

2023학년도 대학수학능력시험 대비

국어영역 과학탐구교과

# 배경지식

Directed by Jcos

생명과학  
지구과학

2015학년도 교육과정 탐구영역 배경지식

# 국어 영역 (생명과학 I)

성명		수험 번호																	
----	--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- 문제지의 해당란에 성명과 수험번호를 정확히 쓰시오.
- 답안지의 필적 확인란에 다음의 문구를 정자로 기재하시오.

두뇌가 우리가 이해할 수 있을 만큼 단순했다면,  
우리는 너무 단순해서 두뇌를 이해할 수가 없을 것이다.

- 답안지의 해당란에 성명과 수험번호를 쓰고, 또 수험번호와 답을 정확히 표시하시오.
- 문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오.  
배점은 2점 또는 3점입니다.

※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

제 1 교시

국어 영역

1. 생물의 특성

지구에는 사람을 포함하여 매우 다양한 생물이 살고 있다. 생물은 보통 겉모습으로 비생물과 구별할 수 있지만, 구별하기 어려울 때도 있다. 생물을 비생물과 구별할 수 있는 특성은 무엇인지 알아보자.

비생물도 생물처럼 자라거나 움직일 수 있어서 생물을 단순히 자란다, 움직인다 등의 특성만으로 비생물과 구별할 수는 없다. 생물은 여러 가지 생명 현상의 특성을 공통으로 가지고 있다.

모든 생물의 몸은 **세포**로 이루어져 있다. 아메바와 같이 하나의 세포로 이루어진 생물을 단세포 생물, 사람과 같이 많은 수의 세포로 이루어진 생물을 다세포 생물이라고 한다. 사람과 같은 다세포 생물은 세포가 모여 조직을, 조직이 모여 기관을, 기관이 모여 개체를 이루는 복잡하고 조직화한 정교한 체제를 갖추고 있다.

생물의 체내에서는 생명 현상을 유지하기 위해 물질을 합성하거나 분해하는 **물질대사**가 끊임없이 일어난다. 물질대사가 일어날 때는 에너지가 흡수되거나 방출되며, 효소가 관여한다. 빛에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 광합성과 포도당을 분해하여 에너지를 얻는 세포 호흡은 모두 물질대사에 해당한다. 생물은 물질대사를 통해 필요한 물질과 에너지를 얻음으로써 생명을 유지하므로 물질대사는 생물과 비생물을 구분하는 중요한 특성 중 하나이다.

개구리와 같은 다세포 생물은 하나의 수정란이 개체로 되는 **발생**을 하며, 어린 개체는 체세포 분열을 통해 세포 수를 늘려가면서 **성장**한다. 즉, 다세포 생물은 발생과 성장을 통해 구조적, 기능적으로 완전한 개체가 된다.

생물은 **자극**에 여러 가지 방식으로 **반응**한다. 우리는 뜨거운 물체에 손이 닿으면 순간적으로 손을 떼며, 미모사는 잎에 다른 물체가 닿으면 잎이 오므라드는 반응을 나타낸다. 이처럼 생물은 자극에 적절히 반응하여 생명을 보호하고 유지한다.

생물은 몸에서 감지된 자극에 반응함으로써 내부와 외부의 환경 변화에 대처하여 체내의 상태를 일정하게 유지하려는 **항상성**이 있다. 우리 몸에서 혈당량, 체온 등이 일정하게 유지되는 것은 항상성의 예이며, 이러한 항상성은 내분비계와 신경계의 작용을 통해 조절된다.

모든 생물은 종족을 유지하기 위해 자신을 닮은 개체를 만드는 **생식**을 한다. 생식을 통해 생물은 자신의 유전 물질을 자손에게 전해 주므로 새로 태어나는 개체는 아버지의 형질을 물려받게 된다. 이처럼 아버지의 형질은 자손에게 **유전**되는데, 적록 색맹인 어머니로부터 적록 색맹인 아들이 태어나는 것은 유전의 예이다.

건조한 사막에 사는 선인장은 잎이 가시 모양으로 변형되어 수분 손실을 줄일 수 있으며, 뱀은 머리뼈의 관절에서 아래턱을 분리하여 큰 먹이를 삼킬 수 있다. 이처럼 생물은 자신이 살아가는 환경에 적합한 몸의 형태와 기능, 생활 습성 등을 가지도록 변화하는 **적응**을 한다. 환경에 잘 적응한 생물은 그렇지 않은 생물보다 살아남아 자손을 남길 확률이 높다.

생물은 오랜 시간 환경에 적응해 가면서 새로운 종으로 **진화**한다. 현재 지구에 다양한 생물이 존재하는 것은 공통 조상으로부터 출발한 생물이 서로 다른 환경 또는 다른 생물과 끊임없이 상호 작용하면서 진화한 결과이다.

에어컨은 온도 변화에 반응하여 실내 온도가 설정 온도보다 올라가면 켜지고, 설정 온도보다 내려가면 꺼진다. 이처럼 비생물에서도 자극에 대한 반응과 같은 생물의 특성이 나타날 수 있다. 따라서 생물과 비생물을 구분하기 위해서는 생물이 가진 특성을 모두 고려해야 한다.

바이러스는 모양이 매우 다양하고, 크기가 세균보다 훨씬 작다. 또, 세포로 이루어져 있지 않고, 단백질 껍질 속에 유전 물질인 핵산이 들어 있는 단순한 구조를 하고 있다.

바이러스는 독자적으로 물질대사를 할 수 없어 숙주 세포 밖에서는 입자 상태로 존재하는 **비생물적 특성**을 나타낸다. 그러나 바이러스는 살아 있는 숙주 세포 내에서 증식할 수 있으며, 증식 과정에서 돌연변이가 일어나 많은 변종 바이러스가 형성된다. 이를 통해 다양한 환경에 적응하며 진화하는 **생물적 특성**을 나타낸다. 즉, 바이러스에는 일부 생물적 특성이 존재하기도 하지만, 비생물적 특성도 존재한다.

1. 표는 4종류 곤충의 먹이 섭취 방법과 입 모양을 나타낸 것이다.

구분	나비	매미	파리	잠자리
먹이 섭취 방법	입을 뻗어서 빨아 먹음	입으로 찢어서 빨아 먹음	입으로 핥아 먹음	입으로 씹어 먹음
입 모양				

이 자료에 나타난 생명 현상의 특성과 가장 관련이 깊은 것은?

- ① 미모사의 잎을 만지면 잎이 접힌다.
- ② 식물 종자가 발아하여 뿌리, 줄기, 잎으로 분화한다.
- ③ 효모를 이용하여 맥걸리를 만들 때 CO<sub>2</sub>가 발생한다.
- ④ 사람의 체온이 낮아지면 근육이 떨리면서 열이 발생한다.
- ⑤ 초식동물의 소화관 길이는 비슷한 몸집을 가진 육식동물의 소화관 길이보다 길다.

2. 다음은 거미가 거미줄을 이용하여 먹이를 잡는 과정의 일부를 설명한 것이다.

거미줄에 먹이가 걸리면 거미줄에 진동이 발생한다.  
 ㉠ 거미는 이 진동을 감지하여 먹이를 향해 다가간다.



㉠에 나타난 생명 현상의 특성과 가장 관련이 깊은 것은?

- ① 효모는 출아법으로 증식한다.
- ② 장구벌레가 자라서 모기가 된다.
- ③ 콩은 저장된 녹말을 이용하여 발아한다.
- ④ 색맹인 어머니로부터 색맹인 아들이 태어난다.
- ⑤ 지렁이에게 빛을 비추면 어두운 곳으로 이동한다.

3. 그림은 서식 환경에 따른 두 토끼의 생김새를 나타낸 것이다.



사막 지역



북극 지역

자료에 나타난 생명 현상의 특성과 가장 관련이 깊은 것은?

- ① 효모는 출아법으로 번식한다.
- ② 미모사의 입을 건드리면 입이 접힌다.
- ③ 장구벌레는 번데기 시기를 거쳐 모기가 된다.
- ④ 지렁이에게 빛을 비추면 어두운 곳으로 이동한다.
- ⑤ 선인장은 잎이 가시로 변해 건조한 환경에 살기에 적합하다.

2. 생명 과학의 특성과 탐구 방법

생명 과학은 물질이나 우주의 생성 등을 연구하는 타 과학 분야와 달리 지구에 사는 생물의 특성과 다양한 생명 현상을 연구하는 학문이다. 생명 과학의 연구 대상은 개체, 기관, 조직, 세포, 세포를 구성하는 분자로 세분화할 수 있으며, 같은 종의 개체들의 집단인 개체군, 같은 지역에서 상호 작용하며 살아가는 개체군들의 집단인 군집, 군집이 환경과 상호 작용하는 생태계로 확장할 수 있다. 따라서 생명 과학은 생명의 본질을 분자와 세포 수준에서 파악하는 미시적인 영역과 유전, 생물의 다양성, 생태, 진화 등을 연구하는 거시적이고 종합적인 영역으로 구분할 수 있다.

생명 과학은 생명체에서 일어나는 여러 가지 현상을 탐구하여 생명을 유지하는 원리를 이해함으로써 생명의 본질을 밝히고자 한다. 또, 연구 성과를 의료, 환경, 신약 개발, 생물 자원 개발 등 다양한 분야에 응용하여 인류가 당면한 질병, 환경 오염, 기후 변화 등과 같은 과제를 해결하는 데 이용하는 종합 학문이다.

관찰을 통해 수국의 꽃 색깔이 서식 환경에 따라 달라진다는 것을 알게 되고 그 까닭을 알아보기 위해 탐구를 하듯이, 오래전부터 과학자들은 생명 현상을 직접 관찰하고 탐구함으로써 생명 과학에 관한 지식을 얻었다. 생명 과학 탐구의 시작은 관찰이며, 관찰을 통해 얻은 여러 가지 사실을 토대로 한 생명 과학의 탐구 방법에는 귀납적 탐구 방법과 연역적 탐구 방법이 있다.

귀납적 탐구 방법은 자연 현상을 관찰하여 얻은 자료를 종합하고 분석하는 과정에서 규칙성을 발견하고, 이로부터 일반적인 원리나 법칙을 끌어내는 탐구 방법이다. 모든 생물의 몸은 세포로 이루어져 있다는 생명 과학 지식은 여러 생명 과학자가 다양한 생물을 관찰하면서 얻은 사실들이 축적되어 완성된 것으로, 귀납적 탐구 방법이 이용되었다. 또, 오랜 세월 동안 연구한 결과를 종합하여 자연 선택이 진화의 원리라는 것을 밝힌 다윈의 진화론, 사람의 유전체를 이루는 DNA 염기 서열을 알아내고 유전자의 위치를 밝힌 사람 유전체 사업 등도 귀납적 탐구 방법을 이용한 예이다.

연역적 탐구 방법은 자연 현상을 관찰하면서 생긴 의문의 답을 찾기 위해 가설을 세우고, 체계적인 검증을 통해 결론을 얻는 탐구 방법이다.

**가설**이란 관찰을 통해 인식한 문제를 해결하기 위한 잠정적인 답이다. 가설은 예측 가능해야 하고, 옳은지 그른지 실험이나 관측을 통해 확인할 수 있어야 한다.

가설을 검증하기 위하여 **탐구**를 설계하고 수행한다. 탐구를 수행할 때는 대조군을 설정하고 실험군과 비교하는 대조 실험을 하여 실험 결과의 타당성을 높여야 한다. 실험에 관계되는 요인을 변인이라고 하는데, 변인에는 독립변인과 종속변인이 있다. 실험할 때는 실험 결과에 영향을 미치는 변인을 적절히 통제해야 한다. 그리고 실험을 반복하여 실험 결과의 신뢰도를 높여야 한다.

탐구를 수행하여 얻은 **결과**는 표나 그래프 등으로 정리하여 분석한다. 이 과정에서 처음에 설정한 가설이 옳지 않다고 판단되면 가설을 수정하여 새로운 탐구를 설계한 후 다시 수행한다. 그리고 실험 결과를 분석한 내용이 가설과 일치하면 결론을 내린다. 이 결론이 다른 과학자들의 탐구를 통해 반복해

서 확인되면 이론이나 학설로 인정받아 일반화되며, 이로써 새로운 생명 과학 지식을 얻는다.

4. 다음은 어떤 과학자가 수행한 탐구이다.

(가) 딱충새우가 서식하는 산호의 주변에는 산호의 천적인 불가사리가 적게 관찰되는 것을 보고, 딱충새우가 산호를 불가사리로부터 보호해 줄 것이라고 생각했다.

(나) 같은 지역에 있는 산호들을 집단 A와 B로 나눈 후, A에서는 딱충새우를 그대로 두고, B에서는 딱충새우를 제거하였다.

(다) 일정 시간 동안 불가사리에게 잡아먹힌 산호의 비율은 ㉠에서가 ㉡에서보다 높았다. ㉠과 ㉡은 A와 B를 순서 없이 나타낸 것이다.

(라) 산호에 서식하는 딱충새우가 산호를 불가사리로부터 보호해준다는 결론을 내렸다.

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

가. ㉠은 A이다.  
 나. (나)에서 조작 변인은 딱충새우의 제거 여부이다.  
 다. (다)에서 불가사리와 산호 사이의 상호 작용은 포식과 피식에 해당한다.

- ① 가      ② 다      ③ 가, 나      ④ 나, 다      ⑤ 가, 나, 다

5. 다음은 어떤 과학자가 수행한 탐구이다.

(가) 서식 환경과 비슷한 털색을 갖는 생쥐가 포식자의 눈에 잘 띄지 않아 생존에 유리할 것이라고 생각했다.

(나) ㉠갈색 생쥐 모형과 ㉡흰색 생쥐 모형을 준비해서 지역 A와 B 각각에 두 모형을 설치했다. A와 B는 각각 갈색 모래 지역과 흰색 모래 지역 중 하나이다.

(다) A에서는 ㉠이 ㉡보다, B에서는 ㉡이 ㉠보다 포식자로부터 더 많은 공격을 받았다.

(라) ㉠서식 환경과 비슷한 털색을 갖는 생쥐가 생존에 유리하다는 결론을 내렸다.

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

가. A는 갈색 모래 지역이다.  
 나. 연역적 탐구 방법이 이용되었다.  
 다. ㉠은 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

- ① 가      ② 나      ③ 가, 다      ④ 나, 다      ⑤ 가, 나, 다

3. 생명 활동과 에너지

세포에서는 구조를 유지하고 환경 변화에 반응하며, 성장하고 증식하는 등 역동적인 생명 활동이 일어난다. 이러한 생명 활동이 일어나기 위해서는 에너지가 필요하며, 이 에너지는 세포의 물질대사에서 얻는다.

물질대사는 세포에서 물질을 합성하고 분해하는 모든 화학 반응으로, 동화 작용과 이화 작용으로 구분된다. **동화 작용**은 저분자 물질로부터 고분자 물질을 합성하는 반응이다. 단백질이나 핵산과 같은 세포의 구성 성분을 합성하는 것은 동화 작용에 해당한다. **이화 작용**은 고분자 물질을 저분자 물질로 분해하는 반응이다. 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해하는 세포 호흡이나, 글리코젠과 같은 복잡한 탄수화물을 포도당과 같은 단순한 탄수화물로 분해하는 것은 이화 작용에 해당한다. 이러한 물질 대사에서 반응의 각 단계에는 특정한 효소가 관여한다.

동화 작용은 에너지가 흡수되는 반응이고, 이화 작용은 에너지가 방출되는 반응이다. 이처럼 물질대사에서 물질의 변화가 일어날 때는 에너지의 출입, 전환, 저장에 함께 일어난다.

세포는 이화 작용을 통해 방출된 에너지 일부를 사용하여 생명 활동에 필요한 물질을 합성하는 동화 작용을 한다. 이처럼 생명 현상은 끊임없이 에너지를 소모하는 과정이므로 에너지의 공급 없이는 유지될 수 없다.

사람은 생명 활동에 필요한 에너지를 **세포 호흡**을 통해 얻는다. 세포 호흡은 조직 세포에서 영양소를 분해하여 에너지를 얻는 과정으로, 세포질과 미토콘드리아에서 일어난다.

세포 호흡에서 포도당은 산소와 반응하여 이산화 탄소와 물로 분해되며 에너지를 방출한다. 이때 에너지 일부는 **ATP**라는 화합물에 화학 에너지 형태로 저장되고, 나머지는 열에너지로 방출된다. ATP는 아데닌과 리보스에 세 개의 인산기가 결합한 화합물이다. ATP가 분해될 때 제일 끝부분의 인산기가 분리되어 에너지가 방출되며, 생명체는 이 에너지를 사용하여 생명 활동을 한다. 이 과정에서 생성된 ADP와 무기 인산은 세포 호흡을 통해 다시 ATP로 합성된다.

ATP에 저장된 에너지는 화학 에너지, 기계적 에너지, 열에너지, 소리 에너지 등으로 전환되어 근육 수축, 발열, 물질 합성, 물질 운반 등 다양한 생명 활동에 사용된다. 그 결과 근육 운동, 체온 유지, 성장, 정신 활동, 발성 등이 일어난다.

세포가 물질대사를 통해 ATP를 합성하기 위해서는 산소와 영양소가 필요하다. 수 많은 세포로 이루어진 사람의 몸에서 산소와 영양소는 어떻게 세포에 공급될까?

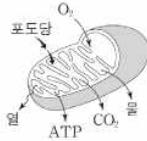
사람은 음식물 섭취를 통해 세포의 생명 활동에 필요한 영양소를 공급받는다. 음식물 속의 영양소를 분해하거나 흡수하는 일은 소화계에서 일어난다. 몸속으로 흡수된 영양소는 세포로 운반되어 세포 호흡에 이용된다. 또, 세포 호흡이 진행하려면 영양소 외에 산소가 필요하며, 세포 호흡의 결과로 이산화 탄소가 생성된다. 세포 호흡에 필요한 산소를 받아들이고, 생성된 이산화 탄소를 몸 밖으로 배출하는 일은 호흡계에서 일어난다.

조직 세포로 산소와 영양소를 공급하고 노폐물을 몸 밖으로

배설하기 위해서는 효율적인 물질 운반 수단이 필요하다. 이러한 운반 기능은 순환계가 담당하며, 순환계는 펌프 역할을 하는 심장과 인체의 모든 부분에 혈액을 공급하는 혈관으로 구성되어 있다.

음식물 속의 영양소가 조직 세포에서 분해되면서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, ATP가 분해되면서 방출된 에너지는 세포의 생명 활동에 사용된다. 이 과정에 소화계, 호흡계, 순환계가 관여한다. 각 기관계는 세포에서 물질 대사가 원활하게 일어날 수 있도록 정교하게 상호 작용하며, 통합적으로 기능을 수행한다.

6. 그림은 사람의 미토콘드리아에서 일어나는 세포 호흡을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 미토콘드리아에서 이화 작용이 일어난다.
  - ㄴ. ATP의 구성 원소에는 인(P)이 포함된다.
  - ㄷ. 포도당이 분해되어 생성된 에너지의 일부는 체온 유지에 이용된다.

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

7. 다음은 효모를 이용한 실험 과정을 나타낸 것이다.

- (가) 증류수에 효모를 넣어 효모액을 만든다.
- (나) 발효관 I 과 II에 표와 같이 용액을 넣는다.

발효관	용액
I	증류수 15mL + 효모액 15mL
II	3% 포도당 용액 15mL + 효모액 15mL

- (다) I 과 II를 모두 항온기에 넣고 각 발효관에서 10분 동안 발생한 ①기체의 부피를 측정한다.

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ①에 이산화 탄소가 있다.
  - ㄴ. II에서 이화 작용이 일어난다.
  - ㄷ. (다)에서 측정된 ①의 부피는 I에서가 II에서보다 크다.

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

4. 노폐물의 생성과 배설

세포가 세포 호흡을 통해 에너지를 전환하는 과정에서 여러 가지 노폐물이 생성된다. 탄수화물, 지방, 단백질은 공통으로 탄소, 수소, 산소로 이루어져 있어 이들이 세포 호흡에 이용되면 이산화 탄소와 물이 생성된다. 그러나 단백질은 질소도 포함하고 있으므로 세포 호흡에 이용되면 이산화 탄소와 물뿐만 아니라 질소 노폐물인 암모니아(NH<sub>3</sub>)도 생성된다.

배설은 이산화 탄소, 물, 암모니아와 같이 물질대사의 결과 생성된 노폐물이나 독성 물질을 몸 밖으로 내보내는 과정이다. 배설을 통해 세포 호흡이 원활하게 일어날 수 있도록 몸의 내부 환경이 유지된다.

암모니아는 독성이 강해 간에서 물질대사를 통해 독성이 약한 요소로 전환된다. 물질대사의 결과 생성되는 물질 중 여분의 물과 요소는 순환계를 통해 배설계로 이동되며, 배설계에서는 혈액 속의 요소를 걸러 내어 물과 함께 오줌으로 배설한다. 물질 대사의 결과 생성된 노폐물을 배설하는 과정을 알아보자.

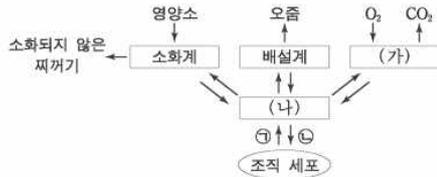
배설계를 구성하는 콩팥은 혈액을 걸러 오줌을 생성하고, 오줌은 방광에 모였다가 몸 밖으로 나간다. 우리 몸은 배설계를 통해 혈액 속의 노폐물을 몸 밖으로 내보내고 혈액의 성분과 수분량 등을 조절한다.

세포가 생명 활동을 유지하기 위해 에너지를 얻는 과정에서 소화계, 호흡계, 순환계의 통합적 작용이 일어난다. 물질대사의 결과 생성된 노폐물이 몸 밖으로 배설될 때도 여러 기관계의 통합적 작용이 일어난다. 순환계는 혈액을 순환시키면서 이산화 탄소, 요소, 여분의 물 등을 운반하고, 호흡계는 몸 밖으로 이산화 탄소를 배출한다. 배설계는 혈액에서 요소와 여분의 물을 걸러 내어 오줌을 생성하고 배설한다. 이처럼 노폐물의 배설 과정은 물질대사와 호흡계, 순환계, 배설계의 통합적 작용으로 일어난다.

여러 기관계는 통합적으로 작용하므로 어느 한 기관계의 작용에 이상이 생기면 정상적인 생명 활동을 유지하기 어렵다. 예를 들어 순환계에 이상이 생기면 산소와 영양소가 세포로 잘 운반되지 않아 세포 호흡을 통한 에너지의 저장과 사용이 원활하게 일어나지 않는다. 또, 물질대사의 결과 생성된 노폐물이 배설되지 못하면 세포나 조직이 해를 입는다.

우리 몸에서는 물질대사를 통해 물질의 생성과 변화가 일어나고, 그 결과 생성된 노폐물의 제거 작용이 일어난다. 이 과정에서 여러 기관계는 서로 다른 기능을 수행하면서도 통합적으로 작용함으로써 생명을 유지한다.

8. 그림은 체내에서 일어나는 물질의 이동 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 순환계와 호흡계 중 하나이고, ㉠과 ㉡은 각각 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 중 하나이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 CO<sub>2</sub>이다.
  - ㄴ. (가)는 호흡계이다.
  - ㄷ. 심장은 (나)에 속한다.

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

9. 그림은 사람의 4가지 기관과 각 기관이 속하는 기관계 (가)~(라)를 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각 소화계, 순환계, 호흡계, 배설계 중 하나이다.

기관				
	콩팥	폐	소장	심장
기관계	(가)	(나)	(다)	(라)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 배설계이다.
  - ㄴ. 세포 호흡 결과 생성된 물질 중 일부는 (나)를 통해 체외로 배출된다.
  - ㄷ. 음식물로 섭취한 포도당은 (다)에서 흡수되어 (라)를 통해 조직 세포로 이동한다.

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

5. 물질대사의 중요성

우리 몸에서 물질대사의 이상으로 발생하는 질환을 통틀어 **대사성 질환**이라고 한다. 대사성 질환에는 포도당 대사 이상에 의한 고혈당, 당뇨병, 지방 대사 이상에 의한 고지질 혈증, 비만 등이 있으며, 이러한 질환에 의해 발생하는 심혈관계 질환, 뇌혈관계 질환 등도 포함될 수 있다.

고지질 혈증은 혈액 속에 콜레스테롤, 중성 지방 등이 과다하게 들어 있는 상태를 말한다. 혈액 속에 콜레스테롤이 많아져서 혈관 벽에 쌓이면 동맥 경화를 일으키고, 고혈압, 심장병, 뇌졸중 등의 원인이 된다.

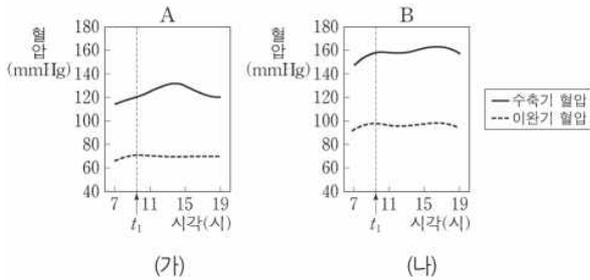
비만 등으로 내장에 지방이 많이 쌓이면 혈액 속에 지방산이 증가하고, 간에도 지방이 쌓이는 지방간이 되어 각종 성인병으로 발전할 수 있다. 대사성 질환은 물질대사의 이상 현상이 오랜 시간을 두고 서서히 진행되면서 나타난다. 생활 방식이 변화하고, 고령화가 진행됨에 따라 비만, 당뇨병 등 대사성 질환이 많이 발생하고 있다.

체온 조절, 심장 박동, 혈액 순환, 호흡 활동과 같은 생명 현상을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지를 **기초 대사량**이라고 한다. 기초 대사량을 제외하고 육체적 활동에 필요한 에너지를 활동 대사량이라고 하며, 이때 소모되는 에너지는 활동의 종류, 시간, 강도 등에 따라 달라진다. 또, 음식물이 소화, 흡수, 운반, 저장되는 과정에도 에너지가 소모된다. 우리 몸이 하루에 필요로 하는 에너지인 **1일 총 대사량**은 기초 대사량과 여러 가지 활동에 필요한 에너지를 모두 포함한다.

우리가 섭취한 음식물로부터 얻은 에너지가 활동에 필요한 에너지보다 적으면, 우리 몸은 지방이나 근육에 포함된 단백질을 분해하여 필요한 에너지를 얻는다. 이러한 상태가 지속되면 체중이 감소하며, 면역력이 떨어져 각종 질환이 발생할 가능성이 커진다. 활동에 필요한 에너지보다 더 많은 에너지를 섭취하면, 생명 활동에 사용되고 남은 에너지는 지방의 형태로 저장된다. 이러한 상태가 지속되면 체지방 축적량이 증가하고 체중이 증가하며 당뇨병, 고혈압 등 대사성 질환이 발생하게 된다. 따라서 건강한 몸을 유지하려면 음식물로부터 얻는 에너지와 여러 활동을 통해 소모하는 에너지가 균형을 이루어야 한다.

우리 몸의 지방이 줄고 근육이 발달할수록 기초 대사량이 높아지므로 규칙적으로 운동하면 에너지 균형을 유지하는 데 도움이 된다. 또, 우리 몸이 생명 현상을 유지하기 위해서는 여러 종류의 영양소가 필요하므로 균형 잡힌 식단의 구성도 중요하다. 일반적으로 대사성 질환은 잘못된 생활 습관, 과도한 영양 섭취, 부족한 에너지 소모, 비만 등으로 발생하며, 유전, 스트레스 등에 의해서도 발생한다. 대사성 질환은 치료에 많은 시간과 노력이 필요하므로 올바른 생활 습관을 통해 예방하는 것이 중요하다.

10. 그림 (가)와 (나)는 각각 사람 A와 B의 수축기 혈압과 이완기 혈압의 변화를 나타낸 것이다. A와 B는 정상인과 고혈압 환자를 순서 없이 나타낸 것이다.



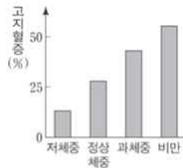
이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 대사성 질환 중에는 고혈압이 있다.
  - ㄴ.  $t_1$ 일 때 수축기 혈압은 A가 B보다 높다.
  - ㄷ. B는 고혈압 환자이다.

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

11. 표는 성인의 체질량 지수에 따른 분류를, 그림은 이 분류에 따른 고지혈증을 나타내는 사람의 비율을 나타낸 것이다.

체질량 지수*	분류
18.5 미만	저체중
18.5 이상 23.0 미만	정상 체중
23.0 이상 25.0 미만	과체중
25.0 이상	비만



$$*체질량 지수 = \frac{\text{몸무게(kg)}}{\text{키의 제곱(m}^2\text{)}}$$

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 체질량 지수가 20.0인 성인은 정상 체중으로 분류된다.
  - ㄴ. 고지혈증을 나타내는 사람의 비율은 비만인 사람 중에서는 정상 체중인 사람 중에서도 높다.
  - ㄷ. 대사성 질환 중에는 고지혈증이 있다.

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

6. 흥분의 전도와 전달

신경 세포는 신경계를 구성하는 기본 단위로, 자극을 특정한 신호로 바꾸어 전달할 수 있다. 신경 세포는 신경 세포체, 가지 돌기, 축삭 돌기로 구성되어 있다.

일부 신경 세포의 축삭 돌기는 **말이집**으로 싸여 있다. 축삭 돌기가 말이집으로 싸여 있는 신경을 **말이집 신경**, 말이집으로 싸여 있지 않은 신경을 **민말이집 신경**이라고 한다. 말이집은 슈반 세포의 세포막이 길게 늘어나 축삭을 여러 겹으로 싸고 있는 것이다. 말이집 신경에서 말이집과 말이집 사이에는 축삭이 노출된 부분이 있는데, 이를 **랑비에 결절**이라고 한다.

신경 세포는 기능에 따라 구심성 신경 세포, 연합 신경 세포, 원심성 신경 세포로 구분한다. **구심성 신경 세포**는 몸의 말단 부위에서 생성된 신호를 중추 신경계로 전달하고, **원심성 신경 세포**는 중추 신경계에서 나온 신호를 반응기로 전달한다. **연합 신경 세포**는 중추 신경계를 구성하며, 구심성 신경 세포와 원심성 신경 세포를 연결한다.

신경 세포가 자극을 받아 세포막의 전기적 특성이 변하는 현상을 **흥분**이라고 하며, 흥분이 신경 세포의 축삭 돌기를 따라 이동하는 과정을 **흥분 전도**라고 한다.

신경 세포의 안쪽과 바깥쪽에 미세 전극을 꽂으면 세포막을 경계로 전위차가 측정되는데, 이를 **막전위**라고 한다. 신경 세포가 자극을 받지 않을 때 나타나는 막전위를 **휴지 전위**라고 하며, 휴지 전위는 약 -70 mV이다. 휴지 전위가 나타날 때 신경 세포의 세포막을 경계로 안쪽은 상대적으로 음(-) 전하를, 바깥쪽은 양(+) 전하를 띠는데, 이를 **분극**이라고 한다. 분극은 세포막을 경계로 이온이 불균등하게 분포하고, 각 이온의 막 투과성이 달라서 나타난다.

신경 세포의 세포막에는 이온을 운반하는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프와 이온 통로가 있다.  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프는  $\text{Na}^+$ 을 세포 밖으로 내보내고,  $\text{K}^+$ 을 세포 안으로 들여보내므로  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖에,  $\text{K}^+$ 은 세포 안에 각각 더 많이 존재한다. 이러한 농도 차이 때문에  $\text{Na}^+$ 은 세포 안으로,  $\text{K}^+$ 은 세포 밖으로 확산하려고 한다. 분극 상태에서  $\text{Na}^+$ 은 열려있는  $\text{Na}^+$  통로가 거의 없어 세포 안으로 거의 들어오지 못하지만,  $\text{K}^+$ 은 열려 있는 일부  $\text{K}^+$  통로를 통해 세포 밖으로 나갈 수 있다. 그 결과 세포막의 안쪽보다 바깥쪽에 상대적으로 양이온이 많아 안쪽은 음(-) 전하를, 바깥쪽은 양(+) 전하를 띤다.

신경 세포가 역치 이상의 자극을 받으면 흥분이 발생한다. 이때 축삭 돌기에서 나타나는 막전위의 급격하고 일시적인 변화를 **활동 전위**라고 한다.

신경 세포가 자극을 받으면  $\text{Na}^+$  통로가 열려 세포 밖에 있던  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산하여 막전위가 상승하는데, 이를 **탈분극**이라고 한다. 탈분극에 의한 막전위가 역치 전위를 넘으면  $\text{Na}^+$  통로가 더 많이 열려  $\text{Na}^+$ 이 대량으로 유입된다. 이에 따라 막전위가 급격히 상승하여 활동 전위가 발생한다.

활동 전위가 진행됨에 따라  $\text{Na}^+$  통로가 닫히고, 대부분  $\text{K}^+$  통로가 열려 세포 안에 있던  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산한다. 그 결과 막전위가 급격히 하강하는데, 이를 **재분극**이라고 한다. 이후  $\text{K}^+$  통로가 닫히고 이온이 재배치되어 휴지 전위로 돌아간다.

활동 전위가 발생한 부위에서 세포 안으로 유입된  $\text{Na}^+$ 은 옆으로 확산하며, 확산한 부위의 막전위를 변화시킴으로써 탈분극이 일어나도록 한다. 그 결과 탈분극이 일어난 부위의  $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 대량으로 유입되어 새로운 활동 전위가 발생한다. 이처럼 활동 전위가 축삭 돌기를 따라 연속으로 발생하여 흥분이 전도된다.

축삭 돌기의 굵기는 흥분 전도 속도에 영향을 미치는 중요한 요인 중 하나이다. 축삭 돌기의 굵기가 증가할수록 흥분 전도 속도가 빨라진다. 하지만 사람처럼 많은 수의 신경 세포를 가진 동물은 굵은 축삭 돌기를 갖는 대신 말미집을 이용하여 흥분 전도 속도를 빠르게 한다.

말미집 신경에서는 말미집이 절연체 역할을 하므로 말미집에 싸여 있지 않은 랑비에 결절에서만 활동 전위가 발생한다. 따라서 징검다리를 건너뛰듯이 랑비에 결절에서 다음 랑비에 결절로 흥분이 전도되는데, 이를 **도약전도**라고 한다. 말미집 신경에서는 도약전도가 일어나므로 흥분 전도 속도는 말미집 신경이 민말미집 신경보다 빠르다.

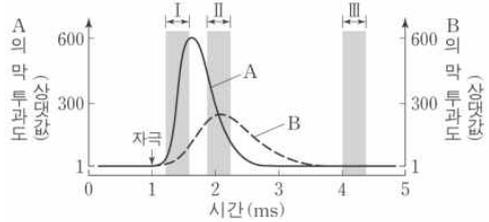
신경 세포의 축삭 돌기 말단은 다른 신경 세포나 근육과 좁은 틈을 사이에 두고 접해있는데, 이 접촉 부위를 **시냅스**라고 한다. 신경 세포의 축삭 돌기를 따라 말단까지 전도된 흥분은 시냅스를 통해 다른 세포로 전달되며, 이 과정을 **흥분 전달**이라고 한다.

신경 세포의 축삭 돌기 말단에는 신경 전달 물질이 들어 있는 시냅스 소포가 많이 존재한다. 흥분이 축삭 돌기 말단에 도달하면 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 시냅스 틈으로 분비한다. 분비된 신경 전달 물질이 시냅스 이후 신경 세포의 세포막에 있는 수용체에 결합하면 이온 통로가 열려 시냅스 이후 신경 세포가 탈분극되고 활동 전위가 발생한다.

신경 전달 물질이 들어 있는 시냅스 소포가 시냅스 이전 신경 세포의 축삭 돌기 말단에 있고, 신경 전달 물질의 수용체가 시냅스 이후 신경 세포의 신경 세포체나 가지 돌기에 있어서 흥분 전달은 한 방향으로만 일어난다.

시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 일반적으로 매우 짧은 시간 동안 작용한 후 분해되거나 시냅스 이전 신경 세포로 흡수되어 제거된다. 각성제, 진정제, 환각제와 같은 약물은 시냅스에서 신경 전달 물질의 작용을 강화하거나 방해함으로써 흥분 전달에 영향을 미친다. 그 결과 신경계의 기능에 심각한 이상이 나타날 수 있다.

12. 그림은 어떤 뉴런에 역치 이상의 자극을 주었을 때, 이 뉴런 세포막에서의 이온 A와 B의 막 투과도를 나타낸 것이다. A와 B는 각각  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$  중 하나이다.

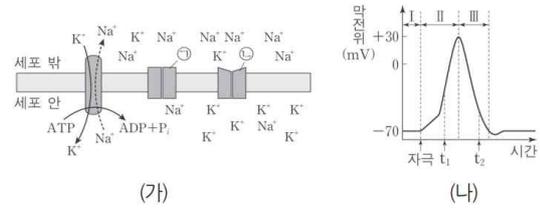


이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- < 보기 >
- ㄱ. 구간 I에서 A가 세포 밖으로 확산된다.
  - ㄴ. 구간 II에서 B의 농도는 세포 밖에서보다 세포 안에서 높다.
  - ㄷ. 구간 III에서 세포 안의 A 농도 유지에 ATP가 사용된다.

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

12. 그림 (가)는 신경 축삭 돌기의 세포막을 경계로 휴지 전위가 유지될 때의 이온 분포를, (나)는 활동 전위가 발생하였을 때 막전위의 변화를 나타낸 것이다. (가)에서 ㉠은  $\text{Na}^+$  통로, ㉡은  $\text{K}^+$  통로이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 구간 I에서  $\text{K}^+$ 의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 높다.
- ② 구간 II에서 재분극이 일어난다.
- ③  $t_1$ 일 때  $\text{Na}^+$ 의 유입에 ATP가 사용된다.
- ④  $t_2$ 일 때 ㉠을 통해  $\text{Na}^+$ 이 유출된다.
- ⑤ 구간 III에서  $\text{K}^+$ 이 ㉡을 통해 세포 안에서 세포 밖으로 확산된다.

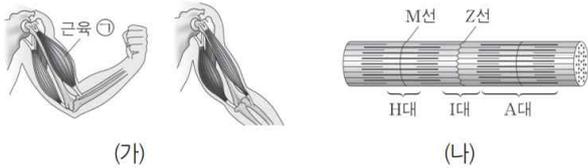
7. 근육 수축의 원리

우리가 운동할 때 이용하는 근육은 **골격근**이다. 근육계에서 골격근은 혈관, 신경, 근육 섬유 등이 모여 이루어진 기관이다. 근육의 여러 구성 요소 중 **근육 섬유**가 근육 수축을 담당한다. 근육 섬유는 여러 개의 핵을 가지고 있는 하나의 세포이며, 각 근육 섬유는 가느다란 근육 원섬유 다발로 이루어져 있다. 근육 원섬유는 막대 모양의 가닥이며, 근육 수축의 기본 단위는 **근육 원섬유 마디**이다. 근육 원섬유 마디는 나란히 놓인 가는 액틴 필라멘트 사이에 굵은 마이오신 필라멘트가 일부분씩 겹쳐 배열된 구조이다.

근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트가 있는 A대는 어둡게 보이고, 액틴 필라멘트만 있는 I대는 밝게 보이므로 현미경으로 근육 원섬유를 관찰하면 밝은 부분과 어두운 부분이 교대로 반복되는 것을 확인할 수 있다.

근육 섬유에는 운동 신경 세포가 시냅스를 통해 연결되어 있다. 운동 신경 세포의 말단에서 분비된 신경 전달 물질이 근육 섬유막의 수용체에 결합하면 근육 수축이 일어난다. 근육 수축은 근육 원섬유 마디를 구성하는 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가면서 일어나며, 이때 ATP가 소모된다. 이와 같은 근육 수축 이론을 **활주설**이라고 한다.

14 그림 (가)는 팔을 구부렸을 때와 폈을 때를, (나)는 근육 ㉠의 근육 원섬유를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 근육 ㉠의 길이는 팔을 구부렸을 때가 폈을 때보다 짧다.
  - ㄴ. 팔을 구부리는 동안 (나)의 액틴 필라멘트 길이는 짧아진다.
  - ㄷ. (나)의 H대 길이는 팔을 구부렸을 때와 폈을 때가 동일하다.

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

8. 신경계

신경계는 감각 기관에서 보내는 정보를 전달하고, 전달된 정보를 종합, 분석하여 적절한 명령을 내리며, 이 명령을 반응기에 전달한다. 또, 내부와 외부의 환경 변화에 대처하여 체내 상태를 일정하게 유지하는데 관여한다. 사람의 신경계는 중추 신경계와 말초 신경계로 구분한다.

중추 신경계는 감각 기관에서 보내오는 정보를 받아 통합한 후 반응이 일어나도록 신호를 보낸다. 중추 신경계는 **뇌**와 **척수**로 구성된다.

사람의 뇌는 대뇌, 소뇌, 간뇌, 중간뇌, 뇌교, 연수 등으로 구성된다. **대뇌**는 사람의 뇌에서 가장 큰 부분이며, 좌우 2개의 반구로 이루어져 있다. 대뇌의 단면은 겉질과 속질이 뚜렷하게 구분된다. 겉질은 주로 신경 세포의 신경 세포체가 모인 회색질이고, 속질은 주로 축삭 돌기가 모인 백색질이다. 겉질에는 신경 세포 사이의 시냅스가 밀집해 있어 시냅스를 통한 자극의 통합이 활발하게 이루어진다.

대뇌는 언어, 기억, 상상, 판단, 감정 등 고등 정신 활동과 감각, 수의 운동의 중추이며, 이러한 활동은 대부분 겉질에서 일어난다. 대뇌 겉질은 기능에 따라 감각령, 연합령, 운동령으로 구분한다. 감각령은 감각 기관에서 오는 정보를 받아들이고, 연합령은 감각령으로 들어온 정보를 종합, 분석하여 운동령에 적절한 명령을 내리며 정신 활동을 담당한다. 운동령은 연합령의 명령을 받아 골격근의 운동을 조절한다.

**소뇌**는 대뇌의 뒤쪽 아래에 위치하며, 좌우 2개의 반구로 이루어져 있다. 몸의 평형 유지 및 운동 능력을 습득하고 기억하는 데 관여한다.

**간뇌**는 대뇌의 중간 아래에 위치하며, 시상과 시상 하부로 이루어져 있다. 시상은 척수나 연수에서 오는 감각 신호를 대뇌 겉질에 전달하는 역할을 한다. 시상 하부는 체내의 항상성 조절에 중요한 역할을 한다.

**중간뇌**는 간뇌의 아래에 위치하며, 동공의 크기를 조절하고 소뇌와 함께 몸의 평형을 유지하는 데 관여한다. **뇌교**는 중간뇌와 연수 사이에 위치하며, 뇌의 여러 부분과 연결된다. **연수**는 뇌교와 척수 사이에 위치하며, 대뇌와 연결되는 대부분의 신경이 좌우 교차하는 곳이다. 중간뇌, 뇌교, 연수를 합하여 **뇌줄기**라고 하는데, 뇌줄기는 생명 유지에 중요한 역할을 한다.

척수는 연수에 연결되어 몸의 등 쪽을 따라 아래로 뻗어 있으며, 척추의 보호를 받는다. 척수의 겉질은 주로 신경 세포의 축삭 돌기가 모인 백색질이고, 속질은 주로 연합 신경 세포와 운동 신경 세포의 신경 세포체가 모인 회색질이다. 따라서 신경 세포와 신경 세포 사이에서 흥분 전달이 일어나는 곳은 속질이다.

척추의 마디마다 배 쪽으로 원심성 신경 (운동 신경과 자율 신경) 다발이 좌우로 1개씩 나와 **전근**을 이루고, 등 쪽으로 중심성 신경 (감각 신경) 다발이 좌우로 1개씩 나와 **후근**을 이룬다.

척수는 뇌와 말초 신경계 사이에서 정보를 전달하는 역할을 하며, 회피 반사, 무릎 반사, 배변·배뇨 반사 등의 중추이다.

중추 신경계는 감각 기관에서 보내온 정보를 처리하고 저장하며, 적절한 반응을 지시한다. 야구 선수가 날아오는 공을 보

고 야구 방망이로 치는 반응과 맨발로 날카로운 물체를 밟았을 때 무의식적으로 다리를 움츠리는 반응은 그 경로가 서로 다르다. 야구 선수의 반응은 대뇌의 판단과 명령에 따라 일어나는 의식적인 반응이지만, 날카로운 물체를 밟았을 때 무의식적으로 다리를 움츠리는 반응은 척수가 중추인 반사이다.

날카로운 물체를 밟았을 때와 같은 위급한 상황에서는 대뇌보다 척수에서 먼저 명령을 내려보낸다. 즉, 반사를 통해 위급한 상황에 먼저 반응한 후 감각 신경을 통해 대뇌에 정보가 전달된다. 이처럼 자극을 받아 반사가 일어나기까지의 경로는 일반적으로 의식적인 반응의 경로보다 짧아서 반사는 위협으로부터 몸을 보호하는 데 도움이 된다.

말초 신경계는 뇌와 직접 연결된 **뇌 신경**과 척수와 직접 연결된 **척수 신경**으로 구성된다. 또, 말초 신경계는 기능에 따라 구심성 신경과 원심성 신경으로 구분할 수 있다. 몸의 내부와 외부의 자극을 중추로 전달하는 **감각 신경**은 구심성 신경이다. 뇌와 척수의 명령을 골격근에 전달하는 **체성 신경계**와 내장 기관의 운동과 내분비샘의 기능 등을 조절하는 **자율 신경계**는 원심성 신경이다.

체성 신경계는 **운동 신경**으로 이루어져 있으며, 운동 신경의 축삭 돌기 말단에서 골격근으로 아세틸콜린이 분비되면 근육 수축이 일어난다.

자율 신경계는 대뇌의 직접적인 지배를 받지 않고 중간뇌, 연수, 척수 등에서 뻗어 나와 각종 내장 기관과 혈관에 분포한다. 자율 신경계는 **교감 신경**과 **부교감 신경**으로 구성되며, 주로 순환, 호흡, 소화, 호르몬 분비 등 생명 유지에 필수적인 기능을 조절 한다.

자율 신경계는 중추에서 나온 신경 세포가 반응기에 이르기 전에 신경절에서 시냅스를 형성한다. 교감 신경은 신경절 이전 신경 세포에서 아세틸콜린이, 신경절 이후 신경 세포에서 노르에피네프린이 분비되며, 부교감 신경은 신경절 이전 신경 세포와 신경절 이후 신경 세포에서 모두 아세틸콜린이 분비된다.

교감 신경과 부교감 신경은 대부분 같은 내장 기관에 분포 하면서 서로 반대 효과를 나타내는 **길항 작용**을 한다. 예를 들어 교감 신경은 심장 박동을 촉진하고, 부교감 신경은 심장 박동을 억제한다. 이와 같은 길항 작용을 통해 자율 신경은 상황에 따라 심장 박동 속도를 조절함으로써 조직과 기관에 혈액이 적절하게 공급될 수 있도록 한다.

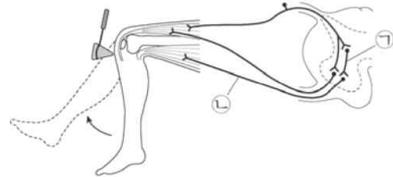
교감 신경은 위급한 상황에서 강한 육체적 활동을 준비하는데 필요한 반응이 일어나게 한다. 즉, 교감 신경이 활성화되면 간에서는 글리코젠이 포도당으로 분해되어 에너지원을 공급하고, 폐에서는 기관지가 이완되어 산소와 이산화 탄소 교환이 활발하게 일어나며, 심장 박동이 빨라져 조직에 혈액을 신속하게 공급할 수 있다. 그리고 위급한 상황이 지나가면 부교감 신경이 원래의 편안한 상태로 회복시켜 준다.

자율 신경의 길항 작용은 항상성에 매우 중요한 역할을 한다. 간뇌의 시상 하부는 체내 상태의 변화가 감지되면 자율 신경을 통해 내장 기관의 기능과 호르몬 분비를 조절하여 체내의 상태를 일정하게 유지한다.

신경계는 외부 환경으로부터의 자극을 감지하고 적절히 반응하게 하며, 체내의 상태를 일정하게 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 따라서 신경계에 이상이 생기면 우리 몸에 심각한

질환이 발생할 수 있다.

15. 그림은 무릎 반사가 일어날 때 흥분 전달 경로를 나타낸 것이다.

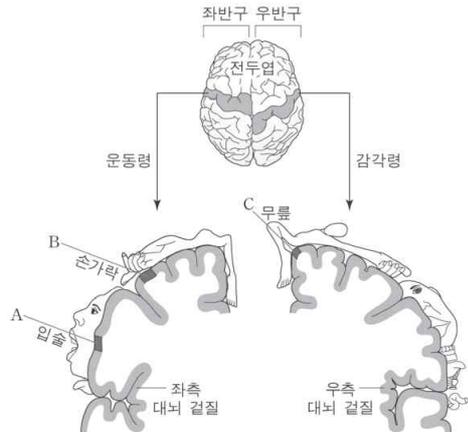


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 연합 뉴런이다.
  - ㄴ. ㉡은 후근을 통해 나온다.
  - ㄷ. 이 반사의 조절 중추는 척수이다.

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

16. 그림은 사람 대뇌의 좌반구 운동령, 우반구 감각령 각각의 단면과 여기에 연결된 사람의 신체 부분을 대뇌 겉질 표면에 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 입술, 손가락, 무릎에 연결된 대뇌 겉질 부위이다.

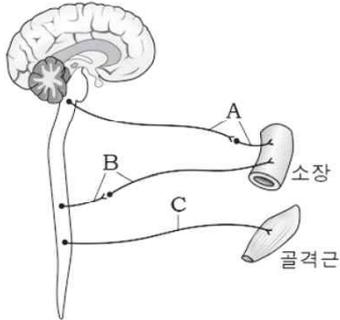


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A가 손상되면 입술의 감각이 없어진다.
  - ㄴ. B에 역치 이상의 자극을 주면 오른손의 손가락이 움직인다.
  - ㄷ. C에 역치 이상의 자극을 주면 무릎 반사에 의해 다리가 올라간다.

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

17. 그림은 중추 신경계와 반응기 사이에 연결된 신경 A~C를 나타낸 것이다.

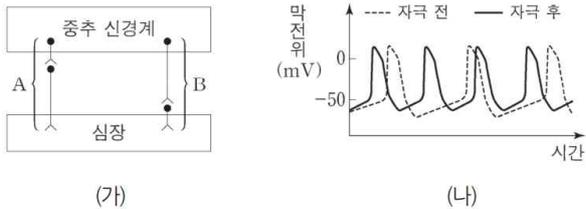


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 대뇌의 영향을 직접 받지 않는다.
  - ㄴ. B는 소장에서 소화액 분비를 촉진한다.
  - ㄷ. C는 체성 신경이다.

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

18. 그림 (가)는 심장 박동을 조절하는 자율 신경 A와 B를, (나)는 A와 B 중 하나를 자극했을 때 심장 세포에서 활동 전위가 발생하는 빈도의 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 말초 신경계에 속한다.
  - ㄴ. B의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수에 존재한다.
  - ㄷ. (나)는 A를 자극했을 때의 변화를 나타낸 것이다.

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

9. 항상성 유지

우리 몸은 내부와 외부의 환경이 변하더라도 혈당량, 삼투압, 체온과 같은 체내 상태를 일정하게 유지하려는 **항상성**을 지니고 있다. 항상성은 신경계와 내분비계에 의해 유지된다.

**내분비계**는 호르몬을 생성하고 분비하는 여러 가지 내분비샘으로 이루어져 있다. **호르몬**은 혈관으로 분비된 후 멀리 떨어져 있는 표적 세포에 신호를 전달하여 특정 조직이나 기관의 생리 작용을 조절한다. 호르몬은 신경보다 작용 속도가 느리지만, 지속해서 작용하며 여러 표적 세포에 광범위하게 영향을 미치므로 항상성, 생식, 발생, 성장 과정 등에 중요한 역할을 한다.

혈액 속 호르몬의 농도는 신경계와 내분비샘을 비롯한 여러 기관에 의해 일정하게 유지된다. 예를 들어 간뇌의 시상하부에서 분비된 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)은 뇌하수체 전엽에서 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비를 촉진한다. 분비된 TSH는 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 혈액 속 티록신의 농도가 일정 수준 이상으로 증가하면 티록신은 시상하부와 뇌하수체 전엽에 작용하여 TRH와 TSH의 분비를 억제한다.

이처럼 어떤 과정을 통해 나타난 결과가 그 과정을 억제하는 현상을 **음성 피드백**이라고 한다. 대부분 호르몬은 음성 피드백을 통해 적정량이 분비되도록 정교하게 조절되며, 이를 통해 체내의 항상성이 유지된다. 호르몬 분비에 이상이 생기면 어떤 일이 일어나는지 알아보자.

우리 몸의 항상성 조절에는 감각 기관, 신경계, 내분비계, 근육, 내장 기관 등 다양한 기관이 관여한다. 그중에서 항상성 조절의 최고 중추는 **시상 하부**이며, 시상하부의 명령을 받는 자율 신경계와 내분비계가 항상성 조절에서 핵심적인 역할을 한다.

포도당은 체내의 주요 에너지원이므로 혈당량이 과다하거나 부족하면 세포의 정상적인 기능에 문제가 생긴다. 따라서 혈당량은 일정한 수준으로 유지되어야 한다. 이차에서 분비되는 호르몬인 인슐린과 글루카곤은 혈당량 조절에서 가장 중요한 역할을 한다. 인슐린과 글루카곤의 길항 작용을 통해 혈당량이 조절되는데, **인슐린**은 혈당량을 감소시키고 **글루카곤**은 혈당량을 증가시킨다. 인슐린과 글루카곤의 분비량은 혈당량의 변화에 따른 음성 피드백 작용과 자율 신경계에 의해 조절된다.

혈당량이 정상적으로 조절되지 않으면 당뇨병이 발생할 수 있다. 당뇨병은 인슐린 분비가 부족하거나 인슐린의 작용이 적절하지 않을 때 발생한다. 당뇨병 환자가 혈당량을 제대로 조절하지 못하면 콩팥의 기능 약화, 시력 상실과 같은 심각한 합병증이 나타날 수 있다.

우리 몸을 구성하는 세포들은 대부분 외부 환경에 직접 노출되어 있지 않고 체액에 둘러싸여 있다. 체액의 농도가 변하면 체액과 세포 사이에 삼투압 차이가 발생하여 세포가 부풀어 오르거나 찌그러져 정상적인 기능을 할 수 없게 된다. 따라서 내부와 외부의 환경이 변해도 체액의 삼투압은 일정하게 유지되어야 한다.

체액의 삼투압은 체내 수분량과 무기염류의 양에 의해 결정된다. 물과 무기염류의 섭취량과 콩팥을 통한 물과 무기염류의 배설량이 균형을 이루면 체액의 삼투압은 일정하게 유지된다.

다.

짠 음식을 많이 섭취하거나 땀을 많이 흘려 체액의 삼투압이 높아지면 시상 하부는 **항이뇨 호르몬(ADH)**의 합성을 늘리고 뇌하수체 후엽을 통해 항이뇨 호르몬을 분비한다. 항이뇨 호르몬이 분비되면 콩팥에서 수분의 재흡수가 촉진되어 체내 수분량이 증가한다. 따라서 항이뇨 호르몬의 분비가 증가하면 오줌량이 줄어들고 체액의 삼투압은 정상 수준으로 회복된다.

물을 너무 많이 섭취하여 체액의 삼투압이 낮아지면 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬의 분비가 억제된다. 그 결과 콩팥에서 수분의 재흡수량이 감소하여 많은 양의 물이 오줌으로 배출되고 체액의 삼투압은 정상 수준으로 회복된다.

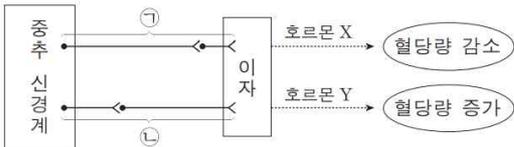
생명 활동에는 단백질로 이루어진 효소가 관여하며, 효소의 활성과 기능은 온도의 영향을 많이 받는다. 따라서 우리는 체온을 일정하게 유지해야 생명을 유지할 수 있다.

체온은 체내에서의 열 발생량과 몸의 표면을 통한 열 발산량을 조절함으로써 일정하게 유지된다.

체온이 정상보다 높아지면 시상 하부는 피부 근처의 혈관을 확장하고 땀 분비를 촉진함으로써 열 발산량을 증가시킨다.

체온이 정상보다 낮아지면 시상 하부는 골격근이 떨리도록 하여 열 발생량을 증가시킨다. 또, 교감 신경의 작용을 강화하여 피부 근처의 혈관을 수축시킴으로써 열 발산량을 감소시킨다.

19. 그림은 부교감 신경 ㉠과 교감 신경 ㉡을 통한 혈당량 조절 경로를 나타낸 것이다. 호르몬 X와 Y는 각각 인슐린과 글루카곤 중 하나이다.

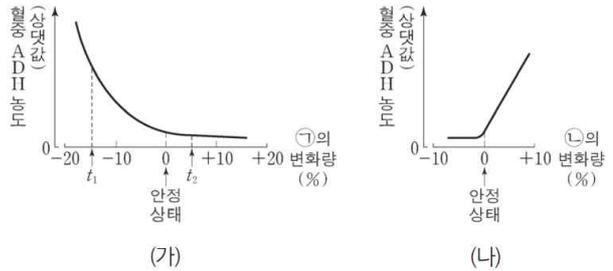


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠과 ㉡의 신경절 이전 뉴런의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 같다.
  - ㄴ. ㉡의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수의 회색질(회백질)에 존재한다.
  - ㄷ. 호르몬 Y는 이자의 α세포에서 분비된다.

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

20. 그림 (가)와 (나)는 정상인에서 각각 ㉠과 ㉡의 변화량에 따른 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 혈장 삼투압과 전체 혈액량 중 하나이다.



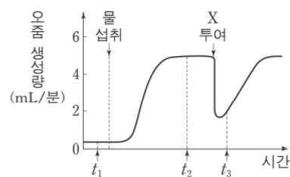
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 자료 이외에 체내 수분량에 영향을 미치는 요인은 없다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉡은 혈장 삼투압이다.
  - ㄴ. 콩팥은 ADH의 표적 기관이다.
  - ㄷ. (가)에서 단위 시간당 오줌 생성량은  $t_1$ 에서  $t_2$ 에서보다 많다.

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

21. 다음은 어떤 동물의 혈장 삼투압 조절에 대한 자료이다.

- 어떤 정상 동물에게 다량의 물을 섭취시키고 일정 시간이 지난 후 호르몬 X를 혈관에 투여한다. X는 뇌하수체 후엽에서 분비되는 호르몬이다.
- 그림은 이 동물의 단위 시간당 오줌 생성량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 자료 이외에 체내 수분량에 영향을 미치는 요인은 없다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. X의 표적 기관은 콩팥이다.
  - ㄴ. 혈장 삼투압은  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 높다.
  - ㄷ. 생성되는 오줌의 삼투압은  $t_3$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 높다.

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

## 10. 방어 작용

질병은 비감염성 질환과 감염성 질환으로 구분할 수 있다.

**비감염성 질환**은 고혈압, 당뇨병처럼 병원체 없이 발생하며, 유전, 환경, 생활 방식 등 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 발생한다.

**감염성 질환**은 세균, 바이러스, 원생생물, 곰팡이 등의 병원체가 우리 몸에 침입했을 때 발생한다. 병원체는 물과 음식물의 섭취, 호흡을 통한 흡입, 피부 접촉 등 다양한 경로를 통해 우리 몸에 감염된다. 병원체의 특성과 감염 경로를 이해하면 감염성 질환의 예방과 치료에 도움이 된다.

세균은 단세포 원핵생물로, 막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없어 구조는 단순하지만, 효소가 있어 물질대사를 할 수 있다. 분열법으로 번식하므로 환경이 적합하면 빠르게 증식할 수 있다.

세균 대부분은 사람에게 해롭지 않지만, 일부는 병원성이 있어서 질병을 일으킨다. 병원성 세균은 소화 기관, 호흡 기관 등을 통해 인체 내로 침입한 후 빠르게 증식하거나 독소를 생산하는데, 그 결과 세포나 조직이 손상되고 물질대사에 이상이 생긴다. 병원성 세균에 의해 발생하는 질병으로는 세균성 식중독, 세균성 폐렴, 결핵, 위궤양 등이 있다.

바이러스는 세균보다 크기가 작은 병원체로, 세포로 이루어져 있지 않다. 독자적으로 물질대사를 하지 못하므로 독립적인 생활이 불가능하며, 다른 생물의 세포에 침입하여 자신의 유전 물질을 복제하고 증식하는 과정에서 여러 가지 질병을 일으킨다.

바이러스는 감염된 사람의 호흡 분비물이나 혈액, 접촉 등을 통하여 다른 사람에게 전염될 수 있다. 병원성 바이러스는 대부분 사람에서 사람으로 전염되지만, 동물에서 사람으로 전염되기도 한다. 바이러스에 의해 발생하는 질병으로는 구순 포진, 감기, 독감, 수두, 홍역, 대상 포진, 후천성 면역 결핍증(AIDS) 등이 있다.

병원성이 있는 원생생물은 대부분 단세포 진핵생물이다. 오염된 물 또는 음식물을 통해 인체에 감염되거나 모기, 파리, 쥐 등의 매개 생물에 의해 감염된다. 원생생물에 의해 발생하는 질병으로는 아메바성 이질, 말라리아, 수면병 등이 있다.

곰팡이는 균계에 속하는 진핵생물로, 습한 환경에서 포자로 번식한다. 곰팡이의 포자는 소화 기관이나 호흡 기관을 통해 인체 내로 들어와 식중독, 폐 질환, 알레르기 등을 일으키며, 일부는 각질층이 파괴된 피부를 감염시키기도 한다. 곰팡이에 의해 피부에 발생하는 질병으로는 무좀이 있으며, 무좀은 피부 접촉을 통해 다른 사람 말라리아 원충에게 전염될 수 있다.

감염성 질환을 예방하기 위해서는 휴식을 충분히 취하고 적당한 운동을 하며, 영양 섭취에 유의하여 우리 몸의 면역을 강화해야 한다. 또, 병원체에 감염되었을 때는 병원체의 종류와 감염 경로를 파악하여 적절한 치료를 해야 한다. 세균에 의한 질병은 대부분 항생제로 치료할 수 있다. 그러나 항생제를 과도하게 사용하면 항생제로 치료할 수 없는 내성 세균이 출현할 수 있으므로 항생제를 오용하거나 남용하지 말아야 한다. 바이러스에 의한 질병은 항바이러스제로 치료한다.

병원체는 우리가 생활하는 곳 어디에나 존재하며, 언제라도 우리 몸에 침입할 수 있다. 즉, 우리는 병원체에 일상적으로

노출되어 있지만, 항상 질병에 걸리는 것은 아니다. 그 까닭은 우리 몸이 병원체와 같은 이물질의 침입에 대항하는 방어 체계를 갖추고 있기 때문이다.

우리 몸의 방어 작용은 비특이적 방어 작용과 특이적 방어 작용으로 구분할 수 있다. **비특이적 방어 작용**은 병원체에 감염된 즉시 일어나며, 병원체의 종류를 구별하지 않는다. **특이적 방어 작용**은 감염된 병원체의 종류를 구별하여 일어난다.

비특이적 방어 작용은 물리적, 화학적 장벽과 염증을 통해 병원체의 침입을 억제하는 작용이다. **피부**의 각질층은 우리 몸의 바깥쪽을 둘러싸고 있어서 외부의 유해 물질과 병원체를 차단한다. 호흡 기관이나 소화 기관의 내벽과 같이 가스 교환이 일어나거나 영양소를 흡수하는 등 주위 환경과 상호 작용을 하는 상피 세포층은 각질층으로 덮여 있지 않고 **점막**을 형성한다. 점막에서는 점액을 분비하는데, 점액에는 라이소자임과 같은 효소가 포함되어 있어 병원체의 침입을 차단하고 상피 세포가 손상되는 것을 막는다.

상처나 화상에 의해 피부가 손상되거나 점막을 뚫고 병원체가 체내로 침입하면 **염증**이 일어난다. 염증은 병원체를 제거하기 위해 일어나는 방어 작용으로 열, 부어오름, 붉어짐, 통증 등을 동반한다. 가시에 찔리거나 모기에 물렸을 때처럼 조직 손상이 가벼울 때는 감염된 부위에서만 염증이 일어난다. 그러나 조직 손상이 심하면 온몸에서 염증이 일어나기도 한다. 염증은 감염 초기에 조직 세포의 손상을 억제하고, 세포의 재생을 돕는 역할을 한다.

병원체가 침입하여 비특이적 방어 작용이 지속해서 일어난다면 림프구에 의한 특이적 방어 작용이 촉진된다. 림프구는 골수에서 생성되는데, 골수에 남아 성숙 과정을 거치면 **B 림프구**로 분화하고, 가슴샘으로 이동하여 성숙 과정을 거치면 **T 림프구**로 분화한다. B 림프구와 T 림프구는 모두 병원체와 같은 이물질의 침입에 대비한다.

체내로 침입하여 B 림프구와 T 림프구에 의한 면역 반응을 일으키는 이물질을 **항원**이라고 한다. 세균, 바이러스, 곰팡이 등과 같은 병원체뿐만 아니라 각종 독성 물질, 꽃가루, 먼지 등도 항원으로 작용할 수 있다. 외부에서 침입한 항원에 대항하여 체내에서 만들어지는 물질을 **항체**라고 한다. 항체가 항원과 결합하는 항원 항체 반응이 일어나면 항원은 체내에서 활동하지 못하게 된다.

특이적 방어 작용은 외부에서 침입한 항원을 인식하는 것에서부터 시작되며, 세포성 면역과 체액성 면역으로 구분할 수 있다.

항원이 체내에 침입하면 대식세포 등이 식세포 작용(식균 작용)으로 항원을 잡아먹은 후 항원 조각을 세포막 표면에 제시한다. 보조 T림프구가 이 항원을 인식하면 신호 물질을 분비하여 세포독성 T림프구를 활성화한다. 활성화된 세포독성 T림프구는 병원체에 감염된 세포나 암세포를 직접 공격하여 파괴하는데, 이와 같은 면역 반응을 **세포성 면역**이라고 한다.

항원을 인식한 보조 T림프구가 B 림프구를 자극하면 B 림프구는 증식하여 형질 세포와 기억 세포로 분화한다. 형질 세포는 항체를 생성하여 분비하고, 항체와 결합한 항원은 백혈구의 식세포 작용(식균 작용)으로 제거된다. 이와 같은 면역 반응을 **체액성 면역**이라고 한다.

항원이 체내에 처음 침입하면 항원의 종류를 인식하는 과정

과 B 림프구의 분화 과정을 거쳐 형질 세포가 항체를 생성하는 1차 면역 반응이 일어난다. 1차 면역 반응이 일어날 때 형질 세포와 함께 기억 세포가 생성된다. 기억 세포는 항원이 제거된 후에도 체내에 남아 있다가 같은 항원이 다시 침입하면 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 항체를 생성한다. 이처럼 항원이 재침입하면 기억 세포의 작용으로 다량의 항체가 빠르게 생성되는 2차 면역 반응이 일어난다. 특이적 방어 작용에 관여하는 림프구가 적정 수준보다 적게 존재하거나 필요할 때 일정 수준 이상 활성화되지 못하면 면역 결핍 증상이 나타난다.

B 림프구는 체내에 침입한 항원을 인식하고 형질 세포로 분화하여 항체를 생성한다. 항체에는 항원과 결합하는 부위가 있는데, 항체의 종류에 따라 항원과 결합하는 부위의 구조가 다르다. 따라서 항체는 항원 결합 부위에 맞는 특정 항원만을 인식하여 결합하는데, 이를 항원 항체 반응의 특이성이라고 한다.

항원 항체 반응은 특이적 방어 작용 이외에 적혈구 세포막과 혈장에 있는 물질 사이에서도 일어날 수 있다.

ABO식 혈액형은 적혈구 세포막에 있는 응집원의 종류에 따라 A형, B형, AB형, O형으로 구분하는데, 응집원은 다른 사람의 혈액과 섞었을 때 항원으로 작용한다. 체내에 없는 응집원이 들어왔을 때 이 응집원과 반응하여 항체로 작용하는 응집소는 혈장에 존재한다. 응집원 A는 응집소 α와, 응집원 B는 응집소 β와 만나면 각각 특이적으로 결합하여 혈액의 응집 반응이 일어난다.

Rh식 혈액형은 Rh 응집원의 유무에 따라 Rh<sup>+</sup>형과 Rh<sup>-</sup>형으로 구분한다. Rh<sup>+</sup>형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원이 있고, Rh 응집소는 없으며 형성되지도 않는다. Rh<sup>-</sup>형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원과 Rh 응집소가 없지만, Rh 응집원에 노출되면 Rh 응집소가 형성될 수 있다. 따라서 수혈할 때는 각 혈액에 들어 있는 응집원과 응집소가 만나 응집 반응을 일으키지 않도록 유의해야 한다.

천연두를 예방하는 방법인 우두법은 예방 접종 시초가 되었으며, 예방 접종에 사용하는 약물을 백신이라고 한다. 우리 몸에 백신을 주입하면 가볍게 병을 앓을 수도 있지만, 대부분 특별한 증상을 겪지 않고 지나간다. 오늘날 홍역, 유행성 이하선염(볼거리), 소아마비, 풍진, 디프테리아, 수두 등과 같은 감염성 질환은 대부분 백신을 접종하여 예방할 수 있다.

백신은 질병을 일으키는 병원체의 독성을 약화하거나 비활성 상태로 만든 것이다. 병원체의 독성은 약화되었지만 항원으로 작용하기 때문에 백신은 체내에서 항체와 기억 세포의 생성을 유도한다.

건강한 사람에게 백신을 접종하면 체내에서 1차 면역 반응이 일어나 소량의 항체와 기억 세포가 생성된다. 따라서 이후에 실제로 병원체가 체내에 침입하더라도 기억 세포의 작용으로 2차 면역 반응이 일어나 다량의 항체가 빠르게 생성되므로 병을 앓지 않고 이겨 낼 수 있다.

백신은 감염성 질환을 예방하는 방법의 하나일 뿐이며, 모든 질병을 백신으로 예방할 수 있는 것은 아니다. 또한 모든 감염성 질환의 백신이 개발된 것은 아니며, 이미 개발되었다고 하더라도 번개가 심한 병원체에 대해서는 계속 새로운 백신을 개발해야 하는 어려움이 있다. 또, 백신을 사용했을 때 인체

내에서의 안전성이나 부작용이 나타나는지의 여부 등을 지속해서 관리해야 한다.

22. 표는 사람의 질병을 A와 B로 구분하여 나타낸 것이다. A와 B는 각각 감염성 질병과 비감염성 질병 중 하나이다.

구분	질병
A	㉠ 후천성 면역 결핍 증후군(AIDS), ㉡ 독감, 결핵
B	낮 모양 적혈구 빈혈증

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >  
 가. ㉠의 병원체는 세포 구조로 되어 있다.  
 나. ㉡의 병원체는 스스로 물질대사를 하지 못한다.  
 다. 혈우병은 B의 예에 해당한다.

- ① 가      ② 나      ③ 가, 나      ④ 나, 다      ⑤ 가, 나, 다

23. 표 (가)는 질병 A~C에서 특징 ㉠~㉣의 유무를 나타낸 것이고, (나)는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다. A~C는 각각 결핵, 독감, 후천성 면역 결핍 증후군(AIDS) 중 하나이다.

질병	특징	특징(㉠~㉣)		
		㉠	㉡	㉢
A		○	×	×
B		○	○	×
C		○	○	○

(○:있음, ×:없음)

(가)

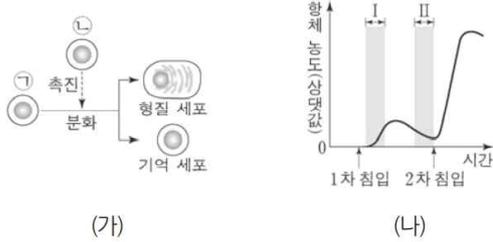
(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >  
 가. A는 독감이다.  
 나. B의 병원체는 세포 구조로 되어 있다.  
 다. C의 병원체는 스스로 물질대사를 하지 못한다.

- ① 가      ② 나      ③ 가, 나      ④ 나, 다      ⑤ 가, 나, 다

24. 그림 (가)는 어떤 사람이 세균 X에 감염된 후 나타나는 특이적 면역(방어) 작용의 일부를, (나)는 이 사람에서 X의 침입에 의해 생성되는 X에 대한 혈중 항체의 농도 변화를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 보조 T 림프구와 B 림프구를 순서 없이 나타낸 것이다.

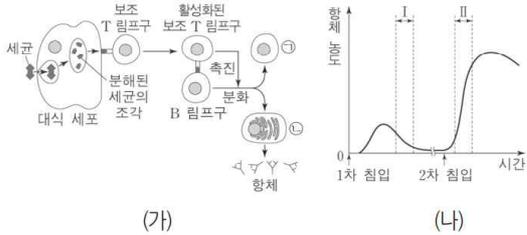


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 보조 T 림프구이다.
  - ㄴ. 구간 I에서 형질 세포로부터 항체가 생성되었다.
  - ㄷ. 구간 II에는 X에 대한 기억 세포가 있다.

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

25. 그림 (가)는 어떤 세균이 인체에 침입했을 때 일어나는 방어 작용을, (나)는 이 세균의 침입에 의해 생성되는 혈중 항체의 농도 변화를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 형질 세포와 기억 세포 중 하나이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)에서 보조 T 림프구는 대식 세포를 통해 항원을 인식한다.
  - ㄴ. 구간 I에서 항체 농도가 감소하는 것은 ㉠의 수가 감소하기 때문이다.
  - ㄷ. 구간 II에서 ㉡은 ㉠으로 분화된다.

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

11. 염색체와 DNA

모든 생물은 세포 분열을 통해 성장하고 증식한다. 분열 중인 세포에서 **염색체**는 끈이나 막대 모양으로 관찰되며, 유전 정보를 저장하고 전달하는 역할을 한다.

사람을 비롯한 많은 종류의 생물은 하나의 세포 안에 여러 개의 염색체를 가지고 있다. 염색체의 구성 물질 중에서 유전 물질은 핵산의 일종인 DNA이다. DNA의 기본 구성 단위는 뉴클레오타이드이며, 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기로 구성된다. DNA는 뉴클레오타이드가 반복적으로 연결된 두 개의 가닥으로 구성되며, 이 두 가닥이 서로 결합해 꼬여 있는 이중 나선 구조이다. 염색체에서 DNA가 히스톤 단백질 주위를 감싸고 있는 구조를 **뉴클레오솜**이라고 한다.

생물의 형질을 결정하는 유전 정보는 DNA 일부분에 저장되어 있다. DNA에서 유전 정보가 저장된 부분을 **유전자**라고 하며, 하나의 DNA에는 많은 수의 유전자가 각각 정해진 위치에 존재한다. 한 생명체가 가진 모든 DNA의 유전 정보를 **유전체**라고 한다.

한 생물이 가진 염색체의 수, 모양, 크기 등의 특성을 **핵형**이라고 한다. 염색체 수가 같아도 염색체의 모양과 크기에 차이가 있으면 핵형이 다르다. 따라서 핵형은 생물 중에 따라 고 유하다.

**핵상**은 하나의 세포에 들어 있는 염색체의 상대적인 수를 뜻한다. 체세포처럼 모든 염색체가 두 개씩 상동 염색체를 이루고 있으면 핵상을 2n으로 표시하고, 생식세포처럼 염색체가 쌍을 이루고 있지 않으면 핵상을 n으로 표시한다.

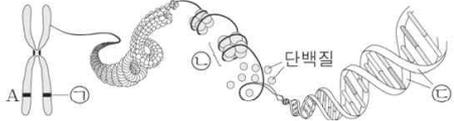
세포 분열 전기의 염색체를 관찰하면 X자 모양을 하고 있다. 이것은 하나의 염색체가 **염색 분체**라고 하는 두 개의 가닥으로 이루어져 있기 때문이다. 염색 분체는 유전 물질인 DNA가 복제되어 형성된다.

생물의 발생과 성장, 생식은 모두 세포 분열을 통해 이루어지는데, 모세포가 가진 DNA는 세포가 분열하기 전에 복제되었다가 분열 과정에서 분리되어 딸세포로 나누어 들어간다. 만약 DNA가 복제되지 않는다면 세포가 분열할수록 세포의 DNA양은 줄어들 것이다. 따라서 세포가 분열하기 전에 하나의 DNA가 복제되어 둘이 되며, DNA는 동원체 부위에서 서로 연결되어 두 가닥의 염색 분체가 된다. 상동 염색체의 같은 위치에 존재하며, 같은 형질을 결정하는 유전자를 **대립유전자**라고 한다. 상동 염색체와 염색 분체에는 모두 대립유전자가 존재한다.

세포가 분열할 때 염색 분체는 분리되어 두 개의 딸세포로 나누어 들어간다. 따라서 체세포 분열 과정에서 염색 분체가 분리되어 형성된 딸세포는 유전자 구성이 같다.

체세포에서 분열을 마친 딸세포가 성장하여 다시 분열을 마칠 때까지의 기간을 세포 주기라고 한다. 세포 주기는 크게 간기와 분열기(M기)로 나뉘며, 간기는 G<sub>1</sub>기, S기, G<sub>2</sub>기로 나뉜다. 세포 주기 동안 간기에는 세포가 성장하고 DNA가 복제되며, 분열기에는 염색 분체가 두 개의 딸세포로 분리된다.

26. 그림은 어떤 사람의 체세포에 있는 염색체의 구조를 나타낸 것이다. 이 사람의 어떤 형질에 대한 유전자형은 Aa이다.

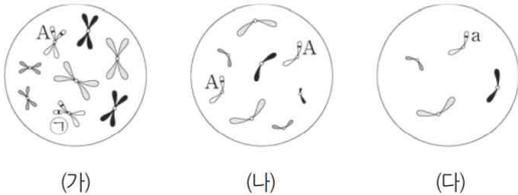


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 대립 유전자 a이다.
  - ㄴ. ㉡은 뉴클레오솜이다.
  - ㄷ. ㉢은 RNA이다.

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

27. 그림은 같은 종인 동물(2n=?) I과 II의 세포 (가)~(다) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(다) 중 1개는 I의 세포이며, 나머지 2개는 II의 세포이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. A는 a와 대립 유전자이고, ㉠은 A와 a 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 A이다.
  - ㄴ. (나)는 II의 세포이다.
  - ㄷ. I의 감수 2분열 중기 세포 1개당 염색 분체 수는 8이다.

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

12. 생식세포의 형성과 유전적 다양성

사람처럼 암수 생식세포가 결합하여 자손을 만드는 생물은 부모의 염색체 중 절반씩이 생식세포를 통해 자손에게 전달된다. 따라서 세대를 거듭해도 생물종의 염색체 수는 일정하게 유지된다. 생식세포는 감수 분열을 통해 만들어진다. 감수 분열에서는 간기(S기)에 DNA가 복제된 후 연속 2회의 분열이 일어난다. 감수 1분열에서는 상동 염색체끼리 접합해 2가 염색체를 형성한 후 상동 염색체가 분리되며, 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리된다. 따라서 감수 분열 결과 만들어진 생식세포의 염색체 수는 모세포의 절반이다.

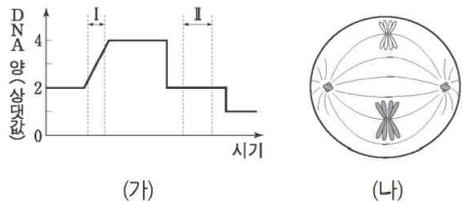
상동 염색체는 부모로부터 각각 하나씩 물려받은 것이므로 유전자 구성이 다르다. 감수 분열에서는 상동 염색체가 분리되어 각각의 딸세포로 이동하며, 그 결과 유전적으로 다양한 생식세포가 형성된다.

감수 분열에서 2가 염색체가 무작위로 배열되며, 한 상동 염색체의 분리는 다른 상동 염색체의 분리와는 독립적으로 일어난다. 따라서 두 쌍의 상동 염색체를 가진 모세포(2n=4)로부터 4(=2<sup>2</sup>)가지의 서로 다른 염색체 조합을 가진 생식세포가 만들어지며, 이 생식세포들은 여러 형질에 관한 대립유전자의 조합도 서로 다르다.

감수 분열을 통해 유전적으로 다양한 생식세포가 만들어지고, 생식세포들이 무작위로 수정되므로 태어나는 자손의 유전자 구성은 더욱 다양해진다.

감수 분열 결과 형성된 부모의 생식세포가 수정되어 자손이 태어남으로써 부모의 DNA는 각각 절반씩 자손에게 전달된다. 그 결과 시간이 지나더라도 개체의 DNA는 자손에게 남아 세대를 거듭해도 사라지지 않게 된다. 따라서 자손은 DNA를 매 개로 하여 시간을 거슬러 올라가 조상과 이어지므로 생식세포의 형성을 통해 생명은 연속성을 가지게 된다.

28. 그림 (가)는 어떤 동물의 정상적인 세포 분열 과정에서 핵 1개당 DNA 양을, (나)는 이 세포 분열 과정의 어느 한 시기에서 관찰되는 세포를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (나)의 핵상은 2n이다.
  - ㄴ. (나)의 방추사는 (가)의 구간 I에서 나타난다.
  - ㄷ. (나)는 (가)의 구간 II에서 관찰된다.

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

13. 사람의 유전

멘델은 여러 형질의 완두를 교배한 후 자손에서 나타나는 표현형의 종류와 비율을 분석하여 우성과 열성, 분리의 법칙, 독립의 법칙을 발견하였다. 멘델이 발견한 유전의 기본 원리는 사람의 형질이 유전될 때도 적용된다. 즉, 우열 관계가 분명한 형질에서 이형 접합자는 우성 표현형을 나타내며, 부모가 가진 쌍의 대립 유전자는 감수 분열 시 분리되어 이 중 하나가 자손에게 전달된다.

사람은 완두와 달리 한 세대가 길고, 자손의 수가 적으며, 인위적인 교배가 불가능하다. 따라서 사람의 유전 현상은 가계도 조사, 집단 조사, 쌍둥이 연구 등과 같은 간접적인 방법으로 연구한다. 이 중 가계도 조사는 사람의 유전을 연구하는 대표적인 방법이다.

사람의 유전은 유전자가 존재하는 염색체의 종류에 따라 상염색체 유전과 성염색체 유전으로 구분할 수 있다. 사람의 염색체 중 22쌍의 상염색체는 성별과 관계없이 공통으로 존재한다. 따라서 상염색체 유전에서는 유전자가 자손에게 전달되는 방식이나 자손에서 특정 표현형이 나타날 확률이 성별과 관계없이 같다.

사람의 ABO식 혈액형도 상염색체 유전 형질이다. 낫볼 모양, 이마선 모양 등을 결정하는 대립유전자는 두 가지지만, 사람의 ABO식 혈액형을 결정하는 대립유전자는 A, B, O로 세 가지이다. 이처럼 하나의 형질이 세 가지 이상의 대립 유전자에 의해 결정되는 유전을 **복대립 유전**이라고 한다. ABO식 혈액형 유전에서 대립유전자 A와 B 사이에는 우열 관계가 없으며, 대립유전자 A와 B는 모두 우성, 대립 유전자 O는 열성이다.

사람의 성염색체는 1쌍으로, 성염색체 구성이 남자는 XY, 여자는 XX이다. 딸은 어머니와 아버지로부터 X 염색체를 한 개씩 물려받지만, 아들은 어머니로부터 X 염색체를, 아버지로부터 Y 염색체를 물려받는다. 따라서 태어나는 자녀의 성별은 정자에 들어 있는 성염색체의 종류로 결정된다.

일반적으로 Y 염색체에는 X 염색체에 있는 유전자가 없다. 따라서 성염색체 유전에서는 유전자가 자손에게 전달되는 방식이나 자손에서 특정 표현형이 나타날 확률이 성별에 따라 다르다.

적록 색맹은 시각 세포의 이상으로 적색과 녹색을 제대로 구별하지 못하는 유전 형질로, 적록 색맹을 결정하는 유전자는 X 염색체에 존재한다. 이처럼 어떤 형질이 X 염색체에 의해 유전되는 현상은 **반성유전**에 해당한다.

적록 색맹과 같이 X 염색체에 의해 열성으로 유전되는 형질에서 남자는 열성 대립 유전자를 하나만 가지면 열성 형질이 나타나지만, 여자는 열성 대립유전자를 두 개 가져야 열성 형질이 나타난다. 따라서 적록 색맹은 여자보다 남자에서 더 높은 빈도로 나타난다.

29. 표는 가족 I 과 II 의 쌍꺼풀과 보조개 유무를 나타낸 것이다.

