다. A는 마그마가 분출되어 화산암이 생성되는 지역을 나타낸다. 수능특강 문제의 그림에서 A는 물 공급에 의한 맨틀의 용융으로 생성된 현무암질 마그마를, B는 대륙 지각의 용융으로 생성된 유문암질 마그마를, C는 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 혼합에 의해 생성된 안산암질 마그마를 나타낸다. 수능 문제의 자료는 마그마의 생성 과정을 제시하고 있으며, <보기>에서 묻고 있는 내용 또한 마그마의 생성 과정과 화산암의 생성이라는 점에서 수능특강 문제와 유사성이 매우 높다.

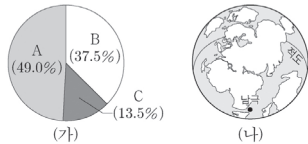
학습 대책

수능 문제에서는 수능특강 등 EBS 연계 교재 문제의 자료를 매우 유사하게 출제하는 경우가 있고, EBS 연계 교재 문제의 <보기> 지문을 매우 유사하게 출제하는 경우도 있다. 따라서 수능특강 등 EBS 연계 교재를 공부할 때는 <보기> 지문뿐만 아니라 문제의 자료에 대한 정확한 이해를 바탕으로 자료를 통해 출제될 수 있는 사항들을 종합적으로 정리하며 하나하나 해석하는 방향으로 학습해야 한다.



2023학년도 대학수학능력시험 10번

10. 그림 (가)는 40억 년 전부터 현재까지의 지질 시대를 구성하는 A, B, C의 지속 기간을 비율로 나타낸 것이고, (나)는 초대륙 로디니아의 모습을 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 시생 누대, 원생 누대, 현생 누대 중 하나이다.



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

- <보 기>
- ㄱ. A는 원생 누대이다.
 - ㄴ. (나)는 A에 나타난 대륙 분포이다.
 - ㄷ. 다세포 동물은 B에 출현했다.

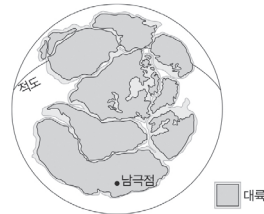
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능완성 41쪽 6번

06

▶22069-0077

그림은 초대륙 로디니아가 존재하던 어느 누대의 대륙 분포를 나타낸 것이다.



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

- <보 기>
- ㄱ. 현생 누대이다.
 - ㄴ. 육지에서 양치식물이 번성하였다.
 - ㄷ. 바다에는 남세균이 존재하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 10번 문제는 수능완성 41쪽 6번 문제와 연계하여 출제되었다. 수능 문제는 지질 시대 지속 기간의 비율과 초대륙 로디니아의 모습을 자료로 제시하고 있으며, 수능완성 문제는 초대륙 로디니아의 모습을 제시하고 있다. 수능 문제에 제시된 그림 (가)에서 A는 원생 누대, B는 시생 누대, C는 현생 누대를 나타내며, 그림 (나)는 원생 누대의 초대륙 로디니아의 모습이다. 수능 문제는 초대륙 로디니아의 모습으로부터 원생 누대의 환경과 생물을 해석하는 내용이기 때문에 원생 누대의 특징과 로디니아의 형성 시기를 묻고 있다는 점에서 수능완성 문제와 유사성이 높다. 한편 수능 문제에서는 지질 시대를 구성하는 누대 단위의 지속 기간 비율을 비교하여 시생 누대, 원생 누대, 현생 누대를 구분할 수 있어야 한다는 점에서 수능완성 문제와 차이가 있다.

학습 대책

수능 문제에서는 수능특강, 수능완성 등 EBS 연계 교재의 자료와 <보기>를 변형하거나 추가적인 자료를 제시하고 그와 관련된 내용을 묻는 경우가 많다. 따라서 EBS 연계 교재를 학습할 때는 문제의 정답을 찾는 것에 그치지 말고 제시된 자료를 분석하고 자료와 연관된 내용을 교육과정 내에서 종합적으로 파악하는 방향으로 학습해야 한다. 특히 주어진 자료와 관련 있는 자료가 다른 단원에 있다면, 각각의 내용을 연결하여 포괄적으로 이해하고 이를 다양한 문제 상황에 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. 베게너는 고생대 말기~중생대 초기에 초대륙 ()가 존재했다고 주장하였다.

2. 육상에서 서식하는 글로소프테리스의 화석이 멀리 떨어진 여러 대륙에서 발견되는 것은 () 이동의 증거이다.

3. 대서양 양쪽에 위치하는 대륙의 해안에서 발견되는 암석 분포와 지질 구조의 ()은 대륙 이동의 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



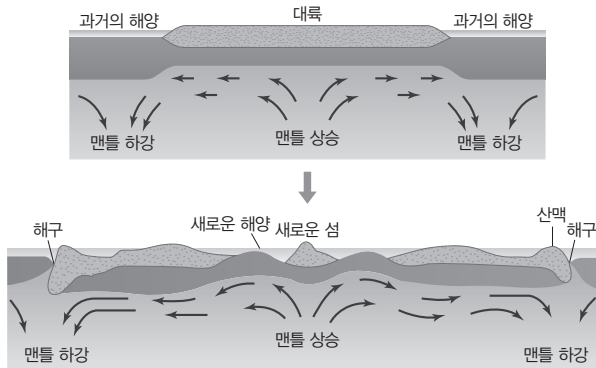
고생대 말 빙하 퇴적층의 분포



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

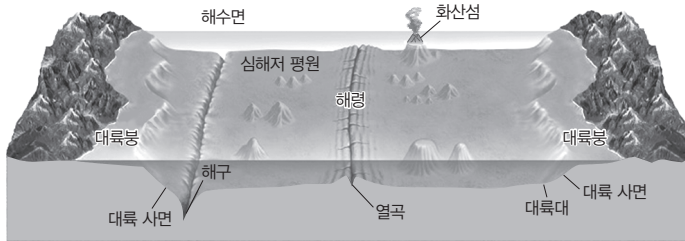


홈스의 맨틀 대류설

정답

1. 판게아
2. 대륙
3. 연속성

- 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.

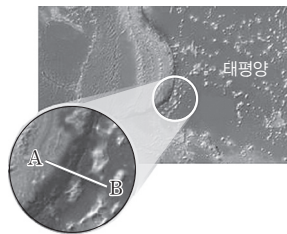


해저 지형 모식도

탐구자료 살펴보기 음향 측심 자료로부터 해저 지형 추정하기

탐구 과정

그림은 태평양판 경계 부근의 A-B 구간 해역을, 표는 A-B 구간 해역 중 일정한 거리 간격의 각 탐사 지점에서 초음파를 발사한 후 해저면에 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간을 측정하여 나타낸 것이다.



A-B 구간의 탐사 지점	1	2	3	4	5
A 지점으로부터의 거리(km)	0	25	50	75	100
초음파의 왕복 시간(초)	6.4	6.7	6.8	9.4	11.2

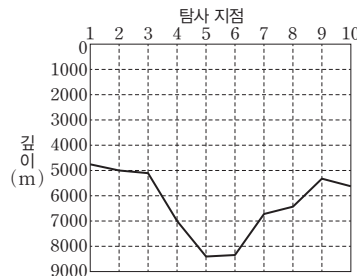
A-B 구간의 탐사 지점	6	7	8	9	10
A 지점으로부터의 거리(km)	125	150	175	200	225
초음파의 왕복 시간(초)	11.1	8.9	8.6	7.1	7.5

해수에서 초음파의 속력이 1500 m/s라고 가정할 때, 각 탐사 지점의 수심을 구하고 그래프로 그려 보자.

탐구 결과

A-B 구간의 탐사 지점	1	2	3	4	5
수심(m)	4800	5025	5100	7050	8400

A-B 구간의 탐사 지점	6	7	8	9	10
수심(m)	8325	6675	6450	5325	5625



분석 point

음향 측심 자료를 얻은 관측 해역에는 해구가 발달한다. → 탐사 지점 5와 6 부근은 수심이 매우 깊은 곳으로 해구가 발달한다. 해구는 해저 지형 중 수심이 가장 깊은 지형이며, 수심이 약 6000 m 이상인 좁고 긴 골짜기이다.

개념 체크

● 흠스의 맨틀 대류설

흠스는 맨틀 대류가 대륙 이동의 원동력이라고 주장하였다.

● 음향 측심법

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

$$\text{수심}(d) = \frac{1}{2}vt$$

1. 흠스는 ()의 붕괴열과 고온의 지구 중심부에서 맨틀로 공급되는 열에 의해 맨틀이 열대류를 한다고 생각하였다.
2. ()을 이용한 해령, 해구 등의 해저 지형 발견은 해저 확장설이 등장하는 데 중요한 역할을 하였다.
3. 평균 수심은 해구가 해령보다 ()다.

정답

1. 방사성 원소
2. 음향 측심법)
3. 깊

개념 체크

● 해저 확장설

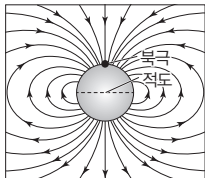
해령에서 새로운 해양 지각이 생성되고 확장된다는 이론이다.

● 해저 고지자기 줄무늬

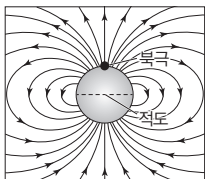
해저 고지자기 줄무늬는 해령과 거의 나란하고 해령을 축으로 대칭을 이룬다.

● 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 연령은 ()한다.
2. 지구 자기장의 방향이 현재와 같은 시기를 ()라고 한다.
3. 해양 지각에 기록된 해저 고지자기 줄무늬는 ()과 거의 나란하며 해령을 축으로 대칭을 이룬다.

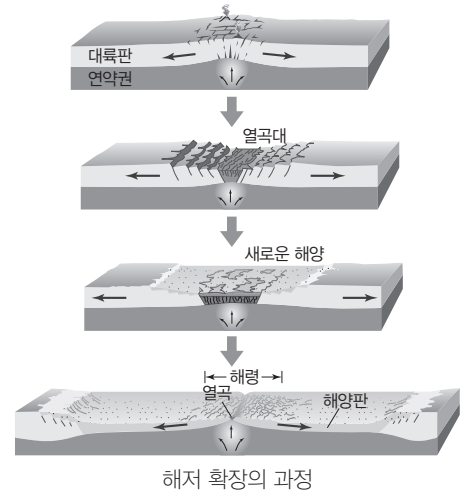
정답

1. 증가
2. 정자극기(정상기)
3. 해령

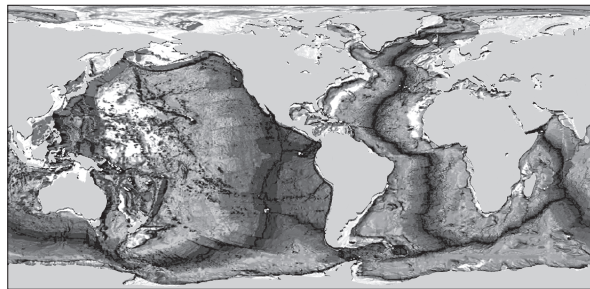
(4) **해저 확장설**: 1962년 헤스와 디츠는 해령과 같은 해저 지형의 특징을 설명하기 위해 해저 확장설을 주장하였다.

- 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.

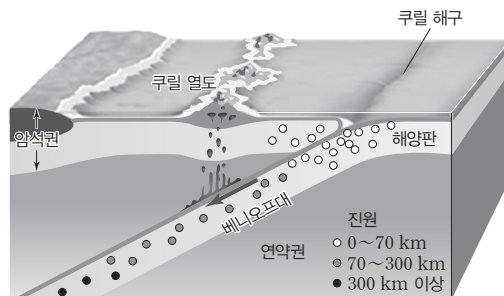


해저 확장의 과정

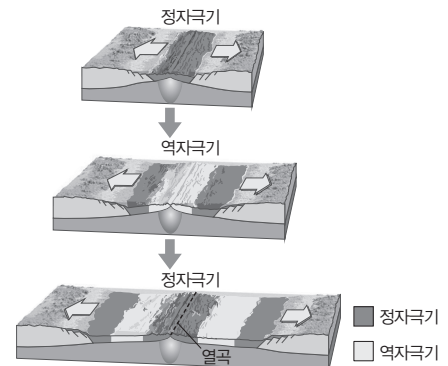


0 9.6 20.2 33.0 40.2 47.9 56.0 68.7 83.0 118.0 126.5 131.7 141.9 149.9 156.6 180.0
연령(백만 년)

해양 지각의 연령 분포



쿠릴 열도의 베니오프대

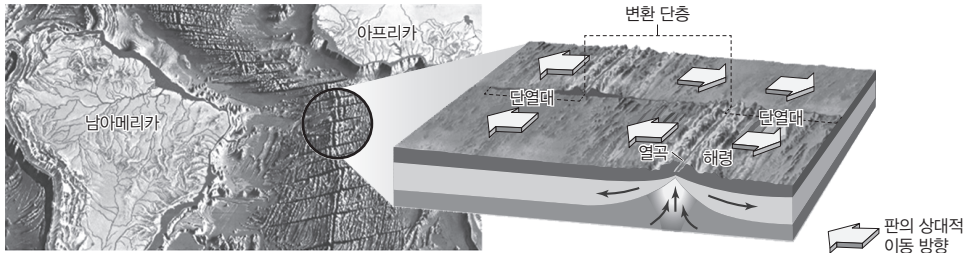


해저 고지자기 줄무늬

■ 정자극기
□ 역자극기

(5) 판 구조론의 정립

① 변환 단층의 발견: 윌슨은 해양 지각의 이동 방향이 같은 단열대에서는 지진이 발생하지 않지만 열곡과 열곡이 어긋난 구간에서는 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.



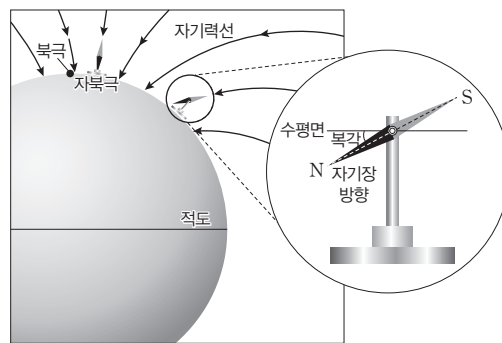
대서양 중앙 해령의 변환 단층

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 놓인 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. ()은 해령의 열곡과 열곡이 어긋난 구간에서 천발 지진이 활발하게 발생하는 것을 발견하고, 이 구간을 변환 단층이라고 하였다.
2. 해령을 기준으로 해서 () 줄무늬는 대칭적인 분포를 보인다.
3. 북각이 0°인 지역을 (), +90°인 지점을 ()이라고 한다.
4. 지구 자기장을 지구 중심에 놓인 거대한 막대자석이 만드는 자기장이라고 했을 때, 막대자석의 S극 방향의 축과 지표면이 만나는 지점을 ()이라고 한다.

정답

1. 윌슨
2. 고지자기
3. 자기 적도, 자북극
4. 지자기 북극

개념 체크

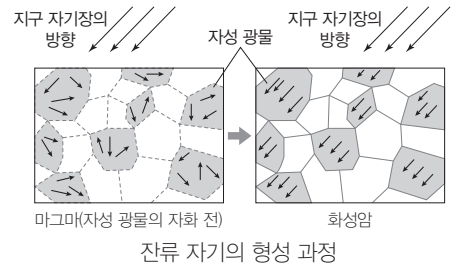
● **지자기 북극의 겹보기 이동 경로**
지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 지자기 북극의 겹보기 이동은 대륙 이동의 증거이다.

1. 화성암에 포함된 자성 광물에 의해 기록된 ()를 이용하여 화성암이 생성된 위치를 추정할 수 있다.
2. 오랜 시간 동안 평균한 지자기 북극의 위치는 지리상 북극의 위치와 같으므로 지질 시대 동안 어느 대륙에서 측정한 지자기 북극의 겹보기 이동은 ()의 이동에 의해 만들어진 것이다.
3. 지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 고지자기 ()의 크기는 위도가 높을수록 크다.

(2) 고지자기와 대륙 이동

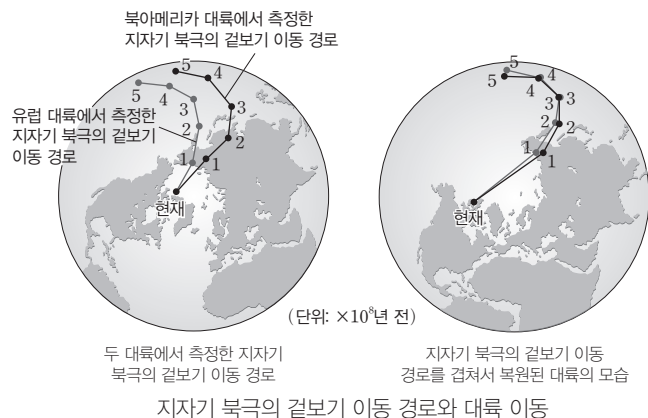
① 잔류 자기

- 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.

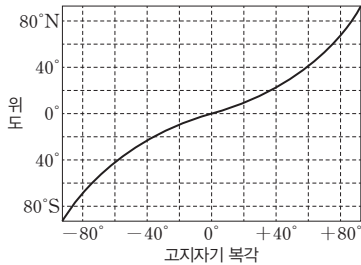
정답

1. 잔류 자기
2. 대륙
3. 북각

탐구자료 살펴보기 지질 시대 동안 인도 대륙의 위치 변화

탐구 과정

그림은 고지자기 복각과 위도의 관계를, 표는 인도 대륙 중앙부의 어느 지역에서 채취한 5개의 암석 시료의 절대 연령과 정자극기일 때 고지자기 복각을 나타낸 것이다.

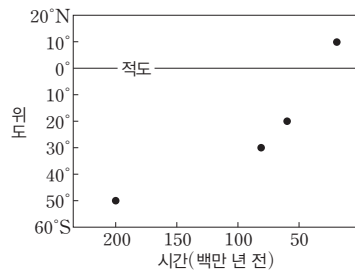


절대 연령(백만 년 전)	고지자기 복각(°)
200	-66
80	-48
60	-37
20	+18
0	+38

각 암석이 생성된 위도를 구하여 표로 작성하고, 시기별 인도 대륙의 위도 변화를 그림으로 표시해 보자. (단, 인도 대륙은 북쪽으로만 이동했다고 가정한다.)

탐구 결과

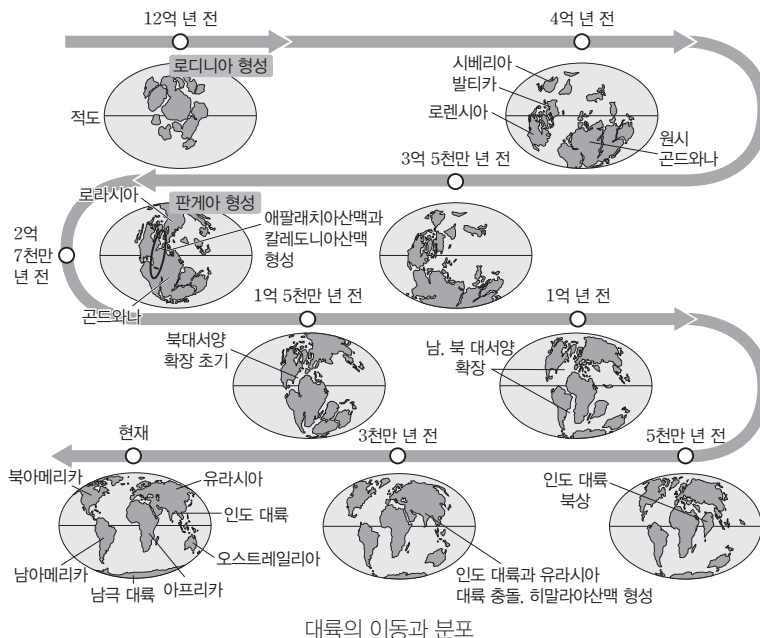
절대 연령(백만 년 전)	위도
200	약 50°S
80	약 30°S
60	약 20°S
20	약 10°N
0	약 20°N



분석 point

- 지질 시대 동안 지리상 북극의 위치가 변하지 않았다고 가정하면 고지자기 복각의 크기는 위도가 높을수록 크다.
- 인도 대륙은 과거 약 2억 년 동안 북상하였으며, 약 2억 년 전~8천만 년 전보다 8천만 년 전 이후에 이동 속도가 빠르다.

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



개념 체크

● 인도 대륙의 북상

인도 대륙은 최근 약 2억 년 동안 북상하였으며, 약 8천만 년 전부터 이동 속도가 빨라졌다.

● 로디니아

약 12억 년 전에 형성되어 약 8억 년 전까지 존재했던 초대륙이다.

1. ()가 형성되면서 북아메리카의 애팔래치아산맥과 유럽의 칼레도니아산맥이 형성되었다.
2. 판계이는 ()대 초부터 분리되기 시작하였다.
3. 대서양의 면적은 1억 년 전보다 현재가 더 ()다.

정답

1. 판계아
2. 중생
3. 넓

개념 체크

● 로키산맥과 안데스산맥

해양판이 섭입하면서 형성되었다.

● 히말라야산맥

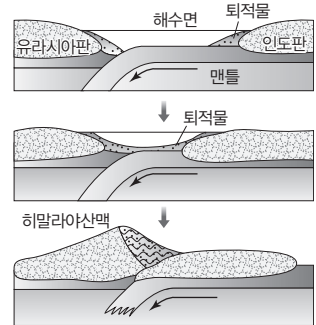
인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 형성되었다.

1. 판게아가 형성되는 과정에서 북아메리카 대륙이 아프리카 대륙 및 유럽 대륙과 충돌하면서 애팔래치아산맥과 ()산맥이 형성되었다.

2. 히말라야산맥은 ()대에 인도 대륙이 유라시아 대륙과 충돌하여 형성되었다.

3. GPS를 통한 예측 모형에서 현재와 같은 판의 이동이 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.

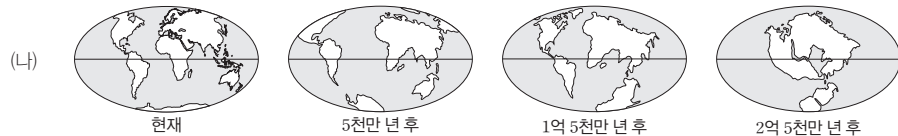
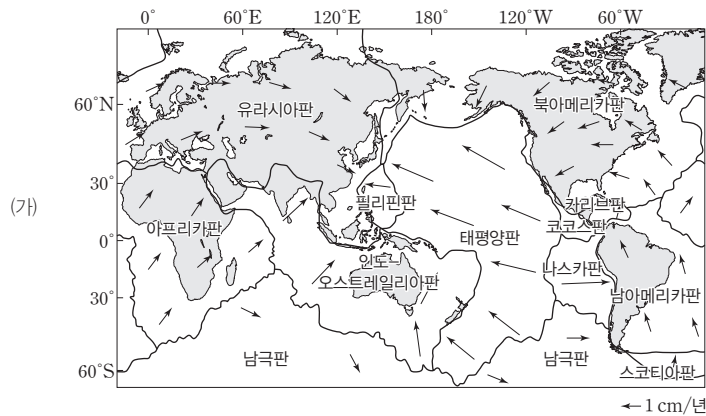


히말라야산맥의 형성 과정

탐구자료 살펴보기 대륙의 이동 속도를 이용하여 미래의 대륙 분포 구상하기

탐구 과정

그림 (가)는 전 세계 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 증가할 것이다.
2. (나)에서 현재~5천만 년 후 사이에 대서양 양쪽에 있는 대륙 사이의 거리는 멀어지고 대서양의 면적은 증가한다.
3. (나)에서 2억 5천만 년 후에는 새로운 초대륙이 형성될 것이다.

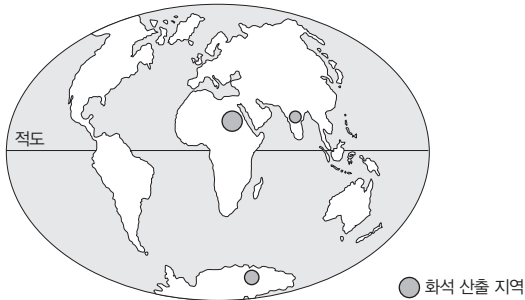
분석 point

대륙의 이동으로 대륙 분포는 지속적으로 변한다.

정답

1. 칼레도니아
2. 신생
3. 증가

01 그림은 대륙 이동의 증거가 되는 리스트로사우루스 화석의 산출 지역을 나타낸 것이다. [23026-0001]



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

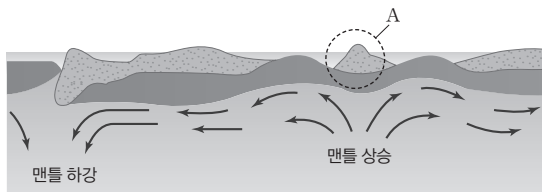
보기

- ㄱ. 육상 생물이다.
- ㄴ. 신생대에 번성하였다.
- ㄷ. 주된 서식지는 북반구 중위도 지역이었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 맨틀 대류에 대한 흠스의 설명이다. [23026-0002]

지각 아래에 ㉠ 맨틀이 있으며, 맨틀 상부와 하부의 온도 차이에 의해 맨틀 대류가 일어난다.



흠스의 맨틀 대류설에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 유동성이 있는 고체 상태이다.
- ㄴ. A는 새롭게 생성된 섬이다.
- ㄷ. 맨틀의 상승이 일어나는 곳은 주변보다 고온이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 어느 해역에서 얻은 음향 측심 자료를 나타낸 것이다. [23026-0003]

기준점으로부터의 거리(km)	100	200	300	400
초음파의 왕복 시간(초)	2.60	3.55	2.83	2.88

기준점으로부터의 거리(km)	500	600	700	800
초음파의 왕복 시간(초)	2.82	2.61	2.59	1.85

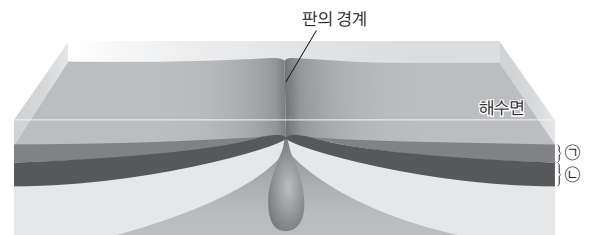
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 해수에서 초음파의 속력은 약 1500 m/s이다.)

보기

- ㄱ. 이 해역에는 해구가 존재한다.
- ㄴ. 초음파의 왕복 시간과 수심은 비례 관계이다.
- ㄷ. 관측 지점 중 수심이 가장 깊은 곳과 가장 얇은 곳의 수심 차는 1300 m보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 어느 판의 경계 주변의 심해 퇴적물의 분포와 해양 지각의 분포를 ㉠과 ㉡으로 나타낸 것이다. [23026-0004]



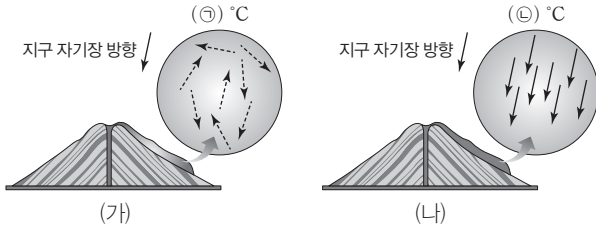
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 퇴적물의 퇴적 속도는 일정하다.)

보기

- ㄱ. ㉠이 두꺼운 곳일수록 수심이 얇다.
- ㄴ. ㉡은 주로 화강암질 암석으로 이루어져 있다.
- ㄷ. 판의 경계 하부에서는 맨틀 물질의 상승이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림 (가)와 (나)는 어느 지역의 용암이 냉각되어 굳어지는 과정에서 어느 특정한 광물 A 안에 있는 물질의 배열 방향을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 용암 또는 화성암의 온도이다.

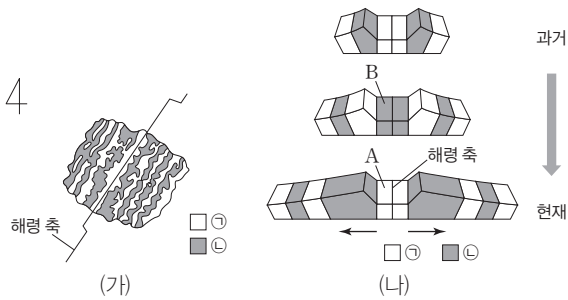


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 용암이 냉각된 시기는 정자극기이다.)

- 보기
- ㄱ. 용암이 냉각되어 굳어진 장소는 북반구에 위치한다.
 - ㄴ. (나)에서 A는 자화된 상태이다.
 - ㄷ. ㉠은 ㉡보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)는 어느 지역의 고지자기 역전 줄무늬 분포를, (나)는 이 지역의 고지자기 역전 줄무늬가 형성되는 과정을 모식적으로 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 정자극기 또는 역자극기이다.

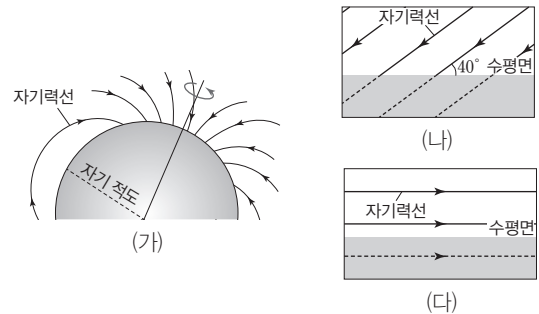


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 정자극기, ㉡은 역자극기이다.
 - ㄴ. A에서 잔류 자기 방향은 해령 축과 나란하다.
 - ㄷ. A와 B에서 암석의 잔류 자기로 추정된 지자기 북극의 방향은 모두 지리상 북극 방향을 향한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)는 현재 지구 자기장의 모습을, (나)와 (다)는 서로 다른 두 지역에서 측정된 자기력선의 분포를 나타낸 것이다.



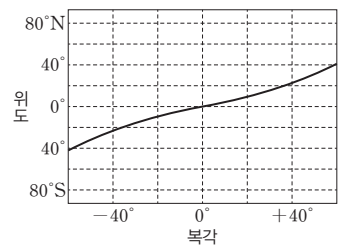
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 지리상 북극에서 북각은 90°보다 작다.
 - ㄴ. 적도에서 자기력선은 지구 중심을 향한다.
 - ㄷ. 위도는 (나)가 (다)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 어느 대륙에서 측정된 고지자기 북각의 변화를, 그림은 위도와 북각의 관계를 나타낸 것이다.

시간 (만 년 전)	북각 (°)
7100	-49
5500	-21
3800	+6
1000	+30
현재	+36

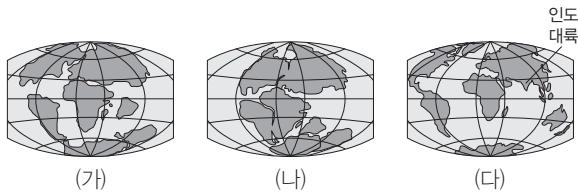


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 지리상 북극은 변하지 않았고, 고지자기 북각의 측정 시기는 모두 정자극기라고 가정한다.)

- 보기
- ㄱ. 이 대륙은 적도에 위치한 적이 있다.
 - ㄴ. 5500만 년 전에 지자기 북극은 남반구에 위치했다.
 - ㄷ. 최근 3800만 년 동안 이 대륙의 위도 변화량은 30°보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 그림 (가), (나), (다)는 고지자기 자료를 이용하여 알아낸 약 2억 년 전부터 현재까지의 대륙 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.



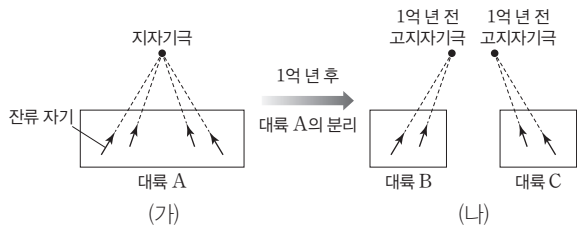
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. (가) 시기에 남극 대륙 주변에는 해령이 발달하였다.
- ㉡. (나) 시기 이후에 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙은 충돌한 적이 있었다.
- ㉢. 인도 대륙에서 2억 년 전에 정자극기일 때 생성된 암석의 고지자기 북극의 부호는 (-)일 것이다.

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

10 그림 (가)와 (나)는 대륙이 분리된 후 이동하는 과정에서 발생하는 고지자기극의 이동 과정을 모식적으로 나타낸 것이다.



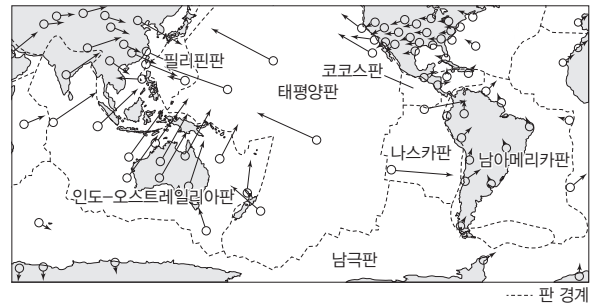
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. (가) → (나) 과정에서 해령이 형성된다.
- ㉡. (나)에서 현재 지자기 북극은 2개가 존재한다.
- ㉢. 현재 대륙 B와 대륙 C에서 각각 형성되는 암석의 잔류 자기 방향은 1억 년 전 고지자기 방향과 같다.

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

11 그림은 GPS를 이용하여 측정한 판의 이동 방향 및 이동 속력을 화살표(→)로 나타낸 것이다.



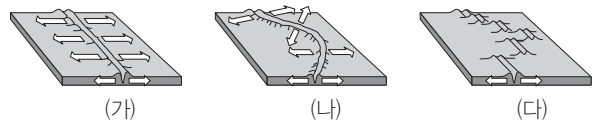
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 인도-오스트레일리아판의 동쪽 경계에는 대체로 해령이 발달한다.
- ㉡. 태평양판과 필리핀판 사이에는 해구가 발달한다.
- ㉢. 가장 오래된 해양 지각은 나스카판에 존재한다.

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

12 그림 (가), (나), (다)는 어느 해령의 형태 변화를 시간 순서대로 나타낸 것이다. 화살표(⇔)는 작용하는 힘의 방향을 나타낸다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

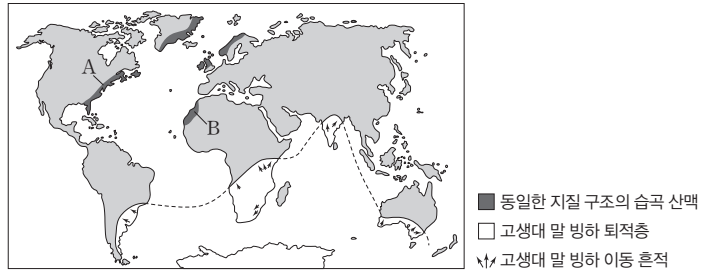
- ㉠. (가) → (나) 과정에서 해령을 기준으로 양쪽 판에 작용하는 힘의 차이가 발생한다.
- ㉡. (나)에서 해령은 곡선 형태로 나타난다.
- ㉢. (나) → (다) 과정에서 변환 단층이 발달한다.

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

[23026-0013]

베게너가 제시한 대륙 이동의 증거로는 대서양의 양쪽에 있는 대륙 해안선 굴곡의 유사성, 고생물 화석 분포, 고생대 말 빙하 퇴적층의 분포와 빙하 이동 흔적, 지질 구조의 연속성 등이 있다.

01 그림은 대륙 이동을 뒷받침할 수 있는 근거를 지도에 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 고생대 말 빙하 퇴적층이 분포하는 대륙에서는 동일한 종의 고생물 화석이 산출된다.
 ㄴ. A와 B는 대륙이 분리되는 과정에서 형성되었다.
 ㄷ. 인도양은 중생대에 형성되기 시작하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

베게너는 여러 대륙들이 모여 만들어진 하나의 거대 대륙인 초대륙 판게아가 고생대 말기 ~ 중생대 초기에 존재했다고 주장하였다. 홈스는 방사성 원소의 붕괴열 등에 의해 맨틀이 대류한다는 맨틀 대류설을 주장하였다. 윌슨은 해령의 열곡과 열곡이 어긋난 구간에서 천발 지진이 활발하게 발생하는 것을 발견하고 이 구간에 변환 단층이 발달한다고 주장하였다.

02 다음은 판 구조론이 정립되기까지 대륙의 이동을 연구한 세 명의 과학자 A, B, C가 주장한 내용을 가상의 대화로 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 베게너, 홈스, 윌슨 중 한 명이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

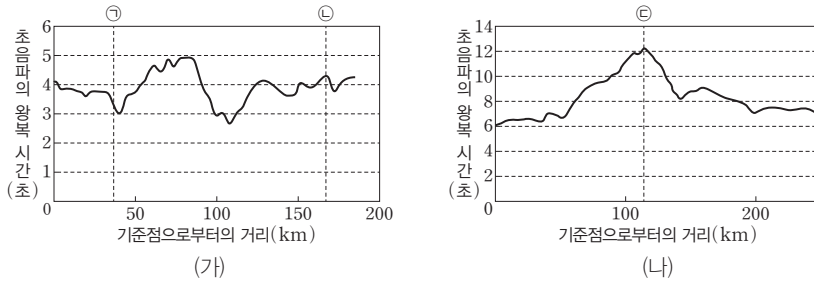
보기

ㄱ. A의 가설은 발표 당시에는 대륙 이동의 원동력으로 인정받지 못하였다.
 ㄴ. B는 과거에 대륙이 모여 있던 초대륙을 판게아라고 설명하였다.
 ㄷ. C는 해양 지각의 이동 방향이 같은 단열대에서는 지진이 일어나지 않는다고 설명하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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

[23026-0015]



해령의 열곡으로부터 멀어질수록 지각을 이루는 암석의 나이는 많아지고, 수심은 대체로 깊어진다. 해구에서는 오래된 해양판이 섭입한다.

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

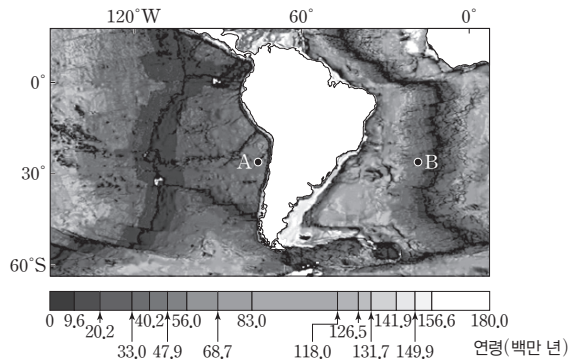
보기

- ㄱ. (가)에는 해구가 나타난다.
- ㄴ. 지각을 이루는 암석의 나이는 ㉠ 지점이 ㉡ 지점보다 대체로 많다.
- ㄷ. 해저 확장설에 의하면 ㉢ 지점에서 해양 지각은 침강하여 맨틀로 들어가기 시작한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 남아메리카 대륙 주변 해양 지각의 연령 분포를 나타낸 것이다. 지점 A와 B는 위도가 같고, 지각을 이루는 암석의 나이가 같다.

[23026-0016]



판의 이동 속도는 판 운동에 작용하는 여러 힘에 의해 결정되기 때문에 판마다 다르게 나타난다. 해령에서 화성암이 생성될 때 암석의 잔류 자기 방향은 지자기극으로 수렴하지만 판이 이동하면 고지자기극의 위치는 변한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

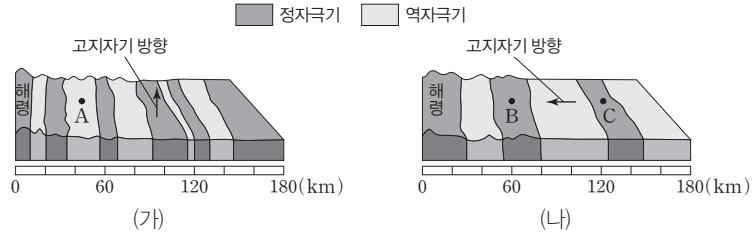
- ㄱ. A와 B 사이의 판의 경계 부근에는 습곡 산맥이 발달한다.
- ㄴ. A와 B의 암석으로 추정된 고지자기극은 서로 다른 곳에 위치한다.
- ㄷ. 해령을 기준으로 새로운 해양 지각이 생성되어 확장되는 속도는 어디에서나 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

고지자기 방향은 고지자기로 추정된 지리상 북극 방향과 같다. 해령이 지리상 북극 방향과 나란하게 발달할 때 정자극기의 고지자기 방향은 해령과 나란하게 배열된다.

05 그림 (가)와 (나)는 각각 위도 30°N 과 50°S 에 위치한 서로 다른 해령 부근의 고지자기 분포를 나타낸 것이다.

[23026-0017]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

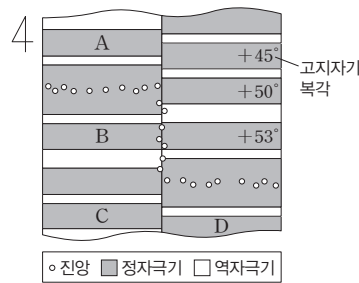
- ㄱ. 해령으로부터 180 km 거리까지 해양판의 평균 확장 속도는 (가)보다 (나)가 빠르다.
- ㄴ. A, B, C 중 암석의 나이는 A가 가장 적다.
- ㄷ. B는 C보다 저위도에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해령을 축으로 양쪽 해양 지각의 고지자기 줄무늬는 대칭을 이룬다. 해령에서 멀어질수록 수심은 깊어지고, 해양 지각의 연령은 많아지며, 해저 퇴적물의 평균 두께는 두꺼워진다.

06 그림은 어느 해령 주변의 암석에 기록된 고지자기 북각과 진앙 분포를 나타낸 것이다. 지리상 북극의 위치는 변하지 않았다.

[23026-0018]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 퇴적물의 퇴적 속도는 일정하다.)

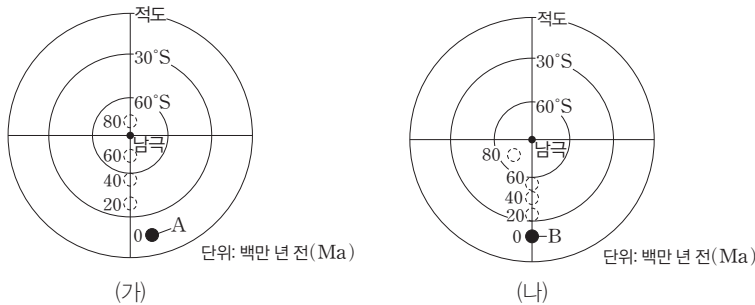
보기

- ㄱ. A가 생성되기 전에 해령은 고위도 쪽으로 이동한 적이 있다.
- ㄴ. 심해 퇴적물의 평균 두께는 B가 C보다 두껍다.
- ㄷ. C와 D 사이에는 판의 경계가 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0019]

07 그림 (가)와 (나)는 각각 지괴 A, B의 시기별 위치를 나타낸 것이다.



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

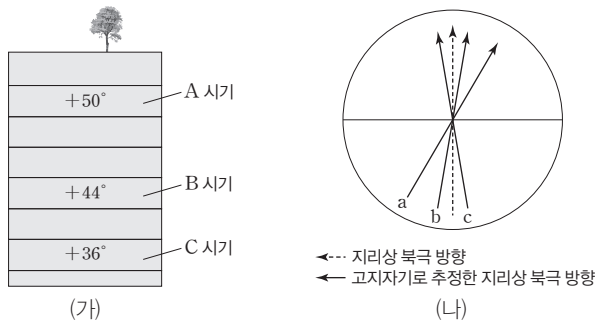
보기

- ㄱ. 8000만 년 전 고지자기극의 위치는 A에서 구한 값이 B에서 구한 값보다 저위도에 해당한다.
- ㄴ. 6000만 년 전에 고지자기 북극의 절댓값은 A가 B보다 크다.
- ㄷ. 최근 4000만 년 동안 지괴의 평균 이동 속력은 A가 B보다 느리다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[23026-0020]

08 그림 (가)는 어느 화산암체의 정지극기의 고지자기 북극을, (나)는 (가)의 화산암체에 기록된 A, B, C 시기의 고지자기로 추정된 지리상 북극 방향을 순서 없이 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리상 북극의 위치는 변하지 않았으며, A 시기~C 시기 동안 화산암체가 지리상 북극 방향에 대해 회전한 각은 40°보다 작다.)

보기

- ㄱ. a가 C 시기에 고지자기로 추정된 지리상 북극 방향이라면 이 화산암체는 지리상 북극 방향에 대해 시계 방향으로 회전한 적이 있다.
- ㄴ. 지리상 북극과 화산암체 사이의 거리는 A 시기가 B 시기보다 가깝다.
- ㄷ. 고지자기극의 겹보기 이동 경로는 동일한 경도선 상에 나타난다.

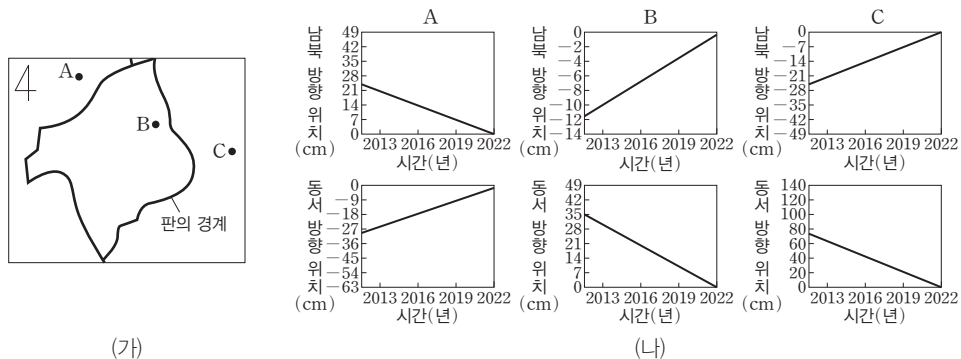
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

지괴가 경도선을 따라 이동하면 고지자기극은 경도선을 따라 지괴의 이동 방향과 반대 방향으로 이동한다.

고지자기 북극은 화산암체의 위도에 대한 정보를 준다. 고지자기 북극의 절댓값이 클수록 화산암체는 고위도에 위치하였다.

서로 다른 두 판의 이동 방향이 같을 때 이동 방향의 앞쪽에 위치한 판이 뒤쪽에 위치한 판보다 이동 속력이 느리면 판의 수렴형 경계가 형성된다.

09 그림 (가)는 서로 다른 판에 위치한 세 지점 A, B, C를, (나)는 A, B, C에서 GPS를 이용하여 측정한 위치 변화를 2022년 초를 기준으로 나타낸 것이다. (+)는 북쪽과 동쪽 방향을, (-)는 남쪽과 서쪽 방향을 나타낸다.



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

보기

- ㄱ. 세 지점 중 판의 이동 속력은 A에서 가장 빠르다.
- ㄴ. A와 B 사이에는 맨틀 대류의 하강부가 존재한다.
- ㄷ. 2013년부터 2022년까지 B와 C 사이의 거리는 점차 가까워졌다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

한반도를 형성한 대부분의 지괴들은 판게아의 분리와 함께 이동하여 중생대 쥐라기에 현재의 위도 부근에 위치하였다.

10 다음은 한반도를 이루는 지괴들의 이동 및 한반도의 형성 과정에 대한 설명이다.

1990년 경남 산청에서 하동까지 지층의 고지자기를 측정한 결과 ① 17억 년 전에는 한반도를 형성한 대부분의 지괴들이 오스트레일리아 대륙의 서쪽에 붙어 있었던 것으로 추정된다. 이후 대륙들은 몇 번의 분리와 병합을 반복하게 된다. 한반도를 형성한 대부분의 지괴들은 대륙들이 분리와 병합을 거듭하는 과정에서 계속 북상하여 석탄기에 5°S, 페름기에 6°N, 트라이아스기 초에 10°N에 위치했으며, 쥐라기에 38°N에 도달하여 현재의 위도 부근에 위치하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

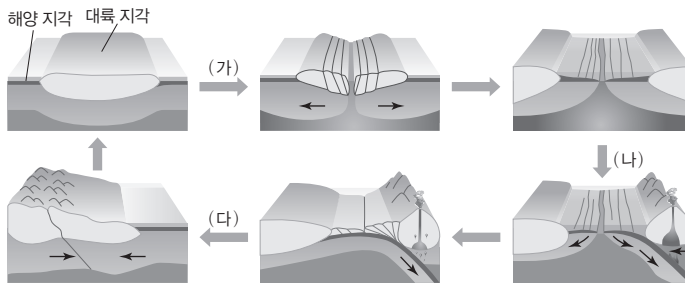
보기

- ㄱ. ① 시기에 판게아가 형성되었다.
- ㄴ. 한반도를 이루는 지괴 중에는 고지자기 복각이 (-) 값에서 (+) 값으로 바뀐 것이 있다.
- ㄷ. 대서양이 형성되기 시작할 무렵에 한반도를 이루는 지괴들은 대부분 남반구에 위치하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 초대륙의 형성과 분리 과정을 설명하는 어느 모델을 나타낸 것이다.

[23026-0023]



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

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

보기

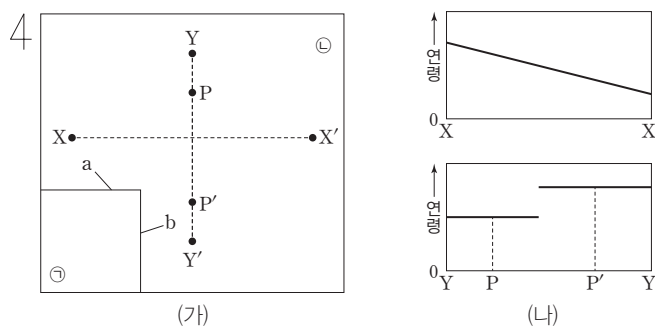
- ㄱ. (가)에서 열곡대가 형성될 때 열곡대 부근의 대륙판은 두께가 얇아진다.
- ㄴ. (나)에서 새로운 수렴형 경계가 형성된다.
- ㄷ. (다)에서 해양 지각은 소멸된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림 (가)는 어느 해역에 분포하는 ㉠ 판과 ㉡ 판의 경계를 모식적으로 나타낸 것이고, (나)는 X-X'과 Y-Y' 구간에서 측정한 해양 지각의 연령 분포를 나타낸 것이다. a와 b는 판의 경계이고, 두 판 ㉠, ㉡의 이동 속력은 일정하며, 동일하다.

[23026-0024]

해령으로부터 멀어질수록 해양 지각의 연령은 증가한다. 보존형 경계에서 발달하는 변환 단층은 주향 이동 단층이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠ 판이 정북 방향으로 이동한다면 a와 b는 모두 수렴형 경계이다.
- ㄴ. Y-Y' 구간에는 주향 이동 단층이 발달한다.
- ㄷ. 지점 P와 P' 사이의 거리는 점차 멀어진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ 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. 지각과 상부 맨틀의 일부를 포함하는 두께 약 100 km의 암석층을 ()이라고 한다.

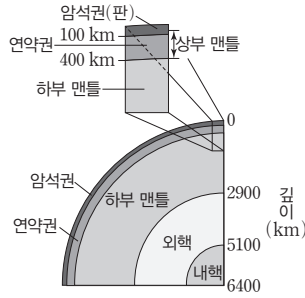
2. 대륙판은 해양판에 비해 평균 밀도가 ()다.

3. 상부 맨틀 중에서 암석권 하부에서부터 깊이 약 400 km까지의 부분 용융 상태인 영역을 ()이라고 한다.

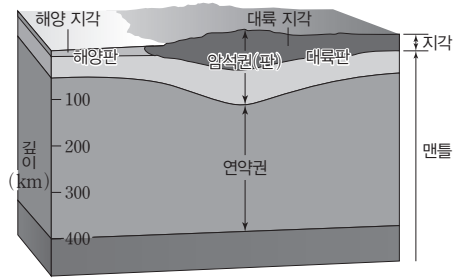
1 판 이동의 원동력

(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



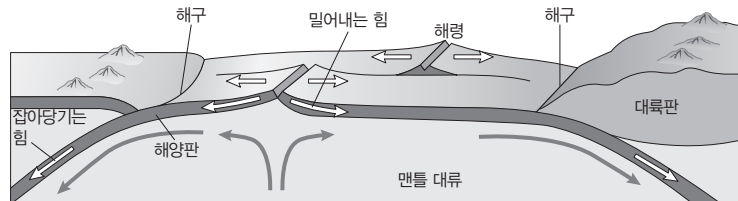
판의 구조

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

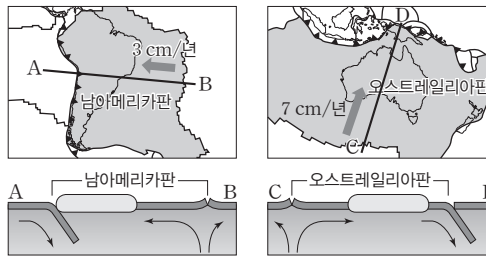
정답

1. 암석권(판)
2. 작
3. 연약권



과학 돋보기 | 맨틀 대류에 의한 판의 이동

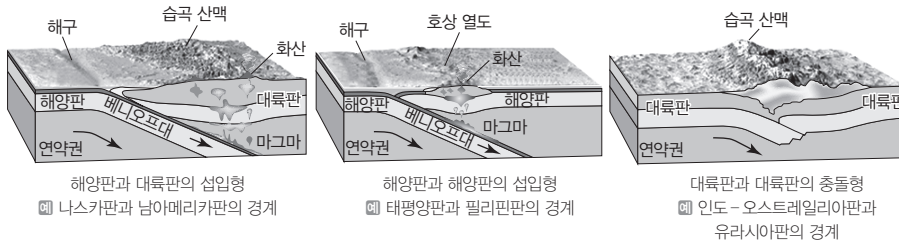
판의 이동 속도는 섭입대 분포 등과 관련이 있다. 남아메리카판은 대서양 중앙 해령에서 서쪽으로 약 3 cm/년의 속력으로 이동하지만 판의 서쪽 경계에서는 남아메리카판 자체의 섭입이 일어나지는 않는다. 한편 오스트레일리아판은 북쪽의 태평양판과의 경계에서 태평양판 아래로 섭입한다. 따라서 오스트레일리아판의 북쪽 경계에서는 해구에서 섭입하는 판이 잡아당기는 힘이 작용하기 때문에 오스트레일리아판이 남아메리카판보다 평균 이동 속도가 빠르다.



(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

- 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. 판의 ()형 경계에서 발달하는 지형에는 해령과 열곡대 등이 있다.
2. 판의 섭입이 일어나는 ()형 경계에서는 해구가 발달한다.
3. 판의 보존형 경계에서는 주향 이동 단층의 하나인 () 단층이 발달한다.

정답

1. 발산
2. 수렴
3. 변환

개념 체크

● 플룸

맨틀에서 주위보다 온도가 낮거나 높은 영역으로, 맨틀 물질의 연직적인 운동이 기둥의 형태로 나타난다.

● 플룸 구조론

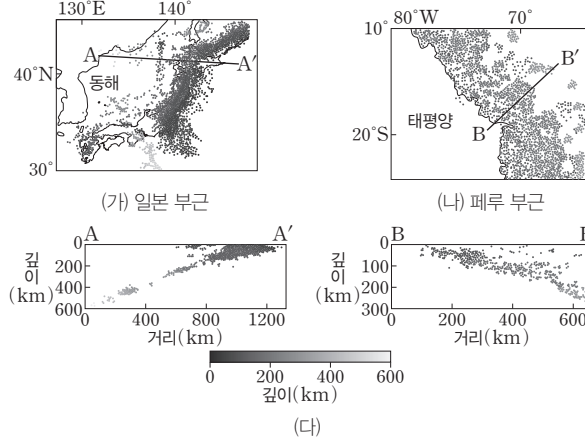
플룸의 상승이나 하강으로 지구 내부의 변동이 일어난다는 이론이다.

1. () 구조론은 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있다.
2. ()운 플룸은 주위보다 온도가 낮고, 밀도가 큰 물질이다.
3. 지구 내부에서 지진파의 전파 속도가 느린 곳은 주위보다 온도가 ()다.

탐구자료 살펴보기 **섭입형 수렴형 경계에서의 지각 변동**

탐구 자료

그림 (가)와 (나)는 각각 일본과 페루 부근에서 발생한 지진의 진앙 분포를, (다)는 (가)와 (나) 지역의 A-A'과 B-B' 구간의 깊이(0~600km)에 따른 진원 분포를 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. (가)와 (나) 모두 천발 지진은 해구 부근에서 발생한다.
2. 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 평균 깊이가 깊어진다.
3. 해양판이 대륙판 아래로 섭입할 때 섭입대는 밀도가 작은 대륙판 아래에 형성된다.

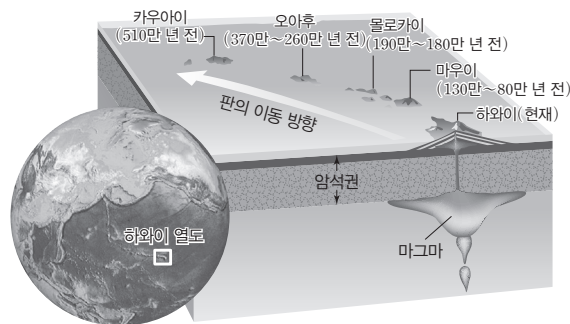
분석 point

해양판이 대륙판 아래로 섭입할 때 지진은 주로 섭입대를 따라 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.



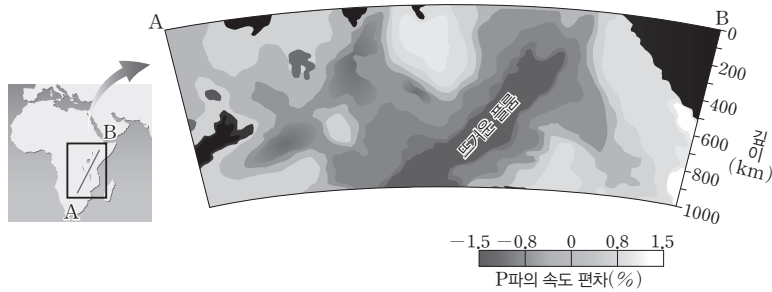
하와이 열도의 생성 원리

- 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

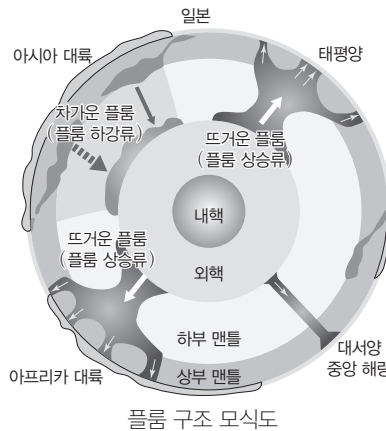
1. 플룸
2. 차가
3. 높



동아프리카의 지진파 단층 촬영 영상과 뜨거운 플룸

③ 플룸의 생성 원인

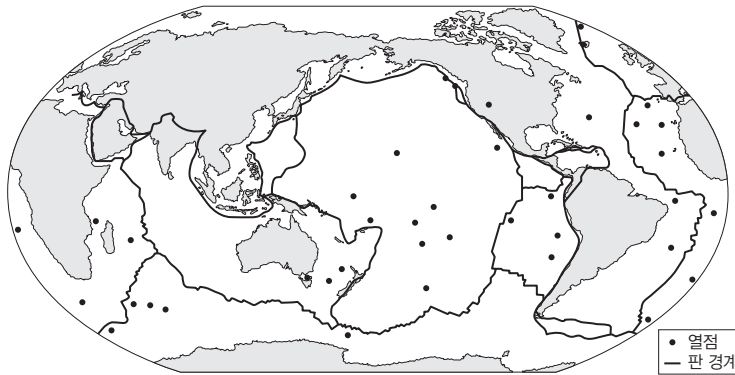
- 차가운 플룸: 차가운 플룸은 판의 섭입형 수렴형 경계에서 섭입한 판이 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계에 머물다가 일정량 이상이 되면 맨틀과 외핵의 경계 쪽으로 가라앉으면서 생성된다. 현재 아시아 대륙의 아래에서 거대한 차가운 플룸이 하강하고 있다.
- 뜨거운 플룸: 차가운 플룸이 맨틀과 외핵의 경계 쪽으로 가라앉으면 그 영향으로 맨틀과 외핵의 경계에서 뜨거운 맨틀 물질이 상승하면서 생성된다. 현재 남태평양과 아프리카 대륙 아래에서 거대한 뜨거운 플룸이 상승하고 있다.



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. 섭입한 판이 맨틀과 외핵의 경계 쪽으로 가라앉으면서 생성되는 플룸은 () 플룸이다.

2. 맨틀과 외핵의 경계에서 뜨거운 () 물질이 상승하면 뜨거운 플룸이 생성된다.

3. 초대륙 아래에서 () 플룸이 상승하면 초대륙이 분리될 수 있다.

정답

1. 차가운
2. 맨틀
3. 뜨거운

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. ()은 맨틀에 고정된 마그마의 생성 장소로, 지속적으로 화산 활동을 일으킨다.

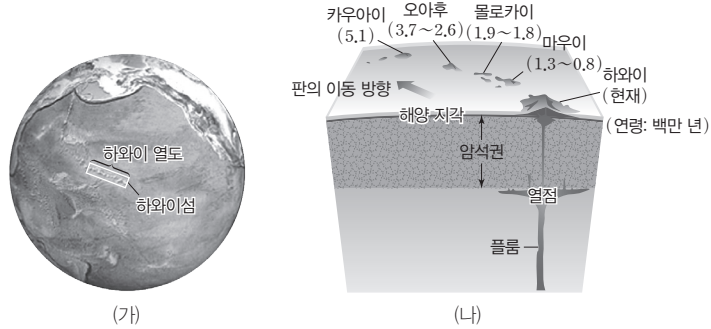
2. 마그마는 화학 조성에 따라 ()질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분된다.

3. 마그마의 SiO_2 함량(%)이 많을수록 마그마의 온도가 ()다.

탐구자료 살펴보기 하와이 열점과 판의 운동

탐구 자료

그림 (가)는 하와이 열도의 위치를, (나)는 하와이 열도를 이루는 화산섬들의 연령과 이 화산섬들을 만든 마그마의 분출 위치를 나타낸 것이다.



탐구 결과

1. 하와이 열점은 하와이섬의 남동쪽에 위치한다.
2. 열점은 맨틀에 고정된 마그마의 생성 장소이고, 하와이 열점에서는 현무암질 마그마에 의한 화산 활동이 일어난다.
3. 하와이 열점에서의 화산 활동으로 형성된 화산섬은 태평양판에 실려 서북서 방향으로 이동하므로 화산섬의 연령은 서북서 방향으로 갈수록 증가한다.

분석 point

- 열점은 맨틀에 고정된 마그마의 생성 장소이지만, 열점에서의 화산 활동으로 형성된 화산섬은 판에 실려 이동한다.
- 열점에서 멀어질수록 화산섬의 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(SiO_2 함량)에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분된다. 마그마의 SiO_2 함량(%)이 많을수록 대체로 마그마의 온도가 낮고 점성이 크다.

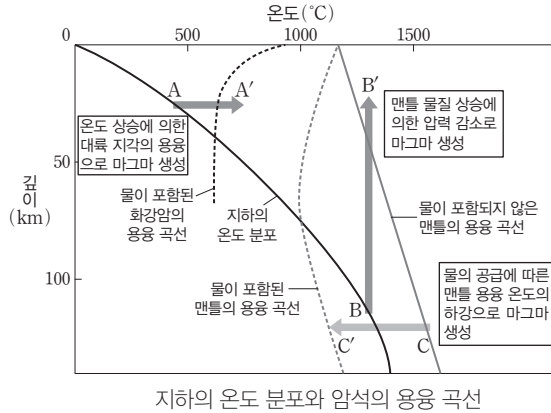
마그마의 종류	현무암질	안산암질	유문암질
SiO_2 함량	52 % 이하	52 % ~ 63 %	63 % 이상
온도	높다	←————→	낮다
점성	작다	←————→	크다

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. 열점
2. 현무암
3. 낮

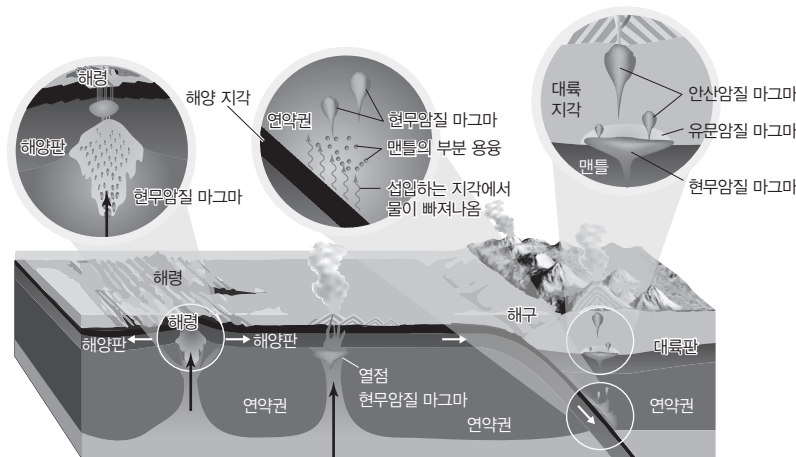
- 압력 일정, 온도 상승: 그림의 A → A'과 같이 지구 내부의 온도가 높아지면 대륙 지각의 물질이 용융되어 마그마가 생성될 수 있다.
- 압력 하강, 온도 일정: 그림의 B → B'과 같이 맨틀 물질이 상승하여 압력이 감소하면 맨틀 물질이 용융되어 마그마가 생성될 수 있다.
- 용융 온도 하강: 그림의 C → C'과 같이 물이 맨틀에 공급되면 맨틀의 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성될 수 있다.



지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선

(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

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 않는다. 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

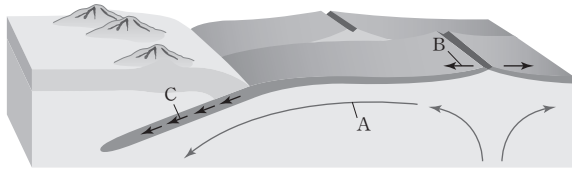
연약권에 물이 공급되면 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성된다.

1. () 용융 상태는 용융된 액체 상태의 물질과 용융되지 않은 고체 상태의 물질이 섞여 있는 상태를 말한다.
2. 해령 하부에서는 주로 () 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성된다.
3. 섭입대 부근에서는 함수 광물에서 빠져나온 ()의 영향으로 현무암질 마그마가 생성된다.
4. 화성암은 SiO₂ 함량(%)에 따라 ()암, 중성암, 산성암으로 구분된다.

