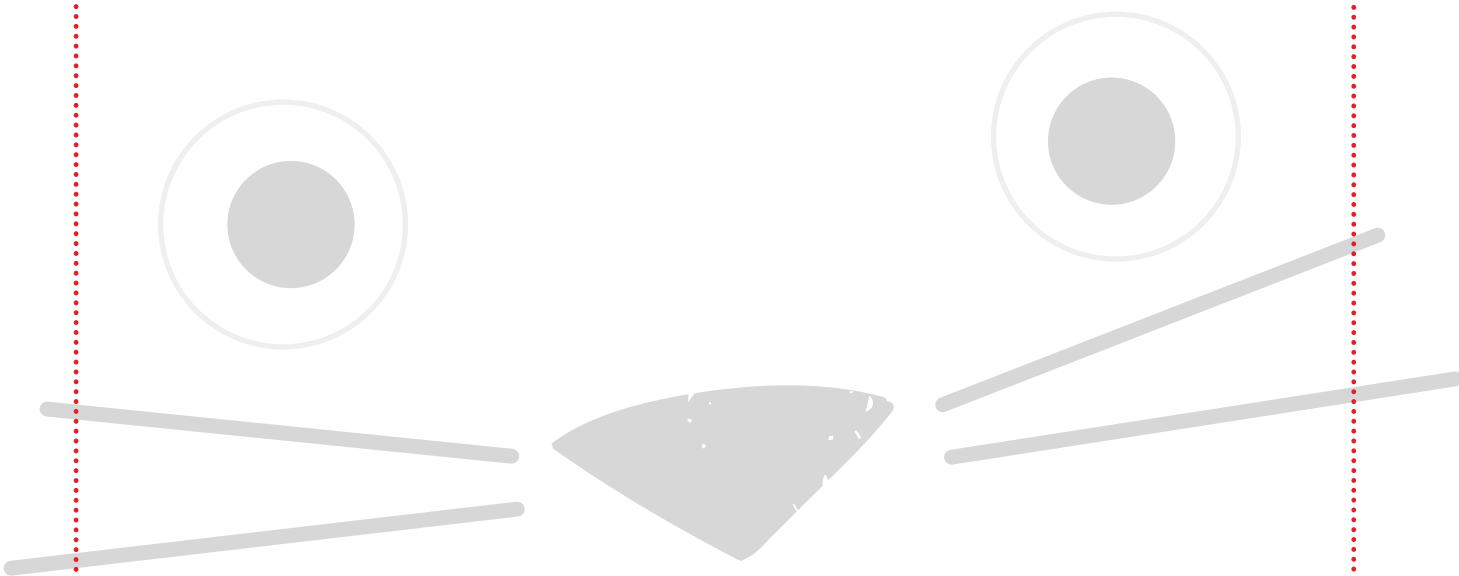
개념 학습과 정리가 한번에 끝나는 기본서

개념풀

생명과학 Ⅱ

의구심이 남지 않는 완벽한

정답과 해설



1 »» 생명 과학의 역사

01 생명 과학의 발달 과정과 연구 방법

개념POOL 012쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ○
02 (1) 연역 (2) 연역 (3) 연역 (4) 귀납

01 (1) 파스퇴르는 생물 속생설을 증명하였다.
(3) 로렌츠와 구달은 귀납적 탐구 방법을 사용하여 각각 동물 행동과 침팬지에 대한 연구를 수행하였다.

02 (1), (2), (3) 파스퇴르의 백신 연구, 란트슈타이너의 혈액형 연구, 밴팅의 인슐린 연구는 모두 자연 현상을 관찰하여 생긴 의문점을 해결하기 위해 가설을 세우고, 이를 실험을 통해 검증하는 연역적 탐구 방법을 사용한 연구이다.
(4) 로렌츠의 동물 행동 연구는 자연 현상에 대한 관찰을 통해 수집한 자료를 종합하고 분석하여 일반적인 원리나 법칙을 도출하는 귀납적 탐구 방법을 사용한 연구이다.

콕콕! 개념 확인하기 013쪽

✔ 잠깐 확인!
1 세포 **2** 하비 **3** 자연 선택 **4** 유전자설 **5** 유전부호 **6** PCR **7** 자기 방사법

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **02** (1) 니런버그 (2) 플레밍 (3) 코흐 (4) 슈반 **03** (가)-(다)-(나) **04** (1)-ⓔ (2)-ⓓ (3)-㉡ (4)-㉢ (5)-㉠ **05** 생물 정보학

01 (3) 린네는 생물 분류 체계를 확립하였다. 용불용설로 진화를 설명한 과학자는 라마르크이다.
(4) DNA의 입체 구조를 밝힌 것은 왓슨과 크릭의 업적이고, 생어는 DNA 염기 서열 분석 방법을 고안하였다.

03 멘델의 유전 원리 발견(1865) 이후 모건이 유전자가 염색체의 일정 위치에 있다는 유전자설을 발표(1926)하였고, 에이버리가 폐렴 쌍구균의 형질 전환 실험으로 DNA가 유전 물질임을 증명(1944)하였다.

05 생명 과학 분야 중 생물 정보학은 생명 공학 연구에서 얻은 대량의 데이터를 컴퓨터 프로그램을 통해 분석하고 해석하는 분야이다.

탄탄! 내신 다지기 014쪽~015쪽

01 생명 과학 **02** ⑤ **03** ③ **04** ⑤ **05** ③ **06** ④ **07** ㉠ 니런버그, ㉡ RNA **08** 오감을 이용한 관찰 **09** ③ **10** ① **11** 돌연변이 **12** ⑤ **13** (1) 귀납적 탐구 (2) 연역적 탐구 **14** ②

01 생명 과학의 연구 대상은 생물체이며, 생물체를 관찰하거나 또는 실험을 통하여 생물체의 구조와 기능을 연구하고 궁극적으로는 생명 현상을 확인하기 위한 학문이다.

02 | 선택지 분석 |
㉠ 인간 생활과 밀접한 생물에 대한 관심에서 시작되었다.
➡ 생명 과학이 탄생할 무렵에 인류는 자신의 생활과 밀접한 가축 같은 생물에 대해 관심을 갖고 있었다.
㉡ 빵과 술 제조에 미생물을 이용하였다.
➡ 빵이나 술 제조에 미생물을 사용하였고 품종 개량도 할 수 있었다.
㉢ 아리스토텔레스는 생물을 관찰하고 분류하였다.
➡ 아리스토텔레스는 생물을 직접 관찰하고 분류하기도 하였다.

03 ③ 결핵균과 콜레라균을 발견한 사람은 코흐이고, 플레밍은 푸른곰팡이에서 항생 물질인 페니실린을 발견하였다.

04 | 선택지 분석 |
✗ 현미경 발명 ~~전에~~ 후에 세포를 관찰하였다.
➡ 현미경을 발명한 후에 세포를 관찰하였다.
㉡ 슐라이덴과 슈반은 세포설을 주장하였다.
➡ 슐라이덴은 식물 세포를, 슈반은 동물 세포를 관찰하고 세포설을 주장하였다.
㉢ 코흐는 감염병의 원인을 규명하였다.
➡ 코흐는 감염병의 원인을 규명하고, 결핵균과 콜레라균을 발견하였다.

05 | 선택지 분석 |
㉠ 베살리우스는 해부학의 발달에 영향을 주었다.
➡ 베살리우스는 인체 해부를 통해 해부학의 발달에 영향을 주었다.
㉡ 하비는 혈액이 순환한다는 것을 발견하였다.
➡ 하비는 심장에 의해 혈액이 순환한다는 것을 발견하였다.
✗ 호지킨과 헉슬리는 ~~호르몬 작용의 원리~~ 신경 흥분 전도 기작를 발견하였다.
➡ 호지킨과 헉슬리는 신경 흥분 전도 기작을 규명하였다. 호르몬 작용의 원리는 서덜랜드가 밝혀냈다.

06 (라) 완두 교배 실험으로 유전의 기본 원리를 밝힌 것은 멘델이며, 유전학의 시작이었다. (나) 모건은 초파리 교배를 통해 유전자가 염색체의 일정 위치에 존재한다는 유전자설을 제시하였다. (가) 왓슨과 크릭은 DNA의 입체 구조를 밝혔고, (다) 멀리스가 PCR 기술을 개발하였다.

07 니런버그와 마테이는 한 종류의 염기가 반복되는 RNA를 합성하고, 이 RNA로부터 생성되는 단백질의 아미노산을 분석하여 최초로 유전부호를 해독하였다.

08 베살리우스는 인체를 해부하면서 시각이나 촉각 같은 오감을 사용하여 해부 결과를 그림으로 나타내었다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ 훅은 광학 현미경으로 코르크를 관찰하면서 세포 구조를 관찰하였다.
➡ 훅은 자신이 직접 만든 현미경을 사용하여 코르크를 관찰하던 중에 작은 방 같은 구조를 관찰하고 세포라고 이름을 붙였다.

㉡ 세포 소기관의 구조는 전자 현미경으로 관찰할 수 있다.
➡ 전자 현미경은 해상도가 높아 세포 소기관과 같은 작은 구조도 볼 수 있다.

✕ 전자 현미경으로 바이러스는 관찰할 수 ~~없다~~ 있다.
➡ 전자 현미경으로 바이러스를 관찰할 수 있다.

10 자기 방사법은 방사성 동위 원소를 사용하여 연구하는 방법이다. 방사성 동위 원소를 특정 물질에 표지하면 그 물질의 위치를 파악할 수 있고, 이를 이용해 캘빈은 광합성 산물의 합성 경로를 파악할 수 있었다. 또한, 박테리오파지와 대장균을 이용하여 DNA가 유전 물질임을 밝히는 데도 사용하였다. 그러나 세포 소기관의 기능은 파악할 수 없다.

11 모건은 초파리에 돌연변이를 일으켜 교배한 결과를 해석하여 유전자설을 증명하였고, 비들은 붉은빵곰팡이의 영양 요구성 돌연변이를 이용한 실험을 통해 1유전자 1효소설을 주장하였다.

12 | 선택지 분석 |

㉠ 동물에서 발생하는 전기 현상을 측정하는 기술을 이용해 신경 전도 원리를 발견하였다.
➡ 신경 전도는 생물체 내에서 발생하는 미세한 전기적인 현상을 측정하는 기술을 사용하여 알게 되었다.

㉡ DNA 증폭 기술과 DNA 염기 서열 분석기를 사용하여 생물의 유전체 해독을 하고 있다.
➡ 생물의 유전체 해독에는 많은 양의 DNA가 필요하고, 그 DNA의 염기 서열을 분석해야 가능하다.

㉢ 생명 과학과 컴퓨터 과학, 통계학이 연계되어 생물 정보학이 탄생하였다.
➡ 생물 정보학은 생명 과학에서 컴퓨터를 사용하여 얻는 많은 양의 데이터를 통계학의 도움으로 분석하는 학문이다.

13 (1) 로렌츠의 동물 행동 연구는 동물의 행동을 관찰하고 그 결과를 종합한 것이므로 귀납적 탐구에 해당한다.
(2) 파스퇴르가 닭 콜레라균에 대한 백신을 연구할 때, 가설을 설정하고 그 가설을 증명하는 방법을 사용하였으므로 연역적 탐구에 해당한다.

14 | 선택지 분석 |

✕ 구달의 침팬지 연구는 ~~연역적~~ 귀납적 탐구이다.
➡ 구달의 침팬지 연구는 관찰한 사실을 종합한 것이므로 귀납적 탐구 방법이다.

㉡ 연역적 탐구에는 가설을 세우는 과정이 포함된다.
➡ 연역적 탐구에서 관찰한 사실로부터 가지는 의문을 해결하기 위해 가설을 설정하는 과정이 귀납적 탐구와 가장 큰 차이점이다.

✕ 플레밍이 페니실린을 발견한 연구는 ~~귀납적~~ 연역적 탐구이다.
➡ 플레밍이 페니실린을 발견한 연구는 가설을 설정하고 수행한 연구이므로 연역적 탐구에 해당한다.

도전! 실력 올리기

016쪽~017쪽

01 ① **02** ① **03** ② **04** ① **05** ② **06** ④ **07** ③

08 신경 전도 원리

09 | 모범 답안 | 현미경의 개발로 세포와 미생물을 관찰할 수 있게 되었으며, 생명 과학 지식이 크게 증가하는 데 기여하였다.

10 | 모범 답안 | 초파리의 교배 결과를 종합, 분석하여 결론을 내린 것은 귀납적 탐구 방법에 해당한다. 한편, 이를 증명하기 위해 가설을 세우고 실험을 수행한 것은 연역적 탐구에 해당한다. 즉, 귀납적 탐구와 연역적 탐구가 함께 수행되었다.

01 ① 세포를 처음 명명한 사람은 로버트 훅이다. 훅은 자신이 만든 현미경으로 코르크를 관찰하던 중 작은 방 같은 구조가 있는 것을 보고 세포라고 명명하였다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 아리스토텔레스는 생물을 관찰 및 분류하였다.
➡ 아리스토텔레스는 여러 가지 생물을 관찰하고 분류하였다.

✕ 다윈은 ~~용불용설~~ 자연 선택설로 생물의 진화를 설명하였다.
➡ 다윈은 자연 선택설로 생물의 진화를 설명하였다.

✕ ~~20세기가 지나서~~ 18세기 체계적인 생물 분류가 시작되었다.
➡ 체계적인 생물 분류는 린네에 의해 실시되었고, 이는 18세기이다.

03 ㉠ 세포라는 용어를 처음 사용한 사람은 훅이고, ㉡ 미생물을 처음 관찰한 사람은 레이우엔훅이다. ㉢ 슐라이덴과 슈반은 동·식물을 관찰한 후 생물체는 세포로 되어 있다는 세포설을 주장하였다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 린네에 의해 체계화되었다.
➡ 동·식물 분류는 린네에 의해서 체계화되었다.

✕ (나)는 ~~멘델~~ 다윈이 주장한 것이다.
➡ 자연 선택설은 다윈이 주장하였다.

✕ 진화 이론의 통합에는 용불용설과 자연 선택설이 함께 포함되었다.
➡ 진화 이론의 통합에는 자연 선택설은 포함되었지만 용불용설은 포함되지 않았다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 이 실험은 멀리스에 의해 수행되었다.
➡ (나)는 그리피스, (다)는 에이버리에 의해 실시되었다.

ㄴ R형 균을 S형 균으로 바꾼 것은 DNA이다.
➡ (나)에서는 R형 균의 형질을 S형 균이 변화시키는 것을 알 수 있고, (다)에서는 (나)의 물질이 DNA임을 확인할 수 있다.

✗ S형 균의 유전 물질은 열처리로 ~~파괴된다~~. 파괴되지 않는다.
➡ S형 균의 유전 물질이 열에 의해 파괴된다면 (나)에서 살아 있는 S형 균이 발견될 수 없다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 이 생명 과학자는 ~~플레밍~~이다. 파스퇴르
➡ 백조목 플라스크 실험은 파스퇴르가 실시한 실험이다.

ㄴ (가)는 자연 발생설을 부정한 실험이다.
➡ 이 실험은 생물 속생설을 지지하는 결정적인 실험으로 생물의 자연 발생설을 부정한 실험이다.

ㄷ (나) 실험은 연역적 탐구를 실행한 것이다.
➡ (나) 실험은 독성을 약화시킨 콜레라균을 닭에게 주입하면, 닭에 독성이 강한 콜레라균이 침입해도 살아남을 것이라는 가설을 설정하고 이를 증명한 실험이다.

07 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 ~~광학~~ 전자 현미경을 이용한 결과이다.
➡ 세포 소기관 발견과 바이러스 관찰은 전자 현미경을 이용한 것이다.

✗ (나) 실험에는 ~~전기적 현상을 측정하는 기술~~을 사용하였다. 돌연변이
➡ 붉은빵곰팡이를 이용한 실험은 돌연변이를 이용한 실험이다.

ㄷ (다)에는 방사성 동위 원소를 이용하는 연구 방법이 사용되었다.
➡ 광합성 산물의 합성 경로를 발견한 것은 방사성 동위 원소를 이용하는 자기 방사법을 사용한 것이다.

08 전기 측정 기술의 발달과 이를 이용한 기기를 사용하여 오징어에서 신경 전도 원리를 알게 되었다.

채점 기준	배점
현미경이 생명 과학의 발달에 미친 영향을 2가지로 서술한 경우	100 %
현미경이 생명 과학의 발달에 미친 영향을 1가지만을 서술한 경우	50 %

09 현미경의 개발로 생명체의 세부적인 부분까지 관찰할 수 있게 되었으며, 특히 생명체의 기본 구조인 세포를 관찰할 수 있게 되었다.

10 초파리의 교배 결과를 종합, 분석하여 결론을 내린 것은 귀납적 탐구 방법에 해당하며, 이를 증명하기 위해 가설을 세우고 실험을 수행한 것은 연역적 탐구에 해당한다.

채점 기준	배점
귀납적 탐구와 연역적 탐구를 함께 설명한 경우	100 %
귀납적 탐구와 연역적 탐구 중에서 1가지만 설명한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

019쪽~021쪽

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

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 아리스토텔레스는 자연 발생설을 주장하였다.
➡ 아리스토텔레스는 기원전에 이미 많은 생물을 분류하였으며, 생물의 자연 발생을 주장하였다.

✗ ~~린네~~는 자연 선택에 의한 종 분화를 주장하였다. 다윈
➡ 린네는 현대적인 생물 분류가 가능하도록 생물 분류법을 완성하였다. 자연 선택에 의한 종 분화는 다윈이 주장한 것이다.

ㄷ 왓슨과 크릭은 DNA의 입체 구조를 밝혔다.
➡ 왓슨과 크릭은 귀납적 탐구를 이용하여 DNA의 입체 구조를 밝혔다.

02 | 자료 분석 |

(가) 모건은 초파리 교배 실험으로 유전자가 염색체의 특정 위치에 있음을 밝혔다. 돌연변이를 이용, 유전자설 주장
(나) 멘델은 완두의 교배 실험을 통해 유전의 기본 원리를 발견하였다. 유전 연구의 시작
(다) 왓슨과 크릭은 DNA의 입체적인 구조를 밝혔다. 귀납적 연구로 밝힘

| 선택지 분석 |

✗ (가)의 연구에 전자 현미경이 사용되었다.
➡ 모건은 초파리 교배 실험에 돌연변이를 사용하여 유전자가 염색체의 특정한 위치에 있음을 밝혀냈다.

ㄴ (다)는 귀납적 탐구 과정을 통해 연구되었다.
➡ 왓슨과 크릭은 자신들이 가설을 설정하고 그것을 검증한 것이 아니라 여러 과학자들이 연구한 결과들을 종합하여 DNA의 입체 구조를 밝히는 귀납적 탐구를 수행하였다.

ㄷ 위의 연구 성과를 시간 순서대로 나열하면 (나) → (가) → (다) 순이다.
➡ 연구를 수행한 과학자들을 시대 순으로 나열하면 멘델(나) → 모건(가) → 왓슨과 크릭(다)의 순서이다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 자기 방사법을 사용한 것이다.
➡ 방사성 동위 원소를 이용한 광합성 산물의 합성 경로 추적은 자기 방사법을 사용하여 연구한 것이다.

✗ (나)는 돌연변이 생물로 연구하였다.
➡ 개에서 인슐린을 추출하는 연구에 돌연변이 생물이 이용되지는 않았다.

ㄷ (다)에는 귀납적 탐구 방법이 사용되었다.
➡ 로렌츠의 동물 행동 연구에는 귀납적 탐구 방법이 사용되었다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ (나)는 하비의 업적이다.
➡ 혈액 순환의 원리는 하비가 발견하였다.

✕ (라)는 ~~호지킨과 헉슬리~~ 서덜랜드에 의해 발견되었다.
➡ 호르몬 작용 기작은 서덜랜드에 의해 발견되었다.

✕ (가), (다)는 현미경의 역할이 결정적이었다.
➡ 해부학의 발달은 오감에 의한 관찰이 주된 연구 방법이었으며, 신경 전도 원리를 발견하는 데는 생물체 내 전기 현상을 측정하는 기술을 사용하였다.

05 | 자료 분석 |

(가) 모든 조건이 동일한 세균 배양 접시 A와 B를 준비하였다.
(나) A에는 푸른곰팡이를 접종하였고, B에는 푸른곰팡이를 접종하지 않았다. 대조 실험을 함: 푸른곰팡이 접종 여부
(다) B에만 세균이 증식하였다. 실험 결과
(라) 푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제한다. 결론 도출

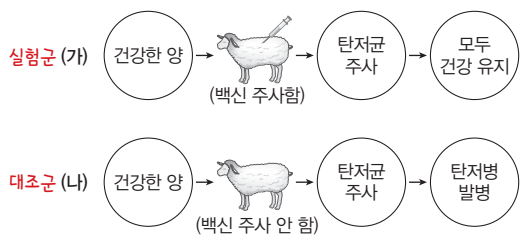
| 선택지 분석 |

ㄱ 이 실험의 가설은 '푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제할 것이다.'이다.
➡ (가)에서 동일한 배지를 사용하였고 (나)에서 A와 B의 차이는 푸른곰팡이 접종 여부이므로, 이 실험은 푸른곰팡이가 세균의 증식을 억제할 것이라는 가설을 증명하기 위한 실험이다.

ㄴ 플레밍은 이후에 푸른곰팡이에서 항생 물질인 페니실린을 발견하였다.
➡ 플레밍은 푸른곰팡이에서 페니실린을 발견하였다.

✕ 플레밍은 이후 감염병의 원인을 규명하였다.
➡ 감염병의 원인을 밝힌 사람은 코흐이다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 실험군, (나)는 대조군이다.
➡ 이 실험은 연역적 탐구이며 (가)는 실험군, (나)는 대조군이다.

✕ 파스퇴르는 ~~귀납적~~ 연역적 탐구 방법을 사용하였다.
➡ 이 실험은 백신이 탄저병을 예방할 수 있다는 가설을 세우고 그 가설이 맞는지를 대조군 실험을 통해 확인한 실험이므로 연역적 탐구 방법이다.

✕ 이 실험으로 생물은 생물로부터 생기는 것을 입증하였다.
➡ 파스퇴르의 생물 속생설 증명은 백조목 플라스크 실험을 통해서이다.

07 | 자료 분석 |

(가) 유전부호 해독 – 니런버그, 마테이
(나) 유전의 기본 원리 발견 – ㉠ → 멘델
(다) DNA 염기 서열 분석법 – ㉡ → 생어
(라) DNA 이중 나선 구조 규명 – 왓슨, 크릭

| 선택지 분석 |

✕ ㉠은 모건과 멀리스이다.
➡ ㉠은 멘델이다.

ㄴ ㉡에 해당하는 과학자는 생어이다.
➡ ㉡은 생어이다.

ㄷ (나) – (라) – (가) – (다) 순으로 일어났다.
➡ 자료에 있는 사건들의 시간적 순서는 (나) – (라) – (가) – (다)이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ 아리스토텔레스가 (가)를 주장하였다.
➡ 아리스토텔레스는 무기물에서 우연히 생물이 발생한다는 자연 발생설을 주장하였다.

ㄴ 파스퇴르는 실험을 통해 (가) 이론을 부정하였다.
➡ 자연 발생설은 생물 속생설과 논란을 일으켰으나, 파스퇴르의 백조목 플라스크 실험으로 완전히 부정되었다.

✕ 플레밍은 푸른곰팡이 실험으로 (나)를 입증하였다.
➡ 플레밍은 푸른곰팡이 실험으로 페니실린을 발견하였다. 생물 속생설의 입증은 파스퇴르에 의해 이루어졌다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 인식한 문제에 대한 잠정적인 답이다.
➡ (가)는 가설로 인식한 문제에 대한 잠정적인 답이다.

✕ 구달이 침팬지를 연구할 때 사용한 탐구 방법이다.
➡ 구달이 침팬지를 연구할 때 사용한 탐구 방법은 귀납적 탐구 방법이다.

ㄷ 대조군과 실험군을 설정하여 탐구를 수행한다.
➡ 연역적 탐구에서는 대조군과 실험군을 설정하여 탐구를 수행한다.

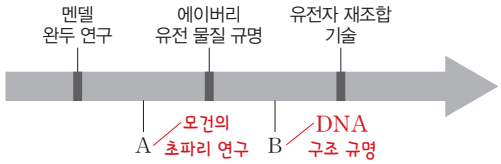
10 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 ㉡은 실험군에 해당한다.
➡ (가)에서는 대조 실험을 수행하는데 ㉠은 대조군, ㉡은 실험군에 해당된다.

ㄴ (나)는 오감에 의한 직접 관찰이라는 연구 방법을 사용하였다.
➡ (나)에서 로렌츠는 자신이 야생 동물을 직접 관찰하여 연구를 실시하였으므로 오감을 이용한 연구 방법을 사용한 것이다.

✕ (가)와 (나)는 모두 귀납적 탐구 방법을 사용하였다.
➡ (가)는 연역적 탐구 방법이고, (나)는 귀납적 탐구 방법이다.

11 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. A는 모건의 초파리 연구이다.
➡ 모건은 초파리 돌연변이 연구를 통해 유전자가 염색체 위에 있음을 밝혔다.

✕ B는 ~~연역적~~ 귀납적 탐구 방법으로 연구한 것이다.
➡ 왓슨과 크릭의 DNA 구조 규명 연구는 귀납적 탐구 방법을 사용하였다.

ㄷ. 멘델은 완두 교배 실험으로 유전의 기본 원리를 밝혔다.
➡ 멘델은 완두 교배를 통해 유전의 기본 원리를 처음으로 제시하였다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 란트슈타이너의 혈액형 발견과 연관이 있다.
➡ 혈액형의 발견은 란트슈타이너에 의해 이루어졌다.

✕ (나)는 ~~귀납적~~ 연역적 탐구 방법을 사용하였다.
➡ 백신에 대한 연구는 연역적 탐구 방법을 사용하였다.

ㄷ. 최초로 발견된 항생제는 페니실린이다.
➡ 최초의 항생제는 플레밍에 의해 푸른곰팡이에서 발견된 페니실린이다.

한번에 끝내는 대단원 문제 023쪽~025쪽

01 ⑤ **02** ⑤ **03** ④ **04** ④ **05** ③ **06** ④ **07** ④
08 ⑤ **09** ④ **10** ⑤

11 전자 현미경 **12** 생리학

13 | **모범 답안** | 세균의 감염으로 생긴 질병으로 고통받는 사람들에게 세균을 물리칠 수 있는 항생제를 발견함으로써 질병의 고통에서 해방될 수 있도록 했다.

14 | **모범 답안** | (가)는 생쥐 안에서 R형균과 S형균을 발견해야 하므로 현미경, 즉 도구를 사용하였다. (나)는 방사성 동위원소를 사용한 것으로 자기 방사법을 사용하였다.

15 | **모범 답안** | 왓슨과 크릭은 플랭클린이 찍은 X선 회절 사진과 DNA에 대한 여러 연구 결과를 종합하여 DNA 구조를 밝혀냈다. 따라서 귀납적 연구 방법이다.

01 ⑤ 완두 실험으로 유전 원리를 제시한 사람은 멘델이다. 모건은 초파리 교배 실험으로 유전자가 염색체 위에 존재함을 주장하였다.

02 니런버그는 인공으로 합성한 RNA를 이용하여 단백질을 합성함으로써 유전부호를 해독하였다. 코헨과 보이어는 플라스미드에 유용한 DNA를 삽입할 수 있는 유전자 재조합 기술을 개발하였다. 멀리스는 DNA의 특정 부분만을 대량으로 증폭시키는 PCR 기술을 개발하였다.

03 밴팅은 개 이자에서 인슐린을 추출했다. 다윈은 자연 선택설을 주장하였다. 로렌츠는 동물 행동을 연구하였다. 레이우엔훅은 현미경으로 미생물을 관찰하였다.

04 각 생명 과학자의 주된 연구를 수행했던 시기는 다음과 같다. 베살리우스(다)는 16세기에 해부를 하였고, 코흐(나)는 1882년에 감염병 원인을 규명하였으며, 모건(라)은 1926년에 유전자설을 주장하였고, 왓슨과 크릭(가)은 1953년에 DNA 입체 구조를 밝혔다.

05 | 자료 분석 |

플레밍 연구실의 세균 배지에 우연히 (㉠)의 포자가 떨어져 자랐다. (㉠)이/가 자란 주위에는 세균이 생장하지 못하는 것을 발견하였다. 이후 (㉠)이/가 만드는 물질이 최초의 항생 물질인 (㉡)임이 밝혀졌다.
푸른곰팡이 / 푸른곰팡이 / 푸른곰팡이 / 페니실린

| 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 푸른곰팡이이다.
➡ 플레밍은 푸른곰팡이로 오염된 세균 생장 배지를 관찰하였다.

ㄴ. ㉡은 세균에 의한 질병 치료에 사용한다.
➡ 페니실린은 세균으로 인한 질병 치료에 사용이 가능하다.

✕ ㉡이 발견된 이후, 훅은 현미경으로 세포를 관찰했다.
➡ 훅이 현미경으로 세포를 발견한 것은 플레밍의 페니실린 발견보다 한참 전이다.

06 ④ 진화는 1가지 요인에 의해 일어나는 것이 아니라 돌연변이, 격리, 자연 선택 등의 다양한 요인에 의해 일어난다.

07 | 자료 분석 |

(가) 생명 과학자들이 여러 생물에서 세포를 관찰하고 얻은 결과를 종합하여 '모든 생물은 세포로 이루어져 있다.'라는 세포설을 발표하였다. 슐라이덴과 슈반
(나) 갈라파고스 제도를 비롯한 여러 나라에서 수집한 자료를 바탕으로 생물의 진화를 설명하는 자연 선택설을 제안하였다.
→ 다윈이 발표함. 다른 학문과 정치, 사회에도 영향을 끼침

| 선택지 분석 |

✕ (가)의 세포설을 기초로 현미경이 발명되었다.
➡ 세포설은 현미경이 발견되고 여러 생물을 현미경으로 관찰한 후에 성립된 이론이다.

ㄴ (나) 이론은 생명 과학뿐 아니라 다른 분야에도 영향을 끼쳤다.
➡ 진화론은 생물의 진화를 설명하는 것뿐 아니라 정치, 사회, 철학 등 다른 분야에도 영향을 끼쳤다.

ㄷ (가)와 (나) 모두 귀납적 탐구 방법을 사용하였다.
➡ (가)와 (나)는 모두 관찰한 것을 종합하여 이론을 만든 귀납적 탐구 방법이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ A에서는 미생물이 증식한다.
➡ A에서는 공기 중의 미생물이 플라스크 안으로 들어가서 고기즙에 미생물이 증식한다.

ㄴ B에서는 공기 중의 미생물이 플라스크 안으로 들어가지 못한다.
➡ B에서는 공기 중의 미생물이 목 부분에 맺힌 물방울들 때문에 플라스크 안으로 들어가지 못해 고기즙에 미생물이 증식하지 못한다.

ㄷ 자연 발생설을 부정한 실험이다.
➡ 파스퇴르의 백조목 플라스크 실험은 자연 발생설을 부정하고 생물 속생설을 지지하는 실험이다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 ~~오감을 직접~~ 현미경을 사용한 관찰 방법이다.
➡ 현미경이라는 도구를 사용한 관찰이다. 오감을 직접 사용한 것은 아니다.

ㄴ (나)는 자기 방사법을 사용한 것이다.
➡ 자기 방사법을 사용한 것이다. 허시와 체이스가 DNA가 유전물질임을 증명할 때도 이 방법을 사용하였다.

ㄷ (다)는 모건과 같은 연구 방법을 사용하였다.
➡ 돌연변이를 일으킨 생물을 이용한 연구 방법이다. 모건도 돌연변이를 일으킨 초파리의 교배 실험 결과를 토대로 유전자설을 주장하였다.

10 | 자료 분석 |

(가) 독성이 약화된 콜레라균을 닭에게 주사한 후 독성이 강한 콜레라균을 주사하면, 닭이 콜레라균에 저항성을 가진다는 것을 발견하고 약화시킨 병원체를 '백신'이라고 명명하였다. 감염성 질병에 대한 백신 발견

(나) 란트슈타이너는 다양한 사람의 혈액을 섞어 응집 반응을 확인하여 혈액형의 종류를 밝혀냈다. 혈액형의 종류를 밝혀 수혈의 부작용을 예방

(다) 로렌츠는 야생 동물을 직접 관찰하거나, 집에서 키우면서 동물 행동을 연구하였다. 그 결과 동물 행동에서 본능이 중요한 역할을 한다는 사실을 밝혔다. 귀납적 탐구 방법 사용

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 백신을 통한 질병 예방에 기여하였다.
➡ (가)는 감염성 질병에 대한 백신을 발견한 것으로 질병의 예방에 공헌한 연구이다.

ㄴ (나)는 안전한 수혈이 가능하게 하였다.
➡ (나)는 혈액형과 그 특성을 발견하여 수혈의 부작용을 크게 줄여주었고, 안전하게 수혈할 수 있게 해주었다.

ㄷ (다)는 귀납적 탐구 방법을 사용한 것이다.
➡ (다)는 로렌츠가 야생 동물을 직접 관찰한 결과를 종합하여 이론을 제시하였으므로 귀납적 탐구 방법을 사용한 것이다.

11 1931년에 최초로 투사 전자 현미경이 발명되었고, 이후로 주사 전자 현미경도 발명되면서 세포의 구조를 정밀하게 관찰하게 되었다.

12 생리학은 생물체의 기능을 연구하는 분야이다. 해부학은 기능을 수행하는 인체 구조를 연구하는 것이고, 하비는 심장의 기능을, 호지킨과 헉슬리는 신경의 기능을, 서덜랜드는 호르몬의 기능을 각각 연구하였다.

13 세균의 감염으로 생긴 질병으로 고통받는 사람들에게 세균을 물리칠 수 있는 항생제를 발견함으로써 질병의 고통에서 해방될 수 있도록 했다.

채점 기준	배점
세균과 질병의 관계, 항생제와 세균의 관계 2가지를 모두 서술한 경우	100 %
세균과 질병의 관계, 항생제와 세균의 관계 2가지 중 1가지만 서술한 경우	50 %

14 (가)는 생쥐 안에서 R형 균과 S형 균을 발견해야 하므로 현미경, 즉 도구를 사용하였다. (나)는 방사성 동위 원소를 사용한 것으로 자기 방사법을 사용하였다.

채점 기준	배점
2가지 연구 방법을 모두 정확하게 서술한 경우	100 %
2가지 연구 방법 중 1가지만 정확하게 서술한 경우	50 %

15 왓슨과 크릭은 플랭클린이 찍은 X선 회절 사진과 DNA에 대한 여러 연구 결과를 종합하여 DNA 구조를 밝혀냈으므로 귀납적 연구 방법이다.

채점 기준	배점
탐구 과정에 대한 설명과 귀납적 연구를 언급한 경우	100 %
귀납적 연구만 언급한 경우	50 %

1 »» 세포의 특성

01 생명체의 구성

콕콕! 개념 확인하기 032쪽

✓ 잠깐 확인!

1 이당류, 다당류 **2** 인지질 **3** 펩타이드 **4** 입체 구조 **5** 당, 염기 **6** 저장, 전달 **7** 기관계 **8** 조직계

01 탄소(C), 수소(H), 산소(O) **02** (1) 탄수화물 (2) 핵산 (3) 지질 (4) 단백질 **03** (1) × (2) ○ (3) × (4) × **04** (가) 뉴클레오타이드 (나) 포도당 (다) 아미노산 **05** A: 조직, B: 기관, C: 기관계, D: 조직, E: 조직계, F: 기관 **06** (1)–㉢ (2)–㉠ (3)–㉡ (4)–㉣ **07** (1) 관다발 조직계 (2) 기본 조직계 (3) 표피 조직계

01 탄수화물을 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 지질을 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 단백질을 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S)(일부), 핵산을 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이다.

02 (1) 탄수화물은 생명체의 주된 에너지원으로 사용된다.
(2) 핵산 중 DNA는 유전 정보를 저장하고, RNA는 유전 정보를 전달한다.
(3) 지질 중 중성 지방은 에너지원으로 사용되고, 인지질은 세포막의 구성 성분이며, 스테로이드는 성호르몬의 구성 성분이다.
(4) 단백질은 효소와 호르몬의 주성분으로 물질대사와 생리 기능을 조절한다.

03 (1) 녹말은 식물, 글리코젠은 동물의 저장 탄수화물이다.
(3) 중성 지방은 3분자의 지방산과 1분자의 글리세롤로 구성되어 있다.
(4) DNA의 구성 당은 디옥시리보스, RNA의 구성 당은 리보스이다.

04 (가)는 핵산의 단위체인 뉴클레오타이드, (나)는 탄수화물의 단위체인 포도당, (다)는 단백질의 단위체인 아미노산이다.

05 동물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 기관 → 기관계 → 개체이고, 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이다.

07 (1) 물관과 체관 등으로 구성된 관다발 조직계는 물과 양분의 이동 통로 역할을 한다.
(2) 대부분 유조직으로 구성된 기본 조직계에서는 광합성과 호흡, 물과 양분의 저장 등이 일어난다.
(3) 표피 조직으로 구성된 표피 조직계는 식물의 바깥 표면을 덮어 내부를 보호하고 기체 교환과 수분 출입을 조절한다.

탄탄! 내신 다지기 033쪽~034쪽

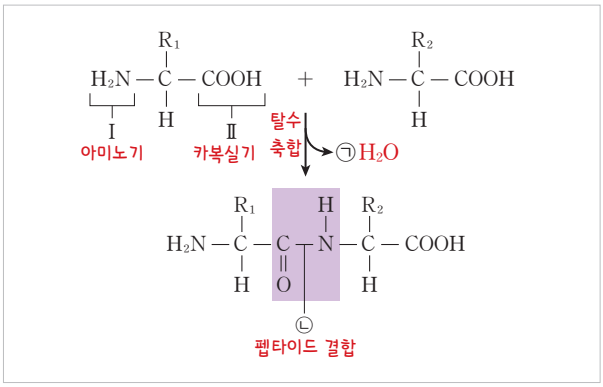
01 ④ **02** ⑤ **03** ④ **04** ③ **05** ⑤ **06** ④ **07** ④ **08** ③ **09** ⑤ **10** (가) 표피 조직, (나) 유조직, (다) 통도 조직, (라) 분열 조직 **11** ④

01 (가)는 단당류, (나)는 이당류, (다)는 다당류이다. 단당류의 예로는 포도당, 과당, 갈락토스가 있고, 이당류의 예로는 엿당, 젖당, 설탕이 있다. 다당류의 예로는 녹말, 셀룰로스, 글리코젠 등이 있다.

02 | 선택지 분석 |
① (가)는 중성 지방이다.
➡ (가)는 지방산과 글리세롤로 이루어진 중성 지방이다.
② (나)는 세포막을 구성한다.
➡ (나)는 인지질로, 세포막을 구성한다.
③ (다)의 예로 콜레스테롤이 있다.
➡ (다)는 스테로이드로, 콜레스테롤은 스테로이드의 예이다.
④ ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산이다.
➡ 중성 지방을 이루는 지방산은 3분자, 글리세롤은 1분자이다. 따라서 ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산이다.
⑤ (가)는 ~~유기 용매~~(물)보다 ~~물~~(유기 용매)에 잘 녹는다.
➡ 중성 지방은 물보다 유기 용매에 잘 녹는다.

03 | 선택지 분석 |
① 고유한 입체 구조를 가진다.
➡ 단백질은 아미노산의 종류, 수, 배열 순서에 따라 고유한 입체 구조를 가진다.
② 효소, 항체의 구성 성분이다.
➡ 단백질은 효소, 항체, 호르몬, 헤모글로빈 등의 구성 성분이다.
③ 머리카락, 손톱의 구성 성분이다.
➡ 단백질은 머리카락, 손톱 등을 구성한다.
④ 기본 단위는 ~~뉴클레오타이드~~(아미노산)이다.
➡ 단백질의 기본 단위는 아미노산이다.
⑤ 구성 원소에 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)가 있다.
➡ 단백질의 구성 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)가 있으며, 일부는 황(S)이 있다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① Ⅰ은 아미노기이다.
➡ Ⅰ은 아미노산 단위체 중 아미노기에 해당한다.

② Ⅱ은 카복실기이다.
➡ Ⅱ는 아미노산 단위체 중 카복실기에 해당한다.

③ ㉠은 ~~CO_2~~ H_2O이다.
➡ 아미노산과 아미노산 사이에서 물(H_2O) 1분자가 빠지면서 펩타이드 결합이 이루어진다.

④ ㉡은 펩타이드 결합이다.
➡ 아미노산과 아미노산 사이의 결합인 ㉡은 펩타이드 결합이다.

⑤ 이와 같은 반응으로 폴리펩타이드가 형성된다.
➡ 아미노산과 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결되어 폴리펩타이드가 형성되고, 폴리펩타이드가 꼬이거나 접혀 입체 구조를 형성하여 단백질이 된다.

05 | 선택지 분석 |

① (가)는 2중 나선 구조이다.
➡ (가)는 DNA이며, DNA는 2중 나선 구조이다.

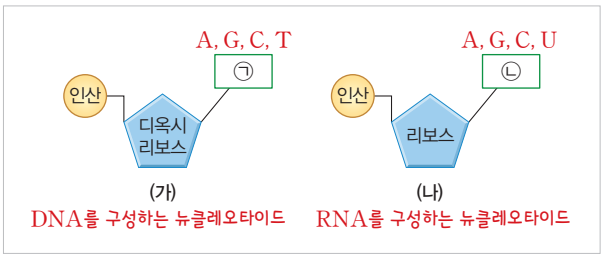
② (나)는 RNA이다.
➡ (나)는 단일 가닥이므로 RNA이다.

③ (가)는 유전 정보를 저장한다.
➡ DNA의 염기 서열에는 유전 정보가 저장되어 있다.

④ (나)를 구성하는 당은 리보스이다.
➡ DNA(가)를 구성하는 당은 디옥시리보스이고, RNA(나)를 구성하는 당은 리보스이다.

⑤ ~~(가)와 (나)는 모두~~ (나)는 타이민(T)을 ~~가진다~~ 가지지 않는다.
➡ DNA(가)의 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)이 있고, RNA(나)의 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U)이 있다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ (가)는 DNA를, (나)는 RNA를 구성한다.
➡ (가)의 당은 디옥시리보스이므로 (가)는 DNA를 구성하는 뉴클레오타이드이고, (나)의 당은 리보스이므로 (나)는 RNA를 구성하는 뉴클레오타이드이다.

✗ 유라실(U)은 ㉠에 ~~해당한다~~ 해당하지 않는다.
➡ 유라실(U)은 RNA를 구성하는 염기이므로 ㉠에 해당하지 않는다.

㉢ ㉡에 해당하는 염기는 4종류이다.
➡ ㉡에 해당하는 염기는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U) 4종류이다.

07 | 선택지 분석 |

① (가)는 조직이다.
➡ (가)는 조직, (나)는 기관, (다)는 기관계이다.

② (가)는 모양과 기능이 비슷한 세포들이 모인 것이다.
➡ (가)는 조직이며, 조직은 모양과 기능이 비슷한 세포들이 모인 것이다.

③ (나)는 여러 조직이 모여 특정한 형태와 기능을 나타낸다.
➡ 기관은 신경 조직, 상피 조직, 결합 조직, 근육 조직이 모여 특정한 형태와 기능을 나타낸다.

④ (다)는 식물에도 ~~있는~~ 없는 구성 단계이다.
➡ (다)는 기관계이며, 식물에는 없다. 식물에는 조직계가 있다.

⑤ 생명체는 유기적이고 정교한 체제를 갖추고 있다.
➡ 생명체는 세포가 모여 조직을, 조직이 모여 기관을, 기관이 모여 개체를 형성하며 유기적으로 정교한 체제를 갖추고 있다.

08 | 선택지 분석 |

① A는 ~~결합~~ 상피 조직이다.
➡ A는 위의 표면이나 안쪽 벽을 덮고 있으므로 상피 조직이다.

② B는 ~~상피~~ 결합 조직이다.
➡ B는 조직을 연결하거나 지지하므로 결합 조직이다.

③ C는 뉴런으로 구성된다.
➡ C는 신경 조직이며, 신경 조직은 신경 세포인 뉴런으로 구성된다.

④ ~~D~~ A는 소화 효소를 분비하는 기능이 있다.
➡ 소화 효소를 분비하는 기능은 상피 조직(A)에서 일어난다.

⑤ 위는 동물의 구성 단계 중 ~~조직계~~ 기관에 해당한다.
➡ 위는 여러 가지 조직으로 구성되어 특정한 형태와 기능을 갖춘 기관 단계에 해당한다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ A는 근육 조직이다.
➡ A는 근육 세포가 모여 이룬 근육 조직이다.

㉡ B에 물관부와 체관부가 존재한다.
➡ B는 관다발 조직계이며, 관다발 조직계에는 물관부, 체관부, 형성층이 속한다.

㉢ 줄기는 C에 해당한다.
➡ C는 기관에 해당하는 예이므로 C에는 잎, 줄기, 뿌리, 꽃, 열매가 해당된다.

10 (가)는 식물의 표면을 덮고 있는 표피 조직이다. (나)는 울타리 조직과 해면 조직이 해당하므로 유조직이며, 유조직은 물질대사가 활발하다. (다)는 물의 이동 통로인 물관과 양분의 이동 통로인 체관이 해당하는 통도 조직이다. (라)는 세포 분열이 활발히 일어나므로 분열 조직이며, 분열 조직에는 형성층과 생장점이 있다.

11 | 선택지 분석 |

① (가)는 ~~표피 조직~~(유조직)이다.
➡ (가)는 울타리 조직이므로 유조직이다.

② (나)는 ~~통도 조직~~(유조직)이다.
➡ (나)는 해면 조직이므로 유조직이다.

③ (다)는 ~~분열 조직~~(영구 조직)에 해당한다.
➡ (다)는 식물의 표면을 덮고 있으므로 표피 조직이다. 표피 조직은 영구 조직에 해당한다.

④ (라)는 관다발 조직계에 속한다.
➡ (라)는 통도 조직이므로 관다발 조직계에 속한다.

⑤ 잎은 식물의 ~~생식 기관~~(영양 기관)에 해당한다.
➡ 잎은 식물의 영양 기관에 해당한다.

도전! 실력 올리기

035쪽

01 ③ **02** ③

03 (1) (가) 녹말, (나) 단백질, (다) DNA
(2) | **모범 답안** | (가) 에너지원이다. (나) 효소, 호르몬, 항체의 주성분이다. (다) 유전 정보를 저장한다.

04 | **모범 답안** | DNA의 당은 디옥시리보스이고 RNA의 당은 리보스이다. DNA의 염기에는 타이민(T)이 있으며, RNA의 염기에는 유라실(U)이 있다.

05 | **모범 답안** | ㉠은 조직, ㉡은 조직계, ㉢은 기관계이다. 왜냐하면 동물인 토끼와 식물인 장미는 모두 조직이 있지만, 동물인 토끼는 조직계가 없고, 식물인 장미는 기관계가 없기 때문이다.

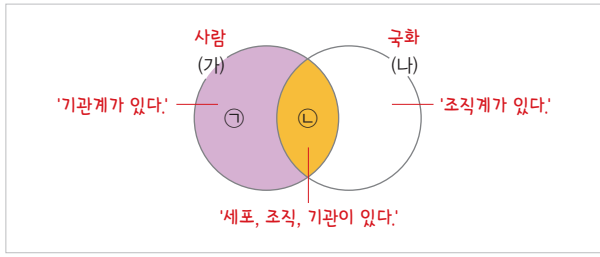
01 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠의 구성 원소에는 질소(N)가 포함된다.
➡ ㉠은 기본 단위가 아미노산이므로 단백질이다. 단백질의 구성 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)가 있고, 일부 황(S)이 있다.

ㄴ ㉡의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.
➡ ㉡은 DNA이며, DNA의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.

✗ ㉢은 ~~단백질~~(스테로이드)이다.
➡ ㉢은 기본 단위가 아미노산이 아니며, 호르몬의 구성 성분이므로 스테로이드이다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 사람이다.
➡ 사람과 국화 중 '기관계가 있다.'는 사람에만 해당하므로 '기관계가 있다.'는 ㉠이며, (가)는 사람, (나)는 국화이다.

✗ '조직계가 있다.'는 ㉡에 ~~해당한다~~(해당하지 않는다).
➡ '조직계가 있다.'는 국화에만 해당하므로 사람과 국화의 공통적인 특징인 ㉡에 해당하지 않는다.

ㄷ 사람의 적혈구와 국화의 유세포는 생물의 구성 단계 중 같은 구성 단계에 해당한다.
➡ 사람의 적혈구와 국화의 유세포는 모두 생물의 구성 단계 중 세포에 해당한다.

03 (1) (가)의 기본 단위는 포도당, (나)의 기본 단위는 아미노산, (다)의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.
(2) 녹말은 에너지원이다. 단백질은 효소, 호르몬, 항체, 헤모글로빈 등의 주성분이다. DNA는 유전 정보를 저장한다.

채점 기준	배점
(가)~(다)의 기능을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다)의 기능 중 2개만 옳게 서술한 경우	40 %
(가)~(다)의 기능 중 1개만 옳게 서술한 경우	20 %

04 DNA를 구성하는 당은 디옥시리보스이고 RNA를 구성하는 당은 리보스이다. 디옥시리보스는 리보스보다 산소 원자 하나가 부족하다. DNA의 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)이 있으며, RNA의 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U)이 있다.

채점 기준	배점
DNA와 RNA를 구성하는 물질의 차이점을 2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
DNA와 RNA를 구성하는 물질의 차이점을 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

05 ㉠은 조직, ㉡은 조직계, ㉢은 기관계이다. 동물과 식물은 모두 조직이 있고, 동물은 조직계가, 식물은 기관계가 없다.

채점 기준	배점
㉠~㉢을 모두 옳게 쓰고, 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉢을 모두 옳게 썼지만, 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	40 %

02 세포의 구조와 기능

개념POOL 042쪽

01 ㉠ 거친면 소포체, ㉡ 골지체, ㉢ 분비 소낭
02 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

01 리보솜에서 DNA의 유전 정보에 따라 합성된 단백질은 소포체 → 골지체 → 분비 소낭의 경로를 거쳐 세포 밖으로 분비된다.

02 (1) 핵 속의 DNA에는 단백질에 대한 유전 정보가 저장되어 있으며, 이 정보에 따라 단백질이 합성된다.
(4) 골지체에서는 소포체에서 이동해 온 단백질을 소낭에 싸서 세포 밖으로 분비하거나 세포의 다른 부위로 이동시킨다.

콕콕! 개념 확인하기 043쪽

✓ 잠깐 확인!
1 광학 **2** 주사 전자 **3** 세포 분획법 **4** 원핵세포, 진핵세포 **5** 핵막, 인 **6** rRNA, 단백질, 거친면 **7** 액포, 세포벽

01 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **02** ㉠ 핵, ㉡ 엽록체, ㉢ 미토콘드리아, ㉣ 소포체 **03** ㉠ 없음, ㉡ 선형 DNA, ㉢ 펩티도글리칸 **04** (1)–㉣ (2)–㉠ (3)–㉤ (4)–㉢ (5)–㉡ **05** (가) 미세 소관, (나) 중간 섬유, (다) 미세 섬유

01 (2) 전자 현미경은 전자선을 이용한다.
(3) 세포 분획법에서 무거운 세포 소기관은 가벼운 세포 소기관보다 원심 분리 속도를 더 느리게 하여 가벼운 세포 소기관보다 먼저 분리되도록 한다.

02 세포벽을 제거한 식물 세포를 세포 분획법으로 분리했을 때 세포 소기관이 가라앉아 분리되는 순서는 핵 → 엽록체 → 미토콘드리아 → 소포체 → 리보솜 → 세포액이다.

03 원핵세포는 핵과 막성 세포 소기관이 없고, 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 갖는다. 진핵세포는 선형 DNA를 여러 개 갖는다.

04 리소좀에서는 세포내 소화, 엽록체에서는 광합성이 일어난다. 골지체는 소포체로부터 운반되어 온 단백질을 가공하고 소낭에 싸서 세포 밖으로 분비하거나 세포의 다른 부위로 이동시킨다. 리보솜에서는 단백질 합성이, 미토콘드리아에서는 세포 호흡이 일어난다.

05 세포 골격을 이루는 단백질 섬유의 굵기를 비교하면 미세 소관(가) > 중간 섬유(나) > 미세 섬유(다)이다.

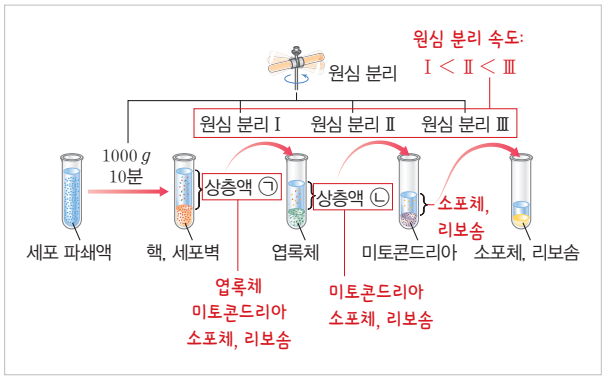
탄탄! 내신 다지기 044쪽~045쪽

01 ⑤ **02** ② **03** ④ **04** (가), (나) **05** ① **06** ③ **07** ③ **08** ⑤ **09** ④

01 | 선택지 분석 |
① 광학 현미경은 가시광선을 광원으로 사용한다.
➡ 광학 현미경은 광원으로 가시광선을 사용한다.
② 투과 전자 현미경(TEM)은 전자선을 광원으로 사용한다.
➡ 전자 현미경은 광원으로 전자선을 사용한다.
③ 투과 전자 현미경(TEM)은 세포 소기관의 미세 구조 단면을 관찰하는 데 적합하다.
➡ 투과 전자 현미경은 투과되는 전자선을 사용하기 때문에 세포 소기관의 미세 구조 단면을 관찰하는 데 적합하다.
④ 주사 전자 현미경(SEM)으로 세포를 관찰하면 세포 표면의 3차원적인 입체 구조를 관찰할 수 있다.
➡ 주사 전자 현미경은 시료 표면에서 반사되어 나오는 2차 전자를 이용하기 때문에 세포 표면의 3차원적인 입체 구조를 관찰할 수 있다.
⑤ 주사 전자 현미경(SEM)은 살아 있는 생물의 운동성을 관찰하기에 ~~적합하다~~ 적합하지 않다.
➡ 전자 현미경의 안은 진공 상태이기 때문에 살아 있는 생물을 관찰할 수 없다. 살아 있는 생물의 운동성을 관찰하기에 적합한 현미경은 광학 현미경이다.

02 (가)는 투과 전자 현미경, (나)는 주사 전자 현미경이다.
| 선택지 분석 |
✗ ~~(나)~~(가)는 ~~(가)~~(나)보다 해상력이 뛰어나다.
➡ 투과 전자 현미경(가)의 해상력은 0.0002 μm이고, 주사 전자 현미경의 해상력(나)은 0.005 μm이다. 해상력은 해상력의 수치와 반비례하므로 투과 전자 현미경(가)은 주사 전자 현미경(나)보다 해상력이 뛰어나다.
✗ ~~(가)~~(나)는 시료 표면에서 반사되어 나온 전자를 이용한다.
➡ 투과 전자 현미경(가)은 시료에 투과되는 전자를 이용한다.
㉢ (나)는 세포나 조직의 입체 구조를 관찰하는 데 적합하다.
➡ 주사 전자 현미경(나)은 3차원적인 입체 영상을 형성하므로 세포나 조직의 입체 구조를 관찰하는 데 적합하다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① 이 과정은 세포 분획법이다.
➡ 원심 분리기를 이용하여 세포 소기관을 분리하는 과정은 세포 분획법이다.

② ㉠에는 엽록체가 있다.
➡ ㉠을 원심 분리했을 때 침전물에 엽록체, 미토콘드리아, 소포체, 리보솜이 있으므로 ㉠에는 엽록체가 있다.

③ ㉡에는 미토콘드리아와 리보솜이 모두 있다.
➡ ㉡을 원심 분리했을 때 침전물에 미토콘드리아와 소포체, 리보솜이 있으므로 ㉡에는 미토콘드리아와 리보솜이 모두 있다.

④ 원심 분리 속도의 크기는 ~~Ⅰ > Ⅱ > Ⅲ~~ Ⅰ < Ⅱ < Ⅲ이다.
➡ 원심 분리 속도가 빠를수록 크기와 밀도가 더 작은 세포 소기관이 분리된다. 세포 소기관의 크기와 밀도는 엽록체 > 미토콘드리아 > 소포체, 리보솜이므로 원심 분리 속도의 크기는 Ⅰ < Ⅱ < Ⅲ이다.

⑤ 원심 분리의 속도를 빠르게 할수록 작고 가벼운 세포 소기관이 분리된다.
➡ 원심 분리의 속도를 빠르게 할수록 작고 가벼운 세포 소기관이 분리되므로 세포 분획법에서 원심 분리 속도를 점점 더 빠르게 한다.

04 (가)와 (나)는 방사성 동위 원소를 사용하였으므로 자기 방사법을 이용하였고, (다)는 비방사성 동위 원소를 사용하였으므로 자기 방사법을 이용하지 않았다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 진핵세포이다.
➡ (가)에 핵이 있으므로 (가)는 진핵세포이다.

✗ (나)의 세포벽의 성분은 ~~셀룰로스~~ 펩티도글리칸이다.
➡ (나)는 원핵세포이며, 원핵세포의 세포벽 성분은 펩티도글리칸이다. 셀룰로스는 진핵세포에 해당하는 식물 세포의 세포벽 주성분이다.

✗ (가)와 (나)에는 모두 막성 세포 소기관이 있다.
➡ 원핵세포(나)에는 막성 세포 소기관이 없다.

06 A는 크리스타 구조를 갖는 미토콘드리아, B는 미세 소관으로 구성된 중심체, C는 작은 알갱이 구조의 리보솜, D는 2중막 구조이며 인이 있는 핵, E는 시스터나 구조의 골지체이다.

| 선택지 분석 |

① A: ~~광합성~~ 세포 호흡을 한다.
➡ 미토콘드리아(A)는 세포 호흡을 한다.

② B: ~~세포내 소화를 한다~~ 방추사를 형성한다.
➡ 중심체(B)는 방추사를 형성한다.

✓ ③ C: 단백질을 합성한다.
➡ 리보솜(C)은 단백질을 합성한다.

④ D: ~~세포 호흡을 한다~~ 생명 활동의 중심이다.
➡ 핵(D)은 생명 활동의 중심이다.

⑤ E: ~~유전 정보를 저장한다~~ 단백질을 저장, 포장, 분비한다.
➡ 골지체(E)는 단백질을 저장, 포장, 분비한다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ A는 DNA와 단백질로 구성되어 있다.
➡ A는 염색사이며, 염색사는 DNA와 히스톤 단백질로 구성되어 있다.

㉡ B에서 rRNA가 합성된다.
➡ B는 인이며, 인에서 rRNA가 합성된다.

✗ DNA는 핵공을 통해 세포질로 이동한다.
➡ 핵공을 통해 단백질, RNA 등이 이동하며, DNA는 세포질로 이동하지 않는다.

08 | 선택지 분석 |

① (가)는 엽록체이다.
➡ (가)는 내부에 틸라코이드가 있는 엽록체이다.

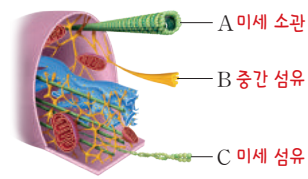
② (가)에서 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.
➡ 엽록체에서 광합성을 통해 빛에너지가 화학 에너지(포도당)로 전환된다.

③ (나)에서 ATP가 생성된다.
➡ (나)는 미토콘드리아이며, 미토콘드리아에서 세포 호흡을 통해 ATP가 생성된다.

④ (가)와 (나)는 모두 식물 세포에 존재한다.
➡ 엽록체와 미토콘드리아는 모두 식물 세포에 존재한다.

✓ ⑤ (가)와 (나)는 모두 동물 세포에 존재한다.
➡ 엽록체(가)는 동물 세포에 존재하지 않는다.

09 | 자료 분석 |



- 미세 소관(A): 튜불린으로 구성되며 세포의 모양 유지, 염색체의 이동과 세포 소기관의 이동에 관여한다.
- 중간 섬유(B): 여러 가닥의 단백질이 꼬여서 형성되며 세포의 형태를 유지하고 세포 소기관의 위치를 고정한다.
- 미세 섬유(C): 두 가닥의 액틴 필라멘트가 나선형으로 꼬여서 형성되며 세포의 형태를 유지하고 근수축, 동물 세포의 세포질 분열에 관여한다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A는 염색체의 이동에 관여한다.
➡ A는 미세 소관으로 방추사를 구성하므로 염색체의 이동에 관여한다.

✕ B는 튜불린으로 구성된다. (B → A)
➡ 튜불린으로 구성되는 것은 미세 소관(A)이다.

ㄷ C는 근육의 수축에 관여한다.
➡ C는 미세 섬유이며, 미세 섬유는 근육의 액틴 필라멘트를 구성하므로 근육의 수축에 관여한다.

도전! 실력 올리기

046쪽~047쪽

01 ⑤ **02** ① **03** ② **04** ⑤ **05** ⑤ **06** ⑤

07 (1) 단백질은 거친면 소포체, 골지체, 분비 소낭 순으로 이동한다.

(2) | **모범 답안** | A는 거친면 소포체로 단백질을 가공하고 운반하며, B는 골지체로 단백질을 저장하고, 가공, 포장하여 세포 밖으로 분비한다.

08 | **모범 답안** | A는 핵이고, 생명 활동을 조절한다. B는 엽록체이고, 광합성을 한다. C는 미토콘드리아이고, 세포 호흡을 한다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 광학 현미경이다.
➡ (가)는 광학 현미경, (나)는 투과 전자 현미경, (다)는 주사 전자 현미경이다.

ㄴ (나)를 통해 10 μm의 바이러스를 관찰할 수 있다.
➡ (나)의 해상력은 0.0002 μm이므로 길이가 0.0002 μm까지의 시료를 관찰할 수 있다. 10 μm의 바이러스는 0.0002 μm보다 길이가 길기 때문에 (나)를 통해 관찰할 수 있다.

ㄷ (다)의 광원은 전자선이다.
➡ 주사 전자 현미경의 광원은 전자선이다.

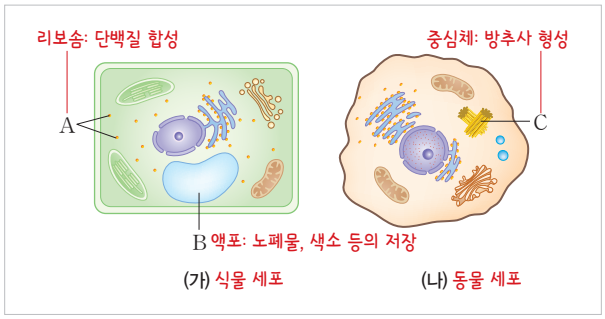
02 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 자기 방사법이다.
➡ A는 자기 방사법, B는 세포 분획법, C는 현미경 관찰법이다.

✕ A~C 중 동물 세포의 형태를 관찰하기에 가장 적절한 방법은 B이다. (B → C)
➡ 동물 세포의 형태를 관찰하기에 가장 적절한 방법은 현미경 관찰법(C)이다.

✕ A~C 중 원심 분리기를 사용하는 방법은 C이다. (C → B)
➡ 원심 분리기를 사용하는 방법은 세포 분획법(B)이다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✕ A는 인지질 2중층의 막 구조이다. (인지질 2중층의 막 구조이다. → 막 구조가 아니다.)
➡ A는 리보솜이다. 리보솜은 단백질과 rRNA로 구성되어 있으며, 막 구조가 아니다.

ㄴ B의 크기는 성숙한 식물 세포일수록 크다.
➡ B는 액포이다. 액포는 성숙한 식물 세포일수록 물, 노폐물 등이 많아져 크기가 크다.

✕ 중간 섬유는 C를 구성한다. (중간 섬유는 → 미세 소관은)
➡ C는 중심체이다. 중심체를 구성하는 것은 미세 소관이다.

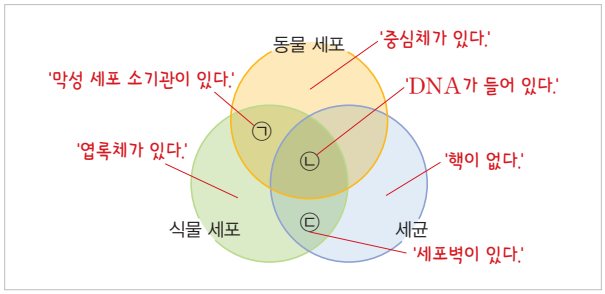
04 | 선택지 분석 |

ㄱ A에 리보솜이 붙어 있다.
➡ A는 거친면 소포체이며, 거친면 소포체에는 리보솜이 붙어 있다.

ㄴ B는 단백질의 분비 작용이 활발한 세포에 발달되어 있다.
➡ B는 골지체이며, 골지체는 단백질의 저장, 포장, 분비의 기능을 하기 때문에 단백질의 분비 작용이 활발한 세포에 발달되어 있다.

ㄷ C에 가수 분해 효소가 들어 있다.
➡ C는 리소좀이며, 리소좀에는 가수 분해 효소가 들어 있어 세포 내 소화를 담당한다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ '막성 세포 소기관이 있다.'는 ㉠에 해당한다.
➡ '막성 세포 소기관이 있다.'는 동물 세포와 식물 세포만 해당한다.

ㄴ 'DNA가 들어 있다.'는 ㉡에 해당한다.
➡ 'DNA가 들어 있다.'는 동물 세포, 식물 세포, 세균이 모두 해당한다.

ㄷ '세포벽이 있다.'는 ㉢에 해당한다.
➡ '세포벽이 있다.'는 식물 세포와 세균만 해당한다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 핵이 있다.
➡ 대장균은 핵이 없다.

㉡ DNA가 있다.
➡ 대장균과 동물 세포에는 모두 유전 물질인 DNA가 있다.

㉢ 단백질이 합성된다.
➡ 대장균과 동물 세포에는 모두 리보솜이 있어 단백질이 합성된다.

07 (1) 실험 결과를 보면 방사성 아미노산은 리보솜에서 단백질로 합성되어 거친면 소포체 → 골지체 → 분비 소낭 순으로 이동했음을 알 수 있다.

(2) A는 거친면 소포체이고, B는 골지체이다.

채점 기준	배점
A와 B의 기능을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 기능을 중 하나만 옳게 서술한 경우	40 %

08 세포벽을 제거한 식물 세포를 세포 분획법으로 분리하면 세포 소기관은 핵 → 엽록체 → 미토콘드리아 → 소포체 → 리보솜 → 세포액 순으로 가라앉아 분리된다. 따라서 A는 핵, B는 엽록체, C는 미토콘드리아이다.

채점 기준	배점
A~C의 명칭과 각각의 기능을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A~C의 명칭을 옳게 서술하였지만, 각각의 기능은 옳게 서술하지 않은 경우	40 %

실전! 수능 도전하기

049쪽~052쪽

01 ① **02** ⑤ **03** ③ **04** ① **05** ③ **06** ⑤ **07** ③
08 ② **09** ⑤ **10** ⑤ **11** ④ **12** ⑤ **13** ⑤ **14** ④
15 ⑤ **16** ③

01 | 자료 분석 |

물질 \ 특징	㉠	㉡	㉢
셀룰로스 A	? ×	○	×
DNA B	×	? ○	○
단백질 C	? ○	? ○	? ○

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징(㉠~㉢)
탄소 화합물이다. 단, 셀, D
염색체의 구성 성분이다. 단, D
펩타이드 결합이 존재한다. 단

(나)

'탄소 화합물이다.'는 단백질, 셀룰로스, DNA가 모두 해당하고, '염색체의 구성 성분이다.'는 단백질, DNA만 해당하며, '펩타이드 결합이 존재한다.'는 단백질만 해당한다. 따라서 A는 셀룰로스, B는 DNA, C는 단백질이다.

| 선택지 분석 |

㉠ ㉠은 '펩타이드 결합이 존재한다.'이다.
➡ ㉠은 '펩타이드 결합이 존재한다.', ㉡은 '탄소 화합물이다.', ㉢은 '염색체의 구성 성분이다.'이다.

✗ A의 기본 단위는 ~~뉴클레오타이드~~ 포도당이다.
➡ 셀룰로스(A)의 기본 단위는 포도당이다.

✗ ~~B~~ A는 탄수화물에 속한다.
➡ DNA(B)는 탄수화물에 속하지 않는다. 탄수화물에 속하는 것은 셀룰로스(A)이다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 헤모글로빈의 구성 성분이다.
➡ (가)는 단백질이고, (나)는 핵산이다. 단백질은 헤모글로빈의 구성 성분이다.

㉡ (가)와 (나)는 모두 탄소 화합물이다.
➡ 단백질(가)과 핵산(나)은 구성 원소에 공통적으로 탄소, 수소, 산소가 포함되어 있으므로 탄소 화합물이다.

㉢ 핵에는 (가)와 (나)가 들어 있다.
➡ 핵에는 염색사가 있으며, 염색사는 히스톤 단백질과 핵산에 속하는 DNA로 구성되어 있다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ A는 지질이다.
➡ A는 지질, B는 단백질, C는 탄수화물이다.

㉡ (나)는 B의 기본 단위이다.
➡ (나)는 아미노산으로, 단백질(B)의 기본 단위이다.

✗ ~~C는~~ 물은 인체를 구성하는 물질 중 비율이 가장 높다.
➡ 인체를 구성하는 물질 중 비율이 가장 높은 것은 물이다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ A는 스테로이드이다.
➡ A는 스테로이드, B는 DNA, C는 엿당이다.

✗ B의 기본 단위를 구성하는 당은 ~~리보스~~ 디옥시리보스이다.
➡ DNA(B)의 기본 단위는 뉴클레오타이드이며, DNA의 뉴클레오타이드를 구성하는 당은 디옥시리보스이다.

✗ C는 ~~단당류~~ 이당류에 속한다.
➡ 엿당(C)은 포도당 2분자가 결합한 이당류이다.

05 | 선택지 분석 |

Ⅰ은 기관, Ⅱ는 조직계, Ⅲ은 조직이다.

㉠ ⓐ에는 관다발 조직계가 있다.
➡ 잎에는 관다발 조직계, 표피 조직계, 기본 조직계가 모두 있다.

✗ 체관은 ~~Ⅱ~~ Ⅲ의 예에 해당한다.
➡ 체관은 조직(Ⅲ)의 예에 해당한다.

㉢ ⓑ는 분열 조직이다.
➡ 형성층은 세포 분열이 활발한 분열 조직이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A는 결합 조직이다.
➡ A는 상피 조직, B는 결합 조직, C는 근육 조직이다.

ㄴ 적혈구는 B를 구성한다.
➡ 결합 조직(B)에는 혈액이 있으며, 적혈구는 혈액을 구성한다.

ㄷ 심장에는 A~C가 모두 있다.
➡ 기관에 해당하는 심장에는 상피 조직(A), 결합 조직(B), 근육 조직(C)이 모두 있다.

07 A는 뉴런, B는 신경계, C는 관다발 조직계이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A와 적혈구는 동물의 구성 단계 중 같은 구성 단계에 해당한다.
➡ 뉴런(A)과 적혈구는 모두 동물의 구성 단계 중 세포에 해당한다.

ㄴ B와 소화계는 모두 동물의 구성 단계 중 기관계에 해당한다.
➡ 신경계(B)와 소화계는 모두 동물의 구성 단계 중 기관계에 해당한다.

✗ 표피 조직은 ~~C~~에 속한다.
표피 조직계
➡ 표피 조직은 표피 조직계에 속한다.