구분	가족 I			가족 II		
	부	모	자녀 A	부	모	자녀 B
쌍꺼풀	+	+	-	-	-	-
보조개	-	+	+	+	+	-

(+: 있음, -: 없음)

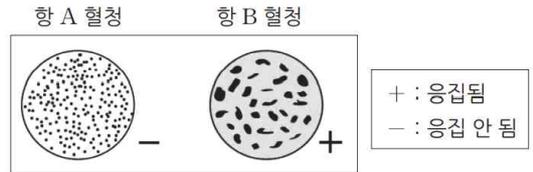
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 부모는 쌍꺼풀 유전자형이 모두 이형 접합이다.
  - ㄴ. 보조개 있음이 보조개 없음에 대해 우성이다.
  - ㄷ. A와 B가 결혼하여 아이를 낳을 경우 이 아이가 보조개 있음일 확률은 50%이다.

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

30. 다음은 영희 가족의 ABO식 혈액형에 관한 자료이다.

- 아버지와 오빠의 혈액형은 같다.
- 오빠가 혈액형 유전자형이 AO인 여자와 결혼하여 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형일 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.
- 어머니의 혈액형 판정 결과는 다음과 같다.



- 영희의 혈장을 아버지와 어머니의 혈액과 각각 섞을 경우 모두 응집 반응이 일어난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 아버지와 오빠의 혈액형 유전자형은 서로 다르다.
  - ㄴ. 오빠의 적혈구 표면에는 응집원 A가 존재한다.
  - ㄷ. 영희가 AB형인 남자와 결혼하여 아이가 태어날 때, 이 아이가 A형일 확률은 25%이다.

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

14. 유전병의 종류와 특징

DNA에 변화가 일어나면 유전 정보에 변화가 생기므로 야생형과는 다른 새로운 형질이 나타나는 돌연변이가 일어난다. 돌연변이 형질은 다음 세대로 전달될 수 있으며, 많은 경우에는 돌연변이가 일어나면 생존에 불리한 유전병이 나타난다. 돌연변이에 의한 유전병은 유전자 이상에 의한 유전병과 염색체 이상에 의한 유전병으로 구분할 수 있다.

유전자에는 단백질을 만드는 데 필요한 유전 정보가 DNA의 염기 서열로 저장되어 있다. 만약 유전자에 이상이 생겨 DNA의 염기 서열이 달라지면 정상과는 아미노산 서열이 다른 돌연변이 단백질이 만들어지기도 한다. 돌연변이 단백질은 정상적인 기능을 수행하지 못해 유전병을 일으키기도 한다.

낮 모양 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈 유전자의 이상으로 만들어진 돌연변이 헤모글로빈에 의해 나타난다. 정상 헤모글로빈과 달리 돌연변이 헤모글로빈은 혈액 속 산소 농도가 낮을 때 비정상적으로 길게 결합하며, 그 결과 적혈구는 길쭉한 낮모양으로 변형된다.

유전자 이상에 의한 유전병은 열성으로 유전될 때가 많으나 연골 무형성증과 같이 우성으로 유전될 때도 있다.

염색체에는 유전자가 존재하므로 염색체에 돌연변이가 일어나 이상이 생기면 유전병이 나타날 수 있다. 염색체 이상은 염색체 수 이상과 염색체 구조 이상으로 구분할 수 있다.

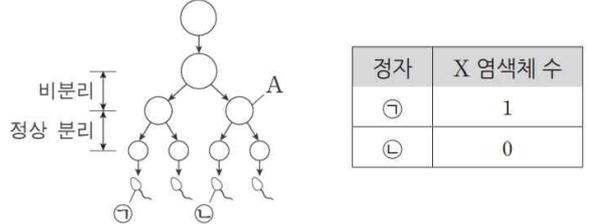
부모의 염색체는 생식세포를 통해 자손에게 전달된다. 따라서 감수 분열 과정에서 염색체가 제대로 분리되지 않는 염색체 비분리 현상이 일어나면 염색체 수가 정상보다 적거나 많은 생식세포가 만들어진다. 이 생식 세포가 다른 생식세포와 수정하여 태아로 발생하면 염색체 수에 이상이 있는 자손이 태어날 수 있다.

염색체 비분리 현상은 감수 1분열과 감수 2분열에서 각각 일어날 수 있다. 하나의 염색체에서만 비분리가 일어날 때, 감수 1분열에서 염색체 비분리 현상이 일어나면 정상보다 염색체 수가 한 개 적은 생식세포와 한 개 많은 생식세포가 각각 만들어진다. 반면에, 감수 2분열에서 염색체 비분리 현상이 일어나면 염색체 수에 이상이 있는 생식 세포 이외에 염색체 수가 정상인 생식세포도 만들어진다.

사람의 염색체 수 이상에 의한 유전병으로는 다운 증후군이 있다. 다운 증후군인 사람은 21번 염색체가 세 개이므로 체세포에 총 47개의 염색체가 들어 있다. 다운 증후군은 상염색체가 비분리되어 나타나는 염색체 돌연변이이므로, 남녀 모두에서 나타날 수 있다.

염색체 수는 정상이지만 염색체의 구조 이상으로 유전병이 나타날 수 있다. 염색체 구조 이상에는 결실, 중복, 역위, 전좌가 있다. 결실은 염색체 일부가 떨어져 없어지는 현상, 중복은 염색체에 어떤 부분과 같은 부분이 삽입되어 그 부분이 반복되는 현상, 역위는 염색체 일부가 떨어져 거꾸로 붙는 현상, 전좌는 한 염색체의 일부가 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 붙는 현상이다. 돌연변이에 의한 유전자 이상과 염색체 이상은 모두 유전병을 일으킬 수 있지만, 새로운 유전자를 만들어내 생물의 진화 요인으로 작용하기도 한다.

31. 그림은 어떤 사람에게서 감수 분열을 통해 정자가 형성되는 과정을, 표는 정자 ㉠과 ㉡의 X 염색체 수를 나타낸 것이다.

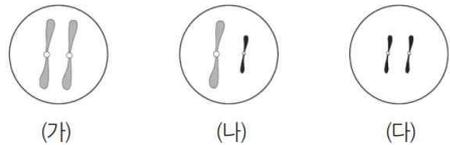


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 성염색체에서만 비분리가 1회 일어났으며, 이외의 다른 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 염색분체 수는 44개이다.
  - ㄴ. DNA 양은 ㉠이 ㉡의 2배이다.
  - ㄷ. ㉡과 정상 난자가 수정되어 아이가 태어날 때, 이 아이가 터너 증후군일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

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

32. 그림은 정상인 사람에서 성염색체만 비분리가 일어나 생성된 정자 (가)~(다)의 성염색체 구성을 나타낸 것이다. 염색체 비분리는 각각의 정자 생성 시 1회만 일어났으며, 다른 돌연변이는 없다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 감수 2분열에서 비분리가 일어나 생성된 것이다.
  - ㄴ. (나)가 정상 난자와 수정되어 태어난 아이에게서 터너 증후군이 나타난다.
  - ㄷ. (다)의 DNA양은 정상 정자의 2배이다.

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

15. 생태계

생태 공원에는 뱀이나 개구리 같은 동물뿐만 아니라 식물, 버섯 등의 다양한 생물들이 서식한다. 이 생물들은 대부분 무리를 이루어 살아가는데, 일정한 지역에서 같은 종의 생물이 무리를 이루어 생활하는 집단을 **개체군**이라고 하며, 같은 지역에 여러 종류의 개체군이 모여 생활하는 것을 **군집**이라고 한다. 군집을 구성하는 생물이 주변의 다른 생물이나 햇빛, 공기 같은 환경 요인과 서로 영향을 주고받으며 생활하는 전체를 **생태계**라고 한다. 생태계는 생태 공원이나 연못과 같은 좁은 범위에서 삼림, 초원, 사막, 해양 등과 같은 넓은 범위까지를 모두 나타낼 수 에너지 흐름과 물질 순환이 일어나는 기능적인 단위라고 할 수 있다.

생태계를 구성하는 요인은 **생물적 요인**과 **비생물적 요인**으로 구분할 수 있다. **생물적 요인**은 생태계 내에서 담당하는 역할에 따라 생산자, 소비자, 분해자로 구분된다. **생산자**는 식물, 조류 등과 같이 광합성을 하여 무기물로부터 유기물을 합성하는 생물이다. **소비자**는 광합성을 하지 않고 다른 생물을 먹어서 양분을 얻는 생물로 동물이 해당하며, 먹이 사슬에서 차지하는 위치에 따라 1차 소비자, 2차 소비자, 3차 소비자 등으로 나눌 수 있다. **분해자**는 다른 생물의 사체나 배설물 속의 유기물을 무기물로 분해하여 필요한 에너지를 얻는 생물로 세균, 곰팡이, 버섯 등이 있다.

**비생물적 요인**에는 빛, 온도, 물, 토양, 공기 등이 있다. 비생물적 요인은 생물의 생존과 생장에 필요한 물질과 에너지를 공급하고 생활을 위한 터전을 제공하므로, 생물적 요인과 비생물적 요인 사이에서 다양한 상호 작용이 일어난다.

빛은 생태계를 유지하는 에너지원으로 식물의 광합성에 매우 중요하다. 빛의 세기에 따라 식물의 광합성량이 달라지므로, 빛의 세기가 보상점 이상인 곳에서 식물이 생장한다. 또, 빛의 세기는 식물 잎의 발달에 영향을 주어 빛을 많이 받는 양엽은 음엽보다 울타리 조직이 발달한다.

빛의 과장에 따라 바닷속에 서식하는 해조류의 분포가 달라진다. 또, 국화와 같은 식물은 하루 중 밤의 길이가 길어지는 계절에 꽃이 피고, 닭이나 꿩꼬리는 빛을 쬐는 일조 시간이 길어지면 생식을 위해 산란을 한다.

온도의 변화는 동물의 생활에 많은 영향을 미친다. 온대 지방에 서식하는 개구리나 뱀과 같은 동물은 겨울이 되어 온도가 낮아지면 겨울잠을 잔다. 또, 추운 지방에 서식하는 포유류는 몸의 말단부가 작고 몸집이 큰 경향이 있는데, 이는 체온을 유지하는 데 유리하다.

온도는 식물에도 영향을 미친다. 온대 지방에 주로 서식하는 활엽수는 온도가 낮아지면 단풍이 들고 낙엽을 만든다.

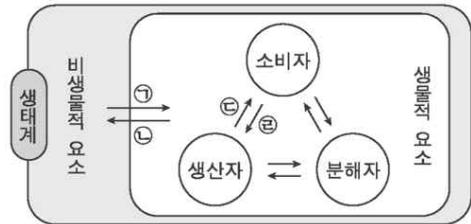
물이 부족한 사막에 서식하는 선인장에는 물을 저장하는 저수 조직이 있고, 물에서 자라는 연의 줄기와 뿌리에는 공기가 통하는 통기 조직이 발달한다.

토양은 다양한 생물의 서식처가 되고 양분을 제공하기 때문에 토양의 상태에 따라 생존할 수 있는 생물종이 달라진다. 또, 낙엽이 분해되어 토양이 비옥해지는 것처럼 생물도 토양에 영향을 미친다.

공기는 생물의 생존과 관련된 환경 요인이다. 고산 지대처럼 산소가 희박한 곳에 사는 사람의 혈액 속 적혈구 수가 평지에

사는 사람보다 많은 것은 비생물적 요인이 생물에 영향을 미치는 대표적인 사례이다. 또, 사람과 같은 동물의 호흡이나 식물의 광합성 결과는 공기의 조성에 영향을 미친다. 생태계가 안정적으로 유지되기 위해서는 생태계를 구성하는 요인 간에 다양한 상호작용이 일어나야 한다. 생태계를 구성하는 생물적 요인 간의 상호 작용이나 생물적 요인과 비생물적 요인간의 끊임 없는 상호 작용에 따라 생태계는 다양한 모습을 나타낸다.

33. 그림은 생태계를 구성하는 요소들 간의 관계를 나타낸 것이다.



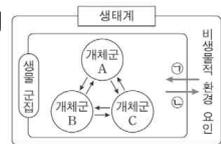
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 곰팡이는 분해자이다.
  - ㄴ. 숲의 나무가 하천의 수량에 영향을 주는 것은 ㉠에 해당한다.
  - ㄷ. 일조량이 식물의 광합성량에 영향을 주는 것은 ㉡에 해당한다.

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

34. 그림은 생태계를 구성하는 요소 사이의 상호 관계를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 곰팡이는 분해자이다.
  - ㄴ. 숲의 나무가 하천의 수량에 영향을 주는 것은 ㉠에 해당한다.
  - ㄷ. 일조량이 식물의 광합성량에 영향을 주는 것은 ㉡에 해당한다.

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

16. 개체군과 군집

개체군의 특성은 개체군을 구성하고 있는 개체의 고유한 특성과 이들이 함께 생활하며 나타나는 상호 작용에 의해 결정된다. 개체군을 이해하는 데 도움이 되는 개체군의 특성을 알아보자.

개체군이 서식하는 공간의 단위 면적당 개체 수를 개체군 밀도라고 한다.

$$\text{개체군 밀도} = \frac{\text{개체군을 구성하는 개체 수}}{\text{개체군이 서식하는 공간의 면적}}$$

한 지역에 서식하는 개체의 수가 많으면 개체군 밀도가 높다고 할 수 있다. 개체군 밀도는 개체의 출생이나 이입으로 증가하며, 사망이나 이출로 감소한다.

개체군을 이루고 있는 개체의 수가 증가하는 것을 **개체군의 성장**이라 하고, 시간에 따라 개체 수가 변하는 모습을 그래프로 나타낸 것을 **성장 곡선**이라고 한다. 이상적인 환경 조건에서는 개체 수가 기하급수적으로 증가하여 J자 모양의 성장 곡선이 나타난다. 그러나 일반적인 환경에서는 개체 수가 증가할수록 서식 공간과 먹이의 부족, 노폐물의 축적, 개체 간의 경쟁, 질병 등과 같은 환경 저항이 증가하여 개체군의 성장이 점차 둔화하는 S자 모양의 성장 곡선이 나타난다. 이때 주어진 환경 조건에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기를 **환경 수용력**이라고 한다.

한 개체군에서 같은 시기에 출생한 개체들은 시간이 지나면서 여러 가지 원인에 의해 개체 수가 점점 감소한다. 따라서 동시에 출생한 개체들을 대상으로 시간에 따른 생존 개체 수를 조사하면 개체군의 생활사, 생식, 서식 환경 등에 관한 자료를 얻을 수 있다. 동시에 출생한 개체들의 시간에 따른 생존 개체 수 비율을 그래프로 나타낸 것을 **생존 곡선**이라고 한다.

자연 상태에서 개체군 밀도는 환경 요인에 따라 주기적으로 변한다. 짧게는 계절에 따라 환경 요인이 변하면서 개체군의 크기가 달라지기도 하고, 포식과 피식의 관계에 의해 장기적으로 개체군의 크기가 바뀌기도 한다.

예를 들어 캐나다 남부 지역에 서식하는 눈신토끼와 스라소니 개체군에서는 스라소니가 눈신토끼를 잡아먹고 사는데, 눈신토끼의 개체 수가 늘어나면 먹이가 많아지므로 스라소니의 개체 수도 늘어난다. 스라소니의 개체 수가 늘어나면 눈신토끼의 개체 수가 줄어들고, 먹이가 부족해진 스라소니의 개체 수도 다시 줄어들게 되므로 개체군의 크기가 주기적으로 변동한다.

개체군의 구성원은 살아가는 과정에서 같은 공간과 먹이가 필요하므로 **종내 경쟁**을 피하고 질서를 유지하기 위해 다양한 형태의 상호 작용을 한다.

개체군 내의 각 개체가 자신의 생활 구역을 확보하여 다른 개체의 접근을 막고 먹이, 배우자, 공간 등을 독점하는 것을 **텃새**라고 하며, 이렇게 확보된 생활 구역을 **세력권**이라고 한다. 텃새는 척추동물이나 곤충 등에서 나타나며, 개체들을 분산시키고 밀도를 조절하는 기능을 한다.

개체군을 구성하는 개체들 사이에서 힘의 서열에 따라 순위

를 정하여 먹이나 배우자를 차지하는 것을 **순위제**라고 한다. 닭, 큰뿔양 등과 같은 개체군에서 개체들 사이에 순위가 정해지면 먹이 획득이나 번식 과정에서 불필요한 경쟁을 줄일 수 있다.

동물 개체군에서 경험이 많은 한 개체가 개체군의 행동을 지휘하는 것을 **리더제**라고 한다. 기러기나 코끼리처럼 먹이를 찾아 개체군이 이동하는 경우, 경험이 많은 개체가 리더가 되어 개체군의 이동 방향을 정하거나 전적으로부터 도피할 수 있도록 개체군을 통솔한다.

꿀벌이나 개미 개체군은 각 개체가 역할을 나누어 수행하는 분업화된 체제를 형성한다. 이와 같은 개체군 내 상호 작용을 **사회생활**이라고 한다. 사자, 하이에나 등과 같은 동물은 힘이 센 수컷이나 암컷을 중심으로 **가족생활**을 한다. 가족은 먹이를 공유하고 어린 개체를 효과적으로 키울 수 있어 개체군을 유지하는 데 도움이 된다.

군집에서는 여러 종류의 개체군들이 함께 서식하며 영향을 주고받는다. 따라서 군집은 개체군의 단순한 집합이라기보다는 각각의 개체군이 연결되어 전체가 하나의 특성을 보인다.

어떤 지역의 환경 특성은 다양한 군집을 결정하는 중요한 요인이다. 이때, 각 지역마다 특이하게 형성된 식물은 매우 중요한 군집 종류를 결정하는 생물적 요인이다. 이러한 군집의 종류는 삼림, 초원, 사막, 수생 군집 등으로 구분되며, 기온이나 강수량의 영향을 많이 받아 형성된다. 삼림은 강수량이 많고 식물이 자라기에 온도가 적당한 곳에서 형성되며, 초원은 강수량이 적은 곳에서 형성된다. 사막은 강수량이 아주 적고 바람이 강한 곳에서 형성되며, 수생 군집은 하천, 호수 등이 연결된 곳이나 물속에서 형성된다.

서식하는 지역의 기온, 강수량 등 환경 요인에 따라 나타나는 식물 군집의 분포를 **생태 분포**라고 한다. 생태 분포는 수직 분포와 수평 분포로 구분할 수 있다. **수직 분포**는 특정 지역에서 고도가 높아질 때 온도가 낮아지면서 나타나는 식물 군집의 분포이다. **수평 분포**는 위도에 따른 온도 차이와 강수량 차이로 나타나는 식물 군집의 분포이다.

삼림을 형성하는 식물 군집에서는 식물들이 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층 등으로 나누어지는 **층상 구조**를 이룬다. 군집의 층상 구조는 삼림뿐만 아니라 수생 군집에서도 형성되는데, 수생 군집의 층상 구조는 빛, 온도, 산소와 같은 환경 요인에 의해 결정된다. 군집은 다양한 개체군으로 이루어져 있으므로 개체군 간의 상호 작용은 군집의 특성을 나타내며, 군집을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

군집 내 개체군은 필요한 물질과 에너지를 얻기 위해 일정한 공간을 차지하고, 먹이사슬이나 먹이 그물에서 일정한 위치를 차지하고 있다. 이처럼 개체군의 공간 지위와 먹이 지위를 종합한 것을 **생태적 지위**라고 한다. 군집 내 개체군 사이에는 생태적 지위를 유지하기 위해 다양한 상호 작용이 일어난다.

한정된 자원이나 서식 공간을 차지하기 위해 생태적 지위가 비슷한 개체군 사이에는 **종간 경쟁**이 일어난다. 생태적 지위가 많이 겹칠수록 경쟁이 심하게 일어나며, 경쟁에서 이긴 개체군은 번성하여 성장하지만 경쟁에서 진 개체군은 서식지에서 사라지게 된다. 이를 **경쟁·배타 원리**라고 한다.

서식지가 같거나 같은 먹이를 먹는 두 종이 계속 경쟁을 하면 두 종의 개체군은 모두 피해를 입는다. 이때 경쟁을 피하려

고 먹이의 종류를 바꾸거나 생활 공간을 달리하는데, 이를 **분서 (생태 지위 분화)** 라고 한다. 예를 들어 북미 지역에서 서식하는 아메리카솔새는 경쟁을 피하려고 같은 전나무 내에서 여러 종이 다른 높이와 위치에서 먹이를 먹는 분서 (생태 지위 분화) 를 한다.

군집을 구성하는 서로 다른 종의 생물 사이에 먹고 먹히는 관계가 형성된다. 포식자는 먹이를 잡기에 유리하도록 적응하고, 피식자는 포식자를 피할 수 있도록 적응한다. 포식자는 피식자 개체군의 성장을 조절하는 요인으로 작용하며, 포식과 피식의 관계는 생태계의 평형을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

서로 다른 두 종이 밀접한 관계를 맺으면서 함께 생활하는 것을 **공생**이라고한다. 공생하는 두 생물이 모두 이익을 얻는 상호 작용을 **상리 공생**이라고 하며, 한쪽만 이익을 얻으면 **편리공생**이라고 한다.

한 개체군이 다른 개체군에 피해를 주면서 함께 사는 것을 **기생**이라고 한다. 기생 관계에서 이익을 얻는 생물을 기생자, 피해를 입는 생물을 숙주라고 한다. 거머리나 벼룩과 같은 생물은 일시적으로 숙주에 부착하여 기생하고, 대부분 병원체는 숙주 내에 기생한다.

식물 군집은 군집을 구성하는 종의 종류와 서식 형태에 따라 다른 유형을 나타낸다. 군집을 구성하는 종의 수와 각 종에 속한 개체의 구성 상태를 조사하면 해당 군집의 특성을 알 수 있다. 따라서 군집의 특성이나 기능 등을 연구하기 위해서는 식물 군집을 구성하고 있는 종들에 대한 정확한 조사가 필요하다.

식물 군집을 조사할 때는 주로 방형구법을 이용한다. 방형구법은 조사할 지역에 방형구를 설치하고, 방형구 내 식물의 종류와 분포 형태, 각 식물이 차지하고 있는 면적등을 조사하는 방법이다. **방형구법**을 이용하면 전체 군집의 특성을 이해할 수 있다.

방형구법을 이용하여 식물 군집을 조사할 때는 밀도, 빈도, 피도라는 3가지 요소를 측정한다. 밀도는 조사 지역에 서식하는 특정 종의 개체 수, 빈도는 특정 종의 개체가 출현하는 비율이다. 그리고 피도는 특정 종의 개체들이 차지하고 있는 면적을 나타내는 값이다.

각 종의 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 합한 값을 **중요치**라고 하며, 중요치가 가장 큰 종이 그 군집의 **우점종**이 된다. 우점종은 생물량이 많고 개체 수가 많은 종으로 넓은 공간을 차지하고 있으므로, 광합성량도 많다. 따라서 우점종은 군집의 구조와 환경에 큰 영향을 미친다.

우점종은 아니지만 군집의 특성에 영향을 미치는 종들이 있다. 특정 환경 조건을 충족하는 군집에서만 볼 수 있는 종을 지표종이라고 한다. 지의류는 대기오염 정도를 알 수 있는 지표종이고, 양서류는 서식지의 환경 파괴 정도를 알 수 있는 지표종이다. 또, 군집에서 우점종은 아니지만 군집의 구조에 결정적인 영향을 미치는 종을 핵심종이라고 한다. 바닷가 바위 생태계에서 불가사리는 조개와 따개비의 생존을 결정하는 핵심종이며, 습지 생태계에서 수달은 다른 동물의 분포에 영향을 미치는 핵심종이다. 개체 수가 매우 적어 보호가 필요한 종을 희소종이라고 한다.

한 지역에서 기후 조건이나 지형이 변화하면 서식할 수 있

는 식물 종이 달라진다.

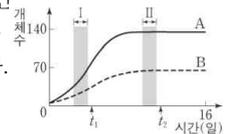
오랜 세월이 지나는 동안 군집을 구성하는 식물의 구조와 종이 변해 가는 것을 **천이**라고 한다. 용암 대지, 빙퇴석, 호수와 같이 토양이 형성되지 않은 곳에서 시작하는 식물 군집의 변화를 **1차 천이**라고 한다. 건조한 용암 대지에서 시작하면 건성 천이, 호수에서 시작하면 습성 천이라고 한다.

건성 천이는 개척자라고 불리는 지의류와 같은 초기 종이 들어와 서식하면서 토양이 형성되는 과정에서 시작한다. 토양이 형성되면 천이 초기에는 빛을 좋아하고 생장이 빠른 초본류가 유입되고, 점점 환경 조건이 변하면서 다년생 초본류, 관목류, 양수림, 혼합림, 음수림 등의 다양한 식물 군집이 나타난다. 천이의 마지막 단계에서 식물 군집이 안정적으로 유지되는 상태를 **극상**이라고 하며, 대부분의 온대 지역에서는 참나무류로 이루어진 음수림이 극상을 이룬다. 습성 천이는 호수에 유기물이 유입되고 토양이 퇴적되면서 시작한다. 초본류가 서식하는 습지가 형성된 후, 버드나무류를 중심으로 관목층과 양수림이 형성되고 점차 음수림이 극상을 이루게 된다.

기존의 식물 군집이 산불, 산사태, 지진 등과 같은 교란으로 훼손되어 대부분 사라졌지만, 종자나 식물 뿌리와 토양은 그대로 남아 있는 곳에서 새로운 종이 자라면서 식물 군집의 변화가 나타나는 과정을 **2차 천이**라고 한다. 천이가 진행되면서 식물 군집의 변화로 환경이 변하기도 한다. 1차 천이에서는 천이가 진행될수록 토양 속 영양염류의 양이 증가한다. 그러나 극상을 이룬 뒤에는 낙엽이 되어 토양으로 되돌아가는 영양염류보다 식물체 내로 흡수되어 저장되는 영양염류가 더 많으므로, 토양 속 영양염류의 양은 감소한다.

35. 그림은 먹이의 양이 서로 다른 두 조건

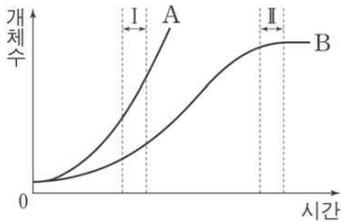
A와 B에서 종 ㉠을 각각 단독 배양했을 때 시간에 따른 개체수를 나타낸 것이다. 먹이의 양은 A가 B보다 많다. 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 조건 이외는 고려하지 않는다.)



- < 보 기 >
- ㉠. 구간 I에서 증가한 ㉠의 개체수는 A에서가 B에서보다 많다.
  - ㉡. A의 구간 II에서 ㉠에게 환경 저항이 작용한다.
  - ㉢. B의 개체수는 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub>일 때보다 많다.

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

36. 그림의 A와 B는 각각 어떤 개체군의 이론적인 성장 곡선과 실제 성장 곡선 중 하나를 나타낸 것이다.

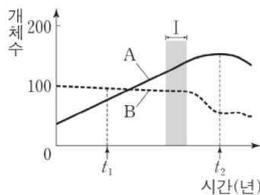


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 이 개체군에서 이입과 이출은 없다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 이론적인 성장 곡선이다.
  - ㄴ. B에서 환경 저항은 구간 I에서보다 구간 II에서 크다.
  - ㄷ. 구간 I에서 개체수 증가율은 A에서보다 B에서 크다.

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

37. 그림은 어떤 균집을 이루는 종 A와 종 B의 시간에 따른 개체수를 나타낸 것이고, 표는 상대 밀도에 대한 자료이다.



○ 상대 밀도는 어떤 지역에서 조사한 모든 종의 개체수에 대한 특정 종의 개체수를 백분율로 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B 이외의 종은 고려하지 않는다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 B와 한 개체군을 이룬다.
  - ㄴ. 구간 I에서 A에 환경 저항이 작용한다.
  - ㄷ. B의 상대 밀도는  $t_1$ 에서가  $t_2$ 에서보다 크다.

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

38. 표는 종 사이의 상호 작용을 나타낸

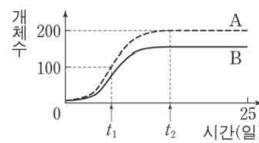
것이다. ㉠과 ㉡은 기생과 상리 공생을 순서 없이 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

상호 작용	종1	종2
㉠	손해	③
㉡	이익	?
포식과 피식	손해	이익

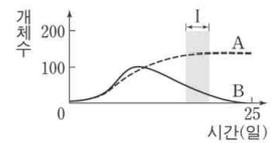
- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 '손해'이다.
  - ㄴ. ㉡은 상리 공생이다.
  - ㄷ. 스라소니가 눈신토끼를 잡아먹는 것은 포식과 피식에 해당한다.

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

39. 그림 (가)는 종 A와 종 B를 각각 단독 배양했을 때, (나)는 A와 B를 혼합 배양했을 때 시간에 따른 개체수를 나타낸 것이다.



(가)



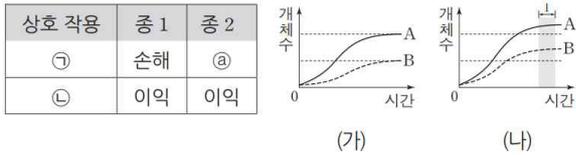
(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)에서 초기 개체수와 배양 조건은 동일하다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 개체수는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 많다.
  - ㄴ. (나)에서 A와 B 사이에 편리 공생이 일어났다.
  - ㄷ. 구간 I에서 A와 B 모두에 환경 저항이 작용한다.

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

40. 표는 종 사이의 상호 작용을 나타낸 것이며, ㉠과 ㉡은 각각 기생과 상리 공생 중 하나이다. 그림 (가)는 종 A와 B를 각각 단독 배양했을 때, (나)는 A와 B를 혼합 배양했을 때 시간에 따른 개체수를 나타낸 것이다.



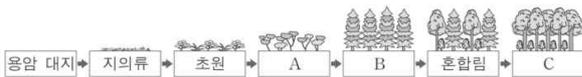
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)에서 초기 개체수와 배양 조건은 동일하다.)

< 보 기 >

ㄱ. ㉡은 손해이다.  
 ㄴ. (나)에서 A와 B 사이의 상호 작용은 ㉡에 해당한다.  
 ㄷ. (나)의 구간 I에서 A는 환경 저항을 받지 않는다.

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

41. 그림은 어떤 지역에서의 식물 군집의 천이 과정을 나타낸 것이다. A~C는 각각 양수림, 음수림, 관목림 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. A는 관목림이다.  
 ㄴ. 2차 천이를 나타낸 것이다.  
 ㄷ. 이 지역의 식물 군집은 B에서 극상을 이룬다.

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

17. 에너지 흐름과 물질 순환

생태계는 에너지 흐름과 물질 순환을 통해 생물과 환경이 연결된 역동적인 시스템으로, 에너지가 지속해서 공급되어야 유지될 수 있다. 생태계를 유지하는 에너지의 근원은 태양의 빛에너지이다. 빛에너지는 생산자의 광합성을 통해 유기물 속의 화학 에너지로 전환된다. 이 에너지 중 일부는 생산자의 생명 활동에 쓰이고, 일부는 먹이 사슬을 따라 소비자에게 전달되며, 각 영양 단계에서 생물의 호흡에 의해 열에너지의 형태로 방출된다. 생물의 사체나 배설물 속의 에너지도 분해자의 호흡을 통해 최종적으로 열에너지 형태로 전환되어 생태계 밖으로 빠져나가므로, 생태계가 유지되기 위해서는 지속적으로 에너지가 공급되어야 한다.

생산자가 일정 기간 동안 광합성을 통해 생산한 유기물의 총량을 **총생산량**이라고 한다. 총생산량 중 생산자의 호흡에 사용된 양을 제외한 유기물량을 **순생산량**이라고 하며, 순생산량 중 일부는 동물에게 먹히거나 낙엽 등의 형태로 분해자에게 전달되고, 나머지는 식물의 생장에 이용된다. 현재 군집이 가지고 있는 유기물의 총량은 **생물량**으로 나타낸다.

식물로부터 먹이 사슬을 따라 동물에 전달된 유기물은 동물의 호흡에 사용되거나 생장에 이용되고, 다른 동물의 먹이가 되어 영양 단계를 따라 이동한다. 따라서 먹이 사슬을 따라 전달되는 에너지양은 상위 영양 단계로 가면서 점점 감소한다. 각 영양 단계가 보유한 개체 수, 생물량, 에너지양을 하위 영양 단계부터 상위 영양 단계로 쌓아 올린 것을 **생태 피라미드**라고 한다.

생태 피라미드의 한 영양 단계에서 다음 영양 단계로 전달되는 에너지 비율을 **에너지 효율**이라고 한다. 에너지 효율은 생태계 유형과 생물종에 따라 차이가 나며, 일반적으로 5%~20% 범위에 있다. 영양 단계가 길어지면 상위 영양 단계로 전달되는 에너지양이 줄어들기 때문에 상위 영양 단계의 생물은 생존에 필요한 에너지를 얻기 어렵다. 따라서 생태계를 구성하는 영양 단계는 일정 단계 이상으로 길어질 수 없다.

생명 활동에 필수적인 물질을 구성하는 원소인 탄소, 질소, 수소 등은 환경으로부터 생물 군집 내로 유입된 후 먹이 사슬을 따라 이동하고 최종적으로 분해자에 의해 토양이나 대기로 되돌아가는 순환을 한다.

대기 중의 이산화 탄소는 광합성을 통해 포도당으로 합성된 후 다양한 탄소 화합물로 전환되어 생산자의 체내에 저장되거나 호흡에 사용된다. 생산자의 체내에 저장된 탄소 화합물은 먹이 사슬을 따라 이동하면서 다른 생물체를 구성하거나 호흡에 사용된 후 이산화 탄소의 형태로 대기로 되돌아간다. 또, 사체나 배설물 속의 탄소 화합물은 분해자의 호흡에 사용된다. 즉, 대기 중의 탄소는 생산자의 광합성을 통해 생물체 내로 유입되고, 호흡을 통해 대기로 되돌아가는 순환을 한다.

탄소 순환에서 생물체는 탄소를 저장하는 역할을 한다. 광합성을 하는 식물과 식물 플랑크톤의 증가는 대기 중의 이산화 탄소를 감소시킨다. 석유, 석탄과 같은 화석 연료가 연소되면 이산화 탄소가 방출되므로, 화석 연료의 사용 증가는 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하는 원인이 될 수 있다.

질소는 생물체 내에서 단백질, 핵산 등을 구성하는 원소로, 생물의 구성과 기능 조절에 중요하다. 질소 기체는 대기 성분의 78%를 차지하지만 대부분 생물이 이용할 수 없는 상태이

므로, 식물이 흡수 가능한 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )의 형태로 전환되어야 한다. 이 과정을 **질소 고정**이라고 하며, 질소 고정 세균이나 공중 방전에 의해 이루어진다. 질소 고정 과정이나 분해자에 의해 생성된 암모늄 이온은 **질산화 작용**을 통해 질산 이온으로 산화되어 식물에 의해 흡수되고, 생물체 내에서 단백질, 핵산 등의 물질을 구성하는 데 사용된 후 먹이 사슬을 따라 이동한다. 생물의 사체나 배설물에 포함된 질소 화합물은 분해자에 의해 분해된 후 다시 생물체로 흡수되어 순환하거나, 탈질산화 세균에 의해 질소 기체로 전환되는 **탈질산화 작용** 결과 대기 중으로 되돌아간다.

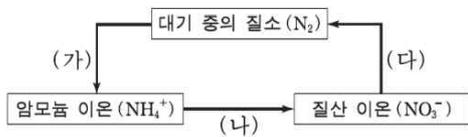
화학 기술이 발달하면서 공장에서 질소 비료를 합성하는 산업적 고정이 이루어지고 있다. 질소 비료의 사용으로 토양에 과잉 공급된 질소는 물로 유입되어 물의 부영양화를 유발할 수 있다.

환경 요인의 급격한 변화나 사람의 간섭이 없는 조건에서 생물 군집의 크기와 개체 수, 에너지 흐름 등이 안정된 상태를 유지하는 것을 **생태계 평형**이라고 한다. 그러나 홍수나 산사태 같은 자연재해와 사람의 개발 활동, 다른 종의 침입과 같은 교란이 일어날 때는 생태계 평형이 깨질 수 있다.

예를 들어 한라산의 노루는 일제 강점기 때 지나친 포획으로 멸종 위기에 처했다. 1980년대 이후 노루를 보호하기 위해 노루 살리기 운동이 시작되었고, 노루 개체 수는 2011년에 2만여 마리로 증가하였다. 그동안 한라산 주변은 목장이나 농지 등으로 개간되었고, 개체 수가 늘어나 먹이가 부족해진 노루들이 농가로 내려와 농작물을 훼손하게 되었다. 노루는 순식간에 골칫거리가 되었고, 한때 유해 야생 동물로 지정되어 사냥되거나 포획되기도 하였다.

안정적인 먹이 그물을 형성하고 있는 생태계는 외부의 간섭이 없다면 일시적으로 평형이 파괴되어도 자체적으로 회복력을 가지고 있다. 따라서 사람의 간섭보다는 생태계가 생물 군집과 환경의 조화 속에 평형을 유지할 수 있도록 해야 한다.

42. 그림은 생태계에서 일어나는 질소 순환 과정의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 식물이 대기 중의 질소를 흡수하여 직접 이용하는 과정이다.
  - ㄴ. 질산균(질화 세균)은 (나)에 관여한다.
  - ㄷ. (다)는 질소 고정 과정이다.

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

43. 그림은 어떤 군집에서 생산자의 총생산량, 순생산량, 호흡량의 관계를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 순생산량과 호흡량 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 호흡량이다.
  - ㄴ. ㉡은 생산자가 광합성을 통해 생산한 유기물의 총량이다.
  - ㄷ. 생산자의 피식량은 1차 소비자의 호흡량과 같다.

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

44. 그림 (가)와 (나)는 각각 서로 다른 생태계에서 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자의 에너지량을 삼각값으로 나타낸 생태 피라미드이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 에너지 효율은 전 영양 단계의 에너지량에 대한 현 영양 단계의 에너지량의 비율이다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 호흡량이다.
  - ㄴ. ㉡은 생산자가 광합성을 통해 생산한 유기물의 총량이다.
  - ㄷ. 생산자의 피식량은 1차 소비자의 호흡량과 같다.

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

## 18. 생물다양성

생물 다양성은 생물종의 수, 생물의 개체 수, 서식지까지 생물이 나타내는 모든 다양성을 의미한다. 특정 종의 개체 수가 감소하면 유전적 다양성이 낮아져 멸종의 위험이 커지고, 특정 종이 사라지면 먹이 그물이 훼손되어 생태계 평형이 깨질 수 있다. 따라서 생물 다양성은 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성을 모두 포함한다.

한 개체군을 구성하는 개체들은 모두 같지 않으며, 개체들 사이에는 유전자와 환경의 영향에 따라 여러 가지 변이가 나타난다. 개체 수가 많을수록 많은 변이를 포함하므로 다양한 유전 형질을 보유하는데, 이를 **유전적 다양성**이라고 한다. 유전적 다양성이 높은 개체군은 환경 변화에 적응하여 생존할 가능성이 크다.

한 생태계에 서식하고 있는 생물종의 다양함을 나타낸 것을 **종 다양성**이라고 한다. 현재 지구에는 약 180만 종의 생물이 공식적으로 명명되어 있고, 아직 알려지지 않은 원생생물, 균류, 조류 등이 많이 있는 것으로 추측되고 있다. 특정 종이 멸종되지 않도록 멸종 위기에 처한 종을 보호하고, 새로운 종을 조사하는 것은 종 다양성을 유지하는데 매우 중요하다. 식물 군집에서 종 다양성의 의미를 알아보자.

생태계는 삼림, 초원, 습지, 갯벌, 해양 등과 같이 다양하며 생태계를 구성하는 생물과 환경의 상호 작용도 다양하게 일어나는데, 이를 **생태계 다양성**이라고 한다. 다양한 생태계는 제각각 다른 생물이 서식하는 다양성의 보고이다. 생태계를 구성하는 환경 조건이 바뀌면 생물이 멸종할 가능성이 커지므로, 다양한 생태계가 잘 유지되고 보존되어야 한다.

생물 다양성은 생태계 평형을 유지하는 데 필수적인 요소이다. 다양한 종으로 구성되어 복잡한 먹이 그물을 유지하는 생태계는 약간의 교란이 있어도 스스로 생태계의 평형을 유지할 수 있지만, 종 다양성이 낮은 생태계는 약간의 교란에도 생태계의 평형이 깨져서 회복하기 어렵다.

생물은 사람의 생존과 관련된 다양한 생물 자원으로 이용된다. 우리가 살아가는 데 없어서는 안 될 식량과 의약품, 산업 자재 등을 생태계로부터 얻고 있으며, 생태계는 새로운 의약품이나 식량 자원 개발을 위한 유전자원의 공급처 역할도 한다. 생물이 가진 다양한 성분은 질병의 치료제 개발이나 관련 연구를 진행하는 데 필요한 예비 자원이라고 할 수 있다. 생물은 생체의 구조나 특성을 모방한 새로운 상품 개발의 원천이 되기도 한다. 하나의 종이 생태계에서 사라지면 사람은 그만큼의 예비 자원과 가능성을 잃는 것이다. 또, 다양한 생물이 서식하는 생태계는 그 자체의 다양성만으로도 관광 자원으로 활용되어 경제적 가치가 높으며, 휴식과 교육, 환경 정화 등 다양한 방면에서 가치를 인정받고 있다.

현재 생물의 다양성은 빠른 속도로 감소하고 있다. 생물 다양성이 감소하는 까닭은 대부분 사람의 활동과 관련되어 있으며 서식지 파괴, 남획, 외래종의 도입, 환경 오염 등을 들 수 있다.

생물 다양성을 위협하는 주요 원인은 열대 우림이나 습지처럼 종 다양성이 높은 지역이 개발을 위해 벌채되거나 매립되어 서식지가 파괴되는 것이다. 서식지가 파괴되면 그 지역에 서식하던 생물은 먹이를 구하고 생식을 할 수 있는 삶의 터전을 잃게 되므로, 멸종될 가능성이 커진다.

특히 서식지 단편화는 서식지 면적이 감소할 뿐만 아니라 전체 서식지에서 가장자리의 비율이 급격히 늘어나고, 서식지 중심부에서 가장자리까지의 거리가 짧아지는 문제점을 가지고 있다.

남획은 야생의 동식물이 다시 원래의 개체군으로 회복할 수 없을 만큼 이들을 포획하는 것을 의미한다. 무차별적인 남획의 결과 많은 종류의 고래, 바다코끼리 등이 멸종된 것으로 알려져 있으며, 하늘다람쥐, 광릉요강꽃, 노랑만병초, 인도네시아의 열대어 등도 멸종 위기에 처해 있다.

사람에 의해 원래 지역에서 다른 지역으로 이동된 종을 외래종이라고 한다. 외부에서 도입된 종은 그 지역의 고유종과 함께 진화해 오지 않았기 때문에 포식자나 기생충이 없는 경우가 많아 쉽게 번성하여 고유종의 서식지를 침범하거나 먹이 그물을 훼손한다. 섬에 도입된 고양이, 쥐 등이 포식자로 작용하여 섬 지역의 새들을 멸종시키기도 한다.

사람의 활동에 의한 환경 오염도 종 다양성을 위협하는 요인이 되고 있다. 대기오염에 의한 산성 강우와 오존층의 파괴는 수생 생물과 육상 생물 모두에게 위협이 되고 있다.

세계적으로 생물 다양성을 보전하기 위해 다양한 노력을 하고 있다. 생물 다양성의 보전을 위해 훼손의 위험이 있는 생태계를 보호 구역으로 지정하여 서식지를 보전하고 남획을 방지하고 있으며, 서식지 단편화에 의한 영향을 감소시키고 동물을 이동시키기 위해 생태 통로를 설치하여 생태계가 단절되지 않도록 하고 있다.

야생 동식물을 남획으로부터 보호하기 위해 멸종 위기종의 국제 교역에 대한 협약(CITES)이 이루어져 보호종을 지정하고 국제 거래를 금지하고 있다. 이 협약으로 고래 사냥이 금지되고, 아프리카 코끼리의 DNA를 분석하여 불법적인 상아 유통을 막는 노력이 진행되고 있다.

또, 외래종의 도입에 의한 피해를 줄이기 위해서는 외래종의 도입을 막고 외래종이 확산되지 않도록 자연 생태계에서 외래종을 제거하는 노력이 필요하다. 특히 인위적인 목적에 의해 허가받지 않고 생물종을 도입하는 경우가 없도록 해야 한다.

우리나라에서도 자연 생태계의 훼손과 무분별한 포획으로 멸종 위기에 처한 생물종을 복원하기 위해 국립 공원 관리공단과 전국의 수목원을 중심으로 야생 동식물의 복원 사업이 진행되고 있으며, 종자 은행을 통해 다양한 자생종의 종자를 보관하여 멸종에 대비하고 있다.

45. 표는 생물 다양성의 3가지 의미를 설명한 것이다. (가)~(다)는 각각 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성 중 하나이다.

구분	의미
(가)	사막, 초원, 삼림, 강, 습지 등 생태계가 다양하게 형성되는 것을 의미한다.
(나)	어떤 생태계에 존재하는 생물 종의 다양한 정도를 의미한다.
(다)	동일한 생물 종이라도 형질이 각 개체 간에 다르게 나타나는 것을 의미한다.

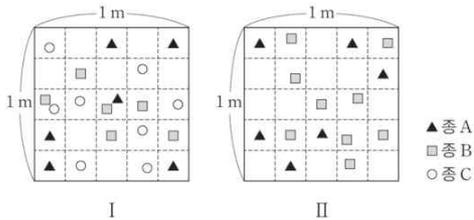
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. (가)는 생태계 다양성이다.  
 ㄴ. (나)는 지구 상의 모든 지역에서 동일하다.  
 ㄷ. 사람에 따라 눈동자 색이 다른 것은 (다)에 해당한다.

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

46. 그림은 서로 다른 지역에 1m × 1m 크기의 방형구 I 과 II를 설치하여 조사한 식물 종의 분포를 나타낸 것이다.



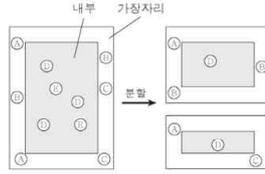
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 방형구에 나타난 각 도형은 식물 1개체를 의미하며, 제시된 종 이외의 종은 고려하지 않는다.)

< 보 기 >

ㄱ. 식물의 종 수는 I에서가 II에서보다 많다.  
 ㄴ. II에서 A는 B와 한 개체군을 이룬다.  
 ㄷ. A의 개체군 밀도는 I에서와 II에서가 같다.

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

47. 그림은 서식지가 분할되었을 때 나타나는 생물 종 A~E의 분포를, 표는 분할 전과 후 A~E의 총 개체수를 나타낸 것이다.



구분	전	후
A	200	200
B	200	180
C	160	120
D	80	40
E	40	0

서식지가 분할되었을 때 나타난 현상으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 생물 종만 고려하며, A~E의 위치는 생물의 분포 지역을 나타낸 것이다.)

< 보 기 >

ㄱ. 생물 종의 수가 감소하였다.  
 ㄴ. 가장자리 면적 / 내부 면적의 값이 증가하였다.  
 ㄷ. 내부보다 가장자리에 서식하는 개체수가 더 많이 감소하였다.

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

2023학년도 수능 대비 모의고사 주요 문항 정답

1	⑤	2	⑤	3	⑤	4	④	5	④
6	⑤	7	③	8	⑤	9	⑤	10	③
11	⑤	12	④	13	⑤	14	①	15	③
16	②	17	④	18	③	19	③	20	③
21	①	22	④	23	②	24	④	25	①
26	②	27	②	28	④	29	⑤	30	②
31	①	32	①	33	①	34	⑤	35	⑤
36	③	37	④	38	⑤	39	③	40	②
41	①	42	②	43	①	44	③	45	④
46	④	47	③						

※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

2015학년도 교육과정 탐구영역 배경지식

# 국어 영역 (생명과학 II)

성명		수험 번호																	
----	--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- 문제지의 해당란에 성명과 수험번호를 정확히 쓰시오.
- 답안지의 필적 확인란에 다음의 문구를 정자로 기재하시오.

**그 어떤 간청도 그대가 선량함과  
연민을 베풀어 이 생물을 좋아할 수 없는가?**

- 답안지의 해당란에 성명과 수험번호를 쓰고, 또 수험번호와 답을 정확히 표시하시오.
- 문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오.  
배점은 2점 또는 3점입니다.

**※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.**

## 제 1 교시

## 국어 영역

## 1. 생명 과학의 역사

생명체의 기본 단위인 세포가 발견된 이후 생명 과학자들은 다양한 종류의 세포를 관찰하였다. 현미경 제작 기술이 향상됨에 따라 살아 있는 세포의 내부를 관찰하고 연구하게 되었으며, 모든 생물은 하나 이상의 세포로 이루어져 있다는 세포설이 등장하였다. 이후 새로운 세포는 살아 있는 세포로부터만 들어진다는 사실이 밝혀지면서 세포설이 확립되었고, 세포의 구조와 기능을 활발하게 연구하기 시작하였다. 특히 전자 현미경의 발달로 미토콘드리아, 세포막, 리보솜 등의 구조와 세포 분열에 관한 지식이 축적되면서 세포 소기관의 기능을 자세히 연구하게 되었다.

오늘날 세포의 연구는 세포 주기 조절과 암세포 연구로 이어져 사람의 질병 치료를 위한 기초로 활용되고 있다.

17세기에 레이우엔훅이 자신이 만든 현미경을 이용하여 맨눈으로는 보이지 않는 미생물을 발견하였고 파스퇴르(Pasteur, L., 1822~1895)는 S자형(백조의 목)의 플라스크를 이용하여 공기 속에 미생물이 존재한다는 것을 밝힘으로써 생물속생설을 입증하였다.

19세기 중반에 이르러 발효가 미생물에 의해 일어난다는 것이 밝혀지면서 미생물의 연구가 활발히 진행되었다. 이후 탄저균, 결핵균과 같은 세균이 전염병을 일으키는 원인이라는 것이 밝혀지면서 소독법과 멸균법이 개발되어 수술 후 상처 부위의 세균 감염에 의한 사망률을 크게 줄일 수 있게 되었다.

또, 전염병의 원인과 감염 경로를 밝히기 위한 연구가 진행되었고, 전염병을 예방할 수 있는 백신이 개발되었다. 그리고 플레밍(Fleming, Sir A., 1881 ~1955)이 세균 배양 접시에 핀 푸른곰팡이에서 세균의 증식을 억제하는 페니실린을 발견하고 항생제가 대량으로 만들어지면서 세균성 전염병으로 고통받는 수많은 환자를 치료할 수 있게 되었다.

19세기 말에 담배모자이크병에 걸린 식물을 연구하는 과정에서 바이러스가 발견되었고, 담배모자이크바이러스(TMV)의 결정을 얻으면서 바이러스의 구조가 확인되었다. 이후 TMV를 비롯한 여러 종류의 바이러스를 전자 현미경으로 관찰하게 되면서 바이러스의 구조적 특징과 생명 현상에 관한 연구가 활발하게 진행되었다. 이를 통해 감기, 소아마비, 천연두, 후천성 면역 결핍증(AIDS) 등이 바이러스성 질환이라는 것이 밝혀졌으며, 바이러스성 질환의 치료제 및 백신을 개발하기 위한 연구가 계속되고 있다.

생물 분류는 고대 그리스 시대부터 아리스토텔레스(Aristoteles, B.C. 384~B.C. 322)를 비롯한 여러 과학자에 의해 이루어졌지만, 18세기까지 큰 발전은 없었다. 18세기 이후에 린네에 의해 체계적인 생물 분류가 시작되었다. 또, 화석이 발견되고 지질학이 발달하면서 생물이 변화할 수 있다는 생각을 하게 되었다. 이러한 영향을 받은 다윈은 오랜 연구를 통해 자연 선택에 의한 진화를 주장하는 『종의 기원』이란 책을 출판하였다. 다윈의 진화론은 전 세계적으로 대단한 논란을 불러일으켰다. 그러나 여러 과학자가 다윈의 진화론을 검증하고 수정·보완하면서 진화론은 점차 생명 과학의 여러 분야를 통합하는 이론으로 자리 잡게 되었다.

진화론의 확립으로 유전학을 비롯한 생명 과학의 거의 모든 분야는 생물의 진화에 근거하여 생명 현상을 설명하는 방향으로 발전하였다. 또, 진화론은 생명 과학뿐만 아니라 정치, 경제, 사회, 문화, 철학 등 많은 분야에 큰 영향을 미쳤다.

19세기 전까지 사람들은 자손이 부모를 닮는 것은 부모의 형질이 액체처럼 혼합된 방식으로 자손에게 전달되기 때문이라고 믿었다. 그러나 19세기에 멘델이 완두의 교배 실험 결과를 분석하여 부모의 형질은 섞이거나 변형되지 않는 입자인 유전 인자의 형태로 자손에게 전달된다는 것을 알아냈다. 그 당시 과학자들은 염색체의 존재를 몰라 멘델의 연구 결과에 관심을 보이지 않았으나, 이후 여러 과학자에 의해 멘델 법칙이 재발견되었다.

세포의 구조와 세포 분열에 관한 연구가 진행되면서 멘델 법칙의 정확한 해석이 이루어졌고, 유전자는 세포의 어느 곳에 있는가와 유전자를 구성하는 물질은 무엇인가에 과학자들은 관심을 두게 되었다. 모건은 여러 개의 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재한다는 것을 밝혔고, 초파리의 X 염색체에 의한 유전을 연구하였다. 멀러는 초파리의 돌연변이를 인공적으로 유도할 수 있다는 것과 돌연변이가 염색체와 유전자의 변화로 일어난다는 것을 발견하였다.

유전학의 발달에 힘입어 과학자들은 유전자가 어떤 방식으로 형질을 나타내는지를 연구하였다. 비들과 테이텀은 유전자 하나에 의해 효소 하나가 합성된다는 것을 밝혔으며, 이들의 연구로 분자 수준에서 생명 현상을 다루는 분자 생물학의 기틀이 마련되었다.

염색체가 단백질과 핵산으로 이루어져 있다는 것이 밝혀진 후 여러 과학자의 연구로 DNA가 유전 물질이라는 것이 증명되었다. DNA가 유전 물질이라는 것과 핵산의 구성 성분이 밝혀지면서 과학자들은 DNA의 입체 구조를 알아내기 위한 연구에 박차를 가하였다. 1953년에 마침내 왓슨과 크릭이 DNA가 이중 나선 구조로 이루어져 있다는 것을 알아냈고, 이후 유전 부호가 모두 해독되었다.

분자 생물학의 발달로 생물의 발생, 성장, 노화, 유전병의 원인 등과 같은 생명 현상을 분자 수준에서 설명하는 것이 가능해졌다. 1970년 이후에는 유전 현상을 설명하는 단계에서 나아가 유전자를 인위적으로 다룰 수 있게 되면서 유전자 재조합 기술이 탄생하였다. 1980년대에는 중합 효소 연쇄 반응(PCR)을 이용하여 소량의 DNA를 많은 양으로 증폭할 수 있게 됨으로써 유전자의 작용에 관한 연구뿐만 아니라 여러 종류의 유전병과 감염성 질환을 진단하는 기술 등이 획기적으로 발전하였다. 또, DNA 염기 서열 자동 분석기를 통해 생물의 유전체를 빠르고 쉽게 분석할 수 있게 되었다.

21세기에 들어 생명 과학은 생물 정보학, 의생명 과학, 법의학, 뇌 과학 등과 같은 여러 학문 분야와 융합된 형태의 학문으로 발전하고 있다. 그리고 생명 현상을 연구하는 수준을 넘어 의약품의 대량 생산, 유전병 치료, 식량 생산 증대, 환경 오염 방지 등 인류 복지에 이바지하는 종합 학문으로서 그 영역을 계속 확대해 나가고 있다.

19세기 말에 개에게서 이자를 떼어 내면 당뇨병이 생긴다는

사실이 발견된 이후, 과학자들은 이자에서 인슐린을 순수하게 분리하는 방법을 고민하였다. 1920년에 캐나다의 의사 밴팅(Banting, F. G., 1891~1941)은 이자에서 분비되는 물질이 당뇨병과 관계있다는 논문을 읽은 후, 개를 연구 대상으로 하여 이자에서 인슐린을 추출하는 데 성공하였다. 이후 순수한 인슐린을 분리하였고, 당뇨병 환자에게 인슐린을 주사하는 임상 시험을 하여 혈당량이 감소하는 결과를 얻게 되었다.

밴팅이 인슐린을 분리할 수 있었던 것은 문헌 조사를 통해 의문을 갖고, 의문을 해결하기 위한 가설을 세운 다음 반복적인 실험을 끈기 있게 수행했기 때문이다.

오스트리아의 동물 행동학자 로렌츠(Lorenz, K., 1903~1989)는 야생 동물을 직접 찾아가 관찰하거나, 집에서 야생 동물을 키우면서 동물 행동을 연구하였다. 로렌츠는 회색기러기 새끼들이 갓 태어났을 때 처음 본 움직이는 물체를 어미로 각인한다는 것을 밝혔다.

로렌츠의 동물 행동 연구에서는 자연환경에서 동물을 관찰하여 얻은 사실을 토대로 회색기러기의 행동 연구 결과를 분석하는 탐구 방법이 사용되었다.

이처럼 생명 과학의 발달에 이바지한 발견들에서는 가설을 설정한 후 탐구를 설계하고 수행하여 얻은 결과를 정리·분석함으로써 가설의 옳고 그름을 확인하는 연역적 탐구 방법과, 어떤 현상을 관찰하여 얻은 자료를 종합하여 결론을 내리는 귀납적 탐구 방법이 사용되었다.

DNA 이중 나선 구조 발견을 비롯한 생명 과학의 연구에 사용된 탐구 과정에서 가장 중요한 것은 생명 현상의 관찰과 과학적 실험이며, 나아가 생명 과학자의 창의성과 많은 시행착오를 겪어도 굴하지 않는 도전 정신이라고 할 수 있다.

1. (가)~(다)는 생명 과학자 ㉠~㉣의 주요 성과이다. ㉠~㉣은 플레밍, 파스퇴르, 레이우엔훅을 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) ㉠은 생물 속생설을 입증하였다.
- (나) ㉡은 ㉢에서 페니실린을 발견하였다.
- (다) ㉣은 자신이 만든 현미경으로 세균을 관찰하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 파스퇴르이다.
  - ㄴ. ㉢는 바이러스이다.
  - ㄷ. (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (다)→(나)→(가)이다.

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

## 2. 생명체의 구성

다세포 생물은 수많은 세포로 이루어져 있으며, 각각의 세포는 독자적인 생명 활동을 유지하고 유기적으로 결합하여 정교한 체제를 이룬다. 다세포 생물에서는 형태와 기능이 비슷한 세포가 모여 조직을 이루고, 여러 조직이 모여 고유한 기능을 하는 기관을 형성한다. 그리고 여러 기관이 모여 독립된 구조와 기능을 가지고 생활하는 하나의 생명체인 개체가 된다.

동물의 조직에는 상피 조직, 결합 조직, 근육 조직, 신경 조직이 있다. 이러한 조직이 모여 특정 기능을 수행하는 기관을 이루고, 연관된 기능을 하는 기관들이 모여 기관계가 된다. 예를 들면 순환계는 심장과 혈관 등의 기관들이 기능적으로 서로 연결되어 혈액 순환이라는 기능을 수행하는 기관계이다. 동물의 기관계에는 소화계, 호흡계, 배설계, 신경계, 생식계 등이 있으며, 여러 기관계가 모여서 하나의 개체를 이룬다.

식물의 조직에는 분열 조직, 표피 조직, 유조직, 통도 조직 등이 있다. 이러한 조직이 모여 일정한 기능을 수행하는 조직계를 이룬다. 식물의 조직계에는 표피 조직계, 관다발 조직계, 기본 조직계가 있으며, 각각의 조직계는 식물체 전체에 연속적으로 연결되어 기관을 구성한다. 식물의 기관으로는 뿌리, 줄기, 잎, 꽃, 열매가 있으며, 서로 다른 일을 하는 여러 기관이 모여서 하나의 개체를 이룬다. 다세포 생물의 몸은 유기적인 구성 체제를 갖추고 있어 여러 가지 생명 활동을 효과적으로 수행할 수 있다.

생명체는 주로 물과 탄소 화합물로 이루어져 있다. 탄소 화합물에는 탄수화물, 지질, 단백질, 핵산이 있으며, 그중 탄수화물, 단백질, 핵산은 단위체가 긴 사슬 형태로 연결되어 형성된 물질이다. 생명체를 구성하는 탄소 화합물은 종류에 따라 구성 비율이 다르며, 생명 활동에 중요한 역할을 한다.

탄수화물은 단당류, 이당류, 다당류로 구분한다. 단당류는 가장 단순한 형태의 탄수화물로 탄소 골격의 탄소 수에 따라 구분하며, 포도당, 과당, 갈락토스는 6탄당에 해당한다. 포도당과 같은 단당류는 세포의 주된 에너지원으로 이용된다.

이당류는 단당류 두 분자가 결합한 것으로 엿당, 젖당, 설탕이 있다. 엿당은 포도당과 포도당, 젖당은 갈락토스와 포도당, 설탕은 포도당과 과당이 결합하여 형성된다.

다당류는 수백 또는 수천 개의 단당류가 결합한 것으로, 녹말, 글리코젠, 셀룰로스 등이 있다. 녹말은 식물의 뿌리, 열매, 줄기, 잎 등에 저장되고, 글리코젠은 동물의 간이나 근육 등에 저장된다. 셀룰로스는 식물 세포의 세포벽을 구성하는 물질로, 식물 세포를 구조적으로 지지하는 역할을 한다.

지질은 물에는 잘 녹지 않지만 유기 용매에는 잘 녹는다. 지질은 성분이나 구조에 따라 중성 지방, 인지질, 스테로이드 등으로 구분된다. 중성 지방은 지방산과 글리세롤로 구성되는데, 생명체 내에서 에너지 저장 물질로 이용되며 동물의 체온을 유지하는 데 중요하다. 인지질은 주로 세포막을 구성하는 성분이며 인산을 함유하고 있다. 스테로이드는 4개의 고리가 연결된 구조로, 성호르몬, 부신 결절 호르몬 등의 구성 성분이다. 대표적인 예로는 콜레스테롤이 있으며, 콜레스테롤은 인지질과 함께 동물의 세포막을 구성한다.

생명체 내에는 특정한 구조와 기능을 가진 다양한 종류의 단백질이 있다. 단백질은 여러 종류의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결된 화합물이다. 단백질을 구성하는 아미노산의 수, 종류, 서열에 따라 구조가 달라져 서로 다른 종류의 단백질이 된다. 단백질의 다양한 기능은 폴리펩타이드 사슬의 입체 구조에 의해 결정된다.

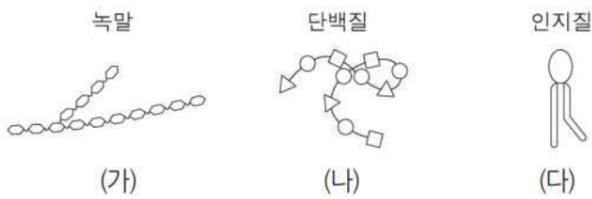
단백질의 입체 구조는 온도, pH 등의 환경 조건에 영향을 받는다. 환경 조건의 변화에 의해 단백질이 제 기능을 할 수 없도록 입체 구조가 변하는 것을 변성이라고 한다.

단백질은 호르몬, 효소, 항체의 성분으로 세포 사이의 정보 교환, 물질대사 조절, 방어 작용 등의 역할을 하며 동물의 근육, 뼈, 힘줄, 피부 등을 구성한다.

핵산의 종류에는 디옥시리보 핵산(DNA)과 리보핵산(RNA)이 있다. 핵산은 많은 수의 뉴클레오타이드가 결합하여 형성된 폴리뉴클레오타이드이다. 뉴클레오타이드는 염기, 당, 인산이 1:1:1로 결합되어 있다. 염기는 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기로 나눈다. 퓨린 계열 염기에는 아데닌(A)과 구아닌(G)이 있고, 피리미딘 계열 염기에는 사이토신(C), 타이민(T), 유라실(U)이 있다. 아데닌, 구아닌, 사이토신은 DNA와 RNA에 모두 있으며, 타이민은 DNA에만, 유라실은 RNA에만 있다. 염기에 연결된 당은 5탄당으로 DNA의 당은 디옥시리보스이고, RNA의 당은 리보스이다.

DNA는 이중 나선 구조로, 유전 정보를 저장한다. RNA는 단일 가닥으로, 유전 정보에 따라 단백질을 합성하는 과정에 관여한다. 탄수화물, 단백질, 핵산 등은 단위체의 구성에 따라 다양한 종류가 형성되어 생명체의 구성 물질로 이용되거나, 여러 가지 생명 현상에서 많은 역할을 담당한다.

2. 그림 (가)~(다)는 녹말, 단백질, 인지질을 나타낸 것이다.



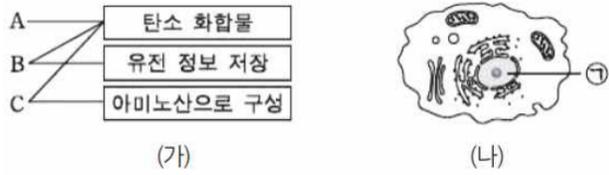
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. (가)의 구성 원소는 C, H, O이다.  
 ㄴ. (나)에는 펩타이드 결합이 존재한다.  
 ㄷ. (다)는 세포막의 구성 성분이다.

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

3. 그림 (가)는 물질 A~C와 그것의 특성을 선으로 연결하여 나타낸 것이다. A~C는 각각 단백질, 탄수화물, 핵산 중 하나이다. 그림 (나)는 동물 세포를 나타낸 것이며, ㉠은 세포 소기관이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 콜레스테롤은 A에 속한다.  
 ㄴ. B의 구성 단위는 뉴클레오타이드이다.  
 ㄷ. ㉠에는 C가 있다.

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

4. 인지질과 RNA에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 세포막의 구성 성분에는 인지질이 있다.  
 ㄴ. RNA의 기본 단위는 아미노산이다.  
 ㄷ. 인지질과 RNA의 구성 원소에 모두 인(P)이 포함된다.

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

## 3. 세포의 구조와 기능

세균은 동물 세포나 식물 세포와 달리 막으로 둘러싸인 핵을 가지고 있지 않은데, 이처럼 막으로 둘러싸인 핵이 없는 세포를 **원핵세포**라고 한다. 원핵세포의 세포질에는 하나의 원형 DNA가 응축되어 있으며, 미토콘드리아, 골지체, 소포체, 엽록체 등 막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없다.

식물 세포나 동물 세포와 같이 막으로 둘러싸인 핵을 가지고 있는 세포를 **진핵세포**라고 한다. 진핵세포의 핵 속에는 여러 개의 선형 DNA가 있으며, DNA는 단백질과 함께 염색체를 구성한다. 세포 내에는 미토콘드리아, 골지체, 소포체, 엽록체 등 막으로 둘러싸인 세포 소기관이 존재한다.

단백질을 합성하는 리보솜은 원핵세포와 진핵세포에 모두 존재하지만, 원핵세포의 리보솜이 진핵세포의 리보솜보다 크기가 작다.

원핵세포로 이루어진 원핵생물은 모두 하나의 세포로 구성되며 모양이 다양하고, 뜨거운 온천이나 염분의 농도가 높은 소금물 환경에서 살 수 있는 것도 있다. 진핵세포로 이루어진 진핵생물은 하나의 세포 또는 많은 수의 세포로 구성된다.

오늘날에는 다양한 현미경과 염색법 등의 발달로 세포 소기관의 미세한 구조까지 볼 수 있게 되었다. 또, 세포 분획법과 자기 방사법 등을 이용하여 세포 소기관의 기능을 자세히 연구할 수 있다.

세포의 구조를 관찰하는 데 일반적으로 사용되는 현미경은 광학 현미경이다. 광학 현미경은 대물렌즈와 접안렌즈를 통해 가시광선을 굴절시켜 확대된 상을 얻는다. 광학 현미경을 이용하면 살아 있는 세포의 모양과 길이뿐만 아니라 핵, 엽록체, 엽록체, 미토콘드리아 등을 관찰할 수 있다. 또, 관찰하려는 세포 소기관을 염색하면 해당 세포 소기관을 좀 더 잘 구별할 수 있다.

광학 현미경의 종류에는 일반적인 광학 현미경 외에 위상차 현미경, 형광 현미경, 간섭 현미경 등이 있다.

광학 현미경보다 높은 배율과 해상력을 가진 전자 현미경이 개발되면서 세포 소기관의 내부 구조를 관찰할 수 있게 되었다. 전자 현미경은 가시광선보다 파장이 짧은 전자선을 전자렌즈로 굴절시켜 물체의 상을 확대한다. 전자 현미경에는 투과 전자 현미경(TEM)과 주사 전자 현미경(SEM)이 있다. 투과 전자 현미경은 전자를 시료의 얇은 단면에 투과시켜 컴퓨터 화면에 시료 단면의 영상을 형성하고, 주사 전자 현미경은 시료 표면에 전자를 주사하여 컴퓨터 화면에 시료 표면의 3차원 입체 영상을 형성한다.

세포 분획법은 세포 내의 구성 물질이나 세포 소기관을 서로 분리하는 기술이다. 세포 분획을 하기 위해서는 먼저 세포나 조직을 파쇄한 후, 세포 파쇄액을 원심 분리기에 넣어 회전시킨다. 원심 분리기를 이용하여 세포 파쇄액이 들어 있는 시험관을 다양한 속도로 회전시키면 세포 소기관들이 바닥에 가라앉아 침전물이 형성된다. 느린 속도에서는 비교적 크고 무거운 핵 등이 포함된 침전물이 형성되고, 속도를 증가시키면 엽록체, 미토콘드리아, 소포체, 리보솜 등의 순서로 세포 소기관이 포함된 침전물이 가라앉아 분리된다.

세포 분획법은 특정한 세포 소기관의 구조나 기능을 연구하기 위해 그 세포 소기관을 대량으로 얻고자 할 때 사용된다.

방사성 동위 원소가 표지된 화합물을 세포에 공급하고 시간 경과에 따라 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적하는 방법을 자기 방사법이라고 한다. 자기 방사법은 세포 내에서 물질의 이동이나 변화 과정을 알아보고자 할 때 이용된다.

<sup>14</sup>C로 표지된 아미노산이 들어 있는 배양액에 세포를 배양하면서 시간 경과에 따라 방사선을 방출하는 세포 소기관을 조사하면, 세포 내에서 단백질이 합성되어 이동하는 경로를 알 수 있다.

세포는 여러 가지 물질을 합성하고, 합성한 물질을 세포 내의 필요한 장소로 보내거나 저장하며, 세포 밖으로 분비하기도 한다. 이러한 생명 활동은 여러 세포 소기관들이 서로 연관되어 유기적으로 작용함으로써 이루어진다.

세포가 합성하는 물질 중 단백질은 세포를 구성하는 주요 성분이고, 세포 내에서 일어나는 대부분의 생명 활동을 조절하는 데 관여한다. 핵 속에 있는 DNA의 유전 정보에 따라 세포에서 단백질이 합성되고, 단백질의 기능에 따라 세포의 생명 활동 특성이 결정된다. 따라서 핵은 세포의 구조와 기능을 결정하고, 세포의 생명 활동을 조절하는 역할을 한다.

핵은 핵막으로 둘러싸여 있으며, 핵막은 각각 인지질 2중층으로 된 외막과 내막으로 이루어져 있다. 핵막에는 핵공이라는 작은 구멍이 있어 이곳을 통해 RNA, 단백질 등의 물질이 출입한다. 세포의 핵 속에는 인이라는 구조가 있다. 인에서는 rRNA(리보솜 RNA가 합성되며, rRNA는 핵공을 통해 들어온 리보솜 단백질과 합쳐져 리보솜 단위체가 된다.

**리보솜**은 rRNA와 단백질로 구성되며 2개의 단위체가 결합된 형태이다. 리보솜은 세포질에서 유전 정보에 따라 단백질을 합성하므로 단백질 합성이 활발한 세포에서 많이 발견된다. 리보솜은 세포질 내에서 자유롭게 떠다니거나 소포체에 붙어 있다.

**소포체**는 막으로 이루어진 세포 소기관으로, 핵막에 부분적으로 연결되어 있다. 소포체에는 리보솜이 붙어 있는 거친면 소포체와 리보솜이 붙어 있지 않은 매끈면 소포체가 있다. 거친면 소포체는 리보솜에서 합성된 단백질을 이동시키는 통로 역할을 하며, 합성된 단백질은 소포체 막에서 분리된 소낭을 통해 세포 내 다른 부위로 이동한다. 매끈면 소포체는 막에 효소가 있어 지방, 인지질 등의 지질을 합성하는 역할을 하며, 칼슘 이온의 저장과 독성 물질의 제거에 관여한다.

**골지체**는 납작한 주머니인 시스терна가 겹쳐져 있는 세포 소기관으로, 소포체로부터 수송된 단백질과 지질을 변형하고 분류하여 다른 목적지로 보낸다. 골지체는 소포체와 달리 내부가 서로 연결되어 있지 않으며, 소낭을 통해 물질을 세포의 다른 부위로 운반하거나 세포 밖으로 분비한다.

물질이 합성되어 분비되기까지의 과정에 관여하는 세포 소기관을 살펴보자. 세포는 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 물질대사를 통하여 에너지를 전환한다. 세포에서 에너지 전환 과정을 담당하는 세포 소기관에는 미토콘드리아와 엽록체가 있다.

**미토콘드리아**는 거의 모든 진핵세포에 존재하며, 세포 호흡으로 ATP가 합성되는 곳이다. 미토콘드리아는 두 겹의 막으로 둘러싸여 있으며, 세포 호흡에 관여하는 여러 가지 효소를 가지고 있다. 또, DNA와 리보솜을 가지고 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.

**엽록체**는 주로 식물에서 발견되는 세포 소기관으로, 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 포도당을 합성하는 광합성이 일어나는 곳이다. 엽록체는 두 겹의 막으로 둘러싸여 있으며, 광합성 색소와 에너지를 전환하는 데 관여하는 효소를 가지고 있다. 또, DNA와 리보솜을 가지고 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.

세포 내에서는 고분자 물질이 분해되어 재활용되고, 손상된 소기관이 분해된다. 그리고 세포는 물질을 저장할 수도 있다.

**리소좀**은 주로 동물 세포에서 발견되며, 막으로 둘러싸인 주머니 모양의 세포 소기관이다. 리소좀에는 탄수화물, 단백질, 지질, 핵산 등을 분해할 수 있는 여러 종류의 가수 분해 효소가 들어 있어, 세포내 소화를 담당한다. 또 세포 내로 들어온 물질을 분해하거나 손상된 세포 소기관을 자가 분해하기도 한다.

**액포**는 막으로 둘러싸인 주머니 모양의 세포 소기관으로, 세포의 종류에 따라 기능이 다양하다. 특히 성숙한 식물 세포에서 형성되는 액포는 단백질, 무기염류, 색소 등을 저장하며, 세포 내부의 수분 함량을 조절한다.

**세포벽**은 세포막 바깥쪽에 형성되는 구조물로, 식물 세포에서는 주성분이 셀룰로스이다. 세포벽은 물과 용질을 모두 통과시키는 구조로 물질 출입을 조절하는 능력은 없고 세포를 보호하고 모양을 유지하는 역할을 한다. 어린 식물 세포에서 얇은 1차 세포벽이 형성되고, 세포가 성숙하면서 세포막과 1차 세포벽 사이에 2차 세포벽이 합성됨으로써 세포벽은 더욱 두껍게 발달한다.

세포질에는 단백질로 구성된 그물 모양의 지지 구조가 있는데, 이를 **세포 골격**이라고 한다. 세포 골격의 중요한 기능은 세포의 모양을 유지하는 것이며, 미세 섬유, 중간 섬유, 미세 소관으로 구분된다. 미세 섬유는 세포 내의 물질 이동과 근육 섬유의 수축에 관여한다. 중간 섬유는 핵과 세포 소기관의 위치를 고정하는데 중요한 역할을 한다. 미세 소관은 세포 소기관이나 세포 분열 시 염색체의 이동에 관여하며 중심체, 방추사, 섬모, 편모 등을 구성한다.

**편모**와 **섬모**는 세포의 운동 기관이다. 섬모는 길이가 짧고 수가 많으며, 편모는 길이가 길고 수가 적다. 편모와 섬모는 미세 소관으로 이루어져 있다.

5. 표는 세포 연구에 이용하는 실험 방법 (가)~(다)의 내용을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 세포 분획법, 자기 방사법, 현미경을 이용한 방법을 순서 없이 나타낸 것이다.

실험 방법	내용
(가)	광학 현미경으로 세포를 관찰한다.
(나)	원심 분리기를 이용하여 세포 파쇄액으로부터 세포 소기관을 분리한다.
(다)	방사성 동위 원소로 표지된 아미노산을 세포에 주입한 후 시간에 따라 방출되는 방사선을 추적한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

— < 보 기 > —

ㄱ. (가)는 자기 방사법이다.  
 ㄴ. (나)를 이용하여 식물 세포로부터 엽록체를 분리할 수 있다.  
 ㄷ. (다)를 이용하여 방사성 동위 원소로 표지된 단백질의 세포 내 이동 경로를 추적할 수 있다.

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

6. 다음은 단백질 X의 이동 경로에 대한 자료이다.

어떤 세포에서 방사성 동위 원소로 표지된 단백질 X의 이동 경로를 추적하였더니, X는 A에서 B를 거쳐 세포 밖으로 이동하였다. A와 B는 골지체와 소포체를 순서 없이 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

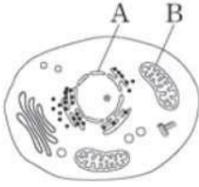
— < 보 기 > —

ㄱ. A는 소포체이다.  
 ㄴ. B는 2중막을 갖는다.  
 ㄷ. X의 이동 경로 추적에 자기 방사법이 이용되었다.

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

7. 그림은 동물 세포의 구조를 나타낸 것이다.

A와 B는 각각 핵과 미토콘드리아 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



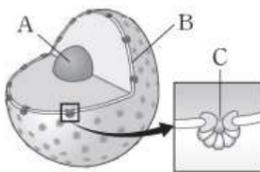
————— < 보 기 > —————

ㄱ. A에는 DNA가 있다.  
 ㄴ. B는 대장균에도 있다.  
 ㄷ. A와 B는 모두 2중막을 갖는다.

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

8. 그림은 세포의 핵 구조를 나타낸 것이다.

A~C는 각각 인, 핵공, 핵막 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



————— < 보 기 > —————

ㄱ. A에서 rRNA가 합성된다.  
 ㄴ. B는 인지질을 가진다.  
 ㄷ. C를 통해 mRNA가 핵에서 세포질로 이동한다.

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

9. 대장균과 시금치의 공변세포가 공통으로 갖는 특징만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

————— < 보 기 > —————

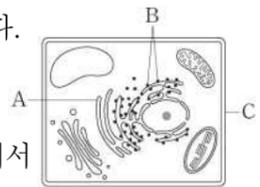
ㄱ. 세포벽을 가진다.  
 ㄴ. 세포질에서 단백질 합성이 일어난다.  
 ㄷ. 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 가진다.

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

10. 그림은 식물 세포의 구조를 나타낸 것이다.

A~C는 리보솜, 세포벽, 매끈면 소포체를 순서 없이 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



————— < 보 기 > —————

ㄱ. A는 매끈면 소포체이다.  
 ㄴ. B에서 단백질 합성이 일어난다.  
 ㄷ. C의 구성 성분에는 셀룰로스가 포함된다.

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

4. 세포막을 통한 물질의 출입

세포막을 구성하는 주성분은 인지질과 단백질이다. 한 분자의 인지질은 인산기가 있는 친수성 부분과 지방산이 있는 소수성 부분을 함께 가지고 있다. 세포의 안과 밖은 모두 수용성 환경이므로, 인지질의 친수성 인산 부분이 양쪽 바깥으로 배열되고 소수성 지방산 부분이 서로 마주 보며 배열된다. 따라서 세포막은 인지질 2중층 구조를 이룬다. 또, 여러 종류의 단백질이 인지질 2중층을 관통하거나, 인지질 2중층에 파묻혀 있거나 표면에 붙어 있다. 대부분의 막단백질도 친수성과 소수성 부분을 함께 가지고 있다. 인지질과 단백질은 모두 특정 위치에 고정되어 있는 것이 아니라 유동성이 있어 움직일 수 있다.

세포막은 세포를 외부와 구분 짓고, 다른 세포나 외부의 물질을 인식하는 등 다양한 기능을 한다. 그러나 세포막의 가장 중요한 기능은 세포 안팎으로의 물질 이동을 조절하는 것이다. 세포막을 통한 물질의 이동은 물질의 종류에 따라 선택적으로 일어난다.

세포막을 통한 물질 이동에는 에너지를 사용하지 않는 수동 수송과 에너지를 사용하는 능동 수송이 있다. 물질의 분포 차이에 의한 농도 기울기에 따라 물질이 이동하는 확산과 삼투는 수동 수송에 해당한다. 반면에, 세포막의 어떤 막단백질은 농도가 낮은 쪽에서 농도가 높은 쪽으로 물질을 이동시킬 수 있는데, 이러한 물질 이동은 능동 수송에 해당한다.

산소, 이산화 탄소와 같은 분자는 세포막의 인지질 2중층을 쉽게 통과한다. 이처럼 분자들이 농도 기울기에 따라 인지질 2중층을 직접 통과하여 이동하는 현상을 **단순 확산**이라고 한다. 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 산소와 이산화 탄소의 이동은 단순 확산의 예이다.

이온, 포도당, 아미노산과 같은 분자는 인지질 2중층을 직접 통과하기 어려워 막단백질의 도움을 받아 이동한다. 막단백질을 통해 농도 기울기에 따라 물질이 이동하는 현상을 **촉진 확산**이라고 한다. 신경 세포에서 흥분 전도 시  $Na^+$  통로가 열려  $Na^+$ 이 세포 밖에서 안으로 이동하는 것은 촉진 확산의 예이다.

설탕 분자는 통과할 수 없고 물 분자는 통과할 수 있는 선택적 투과성 막을 사이에 둔 U자관에 농도가 다른 설탕 용액을 넣는다고 가정해 보자. 선택적 투과성 막의 구멍을 설탕 분자는 통과할 수 없고 물 분자는 통과할 수 있으므로, 물의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물이 확산된다. 따라서 시간이 지남에 따라 농도가 높은 설탕 용액의 높이는 높아지고, 농도가 낮은 설탕 용액의 높이는 낮아진다. 이처럼 선택적 투과성 막을 사이에 두고 물의 농도 기울기에 따라 물이 확산하는 현상을 **삼투**라고 한다.

동물 세포인 적혈구를 저장액인 증류수에 넣으면 삼투에 의해 물이 빠져나가는 속도보다 적혈구 안으로 들어오는 속도가 빨라 적혈구가 부풀어 오르게 되며, 결국 적혈구의 막이 터지는 **용혈**이 일어난다. 반대로 적혈구를 고장액에 넣어 두면 물이 적혈구 안으로 들어오는 속도보다 밖으로 빠져나가는 속도가 빨라 적혈구가 쪼그러든다. 등장액에서는 물의 이동이 양방향으로 같은 속도로 일어나 적혈구의 모양이 정상 상태를 유지한다.

식물 세포를 저장액에 넣으면 물이 세포 안으로 들어오는 속도가 밖으로 빠져나가는 속도보다 빨라 세포의 부피가 커지

는데, 이를 **팽윤 상태**라고 한다. 식물 세포는 단단한 세포벽이 있어 일정 부피가 되면 더는 커지지 않는다. 식물 세포를 고장액에 넣으면 물이 세포 밖으로 빠져나가는 속도가 안으로 들어오는 속도보다 빨라 세포질의 부피가 작아지다가 세포막이 세포벽에서 떨어진다. 이러한 현상을 **원형질 분리**라고 한다.

어떤 물질의 농도는 세포 안과 밖에서 서로 다르게 유지될 때도 있다. 사람 혈액의  $K^+$  농도는 혈장에 비해 적혈구 내부에서 높게 유지되고 있으나,  $Na^+$  농도는 오히려 적혈구 내부보다 혈장에서 높게 유지되고 있다. 이것은 적혈구가 농도 기울기를 거슬러서 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물질을 이동시켰기 때문이다.

세포막에서 에너지를 사용하여 농도 기울기를 거슬러 물질이 이동하는 방식을 **능동 수송**이라고 한다. 능동 수송에는 세포막에 존재하는 특정한 운반체 단백질이 관여한다.  $Na^+ - K^+$  펌프가 세포막을 통해  $Na^+$ 과  $K^+$ 을 수송하는 것은 능동 수송의 예에 해당한다.

