

. 생명의 연속성과 다양성

2. 생물의 진화와 다양성

01

진화의 원리

개념 기본 문제

01 다음 설명에서 ㉠, ㉡에 알맞은 말을 각각 쓰시오.

생물집단이 오랜 시간에 걸쳐 환경에 (㉠)하는 과정에서 유전적 특성이 변하고 새로운 종이 출현하는 현상을 (㉡)라고 한다.

02 그림은 갈라파고스 제도에 서식하는 핀치의 다양한 부리 모양을 나타낸 것이다.



같은 종의 생물 개체 사이에서 이와 같은 형질 차이가 나타나는 것을 무엇이라고 하는지 쓰시오.

03 다음은 다윈이 설명한 진화의 원리에 대한 설명을 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) 환경에 더 잘 적응한 개체가 생존에 유리한 형질을 자손에게 전달하며, 이 과정이 반복되어 생물이 진화한다.
- (나) 개체들 사이에서 먹이나 서식지 등을 차지하기 위해 생존경쟁이 일어난다.
- (다) 환경에 적응하기 유리한 형질을 가진 개체가 살아남는다.
- (라) 생물은 주어진 환경에서 살아남을 수 있는 것보다 많은 수의 자손을 낳는다. 이때 개체들 사이에 다양한 변이가 나타난다.

(가)~(라)를 순서대로 나열하시오.

04 다음은 핀치의 부리 모양에서 나타나는 진화 과정을 순서 없이 나타낸 것이다.

- (가) 먹이의 종류와 부리 모양에 따라 핀치의 생존율과 번식률에 차이가 발생하였다.
- (나) 섬에 따라 다양한 모양의 부리를 갖는 핀치가 나타났다.
- (다) 핀치 무리에 서로 다른 부리 모양을 가진 개체들이 있었다.
- (라) 생존에 유리한 핀치가 살아남아 자손을 많이 남겼다.

- (1) 핀치의 진화 과정에 따라 (가)~(라)를 순서대로 나열하시오.
- (2) 이와 같은 진화의 원리를 무엇이라고 하는지 쓰시오.

05 변이와 자연선택에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고르시오.

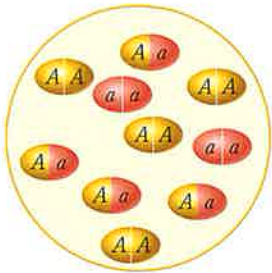
보기

- ㄱ. 자연선택된 개체의 형질은 자손에게 전달되지 않는다.
- ㄴ. 변이는 주로 개체가 가진 유전자의 차이로 나타난다.
- ㄷ. 같은 형질을 가진 개체라도 서식하는 환경이 다르면 자연선택의 결과가 다를 수 있다.

06 다음에서 설명하는 용어가 무엇인지 쓰시오.

- (1) 한 개체군의 유전적 구성이 변하는 현상
- (2) 한 개체군을 이루는 모든 개체들이 가진 대립유전자 전체

07 그림은 어떤 개체군의 개체들이 갖는 대립유전자 쌍 전체를 나타낸 것이다.



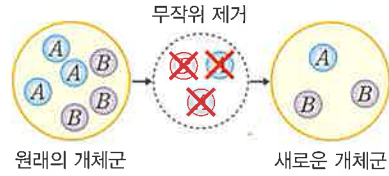
- (1) A의 대립유전자빈도를 구하시오.
- (2) a의 대립유전자빈도를 구하시오.

08 다음은 진화를 일으키는 요인에 대한 설명이다.

- (가) 환경에 적합한 형질을 가진 개체가 살아남아 더 많은 자손을 남기는 과정
- (나) DNA 염기서열에 변화가 생기는 것
- (다) 서로 다른 개체군 사이에서 유전자가 이동하는 현상

(가)~(다)는 각각 무엇인지 쓰시오.

09 그림은 진화를 일으키는 요인 중 하나를 모형으로 나타낸 것이다.



- (1) 그림이 나타내는 진화의 요인은 무엇인지 쓰시오.
- (2) 이와 같은 요인에 해당하는 효과에는 무엇이 있는지 쓰시오.

10 그림은 진화의 연구 방법 중 하나인 비교해부학적 연구를 통해 알아낸 내용을 나타낸 것이다.



(가)와 (나)는 각각 무엇인지 쓰시오.

11 다음은 진화의 연구 방법에 대한 설명이다.

- (가) 척추동물의 초기 배아 발달 과정을 비교하면 서로 다른 종이래도 매우 유사한 단계를 거친다. 예를 들어 물고기, 조류, 포유류의 배아는 초기에 아가미틈과 꼬리 구조를 가지고 있다.
- (나) 유전자의 염기서열을 비교하면 생물종 사이의 진화적 관계를 확인할 수 있다. 예를 들어 사람과 침팬지의 유전자 염기서열은 약 98 % 이상이 일치하며, 이는 두 종이 공통조상에서 갈라져 나온 가까운 관계임을 보여 준다.

(가)와 (나)는 각각 무엇인지 쓰시오.

개념 적용 문제

▶ 진화

01 그림은 진화에 대한 학생 A~C의 대화 내용을 나타낸 것이다.



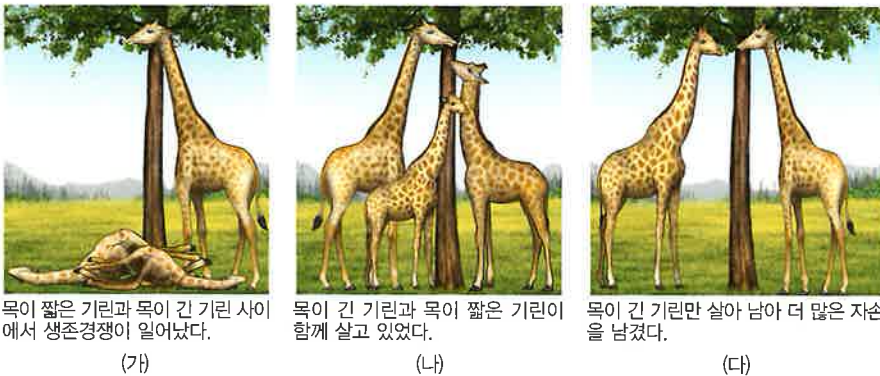
▷ 생물은 오랜 시간에 걸쳐 진화해 왔으며, 이 과정을 통해 각각의 환경에 적응한 다양한 생물이 나타났다.

제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② C ③ A, B ④ B, C ⑤ A, B, C

▶ 다윈의 자연선택설

02 그림 (가)~(다)는 기린의 진화 과정을 순서 없이 나타낸 것이다.



▷ 다윈은 갈라파고스 제도를 탐사하고 섬에 따라 핀치의 부리 모양이 다르게 진화한 이유를 환경에 따른 적응의 결과로 설명하였다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

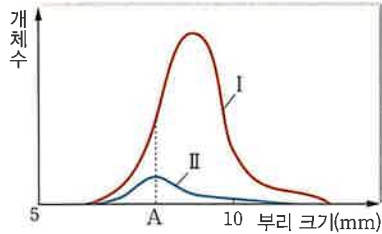
보기

- ㄱ. 다윈이 설명한 진화의 원리에 따라 순서대로 나열하면 (나) — (다) — (가)이다.
 ㄴ. (나)에서 기린 집단에는 목 길이에 대한 변이가 있었다.
 ㄷ. 다윈은 기린의 진화를 자연선택으로 설명하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 변이와 자연선택

- 03** 그림은 시기 I과 II에서 동일한 종으로 구성된 핀치 집단 P의 부리 크기에 따른 개체수를 나타낸 것이다. I에서 II로 시간이 지나는 동안 자연선택을 통해 부리 크기에 따른 개체수가 변하였다.



➤ 변이는 진화가 작동할 수 있는 원동력이 되며, 환경에 따라 일부 변이가 선택되어 다음 세대로 전달되면 집단의 형질이 변하게 된다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. I과 II에서 P의 유전자풀은 서로 다르다.
- ㄴ. I에서 II로 될 때 큰 부리를 나타내는 대립유전자의 빈도가 증가하였다.
- ㄷ. 집단에서 부리 크기가 A인 개체의 비율은 I에서가 II에서보다 높다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 요인

- 04** 진화의 요인 중 병목효과에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

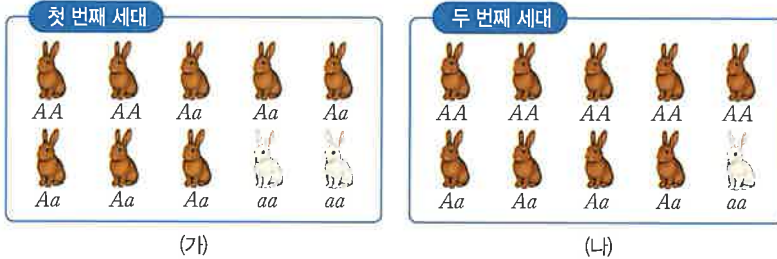
- ㄱ. 유전자흐름에 해당한다.
- ㄴ. 유전자풀을 변화시키는 요인이다.
- ㄷ. 유전적 다양성을 감소시킬 수 있다.

➤ 병목효과는 질병, 자연 재해 등으로 개체수가 급격히 줄어든 뒤 소수의 개체가 살아남는 경우를 말한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 개체군 진화

05 그림은 어떤 토끼 개체군에서 세대별 털색 대립유전자와 그에 따른 형질의 변화를 나타낸 것이다.



➤ 개체군의 유전자풀을 변화시키는 다양한 요인에 의해 집단의 유전자풀이 변화하는 현상을 개체군 진화라고 한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

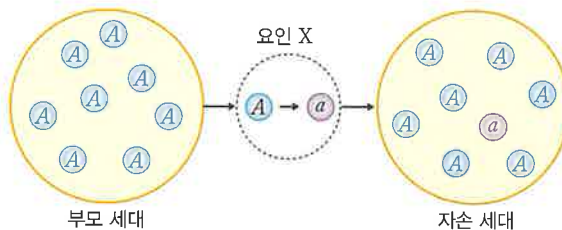
보기

- ㄱ. (가)에서 (나)로 변할 때 유전자풀이 변하였다.
- ㄴ. 대립유전자 A의 빈도는 (가)에서 (나)에서보다 크다.
- ㄷ. 이와 같은 변화가 누적되면 집단 전체의 유전적 구성이 변할 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 요인

06 그림은 진화의 요인 X에 의해 어떤 개체군의 유전자풀이 변화되는 과정을 나타낸 것이다. X는 병목효과와 돌연변이 중 하나이고, A와 a는 대립유전자이다.



➤ 진화를 일으키는 요인에는 돌연변이, 자연선택, 유전적 부동, 유전자흐름 등이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 돌연변이이다.
- ㄴ. X는 변이가 나타나는 원인에 해당한다.
- ㄷ. 방사선이나 화학 물질에 의한 손상은 X를 일으킬 수 있다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 요인

07 표는 진화의 요인 (가)~(다)의 특징을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 각각 자연선택, 유전자흐름, 창시자효과 중 하나이다.

진화의 요인	특징
(가)	생존에 유리한 유전형질을 지닌 개체의 비율이 점점 증가한다.
(나)	서로 다른 개체군 사이의 유전적 차이를 줄인다.
(다)	㉠

➤ 다양한 요인에 의해 개체군의 유전자풀이 변하고, 이러한 변화가 누적되어 진화가 일어난다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 창시자효과이다.
- ㄴ. (나)를 통해 개체군에 새로운 유전자가 도입될 수 있다.
- ㄷ. 'DNA 복제 중의 실수로 인해 발생할 수 있다.'는 ㉠에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 요인

08 다음은 진화의 요인에 대한 자료이다. ㉠~㉣은 돌연변이, 병목효과, 창시자효과를 순서 없이 나타낸 것이다.

- ㉠은 질병이나 자연 재해 등으로 개체수가 급격히 줄어들 때 일어난다.
- 방사선이나 화학 물질 등에 의한 손상은 ㉠의 원인이 된다.
- ㉣은 소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 나타난다.

➤ 유전적 부동은 개체군 내에서 우연에 의해 대립유전자 빈도가 변하는 현상을 말한다. 유전적 부동은 특히 개체수가 적은 집단에서 강하게 작용한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 창시자효과이다.
- ㄴ. 초파리의 눈 색이 다양한 것은 ㉠에 의한 현상에 해당한다.
- ㄷ. ㉠과 ㉣은 모두 유전적 부동의 현상에 해당한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 요인

- 09 표 (가)는 진화의 요인 A~C에서 특징 ㉠~㉣의 유무를 나타낸 것이고, (나)는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다. A~C는 병목효과, 자연선택, 창시자효과를 순서 없이 나타낸 것이다.

(가)				(나)
구분	㉠	㉡	㉢	특징(㉠~㉣)
A	㉠	?	×	• 유전적 부동의 현상에 해당한다. • 소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 일어난다. • 환경에 더 잘 적응한 개체가 자손을 남길 가능성이 높은 과정을 말한다.
B	○	?	○	
C	?	○	?	

(○: 있음, ×: 없음)

➤ 자연선택에 의해 생존한 개체는 자신의 유전자를 더 많이 남겨 집단의 유전자빈도를 변화시킨다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. C는 자연선택이다.
 ㄴ. ㉠은 '○'이다.
 ㄷ. '소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 일어난다.'는 ㉢이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 연구 방법

- 10 그림 (가)와 (나)는 진화의 연구 방법 ㉠에 따른 진화의 증거를 나타낸 것이다. ㉠은 생물지리학적 연구와 비교해부학적 연구 중 하나이고, (가)와 (나)는 각각 상동기관과 상사기관 중 하나이다.



➤ 진화의 연구 방법에는 화석 연구, 비교해부학적 연구, 생물지리학적 연구, 진화발생학적 연구, 분자진화학적 연구 등이 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 비교해부학적 연구이다.
 ㄴ. (가)는 상동기관이다.
 ㄷ. (나)는 기능은 같지만 기본 구조가 다른 기관을 나타낸 것이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 연구 방법

11 다음은 진화의 연구 방법 (가)와 (나)에 대한 설명이다. (가)와 (나)는 각각 생물지리학적 연구와 분자진화학적 연구 중 하나이다.

