

◆ 05-6평 57~60번

[57~60] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

생물다양성(biodiversity)이란 원래 한 지역에 살고 있는 생물의 종(種)이 얼마나 다양한가를 표현하는 말이었다. 그런데 오늘날에는 종의 다양성은 물론이고, 각 종이 가지고 있는 유전적 다양성과 생물이 살아가는 생태계의 다양성까지를 포함하는 개념으로 확장해서 사용한다. 특히 최근에는 생태계를 유지시키고 인류에게 많은 이익을 가져다 준다는 점이 부각되면서 생물다양성의 가치가 크게 주목받고 있다.

생물다양성의 가장 기본적인 가치로 ㉠ 생태적 봉사 기능을 들 수 있다. 생물은 생태계의 엔지니어라 불릴 정도로 환경을 조절하고 유지하는 커다란 힘을 가지고 있다. 숲의 경우를 예로 들어 보자. 나무들은 서늘한 그늘을 만들어 주고 땅 속에 있는 물을 끌어 올려 다양한 생물종이 서식할 수 있는 적절한 환경을 제공해 준다. 숲이 사라지면 수분 배분 능력이 떨어져 우기에는 홍수가 나고 건기에는 토양이 완전히 말라 버

린다. 이로 인해 생물 서식지의 환경이 급격하게 변화되고 마침내 상당수의 종이 사라지게 된다. 이처럼 숲을 이루고 있는 나무, 물, 흙과 그곳에서 살아가는 다양한 생명체는 서로 유기적인 관계를 형성하면서 생태계의 환경을 조절하고 유지하는 역할을 담당하는 것이다.

또한 생물다양성은 ㉡ 경제적으로도 커다란 가치가 있다. 대표적인 사례로 의약품 개발을 꼽을 수 있다. 자연계에 존재하는 수많은 식물 중에서 인류는 약 20,000여 종의 식물을 약재로 사용해 왔다. 그 가운데 특정 약효 성분을 추출하여 상용화한 것이 이제 겨우 100여 종에 불과하다는 사실을 고려하면, 전체 식물이 가지고 있는 잠재적 가치는 상상을 뛰어넘는다. 그리고 부전나비의 날개와 사슴벌레의 다리 등에서 향암 물질을 추출한 경우나 야생의 미생물에서 페니실린, 마이신 등 약 3,000여 가지의 항생제를 추출한 경우에서도 알 수 있듯이, 동물과 미생물 역시 막대한 경제적 이익을 가져다 준다. 의약품 개발 외에도 다양한 생물이 화장품과 같은 상품 개발에 이용되고 있으며, 생태 관광을 통한 부가가치 창출에도 기여한다.

㉢ 생물다양성은 학술적으로도 매우 중요하다. 예를 들어 다윈(Darwin)은 현존하는 여러 동물들의 상이한 눈을 비교하여, 정교하고 복잡한 인간의 눈이 진화해 온 과정을 추적하였다. 그에 따르면 인간의 눈은 해파리에서 나타나는 원시적 빛 감지 세포로부터, 불가사리처럼 빛의 방향을 감지할 수 있는 오목한 원시 형태의 눈을 거친 다음, 빛에 대한 수용력과 민감도를 높인 초기 수정체 형태의 눈을 지나, 선명한 상을 제공하는 현재의 눈으로 진화되었다는 것이다. 이 사례에서 보듯이 모든 생물종은 고유한 형태적 특성을 가지고 있어서 생물 진화의 과정을 추적하는 데 중요한 정보를 제공해 준다. 형태적 특성 외에도 각각의 생물종이 지닌 독특한 생리적, 유전적 특성 등에 대한 비교 연구를 통해 생물을 더 깊이 있게 이해할 수 있다. 그리고 이렇게 축적된 정보는 오늘날 눈부시게 성장하고 있는 생명과학의 기초가 된다.

이와 같이 인간은 생물다양성에 기초하여 무한한 생태적, 경제적 이익을 얻고 과학 발전의 토대를 구축한다. 그런데 최근 급격한 기후 변화와 산업화 및 도시화에 따른 자연 파괴로 생물다양성이 크게 감소하고 있다. 따라서 이를 억제하기 위한 생태계 보존 대책을 시급히 마련해야 한다. 동시에 생물 다양성 보존을 위한 연구 기관을 건립하고 전문 인력의 양성 체계를 갖추어야 할 것이다.

57. 위 글에 나타나 있지 않은 것은? [1점]

- ① 생물다양성의 정의
- ② 생물다양성의 가치
- ③ 생물다양성의 보존 이유
- ④ 생물다양성의 보존 방안
- ⑤ 생물다양성 훼손의 정도와 양태

58. ㉠~㉣과 <보기>의 예를 적절하게 연결한 것은? [1집]

<보 기>

㉠ 미생물은 유기물을 무기물로 분해한다.
 ㉡ 식물에서 향료나 감미료로 사용될 수 있는 성분들을 분리하여 상품화한다.
 ㉢ 동물에서 새로운 원료를 채취하여 부작용이 없는 화장품을 만든다.
 ㉣ 생물종의 분포 양상을 대륙이동설과 연결하여 특정 생물종의 출현 시기와 이동 경로를 파악한다.
 ㉤ 식물은 광합성을 통해 동물의 호흡에 필요한 산소를 제공한다.
 ㉦ 리보솜 디엔에이(DNA)의 염기 서열 비교 연구로 생물이 진정세균, 시원세균, 진핵생물 등 세 영역으로 대별됨을 알게 되었다.

- | | | |
|--------|------|------|
| ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① a, e | b, c | d, f |
| ② a, e | b, d | c, f |
| ③ a, f | b, c | d, e |
| ④ b, c | a, f | d, e |
| ⑤ b, e | a, d | c, f |

59. 위 글과 <보기>를 읽고 토의한 내용이다. 적절하지 않은 것은?

<보 기>

생태계와 관련하여 일부 학자들은 ‘대갈못 가설’을 주장한다. 이 가설에서는 생태계를 마치 금속 조각판을 못으로 이어 만든 하나의 비행기에 비유한다. 만약 못이 하나씩 빠져 나가면 비행기 동체는 점점 약해지고 어느 시점에 도달하면 비행기는 폭삭 무너지게 된다. 무너지기 직전의 마지막 못은 비행기 전체의 운명을 좌우하는 중요한 못이라고 할 수 있는데, 생태계에서 이에 해당하는 생물종을 이른바 ‘주춧돌 종’이라고 한다. 그런데 현재 우리는 생태계 구성 요소들 사이에 상호 작용하는 네트워크에 대해 거의 알고 있지 못하다.

- ① 비행기 동체가 점점 약해진다는 것은 생물다양성의 감소를 의미하는 거야.
- ② 생태계의 네트워크를 명확히 파악하면 ‘주춧돌 종’을 찾을 수 있을지도 몰라.
- ③ 비행기의 못 하나가 빠진다는 것은 생물종 하나가 사라지는 것을 비유하는 거야.
- ④ ‘주춧돌 종’의 중요성을 감안할 때, 이를 중심으로 생물다양성을 보존해야 되겠어.
- ⑤ 생태계는 한순간에 무너질 수 있으므로 상시 감시 체계를 구축해 지속적으로 살펴볼 필요가 있겠어.

60. 글쓴이의 태도에 대해 비판한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 문제 해결을 위한 실천 의지가 전혀 없다.
- ② 생물다양성의 경제적 가치를 지나치게 강조하고 있다.
- ③ 생물다양성 문제를 주로 인간 중심적 시각으로 해석하고 있다.
- ④ 자연을 우선시하여 자연과 인간의 공존 가능성을 모색하고 있다.
- ⑤ 인간과 자연을 대립 관계로 보면서 문제를 단편적으로 해석하고 있다.

◆ 06-9평 53~56번

[53~56] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가) 생물학을 비롯한 다른 과학 분야에는 물리학에서 찾아 볼 수 없는 문제가 있다. 이 문제를 표현할 적절한 단어가 없기 때문에, 일단은 ‘역사적 질문’이라고 해 두자. 만일 우리가 생물학의 모든 것을 이해하게 되었다면, 그 다음에는 “지구 위에 그런 생물들이 왜 존재하는가?”에 대해 궁금해질 것이다. 이 의문에 부분적인 해답을 주는 이론이 바로 진화론인데, 이는 생물학에서 매우 중요한 분야이지만, 아직은 보완되어야 할 부분이 많은 미완의 이론이다. 지질학의 경우에도 우리는 산의 생성 과정뿐만 아니라 지구 자체의 생성 과정, 더 나아가서는 은하계의 기원까지도 알고 싶어 한다. 물론 이러한 의문은, “이 세상은 어떤 물질들로 이루어져 있는가?”라는 질문으로 귀결된다. “별들은 어떻게 진화하는가?”, “별이 처음 생성되던 시기의 초기 조건은 어떠한가?” 이것은 또 천문학에서 다루어야 할 ‘역사적 질문’이다. 별과 우리 자신을 이루고 있는 원소들에 대해서는 상당히 많은 사실들이 알려져 있으며, 아주 조금이긴 하지만 우주의 기원도 베일을 벗기 시작했다.

그러나 현 시점에서 물리학은 ‘역사적 질문’으로 고민하지 않는다. “여기 물리학 법칙이 있다. 그런데 왜 하필 이런 법칙이어야 하는가?” 물리학에서는 이런 식의 질문이 없다. 물리학자는 하나의 물리 법칙을 발견했을 때, “이 법칙은 어떤 변천 과정을 거쳐서 지금과 같이 되었을까?”, “변하기 전의 법칙은 어떤 모습이었을까?” 등등의 의문으로 골머리를 앓지 않는다. 물론 물리 법칙은 시간과 함께 변할 수도 있다. 만일 이것이 사실로 판명된다면, 물리학의 ‘역사적 질문’은 곧 우주의 역사에 대한 질문으로 발전할 것이며, 이때부터 물리학자는 천문학자나 지질학자, 생물학자 등과 동일한 주제를 놓고 대화하게 될 것이다.

(나) 생물학자가 “왜 구대륙에는 별새가 없는가?” 또는 “인간 종은 어디서 유래했는가?”와 같은 특수한 사건에 관한 물음에 답하고자 할 때, 보편적 법칙에 의존할 수는 없다. 생물학자는 특수한 문제와 관련하여 알려진 모든 사실들을 연구해야 하고, 재구성된 한 무리의 요인들로부터 모든 종류의 결과들을 추론해야 하며, 이러한 특수한 경우의 관찰 사실들을 설명할 시나리오를 구성해야 한다. 다시 말하면 그는 ‘역사적 서술’을 구성하는 것이다.

이러한 접근은 인과 법칙적 설명들과는 근본적으로 다르기 때문에, 논리학, 수학 또는 물리학에서 출발한 고전 과학철학자들은 그것을 아예 수용할 수 없는 것으로 여겼다. 그러나 최근의 학자들은 고전적 관점이 편협하다는 점을 분명히 밝혔고, ㉠ ‘역사적 서술’의 접근이 타당할 뿐만 아니라 특수한 사건에 대한 설명에서는 과학적으로도 철학적으로도 유일하게 타당하다는 것을 보여주었다.

물론 ‘역사적 서술’이 ‘진실’이라는 것을 단언적으로 증명하는 것은 불가능하다. 하나의 과학이 포괄하는 체계가 복잡할수록 그 체계 내의 상호 작용은 더 많아진다. 그리고 이들 상호 작용은 관찰만으로 그 인과 관계를 밝혀낼 수 없는 경우가 아주 흔하다. 단지 추론만이 가능하다. 그러한 추론은 본질적으로 해석하는 학자의 배경과 경험에 의존하기 쉽기 때문에, 당연히 ‘가장 훌륭한’ 설명을 두고 종종 논쟁이 야기된다. 또한 모든 ‘역사적 서술’은 반증이 가능하고 언제라도 또다시 시험의 대상이 될 수 있다.

53. 위 글의 내용과 부합하지 않는 것은?

- ① 우주의 기원에 대한 비밀이 조금씩 밝혀지고 있다.
- ② 진화론은 보완되어야 할 부분이 많은, 생물학의 한 분야이다.
- ③ 과학철학자 중에는 인과 법칙적 설명을 신뢰하는 사람들이 있다.
- ④ 지질학에서는 은하계의 기원에 대해서는 알고 싶어하지 않는다.
- ⑤ 복잡한 체계일수록 관찰만으로 그 상호 작용을 규명하기가 어렵다.

54. (가)의 글쓴이와 (나)의 글쓴이가 말을 주고받았다고 할 때, 각자의 관점에 비추어 적절하지 않은 것은?

- ① (가): 물리학자는 현재 ‘역사적 질문’에 대해서는 별로 관심이 없습니다.
- ② (나): 생물학자는 보편적 법칙으로 특수한 문제를 설명할 수 있습니다.
- ③ (가): 그 특수한 문제는 ‘역사적 질문’과 상통하는 것이겠지요.
- ④ (나): 그것은 ‘역사적 서술’이라는 접근 방법으로 타당한 설명이 가능합니다.
- ⑤ (가): ‘역사적 질문’은 우주의 기원에 대한 질문으로 발전할 것 같군요.

55. (나)의 글쓴이가 <보기>를 평가한 내용으로 바르지 않은 것은?

—<보 기>—

다음과 같은 견해는 공룡 멸종 이후 포유류가 번성한 이유에 대한 생물학계의 설명 가운데 가장 훌륭한 역사적 서술로 받아들여진다. 백악기 말기에 공룡이 멸종했는데, 이로 인해 기존의 생태학적 환경 속에서 많은 생물들이 가졌던 역할 및 지위가 없어지게 되었다. 그 틈을 타 포유류가 눈부시게 번성하였다.

- ① 이 시나리오는 고전 과학철학자들에게는 수용되지 않겠군.
- ② 생물학계에서 가장 훌륭한 설명이므로 반증 가능성이 없겠군.
- ③ 포유류 번성이라는 특수한 문제에 알맞은 연구 방법을 사용하였겠군.
- ④ 연구자의 배경과 경험에 의존한 추론으로 이 시나리오를 구성하였겠군.
- ⑤ 이 시나리오의 구성을 위해 포유류 번성과 관련하여 알려진 모든 사실들을 연구하였겠군.

56. 위 글의 논지로 보아 ㉠과 거리가 먼 것은? [1점]

- ① 별의 구성 물질
- ② 별의 진화 과정
- ③ 산맥의 생성 과정
- ④ 구대륙에 별새가 없는 이유
- ⑤ 지구 위에 존재하는 생물의 유래

◆ 07 MDEET 언어추론 19~21번

[19~21] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

다음은 현대 진화생물학의 두 가지 입장을 기술한 글이다.

(가) 진화생물학이 설명해야 하는 중심 문제는 생물 개체의 적응에 관한 것이다. 적응은 자연선택으로만 설명될 수 있는 매우 복잡한 현상이기 때문에 자연선택은 진화생물학에서 특별한 지위를 차지한다. 자연선택은 근본적으로 복제자에 작용한다. 복제자란 자기 자신을 복제하는 구조물인데 우리가 알고 있는 생물학적 복제자는 유전자가 유일하다. 유전자들은 동맹을 결성하여 자신의 운반자를 만들고, 그렇게 만들어진 운반자를 통해 생존 경쟁을 한다. 운반자는 유전자들의 번식을 돕는 매개체로서, 우리 자신을 포함한 생물 개체들이 이에 해당한다.

유전자는 자신이 속해 있는 운반자에게 영향을 줌으로써 자신의 복제를 도모한다. 성적 매력, 신진대사의 효율성 등과 같은 운반자의 적응적 형질을 강화시키는 유전자는 다른 경쟁 유전자보다 더 자주 복제될 것이다. ㉠ 어떤 유전자는 운반자를 둘러싼 물리적, 생물학적 혹은 사회적 환경을 조종하거나 통제하여 자신의 복제 기회를 넓히기도 한다. 심지어 운반자의 적응도를 감소시키면서까지 자신의 이득을 추구하는 이른바 '무법 유전자'도 있다. 유전자는 이렇듯 다양한 전략의 중심에 있으며, 이는 자연선택이 근본적으로 운반자가 아닌 복제자에 작용한다는 것을 보여 주는 좋은 예이기도 하다.

대부분의 진화는 장구한 세월 동안 자연선택을 통해 점진적으로 진행된 소(小)진화적 사건의 끊임없는 축적이며, 그 결과 현재와 같은 생명 체계가 형성되었다. 예외적으로, 이와는 조금 다른 양상의 진화도 생각할 수 있다. 예컨대 어떤 동물 계통은 신체 구조적 특성으로 인해 다른 동물 계통에 비해 진화에 의한 변화가 더 쉽게 발생할 수 있다. 계통에 따라 편차를 보이는 이러한 '진화 가능성' 자체가 때로는 선택의 대상이 될 수도 있으며, 이 경우 선택은 유전자보다 상위 수준에서 이루어진다.

(나) 진화생물학에서 가장 흥미로운 주제는 '대멸종'일 것이다. 대멸종은 진화 계통수(系統樹)를 크게 바꾸어 놓았다. 페름기 말에는 당시 종의 90% 이상이 사라졌다고 추정된다. 공룡의 멸종은 백악기의 소행성 충돌의 결과였으며, 이는 포유류가 지배적인 종이 되는 계기로 작용했다.

종의 생성 역시 점진적 진화 과정을 통해서 이루어지는 것은 아니다. 새로운 종은 부모 종의 분포 지역 주변부에 위치한 소규모의 고립된 개체군들 중에서 급속한 종 분화를 통해 생성되며, 이후 새로운 종 분화나 멸종이 일어나기까지 오랫동안 변하지 않는다. 대개의 경우 개체군에 발생하는 변화는 축적되지 않고 평균치에서 진동할 뿐이며, 대규모 개체군은 근본적으로 정체적(停滯的) 성격을 지닌다. 화석 기록은 이러한 단속 평형적인 진화의 양상과 잘 부합된다.