단백질처럼 큰 분자들은 세포막에 싸여 운반되기도 한다. 이때 특정 물질을 세포 밖으로 내보내는 작용을 **세포의 배출**, 세포 안으로 받아들이는 작용을 **세포내 섭취**라고 한다. 이자 세포에서 인슐린을 합성하여 혈액으로 분비하는 것은 세포의 배출에 해당하며, 백혈구의 식세포 작용은 세포내 섭취에 해당한다. 세포의 배출과 세포내 섭취에는 모두 에너지가 필요하다.

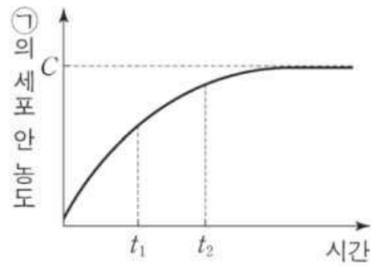
11. 다음은 동물 세포의 세포막을 통한 물질의 이동에 대한 세 학생의 의견이다.



제시한 의견이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

12. 그림은 물질 ㉠이 들어 있는 배양액에 세포를 넣은 후 시간에 따른 ㉠의 세포 안 농도를 나타낸 것이다. C는 ㉠의 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때 ㉠의 세포 밖 농도이다. ㉠의 이동 방식은 능동 수송과 촉진 확산 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



< 보 기 >  
 ㄱ. ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이다.  
 ㄴ.  $\frac{t_2 \text{일 때 ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차}}{t_1 \text{일 때 ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차}} > 1$ 이다.  
 ㄷ. 인슐린이 세포 밖으로 이동하는 방식은 ㉠의 이동 방식과 같다.

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

13. 표는 세포막을 통한 물질의 이동 방식 I~Ⅲ의 예를 나타낸 것이다. I~Ⅲ은 삼투, 능동 수송, 세포내 섭취를 순서 없이 나타낸 것이다.

이동 방식	예
I	백혈구의 식세포 작용에서 세포 안으로 세균의 이동
II	$\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프를 통한 $\text{Na}^+$ 의 이동
III	㉠ 원형질 분리가 일어난 식물 세포를 저장액에 넣었을 때 세포막을 통한 물의 이동

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >  
 ㄱ. I은 삼투이다.  
 ㄴ. II에서 에너지가 소모된다.  
 ㄷ. ㉠에서 물은 세포 안으로 유입된다.

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

5. 효소의 작용

세포에서는 화학 반응이 끊임없이 일어나며, 각 반응은 특정한 효소에 의해 촉진된다. 화학 반응이 일어나기 위해서는 최소한의 에너지가 필요한데, 이를 **활성화 에너지**라고 한다. 활성화 에너지는 에너지 장벽에 비유할 수 있으며, 에너지 장벽을 넘어야 화학 반응이 일어날 수 있다. 화학 반응에서 활성화 에너지를 변화시켜 반응 속도에 영향을 주는 물질을 **촉매**라고 한다. 세포에는 활성화 에너지를 낮추어 주는 생체 촉매인 효소가 있어 화학 반응이 잘 일어날 수 있다.

효소와 결합하는 특정 반응물을 **기질**이라고 하며, 효소에 기질이 결합하는 부분을 **활성 부위**라고 한다. 체내에서 화학 반응이 일어날 때 효소는 활성 부위의 구조에 들어 맞는 기질과 만나 **효소·기질 복합체**를 형성함으로써 반응의 활성화 에너지를 낮추어 준다. 효소가 특정한 기질과만 결합하여 작용하는 성질을 효소의 **기질 특이성**이라고 한다. 효소는 반응에서 소모되거나 변형되지 않으며, 생성물이 만들어진 후 다시 반응에 이용된다.

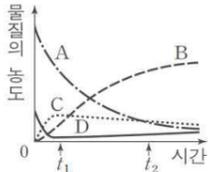
효소의 농도가 일정한 경우 기질의 농도가 증가하면 반응 속도도 증가한다. 그러나 기질의 농도가 일정 수준에 이르면 반응 속도가 더는 증가하지 않고 일정해진다. 이것은 모든 효소가 기질과 결합하여 포화 상태가 되었기 때문이다.

효소 중에는 단백질 성분으로만 활성을 나타내는 것과, 단백질 성분과 함께 비단백질 성분이 있어야 활성을 나타내는 것이 있다. 예를 들면 아밀레이스, 펩신과 같은 소화 효소는 단백질 성분으로만 활성을 나타내고, 탈수소 효소는 비단백질 성분이 있어야 활성을 나타낼 수 있다. 이때 단백질 성분을 주효소, 비단백질 성분을 보조 인자라고 하며, 이들이 결합한 것을 전효소라고 한다. 보조 인자 중에는 효소의 단백질 부분으로부터 쉽게 분리되는 것도 있지만, 효소와 강하게 결합하고 있어서 잘 분리되지 않는 것도 있다. 보조 인자에는  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  등의 금속 이온, 유기물인 조효소가 있다. 생명체에서는 수많은 종류의 화학 반응이 일어나며, 반응에 관여하는 효소의 종류도 다양하다.

효소의 주성분은 단백질이므로, 효소의 활성은 단백질의 입체 구조에 영향을 미치는 온도, pH 등과 같은 환경에 영향을 받는다. 온도와 pH 등에 의하여 효소의 입체 구조가 변하면 효소·기질 복합체의 형성이 어려워져 반응 속도가 감소하거나 반응이 일어나지 않게 된다.

효소의 활성은 효소와 결합하는 다른 물질에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 효소와 결합하여 효소·기질 복합체의 형성을 방해하는 물질을 **저해제**라고 한다. 저해제는 특정 효소의 작용을 선택적으로 방해하여 물질대사에 영향을 미친다. 특히 효소의 활성 부위에 결합하여 효소 반응을 방해하는 물질을 **경쟁적 저해제**라고 한다.

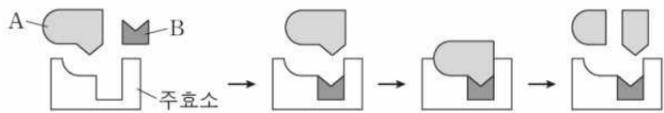
14. 그림은 어떤 효소가 관여하는 반응에서 시간에 따른 반응액 내 물질 A~D의 농도를 나타낸 것이다. A~D는 각각 효소, 기질, 효소-기질 복합체, 생성물 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. B는 생성물이다.
  - ㄴ. t<sub>2</sub>일 때 B는 모두 D와 결합된다.
  - ㄷ. 반응 속도는 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub> 일 때보다 빠르다.

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

15. 그림은 어떤 효소 반응을 나타낸 것이다. A와 B는 각각 기질과 보조인자 중 하나이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 기질이다.
  - ㄴ. 이 효소는 이성질화 효소이다.
  - ㄷ. 활성화 에너지는 보조 인자가 있을 때가 없을 때보다 크다.

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

6. 세포 호흡

미토콘드리아는 내막과 외막으로 이루어진 2중막 구조를 가지며, 내막에 의해 막 사이 공간과 기질로 구분된다. 내막은 안쪽으로 접혀 들어가 주름을 형성하는데, 이를 **크리스타**라고 한다. 내막에는 전자 전달에 필요한 효소와 ATP 합성 효소가 분포하고, 기질에는 유기물을 분해하는 데 필요한 여러 가지 효소가 존재한다.

엽록체도 내막과 외막으로 이루어진 2중막 구조를 가지며, 내막 안쪽의 공간을 **스트로마**라고 한다. 스트로마에는 동전 모양의 **틸라코이드**가 있으며, 틸라코이드가 포개져 쌓여 있는 구조를 **그라나**라고 한다. 틸라코이드 막에는 광합성 색소, 전자 전달에 필요한 효소, ATP 합성 효소가 분포하고, 스트로마에는 유기물을 합성하는 데 필요한 여러 가지 효소가 존재한다.

미토콘드리아에서는 유기물을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 세포 호흡이 일어나고, 엽록체에서는 빛에너지를 이용하여 유기물을 합성하는 광합성이 일어난다. 미토콘드리아와 엽록체는 서로 다른 물질대사를 담당하지만 에너지 전환이 일어나는 세포 소기관이라는 공통점을 가진다. 미토콘드리아와 엽록체에서 에너지 전환에 관여하는 막단백질은 각각 내막과 틸라코이드 막에 있다.

**세포 호흡**은 포도당을 산화하여 이산화 탄소와 물로 분해하는 과정이다.



세포 호흡에서 방출된 에너지의 일부는 ATP로 전환되어 생명체의 다양한 생명 활동에 이용되고, 나머지는 열로 방출된다.

세포 호흡은 해당 과정, 피루브산의 산화 및 TCA 회로, 산화적 인산화로 구분한다. 해당 과정은 세포질에서 일어나고, 피루브산의 산화 및 TCA 회로와 산화적 인산화는 모두 미토콘드리아에서 일어난다. 세포 호흡은 여러 반응을 거쳐 일어나며, 각 반응에는 효소가 작용하므로 세포 호흡은 온도, pH 등의 영향을 받는다.

세포 호흡의 첫 번째 단계는 해당 과정으로, 포도당으로부터 에너지를 얻는 모든 원핵세포와 진핵세포에서 일어난다. **해당 과정**은 포도당 1분자가 여러 가지 화학 반응을 거쳐 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정이다.

해당 과정의 초기에 2분자의 ATP가 사용되며 포도당이 과당 2인산이 된다. 과당 2인산이 2분자의 피루브산으로 분해되면서 4분자의 ATP가 합성되므로, 결과적으로 포도당 1분자가 해당 과정을 거치면 2분자의 ATP가 순생성된다. 과당 2인산은 피루브산으로 분해될 때 탈수소 효소의 작용으로 산화되고 H<sup>+</sup>과 고에너지의 전자를 방출하는데, NAD<sup>+</sup>는 방출된 H<sup>+</sup>과 전자를 받아 NADH로 환원된다.

해당 과정에서 생성된 피루브산은 산소가 있을 때 미토콘드리아 기질로 이동하여 산화되고 조효소A(CoA)와 결합해 아세틸 CoA가 된다. 이 과정에서 이산화 탄소가 방출되고, NAD<sup>+</sup>는 H<sup>+</sup>과 전자를 받아 NADH로 환원된다. 피루브산은 탈수소 효소 복합체에 의해 아세틸 CoA로 전환된다.

아세틸 CoA는 옥살아세트산과 결합하여 시트르산이 되고, 시트르산은 여러 화학 반응을 거쳐 다시 옥살아세트산이 된다. 재생된 옥살아세트산은 아세틸 CoA와 결합하여 시트르산이 되는 회로를 반복하는데, 이 회로를 **TCA 회로**라고 한다. TCA 회로의 각 단계는 여러 효소에 의해 일어나며, 이 회로를 통해 2분자의 이산화 탄소가 방출된다.

미토콘드리아 기질에서는 피루브산이 산화되어 아세틸 CoA가 되는 과정과 TCA 회로가 진행된다. 이 과정에서 반응물의 탄소 수가 감소하는 탈탄산 반응과, 반응물로부터 H<sup>+</sup>과 전자가 방출되는 탈수소 반응이 일어난다. NAD<sup>+</sup>와 FAD는 각각 탈수소 반응에서 방출된 H<sup>+</sup>과 전자를 받아 NADH와 FADH<sub>2</sub>로 환원된다. TCA 회로에서 아세틸 CoA가 가지는 에너지의 일부는 기질 수준 인산화로 ATP를 합성하는 데 이용되고, 나머지는 NADH와 FADH<sub>2</sub>에 저장된다.

세포 호흡의 마지막 단계인 **산화적 인산화**는 미토콘드리아 내막에 있는 전자 전달계에서 방출된 에너지를 이용하여 ATP를 합성하는 과정이다.

**전자 전달계**는 전자 전달 효소 복합체와 전자를 운반하는 전자 운반체로 이루어져있다. 해당 과정과 피루브산의 산화 및 TCA 회로에서 생성된 NADH와 FADH<sub>2</sub>는 전자 전달계에서 H<sup>+</sup>과 고에너지 전자를 내놓고 산화되며, 고에너지 전자는 전자 전달 효소 복합체와 전자 운반체의 산화 환원 반응으로 전달된다. 이 과정에서 고에너지 전자가 가지고 있던 에너지가 단계적으로 방출되고, 에너지를 잃은 전자는 미토콘드리아 기질에 있는 H<sup>+</sup>과 함께 최종적으로 산소에 전달되어 물을 생성한다.

일부 전자 전달 효소 복합체는 전자를 전달하는 과정에서 H<sup>+</sup>을 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송한다. 그 결과 미토콘드리아 내막을 경계로 H<sup>+</sup>의 농도 기울기가 형성된다. H<sup>+</sup>의 능동 수송에는 전자의 전달 과정에서 방출된 에너지가 이용된다.

전자 전달계에서 방출된 에너지를 이용하여 미토콘드리아 내막을 경계로 H<sup>+</sup>의 농도 기울기가 형성되면, H<sup>+</sup>은 미토콘드리아 내막을 통해 고농도에서 저농도로 확산하는데, 이 과정을 **화학 삼투**라고 한다. H<sup>+</sup>이 화학 삼투에 의해 ATP 합성 효소를 통과할 때 ATP가 합성된다. **ATP 합성 효소**는 미토콘드리아 내막에 존재한다. 이처럼 산화적 인산화에서는 전자 전달계와 화학 삼투가 연결되어 ATP가 합성된다.

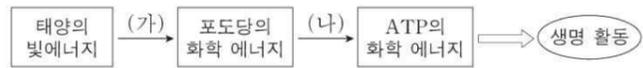
음식물 속의 탄수화물, 단백질, 지방은 세포 호흡에서 ATP를 얻는 데 이용되는 에너지원이다. 이처럼 세포에서 에너지원으로 이용되는 물질을 **호흡 기질**이라고 한다. 탄수화물은 당으로 분해되어 세포 호흡의 경로로 들어간다. 단백질과 지방도 분해되어 세포 호흡의 여러 경로로 들어가 호흡 기질로 이용된다.

세포 호흡에서 이용된 산소와 생성된 이산화 탄소의 부피비를 **호흡률**이라고 한다.

$$\text{호흡률} = \frac{\text{생성된 이산화 탄소의 부피}}{\text{이용된 산소의 부피}}$$

탄수화물, 단백질, 지방은 각각 탄소, 수소, 산소의 구성비가 다르므로 호흡 기질의 종류에 따라 호흡률은 달라진다. 탄수화물의 호흡률은 1.0이고, 단백질은 약 0.8, 지방은 약 0.7이다.

16. 그림은 태양의 빛에너지가 생명 활동에 이용되기까지의 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 세포 호흡과 광합성 중 하나이다.

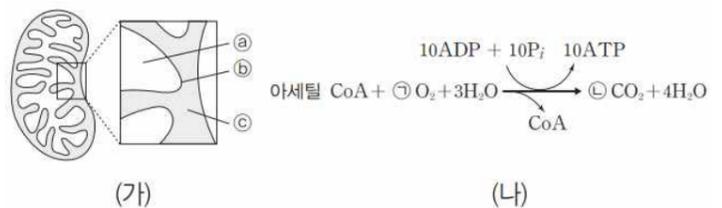


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. (가)에서 O<sub>2</sub>가 소모된다.
  - ㄴ. (나)에서 산화 환원 효소가 관여한다.
  - ㄷ. 해감에서 (가)와 (나)가 모두 일어난다.

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

17. 그림 (가)는 미토콘드리아의 구조를, (나)는 (가)의 ㉠에 존재하는 아세틸 CoA가 TCA 회로와 산화적 인산화를 통해 분해되는 반응을 나타낸 것이다.

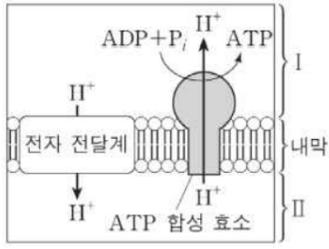


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 세포 호흡이 활발할 때, pH는 ㉠에서보다 ㉢에서 높다.
  - ㄴ. ㉡에는 (나)의 산화적 인산화에 필요한 전자 전달계가 존재한다.
  - ㄷ. (나)에서 ⑦+⑧=4 이다.

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

18. 그림은 세포 호흡이 일어나고 있는 어떤 세포의 미토콘드리아에서 일어나는 산화적 인산화 과정의 일부를 나타낸 것이다. I 과 II는 각각 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. I 은 미토콘드리아 기질이다.
  - ㄴ. pH는 II에서가 I에서보다 높다.
  - ㄷ. 이 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체는  $\text{NAD}^+$ 이다.

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

19. 그림은 동물 세포에서 일어나는 세포 호흡 과정의 일부를, 표는 물질 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 미토콘드리아 기질에서 일어난다.
  - ㄴ. 탈탄산 효소가 작용한다.
  - ㄷ. ㉡이 ㉢으로 산화된다.

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

7. 발효

세포 호흡을 통해 합성되는 ATP의 대부분은 산화적 인산화에서 만들어지기 때문에 ATP가 충분히 합성되려면 산소가 필요하다. 산소를 필요로 하는 산화적 인산화가 진행되는 세포 호흡을 산소 호흡이라고 한다. 산소가 없을 때는 세포 호흡의 세 단계 중 해당 과정만 진행된다. 산소가 없는 상태에서는 포도당이 피루브산으로 분해된 후 세포질에서 알코올, 젖산 등을 생성하는 반응이 일어나는데, 이를 발효라고 한다.

포도당이 세포 호흡을 통해 완전히 산화되면 많은 양의 에너지가 방출되지만, 발효에서는 포도당이 완전히 산화되지 않으므로 방출되는 에너지양이 적다. 발효는 여러 미생물에서 일어나며, 산소가 부족할 때 사람의 근육에서도 일어난다.

발효는 생성되는 물질의 종류에 따라 알코올 발효, 젖산 발효 등으로 구분한다.

피루브산으로부터 에탄올과 같은 알코올을 생성하는 반응을 알코올 발효라고 한다. 알코올 발효에서 피루브산은 아세트알데하이드로 전환되면서 이산화 탄소를 방출하고, 아세트알데하이드는 NADH에 의해 환원되어 에탄올이 된다. 효모에서 알코올 발효가 일어나면 해당 과정에서 소량의 ATP가 합성되고, 이산화 탄소와 함께 에탄올이 생성된다.

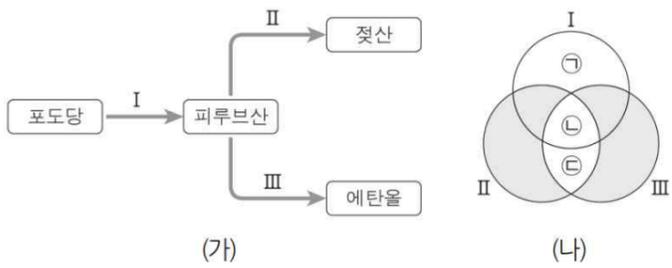
피루브산으로부터 젖산을 생성하는 반응을 젖산 발효라고 한다. 젖산 발효에서 피루브산은 NADH에 의해 환원되어 젖산이 된다. 젖산균에서 젖산 발효가 일어나면 해당 과정에서 소량의 ATP가 합성되고, 젖산이 생성된다.

운동을 시작하는 초기에 근육에 공급되는 산소의 양이 부족하면 근육 세포에서도 젖산 발효가 진행된다. 근육 세포에 축적된 젖산은 간으로 이동하여 포도당으로 합성되거나 피루브산으로 다시 전환되어 세포 호흡에 이용된다.

발효 과정에서 생성되는 물질은 음식의 맛과 향기를 다양하게 하는 역할을 하기도한다. 인류 문명 초기에 농경을 통해 생산량이 늘어나고 식품을 보존하는 방식이 필요하게 되자 여러 가지 발효가 이용되었다. 우리나라는 예로부터 채소를 발효하여 김치를, 수산물을 발효하여 젓갈을, 곡류를

발효하여 술과 식초를 만들었다. 발효로 생성되는 다양한 물질은 우리나라 전통 음식이 고유한 맛과 향을 내도록 하였으며, 발효는 다양한 식품 산업에도 이용되고 있다.

20. 그림 (가)는 생물체 내에서 포도당이 분해되는 경로 I~III을, (나)는 I~III의 특징을 구분하여 나타낸 것이다.

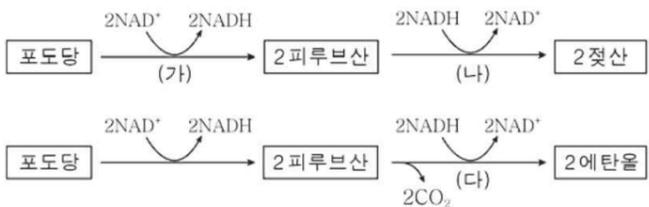


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. '기질 수준 인산화가 일어남'은 ㉠에 해당한다.
  - ㄴ. '산소가 소모되지 않음'은 ㉣에 해당한다.
  - ㄷ. 'NADH가 산화됨'은 ㉥에 해당한다.

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

21. 그림은 젖산 발효와 알코올 발효 과정의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)에서 ATP가 합성된다.
  - ㄴ. (가)~(다)는 모두 미토콘드리아에서 일어난다.
  - ㄷ. 사람의 근육 세포에서 (나)와 (다)가 모두 일어난다.

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

8. 광합성

식물이 흡수한 빛에너지는 탄소 화합물에 화학 에너지 형태로 저장되어 먹이 사슬을 통해 전달됨으로써 생명체가 생명 활동을 유지할 수 있게 해 준다. 식물이 빛에너지를 흡수할 수 있는 것은 광합성 색소가 존재하기 때문이다.

엽록체의 틸라코이드 막에 존재하는 광합성 색소에는 엽록소, 카로티노이드 등이 있다. 엽록소는 a, b, c, 거의 네 종류가 있는데, 그중 엽록소 a는 광합성을 하는 진핵생물과 일부 세균에서 공통으로 발견된다. 식물에는 엽록소 a와 b가 존재한다. 카로티노이드에는 카로틴, 잔토펜 등이 있다. 카로티노이드는 빛에너지를 흡수하여 엽록소로 전달하고, 과도한 빛에 의해 엽록소가 손상되는 것을 막아 준다.

식물의 광합성 색소는 특정 파장대의 빛을 흡수한다. 따라서 엽록소, 카로티노이드 등 광합성 색소가 각각 들어 있는 용액에 여러 파장의 빛을 비추면 파장에 따라 빛을 흡수하는 정도가 다르게 나타난다. 이를 그래프로 나타낸 것이 흡수 스펙트럼이다. 엽록체 추출액에 여러 파장의 빛을 비추면 파장에 따라 광합성 속도가 달라지는데, 이를 그래프로 나타낸 것이 작용 스펙트럼이다.

틸라코이드 막에는 엽록소와 카로티노이드가 단백질과 결합한 복합체가 존재하는데, 이를 광계라고 한다. 광계는 광합성에서 빛을 흡수하는 단위로 빛에너지를 효율적으로 흡수할 수 있는 구조를 가진다. 광계에는 가장 중심적인 역할을 하는 반응 중심 색소와 반응 중심 색소로 빛에너지를 전달하는 안테나 역할을 하는 보조 색소가 있다. 반응 중심 색소는 한 쌍의 엽록소 a로 구성된다.

광합성 과정은 명반응과 암반응으로 구분한다. 명반응은 빛 에너지를 흡수하여 화학 에너지로 전환하는 과정이고, 암반응은 대기 중의 이산화 탄소를 고정하여 포도당을 합성하는 과정이다.

명반응에서는 틸라코이드 막에 있는 광합성 색소가 흡수한 빛에너지를 이용하여 ATP와 NADPH가 합성된다. 이 과정에서 물이 분해되어 산소가 발생한다. 암반응은 ATP와 NADPH를 이용하여 이산화 탄소로부터 포도당을 합성하는 과정으로, 스트로마에서 일어난다. 대기 중의 이산화 탄소가 고정되는 캘빈 회로에서는 빛이 직접 이용되지 않지만, 명반응 산물인 ATP와 NADPH가 공급되어야 유기물이 합성될 수 있다. 따라서 암반응이 계속 일어나려면 빛이 지속해서 공급되어야 한다.

틸라코이드 막에는 광계와 전자 전달계가 존재하는데, 이들 사이에서 일어나는 전자의 이동으로 ATP와 NADPH가 합성된다.

광계에는 반응 중심 색소가 P700인 광계 I과 반응 중심 색소가 P680인 광계 II가 있다. 광계에서 흡수된 빛에너지가 반응 중심 색소로 전달되면 반응 중심 색소는 고에너지 전자를 방출한다. 고에너지 전자의 전달 과정은 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름으로 구분된다.

비순환적 전자 흐름은 광계 II에서 방출된 전자가 전자 전달계와 광계 I을 거쳐 NADP<sup>+</sup>로 전달되는 과정이다. 광계 n가 빛을 흡수하면 P680에서 고에너지 전자가 방출되어 1차 전자 수용체로 전달된다. 전자를 잃어 산화된 P680은 물이 분해될 때 방출된 전자를 받아 환원되며, 이 과정에서 산소가 방출된다.

다. 1차 전자 수용체로 전달된 고에너지 전자는 전자 전달계의 산화 환원 반응을 거쳐 광계 I의 P700으로 전달된다. 전자 전달계에서 전자가 이동할 때 방출된 에너지는 틸라코이드 막을 경계로 H<sup>+</sup>의 농도 기울기를 형성하는 데 이용된다. 광계 I에서도 빛을 흡수하여 P700에서 고에너지 전자가 방출되며, 이 전자는 1차 전자 수용체와 전자 전달계를 거쳐 NADP<sup>+</sup>에 전달된다. 전자를 잃어 산화된 P700은 P680에서 방출된 전자를 받아 환원되고, NADP<sup>+</sup>는 H<sup>+</sup>과 전자를 받아 NADPH로 환원된다.

순환적 전자 흐름은 광계 I의 P700에서 방출된 전자가 NADP<sup>+</sup>에 전달되지 않고 전자 전달계를 거쳐 P700으로 되돌아오는 경로이다. 순환적 전자 흐름에서는 광계 I만 관여하며, NADPH는 합성되지 않고 산소가 방출되지 않는다.

미토콘드리아와 마찬가지로 엽록체의 틸라코이드 막에서도 화학 삼투가 일어나 ATP가 합성된다. 엽록소에서 방출된 전자가 전자 전달계를 따라 이동할 때 방출되는 에너지는 스트로마에서 틸라코이드 내부로 H<sup>+</sup>을 이동시키는 데 이용되며, 그 결과 틸라코이드 막을 경계로 H<sup>+</sup>의 농도 기울기가 형성된다. H<sup>+</sup>의 농도 기울기를 따라 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 틸라코이드 내부에서 스트로마로 확산하며, 이 과정에서 ATP가 합성된다.

미토콘드리아 내막과 엽록체 틸라코이드 막에서 일어나는 전자 전달과 ATP 합성은 막을 경계로 형성된 H<sup>+</sup>의 농도 기울기에 의해 H<sup>+</sup>이 막을 통과하면서 일어난다는 공통점을 가진다. 그러나 세포 호흡과 달리 광합성의 명반응에서 ATP가 합성되는 것은 빛에너지를 흡수한 광계의 도움을 받아 일어나므로 세포 호흡의 산화적 인산화와 구별해 **광인산화**라고 한다.

광합성에서 포도당이 합성될 때 이산화 탄소가 고정된다.



이산화 탄소가 고정되는 반응은 엽록체의 스트로마에서 일어난다. 이산화 탄소는 RuBP와 결합하여 3PG가 되고, 3PG는 환원 반응을 거쳐 PGAL이 된 후 다시 RuBP가 된다. 재생된 RuBP는 이산화 탄소와 결합하여 3PG가 되는 회로를 반복하는데, 이 회로를 **캘빈 회로**라고 한다. 캘빈 회로는 탄소 고정, 3PG의 환원, RuBP의 재생으로 구분되며, 각 단계는 여러 효소에 의해 일어난다.

캘빈 회로에서 사용되는 ATP와 NADPH는 빛에너지가 전환되어 합성된 물질이다. ATP와 NADPH의 에너지는 캘빈 회로에서 PGAL에 저장되고, PGAL의 일부는 포도당 합성에 이용된다.

포도당을 합성하기 위해서는 빛에너지를 흡수하는 반응, 캘빈 회로, PGAL이 포도당으로 합성되는 반응이 통합되어 일어나야 하며, 이 과정에서 대기 중의 이산화 탄소는 고정되어 생명체가 이용할 수 있는 유기물로 합성된다.

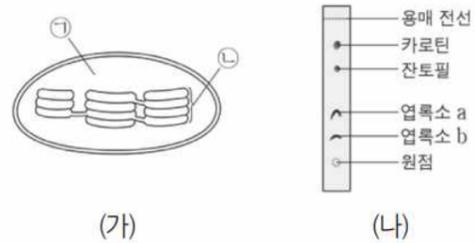
TCA 회로와 캘빈 회로에서는 반응물이 여러 단계의 화학 반응을 거치며, 반응물이 투입되는 한 회로는 계속 순환된다. TCA 회로와 캘빈 회로는 각 단계가 효소에 의해 조절되는 일련의 화학 반응이다.

TCA 회로는 유기물을 분해하여 이산화 탄소를 방출하는 이화 작용이고, 캘빈 회로는 대기 중의 이산화 탄소를 고정하여 유기물을 합성하는 동화 작용이다.

세포 호흡의 산화적 인산화와 광합성의 명반응은 각각 생체막인 미토콘드리아의 내막과 엽록체의 틸라코이드 막에서 일어난다. 산화적 인산화와 명반응의 전자 전달계에서 전자는 연속적인 산화 환원 반응을 통해 이동한다. 이 과정에서 단계적으로 에너지가 방출되며, 전자의 에너지 수준이 점차 낮아진다. 방출된 전자의 에너지는 생체막을 경계로 H<sup>+</sup>의 농도 기울기를 형성하는 데 이용되며, H<sup>+</sup>의 농도 기울기는 ATP 합성의 원동력이 된다.

포도당의 화학 에너지는 세포 호흡 과정에서 ATP로 전환된다. 빛에너지는 광합성 과정에서 ATP로 전환된 후 포도당을 합성하는 데 이용된다.

22. 그림 (가)는 어떤 식물의 엽록체 구조를, (나)는 이 식물 잎의 광합성 색소를 종이 크로마토그래피를 이용하여 분리한 결과를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 그라나와 스트로마 중 하나이다.

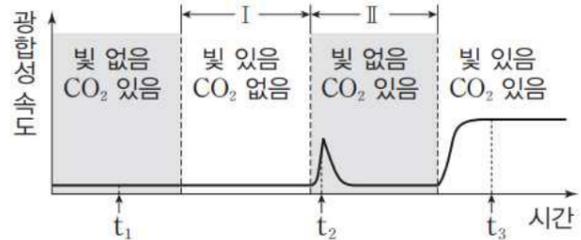


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㉠. 광합성의 탄소 고정 반응은 ㉠에서 일어난다.
  - ㉡. ㉡에는 엽록소 a가 있다.
  - ㉢. (나)에서 전개율은 카로틴보다 엽록소 b가 크다.

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

23. 그림은 어떤 식물에서 빛과 CO<sub>2</sub> 조건을 달리했을 때의 시간에 따른 광합성 속도를 나타낸 것이다.

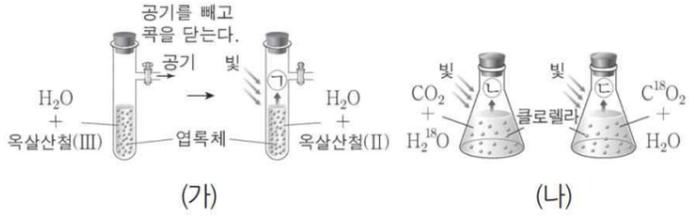


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㉠. 스트로마에서 NADPH의 양은 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub>일 때보다 많다.
  - ㉡. O<sub>2</sub> 생성량은 구간 I에서가 구간 II에서보다 많다.
  - ㉢. t<sub>3</sub>일 때 스트로마에서 PGAL이 6탄당 인산(포도당 인산)으로 전환된다.

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

24. 그림 (가)는 힐의 실험을, (나)는 루벤의 실험을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 광합성의 명반응 결과 생성된 기체이다.

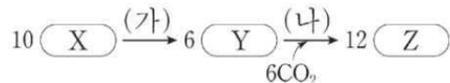


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠과 ㉣은 모두 산소이다.
  - ㄴ. (가)에서 물이 광분해된다.
  - ㄷ. (나)에서 ㉡과 ㉢은 모두 순환적 광인산화 과정의 산물이다.

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

25. 그림은 캘빈 회로에서 물질 전환 과정의 일부를 나타낸 것이다. X~Z는 3PG(PGA), PGAL, RuBP를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 과정 (가)에서 포도당이 합성된다.
  - ㄴ. 과정 (나)에서 NADPH가 사용된다.
  - ㄷ. 1분자당  $\frac{\text{X의 인산기 수} + \text{Z의 인산기 수}}{\text{Y의 인산기 수}} = 1$ 이다.

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

26. 그림은 어떤 식물의 엽록체 구조를, 표는 이 식물의 광합성 과정에서 일어나는 반응 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 틸라코이드 내부와 스트로마 중 하나이다.

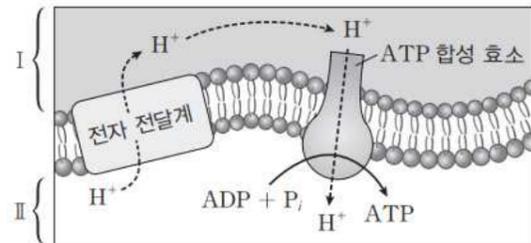
(가)	$\text{NADPH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NADP}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
(나)	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + \frac{1}{2}\text{O}_2$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 ㉠에서 일어난다.
  - ㄴ. (나)의  $\text{O}_2$ 는 광계 I에서 생성된다.
  - ㄷ. (나)에서 방출된 전자가 전자 전달계를 거치면  $\text{H}^+$ 의 농도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 높아진다.

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

27. 그림은 식물 세포에서의 인산화 과정 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 엽록체에서 I은 내막과 외막 사이의 공간이다.
  - ㄴ. 엽록체에서 II에서 I로의  $\text{H}^+$ 의 이동 방식은 능동 수송이다.
  - ㄷ. 미토콘드리아에서 전자 전달계를 억제하면 막 사이 공간의 pH는 전자 전달계를 억제하기 전보다 감소한다.

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

9. 유전자의 구조와 DNA 복제

유전체는 생물의 한 세포에 들어 있는 모든 유전 물질을 뜻하며, 여기에는 한 생물이 가진 모든 유전자가 포함된다. 1970년대에 바이러스의 유전체를 시작으로 대장균, 효모, 애기장대, 초파리, 사람 등 다양한 생물의 유전체가 분석되었다.

원핵세포와 진핵세포는 염색체의 수와 모양이 다를 뿐 아니라 유전체 크기와 유전자 수도 차이가 있다. 일반적으로 진핵세포는 원핵세포보다 유전체 크기가 크고, 유전자 수가 많다. DNA에는 유전자 이외에 비유전자 부분도 있는데, 하나의 DNA에서 유전자가 차지하는 비율은 원핵세포가 진핵세포보다 높다.

원핵세포와 진핵세포는 유전자 구조에도 차이가 있다. 일반적으로 원핵세포의 유전자는 단백질을 암호화하는 부위로만 이루어진 반면, 진핵세포의 유전자에는 단백질을 암호화하는 부위(엑손) 뿐 아니라 단백질을 암호화하지 않는 부위(인트론)도 있다.

DNA는 원핵세포와 진핵세포에서 모두 유전 물질로 사용된다. DNA가 유전 물질임이 명확히 밝혀진 것은 1952년에 허시와 체이스의 박테리오파지를 이용한 실험을 통해서이다. 허시와 체이스는 <sup>35</sup>S로 단백질을 표지한 파지와 <sup>32</sup>P로 DNA를 표지한 파지를 각각 대장균에 감염시킨 후 원심 분리하여 상층액과 침전물에서 방사선이 검출되는지 확인하였다. 실험 결과 <sup>35</sup>S로 표지한 파지를 사용했을 때에는 파지가 있는 상층액에서 방사선이 검출되었고, <sup>32</sup>P로 표지한 파지를 사용했을 때에는 대장균이 있는 침전물에서 방사선이 검출되었다. 이를 통해 파지가 증식을 위해 대장균 안으로 주입하는 유전 물질이 DNA임이 밝혀졌다.

DNA는 두 개의 폴리뉴클레오타이드 가닥으로 구성되며, 당-인산 골격이 바깥쪽에, 염기가 안쪽에 위치한다. DNA의 두 가닥은 방향이 서로 반대이며, 두 가닥의 염기는 수소 결합으로 연결된다. 염기 아데닌 A 은 타이민 T 과, 구아닌 G 은 사이토신 C 과 결합하는데, 이와 같은 염기쌍의 결합을 상보결합이라고 한다. 상보결합으로 DNA에서 한쪽 가닥의 염기 서열을 알면 다른 쪽 가닥의 염기 서열도 알 수 있다. DNA는 염기 서열의 형태로 다양한 유전 정보를 저장할 수 있어 생명의 정보를 저장하는 유전 물질로 이용된다.

세포 분열 과정에서 모세포에 저장된 유전 정보는 딸세포로 정확하게 전달되어야 한다. 이를 위해 DNA는 세포 분열이 일어나기 전에 복제된 후 세포 분열 과정에서 분리되어 2개의 딸세포로 나뉜다. DNA는 어떤 방식으로 복제되는 것일까? DNA 복제 방식에 관한 모델로 보존적 복제, 반보존적 복제, 분산적 복제의 세 가지를 들 수 있다.

메셀슨(Meselson, M. S., 1930~)과 스탈(Stahl, F. W., 1929~)의 실험을 통해 복제 결과 생긴 DNA의 두 가닥 중 한 가닥은 원래의 가닥이고, 나머지 한 가닥은 새로 합성된 가닥이라는 것을 알게 되어 DNA는 **반보존적**으로 복제된다는 것이 증명되었다.

DNA가 반보존적으로 복제될 때는 먼저 DNA 이중 가닥이 풀어지며, 풀린 두 가닥을 각각 주형으로 하여 새로운 가닥이 합성된다. 이때 새로운 가닥의 합성은 DNA 중합 효소에 의해 일어난다. DNA 중합 효소는 주형 가닥과 결합한 후, 주형 가

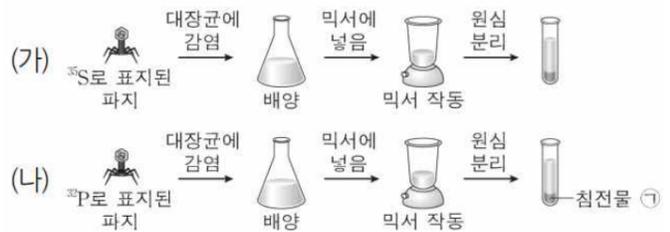
닥에 상보적인 염기를 가진 디옥시리보뉴클레오타이드를 합성 중인 가닥의 3' 말단에 연결한다. 따라서 합성 중인 가닥은 항상 5' - 3' 방향으로 길어지며, 합성 중인 가닥과 주형 가닥의 방향은 서로 반대이다.

DNA 중합 효소에 의해 새로운 가닥이 합성되기 위해서는 주형 가닥과 상보적인 염기 서열을 가진 짧은 RNA 조각인 RNA 프라이머가 필요하다. RNA 프라이머가 합성되면 DNA 중합 효소가 RNA 프라이머의 3' 말단에 새로운 디옥시리보뉴클레오타이드를 연결하여 새로운 가닥의 합성을 시작한다. RNA 프라이머는 DNA 복제가 완료되기 전에 제거되며, RNA 프라이머가 있던 부위는 디옥시리보뉴클레오타이드로 채워진다.

DNA가 복제될 때는 원래의 두 가닥을 각각 주형으로 하여 새로운 두 가닥이 동시에 합성된다. 이때 한 가닥은 연속적으로 길게 합성되며, 이 가닥을 선도 가닥이라고 한다.

다른 가닥은 불연속적으로 짧은 조각들을 만들며 합성된다. 이 짧은 조각들은 나중에 DNA 연결 효소에 의해 하나로 길게 연결되는데, 이 가닥을 지연 가닥이라고 한다.

28. 그림 (가)와 (나)는 허시와 체이스의 실험을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
ㄱ. 원심 분리는 파지의 단백질 껍질을 침전시키기 위한 과정이다.
ㄴ. (가)와 (나) 모두에서 파지의 유전 물질은 대장균으로 들어간다.
ㄷ. ㉠에 <sup>32</sup>P로 표지된 DNA가 있다.

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

29. 다음은 2중 나선 DNA X에 대한 자료이다.

- 염기 간 수소 결합의 총 수는 130개이다.
○ 퓨린 계열 염기의 수는 50개이다.

X에서 염기 중 사이토신(C)의 비율은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- ① 15%    ② 20%    ③ 25%    ④ 30%    ⑤ 35%

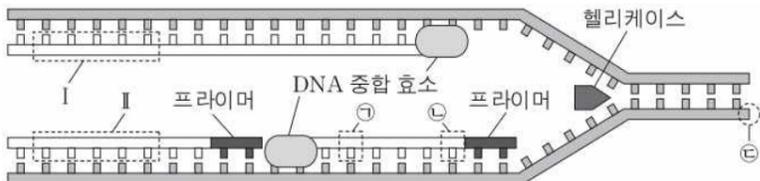
30. 다음은 DNA 복제에 대한 세 학생의 의견이다. DNA 복제 시 연속적으로 합성되는 가닥은 선도 가닥, 불연속적으로 합성되는 가닥은 지연 가닥이다.



제시한 의견이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

31. 그림은 세포에서 정상적으로 일어나는 DNA 복제 과정의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. I 과 II 의 염기는 상보적이다.
  - ㄴ. 주형 가닥의 말단 ㉔은 5' 방향이다.
  - ㄷ. DNA 중합 효소에 의해 ㉑은 ㉒보다 합성되는 가닥에 먼저 결합된다.

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

10. 유전자 발현

사람의 눈동자 색깔, 혈액형뿐만 아니라 페닐케톤뇨증과 같은 유전병은 부모에서 자녀에게 전달되는 유전 형질이다. 유전 형질은 유전자에 저장된 유전 정보에 의해 나타나며, 유전자로부터 유전 형질이 나타나기까지의 과정을 **유전자 발현**이라고 한다.

비들과 테이텀은 이 실험 결과를 바탕으로 하나의 유전자는 하나의 효소를 합성하게 함으로써 유전 형질이 나타나게 한다는 **1유전자 1효소설**을 제안하였다. 이후 유전자가 케라틴, 인슐린 등과 같은 효소가 아닌 단백질도 합성하게 하여 유전 형질이 나타나게 한다는 것이 밝혀지면서 1유전자 1효소설은 1유전자 1단백질설로 바뀌 었다. 현재는 헤모글로빈과 같이 하나의 단백질이 두 종류 이상의 폴리펩타이드로 이루어진 경우, 서로 다른 유전자가 각 폴리펩타이드를 합성하게 한다는 것이 밝혀져 **1유전자 1폴리펩타이드설**로 수정되었다.

유전자가 발현될 때는 DNA의 유전 정보가 RNA로 전달되는 전사와 RNA의 유전 정보를 이용하여 단백질이 합성되는 번역이 일어난다. 이처럼 DNA → RNA → 단백질의 순서로 유전 정보가 흐르며 유전자가 발현되는 현상을 **중심 원리**라고 한다.

진핵세포는 핵 안에 있는 DNA의 특정 부위에서 전사가 일어난다. 전사는 DNA의 두 가닥 중 한 가닥만을 주형으로 하여 RNA 중합효소가 특정 유전자의 프로모터에 결합하면서 시작된다. 이후 DNA 이중 나선이 풀어지면 RNA 중합효소는 주형 가닥에 상보적인 염기를 가진 리보뉴클레오타이드를 차례대로 연결하며 RNA 가닥을 5' - 3' 방향으로 합성한다.

DNA 복제와 달리 전사에서는 프라이머가 사용되지 않으며, 주형 가닥의 염기 아데닌(A)에 대한 상보적인 염기로 유라실(U)이 사용된다. 전사가 진행 중인 부위에서 합성 중인 RNA 가닥과 DNA 주형 가닥의 방향은 서로 반대이다. 전사가 끝나면 RNA 중합효소와 합성된 단일 가닥 RNA는 모두 DNA에서 떨어져 나온다.

**번역** 과정에서는 mRNA의 유전 정보에 따라 단백질이 합성된다. 진핵세포에서는 핵 안에서 합성된 mRNA가 핵공을 통해 세포질로 이동하여 번역에 이용된다. 번역이 일어나기 위해서는 mRNA뿐 아니라 리보솜과 tRNA가 필요하다.

리보솜은 두 개의 아미노산을 펩타이드 결합으로 연결하면서 단백질을 합성하는 장소이다. 리보솜은 대단위체와 소단위체로 구성된다. 이 두 단위체는 분리되어 있다가 번역을 시작할 때 mRNA와 함께 서로 결합한다.

tRNA는 mRNA의 각 코돈이 지정하는 아미노산을 리보솜으로 운반하는 역할을 한다. 각각의 tRNA에는 특정 아미노산이 결합하는 자리가 있으며, mRNA의 특정 코돈과 상보적으로 결합하는 안티코돈이 있다. mRNA의 특정 코돈이 번역될 때 이 코돈과 상보적인 안티코돈을 가진 tRNA가 특정 아미노산을 운반하므로 각 코돈이 지정하는 아미노산이 정확하게 차례대로 연결되어 단백질이 합성된다.

번역은 mRNA의 개시 코돈에서 시작하여 종결 코돈에서 끝난다. 개시 코돈은 번역을 시작하는 코돈으로 메싸이오닌을 지정하며, 종결 코돈은 번역을 끝내는 코돈으로 아미노산을 지정하지 않는다.

번역은 개시, 신장, 종결의 세 단계로 진행된다.

개시 단계에서는 mRNA에 리보솜 소단위체, 메싸이오닌과 결합한 개시 tRNA, 리보솜 대단위체가 모두 결합한다. 이때 개시 tRNA는 안티코돈을 이용하여 개시 코돈과 상보적으로 결합하며, 리보솜의 P 자리에 위치한다.

신장 단계에서는 비어 있는 A 자리에 두 번째 코돈이 지정하는 아미노산과 결합한 tRNA가 들어오고, P 자리에 있는 개시 tRNA에서 메싸이오닌이 떨어져 A 자리의 tRNA에 결합한 두 번째 아미노산과 펩타이드 결합을 형성한다.

다음으로 리보솜이 mRNA의 3' 말단 방향으로 하나의 코돈만큼 이동하면서 P 자리에 있던 개시 tRNA는 E 자리로 이동했다가 리보솜 밖으로 방출되고, A 자리에 있던 tRNA는 P 자리로 이동한다. 이때부터 P 자리의 tRNA에는 두 개 이상의 아미노산으로 이루어진 펩타이드가 결합해 있다.

비어 있는 A 자리에 다음 코돈이 지정하는 아미노산과 결합한 tRNA가 들어오고, P 자리의 tRNA로부터 펩타이드가 떨어져 A 자리의 아미노산과 결합한다. 이러한 과정을 반복하면서 폴리펩타이드가 길어진다.

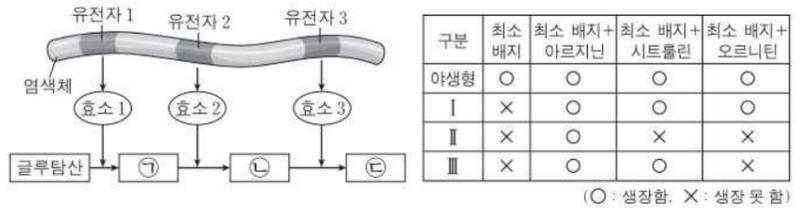
폴리펩타이드가 길어지다가 리보솜의 A 자리에 종결 코돈이 오면 번역 과정이 종결된다. 종결 단계에서는 합성된 폴리펩타이드가 리보솜에서 방출되고, 리보솜의 두 단위체와 tRNA가 모두 mRNA로부터 떨어져 나간다.

하나의 리보솜에서 번역이 일어나는 동안 또다른 리보솜이 같은 mRNA에 결합하여 번역을 시작할 수 있다. 따라서 하나의 mRNA에 여러 개의 리보솜이 결합하여 여러 개의 폴리펩타이드가 동시에 합성될 수 있는데, 이러한 구조를 폴리솜이라고 한다.

DNA의 유전 정보는 연속된 염기 3개가 하나의 유전부호로 작용한다. 이를 3염기 조합이라 하고, 여기에 상보적인 mRNA의 유전부호를 코돈이라고한다. mRNA를 구성하는 염기는 4 종류이므로 이것을 3개씩 조합하면 64(=4<sup>3</sup>)종류의 코돈이 만들어진다. 이 중에서 61개는 아미노산을 지정하고, 3개는 아미노산을 지정하지 않는다. 번역 과정에서 아미노산을 지정하지 않는 코돈 UAA, UAG, UGA가 나오면 단백질 합성이 끝나므로 이 코돈들을 종결 코돈이라고 한다. AUG는 단백질 합성을 시작하는 개시 코돈인 동시에 메싸이오닌을 지정하는 코돈이다.

유전부호는 대부분 생물에서 동일하므로 생물이 공통 조상으로부터 진화해 왔다는 증거가 되기도 한다. 한 종류의 mRNA가 번역되어 합성되는 폴리펩타이드들의 아미노산 서열은 모두 같아야 하므로 번역의 시작과 끝이 달라지지 않도록 개시 코돈과 종결 코돈이 사용된다.

32. 그림은 붉은빵곰팡이에서 물질 ㉔이 합성되는 과정을, 표는 최소 배지와 최소 배지에 첨가된 물질에 따른 붉은빵곰팡이 야생형과 돌연변이주 I~III의 성장 여부를 나타낸 것이다. ㉑~㉔은 각각 아르지닌, 시트룰린, 오르니틴 중 하나이다.

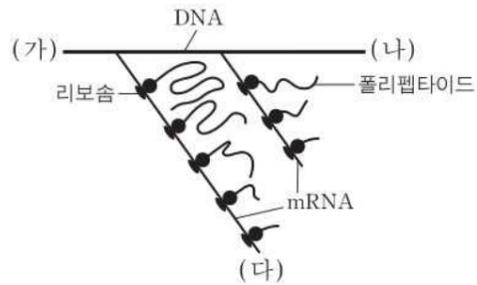


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, I~III은 각각 유전자 1~3 중 하나에만 돌연변이가 일어난 것이다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. 시트룰린은 오르니틴의 전구 물질(전구 물질)이다.
  - ㄴ. II는 유전자 3에 돌연변이가 일어난 것이다.
  - ㄷ. 유전자 1~3은 ㉔ 오페론의 구조 유전자이다.

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

33. 그림은 어떤 세포의 유전자 발현을 나타낸 것이다.

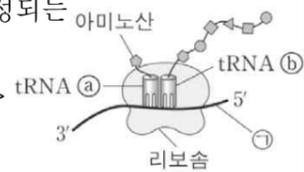


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가) → (나) 방향으로 전사가 진행된다.
  - ㄴ. 전사 과정이 완료되기 전에 번역이 시작된다.
  - ㄷ. (다)쪽에 mRNA의 3' 말단이 위치한다.

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

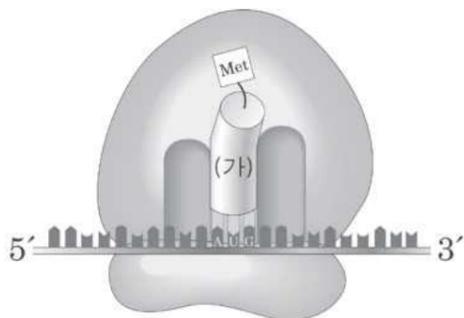
34. 그림은 폴리펩타이드 합성 과정 중 형성되는 복합체를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 리보솜에는 rRNA가 있다.
  - ㄴ. ㉑에는 안티코돈이 있다.
  - ㄷ. 리보솜에서 tRNA ㉒가 tRNA ㉑보다 먼저 방출된다.

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

35. 그림은 번역 개시 과정의 일부를 나타낸 것이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 P 자리에 있다.
  - ㄴ. 메싸이오닌(Met)은 A 자리로 들어오는 아미노산과 펩타이드 결합을 형성한다.
  - ㄷ. 리보솜이 이동할 때 메싸이오닌과 분리된 (가)는 E 자리로 이동한다.

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

11. 유전자 발현의 조절

원핵생물은 단세포 생물이므로 환경의 변화에 빨리 적응해야 에너지와 자원을 절약할 수 있고 생존에 유리하다. 따라서 원핵생물에서는 물질대사에 필요한 효소들이 동시에 합성될 수 있도록 전사가 조절된다.

원핵생물인 대장균이 젓당을 물질대사에 이용하려면 젓당의 분해와 이동에 관여하는 효소들이 필요하다. 이 효소들을 암호화하고 있는 구조 유전자들은 대장균의 염색체에서 인접하여 배열되어 있고, 하나의 프로모터에 의해 한꺼번에 전사된다. 프로모터와 구조 유전자 사이에는 억제 단백질이 결합하는 작동 부위가 있다. 작동 부위에 억제 단백질이 결합하면 RNA 중합효소가 프로모터에 결합하지 못하므로 구조 유전자가 전사되지 않는다.

이처럼 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자가 나란히 존재하여 하나의 전사 단위로 묶여 있는 유전자 집단을 **오페론**이라고 한다. 특히 젓당 이용에 필요한 효소 유전자들을 포함하는 오페론을 **젓당 오페론**이라고 한다. 젓당 오페론의 앞쪽에는 조절 유전자가 있는데, 조절 유전자는 작동 부위에 결합하는 억제 단백질을 암호화한다.

대장균은 포도당이 있을 때는 포도당을 먼저 이용하여 에너지를 얻지만, 포도당을 모두 소모하고 젓당만 있을 때는 젓당을 분해하여 에너지를 얻을 수 있다. 원핵생물의 전사 조절에서는 젓당 오페론처럼 분해할 물질이 있을 때 전사가 일어나는 경우도 있지만, 특정 물질이 충분하면 전사가 중단되어 그 물질이 더는 합성되지 않도록 하는 경우도 있다.

진핵생물에서 발생이 정상적으로 진행되어 각 세포가 기능을 획득하고 유지하기 위해서는 적절한 시기에 서로 다른 유전자가 발현되어야 한다. 따라서 진핵생물은 원핵생물보다 훨씬 복잡하고 다양한 전사 조절 과정을 거친다. 진핵생물에서는 원핵생물과 달리 염색질이 핵 안에서 응축된 상태로 존재한다. 심하게 응축된 부위의 유전자는 전사가 일어나기 어려우므로 염색질의 응축을 푸는 과정을 통해 유전자의 전사를 조절할 수 있다.

유전자에서 프로모터의 앞쪽에는 여러 종류의 **조절 부위**가 있다. 조절 부위는 **전사 인자**가 결합하는 DNA 염기 서열로, 유전자에 따라 차이가 난다. 전사 인자는 조절 부위에 결합하거나 전사 개시 복합체 구성에 관여하는 단백질이다. 조절 부위에 전사 인자가 특이적으로 결합하고, 여러 전사 인자와 RNA 중합효소가 전사 개시 복합체를 형성하면 전사가 시작된다.

원핵생물에서는 전사와 번역이 세포질에서 동시에 일어난다. 그러나 진핵생물에서 전사는 핵 안에서 일어나고, 번역은 세포질에서 일어난다. 따라서 전사된 진핵생물의 mRNA는 원핵생물의 mRNA와 달리 핵 안에서 가공 과정을 거친 후 세포질로 이동하여 단백질 합성에 이용된다.

진핵생물은 발생 과정에서 세포들이 각기 다른 형태를 가지고 특정 기능을 수행하도록 분화되어야 하며, 세포 분화는 유전자 발현 조절의 차이로 일어난다. 유전자가 발현되려면 전사 인자가 필요하며, 전사 인자를 암호화하는 유전자를 **조절 유전자**라고 한다. 조절 유전자가 발현되어 전사 인자가 합성되면, 이 전사 인자에 의해 다른 조절 유전자가 발현되는 과정이 연속적으로 일어난다. 이때 세포의 발생 운명을 결정하는 상위

단계의 조절 유전자를 **핵심 조절 유전자**라고 하며, 세포 분화는 어떤 전사 인자가 합성되어 전사를 조절하는가에 따라 달라진다.

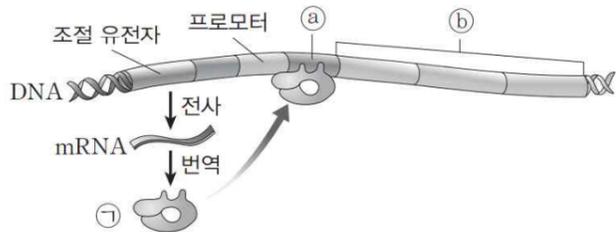
동물은 발생 초기 단계에서 몸의 각 기관이 정확한 위치에 형성되어야 하는데, 이 과정에 관여하는 유전자를 **혹스 유전자**라고 한다. 초파리의 경우 먼저 머리와 꼬리의 방향이 정해지고, 배아 단계에서 몸의 체절이 형성된다. 그다음 단계에서 각 체절에 적절한 기관이 형성되는데, 혹스 유전자는 각 체절에 있는 세포의 발생 운명을 결정하는 전사 인자를 암호화한다.

초파리는 3번 염색체에 혹스 유전자 8개가 배열되어 있는데, 혹스 유전자들은 각각의 유전자가 기능을 결정할 체절들과 같은 순서로 배열되어 있다. 혹스 유전자로부터 합성된 전사 인자에 의해 특정 유전자의 발현이 조절되고, 그 결과 몸의 정확한 위치에 고유한 기능을 수행하기에 적합한 기관이 형성된다.

혹스 유전자가 동물의 기관 발생 과정에서 어떤 조절을 하는지는 혹스 유전자의 돌연변이를 통해 밝혀졌다. 초파리의 경우 가슴 체절에서 다리 형성에 관여하는 혹스 유전자에 돌연변이가 일어나면 더듬이가 생겨야 할 부위에 다리가 생긴다. 또, 가슴 체절에서 날개 형성에 관여하는 혹스 유전자에 돌연변이가 일어나면 2쌍의 날개를 가진 초파리가 생긴다.

동물 대부분은 혹스 유전자를 가지고 있는 것으로 알려졌다. 척추동물인 생쥐나 사람은 4개의 염색체에 혹스 유전자가 반복해서 배열되어 있는데, 혹스 유전자의 종류와 염색체에 배열된 순서가 초파리와 비슷하다. 혹스 유전자는 종과 상관없이 유사한 방식으로 기관 형성이 이루어지도록 발생 과정에 영향을 미치므로 동물이 공통 조상으로부터 진화해 왔다는 증거가 되기도 한다.

36. 그림은 젓당이 없을 때 조절 유전자와 젓당 오페론의 작용을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 각각 작동 부위와 구조 유전자 중 하나이다.

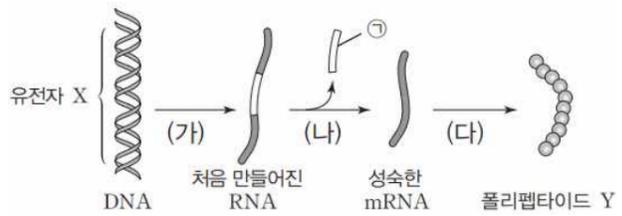


이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 젓당 분해 효소의 아미노산 서열은 ㉠에 암호화되어 있다.
  - ㄴ. ㉠에 결합한 ㉡에 의해 ㉢의 전사가 촉진된다.
  - ㄷ. ㉢는 젓당 오페론의 구성 요소이다.

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

37. 그림은 진핵 세포에서 유전자 X의 발현이 조절되어 폴리펩타이드 Y가 만들어지는 과정을 나타낸 것이다.

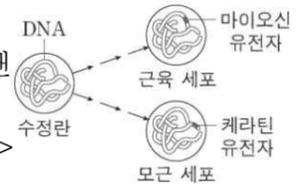


이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 전사 인자에 의한 유전자 발현 조절은 (가)에서 일어난다.
  - ㄴ. RNA의 가공은 (나)에서 일어난다.
  - ㄷ. ㉠은 (다)에서 폴리펩타이드 Y로 번역되지 않는다.

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

38. 그림은 수정란으로부터 근육 세포와 모근 세포로 분화되는 과정과 분화된 각 세포에서 발현되는 특정 유전자를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 마이오신 유전자와 케라틴 유전자의 염기 서열은 동일하다.
  - ㄴ. 수정란에는 마이오신 유전자와 케라틴 유전자가 모두 있다.
  - ㄷ. 모근 세포에는 케라틴 유전자의 전사에 관여하는 전사 인자가 있다.

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

12. 생명의 기원

원시 지구의 환경은 현재의 환경과 매우 다르고 불안정하였을 것이다. 대기 중에는 수소, 암모니아, 메테인, 수증기 등이 풍부하고 산소는 거의 없었을 것이다. 그리고 활발한 지각 활동으로 생성된 열에너지, 불안정한 대기로 인해 발생한 번개와 같은 전기 에너지, 우주에서 복사되는 자외선과 같은 복사 에너지가 풍부하게 있었을 것이다.

이러한 원시 지구 환경에서 최초의 생명체가 탄생하는 과정을 설명하는 여러 가설이 존재하는데, 오파린은 『생명의 기원』이라는 저서를 통해 **화학적 진화설**을 제안하였다. 이 가설에 따르면 원시 지구의 화학적·물리적 환경으로부터 아미노산과 같은 단순한 유기물이 생성되었다. 단순한 유기물이 농축되어 복잡한 유기물이 생성되었고, 이 유기물이 모여 유기물 복합체를 형성하였다. 형성된 유기물 복합체가 스스로 분열할 수 있고 유전 물질을 전달할 수 있게 되면서 오늘날의 원핵세포와 유사한 최초의 생명체가 출현하였을 것으로 보인다.

밀러(Miller, S. L., 1930~2007)와 유리(Urey, H. C., 1893~1981)는 실험을 통해 무기물로부터 단순한 유기물이 만들어질 수 있음을 확인하여 오파린의 가설을 뒷받침하였다.

화학적 진화설이 원시 지구 환경을 충분히 고려하지 못한다는 한계점이 있어 이를 보완하기 위해 여러 가설이 제시되었으며, 그중 하나가 **심해 열수구설**이다. 이 가설은 원시 지구에서 유기물이 합성된 장소로 열수 분출구를 제시하고 있다. 열수 분출구는 심해에서 마그마에 의해 뜨거워진 물이 분출되는 곳으로, 여기에는 아미노산과 같은 유기물이 합성될 때 필요한 재료와 에너지, 금속 촉매 등이 풍부하다. 심해 열수구설에 따르면 열수 분출구에서 최초의 생명체가 탄생하였을 것으로 보인다.

원시 지구 환경에서 무기물로부터 합성된 단순한 유기물은 여러 과정을 통해 농축되어 핵산, 단백질과 같은 복잡한 유기물을 형성하였을 것이다. 폭스(Fox, S. W., 1912~1998)는 아미노산을 가열해 단백질과 유사한 중합체를 합성함으로써 원시 지구 환경에서 풍부한 열에너지에 의해 복잡한 유기물이 생성될 수 있음을 입증하였다.

원시 생명체가 생성되기 위해서는 물질대사와 생식이 일어나야 한다. 물질대사와 생식을 위해서는 외부 환경과 분리되어 독자적인 화학 반응이 일어날 수 있는 공간이 필요하다. 이를 위해서는 주변 환경과의 경계, 즉 세포막이 필요하다. 또, 세포막은 세포에 필요한 물질을 선택적으로 흡수하여 세포 내 환경을 안정적으로 유지하는 데도 필수적이다.

오파린을 비롯한 여러 과학자는 원시 지구 환경에서 합성된 중합체로부터 액체 방울을 합성함으로써 원시 생명체가 탄생하는 데 필요한 막 구조를 재현하였다.

오파린은 탄수화물, 단백질, 핵산의 혼합체를 이용하여 **코아세르베이트**라고 하는 막에 둘러싸인 작은 액체 방울을 만들었다. 코아세르베이트는 주변 환경에서 물질을 선택적으로 받아들여 계속 성장하며, 어느 정도의 크기에 도달하면 둘로 나누어지는 등 세포와 유사한 행동을 나타냈다.

폭스는 아미노산을 가열하여 만든 중합체를 뜨거운 물에 넣었다가 서서히 식혀 작은 액체 방울 모양의 **마이크로스피어**를 만들었다. 마이크로스피어는 코아세르베이트와 달리 단백질로

만 구성된 막을 가지고 있지만, 선택적으로 물질을 흡수하며 스스로 분열하는 특성이 있다.

리포솜도 막 구조를 가진 유기물 복합체이다. 물속에 들어 있는 인지질은 뭉쳐서 리포솜을 형성한다. 리포솜의 인지질 2중층 구조는 현재의 세포와 거의 유사하므로, 리포솜은 최초의 생명체 탄생과 관련이 있을 것으로 보인다.

최초의 생명체는 원시 바닷속에 높은 농도로 축적된 유기물을 이용하여 에너지와 필요한 물질을 얻는 종속 영양 생물이었을 것이다. 또한, 유전 물질과 효소를 가지고 있으며, 막을 통해 물질의 이동을 조절할 수 있는 원핵생물이었을 것이다. 최초의 생명체에서 유전 물질과 효소 역할을 하는 물질이 무엇인지에 대한 여러 가설이 있는데, 그중 하나가 **RNA 우선 가설**이다. RNA 우선 가설에서는 촉매 기능을 가진 RNA인 리보자임이 그 역할을 했을 것이라고 제시하고 있다.

약 21억 년 전의 지층에서 광합성을 하는 조류의 화석이 발견되었는데, 이 생물은 진핵세포의 구조를 나타내고 있었다. 진핵생물은 다양한 기능을 하는 원핵생물의 상호작용으로 생겨났을 것이다. 진핵생물의 출현 과정은 막 진화설과 세포내 공생설로 설명하고 있다.

**막 진화설**은 원핵생물에서 세포막이 안으로 함입되어 겹쳐지면서 진핵생물의 핵, 골지체, 소포체와 같은 막으로 구성된 세포 소기관이 생겨났다고 보는 가설이다. **세포내 공생설**은 원핵생물이 다른 원핵생물에 들어가 공생하면서 미토콘드리아, 엽록체와 같은 세포 소기관이 되었다고 보는 가설이다. 세포내 공생설에 따르면 미토콘드리아는 산소 호흡을 하는 원핵생물에서, 엽록체는 광합성을 하는 원핵생물에서 각각 유래한 것으로 보인다.

다세포 생물은 동일 종의 단세포 진핵생물이 모여서 군체를 형성하고, 군체를 형성하는 세포들 사이에서 기능적 분화가 일어나 생성되었을 것이다. 다세포 생물이 출현한 이후 생물 다양성은 급격히 증가하였다.

39. 다음은 화학 진화설을 확인하기 위한 밀러의 실험에 대해 세 학생이 대화한 내용이다.



밀러의 실험에 대해 옳게 설명한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

40. 다음은 리보자임(라이보자임)에 대한 세 학생의 설명이다.



리보자임에 대해 옳게 설명한 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

41. 원시 생명체의 진화에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 최초의 생명체에 의해 대기 중 O<sub>2</sub> 농도가 증가하였다.  
 ㄴ. 핵의 형성은 세포 내 공생설로 설명할 수 있다.  
 ㄷ. 육상 생물의 출현 시기에는 무산소 호흡 생물과 광합성 생물이 모두 존재하였다.

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

13. 생물의 분류 체계

지구에 존재하는 다양한 생물을 체계적으로 연구하기 위해 분류한다. 생물의 분류는 공통된 특징을 바탕으로 생물을 여러 무리로 나누는 것을 말한다. 예를 들어 사람은 곰, 코끼리, 고양이 등과 함께 포유류로 분류된다. 포유류와 같이 생물을 분류한 무리를 **분류군**이라고 한다.

생물 분류의 가장 기본이 되는 분류군은 **종**이다. 종은 다른 종과 생식적으로 격리된 자연 집단이고, 같은 종의 개체 사이에서는 생식 능력이 있는 자손이 태어난다.

종은 학명으로 표시되는데, 학명은 사용하는 언어와 상관없이 국제적으로 통용되는 종의 이름이다. 학명은 린네에 의해 제시된 이명법에 기초해 만들어진다. 이명법은 속명과 종소명으로 구성되며, 종소명 뒤에 명명자의 이름을 쓴다. 속명과 종소명은 이탤릭체로 쓰거나 밑줄을 그어 표시하고, 속명의 첫 글자는 대문자로, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기한다.

학명 (이명법) : 속명 + 종소명 + 명명자  
 사람: Homo sapiens Linne  
 구상나무: Abies koreana E. H. Wilson

대형 할인 매장에서 상품을 분류하는 것처럼 생물 분류는 계층적 특징을 나타낸다. 사람은 포유류에 속하기도 하지만, 고릴라, 침팬지 등과 함께 더 작은 규모의 분류군인 영장류에 속하기도 하며, 파충류, 양서류, 어류 등과 함께 더 큰 규모의 분류군인 척추동물에 속하기도 한다.

가까운 공통 조상을 공유하는 생물들은 좁은 범위에서 분류군을 형성하며, 더 먼 공통 조상을 공유하는 생물들은 좀 더 넓은 범위에서 분류군을 형성한다. 그리고 좁은 범위에서 넓은 범위로 가면서 종, 속, 과, 목, 강, 문, 계, 역과 같은 분류 단계가 배정된다. 이와 같은 계층적인 생물 분류는 생물이 진화해 온 역사인 유연관계에 기초한다. 공통 조상에서 유래한 공통된 특징을 이용하여 작성하는 **계통수**를 통해 생물 사이의 유연관계를 쉽게 이해할 수 있다.

계통수는 생물이 진화해 온 역사를 나뭇가지 모양으로 나타낸 그림이다. 계통수에서 현재 존재하는 종들은 나뭇가지의 맨 끝부분에 있으며, 계통수에 나타난 모든 종의 공통 조상은 나무의 뿌리에 자리 잡고 있다. 공통 조상에서 나뭇가지를 따라 가면 가지가 갈라지는 분기점이 있는데, 분기점은 한 조상에서 두 계통이 나누어져 진화하였음을 뜻한다. 계통수에서 가까운 분기점을 공유할수록 종 사이의 유연관계가 가깝다.

계통수 작성에는 생물의 형태와 발생, 지리적인 분포, DNA의 염기 서열 등 진화 과정을 보여 주는 다양한 형질이 이용된다.

다양한 종을 비교하여 계통적으로 관련 있는 종끼리 묶어서 정리한 것을 **분류 체계**라고 한다. 분류 체계는 생물의 진화적 유연관계를 반영하고 있다.

최근에는 DNA의 염기 서열을 이용하여 지구에 존재하는 모든 생물의 진화적 유연 관계를 분석할 수 있게 되어 모든 생물을 포괄하는 분류 체계를 작성할 수 있게 되었다.

우즈는 특정 rRNA의 염기 서열을 이용하여 생물의 계통수

를 작성하였고, 이를 바탕으로 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역 분류 체계를 제시하였다. 이 계통수에 따르면 5계 분류 체계에서 원핵생물계에 속했던 세균과 고세균이 별도의 무리로 구분될 뿐만 아니라 고세균역은 세균역보다 진핵생물역과 더 가까운 유연관계를 나타낸다.

세균역에 속하는 생물은 원핵세포로 구성되어 있으며, 펩티도글리칸이 결합한 세포벽을 가지고 있다. 고세균역에 속하는 생물은 대부분 극한 환경에 서식한다. 또, 세균과 유사하게 원핵세포로 구성되어 있지만, 유전 정보의 발현이 진핵생물과 유사하다. 진핵생물역에 속하는 생물은 진핵세포로 구성되어 있으며, 단세포와 다세포, 세포의 구조, 영양 방식 등에서 매우 다양한 특징이 나타난다. 이러한 특징에 따라 진핵생물역을 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계로 구분할 수 있다.

42. 표는 2개의 목과 4개의 과에 속하는 6종의 식물 A~F의 학명을 나타낸 것이다. A, C, F는 같은 목에 속한다.

종	학명	종	학명
A	<i>Morus alba</i>	D	<i>Morus bombycis</i>
B	<i>Rosa carolina</i>	E	<i>Zea mays</i> L.
C	<i>Elaeagnus umbellata</i>	F	<i>Rosa setigera</i>

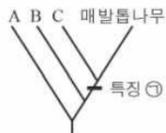
이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A와 C는 다른 과에 속한다.
  - ㄴ. E와 F는 다른 목에 속한다.
  - ㄷ. A~F의 학명은 모두 이명법을 사용하였다.

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

43. 표는 2개의 목과 3개의 과에 속하는 식물 4종의 분류 계급 일부를, 그림은 표의 자료를 토대로 작성한 계통수를 나타낸 것이다.

구분	매자나무	꽃단풍	매발톱	매발톱나무
목	?	?	미나리아재비목	미나리아재비목
과	매자나무과	?	?	?
속	매자나무속	?	?	매자나무속



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A와 B는 서로 다른 목에 속한다.
  - ㄴ. C는 매발톱이다.
  - ㄷ. C와 매발톱나무는 특징 ㉠에 의해 서로 구분된다.

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

14. 식물과 동물의 분류

식물은 다세포 진핵생물로 엽록체가 있어서 광합성을 한다. 세포막 바깥에는 셀룰로스 성분의 세포벽이 있다. 식물은 관다발의 유무, 종자의 유무에 따라 비관다발 식물, 비종자 관다발 식물, 종자식물로 구분할 수 있다.

**비관다발 식물**은 최초의 육상 식물이며 관다발이 없다. 관다발을 통한 물과 양분의 수송이 이루어지지 못하므로, 크기가 작고 물을 쉽게 구할 수 있는 습한 지역에 주로 서식한다. 포자로 번식하며 우산이끼, 솔이끼, 빨이끼 등이 있다.

**비종자 관다발 식물**은 관다발을 가지고 있으며 포자로 번식한다. 잎, 줄기, 뿌리가 분화되어 있지만, 형성층이 없는 관다발 구조로 되어 있다. 석송, 고사리, 고비, 속새, 쇠뜨기 등이 있다.

**종자 식물**은 육상 생활에 가장 잘 적응한 식물의 무리로서, 식물 중 가장 많은 종을 포함하고 있다. 뿌리, 줄기, 잎의 구별이 뚜렷하고, 관다발이 잘 발달하였다. 종자로 번식하며, 종자는 단단한 껍질에 둘러싸여 있어서 육상의 건조하고 추운 환경을 잘 견딜 수 있다. 씨방의 유무에 따라 겉씨식물과 속씨식물로 구분된다. 겉씨식물은 씨방이 없어서 밑씨가 겉으로 드러나 있고, 속씨식물은 밑씨가 씨방에 들어 있다.

겉씨식물은 소철식물문, 은행식물문, 마황식물문, 구과식물문으로 구성되어 있다. 가장 대표적인 겉씨식물의 문은 구과식물문이며, 소나무, 전나무 등이 구과식물문에 속한다.

속씨식물문은 오늘날 지구에서 가장 번성하는 식물 무리이며, 꽃잎과 꽃받침이 잘 발달하였다. 대표적인 속씨식물에는 외떡잎식물강과 쌍떡잎식물강이 있으며, 이들은 종자 속에 들어 있는 배의 떡잎 수에 의해 구분된다. 외떡잎식물에는 벼, 보리, 옥수수 등이 있고, 쌍떡잎식물에는 배추, 장미, 민들레, 고추, 호박, 콩 등이 있다.

식물은 생태계를 구성하는 생물적 요인으로 생산자에 속한다. 식물은 광합성을 통해 유기물을 합성하고 산소를 방출함으로써 생태계를 유지하고 뒷받침하는 데 중요한 역할을 한다.

동물은 엽록체와 세포벽이 없으며, 종속 영양을 하는 다세포 진핵생물이다. 대부분의 동물은 감각 기관과 운동 기관이 발달해 있어서 주위 환경의 변화에 빠르고 적극적으로 반응한다.

동물은 조직의 유무, 몸의 대칭성, 초기 발생 과정의 특징, DNA의 염기 서열 등을 기준으로 여러 개의 큰 무리로 분류할 수 있다.

동물의 몸은 대칭 형태에 따라 방사 대칭과 좌우 대칭으로 나눌 수 있다.

몸의 대칭 형태는 감각 기관의 분포와 관련이 있다. 방사 대칭을 나타내는 동물은 감각 기관이 온몸에 고르게 분포해 있어서 모든 방향에서 오는 자극에 반응한다. 좌우 대칭을 나타내는 동물은 몸의 앞쪽에 감각 기관이 집중되어 있다.

동물의 초기 발생 과정에서 수정란은 체세포 분열 과정인 난할을 거쳐 포배, 낭배가 된다. 포배는 속이 빈 둥근 공 모양이며, 낭배는 발생 초기의 조직인 배엽과 원장을 가진다. 원장은 소화관으로 발생하며, 원장이 외부와 통하는 입구인 원구는 입이나 항문이 된다. 발생 과정에서 원구가 입이 되는 동물은 선구동물이며, 원구가 항문이 되는 동물은 후구동물이다.

최근 동물의 계통수에 가장 큰 영향을 미친 형질은 DNA의 염기 서열이다. DNA의 염기 서열을 이용하여 작성된 계통수에 따라 선구동물은 촉수담륜동물과 탈피동물로 구분된다. 촉수담륜동물은 호흡과 먹이 포획에 이용되는 촉수관을 가지거나 담륜자 유생 시기를 갖는다. 탈피동물은 성장을 위해 탈피하는 특징을 나타낸다.

**해면동물**은 포배 단계의 동물로 조직이나 기관이 분화되어 있지 않다. 물의 흐름을 일으켜 물속에 떠 있는 먹이를 걸러 섭취한다.

**자포동물**은 방사 대칭의 몸을 가지며, 먹이를 잡는 데 자포를 이용한다. 말미잘, 산호, 해파리, 히드라 등이 있다.

**편형동물**은 입은 있지만 항문이 없으며, 납작한 몸을 갖는다. 플라나리아, 촌충, 간흡충 등이 있다.

**연체동물**은 몸은 부드러운 막으로 둘러싸여 있으며, 대부분은 단단한 껍데기로 몸을 보호한다. 주로 아가미 호흡을 하지만 육상에 진출한 달팽이 등은 폐 호흡을 한다. 달팽이, 오징어, 홍합 등이 있다.

**환형동물**은 원통형의 몸을 가지며, 몸은 마디인 체절로 구성되어 있다. 지렁이, 갯지렁이, 거머리 등이 있다.

**선형동물**은 몸은 원통형이며, 겉은 큐티클층으로 덮여 있다. 거의 모든 서식 환경에 존재하며, 자유 생활이나 기생 생활을 한다. 예쁜꼬마선충, 회충 등이 있다.

**절지동물**은 전체 동물 종의 85% 이상을 차지할 정도로 다양하다. 체절이 발달하였으며 각 체절은 기능에 맞게 변형되어 있다. 키틴질의 외골격을 가지고 있으므로 성장 시 탈피를 한다. 절지동물에는 잠자리와 파리 등의 곤충류, 새우와 게 등의 갑각류, 지네와 노래기 등의 다지류, 호랑거미와 산왕거미 등의 거미류가 있다.

**극피동물**은 후구동물에 속하며, 유생은 좌우 대칭이지만 성체는 방사 대칭의 몸 구조를 갖는다. 순환, 호흡, 운동의 복합적인 역할을 담당하는 수관계를 가지고 있다. 수관계와 연결된 관족을 움직여 운동한다. 불가사리, 해삼, 성게 등이 있다.

**척삭동물**은 일생 동안 척삭을 갖는 시기가 반드시 존재한다. 창고기가 속하는 두삭류, 명게와 미더덕이 속하는 미삭류, 먹장어가 속하는 먹장어류와 척추동물로 구분된다. 척추동물은 발생 초기에 척삭을 가지지만, 발생이 진행되면서 척삭은 퇴화하고 척추가 발달한다. 칠성장어, 상어, 개구리, 카멜레온, 도마뱀, 참새, 갈매기, 곰, 사람 등이 있다.

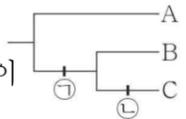
44. 벼, 석송, 소나무, 솔이끼에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 벼는 밀씨가 씨방에 싸여 있다.
  - ㄴ. 소나무와 솔이끼는 모두 관다발을 가지고 있다.
  - ㄷ. 석송과 소나무는 모두 종자 식물에 속한다.

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

45. 그림은 동물 A~C의 계통수를 나타낸 것이다.

특징 ㉠과 ㉡은 각각 ‘척삭이 형성됨’과 ‘중배엽이 형성됨’ 중 하나이고, A~C는 거머리, 해파리, 우렁쟁이를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A와 C는 다른 과에 속한다.
  - ㄴ. E와 F는 다른 목에 속한다.
  - ㄷ. A~F의 학명은 모두 이명법을 사용하였다.

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

## 15. 생명의 진화

지구에 존재하는 모든 생물은 공통 조상에서 기원하였으며 오랜 시간에 걸친 진화의 산물이다. 생명 과학이 발달하면서 진화는 많은 증거에 의해 뒷받침되고 있다.

과거에 살았던 생물 중 일부가 화석의 형태로 발견된다. 화석이 발견된 지층의 연대를 추정할 수 있으므로 화석은 생물의 형태와 다양성이 시간에 따라 어떻게 변화하였는지 알려준다. 고래의 화석을 통해 포유류의 일부가 고래로 진화하는 과정과 시점을 알 수 있게 되었다.

생물은 공통 조상으로부터 유래한 형태적 유사성을 공유한다. 형태적 특징 중 공통 조상에서 물려받은 특징은 생물의 진화와 유연관계를 밝히는 데 도움이 되며 이러한 특징을 **상동 형질**이라고 한다. 예를 들어 척추를 가진 공통 조상의 특징을 물려받은 척추동물은 척추라는 상동 형질을 가지고 있다.

**상사 형질**은 공통 조상에서 물려받지 않았지만 서로 형태적으로 유사해진 특징이다. 예를 들어 새와 박쥐의 공통 조상은 날개를 가지지 않았으므로 이들의 날개는 각자 독립적으로 진화한 상사 형질이다.

생물은 고유한 자신의 분포 영역을 나타내는데, 이러한 분포는 생물의 진화 과정과 관련이 있다. 따라서 유연관계가 가까운 생물들은 지리적으로 인접해 있다. 예를 들어 캥거루와 같은 유대류는 지리적으로 인접한 호주와 남미 대륙에 대부분 분포한다.

유연관계가 가까운 생물들은 가까운 공통 조상을 공유하므로 발생 초기 단계에서 나타나는 배아의 형태가 매우 유사하다. 예를 들어 척추동물의 발생 초기 배아의 형태는 매우 유사하다.

DNA의 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열과 같은 분자 생물학적 특징은 생물 사이에서 유연관계를 보여준다. 공통 조상에서 물려받은 동일한 DNA 서열은 종들이 진화하면서 서로 달라지므로 종들의 유연관계가 가까울수록 DNA 서열은 더욱 유사해진다.

같은 지역에 서식하는 같은 종의 개체들의 모임을 집단이라고 하며, 집단 내에는 변이를 가진 개체가 존재한다. 아프리카 남부 지역의 인류 집단에는 정상적인 모양의 적혈구와 비정상적인 낫 모양 적혈구를 가진 사람들이 존재한다. 이러한 적혈구의 형태적 차이, 즉 표현형의 변이는 유전자의 변이 때문에 나타난다. 낫 모양 적혈구를 가진 사람은 비정상 헤모글로빈 대립유전자를 가지고 있다.

매년 세계적으로 약 320만 명의 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자가 발생하며, 이 중 약 80%가 아프리카 남부 지역에서 발병한다. 그런데 이 지역은 세계에서 말라리아 발병률이 가장 높은 지역으로 매년 수백만 명이 말라리아로 사망한다. 다른 지역보다 말라리아 발병률이 높은 지역에서 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자가 많은 것은 자연 선택이 작용한 결과이다. 자연 선택은 집단이 변화하는 환경에 적응하도록 해 준다.

같은 집단에 속하는 개체들은 서로 잠재적인 교배 상대이므로, 한 집단은 유전자풀을 공유한다. **유전자풀**은 한 집단 내 모든 개체가 가지고 있는 모든 대립유전자의 총합이다. 한 집단의 유전자풀은 다른 집단의 유전자풀과 구분되며, 환경의 변화에 적응하여 집단이 진화할 수 있는 밑바탕이 된다. 따라서

집단에서의 진화는 유전자풀의 변화를 뜻한다.