08 A는 표피 조직, B는 해면 조직이다.

| 선택지 분석 |

✗ A는 기본 조직계에 속한다.
➡ 표피 조직(A)은 표피 조직계에 속한다.

ㄴ B에서 광합성이 활발하게 일어난다.
➡ 해면 조직(B)과 울타리 조직에서는 광합성이 활발하게 일어난다.

✗ 잎은 식물의 생식 기관에 해당한다.
➡ 잎은 식물의 영양 기관에 해당한다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠에는 리보솜이 있다.
➡ ㉠에는 핵, 미토콘드리아, 소포체, 리보솜이 있다.

ㄴ ㉡에는 DNA를 갖는 세포 소기관이 있다.
➡ 미토콘드리아에는 DNA가 있고, ㉡을 원심 분리한 시험관에 미토콘드리아가 있으므로 ㉡에는 DNA를 갖는 세포 소기관이 있다.

ㄷ 핵을 분리하는 과정에 세포 분획법이 이용되었다.
➡ 원심 분리기를 이용한 이 과정은 세포 분획법이다.

10 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 ~~세포 분획법~~이다.
현미경을 이용한 방법
➡ (가)는 현미경을 이용한 방법, (나)는 세포 분획법, (다)는 자기 방사법이다.

ㄴ (나)를 이용하여 동물 세포로부터 미토콘드리아를 분리할 수 있다.
➡ 세포 분획법(나)을 이용하여 동물 세포로부터 세포 소기관을 분리할 수 있다.

ㄷ ^{3}H를 이용하여 DNA의 합성 장소를 알아내는 방법은 (다)이다.
➡ ^{3}H는 방사성 동위 원소이며, ^{3}H를 이용하여 DNA의 합성 장소를 알아내는 방법은 자기 방사법(다)이다.

11 | 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~미토콘드리아~~이다.
핵
➡ ㉠은 핵, ㉡은 미토콘드리아, ㉢은 거친면 소포체이다.

ㄴ 동물 세포에는 ㉠과 ㉡이 모두 있다.
➡ 동물 세포에는 핵(㉠)과 미토콘드리아(㉡), 거친면 소포체(㉢)가 모두 있다.

ㄷ ㉡과 ㉢에는 모두 단백질이 들어 있다.
➡ 미토콘드리아(㉡)에는 리보솜이 있으므로 단백질이 들어 있으며, 거친면 소포체(㉢)는 단백질의 이동 통로이므로 단백질이 들어 있다.

12 A는 핵, B는 미토콘드리아, C는 거친면 소포체, D는 골지체이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)를 통해 A를 관찰할 수 있다.
➡ 전자선을 이용한 투과 전자 현미경을 이용하여 핵의 단면을 관찰할 수 있다.

ㄴ (나)를 통해 B를 분리할 수 있다.
➡ 세포 분획법(나)을 이용하여 세포 소기관을 크기와 밀도에 따라 분리할 수 있다.

ㄷ (다)를 통해 C에서 D로 이동하는 ^{14}C로 표지된 단백질을 추적할 수 있다.
➡ ^{14}C는 방사성 동위 원소이며, 자기 방사법(다)을 이용하여 거친면 소포체(C)에서 골지체(D)로 이동하는 단백질을 추적할 수 있다.

13 | 선택지 분석 |

✗ ~~매끈면~~ 소포체의 표면에는 리보솜이 붙어 있다.
거친면
➡ 매끈면 소포체의 표면에는 리보솜이 붙어 있지 않으며, 거친면 소포체의 표면에 리보솜이 붙어 있다.

ㄴ 핵과 리보솜에는 모두 rRNA가 있다.
➡ 핵의 인에서 rRNA가 합성되며, 리보솜은 rRNA와 단백질로 구성된다.

ㄷ 핵과 매끈면 소포체는 모두 인지질 2중층을 가진다.
➡ 핵과 매끈면 소포체는 모두 인지질 2중층으로 된 막 구조를 가진다.

14 | 자료 분석 |

(가)

구분	㉠	㉡	㉢
핵	○	○	×
리보솜	×	○	ⓐ ×
엽록체	○	○	○

(○: 있음, ×: 없음)

(나)

특징(㉠~㉢)
RNA가 있다. 핵, 리, 엽
2중막을 갖는다. 핵, 엽
그라나를 갖는다. 엽

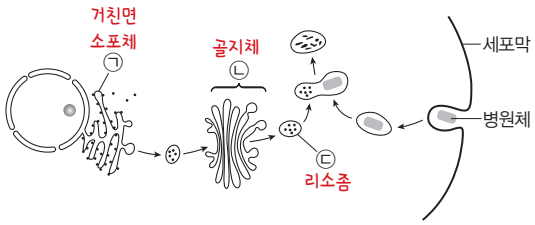
| 선택지 분석 |

✕ ⓐ는 '~~○~~ ×'이다.
➡ 리보솜은 그라나를 갖지 않으므로 ⓐ는 '×'이다.

㉡ ㉠은 '2중막을 갖는다.'이다.
➡ ㉠은 '2중막을 갖는다.', ㉡은 'RNA가 있다.' ㉢은 '그라나를 갖는다.'이다.

㉢ 리보솜은 단백질을 합성한다.
➡ 리보솜은 유전 정보에 따라 단백질을 합성한다.

15 | 자료 분석 |



- 거친면 소포체: 표면에 리보솜이 붙어 있으며, 단백질을 가공 및 운반한다.
- 골지체: 소포체에서 이동해 온 단백질이나 지질을 저장하고, 가공 및 포장하여 세포 밖으로 분비하거나 세포의 다른 부위로 이동시킨다.
- 리소좀: 골지체 막 일부가 떨어져 만들어진 작은 주머니 모양으로, 가수 분해 효소가 들어 있어 세포내 소화를 담당한다.

| 선택지 분석 |

㉠ ㉠에 단백질이 있다.
➡ 거친면 소포체(㉠)는 단백질의 이동 통로이므로 단백질이 있다.

㉡ ㉡에서 분비 소낭이 형성된다.
➡ 골지체(㉡)에서 세포 밖으로 분비될 단백질을 가지고 있는 분비 소낭이 형성된다.

㉢ ㉢은 세포내 소화를 담당한다.
➡ 리소좀(㉢)은 가수 분해 효소를 가지고 있어 세포내 소화를 담당한다.

16 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 사람의 간세포이다.
➡ (가)는 사람의 간세포, (나)는 시금치의 공변세포, (다)는 대장균이다.

✕ (나)의 세포벽은 ~~펩티도글리칸~~ 셀룰로스 성분이다.
➡ 시금치의 공변세포(나)의 세포벽은 셀룰로스 성분이다. 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 갖는 것은 대장균(다)이다.

㉢ (다)는 원핵세포에 해당한다.
➡ 대장균(다)은 핵막과 막성 세포 소기관이 없으므로 원핵세포에 해당한다.

2 »» 세포막과 효소

01 ~ 세포막을 통한 물질 이동

개념POOL 059쪽

01 (가) 단순 확산, (나) 촉진 확산, (다) 능동 수송 **02** ㉠ 물질이 고농도에서 저농도로 이동한다. ㉡ 수송 단백질이 관여한다.

01 (가)는 물질이 인지질 2중층을 직접 통과하므로 단순 확산이며, (나)는 막단백질을 통해 고농도에서 저농도로 물질이 이동하므로 촉진 확산이다. (다)는 에너지를 소모하여 저농도에서 고농도로 물질이 이동하므로 능동 수송이다.

02 ㉠은 단순 확산과 촉진 확산만 해당하는 공통점이므로 '물질이 고농도에서 저농도로 이동한다.'이며, ㉡은 촉진 확산과 능동 수송만 해당하는 공통점이므로 '수송 단백질이 관여한다.'이다.

탐구POOL 060쪽

01 (가), (나), (다)

01 (가)는 고장액, (나)는 등장액, (다)는 저장액이며, 삼투압은 용질의 농도에 비례한다.
따라서 소금 농도는 (가)>(나)>(다)이다.

콕콕! 개념 확인하기 061쪽

✔ 잠깐 확인!
1 선택적 **2** 단순 **3** 촉진 **4** 삼투 **5** 삼투압, 팽압 **6** 능동 수송 **7** 세포내 섭취 **8** 세포외 배출

01 (1) ○ (2) × (3) × **02** (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ **03** A: 촉진 확산, B: 단순 확산, C: 능동 수송, D: 세포외 배출 **04** (가) 고장액, (나) 등장액, (다) 저장액 **05** (1) ㉠ 삼투압, ㉡ 팽압 (2) 2

01 (2) 인지질(A)의 머리 부분(㉠)은 친수성, 꼬리 부분(㉡)은 소수성이다.
(3) 세포막은 유동성을 가지고 있어 인지질(A)과 단백질(B)은 모두 움직일 수 있다.

02 (1) 확산은 물질이 농도 기울기를 따라 고농도에서 저농도로 이동하는 현상으로 에너지가 소비되지 않는다.
(4) 삼투는 반투과성 막을 경계로 저농도에서 고농도로 용매가 이동하는 현상이다.

03 A는 물질이 막단백질을 통해 고농도에서 저농도로 이동하므로 촉진 확산, B는 물질이 인지질 2중층을 직접 통과하므로 단순 확산이다. C는 물질이 막단백질을 통해 저농도에서 고농도로 이동하므로 능동 수송, D는 물질을 싼 소낭이 세포막과 융합하여 물질을 내보내므로 세포외 배출이다.

04 (가)에 넣은 적혈구는 물이 빠져나가 쭈그러들었으므로 (가)는 적혈구 안보다 삼투압이 높은 고장액이다. (나)에 넣은 적혈구는 부피의 변화가 없으므로 (나)는 적혈구 안과 삼투압이 같은 등장액이다. (다)에 넣은 적혈구는 물이 들어와 부풀었으므로 (다)는 적혈구 안보다 삼투압이 낮은 저장액이다.

05 (1) 고장액에 있던 식물 세포를 저장액으로 옮기면 삼투에 의해 물이 식물 세포로 들어가 세포의 부피가 증가하고, 그에 따라 식물 세포의 삼투압은 낮아지고 팽압은 높아진다. 따라서 ㉠은 삼투압, ㉡은 팽압이다.

(2) 흡수력=삼투압−팽압이고, 세포의 부피가 1.3일 때 삼투압(㉠)은 4, 팽압(㉡)은 2이므로 흡수력=4−2=2이다.

탄탄! 내신 다지기

062쪽~063쪽

01 ④ **02** ④ **03** ⑤ **04** ② **05** (다), (나), (가)
06 ③ **07** ② **08** ③ **09** ⑤

01 | 선택지 분석 |

① A는 다른 세포의 인식에 관여한다.
➡ A는 막단백질에 붙어 있는 탄수화물이며, 다른 세포의 인식에 관여한다.

② B는 물질 수송에 관여한다.
➡ B는 막단백질이며, 물질 수송에 관여한다.

③ B는 리보솜에서 합성된다.
➡ B는 단백질이므로 리보솜에서 합성된다.

④ B는 인지질 2중층에서 이동할 수 ~~없다~~ 있다.
➡ 인지질 2중층은 유동성이 있으므로 인지질 2중층에 있는 막단백질도 이동할 수 있다.

⑤ C는 친수성과 소수성이 모두 있다.
➡ C는 인지질이며, 머리는 친수성이고, 꼬리는 소수성이다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 막단백질은 유동성을 가진다.
➡ 표면의 막단백질이 고르게 섞여 분포하므로 막단백질이 유동성을 가짐을 알 수 있다.

✗ 인지질은 특정 위치에 고정되어 있다.
➡ 막단백질뿐만 아니라 인지질도 유동성이 있어 특정 위치에 고정되어 있지 않고 움직일 수 있다.

㉢ 실험 결과와 관련 있는 세포막의 구조 모형은 유동 모자이크막 모델이다.
➡ 이 실험과 관련된 세포막의 구조 모형을 유동 모자이크막 모델이라고 한다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ A의 이동 방식은 단순 확산이다.
➡ A는 농도 차가 증가할수록 물질의 이동 속도가 계속 증가하므로 A의 이동 방식은 단순 확산이다.

㉡ B의 이동에는 막단백질이 관여한다.
➡ B의 이동 방식은 촉진 확산이며, 촉진 확산에는 수송 단백질과 같은 막단백질이 관여한다.

㉢ A와 B는 모두 고농도에서 저농도로 물질이 이동하는 방식이다.
➡ 단순 확산(A)과 촉진 확산(B)은 모두 고농도에서 저농도로 물질이 이동하는 방식이다.

04 | 선택지 분석 |

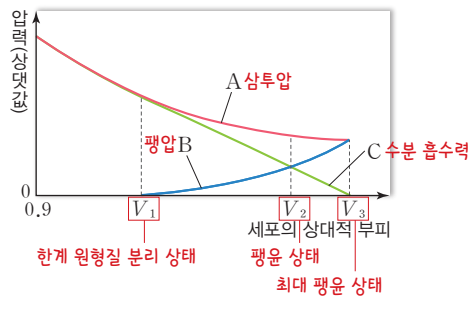
✗ 물이 반투과성 막을 통과할 때 에너지가 ~~소모된다~~ 소모되지 않는다.
➡ 물은 삼투 현상으로 이동하므로 에너지가 소모되지 않는다.

㉡ 일정 시간이 지난 후 B 쪽의 포도당 양은 증가한다.
➡ 포도당은 반투과성 막을 통과할 수 있으며, 포도당의 농도가 높은 A에서 B로 포도당이 이동하므로 B 쪽의 포도당 양은 증가한다.

✗ 일정 시간이 지난 후 ~~A~~ B 쪽의 수면이 ~~B~~ A 쪽의 수면보다 더 높아진다.
➡ 포도당은 반투성 막을 통과할 수 있으므로 일정 시간이 지난 후 A 쪽과 B 쪽의 포도당의 양은 같아지며, 설탕은 반투과성 막을 통과하지 못하며 B 쪽이 A 쪽보다 설탕의 양이 많으므로 농도는 B 쪽이 A 쪽보다 높다. 따라서 물이 A 쪽에서 B 쪽으로 이동하므로 일정 시간이 지난 후 B 쪽의 수면이 A 쪽의 수면보다 더 높아진다.

05 (가)는 물이 세포 내로 들어왔으므로 세포보다 농도가 낮은 용액이고, (나)는 물이 세포 내로 들어온 양과 나간 양이 같으므로 세포와 농도가 같은 용액이며, (다)는 물이 세포 밖으로 나갔으므로 세포보다 농도가 높은 용액이다. 따라서 용액의 농도는 (다)>(나)>(가)이다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① A는 ~~수분 흡수력~~(삼투압)이다.
➡ A는 삼투압, B는 팽압, C는 수분 흡수력이다.

② V_2일 때 이 세포는 ~~원형질 분리 상태~~(팽윤 상태)이다.
➡ V_2일 때 이 세포는 팽압이 존재하므로 팽윤 상태이다.

③ V_3일 때 이 세포는 최대 팽윤 상태이다.
➡ V_3일 때 이 세포는 삼투압과 팽압이 같으므로 최대 팽윤 상태이다.

④ 이 세포의 팽압은 V_2일 때가 V_3일 때보다 ~~높다~~(낮다).
➡ 팽압은 B이며, 이 세포의 팽압은 V_2일 때가 V_3일 때보다 낮다.

⑤ V_1일 때 이 세포의 ~~수분 흡수력~~(팽압)은 0이다.
➡ V_1일 때 이 세포는 한계 원형질 분리 상태이며, 팽압이 0이므로 수분 흡수력은 삼투압과 같다.

07 | 선택지 분석 |

① ~~(가)~~(나)에서 ATP가 소모된다.
➡ ATP의 소모는 (나)에서 일어난다.

② 인산기가 결합하면서 운반체의 단백질 구조가 변형된다.
➡ Na^+-K^+ 펌프는 인산기가 붙고 떨어지는 것에 따라 구조가 변형된다.

③ Na^+-K^+ 펌프에 의해 Na^+은 세포 밖으로 ~~확산~~(능동 수송)된다.
➡ Na^+-K^+ 펌프에 의해 Na^+은 세포 밖으로 능동 수송된다.

④ 세포 호흡이 중단되어도 Na^+-K^+ 펌프는 ~~계속 작동한다~~(작동이 멈춘다).
➡ 세포 호흡이 중단되면 ATP가 생성되지 않아 Na^+-K^+ 펌프의 작동이 멈춘다.

⑤ Na^+-K^+ 펌프에 의해 K^+의 세포 안 농도가 ~~낮게~~(높게) 유지된다.
➡ Na^+-K^+ 펌프에 의해 K^+이 세포 밖에서 안으로 능동 수송되므로 세포 안 농도가 높게 유지된다.

08 | 자료 분석 |

이동 방식	막단백질	에너지 소비
A 촉진 확산	관여함	ⓐ 없음
B 단순 확산	? 관여하지 않음	없음
C 능동 수송	관여함	있음

| 선택지 분석 |

ㄱ ⓐ는 '없음'이다.
➡ A는 촉진 확산, B는 단순 확산, C는 능동 수송이다. 촉진 확산에서 에너지 소비는 없다.

ㄴ B 방식으로 이동하는 물질은 세포 안팎의 농도 차가 클수록 이동 속도가 빠르다.
➡ 단순 확산(B)은 물질이 고농도에서 저농도로 농도 기울기에 따라 이동하는 것이므로 세포 안팎의 농도 차가 클수록 물질의 이동 속도가 빠르다.

✗ C는 물질이 ~~고농도~~(저농도)에서 ~~저농도~~(고농도)로 이동하는 방식이다.
➡ 능동 수송(C)은 물질이 에너지를 소비하면서 저농도에서 고농도로 이동하는 방식이다.

09 | 선택지 분석 |

① (가)는 음세포 작용이다.
➡ (가)는 세포 밖의 녹아 있는 분자가 세포 내로 소낭을 형성해 들어오므로 음세포 작용이다.

② (나)는 식세포 작용이다.
➡ (나)는 세포 밖의 고형 물질이 세포 내로 식포를 형성해 들어오므로 식세포 작용이다.

③ (가)가 일어날 때 에너지가 소모된다.
➡ (가)~(다)가 일어날 때 모두 에너지가 소모된다.

④ 이자에서 인슐린은 (다)의 방식으로 분비된다.
➡ 이자에서 인슐린은 분비 소낭에 싸여 세포외 배출로 분비된다.

⑤ 폐포와 모세 혈관 사이에서 산소의 이동 방식은 ~~(나)~~(단순 확산)에 해당한다.
➡ 폐포와 모세 혈관 사이에서 산소의 이동 방식은 단순 확산에 해당한다.

도전! 실력 올리기

064쪽~065쪽

01 ③ **02** ④ **03** ④ **04** ② **05** ③ **06** ③

07 | 모범 답안 | (다)의 등장액, (다)의 등장액에 사람의 적혈구를 넣었을 때 적혈구가 쭈그러든 것은 (다)의 등장액이 사람의 등장액보다 농도가 높아 적혈구 안의 물이 적혈구 밖으로 이동했기 때문이다.

08 (1) (가) 능동 수송, (나) 확산
(2) | 모범 답안 | (가), 살아 있는 파래에서는 세포 호흡을 통해 ATP가 공급되므로 능동 수송이 일어나 세포 안과 밖의 Na^+과 K^+의 농도 기울기가 (가)와 같이 유지되기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 막단백질이다.
➡ A는 인지질 2중층에 박혀 있는 막단백질이다.

ㄴ A는 물질 이동의 통로 역할을 한다.
➡ A와 같이 인지질 2중층에 박혀 있는 막단백질은 물질 이동의 통로 역할을 한다.

✗ B는 ~~소수성~~(친수성)을, C는 ~~친수성~~(소수성)을 띤다.
➡ B는 인지질의 머리 부분이므로 친수성을, C는 인지질의 꼬리 부분이므로 소수성을 띤다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ A가 세포막을 통과할 때 ATP가 소모된다.
➡ A는 ATP 농도에 따라 통과 속도가 변하므로 A의 이동 방식은 능동 수송이고, B는 ATP 농도에 통과 속도가 영향을 받지 않으므로 B의 이동 방식은 단순 확산이다. A의 이동 방식은 능동 수송이므로 A가 세포막을 통과할 때 ATP가 소모된다.

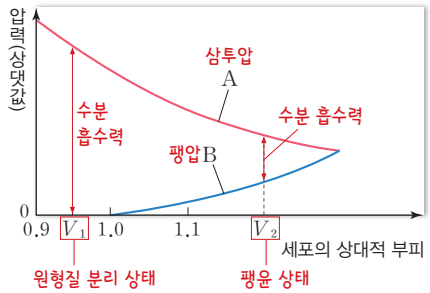
✗ A와 ~~B는~~ 모두 막단백질이 관여한다.

➡ B의 이동 방식은 단순 확산이므로 막단백질이 관여하지 않는다.

ㄷ 세포 안팎의 B의 농도 기울기가 커질수록 B의 이동 속도는 증가한다.

➡ B의 이동 방식은 단순 확산이며, 단순 확산은 물질이 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 것이므로 B의 농도 기울기가 커질수록 B의 이동 속도는 증가한다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ A는 ~~팽압~~이다. 삼투압

➡ A는 세포의 부피가 증가할수록 압력이 감소하므로 삼투압이다.

ㄴ V_2일 때 세포 안으로 물이 들어온다.

➡ V_2일 때 삼투압이 팽압보다 크므로 세포 안으로 물이 들어온다.

ㄷ 세포의 수분 흡수력은 V_1일 때가 V_2일 때보다 크다.

➡ 수분 흡수력은 삼투압(A)과 팽압(B)의 차이므로 V_1일 때가 V_2일 때보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~촉진 확산~~이다. 단순 확산

➡ A는 단순 확산, B는 능동 수송, C는 촉진 확산이다.

ㄴ ATP 공급이 차단되면 차단되기 전보다 B에 의한 ㉠의 이동량이 감소한다.

➡ ㉠의 이동 방식은 능동 수송이며, 능동 수송은 ATP를 소비하면서 이루어진다. 따라서 ATP 공급이 차단되면 능동 수송이 일어나지 않아 능동 수송에 의한 ㉠의 이동량이 감소한다.

✗ 뉴런에서 만들어진 신경 전달 물질의 분비는 ~~C~~에 의해 세포외 배출 일어난다.

➡ 뉴런에서 만들어진 신경 전달 물질의 분비는 세포외 배출에 의해 일어난다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 리포솜은 인지질 2중층의 막 구조이다.

➡ 리포솜의 막은 세포막과 융합되는 인지질 2중층의 막 구조이다.

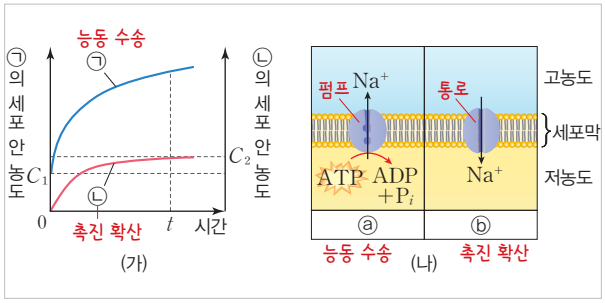
ㄴ 세포막은 유동성이 있다.

➡ 세포막은 유동성이 있어, 리포솜이 세포막에 융합할 수 있다.

✗ 이 과정에서 세포막의 표면적이 ~~감소한다~~. 증가한다.

➡ 리포솜이 세포막과 융합하는 과정에서 세포막의 표면적은 증가한다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ ⓐ는 ㉠의 이동 방식과 같다.

➡ ㉠의 이동 방식은 능동 수송이고, ㉡의 이동 방식은 촉진 확산이다. ⓐ는 Na^+이 ATP를 소비하여 저농도에서 고농도로 막단백질을 통해 이동하므로 능동 수송이고, ⓑ는 Na^+이 고농도에서 저농도로 막단백질을 통해 이동하므로 촉진 확산이다. 따라서 ⓐ와 ㉠의 이동 방식은 능동 수송이고, ⓑ와 ㉡의 이동 방식은 촉진 확산으로 같다.

ㄴ ㉡은 농도 기울기에 따라 이동한다.

➡ ㉡의 이동 방식은 촉진 확산이므로 ㉡은 고농도 쪽에서 저농도 쪽으로 농도 기울기에 따라 이동한다.

✗ t일 때 세포막을 통과하는 이동 속도는 ㉠이 ㉡보다 ~~느리다~~. 빠르다.

➡ t에서 ㉠의 기울기가 ㉡의 기울기보다 크므로 ㉠의 이동 속도는 ㉡의 이동 속도보다 빠르다.

07

(가)의 등장액에 넣은 적혈구는 모양 변화가 거의 없으므로 사람의 등장액과 농도가 비슷하며, (나)의 등장액에 넣은 적혈구는 많이 부풀었으므로 (나)의 등장액은 저장액이다. (다)의 등장액에 넣은 적혈구는 쭈그러들었으므로 (다)의 등장액이 사람의 등장액보다 농도가 높은 고장액이다.

채점 기준	배점
(다)의 등장액을 고르고, 그렇게 판단한 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(다)의 등장액을 골랐으나, 그렇게 판단한 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	40 %

08

(1) (가) 살아 있는 파래에서는 세포 호흡을 통해 ATP가 공급되어 Na^+과 K^+의 능동 수송이 일어나 Na^+과 K^+ 각각의 세포 안과 밖의 농도가 다르게 유지된다. (나) 죽은 파래에서는 세포 호흡이 일어나지 않아 ATP가 생성되지 않으므로 능동 수송은 일어나지 않고, 확산에 의한 Na^+과 K^+의 이동이 일어나 Na^+과 K^+ 각각의 세포 안과 밖의 농도가 같아진다.

(2) 살아 있는 파래에서는 능동 수송이 일어나 세포막을 경계로 농도 기울기가 형성된다.

채점 기준	배점
(가)라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)라고 썼지만, 그 까닭에 대한 설명이 다소 부족한 경우	40 %

02 효소

개념POOL 069쪽

01 A: 비경쟁적 저해제, B: 경쟁적 저해제
02 Ⅰ: 저해제 처리하지 않음, Ⅱ: 경쟁적 저해제 처리, Ⅲ: 비경쟁적 저해제 처리

01 A는 효소의 활성 부위가 아닌 곳에 결합하여 효소와 기질의 결합을 저해하므로 비경쟁적 저해제이다. B는 효소의 활성 부위에 결합하여 효소와 기질의 결합을 저해하므로 경쟁적 저해제이다.

02 같은 기질 농도에서 Ⅱ와 Ⅲ은 Ⅰ보다 초기 반응 속도가 느리므로 Ⅰ은 저해제를 처리하지 않았을 때이고, Ⅱ와 Ⅲ은 저해제를 처리했을 때이다. Ⅱ는 기질 농도가 높아질수록 저해 효과가 낮아지므로 경쟁적 저해제를 처리한 경우이고, Ⅲ은 기질 농도가 높아져도 저해 효과가 유지되므로 비경쟁적 저해제를 처리한 경우이다.

콕콕! 개념 확인하기 070쪽

✔ 잠깐 확인!
1 활성화 **2** 효소 **3** 기질, 활성 부위 **4** 기질 특이성 **5** 주효소, 보조 인자 **6** 금속 이온, 조효소 **7** 온도, 기질 **8** 경쟁적

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × **02** (가) ㉡, (나) ㉠ **03** A: 보조 인자, B: 기질, C: 주효소, D: 생성물 **04** (가) 전이 효소, (나) 이성질화 효소, (다) 연결 효소 **05** (1) × (2) ○ (3) ×

01 (4) 효소는 반응이 끝나도 구조가 변형되지 않아 다른 반응에 재사용될 수 있다.

02 활성화 에너지는 반응이 일어나기 위해 넘어야 할 에너지 언덕에 해당하며, 효소는 활성화 에너지를 낮추어 반응을 촉진한다. 따라서 ㉠이 효소가 없을 때의 활성화 에너지, ㉡이 효소가 있을 때의 활성화 에너지이다. ㉢은 생성물과 반응물의 에너지 차이인 반응열에 해당한다.

03 A와 C는 반응 전후에 변하지 않고 A는 C보다 크기가 작고 C와 일시적으로 결합하므로 A는 보조 인자, C는 주효소이다. B는 반응 후 D로 변하므로 B는 기질, D는 생성물이다.

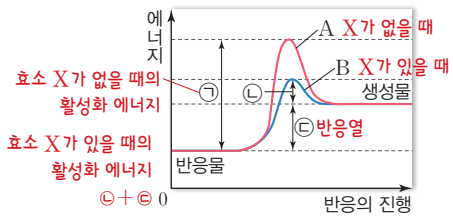
04 특정 기질에서 작용기를 떼어 다른 분자에 전달하는 효소는 전이 효소, 기질을 이루는 원자의 위치를 변화시켜 이성질체로 전환하는 효소는 이성질화 효소, 에너지를 사용하여 두 기질 분자를 연결하는 효소는 연결 효소이다.

05 (1) 온도가 최적 온도 이상 높아지면 효소 단백질의 입체 구조가 변하여 활성이 떨어지므로 반응 속도가 급격히 느려진다.
(3) 효소의 농도가 일정할 때 초기 반응 속도는 기질의 농도가 낮을 때는 증가하다가 기질의 농도가 일정 수준에 도달하면 더 이상 증가하지 않고 일정해진다.

탄탄! 내신 다지기 071쪽~072쪽

01 ⑤ **02** ⑤ **03** ③ **04** ③ **05** S_1: C, S_2: A, S_3: B **06** ② **07** ③ **08** ⑤

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |
① 이 반응은 흡열 반응이다.
➡ 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 작으므로 흡열 반응이다.
② A는 X가 없을 때의 에너지 변화이다.
➡ A가 B보다 활성화 에너지가 크므로 A는 X가 없을 때이다.
③ X가 없을 때 활성화 에너지는 ㉠이다.
➡ 이 반응에서 X가 없을 때 활성화 에너지는 A에서의 에너지 언덕인 ㉠이다.
④ X가 있을 때 활성화 에너지는 ㉡+㉢이다.
➡ 이 반응에서 X가 있을 때 활성화 에너지는 B에서의 에너지 언덕인 ㉡+㉢이다.
✔ ⑤ X의 농도가 증가하면 ㉢의 크기는 ~~감소한다~~ 일정하다.
➡ ㉢은 생성물과 반응물의 에너지 차이로 X의 농도에 영향을 받지 않는다.

02 | 선택지 분석 |
① 효소 A는 기질 특이성을 갖는다.
➡ A는 설탕하고만 결합하므로 기질 특이성을 갖는다.
② ㉠은 효소·기질 복합체이다.
➡ ㉠은 효소와 기질이 결합한 효소·기질 복합체이다.
③ ㉡은 생성물이다.
➡ ㉡은 효소 A의 작용으로 생성된 생성물이다.
④ A는 ㉠을 형성하여 반응의 활성화 에너지를 낮춘다.
➡ 효소 A는 효소·기질 복합체를 형성하여 반응의 활성화 에너지를 낮춘다.
✔ ⑤ 반응이 끝나면 효소 A는 ~~변성된다~~ 재사용된다.
➡ 효소는 반응 전후 변하지 않고, 재사용된다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. 전효소는 A와 B가 결합한 것이다.
➡ A는 반응 전후 변하지 않으므로 주효소이고, B는 주효소에 결합하는 보조 인자이다. 주효소와 보조 인자가 결합한 것을 전효소라고 한다.

✗ A는 B보다 온도의 영향을 ~~적게~~ 많이 받는다.
➡ 주효소의 주성분은 단백질이므로 주효소(A)는 보조 인자(B)보다 온도의 영향을 크게 받는다.

ㄷ. C는 반응물, D는 생성물이다.
➡ C는 반응물이고, D는 반응 후 생성되는 생성물이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 산화 환원 효소이다.
➡ (가)는 H_2를 얻고 잃는 반응을 촉매하는 산화 환원 효소이다.

✗ (나)는 ~~제거 부가~~ 전이 효소이다.
➡ (나)는 전이 효소이며, 기질의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달한다.

ㄷ. (다)는 물을 첨가하여 특정 기질을 분해한다.
➡ (다)는 물(H_2O)을 첨가하여 기질의 결합을 분해하는 가수 분해 효소이다.

05 S_1은 초기 반응 속도가 계속 증가하고 있는 시점이므로 기질의 농도보다 효소의 농도가 높은 C이다. S_2는 초기 반응 속도가 최대가 되는 지점이므로 기질의 농도와 효소의 농도가 같은 A이다. S_3은 초기 반응 속도가 최대가 되는 지점에서 기질의 농도를 더 높인 지점이므로 기질의 농도가 효소의 농도보다 높은 B이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 pH가 2일 때 구조의 변성이 일어난다.
➡ (가)는 pH가 2일 때 최대 활성을 나타내므로 구조의 변성이 일어나지 않는다.

ㄴ. (나)의 최적 pH는 (다)의 최적 pH보다 낮다.
➡ (나)의 최적 pH는 7이고, (다)의 최적 pH는 8이다.

✗ (가)~(다)는 모두 같은 소화 기관에서 작용한다.
➡ (가)~(다)는 반응 속도가 최대인 pH가 다르므로 모두 다른 소화 기관에서 작용한다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. 경쟁적 저해제이다.
➡ 기질의 농도가 증가할수록 A의 저해 효과가 감소하므로 A는 경쟁적 저해제이다.

ㄴ. 효소의 활성 부위에 결합한다.
➡ 경쟁적 저해제는 효소의 활성 부위에 결합한다.

✗ 기질의 농도가 증가해도 저해 효과는 ~~감소하지 않는다~~ 감소한다.
➡ 기질과 경쟁적 저해제(A)는 효소의 활성 부위에 경쟁적으로 결합하므로 기질의 농도가 증가하면 경쟁적 저해제가 효소의 활성 부위에 결합할 확률이 감소하여 저해 효과가 감소한다.

08 | 선택지 분석 |

① B는 ~~경쟁적~~ 비경쟁적 저해제이다.
➡ B는 기질 농도가 충분히 높을 때 반응 속도가 같아지지 않으므로 비경쟁적 저해제이다.

② B는 효소의 ~~활성 부위~~ 비활성 부위에 결합한다.
➡ B는 비경쟁적 저해제이므로 효소의 비활성 부위에 결합한다.

③ Ⅱ에서 효소·기질 복합체의 농도는 S_1이 S_2보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 효소·기질 복합체의 농도는 반응 속도와 비례하므로 Ⅱ에서 효소·기질 복합체의 농도는 S_1이 S_2보다 작다.

④ S_1일 때 이 효소 반응의 활성화 에너지는 ~~Ⅰ이 Ⅱ보다 크다~~ Ⅰ과 Ⅱ가 같다.
➡ 효소 반응의 활성화 에너지 크기는 저해제의 유무와 관련이 없다.

✓ ⑤ Ⅰ에서 S_2일 때 이 효소를 첨가하면 반응 속도는 증가한다.
➡ Ⅰ은 저해제가 없을 때의 반응 속도이다. Ⅰ에서 S_2일 때는 모든 효소가 기질에 포화된 상태이다. 이때 효소를 더 첨가하면 반응 속도는 증가한다.

도전! 실력 올리기 073쪽

01 ④ **02** ⑤

03 (1) 가수 분해 효소
(2) | **모범 답안** | 효소는 활성 부위에 맞는 구조를 가진 특정 기질에만 작용하는 기질 특이성이 있다. 효소는 반응에서 소모되거나 변형되지 않고 반응이 끝나면 생성물과 분리된 후 새로운 기질과 결합하여 다시 반응을 촉매한다.

04 (1) | **모범 답안** | 온도가 높아질수록 기질이 효소의 활성 부위에 더 빈번하게 충돌하여 효소·기질 복합체가 더 많이 형성되기 때문이다.
(2) | **모범 답안** | 최적 온도보다 높은 온도에서는 효소의 주성분인 단백질의 입체 구조가 변하기 때문이다.

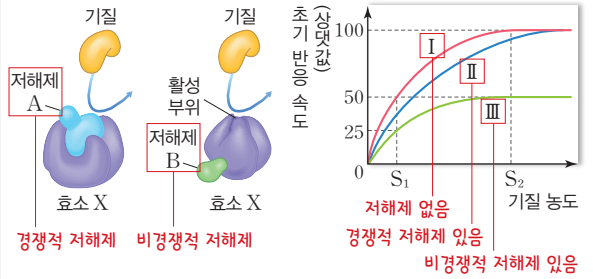
01 | 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 X가 있을 때이다.
➡ ㉠은 ㉡보다 생성물의 농도가 빠르게 증가하므로 ㉠은 X가 있을 때이다.

✗ t_1일 때 이 반응의 활성화 에너지는 ㉠이 ㉡보다 ~~높다~~ 낮다.
➡ 어떤 반응에서 효소를 첨가하면 활성화 에너지가 감소한다. ㉠은 효소 X가 있을 때, ㉡은 효소 X가 없을 때이므로 t_1일 때 이 반응의 활성화 에너지는 ㉠이 ㉡보다 낮다.

ㄷ. ㉠에서 효소·기질 복합체의 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 높다.
➡ ㉠에서 t_1은 생성물의 농도가 증가하고 있는 시점이므로 효소·기질 복합체가 있다. 반면 t_2는 생성물의 농도가 더 이상 증가하지 않는 시점이므로 이때 기질은 모두 생성물로 전환된 것이다. 따라서 기질이 존재하지 않으므로 효소·기질 복합체가 없다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ B는 비경쟁적 저해제이다.

➡ B는 X의 활성 부위에 결합하지 않으므로 비경쟁적 저해제이다.

㉡ Ⅱ는 저해제 A가 있는 경우이다.

➡ Ⅰ과 Ⅱ를 비교해 볼 때 기질의 농도가 높아질수록 저해 효과가 감소하므로 Ⅱ는 경쟁적 저해제(A)가 있는 경우이다.

㉢ Ⅰ에서 $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{X의 총 수}}$는 S_1일 때가 S_2일 때보다 작다.

➡ 기질과 결합한 X의 수는 초기 반응 속도에 비례한다. Ⅰ에서 S_1일 때가 S_2일 때보다 초기 반응 속도가 느리므로 $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{X의 총 수}}$는 S_1일 때가 S_2일 때보다 작다.

03 (1) 물 분자를 첨가하여 기질을 분해하므로 가수 분해 효소가 해당한다.

(2) 효소가 설탕하고만 결합하므로 특정 기질에만 작용하는 기질 특이성이 있음을 알 수 있다. 또한, 효소는 반응에서 소모되거나 변형되지 않고 반응이 끝나면 생성물과 분리된 후 새로운 기질과 결합하여 재사용됨을 알 수 있다.

채점 기준	배점
효소의 기질 특이성과 효소의 재사용에 대해 옳게 서술한 경우	100 %
효소의 기질 특이성과 효소의 재사용 중 한 가지에 대해 옳게 서술한 경우	50 %

04 (1) 효소가 관여하는 화학 반응에서는 최적 온도가 될 때까지 온도가 높을수록 반응 속도가 빨라진다. 이는 최적 온도가 될 때까지 온도가 높아지면 기질이 효소의 활성 부위에 더 빈번하게 충돌하여 효소·기질 복합체가 더 많이 형성되기 때문이다.

채점 기준	배점
온도가 높아질수록 효소·기질 복합체가 더 많이 형성되기 때문이라는 내용을 포함하여 서술한 경우	100 %
온도가 높아질수록 기질이 효소의 활성 부위에 더 빈번하게 충돌하기 때문이라고만 서술한 경우	70 %

(2) 온도가 최적 온도 이상으로 올라가면 효소 단백질의 입체 구조가 변하여 반응 속도가 급격히 느려진다.

채점 기준	배점
효소의 주성분인 단백질의 입체 구조가 변하기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
효소가 변하기 때문이라고 서술한 경우	30 %

실전! 수능 도전하기

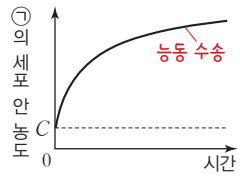
075쪽~077쪽

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

01 | 자료 분석 |

특징 / 이동 방식	막단백질을 이용함	저농도에서 고농도로 물질이 이동함
능동 수송Ⅰ	ⓐ ○	○
촉진 확산Ⅱ	○	×
단순 확산Ⅲ	×	? ×

(○: 있음, ×: 없음)



능동 수송은 막단백질을 이용하고, 저농도에서 고농도로 물질이 이동한다. 촉진 확산은 막단백질을 이용하지만, 저농도에서 고농도로 물질이 이동하지 않는다. 단순 확산은 막단백질을 이용하지 않고, 저농도에서 고농도로 물질이 이동하지 않는다. 따라서 Ⅰ은 능동 수송, Ⅱ은 촉진 확산, Ⅲ은 단순 확산이다.

| 선택지 분석 |

㉠ ⓐ는 'ㅇ'이다.

➡ 능동 수송(Ⅰ)은 막단백질을 이용하여 물질이 이동하므로 ⓐ는 'ㅇ'이다.

✗ ㉠의 이동 방식은 ~~Ⅱ~~ Ⅰ이다.

➡ 세포 안과 밖의 농도가 같아진 이후에도 ㉠의 세포 안 농도가 계속 증가하므로 ㉠은 능동 수송에 의해 이동한다.

㉢ 폐포에서 세포막을 통한 O_2의 이동은 Ⅲ에 의해 일어난다.

➡ 폐포에서 세포막을 통한 O_2의 이동은 단순 확산(Ⅲ)에 의해 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

✗ ㉠의 이동 방식은 ~~능동 수송~~ 촉진 확산이다.

➡ ㉠의 세포 안과 세포 밖의 농도가 같아졌을 때 ㉠의 세포 안 농도가 증가하지 않으므로 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이다.

ㄴ. ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.
➡ ㉠은 촉진 확산에 의해 세포 내로 들어오고 있으므로 세포 안의 농도가 낮을수록 세포 안과 밖의 농도 차가 크다. 따라서 ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

✗ Na^+-K^+ 펌프를 통한 Na^+의 이동 방식은 ~~㉠의 이동 방식과 같다~~ 능동 수송이다.
➡ Na^+-K^+ 펌프를 통한 Na^+의 이동 방식은 능동 수송이다.

03 Ⅰ은 단순 확산, Ⅱ는 세포외 배출이다.

| 선택지 분석 |

✗ Ⅰ에서 막단백질이 ~~이용된다~~ 이용되지 않는다.
➡ 단순 확산(Ⅰ)에서 물질은 막단백질을 이용하지 않고, 인지질 2중층을 직접 통과한다.

✗ Ⅰ에 의해 물질이 ~~저~~고농도에서 ~~고~~저농도로 이동한다.
➡ 단순 확산(Ⅰ)은 물질이 고농도에서 저농도로 이동하는 이동 방식이다.

ㄷ. Ⅱ에서 ATP가 사용된다.
➡ 세포외 배출(Ⅱ)은 ATP를 사용한다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. A는 삼투압이다.
➡ A는 부피가 증가할수록 압력이 감소하므로 삼투압이고, B는 부피가 증가할수록 압력이 증가하므로 팽압이다.

✗ (가)에서 V_2일 때의 흡수력은 V_3일 때의 흡수력보다 ~~작다~~ 크다.
➡ 흡수력은 삼투압−팽압이므로 V_2일 때의 흡수력은 V_3일 때의 흡수력보다 크다.

ㄷ. (나)는 V_1일 때의 상태이다.
➡ (나)는 원형질 분리가 일어난 상태이므로 V_1일 때의 상태이다.

05 | 자료 분석 |

이동 방식 / 특징	촉진 확산 Ⅰ	능동 수송 Ⅱ	단순 확산 Ⅲ	특징(㉠, ㉡)
㉠	○	ⓐ ○	ⓑ ✗	막단백질을 이용한다. 촉, 능
㉡	✗	○	✗	저농도에서 고농도로 물질이 이동한다. 능

(○: 있음, ✗: 없음)

(가) (나)

| 선택지 분석 |

✗ Ⅰ은 ~~능동 수송~~ 촉진 확산이다.
➡ Ⅰ은 촉진 확산, Ⅱ는 능동 수송, Ⅲ은 단순 확산이다.

ㄴ. ㉠은 '막단백질을 이용한다.'이다.
➡ '막단백질을 이용한다.'는 촉진 확산과 능동 수송만, '저농도에서 고농도로 물질이 이동한다.'는 능동 수송만 해당하므로 ㉠은 '막단백질을 이용한다.', ㉡은 '저농도에서 고농도로 물질이 이동한다.'이다.

✗ ~~ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.~~ ⓐ는 '○', ⓑ는 '✗'이다.
➡ 능동 수송(Ⅱ)은 막단백질을 이용하고, 단순 확산(Ⅲ)은 막단백질을 이용하지 않으므로 ⓐ는 '○', ⓑ는 '✗'이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 촉진 확산이다.
➡ (가)는 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하므로 촉진 확산이고, (나)는 농도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 이동하므로 능동 수송이다.

ㄴ. B는 세포 외부이다.
➡ ㉠은 능동 수송(나)을 통해 세포 내부에서 외부로 이동하므로 A는 세포 내부, B는 세포 외부이다.

✗ ~~(가)를 통한 ㉠의 이동~~과 (나)를 통한 ㉠의 이동에서 ~~모두~~ ATP가 소모된다.
➡ 촉진 확산(가)을 통한 ㉠의 이동은 농도 차에 의해서 이동하는 것이므로 ATP가 소모되지 않는다.

07 | 선택지 분석 |

✗ X는 ~~이성질화~~ 연결 효소이다.
➡ X에 의해 2분자의 기질이 연결되므로 X는 연결 효소이다.

ㄴ. A는 경쟁적 저해제이다.
➡ A는 X의 활성 부위에 결합하므로 경쟁적 저해제이다.

✗ X에 의한 반응의 활성화 에너지는 ~~ⓑ~~ ⓐ이다.
➡ 활성화 에너지는 기질이 생성물이 되기 위해 넘어야 할 에너지 언덕이므로 X에 의한 반응의 활성화 에너지는 ⓐ이다.

08 A는 효소, B는 기질이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. A는 가수 분해 효소이다.
➡ 물(H_2O)이 첨가되어 기질(B)이 분해되므로 A는 가수 분해 효소이다.

ㄴ. B는 A의 활성 부위에 결합한다.
➡ 기질(B)은 효소(A)의 활성 부위에 결합한다.

ㄷ. A에 의한 반응의 활성화 에너지는 ㉠이다.
➡ 활성화 에너지는 기질이 생성물이 되기 위해 넘어야 할 에너지 언덕이므로 A에 의한 반응의 활성화 에너지는 ㉠이다.

09 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~주효소~~ 기질이다.
➡ A는 효소 반응 이후 분해되므로 기질이고, B는 보조 인자이다. 따라서 C는 주효소이다.

✗ 전효소는 ~~A~~ B와 C의 합이다.
➡ 전효소는 주효소(C)와 보조 인자(B)의 합이다.

ㄷ. C의 주성분은 단백질이다.
➡ 주효소(C)는 단백질이고, 보조 인자(B)는 비단백질 성분이다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. Ⅱ에서 O_2가 생성되었다.

➡ Ⅱ에서 기포가 많이 발생했으므로 Ⅱ에서 H_2O_2가 분해되어 O_2가 생성되었다.

✕ 감자즙에 있는 카탈레이스는 ~~이성질화~~ 산화 환원 효소이다.

➡ 카탈레이스는 과산화 수소를 물과 산소로 분해하는 산화 환원 효소이다.

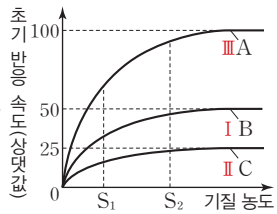
ㄷ. (나)에서 카탈레이스 활성은 중성일 때가 염기성일 때보다 높다.

➡ (나)에서 Ⅱ에서가 Ⅲ에서보다 기포 발생량이 많으므로 카탈레이스 활성은 중성일 때가 염기성일 때보다 높다.

11 | 자료 분석 |

실험	ⅠB	ⅡC	ⅢA
X의 농도 (상댓값)	1	1	2
㉠	없음	있음	없음

비경쟁적 저해제



| 선택지 분석 |

✕ A는 ~~Ⅰ~~ Ⅲ의 결과이다.

➡ A는 초기 반응 속도가 가장 빠르므로 A는 Ⅲ의 결과이다.

ㄴ. ㉠은 비경쟁적 저해제이다.

➡ B와 C를 비교해 봤을 때 기질의 농도가 높아도 B와 C의 초기 반응 속도가 같아지지 않으므로 ㉠은 비경쟁적 저해제이다.

ㄷ. Ⅲ에서 $\frac{\text{기질과 결합하지 않은 X의 수}}{\text{X의 총 수}}$는 S_1일 때가 S_2일 때보다 크다.

➡ 기질과 결합한 X의 수는 기질 농도가 증가할수록 많아진다. Ⅲ(A)에서 기질 농도는 S_1일 때가 S_2일 때보다 낮으므로 $\frac{\text{기질과 결합하지 않은 X의 수}}{\text{X의 총 수}}$는 S_1일 때가 S_2일 때보다 크다.

12 | 선택지 분석 |

✕ ㉠은 ~~Ⅰ~~ Ⅲ의 결과이다.

➡ X의 최적 온도가 37 ℃이므로 생성물(B)의 농도가 가장 빨리 증가하는 ㉠은 Ⅲ의 결과이다. 또한 Ⅱ가 Ⅰ보다 X의 농도가 높으므로 ㉡은 Ⅱ의 결과, ㉢은 Ⅰ의 결과이다.

ㄴ. Ⅲ에서 효소·기질 복합체의 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 높다.

➡ Ⅲ(㉠)의 t_1일 때는 B의 농도가 증가하고 있는 시점이므로 효소·기질 복합체가 있다. t_2일 때는 B의 농도가 더 이상 증가하지 않는 시점이므로 이때 효소·기질 복합체는 없다.

✕ t_2일 때 X의 활성화 에너지는 Ⅱ에서가 Ⅲ에서보다 ~~낮다~~ 같다.

➡ 활성화 에너지의 크기는 온도와는 관련이 없다.

한번에 끝내는 대단원 문제 080쪽~083쪽

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

13 (가) 4종류, 염기, (나) 20종류, 곁사슬(R)

14 (가) 식물 세포, (나) 대장균, (다) 동물 세포

15 | 모범 답안 | 세포막이 있다, 세포질이 있다, 유전 물질(DNA)이 있다, 리보솜이 있다 중 2가지

16 | 모범 답안 | A: 엽록체, B: 미토콘드리아, 2중막 구조이다. DNA와 리보솜이 있다. 에너지 전환이 일어난다. 중 2가지

17 | 모범 답안 | A가 더 높다. 물은 삼투에 의해 설탕 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 이동하는데, (나)에서 A′가 B′보다 수면의 높이가 높으므로 (가)에서 물이 설탕 농도가 낮은 B에서 설탕 농도가 높은 A로 이동했다는 것을 알 수 있기 때문이다.

18 | 모범 답안 | 감자즙이 카탈레이스에 의해 과산화 수소가 분해되면서 산소가 발생하기 때문에 거름종이가 떠오르며, 카탈레이스의 활성은 35 ℃에서 가장 크다.

01 '효소의 주성분이다.'는 단백질에, '구성 원소에 질소(N)가 있다.'는 단백질과 핵산에, '탄소 화합물이다.'는 탄수화물, 단백질, 핵산에 해당한다. 따라서 (가)는 탄수화물, (나)는 단백질, (다)는 핵산이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 탄수화물이다.

➡ (가)는 탄수화물, (나)는 단백질, (다)는 핵산이다.

ㄴ. (나)에 펩타이드 결합이 있다.

➡ 단백질(나)에는 펩타이드 결합이 있다.

✕ '탄소 화합물이다.'는 ~~㉡~~ ㉠이다.

➡ '탄소 화합물이다.'는 ㉠, '효소의 주성분이다.'는 ㉡, '구성 원소에 질소(N)가 있다.'는 ㉢이다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. '기본 단위는 뉴클레오타이드이다.'는 ㉠에 해당한다.

➡ DNA와 RNA의 기본 단위는 모두 뉴클레오타이드이다.

ㄴ. '2중 나선 구조이다.'는 ㉡에 해당한다.

➡ DNA는 2중 나선 구조이고, RNA는 단일 가닥 구조이다.

✕ '염기에 ~~타이민(T)~~ 유라실(U)이 있다.'는 ㉢에 해당한다.

➡ 염기에 타이민(T)이 있는 것은 DNA이며, 염기에 유라실(U)이 있는 것은 RNA이다.

03 | 자료 분석 |

구성 단계 \ 생물	㉠ 사자	㉡ 해바라기
Ⅰ 기관계	○	×
Ⅱ 조직 또는 기관	ⓐ ○	○
Ⅲ 조직 또는 기관	○	ⓑ ○

(○: 있음, ×: 없음)

| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~해바라기~~사자이다.

➡ 기관계는 동물의 구성 단계에만 있으므로 ㉠은 사자, ㉡은 해바라기이다.

㉡ Ⅰ은 기관계이다.

➡ 기관계는 사자에만 있으므로 Ⅰ은 기관계이고, 조직과 기관은 사자와 해바라기에 모두 있으므로 Ⅱ와 Ⅲ 중 하나는 조직, 나머지 하나는 기관이다.

㉢ ⓐ와 ⓑ는 모두 'ㅇ'이다.

➡ 조직과 기관은 사자와 해바라기에 모두 있으므로 ⓐ와 ⓑ는 모두 'ㅇ'이다.

04 'ㅎ산이 있는가?'는 리보솜과 미토콘드리아에만 해당한다. 따라서 A는 미토콘드리아이고, B는 미세 소관이다.

| 선택지 분석 |

㉠ A는 크리스타를 가지고 있다.

➡ 미토콘드리아(A)의 내막은 크리스타 구조이다.

✗ '단백질이 있는가?'는 (가)에 ~~해당한다~~해당하지 않는다.

➡ 리보솜은 단백질을 합성하며, 미토콘드리아에는 리보솜이 있어 단백질을 합성할 수 있다. 따라서 '단백질이 있는가?'는 미토콘드리아와 리보솜 모두 해당하므로 (가)에 해당하지 않는다.

㉢ B는 섬모를 구성한다.

➡ 미세 소관(B)은 섬모와 편모를 구성한다.

05 A는 엽록체, B는 핵, C는 미토콘드리아이다.

| 선택지 분석 |

✗ '인이 있다.'는 ㉠에 ~~해당한다~~해당하지 않는다.

➡ '인이 있다.'는 핵에만 해당하므로 ㉠에 해당하지 않는다.

㉡ 'DNA가 있다.'는 ㉡에 해당한다.

➡ 'DNA가 있다.'는 엽록체, 핵, 미토콘드리아에 모두 해당하므로 ㉡에 해당한다.

✗ '2중막으로 구성되어 있다.'는 ㉢에 해당한다.

➡ '2중막으로 구성되어 있다.'는 엽록체, 핵, 미토콘드리아에 모두 해당하므로 ㉡에 해당한다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ A에는 핵이 있다.

➡ 원심 분리 결과 핵, 엽록체, 미토콘드리아 순으로 침전되므로 A에는 핵이 있다. B에는 세포 호흡을 하는 세포 소기관이 있으므로 미토콘드리아가 있다. 따라서 C에는 엽록체가 있다.

㉡ B는 2차 원심 분리의 상층액이다.

➡ B에는 미토콘드리아가 있고, 엽록체가 미토콘드리아보다 먼저 침전되므로 B는 2차 원심 분리의 상층액, C는 침전물이다.

㉢ C에는 광합성을 하는 세포 소기관이 있다.

➡ C에는 광합성을 하는 세포 소기관인 엽록체가 있다.

07 | 선택지 분석 |

✗ 주머니 안의 삼투압은 t_1일 때가 t_2일 때보다 ~~낮다~~높다.

➡ t_2일 때가 t_1일 때보다 주머니 안으로 물이 많이 들어온 상태이므로 주머니 안의 삼투압은 t_1일 때가 t_2일 때보다 높다.

✗ t_3일 때 주머니 ~~안과 밖으로의 물의 이동은 없다~~안에서 밖으로 이동하고 있다.

➡ t_3일 때 주머니의 부피가 감소하고 있으므로 t_3일 때 물이 주머니 밖으로 이동하고 있다.

㉢ 단위 시간당 주머니 안으로 이동하는 물의 양은 t_1에서가 t_3에서보다 많다.

➡ t_1일 때 주머니 부피가 증가하고 있고, t_3일 때 주머니 부피가 감소하고 있으므로 단위 시간당 주머니 안으로 이동하는 물의 양은 t_1에서가 t_3에서보다 많다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ 'ㄱ농도에서 저농도로 물질이 이동하는가?'는 A에 해당한다.

➡ 'ㄱ농도에서 저농도로 물질이 이동하는가?'는 촉진 확산과 단순 확산만 해당하므로 A에 해당한다.

㉡ 'ㅁ단백질을 이용하는가?'는 B에 해당한다.

➡ 촉진 확산과 단순 확산 중 'ㅁ단백질을 이용하는가?'는 촉진 확산에만 해당하므로 B에 해당한다.

✗ (가)는 에너지를 ~~소비하는~~소비하지 않는 물질 이동 방식이다.

➡ (가)는 촉진 확산이며, 농도 기울기에 따라 물질이 이동하므로 에너지를 소비하지 않는다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ Ⅰ은 촉진 확산이다.

➡ Ⅰ은 물질이 고농도에서 저농도로 이동하므로 촉진 확산이고, Ⅱ는 물질이 저농도에서 고농도로 이동하므로 능동 수송이다.

✗ ㉠의 이동 방식은 ~~Ⅱ~~Ⅰ이다.

➡ ㉠의 세포 안 농도는 C보다 증가하지 않으므로 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산(Ⅰ)이다.

✗ ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차는 t_1일 때가 t_2일 때보다 ~~작다~~크다.

➡ (나)에서 ㉠은 세포 밖에서 세포 안으로 이동하고 있으므로 세포 안과 밖의 농도 차는 ㉠의 세포 안 농도와 반비례한다. ㉠의 세포 안 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 낮으므로 ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

10 | 선택지 분석 |

㉠ A는 효소·기질 복합체이다.

➡ A는 효소 X와 기질이 결합한 효소·기질 복합체이다.

✗ (나)에서 단위 시간당 형성되는 A의 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 ~~높다~~낮다.

➡ 단위 시간당 형성되는 A의 농도는 반응 속도에 비례한다. 반응 속도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 느리므로 단위 시간당 형성되는 A의 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 낮다.

㉢ t_3 이후 X의 반응 속도가 감소하는 것은 X가 변성되기 때문이다.

➡ 최적 온도인 t_3 이후 X의 반응 속도가 감소하는 것은 온도에 의해 단백질이 주성분인 X가 변성되기 때문이다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ. X는 경쟁적 저해제이다.

➡ (가)에서 기질 농도가 충분할 때 두 그래프의 초기 반응 속도가 같아지므로 X는 경쟁적 저해제이다.

ㄴ. ㉠은 37 ℃에서 생성물 양의 변화이다.

➡ 사람에 있는 효소의 최적 온도는 체온과 비슷한 37 ℃이다. ㉠이 ㉡보다 생성물의 양이 빠르게 증가하고 있으므로 ㉠이 37 ℃에서 생성물 양의 변화이다.

✗ t_1일 때 효소 A의 초기 반응 속도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 ~~빠르다~~ 느리다.

➡ t_1일 때 ㉠은 생성물의 양이 더 이상 증가하지 않으므로 기질이 없어 A가 반응하지 않는다. ㉡은 생성물의 양이 증가하고 있으므로 효소·기질 복합체가 있어 A가 반응한다.

12 | 선택지 분석 |

✗ ~~㉡~~ ㉠은 X의 활성 부위에 결합한다.

➡ Ⅰ과 Ⅱ를 비교했을 때 기질 농도가 충분할 때 초기 반응 속도가 같아지므로 ㉠은 경쟁적 저해제이다. 따라서 ㉡은 비경쟁적 저해제이다. X의 활성 부위에 결합하는 저해제는 경쟁적 저해제(㉠)이다.

ㄴ. S_1일 때 $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{효소 X의 총 수}}$는 Ⅰ에서가 Ⅲ에서의 2배이다.

➡ 기질과 결합한 X의 수는 초기 반응 속도에 비례한다. S_1일 때 Ⅰ에서가 Ⅲ에서보다 초기 반응 속도가 2배이므로 S_1일 때 $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{효소 X의 총 수}}$는 Ⅰ에서가 Ⅲ에서의 2배이다.

✗ S_1일 때 X에 의한 반응의 활성화 에너지는 Ⅲ에서가 Ⅳ에서보다 ~~크다~~ 같다.

➡ 활성화 에너지는 효소의 유무에 관련이 있지만, 효소가 있는 상태에서 효소의 농도에 따라 변하지 않는다.

13 (가)는 DNA를 구성하는 뉴클레오타이드이며, 구성하는 염기가 각기 다른 4종류가 있다. (나)는 아미노산이며, 단백질을 구성하는 아미노산은 모두 20종류이다. 아미노산은 곁사슬(R)에 따라 종류가 결정된다.

14 (가)는 세포벽, 엽록체, 핵이 있으므로 진핵세포 중 식물세포, (나)는 핵이 없으므로 원핵세포인 대장균, (다)는 세포벽, 엽록체가 없고, 핵이 있으므로 진핵세포 중 동물 세포이다.

15 원핵세포와 진핵세포는 모두 세포질을 갖고 세포막으로 싸여 있는 구조이며, 유전 물질(DNA)과 리보솜을 갖는다. 원핵세포는 유전 물질(DNA)이 세포질에 있고, 진핵세포는 유전 물질(DNA)이 핵막에 싸여 핵 속에 있다.

채점 기준	배점
(가)~(다)의 공통점 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)~(다)의 공통점 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

16 A는 엽록체, B는 미토콘드리아이며, 모두 외막과 내막의 2중막으로 둘러싸인 구조이다. 엽록체와 미토콘드리아에는 자체 DNA가 있고 RNA, 리보솜이 있다. 따라서 엽록체와 미토콘드리아는 스스로 단백질을 합성하고 복제 증식할 수 있다.

채점 기준	배점
A와 B의 명칭을 옳게 쓰고, A와 B의 공통점 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 명칭을 옳게 쓰고, A와 B의 공통점 중 1가지만 옳게 서술한 경우	60 %

17 (가)에서 반투과성 막을 통해 삼투가 일어난 결과 수면 높이가 (나)와 같이 변하였다. (가)에서는 삼투에 의해 물이 용질(설탕)의 농도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 이동하는데, (나)의 결과를 보면 (가)에서 물이 B에서 A로 이동했음을 알 수 있다. 따라서 A가 B보다 설탕의 농도가 더 높은 용액임을 알 수 있다.

채점 기준	배점
A가 더 높다고 쓰고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A가 더 높다고만 쓴 경우	30 %

18 거름종이가 떠오르는 이유는 과산화 수소가 분해되면서 발생하는 산소 기포가 거름종이에 달라붙어 부력이 생기기 때문이다. 실험 결과에서 35 ℃에서 거름종이가 떠오르는 데 걸린 시간이 가장 짧으므로 카탈레이스가 35 ℃에서 활발하게 작용함을 알 수 있다.

채점 기준	배점
카탈레이스에 의해 과산화 수소가 분해되면서 산소가 발생하기 때문이라고 쓰고, 카탈레이스의 활성은 35 ℃에서 가장 크다고 서술한 경우	100 %
산소가 발생하기 때문이라고만 쓰거나 카탈레이스의 활성은 35 ℃에서 가장 크다고만 서술한 경우	40 %

1 »» 세포 호흡과 발효

01 ~ 세포 호흡

개념POOL 091쪽

01 (가) 막 사이 공간, (나) 미토콘드리아 내막, (다) 미토콘드리아 기질, ㉠ NADH, ㉡ $FADH_2$, ㉢ O_2 **02** (1) × (2) × (3) ○

02 (1) 미토콘드리아 내막에 있는 전자 전달계에서 H^+의 능동 수송에 이용되는 에너지는 ATP 에너지가 아니라 전자가 방출하는 에너지이다.
(2) 전자 전달계에서 전자는 최종적으로 O_2에 전달되어 H_2O이 생성된다.

탐구POOL 092쪽

01 전자 전달계 **02** ❷와 ❹에서 모두 ATP가 합성되지 않는다.

02 H^+이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 기질로 확산될 때 ATP가 합성되는데, 이는 막 사이 공간의 H^+ 농도가 기질보다 높을 때 일어난다.

콕콕! 개념 확인하기 093쪽

✔ 잠깐 확인!

1 세포질 **2** 기질 수준 인산화 **3** 3, 4, 1, 1 **4** ATP 합성 효소 **5** 화학 삼투 **6** 호흡률

01 (1) × (2) ○ (3) ○ **02** ㉠ 산소, ㉡ 이산화 탄소, ㉢ 아세틸 CoA **03** ATP, NADH, $FADH_2$, CO_2 **04** ㉠ 전자 전달계, ㉡ H^+ **05** 1 : 7 **06** 단백질

01 (1) 세포 호흡의 단계 중 해당 과정은 산소의 유무와 관계없이 일어난다.

02 피루브산은 탈탄산 반응으로 CO_2 방출, 탈수소 반응으로 NADH 생성 후 조효소 A(CoA)와 결합하여 아세틸 CoA가 되어 TCA 회로로 들어간다.

03 TCA 회로에서 기질 수준 인산화로 ATP가, 탈수소 반응으로 NADH와 $FADH_2$가, 탈탄산 반응으로 CO_2가 각각 생성된다.

04 산화적 인산화는 전자 전달계와 화학 삼투에 의해 ATP가 합성되는 과정이다.

05 1분자의 포도당이 세포 호흡에 이용될 때 기질 수준 인산화로 4ATP, 산화적 인산화로 최대 28ATP가 생성된다.

06 단백질 구성 성분에는 질소(N)가 포함되어 있어 탈아미노 과정으로 아미노기가 제거되는 과정이 필요하다.

Ⅲ

탄탄! 내신 다지기 094쪽~095쪽

01 ③ **02** (가) 피루브산, (나) 아세틸 CoA, (다) CO_2, (라) O_2 **03** ⑤ **04** ⑤ **05** ① **06** ④ **07** (가) 전자 전달계, (나) 화학 삼투, ㉠ O_2(산소), ㉡ H_2O(물) **08** ⑤ **09** ② **10** ㉠ 2, ㉡ 5, ㉢ 5, ㉣ 2 **11** ① **12** 0.8

01 | 선택지 분석 |

① ㉠은 호흡 기질이며, 섭취한 음식물이 소화된 형태이다.
➡ 포도당은 세포 호흡의 호흡 기질이며, 음식물 속의 다당류가 소화 작용으로 분해된 형태이다.

② ㉠에 포함된 에너지의 일부가 ATP로 전환된다.
➡ 포도당의 세포 호흡 과정에서 생성된 에너지 일부가 ATP로 전환된다.

✔ ③ 세포 호흡 과정에서 ㉠은 ㉡에 의해 ~~환원~~산화된다.
➡ 산소 호흡에서 산소는 호흡 기질을 산화시킨다.

④ ㉢이 생성되는 과정에서 탈탄산 효소가 관여한다.
➡ 이산화 탄소는 탈탄산 효소의 작용으로 생성된다.

⑤ ㉣의 일부는 생명 활동에 이용된다.
➡ 세포 호흡에서 발생하는 에너지는 ATP와 열에너지이며, ATP는 생명 활동에 이용된다.

02 해당 과정을 통해 피루브산이 형성되며, 피루브산은 아세틸 CoA가 되어 TCA 회로로 들어가 CO_2가 방출된다.

03 | 선택지 분석 |

① ~~산소가 없을 때에만~~ 산소의 유무와 관계없이 일어난다.
➡ 해당 과정은 산소의 유무와 관계없이 일어난다.

② ATP가 소모되는 단계가 ~~없다~~있다.
➡ 해당 과정에는 ATP가 소모되는 단계가 있는데, 포도당에서 과당 2인산이 생성되는 과정에서 ATP의 소모가 일어난다.

③ 탈수소 효소가 ~~관여하지 않는다~~관여한다.
➡ NADH가 생성되는 과정에서 탈수소 효소가 관여한다.

④ ~~미토콘드리아 내막~~세포질에서 일어난다.
➡ 해당 과정은 세포질에서 일어난다.

✔ ⑤ 1분자의 포도당으로부터 2ATP를 얻을 수 있다.
➡ 해당 과정에서는 2ATP가 먼저 소모된 후 4ATP가 합성되므로 1분자의 포도당으로부터 2ATP가 순생성된다.

04 | 선택지 분석 |

① (가)는 CO_2이다.
➡ 피루브산에서 탈탄산 효소의 작용으로 이산화 탄소가 방출된다.

② (나)는 전자 전달계에 전자를 제공한다.
➡ (나)는 NADH로, 전자 전달계에서 고에너지 전자를 제공한다.

③ 위 반응은 미토콘드리아에서 일어난다.
➡ 해당 과정에서 생성된 피루브산은 산소가 있을 때 미토콘드리아로 들어가 산화되어 아세틸 CoA가 된다.

④ 위 반응은 산소가 충분할 때 일어난다.
➡ 해당 과정에서 생성된 피루브산은 산소가 없으면 미토콘드리아로 들어가지 못하고 발효 과정이 진행된다.

⑤ 아세틸 CoA는 ~~구연산~~ 옥살아세트산와 결합하여 시트르산을 형성한다.
➡ 아세틸 CoA는 옥살아세트산과 결합하여 시트르산이 되어 TCA 회로가 진행된다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ 탈탄산 효소가 관여한다.
➡ 탈탄산 효소의 작용으로 1분자의 피루브산이 TCA 회로를 거치면서 3분자의 CO_2가 방출된다.

✗ NADH와 $FADH_2$가 ~~산화~~ 생성된다.
➡ TCA 회로에서는 NAD^+와 FAD의 환원으로 NADH와 $FADH_2$가 생성된다.

㉢ 기질 수준 인산화로 ATP가 합성된다.
➡ 1분자의 피루브산이 TCA 회로를 거칠 때 5탄소 화합물에서 4탄소 화합물이 생성되는 단계에서 기질 수준 인산화로 1분자의 ATP가 생성된다.

✗ 미토콘드리아 기질에서 ~~산소의 유무와 관계없이~~ 산소가 있을 때 일어난다.
➡ TCA 회로는 산소가 충분할 때 일어난다.

06 탈탄산 효소의 작용으로 CO_2가 방출되면서 반응물보다 탄소 수가 적은 생성물이 형성된다. (가), (나), (다)는 반응물보다 생성물의 탄소 수가 적은 과정이다. 탈수소 효소의 작용으로 NADH나 $FADH_2$가 생성된다. (가)~(마)에서 모두 NADH나 $FADH_2$가 생성된다.

07 산화적 인산화는 전자 전달계와 화학 삼투로 이루어진다. 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체는 O_2이며, H^+과 결합하여 H_2O이 형성된다. H^+의 농도 기울기에 의해 H^+이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 확산될 때 ATP가 합성된다.

08 | 선택지 분석 |

① (가)와 (나)를 합쳐서 산화적 인산화라고 한다.
➡ 전자 전달계(가)와 화학 삼투에 의한 ATP 합성(나)을 합쳐서 산화적 인산화라고 한다.

② (가) 과정이 일어나지 않으면 TCA 회로도 일어나지 않는다.
➡ 전자 전달계에서 NADH와 $FADH_2$를 산화시켜 NAD^+와 FAD가 재생되면 이를 TCA 회로에서 이용하여 NADH와 $FADH_2$를 생성할 수 있다.

③ (가)에서 전자의 에너지를 이용한 H^+의 능동 수송이 일어난다.
➡ (가)의 전자 전달계에서 전자 운반체 중 일부가 양성자 펌프로 작용하여 고에너지 전자가 운반될 때 방출하는 에너지를 이용한 H^+의 능동 수송이 일어난다.

④ (나)에서 ATP 합성 효소에 의해 H^+의 촉진 확산이 일어난다.
➡ ATP 합성 효소는 H^+의 통로가 포함되어 있어 H^+이 농도 기울기에 따라 확산될 때 ATP를 합성한다.

