# I. 출제 의도와 문제 해설(자연계)

## 1. 2016학년도 자연계 논술의 목표와 기본 방향

2016학년도 고려대학교 수시선발의 논술고사는 예년과 마찬가지로 고려대학교 입학의 주요 전형으로 합격을 위해선 올바른 정보 확보가 무엇보다 중요하다. 고려대학교 논술본부는 2016학년도 논술출제에 대한 아래와 같은 기본방향을 설정하고 모의논술고사를 실시하였다.

- 고교 과학교육 및 공교육의 정상화
- 수리 논술 및 과학 논술 문항들의 교과서 범위 내 출제
- 각 과학과목의 기본개념 이해 및 심층 사고력 측정

2016년 논술백서는 평가에 참가한 학생들의 답안을 토대로 모의논술고사의 출제의도와 평가기준을 밝힘으로써 수시 논술에 대한 정확한 정보를 제공하고 수험생 및 학부모들에게 도움을 주고자 마련되었다.

고려대학교 자연계논술은 지난해와 같이 수리 논술 문항을 필수로 하고 과학 논술 문항 중 한 문항만을 택하도록 요구하고 있다. 과학 문항을 한 과목으로 한정한 것은 시험시간 부족에 따른 심층 사고의 어려움과 고교 과학 II 교과목 선택에서 발생되는 불균형을 가급적 줄이고자 시도한 것이다. 하지만 한 과목 내에서도 여러 문항의 문제가 출제되고 문항들 간의 상호 응용에 대한 묻는 문제들이 출제되기 때문에 단순 암기위주의 서술이 아닌 문항들의 심층 이해와 통합적인 사고가 요구된다.

자연계논술은 본고사 논란을 피하고 학교 교육의 내실을 기하고자 대부분의 제시문을 고등학교 교과서에서 직접 발췌하거나 적절하게 변형하는 방식을 사용하였다. 제시문과 논제에 사용된 소재와 개념은 이미 고등학교 교과서를 통해 익숙하게 다루어지는 것들이며 논제들은 충실한 학교교육을 받은 학생이라면 쉽게 해결할 수 있는 것들로 선택하였다. 과학교과내용의 출제범위는 과학 선택과목에 따른 문제점으로 인해 가급적 과학 I을 위주로 출제하되 과학 II의 내용이 포함되는 경우도 제시문에서 충분히 설명하여 비록 해당 과학 II 과목을 선택하지 않았더라도 풀 수 있도록 배려하였다.

## 2. 출제 의도와 논제 해설, 예시 답안 및 평가

### 가) 논제 1(수학)

#### 1) 출제 의도

본 논제에서는 일차변환, 삼각형의 넓이, 원과 곡선이 접할 조건, 함수의 미분, 적분 등 고등학교 교과과정에서 중요하게 다루는 주제들을 다루고 있다. 제시문 (가)에서는 평면에서 한 변이 원점에 있는 평행사변형의 넓이와 2차 정사각 행렬의 행렬식과의 관계에 대해 설명해주고 있다. 제시문 (나)에서는 포물선과 원이 접하는 상황을 설명하고 있고 제시문 (다)에서는 포물선과 두 직선이 수직으로 만나는 상황에 대해 설명하고 있다. 하나의 논제를 통해 교과과정의 모든 주제들을 다 다룰 수는 없지만 중요한 주제들을 가능한 한 많이 포함하도록 하였다. 문제 해결을 위한 아이디어를 찾아낼 수 있는 직관과 아이디어를 수학적으로 설명할 수 있는 능력을 평가할 수 있도록 노력하였다. 수학적 논리를 통해서 논제를 해결할 수 있도록 하고 단순한 계산에서의 실수로 인하여 감점이 되는 요인을 최소화하도록 노력하였다.

#### 2) (a) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 평면에서 원점을 한 점으로 가지는 두 삼각형의 넓이의 비를 구하는 문제이다. 제시문 (가)에서 설명하고 있는 2차 정사각 행렬의 행렬식을 이용한 평행사변형의 넓이 계산 방법을 이용하면 간단히 답을 할 수 있다. 기본적인 연산에 익숙하기만 하면 해결할 수 있는 문제이다.

② 예시 답안

제시문 (가)에 의해

$$\begin{aligned} 2\triangle ORS\text{의 넓이} &= |(a+c)(b-d)-(b+d)(a-c)| \\ &= |ab-ad+bc-cd-ab+bc-ad+cd| \\ &= 2|ad-bc| \\ &= 4\times(\triangle OPQ\text{의 넓이}) \end{aligned}$$

이다. 따라서 $\triangle ORS$의 넓이와 $\triangle OPQ$의 넓이의 비는 2:1 이다.

③ 평가: 제시문 (가)에서 설명된 방법과 기본적인 연산을 이용하여 대부분 올바른 답안을 제시하였다. 제시문의 방법을 이용하지 않아도 보다 복잡한 계산 과정을 통해 같은 결론을 이끌어 낼 수 있다. 이러한 경우에도 정답으로 평가하였다.

④ 부족 답안의 사례

제시문 (가)에 의하면 $\triangle OPQ$의 넓이는 $\frac{1}{2}|ad-bc|$ 이다. 제시문 (가)에 의하면 $\triangle ORS$의 넓이는 $\frac{1}{2}|a^2-b^2-c^2+d^2|$ 이다. 따라서 $\triangle ORS$의 넓이와 $\triangle OPQ$의 넓이의 비는

$\triangle ORS$ : $\triangle OPQ$ = $|a^2-b^2-c^2+d^2|$ : $|ad-bc|$ 이다.

이 답안의 경우 제시문의 설명을 정확히 이해하지 못하여 $\triangle ORS$의 넓이를 구하는 과정에서 제시문의 방법을 잘못 적용하였다. 대부분의 답안에서 제시문의 방법을 올바르게 적용하였지만 이 답안과 같이 제시문의 설명을 이해하지 못하고 잘못된 답안을 작성한 경우도 간혹 있었다.

### 3) (b) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 평면 위의 삼각형의 한 꼭짓점이 원점에 있고 다른 꼭짓점들의 좌표가 자연수 값을 가지는 경우에 대하여 주어진 조건에서 삼각형의 넓이의 최솟값을 구하는 문제이다. 연산이 복잡하지는 않지만 논리적인 답안작성이 필요하다.

② 예시 답안

제시문 (가)에 의해

$$\triangle OPQ \text{의 넓이} = \frac{1}{2}|15d-20c| = \frac{5}{2}|3d-4c|$$

이다. $|3d-4c|$는 자연수이므로 $\triangle OPQ$의 넓이는 $\frac{5}{2}$ 이상이다. $(c,d)=(1,1)$ 일 때 $|3d-4c|=1$이므로 $\triangle OPQ$의 넓이가 $\frac{5}{2}$가 될 수 있다. 따라서 $\triangle OPQ$의 넓이의 최솟값은 $\frac{5}{2}$이다.

③ 평가: 올바른 논리를 통해 최솟값이 $\frac{5}{2}$임을 설명한 답안이 많았다. 하지만 최솟값이 $\frac{5}{2}$임을 주장하더라도 설명이 올바르지 않거나 부족한 경우도 상당히 있었다. 연산이 복잡하지는 않지만 논리적으로 답안을 작성할 수 있도록 연습할 필요가 있다.

④ 부족 답안의 사례

제시문 (가)에 의해 $\triangle OPQ$의 넓이는 $\frac{1}{2}|15d-20c|$ 이다. 점 $Q$가 직선 $OP$ 위에 있지 않으므로 $d \neq \frac{4}{3}c$ 이다. 따라서 $|15d-20c|$ 는 $0$이 아니다. $|15d-20c|$ 는 5의 배수이므로 $\triangle OPQ$의 넓이의 최솟값은 $\frac{5}{2}$이다.