화석 기록은 또한 캄브리아기에 주요 동물 분류군이 한꺼번에 출현했음을 보여 준다. 5억 3천만 년 전의 화석 기록이 보여 주듯이, 캄브리아기 이후 생명계는 종의 차원에서는 다양해졌지만, '문(phylum)'의 차원 즉 신체적 기본 구조의 종류에서는 오히려 줄어들었다. 종 다양성은 증가했지만 이질성은 감소한 것이다. 이 역시 진화생물학이 설명해야 할 중요한 과제이다.

이러한 진화의 다양한 양상을 자연선택에 의한 소진화의 점진적 축적만으로 설명하기는 힘들다. 물론 자연선택은 중요하며 진화생물학자들은 그것이 어떻게 작동하는지 정확하게 이해해야 한다. 하지만 자연선택은 진화의 과정을 설명하는 많은 요소들 중 하나일 뿐이다. 진화의 큰 틀에서는 급속한 종 분화, 종의 안정성, 멸종 등도 중요한 요인으로 고려해야 한다.

자연선택이 개별 유전자에 작용하는 것도 가능하지만, 근본적으로 선택의 단위는 유전자가 아니라 개체이다. 특정한 상황에서는 선택이 다른 수준에서 작용하기도 한다. ㉡ 여러 종들로 구성된 한 계통에서 어떤 종은 멸종을 더 어렵게 만들거나 종 분화를 더 쉽게 만드는 특성을 가질 수도 있다. 이러한 특성은 개체 수준이 아닌 종 수준에서 나타나며 종 선택에 중요한 요소로 작용하기도 한다.

19. (가), (나)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① (가)와 (나)는 모두 자연선택이 진화의 기제임을 인정한다.
- ② (가)는 종의 생성 원리에, (나)는 종의 소멸 원인에 주목한다.
- ③ (가)는 유전자를, (나)는 개체를 자연선택의 기본 단위로 본다.
- ④ (가)는 진화 과정이 연속적이라고 보는 반면, (나)는 불연속적이라고 본다.
- ⑤ 인접 종을 연결하는 중간 단계 화석이 발견되면, (가)의 입장은 강화되고 (나)의 입장은 약화된다.

20. <보기>에서 ㉠에 해당하는 것은?

< 보 기 >

- ㉠. 뇌충은 개미의 뇌 속에 침투한다. 이후 뇌충의 유전자는 화학 물질을 분비해 개미로 하여금 풀잎 위에서 쉬도록 개미의 행동을 변화시켜 소에게 먹히도록 만든다. 뇌충의 궁극적 숙주는 소다.
- ㉡. 아프리카인의 헤모글로빈 유전자에 돌연변이가 생겼다. 이 돌연변이 유전자들끼리 쌍을 이루면 악성 빈혈이 유발되지만, 정상 유전자와 쌍을 이루면 치명적인 말라리아에 대해 저항성을 갖게 된다.
- ㉢. 수컷을 결정하는 Y염색체 상의 어떤 유전자에 돌연변이가 발생해, Y염색체를 가진 정자가 X염색체를 가진 정자보다 운동성이 더 커졌다. 돌연변이 유전자를 가진 정자가 더 많이 수정되어 수컷의 수는 증가하였으나, 장기적으로는 성비의 균형이 깨져 짝짓기가 힘들게 되었다.

- ① ㉠ ② ㉡ ③ ㉢ ④ ㉠, ㉡ ⑤ ㉡, ㉢

21. ㉠과 부합하는 진술은?

- ① 지질학적 격변과 같이 급격한 생태 조건의 변화가 발생할 경우, 지리적으로 넓은 지역에 분포되어 있는 개체군은 그렇지 못한 개체군보다 생존에 더 유리하다.
- ② 개체들은 성공적 번식을 위한 경쟁을 피할 수 없는데, 이때 개체들은 성(性)에 따라서 선택에 유리한 형질이 다르기 때문에 성 사이에 형태학적인 차이가 생기게 된다.
- ③ 사회적 동물군에서 친족을 위한 이타성은 자연선택의 대상이 되기도 한다. 이타적 개체 자신은 희생될지라도 유전자를 공유하는 친족을 통해 자신의 유전자가 퍼져 나갈 수 있기 때문이다.
- ④ 어떤 새의 부리 형태는 건기와 우기에 따라 정반대의 선택 압력을 받는다. 그러나 긴 시간 단위로 보면 건기와 우기가 반복되므로 부리 형태의 차이는 누적되지 못하여 종 변화에까지 이르지 않는다.
- ⑤ 공격성, 영역 구분, 사회 체계 등과 같은 동물의 사회적 행동들은 생물학적 기반을 가진 것으로, 이는 인간 종에 고유한 사회, 문화적 행동들도 유전적·진화론적 틀에서 설명 가능하다는 사실을 보여 준다.

[37~42] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리는 한 대의 자동차는 개체라고 하지만 바닷물을 개체라고 하지는 않는다. 어떤 부분들이 모여 하나의 개체를 ㉠ 이룬다고 할 때 이를 개체라고 부를 수 있는 조건은 무엇일까? 일단 부분들 사이의 유사성은 개체성의 조건이 될 수 없다. 가령 일란성 쌍둥이인 두 사람은 DNA 염기 서열과 외모도 같지만 동일한 개체는 아니다. 그래서 부분들의 강한 유기적 상호작용이 그 조건으로 흔히 제시된다. 하나의 개체를 구성하는 부분들은 외부 존재가 개체에 영향을 주는 것과는 비교할 수 없이 강한 방식으로 서로 영향을 주고받는다.

상이한 시기에 존재하는 두 대상을 동일한 개체로 판단하는 조건도 물을 수 있다. 그것은 두 대상 사이의 인과성이다. 과거의 '나'와 현재의 '나'를 동일하다고 볼 수 있는 것은 강한 인과성이 존재하기 때문이다. 과거의 '나'와 현재의 '나'는 세포 분열로 세포가 교체되는 과정을 통해 인과적으로 연결되어 있다. 또 '나'가 세포 분열을 통해 새로운 개체를 생성할 때도 '나'와 '나의 후손'은 인과적으로 연결되어 있다. 비록 '나'와 '나의 후손'은 동일한 개체는 아니지만 '나'와 다른 개체들 사이에 비해 더 강한 인과성으로 연결되어 있다.

개체성에 대한 이러한 철학적 질문은 생물학에서도 중요한 연구 주제가 된다. 생명체를 구성하는 단위는 세포이다. 세포는 생명체의 고유한 유전 정보가 담긴 DNA를 가지며 이를 복제하여 증식하고 번식하는 과정을 통해 자신의 DNA를 후세에 전달한다. 세포는 사람과 같은 진핵생물의 진핵세포와, 박테리아나 고세균과 같은 원핵생물의 원핵세포로 구분된다. 진핵세포는 세포질에 막으로 둘러싸인 핵이 ㉡ 있고 그 안에 DNA가 있지만, 원핵세포는 핵이 없다. 또한 진핵세포의 세포질에는 막으로 둘러싸인 여러 종류의 세포 소기관이 있으며, 그중 미토콘드리아는 세포 활동에 필요한 생체 에너지를 생산하는 기관이다. 대부분의 진핵세포는 미토콘드리아를 필수적으로 ㉢ 가지고 있다.

이러한 미토콘드리아가 원래 박테리아의 한 종류인 원생미토콘드리아였다는 이론이 20세기 초에 제기되었다. 공생발생설 또는 세포 내 공생설이라고 불리는 이 이론에서는 두 원핵생물 간의 공생 관계가 지속되면서 진핵세포를 가진 진핵생물이 탄생했다고 설명한다. 공생은 서로 다른 생명체가 함께 살아가는 것을 말하며, 서로 다른 생명체를 가정하는 것은 어느 생명체의 세포 안에서 다른 생명체가 공생하는 '내부 공생'에서도 마찬가지이다. ㉣ 공생발생설은 한동안 생물학계로부터 인정받지 못했다. 미토콘드리아의 기능과 대략적인 구조, 그리고 생명체 간 내부 공생의 사례는 이미 알려졌지만 미토콘드리아가 과거에 독립된 생명체였다는 것을 쉽게 믿을 수 없었기 때문이었다. 그리고 한 생명체가 세대를 이어 가는 과정 중에 돌연변이와 자연선택이 일어나고, 이로 인해 종이 진화하고 분화한다고 보는 전통적인 유전학에서 두 원핵생물의 결합은 주목받지 못했다. 그러다가 전자 현미경의 등장으로 미토콘드리아의 내부까지 세밀히 관찰하게 되고, 미토콘드리아 안에는 세포핵의 DNA와는 다른 DNA가 있으며 단백질을 합성하는 자신만의 리보솜을 가지고 있다는 사실이 ㉤ 밝혀지면서 공생발생설이 새롭게 부각

되었다.

공생발생설에 따르면 진핵생물은 원생미토콘드리아가 고세균의 세포 안에서 내부 공생을 하다가 탄생했다고 본다. 고세균의 핵의 형성과 내부 공생의 시작 중 어느 것이 먼저인지에 대해서는 논란이 있지만, 고세균은 세포질에 핵이 생겨 진핵세포가 되고 원생미토콘드리아는 세포 소기관인 미토콘드리아가 되어 진핵생물이 탄생했다는 것이다. 미토콘드리아가 원래 박테리아의 한 종류였다는 근거는 여러 가지가 있다. 박테리아와 마찬가지로 새로운 미토콘드리아는 이미 존재하는 미토콘드리아의 '이분 분열'을 통해서만 ㉥ 만들어진다. 미토콘드리아의 막에는 진핵세포막의 수송 단백질과는 다른 종류의 수송 단백질인 포린이 존재하고 박테리아의 세포막에 있는 카디오리핀이 존재한다. 또 미토콘드리아의 리보솜은 진핵세포의 리보솜보다 박테리아의 리보솜과 더 유사하다.

미토콘드리아는 여전히 고유한 DNA를 가진 채 복제와 증식이 이루어지는데도, 미토콘드리아와 진핵세포 사이의 관계를 공생 관계로 보지 않는 이유는 무엇일까? 두 생명체가 서로 떨어져서 살 수 없더라도 각자의 개체성을 잃을 정도로 유기적 상호작용이 강하지 않다면 그 둘은 공생 관계에 있다고 보는데, 미토콘드리아와 진핵세포 간의 유기적 상호작용은 둘을 다른 개체로 볼 수 없을 만큼 매우 강하기 때문이다. 미토콘드리아가 개체성을 잃고 세포 소기관이 되었다고 보는 근거는, 진핵세포가 미토콘드리아의 증식을 조절하고, 자신을 복제하여 증식할 때 미토콘드리아도 함께 복제하여 증식시킨다는 것이다. 또한 미토콘드리아의 유전자의 많은 부분이 세포핵의 DNA로 옮겨 가 미토콘드리아의 DNA 길이가 현저히 짧아졌다는 것이다. 미토콘드리아에서 일어나는 대사 과정에 필요한 단백질은 세포핵의 DNA로부터 합성되고, 미토콘드리아의 DNA에 남은 유전자 대부분은 생체 에너지를 생산하는 역할을 한다. 예컨대 사람의 미토콘드리아는 37개의 유전자만 있을 정도로 DNA 길이가 짧다.

37. 윗글의 내용 전개 방식으로 가장 적절한 것은?

- ① 개체성과 관련된 예를 제시한 후 공생발생설에 대한 다양한 견해를 비교하고 있다.
- ② 개체에 대한 정의를 제시한 후 세포의 생물학적 개념이 확립되는 과정을 서술하고 있다.
- ③ 개체성의 조건을 제시한 후 세포 소기관의 개체성에 대해 공생발생설을 중심으로 설명하고 있다.
- ④ 개체의 유형을 분류한 후 세포의 소기관이 분화되는 과정을 공생발생설을 중심으로 설명하고 있다.
- ⑤ 개체와 관련된 개념들을 설명한 후 세포가 하나의 개체로 변화하는 과정을 인과적으로 서술하고 있다.

38. 윗글에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ① 유사성은 아무리 강하더라도 개체성의 조건이 될 수 없다.
- ② 바닷물을 개체라고 말하기 어려운 이유는 유기적 상호작용이 약하기 때문이다.
- ③ 새로운 미토콘드리아를 복제하기 위해서는 세포 안에 미토콘드리아가 반드시 있어야 한다.
- ④ 미토콘드리아의 대사 과정에 필요한 단백질은 미토콘드리아의 막을 통과하여 세포질로 이동해야 한다.
- ⑤ 진핵세포가 되기 전의 고세균이 원생미토콘드리아보다 진핵세포와 더 강한 인과성으로 연결되어 있다.

39. 윗글을 참고할 때, ㉠의 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 진핵세포가 세포 소기관을 가지고 있다는 사실을 알지 못했기 때문이다.
- ② 공생발생설이 당시의 유전학 이론에 어긋난다는 근거가 부족했기 때문이다.
- ③ 한 생명체가 다른 생명체의 세포 속에서 살 수 있다는 근거가 부족했기 때문이다.
- ④ 미토콘드리아가 진핵세포의 활동에 중요한 기능을 한다는 사실을 알지 못했기 때문이다.
- ⑤ 미토콘드리아가 자신의 고유한 유전 정보를 전달할 수 있다는 것을 알지 못했기 때문이다.

40. <보기>는 진핵세포의 세포 소기관을 연구한 결과들이다. 윗글을 바탕으로 할 때, 각각의 세포 소기관이 박테리아로부터 비롯되었다고 판단할 수 있는 것만을 <보기>에서 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 세포 소기관이 자신의 DNA를 가지고 있다는 것과 이분 분열을 한다는 것을 확인하였다.

ㄴ. 세포 소기관이 자신의 DNA를 가지고 있다는 것과 진핵 세포의 리보솜을 가지고 있다는 것을 확인하였다.

ㄷ. 세포 소기관이 막으로 둘러싸여 있다는 것과 막에는 수송 단백질이 있는 것을 확인하였다.

ㄹ. 세포 소기관이 막으로 둘러싸여 있다는 것과 막에는 다량의 카디오리핀이 있는 것을 확인하였다.

- ① ㄱ, ㄷ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

41. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

○ 복어는 테트로도톡신이라는 신경 독소를 가지고 있지만 테트로도톡신을 스스로 만들지 못하고 체내에서 서식하는 미생물이 이를 생산한다. 복어는 독소를 생산하는 미생물에게 서식처를 제공하는 대신 포식자로부터 자신을 방어할 수 있는 무기를 갖게 되었다. 만약 복어의 체내에 있는 미생물을 제거하면 복어는 독소를 가지지 못하나 생존에는 지장이 없었다.

○ 실험실의 아메바가 병원성 박테리아에 감염되어 대부분의 아메바가 죽고 일부 아메바는 생존하였다. 생존한 아메바의 세포질에서 서식하는 박테리아는 스스로 복제하여 증식할 수 있었고 더 이상 병원성을 지니지는 않았다. 아메바에게는 무해하지만 박테리아에게는 치명적인 항생제를 아메바에게 투여하면 박테리아와 함께 아메바도 죽었다.

- ① 병원성을 잃은 ‘아메바의 세포질에서 서식하는 박테리아’는 세포 소기관으로 변한 것이겠군.
- ② 복어의 ‘체내에서 서식하는 미생물’은 ‘복어’와의 유기적 상호작용이 강해진다면 개체성을 잃을 수 있겠군.
- ③ 복어의 세포가 증식할 때 복어의 체내에서 ‘독소를 생산하는 미생물’의 DNA도 함께 증식하는 것은 아니겠군.
- ④ ‘아메바의 세포질에서 서식하는 박테리아’가 개체성을 잃었다면 ‘아메바의 세포질에서 서식하는 박테리아’의 DNA 길이는 짧아졌겠군.
- ⑤ ‘아메바의 세포질에서 서식하는 박테리아’와 ‘아메바’ 사이의 관계와 ‘복어’와 ‘독소를 생산하는 미생물’ 사이의 관계는 모두 공생 관계이겠군.

42. 문맥상 ㉠~㉣와 바꿔 쓰기에 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠: 구성(構成)한다고
- ② ㉡: 존재(存在)하고
- ③ ㉢: 보유(保有)하고
- ④ ㉣: 조명(照明)되면서
- ⑤ ㉤: 생성(生成)된다

◆ 08-6평 37~39번

[37~39] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

전 세계 해양의 평균 수심은 4,000미터 가까이 되며, 심해 저에는 태양 에너지가 도달할 수 없어서 광합성을 하는 일차 생산자가 생존할 수 없다. 심해저에 서식하는 동물은 결국 바다의 표면에서 해저로 떨어져 내리는 유기물에 의존할 수밖에 없다. 그것들은 해양 생물들이 분해되고 남은 잔존물로서 ‘바다의 눈(marine snow)’이라 불린다. 해양 생물이 죽게 되면 다른 생물의 먹이가 되거나 미생물에 의해 분해되어, 심해저에 도달할 때쯤이면 거의 남는 것이 없다. 그런 까닭에 심해저에 많은 수의 생물이 살기란 매우 어렵다. 하지만 생물은 항상 새로운 생존 방법을 찾아오지 않았던가?

1977년 생물학 역사상 가장 흥분되는 발견 중의 하나가 있었다. 일단의 해양학자들은 잠수정 엘빈 호를 이용하여 동부 태평양의 갈라파고스 제도 부근 해저 산맥에 있는 심해 열수구 지역을 탐사하고 있었다. 그들은 태양 에너지가 전혀 도달하지 못하는 그곳에서 뜻밖에 많은 생물의 군집을 발견하였는데, 모두가 처음 보고되는 새로운 생물이었다.