⑤ (가)의 결과 미토콘드리아 기질의 H^+ 농도가 막 사이 공간보다 ~~높아진다~~ 낮아진다.
➡ 전자 전달계가 진행되면 막 사이 공간의 H^+ 농도가 미토콘드리아 기질보다 높아진다.

09 | 선택지 분석 |

✗ ~~NAD^+와 FAD의 환원~~ NADH와 $FADH_2$의 산화이 일어난다.
➡ 산화적 인산화에서는 NADH와 $FADH_2$의 산화가 일어난다. NAD^+와 FAD의 환원은 TCA 회로에서 일어난다.

㉡ 미토콘드리아 내막의 전자 전달 효소 복합체가 관여한다.
➡ 전자 전달계의 작용은 미토콘드리아 내막의 전자 전달 효소 복합체에 의해 일어난다.

㉢ H^+ 농도 기울기에 따라 H^+이 확산되면서 ATP가 합성된다.
➡ ATP 합성 효소는 H^+의 통로가 포함되어 있어 H^+의 농도 기울기에 따라 ATP 합성 효소를 통해 H^+이 확산될 때 ATP가 합성된다.

✗ 전자 전달계를 따라 이동하는 전자는 ~~ATP 합성 효소~~ O_2에 최종적으로 전달된다.
➡ 전자 전달계를 따라 이동하는 전자는 최종적으로 산소(O_2)에 전달된다.

10 1분자의 포도당은 해당 과정(㉠)과 TCA 회로(㉣)에서 기질 수준 인산화로 각각 2ATP가 생성된다. 해당 과정에서 생성된 2NADH는 산화적 인산화(㉡)에 의해 5ATP가, 피루브산의 산화 과정에서 생성된 2NADH는 산화적 인산화(㉢)에 의해 5ATP가 생성된다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 아미노산이다.
➡ (가)는 아미노산, (나)는 지방산, (다)는 포도당이다.

✗ 1 g당 발생하는 에너지는 (나)보다 (다)가 ~~많다~~ 적다.
➡ 지방산(나)은 포도당(다)에 비해 산소의 비율이 낮고 수소의 비율이 높아 더 많은 에너지를 낼 수 있다.

✗ ~~(가)~(다)~~ (다)가 호흡 기질로 이용될 때, 모두 해당 과정을 거친다.
➡ 아미노산(가)과 지방산(나)은 해당 과정을 거치지 않는다.

12 호흡률은 소모된 산소의 부피에 대해 발생한 이산화 탄소의 부피 비이므로 $\frac{12}{15}=0.8$이다.

도전! 실력 올리기

096쪽~097쪽

01 ① 02 ② 03 ④ 04 ① 05 ③ 06 ③

07 | **모범 답안** | 탈탄산 반응이 일어나 CO_2가 방출된다. 탈수소 반응이 일어나 NADH가 생성된다. 조효소 A와 결합한다.

08 | **모범 답안** | 산소는 산화적 인산화 과정에서 전자의 최종 수용체이므로 산소가 없으면 산화적 인산화가 일어나지 않는다. 따라서 산소가 없으면 NADH와 $FADH_2$가 산화되지 않아 TCA 회로에 공급되어야 할 NAD^+와 FAD가 부족하여 TCA 회로가 억제된다.

09 (1) (가) 막 사이 공간, (나) 미토콘드리아 기질 (2) (가) → (나), (나)

01 | 선택지 분석 |

ㄱ. A에는 탈탄산 반응이 일어나는 단계가 있다.
➡ $FADH_2$는 TCA 회로에서만 생성되므로 A는 TCA 회로이다. TCA 회로에서는 탈탄산 효소에 의한 탈탄산 반응이 일어나는 단계가 있다.

✗ B에는 ATP가 소모되는 단계가 ~~있다~~ 없다.
➡ B는 산화적 인산화이며, ATP가 합성된다. ATP가 소모되는 단계가 있는 과정은 해당 과정이다.

✗ 'NADH의 산화가 일어나는 단계가 있는가?'는 ㉠에 ~~해당한다~~ 해당하지 않는다.
➡ NADH는 산화적 인산화에서 산화된다. 'NAD⁺의 환원이 일어나는 단계가 있는가?'는 ㉠에 해당한다.

02
해당 과정은 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정으로, 이때 2ATP와 2NADH가 순생성된다.

| 선택지 분석 |

✗ (가)에서 NAD^+가 ~~생성된다~~ 생성되지 않는다.
➡ (가)는 ATP가 소모되면서 포도당에서 과당 2인산이 생성되는 과정이다. (다)에서 NAD^+가 환원되어 NADH가 생성된다.

✗ (나)에서 CO_2가 ~~생성된다~~ 생성되지 않는다.
➡ 해당 과정에서는 탈탄산 반응이 일어나지 않는다.

ㄷ. (다)에서 ATP가 생성된다.
➡ (다)에서 기질 수준 인산화로 ATP가 생성된다. 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되는 동안 2ATP가 순생성된다.

03
1분자의 NADH나 $FADH_2$가 전자 전달계를 통해 이동할 때 $\frac{1}{2}$분자의 O_2가 소모되고 1분자의 H_2O이 생성된다. 2분자의 피루브산으로부터 8분자의 NADH와 2분자의 $FADH_2$가 생성되므로 소모되는 O_2 분자 수(㉡)는 5이고 생성되는 H_2O 분자 수(㉢)는 10이다. 8분자의 NADH로부터 20분자의 ATP, 2분자의 $FADH_2$로부터 3분자의 ATP가 생성되며, 기질 수준 인산화로 2분자의 ATP가 생성되므로 생성되는 ATP 분자 수(㉣)는 20+3+2=총 25이다.

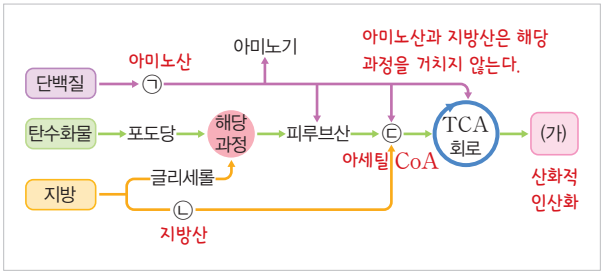
04 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)의 ⓐ는 (나)의 Ⅱ에서 생성된다.
➡ Ⅰ은 막 사이 공간이고 Ⅱ는 미토콘드리아 기질이다. 피루브산의 산화와 TCA 회로에서 CO_2가 방출되는데, 이는 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

✗ ⓑ는 ~~모두 NADH와 $FADH_2$의 산화~~ NADH와 $FADH_2$의 산화와 기질 수준 인산화에 의해 방출되는 에너지로 생성된다.
➡ 산화적 인산화 이외에도 TCA 회로에서 기질 수준 인산화로 ATP가 생성된다.

✗ (나)의 전자 전달계에서 H^+이 이동할 때 ~~(가)의 ATP가~~ 고에너지 전자가 이동할 때 방출되는 에너지 소모된다.
➡ 전자 전달계의 양성자 펌프는 고에너지 전자가 이동할 때 방출되는 에너지를 이용하여 H^+을 이동시킨다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠에서 제거된 아미노기는 세포 호흡에 이용되지 않는다.
➡ 제거된 아미노기(㉠)는 암모니아가 되고, 간에서 요소로 전환되어 배설된다.

ㄴ. ㉡이 세포 호흡에 이용되기 위해서는 산소가 필요하다.
➡ ㉡은 지방산이며, 아세틸 CoA가 된 후 TCA 회로가 진행될 때 산소가 필요하다.

✗ ㉢에 포함된 조효소 A는 ~~(가)에서 ATP 합성의 에너지원으로 이용된다~~ TCA 회로 과정에서 방출된다.
➡ 조효소 A는 아세틸 CoA가 옥살아세트산과 결합하여 시트르산이 되는 과정에서 방출된다. (가)는 산화적 인산화이다.

06
탄수화물, 단백질, 지방은 각각 탄소, 수소, 산소의 구성비가 다르므로 호흡 기질의 종류에 따라 호흡률은 달라진다. 호흡률을 측정하면 이용되는 호흡 기질의 종류를 알 수 있는데, 탄수화물, 지방, 단백질의 호흡률은 각각 1.0, 0.7, 0.8이다.

| 선택지 분석 |

학생 A: 호흡률은 호흡 기질이 세포 호흡에 이용될 때 소모된 산소의 부피에 대한 이산화 탄소의 부피 비야.
➡ 호흡률 = $\frac{\text{생성된 이산화 탄소의 부피}}{\text{이용된 산소의 부피}}$이다.

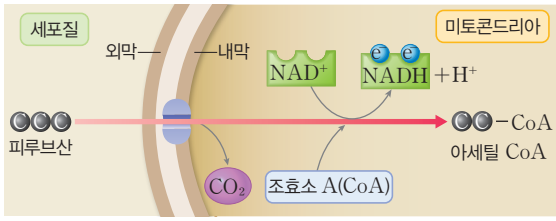
학생 B: 호흡 기질의 종류가 달라도 호흡률은 동일해.
➡ 호흡 기질의 종류에 따라 호흡률이 다르다. 탄수화물은 1, 단백질은 0.8, 지방은 0.7이다.

학생 C: 세포 호흡의 화학 반응식을 통해 호흡률을 알 수 있어.
➡ 화학 반응식에서 계수 비는 부피 비와 같다.

07 피루브산이 산화되는 과정에서 탈탄산 반응이 일어나 CO_2가 방출되어 탄소 수가 하나 적은 생성물(아세트산)이 생성되고, 탈수소 효소의 작용으로 탈수소 반응이 일어나 NADH가 생성된다. 또한, 조효소 A(CoA)와 결합하여 아세틸 CoA가 형성된다.

채점 기준	배점
세 가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
세 가지 중 2가지만 옳게 서술한 경우	50 %
세 가지 중 1가지만 옳게 서술한 경우	20 %

더 알아보기 피루브산의 산화



- 피루브산의 산화는 미토콘드리아 내막에 붙어 있는 피루브산 탈수소 효소 복합체에 의해 일어난다.
- 피루브산 탈수소 효소 복합체는 피루브산이 아세틸 CoA로 되는 과정에서 일어나는 탈탄산 반응, 탈수소 반응, 아세틸기 전이 반응의 세 과정을 촉매하는 효소들이 모여 복합체를 이룬 것이다.

08 피루브산이 산소가 있을 때, 미토콘드리아 기질로 이동하여 산화되는데, TCA 회로에 산소가 직접 사용되지는 않지만 산소가 필요한 산화적 인산화 과정과 맞물려 있다. 따라서 산소가 없으면 TCA 회로도 억제된다.

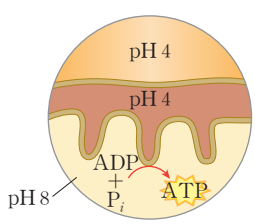
채점 기준	배점
산소가 전자의 최종 수용체라는 점과 산소가 없을 때 산화적 인산화가 중단된다는 내용을 옳게 서술한 경우	100 %
산소가 전자의 최종 수용체라는 점만 서술한 경우	50 %

09 (1) 전자 전달계를 통해 H^+이 미토콘드리아 기질(나)에서 막 사이 공간(가)으로 능동 수송되어 막 사이 공간의 pH가 낮아진다.

(2) ATP 합성 효소는 H^+의 농도 기울기에 따라 막 사이 공간에서 기질로 H^+이 확산될 때 기질에서 ATP가 합성된다.

더 알아보기 화학 삼투

미토콘드리아 내막에서 화학 삼투에 의한 ATP 합성 원리는 H^+의 농도 기울기를 만들어주면 전자 이동이 없어도 ATP가 합성될 수 있음을 확인한 실험으로 증명되었다.



02 발효

콕콕! 개념 확인하기 101쪽

✓ 잠깐 확인!

1 알코올 **2** 젖산 **3** 미토콘드리아, 세포질 **4** 이산화 탄소 **5** 아세트알데하이드 **6** 1 **7** 2 **8** 바이오

01 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **02** ㉠ 아세틸 CoA, ㉡ 젖산 **03** 이산화 탄소 **04** ㉠ 피루브산, ㉡ 생성됨, ㉢ 일어남 **05** (1)−㉡ (2)−㉠ (3)−㉡

01 (1) 발효를 통해 유기물이 완전 분해되지 않고 고에너지 상태의 생성물이 생긴다.

(2) 발효는 세포질에서 일어난다.

02 근육 세포에서 산소가 있을 때에는 산소 호흡이 일어나 해당 과정으로 생성된 피루브산이 산화되어 아세틸 CoA가 되고, 산소가 없을 때에는 젖산 발효가 일어난다.

03 효모는 산소가 있을 때 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화를 거치고, 산소가 없을 때 알코올 발효를 하는데, 공통적으로 이산화 탄소가 생성된다.

04 젖산 발효에서 피루브산이 NADH의 전자를 수용하여 젖산이 형성된다. 알코올 발효에서는 탈탄산 반응으로 CO_2가 생성되며, 알코올 발효와 젖산 발효에서는 공통적으로 해당 과정이 일어나 기질 수준 인산화로 ATP를 얻는다.

탄탄! 내신 다지기 102쪽~103쪽

01 ⑤ **02** ③ **03** 16배 **04** ③ **05** ㉠ NADH, ㉡ 해당 과정 **06** ㉠ 에탄올, ㉡ CO_2, ㉢ 아세틸 CoA **07** ④ **08** A: 탄소 3, 수소 6, 산소 3 B: 탄소 2, 수소 6, 산소 1 **09** ④ **10** ② **11** ③

01 | 선택지 분석 |

✗ 세포질과 ~~미토콘드리아~~에서 일어난다.
➡ 발효는 세포질에서 일어난다.

㉡ 산소 없이 NADH가 NAD^+로 산화된다.
➡ 해당 과정에서 생성된 NADH가 아세트알데하이드나 피루브산에 의해 산화된다.

㉢ 에탄올이나 젖산과 같은 물질이 생성된다.
➡ 효모의 알코올 발효에서는 에탄올이, 젖산균이나 사람의 근육 세포에서 일어나는 젖산 발효에서는 젖산이 생성된다.

㉣ 1분자의 포도당이 분해될 때 총 2분자의 ATP가 생성된다.
➡ 해당 과정을 통해 1분자의 포도당으로부터 2분자의 ATP가 생성된다.

02 (가)는 산소 호흡, (나)는 알코올 발효이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 산화적 인산화가 진행된다.
➡ 산소 호흡(가)에서 산화적 인산화가 진행된다.

ㄴ (가)와 (나)에서 해당 과정이 일어난다.
➡ 산소 호흡(가)과 알코올 발효(나)에서 공통적으로 해당 과정이 일어난다.

✗ ~~젖산~~에탄올은 (나)에서의 분해 산물에 해당한다.
➡ 효모의 알코올 발효에서 생성물은 에탄올이다. 젖산은 젖산균이나 사람의 근육 세포에서 일어나는 발효의 생성물이다.

03 1분자의 포도당으로부터 산소 호흡으로 생성되는 ATP의 최대 분자 수는 32이고, 알코올 발효를 통해 생성되는 ATP 분자 수는 2이다.

04 젖산 발효는 2가지(젖산, ATP), 알코올 발효는 3가지(에탄올, ATP, CO_2), 산소 호흡은 3가지(H_2O, ATP, CO_2)가 생성되는데, ㉣이 탄소를 포함하고 있으므로 (가)는 젖산 발효, (나)는 알코올 발효, (다)는 산소 호흡이다. (가)~(다)에서 공통적으로 생성되는 물질은 ATP로 ㉡이고, ㉠이 젖산, ㉢이 CO_2, ㉣이 에탄올, ㉤이 H_2O이다.

05 산소 호흡에서는 해당 과정으로 생성된 NADH가 산화적 인산화에서 산화되어 NAD^+가 해당 과정으로 투입되는데, 산소 없이 일어나는 발효에서는 해당 과정이 지속되기 위해 아세트알데하이드나 피루브산이 환원되면서 NADH가 산화되고 NAD^+가 해당 과정에 이용된다.

06 알코올 발효에서 피루브산으로부터 에탄올이 생성되는 과정은 피루브산의 환원, 산소 호흡에서 피루브산으로부터 아세틸 CoA가 되는 과정은 피루브산의 산화이다. CO_2는 알코올 발효와 산소 호흡에서 공통적으로 생성된다.

07 (가)는 해당 과정으로 2ATP와 2NADH가 생성된다.
(나)는 젖산 발효 중 NAD^+의 재생 단계로 $2NAD^+$가 생성된다.
(다)는 피루브산의 산화로 $2CO_2$, 2NADH가 생성된다.
(라)는 알코올 발효 중 탈탄산 반응과 NAD^+의 재생 단계로 $2CO_2$, $2NAD^+$가 생성된다.

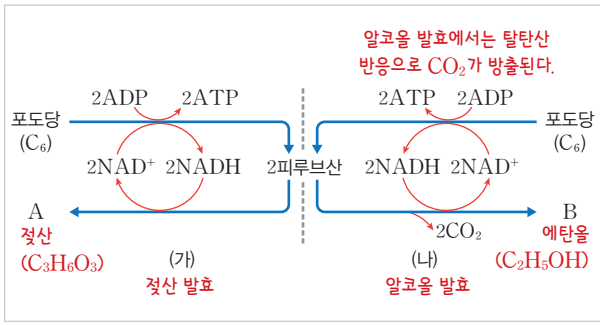
| 선택지 분석 |

✗ ~~(가)~(라)에서 공통적으로~~ ATP가 생성된다.
(가)에서만
➡ ATP는 (가)에서만 생성된다.

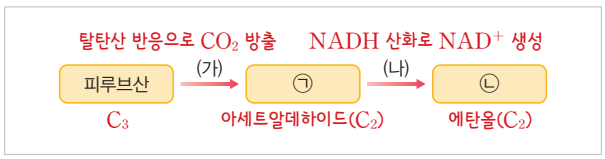
ㄴ (나)와 (라)에서 NAD^+가 생성된다.
➡ (나)에서 피루브산, (라)에서 아세트알데하이드에 의해 NADH가 산화되어 NAD^+가 생성된다.

ㄷ (가)와 (나)는 젖산균과 사람의 근육 세포에서 일어난다.
➡ (가)와 (나)의 경로로 젖산 발효가 일어난다. 젖산 발효는 젖산균과 사람의 근육 세포에서 산소가 없을 때 일어난다.

08 | 자료 분석 |



09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① (가)에서 기질 수준 인산화가 ~~일어난다~~.
일어나지 않는다.
➡ 기질 수준 인산화는 해당 과정에서 일어난다.

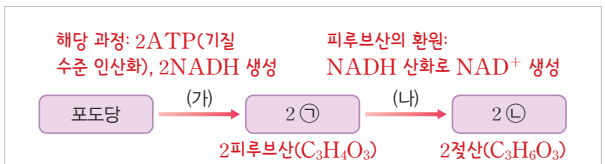
② ~~(나)~~에서 탈탄산 반응이 일어난다.
(가)
➡ 피루브산이 아세트알데하이드가 되는 과정에서 탈탄산 반응이 일어난다.

③ ~~(가)~~에서 NAD^+가 생성된다.
(나)
➡ 아세트알데하이드가 에탄올로 환원될 때 NADH가 산화되어 NAD^+가 재생된다.

✓ ㉠과 ㉡의 1분자당 탄소 수는 같다.
➡ ㉠은 아세트알데하이드, ㉡은 에탄올이다. ㉠과 ㉡ 모두 1분자당 탄소 수는 2이다.

⑤ ~~㉠~~은 에탄올이다.
㉡
➡ ㉠은 아세트알데하이드이다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① (가)에서 NAD^+가 환원된다.
➡ (가)는 해당 과정으로, NAD^+가 환원되어 NADH가 생성된다.

✓ ~~(나)~~에서 ATP가 합성된다.
(가)
➡ ATP는 해당 과정(가)에서 합성된다.

③ (가)와 (나)는 모두 세포질에서 일어난다.
➡ 발효는 세포질에서 일어난다.

④ 1분자당 수소 수는 ㉠이 ㉡보다 작다.
➡ ㉠은 피루브산($C_3H_4O_3$), ㉡은 젖산($C_3H_6O_3$)이다. 1분자당 수소 수는 피루브산이 4, 젖산이 6이다.

⑤ 1분자당 탄소 수는 ㉠과 ㉡이 같다.
➡ 1분자당 탄소 수는 ㉠과 ㉡ 모두 3이다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ 바이오 에탄올 생산 과정에 술을 만드는 과정과 동일한 과정이 있다.
➡ 효모를 발효시켜 이산화 탄소와 에탄올을 얻는 과정은 알코올 발효이며, 알코올 발효는 술의 제조에 이용된다.

✕ 바이오 에탄올을 대량 생산하면 온실 기체의 생성을 억제할 수 있다. → 없다.
➡ 이산화 탄소는 온실 기체에 해당하므로, 바이오 에탄올을 대량 생산하면 온실 기체가 대량 생산될 수 있다.

㉢ ㉠ 과정이 필요한 까닭은 효모의 발효에서 다당류가 호흡 기질로 이용될 수 없기 때문이다.
➡ 효모의 알코올 발효의 호흡 기질은 포도당이다. 옥수수나 사탕수수의 녹말은 직접 호흡 기질로 이용될 수 없기 때문에 녹말 분해 효소를 이용하여 포도당으로 분해한다.

도전! 실력 올리기

104쪽~105쪽

01 ⑤ **02** ⑤ **03** ① **04** ⑤ **05** ③ **06** ③

07 ㉠ NAD^+, ㉡ NADH, ㉢ CO_2

08 | 모범 답안 | 효모의 세포 호흡 결과 생성된 이산화 탄소가 KOH 수용액에 의해 제거되었기 때문이다.

09 | 모범 답안 | 산소가 있는 경우 피루브산이 미토콘드리아로 들어가 탈탄산 반응과 탈수소 반응을 거쳐 산화되어 아세틸 CoA가 생성되고, TCA 회로와 산화적 인산화가 진행된다. 산소가 없는 경우 피루브산이 세포질에서 환원되어 젖산이 생성되는 젖산 발효가 일어난다.

01 (가)는 해당 과정, (나)는 피루브산의 환원, (다)는 피루브산의 산화, (라)는 TCA 회로이다.

| 선택지 분석 |

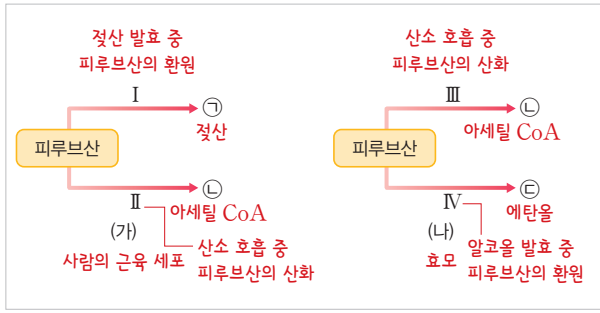
㉠ (가)에서 효소에 의해 ATP가 생성된다.
➡ (가)는 해당 과정으로, 기질 수준 인산화가 일어난다. 기질 수준 인산화는 인산화 효소에 의해 일어난다.

㉡ (나)에서 피루브산이 환원된다.
➡ (나)에서 피루브산이 환원되면서 젖산 또는 에탄올이 생성된다.

㉢ (다)와 (라)에서 탈탄산 반응이 일어난다.
➡ (다)는 피루브산의 산화, (라)는 TCA 회로이며 탈탄산 반응에 의해 이산화 탄소가 생성된다.

더 알아보기 발효
해당 과정에서 생성된 피루브산이 에탄올이나 젖산으로 환원되면서 NAD^+를 계속 재생시켜 해당 과정에서 ATP 합성이 계속 일어나게 한다. 알코올 발효의 경우 아세트알데하이드가, 젖산 발효의 경우 피루브산이 전자의 최종 수용체가 된다.

02 | 자료 분석 |



사람의 근육 세포에서는 산소 호흡과 젖산 발효, 효모에서는 산소 호흡과 알코올 발효가 일어난다. 산소 호흡에서 피루브산이 산화되어 아세틸 CoA가 되는 과정과 알코올 발효에서 에탄올이 생성되는 과정에서 CO_2가 공통적으로 생성된다.

| 선택지 분석 |

㉠ Ⅰ과 Ⅳ는 발효 과정의 일부이다.
➡ Ⅰ은 젖산 발효 중 피루브산의 환원, Ⅳ는 알코올 발효 중 피루브산의 환원이다.

㉡ Ⅱ와 Ⅲ은 미토콘드리아에서 일어난다.
➡ Ⅱ와 Ⅲ은 미토콘드리아에서 일어나는 피루브산의 산화 과정이다.

㉢ 1분자당 탄소 수는 ㉠이 ㉢보다 크다.
➡ 젖산($C_3H_6O_3$)의 탄소 수는 3이고 에탄올(C_2H_6O)의 탄소 수는 2이다.

03 | 자료 분석 |

구분	A 알코올 발효	B 젖산 발효	C 산소 호흡
최종 전자 수용체	아세트알데하이드	㉠ 피루브산	? 산소
CO_2 생성	? 생성됨	생성되지 않음	㉡ 생성됨
NAD^+ 생성	생성됨	? 생성됨	생성됨
해당 과정	일어남	? 일어남	일어남
포도당 1분자당 ATP 순생성량	ⓐ 2분자	? 2분자	ⓑ 최대 32분자

| 선택지 분석 |

㉠ ㉠은 '피루브산'이다.
➡ 젖산 발효에서 피루브산은 NADH로부터 전자를 얻어 젖산이 된다.

✕ ㉡은 '~~생성되지 않음~~'이다. → 생성됨
➡ 산소 호흡에서 이산화 탄소가 생성된다.

✕ ~~ⓐ와 ⓑ는 같다.~~ → ⓐ보다 ⓑ가 많다.
➡ ATP 생성량은 알코올 발효에서보다 산소 호흡에서 더 많다.

04 C는 산소 환경에서는 포도당을 호흡 기질로 산소 호흡을 하고, 무산소 환경에서는 포도당을 호흡 기질로 젖산 발효를 한다. 미생물 C에 의한 젖산 발효는 김치, 요구르트, 치즈를 만드는 데 이용된다.

| 선택지 분석 |

ㄱ t_2에서 일어나는 발효는 요구르트를 만드는 데 이용된다.
➡ 젖산 발효는 요구르트를 만드는 데 이용된다.

ㄴ C에는 t_1과 t_2에서 모두 피루브산이 존재한다.
➡ 젖산 발효가 일어날 때 해당 과정이 진행되므로 산소 호흡이 일어나는 t_1과 젖산 발효가 일어나는 t_2에서 피루브산이 존재한다.

ㄷ C는 산소 환경과 무산소 환경에서 모두 포도당을 호흡 기질로 사용한다.
➡ 젖산 발효는 포도당을 호흡 기질로 하는 무산소 호흡이다.

05 Ⅰ은 알코올 발효의 일부이고 Ⅱ는 젖산 발효의 일부이다. ㉠은 에탄올, ㉡은 젖산이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ Ⅰ과 Ⅱ는 모두 세포질에서 일어난다.
➡ 발효는 세포질에서 일어난다.

✕ 1분자당 $\frac{\text{수소(H) 수}}{\text{탄소(C) 수}}$는 ㉡이 ㉠보다 ~~크다~~ 작다.
➡ $\frac{\text{수소(H) 수}}{\text{탄소(C) 수}}$는 에탄올은 3, 젖산은 2이므로 ㉠이 ㉡보다 크다.

ㄷ (나)에서 t_1과 t_2일 때 모두 탈탄산 반응이 일어난다.
➡ t_1은 처음 넣어 준 산소를 이용하여 산소 호흡이 일어나는 시점으로, 산소 호흡을 통해 탈탄산 반응이 일어난다. t_2는 산소가 고갈되어 알코올 발효가 일어나는 시점으로 알코올 발효 과정을 통해 탈탄산 반응이 일어난다.

06 A는 해당 과정, B는 젖산 발효의 일부, C는 알코올 발효의 일부, D는 산소 호흡 과정에서 피루브산의 산화 과정이다.

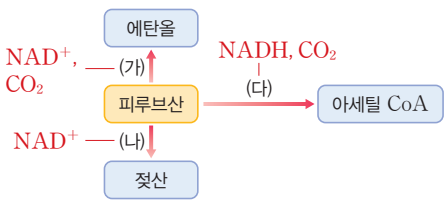
| 선택지 분석 |

ㄱ (가) → (나) 과정에서 A와 C가 일어난다.
➡ (가) → (나) 과정은 알코올 발효이다.

✕ (나)에서 발생하는 기포는 ~~B~~ C 과정에서 생성된다.
➡ (나)에서 발생하는 기포는 이산화 탄소이며, 효모의 알코올 발효 중 피루브산에서 탈탄산 반응이 일어나면서 생성된다.

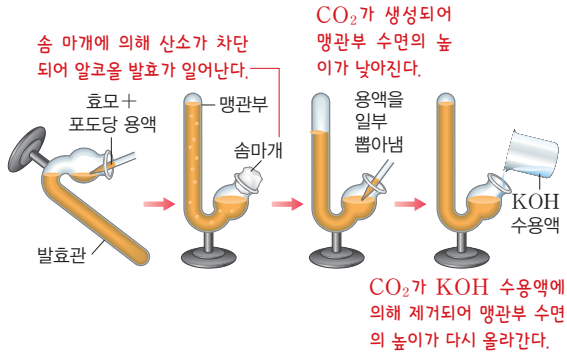
ㄷ (가)에서 뚜껑을 열어두면 D가 일어날 수 있다.
➡ 뚜껑을 열어두면 산소 호흡이 일어나므로 피루브산의 산화 과정이 일어날 수 있다.

07 | 자료 분석 |



젖산과 에탄올은 NADH가 산화되고 NAD^+가 생성되는 과정에서 생성된다. 또한, 에탄올이 형성되는 과정과 아세틸 CoA가 형성되는 과정에서 탈탄산 반응이 일어나 CO_2가 방출된다. 피루브산이 산화되어 아세틸 CoA가 형성되는 과정에서 NADH가 생성된다.

08 | 자료 분석 |



효모의 알코올 발효 과정에서 포도당이 분해되고 CO_2가 생성되면서 맹관부 위쪽의 수면의 높이가 낮아진다. 이후 KOH 수용액을 넣으면 CO_2가 KOH 수용액에 의해 제거되기 때문에 맹관부 위쪽 수면의 높이가 다시 올라간다.

채점 기준	배점
이산화 탄소가 세포 호흡으로 생성되었고, KOH 수용액에 의해 제거되었음을 옳게 서술한 경우	100 %
이산화 탄소의 생성과 KOH 수용액에 의한 제거 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 사람의 근육 세포에서는 산소가 있을 때 산소 호흡이, 산소 요구량이 산소 공급량보다 많을 때 젖산 발효가 일어난다. 산소가 있는 경우 피루브산이 미토콘드리아로 들어가 탈탄산 반응과 탈수소 반응을 거쳐 산화되어 아세틸 CoA가 생성되고, TCA 회로와 산화적 인산화가 진행된다. 산소가 없는 경우 피루브산이 세포질에서 환원되어 젖산이 생성되는 젖산 발효가 일어난다.

채점 기준	배점
산소가 있는 경우 미토콘드리아에서 아세틸 CoA 생성, 산소가 없는 경우 세포질에서 젖산 생성을 모두 언급한 경우	100 %
산소가 있는 경우와 없는 경우 중 1가지만 서술하거나, 반응 장소 혹은 생성물 중 1가지만 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

107쪽~110쪽

01 ③	02 ④	03 ①	04 ③	05 ②	06 ②	07 ①	08 ②
09 ④	10 ④	11 ⑤	12 ⑤	13 ③	14 ⑤	15 ③	16 ③

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 1분자당 탄소 수는 ㉠이 ㉡의 2배이다.
➡ ㉠은 포도당($C_6H_{12}O_6$)이고 ㉡은 피루브산($C_3H_6O_3$)이다.

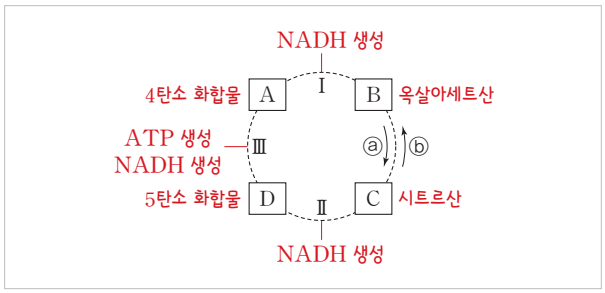
✕ $\frac{\text{㉠ 2분자의 총에너지}}{\text{㉡ 1분자의 에너지}} = 1$이다.
$<$

➡ 1분자의 포도당으로부터 2분자의 피루브산이 생성되는 동안 2ATP가 순생성되므로 포도당 1분자의 에너지가 피루브산 2분자의 총에너지보다 많다.

ㄷ t_1과 t_2 사이에 ATP의 합성과 분해 반응이 모두 일어난다.

➡ 해당 과정에서는 ATP가 소모되면서 포도당이 과당 2인산으로 된 후, ATP와 NADH가 생성되면서 피루브산이 형성된다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ 회로 반응의 방향은 ⓐ이다.

➡ FAD는 4탄소 화합물에서 옥살아세트산이 형성될 때 환원되며(Ⅰ), 다음 단계인 시트르산 형성 단계에서는 NAD^+ 환원이 일어나지 않는다. 따라서 회로의 방향은 ⓐ이다.

✗ 과정 ~~Ⅰ~~Ⅲ에서 ATP가 합성된다.

➡ ATP는 5탄소 화합물에서 4탄소 화합물이 형성될 때 생성되므로 Ⅰ에 해당되지 않는다.

ㄷ 과정 Ⅱ에서 CO_2가 방출된다.

➡ 시트르산에서 5탄소 화합물이 형성될 때 CO_2가 방출된다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ 해당 과정과 TCA 회로에서 위 반응이 일어난다.

➡ 해당 과정과 TCA 회로에서 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 합성된다.

✗ ㉠이 가진 에너지의 크기와 ㉡이 가진 에너지의 크기가 ~~같다~~ 다르다.

➡ ㉠에 포함되어 있던 인산기가 효소의 작용으로 ADP와 결합하여 반응 결과 ㉡이 생성되었다. 따라서 ㉠이 가진 에너지가 ㉡이 가지 에너지보다 크다.

✗ ㉡은 효소 X의 ~~기질~~ 생성물이다.

➡ ㉡은 효소 X의 생성물이다.

04 Ⅰ은 (다), Ⅱ는 (나), Ⅲ은 (가)이고, ㉠은 NADH, ㉡은 CO_2, ㉢은 ATP이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ ⓐ는 'ㅇ'이다.

➡ 4탄소 화합물에서 옥살아세트산이 될 때 NADH가 생성된다.

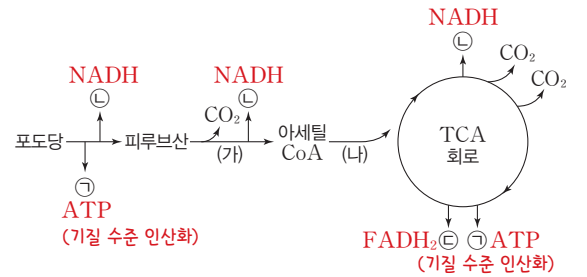
✗ Ⅲ은 ~~(다)~~ (가)이다.

➡ Ⅲ은 CO_2가 생성되면서 ATP가 생성되지 않는 단계이므로 시트르산에서 5탄소 화합물이 생성되는 단계이다.

ㄷ (나)에서 ㉡이 생성된다.

➡ 5탄소 화합물에서 4탄소 화합물이 될 때 탈탄산 반응으로 CO_2가 방출된다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ (가) 과정은 ~~세포질~~ 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

➡ (가)는 피루브산의 산화로, 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

✗ ~~(나)~~ (가) 과정에서 탈탄산 효소가 작용한다.

➡ 탈탄산 효소가 작용하는 단계에서는 CO_2가 방출되며, (나)에서는 아세틸 CoA의 조효소 A가 방출되면서 옥살아세트산과 결합한다.

ㄷ ㉠은 ATP, ㉡은 NADH, ㉢은 $FADH_2$이다.

➡ ATP는 해당 과정과 TCA 회로에서, NADH는 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로에서, $FADH_2$는 TCA 회로에서 생성된다.

06 | 선택지 분석 |

✗ A는 ~~㉡~~ ㉠이다.

➡ ㉠을 처리하면 ATP 합성 효소의 작용이 억제되고, ㉡을 처리하면 전자 전달계의 전자 전달이 억제된다. 산소는 전자의 최종 수용체이므로 전자 전달이 억제되면 산소 소비가 감소한다. 따라서 처리했을 때 산소 소비가 억제되는 B가 ㉡이다.

ㄴ 구간 Ⅲ에서 미토콘드리아 내막을 통해 H^+이 이동한다.

➡ 구간 Ⅲ에서 산소가 소비되고 있으므로 미토콘드리아 내막을 통한 H^+의 이동이 일어난다.

✗ 단위 시간당 ATP 생성량은 구간 Ⅰ에서보다 구간 Ⅱ에서 ~~많다~~ 적다.

➡ A를 처리하여 ATP 합성 효소의 작용이 억제된 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 ATP 생성량이 적다.

더 알아보기 세포 호흡 저해제

- 전자 전달 저해제: 전자 운반체에 결합하여 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H^+의 능동 수송이 일어나지 못하게 함으로써 산화적 인산화 과정을 억제한다. 예로는 로테논, 사이안화 물(청산가리), 일산화 탄소 등이 있다.
- ATP 합성 효소의 저해제: ATP 합성 효소에 결합하여 H^+이 ATP 합성 효소를 통해 확산되는 것을 저해함으로써 산화적 인산화 과정을 억제한다. 예로는 올리고마이신, 아우로베르틴, 벤추리시딘 등이 있다.
- 짝풀림제: 막 사이 공간에 축적된 H^+이 ATP 합성 효소를 통하지 않고 기질로 들어갈 수 있게 하여 H^+ 농도 기울기를 감소시켜 전자 전달계는 계속 작동하지만 ATP 합성이 일어나지 못하게 한다. 예로는 DNP, FCCP 등이 있다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. Ⅰ은 미토콘드리아 기질이다.

➡ 미토콘드리아 내막의 전자 전달계는 H^+을 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송한다.

✕ pH는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 ~~높다~~ 낮다.

➡ 세포 호흡 과정에서 H^+이 능동 수송되어 막 사이 공간에 축적되므로 pH는 막 사이 공간(Ⅱ)에서가 미토콘드리아 기질(Ⅰ)에서보다 낮다.

✕ 이 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체는 ~~NAD^+~~ O_2이다.

➡ 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체는 O_2이다.

08 | 선택지 분석 |

✕ NADH에서 방출된 전자가 O_2에 전달되는 ~~과정을 억제한다~~ 과정에 관여하지 않는다.

➡ X는 전자 전달계에서 전자의 이동에 관여하지 않는다.

ㄴ. 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간이 pH 차이를 감소시킨다.

➡ 전자 전달계에서 전자가 이동하는 과정에서 H^+의 능동 수송으로 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간의 H^+ 농도 기울기를 형성하는데, X는 H^+의 농도 기울기에 따라 H^+의 확산을 촉진하므로 농도 기울기가 감소한다.

✕ X를 처리하면 처리하기 전보다 ATP 합성 효소에 의한 ATP 합성 속도가 ~~증가한다~~ 감소한다.

➡ ATP 합성 효소는 H^+ 농도 기울기에 따라 H^+이 확산되는 에너지로 ATP를 합성한다. 따라서 X를 처리하면 ATP 합성 효소에 의한 ATP 합성 속도가 감소한다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. $\frac{㉣}{㉡+㉢}=\frac{5}{3}$이다.

➡ ㉡은 5, ㉢은 10, ㉣은 25이다.

✕ (가)의 ⓐ는 (나)의 ~~Ⅰ~~ Ⅱ에서 생성된다.

➡ ⓐ는 전자 전달계에서 생성되는 H_2O이다. 전자 전달계에서 O_2의 소비와 H_2O의 생성은 미토콘드리아 기질(Ⅱ)에서 일어난다.

ㄷ. (나)의 막은 미토콘드리아 내막이다.

➡ 산화적 인산화는 미토콘드리아의 내막에 있는 ATP 합성 효소에 의해 일어난다.

10 | 선택지 분석 |

✕ (나)의 25분자의 ATP는 모두 ~~(가)~~ (가)와 기질 수준 인산화에 의해 생성된다.

➡ 25분자의 ATP 중 2분자는 TCA 회로에서 기질 수준 인산화로 생성된다.

ㄴ. ⓐ+㉠+㉡=13이다.

➡ ⓐ는 2, ㉠은 5, ㉡은 6이다.

ㄷ. (나)의 ATP 분자는 모두 Ⅰ에서 생성된다.

➡ Ⅰ은 미토콘드리아 기질, Ⅱ는 막 사이 공간이다. (나)의 ATP는 기질 수준 인산화로 2분자, (가)의 ATP 합성 효소에 의해 23분자가 합성되는데, 이는 모두 미토콘드리아 기질(Ⅰ)에서 일어나는 과정이다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 글리세롤이다.

➡ ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산이다.

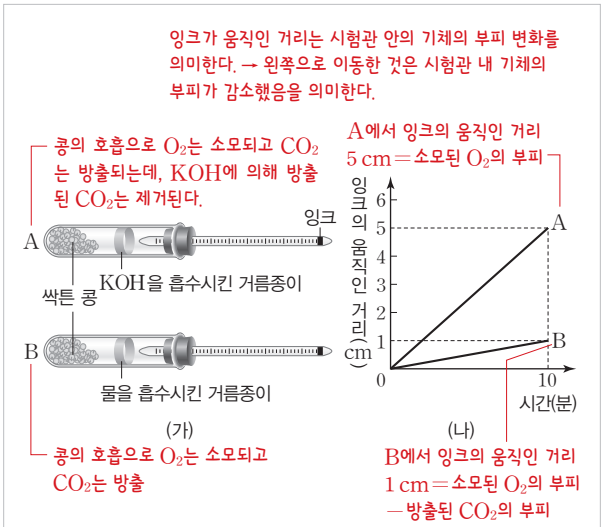
ㄴ. ㉡은 산소가 충분할 때 미토콘드리아에서 CO_2와 H_2O로 완전 분해된다.

➡ 지방산은 아세틸 CoA로 되어 TCA 회로와 산화적 인산화에 이용되므로 산소가 충분할 때 미토콘드리아에서 완전 분해된다.

ㄷ. ㉢은 아미노기가 제거된 후 세포 호흡에 사용된다.

➡ 아미노산은 아미노기가 제거된 후 여러 유기산이 되어 피루브산이나 아세틸 CoA, TCA 회로의 중간 산물 등으로 전환되어 TCA 회로와 산화적 인산화를 거쳐 분해된다.

12 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. 싹튼 콩은 호흡 기질로 주로 단백질을 이용하였다.

➡ A에서 호흡으로 방출된 CO_2가 KOH에 의해 제거되었으므로 잉크가 움직인 거리 5 cm는 소모된 O_2의 부피에 해당하고, B에서 잉크가 움직인 거리 1 cm는 소모된 O_2와 방출된 CO_2 부피의 차이값에 해당한다. 따라서 소모된 O_2의 부피는 5, 방출된 CO_2의 부피는 4이므로 호흡률은 0.8이다.

ㄴ. KOH은 CO_2를 흡수하기 위한 것이다.

➡ KOH은 O_2가 소모된 부피를 확인하기 위해 CO_2를 제거하는 데 이용하였다.

ㄷ. 소모되는 O_2의 양이 방출되는 CO_2의 양보다 많다.

➡ B에서 잉크가 왼쪽으로 움직였으므로 소모된 기체의 부피가 방출된 기체보다 크다는 것을 알 수 있다.

13 | 자료 분석 |

과정 \ 물질	㉠ CO_2	㉡ NAD^+	㉢ ATP
Ⅰ 해당 과정	×	×	?○
Ⅱ 피루브산의 젖산 발효	×	○	×
Ⅲ 피루브산의 알코올 발효	?○	○	×

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

| 선택지 분석 |

ㄱ Ⅰ에서 ATP를 사용하는 단계가 있다.
➡ 해당 과정에서 포도당 1분자당 2ATP를 소모하는 단계가 있다.

ㄴ Ⅲ에서 탈탄산 반응이 일어난다.
➡ Ⅲ에서 탈탄산 반응으로 CO_2가 생성된다.

✕ 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$는 A가 B보다 ~~크다~~ 작다.
➡ 젖산의 화학식은 $C_3H_6O_3$이고 에탄올의 화학식은 C_2H_5OH이다. $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$는 젖산(A)에서 2이고 에탄올(B)에서 3이다.

14 | 선택지 분석 |

ㄱ 구간 A에서 과정 Ⅰ과 Ⅱ가 모두 일어난다.
➡ 산소 요구량이 산소 소모량보다 높은 구간 A에서 젖산 발효인 과정 Ⅰ이 일어난다. 산소 소모량이 증가하고 있으므로 산소 호흡인 과정 Ⅱ도 일어난다.

ㄴ 과정 Ⅱ는 구간 A~C에서 모두 일어난다.
➡ 산소 소모량은 구간 A~C 모두 존재하므로 산소 호흡인 과정 Ⅱ는 구간 전체에서 일어난다고 볼 수 있다.

ㄷ 과정 Ⅰ과 Ⅱ에서 공통적으로 해당 과정이 진행된다.
➡ 해당 과정은 과정 Ⅰ과 Ⅱ에 모두 포함되어 있다.

15 ㉠은 피루브산, ㉡은 아세트알데하이드이고, A는 포도당, B는 에탄올이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ ㉠이 ㉡으로 전환되는 과정에서 탈탄산 반응이 일어난다.
➡ 알코올 발효 과정에서 피루브산(㉠)으로부터 탈탄산 반응으로 CO_2가 방출되면서 아세트알데하이드(㉡)가 생성된다.

✕ 1분자당 수소 수는 ~~B~~ A가 ~~A~~ B의 2배이다.
➡ 물질 농도가 감소하는 A는 포도당이고 일정 시간이 지난 후 물질 농도가 증가하는 B는 에탄올이다. 포도당(A)의 수소 수는 12이고 에탄올(B)의 수소 수는 6이므로 1분자당 수소 수는 A가 B의 2배이다.

ㄷ 효모에서 단위 시간당 소비되는 O_2의 양은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다.
➡ 구간 Ⅰ에서는 산소 호흡이 일어나고 구간 Ⅱ에서는 알코올 발효가 주로 일어나므로 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 O_2의 소비량이 많다.

16 ㉠은 NAD^+, ㉡은 NADH이다. (가)는 해당 과정, (나)는 탈탄산 반응, (다)는 아세트알데하이드의 환원 단계이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)에는 ATP가 소모되는 단계가 있다.
➡ (가)는 해당 과정으로, 포도당에서 과당 2인산이 될 때 ATP가 소모되는 단계가 있다.

✕ (나)는 ~~미토콘드리아 기질~~ 세포질에서 일어난다.
➡ 알코올 발효는 전 과정이 세포질에서 일어난다.

ㄷ (다)에서 ㉡이 산화된다.
➡ (다)에서 아세트알데하이드가 환원되면서 NADH가 산화되어 NAD^+가 생성된다.

2 광합성

01 광합성

개념POOL 117쪽

01 ㉠ 6, ㉡ 6, ㉢ 6, ㉣ 5, ㉤ 3
02 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

01 3PG, DPGA, PGAL은 3탄소 화합물이고, RuBP는 5탄소 화합물이다.

02 (3) 3PG와 DPGA의 1분자당 탄소 수는 모두 3이다. 3PG의 인산기 수는 1, DPGA의 인산기 수는 2로 서로 다르다.

콕콕! 개념 확인하기 118쪽

✓ 잠깐 확인!
1 틸라코이드 **2** 전개율 **3** 명반응 **4** 비순환적 **5** 스트로마 **6** 3, 6

01 ㉠ 흡수 스펙트럼, ㉡ 작용 스펙트럼 **02** 엽록소 a, 엽록소 b, 카로틴, 잔토필 **03** (1) × (2) ○ (3) ○ **04** ㉠ 광계, ㉡ 화학 삼투 **05** (나), (라), (가), (다) **06** (1) × (2) ○ (3) ○

01 흡수 스펙트럼을 통해 엽록소가 청자색광과 적색광을 주로 흡수한다는 것을 확인할 수 있으며, 작용 스펙트럼을 통해 광합성 색소가 흡수한 파장의 빛에서 광합성이 일어난다는 것을 확인할 수 있다.

02 식물에는 엽록소 이외의 카로티노이드계 색소도 포함되어 있다.

03 (1) 엽록소는 틸라코이드가 겹겹이 쌓인 구조물인 그라나에만 있다. 엽록체의 기질 부분인 스트로마에는 DNA, RNA, 리보솜, 여러 효소가 들어 있다.

04 광인산화는 광계가 흡수한 빛에너지에 의해 전자 전달계에서 전자가 이동하면서 형성한 H^+ 농도 기울기에 의해 화학 삼투로 ATP가 합성되는 것이다.

05 비순환적 전자 흐름은 광계 Ⅱ에서 전자 방출 → 전자 전달과 H^+ 농도 기울기 형성 → 광계 Ⅰ에서 전자 방출 → 전자 전달과 NADPH의 생성 순으로 진행된다.

06 (1) 광합성의 명반응에서 생성된 ATP와 NADPH는 캘빈 회로에 이용된다. 물의 광분해로 발생한 O_2는 외부로 방출되거나 세포 호흡에 이용된다.

탄탄! 내신 다지기

119쪽~120쪽

01 ① **02** ㉠ 카로틴, ㉡ 엽록소 a, ㉢ 엽록소 b **03** ⑤ **04** ③ **05** ② **06** (가) 물(H_2O), (나) 이산화 탄소(CO_2), (다) NADPH **07** ① **08** ③ **09** ③ **10** ④

01 | 선택지 분석 |

㉠ 엽록체의 틸라코이드 막에 있다.
➡ 광합성 색소는 틸라코이드 막의 광계에 있다.

㉡ 카로틴, 잔토필은 카로티노이드계 색소이다.
➡ 녹색 식물에는 엽록소 이외에도 보조 색소 역할을 하는 카로티노이드계 색소가 있다.

✗ 엽록소는 녹색광을 가장 많이 ~~흡수하여 광합성에 이용한다~~ 반사한다.
➡ 색소가 반사한 빛의 색이 눈에 보인다. 엽록소는 녹색광을 많이 반사하기 때문에 잎이 녹색으로 보인다.

✗ 가시광선, ~~자외선, 적외선 등을 모두~~ 흡수해 광합성에 이용한다.
➡ 광합성 색소는 가시광선을 광합성에 이용한다.

02 식물에 들어 있는 4종류 색소의 전개율을 큰 것부터 나열하면 카로틴, 잔토필, 엽록소 a, 엽록소 b이다.

03 | 선택지 분석 |

① ~~흡수~~ 작용 스펙트럼이다.
➡ 빛의 파장에 따른 광합성 속도를 나타낸 그래프를 작용 스펙트럼이라고 한다.

② 빛의 파장이 짧을수록 광합성 속도가 빠르다.
➡ 광합성 색소들이 많이 흡수하는 청자색광과 적색광에서 광합성 속도가 빠르게 나타난다.

③ 광합성 색소 각각의 파장별 빛 흡수율을 알 수 있다.
➡ 광합성 색소 각각의 파장별 빛 흡수율은 흡수 스펙트럼으로 알 수 있다.

④ 엽록소가 흡수하지 못하는 파장에서는 광합성이 ~~일어나지 않는다~~ 일어난다.
➡ 엽록소가 흡수하지 못하는 파장의 빛을 흡수해 광합성에 이용하는 색소(카로티노이드계 색소)도 있다.

✓ 광합성 색소가 녹색광보다 청자색광을 많이 흡수해 광합성에 이용한다.
➡ 녹색광보다 청자색광에서 광합성 속도가 더 빠르다.

04 A는 그라나, B는 스트로마이다.

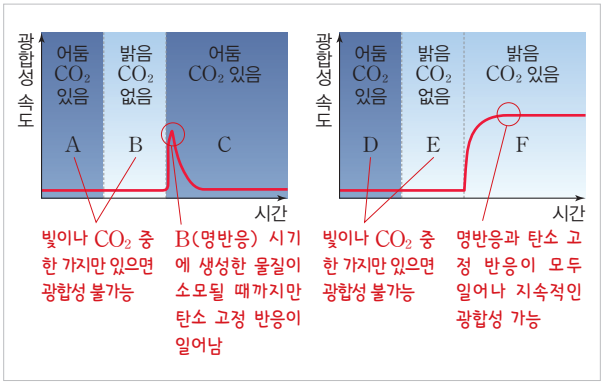
| 선택지 분석 |

㉠ A는 인지질 2중층의 막으로 되어 있다.
➡ 그라나는 인지질 2중층의 막으로 된 틸라코이드가 겹겹이 쌓여 있는 구조이다.

✗ B에 전자 전달 효소와 ATP 합성 효소가 있다.
A
➡ 전자 전달 효소와 ATP 합성 효소는 그라나를 구성하는 틸라코이드 막에 있다.

㉢ B에서 CO_2를 이용하는 캘빈 회로가 일어난다.
➡ 캘빈 회로는 스트로마에서 일어난다.

05 | 자료 분석 |



명반응은 B, E, F에서 일어났고 명반응 산물을 탄소 고정 반응에서 소모한 시기는 C의 초기와 F이다.

06 그라나에서 물이 분해되고 광인산화가 일어나 NADPH가 합성된다. 스트로마에서 명반응 산물과 CO_2를 이용하여 탄소 고정 반응을 통해 포도당이 합성된다.

07 | 선택지 분석 |

✓ (가)는 ~~P_{700}~~ P_{680}이다.
➡ 광계 Ⅱ의 반응 중심 색소는 P_{680}이다.

② A는 틸라코이드 막이다.
➡ 광계는 틸라코이드 막에 있다.

③ 비순환적 전자 흐름에 관여한다.
➡ 비순환적 전자 흐름에는 광계 Ⅰ과 광계 Ⅱ가 모두 관여하고, 순환적 전자 흐름에는 광계 Ⅰ만 관여한다.

④ 보조 색소는 흡수한 빛을 (가)에 전달한다.
➡ 보조 색소는 반응 중심 색소보다 먼저 빛을 흡수하여 반응 중심 색소에 전달하고, 반응 중심 색소를 보호하는 역할을 한다.

⑤ (가)는 청자색광과 적색광을 녹색광보다 많이 흡수한다.
➡ 엽록소는 청자색광과 적색광을 흡수하고 녹색광을 흡수하지 못하고 반사시킨다.

08 시험관에 들어 있는 H_2O이 분해되어 O_2가 발생하였고, H_2O이 분해될 때 방출된 전자가 옥살산 철(Ⅲ)의 Fe^{3+}에 수용되어 옥살산 철(Ⅱ)의 Fe^{2+}이 되었다.

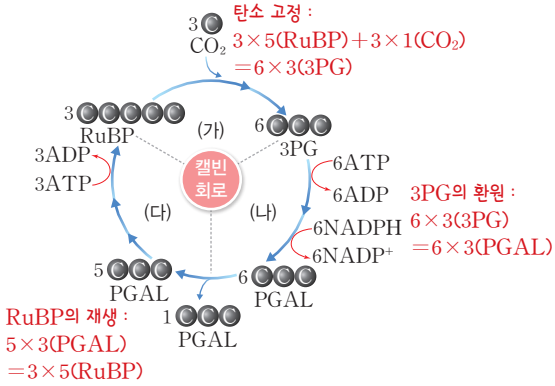
| 선택지 분석 |

㉠ 산소(O_2)는 물의 광분해로 생성되었다.
➡ 공기가 제거된 상태에서 엽록체 추출액 속의 물이 빛에 의해 분해되어 산소(O_2)가 방출되었다.

✗ 옥살산 철 (Ⅲ)은 ~~CO_2~~ 전자(e^-)에 의해 환원되었다.
➡ 옥살산 철(Ⅲ)은 물의 광분해로 생성된 전자(e^-)에 의해 환원되었다.

㉢ 엽록체에서 옥살산 철(Ⅲ)과 같은 작용을 하는 물질은 $NADP^+$이다.
➡ 명반응의 전자 전달계에서 $NADP^+$가 전자의 최종 수용체 역할을 한다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 CO_2와 RuBP의 결합에 효소가 관여한다.
➡ 루비스코라는 효소가 이산화 탄소와 RuBP의 결합을 촉매한다.

㉡ (나)에서 3PG가 NADPH에 의해 환원된다.
➡ 3PG가 NADPH에 의해 환원되어 PGAL이 생성된다.

✗ ~~(가)~(다)~~에서 모두 명반응의 산물이 이용된다. (나)와 (다)
➡ 명반응의 산물은 (나)와 (다)에서 이용된다.

10 | 선택지 분석 |

✗ 위 실험으로 ~~명반응의 과정~~이 밝혀졌다. 탄소 고정 반응
➡ 캘빈의 실험은 암실에서 진행하였으며, 탄소 고정 반응의 경로를 밝힌 것이다.

㉡ $^{14}CO_2$에 노출된 시기를 달리하여 위 과정을 반복하였다.
➡ 광합성을 중단하는 시기를 달리하면서 광합성 초기부터 이산화 탄소를 고정한 후 차례대로 생성되는 물질을 밝혔다.

㉢ 위 실험으로 엽록체에서 공급된 CO_2에 의해 최초로 생성된 물질이 3PG임이 밝혀졌다.
➡ 방사성 이산화 탄소($^{14}CO_2$)를 공급하고 최초로 방사선이 검출된 물질이 3PG임을 확인하였다.

도전! 실력 올리기 121쪽

01 ① **02** ③

03 | **모범 답안** | 광합성 결과 생성되는 O_2는 H_2O에서 유래한 것이다.

04 | **모범 답안** | P_{680}은 680 nm 파장의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a로 광계 Ⅱ의 반응 중심 색소이고, P_{700}은 700 nm 파장의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a로 광계 Ⅰ의 반응 중심 색소이다.

05 (1) ㉠ ATP, ㉡ NADPH, ㉠의 분자 수: 18, ㉡의 분자 수: 12 (2) 3PG의 양은 감소하고 RuBP의 양은 증가한다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 광합성 색소의 흡수 스펙트럼이다.
➡ (가)는 광합성 색소의 흡수 스펙트럼이고 (나)는 작용 스펙트럼이다.

✗ 엽록소가 흡수하지 않는 빛의 파장은 광합성에 ~~이용되지 않는다.~~ 이용된다.
➡ 카로티노이드가 흡수한 빛의 파장도 광합성에 이용된다.

✗ 카로티노이드의 흡수 스펙트럼은 작용 스펙트럼과 ~~일치한다.~~ 일치하지 않는다.
➡ 작용 스펙트럼은 엽록소와 카로티노이드가 흡수한 빛의 파장에 의해 일어난 광합성 속도를 나타낸 것이다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 비순환적 전자 흐름으로 NADPH가 생성된다.
➡ 비순환적 전자 흐름에는 물의 광분해와 광계 Ⅰ, Ⅱ가 모두 관여하며, 산소, ATP, NADPH가 생성된다.

✗ 광계 Ⅰ에서 방출된 전자는 최종적으로 ~~O_2~~에 전달된다. $NADP^+$
➡ 비순환적 전자 흐름의 최종 전자 수용체는 $NADP^+$이다.

㉢ H^+ 농도 기울기에 의해 ATP가 합성된다.
➡ 틸라코이드 막의 ATP 합성 효소는 전자 전달계에 의해 형성된 H^+ 농도 기울기에 의해 ATP를 합성한다.

03

루벤의 실험은 CO_2와 $H_2{}^{18}O$을 넣은 플라스크에서는 $^{18}O_2$가 발생하였고, $C^{18}O_2$와 H_2O을 넣은 플라스크에서는 O_2가 발생한 것을 통해 광합성 결과 발생하는 O_2는 물(H_2O)에서 유래되었다는 것을 확인한 실험이다.

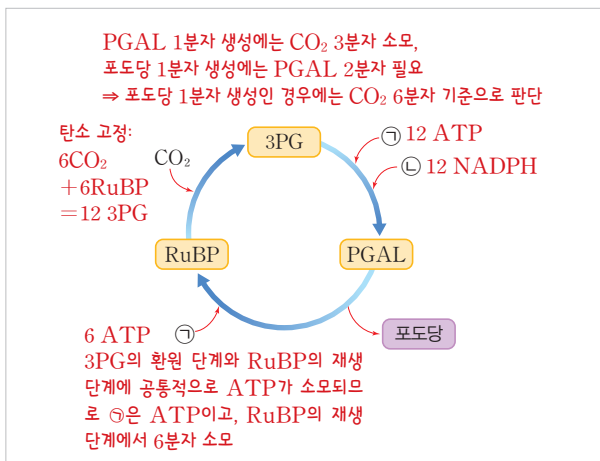
채점 기준	배점
광합성에서 물과 산소의 관계를 옳게 서술한 경우	100 %
물과 산소의 관계를 서술하지 않고 산소의 방출만 서술한 경우	50 %

04

광계에는 광계 Ⅰ과 광계 Ⅱ 두 종류가 있으며, 두 광계는 반응 중심 색소인 엽록소 a의 종류에 따라 구분한다. P_{680}은 광계 Ⅱ의 반응 중심 색소, P_{700}은 광계 Ⅰ의 반응 중심 색소이다.

채점 기준	배점
두 색소에 대해 흡수하는 파장과 광계의 종류를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
흡수하는 파장과 광계의 종류 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

05 | 자료 분석 |



(1) 캘빈 회로에서 ATP는 3PG의 환원 단계와 RuBP의 재생 단계에, NADPH는 3PG의 환원 단계에 이용된다. 포도당 1분자 합성에 2분자의 PGAL이 생성되어야 하며, 이때 CO_2 6분자, ATP 18분자, NADPH 12분자가 소모된다.

(2) CO_2는 RuBP와 결합하여 3PG가 되는데, CO_2 공급이 중단되면 RuBP의 재생은 진행되지만 3PG의 합성이 중단되므로 3PG의 양은 감소하고 RuBP의 양은 증가한다.

02 광합성과 세포 호흡의 비교

콕콕! 개념 확인하기 124쪽

✔ 잠깐 확인!

1 포도당 **2** 캘빈 회로 **3** 산화 **4** 화학 삼투 **5** 물 **6** 능동 수송 **7** 틸라코이드 내부

01 (1)–㉠ (2)–㉡ (3)–㉡ **02** ㉠ 동화 작용, ㉡ 화학 에너지 **03** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **04** ㉠ TCA 회로, ㉡ 미토콘드리아, ㉢ 엽록체

01 (1) 광합성에서 CO_2는 환원되어 포도당이 된다.

(2) 세포 호흡의 단계에는 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화가 있다.

(3) 세포 호흡 과정에서 포도당과 O_2가 소모되고 CO_2가 방출된다.

02 광합성은 이산화 탄소와 물이라는 간단한 물질로부터 포도당이라는 복잡한 물질을 합성하는 동화 작용이고, 세포 호흡은 포도당과 같은 유기물의 화학 에너지를 ATP로 전환하는 과정이다.

03 (1) 엽록체에서 생성된 ATP는 캘빈 회로에 모두 이용된다.

(2) 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체는 O_2이다.

04 기질 수준 인산화는 해당 과정과 TCA 회로에서 효소에 의해 기질의 인산기가 ADP와 결합하여 ATP가 생성되는 것이고, 산화적 인산화는 미토콘드리아에서 전자 전달계에서 전자의 이동으로 형성된 H^+ 농도 기울기에 따라 ATP 합성 효소를 통해 H^+이 확산되면서 ATP가 생성되는 것이다. 광인산화는 엽록체의 틸라코이드 막에서 빛에너지에 의한 고에너지 전자의 전달로 형성된 H^+ 농도 기울기에 따라 ATP 합성 효소를 통해 H^+이 확산되면서 ATP가 생성되는 것이다.

III

탄탄! 내신 다지기 125쪽~126쪽

01 ⑤ **02** Ⅰ: 광합성, Ⅱ: 세포 호흡, ㉠ O_2, ㉡ CO_2 **03** ④ **04** ③ **05** ④ **06** (가) 명반응, (나) 캘빈 회로, (다) TCA 회로, (라) 산화적 인산화 **07** ② **08** ② **09** (가) 능동 수송, (나) 촉진 확산 **10** ② **11** (가) 틸라코이드 막, (나) H_2O, (다) O_2 **12** ③

01 광합성과 세포 호흡은 모두 여러 종류의 효소가 관여하여 단계적으로 일어나는 물질대사이다. 또한, 전자 전달계에 의한 전자의 전달 과정과 화학 삼투에 의한 ATP 합성 효소의 작용으로 ATP가 생성된다.

| 선택지 분석 |

✗ ㉠ 유기물의 산화 과정에서 에너지가 방출된다. – 세포 호흡에만 해당
➡ 유기물의 산화 과정에서 에너지가 방출되는 반응은 세포 호흡이다.

㉡ 여러 가지 효소에 의해 조절되는 물질대사이다.
➡ 광합성과 세포 호흡에는 탈수소 효소, 전자 전달 효소 등 다양한 효소가 관여한다.

㉢ 전자 전달계와 화학 삼투에 의해 ATP가 생성된다.
➡ 광합성의 명반응과 세포 호흡의 산화적 인산화 단계에는 전자 전달계와 화학 삼투에 의해 ATP가 생성되는 과정이 있다.

㉣ 반응하는 물질의 탄소 수에 변화가 있는 순환적 회로 반응이 포함되어 있다.
➡ 광합성의 캘빈 회로와 세포 호흡의 TCA 회로는 반응하는 물질의 탄소 수에 변화가 있는 순환적 반응이다.

02 광합성은 동화 작용이고 세포 호흡은 이화 작용이다. 광합성에서는 빛에너지를 이용하여 CO_2와 H_2O로부터 포도당과 O_2가 생성되고, 세포 호흡에서는 O_2를 이용하여 포도당이 분해되어 CO_2와 H_2O이 생성된다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 학생 A: 식물 세포에서는 광합성만 일어나고 동물 세포에서는 세포 호흡만 일어나. – 광합성과 세포 호흡이 모두
➡ 식물 세포에서는 광합성과 세포 호흡이 모두 일어난다.

학생 B: 광합성은 엽록체에서만 일어나고, 세포 호흡은 세포질과 미토콘드리아에서 일어나.
➡ 엽록체의 그라나에서 명반응이, 스트로마에서 탄소 고정 반응이 일어나며, 세포질에서 해당 과정, 미토콘드리아에서 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화가 일어난다.

학생 C: 광합성에서 생성되는 포도당의 에너지는 물이 가진 전자가 공급된 것이지.
➡ 광합성에서 높은 에너지를 가진 포도당의 에너지는 물이 빛에 의해 고에너지 전자를 방출하면서 전달된 것이다.

더 알아보기 광합성의 에너지 공급

- 광합성의 명반응

$$12H_2O \rightarrow 12H_2 + 6O_2$$

빛에너지에 의해 고에너지 전자가 방출되어 NADPH에 저장

- 광합성의 탄소 고정 반응

$$6CO_2 + 12H_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$$

CO_2는 고에너지 전자를 포함한 NADPH에 의해 환원되어 포도당 생성

- 명반응에서 흡수한 빛에너지는 물의 광분해로 방출된 고에너지 전자로부터 NADPH에 전달된다.
- 탄소 고정 반응에서 CO_2에 NADPH가 공급되면서 환원되어 포도당($C_6H_{12}O_6$)이 생성된다.

04 A는 미토콘드리아 내막, B는 기질, C는 틸라코이드 막, D는 스트로마이다.

| 선택지 분석 |

① (가)와 (나)는 모두 2중막 구조이다.
➡ 엽록체와 미토콘드리아는 모두 2겹의 막으로 된 2중막 구조이다.

② A와 C에는 모두 전자 전달계가 존재한다.
➡ 미토콘드리아 내막과 틸라코이드 막의 전자 전달계에서 전자의 이동이 일어난다.

✓ ~~B와 D~~A와 C에는 모두 ATP 합성 효소가 있다.
➡ ATP 합성 효소는 미토콘드리아 내막과 틸라코이드 막에 있다.

④ B와 D에서 효소에 의한 순환적 회로 반응이 일어난다.
➡ 미토콘드리아 기질에서 일어나는 TCA 회로와 스트로마에서 일어나는 캘빈 회로는 효소에 의한 순환적 회로 반응이다.

⑤ (가)에서 기질 수준 인산화와 산화적 인산화가 일어난다.
➡ 미토콘드리아 기질에서 일어나는 TCA 회로에서 기질 수준 인산화가 일어나고 미토콘드리아 내막의 전자 전달계와 ATP 합성 효소를 통해 산화적 인산화가 일어난다.

05 | 선택지 분석 |

①	종류	동화 작용	이화 작용

➡ 광합성은 이산화 탄소와 물로부터 포도당을 합성하는 동화 작용이고, 세포 호흡은 포도당이 산소를 이용하여 분해되어 이산화 탄소와 물이 생성되는 이화 작용이다.

②	반응물	CO_2, H_2O	포도당, O_2

➡ 광합성의 명반응에서는 물을, 캘빈 회로에서는 이산화 탄소를 이용한다. 세포 호흡의 해당 과정에서 포도당이 피루브산으로 분해되고 산화적 인산화의 최종 전자 수용체로 산소가 이용된다.

③	생성물	포도당, O_2	CO_2, H_2O

➡ 광합성의 탄소 고정 반응을 통해 포도당이 생성되고, 명반응에서 물의 광분해를 통해 산소가 방출된다. 세포 호흡의 피루브산 산화와 TCA 회로에서 탈탄산 반응을 통해 이산화 탄소가 방출되고 전자 전달계에서 산소와 전자, H^+이 결합하여 물이 생성된다.

✓ ④	반응물의 물질 변화	~~산화~~ 환원 (~~포도당 → CO_2~~) CO_2 → 포도당	~~환원~~ 산화 (~~CO_2 → 포도당~~) 포도당 → CO_2

➡ 광합성은 이산화 탄소가 물의 광분해로 생성된 고에너지 전자에 의해 환원되어 포도당이 생성되는 반응이고, 세포 호흡은 포도당이 분해되고 산소에 의해 산화되면서 이산화 탄소가 방출되는 반응이다.

⑤	에너지 변화	빛에너지 → 화학 에너지(포도당)	화학 에너지(포도당) → 화학 에너지(ATP), 열에너지

➡ 광합성은 빛에너지가 화학 에너지인 포도당으로 전환되는 반응이고, 세포 호흡은 포도당의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지와 열에너지로 전환되는 반응이다.

06 광합성은 명반응과 탄소 고정 반응으로 이루어지고, 세포 호흡은 해당 과정, 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화로 이루어진다.

07 | 선택지 분석 |

✗ 기질 수준 인산화로 ATP가 합성된다. – 세포 호흡에만 해당
➡ 기질 수준 인산화는 세포 호흡에서만 일어난다.

ㄴ 전자의 전달에 의해 H^+ 농도 기울기가 형성된다.
➡ 광합성에서는 틸라코이드 막에서, 세포 호흡에서는 미토콘드리아 내막에서 막 안팎의 H^+ 농도 기울기가 형성된다.

✗ 생성된 ATP가 생물체의 생활 에너지로 이용된다. – 세포 호흡에만 해당
➡ 광합성의 명반응에서 생성된 ATP는 캘빈 회로에서 모두 소모된다.

ㄹ ATP 합성 효소를 통해 H^+이 확산될 때 ATP가 합성된다.
➡ ATP 합성 효소를 통해 H^+이 확산되면서 ATP가 합성된다.