- (가) 생물의 ㉠ 유전자 염기서열을 비교하면 유연관계를 확인할 수 있다. 사람과 침팬지의 유전자 염기서열은 약 98 % 이상 일치하며, 이는 두 종이 가까운 관계임을 보여 준다.
(나) ㉡ 다윈은 고립된 지역의 생물이 독특한 특징을 갖는 점에 주목하여 종의 기원을 설명하였다.

➤ 서로 다른 생물의 유전자 염기서열이나 단백질 구조의 유사성을 비교하면 생물 사이의 진화적 관계를 밝힐 수 있다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. (가)는 분자진화학적 연구이다.
ㄴ. ㉠은 단백질을 암호화하는 정보이다.
ㄷ. ㉡은 자연선택에 의한 진화를 주장하였다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

➤ 진화의 연구 방법

12 표는 사람과 침팬지, 붉은털원숭이, 토끼에서 사이토크롬 c 아미노산서열의 차이를 나타낸 것이다.

동물	사람과의 아미노산서열 차이(개)
침팬지	0
붉은털원숭이	1
토끼	9

➤ 생물의 유전정보는 DNA에 저장되어 있으며, DNA 염기서열 또는 아미노산서열을 비교하면 진화적 관계를 확인할 수 있다. 사람과 침팬지의 유전자 염기서열은 약 98 % 이상이 일치하며, 이는 두 종이 비교적 최근에 공통 조상으로부터 분화되어 유연 관계가 가깝다는 것을 보여 준다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. 분자진화학적 연구를 통해 알게 된 사실에 해당한다.
ㄴ. 아미노산서열 차이의 원인은 유전자 염기서열의 차이 때문이다.
ㄷ. 사람과의 유연관계는 토끼가 붉은털원숭이보다 가깝다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

(2) 이 집단에서 a 의 수는 8이므로 a 의 대립유전자빈도는 $\frac{8}{20} = \frac{2}{5}$ 이다.

08 (가) 환경에 더 잘 적응할 수 있는 형질을 가지는 개체가 생존하여 더 많은 자손을 남기는 과정을 자연선택이라고 한다. 이러한 과정이 오랫동안 반복되어 생존에 유리한 형질이 자손에게 축적되면서 해당 형질을 나타내는 유전자의 빈도가 높아진다.

(나) DNA 염기서열에 변화가 생기는 것을 돌연변이라고 하며, 이는 주로 DNA 복제 과정의 오류나 방사선, 화학 물질 등에 의한 손상으로 발생한다.

(다) 서로 다른 개체군 사이에서 개체나 생식세포가 이동하면서 유전자풀이 변하는 현상을 유전자흐름이라고 한다. 이때 일어나는 유전자의 이동은 개체군 간의 유전적 차이를 줄이고, 새로운 유전자가 도입되도록 하여 유전자풀의 구성을 변화시킨다.

09 (1) 유전적 부동은 우연한 사건으로 유전자풀이 무작위로 변하는 현상이다. 그림은 원래의 개체군에 있던 대립유전자가 무작위로 제거되어 새로운 개체군의 유전자풀이 변하는 모습을 나타내었으므로 유전자 부동에 해당한다.



(2) 창시자효과는 개체군에서 우연히 소수의 개체가 떨어져 나와 새로운 지역에 정착하면서 유전자풀이 변하는 현상이다. 병목효과는 개체수가 급격히 줄어든 뒤에 살아남은 소수 개체의 대립유전자가 자손에게 전달되어 유전자풀이 변하는 현상이다.

10 생물의 해부학적 특징과 기능을 비교하여 진화 과정을 확인하는 연구 방법을 비교해부학적 연구라고 한다. 형태와 기능은 다르지만 해부학적 구조가 같아 생물이 공통조상에서 진화하였다는 증거가 되는 기관을 상동기관이라고 하고, 형태와 기능은 비슷하지만 해부학적 구조가 다른 기관을 상사기관이라고 한다. 척추동물의 앞다리는 형태와 기능이 다르지만 해부학적 구조가 같은 상동기관의 예이고, 새의 날개와 잠자리리의 날개는 형태와 기능은 비슷하지만 해부학적 구조가 다른 상사기관의 예이다.

11 (가) 서로 다른 생물의 초기 발생 과정을 비교하여 진화의 과정을 연구하는 것을 진화발생학적 연구라고 한다.

(나) 서로 다른 생물의 DNA 염기서열이나 아미노산서열 등을 분석하여 생물 사이의 유연관계를 밝히는 것을 분자진화학적 연구라고 한다.

개념 적용 문제

78~83쪽

01 ④	02 ④	03 ①	04 ④	05 ③	06 ⑤
07 ②	08 ④	09 ⑤	10 ①	11 ⑤	12 ③

01 B: 생물이 오랜 시간에 걸쳐 환경에 적응하면서 형질이 점차 변화하는 현상을 진화라고 한다.

C: 포유류의 앞다리가 날개(박쥐), 지느러미(고래), 손(인간)처럼 다양한 형태로 나타나는 것은 공통조상으로부터 유래한 뼈의 구조가 환경에 따라 적응하는 과정에서 서로 다른 형태로 변했기 때문이다. 이처럼 공통조상에서 유래하여 해부학적 구조가 같으나 형태나 기능이 다른 기관을 상동기관이라고 한다.

[바로알기] A: 진화는 오랜 시간에 걸쳐 생물의 형질이 변하는 전체 과정을 뜻하고, 적응은 생물이 생존에 유리한 형질을 갖게 되는 현상을 뜻한다. 따라서 적응은 진화의 결과이며, 진화와 적응은 다른 개념이다.

02 나. (나)에서 기린 집단에는 목 길이에 대한 변이가 있어 목 길이가 다양한 기린이 살고 있었다.

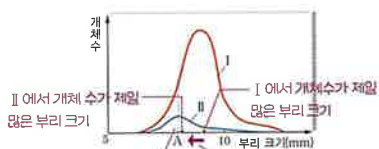
다. 다윈은 다양한 변이를 가진 개체들 중 생존에 유리한 형질을 가진 개체가 살아남아 자손을 남기며, 이러한 과정이 오랜 기간 반복되어 진화가 일어나고 다양한 종이 나타난다는 자연선택설을 주장하였다.

[바로알기] 가. 다윈은 변이와 자연선택에 의한 진화를 주장하였으며, 이에 따른 기린의 진화 과정을 순서대로 나열하면 (나) 변이, (가) 생존경쟁, (다) 자연선택, 진화의 순이다.

03 가. I에서 II로 시간이 지나면서 부리 크기에 따른 개체수가 변하였으므로, 각 부리 크기를 결정하는 대립유전자의 빈도가 변하였다고 추측할 수 있다. 따라서 I과 II에서 P의 유전자풀은 서로 다르다.

[바로알기] ㄴ. I에서 II로 될 때 집단에서 부리가 큰 핀치가 차지하는 비율이 낮아졌으므로 큰 부리가 나타나게 하는 대립유전자의 빈도는 감소하였다.

ㄷ. 집단에서 부리 크기가 A인 개체가 차지하는 비율은 II에서는 가장 높지만 I에서는 그렇지 않으므로, 부리 크기가 A인 개체의 비율은 II에서 I에서보다 더 높다.



그래프에서 곡선의 면적은 핀치의 개체수에 해당한다. $\rightarrow$ I $\rightarrow$ II가 되면서 집단 내에서 부리 크기가 작은 개체의 비율이 높아졌다.

04 ㄴ. 개체군의 개체수가 급격히 줄어들면 살아남은 소수의 개체에서 나타나는 유전적 구성이 유전자풀이 되고, 이때 생존하거나 사라지는 개체는 무작위로 정해지므로 새로운 개체군의 유전자풀은 원래의 개체군과 달라진다.

ㄷ. 자연재해, 질병 등으로 개체수가 급격히 감소하여 소수의 개체만 살아남는 경우 개체군의 유전적 다양성이 감소할 수 있다.

[바로알기] ㄱ. 병목효과는 우연한 사건으로 개체군의 대립유전자가 무작위로 변하는 유전적 부동에 해당한다.

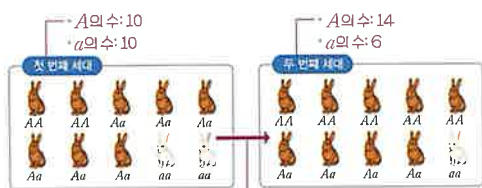
05 ㄱ. 어떤 형질에 대한 한 개체군에 속하는 모든 개체들이 가지고 있는 대립유전자 전체를 유전자풀이라고 한다. (가)와 (나)에서 대립유전자 A와 a의 빈도가 다르므로 (가)에서 (나)로 변할 때 유전자풀이 변하였다고 볼 수 있다.

ㄷ. 집단의 대립유전자빈도 변화가 누적되면 집단 전체의 유전적 구성이 변하면서 진화가 일어난다.

[바로알기] ㄴ. 집단에서 대립유전자의 빈도는

$\frac{\text{해당 대립유전자의 수}}{\text{전체 대립유전자의 수}}$ 로 구할 수 있으므로, 대립유전자

A의 빈도는 (가)에서 $\frac{10}{20}$ 이고, (나)에서 $\frac{14}{20}$ 이다. 따라서 A의 빈도는 (가)에서 (나)에서보다 작다.

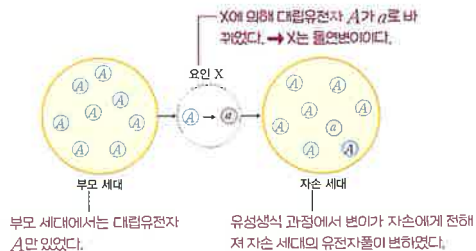


A의 빈도 감소, a의 빈도 증가

06 ㄱ. X는 대립유전자 A를 a로 변화시키는 요인이므로 돌연변이이다.

ㄴ. 돌연변이에 의한 유전자의 염기서열 변화는 변이가 나타나는 원인이다.

ㄷ. 돌연변이가 나타나는 원인으로는 DNA 복제 과정의 오류, 방사선이나 화학 물질, 바이러스 등에 의한 손상 등이 있다.



07 ㄴ. 서로 다른 개체군 사이에서 개체나 생식세포가 이동하면서 유전자를 전달하여 개체군 사이의 유전적 차이가 줄어드는 것은 유전자흐름에 해당하므로 (나)는 유전자흐름이다. 유전자흐름을 통해 개체군에 새로운 유전자가 도입될 수 있다.

[바로알기] ㄱ. 생존에 유리한 유전형질을 지닌 개체의 비율이 점점 증가하는 현상은 자연선택에 해당하므로 (가)는 자연선택이다.

ㄷ. (가)는 자연선택, (나)는 유전자흐름이므로 (다)는 창시자효과이다. 창시자효과는 개체군에서 우연히 소수의 개체가 떨어져 나와 다른 지역에 정착하면서 새로운 개체군을 형성할 때 유전자풀이 변하는 현상이다. DNA 복제 중의 실수로 인해 발생할 수 있는 현상은 돌연변이이므로 ㉠에 해당하지 않는다.

08 ㄴ. 방사선이나 화학 물질에 의한 손상이 원인이 되는 ㉠은 돌연변이이다. 초파리의 눈 색에 다양한 변이가 있는 것은 유전자돌연변이(㉠)에 의한 현상이다.

ㄷ. ㉠은 개체수가 급격히 줄어들 때 일어나는 병목효과이고, ㉡은 소수의 개체가 새로운 지역에 정착하면서 전체 유전자풀이 소수 집단의 유전적 구성을 따르게 되는 창시자효과이다. 병목효과(㉠)와 창시자효과(㉡)는 모두 유전적 부동에 해당한다.

[바로알기] ㄱ. ㉠은 지진, 화재, 가뭄, 홍수와 같은 자연재해나 질병, 남획 등으로 개체군의 크기가 급격히 줄어들었을 때, 살아남은 소수 개체의 대립유전자가 자손에게 전달되어 유전자풀이 변하는 병목효과이다.

09 병목효과는 '유전적 부동의 현상에 해당한다.'라는 특징을 가지고, 자연선택은 '환경에 더 잘 적응한 개체가 자손을 남길 가능성이 높은 과정을 말한다.'에 해당한다. 창시자효과는 '유전적 부동의 현상에 해당한다.'와 '소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 일어난다.'의 두 가지 특징을 가진다. B에서는 ㉠~㉣ 중 2개의 특징이 나타나고, 병목효과, 자연선택, 창시자효과 중 이에 부합하는 것은 창시자효과뿐이므로 B는 창시자효과이다. 또한 B에서 ㉠은 나타나지 않으므로 ㉠은 '환경에 더 잘 적응한 개체가 자손을 남길 가능성이 높은 과정을 말한다.'이다.

ㄱ. C에서 ㉠이 'O'이므로, C는 ㉠ '환경에 더 잘 적응한 개체가 자손을 남길 가능성이 높은 과정을 말한다.'에 해당하는 자연선택이다.

ㄴ. B가 창시자효과, C가 자연선택이므로 A는 병목효과이다. 병목효과(A)는 창시자효과(B)와 마찬가지로 유전적 부동에 해당하기 때문에 B에서 나타나는 특징인 ㉠과 ㉣ 중 하나를 가져야 하는데, ㉣을 갖지 않으므로 ㉠을 갖는다. 따라서 ㉢는 'O'이며, ㉠은 '유전적 부동의 현상에 해당한다.'이다.

ㄷ. '소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 일어난다.'는 창시자효과인 B에만 해당하는 특징이므로 B에서 'O'인 ㉣이다.

	병목효과 (가)				자연선택 (㉠: 있음, ㉡: 없음)
	구분	㉠	㉡	㉢	
창시자효과	A	㉠	㉡	㉢	• 유전적 부동의 현상에 해당한다. → ㉠
	B	O	?	X	• 소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 일어난다. → ㉡
	C	?	X	?	• 환경에 더 잘 적응한 개체가 자손을 남길 가능성이 높은 과정을 말한다. → ㉢

- 유전적 부동의 현상에 해당한다. → 병목효과, 창시자효과
- 소수의 개체가 새로운 지역에 정착할 때 일어난다. → 창시자효과
- 환경에 더 잘 적응한 개체가 자손을 남길 가능성이 높은 과정을 말한다. → 자연선택

10 ㄱ. 생물의 해부학적 구조를 비교하여 진화의 흔적을 연구하는 것은 비교해부학적 연구이다. 생물의 해부학적 특징과 기능을 비교하고 그것이 공통조상으로부터 발달한 것인지 확인함으로써 진화 과정을 알 수 있다.