이 답안의 경우 정답을 제시하였지만 논리적으로 부족한 부분이 있으므로 감점을 받을 수 있다. 답안에 의하면 $\triangle OPQ$의 넓이는 $\frac{5}{2}$ 이상이므로 $\triangle OPQ$의 넓이의 최솟값은 $\frac{5}{2}$ 이상임을 알 수 있다. $\triangle OPQ$의 넓이가 $\frac{5}{2}$가 될 수 있음을 확인하는 과정이 있었으면 매우 우수한 답안이 되었을 것이다.

### 4) (c) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 주어진 조건을 만족하는 원의 반지름이 취할 수 있는 범위를 생각하는 문제이다. 반지름은 양수이어야 하고 원과 곡선이 한 점에서만 접한다는 조건으로부터 논리적으로 반지름의 범위를 제시하여야 한다.

② 예시 답안

주어진 조건을 만족하는 원 $C$의 반지름을 $r$라 하면 일단 $r>0$을 만족한다. 또한 $r$는 두 점 $(\pm 1, \frac{1}{2})$에 동시에 접하는 원 $C'$의 반지름보다 작아야 한다. 이 원의 반지름을 $r_0$이라 하면 $r_0$은 두 점 $(1, \frac{1}{2})$와 $(0, \frac{3}{2})$ 사이의 거리가 된다. 따라서 $r_0=\sqrt{2}$이다. 원 $C'$의 방정식 $x^2+(y-\frac{3}{2})^2=2$와 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$을 연립해서 풀면 원 $C'$와 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$는 두 점 $(\pm 1, \frac{1}{2})$에서만 만남을 알 수 있다. 그리고 주어진 조건을 만족하면서 반지

름이 $0<r<\sqrt{2}$인 원 $C$는 원 $C'$와는 점 $(1,\frac{1}{2})$과 원 $C'$의 내부에서 내접하게 된다. 따라서 주어진 조건을 만족하고 반지름이 $0<r<\sqrt{2}$인 원 $C$는 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$과는 점 $(1,\frac{1}{2})$에서만 만나게 된다. 그러므로 주어진 조건을 만족하는 원의 반지름 $r$의 범위는 $0<r<\sqrt{2}$가 된다.

③ 평가: 올바른 답안을 제시한 경우가 많았으나 설명과정의 논리가 결여된 경우도 많이 눈에 띄었다. 간혹 등호가 들어가서 감점이 되는 경우도 있었다.

④ 부족 답안의 사례

원 $C$의 중심을 $D(a,b)$라 하면 원 $C$의 반지름은 $\sqrt{(a-1)^2+(b-\frac{1}{2})^2}$이 된다. 원 $C$의 반지름이 최대일 경우는 원 $C$와 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$이 두 점에서 만나기 전이다. 원 $C$와 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$이 $x=1$이 아닌 다른 교점에서 만난다고 가정하고 이 점을 $E(c,d)$라 하자.

$$\sqrt{(a-1)^2+(b-\frac{1}{2})^2}=\sqrt{(a-c)^2+(b-d)^2}$$

$$\vdots$$

이 답안의 경우 표현상의 모호함이 초반부에 보이고 조건을 이용하는 과정에서 문제를 어렵게 만들었다. 위의 식을 전개하여 몇 단계 더 진행을 하였으나 결론에는 이르지 못하였다. 초반부의 아이디어를 잘 발전시켰더라면 정답에 가까운 답안을 작성할 수 있었으리라 생각된다.

**5) (d) 논제 해설, 예시 답안 및 평가**

① 논제 해설: 주어진 두 점을 지나고 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$에 수직으로 만나는 직선의 교점을 구하는 문제이다. 곡선과 수직으로 만나는 직선의 기울기를 알고 있으면 쉽게 해결할 수 있다.

② 예시 답안

두 점 $A(1,\frac{1}{2})$과 $B(t,\frac{1}{2}t^2)$에서 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2$에 수직인 직선의 방정식은 각각 다음과 같다.

$$y=-(x-1)+\frac{1}{2},\quad y=-\frac{1}{t}(x-t)+\frac{t^2}{2}\ (\text{단},\ t\neq 1)$$

두 식을 연립하여 풀면 $x=-\frac{t(t+1)}{2}$와 $y=\frac{t(t+1)}{2}+\frac{3}{2}$ (단, $t\neq 1$)를 얻는다. 즉, 점 $D$의 좌표는 $(-\frac{t(t+1)}{2},\frac{t(t+1)}{2}+\frac{3}{2})$이다.

③ 평가: 평이한 문제로 많은 지원자가 올바른 답안을 제시하였다. 간단한 계산 실수도 눈에 띄었다.

④ 부족 답안의 사례

이 문제의 경우 대부분의 지원자가 올바른 답안을 제시하였고 일부 답안에서 계산상의 오류가 발견된 정도이다.

### 6) (e) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 조건을 만족하는 선분이 쓸고 지나가는 영역의 넓이를 구하는 문제이다. 먼저 영역을 올바르게 이해하고 있어야하고 영역의 면적을 적분이나 사다리꼴의 면적공식을 이용하여 구해야한다.

② 예시 답안

문제 (d)에서 점 $D$는 직선 $y=-x+\frac{3}{2}$ 위를 움직이고 $2 \le t \le 4$에서 $x$좌표와 $y$좌표는 각각 $t$에 대한 감소함수이고 증가함수임을 알 수 있다. 따라서 선분 $BD$가 쓸고 지나가는 영역은 세 직선 $y=-x+\frac{3}{2}$, $y=-\frac{1}{2}x+3$, $y=-\frac{1}{4}x+9$과 곡선 $y=\frac{1}{2}x^2\ (2 \le x \le 4)$으로 둘러싸인 영역이 된다. 따라서 영역의 넓이는 다음과 같다.

$$\int_{-10}^{4}(-\frac{1}{4}x+9)dx-\int_{-10}^{-3}(-x+\frac{3}{2})dx-\int_{-3}^{2}(-\frac{1}{2}x+3)dx-\int_{2}^{4}\frac{1}{2}x^2dx=\frac{659}{12}$$

③ 평가: 주어진 영역에 대한 올바른 이해와 설명 그리고 영역의 면적을 적절하게 구할 수 있는가를 중점적으로 평가하였다. 영역을 잘못 이해한 경우가 많았고 적분에서의 계산 실수도 가끔 있었다. 실제로 위의 적분의 의미를 이용하여 사다리꼴의 넓이를 구함으로써 좀 더 쉽게 주어진 영역의 넓이를 계산할 수 있다.

④ 부족 답안의 사례

제시문 (다)에서 $2 \le t \le 4$일 때 $\overline{BD}$가 지나가는 영역의 넓이는 다음과 같다.

$$\int_{2}^{4}\overline{BD}\text{의 길이}\,dt=\int_{2}^{4}\sqrt{(-\frac{t(t+1)}{2}-1)^2+(\frac{t(t+1)}{2}+\frac{3}{2}-\frac{1}{2})^2}\,dt$$
$$=\int_{2}^{4}\sqrt{2}(\frac{t(t+1)}{2}+1)dt=\frac{46\sqrt{2}}{3}$$

이 답안의 경우 맞지 않은 공식을 임의로 적용해서 오답을 제시한 예이다. 구분구적법을 잘못 이해하고 있어서 위의 공식을 적용한 듯 보인다. 의외로 많은 답안에서 위와 비슷한 예를 발견하였다.