08 | 선택지 분석 |

①	ATP 합성 방식	광인산화	기질 수준 인산화, 산화적 인산화

➡ 광합성은 물의 광분해에 의한 고에너지 전자를 전달하는 전자 전달계와 화학 삼투에 의해 ATP가 합성되는 광인산화가 일어나고, 세포 호흡에서는 해당 과정과 TCA 회로에서 기질 수준 인산화와 미토콘드리아 내막에서의 산화적 인산화로 ATP가 합성된다.

✓ ②	전자의 흐름	~~한 방향으로만 흐름~~ 순환적, 비순환적으로 흐름	~~순환적,~~ ~~비순환적으로 흐름~~ 한 방향으로만 흐름

➡ 광합성의 명반응에서 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름이 일어나고, 세포 호흡에서 전자는 NADH, $FADH_2$에서 O_2로 한 방향으로만 흐른다.

③	고에너지 전자 결합 조효소	$NADP^+$	NAD^+, FAD

➡ 광합성의 비순환적 전자 흐름에서 고에너지 전자를 $NADP^+$가 수용하여 NADPH가 생성된다. 세포 호흡의 TCA 회로에서 탈수소 효소의 작용으로 NAD^+와 FAD가 전자를 수용하여 고에너지 전자를 포함하고 있는 NADH와 $FADH_2$가 생성된다.

④	전자의 에너지원	빛에너지	유기물에 포함된 화학 에너지

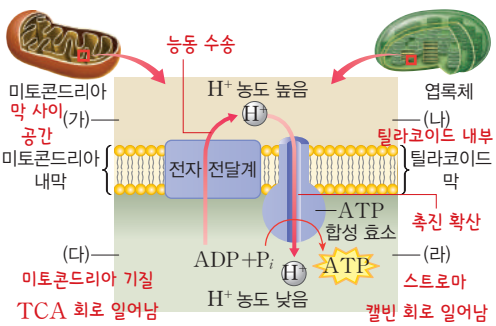
➡ 광합성은 물의 광분해로 고에너지 전자가 방출되고, 세포 호흡에서는 포도당의 전자가 NADH와 $FADH_2$에 전달되어 ATP 합성의 에너지원이 된다.

⑤	전자 전달에 의한 H^+ 농도 기울기	틸라코이드 내부 > 스트로마	막 사이 공간 > 미토콘드리아 기질

➡ 광합성의 전자 전달계는 H^+을 스트로마에서 틸라코이드 내부로, 세포 호흡의 전자 전달계는 H^+을 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송한다.

09 전자 전달계에서 전자가 방출하는 에너지로 스트로마에서 틸라코이드 내부로, 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H^+의 능동 수송이 일어난다. ATP 합성 효소를 통해 틸라코이드 내부에서 스트로마로, 막 사이 공간에서 기질로 H^+이 촉진 확산된다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ ~~(가)~~(다)에서 TCA 회로가 일어난다.
➡ TCA 회로는 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

✗ ~~(나)~~(라)는 스트로마이다.
➡ H^+ 농도가 높은 (나)는 틸라코이드 내부이다.

ㄷ (다)에서 (가)로 H^+이 이동할 때 전자의 에너지가 이용된다.
➡ 미토콘드리아의 전자 전달계에서 H^+이 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송하는 데 공급되는 에너지는 전자의 에너지이다.

ㄹ (라)에서 3PG가 생성된다.
➡ 3PG는 캘빈 회로에서 생성되며, 캘빈 회로는 스트로마에서 일어난다.

11 광합성에서 전자의 전달은 틸라코이드 막의 광계를 포함한 전자 전달계에서 물의 광분해로 방출된 전자에 의해 일어나고, 최종 전자 수용체는 $NADP^+$이다. 세포 호흡에서 전자의 전달은 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에서 NADH와 $FADH_2$가 산화되면서 방출된 전자에 의해 일어나고, 최종 전자 수용체는 O_2이다.

12 광합성에서 고에너지 전자 결합 조효소는 $NADP^+$이고 세포 호흡에서 고에너지 전자 결합 조효소는 NAD^+와 FAD이다.

| 선택지 분석 |

① ~~해당 과정~~TCA 회로에서 FAD와 전자가 결합한다.
➡ $FADH_2$의 생성은 TCA 회로에서 일어난다.

② ~~순환적~~비순환적 전자 흐름에서 NADPH가 생성된다.
➡ NADPH는 비순환적 전자 흐름에서 생성된다.

✓ ③ $NADP^+$와 전자의 결합이 틸라코이드에서 일어난다.
➡ 틸라코이드 막의 전자 전달계에서 일어나는 비순환적 전자 흐름이 일어날 때 $NADP^+$가 물의 광분해로 방출된 고에너지 전자와 결합한다.

④ NADH의 고에너지 전자는 ~~TCA 회로~~산화적 인산화에서 방출된다.
➡ TCA 회로에서는 NADH가 생성된다.

⑤ NADPH의 고에너지 전자가 ~~ATP 합성 효소에 전달~~캘빈 회로에서 3PG 환원에 이용된다.
➡ 전자 전달계에서 전자는 최종 전자 수용체에 결합되며 ATP 합성 효소에 전달되지 않는다.

도전! 실력 올리기

127쪽~128쪽

01 ① **02** ③ **03** ② **04** ④ **05** ⑤ **06** ③

07 (1) ㉠ pH 4, ㉡ pH 8 (2) 틸라코이드 내부→스트로마, 막 사이 공간→미토콘드리아 기질

08 | 모범 답안 | (가)에서 ATP는 효소에 의해 기질의 인산기가 ADP에 결합되어 ATP가 합성되는 기질 수준 인산화로 미토콘드리아 기질에서 생성되고, (나)에서 소모되는 ATP는 명반응의 광인산화 과정을 통해 스트로마에서 생성된 것이다.

01 ㉠은 H_2O, ㉡은 O_2, ㉢은 NADPH, X는 NADH, Y는 $FADH_2$이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ X는 NADH이다.
➡ X는 해당 과정과 피루브산의 산화, TCA 회로에서 공통적으로 생성되므로 NADH이다.

✗ $\frac{\text{2분자의 Y가 산화될 때 생성된 ㉠의 분자 수}}{\text{2분자의 ㉢이 생성될 때 소모된 ㉠의 분자 수}}$ = ~~2~~1이다.
➡ 2분자의 NADPH가 생성될 때 소모된 H_2O의 분자 수는 2이고 2분자의 $FADH_2$가 산화될 때 생성된 H_2O의 분자 수는 2이므로 $\frac{\text{2분자의 Y가 산화될 때 생성된 ㉠의 분자 수}}{\text{2분자의 ㉢이 생성될 때 소모된 ㉠의 분자 수}}$ = 1이다.

✗ ㉡은 ~~광합성~~세포 호흡의 전자 전달계에서 최종 전자 수용체의 역할을 한다.
➡ 광합성의 최종 전자 수용체는 $NADP^+$이다.

02 (가)는 광합성, (나)는 세포 호흡이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 명반응과 탄소 고정 반응으로 이루어진다.
➡ 광합성(가)은 명반응과 탄소 고정 반응으로 이루어진다.

✕ (나)에서 O_2가 ~~방출된다~~ 소모된다.
➡ 세포 호흡(나)에서 O_2를 소모한다.

ㄷ. (가)와 (나)에 산화 환원 효소가 관여한다.
➡ 광합성(가)과 세포 호흡(나)에서 공통적으로 산화 환원 효소에 의해 산화 환원 반응이 일어난다.

03 ㉠은 광인산화, ㉡은 기질 수준 인산화와 산화적 인산화이다.

| 선택지 분석 |

✕ ㉠은 ~~기질 수준 인산화~~ 광인산화 과정이다.
➡ ㉠은 광인산화 과정이다.

✕ CO_2로부터 포도당이 합성될 때 ~~빛에너지가 직접~~ ATP가 이용된다.
➡ CO_2로부터 포도당이 합성될 때 명반응에서 빛에너지를 화학 에너지로 전환한 상태인 ATP를 이용한다.

ㄷ. 광합성과 세포 호흡은 모두 효소가 관여하는 반응이다.
➡ 광합성과 세포 호흡은 여러 효소가 관여하는 물질대사이다.

04 ㉠은 TCA 회로, ㉡은 캘빈 회로이다.

| 선택지 분석 |

✕ ㉠에서 ~~$FADH_2$의 산화~~ FAD의 환원가 일어난다.
➡ $FADH_2$의 산화는 산화적 인산화에서 일어난다.

ㄴ. ㉡은 스트로마에서 일어난다.
➡ 캘빈 회로(㉡)는 엽록체의 스트로마에서 일어난다.

ㄷ. NAD^+와 $NADP^+$는 모두 탈수소 효소의 조효소이다.
➡ NAD^+는 세포 호흡에서, $NADP^+$는 광합성에서 탈수소 효소의 조효소로 작용한다.

05 (가)는 엽록체의 명반응에서 비순환적 전자 흐름을, (나)는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 틸라코이드 막에서 일어난다.
➡ (가)는 틸라코이드 막에서, (나)는 미토콘드리아 내막에서 일어난다.

ㄴ. H_2O은 ㉠에 해당한다.
➡ ㉠은 비순환적 전자 흐름에서 전자 공여체이고, 미토콘드리아의 전자 전달계에서의 최종 생성물이므로 H_2O이다.

ㄷ. 식물 세포의 경우 (가)에서 생성된 ㉡은 (나)에서 사용될 수 있다.
➡ ㉡은 O_2이므로 산화적 인산화 과정에서 사용할 수 있다.

더 알아보기 **광합성과 세포 호흡에서 전자 공여체와 수용체**
광합성에서 전자 공여체는 H_2O이고 최종 전자 수용체는 $NADP^+$이다. 세포 호흡에서 전자 공여체는 NADH, $FADH_2$이고 최종 전자 수용체는 O_2이다.

06 | 자료 분석 |

구분	물질	이동 장소와 방향 (물질의 농도)	막단백질
(가) 촉진 확산	H^+	틸라코이드 내부(고농도) → 스트로마(저농도)	ⓐ 사용함(ATP 합성 효소)
(나) 능동 수송	㉠ H^+	미토콘드리아 기질(저농도) → 막 사이 공간(고농도)	? 사용함 (전자 운반체)
(다) 확산	㉡ O_2	틸라코이드 내부(고농도) → 스트로마(저농도)	사용 안 함

(가)는 명반응에서 광인산화에 관여하는 전자 전달계의 작용, (나)는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에서 H^+의 능동 수송, (다)는 명반응에서 물의 광분해로 생성된 산소의 방출이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. ⓐ는 '사용함'이다.
➡ 틸라코이드 내부에서 스트로마로 막단백질인 ATP 합성 효소를 통해 H^+이 이동한다.

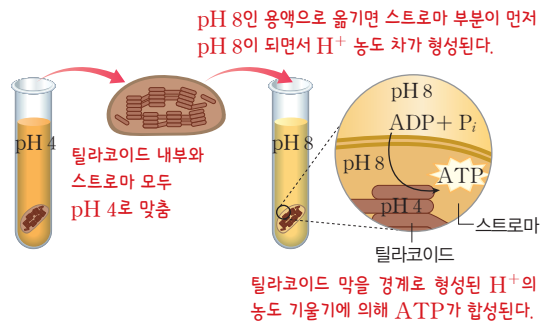
✕ ㉠은 ~~O_2~~ H^+이고 ㉡은 ~~H^+~~ O_2이다.
➡ ㉠은 H^+이고 ㉡은 O_2이다.

ㄷ. (나)에 미토콘드리아 내막의 전자 전달계가 관여한다.
➡ 전자 전달계의 전자 운반체가 양성자 펌프로 작용한다.

07 (1) ATP가 합성되려면 엽록체 틸라코이드 내부의 pH가 스트로마보다 낮아야 한다. pH 4인 용액에 먼저 담가 두면 틸라코이드 내부와 스트로마가 모두 pH 4가 되고, 이때 엽록체를 꺼내어 pH 8인 용액에 옮기면 틸라코이드 내부는 그대로 pH가 4인 상태에서 바깥쪽에 해당하는 스트로마 부분이 pH 8로 되면서 적절한 H^+ 농도 기울기가 형성되어 ATP가 합성된다.

(2) 광합성의 명반응과 세포 호흡의 산화적 인산화 과정에서 ATP의 합성은 H^+의 농도 기울기에 따라 ATP 합성 효소를 통해 H^+이 확산되면서 일어나는데, 전자의 전달 없이 H^+ 농도 기울기를 형성하게 했을 때 ATP가 합성됨을 확인한 실험이다. 전자의 전달로 엽록체에서는 틸라코이드 내부의 H^+ 농도가 높아지고, 미토콘드리아에서는 막 사이 공간의 H^+ 농도가 높아진다.

더 알아보기 **엽록체에서 일어나는 화학 삼투**



08 (가)는 TCA 회로, (나)는 캘빈 회로이다. TCA 회로에서 ATP는 효소에 의해 기질의 인산기를 ADP에 결합되어 ATP가 합성되는 기질 수준 인산화로 미토콘드리아 기질에서 생성되고, 캘빈 회로에서 소모되는 ATP는 명반응의 광인산화 과정을 통해 스트로마에서 생성된 것이다.

구분	세포 호흡	광합성
ATP의 이용	생명 활동	캘빈 회로에서 3PG의 환원 및 RuBP의 재생
ATP 합성 방식	기질 수준 인산화, 산화적 인산화	광인산화

채점 기준	배점
(가)에서 기질 수준 인산화(①), (가)의 ATP 생성 장소가 미토콘드리아 기질(②), (나)에서 광인산화(③), (나)의 ATP 생성 장소가 스트로마(④)를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
①~④ 중 3가지를 옳게 서술한 경우	75 %
①~④ 중 2가지를 옳게 서술한 경우	50 %
①~④ 중 1가지를 옳게 서술한 경우	25 %

실전! 수능 도전하기

130쪽~133쪽

01 ④ 02 ② 03 ④ 04 ④ 05 ⑤ 06 ① 07 ④
08 ④ 09 ③ 10 ③ 11 ③ 12 ② 13 ⑤ 14 ③
15 ④ 16 ⑤

01 ㉠은 엽록소 a, ㉡은 엽록소 b이다.

| 선택지 분석 |

✗ ㉠보다 ㉡의 전개율이 ~~크다~~ 작다.

➡ 원점에서 더 멀리 떨어진 ㉠의 전개율이 ㉡보다 크다.

㉡ ㉠은 틸라코이드 막에 있다.

➡ 엽록소 a는 광계의 반응 중심 색소로 작용하므로 틸라코이드 막에 있다.

㉢ (나)에서 잎은 파장이 550 nm인 빛보다 680 nm인 빛에 의해 더 많은 산소를 발생시킨다.

➡ 550 nm에서보다 680 nm에서 작용 스펙트럼이 더 높은 값을 나타내므로 광합성 속도가 빠르다. 따라서 더 많은 산소를 발생시킨다.

02 ㉠은 엽록소 b, ㉡은 엽록소 a이다. X는 엽록소 b, Y는 엽록소 a이다.

| 선택지 분석 |

✗ ~~X~~ Y이다.

➡ ㉡은 광계의 반응 중심 색소로 엽록소 a이며 (나)에서 Y이다.

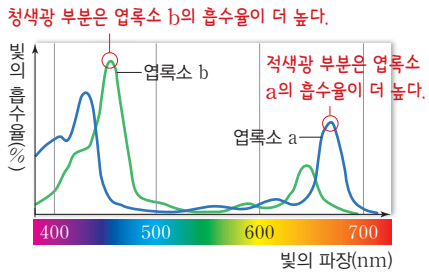
㉡ P_{680}이다.

➡ (가)에서 물의 광분해로 방출된 전자로 환원되고 있으므로 (가)는 광계 Ⅱ이며, 광계 Ⅱ의 반응 중심 색소는 P_{680}이다.

✗ ㉠보다 전개율이 ~~작다~~ 크다.

➡ 전개율은 엽록소 a(㉡)가 엽록소 b(㉠)보다 크다.

더 알아보기 엽록소 a와 엽록소 b의 흡수 스펙트럼



03 ㉠은 엽록소 b, ㉡은 엽록소 a이다.

| 선택지 분석 |

㉠ 광계 Ⅰ의 반응 중심 색소는 ㉡이다.

➡ 광계 Ⅰ, Ⅱ의 반응 중심 색소는 모두 엽록소 a이며, (나)에서 엽록소 a는 430 nm와 670 nm 근처의 파장에서 높은 흡수율을 보이는 ㉡이다.

✗ (가)에서 2개의 전자가 최종 수용체에 전달될 때 ~~2~~ 1분자의 NADPH가 생성된다.

➡ (가)에서 1분자의 물이 분해되면 2개의 전자가 방출되고, 2개의 전자가 최종 전자 수용체($NADP^+$)에 전달될 때 1분자의 NADPH가 생성된다.

㉢ $\frac{\text{스트로마의 pH}}{\text{틸라코이드 내부의 pH}}$는 파장이 450 nm인 빛에서가 550 nm인 빛에서보다 크다.

➡ 스트로마의 pH는 광합성이 빠르게 일어나는 파장이 450 nm인 빛에서가 광합성이 느리게 일어나는 파장이 500 nm인 빛에서보다 높다. 따라서 $\frac{\text{스트로마의 pH}}{\text{틸라코이드 내부의 pH}}$는 파장이 450 nm인 빛에서가 광합성이 느리게 일어나는 파장이 500 nm인 빛에서보다 크다.

04 ㉠은 스트로마, ㉡은 틸라코이드 내부이다.

| 선택지 분석 |

✗ NADPH의 산화는 ~~㉡~~ ㉠에서 일어난다.

➡ 캘빈 회로에서 NADPH가 산화되므로 ㉠(스트로마)에서 일어난다.

㉡ ㉠에서 ATP의 농도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 낮다.

➡ ATP는 빛이 있는 명반응 과정에서 생성되는데 t_1일 때는 빛이 있는 시기이므로 명반응이 일어나 ATP가 생성되었고 t_2일 때는 빛이 없어 명반응이 일어나지 않으면서 구간 Ⅱ 초기에 ATP와 같은 명반응의 생성물을 소모한 상태이기 때문에 ATP의 농도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 낮다.

㉢ O_2 생성량은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다.

➡ O_2는 물의 광분해로 생성된다. 따라서 O_2 생성량은 빛이 있는 시기인 구간 Ⅰ에서가 빛이 없는 시기인 구간 Ⅱ에서보다 많다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ ㉠에 DNA가 있다.

➡ 물의 광분해는 틸라코이드 내부 쪽에서 일어나므로 ㉠은 스트로마이고 ㉡은 틸라코이드 내부이다. DNA는 스트로마에 있다.

ㄴ. 이 광계의 반응 중심 색소에서 방출된 전자는 전자 전달계를 거쳐 P_{700}으로 전달된다.

➡ 물의 광분해는 광계 Ⅱ에 의해 일어나므로 이 광계(광계 Ⅱ)의 반응 중심 색소에서 방출된 전자는 전자 전달계를 거쳐 광계 Ⅰ의 반응 중심 색소인 P_{700}으로 전달된다.

ㄷ. 이 광계는 비순환적 전자 흐름에 관여한다.

➡ 이 광계(광계 Ⅱ)는 비순환적 전자 흐름에 관여한다. 비순환적 전자 흐름은 광계 Ⅱ에서 전자 방출 → 광계 Ⅰ에서 전자 방출 → NADPH 생성 순으로 일어난다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. ADP와 무기 인산(P_i)은 ㉠과 ㉡에 해당한다.

➡ 틸라코이드 막에서 ATP 합성 효소에 의해 ATP가 합성되기 위해서는 ADP와 무기 인산이 있어야 한다.

✗ (라)에서 ATP는 ~~틸라코이드 내부~~에서 합성되었다.
스트로마 쪽

➡ ATP 합성 효소는 틸라코이드 내부의 H^+을 바깥쪽으로 확산시키면서 ATP를 합성한다. 엽록체에서는 ATP 합성 효소에 의해 스트로마 쪽에서 ATP가 생성된다.

✗ (라)에서 틸라코이드 내부의 H^+ 농도는 완충 용액보다 ~~낮다~~.
높다.

➡ 틸라코이드 내부의 pH를 4, 완충 용액의 pH를 8로 처리했으므로 틸라코이드 내부의 H^+ 농도가 완충 용액보다 높다.

07 | 자료 분석 |

구분	반응
Ⅰ 물의 광분해	$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$
Ⅱ NADPH의 생성(비순환적 전자 흐름)	$2NADP^+ + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2NADPH + 2H^+$ 캘빈 회로에서 3PG 환원 시기에 NADPH 소모로 생성됨

(가)

구분	㉠ 틸라코이드 내부	㉡ 스트로마
t_1 빛이 있을 때 (전자 전달계 진행)	4	8
t_2 빛 차단 이후 (전자 전달계 진행 불가능)	ⓐ	ⓑ

(나)

| 선택지 분석 |

✗ Ⅰ은 ~~㉡~~㉠에서 일어난다.

➡ Ⅰ은 물의 광분해로, 틸라코이드 내부(㉠)에서 일어난다.

ㄴ. Ⅱ의 반응물 중 캘빈 회로의 생성물이 있다.

➡ $NADP^+$는 캘빈 회로에서 NADPH의 산화로 생성된다.

ㄷ. ⓐ − ⓑ의 값은 4보다 작다.

➡ 빛이 차단되면 전자 전달이 억제되어 틸라코이드 내부와 스트로마의 pH 차이가 감소한다.

08 | 선택지 분석 |

✗ 'O_2가 발생한다.'는 ㉠에 ~~해당한다~~.
해당하지 않는다.

➡ O_2는 비순환적 전자 흐름에서만 발생한다.

ㄴ. '광계 Ⅰ이 관여한다.'는 ㉡에 해당한다.

➡ 광계 Ⅰ은 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름에 모두 관여한다.

ㄷ. 'NADPH를 합성한다.'는 ㉢에 해당한다.

➡ NADPH는 비순환적 전자 흐름에서만 생성된다.

09 ㉠은 PGAL, ㉡은 RuBP, ㉢은 3PG이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. 회로 반응의 방향은 ⓐ이다.

➡ 캘빈 회로의 방향은 RuBP에서 3PG로 진행하는 ⓐ 방향이다.

ㄴ. Ⅰ에서 사용되는 $\frac{\text{ATP 분자 수}}{\text{NADPH 분자 수}} = 1$이다.

➡ Ⅰ에서 ATP와 NADPH 분자는 1 : 1의 비율로 사용된다.

✗ 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$는 ㉢이 ㉡보다 ~~크다~~.
작다.

➡ RuBP(㉡)의 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이고, 3PG(㉢)의 탄소 수는 3, 인산기 수는 1이다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$는 ㉡에서 $\frac{2}{5}$, ㉢에서 $\frac{1}{3}$이므로 ㉡이 ㉢보다 크다.

10 A는 PGAL, B는 RuBP, C는 3PG, D는 CO_2이고, ㉠은 10, ㉡은 6, ㉢은 12, ㉣은 6이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. $\frac{㉡}{㉠} = \frac{3}{5}$이다.

➡ ㉠은 10, ㉡은 6이므로 $\frac{㉡}{㉠} = \frac{3}{5}$이다.

ㄴ. ㉢은 ㉣의 2배이다.

➡ ㉢은 12, ㉣은 6이므로 ㉢은 ㉣의 2배이다.

✗ 명반응에서 합성된 NADPH가 ~~B → C 과정~~에서 소모된다.
C의 환원 과정

➡ 명반응에서 합성한 NADPH는 3PG를 환원시키는 데 이용된다.

11 ㉠은 PGAL, ㉡은 3PG, ㉢은 RuBP이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. $^{14}CO_2$에 노출된 시간이 짧은 것부터 순서대로 나열하면 C, A, B이다.

➡ 캘빈의 실험에서 $^{14}CO_2$에 노출된 시간이 길어질수록 더 많은 물질이 나타난다.

ㄴ. 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$는 ㉠과 ㉡이 같다.

➡ PGAL(㉠)과 3PG(㉡)의 탄소 수와 인산기 수는 3, 1로 서로 같다.

✗ 캘빈 회로에서 ㉠이 ㉢으로 전환되는 과정에서 ~~NADPH~~가 소모된다.
ATP

➡ 캘빈 회로에서 PGAL(㉠)이 RuBP(㉢)로 전환되는 과정에서 ATP는 소모되지만 NADPH는 소모되지 않는다.

12 빛을 차단하면 캘빈 회로에서 명반응의 생성물을 소모하는 단계의 반응이 억제되는데, 명반응 산물을 이용하는 단계는 3PG가 PGAL로 되는 단계와 RuBP가 재생되는 단계이다. 따라서 빛을 차단하면 3PG는 증가하고 RuBP는 감소한다.

| 선택지 분석 |

✗ ~~X~~Y는 캘빈 회로에서 탄소 고정 단계의 생성물이다.

➡ X는 RuBP, Y는 3PG이며 캘빈 회로에서 탄소 고정 단계는 RuBP와 CO_2가 결합하여 3PG가 생성되는 과정이다.

ㄴ 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$는 X<Y이다.

➡ RuBP(X)의 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이고 3PG(Y)의 탄소 수는 3, 인산기 수는 1이다.

✗ 빛을 차단하면 차단하기 전보다 스트로마에서 NADPH가 산화되는 속도가 ~~증가한다~~ 감소한다.

➡ 빛을 차단하면 광인산화 과정이 억제되므로 NADPH 생성이 감소하고, 이에 따라 캘빈 회로에서 NADPH를 소모하는 속도도 감소한다.

13 1분자당 탄소 수는 3PG가 3, RuBP가 5이고 인산기 수는 3PG가 1, RuBP가 2이다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$가 큰 ㉡이 3PG이고, 작은 ㉠이 RuBP이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 '빛 차단'이다.

➡ 시간이 지남에 따라 RuBP(㉠)의 농도가 감소하므로 주어진 조건 (가)는 '빛 차단'임을 알 수 있다.

ㄴ 캘빈 회로에서 ㉠이 ㉡으로 전환되는 과정에서 CO_2가 고정된다.

➡ 캘빈 회로의 CO_2 고정 단계에서는 RuBP(㉠)가 CO_2와 결합하여 3PG(㉡)로 전환된다.

ㄷ 캘빈 회로에서 ㉡이 PGAL로 전환되는 과정에서 NADPH가 사용된다.

➡ 캘빈 회로의 3PG 환원 단계에서는 NADPH가 사용되어 3PG(㉡)가 PGAL로 전환된다.

14 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠과 ㉡은 모두 ATP가 소비되는 반응이다.

➡ 캘빈 회로에서 3PG가 환원되는 단계와 RuBP가 재생되는 단계에서 명반응 산물 중 ATP를 공통적으로 소비한다.

ㄴ H_2O에서 방출된 전자가 비순환적 전자 흐름에 따라서 최종 수용체에 전달될 때

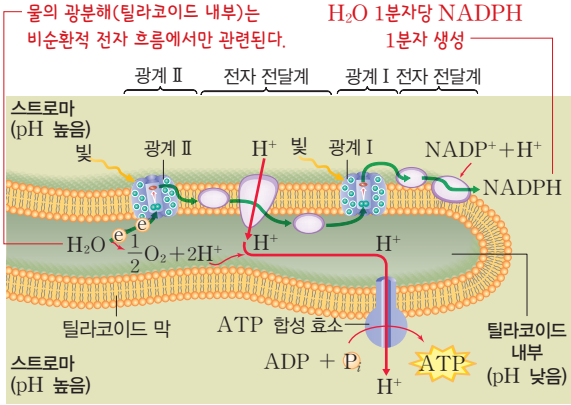
$\frac{\text{분해되는 } H_2O \text{ 분자 수}}{\text{생성되는 NADPH 분자 수}} = 1$이다.

➡ 비순환적 전자 흐름에서 1분자의 H_2O이 분해될 때 NADPH 1분자가 생성된다.

✗ ㉢과 ㉣은 ~~모두 스트로마~~에서 일어난다. 틸라코이드, 스트로마

➡ ㉢은 틸라코이드에서, ㉣은 스트로마에서 일어난다.

더 알아보기 광인산화



15 | 자료 분석 |

반응 ㉠~㉣
• ATP 생성 스트로마, 세포질
• NADPH 생성 스트로마
• 산화와 환원 틸라코이드 내부, 스트로마, 세포질
• 물의 광분해 틸라코이드 내부

(나)

장소 \ 반응	㉠ 물의 광분해	㉡ NADPH 생성	㉢ ATP 생성	㉣ 산화와 환원
틸라코이드 내부	○	×	×	○
스트로마	×	○	ⓐ○	ⓑ○
세포질	×	×	○	○

(○: 일어남, ×: 일어나지 않음)

(가)

| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 '~~ATP 생성~~'이다. 물의 광분해

➡ ㉠은 틸라코이드 내부에서 일어나는 물의 광분해이다.

ㄴ ㉡은 'NADPH 생성'이다.

➡ ㉡은 스트로마에서 일어나는 NADPH 생성이다.

ㄷ ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.

➡ 스트로마에서 ATP 생성과 NADPH 생성이 모두 일어난다.

16 ㉠은 O_2이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ CO_2가 없어도 발생한다.

➡ 실험에서 O_2는 공기가 없는 상태에서 물에 의해 발생했으므로 CO_2가 없어도 생성된다.

ㄴ 물의 광분해에 의해 생성된다.

➡ O_2는 명반응에서 물의 광분해로 발생한다.

ㄷ 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에서 최종 전자 수용체이다.

➡ O_2는 전자 친화력이 커서 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에서 전자의 최종 수용체로 작용한다.

한번에 끝내는 대단원 문제 136쪽~139쪽

01 ② **02** ② **03** ⑤ **04** ② **05** ③ **06** ② **07** ⑤ **08** ⑤
09 ⑤ **10** ④ **11** ③ **12** ② **13** ④ **14** ③ **15** ③ **16** ③

17 (1) ㉠ 2, ㉡ 0, ㉢ 2, ㉣ 8, ㉤ 2, ㉥ 0, ㉦ 0, ㉧ 0, ㉨ 28, ㉩ 4
(2) 세포 호흡의 에너지 효율(%)
$=\frac{32\times 7.3\ \text{kcal/몰}}{686\ \text{kcal/몰}}\times 100\fallingdotseq 34$

18 (1) ㉠과 ㉡에서 모두 포도당이 에너지원이다.
(2) | **모범 답안** | t_1보다 t_2에서 배양액의 pH가 더 낮다. 젖산이 산성 물질인데 t_1보다 t_2에서 배양액의 젖산 농도가 더 높기 때문이다.

19 | **모범 답안** | 해캄의 광합성 색소 중 엽록소가 청자색광과 적색광을 다른 파장에 비해 많이 흡수하여 광합성에 이용하였기 때문에 산소 발생량이 많은 것이다.

20 (1) (가) 미토콘드리아의 막 사이 공간, (나) 엽록체의 스트로마, (다) 미토콘드리아 기질, (라) 틸라코이드 내부
(2) | **모범 답안** | 산화적 인산화의 전자 전달계에서 전자를 최종적으로 O_2가 수용한 후 H_2O이 형성되고, 명반응의 비순환적 전자 흐름에서는 H_2O의 광분해로 생성된 전자가 광계 Ⅱ의 반응 중심인 P_{680}을 환원시킨다.

01 (가)는 해당 과정, (나)는 피루브산의 산화, (다)는 TCA 회로, (라)는 산화적 인산화이다.

| **선택지 분석** |

① (가)는 세포질에서 일어난다.
➡ 해당 과정(가)은 세포질에서 일어난다.

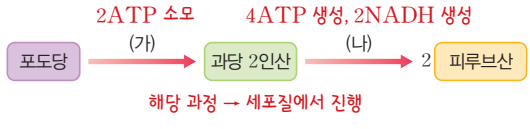
② (가)와 (다)에서 NADH~~의 산화가 일어난다~~가 생성된다.
➡ 해당 과정(가)과 TCA 회로(다)에서 NAD^+가 환원되어 NADH가 생성된다.

③ (가)와 (다)에서 기질 수준 인산화가 일어난다.
➡ 해당 과정(가)과 TCA 회로(다)에서 기질 수준 인산화가 일어난다.

④ (나)와 (다)에서 CO_2가 방출된다.
➡ 피루브산의 산화(나)와 TCA 회로(다)에서 탈탄산 반응이 일어나 CO_2가 방출되고 탄소 수가 감소한 물질이 생긴다.

⑤ (나), (다), (라)는 미토콘드리아에서 일어난다.
➡ 피루브산의 산화(나), TCA 회로(다), 산화적 인산화(라)는 모두 미토콘드리아에서 산소가 있을 때 진행된다.

02 | **자료 분석** |



| **선택지 분석** |

① ~~(가)~~(나)에서 기질 수준 인산화가 일어난다.
➡ (나)에서 기질 수준 인산화가 일어난다.

② 1분자당 에너지양은 포도당보다 과당 2인산이 많다.
➡ (가)는 ATP가 소모되어 포도당보다 에너지 수준이 높은 과당 2인산이 생성된다.

③ ~~(가)~~(나)에서 NAD^+의 환원이 일어난다.
➡ (나)에서 NAD^+의 환원이 일어나 NADH가 생성된다.

④ ~~(나)~~(가)에서 ATP가 소모된다.
➡ (가)에서 ATP가 소모된다.

⑤ (나)는 ~~미토콘드리아 기질~~세포질에서 일어난다.
➡ (가)와 (나)는 모두 세포질에서 일어난다.

03 | **선택지 분석** |

㉠ 미토콘드리아에서 일어나는 반응이다.
➡ 피루브산이 미토콘드리아에서 산화되는 반응이다.

㉡ 탈탄산 효소가 관여한다.
➡ 탈탄산 효소의 작용으로 CO_2가 방출된다.

㉢ 탈수소 효소가 관여한다.
➡ 탈수소 효소의 작용으로 NADH가 생성된다.

04 | **선택지 분석** |

✗ ~~(가)~~아세틸 CoA에 조효소 A(CoA)가 포함되어 있다.
➡ 아세틸 CoA의 조효소 A는 옥살아세트산과 결합할 때 방출되고 시트르산(가)이 형성된다.

㉡ $\frac{\text{1분자당 (가)의 탄소 수}}{\text{1분자당 (다)의 탄소 수}}=\frac{3}{2}$이다.
➡ 1분자당 탄소 수는 (가)는 6, (다)는 4이다.

✗ 1분자가 가진 에너지양은 (나)보다 (다)가 ~~많다~~적다.
➡ (나)에서 (다)가 되는 동안 기질 수준 인산화로 ATP가 합성되었고, 고에너지 전자를 가진 NADH가 생성되었으므로 1분자당 에너지양은 (나)가 (다)보다 많다.

05 1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 거치면 3분자의 NADH와 1분자의 $FADH_2$가 생성되고, 기질 수준 인산화로 1ATP가 생성된다.

06 ㉠은 $FADH_2$, ㉡은 NADH이다.

| **선택지 분석** |

✗ ~~해당 과정~~TCA 회로에서 ㉠이 생성된다.
➡ ㉠은 $FADH_2$로, TCA 회로에서 생성된다.

✗ ~~Ⅱ~~Ⅰ에서 TCA 회로가 일어난다.
➡ TCA 회로는 미토콘드리아 기질인 Ⅰ에서 일어난다.

㉢ ATP 합성 효소를 통해 Ⅱ에서 Ⅰ로 H^+이 확산된다.
➡ ATP 합성 효소를 통해 H^+ 농도 기울기에 따라 Ⅱ(막 사이 공간)에서 Ⅰ(기질)로 H^+이 확산될 때 ATP가 합성된다.

07 | **선택지 분석** |

㉠ (가)는 아미노산이다.
➡ (가)는 아미노산, (나)는 지방산, (다)는 포도당이다.

ㄴ (나)는 해당 과정을 거치지 않는다.
➡ 지방산(나)은 해당 과정을 거치지 않고 아세틸 CoA로 전환된 후 TCA 회로로 들어간다.

ㄷ (다)는 탈아미노 반응을 거치지 않는다.
➡ 포도당(다)에는 아미노기가 없으므로 탈아미노 반응을 거치지 않는다.

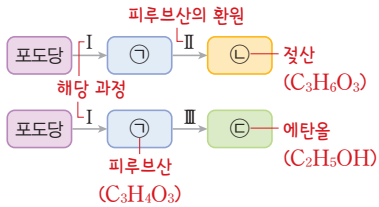
08 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에 ATP가 소모되는 단계가 있다.
➡ (가)는 해당 과정으로, ATP가 먼저 소모된 후 기질 수준 인산화로 ATP가 합성된다.

ㄴ (나)와 (라)에서 NADH의 산화가 일어난다.
➡ (나)와 (라)에서 NADH가 산화되어 NAD^+가 재생된다. NAD^+는 해당 과정에 재사용된다.

ㄷ (다)와 (라)에 탈탄산 효소가 작용한다.
➡ (다)와 (라)에서 탈탄산 효소의 작용으로 CO_2가 방출된다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ Ⅰ~Ⅲ은 모두 세포질에서 일어난다.
➡ 발효는 세포질에서 일어난다.

ㄴ 사람의 근육 세포에서 Ⅱ가 일어난다.
➡ 젖산 발효는 사람의 근육 세포에서 산소가 부족할 때 일어난다.

ㄷ Ⅲ에서 아세트알데하이드가 환원된다.
➡ 알코올 발효에서 아세트알데하이드는 NADH에 의해 환원된다.

10 | 선택지 분석 |

✗ 광합성 속도는 ~~O_2 발생량~~ CO_2 소모량이나 포도당 생성량으로 측정한 것이다.
➡ 명반응과 탄소 고정 반응의 관계를 알아보는 실험이므로 명반응의 산물인 O_2 발생량으로 광합성 속도를 측정하는 것은 적절하지 않다.

ㄴ Ⅲ에서 캘빈 회로가 진행되었다.
➡ Ⅲ의 초기에 캘빈 회로가 진행되었다.

ㄷ Ⅳ에서 물의 광분해가 일어났다.
➡ Ⅳ에서는 지속적인 명반응이 일어났으므로 물의 광분해가 일어났다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ 비순환적 전자 흐름으로 O_2가 생성된다.
➡ 비순환적 전자 흐름에서 물의 광분해가 일어나 O_2가 생성된다.

ㄴ 틸라코이드 내부의 pH가 스트로마보다 낮게 유지된다.
➡ 전자 전달계에서 H^+을 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송한다.

✗ ~~순환적~~ 비순환적 전자 흐름으로 1개의 전자가 최종 전자 수용체에 전달될 때 1분자의 NADPH가 생성된다.
➡ NADPH는 비순환적 전자 흐름에서 생성된다.

12 | 선택지 분석 |

① X는 ~~3PG~~ PGAL이다.
➡ X는 PGAL, Y는 RuBP, Z는 3PG이다.

② ㉢은 6이다.
➡ 3분자의 CO_2가 고정될 때, 캘빈 회로를 구성하는 3PG와 PGAL은 6분자, RuBP는 3분자이다.

③ Y의 1분자당 인산기 수는 ~~1~~ 2이다.
➡ RuBP의 인산기 수는 2이다.

④ 과정 Ⅰ에서 ~~6~~ 3분자의 ATP가 사용된다.
➡ RuBP가 재생되는 과정 Ⅰ에서 3분자의 ATP가 사용된다.

⑤ 과정 Ⅱ에서 ~~3~~ 6분자의 NADPH가 사용된다.
➡ 3PG가 환원되는 과정 Ⅱ에서 6분자의 NADPH가 사용된다.

13 (가)는 명반응, (나)는 탄소 고정 반응이다.

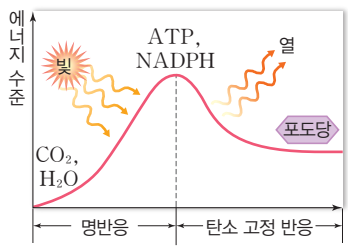
| 선택지 분석 |

✗ (가)에서 생성된 ATP는 ~~식물의 생장~~ 모두 캘빈 회로에 이용된다.
➡ 명반응에서 생성된 ATP는 모두 캘빈 회로에 이용된다.

ㄴ (나) 중 캘빈 회로는 탄소 고정, 3PG의 환원, RuBP의 재생의 단계로 이루어진다.
➡ 캘빈 회로는 탄소 고정, 3PG의 환원, RuBP의 재생이라는 3단계로 이루어진다.

ㄷ (가)와 (나)를 거쳐 진행되는 광합성은 흡열 반응에 해당한다.
➡ 명반응은 흡열 반응이고 탄소 고정 반응은 발열 반응이지만 명반응에서 흡수한 에너지양이 탄소 고정 반응에서 방출한 에너지양보다 많으므로 광합성은 전체적으로 흡열 반응이다.

더 알아보기 광합성의 에너지 변화



광합성의 명반응에서는 ATP가 생성되고 탄소 고정 반응에서는 ATP가 소모된다. 따라서 명반응은 빛에너지를 흡수하여 ATP를 합성하는 과정이므로 흡열 반응이고 이를 소모하는 탄소 고정 반응은 발열 반응이다.

14 A는 스트로마, B는 틸라코이드 막, C는 엽록체의 내막, D는 미토콘드리아의 기질, E는 미토콘드리아의 내막, F는 미토콘드리아의 외막이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. A와 D에 ATP가 있다.
➡ A(스트로마)는 명반응에서 생성된 ATP를 캘빈 회로에서 사용하는 곳이고 D(미토콘드리아 기질)는 TCA 회로를 통해 ATP가 생성되는 곳이다.

ㄴ. B와 E에 ATP 합성 효소가 있다.
➡ 틸라코이드 막(B)과 미토콘드리아 내막(E)에는 ATP 합성 효소가 있다.

✕ ~~C와 F~~ B와 E에 전자 전달계가 있다.
➡ 전자 전달계와 ATP 합성 효소는 틸라코이드 막(B)과 미토콘드리아 내막(E)에 있다.

15 힐의 실험에서 H_2O이 분해되어 O_2가 발생하였고, 전자가 옥살산 철(Ⅲ)에 수용되어 옥살산 철(Ⅱ)이 되었다.

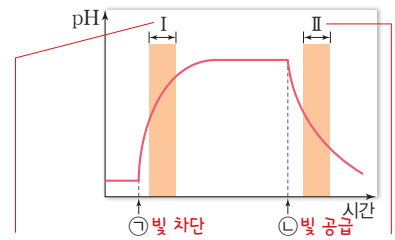
| 선택지 분석 |

ㄱ. 물의 광분해로 생성된다.
➡ ㉠~㉢은 모두 물의 광분해로 생성된 O_2이다.

ㄴ. 틸라코이드에서 생성된다.
➡ 물의 광분해는 틸라코이드 내부에서 일어난다.

✕ ~~순환적~~ 비순환적 전자 흐름의 산물이다.
➡ 비순환적 전자 흐름에서 물의 광분해가 일어난다.

16 | 자료 분석 |



틸라코이드 내부 pH 증가 → 빛 차단으로 전자 전달계 이상 → 틸라코이드 막 안팎의 H^+ 농도 차 감소

틸라코이드 내부 pH 정상화 → 빛 공급으로 전자 전달계 정상 진행 → 틸라코이드 막 안팎의 H^+ 농도 차 증가

| 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 '빛 차단'이다.
➡ ㉠ 처리 이후 틸라코이드 내부의 pH가 증가했다는 것은 명반응이 정상적으로 진행되었을 때 틸라코이드 내부의 pH가 낮게 유지되는 사실에 반한다. 따라서 ㉠은 '빛 차단'이다.

✕ 구간 Ⅰ에서 틸라코이드 내부의 pH는 스트로마보다 ~~높다~~ 낮다.
➡ 구간 Ⅰ에서 틸라코이드 내부의 pH가 높아지더라도 스트로마의 pH와 차이가 감소하는 것이지 틸라코이드 내부의 pH가 스트로마보다 높아지는 것은 아니다.

ㄷ. 구간 Ⅱ에서 NADPH와 ATP가 생성된다.
➡ 구간 Ⅱ에서는 다시 빛이 공급되어 광인산화 과정이 일어나고 있으므로 NADPH와 ATP가 생성된다.

17 | 자료 분석 |

과정 \ 생성되는 물질의 분자 수	기질 수준 인산화에 의한 ATP 분자 수	NADH 분자 수	$FADH_2$ 분자 수	산화적 인산화에 의한 ATP 분자 수
해당 과정	2	㉠ 2	㉡ 0	0
피루브산의 산화와 TCA 회로	㉢ 2	㉣ 8	㉤ 2	㉥ 0
전자 전달계	0	㉦ 0	㉧ 0	㉨ 28
계	㉩ 4	10	2	28

(2) 기질 수준 인산화 4ATP(해당 과정 2ATP + TCA 회로 2ATP) + 산화적 인산화 28ATP(10NADH × 2.5ATP + 2$FADH_2$ × 1.5ATP) = 32ATP
세포 호흡의 에너지 효율(%)
$= \frac{32 \times 7.3\ \text{kcal/몰}}{686\ \text{kcal/몰}} \times 100 \fallingdotseq 34$

18 (1) 포도당이 ㉠과 ㉡에서 지속적으로 감소하고 있다. ㉠에서는 산소를 이용하여 포도당을 분해하고, ㉡에서는 젖산 발효의 방식으로 포도당을 이용한다.

(2) t_2에서 젖산 발효가 일어날 때 젖산 생성량이 증가하는데, 젖산은 산성 물질이다. 따라서 t_2에서가 t_1에서보다 pH가 낮다.

채점 기준	배점
pH 비교와 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
pH 비교는 옳게 했으나 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

19 (2) 호기성 세균은 산소가 많은 곳에서 증식이 활발하다. 해캄이 청자색광과 적색광 부근에서 광합성을 많이 하여 산소 발생량이 많았다는 것은 해캄의 광합성 색소가 청자색광과 적색광을 다른 파장에 비해 많이 흡수하여 광합성에 이용했음을 의미한다.

채점 기준	배점
광합성 색소가 흡수한 빛을 광합성에 이용한다는 사실을 옳게 서술한 경우	100 %
청자색광과 적색광을 많이 흡수했다고만 서술한 경우	50 %

20 (1) 미토콘드리아에서는 H^+이 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송되고, 엽록체에서는 H^+이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다.

(2) H_2O은 산화적 인산화에서 전자 전달계의 최종 생성 물질이고, 명반응의 광인산화 과정 중 비순환적 전자 흐름에서 광분해되어 고에너지 전자를 공급하는 전자 공급원이다.

채점 기준	배점
전자를 최종적으로 수용하여 H_2O이 형성됨(①), 비순환적 전자 흐름에서 H_2O이 광분해된다는 점(②)을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
①과 ② 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

1 »» 유전 물질

01 유전 물질의 구조

탐구POOL 146쪽

01 ㉠ 인지질, ㉡ DNA 02 DNA

01 식물 세포의 DNA는 세포벽과 세포막, 핵막으로 둘러싸여 있다.

02 추출액과 에탄올의 경계 부분에서 브로콜리의 DNA가 흰 침전물로 생성된다.

콕콕! 개념 확인하기 147쪽

✔ 잠깐 확인!

1 DNA 2 단백질 3 형질 전환 4 DNA 5 뉴클레오타이드 6 샤가프 7 유전체

01 (1) × (2) × (3) ○ 02 ㉠ ^{35}S, ㉡ ^{32}P 03 (1)–㉠ (2)–㉢ (3)–㉡ 04 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 05 (1) 원핵세포 (2) 진핵세포 (3) 진핵세포

01 (1) S형 균이 병원성, R형 균이 비병원성이다.
(2) R형 균이 S형 균으로 형질 전환되어 쥐가 죽는다.

02 DNA를 표지하기 위해 ^{32}P을, 단백질을 표지하기 위해 ^{35}S을 사용한다.

03 DNA를 구성하는 염기에는 2개의 고리 모양인 퓨린 계열 염기와 1개의 고리 모양인 피리미딘 계열 염기가 있다. 퓨린 계열 염기에는 아데닌(A)과 구아닌(G)이 있고, 피리미딘 계열 염기에는 사이토신(C)과 타이민(T)이 있다.

04 (1) DNA 이중 나선이 1회전할 때 10개의 염기쌍(20개의 염기)이 배열되어 있다.
(4) G – C 염기쌍에는 3개의 수소 결합이 형성된다.

05 유전체는 생물의 한 세포에 들어 있는 모든 유전 정보가 저장되어 있는 DNA 전체이다. 원핵세포는 핵막이 없으며, 진핵세포는 핵막으로 둘러싸인 핵 안에 유전체가 분포한다.

탄탄! 내신 다지기 148쪽~149쪽

01 ② 02 ⑤ 03 (가) 단백질, (나) DNA 04 ③ 05 ② 06 ④ 07 ② 08 ⑤ 09 ㉠ 2, ㉡ 3 10 ④ 11 ③

01 유전 형질은 매우 다양하므로 4종류의 뉴클레오타이드로 이루어진 DNA보다는 20종류의 아미노산으로 이루어진 단백질이 유전 물질로 더 적합하다고 생각하였다.

02 | 선택지 분석 |

① ⓐ는 ~~㉠~~ ㉡에 해당한다.
➡ ㉠과 ⓑ는 S형 균으로 병원성이고, ㉡과 ⓐ는 R형 균으로 비병원성이다.

② ⓑ는 S형 균으로 ~~비병원성~~ 병원성이다.
➡ S형 균은 피막이 있어 숙주의 면역 체계로부터 죽지 않고 생존할 수 있다.

③ ~~(다)와~~ (라)에서 모두 형질 전환이 일어났다.
➡ (라)에서만 형질 전환이 일어났다.

④ ㉠을 가열하면 ㉠이 가진 유전 물질의 ~~기능도 사라진다~~ 기능이 사라지지 않는다.
➡ 유전 물질인 DNA는 가열을 하여도 기능이 사라지지 않는다.

✓ ⑤ (라)의 죽은 쥐에서 살아 있는 ⓑ를 발견할 수 있다.
➡ R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어나 죽은 쥐의 몸속에서 살아 있는 ⓑ를 발견할 수 있다.

03 DNA와 단백질을 따로 표지하기 위해서는 서로 공통으로 가지지 않는 원소를 이용해야 하므로 DNA는 ^{32}P, 단백질은 ^{35}S으로 표지해야 한다.

04 | 선택지 분석 |

① 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.
➡ 핵산의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.

② 5탄당인 디옥시리보스를 포함한다.
➡ DNA는 디옥시리보스, RNA는 리보스를 포함한다.

✓ ③ 아데닌, 구아닌, 타이민, ~~유라실~~ 사이토신의 염기를 포함한다.
➡ 유라실은 RNA를 구성하는 염기이다.

④ 인산을 포함하고 있어 수용액에서 음(–)전하를 띤다.
➡ 인산이 H^+을 방출하기 때문에 DNA는 수용액에서 음(–)전하를 띤다.

⑤ 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합한 물질로 이루어져 있다.
➡ DNA는 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합한 물질인 뉴클레오타이드로 되어 있다.

05 퓨린 계열 염기는 2개의 고리 모양으로 아데닌(A), 구아닌(G)이 이에 속하고, 피리미딘 계열 염기는 1개의 고리 모양으로 사이토신(C), 타이민(T)이 이에 속한다.

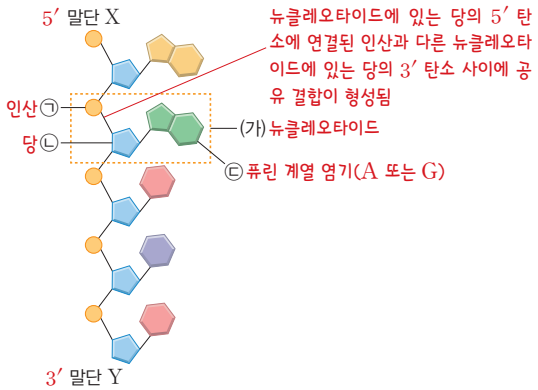
| 선택지 분석 |

✗ ① (가)는 ~~피리미딘~~ 퓨린 계열, (나)는 ~~퓨린~~ 피리미딘 계열이다.
➡ 퓨린 계열 염기는 2개의 고리 모양, 피리미딘 계열 염기는 1개의 고리 모양이다.

✗ ② ~~(가)~~ (나)에 해당하는 염기로 사이토신(C), 타이민(T)이 있다.
➡ 퓨린 계열 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G)이 속하고, 피리미딘 계열 염기에는 사이토신(C), 타이민(T)이 속한다.

ㄷ DNA 전체에 들어 있는 (가)와 (나)의 비는 1 : 1이다.
➡ DNA를 구성하는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드 사이에서 A은 T과, G은 C과 상보적 결합을 하므로 DNA 전체에 들어 있는 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기의 비는 1 : 1이다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① (가)는 ~~폴리~~뉴클레오타이드이다.
➡ 폴리뉴클레오타이드는 여러 개의 뉴클레오타이드가 연결된 것이다.

② ㉠과 ㉡ 사이에 ~~수소 결합~~공유 결합이 형성된다.
➡ 당의 5′ 탄소에 연결된 인산과 다른 뉴클레오타이드를 구성하는 당의 3′ 탄소 사이에 공유 결합이 형성된다.

③ ㉢은 ~~사이토신(C)~~구아닌(G)과 타이민(T) 중 하나이다.
➡ ㉢은 2개의 고리 모양이므로 퓨린 계열 염기이다.

④ X는 5′ 말단이고, Y는 3′ 말단이다.
➡ 디옥시리보스의 1번 탄소에는 염기, 3번 탄소에는 −OH, 5번 탄소에는 인산이 각각 연결되어 있다.

⑤ 염기 − 인산 골격을 기본으로 당에 결합된 ~~인이~~ 염기가 서열을 형성한다.
➡ 폴리뉴클레오타이드에서는 당 − 인산 골격을 기본으로 당에 결합된 염기가 서열을 형성한다.

07 DNA의 염기 사이에서 A은 T과, G은 C과 상보적으로 결합하며, 염기 조성을 완성하면 표와 같다.

구분	염기 조성(%)				계
	A	C	G	T	
DNA Ⅰ	㉠ 30	? 20	20	? 30	100
DNA Ⅱ	10	? 40	㉡ 40	? 10	100

| 선택지 분석 |

✗ ㉠과 ㉡의 합은 50보다 ~~작다~~크다.
➡ ㉠은 30, ㉡은 40이므로 ㉠과 ㉡의 합은 50보다 크다.

ㄴ Ⅰ은 Ⅱ보다 더 낮은 온도에서 단일 가닥으로 분리된다.
➡ G − C 염기쌍은 3개의 수소 결합으로 연결되므로 G − C 염기쌍이 많을수록 DNA 이중 가닥은 더 높은 온도에서 분리된다.

✗ Ⅱ에 존재하는 수소 결합의 수는 ~~120~~140개이다.
➡ Ⅱ에 존재하는 수소 결합의 수는 2×10 + 3×40 = 140개이다.

08 | 선택지 분석 |

① X는 약 ~~20개~~10개의 염기쌍마다 한 바퀴씩 회전한다.
➡ 한 바퀴 회전한 DNA에는 20개의 염기가 들어 있다.

② Ⅰ과 Ⅱ는 모두 위쪽은 3′ 말단, 아래쪽은 5′ 말단인 ~~평행한~~역평행 구조를 하고 있다.
➡ Ⅰ과 Ⅱ는 역평행 구조이므로 한쪽 가닥의 끝이 5′ 말단이면 다른 쪽 가닥의 끝은 3′ 말단이다.

③ 퓨린 계열 염기는 ~~퓨린~~피리미딘 계열 염기끼리, 피리미딘 계열 염기는 ~~피리미딘~~퓨린 계열 염기끼리 상보적 결합을 한다.
➡ A은 T과, G은 C과 상보적으로 결합하므로 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기가 상보적으로 결합한다.

④ X는 이중 나선으로 지름이 항상 일정하며, 당 − 인산 골격은 ~~안쪽~~바깥쪽, 염기는 ~~바깥쪽~~안쪽에 위치한다.
➡ DNA의 당 − 인산 골격은 바깥쪽, 염기는 안쪽에 위치한다.

⑤ ㉠은 아데닌(A)에 해당하며, 디옥시리보스의 1번 탄소에 공유 결합으로 연결되어 있다.
➡ ㉠은 2개의 고리 모양이며 2개의 수소 결합을 하므로 아데닌(A)이다.

09 A − T 염기쌍은 2개의 수소 결합이, G − C 염기쌍은 3개의 수소 결합이 형성되므로 G − C 염기쌍이 많을수록 DNA를 이루는 두 가닥이 잘 분리되지 않는다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ 유전체 DNA가 히스톤 단백질과 결합되어 있지 않다.
➡ 원핵세포의 유전체는 원형 DNA 1개로 구성되며, 세포 분열 시 응축되지 않는다.

✗ 유전자에 단백질 비암호화 부위인 인트론이 ~~있다~~없다.
➡ 원핵세포의 유전자는 매우 조밀하게 배열되어 있으며, 인트론이 없다.

ㄷ 오페론이 있으며 여러 유전자의 전사가 한꺼번에 조절된다.
➡ 원핵세포에서는 유전자의 발현 조절이 오페론 단위로 이루어진다.

11 (가)는 진핵세포, (나)는 원핵세포이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)의 유전체는 핵 안에, (나)의 유전체는 세포질에 퍼져 있다.
➡ 진핵세포(가)는 핵이 있으므로 유전체가 핵 안에 들어 있으며, 원핵세포(나)는 핵이 없어 세포질에 유전체가 있다.

✗ ~~(나)~~(가)의 유전체는 선형 DNA 여러 개로 구성되며, DNA가 뉴클레오솜 구조를 형성한다.
➡ 원핵세포(나)는 하나의 원형 DNA를 가진다.

ㄷ A는 플라스미드로 크기가 작고 독자적으로 증식할 수 있는 DNA이다.
➡ 플라스미드는 세균의 세포질에 있는 염색체와는 별도로 존재하는 크기가 작고 독자적으로 증식할 수 있는 원형의 DNA이다.

도전! 실력 올리기

150쪽~151쪽

01 ④ **02** ④ **03** ② **04** ② **05** ①

06 (1) A: DNA, B: 단백질, a: DNA 분해 효소, b: 단백질 분해 효소 (2) (가) R형 균, (나) R형 균

07 | **모범 답안** | A보다 B가 3개의 수소 결합으로 연결된 G과 C의 함량이 높기 때문이다.

01 ㉠은 단백질 분해 효소, ㉡은 DNA 분해 효소이다.

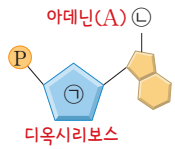
| 선택지 분석 |

㉠ 쥐 A에는 피막을 가진 폐렴 쌍구균이 있다.
➡ 쥐 A에는 피막을 갖는 S형 균의 폐렴 쌍구균이 있다.

✕ ㉠에 의해 형질 전환을 일으키는 유전 물질이 분해된다.
㉡
➡ DNA 분해 효소(㉡)에 의해 유전 물질이 분해된다.

㉢ 시험관 (가)에 들어 있는 유전체는 원형 DNA 1개로 구성된다.
➡ 폐렴 쌍구균은 원핵생물이므로 유전체로 원형 DNA 1개를 갖는다.

02 | 자료 분석 |



전체 염기 중 ㉡의 비율	수소 결합 총 개수
20 %	260개

이중 가닥 DNA에서 A은 T과 2개의 수소 결합, G은 C과 3개의 수소 결합을 하므로 A의 수를 x, G의 수를 y라고 하면, A의 수=T의 수=x, G의 수=C의 수=y이다. 수소 결합의 수는 $2x+3y$이므로, DNA X의 수소 결합 수가 260개가 되려면 $2x+3y=260$이고, 전체 염기 수는 200개이므로 $2x+2y=200$이다. 따라서 $x=40$, $y=60$이므로 A과 T은 각각 40개, G과 C은 각각 60개씩 들어 있어야 한다. ㉡은 2개의 고리 모양이고 20 %가 있다고 하였으므로 아데닌(A)이다.

| 선택지 분석 |

✕ ㉠은 5탄당인 ~~리보스~~이다.
디옥시리보스
➡ DNA는 디옥시리보스, RNA는 리보스를 당으로 가진다.

㉡ ㉡은 타이민(T)과 상보적 결합을 한다.
➡ 아데닌(㉡)은 타이민(T)과 2개의 수소 결합으로 연결된다.

㉢ DNA X에서 $\frac{A+T}{G+C}=\frac{2}{3}$이다.
➡ A+T=80, G+C=120이므로 $\frac{A+T}{C+G}=\frac{2}{3}$이다.

03 ㉠은 ^{35}S으로 단백질을 표지하고, ㉡은 ^{32}P으로 DNA를 표지하므로 D에서 방사선이 검출된다.

| 선택지 분석 |

✕ ㉠은 박테리오파지의 ~~DNA~~를 표지한다.
단백질
➡ S은 단백질에는 있으나 DNA에는 없는 원소이다.

㉡ 자기 방사법이 사용되었다.
➡ 자기 방사법은 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적하여 물질의 위치를 파악하는 방법이다.

✕ D에 들어 있는 ~~모든~~ 유전체가 ^{32}P으로 표지되었다.
일부
➡ 박테리오파지 DNA와 이로부터 유래된 DNA 일부만 ^{32}P으로 표지된다.

04 ㉠은 당, ㉡은 인산, ㉢은 G, ㉣은 C이다.

| 선택지 분석 |

✕ ㉠과 ㉡은 ~~수소 결합~~으로 연결된다.
공유 결합
➡ 당과 인산은 공유 결합, 염기끼리는 수소 결합으로 연결된다.

㉡ ㉢은 구아닌(G), ㉣은 사이토신(C)이다.
➡ ㉢은 2개의 고리 모양인 퓨린 계열 염기, ㉣은 1개의 고리 모양인 피리미딘 계열 염기이고, 3개의 수소 결합을 하므로 ㉢은 구아닌(G), ㉣은 사이토신(C)이다.

✕ (가)에서 ~~인산기~~가 있는 끝은 3′ 말단, ~~수산기~~(−OH)가 있는 끝은 5′ 말단이다.
수산기 인산기
➡ (가)와 (나)의 양 말단의 방향은 서로 반대이다.

05 (가)는 대장균의 DNA, (나)는 사람의 DNA이다.

| 선택지 분석 |

㉠ 오페론은 (가)에만 있고 (나)에는 없다.
➡ 원핵세포에는 유전자 발현 조절 단위인 오페론이 있어 여러 유전자의 전사가 한꺼번에 조절되는 경우가 많다.

✕ a는 ~~인트론~~, b는 ~~엑손~~이다.
엑손 인트론
➡ 인트론은 유전자에서 유전 정보를 가지고 있지 않는 부분이고, 엑손은 유전 정보가 있는 부분이다.

✕ ~~(나)~~의 유전자의 발현을 위한 mRNA 전사와 단백질 합성은 동일한 장소에서 진행된다.
(가)
➡ 사람의 경우 mRNA 전사는 핵에서, 단백질 합성은 세포질에서 진행된다.

더 알아보기 원핵세포와 진핵세포의 유전자 비교

구분	특징
원핵세포	• 유전자의 크기가 비교적 작다. • 하나의 유전자 안에 인트론이 없다. • 유전자 사이에 빈 부분이 거의 없다. • 오페론이 있어 여러 유전자들의 발현을 함께 조절한다.
진핵세포	• 대부분 유전자의 크기가 원핵세포보다 크다. • 하나의 유전자 안에 엑손과 인트론이 있다. • 유전자 사이에 유전 정보를 저장하지 않는 빈 부분이 많다. • 유전자 발현에 필요한 조절 단백질이 많고 오페론이 없어 유전자 발현이 각각 독립적으로 조절된다.

06 (1) 유전 물질은 DNA로 형질 전환을 일으키는 물질이며, DNA 분해 효소에 의해 분해되면 형질 전환이 일어나지 않는다. Ⅱ의 경우 A를 첨가하였을 때 S형 균이 관찰된 것으로 보아 A는 DNA이고, b는 단백질 분해 효소이다.

(2) B는 단백질이므로 형질 전환이 일어나지 않는다. 그러므로 Ⅲ과 Ⅳ에는 R형 균만 존재한다.

07 DNA 양쪽 가닥의 폴리뉴클레오타이드에 있는 염기 중 A은 T과 2개의 수소 결합, G은 C과 3개의 수소 결합으로 연결된다.

채점 기준	배점
G과 C이 3개의 수소 결합으로 연결되었음을 언급하며 옳게 서술한 경우	100 %
3개의 수소 결합을 언급하지 않고 G과 C의 함량만 옳게 서술한 경우	50 %

02 DNA 복제

탐구POOL 154쪽

01 반보존적 복제 **02** (1) ○ (2) ×

01 반보존적 복제에서는 DNA 이중 나선이 풀린 후 각각의 가닥이 주형이 되어 새로운 DNA가 합성된다.

02 (1) DNA는 반보존적 복제에 의해 5′ → 3′ 방향으로만 합성된다.
(2) 새로운 DNA 가닥 중 연속적으로 합성되는 가닥은 선도 가닥이고, 불연속적으로 합성되는 가닥은 지연 가닥이다.

콕콕! 개념 확인하기 155쪽

✓ 잠깐 확인!

1 보존적 복제 **2** 반보존적 복제 **3** 분산적 복제 **4** 복제 원점 **5** 헬리케이스 **6** DNA 중합 효소 **7** 5′, 3′ **8** 선도 가닥

01 (1) ○ (2) × (3) ○ **02** (1) – ㉡ (2) – ㉢ (3) – ㉠
03 ㉠ 뉴클레오타이드(디옥시리보뉴클레오타이드), ㉡ 반보존적 **04** (나), (가), (다), (라)

01 (2) DNA 이중 나선 전체를 주형으로 하여 새로운 DNA를 합성한다는 것은 보존적 복제 모델에 해당한다. 분산적 복제 모델은 DNA가 작은 조각으로 나누어져 복제된 후 다시 연결된다는 것이다.

04 DNA의 반보존적 복제 과정: 헬리케이스에 의해 DNA 이중 나선 풀림 → 프라이머 합성 → DNA 중합 효소는 합성 중인 가닥의 3′ 말단의 −OH에 새로운 디옥시리보뉴클레오타이드를 결합하여 새로운 가닥을 합성

탄탄! 내신 다지기 156쪽~157쪽

01 ② **02** ① **03** ① **04** ④ **05** ② **06** ④ **07** ①
08 ㉠ 프라이머, ㉡ 3′ **09** ⑤

01 (가)는 반보존적 복제 모델, (나)는 보존적 복제 모델, (다)는 분산적 복제 모델이다.

| 선택지 분석 |

① ~~(가)~~(나)는 보존적 복제 모델이다.
➡ 보존적 복제 모델은 (나)이다.

② 새로 합성된 DNA에 원래의 DNA 가닥이 포함되지 않는 것은 (나)이다.
➡ 보존적 복제 모델(나)에서는 새로 합성된 DNA에는 원래의 DNA 가닥이 포함되지 않는다.

③ ~~(다)~~(나)에서는 DNA 이중 나선 전체를 주형으로 하여 새로운 DNA를 합성한다.
➡ DNA 이중 나선 전체를 주형으로 하여 새로운 DNA를 합성하는 것은 보존적 복제 모델(나)이다.

④ ~~(가)와 (나) 모두~~(가)만 새로 합성된 DNA에서 한 가닥은 원래의 것이고, 다른 하나는 새로 합성된 것이다.
➡ 반보존적 복제 모델(가)에서는 새로 합성된 DNA에서 한 가닥은 원래의 것이고, 다른 하나는 새로 합성된 것이다.

⑤ ~~(가)와 (다) 모두~~(가)만 DNA 이중 나선이 풀린 후 각각의 가닥이 주형이 되어 새로운 DNA를 합성한다.
➡ DNA 이중 나선이 풀린 후 각각의 가닥이 주형이 되어 새로운 DNA를 합성하는 것은 반보존적 복제 모델(가)이다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 분산적 복제 모델이 옳다면 결과는 ⓐ만 나타날 것이다.
➡ 분산적 복제 모델에서는 새로 합성된 DNA가 원래의 DNA 조각들과 새로 합성된 조각들로 구성되므로 중간 무게의 DNA 한 층만 나타난다.

✗ 결과가 ~~ⓑ 또는 ⓒ 중 하나~~ⓒ라면 보존적 복제 모델이 옳다고 할 수 있다.
➡ 보존적 복제 모델 결과에서는 ⓒ만 나타나야 한다.

✗ 반보존적 복제 모델이 옳다면 결과는 ~~ⓐ와 ⓓ 모두~~ 나타날 것이다.
➡ 반보존적 복제 모델 결과에서는 ⓐ만 나타나야 한다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ DNA 이중 나선 전체가 주형이다.
➡ 보존적 복제 모델에서는 DNA 이중 나선 전체를 주형으로 하여 새로운 DNA를 합성하므로 새로 합성된 DNA에는 원래의 DNA 가닥이 포함되지 않는다.

✗ 복제 전에 DNA가 작은 조각으로 나뉜다.
➡ 분산적 복제 모델의 특징이다. 분산적 복제 모델은 DNA가 작은 조각으로 나누어져 합성된 후 다시 연결되어 새로운 DNA를 합성한다는 것이다.

✗ 새로 합성된 DNA 중 한 가닥은 원래의 DNA 가닥이다.
➡ 반보존적 복제 모델의 특징이다.

✗ 새로 합성된 DNA에는 원래의 DNA 조각들과 새로 합성된 조각들이 섞여 있다.
➡ 분산적 복제 모델의 특징이다.

04 DNA는 반보존적으로 복제되므로 G_0에서는 하층, G_1에서는 중층, G_2에서는 상층 : 중층 = 1 : 1, G_3에서는 상층 : 중층 = 3 : 1로 나타난다.

05 ㉠은 뉴클레오타이드, (가)는 DNA 중합 효소이다.

| 선택지 분석 |

✗ ㉠에는 타이민(T)과 ~~리보스~~(디옥시리보스)가 들어 있다.
➡ ㉠은 디옥시리보스와 아데닌(A)에 상보적인 염기인 타이민(T)을 가진다.

㉡ 효소 (가)는 ⓑ에 ㉠을 공유 결합으로 연결한다.
➡ 인산과 당은 공유 결합으로 연결된다.

✗ ⓐ는 ~~3′~~(5′) 말단, ⓑ는 ~~5′~~(3′) 말단이다.
➡ 인산기가 있는 부분은 5′ 말단, 수산기(−OH)가 있는 부분은 3′ 말단이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ Ⅰ은 ~~선도~~(주형) 가닥, Ⅱ는 ~~지연~~(주형) 가닥이다.
➡ Ⅰ과 Ⅱ는 주형 가닥이고 Ⅰ을 주형으로 합성되는 것은 선도 가닥, Ⅱ를 주형으로 합성되는 것은 지연 가닥이다.

㉡ ㉠을 구성하는 기본 단위는 리보뉴클레오타이드이다.
➡ ㉠은 RNA 프라이머이다. RNA 프라이머를 구성하는 뉴클레오타이드는 당이 리보스인 리보뉴클레오타이드이다.

㉢ ㉡에서 DNA 중합 효소의 이동 방향은 (나)이다.
➡ 헬리케이스의 이동 방향이 (가)이므로 지연 가닥에서는 복제 방향이 반대 방향인 (나)로 DNA 중합 효소가 이동한다.

㉣ ⓐ는 3′ 말단이다.
➡ DNA 중합 효소는 주형 가닥을 따라 3′ → 5′ 방향으로 이동하므로 ⓐ는 3′ 말단이다.

07 | 선택지 분석 |

✓ (가)는 연속적으로 합성된다.
➡ (가)는 연속적으로 합성되는 선도 가닥이다.

② (다)는 ~~지연~~(선도) 가닥이다.
➡ (다)는 연속적으로 합성되는 선도 가닥이다.

③ (나), (라), (마)는 ~~3′ → 5′~~(5′ → 3′) 방향으로 합성된다.
➡ DNA 합성은 항상 5′ → 3′ 방향으로 일어난다.

④ (바)는 ~~DNA 중합 효소~~(프라이메이스)가 합성한 것이다.
➡ (바)는 RNA 프라이머이다.