[바로알기] ㄴ. 새와 참지리의 날개는 발생 기원은 다르지만 환경에 적응하는 과정에서 날기에 적합한 형태로 진화하여 유사한 형태를 가지게 된 것이다. 따라서 (가)는 상사기관이다.



ㄷ. 사람의 팔, 사자의 앞다리, 박쥐의 날개는 발생 기원이 같은 기관이 서로 다른 환경에 적응하면서 다양한 형태로 발달한 것이다. 따라서 (나)는 상동기관이다.



11 ㄱ. 분자진화학은 DNA, RNA, 단백질 등의 분자 수준에서 진화를 분석하는 학문으로, 진화의 연구 방법 중 유전자의 염기서열이나 단백질의 아미노산서열 등을 분석하여 생물 사이의 진화적 관계를 밝히는 것을 분자진화학적 연구라고 한다. 서로 다른 종의 유전정보를 비교하였을 때 유사성이 높을수록 유연관계가 가까운 종임을 알 수 있다.

ㄴ. ㉠(유전자)는 DNA 염기서열 중 생물의 형질을 결정하는 유전정보를 저장하고 있는 특정 부위로, 단백질로 발현되는 유전정보를 암호화하고 있다.

ㄷ. ㉢(다윈)은 지리적으로 격리된 지역의 생물에서 나타나는 특징을 비교하여 자연선택에 의한 진화를 주장하였다. 다윈은 오랜 시간 동안 자연선택이 반복된 결과 생존에 유리한 형질이 자손에게 축적되어 이 형질이 나타나는 빈도가 높아져 진화가 일어난다고 설명하였다.

12 ㄱ. 유전자의 염기서열이나 단백질의 아미노산서열을 비교하여 진화의 과정을 연구하는 분야를 분자진화학적 연구라고 한다. 분자생물학적 특징을 비교해 보면 생물 사이의 유연관계를 밝힐 수 있다.

ㄴ. 유전자에는 특정 단백질의 아미노산서열에 대한 정보가 염기서열의 형태로 저장되어 있다. 따라서 아미노산서열의 차이는 단백질을 암호화하고 있는 유전자의 염기서열 차이로 인해 발생한다.

[바로알기] ㄷ. 특정 단백질을 구성하는 아미노산서열의 차이가 클수록 유연관계가 멀다는 것을 뜻하므로 사람과狗的 유연관계는 아미노산서열의 차이가 적은 붉은털원숭이가 토끼보다 가깝다.

02 생물의 분류체계

중요 개념 체크

- 86쪽 1 생물학적 종 2 (1) ○ (2) ○
 88쪽 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×
 90쪽 1 3역 6계 분류체계 2 (1) ○ (2) ×
 95쪽 1 핵막, 원형 2 펩티도글리칸
 3 (1) × (2) ○

탐구 확인 문제

97쪽

- 1 ㄱ, ㄷ 2 ㄱ

- 1 ㄱ. 모든 생물은 하나의 공통조상으로부터 진화하여 같은 유전암호 체계를 사용한다. 또한 생물이 진화하면서 유전 정보는 조금씩 달라지며 이러한 유전정보는 자손에게 전달 되므로, DNA의 염기서열이나 단백질의 아미노산서열이 비슷할수록 생물 사이의 유연관계가 가깝다고 분석할 수 있다. 생물분류 프로그램은 이를 활용하여 생물 사이의 유연관계를 분석하고 생물을 분류하여 계통수를 작성한다.

ㄷ. 돌연변이가 일어나는 과정에서 뉴클레오타이드가 삽입, 결실, 치환되면 염기의 개수와 배열이 달라질 수 있다. 따라서 유전자의 염기서열 또는 단백질의 아미노산서열을 정렬한 뒤에 비교해야 진화 과정에서 나타난 변화를 명확히 파악할 수 있다.

[바로알기] ㄴ. 동일한 유전자에서 시간이 지남에 따라 축적된 돌연변이의 흔적이 염기서열의 차이로 나타나기 때문에 이 차이를 바탕으로 생물 사이의 유연관계를 분석할 수 있다. 따라서 유연관계를 분석할 때 서로 다른 유전자를 비교하는 것은 의미가 없다.

- 2 ㄱ. 계통수에 따르면 사람과 침팬지는 가장 최근의 공통조상을 공유하므로 사람은 오랑우탄보다 침팬지와 유연관계가 더 가깝다.

[바로알기] ㄴ. 같은 유전자의 DNA 염기서열이 비슷할수록 생물 사이의 유연관계가 가깝다. 사람과 오랑우탄 중 침팬지와 유연관계가 더 가까운 것은 사람이므로, 미토콘드리아 DNA의 염기서열은 침팬지와 사람이 더 유사하다. ㄷ. 3종의 생물은 같은 분기점에서 한 번에 분기한 것이 아니라 오랑우탄이 먼저 분기한 다음 사람과 침팬지가 분기하였다.

집중 분석 유제

99쪽

1 ②

- 1 (다)는 식물계와 동물계를 포함하고 있으므로 진핵생물역이다. 세균역과 고균역 중 진핵생물역과 유연관계가 더 가까운 분류군은 고균역이므로 (가)는 세균역, (나)는 고균역이다.

ㄴ. 3역 6계 분류체계는 분자생물학의 발전으로 생물들 사이의 유전적 차이를 더 정확하게 이해하게 됨에 따라 우즈가 제안한 분류체계이다. 라이보솜 RNA(rRNA)의 염기서열을 분석한 결과 고균이 세균보다 진핵생물과 더 유사하다는 사실이 밝혀지면서 5계 분류체계에서 하나의 계를 이루었던 원핵생물계를 세균역 진정세균계와 고균역 고균계로 분리하여 3역 6계로 생물을 구분하였다.

[바로알기] ㄱ. (가)는 세균역, (나)는 고균역이다.

ㄷ. (다)(진핵생물역)에서 동물계와 유연관계가 더 먼 A는 원생생물계, 동물계와 유연관계가 더 가까운 B는 균계이다. 원생생물계에 속하는 생물은 세포벽이 있을 수도 있고 없을 수도 있지만, 있을 경우 세포벽의 성분은 셀룰로스, 실리카, 알긴산, 펙틴 등으로 다양하다. 한편 균계에 속하는 생물의 세포벽의 주성분은 키틴질이다.

기본 문제

102-103쪽

- 01 ㄱ, ㄴ 02 3종 03 ㄱ, ㄴ 04 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ 05 (1) 이명법 (2) ㉠ 속명, ㉡ 속 06 (가) 고균역, (나) 진핵생물역, (다) 세균역 07 (가) 세균역, (나) 고균역, (다) 진핵생물역 08 (1) 세균역 (2) ㄱ, ㄴ 09 (1) 고균역 (2) ㄴ, ㄷ 10 ㉠ 진핵생물역, ㉡ 원생생물계, ㉢ 균계 11 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 12 ㄱ, ㄴ

- 01 ㄱ, ㄴ. 지구상의 다양한 생물을 공통된 특징에 따라 무리 짓고 체계적으로 정리하는 것을 생물분류라고 한다. 생물을 분류할 때에는 진화적으로 유연관계가 가까운 생물끼리 묶으므로, 생물을 분류하면 생물다양성에 대해 더 깊이 이해할 수 있고 공통조상과의 진화적 관계, 즉 생물 간의 유연관계를 파악하는 데 도움이 된다.

[바로알기] 다. 사람이 정한 자원으로서의 이용 가치를 기준으로 생물을 분류하는 것을 인위분류라고 한다. 인위분류는 주관적인 기준을 바탕으로 이루어지므로 시대나 문화 등에 따라 분류 결과가 달라질 수 있어 과학적 객관성이 부족하다. 따라서 생명과학에서는 형태, 유전정보, 진화적 관계 등을 기준으로 생물을 분류한다.

02 생물학적 종이란 자연 상태에서 교배가 가능하고 생식 가능한 자손을 낳을 수 있는 개체들의 집단으로, 다른 종과는 생식적으로 격리되어 있는 집단으로 정의한다. A, B는 형태가 유사하고 교배도 가능하지만 생식 능력이 없는 자손을 낳았으므로 서로 다른 종이다. D, E는 형태는 유사하지 않지만 서로 교배하였을 때 생식 능력이 있는 자손을 낳았으므로 같은 종이다. 따라서 A와 B가 각각 다른 종이고 D, E, F가 같은 종이므로, 생물학적 종은 모두 3종이다.

03 ㄱ, ㄴ. 고균은 핵막과 막성 세포소기관이 없다는 특징 때문에 5계 분류체계에서 원핵생물계로 분류되었지만, 과학의 발달에 따라 라이보솜 RNA 염기서열, 세포벽의 성분, DNA 복제와 단백질합성 과정 등이 진핵생물과 더 유사하다는 사실이 밝혀졌다. 이러한 사실을 반영하여 오늘날의 3역 6계 분류체계에서는 5계 분류체계의 원핵생물계에 속하는 생물을 세균역과 고균역으로 구분하고 있다.

[바로알기] 다. 3역 6계 분류체계에서 분류계급은 가장 작은 단위인 종부터 속, 과, 목, 강, 문, 계, 역까지 총 8단계의 계급이 있다.

04 (1) 계통수는 생물들이 공통조상으로부터 분기되어 진화한 양상을 나무 형태로 나타낸 것이다.

(2), (3) 계통분류는 생물이 진화해 온 계통을 밝히는 것으로, 공통조상으로부터 유래되어 계통을 추적할 수 있는 형질을 기준으로 생물을 분류한다. 이때 형질의 유사성보다는 형질이 어떻게 생겨났는가에 주목하기 때문에 겉모습이 비슷하더라도 진화 경로가 다르면 다른 계통으로 판단한다.

(4) 모든 생물은 같은 유전암호 체계를 사용한다. 유전정보는 생물의 진화 과정에 따라 조금씩 달라지며 자손에게 전달된다. 따라서 DNA와 RNA의 염기서열, 단백질의 아미노산서열 등의 분자유전학적 정보는 계통분류의 중요한 근거 자료가 된다.

(5) DNA, RNA 등에 발생하는 돌연변이는 생물이 진화하는 동안 축적되어 시간이 지날수록 그 차이가 커진다. 그러므로 공통조상으로부터 비교적 최근에 분기한 생물이고 유연관계가 가까울수록 유전정보가 비슷하다.

05 (1) 생물의 학명을 '속명+종소명(+명명자)'으로 나타내는 표기 규범을 이명법이라고 한다.

(2) 사자와 호랑이의 학명에서 *Panthera*는 속명이다. 즉 사자와 호랑이의 속명이 같으므로 사자와 호랑이는 같은 속에 속하는 생물이라는 것을 알 수 있다.

06 3역 중에서 세포에 핵막이 있는 분류군은 진핵생물역이므로 (나)는 진핵생물역이고, (가)와 (다)는 각각 세균역과 고균역 중 하나이다. 세균역의 생물은 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가지며 고균역 생물 중에는 진핵생물역의 생물과 유사하게 히스톤과 결합한 DNA를 가지는 것이 있으므로, (가)는 고균역, (다)는 세균역이다.

07 핵막의 출현 이후 등장한 (다)는 진핵생물역이다. 진핵생물역과 최근의 공통조상을 공유하는 (나)는 고균역이고, 나머지 (가)는 세균역이다.

08 (1) 헬리코박터 파일로리, 포도상구균, 대장균은 세균역에 속하는 생물이다.

(2) ㄱ, ㄴ. 세균역의 생물은 펩티도글리칸이 있는 세포벽을 가진 단세포 원핵생물이다.

[바로알기] 다. 세균역의 생물은 유전물질이 핵막으로 둘러싸이지 않고 세포질의 특정 부분(핵양체)에 분포한다.

09 (1) 극호염균, 메테인 생성균, 극호염균은 고균역에 속하는 생물이다. 특히 메테인 생성균의 메테인 생성은 일부 고균만 수행하는 독특한 대사 경로로 고균역에서만 나타나는 특징 중 하나이다.

(2) ㄴ. 고균역에 속하는 생물은 1개의 원형 DNA를 가지고 있다.

다. 고균역에 속하는 생물은 단세포 원핵생물이므로 주로 이분법으로 번식한다.

[바로알기] ㄱ. 고균역 생물 중 일부는 유사 펩티도글리칸을 포함하는 세포벽을 가진다. 키틴질 성분의 세포벽을 가지는 생물은 진핵생물역 중 균계에 속하는 생물이다.

10 식물계, 동물계를 포함하는 역은 진핵생물역(㉓)이다. 진핵생물역에 속하는 계 중에서 동물계와 더 최근의 공통조상을 공유하는 것은 균계이므로 ㉓은 균계이며, 식물계, 동물계, 균계에 속하는 생물을 제외한 나머지 다계통군의 생물 무리인 ㉔은 원생생물계이다.

11 (1) 진핵생물계 원생생물계에 속하는 생물의 세포에는 소포체, 미토콘드리아, 엽록체, 라이보솜 등의 막성 세포소기관이 있다.

(2) 원생생물 중에는 섬모, 편모, 위족 등을 이용하여 운동하는 생물이 있다.

(3) 원생생물계의 생물 중 홍조류, 녹조류, 갈조류 등은 엽록체를 가지고 있어서 광합성을 한다. 원생생물계에 속하는 생물 중에는 광합성을 하는 독립영양생물도 있고, 다른 생물을 먹이로 하는 종속영양생물도 있다.

(4) 원생생물계의 생물에는 단세포생물도 있고 다세포생물도 있다.

- 12 ㄱ. 균계(㉔)에 속하는 생물은 운동성이 없다. 대신 실처럼 가는 균사가 빠르게 자라 몸이 이동한 것과 유사한 효과를 얻을 수 있다. 또한 균계(㉔)에 속하는 생물은 모두 스스로 유기물을 합성하지 못하고 다른 생물의 사체나 배설물을 분해하여 유기물을 얻는 종속영양생물이다.

ㄴ. 균계(㉔)에 속하는 생물은 포자를 만들어 번식한다.

[바로알기] ㄷ. 균계(㉔)에 속하는 생물의 세포벽은 키틴질로 구성되어 있다.

개념 적용 문제

104~109쪽

01 ③	02 ⑤	03 ④	04 ②	05 ④	06 ①
07 ①	08 ③	09 ④	10 ⑤	11 ①	12 ①

- 01 여러 종 중에서 비슷한 특징을 공유하는 종이 모여 속을 이루고, 비슷한 특징을 공유하는 속이 모여 과를 이룬다. 이와 같이 비슷한 집단을 묶는 과정을 반복하면서 계층적 구조를 만들어 목, 강, 문, 계, 역으로 이어지는 큰 분류계급(분류단계)으로 생물을 분류할 수 있다.