수천 미터 깊이의 심해저에 있는 열수구 지역은 지각 활동으로 인해 흘러나오는 뜨거운 용출수 때문에 주변의 해수에 비해 온도가 높다. 곳에 따라서는 열수구로부터 섭씨 350도가 넘는 해수가 뿜어져 나오기도 한다. 지각 틈새에서 흘러나오는 고온의 해수에는 다양한 광물질이 녹아 있으며, 다량의 황화수소가 포함되어 있다. 그 지역에서는 검은색의 매연을 내뿜는 굴뚝과 같은 구조가 광물질의 침전으로 형성된다.

심해 열수구 지역의 우점종은 ‘리프티아’라고 불리는 커다란 관벌레인데, 매우 독특하게 진화된 영양 방식을 갖고 있어서 입이나 소화 기관이 없다. 그 대신에 관벌레는 ‘영양체(trophosome)’라고 불리는 매우 특수한 기관이 있는데, 그 안에는 ㉠세균이 가득 차 있다. 리프티아의 몸통은 기다란 관의 안쪽에 들어 있다. 관의 바깥쪽으로 돌출된 밝고 붉은색의 깃털구조는 아가미와 같은 역할을 하며, 이산화탄소와 산소, 그리고 황화수소를 교환한다. ㉡관벌레의 순환계는 매우 잘 발달되어 있고, 순환계 속의 혈액은 황화수소와 화학적으로 결합하는 특수한 헤모글로빈을 포함하고 있다. 그래서 관벌레는 황화수소를 세균에 충분히 공급할 수 있다. 그 세균들은 화학 합성을 통해서 관벌레에게 먹이가 될 유기물을 공급하며, 관벌레는 세균이 필요로 하는 황화수소를 비롯한 무기물을 공급한다.

이와 같이 심해 열수구에서는 화학 합성 세균이 해양의 표층에서 광합성을 하는 식물성 플랑크톤과 같은 일차 생산자의 역할을 하고 있었다. 수천 미터 깊이의 심해에서 태양 에너지에 전혀 의존하지 않는 새로운 생물이 진화되어 왔던 것이다.

37. 위 글의 내용을 가장 잘 반영한 표제와 부제는? [1점]

- ① 생명체의 신비
- 심해저 생물의 생존 방식
- ② 심해저의 생태
- 심해저 생물종 간의 먹이 사슬
- ③ 해양 생물의 역사
- 심해 열수구 진화의 현장
- ④ 심해저의 신비와 아름다움
- 바다의 오아시스인 심해 열수구 지역
- ⑤ 생물학의 역사를 바꾼 일대 사건
- 엘빈 호 탐사의 생물학적 성과

38. ㉠과 ㉡의 관계가 나타난 사례로 가장 적절한 것은?

- ① 갑각류의 일종인 등각류의 일부 종들은 산호초 지역에 서식하는 어류의 표피에 붙어서 그 체액을 빨아 먹고 산다.
- ② 열대 산호초에 사는 놀래기는 곰치의 입 안에 남아 있는 찌꺼기나 곰치의 표피에 있는 기생충을 먹고 산다.
- ③ 바닷가에 사는 집게류는 소라고둥의 껍데기 안에 사는데, 성장하면서 더 큰 소라고둥의 껍데기로 옮긴다.
- ④ 바닷가에 서식하는 현화식물인 갈피는 많은 동식물의 서식처가 되거나 어류에게 산란 장소를 제공한다.
- ⑤ 이빨 고래류는 물개와 같은 해산 포유류나 다랑어와 같은 어류를 먹이로 삼기도 한다.

39. 위 글의 내용을 근거로 하여 <보기>의 천문학자가 ㉢와 같이 추론했다고 할 때, 이 추론의 개연성을 높여 줄 수 있는 증거로 가장 적절한 것은? [3점]

—<보 기>—

목성의 위성 유로파는 태양에서 너무 멀리 떨어져 있어 광합성에 충분한 태양 에너지가 도달하기 어렵다. 유로파의 표면은 두꺼운 얼음 층으로 덮여 있으며, 그 아래에는 물이 있는 것으로 생각된다. 1990년대 후반 우주 탐사선 갈릴레오 호는 유로파의 표면 사진들을 지구로 전송하였다. 이 사진들을 조사한 천문학자들은 ㉢유로파의 밝은 얼음 층 밑의 물에 생명체가 존재할 가능성이 있다고 말하였다.

- ① 유로파에 소행성이 충돌했다는 증거
- ② 유로파가 지각 활동을 하고 있다는 증거
- ③ 유로파의 대기에 산소가 포함되어 있다는 증거
- ④ 유로파가 태양에 점점 가까워지고 있다는 증거
- ⑤ 유로파의 얼음 층 밑의 물이 지구의 바다만큼 깊다는 증거

개체의 적합도(fitness), 즉 번식 성공도를 높이는 방향으로
① 일어난다고 보았다.

그렇다면 자신은 번식을 하지 않으면서 집단을 위해 평생 헌신하는 일벌이나 일개미의 행동은 어떻게 설명할 수 있을까? 다윈은 그와 같은 경우 집단의 번성에 이득을 주므로 자연선택이 되었다고 결론을 내렸는데, 이것은 자연선택이 개체에게 이득이 되는 방향으로 일어난다는 그의 기본적인 생각에서 벗어난 것이었다.

윌리엄 해밀턴은 다윈 이론의 틀 안에서 일벌이나 일개미와 같은 개체의 이타적 행동이 자연선택 되는 과정을 규명하고자 하였다. 즉, 다윈 시대에는 없던 '유전자' 개념을 진화 이론에 도입함으로써, 개체 자신의 번식 성공도는 낮추면서 상대방의 번식 성공도를 높이는 이타적 행동이 여러 세대를 거치면서 결국은 개체 자신에게 이득이 되는 방향으로 자연선택이 됨을 입증하려 한 것이다.

다윈이 정리한 자연선택의 과정을 해밀턴은 각 개체가 다음 세대에 자신의 유전자 복제본을 더 많이 남기는 과정으로 보았다. 이때 행위 당사자인 개체는 자기 자신의 번식 성공도를 높임으로써 직접 자신의 유전자 복제본을 남길 수도 있지만, 자신과 유전자를 공유할 확률이 있는 상대의 번식 성공도를 높이는 데 도움을 줌으로써 간접적으로 자신의 유전자 복제본을 남길 수도 있다. 쉽게 설명하면, 철수는 스스로 자식을 많이 낳음으로써 직접 자신의 유전자 복제본을 다음 세대에 남길 수도 있지만, 유전자를 공유하고 있는 동생 영수가 자식을 많이 낳도록 도움으로써 자신의 유전자 복제본을 다음 세대에 남길 수도 있는 것이다. 해밀턴은 전자는 '직접 적합도'를 높이는 것으로, 후자는 ① '간접 적합도'를 높이는 것으로 설명하며, 개체의 자연선택은 두 적합도를 합한 '포괄 적합도'를 높이는 방향으로 일어난다고 보았다.

해밀턴에 따르면 이타적 행동 또한 개체의 포괄 적합도를 높이는 방향으로 자연선택이 일어난다. 그런데 이타적 행동은 개체 자신의 번식 성공도인 직접 적합도를 낮추게 되므로 그를 상쇄하고도 남을 정도로 간접 적합도를 높일 수 있어야 자연선택이 일어날 수 있다. 즉, 개체 자신이 남기는 유전자 복제본에 대한 손실보다 유전자를 공유할 확률이 있는 상대방을 통해 남기는 유전자 복제본에 대한 이득이 더 클 때 이타적 행동은 선택되는 것이다.

이때 개체와 상대방이 유전자를 공유할 확률을 '유전적 근연도'라 하는데, 유전적으로 100% 같은 경우는 유전적 근연도가 1이 된다. 유전적 근연도의 값이 클수록 개체와 상대방이 유전자를 공유할 가능성이 크므로, 개체가 상대방을 통해 자신의 유전자 복제본을 남길 수 있는 가능성 또한 커진다.

이를 바탕으로 해밀턴은 아래와 같은 '해밀턴 규칙'을 도출하였다.

$$rb > c \text{ (단, } b > c > 0 \text{으로 가정함.)}$$

[A] 즉, 이타적 행동은 그로 인해 상대방이 얻는 이득(b)이 충분히 커서 1보다 작은 유전적 근연도(r)를 가중하더라도 개체가 감수하는 손실(c)보다 클 때 선택된다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 해밀턴의 규칙은 이득, 손실, 유전적 근연도의 세 가지 변수를 활용하여 이타성이 진화하는 조건을 알려 준다.

◆ 19년 6월 고2 25~30번
[25 ~ 30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

고래의 유전형 몸매나 북극곰의 흰색 털처럼 주어진 환경에 어울리는 생물학적 '적응'은 어떻게 일어났을까? 찰스 다윈은 『종의 기원』에서 '자연선택에 의한 진화'를 그 해답으로 제시하였다. 개체의 번식에 도움이 되는 유전적 변이만을 여러 세대에 걸쳐 우직하게 골라내는 자연선택의 과정이 결국 환경에 딱 맞는 개체를 만들어낸다는 것이다. 다윈은 자연선택이 각

해밀턴의 '포괄 적합도 이론'은 다윈의 이론을 발전시켜 이타성이 왜 진화했는지를 매끄럽게 설명함으로써 진화생물학자들이 이타적 행동에 대해 통찰력을 가질 수 있는 계기를 제공하였으며, 자연선택이 유전자의 수준에서 일어난다는 점을 분명히 하여 이후 진화에 대한 연구의 길잡이가 되었다.

* 개체: 하나의 독립된 생물체

25. 윗글의 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

- ① 진화생물학의 발전 과정
- 적합도에 관한 논쟁을 중심으로
- ② 해밀턴 규칙의 성립 조건
- 유전자, 개체, 집단의 위계성을 중심으로
- ③ 자연선택을 통한 생물학적 적응
- 유전적 근연도 값을 중심으로
- ④ 포괄 적합도 이론의 의의와 한계
- 진화의 페러다임 변화를 중심으로
- ⑤ 이타적 행동이 자연선택 되는 이유
- 해밀턴의 이론을 중심으로

26. 윗글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 개체가 주어진 환경에 적응한 것은 자연선택의 결과이다.
- ② 유전적 근연도는 두 개체 간에 유전자를 공유할 확률을 의미한다.
- ③ 개체의 포괄 적합도를 높이는 데 기여하지 못하는 유전적 변이는 자연선택에서 도태된다.
- ④ 해밀턴은 다윈이 살았던 시기에는 없었던 개념을 적용하여 이타적 행동의 진화를 설명하였다.
- ⑤ 진화생물학자들은 이타성이 진화하는 다양한 이유를 제시하여 해밀턴의 이론을 뒷받침하였다.

27. [A]를 바탕으로 할 때, ㉠ ~ ㉣에 들어갈 말로 적절한 것은?

두 개체 사이의 유전적 근연도가 (㉠), 손실에 비해 이득이 (㉡) 이타적 행동은 선택되기 (㉢).

- | | | | |
|---|------|------|-----|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | 낮을수록 | 작을수록 | 쉽다 |
| ② | 낮을수록 | 클수록 | 어렵다 |
| ③ | 높을수록 | 작을수록 | 쉽다 |
| ④ | 높을수록 | 클수록 | 쉽다 |
| ⑤ | 높을수록 | 작을수록 | 어렵다 |

28. <보기>를 참고하여 일벌에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

< 보기 >

성 암색체에 의해 성이 결정되는 사람과 달리, 벌은 암색체 수에 의해 성이 결정된다. 한 짝의 암색체를 가지면 수컷, 두 짝의 암색체를 가지면 암컷이 된다. 암컷들은 수벌에게서 받는 한 짝의 암색체를 공유하고, 나머지 한 짝은 여왕벌이 가지고 있는 두 짝의 암색체 중에서 하나를 물려받는다. 암컷은 발육 과정에서 여왕벌과 일벌로 분화되는데, 그중 일벌은 번식을 포기하고 평생 친동생을 키우며 산다.

- ① 일벌들 간의 유전적 근연도는 1이다.
- ② 일벌의 직접 적합도는 0으로 볼 수 있다.
- ③ 일벌이 살아가는 모습은 이타적 행동으로 볼 수 있다.
- ④ 일벌의 간접 적합도를 높이는 방향으로 자연선택이 일어난다.
- ⑤ 일벌이 친동생을 키우는 것은 결국 개체 자신에게 이득이 되기 때문이다.

29. ㉠의 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 개체 수준의 자연선택을 결정하는 요소이기 때문에
- ② 행위 당사자와 상대방의 유전자가 동일하기 때문에
- ③ 상대방을 통해 자신의 유전자 복제본을 남기는 것이 어렵기 때문에
- ④ 행위 당사자의 번식 성공도와 상대방의 번식 성공도는 무관하기 때문에
- ⑤ 다음 세대에 남기는 자신의 유전자 복제본 개수에 영향을 미칠 수 있기 때문에

30. 밑줄 친 단어 중, ㉠와 문맥적 의미가 가장 유사한 것은?

- ① 사람마다 일어나는 시간이 다르다.
- ② 자동차가 지나가자 흙먼지가 일어났다.
- ③ 한류 열풍이 새로운 형태로 일어나고 있다.
- ④ 심사 결과를 발표하자 큰 환호성이 일어났다.
- ⑤ 그들은 자리에서 일어나 문을 향해 걸어갔다.

◆ 21년 3월 고2 37~42번

[37~42] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가)

다윈은 같은 종에 속하는 개체들이 생존 경쟁에서 살아남아 번식하면 그 형질 중 일부가 자손에게 전달돼 진화가 일어난다는 '자연 선택설'을 주장하였다. 그런데 개체가 다른 개체들과의 생존 경쟁에서 이기기 위해서는 이기적인 행동을 할 수밖에 없지만, 자연계에서는 동물들의 이타적 행동이 자주 ㉔ 관찰된다. 이에 진화론을 옹호하는 학자들은 동물의 이타적 행동을 설명하는 이론을 제시하였다.

해밀턴은 개체들의 이타적 행동은 자신과 같은 유전자를 공유하는 친족들의 생존과 번식에 도움을 줌으로써 자신의 유전자를 후세에 많이 전달하기 위한 행동이라는 ㉕ 혈연 선택 가설을 제시하였다. ㉖ 해밀턴의 법칙에 의하면, ' $r \times b - c > 0$ '을 만족할 때 개체의 이타적 유전자가 진화한다. 이때 'r'은 유전적 근연도로 이타적 행위자와 이의 수혜자가 유전자를 공유할 확률을, 'b'는 이타적 행위의 수혜자가 얻는 이득을, 'c'는 이타적 행위자가 ㉗ 감수하는 손실을 의미한다. 부나 모가 자식과 같은 유전자를 공유할 확률은 50%이고, 형제자매 간에 같은

유전자를 공유할 확률도 50%이다. r은 2촌인 형제자매를 기준으로 1촌이 늘어날 때마다 반씩 준다. 가령, 행위자가 세 명의 형제를 구하고 죽는다면 $0.5 \times 3 - 1 > 0$ 이므로 행위자의 유전자는 그의 형제들을 통해 다음 세대로 퍼지게 된다. 이러한 해밀턴의 이론은 유전자의 개념으로 동물의 이타적 행동을 설명한 것으로, 이타적 행동의 진화에 얽힌 수수께끼를 푸는 중요한 열쇠로 평가된다.

도킨스는 ㉔ 『이기적 유전자』에서 동물의 이타적인 행동은 유전자가 다른 유전자와의 생존 경쟁에서 살아남아 더 많은 자신의 복제본을 퍼뜨리기 위한 행동이라고 설명하였다. 그에 따르면 유전자는 다음 세대에 다른 DNA 서열로 대체될 수 있는 DNA 단편으로, 염색체상에서 임의의 어떤 DNA 단편은 그와 동일한 위치나 순서에 있는 다른 유전자들과 경쟁 관계에 있다. 그는 다윈과 같은 기존의 진화론자와 달리 생존 경쟁의 주체를 유전자로 보고 개체는 단지 그러한 유전자를 다음 세대로 전달하는 운반체라고 불과하다고 보았다. 그러므로 이타적으로 보이는 개체의 행동은 겉보기에만 그럴 뿐, 실은 유전자가 다른 DNA와의 생존 경쟁에서 이기기 위한 이기적인 행동인 셈이다. 이러한 도킨스의 이론은 유전자의 이기성으로 동물의 여러 행동을 설명하여 과학계에 큰 반향을 불러일으켰으나, 개체를 단순히 유전자의 생존을 돕는 수동적 존재로 보았다는 점에서 비판을 받기도 하였다.

(나)

경제학적 관점에서 이타적 행동이란 자신의 손해를 감수하면서 타인에게 이익을 주는 행동이기 때문에 이기적 사람들과 이타적 사람들이 공존할 경우 이타적 사람들은 자연히 ㉔ 도태될 수밖에 없다. 그럼에도 불구하고 우리 주변에는 여전히 이타적 행동을 하는 사람들이 존재한다. 이에 대해 최근 진화적 게임 이론에서는 ‘반복-상호성 가설’과 ‘집단 선택 가설’을 통해 사람들이 이타적 행동을 하는 이유 및 이타적 인간이 진화하는 이유에 대해 설명하고 있다.