⑤ ⓐ와 ~~ⓓ~~(ⓒ)는 5′ 말단이고, ⓑ와 ~~ⓒ~~(ⓓ)는 3′ 말단이다.
➡ DNA 합성은 5′ → 3′ 방향으로 일어나므로 ⓐ와 ⓒ는 5′ 말단이고, ⓑ와 ⓓ는 3′ 말단이다.

08 DNA 중합 효소는 폴리뉴클레오타이드의 3′ − OH가 있을 때만 새로운 뉴클레오타이드의 인산기를 결합시켜 당 − 인산 결합을 형성한다.

09 | 선택지 분석 |

① (가)는 ~~헬리케이스~~(DNA 중합 효소)이다.
➡ 헬리케이스는 DNA 이중 나선을 푸는 (나)이다.

② (나)는 ~~불연속적으로 합성된 짧은 가닥을 연결한다~~(헬리케이스이다).
➡ 불연속적으로 합성된 짧은 가닥을 연결하는 것은 DNA 연결 효소이다.

③ ㉠은 ~~지연~~(선도) 가닥, ㉢은 ~~선도 가닥~~(지연 가닥을 구성하는 짧은 가닥)이다.
➡ DNA의 복제 분기점이 이동하는 방향과 같은 방향으로 DNA 합성이 일어나는 가닥이 선도 가닥이다.

④ ㉡은 A, ~~T~~(U), G, C의 염기로 구성된다.
➡ ㉡은 RNA 프라이머로 T을 포함하지 않는다.

✓ ⑤ ⓐ와 ⓓ는 5′ 말단이고 ⓑ와 ⓒ는 3′ 말단이다.
➡ DNA 합성은 5′ → 3′ 방향으로 일어난다.

도전! 실력 올리기

158쪽~159쪽

01 ⑤ **02** ② **03** ① **04** ③ **05** ④

06 A: 중층, B: 하층, C: 상층, ㉠ 0.5, ㉡ 0.25, ㉢ 0.125

07 | 모범 답안 | 선도 가닥이다. DNA는 5′ → 3′ 방향으로 합성되므로 DNA가 오른쪽 방향으로 풀린다면 새로운 가닥이 연속적으로 합성될 수 있기 때문이다.

01 DNA는 반보존적으로 복제되므로 G_3에서는 중간 무게의 DNA와 무거운 DNA가 1 : 3의 비로 합성된다.

02 | 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~지연 가닥~~(선도 가닥), ㉡은 ~~선도 가닥~~(지연 가닥)이다.
➡ DNA 합성은 5′ → 3′ 방향으로 일어나므로 한 가닥에서는 연속적으로 합성되지만 다른 가닥에서는 불연속적으로 합성된다.

㉡ 이 과정은 간기의 S기에 일어난다.
➡ DNA 복제는 세포 분열 간기의 S기에 일어난다.

✗ ㉠과 ㉡에 들어 있는 사이토신(C)의 수를 모두 합한 값은 ~~20~~(15)이다.
➡ A은 T과, G은 C과 상보적 결합을 하므로 A의 염기 수가 30개이면 T의 염기 수도 30개이다. G의 염기 수를 x라고 하면, 전체 염기 수는 90이므로 $2x+60=90$이다. $x=15$이므로 G과 C은 각각 15개씩 들어 있다.

03 Ⅰ과 Ⅲ은 주형 가닥, Ⅱ는 지연 가닥, Ⅳ는 선도 가닥이다.

| 선택지 분석 |

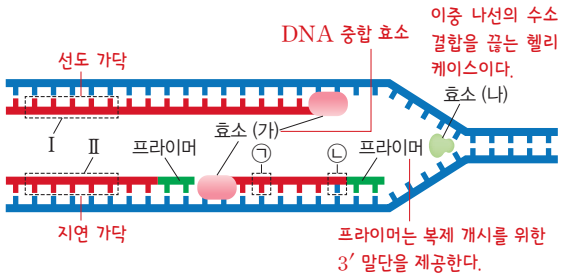
㉠ Ⅱ는 비연속적으로 합성된다.
➡ 주형 가닥 Ⅰ이 5′ → 3′ 방향으로 풀리므로 Ⅱ에서는 연속적으로 DNA를 합성할 수 없다.

✗ 복제가 완료된 후 Ⅰ과 ~~Ⅳ~~(Ⅱ)는 서로 상보적인 염기 서열을 갖는다.
➡ 복제가 끝나면 Ⅰ과 Ⅱ, Ⅲ과 Ⅳ가 서로 상보적이다.

✕ Ⅲ에서 피리미딘 계열 염기의 비율은 ~~56~~ 44 %이다.

➡ Ⅲ은 Ⅰ과 상보적이므로 Ⅲ에서 피리미딘 계열 염기인 C과 T의 비율은 44 %이다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ (가)에 의해 ㉠보다 ㉡이 합성되는 가닥에 먼저 결합된다.

➡ 하나의 DNA 조각에서 프라이머 가까이 있는 ㉡이 ㉠보다 먼저 합성되는 가닥에 결합되었다.

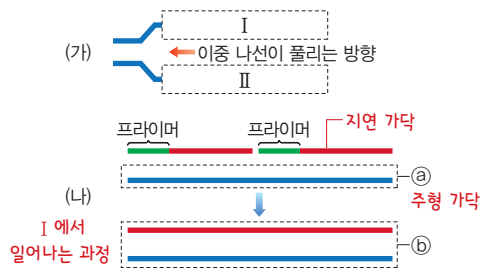
㉡ (나)는 염기 사이의 수소 결합을 끊는 역할을 한다.

➡ 복제 원점에 헬리케이스(나)가 부착하여 염기 사이의 수소 결합을 끊으면 DNA 이중 나선이 풀리기 시작한다.

✕ Ⅰ과 Ⅱ에 포함된 전체 염기 중 아데닌(A)의 비율이 30 %라면 Ⅰ과 Ⅱ에 들어 있는 구아닌(G)과 타이민(T)의 수를 모두 합한 값은 ~~4~~ 5이다.

➡ Ⅰ과 Ⅱ는 상보적이므로 Ⅰ과 Ⅱ에 포함된 전체 염기 중 A이 30 %라면, T도 30 %, G과 C은 각각 20 %이다. Ⅰ과 Ⅱ에 포함된 전체 염기는 10개이므로 A은 3개, G은 2개, T은 3개, C은 2개이므로 G+T=5이다.

05 | 자료 분석 |



ⓑ에서 A의 수=T의 수=x, G의 수=C의 수=y라고 하면, $\frac{A+T}{G+C}=\frac{2x}{2y}=\frac{3}{7}$, 수소 결합 수는 $2x+3y=270$이므로, $x=30$, $y=70$이다. 따라서 염기의 수는 다음과 같다.

구분	A	G	C	T
ⓐ	8	32	38	22
ⓐ로부터 복제된 가닥	22	38	32	8

$\frac{\text{Ⅰ에서 복제 주형 가닥에 있는 A의 수}}{\text{Ⅱ에서 복제 주형 가닥에 있는 C의 수}}=\frac{1}{4}=\frac{8}{32}$이므로, Ⅰ에서 복제 주형 가닥은 ⓐ이다. 그러므로 Ⅰ에서는 지연 가닥, Ⅱ에서는 선도 가닥이 각각 합성된다.

| 선택지 분석 |

✕ Ⅰ에서는 ~~선도 가닥~~ 지연 가닥, Ⅱ에서는 ~~지연 가닥~~ 선도 가닥이 각각 합성된다.

➡ ⓐ는 Ⅰ에 있는 복제 주형 가닥이므로 Ⅰ에서는 지연 가닥이 합성된다.

㉡ (나)는 Ⅰ에서 일어나는 과정이다.

➡ (나)는 지연 가닥이 합성되는 과정이다.

㉢ Ⅱ에서 복제 주형 가닥에 있는 C과 T을 합한 염기의 수는 40개이다.

➡ Ⅱ에서 복제 주형 가닥은 Ⅰ에서 복제된 가닥과 동일하므로 C의 수는 32개, T의 수는 8개이다.

06 DNA는 반보존적 복제를 하므로 새로 합성된 이중 가닥 DNA에서 한 가닥은 원래의 것이고 나머지 한 가닥은 새로 합성된 것이다. 각 세대별 전체 DNA 중 특정 DNA가 차지하는 비율을 나타낸 표를 완성하면 다음과 같다.

구분 \ 세대	G_0	G_1	G_2	G_3	G_4
A(중층)	0	1	0.5	㉡ 0.25	? 0.875
B(하층)	0	0	㉠ 0.5	0.75	? 0
C(상층)	1	0	? 0	? 0	㉢ 0.125

07 DNA는 항상 5′→3′ 방향으로 합성되므로 DNA 가닥이 복제 원점을 중심으로 풀릴 때 새로 합성되는 가닥 중 한 가닥은 연속적으로 합성되지만 다른 가닥은 연속적으로 합성될 수 없다. 복제 진행 방향이 주형 가닥의 3′→5′ 방향일 때 선도 가닥은 5′→3′ 방향으로 합성되며, 복제 진행 방향이 주형 가닥의 5′→3′ 방향일 때 지연 가닥이 합성되고, 불연속적으로 5′→3′ 방향으로 합성된다.

채점 기준	배점
명칭을 쓰고 DNA 합성 방향을 언급하며 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
명칭을 쓰고 DNA 합성 방향을 언급하지 않고 까닭을 옳게 서술하거나 명칭과 까닭 중 하나만 옳은 경우	50 %

03 유전자 발현

개념POOL 165쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ×

01 (1) 원핵세포는 RNA가 만들어지고 난 후 가공 과정을 거치지 않는다.

(3) 하나의 코돈은 하나의 아미노산만을 지정하지만, 한 종류의 아미노산을 지정하는 코돈의 종류는 하나 이상이다.

탐구POOL

166쪽

01 UAG **02** 5개

01 5′ – AUA<u>AUG</u>GCACUUUGCGGCACC<u>UAG</u> – 3′
개시 코돈 종결 코돈

02 합성된 폴리펩타이드는 메싸이오닌 – 알라닌 – 류신 – 시스테인 – 글리신 – 트레오닌이므로 5개의 펩타이드 결합이 있다.

콕콕! 개념 확인하기

167쪽

✔ **잠깐 확인!**

1 1유전자 1효소설 **2** 중심 원리 **3** 전사 **4** 번역 **5** 코돈 **6** mRNA **7** tRNA

01 ㉠ 유전자, ㉡ 유전자 발현 **02** (1)–㉡ (2)–㉠ (3)–㉡ **03** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **04** ㉠ 프로모터, ㉡ 뉴클레오타이드(리보뉴클레오타이드), ㉢ 5′, ㉣ 3′ **05** ㄴ, ㄷ, ㄹ

01 유전자는 DNA의 특정 염기 서열로 단백질 합성에 필요한 유전 정보를 저장하고 있다.

03 (2) 2개의 염기가 조합을 이루어 아미노산을 지정하면 4^2=16종류의 아미노산만 지정할 수 있으므로 20종류의 아미노산을 충분히 지정할 수 없다.
(4) 유전부호는 거의 모든 생명체에서 동일하게 사용되어 생물이 공통 조상으로부터 진화해 왔다는 증거가 된다.

04 RNA를 구성하는 단위체는 리보뉴클레오타이드이며, RNA 중합 효소는 프로모터에 결합하여 전사를 개시하여 5′ → 3′ 방향으로 RNA를 합성한다.

05 DNA는 DNA 복제와 전사에, 프라이머는 DNA 복제에 필요하다.

탄탄! 내신 다지기

168쪽~169쪽

01 ② **02** ② **03** ⑤ **04** ① **05** ㄴ, ㄷ **06** ④ **07** ③ **08** ③ **09** ㄱ, ㄷ **10** ①

01 유전자는 효소뿐만 아니라 인슐린과 같은 호르몬, 머리카락을 구성하는 케라틴, RNA 등의 물질을 합성하는 유전 정보를 담고 있다.

02 | 선택지 분석 |

✗ 유전자 1에만 돌연변이가 발생한 경우 최소 배지에 (가)를 첨가하여도 (나)와 (다) 모두 ~~합성되지 않는다~~ 합성된다.
➡ 유전자 1에 돌연변이가 발생한 경우 다른 효소의 기능은 정상이다.

㉡ 유전자 2에만 돌연변이가 발생한 경우 최소 배지에 (다)를 첨가하면 생존할 수 있다.
➡ (다)를 첨가하면 유전자 1, 2, 3에 돌연변이가 발생하여도 생존할 수 있다.

✗ 유전자 1과 유전자 3에 모두 돌연변이가 발생한 경우 (가)를 첨가하여도 (나)를 ~~합성되지 않는다~~ 합성된다.
➡ 효소 2는 정상이므로 (나)를 합성할 수 있다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 물질이 합성되는 과정은 ㉠ → ㉢ → ㉡ ㉡ → ㉢ → ㉠ 이다.
➡ A는 ㉡ → ㉢, B는 전구 물질 → ㉡, C는 ㉢ → ㉠을 각각 합성하는 과정에 이상이 생긴 것이다.

㉡ A는 ㉡을 ㉢으로 합성하는 효소에 이상이 있다.
➡ A는 최소 배지에 ㉡을 첨가하여도 생장하지 못한다.

㉢ ㉡을 합성하는 데 관여하는 효소의 유전자에 돌연변이가 발생한 것은 B이다.
➡ B는 최소 배지에 ㉠, ㉡, ㉢을 각각 넣었을 때 생장하였으므로 전구 물질 → ㉡ 과정을 담당하는 효소에 이상이 생긴 것이다.

04 (가)는 복제, (나)는 전사, (다)는 번역, A는 DNA, B는 RNA, C는 단백질, D는 아미노산이다.

| 선택지 분석 |

✓ ① 유전 정보의 중심 원리를 나타낸 것이다.
➡ DNA의 유전 정보는 RNA로 전달되고 RNA의 유전 정보는 단백질 합성 과정에 사용되는 것을 중심 원리라고 한다.

② A와 B의 단위체는 구성하는 염기의 종류만 다르고 ~~나머지 구성 물질은 모두 동일하다~~ 당도 다르다.
➡ DNA를 구성하는 당은 디옥시리보스, 염기의 종류는 A, T, G, C이고 RNA를 구성하는 당은 리보스, 염기의 종류는 A, U, G, C이다.

③ C는 단위체 D의 ~~수소 결합~~ 펩타이드 결합을 통해 만들어진다.
➡ 단백질은 아미노산과 아미노산 사이의 펩타이드 결합을 통해 만들어진다.

④ (가)는 ~~전사~~ 복제, (나)는 ~~번역~~ 전사 과정이다.
➡ (가)는 DNA가 복제되는 과정, (나)는 DNA의 유전 정보가 RNA의 유전 정보로 전달되는 전사이다.

⑤ ~~진핵세포~~ 원핵세포에서는 (나)와 (다) 과정이 동시에 일어난다.
➡ 진핵세포에서는 핵 안에서 전사(나)가 일어나고 세포질에서 번역(다)이 일어난다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 전사는 ~~핵~~ 세포질에서, 번역은 세포질에서 일어난다.
➡ 진핵세포의 경우 전사는 핵에서, 번역은 세포질에서 일어난다.

㉡ RNA가 만들어진 후 가공 과정을 거치지 않는다.
➡ RNA 가공은 진핵세포에서만 일어난다.

㉢ 전사와 번역이 동시에 진행된다.
➡ 원핵세포는 핵이 없으므로 전사와 번역이 세포질에서 동시에 진행된다.

06 DNA에서 하나의 아미노산을 지정하는 연속된 3개의 염기로 이루어진 유전부호를 3염기 조합이라 하며, 3염기 조합에서 전사된 mRNA의 연속된 3개의 염기로 이루어진 유전부호를 코돈이라 한다. 하나의 유전부호는 하나의 아미노산만을 지정하지만, 한 종류의 아미노산을 지정하는 유전부호의 종류는 하나 이상이다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 RNA 중합 효소이다.
➡ DNA 합성은 DNA 중합 효소, RNA 합성은 RNA 중합 효소에 의해 일어난다.

ㄴ ⓐ와 ⓒ는 5′ 말단, ⓑ는 3′ 말단이다.
➡ 5′→3′ 방향으로 RNA가 합성된다.

✗ 이 과정을 통해 DNA 가닥 Ⅰ에 있는 ~~유전 정보 전체~~ 특정 유전자를 전사한 RNA가 합성된다.
➡ 이 과정을 통해 DNA 가닥 Ⅰ에 있는 특정 유전자의 유전 정보가 RNA로 전사된다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠은 3′ 말단으로 아미노산이 결합된다.
➡ ㉠은 아미노산이 결합하는 부분으로 3′ 말단이다.

✗ ㉡과 결합하는 코돈은 3′-~~CUU~~ UUC-5′이다.
➡ ㉡은 안티코돈으로 이와 결합하는 코돈은 5′-CUU-3′이다.

ㄷ (가)는 단일 가닥의 폴리뉴클레오타이드로 입체 구조를 형성한다.
➡ tRNA(가)는 단일 가닥의 폴리뉴클레오타이드로 상보적 염기 사이에 수소 결합이 형성되어 입체 구조를 형성한다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 단백질과 rRNA로 이루어져 있다.
➡ rRNA는 대부분 핵 속의 인에서 전사되어 단백질과 함께 리보솜을 구성한다.

✗ (가)는 아미노산을 ~~수소 결합~~ 펩타이드 결합으로 연결한다.
➡ (가)는 리보솜으로, 아미노산과 아미노산 사이를 펩타이드 결합으로 연결하여 단백질을 합성한다.

ㄷ 개시 tRNA는 리보솜의 P 자리에 결합한다.
➡ 개시 tRNA는 P 자리에 결합하고 다음 아미노산을 운반하는 tRNA는 A 자리에 온다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ ⓐ는 5′ 말단, ⓑ는 3′ 말단이다.
➡ 리보솜은 ⓐ에서 ⓑ로 이동하므로 ⓐ는 5′ 말단, ⓑ는 3′ 말단이다.

✗ ㉠~㉢은 아미노산으로 ㉢은 ~~㉠~~ ㉡과 결합한다.
➡ ㉢은 가장 최근에 폴리펩타이드에 결합된 ㉡과 펩타이드 결합을 한다.

✗ 리보솜은 mRNA의 ~~염기~~ 코돈 하나만큼 5′→3′ 방향으로 이동한다.
➡ mRNA를 따라 리보솜은 5′→3′ 방향으로 코돈 하나만큼 이동한다.

더 알아보기 번역 과정

- **개시:** mRNA가 리보솜 소단위체에 결합 → 개시 tRNA가 mRNA의 개시 코돈에 결합 → 리보솜 대단위체 결합
- **신장:** A 자리에 새로운 tRNA 들어옴 → 아미노산 사이에 펩타이드 결합 형성 → 리보솜 이동 → 개시 tRNA는 E 자리로, A 자리의 tRNA는 P 자리로 이동, A 자리에 새로운 tRNA가 결합하며 과정이 반복됨
- **종결:** 리보솜이 종결 코돈에 도달하면 번역 과정 종결 → 폴리펩타이드, 리보솜, mRNA, tRNA 분리

도전! 실력 올리기

170쪽~071쪽

01 ② **02** ④ **03** ③ **04** ①

05 Ⅰ: c, Ⅱ: b

06 | 모범 답안 | 원핵세포이다. 전사와 번역이 같은 장소에서 동시에 일어나기 때문이다.

01 ㉠은 시트룰린, ㉡은 오르니틴, ㉢은 아르지닌이고, Ⅰ은 c, Ⅱ는 a, Ⅲ은 b, Ⅳ는 a와 b에 돌연변이가 일어난 것이다.

| 선택지 분석 |

✗ 물질의 합성 과정은 ~~㉢ → ㉠ → ㉡~~ ㉡ → ㉠ → ㉢이다.
➡ 물질의 합성 과정은 ㉡(오르니틴) → ㉠(시트룰린) → ㉢(아르지닌)이다.

ㄴ Ⅲ은 오르니틴을 기질로 이용하지 못한다.
➡ Ⅲ은 b에 이상이 생긴 것으로 오르니틴을 이용할 수 없다.

✗ Ⅳ는 a와 ~~c~~ b 모두에 돌연변이가 일어난 것이다.
➡ Ⅳ는 최소 배지와 최소 배지에 오르니틴을 첨가했을 때에만 생장하지 못하므로 c는 정상이다.

02 | 자료 분석 |

DNA와 mRNA의 염기 조성을 나타낸 표를 완성하면 다음과 같다.

구분		염기 조성(개)				
		A	G	T	C	U
DNA	Ⅰ	㉠ 23	? 33	17	? 27	? 0
	Ⅱ	? 17	27	? 23	㉢ 33	? 0
mRNA		? 23	㉡ 33	? 0	? 27	17

| 선택지 분석 |

✗ 전사될 때 주형 가닥은 ~~Ⅰ~~ Ⅱ이다.
➡ mRNA의 염기 조성 중 U과 상보적 결합을 하는 DNA의 A 염기 조성이 같은 Ⅱ가 주형 가닥이다.

ㄴ ㉠, ㉡, ㉢을 모두 합한 값은 89이다.
➡ ㉠은 23, ㉡은 33, ㉢은 33이므로 모두 합한 값은 89이다.

ㄷ Ⅱ에는 퓨린 계열 염기 < 피리미딘 계열 염기이다.
➡ 가닥 Ⅱ에서 퓨린 계열 염기인 A=17, G=27이고 피리미딘 계열 염기인 C=33, T=23이다.

03 ㉠은 개시 tRNA, ㉡은 mRNA와 리보솜 소단위체의 결합을 차단하는 물질, ㉢은 리보솜 A 자리에 tRNA가 결합하는 것을 차단하는 물질이다.

| 선택지 분석 |

✗ ㉠의 안티코돈은 5′−~~AUG~~(CAU)−3′이다.

➡ ㉠(개시 tRNA)은 개시 코돈 5′−AUG−3′에 상보적으로 결합한다.

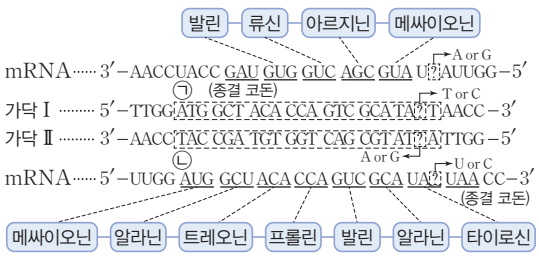
✗ ~~㉡~~(㉢)은 리보솜 A 자리에 tRNA가 결합하는 것을 차단하는 물질이다.

➡ Ⅱ에서 t_1에 ㉡을 첨가하였을 때는 시간이 흐른 후 ⓐ의 삽입이 중지되었고, Ⅳ에서 t_0에 ㉡을 첨가하였을 때는 처음부터 ⓐ의 삽입이 없었으므로 ㉡은 mRNA와 리보솜 소단위체의 결합을 차단하는 물질임을 알 수 있다.

㉢ Ⅴ에서는 펩타이드 결합이 형성되지 않는다.

➡ 리보솜의 A 자리에 새로운 tRNA가 결합하지 못하므로 아미노산 사이의 펩타이드 결합이 형성될 수 없다.

04 DNA 가닥 Ⅰ과 Ⅱ의 염기 서열과 유전자 발현 결과는 그림과 같다.



| 선택지 분석 |

㉠ X와 Y가 합성될 때의 종결 코돈은 각각 UAG, UAA이다.

➡ X가 합성될 때의 종결 코돈은 UAG, Y가 합성될 때의 종결 코돈은 UAA이다.

✗ X는 가닥 Ⅰ의 (가)에서 3′ 말단의 ~~7~~8번째 염기부터 아미노산을 지정한다.

➡ 개시 코돈은 5′−AUG−3′이므로 이에 상보적인 DNA 3염기 조합은 3′−TAC−5′이다. 따라서 3′ 말단의 8번째 염기부터 아미노산을 지정한다.

✗ Y에 포함된 2개의 알라닌을 지정하는 코돈은 모두 ~~GCU~~GCU, GCA이다.

➡ Y에 포함된 2개의 알라닌을 지정하는 코돈은 하나는 GCU, 다른 하나는 GCA이다.

05 야생형이 검은색이므로 ㉢은 검은색 색소이고, X를 첨가하면 모두 검은색이 만들어지므로 X가 ㉢이다. Ⅰ은 Y 여부에 관계없이 Z를 만들기 때문에 Ⅰ은 c에 돌연변이가 일어난 것이다. 한편, Y를 첨가하지 않았을 때 Ⅰ은 Z를 합성하여 갈색이 되고 Ⅱ는 Z를 합성하지 못해 황색이 되므로 ㉡은 갈색 색소이며 Z이고, ㉠은 황색 색소이며 Y이다. 그러므로 Ⅱ는 b에 돌연변이가 일어난 것이다.

06 원핵세포는 핵이 없어 세포질에서 전사와 번역이 동시에 일어난다. 즉, RNA가 만들어지는 중에 단백질이 합성된다. 한편, 진핵세포의 경우 전사는 핵에서, 번역은 세포질에서 일어나므로 전사와 번역이 동시에 일어나지 않는다.

채점 기준	배점
세포의 종류를 쓰고 전사와 번역이 동시에 일어난다는 언급을 하며 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
세포의 종류를 쓰고 전사와 번역이 동시에 일어난다는 언급을 하지 않고 까닭을 서술한 경우	60 %

실전! 수능 도전하기 173쪽~176쪽

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

01 ⓐ와 ⓑ는 모두 R형 균이고, ㉢은 DNA 분해 효소이다.

| 선택지 분석 |

✗ ⓐ는 R형 균, ⓑ는 ~~S형 균~~R형 균이다.

➡ Ⅲ과 Ⅳ에 DNA 분해 효소인 ㉢을 처리하였으므로 ⓐ와 ⓑ는 모두 R형 균이다.

✗ 형질 전환을 일으키는 물질은 ~~㉡~~㉢에 의해 분해되었다.

➡ 형질 전환을 일으키는 물질은 DNA이므로 DNA 분해 효소(㉢)에 의해 분해된다.

㉢ Ⅳ에는 피막이 있는 폐렴 쌍구균이 없다.

➡ Ⅳ에 존재하는 것은 R형 균이며, R형 균은 피막이 없다.

02 | 선택지 분석 |

✗ ㉡은 ~~단백질~~DNA을 표지한다.

➡ ㉠은 ^{35}S으로 단백질을 표지하고, ㉡은 ^{32}P으로 DNA를 표지한다.

㉡ 믹서 작동은 대장균에 붙어 있는 파지를 분리하기 위한 과정이다.

➡ 믹서 작동으로 대장균과 파지를 분리한 후 원심 분리기로 대장균을 침전시킨다.

㉢ (가)의 방사능이 검출된 층에는 ^{35}S이 있다.

➡ 파지의 단백질은 대장균 안으로 들어가지 않으므로 (가)의 상층액에서 ^{35}S이 검출된다.

03 붉은빵곰팡이는 ㉢을 합성하면 생장할 수 있으므로 ㉢은 아르지닌이다. 최소 배지에 ㉠을 첨가하면 모두 ㉢를 합성할 수 있으므로 ㉠은 시트룰린이고, ㉡은 오르니틴이다. Ⅰ은 최소 배지에 ㉡을 첨가해도 ㉢을 합성하지 못하므로 b에 돌연변이가 일어난 것이고, Ⅱ는 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

| 선택지 분석 |

✗ ㉡은 ~~시트룰린~~오르니틴이다.

➡ Ⅰ은 b에 돌연변이가 일어난 것이므로 ㉠은 시트룰린, ㉡은 오르니틴이다.

✗ 효소 B의 기질은 ㉣(㉡)이다.

➡ B의 기질은 오르니틴이고 오르니틴은 ㉡에 해당한다. ㉢은 아르지닌이다.

㉢ Ⅱ는 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

➡ Ⅱ는 최소 배지에 ㉠이나 ㉡을 첨가하였을 때 모두 생장하였으므로 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

04 | 자료 분석 |

구분	㉠	㉡ G_0	㉢	㉣ G_1
$^{15}N-^{15}N$ ⓐ	○	○	○	×
$^{14}N-^{14}N$ ⓑ	×	×	×	×
$^{14}N-^{15}N$ ⓒ	○	×	○	○

(G_2 또는 G_3: ㉠, ㉢)

(○: 있음, ×: 없음)

G_0은 $^{15}N-^{15}N$ DNA 1종류만 있으며, 같은 종류로 한 층을 이루는 세대가 없는 것으로 보아 G_1은 ^{14}N 배지에서 배양하였고 $^{14}N-^{15}N$ DNA만 있다. 그러므로 ㉡과 ㉣은 각각 G_0 또는 G_1이다. 그런데 ㉠과 ㉢은 $^{15}N-^{15}N$ DNA와 $^{14}N-^{15}N$ DNA층이 나타나므로 G_2와 G_3은 ^{15}N 배지에서 배양하여 $^{15}N-^{15}N$ DNA와 $^{14}N-^{15}N$ DNA를 가졌음을 알 수 있다. 그런데 G_4는 ^{14}N 배지를 사용하였으므로 $^{14}N-^{14}N$ DNA와 $^{14}N-^{15}N$ DNA가 있다. 따라서 ⓒ는 $^{14}N-^{15}N$ DNA, ⓑ는 $^{14}N-^{14}N$ DNA, ⓐ는 $^{15}N-^{15}N$ DNA이다. 그리고 ㉡은 G_0이고, ㉣은 G_1이다. 결국 G_0으로부터 G_4까지 얻는 과정에서 사용된 질소는 $^{15}N \rightarrow {}^{14}N \rightarrow {}^{15}N \rightarrow {}^{15}N \rightarrow {}^{14}N$이며, G_4에서 $^{14}N-^{14}N$ DNA : $^{14}N-^{15}N$ DNA = 1 : 7이다.

| 선택지 분석 |

㉠ ⓐ는 $^{15}N-^{15}N$ DNA이다.

➡ ⓐ는 $^{15}N-^{15}N$ DNA, ⓑ는 $^{14}N-^{14}N$ DNA, ⓒ는 $^{14}N-^{15}N$ DNA이다.

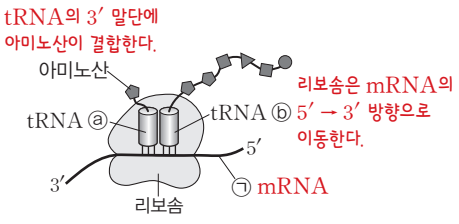
✗ ㉣(㉢)은 G_1이다.

➡ ㉠은 G_2 또는 G_3, ㉡은 G_0, ㉢은 G_2 또는 G_3, ㉣은 G_1이다.

㉢ G_4에서 ⓒ의 비율은 G_4 전체 DNA의 $\frac{7}{8}$이다.

➡ G_4에서 $^{14}N-^{14}N$ DNA : $^{14}N-^{15}N$ DNA = 1 : 7이므로 ⓒ의 비율은 G_4 전체 DNA의 $\frac{7}{8}$이다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 리보솜은 단백질과 rRNA로 이루어진다.

➡ 리보솜은 핵에서 합성되며 세포질에서 단백질을 합성한다.

✗ ㉠은 ~~디옥시리보뉴클레오타이드~~(리보뉴클레오타이드)를 단위체로 한다.

➡ ㉠은 mRNA이므로 단위체는 리보뉴클레오타이드이다.

㉢ 리보솜에서 tRNA ⓑ가 tRNA ⓐ보다 먼저 방출된다.

➡ 리보솜은 ㉠의 3′ 쪽으로 이동하므로 tRNA ⓑ가 먼저 방출된다.

06 X에서 A+T=60 %, G+C=40 %, X_1의 G은 16 %, C+T=52 %이므로 X_1과 X_2의 염기 비율은 다음과 같다.

	A	T	G	C
X_1	32 %	28 %	16 %	24 %
X_2	28 %	32%	24 %	16 %

Y에서 A+T=30 %, G+C=70 %, Y_1의 C은 30 %, Y_2의 A은 12 %이므로 Y_1과 Y_2의 염기 비율은 다음과 같다.

	A	T	G	C
Y_1	18 %	12 %	40 %	30 %
Y_2	12 %	18 %	30 %	40 %

그러므로 X_2가 Z의 주형 가닥이다.

| 선택지 분석 |

✗ Z의 주형 가닥은 ~~X_1~~(X_2)이다.

➡ Z에서 구아닌(G)의 비율이 16 %이므로 이에 상보적 결합을 하는 C의 비율 16 %인 X_2가 주형 가닥이다.

㉡ Y_1에서 퓨린 계열 염기의 비율은 58 %이다.

➡ Y_1에서 A+G=18+40=58 %이다.

㉢ 염기 간 수소 결합의 총 개수는 X가 Y보다 적다.

➡ 염기 간 수소 결합의 총 개수는 X가 Y보다 G+C가 30 % 적으므로 90개(=30 %×300개)가 적다.

07 (가)에서 염기의 비율은 $\frac{A+㉠}{㉡+㉢}=\frac{1}{4}$일 때 ㉠은 G이나 C이 될 수 없으므로 T(피리미딘 계열 염기)이다. 따라서 (가)의 A+T=40, G+C=160이다. Ⅰ의 A과 Ⅱ의 T이 13이므로 Ⅰ의 T과 Ⅱ의 A은 7이다. Ⅲ의 G은 28이므로 Ⅰ과 Ⅱ를 구성하는 G이나 C은 28 또는 52($=\frac{160-28\times2}{2}$) 중 하나이다. 그런데 Ⅱ에서 C의 수가 G의 수보다 많다고 하였으므로 Ⅱ의 C은 52, G은 28, Ⅰ의 C은 28, G은 52이다. 따라서 주형 가닥은 Ⅰ이다.

| 선택지 분석 |

㉠ Ⅲ의 주형 가닥은 Ⅰ이다.

➡ Ⅲ에서 G의 수는 28인데, Ⅱ의 C은 52, Ⅰ의 C은 28이므로 주형 가닥은 Ⅰ이다.

✗ Ⅰ에서 피리미딘 계열 염기는 ~~31~~(35)개이다.

➡ Ⅰ에서 피리미딘 계열 염기인 C+T의 수는 모두 35개이다.

✗ ㉠은 ~~퓨린~~(피리미딘) 계열 염기이다.

➡ ㉠은 T이며 피리미딘 계열 염기에 해당한다.

08 Ⅰ의 총 염기 수는 40, $\frac{A+T}{G+C}=\frac{2}{3}$이므로 Ⅰ의 A+T=16, G+C=24이다. 그런데 (가)와 ㉠ 사이의 염기 간 수소 결합의 총 개수는 115개이므로 ㉠에서는 115=2×(A+T+U)+3(G+C)이고 ㉠의 A+T+G+C+U=44이므로 ㉠은 G+C=27이다. ㉠은 Ⅰ과 X로 구성되고 X는 C 또는 U로 이루어지는데, ㉠에서의 G+C=27, Ⅰ에서의 G+C=24이므로 X에는 C이 3개, U이 1개 있고, Y는 상보적이므로 G이 3개, A이 1개 있다. Ⅱ의 총 염기 수는 18, $\frac{A+T}{G+C}=\frac{1}{2}$이므로 Ⅱ의 A+T=6, G+C=12이다. Ⅱ와 Ⅲ의 염기 수가 18로 같고 Ⅱ와 (나) 사이, Ⅲ과 (나) 사이의 염기 간 수소 결합 수가 같으므로 Ⅱ와 Ⅲ에 포함된 A+T의 양과 G+C의 양은 서로 같다. 따라서 Ⅲ에 있는 G+C=12, A+T=6이다. 한편, ㉠의 염기는 ㉡, ㉢의 염기와 상보적이고 ㉠의 염기 수는 ㉡과 ㉢의 염기 수의 합과 같으므로 Ⅰ과 X로 구성된 ㉠에는 A+T=16, G+C=27, U=1이고, Ⅱ와 Y로 구성된 ㉡에는 A+T=7, G+C=15이다. Ⅲ은 G+C=12, A+T=6이므로 Z는 A 또는 U로만 이루어진다. ㉢에는 $\frac{A}{G}=\frac{2}{3}$이고, $\frac{T}{C}=1$, G+C=12, A+T+U=10이므로 ㉢에 있는 가능한 염기의 수는 A=4, G=6, C=6, T=6, U=0 또는 A=6, G=9, C=3, T=3, U=1이다.

| **선택지 분석** |

✕ X에서 사이토신(C)의 개수는 ~~1~~ 3개이다.

➡ X에는 C이 3개, U이 1개가 있으므로 사이토신(C)의 개수는 3개이다.

㉡ $\frac{A+T}{G+C}$는 Ⅰ에서가 ㉢에서보다 작다.

➡ $\frac{A+T}{G+C}$는 Ⅰ에서는 $\frac{2}{3}$이고 ㉢에서는 $\frac{5}{6}$ 또는 $\frac{3}{4}$이므로 Ⅰ에서가 ㉢에서보다 작다.

㉢ 염기 간 수소 결합의 총 개수는 (나)와 ㉡ 사이가 (나)와 ㉢ 사이보다 많다.

➡ ㉡의 염기는 A+T=7, G+C=15이며, ㉢에 있는 가능한 염기는 A=4, G=6, C=6, T=6, U=0 또는 A=6, G=9, C=3, T=3, U=1이다. ㉡에 포함된 G+C의 수가 ㉢보다 많으므로 염기 간 수소 결합의 총 개수는 (나)와 ㉡ 사이가 (나)와 ㉢ 사이보다 많다.

09 ㉠의 염기 수는 20, ㉮와 ㉠ 사이의 염기 간 수소 결합의 총 개수는 53개이므로 ㉠의 모든 염기인 A+T+G+C+U=20이고 53=2×(A+T+U)+3(G+C)이다. 따라서 G+C=13, A+T+U=7이다. ㉮의 일부로 ㉠과 상보적인 부분의 염기는 G+C=13, A+T=7인데, Ⅰ은 ㉠과 상보적인 부분에서 X(CCCC 또는 UUUU 중 하나)와 상보적 염기를 제외해야 하고, Ⅰ은 $\frac{A+T}{G+C}<\frac{1}{2}$이므로 이 조건을 만족하려면 X는 UUUU이 되고 Ⅰ의 G+C=13, A+T=3이 된다. Ⅱ는 8개의 염기로 이루어지고, $\frac{A+T}{G+C}=3$이므로 G+C=2, A+T=6이다. Ⅲ은 12개의 염기로 이루어지고 $\frac{A+T}{G+C}=3$이므로 G+C=3, A+T=9이다. ㉯는 ㉮와 상보적인 염기 배열이므로 ㉯에서 X에 해당하는 부분은 TTTT를, Ⅰ과 상보적인 부분은 G+C=13, A+T=3을, Ⅱ와 상보적인 부분은 G+C=2, A+T=6을, Ⅲ과 상보적인 부분은 G+C=3, A+T=9를, Y(GGGG 또는 AAAA 중 하나)와 동일한 염기, Z와 상보적인 염기를 갖는다. 그러므로 ㉯는 G+C=18, A+T=22, GGGG 또는 AAAA, Z와 상보적인 염기로 되어 있다. 한편, ㉯에서 $\frac{T}{C}=1$이고 ㉯의 모든 염기 수는 48=A+T+G+C이므로 48=A+2T+G과 같은데 A+G의 수가 짝수가 되어야만 T과 C의 값이 나온다. ㉯에서 $\frac{A}{G}=\frac{4}{3}$인데 위 내용을 만족하는 A과 G은 A=8, G=6 또는 A=16, G=12 또는 A=24, G=18이다. 각 경우에 맞는 염기 수를 구하면 다음과 같다.

	A	G	T	C
ⓐ	8	6	17	17
ⓑ	16	12	10	10
ⓒ	24	18	3	3

㉯는 G+C=18, A+T=22, GGGG 또는 AAAA, Z(X와 Y 중 하나와 같다.)와 상보적인 염기로 구성되었다고 하였으므로 이를 만족하는 경우는 ⓑ이고 이때 Y는 GGGG이고 Z는 X와 같다.

| **선택지 분석** |

㉠ ㉡이 ㉠보다 먼저 합성되었다.

➡ 복제 진행 방향이 주형 가닥의 5′ → 3′ 방향인 왼쪽이므로 ㉠과 ㉡은 지연 가닥이다. 복제 분기점에서 더 멀리 있는 ㉡이 ㉠보다 먼저 합성되었다.

✕ Y는 ~~아데닌(A)~~ 구아닌(G)으로 구성된다.

➡ Y는 GGGG이다.

✕ Z의 염기 서열은 ~~Y~~ X와 같다.

➡ X와 Z는 UUUU이다.

10 w에서 전사된 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다.

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAC	CAC	UCG	UAA	CUAA	3′
		메싸이오닌 (개시 코돈)	글리신	세린	히스티딘	히스티딘	세린	종결 코돈		

x는 w의 전사 주형 가닥에 연속된 2개의 구아닌(G)이 1회 삽입되었으므로 mRNA에는 CC이 삽입되었다. X는 서로 다른 8개의 아미노산으로 구성된다고 하였으므로 히스티딘과 히스티딘 사이에 CC이 삽입되어야 한다.

x에서 전사된 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다.(아래 CC 중 연속된 2개가 삽입된 것임)

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAC	CCC	ACU	CGU	AAC	UAA	3′
		메싸이오닌(개시 코돈)	글리신	세린	히스티딘	프롤린	트레오닌	아르지닌	아스파라진	종결 코돈	

y는 x에서 GG 대신 피리미딘 계열 염기에 속하는 동일한 2개의 염기로 바뀌었으므로 mRNA에는 AA이나 GG이 들어가고 Y는 7종류의 아미노산으로 구성된다고 하였으므로 y에서 전사된 가능성 있는 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음 4가지이다.

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAA	ACC	ACU	CGU	AAC	UAA	3′
ⓐ		메싸이오닌(개시 코돈)	글리신	세린	글루타민	트레오닌	트레오닌	아르지닌	아스파라진	종결 코돈	

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAC	GGC	ACU	CGU	AAC	UAA	3′
ⓑ		메싸이오닌(개시 코돈)	글리신	세린	히스티딘	글리신	트레오닌	아르지닌	아스파라진	종결 코돈	

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAC	AAC	ACU	CGU	AAC	UAA	3′
ⓒ		메싸이오닌(개시 코돈)	글리신	세린	히스티딘	아스파라진	트레오닌	아르지닌	아스파라진	종결 코돈	

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAC	CGG	ACU	CGU	AAC	UAA	3′
ⓓ		메싸이오닌(개시 코돈)	글리신	세린	히스티딘	아르지닌	트레오닌	아르지닌	아스파라진	종결 코돈	

z는 y의 전사 주형 가닥에서 연속된 2개의 동일한 염기가 하나는 퓨린 계열 염기로, 다른 하나는 피리미딘 계열 염기로 치환되었고 Z는 Y와 동일한 아미노산 서열을 가진다고 하였는데, 염기가 바뀌어도 동일한 아미노산을 가지기 위해서는 세 번째 염기가 바뀌는 것과 첫 번째 염기가 바뀌어도 아미노산이 같은 것을 찾아야 한다. 그중 첫 번째 염기가 바뀌어도 아미노산이 같은 것에는 류신, 세린, 아르지닌이 있으며 이 중 y에서 전사된 mRNA에서 연속된 동일 염기를 가진 것을 찾으면 ⓓ가 되므로 y에서 전사된 mRNA는 ⓓ이다.

z에서 전사된 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다.

5′	UACA	AUG	GGC	AGC	CAU	AGG	ACU	CGU	AAC	UAA	3′
		메싸이오닌(개시 코돈)	글리신	세린	히스티딘	아르지닌	트레오닌	아르지닌	아스파라진	종결 코돈	

| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~TT~~ CC이다.

➡ y는 x에서 GG 대신 피리미딘 계열 염기 중 CC으로 치환되어 삽입된 것이다.

㉡ Y에 아르지닌은 2개 있다.

➡ y에서 전사된 mRNA 염기 서열은 5′-AUG GGC AGC CAC CGG ACU CGU AAC UAA-3′이다. Y의 아미노산 배열 순서는 메싸이오닌-글리신-세린-히스티딘-아르지닌-트레오닌-아르지닌-아스파라진이다.

✗ ㉡은 5′-~~AT~~ TA-3′으로 치환되었다.

➡ mRNA 염기 서열에서 5′-CC-3′이 5′-UA-3′으로 치환되었으므로 DNA 주형 가닥은 3′-AT-5′으로 치환된 것이다.

11 x에서 전사된 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다.

5′	CA	AUG	CUA	AAG	UCU	GUG	ACU	GCU	CUU	UAA	CAU	3′
ⓐ		메싸이오닌(개시 코돈)	류신	라이신	세린	발린	트레오닌	알라닌	류신	종결 코돈		

5′	AUG	UUA	AAG	AGC	AGU	CAC	AGA	CUU	UAG	CAU	UG	3′
ⓑ	메싸이오닌(개시 코돈)	류신	라이신	세린	세린	히스티딘	아르지닌	류신	종결 코돈			

이 중 전사된 가닥은 ⓐ이다.

y는 x의 주형 가닥에서 연속된 2개의 퓨린 계열 염기가 2개의 피리미딘 계열 염기로 치환된 것이므로 mRNA에서는 연속된 2개의 C 또는 U이 A 또는 G으로 치환되었으며, 이로부터 합성되는 아미노산 서열은 X와 동일하다. 유전 암호표에서 보면 C 또는 U이 A 또는 G으로 치환되었을 때 아미노산이 동일한 것은 세린이다.

5′	CA	AUG	CUA	AAG	UCU → AGU	GUG	ACU	GCU	CUU	UAA	CAU	3′
ⓐ		메싸이오닌(개시 코돈)	류신	라이신	세린	발린	트레오닌	알라닌	류신	종결 코돈		

그러므로 y에서 전사된 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다.

5′	CA	AUG	CUA	AAG	AGU	GUG	ACU	GCU	CUU	UAA	CAU	3′
		메싸이오닌(개시 코돈)	류신	라이신	세린	발린	트레오닌	알라닌	류신	종결 코돈		

z는 x의 염기쌍 중 하나의 염기쌍이 결실되어 아미노산 서열이 메싸이오닌-류신-세린-류신으로 되려면 x에서 전사된 mRNA 염기 서열에서 하나의 염기가 결실되어 종결 코돈을 형성해야 하므로 x에서 전사된 mRNA 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같이 변경되었다.

5′	CA	AUG	CUA	AAG → AGU	UCU → CUG	UGA	CU	GCU	CUU	UAA	CAU	3′
		메싸이오닌(개시 코돈)	류신	라이신 → 세린	세린 → 류신	종결 코돈						

| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 3′-~~GA~~ AG-5′이다.

➡ x에서 전사된 mRNA 염기 서열은 5′-AUG CUA AAG UCU GUG ACU GCU CUU UAA-3′이고 y에서 전사된 mRNA 염기 서열은 5′-AUG CUA AAG AGU GUG ACU GCU CUU UAA-3′이다.

mRNA 염기 서열에서 5′-UC-3′이 5′-AG-3′으로 치환되었으므로 DNA 주형 가닥은 3′-AG-5′이 3′-TC-5′으로 치환된 것이다.

㉡ ㉡은 2개의 수소 결합을 한다.

➡ x에서 전사된 mRNA 염기 서열에서 라이신에 해당하는 5′-AAG-3′에서 A이 결실된 것이다. 따라서 ㉡은 A과 T이므로 2개의 수소 결합을 한다.

✗ Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 5′-~~UAA~~ UGA-3′이다.

➡ Z가 합성될 때 mRNA 염기 서열은 5′-AUG CUA AGU CUG UGA-3′이므로 종결 코돈은 UGA이다.

2 »» 유전자 발현 조절

01 ~ 유전자 발현 조절

콕콕! 개념 확인하기 182쪽

✓ 잠깐 확인!

1 오페론 **2** 구조 유전자 **3** 조절 유전자 **4** RNA 중합 효소 **5** 전사 인자 **6** 전사 개시 복합체 **7** 조절 부위 **8** 번역 조절

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **02** (1)–㉡ (2)–㉢ (3)–㉠
03 ㉠ 프로모터, ㉡ 전사 인자, ㉢ 조절 부위 **04** (가) 전사 후 단계, (나) 전사 전 단계, (다) 전사 단계

01 (1) 원핵생물은 여러 유전자가 하나의 프로모터에 의해 연결되어 있다.
(3) 젖당 오페론은 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자로 구성되어 있다.

03 전사 인자는 유전자의 조절 부위에 결합하여 RNA 중합 효소에 의한 전사를 조절하는 조절 단백질이다.

04 진핵생물에서는 전사 전 단계, 전사 단계, 전사 후 단계, 번역 단계, 번역 후 단계 등 유전자 발현의 전체 과정에서 조절이 일어난다.

탄탄! 내신 다지기 183쪽~185쪽

01 ② **02** ① **03** Ⅰ, Ⅲ **04** ⑤ **05** ⑤ **06** ① **07** ③
08 ② **09** ② **10** ② **11** ㉠ **12** ③

01 A는 조절 유전자, B는 작동 부위, C는 구조 유전자이다.

| 선택지 분석 |

✗ ~~A~~ 프로모터, B, C를 합한 것을 젖당 오페론이라 한다.
➡ 젖당 오페론에는 조절 유전자(A)가 포함되지 않는다.

㉡ 프로모터에는 RNA 중합 효소가 결합한다.
➡ 원핵세포의 RNA 중합 효소는 독자적으로 프로모터에 결합할 수 있다.

✗ B는 ~~작동 부위~~ A 조절 유전자로 억제 단백질의 정보가 저장되어 있다.
➡ 작동 부위는 억제 단백질이 결합하는 부위이다.

02 | 선택지 분석 |

㉮ X는 항상 발현된다.
➡ X는 조절 유전자로 항상 억제 단백질(가)이 합성된다.

② (가)는 전사를 ~~촉진~~ 억제하는 ~~전사 인자~~ 억제 단백질이다.
➡ (가)는 억제 단백질로 구조 유전자의 전사를 억제한다.

③ 위 조절 과정 결과 젖당 분해 효소가 ~~합성된다~~ 합성되지 않는다.
➡ RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 없어 전사가 일어나지 않아 젖당 분해 효소가 합성되지 않는다.

④ RNA 중합 효소는 ~~전사 인자의 도움을 받아~~ 프로모터에 결합한다.
➡ 원핵생물에서는 전사 인자의 도움 없이 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합한다.

⑤ RNA 중합 효소는 프로모터에 결합하여 ~~작동 부위와~~ 구조 유전자를 모두 전사한다.
➡ 작동 부위는 억제 단백질이 결합하는 부위이다.

더 알아보기 젖당 오페론의 작동 원리

조절 유전자의 발현 산물로 조절 유전자는 항상 발현되고 있다.

- **젖당이 없을 때:** 억제 단백질이 젖당 오페론의 작동 부위에 결합하면 RNA 중합 효소가 프로모터와 결합하지 못하므로 구조 유전자의 전사가 일어나지 않아 젖당 분해 효소가 만들어지지 않는다. 구조 유전자에 젖당 분해 효소의 유전 정보가 저장되어 있다.
- **젖당이 있을 때:** 젖당이 배지에 첨가되면 젖당 유도체가 억제 단백질과 결합하여 억제 단백질이 변형되므로 억제 단백질은 작동 부위에 결합하지 못한다. 이후 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하여 전사가 일어나 젖당 분해 효소가 합성된다.

03 억제 단백질이 작동 부위에 결합하여 구조 유전자의 전사를 방해하므로 억제 단백질을 생성하지 않거나, 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 않으면 젖당 분해 효소를 항상 합성할 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

✗ A의 조절 유전자는 ~~t_1일 때는 발현되지 못하나 t_2일 때~~ 항상는 발현된다.
➡ 야생형 대장균(A)의 조절 유전자는 항상 발현된다.

㉡ B는 조절 유전자의 발현 산물이 젖당 유도체에 결합하지 못하는 돌연변이가 일어난 것이다.
➡ B는 억제 단백질이 젖당 유도체에 결합하지 못하여 젖당 분해 효소를 합성하지 못하는 조절 유전자에만 돌연변이가 일어난 대장균이다.

㉢ A에서 생성되고 있는 젖당 분해 효소의 양은 t_2일 때가 t_3일 때보다 적다.
➡ A에서 t_2일 때보다 t_3일 때 mRNA의 양이 많은 것으로 보아 생성되고 있는 젖당 분해 효소의 양도 많다.

05 | 선택지 분석 |

✗ t_1일 때 조절 유전자는 ~~발현되지 않는다~~ 발현된다.
➡ 조절 유전자는 항상 발현된다.

㉡ t_2일 때 억제 단백질은 작동 부위에 결합하지 않는다.
➡ t_2일 때 대장균의 수가 증가하는 시기이므로 억제 단백질이 작동 부위에 결합되지 않는다.

㉢ t_1일 때보다 t_2일 때 구조 유전자의 전사가 더 활발하다.
➡ t_2는 대장균의 수가 증가하는 시기이므로 구조 유전자의 전사가 활발하게 일어난다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ. t_1일 때 대장균은 포도당을 주된 에너지원으로 이용한다.
➡ 대장균은 젖당보다 포도당을 먼저 사용한다.

ㄴ. t_2일 때 대장균의 조절 유전자는 ~~발현되지 않는다~~ 발현된다.
➡ 조절 유전자는 항상 발현된다.

ㄷ. ~~t_2~~ t_1일 때보다 ~~t_1~~ t_2일 때 (나)와 같은 상태의 대장균이 더 많이 존재한다.
➡ (나)는 젖당 분해 효소를 합성하는 중이므로 t_1일 때보다 t_2일 때 (나)와 같은 상태가 더 많다.

07 (가)는 전사 전 단계, (나)는 전사 단계, (다)는 전사 후 단계, (라)는 번역 단계, (마)는 번역 후 단계이다.

| 선택지 분석 |

① ~~(가)~~ (라): mRNA의 분해 속도를 조절한다.
② ~~(나)~~ (가): 염색질의 응축된 구조를 조절한다.
③ (다): RNA 가공을 통해 조절한다.
➡ RNA 가공은 처음 만들어진 RNA의 인트론을 제거하고 엑손만 남겨 성숙한 mRNA를 만드는 과정이다.
④ ~~(라)~~ (마): 폴리펩타이드의 변형을 통해 조절한다.
⑤ ~~(마)~~ (나): 전사 인자를 이용하여 조절한다.

08 (가)는 원핵세포, (나)는 진핵세포에서 일어나는 유전자 발현의 조절 과정이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. ~~(가)와~~ (나)는 모두 핵 안에서 일어난다.
➡ (가)는 원핵세포의 세포질, (나)는 진핵세포의 핵에서 일어난다.

ㄴ. (가) 과정이 일어나는 세포에는 오페론이 있다.
➡ 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자가 모여 오페론을 구성한다.

ㄷ. (나)의 전사 인자는 ㉠과 ㉡~~이 발현되어 합성된 것이다~~ 에 결합한다.
➡ ㉠과 ㉡은 전사 인자가 결합하는 부위로 단백질 합성에 관한 유전 정보가 없다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ. (가)는 ~~원거리 조절 부위~~ 프로모터이다.
➡ 원거리 조절 부위는 ㉠이다. (가)는 전사 개시 복합체(RNA 중합 효소+전사 인자)가 결합하는 부분이므로 프로모터이다.

ㄴ. ㉠은 전사 조절에 관여하는 DNA 부분이다.
➡ ㉠은 원거리 조절 부위로 전사 인자가 결합하는 DNA 특정 부위이다.

ㄷ. ~~A~~ 원핵세포에서는 전사와 번역이 동시에 일어난다.
➡ A는 진핵세포이며 전사와 번역이 동시에 일어나는 것은 원핵세포이다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 ~~번역~~ 전사 단계에서 유전자 발현을 조절한다.
➡ 전사 인자는 전사 단계에서 전사 개시 여부와 전사 속도에 영향을 미친다.

ㄴ. ㉡은 프로모터에서 멀리 떨어져 있지만 ㉠이 붙으면 DNA가 구부러져 프로모터에 접근하게 된다.
➡ ㉡은 전사 인자가 결합하는 DNA 특정 부위이다.

ㄷ. ~~㉠과 ㉡~~은 모두 유전자 발현으로 만들어진 단백질이다.
➡ ㉠은 단백질이고, ㉡은 DNA의 특정 부위이다.

11 ㉠은 전사 단계, ㉡은 전사 후 단계(RNA 가공), ㉢은 번역 단계이다. (나)는 전사 개시 과정이므로 ㉠에서 진행된다.

12 ㉮만 있는 세포에서는 z만 전사되므로 ㉮의 결합 부위는 y에는 없고 z에만 있는 C이다. ㉯와 ㉮만 있을 때 돌연변이 Ⅱ에서 z만 전사되었으므로 x와 y의 발현에 필요한 조절 부위인 A가 결실된 것이며 ㉯의 결합 부위는 A임을 알 수 있다. 따라서 나머지 ㉭의 결합 부위는 B이다. 돌연변이 Ⅰ에서 y와 z가 전사되었으므로 y와 z에 모두 있는 B가 결실된 것이며, 따라서 나머지 Ⅲ은 C가 결실된 것이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ. ㉭의 결합 부위는 ~~C~~ B이다.
➡ ㉮의 결합 부위가 C이다.

ㄴ. ㉠은 '~~×~~ ○', ㉡은 '~~○~~ ×'이다.
➡ Ⅰ은 B가 결실된 것이므로 x는 전사되며, Ⅲ은 C가 결실된 것이므로는 z는 전사될 수 없다.

ㄷ. Ⅰ은 B, Ⅲ은 C가 각각 결실된 것이다.
➡ ㉯와 ㉮만 있을 때 Ⅱ에서는 y는 발현되지 않고 z만 발현되므로 A가 없고, Ⅲ에서는 x는 발현되지 않고 y만 발현되므로 C가 없으며, Ⅰ은 B가 없다.

도전! 실력 올리기

186쪽~187쪽

01 ② **02** ② **03** ① **04** ② **05** ③

06 Ⅰ: 프로모터가 결실된 대장균, Ⅱ: 야생형 대장균, Ⅲ: 조절 유전자가 결실된 대장균, ㉠ 포도당은 없고 젖당이 있는 배지, ㉡ 포도당과 젖당이 모두 없는 배지

07 | 모범 답안 | 간세포와 이자 세포에서 발현된 전사 인자의 종류와 조합이 서로 다르기 때문이다.

01 A는 조절 유전자, B는 프로모터, C는 구조 유전자이다.

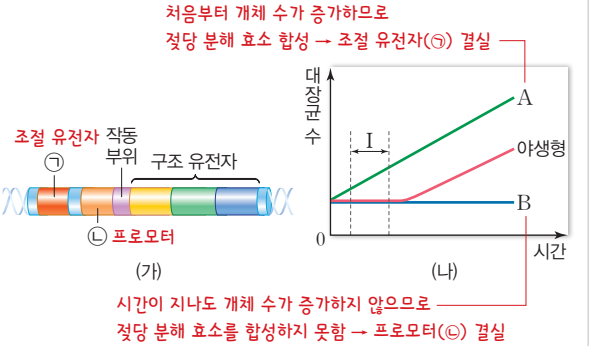
| 선택지 분석 |

ㄱ. A는 ~~젖당이 있을 때만~~ 항상 발현된다.
➡ 조절 유전자는 젖당 유무에 상관없이 항상 발현된다.

ㄴ. 젖당이 없을 때 RNA 중합 효소는 B에 결합할 수 없다.
➡ 젖당이 없으면 억제 단백질이 작동 부위에 결합하기 때문에 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 없다.

ㄷ. C가 발현되어 단백질이 합성되는 경우는 젖당이 ~~없을 때~~ 있을 때이다.
➡ 젖당이 있으면 억제 단백질이 젖당 유도체와 결합하여 작동 부위에 결합하지 못하므로 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하여 구조 유전자가 발현된다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ A는 ㉡, B는 ㉠이 결실된 대장균이다.
㉠ ㉡
➡ A는 조절 유전자(㉠)가 결실된 대장균, B는 프로모터(㉡)가 결실된 대장균이다.

㉡ 구간 Ⅰ에서 A는 구조 유전자가 발현된다.
➡ A는 조절 유전자가 결실되어 억제 단백질을 합성하지 못하므로 구조 유전자가 항상 발현된다.

✗ B는 ㉠이 발현되어 합성된 단백질이 작동 부위에 ~~결합한다~~ 결합하지 않는다.
➡ B는 프로모터가 결실되었고 조절 유전자는 정상이므로 조절 유전자에서 발현된 억제 단백질이 젖당 유도체와 결합하므로 작동 부위에는 결합하지 못한다.

03 Ⅰ은 조절 유전자, Ⅱ는 작동 부위, Ⅲ은 구조 유전자가 결실된 것이다.

| 선택지 분석 |

㉠ Ⅰ은 항상 억제 단백질을 합성하지 못한다.
➡ Ⅰ은 조절 유전자가 결실되었으므로 억제 단백질을 합성할 수 없다.

✗ Ⅱ는 젖당이 있어도 젖당 분해 효소를 ~~합성하지 못한다~~ 합성한다.
➡ Ⅱ는 작동 부위가 결실되었으므로 RNA 합성 효소가 프로모터에 결합하여 항상 젖당 분해 효소를 합성한다.

✗ ~~ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'~~이다.
ⓐ는 '○', ⓑ는 '×'
➡ Ⅲ은 구조 유전자가 결실된 것으로 억제 단백질이 항상 합성되므로 억제 단백질과 젖당 유도체의 결합은 일어난다.

04 | 선택지 분석 |

✗ a, b, c는 ~~A, B, C가 발현되어 합성된 것이다~~ 전사 인자이다.
➡ A, B, C는 조절 부위로 단백질 합성에 관한 정보를 갖고 있지 않고 전사 인자가 결합하는 DNA 부분이다.

㉡ 사람의 근육 세포에도 A, B, C가 존재한다.
➡ 세포가 분화되어도 유전자는 변하지 않고 모두 존재한다.

✗ a, b, c는 RNA 중합 효소가 ~~조절 부위~~ 프로모터에 결합하는 것을 돕는다.
➡ 원핵세포의 RNA 중합 효소는 단독으로 프로모터에 결합할 수 있으나, 진핵세포의 RNA 중합 효소는 전사 인자의 도움을 받아야 프로모터에 결합할 수 있다.

05 Ⅱ에서 ㉡만 발현되는데 y의 전사가 촉진되므로 ㉡은 C에 결합하며, 나머지 ㉢은 B에 결합한다. Ⅰ에서 x의 전사가 촉진되므로 ㉠과 ㉡이 발현되어 있으며, Ⅲ에서만 w의 전사가 일어나므로 Ⅲ에서 ㉠과 ㉢이 발현되어 있다.

| 선택지 분석 |

✗ Ⅰ에서 ~~w~~, x, y, z 모두 전사가 촉진된다.
➡ Ⅰ은 ㉠과 ㉡이 발현되어 있으므로 x, y, z의 전사만 촉진된다.

✗ Ⅱ와 Ⅲ에서 전사가 촉진되는 유전자 수는 같다.
➡ Ⅱ는 ㉡만 발현되어 있으므로 y와 z 2개의 유전자만 전사가 촉진되며, Ⅲ은 ㉠, ㉢이 발현되어 있으므로 w, y, z 3개의 유전자 전사가 촉진된다.

㉢ Ⅰ~Ⅲ 모두에서 전사가 촉진되는 유전자는 2개이다.
➡ Ⅰ~Ⅲ 모두에서 전사가 촉진되는 유전자는 y와 z이다.

06 Ⅲ은 억제 단백질을 생성하지 않으므로 조절 유전자가 결실된 대장균이며, Ⅱ는 ㉠에서 구조 유전자를 발현하므로 Ⅱ는 야생형 대장균이고 ㉠은 포도당은 없고 젖당이 있는 배지이다. 따라서 나머지 Ⅰ은 프로모터가 결실된 대장균이며, ㉡은 포도당과 젖당이 모두 없는 배지이다.

07 진핵세포에서는 전사 인자의 조합에 따라 유전자 발현이 달라진다.

채점 기준	배점
전사 인자를 언급하며 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
전사 인자를 언급하였으나 서술이 미흡한 경우	40 %

02 세포 분화와 발생

콕콕! 개념 확인하기 190쪽

✓ 잠깐 확인!
1 세포 분화 **2** 결정 **3** 핵심 조절 유전자 **4** 마이오디
5 마이오디 단백질 **6** 혹스 유전자 **7** 체절

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ **02** (1)-㉠ (2)-㉢ (3)-㉡
03 ㉠ 체절, ㉡ 기관 **04** 혹스 유전자

01 (1) 다세포 진핵생물은 하나의 수정란에서 유래된 다양한 세포들로 구성되어 있다.
(3) 분화된 세포마다 서로 다른 단백질을 생성하는 이유는 서로 다른 종류의 유전자를 선택적으로 발현시켰기 때문이다.

04 혹스 유전자는 정확한 위치에 적합한 기관이 형성되도록 유도하는 핵심 조절 유전자이다.

탄탄! 내신 다지기

191쪽~193쪽

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

01 | 선택지 분석 |

① 분화된 세포들은 서로 다른 단백질을 생성한다.
➡ 분화된 세포마다 고유한 기능을 수행하는 데 필요한 단백질을 합성한다.

② 세포 분화는 구조와 기능이 특수화된 세포가 만들어지는 과정이다.
➡ 분화 과정을 통해 고유한 기능을 수행하는 세포가 만들어진다.

③ 분화된 세포들은 서로 다른 종류의 유전자를 선택적으로 발현시킨다.
➡ 분화된 세포들마다 고유의 역할을 수행하기 위해 필요한 유전자를 선택적으로 발현시킨다.

④ 핵심 조절 유전자는 세포의 발생 운명을 결정하는 상위 단계의 조절 유전자이다.
➡ 핵심 조절 유전자가 발현되면 세포의 운명이 결정되어진다.

⑤ 분화가 진행되면서 세포의 유전자는 변화가 없으나 유전체 구성은 ~~변한다~~ 변하지 않는다.
➡ 세포가 분화되더라도 유전체 구성은 변하지 않는다.

02 | 선택지 분석 |

✗ 전구 세포는 발생 운명이 ~~결정된~~ 결정되지 않은 세포이다.
➡ 전구 세포는 아직 발생 운명이 결정되지 않은 세포이다.

✗ H 세포의 핵심 조절 유전자는 전사 인자 ~~③~~ ①을 합성한다.
➡ 핵심 조절 유전자는 세포 분화 과정에서 가장 상위의 조절 유전자이므로 H 세포의 핵심 조절 유전자는 전사 인자 ①을 합성한다. 이 전사 인자에 의해 다른 조절 유전자가 발현되는 과정이 연속적으로 일어난다.

㉢ 다양한 전사 인자의 조합으로 세포의 분화가 진행된다.
➡ 전사 인자의 조합에 따라 발현되는 유전자가 달라지면서 세포의 분화가 이루어진다.

03 분화된 소장 세포에 존재하는 유전체는 수정란에 있는 유전체와 동일하므로 소장 세포의 핵을 무핵 난자에 이식하였을 때 올챙이로 발생한 것이다. 즉, 분화 과정에서 유전자는 변하지 않는다는 것을 알 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ 마이오디($MyoD$) 유전자의 발현으로 만들어진 마이오디(MyoD) 단백질은 전사 인자이다.
➡ 마이오디(MyoD) 단백질은 다른 유전자의 발현을 조절하므로 전사 인자이다.

✗ 1단계의 마이오디($MyoD$) 유전자만 발현된 세포의 경우 다른 세포로도 분화가 ~~가능~~ 불가능하다.
➡ 마이오디($MyoD$) 유전자는 핵심 조절 유전자이므로 이미 발현된 경우 다른 세포로의 분화는 불가능하다.

✗ 피부 세포로 분화가 진행 중인 세포에서 액틴과 마이오신 유전자를 인위적으로 발현하도록 조절하면 근육 세포로 분화시킬 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 피부 세포로 분화되기 위한 핵심 조절 유전자가 발현되었으므로 다른 세포로 분화되지 않는다.

05 핵심 조절 유전자는 세포의 발생 운명을 결정하는 상위 단계의 조절 유전자이다. 근육 세포는 핵심 조절 유전자인 마이오디 유전자가 발현되면서 발생 운명이 결정된다.

06 | 선택지 분석 |

✗ x를 갖는 세포는 모두 근육 세포가 ~~된다~~ 되는 것은 아니다.
➡ x가 발현되어야 근육 세포가 된다.

㉡ 핵심 조절 유전자는 x이다.
➡ x의 발현으로 다른 유전자의 발현이 순차적으로 일어나 근육 세포의 특성을 나타내는 단백질을 합성하므로 x는 핵심 조절 유전자이다.

✗ 마이오신과 액틴은 근육 세포의 ~~분화를 유도하는 또 다른 전사 인자이다~~ 구성 성분이다.
➡ 마이오신과 액틴은 근육의 수축과 이완을 담당하는 근육 세포의 구성 성분이다.

07 | 선택지 분석 |

✗ 세포가 분화되면 유전체는 ~~변한다~~ 변하지 않는다.
➡ 세포가 분화되어도 유전체는 변하지 않는다.

㉡ ㉠에서 이자 세포로의 분화를 유도하는 핵심 조절 유전자가 발현되었다.
➡ 수정란은 미분화된 세포이고 이자 세포는 분화가 끝난 세포이므로 ㉠에서 운명을 결정하는 핵심 조절 유전자가 발현되었다.

✗ 항체 유전자, 인슐린 유전자, 케라틴 유전자의 전사 인자는 모두 ~~동일하다~~ 다르다.
➡ 서로 다른 유전자이므로 각각의 유전자마다 발현되기 위해 필요한 전사 인자의 종류와 조합이 다르다.

08 | 선택지 분석 |

✗ Y는 ~~x의 전사~~ 마이오신 발현를 촉진하는 전사 인자이다.
➡ x는 핵심 조절 유전자이며, X는 y의 전사를 촉진하는 전사 인자이다.

✗ ㉢에는 y와 마이오신을 암호화하는 유전자는 ~~존재하지 않는다~~ 존재한다.
➡ ㉢에는 모든 유전자가 존재한다.

㉢ X와 Y는 DNA의 조절 부위에 결합한다.
➡ X와 Y는 전사 인자이므로 DNA의 조절 부위에 결합한다.

09 | 선택지 분석 |

㉠ 초파리의 ey 유전자의 발현 산물은 다른 유전자의 발현을 촉진한다.
➡ ey 유전자의 발현 산물은 전사 인자이므로 다른 유전자의 발현을 촉진한다.

✕ 초파리의 다리에는 겹눈 형성에 필요한 유전자가 ~~없다~~ 있다.
➡ 초파리의 다리를 구성하는 세포에는 수정란에서 유래한 유전체가 존재한다.

ㄷ pax6은 생쥐뿐만 아니라 초파리에서도 전사 인자로 작용한다.
➡ 생쥐의 pax6은 초파리의 다리에 겹눈 구조가 형성되게 하므로 초파리에서도 전사 인자로 작용한다.

10 | 선택지 분석 |

① 혹스 유전자의 발현 물질은 전사 인자이다.
➡ 혹스 유전자의 발현으로 다른 유전자의 발현이 일어난다.

② 특정 유전자의 발현을 조절하는 핵심 조절 유전자이다.
➡ 혹스 유전자의 발현으로 기관이 형성된다.

③ 초기 배아에서 발현되는 혹스 유전자는 체절에 따라 다르다.
➡ 체절에 따라 다른 혹스 유전자가 발현됨으로써 서로 다른 기관이 형성된다.

④ 혹스 유전자는 모두 호미오 박스라는 염기 서열을 가진다.
➡ 혹스 유전자는 호미오 박스라고 하는 특정 염기 서열을 공통으로 가진다.

✓ ⑤ 동물의 경우 종이 다르면 각각에 존재하는 혹스 유전자의 염기 서열이 ~~모두 다르다~~ 유사하다.
➡ 여러 동물 종의 혹스 유전자는 염기 서열이 유사하다.