## 나) 논제 2(물리)

### 1) 출제 의도

논제 2는 고전물리학의 기본 지식인 뉴턴의 운동 법칙에 대한 이해와 이를 이용한 문제 해결 능력을 평가하는 내용으로 이루어져 있다. 본 논제는, 두 개 이상의 힘이 동시에 작용하는 상황에서의 합력과 그에 의한 물체의 운동을 이해하여, 여러 개의 물체가 서로 연결된 상태에서 장력, 마찰력, 기체의 압력에 의한 힘 등, 힘의 다양한 형태와 그 역할을 종합적으로 이해하는지 여부를 묻고 있다. 본 논제의 모든 내용은 고등학교 물리 I에서 다루는 범위 내에서 구성하였으며, 교과서 위주의 학습을 충실히 한 수험생이라면 쉽게 풀 수 있도록 출제되었다.

### 2) (a) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제해설: 서로 실로 연결된 여러 물체들 중, 일부가 마찰력이 없는 탁자 위에 놓여 있고 나머지가 도르래를

통해 아래로 매달려 중력에 의해 운동하는 상황에서의 가속도를 묻는 기초적인 문제이다. 매달려 있는 물체에 작용하는 중력이 물체계의 가속을 일으키는 힘이며 탁자 위에 놓여 있는 물체에 작용하는 중력은 수직항력과 비겨서 아무런 영향을 주지 않음을 파악해야 한다. 이때 도르래가 운동의 방향을 변화시키더라도 실로 연결된 여러 물체가 함께 움직이는 것으로 해석하고, 모든 물체가 동일한 크기의 가속도로 움직인다는 것에 착안해 뉴턴의 운동 제2법칙을 적용하면 문제를 해결할 수 있다.

② 예시 답안 사례 및 평가

(ⅰ)의 경우에 모든 물체가 연결되어 함께 움직이므로 $F=3ma_i$이다. 이때 알짜힘은 C의 중력뿐이므로 $mg=3ma_i$이고 따라서 $a_i=\frac{1}{3}g$이다. A의 가속도는 물체계의 가속도와 같으므로 $\frac{1}{3}g$이다. (ⅱ)에서도 $F=3ma_{ii}$이고 B와 C 두 물체에 중력이 가해지므로 $2mg=3ma_{ii}$이며, 따라서 A의 가속도는 $a_{ii}=\frac{2}{3}g$이다.

도르래를 지나 연결된 여러 물체의 운동을 하나의 뉴턴 방정식으로 간단히 표현할 수 있음을 이해하고 있다. 또한 물체를 움직이게 하는 중력을 이용해 뉴턴의 운동 제2법칙을 정확하게 사용하여 올바른 값을 구하였다.

③ 부족 답안의 사례 및 평가

(ⅰ) 그림에서 물체 A, B, C가 받는 힘을 나타내면

$C: mg-T_1=ma_i$ …㉠ $B: T_1+mg-T_2=ma_i$ …㉡ $A: T_2=ma_i$ …㉢

㉠+㉡+㉢=$2mg=3ma_i \therefore a_i=\frac{2}{3}g$

(ⅱ) 그림에서 물체 A, B, C가 받는 힘을 나타내면

$C: mg-T_1=ma_{ii}$ …㉣ $B: T_1+mg-T_2=ma_{ii}$ …㉤ $C: T_2+2mg=ma_{ii}$ …㉥

㉣+㉤+㉥=$4mg=3ma_{ii} \therefore a_{ii}=\frac{4}{3}g,$

본 사례에서는 연결된 여러 물체를 하나의 운동방정식으로 나타내지 않고, 각각의 물체에 개별적으로 적용하였다. 이러한 방법도 적절히 사용하면 또 하나의 올바른 접근 방식이 될 수 있다. 반면 본 사례에서는 탁자 위에 놓인 물체에 작용하는 중력이 수직항력과 상쇄됨을 인지하지 못하고 장력과 같은 방향의 힘으로서 가속에 기여하는 것으로 생각하여 올바른 답을 얻지 못하였다.

### 3) (b) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제해설: a)와 동일하게 여러 물체가 실로 연결되어 함께 움직이는 상황에서 도르래 위에 놓인 실에 걸린 장력의 크기를 묻고 있다. 이 논제는, 하나 또는 일부 물체에 작용하는 힘의 종류를 개별적으로 파악하고 그 합력을 고려하면 쉽게 풀 수 있다. 물체들의 운동은 중력에 의해 일어나지만 평면 위에 놓인 물체를 직접 잡아당기는 힘은 실의 장력임을 이해하는지 여부를 평가하고자 하였다.

② 예시 답안 사례 및 평가

| |
|---|
| (ⅰ)에서 도르래 위 실의 장력과 중력의 합력이 C의 알짜힘이므로 $ma_{ⅰ} = mg - T_{ⅰ} = \frac{1}{3}mg \qquad \therefore T_{ⅰ} = \frac{2}{3}mg$<br>(ⅱ)에서 도르래 위의 실의 장력이 A의 알짜힘이므로 $ma_{ⅱ} = T_{ⅱ} = \frac{2}{3}mg \qquad \therefore T_{ⅱ} = \frac{2}{3}mg$<br>따라서 두 값은 서로 같다. |

도르래에서 아래로 매달린 물체 C에 걸리는 힘이 장력과 중력임을 정확하게 파악하고, 그 합력을 이용해 물체 C의 운동방정식을 적절하게 수립하였다. 또한 두 번째 경우에는 실의 장력이 물체 A를 직접 잡아당기는 유일한 힘이라는 것을 잘 이해하여 올바른 답을 얻을 수 있었다.

③ 부족 답안의 사례 및 평가

| |
|---|
| (ⅰ)에서 A를 따로 보면 A는 장력 $T_A$에 의해 운동하는데 $a_A = \frac{1}{3}g$이므로 A가 받는 합력=$T_A = \frac{1}{3}mg$이다.<br>(ⅱ)에서 A를 보면 A는 장력 $T_A'$에 의해 운동하는데 $a_A'= \frac{2}{3}g$ , 따라서 A가 받는 합력=$T_A'= \frac{2}{3}mg$이다.<br>따라서 $T_A < T_A'$이며 (ii)에 걸리는 장력의 크기가 (ⅰ)에 걸리는 장력의 크기의 2배이다. |

본 사례는 함께 연결된 여러 실에 각각 걸린 장력이 서로 다르다는 것은 인식하지 못하고 서로 같다고 가정하고 풀었거나, 또는 문제에서 요구하는 바를 정확하게 이해하지 못하고 다른 위치에서의 장력을 구한 경우이다. 또 다른 사례에서는 올바른 장력을 구한 후, 문제에서 요구한 바와 같이 두 값을 비교하지 않아서 감점을 받은 예도 있다.

### 4) (c) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제해설: 본 논제는 앞서와 같이 서로 연결된 물체가 평면에서 운동하는 경우에 마찰력이 추가되어 나타나는 변화에 대한 이해를 묻고 있다. 마찰력이 수직항력인 무게에 비례하며 이동의 반대 방향으로 작용한다는 것을 이해하면서 앞의 계산을 반복하면 어렵지 않게 풀 수 있는 문제이다.

② 예시 답안 사례 및 평가

| |
|---|
| (i) 질량 $m$인 물체의 마찰력을 $f$라 하면, A-B-C에 작용하는 알짜힘은 $mg - 2f = 3ma_1$이다. 따라서 가속도는 $a_1 = \frac{mg-2f}{3m}$이 된다. 물체 C에서의 알짜힘은 $mg - T_1 = ma_1 = \frac{mg-2f}{3}$이므로 장력은 $T_1 = \frac{2f+2mg}{3}$이다.<br>(ⅱ)에서는 A-B-C에 작용하는 알짜힘이 $2mg - f = 3ma_2$이므로 가속도는 $a_2 = \frac{2mg-f}{3m}$이다. 물체 A의 알짜힘은 $T_2 - f = ma_2 = \frac{2mg-f}{3}$이므로 장력은 $\therefore T_2 = \frac{2mg+2f}{3}$이다.<br>$T_1 = T_2$이므로 두 장력은 서로 같다. |

마찰력이 수직항력에 비례하므로, 두 문제에서의 마찰력은 질량에 비례하게 되어 각각 $2f$와 $f$로 간단히 나타낼 수 있음을 명확하게 이해하고 있다. 마찰력의 구체적인 값이 주어져 있지 않아도 뉴턴의 운동 제2법칙을 적절히 사용하여 가속도를 다시 계산한 후에 장력을 구하여 올바른 결과를 얻을 수 있었다.