ㄱ. 속보다 과가 더 넓은 범위의 분류계급이므로 하나의 과에는 여러 속이 포함되지만 하나의 속은 하나의 과에만 속한다.

ㄷ. 진핵생물역에는 지렁이, 푸른곰팡이 등 핵막이 있는 모든 생물이 포함된다.

[바로알기] ㄴ. 진정쌍떡잎식물강은 속씨식물문보다 작은 분류계급이다. 따라서 진정쌍떡잎식물강에 속하는 모든 식물은 속씨식물문에 포함되지만, 속씨식물문에 포함된 식물 중에는 진정쌍떡잎식물강에 포함되지 않는 식물이 있다.

- 02 생물의 분류계급은 가장 작은 단위인 종부터 속, 과, 목, 강, 문, 계, 역으로 구성된다.

ㄱ. A와 B는 모두 식육목에 속하는 생물이므로 목보다 상위 분류계급인 강 또한 같다.

ㄴ. C의 학명은 '속명+종소명(+명명자)'로 구성된 이명법으로 표기되어 있다.

Felis catus Linnaeus

속명 종소명 명명자

ㄷ. A와 D는 속명이 *Panthera*로 같다. 따라서 D와 유연관계가 가장 가까운 종은 속명이 같은 A이다.

- 03 생물의 진화 과정과 유연관계를 나뭇가지 모양으로 표현한 것을 계통수라고 한다. 가지가 갈라지는 지점인 분기점은 한 공통조상에서 두 계통으로 나뉘는 것을 나타낸다.

ㄱ. 계통수에서 A~D 중 가장 먼저 분기한 생물은 A이다. 공통조상으로부터 최근에 분기한 생물일수록 유연관계가 가까우므로, A는 나머지 생물과 유연관계가 가장 멀다.

ㄷ. C와 D는 가장 나중에 분기했고 가장 최근의 공통조상을 공유하고 있으므로 유연관계가 가장 가깝다.

[바로알기] ㄴ. 계통분류에서는 공통조상과 그 조상의 모든 후손을 포함하는 생물을 같은 생물집단으로 분류한다. 따라서 이 계통수에서 4종의 생물을 두 무리로 분류한다면 A를 하나의 무리로, 나머지 B, C, D를 묶어 다른 하나의 무리로 분류할 수 있다.

- 04 3억 6천만 년 전 남세균은 세균역 진정세균계, 메테인 생성균은 고균역 고균계, 해캄은 진핵생물역 원생생물계에 속한다.

ㄱ. 남세균과 해캄은 광합성을 하여 스스로 양분을 만들 수 있는 독립영양생물이다.

ㄴ. 모든 생물은 유전물질인 DNA를 복제할 때 반보존적 복제 방식을 따른다.

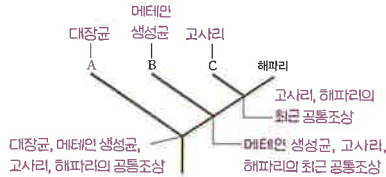
[바로알기] ㄷ. 효소의 최적온도가 높아 다른 생물이 살 수 없는 고온 환경에서 살고 있는 호열성균(*Thermus aquaticus*), 극호열균(*Pyrococcus furiosus*) 등은 고균계에 속하는 생물이다. 원생생물은 중온성 생물로, 효소의 최적온도가 20~40℃ 정도이다.

- 05 고사리는 세포에 핵막이 있는 진핵생물이므로 A~C 중 해파리와 유연관계가 가장 가까운 C는 고사리이다. 진핵생물은 세균보다 고균과 유연관계가 더 가까우므로 A는 대장균, B는 메테인 생성균이다.

나. B(메테인 생성균)는 A(대장균)보다 C(고사리)와 더 최근의 공통조상을 공유하므로 A보다 C와 유연관계가 더 가깝다.

다. C(고사리)는 식물계에 속하는 생물로, 세포에 핵막과 rRNA가 있으며 광합성을 하여 유기물을 합성하는 독립 영양생물이다.

바로알기 ㄱ. A는 대장균이다.



06 많은 종에서 일반적으로 나타나는 형질이 조상으로부터 물려받은 원시형이며, 특정 분류군에서 나타나는 파생 형질의 분포를 함께 분석하여 계통수를 작성할 수 있다.

ㄱ. A는 (가)~(라)의 모든 생물이 공통적으로 가지는 형질이므로 공통조상으로부터 물려받은 형질이라고 추정할 수 있다.

바로알기 나. 형질 C는 (라)에서만 나타나고, A~F 중 나타나는 형질이 가장 적은 것은 (라)이다. 따라서 (가)~(라)를 계통수로 나타낼 때 공통조상으로부터 가장 먼저 분기하는 것은 (라)이다.

다. (라)는 (가)~(라) 중 가장 먼저 분기한 생물이므로, (다)는 (라)보다 더 최근의 공통조상을 공유하는 (가), (나)와 유연관계가 더 가깝다.

07 세포내공생설은 원핵세포에서 진핵세포로의 진화 과정을 설명하고 있다. 세포내공생설에 따르면 초기 원핵생물 중 호기성 세균은 미토콘드리아의 기원이 되었고, 광합성 세균은 엽록체의 기원이 되었다. 따라서 막성 세포소기관인 미토콘드리아와 엽록체가 나타난 (나)는 진핵생물역이다. 따라서 진핵생물역과 유연관계가 더 가까운 (다)는 고균역이고, 남은 (가)는 세균역이다.

ㄱ. 3역 분류체계는 특정 rRNA의 염기서열을 분석한 결과를 바탕으로 생물을 분류한다.

바로알기 나. (나)는 진핵생물역이다.

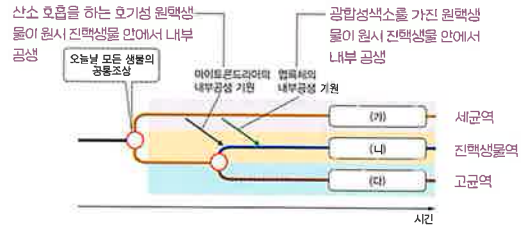
다. 세균역과 고균역의 생물은 세포에 핵막이 없고 진핵생물역의 생물은 세포에 핵막이 있으므로, 핵막의 유무는 (가)~(다)의 공통조상으로부터 (나)(진핵생물역)를 분류할 수 있는 기준이 아니다.

08 공통조상으로부터 가장 먼저 분기한 (가)는 메테인 생성균이 속하는 고균역 고균계, 다계통군인 (나)는 파래가 속하는 진핵생물역 원생생물계, 동물계와 유연관계가 가까운 (다)는 송이가 속하는 진핵생물역 균계이다.

ㄱ. 모든 생물은 라이보솜 RNA를 가지고 있으며, 특히 16 S 라이보솜 RNA는 진화 속도가 매우 느려서 넓은 계통에 걸쳐 있는 생물의 유연관계를 파악하는 데 이용할 수 있다.

다. (나), (다)는 진핵생물역에 속하는 생물이므로 세포소기관이 있다.

바로알기 나. (가)(고균역 고균계)에 속하는 생물의 세포벽에는 펩티도글리칸이 없다.



09 대장균은 세균역 진정세균계, 극호열균은 고균역 고균계, 짙신벌레는 진핵생물역 원생생물계, 푸른곰팡이는 진핵생물역 균계에 속한다.

나. 짙신벌레는 섬모로 이동할 수 있다.

다. 균계의 생물은 키틴질의 세포벽을 가진다.

바로알기 ㄱ. 대장균은 세균역, 극호열균은 고균역에 속하므로 둘은 서로 다른 역에 속한다.

10 NCBI 누리집은 생물의 유전정보와 다양한 유전체 분석 도구를 제공한다. 그 중 BLAST를 통해 특정 유전자와 유사한 염기서열을 가진 생물을 검색할 수 있으며, 계통수 작성 프로그램으로 계통수를 작성할 수 있다. 계통수 작성 프로그램에는 MEGA X, IQ-Tree, MrBayes 등이 있다.

ㄱ. 생물의 학명은 이명법에 따라 표기하며, 속명과 종소명은 라틴어 또는 라틴어화한 단어를 사용하여 이탤릭체로 나타내고, 명명자는 정체를 사용하여 나타낸다.

나. 모든 생물은 라이보솜 RNA(rRNA)를 가지고 있으므로 특정 라이보솜 RNA의 염기서열은 생물 사이의 진화적 관계를 알아보고자 할 때 흔히 사용한다.

다. 계통수 작성 프로그램은 DNA나 RNA의 염기서열 또는 단백질의 아미노산서열과 같은 분자유전학적 자료를 바탕으로 생물의 유연관계를 분석하여 계통수를 작성한다.

- 01 ㄱ, ㄷ, ㄹ 02 (1) (가) 비관다발식물, (나) 양치식물
(2) ㄷ 03 A: 우산이끼, B: 소나무, C: 민들레 04 (1)
A: 양치식물문, B: 소철식물문 (2) ㄱ 05 (1) ㉠ 속씨식
물문, ㉡ 겉씨식물, ㉢ 양치식물문, ㉣ 각태류식물문 (2) ㄹ
이끼: ㉤, 은행나무: ㉥, 토끼풀: ㉦, 쇠뜨기: ㉧ 06 (1)
(가) 후구동물, (나) 선구동물 (2) ㄱ, ㄷ 07 (1) (가) 절지
동물문, (나) 자포동물문, (다) 해면동물문, (라) 편형동물
문 (2) 예쁜이해면: (다), 플라나리아: (라), 말미잘: (나),
잠자리: (가) 08 ㉠ A, ㉡ B, ㉢ C 09 (1) ㉠ 절지동물
문, ㉡ 선형동물문, ㉢ 환형동물문, ㉣ 극파동물문, ㉤ 척
삭동물문 (2) 회충: ㉥, 가재: ㉦, 지렁이: ㉧, 불가사리:
㉨, 창고기: ㉩

- 01 ㄱ. 모든 식물은 여러 개의 세포로 이루어져 있고, 핵막과
막성 세포소기관을 가진 진핵생물이다.
ㄷ. 식물의 세포벽은 다당류의 일종인 셀룰로스가 주성분
이다.
ㄹ. 식물의 엽록체에는 엽록소 a, 엽록소 b, 카로티노이드
등의 광합성색소가 있으며, 식물은 이들이 흡수한 빛에너
지를 이용하여 광합성을 한다.
[바로알기] ㄴ. 식물은 광합성을 통해 무기물로부터 유기물
을 합성하는 독립영양생물이다.
- 02 ㄷ. 비관다발식물과 양치식물에는 형성층이 없어 이 식물
분류군의 식물은 부피 성장을 하지 않는다. 종자식물 중 외
떡잎식물을 제외한 나머지 식물만 형성층이 있어 부피 성
장을 할 수 있다.
[바로알기] ㄱ. (가)(비관다발식물)와 (나)(양치식물)는 모두
포자로 번식한다.
ㄴ. (가)(비관다발식물)에는 헛물관과 체관이 없다.
- 03 우산이끼는 비관다발식물이며 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜
렷하지 않으므로 A에 해당한다. 민들레는 속씨식물이며
씨방이 있으므로 C, 소나무는 겉씨식물이며 씨방이 없으
므로 B에 해당한다.
- 04 (1) 양치식물문은 비종자 관다발식물, 소철식물문은 종자식
물 중 겉씨식물에 속한다. 따라서 속씨식물문과 유연관계
가 가까운 B는 소철식물문이고, A는 양치식물문이다.

(2) ㄱ. A(양치식물문), B(소철식물문), 속씨식물문의 식물
은 모두 관다발이 있고, 선태식물문의 식물은 관다발이 없
는 비관다발식물이다.

[바로알기] ㄴ. A(양치식물문)의 식물은 종자가 아닌 포자
로 번식한다.

ㄷ. 모든 식물은 몸이 큐타클층으로 덮여 있어 건조한 육상
환경에서 수분 손실을 막을 수 있다.

- 05 (1) ㉠ 속씨식물문은 관다발이 있고, 종자로 번식하며 밑씨
가 씨방 속에 들어 있는 식물의 무리이다.
㉡ 겉씨식물은 관다발이 있고, 종자로 번식하며 씨방이 없
어 밑씨가 겉으로 드러나 있는 식물의 무리이다.
㉢ 양치식물문에 속하는 식물은 관다발이 있고, 종자가 아
닌 포자로 번식한다.
㉣ 각태류식물문에 속하는 식물은 관다발이 없다.
(2) ㄹ이끼는 각태류식물문(㉤), 은행나무는 겉씨식물(㉥), 토
끼풀은 속씨식물문(㉦), 쇠뜨기는 양치식물문(㉧)에 속한다.
- 06 (1) (가)는 발생 초기에 원구가 항문이 되고, 입이 나중에 생
기는 후구동물이다. (나)는 원구가 입이 되고 항문이 나중
에 생기는 선구동물이다.
(2) ㄱ. 후구동물에 속하는 동물 문으로는 극파동물문과 척
삭동물문이 있다.
ㄷ. 선구동물과 후구동물은 모두 외배엽, 내배엽, 중배엽이
형성되는 3배엽동물이다.
[바로알기] ㄴ. 편형동물문은 선구동물에 속하지만, 자포동
물문의 동물은 입과 항문의 구별이 없다.

- 07 (1) 3배엽동물이며 좌우 대칭인 동물 (가)에는 편형동물문과
절지동물문이 있다. 2배엽동물이며 방사 대칭인 동물 (나)
는 자포동물문이고, 무배엽동물이며 대칭성이 없는 동물
(다)는 해면동물문이다. 3배엽동물이며 좌우 대칭인 동물
중 원구가 소화관 입구로 발달하고 항문이 없는 (라)는 편
형동물문에 해당한다. 따라서 (가)는 절지동물문이다.
(2) 예쁜이해면은 해면동물문, 플라나리아는 편형동물문,
말미잘은 자포동물문, 잠자리는 절지동물문에 속한다.
- 08 연체동물문, 절지동물문, 극파동물문, 척삭동물문의 동물
은 모두 외배엽, 내배엽, 중배엽을 형성하므로 ㉠은 A이다.
연체동물문과 절지동물문의 동물은 모두 원구가 입이 되는
선구동물이므로 ㉡은 B이고, 척삭동물문에 속하는 동물은
발생 초기에 아가미틈과 근육성의 꼬리가 나타나므로 ㉢은
C이다.