더 알아보기 혹스 유전자
- 혹스 유전자는 각 체절마다 기관이 형성되도록 유도하는 핵심 조절 유전자이며, 호미오 박스라는 공통적인 염기 서열을 가진다.
- 초기 배아에서 발현되는 혹스 유전자가 체절에 따라 다르므로 각 체절에 서로 다른 구조가 형성된다.
- 혹스 유전자는 대부분의 동물에게 존재하며, 종과 상관없이 유사한 방식으로 기관 형성에 영향을 미친다.

11 혹스 유전자는 각 체절마다 기관이 형성되도록 유도하는 핵심 조절 유전자이다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ 초파리 배아의 부위에 따라 서로 다른 혹스 유전자가 발현된다.
➡ 체절에 따라 다른 혹스 유전자가 발현되어 부위에 따라 적절한 기관이 형성된다.

ㄴ 혹스 유전자의 발현에 따라 각 위치에 알맞은 기관의 형성이 조절된다.
➡ 혹스 유전자는 각 체절마다 기관이 형성되도록 유도하는 핵심 조절 유전자이다.

✕ 초파리 세포에 존재하는 혹스 유전자의 종류는 기관을 형성하는 세포에 따라 다르다.
➡ 세포에 존재하는 유전자는 동일하지만 다르게 발현됨으로써 다른 기관이 형성되는 것이다.

도전! 실력 올리기

194쪽~195쪽

01 ② **02** ④ **03** ④ **04** ② **05** ⑤

06 A, 마이오디 유전자

07 | 모범 답안 | 다양한 생물이 공통 조상으로부터 진화하였음을 의미한다.

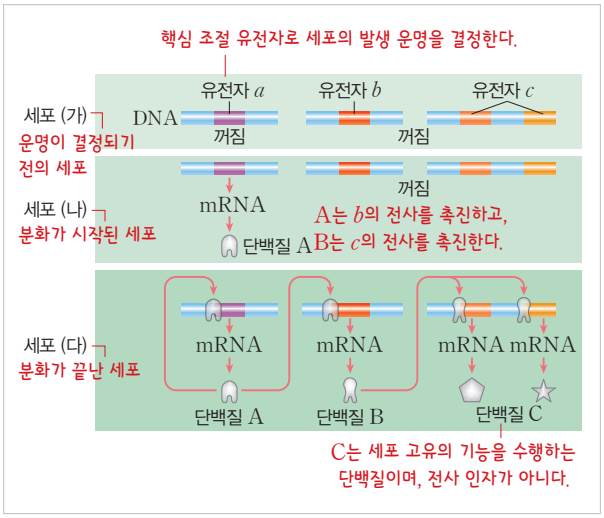
01 | 선택지 분석 |

✕ 연골 세포, 근육 모세포, 지방 세포에 분포하는 유전자는 모두 ~~다르다~~ 동일하다.

ㄴ A~C의 주성분은 모두 아미노산의 펩타이드 결합으로 이루어진 물질이다.
➡ 전사 인자는 아미노산의 펩타이드 결합으로 이루어진 단백질이다.

✕ A~C에 의한 유전자 발현 조절은 모두 ~~전사 후 단계~~ 전사 단계에서 일어난다.
➡ 전사 단계 조절은 다양한 조절 단백질인 전사 인자로 유전자 발현을 조절하는 것이다. A~C에 의한 유전자 발현 조절은 모두 전사 단계에서 일어난다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ A와 B는 전사 인자이다.
➡ A는 b의 전사를 촉진하고, B는 c의 전사를 촉진하는 전사 인자이다.

ㄴ 핵심 조절 유전자는 a이다.
➡ a가 발현됨으로써 세포의 운명이 결정되므로 a는 핵심 조절 유전자이다.

✕ (가)와 (나)는 발생 운명이 ~~결정된~~ 결정되기 전 상태이다.
➡ (가)는 핵심 조절 유전자가 발현되지 않아 세포의 발생 운명이 결정되기 전의 상태이다. (나)는 핵심 조절 유전자가 발현되어 전사 인자인 단백질 A가 합성되었으므로 발생 운명이 결정된 상태로 분화가 시작되는 세포이다. (다)는 세포 고유의 기능을 수행하는 단백질 C가 합성되므로 분화가 끝난 세포이다.

03 | 선택지 분석 |

ㄱ. X에는 b와 c가 존재한다.
➡ X는 ㉡만 발현되었으므로 b와 c가 각각 B와 C에 결합할 때 ㉡의 전사가 일어난다.

✗ Y에는 ~~d를 암호화하는 유전자만~~ 모든 유전자가 존재한다.
➡ Y에는 d를 암호화하는 유전자뿐만 아니라 다른 유전자도 모두 존재한다.

ㄷ. P가 Z로 분화되기 위해 a가 필요하다.
➡ P가 Z로 분화되기 위해서는 ㉡과 ㉢이 모두 발현되어야 하며, ㉡이 발현되기 위해서는 전사 인자 b를 암호화하는 ㉠이 발현되어야 하므로 a가 필요하다.

04 표는 각 기관 발생 시에 합성된 전사 인자를 나타낸 것이다.

기관	합성된 전사 인자
암술, 수술	B, C
암술, 꽃받침	A, C
꽃잎, 꽃받침	A, B

암술은 C, 꽃받침은 A, 수술은 B와 C, 꽃잎은 A와 B가 있어야 분화될 수 있다.

| 선택지 분석 |

✗ A와 B는 전사 촉진 인자, C는 전사 ~~억제~~ 촉진 인자이다.
➡ A, B, C 모두 전사 촉진 인자이다.

ㄴ. a와 b는 모두 발현되지 않고 c만 발현되면 (가)에서는 x가 발현된다.
➡ a와 c, b와 c가 발현되었을 때 모두 암술이 형성되는 것으로 보아 c만 발현되면 암술 형성에 필요한 유전자인 x가 발현된다.

✗ 꽃받침이 형성되려면 b를 발현시키면 된다.
a
➡ 합성된 전사 인자가 A, C일 때 암술, 꽃받침이 형성되고 A, B일 때 꽃잎, 꽃받침이 형성되므로 꽃받침 형성에 필요한 전사 인자는 A임을 알 수 있다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 머리와 다리를 구성하는 세포에 존재하는 혹스 유전자가 ~~다르다~~ 같다.
➡ 초파리의 머리와 다리를 구성하는 세포는 모두 유전자의 구성이 동일하다.

ㄴ. A~H는 모두 호미오 박스를 가진다.
➡ 혹스 유전자는 공통적인 염기 서열인 호미오 박스를 가진다.

ㄷ. A~H는 기관 형성에 중요한 역할을 한다.
➡ 혹스 유전자는 각 체절의 정확한 위치에 적합한 기관이 형성되도록 유도한다.

06 핵심 조절 유전자는 세포의 발생 운명을 결정하는 상위 단계의 조절 유전자이다. 배아 전구 세포에서 근육 모세포로의 결정은 마이오디 유전자가 발현됨으로써 일어난다.

07 호미오 유전자는 호미오 박스를 가진 유전자로 대부분의 동물에 존재하며, 종과 상관없이 유사한 방식으로 기관 형성에 영향을 미친다.

채점 기준	배점
공통 조상을 언급하며 의미를 옳게 서술한 경우	100 %
공통 조상을 언급하였으나 서술이 미흡한 경우	40 %

실전! 수능 도전하기

197쪽~199쪽

01 ④ **02** ② **03** ⑤ **04** ③ **05** ① **06** ⑤ **07** ④ **08** ⑤ **09** ②

01 A는 조절 유전자의 결실, B는 프로모터의 결실, C는 작동 부위의 결실이 일어난 돌연변이이다.

| 선택지 분석 |

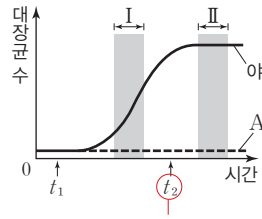
ㄱ. A는 ㉠에서 구조 유전자를 발현한다.
➡ A는 조절 유전자가 결실되어 억제 단백질을 합성하지 못하므로 젖당 유무에 상관없이 항상 구조 유전자가 발현된다.

ㄴ. B와 C는 모두 젖당 오페론에 돌연변이가 일어났다.
➡ 젖당 오페론에는 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자가 포함되므로 B와 C는 모두 젖당 오페론에 돌연변이가 일어난 것이다.

✗ ㉠에서 B는 RNA 중합 효소가 전사를 개시한다.
➡ B는 프로모터가 결실되었으므로 ㉠에서 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합을 할 수 없으므로 전사를 개시하지 못한다.

02 | 자료 분석 |

- 프로모터가 결실된 돌연변이: RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 없어 구조 유전자가 전사될 수 없으므로 젖당 분해 효소가 합성되지 않음
- 작동 부위가 결실된 돌연변이: 억제 단백질이 작동 부위에 결합할 수 없어 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 있으므로 구조 유전자가 전사되어 젖당 분해 효소가 합성됨



젖당이 있어도 대장균 수가 증가하지 않으므로 젖당 분해 효소를 합성하지 못함을 알 수 있다 → A는 프로모터가 결실된 돌연변이이다.

야생형 대장균은 젖당 분해 효소를 합성하여 젖당을 분해하므로 대장균 수가 증가하나 젖당이 고갈된 t_2 이후에는 더 이상 증가하지 않는다.

| 선택지 분석 |

✗ A는 ~~작동 부위~~ 프로모터가 결실된 돌연변이이다.
➡ A는 젖당 배지에서 대장균 수가 증가하지 않으므로 젖당 분해 효소를 합성하지 못함을 알 수 있다. 따라서 A는 프로모터가 결실된 돌연변이이다.

ㄴ. t_1일 때 A에서 억제 단백질은 작동 부위에 결합하고 있지 않다.
➡ A의 조절 유전자에서 합성된 억제 단백질은 젖당 유도체와 결합하므로 작동 부위에 결합하지 않는다.

✗ 야생형 대장균에서 구조 유전자로부터 전사되는 mRNA 양은 구간 Ⅱ에서가 구간 Ⅰ에서보다 ~~많다~~ 적다.

➡ 야생형 대장균의 개체 수 증가량은 구간 Ⅱ에서가 구간 Ⅰ에서보다 적으므로 구조 유전자로부터 전사되는 mRNA 양은 구간 Ⅱ에서가 구간 Ⅰ에서보다 적다.

03 ㉠은 억제 단백질과 젖당(젖당 유도체)의 결합, ㉡은 억제 단백질과 작동 부위의 결합, ㉢은 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합, Ⅰ은 작동 부위가 결실된 돌연변이, Ⅱ는 조절 유전자가 결실된 돌연변이, Ⅲ은 프로모터가 결실된 돌연변이이다.

| 선택지 분석 |

✗ ~~Ⅰ~~ Ⅱ은 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이이다.

➡ Ⅰ은 억제 단백질과 젖당(젖당 유도체)의 결합이 일어났으므로 억제 단백질을 합성하는 조절 유전자가 결실되지 않았다.

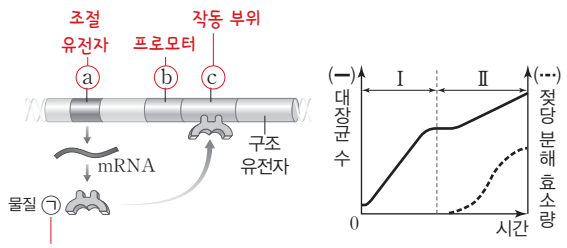
㉡ ㉠은 '억제 단백질과 젖당(젖당 유도체)의 결합'이다.

➡ ㉡은 야생형의 경우 결합이 일어나지 않는 것이므로 억제 단백질과 작동 부위의 결합이고, ㉢은 효소를 생성하는 모든 대장균에서 결합한다고 하였으므로 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이므로 나머지 하나인 억제 단백질과 젖당(젖당 유도체)의 결합은 ㉠에 해당한다.

㉢ ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이다.

➡ 조절 유전자가 결실된 돌연변이는 억제 단백질을 합성할 수 없으므로 억제 단백질과 작동 부위의 결합이 일어나지 않아 ⓐ는 '×'이고, 프로모터가 결실된 돌연변이는 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나지 않아 ⓑ는 '×'이다.

04 | 자료 분석 |



억제 단백질로 조절 유전자 a의 발현으로 합성되며, 억제 단백질이 작동 부위에 결합하면 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 없어 구조 유전자를 전사할 수 없다.

Ⅰ 시기에는 젖당 분해 효소가 없지만 Ⅱ 시기에는 젖당 분해 효소의 양이 증가하므로 젖당이 있는 시기는 Ⅱ이다.

| 선택지 분석 |

㉠ Ⅰ에서 ㉠은 c에 결합한다.

➡ Ⅰ에는 젖당이 없으므로 억제 단백질은 작동 부위에 결합한다.

✗ 젖당 오페론에 a, b, c가 모두 포함된다.

➡ 젖당 오페론에는 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자만 포함된다. 조절 유전자인 a는 포함되지 않는다.

㉢ Ⅱ에서 RNA 중합 효소가 b에 결합한다.

➡ Ⅱ에는 젖당이 있어 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 못하므로 RNA 중합 효소가 프로모터(b)에 결합한다.

05 | 자료 분석 |



억제한 유전자 \ 돌연변이 세포	결실 부위 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
없음	㉠	–	X
a	–	?	㉡
c	Y	–	–
a, *b*	?	–	–

(–: 합성 안 됨)

Ⅰ이 결실된 세포에서 *c*를 억제하여 전사 인자 A와 B만 있는 경우 Y가 합성되었으므로 A와 B는 Ⅱ 또는 Ⅲ에 결합한다. 그러므로 C는 Ⅰ에 결합한다.

Ⅲ이 결실된 세포에서 *a*를 억제하여 전사 인자 B와 C만 있는 경우 X를 합성하지 못하므로 B는 Ⅲ에 결합한다는 것을 알 수 있다. 따라서 A는 Ⅱ에 결합한다.

| 선택지 분석 |

㉠ ㉠은 Y이다.

➡ Ⅰ이 결실되고 전사 인자는 모두 다 있으므로 Y만 합성된다.

✗ Ⅰ에 결합하는 전사 인자는 ~~B~~ C이다.

➡ A는 Ⅱ에, B는 Ⅲ에, C는 Ⅰ에 각각 결합한다.

✗ 정상 세포에서 *a*의 발현을 억제할 경우 Y는 ~~합성된다.~~ 합성되지 않는다.

➡ A는 *x*와 *y*의 발현에 모두 필요한 전사 인자이므로 *a*를 억제하면 X, Y 모두 합성되지 않는다.

06 ㉠은 A에, ㉡은 B에, ㉢은 C에, ㉣은 D에 결합하여 전사를 조절하는 전사 인자이다.

| 선택지 분석 |

㉠ Ⅰ에서는 ㉢이 발현되지 않는다.

➡ Ⅰ에서는 ㉡이 발현되지 않고 X~Z 중 2가지만 발현되므로 ㉠과 ㉣이 발현되어야 한다.

㉡ Ⅲ에서는 ㉡이 발현된다.

➡ Ⅲ에서는 ㉠이 발현되지 않고 X와 Z가 발현되므로 ㉡이 발현되었음을 알 수 있다.

㉢ ㉣의 결합 부위는 D이다.

➡ Ⅱ에서는 ㉢만 발현되어 Z만 발현되므로 ㉢은 C에 결합하고, ㉣은 D에 결합함을 알 수 있다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ ⓐ는 전사 주형 가닥의 3′ 말단이다.

➡ mRNA 합성은 5′ → 3′ 방향으로 일어나고 DNA 주형 가닥과 mRNA는 방향이 반대이므로 ⓐ는 3′ 말단이다.

✗ ㉠은 ~~엑손~~ 인트론이다.

➡ RNA 가공 후에도 남아 있는 부위를 엑손이라 하고 RNA 가공 과정에서 잘려 나가는 부위를 인트론이라 한다.

ㄷ (가) 과정에는 전사 인자가, (나) 과정에는 tRNA가 관여한다.

➡ (가)는 전사 과정, (나)는 번역 과정이다. 전사 인자는 전사를 촉진하거나 억제하고, 번역 과정에서는 tRNA가 아미노산을 리보솜으로 운반하는 일을 한다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠에서는 조직 Ⅱ로부터 수술이 분화된다.

➡ ㉠에서는 조직 Ⅱ에서 *b*와 *c*가 발현되므로 수술로 분화된다.

✗ 정상 개체의 경우 조직 Ⅲ에는 ~~A, B, C~~ B, C가 모두 존재한다.

➡ 정상 개체의 경우 조직 Ⅲ에는 발현되는 유전자가 *b*, *c*이므로 이것이 발현되어 B, C가 존재한다.

ㄷ 조직 Ⅰ과 Ⅳ의 세포에 *b*가 있다.

➡ 조직 Ⅰ과 Ⅳ의 세포에는 모든 유전자가 있으며, 발현되는 유전자의 종류에 따라 분화되는 조직이 달라진다.

09 | 자료 분석 |

구조가 발현될 때 필요한 유전자는 다음과 같다.

구분	필요한 유전자		
	a	*b*	*c*
꽃받침	○	×	×
꽃잎	○	○	×
수술	×	○	○
암술	×	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

구분	꽃에서 형성된 구조			
	꽃받침	꽃잎	수술	암술
(가)	○	○	×	×
(나)	○	×	×	○
(다)	×	×	○	○
(라)	○	×	㉠ ×	×

(○: 있음, ×: 없음)

(가): 꽃받침과 꽃잎이 있으므로 *a*와 *b*는 발현되었음 ➡ *c* 결실

(나): 꽃받침과 암술이 있으므로 *a*와 *c*는 발현되었음 ➡ *b* 결실

(다): 수술과 암술이 있으므로 *b*와 *c*는 발현되었음 ➡ *a* 결실

(라): 꽃잎과 암술이 없고 꽃받침은 있으므로 *a*는 발현되었음 ➡ *b*와 *c*가 결실되었음 ➡ *b*가 결실되었으므로 수술은 형성될 수 없음

| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 '~~ㅇ~~ ×'이다.

➡ (라)는 *b*와 *c*가 결실된 것이므로 수술이 형성되지 않는다.

✗ (나)에서는 ~~*a*~~ *b*가 결실되었다.

➡ (나)에서 꽃받침과 암술은 형성되었으므로 *a*와 *c*는 있으며, 꽃잎과 수술이 형성되지 않았으므로 *a*, *b*, *c* 중 *b*가 결실된 것이다.

ㄷ 야생형의 꽃받침 세포에는 *b*와 *c*가 모두 있다.

➡ 야생형의 꽃받침 세포에는 모든 유전자가 있다.

한번에 끝내는 대단원 문제 202쪽~205쪽

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

12 모범 답안 | (가)는 선도 가닥, (나)는 지연 가닥이다. DNA 합성은 항상 5′ → 3′ 방향으로 일어나는데, (가)는 DNA가 풀리는 방향을 따라 연속적인 합성을 할 수 있지만 (나)는 DNA의 일정 부분이 풀려야 5′ → 3′ 방향으로 불연속적인 합성을 할 수 있기 때문이다.

13 (1) | **모범 답안** | ㉠은 ^{14}N, ㉡은 ^{15}N이다. DNA는 반보존적으로 복제되므로 G_2의 하층($^{15}N-^{15}N$) DNA 중 한 가닥은 G_1의 DNA에서 온 것이고 나머지 한 가닥은 새로 합성된 것이다. 따라서 G_2는 ^{15}N가 있는 배지에서 배양된 것이고 ㉡은 ^{15}N이다.

(2) 0 : 1 : 3

14 | **모범 답안** | (가)에서는 억제 단백질이 작동 부위에 결합하여 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합할 수 없어 구조 유전자가 전사되지 않으며, (나)에서는 억제 단백질이 젖당 유도체와 결합하여 작동 부위에 결합하지 않으므로 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하여 구조 유전자가 전사된다.

15 | **모범 답안** | ㉠은 조절 부위로 전사 인자가 결합하는 DNA의 특정 부위이다. ㉡은 전사 인자로 조절 부위에 결합하여 RNA 중합 효소의 전사를 촉진한다.

16 (1) 혹스 유전자

(2) | **모범 답안** | 머리 부분에 다리가 달린 돌연변이가 발생할 것이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 살아 있는 ㉠은 피막을 갖는다.

➡ ㉠은 S형 균으로 피막을 가지고, ㉡은 R형 균으로 피막이 없다.

✗ (가)에서 ~~㉠~~ ㉡이 ~~㉡~~ ㉠으로 형질 전환되었다.

➡ 살아 있는 S형 균(㉠)이 관찰되었으므로 R형 균(㉡)이 S형 균(㉠)으로 형질 전환되었다.

ㄷ (나)에서 DNA 분해 효소 대신 단백질 분해 효소를 처리하면 형질 전환이 일어날 것이다.

➡ 형질 전환을 일으키는 물질은 DNA이므로 DNA 분해 효소에 의해 DNA가 분해되어 S형 균이 관찰되지 않았다.

02 | 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~^{35}S~~ ^{32}P이다.

➡ ㉠으로 표지한 파지를 대장균에 감염시켰을 경우 ⓑ에서만 방사선이 검출되었으므로 ㉠은 ^{32}P임을 알 수 있고 ㉡으로 표지한 파지를 대장균에 감염시켰을 경우 ⓒ에서만 방사선이 검출되었으므로 ㉡은 ^{35}S임을 알 수 있다.

✗ Ⅱ의 ⓓ에는 ^{32}P이 ~~있다~~ 없다.

➡ Ⅱ는 ^{35}S으로 표지하였으므로 ⓒ에서 방사선이 검출된다.

ㄷ 파지의 DNA는 ⓑ와 ⓓ 모두에 있다.

➡ 파지의 DNA는 대장균 안으로 들어가므로 ⓑ와 ⓓ 모두에 있다.

03 | 선택지 분석 |

① ㉠은 ~~T~~A이다.

➡ ㉠은 2개의 고리 모양인 퓨린 계열 염기이고 2개의 수소 결합을 하므로 아데닌(A)이다.

② ⓐ는 ~~리보스~~디옥시리보스를 포함한 뉴클레오타이드이다.

➡ ⓐ는 디옥시리보뉴클레오타이드이다.

③ ~~(가)~~와 (나)는 수소 결합이다.

➡ (가)는 공유 결합, (나)는 수소 결합이다.

④ Ⅰ에 G이 17개가 있다면 Ⅱ에는 G이 3개 있다.

➡ DNA의 A+T=60, G+C=40이며, 만약 Ⅰ의 G이 17개라면 Ⅱ의 C도 17개이고 Ⅰ의 C과 Ⅱ의 G은 모두 3개씩 있다.

⑤ 이 DNA에는 A과 T이 모두 ~~40~~60개 있다.

➡ $\frac{A+T}{G+C}$=1.5이므로 A+T=60, G+C=40이다.

04 (나)로부터 복제 완료된 염기 서열과 여기에 사용된 프라이머 중 하나의 염기 서열인 5′−UCAG−3′을 표시하면 다음과 같다.

−−GACT(ⓐ)GCTTGTCTGAACTCCAGCGCTGACT(ⓑ)−−

ⓐ가 프라이머 위치였다면 3′ 말단 이후로 계속 염기를 연결할 수 없으므로 결국 ⓑ가 프라이머이고 T이 있는 부분이 5′이며, ⓑ는 프라이머 Y임을 알 수 있다. 그리고 (나)의 ㉠은 5′ 말단, ㉡은 3′ 말단이 된다. 한편 Ⅱ와 Ⅲ 각각에서 C과 T의 개수는 7개이므로 ⓑ 부분 이후로 7개, 반대쪽 끝에서 7개를 찾아보면 프라이머 X를 확인할 수 있다.

3′−−GACTGCTTGTCTGAACTCCAGCGCTGACU−−5′
(프라이머 X)

| 선택지 분석 |

㉠ ㉠은 5′ 말단이다.

➡ ㉠은 5′ 말단, ㉡은 3′ 말단이다.

✗ X의 염기 서열은 5′−~~UGAA~~AAGU−3′이다.

➡ X의 염기 서열은 3′−UGAA−5′이고, Y의 염기 서열은 3′−GACU−5′이다.

✗ X에 들어 있는 퓨린 계열 염기는 ~~1개~~3개이다.

➡ X의 염기 서열은 3′−UGAA−5′이므로 퓨린 계열 염기(A, G)는 3개이다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 'ㅇ'이다.

➡ Ⅱ는 B를 합성하지 못하나, A는 합성할 수 있으므로 ㉢을 합성할 수 있다.

✗ Ⅲ은 ~~C~~A를 합성하지 못한다.

➡ Ⅲ은 ㉠을 첨가하였을 때 ㉡을 합성할 수 있으므로 C를 합성할 수 있다.

㉢ ㉠은 시트룰린이다.

➡ ㉡이 합성되면 모두 생장하므로 ㉡은 아르지닌이다. Ⅲ은 최소 배지에 ㉠을 첨가하면 ㉢을 합성하지는 않지만 생장하므로 ㉢이 대사 과정에서 먼저 합성되는 오르니틴이고, ㉠은 시트룰린이다.

06 | 선택지 분석 |

✓ ㉠은 시스테인이다.

➡ ㉠을 지정하는 코돈은 5′−UGC−3′이므로 ㉠은 시스테인이다.

② (가)는 ~~5′~~3′ 방향이다.

➡ E 자리 쪽이 5′ 방향이므로 (가)는 3′ 방향이다.

③ X의 ~~5′~~3′ 말단에 아미노산이 연결된다.

➡ tRNA의 3′ 말단이 아미노산 결합 부위이다.

④ ㉠과 ㉡ 사이에 ~~수소 결합~~펩타이드 결합이 형성된다.

➡ 아미노산과 아미노산 사이의 결합은 펩타이드 결합이다.

⑤ X는 세포질에서, Y는 핵에서 합성된다.

➡ 진핵생물에서 일어나는 과정이므로 RNA X와 Y 합성은 핵에서 일어난다.

07 다음은 X의 아미노산 서열에 따른 가능한 코돈 염기 배열이다.

아미노산		메싸이오닌	발린	라이신	(가)	트레오닌	(나)	아이소류신	류신	글리신	
x의 mRNA	5′	AUG	GUU GUC GUA GUG	AAA AAG	UCU UCC UCA UCG AGU AGC CGU CGC CGG CGA AGA AGG	ACU ACC ACA ACG	UCU UCC UCA UCG AGU AGC CGU CGC CGG CGA AGA AGG	AUU AUC AUA	UUA UUG CUU CUC CUA CUG	GGU GGC GGA GGG	3′

x에서 1개의 염기쌍이 결실되고, 다른 위치에 1개의 염기쌍이 삽입된 Y의 아미노산 서열과 y에서 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

아미노산		메싸이오닌	발린	세린	발린	히스티딘	글루타민	타이로신	발린	글리신	
y의 mRNA	5′	AUG	GUU GUC GUA GUG	UCU UCC UCA UCG AGU AGC	GUU GUC GUA GUG	CAU CAC	CAA CAG	UAU UAC	GUU GUC GUA GUG	GGU GGC GGA GGG	3′

위 두 자료를 비교하면 x의 염기 서열에서 6번째 또는 7번째 염기 중 하나가 빠지고 류신에 G이 삽입되었음을 알 수 있다.

z는 x에서 동일한 염기가 연속된 2개의 염기쌍이 결실되고, 다른 위치에 결실된 2개의 염기쌍이 삽입된 것이며, Z를 구성하는 아미노산의 개수는 7개, Z의 네 번째 아미노산은 타이로신인데, x에서 타이로신을 만들고 8번째 아미노산 자리에 종결 코돈이 오기 위해서는 x의 7번째와 8번째의 AA이 빠지고 글리신 앞에 삽입되어야 하고 류신의 코돈은 CUU이어야 한다. 그러므로 x, y, z에서 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

아미노산		메싸이오닌	발린	라이신	아르지닌	트레오닌	세린	아이소류신	류신	글리신	
x의 mRNA	5′	AUG	GUU GUC GUA GUG	AAG	CGU	ACA	UCA	AUA	CUU	GGU GGC GGA GGG	3′

아미노산		메싸이오닌	발린	세린	발린	히스티딘	글루타민	타이로신	발린	글리신	
y의 mRNA	5′	AUG	GUU GUC GUA GUG	AGC	GUA	CAU	CAA	UAC	GUU	GGU GGC GGA GGG	3′

아미노산		메싸이오닌	발린	알라닌	타이로신	아이소류신	아스파라진	트레오닌	종결 코돈		
z의 mRNA	5′	AUG	GUU GUC GUA GUG	GCG	UAC	AUC	AAU	ACU	UAA	GGU GGC GGA GGG	3′

| 선택지 분석 |

✗ (가)는 ~~세린~~, (나)는 ~~아르지닌~~이다.
아르지닌 세린
➡ 코돈이 CGU이므로 (가)는 아르지닌, 코돈이 UCA이므로 (나)는 세린이다.

✗ ⓐ와 ⓑ를 암호화하는 코돈의 염기 서열은 ~~다르다~~.
같다.
➡ Y와 Z의 타이로신은 모두 UAC이다.

ㄷ z의 종결 코돈은 UAA이다.
➡ z는 AA이 결실되었다가 삽입되었으므로 z의 종결 코돈은 UAA이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠이 작용하는 데 전사 인자가 필요하다.
➡ 진핵세포는 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하여 전사를 할 때 전사 인자가 필요하다.

✗ 말단 ⓐ와 ⓑ는 모두 ~~3′~~ 방향이다.
5′
➡ 전사와 복제에서 새로 합성되는 가닥은 모두 5′ → 3′ 방향으로 합성된다.

ㄷ (가)와 (나)는 모두 핵 속에서 일어난다.
➡ 진핵세포에서 (가)와 (나)는 모두 핵 속에서 일어난다.

09 | 선택지 분석 |

✗ X에서 억제 단백질은 작동 부위에 ~~결합하지 않는다~~.
결합한다.
➡ X는 조절 유전자의 돌연변이로 젖당 유도체와 결합하지 않고 작동 부위에는 결합하는 억제 단백질이 합성되었다.

✗ (가)는 '~~ㅇ~~'이다.
×
➡ Y는 억제 단백질이 젖당 유도체와 결합하여 작동 부위에 결합하지 않으므로 (가)는 '×'이다.

ㄷ 야생형 대장균에서 생성되는 젖당 분해 효소의 양은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 많다.
➡ Ⅰ에서는 대장균의 수가 계속 증가하나 Ⅱ에서는 더 이상 증가하지 않으므로 젖당 분해 효소의 양은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 많다.

10 | 선택지 분석 |

✗ (가)에서 구조 유전자 전사 과정은 ~~핵~~에서 일어난다.
세포질
➡ 젖당 오페론은 원핵생물의 유전자 발현 조절 과정으로 원핵생물은 핵이 없어 세포질에서 전사가 일어난다.

✗ X는 Ⅰ에서 조절 유전자를 ~~발현시키지 않는다~~.
발현시킨다.
➡ 조절 유전자는 항상 발현된다.

ㄷ 젖당 오페론에는 프로모터, 작동 부위, 구조 유전자만 포함된다.
➡ 원핵생물에서 기능적으로 연관된 여러 유전자가 DNA 일정한 부위에 모여 있는 유전자 집단을 오페론이라 한다.

11 | 선택지 분석 |

✗ ㉠~㉢ 중 X에 존재하는 유전자는 ~~1~~개이다.
3
➡ 세포가 분화되더라도 유전자는 변형되지 않는다.

ㄴ a가 합성되지 않으면 P가 Z로 분화될 수 없다.
➡ P는 ㉡과 ㉢이 모두 발현되어야 세포 Z로 분화되는데, ㉡이 발현되기 위해서는 ㉠이 발현되어야 하므로 a가 먼저 합성되어야 한다.

✗ ㉠이 발현되려면 ㉢이 먼저 발현되어야 한다.
㉡ ㉠
➡ b를 암호화하는 유일한 유전자가 ㉠이므로 ㉠이 발현되면 ㉡의 발현에 필요한 b가 합성된다.

12 DNA를 구성하는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드는 방향이 서로 반대이고, DNA 합성은 5′ → 3′ 방향으로 일어난다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 종류를 쓰고 복제 방향을 언급하며 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 종류를 쓰고 복제 방향을 언급하지 않고 까닭을 서술한 경우	70 %
(가)와 (나)의 종류만 쓴 경우	30 %

13 (1) DNA는 반보존적 복제를 하며 G_2에서 하층($^{15}N-^{15}N$)의 띠 중 한 가닥은 새로 합성된 DNA이다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡의 종류를 쓰고 복제 방식을 언급하며 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡의 종류를 쓰고 복제 방식을 언급하지 않고 까닭을 서술한 경우	70 %
㉠과 ㉡의 종류만 쓴 경우	30 %

14 구조 유전자가 전사되기 위해서는 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합해야 하며, 이를 위해서는 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 않아야 한다.

채점 기준	배점
억제 단백질과 작동 부위를 언급하며 옳게 서술한 경우	100 %
억제 단백질과 작동 부위를 언급하지 않고 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하는 것만 서술한 경우	40 %

15 진핵세포에서는 RNA 중합 효소가 단독으로 프로모터에 결합하지 못하고 여러 전사 인자들과 함께 전사 개시 복합체를 형성함으로써 프로모터에 결합할 수 있다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡의 명칭과 역할을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡의 명칭과 역할 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

16 (2) 혹스 유전자로부터 합성된 전사 인자에 의해 특정 유전자의 발현이 조절되고, 그 결과 정확한 위치에 적합한 기관이 형성된다. 따라서 혹스 유전자에 돌연변이가 일어나면 관련된 기관 전체가 비정상적인 돌연변이 개체가 발생한다.

채점 기준	배점
머리 부분에 생기는 기관의 명칭을 정확히 쓰고 특징을 옳게 서술한 경우	100 %
머리 부분에 생기는 기관의 명칭을 정확히 쓰지 않고 특징을 서술한 경우	50 %

1 생명의 기원과 다양성

01 원시 생명체의 탄생과 진화

콕콕! 개념 확인하기 213쪽

✔ 잠깐 확인!

1 환원성 **2** 화학적 **3** 심해 열수구설 **4** 마이크로스피어 **5** RNA **6** 미토콘드리아, 엽록체 **7** 군체

01 A: 간단한 유기물, B: 복잡한 유기물, C: 유기물 복합체
02 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 수증기(H_2O)
03 리보자임 **04** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ×
05 (가) 막 진화설, (나) 세포내 공생설

04 (1), (3) (가)는 무산소 호흡을 하는 종속 영양 원핵생물, (나)는 광합성을 하는 독립 영양 원핵생물(광합성 세균), (다)는 산소 호흡을 하는 종속 영양 원핵생물이다.

(2) 남세균은 광합성 세균에 속한다.

(4) 무산소 호흡을 하는 종속 영양 원핵생물(가)에 의해 대기의 CO_2 농도가 증가하였고, 광합성 세균(나)에 의해 대기의 O_2 농도가 증가하였다.

(5) 산소 호흡을 하는 종속 영양 원핵생물(다)의 출현으로 광합성 세균(나)이 멸종된 것은 아니다. 남세균과 같은 광합성 세균은 현재까지 존재한다.

탄탄! 내신 다지기 214쪽~215쪽

01 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 수증기(H_2O) 중 3가지 **02** ③ **03** ⑤ **04** 심해 열수구 **05** 코아세르베이트 **06** ① **07** ⑤ **08** ⑤ **09** ③ **10** ②

01 밀러와 유리는 실험에서 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 수증기(H_2O) 등의 환원성 기체를 사용하였다.

02 밀러와 유리의 실험에서 환원성 기체로부터 간단한 유기물인 아미노산을 합성하였고, 폭스의 실험에서 아미노산으로부터 폴리펩타이드를 합성하였다. 유기물 복합체에는 코아세르베이트, 마이크로스피어, 리포솜 등이 있다.

03 | 선택지 분석 |

① 실험 결과 (나)에서 아미노산이 검출되었다.
➡ 실험 결과 (나)에서 간단한 유기물인 아미노산이 검출되었다.

② (가) 속의 혼합 기체는 원시 대기를 가정한 것이다.
➡ (가)는 둥근 플라스크이며, 둥근 플라스크 속의 혼합 기체는 원시 대기를 가정한 것이다.

③ 전기 방전은 물질 합성에 필요한 에너지를 공급한다.
➡ 전기 방전은 원시 대기의 번개를 가정한 것이며, 이는 원시 지구에서처럼 물질 합성에 필요한 에너지를 공급한다.

④ (가)에는 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3) 등이 들어 있다.
➡ 둥근 플라스크 안에는 원시 대기의 기체로 추정되는 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 수증기(H_2O) 등이 들어 있다.

⑤ 이 실험으로 원시 지구에서의 ~~단백질~~ 아미노산 합성이 증명되었다.
➡ 이 실험에서는 생명체의 작용 없이도 무기물로부터 간단한 유기물인 아미노산이 합성될 수 있음이 증명되었다.

04 심해 열수구는 화산 활동으로 에너지가 풍부하고, 환원성 물질이 높은 농도로 존재하며, 온도와 압력이 매우 높으므로 유기물이 합성될 수 있어 최근에 최초의 생명체 탄생 장소로 주목받고 있다.

05 오파린은 원시 대기의 기체로부터 간단한 유기물을 거쳐 복잡한 유기물이 형성되었고, 복잡한 유기물이 뭉쳐 액상의 막으로 둘러싸인 유기물 복합체인 코아세르베이트가 만들어졌을 것이라고 생각하였다.

06 | 선택지 분석 |

① ~~2중 나선 구조~~ 다양한 입체 구조이다.
➡ 리보자임은 RNA이므로 단일 가닥이며, 단일 가닥이 다양한 입체 구조를 만든다.

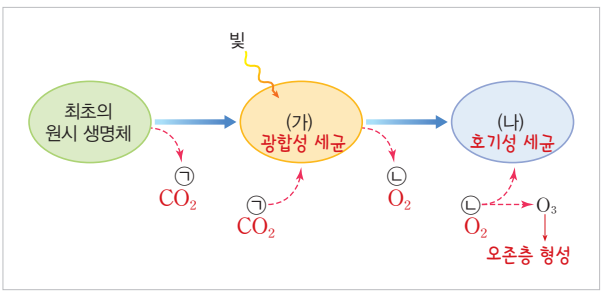
② 리보뉴클레오타이드로 구성된다.
➡ 리보자임은 RNA이므로, 리보뉴클레오타이드로 구성된다.

③ 화학 반응을 촉매하는 기능이 있다.
➡ 리보자임은 뉴클레오타이드를 이용하여 짧은 RNA를 상보적으로 복제하는 작용을 촉매할 수 있다.

④ 유전 정보의 저장 기능을 가지고 있다.
➡ 리보자임은 RNA이므로, 유전 정보를 저장할 수 있다.

⑤ 염기의 상보적 결합을 거쳐 스스로 복제될 수 있다.
➡ 리보자임의 염기 서열을 바탕으로 상보적 결합을 거쳐 스스로 복제될 수 있다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① ㉠은 CO_2, ㉡은 O_2이다.
➡ ㉠은 최초의 원시 생명체가 세포 호흡한 결과 생성된 CO_2이다. ㉡은 광합성 세균이 광합성한 결과 생성된 O_2이다.

② (가)는 광합성 세균이다.
➡ (가)는 광합성 세균, (나)는 호기성 세균이다.

③ (나)는 종속 영양 생물에 속한다.
➡ (나)는 광합성 세균(가)의 광합성 결과 O_2와 유기물 양이 많아져 출현한 산소 호흡 종속 영양 원핵생물이다.

④ 최초의 원시 생명체는 무산소 호흡을 하였다.
➡ 최초의 원시 생명체가 출현할 당시에는 대기 중에 O_2가 없었다. 따라서 최초의 원시 생명체는 무산소 호흡을 하였다.

⑤ 대기의 O_3 농도 증가로 인해 (나)가 ~~모두 사라졌다~~. 사라진 것은 아니다.
➡ 대기의 O_3(오존) 농도 증가로 인해 대기의 상층부에 오존층이 형성되었다. 오존층은 태양의 강한 자외선을 차단하여 육상 생물이 출현할 수 있는 기틀을 마련하였다. O_3 농도 증가로 인해 이전에 있던 생명체가 사라진 것은 아니다.

08 | 선택지 분석 |

① ⓐ에는 유전 물질이 있다.
➡ ⓐ는 미토콘드리아의 기원이므로 호기성 세균이고, ⓑ는 엽록체의 기원이므로 광합성 세균이다. ⓐ와 ⓑ에는 모두 유전 물질인 DNA가 있다.

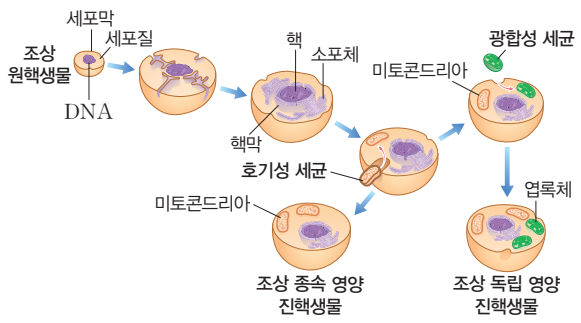
② ⓑ는 원핵생물이다.
➡ 광합성 세균(ⓑ)은 핵막이 없는 원핵생물이다.

③ ⓑ는 독립 영양 생물이다.
➡ 광합성 세균(ⓑ)은 광합성을 하여 스스로 유기물을 합성하는 독립 영양 생물이다.

④ 미토콘드리아 내막은 ⓐ의 세포막에서 유래하였다.
➡ 미토콘드리아는 호기성 세균(ⓐ)이 원시 원핵세포의 세포 안으로 들어가는 과정에서 생성되었다. 즉, 미토콘드리아의 외막은 원시 원핵세포에서, 내막은 호기성 세균의 세포막에서 유래하였다.

⑤ ⓐ와 ⓑ는 모두 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 ~~가진다~~. 가지지 않는다.
➡ 호기성 세균(ⓐ)과 광합성 세균(ⓑ)은 모두 원핵생물이므로 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 가지지 않는다.

더 알아보기 단세포 진핵생물의 출현



09 | 선택지 분석 |

① 단세포 진핵생물은 핵이 ~~없다~~. 있다.
➡ 진핵생물은 핵막으로 둘러싸인 핵이 있다.

② ㉠은 ~~양분을 합성~~하는 세포이다. 운동을 담당
➡ ㉠에 편모가 있으므로 ㉠은 운동을 담당하는 세포이고, ㉡이 양분을 합성하는 세포이다.

③ (나) 과정에서 세포의 분화가 일어났다.
➡ 독립된 단세포 진핵생물이 모여 군체를 형성한 후, 세포의 형태와 기능이 분화되어 다세포 진핵생물로 진화하였다.

④ 세포내 공생은 ~~(나) 과정 이후~~에 일어났다. 단세포 진핵생물 출현 이전
➡ 세포내 공생에 의해 단세포 진핵생물이 출현하였다. 따라서 세포내 공생은 (가)와 (나) 이전에 일어났다.

⑤ 핵을 가진 생물은 (가) 과정 ~~이후~~에 출현하였다. 이전
➡ 단세포 진핵생물은 핵을 가지고 있으므로, 핵을 가진 생물은 (가) 과정 이전에 출현하였다.

10 | 선택지 분석 |

① A는 종속 영양을 한다.
➡ A는 O_2가 없는 지구에 가장 먼저 출현하였으므로 무산소 호흡 종속 영양 생물이고, B의 출현 이후 O_2 농도가 증가하였으므로 B는 광합성을 하는 남세균이다. C는 산소 호흡을 하는 호기성 세균이다.

② B의 출현에 의해 A가 ~~멸종되었다~~. 멸종된 것은 아니다.
➡ 남세균(B)이 출현하였다고 해서 무산소 호흡 종속 영양 생물(A)이 멸종한 것은 아니다.

③ C는 산소 호흡을 하여 CO_2를 방출한다.
➡ 호기성 세균(C)은 산소 호흡 종속 영양 생물이므로 산소 호흡을 하여 CO_2를 방출한다.

④ B는 빛에너지를 이용하여 유기물을 합성한다.
➡ 남세균(B)은 광합성을 하므로 빛에너지를 이용하여 유기물을 합성한다.

⑤ A에 의해 원시 바다의 유기물 양이 감소하였다.
➡ A는 종속 영양 생물이므로 원시 바다의 유기물을 이용하여 에너지를 얻기 때문에 A에 의해 원시 바다의 유기물 양이 감소하였다.

도전! 실력 올리기

216쪽~217쪽

01 ① **02** ④ **03** ④ **04** ③ **05** ② **06** ③

07 | **모범 답안** | 플라스크 속의 혼합 기체는 원시 지구의 대기를 가정한 것이고, U자관에 고인 액체는 원시 지구의 바다를 가정한 것이다.

08 (가) 세포내 공생설, (나) 막 진화설

09 | **모범 답안** | (가) 미토콘드리아와 엽록체는 독자적인 DNA와 리보솜을 가지고 있다. 미토콘드리아와 엽록체에 있는 DNA와 리보솜은 진핵세포보다 원핵세포의 것과 유사하다. 미토콘드리아와 엽록체는 2중막 구조이고, 내막은 원핵생물의 세포막과 비슷한 조성의 지질로 이루어져 있다. 중 1가지
(나) 핵막을 구성하는 성분과 세포막을 구성하는 성분이 서로 유사하다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ 코아세르베이트는 ㉠에 해당한다.
➡ 코아세르베이트는 복잡한 유기물이 모여 막 구조를 형성한 유기물 복합체로, ㉠에 해당한다.

✕ (가)에 의해 원시 바다의 유기물 양이 ~~증가~~감소하였다.

➡ (가)는 무산소 호흡 종속 영양 생물이며, 바닷속 유기물을 이용하여 에너지를 생성하였다. 따라서 (가)에 의해 원시 바다의 유기물 양이 감소하였다.

✕ (나)는 최초의 육상 생물이다.

➡ (나)는 산소 호흡 종속 영양 생물이며, 원시 바다에서 출현하였다. 최초의 육상 생물은 오존층이 형성된 이후에 출현하였다.

02 | 선택지 분석 |

✕ ㉠에는 산소(O_2)가 ~~있다~~없다.

➡ ㉠에는 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 수증기(H_2O) 등이 있고, 산소(O_2)는 없다.

㉡ ㉡은 원시 바다를 가정한 것이다.

➡ ㉠은 원시 대기를, ㉡은 원시 바다를 가정한 것이다.

㉢ ㉡에서 아미노산이 검출된다.

➡ (다)의 U자관에 고인 액체에서 간단한 유기물인 아미노산이 검출된다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ 리보자임은 ㉠에 해당한다.

➡ 리보자임은 자기 복제 능력이 있는 RNA를 의미한다.

✕ ~~DNA~~RNA가 ~~RNA~~DNA보다 유전 물질로 먼저 사용되었다.

➡ RNA는 유전 정보를 저장하는 능력이 있고, RNA를 상보적으로 복제하는 작용을 촉매할 수 있어 최초의 유전 물질로 추정된다.

㉢ DNA는 RNA보다 유전 정보를 더 안정적으로 저장할 수 있다.

➡ DNA는 이중 나선 구조를 형성하고 있어 RNA보다 더 안정적으로 유전 정보를 저장할 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 화학적 진화이다.

➡ 최초의 원시 생명체가 출현하기 전까지의 (가)는 화학적 진화이고, 최초의 원시 생명체가 출현한 후의 (나)는 생물학적 진화이다.

㉡ 바다에서 원시 세포에서 원시 생명체로의 진화가 일어났다.

➡ 원시 생명체가 출현할 당시에는 오존층이 없어 태양의 강한 자외선이 지표까지 도달하였다. 따라서 육상 생물이 출현할 수 없었고, 바다에서 원시 세포에서 원시 생명체로의 진화가 일어났다.

✕ 최초의 유전 물질이었을 가능성이 가장 높은 것은 ~~DNA~~RNA이다.

➡ 리보자임의 발견으로 최초의 유전 물질이었을 가능성이 가장 높은 것은 RNA로 추정된다.

05 | 선택지 분석 |

✕ Ⅰ 시기에 ~~산소~~무산소 호흡을 하는 종속 영양 생물이 최초로 출현하였다.

➡ Ⅰ 시기에는 대기 중에 산소가 없었으므로 이 시기에 출현한 생물은 무산소 호흡을 하는 종속 영양 생물이다. 산소 호흡을 하는 종속 영양 생물은 Ⅱ 시기에 출현하였다.

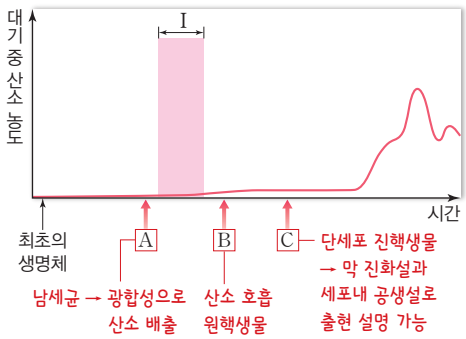
✕ Ⅱ 시기에 ~~독립 영양~~산소 호흡 종속 영양 생물이 최초로 출현하였다.

➡ 독립 영양 생물은 대기 중 산소 농도가 증가하기 이전에 출현하였다.

㉢ Ⅲ 시기에 핵을 가지는 생물이 존재하였다.

➡ Ⅲ 시기에 단세포 진핵생물이 존재하였으므로 핵을 가지는 생물이 존재하였다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ A는 남세균이다.

➡ A는 남세균, B는 산소 호흡 원핵생물, C는 단세포 진핵생물이다.

㉡ B는 산소를 이용하여 유기물을 분해한다.

➡ 산소 호흡 원핵생물(B)은 산소를 이용하여 세포 호흡을 통해 포도당과 같은 유기물을 분해한다.

✕ ~~구간 Ⅰ에서~~ B 출현과 C 출현 사이에서 세포내 공생이 일어났다.

➡ 세포내 공생에 의해 진핵생물이 출현하였다. 따라서 세포내 공생은 B 출현과 C 출현 사이에서 일어났다.

07 플라스크 속의 혼합 기체는 원시 지구의 환원성 대기, 강한 방전은 번개와 같은 원시 지구의 에너지, 냉각 장치를 통과한 물은 원시 지구에 내린 비, U자관에 고인 액체는 원시 지구의 바다를 가정한 것이다.

채점 기준	배점
플라스크 속의 혼합 기체와 U자관에 고인 액체가 각각 원시 지구의 무엇을 가정한 것인지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
플라스크 속의 혼합 기체와 U자관에 고인 액체가 각각 원시 지구의 무엇을 가정한 것인지 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

08 (가)는 독립적으로 생활하던 호기성 세균과 광합성 세균이 더 큰 원핵세포의 내부로 들어가 공생하다가 미토콘드리아, 엽록체와 같은 세포 소기관으로 분화되었다는 세포내 공생설을 나타낸 것이다. (나)는 조상 원핵세포의 세포막이 안으로 함입되어 들어가 세포막과 분리되면서 핵, 소포체, 골지체 등과 같은 막성 세포 소기관을 형성하였다는 막 진화설을 나타낸 것이다.

09 세포내 공생설을 지지하는 근거는 다음과 같다.

첫째, 미토콘드리아와 엽록체는 독자적인 DNA와 리보솜을 가지고 있어서 스스로 복제가 가능하고 단백질을 합성할 수 있다.

둘째, 미토콘드리아와 엽록체에 있는 DNA와 리보솜은 진핵세포보다 원핵세포의 것과 유사하다. 이는 미토콘드리아와 엽록체가 진핵세포와 발생 기원이 다르다는 것을 뜻한다.

셋째, 미토콘드리아와 엽록체는 2중막 구조이고, 내막은 원핵생물의 세포막과 비슷한 조성의 지질로 이루어져 있다. 이는 식세포 작용에 의해 원핵생물이 숙주 세포로 삼켜진 흔적으로 추정된다. 내막은 삼켜진 원핵생물의 세포막에서 유래한 것이고, 외막은 숙주 세포의 세포막이 안으로 접혀서 형성된 것이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)를 지지하는 근거를 1가지씩 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)를 지지하는 근거 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

02 생물의 분류 체계

개념POOL 220쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

01 (3) D와 E의 유연관계는 D와 C의 유연관계보다 멀다.

(4) ㉠~㉤ 중 C와 D의 공통된 특징은 ㉡, ㉢, ㉣, ㉤의 4개이다.

콕콕! 개념 확인하기 221쪽

✓ 잠깐 확인!

1 종 **2** 분류 **3** 생식적 **4** 학명 **5** 속명, 종소명 **6** 계통수 **7** 분기점

01 ㉠ 형태학적, ㉡ 생물학적 **02** ㉠ 속, ㉡ 과, ㉢ 목, ㉣ 강, ㉤ 문, ㉥ 계 **03** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **04** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **05** (가) 2계 분류 체계, (나) 3계 분류 체계, (다) 5계 분류 체계, (라) 3역 6계 분류 체계

03 (3) 이명법에서 종소명 뒤에 명명자의 이름을 쓰기도 한다.

(4) 이명법에서 속명의 첫 글자는 대문자, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기한다.

04 (1) (나)가 거치는 가지에 있는 특징은 ⓐ, ⓑ, ⓔ이다.

(2) (라)와 (다)가 공통으로 가지는 특징이 (라)와 (마)가 공통으로 가지는 특징보다 많으므로, (라)와 (마)의 유연관계는 (라)와 (다)의 유연관계보다 멀다.

(3) (다)와 (라)가 가지는 공통적인 특징은 ⓐ, ⓑ, ⓓ이다.

(4) (나)와 (마)가 분화되는 분기점은 (나)와 (다)가 분화되는 분기점보다 아래쪽에 있으므로, (나)와 (마)의 분화는 (나)와 (다)의 분화보다 먼저 일어났다.

탄탄! 내신 다지기 222쪽~223쪽

01 ⑤ **02** ⑤ **03** ⑤ **04** ④ **05** ⑤ **06** ⑤ **07** ② **08** ㉠ (라), ㉡ (나), ㉢ (다) **09** (가) 세균역, (나) 고세균역, (다) 진핵생물역 **10** ④

01 | 선택지 분석 |

① 수호랑이와 암사자는 서로 다른 종이다.
➡ 수호랑이와 암사자 사이에서 태어난 타이곤은 생식 능력이 없으므로 수호랑이와 암사자는 서로 다른 종이다.

② 진돗개와 불독은 같은 속에 속한다.
➡ 진돗개와 불독 사이에서는 생식 능력이 있는 자손이 태어나므로 진돗개와 불독은 같은 종이다. 따라서 상위 분류 단계인 속도 같다.

③ 호랑이와 타이곤은 생식적으로 격리되어 있다.
➡ 호랑이와 타이곤은 서로 다른 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

④ 진돗개와 여우는 학명이 다르다.
➡ 진돗개와 여우는 다른 종이므로 학명이 다르다.

⑤ 생물학적 종의 개념에서 진돗개와 여우의 유연관계는 진돗개와 불독의 유연관계보다 ~~가깝다~~ 멀다.
➡ 진돗개와 불독은 같은 종이고 진돗개와 여우는 다른 종이므로 생물학적 종의 개념에서 진돗개와 여우의 유연관계는 진돗개와 불독의 유연관계보다 멀다.

02 | 선택지 분석 |

① (가)에서 호랑이의 학명은 이명법을 사용하였다.
➡ (가)에서 호랑이의 학명은 속명+종소명+명명자로 나타내었으므로 이명법을 사용하였다.

② (나)의 학명에서 명명자는 Brass이다.
➡ (나)의 학명에서 명명자는 정체로 나타낸 Brass이다.

③ (다)에서 고양이의 속명은 *Felis*이다.
➡ (다)에서 고양이의 속명은 *Felis*, 종소명은 *catus*, 명명자는 Linné이다.

④ (라)에서 사자의 종소명은 *leo*이다.
➡ (라)에서 사자의 속명은 *Panthera*, 종소명은 *leo*, 명명자는 Linné이다.

⑤ (가)~(라) 중 같은 속에 속하는 동물의 수는 ~~2~~ 3이다.
➡ (가)~(라) 중 (가), (나), (라)는 속명이 같으므로 같은 속에 속하고, (다)는 다른 속에 속한다.

더 알아보기 학명

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

03 속명의 첫 글자는 대문자로, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기한다.

04 | 선택지 분석 |

✗ 원시적이고 조상형일수록 계통수의 ~~위쪽~~ 아래쪽에 위치한다.

➡ 계통수에서 조상형일수록 아래쪽에 위치한다.

㉡ 계통수의 같은 가지에 놓인 생물은 공통 조상에서 분화하였다.

㉢ 유연관계가 가까운 무리는 계통수의 가까운 위치에 놓인다.

05 | 선택지 분석 |

① A와 B는 모두 ㉡을 갖는다.

➡ A와 B는 모두 ㉠과 ㉡을 갖는다.

② A와 F는 모두 ㉠을 갖는다.

➡ A와 F는 모두 ㉠을 갖는다.

③ C와 E는 모두 ㉢을 갖는다.

➡ C와 E는 모두 ㉠과 ㉢을 갖는다.

④ E와 F는 모두 ㉣을 갖는다.

➡ E와 F는 모두 ㉠, ㉢, ㉣을 갖는다.

⑤ B와 C의 유연관계는 B와 A의 유연관계보다 ~~가깝다~~ 멀다.

➡ B와 C보다 B와 A가 공통으로 가지는 특징이 더 많으므로, B와 C의 유연관계는 B와 A의 유연관계보다 멀다.

06 | 선택지 분석 |

① A, B, C는 모두 ㉠을 갖는다.

➡ A, B, C가 있는 가지에 ㉠이 있으므로 A, B, C는 모두 ㉠을 갖는다.

② D, G, H는 모두 멸종된 종이다.

➡ D, G, H는 현재에 존재하지 않으므로 모두 멸종된 종이다.

③ 시기 Ⅰ~Ⅲ에서 모두 새로운 종이 출현하였다.

➡ 시기 Ⅰ~Ⅲ에서 모두 분기점이 있으므로 새로운 종이 출현하였다.

④ E와 F의 유연관계는 E와 C의 유연관계보다 가깝다.

➡ E와 F는 E와 C보다 최근에 갈라져 나왔으므로 E와 F의 유연관계는 E와 C의 유연관계보다 가깝다.

⑤ 종의 분화가 많이 일어난 시기는 ~~Ⅰ > Ⅱ > Ⅲ~~ Ⅰ > Ⅲ > Ⅱ 순이다.

➡ 종의 분화는 Ⅰ 시기에 4번, Ⅱ 시기에 1번, Ⅲ 시기에 2번 일어났다. 따라서 종의 분화가 많이 일어난 시기는 Ⅰ > Ⅲ > Ⅱ 순이다.

07 ⓐ는 A~G, ⓑ는 F, G, ⓒ는 A~E, ⓓ는 A~C, ⓔ는 D, E, ⓕ는 A, B가 가지므로 ⓐ는 ㉠, ⓑ는 ㉢, ⓒ는 ㉡, ⓓ는 ㉣, ⓔ는 ㉤, ⓕ는 ㉥이다.

08 (가)와 공통된 특징이 가장 많은 (나)는 유연관계가 가장 가까우므로 ㉡이다. 다음으로 (가)와 공통된 특징이 많은 (라)는 ㉠이다. (가)와 공통된 특징이 가장 적은 (다)는 ㉢이다.

09 진정세균계가 속하는 (가)는 세균역, 고세균계가 속하는 (나)는 고세균역, 식물계와 균계, 동물계, 원생생물계가 속하는 (다)는 진핵생물역이다.

10 | 선택지 분석 |

① ㉠은 식물계이다.

➡ ㉠은 식물계, ㉡은 원생생물계, ㉢은 원핵생물계이다.

② ㉡에 속하는 생물은 모두 C에 속한다.

➡ A는 세균역, B는 고세균역, C는 진핵생물역이다. 원생생물계(㉡)는 진핵생물역(C)에 속한다.

③ 균계에 속하는 생물은 모두 C에 속한다.

➡ 균계는 모두 진핵생물역(C)에 속한다.

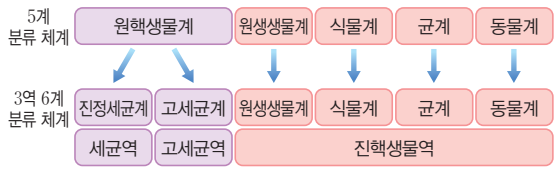
④ ㉢에 속하는 생물은 ~~모두 A~~ A 또는 B에 속한다.

➡ 세균역(A)과 고세균역(B)에 속하는 생물은 모두 원핵생물이다. 따라서 원핵생물계(㉢)에 속하는 생물은 세균역(A) 또는 고세균역(B)에 속한다.

⑤ ㉢에 속하는 생물은 모두 핵이 존재하지 않는다.

➡ 원핵생물계(㉢)에 속하는 생물은 모두 핵이 존재하지 않는다.

더 알아보기 5계 분류 체계와 3역 6계 분류 체계



도전! 실력 올리기 224쪽~225쪽

01 ④ **02** ③ **03** ⑤ **04** ③ **05** ④ **06** ①

07 | 모범 답안 | 생물학적 종의 개념은 자연 상태에서 자유롭게 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 생물 무리이다. 암말과 수탕나귀 사이에서 태어나는 노새는 생식 능력이 없으므로 말과 당나귀는 같은 종이 아니다.

08 진정세균계, 고세균계, 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계

09 | 모범 답안 | 목, '목'이 '과'보다 상위 분류 단계이기 때문이다.

10 ㉠ 갯과, ㉡ 고양잇과, ㉢ 식육목, ㉣ 쥐목

01 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉢은 D이다.
➡ A와 C가 같은 속에 속하므로 ㉠은 C이고, B와 E가 같은 속에 속하므로 ㉡은 E이다. 따라서 ㉢은 D이다.

✕ A와 E는 ~~같은~~ 다른 과에 속한다.
➡ A와 C는 같은 과에 속하고, B와 E는 같은 과에 속한다. A~E는 3개의 과에 속하므로 D는 다른 과이다.

ㄷ B와 ㉡의 유연관계는 B와 ㉢의 유연관계보다 가깝다.
➡ B와 ㉡은 B와 ㉢보다 최근에 갈라져 나왔으므로 B와 ㉡의 유연관계는 B와 ㉢의 유연관계보다 가깝다.

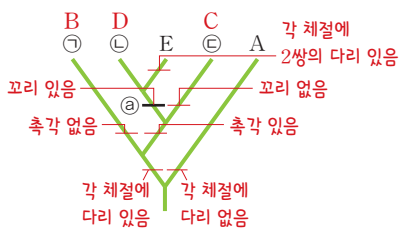
02 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 A이다.
➡ (가)는 A이고, (나)와 (다) 중 하나는 B, 다른 하나는 C이다.

ㄴ B는 미나리아재비과이다.
➡ B와 C는 속명이 같으므로 같은 속에 속한다. 따라서 상위 분류 단계인 과도 같다.

✕ D의 속명은 *Anemone*~~이다~~ 가 아니다.
➡ A~D는 3개의 속에 속하므로 D는 B, C와 다른 속에 속한다. 따라서 속명이 *Anemone*가 아니다.

03 | 자료 분석 |



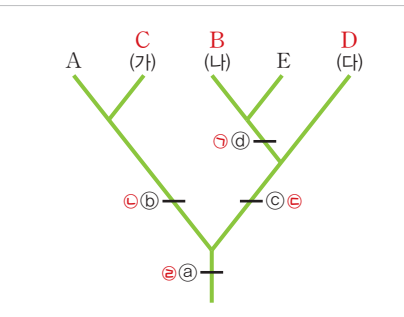
| 선택지 분석 |

✕ ⓐ는 '~~촉각 있음~~ 꼬리 있음'이다.
➡ ⓐ는 D(㉡)와 E의 공통적인 특징인 '꼬리 있음'이다.

ㄴ ㉡은 D이다.
➡ ㉠은 B, ㉡은 D, ㉢은 C이다.

ㄷ D와 E의 유연관계는 D와 C의 유연관계보다 가깝다.
➡ D와 E는 D와 C보다 최근에 갈라져 나왔으므로 D와 E의 유연관계는 D와 C의 유연관계보다 가깝다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 C이고, (나)는 B이다.
➡ (가)는 C, (나)는 B, (다)는 D이다.

ㄴ ⓑ는 ㉡이고, ⓓ는 ㉠이다.
➡ ⓐ는 ㉣, ⓑ는 ㉡, ⓒ는 ㉢, ⓓ는 ㉠이다.

✕ (가)와 (다)의 공통 조상은 특징 ~~㉠~~ ㉣을 가진다.
➡ ⓐ는 특징 ㉣이므로 C(가)와 D(다)의 공통 조상은 특징 ㉣을 가진다. ㉢은 B(나), E, D(다)가 공통으로 가지는 특징이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ 종 C와 D를 분류하는 데 기준이 되는 형질은 1이다.
➡ 종 C와 D는 1이 서로 다르므로 종 C와 D를 분류하는 데 기준이 되는 형질은 1이다.

✕ 종 E와 F를 분류하는 데 기준이 되는 형질은 ~~3~~ 1과 4이다.
➡ 종 E와 F는 모두 3을 공통으로 가지고 1과 4가 다르므로 E와 F를 분류하는 데 기준이 되는 형질은 1과 4이다.

ㄷ 종 B~F를 속 (가)와 (나)로 분류하는 데 기준이 되는 형질은 2와 3이다.
➡ 속 (가)는 2를 가지고, 속 (나)는 3을 가지므로 종 B~F를 속 (가)와 (나)로 분류하는 데 기준이 되는 형질은 2와 3이다.

06 B는 C와 유연관계가 가장 가깝고, D는 E와 유연관계가 가장 가깝다.

07 생물학적 종은 다른 종과 구별되는 공통적인 특징과 생활형을 가지며, 자연 상태에서 자유롭게 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 무리를 뜻한다. 인위적인 환경에서 암말과 수탕나귀의 교배로 노새가 태어나는데, 노새는 자연 상태에서 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 없는 종간 잡종이다. 따라서 말과 당나귀는 서로 다른 종으로 분류한다.

채점 기준	배점
생물학적 종의 개념과 말과 당나귀가 같은 종이 아닌 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
생물학적 종의 개념과 말과 당나귀가 같은 종이 아닌 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

08 3역 6계 분류 체계에서는 특정 rRNA의 염기 서열을 이용하여 작성한 계통수를 근거로 생물을 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역과 진정세균계, 고세균계, 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계의 6계로 분류한다.

09 생물의 분류 단계는 좁은 범위에서 넓은 범위로 가면서 종, 속, 과, 목, 강, 문, 계, 역의 8단계로 나타낼 수 있다. '목'은 '과'보다 상위 분류 단계이므로, 목에 속하는 종 수가 과에 속하는 종 수보다 많다.

채점 기준	배점
목이라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
목이라고만 쓴 경우	40 %

10 A와 C는 같은 속에 속하므로 상위 분류 단계인 과도 같다. 따라서 ㉠은 갯과이다. B와 D는 같은 속에 속하므로 상위 분류 단계인 과도 같다. 따라서 ㉡은 고양잇과이다. 고양잇과와 갯과는 모두 식육목에 속하므로 ㉢은 식육목이며, A~F는 2개의 목으로 분류되므로 ㉣은 쥐목이다.

03 생물의 다양성

개념POOL 231쪽

01 ㉠ 진정세균계, ㉡ 고세균계, ㉢ 원생생물계, ㉣ 식물계, ㉤ 균계, ㉥ 동물계 **02** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

02 (3) 원생생물은 진핵생물역에 속한다.
(4) 버섯, 곰팡이는 모두 균계에 속한다.
(5) 동물은 종속 영양 생물이지만, 식물은 독립 영양 생물이다.

콕콕! 개념 확인하기 232쪽

✓ 잠깐 확인!

1 원생생물계, 균계, 동물계 **2** 진정세균 **3** 원생생물 **4** 독립, 셀룰로스 **5** 관다발 **6** 석송, 양치 **7** 종자 **8** 방사, 좌우 **9** 미삭

01 세포벽의 펩티도글리칸 성분 유무 **02** (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ **03** ㉠ 관다발 있음, ㉡ 종자 형성함, ㉢ 씨방 있음 **04** (1) – ㉡ (2) – ㉠ (3) – ㉢ **05** (1) – ㉡ (2) – ㉠ **06** (1) – ㉠ (2) – ㉡

01 세균역에 속하는 생물은 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있고, 고세균역에 속하는 생물은 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 없다.

02 (1) 균계에 속한 생물은 대부분 다세포 생물이다.
(2) 균계는 세포에 핵막이 있는 진핵생물이다.
(3) 균계는 세포벽에 키틴 성분이 있다. 세포벽에 셀룰로스 성분이 있는 것은 식물계이다.
(4) 균계는 외부로 소화 효소를 분비하며 주변 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 종속 영양 생물이다.
(5) 균계에는 버섯, 곰팡이가 속해 있다.

03 선태식물은 다른 식물과 달리 관다발이 없고, 겉씨식물과 속씨식물은 종자를 형성하는 종자식물이다. 겉씨식물은 씨방이 없고, 속씨식물은 씨방이 있다.

V

탄탄! 내신 다지기 233쪽~234쪽

01 ⑤ **02** ④ **03** ① **04** ③ **05** A: 우산이끼, 솔이끼, 뿔이끼 등, B: 석송, 물부추 등, C: 고사리, 고비, 쇠뜨기 등, D: 은행나무, 소철, 소나무 등, E: 장미, 백합 등 중 각각 1가지 **06** ④ **07** ② **08** ⑤ **09** ③ **10** ㄱ, ㄷ **11** ⑤

01 | 선택지 분석 |
① (가)는 ~~세균역~~ 고세균역이다.
➡ (나)는 핵막이 있으므로 진핵생물역이고, (다)는 핵막이 없고 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있으므로 세균역이다. 따라서 (가)는 고세균역이다.
② ㉠은 '~~있음~~ 없음'이다.
➡ 고세균역(가)에 속하는 생물은 세포벽이 있지만, 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 없다.
③ ㉡은 '~~없음~~ 있음'이다.
➡ 진핵생물역(나)에 속하는 생물은 히스톤과 결합한 DNA가 있다.
④ ㉢은 '~~선형~~ 원형'이다.
➡ 세균역(다)에 속하는 생물은 염색체 모양이 원형이다.
⑤ (나)에는 4개의 계가 속한다.
➡ 진핵생물역(나)에는 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계가 속한다.

02 남세균, 대장균은 진정세균계에, 극호열균, 메테인 생성균은 고세균계에, 짚신벌레, 아메바, 미역은 원생생물계에, 솔이끼, 우산이끼, 은행나무, 소나무는 식물계에, 곰팡이, 광대버섯은 균계에, 토끼, 플라나리아, 우렁쉥이, 지렁이, 호랑이는 동물계에 속한다.

03 | 선택지 분석 |
① 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 ~~있다~~ 없다.
➡ 고세균계에 속하는 생물은 세포벽이 있지만 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 없다. 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있는 생물은 진정세균계에 속하는 생물이다.
② 메테인 생성균, 극호열균이 속한다.
➡ 고세균계에는 메테인 생성균, 극호열균, 극호염균 등이 속한다.
③ 진정세균보다 진핵생물과 유연관계가 더 가깝다.
➡ 고세균은 핵막이 없고 세포벽을 가지는 점은 진정세균과 같지만, 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 없고 히스톤과 결합한 DNA를 가진 것도 일부 있으며 유전 정보의 발현과 관련된 많은 부분

이 진핵생물과 유사하므로, 진정세균보다 진핵생물과 유연관계가 더 가깝다고 여겨진다.