정답

1. 부분
2. 압력
3. 물
4. 염기성

01 [23026-0025] 그림은 판을 움직이는 힘 A, B, C를 나타낸 것이다.



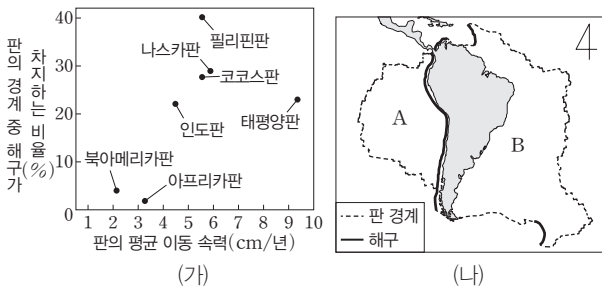
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 연약권의 운동에 의해 나타난다.
- ㄴ. B는 서로 접해 있는 판을 밀어내는 힘이다.
- ㄷ. C는 섭입하는 판이 주변 대륙판 하부의 연약권보다 밀도가 크기 때문에 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23026-0026] 그림 (가)는 주요 판의 평균 이동 속력과 각 판의 경계 중 해구가 차지하는 비율을, (나)는 남아메리카 대륙 주변의 판의 경계와 해구를 나타낸 것이다.



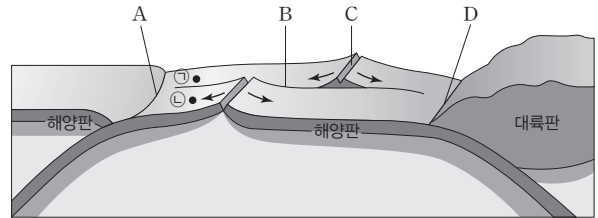
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 대륙판의 면적이 클수록 판 전체의 면적은 작아진다.
- ㄴ. 판의 면적이 좁을수록 판의 평균 이동 속력이 느리다.
- ㄷ. A 판은 B 판보다 평균 이동 속력이 빠를 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 [23026-0027] 그림은 판의 경계와 주변 지형을 모식적으로 나타낸 것이다. A~D는 각각 서로 다른 판의 경계이다.



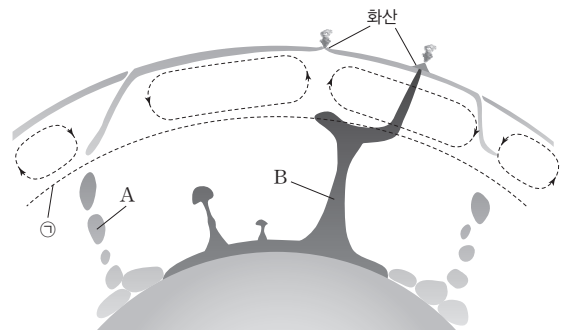
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 인접한 판의 밀도 차는 A가 D보다 크다.
- ㄴ. 화산 활동은 B보다 C에서 활발하게 일어난다.
- ㄷ. ㉠ 지점과 ㉡ 지점 사이에서는 새로운 해양 지각이 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23026-0028] 그림은 지구 내부의 물질 운동을 설명하는 어느 모델을 나타낸 것이다.



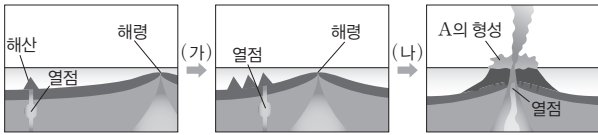
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 지각과 맨틀의 경계이다.
- ㄴ. A는 주변보다 밀도가 큰 물질이다.
- ㄷ. B를 이루는 물질의 성분은 핵의 성분과 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 열점과 해령이 합쳐져 어느 화산섬 A가 형성되는 과정을 순서대로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 열점은 맨틀 대류에 의해 이동한다.
 - ㄴ. (가) 과정에서 열점 부근에는 호상 열도가 생성된다.
 - ㄷ. (나) 과정에서 뜨거운 플룸과 맨틀 대류의 상승 영역은 점차 가까워진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 다음은 상부 맨틀의 대류에 의한 판의 운동을 알아보기 위해 실시한 모형 실험의 일부이다.

(가) 수조에 식용유를 채우고 가운데 부분에 색소 가루를 떨어뜨려 넣은 후 그림과 같이 두 개의 나무토막을 띄워 놓는다.

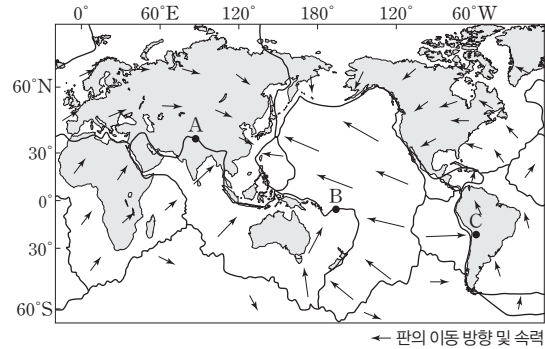
(나) 두 개의 나무토막이 접한 경계 부분에 해당하는 수조의 밑면을 촛불로 가열하면서 나무토막과 ㉠ 색소 가루의 움직임을 관찰한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서 식용유는 연약권에 해당한다.
 - ㄴ. (나)에서 두 나무토막 사이의 거리는 점차 멀어진다.
 - ㄷ. ㉠은 맨틀 물질의 대류에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 전 세계 주요 판의 경계와 판의 이동 방향 및 이동 속력을 나타낸 것이다.

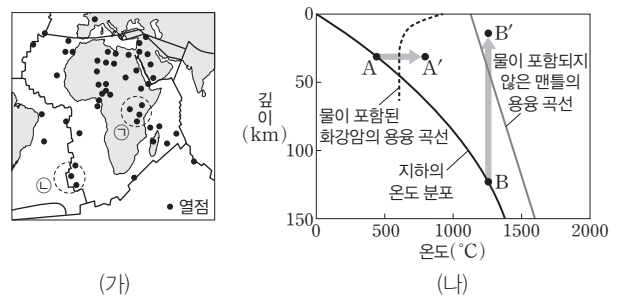


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A와 C에는 습곡 산맥이 발달한다.
 - ㄴ. B에서 판의 경계를 기준으로 두 판은 서로 수렴한다.
 - ㄷ. 심발 지진은 태평양 연안보다 대서양 연안에서 활발하게 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

08 그림 (가)는 아프리카 대륙 주변의 열점 분포와 판의 경계를, (나)는 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을 나타낸 것이다.

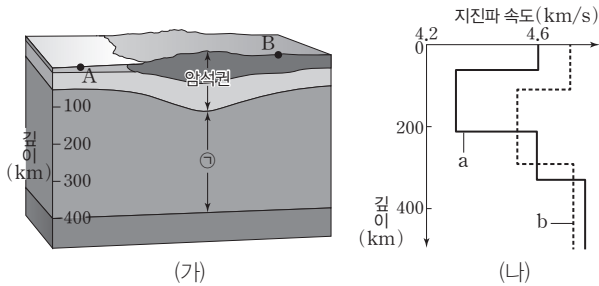


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 열점은 판의 내부에만 존재한다.
 - ㄴ. ㉠에서는 주로 B → B' 과정에 의해 마그마가 생성된다.
 - ㄷ. ㉡에서는 맨틀 물질의 용융에 의해 생성된 마그마로 인한 화산 활동이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23026-0033] 그림 (가)는 지구 내부 구조를, (나)는 A와 B 지점 하부에서 측정된 깊이에 따른 지진파 전파 속도를 순서 없이 나타낸 것이다.



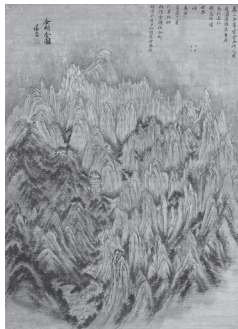
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 부분 용융 상태이다.
- ㄴ. 지각의 밀도는 A 지점이 B 지점보다 작다.
- ㄷ. a는 B 지점의 하부에서 측정된 지진파 전파 속도에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23026-0034] 다음은 정선의 금강전도에 대한 설명이다.



금강전도는 금강산에 있는 밝은색의 심성암으로 이루어진 수많은 ㉠ 봉우리를 하늘에서 내려다 보는 것처럼 한눈에 들어오게 표현한 그림이다. 금강산을 실제로 보고 그린 것으로 갖가지 형상을 이루고 있는 암석 봉우리들의 영험한 기운을 표현하고 있다.

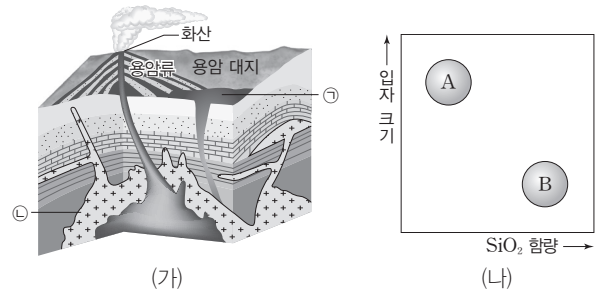
㉠에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 주된 암석은 화강암이다.
- ㄴ. 화산 활동으로 생성되었다.
- ㄷ. 풍화 작용을 받아 형성된 지질 구조가 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [23026-0035] 그림 (가)는 화성암이 생성될 수 있는 위치를, (나)는 화성암 A와 B의 성질을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡에서 산출된 화성암은 각각 A와 B 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 ㉡보다 암석의 색이 밝다.
- ㄴ. ㉠은 염기성암, ㉡은 산성암이다.
- ㄷ. A는 B보다 마그마가 빠르게 냉각되어 생성되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [23026-0036] 다음은 우리나라 화성암 지형의 특징을 나타낸 것이다.

설악산 공룡 능선	제주도 중문 대포 해안
㉠ 화성암이 ㉡ 용기하는 과정에서 형성된 절리와 침식된 흔적이 나타난다.	이 지역의 ㉢ 화성암에서는 ㉣ 용암의 냉각 과정에서 형성된 육각기둥 모양의 절리가 나타난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 심성암, ㉡은 화산암이다.
- ㄴ. ㉢이 만들어질 때 화성암체에 작용하는 압력이 감소한다.
- ㄷ. ㉣은 주상 절리이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해구에서 판의 섭입이 일어날 때 섭입하는 판이 판을 잡아당기는 힘이 작용한다.

판의 섭입이 일어나는 수렴형 경계에서는 밀도가 큰 판이 밀도가 작은 판 아래로 섭입하기 때문에 섭입대는 밀도가 작은 판 아래에 분포한다.

[23026-0037]

01 그림 (가)와 (나)는 각각 남아메리카판과 오스트레일리아판의 경계를 판의 평균 이동 속도와 함께 나타낸 것이다.



(가)



(나)

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

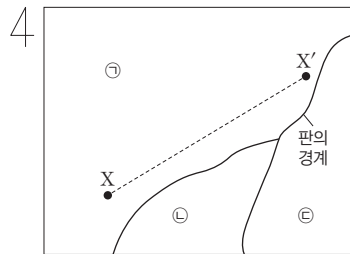
보기

- ㄱ. 남아메리카판의 서쪽 경계 부근에는 해구가 발달한다.
- ㄴ. 오스트레일리아판은 북쪽에 위치한 판 아래로 섭입한다.
- ㄷ. 판의 평균 이동 속도를 고려할 때, 섭입대에서 판을 잡아당기는 힘은 남아메리카판이 오스트레일리아판보다 상대적으로 클 것이다.

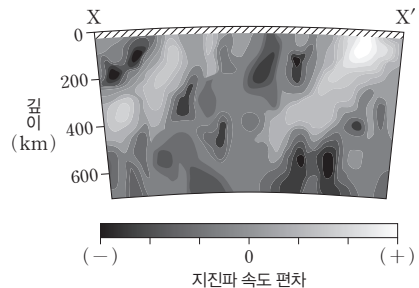
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0038]

02 그림 (가)는 서로 다른 세 판 ㉠, ㉡, ㉢의 경계를, (나)는 X-X' 구간의 지구 내부 구조를 지진파 단층 촬영법으로 측정한 모습을 나타낸 것이다. ㉠은 대륙판이다.



(가)



(나)

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

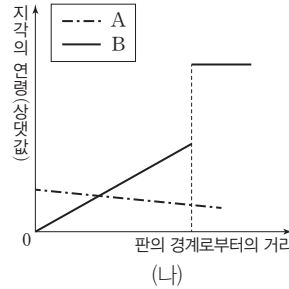
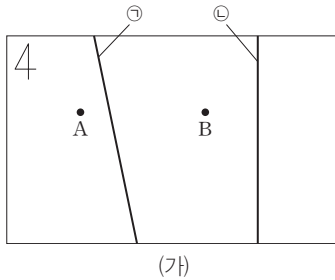
보기

- ㄱ. 판의 경계 부근에서 ㉠과 ㉢의 밀도 차는 ㉡과 ㉢의 밀도 차보다 크다.
- ㄴ. ㉠과 ㉡의 경계는 맨틀 대류의 상승 영역에 해당한다.
- ㄷ. ㉠은 ㉢에 대해 대체로 북서쪽으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림 (가)는 서로 다른 판의 경계 ㉠, ㉡과 두 지점 A, B를, (나)는 각각 가장 가까운 판의 경계로부터 지점 A, B까지의 지각의 연령을 나타낸 것이다.

[23026-0039]



해양 지각의 연령은 해령에서 멀어질수록 증가하지만, 대륙 지각의 연령은 판의 경계로부터의 거리와 특별한 관련이 없다. 대륙 지각의 평균 연령은 해양 지각의 평균 연령보다 많다.

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

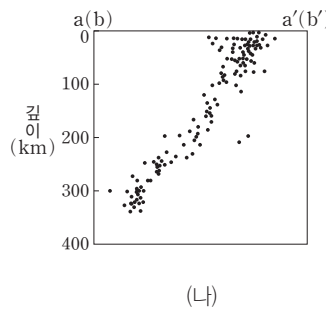
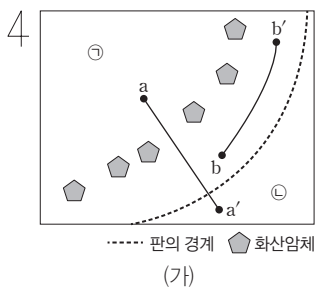
보기

- ㄱ. A는 대륙판에 위치한다.
- ㄴ. B와 ㉡의 사이에는 습곡 산맥이 발달한다.
- ㄷ. A와 B 사이의 거리는 시간이 지날수록 점차 짧아진다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림 (가)는 어느 판의 경계와 호상 열도를 이루는 화산암체를 모식도로 나타낸 것이고, (나)는 구간 a-a', b-b' 중 어느 한 구간의 진원 분포를 나타낸 것이다. ㉠, ㉡은 서로 다른 판이다.

[23026-0040]



호상 열도는 판이 섭입하는 수렴형 경계부에 발달하는 지형으로, 판의 섭입에 의해 생성된 마그마가 분출하여 만들어진 화산성이 원호 모양으로 배열된 것이다.

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

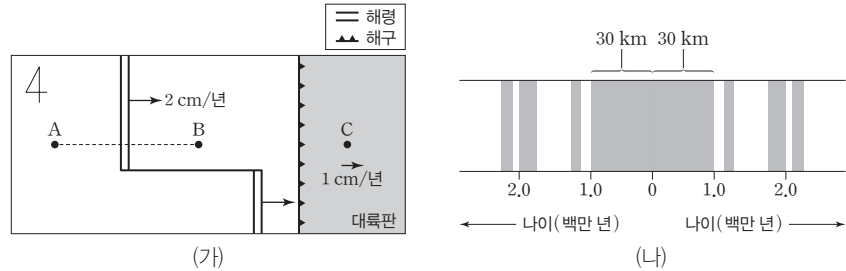
보기

- ㄱ. (나)는 a-a' 구간의 진원 분포이다.
- ㄴ. b-b' 구간의 하부에는 베니오프대가 존재한다.
- ㄷ. 호상 열도를 이루는 화산암체는 주로 ㉠ 판에서 발생한 마그마에 의해 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해령을 축으로 고지자기 줄무늬는 대칭적으로 나타난다. 해령이 이동하는 경우 판의 이동 속도는 판의 확장 속도와 해령의 이동 속도의 합과 같다.

05 그림 (가)는 2 cm/년의 속력으로 이동하는 어느 해령과 판의 경계를, (나)는 A-B 구간의 고지자기 줄무늬를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 판의 이동 속력은 일정하다.)

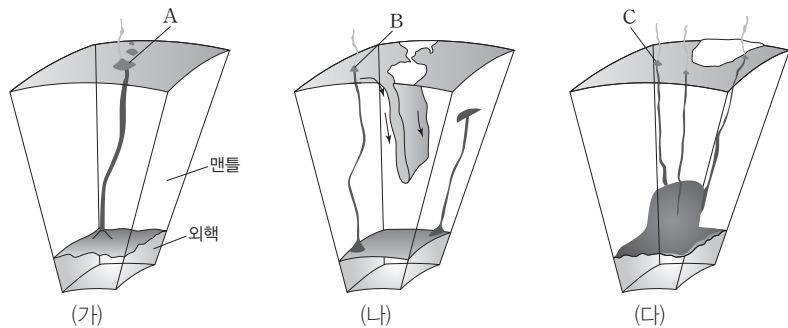
보기

- ㄱ. 지점 A는 지점 B에 대해 서쪽으로 4 cm/년의 속력으로 멀어진다.
- ㄴ. 해령과 C 지점 사이의 거리는 점차 가까워질 것이다.
- ㄷ. 해령과 해령을 잇는 판의 경계에서는 화산 활동보다 지진이 활발하게 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

맨틀과 외핵의 경계에서 뜨거운 맨틀 물질이 상승하면 뜨거운 플룸이 만들어질 수 있고, 판의 섭입이 일어나는 수렴형 경계 부근에서는 밀도가 큰 판의 하강과 함께 차가운 플룸이 만들어질 수 있다.

06 그림 (가), (나), (다)는 서로 다른 세 지역에서 지구 내부 물질의 운동을 모식적으로 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 서로 다른 화산섬이다.



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

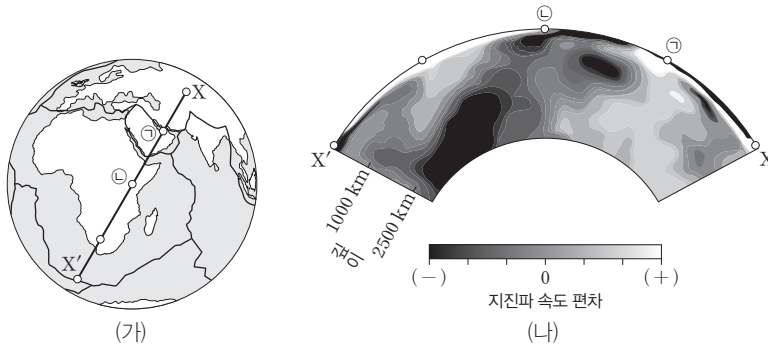
보기

- ㄱ. A는 현무암질 마그마에 의해 형성된다.
- ㄴ. B와 C의 하부에는 열점이 존재한다.
- ㄷ. (나)에서 해양판의 섭입이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)는 어느 지역의 판의 경계를, (나)는 지진파 단층 촬영법으로 측정한 (가)의 X-X' 구간 지구 내부의 지진파 속도 분포를 나타낸 것이다.

[23026-0043]



홍해와 동아프리카 열곡대는 판의 발산이 일어나는 지역으로, 하부에는 뜨거운 플룸이 상승하는 곳이 존재한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

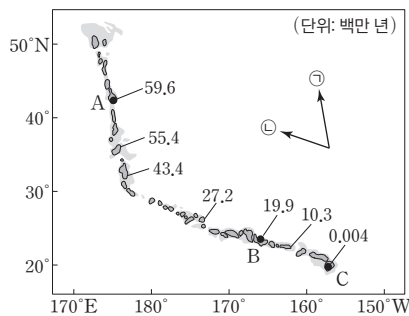
보기

- ㄱ. ㉠과 ㉡ 사이에서는 판의 발산이 일어난다.
- ㄴ. ㉠의 하부에는 차가운 플룸이 존재한다.
- ㄷ. ㉡의 하부에서는 맨틀 물질이 상승한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 어느 고정된 열점에서 분출된 마그마에 의해 형성된 화산암체의 분포 및 연령을 나타낸 것이다. A, B, C는 서로 다른 시기에 형성된 화산암체이다.

[23026-0044]



열점에서는 뜨거운 플룸이 상승하여 생성된 마그마가 지각을 뚫고 분출하여 화산 활동이 일어난다. 고정된 열점에서 오랫동안 많은 양의 마그마가 분출하면 해산, 화산섬 등이 형성된다.

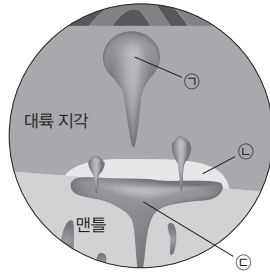
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리상 북극의 위치는 변하지 않았다.)

보기

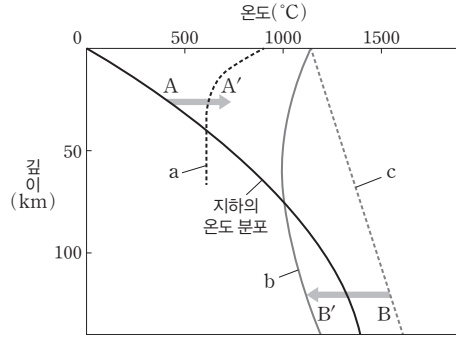
- ㄱ. 고지자기 북극의 절댓값은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. C 부근에는 새로운 지각이 생성되는 판의 경계가 있다.
- ㄷ. 현재 이 지역에서 판의 이동 방향은 ㉠보다 ㉡에 가깝다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

해양판이 대륙판 아래로 섭입할 때 섭입대 부근에서는 물의 공급에 따른 맨틀 물질의 용융 온도 하강으로 현무암질 마그마가 생성된다. 현무암질 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 도달하면 대륙 지각을 이루고 있는 암석이 가열되어 유문암질 마그마가 생성된다.



(가)



(나)

09 그림 (가)는 어느 판의 경계 주변에서 판의 운동에 의해 만들어지는 서로 다른 마그마 ㉠, ㉡, ㉢을, (나)는 지하의 깊이에 따른 온도 분포와 지구 내부 물질의 용융 곡선 a, b, c를 나타낸 것이다. ㉠, ㉡, ㉢은 각각 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마 중 하나이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

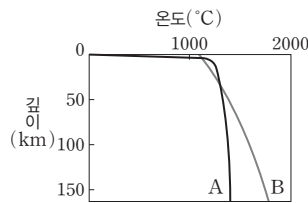
보기

- ㄱ. ㉠은 ㉡보다 SiO_2 함량(%)이 적다.
- ㄴ. ㉢은 A → A' 과정에 의해 만들어진다.
- ㄷ. (가)는 판의 발산이 일어나는 경계 부근에서 나타난다.

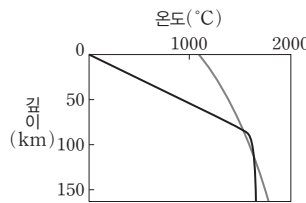
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

지하의 온도가 물질의 용융 온도보다 높으면 마그마가 생성된다. 섭입대 부근에서는 함수 광물에서 빠져나온 물의 영향으로 맨틀 물질의 용융 온도가 낮아져 마그마가 생성된다.

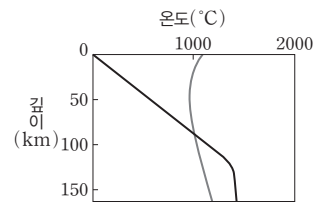
10 그림 (가), (나), (다)는 태평양의 서로 다른 세 지역에서 측정된 지하 온도와 물질의 용융 온도를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 지하 온도와 물질의 용융 온도 중 하나이고, (가), (나), (다)는 각각 해령, 열점, 섭입대 부근 중 하나에 해당한다.



(가)



(나)



(다)

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

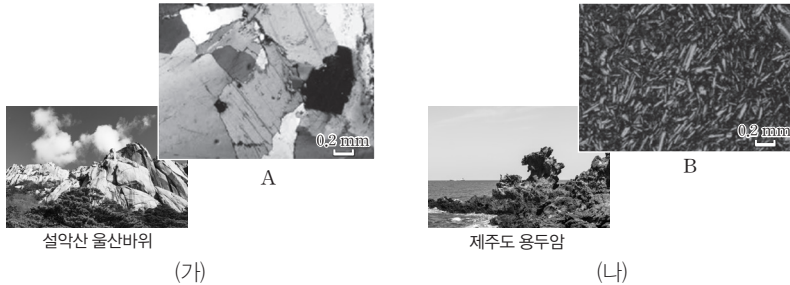
보기

- ㄱ. 마그마가 생성되는 깊이는 (가) 지역이 (나) 지역보다 깊다.
- ㄴ. 암석권의 평균 두께는 (가) 지역보다 (다) 지역이 두껍다.
- ㄷ. (다) 지역의 하부에서는 뜨거운 플룸이 상승한다.

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

11 그림 (가)와 (나)는 설악산 울산바위와 제주도 용두암을 이루는 암석을 현미경으로 관찰한 모습을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 염기성암과 산성암 중 하나이다.

[23026-0047]



심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각될 때 생성되고, 화산암은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 냉각될 때 생성된다. 화성암은 SiO₂ 함량이 63% 이상이면 산성암, 52% 이하이면 염기성암으로 분류한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 어두운색 광물의 함량은 A가 B보다 많다.
- ㄴ. 암석이 생성될 당시 마그마의 냉각 속도는 A가 B보다 느리다.
- ㄷ. A와 B 모두 마그마가 냉각되어 굳어질 때 잔류 자기가 형성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 도봉산과 한탄강 주변의 화성암에서 관찰할 수 있는 특징을 나타낸 것이다.

[23026-0048]

도봉산	한탄강
<ul style="list-style-type: none"> • ㉠ 암석의 색이 밝고 광물 입자의 크기가 눈에 보일 정도로 크다. • 정상 부근의 화성암이 ㉡ 양파 껍질처럼 벗겨져 나간 구조가 보인다. 	<ul style="list-style-type: none"> • ㉢ 암석의 색이 어둡고 광물 입자의 크기가 작다. • 암석 절벽에 ㉣ 다각형의 기둥 모양으로 갈라진 구조가 보인다.

화산암 지형에서는 마그마가 급속히 냉각될 때 화산암과 함께 주상 절리가 형성될 수 있다. 심성암 지형에서는 심성암이 응기하여 지표에 노출될 때 압력 감소로 인해 팽창하면서 판상 절리가 형성될 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 ㉢보다 지하 깊은 곳에서 생성되었다.
- ㄴ. ㉡은 화성암이 생성되는 과정에서 만들어진다.
- ㄷ. ㉢은 화성암이 응기할 때 압력 감소에 의해 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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 입자 사이의 간격이 좁아지고 공극의 크기와 총 부피가 감소한다.

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

2. 속성 작용 중에서 () 작용은 퇴적 입자 사이의 공극에 교결 물질이 침전되는 작용이다.

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

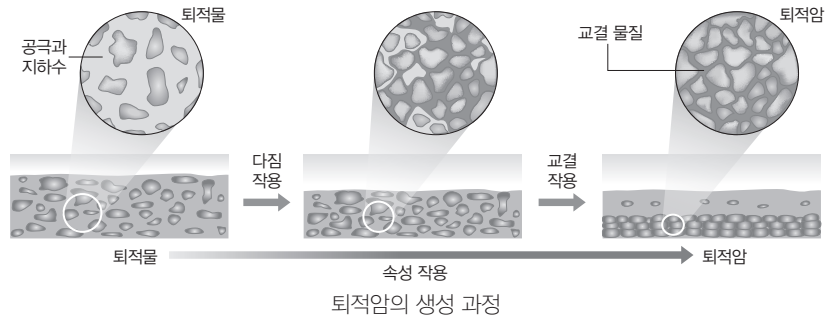
4. 바닷물에 녹아 있던 NaCl 성분이 침전되어 생성된 암염은 () 퇴적암에 속한다.

5. 처트 중에서 물에 녹아 있던 SiO₂가 화학적으로 침전되어 만들어진 것은 () 퇴적암에 해당하고, 규질 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.



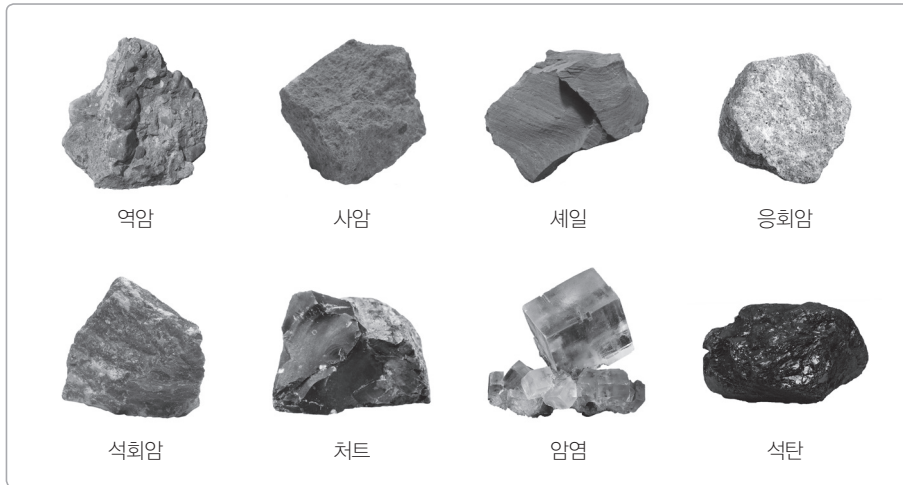
② **퇴적암의 종류**: 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분한다.

- **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) 화산재(2 mm 이하)	라필리 응회암 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) 식물체	처트, 규조토 석탄

정답

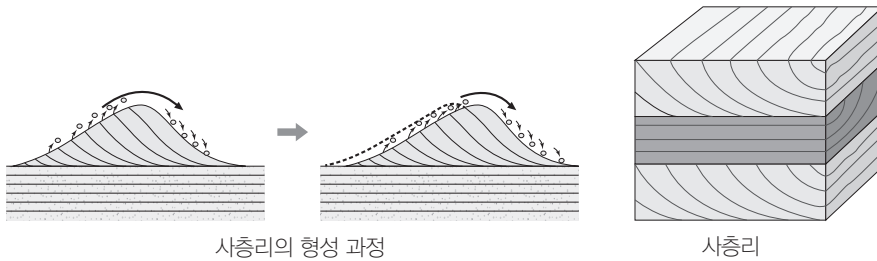
1. 속성 작용
2. 교결
3. 쇄설성
4. 화학적
5. 화학적, 유기적



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.

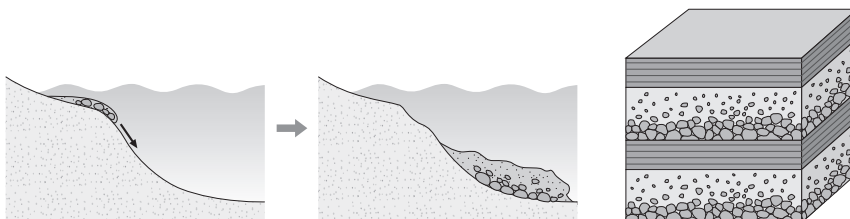
① **사층리:** 층리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어지거나 엇갈려 나타나는 퇴적 구조로, 주로 수심이 얇은 물밀이나 바람의 방향이 자주 바뀌는 곳에서 물이 흘러가거나 바람이 불어가는 방향의 비탈면에 퇴적물이 쌓여 형성된다. ➔ 과거에 물이 흘렀던 방향이나 바람이 불었던 방향을 알 수 있다.



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. 층리는 일반적으로 서로 나란하지만, ()의 층리는 나란하지 않고 비스듬히 기울어지거나 엇갈려 나타난다.

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

4. 한 지층 내에서 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 작아지는 퇴적 구조를 ()라고 하며, 역전된 ()에서는 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 커진다.

5. 수심이 ()은 바다나 호수에서 다양한 크기의 퇴적물이 한꺼번에 퇴적될 때 큰 입자는 작은 입자보다 먼저 가라앉는다.

정답

- 1. 자연환경 2. 사층리
- 3. 넓어
- 4. 점이 층리, 점이 층리
- 5. 깊

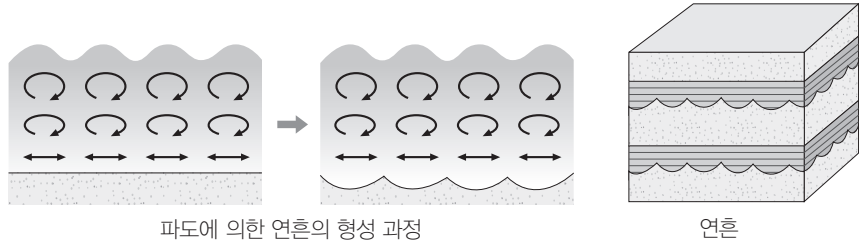
개념 체크

연흔의 형태

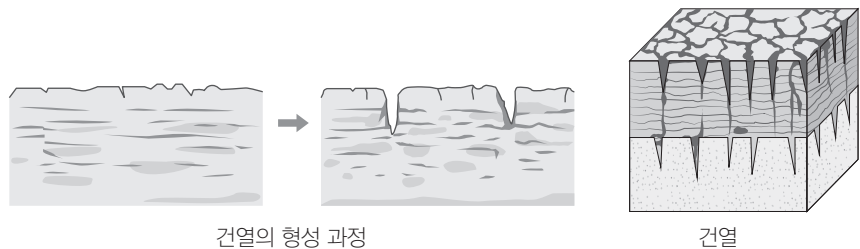
파도와 같이 물의 운동이 양쪽 방향으로 반복적으로 나타나는 경우에는 대칭 형태를 보이고, 유수와 같이 한쪽 방향으로 나타나는 경우에는 비대칭 형태를 보인다.

1. 퇴적물의 표면에 물결 모양으로 자국이 생긴 후 퇴적층 속에 남아 있는 퇴적 구조를 ()이라고 한다.
2. 수심이 얇은 물밑에서 파도에 의해서 형성되는 연흔은 일반적으로 () 형태를 보인다.
3. 퇴적층의 표면이 썩기 모양으로 갈라져 생긴 퇴적 구조를 ()이라고 한다.
4. 역전된 지층 내에서 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.



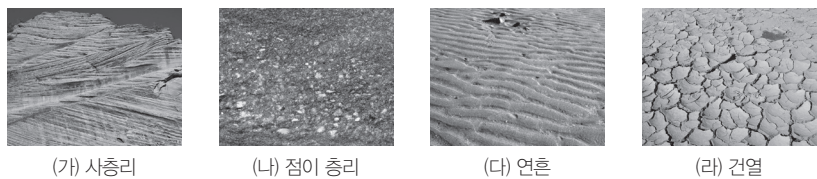
④ 건열: 퇴적층의 표면이 갈라져서 썩기 모양의 틈이 생긴 퇴적 구조이다. 수심이 얇은 물밑에 점토질 물질이 쌓인 후 퇴적물의 표면이 대기에 노출되어 건조해지면서 갈라지면 건열이 형성된다.



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

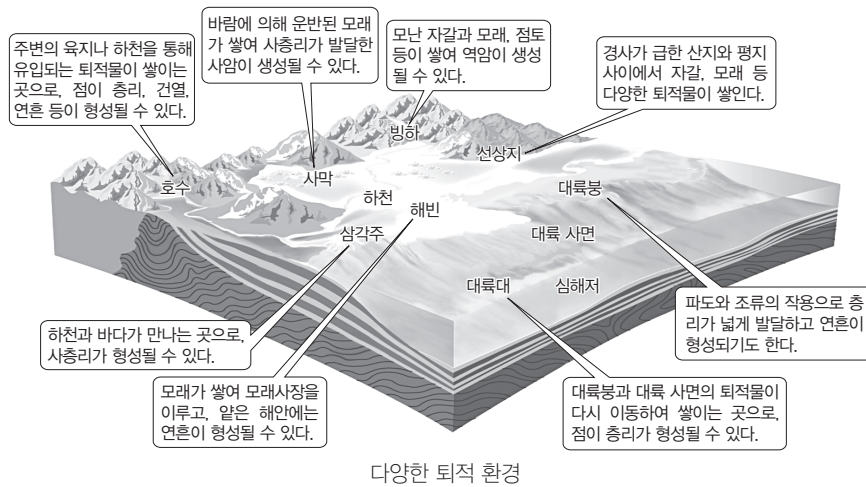
구분	사층리	점이 층리	연흔	건열
형성 원인	바람, 흐르는 물	퇴적물이 가라앉는 속도 차이	흐르는 물, 파도, 바람	건조한 환경에 노출
퇴적 환경	사막, 삼각주	대륙대, 수심이 깊은 호수	수심이 얇은 물밑	건조한 환경

정답

1. 연흔
2. 대칭
3. 건열
4. 넓어

(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.

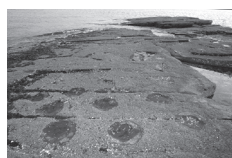


(4) 한반도의 퇴적 지형

- 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 셰일 등으로 이루어져 있고, 층리가 잘 발달해 있으며, 연흔과 건열 등의 퇴적 구조가 나타난다.
- ③ 경상남도 고성군 덕명리: 중생대 호수에서 퇴적된 셰일층으로 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, 셰일 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

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, 연안 환경, () 환경으로 구분한다.
2. 조간대, 해변, 석호 등은 () 환경에 해당한다.
3. ()는 하천과 바다가 만나는 곳에서 만들어진 삼각형 모양의 지형으로, 사층리가 잘 형성된다.
4. 대륙대에는 저탁류에 의해 운반된 다양한 크기의 쇄설성 퇴적 입자가 쌓이면서 ()가 잘 형성된다.
5. 강원도 태백시 구문소에서 삼엽충 화석이 산출되는 석회암층은 ()대에 퇴적되었다.
6. 경기도 화성시 시화호에서 공룡알 화석이 산출되는 사암층은 ()대에 퇴적되었다.

정답

- | | |
|--------|----------|
| 1. 해양 | 2. 연안 |
| 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. 암석이 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조를 () 이라고 한다.

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

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

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

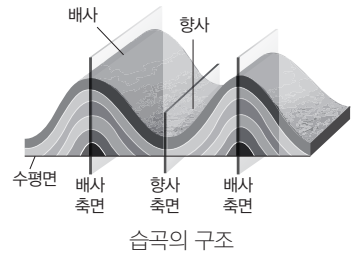
5. 정단층은 지층이 () 을 받아 형성된 것이고, 역단층은 지층이 () 을 받아 형성된 것이다.

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.

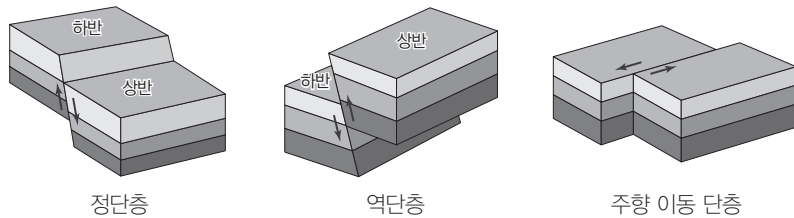
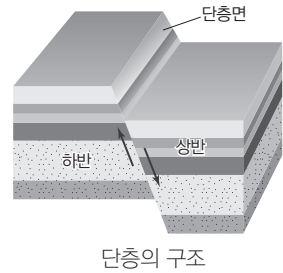
② 습곡의 종류: 습곡축면이 수평면에 대하여 거의 수직인 정습곡, 기울어진 경사 습곡, 거의 수평으로 누운 횡와 습곡 등이 있다.



(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.

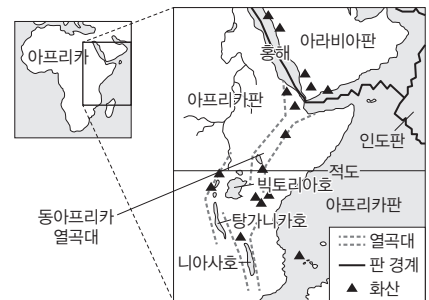
① 단층의 구조: 단층면이 경사져 있을 때 그 윗부분을 상반, 아랫부분을 하반이라고 한다.

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 | 지구대와 동아프리카 열곡대

- 지구대: 여러 개의 단층이 발달한 지역에서 지면이 주변에 비해 상대적으로 함몰된 낮은 부분을 지구라 하고, 지구라 길게 연속적으로 나타나는 지형을 지구대라고 한다.
- 동아프리카 열곡대: 판의 발산형 경계로 정단층에 의한 지형이 발달하는데, 동아프리카 열곡대를 따라 지구대가 발달하며 동아프리카 열곡대에는 빅토리아호, 탕가니카호, 니아사호 등의 대규모 단층호가 다수 분포한다.



정답

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

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.

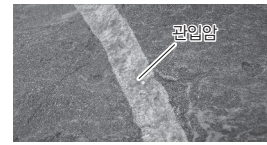
1. 부정합면을 기준으로 상하 지층이 서로 경사진 부정합을 () 부정합이라고 한다.
2. 지하에서 생성된 심성암이나 변성암이 융기하여 침식 작용을 받은 후 그 위에 새로운 지층이 퇴적되어 생긴 부정합을 ()이라고 한다.
3. 마그마가 기존 암석의 약한 부분을 뚫고 들어가는 과정을 ()이라고 한다.
4. 마그마가 관입할 때 주변 암석의 일부가 떨어져 나와 마그마 속으로 유입되는 것을 ()이라고 한다.

- 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.

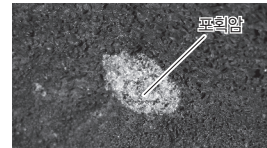


(5) 관입과 포획

- ① 관입: 마그마가 기존 암석의 약한 부분을 뚫고 들어가는 과정을 관입이라고 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 포획이라고 하고, 포획된 암석을 포획암이라고 한다. ➔ 포획암을 관찰하면 화성암과 주변 암석의 생성 순서를 알 수 있다.



관입

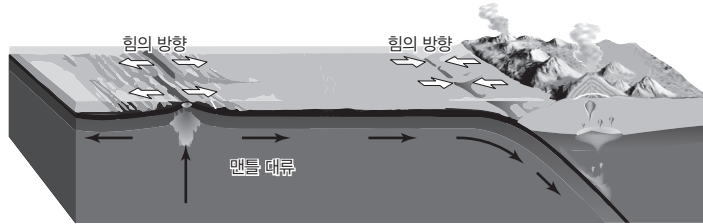


포획

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

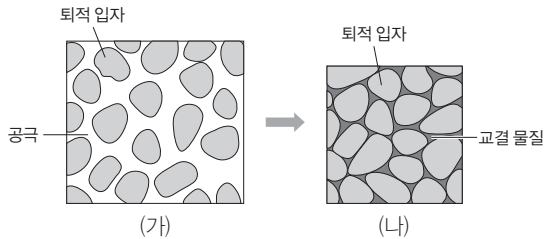
분석 point

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. 경사
2. 난정합
3. 관입
4. 포획

01 [23026-0049] 그림 (가)와 (나)는 속성 작용에 의한 쇄설성 퇴적물의 변화를 나타낸 것이다.

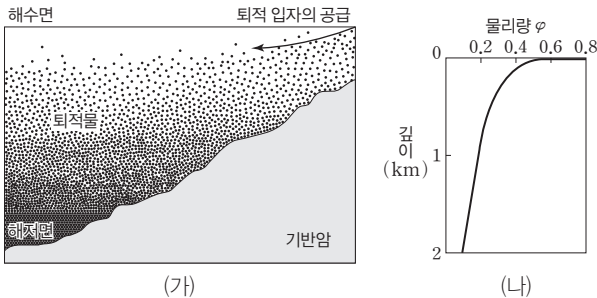


(가) → (나) 과정에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 퇴적물의 총 부피가 작아졌다.
 - ㉡. 공극의 평균 크기가 작아졌다.
 - ㉢. 교결 작용이 일어났다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

02 [23026-0050] 그림 (가)는 특성이 같은 쇄설성 퇴적 입자가 지속적으로 퇴적 되는 어느 바다를, (나)는 이 바다에서 퇴적물의 물리량 ϕ 를 깊이에 따라 나타낸 것이다. 퇴적물의 물리량 ϕ 는 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$ 이다.



깊이 2 km의 퇴적물과 비교한 깊이 1 km의 퇴적물에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 퇴적물의 밀도가 크다.
 - ㉡. 공극의 평균 크기가 크다.
 - ㉢. 퇴적물이 받는 압력이 크다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

03 [23026-0051] 다음은 퇴적암 표본 A와 B를 관찰하여 작성한 보고서의 일부이다. A와 B는 각각 사암과 역암 중 하나이다.

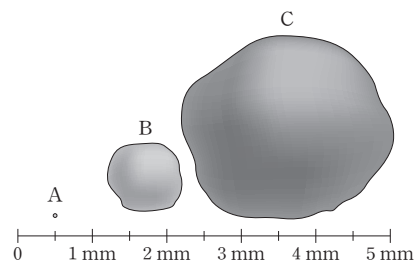
표본	스케치	관찰 내용
A		<ul style="list-style-type: none"> • 연한 회색을 띠고 있으며, ㉠ 나란한 줄무늬가 관찰된다. • 표본을 손으로 만져보면 약간 거칠다. • 퇴적 입자 대부분의 크기는 진흙보다 크다.
B		<ul style="list-style-type: none"> • 여러 색의 굵은 자갈이 뚜렷하게 관찰된다. • 굵은 자갈 사이에 모래, 실트, 점토가 포함되어 있다.

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

- 보기
- ㉠. ㉠은 층리이다.
 - ㉡. B는 사암이다.
 - ㉢. A와 B 모두 쇄설성 퇴적암에 해당한다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉠, ㉢

04 [23026-0052] 그림은 서로 다른 종류의 쇄설성 퇴적 입자를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 자갈, 모래, 실트 중 하나이다.

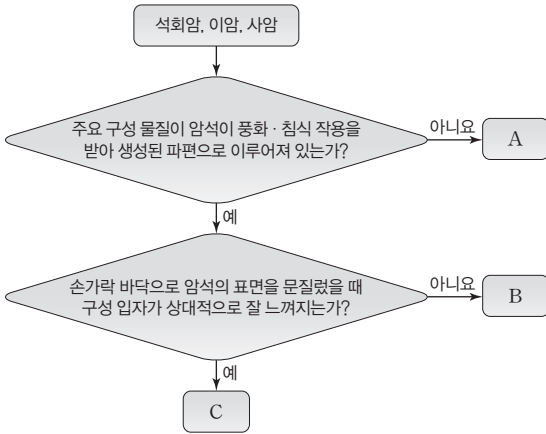


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㉠. 실트는 A이다.
 - ㉡. 구성 입자 중 A와 B의 함량이 각각 5%와 95%인 쇄설성 퇴적암은 사암이다.
 - ㉢. C와 같은 크기의 석회질 생물체의 파편이 집적되어 만들어진 퇴적암은 역암이다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

05 그림은 세 가지 퇴적암 표본을 특징에 따라 구분하는 과정을 나타낸 것이다. [23026-0053]



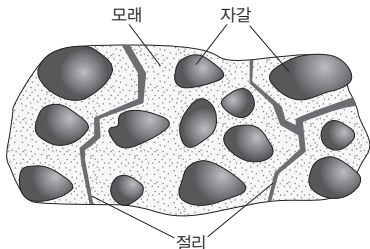
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 칼슘(Ca)은 A의 주요 구성 원소이다.
 ㄴ. B는 이암이다.
 ㄷ. 퇴적 입자의 평균 크기는 B가 C보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림은 자갈과 모래가 퇴적되어 만들어진 역암의 모습을 스케치한 것이다. 자갈은 어느 화강암이 풍화·침식되어 만들어졌다. [23026-0054]



㉠ 자갈을 구성하는 광물의 생성 시기, ㉡ 역암의 퇴적 시기, ㉢ 절리의 형성 시기를 시간 순으로 옳게 나열한 것은?

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

07 표는 서로 다른 종류의 퇴적 환경과 그 사례를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 육상 환경, 해양 환경, 연안 환경 중 하나이다. [23026-0055]

퇴적 환경	사례
A	대륙붕, 대륙대, 심해저 평원
B	사막, 하천, 호수
C	조간대, 해변, 석호

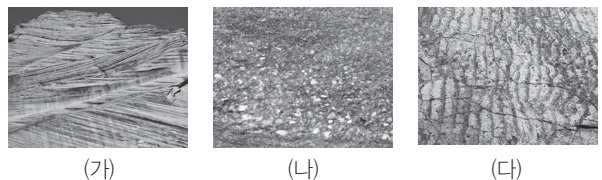
퇴적 환경 A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 지구에서 분포 면적이 가장 넓은 것은 A이다.
 ㄴ. 석회암이 생성될 수 있는 퇴적 환경의 분포 면적은 A에서 B에서보다 넓다.
 ㄷ. 강물이 바다로 유입되는 곳에서 형성되는 삼각주는 C에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가), (나), (다)는 퇴적암에서 관찰된 퇴적 구조를 나타낸 것이다. [23026-0056]



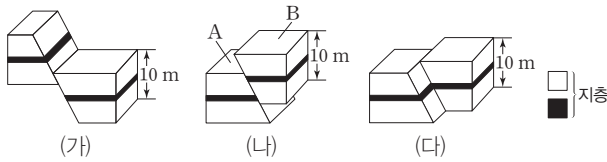
(가), (나), (다)에 대한 공통적인 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 층리면에서 관찰된 모습이다.
 ㄴ. 퇴적물이 침식되는 과정에서 만들어진 구조이다.
 ㄷ. 퇴적 구조를 이용해 지층의 역전 여부를 판단할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23026-0057] 그림 (가), (나), (다)는 서로 다른 종류의 단층을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)의 모든 지층은 수평층이다.



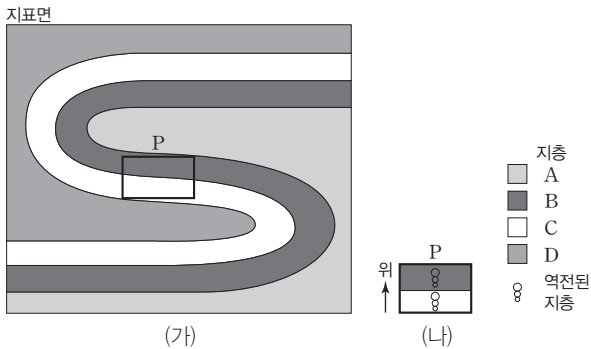
(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 하반에 대한 상반의 연직 방향의 이동 거리가 가장 긴 단층은 정단층이다.
- ㄴ. (나)에서 A는 상반, B는 하반이다.
- ㄷ. 변환 단층의 구조는 (나)보다 (다)에 가깝다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23026-0058] 그림 (가)는 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이고, (나)는 (가)의 P 부분에 역전된 지층을 표시한 것이다.



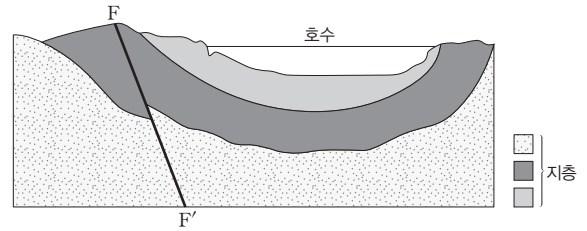
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A~D 중 가장 먼저 퇴적된 지층은 A이다.
- ㄴ. 습곡축면이 지표면에 대해 거의 수직이다.
- ㄷ. 이 지역에는 횡압력에 의해 형성된 지질 구조가 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [23026-0059] 그림은 호수가 분포하는 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



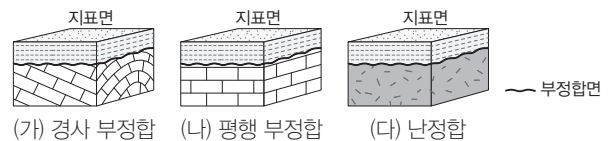
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 호수가 위치하는 곳의 지하에는 향사 구조가 나타난다.
- ㄴ. 단층 F-F'은 횡압력을 받아 형성되었다.
- ㄷ. 단층 F-F'은 습곡보다 먼저 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

12 [23026-0060] 그림 (가), (나), (다)는 서로 다른 종류의 부정합을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)에서 부정합면을 경계로 상하 지층의 경사가 서로 다르다.
- ㄴ. (나)에서 부정합면을 경계로 상하 지층의 퇴적은 연속적으로 일어났다.
- ㄷ. (다)에서 부정합면의 하부에는 퇴적암이 분포한다.

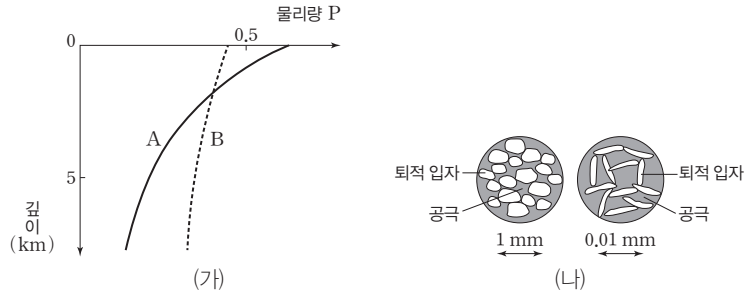
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

퇴적 입자 사이의 빈틈을 공극이라 하고, 퇴적물이 속성 작용을 받으면 공극의 총 부피를 감소한다.

현무암은 화성암 중 화산암이며, 응회암은 화산에서 분출된 화산재가 주로 퇴적되어 만들어진다.

[23026-0061]

01 그림 (가)는 속성 작용이 일어나는 동안 모래층과 진흙층에서 깊이에 따른 물리량 P의 변화를, (나)는 (가)의 지표면에서의 모래층 모습과 진흙층 모습을 순서 없이 나타낸 것이다. 물리량 P는 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$ 이고, A와 B는 각각 모래층과 진흙층 중 하나이다.



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

- 보기
- ㄱ. A는 모래층이다.
 - ㄴ. 지표면에서 공극의 평균 크기는 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. 깊이 0~5 km 구간에서 깊이에 따른 P의 평균 감소율은 모래층이 진흙층보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23026-0062]

02 다음은 지질 명소인 제주도의 사근다리에 대한 설명이다.

- 사근다리는 비교적 낮은 언덕이다.
- 제주도의 대부분 지역이 검은색 ㉠ 현무암으로 이루어진 것과는 달리 사근다리에는 ㉡ 응회암으로 이루어진 절벽이 있다.
- 사근다리는 ㉢ 바닷가 모래사장 옆에 위치하며, 응회암이 오랜 시간 풍화되어 노란색으로 변해 마치 돌이 썩어 있는 것과 같이 보인다고 해서 썩은다리라고 불리던 것이 지금은 사근다리로 불린다.

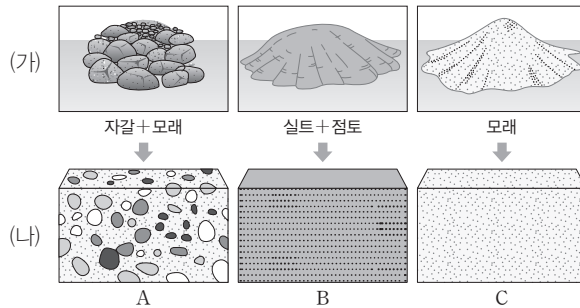


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 조립질 조직이 발달한다.
 - ㄴ. ㉡의 주요 구성 물질은 화산재이다.
 - ㄷ. ㉢은 연안 퇴적 환경에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

03 그림 (가)는 여러 퇴적물을, (나)는 (가)의 퇴적물이 속성 작용을 받아 만들어진 퇴적암을 스케치한 것이다. A, B, C는 각각 역암, 사암, 셰일 중 하나이다. [23026-0063]



퇴적 입자의 크기는 자갈 > 모래 > 실트 > 점토 순이다.

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

보기

- ㄱ. 퇴적 입자 크기의 균질한 정도는 C보다 A가 높다.
- ㄴ. 층리는 A보다 B에서 뚜렷하게 나타난다.
- ㄷ. C는 사암이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 여러 퇴적암의 특징을 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 처트, 석회암, 셰일 중 하나이다. [23026-0064]

퇴적암	특징
A	<ul style="list-style-type: none"> • ㉠ 산호의 유해가 집적되어 생성되었다. • 주성분은 CaCO₃이다. • 회색을 띤다.
B	<ul style="list-style-type: none"> • 바닷물에 녹아 있던 SiO₂가 침전되어 생성되었다. • 백색을 띤다.
C	<ul style="list-style-type: none"> • 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 쇄설물이 퇴적되어 생성되었다. • 얇은 층이 여러 겹으로 나타난다.

산호의 유해가 집적되어 생성된 퇴적암은 석회암이고, 바닷물에 녹아 있던 SiO₂가 침전되어 생성된 퇴적암은 처트이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

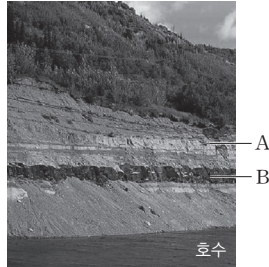
- ㄱ. A에서 ㉠이 화석으로 산출될 수 있다.
- ㄴ. B는 유기적 퇴적암이다.
- ㄷ. C에는 층리가 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

쇄설성 퇴적 입자 대부분의 크기가 1 mm 정도인 A는 사암이고, 검은색을 띠고 식물 화석이 산출되는 B는 석탄이다.

05 그림은 퇴적암으로 이루어진 어느 절벽의 모습을, 표는 퇴적암 A와 B의 특징을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 사암과 석탄 중 하나이다.

[23026-0065]



퇴적암	특징
A	<ul style="list-style-type: none"> • 쇄설성 퇴적 입자로 이루어져 있다. • 퇴적 입자 대부분의 크기가 1 mm 정도이다. • 엷은 노란색을 띤다.
B	<ul style="list-style-type: none"> • 검은색을 띤다. • 식물 화석이 산출된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 절벽에서 층리가 잘 나타난다.
- ㄴ. B는 유기적 퇴적암이다.
- ㄷ. 구성 원소 중 탄소(C)의 함량은 A가 B보다 많다.

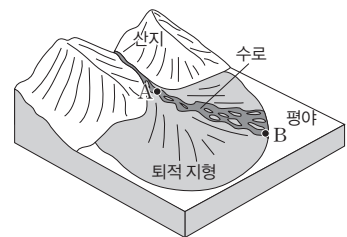
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

부채를 펼친 모양의 이 퇴적 지형은 선상지이다.

06 다음은 어느 퇴적 지형에 대한 설명이다.

[23026-0066]

이 퇴적 지형은 경사가 급한 산지의 좁은 골짜기를 흐르던 유수가 경사가 완만한 평지에 이르면 유속이 급격히 느려지면서 자갈, 모래, 점토 등의 퇴적물이 쌓여 만들어진 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

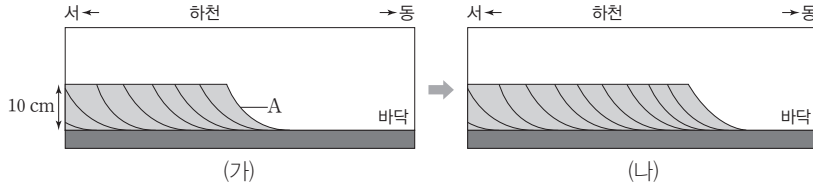
보기

- ㄱ. 이 퇴적 지형은 선상지이다.
- ㄴ. A 지점의 퇴적물이 속성 작용을 받아 만들어진 퇴적암은 역암보다 이암에 가까울 것이다.
- ㄷ. 유수의 평균 유속은 B 지점 부근보다 A 지점 부근이 빠를 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)와 (나)는 어느 하천에서 어떤 퇴적 구조가 형성되는 과정을 모식적으로 나타낸 것이다. 이 하천에서 하천수는 주로 동쪽 또는 서쪽으로 흐른다.

[23026-0067]



총리가 나란하지 않고 비스듬히 기울어져 있는 퇴적 구조는 사총리이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

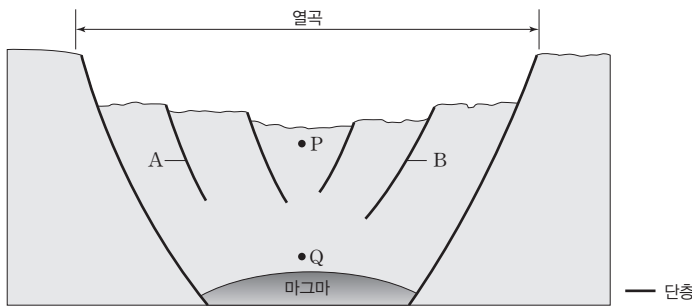
보기

- ㄱ. 이 퇴적 구조는 사총리이다.
- ㄴ. 하천수는 주로 서쪽으로 흐른다.
- ㄷ. (가) → (나) 과정에서 A에서는 침식 작용보다 퇴적 작용이 우세했다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

08 그림은 어느 해령 중심부에 위치하는 열곡의 단면을 나타낸 것이다. P 지점과 Q 지점의 암석은 화성암이다.

[23026-0068]



해령의 열곡은 판의 발산형 경계에서 형성된 지형이며, 열곡에는 정단층이 발달한다.

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

보기

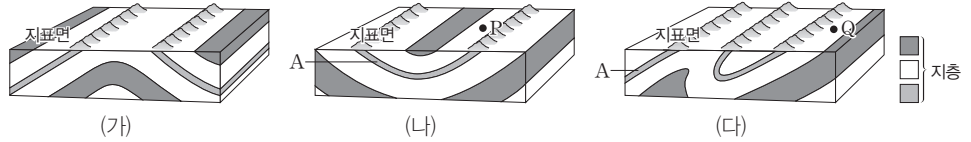
- ㄱ. A는 정단층, B는 역단층이다.
- ㄴ. 암석을 구성하는 광물 입자의 평균 크기는 P 지점이 Q 지점보다 작다.
- ㄷ. 열곡은 단층 작용에 의한 함몰로 만들어진 지형이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

(가), (나), (다) 지역 모두에서 습곡이 나타나며, 습곡에서 위로 볼록하게 휘어진 부분을 배사, 아래로 오목하게 휘어진 부분을 향사라고 한다.

09 그림은 (가), (나), (다) 지역의 습곡을 나타낸 것이다. (나)와 (다) 지역에서 A 지층의 퇴적 시기는 같다.

[23026-0069]



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

보기

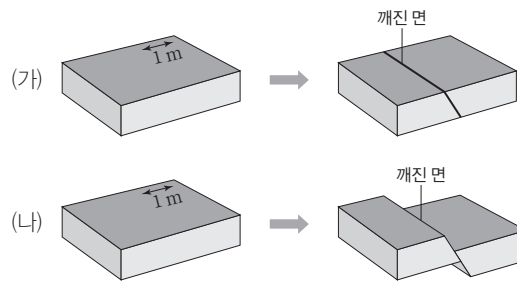
- ㄱ. (가)에서 가장 새로운 지층은 배사측면에 분포한다.
- ㄴ. (가)의 습곡은 장력에 의해, (나)의 습곡은 횡압력에 의해 형성되었다.
- ㄷ. 지표면에 분포하는 지층의 퇴적 시기는 P 지점이 Q 지점보다 늦다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

깨진 면을 기준으로 양쪽 암석의 상대적인 이동이 있으면 단층이고, 깨진 면을 기준으로 양쪽 암석의 상대적인 이동이 거의 없거나 전혀 없으면 절리이다.

10 그림 (가)와 (나)는 암석에 서로 다른 지질 구조가 형성되는 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 지질 구조는 각각 단층과 절리 중 하나이다.

[23026-0070]



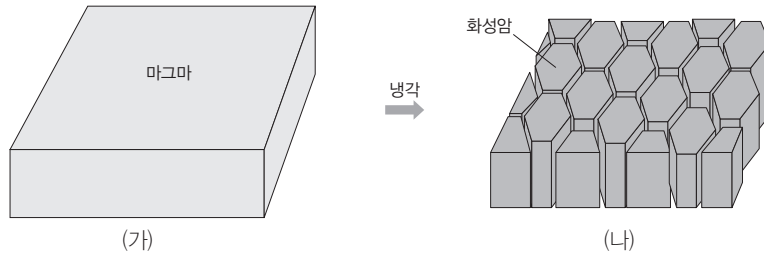
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 깨진 면을 기준으로 양쪽 암석의 상대적 이동 거리는 (나)가 (가)보다 길다.
- ㄴ. (가)의 깨진 면은 절리면이다.
- ㄷ. (나)의 지질 구조는 장력에 의해 형성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림 (가)와 (나)는 지표면 부근에서 현무암질 마그마가 냉각되면서 어떤 지질 구조가 형성되는 과정을 나타낸 것이다. [23026-0071]



마그마가 지표면 부근에서 급격히 식어 부피가 수축되어 만들어진 절리는 주상 절리이다.

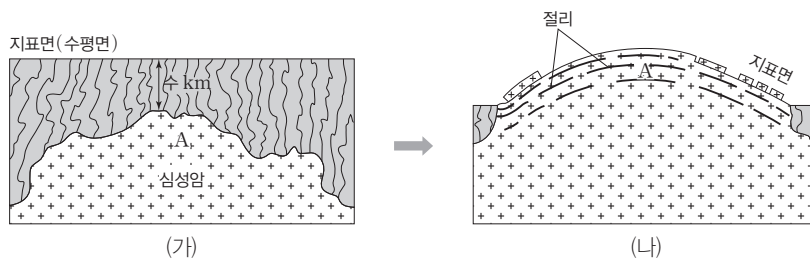
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 이 지질 구조는 주상 절리이다.
- ㄴ. (가) → (나) 과정에서 마그마 모든 부분에서 부피의 수축 정도는 같았다.
- ㄷ. (나)의 화성암은 반려암이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림 (가)와 (나)는 심성암이 지표면에 노출되는 과정에서 어떤 절리가 형성되는 모습을 나타낸 것이다. [23026-0072]



심성암이 지표면에 노출되면서 부피가 팽창하여 만들어진 절리는 판상 절리이다.

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

보기

- ㄱ. 형성된 절리는 판상 절리이다.
- ㄴ. 심성암이 화산암으로 변한다.
- ㄷ. A 부분 심성암의 부피 변화는 연직 방향이 수평 방향보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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. 지층 누층의 법칙에 의하면, 지층의 ()이 없었다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 생성되었다.