특정 조건을 만족하는 집단에서는 시간이 흘러도 대립유전자 빈도와 유전자형 빈도가 변하지 않게 되는데, 이를 **하디·바인베르크 법칙**이라고 한다. 하디·바인베르크 법칙을 따르는 집단은 **유전적 평형**을 나타내며, 이러한 집단을 **멘델 집단**이라고 한다.

멘델 집단이 되기 위해서는 집단이 충분히 커야 하며 집단의 개체 사이에서 무작위로 교배가 일어나야 하고, 돌연변이나 집단 사이의 유전자 흐름, 자연 선택이 없어야 한다.

**하디·바인베르크 법칙**을 따르는 생물 집단은 매우 드물며, 실제 생물 집단은 여러 가지 요인에 의해 유전자풀이 변한다. 유전적 평형 상태에서 예측한 대립유전자 빈도와 실제 집단의 대립유전자 빈도를 비교함으로써 어떤 진화의 요인이 작용하는지 분석할 수 있다.

진화는 유전자풀의 변화를 뜻한다. 유전적 평형을 이루는 데 필요한 조건이 충족되지 않으면 대립유전자 빈도가 변하게 되므로 집단은 진화하게 된다. 유전자풀의 변화 요인으로는 돌연변이, 유전적 부동, 자연 선택, 유전자 흐름이 있다.

DNA의 염기 서열에 변화가 생겨, 새로운 대립유전자가 나타나는 현상을 **돌연변이**라고 한다. 돌연변이는 집단 내에 존재하는 모든 유전적 변이의 원천이다. 돌연변이에 의해 생겨나는 대립유전자는 집단 내에서 매우 낮은 빈도로 존재하므로, 돌연변이가 그 자체로는 집단의 진화에 미치는 영향이 크지 않다.

집단을 구성하는 개체는 자손에게 자신이 가지고 있는 대립유전자 중 하나를 무작위로 전달하게 된다. 대립유전자가 자손에게 무작위로 전달되기 때문에 세대와 세대 사이에서 대립유전자 빈도는 예측할 수 없는 방향으로 변화한다. 이와 같은 현상을 **유전적 부동**이라고 한다. 유전적 부동은 집단의 크기가 작을수록 강하게 작용한다. 집단의 크기가 뚜렷이 작아지는 병목 효과나 창시자 효과가 일어나는 상황에서 집단은 유전적 부동의 영향을 받아 대립유전자 빈도가 급격히 변할 수 있다.

집단 내 개체 사이에 변이가 존재하며 특정 형질을 가진 개체가 다른 개체보다 생존과 번식에 유리하여 더 많은 유전자를 다음 세대에 남기면 집단의 유전자풀이 변한다. 이러한 현상을 **자연 선택**이라고 한다. 자연 선택이 일어나면 시간이 지남에 따라 환경의 변화에 가장 적합한 대립유전자를 가진 개체들로 집단이 구성된다.

분리된 두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동이 일어나면 두 집단의 유전자풀이 섞이는데, 이러한 현상을 **유전자 흐름**이라고 한다. 두 집단 사이를 개체가 직접 이주하기도 하지만, 식물에서는 꽃가루를 통해 유전자 흐름이 일어나기도 한다. 유전자 흐름은 집단에 없던 새로운 대립유전자를 도입시킬 수 있다. 살충제 내성 유전자가 전 세계의 모기 집단으로 확산된 것이 그 예에 해당한다.

또, 장벽에 의해 격리된 집단이 연결되면 유전자 흐름이 일어나 하나의 큰 집단이 된다. 이렇게 커진 집단은 유전적 부동의 영향을 적게 받게 된다. 사람이 만든 도로에 의해 단절된 집단을 연결해 주는 생태 통로는 유전자 흐름을 위한 것이다.

유전자풀을 변화시키는 여러 요인은 집단의 진화에 영향을 미친다. 일반적으로 하나의 요인만 작용하지 않으며, 여러 요인이 동시에 작용한다.

새로운 종이 생겨나는 과정을 **중분화**라고 하며, 중분화를 통해 지구에는 수많은 종이 생겨났다.

중분화가 일어나는 가장 일반적인 과정은 지리적 격리에 의한 중분화이다. 이때 한 집단은 물리적인 장벽에 의해 격리되어 두 집단으로 분리된 후, 서서히 중분화가 일어난다. 원래 한 집단이었지만 물리적 장벽에 의해 분리된 두 집단에 돌연변이, 유전적 부동, 자연 선택 등이 작용하면 두 집단 각각의 유전자풀은 점차 서로 다르게 변한다. 오랜 시간이 지나서 두 집단이 다시 만나게 되더라도 두 집단의 개체 사이에서 교배가 일어나지 않거나, 교배가 일어나더라도 번식 가능한 자손이 태어나지 않는다. 즉, 두 집단은 유전자풀을 공유할 수 없게 되어 생식적으로 격리되고, 그 결과 두 집단은 서로 다른 종으로 분화된다.

미국 서부에 분포하는 엔사티나도롱뇽에서는 지리적으로 인접한 집단 사이에 생식적 격리가 없어 교배를 통한 유전자 흐름이 일어난다. 그러나 가장 남쪽에 있는 두 집단은 생식적인 격리가 일어나 서로 다른 종으로 분화하였다. 이러한 현상이 나타나는 이웃 집단들의 모임을 **고리종**이라고 한다. 고리종은 중분화가 연속적이며, 점진적인 과정이라는 것을 보여 준다.

46. 다음은 생물 진화의 증거로 이용되는 예이다.

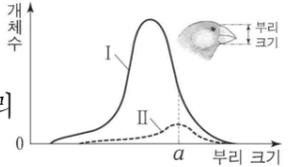
- (가) 박쥐의 날개와 잠자리의 날개는 발생의 기원은 다르지만 환경에 적응하여 기능이 비슷해진 기관이다.
- (나) 오스트레일리아에는 동남아시아에 서식하지 않는 유대류가 서식한다.
- (다) 고래의 조상으로 추정되는 동물의 화석에 뒷다리 뼈가 있다.

(가)~(다)가 해당되는 진화의 증거로 옳은 것은?

- |              |            |            |
|--------------|------------|------------|
| (가)          | (나)        | (다)        |
| ① 생물 지리학적 증거 | 화석학적 증거    | 비교 해부학적 증거 |
| ② 생물 지리학적 증거 | 비교 해부학적 증거 | 화석학적 증거    |
| ③ 화석학적 증거    | 생물 지리학적 증거 | 비교 해부학적 증거 |
| ④ 비교 해부학적 증거 | 생물 지리학적 증거 | 화석학적 증거    |
| ⑤ 비교 해부학적 증거 | 화석학적 증거    | 생물 지리학적 증거 |

47. 그림은 시기 I 과 II에서 동일한 종으로

구성된 조류 집단 P의 부리 크기에 따른 개체수를 나타낸 것이다. I에서 II로 시간이 지나는 동안 자연선택을 통해 부리 크기에 따른 개체수가 변하였다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. I에서 개체 사이에 부리 크기의 변이가 있었다.
  - ㄴ. I과 II에서 P의 유전자풀은 서로 다르다.
  - ㄷ. 부리 크기가 a인 개체수는 II에서가 I에서보다 많다.

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

48. 그림은 종 A로부터 종 B와 종 C가 분화되는 과정을 나타낸 것이다. A~C는 서로 다른 생물학적 종이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 지리적 격리는 1회 일어났고, 이입과 이출은 없다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. B와 C의 출현 과정에서 돌연변이가 발생하였다.
  - ㄴ. 과정 I에서 창시자 효과가 일어났다.
  - ㄷ. B는 C와 생식적으로 격리되어 있다.

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

## 16. 생명 공학 기술과 인간 생활

특정 생물에서 추출한 유용한 유전자를 다른 생물의 DNA에 끼워 넣어 재조합 DNA를 만든 후, 이를 세균 등에 넣어 유용한 유전자를 증식하거나 유전자의 산물을 얻는 기술을 **유전자 재조합 기술**이라고 한다.

유전자 재조합 기술에는 재조합할 유용한 유전자, DNA 운반체, 제한 효소, DNA 연결 효소가 필요하다. DNA 운반체는 유용한 유전자를 숙주 세포 안으로 운반하는 역할을 하는 DNA이며, 주로 플라스미드가 이용된다.

**제한 효소**는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르는 역할을, DNA 연결 효소는 자른 DNA를 붙이는 역할을 한다. 제한 효소로 잘린 DNA의 양쪽 말단은 상보적인 염기 서열을 가진 다른 DNA 말단과 결합할 수 있다. 같은 제한 효소로 잘라 만들어진 유전자 말단과 DNA 운반체 말단의 염기 간에는 수소 결합이 형성된다. 수소 결합을 통해 일시적으로 결합한 두 DNA의 말단을 DNA 연결 효소로 연결하면 재조합 DNA가 된다.

현재까지 많은 세균에서 수백 종류의 제한 효소가 발견되었다. 제한 효소마다 제한 효소 자리가 다르므로 제한 효소의 종류를 선택하여 이용하면 DNA를 원하는 대로 자를 수 있다.

1970년대 후반에 최초로 유전자 재조합 기술을 활용하여 대장균에서 사람의 인슐린을 생산하였다. 이후 유전자 재조합 기술은 많은 분야에서 활발하게 활용되고 있다.

유전자 재조합 기술로 형질 전환 대장균을 만드는 과정에서는 재조합 플라스미드(재조합 DNA)가 도입된 대장균, 원래의 플라스미드가 도입된 대장균, 플라스미드가 도입되지 않은 대장균이 있을 수 있다. 따라서 재조합 플라스미드가 도입된 대장균을 선별하는 과정이 필요하다.

한 세포에서 핵을 꺼내어 핵을 제거한 난자에 이식하는 기술을 **핵치환**이라고 하며, 핵치환으로 핵을 제공한 개체와 유전적으로 같은 개체를 복제할 수 있다. 핵치환을 활용하면 교배 과정을 거치지 않고 체세포의 핵을 이용하여 생물을 탄생시킬 수 있다.

핵치환은 우수한 동물이나 멸종 위기 생물을 복제함으로써 종을 보존하고 번식시키는 데 활용된다. 또, 유용한 유전자가 도입된 형질 전환 세포를 핵치환에 이용하여 형질 전환 복제 동물을 만들고, 이 동물로부터 의약품 등 유용한 물질을 생산하고 있다. 특히 우리나라에서는 마약을 탐지하거나 인명을 구조하는 특수견, 우수한 한우 등을 복제하여 실생활에서 이용하고 있거나 실용화하기 위한 안전성 연구를 진행하고 있다.

핵치환으로 복제 동물이 탄생하려면 체세포의 핵이 이식된 난자를 배아 수준까지 배양해야 한다. 조직이나 세포를 영양분이 첨가된 영양 배지에서 배양하는 기술을 **조직 배양**이라고 한다. 특히 식물의 세포나 조직 일부분을 분리하여 배양하면 세포 분열이 일어나고, 하나의 개체로 성장한다. 따라서 하나의 개체로부터 똑같은 형질을 가진 개체를 대량으로 번식시킬 수 있다.

복제 동물을 만드는 과정에서 핵을 제거한 난자와 체세포를 융합하는 기술이 활용되었다. 이처럼 서로 다른 특징을 가진 두 종류의 세포를 융합하여 하나의 세포로 만드는 기술을 **세포 융합**이라고 한다. 세포 융합을 활용하면 우리가 원하는 특

성을 가진 융합 세포를 만들 수 있고, 두 식물 종의 특성을 모두 가진 잡종 식물을 만들 수 있다.

핵치환은 동물 복제에 필수적인 기술이며, 세포 융합은 새로운 작물을 개발하는 데 활용되기도 한다. 최근에는 암의 발생 원인, 치료 등을 위한 연구에 동물 세포를 배양하는 기술이 많이 활용되고 있다.

우리 몸에 병원체와 같은 특정 항원이 침입하면, 면역 세포는 이 항원을 인식하는 특정 항체를 만들어 낸다. 이 항체는 특정 항원과 결합함으로써 항원의 작용을 무력화해 우리 몸을 건강하게 유지하도록 한다.

우리 몸 밖에서 항체를 얻는 일반적인 방법으로는 쥐나 토끼와 같은 동물에 항원을 주입하고 일정 기간이 지난 후 혈청을 채취하는 것이다. 혈청 속에는 여러 종류의 항체가 들어 있지만 얻을 수 있는 양이 제한되고, 많은 양을 지속해서 얻기 어렵다. 이러한 문제점을 극복하는 방법은 세포 융합 기술로 하나의 항원만을 특이적으로 인식하는 **단일 클론 항체**를 생산하는 것이다. 단일 클론 항체는 병원체에 의한 질환의 진단과 치료, 암 치료 등 다양한 분야에 활용될 수 있다.

DNA 운반체를 이용해 치료에 필요한 유전자를 환자의 몸 안에 넣어 결합 유전자를 대체하거나, 그 부위에 치료용 단백질을 생산하게 하는 것을 **유전자 치료**라고 한다. 유전자 치료는 치료에 필요한 유전자를 투여하는 방법에 따라 체내 유전자 치료와 체외 유전자 치료로 구분한다. 유전자 치료에 관한 연구가 활발히 진행되어 실제 치료에 적용된다면 암, 후천성 면역 결핍증(AIDS), 유전병 등 많은 난치병을 치료하는 새로운 대안이 될 수 있다.

여러 종류의 세포로 발달할 수 있는 분화 능력을 가진 세포를 **줄기세포**라고 한다. 줄기세포에는 성체 줄기세포, 배아 줄기세포, 역분화 줄기세포가 있다. 성체 줄기세포는 골수, 탭줄 등에 있으며, 배아 줄기세포는 배아 조직 중 내세포 덩어리에서 얻을 수 있다. 역분화 줄기세포는 성인의 피부 세포와 같은 체세포를 역분화시켜 얻을 수 있다.

성체 줄기세포는 배아 줄기세포보다 생명 윤리적인 논란이 적어 백혈병, 척수 손상 등과 같은 질환의 치료에 이용되고 있다. 역분화 줄기세포는 생명 윤리적인 문제가 없고, 환자의 체세포를 이용할 수 있다. 그러나 배아 줄기세포와 역분화 줄기세포는 모두 종양을 일으킬 가능성이 있어 실용화를 위한 연구와 임상 시험이 진행되고 있다. 최근에는 뇌 질환, 심장 질환 등과 같이 완치되기 어려운 질환의 치료에 생명 공학 기술을 활용하고 있어 난치병 치료의 가능성이 커지고 있다.

생명 공학 기술을 활용하여 새롭게 조합된 유전 물질을 포함하고 있는 동물, 식물, 미생물을 **유전자 변형 생물(LMO)**이라고 하며, 교배를 통해 얻는 생물과는 구분된다. LMO의 대표적인 예로는 제초제 내성 콩, 해충 저항성 목화 등과 같은 유전자 변형 작물이 있으며, 이외에도 환경 정화를 목적으로 하는 나무, 사람의 질환을 연구하기 위한 모델 동물, 빠르게 성장하는 연어, 고기능 효소 생산을 위한 미생물 등 다양하다.

LMO는 식량, 환경, 에너지, 축산, 의약, 바이오 산업 등에서 폭넓게 활용되고 있다. 그러나 LMO가 식품과 사료의 원료로 이용되기 시작하면서부터 우리 생활과 생태계에 영향을 미치는 다양한 측면에서 우려가 제기되고 있다. 따라서 LMO를 개발하고 활용하면서 잠재적 위험성에 대비한 철저한 관리가 필

요하다.

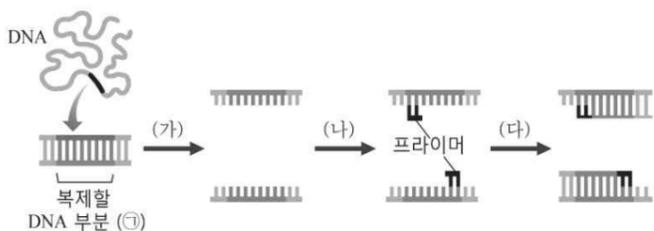
생명 공학은 생물의 생명 현상을 해석하고 응용하기 위한 핵심 분야가 되면서 생명 과학의 발달에 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 생명 공학의 발달 과정에서 예기치 않은 문제가 나타날 수 있어 이를 염려하는 목소리도 크다.

1982년에 처음으로 생산된 슈퍼 마우스를 시작으로 형질 전환 동물에 관한 연구가 진행되면서 형질 전환 동물의 생산이 증가하고 있다. 특히 장기 이식용 형질 전환 복제 동물을 개발하여 바이오 장기를 얻기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 체세포 핵치환 기술의 발달로 동물 복제가 보편화하면서 인간 복제로 이어질 가능성이 제기되고 있다. 우리나라에서는 생명 윤리 및 안전에 관한 법률인 「생명 윤리법」을 확정하여 인간 복제를 법으로 금지하고 있다.

생명 공학은 보건 의료, 환경과 함께 21세기의 유망 산업으로 주목받고 있으며, 생명 공학 기술로 만들어진 제품은 고부가 가치를 창출하므로 국가 산업 경쟁력의 핵심이 되고 있다. 우리나라에서도 「생명 공학 육성법」을 제정하여 생명 공학 분야에 집중적으로 투자하고 있다. 그러나 생명 공학의 발달 과정에서 생명 윤리 문제의 심각성이 나타나고 있어 생명 공학 기술이 인류 전체의 존립을 위협할 수 있음을 경고하고 있다. 따라서 생명 공학 관련 분야에 종사하는 사람들의 연구 윤리가 중요하며, 생명 공학 기술의 안전과 생명 윤리에 관한 사회 구성원들의 합의가 필요하다.

생명 공학 기술의 개발과 활용 시 나타나는 생명 윤리를 비롯한 여러 문제를 인식하고 올바르게 대처하도록 노력한다면 생명 공학은 의약품의 생산, 질환의 진단·예방·치료, 식량 문제 해결, 인간의 수명 연장 등 인류의 미래를 위해 많은 성과를 낼 것이다.

49. 그림은 중합 효소 연쇄 반응(PCR)을 이용하여 DNA를 증폭시키는 과정을 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 > —
- ㄱ. 반응 온도는 (나)에서 가장 높다.
  - ㄴ. (다)에서 DNA 중합 효소가 사용된다.
  - ㄷ. (가)~(다)를 10회 반복하면 ㉠의 DNA양은 20배로 증가한다.

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

50. 다음은 생명 공학 기술을 이용하여 환자에게 이식할 인공 기관지를 만드는 과정이다.

- (가) 기증자로부터 제공받은 기관지에서 기관지의 형태만 남기고 모든 세포를 제거한다.
- (나) 환자의 골수에서 줄기 세포를 분리하여 기관지를 구성하는 세포로 분화시킨다.
- (다) (가)에서 준비된 기관지 형태에 (나)의 분화된 세포를 이식하여 새로운 기관지를 만든다.
- (라) (다)에서 만든 기관지를 환자에게 이식한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 이 과정에서 세포 융합 기술이 사용된다.
  - ㄴ. (가)는 새로운 기관지의 골격을 준비하는 과정이다.
  - ㄷ. (나)에서 환자의 줄기 세포를 이용하므로 이식 거부 반응이 최소화된다.

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

51. 영희는 해충 저항성 유전자 X를 옥수수에 도입하여 형질 전환 옥수수를 만들었다. 다음은 영희가 수행한 실험 과정을 순서없이 나열한 것이다.

- (가) 재조합된 플라스미드를 세균에 도입하였다.
- (나) ㉠ X가 도입된 옥수수 세포를 조직 배양하였다.
- (다) 형질 전환된 세균을 ㉡ 옥수수 세포에 감염시켰다.
- (라) 어떤 식물로부터 X를 분리하고 이를 플라스미드와 재조합하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 영희는 (라) → (다) → (가) → (나)의 순서로 실험을 수행하였다.
  - ㄴ. (라)에서 DNA 연결 효소가 사용되었다.
  - ㄷ. ㉠과 ㉡의 유전자 조성은 서로 다르다.

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

2023학년도 수능 대비 모의고사 주요 문항 정답

1	①	2	⑤	3	⑤	4	④	5	⑤
6	⑤	7	④	8	⑤	9	③	10	⑤
11	③	12	①	13	⑤	14	①	15	①
16	⑤	17	⑤	18	①	19	④	20	⑤
21	①	22	③	23	⑤	24	③	25	③
26	①	27	②	28	④	29	④	30	③
31	①	32	②	33	②	34	③	35	⑤
36	②	37	⑤	38	⑤	39	④	40	①
41	②	42	⑤	43	①	44	①	45	⑤
46	④	47	④	48	④	49	②	50	⑤
51	④								

※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

제 1 교시

2015학년도 교육과정 탐구영역 배경지식

# 국어 영역 (지구과학 I)

성명		수험 번호																		
----	--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- 문제지의 해당란에 성명과 수험번호를 정확히 쓰시오.
- 답안지의 필적 확인란에 다음의 문구를 정자로 기재하십시오.

**왓지, 조곰은 새로운 방향으로, 하늘이 아주 낮설어 보였다.**

- 답안지의 해당란에 성명과 수험번호를 쓰고, 또 수험번호와 답을 정확히 표시하십시오.
- 문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하십시오.  
배점은 2점 또는 3점입니다.

※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

제 1 교시

국어 영역

1. 판 구조론의 정립

대서양을 사이에 두고 있는 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 해안선 모양을 살펴보면 두 대륙의 해안선이 잘 들어맞는다는 것을 알 수 있다. 베게너는 두 대륙의 해안선 모양을 보고 두 대륙이 원래 하나로 붙어 있었다고 생각했다. 1912년 베게너는 이러한 생각을 발전시켜 과거에 하나로 모여 있던 대륙이 분리되고 이동하여 현재와 같은 수륙 분포를 이루게 되었다는 **대륙 이동설**을 주장하였다. 그는 해안선 모양의 유사성뿐만 아니라 빙하의 흔적, 지질 구조의 연속성, 화석 분포 등 대륙 이동을 뒷받침하는 여러 가지 증거를 제시하고, 과거에 하나로 모여 있던 초대륙을 **판게아**라고 하였다.

대륙 이동설은 발표 당시 매우 파격적인 이론이었다. 그러나 베게너는 대륙 이동의 원동력을 명확하게 설명하지 못하였기 때문에 대부분의 과학자들은 대륙 이동설을 받아들이지 않았다. 그들은 베게너가 제시한 증거가 우연의 일치라고 생각하였으며, 베게너가 사망하면서 대륙 이동설은 점점 잊히게 되었다.

1929년 홈스는 방사성 원소가 붕괴하여 생성된 열로 맨틀이 대류하는 과정에서 대륙이 이동할 수 있다는 **맨틀 대류설**을 발표하였다. 맨틀 대류설에 따르면 맨틀 대류의 상승부에서는 대륙 지각이 분리되면서 새로운 바다가 생성되고, 맨틀 대류의 하강부에서는 횡압력이 작용하면서 두꺼운 산맥이 형성된다.

홈스의 맨틀 대류설은 현재 알려진 맨틀 대류의 과정과 비슷할 정도로 시대를 앞선 것이지만 당시에는 맨틀 대류를 확인할 수 있는 탐사 기술이 없었기 때문에 대륙 이동의 원동력으로 인정받지 못하였다. 하지만 과학 기술의 발달로 맨틀 대류를 뒷받침하는 여러 가지 관측 자료가 나오면서 맨틀 대류설은 판 구조론이 정립되는데 중요한 역할을 하게 되었다.

20세기 중반 탐사 기술의 발전으로 해저 지형 탐사가 활발하게 진행되었다. 특히, 음향 측심 기술의 개발로 해저 지형의 높낮이를 정밀하게 측정할 수 있게 되었다. 음향측심법은 해양 탐사선에서 발사한 음파가 바다 밑바닥에서 반사되어 가장 빨리 되돌아오는 데 걸리는 시간을 측정하여 수심을 알아내는 방법이다. 음파가 반사되어 가장 빨리 되돌아오는 데 걸리는 시간을  $t$ , 음파의 속도를  $v$ 라고 하면 수심  $d$ 는 다음과 같다.

$$d = \frac{1}{2}vt$$

과학자들은 음향 측심법을 이용한 해저 탐사를 통해 해저 지형의 모습을 자세히 알게 되었다. 또, 해저 산맥인 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어질수록 점차 수심이 깊어지며, 육지 가까운 곳에는 수심이 급격하게 증가하는 해구가 존재한다는 것을 알아냈다. 음향 측심법을 통해 알아낸 해저 지형의 특징은 이후 해저가 확장된다는 학설이 등장하는 데 중요한 역할을 하였다.

1962년 헤스와 디즈는 해저 지형 탐사로 밝혀진 해저 지형의 특징을 설명하기 위해서 **해양저 확장설**을 제안하였다. 해양저 확장설에 따르면 맨틀 대류의 상승부인 해령을 중심으로

해양 지각이 양쪽으로 이동하면서 해양저가 확장된다. 즉, 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되어 해양저가 확장되고, 해구에서는 해양 지각이 맨틀로 섭입되어 소멸된다.

해양저 확장설은 지구 자기장 분석과 해저 지형의 연령 측정을 통해 증명되었다. 암석이 생성될 때 암석을 이루는 일부 광물들은 당시의 지구 자기장 방향으로 배열되는데, 이를 통해 과거 지구 자기장인 고지자기에 대한 정보를 얻을 수 있다. 암석에 기록된 고지자기를 연구한 결과 지구 자기장의 남극과 북극이 반복적으로 바뀌었다는 것을 밝혀냈다. 또, 탐사선으로 해저 지형을 관측한 결과 해령을 중심으로 지각의 역전 줄무늬가 대칭을 이룬다는 것을 알아냈다. 1963년 바인(Vine, F., 1939~)과 매슈스(Matthews, D., 1931~1997)는 해령에서 생성된 해양 지각이 양쪽으로 이동하여 이와 같은 지자기 줄무늬가 나타난다고 설명하였다.

과학자들은 대륙 지각에서 알아낸 암석의 연령과 지자기 줄무늬를 해양 지각의 지자기 줄무늬와 비교하여 해양 지각의 연령을 알아냈다. 그결과 해양 지각의 연령은 해령을 중심으로 양쪽으로 멀어질수록 증가한다는 사실이 밝혀졌는데, 이는 해양저 확장설을 뒷받침해 주는 증거가 된다.

과학과 해저 탐사 기술이 발전하고, 해양저 확장설이 등장하면서 해저 지형의 자세한 특징이 밝혀졌다. 특히, 해령이 연속적으로 이어져 있지 않고 수많은 부분으로 끊어져 있으며, 해령에서 시작된 단층이 육지 쪽으로 길게 발달해 있다는 것이 밝혀졌다. 당시 대부분의 과학자는 이러한 구조가 수평으로 발달한 단층이라고 생각하였다.

한편, 해령 부근에서의 지진 자료도 축적되었는데 해령과 해령 사이의 특정한 부분에서 지진이 주로 발생하고, 해령으로부터 멀리 떨어진 단층 구간에서는 지진이 거의 발생하지 않는다는 사실을 알게 되었다. 이는 당시의 해양저 확장설로 설명하기 어려운 현상이었다.

1965년 윌슨은 해령과 해령 사이에 존재하는 단층은 지각이 서로 어긋나는 경계라고 해석하고 이를 **변환 단층**이라고 하였다. 그는 변환 단층에서는 두 판의 이동 방향이 서로 반대이므로 지진이 자주 발생하지만 해령에서 대륙으로 길게 발달한 단층대에서는 판의 이동 방향이 같으므로 지진이 거의 일어나지 않는다고 설명하였다. 변환 단층은 판의 이동 방향과 나란하게 생성되므로 변환 단층의 분포를 통해 판의 이동 방향을 알 수 있다.

변환 단층의 발견으로 해양저 확장설만으로 설명할 수 없었던 해양 지각의 특징을 설명할 수 있게 되었으며, 정립되기 시작 하였다.

판 구조론이 정립되면서 이를 뒷받침하는 새로운 증거가 발견되었다. 1960년대 초반에 표준화된 지진계가 전 세계에 설치되면서 지진의 발생 위치와 깊이를 정확하게 아낼 수 있게 되었다. 해구 부근에서 지진이 발생하는 위치와 깊이를 측정할 결과 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 지진이 발생하는 깊이가 점차 깊어진다는 실이 밝혀졌다. 이는 판과 판이 충돌할 때 한쪽 판이 다른 판 아래로 섭입한다는 사실을 뒷받침한다.

대륙 이동설에서 시작하여 해저 확장의 여러 가지 증거와

변환 단층의 발견을 거쳐 지구의 겉 부분은 크고 작은 여러 판으로 이루어져 있다는 판 구조론이 정립되었다. 판 구조론에서는 판들이 상호 작용하여 대륙과 해양의 분포가 변하고 습곡 산맥 등이 생성되며, 지진이나 화산 활동 등 여러 가지 지각 변동이 일어난다고 설명한다. 최근에는 인공위성을 이용한 위치 측정 기술의 발달로 판 경계의 위치와 이동 속도를 정밀하게 측정할 수 있다.

1. 다음은 판 구조론이 정립되는 과정에서 등장한 두 이론에 대하여 학생 A, B, C가 나눈 대화를 나타낸 것이다.

이론	내용
㉠	고생대 말에 판게아가 존재하였고, 약 2억 년 전에 분리되기 시작하여 현재와 같은 대륙 분포가 되었다.
㉡	맨틀이 대류하는 과정에서 대륙이 이동할 수 있다.

대서양 양쪽에 있는 남아메리카 대륙과 아프리카 대륙의 해안선 모양이 비슷한 것은 ㉠의 증거가 될 수 있어.

㉡에 의하면 맨틀 대류가 상승하는 곳에 해구가 형성돼.

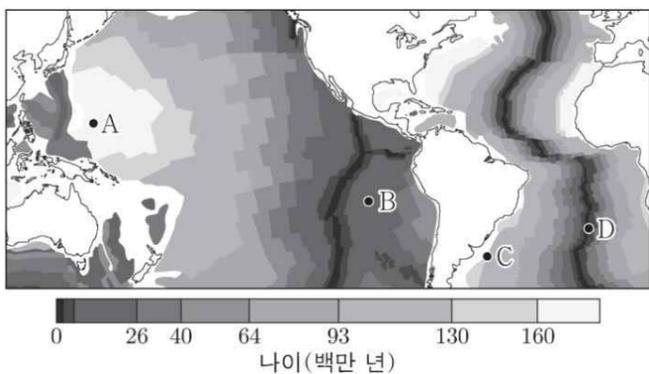
베게너는 음향 측심 자료를 이용하여 ㉠을 설명했어.

학생 A      학생 B      학생 C

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

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

2. 그림은 해양 지각의 연령 분포를 나타낸 것이다.



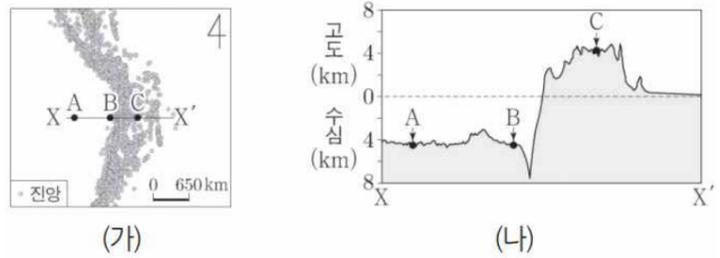
A~D 지점에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 해저 퇴적물의 두께는 A가 B보다 두껍다.  
 ㄴ. 최근 4천만 년 동안 평균 이동 속력은 B가 속한 판이 C가 속한 판보다 크다.  
 ㄷ. 지진 활동은 C가 D보다 활발하다.

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

3. 그림 (가)는 어느 지역의 판 경계 부근에서 발생한 진앙 분포를, (나)는 (가)의 X - X'에 따른 지형의 단면을 나타낸 것이다.



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

< 보 기 >

ㄱ. 지각의 나이는 A가 B보다 많다.  
 ㄴ. B와 C 사이에는 수렴형 경계가 존재한다.  
 ㄷ. 화산 활동은 C가 A보다 활발하다.

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

4. 그림은 대서양의 해저면에서 판의 경계를 가로지르는 P<sub>1</sub>-P<sub>6</sub> 구간을, 표는 각 지점의 연직 방향에 있는 해수면상에서 음파를 발사하여 해저면에 반사되어 되돌아오는 데 걸리는 시간을 나타낸 것이다.

지점	P <sub>1</sub> 로부터의 거리(km)	시간(초)
P <sub>1</sub>	0	7.70
P <sub>2</sub>	420	7.36
P <sub>3</sub>	840	6.14
P <sub>4</sub>	1260	3.95
P <sub>5</sub>	1680	6.55
P <sub>6</sub>	2100	6.97

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 해수에서 음파의 속도는 일정하다.)

< 보 기 >

ㄱ. 수심은 P<sub>6</sub>이 P<sub>4</sub>보다 깊다.  
 ㄴ. P<sub>3</sub>-P<sub>5</sub> 구간에는 발산형 경계가 있다.  
 ㄷ. 해양 지각의 나이는 P<sub>4</sub>가 P<sub>2</sub>보다 많다.

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

2. 대륙 분포의 변화

판 구조론이 정립되면서 대륙은 지질 시대 동안 계속하여 이동하였다는 사실이 밝혀졌다. 그렇다면 대륙이 이동한 경로는 어떻게 알 수 있을까?

나침반의 자침이 수평면과 이루는 각을 **북각**이라고 하는데, 위도에 따라 북각의 크기가 다르다. 암석에도 나침반의 자침과 같이 지구 자기장에 반응하는 광물이 있는데, 이 광물들은 암석이 생성될 때 지구 자기장의 방향과 나란하게 배열된다. 따라서 암석을 이루는 광물의 북각을 연구하면 암석이 생성될 당시의 위도를 알 수 있다.

어느 대륙이 남북 방향으로 이동하였다면 그 대륙에서 만들어진 암석은 생성 시기에 따라 북각의 크기가 다르다. 따라서 암석의 나이와 북각을 측정하면 암석이 생성될 당시의 위도를 알 수 있으므로 시간에 따른 대륙의 이동 경로를 복원할 수 있다.

암석에 남아 있는 자료를 이용하여 인도 대륙의 이동 경로를 복원한 결과 인도 대륙은 지질 시대 동안 동서 방향으로는 거의 이동하지 않고 남북 방향으로만 이동한 것으로 밝혀졌다.

인도 대륙은 약 7천1백만 년 전에는 남반구에 위치해 있다가 1년에 약 5~15cm씩 북쪽으로 이동하여 약 3천8백만 년 전에는 인도 대륙의 대부분이 북반구에 위치하였다. 이후 인도 대륙이 계속 북쪽으로 이동하다가 유라시아판과 충돌하여 현재의 히말라야산맥이 만들어졌다.

고지자기 관측, 암석 분석, 화석 연구, 고기후 연구 등을 종합하면 과거 대륙의 분포와 이동을 확인할 수 있다. 이를 통하여 과학자들은 지질 시대 동안 여러 차례 초대륙이 만들어지고 분리되었다고 추정하고 있다. 약 11억 년 전에는 로디니아라는 초대륙이 존재하였다. 이후 로디니아 초대륙은 몇 개의 대륙으로 분리되고 이동하다가 약 2억7천만 년 전에 대륙이 다시 모여 판게아가 형성되었다. 약 2억 년 전부터 판게아가 분리되기 시작하였고, 약 1억5천만 년 전에 대서양이 부분적으로 열리면서 아프리카 대륙과 남아메리카 대륙이 분리되기 시작하였다. 또, 다른 대륙들이 남극 대륙에서 분리되어 북쪽으로 이동하였다.

약 9천만 년 전에는 남대서양이 확장되고, 마다가스카르가 아프리카 대륙에서 분리되었다. 이후 오스트레일리아는 남극 대륙과 분리되고, 북쪽으로 이동하던 인도 대륙은 유라시아판과 충돌하여 현재와 비슷한 수륙 분포를 이루게 되었다.

현재에도 대륙은 느리지만 끊임없이 이동하고 있으며, 현재 판의 경계에서의 대륙 이동 속도와 방향을 분석하면 미래의 대륙과 해양의 모습을 어느 정도 예측할 수 있다. 현재 동아프리카 열곡대를 중심으로 아프리카 대륙이 분리되고 있는데, 미래에는 분리된 곳을 중심으로 해령이 생성되면서 새로운 바다가 만들어질 것으로 예상된다.

5. 다음은 고지자기 자료를 이용하여 대륙의 과거 위치를 알아보기 위한 탐구 활동이다.

[가정]

- 고지자기극은 고지자기 방향으로 추정된 지리상 북극이고, 지리상 북극은 변하지 않았다.
- 현재 지자기 북극은 지리상 북극과 일치한다.

[탐구 과정]

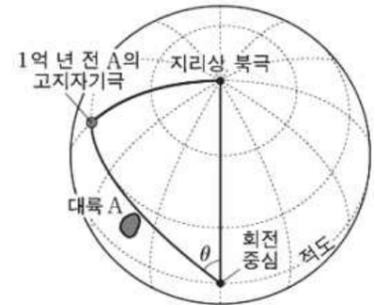
(가) 대륙 A의 현재 위치, 1억 년 전 A의 고지자기극 위치, 회전 중심이 표시된 지구본을 준비한다.

(나) 오른쪽 그림과 같이 회전

중심을 중심으로 1억 년 전 A의 고지자기극과 지리상 북극 사이의 각( $\theta$ )을 측정한다.

(다) 회전 중심을 중심으로 A를  $\theta$ 만큼 회전시키고,

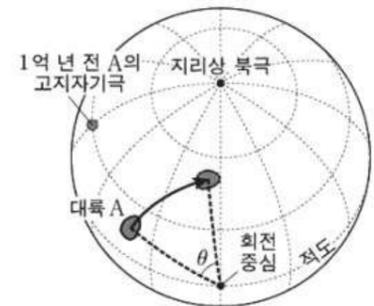
1억 년 전 A의 위치를 표시한 후, 현재와 1억 년 전 A의 위치를 비교한다. 회전 방향은 1억 년 전 A의 고지자기극이 (㉠)을/를 향하는 방향이다.



[탐구 결과]

○ 각( $\theta$ ): ( )

○ 대륙 A의 위치 비교: 1억 년 전 A의 위치는 현재보다 (㉡)에 위치한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㉠. 지리상 북극은 ㉠에 해당한다.
  - ㉡. 고위도는 ㉡에 해당한다.
  - ㉢. A의 고지자기 북극은 1억 년 전이 현재보다 작다.

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

3. 맨틀 대류와 플룸 구조론

액체는 온도 차이가 생기면 상대적으로 온도가 높은 부분은 위로 올라가고 온도가 낮은 부분은 아래로 내려가면서 대류가 발생한다. 이때 액체 위에 떠 있는 물체는 액체의 흐름에 따라 이동한다.

맨틀은 고체이지만 온도가 높으므로 유동성을 띠고 있으며, 지구 중심으로 갈수록 온도가 높아진다. 따라서 깊이에 따른 온도 차이로 연약권에서 대류가 일어나며, 판의 운동은 연약권 위에 놓인 암석권이 맨틀의 대류에 따라 이동하는 것으로 설명할 수 있다.

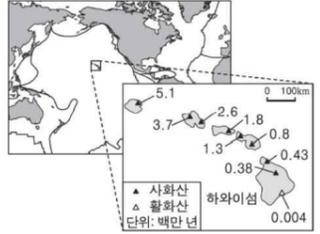
맨틀 대류는 판을 움직이는 원동력으로, 맨틀 대류의 상승부에서는 해령이 만들어지고 하강부에서는 해구가 만들어진다. 또, 대부분의 지진과 화산 활동은 판과 판의 상호 작용으로 일어난다. 따라서 지진과 화산 활동이 일어나는 지역은 대체로 판의 경계와 일치한다.

판의 경계에서 발생하는 지진과 화산 활동은 맨틀 대류가 일어나 판이 움직이면서 나타나는 현상으로 설명할 수 있다. 하지만 하와이섬, 동아프리카 지역 등 판의 내부에서 일어나는 화산 활동은 상부 맨틀이 대류하면서 일어나는 판의 운동으로 설명하기 어렵다. 이러한 현상을 설명하기 위해 판 구조론 정립에 크게 이바지한 윌슨은 판 아래의 고정된 통로에서 상승한 마그마가 지표면으로 분출하면서 하와이섬과 같은 화산 열도가 생성되었다고 주장하였다.

이를 종합해 플룸 구조론이라한다. 플룸은 온도가 낮은 차가운 플룸과 온도가 높은 뜨거운 플룸으로 구분한다. 차가운 플룸은 수렴형 경계에서 섭입된 판의 물질이 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계 부근에 쌓여 있다가 가라앉아 생성되는 것으로 알려져 있다. 차가운 플룸이 맨틀과 외핵의 경계에 도달하면 그 영향으로 일부 맨틀 물질이 상승하여 뜨거운 플룸이 된다. 이때 플룸 상승류가 지표면과 만나는 지점 아래 마그마가 생성되는 곳을 열점이라고 한다.

플룸 상승류가 있는 곳은 주변의 맨틀보다 온도가 높으므로 지진파의 속도가 느리다. 한편, 해구에서 섭입된 판은 맨틀과 외핵의 경계까지 하강하기도 하는데, 하강하는 판은 주변 맨틀보다 상대적으로 온도가 낮으므로 주변보다 지진파의 속도가 빠르다. 따라서 지진파의 속도 분포를 연구하면 맨틀의 온도 분포를 알 수 있다. 동아프리카 열곡대에서 지진파의 속도 분포를 나타낸 것으로, 붉게 보일수록 지진파의 속도가 느리며, 플룸이 상승하는 영역을 나타낸다. 지진파의 분석으로 알아낸 플룸의 상승과 하강은 맨틀 대류가 맨틀 전체에서 발생하고 있음을 보여 주는 중요한 증거이다. 이처럼 플룸 구조론은 판 구조론으로 설명이 어려웠던 판 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있다.

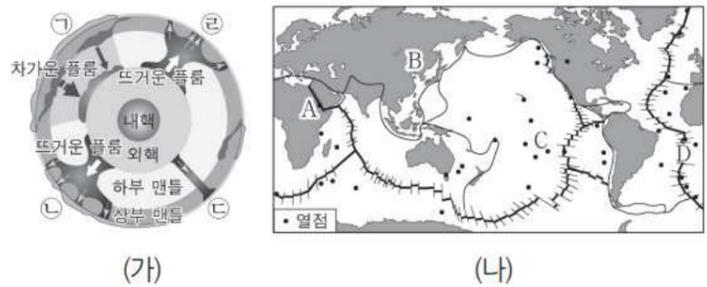
6. 그림은 태평양판에 위치한 하와이 열도의 각 섬들을 화산의 연령과 함께 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 태평양판은 일정한 속도로 이동하였다.
  - ㄴ. 하와이섬은 뜨거운 플룸의 상승에 의해 생성된 지역이다.
  - ㄷ. 새로 생성되는 섬은 하와이섬의 북서쪽에 위치할 것이다.

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

7. 그림 (가)는 지구의 플룸 구조 모식도이고, (나)는 판의 경계와 열점의 분포를 나타낸 것이다. (가)의 ㉠~㉣은 플룸이 상승하거나 하강하는 곳이고, 이들의 대략적 위치는 각각 (나)의 A~D 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 ㉠에 해당한다.
  - ㄴ. 열점은 판과 같은 방향과 속력으로 움직인다.
  - ㄷ. 대규모의 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계부에서 생성된다.

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

4. 변동대와 화성암

지하 깊은 곳에서 암석이 부분 용융되어 생성된 물질을 마그마라고 한다. 마그마는 일반적으로 화학 조성에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분하며, 현무암질 마그마의 온도가 가장 높고, 유문암질 마그마의 온도가 가장 낮다. 이러한 마그마는 어떤 과정을 통해 생성될까?

지표에서 지하로 들어갈수록 온도와 압력이 높아지고, 일반적으로 맨틀의 용융점도 높아진다. 마그마가 생성되려면 마그마가 생성되는 장소의 온도가 그 곳에 존재하는 암석의 용융점보다 높아야 한다. 그런데 맨틀의 용융점은 같은 깊이에서 지구 내부의 온도보다 높기 때문에 마그마가 형성되기 어렵다. 따라서 맨틀 물질이 용융되어 마그마가 생성되려면 맨틀 물질이 상승하여 압력이 낮아져야 한다. 암석의 용융점은 물의 함량에도 영향을 받는다. 물이 포함된 맨틀은 물이 포함되지 않은 맨틀보다 용융점이 낮으므로 비교적 쉽게 용융되어 마그마가 생성될 수 있다. 한편, 대륙 지각을 구성하는 화강암은 물을 포함하고 있으며, 지하로 들어갈수록 용융 온도가 낮아지므로 지하 깊은 곳에서 마그마가 생성될 수 있다. 그러나 이보다 얕은 곳에서도 온도가 상승하면 마그마가 생성될 수 있다.

마그마는 주로 발산형 경계인 해령과 수렴형 경계인 해구 부근에서 생성된다. 해령의 하부에서 고온의 맨틀 물질이 상승하면 압력이 크게 낮아지므로 맨틀 물질이 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다.

해구에서 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면 온도와 압력이 상승하여 해양 지각에서 물이 빠져나온다. 해양 지각에서 빠져나온 물은 섭입하는 판 위의 연약권으로 유입되는데, 이 물의 영향으로 연약권을 구성하는 암석의 용융점이 낮아져 현무암질 마그마가 생성된다. 이 현무암질 마그마가 상승하여 지각의 하부에 도달하면 지각을 이루는 암석이 가열되어 유문암질 마그마가 생성된다. 이때 생성된 유문암질 마그마와 하부에서 상승한 현무암질 마그마가 혼합되면 안산암질 마그마가 생성된다.

열점에서는 지하 깊은 곳에서 뜨거운 물질의 상승으로 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다. 지구 내부에서 생성된 마그마가 지표 부근이나 지하에서 식어서 만들어진 암석을 화성암이라고 한다. 화성암은 화학 조성과 조직 등에 따라 분류한다.

화성암은 화학 조성에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분한다. 염기성암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 45%~52%인 현무암질 마그마가, 중성암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 52%~63%인 안산암질 마그마가, 산성암은 SiO<sub>2</sub> 함량이 63% 이상인 유문암질 마그마가 식어서 만들어진 암석이다. 염기성암은 감람석, 휘석, 각섬석과 같은 어두운색 광물의 함량이 많아 어두운색을 띠고, 산성암은 사장석, 정장석, 석영 등의 밝은색 광물의 함량이 많아 밝은색을 띤다. 따라서 암석의 색을 통해 구성 광물의 종류와 SiO<sub>2</sub> 함량을 대략적으로 추정할 수 있다.

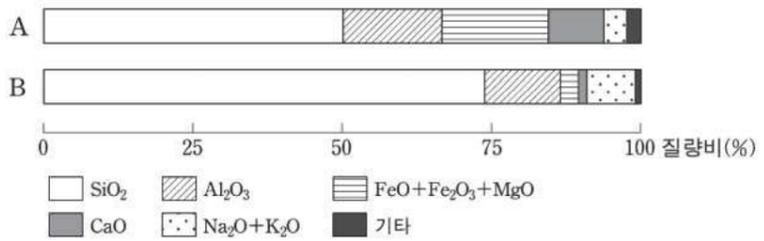
화성암은 마그마가 식어서 굳어진 장소에 따라 화산암과 심성암으로 구분한다. 화산암은 마그마가 지표 부근에서 굳어진 것으로 분출암이라고도 한다. 심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 굳어진 것으로 관입암이라고도 한다. 마그마가 지표로 분출하거나 지표 가까운 곳에서 빠르게 냉각되면 결정을 형성하지 못한 유리질이나 결정의 크기가 작은 세립질 암석이 된다.

그러나 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되면 결정이 크게 성장하여 조립질 암석이 된다. 따라서 대부분의 화산암은 결정이 없거나 크기가 매우 작고, 심성암은 육안으로 식별이 가능할 정도로 대체로 결정의 크기가 크다.

현무암은 염기성암 중에서 광물 결정의 크기가 작은 화산암이다. 현무암은 해양 지각의 주요 구성 암석이며, 대륙에서는 거대한 용암 대지를 형성하기도 한다. 또, 하와이나 아이슬란드 등과 같은 화산섬들을 이루는 주요 암석이다. 우리나라에서는 제주도과 한탄강 일대, 울릉도, 독도 등에서 현무암이 많이 산출된다. 특히, 제주도는 신생대에 여러 차례의 화산 활동이 일어나 형성된 화산섬으로, 주로 현무암으로 이루어져 있다. 제주도의 여러 지역은 자연 경관이 빼어나고 학술적 가치가 높아 세계자연유산과 세계지질공원으로 등재되어 있다.

화강암은 산성암 중에서 광물 결정의 크기가 큰 대표적인 심성암이다. 화강암은 대륙 지각을 구성하고 있는 가장 일반적인 암석이다. 우리나라의 북한산, 불암산, 계룡산, 월출산이나 설악산의 울산바위 등은 화강암으로 이루어져 있다. 이 지형들은 중생대에 일어난 지각 변동으로 생성된 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어서 형성된 후 용기하여 지표로 드러난 것이다.

8. 그림은 마그마 A와 B의 화학 조성을 질량비(%)로 나타낸 것이다. A와 B는 각각 현무암질 마그마와 유문암질 마그마 중 하나이다.

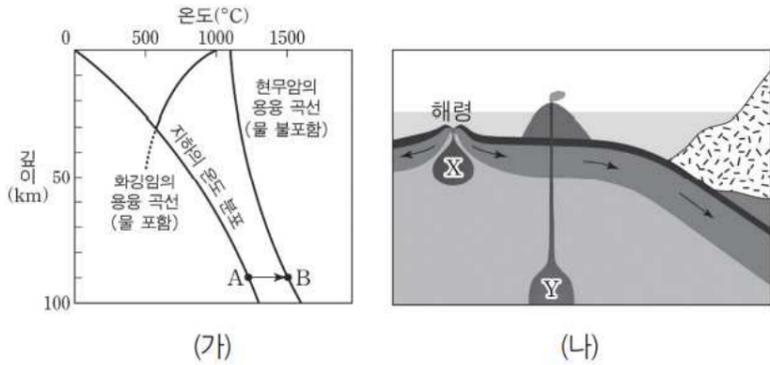


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 유문암질 마그마이다.
  - ㄴ. CaO의 질량비는 A가 B보다 크다.
  - ㄷ. 유색 광물은 A보다 B에서 많이 정출된다.

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

9. 그림 (가)는 지하의 온도 분포와 암석의 용융 곡선을, (나)는 마그마의 생성 장소 X와 Y를 나타낸 것이다.

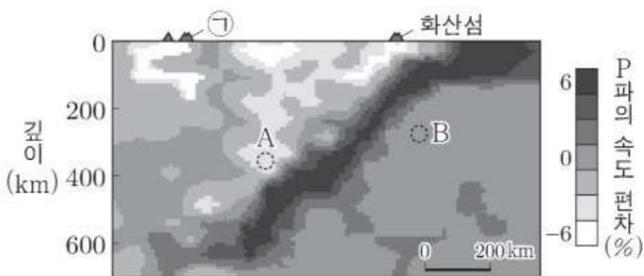


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 20km 깊이에서 암석의 용융 온도는 물을 포함하지 않은 현무암이 물을 포함한 화강암보다 높다.
  - ㄴ. X에서는 A → B와 같은 과정으로 마그마가 생성된다.
  - ㄷ. Y에서는 화강암질 마그마가 생성된다.

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

10. 그림은 해양판이 섭입하면서 마그마가 생성되는 어느 해구 지역의 지진파 단층 촬영 영상을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 열점이다.
  - ㄴ. A 지점에서는 주로 SiO<sub>2</sub>의 함량이 52%보다 낮은 마그마가 생성된다.
  - ㄷ. B 지점은 맨틀 대류의 하강부이다.

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

5. 퇴적암과 퇴적구조

지표의 암석이 풍화, 침식 작용을 받아 생성된 쇄설물, 호수나 바다에 녹아 있는 물질, 생물의 유해 등이 쌓인 퇴적물이 다져지고 굳어지면 퇴적암이 된다.

물이나 공기, 얼음 등에 의해 퇴적 장소로 운반된 퇴적물이 오랜 세월 동안 쌓이면 밑에 있던 퇴적물은 압력을 받아 다져져서 입자들 사이의 공간이 좁아지고 밀도가 증가하는데, 이를 다짐 작용이라고 한다. 또, 퇴적물 속의 수분이나 지하수에 녹아 있던 탄산 칼슘, 규산염 광물, 철분 등의 물질이 퇴적 입자 사이에 침전되면 퇴적물이 굳어져 퇴적암이 되는데, 이를 고결 작용이라고 한다. 이처럼 퇴적물이 쌓인 후 다져지고 굳어지면서 퇴적암이 되기까지의 전체 과정을 **속성 작용**이라고 한다.

퇴적암은 운반 매체와 퇴적 장소에 따라 구분되기도 하지만 일반적으로 퇴적물의 기원에 따라 쇄설성 퇴적암, 화학적 퇴적암, 유기적 퇴적암으로 구분된다.

기존의 암석이 풍화와 침식을 받아 생성된 점토나 모래, 자갈 등이 운반된 후 쌓여 생성된 암석을 **쇄설성 퇴적암**이라고 한다. 쇄설성 퇴적암은 퇴적물 입자의 크기에 따라 세일, 사암, 역암 등으로 구분된다.

호수나 바다 등에서 물에 녹아 있던 물질이 화학적으로 침전하거나 물이 증발하면서 침전하여 생성된 암석을 **화학적 퇴적암**이라고 한다. 화학적 퇴적암에는 석회암, 처트, 암염, 석고 등이 있다. 한편, 동식물이나 미생물의 유해가 쌓여 생성된 암석을 **유기적 퇴적암**이라고 한다. 유기적 퇴적암에는 석탄, 석회암, 처트 등이 있다.

퇴적 환경과 퇴적물의 종류에 따라 입자의 크기, 색깔, 성분 등이 다른 퇴적물이 쌓여 형성된 지층에는 해수면에 나란한 줄무늬 구조가 생기는데, 이를 **층리**라고 한다. 층리는 퇴적암에서 나타나는 가장 특징적인 구조로, 세일이나 사암과 같은 쇄설성 퇴적암에서 뚜렷하게 나타나는 경우가 많다.

퇴적암에는 석탄, 석유, 철 등 에너지 자원이나 광물 자원이 포함되어 있어 경제적 가치가 크다. 또, 퇴적암에 포함된 화석은 생물의 변천 과정이나 지구의 역사를 이해하는 데 중요한 자료가 된다.

퇴적암에는 퇴적 당시의 환경에 따라 점이 층리, 사층리, 연흔, 건열 등 다양한 퇴적 구조가 나타난다.

한 지층 내에서 위로 가면서 입자의 크기가 점점 작아지는 구조를 **점이 층리**라고 한다. 이러한 구조는 퇴적물이 빠르게 흐르다가 속도가 느려져 퇴적될 때 큰 입자가 먼저 쌓이고, 이후 작은 입자가 서서히 가라앉아 생긴다. 점이 층리는 주로 대륙 주변부의 경사가 급한 해저에 쌓여 있던 퇴적물이 빠르게 이동하여 수심이 깊은 바다에 쌓일 때 생기거나 홍수가 일어나 퇴적물이 호수로 유입될 때 형성된다.

물이나 바람의 방향이 자주 변하는 환경에서는 층리가 나란하지 않고 엇갈린 구조가 생기는데, 이를 **사층리**라고 한다. 사층리는 수심이 얇은 해안이나 강 주변, 모래가 쌓여 큰 언덕을 이룬 사막 환경 등에서 잘 형성된다.

수심이 얇은 물밑에서는 퇴적물의 표면에 흐르는 물이나 파도의 흔적이 생기는데, 이를 **연흔**이라고 한다. 또, 수심이 얇은 물밑에 점토질 물질이 쌓인 후 퇴적물의 표면이 대기에 노출되어 건조해지면 가뭄이 들 때 논바닥이 갈라지는 것과 같

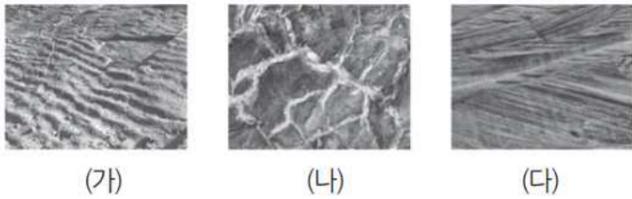
이 갈라진 구조가 생기는데, 이를 **건열**이라고 한다.

이와 같은 퇴적암의 특징적인 구조는 퇴적 당시의 자연환경을 연구하는 데 중요한 단서를 제공하며, 지각 변동을 받은 지층의 역전 여부를 판단하는 데 도움을 준다.

퇴적 환경은 크게 육상 환경, 연안 환경, 해양 환경으로 구분할 수 있으며, 육상 환경과 해양 환경 사이에 연안 환경이 있다. 육상 환경은 육지 내에 주로 쇄설성 퇴적물이 퇴적되는 곳으로, 선상지, 하천, 호수, 사막 등이 있다.

해양 환경은 가장 넓은 면적을 차지하는 퇴적 환경으로, 해저 지형에 따라 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대, 심해저 등이 있다. 또, 연안 환경은 삼각주, 조간대, 해변, 사주, 강 하구, 석호 등이 있다.

10. 그림 (가), (나), (다)는 어느 지역에서 관찰되는 건열, 사층리, 연흔을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 연흔이다.
  - ㄴ. (나)는 심해 환경에서 생성된다.
  - ㄷ. (다)에서는 퇴적물의 공급 방향을 알 수 있다.

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

11. 다음은 지질 답사에서 촬영한 퇴적 구조와 관찰 결과이다.

(가)	(나)	(다)
○ 건열과 공룡 발자국이 관찰됨	○ 연흔이 관찰됨	○ 사층리가 관찰됨

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 형성 당시에 건조한 시기가 있었다.
  - ㄴ. (나)는 얇은 물막이나 바람의 영향을 받는 환경에서 형성되었다.
  - ㄷ. (다)는 지층의 단면에서 관찰된다.

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

### 6. 여러 가지 지질 구조

지표 부근에서 압력을 받으면 파쇄되는 암석도 지하 깊은 곳의 고온, 고압 환경에서는 휘어지는 성질이 나타난다. 이처럼 암석이 지하 깊은 곳에서 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조를 **습곡**이라고 한다. 습곡 구조의 규모는 조산 운동으로 형성된 거대한 습곡 산맥에서부터 수 cm의 작은 크기에 이르기까지 매우 다양하다.

습곡 구조에서 가장 많이 휘어진 부분을 습곡축이라고 하고, 습곡축 양쪽의 경사면을 날개라고 한다. 또, 습곡 구조에서 볼록한 봉우리에 해당하는 부분을 배사, 오목한 골짜기에 해당하는 부분을 향사라고 한다.

습곡은 습곡축면의 기울기에 따라 분류할 수 있다. 습곡축면이 수평면에 대하여 거의 수직인 것을 정습곡, 기울어진 것을 경사 습곡, 거의 수평으로 누운 것을 횡와 습곡이라고 한다.

암석에 힘이 작용하여 암석이 끊어지면서 생긴 면을 경계로 양쪽의 암석이 상대적으로 이동하여 서로 어긋나 있는 지질 구조를 **단층**이라고 한다. 단층은 횡압력이나 장력 또는 중력 등이 작용하여 생긴다.

단층은 단층면을 기준으로 상반과 하반의 상대적인 이동에 따라 구분한다. 정단층은 장력이 작용하여 상반이 아래로 내려간 구조이고, 역단층은 횡압력이 작용하여 상반이 위로 밀려 올라간 구조이다. 또, 주향 이동 단층은 단층면을 따라 상반과 하반이 수평 방향으로 이동한 구조이다.

동아프리카 열곡대나 대서양 중앙 해령의 열곡과 같이 두 판이 발산하는 경계에서는 지층에 장력이 작용하여 정단층이 발달하고, 히말라야산맥이나 알프스산맥과 같이 두 판이 수렴하는 경계에서는 지층에 횡압력이 작용하여 습곡이나 역단층이 발달한다. 또, 산안드레아스 단층과 같이 두 판이 서로 엇갈리는 경계에서는 주향 이동 단층이 발달한다.

어느 지역에서 퇴적 환경이 지속되면 퇴적물은 연속적으로 쌓여 여러 지층을 형성하는데, 이러한 상하 지층의 관계를 정합이라고 한다. 그런데 퇴적 환경의 변화로 퇴적이 오랫동안 중단된 후 다시 퇴적이 일어나면 지층 사이에 퇴적 시간의 커다란 공백이 생기는데, 이러한 상하 지층의 관계를 **부정합**이라고 한다.

부정합은 수면 아래에서 퇴적된 지층이 조륙 운동이나 조산 운동에 의해 융기하여 침식된 후 다시 수면 아래로 침강하여 새로운 지층이 퇴적되는 과정을 거쳐 만들어진다. 부정합면 위에는 자갈이 퇴적되어 생긴 기저 역암이 흔히 나타난다.

부정합은 부정합면을 경계로 상하 지층이 나란한 평행 부정합, 상하 지층의 경사가 서로 다른 경사 부정합, 부정합면의 아래 지층이 화성암이나 변성암으로 이루어진 난정합 등으로 구분한다.

암석에 생긴 틈이나 균열을 **절리**라고 한다. 절리는 단층과는 달리 틈을 따라 양쪽 암석의 상대적인 이동이 없는 지질 구조이다.

절리 중에서 주상 절리나 판상 절리 등은 특징적인 형태를 보인다. **주상 절리**는 단면이 오각형이나 육각형 모양의 긴 기둥을 이루고 있는 절리로, 지표로 분출한 용암이 중심 방향으로 빠르게 식는 과정에서 수축하여 생성된다. **판상 절리**는 얇은 판 모양으로 갈라져 있는 절리로, 지하 깊은 곳에 있는 암

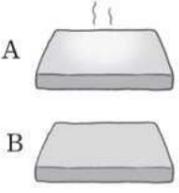
석이 용기할 때 암석을 누르는 압력이 감소하면서 서서히 팽창하여 생성된다.

지하에서 마그마가 암석의 틈을 따라 들어가 화성암으로 굳어지는 과정을 **관입**이라고 한다. 마그마는 주변의 암석에 비해 온도가 매우 높으므로 관입이 일어날 때는 마그마 주변의 암석이 열을 받아 변성 작용이 일어난다.

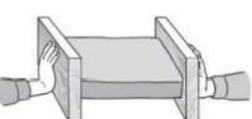
마그마가 주변의 암석을 관입할 때는 암석의 일부를 포획하여 완전히 녹이기도 하지만 포획된 암석이 일부 남기도 하는데, 이를 **포획암**이라고 한다. 포획암을 관찰하면 화성암과 주변 암석의 생성 순서를 판별할 수 있다.

13. 다음은 지표 부근과 지하 깊은 곳에서 일어나는 지층 변형의 차이를 알아보기 위한 실험이다.

**[실험 과정]**

(가) 동일한 두 개의 지점토 판 A와 B를 각각 비닐 봉지로 밀봉한다. 

(나) A는 따뜻한 물에 넣어 부드러운 상태가, B는 냉동실에 넣어 딱딱한 상태가 되게 한다.

(다) 나무판을 이용하여 A의 모양이 변형될 때까지 양쪽에서 민다. 

(라) B도 (다)와 같은 방법으로 실험한다.

**[실험 결과]**

A	B
 휘어진다.	( ) 끊어지면서 어긋난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >

ㄱ. A는 지하 깊은 곳에서 변형되는 지층에 해당된다.  
 ㄴ. B는 정단층의 모양과 유사하게 변형된다.  
 ㄷ. A와 B는 주로 발산 경계에서 나타나는 변형에 해당한다.

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

7. 지층의 생성 순서

지표면에는 넓은 평야, 높은 산맥, 골짜기 등 다양한 지형이 있다. 허턴은 풍화와 침식, 퇴적, 화산 활동 등으로 지표면이 서서히 변하여 현재와 같은 지형이 형성되었다고 생각하였다. 또, 과거에 일어난 지질학적 변화 과정은 현재의 지질학적 변화 과정과 같다고 주장하면서 ‘현재는 과거를 푸는 열쇠이다.’는 말을 남겼다. 이러한 허턴의 주장은 오늘날 지구의 역사를 해석하는 가장 기본적인 원리로 이용되고 있다.

물속에서 퇴적물이 퇴적될 때는 중력의 영향으로 수평면과 나란한 방향으로 쌓여 지층을 이루는데 이를 **수평 퇴적의 법칙**이라고 한다. 하지만 여러 지역에서 지층이 쌓여있는 단면을 보면 지층이 지표면과 나란한 곳도 있지만 지표면에 대해 기울어져 있는 곳도 있다. 따라서 현재 관찰되는 지층이 기울어져 있다면 이 지층은 생성된 후 지각 변동을 받았음을 알 수 있다.

수평으로 쌓인 지층 위에 퇴적물이 계속 공급되면 새로운 지층이 쌓이고, 그 위에 다시 새로운 지층이 쌓이면서 여러 지층을 이루게 된다. 따라서 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 퇴적된 것이다. 이를 **지층 누층의 법칙**이라고 한다.

이 법칙을 이용하면 나란하게 쌓여 있는 여러 지층의 생성 순서를 쉽게 알 수 있다. 그러나 지층이 형성된 후 지각 변동을 받으면 지층이 역전될 수 있다. 따라서 지층 누층의 법칙으로 생성 순서를 파악할 때는 접이 층리, 사층리, 연흔, 건열 등의 지질 구조나 지질 시대의 화석 등을 이용하여 지층의 생성 순서를 판단하여야 한다.

오래된 지층에서 새로운 지층으로 가면서 산출되는 화석을 관찰하면 생물의 종류나 특징 등의 내용이 점점 달라지는 것을 알 수 있다. 특히 동물 화석의 경우 한 종류의 화석뿐만 아니라 화석군도 조금씩 달라지므로, 이를 근거로 지층의 순서를 결정할 수 있다. 이처럼 오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 더욱 진화된 형태의 동물 화석군으로 달라진다는 법칙을 **동물군 천이의 법칙**이라고 한다.

동물군 천이의 법칙을 적용하면 멀리 떨어져 있는 지층들 사이의 생성 시기를 비교하는 데 도움이 된다. 지하 깊은 곳에서 생성된 마그마가 주변의 암석이나 지층의 틈을 따라 관입하면 화성암이 된다. 따라서 마그마에 관입당한 암석은 관입한 암석보다 먼저 생성된 것인데, 이를 **관입의 법칙**이라고 한다.

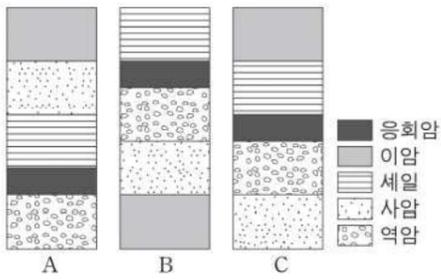
고온의 마그마가 주변의 지층을 관입할 때는 열을 받아 변성 작용이 일어나기 때문에 화성 암체의 접촉부를 관찰하면 관입 여부를 알 수 있다.

부정합은 지층이 형성된 후 융기하고 침식 작용을 받은 후에 다시 침강하여 그 위에 새로운 지층이 퇴적되는 경우에 나타나는 지질 구조이다. 따라서 부정합면을 경계로 상하의 지층 사이에는 오랜 퇴적 시간 차이가 나는 것을 알 수 있는데, 이를 **부정합의 법칙**이라고 한다. 부정합에서는 부정합면을 경계로 상하 지층을 이루는 암석의 조성이나 지질 구조가 다른 경우가 많다.

지구 표면은 풍화와 침식, 퇴적 과정을 거치면서 현재까지 끊임없이 변화해 왔으며, 지구 표면은 풍화와 침식, 퇴적 과정을 거치면서 현재까지 끊임없이 변화해 왔으며, 법칙, 동물군 천이의 법칙, 관입의 법칙, 부정합의 법칙 등을 적용하여 여러

지층들이 생성된 시기와 그 당시의 자연환경을 연구하면 지구의 역사를 파악할 수 있다.

14. 그림은 인접한 세 지역 A, B, C의 지질 주상도이다. 이 지역에는 동일한 시기에 분출된 화산재가 쌓여 만들어진 암석이 있다. 이 지역에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



< 보 기 >

ㄱ. A와 C의 사암층은 같은 시기에 퇴적되었다.  
 ㄴ. 가장 오래된 암석층은 B에 있다.  
 ㄷ. 이 지역에는 화학적 퇴적암이 존재한다.

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

15. 그림은 어느 지역의 노두를 관찰하고 작성한 지질 답사 보고서의 일부이다.

**지질 답사 보고서**  
 장소: ○○○ 날짜: 2017년 ○월 ○일

[답사 목적]  
 화성암의 야외 산출 상태와 특징을 조사한다.

[답사 내용]  
 • 화성암 A는 검은색 또는 회색이고, 상·하부에서 크고 작은 기공이 관찰된다. 암석 표면에서는 세립질의 감람석이 관찰된다. 하부에는 화성암 B의 파편이 포함되어 있다. 주상 절리가 관찰된다.  
 • 화성암 B는 색이 밝으며 광물 입자가 굵다. 석영, 장석, 유색 광물 등이 관찰된다.

[스케치]

이를 해석한 내용으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. A는 용암류가 굳어진 것이다.  
 ㄴ. SiO<sub>2</sub> 함량은 A가 B보다 많다.  
 ㄷ. A와 B 사이에 부정합면이 있다.

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

8. 지질 연대 측정

지구는 약 46억 년 동안 다양한 지질학적 변화 과정을 거쳐 왔으며, 이러한 변화 과정을 알기 위해서는 지질학적 현상들이 일어난 순서와 생성 시기를 파악하는 것이 필요하다. 이러한 지질학적 사건이 일어난 시기를 파악하는 방법에는 상대적인 순서를 비교하는 방법과 암석의 연령을 직접 측정하는 방법이 있다.

지질학적 사건들을 조사하여 지층이나 암석의 생성 시기를 상대적인 선후 관계로 나타내는 것을 **상대 연령**이라고 한다. 상대 연령을 알아내기 위해서는 지층 누층의 법칙, 동물군 천이의 법칙, 관입의 법칙, 부정합의 법칙 등을 적용한다.

지구의 역사를 체계적으로 이해하기 위해서는 한 장소에 쌓여 있는 지층들의 선후 관계뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 여러 지역의 지층들 사이의 선후 관계도 알아내야 한다. 이처럼 여러 지역에 분포하는 지층들을 서로 비교하여 시간적인 선후 관계를 밝히는 것을 **지층 대비**라고 한다. 지층 대비에는 암상에 의한 대비와 화석에 의한 대비가 있다.

지층을 구성하는 암석의 종류나 조직, 지질 구조 등을 파악하면 여러 지역의 지층을 대비할 수 있는데, 이를 **암상에 의한 대비**라고 한다. 암상에 의한 대비를 할 때는 비교적 짧은 시간에 넓은 지역에서 생성된 응회암층, 석회암층, 석탄층 등과 같이 뚜렷한 특징을 지닌 지층을 이용하는 것이 좋은데, 이러한 지층을 **건층** 또는 **열쇠층**이라고 한다. 암상에 의한 대비는 비교적 가까운 거리에 있는 지층의 대비에 이용된다.

특정한 시기의 지층에서만 나타나는 화석을 이용하면 멀리 떨어져 있는 지층의 선후 관계를 알아낼 수 있는데, 이를 화석에 의한 대비라고 한다. **화석에 의한 대비**는 가까운 거리뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 지층의 대비에도 이용된다.

상대 연령을 측정하면 지층이 생성된 선후 관계를 알 수 있지만 지층이 언제 생성되었는지는 정확하게 알 수 없다. 그런데 광물이나 암석에 존재하는 방사성 동위 원소를 분석하면 암석이나 광물이 생성된 시기를 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 알아낸 암석이나 광물의 생성 시기를 **절대 연령**이라고 한다.

방사성 동위 원소는 온도나 압력 등의 외부 환경에 관계없이 일정한 속도로 붕괴하여 다른 안정한 원소로 변한다. 이때 방사성 동위 원소를 모원소, 붕괴 후에 생성된 원소를 자원소라고 하고, 방사성 동위 원소의 양이 처음의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 **반감기**라고 한다.

방사성 동위 원소의 반감기는 원소에 따라 일정한 값을 가진다. 따라서 어느 암석이나 광물에 포함된 방사성 동위 원소의 모원소와 자원소의 비율, 반감기를 알면 그 암석이나 광물이 생성된 시기를 정확히 측정할 수 있다.

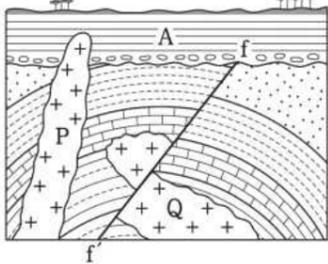
방사성 동위 원소를 이용하면 암석의 절대 연령을 측정할 수 있지만 모든 암석에 적용할 수 있는 것은 아니다. 화성암의 절대 연령을 측정하면 마그마에서 광물이 정출되어 화성암이 생성된 시기를 알 수 있고, 변성암의 절대 연령을 측정하면 변성 작용이 일어나 변성암이 생성된 시기를 알 수 있다. 그러나 퇴적암은 여러 시기의 퇴적물이 섞여 있으므로 절대 연령을 정확히 측정하기는 어렵다. 퇴적암의 절대 연령은 화성암이나 변성암의 절대 연령을 측정한 후 이들 암석과의 생성 순서를

비교하는 간접적인 방법으로 알아낼 수도 있다.

절대 연령을 측정할 때는 반감기가 적절한 방사성 동위 원소를 선택해야한다. 측정하려는 암석의 나이에 비해 방사성 동위 원소의 반감기가 너무 길면 붕괴한 양이 너무 적고, 암석의 나이에 비해 방사성 동위 원소의 반감기가 너무 짧으면 방사성 동위 원소가 대부분 붕괴되어 절대 연령을 측정하기 어렵다. 따라서 오래된 지질 시대의 암석에는 방사성 동위 원소의 반감기가 긴 우라늄이나 토륨 등을 이용하고, 가까운 지질 시대의 암석이나 유기물에는 반감기가 짧은 탄소의 동위 원소를 이용한다.

16. 그림은 어느 지역의 지질 단면도이다.

화성암 P와 Q에 포함된 방사성 원소 X의 양은 각각 암석이 생성될 당시의 50%, 12.5%이다.  
이에 대한 설명으로 옳은 것은?  
(단, 방사성 원소 X의 반감기는 7억 년이다.)

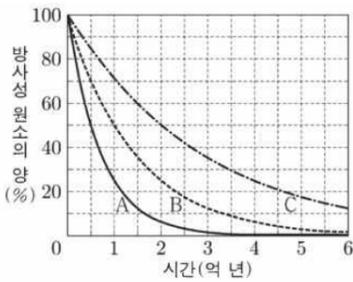


- ① P의 절대 연령은 14억 년이다.
- ② Q는 단층 f-f' 이후에 관입했다.
- ③ 이 지역에서는 향사 구조가 나타난다.
- ④ 이 지역은 최소한 2회 이상 융기했다.
- ⑤ A에서는 P의 암석이 포획암으로 나타날 수 있다.

17. 그림은 서로 다른 방사성 원소

A, B, C의 붕괴 곡선을 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



< 보 기 >

- ㄱ. 반감기는 C가 A의 3배이다.
- ㄴ. A가 두 번의 반감기를 지나는 데 걸리는 시간은 1억 년이다.
- ㄷ. 암석에 포함된 B의 양이 처음의  $\frac{1}{8}$ 로 감소하는 데 걸리는 시간은 3억 년이다.

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

9. 지질 시대의 환경과 생물

지구가 탄생한 약 46억 년 전부터 현재까지를 지질 시대라고 한다. 지질 시대 동안 지구에 다양한 변화가 있었으며 그 기록이 암석 속에 남아 있다. 특히, 퇴적암에 나타나는 지층과 화석을 연구하면 지구의 역사를 밝힐 수 있다.

호수나 바닷가에는 많은 생물들이 살고 있다. 또, 호수나 바다의 퇴적물에는 나뭇잎이나 생물의 유해가 묻혀 있거나 수중 생물의 흔적이 발견되기도 한다. 이러한 생물의 유해나 흔적은 퇴적물이 암석이 되면서 그대로 남기도 한다.

과거 지질 시대에 살았던 생물을 고생물이라고 하는데, 고생물의 유해나 활동 흔적이 지층 속에 보존되어 있는 것을 화석이라고 한다. 지층 속에 묻힌 생물의 유해가 오랜 시간이 지나면서 화석화 작용을 받으면 화석으로 남게 된다. 이때, 생물체에 뼈나 줄기, 껍데기 등과 같은 단단한 부분이 있거나 생물이 미생물에 의해 분해되기 전에 퇴적물 속에 빨리 묻힐수록 화석으로 보존되기 쉽다.

지질 시대 동안 시기와 환경에 따라 다양한 생물이 존재했다. 따라서 지질 시대에 살았던 생물을 연구하면 지층이 생성된 시기나 지질 시대의 환경을 알 수 있다.

생물 중에는 특정 시기에 출현하여 일정 기간 번성하다가 멸종되는 경우가 있다. 이러한 생물의 화석은 지층이 생성된 시기를 판단하는 근거로 이용될 수 있는데, 이를 표준 화석이라고 한다. 표준 화석으로는 일반적으로 생존 기간이 짧고, 넓은 지역에 걸쳐 분포하며, 개체 수가 많은 생물을 이용한다. 대표적인 표준 화석에는 고생대의 삼엽충, 중생대의 공룡, 신생대의 매머드 화석 등이 있다.

한편, 환경 변화에 민감한 생물은 특정한 환경에서 번성한다. 이러한 생물의 화석은 생물이 살던 당시의 환경을 추정하는 데 이용할 수 있는데, 이를 시상 화석이라고 한다. 시상 화석으로는 생존 기간이 길고 특정한 환경에 제한적으로 분포하며, 환경 변화에 민감한 생물의 화석을 이용한다. 예를 들어, 현재의 산호는 따뜻하고 수심이 얇은 바다에서 살고, 고사리는 따뜻하고 습한 육지에서 산다. 따라서 어느 지역의 지층에서 이러한 생물의 화석이 발견되면 퇴적 당시의 기후나 자연환경을 추정할 수 있다.

해저 퇴적물에 묻혀 있는 미생물의 껍질이나 빙하 속에 들어 있는 산소 안정 동위 원소의 비율을 분석하면 과거의 기온 변화를 추정할 수 있다. 특히 지질 시대의 빙하 속에 갇힌 공기 방울을 분석하면 대기의 조성 변화를 알 수 있다. 또, 해저 퇴적물 속에는 해수면 가까이에 살았던 생물의 화석이 보존되어 있으므로, 이를 연구하면 과거의 기후 변화에 대한 정보를 얻을 수 있다. 그 밖에 꽃가루 화석, 나무의 나이테, 빙하 퇴적물, 동굴 생성물 등도 과거의 기후를 연구하는 데 유용한 자료가 된다.

지질학자들은 생물계의 큰 변화나 지각 변동, 기후 변화 등을 기준으로 지질 시대를 누대, 대, 기 등으로 구분한다. 누대는 지질 시대를 구분하는 가장 큰 시간 단위로, 시생 누대, 원생 누대, 현생 누대로 구분한다. 시생 누대와 원생 누대는 선캄브리아 시대라고도 하며, 전체 지구 역사의 대부분을 차지한다. 선캄브리아 시대의 암석 속에서는 화석이 거의 발견되지 않으며, 원시적인 단세포 생물의 화석이 발견된다. 현생 누대의 암석에서는 화석이 비교적 풍부하게 발견되는데, 생물계의

큰 변화가 나타났던 시기를 기준으로 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다. 대단위로 구분한 지질 시대는 더 작은 시간 단위인 기로 세분한다.

시생 누대와 원생 누대인 선캄브리아 시대는 지질 시대를 거쳐 많은 지각 변동을 받았기 때문에 대부분의 지층이나 화석이 변형되거나 소실되었다. 따라서 이 시기의 환경이나 생물을 추정하기가 매우 어렵다. 그렇지만 선캄브리아 시대의 초기 지층에서 석회암층이 발견되고, 중기와 후기에 빙하 퇴적물이 발견되는 것으로 보아 초기에는 온난하였다가 후기에 빙하기가 있었을 것으로 추정된다. 또, 대륙들이 하나로 모여 초대륙을 형성하였다가 흩어지기를 반복하였는데, 후기에는 초대륙 로디니아가 형성되었다가 분리되기 시작하였다.

선캄브리아 시대 초기의 대기는 주로 질소와 이산화 탄소가 이루어져 있었고, 산소는 거의 없었다. 또, 강한 자외선이 지표에 도달하여 육지에는 생명체가 살 수 없었으므로 최초의 생명체는 바다에서 탄생하였다. 약 38억 년 전에 단세포 원핵생물이 출현하였고 이후 남세균의 광합성에 의해 대기 중에 산소의 양이 증가하기 시작했으며, 선캄브리아 시대 후기에는 다세포 생물이 출현하였다. 이 시기의 대표적인 화석으로는 남세균이 모여 형성된 구조인 스트로마톨라이트와 다세포 생명체의 화석인 에디아카라 동물군이 있다.

고생대는 대체로 온난하였지만, 후기에는 빙하기가 있었다. 또, 말기에 여러 대륙이 하나로 모여 초대륙 판게아를 형성하면서 대규모 조산 운동이 일어났다.

고생대에는 다양한 생물들이 폭발적으로 증가하였다. 캄브리아기에는 눈, 껍데기, 가시 등을 가진 동물들이 출현하였는데, 특히 삼엽충, 완족류 등의 해양 무척추동물이 번성하였다. 오르도비스기에는 두족류, 필석류 등이 번성하였으며, 최초의 척추동물인 어류가 출현하였다. 실루리아기에는 갑주어, 바다전갈 등이 번성하였고, 육상에 식물이 출현하였다. 데본기에는 어류가 전성기를 이루었으며, 최초의 양서류가 출현하였다. 석탄기에는 방추충, 산호류, 완족류 등이 번성하였고, 양서류가 전성기를 이루었다. 식물계에서는 양치식물이 삼림을 이루었는데, 이들이 퇴적되어 두꺼운 석탄층을 형성하였다. 페름기에는 은행나무, 소철 등의 겉씨식물이 출현하였다. 한편 이 시기 말에는 생물의 대멸종이 일어나 삼엽충, 바다 전갈, 방추충 등 많은 해양 생물들이 절멸하였다.

중생대는 전반적으로 온난한 기후가 지속되었으며, 말기에는 기온이 낮아졌으나, 빙하기는 없었다. 고생대에 형성된 초대륙 판게아는 트라이아스기 말부터 분리되기 시작하여 쥐라기에는 대서양이 나타나기 시작하였고, 백악기에는 인도양이 확장되기 시작했다.

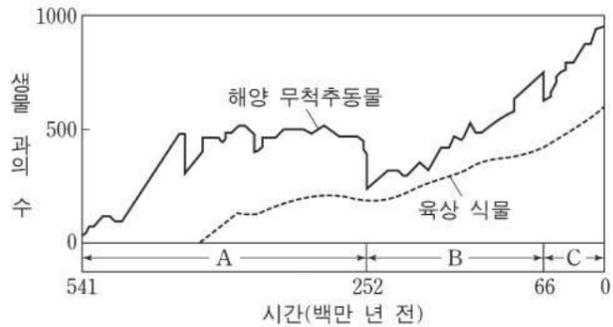
고생대 말 생물의 대량 멸종 이후 중생대에는 공룡, 파충류, 암모나이트가 전 기간에 걸쳐 크게 번성하였다. 트라이아스기 바다에는 두족류에 속하는 암모나이트가 번성하였으며, 육지에는 공룡과 최초의 포유류가 출현하였다. 식물계에서는 은행류, 소철류 등의 겉씨식물이 번성하였다. 쥐라기에는 기온이 높고 강수량이 많아 동물과 식물의 종류가 다양해지고 크기가 커졌다. 또, 파충류와 조류의 특징을 모두 가지고 있는 시조새가 출현하였다. 백악기에는 공룡과 암모나이트가 크게 번성하여 전성기를 이루었으나 말기에 갑자기 멸종하였다. 식물계에서는 속씨식물이 출현하여 중생대에 번성하던 겉씨식물을 대체하기

시작했다.

신생대 팔레오기와 네오기는 대체로 온난하였으나 점차 한랭해지기 시작하여 제4기에는 여러 번의 빙하기와 간빙기가 있었으며, 마지막 빙하기는 약 1만 년 전에 끝났다. 또, 판게아에서 분리된 대륙이 이동하면서 오늘날과 거의 비슷한 수륙 분포를 이루게 되었다.