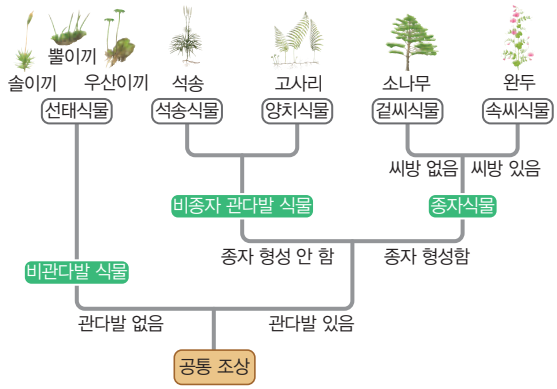
④ 주로 무기물이나 유기물을 산화시켜 에너지를 얻는다.

⑤ 염분 농도가 높거나 온도가 높은 극한 환경에서 서식하는 것이 있다.

➡ 극호염균은 사해와 같이 염분 농도가 높은 곳에 서식하고, 극호열균은 온도가 매우 높은 화산 온천에 서식한다.

04 관다발을 형성하지 않는 A는 선태식물이고, 관다발을 형성하면서 종자를 형성하지 않는 B는 석송식물, C는 양치식물이다. 종자를 형성하면서 씨방을 형성하지 않는 D는 겉씨식물이고, 씨방을 형성하는 E는 속씨식물이다.

더 알아보기 식물의 계통수



05 선태식물(A)에는 우산이끼, 솔이끼, 뿔이끼 등이 있고, 석송식물(B)에는 석송, 물부추 등이 있으며, 양치식물(C)에는 고사리, 고비, 쇠뜨기 등이 있다. 겉씨식물(D)에는 은행나무, 소철, 소나무 등이 있고, 속씨식물(E)에는 장미, 백합 등이 있다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ 석송식물과 양치식물이 해당한다.

✗ 잎, 줄기, 뿌리가 분화되어 ~~있지 않다~~ 있다.

➡ 비종자 관다발 식물은 잎, 줄기, 뿌리가 분화되어 있다. 잎, 줄기, 뿌리가 제대로 분화되어 있지 않은 식물은 선태식물이다.

ㄷ 헛물관이 있다.

➡ 비종자 관다발 식물은 관다발이 헛물관과 체관으로 이루어져 있다.

07 | 선택지 분석 |

✗ 씨방이 ~~있다~~ 없다.

➡ (가)~(다)는 모두 씨방이 없는 겉씨식물에 속한다.

✗ ~~포자~~ 종자로 번식한다.

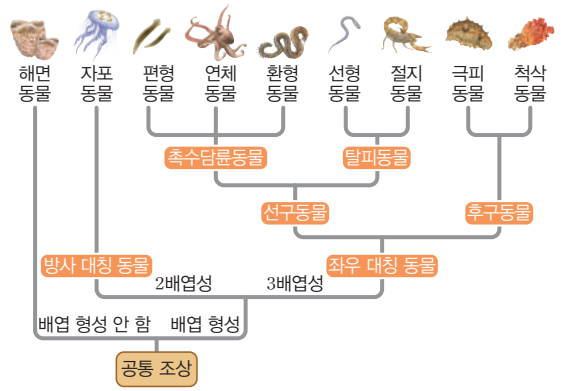
➡ (가)~(다)는 모두 종자로 번식하는 종자식물에 속한다.

ㄷ 관다발이 있다.

➡ (가)~(다)는 모두 헛물관과 체관으로 이루어진 관다발이 있다.

08 편형동물, 연체동물, 환형동물은 먹이 포획에 이용되는 촉수관을 가지거나 담륜자 유생 시기를 갖는 촉수담륜동물이다. 선형동물, 절지동물은 모두 탈피를 하는 탈피동물이다. 또, 편형동물, 연체동물, 환형동물, 선형동물, 절지동물은 모두 원구가 입이 되는 선구동물이고, 편형동물, 연체동물, 환형동물, 선형동물, 절지동물, 극피동물, 척삭동물은 모두 몸이 좌우 대칭인 좌우 대칭 동물이다.

더 알아보기 동물의 계통수



09 | 선택지 분석 |

① (가)는 선구동물의 발생 과정이다.

➡ (가)는 발생 과정에서 원구가 입이 되는 선구동물이다.

② (가)는 발생 과정에서 원구가 입이 된다.

➡ (가)는 발생 과정에서 원구가 입이 되고 반대편에 항문이 생긴다.

✓ ~~2배엽성~~ 3배엽성 동물은 ~~(나)~~ (가) 또는 (나)와 같은 발생 과정을 거친다.

➡ 원구가 입이나 항문이 되는 과정은 중배엽이 형성되고 나서 일어난다. 따라서 2배엽성 동물은 (가), (나)와 같은 발생 과정이 일어나지 않는다.

④ 절지동물문에 속하는 동물은 (가)와 같은 발생 과정을 거친다.

➡ 절지동물문에 속하는 동물은 (가)와 같은 발생 과정을 거치는 선구동물이다.

⑤ 극피동물문에 속하는 동물은 (나)와 같은 발생 과정을 거친다.

➡ 극피동물문에 속하는 동물은 (나)와 같은 발생 과정을 거치는 후구동물이다.

10 발생 과정에서 원구가 입이 되고 담륜자 유생 시기를 거치는 동물은 일부 연체동물과 환형동물이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ 조개

➡ 조개는 연체동물이므로 (가)에 속한다.

✗ 거미

➡ 거미는 절지동물이므로 (가)에 속하지 않는다.

ㄷ 갯지렁이

➡ 갯지렁이는 환형동물이므로 (가)에 속한다.

✕ 예쁜꼬마선충
➡ 예쁜꼬마선충은 선형동물이므로 (가)에 속하지 않는다.

11 (가)는 히드라, (나)는 불가사리, (다)는 플라나리아이다.

| 선택지 분석 |

① (가)는 ~~3배엽성~~ 2배엽성 동물이다.
➡ 히드라(가)는 자포동물이며, 2배엽성 동물이다.

② (가)는 탈피를 ~~한다~~ 하지 않는다.
➡ 히드라(가)는 탈피를 하지 않는다. 탈피를 하는 동물은 선형동물, 절지동물이다.

③ (나)는 발생 과정에서 원구가 ~~입~~ 항문이 된다.
➡ 불가사리(나)는 발생 과정에서 원구가 항문이 되는 후구동물이다.

④ (다)는 ~~방사~~ 좌우 대칭 동물이다.
➡ 플라나리아(다)는 편형동물이므로 좌우 대칭 동물이다.

⑤ (다)는 촉수관을 가지는 촉수담륜동물이다.
➡ 플라나리아(다)는 촉수관을 가지는 촉수담륜동물이다.

도전! 실력 올리기

235쪽~236쪽

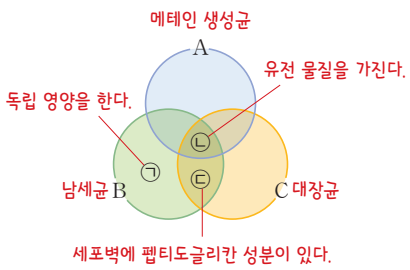
01 ③ **02** ② **03** ③ **04** ③ **05** ④ **06** ③

07 | **모범 답안** | ㉠은 관다발의 유무, ㉡은 종자의 유무, ㉢은 씨방의 유무이다.

08 편형동물문, 연체동물문, 환형동물문, 선형동물문, 절지동물문, 극피동물문, 척삭동물문

09 X: 세포벽의 펩티도글리칸 성분의 유무, Y: 몸의 대칭성, 배엽의 수

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ C는 대장균이다.
➡ '독립 영양을 한다.'는 남세균만 해당되고, '유전 물질을 가진다.'는 남세균, 대장균, 메테인 생성균이 모두 해당되며, '세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있다.'는 남세균과 대장균이 해당되므로 A는 메테인 생성균, B는 남세균, C는 대장균이다.

㉡ ㉢은 '세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있다.'이다.
➡ ㉠은 '독립 영양을 한다.', ㉡은 '유전 물질을 가진다.', ㉢은 '세포벽에 펩티도글리칸 성분이 있다.'이다.

✕ 3역 6계 분류 체계에서 A와 B는 ~~같은~~ 다른 계에 속한다.
➡ 3역 6계 분류 체계에서 메테인 생성균(A)은 고세균계, 남세균(B)은 진정세균계에 속한다.

02 | 선택지 분석 |

✕ ~~A~~는 우산이끼에 속한다.
➡ 종자가 없고 관다발이 있는 A는 석송이다. 석송은 선태식물에 속하지 않는다. 선태식물에 속하는 식물은 우산이끼이다.

㉡ B는 소나무이다.
➡ 밑씨가 겉으로 드러나 있는 겉씨식물에 속하는 B는 소나무이다.

✕ C는 잎맥이 ~~그물맥~~ 나란히맥이다.
➡ 벼(C)는 떡잎이 1장인 외떡잎식물이며, 외떡잎식물의 잎맥은 나란히맥이다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ '관다발 있음'은 특징 ㉠에 해당한다.
➡ '관다발 있음'은 고사리, 은행나무, 장미만 해당되므로, 특징 ㉠에 해당한다.

㉡ '종자 있음'은 특징 ㉡에 해당한다.
➡ '종자 있음'은 은행나무, 장미만 해당되므로, 특징 ㉡에 해당한다.

✕ ~~은행나무와 장미는 모두~~ 장미만 씨방이 있다.
➡ 은행나무는 씨방이 없는 겉씨식물이고, 장미는 씨방이 있는 속씨식물이다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ A는 솔이끼이다.
➡ (나)는 원구가 입이 되는 선구동물을 나타낸 것이므로, 특징 ㉠은 선구동물이다. 따라서 C는 환형동물인 지렁이이고, 지렁이와 유연관계가 가장 가까운 D는 불가사리이다. 이에 따라 동물계와 유연관계가 가장 먼 A는 식물계에 속하는 솔이끼이고, B는 균계에 속하는 광대버섯이다.

㉡ B와 C는 모두 종속 영양을 한다.
➡ 광대버섯(B)은 균계에 속하고 지렁이(C)는 동물계에 속하므로 모두 종속 영양을 한다.

✕ D는 ~~척삭동물문~~ 극피동물문에 속한다.
➡ 불가사리(D)는 극피동물문에 속한다.

05 | 자료 분석 |

특징 \ 동물	A 뱀	B 성게	C 해파리
㉠ 2배엽성 동물이다.	×	×	○
㉡ 척추를 가진다.	○	×	×
㉢ 원구가 항문이 된다.	○	○	ⓐ ×

(○: 있음, ×: 없음)

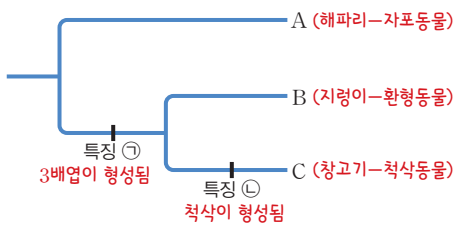
| 선택지 분석 |

ㄱ. C는 자포동물문에 속한다.
➡ '척추를 가진다.'는 뱀만 해당되고, '2배엽성 동물이다.'는 해파리만 해당되며, '원구가 항문이 된다.'는 뱀, 성게만 해당되므로 A는 뱀, B는 성게, C는 해파리이다. 해파리는 자포동물문에 속한다.

ㄴ. ㉠은 '2배엽성 동물이다.'이다.
➡ ㉠은 '2배엽성 동물이다.', ㉡은 '척추를 가진다.', ㉢은 '원구가 항문이 된다.'이다.

✗ ⓐ는 '○'이다.
×
➡ 해파리(C)는 자포동물문에 속하므로 ⓐ는 '×'이다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ. ㉠은 '3배엽이 형성됨'이다.
➡ '척삭이 형성됨'은 창고기만 해당되고, '3배엽이 형성됨'은 지렁이, 창고기만 해당되므로 ㉠은 '3배엽이 형성됨', ㉡은 '척삭이 형성됨'이다.

ㄴ. B는 촉수담륜동물에 해당한다.
➡ A는 해파리, B는 지렁이, C는 창고기이다. 지렁이(B)는 환형동물이므로 촉수담륜동물에 해당한다.

✗ C는 ~~선구동물~~에 해당한다.
후구동물
➡ 창고기(C)는 척삭동물이므로 원구가 항문이 되는 후구동물에 해당한다.

07 솔이끼는 관다발이 없는 선태식물이고, 고사리, 소나무, 백합은 관다발이 있으므로 ㉠은 관다발의 유무이다. 고사리는 종자가 없는 양치식물이고, 소나무와 백합은 종자로 번식하는 종자식물이므로 ㉡은 종자의 유무이다. 소나무는 씨방이 없어 밑씨가 겉으로 드러나 있는 겉씨식물이고, 백합은 씨방이 있어 밑씨가 씨방 속에 들어 있는 속씨식물이므로 ㉢은 씨방의 유무이다.

채점 기준	배점
㉠~㉢을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉢ 중 2가지만 옳게 서술한 경우	60 %
㉠~㉢ 중 1가지만 옳게 서술한 경우	30 %

08 제시된 그림은 초기 발생 과정에서 외배엽, 중배엽, 내배엽이 모두 형성되므로, 3배엽성 동물의 발생 과정을 나타낸 것이다. 3배엽성 동물에는 편형동물문, 연체동물문, 환형동물문, 선형동물문, 절지동물문, 극피동물문, 척삭동물문이 있다.

09 젖산균, 대장균은 진정세균계에 속하고, 극호염균, 극호열균은 고세균계에 속한다. 따라서 X는 세포벽의 펩티도글리칸 성분의 유무이다. 말미잘, 산호는 자포동물에 속하고, 자포동물은 방사 대칭 동물이자 2배엽성 동물이다. 플라나리아는 편형동물에 속하고, 회충은 선형동물에 속한다. 편형동물과 선형동물은 모두 좌우 대칭 동물이자 3배엽성 동물이다.

실전! 수능 도전하기 238쪽~240쪽

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

01 ㉠이 지구상에 가장 먼저 나타났으므로 원핵생물이고, ㉡은 그 다음으로 나타났으므로 단세포 진핵생물이며, ㉢은 가장 나중에 나타났으므로 다세포 진핵생물이다.

| 선택지 분석 |

✗ 효모는 ~~㉠~~에 속한다.
㉡
➡ 효모는 균계에 속하므로 단세포 진핵생물이다. 따라서 ㉡에 속한다.

ㄴ. ㉡에는 RNA가 있다.
➡ ㉠~㉢에서는 모두 전사가 일어나므로 RNA가 있다.

ㄷ. ㉢은 다세포 진핵생물이다.
➡ ㉢은 가장 늦게 출현하였으므로 다세포 진핵생물이다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ. ⓐ는 호기성 세균이다.
➡ ⓐ는 미토콘드리아의 기원이므로 호기성 세균이고, ⓑ는 엽록체의 기원이므로 광합성 세균이다.

✗ ⓑ에는 핵이 ~~있다~~.
없다.
➡ 광합성 세균(ⓑ)은 진정세균계에 속하므로 원핵생물이다. 따라서 핵이 없다.

ㄷ. ⓐ와 ⓑ에는 모두 DNA가 있다.
➡ 호기성 세균(ⓐ)과 광합성 세균(ⓑ)에는 모두 유전 물질인 DNA가 있다. 따라서 미토콘드리아와 엽록체에도 DNA가 있다.

03 | 선택지 분석 |

✗ (가)의 혼합 기체에 산소(O_2)가 ~~포함되어 있다~~.
없다.
➡ (가)의 혼합 기체에는 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수소(H_2), 수증기(H_2O) 등의 환원성 기체가 들어 있다. 산화성 기체인 산소는 포함되어 있지 않다.

✗ 실험 결과 U자관 내에서 ~~원핵생물~~이 관찰된다.
아미노산
➡ U자관에 고인 액체는 원시 지구의 바다에 해당하며, 실험 결과 U자관 내에서 아미노산과 같은 간단한 유기물이 관찰된다.

ㄷ B는 아미노산이다.
➡ A는 시간이 지나면서 감소하므로 암모니아이고, B는 시간이 지나면서 증가하므로 아미노산이다.

04 | 선택지 분석 |

✕ ㉠은 ~~호기성 세균~~이다. 무산소 호흡 종속 영양 생물
➡ ㉠은 산소가 없는 지구에 가장 먼저 나타났으므로 무산소 호흡 종속 영양 생물, ㉡의 출현 이후 O_2가 방출되었으므로 ㉡은 광합성 세균, ㉢은 O_2로 호흡하는 호기성 세균이다.

ㄴ ㉡에는 엽록소가 있다.
➡ 광합성 세균(㉡)에는 엽록소가 있어 광합성을 할 수 있다.

✕ ㉢은 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 ~~가진다~~. 가지지 않는다.
➡ 호기성 세균(㉢)은 원핵생물이므로 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 가지지 않는다.

05 | 선택지 분석 |

✕ A와 C의 유연관계는 A와 F의 유연관계보다 ~~가깝다~~. 멀다.
➡ A는 E와 속명이 같으므로 고양잇과이고, D는 B와 속명이 같으므로 갯과이다. 이에 따라 C는 족제비과이다. A와 F는 과명이 같고 A와 C는 과명이 다르므로, A와 C의 유연관계는 A와 F의 유연관계보다 멀다.

ㄴ B와 E는 같은 강에 속한다.
➡ B와 E는 목이 같으므로 상위 분류 단계인 강도 같다.

✕ D의 학명에서 종소명은 '~~*Canis*~~ *latrans*'이다.
➡ 이명법은 학명을 속명+종소명으로 나타내므로 D의 종소명은 '*latrans*'이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ '광합성이 일어나는가?'는 ㉠에 해당한다.
➡ '광합성이 일어나는가?'는 공변세포에만 해당되므로 ㉠에 해당한다.

ㄴ A의 세포벽에는 펩티도글리칸 성분이 있다.
➡ 대장균은 세포벽이 있는 진정세균계에 속하고, 사람은 세포벽이 없는 동물계에 속하므로, A는 대장균이고 B는 사람의 간세포이다. 대장균의 세포벽에는 펩티도글리칸 성분이 있다.

ㄷ B에는 핵이 있다.
➡ 사람의 간세포(B)는 진핵세포이므로 핵이 있다.

07 | 선택지 분석 |

✕ ㉠은 ~~F~~ D이다.
➡ C는 D와 같은 속에 속하고, E, F와 다른 속에 속하므로 C와 유연관계가 가까운 ㉠은 D이다. 또, C는 E와 같은 목에 속하고, F와는 다른 목에 속하므로 ㉡은 E, ㉢은 F이다.

ㄴ C와 D의 유연관계는 C와 E의 유연관계보다 가깝다.
➡ C와 D는 속명이 같고, C와 E는 속명이 다르므로, C와 D의 유연관계는 C와 E의 유연관계보다 가깝다.

ㄷ F의 학명은 이명법을 사용하였다.
➡ F의 학명은 속명+종소명+명명자로 나타냈으므로, 이명법을 사용하였다.

08 뿔이끼는 식물계, 남세균은 진정세균계, 푸른곰팡이는 균계에 속하므로, A는 남세균, B는 뿔이끼, C는 푸른곰팡이이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A는 원핵생물에 해당한다.
➡ 남세균(A)은 핵막이 없으므로 원핵생물에 해당한다.

✕ B는 관다발이 ~~있다~~. 없다.
➡ 뿔이끼(B)는 선태식물에 속하므로 관다발이 없다.

ㄷ C는 균계에 속한다.
➡ 푸른곰팡이(C)는 균계에 속한다.

09 | 자료 분석 |

- ㉠과 ㉡은 원생생물계에 속한다. 김, 아메바
- ㉠과 ㉣은 종속 영양 생활을 한다. 아메바, 검은빵곰팡이
- ㉢과 ㉣은 포자로 번식한다. 솔이끼, 검은빵곰팡이

㉠은 아메바, ㉡은 김, ㉢은 솔이끼, ㉣은 검은빵곰팡이이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ ㉠은 위족을 형성한다.
➡ 아메바(㉠)는 원생생물계에 속하며, 위족을 형성한다.

ㄴ ㉢은 엽록소 b를 갖는다.
➡ 솔이끼(㉢)는 식물계에 속하므로, 엽록소 a, b를 갖는다.

ㄷ ㉣은 균사를 갖는다.
➡ 검은빵곰팡이(㉣)는 균계에 속하므로, 균사를 갖는다.

10 | 자료 분석 |

(가)

생물 \ 특징	㉠	㉡	㉢	㉣
대장균 A	ⓐ×	×	○	×
다시마 B	×	○	×	○
푸른곰팡이 C	×	○	×	×
쇠뜨기 D	○	○	ⓑ×	○

(○: 있음, ×: 없음)

(나)

특징(㉠~㉣)	
핵막을 가진다.	다시마, 쇠뜨기, 푸른곰팡이
관다발을 가진다.	쇠뜨기
단세포 생물이다.	대장균
독립 영양 생물이다.	다시마, 쇠뜨기

다시마는 원생생물계, 대장균은 진정세균계, 쇠뜨기는 식물계, 푸른곰팡이는 균계에 속한다. 핵막을 가지는 것은 다시마, 쇠뜨기, 푸른곰팡이이므로, '핵막을 가진다.'는 ㉡이고 A는 대장균이다. 관다발을 가지는 것은 양치식물인 쇠뜨기이므로, '관다발을 가진다.'는 ㉠이고 D는 쇠뜨기이며 ⓐ는 '×'이다. 단세포 생물인 것은 대장균이므로, ㉢은 '단세포 생물이다.'이고 ⓑ는 '×'이다. 독립 영양 생물인 것은 다시마, 쇠뜨기이므로, ㉣은 '독립 영양 생물이다.'이고 B는 다시마, C는 푸른곰팡이이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이다.
➡ 대장균은 관다발이 없고 쇠뜨기는 단세포 생물이 아니므로 ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이다.

V

2 생물의 진화

01 진화의 증거

콕콕! 개념 확인하기 245쪽

✔ 잠깐 확인!

1 화석 **2** 팔, 앞다리 **3** 날개, 날개 **4** 월리스 **5** 진화발생학적 **6** 유연관계

01 화석상의 증거 **02** (1) ㉠ 상동 기관, ㉡ 상사 기관, ㉢ 흔적 기관 (2) 사람 배아의 아가미 틈, 사람의 꼬리뼈, 사람의 막창자꼬리 등 **03** (1) ○ (2) × (3) ○ **04** (1) ㄴ (2) ㄷ (3) ㄱ (4) ㄹ

03 (2) 생물종 간에 DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열의 차이가 클수록 상대적으로 오래전에 분화한 것이고, 차이가 작을수록 비교적 최근에 공통 조상에서 분화한 것이다.

탄탄! 내신 다지기 246쪽~247쪽

01 ① **02** ⑤ **03** ④ **04** ③ **05** ④ **06** ② **07** ③ **08** ④ **09** (가) 비교해부학적 증거, (나) 분자진화학적 증거, (다) 분류학적 증거

01 화석을 연구하면 지층이 형성될 당시의 생물 다양성과 환경의 특성을 알 수 있으므로, 화석은 환경 변화와 생물의 진화를 보여 주는 가장 직접적인 증거이다. 그림은 고래의 화석을 통해 알 수 있는 고래의 진화 과정이므로 화석상의 증거이다.

02 | 선택지 분석 |

① (가)에서 박쥐의 날개와 잠자리의 날개는 ~~상동~~ 상사 기관이다.
➡ 박쥐의 날개와 잠자리의 날개는 발생 기원이 다르지만 모양과 기능이 유사한 상사 기관이다.

② (가)에서 박쥐의 날개와 잠자리의 날개는 발생 기원이 ~~같다~~ 다르다.
➡ 박쥐의 날개와 잠자리의 날개는 발생 기원이 다르지만 비슷한 환경에 적응하면서 유사한 형질을 갖게 된 것이다.

③ (나)에서 고양이의 앞다리와 고래의 가슴지느러미는 ~~상사~~ 상동 기관이다.
➡ 고양이의 앞다리와 고래의 가슴지느러미는 모양과 기능이 다르지만 발생 기원과 해부학적 구조가 같은 상동 기관이다.

✕ B는 ~~푸른곰팡이~~ 다시마이다.
➡ A는 대장균, B는 다시마, C는 푸른곰팡이, D는 쇠뜨기이다.

㉢ D는 양치식물문에 속한다.
➡ 쇠뜨기(D)는 양치식물문에 속한다.

11 회충은 선형동물, 도마뱀은 척추동물, 창고기는 두삭동물, 불가사리는 극피동물에 속한다.

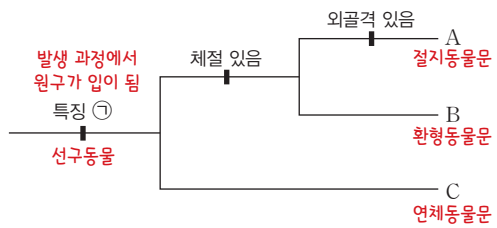
| 선택지 분석 |

㉠ A는 회충이다.
➡ '원구가 항문이 됨'은 도마뱀, 창고기, 불가사리만 해당되므로 A는 회충이다.

㉡ B는 좌우 대칭 동물이다.
➡ 원구가 항문이 되고 척삭을 형성하지 않는 동물은 불가사리이므로 B는 불가사리이다. 불가사리는 좌우 대칭 동물이지만 성체 시기에는 방사 대칭의 몸 구조를 갖는다.

✕ C는 ~~미삭동물~~ 두삭동물에 속한다.
➡ 척삭을 형성하면서 척추를 가지지 않는 C는 창고기이다. 창고기는 일생 동안 뚜렷한 척삭이 나타나므로 두삭동물에 속한다.

12 | 자료 분석 |



A는 몸에 체절이 있고 외골격이 있는 동물이므로 절지동물문이고, B는 몸에 체절이 있는 환형동물문이다. 따라서 C는 연체동물문이다.

| 선택지 분석 |

㉠ '발생 과정에서 원구가 입이 됨'은 ㉠에 해당한다.
➡ 발생 과정에서 원구가 입이 되는 선구동물은 연체동물문, 절지동물문, 환형동물문 모두에 해당되므로 ㉠에 해당한다.

㉡ A는 절지동물문이다.
➡ 몸에 체절이 있고 외골격이 있는 A는 절지동물문이다.

㉢ 갯지렁이는 B에 속한다.
➡ 갯지렁이는 환형동물문(B)에 속한다.

④ (나)에서 사람의 팔과 고양이의 앞다리는 발생 기원이 ~~다르다~~ 같다.

➡ 사람의 팔과 고양이의 앞다리는 발생 기원이 같지만 다른 환경에 적응하면서 다른 기능을 수행하도록 진화한 것이다.

⑤ (가)와 (나)는 모두 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

➡ (가)의 상사 기관과 (나)의 상동 기관은 모두 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

03 | 선택지 분석 |

① (가)는 진화의 증거 중 화석상의 증거이다.

➡ 공룡의 화석을 통해 공룡에 대한 정보를 얻을 수 있으므로 (가)는 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다.

② (나)는 진화의 증거 중 비교해부학적 증거이다.

➡ 현존하는 여러 생물의 형태적 특징을 비교해 보면 이들이 공통 조상을 갖는지, 서로 다른 조상으로부터 진화했는지를 알 수 있다. 이와 같은 진화의 증거를 비교해부학적 증거라고 한다.

③ (나)에서 완두의 덩굴손과 포도의 덩굴손은 상사 기관이다.

➡ 완두의 덩굴손과 포도의 덩굴손은 발생 기원이 다르지만 모양과 기능이 유사한 상사 기관이다.

④ (다)는 진화의 증거 중 ~~분자진화학적~~ 비교해부학적 증거이다.

➡ (다)는 비교해부학적 증거이다.

⑤ (다)에서 사람의 막창자꼬리는 흔적 기관이다.

➡ 사람의 막창자꼬리는 현재에는 과거의 기능을 더 이상 수행하지 않고 흔적으로만 남아 있는 기관이므로 흔적 기관이다.

04 생물의 분포는 각 지역마다 독특하게 나타나는데, 이는 같은 종의 생물이 지리적으로 격리된 후 오랜 세월 동안 독자적인 진화 과정을 거쳤기 때문이다. 갈라파고스 제도의 핀치는 지리적으로 격리된 후 먹이에 따라 부리의 형태가 달라졌으므로 생물지리학적 증거이다.

05 유연관계가 가까운 생물들은 발생 초기 단계에서 성체에서는 보이지 않는 유사한 특징이 나타난다. 척추동물의 발생 초기 배아는 형태가 매우 유사하고 아가미 틈이 관찰된다. 이를 통해 이들이 공통 조상으로부터 진화해 왔다는 것을 알 수 있으며, 이는 진화발생학적 증거이다.

06 | 선택지 분석 |

① 고래의 조상은 육지에서 생활하였다.

➡ 진화의 증거 중 화석상의 증거이다.

② 환형동물과 연체동물은 담륜자 유생 시기를 거친다.

➡ 진화의 증거 중 진화발생학적 증거이다.

③ 선인장의 가시와 장미의 가시는 발생 기원이 다르다.

➡ 진화의 증거 중 비교해부학적 증거(상사 기관)이다.

④ 실러캔스와 폐어는 어류이지만, 뼈와 근육으로 이루어진 지느러미를 갖는다.

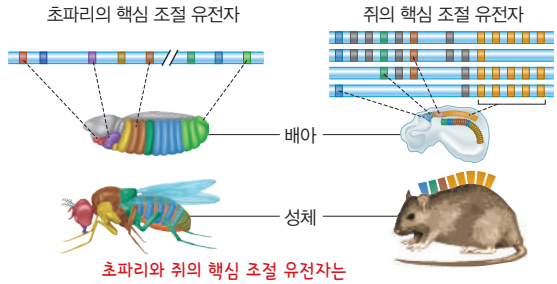
➡ 진화의 증거 중 분류학적 증거이다.

⑤ 난황 단백질을 암호화하는 유전자의 염기 서열이 여러 포유류의 염색체에서 공통적으로 발견되었다.

➡ 진화의 증거 중 분자진화학적 증거이다.

더 알아보기 진화발생학적 증거

생물의 기관 발생 과정을 총괄적으로 조절하는 핵심 조절 유전자는 대부분의 진핵생물에서 발견되는데, 이 핵심 조절 유전자는 초기 배아에서 발현되는 부위와 기능이 비슷하고 생명체들이 수억 년 동안 진화하면서 동물이나 식물에서 거의 보존될 만큼 발생 과정에서 중요한 역할을 한다.



초파리와 쥐의 핵심 조절 유전자는 발생 과정에서 발현되며 작용하는 부위가 비슷하다.

07 | 선택지 분석 |

① 진화의 증거 중 ~~분류학적~~ 분자진화학적 증거이다.

➡ 진화의 증거 중 분자진화학적 증거이다.

② 닭은 사람과 동일한 헤모글로빈의 아미노산이 ~~없다~~ 있다.

➡ 닭은 사람과 헤모글로빈의 아미노산 서열 차이가 약 45개이므로 나머지 아미노산은 사람과 동일하다.

③ 사람과 유연관계가 가장 가까운 동물은 붉은털원숭이이다.

➡ 붉은털원숭이는 사람과 헤모글로빈의 아미노산 서열 차이가 가장 적으므로, 사람과 유연관계가 가장 가깝다.

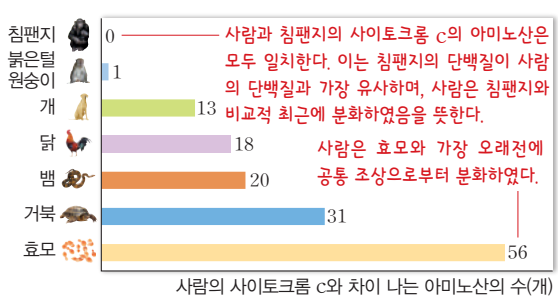
④ 생쥐와 닭 사이에서 차이가 나는 헤모글로빈의 아미노산은 ~~25개이다~~ 알 수 없다.

➡ 이 자료는 사람과 차이 나는 헤모글로빈의 아미노산 서열에 대한 자료이므로, 생쥐와 닭에서 차이가 나는 헤모글로빈의 아미노산 수는 알 수 없다.

⑤ 생쥐는 칠성장어보다 사람과 헤모글로빈의 아미노산 서열 차이가 ~~많아~~ 적게 난다.

➡ 생쥐는 사람과 헤모글로빈의 아미노산 서열 차이가 약 25개, 칠성장어는 사람과 헤모글로빈의 아미노산 서열 차이가 125개이다.

08 | 자료 분석 |



➡ 분자진화학적 증거의 예이다.

| 선택지 분석 |

① 사람의 막창자꼬리는 흔적 기관으로 남아 있다.
➡ 진화의 증거 중 비교해부학적 증거이다.

② 갈라파고스 제도의 핀치는 섬마다 부리 모양이 다르다.
➡ 진화의 증거 중 생물지리학적 증거이다.

③ 척추동물은 발생 초기에 근육성 꼬리가 공통적으로 나타난다.
➡ 진화의 증거 중 진화발생학적 증거이다.

④ 사람과 유연관계가 가까운 동물은 헤모글로빈의 아미노산 서열 차이가 적다.
➡ 진화의 증거 중 분자진화학적 증거이다.

⑤ 오스트레일리아구에는 태반이 발달하지 않은 포유류가 서식하지만, 동남아시아구에는 서식하지 않는다.
➡ 진화의 증거 중 생물지리학적 증거이다.

09 (가)는 비교해부학적 증거이다. (나)는 척추동물에서 나타나는 유전자의 염기 서열 흔적에 대한 예이므로 분자진화학적 증거이다. (다)는 포유류와 파충류가 공통 조상에서 기원되었음을 알 수 있는 예이므로 분류학적 증거이다.

도전! 실력 올리기

248쪽~249쪽

01 ④ **02** ① **03** ③ **04** ⑤ **05** ③ **06** ④

07 | **모범 답안** | 상동 기관은 발생 기원과 해부학적 구조는 같지만 모양과 기능이 다른 기관을 뜻하고, 상사 기관은 발생 기원과 해부학적 구조는 다르지만 모양과 기능이 유사한 기관을 뜻한다. 상동 기관의 예로는 사람의 팔과 고양이의 앞다리와 같은 척추동물의 앞다리 골격 구조가 있으며, 상사 기관의 예로는 완두의 덩굴손과 포도의 덩굴손이 있다.

08 생물지리학적 증거

09 | **모범 답안** | 남아메리카 대륙에는 단 두 종의 핀치가 서식하지만, 이와 가까운 갈라파고스 제도에는 섬마다 부리 모양이 조금씩 다른 여러 종의 핀치가 서식한다. 이는 섬마다 핀치가 먹을 수 있는 먹이의 종류가 달라서 그에 따라 다르게 진화해 왔기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.
➡ 오스트레일리아에는 캥거루, 코알라와 같이 태반이 발달하지 않은 유대류가 서식하지만, 다른 대륙에는 서식하지 않는다. 이처럼 생물의 분포는 각 지역마다 독특하게 나타나는데, 이는 같은 종의 생물이 지리적으로 격리된 후 오랜 세월 동안 독자적인 진화 과정을 거쳤기 때문으로 여겨진다.

✕ (나)는 진화의 증거 중 ~~비교해부학적~~ 화석상의 증거에 해당한다.
➡ (나)는 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다.

ㄷ (다)는 상사 기관의 예이다.
➡ 새의 날개와 곤충의 날개는 발생 기원이 다르지만 비슷한 환경에 적응하여 모양과 기능이 유사해진 경우이므로 상사 기관이다.

02 | 선택지 분석 |

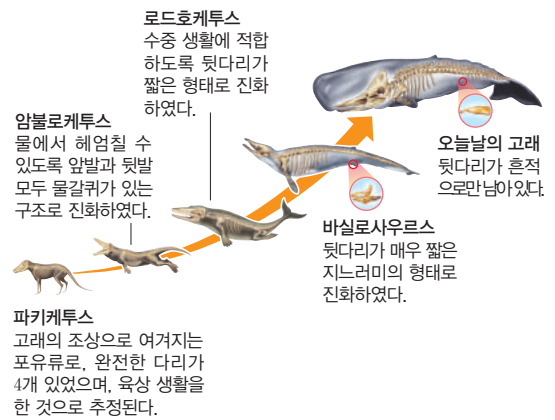
ㄱ 고래의 뒷다리는 흔적 기관이다.
➡ 고래의 뒷다리는 조상에게는 있었지만 현재에는 퇴화되어 흔적만 남아 있는 기관이므로 흔적 기관이다.

✕ 고래의 조상은 ~~바다~~ 육지에서 살았다.
➡ 고래의 조상은 4개의 다리가 있었으므로 육지에서 살았던 것으로 추정된다.

✕ 진화의 증거 중 ~~비교해부학적~~ 화석상의 증거에 해당한다.
➡ 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다.

더 알아보기 화석상의 증거

오늘날의 고래는 뒷다리가 흔적으로만 남아 있지만 고래 조상종의 화석에서는 온전한 뒷다리가 발견된다. 이는 육상 생활을 하던 포유류의 일부가 고래로 진화하였음을 보여 준다.



03 | 선택지 분석 |

ㄱ 사람의 팔과 박쥐의 날개는 상동 기관이다.
➡ 사람의 팔과 박쥐의 날개는 발생 기원이 같지만 다른 환경에 적응하여 모양과 기능이 다르게 진화한 경우이므로 상동 기관이다.

✕ 생물이 각각의 환경에 따라 ~~동일한~~ 다른 방향으로 진화하였음을 알 수 있다.
➡ 상동 기관은 발생 기원이 같지만, 서로 다른 환경에 적응하여 다른 방향으로 진화한 것이다.

ㄷ 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.
➡ 상동 기관은 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

04 | 선택지 분석 |

✕ 아가미 틈은 ~~상사~~ 흔적 기관이다.
➡ 아기미 틈은 퇴화된 기관이므로 흔적 기관이다.

ㄴ 척추동물의 공통 조상은 수중 생활을 하였다.
➡ 척추동물의 발생 초기 배아에 아가미 틈이 있으므로 척추동물의 공통 조상은 수중 생활을 하였던 것으로 추정된다.

(다) 진화의 증거 중 진화발생학적 증거에 해당한다.
➡ 유연관계가 가까운 생물은 발생 초기에 성체에서 보이지 않는 유사한 특징이 나타나는데, 이는 진화발생학적 증거에 해당한다.

05 | 선택지 분석 |
(ㄱ) 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.
(ㄴ) 사람과 Ⅰ의 유연관계는 사람과 Ⅲ의 유연관계보다 가깝다.
➡ 사람과 차이를 보이는 사이토크롬 c의 아미노산 수가 적을수록 사람과 유연관계가 가깝다. 사람과 차이를 보이는 사이토크롬 c의 아미노산 수가 Ⅰ은 13개, Ⅲ은 31개이므로 사람과 Ⅰ의 유연관계는 사람과 Ⅲ의 유연관계보다 가깝다.
✗ 이 자료를 통해 Ⅱ와 Ⅲ의 유연관계를 알 수 ~~있다~~ 없다.
➡ 이 자료로는 사람과 Ⅰ~Ⅳ 사이의 유연관계만 알 수 있다.

06 | 선택지 분석 |
(ㄱ) (가)와 차이 나는 (라)의 아미노산 수는 11개이다.
✗ (가)와 (나)의 유연관계는 (가)와 (다)의 유연관계보다 ~~가깝다~~ 멀다.
➡ (가)와 차이 나는 (나)의 아미노산 수는 9개, (가)와 차이 나는 (다)의 아미노산 수는 5개이므로, (가)와 (나)의 유연관계는 (가)와 (다)의 유연관계보다 멀다.
(ㄷ) 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.

07 상동 기관은 발생 기원이 같지만, 각기 다른 환경에 적응하여 모양과 기능이 다르게 진화한 기관으로, 공통 조상으로부터 기원하였지만 각기 다른 환경에 적응하면서 다른 기능을 수행하도록 진화하였음을 알 수 있다. 상사 기관은 발생 기원이 다르지만, 비슷한 환경에 적응하여 모양과 기능이 유사하게 진화한 기관으로, 발생 기원이 다른 생물이 비슷한 환경에 적응하면서 유사한 형질을 갖도록 진화하였음을 알 수 있다.

채점 기준	배점
상동 기관과 상사 기관의 정의를 각각 옳게 서술하고, 상동 기관과 상사 기관에 해당하는 예를 각각 옳게 서술한 경우	100 %
상동 기관과 상사 기관의 정의와 상동 기관과 상사 기관에 해당하는 예 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

08 생물의 분포는 각 지역마다 독특하게 나타나는데, 이는 같은 종의 생물이 지리적으로 격리된 후 오랜 세월이 흐르는 동안 독자적인 진화 과정을 거쳐 분화한 결과로 여겨진다. 이는 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.

09 생물지리학적 증거의 대표적인 예로는 월리스선을 기준으로 한 유대류의 분포, 갈라파고스 제도의 핀치가 있다.

채점 기준	배점
생물지리학적 증거의 예를 옳게 서술한 경우	100 %
생물지리학적 증거의 예를 서술하였지만, 내용이 일부 부족한 경우	40 %

02 진화의 원리와 종분화

탐구POOL 255쪽

01 한 개체의 유전자형
02 대립유전자 A의 빈도: 0.5, 대립유전자 a의 빈도: 0.5

02 집단이 흰 바둑돌 50개와 검은 바둑돌 50개로 구성되므로, 대립유전자 A의 빈도(p)는 $\frac{50}{100}=0.5$이고, 대립유전자 a의 빈도(q)는 $\frac{50}{100}=0.5$이다.

콕콕! 개념 확인하기 256쪽

✓ 잠깐 확인!
1 유전자풀 **2** 하디·바인베르크 **3** 멘델 **4** 돌연변이 **5** 창시자 **6** 자연 선택 **7** 종분화

01 (1) 0.6 (2) 0.4 **02** (1) ○ (2) × (3) × **03** (가) 돌연변이, (나) 유전적 부동, (다) 자연 선택, (라) 유전자 흐름 **04** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ **05** (가)→(다)→(나)

01 대립유전자 R의 빈도를 p, r의 빈도를 q라고 할 때 $q^2=\left(\frac{16}{100}\right)$이므로 $q=0.4$이다. $p+q=1$이므로 $p=1-0.4=0.6$이다.

02 (2) 대립유전자 A와 a의 빈도는 각각 p와 q이므로 유전자형이 Aa가 나올 확률은 $2pq$이다.
(3) 이 집단은 멘델 집단이므로, 세대를 거듭하여도 p와 q는 변하지 않는다.

04 (1) 집단의 크기가 작을수록 유전적 부동이 심하게 일어난다.
(2) 유전자 흐름이 일어나면 집단에 없던 새로운 대립유전자가 도입되어 두 집단 사이의 유전자풀 차이가 줄어든다.

탄탄! 내신 다지기 257쪽~258쪽

01 ② **02** ③ **03** ⑤ **04** ④ **05** ② **06** 창시자 효과 **07** ② **08** ⑤ **09** ④

01 멘델 집단에서는 자연 선택이 일어나지 않는다.

02 ㉠은 1000−360−160=480이고, 2000개의 대립유전자 중 대립유전자 A의 수는 (360×2)+480=1200개, 대립유전자 a의 수는 480+(160×2)=800개이다. 따라서 대립유전자 A의 빈도는 $\frac{1200}{2000}=0.6$, a의 빈도는 $\frac{800}{2000}=0.4$이다.

| 선택지 분석 |

① 대립유전자 A의 빈도는 ~~0.4~~ 0.6이다.
➡ 대립유전자 A의 빈도는 $\frac{360\times2+480}{1000\times2}=0.6$이다.

② 대립유전자 a의 빈도는 ~~0.6~~ 0.4이다.
➡ 대립유전자 a의 빈도는 $\frac{160\times2+480}{1000\times2}=0.4$이다.

✓ ③ ㉠은 480이다.
➡ ㉠은 1000−360−160=480이다.

④ 다음 세대에서 대립유전자 A의 빈도는 ~~증가한다~~ 유지된다.
➡ 유전적 평형이 유지되는 멘델 집단에서는 세대를 거듭하여도 대립유전자 빈도는 변하지 않는다.

⑤ 다음 세대에서 유전자형을 Aa로 갖는 개체 수는 ~~㉠보다 감소한다~~ ㉠과 같다.
➡ 유전적 평형이 유지되는 멘델 집단에서는 세대를 거듭하여도 대립유전자 빈도는 일정하게 유지되므로, 다음 세대에서 유전자형을 Aa로 갖는 개체 수는 ㉠과 같다.

03 | 선택지 분석 |

① (나)는 멘델 집단이다.
➡ (가)는 세대를 거듭할 때 대립유전자 빈도가 변하므로 멘델 집단이 아니다. (나)는 세대를 거듭하여도 대립유전자 빈도가 변하지 않으므로 멘델 집단이다.

② ⓐ는 0.6이다.
➡ 대립유전자 빈도의 합은 1이다. F_1의 (가)에서 대립유전자 t의 빈도가 0.4이므로 대립유전자 T의 빈도는 0.6이다.

③ ⓑ는 0.3이다.
➡ (나)는 멘델 집단이므로 대립유전자 빈도가 변하지 않는다. 따라서 ⓑ는 0.3이다.

④ F_2에서 대립유전자 T를 갖는 개체 수는 (가)에서가 (나)에서보다 적다.
➡ 대립유전자 T를 갖는 개체 수는 유전자형이 TT인 개체 수와 유전자형이 Tt인 개체 수의 합이다. F_2의 (가)에서 대립유전자 T를 갖는 개체 수는 $(p^2+2pq)\times1000$이므로 $(0.8^2+2\times0.8\times0.2)\times1000=960$이고, (나)에서 대립유전자 T를 갖는 개체 수는 $(p^2+2pq)\times1200$이므로 $(0.7^2+2\times0.7\times0.3)\times1200=1092$이다.

✓ ⑤ (나)에서 대립유전자 T를 갖는 개체가 t를 갖는 개체보다 유리하다.
➡ (나)는 멘델 집단이므로 자연 선택이 일어나지 않아 대립유전자 T를 갖는 개체가 t를 갖는 개체보다 유리하다고 볼 수 없다.

04 | 선택지 분석 |

① p는 0.7이다.
➡ $q^2=\frac{90}{1000}$이므로 $q=0.3$이다. $p+q=1$이므로 p는 0.7이다.

② 유전자형이 RR인 사람의 빈도는 0.49이다.
➡ 유전자형이 RR인 사람의 빈도는 p^2이므로 0.49이다.

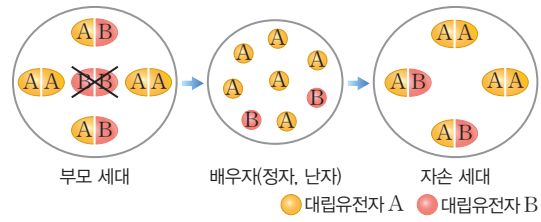
③ 유전자형이 rr인 사람의 빈도는 0.09이다.
➡ 유전자형이 rr인 사람의 빈도는 q^2이므로 0.09이다.

✓ ④ 유전자형이 Rr인 사람의 수는 ~~490~~ 420이다.
➡ 유전자형이 Rr인 사람의 빈도는 $2pq$이므로 0.42이다. 따라서 사람의 수는 0.42×1000이므로 420이다.

⑤ 세대를 거듭하여도 대립유전자 R와 r의 빈도는 일정하다.
➡ (가)는 유전적 평형이 유지되는 멘델 집단이므로 세대를 거듭하여도 대립유전자 R와 r의 빈도는 일정하게 유지된다.

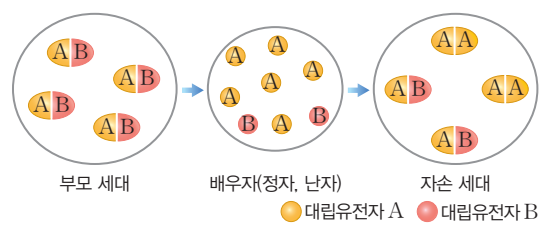
05 검은 용암 지대가 형성되면서 밝은 털을 가진 포켓쥐가 어두운 털을 가진 포켓쥐보다 포식자에게 발견될 확률이 높아 어두운 털을 가진 포켓쥐가 생존에 유리하여 자연 선택되었다.

더 알아보기 자연 선택
자연 선택은 생존율과 번식률을 높이는 데 유리한 어떤 형질을 가진 개체가 다른 개체보다 더 많은 대립유전자를 다음 세대에 남겨 집단의 유전자풀이 변하는 현상이다. 자연 선택이 일어나면 시간이 지남에 따라 환경의 변화에 가장 적합한 대립유전자를 가진 개체들의 비율이 증가한 집단이 구성된다.



06 큰 집단으로부터 일부 개체가 떨어져 나와 새로운 집단을 구성할 때, 대립유전자 빈도가 기존 집단과 달라지는 현상을 창시자 효과라고 한다.

더 알아보기 유전적 부동
집단을 구성하는 개체는 자손에게 자신이 가지고 있는 대립유전자 중 하나를 무작위로 전달한다. 유전적 부동은 대립유전자가 자손에게 무작위로 전달되기 때문에 세대와 세대 사이에서 대립유전자 빈도가 예측할 수 없는 방향으로 변화하는 현상이다. 유전적 부동은 병목 효과, 창시자 효과를 겪은 집단에서 잘 나타난다.



07 (가)는 DNA 염기 서열이 변화한 사례이므로 유전자풀을 변화시킨 주된 요인은 돌연변이이다. (나)는 말라리아에 대한 저항성을 가진 낫 모양 적혈구 빈혈증 유전자가 자연 선택된 것이다. (다)는 집단의 크기가 갑작스러운 환경 변화에 의해 급격히 감소한 것이므로 병목 효과이다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 지리적 격리가 일어났다.
➡ 산맥이 형성되면서 지리적 격리가 일어났다.

ㄴ (나)에서 돌연변이가 일어났다.
➡ A만 살던 지역에서 B, C가 출현하였으므로 돌연변이가 일어났다.

ㄷ B와 C는 생식적으로 격리되어 있다.
➡ B와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

09 | 선택지 분석 |

✗ ㉠의 A와 ㉡의 A는 생식적으로 격리되어 ~~있다~~ 있지 않다.
➡ 섬 ㉠과 ㉡의 A는 같은 종이므로 생식적으로 격리되어 있지 않다.

ㄴ B와 C는 모두 돌연변이에 의해 출현하였다.
➡ B는 A의 돌연변이에 의해, C는 B의 돌연변이에 의해 출현하였다.

ㄷ B와 C의 유연관계는 B와 A의 유연관계보다 가깝다.
➡ B와 C의 분화가 B와 A의 분화보다 더 최근에 일어났으므로, B와 C의 유연관계는 B와 A의 유연관계보다 가깝다.

도전! 실력 올리기 259쪽~260쪽

01 ③ **02** ③ **03** ④ **04** ② **05** ④

06 $\frac{1}{4}$

07 | 모범 답안 | (나)에서 유전자형이 Rr인 개체가 나타난 까닭은 돌연변이에 의해 대립유전자 R가 나타났기 때문이다. (다)에서 유전자형이 RR인 개체의 비율이 증가한 까닭은 대립유전자 r를 가진 개체보다 대립유전자 R를 가진 개체가 DDT가 있는 환경에서 살아남기에 유리하여 R를 많이 가진 유전자형이 RR인 개체가 자연 선택되었기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 부모 세대에서 대립유전자 A의 빈도는 0.8이다.
➡ 대립유전자 A의 빈도를 p, a의 빈도를 q라고 할 때 $q^2=\frac{40}{1000}=0.04$이므로 $q=0.2$이다. 따라서 $p=1-0.2=0.8$이다.

ㄴ n 세대에서 대립유전자 a의 빈도는 0.2이다.
➡ 멘델 집단에서는 부모 세대의 대립유전자 빈도가 n 세대까지 동일하다. 따라서 n 세대에서 대립유전자 a의 빈도는 부모 세대에서 대립유전자 a의 빈도와 같은 0.2이다.

✗ 나비의 생식 성공률은 진회색>회색>흰색 순이다.
➡ 멘델 집단에서는 개체들의 무작위 교배가 일어나며, 각 개체의 생식 성공률은 모두 일정하다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 항생제 내성이 없는 세균이다.
➡ A는 항생제 내성 유전자가 없으므로 항생제 내성이 없는 세균이다.

ㄴ (가)에서 돌연변이가 일어났다.
➡ (가) 이후 항생제 내성 유전자를 가진 세균이 출현하였으므로 (가)에서 돌연변이가 일어났다.

✗ (나)에서 ~~A~~ B는 자연 선택되었다.
➡ (나)에서 B의 개체 수가 증가하였으므로 B가 자연 선택되었다.

03 | 선택지 분석 |

✗ DDT 저항성을 갖는 모기의 비율은 ~~A>B>C~~ A<B<C이다.
➡ 모기 집단의 사망률이 낮을수록 DDT 저항성을 갖는 모기의 비율이 높은 것이다. 따라서 DDT 저항성을 갖는 모기의 비율은 A<B<C이다.

ㄴ 처음 DDT 살포 시점에서 모기 집단 내에 DDT 저항성 유전자가 존재한다.
➡ 처음 DDT 살포 시점에서 모기 집단의 사망률이 100 %가 아니므로, 처음 DDT 살포 시점에서 모기 집단 내에 DDT 저항성 유전자가 존재한다.

ㄷ 처음 DDT 살포 이후 16개월 동안 자연 선택에 의해 모기 집단의 유전자풀이 변화되었다.
➡ 처음 DDT 살포 이후 16개월 동안 모기 집단의 사망률이 감소하였으므로 자연 선택에 의해 DDT 저항성 유전자를 가진 모기의 빈도가 증가하여 모기 집단의 유전자풀이 변화되었다.

04 | 선택지 분석 |

✗ A 집단과 B 집단은 유전자풀이 ~~같다~~ 다르다.
➡ A와 B는 서로 다른 생물학적 종이므로 집단의 유전자풀이 다르다.

ㄴ ㉠과 ㉡에서 모두 돌연변이가 일어났다.
➡ ㉠에서 A의 돌연변이에 의해 B가, ㉡에서 A의 돌연변이에 의해 C가 출현하였다.

✗ 산맥이 사라지면 A와 C는 교배하여 생식 능력을 갖는 자손을 얻을 수 ~~있다~~ 없다.
➡ A와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로, 산맥이 사라져도 A와 C는 교배하여 생식 능력을 갖는 자손을 얻을 수 없다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 가뭄 후 ㉠은 자연 선택~~되었다~~ 되지 않았다.
➡ 가뭄 후 작은 부리를 가진 핀치는 가뭄에 살아남기 어려웠으므로 자연 선택되지 않았다.

ㄴ 가뭄 전보다 가뭄 후에 핀치 부리의 평균 크기가 커졌다.
➡ 그림에서 가뭄 전보다 가뭄 후에 핀치 부리의 평균 크기가 커졌다.

ㄷ 가뭄 전과 가뭄 후 모두 핀치 부리 크기에 대한 변이가 존재한다.
➡ 가뭄 전과 가뭄 후 모두 핀치 부리 크기가 다양하므로 핀치 부리 크기에 대한 변이가 존재한다.

06 적록 색맹 대립유전자는 X 염색체에 있고, 적록 색맹 대립유전자가 정상 대립유전자에 대해 열성이므로 남자가 여자보다 적록 색맹이 많이 발생한다. 정상 대립유전자의 빈도를 p, 적록 색맹 대립유전자의 빈도를 q라고 하면 적록 색맹인 여자(X^rX^r)의 빈도는 q^2, 적록 색맹인 남자(X^rY)의 빈도는 q이다. 적록 색맹인 사람은 모두 250명이고 남녀의 수는 각각 800명이므로 $250=800q^2+800q$가 되고 $16q^2+16q-5=0$이다. 따라서 $(4q-1)(4q+5)=0$이므로 $q=\frac{1}{4}$ 또는 $-\frac{5}{4}$인데, q는 음수가 될 수 없으므로 $\frac{1}{4}$이다.

07 (가)에는 없던 유전자형이 Rr인 개체가 (나)에서 갑자기 나타난 까닭은 돌연변이에 의해 대립유전자 R가 나타났기 때문이다. (다)에서 유전자형이 RR인 개체의 비율이 증가한 까닭은 DDT가 있는 환경에서 대립유전자 r를 가진 개체보다 대립유전자 R를 가진 개체가 살아남기에 유리하여 R를 많이 가진 개체가 자연 선택되었기 때문이다.

채점 기준	배점
(나)에서 유전자형이 Rr인 개체가 나타난 까닭과 (다)에서 유전자형이 RR인 개체의 비율이 증가한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(나)에서 유전자형이 Rr인 개체가 나타난 까닭과 (다)에서 유전자형이 RR인 개체의 비율이 증가한 까닭 중 1가지만 옳게 서술한 경우	40 %

실전! 수능 도전하기

262쪽~263쪽

01 ③ **02** ③ **03** ① **04** ⑤ **05** ③ **06** ④ **07** ① **08** ④ **09** ⑤

01 | 선택지 분석 |

✕ 진화의 증거 중 ~~진화발생학적~~ 분자진화학적 증거에 해당한다.
➡ 생물 사이의 아미노산 서열 차이는 분자진화학적 증거에 해당한다.

✕ 이 동물들 중 사람과 유연관계가 가장 가까운 동물은 ~~참치~~ 원숭이이다.
➡ 사람과 유연관계가 가장 가까운 동물은 아미노산 서열 차이가 가장 적은 원숭이이다.

ㄷ 개구리와 참치의 유연관계는 개구리와 원숭이의 유연관계보다 가깝다.
➡ 개구리와 참치의 아미노산 서열 차이(15)가 개구리와 원숭이의 아미노산 서열 차이(17)보다 적으므로 개구리와 참치의 유연관계는 개구리와 원숭이의 유연관계보다 가깝다.

02 ㉠의 혈청을 토끼에 주사하여 채취한 토끼의 혈청에는 ㉠에 대한 항체가 있다.

| 선택지 분석 |

ㄱ ㉠은 사람이다.
➡ ㉠에 대한 항체와 사람의 혈청을 섞었을 때 침전율이 100 %이므로 ㉠은 사람이다.

ㄴ A~C 중 사람과 유연관계가 가장 가까운 동물은 A이다.
➡ ㉠이 사람이므로 침전율이 높을수록 사람과 유연관계가 가깝다.

✕ 진화의 증거 중 ~~비교해부학적~~ 분자진화학적 증거에 해당한다.
➡ 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.

03 집단 Ⅰ에서 긴 털 대립유전자 A의 빈도를 p_1, 짧은 털 대립유전자 A*의 빈도를 q_1이라고 할 때 대립유전자 A가 A*에 대해 완전 우성이라면 Ⅰ에서 임의의 긴 털 암컷이 임의의 짧은 털 수컷과 교배하여 자손(F_1)을 낳았을 때 이 F_1이 긴 털을 가질 확률은 (임의의 긴 털 암컷의 유전자형이 AA일 확률)×(임의의 짧은 털 수컷과의 사이에서 긴 털의 자손이 태어날 확률)+(임의의 긴 털 암컷의 유전자형이 AA*일 확률)×(임의의 짧은 털 수컷과의 사이에서 긴 털의 자손이 태어날 확률)$=\frac{p_1^2}{p_1^2+2p_1q_1}\times1+\frac{2p_1q_1}{p_1^2+2p_1q_1}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{1+q_1}=\frac{4}{9}$이며, 짧은 털 대립유전자 A*의 빈도($q_1$)는 $\frac{5}{4}$가 되어 모순이 발생한다. 따라서 짧은 털 대립유전자 A*가 긴 털 대립유전자 A에 대해 완전 우성이다. 다시 짧은 털 대립유전자 A*의 빈도를 p_1, 긴 털 대립유전자 A의 빈도를 q_1이라고 하고, Ⅰ에서 임의의 긴 털 암컷이 임의의 짧은 털 수컷과 교배하여 자손(F_1)을 낳았을 때 이 F_1이 긴 털을 가질 확률이 $\frac{4}{9}$임을 적용하면, (임의의 짧은 털 수컷의 유전자형이 A*A*일 확률)×(임의의 긴 털 암컷과의 사이에서 긴 털의 자손이 태어날 확률)+(임의의 짧은 털 수컷의 유전자형이 AA*일 확률)×(임의의 긴 털 암컷과의 사이에서 긴 털의 자손이 태어날 확률)$=\frac{p_1^2}{p_1^2+2p_1q_1}\times0+\frac{2p_1q_1}{p_1^2+2p_1q_1}\times\frac{1}{2}=\frac{4}{9}$이다. 따라서 $p_1=0.2$, $q_1=0.8$이다.
Ⅱ에서 짧은 털 대립유전자 A*의 빈도를 p_2, 긴 털 대립유전자 A의 빈도를 q_2라고 할 때 집단 Ⅰ과 Ⅱ에서 짧은 털을 갖는 개체 수의 합은 15600이므로 $20000\times(1-q_1^2)+10000\times(1-q_2^2)=15600$이다. 따라서 $p_2=0.6$, $q_2=0.4$이다.

Ⅱ의 유전자형이 AA*인 암컷이 Ⅱ의 임의의 짧은 털 수컷과 교배하여 자손(F_1)을 낳을 때 이 F_1이 짧은 털을 가질 확률은 (임의의 짧은 털 수컷의 유전자형이 A*A*일 확률)×(유전자형이 AA*인 암컷과의 사이에서 짧은 털의 자손이 태어날 확률)+(임의의 짧은 털 수컷의 유전자형이 AA*일 확률)×(유전자형이 AA*인 암컷과의 사이에서 짧은 털의 자손이 태어날 확률)

$=\frac{p_2^2}{p_2^2+2p_2q_2}\times 1+\frac{2p_2q_2}{p_2^2+2p_2q_2}\times\frac{3}{4}=\frac{6}{7}$이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. Ⅰ과 Ⅱ에서 모두 개체 사이에 부리 크기의 변이가 있었다.
➡ Ⅰ과 Ⅱ에서 모두 다양한 부리 크기가 있으므로 개체 사이에 부리 크기의 변이가 있었다.

✗ Ⅰ과 Ⅱ에서 P의 유전자풀은 서로 ~~같다~~ 다르다.
➡ Ⅰ과 Ⅱ에서 부리 크기에 따른 개체 수의 비율이 다르므로 P의 유전자풀은 서로 다르다.

ㄷ. 부리 크기가 a인 개체 수는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서보다 적다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 집단 내에 존재하지 않던 새로운 대립유전자를 제공한다.
➡ 집단 내에 존재하지 않던 새로운 대립유전자를 제공하는 것은 돌연변이이다.

✗ 두 집단 사이의 유전자 흐름(이동)에 의해 일어난다.
➡ 병목 효과는 가뭄, 홍수, 산불, 질병, 지진과 같은 자연재해에 의해 우연히 나타나고, 창시자 효과는 큰 집단으로부터 일부 개체가 떨어져 나와 새로운 집단을 구성할 때 나타난다.

ㄷ. 유전적 부동의 한 현상이다.
➡ 병목 효과와 창시자 효과는 유전적 부동의 한 현상이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 창시자 효과는 ~~자연 선택~~ 유전적 부동의 한 현상이다.
➡ 유전적 부동에는 창시자 효과와 병목 효과가 있다.

ㄴ. 자연 선택이 일어나면 환경의 변화에 가장 적합한 대립유전자를 가진 개체들의 비율이 증가한다.
➡ 자연 선택이 일어나면 시간이 지남에 따라 환경의 변화에 가장 적합한 대립유전자를 가진 개체들의 비율이 증가한 집단이 구성된다.

ㄷ. 자연 선택과 유전적 부동은 모두 유전자풀의 변화 요인이다.
➡ 유전자풀의 변화 요인에는 돌연변이, 자연 선택, 유전적 부동, 유전자 흐름 등이 있다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ. P에서 털색이 검은색에 가까운 쥐들의 생존율과 번식률이 높아 형성된 집단은 A이다.
➡ A는 털색의 평균이 검은색 쪽에 치우쳐 있으므로, P에서 털색이 검은색에 가까운 쥐들의 생존율과 번식률이 높아 형성된 집단은 A이다.

✗ B의 유전자풀은 C의 유전자풀과 ~~동일하다~~ 다르다.
➡ B와 C에서 나타나는 털색의 빈도가 다르므로 B의 유전자풀은 C의 유전자풀과 다르다.

✗ 털색 표현형의 변이는 C보다 P에서 ~~작다~~ 크다.
➡ P가 C보다 털색이 다양하므로 털색 표현형의 변이는 C보다 P에서 크다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ. ㉡은 지리적 격리에 의해 ㉠으로부터 종분화되었다.
➡ ㉡은 섬의 분리에 의한 지리적 격리에 의해 ㉠으로부터 종분화되었다.

ㄴ. ㉡과 ㉢은 서로 다른 과에 속한다.
➡ ㉠과 ㉢에서 ⓐ는 Ⅰ로 같은데 ⓑ는 다르므로 ⓐ는 '과', ⓑ는 '속'이다. ㉡의 과는 Ⅱ이고, ㉢의 과는 Ⅰ이므로 서로 다른 과에 속한다.

✗ ㉠과 ㉡의 유연관계는 ㉠과 ㉢의 유연관계보다 ~~가깝다~~ 멀다.
➡ ㉠과 ㉡의 분화는 ㉠과 ㉢의 분화보다 먼저 일어났으므로, ㉠과 ㉡의 유연관계는 ㉠과 ㉢의 유연관계보다 멀다.

09 | 선택지 분석 |

✗ X_1과 X_2는 종소명이 ~~같다~~ 다르다.
➡ X_1과 X_2는 서로 다른 생물학적 종이므로 종소명이 다르다.

ㄴ. X_2와 X_3의 유전자풀은 다르다.
➡ X_2와 X_3은 서로 다른 생물학적 종이므로 대립유전자 빈도가 달라 유전자풀이 다르다.

ㄷ. 이 과정에서 창시자 효과 현상이 나타났다.
➡ X_1에서 일부 개체가 떨어져 나와 섬으로 이주한 후 대립유전자 빈도가 변하여 다른 생물학적 종인 X_2와 X_3이 출현하였다. 이와 같은 현상을 창시자 효과라고 한다.

한번에 끝내는 대단원 문제 266쪽~269쪽

01 ⑤ **02** ① **03** ⑤ **04** ④ **05** ④ **06** ③ **07** ④
08 ④ **09** ⑤ **10** ④ **11** ③ **12** ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 | 모범 답안 | ㉠ 배엽을 형성한다. ㉡ 몸이 좌우 대칭이다. 또는 3배엽성 동물이다. ㉢ 몸이 방사 대칭이다. 또는 2배엽성 동물이다. ㉣ 후구동물이다. ㉤ 선구동물이다. 또는 촉수담륜동물이다.

14 상동 기관, 비교해부학적 증거

15 | 모범 답안 | (다), 유전적 평형이 유지되는 집단은 세대를 거듭하여도 대립유전자 빈도가 변하지 않기 때문이다.

16 | 모범 답안 | (가), 개체 수가 작을수록 유전적 부동의 영향이 더 크게 나타나며, 유전적 부동의 영향이 클수록 대립유전자 빈도가 크게 변하기 때문이다.

17 H의 빈도: 0.4, H*의 빈도: 0.6

18 0.3

01 | 선택지 분석 |

ㄱ (나)는 광합성 세균이다.

➡ (가)는 무산소 호흡 종속 영양 생물, (나)는 광합성 세균, (다)는 호기성 세균이다.

ㄴ ⓐ와 ⓑ는 모두 '없음'이다.

➡ 호기성 세균(다)은 원핵생물이므로 막으로 된 세포 소기관을 갖지 않는다. 무산소 호흡 종속 영양 생물(가)은 산소 호흡을 하지 않는다. 따라서 ⓐ는 '없음', ⓑ는 '없음'이다.

ㄷ 대기 중 ㉡의 농도가 증가하여 오존층이 생성되었다.

➡ 무산소 호흡 종속 영양 생물(가)의 호흡 결과 대기 중 CO_2 농도가 증가하였으므로 ㉠은 CO_2이고, 광합성 세균의 호흡 결과 대기 중 O_2 농도가 증가하였으므로 ㉡은 O_2이다. 대기 중 O_2의 농도가 증가하여 오존층이 생성되었다.

02 '2중 나선 구조이다.'는 DNA만 해당하고, '기본 단위가 뉴클레오타이드이다.'는 DNA와 리보자임(RNA)만 해당하므로 A는 단백질, B는 리보자임(RNA), C는 DNA이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ '촉매 기능이 있다.'는 ㉠에 해당한다.

➡ '촉매 기능이 있다.'는 리보자임(RNA)과 단백질만 해당하므로 ㉠에 해당한다.

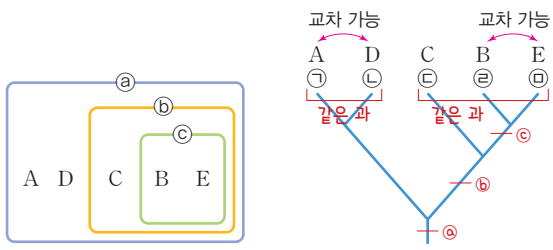
✗ '입체 구조가 다양하다.'는 ~~㉡~~ ㉠에 해당한다.

➡ '입체 구조가 다양하다.'는 리보자임(RNA)과 단백질만 해당하므로 ㉠에 해당한다.

✗ A~C 중 최초의 유전 물질이었을 가능성이 가장 높은 것은 ~~C~~ B이다.

➡ 리보자임(B)은 유전 정보를 저장할 수 있고, 다양한 입체 구조를 형성하여 효소(촉매)로 작용할 수 있으며 자기 복제 기능이 있으므로, 최초의 유전 물질이었을 가능성이 높다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~E~~ A 또는 D이다.

➡ ㉠과 ㉡ 중 하나는 A이고, 나머지 하나는 D이다. ㉢은 C이다. ㉣과 ㉤ 중 하나는 B이고, 나머지 하나는 E이다.

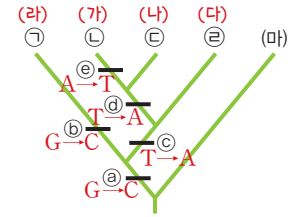
ㄴ ㉤은 ⓐ, ⓑ, ⓒ를 모두 가진다.

➡ ㉤은 B 또는 E이므로 ⓐ, ⓑ, ⓒ를 모두 가진다.

ㄷ ㉢과 B는 같은 과에 속한다.

➡ ㉠~㉤은 2개의 과로 이루어지므로, ㉠과 ㉡은 같은 과에 속하고, ㉢, ㉣, ㉤은 같은 과에 속한다.

04 | 자료 분석 |



- (마)에서 어떤 유전자의 DNA 염기 서열 GTGATAGT 중 G이 C으로 치환되어 (마)와 ㉠~㉣이 분기되었다. 따라서 ⓐ는 G에서 C으로의 치환이다.
- (마)와 염기 서열 차이가 가장 적은 것은 (라)이므로 ㉠은 (라)이고 ⓑ는 G에서 C으로의 치환이다.
- (라)와 염기 서열 차이가 가장 적은 것은 (다)이므로 ㉣은 (다)이고 ⓒ는 T에서 A으로의 치환이다.
- (다)는 (가)와 2개의 염기가 다르고 (다)는 (나)와 1개의 염기가 다르므로, ㉡은 (가)이고 ㉢은 (나)이며 ⓓ는 T에서 A으로의 치환, ⓔ는 A에서 T으로의 치환이다.

| 선택지 분석 |

✗ ㉠은 ~~(나)~~ (라)이다.

➡ ㉠은 (라), ㉡은 (가), ㉢은 (나), ㉣은 (다)이다.

ㄴ ⓒ는 T에서 A으로의 치환이다.

ㄷ (나)와 (가)의 유연관계는 (나)와 (다)의 유연관계보다 가깝다.

➡ (나)와 (가)는 (나)와 (다)보다 늦게 분기되었으므로 (나)와 (가)의 유연관계는 (나)와 (다)의 유연관계보다 가깝다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ (나)는 ㉣이다.