- 09 (1) ㉠은 체절이 있고 탈피를 하여 성장하는 절지동물문이고, ㉡은 체절이 없으며 탈피를 하여 성장하는 선형동물문이다. ㉢은 원구가 입이 되는 선구동물 중 탈피를 하지 않는 환형동물문이고, ㉣은 원구가 항문이 되는 후구동물 중 수관계를 가지는 극피동물문이다. 남은 ㉤은 척삭동물문이다.
(2) 회충은 선형동물문, 가재는 절지동물문, 지렁이는 환형동물문, 불가사리는 극피동물문, 창고기는 척삭동물문에 속한다.

개념 적용 문제

126~131쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤ 05 ④ 06 ②
07 ⑤ 08 ③ 09 ① 10 ⑤ 11 ② 12 ①

- 01 ㉢은 종자로 번식하며 물관이 없고 헛물관만 있으므로 종자식물 중 겉씨식물이다. 따라서 ㉢은 소나무이다. 또한 포자로 번식하며 물관이 없고 헛물관만 있는 ㉣은 비종자 관다발식물인 고사리이다. 나머지 우산이끼와 토끼풀 중에서 종자로 번식하는 ㉠은 토끼풀, 포자로 번식하는 ㉡은 우산이끼이다.

ㄱ. ㉠(토끼풀)은 속씨식물이므로 밀씨가 씨방에 들어 있다.
ㄴ. ㉡(우산이끼)는 비관다발식물이다.

[바로알기] ㄷ. ㉢(고사리)은 비종자 관다발식물로, 형성층이 없어 부피 성장을 하지 못한다.

- 02 솔이끼는 비관다발식물, 쇠뜨기는 비종자 관다발식물, 벼는 속씨식물, 소나무는 겉씨식물이다. 따라서 관다발이 없는 A는 솔이끼, 밀씨가 없는 C는 쇠뜨기이다. 나머지 B와 D 중 씨방이 없는 D는 소나무이고, B는 벼이다.

ㄱ. C(쇠뜨기)에는 관다발이 있으므로 ㉠은 '○'이다. 또한 B(벼)는 속씨식물로, 씨방이 있으므로 ㉡은 '○'이다.

ㄴ. A(솔이끼)와 C(쇠뜨기)는 모두 종자를 형성하지 않고 포자로 번식한다.

ㄷ. B(벼)와 D(소나무)는 모두 종자식물로, 밀씨를 가진다.

구분	솔이끼 A	벼 B	쇠뜨기 C	소나무 D
관다발이 있다.	×	○	○	○
밀씨가 있다.	?×	○	×	?○
씨방이 있다.	?×	○	?×	×

(○: 있음, ×: 없음)

- 03 우산이끼, 쇠뜨기, 소나무의 엽록체에는 모두 엽록소 a가 있으므로 A~C 모두가 가진 특징인 ㉠은 '엽록체 a가 있음'이다. 3종의 식물 중 관다발이 있는 식물은 쇠뜨기와 소나무이고 형성층이 있는 것은 소나무뿐이므로, A~C 중 두 가지(A, B)에서 나타나는 특징인 ㉡은 '관다발이 있음'이다. B에서만 나타나는 특징인 ㉢은 '형성층이 있음'이며, B는 소나무이다. 따라서 ㉠이 나타나지 않는(관다발이 없는) C는 우산이끼이고, 나머지 A는 쇠뜨기이다.

ㄱ. A(쇠뜨기)는 비종자 관다발식물로, 포자로 번식한다.

ㄴ. B(소나무)는 겉씨식물로, 헛물관과 체관으로 이루어진 관다발을 가진다.

[바로알기] ㄷ. C(우산이끼)는 비관다발식물로, 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜렷하지 않고, 헛뿌리를 가진다.

- 04 석송과 고사리는 비종자 관다발식물로, (가)의 특징 중 '엽록체가 있다.'의 한 가지 특징만 가진다. 따라서 ㉢은 1이고, A가 석송임을 알 수 있다. 감나무는 속씨식물로, (가)의 4가지 특징을 모두 가지므로 C에 해당하며 ㉣은 4이다. 잣나무는 겉씨식물로, '엽록체가 있다.', '종자로 번식한다.'의 두 가지 특징을 가지므로 B에 해당한다.

ㄱ. ㉢은 1이고 ㉣은 4이므로 ㉢+㉣=5이다.

ㄴ. A(석송)와 B(잣나무)는 모두 헛물관을 가진다.

ㄷ. C(감나무)는 속씨식물에 속하며, 꽃받침이 발달한 꽃을 피워 번식한다.

- 05 ㄱ. A는 자포동물문에 속하는 히드라로, 몸이 방사 대칭이다.

ㄷ. C는 편형동물문에 속하는 플라나리아로, 외배엽, 내배엽, 중배엽이 형성되는 3배엽동물이다.

[바로알기] ㄴ. B는 극피동물문에 속하는 불가사리로, 원구가 항문이 되고 입이 나중에 생기는 후구동물이다.

- 06 회충은 선형동물문, 개구리와 창고기는 척삭동물문, 해삼은 극피동물문에 속한다.

ㄱ. A는 원구가 입이 되는 선구동물이므로 회충이다. 회충은 체절이 없고 탈피를 하여 성장한다.

ㄴ. B는 원구가 항문이 되는 후구동물 중 척삭을 형성하지 않는 해삼이고, D는 척삭동물문에 속하는 동물 중 척추를 가지는 개구리이다. 해삼과 개구리는 모두 좌우 대칭 동물이다.

[바로알기] ㄷ. C는 척삭동물문에 속하는 동물 중 척추를 가지지 않는 창고기로, 물속에서 해엄을 치며 살아간다.

07 전복은 연체동물문, 우렁쟁이는 척삭동물문, 해삼은 극피동물문, 히드라는 자포동물문에 속한다. 이 중에서 몸이 방사 대칭인 동물은 히드라이므로 A는 히드라이다. 발생 과정 중 척삭을 형성하고 원구가 항문이 되는 후구동물인 B는 우렁쟁이이고, 나머지 전복과 해삼 중 후구동물은 해삼이므로 C는 해삼, D는 전복이다.

ㄱ. A(히드라)는 2배엽동물로 발생 초기에 외배엽과 내배엽을 형성하며, B(우렁쟁이)는 3배엽동물로 외배엽, 중배엽, 내배엽을 형성한다.

ㄴ. C(해삼)는 극피동물문에 속하며, 수관계를 가진다.

ㄷ. D(전복)는 측수담륜동물이므로 담륜자 시기를 거친다.

08 ㄱ. A는 발생 과정 중 원구가 입이 되는 선구동물이며 외골격이 있으므로 새우에 해당한다. 새우는 절지동물문에 속한다.

ㄷ. C는 발생 과정 중 원구가 항문이 되는 후구동물이며 외골격이 없으므로 창고기에 해당한다. 창고기는 일생 동안 척삭을 유지한다.

[바로알기] ㄴ. B는 발생 과정 중 원구가 입이 되는 선구동물이며 외골격이 없으므로 플라나리아에 해당한다. 선구동물은 항문보다 입이 먼저 생긴다.

09 창고기는 척삭동물문에 속하며 (가)의 특징 중 '배엽을 형성한다.', '원구가 항문이 된다.', '일생 중 척삭이 나타나는 시기가 있다.'의 3가지 특징을 가진다. 회충은 선형동물문에 속하며 '배엽을 형성한다.', '탈피를 한다.'의 두 가지 특징을 가진다. 해파리는 자포동물문에 속하여 '몸이 방사 대칭이다.', '배엽을 형성한다.'의 두 가지 특징을 가진다. 대합은 연체동물문에 속하며 '배엽을 형성한다.'의 한 가지 특징을 가진다. 따라서 A는 대합이고, 두 가지 특징이 나타나는 회충과 해파리 중 자세포가 있는 C는 해파리이다. 따라서 B는 회충, D는 창고기이다.

ㄱ. A~D 중 (가)의 특징 중 두 가지가 나타나는 생물이 2종이므로 ㉠은 2이다.

[바로알기] ㄴ. B(회충)는 체절이 발달하지 않는다.

ㄷ. D(창고기)는 두삭동물로, 척추가 발달하지 않으므로 척추동물인 어류에 속하지 않는다.

10 거머리는 환형동물문, 말미잘은 자포동물문, 거미는 절지동물문에 속한다. A~C 중 중배엽을 형성하지 않는 동물은 말미잘뿐이므로 A는 말미잘이며, ㉠은 말미잘에서 나타나지 않고 거머리와 말미잘에서는 나타나는 특징이다.

따라서 ㉠은 '중배엽이 형성됨.'이고, ㉡은 '외골격이 있음.'이다. 거머리와 거미 중 외골격이 있는 C는 거미, 그렇지 않은 B는 거머리이다.

ㄱ. A(말미잘)는 자세포가 있어 독이 든 침을 발사하여 먹이를 포획하고 적으로부터 몸을 보호한다.

ㄴ. B(거머리)는 몸에 고리 모양의 체절이 발달한다.

ㄷ. C(거미)는 외골격이 있어 탈피를 하여 성장한다.

11 뿔이끼는 비관다발식물, 녹조류는 원생생물계, 고사리는 비종자 관다발식물, 은행나무는 종자식물 중 겉씨식물에 속한다. 녹조류는 I~III 중 어떠한 특징도 나타나지 않으므로, A~D 중 녹조류가 될 수 있는 것은 A이고 ㉠은 'x'이다. 이때 '식물계에 속한다.'는 녹조류(A)에서만 나타나지 않는 특징이므로 B~D 중 'x'가 없는 II가 '식물계에 속한다.'이다. 또한 A~D 중 은행나무에서는 3가지 특징이 모두 나타나므로 표에 'x' 표시가 없는 B가 은행나무이고, ㉡은 'o'이다. '밑씨가 있다.'는 A~D 중 B(은행나무)에서만 나타나는 특징이므로, I~III 중 '밑씨가 있다.'가 될 수 있는 것은 I이다. 따라서 나머지 III은 '관다발이 있다.'이고, 관다발이 있지만 밑씨는 없는 C가 고사리, 관다발이 없는 D가 뿔이끼이다.

ㄷ. C(고사리)에는 헛물관과 체관으로 구성되는 관다발이 있다.

[바로알기] ㄱ. ㉠은 O이고, ㉡은 x이다.

ㄴ. A(녹조류)는 물속에서 살아가므로 수분 손실을 막기 위한 구조인 큐티클층이 발달하지 않았다.

12 A~D 중 금붕어와 가장 최근에 분기되어 유연관계가 가장 가까운 D는 같은 척삭동물문에 속하는 우렁쟁이이므로, 우렁쟁이(D)와 금붕어에서 나타나는 특징 ㉠은 '발생 중 척삭을 형성함.'이다. C는 금붕어, 우렁쟁이와 같은 후구동물인 극피동물문의 성체이고, 나머지 회충과 오징어는 선구동물이므로 A와 B가 공유하는 ㉡은 '원구가 입이 됨.'임을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 '탈피하여 성장함.'이며, 회충과 오징어 중 탈피를 하는 동물은 회충이므로 A는 회충, B는 오징어이다.

ㄱ. 회충은 큐티클층으로 된 외골격을 가지고 있어서 주기적으로 탈피를 한다.

[바로알기] ㄴ. A(회충)는 측수담륜동물이 아니라 탈피동물이다.

ㄷ. C(성게)는 수관계로 호흡과 순환을 한다.

정답·해설 핵심 정리

132~133쪽

- 1 변이 2 변이 3 유전자풀
 4 대립유전자빈도 5 병목(또는 창시자) 6 창시자(또는 병목)
 7 유전자흐름 8 상동기관
 9 상사기관 10 역 11 속명
 12 계통 13 계통수 14 3역 6계
 15 펩티도글리칸 16 키틴질 17 포자
 18 자세포 19 키틴질 20 척삭

통합 문제

134~138쪽

- 01 ③ 02 ㄱ 03 ④ 04 ㄱ 05 ㄱ, ㄴ, ㄷ
 06 ㄱ, ㄴ 07 ㄴ, ㄷ 08 ④ 09 ② 10 ① 11 ⑤
 12 ④ 13 ④ 14 ⑤ 15 ⑤ 16 ② 17 ②
 18 ㄱ, ㄴ 19 ③ 20 ⑤

- 01 ㄱ. (가)는 유전자 염기서열이 변하는 돌연변이이다. 돌연변이는 같은 종의 생물 사이에서 다른 형질이 나타나는 변이의 원인이 된다.

ㄴ. 돌연변이는 DNA 복제 중의 실수, 방사선이나 화학 물질에 의한 손상 등으로 인해 발생한다.

[바로알기] ㄷ. 돌연변이에 의해 나타나는 형질은 대부분 해롭거나 중립적이지만, 환경 적응에 유리하게 작용하기도 한다.

- 02 ㄱ. A의 빈도를 p , A^* 의 빈도를 q 라고 했을 때, A가 A^* 에 대해 우성이라면 검은색 털을 가진 개체의 비율은 $p^2 + 2pq$, 회색 털을 가진 개체의 비율은 q^2 이다. 반대로 A^* 가 A에 대해 우성이라면 검은색 털을 가진 개체의 비율은 p^2 , 회색 털을 가진 개체의 비율은 $q^2 + 2pq$ 이다. II에서 $p = \frac{3}{4}$, $q = \frac{1}{4}$ 이다. 이때 $p^2 = \frac{9}{16}$, $2pq = \frac{6}{16}$, $q^2 = \frac{1}{16}$ 이고, ①이 $0.5625 = \left(\frac{9}{16}\right) = \left(\frac{3}{4}\right)^2$ 이므로, ①은 검은색 털 개체의 비율(p^2)이며 A^* 는 A에 대해 우성이다.

[바로알기] ㄴ. A^* 는 A에 대해 우성이므로 유전자형이 AA^* 인 개체의 털색은 회색이다.

ㄷ. II에서 A의 빈도(p)는 0.4이므로 털색이 검은색인 개체의 수는 $p^2 \times 1000 = 0.4^2 \times 1000 = 160$ 이다.

- 03 (가)는 유전적 부동의 한 현상이므로 병목효과이고, (나)는 유전자흐름이다.