팔레오기와 네오기에는 겉씨식물이 쇠퇴하고 속씨식물이 번성하여 삼림을 이루었으며, 넓은 초원이 형성되면서 초식성 포유류가 번성할 수 있는 환경이 조성되었다. 이 시기에 육지에서는 매머드를 비롯하여 말, 낙타 등과 같은 다양한 종류의 포유류가 번성하였다. 또한 매, 올빼미 등의 조류가 출현하였으며, 영장류도 이 시기에 출현하였다. 한편, 바다에서는 유공충에 속하는 화폐석이 출현하였다가 멸종하였다. 제4기에는 매머드가 넓은 지역에 분포하였지만 말기에 멸종하였다. 식물계에서는 단풍나무, 참나무 등의 속씨식물이 번성하여 오늘날에 이르게 되었다.

18. 그림은 현생 이전 동안 해양 무척추동물과 육상 식물의 과의 수 변화를 나타낸 것이다.

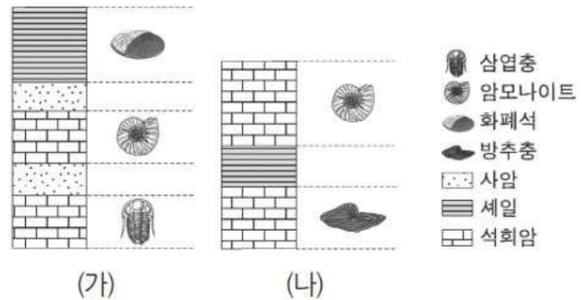


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
ㄱ. 육상 식물이 해양 무척추동물보다 먼저 출현하였다.
ㄴ. 해양 무척추동물의 과의 수는 A시기 말이 B시기 말보다 적었다.
ㄷ. C시기에는 화폐석이 번성하였다.

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

19. 그림은 서로 다른 지역 (가)와 (나)의 지질 주상도와 각 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다.

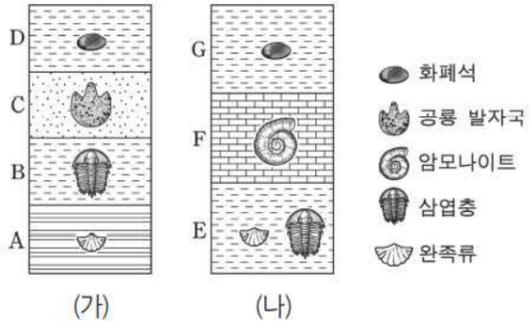


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
ㄱ. 두 지역의 셰일은 동일한 시대에 퇴적되었다.
ㄴ. 가장 젊은 지층은 (가)에 나타난다.
ㄷ. 화석이 산출되는 지층은 모두 해성층이다.

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

20. 그림은 (가)와 (나) 지역의 지질 주상도와 각 지층에서 산출되는 화석을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)에서 고생대 지층은 A와 B이다.
  - ㄴ. (나)에는 중생대 지층이 없다.
  - ㄷ. (가)와 (나)의 퇴적층은 모두 해성층이다.

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

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

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 고른 것은?

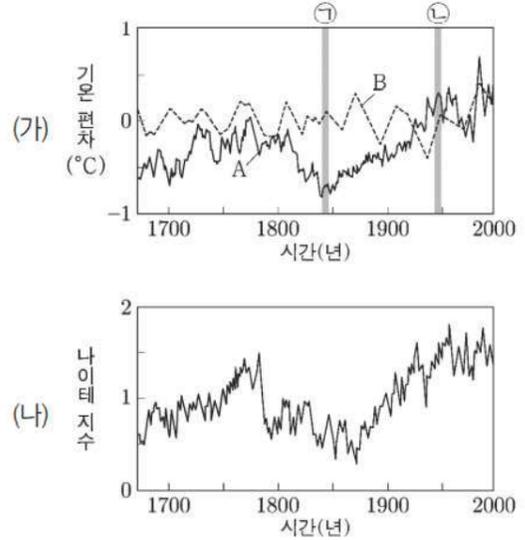


- < 보 기 >
- ㄱ. A의 지질 시대 초기에 판게아가 분리되었다.
  - ㄴ. B의 지질 시대에는 공룡이 번성하였다.
  - ㄷ. C의 지질 시대에는 포유류가 번성하였다.
  - ㄹ. A, B, C는 모두 육지에서 형성되었다.

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

22. 다음은 나무의 나이테 지수를 이용한 고기후 연구 방법에 대한 설명이다. 그림 (가)는 북반구 A 지역과 남반구 B 지역의 기온 편차를 각각 나타낸 것이고, (나)는 A 지역의 나이테 지수이다.

- 나이테의 폭을 측정하여 나이테 지수를 구한다.
- 나이테 지수가 클수록 기온이 높다고 추정한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 기온은 ㉠ 시기가 ㉡ 시기보다 낮다.
  - ㄴ. 기온 편차의 최댓값과 최솟값의 차는 A가 B보다 작다.
  - ㄷ. ㉠ 시기의 나이테 지수와 ㉡ 시기의 나이테 지수의 차는 B가 A보다 작을 것이다.

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

10. 날씨의 변화

주변보다 기압이 높은 곳을 고기압, 낮은 곳을 저기압이라고 한다. 고기압의 중심 부근에서는 하강 기류가 발달하여 날씨가 맑고, 저기압 중심 부근에서는 상승 기류가 발달하여 구름이 생성되므로 흐리거나 강수 현상이 나타난다.

공기 덩어리가 지표면의 성질이 거의 일정한 넓은 지역에 오랫동안 머물게 되면 지표면의 영향을 받아 기온과 습도 등 성질이 거의 비슷한 공기 덩어리가 되는데, 이를 기단이라고 한다.

우리나라에 영향을 주는 기단을 나타낸 것이다. 겨울에는 시베리아 지역, 여름에는 북태평양 지역에서 형성된 기단은 세력이 확장되면서 우리나라 날씨에 영향을 준다.

이처럼 고기압의 중심부가 거의 이동하지 않고 한곳에 머무르는 고기압을 정체성 고기압이라고 한다. 정체성 고기압의 대표적인 예로는 시베리아 고기압과 북태평양 고기압이 있다.

겨울철에 시베리아 지역에는 한랭 건조한 시베리아 고기압이 발달한다. 이 시기에 시베리아 고기압이 확장하면 우리나라는 차고 건조한 북서 계절풍이 강하게 불어 기온이 갑자기 낮아지는 한파가 오고 건조한 날씨가 나타난다.

7월 하순 무렵에 장마가 끝나면 북태평양 고기압은 중심이 일본의 동쪽 또는 남쪽에 머무른다. 이 고기압의 세력이 확장하면 우리나라에는 북태평양으로부터 고온 다습한 남풍 계열의 바람이 불어 무더위와 열대야 현상이 나타나기도 한다.

시베리아 기단에서 일부가 떨어져 나오거나 양쯔강 기단에서 발달하는 비교적 규모가 작은 고기압을 이동성 고기압이라고 한다. 봄과 가을철에 우리나라 날씨는 중국의 양쯔강 유역으로부터 다가오는 이동성 고기압의 영향을 받는다.

이 계절에는 우리나라 부근에 동서 방향으로 고기압과 저기압이 분포하는데, 이동성 고기압에 의해 2일~3일 정도 맑은 날씨가 이어지다가, 뒤를 이어 다가오는 저기압의 영향을 받아 흐리거나 비가 내리게 된다. 이처럼 봄과 가을철에는 이동성 고기압과 저기압이 교대로 지나가면서 날씨가 번덕스러우며, 황사나 꽃샘추위가 나타나기도 한다.

찬 기단과 따뜻한 기단이 만나면 서로 잘 섞이지 않으므로 경계면을 이루는데, 이를 전선면이라고 한다. 그리고 전선면이 지표면과 만나서 이루는 경계선을 전선이라고 한다. 이러한 전선은 남북 간의 온도 차이가 큰 중위도 지방에서 발달하기 쉽다.

전선에는 한랭 전선, 온난 전선, 폐색 전선, 정체 전선 등이 있다. 한랭 전선은 찬 기단이 따뜻한 기단을 밀어 올리면서 형성되고, 온난 전선은 따뜻한 기단이 찬 기단을 타고 오르면서 형성되며, 폐색 전선은 한랭 전선과 온난 전선이 겹쳐져서 형성된다. 한편, 찬 기단과 따뜻한 기단의 세력이 비슷할 때 형성되는 정체 전선은 한곳에 오랫동안 머무르는 특징이 있다. 정체 전선의 예로는 초여름에 우리나라 부근에서 형성되는 장마 전선이 있다.

전선을 경계로 이웃한 두 기단의 성질이 다르므로 전선 양쪽은 기온, 풍향, 강수량 등의 기상 요소가 크게 차이가 난다. 그러므로 전선 부근에서는 구름이 끼거나 비가 내리는 등 날씨의 변화가 심하게 일어난다. 한랭 전선과 온난 전선 부근에서 날씨는 어떻게 변하는지 알아보자.

중위도의 온대 지방에서 발달하는 저기압을 온대 저기압이라고 한다. 온대 저기압은 대체로 저기압 중심의 남서쪽에 한랭 전선을, 남동쪽에 온난 전선을 동반하며, 편서풍의 영향을 받아 동쪽으로 이동해 가면서 날씨 변화를 일으킨다.

온대 저기압 주변의 날씨를 나타낸 것이다. 온대 저기압이 접근하는 곳은 남동풍이 불면서 넓은 지역에서 지속적인 강수가 나타난다. 온난 전선이 통과하고 나면 날씨가 대체로 맑아지며 남서풍이 분다. 그 후 한랭 전선이 통과하면 북서쪽으로부터 찬 공기가 몰려와서 기온이 내려가고, 적운형 구름에서 소나기성 강수가 나타난다.

한편, 온대 저기압 부근의 기압은 중심에 가까워질수록 낮아진다. 그러므로 온난 전선이 통과하면 저기압 중심이 다가와 기압이 대체로 낮아지고, 한랭 전선이 통과하면 저기압 중심이 동쪽으로 멀어지므로 기압이 대체로 높아진다.

북반구의 중위도 지방에서 전선과 함께 온대 저기압이 발생하였다가 소멸하는 과정을 나타낸 것이다. 중위도 지방에서 북쪽의 찬 기단과 남쪽의 따뜻한 기단이 만나 정체 전선이 형성되고, 시간이 지나면 파동이 발생하여 한랭 전선과 온난 전선이 생긴다. 한랭 전선과 온난 전선이 발달하면서 북반구에서는 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어가는 온대 저기압이 성장한다. 온대 저기압은 편서풍을 따라 동쪽으로 이동하면서 중심 기압이 점차 낮아지고, 그 세력이 더욱 강해진다. 시간이 지나면 이동 속도가 빠른 한랭 전선이 온난 전선을 따라잡아 겹쳐진 폐색 전선이 발달한다. 이후 따뜻한 공기가 찬 공기 위로 올라가 저기압이 소멸한다.

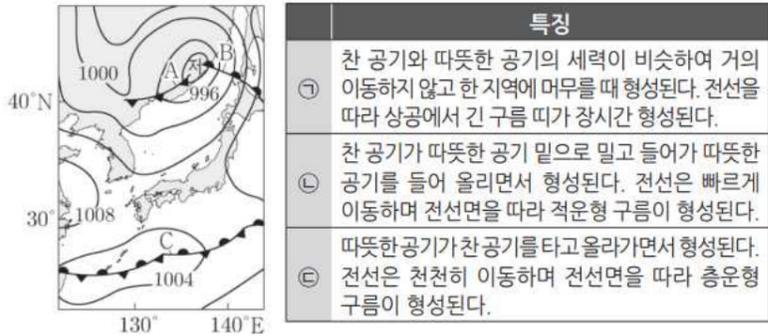
일기도를 일정한 시간 간격으로 작성하여 고기압과 저기압, 전선 등의 위치나 세기가 어떻게 변했는지 분석하면 일기 변화의 경향성을 파악할 수 있다. 여기에 기상 위성에서 보내온 관측 자료나 기상 레이더 자료 등을 종합하여 앞으로 날씨가 어떻게 달라질지 예상할 수 있다.

오늘날 인공위성과 관측 기술의 발전으로 기상 위성을 이용한 관측이 널리 이용되고 있다. 세계 기상 기구는 기상 위성 관측망을 편성하여 지구 전체를 관측하고 있는데, 우리나라의 통신 해양 기상 위성(COMS)인 천리안 위성도 전 지구 위성 관측망에 포함되어 있다.

인공위성을 이용하여 만들어지는 기상 위성의 영상에는 가시광선 영상, 적외선 영상 등이 있다. 야간에는 지표면이 햇빛을 받지 못하므로 가시광선 영상을 얻을 수 없다. 그런데 지표면뿐만 아니라 구름은 항상 적외선을 방출하므로 적외선 영상을 이용하면 야간에도 구름을 관측할 수 있다.

일정한 시간 간격으로 작성된 일기도를 보면, 일기도상의 고기압이나 저기압, 전선이나 구름의 분포 등의 배치가 대체로 서쪽에서 동쪽으로 이동해 간다는 것을 알 수 있다. 기상 현상은 우리의 생활에 많은 이로움을 주기도 하지만 피해를 초래하기도 한다. 우리나라의 기상청에서는 6시간 간격으로 일기예보를 하고 있으며, 기상 재해가 예상될 때에는 주의보나 경보를 발령하여 대비하도록 하고 있다.

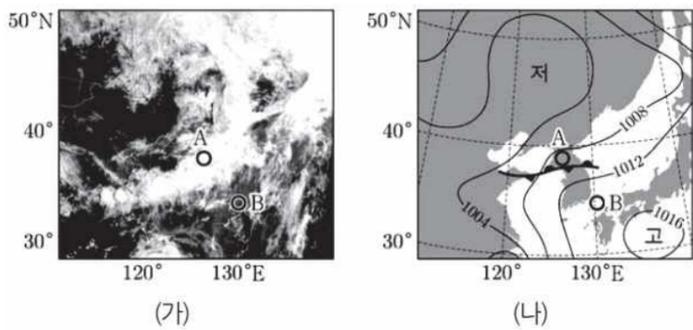
23. 그림은 우리나라 주변의 일기도이고, 표의 ㉠, ㉡, ㉢은 각각 일기도에 나타난 전선 A, B, C의 특징 중 하나이다.



㉠, ㉡, ㉢에 해당하는 전선으로 옳은 것은?

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | A | B | C |
| ② | B | A | C |
| ③ | B | C | A |
| ④ | C | A | B |
| ⑤ | C | B | A |

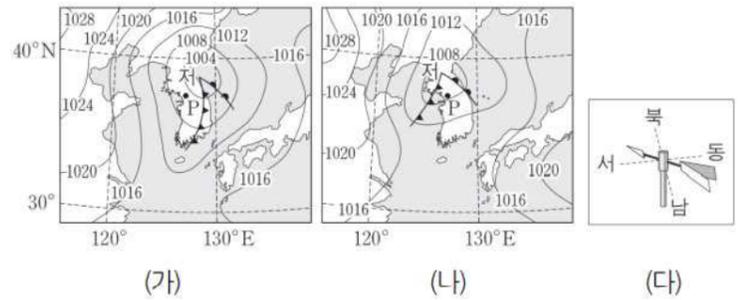
24. 그림 (가)와 (나)는 어느 날 같은 시각 우리나라 부근의 가시영상과 지상 일기도를 각각 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 구름의 두께는 A 지역이 B 지역보다 두껍다.  
 ㄴ. A 지역의 구름을 형성하는 수증기는 주로 전선의 남쪽에 위치한 기단에서 공급된다.  
 ㄷ. B 지역의 지상에서는 남풍 계열의 바람이 분다.
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

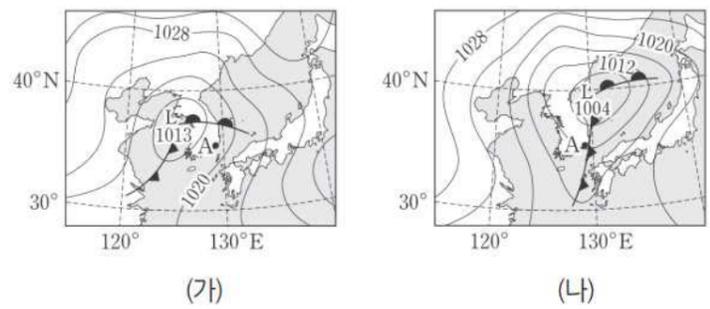
25. 그림 (가)와 (나)는 5월 중 어느 날 12시간 간격의 지상 일기도를 순서 없이 나타낸 것이고, (다)는 이 기간 중 어느 시점에 P에서 관측된 풍향계의 모습이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 (나)보다 12시간 전의 일기도이다.  
 ㄴ. (다)의 풍향은 (나)일 때이다.  
 ㄷ. 이 기간 중 P에는 소나기가 내렸다.
- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

26. 그림 (가)와 (나)는 우리나라를 지나는 온대 저기압의 위치를 12시간 간격으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 저기압의 세력은 (가)가 (나)보다 약하다.  
 ㄴ. (가)에서 (나)로 변하는 동안 A에서는 비가 지속적으로 내렸다.  
 ㄷ. 우리나라를 지나는 온대 저기압은 봄철이 여름철보다 형성되기 쉽다.
- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

11. 태풍과 날씨

수온이 높은 열대 해상에서 발생하는 저기압을 열대 저기압이라고 하고, 북태평양의 서쪽에서 발생하여 중심 부근의 순간 최대 풍속이 17m/s 이상인 것을 태풍이라고 한다. 고온 다습한 열대 해상에서 표면 해수의 온도가 상승하면 대기가 불안정해져서 빠르게 상승하여 적란운이 두껍게 발달한다. 이 구름에서 수증기가 응결하면서 많은 양의 응결열이 방출되는데, 이 열이 열대 저기압의 에너지원이다. 응결열이 공기에 에너지를 공급하므로 상승 기류가 더욱 발달한다. 이처럼 태풍은 수권과 기권의 상호 작용으로 발생하는 기상 현상이다.

우리나라로 접근하는 태풍의 이동 경로는 대기 대순환에 의한 무역풍과 편서풍뿐만 아니라 북태평양 고기압의 영향을 받기도 한다. 태풍은 발생 초기에는 서쪽이나 북서쪽으로 진행하다가 북위 25°~30° 부근에 도달하면 진행 방향이 크게 바뀌어 포물선을 그리며 북동쪽으로 진행하는 경우가 일반적이다.

태풍이 진행하는 방향에 대하여 오른쪽 지역을 위험 반원, 왼쪽 지역을 안전 반원(가항 반원)이라고 한다. 위험 반원에서는 태풍 내 풍향이 태풍의 이동 방향 및 지상의 편서풍 방향과 같으므로 풍속이 상대적으로 강하고, 안전 반원에서는 태풍 내 풍향이 태풍의 이동 방향 및 지상의 편서풍 방향과 반대이므로 풍속이 상대적으로 약하다. 따라서 위험 반원에 있는 지역은 태풍의 피해가 클 수 있으므로 더 많은 주의가 필요하다.

태풍이 진행하다가 육지에 상륙하면 지면과의 마찰력이 작용하고 태풍의 에너지원인 수증기의 공급이 줄어들기 때문에 태풍의 세력이 약해진다. 태풍이 수온이 낮은 해역을 통과하는 때도 수증기와 열을 충분히 공급받기 어려우므로 그 세력이 약해진다. 이처럼 태풍은 수권으로부터 에너지를 충분히 공급받지 못하면 세력이 약해져서 온대 저기압으로 변하여 소멸한다.

태풍은 시계 반대 방향으로 회전하는 대기의 거대한 소용돌이로, 지름은 200km~1500km로 다양하며 평균 높이는 약 15km이다. 태풍은 중심 기압과 가장자리의 기압 차이가 매우 커서 강한 바람을 동반하고, 태풍의 중심 쪽으로 빠르게 회전하면서 모여든 공기가 상승하여 거대한 탑 모양의 적란운이 생성된다. 태풍의 중심부에서 상승하는 공기는 상층에서 대부분 바깥쪽으로 향하고, 일부는 중심부에서 다시 하강한다. 이처럼 태풍의 중심으로부터 약 50km 이내에는 하강 기류가 있어 날씨가 맑고 바람이 약한 구간이 나타나는데, 이를 태풍의 눈이라고 한다.

태풍의 눈 바깥에는 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하여 거대한 눈벽이 형성된다. 태풍의 눈을 둘러싸는 태풍의 눈벽 주변에는 적운형 구름으로 이루어진 나선 모양의 구름 띠가 둘러싸고 있다. 태풍이 접근할 때는 1~2 시간 간격으로 강한 소나기가 내리다가 그치기를 반복하는데, 이는 나선형 구름 띠가 차례대로 지나기 때문이다.

태풍은 온대 저기압과는 달리 전선을 동반하지 않고 일기도 상에서 등압선이 동심원 형태를 이루고 있다. 그러므로 위성 영상에서 보면 태풍은 거대한 구름이 시계 반대 방향으로 휘 감겨 있는 모습으로 나타나고, 태풍의 눈은 눈벽으로 둘러싸여 있어서 중심부에 구멍이 뚫려 있는 것처럼 보인다. 태풍이 우리나라 부근으로 다가오면 풍속이 점차 증가하는데, 남풍 계열

의 바람이 부는 위험 반원에서는 풍향이 시계 방향으로, 북풍 계열의 바람이 부는 안전 반원에서는 풍향이 시계 반대 방향으로 바뀐다.

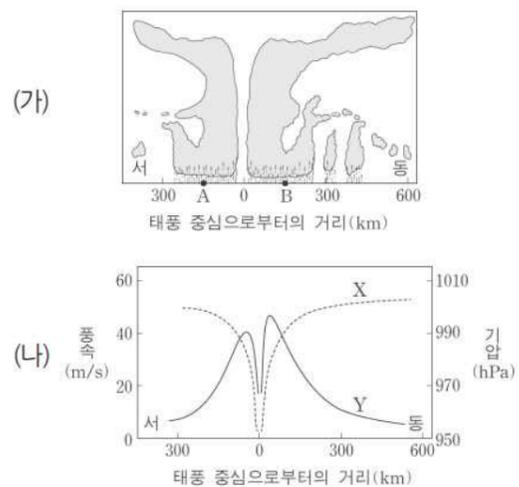
태풍이 통과하면 강풍 피해, 해일 피해, 호우 피해 등이 발생할 수 있다. 태풍은 육지에 상륙하면 중심 기압이 높아지면서 세력이 급격하게 약해지므로 강풍 피해는 주로 섬이나 해안 지방에서 발생한다. 하지만 도시에서도 강한 바람에 물체들이 날리면서 인명과 재산의 피해가 발생하기도 한다. 특히, 태풍이 농작물의 수확기에 내습하면 강풍 피해가 심각하게 발생한다.

태풍의 중심부는 주변보다 기압이 낮아서 해수면이 높아지므로 육지에 상륙할 때에는 강한 바람으로 파도가 육지로 넘쳐 들어와서 해일 피해를 일으키기도 한다. 또, 태풍으로 발생하는 호우는 며칠 동안 계속되어 큰 피해를 줄 수 있다.

태풍은 우리나라에서 발생하는 자연재해 중 가장 큰 피해를 일으키는 현상이다. 우리나라에 영향을 주는 태풍은 한 해에 3개 정도인데, 주로 7월에서 9월 사이에 우리나라 부근을 통과한다.

태풍마다 최대 풍속이나 영향을 미치는 범위에 차이가 나며, 태풍에 따라 풍속은 약하지만 많은 비를 내리기도 한다. 태풍이 통과하면 일반적으로 하루에 300mm 정도의 강수가 동반되며, 하루에 500mm가 넘을 때도 있다. 태풍은 가뭄을 해결하고 해수를 혼합시켜 해양 오염의 해소에 도움이 되기도 한다. 하지만 농작물에 큰 피해를 입히고 항만 시설이나 도로를 파괴하며 산사태를 일으키기도 한다. 따라서 태풍 피해를 최소화하기 위해 사전에 대비하는 노력이 필요하다.

27. 그림 (가)는 북반구 중위도에서 북상하는 어느 태풍의 단면을, (나)는 이 태풍의 풍속과 기압 분포를 개략적으로 나타낸 것이다.

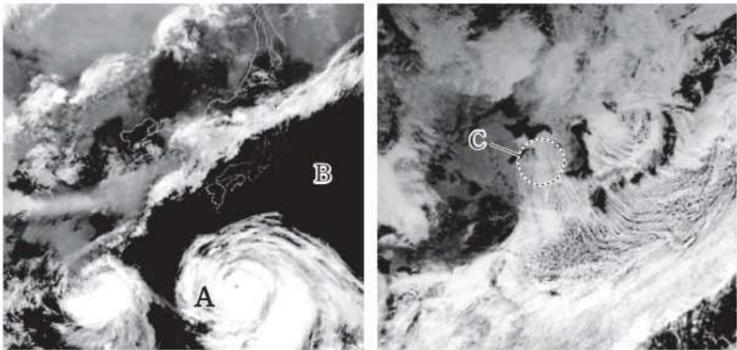


이 태풍에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B는 태풍 중심으로부터의 거리가 같은 지점이다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. (나)의 X는 풍속, Y는 기압이다.
  - ㄴ. 풍속은 (가)의 B 지점이 A 지점보다 빠르다.
  - ㄷ. 태풍의 눈에서는 하강 기류가 나타난다.

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

28. 그림 (가)는 어느 태풍이 우리나라로 접근하고 있을 때, (나)는 우리나라 서해안 지역에서 폭설이 내릴 때 우리나라와 주변 지역을 촬영한 적외선 영상을 나타낸 것이다.



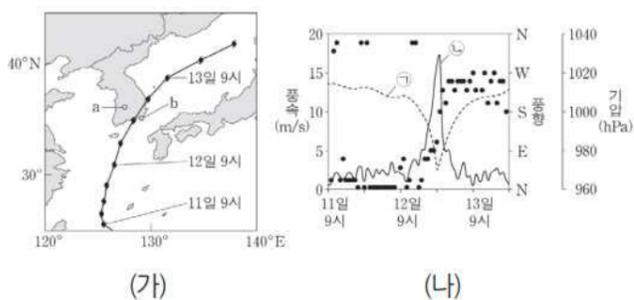
(가) (나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)의 A 지역에서 부는 바람은 남동풍 계열이다.
  - ㄴ. (가)의 B 지역에는 오호츠크해 기단이 발달해 있다.
  - ㄷ. (나)의 C 지역(황해) 상공에는 적운형 구름이 발달해 있다.

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

29. 그림 (가)는 어느 태풍의 위치를 6시간 간격으로 나타낸 것이고, (나)는 이 태풍이 이동하는 동안 관측소 a와 b 중 한 곳에서 관측한 풍향, 풍속, 기압 자료의 일부를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 풍속과 기압 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 9시~21시 동안 태풍의 이동 속도는 12일이 11일보다 빠르다.
  - ㄴ. (나)는 a의 관측 자료이다.
  - ㄷ. (나)에서 12일에 측정된 기압은 9시가 21시보다 낮다.

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

12. 우리나라의 주요 악기상

여름철 오후에 짙은 구름이 몰려오고 하늘이 캄캄해지면서 소나기가 내리는 경우가 있다. 이처럼 강한 상승 기류에 의해 적란운이 발달하면서 천둥, 번개와 함께 소나기가 내리는 현상을 **뇌우**라고 한다.

뇌우의 발달 단계를 나타낸 것으로 뇌우는 상승 기류가 발달하여 매우 불안정한 대기에서 발생한다. 뇌우는 강한 햇빛을 받은 지표 부근의 공기가 국지적으로 가열되어 활발하게 상승하거나, 한랭 전선에서 찬 공기가 따뜻한 공기를 파고들어 따뜻한 공기가 빠르게 상승할 때 발생한다. 그리고 태풍에 동반된 강한 상승 기류가 일어날 때에도 발생한다.

뇌우는 국지성 호우, 우박, 돌풍 그리고 번개 등을 동반하기 때문에 순식간에 큰 인명 피해를 내거나 농작물 파손, 가옥 파괴 등의 재산 피해를 가져오기도 한다. 일반적으로 뇌우는 규모가 작아서 일기도상에 잘 나타나지 않으므로 예측하기 어렵다.

하늘에서 눈의 결정 주위에 차가운 물방울이 얼어붙어 땅으로 떨어지는 얼음 덩어리를 **우박**이라고 한다. 우박의 크기는 보통 1cm 미만인데, 이보다 훨씬 큰 것도 있다.

기온이 0°C~—40°C인 적란운의 상층에서는 과냉각 물방울에서 증발한 수증기가 빙정에 달라붙으면서 빙정이 성장한다. 이때 빙정이 무거워져 아래로 떨어지면서 물방울과 합쳐져서 더욱 성장한다. 빙정은 0°C보다 따뜻한 곳에서는 표면부터 녹기 시작하는데, 이때 강한 상승 기류를 만나면 다시 0°C보다 차가운 곳으로 올라가 얼어붙고, 수증기가 달라붙어 더욱 성장한다. 이렇게 하강과 상승을 반복하면서 우박이 성장하고, 상승 기류가 지탱하지 못할 정도로 커진 우박은 지상으로 떨어진다.

우리나라에서 우박은 강한 상승 기류가 발달하는 초여름이나 가을에 주로 발생한다. 이때는 농작물들을 수확할 시기이기 때문에 우박으로 인한 농작물의 피해가 크다. 우박이 떨어지면 비닐하우스나 유리 온실이 파손되고, 건물이나 시설 등에 피해를 주며, 인명 사고까지 발생할 수 있다.

많은 비가 연속적으로 내리는 것을 **호우**라고 하고, 짧은 시간 동안 좁은 지역에서 많은 양의 비가 내리는 것을 **국지성 호우** 또는 **집중 호우**라고 한다.

국지성 호우는 일반적으로 한 시간에 30mm 이상 또는 하루에 80mm 이상의 비가 내리거나 연 강수량의 10%에 상당하는 비가 내리는 경우를 말한다. 국지성 호우는 강한 햇빛으로 지면이 가열되거나 전선 부근에서 강한 상승 기류가 발달할 때 또는 태풍에 동반된 비구름 때문에 발생하며, 지형의 영향을 많이 받는다. 국지성 호우는 농경지와 가옥 및 도로를 침수시킬 뿐만 아니라 산사태를 일으켜 인명과 재산 피해를 발생시킨다.

짧은 시간 동안에 많은 양의 눈이 내리는 현상을 **폭설**이라고 한다. 폭설은 겨울철에 저기압이 통과하거나 시베리아 고기압이 확장하면서 해수면으로부터 열과 수증기를 공급받아서 상승 기류가 발달할 때 발생한다.

폭설은 도심에서는 교통을 마비시키거나 교통사고를 유발하고, 농가에서는 비닐하우스나 축사 시설물 등의 붕괴를 일으키기도 한다.

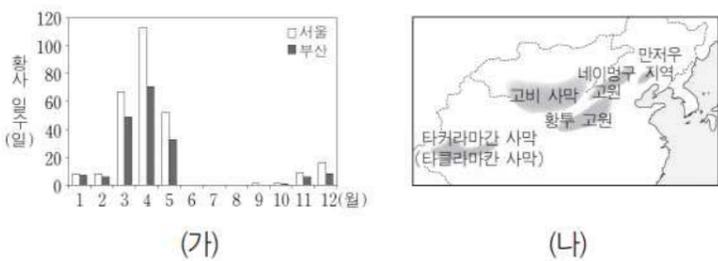
10분간 평균 풍속이 10m/s 이상인 강한 바람을 **강풍**이라고 한다. 강풍은 주로 겨울철에 시베리아 고기압의 영향을 받거나 여름철에 태풍의 영향을 받을 때 나타난다. 봄철에 지표면이 가열되어 지상의 따뜻한 공기가 상층의 찬 공기와 만나면 기층이 불안정해지면서 천둥과 번개를 동반한 강풍이 부는 경우가 있다.

강풍은 비닐하우스, 해안 양식장, 건물 등의 시설물을 파괴하기도 하고, 높은 파도를 일으켜서 선박을 파괴하거나 좌초시키기도 한다. 산간 지역에서는 화재 발생의 원인이 되기도 한다.

중국 북부나 몽골의 사막 또는 건조한 황토 지대에서 강한 바람이 불어 상공으로 올라간 미세 먼지가 우리나라까지 운반된 후 서서히 하강하는 현상을 **황사**라고 한다. 황사는 주로 3월에서 5월 사이에 많이 발생하는데, 강한 편서풍을 타고 우리나라를 거쳐서 일본, 태평양, 북아메리카까지 날아가기도 한다.

황사는 호흡기 질환 및 눈병 유발 등 사람의 건강을 위협하고, 농작물의 성장을 방해한다. 또, 시정 악화로 교통 장애를 유발할 뿐 아니라 항공기 엔진에 장애를 일으킬 수 있고, 반도체 등의 생산에도 문제를 발생시킬 수 있다.

30. 그림 (가)는 지난 40년 동안 서울과 부산에서 관측된 월별 황사 일수를, (나)는 우리나라에 영향을 미치는 황사의 발원지를 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 봄철 황사 일수는 서울보다 부산이 많다.
  - ㄴ. 황사의 발생은 지권과 기권의 상호 작용에 해당한다.
  - ㄷ. 황사는 발원지가 한랭 건조한 기단의 영향을 받는 계절에 주로 관측된다.

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

31. 그림 (가)와 (나)는 기상 현상을 나타낸 것이다.



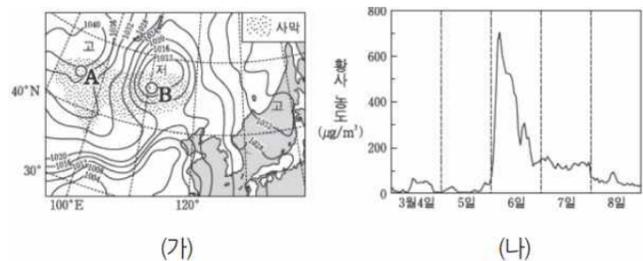
(가) 태풍                      (나) 뇌우

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)와 (나)에서 모두 강수 현상이 나타난다.
  - ㄴ. (가)와 (나)는 비슷한 시간 규모를 가진다.
  - ㄷ. (나)는 (가)에 동반되어 나타낼 수 있다.

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

32. 그림 (가)는 어느 해 우리나라에 영향을 미친 황사가 발원한 3월 4일의 일기도를, (나)는 3월 4일부터 8일까지 백령도에서 관측된 황사 농도를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)에서 황사의 발원지는 B지역보다 A지역일 가능성이 크다.
  - ㄴ. 3월 6일에 백령도에는 하강 기류가 상승 기류보다 강했을 것이다.
  - ㄷ. 사막의 면적이 줄어들면 황사의 발생 횟수는 감소할 것이다.

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

13. 해수의 성질

해수에는 육지로부터 강물에 녹아 흘러들어오거나 해저 화산 활동으로 공급된 여러가지 염류가 녹아 있다. 해수 1kg에 녹아 있는 염류의 양을 염분이라고 하며, 단위는 psu를 사용한다. 해수의 염분은 주로 33psu~37psu 사이에 분포하고, 해양의 평균 염분은 약 35psu이다.

표층 염분은 증발량과 강수량에 따라 달라진다. 증발량이 강수량보다 많을수록 염분은 높게 나타나므로 증발량과 강수량의 차이가 가장 큰 중위도에서 염분이 가장 높다. 반면에 강수량이 증발량보다 많은 저위도는 중위도보다 염분이 낮다. 또, 강물의 유입, 결빙, 해빙 등도 특정한 해역의 염분에 영향을 미친다.

지구 표면의 약 70%를 차지하는 바다는 태양 복사 에너지를 흡수하여 가열된다. 지표에 도달하는 태양 복사 에너지량은 저위도에서 고위도로 갈수록 적어지므로, 해수의 표면 온도는 저위도에서 고위도로 갈수록 낮아진다.

태양 복사 에너지는 대부분 해수 표층에서 흡수되므로 수심이 깊어질수록 수온이 점점 낮아진다. 이때 표층에 있는 해수는 바람 때문에 발생한 파도의 영향으로 잘 섞여 수온이 거의 일정한데, 이 층을 혼합층이라고 한다. 따라서 혼합층은 바람이 강할수록 두껍게 형성된다. 한편, 깊은 곳에 있는 해수에는 햇빛이 도달하지 않으므로 수온이 낮으며 거의 일정한 심해층이 형성된다. 혼합층과 심해층 사이에는 두 층의 수온 차이 때문에 깊어질수록 수온이 낮아지는 수온 약층이 존재한다. 이러한 해수의 연직 분포는 위도에 따라 달라진다. 저위도와 중위도 해역은 표층과 심층의 온도 차이가 커서 수온 약층이 잘 발달하지만, 고위도 해역은 표층과 심층의 온도 차이가 거의 없어 수온에 따른 층상 구조가 발달하지 않는다.

해수의 밀도는 수온과 염분에 따라 달라진다. 일반적으로 해수의 밀도는 약 1.020g/cm<sup>3</sup>~1.030g/cm<sup>3</sup>이므로 순수한 물보다 약 2%~3% 더 높다.

해수의 밀도는 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록 증가한다. 수온이 비슷한 고위도의 해양에서 해수의 밀도는 주로 염분의 영향을 받는다. 열대나 아열대의 해양은 수심에 따른 수온의 변화가 크므로 염분보다 수온의 영향을 크게 받는다. 따라서 해수의 밀도는 깊이에 따라 수온과 대칭적인 변화를 보인다.

해양은 밀도에 따라 해수면에서부터 표층, 밀도 약층, 심층으로 구분한다. 표층과 심층 사이에 있는 밀도 약층은 깊이에 따라 수온이 급격하게 낮아져 밀도가 증가하는 층이다. 깊이에 따른 수온의 변화가 커서 밀도 약층이 잘 발달하면 하층으로 갈수록 밀도가 증가하므로 표층과 심층의 해수가 잘 섞이지 않게 된다.

해수에는 대기의 주 구성 성분인 질소, 산소, 이산화 탄소 등의 기체가 녹아 있다. 이 중에서 산소와 이산화 탄소는 해양 생물의 호흡과 광합성에 필요한 기체로서 바다에 사는 생물의 활동과 극지방의 표층에서 침강하는 차가운 해수의 영향을 받아 그 농도가 변한다.

해수에 녹아 있는 기체의 농도는 수압이 높을수록, 수온과 염분이 낮을수록 높아진다. 해수에 녹아 있는 산소의 양을 용존 산소량이라고 하는데, 용존 산소는 대기 중의 산소가 해수 표면으로 녹아 들어오거나 해양 생물의 광합성을 통해 공급된

다. 용존 산소량은 대기와 접해 있으며 해양 생물이 광합성을 하는 표층에서 가장 높다. 이후 수심 약 1000 m까지는 수중 동물이 호흡하면서 산소를 소비하므로 용존 산소량이 크게 감소한다. 수심이 1000 m보다 깊은 곳에서는 수심이 깊어질수록 산소를 소비하는 동물의 수가 감소하고, 극지방의 표층에서 침강한 차가운 해수가 유입되므로 용존 산소량은 점점 증가한다.

이산화 탄소는 물에 잘 녹는 기체로 대기에서 해수 표면으로 녹아든다. 이산화 탄소의 농도는 해양 생물의 광합성에 의해 소비되는 표층에서 가장 낮다. 수심이 깊어지면 광합성에 의한 이산화 탄소의 소비가 줄어들고, 수중 동물의 호흡과 차가운 극지방의 표층 해수가 침강하여 유입되므로 농도가 점차 증가하는 경향을 보인다.

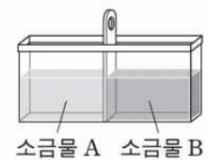
33. 다음은 수온과 염분이 해수의 밀도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 과정]

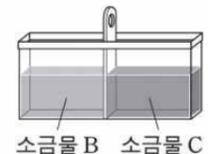
(가) 수온과 염분이 다른 소금물 A, B, C에 서로 다른 색의 잉크를 한두 방울 떨어뜨려 각각 착색한다.

소금물	수온(°C)	염분(psu)
A	25	38
B	7	38
C	7	27

(나) 그림과 같이 칸막이로 분리된 수조 양쪽에 동일한 양의 A와 B를 각각 넣고, 칸막이를 제거한 후 소금물의 이동을 관찰한다.



(다) 수조에 담긴 소금물을 제거한 후, 소금물을 B와 C로 바꾸어 (나) 과정을 반복한다.



[실험 결과]

과정	결과
(나)	소금물 ( ㉠ )가 소금물 ( ㉡ )아래로 이동한다.
(다)	㉢ 소금물 B가 소금물 C 아래로 이동한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㉠. 실험 과정 (나)는 염분이 같을 때 수온이 밀도에 미치는 영향을 알아보기 위한 것이다.
  - ㉡. ㉠은 A, ㉡은 B이다.
  - ㉢. ㉢은 수온이 같을 때 염분이 높을수록 밀도가 크기 때문이다.

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

14. 해수의 표층 순환

과학자들은 오랜 관측과 연구를 통해 일정하게 불고 있는 지구 전체적인 규모의 바람과 일정하게 흐르는 해류가 있다는 것을 알게 되었다. 이러한 바람이 부는 까닭과 바람과 표층 해류는 어떤 관계가 있는지 알아보자.

저위도는 고위도보다 더 많은 양의 태양 복사 에너지가 들어오므로 고위도보다 지표 온도가 더 높다. 따라서 저위도의 따뜻한 공기는 상승하여 고위도로 이동하고, 고위도의 차가운 공기는 하강하여 저위도로 이동한다. 이동하는 공기는 지구 자전의 영향을 받으므로 북반구와 남반구에 각각 3개의 거대한 순환 세포로 이루어진 지구 전체적인 규모의 대기 순환이 생기는데, 이를 대기 대순환이라고 한다. 대기 대순환 때문에 저위도 지상에서는 무역풍이 불고, 중위도 지상에서는 편서풍이 불며, 고위도 지상에서는 극동풍이 분다. 대기 대순환으로 바람이 일정하게 계속해서 불면 표층의 해수는 바람으로부터 에너지를 얻어 일정한 방향으로 흐르는 해류를 형성하고, 해류는 큰 순환을 이루면서 흐른다. 이러한 순환은 해수의 표층에 국한되어 수평 방향으로 일어나므로 표층 순환이라고 하며, 대기 대순환과 밀접한 관계가 있어 풍성 순환이라고도 한다.

북태평양에서는 편서풍대의 서쪽에서 동쪽으로 북태평양 해류가 흐르고, 북쪽에서 남쪽으로 캘리포니아 해류가 흐른다. 그리고 북동 무역풍대의 동쪽에서 서쪽으로 북적도 해류가 흐르며, 남쪽에서 북쪽으로 쿠로시오 해류가 흐르면서 시계 방향으로 해수가 순환하고 있다. 북대서양에서도 북태평양과 같이 북대서양 해류, 카나리아 해류, 북적도 해류, 멕시코 만류로 이어지는 시계 방향의 순환이 나타난다. 반대로 남반구의 아열대 해양에서는 해류가 시계 반대 방향으로 순환하고 있다. 그런데 대륙이 없는 남극 주변의 해양에서는 남극 순환 해류가 위도와 거의 나란하게 흐르고 있다. 이러한 해수의 표층 순환은 지구의 자전, 대기 대순환, 대륙의 분포 등의 영향을 받아 형성된다.

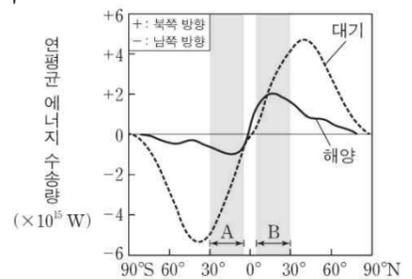
우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며, 북태평양의 서안을 따라 북상하는 쿠로시오 해류와 북쪽에서 해안을 따라 남하하는 연해주 한류의 영향을 받는다. 우리나라 주변에서 흐르는 해류의 모습을 알아보자.

우리나라 주변을 흐르는 해류의 근원이 되는 쿠로시오 해류는 북태평양의 남서쪽에서 북동쪽으로 북상하는 따뜻한 해류이다. 쿠로시오 해류 일부는 제주도 남쪽의 동중국해에서 갈라져 나와 황해로 북상하여 황해 난류가 되고, 일부는 우리나라 남해안과 대한해협을 지나 동해로 흘러가는 쓰시마 난류가 된다. 쓰시마 난류의 한 줄기는 우리나라 동해안을 따라 북상하는 동한 난류가 되고, 다른 한 줄기는 일본 북부의 연안을 따라 북동 방향으로 흘러간다. 동해의 북쪽에서는 연해주 한류가 남쪽으로 이동해 오고, 연해주 한류에서 갈라져 나온 북한 한류가 함경도 해안을 따라 남쪽으로 흐른다.

동한 난류는 쿠로시오 해류의 지류로 수온과 염분이 높고 용존 산소량과 영양염류가 적지만, 북한 한류는 연해주 한류의 지류로 수온과 염분이 낮고 용존 산소량과 영양염류가 많다. 따라서 두 해류가 만나는 동해의 중부 연안 해역은 좋은 어장이 형성되는 조경 수역을 이룬다. 동한 난류는 여름철에 강하고, 북한 한류는 겨울철에 강하므로 조경 수역은 계절에 따라 남과 북으로 이동한다. 또, 여름에는 난류성 어종이 풍부해지

고 겨울에는 한류성 어종이 풍부해진다. 동한 난류는 겨울철에 동해안의 기후를 따뜻하게 하는 요인이 된다. 한편, 황해에서는 겨울철에 중국 연안류가 남쪽으로 흐르므로 황해 난류가 미치는 영향이 약해진다.

34. 그림은 대기와 해양에서 남북 방향으로의 연평균 에너지 수송량을 위도별로 나타낸 것이다.

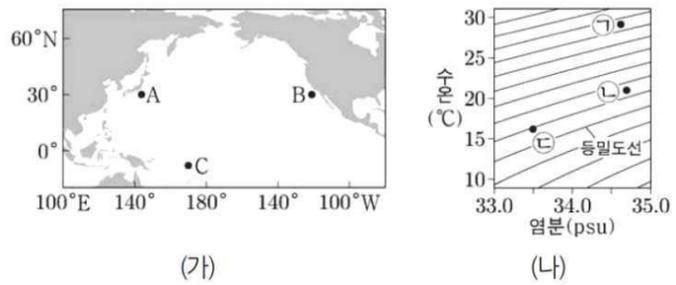


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 흡수하는 태양 복사 에너지양과 방출하는 지구 복사 에너지양의 차는 38°S가 0°보다 크다.
  - ㄴ. 대기에 의한 에너지 수송량은 A지역이 B지역보다 크다.
  - ㄷ. 해양에 의한 에너지 수송량은 A지역이 B지역보다 크다.
  - ㄹ. 위도별 에너지 불균형은 대기와 해양의 순환을 일으킨다.

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

35. 그림 (가)는 태평양의 해역 A, B, C를, (나)는 이 해역에서 관측한 수온과 염분을 수온-염분도에 ㉠, ㉡, ㉢으로 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 관측값은 ㉡이다.
  - ㄴ. A, B, C 중 해수의 밀도가 가장 큰 해역은 B이다.
  - ㄷ. C에 흐르는 해류는 무역풍에 의해 형성된다.

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

15. 해수의 심층 순환

해수의 밀도는 수온이 낮아지거나 염분이 높아질수록 커진다. 해수의 수온과 염분은 해역과 수심에 따라 다르므로 해수의 밀도도 해역과 수심에 따라 조금씩 차이가 난다. 해수는 밀도가 크면 아래쪽에, 밀도가 작으면 위쪽에 위치하게 된다.

수심에 따른 수온과 염분은 CTD라는 장비로 측정한다. 이렇게 측정한 수온과 염분을 밀도와 함께 그래프에 나타낸 것을 수온 염분도 (T-S도) 라고 한다. 수온 염분도는 수심에 따른 해수의 성질을 쉽게 알 수 있게 하고, 서로 다른 해역에 있는 해수의 성질을 비교하기 좋다.

한편, 저위도에서 고위도로 이동하는 표층 해류는 주위로 열을 빼앗겨 차가워지므로 밀도가 증가한다. 또, 극지방의 해수는 표면의 해수가 얼면서 염분이 높아지므로 밀도가 증가한다. 그 결과 무거워진 해수는 특정 해역에서 깊은 곳으로 침강하여 저위도로 이동하게 된다. 이러한 해수의 온도, 염분, 밀도의 변화와 그에 따른 해수의 움직임은 해수의 온도와 염분을 지속해서 관측하고 해석하여 추정할 수 있다.

해양의 표층에 있는 해수는 대기 대순환의 바람에 의해 수평 방향으로 흐르는 전 지구 규모의 순환을 하고 있다. 그런데 해수의 이동은 바람뿐만 아니라 밀도의 차이에 의해서도 일어난다. 해수의 수온이 낮아지거나 염분이 증가하여 밀도가 커지면 해수는 서서히 침강하여 심해에서 느리게 이동한다. 이러한 원리로 해양의 심층에서 일어나는 전지구적인 규모의 해수 순환을 심층 순환이라고 한다. 심층 순환은 해수의 수온과 염분의 변화로 나타나므로 열염 순환이라고도 한다.

세계 해양에서 밀도가 큰 해수가 만들어져 침강하는 해역은 남극 대륙 주변의 웨델해와 북대서양의 그린란드 해역 주변이며 이곳에서 침강한 해수가 각각 북쪽과 남쪽으로 이동하여 심층 순환이 일어난다. 겨울철에 남극 지방의 웨델해에서 결빙이 일어나면 해수의 염분이 높아지므로 밀도가 커져 침강한 후, 전 세계 해양으로 퍼져 나가 남극 저층수를 이룬다. 남극 저층수는 밀도가 큰 해수로 해저를 따라 북쪽으로 이동한다. 또, 북대서양의 그린란드 해역에서 냉각된 표층 해수가 침강하여 형성된 북대서양 심층수는 남쪽으로 이동하여 남대서양까지 흘러간다.

이러한 해수의 이동을 어떻게 알 수 있을까? 수온, 염분, 밀도 등의 성질이 비슷한 해수 덩어리를 수괴라고 하는데, 성질이 다른 수괴는 서로 잘 섞이지 않으므로 수괴의 수온과 염분은 잘 변하지 않는다. 따라서 수괴의 성질을 측정하면 수괴의 기원과 이동 경로를 추정할 수 있다.

심층 순환은 남극 저층수의 경우 적도까지 이동하는 데 약 1000년이 걸리며, 전 수심에 걸쳐 일어나므로 전체 해수를 순환시키는 역할을 한다.

해수의 심층 순환과 표층 순환은 서로 연결되어 전체 해양에서 큰 순환을 이루고 있다. 북대서양의 표층에서 해양의 서쪽 경계를 따라 빠르게 고위도로 흐르는 해류는 따뜻한 저위도의 해수를 고위도로 운반한다. 대기로 열을 빼앗기고 무거워진 해수는 고위도에서 침강하여 심층수가 되고, 심해를 따라 저위도로 이동한다. 이처럼 밀도가 큰 북대서양의 심층수는 남반구까지 이동하여 남극 순환 해류와 합류된 후, 인도양과 태평양에서 표면으로 상승하여 표층 순환과 연결되는 것으로 추정된다.

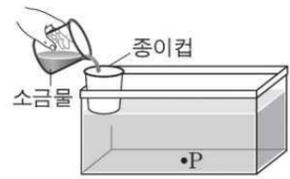
해수의 표층 순환 때문에 저위도의 따뜻한 해수는 고위도로 이동하면서 저위도의 열을 고위도로 운반한다. 그리고 고위도에서 냉각되어 밀도가 커진 해수는 침강하여 저위도로 이동하면서 표층 해수를 고위도로 움직이게 한다. 이러한 해수의 표층 순환과 심층 순환은 지구 전체적인 열수지의 균형을 맞추는 데 있어서 중요한 역할을 한다.

어떤 원인으로 심층 순환이 약해진다면 표층 순환도 약해지므로, 고위도로 운반되는 열 수송량에 변화가 생겨 전 지구적으로 기후의 변화가 일어날 것이다.

36. 다음은 심층 순환에서 염분이 해수의 침강 속도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험이다.

[실험 I]

- (가) 수조 바닥의 중앙에 P점을 표시하고, 밑면에 구멍이 뚫린 종이컵을 수조 가장자리에 부착한다.
- (나) 수조에 상온의 물을 종이컵의 아랫면이 잠길 때까지 채운다.
- (다) 4°C의 물 100mL에 소금 3.0g을 완전히 녹인 후 붉은 색 잉크를 몇 방울 떨어뜨린다.
- (라) (다)의 소금물을 수조의 종이컵에 천천히 부으면서 소금물이 P점에 도달하는 시간을 측정한다.



[실험 II]

- 실험 I의 (다) 과정에서 소금의 양을 1.0g으로 바꾸어 (가)~(라) 과정을 반복한다.

[실험 결과]

실험	P점에 소금물이 도달하는 시간(초)
I	8
II	( ㉠ )

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 실험 결과에서 ㉠은 8보다 크다.
  - ㄴ. 소금물은 극지방의 침강하는 표층 해수에 해당한다.
  - ㄷ. 실험 II에서 소금물의 농도를 낮춘 것은 극지방 표층 해수가 결빙되는 경우에 해당한다.

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

16. 대기와 해양의 상호 작용

바다에서 일정하게 계속해서 바람이 불면 표층의 해수는 수평 방향으로 이동하고, 빈자리를 채우기 위해 연직 방향으로 해수의 이동이 일어나게 된다. 이때 깊은 곳에 있던 해수가 위로 올라오는 현상을 용승이라고 하고, 표층에 있던 해수가 아래로 내려가는 현상을 침강이라고 한다.

북반구의 연안에서 계속해서 북풍이 불면 지구 자전의 영향으로 표층 해수는 외해로 이동하고, 이동한 해수를 채우기 위해 아래에서 차가운 해수가 올라오는 용승이 일어난다. 이렇게 연안에서 일어나는 용승을 연안 용승이라고 한다. 깊은 곳의 차가운 해수가 용승하면 해수면의 온도가 낮아지므로 기온이 낮아져서 서늘하고 안개가 자주 발생하는 기후가 나타난다. 또, 영양염류가 풍부해지므로 플랑크톤이 번성하여 좋은 어장이 형성된다. 한편, 북반구의 연안에서 계속해서 남풍이 불면 외해의 표층 해수가 연안으로 이동하여 쌓이면서 해수가 해저를 따라 아래로 내려가는 침강이 일어난다.

적도 해역에서는 무역풍이 불어 용승이 일어난다. 무역풍은 북동쪽과 남동쪽에서 불어오는 바람으로 표층의 해수를 북반구에서는 북쪽으로 이동시키고 남반구에서는 남쪽으로 이동시킨다. 그 결과 적도 해역의 아래에서 차가운 해수가 올라오는 용승이 일어나는데, 이를 적도 용승이라고 한다.

이처럼 계속해서 바람이 불면 해양에 용승이나 침강이 일어나고, 해양의 변화는 기온과 습도를 변하게 하는 상호 작용을 하며 기후에 영향을 미친다.

남아메리카 열대 태평양의 연안 해역에는 남동 무역풍이 분다. 이 바람은 표층의 해수를 외해로 이동시키므로 연안 용승을 일으킨다. 따라서 페루 연안은 적도 부근이지만, 용승하는 차가운 해수 때문에 수온이 낮고 영양염류가 풍부하여 플랑크톤이 번성하므로 좋은 어장이 형성된다. 전 세계 해양에서 식물성 플랑크톤이 많이 번성하는 해역을 나타낸 것인데, 용승이 일어나는 페루 연안에 플랑크톤이 많다.

그런데 12월 말부터 다음 해 3월까지의 무역풍이 약해지면서 용승이 약해진다. 따라서 태평양의 서쪽에 쌓여 있던 따뜻한 해수가 페루 연안까지 이동하고, 페루 연안의 표층 수온이 높아지면서 어장이 큰 피해를 보기도 한다.

1980년대에 들어서면서 페루 연안의 수온 상승이 이 시기뿐만 아니라 3~7년의 주기로 1년 이상 계속되는 것이 발견되었다. 그리고 수온이 상승하는 해역이 페루 연안뿐만 아니라 동태평양의 적도 해역 전체에 걸쳐 있다는 것이 알려졌다. 이처럼 적도 부근의 남아메리카 연안으로부터 열대 태평양 중앙에 이르는 넓은 해역에 걸쳐 해수면의 온도가 평상시보다 0.5°C 이상 높아지고 5개월 이상 계속되는 대규모의 이상 수온 상승 현상을 엘니뇨라고 한다.

엘니뇨와 반대로 무역풍이 강해지면서 용승이 강해져 열대 태평양의 해수면의 온도가 평상시보다 0.5°C 이상 낮아지고 5개월 이상 계속되는 현상을 라니냐라고 한다.

엘니뇨나 라니냐가 발생하면 동서 방향의 수온 약층의 경사도 달라진다. 엘니뇨 시기에는 따뜻한 서태평양의 해수가 동태평양까지 이동해 오므로 수온 약층의 경사가 완만해지고, 라니냐 시기에는 동태평양의 표층 수온이 낮아지므로 수온 약층의 경사가 커진다.

무역풍의 영향을 받는 태평양의 열대 해역에서 적도 해류는 동쪽에서 서쪽으로 흐르고, 동태평양에서는 용승이 일어나므로 동태평양의 해수면 온도가 서태평양보다 낮다.

서태평양에서 대기로 더 많은 양의 열과 수증기가 이동하므로 공기가 상승하여 지상에 저기압이 발달하고, 동태평양의 상공에서 수렴한 공기가 하강하여 지상에 고기압이 발달한다. 그 결과 열대 태평양에서는 거대한 대기의 순환이 형성되는데, 이를 워커 순환이라고 한다. 따라서 평상시 서태평양 지역에서는 태풍, 강수 등의 기상 현상이 나타나고, 동태평양 지역은 대기가 건조하다.

엘니뇨 발생 시에는 무역풍과 용승이 약해지면서 서태평양의 따뜻한 해수가 동태평양으로 이동 해오므로 워커 순환의 상승 영역도 동쪽으로 치우쳐서 변화된 대기의 순환이 일어난다. 따라서 서태평양은 고기압의 영향으로 건조하여 가뭄이 발생하고, 동태평양은 평소보다 비가 많이 내리고 허리케인도 많이 발생한다.

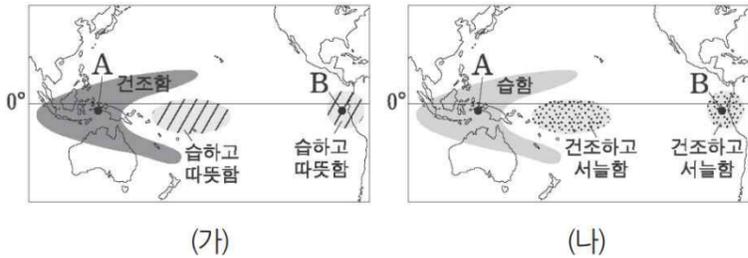
라니냐 발생 시에는 무역풍과 동태평양의 용승이 평상시보다 강해져서 서태평양의 따뜻한 해수 영역이 강화되므로 공기의 상승도 더욱 강해져 서태평양은 저기압이 더욱 강하게 발달하여 비가 많이 내리고 태풍도 많이 발생하며, 동태평양에서는 고기압이 더욱 강하게 발달한다.

열대 태평양에서 엘니뇨와 라니냐 시기에 나타나는 이러한 대기의 기압 분포의 변화를 남방 진동이라고 한다.

엘니뇨와 라니냐는 해수면의 온도 변화이고 남방 진동은 대기의 기압 분포 변화인데, 대기와 해양의 상호 작용으로 함께 일어나는 연관된 현상이 밝혀져 현재는 엘니뇨(ENSO)라고 한다.

엘니뇨나 라니냐가 발생하면 대기와 해양의 상호 작용이 평상시와 다르게 일어나므로 지구촌 곳곳에 많은 이상 기후가 나타난다. 대기와 해양의 순환은 저위도의 에너지를 고위도로 운반하는 역할을 하는데, 엘니뇨가 발생하면 넓은 열대 해역에서 더 많은 양의 에너지와 수증기가 대기로 방출된다. 평상시보다 많은 에너지를 공급받은 대기는 훨씬 왕성하게 에너지를 고위도로 운반하므로 평년과 다른 이상 기후가 나타나게 된다. 이처럼 열대 태평양의 변화는 전 지구적인 기후 변화에 큰 영향을 미치므로 기후 변화를 예측하기 위해서는 열대 태평양의 여러 요인을 계속해서 관측해야 한다.

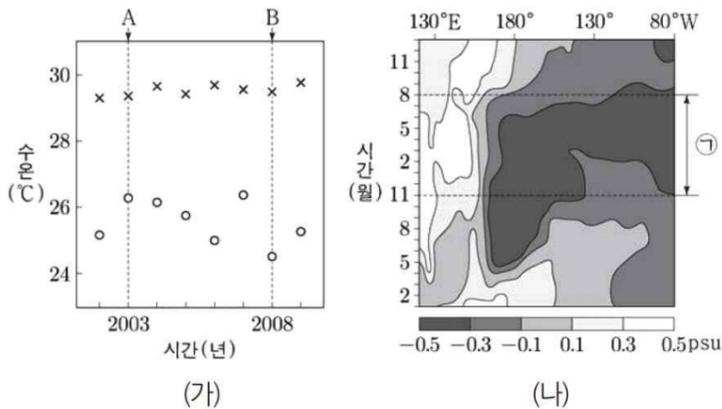
37. 그림 (가)와 (나)는 평상시와 비교한 라니냐와 엘니뇨 시기의 기후를 순서 없이 나타낸 것이다.



(가)와 (나) 시기를 비교한 설명으로 옳은 것은?

- ① A 해역의 강수량은 (가)일 때 더 많다.
- ② 남적도 해류는 (나)일 때 더 강하다.
- ③ A 해역의 상승 기류는 (가)일 때 더 강하다.
- ④ B 해역의 따뜻한 해수층은 (나)일 때 더 두껍다.
- ⑤ A와 B 해역의 해수면 높이 차는 (가)일 때 더 크다.

38. 그림 (가)는 동태평양과 서태평양의 적도 부근 해역에서 관측한 표층 수온을 ○와 ×로 순서 없이 나타낸 것이다. 그림 (나)는 태평양 적도 부근 해역에서 2년 동안의 강수량 변화에 따른 표층 염분 편차 (관측값 - 평년값)를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 엘니뇨와 라니냐 시기 중 하나이고, ㉠은 A와 B 중 하나이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)에서 시간에 따른 표층 수온 변화는 동태평양이 서태평양보다 크다.
  - ㄴ. 남적도 해류는 A일 때가 B일 때보다 강하다.
  - ㄷ. ㉠의 표층 염분 편차는 B일 때 나타난다.

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

17. 지구의 기후 변화

계절은 매년 반복되지만 기후는 오랜 세월에 걸쳐 서서히 변한다. 기후 변화의 원인은 자연적인 요인과 인위적인 요인으로 구분할 수 있으며, 자연적인 요인은 지구 외적 요인과 지구 내적 요인으로 구분할 수 있다.

밀란코비치는 지구 자전축과 공전 궤도의 변화가 중복되어 주기적으로 기후 변화가 발생한다고 주장하였다. 오늘날 과학자들이 지난 수십만 년 동안의 기후 변화를 재구성한 결과 밀란코비치의 주장과 잘 일치한다는 사실이 밝혀졌다.

지구 자전축은 약 26000년을 주기로 팽이의 축처럼 회전하는데, 이를 세차 운동이라고 한다. 지구 자전축은 세차 운동으로 약 13000년마다 경사 방향이 반대로 되어 여름과 겨울이 생기는 위치도 반대로 되므로 기후 변화가 일어난다.

현재 지구 자전축은 지구 공전 궤도의 축에 대하여 약 23.5° 기울어져 있는데, 약 41000년을 주기로 21.5°~24.5° 사이에서 변한다. 지구 자전축의 기울기가 변하면 각 위도의 지표에 입사하는 태양 복사 에너지의 양이 달라지므로 기후가 변하게 된다. 지구 자전축의 기울기가 커질수록 태양의 남중 고도 차이가 증가하여 기온의 연교차가 커진다.

또, 지구는 태양 주위를 타원 궤도로 공전하는데, 공전 궤도의 모양은 약 10만 년을 주기로 거의 원에 가까운 궤도에서 긴 타원 궤도로 변한다. 지구 공전 궤도의 모양에 따라 지구가 받는 태양 복사 에너지의 양도 달라져 기후가 변한다.

한편, 태양 활동의 변화도 기후 변화의 원인이 된다. 흑점 수가 많아지면 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 증가하여 지구의 기온이 상승한다.

지구가 받는 태양 복사 에너지의 양이 일정하더라도 대기의 조성이 달라지면 기후가 변한다. 대규모 화산 분출은 많은 양의 화산재를 대기 중으로 방출하여 지구의 반사율을 증가시키므로 지표에 도달하는 태양 복사 에너지의 양이 줄어들어 지구의 평균 기온이 낮아진다.

빙하의 분포나 식생의 변화 등 지표면의 상태가 변하면 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 달라진다. 특히, 빙하면적이 감소하면 지표면이 흡수하는 태양 복사 에너지의 양이 증가하여 지구의 기온이 상승한다.

또, 대륙과 해양의 분포 변화도 기후 변화의 원인이 된다. 대륙과 해양은 비열과 반사율이 다르므로 대기의 순환과 에너지의 출입에 영향을 준다. 따라서 판의 운동으로 수륙 분포가 변하면 대기와 해수의 순환에 영향을 주어 기후가 변하게 된다.

지구 대기는 지구에 입사하는 태양 복사 에너지는 잘 투과시키지만, 지표에서 방출되는 지구 복사 에너지의 일부를 흡수하였다가 재복사하여 지표 온도를 높이는데, 이를 온실 효과라고 한다. 온실 효과를 일으키는 기체를 온실 기체라고 하며, 주요 온실 기체에는 수증기, 이산화 탄소, 메테인, 산화 이질소 등이 있다. 지구는 이러한 온실 효과 때문에 연평균 기온이 15°C 정도로 유지되고 있다. 그런데 최근에는 대기 중의 온실 기체 증가로 심각한 기후 문제가 나타나고 있다.

대기 중 온실 기체가 증가함에 따라 온실 효과가 증대되어 지구의 평균 기온이 상승하는 현상을 지구 온난화라고 한다. 지구 온난화는 산업 혁명 이후 석탄, 석유 등 화석연료 소비량

이 증가함에 따라 이산화 탄소, 메테인 등 온실 기체 농도가 증가한 것이 주요 원인이다. 그 밖에 과도한 삼림 벌채, 교통량 증가 등 인간의 경제 활동도 지구 온난화를 일으킨다. 정부간 기후 변화 협의회(IPCC)의 연구 결과에 따르면, 최근 배출된 인위적 온실 기체의 양은 관측 이래 최고 수준인 것으로 나타났다.

지구 온난화는 전 세계에 걸쳐 지구 환경과 사회적, 경제적으로 큰 영향을 준다. 지구의 평균 기온이 상승하면 해수의 부피가 팽창하고, 극지방이나 고산 지역의 빙하가 녹아 바다로 유입되면 해수면이 상승할 것이다. 해수면이 상승하면 해안 지역에 발달한 도시나 경작지가 침수되어 경제적 피해가 발생할 뿐 아니라 해안 저지대에 서식하는 생물 군락에도 심각한 악영향을 줄 것이다.

지구 온난화는 농업과 수산업 등 산업에도 영향을 미친다. 전 세계적으로 기후대가 변하여 식생대가 전반적으로 고위도로 이동하는 추세이다. 이에 따라 식량 생산에 변화가 일어나고, 해양 생태계가 변하여 수산업에도 피해가 있을 것이 예상된다. 또, 강수량과 증발량의 분포가 변하여 집중 호우와 홍수 피해가 커지는 지역이 있는가 하면 반대로 심각한 물 부족과 가뭄 피해가 발생하는 지역도 나타난다.

지구 온난화는 인간의 건강에도 큰 영향을 줄 것이다. 불볕더위로 인한 스트레스와 질병이 증가하고 말라리아와 같은 열대성 질병이 고위도로 확산할 가능성이 있다.

지구 온난화는 전 지구적인 현상이다. 최근 우리나라도 지구 온난화의 영향으로 기후가 빠르게 변하고 있다. 우리나라의 기후는 과거와 비교하여 어떻게 변하고 있는지 알아보자.

사계절이 뚜렷하던 우리나라는 여름이 길어지고 겨울은 짧아지고 있으며, 연평균 기온이 상승하는 경향을 보인다. 우리나라 주변 해양의 수온과 해수면 상승률은 전 지구 평균보다 높은 것으로 관측되었으며 해류의 변화, 해양 산성화, 용존 기체의 감소 등 다양한 변화가 감지되고 있다.

지구 온난화는 지구 환경과 생태계 그리고 인간의 생활에 매우 큰 영향을 미치므로 세계 각국은 이를 막기 위해 노력하고 있다. 1997년 유엔 기후 변화 협약 당사국 총회에서는 선진국의 온실 기체 배출량을 1990년 기준으로 5.2% 감축하는 교토 의정서를 채택하였다. 2015년에는 이를 대체하는 파리 협정을 채택해 산업화 이전과 대비하여 지구 평균 기온 상승 폭을 2°C보다 낮은 수준으로 유지하기로 합의하였다.

지구 온난화 문제를 과학적으로 해결하는 방법에는 어떤 것이 있을까? 석유나 석탄과 같은 화석 연료를 대체할 수 있는 재생 에너지 자원을 개발하거나 산업 공정의 효율을 높이면 대기 중으로 방출되는 이산화 탄소의 양을 줄일 수 있다. 최근에는 이산화 탄소 포집 및 저장 기술이 주목받고 있다. 이것은 발전소나 제철소 등 산업 시설에서 발생하는 이산화 탄소를 포집하여 해양이나 육지의 지층 속에 저장하는 것이다. 우리나라도 동해의 해저 지층에 이산화 탄소를 저장하는 방법을 연구하고 있다.

이 외에도 여러 가지 정책적, 과학적 방안이 연구되고 있지만 효과적인 대응을 위해서는 여러 분야를 종합적으로 고려한 통합적인 시각이 필요하다. 또, 우리 모두가 지구 온난화 문제의 중요성을 인식하고 일상생활 속에서 에너지 절약, 자원 재활용 등 대기 중 온실 기체의 양을 줄이기 위해 노력하는 생

활 태도를 갖는 것이 중요하다.

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

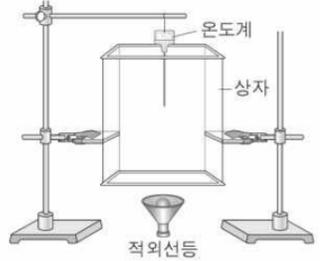
[실험 과정]

(가) 아랫면을 랩으로 막은 상자, 온도계, 적외선 등을 그림과 같이 설치한다.

(나) 상자 윗면을 랩으로 막고 초기 온도를 측정한 후, 적외선 등을 켜고 상자 안의 온도 변화를 5분간 측정한다.

(다) 상자에 이산화 탄소를 넣은 후 (나) 과정을 수행한다.

(라) 상자에 (다)에서 넣은 이산화 탄소량의 2배를 넣은 후 (나) 과정을 수행한다.



[실험 결과]

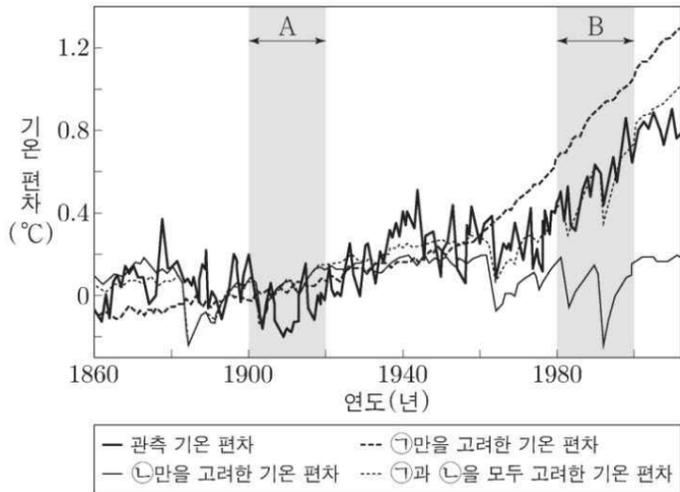
실험 과정	(나)	(다)	(라)
초기 온도(°C)	14.0	14.0	14.0
5분 후 온도(°C)	14.7	15.1	( ㉠ )

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 적외선등을 상자 아래에서 켜 준 것은 지표 복사를 나타낸다.
  - ㄴ. 상자 안 기체의 적외선 흡수량은 (나)가 (다)보다 많다.
  - ㄷ. ㉠은 15.1보다 크다.

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

40. 그림은 기후 변화 요인 ㉠과 ㉡을 고려하여 추정된 지구 평균 기온 편차(추정값 - 기준값)와 관측 기온 편차(관측값 - 기준값)를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 온실 기체와 자연적 요인 중 하나이고, 기준값은 1880년~1919년의 평균 기온이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 지구 해수면의 평균 높이는 B 시기가 A 시기보다 높다.
  - ㄴ. 대기권에 도달하는 태양 복사 에너지량의 변화는 ㉡에 해당한다.
  - ㄷ. B 시기의 관측 기온 변화 추세는 자연적 요인보다 온실 기체에 의한 영향이 더 크다.

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

18. 별의 물리량과 H-R도

햇빛을 프리즘을 통해 보면 무지개 색깔의 띠가 나타나는데 이처럼 빛을 파장에 따라 분해한 것을 스펙트럼이라고 한다. 백열등과 나트륨등의 빛을 맨눈으로 보면 특별한 차이를 느낄 수 없지만, 분광기로 보면 스펙트럼에 큰 차이가 나타난다. 백열등처럼 모든 파장 영역에서 빛이 연속적으로 나타나는 것을 연속 스펙트럼이라고 하고, 나트륨등처럼 특정 파장대의 스펙트럼만 나타나는 것을 선 스펙트럼이라고 한다. 선 스펙트럼에는 방출 스펙트럼과 흡수 스펙트럼이 있다. 고온·저밀도의 기체를 프리즘으로 분산시켜 관찰하면 특정 파장 영역의 빛이 방출되는 것을 볼 수 있는데, 이를 방출 스펙트럼이라고 한다. 또, 연속 스펙트럼이 나타나는 빛을 저온·저밀도의 기체에 통과시킨 후 프리즘으로 분산시켜 관찰하면 연속 스펙트럼을 배경으로 검은 줄이 나타나는데, 이를 흡수 스펙트럼 이라고 한다. 별빛은 별의 대기층을 통과하면서 흡수 스펙트럼이 나타나는데 별마다 고유한 스펙트럼이 나타난다. 따라서 스펙트럼 연구는 별을 연구하는 중요한 방법으로 이용되고 있다.

1814년 프라운호퍼는 태양의 스펙트럼에서 흡수선을 발견하였다. 이후 과학자들은 별들의 스펙트럼에서도 흡수선을 발견하였는데, 당시에는 별의 스펙트럼에서 나타나는 흡수선의 차이가 별의 화학 조성이 다르기 때문이라고 생각했다.

그런데 별들의 화학 조성은 거의 같으며, 흡수 스펙트럼의 차이는 별의 표면 온도가 다르기 때문이라는 것을 알게 되었다. 이후 별의 스펙트럼에 나타나는 흡수선을 분석하여 별의 표면 온도를 추정할 수 있게 되었다.

피커링과 캐넌은 별의 표면 온도에 따라 나타나는 흡수선의 종류와 세기를 기준으로 하여 고온에서 저온 순으로 O, B, A, F, G, K, M형의 7가지로 분류하였는데, 이를 분광형이라고 한다. O형과 M형을 제외한 각 분광형은 다시 고온의 0에서 저온의 9까지 10단계로 세분된다. 태양은 표면 온도가 약 5800K이고, 이온화된 칼슘 흡수선이 나타나며, 분광형은 G2형이다.

별자리를 찾는 길잡이 역할을 하는 마차부자리의 카펠라 Ab는 스펙트럼형이 G2형이므로 태양과 표면 온도가 거의 같다. 그런데 두 별의 실제 밝기를 비교하면 카펠라 Ab가 태양보다 약 100배 밝다. 별의 표면 온도가 같은데도 실제 밝기가 다른 까닭은 무엇일까?

별의 실제 밝기를 비교할 때는 절대 등급뿐만 아니라 별이 단위 시간 동안 방출하는 에너지의 양인 광도를 이용하기도 한다.

흑체는 표면 온도가 높을수록 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지의 양이 많다. 표면 온도가 T인 흑체가 단위 시간 동안 단위 면적에서 방출하는 에너지량 E는 다음과 같이 나타낼 수 있는데, 이를 슈테판 - 볼츠만 법칙이라고 한다.

$$E = \sigma T^4 \quad (\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4})$$

별은 흑체처럼 에너지를 방출하므로 슈테판·볼츠만 법칙을 적용할 수 있다. 별에서 방출하는 총 에너지량은 단위 면적에서 단위 시간 동안 방출하는 에너지량인 E와 별의 표면적에

비례한다. 따라서 표면 온도가 T이고, 반지름이 R인 별의 광도 L은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$$

별은 거리가 매우 멀기 때문에 점처럼 보이므로 관측을 통해 별의 크기를 알아내기 어렵다. 따라서 별의 반지름은 스펙트럼 분석으로 알아낸 별의 표면 온도와 절대 등급으로 알아낸 별의 광도를 이용하여 구할 수 있다.

표면 온도가 같은 태양과 카펠라 Ab는 카펠라 Ab의 광도가 태양의 약 100배라는 것로부터 카펠라 Ab의 반지름이 태양의 약 10배라는 것을 알 수 있다.

여키스 천문대의 모건(Morgan, W. W., 1906~1994)과 키넨(Keenan, P. C., 1908~2000)은 별을 분광형과 광도 관측 결과에 따라 6개의 광도 계급으로 나누고, 각 계급을 다시 세 단계로 분류하였는데, 이를 M-K 분류법이라 한다. 이에 따르면 분광형이 같더라도 광도 계급에 따라 별의 광도가 다르다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 분광형이 G0형으로 같다면 광도 계급이 III인 별은 V인 별보다 광도가 크고 II인 별보다는 작다. 이러한 차이가 나는 까닭은 광도 계급이 III인 별은 V인 별보다 반지름이 크고 II인 별보다 반지름이 작기 때문이다. 이처럼 별들의 표면 온도와 광도를 2차원의 그래프에 나타내면 별의 표면 온도, 광도, 반지름을 동시에 비교할 수 있다.

별의 물리적 특성 중에서 표면 온도와 광도는 별의 크기를 알 수 있는 중요한 요소이다. 따라서 별을 표면 온도와 광도를 축으로 하는 그래프에 나타내면 별의 특성을 쉽게 파악할 수 있고, 비슷한 특성을 가진 별끼리 분류할 수 있다.

1910년대 초 헤르츠스프룽과 러셀은 별의 표면 온도(분광형)와 광도 사이의 관계 그래프를 그려 별을 분류하고 별의 특성을 파악하였다. 이 그래프를 두 천문학자의 이름을 따서 H-R도라고 한다.

H-R도는 가로축의 오른쪽으로 갈수록 온도가 감소하고, 세로축의 위로 갈수록 광도가 커지는 그래프이다. 별의 약 90%가 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 이어지는 좁은 띠 영역에 분포하는데 이 별들을 **주계열성**이라 한다. 태양은 표면 온도가 약 5800 K이고, 절대 등급은 약 4.8 등급으로 주계열성에 해당한다. 주계열성은 H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고 밝은 별로 반지름과 질량도 크다. 그리고 H-R도에서 오른쪽 아래에 분포할수록 표면 온도가 낮고, 광도가 작으며, 반지름과 질량이 작다.

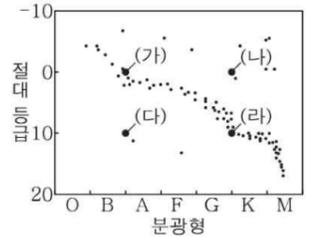
한편, H-R도에서 주계열의 오른쪽 위에 분포하는 별은 표면 온도가 낮아 붉은색이고, 광도는 매우 크다. 표면 온도가 낮은데도 불구하고 광도가 큰 것은 반지름이 매우 크기 때문이다. 이처럼 표면 온도가 낮아 붉은색이고 반지름이 매우 큰 별을 **적색 거성**이라고 한다. 황소자리의 알데바란이나 목동자리의 아르크투루스는 대표적인 적색 거성에 해당한다.

H-R도에서 오른쪽 위에는 적색 거성보다 광도와 반지름이 더 큰 별이 있는데, 이러한 별들을 **초거성**이라고 한다. 오리온 자리의 베텔게우스나 전갈자리의 안타레스는 대표적인 초거성에 해당한다. 적색 거성과 초거성은 주계열성보다 매우 크지

만, 평균 밀도는 훨씬 작다.

H-R도에서 주계열의 왼쪽 아래에 분포하는 별들은 표면 온도가 매우 높아 백색으로 보이지만 광도는 매우 작다. 표면 온도가 높은데도 광도가 작은 것은 반지름이 매우 작기 때문이다. 이처럼 표면 온도는 높지만 크기가 작아 어두운 별들을 **백색 왜성**이라고 한다. 백색 왜성은 크기가 지구와 비슷하지만 질량은 태양과 비슷하여 밀도가 태양의 약 100만 배일 정도로 매우 크다.

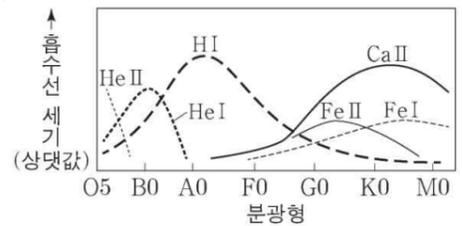
41. 그림은 H-R도에 별 (가)~(라)를 나타낸 것이다. 이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
ㄱ. 별의 평균 밀도는 (가)가 (나)보다 크다.
ㄴ. (다)는 초신성 폭발을 거쳐 형성되었다.
ㄷ. 별의 수명은 (가)가 (라)보다 짧다.

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

42. 그림은 별의 분광형에 따른 흡수선의 상대적 세기를 나타낸 것이다.

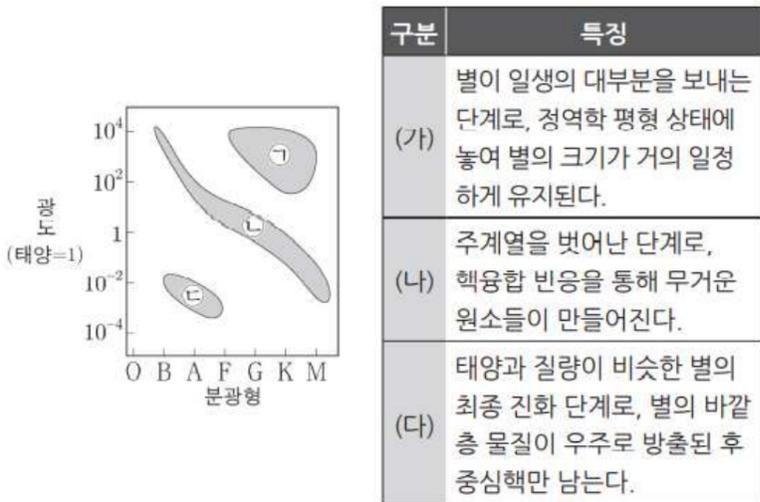


이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
ㄱ. 흰색 별에서 H I 흡수선이 Ca II 흡수선보다 강하게 나타난다.
ㄴ. 주계열에서 B0형보다 표면 온도가 높은 별일수록 H I 흡수선의 세기가 강해진다.
ㄷ. 태양과 광도가 같고 반지름이 작은 별의 Ca II 흡수선은 G2형 별보다 강하게 나타난다.

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

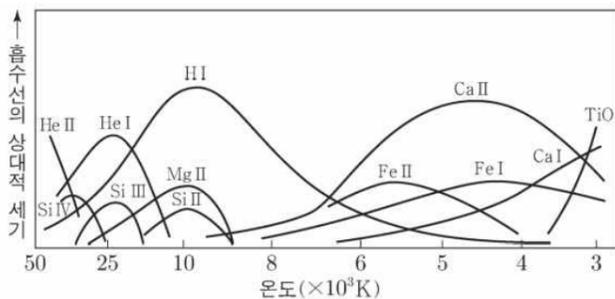
43. 그림은 분광형과 광도를 기준으로 한 H-R도이고, 표의 (가), (나), (다)는 각각 H-R도에 분류된 별의 집단 ㉠, ㉡, ㉢의 특징 중 하나이다.



(가), (나), (다)에 해당하는 별의 집단으로 옳은 것은?

- |   | (가) | (나) | (다) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | ㉠   | ㉡   | ㉢   |
| ② | ㉡   | ㉠   | ㉢   |
| ③ | ㉡   | ㉢   | ㉠   |
| ④ | ㉢   | ㉠   | ㉡   |
| ⑤ | ㉢   | ㉡   | ㉠   |

44. 그림은 별의 스펙트럼에 나타난 흡수선의 상대적 세기를 온도에 따라 나타낸 것이고, 표는 별 A, B, C의 물리량과 특징을 나타낸 것이다.