③ 부족 답안의 사례 및 평가

마찰력은 수직항력에 비례하므로 (i)의 경우, 마찰력 $f_i \propto 2mg$라 쓸 수 있고 $f_i = k \cdot 2mg$라고 할 수 있다($k$는 비례상수). (ii)의 경우, 마찰력은 $mg$에 비례하고 역시 $f_{ii} = k \cdot mg$라 쓸 수 있다. 따라서 문제(b)에서 장력은 같은데 ( ⅰ )에서 마찰력을 두 배로 더 받으므로 이때의 장력은 ( ⅱ)가 ( ⅰ )의 경우보다 크다.

마찰력이 존재하면 장력이 변하기에 앞서 가속도가 변화한다는 것을 이해하지 못하고 단지 추가로 마찰력이 작용하는 것으로 잘못 인식하여 틀린 결론을 내린 경우이다. 또한 마찰력이 이동 방향의 반대로 작용하는 것을 뉴턴의 법칙에 제대로 적용하지 못해 감점을 당한 경우도 있었다.

### 5) (d) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제해설: 본 논제에서는 실의 한쪽 끝에는 중력이 작용하고 다른 한쪽 끝에는 중력과 기체의 압력이 동시에 작용하여 힘의 평형을 이룬 상태에서 기체의 압력을 묻고 있다. 기체가 가하는 힘은 압력과 면적의 곱으로 주어진다는 것을 이해하고, 도르래를 통해 전달된 힘의 방향을 정확히 파악하여 역학적 평형의 조건을 적용하면 쉽게 풀 수 있다.

② 예시 답안 사례 및 평가

피스톤에는 가해지는 대기압에 의한 힘의 크기는 $aP_0$이고 방향은 아래쪽이다. 내부 기체가 피스톤에 작용하는 힘은 $aP$이고 방향은 위쪽이다. 또, 실의 장력의 크기는 $T = mg$이고 방향은 위쪽이다. 피스톤에 작용하는 중력은 $Mg$이고, 방향은 아래쪽이다. 이를 정리하면 $-aP_0 + aP + T - Mg = 0$이므로 기체의 압력은 $P = P_0 + (M-m)g/a$이다.

복잡한 장치에 작용하는 여러 힘의 종류, 크기와 방향을 정확히 파악하고, 힘의 평형 조건을 이용해 기체 내부의 압력을 적절하게 나타내었다.

③ 부족 답안의 사례 및 평가

피스톤의 가해지는 힘은 아랫방향으로 작용하는 중력, 외부의 대기압이 있고 위 방향으로는 실린더 안의 기체의 압력 $P$, 피스톤과 질량이 $m$인 추 사이의 장력이 있다. 역학적 평형인 상태이므로, $mg = Mg + P_0 - P$이므로, $P = (M-m)g + P_0$이다.

기체의 압력은 힘을 면적으로 나눈 것이므로, 힘을 구하기 위해서는 압력을 면적으로 곱해야 함을 인식하지 못하여 차원이 옳지 않은 답안을 얻은 경우이다.

피스톤은 장력 ($P$)과 압력 차에 의한 힘($F_2$)이 평형을 이룬다. 또, 그 크기는 $F_1 = mg$, $F_2 = (P_0 - P)a$이다. $F_1 = F_2$이므로 $P = P_0 - \frac{mg}{a}$이다.

실린더 내부 기체를 누르는 힘에는 피스톤의 무게도 포함되어야 함을 인식하지 못하여 감점을 당한 예이다.

### 6) (e) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제해설: 기체의 온도가 천천히 변화하여 부피가 팽창하는 경우에 압력이 거의 일정한 것으로 고려할 수 있음을 이해하고, 이러한 변화가 일어나는 동안에 기체가 외부에 한 일의 크기는 기체를 누르는 힘과 이동거리의 곱, 즉 기체의 압력과 부피변화의 곱과 같음을 이용하면 쉽게 풀 수 있는 문제이다.

② 예시 답안 사례 및 평가

| 기체의 압력은 일정하므로 등압팽창이다. 따라서 $W = P \cdot V = P \cdot ay = (aP_0 - mg + Mg)y$이다. |
|---|

등압팽창 과정임을 인식하고, 기체가 외부에 한 일의 계산방법을 정확히 사용하여 간단하게 답을 구한 좋은 예이다.

③ 부족 답안의 사례 및 평가

| 이상 기체가 일을 하면서 질량이 $M$인 피스톤이 연직 위 방향으로 $y$만큼 올라가고 질량이 $m$인 물체가 연직 아래 방향으로 $y$만큼 내려갔으면 (한 일)=$Mgy - mgy$ 이다. |
|---|

대기압도 압력의 일종으로서 힘에 기여함을 이해하지 못하여 틀린 답을 얻은 경우이다.

## 다) 논제 3(화학)

### 1) 출제 의도

본 논술에서는 고등학교 교과과정에서 다루는 산-염기, 화학평형, 반응의 자발도에 대한 기본 개념 및 정의에 대한 이해와 이를 이용한 문제 해결능력 및 적용능력을 평가하는 내용으로 이루어져 있다. 또한 이를 바탕으로 교과 과정에서 가장 많이 언급되는 산-염기 정의 및 산-염기 평형에 대한 일반적인 지식을 정확하게 이해하고 있는지 판단하고 정확하게 응용할 수 있는지를 평가하기 위한 문제를 출제하였다. 고등학교 교과 과정을 충실히 이행하고 제시문을 정확하게 이해한 학생은 손쉽게 접근할 수 있도록 문제를 구성하였고, 교과서 중심의 학습을 제대로 한 수험생이라면 충분히 높은 점수를 받을 수 있도록 하였다.

### 2) 논제 해설

(a) 위에서 언급된 기체 분자 X 의 화학식을 쓰시오.

$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + \underline{CO_2}$
$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + \underline{CO_2}$

위의 반응식에 근거하여 $NaHCO_3$는 $CH_3COOH$과 자발적으로 반응하여 $CH_3COONa$라는 염과 $H_2O$, $CO_2$가 발생한다. 또한 $NaHCO_3$에 열을 가해 주면 열분해가 일어나 $Na_2CO_3$ 및 $H_2O$, $CO_2$가 발생한다. 따라서 두 반응식을 바탕으로 발생하는 기체분자는 $CO_2$가 됨을 알 수 있다.

(b) 베이킹 소다의 열분해 반응의 화학반응식을 쓰시오 (반응의 계수를 정확히 표기하시오).

$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3+H_2O+CO_{29}$

위의 제시문에 근거하여 $Na_2CO_3$의 생성을 알 수 있고, 이를 바탕으로 Na의 계수가 2임을 파악할 수 있다. 이를 근거로 반응물과 생성물의 계수를 비교해보면 정확하게 일치하는 것을 알 수 있다.

(c) 생석회 CaO 는 위에서 언급된 기체분자 X 와 반응을 하여 고체 상태인 분자 Y 를 만든다. 이 반응의 화학반응식을 쓰시오. 이 반응의 정반응이 잘 일어나도록 하려면 어떠한 반응 조건을 채택해야 하는지 논술하시오.