㉕ 반복-상호성 가설에서는 자신이 이기적으로 행동할 경우 상대방도 이기적인 행동으로 보복할 수 있기 때문에 이를 피하기 위해 이타적 행동을 한다고 주장하는데, 이를 게임 이론 중 하나인 [TFT 전략]으로 설명한다. TFT 전략이란 상대방이 협조할지 배신할지 모르고 선택이 매회 동시에 일어나는 상황에서 처음에는 무조건 상대방에게 협조하고 그다음부터는 상대방이 바로 전에 사용한 방법을 모방하는 전략이다. 즉 상대방이 이타적으로 행동하면 자신도 이타적으로, 상대방이 이기적으로 행동하면 자신도 이기적으로 행동하는 것이다. 이러한 행동이 반복되면 점점 상대방의 배신 횟수는 줄고 협조 횟수는 늘어 서로에게 이익이 되는 결과를 얻게 된다. 반복-상호성 가설은 혈연관계가 아닌 사람들 사이의 이타적 행동을 설명하는 데 ㉕ 유용하지만 반복적이지 않은 상황에서 나타나는 이타적 행동을 설명하는 데는 한계가 있다.

㉖ 집단 선택 가설에서는 이타적 구성원이 많은 집단이 그렇지 않은 집단과의 생존 경쟁에 유리하기 때문에 이타적 인간이 진화한다고 설명한다. 개인 간의 생존 경쟁에서 우월한 개인이 생존하는 개인 선택에서는 이기적 인간이 살아남는 데 유리하지만, 집단 간의 생존 경쟁에서 우월한 집단이 생존하는 집단 선택에서는 이타적 구성원이 많은 집단일수록 식량을 구하거나 다른 집단과의 분쟁에 효과적으로 ㉖ 대응할 수 있기 때문에 생존할 확률이 높다. 따라서 집단 선택에 의해 이타적인 구성원이 많은 집단이 생존하게 되면 자연히 이를 구성하

는 이타적 인간도 진화하게 된다. 실제로 인류는 혹독한 빙하기를 거쳐 살아남은 존재라는 점에서 집단 선택 가설은 설득력을 얻는다. 하지만 이타적인 구성원이 많은 집단이라 하더라도 그 안에는 이기적인 구성원도 함께 존재하기 마련이다. 그러므로 집단 선택에 의해서 이타적인 구성원이 진화하기 위해서는 ㉗ 집단 선택이 일어나는 속도가 개인 선택이 일어나는 속도를 압도해야 한다. 그러나 사회생물학에서는 집단 선택의 속도가 현저하게 느리다는 점을 들어 집단 선택 가설은 논리적으로만 가능할 뿐이라고 비판하고 있다. 이에 대해 최근 집단 선택 가설에서는 개인 선택이 일어나는 속도를 늦추고 집단 선택의 효과를 높이는 장치로서 법과 관습과 같은 제도에 주목하면서, 집단 선택의 유효성을 높일 수 있는 방안 대해서도 연구를 진행하고 있다.

37. (가)와 (나)의 서술상의 공통점으로 가장 적절한 것은?

- ① 이타적 행동을 설명하는 대립된 이론을 절충하고 있다.
- ② 이타적 행동을 정의한 후 구체적 유형을 분류하고 있다.
- ③ 이타적 행동에 관한 이론들을 통시적으로 고찰하고 있다.
- ④ 이타적 행동을 설명하는 이론의 발전 방향을 전망하고 있다.
- ⑤ 이타적 행동에 관한 이론과 그에 대한 평가를 제시하고 있다.

38. ㉗을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 유전적 근연도에 초점을 맞춰 이타적 행위를 설명하고 있다.
- ② 개체의 이기적 행동에 숨겨진 이타적 동기에 대해 설명하고 있다.
- ③ 이타적 행위자와 그의 수혜자가 삼촌 관계일 경우 r은 0.25가 된다.
- ④ 이타적 행위자와 수혜자가 부모 자식이나 형제자매 관계일 경우 r은 같다.
- ⑤ 이타적 행위자와 그의 수혜자가 혈연관계일 때, b와 c가 같으면 이타적 유전자가 진화하지 않는다.

39. (나)의 [TFT 전략]을 참고할 때 <보기>의 질문에 대한 답으로 적절한 것은?

< 보 기 >

다음은 A와 B의 협조 여부에 따른 보수(편익과 비용의 합)를 행렬로 나타낸 것이다. A와 B가 상대방의 선택을 모르고 선택이 동시에 이루어지는 상황에서 A만 ‘TFT 전략’을 사용한다고 가정하자. B가 첫 회에만 비협조 전략을 사용한다면, B가 두 번째 회까지 얻게 되는 보수의 합은 얼마인가?

| | | | |
|---|-----|---------|---------|
| | | B | |
| | | 전략 | 협조 |
| A | 협조 | (1, 1) | (-1, 2) |
| | 비협조 | (2, -1) | (0, 0) |

< (2, -1)은 A가 비협조 전략, B가 협조 전략을 사용할 때, A의 보수가 2, B의 보수가 -1임을 나타냄. >

- ① 0
- ② 1
- ③ 2
- ④ 3
- ⑤ 4

40. ㉠의 이유를 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 집단 선택의 속도가 개인 선택의 속도보다 느릴 경우, 이타적 구성원의 수가 천천히 증가하기 때문에
- ② 개인 선택으로 이타적인 구성원이 먼저 소멸한 후, 집단 선택에 의해 이기적인 구성원이 소멸하기 때문에
- ③ 집단 선택이 천천히 일어날 경우 집단 간의 생존 경쟁이 발생하지 않아 집단 선택이 일어나지 않기 때문에
- ④ 개인 선택으로 이타적인 구성원이 먼저 소멸하면, 이타적 구성원을 진화하게 하는 집단 선택이 발생할 수 없기 때문에
- ⑤ 개인 선택의 속도가 집단 선택의 속도보다 빠를 경우, 이타적인 구성원이 많은 집단이 개인 선택에 불리해지기 때문에

41. ㉡ ~ ㉣를 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

— < 보 기 > —

㉡. 개미의 경우, 수정란(2n)은 암컷이 되고, 미수정란(n)은 수컷이 된다. 여왕개미가 낳은 암컷들은 부와는 1, 모와는 0.5, 자매와는 0.75의 유전적 근연도를 갖는다. 암컷 중 여왕개미가 되지 못한 일개미들은 직접 번식을 하지 않고 여왕개미가 낳은 수많은 자신의 자매들을 돌보며 목숨을 걸고 개미 군락을 지키는 역할을 한다.

㉢. 현재 지구상에는 390여 개의 부족이 수렵과 채취에 의존해 살아가고 있다. 이러한 부족은 대체로 몇 개의 서로 다른 친족들로 구성되어 있으며, 평등주의적 부족 질서 아래 사냥감을 서로 나누어 먹는 식량 공유 관습을 가지고 있다. 이는 개인의 사냥 성공률이 낮은 상황에서 효과적인 생존 방식이라 할 수 있다.

- ① ㉡: ㉡에서는 일개미가 자식을 낳지 않고 자매들을 돌보는 것을 부모보다 모의 유전자를 후세에 더 많이 전달하기 위한 전략으로 보겠군.
- ② ㉡: ㉡에서는 일개미가 목숨을 걸고 개미 군락을 지키는 것을 다른 DNA와의 생존 경쟁에서 이기기 위한 유전자의 이기적인 행동으로 보겠군.
- ③ ㉢: ㉢에서는 자신이 식량을 나눠 주지 않으면 사냥에 실패했을 때 자신도 얻어먹지 못할 수 있기 때문에 식량 공유 관습이 생긴 것으로 보겠군.
- ④ ㉢: ㉢에서는 식량 공유 관습을 이기적인 구성원도 식량을 공유하게 함으로써 이타적 구성원이 사회에서 사라지지 않도록 하는 제도로 보겠군.
- ⑤ ㉢: ㉡에서는 혈연관계가 없는 구성원과의 식량 공유를 설명할 수 없지만, ㉢에서는 협업을 통해 집단의 생존 확률을 높이는 행동으로 보겠군.

42. 밑줄 친 단어가 ㉠ ~ ㉣와 동음이의어인 것은?

- ① ㉠: 그는 형의 모습을 유심히 관찰하였다.
- ② ㉡: 이 사전은 여러 전문가가 값수하였다.
- ③ ㉢: 그 기업은 경쟁사에 밀려 도태되었다.
- ④ ㉣: 이것은 장소를 검색하는 데 유용하다.
- ⑤ ㉣: 우리는 적극적으로 상황에 대응하였다.

◆ 10-6평 36~37번

[36~37] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

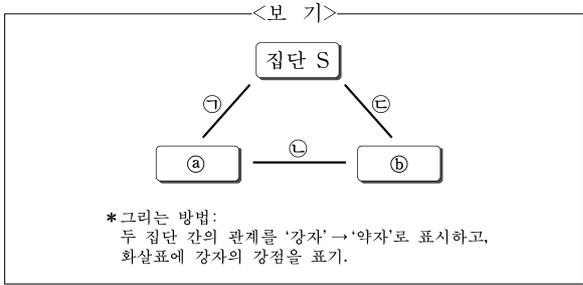
가위, 바위, 보! 무엇을 내느냐에 따라 서로의 승패는 확연히 갈리지만 이 게임의 묘미는 영원한 승자도, 영원한 패자도 없다는 데 있다. 이렇게 서로 끝없이 물고 물리는 가위바위보의 관계가 생물 다양성을 설명하기 위한 모델이 될 수 있다는 연구가 있어 눈길을 끈다.

한 연구팀은 동물의 장내에 서식하는 대장균 중 서로 다른 세 집단 간의 증식 경쟁에서 가위바위보의 관계를 관찰했다. '집단 C'는 콜리신이라는 독소를 생산하고, '집단 S'는 다른 집단에 비해 빠른 속도로 증식하지만 콜리신에 의해 증식이 억제된다. '집단 R'은 '집단 C'보다 빠르고 '집단 S'보다 느린 증식 속도를 가진 반면 콜리신에 저항성을 지닌다. 세 집단 중 두 집단씩을 각각 섞어 배양하면 증식 속도의 차이로 인해 집단 간 증식 경쟁에 따른 승패가 확실하다. 반면 세 집단을 서로 인접시켜 배양하면, 각 두 집단 간의 경계에서는 일방적으로 영역을 침범하는 현상이 나타나지만, 결과적으로 가위바위보의 관계처럼 서로 물고 물리는 삼자 간의 공존 관계가 관찰된다.

다른 연구팀은 생쥐들의 장내에 세 대장균 집단을 투여한 후 각 집단 간의 증식 경쟁을 살폈다. 그 결과 한 시점에는 생쥐 개체별로 어느 한 집단이 우세했지만, 시간이 지나면서 우세한 집단이 일정한 순서로 계속 바뀌는 것을 발견했다. 이는 서로 격리된 여러 공간에서 세 집단이 동시에 우세 집단으로 존재할 수 있음을 의미하기도 한다.

위 사례는 생태계에서 절대 강자가 없을 수도 있음을 보여주는 좋은 본보기로 거론된다. 생물 간 경쟁을 설명하는 방식 중 승패가 명확한 양자 간의 관계에 비해, 삼자의 병존 가능성을 보여주는 가위바위보의 관계는 생물 다양성의 설명에 보다 적합한 모델이 될 수 있다.

36. [A]의 내용을 <보기>와 같이 그렸을 때, ㉠~㉣과 ㉠, ㉡에 들어갈 내용이 바르게 짝지어진 것은? [3점]



| | 화살표의 방향 설정 | 강점 | 집단 |
|---|------------|----------------|---------|
| ① | 모두 시계 방향 | ㉠: 콜리신 생산 | ㉡: 집단 R |
| ② | 모두 시계 방향 | ㉠: 증식 속도 | ㉠: 집단 C |
| ③ | 모두 시계 방향 | ㉢: 저항성 및 증식 속도 | ㉠: 집단 R |
| ④ | 모두 반시계 방향 | ㉢: 콜리신 생산 | ㉡: 집단 C |
| ⑤ | 모두 반시계 방향 | ㉡: 증식 속도 | ㉠: 집단 C |

37. 위 글의 대장균에 대한 실험 결과를 검토하여 해석한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 대장균 세 집단을 동일한 비율로 섞어서 배양한다면, 콜리신을 생산하는 집단이 가장 먼저 우세하게 나타나는 집단이 되겠군.
- ② 독소의 생산에 따른 저항성 집단의 출현이 필연적이라면, 독소의 생산은 생물 다양성을 증가시키는 요인이 된다고 할 수 있겠군.
- ③ 생쥐 실험 내용이 다른 포유동물의 경우에도 적용된다면, 토끼 등을 이용해 동일한 실험을 반복하더라도 비슷한 결과를 얻을 수 있겠군.
- ④ 생쥐를 이용한 실험에서 생쥐의 수를 늘려 실험한다면, 각 대장균 집단의 우세가 균등하게 분포하는지의 여부를 판단할 수 있겠군.
- ⑤ 생쥐 내장이란 격리된 공간에서 우세한 집단이 일정한 순서로 바뀐다면, 그 변화 순서는 가위바위보의 관계로부터 예측이 가능하겠군.

[16~19] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

1960년대 미국의 학자 맥아더 등은 “군집”에 따라 종의 수가 왜 다른가?”라는 의문을 지니고, 섬을 활용해 이를 연구했다. 섬은 육지보다 좁고 주변 군집들과 격리되어 있어 종의 수 연구에 적합한 환경을 제공하였기 때문이다. 이들은 종의 이입률과 멸종률, 섬의 면적, 육지로부터의 거리 등이 섬의 종 다양성을 결정하는 요인이라고 설명하였는데, 이를 ‘섬생물지리 평형설’이라고 부른다.

이 학설에 따르면, 이입률과 멸종률을 통해 섬의 종 수가 결정되는 과정을 알 수 있다. 이입률은 새로운 종이 일정 기간 섬으로 이입되는 비율이고, 멸종률은 섬에 있던 기존 종이 일정 기간 사라지는 비율이다. 육지는 섬으로 이주해 가는 종의 공급원으로, 육지의 종 수가 섬으로 이입되는 종 수에 영향을 준다. 식물의 종자와 작은 절지동물 등은 바람을 타고 섬에 도달하고, 조류 같은 일부 동물은 자력으로 섬에 도달한다. 섬에 기존 종이 적을 때는 새로운 종의 이입률이 높다. 그러나 시간이 지나면서 많은 종들이 섬에 서식하게 되므로, 육지에서 섬으로 이입될 수 있는 새로운 종 수가 적어지고 이입률은 감소한다. 일단 한 종이 섬에 이입되면, 개체수가 늘어나고 한동안 존속한다. 그러나 섬의 종 수가 증가함에 따라 경쟁과 포식자-피식자 상호작용으로 일부 종들이 사라지면서 멸종률이 높아진다. 이렇게 이입과 멸종이 진행되는 유동적인 상태를 거쳐, 종의 이입률과 멸종률이 같아지면 평형 상태에 놓여, 섬의 종 수가 비교적 안정된 상태를 유지하게 된다.

또한 이들은 섬의 면적, 육지로부터의 거리에 따라 섬의 종 수에 차이가 있다고 설명했다. 큰 섬은 육지에서 이동하는 생물에게 더 큰 먹이 환경을 제공하기 때문에 작은 섬보다 이입률이 더 높고, 상대적으로 다양한 서식지와 자원을 제공하기 때문에 멸종률은 더 낮다. 따라서 평형 상태일 때, 큰 섬은 작은 섬보다 종 수가 더 많다. 한편, 생물들이 육지에서 가까운 섬을 찾을 확률이 높기 때문에 육지 근처의 섬은 먼 섬보다 이입률이 더 높다. 그러나 멸종률은 거리에 영향을 받지 않는다. 따라서 평형 상태일 때, 육지에서 가까운 섬은 먼 섬보다 종 수가 더 많다.

이 학설은 어떤 종이 섬으로 이입할지 또는 섬에 있던 어떤 종이 멸종할지를 명시하지는 않는다. 섬의 종 조성은 일정하지 않지만, 종 수는 평형 상태에 ㉠이될 것이라 예측할 뿐이다. 또한 이들의 연구는 각 섬의 먹이 자원, 인간의 간섭, 각기 다른 생물종이 지닌 특성 등과 같은 요인을 배제하였다는 점, 육지와 같은 고립되지 않은 서식지에는 적용하기 어렵다는 점이 한계로 지적되었다. 그러나 고립된 서식지에 대한 연구, 환경 요인에 따른 진화와 생태 현상 연구 등에 큰 영향을 끼쳤다.

* 군집: 특정한 환경에서 상호 유기적인 관계를 가지고 함께 사는 생물의 모임.

[A]

16. 뒷글의 글쓰기 전략으로 적절한 것은?

- ① 학설의 변화 양상을 통시적으로 고찰한다.
- ② 학설의 발생 배경을 여러 관점에서 분석한다.
- ③ 학설을 소개하고 그것의 한계와 의의를 제시한다.
- ④ 여러 학설의 특징을 비교하여 공통점을 부각한다.
- ⑤ 대립적인 학설을 통합하는 새로운 학설을 소개한다.

17. 뒷글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 섬은 육지보다 종의 수를 연구하기에 적합한 환경이다.
- ② 육지의 종 수는 섬으로 이입되는 종의 수에 영향을 준다.
- ③ 섬의 종 수는 경쟁과 포식자-피식자의 상호작용에 따라 달라진다.
- ④ 섬에 이입할 종이나 섬에서 멸종할 종이 무엇인지 구체적으로 확인할 수는 없다.
- ⑤ 평형 상태는 새로운 종의 이입과 기존 종의 멸종이 더 이상 일어나지 않는 것이다.