ㄱ. (가)(병목효과)와 창시자효과 같은 유전적 부동은 우연한 사건으로 인해 개체군의 대립유전자빈도가 변할 수 있음을 설명한다.

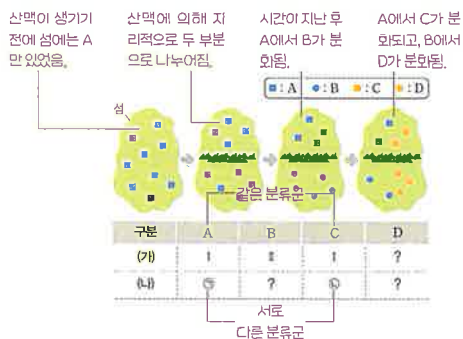
ㄷ. (나)(유전자흐름)를 비롯한 돌연변이, 유전적 부동, 자연선택 등은 모두 대립유전자빈도를 변하게 하여 집단 내 유전자풀을 변화시키는 요인이다.

[바로알기] ㄴ. 다윈은 자연선택에 따른 진화의 원리를 설명하였다.

- 04 ㄱ. 산맥이 형성된 이후 그림에서 산맥 아래쪽에 있는 지역에서 B가 출현하였다.

[바로알기] ㄴ. (가)가 속일 경우 A와 C는 같은 속에 속하는데 각각 ①과 ①으로 다른 과에 속하는 것이 된다.과는 속보다 범위가 넓은 분류계급으로, 같은 속에 속하는 생물이 다른 과에 속할 수 없으므로 이는 모순이다. 따라서 (가)는 과, (나)는 속이다.

ㄴ. 산맥에 의해 지리적으로 격리되어 있으므로 C는 A로부터 분화되었고 D는 B로부터 분화되었다. A와 C는 같은 과(I)에 속하고 이들은 B(II)와는 다른 과에 속하므로, B로부터 분화된 D는 B와 같은 과에 속한다. 따라서 C와 D는 다른 과에 속한다.



- 같은 속에 속하는 두 종의 식물 → 같은 과에 속한다.
- 같은 과에 속하는 두 종의 식물 → 같은 속에 속할 수도 있고, 다른 속에 속할 수도 있다.

- 05 사과나무, 야광나무, 산딸기는 모두 같은 과(장미과)에 속하며 그중 사과나무와 야광나무는 속명이 *Malus*로 같기 때문에 같은 속에 속한다는 것을 알 수 있다.

ㄱ. 학명을 린네가 창안한 이명법에 따라 '속명+종소명+명명자'로 표기하였다.

ㄴ. 3종의 식물은 모두 장미과이므로 과보다 더 넓은 범위의 분류계급인 목 또한 같다.

ㄷ. 사과나무는 다른 속에 속하는 산딸기보다 같은 속에 속하는 야생나뭇과 유연관계가 더 가깝다.

- 06** ㄱ. (가)는 유전적 차이가 거의 없고 수컷의 몸 색깔이 다르다. 인공 조명을 비추면 생식 능력이 있는 자손이 태어나는데 자연 상태에서는 암컷의 선호에 따라 교배가 일어나지 않기 때문에, 암컷의 행동에 의한 격리로 두 시클리드 집단이 다른 종으로 유지되고 있음을 알 수 있다.

ㄴ. (나)는 형태가 거의 동일하지만 유전체상에 뚜렷한 차이가 있어 계통학적으로 다른 종이다. 또한 자연 상태에서 교배하지 않으므로 생물학적으로도 다른 종이라고 판단할 수 있다.

바로알기 ㄷ. (다)는 형태와 먹이는 다르지만 유전적 차이가 거의 없으므로 계통학적으로 같은 종이다. 또 자연 상태에서 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있으므로 생물학적으로도 같은 종이라고 판단할 수 있다.

- 07** 세균류는 세균역에, 자낭균류는 진핵생물역의 균계에, 포유류는 진핵생물역의 동물계에, 녹조류는 진핵생물역의 원생생물에 속한다.

ㄴ. 4개의 분류군 중에 가장 먼저 출현한 것은 생물의 공통조상으로부터 가장 먼저 분기한 세균류이다.

ㄷ. 하나의 가지로부터 분기하였으므로 4개의 분류군에 속하는 생물은 하나의 공통조상으로부터 진화하였다.

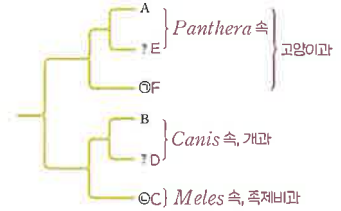
바로알기 ㄱ. 자낭균류는 가장 최근의 공통조상을 공유하는 포유류와 유연관계가 가장 가깝다.

- 08** A와 E는 속명이 같으므로 같은 속에 속하며, 이보다 상위 분류계급인 과 또한 같다. 따라서 A는 E와 같은 고양이과 동물이다. 또한 D는 B와 속명이 같으므로 개과의 동물이며, 나머지 C는 족제비과의 동물이다. 계통수에서 A와 유연관계가 가장 가까운 동물 종은 같은 속에 속하는 E이고, 그 다음으로 유연관계가 가까운 동물 종은 같은 과에 속하는 F이므로 ㉠은 F이다. 마찬가지로 B와 유연관계가 가장 가까운 동물 종은 같은 속에 속하는 D이므로 ㉡은 C이다.

ㄴ. ㉢은 족제비과에 속하는 동물이다.

ㄷ. 두 종의 생물이 최근에 분기된 것일수록 계통수에서 최근 공통조상을 공유하므로 유연관계가 가깝다. C는 B, D와 최근의 공통조상을 공유하므로, F보다 D와 유연관계가 더 가깝다.

바로알기 ㄱ. ㉠은 F이다.



- 09** 공통조상으로부터 먼저 분기한 (나)는 세균역이고, 식물계, 균계, 동물계, 원생생물계를 포함하지 않는 (가)는 고균역이다.

ㄷ. 고균역과 세균역에 속하는 생물은 공통적으로 원형의 DNA를 가진다.

바로알기 ㄱ. (나)(세균역)에 속하는 생물은 펩티도글리칸 성분의 세포벽이 있지만 (가)(고균역)에 속하는 생물은 그렇지 않다.

ㄴ. (가)(고균역)에 속하는 생물 중 일부와 진핵생물에서만 DNA와 결합한 히스톤이 발견된다.

- 10** 극호열균, 메테인 생성균, 극호염균은 모두 고균역에 속하는 생물이다.

ㄱ. 모든 생물은 공통적으로 라이보솜 RNA(rRNA)를 가진다.

바로알기 ㄴ. (가)(고균역)에 속한다.

ㄷ. 지구상에 최초로 출현한 분류군은 공통조상으로부터 가장 먼저 분기한 (나)(세균역)의 생물이다.

- 11** 4종의 생물은 진핵생물역에 속하는 생물로, 푸른곰팡이와 송이는 균계, 짙신벌레와 미역은 원생생물계에 속한다.

ㄴ. 짙신벌레는 단세포 진핵생물로 표의 특징 중 '핵막이 있다.', '단세포생물이다.' 두 가지를 가진다.

ㄷ. 4종의 생물은 모두 진핵생물역에 속한다.

바로알기 ㄱ. ㉠(키친질의 세포벽이 있다.)은 균계의 생물에서 나타나는 특징이므로 ㉠이 나타나는 생물은 2종(푸른곰팡이, 송이)이다.

- 12** 누룩곰팡이는 진핵생물역 균계, 아메바와 다시마는 진핵생물역 원생생물계, 남세균은 세균역 진정세균계에 속한다. ㉠~㉣ 중 독립영양생물은 다시마와 남세균이고 포자를 만들어 번식하는 생물은 다시마와 누룩곰팡이이므로, 두 특징이 모두 나타나는 ㉡은 다시마이고 ㉢은 남세균, ㉠은 누룩곰팡이이다. 또한 이분법으로 번식하는 것은 아메바와 남세균이므로 ㉣은 아메바이다.

ㄱ. ㉠(다시마)은 진핵생물계의 생물 중 식물계, 동물계, 균계에 속하지 않는 생물로, 원생생물계에 속한다.

ㄴ. ㉡(아메바)은 위족을 움직여 이동한다.

바로알기 ㄴ. ㉠(누룩곰팡이)은 균계의 생물이므로 몸이 균사로 이루어져 있지만 진정세균계에 속하는 ㉢(남세균)은 그렇지 않다.

- 13** 공통조상에서 분기한 순서대로 확인하면 A는 진정세균계, B는 고균계, C는 식물계, D는 균계, E는 동물계이다. (가)는 기관계가 있으므로 동물계(E)에 속하는 오징어이고, (나)는 포자로 번식하므로 식물계(C)에 속하는 우산이끼이며, (다)는 은행나무이다.

ㄴ. (가)(오징어), (나)(우산이끼), (다)(은행나무)는 모두 진핵생물계에 속한다.

ㄷ. 겉씨식물인 은행나무는 형성층이 발달하여 부피 성장을 할 수 있다.

바로알기 ㄱ. (가)(오징어)는 동물계인 E에 속한다.

- 14** ㄱ. 식물은 모두 다세포 진핵생물이다.

ㄴ. (나)에 속하는 식물은 밑씨가 있으므로 종자식물이고, 따라서 (나)는 겉씨식물에 해당한다. 종자식물에서는 밑씨가 자라 종자가 형성된다.

ㄷ. 고사리는 (가)(양치식물문)에 속하며, 관다발을 통해 물과 무기양분을 흡수하고 식물체로 이동시킨다.

- 15** 쇠뜨기는 식물계에 속하는 생물로, '엽록체가 있다.', '다세포생물이다.'의 두 가지 특징이 나타난다. 해파리는 동물계 자포동물문에 속하는 생물로, '중속영양생물이다.', '다세포생물이다.'의 두 가지 특징을 가진다. 회충은 동물계 선형동물문에 속하는 생물로, '중속영양생물이다.', '중배엽이 있다.', '다세포생물이다.'의 3가지 특징이 나타난다. 대장균은 진정세균계에 속하는 생물로, '중속영양생물이다.'의 한 가지 특징이 나타난다. (가)에서 한 가지 특징만 나타날 수 있는 것은 ㉠이므로 ㉠은 대장균이고 D는 '중속영양생물이다.'이다. 또한 (가)에서 3가지 특징이 나타날 수 있는 것은 ㉡이므로 ㉡은 회충이고, 회충에서 나타나지 않는 특징 A는 '엽록체가 있다.'이다. 나머지 쇠뜨기와 해파리 중 엽록체가 없는 생물은 해파리이므로 ㉢은 해파리, ㉣은 쇠뜨기이다. 이때 ㉠(쇠뜨기)은 A~D 중 두 가지 특징을 가지므로 C 또한 가지며, C는 '다세포생물이다.'이다. 따라서 나머지 D는 '중속영양생물이다.'이다. ㉠(쇠뜨기)은 엽록체가 있으므로 ㉡는 '㉠'이고, ㉢(해파리)은 중속영양생물이므로 ㉣

는 '㉠'이다.

ㄱ. ㉠(쇠뜨기)에서 A가 나타나고 ㉢(해파리)에서 D가 나타나므로 ㉡와 ㉣은 모두 '㉠'이다.

ㄴ. ㉠(쇠뜨기)은 비종자 관다발식물로, 햇물관과 체관으로 구성된 관다발을 가진다.

ㄷ. ㉢(회충)과 ㉣(해파리)은 모두 진핵생물이므로 세포에 핵막과 막성 세포소기관이 있다.

- 16** 형성층이 있는 식물 중 떡잎이 2장인 C는 속씨식물문에 속하며 쌍떡잎식물인 왕벚나무이고, 떡잎이 2장이 아닌 D는 겉씨식물문에 속하는 소철이다. 비관다발식물인 B는 각태류식물문에 속하는 뿔이끼이고, 남은 A는 양치식물문에 속하는 속새이다.

ㄱ. A(속새)와 B(뿔이끼)는 모두 포자로 번식하므로, '포자로 번식한다.'는 ㉠에 해당한다.

ㄴ. A(속새)와 D(소철)는 모두 햇물관을 가진다.

바로알기 ㄷ. 양치식물문에 속하는 A(속새)와 종자식물문에 속하는 D(소철)의 유연관계는 둘 다 종자식물인 C(왕벚나무)와 D(소철)의 유연관계보다 멀다.

- 17** A는 후구동물이므로 창고기이고, B는 중배엽을 형성하지 않으므로 해파리, D는 외골격이 있으므로 메뚜기, 남은 C는 갯지렁이이다.

ㄱ. A(창고기)는 척삭동물문에 속하는 동물로, 일생 동안 척삭을 가진다.

ㄴ. 자포동물문에 속하는 B(해파리)에서만 나타나는 특징인 ㉠은 '자세포를 가진다.'가 될 수 있다.

바로알기 ㄷ. 환형동물문에 속하는 C(갯지렁이)는 측수달류동물이지만 절지동물문에 속하는 D(메뚜기)는 탈피동물이다.

- 18** A는 측수달류동물이므로 연체동물문에 속하는 소라이고, B는 몸이 방사 대칭이므로 자포동물문에 속하는 말미잘이다. A(소라)는 발생 초기에 원구가 입이 되는 선구동물이므로 I은 (가)이고, 나머지 II는 원구가 항문이 되는 (나)이다. 이때 C는 II의 발생 과정을 거치므로 후구동물인 해삼이고, I의 발생 과정을 거치는 D는 게이다.

ㄱ. I은 (가)이다.

ㄴ. 연체동물문에 속하는 A(소라)와 극피동물문에 속하는 C(해삼)의 몸에는 체절이 없다. A~D 중 몸에 체절이 있는 동물은 절지동물문에 속하는 D(게)이다.

바로알기 ㄷ. 극피동물문에 속하는 C(해삼)는 수관계로

- 19 B는 축소담룡동물이고 몸에 체절이 있으므로 환형동물문에 속하는 거머리이다. 남은 전갈과 달팽이 중 축소담룡동물은 달팽이이므로 A가 달팽이이고, 몸에 체절이 있는 C는 전갈이다.

ㄱ. A(달팽이)는 발생 초기에 원구가 입이 된 후에 그 반대쪽에 항문이 생기는 선구동물이다.

ㄴ. C(전갈)는 몸이 외골격으로 덮여 있어 탈피를 하여 성장한다.

바로알기 ㄴ. B(거머리)는 3배엽동물이다.