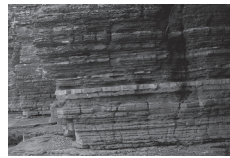
3. 지층의 역전 여부는 ()나 표준 화석을 이용하여 판단할 수 있다.

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

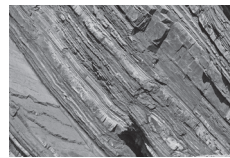
1 지층의 생성 순서

(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.



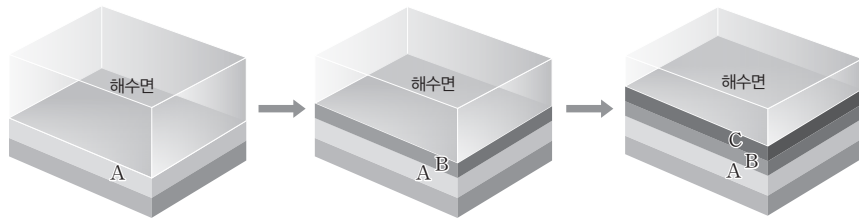
수평층



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.

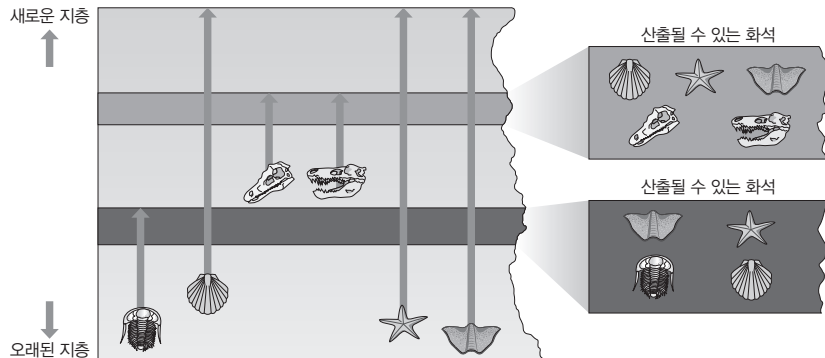
- 지층이 생성된 후 지각 변동을 받으면 역전되거나 변형될 수 있다.
- 지층의 역전 여부는 사층리, 접이 층리, 연흔, 건열 등의 퇴적 구조와 지층 속에 보존되어 있는 화석을 이용하여 판단할 수 있다.



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

정답

1. 중력, 수평
2. 역전
3. 퇴적 구조
4. 천이

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 바로 위에 존재하는 역암을 () 역암이라고 한다.

2. ()의 법칙에 의하면 관입 당한 암석은 관입한 화성암보다 먼저 생성되었다.

3. 여러 지역에 분포하는 지층들을 서로 비교하여 시간적인 선후 관계를 밝히는 것을 ()라고 한다.

4. 암상에 의한 지층 대비를 할 때 기준이 되는 지층을 ()이라고 한다.

5. ()에 의한 지층 대비는 같은 종류의 표준 화석이 산출되는 지층을 연결하여 지층의 선후 관계를 판단하는 방법이다.

정답

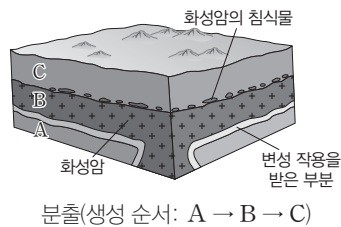
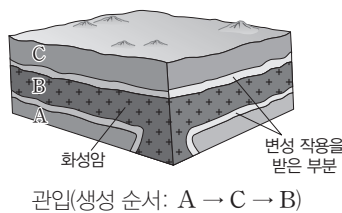
1. 기저
2. 관입
3. 지층 대비
4. 건층 또는 열쇠층
5. 화석

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.

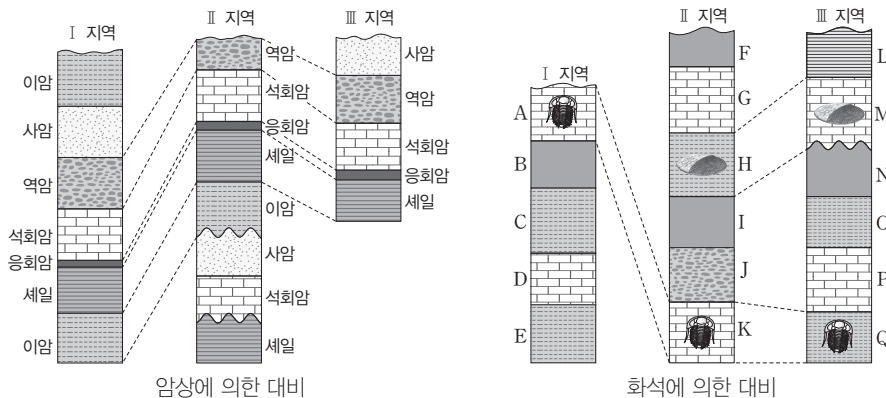
- 마그마가 주변의 암석을 관입한 경우 주변의 암석은 화성암보다 먼저 생성되었으며, 주변의 암석이 변성 작용을 받을 수 있다.
- 마그마가 지표로 분출한 경우 화성암 위의 지층은 화성암보다 나중에 생성되었으며, 화성암 위의 지층에는 변성 작용을 받은 부분이 나타나지 않는다.



(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.



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 () 연령이라고 한다.
2. 암석의 생성 시기를 절대적인 수치로 나타낸 것을 () 연령이라고 한다.
3. 시간이 지남에 따라 방사선을 방출하면서 붕괴하는 원소를 () 동위 원소라고 한다.
4. 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 함량의 ()로 줄어드는 데 걸리는 시간을 반감기라고 한다.

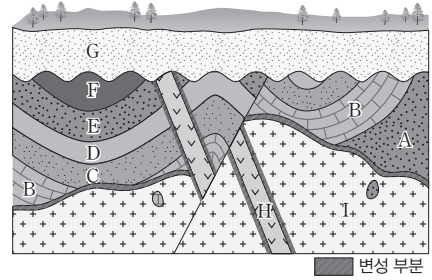
2 상대 연령과 절대 연령

(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.

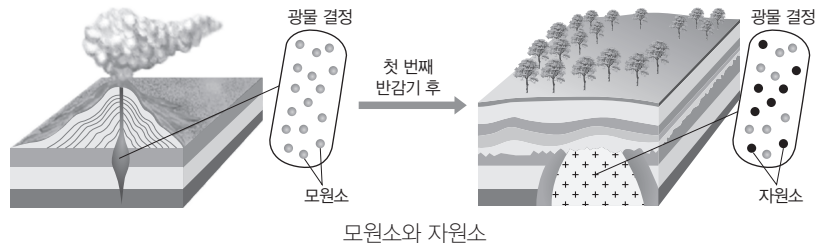
분석 point

- 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 다르다.

(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.

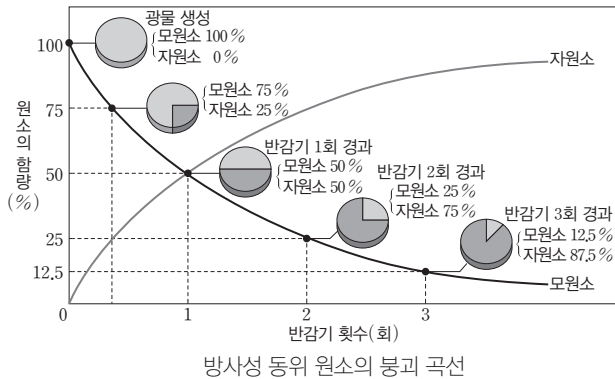


정답

1. 상대
2. 절대
3. 방사성
4. $\frac{1}{2}$

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.

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



방사성 동위 원소의 붕괴 곡선

- 화성암에서 측정한 절대 연령은 암석이 생성된 시기를 나타내고, 퇴적암은 생성 시기가 다른 여러 광물 입자가 섞여 있으므로 퇴적암에서 측정한 절대 연령은 퇴적암의 퇴적 시기 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

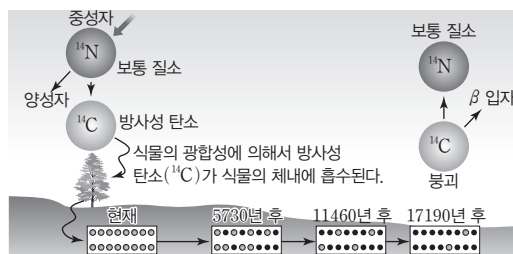
❶ 퇴적암의 절대 연령

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

1. 시간이 지남에 따라 모원소의 함량은 지속적으로 ()하고, 자원소의 함량은 지속적으로 ()한다.
2. 반감기가 3번 지나면 방사성 동위 원소의 함량은 처음 함량의 ()이 된다.
3. 어느 화성암에 포함된 방사성 동위 원소의 함량이 처음 함량의 $\frac{1}{16}$ 이고 반감기가 0.5억 년이라면, 이 화성암의 절대 연령은 ()억 년이다.
4. 퇴적암에서 측정한 절대 연령은 퇴적암의 퇴적 시기 상한선을 지시하고, 화성암에서 측정한 절대 연령은 화성암이 ()된 시기를 나타낸다.

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. $\frac{1}{8}$
3. 2
4. 생성

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 지구가 탄생한 약 ()억 년 전부터 현재까지의 시기이다.
4. 시생 누대, 현생 누대, 원생 누대를 시간 순으로 나열하면 () 누대 → () 누대 → () 누대이다.
5. 현생 누대는 ()생대 → ()생대 → ()생대 순으로 세분된다.

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

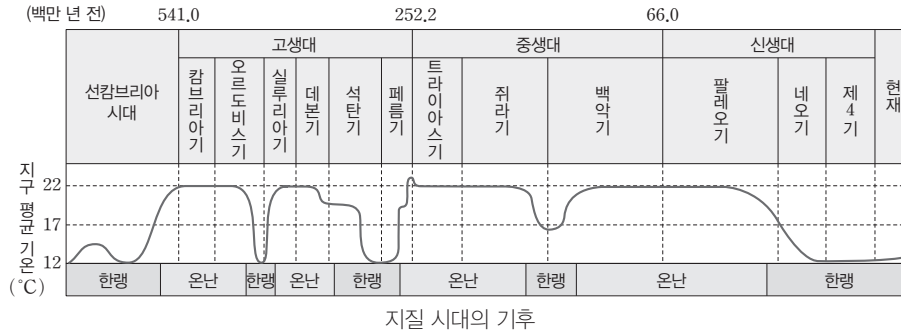
① 고기후 연구 방법

- 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. 46
4. 시생, 원생, 현생
5. 고, 중, 신

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.

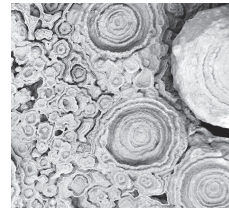
● **스트로마톨라이트**

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.



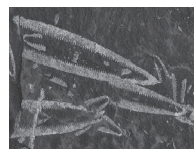
스트로마톨라이트

② 고생대의 환경과 생물

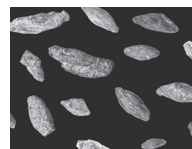
환경	<ul style="list-style-type: none"> • 캄브리아기, 실루리아기, 데본기에는 대체로 온난했으며, 오르도비스기, 석탄기, 페름기에는 빙하기가 있었다. • 말기에 여러 대륙들이 하나로 모여 초대륙 판게아를 형성하면서 대규모 조산 운동이 일어났다.
생물	<ul style="list-style-type: none"> • 캄브리아기(삼엽충의 시대): 다양한 생물이 폭발적으로 증가하였고, 온난한 바다에서 삼엽충, 완족류 등의 해양 무척추동물이 번성하였다. • 오르도비스기(필석의 시대): 삼엽충, 필석류, 완족류가 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

1. () 시대는 고생대 최초의 기인 캄브리아기보다 앞선 시기로, 전체 지질 시대의 약 88%를 차지한다.
2. 에디아카라 동물군 화석은 원생 누대 말기에 나타났던 () 동물들의 화석이다.
3. 삼엽충은 고생대 ()기에 출현하여 고생대 ()기 말에 멸종하였다.
4. 고생대 ()기에는 최초의 파충류가 출현하였고, 양치식물이 거대한 삼림을 형성하였다.
5. 겉씨식물은 고생대 ()기에 출현하였다.

정답



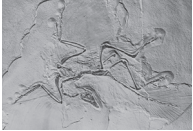
1. 선캄브리아
2. 다세포
3. 캄브리아, 페름
4. 석탄
5. 페름

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. 초대륙 판게아가 분리되면서 ()과 인도양이 형성되기 시작하였다.
2. 원시 포유류는 중생대 ()기에 출현하였다.
3. 공룡은 중생대 ()기에 출현하여 중생대 ()기 말에 멸종하였다.
4. 신생대 팔레오기와 네오기는 대체로 온난하였으나, ()기에 접어들면서 여러 번의 빙하기와 간빙기가 있었다.
5. 대형 유공충인 화폐석은 매머드보다 () 출현하였다.

③ 중생대의 환경과 생물

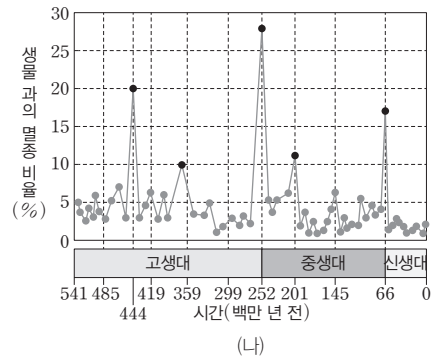
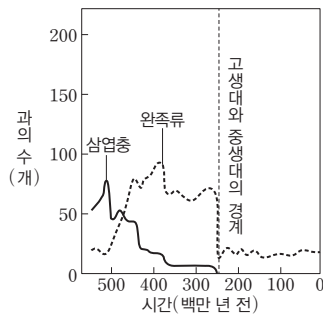
환경	<ul style="list-style-type: none"> • 전반적으로 온난한 기후가 지속되었으며, 빙하기가 없었다. • 트라이아스기 말에 초대륙 판게아가 분리되기 시작하였고, 초대륙 판게아가 분리되면서 대서양과 인도양이 형성되기 시작하였으며 해양판이 섭입하면서 로키산맥, 안데스산맥과 같은 습곡 산맥이 형성되기 시작하였다.
생물	<ul style="list-style-type: none"> • 트라이아스기: 바다에서는 암모나이트가 번성하였으며, 육지에서는 공룡과 원시 포유류가 출현하였다. 은행류, 소철류 등의 겉씨식물이 번성하였다. • 쥐라기: 공룡을 비롯한 파충류와 암모나이트, 겉씨식물이 크게 번성하였고, 파충류와 조류의 특징을 모두 가진 시조새가 출현하였다. • 백악기: 말기에 공룡과 암모나이트가 멸종하였으며, 속씨식물이 출현하여 겉씨식물을 대체하기 시작하였다. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>암모나이트</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>공룡</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>시조새</p> </div> </div>

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 등의 속씨식물이 번성하였다. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>화폐석</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>매머드</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>단풍나무</p> </div> </div>



과학 돋보기 | 생물의 주요 멸종 시기

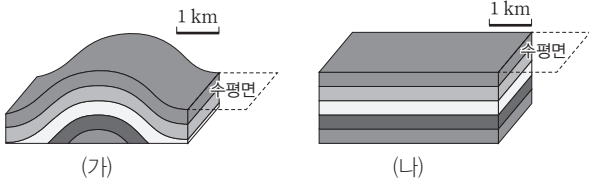


- (가)는 현생 누대 동안 삼엽충과 완족류의 과(과)의 수 변화를 나타낸 것이다. 고생대 페름기 말에 삼엽충이 멸종하였고, 완족류 과의 수는 급격히 감소하였다.
- (나)는 현생 누대 동안 생물 과(과)의 멸종 비율을 나타낸 것이다. 고생대 오르도비스기 말, 데본기 후기, 페름기 말, 중생대 트라이아스기 말, 백악기 말에 생물의 대량 멸종이 있었다.

정답

1. 대서양
2. 트라이아스
3. 트라이아스, 백악
4. 제4
5. 먼저

01 [23026-0073] 그림 (가)와 (나)는 지층이 퇴적되던 당시의 모습과 지층이 지각 변동을 받은 후의 모습을 순서 없이 나타낸 것이다.



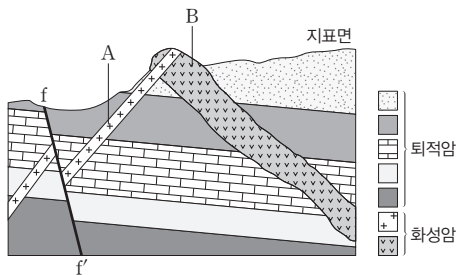
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 지층이 퇴적되던 당시의 모습은 (가)이다.
- ㄴ. 지층이 지각 변동을 받는 동안 횡압력을 받았다.
- ㄷ. (가)의 지층이 횡압력을 받는다면 (나)의 모습으로 변할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

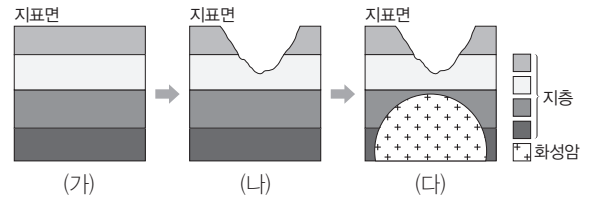
02 [23026-0074] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



화성암 A, 화성암 B, 단층 f-f'의 생성 순서를 옳게 나타낸 것은?

- ① A → B → f-f' ② B → A → f-f'
- ③ B → f-f' → A ④ f-f' → A → B
- ⑤ f-f' → B → A

03 [23026-0075] 그림 (가), (나), (다)는 어느 지역의 지질 단면 변화를 나타낸 것이다.



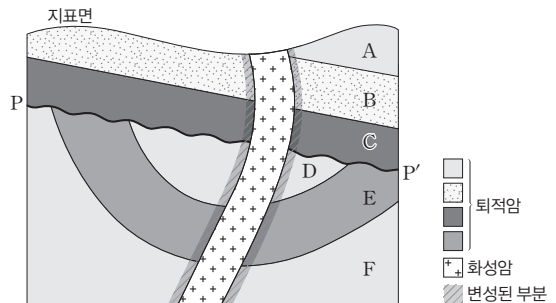
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가) → (나) 과정에서 지층의 일부가 침식되었다.
- ㄴ. (나) → (다) 과정에서 화성암이 지층을 관입하였다.
- ㄷ. (다)의 지층에서 관입한 화성암의 침식물이 발견될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23026-0076] 그림은 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 가장 새로운 암석은 A이다.
- ㄴ. 지질 구조 P-P'은 난정합이다.
- ㄷ. 이 지역에서는 최소한 2번의 융기가 있었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 그림은 지층으로 이루어진 어느 해변의 모습을 나타낸 것이다. [23026-0077]



이에 대해 학생들이 나는 대화 중 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

- 보기
- 학생 A: 수평 퇴적의 법칙에 의하면 ㉠과 ㉡ 지층 모두 퇴적된 후 지각 변동을 받았어.
- 학생 B: 지층 누층의 법칙에 의하면 ㉠ 지층은 ㉡ 지층보다 먼저 생성되었어.
- 학생 C: ㉠과 ㉡ 지층이 연속적으로 퇴적되었다면 두 지층은 부정합 관계야.

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

06 다음은 어느 화석에 대한 설명이다. [23026-0078]

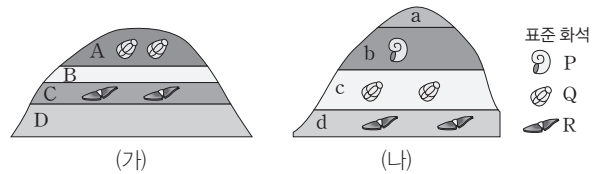
- 이 화석은 사지동물의 발자국 화석으로, 수직하게 분포하는 사암층의 층리면에서 발견되었다.
 - 이 화석이 발견된 ㉠ 사암층은 약 3억 년 전에 퇴적되었다.
-

이에 대해 학생들이 나는 대화 중 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- 학생 A: ㉠은 고생대에 퇴적되었어.
- 학생 B: 이 화석은 포유류의 발자국 화석일 거야.
- 학생 C: 사지동물이 수직한 사암층을 타고 올라갈 때 사암층에 사지동물의 발자국이 찍힌 거야.

- ① A ② B ③ C ④ A, C ⑤ B, C

07 그림은 서로 다른 대륙 (가)와 (나)의 지층에서 산출되는 표준 화석을 나타낸 것이다. [23026-0079]



(가)와 (나) 대륙을 화석을 이용해 지층 대비할 때에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 가장 새로운 지층은 (가)에 분포한다.
- ㄴ. (가)의 C 지층과 대비되는 (나)의 지층은 d이다.
- ㄷ. 생물의 출현 시기는 R → Q → P 순이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 화강암을 관입한 현무암을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 화강암과 현무암 중 하나이다. [23026-0080]

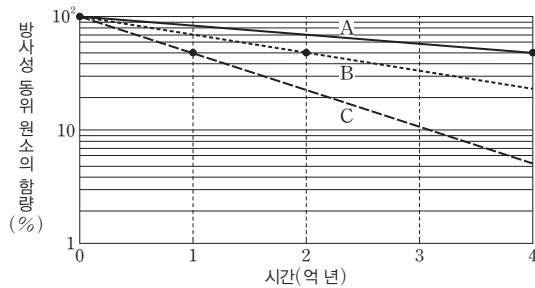


A와 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A가 B보다 나중에 생성되었다.
- ㄴ. 생성된 깊이는 A가 B보다 깊다.
- ㄷ. B와 접한 A에서 변성된 부분을 관찰할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 [23026-0081] 그림은 서로 다른 방사성 동위 원소 A, B, C의 시간에 따른 함량 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

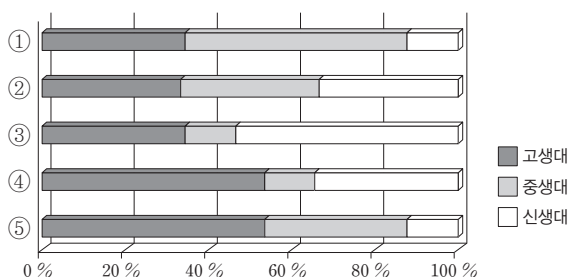
- 보기
- ㄱ. A의 반감기는 C의 4배이다.
 - ㄴ. B가 2번의 반감기를 지나는 데 걸리는 시간은 4억 년이다.
 - ㄷ. 암석이 생성되고 4억 년이 지나면 C의 함량은 처음의 $\frac{1}{16}$ 로 감소한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

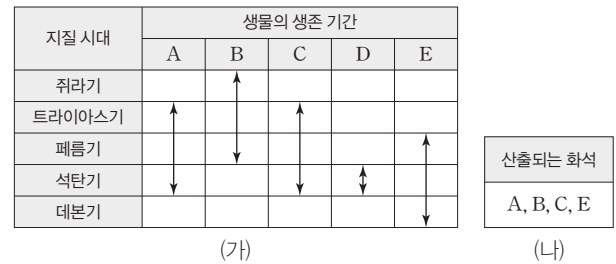
10 [23026-0082] 다음은 현생 누대에 대한 설명이다.

- 지질 시대를 구분하는 가장 큰 단위는 누대이며, 누대는 대, 기, 세의 순으로 세분된다.
- 현생 누대는 지질 시대 중 화석이 비교적 많이 발견되는 시기로, 고생대, 중생대, 신생대로 세분된다.

현생 누대에서 고생대, 중생대, 신생대의 상대적 길이를 막대그래프로 가장 적절하게 나타낸 것은?



11 [23026-0083] 그림 (가)는 생물 A~E의 생존 기간을, (나)는 어느 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다.



이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 생존 기간만을 고려할 때 A~E 중 표준 화석으로 가장 적합한 것은 B이다.
 - ㄴ. C가 생존하던 기간 중에 포유류가 출현했다.
 - ㄷ. (나)의 지층이 퇴적되던 시기에 삼엽충이 생존했다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [23026-0084] 다음은 어느 생물군 화석에 대한 설명이다.

이 생물군의 화석들은 1933년에 아프리카의 나미비아, 1946년에 호주 에디아카라에서 발견되었지만 당시에는 큰 관심을 받지 못했다. 그러나 1957년에 이 생물군에 해당하는 ㉠카르니아가 ㉡선캄브리아 시대 생물임이 밝혀졌고, 이를 계기로 ㉢캄브리아기 이전에 생존했던 다양한 생물이 큰 관심을 받게 되었다.



카르니아 화석

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 광합성을 하는 식물이다.
 - ㄴ. ㉡은 전체 지질 시대의 대부분을 차지한다.
 - ㄷ. ㉢은 시생 누대에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

13 그림은 현생 누대 중 어느 지질 시대의 대륙 분포를 나타낸 것이다. [23026-0085]



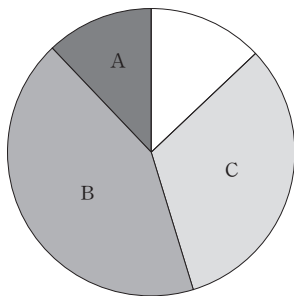
이 지질 시대에 대한 학생들의 대화 중 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

학생 A: 바다에서는 암모나이트가 살고 있었어.
 학생 B: 강원도 태백시 구문소의 석회암층이 퇴적되고 있었어.
 학생 C: 매머드가 유라시아 지역을 비롯한 넓은 지역에서 번성했어.

- ① A ② B ③ C ④ A, C ⑤ B, C

14 그림은 약 46억 년 전부터 시작된 지구의 역사에서 원생 누대, 현생 누대, 시생 누대의 상대적 길이를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 원생 누대, 현생 누대, 시생 누대 중 하나이다. [23026-0086]



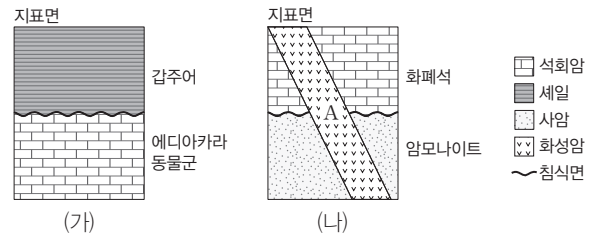
A, B, C에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 육상 식물이 출현한 시기는 A이다.
 ㄴ. 원생 누대는 B이다.
 ㄷ. B는 C보다 앞선 지질 시대이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 서로 다른 두 지역 (가)와 (나)의 지층 단면과 산출되는 화석을 나타낸 것이다. [23026-0087]



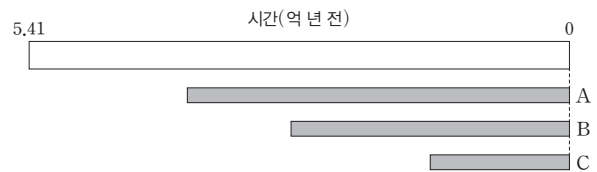
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)의 지층 모두는 바다에서 퇴적되었다.
 ㄴ. (가)의 석회암층과 세일층은 부정합 관계이다.
 ㄷ. (나)의 A는 신생대에 관입하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림은 현생 누대 동안 주요 생물군의 생존 시기를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 양서류, 조류(새무리), 겉씨식물 중 하나이다. [23026-0088]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

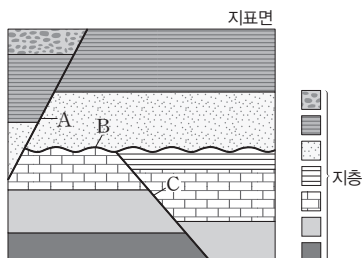
보기

ㄱ. A는 양서류이다.
 ㄴ. A의 출현 시기와 B의 출현 시기 사이에 방추충이 멸종하였다.
 ㄷ. 공룡은 C보다 먼저 출현하였다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림은 지질 구조 A, B, C가 나타나는 어느 지역의 지질 단면을 나타낸 것이다.

[23026-0089]



이에 대한 해석으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A와 C는 모두 정단층이다.
 - ㄴ. A가 B보다 나중에 형성되었다.
 - ㄷ. 지표면에 노출된 지층의 연령은 A의 하반이 A의 상반보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 다음은 어느 지역을 지질 답사하고 작성한 보고서의 일부이다.

[23026-0090]

[지질 답사 보고서]

- 관찰 지점: 지층이 지표면 위로 노출된 A, B, C 지점
- 관찰 내용
 - A, B, C 지점 모두에서 지층이 동쪽 방향으로 기울어져 있다.
 - B 지점에서 퇴적 구조가 관찰되었다.
 - 이 지역의 모든 지층은 정합 관계이며 단층 작용을 받지 않았다.
- 관찰 지점 스케치

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

- 보기
- ㄱ. 가장 오래된 지층이 나타나는 지점은 A이다.
 - ㄴ. B에서 관찰된 퇴적 구조는 연흔이다.
 - ㄷ. B와 C에는 같은 시기에 퇴적된 지층이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

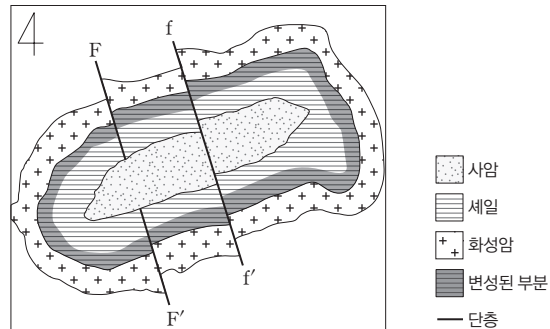
정단층은 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층이고, 역 단층은 상반이 하반에 대해 위로 이동한 단층이다.

수평 퇴적의 법칙에 의하면 지층은 수평 방향으로 퇴적되며 같은 층리면에 분포하는 지층은 같은 시기에 퇴적되었다.

세일과 화성암은 단층 F-F'에 의해 절단되었지만 사암은 단층 F-F'에 의해 절단되지 않았으며, 세일, 화성암, 사암 모두가 단층 f-f'에 의해 절단되었다.

[23026-0091]

03 그림은 고도가 일정한 어느 지역의 지표면에 노출된 암석 분포의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

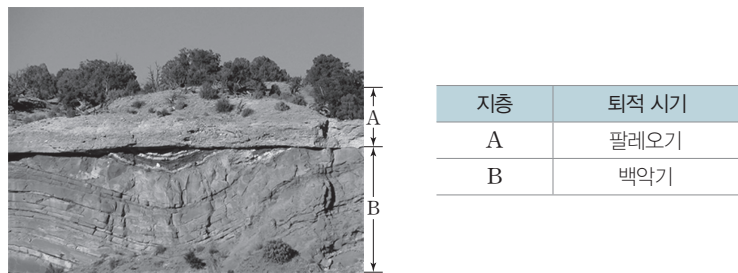
ㄱ. 세일은 사암보다 먼저 퇴적되었다.
 ㄴ. 화성암은 사암과 세일을 모두 관입하였다.
 ㄷ. 단층 F-F'은 단층 f-f'보다 먼저 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

B층은 중생대 백악기에 퇴적되었고 A층은 신생대 팔레오기에 퇴적되었다.

[23026-0092]

04 그림은 어느 절벽의 모습을, 표는 A층과 B층의 퇴적 시기를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

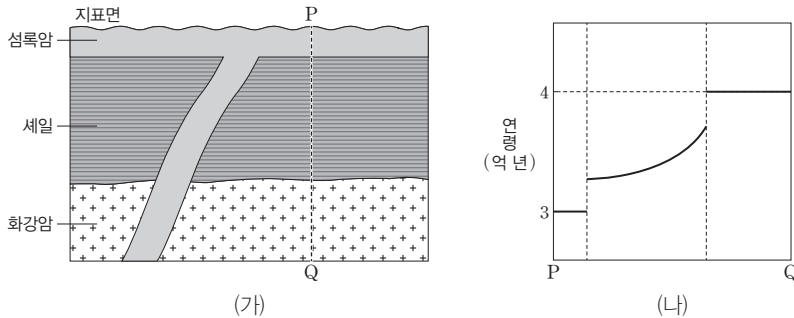
보기

ㄱ. A층과 B층 모두는 중생대에 퇴적되었다.
 ㄴ. A층이 퇴적되기 전에 B층이 침식되었다.
 ㄷ. A층과 B층의 퇴적 시기 사이에는 생물의 대멸종이 있었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림 (가)는 어느 지역의 지질 단면을, (나)는 (가)의 P-Q 구간에서 거리에 따른 암석의 연령을 나타낸 것이다.

[23026-0093]



화강암과 섬록암의 연령은 각각 일정하다. 셰일의 연령은 Q에서 P로 갈수록 적어지며, 암석의 평균 연령은 화강암 > 셰일 > 섬록암이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

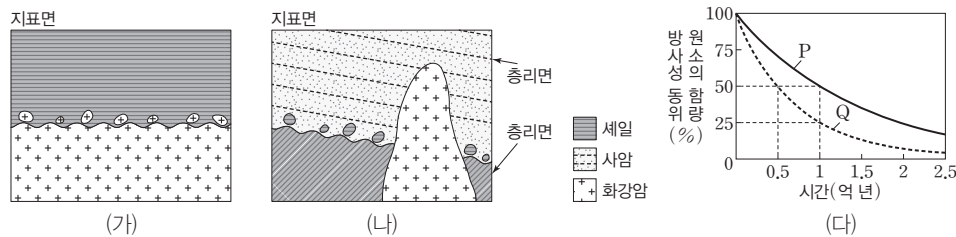
- ㄱ. 셰일은 고생대에 퇴적되었다.
- ㄴ. 셰일과 섬록암 사이에는 부정합면이 존재한다.
- ㄷ. 셰일이 퇴적되는 동안 퇴적 속도는 지속적으로 느려졌다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 두 지역의 지질 단면을, (다)는 방사성 동위 원소 P와 Q의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. (가)의 화강암에 포함된 방사성 동위 원소 P의 함량은 화강암이 생성될 당시의 $\frac{1}{2}$ 이고 (나)의 화강암에 포함된 방사성 동위 원소 Q의 함량은 화강암이 생성될 당시의 $\frac{1}{4}$ 이다.

[23026-0094]

(가)의 화강암과 셰일은 부정합 관계이고, (나)의 셰일과 사암도 부정합 관계이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

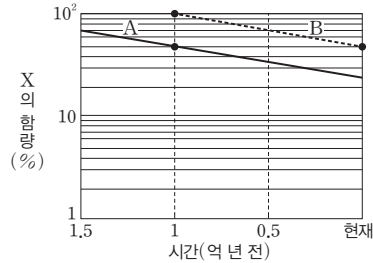
- ㄱ. 절대 연령은 (가)의 화강암과 (나)의 화강암이 같다.
- ㄴ. (가)의 셰일과 (나)의 셰일은 같은 시기에 생성되었다.
- ㄷ. (가)와 (나) 모두에 난정합면이 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

방사성 동위 원소의 반감기는 방사성 동위 원소가 붕괴하여 처음 함량의 반으로 줄어드는데 걸리는 시간이다.

07 그림은 화성암 A와 B에 포함된 방사성 동위 원소 X의 시간에 따른 함량 변화를 나타낸 것이다. 화성암 생성 당시에 방사성 동위 원소 X의 함량은 100 %이다.

[23026-0095]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

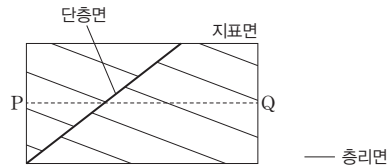
- ㄱ. X의 반감기는 1억 년이다.
- ㄴ. 현재 B의 절대 연령은 A의 $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. 현재로부터 1억 년 동안 $\frac{B의 X 함량}{A의 X 함량}$ 은 지속적으로 감소할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정단층이 나타나는 경우 단층면 부근에서 상반의 지층 연령이 하반의 지층 연령보다 적고, 역단층이 나타나는 경우 단층면 부근에서 상반의 지층 연령이 하반의 지층 연령보다 많다.

08 그림은 단층이 있는 어느 지역의 지층 단면을 나타낸 것이다. 이 단층은 상반이 하반에 대해 아래로 이동한 단층이다.

[23026-0096]

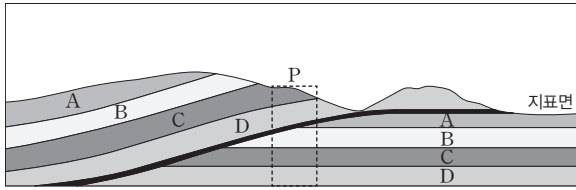


P-Q 구간에서 지층의 연령 분포로 가장 적절한 것은? (단, 모든 지층은 일정한 퇴적 속도로 연속적으로 퇴적되었으며, 지층은 역전되지 않았다.)

- ① ② ③
- ④ ⑤

09 그림은 어느 산맥의 단면을, 표는 지층 A~D의 퇴적 시기를 나타낸 것이다.

[23026-0097]



지층	퇴적 시기
A	백악기
B	석탄기
C	데본기
D	캄브리아기

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

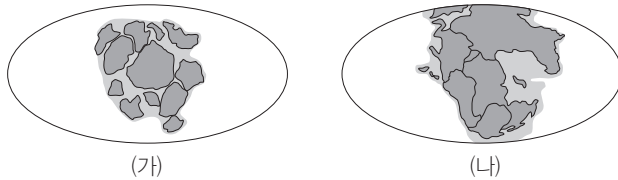
- ㄱ. A의 퇴적 시기와 B의 퇴적 시기 사이에 삼엽충이 멸종하였다.
- ㄴ. 상반에 분포하는 D의 하부에는 역단층면이 나타난다.
- ㄷ. P 부분에는 오래된 지층이 새로운 지층 위에 분포하는 곳이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

역단층은 상반이 하반에 대해 위로 이동한 단층이다. 고생대는 캄브리아기 → 오르도비스기 → 실루리아기 → 데본기 → 석탄기 → 페름기 순으로 세분되고, 중생대는 트라이아스기 → 쥐라기 → 백악기 순으로 세분된다.

10 그림 (가)와 (나)는 각각 로디니아가 존재하던 시기와 판게아가 존재하던 시기의 대륙 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23026-0098]



로디니아는 원생 누대 후기에 존재했던 초대륙이고 판게아는 고생대 말에서 중생대 초에 존재했던 초대륙이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

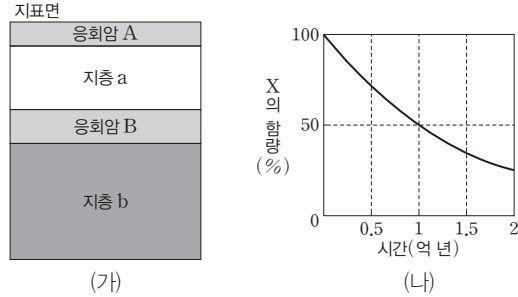
보기

- ㄱ. (가) 시기에 남반구의 대륙에서는 글로소프테리스가 생존했다.
- ㄴ. (가) 시기가 (나) 시기보다 먼저이다.
- ㄷ. (가)와 (나) 시기 모두에 초대륙이 존재했다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

이 지역에서 지층의 생성 순서는 지층 b → 응회암 B → 지층 a → 응회암 A이다.

11 그림 (가)는 어느 지역의 지질 단면을, (나)는 방사성 동위원소 X의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다. 응회암 A와 B에 포함된 방사성 동위원소 X의 함량은 각각 응회암 생성 당시의 25%, 50% 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

- ㄱ. A와 B의 절대 연령은 각각 1억 년과 2억 년이다.
- ㄴ. 현재로부터 1억 년 후에 X의 함량(%)은 A가 B의 2배이다.
- ㄷ. a에서 화폐석 화석이 산출될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

표준 화석은 지질 시대 중 일정한 기간에만 번성했다가 멸종한 생물의 화석으로, 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓을수록 표준 화석으로 적합하다.

12 표는 서로 다른 대륙 (가), (나), (다)에 분포하는 지층의 생성 시기와 산출되는 동물 화석을 기호로 나타낸 것이다.

지층	생성 시기	화석	지층	생성 시기	화석	지층	생성 시기	화석
A	페름기	△ ×	a	데본기	○ △ □	㉠	페름기	△ ×
B	석탄기	△ ×	b	실루리아기	△ □	㉡	석탄기	△ ×
C	데본기	○ △ □	c	오르도비스기	□	㉢	데본기	○ △ □
			d	캄브리아기	☆ □	㉣	실루리아기	△ □

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

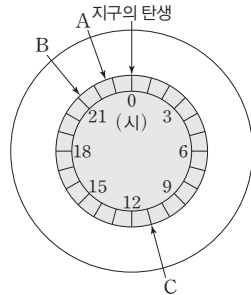
보기

- ㄱ. 어류는 □에 해당할 수 있다.
- ㄴ. △가 ×보다 나중에 출현하였다.
- ㄷ. 분포 면적만을 고려할 때 ○는 ☆보다 표준 화석으로 적합하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림은 지구의 역사 약 46억 년을 24시간의 지질 시계에 대비한 후, 지질 시계에 지질학적 사건을 표시한 것이다. A, B, C는 각각 에디아카라 동물군의 멸종, 방추충의 멸종, 원생 누대의 시작 중 하나이다.

[23026-0101]



지질학적 사건의 순서는 원생 누대의 시작 → 에디아카라 동물군의 멸종 → 방추충의 멸종이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

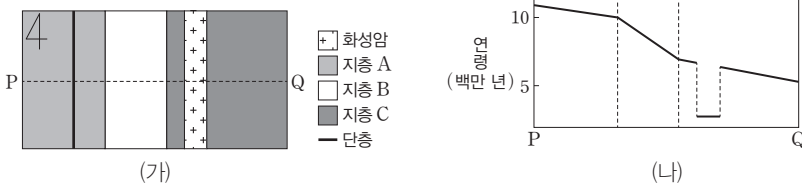
- ㄱ. 에디아카라 동물군의 멸종은 B이다.
- ㄴ. B 시기~A 시기 동안 필석류가 출현하였고 멸종하였다.
- ㄷ. C 시기에 바다에서는 해파리가 생존하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림 (가)는 고도가 일정한 어느 지역 지표면의 암석 분포를, (나)는 (가)의 P-Q 구간에서 지표면에 분포하는 암석의 연령을 나타낸 것이다. 지층 A, B, C의 층리면은 서로 나란하고 수평면에 대해 30° 기울어져 있으며, 단층면은 수평면에 대해 서쪽으로 60° 기울어져 있다. 지층 A, B, C는 모두 퇴적 당시에는 수평층이었다.

[23026-0102]

이 지역에서는 A 퇴적 → B 퇴적 → C 퇴적 → 화성암 관입 순으로 지질학적 사건이 있었다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지층은 역전되지 않았다.)

보기

- ㄱ. A, B, C의 층리면은 모두 서쪽으로 경사져 있다.
- ㄴ. 평균 퇴적 속도는 A가 B보다 빨랐다.
- ㄷ. A를 절단한 단층은 정단층이다.

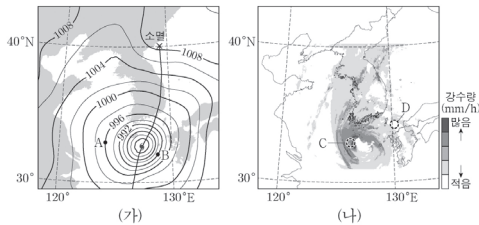
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

II

대기와 해양

2023학년도 대학수학능력시험 7번

7. 그림 (가)는 어느 날 18시의 지상 일기도에 태풍의 이동 경로를 나타낸 것이고, (나)는 이 시기에 태풍에 의해 발생한 강수량 분포를 나타낸 것이다.



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

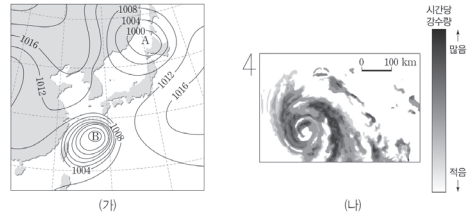
<보 기>

- ㄱ. 풍속은 A 지점이 B 지점보다 크다.
- ㄴ. 공기의 연직 운동은 C 지점이 D 지점보다 활발하다.
- ㄷ. C 지점에서는 남풍 계열의 바람이 분다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 94쪽 9번

09 [2026-0131] 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.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- 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

연계 분석

수능 7번 문제는 수능특강 94쪽 9번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 지상 일기도와 태풍에 의해 발생한 강수량 분포를 제시하고 있다. 자료와 상황은 그대로 활용하였지만 수능특강 문제에서는 온대 저기압과 태풍의 특징을 이해하고 이를 비교하는 <보기> 지문으로 구성되었다면, 수능 문제에서는 태풍의 특징에 초점을 맞추어 <보기> 지문이 구성되었으며 태풍의 풍향, 태풍의 진행 방향에 대한 위치에 따른 풍속의 차이 등을 묻고 있다. 즉, 제시된 자료가 거의 같다는 점에서 유사성이 높다. 한편 수능 문제에서는 주로 태풍의 특징을 다루고 있다는 점에서 수능특강 문제와 차이가 있다.

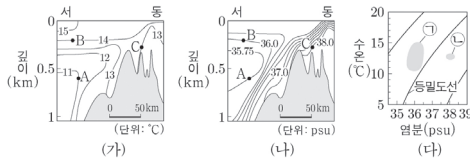
학습 대책

수능 문제에서는 본 사례와 같이 EBS 연계 교재 문제의 자료와 상황은 활용하지만, 문제에서 다루는 내용을 다르게 출제하는 경우가 있다. 수능특강 문제는 온대 저기압과 태풍의 비교에 초점을 맞추었다면 수능 문제는 태풍의 전반적인 특징을 깊게 다루고 있다. 태풍의 경우는 관측된 이동 경로와 통과 시 관측되는 기압, 풍속, 풍향 등의 자료가 사례마다 특징을 가지고 있으므로, EBS 연계 교재를 학습할 때는 제시된 자료를 상황에 따라 분석하고 연관된 내용을 파악해야 한다. 또한 EBS 교재의 문항이 연계되어 출제될 때는 묻는 개념을 확장시키거나 보다 복잡한 형태로 출제되는 경우가 있기 때문에 제시된 자료를 분석하고 학습한 내용들을 서로 관련지어 해석하는 능력을 길러야 한다.



2023학년도 대학수학능력시험 12번

12. 그림 (가)와 (나)는 어느 해역의 수온과 염분 분포를 각각 나타낸 것이고, (다)는 수온-염분도이다. A, B, C는 수온과 염분이 서로 다른 해수이고, ㉠과 ㉡은 이 해역의 서로 다른 수괴이다.



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

<보기>

- ㉠. B는 ㉡에 해당한다.
- ㉡. A와 B의 수온에 의한 밀도 차는 A와 B의 염분에 의한 밀도 차보다 크다.
- ㉢. C의 수괴가 서쪽으로 이동하면, C의 수괴는 B의 수괴 아래쪽으로 이동한다.

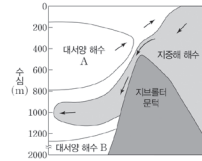
- ① ㉠
- ② ㉡
- ③ ㉠, ㉢
- ④ ㉡, ㉢
- ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

2023학년도 EBS 수능완성 70쪽 3번

03

* 22069-0136

그림은 지중해의 해수가 지브롤터 문턱을 넘어 대서양으로 흘러가는 모습을 나타낸 것이고, 표는 대서양 해수 A, 대서양 해수 B, 지중해 해수의 성질을 비교한 것이다.



물리량	대서양 해수 A	대서양 해수 B	지중해 해수
수온 (°C)	12	t	12
염분 (psu)	x	x, y보다 작다.	y

염분은 높을수록, 수온은 낮을수록 해수의 밀도가 크다고 할 때, 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㉠. 밀도는 지중해 해수가 대서양 해수 B보다 작다.
- ㉡. t는 12보다 작다.
- ㉢. x는 y보다 크다.

- ① ㉠
- ② ㉡
- ③ ㉢
- ④ ㉠, ㉡
- ⑤ ㉠, ㉢

연계 분석

수능 12번 문제는 수능완성 70쪽 3번 문제와 연계하여 출제되었다. 수능완성 문제에서는 해수의 수온과 염분을 표를 통해 제시하고 해수의 밀도를 해수의 순환 모습을 통해 파악하도록 하였다면, 수능 문제에서는 수온과 염분의 분포를 제시하고 수온-염분도를 활용하여 해수의 밀도를 파악하도록 하였다. 점에서 차이가 있다. 하지만 해수의 밀도에 수온과 염분이 영향을 미친다는 것과 해수의 밀도 차에 의해 심층 순환이 일어난다는 것을 파악하고 있는지를 묻고 있다는 점에서 유사하다.

학습 대책

수능 문제에서는 EBS 연계 교재 문제의 출제 의도를 그대로 활용하되, 자료 제시 형태나 <보기> 지문을 일부 변형하여 출제하기도 한다. 그러나 본 사례와 같이 EBS 연계 교재 문제를 학습하면서 해수의 밀도에 영향을 미치는 요인과 이를 통해 심층 순환이 어떻게 일어나는지를 잘 이해하였다면 어렵지 않게 문제를 해결할 수 있다. 수온과 염분이 해수의 밀도에 영향을 미치는 요인이며, 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 해수의 밀도가 크다는 사실과 심층 순환에서 해수의 밀도가 클수록 더 아래쪽에서 순환한다는 핵심 개념의 원리를 정확하게 이해하였다면 제시된 자료의 형태나 상황이 달라도 문제를 파악하고 이를 적용하여 문제를 해결하였을 것이다. 따라서 단순 암기보다는 핵심 내용과 단원 전체에 대한 내용을 포괄적으로 이해하고, 여러 개념을 서로 관련지어 종합적으로 사고할 수 있는 능력을 길러야 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.

● 편서풍

위도 30°~60°의 중위도 지역에서 일 년 내내 서쪽에서 동쪽으로 부는 바람이다.

- () 기압 중심에는 하강 기류가 발달하여 날씨가 () .
- 북반구의 저기압에서는 바람이 () 방향으로 불어 들어간다.
- 고기압의 중심부가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르는 고기압을 () 고기압이라고 한다.
- 북태평양 고기압은 우리나라의 () 철에 영향을 미치는 정체성 고기압이다.
- 우리나라 주변의 이동성 고기압은 주로 () 기단에서 일부가 떨어져 나오거나 () 기단에서 발달하여 이동한다.

1 기압과 날씨 변화

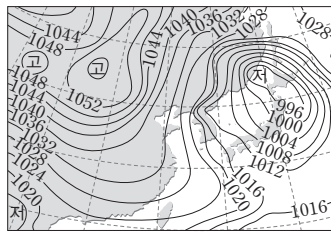
(1) 고기압과 저기압

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

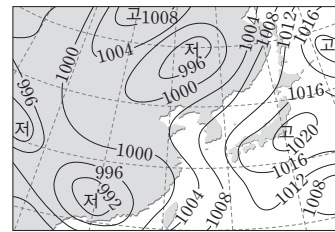
(2) 정체성 고기압과 이동성 고기압

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

예 시베리아 고기압, 북태평양 고기압



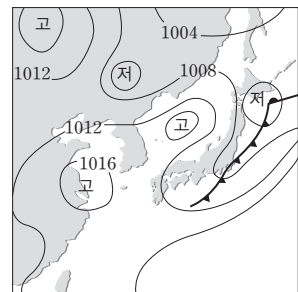
시베리아 고기압(겨울철)



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 북반구에서 찬 공기가 남하하여 대체로 남서쪽으로 한랭 전선을, 따뜻한 공기가 북상하여 대체로 남동쪽으로 온난 전선을 동반한다.
- 온대 저기압은 편서풍의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동하며, 중위도 지방의 날씨 변화에 큰 영향을 미친다.

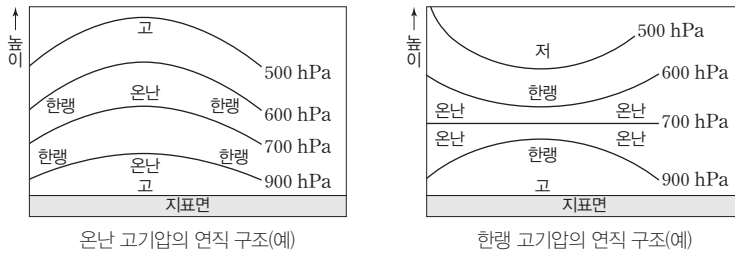
정답

- 고, 맑다
- 시계 반대
- 정체성
- 여름
- 시베리아, 양쯔강



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.

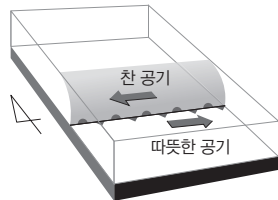
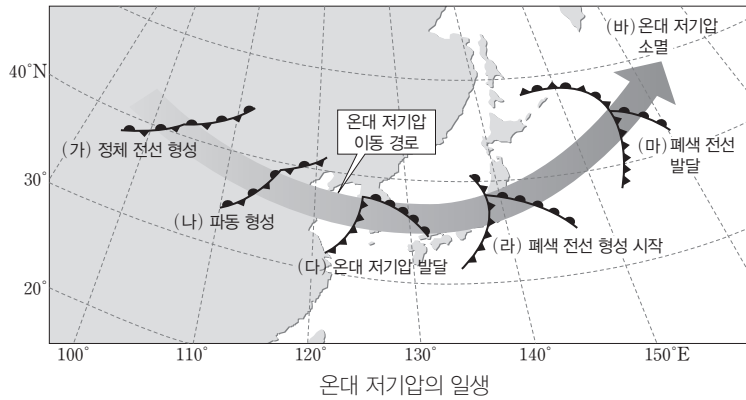


온난 고기압의 연직 구조(예)

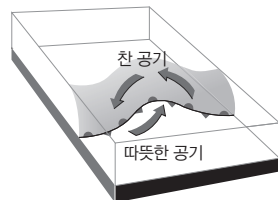
한랭 고기압의 연직 구조(예)

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.

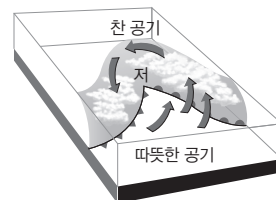
② 온대 저기압의 일생



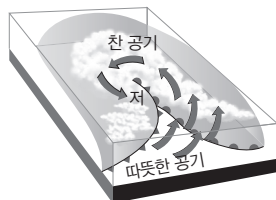
(가) 정체 전선 형성
남쪽의 따뜻한 기단과 북쪽의 찬 기단 사이에 정체 전선이 형성된다.



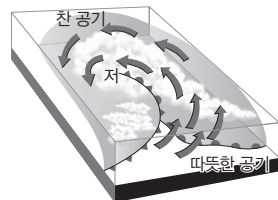
(나) 파동 형성
정체 전선을 사이에 두고 파동이 형성되면서 남하하려는 공기와 북상하려는 공기 사이에 한랭 전선과 온난 전선이 형성된다.



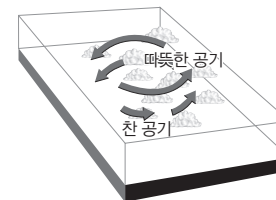
(다) 온대 저기압 발달
온난 전선과 한랭 전선이 발달하면서 중심부에 저기압이 형성된다.



(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.



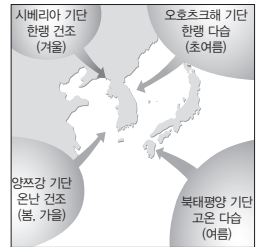
(바) 온대 저기압 소멸
따뜻한 공기는 위로 올라가고, 찬 공기는 아래에 위치하면서 온대 저기압은 소멸된다.

개념 체크

❶ 기단

지표면의 영향을 받아 넓은 지역에 걸쳐 성질(기온, 습도 등)이 비슷한 거대한 공기 덩어리이다. 차가운 대륙에서 발생한 기단은 한랭 건조하고, 따뜻한 해양에서 발생한 기단은 고온 다습하다.

❷ 우리나라 주변의 기단



1. 온대 저기압은 남하하는 () 기단과 북상하는 () 기단이 만나는 중위도 지방에서 발생한다.

2. 정체 전선에 파동이 형성되면서 동쪽에는 () 전선이, 서쪽에는 () 전선이 발달하여 온대 저기압이 형성된다.

3. 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐지면 () 전선이 형성된다.

4. 우리나라를 통과하는 온대 저기압은 ()의 영향으로 서쪽에서 동쪽으로 이동한다.

5. 온대 저기압에서 폐색 전선의 양쪽 지표 부근에는 () 공기가 위치한다.

정답

1. 찬, 따뜻한
2. 온난, 한랭
3. 폐색
4. 편서풍
5. 찬

개념 체크

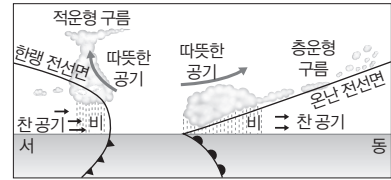
● 전선과 전선면

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

- () 전선을 형성한 두 기단은 비교적 긴 시간 동안 이동하지 않은 채 정체해 있다.
- 한랭 전선은 온난 전선보다 전선면의 기울기가 ()하다.
- 온난 전선은 한랭 전선보다 이동 속도가 ()하다.
- 한랭 전선이 통과할 때 강수 현상은 주로 전선 통과 ()에 나타난다.
- () 전선은 () 전선보다 연직으로 발달한 구름을 형성한다.

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

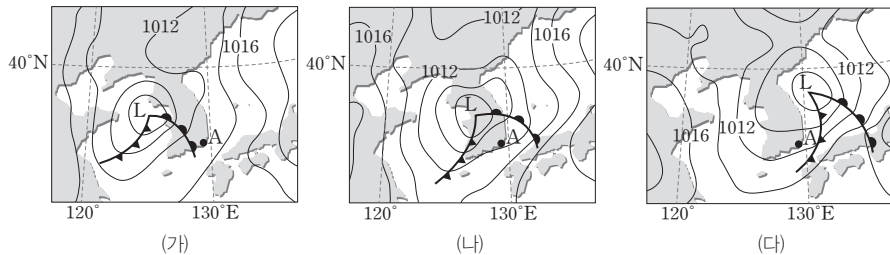
구분		한랭 전선	온난 전선
전선면의 기울기		급하다	완만하다
구름과 강수 형태		적운형, 소나기	층운형, 지속적인 비
구름과 강수 구역		주로 전선 후면의 좁은 구역	주로 전선 전면의 넓은 구역
전선의 이동 속도		빠르다	느리다
통과 전후의 변화	기온	하강	상승
	기압	상승	하강
	바람(북반구)	남서풍 → 북서풍	남동풍 → 남서풍

- 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 가능성이 있다. (나)에서는 온난 전선이 통과한 후이므로 (가)보다 기온이 상승하고, 날씨는 맑아졌을 것이다. (다)에서는 한랭 전선의 강수 구역에 위치하므로 적운형 구름이 형성되어 소나기가 내렸을 가능성이 크다.
- A 지역은 온대 저기압이 통과하는 동안 풍향이 시계 방향(남동풍 → 남서풍 → 북서풍)으로 바뀌었을 것이다.

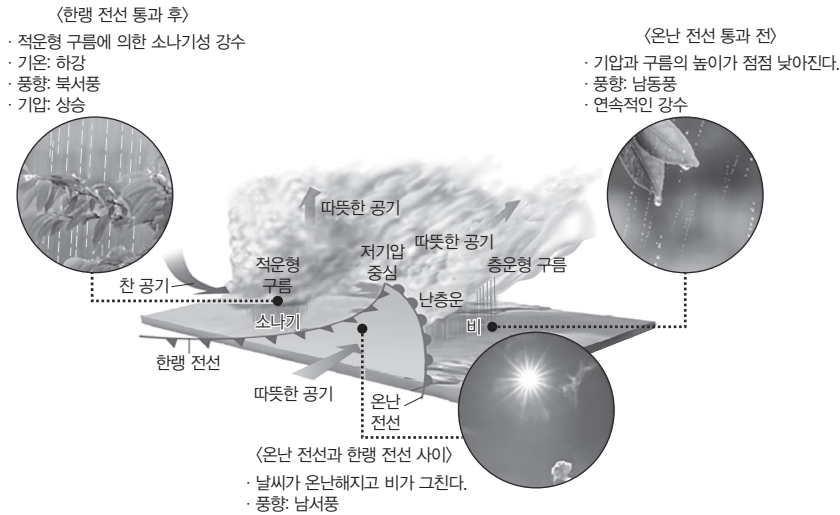
분석 point

- 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.
- 온대 저기압 중심의 이동 경로를 기준으로 오른쪽 지역의 풍향은 시계 방향으로 바뀌고, 왼쪽 지역의 풍향은 시계 반대 방향으로 바뀐다.

정답

- 정체
- 급
- 느리다
- 후
- 한랭, 온난

④ 온대 저기압 주변의 날씨



(4) 일기 기호

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

개념 체크

● 적운형 구름

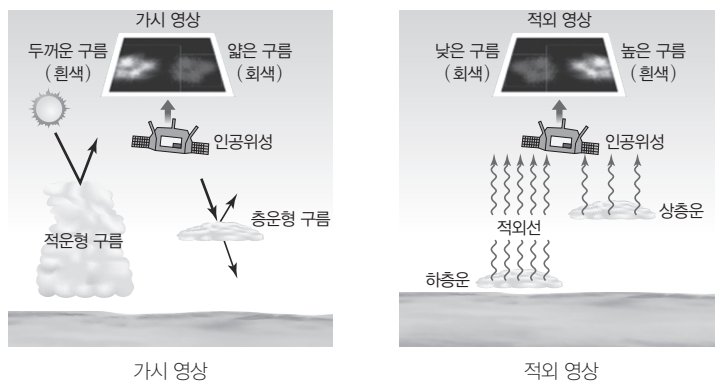
상승 기류가 강할 때 형성되는 치솟는 형태의 구름을 적운형 구름이라고 한다.

● 난층운

약하고 지속적인 비나 눈을 만들어 내는 층운형 구름이다.

1. () 전선이 다가올 때는 구름의 높이가 점차 낮아진다.
2. 온난 전선과 한랭 전선 사이의 지역은 대체로 날씨가 ()이다.
3. 북반구의 경우 온난 전선의 후면에서는 ()풍이 분다.
4. 가시 영상에서 얇은 구름은 대체로 ()색으로 보인다.
5. 적외 영상에서 낮은 구름은 대체로 ()색으로 보인다.

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 나타내며, 태양 빛이 없는 야간에도 관측이 가능하다. 물체의 표면에서 방출하는 적외선 에너지량을 탐지하는 것이므로 구름의 최상부 높이가 높을수록 밝게 나타난다.

정답

1. 온난
2. 맑다
3. 남서
4. 회
5. 회

개념 체크

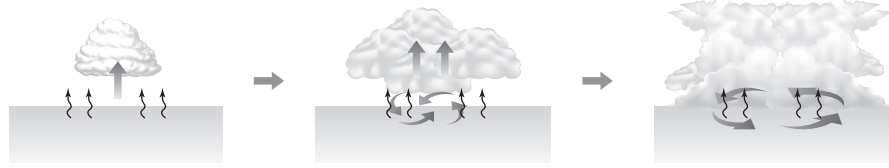
☉ 숨은 열

물질의 상태가 변하는 과정에서 방출하거나 흡수하는 열로, 잠열이라고도 한다.

- 태풍의 에너지원은 수증기가 응결하면서 방출하는 ()이다.
- 태풍은 () 중 중심 부근의 최대 풍속이 17 m/s 이상으로 성장한 것이다.
- 태풍은 주로 위도 ()의 해상에서 발생한다.
- 적도 부근 해역에서는 ()이 약해 태풍이 발생하기 어렵다.
- 태평양에서 열대 저기압은 표층 수온의 영향으로 ()태평양보다 ()태평양에서 자주 발생한다.

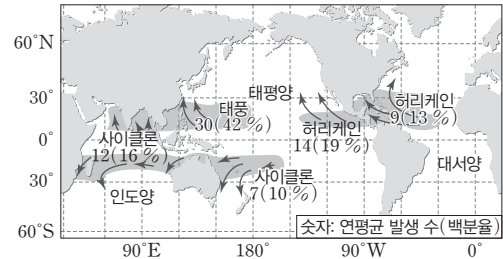
2 태풍과 날씨

(1) 태풍: 강한 바람과 비를 동반하는 기상 현상으로, 수온이 약 27°C 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. 따뜻하고 습윤한 공기의 상승과 상층 공기의 발산으로 해상에 약한 저기압이 형성된다. 하층에서 주변의 공기가 회전하면서 중심 방향으로 수렴함에 따라 수증기의 숨은열에 의해 상승 기류와 저기압이 더욱 강화된다. 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.

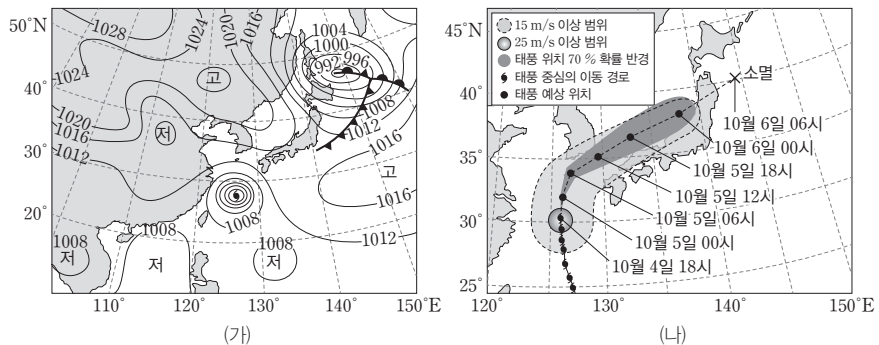


열대 저기압 발생 지역과 평균적인 이동 경로

탐구자료 살펴보기 태풍의 이동

탐구 자료

그림 (가)와 (나)는 2016년 태풍 차비가 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

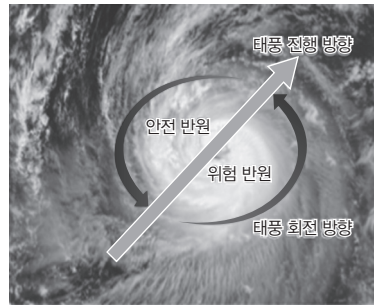
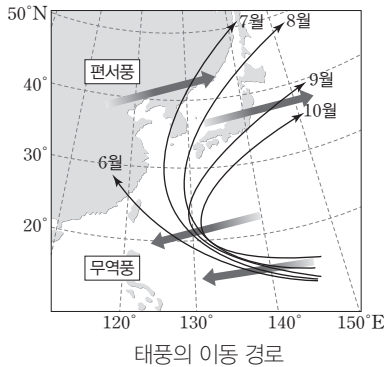
- 숨은열(잠열, 응결열)
- 열대 저기압
- 5°~25°
- 전향력
- 동, 서

(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. 따라서 태풍의 진로는 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 진행하는 경향이 있다. 태풍이 진로를 바꾸는 위치를 전향점이라고 하는데, 전향점을 지난 후에는 태풍의 진행 방향과 편서풍의 방향이 일치하는 부분이 있어서 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

● 대기 대순환

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

● 무역풍

적도와 위도 30° 사이의 저위도에서 부는 동풍 계열의 바람이다.