➡ (다)는 ㉥과 유연관계가 가장 가까우므로 ㉥과 속명이 같은 ㉤이며, (나)는 ㉡과 유연관계가 가장 가까우므로 ㉡과 속명이 같은 ㉣이다. 따라서 (가)는 ㉠과 ㉢ 중 하나이다.

✗ (가)는 ~~뗏새과~~ 참새과 또는 되새과이다.

➡ (가)는 ㉠ 또는 ㉢이므로 참새과 또는 되새과이다.

ㄷ ㉥과 ㉤의 유연관계는 ㉥과 (나)의 유연관계보다 가깝다.

➡ ㉥은 (나)(㉣)보다 (다)(㉤)와 더 가까운 가지를 공유하므로 ㉥과 ㉤의 유연관계는 ㉥과 (나)의 유연관계보다 가깝다.

06 A는 남세균, B는 사람의 간세포, C는 시금치의 공변세포이다.

| 선택지 분석 |

✗ A는 ~~고세균계~~ 진정세균계에 속한다.

➡ 핵막이 없는 것은 원핵세포이므로 A는 남세균이다. 남세균은 진정세균계에 속한다.

✗ B는 ~~원핵~~ 진핵세포이다.

➡ 세포벽이 없는 것은 동물 세포이므로 B는 사람의 간세포이다.

ㄷ C에는 엽록체가 있다.
➡ 세포벽에 셀룰로스 성분이 있는 것은 식물 세포이므로 C는 시금치의 공변세포이다. 식물의 공변세포에는 엽록체가 있어 광합성이 일어난다.

07 미역은 원생생물계, 솔이끼는 식물계, 검은빵곰팡이와 푸른곰팡이는 균계에 속하며, 4가지 생물 모두 진핵생물역에 속한다.

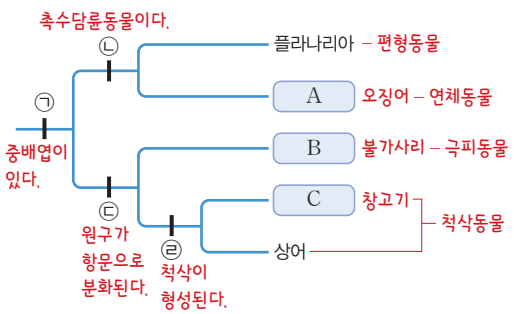
| 선택지 분석 |

ㄱ '막성 세포 소기관이 있다.'는 A에 해당한다.
➡ '막성 세포 소기관이 있다.'는 진핵세포의 특징이므로 미역, 솔이끼, 검은빵곰팡이, 푸른곰팡이 모두가 해당되는 A에 해당한다.

✕ '엽록소가 있다.'는 B에 ~~해당한다.~~ 해당하지 않는다.
➡ '엽록소가 있다.'는 미역, 솔이끼만 해당되므로 B에 해당하지 않는다.

ㄷ '균사가 있다.'는 C에 해당한다.
➡ '균사가 있다.'는 푸른곰팡이와 검은빵곰팡이만 해당되므로 C에 해당한다.

08 | 자료 분석 |



- '촉수담륜동물이다.'는 편형동물인 플라나리아와 연체동물인 오징어만 해당되는 특징이므로 ㉡이고 A는 오징어이다.
- '척삭이 형성된다.'는 척삭동물인 상어와 창고기만 해당되므로 ㉣이고 C는 창고기이다. 따라서 B는 극피동물인 불가사리이다.
- 불가사리, 창고기, 상어 모두 원구가 항문으로 분화한 후구동물이므로 ㉢은 '원구가 항문으로 분화된다.'이다.
- 5종의 동물 모두 발생 과정에서 중배엽을 형성하는 3배엽성 동물이므로 ㉠은 '중배엽이 있다.'이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ ㉡은 '촉수담륜동물이다.'이다.

✕ ㉣은 '척삭이 형성된다.'이다.
㉣ ㉣
➡ '척삭이 형성된다.'는 상어와 창고기만 해당되므로 ㉣이다.

ㄷ A는 몸이 외투막으로 싸여 있다.
➡ A는 오징어이므로 몸이 외투막으로 싸여 있다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ 각 섬의 핀치는 먹이의 종류에 따라 각각 다른 종으로 자연 선택되었다.
➡ 갈라파고스 제도의 각 섬에 있는 생물의 종류가 달라서 각 섬에 서식하는 핀치 먹이의 종류도 다르다. 따라서 핀치는 먹이의 종류에 따라 각각 다른 종으로 진화하였다.

ㄴ 각 섬의 핀치가 서로 다른 종으로 진화하는 데 지리적 격리가 영향을 미쳤다.
➡ 조상종 핀치는 원래 남아메리카 대륙에 살고 있었으나 어떤 요인에 의해 갈라파고스 제도의 각 섬에 와서 지리적 격리가 일어났고, 먹이가 다른 환경에 적응하면서 각각 다른 종으로 진화하였다.

ㄷ 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.
➡ 갈라파고스 제도의 각 섬에 서식하는 핀치의 부리 모양이 서로 다르게 진화한 것은 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.

10 | 선택지 분석 |

✕ ⓑ는 ~~(나)~~ (다)이다.
➡ 생물종 간에 DNA 염기 서열의 차이가 클수록 상대적으로 오래전에 분화한 것이며, 차이가 작을수록 비교적 최근에 공통 조상에서 분화하였다고 볼 수 있다. 따라서 ⓐ는 (라), ⓑ는 (다), ⓒ는 (나), ⓓ는 (가)이다.

ㄴ (가)~(라) 중 사람과 유연관계가 가장 가까운 동물은 (가)이다.
➡ 사람의 DNA 염기 서열과의 차이가 작을수록 사람과 유연관계가 가깝다.

ㄷ 진화의 증거 중 분자진화학적 증거이다.
➡ DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열과 같은 분자생물학적 특징을 비교해 보면 생물 간의 진화적 유연관계를 알 수 있는데, 이는 진화의 증거 중 분자진화학적 증거이다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서 털색에 대한 변이가 있다.
➡ (가)에는 다양한 털색이 있으므로 털색에 대한 변이가 있다.

✕ (나)에서 세대가 거듭될수록 털색이 검은색인 개체의 비율이 흰색인 개체의 비율보다 ~~커진다.~~ 작아진다.
➡ (나)에서 흰색의 적응도가 검은색의 적응도보다 높으므로 (나)에서 세대가 거듭될수록 털색이 흰색인 개체의 비율이 검은색인 개체의 비율보다 커진다.

ㄷ (가)~(다) 중 종분화될 가능성은 (다)에서 가장 크다.
➡ (다)에서 흰색과 검은색의 적응도가 동시에 높으므로 (가)~(다) 중 종이 분화될 가능성은 (다)에서 가장 크다.

12 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠~㉢은 모두 같은 속에 속한다.
➡ ㉠~㉢은 속명이 같으므로 모두 같은 속에 속한다.

ㄴ ㉡과 ㉢은 지리적 격리의 결과로 생성되었다.
➡ ㉡과 ㉢은 지리적 격리에 의해 태평양과 카리브 해로 분리되어 서로 다른 환경에서 서식한 결과 ㉠으로부터 종분화되었다.

ㄷ ㉡과 ㉢의 유전자풀은 서로 다르다.
➡ ㉡과 ㉢은 종소명이 다르므로 서로 다른 종이다. 따라서 ㉡과 ㉢은 유전자풀이 서로 다르다.

V

13 자포동물은 몸이 방사 대칭이고, 낭배 단계에서 발생이 멈추어 내배엽과 외배엽으로 이루어진 2배엽성 동물이다. 연체동물은 몸이 좌우 대칭이고, 3배엽성 동물이며 원구가 입이 되는 선구동물이다. 척삭동물은 몸이 좌우 대칭이고, 3배엽성 동물이며 원구가 항문이 되는 후구동물이다.

채점 기준	배점
㉠~㉤을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠~㉤ 중 4가지만 옳게 서술한 경우	70 %
㉠~㉤ 중 3가지만 옳게 서술한 경우	40 %
㉠~㉤ 중 2가지만 옳게 서술한 경우	20 %

14 사람의 팔(㉠), 새의 날개(㉡), 사자의 앞다리(㉢), 물개의 앞다리(㉣) 골격 구조는 발생 기원이 같지만 모양과 기능이 다른 상동 기관으로, 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

15 (가), (나)와 달리 (다)는 세대를 거듭하여도 대립유전자 A의 빈도가 변하지 않는다. 이는 (다)가 유전적 평형이 유지되는 집단이기 때문이다.

채점 기준	배점
(다)라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(다)라고만 쓴 경우	40 %

16 (가)는 세대를 거듭하여도 대립유전자 R의 빈도 변화가 크지 않다. 그러나 (나)는 세대를 거듭할수록 대립유전자 R의 빈도 변화가 크게 나타나는데, 이는 개체 수가 작아 유전적 부동의 영향을 더 크게 받기 때문이다.

채점 기준	배점
(가)라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)라고만 쓴 경우	40 %

17 대립유전자 H는 X 염색체에 존재하고, H가 H*에 대해 완전 우성이며, 민수는 정상, 민수의 어머니는 ㉠이 발현되므로 어머니의 유전자형은 X^HX^{H*}이고, 민수의 유전자형은 $X^{H*}Y$이다. 어머니가 이형 접합인데 ㉠이 발현되므로 ㉠은 정상에 대해 우성이다. 따라서 H는 ㉠ 대립유전자, H*는 정상 대립유전자이다.

대립유전자 H의 빈도를 p, H*의 빈도를 q라고 할 때 Ⅰ에서 ㉠이 발현된 여자의 유전자형은 X^HX^H, X^HX^{H*}이며, 빈도는 p^2+2pq이다. Ⅰ에서 남자와 여자의 수가 같으므로 ㉠이 발현된 여자의 수는 $0.5(p^2+2pq)$이다. ㉠이 발현된 남자의 유전자형은 X^HY이며, 빈도는 p이다. Ⅰ에서 남자와 여자의 수가 같으므로 ㉠이 발현된 남자의 수는 $0.5p$이다. 따라서 Ⅰ에서 ㉠이 발현된 사람의 수는 $0.5(p^2+2pq)+0.5p$이다. 유전자형이 HH*가 가능한 사람은 여자밖에 없으므로 유전자형이 HH*인 사람의 수는 $0.5\times2pq$이다. 따라서

$$\frac{\text{유전자형이 HH*인 사람의 수}}{\text{㉠이 발현된 사람의 수}}=\frac{pq}{0.5p^2+pq+0.5p}=\frac{6}{13}$$

이므로 이를 계산하면 $p=0.4$, $q=0.6$이다.

18 ㉠이 발현되는 여자의 유전자형은 X^HX^H 또는 X^HX^{H*}이고, 아이에게서 ㉠이 발현되지 않으려면 이 여자는 대립유전자 H*를 물려줘야 한다. 따라서 X^HX^H와 X^HX^{H*} 중 X^HX^{H*}를 선택해야 하며, X^HX^H의 빈도는 p^2, X^HX^{H*}의 빈도는 $2pq$이므로 X^HX^H와 X^HX^{H*} 중 X^HX^{H*}를 선택할 확률은 $\frac{2pq}{p^2+2pq}$이다. X^HX^{H*}에서 아이에게 X^{H*}를 물려줄 확률은 $\frac{1}{2}$이다. 따라서 구하는 확률은 $\frac{2pq}{p^2+2pq}\times\frac{1}{2}$이다. 임의의 남자의 유전자형은 X^HY 또는 $X^{H*}Y$이며, X^HY와 $X^{H*}Y$ 중 X^HY를 선택할 확률은 p이고, X^HY에서 Y 염색체를 물려줄 확률은 $\frac{1}{2}$이다. X^HY와 $X^{H*}Y$ 중 $X^{H*}Y$를 선택할 확률은 q이며, $X^{H*}Y$에서는 X^{H*} 염색체나 Y 염색체를 모두 물려주어도 되므로 확률은 1이다. 따라서 구하는 확률은 $\frac{1}{2}\times p+q$이다. 이에 따라서 최종적으로 구하는 확률은 $\left(\frac{2pq}{p^2+2pq}\times\frac{1}{2}\right)\times\left(\frac{1}{2}\times p+q\right)$이며, $p=0.4$, $q=0.6$이므로 0.3이다.

1 생명 공학 기술

01 유전자 재조합 기술의 원리와 활용

탐구POOL 274쪽

01 흰색 **02** 동일한 제한 효소를 사용해야 한다.

01 배지에서 흰색 군체가 형성된 것은 대장균에서 젖당 분해 효소가 생성되지 않아 X-gal이 분해되지 않았기 때문이다. 대장균에 재조합 플라스미드가 도입되면 젖당 분해 효소가 만들어지지 않는다.
배지에서 푸른색 군체가 형성된 것은 젖당 분해 효소가 작용하여 X-gal을 분해하였기 때문이다.

02 동일한 제한 효소를 사용해야 말단 부위의 염기 서열이 동일해지기 때문이다.

콕콕! 개념 확인하기 275쪽

✔ 잠깐 확인!

1 DNA 운반체 **2** 제한 효소 **3** DNA 연결 효소 **4** 숙주 세포 **5** 플라스미드 **6** 점착 말단

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ **02** 단백질 **03** (1)-㉣ (2)-㉢ (3)-㉠ (4)-㉡ **04** 인슐린, 생장 호르몬, 인터페론, 혈전 용해제, 간염 백신, 혈액 응고 인자 등 중 3가지 **05** ㉠ 의약품, ㉡ 형질 전환 생물

01 (1) 제한 효소는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르는 효소이다.

02 각 유전자에는 특정 단백질에 대한 정보가 저장되어 있어 유전자에 저장된 정보에 따라 다양한 단백질이 합성되고, 한 개체의 여러 형질이 결정된다.

05 유전자 재조합 기술은 기초 생명 과학 연구, 의약품 생산, 형질 전환 생물 개발 등에 활용할 수 있다.

탄탄! 내신 다지기 276쪽~277쪽

01 ⑤ **02** ② **03** ③ **04** 점착 말단 **05** ④ **06** 플라스미드 **07** ① **08** ③ **09** ④ **10** 형질 전환 **11** ④

01 인슐린 유전자 재조합에는 인슐린 유전자, 유용한 유전자를 숙주 세포로 운반하는 플라스미드, DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르는 제한 효소, DNA 조각들을 이어 주는 DNA 연결 효소, 재조합 DNA가 이식되는 숙주 세포가 필요하다. DNA 중합 효소는 DNA 복제에 필요한 효소이다.

02 플라스미드는 세균이 가지고 있으며, 세균의 주염색체 외에 별도로 존재하는 고리 모양의 DNA이다.

03 제한 효소는 DNA를 자르기만 한다. 자른 DNA를 다시 연결할 때는 DNA 연결 효소를 사용한다.

04 점착 말단은 상보적인 염기 서열을 가지고 있다. 따라서 동일한 제한 효소로 자른 서로 다른 DNA 가닥에 DNA 연결 효소가 작용하면 상보적인 점착 말단이 결합하여 DNA가 연결된다.

05 | 선택지 분석 |

① 제한 효소는 점착 말단을 만들어 낸다.
➡ 제한 효소는 DNA의 두 가닥을 엇갈리게 잘라서 잘린 부위에 짧은 단일 가닥 말단을 만드는데, 이 말단은 다른 DNA 조각의 상보적인 단일 가닥 말단과 결합할 수 있으므로, 이 부위를 점착 말단이라고 한다.

② 숙주 세포로는 대장균을 주로 사용한다.

③ 플라스미드는 유용한 유전자를 숙주 세포로 운반한다.
➡ 유용한 유전자를 숙주 세포로 운반하는 역할을 하는 DNA 운반체로는 세균의 플라스미드가 많이 사용된다.

④ 유용한 유전자와 플라스미드를 ~~서로 다른~~ 동일한 제한 효소로 자른다.
➡ 유용한 유전자와 플라스미드는 동일한 제한 효소를 사용하여 잘라야 한다. 그래야 플라스미드와 유용한 유전자를 DNA 연결 효소로 연결하여 재조합 DNA를 만들 수 있다.

⑤ DNA 연결 효소로 유용한 유전자와 DNA 운반체를 연결한다.
➡ DNA 연결 효소는 인접한 뉴클레오타이드의 당과 인산의 공유 결합을 촉매하여 DNA 조각들을 연결한다.

06 세균이 주염색체 외에 가지고 있는 작은 고리 모양의 DNA를 플라스미드라고 한다.

07 플라스미드와 사람의 DNA를 동시에 자르는 효소는 제한 효소이고, 이 두 DNA를 연결하는 효소는 DNA 연결 효소이다. 이렇게 연결된 DNA를 재조합 DNA라고 한다.

08 인슐린 유전자가 포함된 재조합 DNA를 만들기 위해서는 사람의 DNA에 제한 효소를 처리하여 인슐린 유전자를 얻어야 하고, 대장균의 플라스미드를 동일한 제한 효소로 처리한 후 인슐린 유전자를 삽입하여 DNA 연결 효소로

연결해야 한다. 이 재조합 DNA를 숙주 세포인 대장균에 도입하여 형질 전환 대장균을 만들면 형질 전환 대장균이 증식하면서 인슐린을 생산한다.

09 유전자 재조합 기술을 활용하면 특정 유전자를 다른 생물에게 발현시켜서 형질 전환 생물을 만들 수 있다. 유전자 재조합 기술을 활용하여 해충에 강한 옥수수, 제초제 저항성 식물 등을 개발할 수 있다.

10 한 생명체가 가지고 있는 유전자를 다른 생명체에 넣어서 새로운 형질을 발현시킨 생물을 형질 전환 생물이라고 한다.

11 임신 진단 키트는 유전자 재조합 기술을 활용한 것이 아니라 세포 융합 기술을 활용한 단일 클론 항체를 사용하여 만든 것이다.

도전! 실력 올리기

278쪽~279쪽

01 ④ **02** ③ **03** ④ **04** ⑤ **05** ⑤

06 가위: 제한 효소, 풀: DNA 연결 효소

07 | **모범 답안** | 사람의 DNA와 플라스미드를 동일한 제한 효소로 잘라야 점착 말단이 동일한 염기 서열을 가지게 된다. 그래야 유용한 유전자를 플라스미드에 삽입하여 재조합 DNA를 만들 수 있게 된다.

08 | **모범 답안** | 숙주의 염색체와는 독립적으로 복제된다. 크기가 작아 세균에서 분리하여 조작하기 쉽다. 크기가 작아 다른 세포로 쉽게 도입될 수 있다. 일부는 항생제 내성 유전자가 있어 재조합 DNA가 도입된 형질 전환 세포를 선별하는 데 사용된다. 중 2가지

01 | **선택지 분석** |

ㄱ (가)는 효소 X를 합성하지 못한다.
➡ (가)는 항생제 Y 내성 유전자가 정상적으로 존재하지만, 효소 X 유전자에 인슐린 유전자가 삽입되었다. 따라서 (가)는 효소 X를 합성하지 못한다.

ㄴ (가)는 사람의 인슐린을 합성한다.
➡ (가)에는 사람의 인슐린 유전자가 삽입되었으므로 사람의 인슐린을 합성할 수 있다.

✗ 배지에 항생제 Y가 있으면, (가)는 생존할 수 ~~없다~~ 있다.
➡ (가)에는 항생제 Y 내성 유전자가 존재하므로, (가)는 배지에 항생제 Y가 있어도 생존 가능하다.

02 재조합 DNA는 세균의 플라스미드에 유용한 유전자를 삽입해서 만든다. 이 과정에서 DNA를 자를 때 제한 효소를 사용한다. 멸종 위기 생물을 되살리는 데 활용하는 것은 핵치환 기술이나 조직 배양 기술이다.

03 A는 플라스미드, B는 제한 효소, C는 DNA 연결 효소이다.

| **선택지 분석** |

ㄱ A는 DNA 운반체 역할을 한다.
➡ 플라스미드(A)는 유용한 유전자를 숙주 세포로 운반한다.

✗ B는 DNA ~~부위를 무작위로~~ 특정 염기 서열을 인식하여 절단한다.
➡ 제한 효소(B)는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자른다.

ㄷ C는 DNA를 복제할 때도 사용된다.
➡ DNA 연결 효소(C)는 DNA를 복제할 때도 사용된다.

04 | **선택지 분석** |

✗ 항생제 X가 있는 배지에서 살아남는 대장균은 ~~㉠뿐~~ ㉡과 ㉢이다.
➡ 대장균 ㉠은 항생제 X 내성 유전자를 가지는 플라스미드가 없으므로, 항생제 X가 있는 배지에서 죽는다. 나머지 ㉡과 ㉢은 항생제 X 내성 유전자가 있으므로 항생제 X가 있는 배지에서 살아남는다.

ㄴ 인슐린을 생산하는 대장균은 물질 Y를 분해할 수 없다.
➡ 인슐린 유전자가 물질 Y 분해 유전자 사이로 삽입되므로 인슐린을 생산하는 대장균은 물질 Y를 분해할 수 없다.

ㄷ 인슐린 유전자 추출에 사용한 제한 효소는 플라스미드를 자르는 제한 효소와 동일하다.
➡ 플라스미드 절단과 인슐린 유전자 추출에 동일한 제한 효소를 사용해야 동일한 점착 말단이 만들어져서 인슐린 유전자를 플라스미드에 삽입할 수 있다.

05 | **선택지 분석** |

ㄱ 사용된 제한 효소는 A이다.

ㄴ Y에는 젖당 분해 효소 유전자가 존재한다.
➡ '정상 배지+X'에서 푸른색 군체가 생존하였으므로 Y에는 젖당 분해 효소 유전자가 존재한다. 따라서 젖당 분해 효소 유전자를 절단하지 않는 제한 효소 A를 사용하였다.

ㄷ ㉠은 '푸른색 군체 생존'이다.
➡ 제한 효소 A는 항생제 α 저항성 유전자 부위를 자르므로, 항생제 β 저항성 유전자는 정상적으로 기능한다. 따라서 ㉠은 '푸른색 군체 생존'이다.

06 가위(DNA를 자르는 것)는 제한 효소 역할을 하고, 풀(잘린 DNA를 다시 붙여 주는 것)은 DNA 연결 효소 역할을 한다.

07 제한 효소는 DNA의 두 가닥을 엇갈리게 잘라서 잘린 부위에 짧은 단일 가닥 말단을 만드는데, 이 말단은 다른 DNA 조각의 상보적인 단일 가닥 말단과 결합할 수 있으므로, 이 부위를 점착 말단이라고 한다. 사람의 DNA와 플라스미드를 동일한 제한 효소로 잘라야 점착 말단이 동일한 염기 서열을 가지게 된다.

채점 기준	배점
점착 말단이 동일한 염기 서열을 가지게 되어 재조합 DNA를 만들 수 있게 된다는 것을 옳게 서술한 경우	100 %
점착 말단이 동일한 염기 서열을 가지게 된다는 것만 서술한 경우	50 %

08 플라스미드는 복제 원점이 있어 숙주의 염색체와는 독립적으로 복제될 수 있다. 또, 크기가 작아 세균에서 분리하여 조작하기 쉽고, 다른 세포로 쉽게 도입될 수 있다. 일부는 항생제 내성 유전자를 합성하는 항생제 내성 유전자가 있어 재조합 DNA가 도입된 형질 전환 세포를 선별하는 데 사용된다.

채점 기준	배점
까닭을 2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
까닭을 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

02 생명 공학 기술의 원리와 실제 사례

콕콕! 개념 확인하기

283쪽

✔ 잠깐 확인!

1 핵치환 **2** 줄기세포 **3** 세포 융합 **4** 단일 클론 항체 **5** 조직 배양 **6** 유전자 치료

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × **02** hCG(융모성 생식선 자극 호르몬) **03** (1) 유도 만능 줄기세포 (2) 성체 줄기세포 (3) 배아 줄기세포 **04** 조직 배양 **05** (1) 체내 유전자 치료 (2) 체외 유전자 치료

01 (4) 핵치환은 동물을 복제하거나 줄기세포를 만드는 데 활용된다.

02 hCG는 임신 직후 태반에서 분비되는 호르몬으로, 황체가 퇴화되지 않도록 하여 임신을 유지시킨다. hCG는 일부 오줌으로 배출되므로, 임신을 진단하는 데 이용된다.

04 조직 배양 기술은 주로 식물에서 활용하지만, 최근에는 동물에서도 자주 활용하며, 다른 생명 공학 기술과 함께 활용되기도 한다.

05 두 치료 방법의 차이는 바이러스를 직접 체내에 주입하는가, 바이러스에 감염된 세포를 체내에 주입하는가이다.

탄탄! 내신 다지기

284쪽~285쪽

01 ⑤ **02** (가) 조직 배양, (나) 세포 융합 **03** ③ **04** 배아 줄기세포 **05** ⑤ **06** ⑤ **07** 유도 만능 줄기세포 **08** ① **09** ① **10** 세포 융합 **11** 유전자 치료 **12** ④

01 | 선택지 분석 |

① 복제 양 돌리가 탄생하는 데 활용되었다.

② 멸종 위기 동식물을 보존하는 데 활용한다.

③ 체세포 복제 배아 줄기세포를 만드는 데 활용할 수 있다.

➡ 핵치환 기술로 만들어진 복제 배아를 배양하는 과정에서 줄기세포를 얻을 수 있다.

④ 핵을 제거한 세포에 다른 세포의 핵을 이식하는 기술이다.

➡ 핵치환은 세포에서 핵을 제거하고, 이 세포에 다른 세포의 핵을 이식하는 기술이다.

⑤ 오줌으로 임신 여부를 진단하는 키트를 만드는 데 활용할 수 있다.

➡ 오줌으로 임신 여부를 진단하는 키트는 세포 융합 기술을 활용하여 만든 단일 클론 항체를 사용한다.

02 식물의 조직 배양은 어버이와 동일한 식물체를 많이 만들 수 있어 형질이 우수한 식물이나 번식 능력이 약한 식물을 인공적으로 대량 증식하는 데 활용할 수 있다. 토마토와 감자의 세포를 융합하면 두 식물의 특징을 모두 가지는 식물을 만들 수 있다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ A와 C의 핵에 들어 있는 DNA는 동일하다.

➡ C의 체세포 핵은 A에서 받은 것이므로, A와 C의 핵에 들어 있는 DNA는 동일하다.

㉡ C의 미토콘드리아 DNA는 B와 같다.

➡ C의 세포질은 B에서 받은 것이므로 C의 미토콘드리아 DNA는 B와 같다.

✗ 이 과정에서 ~~세포 융합~~ 핵치환 기술이 활용되었다.

➡ 이 과정은 난자에 체세포 핵을 넣었으므로 핵치환 기술을 활용한 것이다.

04 핵치환으로 만들어진 세포의 초기 발생 단계에서 만들어진 줄기세포이므로 배아 줄기세포이다.

05 | 선택지 분석 |

① 손상된 신경의 치료에 사용된다.

➡ 줄기세포는 손상된 신경의 치료에 사용 가능하다.

② 체세포를 역분화시켜 얻을 수 있다.

➡ 체세포를 역분화시켜 얻은 줄기세포를 유도 만능 줄기세포라고 한다.

③ 발생 초기 배아에서 분리하여 얻을 수 있다.

➡ 발생 초기 배아에서 분리하여 얻은 줄기세포를 배아 줄기세포라고 한다.

④ 몸을 구성하는 다양한 종류의 세포로 분화할 수 있다.

➡ 줄기세포는 몸을 구성하는 다양한 세포로 분화할 수 있다.

⑤ 골수나 탯줄의 혈액과 같이 분화된 세포에서는 ~~는~~ 도 얻을 수 ~~없다~~ 있다.

➡ 골수나 탯줄의 혈액과 같이 분화된 세포에서 만들어진 줄기세포를 성체 줄기세포라고 한다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)와 (나)는 미분화된 세포이다.
➡ (가)는 배아 줄기세포이고 (나)는 성체 줄기세포이며, (가)와 (나)는 모두 미분화된 세포이다.

ㄴ (가)는 모든 종류의 세포로 분화될 수 있다.
➡ 배아 줄기세포(가)는 모든 종류의 세포로 분화가 가능하다.

ㄷ (나)를 사용하면 윤리적 논쟁을 피할 수 있다.
➡ 성체 줄기세포(나)는 배아 줄기세포를 만들 때 제기되는 윤리적 논쟁을 피할 수 있다.

07 체세포를 역분화시켜 얻은 줄기세포를 유도 만능 줄기세포라고 한다. 유도 만능 줄기세포는 생명 윤리 문제로부터 자유롭지만, 체세포를 역분화시키는 과정에서 유전자 변이가 일어날 수 있다는 문제점이 있다.

08 | 선택지 분석 |

⑤ 동물 세포에서는 (가) 과정이 필요 없다.
➡ 동물 세포는 세포벽이 없으므로 세포벽을 제거하는 (가) 과정이 필요 없다.

② (나)에서 제한 효소가 ~~필요하다~~ 필요하지 않다.
➡ (나)는 세포 융합 과정으로, 제한 효소가 필요 없다.

③ ~~(나)에서 핵~~ 세포질 융합 후에 ~~세포질~~ 핵 융합이 일어난다.
➡ 세포질 융합이 일어난 후에 핵 융합이 일어난다.

④ (다)에서 ~~핵치환~~ 조직 배양 기술이 이용된다.

⑤ ~~어~~ 핵치환 기술은 멸종 위기 동물 복제에 활용된다.
➡ 세포 융합 기술은 잡종 식물의 생산이나 단일 클론 항체를 만드는 데 활용된다. 멸종 위기 동물 복제에는 핵치환 기술이 활용된다.

09 | 선택지 분석 |

⑤ ㉠은 위암 치료에 사용된다.
➡ ㉠에는 항암제가 부착되어 있으므로 위암 치료에 사용할 수 있다.

② 골수암 세포는 항체 생산 능력이 ~~있다~~ 없다.
➡ 골수암 세포는 지속적인 세포 분열 능력이 있으며, 항체 생산 능력은 B 림프구가 가지고 있다.

③ 단일 클론 항체의 주성분은 ~~탄수화물~~ 단백질이다.
➡ 항체는 주성분이 단백질이다.

④ (가)는 ~~유전자 재조합~~ 세포 융합 기술로 얻은 것이다.
➡ 잡종 세포는 세포 융합 기술에 의해 만들어졌다.

⑤ X와 (가)의 모든 유전자 염기 서열이 같다.
➡ 잡종 세포는 골수암 세포와 X가 융합된 것으로, 2개의 유전자가 합쳐져 있다. 따라서 X와 (가)의 유전자 염기 서열은 다르다.

10 암세포와 B 림프구를 융합하여 잡종 세포를 만드는 데 세포 융합 기술이 활용되었다.

11 유전자 치료는 DNA 운반체를 사용하여 정상 유전자를 사람의 몸에 넣어 결함이 있는 유전자를 대체하고 정상 단백질을 생산하도록 하는 치료 방법이다.

12 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 ~~체외~~ 체내 유전자 치료 방법이다.
➡ (가)는 체내 유전자 치료 방법이고, (나)는 체외 유전자 치료 방법이다.

ㄴ (나)에서 X는 비정상 세포이다.
➡ (나)에서 환자에서 추출된 세포 X는 비정상 세포이다.

ㄷ 두 방법에 모두 유전자 재조합 기술이 활용되었다.
➡ 두 방법 모두 DNA 운반체에 정상 유전자를 도입하기 위해 유전자 재조합 기술을 활용하였다.

도전! 실력 올리기

286쪽~287쪽

01 ④ **02** ③ **03** ② **04** ③ **05** ① **06** ⑤

07 | 모범 답안 | 환자의 체세포 핵을 무핵 난자에 이식하여 만든 줄기세포이므로 유전적으로 환자와 동일하다. 따라서 이 줄기세포에서 분화된 조직이나 기관을 환자에 이식할 경우 거부 반응이 일어나지 않는다.

08 | 모범 답안 | 암세포는 수명이 반영구적이며 무한 증식을 하는 특성을 가지고 있고, B 림프구는 항체를 생산할 수 있지만 수명이 짧다. 따라서 두 세포를 융합하여 만든 잡종 세포는 항체 생산 능력을 가지면서 수명이 반영구적인 특성을 갖는다.

01 A는 성체 줄기세포이고, B는 유도 만능 줄기세포이다.

| 선택지 분석 |

✗ ~~A~~는 모든 세포로 분화할 수 있다.
배아 줄기세포
➡ 성체 줄기세포(A)는 분화되는 세포의 종류가 제한적이다.

ㄴ B는 면역 거부 반응이 없다.
➡ 유도 만능 줄기세포(B)는 환자 자신의 체세포를 사용하여 만든 것이므로 면역 거부 반응이 없다.

ㄷ A와 B를 만들 때 윤리적인 문제가 없다.
➡ 성체 줄기세포(A)와 유도 만능 줄기세포(B)는 성체 세포를 사용하여 줄기세포를 만들기 때문에 윤리적인 문제가 없다.

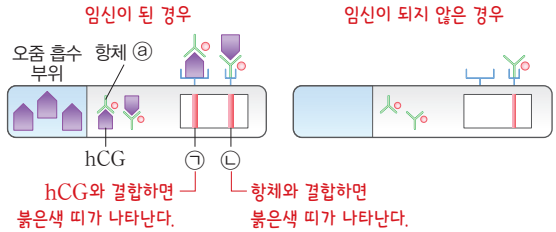
02 | 선택지 분석 |

ㄱ 세포 융합 기술이 활용되었다.
➡ 단일 클론 항체를 생산하는 잡종 세포는 암세포와 쥐의 B 림프구를 융합하여 만들었으므로, 세포 융합 기술이 활용되었다.

ㄴ ㉠은 수명이 반영구적이다.
➡ ㉠은 암세포와 B 림프구가 융합되어 만들어진 잡종 세포이므로, 수명이 거의 반영구적이다.

✗ ㉡은 ~~다양한~~ 한 종류의 항원을 공격할 수 있다.
➡ ㉡은 한 종류의 잡종 세포에서 나온 항체이므로 한 종류의 항원만을 공격한다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ ⓐ는 hCG에 대한 단일 클론 항체이다.
➡ ⓐ는 단일 클론 항체로, hCG와 결합한다.

㉡ (가)는 임신이 된 경우이다.
➡ (가)는 hCG와 항체가 결합한 복합체에 대한 띠 ㉠이 있으므로 임신이 된 경우이고, (나)는 hCG와 항체가 결합한 복합체에 대한 띠가 없으므로 임신이 되지 않은 경우이다.

✕ ㉡은 ~~hCG가 ⓐ와 결합한 경우에만~~ 나타난다. (항체만 결합해도)
➡ ㉡은 항체만 결합해도 나타나는 띠이다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ (가)의 세포는 분열 능력이 있는 세포이다.
➡ (가)의 세포는 당근 뿌리에서 분열 조직을 채취한 것이므로 분열 능력이 있다.

㉡ (나)의 배는 완전한 식물체로 발생할 수 있다.
➡ (나)는 미분화된 상태로 되돌린 것이므로 배양하면 완전한 식물체로 발생할 수 있다.

✕ 세포 융합 기술이 사용되었다.
➡ 그림은 조직 배양 기술이 사용되는 과정을 나타낸 것이다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ (가)는 유전자 재조합 기술로 만들었다.
➡ (가)는 유전자 재조합 기술을 사용하여 만든 것이다.

✕ (나)는 다른 환자에게 ~~주입해도~~ 거부 반응이 없다. (주입하면 / 나타날 수 있다.)
➡ (나)는 이 환자에게만 사용할 수 있고, 다른 환자에게 사용하면 거부 반응이 나타날 수 있다.

✕ 체내 유전자 치료 방법을 나타낸 것이다. (체외)
➡ 이 유전자 치료 방법은 체외 유전자 치료 방법을 나타낸 것이다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ 바이러스는 정상 유전자를 운반한다.
➡ 바이러스는 정상 유전자를 환자의 골수 세포에 전달하는 DNA 운반체 역할을 한다.

㉡ 바이러스에 정상 유전자를 삽입할 때 제한 효소와 DNA 연결 효소가 사용된다.
➡ 바이러스에 정상 유전자를 삽입할 경우에는 재조합 DNA를 만들 때와 동일하게 제한 효소와 DNA 연결 효소를 사용한다.

㉢ 환자의 체내에서 정상 유전자가 발현되면 치료 효과가 나타난다.
➡ 치료 효과는 환자의 체내에서 정상 유전자가 발현되어야 나타난다.

07 그림은 체세포 복제 배아에서 줄기세포를 얻는 과정을 나타낸 것이다. 핵치환 기술로 환자의 체세포 핵을 무핵 난자에 이식하여 복제 배아를 만들고, 이 복제 배아에서 줄기세포를 얻을 수 있다. 이 방법으로 얻은 줄기세포를 치료에 사용할 경우 환자와 배아의 유전자가 같아 면역 거부 반응이 일어나지 않는다.

채점 기준	배점
환자의 체세포 핵을 이식하여 만든 줄기세포이므로 유전적으로 환자와 동일하다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
환자의 체세포 핵을 이식하여 만든 줄기세포라고만 서술한 경우	50 %

08 단일 클론 항체는 한 종류의 잡종 세포의 세포군(클론)에서 만들어지는 한 종류의 항체로, 한 가지 항원 결정기에만 특이적으로 결합하는 특성이 있다.

채점 기준	배점
암세포와 B 림프구의 특성을 모두 포함하여 잡종 세포의 특성을 옳게 서술한 경우	100 %
암세포와 B 림프구의 특성 중 1가지와 잡종 세포의 특성을 옳게 서술한 경우	50 %
잡종 세포의 특성만 옳게 서술한 경우	30 %

VI

03 생명 공학 기술의 발달과 문제점

콕콕! 개념 확인하기 290쪽

✓ 잠깐 확인!
1 바이오 산업 **2** 조직 배양 **3** 생명 윤리 **4** 생태계 평형

01 유전자 변형 생물체(LMO) **02** (1) ○ (2) ○ (3) ○ **03** ㉠ 식량, ㉡ 생물 다양성 **04** (1)–ⓔ (2)–ⓓ (3)–㉡ (4)–㉢ (5)–㉠ **05** (1) ○ (2) ○ (3) ○

01 기존의 번식 방법으로는 얻을 수 없는 새로운 유전자를 도입하여 발현되도록 조작한 생물을 유전자 변형 생물체(LMO)라고 한다.

03 단일 품종의 LMO 작물을 대규모로 재배하면 유전자의 단일화로 인해 생물 다양성이 감소될 수 있다.

탄탄! 내신 다지기 291쪽~292쪽

01 ① **02** ⑤ **03** (가) LMO, (나) GMO **04** ⑤ **05** 유전자 재조합 기술 **06** ④ **07** ② **08** ⑤ **09** 법의학 분야 **10** ⑤ **11** ② **12** 생명 윤리

01 제초제 저항성 옥수수를 키우던 농장에서 제초제에 저항성을 가지는 슈퍼 잡초가 나타나거나, 유전자의 단일화로 인한 생물 다양성의 감소로 인해 생태계 파괴가 일어나는 등 부정적인 영향을 받기도 한다.

02 유전적으로 우수한 개체를 씨가축으로 사용하는 것은 전통적인 방식의 육종으로, 유전자 변형 생물체(LMO)에 해당하지 않는다.

03 LMO는 살아 있는 유전자 변형 생물체로, 생식과 번식이 가능한 생물 그 자체를 말한다. GMO는 LMO 뿐만 아니라 LMO로 만든 식품이나 가공물 등을 모두 포함한다. 따라서 GMO가 LMO보다 더 포괄적인 용어로 사용되고 있다.

04 | 선택지 분석 |

① 제초제 저항성 콩
➡ 식량 자원을 위해 개발한 것이다.

② 기름을 분해하는 세균
➡ 환경 오염 방지를 위해 개발한 것이다.

③ 중금속을 흡수하는 식물
➡ 환경 오염 방지를 위해 개발한 것이다.

④ 바이오 에탄올용 고구마
➡ 신재생 에너지 생산을 위해 개발한 것이다.

⑤ 생장 호르몬을 생산하는 세균
➡ 이 세균은 생장 호르몬(의학적으로 유용한 물질)의 대량 생산을 위해 개발한 것이다.

05 사람의 생장 호르몬 유전자와 같은 특정 형질에 대한 유전자를 플라스미드와 같은 DNA 운반체에 삽입하고, 이렇게 재조합된 DNA를 생쥐에게 주입한다. 이처럼 재조합 DNA를 만드는 기술은 유전자 재조합 기술이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 유전자 재조합 기술로 만들어진 것이다.
➡ (가)는 플라스미드에 유용한 유전자가 포함된 것으로, 유전자 재조합 기술로 만들어진 재조합 DNA이다.

ㄴ (나)의 식물은 유용한 유전자를 가지고 있다.
➡ (나)는 재조합 DNA가 도입된 식물을 배양한 것이므로, (나)의 식물은 유용한 유전자를 가지고 있다.

✗ 이 과정에는 ~~세포 융합 기술~~이 활용되었다.
유전자 재조합 기술과 조직 배양 기술
➡ 이 과정에는 유전자 재조합 기술과 조직 배양 기술이 활용되었다.

07 | 선택지 분석 |

✗ (가)를 만드는 데 ~~세포 융합 기술~~이 활용된다.
유전자 재조합 기술
➡ (가)는 유용한 유전자가 염색체에 삽입된 것이므로, 유전자 재조합 기술을 활용한 것이다.

ㄴ (나)의 미토콘드리아 DNA는 (라)에게 전달된다.
➡ 유전자 변형 염소(라)를 만들 때 (나)의 난자가 사용되므로, (나)의 미토콘드리아 DNA가 (라)에게 전달된다.

✗ (다)의 체세포 핵에 있는 유전자는 (라)에게 ~~전달된다~~.
전달되지 않는다.
➡ (다)는 대리모이므로 (라)에게 핵에 있는 유전자와 세포질 중에서 아무것도 전달하지 못한다.

08 | 선택지 분석 |

① 식량 문제를 해결할 수 있다.
➡ 병충해에 강하고 수확량이 많은 LMO의 개발로 가능하다.

② 환경 오염을 개선할 수 있다.
➡ LMO는 제초제, 살충제 등의 사용을 감소시키므로 환경 오염을 개선할 수 있다.

③ 의약품을 대량 생산할 수 있다.
➡ LMO는 호르몬, 항체 등을 대량으로 생산할 수 있다.

④ 농가 소득을 향상시킬 수 있다.
➡ LMO는 생산비를 절감할 수 있고, 적은 노동력으로 생산성이 증가할 수 있다.

⑤ 특허로 인해 질병 치료 비용이 증가한다.
➡ 이는 LMO의 부정적인 측면이다.

09 범죄 현장이나 범죄 증거물에서 얻은 자료에 대해 PCR(중합 효소 연쇄 반응) 기술과 DNA 지문 검사 등을 활용하여 범인을 검거하거나 무죄를 증명할 수 있도록 생명 공학 기술을 적용하는 분야는 법의학 분야이다.

10 | 선택지 분석 |

① 우수한 형질을 가진 동물을 대량 생산할 수 있다.
➡ 생명 공학 기술을 이용하여 멸종 위기 동식물과 우수한 형질을 가진 동물을 생산할 수 있다.

② 사람의 생장 호르몬, 인슐린 등을 대량으로 생산할 수 있다.
➡ 의학적으로 긍적적인 전망이다.

③ 유전체 편집을 이용한 유전자 교정이 가능하여 난치병 치료의 길이 열렸다.
➡ 의학적으로 긍적적인 전망이다.

④ PCR 기술과 DNA 지문 검사로 범인을 검거할 때 활용할 수 있다.
➡ 법의학 분야에서 활용 가능한 긍정적인 전망이다.

⑤ 바이오 연료용 작물을 과다하게 재배하면 생태계가 파괴될 수 있다.
➡ 바이오 연료용 작물의 과다한 재배와 이로 인한 생태계 파괴는 생명 공학 기술의 부정적인 영향에 해당한다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ 유전자 가위 기술로 유전자를 더 빠르고 정확하게 교정할 수 있다.
➡ 유전자 가위 기술은 유전자 치료 기술의 효과를 증대시킬 수 있다.

ㄴ. 환경 정화 생물로 환경 오염 극복이 가능하다.
➡ 생명 공학 기술을 활용하여 만든 환경 정화 생물은 환경 오염 감소를 기대하게 한다.

✕ 단일 품종 LMO 작물의 대규모 재배는 생물 다양성을 감소시킨다.
➡ 단일 품종 LMO 작물의 대규모 재배는 생물 다양성을 감소시키고 결국은 생태계 파괴로 이어진다. 이것은 생명 공학 기술의 문제점에 해당한다.

12 생명체에 대한 무분별한 실험을 제한하는 장치로 법적인 규제가 있는데, 우리나라는 '생명 윤리 및 안전에 관한 법률(생명 윤리법)'을 제정하여 시행하고 있다.

도전! 실력 올리기

293쪽

01 ④ **02** ⑤

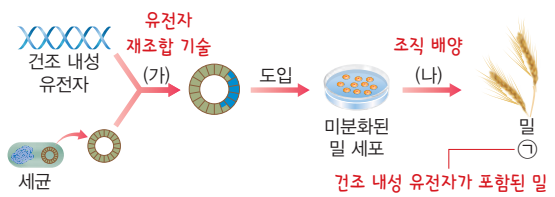
03 유전자 변형 생물체(LMO)

04 (1) 유전자 재조합 기술

(2) | **모범 답안** | 식물에 있는 제초제 저항성 유전자가 잡초에 전이되면 잡초가 제초제에 저항성을 갖게 되어 제초제를 뿌려도 제거되지 않는 슈퍼 잡초가 나타날 수 있다.

05 | **모범 답안** | 사람에게 적용하려는 의약품의 안전성을 확인하려면 사람과 최대한 비슷한 동물을 대상으로 실험해야 하기 때문이다. 즉, 단세포 생물인 세균이나 무척추동물인 초파리로 실험하는 것보다는 사람과 같은 척추동물인 쥐나 토끼로 실험해야 사람과 유사한 결과를 얻을 수 있다.

01 | **자료 분석** |



| **선택지 분석** |

ㄱ. (가) 과정에 제한 효소가 사용되었다.
➡ (가)는 유전자 재조합 기술이 활용되는 과정으로, 이때 제한 효소가 사용된다.

✕ (나) 과정에 ~~세포 융합~~ 조직 배양 기술이 활용되었다.
➡ (나)는 재조합된 유전자가 도입된 밀을 선별해서 조직 배양하는 과정이므로, 세포 융합 기술이 활용되지 않는다.

ㄷ. ㉠은 건조한 지역에서 잘 자란다.
➡ ㉠은 건조 내성 유전자가 도입된 밀이므로, 건조한 지역에서 잘 자란다.

02 | **선택지 분석** |

ㄱ. 범인은 용의자 B이다.
➡ 범인의 DNA 전기 영동 결과와 용의자 B의 DNA 전기 영동 결과가 동일하므로 용의자 B가 범인이다.

ㄴ. DNA의 증폭에는 PCR 기술을 활용한다.
➡ 범인과 용의자의 DNA를 증폭하는 과정에는 PCR 기술이 활용된다.

ㄷ. 생명 공학 기술이 법의학 분야에 적용된 것이다.
➡ PCR 기술이 법의학 분야에 적용된 것이다.

03 생명 공학 기술을 활용하여 만들어진 새로운 조합의 유전 물질을 가진 생물을 유전자 변형 생물체(LMO)라고 한다.

04 (1) 플라스미드에 유용한 유전자를 삽입한 것이므로 유전자 재조합 기술이 활용되었다.

(2) LMO에 도입된 유전자의 전이로 유전자가 변형된 새로운 생물이 나타나 생태계가 교란될 수 있다.

채점 기준	배점
제초제 저항성 유전자가 잡초에 전이되는 과정과 그에 따른 제초제 저항성 슈퍼 잡초가 나타나는 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
제초제 저항성 유전자가 잡초에 전이된다고만 서술한 경우	50 %

05 의약품에 대한 동물 실험을 할 때는 생명 윤리 문제가 발생하지 않도록 주의해야 한다.

채점 기준	배점
실험 동물이 사람과 비슷해야 한다는 기준과 척추동물이라는 기준 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
실험 동물이 사람과 비슷해야 한다는 기준과 척추동물이라는 기준 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

295쪽~297쪽

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

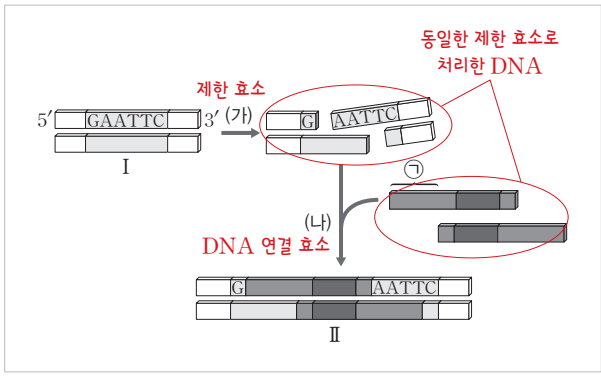
01 | **선택지 분석** |

ㄱ. A는 플라스미드이다.
➡ A는 대장균에서 추출한 플라스미드이다.

✕ (가)와 (나)에는 ~~동일한~~ 서로 다른 효소가 사용된다.
➡ (가)에는 제한 효소, (나)에는 DNA 연결 효소가 사용된다.

ㄷ. ㉠은 사람의 인슐린 유전자를 가진다.
➡ 대장균 ㉠에는 재조합 DNA가 들어 있으므로 ㉠은 사람의 인슐린 유전자를 가진다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ ㉠ 부분의 염기 서열은 5′ – AATT – 3′이다.
➡ ㉠ 부분은 Ⅰ과 동일한 제한 효소로 처리하였고, DNA 연결 효소에 의해 Ⅰ과 결합한 부위이므로 점착 말단 부분에 해당한다. 따라서 염기 서열은 5′ – AATT – 3′이다.

ㄴ Ⅰ은 DNA 운반체 역할을 한다.
➡ Ⅰ의 염기 서열 사이에 유전자를 삽입하였으므로, Ⅰ은 DNA 운반체 역할을 하는 것이다.

ㄷ (가) 과정에 사용된 X는 DNA의 특정 부위만을 자른다.
➡ (가) 과정에 사용된 X는 제한 효소이므로 DNA의 특정한 부위만을 자른다.

03 대장균 Ⅰ은 앰피실린 저항성 유전자, 카나마이신 저항성 유전자, 테트라사이클린 저항성 유전자가 들어 있는 플라스미드가 없으므로 (나)의 모든 배지에서 군체를 형성하지 못한다.
대장균 Ⅱ는 3종류의 항생제 저항성 유전자를 모두 가지고 있으므로 (나)의 모든 배지에서 군체를 형성한다.
대장균 Ⅲ은 유전자 B 부분이 절단되었으므로 한 가지 항생제에 대한 저항성이 없다. 따라서 앰피실린이나 테트라사이클린 첨가 배지에서는 군체를 형성하지만, 카나마이신 첨가 배지에서 군체를 형성하지 못하는 대장균이다. ㉠이 여기 속하는 대장균이며, 유전자 X가 삽입된 유전자 B가 카나마이신 저항성 유전자이다.
대장균 Ⅳ는 유전자 B와 C가 절단되었으므로 카나마이신과 테트라사이클린 첨가 배지에서 군체를 형성하지 못한다. 유전자 Y가 삽입된 유전자 C가 테트라사이클린 저항성 유전자이다.

| 선택지 분석 |

✗ Y가 삽입된 위치는 ~~카나마이신~~ 테트라사이클린 저항성 유전자이다.
➡ 유전자 Y가 삽입된 위치는 테트라사이클린 저항성 유전자이다.

ㄴ (나)에서 ㉠은 X의 단백질을 생산한다.
➡ (나)에서 ㉠은 유전자 X만 삽입된 대장균 Ⅲ이므로 유전자 X의 단백질을 생산한다.

ㄷ A는 앰피실린 저항성 유전자이다.
➡ 앰피실린 첨가 배지에서는 대장균 Ⅱ~Ⅳ가 모두 군체를 형성하였으므로, 앰피실린 저항성 유전자는 다른 유전자가 삽입되지 않은 것이고, 따라서 유전자 A는 앰피실린 저항성 유전자이다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ ⓐ의 핵상은 $2n$이다.
➡ ⓐ는 체세포인 젖샘 세포의 핵을 받았으므로 핵상은 $2n$이다.

ㄴ ㉠은 난자의 핵을 제거하는 과정이다.
➡ ㉠은 난자가 가지고 있던 핵을 제거하는 과정이다.

✗ 양 C는 ~~양 B~~ 양 A를 복제한 것이다.
➡ 양 C는 양 A의 핵을 받았으므로 양 A를 복제한 것이다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 단위 무게당 효소 X의 양은 무르지 않는 토마토가 무른 토마토보다 ~~많다~~ 적다.
➡ 효소 X는 토마토의 껍질을 연하게 만드는 효소이다. 그러므로 효소 X는 무르지 않는 토마토보다 무른 토마토에 더 많다.

ㄴ (가)에서 유전자 재조합 기술이 이용된다.
➡ (가)는 유전자 A와 플라스미드를 같은 제한 효소로 자른 후 DNA 연결 효소로 연결시켜 재조합 DNA를 만드는 과정으로 유전자 재조합 기술이 이용된다.

✗ (나)에서 ~~감수~~ 체세포 분열이 일어난다.
➡ (나)는 조직 배양 기술로 형질 전환된 세포를 어린 식물로 만드는 과정이다. 이 조직 배양 과정은 체세포 분열로 일어난다.

06 (가)는 체세포 복제 배아 줄기세포, (나)는 성체 줄기세포, (다)는 유도 만능 줄기세포를 만드는 과정이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)로 만들어진 줄기세포는 모든 세포로 분화가 가능하다.
➡ 배아 줄기세포는 인체를 이루는 모든 세포로 분화할 수 있다.

✗ (나)는 생명 윤리 문제를 ~~발생시킨다~~ 발생시키지 않는다.
➡ (나)는 성체의 체세포를 이용하므로 생명 윤리 문제를 발생시키지 않는다.

ㄷ (다)는 역분화 과정에서 유전자 변이가 일어날 수 있다.
➡ (다)는 체세포의 역분화 과정에서 유전자 변이가 일어날 수 있다는 단점이 있다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ B 림프구에는 항체 생성 능력이 있다.
➡ B 림프구는 주입한 항원에 대항하는 항체를 생성하는 능력을 가진 세포이다.

✗ (가) 과정에서 ~~핵치환~~ 세포 융합 기술이 이용된다.
➡ (가) 과정에는 B 림프구와 세포 ㉠을 융합시키는 세포 융합 기술이 이용된다.

✗ ㉠과 ㉡의 모든 유전자의 염기 서열이 동일하다.
➡ 세포 ㉡은 B 림프구와 세포 ㉠을 융합시켜 얻은 잡종 세포이므로, B 림프구와 세포 ㉠의 유전자를 함께 가지고 있다. 따라서 세포 ㉠과 ㉡의 유전자 염기 서열은 동일하지 않다.

08 | 선택지 분석 |

ㄱ ㉠과 ㉡의 유전자 조성은 서로 다르다.
➡ ㉠은 유전자 X가 삽입되어 있고, ㉡은 유전자 X가 삽입되지 않은 상태이다.

ㄴ (라)에서 제한 효소와 DNA 연결 효소가 사용되었다.
➡ 식물에서 유전자 X를 분리하고 플라스미드의 특정 부위를 자를 때는 제한 효소를 사용하고, 분리한 유전자 X와 플라스미드를 재조합할 때는 DNA 연결 효소를 사용한다.

ㄷ 철수의 실험 수행 순서는 (라)→(가)→(다)→(나)이다.
➡ 형질 전환 옥수수를 만드는 과정: (라) 도입할 유전자를 분리하여 플라스미드와 재조합→(가) 재조합된 플라스미드를 세균에 도입→(다) 이 세균을 식물 세포에 감염→(나) 유전자 X가 도입된 식물 세포를 조직 배양

09 | 선택지 분석 |

✗ A와 D는 유전적으로 ~~동일한~~ 다른 염소이다.
➡ 염소 D는 염소 A의 핵 DNA에 사람의 항응고 단백질 유전자가 추가되었으므로 염소 A와 D는 유전적으로 동일하지 않다.

✗ C의 미토콘드리아 유전자가 D에게 ~~전달되었다~~ 전달되지 않았다.
➡ 염소 C는 대리모 역할을 하였으므로 염소 D에게 유전자나 세포질을 전달하지 않는다.

ㄷ 이 과정에서 핵치환 기술이 이용되었다.
➡ 염소 A의 핵을 염소 B의 무핵 난자에 넣을 때 핵치환 기술이 이용되었다.

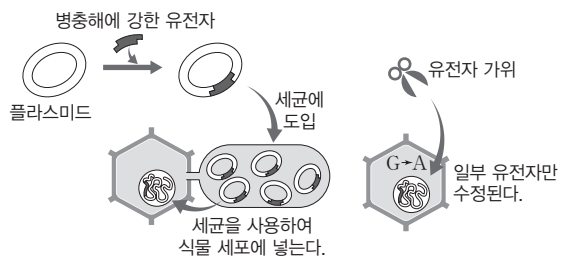
10 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 ㉠으로 만든 것이다.
➡ 체세포 복제 배아 줄기세포는 ㉠의 세포를 추출하여 만든다.

ㄴ 영희 체세포의 DNA는 ㉢이다.
➡ 줄기세포 A는 철수의 체세포 핵을 사용하여 만들었으므로, 철수와 A의 DNA는 일치한다. 따라서 DNA 분리가 다르게 나타난 ㉢가 영희의 체세포 DNA이다.

✗ A를 영희 몸에 이식하면 면역 거부 반응이 ~~일어나지 않는다~~ 일어날 수 있다.
➡ A는 철수의 체세포 핵을 사용하여 만들었으므로 철수에게는 면역 거부 반응이 일어나지 않지만, 영희에게는 면역 거부 반응이 일어날 수 있다.

11 | 자료 분석 |



(가)
유전자 재조합 기술
→ 원하지 않는 유전자가 삽입되기도 한다.

(나)
유전자 가위
→ 원하는 유전자만 삽입할 수 있다.
→ 유전자 재조합 기술보다 간단하고 빠르게 유전자를 교정할 수 있다.

| 선택지 분석 |

✗ (가)는 ~~원하는 유전자만을~~ 원하지 않는 유전자도 함께 삽입할 수 있다.
➡ (가)에서는 원하지 않는 유전자가 함께 삽입되기도 한다.

ㄴ (나)는 맞춤형 아기를 탄생시킬 수 있어 생명 윤리 문제를 일으킨다.
➡ 유전자 가위를 활용한 맞춤형 아기 탄생 가능성은 생명 윤리에 대한 문제를 일으킨다.

ㄷ 형질 전환 생물의 안전성은 (나)가 (가)보다 높다.
➡ 재조합 DNA를 세균을 사용하여 식물 세포에 넣는 경우 원하지 않는 유전자가 함께 삽입되기도 한다. 반면, 유전자 가위는 원하는 유전자만 삽입되므로 안전성이 높다.

VI

한번에 끝내는 대단원 문제 300쪽~302쪽

01 ③ **02** ③ **03** ① **04** ⑤ **05** ④ **06** ③ **07** ④ **08** ⑤ **09** ⑤

10 (1) 세포 융합
(2) | **모범 답안** | 단일 잡종 세포는 B 림프구와 종양 세포가 융합되어 만들어졌으므로, 반영구적으로 분열할 수 있으며 한 종류의 항체를 만들어 낼 수 있다.

11 (1) (나), (다)
(2) | **모범 답안** | 줄기세포를 만드는 데 활용하는 생명 공학 기술은 핵치환이다. 핵치환 기술로 환자의 체세포 핵을 무핵 난자에 이식하여 복제 배아를 만들고, 이 복제 배아에서 줄기세포를 얻는다.

12 | **모범 답안** | 대장균 A가 가지고 있는 물질 X를 분해하는 효소 Y에 대한 유전자를 추출한다. 추출한 유전자를 유전자 재조합 기술이나 유전자 주입 기술을 활용하여 돼지 수정란에 삽입하여 효소 Y를 만들어 낼 수 있도록 하면 하천 오염 문제가 해결된다.

13 | **모범 답안** | 유전자 변형 생물체(LMO)에 도입된 유전자가 다른 생물로 유입되어 생태계를 교란시킬 수 있다. 단일 품종의 LMO를 대규모로 재배하면 생물 다양성이 감소되어 생태계를 파괴할 수 있다. LMO로 만든 식품의 안전성이 충분히 검증되지 않아 인류의 건강을 위협할 수 있다. 중 2가지

01 | 선택지 분석 |

ㄱ 이것을 만드는 과정에 제한 효소가 사용된다.
➡ 재조합 DNA를 만드는 데 제한 효소와 DNA 연결 효소가 사용된다.

✗ 이 DNA를 삽입한 대장균은 항생제 B에 내성을 ~~보인다~~ 보이지 않는다.
➡ 재조합 DNA에서 유용한 유전자가 항생제 B 내성 유전자 사이에 삽입되었으므로, 항생제 B 내성 유전자는 기능을 잃게 되어 항생제 B에 내성을 보이지 않는다.

ㄷ. 이 DNA를 삽입한 대장균은 유용한 유전자에 대한 단백질을 합성한다.
➡ 유용한 유전자가 삽입된 재조합 DNA이므로, 이것을 삽입한 대장균은 유용한 유전자에 대한 단백질을 합성한다.

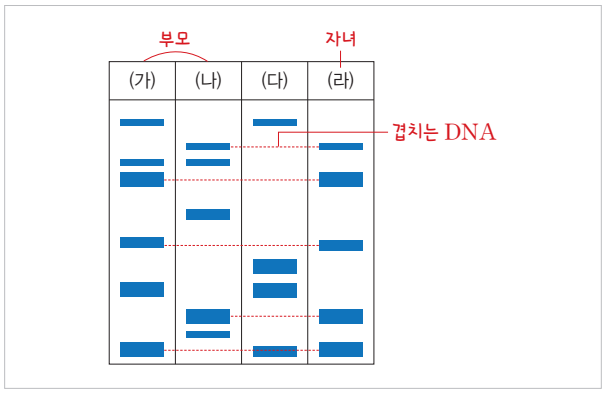
02 | 선택지 분석 |

ㄱ. 대장균 군체 ㉠에는 효소 A가 존재한다.
➡ 대장균 군체 ㉠은 푸른색을 띠므로, 효소 A가 X를 분해한 결과로 나타난 것이다.

✗ 대장균 군체 ㉡에서는 항생제 ⓐ 저항성 유전자가 ~~발현되지 않았다~~. 발현되었다.
➡ 대장균 군체 ㉡은 죽지 않았으므로 항생제 ⓐ에 대한 저항성이 있으며, 따라서 항생제 ⓐ 저항성 유전자가 발현되었다. 군체가 흰색을 띠는 것은 효소 A 유전자 사이에 인슐린 유전자가 삽입되어 효소 A가 만들어지지 않았기 때문이다.

ㄷ. 플라스미드에서 제한 효소로 자른 부분은 효소 A 유전자 부분이다.
➡ 그림에 나타난 바와 같이 플라스미드에서 제한 효소로 자른 부분은 효소 A 유전자 부분이다.

03 | 자료 분석 |



자녀는 부모로부터 DNA를 물려받기 때문에 자녀의 DNA는 부모 중 한 명의 DNA와 겹치는 부분이 반드시 존재해야 한다. DNA에서 겹치는 부분이 없으면 부모가 되지 못한다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ. ⓐ는 암세포와만 특이적으로 결합한다.
➡ 항체 ⓐ는 암세포와 결합할 수 있도록 만들어진 단일 클론 항체이므로, 암세포와만 특이적으로 결합한다. ⓐ는 다른 물질이나 세포와는 결합하지 않는다.

✗ ~~ⓐ~~는 반영구적으로 분열한다. 잡종 세포
➡ 항체 ⓐ는 암세포와 결합하여 항암제를 전달하는 기능을 수행한다. 반영구적으로 분열하는 것은 B 림프구와 암세포가 융합된 잡종 세포이다.

ㄷ. 단일 클론 항체를 만드는 데 세포 융합 기술이 활용되었다.
➡ 단일 클론 항체를 생산하는 잡종 세포를 만드는 데 세포 융합 기술이 활용되었다.

05 | 선택지 분석 |

① (가)는 핵치환 과정이다.
➡ (가) 과정은 무핵 난자에 추출된 핵을 삽입하는 핵치환 과정을 나타낸 것이다.

② A와 D는 미토콘드리아 DNA가 동일하다.
➡ A의 난자를 사용하여 D가 탄생하였으므로, A와 D의 미토콘드리아 DNA가 동일하다.

③ B와 D는 핵 DNA가 동일하다.
➡ B의 핵을 사용하여 D가 탄생하였으므로, B와 D의 핵 DNA가 동일하다.

✓ ④ C의 줄기세포를 사용하여 D가 탄생하였다.
➡ C는 D가 발생할 수 있는 자궁을 제공하는 역할만 하였다. 따라서 C는 D에게 어떤 유전자도 물려주지 않는다.

⑤ D의 세포질은 A로부터 물려받았다.
➡ A의 난자를 사용하여 D가 탄생하였으므로, D의 세포질은 A로부터 물려받았다.

06 | 선택지 분석 |

✗ ~~유전자 재조합~~ 기술이 활용되었다. 조직 배양
➡ 이 과정에 활용된 기술은 조직 배양 기술이다.

✗ 동물을 복제할 때 이 기술만 활용한다.
➡ 동물을 복제할 때 활용하는 기술은 핵치환 기술이다.

ㄷ. 당근의 뿌리는 완전한 당근이 되는 데 필요한 유전자를 모두 가지고 있다.
➡ 당근의 뿌리가 완전한 당근이 될 수 있는 것은 그에 필요한 유전자를 모두 가지고 있기 때문이다.

07 | 선택지 분석 |

① 배아 줄기세포는 발생 초기 배아에서 얻는다.

② 배아 줄기세포는 발생 중인 배아를 희생시킨다.
➡ 배아 줄기세포는 발생 초기 배아에서 얻는다. 따라서 여자에게서 난자를 채취해야 하고 배아를 희생시키므로 생명 윤리 문제가 발생한다.

③ 성체 줄기세포는 면역 거부 반응이 없다.
➡ 성체 줄기세포는 환자 자신의 세포를 사용하므로 면역 거부 반응이 없다.

✓ ④ 성체의 체세포를 역분화시켜 얻은 것을 ~~성체~~ 유도 만능 줄기세포라고 한다.
➡ 성체의 체세포를 역분화시켜 얻은 줄기세포를 유도 만능 줄기세포 또는 역분화 줄기세포라고 한다.

⑤ 유도 만능 줄기세포는 생명 윤리 문제가 없다.
➡ 유도 만능 줄기세포는 환자 자신의 체세포를 사용하므로 생명 윤리 문제가 발생하지 않는다.

08 생명 공학 기술을 활용하여 다른 생물의 유용한 유전자를 도입하고 발현되도록 조작한 생물을 유전자 변형 생물체(LMO)라고 한다.

| 선택지 분석 |

㉠ 생태계가 교란될 가능성이 있다.
➡ 새롭게 도입된 유전 형질이 다른 생물에게 전이되면 의도하지 않은 생물이 나타날 수 있어 생태계가 교란될 수 있다.

㉡ 여러 생명 공학 기술을 활용하여 만든다.
➡ LMO를 만들 때 유전자 재조합, 세포 융합, 핵치환, 조직 배양 등 다양한 생명 공학 기술을 활용한다.

㉢ 기존 번식 방법으로는 나타날 수 없는 형질을 가진 생물들이다.
➡ LMO는 기존 번식 방법으로는 나타날 수 없는 형질을 도입한 생물이다.

09 | 선택지 분석 |

① 질병 치료에 도움을 준다.
➡ 호르몬이나 항체 등 사람에게 유용한 의약품을 대량 생산할 수 있어 질병 치료에 도움을 준다.

② 식량 문제를 해결할 수 있다.
➡ 병충해에 강하고 생산성이 높은 품종을 개발하여 식량 문제를 해결할 수 있다.

③ 에너지 문제를 해결할 수 있다.
➡ 바이오 에탄올과 같은 바이오 연료를 개발하여 에너지 문제를 해결할 수 있다.

④ 환경 오염 물질을 제거할 수 있다.
➡ 기름이나 독성 유기 화합물을 분해하는 세균을 개발하여 환경 오염 물질을 제거할 수 있다.

⑤ 단일 품종의 LMO 작물을 대규모로 재배해면 ~~생태계 평형을 가져온다~~.
생태계가 파괴될 수 있다.
➡ 단일 품종의 LMO 작물을 대규모로 재배하면 생물 다양성이 감소하여 생태계가 파괴될 수 있다.

10 (1) B 림프구와 종양 세포가 융합되어 하나의 잡종 세포를 형성하였다.
(2) 잡종 세포는 B 림프구와 종양 세포가 융합된 세포이므로, 두 세포의 장점을 모두 가지고 있다.

채점 기준	배점
반영구적인 분열과 한 종류의 항체를 만들어 내는 2가지 특징을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
2가지 특징 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

11 (1) (가)는 배아 줄기세포, (나)는 성체 줄기세포, (다)는 유도 만능 줄기세포이다. (나)와 (다)를 만들 때는 환자 자신의 세포를 사용하기 때문에 생명 윤리 문제가 발생하지 않는다.
(2) 배아 줄기세포를 만들 때는 체세포 복제 배아를 사용하기도 한다. 체세포 복제 배아 줄기세포는 핵을 제공한 환자와 유전적으로 동일하므로, 환자에게 이식하였을 때 면역 거부 반응이 없다.

채점 기준	배점
핵치환 기술이라고 쓰고, 핵치환 기술을 활용하여 줄기세포를 만드는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
핵치환 기술이라고만 쓴 경우	30 %

12 유전자 변형 동물은 유용한 유전자를 난자나 수정란에 직접 주입하여 포배까지 발생시킨 후 대리모의 자궁에 착상시켜 얻는다.

채점 기준	배점
대장균에서 효소 Y에 대한 유전자를 추출하는 것과 유전자 재조합 기술이나 유전자 주입 기술을 활용하여 돼지에 삽입하는 것 2가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
2가지 중에서 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

13 보라색 토마토, 황금쌀, 기름 분해 세균 등은 유전자 변형 생물체(LMO)의 예이다. 만약 LMO에 도입된 유전자가 다른 생물에게 전이되면 의도하지 않은 형질을 가진 생물이 출현하여 생태계가 교란될 수 있다. 또, 단일 품종의 LMO를 대규모로 재배하면 생물 다양성이 감소되어 생태계 평형이 파괴될 수 있다.

채점 기준	배점
LMO가 생태계에 미치는 부정적인 영향을 2가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
2가지 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %



꿈을 이루는 법

자신감은 불가능을 가능하게 만듭니다.

꿈의 실현은 '난 할 수 있다'는 자신감으로부터 시작됩니다.
스스로에게 할 수 있다는 주문을 걸어보세요.
"난 못해", "난 잘 할 수가 없어." 같은 말은 자신감 형성에
방해가 되므로 하지 말아야겠죠.

작은 결과가 모여 성공의 힘이 됩니다.

자신에 대한 조그마한 긍정적 체험이 모여
자신을 바꿔가는 힘이 됩니다.
꿈을 이루기 위한 계획을 세울 때도
크고 무리한 계획에 무너지지 말고 작은 계획부터
실천해 보세요. 계획을 실천하는 성취감을 맛보면
이것이 모여 스스로 능력을 키울 수 있습니다.

목표에 집중하세요.

대부분 우리들은 바라는 어떤 것,
꿈꾸는 것을 이루기 위해서는 많은 것들을
해야 한다고 생각합니다.
꿈을 이루려면 어떻게 해야 할까요?
목표를 더 분명히 하고 더 집중해 보세요.
성취된 느낌에 집중할 때
꿈은 어느새 현실이 되어 있음을 느낄 수 있습니다.