$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$

본 문제는 기체와 고체의 반응에서의 평형상수를 구하는 방법을 묻고 있다. 이 반응에서의 평형 상수 K는 $K = 1/pCO_2$로 표현될 수 있으며 일정한 값을 가진다. 그러므로 높은 $CO_2$ 압력의 경우 본 반응은 평형에 도달하기 위하여 정반응이 잘 일어남을 알 수 있다.

또한 열역학적인 축면에서 본 반응의 자발도를 파악해 보면, $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$ 에서 본 반응은 기체가 사라지는 반응임으로 엔트로피가 감소하고 있음을 알 수 있다. 즉 $\Delta S < 0$ 임을 알 수 있다. 따라서 본 반응이 자발적이라면 $\Delta G$를 음수로 만들어야 하므로 T가 작아야 한다.

(d) 베이킹 소다는 말 그대로 빵을 만들 때 쓰이는 재료이다. 베이킹 소다가 빵을 굽는 과정에서의 역할에 대해 논술하시오.

$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3+H_2O+CO_2$

본 반응은 NaHCO3에 열을 가해 주는 열분해 반응으로 $Na_2CO_3$ 및 $H_2O$, $CO_2$가 발생함을 앞서 언급하였다. 생성물 중에는 기체인 $CO_2$가 존재하고 빵은 이렇게 발생된 $CO_2$로 인해 부풀어 오른다.

(e) 베이킹 소다가 산성을 띠는지 염기성을 띠는지 판별하시오. 왜 그렇게 생각하는지 그 근거에 대하여 논술하시오.

$NaOH + H_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3+H_2O$ (강염기와 약산이 만나 만드는 염기성 염)
$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa+H_2O+CO_2$ (산과 반응하는 염기)

위의 식으로부터 베이킹 소다는 강염기인 NaOH과 약산인 $H_2CO_3$ 이 반응하여 생성된 염기성 염임을 확인할 수 있다. 또한 베이킹 소다는 제시문으로부터 약산과 중화반응을 하며 물을 생성함을 확인할 수 있다. 따라서 언급된 두 가지의 근거를 바탕으로 베이킹 소다는 염기임을 알 수 있다.

(f) 빵 반죽에 베이킹 소다와 더불어 신맛이 나는 레몬즙과 같은 재료를 함께 첨가하면 빵의 맛이 좋아진다. 그 이유가 무엇인지 추론하여 논술하시오.

문제 e)로 부터 $NaHCO_3$는 염기이기 때문에 신맛이 나는 레몬즙이 포함하는 산과 중화반응이 발생하여 베이킹 소다가 가지는 독특한 쓴맛을 없애 빵의 맛이 좋아 진다.

### 3) 예시 답안 및 평가

**미흡 답안 A**

(a) 기체분자 A화학식: $CO_2$(이산화탄소)

(c) $CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow$

(e) 베이킹소다는 염기성을 띤다.

(a) 제시된 반응의 화학반응식을 쓰고 이 반응식에 근거하여 $CO_2$ 가 발생한다는 것을 도출하면 더욱 좋은 평가를 받을 수 있다.

(c) 화학반응식만 쓰고 '어떤 반응 조건을 채택해야 하는가?'에 대한 근거와 방안을 논술하지 않았다.

(e) 왜 염기성을 띤다고 생각하는지 그 근거를 제시하지 않았다.

**미흡 답안 B**

(a) $CO_2$

(c) $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$
정반응이 잘 일어나도록 하려면, 르샤들리에의 원리에 따라, 반응시키면서 생성되는 탄산칼슘을 계속 제거해주고, 반응물들을 계속 추가해준다. 또한, 온도를 낮게 유지하여 역반응을 억제하고, 압력을 높게 하여 반응시킨다.

(e) $NaHCO_3$(베이킹소다)는 약산인 $H_2CO_3$(탄산)와 강염기인 NaOH(수산화나트륨)가 중화반응하여 생성된 염이다. 제시문 (라)에 의해 이 염은 약한 염기성을 띤다. 그래서 속이 쓰릴 때 종종 베이킹소다를 먹기도 하는 것이다.

(a) 제시된 반응의 화학반응식을 쓰고 이 반응식에 근거하여 $CO_2$ 가 발생한다는 것을 도출하면 더욱 좋은 평가를 받을 수 있다.

(c) '어떤 반응 조건을 채택해야 하는가?'에 대한 구체적인 근거를 조리 있게 논술하지 않았다. 모범 답안 참조.

(e) 약산과 강염기가 만나면 약한 염기성의 염이 생긴다.

**우수 답안 A**

(a) $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(\ )} + H_2O_{(l)} + A_{(g)}$ − ①

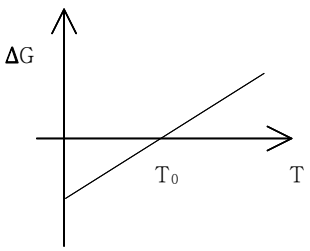
60 − 40 = 20
2C − C = C
∴ A = $CO_2$

$NaHCO_{3(s)} + CH_3COOH_{(l)}$
→ $CH_3COONa_{(\ )} + H_2O_{(l)} + A_{(g)}$ − ②

A = $CO_2$
①, ②에 의하여 기체 A = $CO_2$

(b) $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(\ )} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$ (단, T ≥ 323K 일 때)

(c) $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$
$CaCO_3$(탄산칼슘)
→ 정반응일 때: $\Delta H < 0$ (발열반응) (∵안정한 상태로 변화)
$\Delta S < 0$
∴ $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$




∴ $\Delta G < 0$ 일 경우 정반응이 잘 일어나므로 임계온도 $T_0$보다 온도가 낮아야한다.

(d) $NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_{3(\ )} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

베이킹소다 가열 시 열분해되어 $CO_2$(이산화탄소) 생성되므로 빵사이의 기포구멍이 생겨서 빵의 부피도 커지고 식감도 좋아지게 하는 기능을 한다.

(e) $NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$
반응에서 $NaHCO_3$는 비공유 전자쌍을 제공하는 물질이므로 루이스 염기이다.
∴ 염기성

(f) $NaHCO_3$(베이킹소다)를 일반적으로 열분해 했을 때는 $NaHCO_3$와 $H_2O$, $CO_2$로 분해되지만 레몬즙과 같은 산성 물질을 추가했을 경우 $H_2O$와 더불어 염이 생성되기 때문에 $Na_2CO_3$의 맛이 사라지게 되어 빵의 맛이 더 좋아진다.

(a) 제시된 반응의 화학반응식을 쓰고 이 반응식에 근거하여 $CO_2$ 가 발생한다는 것을 도출하였다.

(b) 반응식을 정확하게 제시하였다.

(c) △G 와 온도와의 관계를 그래프를 통하여 조리 있게 설명하였다. 평형 상수를 이용한 압력의 조건을 설명하였으면 더욱 좋은 평가를 받을 수 있었다.

(d) 논리적인 설명을 하였다.

(e) 약산과 강염기가 만나면 약한 염기성의 염이 생긴다는 설명을 하지 못하였다. 이 답안은 다소 미흡하다.

(f) 대체로 무난한 답변이다.