● 편서풍

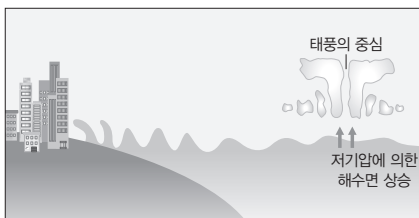
위도 30°와 60° 사이의 중위도에서 부는 서풍 계열의 바람이다.

1. 태풍의 진로가 급격히 변하는 위치를 ()이라고 한다.
2. 태풍이 전향점을 지난 후에는 태풍의 진행 방향과 ()의 방향이 일치하는 부분이 있어서 이동 속도가 대체로 빨라진다.
3. 태풍의 이동 방향과 태풍 내 바람 방향이 같은 지역을 ()반원이라고 한다.
4. 태풍으로 인해 해일이 발생할 때 조석의 ()시기와 겹치면 더 큰 피해가 발생한다.

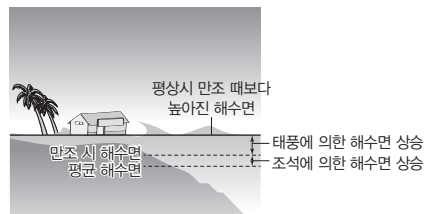


과학 돋보기 | 태풍에 의한 해일의 발생

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 알아지는 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. 전향점
2. 편서풍
3. 위험
4. 만조

개념 체크

● 태풍의 눈

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

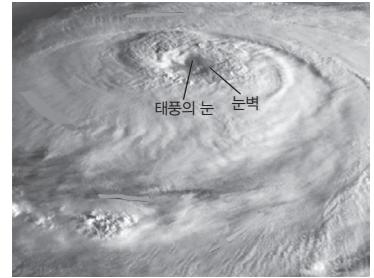
● 지구 시스템 구성 권역의 상호 작용으로서의 태풍

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.

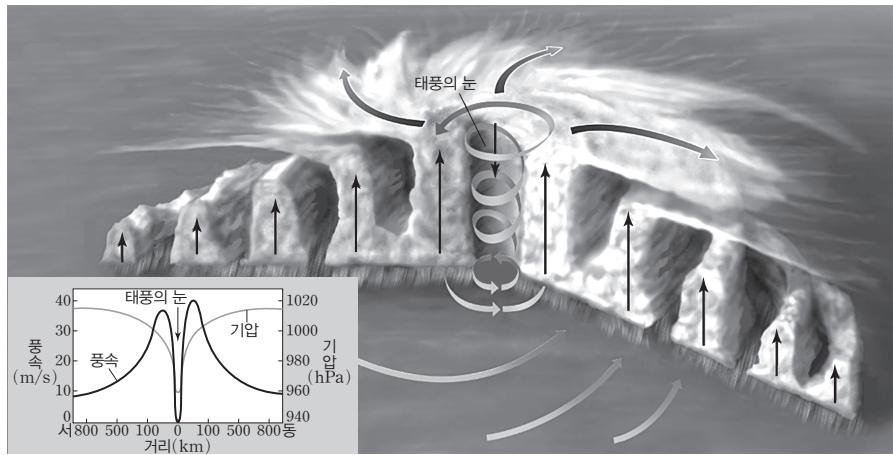
- 태풍의 중심으로 갈수록 ()은 계속 낮아진다.
- ()은 발달한 태풍의 중심에서 약한 하강 기류가 나타나 날씨가 맑은 영역이다.
- 태풍이 크게 성장하려면 지속적인 () 공급이 필요하다.
- 태풍이 육지에 상륙하면 지표면과의 ()이 증가하여 세력이 약해진다.
- 태풍 진행 경로의 왼쪽 지역은 시간이 지남에 따라 풍향이 () 방향으로 변한다.

(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



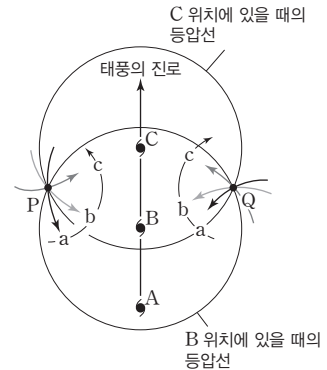
복상하는 태풍의 구조와 이동 방향에 수직인 연직 단면에서의 기압과 풍속

(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 수증기의 공급이 줄어들어 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, Q 지점)에 위치하면 태풍 통과 시 풍향이 시계 방향으로 변하고, 태풍 진행 경로의 왼쪽(안전 반원, P 지점)에 위치하면 태풍 통과 시 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.



태풍의 진행 경로에 따른 풍향 변화

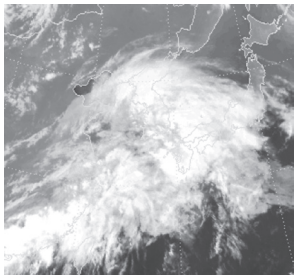
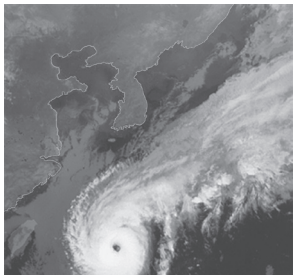
정답

- 기압
- 태풍의 눈
- 수증기
- 마찰
- 시계 반대

(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 하층의 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 느리다. 중심부와 주변부의 풍속이 대체로 비슷하다.	풍속이 온대 저기압보다 대체로 빠르다. 중심 부근의 풍속이 주변부보다 빠르다.
강수 지역	온대 저기압의 중심 부근과 전선 부근에서 강수 현상이 있다.	눈벽과 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 형성되는 기단의 위치 에너지	따뜻한 해양에서 공급된 수증기가 응결하면서 방출하는 숨은열(잠열)
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 빠르다.

1. 북반구에서 온대 저기압과 열대 저기압은 하층의 공기가 () 방향으로 회전한다.
2. 온대 저기압과 열대 저기압 중 () 저기압에는 전선이 없다.
3. 온대 저기압은 열대 저기압보다 위도가 ()은 지역에서 발생한다.
4. 열대 저기압은 온대 저기압보다 등압선 간격이 ()이다.
5. 온대 저기압의 주요 에너지원은 찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 과정에서 형성되는 기단의 () 에너지이다.

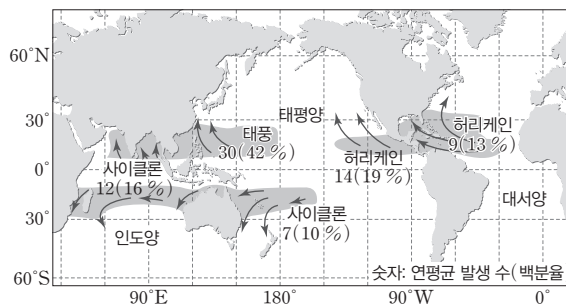


과학 돋보기 | 열대 저기압의 지역별 명칭

- 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. 시계 반대
2. 열대
3. 높
4. 좁다
5. 위치

개념 체크

● 번개와 천둥

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

- ()은 일상생활에 큰 불편함과 위험을 동반하는 기상 현상이다.
- 뇌우의 () 단계에서는 상승 기류와 하강 기류가 함께 나타난다.
- 국지성 호우는 반지름이 10~20 km 정도인 비교적 ()은 지역에 () 시간 내에 많은 양의 비가 내리는 현상이다.
- 강한 상승 기류에 의해 형성된 ()운이 한곳에 정체하여 계속 비가 내릴 때 집중 호우가 발생할 수 있다.
- 겨울철 우리나라 서해안의 폭설은 시베리아 기단이 () 상에서 변질되어 기층이 불안정해져서 상승 기류가 발달할 때 잘 발생한다.

정답

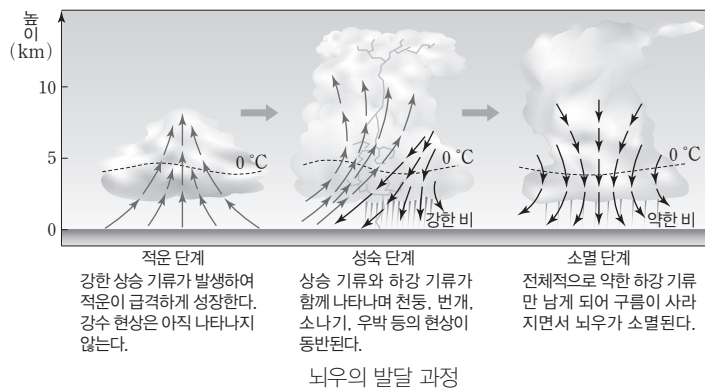
1. 약기상
2. 성숙
3. 좁, 단(짧은)
4. 적란
5. 황해

3 우리나라의 주요 약기상

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

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

- 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.
- 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.

- 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.
- 발생 조건**: 주로 강한 상승 기류에 의해 형성된 적란운이 한곳에 정체하여 계속 비가 내릴 때 집중 호우가 된다.
- 피해**: 집중 호우는 홍수, 산사태 등을 일으킬 수 있어서 많은 인명과 재산 피해를 가져온다.

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

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

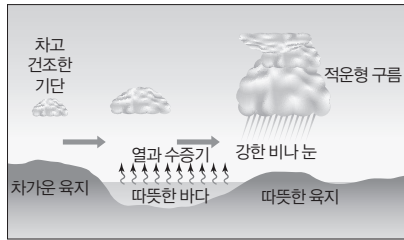


폭설에 의한 피해

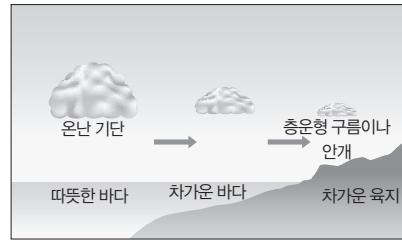


과학 돋보기 | 기단의 변질

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 황해 상을 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.

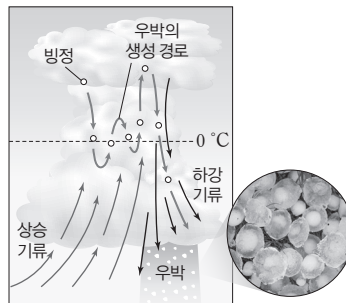
- ① 발생 조건: 겨울철에 발달한 시베리아 기단의 영향을 받을 때, 여름철에 태풍의 영향을 받을 때 주로 발생한다.
- ② 피해: 강풍은 가로수 등의 나무나 여러 가지 시설물을 파손시키고, 바다에서는 높은 파도를 일으켜 선박 사고나 해안 양식장에 피해를 입힐 수 있다.



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 강한 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 ()해지므로 적운형 구름이 형성된다.
2. 온난한 기단이 차가운 바다 위로 이동하면 기층이 ()해지므로 층운형 구름이나 안개가 형성된다.
3. 기단이 발원지를 떠나 다른 곳으로 이동하여 성질이 변하는 것을 기단의 ()이라고 한다.
4. 강풍은 주로 여름철에 태풍의 영향을 받을 때, 겨울철에 발달한 () 기단의 영향을 받을 때 발생할 수 있다.
5. 우박은 상승과 하강을 반복하며 성장하다가 () 기류가 지탱하지 못할 정도로 커지면 지표로 떨어진다.

정답

1. 불안정
2. 안정
3. 변질
4. 시베리아
5. 상승

개념 체크

황사와 사막화

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

1. 황사 발원지에서 상공으로 올라간 다량의 모래 먼지는 상공의 ()을 타고 멀리까지 날아가 서서히 내려온다.
2. 황사는 지표면의 토양이 ()하고, 토양의 구성 입자가 ()할수록 잘 발생한다.
3. 우리나라의 경우 강수량이 많은 ()철에는 황사가 잘 발생하지 않는다.
4. 삼림 파괴와 ()화가 진행될수록 황사의 발생 빈도와 피해는 대체로 증가한다.
5. 우리나라의 연간 황사 발생 일수와 발생 빈도는 대체로 ()하는 추세이다.

(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.



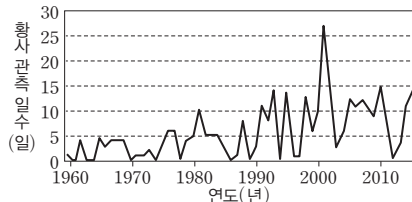
황사의 발원지와 이동 경로

- 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.

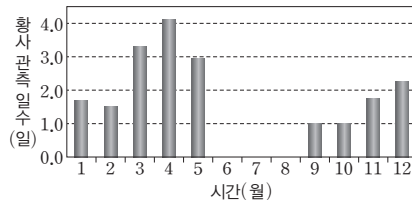
탐구자료 살펴보기 황사의 발생 추이 분석

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 3월~5월에 가장 많이 발생하였다.

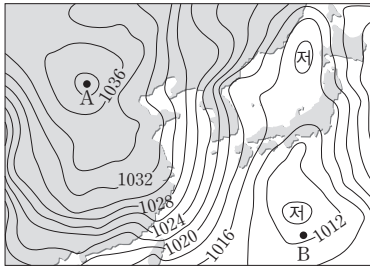
분석 point

- 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. 건조, 미세
3. 여름
4. 사막
5. 증가

01 그림은 우리나라 주변의 기압 배치를 나타낸 일기도이다. [23026-0103]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A 지역에는 하강 기류가 발달한다.
- ㄴ. B 지역에서는 주로 동풍 계열의 바람이 분다.
- ㄷ. 겨울철에 자주 관측되는 기압 배치이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 표는 우리나라에 영향을 주는 기단 A~D를 성질에 따라 구분한 것이다. [23026-0104]

구분		발원지의 위도	
		낮다	높다
습도	다습	A	B
	건조	C	D

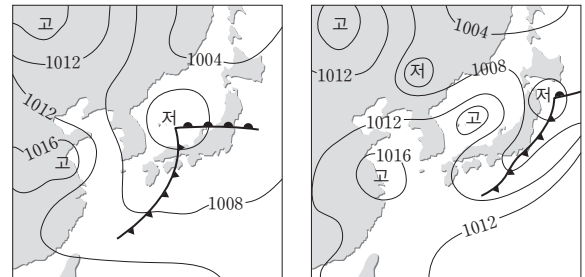
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 B의 발원지는 해상이다.
- ㄴ. C는 겨울철 한파를 유발한다.
- ㄷ. 이동성 고기압은 D에서 떨어져 나와 만들어지기도 한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림 (가)와 (나)는 어느 이동성 고기압이 우리나라를 통과하기 전과 후의 일기도를 순서 없이 나타낸 것이다. [23026-0105]



(가) (나)

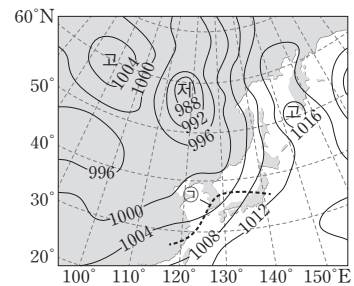
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 (나)보다 앞선 시기의 일기도이다.
- ㄴ. 이동성 고기압이 우리나라에 접근할 때 우리나라의 기압은 높아졌다.
- ㄷ. 이동성 고기압의 이동 방향은 편서풍의 영향을 받았다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 우리나라에 장마 전선이 위치한 어느 날의 일기도를 나타낸 것이다. [23026-0106]



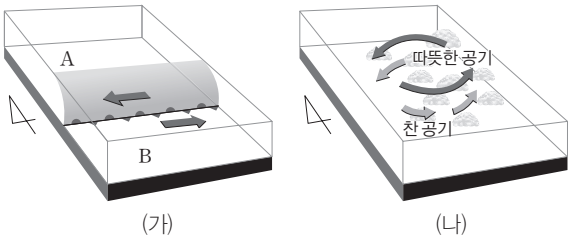
장마 전선 ㉠에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 전선의 기호는 ㉠이다.
- ㄴ. ㉠의 북쪽에 위치한 기단은 남쪽에 위치한 기단보다 온도가 낮다.
- ㄷ. 구름은 주로 ㉠의 남쪽 지역에 분포한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

05 그림 (가)와 (나)는 북반구에서 온대 저기압의 형성 전과 소멸 후의 모습을 순서 없이 나타낸 것이다. [23026-0107]

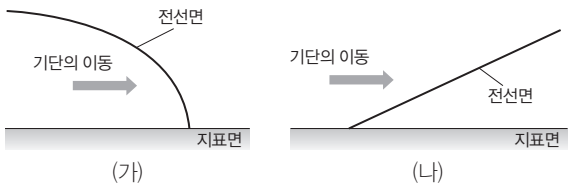


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A는 B보다 기온이 낮다.
 - ㄴ. (나)는 온대 저기압의 소멸 후 모습이다.
 - ㄷ. 따뜻한 공기와 찬 공기의 위치 에너지의 합은 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림 (가)와 (나)는 한랭 전선면과 온난 전선면이 형성되었을 때의 모습을 순서 없이 나타낸 것이다. [23026-0108]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)의 전선면은 한랭 전선면이다.
 - ㄴ. (나)에서는 전선이 통과하기 전보다 통과한 후에 강수 현상이 더 활발하다.
 - ㄷ. (나)에서 형성된 구름은 (가)에서 형성된 구름보다 연직 방향으로 더 발달한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 표는 어느 날 온대 저기압이 우리나라를 통과할 때 서로 다른 위치의 관측자 A, B, C가 같은 시각에 기상을 관측한 내용이다. 이날 온난 전선과 한랭 전선이 세 관측 위치를 모두 통과했다. [23026-0109]

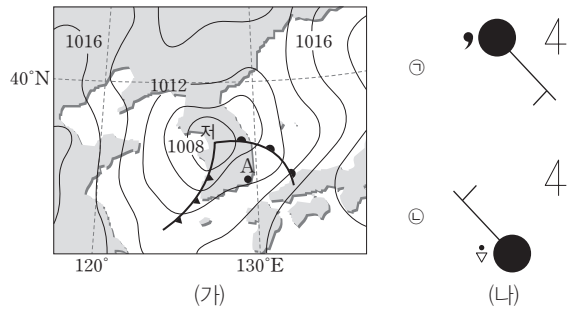
관측자	관측 내용
A	동풍 계열이었던 바람이 현재는 서풍 계열이다.
B	기온이 낮아지고 소나기가 내린다.
C	서쪽에서 다가오는 구름의 높이가 점차 낮아진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 관측 시각에 A와 C는 온난 전선이 통과한 지역에 있다.
 - ㄴ. 관측 시각에 B는 한랭 전선의 후면에 위치한다.
 - ㄷ. 가장 서쪽에 위치한 관측자는 C이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가)는 어느 날 우리나라 주변의 일기도를, (나)는 일기 기호를 나타낸 것이다. [23026-0110]

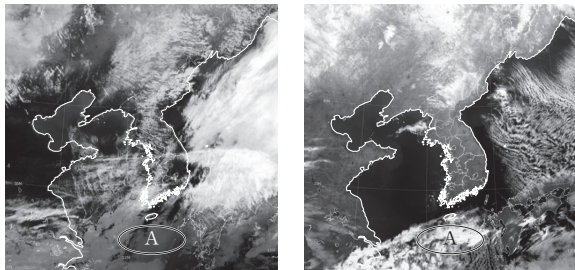


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 현재 A 지역의 날씨를 맑을 것이다.
 - ㄴ. ㉠의 풍향은 남동풍이고, 일기는 뇌우 현상을 나타낸다.
 - ㄷ. 앞으로 A 지역은 전선 통과 후 ㉠보다 ㉡의 일기 현상이 나타날 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23026-0111] 그림 (가)와 (나)는 각각 어느 해 2월 19일 15시와 2월 21일 4시에 같은 파장 영역으로 관측한 기상 위성 영상이다.



(가)

(나)

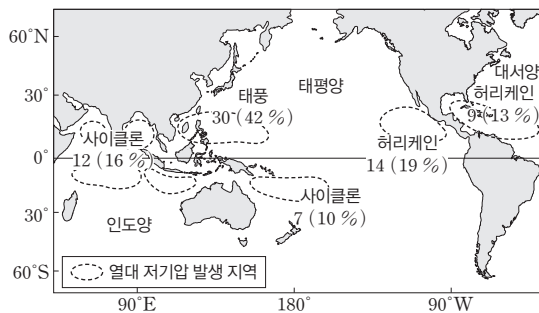
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. 가시광선 영역으로 관측한 것이다.
- ㄴ. 황해 상공의 구름의 양은 (나)가 (가)보다 많다.
- ㄷ. A 해상에 위치한 구름의 꼭대기 고도는 (나)가 (가)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23026-0112] 그림은 열대 저기압의 발생 지역과 연평균 발생 수(비율)를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. 열대 저기압은 위도가 낮을수록 발생하기 유리하다.
- ㄴ. 열대 저기압은 동태평양보다 서태평양에서 발생 빈도가 높다.
- ㄷ. 열대 저기압이 소멸하는 곳은 발생한 곳보다 대체로 위도가 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [23026-0113] 표는 우리나라의 한 기상 관측소에서 관측한 어느 태풍의 자료를 시간 순으로 나타낸 것이다.

일시	태풍 정보		관측 기록	
	중심 기압 (hPa)	최대 풍속 (m/s)	태풍 중심으로부터의 거리(km)	풍향
T_1	950	40	311	북북서
T_2	955	35	211	북북서
T_3	965	32	174	서
T_4	970	30	282	서남서
T_5	975	28	357	서남서

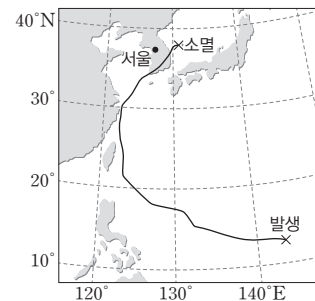
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. $T_1 \sim T_5$ 동안 태풍의 세력은 계속 약해졌다.
- ㄴ. 관측소는 이 태풍의 위험 반원에 위치했다.
- ㄷ. T_3 일 때 태풍의 중심이 위치한 곳은 관측소보다 위도가 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [23026-0114] 그림은 어느 태풍의 이동 경로를 나타낸 것이다.



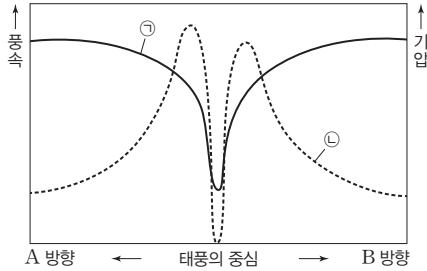
이 태풍에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

【 보기 】

- ㄱ. 전향점의 위도는 20°N 보다 낮다.
- ㄴ. 태풍 위치의 경도값은 계속 작아졌다.
- ㄷ. 발생 초기의 이동은 북동 무역풍의 영향을 받았다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

13 [23026-0115] 그림은 북반구의 어느 태풍이 정북쪽 방향으로 이동할 때, 이동 방향의 수직 단면에서 지상의 풍속과 기압을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 동쪽 또는 서쪽 중 하나이다.

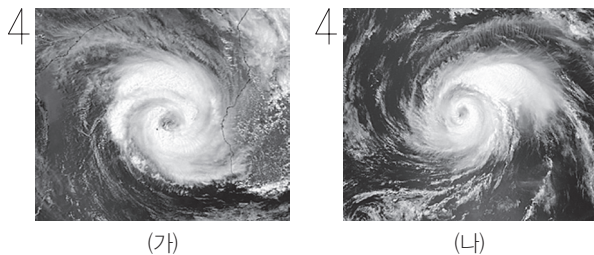


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 풍속을 나타내는 그래프는 ㉠이다.
 - ㄴ. 기압이 낮을수록 풍속이 빠르다.
 - ㄷ. A 방향은 동쪽이고 B 방향은 서쪽이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [23026-0116] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 지역에서 발생한 열대 저기압을 촬영한 위성 사진이다.

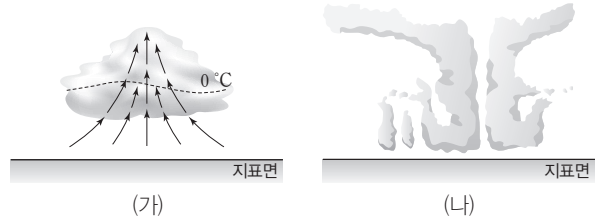


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)에서는 지표 부근의 공기가 중심부에서 시계 반대 방향으로 불어 나간다.
 - ㄴ. (나)는 북반구에서 발생한 열대 저기압이다.
 - ㄷ. (가)와 (나)의 발생 지역에서 작용하는 전향력의 방향은 동일하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23026-0117] 그림 (가)는 발생 초기 단계 뇌우의 단면 모식도와 공기의 흐름(→)을, (나)는 어느 태풍의 단면 모식도를 나타낸 것이다. (나)에는 태풍의 눈이 나타난다.

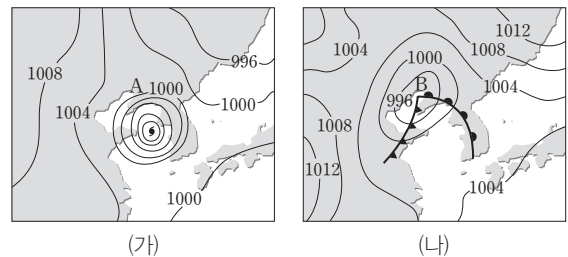


(가)와 달리 (나)에서만 나타나는 특징을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 중심에 구름이 없는 영역이 있다.
 - ㄴ. 상승 기류와 하강 기류 중 상승 기류만 나타난다.
 - ㄷ. 한랭 전선 부근에서 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

16 [23026-0118] 그림 (가)와 (나)는 우리나라 부근에 서로 다른 종류의 저기압 A, B가 위치했을 때의 지상 일기도를 나타낸 것이다. 저기압 A, B는 발생 후 다른 종류의 저기압으로 변질된 적이 없다.

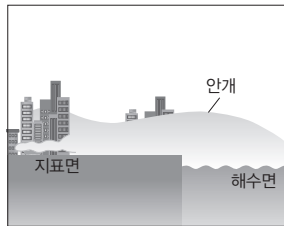


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

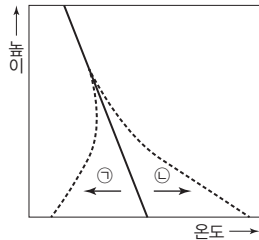
- 보기
- ㄱ. 최대 풍속은 A가 B보다 빠르다.
 - ㄴ. A는 B보다 저위도 지역에서 형성되었다.
 - ㄷ. A와 B의 이동은 편서풍의 영향을 받는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 그림 (가)는 어느 해 6월에 부산 해안으로 이동해온 기단이 변질되어 안개가 발생한 모습을, (나)는 기단의 높이에 따른 온도를 나타낸 것이다. 이 기단이 육지 쪽으로 이동함에 따라 기단의 높이에 따른 온도는 ㉠ 또는 ㉡으로 변화였다.



(가)



(나)

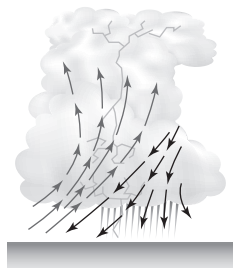
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

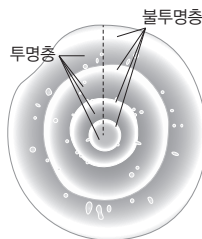
- ㉠. 기단의 하층부는 안정한 상태로 변했다.
- ㉡. 기단의 높이에 따른 온도는 ㉡으로 변했다.
- ㉢. (가)의 안개를 발생시킨 기단의 발원지는 부산보다 저위도 지역이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

18 그림 (가)는 뇌우의 모습을, (나)는 (가)의 뇌우에서 떨어진 우박의 단면을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

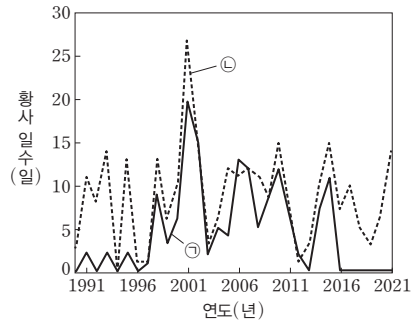
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

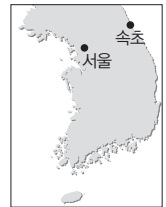
- ㉠. (가)의 구름은 기온이 0℃ 이하인 높이까지 발달했다.
- ㉡. (나)는 구름 속에서 다양한 크기의 얼음 결정들이 병합하여 생성되었다.
- ㉢. (나)는 구름 속에서 최소 2회 이상 상승과 하강을 반복하였다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

19 그림 (가)는 서울과 속초에서 1990년부터 2021년까지 각각 관측한 황사 일수를, (나)는 서울과 속초의 위치를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 서울과 속초 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 대체로 ㉠ 지역이 ㉡ 지역보다 황사 일수가 적다.
- ㉡. 2001년부터 연간 황사 일수가 꾸준히 증가하는 경향을 보인다.
- ㉢. ㉡은 서울의 자료이다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

20 표는 어느 날 기상청에서 발표한 황사 정보이다.

발표 시각	주요 내용
09시 40분	중국 북부 지역과 몽골 남부 지역에서 발원한 황사가 우리나라 북쪽에서 동진하는 저기압 후면의 (㉠) 풍에 의해 유입되었습니다. 1시간 평균 미세먼지(PM10) 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)는 서울 148, 강화 135, 백령도 132입니다.
11시 00분	국외 미세먼지와 황사가 유입되어 남동진하며 전국에서 미세먼지 농도가 높을 것으로 예상됩니다. 가능한 외출을 삼가고 외출 시에는 보호안경, 마스크를 착용해야 합니다.

*PM10: 입자의 크기가 10 μm 이하인 먼지

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

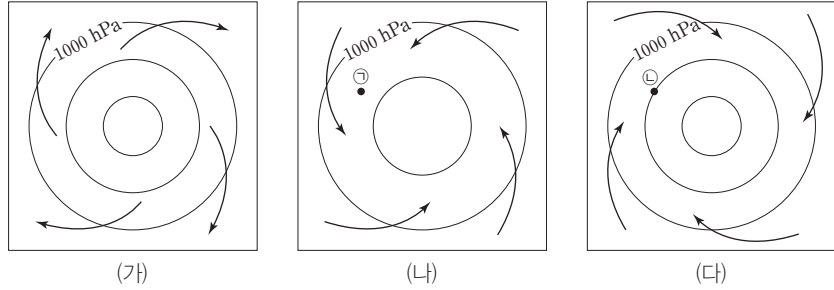
- ㉠. '남동'은 ㉠에 해당한다.
- ㉡. 황사는 PM10 농도를 높인다.
- ㉢. 황사는 호흡기 질환을 유발할 수 있다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

[23026-0123]

등압선의 간격이 좁을수록 풍속이 빠르다.

01 그림 (가), (나), (다)는 지상에서의 고기압 또는 저기압의 등압선과 공기의 흐름을 나타낸 것이다. 등압선은 4 hPa 간격이며, (가), (나), (다)의 등압선 간격 이외의 요인과 공간 규모는 동일하고, 화살표는 공기의 이동 방향만을 의미한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

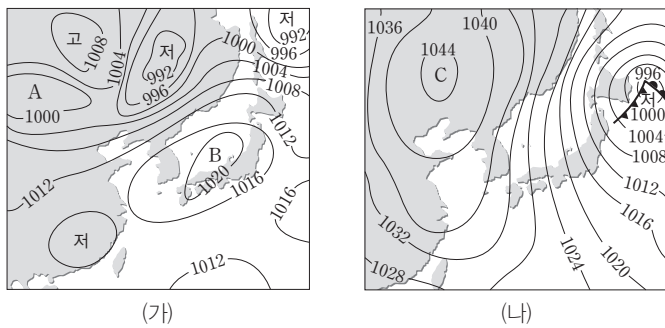
- ㄱ. (가)의 중심 기압은 1004 hPa보다 높다.
- ㄴ. (가), (나)는 북반구에서 형성되었다.
- ㄷ. ㉠에서의 풍속은 ㉡에서의 풍속보다 빠르다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0124]

우리나라의 봄철, 가을철에는 이동성 고기압이 발달하고, 겨울철에는 시베리아 기단이 위치한 곳에 정체성 고기압이 발달한다.

02 그림 (가)와 (나)는 봄철과 겨울철의 일기도를 순서 없이 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 고기압 또는 저기압 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

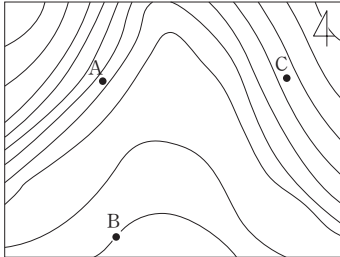
보기

- ㄱ. A는 저기압이다.
- ㄴ. B는 이동성 고기압, C는 정체성 고기압이다.
- ㄷ. (가)의 계절은 (나)의 계절보다 평균 기온이 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 정동쪽 방향으로 이동 중인 어느 온대 저기압이 우리나라에 위치했을 때 지표 부근의 등온선 분포를, 표의 ㉠, ㉡, ㉢은 각각 A, B, C 지점에서 이때 관측한 내용을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23026-0125]



구분	풍향	구름
㉠	북서풍	적운형 구름
㉡	남서풍	없다.
㉢	남동풍	층운형 구름

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 A에서 관측한 내용이다.
- ㄴ. 관측했을 당시의 기온은 ㉡을 관측한 곳이 ㉢을 관측한 곳보다 높다.
- ㄷ. ㉢을 관측한 곳은 온대 저기압이 우리나라를 통과하는 동안 풍향이 시계 방향으로 바뀐다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

전선 부근에서는 기온 변화가 크게 나타나 등온선 간격이 좁다.

04 다음은 온대 저기압이 우리나라의 어느 지역을 통과하는 동안 그 지역의 관측자가 작성한 기상 관측 일지이다.

[23026-0126]

[관측 일지: (가)]
 맑았던 하늘에 갑자기 두꺼운 구름이 접근하더니
 ① 바람 방향이 바뀌었고, 강한 소나기가 내리고 있다.

[관측 일지: (나)]
 태양이 희미하게 보이더니 이내 하늘에 구름이 더 많아지고 이슬비가 내리고 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 (나)보다 앞선 시기의 기록이다.
- ㄴ. (나)일 때 관측 지역은 전선이 통과하기 전이다.
- ㄷ. ①은 남서풍에서 남동풍으로 바뀌었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

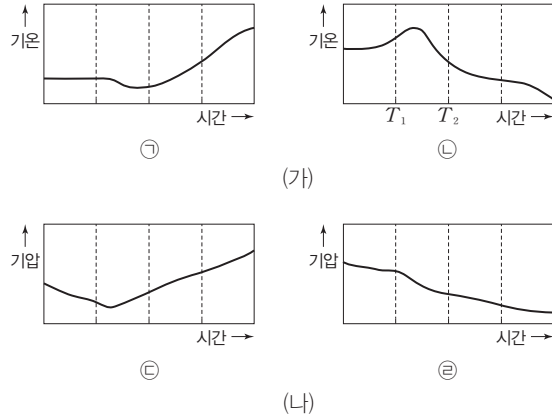
온대 저기압은 한랭 전선과 온난 전선을 동반한다.

전선이 통과하면 성질이 다른 공기의 영향을 받으므로 날씨가 급변한다.

장마 전선은 정체 전선의 일종으로, 북쪽의 차가운 기단과 남쪽의 따뜻한 기단이 만나 형성된다.

[23026-0127]

05 그림 (가)와 (나)는 온난 전선과 한랭 전선이 어느 지역을 통과할 때 관측한 기온과 기압을 순서 없이 나타낸 것이다.



이 자료를 통해 추론한 내용으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

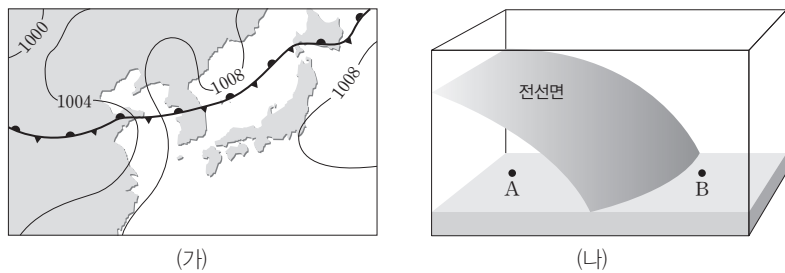
보기

- ㄱ. ㉠과 동시에 관측한 기압 자료는 ㉡이다.
- ㄴ. ㉠을 관측하는 동안 전선은 $T_1 \sim T_2$ 사이에 통과하였을 것이다.
- ㄷ. ㉡을 관측하였을 때 비가 내렸다면 소나기가 내렸을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0128]

06 그림 (가)는 우리나라 초여름의 장마철 일기도를, (나)는 (가)에 나타난 전선의 모습을 나타낸 것이다.



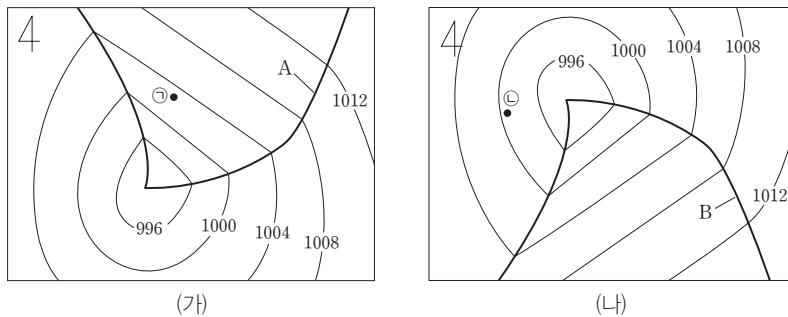
A 지역에 영향을 주는 기단이 B 지역에 영향을 주는 기단보다 높거나 큰 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 기단 발원지의 위도
- ㄴ. 전선면에서 구름을 형성하는 수증기를 공급하는 기여도
- ㄷ. 장마철 이후 한여름이 되었을 때의 세력

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)와 (나)는 남반구와 북반구의 중위도에서 발달한 온대 저기압과 전선을 나타낸 것이다. [23026-0129]



지구 자전의 영향(전향력)은 북반구에서는 진행 방향의 오른쪽으로, 남반구에서는 진행 방향의 왼쪽으로 작용한다.

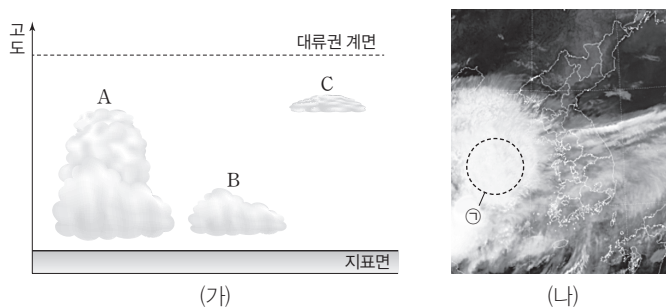
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 B는 온난 전선이다.
- ㄴ. ㉠의 풍향은 남동풍, ㉡의 풍향은 북서풍이다.
- ㄷ. 시간이 지남에 따라 (가)의 온대 저기압은 서쪽으로 이동한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림 (가)는 높이와 두께가 서로 다른 구름 A, B, C를, (나)는 인공위성에서 우리나라 주변을 관측한 적외 영상을 나타낸 것이다. ㉠ 지역의 구름은 A, B, C 형태 중 하나에 해당한다. [23026-0130]



가시 영상은 구름과 지표면에서 반사된 태양 빛의 반사 강도를 나타내는 것이고, 적외 영상은 물체가 온도에 따라 방출하는 적외선 에너지양의 차이를 이용하는 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

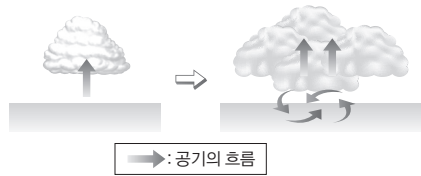
보기

- ㄱ. 낮에 태양 빛을 가장 많이 반사하는 구름은 A이다.
- ㄴ. ㉠ 지역의 상공에 발달한 구름의 형태는 A보다 B에 가깝다.
- ㄷ. 구름 꼭대기에서 방출하는 적외선 에너지양이 가장 많은 구름은 C이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

열대 저기압은 표층 수온이 높은 위도 5°~25°의 열대 해상에서 발생한다.

09 다음은 열대 저기압의 발생 과정을 나타낸 것이다.



저위도의 열대 해상에서 열과 수증기를 공급받아 공기가 상승하고, 수증기의 ㉠ 습은열에 의해 공기의 상승이 더욱 발달한다. 주변의 공기가 회전하면서 중심 방향으로 모여든다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

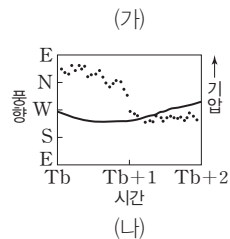
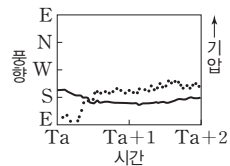
보기

- ㄱ. 그림은 북반구에 위치한 열대 저기압의 발생 과정을 나타낸 것이다.
- ㄴ. 위도가 낮을수록 열대 저기압이 발생하기에 좋은 조건이다.
- ㄷ. 수증기가 액체 상태로 변할 때 ㉠을 방출한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태풍의 영향을 받을 때 태풍 진행 방향의 오른쪽 지역은 풍향이 시계 방향으로 변하고, 왼쪽 지역은 풍향이 시계 반대 방향으로 변한다.

10 그림은 어느 태풍이 경로 A, B, C 중 하나로 우리나라를 통과할 때, ㉠과 ㉡에서 관측한 풍향(·)과 기압(—)을 (가)와 (나)에 순서 없이 나타낸 것이다.



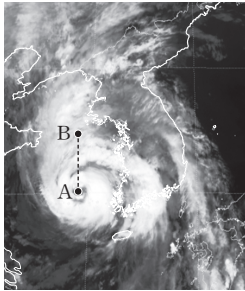
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

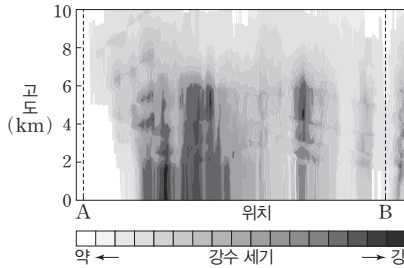
- ㄱ. 이 태풍은 B 경로를 따라 이동했다.
- ㄴ. Ta는 Tb보다 빠른 시각이다.
- ㄷ. (나)를 기록한 지점은 (Tb+1)일 때 태풍의 중심보다 남쪽에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림 (가)는 황해 상에서 북진하고 있는 어느 태풍의 위성 사진을, (나)는 A-B 연직 단면의 강수 세기를 나타낸 것이다. (가)의 촬영 시각은 20시 40분이다. [23026-0133]



(가)



(나)

발달한 태풍의 중심에는 약한 하강 기류가 나타나는 태풍의 눈이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

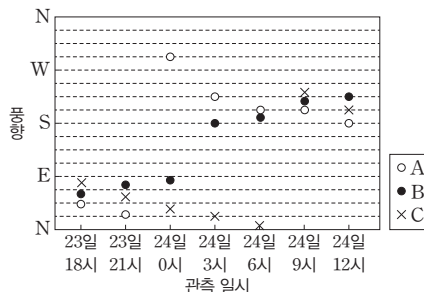
- ㄱ. 우리나라는 위험 반원에 속한다.
- ㄴ. (가)는 가시광선 영역으로 관측한 사진이다.
- ㄷ. B에서 A로 갈수록 강수 세기가 지속적으로 강해진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림 (가)는 우리나라를 통과한 어느 태풍의 이동 경로를 3시간 간격으로 표시한 것이고, (나)는 ㉠, ㉡, ㉢ 지역에서 각각 관측한 풍향을 A, B, C로 순서 없이 나타낸 것이다. [23026-0134]



(가)



(나)

태풍은 강한 저기압으로, 지표 부근에서 바람은 태풍 중심을 향해 시계 반대 방향으로 불어 들어간다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

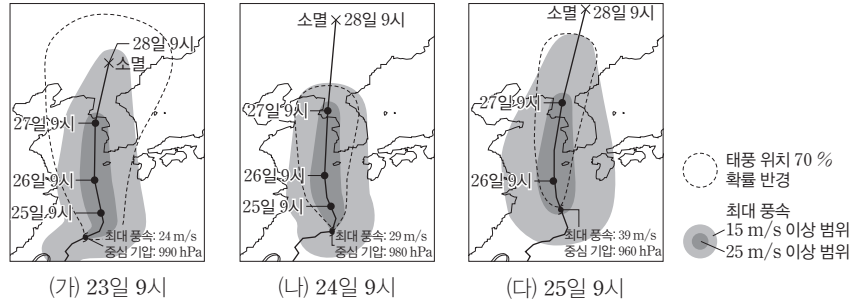
- ㄱ. 23일 18시~24일 6시 사이의 풍향 변화는 A, B, C 중 C가 가장 작다.
- ㄴ. A는 태풍의 안전 반원에서 관측한 것이다.
- ㄷ. B는 ㉢ 지역에서 관측한 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

태풍은 열대 해상에서 열과 수증기를 공급받아 세력이 강해진다.

13 그림 (가), (나), (다)는 어느 태풍이 우리나라로 접근할 때 기상청에서 24시간 간격으로 발표한 태풍의 예상 경로와 세력을 나타낸 것이다. '태풍 위치 70% 확률 반경'은 태풍 중심이 위치할 확률이 70% 이상인 곳을 의미한다.

[23026-0135]



이 시기 동안의 발표 자료에서 태풍의 예상 모습 변화에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

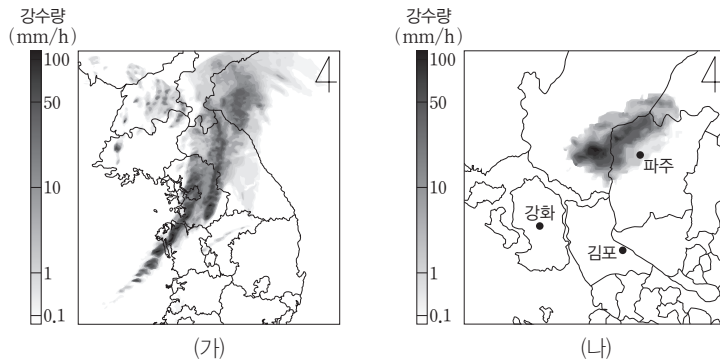
- 보기
- ㄱ. 태풍 소멸 위치의 위도는 (다)가 (가)보다 높다.
 - ㄴ. 태풍 중심이 육지에 상륙할 시각은 (다)가 (가)보다 빠르다.
 - ㄷ. 23일 9시부터 25일 9시 사이에 태풍의 세력은 강해졌다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

뇌우는 지표 부근 공기의 국지적 가열, 한랭 전선, 태풍 등에 의해 강한 상승 기류가 발달할 때 잘 발생한다.

14 그림은 기상 레이더로 관측한 시간당 강수량을 나타낸 것이다. (가)는 한랭 전선을 따라 발달한 뇌우에 의한 강수이고, (나)는 국지적으로 대기가 불안정해져 발생한 뇌우에 의한 강수이다.

[23026-0136]



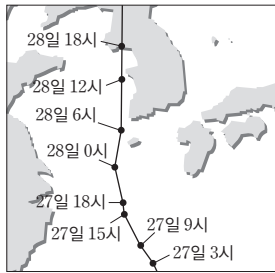
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. (가)는 동쪽으로 이동해가며 비를 내린다.
 - ㄴ. (나)는 뇌우의 발달 단계 중 적은 단계이다.
 - ㄷ. 뇌우의 분포 영역은 (가)보다 (나)가 더 넓다.

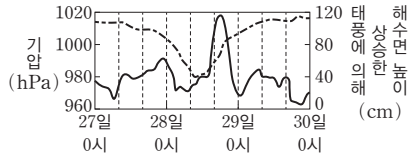
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림 (가)는 어느 태풍의 이동 경로를, (나)와 (다)는 서로 다른 지점에서 이 태풍의 영향권에 있을 때의 기압(---), 태풍에 의해 상승한 해수면 높이(—)를 나타낸 것이다.

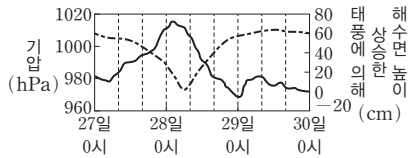
[23026-0137]



(가)



(나)



(다)

강한 저기압인 태풍은 해수를 누르는 압력이 약하기 때문에 태풍 중심 부근의 해수면은 주변보다 높아진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

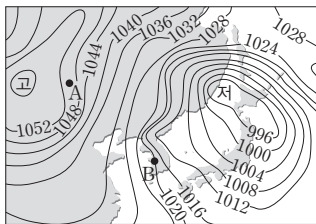
보기

- ㄱ. (나)보다 (다)에서 태풍에 의해 상승한 해수면 최대 높이가 더 높았다.
- ㄴ. (나)는 기압이 가장 낮을 때 태풍에 의해 상승한 해수면 높이가 가장 높았다.
- ㄷ. (다)에서 태풍에 의해 상승한 해수면 높이가 최대일 때 태풍 중심은 관측 지점보다 남쪽에 있었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림은 겨울철 우리나라 주변의 일기도이고, 표는 이날 A와 B 지역에서 관측한 기상 정보를 순서 없이 나타낸 것이다.

[23026-0138]



구분	㉠	㉡
현재 일기	☼	
운량	●	○
풍향	북서풍	북서풍

겨울철에 북서풍을 따라 한랭 건조한 공기가 따뜻한 황해상을 지나면 열과 수증기를 공급받아 기단이 변질된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 ㉠, B는 ㉡에 해당한다.
- ㄴ. A는 B보다 대기가 안정하다.
- ㄷ. A와 B에 영향을 주는 기단의 발원지는 동일하다.

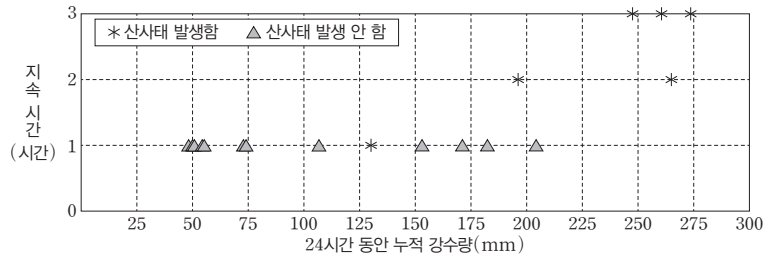
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

집중 호우는 홍수, 산사태 등을 일으켜 인명, 재산 피해가 발생할 수 있다.

한랭 전선면을 따라 공기가 상승하여 적운형 구름이 발달하고 천둥, 번개를 동반한 소나기성 강수가 나타날 수 있다.

[23026-0139]

17 그림은 어느 지역에서 3년 동안 '한 시간에 30 mm 이상 내린 비의 지속 시간'과 '24시간 동안 누적 강수량'을 관측하여 산사태의 발생 유무와 함께 나타낸 것이다.



이 자료를 바탕으로 이 지역에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

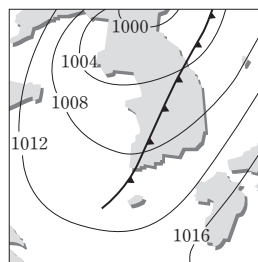
보기

- ㄱ. 이 지역은 '한 시간에 30 mm 이상 내리는 비의 지속 시간'이 길수록 산사태가 발생할 가능성이 크다.
- ㄴ. 이 지역에는 비가 시간당 30 mm 이상 내리고 24시간 동안 누적 강수량이 150 mm 이하일 때 산사태가 발생한 적이 없다.
- ㄷ. 이 지역은 집중 호우가 예보되면 산사태에 대비해야 한다.

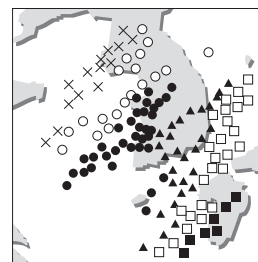
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0140]

18 그림 (가)는 어느 날 오전 9시의 일기도를, (나)는 이날 낙뢰가 관측된 지역을 시간대별로 나타낸 것이다.



(가)



(나)

× 0~4시 o 4~8시
● 8~12시 ▲ 12~16시
□ 16~20시 ■ 20~24시

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 한랭 전선은 북서쪽으로 이동하였다.
- ㄴ. 이날 오전 9시경에 발생한 낙뢰는 대체로 한랭 전선의 후면에서 관측되었다.
- ㄷ. 낙뢰가 관측되는 지역에 비가 내렸다면 소나기성 강수 형태로 내렸을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 다음은 '고려사'에서 우박에 관련된 내용을 발췌한 것이다.

[23026-0141]

우박은 적란운 속에서 상승과 하강을 반복하여 성장한다.

(가)	(나)
<p>명종 16년(1186년) 8월, 동주(강원도 철원군)와 장주(경기도 연천군)에 크기가 사람 주먹만한 우박이 쏟아져 지붕의 기와가 모조리 깨졌다.</p>	<p>충렬왕 27년(1301년) 5월, 경상도 안동 지방에 큰 우박이 쏟아져 그것에 맞은 고라니, 사슴, 참새가 모조리 죽었으며 그 중에는 몇 사람이 들 수도 없을 정도의 큰 우박도 있었다. 퇴곳부곡(지금의 안동시)에서는 바람이 세차게 부는 통에 큰 나무 한 그루가 뽕혀 날아갔다.</p>

이 자료를 참고하여 우박에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 우박이 내릴 때 강풍이 동반되기도 한다.
- ㄴ. 우박이 내리는 공간 규모는 온대 저기압의 공간 규모보다 작다.
- ㄷ. (가)와 (나)에 기록된 우박은 강한 상승 기류 속에서 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림은 우리나라에 영향을 미치는 황사의 발원지를, 표는 2020년에 우리나라에서 관측한 모든 황사 사례의 정보를 나타낸 것이다.

[23026-0142]

황사는 주로 봄철에 발생하지만 다른 계절에도 발생한다.



사례	관측일	지속 시간 (시간)	발원지
1	2월 22일	15	②
2	4월 4일	12	④
3	4월 22일	16	②
4	5월 11일	23.5	②
5	6월 4일	7	②
6	10월 22일	20.5	②, ③
7	11월 1일~2일	32.5	②, ③

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

보기

- ㄱ. 황사는 봄철이 아닌 계절에도 발생할 수 있다.
- ㄴ. 우리나라와 발원지가 가까울수록 황사의 지속 시간이 길었다.
- ㄷ. 우리나라에 영향을 준 황사는 주로 중국 북부와 몽골 지역에서 발생했다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

개념 체크

● 표층 해수의 온도

- 표층 수온은 저위도에서 고위도로 갈수록 대체로 낮아진다. 계절에 따른 표층 수온의 변화는 연안보다 대양의 중심부에서 작다.
- 등수온선은 대체로 위도와 나란하게 나타난다. 등수온선이 위도와 나란하지 않은 곳은 해류나 용승 등의 영향을 받는 곳이다. 아열대 해양에서는 한류가 흐르는 대양의 동안보다 난류가 흐르는 대양의 서안에서 표층 수온이 대체로 높다.

● 용승

심층의 찬 해수가 표층으로 상승하는 현상이다.

● 염류

해수 중에 녹아 있는 여러 가지 무기물로, 해저 화산 활동 등에 의해 공급되거나 암석을 구성하는 광물들이 풍화되어 물에 녹아 공급된다.

● psu(실용염분단위)

psu(practical salinity unit)는 해수 1kg에 들어 있는 총 염류의 질량(g 수)을 나타내는 단위이다. 전기 전도도로 측정된 염분단위이다.

1. 표층 해수의 온도 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 () 복사 에너지이다.

2. 아열대 해양에서는 대양의 동안보다 서안에서 해수의 표층 수온이 대체로 ()다.

3. ()의 두께는 대체로 바람이 강한 지역에서 두껍다.

정답

- 태양
- 높
- 혼합층

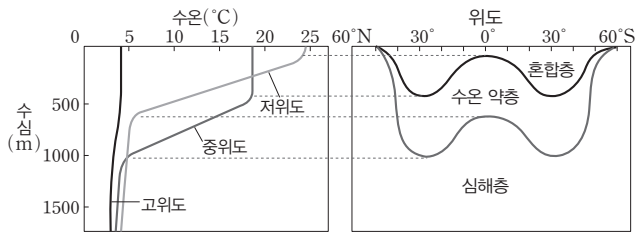
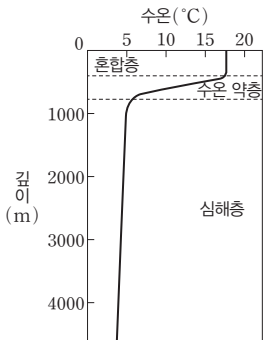
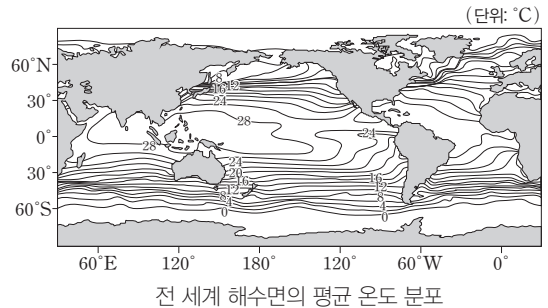
1 해수의 성질

(1) 해수의 온도

1. 표층 해수의 온도: 표층 해수의 온도 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 태양 복사 에너지이다. 따라서 표층 수온은 위도와 계절에 따라 달라진다.
2. 해수의 연직 수온 분포: 저위도와 중위도 지방의 해수는 수온의 연직 분포에 따라 구분한다.

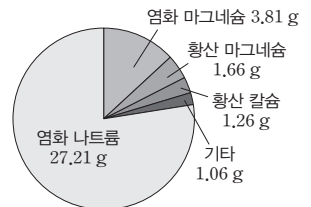
- 혼합층: 태양 복사 에너지에 의한 가열로 수온이 높고, 바람의 혼합 작용으로 인해 깊이에 따라 수온이 거의 일정한 층이다. 혼합층의 두께(깊이)는 대체로 바람이 강한 지역에서 두껍다(깊다).
- 수온 약층: 혼합층 아래에서 깊이에 따라 수온이 급격히 낮아지는 층이다. 수온 약층은 수심이 깊어질수록 해수의 밀도가 커지므로 매우 안정하며, 대류가 제한되므로 혼합층과 심해층의 물질 및 에너지 교환이 억제된다.
- 심해층: 수온이 낮고 태양 복사 에너지가 도달하지 않으므로, 계절이나 깊이에 따른 수온의 변화가 거의 없다.

3. 위도별 해양의 층상 구조: 혼합층의 두께(깊이)는 저위도 지방보다 중위도 지방에서 두껍다(깊다). 또한 고위도 지역의 표층수는 흡수하는 태양 복사 에너지가 매우 적어 심해층과 수온 차가 거의 없기 때문에 수온 약층이 발달하지 못한다.



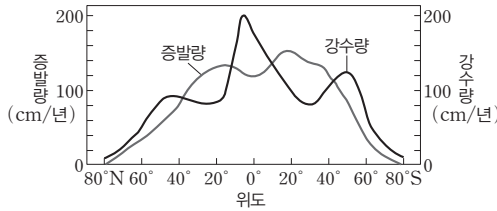
(2) 해수의 염분

1. 염분: 해수 1kg 속에 녹아 있는 염류의 총량을 g 수로 나타낸 값이다. 단위는 psu(실용염분단위)를 쓴다. 전 세계 해수의 평균 염분은 약 35 psu이다.
2. 표층 염분의 변화: 표층 염분에 가장 큰 영향을 주는 요인은 증발량과 강수량이다. 표층 염분은 대체로 (증발량-강수량) 값이 클수록 높다.

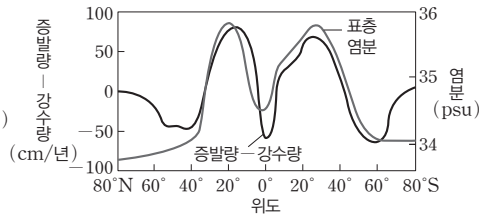


- 염분의 증가 요인: 증발, 해수의 결빙
- 염분의 감소 요인: 강수, 육지로부터 담수의 유입, 빙하의 용해

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

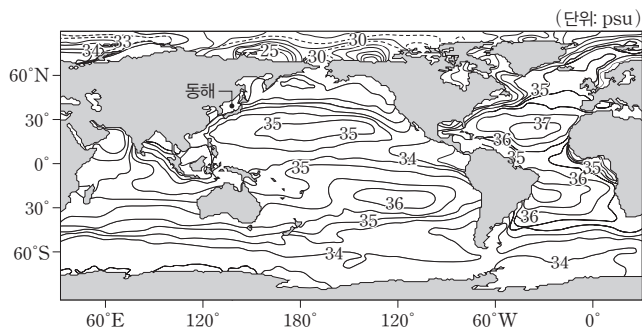


증발량과 강수량의 분포



(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

❶ 해수의 결빙과 염분 변화

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

❷ 염분비 일정 법칙

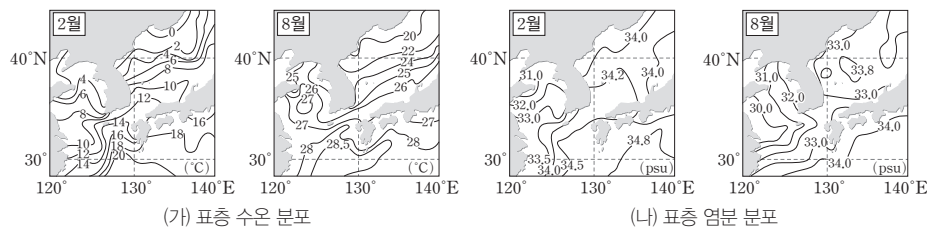
19세기에 세계 주요 해양의 해수를 분석한 결과, 각 해양에서 염분은 서로 다르지만 해수에 녹아 있는 주요 염류들 사이의 상대적 비율은 모든 해양에서 거의 일정하다는 것을 확인하였다. 이를 염분비 일정 법칙이라고 한다.

1. 중위도 해역은 증발량이 강수량보다 많아서 적도 해역보다 표층 염분이 ()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 강수량이 많은 여름철이 겨울철보다 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.



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

- 남해는 연중 난류가 흘러 표층 수온이 가장 높고, 황해는 대륙의 영향을 많이 받아 표층 수온의 연교차가 가장 크게 나타나며, 동해는 난류와 한류가 만나므로 남북 간의 수온 차가 크다.
- 표층 염분은 강수량이 많은 여름철에 대체로 낮고, 강물이 유입되는 연안에서 낮게 나타난다. 또한 난류보다 한류가 흐르는 해역에서 더 낮게 나타난다.

정답

1. 높
2. 높
3. 낮
4. 낮

개념 체크

● 밀도 약층

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

● 수온 염분도

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

● 기체의 용해도

기체는 용액의 온도가 낮을수록, 기체 압력이 클수록 많이 녹는다.

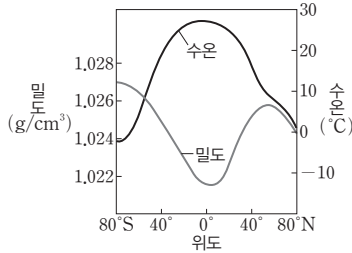
1. 해수의 밀도는 수온이 ()을수록, 염분이 ()을수록 커진다.
2. 해수의 용존 산소량은 식물성 플랑크톤의 광합성과 ()로부터의 산소 공급에 의해 해수 표층에서 가장 많다.
3. 해수 표층에서는 이산화 탄소가 해양 식물의 ()에 이용되므로 용존 이산화 탄소량이 적지만 수심이 깊어질수록 증가한다.

(3) 해수의 밀도

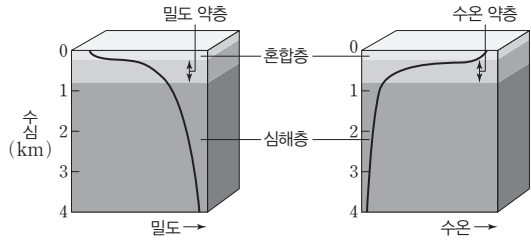
① 해수의 밀도에 영향을 주는 요인: 해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정된다. → 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록, 수압이 클수록 커진다.

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.



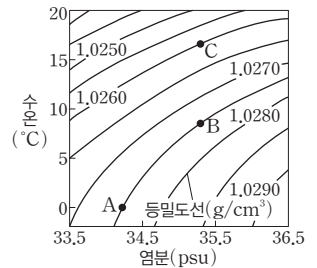
위도별 표층 해수의 수온과 밀도 분포



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.

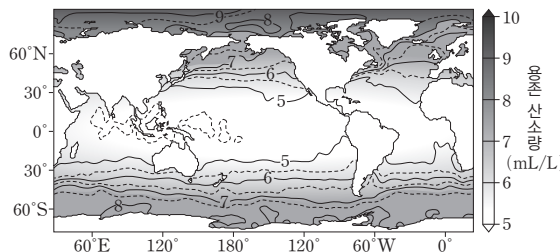
- 오른쪽 그림에서 해수의 수온은 A < B < C이고, 염분은 A < B = C이며, 해수의 밀도는 C < B = A이다.
- 수온 염분도(T-S도)를 이용하면 해수의 밀도를 알아낼 수 있으며, 해수의 특성과 이동을 추정할 수 있다.