18. [A]를 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

[3점]

< 보 기 >

* 네 섬 모두 평형상태라고 전제함.
* 섬의 면적: 가 = 나 / 다 = 라
* 육지로부터의 거리: 가 = 다 / 나 = 라

- ① ‘가’는 네 섬 중에서 이입률과 멸종률이 가장 높아 종의 수가 가장 많겠군.
- ② ‘나’는 ‘라’보다 면적으로 보면 이입률이 높은 편이고, 거리로 보면 멸종률이 높은 편이겠군.
- ③ ‘다’는 면적으로 보면 이입률과 멸종률 모두 ‘가’보다 낮은 편이겠군.
- ④ ‘라’는 네 섬 중에서 이입률이 가장 낮고, 멸종률은 ‘나’보다 높은 편이겠군.
- ⑤ ‘가’와 ‘라’의 종 수 차이는 ‘다’와 ‘라’의 종 수 차이보다 적겠군.

19. ㉠과 문맥적 의미가 가장 유사한 것은?

- ① 논란 끝에 결론에 이르렀다.
- ② 이른 아침에 학교로 출발했다.
- ③ 동생의 잘못을 어머니께 일렀다.
- ④ 정거장에 이르러서야 늦었음을 알았다.
- ⑤ 속담에 이르길 등잔 밑이 어둡다고 했다.

[34~36] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

어떤 환경에서 개개의 종이 차지하는 위치를 '생태적 지위'라고 하는데, 이는 서식 장소, 먹이사슬 등의 생태적 환경에 의해 형성되는 지위를 말한다. 예를 들어, 열대 지역의 나무도 마뱀의 생태적 지위는 견딜 수 있는 온도 범위, 서식할 수 있는 나뭇가지의 크기, 먹이가 되는 곤충의 종류 등 많은 요소들로 이루어진다. 생태적 지위가 유사한 종들이 지리적으로 멀리 떨어진 채 서식하고 있는 경우 이들을 '이소성 개체군'이라고 하고, 반대로 동일한 지리적 영역을 차지하고 있는 경우에는 이들을 '동소성 개체군'이라 한다.

이소성 개체군의 경우 지리적으로 격리되어 있기 때문에 자원을 둘러싼 ㉠종들 간의 경쟁은 존재하지 않을 것이다. 그럼 동소성 개체군의 경우 어떤 일이 발생할까? 생태학자 가우스는 원생생물인 '아우렐리아'와 '카우다툼'에 대한 실험으로 종간 경쟁의 결과를 조사했다. 이 두 종을 각각 배양했을 때에는 각각의 개체군은 모두 잘 살지만, 두 종을 함께 기르자 한 종이 사라지는 결과를 얻었다. 이처럼 동소성 개체군 사이에서는 필연적으로 경쟁이 일어나게 되는데, 그 경쟁의 결과 어떤 종이 군집 내에서 사라지게 되는 경우, 이를 '경쟁적 배제'라고 한다.

그런데 실제의 자연 생태계를 보면 동소성 개체군이 공존하기도 하는데, 이는 이들이 제한된 자원을 둘러싼 경쟁을 피했기 때문에 가능한 일이다. 예를 들어 주행성 동물과 야행성 동물은 서로 활동하는 시간을 달리하여 경쟁을 줄임으로써 공존할 수 있다. 이와 같이 생존에 꼭 필요한 자원을 여러 가지 방법을 통해 나누어 갖는 것을 ㉡'분서'라고 한다. 분서의 방식에는 장소를 나누어 서식하는 방식, 먹이를 먹는 활동 시간대를 달리하는 방식 등이 있다.

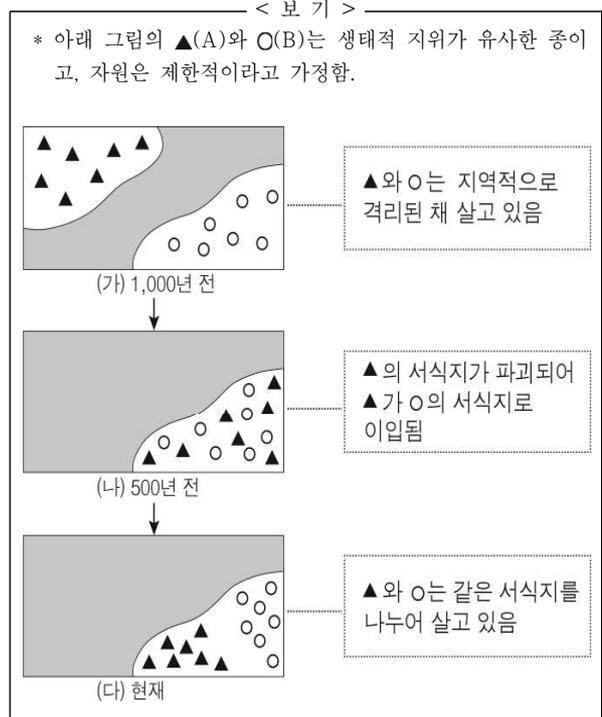
제한된 자원을 둘러싼 경쟁의 결과는 동소성 개체군과 이소성 개체군의 체형 구조를 비교함으로써도 확인할 수 있다. 예를 들어, A섬과 B섬에 각각 살고 있는 이소성 개체군인 조류의 경우 종간 경쟁이 없기 때문에 동일한 먹이를 먹고, 이로 인해 부리의 크기가 유사하다. 그런데 이들이 동일한 지리적 영역을 이룬 채 살게 되면 서로 다른 크기의 씨앗을 먹도록 부리의 크기가 달라지는 체형의 변화가 일어나게 된다. 이처럼 동소성 개체군의 경우 같은 자원을 두고 다툼을 벌이는 일이 없도록 서로 체형의 구조가 달라지기도 한다. 이러한 체형 구조의 변화를 ㉢'형질지환'이라고 한다.

현재 생태계에 존재하는 모든 생물종들은 필연적으로 발생할 수밖에 없는 경쟁에 적응하면서, 경쟁적 배제와 분서, 형질지환 등의 과정을 거친 존재들이라고 할 수 있다.

34. 윗글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 예시를 통해 독자의 이해를 돕고 있다.
- ② 용어의 개념을 밝히면서 내용을 전개하고 있다.
- ③ 질문을 던지는 형식으로 독자의 관심을 유발하고 있다.
- ④ 권위자의 주장을 인용하여 통념의 오류를 지적하고 있다.
- ⑤ 차이점을 중심으로 대상을 두 종류로 나누어 설명하고 있다.

35. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 보인 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① (가)의 A와 B는 '이소성 개체군'으로 '경쟁적 배제'가 없었겠군.
- ② (나)의 A와 B는 '동소성 개체군'이 되면서 자원을 둘러싼 경쟁이 생겼겠군.
- ③ (나)의 상태가 계속 유지된다면 A나 B는 '형질지환'이 일어날 수도 있겠군.
- ④ (나)의 A와 B가 먹이를 먹는 시간대를 달리한다면 A와 B는 '이소성 개체군'이 되겠군.
- ⑤ (다)의 A와 B는 장소를 나누어 서식하는 방식을 통해 '경쟁적 배제'를 피한 상태이겠군.

36. ㉠, ㉡, ㉢에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

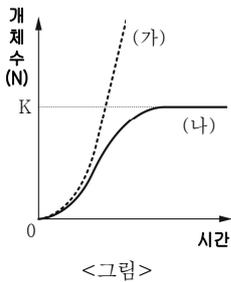
- ① ㉡은 체형 구조의 변화를 전제로 한다.
- ② ㉢은 더욱 치열한 ㉠을 유발하게 된다.
- ③ ㉡과 ㉢은 자원의 분할을 수반한다.
- ④ ㉠과 ㉡은 필연적으로 ㉢을 초래한다.
- ⑤ ㉡은 ㉠과 ㉢이 발생했을 때에만 이루어진다.

[19~21] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

생태계에서 개체군이란 동일한 지역에 살고 있는 한 종에 속하는 개체들의 집단을 말한다. 생태학자들은 이러한 개체군의 성장 과정을 연구하기 위해서 ㉠ 기하급수적 성장 모델과 ㉡ 로지스틱(logistic) 성장 모델을 활용한다.

먼저 먹이, 번식지, 포식자 등과 같은 아무런 환경적인 제한 요인이 없는 실험 환경에서 한번 발생한 박테리아가 매 20분마다 두 배로 지속적으로 분열해서 증식한다고 가정하자. 이 박테리아는 36시간 후에는 전 지구를 30cm의 두께로 덮을 수 있는 수로 증가하게 된다. 이처럼 이상적인 환경이라면, 개체군의 성장률(G)은 그 개체군이 갖고 있는 선천적 번식능력을 의미하는 상수 값인 '내재성 증가율(r)'과 그 개체군의 '개체수(N)'에 의해 결정되며, 이는 $G=rN$ 이라는 방정식으로 표현된다. 그래서 시간이 지날수록 성장률이 점점 더 커지게 되고, 그만큼 개체군 또한 기하급수적으로 성장하게 된다. 이와 같이 이상적인 환경에서 개체군이 일정한 세대기간*이 거듭될수록 기하급수적으로 성장하기 때문에 기하급수적 성장 모델이라고 하는데, 이는 <그림>의 (가)와 같은 곡선으로 그려진다.

그러나 ㉢ 자연계에서 개체군이 성장 초기에는 기하급수적으로 성장하더라도, 나중에는 <그림>의 (가)처럼 성장할 수는 없다. 이를 고려한 것을 로지스틱(logistic) 성장 모델이라고 하며, 이는 <그림>의 (나)와 같은 곡선으로 그려진다. 이 모델은 제한 요인들의 영향에 따라 개체군이 최대 성장할 수 있는 개체수인 '환경수용력(K)'을 고려한 것으로, 환경수용력에서 개체수를 뺀 값을 환경수용력으로 나눈 값인 $\frac{(K-N)}{K}$ 을 기하급수적 성장 모델 방정식에 포함하여 다음과 같이 표현된다.



제한 요인들의 영향에 따라 개체군이 최대 성장할 수 있는 개체수인 '환경수용력(K)'을 고려한 것으로, 환경수용력에서 개체수를 뺀 값을 환경수용력으로 나눈 값인 $\frac{(K-N)}{K}$ 을 기하급수적 성장 모델 방정식에 포함하여 다음과 같이 표현된다.

$$G = rN \frac{(K-N)}{K}$$

성장 초기에 개체군의 개체수는 환경수용력에 비해 매우 작기 때문에, $\frac{(K-N)}{K}$ 은 거의 1과 같게 된다. 이처럼 개체군의 성장 초기의 성장률은 <그림>에서 보는 것처럼 기하급수적 성장 모델에 가깝게 나타난다. 이후 개체군이 커지고 개체수가 환경수용력에 가까워질수록 $\frac{(K-N)}{K}$ 은 0에 가까워져서 개체군의 성장은 둔화된다. 이론적으로 어떤 개체군의 개체수가 환경수용력의 1/2일 때 성장률은 최대가 되고, 개체수와 환경수용력이 같아지면 개체군의 성장률은 0이 된다. 그러면 그 개체군은 <그림>의 (나)처럼 개체군의 개체수에 큰 변동이 없는 안정 상태에 이르게 된다고 설명할 수 있다.

* 세대기간: 한 개체군이 증식하는 일정한 시간 간격.

19. ㉠과 ㉡에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① ㉠에 따르면 개체군의 세대기간이 거듭될수록 개체군의 성장률은 커지게 된다.
- ② ㉠에 따르면 개체군이 성장하여 개체수가 증가할수록 개체군은 기하급수적으로 성장하게 된다.
- ③ ㉡에 따르면 개체군의 개체수가 환경수용력의 1/2을 넘으면 개체군의 성장률은 감소하기 시작한다.
- ④ ㉡에 따르면 개체군의 개체수와 환경수용력이 같아지면 개체군은 안정 상태에 이르게 된다.
- ⑤ ㉡에 따르면 개체군 성장 초기의 개체수가 적을수록 개체군의 성장 속도는 빨라지게 된다.

20. ㉢의 이유로 가장 적절한 것은?

- ① 자연계에서는 개체군의 성장률이 일정하기 때문에
- ② 자연계에서는 개체군의 환경수용력이 더 커지기 때문에
- ③ 자연계에서는 개체군의 선천적 번식 능력이 더 커지기 때문에
- ④ 자연계에서는 제한 요인이 개체군의 성장에 영향을 주기 때문에
- ⑤ 자연계에서는 이상적인 환경보다 개체수가 더 빨리 증가하기 때문에

21. 밑줄을 바탕으로 <보기>의 ㉣를 이해한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

< 보 기 >

알래스카 연안 세인트폴섬에는 ㉣ 물개의 개체군이 형성되어 있다. 이곳의 물개는 수컷 물개 한 마리당 암컷 30~50마리로 구성된 번식 집단으로 생활하는데, 인간의 사냥 등으로 인해 물개의 개체수가 늘지 못하고 있었다. 하지만 1925년부터 물개 사냥이 규제되기 시작하자 물개의 수가 증가하기 시작했다. 10년 뒤 1935년에는 물개의 수가 한계에 이르러 개체군 내의 수컷이 약 1만 마리에 해당하는 개체군의 크기로 안정되었다.

- ① ㉣는 1925년에 최대의 개체군을 형성했겠군.
- ② ㉣는 1926년경에 환경수용력이 작아졌겠군.
- ③ ㉣는 1935년경에 성장률이 0에 가까웠겠군.
- ④ ㉣의 내재성 증가율은 0이라고 할 수 있겠군.
- ⑤ ㉣의 개체군의 최대 개체수는 1만 마리라고 할 수 있겠군.

◆ 10 수능 24~26번

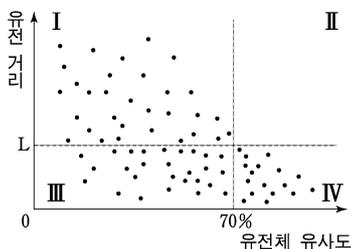
[24~26] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가) 일반적으로 동식물에서 종(種)이란 '같은 개체끼리 교배하여 자손을 남길 수 있는' 또는 '외양으로 구분이 가능한' 집단을 뜻한다. 그렇다면 세균처럼 한 개체가 둘로 분열하여 번식하며 외양의 특징도 많지 않은 미생물에서는 종을 어떤 기준으로 구분할까?

(나) 미생물의 종 구분에는 외양과 생리적 특성을 이용한 방법이 사용되기도 한다. 하지만 이러한 특성들은 미생물이 어떻게 배양되는지에 따라 변할 수 있으며, 모든 미생물에 적용될 만한 공통적 요소가 되기도 어렵다. 이런 문제를 극복하기 위해 오늘날 미생물 종의 구분에는 주로 유전적 특성을 이용하고 있다. 미생물의 유전체는 DNA로 이루어진 많은 유전자로 구성되는데, 특정 유전자를 비교함으로써 미생물들 간의 유전적 관계를 알 수 있다. 종의 구분에는 서로 간의 차이를 잘 나타내 주는 유전자를 이용한다. 유전자 비교를 통해 미생물들이 유전적으로 얼마나 가깝고 먼지를 확인할 수 있는데, 이를 '유전 거리'라 한다. 유전 거리가 가까울수록 같은 종으로 묶일 가능성이 커진다.

(다) 하지만 유전자 비교로 확인한 유전 거리만으로는 두 미생물이 같은 종에 속하는지를 명확히 판별하기 어렵다. 특정 유전자가 해당 미생물의 전체적인 유전적 특성을 대변하지는 못하기 때문이다.

(라) 이러한 문제를 보완하기 위한 것이 미생물들 간의 유전체 유사도를 측정하는 방법이다. 유전체 유사도를 정확히 측정하기 위해서는 모든 유전자를 대상으로 유전적 관계를 살펴야 하지만, 수많은 유전자를 모두 비교하는 것은 현실적으로 어렵다. 따라서 유전체의 특성을 화학적으로 비교하는 방법이 주로 사용되고 있다. 이렇게 얻어진 유전체 유사도는 종의 경계를 확정하는 데 유용한 기준을 제공한다.

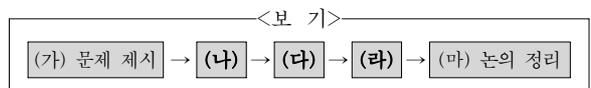


그림에서 각 점은 두 미생물 사이의 유전 거리와 유전체 유사도 간의 관계를 나타낸다. 그림을 보면, 두 미생물의 유전 거리가 가깝다고 해서 유전체 유사도가 반드시 높은 것은 아

닐 수 있다. 반면, 유전체 유사도가 70% 이상일 경우 유전 거리는 일정 수준(L) 미만이 되는 것을 볼 수 있다. 이러한 관계로부터 '서로 유전 거리가 가까우며 70% 이상의 유전체 유사도를 보이는 미생물 집단'이라고 하는 미생물 종의 정의가 도출된다.

(마) 유전적 특성을 이용한 미생물의 종 구분은 학술적 연구 외에도 의학이나 미생물 산업 분야에서 중요하게 활용되고 있다. 향후 유전체 분석 기술이 더욱 발전하면 미생물의 종을 보다 정밀하게 구분할 수 있을 것이다.

24. <보기>는 위 글의 전개 과정을 정리한 것이다. (나)~(라)에 해당하는 것은?



| | (나) | (다) | (라) |
|---|-------|-----------|--------|
| ① | 해결 방법 | 해결 방법의 한계 | 보완 방법 |
| ② | 주장 제시 | 예상 반론 제시 | 반론 비판 |
| ③ | 개념 설명 | 사례 제시 | 개념 재정립 |
| ④ | 가설 제시 | 가설 검증 | 이론 도출 |
| ⑤ | 관점 확인 | 근거 제시 | 사례 설명 |

25. 위 글을 통해 알 수 있는 것은?