우수 답안 B

(a) 탄산수소 나트륨과 아세토산이 반응하는 화학식은 다음과 같다.
$NaHCO_{3(s)} + CH_3COOH_{(ag)} \rightarrow CH_3COONa_{(ag)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
따라서 기체 A는 이산화탄소, 즉 $CO_2$이다

(b) 베이킹 소다가 열분해되어 물과 기체 A($CO_2$), $Na_2CO_3$ 로 분해되므로 계수를 맞추지 않은 화학 반응식은 다음과 같다.
$NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
화학식의 계수를 맞추면
$2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

(c) CaO가 기체 A($CO_2$) 와 반응하는 반응식은 다음과 같다.
$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$ --- ①
따라서 고체 B는 탄산 칼슘($CaCO_3$)이다.
①의 반응식은 기체가 소멸되는 반응이므로 반응제의 엔트로피 변화($\Delta S$)가 음의 값을 가진다. 그런데 이 반응은 자발적으로 일어날 수 있으므로 자유 에너지 변화 ($\Delta G$)는 음의 값을 가질 수 있어야 한다.
$\Delta G=\Delta H-T\cdot\Delta S$에서 $\Delta S<0$ 이므로 $\Delta H<0$ 이어야 $\Delta G<0$ 일 수 있다.
따라서 ①의 반응은 발열 반응이고, 낮은 온도에서 자발적으로 일어난다. 이 반응이 정반응으로 잘 일어나려면 반응물인 $CaO_{(s)}$과 $CO_{2(g)}$의 농도가 커야하고, 압력이 감소하는 반응이므로 $CO_{2(g)}$의 압력이 커야하며, 낮은 온도이어야 한다.

(d) 베이킹 소다는 50°C 이상에서 분해된다는 내용이 제시문 (나)에 있다. 빵을 구울 때 오븐의 온도가 높아져 50°C이상이 되면 (b)의 반응이 진행된다. 이때 $CO_{2(g)}$는 빵 반죽 사이의 빈 공간을 형성하여 빵을 부풀리는데, 이로 인해 빵이 더욱 부드러워진다.

(e) (a)의 반응을 다시 한 번 생각해보자
$NaHCO_{3(s)} + CH_3COOH_{(ag)} \rightarrow CH_3COONa_{(ag)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
반응물의 $CH_3COOH$(아세트산)은 그 이름에서도 알 수 있듯이 산이다.
그런데 생성물에 $H_2O$이 있으므로 이는 중화 반응에 의해 형성된 것이다. 제시문(라)에 의해 $CH_3COOH$의 $H^+$과 $NaHCO_3$의 $OH^-$이 반응하여 $H_2O$을 생성했다는 것을 추론할 수 있으므로 $NaHCO_3$는 염기이다.
따라서 베이킹 소다는 염기성을 띤다.

(f) $Na_2HCO_3$의 $CO_3^{2-}$ 은 약산인 $H_2CO_3$의 짝염기이므로 상대적으로 강염기이다. 따라서 $CO_3^{2-}$ 는 물과 반응하여 다음과 같은 이온화 평형을 이룬다.

$CO_3^{2-}{}_{(ag)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows HCO_3^-{}_{(ag)} + OH^-{}_{(ag)}$

$HCO_3^-{}_{(ag)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows H_2CO_{3(ag)} + OH^-{}_{(ag)}$

따라서 베이킹 소다가 열분해되어 생긴 $Na_2CO_3$ 는 염기성을 띤다. 일반적으로 염기는 쓴 맛을 나타내므로 빵을 먹기에 불편할 수 있다. 이 때 레몬즙과 같은 산을 반죽에 첨가하면 중화 반응이 일어나 쓴 맛을 줄일 수 있으므로 방의 맛이 좋아진다.

(a) 제시된 반응의 화학반응식을 쓰고 이 반응식에 근거하여 $CO_2$ 가 발생한다는 것을 도출하였다.

(b) 반응식을 정확하게 제시하였다.

(c) △G 와 온도와의 관계를 조리 있게 설명하였다. 뒷부분의 답변은 다소 미흡하다. 평형 상수를 이용한 압력의 조건을 설명하였으면 더욱 좋은 평가를 받을 수 있었다.

(d) 논리적인 설명을 하였다.

(e) 산과 반응을 하여 중화반응을 하는 물질은 염기라는 것을 설명하였다.

(f) 대체로 무난한 답변이다.

## 라) 논제 4(생명과학)

### 1) 출제 의도

논제 4의 제시문은 가설과 검증에 의해 이루어지는 과학이론 정립에 관한 이해를 바탕으로 다윈의 진화론에 대한 검증에 관한 내용과 생명공학적 기법의 하나인 DNA 지문 검사에 대한 내용으로 이루어져 있다. 이를 통해 생물학의 토대를 이룬다고 할 수 있는 진화론에 대한 이해와 이의 실험적 접근에 현대 생명공학 기술을 어떻게 응용할 수 있는지에 대한 논리적 접근 능력을 묻고자 하였다. 또한 이러한 기술의 원리에 대한 이해와 결과의 해석 능력 등도 아울러 요구하는 논제이다. 본 논제의 내용은 고등학교 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 내용으로 교과서 위주의 학습을 충실히 한 수험생이라면 쉽게 풀 수 있도록 출제되었다.

### 2) (a) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제해설: 과학은 검증 가능하여야 하고 시험될 수 있어야 한다. 다윈의 가설(먹이경쟁 가설)이 옳은지 검증하기 위한 관찰을 제시하였다. 검증 과정을 통과하지 못하는 가설은 폐기하여야 하고 대안 가설을 새로이 제시되어야 할 것이다. 따라서 기린이 선호하는 먹이의 높이에 대한 관찰을 기반으로 먹이경쟁 가설이 검증되었는지를 묻는 단순한 문제이다.

② 예시 답안

> (가)의 그림을 잘 살펴보면 기린이 선호하는 먹이의 높이는 긴 목 위에 위치한 얼굴 주변이 아니라 목과 가슴의 연결 부위 쪽임을 알 수 있다. 다윈의 가설은 목이 긴 기린이 높은 곳의 나뭇잎을 먹기 편하기 때문에 자연선택 되었다는 것이지만 (가)의 그림에서 보면 기린은 높은 곳에 있는 나뭇잎만을 먹이로 하는 것이 아니라는 것이 증명되었기 때문에 이는 다윈의 가설을 뒷받침하기에 적절하지 못하다.

③ 평가: 과학은 검증 가능하여야 하고 시험될 수 있어야 한다는 전제를 잘 이해하고 있으며 기린이 선호하는 먹이의 높이에 대한 관찰이 다윈의 가설을 지지하지 못하고 있음을 명확하게 이해하고 있다.

④ 부족 답안의 사례

> 다윈은 목이 긴 기린과 짧은 기린이 있을 것이라고 가설을 세웠다. 하지만 목이 짧은 기린은 먹이경쟁을 피해 목이 긴 기린만 자연선택으로 남아 있다고 다윈은 설명했는데 아래 그림은 수컷과 암컷의 먹이의 높이와 먹이의 비율을 나타낸 그림이다. 이 그림은 다윈의 가설과 달리 수컷과 암컷의 높이에 따른 먹이의 비율이기 때문에 아래 그림은 다윈의 가설을 뒷받침하는 근거가 될 수 없다.

기린이 선호하는 먹이의 높이가 암수 상관없이 어깨 높이를 선호한다는 관찰결과를 인지하지 못하여 다윈 가설의 검증가능성을 놓치고 있어서 부족한 점수이다.

### 3) (b) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 현대 생물학 연구에 가장 널리 쓰이는 기법 가운데 하나인 DNA 중합효소 연쇄반응(PCR)에 관한 논제로 이 방법의 원리를 잘 이해하고 있는지를 묻고 있다. PCR 각 단계의 작동 원리를 이해하고 있다면 쉽게 풀 수 있는 단순한 문제이다.

② 예시 답안

> 제시문 (다)에서 PCR 기술은 유전자의 DNA를 증폭시키기 위해 DNA의 아중나선 사이의 염기 간 수소결합을 끊어서 두 개의 단일가닥으로 풀어야 한다. PCR 기술에서는 섭씨 90도 이상의 고온에서 DNA를 단일가닥으로 풀어서 DNA를 복제하는데 일반적인 DNA 중합효소는 최적온도가 약 37도 정도이고 40도가 넘으면 단백질 구조가 변형되기 시작하여 DNA 복제를 할 수 없다. 고온수에 사는 고세균들은 최적온도가 상당히 높기 때문에 고온에서도 변형되지 않고 DNA 복제를 할 수 있다.