- 20 A~E 중 공통조상으로부터 가장 먼저 분기한 생물은 자포동물문에 속하는 히드라이므로, A는 히드라이고 A에서만 나타나는 특징인 ㉠은 '자세포를 가진다.'이다. 나머지 4가지 동물이 가지는 공통적인 특징인 ㉡은 '3배엽동물이다.'이고, 몸에 체절이 있는 동물은 지렁이뿐이므로 ㉢은 '몸에 체절이 있다.'이며 E는 지렁이다. 또한 E(지렁이)와 유연관계가 가장 가까운 D는 선구동물인 대합이고, 남은 B와 C는 각각 성게와 우렁챙이 중 하나이다.

ㄴ. 성게와 우렁챙이는 모두 척추가 발달하지 않는다.

ㄴ. E(지렁이)는 축소담룡동물로 발생 초기에 담륜사 시기가 있다.

바로알기 ㄱ. A(히드라)는 2배엽동물이며, 내배엽과 외배엽이 발달한다.



HIGH TOP 문제

139~142쪽

- 1 ② 2 ⑤ 3 ⑤ 4 ② 5 ② 6 ⑤
7 ①

1 자료 분석

• I에서 H의 빈도를 p , h의 빈도를 q , T의 빈도를 r , t의 빈도를 s 라고 하고, II에서 H의 빈도를 p' , h의 빈도를 q' , T의 빈도를 r' , t의 빈도를 s' 이라고 하자. 자료에 따라 H를 가진 개체들을 합쳐서 구한 h의 빈도는 I과 II에서 각각

$$\frac{2pq}{2(p^2+2pq)} = \frac{2}{7}, \frac{2p'q'}{2(p'^2+2p'q')} = \frac{1}{5} \text{이므로,}$$

$$p = \frac{3}{5}, q = \frac{2}{5} \text{이고, } p' = \frac{3}{4}, q' = \frac{1}{4} \text{이다.}$$

$$\frac{\text{I에서 T를 가진 개체수}}{\text{I에서 t를 가진 개체수}} = \frac{1-s^2}{2rs+s^2} = \frac{8}{5} \text{이고 이를 변형}$$

$$\text{하면 } \frac{1-s^2}{2(1-s)s+s^2} = \frac{8}{5} \text{이므로 } s = \frac{1}{3} \text{이고, } r = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

$$\bullet \text{ I에서 H의 빈도}(p) \text{와 II에서 t의 빈도}(s') \text{는 같으므로 } r' = \frac{2}{5}, s' = \frac{3}{5} \text{이다.}$$

• I의 개체수를 N_1 , II의 개체 수를 N_2 라고 하면,

$$\frac{\text{II에서 T를 갖지 않는 개체수}}{\text{I에서 H를 갖는 개체수}} = \frac{s'^2 \times N_2}{(p^2+2pq) \times N_1} = \frac{9}{14}$$

이고 이 등식을 정리하면 $2N_2 = 3N_1$ 이므로 N_1 은 $2N$, N_2 는 $3N$ 이다.

ㄴ. H는 h에 대해, T는 t에 대해 완전 우성이고, 유전자형이 Hh인 개체에게서 (가)가 발현되며, 유전자형이 Tt인 개체에게서 (나)가 발현되지 않으므로, (가)는 정상에 대해 우성이고 (나)는 정상에 대해 열성이다. 따라서 유전자형이 Tt인 암컷이 수컷과 교배하여 낳은 자손에서 (나)가 발현되려면 수컷의 유전자형이 Tt 또는 tt여야 한다. 따라서 II에서 유전자형이 Tt인 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 낳은 자손에서 (나)가 발현될 확률은

$$\left(\text{유전자형이 Tt인 수컷을 만날 확률} \times \frac{1}{4} \right) +$$

$$\left(\text{유전자형이 tt인 수컷을 만날 확률} \times \frac{1}{2} \right) \text{이므로,}$$

$$\left(2r' \times \frac{1}{4} \right) + \left(s'^2 \times \frac{1}{2} \right) = \frac{12}{25} \times \frac{1}{4} + \frac{9}{25} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{10} \text{이다.}$$

바로알기 ㄱ. II에서 H의 빈도(p')는 $\frac{3}{4}$ 이다.

ㄴ. (나)는 유전자형이 tt인 개체에서만 발현되므로 I에서 (나)가 발현되지 않는 개체수는 $(1-s^2) \times 2N = \frac{16}{9}N$ 이다.

2 자료 분석

• I에서 A의 빈도를 p , a의 빈도를 q 라 하고, II에서 A의 빈도를 r , a의 빈도를 s 라고 하자. I에서 유전자형이 Aa인 개체를 제외한 ㉠이 만약 A라면, ㉠의 빈도는 p^2 이므로 $p = \frac{2}{5}, q = \frac{3}{5}$ 이다. 또는 ㉠이 a라면 ㉠의 빈도는 q^2 이므로 $p = \frac{3}{5}, q = \frac{2}{5}$ 이다.

• II에서 ㉠을 가진 개체 전체의 ㉠의 빈도는 ㉠이 A일 경우 $\frac{2rs}{2(r^2+2rs)} = \frac{2}{5}$ 이므로 $r = \frac{1}{3}, s = \frac{2}{3}$ 이고, ㉠이 a일 경우

$$\frac{2rs}{2(s^2+2rs)} = \frac{2}{5} \text{이므로 } r = \frac{2}{3}, s = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

• I에서 검은색 몸인 개체의 빈도는 p^2+2pq 이고, II에서 회색 몸인 개체의 빈도는 s^2 이고 I과 II의 개체수가 같으므로 $\frac{\text{I에서 검은색 몸 개체수}}{\text{II에서 회색 몸 개체수}} = \frac{p^2+2pq}{s^2} = \frac{1-q^2}{s^2}$ 이다.

㉠이 A일 경우 이 값은 $\frac{36}{25}$ 이나 ㉠이 a일 경우 이 값은 $\frac{36}{25}$ 가 아니므로 ㉠은 A임을 알 수 있다.

ㄱ. ㉠은 A이다.

ㄴ. I과 II의 개체수를 모두 N이라고 하면, 회색 몸 개체수는 I에서 $q^2 \times N = \frac{9}{25}N$, II에서 $s^2 \times N = \frac{4}{9}N$ 이므로 II에서가 I에서보다 크다.

ㄷ. II에서 유전자형이 Aa인 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 낳은 자손이 회색 몸(aa)일 확률은

$$\left(\text{유전자형이 Aa인 수컷을 만날 확률} \times \frac{1}{4} \right) +$$

$$\left(\text{유전자형이 aa인 수컷을 만날 확률} \times \frac{1}{2} \right) \text{이다. 따라서}$$

$$\left(2rs \times \frac{1}{4} \right) + \left(s^2 \times \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{9} + \frac{2}{9} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

3

자료 분석

- 자연 상태에서 서로 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳는 경우 같은 종으로 판별하므로, 종이 분화되는 것은 두 종이 생식적으로 격리되었음을 의미한다.
- 산맥, 강, 바다 등의 지리적 장벽은 개체군 사이의 유전자 흐름을 차단하며 생식적으로 격리시킨다. 따라서 지리적 장벽에 의해 개체군이 분리된 후, 오랜 시간 동안 서로 다른 환경에서 적응하는 과정에서 유전적으로 변화하여 종이 분화되고 서로 다른 종으로 진화할 수 있다.

ㄱ. (가)에서 지리적 격리에 의해 B가 나타난 뒤 지리적 격리가 한 번 더 일어나 C가 나타났다.

ㄴ. B와 C는 서로 다른 종으로 생식적으로 격리되어 있다.

ㄷ. (나)에서 ㉠은 공통조상으로부터 가장 먼저 분화된 종으로 ㉡, ㉢과 유연관계가 가장 멀다. 따라서 ㉠은 A~C 중 가장 먼저 분화된 A이다.

4

자료 분석

- ㉠이 계, ㉡이 역인 경우, B와 C가 같은 역에 속하고 C와 F가 같은 계에 속하므로 B와 F는 같은 역에 속한다. 그러나 B와 D가 같은 역에 속하고 D와 F는 다른 역에 속하게 되므로 모순된다. 따라서 ㉠은 역이고 ㉡은 계이다.
- ㉠이 역, ㉡이 계이므로 D와 A는 같은 역에 속하고 D와 F는 다른 계에 속한다. B와 C, E와 F는 각각 같은 계에 속한다. F와 C는 같은 역에 속하고 B와 D는 같은 계에 속한다.

ㄷ. E는 F와 같은 계(㉢)에 속하고, F는 C와 같은 역(㉡)에 속하므로 E는 C와 같은 역에 속한다. 또한 C는 B와 같

은 계(㉠)에 속하므로 같은 역에 속하고, B는 D와 같은 계(㉢)에 속하므로 같은 역에 속한다. 따라서 C는 D와 같은 역에 속하며 E 또한 D와 같은 역에 속한다. 한편 D와 A는 서로 다른 역(㉡)에 속하므로 E 또한 A와 다른 역에 속한다. 그러므로 E는 다른 역에 속하는 A보다 같은 역에 속하는 D와 유연관계가 더 가깝다.

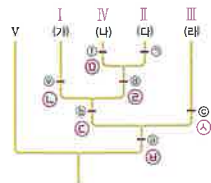
[바로알기] ㄱ. ㉠은 역이고 ㉡은 계이다.

ㄴ. C는 B와 같은 계(㉢)에 속하고 B는 D와 같은 계(㉢)에 속하므로 C는 D와 같은 계(㉢)에 속한다. D는 F와 다른 계(㉠)에 속하므로 C 또한 F와 다른 계(㉢)에 속한다.

5

자료 분석

뉴클레오타이드							
종	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤	㉥	㉦
I	C	G	A	T	G	T	G
II	G	A	A	A	G	T	G
III	C	A	C	T	G	T	T
IV	C	A	A	A	T	T	G
V	C	A	C	T	G	A	G



- V에서는 ㉠~㉣에 해당하는 돌연변이가 일어나지 않았으므로 V의 염기서열을 기준으로 염기의 차이를 비교하면 계통을 파악할 수 있다.
- ㉤은 I~IV에서 모두 A → T로 바뀌는 돌연변이가 일어났으므로, I~IV에서 공통적으로 나타나는 돌연변이인 ㉤은 ㉤에서 일어난 것이다.
- III의 ㉤에서만 G → T로 바뀌는 돌연변이가 일어났으므로, I~IV에서 가장 먼저 분기된 (라)는 III이고 ㉤은 ㉤이다.
- I, II, IV의 ㉤에서 공통적으로 C → A로 바뀌는 돌연변이가 일어났으므로 ㉤은 ㉤이다.
- I, II, IV 중 I의 ㉤에서만 A → G로 바뀌는 돌연변이가 일어났으므로 (가)는 I이고 ㉤은 ㉤이다.
- II, IV의 ㉤에서 모두 T → A로 바뀌는 돌연변이가 일어났으므로 ㉤은 ㉤이다.
- II와 IV 중 II만 ㉤에서 C → G로 바뀌는 돌연변이가 더 일어났으므로 (다)가 II이다. 따라서 남은 (나)는 IV이고 ㉤은 ㉤이다.

ㄷ. 생물이 공통으로 가진 유전자의 염기서열을 정렬하여 염기서열의 차이와 유사성을 조사하고, 이를 바탕으로 공통조상에서 분기한 시점을 파악해 계통수를 그릴 수 있다.

[바로알기] ㄱ. ㉤은 ㉤이다.

ㄴ. I~V는 같은 과에 속하며 3개의 속으로 분류할 수 있으므로, 계통수의 분기 양상을 바탕으로 (V), (I, II, IV), (III)으로 나눌 수 있다. 따라서 II와 III은 다른 속에 속한다.

- 한 생물집단에서 상위 분류계급의 개수가 하위 분류계급의 개수보다 많을 수 없으므로 ㉠은 과, ㉡은 문이다.
- 그림에서 (가)~(라) 중 (라)가 가장 먼저 분기되었으므로 (가), (나), (다)가 하나의 문에 속하고, (라)가 다른 하나의 문에 속하는 생물을 알 수 있다. 또한 (가)~(다) 중 (나)와 (다) 사이의 유연관계가 가장 가까우므로 (가), (나)와 (다), (라)가 각각 3개의 과에 속한다.

종	학명	과명
I	<i>Oryza sativa</i>	벼과 → (가)
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	콩과 → (나)
III	<i>Ginkgo biloba</i>	은행나무과 → (라)
IV	<i>Canavalia hypogaea</i>	? 콩과 → (다)

- 표에서 II와 IV는 속명이 같으므로 같은 속에 속하며, 속보다 넓은 범위의 분류계급인 과 또한 같다. 따라서 IV의 과명은 콩과이며 II와 IV는 각각 (나), (다) 중 하나이다.
- 벼과, 콩과의 식물은 모두 속씨식물이므로 겉씨식물은 은행나무과의 III보다 서로 유연관계가 가깝다. 따라서 I은 (가), III은 (라)임을 알 수 있다.

ㄱ. ㉠은 (가)~(다)에서는 나타나지만 (라)에서는 나타나지 않는 특징이다. (가)~(다)는 벼과와 콩과의 식물로, 속씨식물이므로 밀씨가 씨방 속에 들어 있다.

ㄴ. 속씨식물인 콩과의 (다)와 겉씨식물인 은행나무과의 (라)는 모두 종자식물로, 밀씨를 형성하며 밀씨가 자라서 종자가 된다.

ㄷ. I(벼과)와 II(콩과)는 모두 속씨식물이지만 III(은행나무과)과 IV(콩과)는 각각 겉씨식물과 속씨식물이다. 따라서 I과 II는 III과 IV보다 유연관계가 가깝다.

- A와 B는 알을 낳으므로(㉠) 각각 조류인 참새와 파충류인 도마뱀 중 하나이고, C는 포유류인 멧돼지이다.
- A~C중 B만 변온동물이므로(㉡) B는 파충류인 도마뱀이고, 남은 A는 참새이다.

ㄱ. A는 참새이고 B는 도마뱀이다.

[바로알기] ㄴ. ㉠은 참새와 멧돼지에서 나타나고 도마뱀에서는 나타나지 않는 특징인데, 양막은 파충류, 조류, 포유류의 공통적인 특징이므로 '양막을 가진다.'는 ㉠이 될 수 없고 ㉡에 해당한다.