별	표면 온도(K)	절대 등급	특징
A	( )	11.0	별의 색깔은 흰색이다.
B	3500	( )	반지름이 C의 100배이다.
C	6000	6.0	( )

이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- 반지름은 A가 C보다 크다.
- B의 절대 등급은 -4.0보다 크다.
- 세 별 중 Fe I 흡수선은 A에서 가장 강하다.
- 단위 시간 당 방출하는 복사 에너지량은 C가 B보다 많다.
- C에서는 Fe II 흡수선이 Ca II 흡수선보다 강하게 나타난다.

19. 별의 진화와 별의 에너지원

우주 공간에서는 지금도 끊임없이 별이 탄생하고 있다. 우주 공간에는 기체나 먼지로 이루어진 거대한 구름이 존재하는데, 이를 성운이라 한다. 별은 기체 밀도가 높고 온도가 낮은 암흑 성운에서 태어난다. 암흑 성운에서는 내부 압력보다 중력이 크게 작용하므로 성운의 수축이 일어나 물질이 밀집된다. 이에 따라 중력이 커져서 더 많은 물질을 끌어당기게 되고, 성운의 밀도가 높아져 원시별이 생성된다.

원시별이 수축하면서 중심부 온도가 약 1000만 K에 도달하면 중심부에서 수소 핵융합 반응이 일어나게 된다. 수소 핵융합 반응으로 별 내부의 온도가 상승하여 내부 압력이 커지면 내부 압력 경사에 의한 힘과 중력이 평형을 이루게 되어 별의 크기가 일정하게 유지되는 상태가 된다. 이와 같은 별을 주계열성이라고 하며, 별은 생애 대부분을 주계열 단계에 머무른다. 원시별은 질량이 클수록 중력이 크게 작용하여 빠르게 수축하고, 중심부가 수소 핵융합 반응을 할 수 있는 온도에 빠르게 도달한다.

따라서 원시별은 질량이 클수록 주계열 단계에 이르는 데 걸리는 시간이 짧으며, 표면 온도와 광도가 커서 주계열의 왼쪽 위에 위치하게 된다.

질량이 태양과 비슷한 주계열성은 수소 핵융합 반응으로 중심핵의 수소가 차츰 줄어들고 헬륨이 쌓인다. 중심핵의 수소가 고갈되어 수소 핵융합 반응이 멈추면 중심핵의 온도가 낮아져 내부 압력이 감소한다. 따라서 중력이 내부 압력보다 크게 작용하기 때문에 헬륨으로 이루어진 중심핵에서는 수축이 일어난다. 중심핵이 수축할 때 발생한 열에너지는 중심핵을 둘러싸고 있는 외곽 수소층으로 전달되어 수소 핵융합 반응이 일어난다. 이때 별이 팽창하면서 광도가 증가하고, 표면 온도는 낮아진다.

한편, 헬륨으로 이루어진 중심핵은 수축하면서 온도가 높아져 헬륨 핵융합 반응이 일어난다. 별의 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나면 별은 더욱 팽창하면서 광도가 많이 증가하고 붉게 보이는데, 이를 적색 거성이라고 한다. 태양이 주계열 단계에서 벗어나 적색 거성이 되면 태양 표면이 지구 공전 궤도 부근까지 부풀어 오르게 된다.

헬륨 핵융합 반응이 끝나면 적색 거성의 중심핵은 수축하고, 이때 발생한 열로 별의 외곽은 팽창하지만, 곧 수축과 팽창을 반복하는 불안정한 상태가 된다. 이 과정에서 별의 외곽 물질이 우주 공간으로 방출되어 행성상 성운이 만들어지고, 별의 중심핵은 계속 수축하여 밀도가 매우 큰 백색 왜성이 된다.

H-R도에서 태양보다 왼쪽 위에 있는 주계열성은 질량이 큰 별로 수소 핵융합 반응이 활발하게 일어나 단위 시간 동안 많은 양의 에너지를 방출한다. 즉 별의 질량이 클수록 중심부의 수소를 빠르게 소진하므로 주계열 단계에 머무르는 시간이 짧다. 태양보다 질량이 큰 별은 중심핵에서 헬륨 핵융합 반응이 일어나면서 거성보다 훨씬 크고 밝은 초거성이 된다. 태양보다 질량이 큰 별의 중심핵에서는 헬륨보다 무거운 원소들의 핵융합 반응이 일어난다. 이 결과 별의 질량이 클수록 중심부에서는 산소, 네온, 마그네슘, 규소, 최종적으로 철까지 생성되며 중심부로 갈수록 무거운 원소로 이루어진 여러 겹의 양과 겹질 구조가 된다. 중심핵의 질량이 태양 질량의 1.4 배 이상인 별은 중심핵의 중력이 매우 크므로 빠른 속도로 수축하다가

불안정해지면 폭발이 일어나는데, 이를 **초신성 폭발**이라고 한다.

초신성 폭발 과정에서 엄청난 양의 에너지와 무거운 원소가 우주 공간으로 방출되고, 중심에는 중성자로 이루어진 밀도가 매우 큰 **중성자별**이 남는다. 중심핵의 질량이 태양 질량의 약 3배 이상인 별은 초신성 폭발 후 표면 중력이 너무 커서 빛조차도 빠져나올 수 없는 **블랙홀**이 된다.

행성상 성운이나 초신성 폭발은 별을 구성하고 있던 물질을 우주 공간으로 방출하여 새로운 별이 탄생할 수 있는 성운을 만든다. 그러므로 별의 진화 과정은 성운에서 태어나 다시 성운으로 되돌아가는 순환 과정이라고 할 수 있다.

온도가 낮고 밀도가 높은 성운이 중력에 의해 수축할 때 기체 입자의 위치 에너지가 감소하고, 감소한 위치 에너지만큼 내부 에너지가 증가하여 성운 내부의 온도가 상승한다. 이처럼 중력 수축으로 생기는 에너지를 **중력 수축 에너지**라고 한다.

주계열성인 태양이 1초 동안 방출하는 에너지는 전 세계에서 1년 동안 생산하는 전기 에너지의 약 500만 배이다. 이 막대한 에너지의 양을 중력 수축 에너지만으로 설명할 수 없다. 태양이 방출하는 에너지의 발생 과정은 질량과 에너지가 서로 전환될 수 있다는 질량·에너지 등가 원리의 등장으로 해결되었다. 이에 따르면 태양 중심부에서 수소 원자핵 4개가 핵융합 반응하여 헬륨 원자핵 1개가 만들어지는 **수소 핵융합 반응**이 일어난다. 이때 수소 원자핵 4개 질량의 약 0.7%가 감소하고, 감소한 질량이 에너지로 전환되어 별의 에너지원으로 사용된다.

수소 핵융합 반응 후 줄어든 질량을  $\Delta m$ , 빛의 속도를  $c$ 라고 할 때, 수소 핵융합 반응으로 발생하는 에너지양  $E$ 는 다음과 같이 나타낸다.

$$E = \Delta mc^2 \quad (c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

수소 핵융합 반응이 일어나기 위해서는 원자핵 사이의 강한 전기적 반발력을 이길 수 있을 만큼의 충분한 운동 에너지가 필요하므로 별의 내부 온도가 약 1000만 K 이상이 되어야 한다. 따라서 원시별 중심부 온도가 약 1000만 K 이상이 되었을 때 수소 핵융합 반응이 시작되며, 원시별은 주계열성이 된다. 수소 핵융합 반응으로 중심부 온도가 더욱 상승하면 내부 압력이 커져서 중력과 평형을 이루므로 더 수축하지 않는다. 중력과 내부 압력차로 발생한 힘이 평형을 이루어 별의 크기가 일정하게 유지되는 상태를 **정역학 평형 상태**라고 하며, 주계열성은 이 상태를 유지하고 있다.

주계열성의 중심부에서 일어나는 수소 핵융합 반응에는 양성자·양성자 반응(p-p반응)과 탄소·질소·산소 순환 반응(CNO 순환 반응)이 있다. 질량이 태양의 2배보다 작아 중심부 온도가 약 2000만 K보다 낮은 별에서는 양성자·양성자 반응이 주로 일어나고, 질량이 태양의 2배 이상이고 중심부 온도가 약 2000만 K보다 높은 별에서는 탄소·질소·산소 순환 반응이 주로 일어난다.

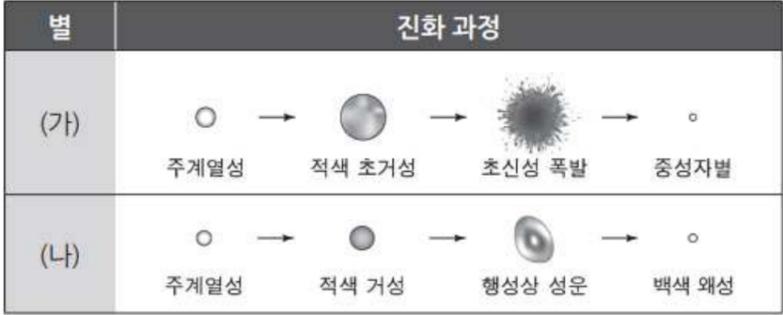
별의 중심부에서 수소 핵융합 반응으로 생성된 에너지가 외부로 방출되지 않는다면 중심부 온도는 계속 상승하여 별의 크기는 계속 커지게 될 것이다. 중심부에서 생성된 에너지가

빛과 열의 형태로 끊임없이 외부로 방출되고 있으므로 주계열성은 정역학 평형 상태를 이루어 크기가 일정하게 유지된다.

에너지가 전달되는 방식에는 전도, 대류, 복사가 있는데, 기체에서는 주로 복사와 대류로 에너지가 전달된다.

별의 중심부에서 별의 표면까지 에너지가 전달되는 방식은 별의 질량에 따라 다르다. 태양과 질량이 비슷한 별은 중심부에서 생성된 에너지가 중심으로부터 약 70%에 이르는 거리까지 복사로 전달되고, 그 이후부터는 대류로 별의 표면까지 전달된다. 그러나 질량이 매우 큰 별은 중심부에서 단위 시간 동안 엄청나게 많은 에너지가 생성되어 별의 중심과 표면 사이의 온도 차이가 매우 크다. 따라서 중심부에서는 복사보다 대류가 에너지를 효과적으로 전달하므로 대류로 에너지가 전달되고, 바깥층에서는 복사로 에너지가 전달된다. 이러한 까닭으로 질량이 태양 질량의 2배보다 작은 주계열성은 중심부의 복사층과 그 바깥의 대류층으로 이루어지고, 질량이 태양 질량의 2배보다 큰 주계열성은 중심부의 대류핵과 그 바깥의 복사층으로 이루어진다.

45. 표는 질량이 서로 다른 별 (가)와 (나)의 진화 과정을 나타낸 것이다.

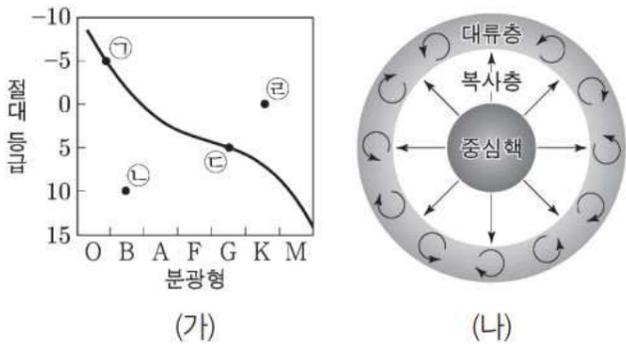


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 흰색 별에서 H I 흡수선이 Ca II 흡수선보다 강하게 나타난다.
  - ㄴ. 주계열에서 B0형보다 표면 온도가 높은 별일수록 H I 흡수선의 세기가 강해진다.
  - ㄷ. 태양과 광도가 같고 반지름이 작은 별의 Ca II 흡수선은 G2형 별보다 강하게 나타난다.

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

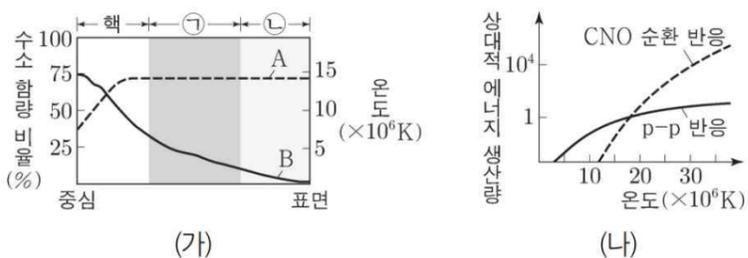
46. 그림 (가)는 별 ㉠~㉢의 분광형과 절대 등급을 H-R도에 나타낸 것이고, (나)는 중심핵에서 수소 핵융합 반응을 하는 어느 별의 내부 구조를 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 질량이 가장 큰 별은 ㉠이다.
  - ㄴ. 표면에서의 중력 가속도는 ㉡이 ㉢보다 크다.
  - ㄷ. (나)와 같은 내부 구조를 갖는 별은 ㉡이다.
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

47. 그림 (가)의 A와 B는 분광형이 G2인 주계열성의 중심으로부터 표면까지 거리에 따른 수소 함량 비율과 온도를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 에너지 전달 방식이 다른 구간을 표시한 것이다. (나)는 별의 중심 온도에 따른 p-p 반응과 CNO 순환 반응의 상대적 에너지 생산량을 비교한 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 온도이다.
  - ㄴ. (가)의 핵에서는 CNO 순환 반응보다 p-p 반응에 의해 생성되는 에너지의 양이 많다.
  - ㄷ. 대류층에 해당하는 것은 ㉡이다
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

20. 외계 행성계와 외계 생명체 탐사

우리는하에는 약 천억 개의 별이 있다. 이 중에는 태양과 비슷한 물리적 특성을 가진 별이 매우 흔하며, 상당수는 태양처럼 행성을 거느리고 있을 것으로 추정된다. 그런데 행성은 크기가 매우 작고 어두워서 직접 관측하기 어렵다. 따라서 지금까지 발견된 외계 행성계는 대부분 공전하는 행성에 의해 중심에 있는 별에 발생하는 미세한 변화를 감지하는 간접적인 방법들을 통해 탐사되었다.

외계 행성계 탐사에 많이 사용된 방법의 하나는 중심별의 시선 속도 변화를 이용하는 방법이다. 행성이 공전할 때 별도 행성과의 공통 질량 중심 주위를 공전하면서 시선 속도가 변하므로 별의 스펙트럼에는 파장이 주기적으로 길어졌다가 짧아지는 변화가 나타난다. 행성의 질량이 크면 별의 운동이 커서 별빛의 파장 변화도 커지므로 이와 같은 탐사 방법은 질량이 큰 행성 탐사에 효과적이다.

또, 행성의 공전 궤도가 시선 방향에 나란할 때 별에 발생하는 식 현상을 이용하는 방법도 있다. 별을 공전하는 행성이 별의 앞면을 통과하게 되면 별이 가려지므로 별의 주기적인 광도 감소가 생긴다. 행성의 반지름이 크면 별의 밝기도 많이 감소하므로 이와 같은 방법은 반지름이 큰 행성 탐사에 효과적이다.

최근에는 미세 중력 렌즈 현상을 이용하여 행성을 거느리고 있는 별을 찾아내기도 한다. 미세 중력 렌즈 현상이란 두 천체가 같은 시선 방향에 있을 때 뒤쪽에 있는 천체로부터 오는 빛이 앞쪽에 있는 천체의 중력에 의해 미세하게 굴절되는 현상이다. 이 현상에 의해 뒤쪽 천체에서 오는 빛은 볼록 렌즈를 통과할 때처럼 모이므로 뒤쪽 천체의 밝기는 원래보다 더 밝게 관측된다. 즉, 별 B가 더 멀리 있는 별의 A 앞쪽을 지나가게 되면 별 A의 밝기는 원래보다 더 증폭되어 보인다. 이때 앞쪽 별이 별 C와 같이 행성을 거느리고 있다면 이 행성의 중력 때문에 추가적인 굴절이 일어나 뒤쪽 별 A의 밝기가 추가로 증폭되어 나타난다. 이와 같은 밝기 변화를 통해 행성의 존재를 알 수 있다.

이외에도 매우 드물지만 외계 행성을 직접 관측하는 방법도 이용되고 있다. 지금까지 발견된 외계 행성들을 태양계의 행성과 비교해 보면, 지구와 같이 암석으로 이루어진 행성보다는 목성과 같이 기체로 이루어져 있거나 해왕성처럼 얼어있는 물질로 이루어진 행성이 많다. 또, 암석으로 이루어진 외계 행성이라 해도 질량이 지구보다 몇 배나 큰 행성이 많다. 이 행성들의 환경은 지구와는 다를 것이다. 외계 행성계를 탐사하는 중요한 목적 중 하나는 생명체, 특히 지적인 생명체를 발견하려는 데 있다. 최근의 외계 행성계 탐사는 지구와 질량이 비슷하고 암석으로 이루어진 행성 탐사에 주목하고 있다.

우주에는 약 천억 개 이상의 은하들이 존재하고 있고 각 은하에는 또다시 약 천억 개 이상의 별이 있다. 이 별 중 상당수에는 행성이 있을 것으로 생각된다. 하지만 인류의 지속적인 노력에도 불구하고 현재까지 우주에서 생명체가 살고 있다고 확인된 행성은 지구 뿐이다.

외계 생명체의 존재 가능성을 탐사할 때에는 주로 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 천체를 찾는다. 액체 상태의 물은 비열이 커서 열을 오래 보존할 수 있고 다양한 물질을 녹이므로 생명체가 탄생하고 진화하기에 유리한 환경을 제공하기 때

문이다.

액체 상태의 물이 존재하기 위해서는 행성의 온도가 적절해야 한다. 행성의 온도는 주로 중심에 있는 별의 광도와 별로부터 떨어져 있는 거리에 따라 결정된다. 별의 주변에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 영역을 **생명 가능 지대**라고 한다.

별은 질량이 크고 표면 온도가 높을수록 광도가 크다. 별의 광도가 클수록 생명 가능 지대는 별로부터 먼 곳에 형성되고 생명 가능 지대의 폭도 넓어진다. 별의 질량에 따른 생명 가능 지대를 나타낸 것으로 태양계의 이론적인 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이에 형성된다.

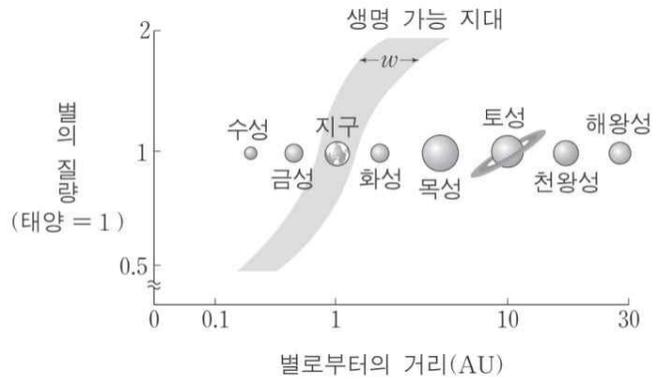
행성이 생명 가능 지대에 있다고 해서 이 행성에 반드시 생명체가 존재한다고 볼 수는 없다. 그런데 지구는 생명 가능 지대에 있으면서 생명체가 살아가기에 유리한 조건들을 두루 갖추고 있다. 지구의 표면에는 액체 상태의 물이 풍부하며, 물은 지구상의 생명체들에게 주요 서식 조건을 제공하며 생명체 내에서의 물질대사를 원활하게 해 준다. 또, 지구에는 생명체 탄생과 진화에 적절한 두께와 조성의 대기가 있으며, 생명체에 해로운 우주선을 막아주는 자기장도 있다. 지구의 자전축 경사와 공전 궤도 이심률도 생명체가 존재하기에 적절하다.

한편, 생명체가 탄생하여 진화하기까지는 상당히 긴 시간이 필요하다. 따라서 어떤 행성에 생명체가 존재하려면 중심의 별로부터 지속해서 에너지가 공급되어야 한다. 그런데 질량이 매우 큰 별은 수명이 너무 짧으므로 이와 같은 별 주변에 있는 행성에서는 생명체가 탄생하여 진화하기 어렵다.

이와 반대로 별의 질량이 매우 작으면 광도가 낮아서 생명 가능 지대는 별 가까이에 형성되며 폭도 좁아진다. 그런데 행성이 별에 너무 가까이 있게 되면 별의 중력이 크게 작용하여 행성의 자전이 느려지므로 행성 표면에 밤낮의 변화가 없어져서 생명체가 존재하기 불리해진다.

현재의 과학 기술은 멀리 있는 외계 행성계의 환경을 추정하여 생명체의 존재 가능성을 가늠해 보는 정도에 머물러 있다. 광활한 우주에서의 생명체 탐사는 종종 드넓은 사막에서 바늘 한개를 찾아내는 것에 비유되곤 한다. 그러나 우리 은하에는 충분히 많은 행성계가 있고, 행성 케플러-452 b와 같이 지구와 비슷한 행성도 있다. 이러한 행성 중에는 생명체도 존재할 것으로 생각하면서 외계 생명체 탐사를 지속하고 있다.

48. 그림은 별의 질량에 따른 생명 가능 지대의 범위와 태양계 행성들의 위치를 나타낸 것이다.

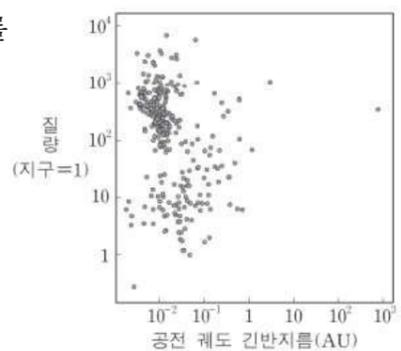


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 지구는 생명 가능 지대에 속한다.
  - ㄴ. 질량이 작은 별일수록 생명 가능 지대의 폭( $w$ )이 넓어진다.
  - ㄷ. 태양의 질량이 0.5배가 되면 현재 화성의 위치에 액체 상태의 물이 존재한다.

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

49. 그림은 항성의 밝기 변화를 이용하여 2014년 9월까지 발견한 모든 외계 행성들의 공전 궤도 긴반지름과 질량을 나타낸 것이다. 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 외계 행성들의 크기는 대부분 지구보다 크다.
  - ㄴ. 공전 궤도 긴반지름은 지구보다 외계 행성들이 대부분 크다.
  - ㄷ. 이 방법을 이용한 외계 행성 탐사는 관측자의 시선 방향이 외계 행성의 공전 궤도면에 수직일 때 가능하다.

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

50. 다음은 영희가 외계 행성 탐사 방법을 이해하기 위해 가설을 세우고 수행한 실험이다.

[가설]

[실험 과정]

(가) 그림과 같이 크기가 서로 다른 스타이로폼 공 A와 B를 회전대 위에 고정한다.  
 (나) 회전대를 일정한 속도로 회전시킨다.  
 (다) A와 B가 전구를 중심으로 회전하는 동안 측정된 밝기를 기록한다.

[실험 결과]

영희가 이 실험을 통해 검증하고자 하는 가설로 가장 적절한 것은?

- ① 중심별의 질량이 클수록 중심별의 밝기 변화가 크게 관측된다.
- ② 외계 행성의 크기가 클수록 중심별의 밝기 변화가 크게 관측된다.
- ③ 중심별의 온도가 높을수록 중심별의 밝기 변화가 크게 관측된다.
- ④ 외계 행성의 공전 속도가 느릴수록 중심별의 밝기 변화가 크게 관측된다.
- ⑤ 외계 행성과 중심별의 거리가 가까울수록 중심별의 밝기 변화가 크게 관측된다.

21. 외부 은하

우리은하 밖에도 우리은하처럼 수많은 별이 모여 있는 은하가 매우 많이 존재하는데 이들을 **외부 은하**라고 한다. 외부 은하들은 그 모양이 매우 다양하다. 허블은 외부 은하들을 모양에 따라 타원 은하와 나선 은하, 불규칙 은하로 분류하였다.

허블은 **타원 은하** 중에서도 모양이 구에 가까운 것은 E0, 가장 납작한 것은 E7으로 세분하였다. **나선 은하**는 옆에서 보면 원반 모양이지만 위에서 보면 별과 성운으로 이루어진 나선팔이 중심부에서 나와 팽대부를 휘감고 있다. 나선 은하는 중앙 팽대부가 공처럼 생긴 정상 나선 은하(S)와 막대처럼 생긴 막대 나선 은하(SB)로 나뉘는데, 각각 나선팔이 감긴 정도와 중심핵의 상대적인 크기에 따라 a, b, c로 세분된다. a형에서 c형으로 갈수록 중심핵의 크기가 상대적으로 작고 나선팔이 느슨하게 감겨 있다. 한편, 타원 은하나 나선 은하와 달리 모양이 일정하지 않고 규칙적인 구조가 없는 은하들도 있다. 이들을 **불규칙 은하**로 분류하였다.

타원 은하는 내부에 기체나 먼지 등의 성간 물질이 거의 없고, 비교적 나이가 많은 별들로 이루어져 있어 붉거나 노란색으로 보인다. 타원 은하는 별의 개수가 약 10억 개 이하인 왜소 은하부터 약 1조 개 이상인 거대 은하까지 크기가 매우 다양하다.

나선 은하의 나선팔에는 나이가 적은 푸른색 별과 많은 양의 성간 물질이 분포하고 중심부에는 나이가 많은 붉은색 별들이 주로 분포한다. 정상 나선 은하는 나선팔이 중심핵에서 직접 뻗어 나오고, 막대 나선 은하는 나선팔이 막대 구조의 양 끝에서 뻗어나온다.

허블에 의해 외부 은하로 밝혀진 안드로메다은하는 정상 나선 은하이다. 이 은하는 우리은하에서 약 250만 광년 떨어져 있으며 우리은하보다 두 배 이상 많은 별로 구성되어 있다. 과거에 우리은하도 안드로메다은하와 같은 정상 나선 은하로 분류됐으나 2005년 적외선 우주 망원경인 스피처 우주 망원경을 이용한 관측 결과 중심핵에 막대 구조가 있는 SBb형 또는 SBc형의 막대 나선 은하로 확인되었다.

특이한 형태를 지니는 은하를 말한다. 보통은 규모가 작고 성간 물질을 많이 포함하고 있으며, 젊은 별을 많이 포함하고 있다. 대마젤란 은하와 소마젤란은하는 대표적인 불규칙 은하이다.

허블은 외부 은하의 분류 결과를 통해 은하도 진화하고 있으며, 은하의 모양이 일정한 방향으로 변하고 있다고 생각했다. 그러나 은하의 진화는 매우 복잡하다는 것이 밝혀졌고, 은하의 모양은 시간의 흐름에 따른 진화와는 큰 관계가 없다는 것을 알게 되었다.

관찰자들은 같은 은하를 서로 다른 모양으로 판단할 가능성이 있다. 또, 같은 은하라도 보이는 방향에 따라 다른 형태로 판단할 수도 있고, 희미하거나 멀리 있는 은하들은 형태를 분류하기 어렵다. 하지만 허블의 은하 분류 체계는 쉽고 간단하게 은하를 분류할 수 있으므로 여전히 많이 이용되고 있다.

외부 은하 중에는 허블의 분류 체계로는 분류하기 어려운 전과 은하, 퀘이사, 셰이퍼트은하와 같은 특이한 은하들이 있다. 이러한 은하들을 **특이 은하**라고 한다.

보통의 은하와 달리 유난히 강한 전파를 방출하는 은하를

전파 은하라고 한다. 전파 은하는 가시광선 영상을 보면 거대 타원 은하이다. 그런데 전파 영상을 보면 중심핵 양쪽에 강력한 전파를 방출하는 로브라고 하는 둥근 돌출부가 있고 중심핵에서 로브로 이어지는 제트가 관측된다. 이처럼 전파 은하에서 전파를 방출하는 영역은 가시광선으로 관측되는 영역과 다르게 나타난다.

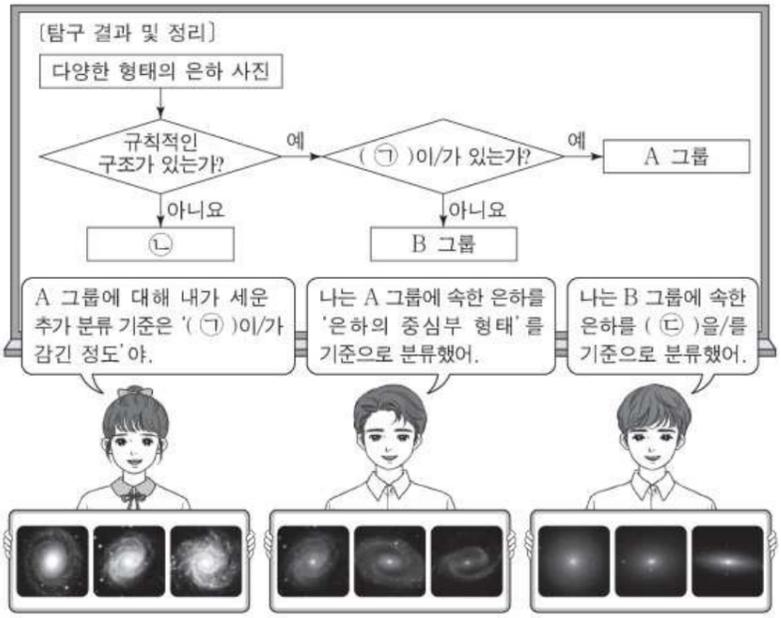
한편, 1960년대 초 별처럼 보이지만 보통의 별과 달리 매우 큰 적색 편이가 나타나는 전파원 3C 273을 발견하였다. 이 천체는 먼 거리에서 매우 빠른 속도로 후퇴하고 있었는데 이렇게 먼 거리에 있다면 보통의 은하보다 수백 배 밝아야 한다. 이처럼 전 파장에 걸쳐서 많은 양의 에너지를 방출하는 특이한 은하를 퀘이사라고 한다. 태양계 정도의 작은 공간에서 엄청난 양의 에너지가 나온다는 것은 퀘이사 중심에 질량이 매우 큰 블랙홀이 있다는 것을 의미한다.

또 다른 특이 은하인 세이퍼트 은하는 크기가 매우 작지만 강한 방출선을 내는 중심핵을 가진 나선형 은하이다. 세이퍼트 은하 NGC 4151의 모습으로, 일반적인 은하에 비해 중심핵이 유난히 밝고 스펙트럼에서 폭넓은 방출선이 관측되는 특징이 있다. 방출선은 이 은하의 중심핵 부근에 뜨거운 성운이 있다는 것을 뜻하며, 방출선의 폭이 넓다는 것은 이 성운이 빠른 속도로 회전하고 있다는 것을 뜻한다. 이와 같은 관측 결과로부터 세이퍼트 은하의 중심부에는 거대한 블랙홀이 있을 것으로 추정하고 있다.

은하들은 우주에 골고루 퍼져 있는 것이 아니라 무리 지어 분포하기 때문에 서로를 잡아당기는 중력의 영향으로 가까워 지거나 충돌하기도 한다. 은하와 은하가 충돌해서 생긴 **충돌 은하**에서는 별의 크기보다 별 사이의 공간이 크기 때문에 은하의 충돌이 일어나는 동안에도 별들은 거의 충돌하지 않는다. 하지만 이 때 은하의 성간 물질은 은하 간의 상호 작용으로 가스와 티끌의 밀도가 증가하면서 별이 형성되기도 하고, 은하의 형태가 변하기도 한다. 이처럼 우주 공간에서는 두 은하가 충돌하여 하나의 은하가 되기도 하고, 큰 은하가 작은 은하를 흡수하기도 한다.

51. 다음은 세 학생이 다양한 외부 은하를 형태에 따라 분류하는 탐구 활동의 일부를 나타낸 것이다.

(탐구 과정)  
 (가) 다양한 형태의 은하 사진을 준비한다.  
 (나) '규칙적인 구조가 있는가?'에 따라 은하를 분류한다.  
 (다) (나)의 조건을 만족하는 은하를 '(㉠)'이/가 있는가?'에 따라 A와 B 그룹으로 분류한다.  
 (라) A와 B 그룹에 적용할 추가 분류 기준을 만든다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 나선팔은 ㉠에 해당한다.
  - ㄴ. 허블의 분류 체계에 따르면 ㉡은 불규칙 은하이다.
  - ㄷ. '구에 가까운 정도'는 ㉣에 해당한다.

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

## 22. 빅뱅 우주론

멀리 있는 외부 은하의 스펙트럼을 관측하면 흡수선들의 위치가 원래 위치보다 파장이 긴 적색 쪽으로 이동하는 적색 편이가 나타난다. 이러한 현상은 외부 은하들이 우리은하로부터 멀어지고 있으므로 나타난다.

외부 은하의 스펙트럼에 나타난 흡수선 파장의 변화량 ( $\Delta\lambda$ ) 을 측정하면 다음과 같이 후퇴 속도 ( $v$ ) 를 구할 수 있다.

$$v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (c = \text{광속}, 3 \times 10^8 \text{ km/s})$$

1929년 허블은 거리가 알려진 외부 은하들의 적색 편이량을 측정하여, 외부 은하의 후퇴 속도( $V$ )가 은하까지의 거리( $r$ )에 비례한다는 것을 알아냈다.

$$V = H \cdot r$$

이를 **허블 법칙**이라 하고, 비례 상수  $H$ 를 허블 상수라 한다. 최근의 연구에 의하면 허블 상수 값은 약 68km/s/Mpc이다.

허블은 멀리 있는 은하일수록 더 빠른 속도로 멀어진다는 것을 알아내어 우주가 팽창하고 있다는 사실을 밝혀냈다. 즉, 은하가 서로 멀어지는 것은 은하의 운동 때문이 아니라, 우주 공간이 팽창하기 때문이다. 아인슈타인(Einstein, A., 1879~1955)을 비롯한 당시 과학자들은 대부분 우주가 정적이며 영원히 변하지 않는다고 생각했기 때문에 허블의 발견은 과학계에 큰 충격을 주었다.

1940년대에 호일(Hoyle, Sir F., 1915~2001) 등이 주장한 **정상 우주론**은 우주가 팽창하여도 우주의 온도와 밀도는 변하지 않고 항상 일정한 상태를 유지한다는 이론이다. 이 이론은 은하들이 후퇴하면서 생겨난 공간에 새로운 물질이 꾸준히 만들어지기 때문에 연속 창조설이라고도 하며, 1960년대까지 많은 지지를 받았다.

비슷한 시기에 가모프(Gamow, G., 1904~1968) 등이 주장한 **빅뱅 우주론**은 우주가 하나의 점으로부터 대폭발(빅뱅)하여 생성되었고, 계속 팽창하면서 냉각되었다는 이론이다. 우주가 팽창한다는 것은 과거에는 우주가 더 작고 뜨거웠다는 사실을 암시한다. 매우 뜨거웠던 우주 초기에 생성된 전자, 양성자 등 기본 입자들이 서로 결합하여 수소, 헬륨 등의 원자가 생성되었고, 이들로부터 별과 은하 등 현재 우주를 이루는 모든 물질이 만들어졌다. 가모프 등은 과거 뜨거웠던 우주로부터 방출된 복사 에너지가 전파 형태로 남아 있을 것이라고 예견하기도 하였다.

빅뱅 이론은 1930년대 초 르메트르(Lemaitre, G., 1894~1966)가 처음 주장하였으나 20세기 중반까지 주목받지 못하였다. 빅뱅 우주론은 이후의 관측 사실들과 잘 부합하고, 가모프 등에 의해 이론이 정교화되면서 우주의 기원을 설명하는 가장 설득력 있는 우주론으로 인정받게 되었다.

빅뱅 우주론을 뒷받침하는 관측 증거에는 어떤 것들이 있을

까? 빅뱅 우주론에서는 우주를 구성하는 물질의 약 75%는 수소, 약 25%는 헬륨으로 추정하였는데, 이처럼 추정한 **수소와 헬륨의 질량비**는 스펙트럼으로 관측한 결과와 아주 잘 들어맞는다. 또, 빅뱅 우주론을 주장한 가모프 등은 빅뱅 후 우주의 온도가 약 3000 K 이었을 때 중성 원자가 생성되면서 빛이 물질로부터 분리되어 사방으로 방출되기 시작했다고 추정하였다. 이때 퍼져 나간 복사는 우주 팽창으로 점점 식어서 현재는 대략 수 K의 온도가 되었을 것이다. 이 예측이 옳다면 우주의 어떤 방향을 보더라도 이러한 우주 복사가 관측되어야 하는데, 이를 **우주 배경 복사**라고 한다.

1964년 펜지어스(Penzias, A. A., 1933~)와 윌슨(Wilson, R. W., 1936~)은 통신 위성용 전파 망원경을 수리하던 중 하늘의 모든 방향에서 같은 세기로 감지되는 약  $7.35 \times 10^{-2}$  m 파장의 전파를 발견하였는데, 이것이 빅뱅 우주론에서 예측해 왔던 우주 배경 복사라는 것을 알게 되었다. 이는 빅뱅 우주론의 가장 강력한 증거이다.

그 후 여러 파장에서의 관측을 통하여 우주 배경 복사는 온도가 약 2.7 K인 흑체가 방출하는 복사와 일치한다는 것이 밝혀졌다. 우주 배경 복사는 1964년 처음 발견했을 때 전 우주에 걸쳐 완전히 균일하다고 생각되었으나, 1992년 코비 위성 관측을 통해 우주 배경 복사에서 10만 분의 1 K 정도의 온도 차이가 관측되었다. 2003년 더블유맵(WMAP) 위성과 최근의 플랑크 망원경 관측을 통해 우주 배경 복사에 존재하는 온도 차이는 더욱 정밀하게 관측되었다.

이와 같은 우주 배경 복사의 미세한 온도 차이는 우주 초기에 미세한 밀도의 불균일이 존재했다는 증거이다. 우주 배경 복사는 우주 초기의 모습이 어떠했는지를 알려 준다. 인류가 많은 예산을 계속 투입해서 탐사선을 발사하는 것은 우주 배경 복사의 연구를 통해 우주의 시작과 우주의 미래를 알 수 있을 것으로 기대하기 때문이다.

1970 년대에 이르자 빅뱅 우주론으로 설명할 수 없는 몇 가지 문제점이 제기되었다.

첫 번째는 우주 배경 복사가 우주의 모든 방향에서 균질하게 관측되는 데에서 제기된 문제이다. 지구를 중심으로 우주의 반대쪽 양 끝 지점 A, B로부터 오는 우주 배경 복사를 생각해 보자. 이 두 지점으로부터 이제 막 우리에게 도달한 빛은 아직 우주의 반대편 끝에 있는 서로에게는 도달하지 못한 상태이다. 서로에게 도달하기까지는 두 배 많은 시간이 걸린다. 우주에서 빛보다 빨리 전달되는 정보는 없으므로 빅뱅 이후 지금까지 이 두 지점은 어떤 정보도 서로 교환할 수 없었다. 물질의 온도가 균질해지려면 골고루 섞여야 한다. 그런데 서로 전혀 상호 작용할 기회가 없었던 이 두 지점의 온도가 약 10만 분의 1 K 수준까지 같은 까닭은 무엇일까? 이를 **우주의 지평선 문제**라고 한다.

두 번째는 우주가 평탄하다는 데에서 제기된 문제이다. 지금까지의 우주 배경 복사 관측 결과에 따르면 우주는 거의 완벽하게 평탄하다. 우주가 이처럼 평탄하다는 사실을 빅뱅 우주론으로 설명하려면 초기 우주의 밀도를 매우 정밀한 하나의 값으로만 설정해야 한다. 하지만 우주의 밀도가 이렇게 특별한 값이어야 하는 까닭은 무엇일까? 이를 **우주의 평탄성 문제**라 한다.

세 번째는 자기 홀극이 발견되지 않는 데에서 제기된 문제

이다. 보통의 자석에는 언제나 N극과 S극이 함께 존재하는데, 이론상 독립적으로 존재하는 N극이나 S극을 자기 홀극이라 한다. 빅뱅 우주론에 따르면 현재 우주에는 초기 우주 때에 생성된 자기 홀극이 매우 많이 존재해야 한다. 1970년대부터 다양한 실험을 통해 자기 홀극을 발견하기 위해 노력하였으나 지금까지 발견되지 않았다. 이를 자기 홀극 문제라고 한다.

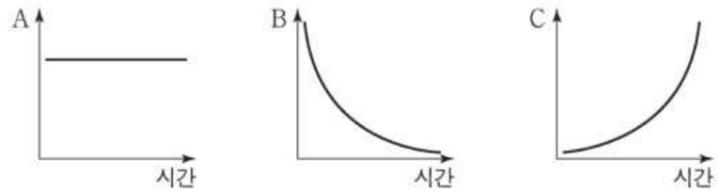
빅뱅 우주론으로 답할 수 없는 세 가지 문제점을 보완하기 위하여 1979년 구스(Guth, A. H., 1947~)는 급팽창 우주론을 제안하였다. 급팽창 우주론이란 우주 탄생 직후에 매우 짧은 시간 동안 우주가 급격하게 팽창했다는 이론이다.

급팽창 우주론에 따르면 급팽창 이전의 우주는 크기가 매우 작았기 때문에 현재 지평선에 있는 지역도 급팽창 전에는 훨씬 가까이 있어 서로 정보 교환이 가능하다. 따라서 우주의 지평선 문제가 해결된다.

또, 우주의 평탄성 문제는 초기 우주의 밀도에 관계없이 우주가 급팽창하면서 평탄해진 것으로 설명한다. 자기 홀극 문제는 급팽창 이전에는 많았던 자기 홀극들이 우주가 급팽창하면서 밀도가 많이 감소했으므로 현재는 발견하기 어렵다고 설명한다.

한편, 1990년대에 이르자 Ia형 초신성을 이용하여 이전보다 훨씬 더 먼 거리까지 측정할 수 있게 되었다. Ia형 초신성은 최대 광도가 항상 일정하고 매우 밝기 때문에 멀리 있더라도 관측할 수 있으므로 거리를 구할 수 있다. 거리가 먼 은하에 Ia형 초신성이 있다면 이로부터 은하의 거리를 구하고, 도플러 효과로 은하의 후퇴 속도를 구해 허블 상수를 알아낼 수 있다. 거리가 다른 여러 은하의 허블 상수를 비교하면 우주 팽창의 역사를 추적할 수 있다. 예를 들어 50억 광년 거리에 있는 은하를 관측하여 구한 허블 상수는 50억 년 전의 우주 팽창 속도이기 때문이다. 이에 따르면 우주는 팽창 속도가 점점 빨라지는 가속 팽창을 하는 것으로 추정된다.

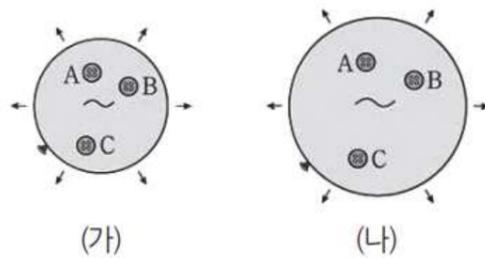
52. 그림은 우주의 물리량을 시간에 따라 나타낸 것이다.



빅뱅 우주론에서 A, B, C에 해당하는 물리량으로 가장 적절한 것은?

- | A    | B  | C  |
|------|----|----|
| ① 부피 | 밀도 | 온도 |
| ② 부피 | 온도 | 질량 |
| ③ 온도 | 질량 | 부피 |
| ④ 질량 | 온도 | 부피 |
| ⑤ 질량 | 밀도 | 온도 |

53. 그림 (가)와 (나)는 허블의 법칙에 따라 팽창하는 어느 대폭발 우주를 풍선 모형으로 나타낸 것이다. 풍선 표면에 고정시킨 단추 A, B, C는 은하에, 물결 무늬(~)는 우주 배경 복사에 해당한다.

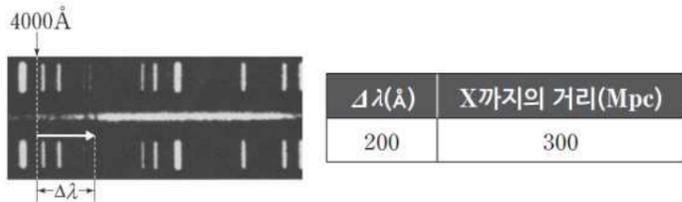


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A로부터 멀어지는 속도는 B가 C보다 크다.  
 ㄴ. 우주 배경 복사의 온도는 (가)에 해당하는 우주가 (나)보다 높다.  
 ㄷ. 우주의 밀도는 (가)에 해당하는 우주가 (나)보다 크다.

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

54. 그림은 외부 은하 X의 스펙트럼을 비교 선 스펙트럼과 함께 나타낸 것이고, 표는 파장이  $4000\text{\AA}$ ( $\lambda_0$ )인 흡수선의 적색 편이가 일어난 양( $\Delta\lambda$ )과 X까지의 거리를 나타낸 것이다.

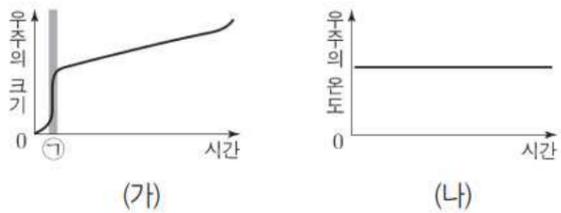


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 빛의 속도는  $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 이다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. 멀리 있는 외부 은하일수록  $\Delta\lambda$ 는 작아진다.
  - ㄴ. X의 후퇴 속도는  $15000 \text{ km/s}$ 이다.
  - ㄷ. X를 이용하여 구한 허블 상수는  $75 \text{ km/s/Mpc}$ 이다.

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

55. 그림 (가)는 우주론 A에 의한 우주의 크기를, (나)는 우주론 B에 의한 우주의 온도를 나타낸 것이다. A와 B는 우주 팽창을 설명한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 우주 배경 복사가 우주의 양쪽 반대편 지평선에서 거의 같게 관측되는 것은 (가)의 ㉠ 시기에 일어난 팽창으로 설명된다.
  - ㄴ. A는 수소와 헬륨의 질량비가 거의 3 : 1로 관측되는 결과와 부합된다.
  - ㄷ. 우주의 밀도 변화는 B가 A보다 크다.

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

23. 암흑 물질과 암흑 에너지

빅뱅으로 탄생한 우주는 지금도 팽창하고 있으며, 우주 온도는 점차 낮아지고 있다. 표준 모형은 물질을 이루는 기본 입자와 입자 사이의 상호 작용 및 힘의 통일을 연구하는 이론이다. 이를 이용하면 우주 초기의 모습뿐 아니라 미래의 우주 모습을 예측할 수 있다. 특히 과학자들은 표준 모형으로 물질과 이들의 상호 작용을 설명하려고 노력하였다.

과학자들은 여러 별과 은하의 운동을 관측하여 예상보다 훨씬 큰 중력이 우주에 영향을 미치고 있다는 것을 알아냈다. 이는 우주에는 관측되는 물질의 양보다 훨씬 많은 양의 물질이 있다는 뜻이다. 관측되지 않는 이 미지의 물질을 **암흑 물질**이라고 한다.

한편, 최근의 관측 자료들을 보면 우주 팽창 속도는 점점 빨라지고 있다. 우주가 가속 팽창한다는 것은 중력과 반대 방향으로 척력이 작용한다는 것을 의미한다. 중력과 반대 방향으로 작용하는 이 미지의 에너지를 **암흑 에너지**라고 한다.

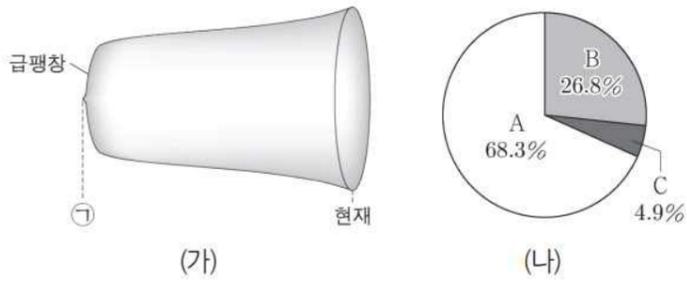
우주가 과거로부터 지금까지 계속 팽창해 왔다면 앞으로는 어떻게 될까? 암흑 에너지가 없을 때 우주가 영원히 팽창하게 될지 아니면 팽창을 멈추게 될지는 우주의 밀도에 따라 결정된다. 우주의 밀도에 의한 중력과 우주가 팽창하는 힘이 평형을 이룰 때의 밀도를 임계 밀도라고 한다. 우주의 밀도가 임계 밀도보다 크면 팽창 속도가 점점 감소하다가 결국에는 수축하는 닫힌 우주가 된다. 반대로 우주의 밀도가 임계 밀도보다 작으면 계속 팽창하는 열린 우주가 된다. 우주의 밀도가 임계 밀도와 같다면 팽창 속도가 계속 느려지지만 팽창이 완전히 멈추지는 않는 평탄한 우주가 된다.

최근의 정밀한 관측 결과 우주 배경 복사에 나타난 미세한 불균일의 정도를 자세히 분석하면 급팽창 시기의 우주의 불균일한 정도를 알 수 있다. 이 불균일함의 변화로 시간에 따른 우주의 변화를 추정해 볼 수 있다. 이를 통해 우주의 구성 물질, 우주의 팽창 속도, 우주 공간의 기하학적 모양 등을 밝혀낼 수 있다. 최근 플랑크 망원경 관측 결과 우주 전체에 존재하는 에너지와 물질 가운데 약 68.3 %는 암흑 에너지, 약 26.8 %는 암흑 물질, 나머지 약 4.9 %가 보통 물질로 밝혀졌다.

평탄한 우주라도 암흑 에너지가 많은 부분을 차지하면 우주는 가속 팽창한다. 팽창 초기에는 중력이 세기 때문에 우주가 감속 팽창하지만, 팽창에 따라 물질의 밀도가 점점 낮아지므로 상대적으로 중력이 우주 팽창에 미치는 영향은 적어진다. 반면 암흑 에너지의 크기는 우주가 팽창해도 일정하므로 그 영향력은 상대적으로 더 커진다.

우리는 우주 대부분을 차지하는 것으로 알려진 우주의 미래를 결정하는 암흑 에너지와 암흑 물질의 정체를 밝히기 위해 노력하고 있다.

56. 그림 (가)는 표준 우주 모형에서 시간에 따른 우주의 크기 변화를, (나)는 플랑크 망원경의 우주 배경 복사 관측 결과로부터 추론한 현재 우주를 구성하는 요소의 비율을 나타낸 것이다.

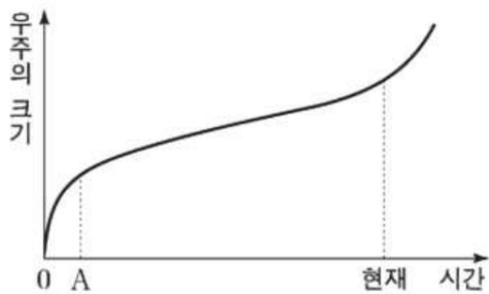


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. 우주 배경 복사는 ㉠시기에 방출된 빛이다.
  - ㄴ. 현재 우주를 가속 팽창시키는 역할을 하는 것은 A이다.
  - ㄷ. B에서 가장 큰 비율을 차지하는 것은 중성자이다.

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

57. 그림은 어느 팽창 우주 모형에서 시간에 따른 우주의 크기 변화를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 > —
- ㄱ. A 시기에 우주는 감속 팽창했다.
  - ㄴ. 현재 우주에서 물질이 차지하는 비율은 암흑 에너지가 차지하는 비율보다 크다.
  - ㄷ. 우주 배경 복사의 파장은 A 시기가 현재보다 길다.

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

2023학년도 수능 대비 모의고사 주요 문항 정답

1	①	2	③	3	④	4	③	5	③
6	②	7	②	8	②	9	①	10	④
11	③	12	⑤	13	①	14	②	15	③
16	④	17	④	18	④	19	④	20	①
21	③	22	⑤	23	④	24	⑤	25	②
26	⑤	27	④	28	③	29	①	30	②
31	④	32	④	33	③	34	④	35	⑤
36	③	37	②	38	①	39	③	40	⑤
41	④	42	①	43	②	44	②	45	④
46	③	47	④	48	①	49	①	50	②
51	⑤	52	④	53	④	54	②	55	③
56	②	57	①						

※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

제 1 교시

2015학년도 교육과정 탐구영역 배경지식

# 국어 영역 (지구과학 II)

성명		수험 번호																		
----	--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- 문제지의 해당란에 성명과 수험번호를 정확히 쓰시오.
- 답안지의 필적 확인란에 다음의 문구를 정자로 기재하시오.

**이 무한한 우주의 영원한 침묵이 나를 두려움으로 몰아 넣는다.**

- 답안지의 해당란에 성명과 수험번호를 쓰고, 또 수험번호와 답을 정확히 표시하시오.
- 문항에 따라 배점이 다르니, 각 물음의 끝에 표시된 배점을 참고하시오.  
배점은 2점 또는 3점입니다.

**※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.**

제1 교시

국어 영역

1. 지구의 탄생과 진화

우주는 약 138억 년 전에 대폭발이 일어나면서 탄생하였다. 빅뱅 후 별과 은하들이 만들어지고 진화하였으며, 별이 일생을 마칠 때는 다양한 원소를 우주 공간에 공급하였다. 우주에서는 우주 공간에 공급된 원소들을 통해 새로운 별이 태어나고 일생을 마치는 과정이 계속되고 있다.

태양계는 이러한 과정에서 약 50억 년 전에 수소와 헬륨, 그 밖의 무거운 원소가 포함된 성간 물질로부터 형성되었다. 태양계 행성에서 나타나는 여러 가지 특징은 태양계 형성과 어떤 관련이 있는지 알아보자.

태양계 탄생은 우리은하의 나선팔에 있던 거대한 성운에서 초신성이 폭발하면서 시작되었다고 생각된다. 이때 발생한 충격파로 성운에서 수축이 일어나 태양계를 만들 수 있는 원시 태양계 성운이 만들어졌다.

이후 원시 태양계 성운이 수축하면서 회전하기 시작하였고, 시간이 지날수록 물질들이 점점 중심으로 모이면서 성운의 회전 속도가 빨라졌다. 이때 수축이 강하게 일어나는 중심부에는 성운 질량의 대부분을 차지하는 원시 태양이 형성되었다. 그리고 원시 태양 주변에는 성운을 이루는 기체와 먼지가 성운의 회전축과 수직인 평면으로 모여 회전하는 납작한 원반이 만들어졌다. 성운의 온도가 서서히 내려가면서 회전하는 원반에서는 수많은 고리가 만들어졌고, 각 고리에서 먼지와 얼음 알갱이 같은 고체 입자들이 충돌하고 합쳐지면서 수많은 미행성체가 형성되었다.

원시 태양 부근의 원반 안쪽은 온도가 매우 높았기 때문에 가벼운 성분은 대부분 날아갔고, 철, 니켈 등의 금속이나 규산염 물질 등 무거운 성분이 남아 암석으로 이루어진 지구형 행성이 형성되었다.

반면, 원반 바깥쪽은 상대적으로 온도가 낮았기 때문에 가벼운 성분이 얼음 상태의 입자로 남을 수 있었다. 얼음 상태의 입자는 암석 성분의 먼지와 합쳐져 미행성체가 되었고, 미행성체가 성장하면서 가벼운 기체 성분을 끌어모아 밀도가 작고 질량이 큰 목성형 행성이 형성되었다.

원시 지구는 무거운 성분이 풍부한 미행성체들이 충돌하고 결합하는 과정에서 형성되었다. 따라서 지구는 주로 철, 니켈 등의 금속과 규산염 물질로 이루어져 있다.

원시 지구는 미행성체와 충돌하면서 크기가 성장하였는데, 미행성체가 충돌하면서 발생한 열과 원시 지구 내부 방사선 동위 원소 붕괴로 발생한 열에 의하여 지표의 대부분이 녹아 마그마 바다가 형성되었다.

마그마 바다가 형성된 후 밀도가 큰 철과 니켈은 지구 중심 쪽으로 가라앉아서 핵이 되었고, 밀도가 작은 규산염 물질은 위로 떠올라 맨틀이 되었다. 그 결과 지구 내부는 핵과 맨틀이 분리되어 층상 구조를 이루게 되었다.

이후 미행성체의 충돌 횟수가 감소하면서 지구 표면은 서서히 식었다. 지구 표면의 온도가 수백 °C로 낮아지면서 마그마 바다가 소멸하였고, 지구의 표면이 굳어 원시 지각이 형성되었다.

지표가 충분히 식은 후 미행성체의 충돌과 화산 활동을 통하여 대기 중으로 방출되었던 수증기가 응결되어 비로 내렸고, 빗물이 낮은 곳에 모여 원시 바다가 형성되었다. 원시 바다의 형성으로 지구는 다른 행성과 달리 생명체가 살 수 있는 행성이 되었다.

목성형 행성은 대기의 주성분이 수소와 헬륨이고, 금성과 화성은 이산화 탄소이지만 오늘날 지구는 대기의 주성분이 질소와 산소이다. 이러한 차이가 나타나는 까닭은 무엇일까?

원시 지구가 탄생할 무렵 수소와 헬륨은 초기에 대부분 사라졌고, 현재와 같은 조성을 가진 대기는 나중에 형성되었다. 원시 대기의 주성분이던 이산화 탄소는 원시 바다가 형성된 후 해수에 녹아들어 간 다음 탄산 칼슘의 형태로 침전되어 석회암이 되었다. 한편, 바다에서는 광합성 생물이 등장하여 산소가 생성되었고, 이 산소가 대기로 방출되어 대기 중에 산소가 축적되기 시작하였다. 대기 중의 산소 농도가 높아지면서 태양 복사의 자외선에 의해 오존이 생성되었고, 오존층이 형성되면서 육상 생물이 출현하였다.

1. 그림은 지구의 진화 과정 중 일부를 나타낸 것이다.

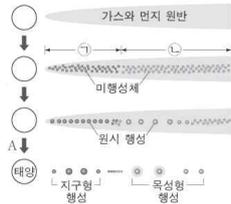


A. 마그마 바다의 형성 B. 맨틀과 핵의 분리 C. 원시 지각의 형성  
A, B, C 단계에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >  
ㄱ. A에서 물은 대부분 액체 상태로 존재한다.  
ㄴ. 지구 중심부의 밀도는 A보다 B에서 크다.  
ㄷ. 지구 표면의 온도는 B보다 C에서 높다.

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

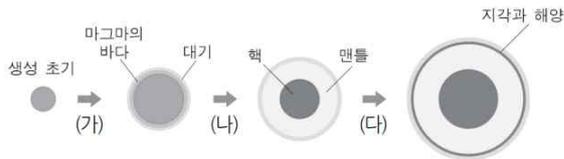
2. 그림은 성운설을 바탕으로 태양계의 형성 과정을 단계별로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



< 보 기 >  
 ㄱ. 원반에서 가스의 주성분은 수소와 헬륨이다.  
 ㄴ. 미행성체들을 구성하는 물질의 평균 밀도는 ㉠이 ㉡보다 크다.  
 ㄷ. A 과정에서 원시 지구의 질량은 증가한다.

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

3. 그림은 지구 진화 과정의 일부를 나타낸 것이다.



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

< 보 기 >  
 ㄱ. (가)에서 지구의 온도는 하강하였다.  
 ㄴ. (나)에서 밀도가 큰 물질이 지구 중심부로 이동하였다.  
 ㄷ. (다)에서 대기 중의 수증기가 응결하여 비로 내렸다.

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

2. 지구 내부 에너지

지구 내부 열에너지의 근원에는 지구 탄생 초기에 생성된 열과 지질 시대 동안 지속해서 만들어진 열이 있다.

지구 탄생 초기에는 미행성체가 지구와 충돌하면서 많은 양의 열에너지가 발생하였다. 또, 마그마의 바다에서 핵과 맨틀이 분리될 때, 무거운 물질이 지구 중심 쪽으로 가라앉으면서 열에너지가 발생하였다.

지각을 구성하는 암석은 우라늄, 토륨, 칼륨과 같은 방사성 원소를 포함하고 있는데, 이 방사성 원소들은 반감기가 매우 길기 때문에 오랫동안 붕괴하면서 열에너지를 발생시킨다. 방사성 원소 붕괴 열은 주로 화강암에서 많이 발생한다.

이처럼 축적된 지구 내부의 열은 지표면으로 방출되는데, 1 m<sup>2</sup>의 지표면에 1초 동안 방출되는 열량을 **지각 열류량**이라고 한다.

새로운 해양 지각이 만들어지는 해령에서는 뜨거운 맨틀 물질이 상승하기 때문에 지표면에서 지각 열류량이 가장 많다. 한편, 해양 지각이 섭입되어 소멸되는 해구에서는 맨틀 물질이 하강하기 때문에 지표면에서 지각 열류량이 적다.

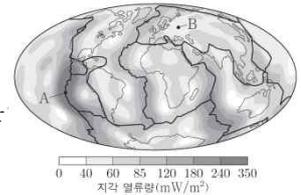
방사성 원소의 붕괴열만 고려하면 해양 지각은 현무암으로 되어 있고 두께가 얇으므로 화강암으로 이루어진 두꺼운 대륙 지각보다 지각 열류량이 적어야 한다. 하지만 지구 역사 동안 축적된 열이 지표면으로 방출되는 것을 고려하면 해양 지각은 대륙 지각보다 지각 열류량이 많다.

지구 탄생 이후 지구 내부에서 생성된 에너지가 지구 표면으로 방출되는 과정에서 맨틀 대류와 판 운동이 일어나고, 그 결과 화산이나 지진 활동과 같은 현상이 나타난다. 이처럼 지구 생성 당시 만들어진 열에너지와 지질 시대 동안 방사성 원소의 붕괴로 만들어진 열에너지는 지각 변동의 원동력이 된다.

4. 그림은 전 세계 지각 열류량의

분포와 판의 경계를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



< 보 기 >  
 ㄱ. A 지점은 발산형 경계에 위치한다.  
 ㄴ. 평균 지각 열류량은 대륙 지각이 해양 지각보다 많다.  
 ㄷ. A 지점과 B 지점에서 지각 열류량의 차이가 생기는 주된 이유는 맨틀 물질의 상승 때문이다.

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

3. 지구 내부 구조

지진은 지각에 힘이 작용하여 에너지가 축적되었다가 급격하게 방출되면서 파동의 형태로 전파되어 지표면이 진동하는 현상이다. 이 파동을 **지진파**라고 하며, 지진파는 크게 지표면을 따라 전달되는 **표면파**와 지구 내부를 통과하는 **실체파**로 구분한다. 실체파는 지구 내부 물질에 따라 속도가 변하므로 지구 내부 구조를 파악하는 데 이용된다.

실체파에는 고체, 액체, 기체를 모두 통과하는 **P파**와 고체만 통과하는 **S파**가 있다. P파는 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 나란한 종파이며, S파는 파의 진행 방향과 매질의 진동 방향이 수직인 횡파이다.

지진이 발생하면 전파 속도가 가장 빠른 P파가 지진 관측소에 먼저 도달하며, 이후 S파, 표면파 순으로 도달한다.

지진파의 진폭은 지표면을 따라 전파되는 표면파가 가장 크고, S파, P파 순으로 진폭이 작아진다.

P파가 도달한 후 S파가 도달할 때까지의 시간을 **PS시**라고 한다. PS시는 지진 관측소에서 진앙까지의 거리가 멀수록 커진다. 그러므로 PS시를 측정하면 지진의 발생 위치를 파악할 수 있다.

진앙까지의 거리와 지진파의 도달 시간과의 관계를 나타낸 것을 **주시 곡선**이라고 하며, PS시를 알면 주시 곡선을 통해 진앙까지의 거리를 구할 수 있다.

지구가 균질하다면 지진파는 지구 내부에서 같은 속도로 전파된다. 하지만 지구 내부는 깊이에 따라 물질의 종류와 성질이 다르므로 지진파가 전파되면서 속도가 변한다. 또, 지진파는 서로 다른 매질을 통과할 때 반사와 굴절이 일어나므로 지진 관측 등을 통해 지진파를 연구하면 지구 내부 구조를 파악할 수 있다.

모호로비치치는 발칸 반도의 지진을 분석한 결과, 진앙에서 먼 관측소에서는 지각을 통과하여 직접 도달하는 지진파보다 먼저 도착하는 지진파를 발견하였다. 이를 통해 모호로비치치는 지각 아래 지진파의 속도가 빨라지는 경계면의 존재를 알아냈다. 이 경계면을 **모호로비치치 불연속면** 또는 **모호면**이라고 하며, 모호면의 발견으로 맨틀의 존재가 밝혀졌다.

이후 구텐베르크는 진앙에서 각거리가 103° 이상인 곳에는 S파가 도달하지 않는 S파의 암영대가 있고, 103°~143° 사이에는 P파가 관측되지 않는 P파의 암영대가 있다는 것을 발견하였다. S파의 암영대는 S파가 액체를 통과하지 못하기 때문에 나타나고, P파의 암영대는 P파가 경계면에서 크게 굴절하기 때문에 나타난다. 이 경계면을 **구텐베르크 불연속면**이라고 하고, 암영대의 발견으로 맨틀 아래 액체 상태의 핵이 존재한다는 것을 알아냈다.

한편, 레만은 P파 암영대의 특정 지역에서 약한 P파가 관측된다는 사실로부터 P파가 핵을 통과하는 동안 P파의 속도가 크게 증가하는 경계면의 존재를 알아냈다. 이 경계면을 **레만 불연속면**이라고 하며, 레만 불연속면을 경계로 액체 상태인 외핵과 고체 상태인 내핵으로 구분한다.

모호로비치치가 발칸 반도에서 알아낸 모호면의 깊이는 약 30 km이지만, 이후 지진학자들이 전 세계 지진 자료를 분석한 결과 모호면의 깊이가 지역마다 다르다는 사실이 밝혀졌다. 일반적으로 대륙에서 모호면의 깊이는 약 30km~70km이고,

해양에서 모호면의 깊이는 약 5km~10km이다.

밀도가 작은 지각이 밀도가 큰 맨틀 위에 놓여 있고, 중력 때문에 평형을 이루고 있다는 학설을 **지각 평형설**이라고 한다. 지각 평형설에는 에어리설과 프래트설이 있다. 에어리설에 따르면 지각의 밀도는 일정하며, 높이 솟은 지각일수록 모호면의 깊이가 깊다. 반면, 프래트설에 따르면 모호면의 깊이는 어느 지역에서나 같으며, 높이 솟은 지각일수록 밀도가 작다. 지각의 두께에 따라 모호면의 깊이가 다른 것은 에어리설로 잘 설명되며, 대륙 지각과 해양 지각의 밀도가 다른 것은 프래트설로 잘 설명된다.

5 다음은 스칸디나비아 반도의 조륙 운동을 지각 평형설로 설명하기 위한 실험 과정이다.

[실험 과정]

(가) ㉠와 같이 추가 위에 놓인 나무토막을 저울에 매달고, 물을 가득 채운 수조와 빈 비커를 준비한다.

(나) ㉡와 같이 추가 놓인 나무토막을 수조에 천천히 담그면서 무게 변화를 관찰하고 수조로부터 넘치는 물을 비커에 받는다.

(다) ㉢와 같이 저울의 눈금이 0이 될 때까지 나무토막의 움직임을 관찰한다.

(라) 추를 제거한 후, 물을 가득 채운 수조에 나무토막을 천천히 담그면서 ㉣와 같이 저울의 눈금이 0이 될 때까지 나무토막의 움직임을 관찰한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 현재 스칸디나비아 반도에서 일어나고 있는 조륙 운동을 나타내는 것은 ㉡ → ㉢ 과정이다.
  - ㄴ. ㉢와 ㉣는 모두 지각 평형이 이루어진 상태를 나타낸다.
  - ㄷ. 모호면의 깊이는 ㉢의 경우가 ㉣의 경우보다 깊다.

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

4. 지구 중력장

지구상의 물체와 지구 사이에는 만유인력이 작용하는데, 지구에서 만유인력의 방향은 지구 중심을 향한다. 만유인력의 크기는 두 물체 질량의 곱에 비례하고, 거리 제곱에 반비례한다. 지구는 적도 지역이 부풀 타원체이므로 만유인력의 크기는 적도에서 극으로 갈수록 커진다. 지구상의 물체에는 지구 자전 때문에 원심력이 작용하는데, 원심력의 크기는 적도에서 가장 크고 극에서 0이 된다. 원심력의 방향은 지구 자전축에 직각으로 작용하여 지구 밖을 향한다. 만유인력과 원심력의 합력을 중력이라고 하며, 중력은 적도에서 가장 작고 고위도로 갈수록 커진다.

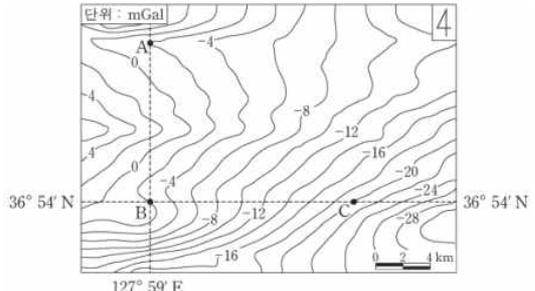
지구 타원체에서 위도에 따라 이론적으로 계산한 중력값을 **표준 중력**이라고 한다. 표준 중력값은 저위도에서 고위도로 갈수록 증가하고 동일 위도상에서는 같다. 위도에 따라 표준 중력이 다른 까닭은 지구 중심과 지구 타원체면 사이의 거리와 원심력의 크기가 위도에 따라 다르기 때문이다.

실제 지구는 지구 타원체와는 달리 균질하지 않다. 그러므로 같은 위도에서 측정하더라도 고도, 지형, 지구 내부의 물질 분포 등에 따라 중력값이 다르다. 이처럼 측정된 중력값과 표준 중력값과의 차이를 **중력 이상**이라고 한다.

측정 지점의 고도 및 지형적인 영향으로 발생하는 중력 이상을 바로잡고 나면, 지하 물질의 밀도 분포로 발생하는 중력 효과만 남게 된다. 어느 지역의 지하에 주변의 암석과 밀도가 다른 물질이 존재하면 이 지역의 중력값은 주변 지역과 차이를 보인다. 따라서 이 차이를 측정하여 중력 이상의 분포를 연구하면 지하자원이나 광물을 탐사하는 데 이용할 수 있다.

중력 이상을 이용하면 지각 평형에 의한 효과도 확인할 수 있다. 예를 들어, 히말라야산맥 부근의 중력 이상값이 매우 작은데, 이로부터 히말라야산맥은 지각 평형 때문에 상대적으로 밀도가 작은 지각이 맨틀 깊은 곳까지 놓여 있다는 것을 알 수 있다.

6. 그림은 우리나라 어느 지역의 중력 이상 분포를 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 직선 구간 A~B에서 중력 이상 최댓값과 최솟값의 차는 0mGal이다.
  - ㄴ. A와 B의 표준 중력 방향은 모두 지구 중심 방향이다.
  - ㄷ. B와 C의 표준 중력 크기는 같다.

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

5. 지구 자기장

지구상에서 나침반은 항상 지구의 남북 방향을 가리키는데 이는 지구가 하나의 커다란 자석의 성질을 가지기 때문이다. 이처럼 지구 주위에 나타나는 자석과 같은 성질을 **지자기** 또는 **지구 자기**라고 한다.

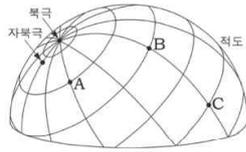
고지자기 관측 결과 약 30억 년 이전부터 지구 자기장이 존재했다는 것이 밝혀졌다. 따라서 지질 시대 동안 지구 자기장이 지속해서 만들어지고 있다는 것을 알 수 있다. 그렇다면 지구에는 자기장이 어떻게 형성된 것일까? 현재까지 지구 자기장의 발생 원리를 가장 잘 설명하는 이론은 **다이너모 이론**이다. 다이너모 이론에 따르면 철과 니켈로 이루어진 액체 상태의 외핵에서 대류가 일어나면 자기장이 생성된다. 이 지구 자기장의 영향으로 유도 전류가 발생하고, 이 전류의 작용으로 다시 지구 자기장이 발생하여 지구 자기장이 지속적으로 유지된다.

지구 자기장의 북극을 **자북극**이라고 한다. 자북극과 지리상의 북극은 완전히 일치하지 않으므로 지구상의 한 지점에서 자북은 진북의 동쪽이나 서쪽으로 기울는데, 이 때 자북과 진북 사이의 각도를 **편각**이라고 한다.

또, 수평면과 자기장 방향이 이루는 각도를 **복각**이라고 한다. 자극에서 자기장의 방향은 수평면과 수직이고, 자극에서 멀어질수록 복각은 작아진다. 한편, 지구 자기장의 세기인 전 자기력은 수평 성분의 **수평 자기력**과 수직 성분의 **연직 자기력**으로 나눌 수 있다. 지구상의 한 지점에서 지구 자기장의 방향과 세기는 편각, 복각, 수평 자기력으로 나타낼 수 있는데 이를 **지구 자기 3요소**라고 한다.

지구 자기장은 액체 상태의 외핵이 대류하여 만들어지므로 외핵의 대류에 따라 지구 자기장의 방향과 세기가 반복적으로 변한다. 이처럼 오랜 시간에 걸쳐 일어나는 지구 자기장의 변화를 **연년 변화**라고 한다. 지구 자기장은 자북극과 자남극이 바뀌는 지자기 역전이 발생하기도 한다. 지구 자기는 지질 시대 동안 반복적으로 역전되었으며, 현재와 같은 극성을 정자극이라고 하고 역전이 일어났을 때의 극성을 역자극이라고 한다. 또, 태양에서 분출된 고에너지 입자들이 지구 대기와 반응하여 하루를 주기로 지구 자기장이 변하기도 하는데, 이를 지구 자기장의 **일변화**라고 한다. 한편, 태양 활동이 활발해져 강한 태양풍이 발생할 때 지구 자기장의 급격한 변화가 일어나는데, 이를 **자기 폭풍**이라고 한다.

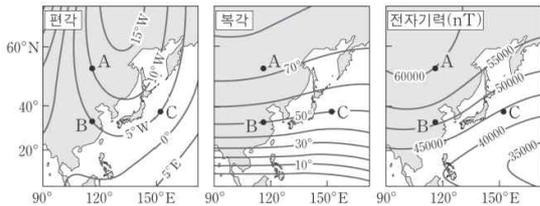
7. 그림은 지구 표면에 북극과 자북극의 위치를 나타낸 것이다. 세 지점 A, B, C에서 측정한 지구 자기장의 요소에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 북각은 A보다 B에서 크다.
  - ㄴ. C에서는 수평 자기력이 연직 자기력보다 크다.
  - ㄷ. 세 지점에서는 모두 동편각이 측정된다.

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

8. 그림은 우리나라 주변의 편각, 북각과 전자기력 분포를 나타낸 것이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향은 A보다 B에서 진북에 가깝다.
  - ㄴ. 나침반 자침을 수평으로 하려면 A보다 B에서 자침의 S극을 더 무겁게 해야 한다.
  - ㄷ. B와 C에서 수평 자기력의 크기는 같다.

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

6. 광물의 성질

지각을 이루는 암석은 여러 가지 광물로 이루어져 있으며, 광물은 한 종류나 여러 종류의 원소들이 결합하여 화합물을 이루고 있다. 광물은 천연적으로 산출되는 무기물로 화학 조성이 일정하고, 고유의 결정 구조를 가지는 고체 물질을 말한다. 예를 들어, 암염은 나트륨 이온과 염화 이온이 규칙적으로 결합된 광물이다.

원자가 규칙적으로 배열된 것을 결정질이라고 한다. 광물에 X선을 통과시키면 규칙적인 점무늬들이 나타나는데, 이를 통해 광물을 이루는 원자들의 배열이 규칙적이라는 것을 알 수 있다.

광물은 한 가지 원소로 이루어진 원소 광물이 있고, 구성 성분으로 음이온을 포함하는 규산염 광물, 탄산염 광물, 산화 광물, 황화 광물 등이 있다. 그중 규산염 광물이 지각의 약 90%를 차지하며, 지각에서 가장 풍부하다.

규산염 광물은 1개의 규소 원자에 4개의 산소 원자가 결합된 사면체를 기본 단위로 하는데, 이를  $SiO_4$  사면체라고 한다.  $SiO_4$  사면체에 양이온이 결합하거나 이 사면체끼리 산소 원자를 여러 가지 형태로 공유하면 다양한 규산염 광물이 만들어진다. 감람석은 독립된  $SiO_4$  사면체에 마그네슘 이온이나 철이온이 결합하여 만들어진 것이다. 휘석이나 각석, 흑운모는  $SiO_4$  사면체끼리 산소 원자를 공유하면서 사슬 모양이나 판 모양의 구조를 이루고, 마그네슘 이온이나 철 이온 등이 결합하여 만들어진 것이다. 석영은 사면체끼리 산소 원자를 모두 공유하면서 망상 구조를 이룬 것이다.

광물의 물리적 성질에는 색, 조흔색, 광택, 결정형, 쪼개짐과 깨짐, 굳기 등이 있다. 광물은 종류에 따라 고유한 색을 가지지만 서로 다른 광물이라도 색이 같은 경우가 있다. 이러한 경우 광물 가루의 색인 조흔색을 관찰하여 광물을 구별할 수 있다. 또, 광물의 표면에서 반사된 빛에 의해 생기는 광택으로 광물을 구별할 수도 있다.

규산염 광물은  $SiO_4$  사면체의 결합 구조에 따라 여러 가지 고유의 물리적 성질이 나타난다. 규산염 광물을 비롯하여 대부분의 광물은 원자나 이온이 규칙적으로 배열되어 고유한 결정 모양이 나타나는데, 이를 결정형이라고 한다.

광물에 힘을 주었을 때 일정한 방향으로 평탄한 면을 보이며서 갈라지는 성질을 쪼개짐이라고 하고, 방향성이 없이 불규칙하게 깨지는 성질을 깨짐이라고 한다. 쪼개짐은 결합력이 약한 면을 따라 나타나고, 깨짐은 결합력이 약한 면이 뚜렷하지 않을 때 나타난다. 예를 들어, 흑운모는  $SiO_4$  사면체가 판 모양의 층상 구조로 강하게 결합되어 있지만 층과 층 사이는 약하게 결합되어 있어 한 방향의 판상으로 쪼개지는 성질이 나타난다. 또, 휘석은  $SiO_4$  사면체가 단일의 사슬 모양으로 강하게 결합되어 있으므로 두 방향의 쪼개짐이 나타난다. 반면, 석영은  $SiO_4$  사면체 사이의 결합력이 모두 같아 불규칙하게 깨지는 성질이 나타난다.

굳기는 광물을 구성하는 원자나 이온의 밀도가 클수록, 화학적 결합력이 강할수록 단단하다. 예를 들어, 석영은 화학적 결합력이 강하여 단단하지만 활석은  $SiO_4$  사면체가 약하게 결합되어 있어 매우 무르며, 쉽게 분말이 된다.

9. 표는 석영, 감람석, 흑운모의 SiO<sub>4</sub> 사면체 결합 구조를 순서 없이 나타낸 것이다.

광물	(가)	(나)	(다)
결합 구조	<p>규소(Si) 산소(O)</p>		

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. (가)는 석영이다.  
 ㄴ. (나)는 판상으로 쪼개진다.  
 ㄷ. SiO<sub>4</sub> 사면체 결합 구조에서  $\frac{O \text{ 원자 수}}{Si \text{ 원자 수}}$  는 (가)<(나)<(다)이다.

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

7. 편광 현미경 관찰

투명한 방해석 결정을 통해 물체를 보면 물체가 이중으로 겹쳐 보인다. 이는 사방으로 진동하는 자연광이 방해석 결정을 통과하면서 서로 직교하는 방향으로 진동하여 두 갈래로 굴절하기 때문이다. 이러한 현상을 복굴절이라고 하고, 복굴절이 일어나는 광물을 이방체 광물이라고 한다. 한편, 빛이 한갈래로 굴절하는 현상을 단굴절이라고 하고, 암염이나 형석과 같이 단굴절하는 광물을 등방체 광물이라고 한다.

이방체 광물은 편광 현미경을 이용하면 광물의 광학적 성질을 자세히 관찰할 수 있다. 편광 현미경은 재물대를 기준으로 상부와 하부에 각각 하나의 편광판이 설치되어 있다. 하부 편광판은 고정되어 있고, 상부 편광판은 경통에 삽입할 수 있게 되어 있으며, 상부 편광판과 재물대를 조작하여 광물을 관찰할 수 있다. 편광 현미경에서 상부 편광판을 뺀 상태를 개방 니콜이라 하고, 상부 편광판을 넣은 상태를 직교 니콜이라 한다.

편광 현미경에서 광물은 개방 니콜이나 직교 니콜 상태로 관찰한다. 흑운모나 각섬석 박편을 재물대에 놓고 개방 니콜 상태에서 재물대를 돌리면 광물의 색과 밝기가 미세하게 변하는 것을 볼 수 있는데, 이러한 성질을 다색성이라고 한다. 다색성은 방향에 따라 광물이 빛을 흡수하는 정도가 다르기 때문에 나타나는 성질이다.

광물 박편을 재물대에 놓고 직교 니콜 상태에서 재물대를 돌리면 광물에 따라 찬란하고 다양한 색이 나타나는데, 이러한 성질을 간섭색이라고 한다. 간섭색은 이방체 광물을 통과하여 복굴절한 두 갈래의 빛이 서로 간섭을 일으켜 나타나는 성질이다. 한편, 직교 니콜 상태에서 재물대에 이방체 광물을 놓고 천천히 360° 회전시키면 네 번 어두워지는 것을 관찰할 수 있는데, 이러한 성질을 소광이라고 한다.

다색성, 간섭색, 소광은 광물의 고유한 성질이므로 편광 현미경을 이용하여 이러한 성질을 관찰하면 광물을 구별할 수 있다.

화성암을 편광 현미경으로 관찰하면 화성암의 종류에 따라 입자의 크기가 다양하게 나타난다. 심성암에서는 입자의 크기가 크고 비교적 고른 **조립질 조직**을 관찰할 수 있고, 화산암에서는 대부분 결정이 없는 **유리질 조직**이나 결정의 크기가 매우 작은 **세립질 조직**을 관찰할 수 있다. 또, 반심성암이나 화산암에서는 유리질 조직이나 세립질 조직 바탕에 결정의 크기가 큰 반정이 형성된 **반상 조직**을 관찰할 수 있다. 이러한 암석 조직의 차이는 마그마의 냉각 속도와 관련이 있다. 조립질 조직은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 식어 형성되고, 유리질이나 세립질 조직은 마그마가 지표 부근에서 빠르게 식어 형성된다. 또, 반상 조직은 지하 깊은 곳에서 서서히 식어가던 마그마가 상승하여 빠르게 식어 형성된다.

편광 현미경으로 화성암을 자세히 관찰하면 광물이 생성된 순서를 알 수 있다. 마그마가 냉각되는 과정에서 암석을 이루는 모든 광물이 동시에 정출되지는 않는다. 처음 생성된 결정은 주변 결정의 방해 받지 않으므로 결정면이 잘 발달한 **자형**이 된다. 그러나 결정 작용이 진행됨에 따라 나중에 정출되는 광물은 성장할 공간이 부족하여 결정면 일부만 발달하는 **반자형**이 되고, 마지막에 정출되는 광물은 결정면이 발달하지 못한 **타형**이 된다.

편광 현미경으로 역암이나 사암 등의 퇴적암을 관찰하면 입

자의 모서리가 마모되어 있고, 입자 사이에 방해석, 점토 광물, 불투명 광물 등의 고결 물질이 채워져 있는 **쇄설성 조직**을 볼 수 있다. 이는 지표에 노출된 암석이 풍화 작용을 받고 퇴적물 입자가 운반된 후 퇴적되어 형성되기 때문이다. 한편, 석회암을 관찰하면 크고 작은 탄산 칼슘의 입자들 사이에 생물의 골격이나 껍데기의 파편이 관찰되는 경우가 많다. 이는 해양 환경에서 탄산 칼슘이나 생물체의 유해가 가라앉아 석회암이 형성되기 때문이다.

변성암은 지하 깊은 곳에서 열과 압력을 받아 생성된 광역 변성암과 마그마의 접촉부에서 주로 열을 받아 생성된 접촉 변성암이 있다. 광역 변성암을 편광 현미경으로 관찰하면 광물이 재결정되어 입자들이 서로 맞물려 있다. 또, 흑운모나 백운모와 같은 판상의 광물은 압력에 수직인 방향으로 나란하게 배열된 **엽리**를 볼 수 있다. 셰일이 열과 압력을 받아 생성된 변성암은 변성 정도가 증가함에 따라 세립질의 입자에서 조립질의 입자로 변한 것을 볼 수 있다. 한편, 접촉 변성암을 편광 현미경으로 관찰하면 재결정이 일어나 치밀한 **혼펠스 조직**이 나타나거나 입자의 크기가 비슷하고 조립질로 구성된 **입상 변정질 조직**이 나타난다.