- ① 종 구분에 사용되는 유전자는 무작위로 선택한다.
- ② 미생물의 생리적 특성은 배양 환경에 영향을 받지 않는다.
- ③ 외양보다 유전적 특성이 미생물 종을 명확하게 구분해 준다.
- ④ 동식물은 서로 다른 종끼리 교배하여 자손을 이어갈 수 있다.
- ⑤ 미생물의 유전체는 DNA로 이루어진 하나의 유전자로 구성된다.

26. 위 글의 '그림'에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① I 영역은 두 미생물 간 유전 거리가 L 이상이고 유전체 유사도가 70% 미만이므로 같은 종이 아님을 나타낸다.
- ② II 영역에 점이 없는 것은 두 미생물 간 유전체 유사도가 70% 이상인 경우 L 미만의 유전 거리만을 보이기 때문이다.
- ③ III 영역은 두 미생물 간 유전 거리가 L 미만이라도 유전 거리만으로는 종의 경계 구분이 어려움을 나타낸다.
- ④ IV 영역은 두 미생물 간 유전체 유사도가 70% 이상인 경우 유전 거리도 L 미만이어서 같은 종으로 구분될 수 있음을 나타낸다.
- ⑤ I~IV 영역은 유전 거리를 알면 유전체 유사도를 정확하게 예측할 수 있음을 나타낸다.

◆ 10 LEET 언어이해 10~12번

[10~12] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

다윈 이전의 시대에는 따개비를 연체동물에 속하는 삿갓조개류와 계통상 가깝다고 생각했다. 따개비는 해안가 바위의 부착 생물로 패각을 가지며 작은 분화구 모양을 띠고 있어 외견상 삿갓조개류와 유사하다. 하지만 오늘날에는 따개비가 절지동물 중 계, 새우와 계통상 가까운 것으로 보고 있다. 조류의 경우에도 깃털과 날개의 존재, 이빨의 부재 등 파충류와는 외형상 극명한 차이가 있어 계통상 거리가 먼 것으로 보았다. 그러나 최근의 계통분류학적 연구 결과들은 기슴쇄골이 작고 두 발로 뛰어나던 공룡의 일족으로부터 조류가 진화했다는 파충류 기원설을 지지하고 있다.

이와 같이 생물의 계통유연관계가 바뀐 예들을 찾는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 그 변화는 주로 계통수(系統樹) 작성 시 이용되는 자료의 종류와 계통수 작성법의 차이에 기인한다. 인접학문의 발전에 힘입어 분자 정보나 초미세 구조와 같은 새로운 정보들이 추가되면서 계통수 작성 시 이용되는 자료가 양적으로 풍부해지고 질적으로 향상되었다. 더불어 새로운 계통수 작성법의 개발과 기존 방법의 지속적 개선이 계통유연관계의 변화를 촉발시키는 동인이 되어 왔다.

오늘날 사용되는 계통수 작성법들은 ‘거리 행렬’이나 ‘최대 단순성 원리’, 또는 ‘확률’에 기반을 두고 있다. 수리분류학자들은 분류군 간의 형질 차이를 나타내는 거리 행렬을 이용하여 계통수를 작성한다. 이들은 관찰된 모든 분류학적 형질을 이용하며, 주관성과 임의성을 배제하기 위해 수리적 기법을 도입하여 사용한다. 계통수 작성을 위해 먼저 분류군 간 형질 비교표(<표 1>)를 만들고, 분류군 간 형질 차이를 측정한다. 분류군 A와 B 사이는 조사된 5개의 형질 중 2개의 형질이 다르므로 둘 사이의 거리는 2/5, 즉 0.4가 되고, A와 C 사이, B와 C 사이의 거리는 각각 4/5로서 0.8이 된다. 이 중 가장 작은 거리 값을 갖는 A와 B를 먼저 묶어 준다(<그림 1>). 이어서 묶인 A와 B를 하나의 분류군 A-B로 간주하고 거리를 다시 계산한다. 이때 A-B와 C 사이의 거리는 A와 C 사이 거리와 B와 C 사이 거리의 산술 평균값인 0.8이 된다. 네 종 이상의 분류군을 대상으로 할 경우 이 단계에서 여러 개의 거리 값이 나오므로 가장 작은 거리 값을 찾아 해당 분류군을 묶어 주어야 하지만, 이 예에서는 값이 하나이므로 C를 A-B에 묶어 주면 된다(<그림 2>).

<표 1> 세 분류군 간 형질 비교표

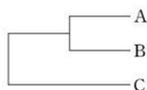
| 형질 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|---|---|---|---|
| 분류군 | | | | | |
| A | - | - | - | - | - |
| B | - | + | + | - | - |
| C | + | - | + | + | + |

(- : 해당 형질 없음, + : 해당 형질 있음)

<그림 1>

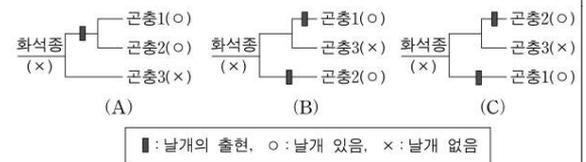


<그림 2>



한편, 가장 단순한 것이 최선이라는 최대 단순성 원리에 근거해 계통수를 작성하는 분기론자들은 두 분류군 이상에서 공통으로 나타나는 파생형질, 즉 공유파생형질만을 계통수 작성에 이용한다. 원시형질이나 단 하나의 분류군에서만 나타나는 파생형질인 자가파생형질은 타 분류군과의 유연관계 규명에 도움을 주지는 못한다. 어떤 형질이 파생형질인지 확인하기 위해서는 계통진화학적 정보가 필요하다. 곤충의 예에서, 화석에 나타난 초기 곤충은 날개가 없었는데 진화 과정에서 날개가 출현했다는 것을 알고 있어야만 ‘날개 없음’이 원시형질이고 ‘날개 있음’이 파생형질임을 알 수 있다. 이때 ‘날개 있음’은 날개 있는 곤충들을 한 그룹으로 묶어 주는 공유파생형질이 될 수 있다(<그림 3>(A) 참조). <그림 3>과 같이 세 종의 곤충에 대한 계통수 작성 시 서로 다른 세 종류의 계통수가 가능한데, 최대 단순성 원리에 근거하여 단 한 번의 날개 출현 사건만을 가정하는 <그림 3>(A)가 두 번의 가정을 필요로 하는 <그림 3>(B)나 <그림 3>(C)보다 더 신뢰할 만한 계통수로 간주된다.

<그림 3>



확률 기반의 계통수 작성법은 전술한 두 방법에 비해 신뢰성 면에서 상대적 우위를 가진다. 이 방법은 엄청난 계산 시간이 소요되어 대량의 자료 분석에서는 그 이용에 한계를 드러내는 단점이 있으나 컴퓨터 계산 능력이 향상되면서 점차 그 유용성이 증대되고 있다.

현재 계통분류학자들은 지구 상의 모든 생물을 아우르는 거대 계통수 작성에 심혈을 기울이고 있다. 따라서 기존에 알려진 계통유연관계는 머지않은 장래에 상당한 변화를 겪게 될 것이다. 생물의 계통유연관계는 고정불변의 사실이 아닌 미완의 가설로서 지금도 끊임없이 재구성되고 있는 것이다.

10. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 최근의 연구를 통해 조류의 새로운 계통적 위치가 제시되었다.
- ② 타 학문의 발달이 계통수 작성 시 사용할 수 있는 자료의 다양성을 증가시켰다.
- ③ 수리분류학자의 계통수는 개별 형질의 특성을 잘 드러내는 장점이 있다.
- ④ 분기론자는 이전의 계통진화학적 정보에 근거해 얻은 정보를 바탕으로 계통수를 작성한다.
- ⑤ 컴퓨터 과학의 발달로 대량의 자료를 이용한 계통수 작성법이 용이해지고 있다.

11. <표 1>의 ‘-’를 원시형질로, ‘+’를 파생형질로 가정하고 분기론자의 입장에서 분류군 A, B, C의 계통유연관계를 규명하고자 할 때, 고려해야 할 내용으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. 1, 4, 5번 형질은 분류군 A와 B를 묶어 주는 형질이다.
 ㄴ. 2번 형질은 분류군 B의 자가파생형질이다.
 ㄷ. 3번 형질은 분류군 B와 C를 묶어 주는 공유파생형질이다.
 ㄹ. 최선의 계통수 선택에는 최대 단순성 원리를 적용한다.

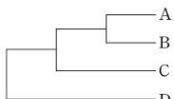
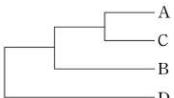
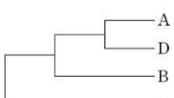
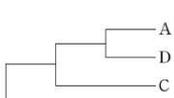
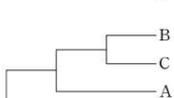
- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄹ ③ ㄷ, ㄹ
 ④ ㄱ, ㄴ, ㄹ ⑤ ㄴ, ㄷ, ㄹ

12. <보기>는 네 분류군 A~D의 8개 형질을 조사하여 표로 나타낸 것이다. 이 자료를 토대로 수리분류학자가 파악한 계통유연관계를 바르게 나타낸 것은?

<보 기>

| 분류군 \ 형질 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | - | - | + | - | - | + | - | - |
| B | + | + | + | - | + | + | + | - |
| C | - | - | + | + | - | - | - | + |
| D | - | - | - | - | - | - | - | - |

(- : 해당 형질 없음, + : 해당 형질 있음)

- ① 
- ② 
- ③ 
- ④ 
- ⑤ 

[24~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

조나단 스위프트의 『걸리버 여행기』에는 소인국과 거인국 사람들이 등장한다. 그들은 걸리버와 같은 인간의 형태를 지니고 있으며, 소인국 사람들은 걸리버보다 12배 작게, 거인국 사람들은 걸리버보다 12배 크게 묘사되어 있다. 물론 이와 같은 일은 소설 속에서나 가능한 일이다. 그렇다면 현실에서는 왜 불가능할까?

우선, 면적과 부피의 관계를 살펴볼 필요가 있다. 예를 들어, 각 변의 길이가 1m인 주사위의 표면적은 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 6(\text{개}) = 6\text{m}^2$, 부피는 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^3$ 이다. 변의 길이를 2배로 늘리면 표면적은 24m^2 , 부피는 8m^3 로 커진다. 즉 길이가 L배 길어지면 표면적은 L^2 , 부피는 L^3 에 비례하여 커지게 되는데, 이러한 법칙을 '면적-부피의 법칙'이라 한다. 이 법칙은 밀도가 일정하고 형태를 그대로 유지한 채 크기만 바뀌는 경우라면 물체가 어떤 형태이든 그대로 적용된다.

소인국 사람과 거인국 사람에게도 이 법칙을 적용할 수 있다. 걸리버의 키와 몸무게를 174cm, 68kg이라고 가정하여 이 법칙을 적용해 보면, 소인의 키는 걸리버의 $1/12$ 인 14.5cm이고, 거인의 키는 걸리버보다 12배 더 큰 약 21m이다. 물체의 밀도가 일정하다면 무게는 부피에 비례하기 때문에 소인은 걸리버의 $1/12^3$ 인 40g, 거인은 걸리버보다 12^3 배 더 무거운 117t 정도 @ 나가게 된다. 그런데 이렇게 되면 소인국 사람과 거인국 사람들은 정상적인 생활을 할 수 없게 된다는 문제가 발생한다.

인간과 같은 향온 동물은 체온을 일정하게 유지하기 위해서 몸에서 끊임없이 에너지를 생산하고 발산해야만 한다. 그런데 세포의 대사 활동을 통해 생산되는 열에너지는 몸의 부피에 비례하고, 적정 체온을 유지하기 위해 체외로 발산되는 열에너지는 몸의 표면적에 비례한다. '면적-부피의 법칙'을 적용하면 소인국 사람은 걸리버에 비해 부피는 $1/12^3$ 로, 표면적은 $1/12^2$ 로 줄어든다. 이는 에너지 생산량은 $1/12^3$ 이나 줄었는데 몸 밖으로 나가는 에너지의 양은 $1/12^2$ 밖에 줄지 않았다는 것을 의미한다. 생산되는 에너지의 양보다 발산되는 에너지의 양이 더 많아진 소인국 사람은 체온을 유지하는 것이 힘들어질 것이다.

거인국 사람도 심각한 상황에 처하게 된다. 동물은 근육의 힘으로 무게를 지탱하는데, 근육이 낼 수 있는 힘의 세기는 근육의 단면적에 비례한다. 만일 근육 모양을 그대로 유지한 채 몸의 길이가 2배가 된다면, '면적-부피의 법칙'에 따라 근육 단면적이 2^2 인 4배가 되어 힘의 세기도 4배로 커지게 된다. 거인국 사람은 걸리버보다 12배 더 크기 때문에 다리 힘의 세기는 12^2 배 늘어나지만 무게는 12^3 배 늘어난다. 이는 거인국 사람의 무게가 다리로 버틸 수 있는 힘의 세기보다 커진다는 것을 뜻한다. 결국 거인국 사람은 다리가 부러지거나 땅에 주저앉게 될 것이다.

크기는 형태를 결정하는 중요한 요인이다. 그뿐만 아니라 크기는 생명체의 생존 방식과도 연관이 깊다. 만약 ㉠ 『걸리버 여행기』의 등장인물들이 실제로 존재한다고 가정한다면, 소인국과 거인국 사람들은 결코 걸리버와 같은 인간의 형태와 생존 방식을 지니고 있지 못할 것이다.

24. 윗글에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

- ① 예시를 통해 독자의 이해를 돕고 있다.
- ② 다른 대상과의 비교를 통해 설명하고 있다.
- ③ 핵심 개념을 밝히면서 내용을 전개하고 있다.
- ④ 질문을 던짐으로써 독자의 관심을 유발하고 있다.
- ⑤ 전문가의 의견을 인용하여 현상의 원인을 분석하고 있다.

25. [A]를 바탕으로 다음의 빈칸에 들어갈 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

※ 과학 수행 과제: 베르그만의 법칙과 그 사례 조사하기

- 베르그만의 법칙: 체온을 일정하게 유지하는 향온 동물은 같은 종(種)일 경우 추운 곳에 살수록 일반적으로 몸의 크기가 크다.
- 사례: 추운 지역에 사는 흰꼬리사슴은 따뜻한 지역에 사는 흰꼬리사슴보다 크다.

※ 과제를 수행하면서 생긴 궁금증

- 왜 추운 지역에 사는 동물은 몸의 크기가 더 클까?

※ 문제 해결 과정

향온 동물의 열 발산은 몸의 표면에서 이루어진다.

↓

[빈칸]

↓

추운 지역에 사는 향온 동물은 크기가 클수록 유리하다.

- ① 몸의 크기가 커질수록 체온을 일정하게 유지해야 한다.
- ② 몸의 크기가 커질수록 부피에 대한 표면적의 비율은 커진다.
- ③ 몸의 크기가 커질수록 체외로 발산되는 열에너지의 양은 줄어든다.
- ④ 몸의 크기가 커질수록 생산되는 열에너지와 발산되는 열에너지의 양은 같아진다.
- ⑤ 몸의 크기가 커질수록 생산되는 열에너지에 대한 발산되는 열에너지의 비율은 작아진다.

26. 윗글을 읽고 ㉠에 대하여 추론한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 소인국 사람은 대사 활동을 줄일수록 생존에 유리하겠군.
- ② 거인국 사람은 근육이 낼 수 있는 힘의 세기가 작아지겠군.
- ③ 소인국 사람은 가늘어진 다리로 인해 땅에 주저앉게 되겠군.
- ④ 거인국 사람은 비정상적으로 다리가 굵어야 걸을 수 있겠군.
- ⑤ 소인국 사람은 근육의 단면적을 늘려야만 움직일 수 있겠군.

27. ㉔의 문맥적 의미와 가장 유사한 것은?

- ① 그녀의 반지는 값이 많이 나가 보인다.
- ② 차가 시동을 넣자 천천히 앞으로 나갔다.
- ③ 그는 이미 10년 넘게 한 직장을 나가고 있다.
- ④ 한번 든 독감이 겨우내 나가지 않아 고생을 했다.
- ⑤ 기사가 신문에 나가자 사회가 온통 들쭉날쭉했다.

[14~17] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

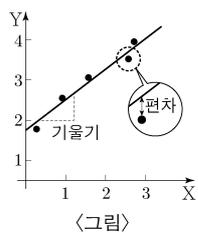
하루에 필요한 에너지의 양은 하루 동안의 총 열량 소모량인 대사량으로 구한다. 그중 기초 대사량은 생존에 필수적인 에너지로, 쾌적한 온도에서 편히 쉬는 동물이 공복 상태에서 생성하는 열량으로 정의된다. 이때 체내에서 생성한 열량은 일정한 체온에서 체외로 발산되는 열량과 같다. 기초 대사량은 개체에 따라 대사량의 60~75%를 차지하고, 근육량이 많을수록 증가한다.

기초 대사량은 직접법 또는 간접법으로 구한다. ㉠ **직접법**은 온도가 일정하게 유지되고 공기의 출입량을 알고 있는 호흡실에서 동물이 발산하는 열량을 열량계를 이용해 측정하는 방법이다. ㉡ **간접법**은 호흡 측정 장치를 이용해 동물의 산소 소비량과 이산화 탄소 배출량을 측정하고, 이를 기준으로 체내에서 생성된 열량을 추정하는 방법이다.