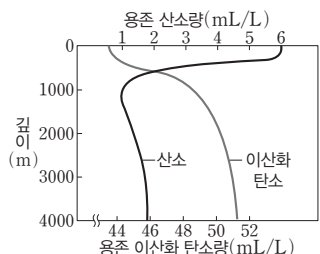
수온 염분도(T-S도)

(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

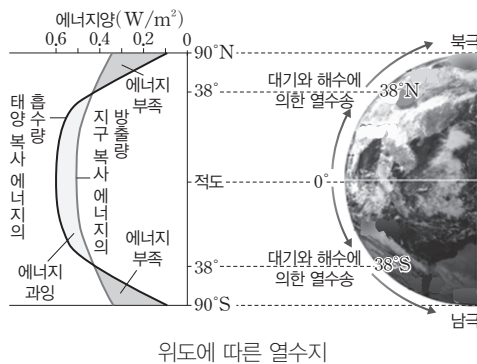
정답

1. 낮, 높
2. 대기
3. 광합성

2 해수의 표층 순환

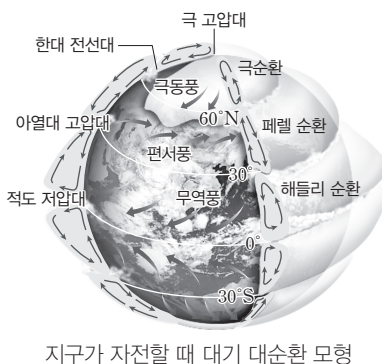
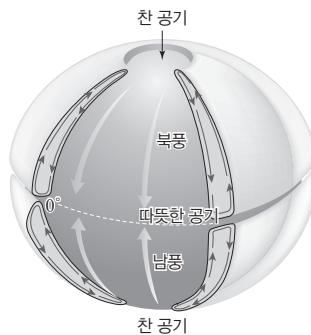
(1) 대기 대순환

- ① 지구의 복사 평형: 지구는 흡수한 태양 복사 에너지와 같은 양의 에너지를 우주 공간으로 방출하므로 지구의 평균 기온은 거의 일정하게 유지된다.
- ② 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.
- ③ 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

- ① 단일 세포 순환 모형(지표면이 균일하고 자전하지 않는 지구): 적도 지방에는 상승 기류가, 극지방에는 하강 기류가 발달하여 북반구 지상에는 북풍만, 남반구 지상에는 남풍만 분다.
- ② 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.
- ③ 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.

1. 대기 대순환은 위도에 따른 () 불균형으로 발생하고, 지구 자전의 영향을 받는다.
2. 지구 자전에 의한 전향력의 영향으로 각 반구에 ()개의 순환 세포가 형성된다.
3. 대기 대순환의 해들리 순환, 페렐 순환, 극순환의 지표 부근에서는 각각 무역풍, (), 극동풍이 분다.
4. 해들리 순환과 극순환은 () 순환이고, 페렐 순환은 () 순환이다.

정답

1. 에너지
2. 3
3. 편서풍
4. 직접, 간접

개념 체크

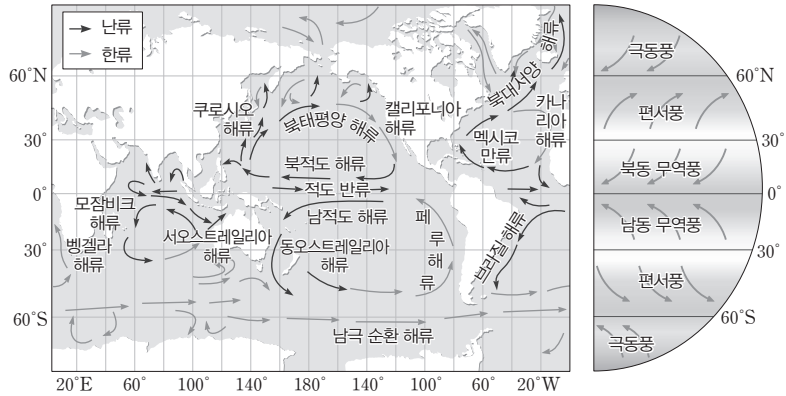
● 표층 순환

해양의 표층에서 수평 방향으로 일어나는 해수의 순환으로 아열대 순환, 아한대 순환 등이 있다.

1. 표층 해류는 ()의 영향으로 동서 방향으로 흐르는 해류와 대륙의 영향으로 남북 방향으로 흐르는 해류가 순환을 이룬다.
2. 북태평양 아열대 순환을 이루는 해류 중 () 해류는 무역풍에 의해, () 해류는 편서풍에 의해 형성된다.
3. 북반구의 아열대 순환에서 해류는 () 방향으로, 남반구의 아열대 순환에서 해류는 () 방향으로 흐른다.
4. 남극 순환 해류는 ()에 의해 형성되어 남극 대륙 주위를 흐르는 해류이다.
5. 북반구와 남반구의 표층 순환은 적도 부근을 경계로 대체로 ()적인 분포를 보인다.

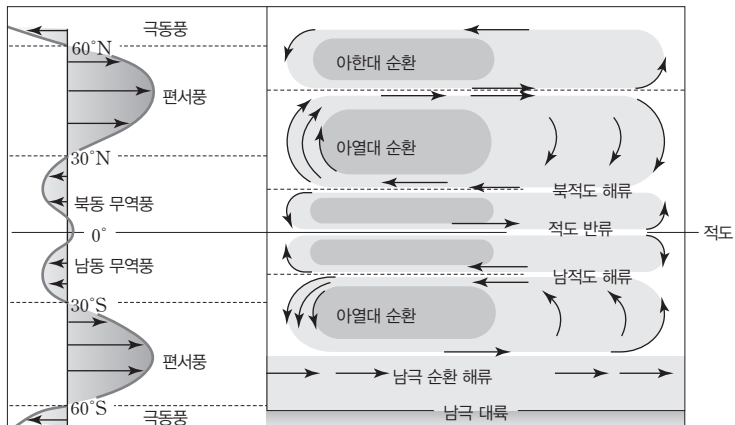
(3) **해수의 표층 순환:** 표층 해류는 육지로 가로막힌 대양 안에서 몇 개의 거대한 순환을 이루고 있으며, 적도 부근을 경계로 북반구와 남반구가 대체로 대칭적인 분포를 보인다.

- 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.

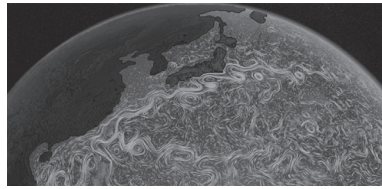


대기 대순환과 표층 순환의 관계를 나타낸 모식도

정답

1. 바람
2. 북적도, 북태평양
3. 시계, 시계 반대
4. 편서풍
5. 대칭

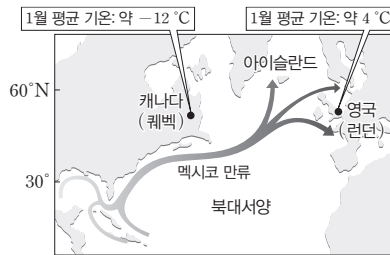
- ⑤ 대양의 서쪽 연안을 따라 흐르는 해류는 동쪽 연안을 따라 흐르는 해류에 비해 속도가 빠르다. ➔ 북태평양의 서쪽에서 흐르는 쿠로시오 해류는 동쪽에서 흐르는 캘리포니아 해류에 비해 유속이 훨씬 빠르다.
- ⑥ 해수의 표층 순환은 지구의 자전, 대기 대순환, 대륙의 분포 등의 영향을 받아 이론적인 모형보다 훨씬 복잡하게 나타난다.



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.



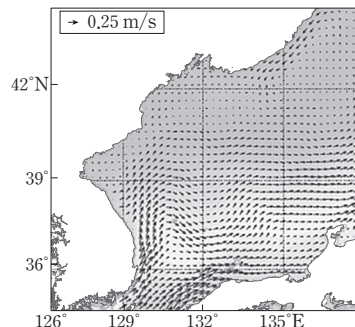
해류의 영향

(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 만난다.
4. 난류는 한류에 비해 염분이 () 고, 용존 산소량이 () 다.

정답

1. 저, 고
2. 쿠로시오
3. 동한, 북한
4. 높, 적

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 () 이나 염분 변화에 따른 해수의 밀도 차에 의해 일어난다.

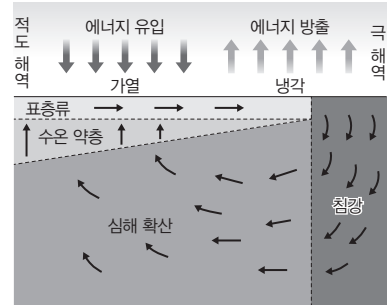
2. 해수의 심층 순환은 표층 순환에 비해 해수의 이동 속도가 매우 ()이다.

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.

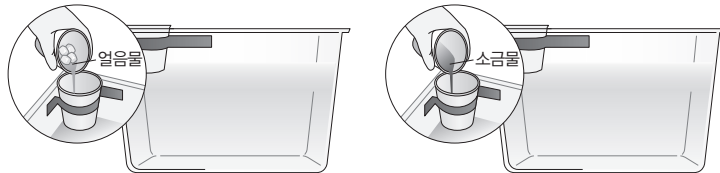


심층 순환 모형

탐구자료 살펴보기 심층 순환의 원리

탐구 과정

1. 수조에 약 20 °C의 물을 $\frac{2}{3}$ 정도 채우고, 수조 한쪽에 구멍 뚫린 종이컵의 아래부분이 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

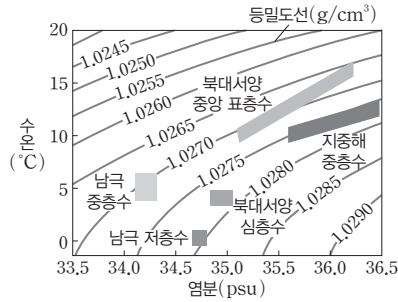
1. 수온
2. 느리다
3. 수괴



과학 돋보기 | 수온 염분도를 이용한 수괴 분석

표는 대서양 중앙부에 위치한 28°N에서 조사한 수심에 따른 해수의 수온과 염분을, 그림은 대서양의 대표적인 수괴들의 수온과 염분 범위를 수온 염분도에 나타낸 것이다.

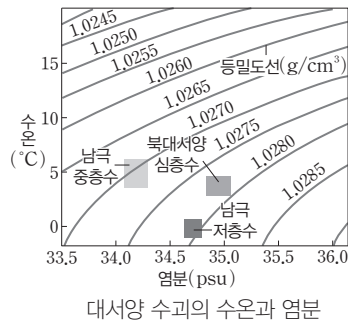
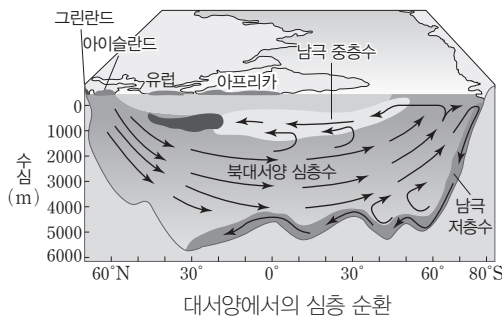
수심(m)	수온(°C)	염분(psu)	수괴
100	15.0	36.0	북대서양 중앙 표층수
500	4.0	34.2	남극 중층수
1000	10.0	35.8	지중해 중층수
2000	4.0	34.9	북대서양 심층수
4000	0.0	34.7	남극 저층수



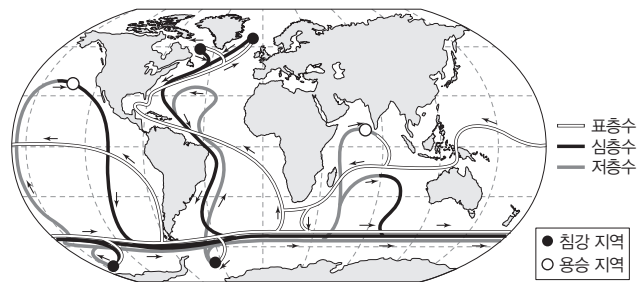
이 해역의 수심 100 m, 500 m, 1000 m, 2000 m, 4000 m 해수의 수온과 염분을 수온 염분도에 나타내면 각각 북대서양 중앙 표층수, 남극 중층수, 지중해 중층수, 북대서양 심층수, 남극 저층수 기원의 해수임을 알 수 있다. 해수의 심층 순환은 수온 약층 아래에서 표층 순환에 비해 매우 느리게 일어나기 때문에 그 흐름을 직접 관측하기 어려우므로 수괴의 성질을 측정하여 알 수 있다. 측정된 수괴의 수온과 염분을 수온 염분도에 나타내면 수괴의 기원과 이동 경로를 파악할 수 있다.

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.



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

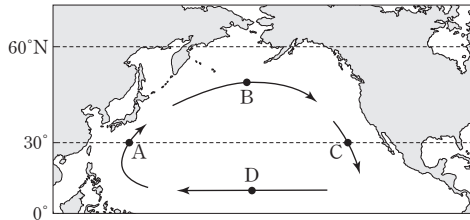
수괴	북대서양 심층수	남극 저층수
평균 수온	3 °C	-0.5 °C
평균 염분	34.9 psu	34.7 psu

1. ()는 남극 대륙 주변의 웨델해에서 침강하여 해저를 따라 북쪽으로 이동한다.
2. 북대서양 심층수는 남극 저층수보다 밀도가 ()다.
3. 심층 순환은 용존 ()가 풍부한 표층 해수를 심해로 운반하는 역할을 한다.

정답

1. 남극 저층수
2. 작
3. 산소

01 [23026-0143] 그림은 북태평양에서 표층 순환을 이루는 해류의 분포를 나타낸 것이다.



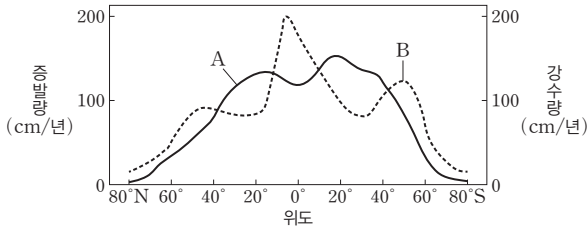
해역 A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 표층 염분은 A가 C보다 높다.
- ㄴ. B에 흐르는 해류는 북태평양 해류이다.
- ㄷ. D에 흐르는 해류는 페렐 순환에 의해 발생한 바람의 영향으로 형성되었다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23026-0144] 그림은 위도에 따른 증발량과 강수량 분포를 A와 B로 순서 없이 나타낸 것이다.



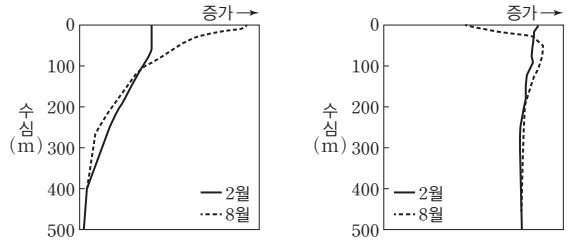
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 증발량 분포이다.
- ㄴ. 표층 해수의 평균 염분은 적도 부근보다 위도 20°N 부근에서 높다.
- ㄷ. 적도 부근은 대기 대순환에 의한 저압대가 발달해 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [23026-0145] 그림 (가)와 (나)는 우리나라 어느 해역에서 측정한 2월과 8월의 수심에 따른 수온과 염분 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가) (나)

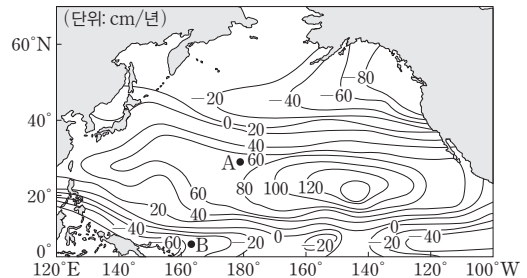
이 해역에서 2월이 8월보다 큰 값을 가지는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 평균 풍속
- ㄴ. (증발량-강수량)
- ㄷ. 표층에서 수심 100 m까지 해수의 밀도 변화

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23026-0146] 그림은 북태평양의 연간 (증발량-강수량) 값의 분포를 나타낸 것이다.



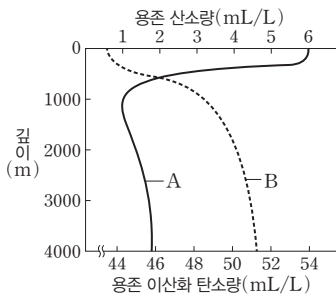
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 표층 염분은 A 해역이 B 해역보다 높다.
- ㄴ. A 해역 부근에는 대기 대순환에 의해 저압대가 발달해 있다.
- ㄷ. B 해역 부근에는 대기의 하강 기류보다 상승 기류가 우세하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 [23026-0147] 그림은 어느 해역에서 깊이에 따른 해수의 용존 산소량과 용존 이산화 탄소량의 변화를 순서 없이 나타낸 것이다.



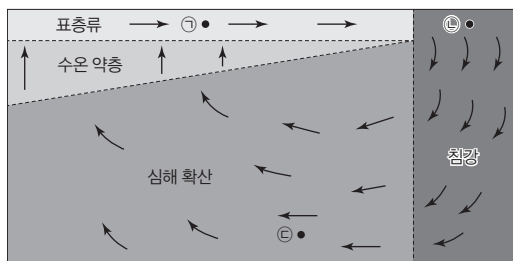
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 해수에 대한 기체의 용해도는 B보다 A가 크다.
- ㄴ. 해수의 표층에서는 대기로부터의 산소 공급과 광합성이 활발하게 일어난다.
- ㄷ. 수심 약 1000 m에서보다 수심 약 3000 m에서 A가 많은 것은 고위도 지역에서 해수의 침강과 관련 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 [23026-0148] 그림은 심층 순환의 발생 원리를 모식적으로 나타낸 것이다.



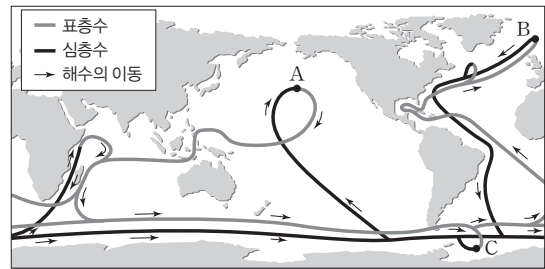
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 해수의 평균 밀도는 ㉠에서보다 ㉡에서 작다.
- ㄴ. 해류의 평균 속력은 ㉠에서보다 ㉡에서 빠르다.
- ㄷ. ㉡의 해수가 침강하여 심해층에 산소를 공급한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [23026-0149] 그림은 표층 순환과 심층 순환을 모식적으로 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 용승 또는 침강이 일어나는 해역이다.



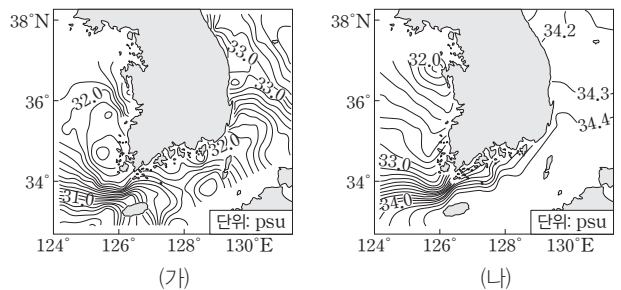
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A에서는 수온이 낮아 해수의 침강이 일어난다.
- ㄴ. B와 C에서 침강한 해수는 심층 해수에 산소를 공급한다.
- ㄷ. 심층 순환이 약해지면 표층 순환이 강해진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [23026-0150] 그림 (가)와 (나)는 우리나라 주변 해역에서 관측된 2월과 8월의 평균 표층 염분 분포를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

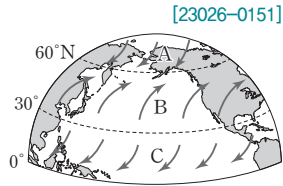
보기

- ㄱ. 담수의 유입량은 동해보다 황해가 많다.
- ㄴ. 표층 해수의 밀도는 2월이 8월보다 크다.
- ㄷ. 표층 염분이 (나)보다 (가)에서 대체로 낮게 나타나는 주요 요인은 강수량 차이이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 대기 대순환에 의해 지표 부근에서 부는 바람 A, B, C를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



[23026-0151]

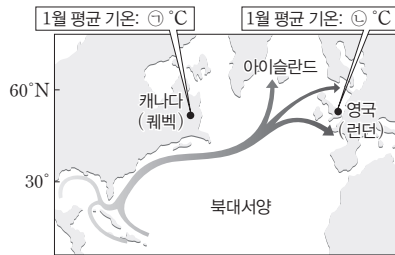
보기

- ㄱ. A는 열적 순환에 의해 형성된 바람이다.
- ㄴ. 쿠로시오 해류는 B에 의해 형성된다.
- ㄷ. C의 영향으로 형성된 해류는 서쪽에서 동쪽으로 흐른다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

10 다음은 난류가 기후에 미치는 영향에 대한 설명이다.

[23026-0152]



난류는 열에너지를 방출하여 주변 지역의 기후를 상대적으로 온화하게 한다. 비슷한 위도의 런던과 퀘벡 지역의 1월 평균 기온을 비교해보면 그 영향을 알 수 있다. 난류인 (㉠)이(가) 북상한 후 북대서양 해류로 이어져 런던 지역에 열을 공급하기 때문에 런던은 퀘벡보다 상대적으로 기후가 ().

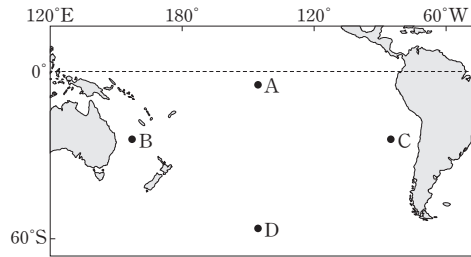
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ①>②이다.
 - ㄴ. ㉠은 멕시코 만류이다.
 - ㄷ. 난류는 저위도의 에너지를 고위도로 수송하는 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 남태평양에서 아열대 순환을 이루는 해류가 흐르는 해역 A~D를 나타낸 것이다.

[23026-0153]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

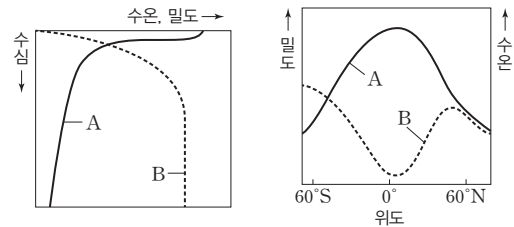
보기

- ㄱ. A와 D에 흐르는 해류의 주된 형성 원인은 대기 대순환에 의해 지표 부근에 형성된 바람이다.
- ㄴ. 영양염의 양은 B보다 C에서 많다.
- ㄷ. A~D에 흐르는 해류가 형성한 표층 순환의 방향은 시계 반대 방향이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림 (가)는 해수의 연직 수온과 밀도 분포를, (나)는 위도에 따른 표층 해수의 수온과 밀도 분포를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 수온과 밀도 중 하나이다.

[23026-0154]



(가)

(나)

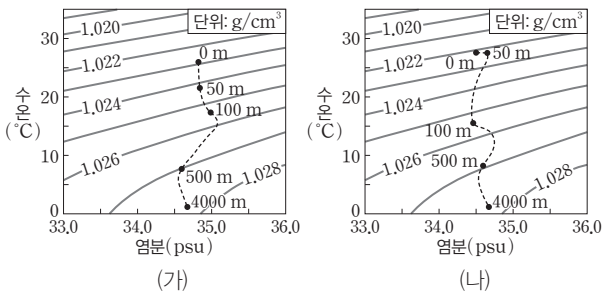
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A는 수온, B는 밀도이다.
- ㄴ. 표층 해수의 평균 염분은 60°S 주변보다 60°N 주변이 낮다.
- ㄷ. 표층 해수의 수온 분포에 가장 큰 영향을 주는 요인은 대륙의 분포이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23026-0155] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 해역의 수심에 따른 수온과 염분을 수온 염분도에 나타낸 것이다.



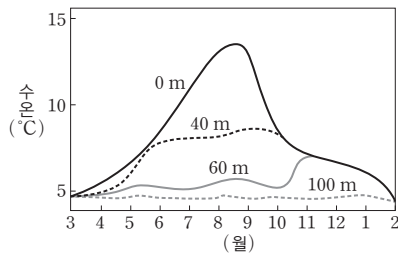
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 바람은 (가)의 해역보다 (나)의 해역에서 강하게 분다.
- ㉡. 표층 해수의 밀도는 (가) 해역보다 (나) 해역이 크다.
- ㉢. (가)의 해역에서 표층부터 수심 50 m까지 해수의 밀도 변화는 수온보다 염분의 영향을 더 크게 받는다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

14 [23026-0156] 그림은 북태평양 어느 해역에서 월별 수심에 따른 수온 분포를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㉠. 혼합층의 평균 두께는 8월보다 2월에 두껍다.
- ㉡. 표층~수심 40 m 사이 해수의 연직 운동은 12월보다 8월에 활발하다.
- ㉢. 수온만을 고려할 때, 표층 용존 산소량은 2월에 가장 적다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢ ④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

15 [23026-0157] 다음은 2021년 6월 어느 신문 기사의 일부이다.

지구의 평균 기온은 산업화 이전 대비 약 1.2 °C 높아졌다. 미항공우주국(NASA)에 따르면 그린란드 빙하는 2002년 이후 매년 약 2770억 t(ton)씩, 남극 대륙 빙하는 약 1510억 t(ton)씩 녹거나 떨어져 나와 바다로 유입되고 있으며, 10여 년 전부터 ㉠ 컨베이어 벨트처럼 움직이는 거대한 해류에 이상 조짐이 생기기 시작했다고 해양학자들은 분석한다. ㉡ 그린란드 빙하가 녹은 물이 바다로 흘러들면서 수천~수만 년 동안 안정적으로 이어졌던 ㉢ 해류 순환에 변화가 생겼다는 것이다.

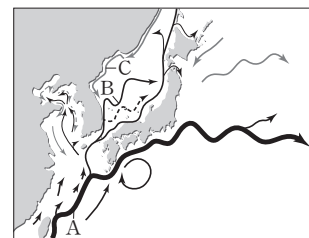
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. ㉠은 위도에 따른 에너지 불균형을 줄이는 역할을 한다.
- ㉡. ㉡에 의해 그린란드 해역에서 표층 해수의 염분이 낮아진다.
- ㉢. '고위도에서 해수의 침강이 강해진다.'는 ㉢에 해당한다.

- ① ㉠ ② ㉢ ③ ㉠, ㉡
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

16 [23026-0158] 그림은 우리나라 주변의 표층 해류를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. A는 편서풍에 의해 형성된 해류이다.
- ㉡. 용존 산소량은 C가 B보다 많다.
- ㉢. B는 겨울철에 주변 지역에 열에너지를 공급한다.

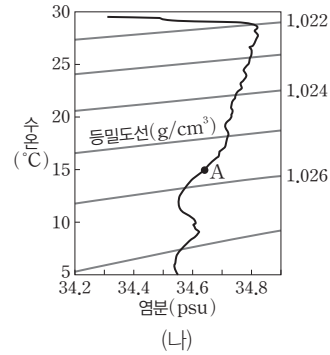
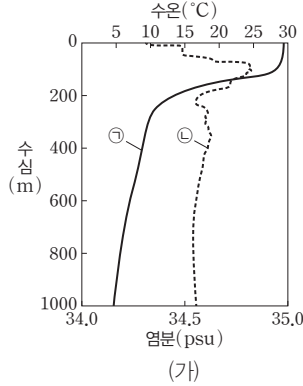
- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉠, ㉢
④ ㉡, ㉢ ⑤ ㉠, ㉡, ㉢

해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정된다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.

중위도 고압대의 해양은 증발량이 강수량보다 많아 표층 염분이 높다.

[23026-0159]

01 그림 (가)는 어느 중위도 해역의 수심에 따른 수온과 염분 분포를 ㉠과 ㉡으로 순서 없이 나타낸 것이고, (나)는 이 해역의 수심 0~1000 m 사이의 수온과 염분을 수온 염분도에 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

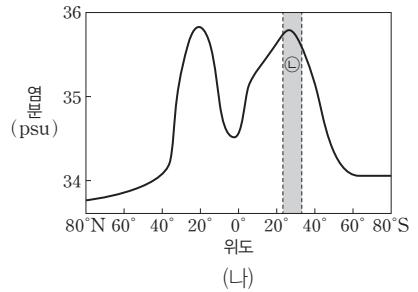
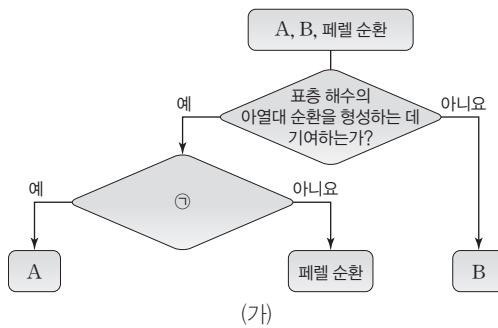
보기

- ㄱ. ㉠은 수온, ㉡은 염분 분포 곡선이다.
- ㄴ. 해수 A는 수온 약층에 위치한다.
- ㄷ. 이 해역에서 해수의 밀도는 수심이 깊을수록 커진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0160]

02 그림 (가)는 대기 대순환의 3개 순환 세포를 구분하는 과정을, (나)는 위도별 표층 염분의 분포를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 북적도 해류는 A의 영향으로 흐르는 해류이다.
- ㄴ. '열적 순환인가?'는 ㉠에 해당한다.
- ㄷ. ㉡의 위도대에서 표층 염분이 높은 이유는 B의 순환 세포로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

혼합층은 바람의 혼합 작용으로 인해 깊이에 따라 수온이 거의 일정하며, 수온 약층은 혼합층 아래에서 깊이가 깊어질수록 수온이 급격히 낮아진다.

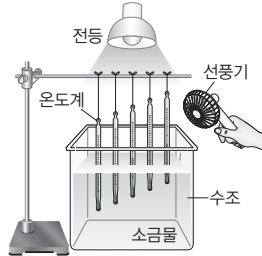
북반구 중위도 해역에서 혼합층은 여름철보다 겨울철에 두껍게 발달한다.

[23026-0163]

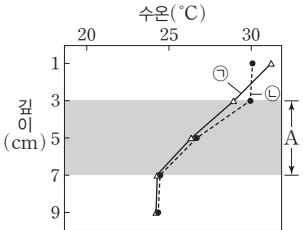
05 다음은 해수의 수온 연직 분포를 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 소금물을 채운 수조에 깊이를 다르게 하여 5개의 온도계를 설치하고 수온을 측정한다.
- (나) 수조 위 20 cm 높이에 전등을 켜 후, 온도계의 눈금이 더 이상 변하지 않을 때 수온을 측정한다.
- (다) 전등은 켜 두고 물 위에서 선풍기를 켜 후, 온도계의 눈금이 더 이상 변하지 않을 때 수온을 측정한다.



[실험 결과]



(㉠과 ㉡은 각각 실험 과정 (나), (다)의 결과를 순서 없이 나타낸 것이다.)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

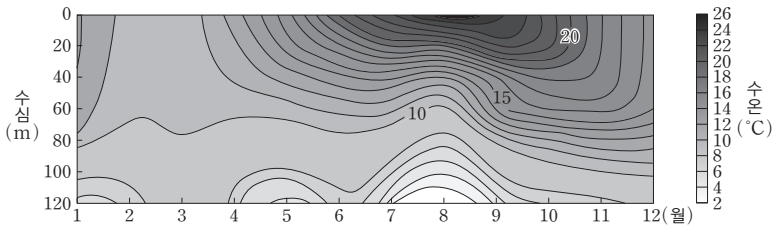
보기

- ㄱ. (나)의 결과는 ㉠이다.
- ㄴ. 구간 A와 같이 깊이가 깊어질수록 수온이 급격히 변하는 층은 우리나라에서 여름철보다 겨울철에 뚜렷하다.
- ㄷ. ㉡에서 깊이에 따른 밀도 변화는 1~3 cm 구간이 3~5 cm 구간보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0164]

06 그림은 북반구 중위도 해역에서 관측한 월별 수온 연직 분포를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

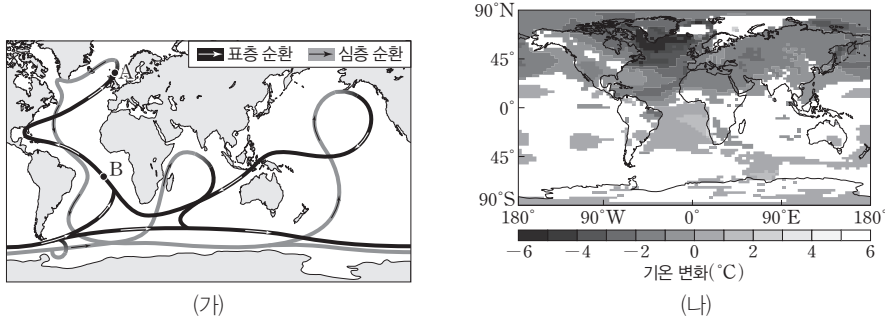
보기

- ㄱ. 수온 약층은 3월이 5월보다 뚜렷하다.
- ㄴ. 이 해역의 해수면 부근에서 평균 풍속은 겨울철이 여름철보다 빠르다.
- ㄷ. 표층에서 수심 100 m까지 수심이 깊어질수록, 각 깊이에서 최대 수온이 나타낸 달(월)이 점차 늦어지는 경향이 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0165]

07 그림 (가)는 전 지구적인 해수의 순환을 모식적으로 나타낸 것이고, (나)는 북대서양 심층 순환의 세기가 변했을 때 해양-대기 모델로 예측한 기온 변화를 나타낸 것이다.



심층 순환은 표층 순환과 연결되어 저위도의 남는 열에너지가 고위도로 수송하여 위도간 열수지 불균형을 해소시키는 역할을 한다.

(나)와 같은 변화의 원인이 될 수 있는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

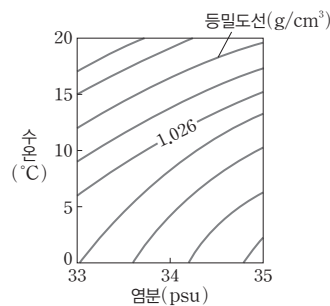
- ㄱ. A에서 침강이 강해졌다.
- ㄴ. B에서 A로 열 수송이 약해졌다.
- ㄷ. 고위도로 이동하는 표층 해류의 흐름이 강해졌다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0166]

08 표는 서로 다른 표층 해수 A~D의 물리량을, 그림은 수온 염분도를 나타낸 것이다. B와 C의 밀도는 같다.

해수	수온(°C)	염분(psu)
A	19	34.0
B	14	34.7
C	7	()
D	8	34.0



해수의 밀도는 주로 수온과 염분에 의해 결정된다. 해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 커진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

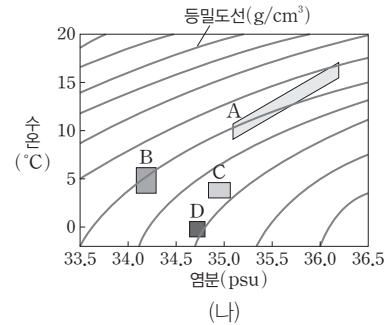
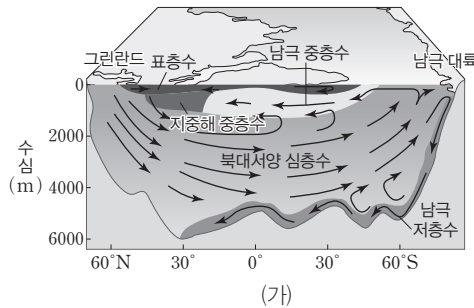
보기

- ㄱ. A~D 중 밀도가 가장 큰 해수는 A이다.
- ㄴ. 수온만을 고려할 때, 산소 기체의 용해도는 B가 D보다 크다.
- ㄷ. C의 염분은 34 psu보다 낮다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

남극 대륙 주변의 웨델해에서 만들어진 남극 저층수는 해저를 따라 북쪽으로 이동한다.

09 그림 (가)는 대서양의 심층 순환을, (나)는 대서양에서 관측되는 수괴의 수온과 염분 분포를 나타낸 것이다. A~D는 북대서양 표층수, 북대서양 심층수, 남극 중층수, 남극 저층수를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

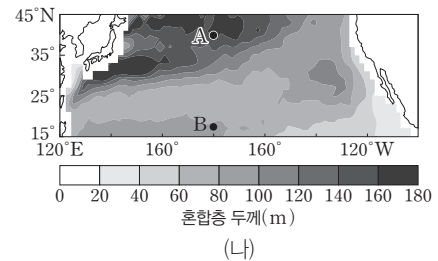
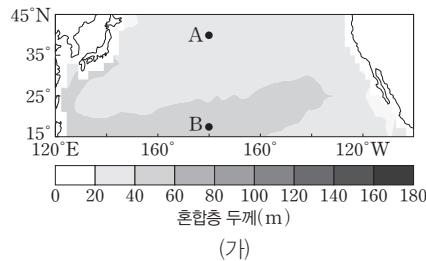
보기

- ㄱ. A는 북대서양 표층수이다.
- ㄴ. C는 그린란드 해역에서 침강한다.
- ㄷ. 평균 밀도는 남극 저층수가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

북반구 중위도 해역에서 혼합층은 여름철보다 겨울철에 두껍게 발달한다.

10 그림 (가)와 (나)는 북태평양 해역에서 여름철과 겨울철의 평균 혼합층 두께를 각각 나타낸 것이다.



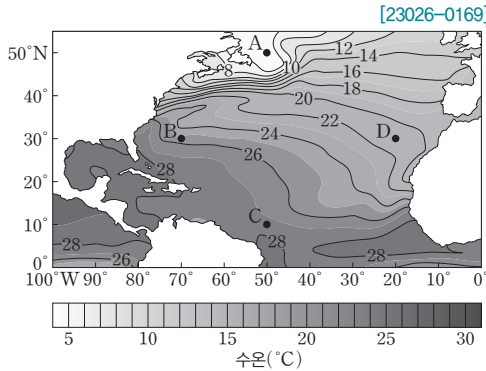
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 계절에 따른 혼합층의 두께 변화는 A 해역이 B 해역보다 크다.
- ㄴ. A 해역에서 평균 풍속은 겨울철이 여름철보다 빠르다.
- ㄷ. B 해역에서 표층 해수의 연직 혼합은 여름철이 겨울철보다 활발하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 북대서양 해역의 6월 평균 표층 수온 분포와 주요 표층 해류가 흐르는 해역 A~D를 나타낸 것이다. B~D에는 북대서양 아열대 표층 순환을 형성하는 해류가 흐른다. A~D 해역에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



같은 위도에서는 난류가 흐르는 해역이 한류가 흐르는 해역보다 수온이 높고 평균 용존 산소량이 적다.

보기

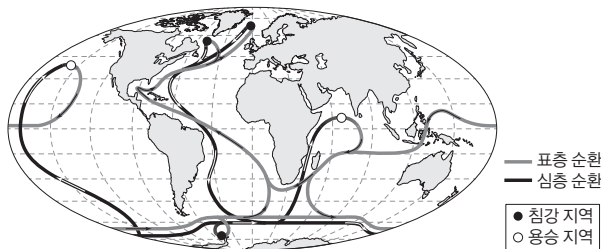
- ㄱ. A와 D에는 모두 한류가 흐른다.
- ㄴ. 표층 해수의 평균 용존 산소량은 B보다 D가 많다.
- ㄷ. C의 표층 해류는 무역풍에 의해 형성된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

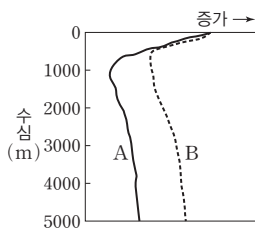
12 그림 (가)는 표층 순환과 심층 순환을 모식적으로 나타낸 것이고, (나)와 (다)는 북대서양과 북태평양의 수심에 따른 용존 산소량과 용존 이산화 탄소량 분포를 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 북대서양과 북태평양 중 하나이다.

[23026-0170]

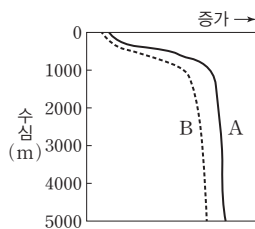
북대서양 심층수는 수심 약 1500~4000 m에서 대서양 서쪽을 따라 남하하여 남극 대륙 주변에서 남극 저층수와 뒤섞이며, 남극 대륙 주위를 돌다가 인도양과 태평양으로 흘러 들어가 표층으로 상승한다.



(가)



(나)



(다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (나)는 용존 이산화 탄소량 분포이다.
- ㄴ. A는 북태평양이다.
- ㄷ. 북대서양에서 형성된 심층수는 순환하여 태평양까지 이동한다.

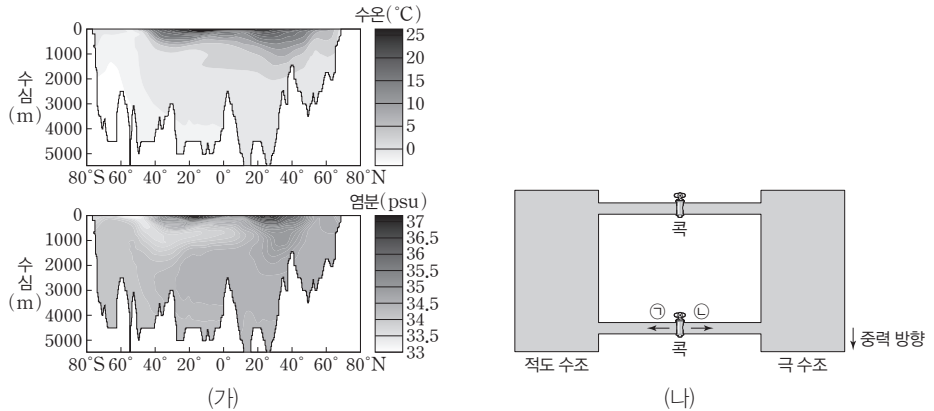
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

심층 순환은 수온과 염분 변화에 따른 해수의 밀도 차이에 의해 발생한다.

해수의 표층 순환은 대기 대순환에 의해 지표 부근에서 부는 바람과 대륙 분포 등의 영향을 받는다.

[23026-0171]

13 그림 (가)는 대서양의 수온과 염분의 연직 분포를, (나)는 (가)의 자료를 해석하여 대서양에서 심층 순환이 발생하는 원리를 이해하기 위해 만든 수조를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (나)에서 적도 수조에는 극 수조보다 수온과 염분이 높은 물을 채운다.
 ㄴ. (나)의 위쪽과 아래쪽 콧을 열면 아래쪽 연결관에서 물은 ㉠ 방향으로 흐른다.
 ㄷ. 대서양에서 심층 순환의 발생은 염분보다 수온의 영향을 많이 받는다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0172]

14 다음은 북태평양에서 발생한 컨테이너선의 사고에 대한 설명이다.

한국에서 미국으로 가던 컨테이너선이 폭풍으로 인해 A 지점에서 파손되어 실려 있던 많은 신발이 ㉠ 해류가 흐르는 바다로 방출되었다. ㉠ 해류에 의해 대부분의 신발은 미국 해안(B 지점)에 도착하였다. 그러나 일부는 북쪽으로 이동하였고 일부는 ㉡ 해류를 따라 남하한 후 서쪽 방향으로 이동하여 하와이섬(C 지점)에 도착하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

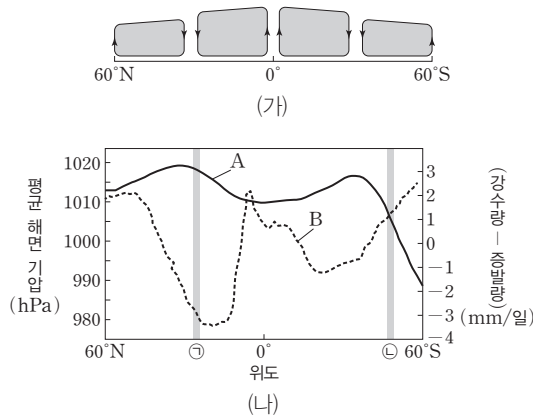
보기

ㄱ. ㉠ 해류는 북태평양 해류이다.
 ㄴ. ㉡ 해류는 여름철에 주변 지역으로 열에너지를 방출한다.
 ㄷ. 신발은 B와 C 지점에 비슷한 시기에 도착하였을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림 (가)는 60°N~60°S 사이에서 나타나는 대기 대순환의 순환 세포를, (나)는 평균 해면 기압과 (강수량-증발량)을 위도에 따라 A와 B로 순서 없이 나타낸 것이다.
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[23026-0173]



적도 지역에는 저압대가, 위도 30° 부근에는 고압대가 형성된다.

보기

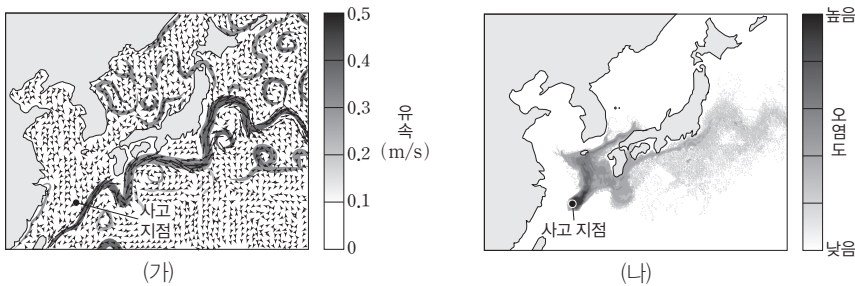
- ㉠. A는 평균 해면 기압, B는 (강수량-증발량)이다.
- ㉡. 표층 해수의 평균 염분은 적도 지역보다 ㉠ 해역에서 높다.
- ㉢. ㉢ 해역에서는 편서풍에 의해 동쪽에서 서쪽으로 해류가 흐른다.

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

16 그림 (가)는 우리나라 주변 표층 해류의 대략적인 1월 평균 유속을, (나)는 어느 해 1월에 동중국해에서 발생한 유조선 사고로 유출된 오염물이 퍼져나가 해양을 오염시켰을 때, 예상한 오염도의 분포를 나타낸 것이다.

[23026-0174]

우리나라는 북태평양 아열대 순환을 이루는 쿠로시오 해류의 영향을 받는다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㉠. 동한 난류보다 쿠로시오 해류의 유속이 빠르다.
- ㉡. 사고 지점을 지나는 해류의 일부는 우리나라의 남해와 동해로 흘러간다.
- ㉢. 7월에 사고가 발생했다면 우리나라 동해로 유입되는 오염물은 더 고위도까지 이동했을 것이다.

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

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, 영양염이 표층으로 운반되어 플랑크톤이 번식하므로 좋은 어장이 형성된다.

1. ()은 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오는 현상이다.

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 해수가 수렴하여 ()이 일어난다.

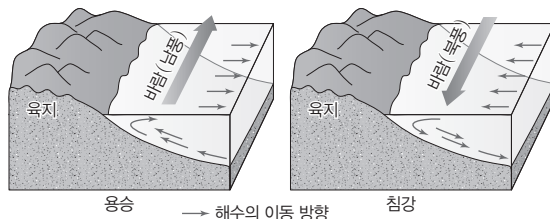
5. 용승의 영향으로 대기가 ()되므로, 용승이 일어나는 해역 주변에서는 서늘한 날씨가 나타나고 안개가 자주 발생한다.

1 해양 변화와 기후 변화

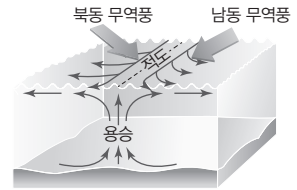
(1) 용승과 침강: 용승은 표층 해수의 발산에 의해 심층의 찬 해수가 표층으로 올라오는 현상이고, 침강은 표층 해수의 수렴 또는 냉각에 의해 표층의 해수가 심층으로 내려가는 현상이다.

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.



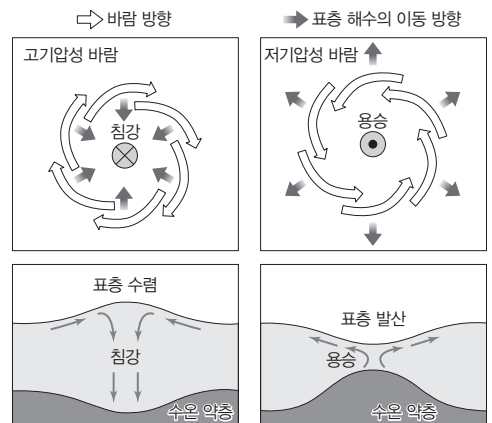
북반구 연안에서 일어나는 용승과 침강



적도 부근 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.

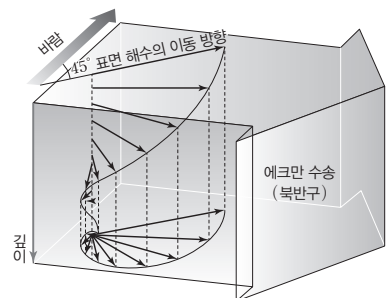
② 세계의 용승 해역: 적도 부근 해역, 북아메리카의 캘리포니아 연안, 남아메리카의 페루 연안, 아프리카 서해안 등 주로 대륙의 서해안에서 잘 발달한다.



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.
- 에크만층: 에크만 나선에서 해수의 이동 방향이 표면 해수의 이동 방향과 정반대가 되는 깊이까지의 층을 에크만층(마찰층)이라고 한다.
- 에크만 수송: 에크만층 전체에서 해수의 평균적인 이동은 북반구에서 바람 방향의 오른쪽 90° 방향으로 나타나는데, 이를 에크만 수송이라고 한다.

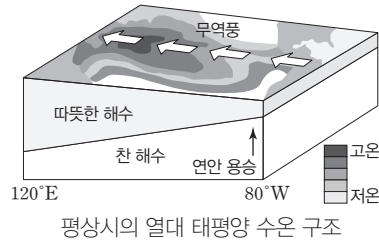


정답

1. 용승
2. 남
3. 적도, 적도
4. 침강
5. 냉각

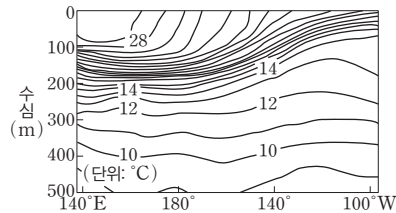
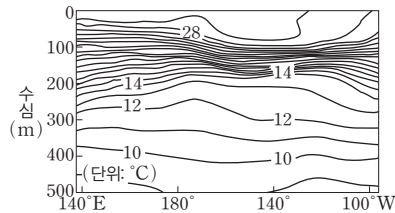
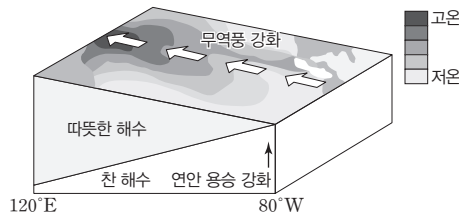
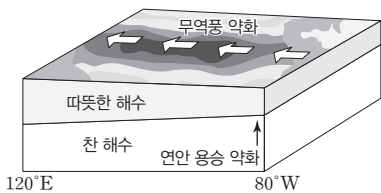
(2) 엘니뇨와 라니냐

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.



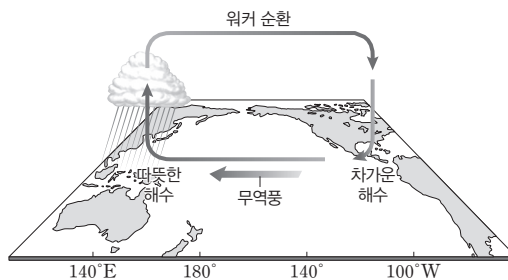
② 엘니뇨 시기: 평상시에 비해 무역풍이 약해지면 동태평양 해역에서는 연안 용승이 약해지고, 해수면이 높은 서태평양에서 동쪽으로 따뜻한 해수가 이동하여 태평양 중앙부에서 페루 연안에 이르는 해역의 표층 수온이 상승한다.

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.



(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.

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 ()이 약해지면서 발생한다.

2. 엘니뇨가 발생하면 열대 태평양 중앙부에서 동태평양에 이르는 해역의 표층 수온이 ()진다.

3. 라니냐 시기에는 열대 동태평양 해역의 연안 용승이 평상시보다 ()해진다.

4. 라니냐가 발생하면 열대 서태평양의 해면 기압은 평상시보다 ()진다.

정답

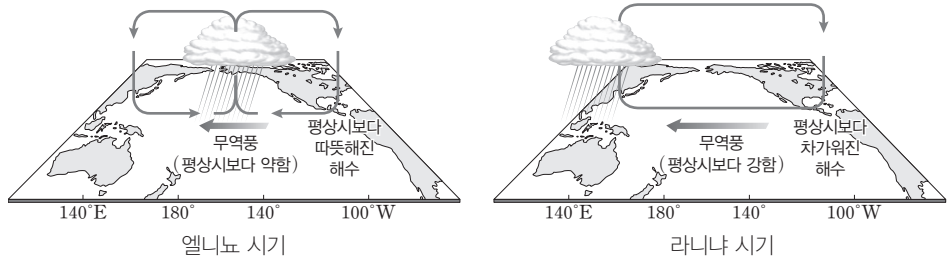
1. 무역풍
2. 높아
3. 강
4. 낮아

개념 체크

● 해면 기압 편차

각 지점에서 관측한 해면 기압에서 각 지점의 수십 년 동안의 평균 해면 기압을 뺀 값이다.

1. 엘니뇨, 라니냐의 발생과 함께 나타나는 열대 태평양의 기압 분포 변화를 ()이라고 한다.
2. 엘니뇨 시기에는 워커 순환에서 대기가 상승하는 지역이 평상시보다 () 쪽으로 이동한다.
3. 라니냐 시기에는 열대 동태평양의 강수량이 평상시보다 ()한다.
4. 남방 진동 지수가 양(+)의 값으로 ()질수록 열대 동태평양 해역의 연안 용승이 활발하다.
5. 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.

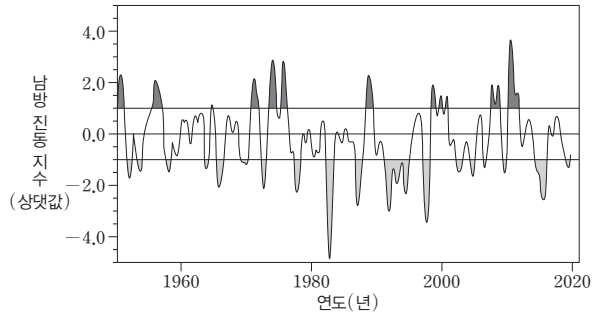
탐구자료 살펴보기 엘니뇨와 남방 진동

탐구 자료

그림은 1950년~2020년까지의 남방 진동 지수를 나타낸 것이다.

탐구 결과

1. 엘니뇨 시기에 타히티는 표층 수온이 상승하여 해면 기압이 하강하므로 해면 기압 편차(관측값-평년값)는 음(-)의 값이고, 다윈은 표층 수온이 하강하여 해면 기압이 상승하므로 해면 기압 편차(관측값-평년값)는 양(+의 값)이다.
2. 1982년~1983년 사이에는 남방 진동 지수가 약 -4.9로 가장 작다. 남방 진동 지수가 큰 음(-)의 값인 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 지수가 큰 음(-)의 값일 때는 엘니뇨 시기이고, 큰 양(+의 값일 때는 라니냐 시기이다.
- 남방 진동 지수가 큰 양(+의 값인 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.

정답

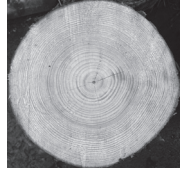
1. 남방 진동
2. 동
3. 감소
4. 커
5. 엘니뇨 남방 진동(엔소, ENSO)

2 기후 변화의 요인

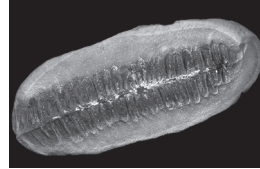
(1) **고기후 연구**: 비교적 짧은 기간 동안 변화하는 대기의 상태를 일기 또는 기상이라고 하며, 기후는 오랜 기간의 기상 평균을 말한다. 지질 시대의 기후는 빙하 시추물, 나무의 나이테, 화석 등의 연구로부터 알아낸다.



빙하 시추물



나무의 나이테

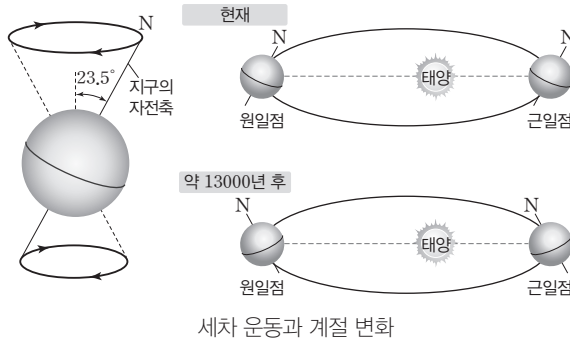


화석

(2) 기후 변화의 자연적 요인-지구 외적 요인

① 지구 자전축의 방향 변화: 지구의 자전축이 약 26000년을 주기로 회전하는데, 이를 세차 운동이라고 한다.

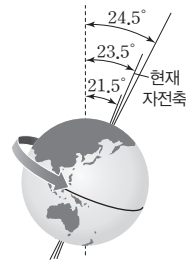
- 지구의 자전축이 회전하여 약 13000년 후에는 자전축의 경사 방향이 현재와 반대가 된다.
- 현재 북반구는 근일점에서 겨울이다. 하지만 지구의 세차 운동에 의해 약 13000년 후에 북반구는 근일점에서 여름이 된다. ➔ 다른 요인의 변화가 없다면 약 13000년 후 북반구에서 기온의 연교차는 현재보다 커진다.



세차 운동과 계절 변화

② 지구 자전축의 기울기 변화

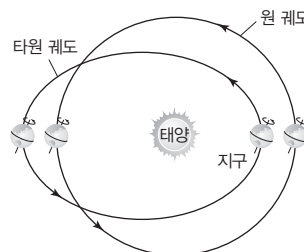
- 지구 자전축의 경사각이 약 41000년을 주기로 21.5°~24.5° 사이에서 변한다.
- 지구 자전축의 기울기가 변하면 각 위도에서 받는 일사량이 변하므로 기후 변화가 생긴다. ➔ 다른 요인의 변화가 없다면 자전축 경사각이 커질수록 기온의 연교차가 커진다.



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.

❸ 태양의 남중 고도와 계절

북반구 중위도에서 태양의 남중 고도는 태양이 정남쪽에 있을 때의 고도를 말하며, 이때 태양은 하루 중 고도가 가장 높은 위치에 있다. 태양 빛의 입사각이 클 때 태양의 남중 고도가 높아 여름이 되고, 태양 빛의 입사각이 작을 때 태양의 남중 고도가 낮아 겨울이 된다.

1. 지질 시대의 기후는 빙하 시추물, 나무의 (), 화석 등의 연구로부터 알아낸다.

2. 지구의 자전축이 약 26000년을 주기로 회전하는데, 이를 () 운동이라고 한다.

3. 지구 자전축의 경사각이 현재보다 ()이면 기온의 연교차가 커진다.

4. 지구의 공전 궤도 이심률이 현재보다 ()이면 근일점 거리는 가까워지고 원일점 거리는 멀어진다.

정답

1. 나이테
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

● 화산 활동과 기후 변화

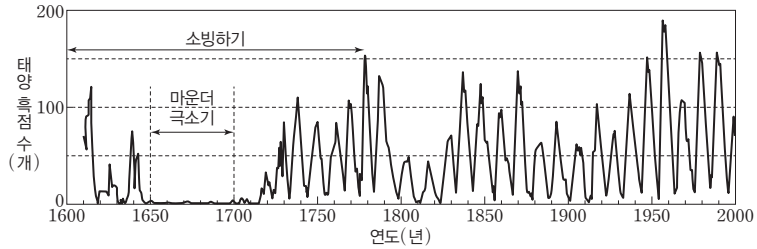
화산 활동으로 방출된 이산화 탄소나 수증기 등은 지구 기온을 높이지만, 화산재나 이산화 황 등은 지구 반사율을 증가시켜 지구 기온을 낮춘다. 기후 변화의 자연적 요인에는 지구 온난화를 일으키는 요인도 있지만, 억제하는 요인도 있다.

1. 태양의 활동 변화는 태양 () 수 변화로 알 수 있으며, 태양 활동이 달라지면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지양이 달라진다.

2. 수륙 분포의 변화는 기후를 변화시키는 자연적 요인 중 지구 () 요인에 해당한다.

3. 화산이 폭발할 때 분출된 화산재 등은 지구의 반사율을 ()시키는 역할을 한다.

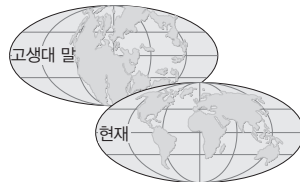
④ 태양 활동의 변화: 태양 활동이 달라지면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 달라진다. 태양 활동의 변화는 흑점 수 변화로 알 수 있는데, 역사적으로 소빙하기로 알려진 시기에 태양 흑점 수가 매우 적었던 시기(마운더 극소기)가 존재한다.



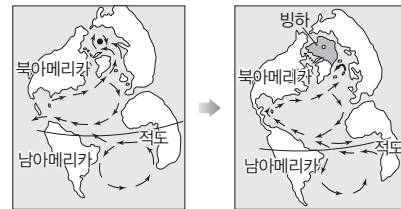
태양 흑점 수의 변화와 소빙하기

(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

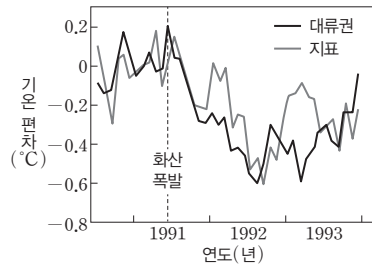


두 대륙이 연결된 후 북극해로 흘러드는 따뜻한 해류의 양이 감소했다.

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.

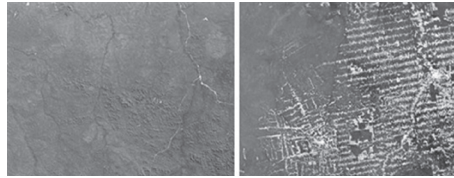
(4) 기후 변화의 인위적 요인

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

- ② 에어로졸 배출: 산업 활동이나 화석 연료 사용 과정에서 대기 중으로 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.



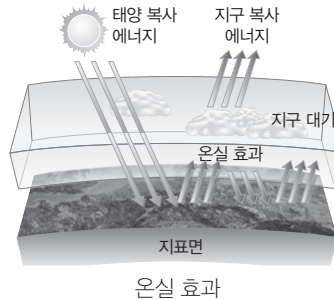
1975년(왼쪽)과 2001년(오른쪽)에 인공위성에서 관측한 아마존 열대 우림의 변화(사진에 밝게 나타난 영역이 열대 우림이 훼손된 지역이다.)

3 기후 변화의 영향

(1) 복사 평형: 흡수하는 만큼의 에너지를 방출하여 평균 온도가 일정하게 유지되는 상태이다.

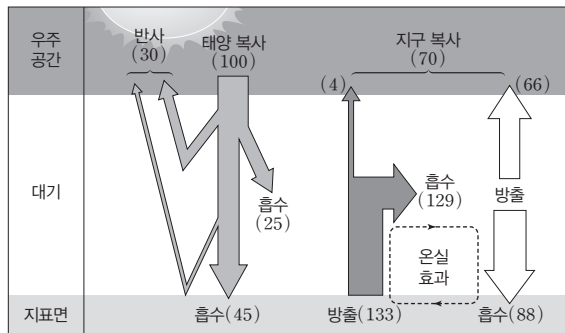
(2) 온실 효과

- 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 에너지량과 지구가 방출하는 복사 에너지량이 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.

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

1. 흡수하는 만큼의 에너지를 방출하여 평균 온도가 일정하게 유지되는 상태를 ()이라고 한다.
2. 온실 기체가 지구 복사 에너지를 흡수하였다가 지표로 재복사하기 때문에 지구의 평균 기온이 높게 유지되는데, 이를 ()라고 한다.
3. 대기 중 온실 기체가 증가하면 대기에서 흡수하는 지표 복사 에너지와 대기에서 지표로 재복사하는 에너지가 ()하여 지표의 온도가 ()한다.

정답

1. 복사 평형
2. 온실 효과
3. 증가, 상승

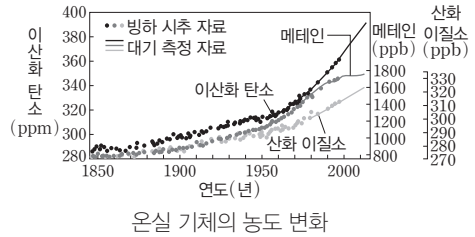
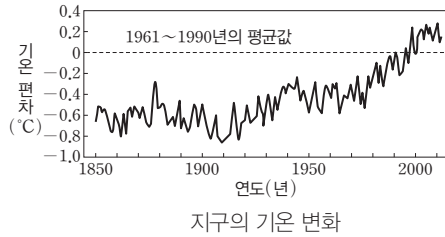
개념 체크

● 지구 온난화

19세기 중반부터 시작된 전 지구적인 지표면 부근의 기온 상승을 의미한다.

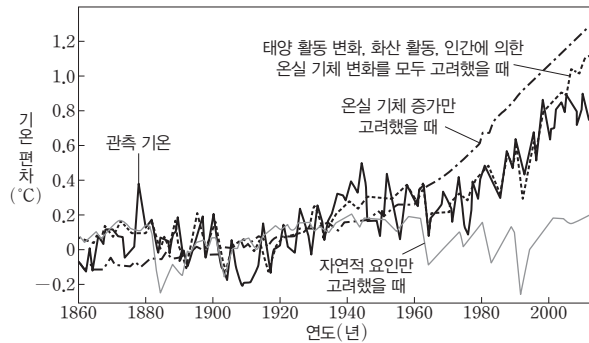
1. 인간 활동에 의한 온실 기체 증가가 지구 ()의 주요 원인으로 여겨지고 있다.
2. 화석 연료 사용량의 증가로 인해 대기 중 온실 기체의 양이 ()하고 있다.
3. 지구 온난화가 심해지면 기상 이변의 발생 횟수가 ()할 것으로 예상된다.
4. 지구 온난화의 영향으로 해수의 온도가 상승하면 해수면이 ()한다.

(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

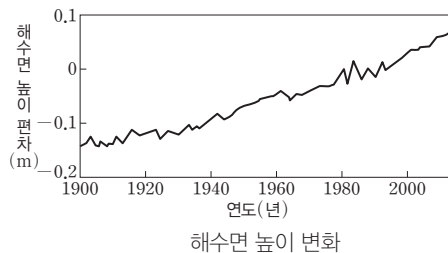
그림은 기후 모형으로 모의실험한 지구의 기온 변화와 실제 관측한 기온을 나타낸 것이다.