ㄷ. 깃털이나 털이 발달한 동물은 조류인 참새(A)와 포유류인 멧돼지(C)이므로 '깃털이나 털이 발달하였다.'는 참새, 도마뱀, 멧돼지 모두에게 나타나는 특징인 ㉡이 될 수 없다.

112 확장 문제

143~145쪽

- 1 갈라파고스 제도의 섬 A~C에 있는 핀치의 주요 먹이(씨)의 특성이 달라, 각각의 환경에서 핀치의 변이에 따른 생존 및 번식 확률이 다르다.

[모범답안] (1) 각 섬에서 핀치의 주요 먹이가 되는 씨의 단단한 정도와 핀치 부리의 평균 깊이 모두 $A < B < C$ 이다. 이를 통해 핀치는 부리가 깊을수록 단단한 씨가 있는 환경에서 그것을 먹고 살아가기에 유리하여 많이 살아났고, 이들이 더 많은 자손을 낳아 번식하면서 섬마다 부리 깊이가 다른 핀치가 나타났음을 알 수 있다.

(2) A~C에 사는 핀치는 각 환경에 적응하기 유리한 형질을 가지는 방향으로 자연선택이 일어났으므로, 생존에 유리한 특정 변이의 분포가 치우치는 유형의 진화, 즉 방향성 선택이 일어났다고 분석할 수 있다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	핀치의 부리 깊이와 먹이의 단단한 정도에 따른 진화의 원리를 자연선택으로 설명한 경우	50
	핀치의 부리 깊이가 먹이에 따라 달라졌다고만 설명한 경우	20
(2)	핀치의 자연선택 과정과 연관 지어 방향성 선택이라고 설명한 경우	50
	방향성 선택이라고만 쓴 경우	20

- 2 병목효과는 자연재해나 질병, 남획 등으로 인해 개체군의 크기가 급격히 감소하였을 때 살아남은 소수 개체의 대립유전자가 우연히 다음 세대로 전달되는 현상이다. 이로 인해 유전적 부동이 발생하며, 특정 유전자의 빈도가 변한다.

[모범답안] 19세기 후반 남획으로 인해 북방코끼리물범의 개체수가 급격히 감소하였다. 그 결과 대립유전자 A를 가진 개체들이 다른 개체보다 우연히 더 많이 살아났고, 이들의 유전자가 다음 세대로 전달되면서 A의 빈도가 증가하였다. 이는 우연한 사건에 의한 유전자풀의 변화 사례이므로 유전적 부동에 해당하며, 개체군의 크기가 급격히 감소하였을 때 살아남은 소수 개체의 대립유전자가 다음 세대로 전달되는 병목효과로 인해 진화가 일어났다.

	채점 기준	배점(%)
북방코끼리물범 개체군에서 개체수의 감소와 대립유전자빈도의 변화를 연관 지어 병목효과를 설명한 경우		100
	진화의 요인이 병목효과라고만 쓴 경우	50

- 3 계통수는 생물이 공통조상으로부터 분화된 정확한 시점을 나타내지 않지만, 분기점을 연대에 맞춰 가지의 길이를 특정 사건이 일어난 시간에 비례하도록 그릴 수도 있다.

모범 답안 (1) 종 A, B, C, D, E는 계통수의 가지 끝에 있으므로 현존하는 종이고, 종 F, G, H는 계통수의 가지가 중간에서 끊긴 것으로 보아 멸종된 종임을 알 수 있다.

(2) I

(3) 공통조상을 공유하는 후손의 무리를 같은 계통으로 묶을 수 있다. 따라서 현존하는 종인 A~E 중 A와 B를 한 무리로, C, D, E를 다른 한 무리로 분류할 수 있다.

채점 기준		배점(%)
(1)	현존하는 종과 멸종된 종을 구별하고 그렇게 판단한 까닭을 옳게 설명한 경우	40
	현존하는 종과 멸종된 종만 쓴 경우	20
(2)	I 이라고 쓴 경우	20
(3)	현존하는 종을 두 무리를 옳게 분류하고 그렇게 판단한 까닭을 계통수를 바탕으로 설명한 경우	40
	현존하는 종을 두 무리로 옳게 분류하였으나 그 까닭을 설명하지 못한 경우	20

- 4 식물 5종의 유연관계를 계통수로 나타냈을 때 (가)는 *Rosa carolina*와 가장 최근의 공통조상을 공유하는 종으로 속명이 같은 *Rosa setigera*이다. (나)는 *Prunus persica* 다음으로 *Rosa* 속의 두 식물과 유연관계가 가까운 장미목의 *Morus alba*이고, (다)는 *Vicia faba*이다. 또한 계통수에 없는 *Prunus dulcis*를 추가한다면 *Prunus persica*와 가장 최근의 공통조상을 공유하도록 계통수를 작성해야 한다.

모범 답안 (1) (가) *Rosa setigera*, (나) *Morus alba*, (다) *Vicia faba*

(2) 계통수에서 *Prunus dulcis*의 위치는 ㉠이다. *Prunus dulcis*는 속명이 같은 *Prunus persica*와 가장 최근의 공통조상을 공유하기 때문이다.



채점 기준		배점(%)
(1)	(가), (나), (다)를 모두 옳게 쓴 경우	50
	(가), (나), (다) 중 2개만 옳게 쓴 경우	30
	(가), (나), (다) 중 1개만 옳게 쓴 경우	10
(2)	계통수상의 위치를 쓰고 그렇게 생각한 까닭을 옳게 설명한 경우	50
	계통수상의 위치만 옳게 쓴 경우	20

- 5 식물의 조상으로 알려진 녹조류가 육상으로 진출하여 식물로 진화하는 과정에서 증력과 건조라는 두 가지 환경요인에 대한 적응이 일어났다.

모범 답안 식물은 뿌리와 줄기가 발달하여 증력의 영향을 많이 받는 육상에서도 몸을 단단히 지탱하고 높이 자랄 수 있다. 일부 식물은 다른 식물이나 지형을 감고 올라가거나, 물속에서 부력을 이용하기도 한다. 또한 식물의 몸은 큐티클층으로 둘러싸여 있어 수분 손실을 방지하고, 기공이 발달하여 수분 증발을 조절할 수 있다. 땅속에 있는 물과 양분을 끌어올릴 수 있는 관다발, 건조에 잘 견딜 수 있는 종자, 물을 저장할 수 있는 조직 등이 발달하기도 한다.

채점 기준		배점(%)
증력과 건조를 견디기 위한 식물의 특징을 3가지 이상 옳게 설명한 경우		100
증력과 건조를 견디기 위한 식물의 특징을 두 가지만 설명한 옳게 경우		70
증력과 건조를 견디기 위한 식물의 특징을 한 가지만 옳게 설명한 경우		30

- 6 체질의 유무, 소화관의 구조, 호흡기관, 해부학적 구조 등의 특성을 관찰하면 처음 보는 동물이 어떤 분류군에 속하는지 추론할 수 있다.

모범 답안 입과 항문의 구분이 있으므로 해면동물문, 자포동물문에 속하는 동물이 아니며, 몸에 체절이 없으므로 연체동물문, 선형동물문, 극피동물문 등에 속하는 동물이다. 또한 피부 속에 골격이 있는 점, 아가미나 허파가 없고 바닷물이 드나드는 관이 있는 점, 재생력이 뛰어난 점 등으로 보아 이 동물은 극피동물문에 속한다.

채점 기준		배점(%)
극피동물문이라고 쓰고 그렇게 판단한 까닭을 옳게 설명한 경우		100
극피동물문이라고만 쓴 경우		50



1 **문제 해결 과정** (1) 소수 개체의 이주, 고립된 환경이라는 요건을 바탕으로 진화의 요인이 무엇인지 파악하고, 표에서 세대를 거듭할수록 나타난 대립유전자빈도의 변화를 통해 개체군의 축소가 유전적 다양성 감소에 미치는 영향을 설명한다.

(2) 제시문 2의 하디·바인베르크 평형 조건 중 아이슬란드인 개체군이 만족하지 않는 조건을 찾아 해당 조건이 대립유전자빈도의 변화에 어떤 영향을 미치는지 해석한다.

(3) 유전적 동질성의 정의를 명확히 이해하고, 이로 인해 생길 수 있는 희귀 질병의 빈도 증가 등의 부정적 측면과 유전적 연관 분석 정확도 증가 등의 부정적 측면 등을 균형 있게 서술한다.

해설 (1) 아이슬란드는 소수의 이주민이 정착하여 형성된 개체군이다. 이처럼 규모가 작은 개체군에서 진화가 일어나면 기존 개체군에 있는 특정 대립유전자빈도가 높아질 수 있다. 이러한 현상을 유전적 부동으로 설명할 수 있다. 시간이 지남에 따라 유전적 다양성이 감소하며, 아이슬란드인의 유전자들은 환경에 대한 적응 능력이 감소하거나 질병을 일으키는 유전자가 축적되는 방향으로 변할 수 있다.

(2) 하디·바인베르크 평형은 세대를 거듭하여도 대립유전자빈도가 변하지 않는, 즉 진화가 일어나지 않는 상태를 의미한다. 그러나 아이슬란드인 개체군은 개체수가 적고, 외부 유전자 유입도 거의 없었으며, 이로 인해 무작위 표본 추출의 효과가 크게 작용했다.

(3) 아이슬란드인 개체군은 유전적 동질성이 높아 열성 유전병의 발현율이 높아질 수 있다. 아이슬란드에서는 일부 유전병의 빈도가 높으며, 이는 공공 보건에 악영향을 미칠 수 있다. 그러나 동일한 유전적 배경을 가진 집단에서는 통계적으로 일반적인 데이터와 동떨어진 값인 이상치가 줄어들어 유효한 연구 결과를 도출하기 용이하다.

예시 답안 (1) 아이슬란드인 개체군은 소수 개체의 이주라는 우연한 사건으로 대립유전자빈도가 변하였으므로 유전적 부동에 해당하며, 북유럽의 소수 인구가 아이슬란드로 이주한 후 정착하면서 새로운 개체군을 형성하였으므로 대립유전자빈도 변화의 요인은 창시자효과이다. 창시자효과로 인해 기존 개체군에 있던 일부 대립유전자빈도가 무작위로 증가하거나 감소하여, 새로 정착한 개체군의 유전적 다양성이 감소하였다.

(2) 아이슬란드인 개체군은 개체수가 매우 적었고 이주 이후 외부 집단과의 유전자 교류도 거의 없이 소수의 개체로 구성된 집단 내에서만 교배가 일어났기 때문에, [제시문 2]의 하디·바인베르크 평형 조건에서 1, 2번을 만족하지 않는다. 이로 인해 세대를 거듭하는 동안 대립유전자빈도가 무작위로 변동하면서 진화가 일어났다.

(3) 유전적 동질성이 높을수록 열성 유전병의 발현율이 높아지고, 특정 질병 유전자에 대한 민감성이 증가할 수 있다. 그러나 한편으로는 이러한 동질성 덕분에 유전자 연관 분석(GWAS)에서 신뢰도가 높

은 결과를 도출할 수 있으며, 실제로 아이슬란드는 유전병을 일으키는 유전자를 탐색하는 모델 인구로 활용되고 있다.

2 **문제 해결 과정** (1) 현대의 생물분류체계가 생물 사이의 진화적 유연관계를 반영한 계통을 기반으로 한다는 것을 인식하고, 생물의 형태를 바탕으로 한 생물분류 체계와 비교하며 그 한계를 제시한다.

(2) 제시문 2의 사례에서 대한가재의 DNA 염기서열을 분석한 결과가 기존의 분류학적 지식을 뒤바꿀 수 있음을 이해하고, 분자생물학의 발전은 생물 사이의 유연관계를 보다 정확하게 분석하는 데 기여한다는 점을 설명한다.

(3) 생물분류가 형태학적 분류에서 유전학적 분류로 발전한 점을 언급하여 유전정보를 통해 생물 사이의 유연관계를 보다 정확하게 파악할 수 있다는 점을 설명하고, 생물다양성보전과 생물자원 활용과 연관 지어 서술한다.

해설 (1), (2) 과거에는 생물의 형태를 기준으로 생물을 분류하였다. 그러나 다른 계통의 생물이 진화하는 과정에서 비슷한 형질을 가질 수도 있으므로 형태 중심의 생물분류는 오류가 발생할 가능성이 비교적 높다. 반면 DNA, RNA, 단백질 등 분자 수준의 정보를 바탕으로 생물을 분류하는 현대 분류체계는 생물 사이의 진화적 관계를 더 정확하게 반영할 수 있다.

(2) 분자계통학은 DNA, RNA, 단백질의 염기서열이나 아미노산 서열을 비교하여 생물 간의 진화적 유연관계를 분석하는 학문이다. 진화 속도가 빠른 분자 마커는 최근에 분기된 근연 생물의 관계를 밝히는 데 적합하며, 예를 들어 마이토콘드리아 DNA가 있다. 반면, 느리게 변화하는 마커는 멀리 떨어진 생물 분류군 간의 관계(예 문, 강 수준)를 파악하는 데 적합하다.

(3) 생물의 변이는 DNA, RNA의 염기서열이나 단백질의 아미노산서열 등의 차이로 나타나며 이러한 유전정보는 자손에게 전달되기 때문에, 유전정보를 활용하면 생물의 진화 경로를 더 정밀하게 추적할 수 있다. 정확한 생물분류는 생물종 각각의 특성 뿐만 아니라 생태계 구성원들 사이의 상호작용을 이해하는 데 도움이 된다.

예시 답안 (1) 전통적인 생물분류체계는 생물의 형태를 비교하여 비슷한 것끼리 무리 지었고, 현대의 생물분류체계는 유전정보를 포함한 폭 넓은 특징을 바탕으로 생물을 분류한다.

(2) 전혀 다른 계통의 생물에서 유사한 형질이 나타나는 경우도 있기 때문에 전통적인 분류체계는 생물 사이의 유연관계를 정확하게 반영하지 않을 수 있지만, 핵산의 염기서열이나 단백질의 아미노산서열 등을 이용한 계통분류는 생물의 진화적 관계를 보다 과학적으로 설명할 수 있다.

(3) 생물분류의 기준은 생물의 진화 경로를 정확하게 반영하도록 변화해 왔으며, 이러한 변화는 각 생물종의 특성과 생태계 구성요소 사이의 상호작용을 더 깊게 이해할 수 있는 정보를 제공한다. 이를 통해 멸종 위기종 복원을 위한 대책을 마련하거나 사람이 활용할 수 있는 생물자원을 발굴할 수 있다.