19세기의 초기 연구는 체외로 발산되는 열량이 체표 면적에 비례한다고 보았다. 즉 그 둘이 항상 일정한 비(比)를 갖는다는 것이다. 체표 면적은 (체중)^{0.67}에 비례하므로, 기초 대사량은 체중이 아닌 (체중)^{0.67}에 비례한다고 하였다. 어떤 변수의 증가율은 증가 후 값을 증가 전 값으로 나눈 값이므로, 체중이 W에서 2W로 커지면 체중의 증가율은 (2W)/(W) = 2이다. 이 경우에 기초 대사량의 증가율은 (2W)^{0.67} / (W)^{0.67} = 2^{0.67}, 즉 약 1.6이 된다.

1930년대에 클라이버는 생쥐부터 코끼리까지 다양한 크기의 동물의 기초 대사량 측정 결과를 분석했다. 그래프의 가로축 변수로 동물의 체중을, 세로축 변수로 기초 대사량을 두고, 각 동물별 체중과 기초 대사량의 순서쌍을 점으로 나타냈다.

가로축과 세로축 두 변수의 증가율이 서로 다를 경우, 그 둘의 증가율이 같을 때와 달리, '일반적인 그래프'에서 이 점들은 직선이 아닌 어떤 곡선의 주변에 분포한다. 그런데 순서쌍의 값에 상용로그를 취해 새로운 순서쌍을 만들어서 이를 <그림>과 같이 그래프에 표시하면, 어떤 직선의 주변에 점들이 분포하는 것으로 나타난다. 그러면 그 직선의 기울기를 이용해 두 변수의 증가율을 비교할 수 있다. <그림>에서 X와 Y는 각각 체중과 기초 대사량에 상용로그를 취한 값이다. 이런 방식으로 표현한 그래프를 'L-그래프'라 하자.



체중의 증가율에 비해, 기초 대사량의 증가율이 작다면 L-그래프에서 직선의 기울기는 1보다 작으며 기초 대사량의 증가율이 작을수록 기울기도 작아진다. 만약 체중의 증가율과 기초 대사량의 증가율이 같다면 L-그래프에서 직선의 기울기는 1이 된다.

이렇듯 L-그래프와 같은 방식으로 표현할 때, 생물의 어떤 형질이 체중 또는 몸 크기와 직선의 관계를 보이며 함께 증가하는 경우 그 형질은 '상대 성장'을 한다고 한다. 동일 종에서의 심장, 두뇌와 같은 신체 기관의 크기도 상대 성장을 따른다.

한편, 그래프에서 가로축과 세로축 두 변수의 관계를 대변하는 최적의 직선의 기울기와 절편은 최소 제공법으로 구할 수 있다. 우선, 그래프에 두 변수의 순서쌍을 나타낸 점들 사이를 지나는

임의의 직선을 그린다. 각 점에서 가로축에 수직 방향으로 직선까지의 거리인 편차의 절댓값을 구하고 이들을 각각 제곱하여 모두 합한 것이 '편차 제곱 합'이며, 편차 제곱 합이 가장 작은 직선을 구하는 것이 최소 제공법이다.

클라이버는 이런 방법에 근거하여 L-그래프에 나타난 최적의 직선의 기울기로 0.75를 얻었고, 이에 따라 동물의 (체중)^{0.75}에 기초 대사량이 비례한다고 결론지었다. 이것을 '클라이버의 법칙'이라 하며, (체중)^{0.75}을 대사 체중이라 부른다. 대사 체중은 치료제 허용량의 결정에도 이용되는데, 이때 그 양은 대사 체중에 비례하여 정한다. 이는 치료제 허용량이 체내 대사와 밀접한 관련이 있기 때문이다.

14. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ㉠ 클라이버의 법칙은 동물의 기초 대사량이 대사 체중에 비례한다고 본다.
- ㉡ 어떤 개체가 체중이 늘 때 다른 변화 없이 근육량이 늘면 기초 대사량이 증가한다.
- ㉢ 'L-그래프'에서 직선의 기울기는 가로축과 세로축 두 변수의 증가율의 차이와 동일하다.
- ㉣ 최소 제공법은 두 변수 간의 관계를 나타내는 최적의 직선의 기울기와 절편을 알게 해 준다.
- ㉤ 동물의 신체 기관인 심장과 두뇌의 크기는 몸무게나 몸의 크기에 상대 성장을 하며 발달한다.

15. 윗글을 읽고 추론한 내용으로 적절하지 않는 것은?

- ㉠ 일반적인 경우 기초 대사량은 하루에 소모되는 총 열량 중에 가장 큰 비중을 차지하겠군.
- ㉡ 클라이버의 결론에 따르면, 기초 대사량이 동물의 체표 면적에 비례한다고 볼 수 없겠군.
- ㉢ 19세기의 초기 연구자들은 체중의 증가율보다 기초 대사량의 증가율이 작다고 생각했겠군.
- ㉣ 코끼리에게 적용하는 치료제 허용량을 기준으로, 체중에 비해 생쥐에게 적용할 허용량을 정한 후 먹이면 과다 복용이 될 수 있겠군.
- ㉤ 클라이버의 법칙에 따르면, 동물의 체중이 증가함에 따라 함께 늘어나는 에너지의 필요량이 이전 초기 연구에서 생각했던 양보다 많겠군.

16. ㉠, ㉡에 대한 이해로 가장 적절한 것은?

- ㉠ ㉠은 체온을 환경 온도에 따라 조정하는 변은 동물이 체외로 발산하는 열량을 측정할 수 없다.
- ㉡ ㉡은 동물이 호흡에 이용한 산소의 양을 알 필요가 없다.
- ㉢ ㉠은 ㉡과 달리 격한 움직임이 제한된 편하게 쉬는 상태에서 기초 대사량을 구한다.
- ㉣ ㉠과 ㉡은 모두 일정한 체온에서 동물이 체외로 발산하는 열량을 구할 수 있다.
- ㉤ ㉠과 ㉡은 모두 생존에 필수적인 최소한의 에너지를 공급 하면서 기초 대사량을 구한다.

17. 윗글을 바탕으로 <보기>를 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

<보 기>

농계의 수컷은 집게발 하나가 매우 큰데, 큰 집게발의 길이는 게딱지의 폭에 '상대 성장'을 한다. 농계의 ㉠ 게딱지 폭을 이용해 ㉡ 큰 집게발의 길이를 추정하기 위해, 다양한 크기의 농계의 게딱지 폭과 큰 집게발의 길이를 측정하여 다수의 순서쌍을 확보했다. 그리고 'L-그래프'와 같은 방식으로, 그래프의 가로축과 세로축에 각각 게딱지 폭과 큰 집게발의 길이에 해당하는 값을 놓고 분석을 실시했다.

- ① 최적의 직선을 구한다고 할 때, 최적의 직선의 기울기가 1보다 작다면 ㉠에 ㉡가 비례한다고 할 수 없겠군.
- ② 최적의 직선을 구하여 ㉠과 ㉡의 증가율을 비교하려고 할 때, 점들이 최적의 직선으로부터 가로축에 수직 방향으로 멀리 떨어질수록 편차 제곱 합은 더 작겠군.
- ③ ㉠의 증가율보다 ㉡의 증가율이 크다면, 점들의 분포가 직선이 아닌 어떤 곡선의 주변에 분포하겠군.
- ④ ㉠의 증가율보다 ㉡의 증가율이 작다면, 점들 사이를 지나는 최적의 직선의 기울기는 1보다 크겠군.
- ⑤ ㉠의 증가율과 ㉡의 증가율이 같고 '일반적인 그래프'에서 순서쌍을 점으로 표시한다면, 점들은 직선이 아닌 어떤 곡선의 주변에 분포하겠군.

◆ 12년 7월 고3 40~43번

[40~43] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

발생(發生)이란 단세포의 수정란이 세포의 증식, 분화, 형태 형성을 거쳐 수십억 개의 세포로 이루어진 복잡한 개체가 되는 과정을 일컫는다. 다윈 시대부터 생물학자들은 진화와 발생이 밀접한 관련을 맺고 있음에 주목했다. 즉, 단순한 생명체가 세대를 거듭하며 점차 복잡한 생명체로 진화하는 것이 발생과 비슷하다고 생각한 것이다. 이러한 발생에서 출발한 진화발생생물학인 이보디보(EVO DEVO)는 공통의 조상 관계를 밝히기 위해 생물들의 발생 과정을 비교하여 발생 과정상의 진화에 대해 연구하는 학문이다.

이보디보는 발생 과정에서 생물의 부위 형성을 조절하는 ‘호메오 유전자’의 발견을 통해 학문적 지위를 획득할 수 있었다. 미국의 생물학자 루이스와 그의 동료들은 초파리의 호메오 유전자 연구 과정에서, 호메오 유전자들이 세포 내의 유전자 복제 과정을 정교하게 작동시키는 지휘통제소와 같은 역할을 담당한다는 사실을 알게 되었다.

초파리에서 호메오 유전자를 발견한 이후, 선충에서 코끼리까지 모든 동물에서 호메오 유전자의 존재가 확인되었다. 예를 들어 쥐에게서도 호메오 유전자가 발견되었는데, 초파리의 경우처럼 유전자들의 배열 순서가 그들이 영향을 미치는 신체 부위의 순서와 일치하였다. 이는 호메오 유전자의 유사성이 발생 순서, 복합체 조직을 이루는 방식에까지 똑같이 영향을 준다는 것을 의미한다. 즉, 계통적으로 아주 동떨어진 것처럼 보이는 중에서도 호메오 유전자가 매우 유사한 기능을 하게끔 보존되어 있다는 것이다.

한 예로, 눈의 발생과 관련된 유전자는 초파리에서는 아이리스 유전자이고, 쥐의 경우에는 스몰아이 유전자이다. 이들과 동등한 동물들의 눈을 형성하는 유전자를 팩스-6(Pax-6) 유전자라고 한다. 초파리와 같은 곤충의 눈은 겹눈이기 때문에 쥐와 같은 척추동물의 눈과는 구조와 재료, 그리고 작동 방식에서 엄청난 차이가 있다. 그런데 초파리의 아이리스 유전자를 생쥐에게, 생쥐의 스몰아이 유전자를 초파리에게 이식시켰을 때 두 경우 모두 유전자를 제공한 종이 아닌, 실험 대상 종에게 맞는 정상적인 눈이 발생한 것이다. 또한 초파리의 다리 발생 유전자 자리에 생쥐의 스몰아이 유전자를 이식했더니 초파리 다리에 초파리의 눈 조직이 발생한다는 사실도 확인하였다. 따라서 초파리와 쥐의 공통조상이 팩스-6과 같은 호메오 유전자를 사용했으며, 진화의 과정에서 이러한 유전자가 계속하여 재사용되고 보존되었음을 추

정할 수 있다.

이처럼 초파리의 호메오 유전자의 발견에서 출발한 이보디보는 정설로 여겨졌던 진화생물학의 논리에 대항하여 진화와 발생의 오케스트라를 유전자가 지휘하고 있음을 보여주었다. 즉 생명체의 중요한 발생 과정을 조절하는 유전자가 있으며, 이 유전자의 체계가 변하는 것이 바로 진화임을 역설하고 있는 것이다.

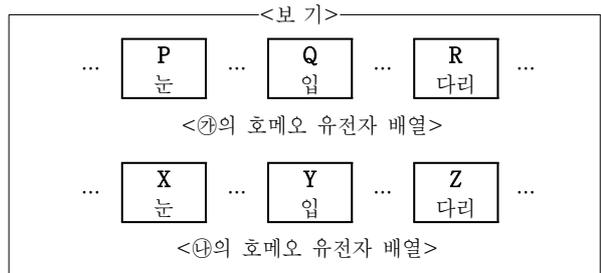
40. 위 글의 글쓰기 전략으로 적절하지 않은 것은?

- ① 개념을 정의하며 대상에 대해 설명하고 있다.
- ② 대상의 의미를 언급하며 글을 마무리하고 있다.
- ③ 구체적 사례를 제시하여 독자의 이해를 돕고 있다.
- ④ 통계 자료를 이용하여 글의 신뢰성을 높이고 있다.
- ⑤ 유사한 속성에 비유하여 대상의 역할을 드러내고 있다.

41. ㉠을 유추를 통해 설명하고자 할 때, 그 사례로 가장 적절한 것은?

- ① 다양하게 변주되는 재즈의 기본 선율
- ② 필요한 정보를 찾도록 도와주는 검색 사이트
- ③ 인간을 대신해 위험한 작업을 하는 탐사용 로봇
- ④ 고속도로에 진입하기 위해 통과해야 하는 톨게이트
- ⑤ 대용량의 정보를 빠르게 담을 수 있는 컴퓨터 하드디스크

42. <보기>는 ㉡, ㉢ 두 생물의 호메오 유전자 배열을 간단하게 도식화한 것이다. 위 글을 바탕으로 이해한 것으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① P와 X도 팩스-6 유전자로 볼 수 있겠군.
- ② Q를 Z에 이식하면 ㉢에는 다리에 입 조직이 발생하겠군.
- ③ Z를 R로 대체하면 ㉢의 다리 대신 ㉡의 다리가 발생하겠군.
- ④ ㉡와 ㉢의 공통 조상들도 팩스-6과 같은 호메오 유전자를 가지고 있었겠군.
- ⑤ Q와 R의 위치를 바꾼다면 ㉡는 ‘눈-다리-입’의 신체구조를 지닌 개체로 발생하겠군.

43. ㉡의 의미를 포함하고 있는 말로 볼 수 없는 것은? [1점]

- ① 학생들은 요즘 유행하는 음악을 들었다.
- ② 그들은 한때 돈벌이에만 관심을 가졌다.
- ③ 그는 잠시 어머니에 대한 기억을 떠올렸다.
- ④ 이번에 그녀에게 청혼하려고 마음을 먹었다.
- ⑤ 나는 문득 그가 보고 싶다는 느낌이 들었다.

◆ 10년 4월 고3 48~50번

[48 ~ 50] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

사람처럼 복잡한 생물도 하나의 수정란으로부터 시작된다. 생명체는 단순한 상태에서 복잡한 상태로 발전하며, 수정란에서 출발하여 세포의 증식, 분화, 형태 형성의 단계를 거친다. 이 과정을 ‘발생’이라 한다.

정자와 난자가 융합된 수정란의 형성 과정에서 난자는 모태가 된다. 난자는 ‘식물 반구’와 ‘동물 반구’로 이루어져 있다. 식물 반구는 양분 분자들이 농축된 난황이 있어 주로 저장의 역할을 하는 부분이며, 동물 반구는 세포의 소기관들이 많이 분포해 주로 대사 활동을 하는 부분이다. 그런데 양서류의 경우에는 식물 반구의 피질에는 색소가 없고, 동물 반구의 피질에는 색소가 많으며, 내부 세포질에는 색소가 적게 분포되어 있어 수정란의 발생 과정을 쉽게 관찰할 수 있다. 정자가 동물 반구로 진입해 융합되면, 색소들이 정자 진입지점 주변으로 모여 검은 점을 이룬다. 이 때, 동물 반구의 피질이 진입지점 방향으로 약 30°정도 회전하는 현상이 일어난다. 그러나 수정란 안쪽의 세포질은 피질과 함께 회전하지 않기 때문에 정자 진입지점 반대쪽에 있는 동물 반구 경계 부위의 세포질 부위가 노출된다. 이 부분이 회색의 초승달 모양처럼 보인다. 그래서 이 부분을 ㉠ ‘회색신월환’이라고 한다.

1920년대 독일의 생물학자 슈페만은 도롱뇽의 알을 가지고 발생을 연구하였다. 그는 수정란 하나는 회색신월환이 양쪽으로 나뉘도록 묶고, 다른 하나는 이것이 한쪽에만 있도록 묶었다. 그 결과 회색신월환이 둘로 나뉘어 포함된 수정란의 경우는 발생의 단계가 각각 진행되어 두 세포 모두가 정상적인 발생 과정을 보여주었으나, 나머지 회색신월환이 없이 묶인 것은 정상적인 발생 과정을 보여주지 못했다. 이 실험 결과는 회색신월환에 정상적인 발생에 결정적인 역할을 하는 요소가 있다는 것을 보여준다.

세포질이 재배열하면서 만들어진 회색신월환에는 포배기의 다음 단계가 시작하도록 세포 이동을 지시하는 요소가 있다. 이 회색신월환의 요소가 세포들에 이동 신호를 보내면 내배엽, 외배엽, 중배엽의 배엽층이 만들어지는 발생의 과정을 거친다. 이런 과정을 거쳐 내배엽은 소화기와 호흡기 등이 되고, 외배엽은 신경계와 피부 등이 된다. 또 중배엽은 혈관이나 뼈 등의 신체기관이 된다. 회색신월환은 단세포인 수정란이 일련의 과정을 거쳐 신체기관의 조직으로 분화하는 계기를 만든다고 할 수 있다.

* 포배기 : 수정란이 세포분열한 후 표면에 층을 만들어 배열하고 가운데 부분에 빈 공간이 만들어지는 시기

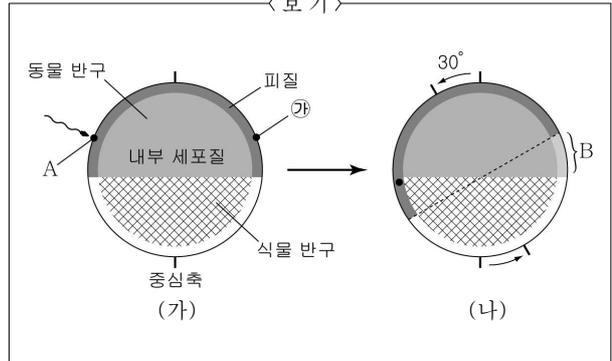
48. 위 글로 미루어 답을 알 수 있는 질문만을 <보기>에서 골라 바르게 묶은 것은?