- 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

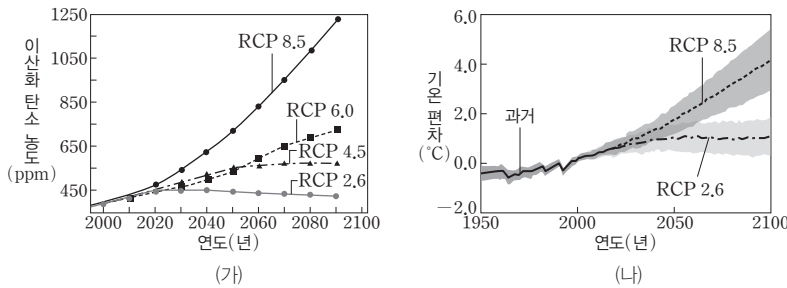
정답

1. 온난화
2. 증가
3. 증가
4. 상승



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.

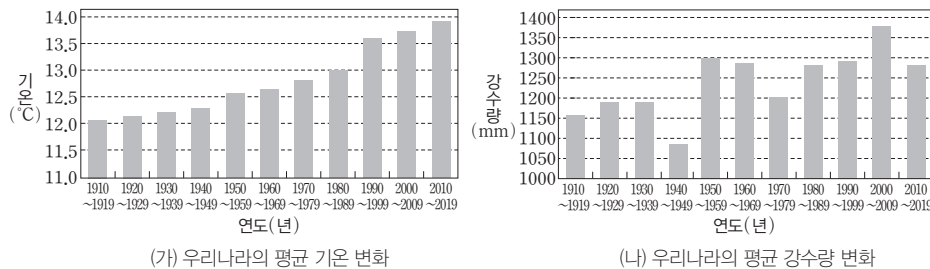
(6) 지구 환경 보전을 위한 노력

- ① 온실 기체 배출량 감소: 자원을 절약하고 대체 에너지를 개발한다.
- ② 지구 환경 보전을 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~2019년에 측정된 기온과 강수량을 10년 범위로 평균한 값을 나타낸 것이다.



탐구 결과

- 최근 110년 동안 우리나라의 평균 기온은 지속적으로 상승하였고, 평균 강수량도 대체로 증가하였다.

분석 point

- 지구의 평균 기온은 최근 110년 동안 약 0.85°C 상승하였으며, 우리나라는 이보다 약 2배 크게 상승하였다.
- 우리나라의 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 대기 중 농도가 2100년까지 어떻게 전개될지 나타내는 4가지 경로 시나리오이다.

1. ()은 2015년에 전 세계 온실 기체 감축을 통해 지구의 평균 기온이 산업화 이전 대비 2°C 이상 상승하지 않도록 하기 위한 국제 협약이다.
2. 최근 110년 동안 한반도의 평균 기온은 지구의 평균 기온보다 약 ()배 크게 상승하였다.
3. 우리나라의 주요 작물 재배지가 ()하고 있는 추세이다.

정답

1. 파리 협정
2. 2
3. 북상

01 [23026-0175] 그림 (가)는 고기압성 바람과 저기압성 바람 중 하나만 지속적으로 불고 있는 북반구의 어느 해역을, (나)는 남반구의 어느 해안 지역을 나타낸 것으로 이 해역에는 지속적으로 남풍이 불고 있다.



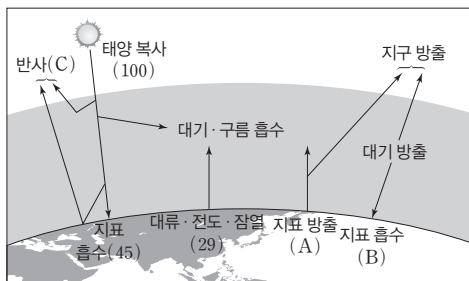
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, ⊙는 지면을 뚫고 나오는 풍향, ⊗는 지면을 뚫고 들어가는 풍향을 나타낸다.)

보기

- ㄱ. (가)는 저기압성 바람이 불고 있는 해역이다.
- ㄴ. (가)와 (나)에서 모두 용승이 일어난다.
- ㄷ. (나)의 해안 지역에서는 안개가 자주 발생한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 [23026-0176] 그림은 지구에 입사하는 태양 복사 에너지를 100 단위로 했을 때 복사 평형 상태에 있는 지구의 에너지 출입을 나타낸 것이다.



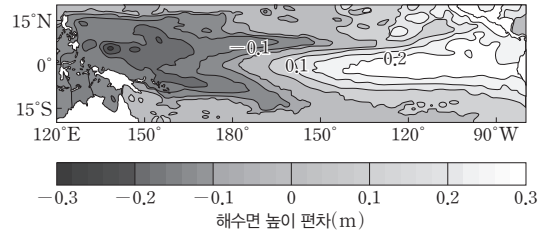
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A와 B의 차는 16이다.
- ㄴ. 대기 중 온실 기체의 농도가 높아지면 A가 증가한다.
- ㄷ. 대규모 화산 분출은 C를 감소시키는 역할을 한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 [23026-0177] 그림은 엘니뇨와 라니냐 시기 중 어느 시기에 태평양 열대 해역에서 관측한 해수면 높이 편차(관측값 - 평년값)를 나타낸 것이다.



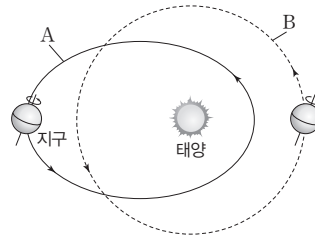
평상시와 비교한 이 시기의 특징으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 무역풍의 세기가 강하다.
- ㄴ. 서태평양 적도 부근 해역의 강수량이 적다.
- ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온이 낮다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 [23026-0178] 그림은 서로 다른 두 시기 A와 B의 지구 공전 궤도를 나타낸 것이다.



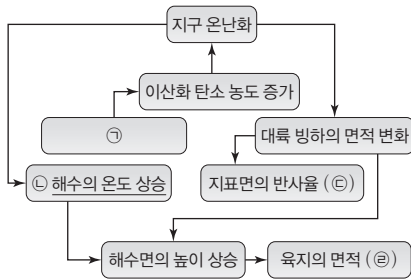
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 지구의 공전 궤도 이심률 변화 이외의 요인은 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. 지구의 공전 궤도 이심률은 A일 때가 B일 때보다 크다.
- ㄴ. 우리나라의 기온의 연교차는 A일 때가 B일 때보다 크다.
- ㄷ. A 시기에 지구가 근일점에 위치할 때 남반구는 겨울철이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 지구 온난화와 관련된 현상들의 순환 과정을 나타낸 것이다. [23026-0179]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

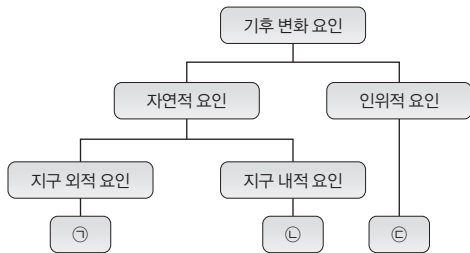
보기

ㄱ. '화석 연료의 연소'는 ①에 해당한다.
 ㄴ. ①의 변화는 해수의 연직 순환을 강화시킨다.
 ㄷ. ㉔과 ㉔은 모두 '감소'이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 표는 기후 변화를 일으키는 요인을, 그림은 기후 변화의 요인을 분류한 것이다. [23026-0180]

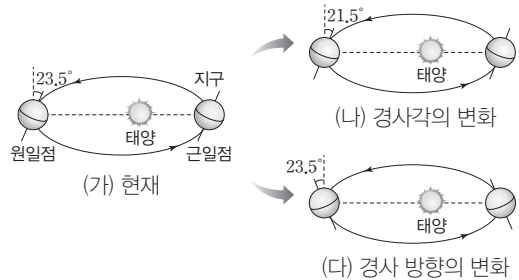
(가)	수륙 분포의 변화
(나)	화석 연료의 사용량 증가
(다)	태양의 흑점 수 증가



㉠, ㉡, ㉢ 중 (가), (나), (다)에 해당하는 것을 옳게 짝지은 것은?

- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| | (가) | (나) | (다) |
| ① | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ② | ㉠ | ㉢ | ㉡ |
| ③ | ㉡ | ㉠ | ㉢ |
| ④ | ㉡ | ㉢ | ㉠ |
| ⑤ | ㉢ | ㉠ | ㉡ |

07 그림 (가)는 현재의 지구 자전축 경사각과 경사 방향을, (나)와 (다)는 지구 자전축 경사각의 변화와 경사 방향의 변화를 각각 나타낸 것이다. [23026-0181]



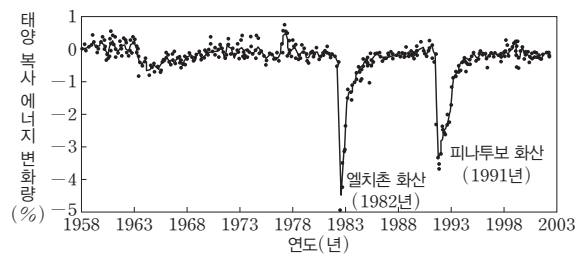
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자전축 경사각의 변화와 경사 방향의 변화 이외의 요인은 고려하지 않는다.)

보기

ㄱ. 우리나라의 기온의 연교차는 (가)보다 (나)일 때 크다.
 ㄴ. 30°S에서 여름철 평균 기온은 (가)보다 (다)일 때 높다.
 ㄷ. 우리나라 겨울철 평균 기온은 (다)보다 (나)일 때 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 대규모 화산 분출 시기와 1958년을 기준으로 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지 변화량을 나타낸 것이다. [23026-0182]



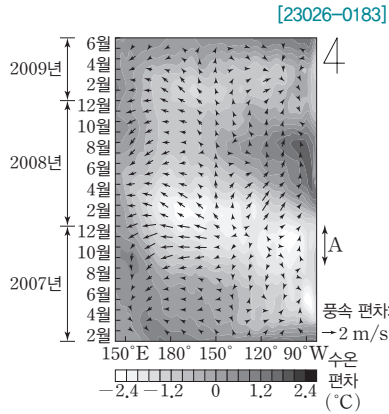
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 화산 활동은 기후 변화를 일으키는 지구 내적 요인에 해당한다.
 ㄴ. 성층권까지 올라간 화산재는 지구의 반사율을 높인다.
 ㄷ. 지표면에 도달하는 태양 복사 에너지 변화량에 가장 큰 영향을 준 화산 분출물은 이산화 탄소이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 그림은 2007년 2월부터 2009년 6월까지 관측한 태평양 적도 부근 해역(3°S~3°N)의 월평균 표층 수온 편차와 풍향, 풍속의 편차를 나타낸 것이다. 편차는 (관측값-평년값)이고, A는 엘니뇨와 라니냐 시기 중 하나이다.



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

- 보기
- ㄱ. 라니냐 시기이다.
 - ㄴ. 동태평양 적도 부근 해역의 해수면 높이가 평상시보다 높다.
 - ㄷ. 서태평양 적도 부근 해역에서 상승 기류가 평상시보다 약하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 다음은 고기후 연구 방법에 대해 학생 A, B, C가 대화하는 모습이다.



빙하 시추물 연구를 통해 빙하가 생성될 당시의 대기 성분을 알 수 있어.

나무의 나이테로 강수량, 기온 변화를 추정할 수 있어.

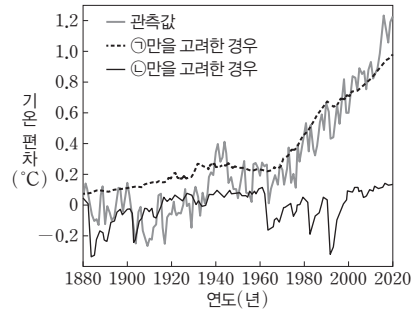
주로 표준 화석을 통해 생물이 살았던 당시의 환경을 유추해.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

11 그림은 기후 변화 요인 ㉠과 ㉡을 고려하여 추정한 지구 평균 기온 편차(추정값-기준값)와 관측 기온 편차(관측값-기준값)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 인위적 요인과 자연적 요인 중 하나이고, 기준값은 1880년~1910년의 평균 기온이다.

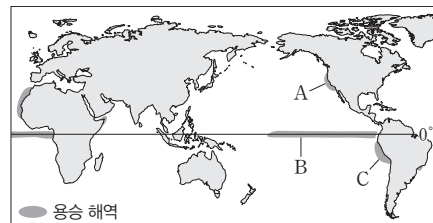


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 인위적 요인이다.
 - ㄴ. 화산 폭발은 ㉡에 해당한다.
 - ㄷ. 평균 기온 상승률은 1960년 이전보다 이후가 더 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림은 전 세계 주요 용승 해역을 나타낸 것이다.

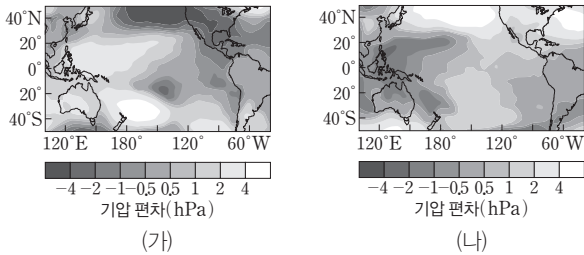


A, B, C 해역에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A 해역은 주변 해역보다 평균 해수면 높이가 높다.
 - ㄴ. 무역풍의 세기가 강해지면 B 해역의 용승이 강해진다.
 - ㄷ. C 해역은 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불 때 용승이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 [23026-0187] 그림 (가)와 (나)는 엘니뇨 시기와 라니냐 시기의 해면 기압 편차(관측값 - 평년값)를 순서 없이 나타낸 것이다.



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

보기

ㄱ. (가)는 엘니뇨 시기이다.
 ㄴ. 무역풍의 세기는 (가)보다 (나) 시기에 강하다.
 ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역의 연안 용승은 (가)보다 (나) 시기에 활발하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 [23026-0188] 다음은 기후를 변화시키는 요인을 나타낸 것이다.

(가) 태양의 흑점 수 증가
 (나) 대기 중의 에어로졸 농도 증가
 (다) 북극해 빙하 면적 감소

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 기후 변화의 지구 내적 요인이다.
 ㄴ. (나)는 대체로 지구의 기온을 낮추는 요인이 된다.
 ㄷ. (다)에 의해 북극 지역의 지표에 흡수되는 태양 복사 에너지양이 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 [23026-0189] 표는 태평양 적도 부근 해역에서 엘니뇨와 라니냐 중 하나의 현상이 발생했을 때 대기와 해양의 변화를 평상시와 비교하여 나타낸 것이다.

구분	(㉠) 발생
남적도 해류의 세기	강하다.
서태평양 적도 부근 해역의 평균 해수면 높이	(㉡).
동태평양 적도 부근 해역의 표층 수온	(㉢).

㉠, ㉡, ㉢에 들어갈 말을 옳게 짝지은 것은?

- | | | |
|-------|----|----|
| ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① 엘니뇨 | 낮다 | 낮다 |
| ② 엘니뇨 | 낮다 | 높다 |
| ③ 라니냐 | 낮다 | 낮다 |
| ④ 라니냐 | 높다 | 낮다 |
| ⑤ 라니냐 | 높다 | 높다 |

16 [23026-0190] 다음은 우리나라의 기후 변화에 대한 어느 신문 기사의 일부이다.

2021년 ○월 ○일 기상청 발표에 의하면 지난 80년 동안 우리나라는 겨울이 22일 짧아졌고 여름이 20일 길어졌다. 또한 최근 30년 동안 평균 기온은 약 13.7℃로 과거 30년(1910년~1939년) 동안의 평균 기온보다 약 1.6℃ 상승했다고 한다. 같은 시기에 지구의 평균 기온은 약 0.8℃ 상승했다. 지구 온난화로 해수면 수온이 상승하여 남해의 주 어종이 동해와 황해로 이동하였고 동해의 주 어종인 명태 등이 자취를 감추었으며, 육상 식물 서식지의 북방 한계선도 북상하고 있다. 현재 지구 온난화는 가속화되고 있으며, 이로 인해 2050년~2100년에는 기온이 크게 상승하여 적지 않은 ㉠ 변화가 나타날 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

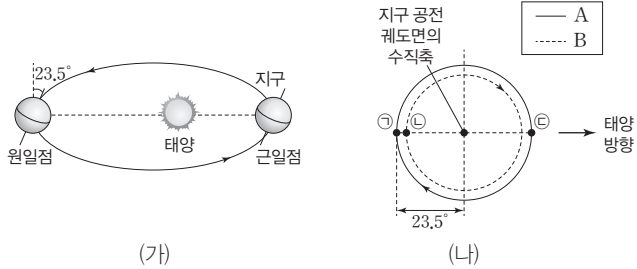
ㄱ. 우리나라의 평균 기온은 지구의 평균 기온보다 상승 폭이 크다.
 ㄴ. 폭염 일수의 증가는 ㉠에 해당한다.
 ㄷ. 최근 110년 동안 우리나라 주변 해역의 평균 해수면의 높이는 높아졌을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0191]

지구의 자전축은 약 26000년을 주기로 회전하는데, 이를 세차 운동이라고 한다.

01 그림 (가)는 현재의 지구 공전 궤도를, (나)는 지구 자전축 경사각이 23.5° 일 때와 경사각이 23.5° 와 다를 때에 세차 운동에 의한 지구 북극의 이동 궤도를 A와 B로 나타낸 것이다. 현재 근일점에서 북극의 위치는 ㉠이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구 자전축 경사각의 변화와 세차 운동 이외의 요인은 고려하지 않는다.)

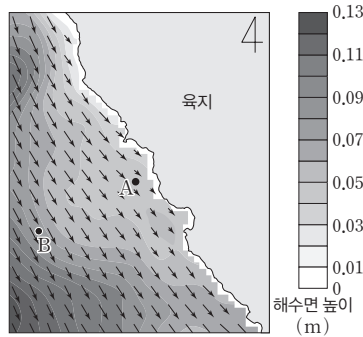
- 보기
- ㄱ. 지구의 연평균 기온은 A일 때보다 B일 때 높다.
 - ㄴ. 북반구 여름철의 평균 기온은 북극이 ㉠에 위치할 때보다 ㉡에 위치할 때 낮다.
 - ㄷ. 남반구 중위도 지역의 기온의 연교차는 북극이 ㉠에 위치할 때보다 ㉡에 위치할 때 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0192]

표층 해수가 외해로 이동하여 연안의 해수면이 낮아지면 이를 보충하기 위해 심층의 찬 해수가 올라오는 용승이 일어난다.

02 그림은 용승 또는 침강이 일어나고 있는 어느 해역에서 해안에 나란하게 지속적으로 바람(→)이 부는 모습과 상대적인 해수면 높이(해안: 0 m)를 나타낸 것이다.

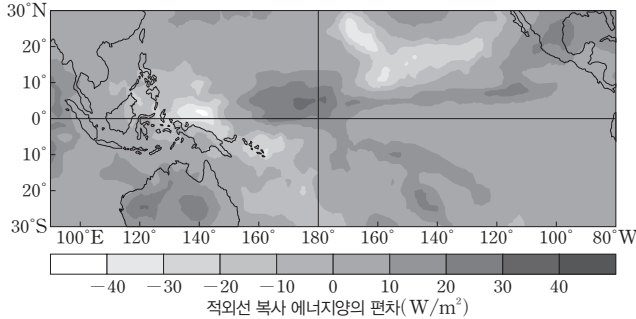


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 표층 해수는 주로 A에서 B 쪽으로 이동한다.
 - ㄴ. 표층 수온은 A가 B보다 높다.
 - ㄷ. 이 해역은 북반구에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 엘니뇨와 라니냐 시기 중 어느 시기에 태평양 적도 부근 해역에서 기상 위성으로 관측한 적외선 복사 에너지량의 편차(관측값-평균값)를 나타낸 것이다. [23026-0193]



적외선 복사 에너지량의 편차가 음(-)의 값인 지역은 평상시와 비교해 구름의 양이 많아졌다는 것을 의미한다.

평상시와 비교한 이 시기의 특징으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

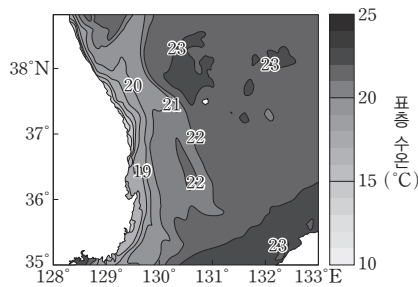
보기

- ㄱ. 워커 순환이 강하다.
- ㄴ. 서태평양 적도 부근 해역의 강수량이 적다.
- ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역에서 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이가 깊다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 동해 연안 냉수대 주의보 발령 중 일부이다. [23026-0194]

○월 ○일 14시 현재 국립 ○○은 동해 연안 냉수대 예측 정보 시스템 분석 결과, 동해 연안에 냉수대 주의보를 발령합니다. 동해 연안의 냉수대는 강한 (㉠) 계절 바람에 의한 (㉡)에 기인한 것으로 판단되며, (㉠) 계절의 바람이 다음 주까지 예보되어 수온 변화 추이에 지속적인 관심을 기울여 주시기 바랍니다. ○월 ○일 동해 연안 냉수대 예측 정보 시스템의 표층 수온 분석 결과는 그림과 같습니다.



우리나라 동해안에서 남풍 계열의 바람이 지속적으로 불면 표층 해수가 외해로 이동하여 연안 용승이 일어난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 남풍은 ㉠에 해당한다.
- ㄴ. 침강은 ㉡에 해당한다.
- ㄷ. 이러한 예보는 여름철보다 겨울철에 자주 발령된다.

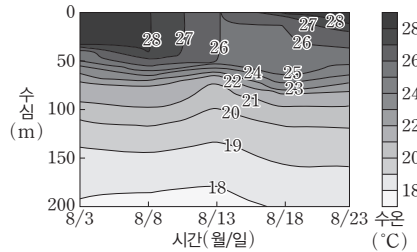
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

북반구 저기압에서 시계 반대 방향으로 부는 바람에 의해 해수의 이동이 일어나 표층에서는 해수가 발산하여 용승이 일어난다.

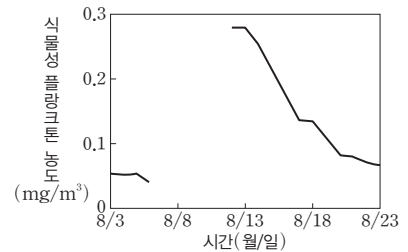
엘니뇨 시기에 동태평양 적도 부근 해역에서는 평상시보다 강수량이 많아지고, 서태평양 적도 부근 해역에서는 평상시보다 강수량이 적어 건조한 날씨가 나타난다.

[23026-0195]

05 그림 (가)는 어느 해역에서 관측한 수심별 수온 분포를, (나)는 이 해역에서 같은 시기에 관측한 식물성 플랑크톤 농도(일부 기간은 관측 자료 없음)를 나타낸 것이다. 관측 기간 중 이 해역에는 태풍이 통과하였다.



(가)



(나)

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

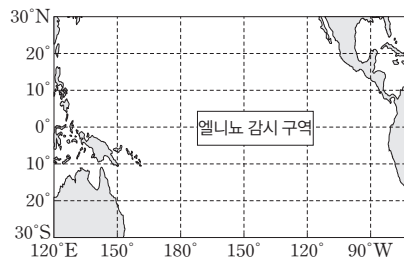
보기

- ㄱ. 혼합층의 두께는 8월 3일보다 8월 13일에 더 두껍다.
- ㄴ. 8월 8일부터 8월 13일 사이에 용승이 일어났다.
- ㄷ. 표층 영양염의 농도는 8월 3일보다 8월 13일에 낮다.

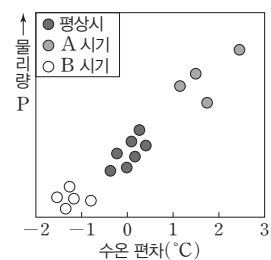
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0196]

06 그림 (가)는 엘니뇨 감시 구역을, (나)는 엘니뇨와 라니냐 시기에 관측한 엘니뇨 감시 구역의 수온 편차(관측값-평균값)와 적도 부근 어느 해역에서 관측한 물리량 P의 관계를 나타낸 것이다. A 시기와 B 시기는 각각 엘니뇨와 라니냐 시기 중 하나이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

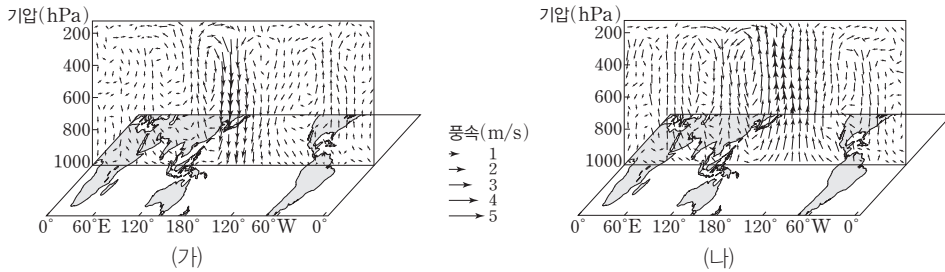
보기

- ㄱ. A는 엘니뇨 시기이다.
- ㄴ. 서태평양 적도 부근 해역의 강수량은 물리량 P에 해당한다.
- ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역의 용승은 A 시기보다 B 시기에 강하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림 (가)와 (나)는 엘니뇨 시기와 라니냐 시기의 적도 지역의 대기 순환을 순서 없이 나타낸 것이다.

[23026-0197]



평상시에는 무역풍으로 인해 따뜻한 해수가 서태평양 쪽으로 이동하므로 열대 서태평양에서는 따뜻한 해수로부터 열과 수증기를 공급받은 공기가 상승하여 강수대가 형성되고, 엘니뇨 시기에는 공기가 상승하는 지역과 강수대가 동쪽으로 이동한다.

(가) 시기보다 (나) 시기에 큰 값만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

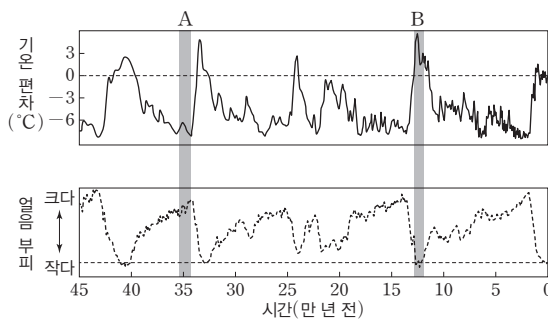
보기

- ㄱ. 무역풍의 세기
- ㄴ. 서태평양 적도 부근의 평균 해면 기압
- ㄷ. 동태평양 적도 부근 해역의 혼합층 두께

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 남극 대륙의 빙하 연구를 통해 알아낸 과거 약 45만 년 동안의 기온 편차(당시 기온-현재 기온)와 지구의 얼음 부피 변화를 나타낸 것이다.

[23026-0198]



얼음은 물이나 토양, 숲 등에 비해 태양 복사 에너지의 반사율이 높다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 해수면의 높이는 B 시기가 A 시기보다 높다.
- ㄴ. 지구의 태양 복사 에너지의 반사율은 A 시기가 B 시기보다 높다.
- ㄷ. 기온 편차와 지구의 얼음 부피는 대체로 반대 경향을 보인다.

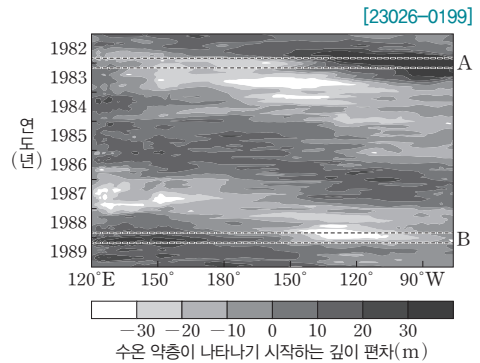
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

엘니뇨 시기에는 평상시보다 무역풍이 약해져 적도 부근 동태평양 해역에서 용승이 약해지고, 서태평양의 따뜻한 해수가 동태평양으로 이동하여 적도 부근 동태평양의 따뜻한 해수층이 두꺼워진다.

지구 온난화의 영향으로 그린란드와 남극 대륙 등의 대륙 빙하가 녹아 해양으로 흘러 들어가면 해수면의 높이가 상승한다.

09 그림은 1982년부터 1989년까지 관측한 태평양 적도 부근 해역의 수온 약층이 나타나기 시작하는 깊이 편차(관측값 - 평년값)를 나타낸 것이다.

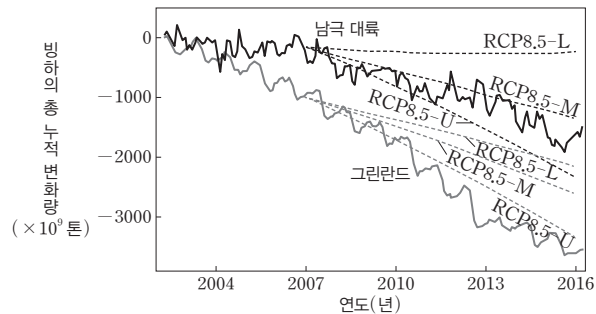
A와 B 시기를 비교한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- 보기
- ㄱ. 무역풍의 세기는 A 시기가 B 시기보다 강하다.
 - ㄴ. 서태평양 적도 부근 해역의 해수면 높이는 B 시기가 A 시기보다 높다.
 - ㄷ. A 시기에 동태평양 적도 부근 해역의 수온 편차(관측값 - 평년값)는 양(+)의 값을 갖는다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 그림은 2002년 이후 그린란드와 남극 대륙 빙하의 총 누적 변화량을 나타낸 것이다. 점선은 2007년부터 시작하여 온실 기체가 현재의 추세로 배출될 때 다양한 모델에 의해 예측된 빙하의 총 누적 변화량을 나타낸 것이다. RCP8.5-L, RCP8.5-M, RCP8.5-U는 각각 온실 기체의 고농도 배출(현재 추세) 시나리오에서 빙하 손실값의 하한, 중간, 상한 추정치이다.



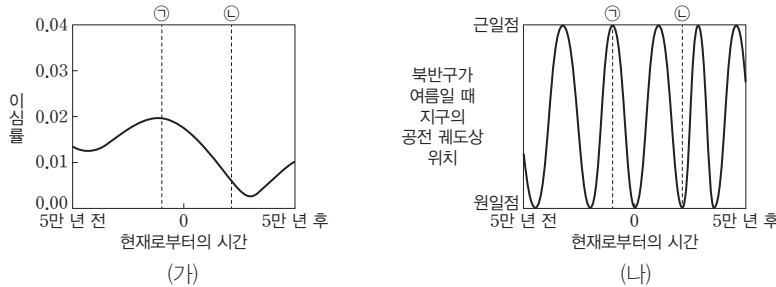
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 빙하 감소의 주된 이유는 지구 온난화이다.
 - ㄴ. 그린란드는 2007년 이후 빙하의 손실량이 예측값보다 크다.
 - ㄷ. 그린란드와 남극 대륙의 빙하 손실량만을 고려할 때, 2007년 이후가 이전보다 해수면 상승률이 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림 (가)는 지구 공전 궤도 이심률 변화를, (나)는 북반구가 여름일 때 지구의 공전 궤도상의 위치를 나타낸 것이다.

[23026-0201]



지구의 공전 궤도 이심률 변화에 의해 계절에 따라 지구에 도달하는 태양 복사 에너지 양이 달라지며, 지구 자전축의 경사 방향이 달라지는 세차 운동의 영향으로 공전 궤도상의 위치에서 계절이 달라진다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지구의 공전 궤도 이심률 변화와 자전축 경사 방향 변화 이외의 요인은 고려하지 않는다.)

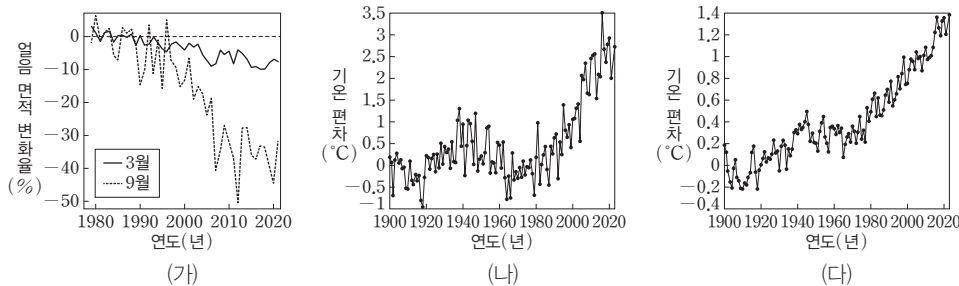
보기

- ㄱ. 원일점과 근일점에서 지구가 받는 태양 복사 에너지양 차이는 현재보다 ① 시기가 크다.
- ㄴ. 우리나라에서 겨울철 평균 기온은 현재보다 ① 시기에 높다.
- ㄷ. 남반구의 기온 연교차는 현재보다 ② 시기에 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 그림 (가)는 1980년~1989년의 평균 대비 북극해 얼음 면적의 변화율을, (나)와 (다)는 각각 전 지구 평균 기온 편차(관측값-기준값)와 북극해의 평균 기온 편차(관측값-기준값)를 순서 없이 나타낸 것이다. 전 지구 평균 기온 편차의 기준값은 1850년~1990년의 평균 기온이고, 북극해의 평균 기온 편차의 기준값은 1951년~1980년의 평균 기온이다.

[23026-0202]



북극해 빙하가 녹으면 극지방의 지표면 반사율이 감소하여 지표가 흡수하는 태양 복사 에너지 양이 증가한다.

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

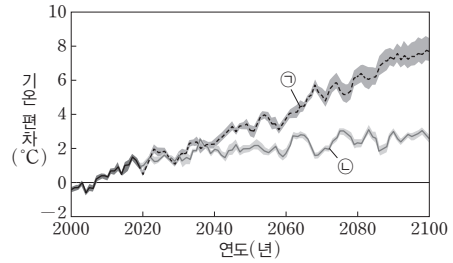
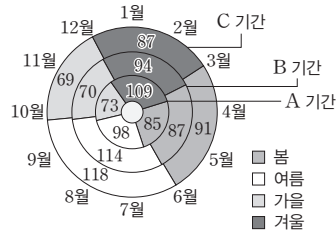
보기

- ㄱ. (나)는 북극해의 평균 기온 편차이다.
- ㄴ. 최근 30년 동안 북극해에서의 태양 복사 에너지 반사율의 변화는 9월이 3월보다 작다.
- ㄷ. 북극해 표층 해수의 평균 밀도는 현재보다 1980년에 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

과학자들은 미래 온실 기체 배출량 추이에 따라 여러 가지 시나리오를 예상하고, 각각에 대해 기후가 어떻게 변할지 기후 모형을 이용하여 예측한다.

13 그림 (가)는 우리나라의 과거 30년(1912년~1941년: A 기간, 지난 30년(1981년~2010년: B 기간), 최근 30년(1991년~2020년: C 기간) 동안의 계절 길이를, (나)는 미래 온실 기체 배출량을 고려한 두 가지 시나리오에 따라 예상되는 한반도의 기온 편차(예상값 - 현재값)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 고농도 배출 시나리오와 최소 배출 시나리오 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. ㉠은 고농도 배출 시나리오이다.
 ㄴ. 최근 30년 동안은 과거 30년 동안에 비해 평균 기온이 높다.
 ㄷ. 온실 기체가 지속적으로 배출된다면 우리나라의 겨울 일수는 대체로 감소할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

대기 중의 이산화 탄소 농도를 줄이는 방법인 해양 비옥화, 이산화 탄소 포집 기술과 지구에 흡수되는 태양 복사 에너지를 줄이는 방법인 우주 반사막, 성층권 에어로졸 투입 등이 지구 온난화를 막기 위한 대안으로 검토되고 있다.

14 표는 지구 온난화를 막기 위한 대안으로 검토되고 있는 여러 가지 방법을 제시한 것이다.

방법	내용
(가) 태양광 발전	태양으로부터 오는 빛에너지를 이용해 전기를 생산한다.
(나) 해양 비옥화	해양에 식물의 영양분(질소, 철분 등)을 인위적으로 공급하여 광합성이 활발하게 일어나게 한다.
(다) 우주 반사막	우주에 태양 복사를 반사하는 거대한 장치를 배치한다.

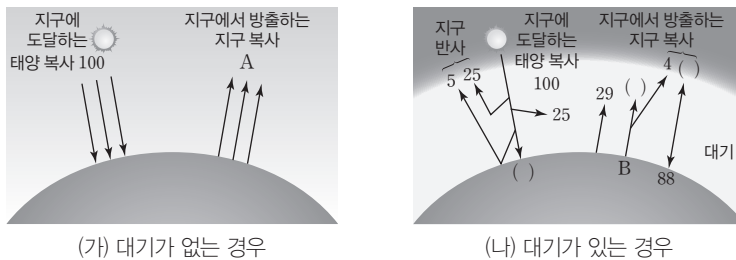
(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 탄소 다배출 에너지원을 (가)로 전환하면 대기 중으로 방출되는 온실 기체의 양을 줄일 수 있다.
 ㄴ. (나)는 대기 중 온실 기체를 제거한다.
 ㄷ. (다)는 지구의 태양 복사 에너지 반사율을 감소시킨다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림 (가)와 (나)는 복사 평형 상태에 있는 지구 열수지를 대기의 유무에 따라 나타낸 것이다. [23026-0205]



온실 기체가 증가하면 대기에서 흡수하는 복사 에너지양이 증가하여 지표로 재복사되는 에너지양과 지표 복사 에너지양이 증가한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

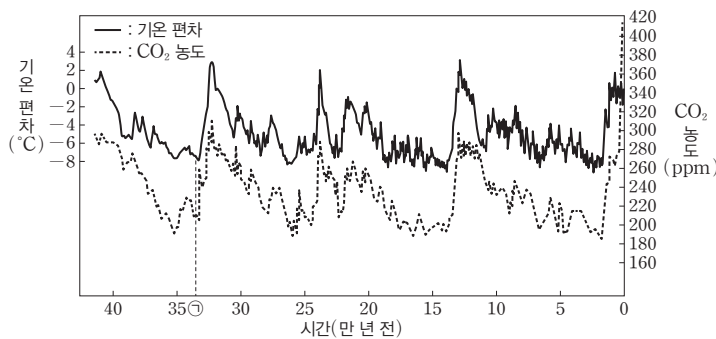
보기

- ㄱ. $A > B$ 이다.
- ㄴ. 대기 중 이산화 탄소 농도가 증가하면 B가 증가한다.
- ㄷ. 지표면의 평균 온도는 (가)일 때보다 (나)일 때 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림은 남극 대륙의 빙하 연구를 통해 알아낸 과거 약 42만 년 동안의 기온 편차(관측값-기준값)와 대기 중의 이산화 탄소 농도를 나타낸 것이다. 기온 편차의 기준값은 1961년~1990년의 평균값이다. [23026-0206]

과거 약 42만 년 동안 대기 중 이산화 탄소 농도는 현재보다 대체로 낮았으며, 시기별로 증감을 반복하였다.



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

보기

- ㄱ. 기온 편차 변화와 이산화 탄소 농도 변화는 대체로 비례한다.
- ㄴ. 극지방의 빙하 면적은 ㉠ 시기보다 현재가 넓을 것이다.
- ㄷ. 지구 대기의 온실 효과는 현재보다 ㉠ 시기가 클 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

III

우주

2023학년도 대학수학능력시험 16번

16. 표는 태양과 별 (가), (나), (다)의 물리량을 나타낸 것이다. (가), (나), (다) 중 주계열성은 2개이고, (나)와 (다)의 겉보기 밝기는 같다.

별	복사 에너지를 최대한으로 방출하는 파장(μm)	절대 등급	반지름 (태양=1)
태양	0.50	+4.8	1
(가)	(㉠)	-0.2	2.5
(나)	0.10	()	4
(다)	0.25	+9.8	()

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

<보 기>

ㄱ. ㉠은 0.125이다.
 ㄴ. 중심핵에서의 $p-p$ 반응에 의한 에너지 생성량 / CNO 순환 반응에 의한 에너지 생성량 은 (나)가 태양보다 작다.
 ㄷ. 지구로부터의 거리는 (나)가 (다)의 1000배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 168쪽 17번

17 ^[2026-0247] 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	㉡
C	1	㉢	4

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

「 보 기 」

ㄱ. ㉡+㉢=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

연계 분석

수능 16번 문제는 수능특강 168쪽 17번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 별의 최대 복사 에너지를 방출하는 파장, 절대 등급, 반지름으로부터 별의 표면 온도비, 광도비를 유추하고, 이를 활용하여 별의 다양한 물리량을 파악할 수 있는지를 평가하고 있다. 두 문제 모두 별이 복사 에너지를 최대한 방출하는 파장과 표면 온도의 관계, 절대 등급과 광도와의 관계를 이해하고, 이를 기초로 $L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$ (L : 광도, R : 반지름, T : 표면 온도) 관계식으로부터 별의 물리량 사이의 관계를 유추하도록 한 점에서 유사성이 높다. 한편 수능 문제는 별의 물리량으로부터 항성 분류 및 진화 단계의 특징을 연결시켰다는 점에서 수능 특강 문제와 차이가 있다.

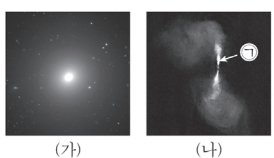
학습 대책

수능특강 문제가 별이 복사 에너지를 최대한 방출하는 파장으로부터 표면 온도비를 유추하고, 이로부터 색지수 및 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지의 관계를 이해하며, 광도 관계식으로부터 광도, 반지름, 표면 온도의 비를 파악할 수 있는지 묻고 있다면, 수능 문제는 제시된 자료 분석을 통해 도출된 별의 물리량 관계를 $H-R$ 도에 대입하여 항성 분류 및 각 진화 단계의 특징을 연결시키고, 별의 거리 개념까지 확장시켰다는 점에서 차이가 있다. 최근 수능에서 항성 진화와 별의 물리량 간의 종합적인 이해도를 평가하는 문제가 출제되고 있다는 점에서 다양한 별의 물리량의 정성적, 정량적 관계를 정확하게 이해하고, 이를 종합적으로 해석하고 유추할 수 있도록 학습해야 한다.



2023학년도 대학수학능력시험 3번

3. 그림 (가)와 (나)는 어느 은하를 각각 가시광선과 전파로 관측한 영상이며, ㉠은 제트이다.



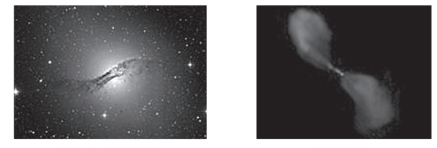
이 은하에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

- <보 기>
- ㄱ. 나선팔을 가지고 있다.
 - ㄴ. 대부분의 별은 분광형이 A0인 별보다 표면 온도가 낮다.
 - ㄷ. ㉠은 암흑 물질이 분출되는 모습이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

2023학년도 EBS 수능특강 194쪽 4번

04 [22026-0274] 그림은 어느 특이 은하를 가시광선 영역과 전파 영역에서 관측한 영상을 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 전파 은하이다.
 - ㄴ. 형태상 타원 은하에 해당한다.
 - ㄷ. 은하 중심부로부터 분출되는 물질의 대부분은 관측자의 시선 방향으로 분출된다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

연계 분석

수능 3번 문제는 수능특강 194쪽 4번 문제와 연계하여 출제되었다. 두 문제 모두 은하의 가시광선 영상과 전파 영상 자료를 제시하여 은하의 종류와 특징을 파악하고 있는지를 묻고 있다는 점에서 유사성이 높다. 한편 수능특강 문제는 각각의 영상에서 직관적으로 관찰되는 사실로부터 은하의 종류, 허블의 은하 분류, 제트의 특징 등을 묻는 자료 해석 문제이지만, 수능 문제는 영상으로부터 은하의 종류를 파악한 후, 전파 은하에 대한 다양한 지식을 습득하고 있는지를 평가하는 문제라는 점에서 차이가 있다.

학습 대책

특이 은하는 일반적으로 은하의 영상 자료와 함께 각 은하의 종류, 형태적 분류, 특징을 파악하고 있는지를 묻는 문제가 출제되지만, 수능 3번 문제와 같이 허블의 은하 분류에서 타원 은하, 나선 은하, 불규칙 은하의 특징과 연결하여 구성하는 별의 연령, 색지수, 성간 물질의 양 등을 파악하고 있는지를 묻기도 한다. 따라서 특이 은하의 특징을 암기하는 것에 그치지 말고, 관련된 개념들을 종합적으로 분석하고 여러 개념을 유기적으로 결합할 수 있도록 노력해야 한다. 특히 수능 문제의 <보기> ㄷ은 제트의 특징에 대한 단순 지식을 묻는 것이 아니라 암흑 물질이 전자기파로 관측되지 않는다는 사실로부터 유추해야 하는 내용이다. 따라서 단원 전체에 대한 포괄적인 지식 분석 능력 및 이해도의 신장이 필요하다.

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. 분광 관측은 분광기를 이용하여 전자기파를 파장별로 분산시켜 나타난 ()을 관측하는 것이다.
2. 스펙트럼은 연속 스펙트럼, () 스펙트럼, 방출 스펙트럼으로 구분한다.
3. 흑체가 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 표면 온도가 높을수록 () .

1 별의 물리량

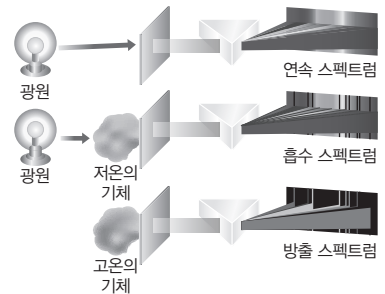
(1) 분광 관측

① 분광 관측의 역사

- 17세기에 뉴턴은 프리즘을 통과한 햇빛이 무지개처럼 여러 색으로 나누어지는 것을 발견하고, 이를 스펙트럼이라고 불렀다.
- 1814년 프라운호퍼는 태양의 스펙트럼에서 570개 이상의 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 분광 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.

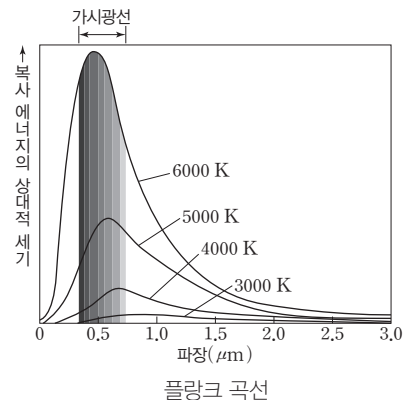


스펙트럼의 종류

(2) 별의 표면 온도

- ① 흑체 복사: 입사하는 모든 복사 에너지를 흡수하고, 흡수한 복사 에너지를 모두 방출하는 이상적인 물체를 흑체라고 한다.
 - 플랑크 곡선: 흑체가 방출하는 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.

$$\lambda_{max} = \frac{a}{T} \quad (a = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K})$$



정답

1. 스펙트럼
2. 흡수
3. 짧다

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 이다.

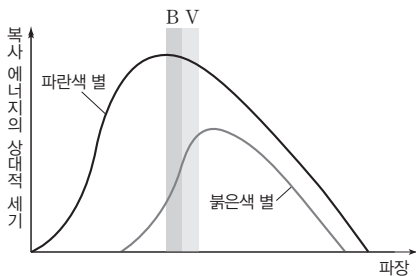
1. 별의 표면 온도가 높을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧아 () 색을 띠고, 별의 표면 온도가 낮을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 길어 () 색을 띤다.
2. 색지수는 별의 표면 온도가 높을수록 ()진다.
3. 표면 온도가 약 10000 K인 별은 ()색이고, 색지수는 ()이다.

• 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.

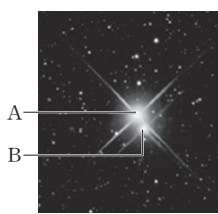


별의 색과 B, V 필터의 파장에 따른 빛의 투과 영역

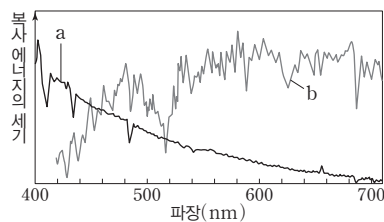
- 붉은색 별: B 필터보다 V 필터를 통과한 별빛이 더 밝다.
 - ➔ B 등급보다 V 등급이 작다.
 - ➔ 색지수(B-V)가 (+) 값이다.
 - ➔ 저온의 별이다.
- 파란색 별: V 필터보다 B 필터를 통과한 별빛이 더 밝다.
 - ➔ B 등급보다 V 등급이 크다.
 - ➔ 색지수(B-V)가 (-) 값이다.
 - ➔ 고온의 별이다.

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 $\lambda_{\text{max}} = \frac{a}{T}$ ($a = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)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.

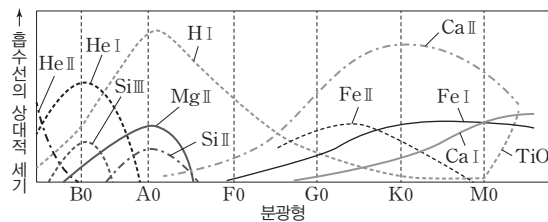
3. 태양은 표면 온도가 약 5800 K으로 분광형은 ()형이고, ()색 별이다.

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

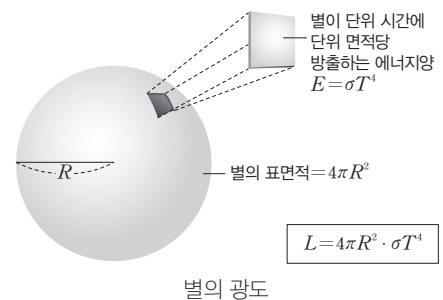
(3) 별의 광도와 크기

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. G2, 노란
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

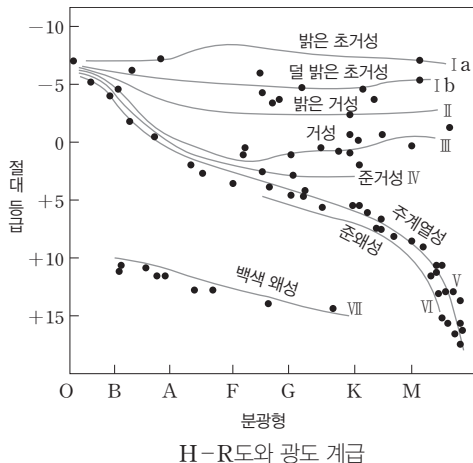
- 별의 밝기는 등급으로 나타내며, 1등급의 별은 6등급의 별보다 100배 밝다. 따라서 1등급 간의 밝기 비는 $100^{\frac{1}{5}}=10^{\frac{2}{5}}$ 배, 즉 약 2.5배이다.
- 별의 절대 등급은 모든 별을 10 pc(약 32.6광년)의 거리에 옮겨 놓았다고 가정했을 때의 밝기를 등급으로 정한 것으로, 별의 실제 밝기, 즉 별의 광도를 비교할 때 이용될 수 있다.
- 광도가 L_1, L_2 인 별의 절대 등급이 각각 M_1, M_2 이면 $M_2 - M_1 = 2.5 \log \frac{L_1}{L_2}$ 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.

$$L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4 \Rightarrow R \propto \sqrt{\frac{L}{T^2}}$$

(4) 별의 광도 계급

- ① 여키스 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, 광도 계급의 숫자가 커질수록 작아진다.

1. 별의 광도가 같을 때, 표면 온도가 높을수록 반지름이 () .
2. 광도 계급이 I인 별은 () , V인 별은 () 에 해당한다.
3. 별의 분광형이 같을 때, 광도 계급의 숫자가 () 수록 반지름이 크다.

정답

1. 작다
2. 초거성, 주계열성
3. 작을

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. 주계열에서 왼쪽 위에 있는 별일수록 질량이 () 고, 반지름이 () 며, 수명이 () 다.
3. 적색 초거성은 백색 왜성에 비해 표면 온도가 (), 평균 밀도가 () .
4. H-R도의 세로축에서 위로 갈수록 광도가 () .
5. 분광형이 같을 때 거성이 주계열성보다 광도가 큰 이유는 () 이 크기 때문이다.

정답

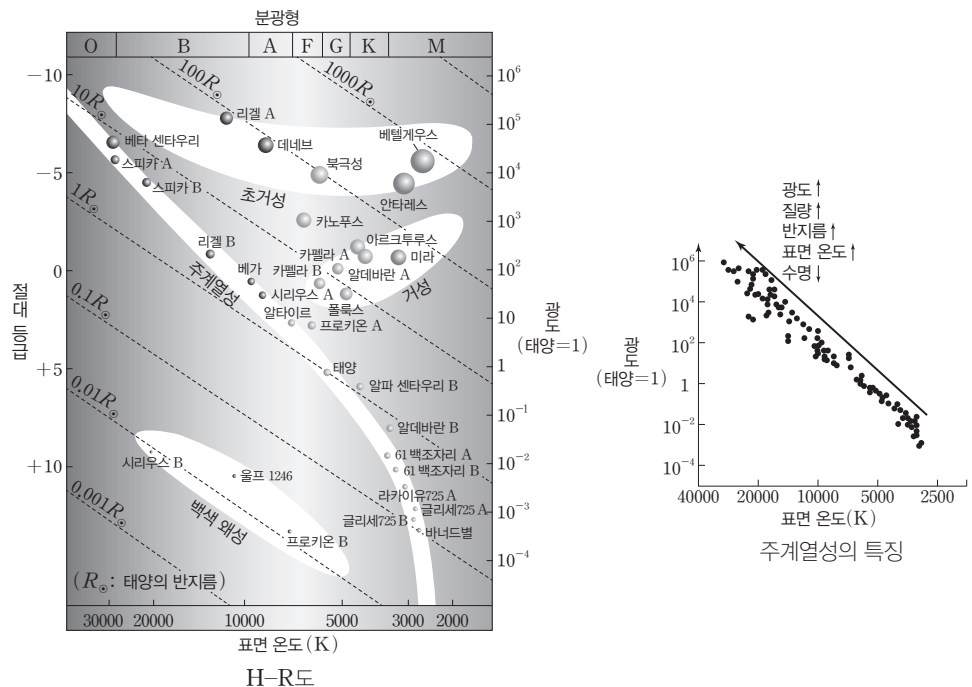
1. 주계열성
2. 크, 크, 짧
3. 낮고, 작다
4. 크다
5. 반지름

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 베헤게우스, 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

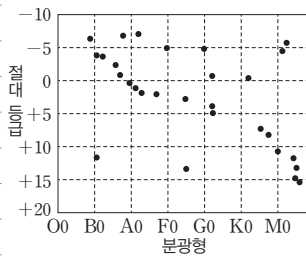


탐구자료 살펴보기 H-R도

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 띠에 분포한다.

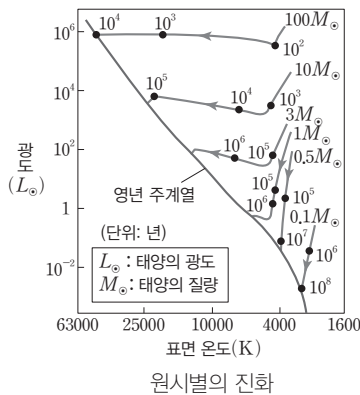
분석 point

- 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 별들이 거성과 초거성이 분포하고, 주계열의 왼쪽 아래에는 표면 온도는 높지만 반지름이 매우 작아서 광도가 작은 백색 왜성이 분포한다.

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.



개념 체크

영년 주계열

별의 중심부에서 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 중력 수축을 하여 중심부의 온도가 약 () K이 되면 중심부에서 () 핵융합 반응이 일어나는 주계열성이 된다.
3. 원시별에서 주계열성이 되는 데 걸리는 시간은 질량이 큰 별일수록 ()다.
4. 원시별이 주계열성으로 진화할 때 질량이 큰 원시별은 H-R도에서 대체로 () 방향으로 진화하므로 광도 변화율이 ()고, 질량이 작은 원시별은 대체로 () 방향으로 진화하므로 광도 변화율이 ()다.

정답

1. 크고, 낮은
2. 1000만, 수소
3. 짧다
4. 수평, 작, 수직, 크

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. 질량이 큰 주계열성일수록 중심부의 온도가 ()아 수소 핵융합 반응이 ()게 일어나므로, 주계열 단계에 머무르는 시간이 ()다.
4. 주계열성은 질량이 클수록 광도가 ()고 반지름이 ()다.

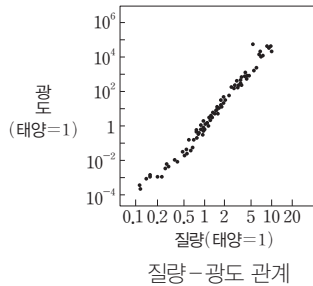
(2) 주계열 단계

- ① 원시별의 중심부 온도가 약 1000만 K에 이르면 별의 중심부에서 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.

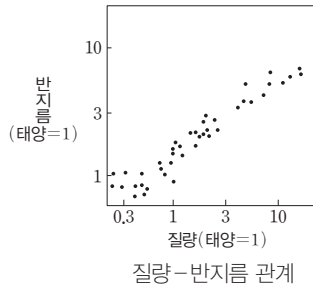
분광형	색지수 (B-V)	표면 온도 (K)	반지름 (태양 반지름=1)	질량 (태양 질량=1)	광도 (태양 광도=1)	주계열성의 수명(년)
O5V	-0.33	40000	12	40	500000	100만
B0V	-0.30	28000	7	18	20000	1000만
A0V	0.0	10000	2.5	3.2	80	5억
F0V	+0.30	7400	1.3	1.7	6	27억
G0V	+0.58	6000	1.05	1.1	1.2	90억
K0V	+0.81	4900	0.85	0.8	0.4	140억
M0V	+1.40	3500	0.6	0.5	0.06	2000억

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

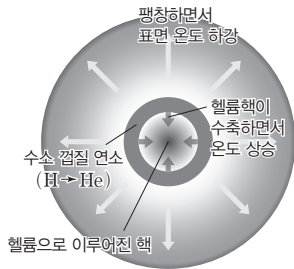
(3) 거성, 초거성 단계

- 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

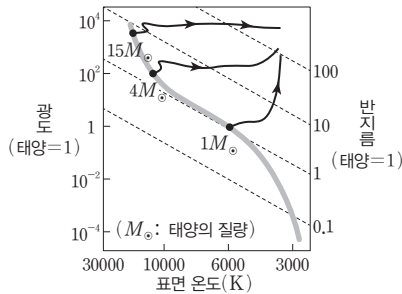
정답

1. 수소 핵융합
2. 중력, 기체 압력 차에 의한 힘
3. 높, 빠르, 짧
4. 크, 크

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 단계 이후의 진화 경로

개념 체크

별의 진화

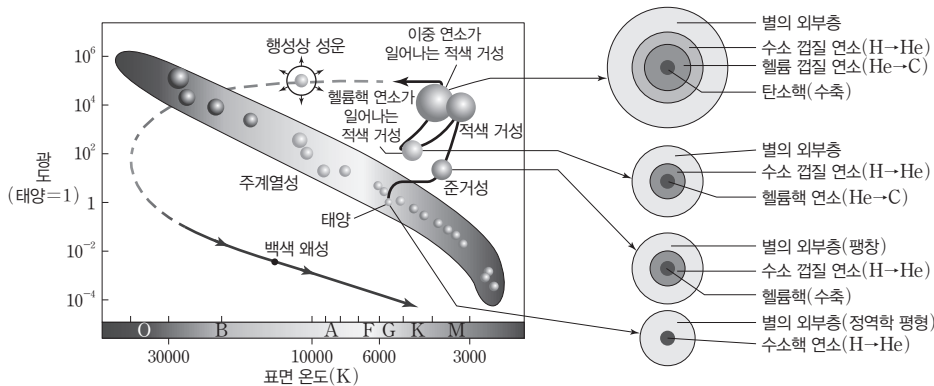
주계열 단계 이후에는 별의 질량에 따라 진화 경로가 달라진다.

1. 주계열 단계 이후의 별의 진화 경로는 별의 ()에 따라 달라진다.
2. 주계열 단계 이후 질량이 태양과 비슷한 별은 적색 ()으로 진화하고, 질량이 태양보다 매우 큰 별은 적색 ()으로 진화한다.
3. 별의 내부가 불안정하여 수축과 팽창을 주기적으로 반복하는 별을 () 변광성이라고 한다.
4. 질량이 매우 큰 별은 마지막 단계에서 중력 수축을 하다가 () 폭발을 한다.
5. 초신성 폭발 이후 중심핵은 질량에 따라 ()이 나 ()로 진화한다.

(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.

정답

1. 질량
2. 거성, 초거성
3. 맥동
4. 초신성
5. 중성자별, 블랙홀

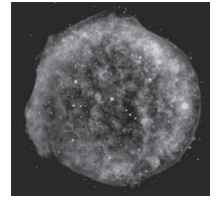
개념 체크

중력 수축 에너지

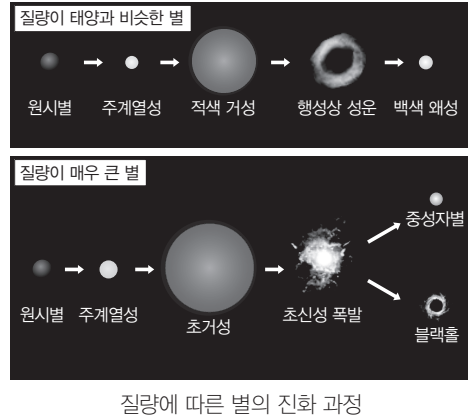
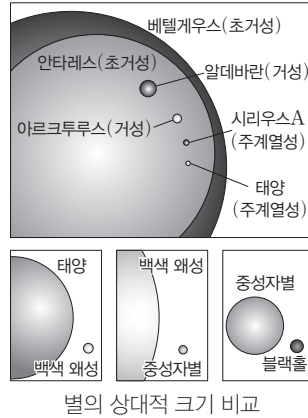
별의 구성 물질이 중력에 의해 수축할 때 위치 에너지의 감소로 생성되는 에너지로, 원시별의 에너지 원에 해당한다.

1. 원시별에서는 중력이 기체 압력 차에 의한 힘보다 ()므로 별의 크기가 ()진다.
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.



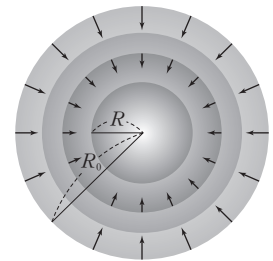
초신성(SN 1572)의 잔해



4 별의 에너지원과 내부 구조

(1) 원시별의 에너지원

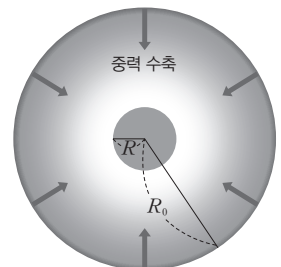
- ① 원시별에서는 별의 중력이 기체 압력 차에 의한 힘보다 크므로 정역학 평형 상태를 이루지 못하고 중력 수축이 일어나 크기가 작아진다.
- ② 중력 수축 에너지: 별의 구성 물질이 중력에 의해 수축될 때 위치 에너지의 감소로 생성되는 에너지이다.
- ③ 중력 수축 에너지의 역할: 중력 수축 에너지는 별의 탄생이나 진화 과정에서 내부 온도를 높이는 역할을 한다. 반지름이 R_0 인 원시 성운이 중력 수축하여 반지름이 R 인 별이 될 때, 중력 수축에 의해 감소한 위치 에너지 중 일부가 복사 에너지로 전환된다.



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 $t = \frac{E}{L_{\odot}} \approx 1500$ 만 년이다. 즉, 태양이 만약 중력 수축으로만 현재의 광도를 유지한다면 태양의 수명은 약 1500만 년 밖에 되지 않을 것이다.

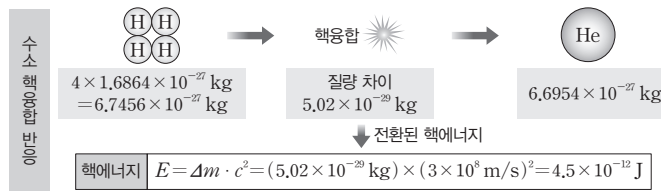


정답

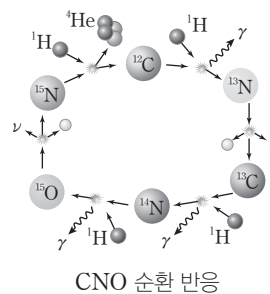
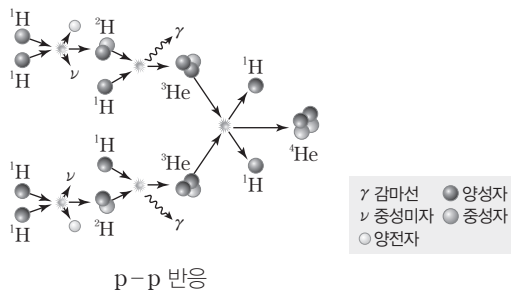
1. 크, 작아
2. 감소
3. 온도

(2) 주계열성의 에너지원

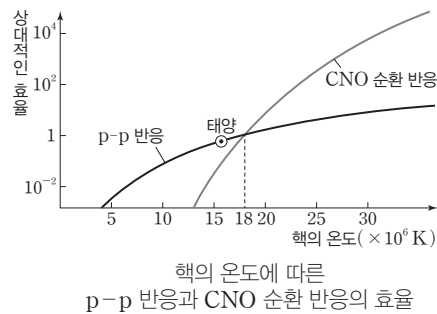
- 태양이 원시 성운에서 중력 수축에 의해 현재의 크기로 작아질 때까지 방출하는 에너지량은 현재의 태양 광도와 비교했을 때 약 1500만 년 동안 방출한 양에 해당한다. 따라서 중력 수축에 의한 에너지만으로는 나이가 약 46억 년인 태양이 방출하는 에너지의 양을 설명할 수 없다.
- 수소 핵융합 반응: 온도가 1000만 K 이상인 주계열성의 중심부에서는 수소 핵융합 반응에 의해 에너지가 생성된다.
 - 4개의 수소 원자핵이 융합하여 만들어진 헬륨 원자핵 1개의 질량은 4개의 수소 원자핵을 합한 질량에 비해 약 0.7% 작으므로 수소 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.



- 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 태양은 진화 단계 중 ()에 해당하며, () 핵융합 반응에 의해 에너지가 생성된다.
- 수소 핵융합 반응에서는 ()개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 생성한다.
- 수소 원자핵 4개의 질량이 헬륨 원자핵 1개의 질량보다 ()이다.
- 태양과 질량이 비슷한 주계열성의 중심부에서는 () 반응보다 () 반응이 우세하게 일어난다.