③ 평가: PCR의 원리를 잘 이해하고 있으며, 특히 단일가닥의 주형이 필요하기 때문에 고온의 denaturation 단계가 필요함을 이해하고 있고 단백질의 변성에 대한 이해를 가지고 있음을 적절히 서술하여 우수한 답안으로 볼 수 있다.

④ 부족 답안의 사례

> DNA 중합 연쇄 반응은 높은 온도에서 반응이 일어나는데 이때, 열 저항성 DNA 중합효소를 이용하지 않으면 단백질이 주성분인 DNA 중합효소는 변성되어 DNA 복제를 성공적으로 이뤄내지 못할 것이다. 따라서 열저항성 DNA 중합효소를 이용하여 복제를 함으로써 대량의 DNA를 만들어낼 수 있다.

단백질의 변성 때문에 열저항성 효소를 사용하는 것은 이해하고 있으나, PCR의 단계별 온도변화, 특히 고온 가열의 이유를 설명하지 않아 부족한 답안의 사례로 제시하였다.

### 4) (c) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 제시문 (마)는 DNA 지문 검사의 한 예를 보여주는 것으로, 이 결과를 이해하고 해석할 수 있는지를 묻고자 하였다. DNA 지문 검사법은 유전체에 존재하는 반복 서열 부위를 주로 이용하는데 사람마다 반복 서열의 길이가 다를 수 있어 이들의 조합이 개인의 지문과 같은 개인인식정보로 사용될 수 있음을 이해하고

있어야 이 결과를 정확하게 해석할 수 있을 것이라 판단하였다.

② 예시 답안

| |
|---|
| 자녀의 DNA는 부모의 DNA에서 유래하므로, 전기영동 과정을 거친 자녀의 DNA조각은 반드시 적어도 부모 중 한 사람의 DNA조각과는 일치해야 한다. 따라서 1의 모친이 2일 때, 1과 2가 일치하지 않는 DNA 조각을 가지고 있는 사람은 3이다.<br>또, 친자확인을 위한 DNA 전기영동의 경우 사람마다 서로 다르게 갖고 있는 정크 DNA의 반복되는 특정 염기서열을 이용해서 일치 정도를 기준으로 부모를 찾는 것이 원리인데, 사람마다 특정 정크 DNA의 반복되는 횟수가 다르고, 정크 DNA가 반복되는 부분이 여러 번 있을 수 있어 사람마다 서로 다른 크기와 수의 DNA 조각을 얻게 된다. |

③ 평가: DNA 지문 검사법을 잘 이해하고 있고, 논리적으로 잘 설명하여 좋은 평가를 받았다. 조금 더 구체적으로 제시문 (마)에 보여준 예를 이용하여 설명하였으면 보다 완벽한 답안이 될 수도 있었겠으나(예를 들어, 제시문 (마)의 1, 3, 4는 8개의 조각을 가지고 있으나 2는 7개의 조각을 가진 이유는 4쌍의 프라이머 가운데 1쌍에 대해 2의 부모가 같은 수의 반복서열을 가졌기 때문이다.) 대체로 원리를 잘 이해하고 있음을 적절히 서술하였다.

④ 부족 답안의 사례

| |
|---|
| 1번의 DNA는 2번인 모친 또는 부친으로부터 유전된 것이므로 모친에게는 없는 1번의 DNA는 무조건 부친으로부터 유전된 것이다. 1번의 DNA 조각들 중 2번과 겹치지 않는 조각 3개를 가지고 있는 사람은 3번이므로 3번이 1번의 부친이다.<br>또한 동일한 쌍의 프라이머를 이용해도 DNA 중합효소는 DNA 염기서열에 상보적인 배열으로 뉴클레오타이드를 결합시키기 때문에 염기서열이 사람마다 다르고, 제한효소가 특정 염기서열을 인식하여 DNA를 조각내기 때문에 서로 다른 크기와 수의 DNA조각을 얻게 된다. |

부친을 찾는 부분은 잘 서술하였으나, DNA지문의 원리를 묻는 질문에 대해서는 정확히 서술하지 못하였다. 특히 제한효소 인식 서열의 다양성에 의존하는 Restriction Fragment Length Polymorphism을 이용한 방법을 함께 서술하였는데 이는 제시문에서 제시한 지문 검사법과는 차이가 있는 것으로 논제의 의도와는 잘 맞지 않을 뿐만 아니라 이에 대한 서술도 정확하지 않아 부족한 답안의 사례로 선정하였다.

### 5) (d) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: DNA 지문 검사법의 원리로부터 유전의 원리를 통합하여 추론하는 논제이다. 동일한 프라이머쌍이 두 개의 생성물 조각을 만드는 이유는 PCR의 타깃이 되는 반복서열의 수가 모계로부터 온 대립유전자와 부계로부터 온 대립유전자에서 다르기 때문이다. 따라서 복수의 DNA조각이 있을 때 모계유전된 것과 부계유전된 것의 수가 동일하다는 전제를 이해하면 쉽게 접근할 수 있는 문제이다.

② 예시 답안

| |
|---|
| 1번의 DNA중 절반은 모친으로부터, 절반은 부친으로부터 유전된다. 따라서 1번의 DNA조각 중 네 개는 모친으로부터, 네 개는 부친으로부터 받아야한다. 1번의 DNA 조각을 위에서부터 차례로 a~h의 알파벳으로 이름붙이면, 1번, 3번에는 있지만 2번에는 없는 조각이 c, g, h이고 1번과 2번에는 있지만 3번에는 없는 조각이 a, b, d, f, 1번, 2번, 3번이 모두 가지고 있는 조각이 ㉠에 해당하는 e이다. 모친으로부터 4개, 부친으로부터 4개를 받으려면 ㉠은 부친으로부터 유전된 조각이다. |

③ 평가: 동일한 PCR 프라이머쌍으로부터 유래한 생성물 조각이 하나는 모친으로부터 물려받은 DNA로부터 증폭된 것이고 다른 하나는 부친으로부터 물려받은 DNA로부터 증폭된 것이라는 사실을 잘 이해하고 있고 명확하게 서술하였다. 이를 바탕으로 ㉠이 부친으로부터 유전된 사실을 잘 추론하였고 이를 논리적으로 서술하여 우수 답안의 예로 제시하였다.

④ 부족 답안의 사례

| |
|---|
| 부친으로부터 유전되었을 것이다. 자식의 유전자는 모친으로부터 반, 부친으로부터 반 씩 물려받기 때문이다. |

기본적인 개념을 알고 있는 것으로 추정되고 답도 바르게 명시하였으나, 그러한 결론에 이르게 된 과정에 대한 서술이 생략되어 있어 정확한 판단이 어려운 답안의 예이다. 이런 경우 부분 점수를 획득할 수 있으나 감점이 요인이 있을 수 있어 부족한 답안의 예로 제시하였다.

### 6) (e) 논제 해설, 예시 답안 및 평가

① 논제 해설: 기린의 목이 긴 이유가 수컷경쟁으로 설명된다면 목이 긴 수컷 기린이 더 높은 생식률을 가져야 한다. 자손들의 수컷 애비를 알기 위해서 DNA 지문 방법이 동원되어야 한다는 지식을 묻는 질문이다. 분자생물학 방법을 동원하여 진화론을 어떻게 검증하고 있는 지를 묻고 있다.