10 표의 (가)와 (나)는 개방 니콜과 직교 니콜에서 관찰한 암석 A와 B의 박편 사진을 순서 없이 나타낸 것이다.

	(가)	(나)
A		
B		

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 소광 현상을 관찰하기 위해서는 (가)의 상태에서 재물대를 회전시킨다.
  - ㄴ. B에서 반상 조직이 나타난다.
  - ㄷ. ㉠을 통과하는 빛은 진행 방향에 따라 속도가 달라진다.

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

11. 다음은 방해석의 광학적 성질에 관한 탐구 과정이다.

**[탐구 과정]**

(가) ㉠와 같이 투명한 유리 위에 한 줄의 점선을 그린 후 방해석을 유리 위에 올려 놓고 관찰하였다니 점선이 ㉠ 두 줄로 보였다.

(나) ㉡와 같이 방해석 위에 편광판을 얹고 편광판을 360° 회전시키면서 관찰한다.

(다) ㉢와 같이 유리 아래에 편광판을 놓고 편광판을 360° 회전시키면서 관찰한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠은 방해석 내부로 진행한 빛이 두 개의 광선으로 나뉘기 때문이다.
  - ㄴ. (나)에서는 점선이 한 줄로 보이는 현상이 4번 발생한다.
  - ㄷ. (다)에서는 점선이 보이지 않는 현상이 발생한다.

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

8. 광상의 형성

지각에는 자원으로 이용되는 여러 가지 광물들이 포함되어 있다. 그러나 어떤 지역에서는 유용한 광물이 지각 내의 평균적인 함량보다 훨씬 높은 비율로 모여 있는 곳이 있는데, 이러한 곳을 **광상**이라고 한다. 광물은 암석의 구성 요소이므로 광상은 화성 작용, 퇴적 작용, 변성 작용을 통해 암석이 만들어지는 과정에서 형성된다.

마그마가 냉각되는 과정에서 유용한 광물이 정출되어 형성된 광상을 **화성 광상**이라고 한다. 화성 광상은 일반적으로 마그마의 생성이 활발한 판의 경계에서 형성된다. 화성 광상에는 정마그마 광상, 페그마타이트 광상, 열수 광상 등이 있다.

고온의 마그마가 냉각되는 초기에는 자철석, 크롬철석, 백금, 니켈 등 용융점이 높고 밀도가 큰 광물이 정출되어 **정마그마 광상**을 형성한다. 또, 남아 있는 마그마가 냉각되는 후기에는 마그마가 주변의 암석을 뚫고 들어가서 석영, 장석, 운모, 녹주석, 전기석 등의 광물이 정출되어 **페그마타이트 광상**을 형성한다. 한편, 마그마가 냉각되면서 여러 가지 광물이 정출되고 남은 열수 용액이 주변 암석의 틈을 따라 이동하면 금, 은, 구리, 납, 아연, 수은 등을 포함하는 광물이 정출되어 **열수 광상**을 형성한다.

지표의 암석이 풍화, 침식, 운반, 퇴적되는 과정에서 유용한 광물이 모여 형성된 광상을 **퇴적 광상**이라고 한다. 퇴적 광상은 유용한 광물질이 모이는 과정에 따라 표사 광상, 풍화 잔류 광상, 침전 광상 등으로 분류된다.

암석이 풍화되어 생긴 유용한 광물이 흐르는 물에 운반되는 동안 밀도가 큰 광물이 하천의 바닥에 쌓이면서 형성된 광상을 **표사 광상**이라고 한다. 표사 광상에는 금, 백금, 다이아몬드, 주석 등과 같이 풍화에 강하고, 밀도가 큰 광물이 주로 모여 있다.

고온 다습한 열대 지방에서는 화학적 풍화 작용이 활발하게 일어나면서 암석을 이루는 나트륨, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 규소 등이 녹아 빠져나가고, 상대적으로 잘 녹지 않는 철과 알루미늄이 남아 광상을 형성하기도 하는데, 이를 **풍화 잔류 광상**이라고 한다. 알루미늄 산화물로 이루어진 보크사이트는 이에 해당한다.

해수가 증발하면서 해수에 녹아 있는 물질이 침전되어 암염, 석고, 탄산염 광물 등이 모여 형성된 광상을 **침전 광상**이라고 한다. 이 광상에 속하는 예로 신캄브리아 시대의 호상 철광층이 있다. 호상 철광층은 해수에 녹아 있던 철이 산소와 결합하여 산화된 후 침전되어 형성된 것이다.

지각 변동이 일어날 때 기존의 광상이 열과 압력에 의해 변성 작용을 받아 형성된 광상을 **변성 광상**이라고 한다. 변성 광상에는 교대 광상과 광역 변성 광상이 있다. 교대 광상은 석회암과 같은 암석이 마그마가 관입할 때 광물이 용융되고, 새로운 광물이 침전되어 기존 광물을 교대하여 형성된다. 한편, 광역 변성 작용이 일어날 때는 광물들이 한 곳에 모이기 어렵지만 광역 변성 작용이 일어나면서 물과 휘발 성분이 빠져나와 생긴 열수에 의해 광상이 형성되기도 한다. 변성 광상에서는 우라늄, 흑연, 활석, 납정석 등이 산출된다.

12. 표는 광상의 생성 과정과 광물 자원의 예를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 화성 광상, 변성 광상, 퇴적 광상 중 하나이다.

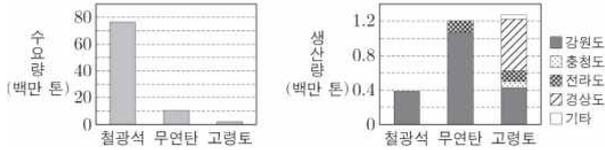
광상	생성 과정	광물 자원의 예
A	암석의 풍화, 운반, 퇴적	고령토, 보크사이트
B	마그마의 냉각	금, 은, 구리
C	암석이나 기존 광상의 변성 작용	㉠

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >  
 ㄱ. A는 화성 광상이다.  
 ㄴ. 생성 온도는 B가 A보다 높다.  
 ㄷ. 활석은 ㉠에 해당한다.

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

13. 그림은 어느 해 우리나라의 철광석, 무연탄, 고령토의 수요량과 지역별 생산량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >  
 ㄱ. 자원의 수요량과 생산량의 차는 철광석이 무연탄보다 크다.  
 ㄴ. 퇴적 광상에서 산출되는 광물 자원이 포함되어 있다.  
 ㄷ. 강원도의 자원 생산량은 금속 광물이 비금속 광물보다 많다.

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

9. 광물과 암석의 이용

지구상에 분포하는 다양한 광물 중에서 우리가 일상생활이나 산업에 이용하는 광물을 **광물 자원**이라고 한다. 광물 자원은 금속 광물 자원과 비금속 광물 자원으로 구분한다. **금속 광물 자원**은 금, 은, 구리, 철 등의 금속이 주성분인 광물이며, 제련 과정을 거쳐 사용한다. **비금속 광물 자원**은 석회석, 고령토 등과 같이 금속 광물 자원을 제외한 나머지 광물 자원을 말한다.

철은 지각에서 알루미늄 다음으로 풍부한 금속 원소이다. 철은 각종 기계와 도구, 다리, 고층 건물, 배, 비행기 등 인류가 사용하는 금속 대부분을 차지한다. 또, 철이 가진 단점을 보완하기 위해 스테인리스강을 비롯한 수많은 철 합금강이 다양한 분야에서 사용되고 있다.

알루미늄은 지각의 구성 원소 중 가장 풍부한 금속 원소이다. 알루미늄은 전기가 잘 통하므로 고압 전선, 전기 제품 등에 이용되며, 쉽게 녹슬지 않고 가벼워 창틀, 알루미늄 캔, 주방 용기로 이용된다.

구리는 부식에 강하고 전기와 열을 잘 전달하므로 전기 재료, 합금, 전자 제품에 주로 이용된다. 망가니즈는 철의 합금에 필요한 금속으로 이용될 뿐만 아니라 건전지, 유리, 의약품의 제작에도 이용된다. 또, 네오디뮴, 스칸듐, 이트륨, 란타넘 등의 희토류는 지각에 농축된 형태로는 거의 존재하지 않지만 전자 산업, 항공 우주 산업 등 첨단 산업에 필수적으로 이용된다.

비금속 광물은 대부분 제련 과정을 거치지 않고 직접 제품의 원료로 이용된다. 석영은 각종 유리 원료, 광학 기구, 전자 부품 등에 이용되며, 장석은 유리, 에나멜, 유약, 치과용 재료 등으로 이용된다. 또, 고령토는 도자기의 원료이며, 활석은 종이, 페인트, 화장품의 제조에 이용된다.

암석도 우리 생활에 폭넓게 활용되고 있다. 화강암은 단단하여 돌기 등 등의 건축 자재로 이용되고, 대리암은 무늬가 아름다워 건물의 벽이나 바닥을 장식하는 데 이용된다. 또, 석회암은 시멘트나 비료의 원료로 쓰인다. 한편, 암석이 풍화되어 생성된 토양 자원도 건축 자재, 그릇 등 다양한 제품의 재료로 활용된다.

14 그림 (가), (나), (다)는 지하자원을 나타낸 것이다.



(가) 석탄 (나) 석회석 (다) 망가니즈(망간) 광석

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 화석 연료에 해당한다.
  - ㄴ. (나)는 퇴적 광상에서 산출된다.
  - ㄷ. (다)에서 금속을 얻기 위해서는 제련 과정을 거쳐야 한다.

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

10. 해양 자원

인류는 생활에 필요한 광물이나 에너지 자원을 주로 육지에서 얻었으나 인구 증가와 문명의 발달로 자원이 빠르게 고갈되자 해양에 존재하는 자원에 관심을 가지게 되었다. 해양에는 다양한 생물 자원과 망가니즈, 마그네슘 등의 광물 자원, 석유, 천연가스 등의 에너지 자원이 존재한다. 또, 해류나 조수의 힘 등을 이용하여 친환경 에너지를 얻을 수 있다.

바다에는 대체 에너지로 주목을 받는 가스수화물이 매장되어 있다. 가스수 화물은 메테인이 저온·고압의 환경에서 물 분자와 결합한 고체 물질로, 우리나라 동해 울릉 분지에도 6억 톤가량 매장되어 있는 것으로 알려져 있다. 해양에서 얻을 수 있는 에너지 자원 중 가장 경제적 가치가 높은 것은 석유와 천연가스 등의 화석 연료이다. 석유와 천연가스는 대륙 주변부의 해저에 많이 매장되어 있으며, 다양한 에너지 자원으로 이용될 뿐만 아니라 정유 공정에서 나온 부산물은 화학 공업에 필수 원료로 이용된다. 하지만 화석 연료는 연소 과정에서 이산화 탄소가 발생하여 지구 온난화를 일으키며, 각종 오염 물질을 배출한다. 또, 자원의 양이 한정되어 있어 언젠가는 고갈되는 문제점이 있다.

화석 연료 사용으로 발생하는 문제점을 해결하기 위해 해양에서 재생 에너지를 얻으려는 방법이 활발하게 연구되고 있다. 해수는 끊임없이 움직이므로 이를 이용하여 조력 발전, 조류 발전, 파력 발전, 해양 온도 차 발전 등을 통해 전기 에너지를 얻을 수 있다. 이러한 발전 방식은 이산화 탄소 등의 온실 기체가 발생하지 않고, 대기 오염 물질을 방출하지 않으며, 에너지 고갈의 염려가 없다는 장점이 있다.

조력 발전은 밀물과 썰물의 높이 차이를 이용하여 위치 에너지를 전기 에너지로 전환하는 발전 방식으로, 우리나라의 서해안은 조석 간만의 차가 커서 조력 발전을 하기 적합하다. 조력 발전은 비교적 전기 생산량을 예측하기 쉬운 장점이 있지만 조력 발전을 위해 설치된 방조제의 영향으로 갯벌이 사라지거나 해류의 흐름이 바뀌면서 해양 생태계의 교란이 일어날 수 있다. 한편, 조류 발전은 조류의 흐름을 이용하여 전기를 생산하는 방식으로 생태계에 미치는 영향이 적은 장점이 있지만 조류의 세기에 따라 전기 생산량의 변동이 큰 단점이 있다.

우리나라에는 시화호에 조력 발전소가 있으며, 조류의 흐름이 빠른 진도군 앞바다에서 울돌목 조류 발전소를 설치하여 전기를 생산하고 있다.

파력 발전은 파도의 운동 에너지를 이용하여 전기 에너지를 생산하는 방식으로 동해와

제주도 주변 해역은 강한 파도가 발생하는 곳으로 파력 발전에 적합한 조건을 가지고 있다.

해양 재생 에너지는 해안 지역의 이용 문제, 송전을 위한 해저 케이블 비용 등 현재로는 여러 가지 어려운 점이 있지만, 잠재적인 가능성이 매우 크므로 우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 해양 재생 에너지를 이용한 발전량을 늘리기 위해 꾸준 노력하고 있다.

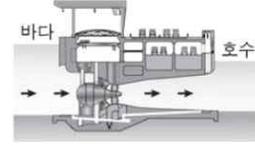
해양에서 얻을 수 있는 물질 자원에는 해양 생물 자원, 광물 자원 등이 있다. 해양 생물 자원은 대체로 식용으로 이용되지만 최근에는 의약품 원료, 공업 원료, 공예품 원료로 이용되고 있으며, 고부가가치 산업인 해양 신소재 개발이나 해양 바이오

산업에도 활용되고 있다.

해수에는 나트륨과 마그네슘을 비롯하여 타이타늄, 바나듐, 리튬 등 산업에 필수적으로 이용되는 금속 자원들이 많이 녹아 있다. 특히 리튬은 전기 자동차나 휴대 전화 등의 전지에 쓰이는 핵심 원료인데, 육지에서는 상업적으로 채광할 수 있는 양이 적고, 산출 지역이 편중되어 있어 세계 각국에서는 해수에 녹아 있는 리튬을 추출하기 위한 연구를 진행하고 있다.

해양에서의 금속 자원은 심해저에서도 얻을 수 있다. 심해저에는 해수에 녹아 있던 망가니즈, 철, 구리, 니켈, 코발트 등이 침전하여 공 모양의 덩어리로 성장한 것이 있는데, 이를 망가니즈 단괴라고 한다. 우리나라는 태평양의 클라리온-클리퍼턴 해역을 탐사하여 망가니즈 단괴 단독 개발권을 확보하였다.

15. 다음은 어느 발전 방식에 대한 설명이다.



○ (가) 발전은 만조와 간조의 해수면 높이 차이가 큰 지역의 하구나 만을 방조제로 막아 전기를 생산한다.  
○ 우리나라의 시화호 (가) 발전소에서 이용하는 방식이다.

(가)에 가장 적절한 것은?

- ① 조력                      ② 조류                      ③ 파력
- ④ 수력                      ⑤ 해양 온도 차

16. 표는 우리나라의 해양 자원의 개발 사례를 나타낸 것이다.

자원	개발 사례
(가) 가스 수화물	동해에서 분포 지역 탐사
(나) 조력 에너지	시화호에서 발전소 가동
(다) 파력 에너지	제주도에서 발전소 시범 운영

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

— < 보 기 > —

ㄱ. (가)는 고온 저압 환경에서 생성된다.  
 ㄴ. (나)를 이용한 조력 발전은 조차가 클수록 유리하다.  
 ㄷ. 기상 조건에 따라 생산 가능한 전력량이 변하는 정도는 (다)가 (나)보다 크다.

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

11. 지질 조사와 지질도

어느 지역의 암석과 지층의 분포, 지질 구조, 이들의 상호 관계 등을 조사하는 활동을 **지질 조사**라고 한다. 지질 조사를 하기 위해서는 먼저 조사 지역에 대해 문헌이나 각종 자료를 수집하여 조사 지역에 대한 충분한 예비지식을 갖추어야 한다. 또, 지형도를 구하여 조사 지역의 지형을 자세히 알아보고, 사전 답사를 통해 조사 기간과 면적을 고려하여 일정을 세워야 한다. 그리고 조사 기간에 관찰할 노두의 위치 등을 고려하여 조사할 노선을 미리 정한다.

지질 조사를 할 때는 루페, 클리노미터 등을 통해 노두에서 관찰한 암석이나 광물의 종류와 특징, 산출되는 화석, 지질 구조 등을 야외 기록장에 자세히 기록한다. 필요한 경우에는 사진을 찍거나 스케치하며, 대표적인 암석이나 화석을 만지, 정등으로 채취하여 시간과 장소를 기록한 후 실험실로 가져와 분석한다.

지층이 형성된 후 지각 변동을 받으면 지층이 기울어지거나 끊어지기도 한다. 이러한 지층이 어느 방향으로 향하고 있으며 얼마나 기울어져 있는지를 알기 위해서는 지층의 주향과 경사를 알아야 한다. **주향**은 지층면이 수평면과 만나서 이루는 교선의 방향으로, 진북을 기준으로 측정한다. **경사**는 지층면과 수평면이 이루는 각도인 경사각과 방향으로 나타낸다. 경사의 방향은 항상 주향에 대하여 수직 방향이다. 일반적으로 주향과 경사는 클리노미터를 이용하여 측정한다.

주향과 경사는 지층의 층리면뿐만 아니라 단층, 절리와 같은 지질 구조의 방향을 알아볼 때도 응용할 수 있다. 지층이나 단층 등의 주향과 경사를 측정하여 종합적으로 분석하면 그 지역의 지각 변동 규모와 양상 등을 알 수 있다.

지질도는 지질 조사를 통해 알아낸 내용을 지형도에 여러 가지 색과 기호로 표시한 것이다. 지질도에는 암석의 종류와 생성 시기가 다른 지층 등이 서로 다른 색과 지층 경계선으로 구분되어 있으며, 지층의 주향과 경사, 지질 구조 등이 표시되어 있다. 따라서 이러한 자료를 해석하면 지층의 분포 상태와 지질 구조 등을 알 수 있다.

지형도에 표시된 등고선과 지층 경계선의 관계를 이용하면 지층의 주향과 경사, 지질 구조 등을 알 수 있다. 지층이 수평일 때는 지층 경계선이 지형도의 등고선에 나란하고, 수직일 때는 지층 경계선이 지형도의 등고선과 관계없이 직선으로 나타나며, 지층이 기울어져 있을 때는 등고선과 지층 경계선이 서로 교차하면서 곡선을 이룬다.

17. 다음은 주향과 경사를 측정하는 실험이다.

**[실험 과정]**

(가) 실험대 위에 그림과 같이 나무판자를 쌓는다.

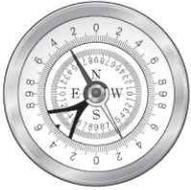
(나) 나무판자 A에 클리노미터의 긴 모서리를 대고 ㉠ 수준기의 기포가 중앙에 오도록 한다.

(다) 클리노미터의 눈금을 확인하고 나무판자 A의 (㉡)을 구한다.

(라) 나무판자 A에 클리노미터의 긴 옆면을 대고 (㉢)에 수직이 되도록 한다.

(마) 클리노미터의 눈금을 확인하고 나무판자 A의 (㉣)을 구한다.

**[실험 결과]**




(㉡): \_\_\_\_\_                      (㉣): \_\_\_\_\_

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >

ㄱ. ㉠은 클리노미터의 수평을 맞추는 과정이다.  
 ㄴ. '경사'는 ㉡에 해당한다.  
 ㄷ. 편각이 0°일 때, 나무판자 A의 ㉣은 30°SW이다.

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

12. 한반도의 지사

어느 지역을 암석의 종류와 연령, 지각 변동에 의한 특징적인 지질 구조 등에 따라 여러 지역으로 나눈 것을 **지체 구조**라고 한다. 한반도의 지체 구조는 육괴와 퇴적 분지, 습곡대로 구성되어 있다.

**육괴**는 지형적으로나 구조적으로 특정한 방향성을 나타내지 않는 암석들이 모여 있는 지역으로, 주로 선캄브리아 시대의 암석으로 이루어져 있으며, 고생대 이후에는 대체로 육지로 드러나 있었다. 우리나라에서는 낭림 육괴, 경기 육괴, 영남 육괴 등이 발달해 있다. 이 지역들은 주로 선캄브리아 시대의 변성암류인 편마암과 편암 및 이들을 관입한 중생대의 화강암류로 구성되어 있다.

**퇴적 분지**는 고생대 이후에 바다나 호수에 퇴적층이 쌓여 형성된 곳으로, 퇴적암이 발달해 있다. 평남 분지는 고생대에 생성된 퇴적암으로 이루어져 있으며, 경상 분지는 백악기에 하천과 호수에서 생성된 퇴적암과 화산암으로 이루어져 있다. 또, 경상 분지 동쪽 끝부분에는 네오기 지층으로 이루어진 포항 분지가 소규모로 발달해 있다.

**습곡대**는 암석이 습곡이나 단층에 의해 복잡하게 변형된 지역이다. 북동-남서 방향으로 길게 분포하는 고생대의 옥천 습곡대는 북동부의 비변성대인 태백산 분지와 남서부의 변성대인 옥천 분지로 구분된다.

우리나라는 선캄브리아 시대에서부터 신생대에 이르는 여러 지질 시대의 암석과 지층이 분포하며 지질 구조가 매우 복잡하다. 한반도에 분포하는 암석 중 가장 넓은 면적을 차지하는 것은 변성암류로 대부분 선캄브리아 시대에 생성되었다. 그 다음으로 넓은 면적을 차지하는 것은 화성암류로, 이들은 대부분 중생대에 관입한 화강암으로 이루어져 있다. 그리고 퇴적암류는 주로 고생대의 바다와 중생대의 육지에서 퇴적된 암석으로 구성되어 있다.

어떤 지역에 분포하고 있는 암석과 지층을 생성 시대 순으로 배열하여 상호 관계를 나타낸 것을 **지질 계통**이라고 한다. 지질 계통은 그 지역의 지질 역사를 파악하는 데 큰 도움이 된다.

선캄브리아 시대의 암석은 경기 육괴, 영남 육괴, 낭림 육괴에 널리 분포한다. 이 시기의 암석은 한반도 지층의 기저를 형성하고 있으며 대부분 편마암, 편암, 규암 등의 변성암으로 이루어져 있다. 선캄브리아 시대의 지질은 구성 암석이 다양하며, 지층이 심하게 변형되어 지질 구조가 복잡하고 화석이 거의 산출되지 않는다. 따라서 지층의 선후 관계와 정확한 지질 시대를 파악하기 어려운데, 이 시기의 암석을 선캄브리아 **변성암 복합체**라고 한다.

시생 누대의 암석으로는 인천광역시 대이작도에서 발견된 혼성암이 있으며 약 25억 년 전에 생성되었다. 원생 누대의 암석은 평안남도과 황해도 일부, 인천광역시의 백령도, 대청도, 소청도 일대에 분포하며, 규암, 석회암, 점판암 등으로 구성되어 있다. 소청도의 대리암층에서는 원생 누대 후기에 남세균의 활동으로 형성된 스트로마톨라이트가 산출된다.

고생대에는 한반도에 큰 지각 변동이 거의 없는 평온한 시기였다. 고생대층은 크게 전기 고생대의 조선 누층군과 후기 고생대의 평안 누층군으로 구분되며, 이 두 누층군 사이의 지

층은 거의 발견되지 않는다. 이 기간에 우리나라는 적도 근처의 위도에서 육지로 드러나 있었던 것으로 추정 된다.

**조선 누층군**은 캄브리아기에서 오르도비스기 중기까지 평남 분지와 태백산 분지에 퇴적된 두꺼운 해성층으로, 석회암, 사암, 셰일로 이루어져 있다. 조선 누층군에서는 삼엽충, 필석류, 두족류, 완족류, 코노돈트 등의 화석이 산출된다.

실루리아기 지층은 강원도 정선군 회동리 일대에 소규모로 분포한다. 한편, 경기도 연천군 일대와 충청남도 태안군 일대 지층의 절대 연령을 측정할 결과 데본기에 퇴적된 것으로 밝혀져 현재 연구가 진행되고 있다.

**평안 누층군**은 석탄기에서 중생대 트라이아스기에 걸쳐 퇴적된 지층으로 대체로 조선 누층군이 분포하는 지역에 분포하며, 조선 누층군을 부정합으로 덮고 있다. 평안 누층군의 하부는 해성층으로 주로 사암과 셰일로 이루어져 있으며, 석회암층을 포함하고 있다. 이 석회암층에서는 석탄기의 방추충, 산호, 완족류 등의 화석이 발견된다. 평안 누층군의 상부는 육성층으로 사암과 셰일이 반복되면서 무연탄층이 끼어 있으며, 양치식물의 화석이 발견된다. 이로부터 고생대 말에는 한반도의 일부가 해수면 아래있다가 육지로 드러났다는 것을 알 수 있다.

중생대 퇴적층은 모두 하천이나 호수에서 퇴적되어 형성된 육성층으로 크게 대동 누층군과 경상 누층군으로 구분한다.

**대동 누층군**은 트라이아스기 후기에서 쥐라기까지 형성된 지층으로 평양 부근과 함경북도 일대, 경기도 김포와 연천, 충청남도 보령, 충청북도 단양, 경상북도 문경, 강원도 영월과 정선 등에 소규모로 분포하며 역암, 사암, 셰일 그리고 석탄층으로 이루어져 있다. 대동 누층군에서는 담수 연체동물, 민물고기 등의 동물 화석과 소철류, 은행류 등의 식물 화석이 산출된다.

**경상 누층군**은 백악기에 호수에서 생긴 지층으로 경상남북도 일대, 전라남도의 해안 지역과 옥천 습곡대 주변부에 소규모로 분포한다. 경상 누층군의 하부는 사암, 셰일, 역암 등의 쇄설성 퇴적암으로 이루어져 있으며, 상부는 주로 응회암과 화산암류로 이루어져 있다. 경상 누층군에서는 공룡 화석과 연체동물, 절지동물, 식물 화석 등이 산출된다. 특히, 경상남도 고성, 전라남도 해남, 화순 등에서는 공룡 발자국 화석이, 경기도 화성에서는 공룡알 화석이 풍부하게 발견된다.

중생대는 한반도에서 조산 운동과 화산 활동이 가장 활발했던 시기였다. 트라이아스기에 있었던 **송림 변동**으로 고생대층이 습곡과 단층 작용을 받아 복잡하게 변형되었고, 단층선을 따라 퇴적 분지가 만들어졌으며, 그곳에 대동 누층군이 쌓였다. 쥐라기에는 **대보 조산 운동**이 일어나 그 이전에 퇴적되었던 고생대 지층과 대동 누층군의 지층이 크게 변형되었으며, 대규모의 화강암류가 관입하였다. 이 화강암은 북동-남서 방향으로 분포하는데, 이를 **대보 화강암**이라고 한다. 또, 백악기 후기에는 **불국사 변동**이 일어나 한반도 남부를 중심으로 화강암의 관입과 화산암의 분출이 활발하게 일어났다. 이 변동으로 경상 분지를 중심으로 여러 지역에 화강암류가 관입하였는데, 이 화강암을 **불국사 화강암**이라고 한다.

신생대의 암석은 크게 퇴적암류와 화산암류로 되어 있다. 신생대의 퇴적암은 함경북도, 평안남도, 황해도 일대에 소규모의 육성층이 분포한다. 동해가 형성되기 시작한 이후에는 동해안을 따라 길주-명천 분지와 포항 분지 등에 해성층이 퇴적되

었다. 이 시기의 지층은 주로 사암, 셰일, 역암 및 응회암으로 이루어져 있으며, 유공충과 연체동물, 규화목 및 식물 화석이 발견된다.

신생대 제4기에는 전 세계적으로 빙하기가 시작되면서 해수면이 낮아져 많은 지역이 육지로 드러났다. 우리나라 신생대 제4기 지층은 제주도 서귀포와 성산포 일대에 분포한다. 특히, 서귀포 일대에서는 이매패류, 완족류, 산호, 유공충 등의 화석이 풍부하게 발견된다.

신생대에는 큰 지각 변동은 없었지만, 네오기와 제4기에는 일부 지역에서 화산 활동이 있었다. 백두산, 제주도, 울릉도, 독도는 이 시기에 있었던 화산 활동으로 형성된 지형이며, 강원도 철원 지역은 용암이 분출되어 형성된 현무암 대지가 넓게 분포한다.

18. 표는 우리나라의 지층 A, B, C가 생성된 지질 시대들, 그림은 A, B, C 중 하나의 분포를 나타낸 것이다. A, B, C는 각각 경상 누층군, 조선 누층군, 평안 누층군 중 하나이다.

지층명	지질 시대
A	캄브리아기~오르도비스기 중기
B	석탄기~트라이아스기 초기
C	백악기



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A에서 해성층과 육성층이 모두 나타난다.
  - ㄴ. B는 송림 변동의 영향으로 변형되었다.
  - ㄷ. ㉠은 C에 해당한다.

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

13. 한반도의 형성

현재 한반도의 암석에 있는 과거 기록을 이용하면 한반도의 형성 과정을 파악할 수 있다. 고지자기 분석에 의하면 한반도와 이를 포함한 동아시아의 땅덩어리들은 적도 부근에 위치한 곤드와나 대륙의 주변에 있었다. 바다에서 변성했던 삼엽충과 온난 다습한 곳에 살았던 고사리 화석이 강원도 일대에 많이 발견된 것을 통해 고생대에 이 지역은 저위도에 있었으며, 한 때 바다에 잠겨 있었을 것으로 추정된다.

한반도를 포함한 동북아시아의 형성 과정을 나타낸 여러 연구 결과 중 하나를 나타낸 것이다. 이에 따르면 곤드와나 대륙에서 한중 지괴와 남중 지괴가 멀어지면서 북쪽으로 이동하다가 중생대에 서로 충돌하여 합쳐지면서 지각 변동이 활발하게 일어났다. 트라이아스기에는 두 지괴가 충돌하여 송림 변동이 일어나 많은 고생대 지층이 변형되었다.

쥐라기에는 두 지괴가 합쳐지면서 대보 조산 운동이 일어났으며, 이 과정에서 일어난 화성 활동으로 대보 화강암이 만들어졌다. 북한산과 계룡산을 비롯한 여러 지역에서는 대보 화강암으로 이루어진 지형을 관찰할 수 있다. 하나로 합쳐진 두 지괴는 계속 북쪽으로 이동하여 유라시아 대륙과 충돌하면서 한반도를 비롯한 동북아시아의 모습이 점차 현재와 비슷한 모습이 되었다.

백악기에는 고태평양판이 한반도 아래로 섭입되면서 마그마의 관입과 분출이 활발하게 일어나 불국사 화강암과 화산 퇴적물이 만들어졌다. 불국사 화강암과 화산 퇴적물은 이 시기에 형성된 경상 분지에 주로 분포하며, 속리산과 월악산 등에서도 불국사 화강암을 볼 수 있다.

약 2천5백만 년 전에 태평양판이 일본 아래로 섭입하면서 동해가 확장되며 형성되기 시작하였고, 약 450만 년 전에 화산 분출이 일어나 울릉도와 독도가 만들어졌다. 또, 이 시기에 백두산이 형성되기 시작하였고, 한라산은 약 170만 년 전에 일어난 화산 활동으로 만들어졌다.

19. 다음은 지질 시대 동안 한반도의 형성 과정에 대해 학생 A, B, C가 나눈 대화이다.

**학생 A** : 고생대 말에는 한반도를 형성하는 지괴들이 현재보다 고위도에 있었어.

**학생 B** : 지괴들의 이동은 고지자기 연구를 통해 알 수 있어.

**학생 C** : 동해는 중생대에 지괴들이 분리되면서 형성되었어.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?  
 ① A      ② B      ③ A, C      ④ B, C      ⑤ A, B, C

14. 한반도의 변성 작용

한반도의 기반암을 이루고 있는 선캄브리아 변성암 복합체와 중생대의 화강암 주변에는 변성암이 나타난다. 이러한 변성암은 어떻게 생성된 것일까?

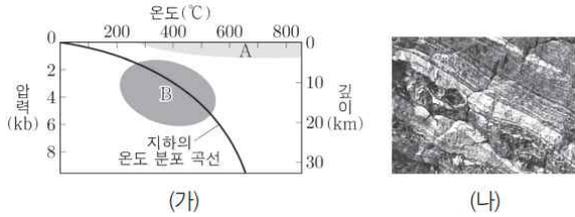
암석이 생성 당시와는 다른 온도나 압력에 놓이면 고체 상태에서 광물의 조성이나 조직이 달라지는데, 이러한 과정을 **변성 작용**이라고 하며, 변성 작용에는 광역 변성 작용과 접촉 변성 작용이 있다. **광역 변성 작용**은 조산 운동과 같이 대규모 지각 변동이 일어나는 곳에서 암석이 높은 압력과 열을 받아 넓은 범위에 걸쳐 일어나는 변성 작용이다. 광역 변성 작용으로 생성된 암석은 주로 습곡 산맥이 발달한 지역에 비교적 널리 분포한다. 암석이 광역 변성 작용을 받을 때는 변성 작용이 일어나는 깊이에 따라 온도와 압력이 다르므로 다양한 변성암이 생성된다. 일반적으로 지하 깊은 곳으로 갈수록 온도와 압력이 증가하므로 변성 정도가 커지며, 변성 정도가 클수록 광물 결정의 크기가 커지고 엽리가 뚜렷하게 발달한 변성암이 생성된다. 예를 들어, 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성 정도가 증가하면서 점판암, 천매암, 편암, 편마암으로 변성된다.

**접촉 변성 작용**은 주로 열에 의해 일어나는 변성 작용으로 열 변성 작용이라고도 한다. 접촉 변성 작용은 마그마가 관입하는 주변부의 비교적 좁은 영역에서 일어나며, 마그마의 접촉 부에서 멀어질수록 변성 정도가 감소한다. 일반적으로 광물이 열을 받아 변성 작용이 일어나면 광물의 조직이 치밀하고 단단해진다. 예를 들어, 셰일이 접촉 변성 작용을 받으면 재결정 작용이 일어나 광물들이 방향성 없이 치밀하고 단단하게 짜여진 혼펠스가 된다.

한반도의 중부에 있는 경기 육괴와 영남 지역에 있는 영남 육괴는 대부분 선캄브리아 시대에 광역 변성 작용을 받아 생성된 편마암, 편암, 규암 등으로 구성되어 있다. 또, 옥천 분지, 태백산 분지 일대에도 중생대에 광역 변성 작용을 받아 생성된 점판암, 천매암, 편암, 대리암 등이 분포한다.

한편, 한반도 남부 지역에 넓게 분포하는 경상 분지에는 중생대 조산 운동 과정에서 관입한 화성암 주변에 셰일, 석회암 등의 퇴적암이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 혼펠스, 대리암 등이 분포한다.

20. 그림 (가)는 서로 다른 변성 영역 A와 B를, (나)는 어느 지역에서 산출되는 변성암을 나타낸 것이다.

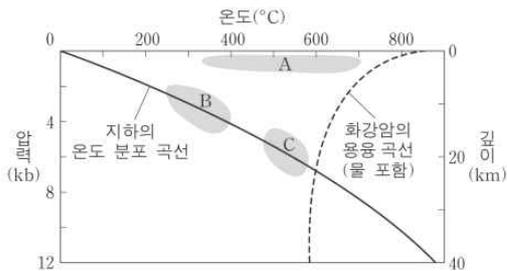


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 마그마와의 접촉부에서 나타나는 변성 영역이다.  
 ㄴ. (나)에서 혼펠스 조직이 나타난다.  
 ㄷ. (나)는 B에서 주로 형성된다.

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

21. 그림은 서로 다른 변성 영역 A, B, C를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A에서 변성 작용의 주요 요인은 열이다.  
 ㄴ. B에서 변성 광물은 마그마 상태를 거치지 않고 생성된다.  
 ㄷ. 셰일은 B보다 C에서 광물 입자의 크기가 더 큰 암석이 된다.

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

15. 해수를 움직이는 힘

해수는 지구의 중력과 수압의 영향을 받는다. 밀도가  $\rho$ , 깊이가  $Z$ , 밀면적이  $A$ 인 물기둥을 가정하면, 깊이  $Z$ 에서의 수압( $P$ )은  $\rho gZ$ 로 표현된다. 따라서 수압은 아래로 갈수록 깊이에 비례하여 증가한다. 해수의 수압은 깊어질수록 커지므로 아래에서 위 방향으로 수압 차이에 의한 힘이 작용하고 있으며, 이 힘을 연직 방향의 수압 경도력이라고 한다. 해수와 같은 유체는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하려는 성질이 있다. 그런데 해수는 위 방향으로 수압 경도력이 작용하고 있지만 연직 방향으로 잘 움직이지 않는다. 그 이유는 무엇 일까?

깊이  $Z_1$ 과  $Z_2$  사이에 있는 단위 부피의 작은 물기둥을 생각해 보자. 물기둥에는 중력이 위에서 아래로 작용하고 있고, 깊이 들어갈수록 수압이 커지므로 수압 차이로 생기는 수압 경도력이 아래에서 위로 작용하고 있다. 이때 무게가 증가한 만큼 수압도 증가하므로 위 방향으로 작용하는 수압 경도력과 아래 방향으로 작용하는 중력의 크기는 서로 같다. 따라서

$$\frac{\Delta P}{\Delta Z} = -\rho g \text{의 관계가 성립한다.}$$

이처럼 해수는 연직 방향의 수압 경도력과 중력이 서로 평형을 이루고 있는데, 이를 정역학 평형이라고 한다.

해수는 정역학 평형 상태에 있으므로 연직 방향으로는 움직이기 어렵지만, 수평 방향으로 힘이 작용하면 쉽게 움직일 수 있다. 바람이 불면 해수가 이동하여 해수면의 높이가 달라지거나, 높이가 같더라도 밀도가 다르면 수평 방향의 수압 차이가 발생하여 해수가 수평 방향으로 이동하게 된다.

밀도가 일정한 해수에서 해수면이 경사져 있을 때, 해수를 수평 방향으로 움직이게 하는 힘을 알아보자.

A면에 작용하는 수압을  $P_A$ , B면에 작용하는 수압을  $P_B$ 라 하면, A와 B 사이의 수압 차이( $\Delta P$ )에 의해 수평 방향으로 작용하는 힘( $\Delta F$ )은  $\Delta P \times S$ 이다. 따라서 단위 질량에 작용하는 수압 경도력( $P_H$ )은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_H &= \frac{\Delta F}{m} \\ &= \frac{1}{\rho \times S \times \Delta X} \times (\Delta P \times S) \\ &= \frac{1}{\rho} \times \frac{\Delta P}{\Delta X} \end{aligned}$$

즉, 수평 방향으로의 수압 경도력은 수압 차이( $\Delta P$ )가 클수록, 거리( $\Delta X$ )가 가까울수록 커지며, 수압이 높은 곳(A)에서 낮은 곳(B)으로 작용한다.

$\Delta P = \rho g \Delta Z$ 를 이용하면 수압 경도력( $P_H$ ) =  $g \frac{\Delta Z}{\Delta X}$ 로 표현된다. 따라서 수압 경도력은 수평 거리가 가까울수록, 해수면의 높이 차이가 클수록 커지며, 해수는 수압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 수압 경도력을 받아 움직이게 된다.

운동하는 물체에 힘이 작용하면 물체의 속도나 방향이 변하고, 힘이 작용하지 않으면 물체의 운동 상태는 변하지 않는다. 회전계 밖에 있는 관찰자에게는 회전계 안의 사람 위치가 변

하고 공은 똑바로 움직이는 것으로 보이지만, 회전계 안에 있는 관찰자에게는 공의 방향이 휘어지는 것처럼 보인다. 즉, 회전하고 있는 관찰자에게는 물체에 힘이 작용하지 않아도 물체의 운동 방향이 변하는 것처럼 보인다. 이것은 실제로 물체의 운동 방향이 변하는 것이 아니라 관찰자가 회전하고 있기 때문에 나타나는 현상이다.

지구는 하루에 한 바퀴씩 자전하고 있지만, 지구의 자전을 느끼지 못하는 사람에게는 운동하고 있는 물체에 힘이 작용하는 것처럼 운동 방향이 변하는 현상이 나타난다. 이러한 현상을 코리올리 효과라고 하고, 이때 작용하는 겉보기 힘을 **전향력**이라고 한다.

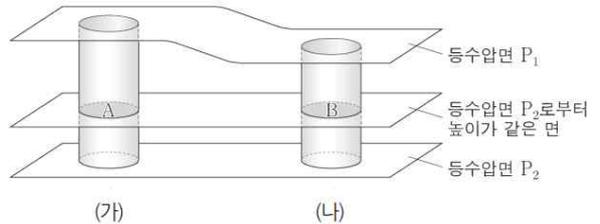
지구는 북극을 기준으로 시계 반대 방향으로 자전하고 있고, 극에서 적도로 갈수록 회전 반경이 커지므로 각 지점의 선속도가 커진다. 따라서 북극에서 적도로 똑바로 운동하는 물체가 적도에 도달하면 목표 지점은 자전하여 동쪽으로 이동하고, 물체는 목표 지점보다 오른쪽인 서쪽에 도착하게 된다. 반대로 남반구에서 움직이는 물체는 목표 지점보다 왼쪽인 서쪽에 도착하게 된다. 이처럼 전향력은 북반구에서는 물체 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하고, 남반구에서는 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

전향력의 크기는 어떻게 나타낼 수 있을까? 운동하는 물체의 속력을  $v$ , 지구의 자전 각속도를  $\Omega$ , 위도를  $\phi$ 라 하면 단위 질량에 작용하는 전향력의 크기는  $2v\Omega\sin\phi$ 로 주어진다. 따라서 전향력은 극에서 가장 크고 저위도로 갈수록 작아져 적도에서 0이 된다.

전향력은 지구에서 움직이는 모든 물체에 작용하고 있지만, 일상생활과 같이 운동의 규모가 작을 때는 전향력의 효과가 나타나지 않는다. 전향력의 효과가 나타나려면 태풍이나 해류와 같이 수백 km~수천 km 정도로 운동의 규모가 커야 한다.

해류는 매우 큰 규모로 움직이는 해수의 운동이다. 이러한 해류에는 지구의 중력, 수압 경도력, 전향력, 바람에 의한 마찰력 등이 복합적으로 작용한다.

22. 그림은 등수압면  $P_1$ 과  $P_2$  사이에 있는 밀면적이 동일한 두 해수 기둥 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. 해수 기둥 내의 밀도는 각각 일정하고, A와 B는 등수압면  $P_2$ 로부터 높이가 같은 면에 위치한다. 등수압면의 수압은  $P_1$ 보다  $P_2$ 에서 높다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 질량은 (가)가 (나)보다 크다.
  - ㄴ. 밀도는 (나)가 (가)보다 크다.
  - ㄷ. 수압은 A보다 B에서 높다.

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

16. 지형류

19세기 말에 북극해를 탐험하던 (난센 Nansen, F., 1861~1930)은 빙산이 풍향의 오른쪽 20°~40° 방향으로 이동하는 것을 발견하였고, 에크만은 이 현상을 이론적으로 설명하였다. 북반구에서 바람이 일정한 방향으로 계속해서 불면 표면의 해수는 전향력의 영향으로 풍향의 오른쪽 45° 방향으로 움직인다. 해수는 점성이 있으므로 상층 해수의 움직임이 아래로 전달되어 하층의 해수를 이동시킨다. 아래로 갈수록 해수의 움직임은 전향력의 영향을 받아 오른쪽으로 휘어지고 상층보다 더 천천히 움직인다. 이러한 해수의 운동을 수평면에 투영하면 나선이 그려지는데, 이를 **에크만 나선**이라고 한다. 에크만 나선에서 해수가 이동하는 방향이 표면과 정반대가 되는 깊이까지를 **에크만층** 또는 **마찰층**이라고 한다. 마찰층의 깊이는 약 100m~200m로 위도와 바람의 세기에 따라 달라지며, 이는 해수가 바람과 해수 사이에 작용하는 마찰력의 영향을 받는 깊이를 뜻한다. 마찰층에서 평균적인 해수의 이동은 북반구에서는 풍향에 대하여 오른쪽 90° 방향으로 나타나고 남반구에서는 풍향에 대하여 왼쪽 90° 방향으로 나타나는데, 이를 **에크만 수송**이라고 한다. 에크만 수송은 용승이나 해류 등 해수의 운동을 설명하는 데 중요하다.

해수의 표층은 대기 대순환에 따라 일정한 방향으로 계속해서 부는 바람의 영향을 받으며, 이 바람으로 에크만 수송이 일어나면 해수가 이동하여 해수면의 높이 차이가 발생한다. 해수면이 경사져 있을 때 해수는 수압 경도력이 작용하는 방향으로 이동하기 시작한다. 해수가 이동하기 시작하면 전향력이 작용하여 북반구에서 해수의 이동 방향은 점점 오른쪽으로 휘어진다. 결국, 북반구에서 해수는 수압 경도력의 오른쪽 직각 방향으로 등압선에 나란하게 흐르게 된다.

이처럼 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루는 상태에서 발생하는 해수의 흐름을 **지형류**라고 한다. 지형류는 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루므로  $g \frac{\Delta Z}{\Delta X} = 2v\Omega \sin\phi$ 의 관계가 성립한다.

북반구의 아열대 해양에서는 대기 대순환으로 저위도에서는 무역풍이, 고위도에서는 편서풍이 분다. 무역풍으로 에크만 수송이 일어나면 저위도의 표층 해수가 북쪽으로 이동하고, 편서풍으로 에크만 수송이 일어나면 고위도의 표층 해수가 남쪽으로 이동하므로 위도 30°N에서 해수면의 높이가 높아진다. 해수면의 높이 차이로 생긴 수압 경도력이 해수면이 낮은 곳으로 작용하고 수압 경도력과 전향력이 평형을 이루면서 지형류가 흐르게 된다. 해수의 표층에서 흐르는 대부분의 해류는 이와 같은 지형류이다.

해양은 대륙으로 가로막혀 있으므로 지형류가 위도와 나란하게 흐르지 못한다. 대륙에 가로막힌 태평양이나 대서양에서 해수는 에크만 수송으로 해양의 중심부에 모여 볼록한 둥근 모양이 된다. 그 결과 북반구에서는 높아진 해수면을 중심으로 해양의 주변부를 따라 지형류가 시계 방향으로 흐르고, 남반구에서는 시계 반대 방향으로 흐른다.

한편, 아열대 해양에서 해수의 순환을 자세히 보면 해양의 동안보다 서안에서 해류가 더 강하게 흐르고 있다. 이러한 현상은 왜 일어날까? 스토멜은 직사각형의 바다에 무역풍과 편서풍이 분다고 가정하고 해수가 순환하는 모습을 연구하였다. 그 결과 위도에 따라 전향력이 일정하다고 가정했을 때는 해

류의 순환이 대칭적으로 나타나지만, 고위도로 갈수록 전향력이 커질 때는 순환의 중심이 서쪽으로 이동하여 해양의 서쪽에서 더 강한 해류가 흐르는 것으로 나타났다.

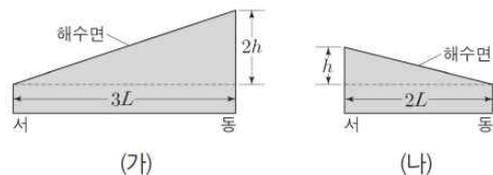
이러한 현상은 전향력의 크기가 고위도로 갈수록 더 커지므로 아열대 해양에서 순환의 중심이 서쪽으로 치우치고, 수압 경도력이 해양의 동쪽보다 서쪽에서 더 크기 때문에 나타난다. 이처럼 해양의 서쪽에서 해류가 더 강하게 흐르는 현상을 **서안 강화 현상**이라고 하고, 해양의 서쪽에서 강하게 흐르는 해류를 **서안 경계류**라고 한다.

반면에 해양의 동쪽에서는 상대적으로 더 약한 해류가 나타나는데, 이를 **동안 경계류**라고 한다. 동안 경계류는 에크만 수송으로 이동해 온 해수의 중심이 해양의 서쪽에 치우쳐 있으므로, 동쪽으로 작용하는 수압 경도력이 약하기 때문에 상대적으로 서안 경계류보다 약하게 흐른다.

서안 경계류는 폭이 좁고 깊이가 깊지만 동안 경계류는 폭이 넓고 깊이가 얇다. 또, 서안 경계류는 동안 경계류보다 유속이 빠르고 수송량도 많으며, 수온과 염분이 높다.

세계의 주요 해류 중에서 서안 경계류에는 쿠로시오 해류, 멕시코 만류 등이 있고, 동안 경계류에는 캘리포니아 해류, 카나리아 해류 등이 있다.

23. 그림은 위도가 서로 다른 해역 (가)와 (나)에서 유속이 같은 지형류가 흐를 때 해수면의 경사를 나타낸 것이다. 두 해역에서 지형류는 북쪽으로 흐른다.

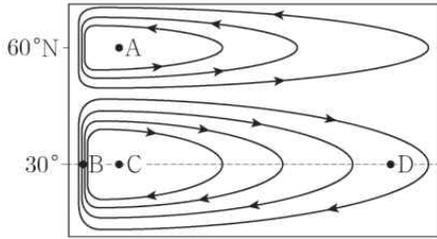


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 일정하다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. 북반구에 위치하는 해역은 (나)이다.
  - ㄴ. 수압 경도력은 (가)가 (나)보다 크다.
  - ㄷ. (가)는 (나)보다 저위도에 위치한다.

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

24. 그림은 바람에 의한 해양의 표층 순환을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 해수면의 높이는 C 지점이 A 지점보다 높다.
  - ㄴ. 해수에 작용하는 전향력의 크기는 B 지점과 D 지점에서 같다.
  - ㄷ. 아열대 순환의 중심이 서쪽으로 치우친 것은 예크만 수송 때문이다.

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

17. 해파

해수면 위로 바람이 불면 바람과 해수면 사이의 마찰로 에너지가 해수에 공급되면서 해수면이 교란되어 출렁거리게 된다. 바람이 멈추면 출렁거림도 잦아들지만, 바람이 계속해서 불면 출렁거림은 더욱 커지고 거칠어지면서 주변으로 전파된다. 이러한 해수면의 출렁거림이 파동의 형태로 전파되어 가는 현상을 **해파**라고 한다. 해파는 거의 대부분 바람이 불어 발생하지만 해저 지진이나 해저 화산 활동이 일어나 발생하기도 한다.

해파에서 해수면이 가장 높은 곳을 **마루**, 해수면이 가장 낮은 곳을 **골**이라고 하고, 골에서 골 또는 마루에서 마루까지의 거리를 **파장**이라고 한다. 그리고 해파의 골에서 마루까지의 높이를 **파고**라고 한다. 해파의 마루나 골이 해수면의 한 점을 지나간 후, 다음 마루나 골이 지나갈 때까지의 시간을 **주기**라고 한다. 해파의 파장과 주기를 알면 해파의 전파 속도를 구할 수 있다.

$$\text{해파의 전파 속도} = \frac{\text{파장}}{\text{주기}}$$

해파가 전파될 때 바다 위에 떠있는 갈매기가 움직이는 모습을 상상해 보자. 해파가 진행함에 따라 갈매기는 좌측 위로 올라갔다가 회전하며 내려오는 원운동을 하며 처음 위치로 돌아오게 된다. 이처럼 해파가 진행하면 해수가 앞으로 나아가는 것처럼 보이지만, 실제로 물 입자는 제자리에서 원운동을 하며 움직이고 해수를 출렁거리게 하는 에너지만 전파되어 간다는 것을 알 수 있다.

바람으로 발생한 해파의 크기는 바람의 세기, 지속 시간, 풍역대의 넓이 등에 따라 달라진다. 해파는 만들어진 후 주변으로 전파되면서 파의 모양도 변하는데, 해파는 그 모양에 따라 크게 풍랑, 너울, 연안 쇄파의 세 가지로 구분한다.

**풍랑**은 바람이 불어 해수면이 거칠어지면서 여러 종류의 해파가 겹쳐 마루가 삼각형 모양으로 뾰족하게 된 해파이다. 풍랑은 발달할 수 있는 최대 크기에 도달하면 계속해서 바람이 불어도 더는 커지지 않는다. 풍랑이 전파되어 풍역대를 벗어나면 파의 마루가 둥글고 규칙적인 형태로 변하는데, 이를 **너울**이라고 한다.

너울이 수심이 얇은 연안에 이르면 해저의 마찰로 속력이 느려져 파고가 높아지고 파장은 짧아진다. 파고와 수심의 비가 일정한 한계를 넘으면 해파의 마루가 부서지는데, 이를 **연안 쇄파**라고 한다. 연안 쇄파는 해저의 경사에 따라 부서지는 모양이 달라진다. 해저의 경사가 급할 때는 마루가 둥글게 휘말리며 해파가 급격하게 부서지는 모양으로 쇄파가 형성되고, 해저의 경사가 완만할 때는 마루가 파의 전면을 타고 내려오면서 미끄러지며 부서지는 모양으로 쇄파가 형성된다.

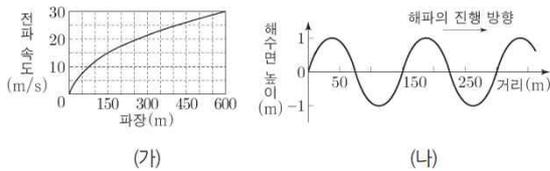
해파가 전파될 때 물 입자의 운동은 수심과 파장의 관계에 따라 달라지고, 그에 따라 전파 속도도 달라진다. 해파는 전파되면서 해수면 아래에도 영향을 주는데, 수심이 깊어지면 점점 그 영향이 감소하므로 어느 깊이가 되면 영향을 미치지 못한다. 따라서 해파는 수심과 파장의 비를 기준으로 구분할 수 있

다. 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$  배보다 깊은 곳에서 해저의 영향을 받지 않고 전달되는 해파를 **심해파**라고 한다. 심해파는 물 입자가 원 궤도를 그리며 운동하고 원 궤도의 지름은 표면에서는 파고와 같지만, 수심이 깊어질수록 감소하여 파장의  $\frac{1}{2}$ 이 되는 깊이에서는 무시할 정도로 작아진다. 심해파의 속도는 파장으로 결정되며, 파장이 길수록 전파 속도가 빨라진다.

수심이 파장의  $\frac{1}{20}$  배보다 얇은 곳에서 해저의 영향을 받으며 전달되는 해파를 **천해파**라고 한다. 천해파는 물 입자가 타원 궤도를 그리며 운동하는데, 수심이 깊어질수록 점점 납작한 타원 운동을 하다가 해저에서는 전후로 움직이는 직선 왕복 운동을 한다. 천해파의 속도는 수심의 영향만 받으며, 수심이 얇을수록 전파 속도가 느려진다.

한편, 심해파가 해안으로 전파되면서 수심이 파장의  $\frac{1}{2}$  ~  $\frac{1}{20}$  배 사이의 해역에서는 심해파와 천해파의 중간에 해당하는 성질을 띠게 되는데, 이를 **천이파**라고 한다.

25. 그림 (가)는 심해파의 파장에 따른 전파 속도를, (나)는 어느 심해파가 진행하는 모습을 나타낸 것이다.



(나)의 해파에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 해파의 주기는 약 10초이다.
  - ㄴ. 수심 150m의 해저면에서 해파에 의한 물 입자의 움직임은 거의 없다.
  - ㄷ. 수심 5m인 해역으로 진행하면 전파 속도는 증가한다.

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

26. 다음은 천해파의 발생 실험을 나타낸 것이다.

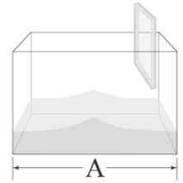
[실험 과정]

(가) 수조에 2cm 깊이로 물을 채운다.

(나) 수조의 한 끝에서 플라스틱 판을 움직여 천해파를 만든다.

(다) 파가 수조를 왕복하는데 걸리는 시간을 3회 측정하여 파의 평균 속력을 구한다.

(라) 물의 깊이를 4cm로 하여 (나), (다) 과정을 반복한다.



[실험 결과]

물의 깊이 (cm)	왕복 시간(s)				평균 속력 (cm/s)
	1회	2회	3회	평균	
2	1.9	1.8	1.9	1.9	42.1
4	1.3	1.4	1.3	1.3	61.5

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 약 80cm이다.
  - ㄴ. 천해파는 수심이 깊어질수록 속력이 증가한다.
  - ㄷ. 물의 깊이가 2cm일 때 이 파의 파장은 40cm보다 짧았을 것이다.

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

18. 해일

해일은 해저 지진, 태풍, 해저 화산 폭발 등 여러 가지 원인으로 해수면이 상승하여 바닷물이 육지로 밀려드는 현상이다. 그중에서 지진과 태풍에 의한 해일은 비교적 자주 발생하며 그 피해의 규모도 크므로 해일이 자주 발생하는 지역에서는 대처 방안을 마련하여 큰 피해가 발생하지 않도록 해야 한다.

해저에서 지진이나 화산 폭발 등으로 해수면의 높이가 급격히 변하면 파장이 매우 긴 파동이 형성되어 전파되는 해일이 발생하는데, 이를 **지진 해일**이라고 한다. 지진 해일은 해저 지진 때문에 발생하는 경우가 대부분이다.

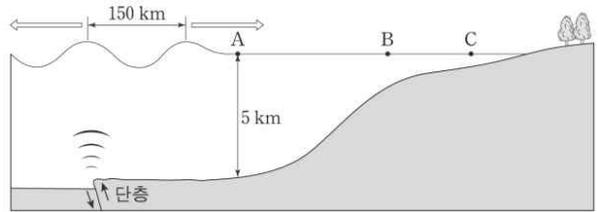
지진 해일은 수심이 수 km에 이르는 깊은 바다에서는 파고가 1 m 정도이지만, 파장이 수백 km 이상으로 매우 길어서 수심이 파장의 1/2에 미치지 못하여 천해파의 성질을 띤다. 따라서 지진 해일의 전파 속도는 수심에 따라 달라지며, 깊은 바다에서 빠르고 수심이 얇아질수록 점점 느려진다. 지진 해일이 수심이 얇은 바다에 도달하면 파장이 짧아지고, 파고가 수 m~수십 m로 높아지므로 바닷물이 내륙까지 밀려 들어와 큰 피해가 발생한다.

지진 해일은 발생지로부터 등글게 퍼져 나가는데, 가장 큰 파동의 전후로 에너지 일부가 작은 파의 형태로 퍼져 나간다. 따라서 지진 해일의 큰 파동이 도달하기 전이나 후에 15 분~20 분 정도의 주기로 작은 해일이 나타날 수 있다. 이에 지진 해일이 지나갔다고 생각하여 해안으로 갔다가 큰 지진 해일이 덮쳐 사고를 당하는 경우가 있다. 지진 해일의 피해를 줄이기 위해 태평양의 여러 나라에서는 지진 해일의 발생을 예측하여 신속하게 경고할 수 있는 지진 해일 조기 경보 체제를 운영하고 있다.

태풍이나 온대 저기압 등이 해안으로 접근해 올 때 낮은 중심 기압으로 해수면이 상승하고 강풍으로 인해 바닷물이 내륙으로 밀려오는 현상을 **폭풍 해일**이라고 한다. 강한 저기압의 중심은 기압이 낮으므로 해수면이 부풀어 오르는데, 해안으로 다가올수록 파고는 점점 더 높아진다. 여기에 강풍으로 큰 파도가 형성되기 때문에 바닷물이 내륙까지 밀려 들어와 큰 피해를 준다. 특히 저기압으로 생긴 해수면의 상승이 만조와 겹치는 시기에는 해일의 피해가 더 커진다. 또, 강풍이 불고 있는 만이나 수심이 급격하게 얕아지는 곳에서 해일의 위력은 훨씬 더 강력해진다.

우리나라는 여름이면 북태평양에서 발생한 태풍이 이동해 오면서 남해안을 중심으로 폭풍 해일의 피해가 자주 발생한다. 이러한 폭풍 해일의 피해를 줄이려면 해안에 방파제를 설치하여 해일에 대비해야 한다. 태풍은 진로 예보가 가능하므로 해일 발생 경보가 발령되면 안전한 지역으로 빠르게 대피해야 한다.

27. 그림은 해저 단층 활동에 의해 발생한 해파가 전파되는 모습을 나타낸 모식도이다.

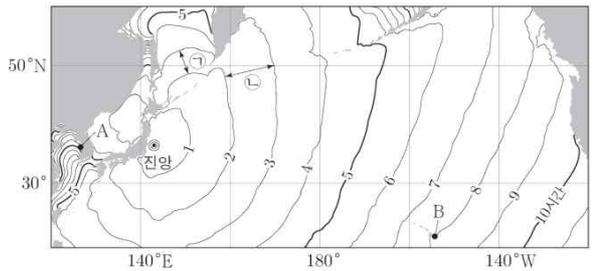


이 해파에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A 지점을 통과할 때는 심해파이다.
  - ㄴ. A 지점에서 B 지점으로 가는 동안 속도는 빨라진다.
  - ㄷ. B 지점에서 C 지점으로 가는 동안 파고는 높아진다.

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

28. 그림은 어느 지진에 의해 발생한 해파가 도착하는 시간을 1시간 간격으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 10m/s<sup>2</sup>이다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. 수심이 1000m인 해역에서 이 해파의 속도는 100m/s이다.
  - ㄴ. 이 해파는 B 지점보다 A 지점에 먼저 도착한다.
  - ㄷ. 평균 수심은 ㉠이 ㉡보다 깊다.

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

19. 조석

해안에서 바닷물을 관찰하면 바닷물이 해안으로 밀려 들어 오는 밀물과 해안에서 빠져나가는 썰물이 나타나면서 주기적으로 해수면의 높이가 올라갔다 내려가는 것을 알 수 있다. 이러한 현상을 **조석**이라고 하며, 조석 현상으로 해수면이 가장 높아졌을 때를 **만조** 또는 **고조**, 해수면이 가장 낮아졌을 때를 **간조** 또는 **저조**라고 한다. 만조와 간조 사이에는 썰물이 나타나고 간조와 만조 사이에는 밀물이 나타나며, 이러한 바닷물의 흐름을 **조류**라고 한다.

주기적으로 바닷물의 높이가 변하는 조석 현상을 일어나게 하는 힘을 **기조력**이라고하며, 기조력은 달과 태양의 인력 때문에 발생한다. 달은 태양보다 질량은 작지만 지구에 더 가까이 있으므로 태양보다 기조력이 약 2배 더 크다.

지구의 위성인 달은 지구 둘레를 공전하고 있는데, 정확하게는 지구 내부에 있는 지구와 달의 공통 질량 중심을 기준으로 지구와 달이 서로 회전하고 있다. 기조력은 지구와 달의 공통 질량 중심을 기준으로 지구가 원운동을 하여 생긴 원심력과 달이 지구에 작용하는 인력의 합력이다. 이때 원심력은 지구의 모든 지점에서 같지만, 달의 인력은 지구상의 위치에 따라 거리가 다르므로 달에 가까운 지점이 먼 지점보다 더 크게 작용한다.

그 결과 기조력은 달에 가장 가까운 지점과 가장 멀리 있는 지점에서 가장 크게 작용한다. 따라서 달을 향하는 방향과 그 정반대 방향으로 바닷물이 모이므로 해수면이 높아져 만조가 되고, 그 중간에 있는 지역은 해수면이 낮아져 간조가 된다.

조석 현상이 일어날 때 만조에서 만조 또는 간조에서 간조까지의 시간을 **조석 주기**라고 하는데, 하루 동안에 만조와 간조는 각각 약 2 회씩 나타난다. 지구가 하루 동안 1 회 자전하는 동안 달도 같은 방향으로 지구 둘레를 약 13° 공전하므로 달이 같은 위치에 오려면 지구는 13° 더 자전해야 한다. 지구가 13° 자전하는 데 약 50 분이 걸리므로 조석 주기는 약 12 시간 25 분이 된다.

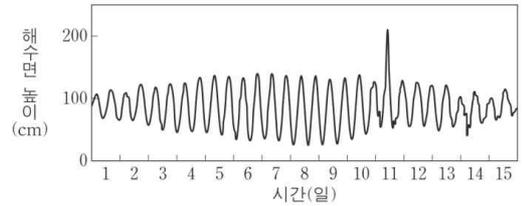
지구 표면에는 대륙이 분포하며 바다의 수심도 모두 다르므로 같은 위도에 있는 지역이라도 조석 현상이 같은 형태로 나타나지 않는다. 여기에 지구 자전의 효과가 더해지고 지역마다 지형이 다르므로 실제로 나타나는 조석의 양상은 매우 복잡하다.

한 지역에서 조석을 관찰하면 만조와 간조 때 해수면의 높이 차이인 조차가 같지 않고, 약 15 일을 주기로 커졌다가 작아지는 현상을 반복하는 것을 볼 수 있다.

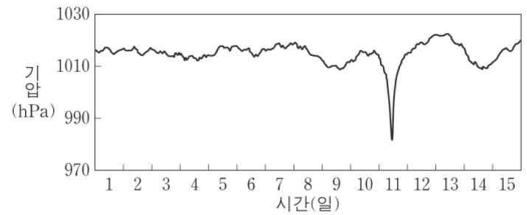
달의 위상이 망과 삭일 때 조차가 가장 크게 나타나는데 이를 **사리** 또는 **대조**라고하고, 상현이나 하현일 때 조차가 가장 작게 나타나는데 이를 **조급** 또는 **소조**라고 한다. 이러한 현상은 달과 태양의 기조력이 서로 합쳐지거나 상쇄되기 때문에 나타난다.

달의 위상이 삭이나 망일 때 달은 태양과 같은 방향에 있거나 반대 방향에 있으므로 두 천체의 기조력이 합쳐져 사리가 된다. 반면에 달의 위상이 상현이나 하현일 때 달은 지구를 중심으로 태양과 직각 방향에 있으므로 두 천체의 기조력이 상쇄되어 작아져 조급이 된다.

29. 그림 (가)와 (나)는 우리나라의 어느 해안에서 측정한 해수면 높이와 기압의 변화를 나타낸 것이다.



(가)



(나)

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

- < 보 기 >
- ㄱ. 1일에 달의 위상은 망이다.
  - ㄴ. 간조 시 해수면의 높이는 8일이 15일보다 높다.
  - ㄷ. 11일 만조 시에 강한 저기압의 영향으로 폭풍 해일이 발생하였다.

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

20. 단열 변화

지상에서 높은 곳으로 갈수록 기압은 점점 낮아진다. 그러므로 상승하거나 하강하는 공기 덩어리는 기압 변화로 팽창하거나 압축된다. 이 과정에서 공기 덩어리의 내부 에너지가 감소하거나 증가하여 온도 변화가 일어난다. 이처럼 공기 덩어리가 주위와 열 출입 없이 팽창하거나 압축되어 공기 덩어리의 온도가 변하는 현상을 단열 변화라고 한다.

지표면이 국지적으로 가열되면 공기 덩어리가 상승하게 되는데, 위로 갈수록 기압이 낮아지므로 공기 덩어리가 팽창한다. 이때, 공기 덩어리는 내부 에너지를 이용하여 팽창하는 일을 하므로 공기 덩어리의 온도가 내려가는데, 이를 단열 팽창이라고 한다. 반대로 공기 덩어리가 하강하면 기압이 높아지므로 공기 덩어리가 압축된다. 이때, 압축된 만큼 내부 에너지가 증가하므로 공기 덩어리의 온도가 올라가는데, 이를 단열 압축이라고 한다.

구름이 생성되거나 소멸하는 과정은 자연에서 쉽게 볼 수 있는 단열 변화의 예이다. 구름은 대기 중의 공기 덩어리가 단열 팽창할 때 수증기가 응결되어 생성된다. 그런데 공기 덩어리가 상승 또는 하강할 때 기온이 변하는 정도는 수증기의 포화 여부에 따라 다르다.

불포화 상태인 공기 덩어리가 상승하면 높이 1 km마다 단열 팽창으로 기온이 약 10°C씩 낮아진다. 이처럼 불포화 공기 덩어리가 주위와의 열 교환 없이 상승 또는 하강하면서 일어나는 변화를 건조 단열 감률이라고 하고, 이때의 기온 변화율을 건조 단열 감률이라고 한다. 상승하는 불포화 공기 덩어리는 단열 팽창으로 기온이 낮아지는데 어느 높이에 도달하면 포화 상태가 된다. 포화 상태인 공기 덩어리가 상승하면 수증기가 응결하면서 습윤열을 방출하므로 단열 팽창으로 기온이 낮아지는 비율이 건조 단열 감률보다 작다. 이처럼 포화 공기 덩어리가 상승하면 높이 1km마다 단열 팽창으로 기온이 약 5°C씩 낮아지는데, 이러한 변화를 습윤 단열 감률이라고 하고, 이때의 기온 변화율을 습윤 단열 감률이라고 한다.

한편, 공기 덩어리가 상승하면 부피가 커지므로 단위 부피에 들어 있는 수증기량이 감소하여 이슬점이 낮아진다. 이처럼 상승하거나 하강하는 공기 덩어리의 이슬점은 높이가 1km 변할 때마다 2°C씩 낮아지거나 높아진다. 이것을 이슬점 감률이라고 하며 포화 공기의 이슬점 감률은 습윤 단열 감률과 같다.

지표 부근에서 이동하는 공기가 높은 산맥을 만나면 상승하게 된다. 상승하는 공기는 단열 팽창하면서 냉각되므로 응결이 일어나 구름이 생성되고 비가 내리기도 한다. 이후 산맥을 넘어서 하강하는 공기는 단열 압축이 일어나므로 고온 건조해진다. 이와 같이 산을 넘기 전보다 산을 넘은 공기가 고온 건조해지는 현상을 뫄이라고 한다.

불포화 공기가 상승하여 기온과 이슬점이 같아지면 구름이 생성되는데, 이때의 높이를 상승 응결 고도라고 한다. 상승하기 시작한 공기의 온도와 이슬점을 각각  $T, T_d$ 라고 하면, 상승 응결 고도( $H$ )는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T - \frac{10^\circ\text{C}}{1\text{km}} \times H = T_d - \frac{2^\circ\text{C}}{1\text{km}} \times H$$

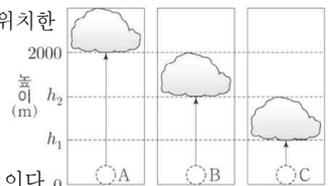
$$H(\text{km}) = \frac{1}{8}(T - T_d)$$

불포화 공기가 산 사면을 따라 상승하면 건조 단열 감률에 따라 기온이 낮아지다가 상승 응결 고도에 도달하면 구름이 생성되기 시작한다. 이 공기가 계속 상승하면 습윤 단열 감률에 따라 기온이 내려가고 비 또는 눈이 내리게 되는데, 이 구간에서 이슬점은 습윤 단열 감률에 따라 변한다. 공기가 산맥의 정상을 넘어 하강하면 건조 단열 감률에 따라 기온이 높아진다. 그 결과 산맥을 넘어온 공기는 산맥을 넘기 전보다 고온 건조해진다.

우리나라 영서 지방에도 뫄이 발생한다. 늦봄과 초여름 사이에 오호츠크해 기단의 세력이 강해질 때 영동 지방에서 영서 지방 쪽으로 북동풍이 부는 경우가 있다. 이때 동해안에서 태백산맥을 넘어가는 공기는 태백산맥의 동쪽 사면에 비를 내린 후, 태백 산맥의 서쪽으로 넘어가면 고온 건조해진다. 이처럼 태백산맥을 넘어 영서 지방에 부는 고온 건조한 바람을 **높새 바람**이라고 한다.

30. 그림은 서로 다른 지역에 위치한 공기 덩어리 A, B, C가

지표에서부터 단열 상승하여 구름이 생성된 모습을 각각 나타낸 것이다. 지표에서 A, B, C의 온도는 모두 30°C이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 건조 단열 감률은 1°C/100m, 습윤 단열 감률은 0.5°C/100m, 이슬점 감률은 0.2°C/100m이다.)

- < 보기 >
- ㄱ. 지표에서 A의 이슬점은 14°C이다.
  - ㄴ. 높이  $h_2$ 에서, B의 이슬점은 C의 기온보다 낮다.
  - ㄷ. 구간  $h_1 - h_2$ 를 상승하는 동안 상대 습도의 변화율은 B가 C보다 크다.

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

31. 다음은 구름 발생기를 이용하여 구름이 생성되는 원리를 알아보기 위한 실험이다. A는 실린더 내부의 밀폐된 공간이고, B는 A 외부의 밀폐된 공간이다.

[실험 과정]

(가) A에 물과 향 연기를 넣은 후 마개를 닫고, 온도와 상대 습도를 측정한다.

(나) 주사기의 손잡이를 빠르게 당긴 후, A의 변화를 관찰하고 온도와 상대 습도를 측정한다.

[실험 결과]

- 피스톤이 아래로 내려가고 A는 뿌옇게 변한다.
- A의 온도와 상대 습도 변화

	당기기 전	당긴 후
온도(°C)	㉠	㉡
상대 습도(%)	㉢	㉣

이 실험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① ㉠은 ㉡보다 크다.
- ② ㉢은 ㉣보다 작다.
- ③ 주사기의 손잡이를 당기면 A의 공기는 단열 팽창된다.
- ④ 주사기의 손잡이를 당기면 B의 압력은 높아진다.
- ⑤ B의 공기는 상승하는 공기 덩어리의 주변 공기에 해당한다.

21. 대기 안정도와 구름

대류권에서는 일반적으로 위로 갈수록 기온이 낮아지는데, 그 값은 시간과 장소에 따라 달라진다. 한편, 상승 또는 하강하는 공기 덩어리의 온도는 단열 감률에 따라 변한다. 상승하는 공기 덩어리의 온도가 주위 공기의 기온보다 높으면 더 상승하고, 주위 공기의 기온보다 낮으면 하강한다. 이와 마찬가지로 하강하는 공기 덩어리의 온도가 주위 공기의 온도보다 낮으면 더 하강하고, 주위의 기온보다 높으면 다시 상승한다. 이처럼 공기 덩어리를 상승 또는 하강시켰을 때 원래의 높이로 되돌아가려는 정도를 **대기 안정도**라고 한다.

어떤 공기 덩어리를 강제로 상승 또는 하강시켰을 때 원래의 위치로 되돌아가려고 하면 이 기층은 **안정**하다고 한다. 안정한 기층은 주위 공기의 기온 감률이 단열 감률보다 작은 경우에 형성된다. 이 경우 지표 부근의 공기 덩어리를 강제로 상승시키면 주위 공기보다 기온이 낮아져서 공기 덩어리가 다시 지표면으로 되돌아온다. 이와 반대로 어떤 공기 덩어리를 강제로 상승 또는 하강시켰을 때 원래의 위치에서 멀어지는 방향으로 계속 상승하거나 하강하려고 하면 이 기층은 **불안정**하다고 한다.

불안정한 기층은 주위 공기의 기온 감률이 단열 감률보다 큰 경우에 형성된다. 이 경우 지표 부근의 공기 덩어리를 강제로 상승시키면 주위 공기보다 기온이 높아져서 공기 덩어리가 계속 상승하게 된다. 한편, 강제로 상승 또는 하강시킨 공기 덩어리가 옮겨간 자리에 그대로 머무르려고 하면 이 기층은 **중립**이라고 한다. 중립인 기층은 기온 감률이 단열 감률과 같을 때 형성된다.

대기 안정도는 기온 감률과 단열 감률을 비교하여 판단할 수 있는데, 상승하는 공기 덩어리의 온도가 주변의 기온보다 낮은 고도에서는 안정하고, 주변의 기온보다 높아지는 고도부터 불안정해진다. 기온 감률이 습윤 단열 감률보다 작을 때는 공기 덩어리의 포화 여부와 관계없이 안정한데, 이러한 기층을 **절대 안정** 상태에 있다고 한다. 높이 올라갈수록 기온이 높아지는 역전층의 경우는 절대 안정한 상태이다.

기온 감률이 건조 단열 감률보다 클 때는 공기 덩어리의 포화 여부와 관계없이 불안정한데, 이러한 기층을 **절대 불안정** 상태에 있다고 한다.

한편, 기온 감률이 건조 단열 감률보다 작고 습윤 단열 감률보다 클 때는 운동하는 공기 덩어리의 수증기 포화 여부에 따라 기층의 안정도가 달라진다. 공기 덩어리가 불포화일 때는 기층이 안정하지만 포화일 때는 불안정한 상태인데, 이러한 기층을 **조건부 불안정** 상태에 있다고 한다.

지표면 부근의 공기가 상승하면 단열 팽창으로 냉각되어 구름이 생성된다. 구름은 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이나 빙정으로 이루어져 있으며, 구름의 모양은 대기 안정도에 따라 달라진다.

높이에 따른 기온 감률이 큰 어느 지역에서 지표 부근의 공기가 국지적으로 가열되어 구름이 발생하는 과정을 생각해보자. 지표 부근에서는 기층이 불안정하므로 공기 덩어리가 상승하는데, 건조 단열선을 따라 기온이 낮아진다. 상승하는 공기 덩어리가 상승 응결 고도에 이르면 기온과 이슬점이 같아져서 포화 상태가 되므로 수증기가 응결하여 구름이 생기기 시작한다. 이때 공기 덩어리는 같은 높이의 주위 공기보다 기온이 높

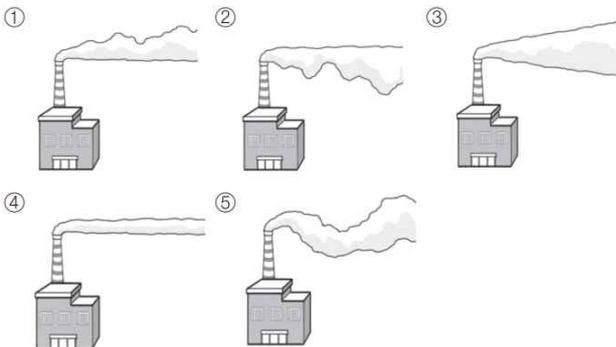
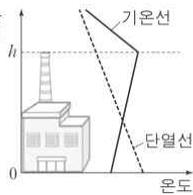
아 계속 상승하는데, 포화 상태이므로 기온이 습윤 단열선을 따라 낮아진다. 이 공기 덩어리가 계속 상승하면 어느 순간 기온이 주위 공기와 같아지므로 더는 상승하지 못한다. 따라서 이 지역에서는 **적운형 구름**이 발달한다.

높이에 따른 기온 감률이 작은 어느 지역에서 지표면이 국지적으로 가열되어 구름이 발생하는 과정을 생각해보자. 지표 부근에서 상승하는 공기 덩어리의 온도는 건조 단열선을 따라 낮아지는데, 상승 응결 고도에 이르면 구름이 생기기 시작한다. 이 경우에는 상승하는 공기는 주위 공기보다 기온이 낮아 더는 상승하지 못하므로 두께가 얇은 **층운형 구름**이 형성된다.

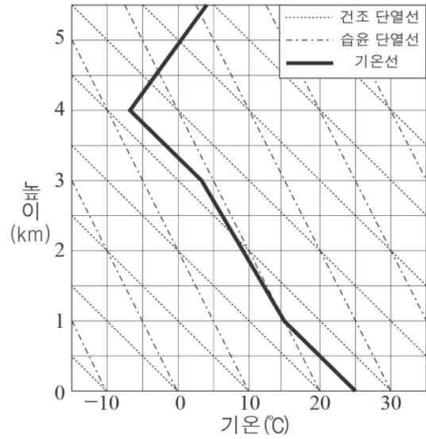
이처럼 불안정한 기층에서는 공기 덩어리의 연직 운동이 활발하여 상승 기류가 발달하므로 적운형 구름이 생성된다. 한편, 안정한 기층에서는 공기 덩어리의 연직 운동이 억제되어 상승 기류가 발달하지 못하므로 층운형 구름이 생성된다. 지표면 부근에서 수증기가 응결되어 생성된 작은 물방울이 공기 중에 떠 있는 것을 **안개**라고 한다. 안개는 생성 원인에 따라 여러 가지로 분류할 수 있다.

바람이 거의 없는 맑은 날 밤에 지표면의 복사 냉각이 활발하게 일어나서 기온이 이슬점 아래로 내려가면 안개가 생성되는데, 이를 복사 안개라고 한다. 또, 습윤하고 따뜻한 공기가 산을 오르면서 생기는 안개를 활승 안개라고 하고, 온난 습윤한 공기가 찬 지표면 위로 이동해서 생기는 안개를 이류 안개라고 한다. 한편, 찬 공기가 따뜻한 수면 위로 이동할 때 수면에서 증발한 수증기가 응결하여 생기는 안개를 증발 안개라고 하고, 온난 전선이 통과할 때 생기는 안개를 전선 안개라고 한다.

32 그림은 어느 지역의 기온선과 단열선을 높이 나타낸 것이다. 굴뚝까지의 높이가  $h$ 인 공장에서 나온 연기가 퍼져 나가는 모양으로 가장 적절한 것은?



33 그림은 어느 지역의 높이에 따른 기온 변화를 단열선도에 나타낸 것이다.



기온이 30°C, 이슬점이 22°C인 공기 덩어리가 지표에서 상승할 때 나타나는 현상에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 건조 단열 감률은 1°C/100m, 습윤 단열 감률은 0.5°C/100m, 이슬점 감률은 0.2°C/100m이다.)

- < 보 기 >
- ㄱ. 상승 응결 고도는 1km이다.
  - ㄴ. 구름의 두께는 약 3km이다.
  - ㄷ. 상승하는 공기 덩어리와 주변 공기의 온도 차이가 가장 큰 높이는 4km이다.

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

22. 대기를 움직이는 힘

모든 물체는 지구를 둘러싸고 있는 공기의 무게 때문에 압력을 받는다. 이러한 공기의 압력을 대기압 또는 기압이라고 한다. 기압의 단위로는 보통 hPa (헥토파스칼) 을 사용하는데, 1 hPa는 1 m<sup>2</sup>의 면적에 100 N의 힘이 작용하는 압력이다.

1643년 토리첼리는 실험을 통하여 기압의 크기를 처음으로 측정하였다. 그는 지표면을 누르는 대기의 압력은 약 76 cm 높이의 수은 기둥이 수은 면을 누르는 압력과 같다는 것을 알아내었다. 이 압력을 1 기압이라고 하는데, 1 기압은 약 1013 hPa에 해당한다.

$$1 \text{ 기압} = 76 \text{ cmHg} \approx 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1013 \text{ hPa}$$

기압은 위로 갈수록 감소하는데, 이는 위로 올라갈수록 관측 지점 위에 있는 공기의 기둥이 짧아지고 공기의 밀도가 급격하게 줄어들기 때문이다. 기압은 측정하는 시간과 장소에 따라 달라진다. 지상 일기도에서는 각 관측소에서 측정하는 기압을 평균 해수면 값으로 보정한 해면 기압으로 나타낸다.

공기는 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. 대기권에서는 위로 올라갈수록 기압이 감소하기 때문에 공기 덩어리는 기압 차이에 의해 위쪽으로 향하는 힘을 받는다. 그러나 뇌우, 태풍, 구름 발생 등의 경우를 제외하면 공기가 상승하는 운동이 잘 일어나지 않는데, 그 까닭은 무엇일까?

대기는 일반적으로 연직 방향의 기압 차이에 의해 위로 작용하는 힘과 공기의 무게에 의해 아래로 작용하는 중력의 크기가 같아서 **정역학 평형**을 이루기 때문에 기압 차이에 의한 공기의 연직 방향의 운동은 거의 일어나지 않는다. 따라서 대기의 운동은 일반적으로 수평 방향으로 기압 차이가 생길 때 힘이 작용하여 수평 방향으로 일어난다.

실제 대기에서 수평 방향의 바람은 지표 부근에서 50 m/s, 상층 대기에서 100 m/s가 넘는 경우도 있지만, 수직 방향의 기류는 일반적으로 0.1 m/s를 넘지 않는다. 하지만 외부의 힘이 작용하는 경우에는 뇌우, 태풍의 중심부, 구름의 발생 등 연직 방향의 기류가 강하게 나타난다.

공기 중에서 두 지점 사이에 기압의 차이가 생기면 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 힘이 작용하는데, 이를 **기압 경도력**이라고 한다.

두 지점 사이의 거리가 ΔH만큼 떨어져 있는 A, B면에 작용하는 기압을 각각 P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>라고 하고, A, B면의 단면적을 S라고 하자. A, B면에 작용하는 힘은 각각 P<sub>A</sub> · S, (P<sub>B</sub> - ΔP) · S이다. 따라서 직육면체에 작용하는 힘은 P<sub>A</sub> · S - (P<sub>B</sub> - ΔP) · S = ΔP · S가 되고, 기압이 높은 A면에서 기압이 낮은 B면 쪽으로 작용한다. 직육면체 안의 공기 덩어리의 질량을 m, 밀도를 ρ라고 하면 m = ρ · S · ΔH이다. 따라서 단위 질량의 공기 덩어리에 작용하는 수평 방향의 기압 경도력 (P<sub>H</sub>)은 다음과 같다.

$$P_H = \frac{\Delta P \times S}{\rho \times S \times \Delta H} = \frac{1}{\rho} \times \frac{\Delta P}{\Delta H}$$

기압 경도력은 바람을 일으키는 근본적인 힘으로, 일기도에서 등압선에 직각 방향으로 작용한다.