정답

- 주계열성, 수소
- 4
- 크다
- 탄소·질소·산소 순환(CNO 순환), 양성자·양성자(p-p)

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.

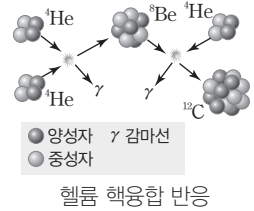


과학 돋보기 | 태양이 주계열 단계에 머무르는 시간 계산

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.

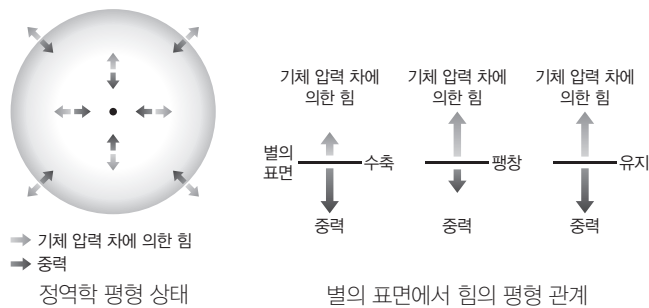


핵융합 반응 순서: $\text{H} \rightarrow \text{He} \rightarrow \text{C} \rightarrow \dots \rightarrow \text{Fe}$

(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.

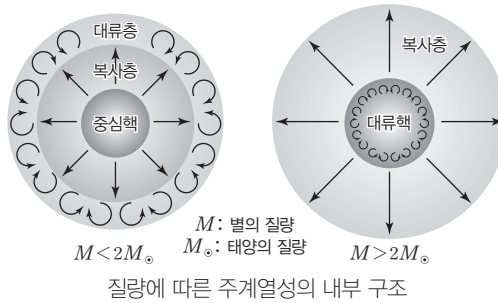


- 주계열성의 내부는 중심핵처럼 에너지를 생성하는 영역과 생성된 에너지를 표면으로 전달하는 부분으로 나눌 수 있다.
- 별의 중심핵에서 생성된 에너지는 주로 복사와 대류를 통해 별의 표면으로 전달된다. 이 중 대류는 온도 차가 클 때 에너지를 효과적으로 전달하는 방법이다. 복사를 통해 에너지를 전달하는 영역을 복사층, 대류를 통해 에너지를 전달하는 영역을 대류층이라고 한다.
- 질량이 태양 정도인 주계열성은 수소 핵융합 반응이 일어나는 중심핵을 복사층과 대류층이 차례로 둘러싸고 있다.

정답

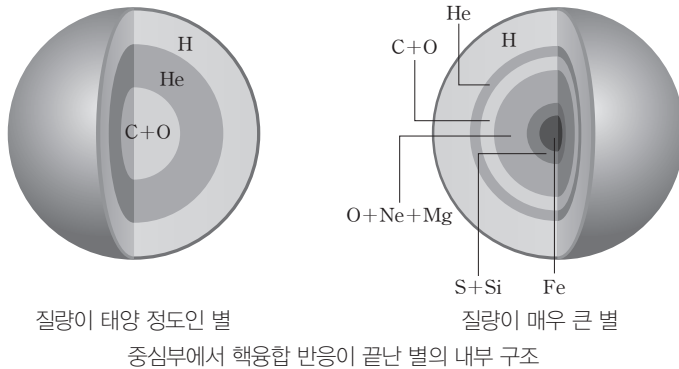
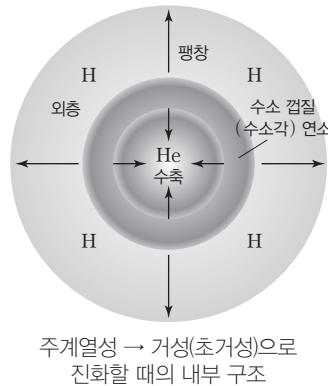
- 탄소
- 높
- 철
- 정역학 평형 상태
- 복사층, 대류층

- 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. 질량이 태양 질량의 약 2배보다 큰 주계열성의 중심부에는 ()핵이 있고, 핵의 바깥에는 ()층이 있다.
2. 주계열 단계를 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.

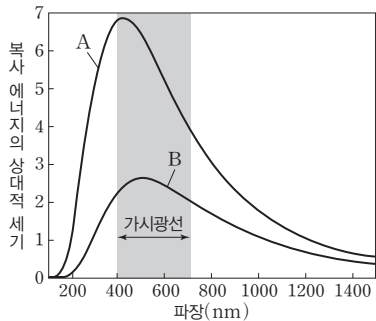
과학 돋보기 | 핵융합과 핵분열

- 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. 대류, 복사
2. 낮아
3. 양파 껍질
4. 핵융합

01 그림은 흑체 A와 B의 플랑크 곡선을 나타낸 것이다. [23026-0207]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 A가 B보다 짧다.
 - ㄴ. 표면 온도는 A가 B보다 높다.
 - ㄷ. 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지량은 A가 B보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 태양의 스펙트럼을 나타낸 것이다. [23026-0208]

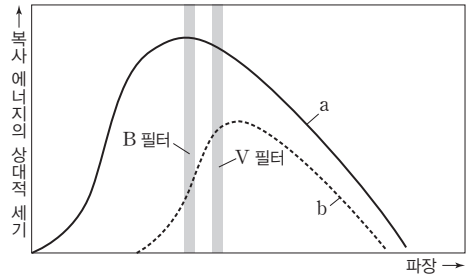


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 방출 스펙트럼이 나타난다.
 - ㄴ. 검은색 선은 태양의 대기를 구성하는 기체에 의해 형성된다.
 - ㄷ. 별의 반지름이 태양과 같다면 태양과 동일한 스펙트럼이 관측된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 주계열성 a와 b의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 B 필터와 V 필터를 통과하는 파장 영역과 함께 나타낸 것이다. [23026-0209]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 표면 온도는 a가 b보다 높다.
 - ㄴ. a는 B 필터보다 V 필터로 관측한 등급이 크다.
 - ㄷ. b는 a보다 파란색 빛을 많이 방출한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 표는 별 (가), (나), (다)의 색과 광도를 나타낸 것이다. [23026-0210]

별	색	광도(태양=1)
(가)	노란색	1
(나)	붉은색	100
(다)	흰색	10

(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 중성 수소(HI)의 흡수선은 (가)의 스펙트럼에서 가장 강하다.
 - ㄴ. 반지름은 (나)가 가장 크다.
 - ㄷ. 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지량은 (다)가 가장 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 표는 여러 별의 분광형을 나타낸 것이다.

[23026-0211]

별	분광형
베텔게우스	M2
리겔	B8
시리우스 A	A1
센타우루스 A	G2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

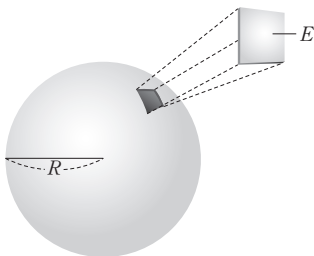
보기

ㄱ. 베텔게우스는 붉은색 별이다.
 ㄴ. 표면 온도는 리겔이 시리우스 A보다 높다.
 ㄷ. 네 별 중 태양과 표면 온도가 가장 비슷한 별은 센타우루스 A이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 반지름이 R , 표면 온도가 T 인 별에서 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지양 E 를 나타낸 것이다.

[23026-0212]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

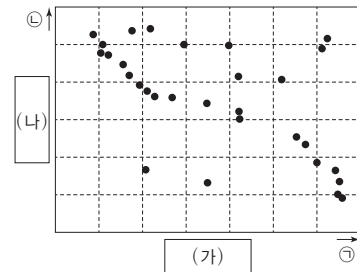
보기

ㄱ. E 는 R 가 큰 별일수록 많다.
 ㄴ. R 가 같을 때 T 가 높은 별일수록 광도가 크다.
 ㄷ. 광도는 T 의 변화율보다 R 의 변화율에 큰 영향을 받는다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 물리량 (가)와 (나)를 기준으로 작성한 H-R도를 나타낸 것이다.

[23026-0213]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 고른 것은?

보기

ㄱ. 표면 온도는 (가)에 해당한다.
 ㄴ. 광도는 (나)에 해당한다.
 ㄷ. (가)가 색지수라면 ⊖ 방향으로 갈수록 값이 감소한다.
 ㄹ. (나)가 절대 등급이라면 ⊕ 방향으로 갈수록 값이 증가한다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄱ, ㄹ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄹ

08 표는 별 (가), (나), (다)의 분광형과 광도 계급을 나타낸 것이다.

[23026-0214]

별	분광형	광도 계급
(가)	A0	I
(나)	G2	V
(다)	A0	V

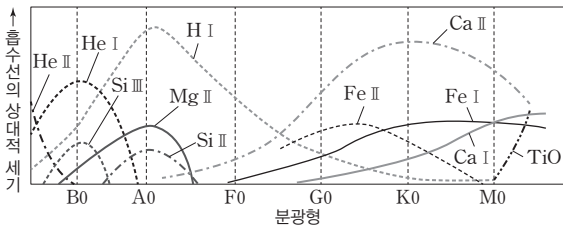
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.
 ㄴ. 광도는 (나)가 (다)보다 크다.
 ㄷ. 반지름은 (가)가 (다)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 [23026-0215] 그림은 별의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 상대적 세기를 분광형에 따라 나타낸 것이다.

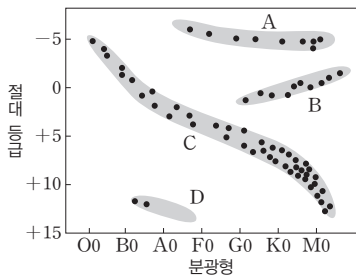


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. H I 흡수선은 흰색 별의 스펙트럼에서 가장 강하게 나타난다.
 - ㄴ. 태양의 스펙트럼에서는 Ca II 흡수선이 Fe II 흡수선보다 강하게 나타난다.
 - ㄷ. 스펙트럼에서 H I 흡수선과 Ca II 흡수선이 동일한 세기로 나타나는 별의 분광형은 F형에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 [23026-0216] 그림은 서로 다른 별의 집단 A~D를 H-R도에 나타낸 것이다.

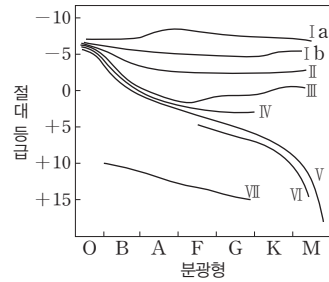


A~D에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A의 광도 계급은 III이다.
 - ㄴ. 분광형이 같을 때 반지름은 B가 C보다 크다.
 - ㄷ. 별의 평균 밀도는 D가 가장 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 [23026-0217] 그림은 별의 광도 계급을 H-R도에 나타낸 것이다.

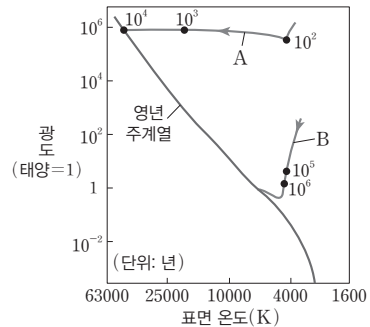


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 분광형이 같을 때 광도 계급이 Ia인 별은 V인 별보다 반지름이 크다.
 - ㄴ. 광도 계급이 III인 별은 거성에 해당한다.
 - ㄷ. 초거성과 주계열성의 광도 차이는 별이 붉은색일 때보다 파란색일 때 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 [23026-0218] 그림은 별 A와 B가 원시별에서 영년 주계열에 도달하는 동안의 진화 경로와 경과 시간을 H-R도에 나타낸 것이다.



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

- 보기
- ㄱ. 영년 주계열에 도달하는 데 걸리는 시간은 A가 B보다 길다.
 - ㄴ. 영년 주계열에 도달하는 동안 별의 절대 등급 변화량은 A가 B보다 크다.
 - ㄷ. 질량은 A가 B보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 표는 원시별 (가)와 (나)가 각각 탄생한 시점의 표면 온도와 광도를 나타낸 것이다.

구분	표면 온도(K)	광도(태양=1)
(가)	3500	10^6
(나)	3500	10

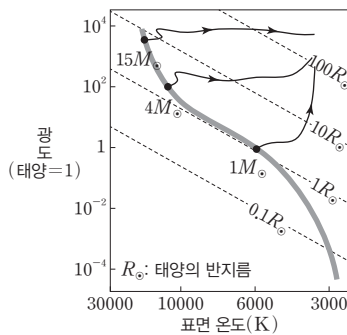
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 질량은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄴ. 주계열 단계에 도달하는 동안 진화 속도는 (가)가 (나)보다 빠르다.
- ㄷ. 주계열 단계에 도달했을 때의 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 질량이 각각 $1M_{\odot}$, $4M_{\odot}$, $15M_{\odot}$ (M_{\odot} : 태양의 질량)인 별이 주계열 단계 이후 진화하는 경로를 H-R도에 나타낸 것이다.



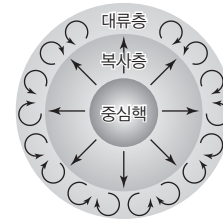
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 세 별 모두 주계열 단계 이후 반지름이 커진다.
- ㄴ. 진화하는 동안 질량이 $1M_{\odot}$ 인 별의 광도 증가는 표면 온도의 변화보다 반지름의 변화에 의한 영향이 크다.
- ㄷ. 질량이 큰 별일수록 진화하는 동안 표면 온도의 변화가 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 어느 주계열성의 내부 구조를 나타낸 것이다.



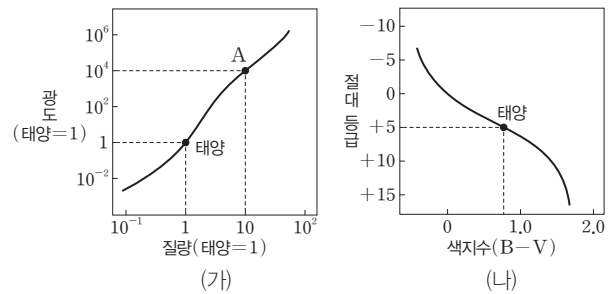
이 별에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 분광형은 O형에 해당한다.
- ㄴ. 중심핵에서는 CNO 순환 반응이 p-p 반응보다 우세하게 일어난다.
- ㄷ. 최종 진화 단계는 백색 왜성이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림 (가)는 주계열성의 질량-광도 관계를, (나)는 H-R도에 주계열과 태양의 위치를 나타낸 것이다.



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

보기

- ㄱ. 색지수는 태양보다 작다.
- ㄴ. 중심부에서는 CNO 순환 반응이 p-p 반응보다 우세하게 일어난다.
- ㄷ. 별의 내부에서 대류가 일어나는 영역의 평균 온도는 태양보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 표는 별의 질량에 따른 진화 단계별 지속 시간을 나타낸 것이다. [23026-0223]

질량 (태양=1)	원시별 → 주계열성 (백만 년)	주계열성 (백만 년)	주계열성 → (초)거성 (백만 년)
0.1	500	10^7	-
1	50	10^4	680
30	0.02	4.9	0.55

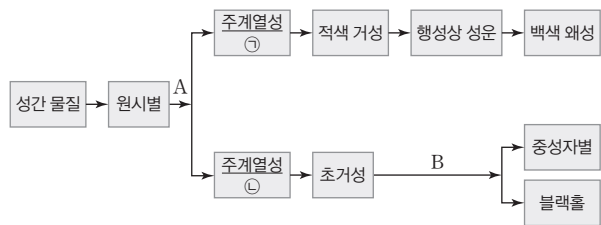
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 질량이 큰 별일수록 수명이 길다.
 ㄴ. 별은 주계열 단계에서 가장 오랜 시간을 머무른다.
 ㄷ. 별의 일생에서 주요 에너지원이 핵융합 반응으로 생성된 기간은 중력 수축으로 생성된 기간보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 성간 물질에서 탄생한 별의 진화 과정을 나타낸 것이다. [23026-0224]



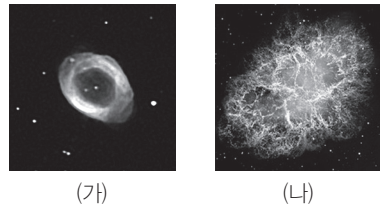
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A 과정에서 별의 반지름은 작아진다.
 ㄴ. 주계열 단계에 머무르는 시간은 ㉠이 ㉡보다 길다.
 ㄷ. B 과정에서 별의 내부에서는 철 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 별의 진화 과정에서 생성된 성운을 나타낸 것이다. [23026-0225]



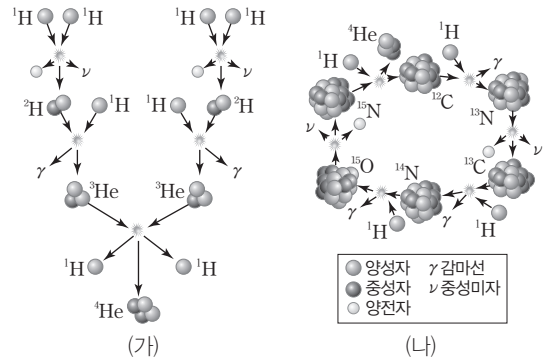
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 (나)보다 질량이 큰 별의 진화 과정에서 생성된다.
 ㄴ. (가)의 중심부에는 백색 왜성이 있다.
 ㄷ. (나)의 생성 과정에서 철보다 무거운 원소가 만들어진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 종류의 핵융합 반응을 나타낸 것이다. [23026-0226]



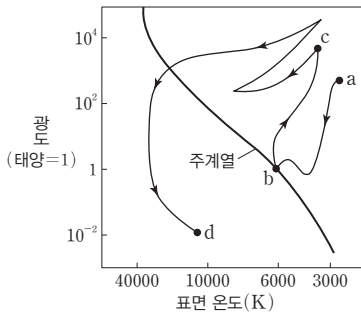
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 p-p 반응이다.
 ㄴ. 반응물과 생성물의 질량 차이는 (가)가 (나)보다 크다.
 ㄷ. (나)는 적색 거성의 중심부에서 일어나는 핵융합 반응이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

21 [23026-0227] 그림은 질량이 태양과 비슷한 별의 진화 경로를 대략적으로 나타낸 것이다.



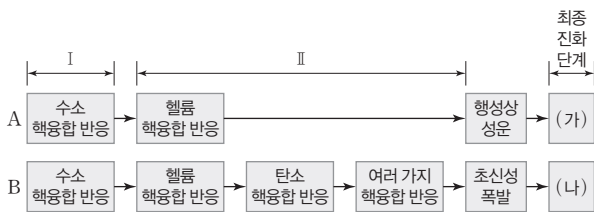
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. a → b 과정에서 주요 에너지원은 중력 수축 에너지이다.
- ㄴ. b → c 과정에서 별의 표면에서는 중력이 기체 압력 차에 의한 힘보다 크게 작용한다.
- ㄷ. d의 내부에서는 탄소 핵융합 반응이 일어난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

22 [23026-0228] 그림은 별 A와 B가 최종 진화 단계에 이르는 동안 별의 중심부에서 일어나는 핵융합 반응을 나타낸 것이다.



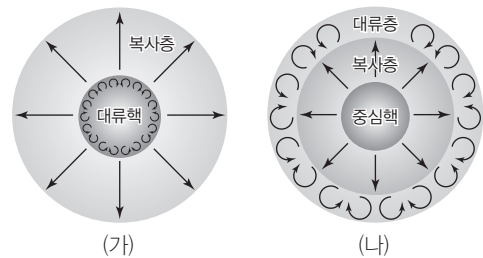
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 각 별에서 지속 시간은 단계 I이 단계 II보다 길다.
- ㄴ. 별의 질량은 B가 A보다 크다.
- ㄷ. 중성자별은 (가)에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 [23026-0229] 그림은 질량이 서로 다른 주계열성 (가)와 (나)의 내부 구조를 나타낸 것이다.



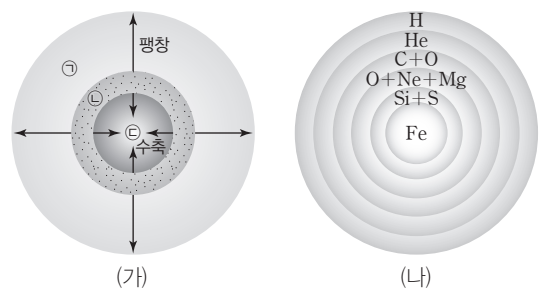
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 질량은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄴ. 핵에서 깊이에 따른 온도 차는 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄷ. 태양은 (나)와 같은 내부 구조를 가진다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

24 [23026-0230] 그림 (가)와 (나)는 어느 별의 진화 과정에서 나타난 별의 내부 구조를 시간 순서대로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은?

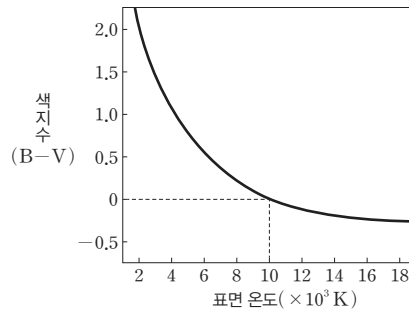
- ① (가)에서 별의 표면 온도는 상승한다.
- ② 수소의 질량비(%)는 ㉠, ㉡, ㉢ 영역 중 ㉡에서 가장 작다.
- ③ ㉢에서는 헬륨 핵융합 반응이 일어난다.
- ④ (나) 이후 별은 백색 왜성으로 진화한다.
- ⑤ 주계열 단계일 때 중심핵에서는 주로 대류에 의해 에너지가 전달된다.

색지수는 별의 표면 온도를 나타내는 척도로 사용되며, 색지수(B-V)는 B 필터와 V 필터로 정해지는 겉보기 등급의 차로 나타낸다.

별의 광도는 반지름의 제곱에, 표면 온도의 4제곱에 비례한다.

[23026-0231]

01 그림은 별의 색지수(B-V)와 표면 온도와의 관계를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 색지수가 작을수록 최대 복사 에너지를 방출하는 파장이 짧다.
 ㄴ. 분광형이 B0형인 별은 B 등급이 V 등급보다 작다.
 ㄷ. 태양은 색지수가 0보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0232]

02 표는 별 a, b, c의 표면 온도, 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max}), 광도를 나타낸 것이다.

별	표면 온도(K)	λ_{max} (nm)	광도(태양=1)
a	()	500	1
b	3000	1000	10000
c	12000	(㉠)	0.01

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빈의 변위 상수는 $3000 \mu\text{m} \cdot \text{K}$ 이다.)

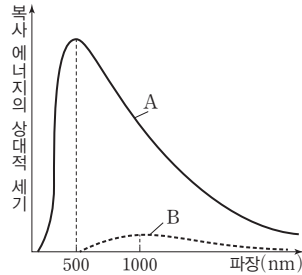
보기

ㄱ. a는 주계열성이다.
 ㄴ. ㉠은 250이다.
 ㄷ. 반지름은 b가 c의 10000배보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 별 A와 B의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를, 표는 A와 B의 절대 등급을 나타낸 것이다.

[23026-0233]



별	절대 등급
A	+5
B	-5

별이 최대 복사 에너지를 방출하는 파장(λ_{max})은 표면 온도에 반비례한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

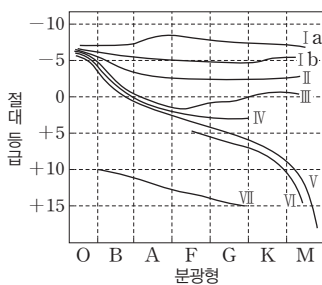
보기

- ㄱ. 표면 온도는 A가 B의 2배이다.
- ㄴ. 반지름은 B가 A의 40배이다.
- ㄷ. A와 B 모두 광도 계급은 V이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 별의 광도 계급을 H-R도에 나타낸 것이고, 표는 두 별의 물리량을 나타낸 것이다.

[23026-0234]



별	분광형	절대 등급
알데바란	K2	-0.2
시리우스 B	B1	+11.5

별의 광도는 표면 온도와 반지름에 의해 결정되므로, 표면 온도가 같더라도 별의 광도가 다를 수 있다. 표면 온도, 광도, 반지름을 동시에 비교하기 위해 광도 계급을 활용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 분광형이 같을 때 광도 계급이 Ia인 별은 III인 별보다 반지름이 크다.
- ㄴ. 알데바란은 거성에 해당한다.
- ㄷ. 밀도는 시리우스 B가 알데바란보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별이 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지량은 표면 온도의 4제곱에 비례한다.

별에서 방출되는 복사 에너지 중 각 필터를 통과하는 파장 영역의 빛이 많을수록 각 필터의 등급은 작게 나타난다.

[23026-0235]

05 표는 별 A, B, C의 반지름과 표면 온도를 나타낸 것이다.

별	반지름(태양=1)	표면 온도(태양=1)
A	1	2
B	3	1
C	1	0.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

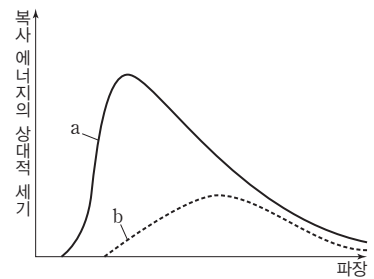
ㄱ. 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 복사 에너지량은 A가 B의 4배이다.
 ㄴ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 C가 B의 2배이다.
 ㄷ. 광도는 A가 C의 16배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0236]

06 표는 별 (가)와 (나)의 B 등급과 V 등급을, 그림은 (가)와 (나)의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 a와 b로 순서 없이 나타낸 것이다.

별	B 등급	V 등급
(가)	4.16	3.61
(나)	2.01	2.42



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. (가)는 V 필터보다 B 필터를 통과하는 빛의 양이 많다.
 ㄴ. 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지량은 (나)가 (가)보다 많다.
 ㄷ. (나)의 파장에 따른 복사 에너지의 상대적 세기를 나타낸 곡선은 a이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 표는 별 (가), (나), (다)의 분광형, 반지름, 광도를 나타낸 것이다.

[23026-0237]

별	분광형	반지름(태양=1)	광도(태양=1)
(가)	()	1	100
(나)	A0	()	10
(다)	A0	10	100

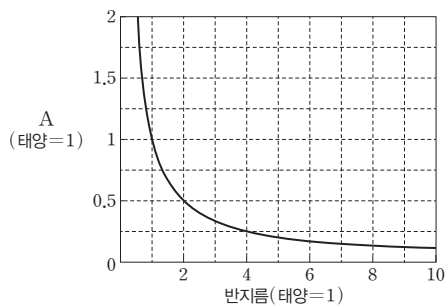
별의 스펙트럼에 나타나는 흡수선의 종류와 세기는 별의 표면 온도에 따라 달라지며, 이를 이용하여 별을 O, B, A, F, G, K, M형의 7개의 분광형으로 분류한다.

(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 (가)가 가장 길다.
- ② 별의 절대 등급은 (나)가 가장 작다.
- ③ 단위 시간에 단위 면적당 방출하는 에너지양은 (가)가 (나)보다 적다.
- ④ 스펙트럼에서 중성 수소(HI) 흡수선의 세기는 (가)가 (다)보다 강하다.
- ⑤ 반지름은 (다)가 (나)의 $\sqrt{10}$ 배이다.

08 그림은 별의 광도가 같을 때 반지름과 물리량 A의 관계를 나타낸 것이다.

[23026-0238]



별의 광도는 반지름의 제곱에, 표면 온도의 4제곱에 비례한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

㉠ 보기 ㉡

㉢. A는 $\sqrt{\text{표면 온도}}$ 이다.

㉣. 별의 광도가 같을 때 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 별의 반지름이 클수록 길다.

㉤. 별의 A가 10배, 반지름이 $\frac{1}{10}$ 배가 되면 절대 등급은 5등급 작아진다.

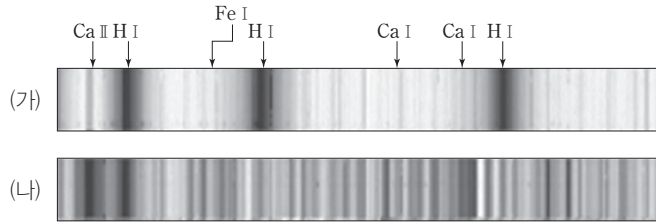
- ① ㉢
- ② ㉣
- ③ ㉢, ㉤
- ④ ㉣, ㉤
- ⑤ ㉢, ㉣, ㉤

H-R도에서 주계열 상단에 있는 별일수록 광도, 반지름, 질량이 크고 표면 온도가 높으며 수명이 짧다.

태양의 표면 온도는 약 5800 K이며 분광형은 G2형이다.

[23026-0239]

09 그림은 주계열성 (가)와 (나)의 스펙트럼을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의 분광형은 각각 A형과 G형 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

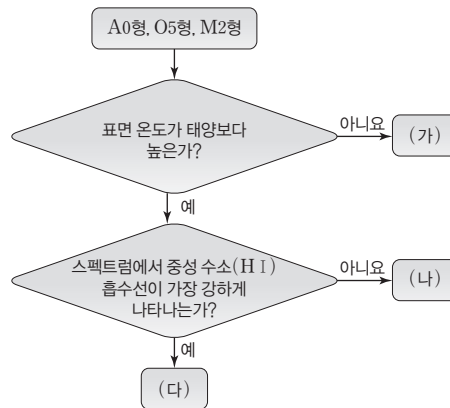
보기

- ㄱ. H-R도에서 (가)는 (나)보다 주계열 상단에 위치한다.
- ㄴ. 주계열 단계에 머무르는 시간은 (가)가 (나)보다 길다.
- ㄷ. 수소 핵융합 반응에 의한 수소의 단위 시간당 질량 감소량은 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0240]

10 그림은 별의 분광형을 특징에 따라 구분하는 과정을 나타낸 것이다.



(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

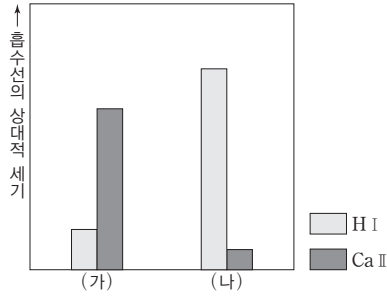
보기

- ㄱ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 분광형이 (가)인 별이 가장 길다.
- ㄴ. 분광형이 (나)인 별의 색은 파란색이다.
- ㄷ. (다)는 A0형이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 별 (가)와 (나)의 스펙트럼에서 중성 수소(HI) 흡수선과 칼슘 이온(CaII) 흡수선의 상대적 세기를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 분광형이 A5형과 G2형 중 하나이고, (가)와 (나)의 절대 등급은 같다.

[23026-0241]



스펙트럼에서 중성 수소(HI) 흡수선의 세기가 가장 강하게 나타나는 별의 분광형은 A형이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 표면 온도는 (가)가 (나)보다 높다.
- ㄴ. (가)는 흰색 별이다.
- ㄷ. 반지름은 (가)가 (나)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 서로 다른 별의 집단 (가)~(라)를 나타낸 H-R도에 대해 학생 A, B, C가 나눈 대화이다.

[23026-0242]

학생 A: (가)의 중심부에서는 수소 핵융합 반응이 일어나.

학생 B: (나)의 내부에서는 (다)의 내부에서보다 다양한 핵융합 반응이 일어날 수 있어.

학생 C: 별의 평균 밀도는 (라)가 가장 커.

별을 H-R도에 나타내면 크게 주계열성, 거성, 초거성, 백색 왜성의 집단으로 분류할 수 있다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

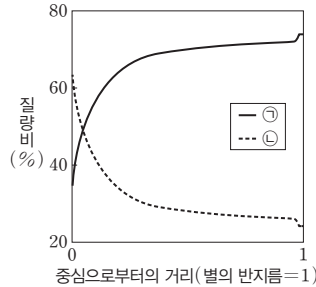
- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

별의 중심핵에서 수소 핵융합 반응이 일어나는 별의 진화 단계는 주계열 단계이다.

p-p 반응과 CNO 순환 반응은 4개의 수소 원자핵이 융합하여 1개의 헬륨 원자핵을 생성하는 수소 핵융합 반응에 해당한다.

[23026-0243]

13 그림은 어느 별이 어느 진화 단계에 있을 때 중심으로부터의 거리에 따른 수소와 헬륨의 질량 비(%)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 수소와 헬륨 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

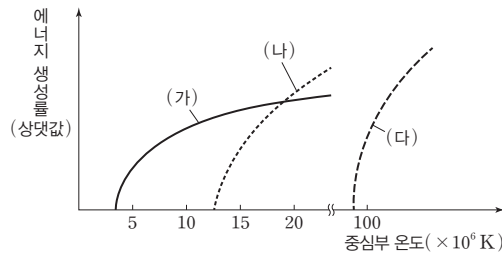
보기

- ㄱ. 수소는 ㉠이다.
- ㄴ. 별은 주계열 단계에 있다.
- ㄷ. 표면에는 이 별의 수소 핵융합 반응으로 생성된 헬륨이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0244]

14 그림은 별의 중심부 온도에 따른 핵융합 반응의 에너지 생성률을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 CNO 순환 반응, p-p 반응, 헬륨 핵융합 반응 중 하나이다.



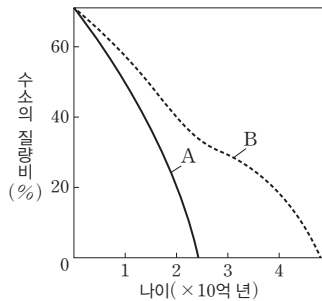
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 태양의 중심핵에서는 (가)가 (나)보다 우세하게 일어난다.
- ㄴ. 적색 거성의 중심핵에서 주로 일어나는 핵융합 반응은 (나)이다.
- ㄷ. 탄소는 (다)의 생성물에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 주계열성 A와 B의 중심부에서 별의 나이에 따른 수소의 질량비(%) 변화를 나타낸 것이다. [23026-0245]



별의 질량이 클수록 중심부의 온도가 높아 핵융합 반응이 빠르게 일어난다.

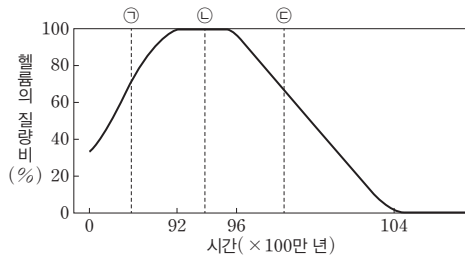
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 질량은 A가 B보다 크다.
- ㄴ. 중심부에서 수소의 질량비(%) 변화율은 A가 B보다 작다.
- ㄷ. 나이가 30억 년이 되었을 때 A와 B는 동일한 진화 단계에 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 그림은 어느 별의 중심부에서 시간에 따른 헬륨의 질량비(%) 변화를 나타낸 것이다. [23026-0246]



별의 중심부에서 일어나는 수소 핵융합 반응에 의해 헬륨 핵이 생성되며, 헬륨 핵융합 반응에 의해 탄소핵이 생성된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠ 시기에 별의 중심핵에서는 수소 핵융합 반응이 일어난다.
- ㄴ. ㉡ 시기에 별은 정역학 평형 상태에 있다.
- ㄷ. ㉢ 시기에 별의 중심핵에서는 탄소가 생성된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

주계열성은 질량이 클수록 표면 온도가 높고 주계열 단계에 머무르는 시간이 짧다.

질량이 태양과 비슷한 주계열성은 수소 핵융합 반응이 일어나는 중심핵을 복사층과 대류층이 차례로 둘러싸고 있다.

[23026-0247]

17 표는 주계열성 (가), (나), (다)의 질량, 분광형, 주계열 단계에 머무르는 시간을 나타낸 것이다.

별	질량(태양=1)	분광형	주계열 단계에 머무르는 시간(년)
(가)	()	A0	4.4×10^8
(나)	15	()	1.1×10^7
(다)	1.7	F0	()

(가), (나), (다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

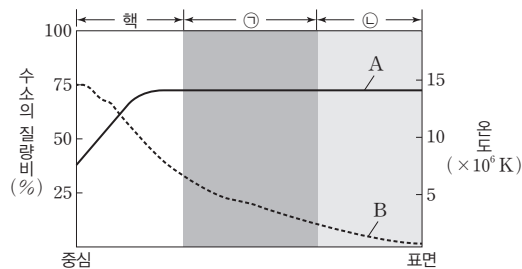
보기

ㄱ. (가)의 질량은 태양 질량의 15배보다 크다.
 ㄴ. 최대 복사 에너지를 방출하는 파장은 (나)가 (다)보다 짧다.
 ㄷ. 진화 속도는 (다)가 가장 느리다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0248]

18 그림은 분광형이 G형인 어느 주계열성에서 중심으로부터의 거리에 따른 수소의 질량비(%)와 온도를 A와 B로 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 에너지 전달 방식이 다른 구간을 표시한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A는 온도, B는 수소의 질량비(%)에 해당한다.
 ㄴ. 중심부에서 A의 값은 시간이 흐를수록 증가한다.
 ㄷ. ㉠과 ㉡ 중 대류에 의해 에너지를 전달하는 구간은 ㉡이다.

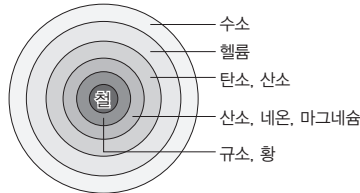
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 표는 중심핵의 질량에 따른 별의 최종 진화 단계를, 그림은 중심부에서 핵융합 반응이 끝난 별(가)의 내부 구조를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 백색 왜성, 중성자별, 블랙홀 중 하나이다.

[23026-0249]

중심핵 질량(M)	최종 진화 단계
$M < 1.4M_{\odot}$	A
$1.4M_{\odot} < M < 3M_{\odot}$	B
$M > 3M_{\odot}$	C

(M_{\odot} : 태양의 질량)



별(가)

별은 질량에 따라 최종 진화 단계가 달라진다. 질량이 태양과 비슷한 별은 백색 왜성으로, 질량이 매우 큰 별은 중성자별이나 블랙홀로 진화한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

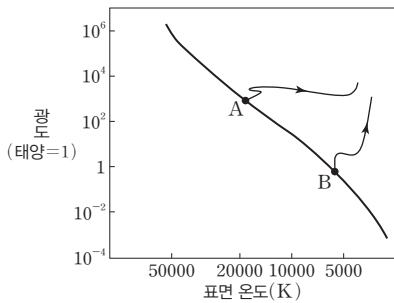
보기

- ㄱ. 별의 평균 밀도는 A가 B보다 크다.
- ㄴ. (가)의 중심핵 질량은 $1.4M_{\odot}$ 보다 크다.
- ㄷ. C는 블랙홀이다.

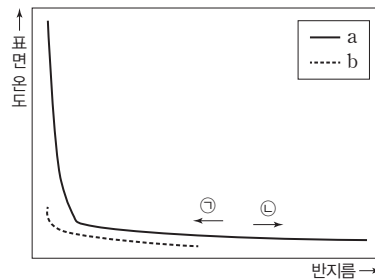
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림(가)는 주계열 단계가 끝난 별 A와 B의 진화 경로를, (나)는 (가)의 진화 과정 동안 A와 B의 반지름과 표면 온도 변화를 a와 b로 순서 없이 나타낸 것이다.

[23026-0250]



(가)



(나)

주계열 단계가 끝난 후 질량이 비교적 큰 별은 대체로 H-R도의 왼쪽에서 오른쪽으로 수평 방향으로 진화하고, 질량이 비교적 작은 별은 대체로 H-R도의 아래에서 위로 수직 방향으로 진화한다.

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

보기

- ㄱ. (가)의 진화 과정 동안 걸린 시간은 A가 B보다 짧다.
- ㄴ. (나)에서 a의 변화는 진화 과정 동안 ㉠ 방향으로 일어난다.
- ㄷ. A의 표면 온도와 반지름 변화에 해당하는 것은 (나)의 b이다.

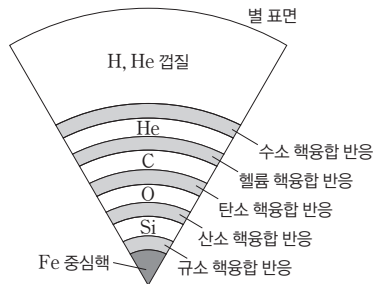
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

질량이 매우 큰 별은 중심부의 온도가 매우 높기 때문에 더 높은 단계의 핵융합 반응이 일어나며, 최종적으로 철로 이루어진 중심핵이 만들어진다.

기체 압력 차에 의한 힘과 중력이 평형을 이루면 별의 크기가 일정하게 유지되지만, 두 힘이 평형을 이루지 못하면 별은 팽창하거나 수축한다.

[23026-0251]

21 그림은 어느 별의 내부 구조와 각 부분에서 일어나는 핵융합 반응을 나타낸 것이다.

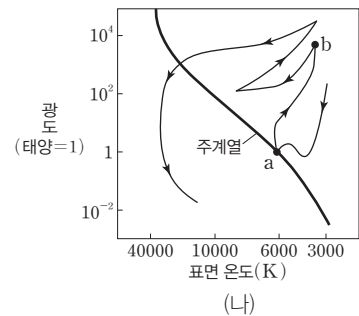
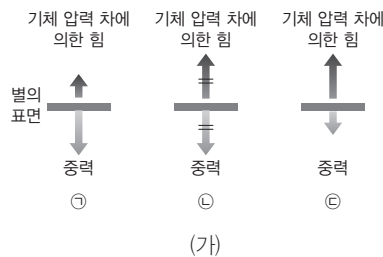


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 적색 거성의 내부 구조에 해당한다.
 - ㄴ. 이후 중심핵의 수축으로 철 핵융합 반응이 일어난다.
 - ㄷ. 핵융합 반응이 일어나는 온도는 규소 핵융합 반응이 산소 핵융합 반응보다 높다.
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0252]

22 그림 (가)는 별의 표면에서 기체 압력 차에 의한 힘과 중력의 평형 관계를, (나)는 어느 별의 진화 경로를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)에서 화살표의 길이는 힘의 크기를 나타낸다.)

- 보기
- ㄱ. ㉠일 때 별의 반지름은 작아진다.
 - ㄴ. ㉡은 정역학 평형 상태에 해당한다.
 - ㄷ. (나)의 a → b 과정에서 별은 (가)의 ㉢ 상태에 있다.
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

23 다음은 별의 내부에서 에너지를 전달하는 방법 (가)와 (나)에 대한 설명이다.

[23026-0253]

- (가) 액체와 기체에서 입자가 직접 이동하면서 열이 전달되는 방법으로, 따뜻해진 액체나 기체의 흐름에 의해 고온 부분에서 저온 부분으로 열이 이동한다.
 (나) 매개 물질 없이 열이 전자기파의 형태로 직접 이동하여 전달되는 방법이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

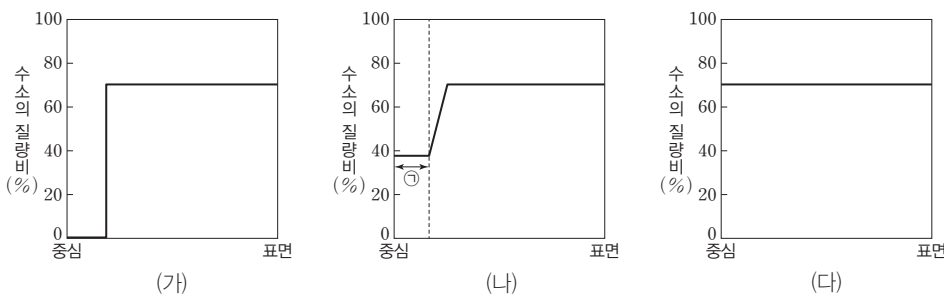
- ㄱ. (가)는 대류, (나)는 복사이다.
 ㄴ. 질량이 태양과 비슷한 주계열성의 중심핵에서는 (가)의 방법으로 에너지를 전달한다.
 ㄷ. 별의 내부에서 깊이에 따른 온도 차가 클 때 효과적인 에너지 전달 방법은 (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

별의 중심핵에서 생성된 에너지는 주로 복사와 대류에 의해 별의 표면으로 전달된다.

24 그림 (가), (나), (다)는 질량이 태양 질량의 5배인 별의 진화 과정에서 중심으로부터 표면까지의 거리에 따른 수소의 질량비(%)를 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 별이 주계열 단계에 도달한 직후, 주계열 단계, 주계열 단계가 끝났을 때 중 하나이다.

[23026-0254]



질량이 태양 질량의 약 2배보다 큰 주계열성의 중심부에서는 깊이에 따른 온도 차가 매우 크기 때문에 중심부에 대류가 일어나는 대류핵이 있고, 대류핵 바깥쪽에 복사층이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 시간 순서대로 나열하면 (다) → (나) → (가)이다.
 ㄴ. (나)의 ① 구간에서 에너지는 주로 대류의 형태로 이동한다.
 ㄷ. 중심핵에서 헬륨의 질량비(%)는 (나)가 (다)보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

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.
- 거리가 다른 두 별이 같은 시선 방향에 있을 경우 뒤쪽 별의 별빛이 앞쪽 별의 중력에 의해 미세하게 굴절되어 휘어지면서 뒤쪽 별의 밝기가 변하는데, 이를 () 현상이라고 한다.

1 외계 행성계 탐사

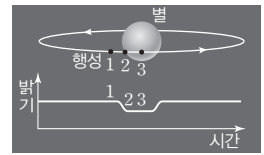
(1) 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 방법

- 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

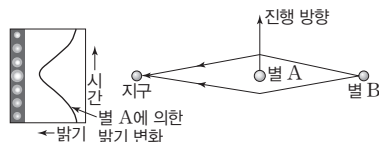
- 중심별 주위를 공전하는 행성이 중심별의 앞면을 지날 때 중심별의 일부가 가려지는 식 현상이 나타난다. 식 현상에 의한 중심별의 밝기 변화를 관측하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.
- 행성의 반지름이 클수록 중심별이 행성에 의해 가려지는 면적이 커서 중심별의 밝기 변화가 크므로 행성의 존재를 확인하기 쉽다.
- 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 거의 나란할 때 식 현상이 일어날 수 있다.



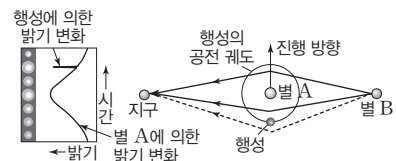
식 현상을 이용한 행성 탐사

(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
- 미세 중력 렌즈

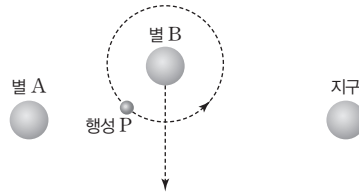
탐구자료 살펴보기 외계 행성계 탐사 방법

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. 별 B에 의한 미세 중력 렌즈 현상으로 별 A의 밝기 변화가 나타날 때, 행성 P에 의한 별 A의 추가적인 밝기 변화가 나타나면 행성 P의 존재를 확인할 수 있다. → 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성 탐사 방법

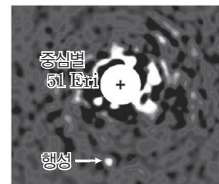


분석 point

행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 나란한 별 B가 별 A의 앞쪽으로 지나갈 경우 도플러 효과, 식 현상, 미세 중력 렌즈 현상을 모두 이용하여 외계 행성의 존재를 확인할 수 있다.

(4) 직접 관측하는 방법

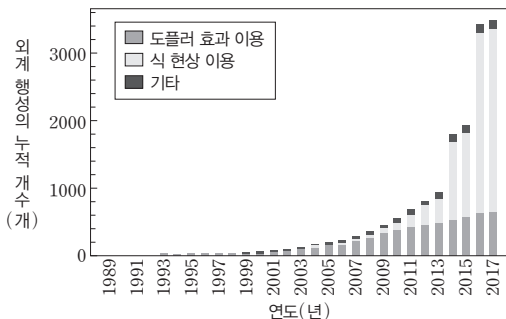
- ① 외계 행성계를 직접 관측할 때는 행성의 밝기가 중심별에 비해 매우 어두우므로 중심별을 가리고 행성을 직접 촬영하여 존재를 확인할 수 있다. → 행성이 방출하는 에너지는 대부분 적외선 영역이므로 행성을 직접 관측할 때 주로 적외선 영역에서 촬영한다.
- ② 지구에서 외계 행성계까지의 거리가 가까울수록, 행성의 반지름이 클수록, 행성의 표면 온도가 높을수록 적외선의 세기가 강하므로 직접 촬영하여 행성의 존재를 확인하기 쉽다.
- ③ 행성 대기를 통과해 온 빛을 분석하여 행성의 대기 성분을 알아낼 수 있다.



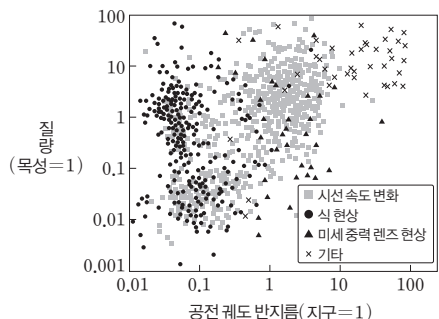
직접 촬영한 외계 행성

(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.



최근까지 발견한 외계 행성의 누적 개수



최근까지 발견한 외계 행성의 물리량

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. 중심별의 시선 속도 변화를 이용하여 발견된 행성들은 대부분 질량이 ()고, 식 현상을 이용하여 발견된 행성들은 대부분 공전 궤도 반지름이 ()다.
3. 도플러 효과를 이용하여 발견한 행성들은 대부분 지구보다 질량이 ()다.

정답

1. 적외선
2. 크, 작
3. 크

개념 체크

● 지구형 행성 탐사

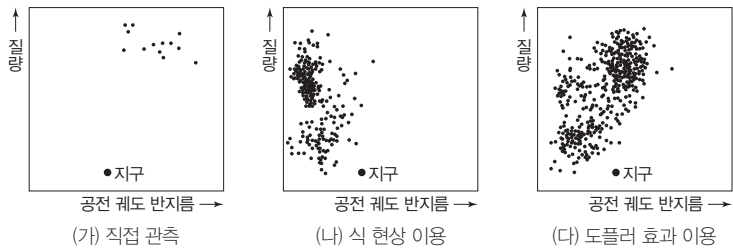
외계 행성계에서 행성에 의한 식 현상이 일어날 때 중심별의 밝기가 감소하는 데 걸리는 시간을 측정하면 행성의 반지름을 추정할 수 있다. → 지구형 행성을 찾는 데 이용할 수 있다.

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.
4. 행성의 밀도는 기체형(목성형) 행성이 암석형(지구형) 행성보다 ()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.

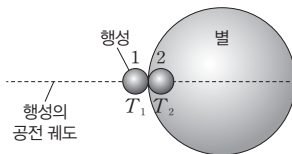
2 외계 생명체 탐사

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.



- r : 행성의 반지름
- v : 행성의 공전 속도(별에 대한 상대 속도)
- T_1 : 행성의 위치가 1일 때 시각
- T_2 : 행성의 위치가 2일 때 시각

$$2r = v(T_2 - T_1), r = \frac{v(T_2 - T_1)}{2}$$

- 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
4. 작

(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.

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 진화에 따라 광도가 커지면 생명 가능 지대의 폭이 ()진다.

탐구자료 살펴보기 **중심별의 질량과 생명 가능 지대**

탐구 자료

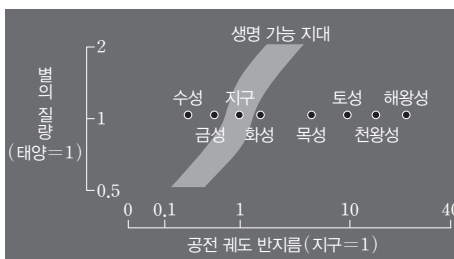
그림은 주계열성인 중심별의 질량을 기준으로 한 이론적인 생명 가능 지대를 나타낸 것이다.

탐구 결과

- 1. 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어진다.
- 2. 주계열성인 중심별의 질량이 클수록 생명 가능 지대의 폭은 넓어진다.

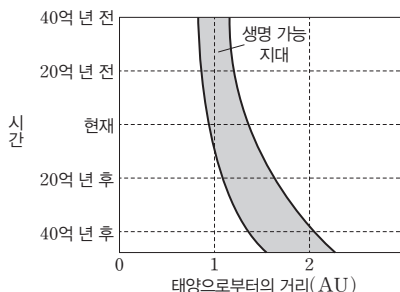
분석 point

주계열성인 중심별은 질량이 클수록 광도가 커지며, 생명 가능 지대는 중심별로부터 멀어지고 폭도 넓어진다.



과학 돋보기 | **태양의 진화에 따른 태양계 생명 가능 지대의 변화**

- 태양이 진화에 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 후 이후)에는 생명 가능 지대가 지구 공전 궤도보다 바깥쪽에 위치하게 되므로 지구는 현재보다 온도가 높아 지표면의 물이 대부분 기체 상태로 존재할 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**
행성이 항성 앞을 지날 때 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. 별의 질량이 ()면 수명이 ()기 때문에 별 주위를 공전하는 행성에서 생명체가 탄생하여 진화할 시간이 부족하다.

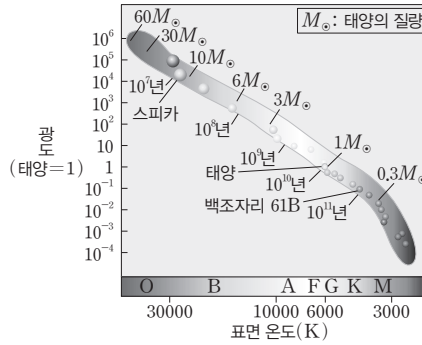
(4) 외계 생명체가 존재하기 위한 행성의 조건

- 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.

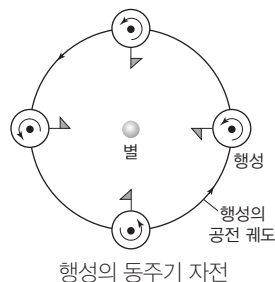
분석 point

- 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. 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 로제타호, 퍼서비어런스 등이 있다.

- 로제타호: 혜성 67P를 탐사한 우주 탐사선으로, 물과 유기물의 기원에 대한 정보를 얻기 위한 탐사를 수행하였다.
- 퍼서비어런스: 무인 화성 탐사 로버로, 2021년 2월 18일 화성에 착륙하여 현재까지 화성의 생명체 존재 여부, 화성의 고대 환경 조사, 화성 지표면의 지질 역사 등에 대한 연구를 진행 중이다.

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

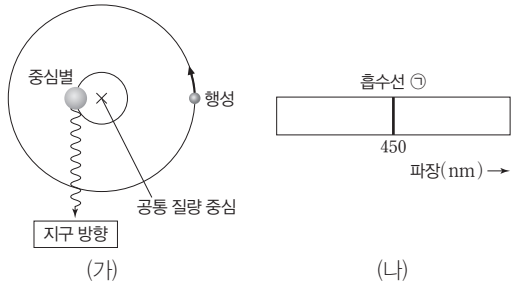
주로 인공위성에 탑재하여 우주에 설치한 망원경으로, 대기에 의해 차단되어 지표에 거의 도달하지 못하는 전자기파 영역(감마선, 엑스선, 자외선, 적외선)에서 정밀하게 관측하기 위해 우주에 설치한다.

1. 행성이 중심별에 가까이 있으면 () 주기와 자전 주기가 같아질 수 있는데, 이를 동주기 자전이라고 한다.
2. 퍼서비어런스는 ()의 지표 환경 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. 공전
2. 화성
3. 식 현상
4. 테스

01 그림 (가)는 공통 질량 중심 주위를 회전하는 중심별과 행성의 위치를, (나)는 (가)일 때 지구에서 관측된 중심별의 스펙트럼을 나타낸 것이다.

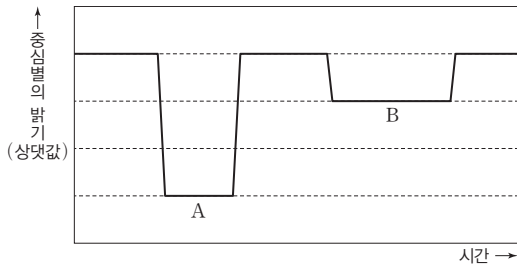


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. 공통 질량 중심 주위를 회전하는 주기는 중심별이 행성보다 짧다.
 - ㄴ. 흡수선 ㉠의 고유 파장은 450 nm보다 길다.
 - ㄷ. 행성의 질량이 클수록 중심별의 시선 속도 변화량이 작게 나타난다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 어느 외계 행성계에서 식 현상을 일으키는 두 행성 A, B에 의한 중심별의 밝기 변화를 나타낸 것이다.

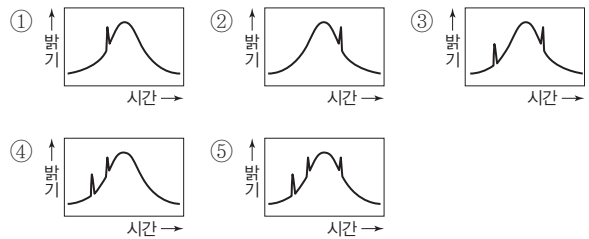
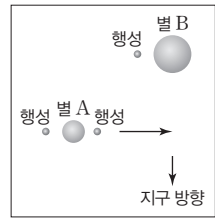


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기**
- ㄱ. A와 B의 공전 궤도면은 시선 방향에 거의 수직하다.
 - ㄴ. 식 현상이 지속된 시간은 A가 B보다 짧다.
 - ㄷ. 행성의 반지름은 A가 B보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 2개의 행성을 거느린 별 A가 1개의 행성을 거느린 별 B의 앞쪽에서 이동하는 모습을 나타낸 것이다. 관측 기간 동안 외계 행성계에 의한 미세 중력 렌즈 현상이 일어날 때, 지구에서 관측되는 별 B의 밝기 변화를 가장 적절하게 나타낸 것은? (단, 행성들의 공전 주기는 관측 기간에 비해 충분히 길다.)



04 표는 외계 행성계 (가), (나), (다)의 특징을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)의 중심별은 모두 분광형이 같은 주계열성이다.

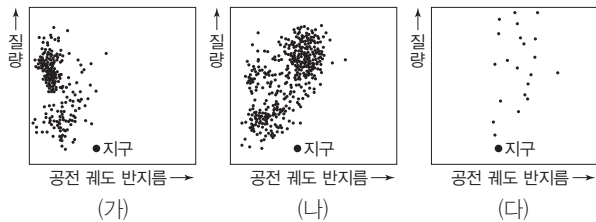
외계 행성계	(가)	(나)	(다)
행성의 공전축 방향과 시선 방향이 이루는 각	90°	45°	0°
지구로부터의 거리 (상댓값)	1	10	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가), (나), (다)에는 행성이 1개씩 존재하며, 각 행성들은 질량과 반지름이 모두 같다.)

- 보기**
- ㄱ. (가)와 (나)에서는 모두 중심별의 시선 속도 변화가 나타난다.
 - ㄴ. 식 현상을 이용한 외계 행성 탐사는 (가)가 (다)보다 유리하다.
 - ㄷ. 지구로부터의 거리를 고려할 때, 직접 촬영에 의한 행성 탐사는 (다)가 (나)보다 유리하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 서로 다른 외계 행성 탐사 방법 (가), (나), (다)로 발견한 외계 행성의 물리량을 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 시선 속도 변화, 식 현상, 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 방법 중 하나이다.



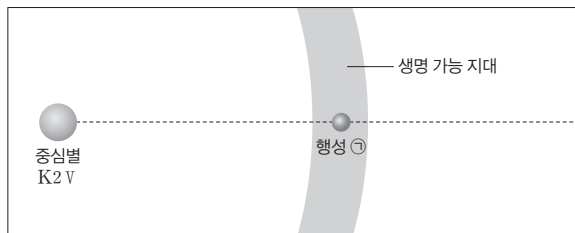
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 시선 속도 변화를 이용한 방법이다.
- ㄴ. (다)의 탐사 방법은 외계 행성의 공전 궤도면이 시선 방향에 거의 나란할 때만 이용할 수 있다.
- ㄷ. 발견된 외계 행성들은 대부분 지구보다 질량이 크다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 어느 외계 행성계에서 중심별의 분광형과 광도 계급, 생명 가능 지대를 나타낸 것이다.



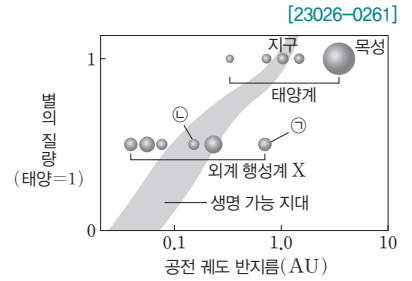
이 외계 행성계에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중심별과 태양은 영년 주계열성 이후 현재까지 걸린 시간이 같다.)

보기

- ㄱ. 생명 가능 지대의 폭은 태양계보다 넓다.
- ㄴ. ㉠의 표면에는 액체 상태의 물이 존재할 수 있다.
- ㄷ. 생명 가능 지대에 머무르는 기간은 ㉠이 지구보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 태양계 일부 행성들과 외계 행성계 X에서 행성들의 공전 궤도 반지름을 나타낸 것이다. 지구와 행성 ㉠은 생명 가능 지대의 한가운데에 위치한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X의 중심별과 태양은 영년 주계열성 이후 현재까지 걸린 시간이 같다.)

보기

- ㄱ. X의 중심별은 태양보다 광도가 작다.
- ㄴ. 행성의 표면 온도는 ㉠이 지구보다 높을 것이다.
- ㄷ. 행성이 생명 가능 지대에 머무르는 기간 동안 단위 면적당 중심별로부터 받는 총 에너지량은 ㉠이 지구보다 많다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 다음은 최근 이루어진 외계 생명체 탐사 (가), (나), (다)를 나타낸 것이다.

- (가) 탐사 로버 퍼서비어런스를 이용하여 행성 표면의 암석을 뚫고 시료를 채취하여 과거에 생명체의 존재 여부를 조사한다.
- (나) 2018년 발사한 테스 우주 망원경을 이용하여 ㉠ 행성이 별의 앞면을 지나갈 때 나타나는 현상을 포착하여 생명체 존재 가능성이 있는 행성을 찾는다.
- (다) SETI 프로젝트를 통해 ㉡ 외계에서 오는 인공적인 신호를 탐지한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 행성의 대기 효과는 고려하지 않는다.)

보기

- ㄱ. (가)의 탐사 대상 행성은 화성이다.
- ㄴ. '별의 겉보기 밝기 감소'는 ㉠에 해당한다.
- ㄷ. ㉡은 주로 전파 영역을 이용한다.

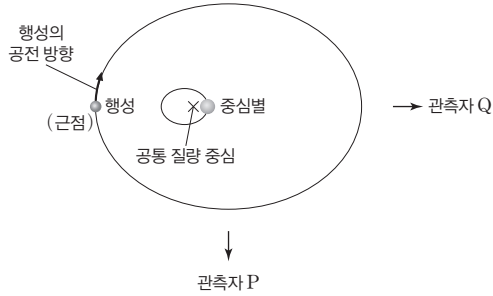
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

중심별과 행성이 공통 질량 중심 주위를 회전할 때, 별에 미세한 떨림이 일어나면서 도플러 효과에 의한 별빛의 파장 변화가 생긴다. 이를 이용하여 행성의 존재를 확인할 수 있다.

행성이 중심별의 앞쪽을 지나갈 때 중심별의 겉보기 밝기가 감소하며, 밝기 감소량은 행성의 단면적에 비례한다.

[23026-0263]

01 그림은 공통 질량 중심 주위를 회전하는 중심별과 행성의 위치, 관측자 P와 Q의 방향을 나타낸 것이다. 현재 행성은 근점(행성의 공전 궤도에서 중심별로부터의 거리가 가장 가까운 지점)에 위치하며, 공전 주기는 T 이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, P와 Q의 시선 방향은 행성의 공전 궤도면에 나란하다.)

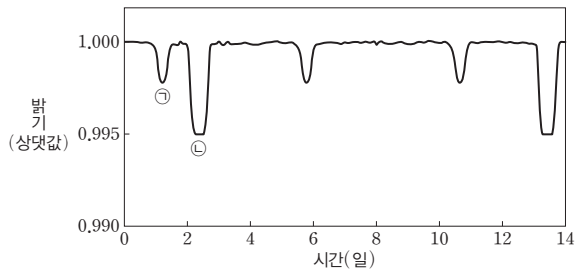
보기

- ㄱ. 현재 위치에서 중심별의 시선 속도의 절댓값은 P보다 Q에서 크다.
- ㄴ. P에서 관측할 때 중심별 방향과 행성 방향이 이루는 각은 현재로부터 $\frac{T}{2}$ 후에 최대가 된다.
- ㄷ. Q에서 관측할 때 중심별에서 수소 흡수선의 파장은 현재로부터 $\frac{T}{4}$ 후가 $\frac{3}{4}T$ 후보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0264]

02 그림은 어느 외계 행성계에서 관측된 행성 ㉠, ㉡에 의한 중심별의 밝기 변화를 나타낸 것이다. ㉠, ㉡은 크기와 질량이 같고, 원 궤도로 공전한다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 행성 ㉠, ㉡ 이외에 다른 행성은 존재하지 않는다.)

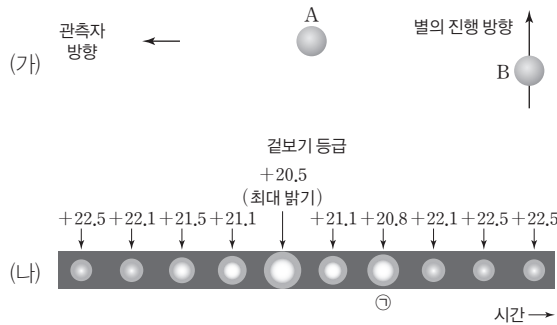
보기

- ㄱ. 행성의 공전 주기는 ㉡이 ㉠의 2배보다 길다.
- ㄴ. 시선 방향과 행성의 공전 궤도면이 이루는 각은 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ㄷ. 지구와 중심별 사이의 거리는 8일에서가 2일에서보다 가깝다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림 (가)는 두 별 A, B의 위치와 관측자의 방향을, (나)는 A와 B 중 한 별의 겉보기 등급 변화를 일정한 시간 간격으로 나타낸 것이다. (나)에서 별의 밝기 변화는 미세 중력 렌즈 현상에 의해 나타난 것이다.

[23026-0265]



앞쪽에 위치한 별과 행성에 의한 미세 중력 렌즈 현상으로 뒤쪽 별의 겉보기 밝기가 달라지며, 이를 이용하여 앞쪽 별의 주변에 행성이 존재하는지를 알아낼 수 있다.