< 보 기 >

- ㄱ. 식물 반구와 동물 반구의 차이는 어떤 것인가?
- ㄴ. 각 배엽층의 세포는 어떤 기관으로 분화되는가?
- ㄷ. 세포분열 과정에서 난황은 어떤 작용을 하는가?
- ㄹ. 양서류의 난자에 색소가 존재하는 이유는 무엇인가?

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

49. <보기>는 ㉠이 형성되는 과정을 도식화한 것이다. 위 글을 토대로 이해한 내용이 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① 정자 진입지점이 A에서 ㉠로 바뀌면, 난자 피질의 회전 방향도 ㉠ 쪽으로 바뀐 것이다.
- ② A는 동물 반구의 피질 부분으로 배엽층을 형성하게 하는 신호를 보내는 곳이다.
- ③ B는 (가)의 수정 단계 이후 회색신월환이 형성된 부분이다.
- ④ B는 피질이 회전하여 동물 반구의 세포질 색소가 노출된 부분이다.
- ⑤ (가)에서 (나)로 진행되는 동안 식물 반구와 동물 반구 피질의 색소 분포가 변화한다.

50. [A] 실험을 통해 확인할 수 있는 의문으로 적절한 것은?

- ① 정상적인 발생을 하지 못하게 방해하는 물질은 무엇인가?
- ② 세포 소기관의 대사 활동이 이루어지는 부위는 어느 곳인가?
- ③ 발생에 필요한 세포질 요소가 수정란의 어느 부위에 분포하는가?
- ④ 정상적인 수정란에서 동물반구와 식물반구의 역할의 차이점은 무엇인가?
- ⑤ 수정란이 외배엽, 내배엽, 중배엽의 세포층을 형성하는 시기는 언제인가?

◆ 06 MDEET 언어추론 35~37번

[35~37] 다음을 읽고 물음에 답하십시오.

19세기에 이르기까지 개체의 발생을 설명하던 주된 이론은 전성설이었다. 이에 따르면 모든 개체의 정자 또는 난자에는 성체의 구조가 이미 형성된 축소판이 존재하며, 이 축소판이 확장되면서 성체로 성장한다는 것이다. 그러나 이와 달리 볼프는 수정란이 개체로 발생하는 과정에서 비로소 각 기관이 만들어지기 시작한다는 개체 발생의 후성설을 새로이 부각시켰다. 나아가 그는 성체로 성장하는 과정에서 결정적인 역할을 하는 특별한 물질과 그것이 작동하는 어떤 메커니즘이 수정란에 들어 있을 것이라고 예측했다.

그 뒤 루와 드리쉬는 수정란과 할구의 발생 능력에 대한 실험적 연구를 통해 볼프의 예측을 증명했다. 루는 각각의 할구들이 특이한 구성을 가진 인자를 물려받아 스스로 분화한다는 가설을 세우고, 뜨겁게 달군 침을 이용하여 개구리의 2-세포기 배아에서 한쪽 할구를 죽인 후 그것을 분리하지 않은 채로 배양했을 때, 살아 있는 할구가 반쪽 신경과 반쪽 귀만을 가진 배아로 발생하는 실험 결과를 통해 이를 증명했다. 이에 비해 드리쉬는 성체의 초기 배아인 2-세포기, 4-세포기, 8-세포기 배아의 할구를 분리한 후 이를 배양했을 때, 각 단계의 할구가 모두 온전한 개체로 발생하는 실험 결과를 통해 할구의 운명이 미리 결정되는 것이 아니라 발생이 진행되는 과정에서 결정되는 것임을 증명했다.

한편 수정에 대한 자세한 관찰도 이루어졌다. 그 결과, 정자의 핵과 난자의 핵이 합쳐져 새로운 하나의 핵이 만들어질 때 부모로부터 물려받은 물질들이 결합하여 수정란이 된다는 것과, 핵 속에 들어 있는 이 물질의 실체가 유전 정보를 가지고 있는 염색체라는 사실도 밝혀졌다. 또한 이 염색체는 수정란이 만들어지는 과정이나 할구가 발생하는 과정에서도 변하지 않고 전달된다는 사실도 알려졌다. 이로써 유전자의 세대 전달과 개체 발생 과정에 대한 이해를 바탕으로 생명의 연속성 문제를 해명할 수 있게 되었다.

개체 발생 과정에 대한 이해가 점점 깊어지면서 수정란과 초기 할구의 전발생(全發生) 능력이 언제까지 지속될 수 있는지에 대한 새로운 관심이 모아졌다. 이에 따라 개체가 성장한 이후에도 여전히 전발생 능력이 보존되는가 하는 의문이 짝트게 되었고, 나아가 하등 동물과 고등 동물의 재생 능력 차이에도 주목하게 되었다.

하등 동물과 고등 동물은 수정 이후 지속적인 세포 분열을 통해 개체로 성장하며, 일정한 크기가 되면 더 이상 자라지 않는다는 점에서는 같다. 하지만 그들의 재생 능력은 다르다. 해면의 체세포가 다시 완전한 성체로 자라는 것에서도 확인되듯이, 하등 동물은 성체가 된 후에도 수정란의 발생 능력을 잃지 않지만 토끼나 사람과 같은 고등 동물에서는 이러한 재생 현상이 극히 제한적으로 일어난다. 이런 차이는 유전자 발현 조절 능력이 계통에 따라 다르기 때문인 것으로 밝혀졌다.

동물의 재생 능력이 지속되는 것은, 분화된 성체의 체세포가 수정란과 같은 종 특유의 온전한 염색체를 가지고 있고 각 조직에서 그 특성을 결정하는 유전자들이 발현하기 때문에 가능한 일이다. 그런데 고등 동물은 유전자 발현 조절의 메커니즘이 하등 동물에 비해 훨씬 복잡하기 때문에 재생이 상대적으로 크게 제한될 수밖에 없다. 그러므로 고등 동물에서 유전자 발현 능력을 제

어하는 구체적 메커니즘을 파악하여 이를 조절할 수만 있다면, 고등 동물의 체세포 역시 하등 동물과 같은 발생 능력을 갖게 할 수 있을 것이다. 그러나 인간을 포함하여 고등 동물의 체세포 유전자 발현 제한 요소를 직접 조절하는 방법은 아직까지 개발되지 않았다. 다만 사람의 체세포 핵을 난자의 핵과 치환한 후, 그것을 발생시켜 배아 줄기 세포를 얻어 내는 성과가 있었을 뿐이다.

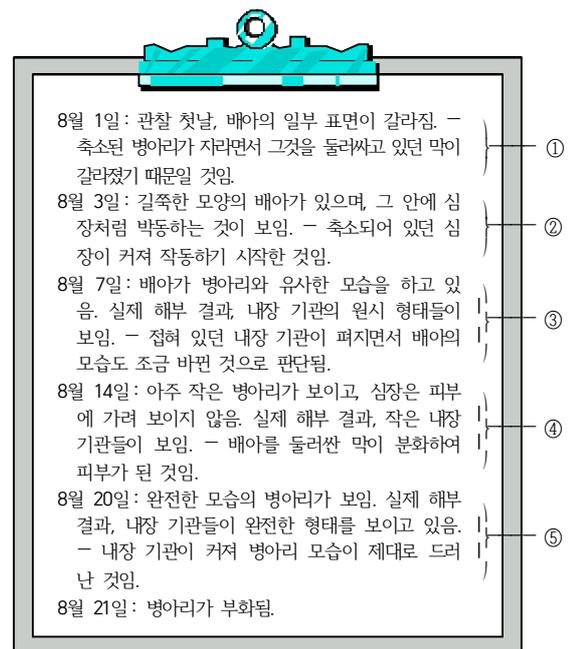
35. 위 글에서 답을 발견하기 어려운 질문은?

- ① 발생과 재생은 어떤 관계인가?
- ② 개체 발생은 어떻게 이루어지는가?
- ③ 유전자의 발현은 어떻게 조절되는가?
- ④ 고등 동물의 재생 능력은 하등 동물보다 왜 제한적인가?
- ⑤ 생물체의 고유한 특성은 다음 세대로 어떻게 전달되는가?

36. 위 글에서 추론한 것으로 잘못된 것은?

- ① 드리쉬가 루의 실험 방식을 적용하여 성체의 2-세포기 수정란의 한쪽을 죽이고 분리하지 않은 채로 배양했다면 루와 같은 결과를 얻었을 것이다.
- ② 전성설 지지자들이 루의 실험을 알았다면, 그들은 발생하지 않은 나머지 한쪽 귀는 죽은 할구 쪽에 있다고 생각했을 것이다.
- ③ 볼프가 제기하였던 ‘특별한 물질’은 유전자이며, ‘어떤 메커니즘’은 유전자들의 발현을 조절하는 메커니즘일 것이다.
- ④ 루와 드리쉬의 실험 결과가 다르게 나타난 것은 실험 대상 동물의 계통이 달랐기 때문이었을 것이다.
- ⑤ 루는 할구의 운명이 수정 이후 결정된다고 생각했기 때문에 후성설 지지자로 볼 수 있을 것이다.

37. 다음은 병아리의 발생 과정을 관찰 기록한 일지이다. 전성설의 가설에 부합하는 것으로 보기 어려운 항목은?



- 8월 1일: 관찰 첫날, 배아의 일부 표면이 갈라짐. — 축소된 병아리가 자라면서 그것을 둘러싸고 있던 막이 갈라졌기 때문일 것임. ①
- 8월 3일: 길쭉한 모양의 배아가 있으며, 그 안에 심장처럼 박동하는 것이 보임. — 축소되어 있던 심장이 커져 작동하기 시작한 것임. ②
- 8월 7일: 배아가 병아리와 유사한 모습을 하고 있음. 실제 해부 결과, 내장 기관의 원시 형태들이 보임. — 접혀 있던 내장 기관이 펴지면서 배아의 모습도 조금 바뀐 것으로 판단됨. ③
- 8월 14일: 아주 작은 병아리가 보이고, 심장은 피부에 가려 보이지 않음. 실제 해부 결과, 작은 내장 기관들이 보임. — 배아를 둘러싼 막이 분화하여 피부가 된 것임. ④
- 8월 20일: 완전한 모습의 병아리가 보임. 실제 해부 결과, 내장 기관들이 완전한 형태를 보이고 있음. — 내장 기관이 커져 병아리 모습이 제대로 드러난 것임. ⑤
- 8월 21일: 병아리가 부화됨.

◆ 11년 3월 고3 47~50번

[47 ~ 50] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

기존의 분자 생물학은 구성 요소를 하나하나 분해하여 개별적인 기능을 알아내는 ㉠ 환원주의적 방식을 통해 발전해 왔다. 그러나 유기체는 수많은 유전자와 단백질, 다수의 화합물들이 복잡한 반응을 통해 끊임없이 상호 작용하고 있기 때문에 환원주의적 접근만으로 생명 현상의 전모를 이해하는 데에는 한계가 있다. 이러한 문제의식 속에서 대안으로 등장하게 된 것이 시스템 생물학이다.

시스템 생물학은 최근 들어 박테리아에서 인간에 이르는 거의 모든 생물체에 대한 ㉡ 생물학적 데이터가 대량으로 축적됨에 따라 주목을 받고 있다. 시스템 생물학자들은 축적된 생물학적 데이터를 바탕으로 특정 생명 현상과 관련된 구성 요소들을 파악하고, 그 구성 요소들 간에 그리고 그 구성 요소들을 포괄하는 시스템 내에 어떠한 상호 작용이 이루어지고 있는지 분석함으로써 고도의 복잡성을 지닌 생명 현상에 대해 설명하고자 한다. 그 방법 가운데 하나가 컴퓨터를 사용하여 생명체와 동일한 원리로 작동하는 프로그램을 만든 후, 그 ㉢ 메커니즘을 분석하는 것이다.

가상 심장을 최초로 개발한 데니스 노블은 이러한 방법으로 심장이 박동하는 현상 속에 작동하는 ㉣ 심장 근육 세포의 피드백 효과를 설명하였다. 지금까지 심장의 박동은 세포 내의 단백질 채널을 통해 이온의 흐름이 생기면, 그것이 심장의 근육 세포에 전압 변화를 가져옴으로써 발생된다고 설명되어 왔다.

노블은 심장 박동이 이러한 단일의 인과 관계에 의해 나타나는 것이 아니라, 단백질 채널이라는 구성 요소와 그것의 상부 구조라 할 수 있는 근육 세포 간의 상호 작용에 의한 것이라고 보았다. 이를 입증하기 위해 살아 있는 심장을 컴퓨터로 모델화한 후, 다른 조건들은 그대로 둔 채 피드백 효과와 관련된 것만을 수행하지 않도록 만든 실험을 진행하였다. 그리고 이 과정에서 근육 세포의 전압 변화와 단백질 채널인 칼슘 채널, 칼슘 채널, 그리고 혼합 이온 채널의 변화를 살펴보았다.

먼저 처음 1초 동안에는 세포 전압의 진동과 이에 대응되는 단백질 채널의 진동이 네 차례 있었다. 네 차례의 진동 후 세포 전압을 일정하게 유지시켜 세포 전압에서 단백질 채널로의 피드백을 정지시켰다. 단백질 채널의 진동 중에 한 개라도 세포 전압의 진동을 만들어 낼 수 있다면, 단백질 채널은 원래의 진동을 계속할 것이며, 그에 따라 세포 전압의 진동이 발생하게 될 것이다. 하지만 실험해 본 결과 단백질 채널의 진동이

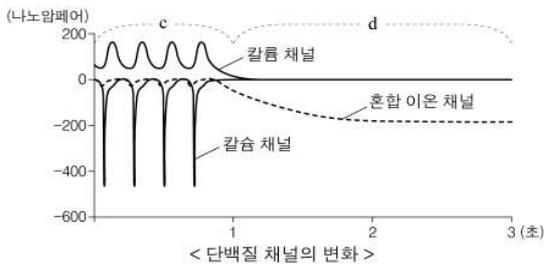
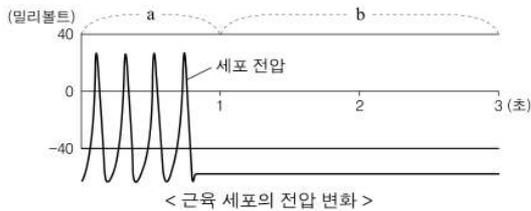
멈추었고, 각 경우의 활동 수준을 보여주는 선(線)들이 편평해졌다. 이러한 결과는 ㉔ 단백질 채널의 작동만으로 심장의 박동이 설명될 수 없으며, 심장의 근육 세포에서 단백질 채널로의 피드백이 심장의 박동을 발생시키는 데 필수적이라는 사실을 증명하는 것이다.

이 실험은 생명 현상이 유전자나 단백질에서부터 세포 소기관이나 세포로 향하는 위 방향으로의 인과 관계로만 발생하는 것이 아니며, 이와 반대되는 ㉕ 아래 방향으로의 인과 관계도 생명 현상에 중요하게 작용하고 있음을 말해 준다. 노블은 이러한 실험을 바탕으로 하여, 유전자를 중심으로 한 환원주의적 방식에서 벗어나 유기체 내의 다양한 생명 현상에 대해 전체적이고 통합적인 관점으로 접근할 필요가 있다고 주장하였다.

47. 위 글을 통해 알 수 없는 것은?

- ① 시스템 생물학이 출현하게 된 배경
- ② 기존 분자 생물학의 주된 연구 방식
- ③ 시스템 생물학자들의 다양한 연구 성과
- ④ 심장 박동 현상에 대한 노블의 실험 과정
- ⑤ 생명 현상의 인과 관계에 대한 노블의 주장

48. 다음은 위에 소개된 실험과 관련된 자료이다. 이 자료에 대한 해석으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① a의 진동이 b의 편평해진 선으로 바뀐 것은, 실험자의 인위적 조작에 의한 것이다.
- ② a와 c의 진동이 네 차례 지속되는 것은, 심장의 박동이 정상적으로 이루어지고 있음을 보여준다.
- ③ c의 진동이 d의 편평해진 선으로 바뀐 것은, 세포 전압에서 단백질 채널로의 피드백이 정지되었기 때문이다.
- ④ 칼슘 채널의 진동이 세포 전압의 진동을 만들어 낼 수 있다면, b와 d의 편평해진 선에 변화가 생길 것이다.
- ⑤ b와 d의 편평해진 선은, 일정 시간이 지나면 단백질 채널의 영향에 의해 세포 전압의 진동이 발생할 것임을 보여준다.

49. ㉔ ~ ㉕ 중, ㉕과 가장 관계가 깊은 것은?

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e

50. <보기>에 대해 '노블'이 평가했을 내용으로 가장 적절한 것은?

< 보 기 >

오늘날 유전자는 외부로부터 차단된 '로봇' 속에 안전하게 거대한 집단으로 떼를 지어 살면서, '원격 조정기'를 통해 그것을 조작하고 있다. 그것들은 당신 안에도 그리고 내 안에도 있다. 그것들의 유지야말로 우리가 존재하는 궁극적인 이유이다. 유기체인 우리는 유전자들의 '생존 기계'일 뿐이다.

- ① 환원주의적 사고방식에서 벗어나 유기체의 존재 이유를 밝히고 있다는 점을 높이 평가할 수 있다.
- ② 유전자 중심의 생각을 가지고 유기체의 생명 현상을 이해하려 한다는 한계가 보인다.
- ③ 시스템 생물학의 관점에서 유전자와 유기체의 관계를 적절하게 설명하고 있다.
- ④ 유전자와 유기체 사이의 상호 작용을 지나치게 강조하고 있다.
- ⑤ 유기체의 생명 현상과 관련된 유전자의 기능을 간과하고 있다.