공기가 기압 경도력을 받아 움직이기 시작하면 전향력의 영향으로 이동하는 방향이 바뀐다.

지구는 북극을 중심으로 시계 반대 방향으로 자전한다. 따라서 전향력은 북반구에서 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로, 남반구에서 왼쪽 직각 방향으로 작용한다.

단위 질량의 공기 덩어리가 속도 v로 운동하는 경우 공기 덩어리에 작용하는 전향력 (C)의 크기는 다음과 같다.

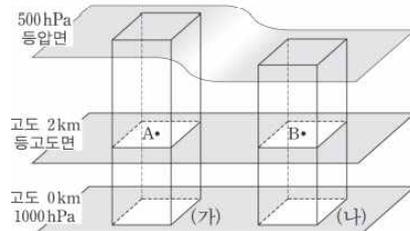
$$C = 2v\Omega \sin\phi$$

여기서 Ω는 지구의 자전 각속도이며, φ는 위도를 나타낸다. 전향력은 공기 덩어리의 속력에 비례하며, 고위도로 갈수록 커진다. 그러나 지표면에 대해 정지한 공기 덩어리나 적도를 따라서 운동하는 공기 덩어리에는 전향력이 작용하지 않는다.

줄에 추를 매어 돌리면 추가 원운동을 하는데, 도중에 줄을 놓아 버리면 추는 원의 접선 방향으로 날아간다. 따라서 추의 원운동을 계속 유지하려면 그려지는 원의 중심 쪽으로 당겨 주는 힘이 작용해야 한다. 이처럼 물체가 원운동을 할 수 있도록 원의 중심 방향으로 작용하는 힘을 **구심력**이라고 한다. 바람의 방향이 곡선일 때 운동 방향을 곡선으로 휘게 하는 구심력이 작용한다.

물체의 운동 방향과 반대 방향으로 작용하여 물체의 운동 속도를 감소시키는 힘을 **마찰력**이라고 하며, 지표면에서 부는 바람은 지표면의 영향으로 마찰력을 받는다. 마찰력은 바람 방향의 반대 방향으로 작용한다. 마찰력의 크기는 지표면이 거칠수록, 지표면에 가까울수록, 풍속이 클수록 커진다. 육지는 바다보다 표면의 굴곡이 심하므로 바람에 작용하는 마찰력이 크다. 지표면의 마찰력이 영향을 미치는 높이는 대체로 지표면에서 1 km까지의 대기층으로, 이를 마찰층이라고 한다.

34. 그림은 등압면 1000hPa과 500hPa 사이의 밀면적이 동일한 공기 기둥 (가)와 (나)를 나타낸 것이다. 공기 기둥 내의 밀도는 각각 일정하고, 지점 A와 B는 등고도면에 위치한다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. 공기 기둥의 질량은 (가)가 (나)보다 크다.
  - ㄴ. 공기 기둥의 평균 기온은 (가)가 (나)보다 높다.
  - ㄷ. 기압은 A가 B보다 높다.

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

35. 다음은 전향력과 관련된 실험이다.

**[실험 과정]**

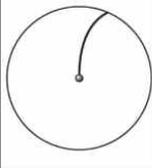
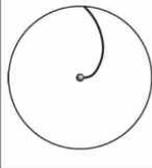
(가) 그림과 같이 회전 원판 실험 장치 중앙에 굴림대와 쇠구슬을 준비한다.



(나) 잉크를 묻힌 쇠구슬을 굴림대 상부에 놓아 일정한 속도를 유지하며 굴러 가도록 한다.

(다) 회전 원판의 속도를  $V_1, V_2, V_3$ 로 달리하며 쇠구슬이 굴러간 궤적을 관찰한다.

**[실험 결과]**

구분	A	B	C
회전 속도	$V_1$	$V_2$	$V_3$
결과			

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 전향력의 크기는  $A < B < C$ 이다.
  - ㄴ. B는 회전 원판을 시계 반대 방향으로 회전시켰다.
  - ㄷ. C는 지구 남반구에서의 상황을 실험한 것이다.

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

23. 바람의 종류

높이 1 km 이상의 상공에서 등압선이 직선으로 평행할 때 바람은 어떻게 불까? 정지하고 있던 공기 덩어리는 기압 경도력에 의해 기압이 낮은 쪽으로 움직이기 시작한다. 공기가 움직이기 시작하면 북반구에서는 전향력이 운동 방향의 오른쪽으로 작용하여 풍향이 점점 오른쪽으로 변한다. 또, 풍속이 빨라짐에 따라 전향력도 커져 기압 경도력과 전향력이 평형을 이룬다. 이때 바람은 일정한 속도로 등압선에 나란하게 부는데, 이를 **지균풍**이라고 한다.

지균풍은 기압 경도력과 전향력의 크기가 같을 때 발생하므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta H} = 2v\Omega \sin\phi \quad (\Delta P: \text{기압 차이}, \Delta H: \text{등압선 간격})$$

따라서 지균풍의 풍속은 기압 경도력이 클수록 빠르고, 기압 경도력의 크기가 같을 경우에는 저위도 지방으로 갈수록 빠르다.

높이 1 km 이상의 상공에서 등압선이 곡선일 때는 바람이 어떻게 불까?

등압선이 원형일 때 북반구 저기압 부근에 정지해 있던 공기 덩어리가 기압 경도력에 의해 저기압 중심을 향해 이동하기 시작하면 전향력을 받아 운동 방향이 오른쪽으로 휘어진다. 공기 덩어리의 운동 속도가 커지면 전향력도 커져서 마침내 등압선에 나란하게 시계 반대 방향으로 운동하게 된다. 이때 저기압 중심을 향하는 기압 경도력과 바깥쪽으로 작용하는 전향력의 차이가 구심력이 되어 바람이 시계 반대 방향으로 분다. 따라서 상공의 저기압 부근에서는 기압 경도력과 전향력의 차이가 구심력으로 작용하여 바람이 분다.

반면, 북반구 고기압 부근에서는 고기압 중심을 향하는 전향력이 바깥쪽으로 향하는 기압 경도력의 차이가 구심력이 되어 바람이 시계 방향으로 분다. 따라서 상공의 고기압 부근에서는 전향력과 구심력의 차이가 기압 경도력과 평형을 이루면서 바람이 분다. 이처럼 높이 1 km 이상의 상공에서 등압선이 곡선일 때 등압선에 나란하게 부는 바람을 **경도풍**이라고 한다. 기압 경도력이 같다면 고기압성 경도풍이 저기압성 경도풍보다 전향력이 크므로 풍속이 더 빠르다.

높이 1km 이하의 지표면 부근에서 등압선에 비스듬하게 부는 바람을 **지상풍**이라고 한다. 지상풍은 지표면의 마찰 때문에 상공에서 부는 지균풍이나 경도풍보다 풍속이 약하다. 등압선이 직선일 때, 전향력과 마찰력의 합력이 기압 경도력과 평형을 이루면서 바람이 저기압 쪽으로 분다.

지상풍이 등압선과 이루는 각을 경각 ( $\theta$ )이라고 한다. 경각은 지표면의 마찰력이 클수록 증가하는데 육상에서는  $20^\circ \sim 35^\circ$ , 해상에서는  $15^\circ \sim 20^\circ$ 이다.

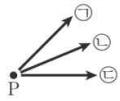
지표 부근에서 등압선이 원형일 경우 지상풍은 기압 경도력, 전향력, 마찰력 외에 구심력이 작용한다. 상공에서는 바람이 등압선과 나란하게 원운동을 하지만 지표 부근에서는 마찰력이 작용하여 풍속을 감소시키므로 바람이 등압선과 각을 이루며 불게 된다.

북반구의 지표 부근에 형성된 저기압 부근에서는 바람이 시

계 반대 방향으로 불어 들어가고, 고기압 부근에서는 바람이 시계 방향으로 불어 나온다.

북반구에서 고도에 따른 지상풍의 풍속과 풍향 변화를 나타내면 지표면에서 상공으로 올라갈수록 마찰력이 감소하므로 풍속이 증가하고, 경각이 점점 작아진다. 이러한 변화를 수평면에 투영하여 화살표의 끝을 연결하면 나선이 그려지는데, 이를 **에크만 나선**이라고 한다. 풍향이 등압선과 나란해지는 높이까지 지표면의 마찰이 영향을 미치므로 이 높이를 **마찰 고도**라고 하며, 지표면에서 마찰 고도까지를 **마찰층**이라고 한다.

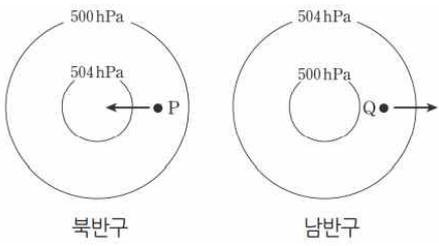
36. 그림은 북반구 어느 지점 P의 연직 등압선 A 상공에서 내려다본 서로 다른 세 고도에서 부는 바람 ㉠, ㉡, ㉢과 등압선을 동일한 평면에 투영하여 모식적으로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 각각의 고도에서 등압선 A와 B 사이의 거리와 기압차는 같고 화살표는 풍향만을 나타낸다.)



- < 보 기 >
- ㄱ. 같은 고도에서 A의 기압이 B의 기압보다 높다.
  - ㄴ. 전향력은 ㉢이 가장 크다.
  - ㄷ. 고도가 높아질수록 풍향은 ㉢ → ㉡ → ㉠ 순으로 변한다.

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

37. 그림은 경도풍이 불고 있는 두 지점 P와 Q 주변의 기압 배치를 나타낸 것이다.



P와 Q에서 화살표 방향으로 작용하는 힘을 옳게 나타낸 것은?

- |         |            |
|---------|------------|
| P       | Q          |
| ① 전향력   | 전향력, 원심력   |
| ② 전향력   | 기압경도력, 전향력 |
| ③ 전향력   | 기압경도력, 원심력 |
| ④ 기압경도력 | 전향력, 원심력   |
| ⑤ 기압경도력 | 기압경도력, 원심력 |

24. 편서풍 파동과 제트류

1930년대에 라디오존데를 이용하여 상층의 대기를 관측하기 시작하면서 상층 대기의 운동이 밝혀졌다. 중위도 지방의 상공에는 지구를 감싸면서 회전하는 파동이 형성되어 있는데, 이 파동은 남북 방향으로 굽이치면서 서쪽에서 동쪽으로 회전하고 있다. 이러한 거대한 파동은 어떻게 형성되는 것일까?

따뜻한 공기는 찬 공기보다 밀도가 낮으므로 기압이 같은 지점의 고도는 한랭한 기층보다 온난한 기층에서 더 높다. 따라서 온난한 기층은 한랭한 기층보다 상공으로 갈수록 기압이 완만하게 감소하고, 등압면의 간격이 넓어진다. 저위도 지방의 공기는 고위도 지방의 공기보다 온난하므로 저위도에서 고위도로 갈수록 등압면의 간격이 좁아진다. 따라서 같은 높이에서 저위도 지방은 고위도 지방보다 기압이 더 높다. 그 결과 상공에서는 기압 경도력이 저위도에서 고위도 방향으로 작용하고, 이와 반대 방향으로 작용하는 전향력과 평형을 이루면서 서쪽에서 동쪽으로 편서풍이 분다.

저위도와 고위도의 온도 차이로 중위도 상공에서 발생한 편서풍은 지구 자전의 영향을 받아 파장이 수천 km에 이르는 파동을 형성하는데, 이를 **편서풍 파동**이라고 한다.

편서풍 파동의 발생과 변화 과정을 나타낸 것이다. 처음에는 거의 직선 형태의 파동이 만들어진다. 이때에는 저위도와 고위도 사이의 에너지 수송이 거의 일어나지 않으므로 남북의 온도 차이가 점차 벌어진다. 그러나 이 온도 차이가 어느 한계를 넘어서면 남북 사이의 에너지 불균형을 해소하기 위해 파동의 진폭이 커지면서 성장한다. 결국, 파동의 일부가 분리되어 북쪽에는 따뜻한 고기압이, 남쪽에는 차가운 저기압이 만들어지면서 저위도와 고위도 사이의 에너지 수송이 일어난다. 이렇게 저위도와 고위도 사이의 온도 차이가 감소하면 다시 처음 같은 상태로 돌아가면서 편서풍 파동의 변화가 반복된다.

저위도에서 고위도 지역으로 수송되는 에너지의 양은 편서풍 파동의 형태에 따라 다르다. 진폭이 작을 때는 남북 사이의 에너지 수송이 잘 일어나지 않는다. 그러나 진폭이 커지면 저위도의 따뜻한 공기가 고위도로, 고위도의 차가운 공기가 저위도로 이동하여 남북 사이의 에너지 수송이 활발하게 일어난다. 이처럼 저위도와 고위도의 온도 차이로 발생하는 편서풍 파동은 지구의 에너지 수송에 중요한 역할을 하며, 온대 저기압의 발생에도 큰 영향을 준다.

편서풍 파동의 풍속은 고도가 높아짐에 따라 증가하다가 대류권 계면 부근에서 가장 빠르는데, 편서풍 파동에서 축이 되는 좁고 강한 흐름을 **제트류**라고 한다. 제트류는 대류권 계면 부근에서 남북 사이의 온도 차이가 가장 큰 곳에서 나타난다. 그 이유는 수평 방향의 온도 차이가 클수록 기압 경도력이 커서 풍속이 강하기 때문이다.

제트류에는 한대 제트류와 아열대 제트류가 있다. 극순환과 페렐 순환의 경계에서는 차가운 공기와 따뜻한 공기가 만나 한대 전선대를 형성한다. 한대 전선대에서는 남북 사이의 온도 차이가 크므로 기압의 차이가 크게 나타난다. 이에 따라 한대 전선대의 상공에서는 기압 경도력이 매우 커서 강한 제트류가 발생하는데, 이를 한대 제트류라고 한다.

한편, 해들리 순환과 페렐 순환이 만나는 아열대 지방의 대류권 계면 부근에서는 남북 사이의 온도 차이가 크므로 제트류가 발생하는데, 이를 아열대 제트류라고 한다.

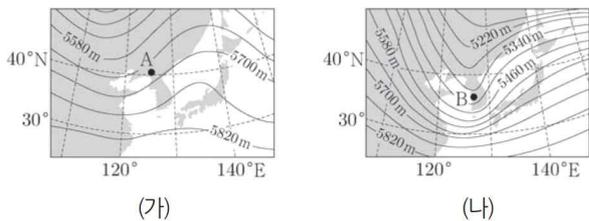
제트류의 세기는 남북 사이의 온도 차이가 큰 겨울철에 강해지며, 그 위치는 겨울철에 저위도로 이동하고 여름철에 고위도로 이동한다. 이러한 제트류는 지상의 고기압과 저기압 발달에 영향을 준다.

상층에서 발달한 편서풍 파동은 지상의 기압 배치에 영향을 준다. 500 hPa 등압면 등고선상에서 편서풍의 흐름을 나타내면 편서풍 파동은 남북으로 진동하면서 큰 파동을 형성하고 지구 전체를 감싸며 불고 있는 것을 확인할 수 있다. 상층 일기도상에서 등고선이 고위도 지방으로 올라간 부분은 주위보다 기압이 높은 기압 마루이고, 등고선이 저위도 지방으로 내려간 부분은 주위보다 기압이 낮은 기압골이다.

상층의 기압 마루 부근에서 부는 고기압성 경도풍은 기압골 부근에서 부는 저기압성 경도풍보다 풍속이 빠르다. 따라서 바람이 기압 마루에서 기압골로 불어갈 때는 풍속이 점점 느려져서 기압골의 서쪽에서는 공기가 수렴하므로 하강 기류가 발달하여 지상에 고기압이 형성된다. 이와 반대로 바람이 기압골에서 기압 마루로 불어갈 때는 풍속이 점점 빨라져서 기압골의 동쪽에서는 공기가 발산하므로 상승 기류가 발달하여 지상에 저기압이 형성된다.

상층의 기압골과 기압 마루는 편서풍 파동에 의해 서쪽에서 동쪽으로 이동하므로 지상의 고기압과 저기압도 서쪽에서 동쪽으로 이동해 간다. 이처럼 상층 대기의 운동은 지상의 일기 변화에 큰 영향을 미치므로 일기 예보를 할 때는 상층 대기의 운동을 파악하는 것이 매우 중요하다.

38. 그림 (가)와 (나)는 서로 다른 시기에 관측한 500hPa 등압면의 고도 분포를 나타낸 것이다. 지점 A와 B는 500hPa 등압면에 위치한다.

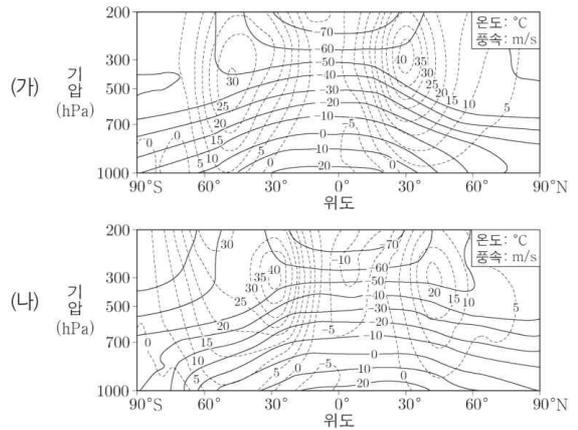


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 지상에는 하강 기류가 나타난다.
  - ㄴ. B는 기압골에 위치한다.
  - ㄷ. 500hPa 등압면의 남북 방향 기울기는 A가 B보다 작다.

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

39. 그림 (가)와 (나)는 전 지구에서의 기압에 따른 평균 동서 방향 풍속과 기온의 연직 단면도를 북반구의 겨울철(1월)과 여름철(7월)로 구분하여 순서 없이 나타낸 것이다. 실선은 온도, 점선은 풍속을 나타내며 (+)는 서풍, (-)는 동풍이다.



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

- < 보 기 >
- ㄱ. (가)는 북반구 겨울철에 해당한다.
  - ㄴ. 남반구에서 제트류의 중심은 1월이 7월보다 저위도에 위치한다.
  - ㄷ. 각 반구에서, 1월 제트류 중심 풍속에서 7월 제트류 중심 풍속을 뺀 값은 남반구가 북반구보다 크다.

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

25. 대기의 순환

대기의 운동은 지표면의 불균등한 가열, 지표면과의 마찰, 지구의 자전 등의 영향을 받아 다양한 형태로 나타난다. 일반적으로 대기의 운동은 공간 규모가 클수록 지속하는 시간 규모도 증가한다. 그런데 작은 규모의 운동은 큰 규모의 운동에 속해 있으며 서로 연관되어 있으므로, 대기의 운동을 정확하게 이해하기 위해서는 여러 규모의 운동을 알아야 한다.

공간 규모가 수백 m 이내이면서 지속 시간이 가장 짧은 대기 운동을 **미규모 순환**이라고 하며 난류, 작은 소용돌이 등이 이에 속한다. 공간 규모가 수백 m~수백 km에 이르고 지속 시간이 수 분~1 일인 대기 운동을 **중규모 순환**이라고 하며 해륙풍, 산곡풍, 뇌우 등이 이에 속한다.

해륙풍은 해안 지방에서 육지와 바다의 온도 차이에 의해 하루를 주기로 풍향이 바뀌는 바람이다. 낮에는 바다보다 육지가 빨리 가열되어 바다에 고기압, 육지에 저기압이 형성되므로 해풍이 분다. 밤에는 반대로 바다보다 육지가 빨리 냉각되어 바다에 저기압, 육지에 고기압이 형성되므로 육풍이 분다. 산곡풍은 이와 비슷한 원리로 산 사면과 골짜기 사이에서 하루를 주기로 풍향이 바뀌는 바람이다.

이보다 규모가 더 커서 공간 규모가 100 km~1000 km이고 지속 시간이 1 일 이상인 대기 운동을 **중관 규모 순환**이라고 하며 태풍, 고기압, 저기압 등이 이에 속한다. 중관 규모 순환은 날씨에 큰 영향을 주며 일기도상에 나타난다.

가장 규모가 큰 대기 운동을 **지구 규모 순환**이라고 한다. 공간 규모가 1000 km~10000 km에 달하고 지속 시간도 1 주일 이상이며 계절풍, 편서풍 파동, 대기 대순환이 이에 속한다. 계절풍은 해륙풍과 마찬가지로 원리로 여름에는 육지가 바다보다 빨리 가열되고 겨울에는 육지가 바다보다 빨리 냉각되어 1 년을 주기로 풍향이 바뀌는 바람이다.

중관 규모나 지구 규모와 같이 큰 규모의 순환에서는 전향력의 영향을 크게 받는다. 그러나 미규모 또는 중규모 순환에서는 전향력을 거의 무시할 수 있다.

지구는 태양으로부터 끊임없이 복사 에너지를 받고 있다. 지구 대기권 밖에서 햇빛에 수직인 1 m<sup>2</sup>의 면이 1 초 동안 받는 태양 복사 에너지의 양은 약 1367 W/m<sup>2</sup>인 데, 이를 **태양 상수**라고 한다. 지구의 단면적은 지구 전체 표면적의  $\frac{1}{4}$ 이므로 지구 단위 면적이 받는 평균 태양 복사 에너지의 양은 태양 상수의  $\frac{1}{4}$ 이다. 지구에 입사하는 태양 복사 에너지의 일부는 구름과 지표면에서 반사되고 나머지는 지표에 흡수된다.

지구는 태양으로부터 흡수하는 복사 에너지의 양과 같은 양의 복사 에너지를 방출하므로 연평균 기온이 일정하게 유지되는 데, 이를 **지구의 복사 평형**이라고 한다.

지구 전체적으로는 복사 평형을 이루고 있지만, 위도별로는 복사 평형이 이루어지지 않는다. 저위도 지방은 태양 복사 에너지 흡수량이 지구 복사 에너지 방출량보다 많아 에너지 과잉이, 고위도 지방은 지구 복사 에너지 방출량이 태양 복사 에너지 흡수량보다 많아 에너지 부족이 나타난다. 대기와 해수는 순환하면서 저위도의 과잉 에너지를 고위도로 수송한다. 지구 규모의 에너지 이동을 일으키는 대기 순환을 **대기 대순환**이라고 한다.

지구가 자전하지 않고 표면이 균질하다면 적도 지방의 따뜻한 공기는 상승하여 양극 지방으로 이동하고, 이 공기가 극지방에서 하강한 후 다시 적도 지방으로 이동하기 때문에 북반구와 남반구에는 각각 하나의 대류 세포가 형성된다. 이를 **단일 세포 순환 모델**이라고 한다.

자전하는 지구에서는 남반구와 북반구에 각각 3 개의 세포로 이루어진 대기 순환이 나타난다. 적도 부근에서는 가열된 공기가 상승하여 **적도 저압대**가 형성된다. 이곳에서 상승한 공기는 고위도로 이동하면서 전향력 때문에 동쪽으로 편향되고, 점차 냉각되므로 위도 30° 부근에서 하강하여 **중위도 고압대**를 형성한다. 중위도 고압대에서 하강한 공기 중 일부는 지표 따라 적도로 이동하면서 무역풍을 형성하며 순환하는데, 이를 **해들리 순환**이라고 한다. 극지방에서는 냉각된 공기가 하강하여 **극고압대**를 형성하고 저위도로 이동하면서 극동풍이 된다. 극동풍은 위도 60° 부근에서 편서풍과 만나 한대 전선대를 형성한 후 상승하여 다시 극지방으로 돌아오는 순환을 하는데, 이를 **극순환**이라고 한다. 한편, 중위도 고압대에서 하강한 공기 중 일부는 고위도로 이동하면서 편서풍을 형성하고 한대 전선대에서 상승하여 약한 순환을 이루는데, 이를 **폐열 순환**이라고 한다.

그러나 실제로 지구에서 일어나는 대기 순환은 수륙 분포, 지형, 계절에 따른 남북 간의 온도 차이 등에 의해 복잡하게 나타난다. 특히, 중위도 지방의 상공에서는 편서풍이 불고 대류권 계면의 높이가 크게 변하는 곳에서는 제트류가 발생하며, 전선이 복잡한 파동 형태로 형성되어 날씨 변화가 심하게 나타난다.

40. 다음은 어느 기상 현상에 대한 자료이다.



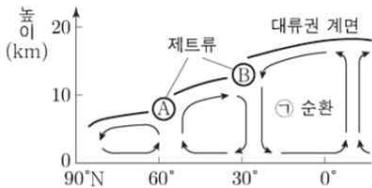
- 갈매기 모양의 회오리바람이다.
- 우리나라에서는 용오름이라고도 부른다.

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

- < 보 기 >
- ㄱ. 토네이도이다.
  - ㄴ. 시간 규모가 태풍보다 크다.
  - ㄷ. 공간 규모가 해들리 순환보다 크다.

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

41. 그림은 어느 계절의 대기 대순환의 연직 단면이다. 이 계절은 북반구의 여름철과 겨울철 중 하나이다.

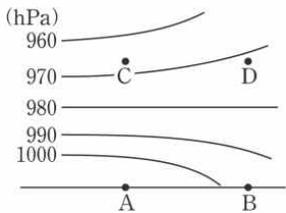


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. ㉠ 순환은 직접 순환이다.
  - ㄴ. A와 B의 방향은 서로 반대이다.
  - ㄷ. 이 계절은 북반구의 겨울철이다.

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

42. 그림은 어느 해안 지역에서 해풍이 불 때 높이에 따른 기압 분포를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 육지와 바다 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A는 육지이다.
  - ㄴ. 온도는 A가 B보다 낮다.
  - ㄷ. 기압은 C가 D보다 낮다.

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

26. 천체의 위치 변화와 좌표계

지구상에서 서울의 위치를 나타낼 때 37.5°N, 127°E라는 위도와 경도를 이용하여 표현한다. 위도는 자전축에 수직인 원 중 반지름이 가장 큰 원인 적도를 0°로 하고, 북극과 남극을 각각 90°N과 90°S로 정하여 나타낸 좌푯값이다. 경도는 적도에 수직이고 북극과 남극을 지나는 원들의 각도를 그리니치 천문대를 기준으로 동서로 각각 180°로 나눈 좌푯값이다. 같은 경도선상의 북극 방향이 북쪽이고 그 반대편이 남쪽이며, 북극을 바라보고 있을 때 같은 위도상의 오른쪽은 동쪽, 왼쪽은 서쪽이다.

지구상의 어떤 위치에서의 시각은 그 지역에서 태양이 하루 중 가장 높이 떠 있을 때의 시각을 12시로 정하므로, 같은 경도상에 있는 지역에서는 같은 시각을 사용한다. 지구는 1시간에 15°씩 자전하므로 경도가 15° 차이 나는 두 지역의 시각은 1시간 차이가 난다.

지구상의 어느 위치를 위도와 경도로 나타내는 것처럼 밤하늘의 별의 위치도 기준점을 사용하여 나타낼 수 있다. 밤하늘의 별들은 관측자를 중심으로 하는 무한히 큰 가상의 구면에 붙어있는 것처럼 보이는데, 이 구면을 천구라고 한다. 천구상에는 별의 위치를 나타내는 데 필요한 기준이 되는 점과 선이 있다. 지구의 자전축이 천구와 만나는 점을 각각 천구 북극과 천구 남극이라 하며, 지구의 적도를 천구까지 연장한 선을 천구 적도라고 한다. 관측자의 머리 위와 발아래로 연장한 선이 만난 지점을 천정과 천저라고 한다. 천구의 북극과 남극을 지나는 대원을 시간권, 천정과 천저를 지나는 대원을 수직권이라고 한다. 그리고 천구의 북극과 천정을 지나는 대원을 자오선이라고 하며, 자오선이 천구의 북극 방향에서 지평선과 만난 지점을 북점, 그 반대편을 남점이라고 한다. 또, 북점을 바라볼 때 오른쪽 직각 방향에 있는 지점을 동점, 왼쪽 직각 방향에 있는 지점을 서점이라고 한다.

관측자의 지평면과 북점 또는 남점을 기준으로 하여 천체의 위치를 나타내는 방법을 지평 좌표계라고 한다. 지평 좌표계에서 천체의 위치는 방위각과 고도로 나타낸다.

방위각(A)은 북점 또는 남점으로부터 지평선을 따라 시계 방향으로 천체를 지나는 수직권까지 측정하며, 0°에서 360° 사이의 값을 가진다. 고도(h)는 지평선으로부터 별을 지나는 수직권을 따라 천정 방향으로 측정하며, 0°에서 90° 사이의 값을 가진다. 지평 좌표계는 관측자가 서 있는 지평면을 기준으로 하기 때문에 천체의 위치를 나타내기 쉽다. 그러나 관측자의 위치가 달라지면 기준면인 지평면이 달라지므로 같은 천체라도 방위각과 고도의 값이 달라진다. 또, 지구가 자전하므로 천체의 방위각과 고도는 시간이 흐르면서 계속 달라진다. 따라서 지평 좌표계로 천체의 위치를 나타낼 때는 관측 시각과 장소를 표시해야 한다.

어떤 천체의 위치를 나타낼 때 서로 다른 장소와 시각의 모든 관측자가 같은 좌푯값으로 위치를 표현하는 방법이 필요하다. 이를 위해 만들어진 좌표계가 적도 좌표계이다.

적도 좌표계는 춘분점과 천구 적도를 기준으로 하여 천체의 위치를 적경과 적위로 나타낸 좌표계이다. 적경( $\alpha$ )은 춘분점으로부터 천구의 적도를 따라 천체를 지나는 시간권까지 시계 반대 방향으로 측정한 각이다. 즉, 적경은 춘분점을 지나는 시간권과 천체를 지나는 시간권이 이루는 각인데, 0시(0<sup>h</sup>)에서

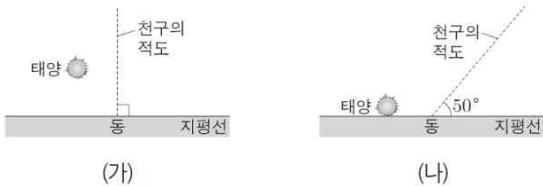
24시(24<sup>h</sup>) 사이의 시간각으로 나타낸다. 적위( $\delta$ )는 천체를 지나는 시간권을 따라 천구의 적도면에서 천체까지 측정한 각으로, 0°에서 90° 사이의 값을 가진다. 적위는 천체가 천구의 적도를 기준으로 북반구에 있을 때는 (+), 남반구에 있을 때는 (-) 값으로 나타낸다.

적도 좌표계에서는 기준이 되는 춘분점이 천구에 고정되어 있으므로 관측자의 위치나 시각과 관계없이 천체의 적경과 적위 값이 변하지 않는다. 따라서 천구상에서 위치가 변하지 않는 별들의 목록이나 성도를 작성하는 데 이용된다. 그러나 지구와 태양계 행성들은 태양 주위를 공전하고 있으므로 태양과 행성들이 천구상의 고정된 별들 사이를 움직이는 것으로 관측된다. 태양은 천구상에서 별자리 사이를 매일 약 1°씩 서쪽에서 동쪽으로 이동하고, 행성들도 태양 둘레를 공전하므로 태양계 천체들의 적경과 적위 값은 매일 조금씩 달라진다. 태양은 황도를 따라 연주 운동하기 때문에 매일 적경과 적위가 달라진다. 태양의 적위가 변하면 계절에 따라 태양의 일주권도 달라진다.

어떤 천체가 일주 운동하는 동안 적경과 적위는 변하지 않지만 방위각과 고도는 계속 달라진다. 천체가 남쪽 자오선에 위치할 때 천체의 고도를 **남중 고도**라 한다. 천체의 남중 고도( $h$ )는 천체의 적위( $\delta$ )와 관측자의 위도( $\phi$ )에 따라 달라진다.  $\delta > \phi$ 일 때, 천체의 남중 고도( $h$ )는 다음과 같다.

$$h = 90^\circ - \phi + \delta$$

43 그림은 하짓날 서로 다른 두 지역 (가)와 (나)에서 동시에 동쪽 하늘을 관측한 모습을 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 동경 0°~180° 사이에 위치한다.



(가)보다 (나)에서 큰 값을 갖는 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 경도
  - ㄴ. 이날 낮의 길이
  - ㄷ. 이날 태양의 최대 고도

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

44 다음은 서울(37.5°N)에서 어느 날 자정 무렵에 관측한 페르세우스자리 유성우에 대한 설명이다.

- 페르세우스자리 유성우는 매년 같은 시기에 관측되며, 이날 자정 무렵에는 시간당 60개 이상의 유성이 관측된다.
- 유성우 복사점(유성들이 시작되는 것처럼 보이는 위치)의 적경은 3<sup>h</sup> 15<sup>m</sup>, 적위는 +57°이다.



페르세우스자리 유성우에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 관측한 시기는 겨울철이다.
  - ㄴ. 복사점의 위치는 일주 운동하는 동안 지평선 아래로 지지 않는다.
  - ㄷ. 혜성이 남기고 간 잔해들이 지구 대기와 마찰을 일으켜 발생하는 현상이다.

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

27. 행성의 겉보기 운동과 태양계 우주관

태양과 달, 그리고 수성, 금성, 화성, 목성, 토성은 맨눈으로도 관측할 수 있는 천체로, 과학이 발달하지 않았던 시기의 사람들도 많은 관측 기록을 남겼다. 고대인들은 수성과 금성이 새벽이나 초저녁에만 관측된다는 사실로부터 두 행성이 태양과 일정한 거리 범위 내에 있다고 생각하였다. 그러나 화성과 목성, 토성은 초저녁부터 한밤중을 지나 새벽까지 관측되는 것을 보고 이 행성들과 태양이 지구를 중심으로 서로 반대 방향에도 위치할 수 있다는 것을 알고 있었다. 이 행성들은 하늘에서 위치가 고정되어 있는 별자리 사이를 매우 불규칙하고 복잡하게 움직인다. 이처럼 천구상에서 나타나는 행성의 움직임을 행성의 **겉보기 운동**이라고 한다. 행성은 주로 천구상의 별자리 사이를 서쪽에서 동쪽으로 움직이는데 이를 **순행**이라 하고, 동쪽에서 서쪽으로 움직이는 것을 **역행**이라 한다. 순행에서 역행으로, 또는 그 반대로 이동 방향이 바뀔 때 행성이 정지한 것처럼 보이는 것을 **유**라고 한다. 행성의 움직임을 지속해서 관측하면 순행-유-역행-유-순행의 순서로 반복된다.

옛날 사람들은 지구가 우주의 중심에 있고 나머지 천체들이 지구를 중심으로 움직이고 있다고 생각하였다. 2세기경 프톨레마이오스는 여러 천체들의 관찰 결과를 토대로 정교한 체계의 **지구 중심설**을 주장하였다. 프톨레마이오스는 행성들이 천구상에서 순행을 하다가 역행하는 것을 행성들이 주전원이라고 하는 작은 원을 그리며 지구를 공전하고 있기 때문이라고 설명하였다. 또, 수성과 금성이 새벽이나 초저녁에만 관찰되는 것은 수성과 금성의 주전원의 중심이 항상 지구와 태양을 잇는 직선상에 있기 때문이라고 설명하였다. 이러한 프톨레마이오스의 지구 중심설은 오랫동안 사람들의 지지를 받았다. 하지만 행성들의 위치를 예측하고 설명할 때 많은 수정이 필요했다. 과학자들도 이해하기 어려울 정도로 복잡하고 많은 원을 도입해서 천체의 운동을 설명해야 했으므로 점차 지구 중심설의 문제점을 느끼기 시작했다.

16세기 폴란드의 천문학자 코페르니쿠스는 행성의 운동을 복잡하게 설명하는 지구 중심설을 비판적으로 바라보았다. 그는 지구 중심설에서 지구와 태양의 위치를 바꾸면 주전원을 도입하지 않고도 간단하게 행성들의 운동을 설명할 수 있다는 것에 주목하여 지구와 행성들이 태양을 중심으로 공전한다는 **태양 중심설**을 주장하였다. 태양으로부터의 거리가 먼 행성일수록 공전 속도가 느리진다는 가정을 통해 행성들의 순행, 역행과 같은 겉보기 운동을 설명할 수 있었다. 또, 수성과 금성은 지구보다 안쪽 궤도에서 공전하므로 새벽이나 초저녁에만 관측되는 현상을 자연스럽게 설명할 수 있었다.

지구에서 보이는 행성의 겉보기 운동은 지구와 행성의 공전 속도 차이 때문에 나타난다. 내행성은 지구보다 태양으로부터 거리가 가까워 공전 속도가 빠르므로 내합 부근에서 역행하며, 그 외 대부분의 공전 기간에는 순행한다.

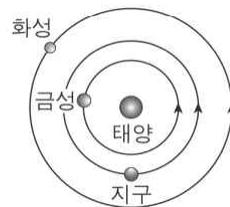
외행성은 지구보다 태양으로부터 먼 거리에서 공전하고 있으므로 지구보다 공전 속도가 느리다. 지구와 외행성이 각자의 공전 궤도에서 공전할 때 천구상에서 외행성은 순행한다고 하자. 그러나 시간이 지나면 지구와 외행성이 공전하는 동안 외행성은 역행을 한다. 이후 지구와 외행성이 이동할 때 천구상의 외행성은 다시 순행을 한다. 외행성의 역행은 중 부근에서 일어나고, 다른 기간에는 순행이 나타난다.

코페르니쿠스의 태양 중심설은 행성의 운동을 단순한 체계로 설명할 수 있었지만 과학적 증거를 제시하지 못하였다. 이후 브라헤는 코페르니쿠스의 태양 중심설이 맞다면 별들의 위치가 천구상에서 변하는 연주 시차가 관측되어야 한다고 생각하였다. 그는 천체 관측 도구를 개발하여 연주 시차를 측정하려고 노력하였지만, 끝내 측정하지 못하여 태양 중심설을 포기하고 수정된 지구 중심설을 주장하였다. 브라헤가 주장한 지구 중심설에서는 달과 태양이 지구를 중심으로 공전하고 나머지 행성들은 태양 둘레를 공전한다. 이 우주관에서는 코페르니쿠스의 우주관처럼 행성의 운동을 단순하게 설명할 수 있으며 연주 시차가 나타나지 않는다.

한편, 갈릴레이(Galilei, G., 1564~1642)는 코페르니쿠스의 태양 중심설을 지지하였다. 그는 1609년에 직접 제작한 망원경으로 달의 크레이터와 태양의 흑점, 목성 주변의 4개의 위성 등을 발견하였다. 이 사실은 천체가 완전한 구형이라는 것과 모든 천체들이 지구 둘레를 공전한다는 믿음에 의문을 갖게 하는 계기가 되었다.

또, 갈릴레이는 망원경을 이용하여 금성도 달과 같은 위상 변화가 일어나며, 이에 따라 크기도 변한다는 것을 관측하였다. 특히 보름달 모양으로 보이는 금성의 위상을 확인하였는데, 프톨레마이오스의 지구 중심설에서는 금성이 태양의 뒤쪽에 위치할 수 없으므로 보름달 모양의 위상을 설명할 수 없다. 이로부터 코페르니쿠스의 태양 중심설이 천체들의 운동을 훨씬 합리적으로 설명할 수 있다고 믿게 되었다. 갈릴레이의 이러한 관측과 연구는 태양 중심설이 지지를 받게 되는 근거가 되었다.

45. 그림은 어느 날 태양에 대한 금성과 화성의 상대적 위치를 나타낸 것이다.

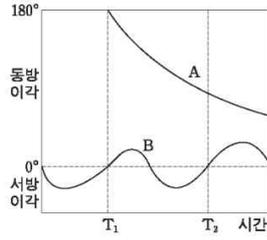


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 이 날 우리나라에서 금성은 초저녁 서쪽 하늘에서 관측된다.
  - ㄴ. 다음 날 우리나라에서 화성의 남중 시각은 이 날보다 늦다.
  - ㄷ. 화성에서 관측한다면 회합 주기는 지구가 금성보다 짧다.

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

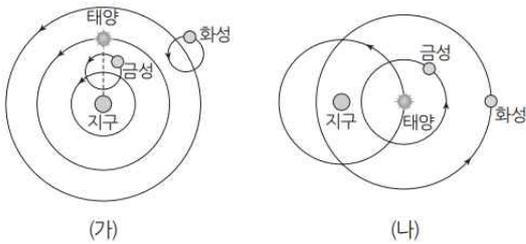
46. 그림은 지구에서 관측한 행성 A와 B가 태양과 이루는 이각을 시간에 따라 나타낸 것이다.  $T_1 \sim T_2$  기간 동안 A와 B에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보기 >
- ㄱ.  $T_1$ 일 때 A는 충에 위치한다.
  - ㄴ.  $T_1 \sim T_2$  기간은 B의 공전 주기이다.
  - ㄷ. A에서 B까지의 거리는  $T_1$ 일 때 가장 가깝다.

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

47. 그림 (가)는 프톨레마이오스의 우주관을, (나)는 티코 브라헤의 우주관을 모식적으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 >
- ㄱ. (가)에서 태양은 화살표 방향으로 하루에 한 바퀴씩 돈다.
  - ㄴ. (나)로 금성의 보름달 위상을 설명할 수 있다.
  - ㄷ. (가)와 (나) 모두 별의 연주 시차를 설명할 수 있다.

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

28. 행성의 공전 주기와 궤도 반지름

행성이 태양 둘레를 한 바퀴 도는 데 걸리는 시간을 **공전 주기**라고 한다. 우주 공간에서 태양 둘레를 공전하고 있는 행성들을 직접 관측하면 행성들의 공전 주기를 알 수 있겠지만, 지구는 다른 행성들과 함께 태양 둘레를 공전하고 있으므로 행성의 공전 주기를 지구에서 직접 측정하기는 어렵다.

그러나 행성들의 운동을 오랫동안 관측해 보면 천구상에서 행성, 태양, 지구가 일직 선상에 놓이는 충 또는 합이 반복되고 있다는 것을 알 수 있다. 이처럼 내행성이 내합(또는 외합)에서 다음 내합(또는 외합)까지, 외행성이 충(또는 합)에서 다음 충(또는 합)까지 돌아오는 데 걸리는 시간을 **회합 주기**라고 한다. 행성들의 공전 궤도가 원 궤도이고, 지구의 공전 궤도와 같은 평면 위에 있다고 가정하고 회합 주기를 알아내면 행성들의 공전 주기를 구할 수 있다.

내행성의 공전 주기를  $P$ , 지구의 공전 주기를  $E$ 라고 할 때 지구가  $E_1$ 에서  $E_2$ 로 움직이는 동안 내행성은  $V_1$ 에서  $V_2$ 로 움직인다. 내행성과 지구가 하루 동안 공전하는 거리를 각도로 나타내면 각각  $\frac{360^\circ}{P}$ 와  $\frac{360^\circ}{E}$ 이고, 공전 속도가 빠른 내행성은 하루에 지구보다  $\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}$ 의 각도만큼 앞서게 된다.

이 각도가 계속 누적되어  $360^\circ$ 가 되면 내행성은 다시 내합의 위치에 오게 된다. 그리고 이때까지 걸린 시간이 내행성의 회합 주기( $S$ )이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\left(\frac{360^\circ}{P} - \frac{360^\circ}{E}\right) \times S = 360^\circ$$

따라서 내행성의 회합 주기( $S$ )와 공전 주기( $P$ ), 지구의 공전 주기( $E$ ) 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E}$$

외행성은 지구보다 공전 속도가 느리므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P}$$

따라서 행성을 관측하여 회합 주기를 구하고, 지구의 공전 주기를 이용하여 행성의 공전 주기를 구할 수 있다.

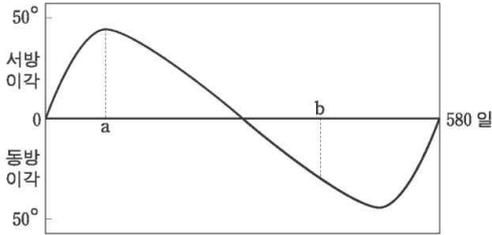
외행성의 회합 주기는 지구와 거리가 가까운 행성일수록 길고, 먼 행성일수록 짧다. 외행성이 지구와 가까울수록 행성과 지구의 공전 속도 차이가 작으므로 회합 주기가 길게 나타난다. 외행성은 지구로부터의 거리가 멀어질수록 회합 주기가 지구의 공전 주기(1년)에 가까워진다.

행성의 공전 궤도 반지름은 행성의 겉보기 운동과 위치 자료를 이용하여 알아낼 수 있다. 내행성인 수성과 금성은 최대

이각에 있을 때 관측할 수 있는 시간이 가장 길며, 내행성의 최대 이각을 관측하여 공전 궤도 반지름을 구할 수 있다.

화성과 같은 외행성은 지구에서 관측한 태양과 행성의 상대적 위치와 행성의 공전 주기를 이용하여 공전 궤도 반지름을 구할 수 있다. 예를 들어 화성의 경우, 공전 주기는 687 일이므로 처음 화성을 관측한 날로부터 687일 뒤에 다시 관측한다면 공전 궤도상에서 처음과 같은 지점에 있게 된다. 그러나 지구는 365일을 주기로 한 바퀴 공전하므로 처음 화성을 관측한 날로부터 687일 후 지구의 위치는 처음 위치와 약 42° 차이를 이루게 된다. 그러므로 화성을 관측한 날로부터 687일 후 태양-지구-화성이 이루는 각도를 측정하여 화성의 공전 궤도 반지름을 구할 수 있다. 오늘날 측정된 화성의 공전 궤도 반지름은 약 1.5 AU이다.

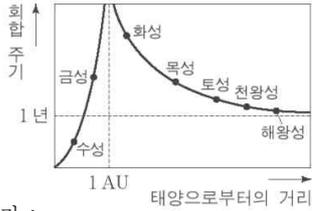
48. 그림은 어떤 행성의 이각을 지구에서 일정 기간 동안 관측하여 나타낸 것이다.



이 행성에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 외행성이다.
- ② 공전 주기는 약 290일이다.
- ③ a시기에 태양보다 늦게 진다.
- ④ 시지름은 a시기가 b시기보다 크다.
- ⑤ b시기에 역행한다.

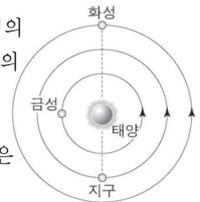
49. 그림은 태양으로부터의 거리에 따른 행성의 회합 주기를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 외행성은 지구에서 멀수록 회합 주기가 길다.
  - ㄴ. 지구와 행성의 공전 각속도의 차가 작을수록 회합 주기는 길다.
  - ㄷ. 수성에서 관측한 지구의 회합 주기는 지구에서 관측한 수성의 회합 주기와 같다.

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

50. 그림은 어느 날 태양에 대한 금성과 화성의 상대적 위치를 나타낸 것이다. 금성과 화성의 공전 주기는 각각 225일과 687일이다. 이날로부터 60일째 되는 날 우리나라에서 맨눈으로 관측한 결과에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 화성은 동쪽 하늘에서 관측된다.
  - ㄴ. 금성은 초저녁에 관측된다.
  - ㄷ. 지평선 위로 뜨는 순서는 화성, 태양, 금성 순이다.

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

29. 케플러 법칙

17세기 초 케플러는 관측 천문학자 브라헤가 남긴 방대한 행성 관측 자료를 바탕으로 행성 운동에 관한 세 가지 법칙을 정립하였다. 케플러는 행성의 궤도가 코페르니쿠스의 가정과 같은 원이라고 생각했지만, 브라헤의 화성 관측 자료를 바탕으로 화성의 공전 궤도가 원에 가까운 타원이고, 타원의 두 초점 중 하나에 태양이 위치한다는 것을 알아냈다. 케플러는 다른 행성들의 공전 궤도도 타원 궤도라는 것을 확인하고 ‘행성은 태양을 초점으로 하는 타원 궤도를 그리며 공전한다.’는 **케플러 제1법칙** (타원 궤도 법칙) 을 발표하였다. 행성의 궤도에서 태양과 가장 가까운 지점을 근일점, 가장 멀리 떨어진 지점을 원일점이라고 한다. 이 법칙은 모든 천체의 공전 궤도가 원이라고 생각한 당시의 고정 관념에서 벗어나는 계기가 되었다.

케플러는 브라헤의 화성 관측 자료를 정리하여 행성이 태양에 가까이 있을수록 공전 속도가 빨라지고, 태양에서 멀리 있을수록 공전 속도가 느려진다는 것을 발견하였다. 그리하여 케플러는 ‘태양과 행성을 연결한 직선이 같은 시간 동안 같은 면적을 휩쓸고 지나간다.’는 **케플러 제2법칙** (면적 속도 일정 법칙) 을 발표하였다. 이 법칙에 따르면, 태양으로부터의 거리에 따라 공전 속도가 달라지므로 행성들의 공전 속도는 근일점에서 가장 빠르고, 원일점에서 가장 느리게 나타난다. 케플러 제2법칙은 공전하는 행성의 각운동량이 보존된다는 것을 뜻한다.

케플러는 타원 궤도 법칙과 면적 속도 일정 법칙을 발견한 후 행성들의 배열과 공전 주기의 관계를 연구하였다. 케플러는 제1법칙과 제2법칙을 발표한 후 10년 만에 ‘행성의 공전 주기의 제곱은 공전 궤도 긴반지름의 세제곱에 비례한다.’는 **케플러 제3법칙** (조화 법칙) 을 발표하였다. 공전 주기 F의 단위를 년, 공전 궤도 긴반지름 이의 단위를 AU로 하면 케플러 제3법칙은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P^2 = a^3$$

따라서 행성의 공전 주기를 알면 행성의 공전 궤도 긴반지름을 구할 수 있다. 뉴턴은 자신이 유도한 만유인력 법칙을 이용하여 케플러 제3법칙을 다음과 같이 증명하고 행성의 운동을 설명하였다.

질량이 각각  $m_1$ 과  $m_2$ 인 두 천체가 질량 중심 O로부터  $a_1$ ,  $a_2$ 만큼 떨어진 거리에서 각각  $v_1$ 과  $v_2$ 의 속력으로 등속 원운동을 한다고 하자. 이때 두 천체의 공전 주기는  $P$ 이다. 질량이  $m_1$ ,  $m_2$ 인 두 천체에 작용하는 구심력을 각각  $F_1$ ,  $F_2$ 라고

할 때  $F_1 = \frac{m_1 v_1^2}{a_1}$ ,  $F_2 = \frac{m_2 v_2^2}{a_2}$  과 같이 나타낼 수 있다.

$F_1$ 과  $F_2$ 는 두 천체 사이에 작용하는 만유인력  $F_g = \frac{Gm_1 m_2}{a^2}$ 와 같으므로  $F_1 = F_2 = F_g$ 이고, 질량이  $m_1$ 과  $m_2$ 인 천체의 속력  $v_1$ ,  $v_2$ 는 각각  $v_1 = \frac{2\pi a_1}{P}$ ,  $v_2 = \frac{2\pi a_2}{P}$ 이다.

그러므로 두 천체에 작용하는 힘은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_1 = \frac{m_1 v_1^2}{a_1} = \frac{4\pi^2 m_1 a_1}{P^2} = \frac{Gm_1 m_2}{a^2} = F_g$$

$$F_2 = \frac{m_2 v_2^2}{a_2} = \frac{4\pi^2 m_2 a_2}{P^2} = \frac{Gm_1 m_2}{a^2} = F_g$$

이 관계식으로부터 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\frac{4\pi^2 (a_1 + a_2)}{P^2} = \frac{G(m_1 + m_2)}{a^2}$$

위 식에서  $(a_1 + a_2)$ 는 두 천체 사이의 거리  $a$ 이므로  $\frac{a^3}{P^2} = \frac{G(m_1 + m_2)}{4\pi^2}$ 의 관계가 성립한다.

한편, 태양의 질량을  $M$ , 행성의 질량을  $m$ 이라고 할 때 행성의 질량은 태양의 질량에 비해 무시할 정도로 작으므로 위의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{GM}{4\pi^2} = k(\text{일정})$$

케플러 제3법칙을 임의의 다른 행성계에 적용하면 행성계 전체의 질량이 커질수록 케플러 제3법칙  $\frac{a^3}{P^2} = k$ 에서  $k$ 값이 커진다. 이러한 결과는 같은 공전 궤도상에 위치한다 하더라도 행성계 질량에 따라 행성의 공전 속도는 달라질 수 있다는 것을 뜻한다.

케플러 제3법칙은 쌍성계의 질량을 구하는 데도 이용할 수 있다. 쌍성의 공전 주기의 단위를 년, 두 별 사이 거리의 단위를 AU로 나타내면 케플러 제3법칙으로부터 두 별 질량의 합은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$m_1 + m_2 = \frac{a^3}{P^2} M_\odot \quad (M_\odot : \text{태양 질량})$$

또, 질량 중심의 정의로부터  $m_1 a_1 = m_2 a_2$ 의 관계가 성립하므로, 질량 중심으로부터 두 별까지의 거리 비  $\frac{a_1}{a_2}$ 을 측정하면 두 별의 질량도 각각 구할 수 있다.

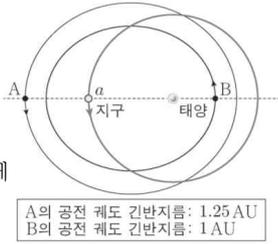
이처럼 케플러의 세 가지 법칙은 태양 주위를 공전하는 행성뿐 아니라 행성의 위성, 별, 은하, 인공위성 등 만유인력에 의해 궤도 운동을 하는 모든 것에 적용된다. 현재 지구 주위를 도는 인공위성이나 우주 탐사선을 발사할 때도 케플러 법칙을 이용하고 있다.

51. 그림은 가상의 두 소행성 A와

B의 공전 궤도를 지구의 공전 궤도와 함께 나타낸 것이다.

어느 날 A는 원일점, B는 근일점, 지구는 a에 위치한다. A, B, 지구의 공전 궤도는 동일 평면상에 있으며 지구는 반지름이 1AU인 원운동을 한다고 가정한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



A의 공전 궤도 긴반지름: 1.25 AU  
B의 공전 궤도 긴반지름: 1 AU

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 공전 주기는  $\sqrt{2}$ 년보다 크다.
  - ㄴ. 이날로부터 3개월 동안 공전한 각도는 B가 지구보다 크다.
  - ㄷ. 이날 이후 지구와 충돌할 가능성은 B가 A보다 높다.

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

52. 표는 어느 날 중의 위치에서 관측된 두 소행성 A와 B의 공전

궤도 반지름과 지구에서 측정한 각각의 회합 주기 S(A)와 S(B)의 상대적 크기이다. 지구, A, B는 태양을 중심으로 황도면을 따라 같은 방향으로 원운동한다고 가정한다.

소행성	공전 궤도 반지름(AU)	회합 주기
A	8	S(A)>S(B)
B	( )	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 공전 주기는 16년이다.
  - ㄴ. 이때 지구와 B사이의 거리는 7AU보다 크다.
  - ㄷ. 1년 동안 지구와 A가 각각 쏘고 지나간 궤도 면적의 비는 1:4이다.

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

30. 성단의 거리와 나이

밤하늘의 별을 자세히 보면 밝기가 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 우리 눈에 보이는 별의 밝기를 겉보기 등급이라고 하는데, 고대의 히파르코스는 가장 밝게 보이는 별을 1 등급, 가장 어둡게 보이는 별을 6 등급으로 정하였다. 19 세기에 이르러 포그슨(Pogson, N. R., 1829~1891)은 1 등급인 별이 6 등급인 별보다 약 100 배 밝다는 사실을 알아냈다. 따라서 한

등급 사이의 밝기 차이는  $100^{\frac{1}{5}}$  배로 약 2.5 배이다.

겉보기 등급이  $m_1, m_2$ 인 두 별의 겉보기 밝기를  $l_1, l_2$ 라고 하면, 두 별의 밝기와 등급은  $\frac{l_1}{l_2} = 100^{\frac{(m_2 - m_1)}{5}}$  이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$m_2 - m_1 = 2.5 \log \frac{l_1}{l_2}$$

이 식을 포그슨 공식이라고 하고, 별 사이의 등급과 밝기의 관계를 나타내는 데 유용하게 사용할 수 있다.

그런데 실제 밝기가 같은 별이라도 거리에 따라 겉보기 밝기가 달라진다. 그러므로 모든 별을 10 pc의 거리에 있다고 가정하여 실제 밝기를 비교할 수 있는데 이를 절대 등급이라고 한다.

지구로부터 어떤 별까지의 거리를  $r(\text{pc})$ 라고 하자. 이 별의 겉보기 등급을  $m$ , 겉보기 밝기를  $l$ 이라 하고, 절대 등급을  $M$ , 실제 밝기를  $L$ 이라 하면 포그슨 공식에 따라  $m - M = -2.5 \log \frac{l}{L}$  이 된다. 또, 별의 밝기는 거리의 제곱에

반비례하므로  $\frac{l}{L} = \left(\frac{10}{r}\right)^2$  을 대입하여 정리하면  $m - M = 5 \log r - 5$  이다. 이처럼 별의 겉보기 등급과 절대 등급의 차이를 알면 별까지의 거리를 구할 수 있으므로  $m - M$  을 거리지수라고 한다.

별은 홀로 떨어져 있기도 하지만 많은 별이 무리 지어 있기도 한다. 이처럼 별이 무리 지어 있는 것을 성단이라고 하는데, 성단을 이루는 별들까지의 거리는 거의 같다. 성단까지의 거리는 어떤 방법으로 구할 수 있을까?

하나의 별을 서로 다른 파장대에서 측정했을 때 나타나는 등급의 차이를 색지수라고 한다. 색지수는 사진이 민감하게 반응하는 청색 파장대에서 측정한 별의 등급( $B$  등급)과 우리 눈이 민감하게 반응하는 황색 파장대에서 측정한 별의 등급( $V$  등급) 차이인  $B - V$  를 주로 사용한다.  $B - V$  가 작을수록 표면 온도가 높은 별이다.

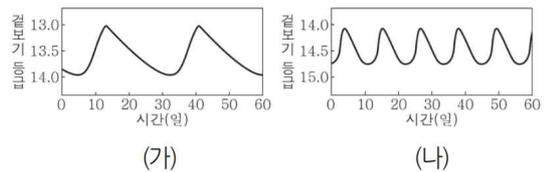
성단을 이루는 별들의 겉보기 등급( $m_v$ )과 색지수( $B - V$ )를 관측하여 색등급도를 그리고 여기에 절대 등급을 알고 있는 표준 주계열을 겹치면 성단을 이루는 별들의 절대 등급( $M_v$ )을 알 수 있다. 이로부터 구한 거리 지수( $m - M$ )는 성단의 모든 별에서 같다고 할 수 있으므로 성단까지의 거리를 구할 수 있다. 이와 같은 방법을 주계열 맞추기라고 한다. 주계열 맞추기를 이용하면 연주 시차를 이용하여 측정할 수 있는 별의 거리보다 먼 곳에 있는 성단까지의 거리를 측정할 수 있다.

별의 내부가 불안정하여 수축과 팽창을 반복하면서 광도가 주기적으로 변하는 별을 맥동 변광성이라고 한다. 맥동 변광성은 여러 종류가 있으며, 그중에서 세페이드 변광성은 변광 주기가 다양한데 대부분 3일에서 50일 사이로 나타난다.

1912년 리비트는 당시 성운으로 알려져 있던 소마젤란은하 내의 수많은 세페이드 변광성의 밝기를 기록하는 작업 중에 변광 주기가 길수록 밝은 별이라는 것을 알아냈다. 세페이드 변광성의 주기와 광도 관계를 생각해 보자. 세페이드 변광성의 변광 주기를 관측하여 별의 광도나 절대 등급을 알 수 있고, 평균 겉보기 등급을 관측하여 거리 지수를 알 수 있으므로 별까지의 거리를 구할 수 있다.

세페이드 변광성의 주기 광도 관계를 이용하면 가까운 변광성까지의 거리뿐만 아니라 연주 시차나 주계열 맞추기로는 불가능했던 구상 성단이나 외부 은하까지의 거리를 측정할 수 있다. 이와 같은 방법으로 1924년 허블은 안드로메다은하 내에 있는 맥동 변광성까지의 거리를 측정하여 안드로메다은하가 우리 은하 밖에 있는 외부 은하라는 것을 밝혀 냈다. 허블의 외부 은하 발견은 인류가 인식하고 있던 우주의 경계를 확장하는 데 결정적인 계기가 되었다.

53. 그림 (가)와 (나)는 같은 거리에 있는 두 세페이드 변광성의 밝기 변화를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 변광성이 밝아지는 속도는 어두워지는 속도보다 빠르다.
  - ㄴ. (가)의 별은 (나)의 별보다 변광 주기가 짧다.
  - ㄷ. (가)의 별은 (나)의 별보다 광도가 작다.

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

54 다음은 색등급도를 이용하여 성단의 거리를 구하는 탐구이다.

**[탐구 과정]**  
 (가) 표준 주계열성, 성단 A, 성단 B의 색등급도가 그려진 투명 용지 I, II, III을 준비한다.

(나) I을 II 위에 놓고, (㉠)을/를 일치시키면서 움직여 주계열이 겹치게 한다.  
 (다) 같은 (㉠)을/를 갖는 성단의 주계열성과 표준 주계열성을 비교하여 전향점의 절대 등급과 거리 지수를 구한다.  
 (라) II 대신 III을 이용하여 (나)와 (다) 과정을 반복한다.

**[탐구 결과]**

	성단 A	성단 B
전향점의 절대 등급	㉠	4.7
거리 지수	( )	( )

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 색지수는 ㉠에 해당한다.
  - ㄴ. ㉠은 4.7보다 크다.
  - ㄷ. 성단까지의 거리는 A가 B보다 멀다.

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

31. 성단과 성간 물질

하나의 성단을 이루는 별들은 거대한 성운에서 거의 동시에 생성된다. 이 별들은 화학 조성이나 전체적인 운동이 거의 같으며, 서로 중력이 작용하여 가까이 분포한다. 성단은 그 형태에 따라 산개 성단과 구상 성단으로 구분한다.

수백~수천 개의 별이 상대적으로 느슨하게 모여 있고 성간 물질을 많이 포함하고 있는 성단을 **산개 성단**이라고 한다. 산개 성단은 주로 무거운 원소를 많이 포함하며, 나이가 적고 온도가 높은 푸른색 별로 이루어져 있다.

이와 달리 성단 중에서 수만~수백만 개의 많은 별이 뽀뽀하게 모여 있어 구형으로 보이는 성단을 **구상 성단**이라고 한다. 구상 성단은 주로 무거운 원소를 적게 포함하며, 나이가 많고 온도가 낮은 붉은색 별로 이루어져 있다.

산개 성단과 구상 성단의 별들을 각각 색등급도에 나타내 보면, 별들의 물리적 특성과 나이를 비교할 수 있다.

산개 성단을 이루는 별들은 대부분 주계열성이며, 비교적 표면 온도가 높고 광도가 큰 별이 많다. 이 중에서 광도가 큰 별의 일부는 주계열을 벗어나고 있다. 이와 달리 구상 성단을 이루는 별들은 어둡고 온도가 낮은 별을 제외한 대부분의 별이 주계열 단계를 벗어나 적색 거성 단계나 맥동 변광성 단계에 분포한다.

성단의 색등급도에서 별이 진화하여 주계열을 벗어나는 지점을 **전향점**이라고 한다. 질량이 큰 별일수록 빠르게 진화하여 거성이 되므로, 전향점은 나이가 적은 성단일수록 온도와 광도가 높은 곳에 위치한다. 예를 들어, 히아데스 성단의 전향점은 플레이아데스 성단의 전향점보다 광도가 낮은 곳에 위치하므로 플레이아데스 성단보다 나이가 많다는 것을 알 수 있다.

산개 성단을 이루는 별들은 대부분 주계열에 위치하고, 전향점은 온도와 광도가 높은 곳에 있으므로 산개 성단은 나이가 비교적 적다는 것을 알 수 있다. 이와 달리 구상 성단을 이루는 별들은 대부분 주계열을 벗어나 있고, 전향점은 온도와 광도가 낮은 곳에 위치한다. 이로부터 구상 성단은 나이가 비교적 많다는 것을 알 수 있다.

밤하늘을 가로지르는 희뿌연 띠를 은하수라고 한다. 은하수는 은하면에 있는 지구에서 우리은하면을 바라본 모습이다. 1785년 허셜(Herschel, W. F., 1738~ 1822)은 여러 방향에서 별들을 세어 우리은하의 모양이 납작한 원반 형태라고 주장하였다. 1917년 새플리는 여러 개의 구상 성단의 좌표와 거리를 통해 공간 분포를 알아내어 우리은하의 중심이 태양계가 아니라는 사실을 밝혀냈다. 당시 새플리는 성간 물질의 영향을 고려하지 못해 우리은하의 지름을 실제보다 크게 추정하였다.

이후 대형 망원경과 전파 망원경을 이용한 연구를 통해 우리은하의 지름이 대략 30 kpc(10만 광년)으로 납작한 원반 모양이라는 것을 알아냈다. 또, 궁수자리 방향의 중심부에는 나이가 많은 별들이 밀집된 볼록하고 길쭉한 **막대 구조**의 팽대부가 있고, 은하면에는 여러 개의 나선팔이 있다는 것이 밝혀졌다. 나선팔에는 수천 개의 산개 성단과 나이가 적은 별, 성간 물질이 분포하고 있으며, 태양은 은하 중심에서 약 8.5 kpc 떨어져 있는 오리온 나선팔의 안쪽 가장자리에 위치한다. 우리은하에 구상 성단은 약 150 개가 발견되었다. 구상 성단

은 은하 원반을 둘러싸고 있는 거대한 구형의 **헤일로**에 분포하며, 은하 중심의 중앙 팽대부에 집중되어 있다.

별과 별 사이의 공간은 진공 상태가 아니라 매우 희박하게 성간 물질이 분포하고 있다. **성간 물질**은 성간 기체와 성간 티끌로 이루어져 있다. 성간 기체는 수소, 헬륨 등으로 이루어져 있으며, 그중에서 수소가 가장 큰 비율을 차지한다.

성간 기체에서 수소는 온도와 밀도에 따라 이온, 중성 원자, 분자 상태로 존재한다. 고온의 별 주위에 밀집된 수소는 별이 방출하는 자외선을 흡수하여 이온화되었다가 가시광선을 방출하여 붉게 보이는데, 이러한 영역을 H II 영역 (전리된 수소 영역) 이라고 한다. 또, 우리은하의 원반에는 온도가 비교적 낮아 수소가 중성 원자 상태로 밀집되어 있는 영역이 있는데, 이러한 영역을 H I 영역이라고 한다. 한편 우리은하의 원반에서 밀도가 높고, 온도가 매우 낮은 곳에는 수소가 분자 상태로 존재하여 분자운을 이룬다.

성간 티끌은 성간 기체보다 매우 작은 비율을 차지하지만, 별빛을 잘 흡수하거나 산란시킨다. 그러므로 별빛이 성간 티끌을 통과하면 그 양이 감소하여 우리 눈에는 더 어둡게 보인다. 이처럼 성간 티끌에서 흡수와 산란이 일어나 별빛의 세기가 약해지는 현상을 **성간 소광**이라고 한다. 성간 티끌은 별빛을 흡수하여 적외선을 방출하므로 적외선 관측으로 티끌의 존재를 알아낼 수 있다.

성간 소광이 일어나면 별들은 실제보다 더 어둡게 보이므로 관측된 겉보기 등급은 티끌이 없는 경우보다 더 큰 값을 갖게 되고, 별의 거리는 실제보다 더 멀리 있는 것으로 나타난다. 또 성간 티끌이 밀집된 암흑 성운에서는 성간 소광이 강하게 일어나 배경에 있는 별이 관측되지 않는다.

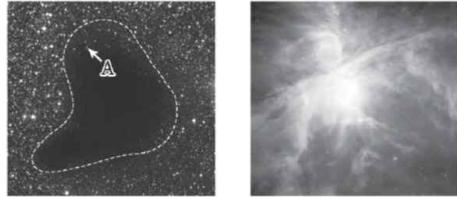
성간 티끌을 통과하는 별빛은 파장에 따라 산란되는 정도가 달라지는데, 짧은 파장의 빛이 긴 파장의 빛보다 잘 산란된다. 따라서 성간 티끌이 많은 성운을 통과하는 별 빛은 파란색이 붉은색보다 많이 줄어들어 별의 색깔이 실제보다 더 붉게 보이는데, 이를 **성간 적색화**라고 한다.

같은 별을 청색의 파장 영역(B)과 황색의 파장 영역(V)에서 각각 관측한 등급의 차이(B-V)인 색지수를 이용하면 성간 적색화를 정량적으로 표현할 수 있다. 즉 성간 티끌을 통과하여 적색화된 별빛의 색지수는 고유한 색지수보다 더 크게 나타나는데, 그 차이를 색초과라고 한다.

$$\text{색초과} = \text{관측된 색지수} - \text{고유한 색지수}$$

우리은하의 원반에는 성간 기체와 성간 티끌이 많이 분포하므로 별빛이 이들을 통과할 때 성간 소광과 성간 적색화가 나타난다. 따라서 별이나 성단 등 우리은하의 천체를 관측할 때는 반드시 성간 소광과 성간 적색화 효과를 보정해야 한다.

55. 그림 (가)와 (나)는 각각 암흑 성운과 발광 성운의 가시광선 영상을 나타낸 것이다. 별 A까지의 거리는 성운보다 멀다.



(가)

(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. A의 색지수는 고유의 색지수보다 작게 관측된다.
  - ㄴ. (가)에서 성운을 구성하는 물질의 대부분은 티끌이다.
  - ㄷ. 온도는 (가)의 성운이 (나)의 성운보다 낮다.

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

56. 그림은 지구에서 볼 때 우리 은하 중심

방향과 바깥 방향에 있는 두 주계열성 A와 B를 나타낸 것이다. 지구로부터의 거리와 절대 등급은 A와 B가 같다.



성간 소광에 의해 지구에서 A가 B보다

어둡게 관측될 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 겉보기 등급은 A가 B보다 작다.
  - ㄴ. 색초과는 A가 B보다 크다.
  - ㄷ. 광도는 A가 B보다 크다.

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

32. 우리은하와 암흑 물질

성간 물질을 이루는 수소는 대부분 중성 원자 상태로 존재한다. 중성 수소 원자에서는 파장이 21 cm인 전파가 방출되는데 이를 **21 cm 수소선**이라 한다. 이 전파는 성간 물질을 통과할 때 성간 소광이 거의 일어나지 않으므로 우리은하의 구조를 밝히는 데 중요하게 이용된다. 21 cm 수소선 관측 결과를 보면 중성 수소 원자들이 우리은하의 은하면에 집중되어 있다는 것을 알 수 있다. 이 관측 결과를 자세히 분석하면 은하의 세부적인 구조를 밝혀낼 수 있다.

우리은하는 은하면에 대해 수직인 축을 중심으로 회전하고 있고, 별과 성간 물질은 은하면에 밀집해 있다. 이들의 운동은 어떻게 알아낼 수 있을까?

별의 실제 움직임을 공간 운동이라고 한다. 공간 운동은 시선 방향의 운동 속도인 시선 속도와 이에 수직 방향의 운동 속도인 접선 속도로 나타낼 수 있다. 접선 속도는 천구상에서 관측하여 구할 수 있고, 시선 속도는 별빛 스펙트럼에 나타난 도플러 이동을 분석하여 알 수 있다. 태양 부근에 있는 별들의 공간 운동을 보면 은하 중심에서 거리가 멀어질수록 회전 속도가 느려진다는 것을 알 수 있다.

우리은하에서 회전하고 있는 태양에서 관측한 별들의 속도는 상대 속도이다. 일정한 시선 방향에 있는 별들의 운동을 관측하면 우리은하 중심으로부터의 거리가 태양보다 가까운 별은 태양보다 빠른 속도로 회전하고 있으므로 시선 속도가 (+) 값으로 나타난다. 태양과 같은 거리에 있는 별은 태양과 같은 속도로 회전하므로 시선 속도는 0이다. 우리은하 중심으로부터의 거리가 태양보다 먼 별의 시선 속도는 (-) 값으로 나타난다.

우리은하의 은하면에서 중성 수소 원자가 많이 밀집해 있는 곳일수록 21cm 수소선의 세기는 강하게 나타난다. 우리은하면의 어느 방향에서 오는 21cm 수소선의 시선 속도와 복사 세기를 관측하면 관측 결과로부터 특정 방향에서 오는 복사선의 강도가 균질하지 않은 것을 통해 우리은하의 성간 물질이 복사 세기가 강한 특정 영역에 밀집해 있음을 알 수 있다. 성간 물질이 밀집한 곳은 21 cm 수소선의 시선 속도로 알아낼 수 있다.

여러 시선 방향에 대한 21cm 수소선 관측 결과를 종합하여 우리은하의 은하면에는 성간 물질이 고르게 분포하는 것이 아니라 균테균테 집중되어 분포하며, 전체적으로는 **나선 구조**를 이룬다는 사실이 밝혀졌다.

납작한 원반 모양을 한 우리은하는 은하면에 수직인 축을 중심으로 회전하고 있다. 우리은하는 한 덩어리로 된 밀가루 반죽과는 달리 약 천억 개 이상의 별과 성간 물질로 이루어져 있다. 전파 망원경으로 은하면을 관측하면 21 cm 수소선의 도플러 이동이 나타나는데, 이를 분석하면 우리은하의 회전 때문에 나타나는 시선 속도를 구할 수 있다.

은하 중심으로부터의 거리에 따른 회전 속도는 우리은하 원반에 존재하는 풍부한 중성 수소 원자가 방출하는 21cm 전파와 여러 가지 방출선의 도플러 효과를 이용하여 구한 시선 속도를 통해 알아낼 수 있다.

우리은하에서 물질과 별이 밀집된 팽대부는 중력으로 강력하게 묶여 있으므로 강체 회전하고, 팽대부 밖 천체들은 케플

러 회전하여 은하 중심에서 멀어질수록 회전 속도가 감소할 것으로 예상되었다. 그러나 실제 우리은하를 구성하는 천체들의 회전 속도 분포는 매우 복잡하다. 우리은하의 중심부는 강체와 같은 회전을 하며 이 영역의 밖에서는 케플러 회전처럼 속도가 떨어져 3 kpc에서 최소가 된다. 그 이후에는 약 8 kpc 까지 속도가 증가하다가 중심에서 8.5 kpc 떨어진 태양의 회전 속도는 약 220 km/s에 이른다. 이후 태양 바깥쪽에서는 회전 속도가 느려졌다가 빨라지고, 13 kpc 부근부터 일정해진다.

케플러 제3법칙을 이용하면 질량 중심에 대해 회전하고 있는 천체들의 공전 궤도 반지름과 공전 주기를 이용하여 천체들의 질량을 구할 수 있는데, 이 원리는 우리은하의 질량을 구하는 데도 이용할 수 있다.

우리은하에 있는 빛을 내는 물질 대부분이 태양 궤도 안쪽에서 관측되므로 태양 궤도 안쪽에 우리은하의 모든 질량이 집중되어 있다고 가정하면, 은하 중심으로부터 태양까지의 거리와 태양의 회전 속도를 이용하여 우리은하의 질량을 구할 수 있다.

태양은 우리은하 중심에서 약 8.5 kpc 떨어진 위치에서 약 220 km/s의 속력으로 회전하므로 우리은하의 질량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$M_{\text{은하}} + M_{\odot} = \frac{4\pi^2}{G} \cdot \frac{a^3}{P^2} \approx 10^{11} M_{\odot}$$

( $M_{\odot}$ : 태양 질량,  $a$ : 태양의 회전 반지름,  $P$ : 태양의 회전 주기)

관측을 통해 추정된 우리은하의 질량으로 태양 외곽에 있는 천체들의 회전 속도를 계산하면 케플러 회전에 따라 회전 속도가 감소해야 한다. 그러나 은하 외곽 천체들의 실제 회전 속도가 예상과는 달리 느려지지 않는데, 이는 우리은하의 질량이 관측 가능한 물질 분포를 통해 구한 것보다 훨씬 크기 때문이다.

구상 성단의 운동을 통해 알아낸 우리은하의 질량은 약  $10^{12} M_{\odot}$ 로, 태양의 속도로 구한 질량의 10 배이다. 이 결과는 관측 가능한 물질의 질량은 우리은하 질량의 약 10 %에 불과하며 우리은하 질량의 약 90 % 이상이 관측되지 않고 있다는 것을 뜻한다. 이처럼 빛을 방출하지 않아 관측되지 않지만, 질량을 가지는 미지의 물질을 **암흑 물질**이라고 한다. 암흑 물질은 중력적인 방법으로 그 존재를 추정할 수 있으며, 정확한 성질과 정체는 알려지지 않았다.

과학자들은 암흑 물질의 후보로 백색 왜성, 갈색 왜성, 블랙홀, 중성자별, 떠돌이 행성과 같은 보이지 않는 무거운 일반적인 천체를 지목하거나 액시온(axion), 비활성 중성미자, 워프(WIMPs)와 같은 작은 입자들로 추정하고 있다.

우주에 존재하는 암흑 물질의 양과 형태는 우주의 진화와 미래를 결정하는 요인이다. 따라서 이들의 정체를 밝히는 것은 앞으로 해결해야 할 중요한 과제이다.

별이나 행성들이 무리 지어 있는 것처럼 은하들도 중력에 의해 서로 묶여 집단을 이루고 있다. 지름이 약 수백만 광년인 공간에 수십 개의 은하들이 모여 있는 집단을 **은하군**이라고 한다. 우리은하는 약 40 개의 은하로 이루어진 국부 은하군에

속해 있다. 국부 은하군의 대표적인 중심 은하는 우리은하와 안드로메다은하이다. 이 두 은하를 제외하면 대부분 왜소한 은하들이다.

은하군보다 규모가 더 큰 은하들의 집단을 **은하단**이라고 한다. 우리은하에서 가장 가까운 처녀자리 은하단은 지름이 약 1000만 광년이고 약 2500 개의 은하들이 모여 있다. 처녀자리 은하단은 대부분 나선 은하로 이루어져 있는데, 중심으로 갈수록 타원 은하가 증가하며 중심부에는 M84, M86, M87과 같은 거대한 타원 은하가 존재한다. 은하군과 은하단들이 모이면 **초은하단**이라는 더 거대한 집단을 이룬다. 초은하단은 은하들의 집단으로서 가장 큰 단위이다. 관측 가능한 우주 공간에 존재하는 초은하단의 수는 약 1000만 개에 이른다. 이 중국부 은하군이 포함된 초은하단을 처녀자리 초은하단이라고 한다. 처녀자리 초은하단은 수십 개의 작은 은하군과 은하단으로 이루어져 있으며, 지름은 약 1억 광년이다. 2014년에는 처녀자리 초은하단보다 규모가 훨씬 큰 라니아케아 초은하단이 발견되었는데, 이후 연구 결과에 따라 라니아케아 초은하단이 새로운 국부 초은하단이 될 수도 있다.

은하가 수많은 별로 이루어져 있는 것처럼 우주는 수많은 은하로 이루어져 있다. 은하들이 이루는 구조 중 우주에서 볼 수 있는 최대 규모의 구조를 **우주 거대 구조**라고 한다. 우주 거대 구조는 1980 년대에 은하들의 3차원 공간 분포를 연구 하면서 알려지기 시작했다.

은하는 우주에 고르게 흩어져 분포하는 것이 아니라 수백만 광년 이상의 긴 끈 모양으로 이어져 있고, 이들이 만나 3차원의 그물처럼 얽혀 있는 지점에는 은하단과 초은하단이 분포한다. 은하들로 이루어진 끈이나 그물 모양의 구조 사이에는 은하들이 보이지 않는 매우 넓은 공간이 존재하는데, 이를 **거대 공동**이라고 한다.

수많은 은하로 이루어진 거대한 벽과 같은 3차원 구조를 **은하 장성**(Great Wall)이라 하고, 은하 장성의 길이는 약 10억 광년 이상이다. 우주를 수십억 광년 규모에서 관측하면 은하들이 훨씬 균일하게 분포한다는 것을 알 수 있다.

우주 거대 구조는 비누 거품 막처럼 속은 비어 있고 이 공간을 둘러싼 가장자리 부분에만 대부분의 은하가 분포한다. 이와 같은 우주 거대 구조는 우주 초기의 밀도 분포 차이 때문에 형성된 것으로 추정된다. 밀도가 상대적으로 약간 높았던 지역에서 은하와 은하단, 초은하단, 은하 장성 등이 만들어졌고, 거대 공동은 상대적으로 밀도가 낮은 영역에 형성되었을 것이다.

현재의 우주에는 암흑 물질이 관측 가능한 물질보다도 훨씬 많이 존재한다고 알려져있다. 암흑 물질의 정체는 아직 정확히 밝혀지지 않았으나 현재와 같은 우주 구조가 형성되는 데 매우 중요했다고 여겨진다. 우주 배경 복사에 나타난 미세한 온도 차이는 우주 초기의 밀도 불균일 때문이라고 추정한다. 이로부터 우주 팽창에 따른 변화를 추정하면 현재의 우주 구조를 설명할 수 있다.

57. 다음은 영희가 우리 은하의 회전 운동에 대해 학습하면서 갖게 된 의문을 해결해 가는 탐구 과정의 일부이다.

아! 우리 은하도 회전하는구나. 태양계가 케플러 회전을 하듯이 우리 은하도 이와 같이 회전하지 않을까? 그렇다면 (가) 라는 가설을 세울 수 있어.

태양계의 회전 속도 곡선

회전 속도 (km/s)

태양으로부터의 거리(AU)

회전 속도 (km/s)

은하 중심으로부터의 거리(kpc)

우리 은하의 회전 운동을 조사해보니 중심에서 먼 곳인데도 회전 속도가 증가하는 구간이 있네!

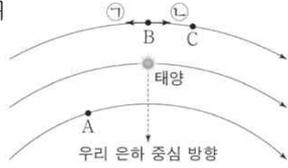
아, 그러면 내가 처음 세운 가설을 (나) 라고 수정해야겠어.

영희가 세운 가설 (가)와 (나)를 <보기>에서 고른 것으로 가장 적절한 것은?

- < 보 기 >
- ㄱ. 우리 은하의 질량은 중심에 집중되어 있다.
  - ㄴ. 암흑 물질이 우리 은하의 중심에 집중되어 있다.
  - ㄷ. 우리 은하는 중심 이외의 지역에도 많은 양의 물질이 분포한다.

- |   |     |     |   |     |     |
|---|-----|-----|---|-----|-----|
|   | (가) | (나) |   | (가) | (나) |
| ① | ㄱ   | ㄴ   | ② | ㄱ   | ㄷ   |
| ③ | ㄴ   | ㄱ   | ④ | ㄷ   | ㄱ   |
| ⑤ | ㄷ   | ㄴ   |   |     |     |

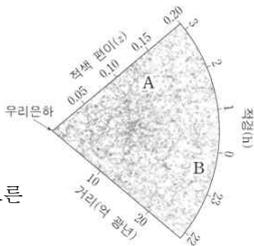
58. 그림은 우리 은하 중심에 대해 케플러 회전을 하고 있는 별 A, B, C, 태양의 위치를 나타낸 것이다. 은하 중심에 대한 별 A, B, C, 태양의 공전 궤도면은 같다. 태양에서 관측했을 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 겉보기 등급은 A가 B보다 작다.
  - ㄴ. 색초과는 A가 B보다 크다.
  - ㄷ. 광도는 A가 B보다 크다.

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

59. 그림은 분광 관측을 통해 알게 된 외부 은하들의 분포를 나타낸 것이다. A와 B는 두 외부 은하를 표시한 것이다. 이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



- < 보 기 >
- ㄱ. 은하가 분포하고 있는 전체 규모는 초은하단보다 크다.
  - ㄴ. 우리은하에서 관측한 후퇴 속도는 A가 B보다 크다.
  - ㄷ. B에서 A를 관측한다면 청색 편이가 나타난다.

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

2023학년도 수능 대비 모의고사 주요 문항 정답

1	②	2	⑤	3	⑤	4	③	5	④
6	③	7	②	8	①	9	②	10	⑤
11	③	12	⑤	13	③	14	⑤	15	①
16	④	17	①	18	④	19	②	20	③
21	⑤	22	②	23	②	24	①	25	④
26	②	27	②	28	①	29	②	30	⑤
31	④	32	①	33	③	34	④	35	⑤
36	②	37	①	38	④	39	①	40	①
41	⑤	42	④	43	④	44	④	45	①
46	①	47	②	48	④	49	⑤	50	⑤
51	②	52	②	53	①	54	①	55	②
56	②	57	②	58	①	59	①		

※ 시험이 시작되기 전까지 표지를 넘기지 마시오.