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

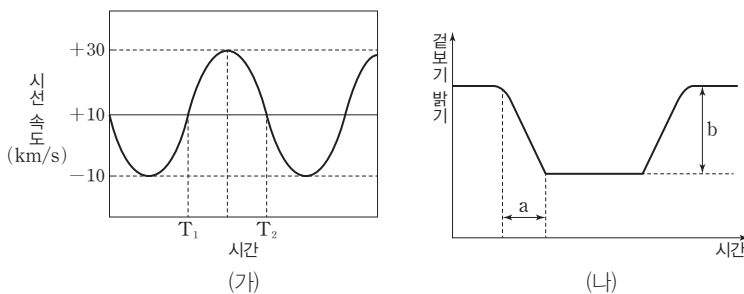
보기

- ㄱ. (나)는 A의 겉보기 밝기를 관측한 자료이다.
- ㄴ. 미세 중력 렌즈 현상에 의해 별의 밝기는 최대 6배 이상 증가한다.
- ㄷ. ㉠일 때 행성에 의한 겉보기 등급 변화량은 -0.7 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림 (가)는 어느 외계 행성계에서 관측된 중심별의 시선 속도 변화를, (나)는 T_1 또는 T_2 부근에서 관측된 중심별의 겉보기 밝기를 나타낸 것이다.

[23026-0266]



외계 행성의 존재 여부를 확인할 때 중심별의 시선 속도 변화를 관측하거나, 행성에 의한 중심별의 밝기 변화를 관측한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

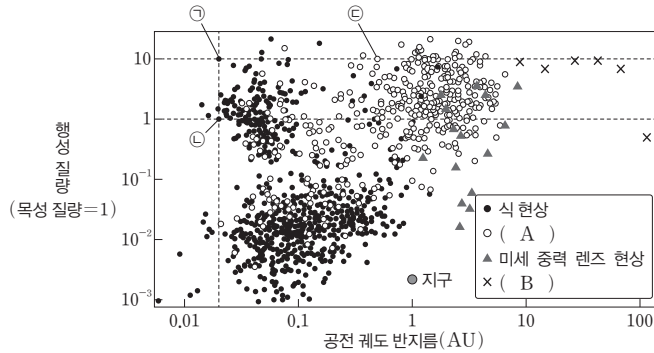
- ㄱ. 이 외계 행성계의 공통 질량 중심은 지구로부터 멀어지고 있다.
- ㄴ. (나)는 T_1 부근에서 관측한 것이다.
- ㄷ. (나)의 a, b는 모두 행성의 반지름이 클수록 증가한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

중심별의 시선 속도 변화를 이용하여 발견된 행성들은 대부분 질량이 크고, 식 현상을 이용하여 발견된 행성들은 대부분 공전 궤도 반지름이 작다.

05 그림은 여러 가지 탐사 방법으로 발견한 외계 행성들의 질량과 공전 궤도 반지름을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 도플러 효과와 직접 촬영 중 하나이다.

[23026-0267]



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 행성 ㉠, ㉡, ㉢의 중심별은 모두 질량이 같은 주계열성이다.)

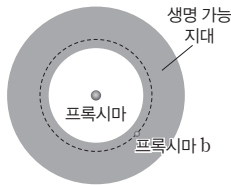
- 보기
- ㄱ. 행성의 밀도가 같다면, 식 현상에 의한 중심별의 밝기 감소율은 ㉠이 ㉡보다 작다.
 - ㄴ. 중심별에서부터 행성과의 공통 질량 중심까지의 거리는 ㉠이 ㉢보다 멀다.
 - ㄷ. 지구로부터 행성들까지의 평균 거리는 A보다 B의 방법으로 발견된 행성들이 가깝다.

- 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 멀어지고, 생명 가능 지대의 폭은 넓어진다.

06 그림은 지구로부터 가장 가까운 거리에 있는 프록시마 외계 행성계의 모습을, 표는 행성 프록시마 b의 물리량을 나타낸 것이다.

[23026-0268]



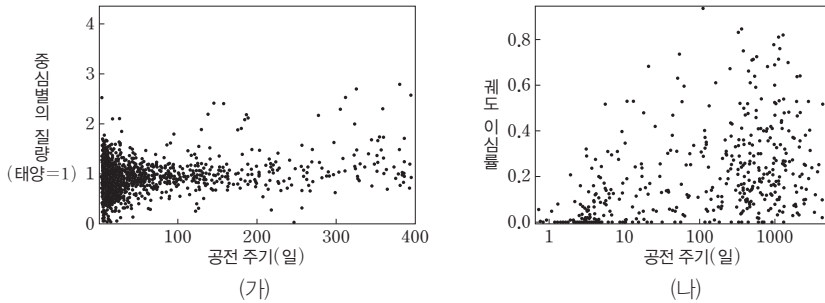
프록시마 b의 물리량	
질량(지구=1)	1.3
반지름(지구=1)	1.1
궤도 반지름(AU)	0.05
공전 주기(일)	11.2

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 광도는 프록시마가 태양보다 작다.
 - ㄴ. 프록시마 b는 기체 성분으로 이루어져 있을 것이다.
 - ㄷ. 행성의 자전 주기는 프록시마 b가 지구보다 짧을 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 [23026-0269] 그림 (가)는 최근까지 발견된 외계 행성들의 공전 주기와 중심별의 질량 관계를, (나)는 외계 행성들의 공전 주기와 궤도 이심률의 관계를 나타낸 것이다.



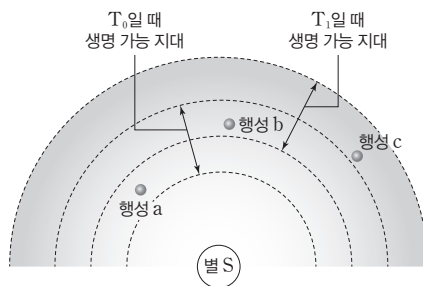
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 외계 행성은 분광형이 O형인 별보다 G형인 별 주위에서 많이 발견되었다.
 ㄴ. 행성의 공전 주기가 길수록 공전 궤도가 원에 가까운 행성의 비율이 높아진다.
 ㄷ. (가)의 외계 행성들에서 물이 존재한다면 대부분 액체 상태로 존재할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 [23026-0270] 그림은 어느 주계열성 S 주변의 시간에 따른 생명 가능 지대의 변화를 나타낸 것이다. S가 주계열 단계에 머무르는 시간은 $T_0 \sim T_1$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 생명 가능 지대의 폭은 T_0 일 때가 T_1 일 때보다 넓다.
 ㄴ. 주계열 단계에 머무르는 동안 S의 광도는 일정하게 유지된다.
 ㄷ. 행성이 생명 가능 지대에 머무르는 기간은 a, b, c 중 b가 가장 길다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

최근까지 발견된 외계 행성들은 대부분 태양과 질량이 비슷한 별 주위에서 발견되었다.

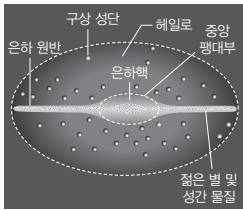
중심별의 광도 변화를 이용하여 생명 가능 지대의 거리와 폭의 변화를 추정할 수 있다. 별의 진화가 느릴수록 행성에서 안정한 환경이 오래 지속될 수 있다.

개념 체크

● 은하

항성, 성간 물질, 암흑 물질 등이 중력에 의해 묶여 있는 천체들의 집합체이다.

● 나선 은하의 구조(옆에서 본 모습)



● 나선팔

나선 은하에서 중앙 팽대부를 휘감아 돌고 있는 팔 모양의 부분으로 젊고 온도가 높은 별들이 많이 있으며, 밀도가 큰 성간운이 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.

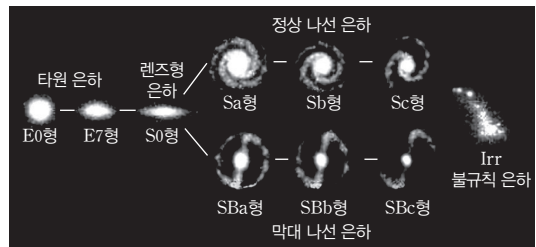
정답

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.

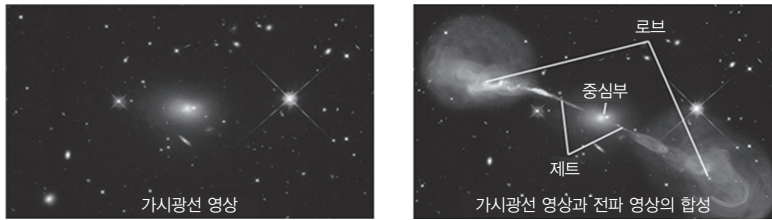


분석 point

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.

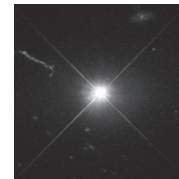
① **전파 은하:** 보통의 은하보다 수백 배 이상 강한 전파를 방출하는 은하로, 관측하는 방향에 따라 중심부가 뚜렷한 전파원으로 보이거나 제트(jet)로 연결된 로브(lobe)가 중심부의 양쪽에 대칭으로 나타나는 모습으로 관측된다. → 전파 은하의 제트와 로브의 일부 영역에서는 강한 X선을 방출하는데, 이것은 전파 은하 중심부에 있는 거대 질량 블랙홀에 의해 고속으로 움직이는 전자와 강한 자기장 때문이라고 추정하고 있다.



전파 은하(헤라클레스 A)

② **퀘이사:** 수많은 별들로 이루어진 은하이지만 너무 멀리 있어 하나의 별처럼 보인다.

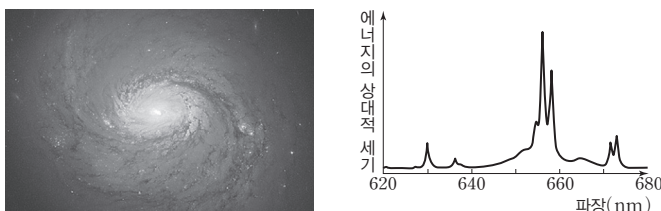
- 퀘이사는 적색 편이가 매우 크게 나타난다. → 적색 편이가 크다는 것은 퀘이사가 매우 먼 거리에 위치하여 빠른 속도로 멀어지고 있다는 뜻이다.
- 대부분의 퀘이사는 우주 생성 초기에 만들어진 것이고, 지금까지 발견된 가장 멀리 있는 퀘이사는 우주가 탄생한 후 약 7억 년이 되었을 때 생성된 것이다.
- 퀘이사에서 방출되는 에너지는 보통 은하의 수백 배나 되지만 에너지가 방출되는 영역의 크기는 태양계 정도이다. 이렇게 작은 공간에서 많은 양의 에너지를 방출하고 있는 것으로 보아 퀘이사의 중심에는 질량이 매우 큰 블랙홀이 있을 것으로 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. () 은하는 일반적인 은하에 비해 매우 밝은 핵을 가지며, 스펙트럼에서 폭이 넓은 방출선을 보인다.

4. 세이퍼트은하는 대부분 () 은하의 형태로 관측된다.

정답

1. 제트
2. 멀리
3. 세이퍼트
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 은하를 관측하여 대부분 은하들의 스펙트럼에서 () 편이가 나타남을 알아냈다.

3. 허블 법칙은 은하의 거리와 ()가 비례한다는 것이다.

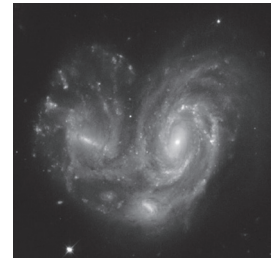
4. 외부 은하의 거리를 가로축 물리량으로, 후퇴 속도를 세로축 물리량으로 나타낸 그래프에서 기울기는 ()이다.

정답

1. 충돌
2. 적색
3. 후퇴 속도
4. 허블 상수

(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)

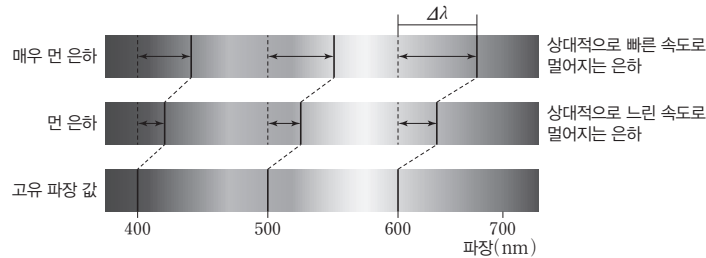
2 허블 법칙과 우주론

(1) 외부 은하의 관측

- ① 외부 은하의 스펙트럼 관측: 멀리 있는 외부 은하들의 스펙트럼을 관측하면 대부분 흡수선의 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($\Delta\lambda = \text{관측 파장} - \text{고유 파장}$) 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

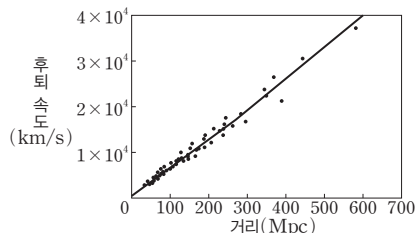
$$v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = cz$$

(c : 빛의 속도, λ_0 : 흡수선의 고유 파장, $\Delta\lambda$: 흡수선의 파장 변화량, z : 적색 편이)



외부 은하의 스펙트럼 관측과 후퇴 속도

- (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)



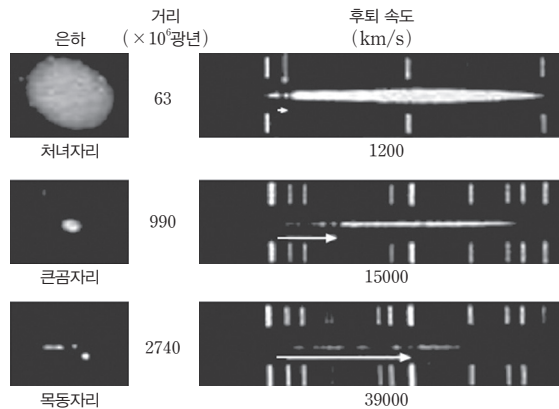
외부 은하들의 거리에 따른 후퇴 속도

- 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. 거리가 가장 먼 목동자리 은하의 후퇴 속도가 가장 빠르고, 거리가 가장 가까운 처녀자리 은하의 후퇴 속도가 가장 느리다.
2. 거리가 먼 은하일수록 후퇴 속도가 빠르다.
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 빠르다.

(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

① **우주의 중심**

은하들이 서로 멀어지는 우주에서는 어떤 은하에서 보더라도 은하들 사이의 거리가 멀어지는 것으로 나타나기 때문에 특정한 위치를 우주의 중심으로 정할 수 없다.

② **등방성**

우주를 관측할 때 우주의 어느 방향을 보더라도 우주의 물리적 특성이 동등하게 나타난다는 것이다.

1. 멀리 있는 은하일수록 빠르게 멀어지는 현상은 우주가 ()한다는 것을 의미한다.
2. 관측 가능한 우주의 크기는 우주의 ()에 ()의 속도를 곱한 값이다.
3. 외부 은하의 후퇴 속도는 외부 은하 흡수선의 () 변화량에 비례한다.
4. () 우주론은 우주가 매우 뜨거운 한 점에서 폭발하여 팽창하였다는 이론이다.

정답

1. 팽창
2. 나이, 빛
3. 파장
4. 빅뱅(대폭발)

개념 체크

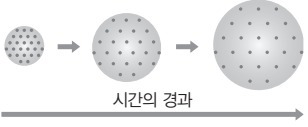
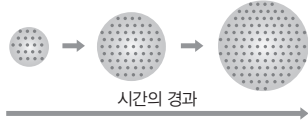
중수소

수소의 동위 원소 중 하나로, 원자핵이 양성자 1개와 중성자 1개로 구성된 원소이다.

1. 정상 우주론에서는 우주가 팽창할 때 우주의 온도와 밀도가 ()하다고 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		

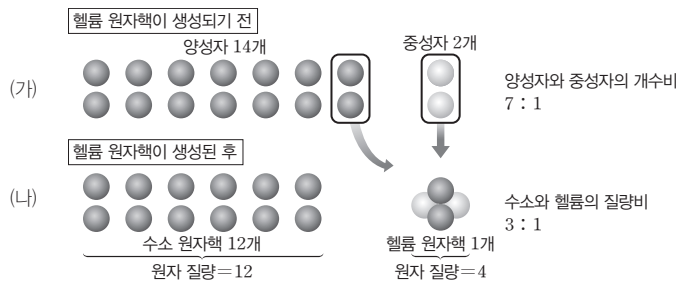
(4) 빅뱅 우주론의 근거: 우주가 팽창한다는 사실은 과거에는 우주의 크기가 매우 작고 뜨거웠다는 사실을 암시하기 때문에 빅뱅 우주론의 가정과 잘 들어맞는다.

- 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 뒤엉켜 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 개수비를, (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

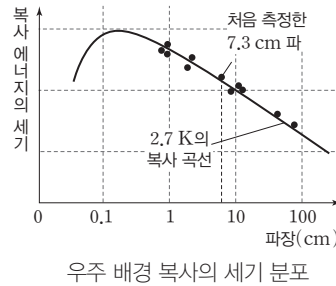
빅뱅 우주론에서 예측한 수소와 헬륨의 질량비(약 3 : 1)는 관측 결과와 잘 들어맞는다.

정답

1. 일정
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 전자 망원경으로 우연히 하늘의 모든 방향에서 같은 세기로 나타나는 약 7.3 cm 파장의 전파를 발견하였는데, 이것이 곧 빅뱅 우주론에서 예상하던 우주 배경 복사임이 밝혀졌다.



개념 체크

① 우주 배경 복사

우주의 온도가 약 3000 K일 때 방출된 복사로, 우주가 팽창하는 동안 파장이 길어져 현재는 온도가 약 2.7 K일 복사로 관측된다.

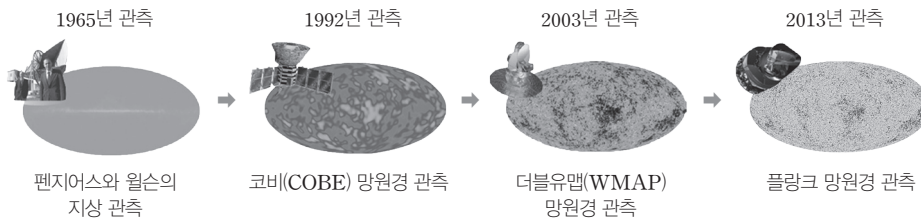
② 자기 홀극

일반적인 자석에는 언제나 N극과 S극이 함께 존재하는데, 이와는 달리 N극 또는 S극만을 가지고 있는 입자(또는 물질)를 말한다.

1. 초기 우주에서 중성 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. 플랑크 망원경이 관측한 () 복사로 알아낸 우주 초기의 () 분포는 거의 균일하다.
5. 이론상 독립적으로 존재하는 N극과 S극을 () 이라고 한다.



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.

정답

1. 우주 배경 복사
2. 3000
3. 2.7
4. 우주 배경, 온도
5. 자기 홀극

개념 체크

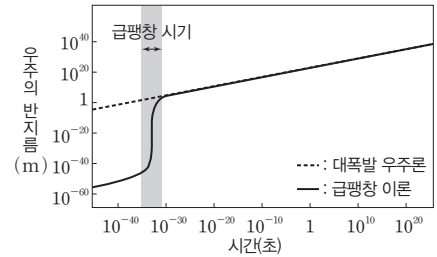
백색 왜성

태양 정도의 질량을 가지는 별의 마지막 진화 단계로, 별의 외곽 물질은 방출되어 행성상 성운이 되고 남은 부분은 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.

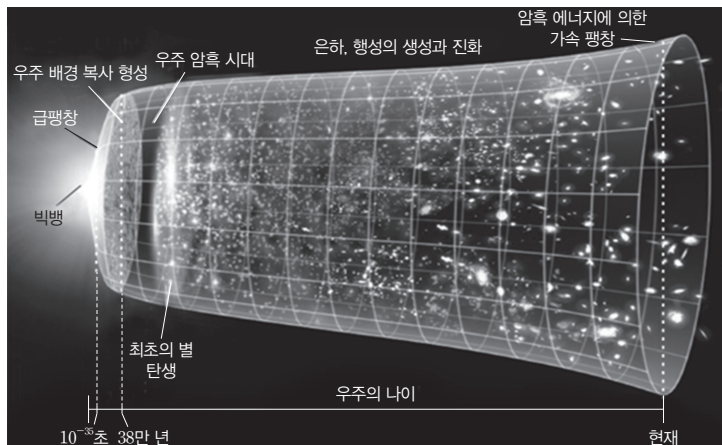
- 우주가 전체적으로는 곡률을 가지고 있더라도 우주 생성 초기에 급격히 팽창하여 공간의 크기가 매우 커지게 되면 관측되는 우주의 영역은 평탄하게 보이게 된다고 주장함으로써 우주의 평탄성 문제를 설명하였다.
- 우주 생성 초기에 우주가 급팽창하였기 때문에 팽창이 일어나기 이전에 가까이 있었던 두 지역은 서로 정보를 교환할 수 있었다고 주장함으로써 우주의 지평선 문제를 설명하였다.
- 우주가 생성 초기에 급격히 팽창하였기 때문에 자기 홀극의 밀도는 관측 가능량 미만으로 희박해졌다고 주장함으로써 우주의 자기 홀극 문제를 해결하였다.



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.

개념 체크

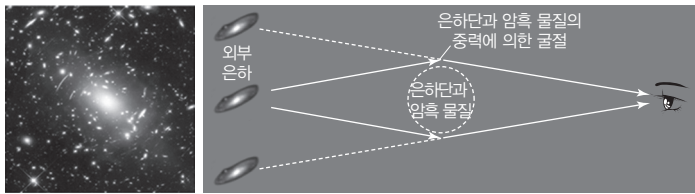
● 암흑 에너지

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 확인하는데 () 현상을 이용하기도 한다.
3. 우리은하의 회전 속도를 관측하여 ()의 존재를 확인할 수 있다.



과학 돋보기 | 중력 렌즈 현상을 이용한 암흑 물질의 확인



은하단과 암흑 물질에 의한 중력 렌즈 현상으로 외부 은하가 왜곡되어 보이는 모습

- 암흑 물질은 전자기파 관측을 통해 존재를 확인할 수 없는 물질로, 최근 중력 렌즈 현상을 관측하여 간접적으로 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.

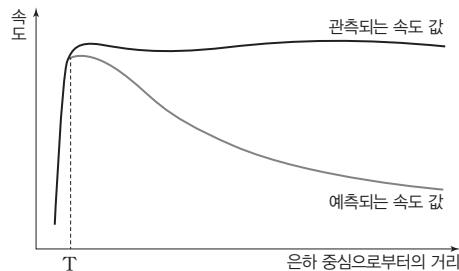
탐구자료 살펴보기 | 우리은하의 회전 속도를 이용한 암흑 물질의 존재 확인

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 빠르다.



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.

정답

1. 암흑 물질
2. 중력 렌즈
3. 암흑 물질

개념 체크

● Ia형 초신성

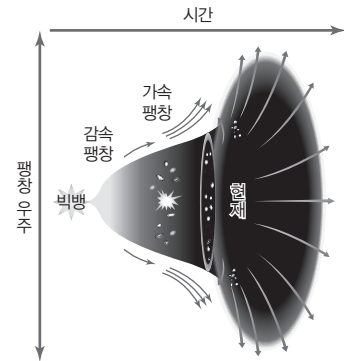
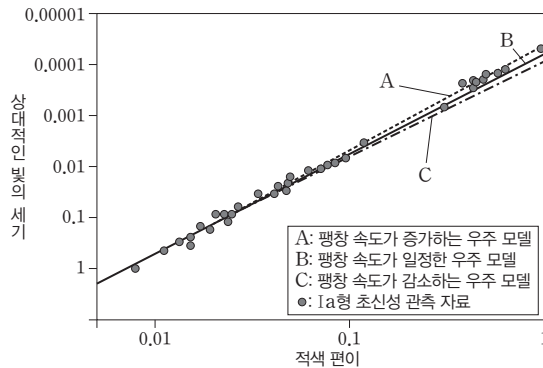
매우 밝으며, 일정한 질량에서 폭발하기 때문에 최대로 밝아졌을 때의 절대 등급이 일정하여 멀리 있는 외부 은하의 거리를 측정하는데 이용된다.

1. 암흑 에너지는 ()력으로 작용해 우주를 가속 팽창시키는 역할을 한다.
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

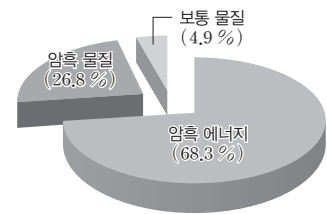


Ia형 초신성 관측 자료와 우주의 팽창 모델

- 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.

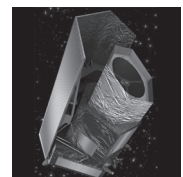


현재 우주의 구성



과학 돋보기 | 암흑 물질과 암흑 에너지를 찾을 유클리드 망원경

유클리드 망원경은 우주에 분포하는 암흑 물질과 암흑 에너지를 찾기 위해 2023년에 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

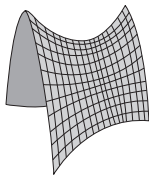
정답

1. 척
2. 감소, 증가
3. 감속
4. 암흑 에너지

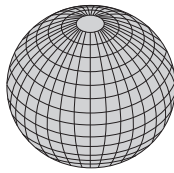
(4) 우주의 미래: 우주가 영원히 팽창할지, 팽창을 멈추게 될지는 우주 내부에 있는 물질과 에너지양에 의해 결정된다.

- ① 임계 밀도: 평탄 우주의 밀도이다.
- ② 우주 모형(암흑 에너지를 고려하지 않을 경우)

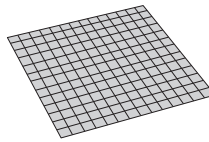
열린 우주	우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작고, 곡률이 음(-)인 우주이다.	<p>우주의 크기</p> <p>열린 우주</p> <p>평탄 우주</p> <p>닫힌 우주</p> <p>현재</p> <p>시간</p> <p>우주의 크기 변화</p>
닫힌 우주	우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 크고, 곡률이 양(+)인 우주이다.	
평탄 우주	우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같고, 곡률이 0인 우주이다.	



열린 우주



닫힌 우주

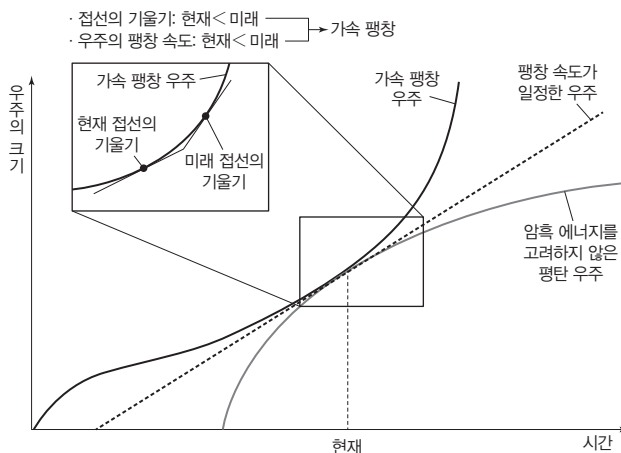


평탄 우주

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

① 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. 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. 많

01 표는 허블의 은하 분류 기준과 이에 따라 분류한 은하의 종류를 나타낸 것이다. (가), (나), (다)는 각각 타원 은하, 막대 나선 은하, 불규칙 은하 중 하나이다.

[23026-0271]

분류 기준	은하		
	(가)	(나)	(다)
(㉠)	○	○	×
나선팔이 있는가?	○	×	×
편평도에 따라 세분할 수 있는가?	×	○	×

(○: 있다. ×: 없다.)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. '규칙적인 구조가 있는가?'는 분류 기준 ㉠으로 적절하다.
- ㄴ. 은하의 질량에 대한 성간 물질의 질량비는 (가)가 (나)보다 작다.
- ㄷ. 은하의 색은 (다)가 (나)보다 붉게 보인다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 형태가 다른 세 은하 (가), (나), (다)를 나타낸 것이다.

[23026-0272]



(가) (나) (다)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 시간이 지남에 따라 (가)는 (나) 또는 (다)로 진화한다.
- ㄴ. (나)의 나선팔은 대부분 나이가 많은 별들로 이루어져 있다.
- ㄷ. 허블의 은하 분류에 의하면 (다)는 막대 나선 은하에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 특이 은하 (가)와 보통의 막대 나선 은하 (나)의 특징을 나타낸 것이다.

[23026-0273]

종류	(가)	(나)
모습		
허블 분류	(㉠)	SBb
시선 속도	-34 km/s	+556 km/s

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

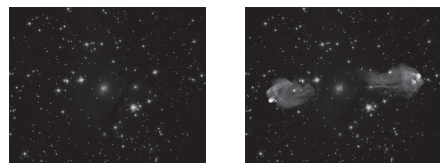
보기

- ㄱ. ㉠은 E0~E7 중 하나이다.
- ㄴ. 은하 전체의 밝기에 대한 중심부의 밝기는 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄷ. 은하의 스펙트럼에 나타난 수소 흡수선의 평균 파장은 (가)가 (나)보다 길다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림 (가)는 어느 은하의 가시광선 영상을, (나)는 전파와 가시광선의 합성 영상을 나타낸 것이다.

[23026-0274]



(가) 가시광선 영상 (나) 합성 영상

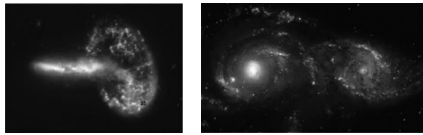
이 은하에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 중심부에 거대 질량의 블랙홀이 존재한다.
- ㄴ. 은하 중심부의 회전축은 시선 방향에 나란하다.
- ㄷ. 로브 구조는 가시광선보다 전파 영역에서 잘 관측된다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 충돌 은하에 대하여 학생 A, B, C가 나눈 대화를 나타낸 것이다. [23026-0275]



은하의 충돌 과정에서 성간 물질이 압축되면 새로운 별이 생성될 수 있어.

은하 충돌 과정에서 중력의 영향을 받아 은하의 형태가 변할 수 있어.

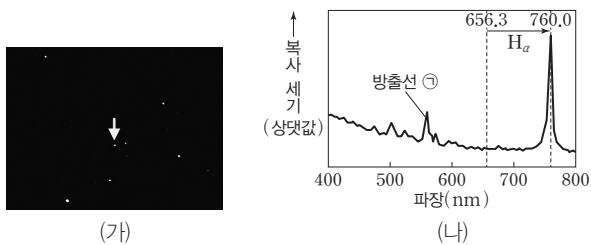
은하 충돌 과정에서 수많은 별들이 파괴될 수 있어.

학생 A 학생 B 학생 C

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ C
 ④ A, B ⑤ A, C

06 그림 (가)는 어느 특이 은하의 모습을, (나)는 이 은하의 스펙트럼과 H α 선의 파장 변화량(→)을 나타낸 것이다. [23026-0276]



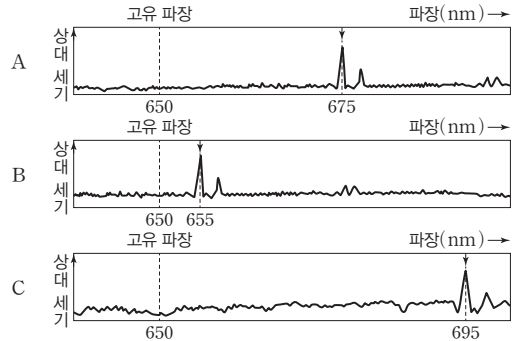
이 은하에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 하나의 별처럼 보인다.
 ㄴ. H α 선의 파장 변화량으로부터 적색 편이를 구할 수 있다.
 ㄷ. 방출선 ㉠의 파장 변화량은 103.7 nm보다 작다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 그림은 외부 은하 A, B, C의 스펙트럼에서 수소선의 고유 파장과 관측 파장의 위치(↓)를 나타낸 것이다. A, B, C는 동일한 시선 방향에 위치하고 허블 법칙을 만족한다. [23026-0277]



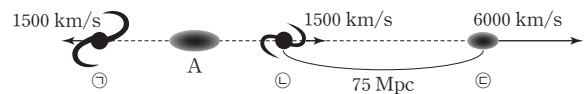
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. A, B, C에서 모두 적색 편이가 나타난다.
 ㄴ. 우리은하로부터의 거리는 B < A < C이다.
 ㄷ. C에서 관측할 때 후퇴 속도는 B가 A의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 은하 A에서 관측한 은하 ㉠, ㉡, ㉢의 후퇴 속도와 ㉡과 ㉢ 사이의 거리를 나타낸 것이다. [23026-0278]



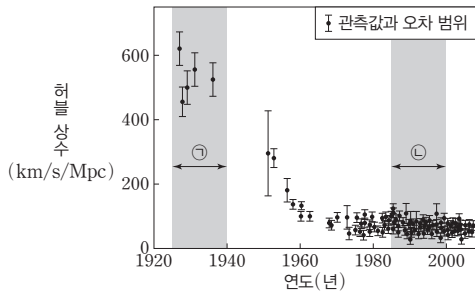
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 은하들은 허블 법칙을 만족한다.)

보기

ㄱ. 우주는 은하 A를 중심으로 팽창한다.
 ㄴ. 허블 상수는 60 km/s/Mpc이다.
 ㄷ. ㉡에서 같은 시각에 방출된 빛은 ㉠보다 ㉢에 먼저 도착한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ
 ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 그림은 1920년 이후 여러 과학자들이 관측을 통해 구한 허블 상수값의 변화를 나타낸 것이다. [23026-0279]



관측을 통해 구한 허블 상수값에 근거할 때, ㉠보다 ㉡에서 더 크게 계산되는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 우주의 팽창 속도는 변하지 않는다고 가정한다.)

- 보기
- ㄱ. 허블 상수값으로 추정된 우주의 팽창 속도
 - ㄴ. 후퇴 속도를 측정하여 구한 외부 은하의 거리
 - ㄷ. 우주의 나이

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

10 다음은 어느 우주론의 주요 주장과 이 우주론에 근거하여 시간에 따른 물리량 A의 변화를 나타낸 것이다. [23026-0280]

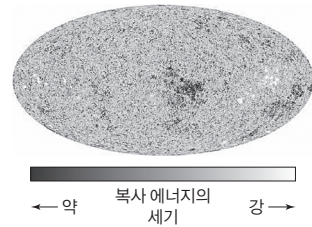
- 우주의 크기와 나이는 무한하다.
- 우주가 팽창하면서 생겨난 빈 공간에 새로운 물질이 계속 생성된다.

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

- 보기
- ㄱ. 정상 우주론이다.
 - ㄴ. 우주의 밀도는 물리량 A로 적절하다.
 - ㄷ. 우주 배경 복사는 이 우주론의 증거가 될 수 있다.

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

11 그림은 우주 전역에서 관측되는 어떤 복사 에너지의 분포를 나타낸 것이다. [23026-0281]

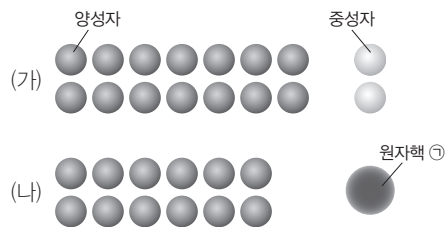


이 복사 에너지에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 우주 배경 복사의 에너지이다.
 - ㄴ. 가시광선 영역에서 가장 강하게 나타난다.
 - ㄷ. 복사 에너지의 세기 차이는 우주 초기에 밀도의 미세한 차이가 존재했다는 증거이다.

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

12 그림은 초기 우주에서 (가)와 (나) 시기에 양성자, 중성자, 원자핵 ㉠의 개수비를 나타낸 것이다. [23026-0282]

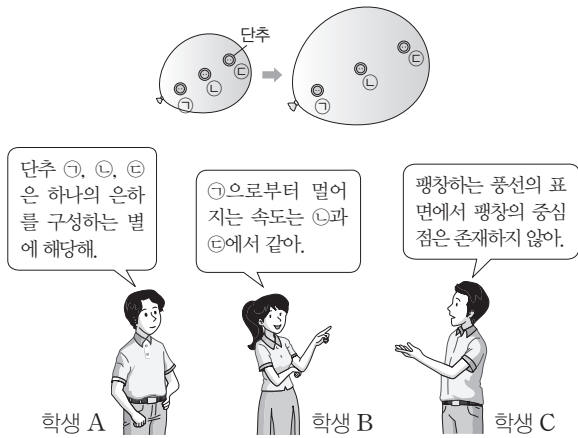


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. ㉠은 헬륨 원자핵이다.
 - ㄴ. (가) → (나) 동안 우주의 온도는 1천만 K보다 낮았다.
 - ㄷ. (나) 시기 직후 우주 공간에서 ㉠보다 무거운 원자핵이 연속적으로 생성되었다.

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

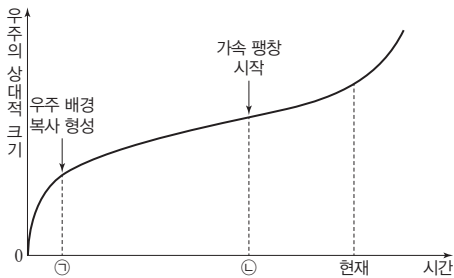
13 다음은 허블 법칙에 따라 팽창하는 우주를 나타낸 풍선 모형에 대해 학생 A, B, C가 나누는 대화이다.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B
- ④ B, C ⑤ A, B, C

14 그림은 어느 팽창 우주 모형에서 시간에 따른 우주의 상대적 크기 변화를 나타낸 것이다.



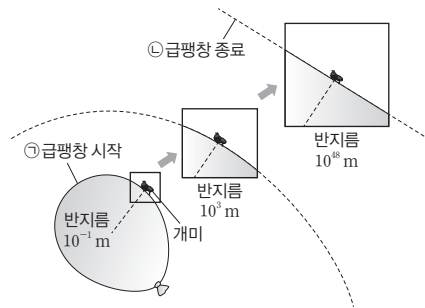
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 빅뱅 이후 현재까지 우주는 계속 팽창하였다.
- ㄴ. 우주의 급팽창은 ㉠ 시기 이전에 일어났다.
- ㄷ. ㉠~㉡ 시기 동안 단위 부피당 암흑 에너지의 양은 감소하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

15 그림은 빅뱅 직후 급팽창이 일어난 시기 동안 우주의 크기 변화를 부풀어 오르는 풍선 표면에 비유하여 모식적으로 나타낸 것이다.



우주의 급팽창 이론에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠일 때 현재 관측 가능한 우주에 해당하는 영역은 매우 불균질하였다.
- ㄴ. ㉡일 때 관측 가능한 우주는 매우 평탄할 것이다.
- ㄷ. 급팽창 이론을 통해 빅뱅 우주론에서 설명하지 못한 우주의 평탄성 문제를 설명할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

16 표는 표준 우주 모형에 근거하여 급팽창 직전과 직후의 우주의 상대적 크기와 우주의 지평선 크기를 나타낸 것이다.

구분	우주의 상대적 크기	우주의 지평선 크기
급팽창 직전	R_1	H_1
급팽창 직후	R_2	H_2

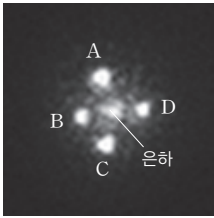
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 급팽창 동안 우주는 빛보다 빠른 속도로 팽창하였다.
- ㄴ. $\frac{R_2}{R_1} > \frac{H_2}{H_1}$ 이다.
- ㄷ. H_2 의 내부 영역은 온도가 거의 균일하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

17 다음은 어느 퀘이사를 관측한 사진과 그에 대한 설명이다. [23026-0287]



이 사진에는 퀘이사 4개와 은하 1개가 보이지만, 실제로는 1개의 ㉠ 퀘이사가 ㉡ 은하의 (㉢) 효과에 의해 4개(A~D)로 나타난 것이다.

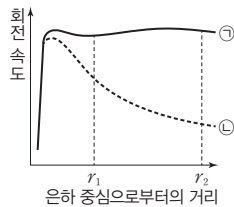
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A~D의 스펙트럼에서 적색 편이는 동일하게 나타난다.
 - ㄴ. ㉢은 '중력 렌즈'이다.
 - ㄷ. 지구로부터의 거리는 ㉠이 ㉡보다 멀다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림은 어느 나선 은하에서 질량 분포가 서로 다른 A와 B일 때 예상되는 은하 중심으로부터의 거리에 따른 회전 속도를 ㉠, ㉡으로 순서 없이 나타낸 것이다. [23026-0288]

A: 은하의 질량이 대부분 은하 중심부에 집중되어 있는 경우
B: 은하의 질량이 은하 중심부에 집중되어 있지 않는 경우

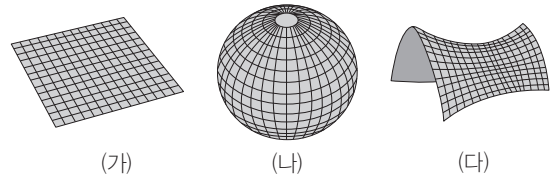


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A의 회전 속도 곡선은 ㉠이다.
 - ㄴ. ㉠일 때 거리 r_1 과 r_2 에서 은하 중심을 회전하는 주기는 거의 같다.
 - ㄷ. 우리은하의 회전 속도 곡선은 ㉡보다 ㉠에 가깝다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

19 그림 (가), (나), (다)는 우주의 미래 모형을 세 가지 기하학적 인 구조로 나타낸 것이다. [23026-0289]

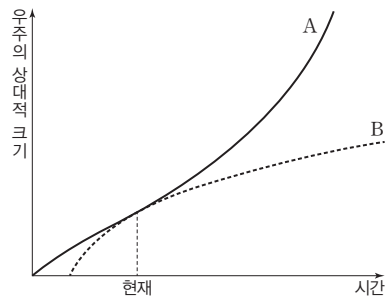


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 암흑 에너지는 없다고 가정한다.)

- 보기
- ㄱ. 현재 우주의 곡률은 (가)에 가깝다.
 - ㄴ. (나)는 열린 우주 모형이다.
 - ㄷ. (다)에서 $\frac{\text{임계 밀도}}{\text{우주의 평균 밀도}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20 그림은 우주의 평균 밀도가 임계 밀도와 같은 두 우주 모형 A, B에서 시간에 따른 우주의 상대적 크기 변화를 나타낸 것이다. [23026-0290]

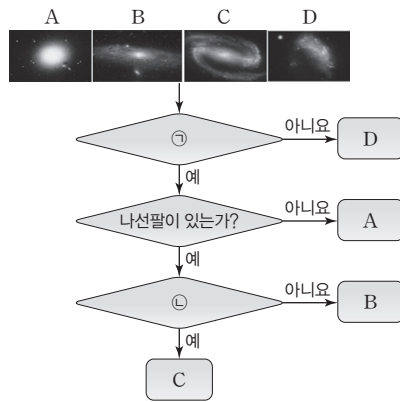


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. A와 B는 모두 평탄 우주 모형이다.
 - ㄴ. 빅뱅 이후 현재까지 우주의 평균 팽창 속도는 A가 B보다 빠르다.
 - ㄷ. 현재 두 우주 모형에서 암흑 에너지가 차지하는 비율은 A보다 B에서 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 그림은 은하 A~D를 가시광선 영역에서 관측되는 형태에 따라 분류하는 과정을 나타낸 것이다. [23026-0291]

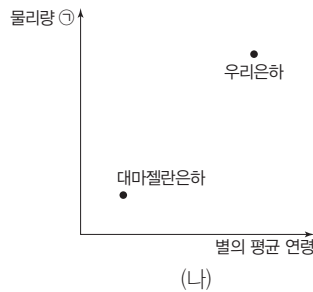
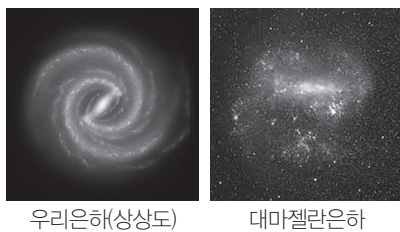


은하는 가시광선 영역에서 관측되는 형태에 따라 타원 은하, 정상 나선 은하, 막대 나선 은하, 불규칙 은하로 분류한다.

질문 ㉠, ㉡으로 가장 적절한 것은?

- | | |
|--------------------|--------------------|
| ㉠ | ㉡ |
| ① 높은 별들로 이루어져 있는가? | 편평도에 따라 세분할 수 있는가? |
| ② 높은 별들로 이루어져 있는가? | 규칙적인 구조가 있는가? |
| ③ 규칙적인 구조가 있는가? | 막대 구조가 있는가? |
| ④ 규칙적인 구조가 있는가? | 높은 별들로 이루어져 있는가? |
| ⑤ 막대 구조가 있는가? | 편평도에 따라 세분할 수 있는가? |

02 그림 (가)는 우리은하의 상상도와 대마젤란은하의 가시광선 영상을, (나)는 두 은하의 특징을 나타낸 것이다. [23026-0292]



우리은하는 막대 나선 은하로 분류되며, 불규칙 은하는 나선 은하에 비해 성간 물질이 풍부하고 비교적 젊은 별들로 이루어져 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 허블의 은하 분류에 의하면 우리은하는 SB형에 해당한다.

ㄴ. 대마젤란은하가 진화하면 나선팔이 형성된다.

ㄷ. 주계열성 중 붉은색 별의 수 > 파란색 별의 수는 물리량 ㉠이 될 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

우리은하 주변에는 약 40여 개의 크고 작은 은하들이 존재하며, 이들 은하는 서로의 중력에 의해 비교적 강하게 묶여 있다.

타원 은하는 나선팔이 없는 타원형의 은하이다. 나선 은하는 은하핵과 나선팔로 구성되어 있으며, 은하핵을 가로지르는 막대 모양 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 구분한다.

03 표는 우리은하로부터 가까운 거리에 있는 외부 은하 A~D의 특징을 나타낸 것이다. [23026-0293]

은하	A	B	C	D
허블의 은하 분류	Sb	E2	Irr	E6
시선 속도(km/s)	-301	-200	+278	-241
거리($\times 10^4$ 광년)	254	249	163	269

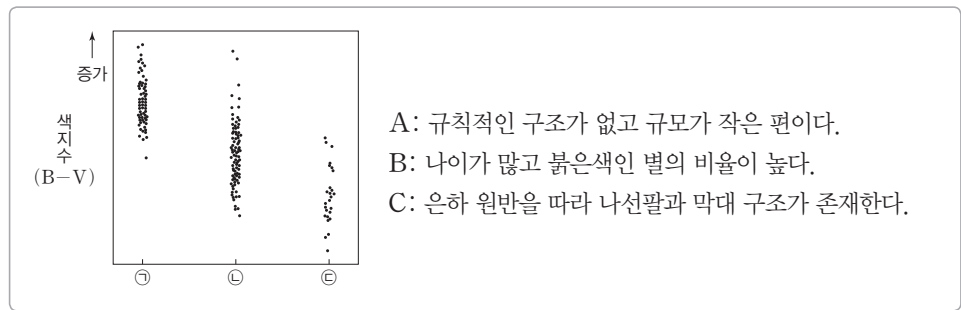
이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 우리은하와 충돌할 가능성은 A가 C보다 높다.
 ㄴ. 은하의 형태가 납작한 정도는 B가 D보다 크다.
 ㄷ. A~D의 자료를 이용하여 허블 법칙이 성립함을 알 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 다음은 형태가 다른 세 은하 ㉠, ㉡, ㉢을 구성하는 별들의 색지수 분포와 ㉠, ㉡, ㉢의 특징을 A, B, C로 순서 없이 나타낸 것이다. [23026-0294]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

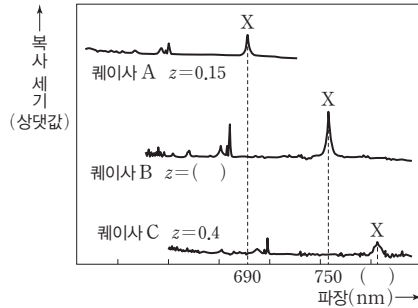
보기

ㄱ. A는 ㉠의 특징이다.
 ㄴ. ㉡은 우리은하와 형태가 같은 은하이다.
 ㄷ. 은하에 포함된 성간 물질의 비율은 ㉢이 ㉠보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 퀘이사 A, B, C의 적색 편이(z)와 스펙트럼에서 관측된 어느 방출선 X의 파장을 나타낸 것이다.

[23026-0295]



퀘이사는 많은 별들로 이루어진 은하이지만 우리은하에서 매우 멀리 떨어져 있어서 하나의 별처럼 보인다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

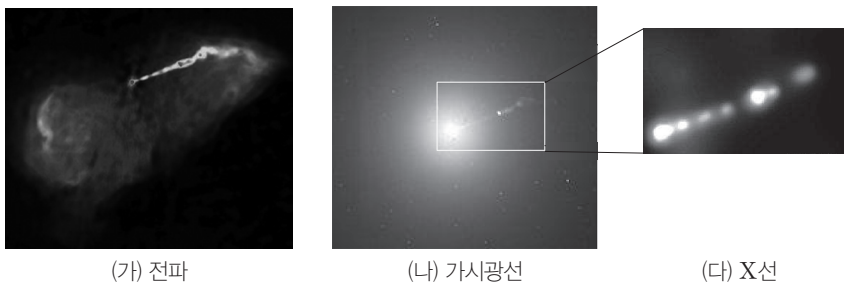
보기

- ㄱ. X의 고유 파장은 600 nm이다.
- ㄴ. B의 적색 편이는 0.3보다 크다.
- ㄷ. X가 각 퀘이사에서 방출된 시점에 우주의 상대적 크기는 A>B>C이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

06 그림 (가), (나), (다)는 어느 특이 은하를 전파, 가시광선, X선 영역에서 관측한 모습을 나타낸 것이다.

[23026-0296]



전파 은하는 보통 은하보다 수백 배 이상의 강한 전파를 방출하는 은하로, 관측 방향에 따라 제트로 연결된 로브가 관측되기도 한다.

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

보기

- ㄱ. 로브는 (가)보다 (나)에서 잘 관측된다.
- ㄴ. 이 은하를 허블의 은하 분류에 따라 분류하면 E7보다 E0에 가깝다.
- ㄷ. (다)에서는 은하 중심에 있는 블랙홀 부근에서 방출된 제트가 잘 보인다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

멀리 있는 외부 은하의 스펙트럼을 관측하면 대부분의 외부 은하가 우리은하로부터 멀어지므로 적색 편이가 나타나며, 외부 은하의 후퇴 속도는 흡수선의 파장 변화량에 비례한다.

허블 상수는 외부 은하의 후퇴 속도와 거리 사이의 관계를 나타내는 비례 상수로, 우주의 팽창 속도에 비례한다.

[23026-0297]

07 표는 크기가 모두 같은 E0형 타원 은하 (가), (나), (다)의 시지름과 수소선 ①, ②의 관측 파장을 나타낸 것이다.

은하	시지름(상댓값)	① (nm)	② (nm)
(가)	1	a	b
(나)	2	c	d
(다)	()	$\frac{(a+c)}{2}$	$\frac{(b+d)}{2}$

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가), (나), (다)는 허블 법칙을 만족한다.)

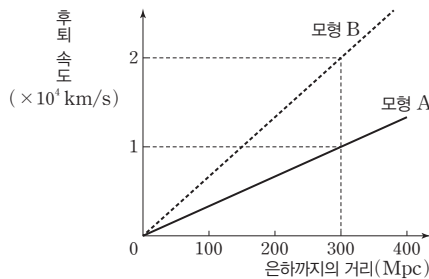
보기

ㄱ. 은하의 후퇴 속도는 (가)가 (나)의 2배이다.
 ㄴ. $\frac{a}{c} = \frac{b}{d}$ 이다.
 ㄷ. 우리은하로부터 (다)까지의 거리는 (나)까지의 거리의 1.5배이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[23026-0298]

08 그림은 서로 다른 두 우주 모형 A, B에서 거리에 따른 은하의 후퇴 속도를 나타낸 것이다. A와 B에서 각각 허블 법칙이 성립한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 1 Mpc \approx 3×10^{19} km이다.)

보기

ㄱ. 우주의 팽창 속도는 A가 B의 2배이다.
 ㄴ. 관측 가능한 우주의 크기는 B가 A의 2배이다.
 ㄷ. A에서 허블 상수로 구한 우주의 나이는 약 9×10^{17} 초이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

09 표는 은하 X, Y에서 각각 관측한 우리은하와 은하 Z의 후퇴 속도를 나타낸 것이다. Y에서 관측할 때 우리은하와 X, Z는 동일한 시선 방향에 위치한다. 허블 상수는 70 km/s/Mpc이고, 빛의 속도는 3×10^5 km/s이다.

[23026-0299]

구분	X에서 관측한 은하의 후퇴 속도(km/s)	Y에서 관측한 은하의 후퇴 속도(km/s)
우리은하	4900	2100
Z	3500	3500

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 은하들은 모두 허블 법칙을 따른다.)

보기

- ㄱ. 우리은하로부터의 거리는 X가 Y의 $\frac{7}{3}$ 배이다.
- ㄴ. 우리은하에서 관측되는 은하의 후퇴 속도는 Y가 Z보다 느리다.
- ㄷ. X에서 Y를 관측할 때 흡수선의 $(\frac{\text{관측 파장} - \text{고유 파장}}{\text{고유 파장}})$ 은 $\frac{7}{300}$ 이다.

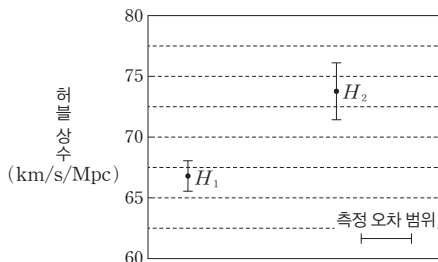
- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

허블 법칙은 은하들의 후퇴 속도(v)와 거리(r)의 관계를 나타낸 법칙으로, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$v = H \times r \quad (H: \text{허블 상수})$$

10 다음은 두 우주 망원경을 이용하여 측정한 허블 상수 H_1 과 H_2 를 나타낸 것이다.

[23026-0300]



구분	망원경	허블 상수
(가)	플랑크 망원경	H_1
(나)	허블 망원경	H_2

우주가 일정한 속도로 팽창한 것으로 가정할 때 허블 법칙으로부터 우주의 나이(t)를 구할 수 있다.

$$t = \frac{r}{v} = \frac{r}{H \cdot r} = \frac{1}{H}$$

(v : 후퇴 속도, r : 거리,

H : 허블 상수)

현재 우주의 나이는 약 138억 년으로 추정하고 있다.

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

보기

- ㄱ. 측정값에 근거하여 추정한 우주의 나이는 (가)가 (나)보다 많다.
- ㄴ. 단위 시간당 단위 부피의 우주 공간이 커지는 비율은 (가)가 (나)보다 크다.
- ㄷ. 같은 거리에 있는 은하의 적색 편이는 (가)가 (나)의 약 $\frac{73}{67}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

빛이 어떤 천체에서 출발하여 다른 천체에 도착할 때까지 우주는 계속 팽창하므로 두 천체 사이의 거리는 계속 달라진다. 따라서 두 천체 사이의 거리는 빛이 이동하는 데 걸리는 시간(또는 빛이 이동한 거리)으로 나타내는 경우가 많다.

11 [23026-0301] 그림은 우주의 나이가 T_1 일 때 은하 A에서 출발한 빛 ㉠이 우주의 나이가 T_2 일 때 은하 B에 도착한 모습을 나타낸 것이다. 이 기간 동안 우주의 크기는 2배로 커졌다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛이 이동한 거리는 '빛이 출발하여 도착할 때까지 걸린 시간×빛의 속도'이다.)

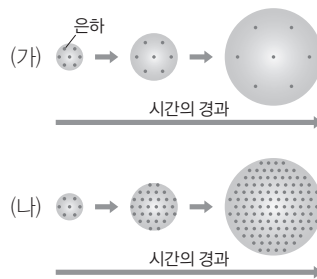
보기

- ㄱ. T_2 일 때 B에서 관측된 ㉠의 파장은 고유 파장의 2배이다.
- ㄴ. T_1 일 때 B에서 출발한 빛은 T_2 일 때 A에 도착할 수 있다.
- ㄷ. ㉠이 이동한 거리는 T_2 일 때 A와 B 사이의 거리보다 짧다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

빅뱅 우주론에서 우주는 질량이 일정한 상태에서 팽창하므로 밀도와 온도가 감소하며, 정상 우주론에서 우주는 밀도가 일정한 상태에서 팽창하므로 우주의 부피가 증가한 만큼 질량이 증가하며 온도가 일정하다.

12 [23026-0302] 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 두 우주 모형을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 정상 우주 모형과 빅뱅 우주 모형 중 하나이다.



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

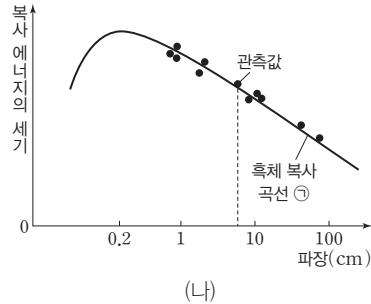
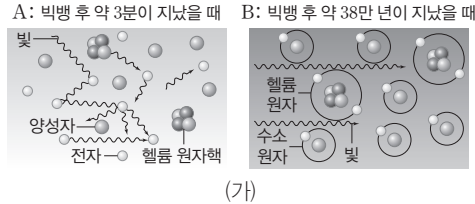
보기

- ㄱ. 허블 법칙은 (가)와 (나)에서 모두 설명 가능하다.
- ㄴ. (나)에서 단위 부피당 은하의 개수는 시간이 경과함에 따라 계속 증가한다.
- ㄷ. 우주 배경 복사의 존재는 (나)에서만 설명 가능하다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림 (가)는 빅뱅 후 약 3분이 지났을 때와 약 38만 년이 지났을 때의 모습을, (나)는 최근 관측된 우주 배경 복사의 세기 분포를 나타낸 것이다.

[23026-0303]



우주 배경 복사는 빅뱅 후 약 38만 년이 지났을 때 원자핵과 전자가 결합해 중성 원자가 만들어짐에 따라 투명해진 우주에서 우주 공간으로 방출된 빛이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

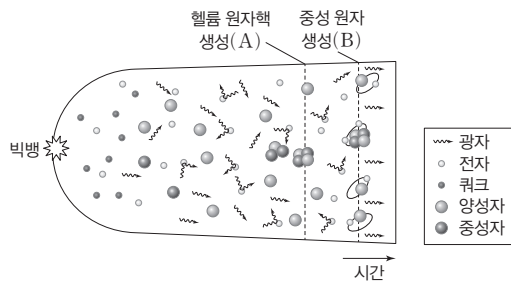
보기

ㄱ. A일 때 우주 공간을 채우고 있던 빛은 현재 관측이 불가능하다.
 ㄴ. (나)에서 ㉠은 약 2.7 K 흑체 복사 곡선에 해당한다.
 ㄷ. 빅뱅 후 약 38만 년이 지났을 때, 우주 공간을 채우고 있던 빛 중 최대 복사 에너지 세기를 갖는 빛의 파장은 약 0.2 cm이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

14 그림은 빅뱅 이후 초기 우주의 진화 과정을 나타낸 것이다.

[23026-0304]



빅뱅 우주론에 따르면 우주가 팽창함에 따라 우주의 평균 온도는 점차 낮아졌다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. 우주의 급팽창은 A 시기 이전에 일어났다.
 ㄴ. A 시기에 우주의 온도는 약 3000 K이었다.
 ㄷ. 현재 존재하는 헬륨보다 무거운 원소들은 대부분 B 시기에 생성되었다.

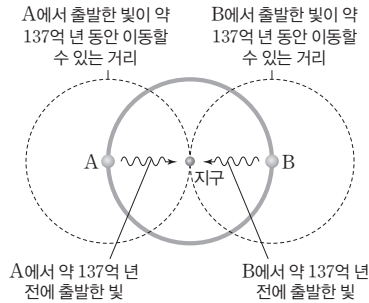
- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

기존의 빅뱅 우주론이 설명하기 어려웠던 3가지 문제점은 우주의 평탄성 문제, 우주의 지평선 문제, 우주의 자기 홀극 문제이다.

빛이 이동하는 동안 우주 팽창에 의해 적색 편이가 나타난다. 따라서 빛의 적색 편이 값은 빛이 이동하는 동안 우주가 팽창한 정도에 비례한다.

[23026-0305]

15 그림은 지구에서 우주 배경 복사가 관측된 두 지점 A, B의 위치와 빛이 137억 년 동안 이동할 수 있는 범위를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

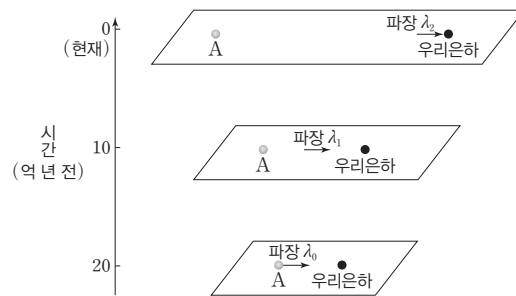
보기

- ㄱ. 지구에서 관측되는 A와 B의 우주 배경 복사는 거의 균일하다.
- ㄴ. 우주 배경 복사가 출발할 당시 A와 B는 상호 작용이 가능했다.
- ㄷ. 약 137억 년 전에 지구가 위치한 지점에서 출발한 우주 배경 복사는 현재 A에 도착할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[23026-0306]

16 그림은 20억 년 전에 은하 A에서 출발한 파장 λ_0 인 빛이 현재 지구에 도달하는 모습을 나타낸 모식도이다. 빛이 이동하는 동안 빛의 파장은 $\lambda_0 \rightarrow \lambda_1 \rightarrow \lambda_2$ 로 변하였고, 우주는 가속 팽창하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

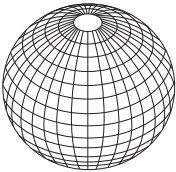
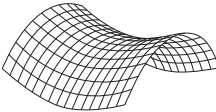
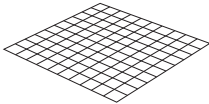
보기

- ㄱ. 우주 구성 요소 중 암흑 에너지가 차지하는 비율은 10억 년 전보다 20억 년 전에 크다.
- ㄴ. 현재 우리은하와 A 사이의 거리는 20억 광년보다 크다.
- ㄷ. $(\lambda_1 - \lambda_0)$ 은 $(\lambda_2 - \lambda_1)$ 보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

17 표는 우주의 평균 밀도가 다른 세 가지 경우 (가), (나), (다)일 때 우주의 곡률과 암흑 에너지의 존재 여부를 나타낸 것이다.

[23026-0307]

구분	(가)	(나)	(다)
우주의 평균 밀도 (상댓값)	1.0	()	()
우주의 곡률			
암흑 에너지	없다.	없다.	있다.

우주의 평균 밀도가 임계 밀도보다 작으면 열린 우주이고, 임계 밀도보다 크면 닫힌 우주이며, 임계 밀도와 같으면 평탄 우주이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

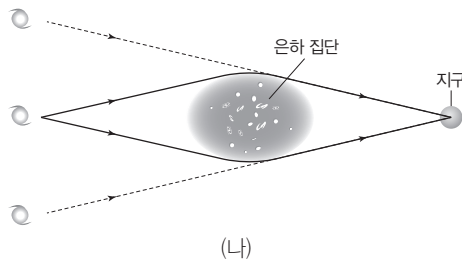
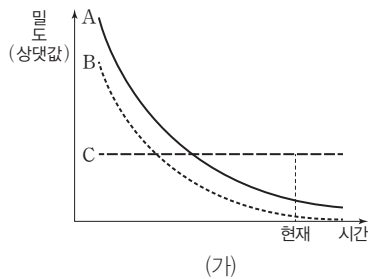
보기

- ㄱ. (가)에서 우주의 곡률은 양(+)의 값이다.
- ㄴ. (나)에서 우주의 평균 밀도는 임계 밀도보다 작다.
- ㄷ. (다)는 등속 팽창하는 평탄 우주이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

18 그림 (가)는 빅뱅 우주론에서 시간에 따른 보통 물질, 암흑 물질, 암흑 에너지의 밀도 변화를, (나)는 은하 집단에 의한 중력 렌즈 현상을 나타낸 것이다.

[23026-0308]



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.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

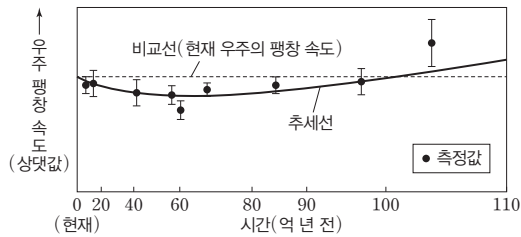
보기

- ㄱ. 별과 성운을 구성하는 물질의 밀도 변화는 B이다.
- ㄴ. (나)의 중력 렌즈 현상은 주로 C에 의해 일어난다.
- ㄷ. 미래에 우주의 팽창 속도는 일정한 값으로 수렴할 것이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

최근의 관측 결과에 따르면 우주 안에 있는 물질들의 인력을 합친 것보다 더 큰 척력이 우주를 팽창시키고 있다. 과학자들은 척력을 발생시키는 에너지를 암흑 에너지라고 추정하고 있다.

19 그림은 약 110억 년 전부터 현재까지 시간에 따른 우주의 팽창 속도 변화를 나타낸 것이다. [23026-0309]



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

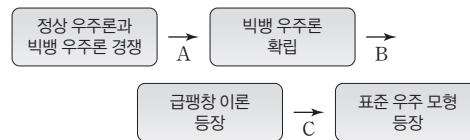
보기

- ㄱ. 약 60억 년 전부터 현재까지 우주는 가속 팽창하고 있다.
- ㄴ. 우주의 팽창 속도는 현재보다 우주 배경 복사가 형성될 당시에 빨랐다.
- ㄷ. 이 기간 동안 $\frac{\text{암흑 에너지 밀도}}{\text{우주의 밀도}}$ 는 계속 증가하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

급팽창 이론을 포함한 빅뱅 우주론에 암흑 물질과 암흑 에너지의 개념까지 모두 포함된 최신 우주론을 표준 우주 모형이라고 한다.

20 그림은 표준 우주 모형이 등장하기까지의 과정을 나타낸 것이다. [23026-0310]



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. A 시기에 허블 법칙이 발견되었다.
- ㄴ. B 시기에 우주 배경 복사를 최초로 관측하였다.
- ㄷ. C 시기에 우주의 지평선 문제를 설명할 수 있었다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