② 예시 답안

| |
|---|
| 기린 수컷들을 목이 짧은 군과 긴 군으로 나누어서 털에서 DNA를 채취해 둔다. 새끼가 태어날 때마다 새끼의 털과 어미의 털에서 DNA를 채취해서 앞에서 채취해둔 짧은 목 기린과 긴 목 기린의 DNA와 함께 PCR을 해서 누구의 자손인지 알아본다. 여러 세대가 거치면서 목 긴 군의 자손과 목 짧은 군의 자손들의 비율이 어떻게 변하는지 알아본다. 목 긴 군의 자손 비율이 높아진다면 수컷 경쟁을 통한 지화라는 이론을 뒷받침할 수 있다. |

③ 평가: 털의 DNA로부터 DNA 지문을 조사하여 수컷 기린의 자손들의 비율을 조사한다는 설명은 매우 적절하다고 판단된다. 생식률과 DNA 지문법에 대한 명확한 지식을 가지고 있다고 판단된다.

④ 부족 답안의 사례

| |
|---|
| 기린의 긴 목이 수컷 경쟁을 통한 진화인지 알기 위해서는 목이 긴 수컷 기린과 목이 짧은 기린의 피부세포를 통해 알 수 있다. 세렝게티 초원에서 같이 공생하는 두 기린의 피부세포를 조사하여 전기영동시키면 두 기린의 DNA 결과가 나올 것이다. 이를 토대로 만약 암컷을 쟁탈하려고 목이 긴 기린과 목이 짧은 기린이 싸웠다면 분명히 승자는 암컷을 차지하고 패자는 암컷을 얻지 못할 것이다. 그리고 승자는 자손을 남길 수 있고 패자는 자손을 남길 수 없다. 기린의 목이 긴 것이 수컷 경쟁을 통한 것이라면 그 승자의 자손의 DNA는 처음 조사했던 목이 긴 기린의 DNA와 매우 유사할 것이다. 따라서 이런 DNA 분석 방법을 통해 수컷경쟁의 결과가 긴 목의 기린과 어떤 관련이 있는 지 알아낼 수 있다. |

수컷경쟁 가설이 맞다면 목이 긴 기린의 생식률이 더 높다는 것은 명확하게 이해하고 있다. 또한 생식률을 조사하기 위해서 DNA가 필요하다는 것도 이해하고 있다. 그러나 이 DNA 지문 방법에 대한 설명이 부족하다. 최소한 DNA를 전기영동하기 전에 “제한효소”를 사용한다든지 "PCR" 생성물을 사용한다든지의 내용이 추가되어야 한다.

## 마) 논제 5(지구과학)

### 1) 출제 의도

지구과학 I에서 다루는 지질, 대기, 해양의 지식을 통합한 문제를 출제하였다. 고등학교 지구과학 교육의 중심 주제인 지구계를 구성하는 지권, 기권, 수권에 대한 개별적 이해와, 이들 사이의 상호작용에 대한 이해를 기반으로 답할 수 있는 문제들로 구성하였다. 본 논제를 푸는데 필요한 기초 지식은 고등학교 지구과학 I의 1단원 [소중한 지구], 2단원 [생동하는 지구], 3단원 [위기의 지구]와 지구과학 II의 [지구의 변동과 역사]에서 다루고 있다.

### 2) 논제 해설

(a) 연중 온도가 항상 영하인 지역의 빙하를 여러 곳에서 시추했다. 시추 위치에 따라 빙하의 최하부에 물이 존재하는 곳과 없는 곳을 관찰하였으며, 이에 따라 빙하의 이동 속도가 틀린 것을 확인하였다. 이러한 현상이 왜 나타나는지를 설명하시오. (총 4점)

얼음의 용융점은 압력이 증가함에 따라 감소한다.

- 빙하 최하부 얼음의 용융점이 주변 온도보다 낮아지지 않을 정도만 압력을 가하는 경우 빙하 최하부에 물은 존재하지 않는다. 따라서 빙하 최하부에 물이 존재하는 현상은 빙하가 상대적으로 매우 얇은 지역에서 관찰된다.

- 빙하가 두껍게 존재하여 빙하 최하부 부분이 높은 압력을 받는 경우, 얼음의 용융점이 낮아지면서 영하의 온도에서도 일부 빙하가 녹아 물이 존재할 수 있으며, 이러한 곳에서는 물의 영향에 의하여 빙하의 이동 속도가 상대적으로 빨라질 수 있다.

(b) 빙하기 기간 동안 바닷물의 산소 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$)는 유공충과 같이 방해석이나 아라고나이트 등의 탄산칼슘($CaCO_3$) 광물로 껍데기를 형성하는 생물 화석을 분석하여 얻는다. 빙하기 동안 바닷물의 산소 동위 원

소비($^{18}O/^{16}O$)가 간빙기 때와 어떻게 다를지 설명하시오. (총 4점)

- 간빙기 기간 동안 기온이 높아지면 바다에서 $^{18}O$와 $^{16}O$ 모두 증발량이 증가된다. 반면에 빙하기로 접어들어 기온이 낮아지면 바다에서 $^{18}O$와 $^{16}O$의 증발량은 모두 감소하지만, 상대적으로 더 무거운 $^{18}O$의 증발량이 $^{16}O$보다 더 감소한다.

- 따라서 빙하기 바닷물의 산소 동위 원소비는 증가하며, 반면 간빙기 바닷물의 산소 동위 원소비는 감소한다.

(c) 봄철에 특히 자주 발생하는 황사는 강한 편서풍을 타고 우리나라 상공을 거쳐 일본, 태평양, 멀리는 북아메리카 대륙까지 날아가기도 한다. 이러한 황사는 발원지에 저기압이 위치할 때 주로 발생하는데, 황사의 발생이 계절과 기압 배치에 따라 어떻게 영향을 받는지 설명하시오. (총 4점)

- 황사는 발원지 지표면의 토양이 건조해야 하며, 강한 바람과 함께 상승기류가 나타나야 잘 발생한다.

- 우리나라에 영향을 주는 황사는 중국과 몽골의 사막지대와 황하 중류의 황토지대이며, 봄철에는 습도가 낮아 토양이 건조하다.

- 따라서 저기압이 위치할 경우 상승기류가 발생해 건조한 토양의 일부가 쉽게 부양된다.

(d) 약 1만 8000년 전 마지막 빙하기가 끝나던 무렵 오늘날의 황해(서해) 지역은 모두 육지였다. 간빙기에 접어들면서 해수면이 상승하여 황해가 형성되기 시작했으며, 현재 황해의 최대 수심은 약 90미터이다. 이러한 서해를 왜 “황해(黃海; Yellow Sea)”라 부르는지 제시문에 근거하여 설명하시오. (총 4점)

- 황해는 부유하는 퇴적물의 양이 많아 바닷물의 색깔이 황색을 띠기 때문에 황해라 부른다.

- 황해의 퇴적물은 중국과 우리나라 지각이 하천 유수에 의해 침식되고 운반되어 황해에 공급된다.

(e) 임진왜란 5년차인 1597년 10월 25일, 충무공 이순신 장군은 황해와 남해를 잇는 울돌목 해협의 조력 에너지를 이용하여 일본 함대를 크게 무찔렀다. 조력 에너지는 달과 태양의 인력이 지구에 작용하여 생기며, 태양보다 지구에 더 가깝게 위치한 달의 영향이 더 크게 작용하여 밀물과 썰물이 만들어진다. 울돌목의 해류가 생기는 원인을 설명하시오. (총 4점)

- 서해가 조석 간만의 차가 제일 크고 동해는 매우 작다. 한편 남해는 서쪽으로 갈수록 조석 간만의 차가 커진다.

- 따라서 밀물과 썰물 때 서해와 남해의 수위 차이로 바닷물이 서해에서 남해로 또는 남해에서 서해로 울돌목을 통하여 흐르게 된다.

### 3) 예시 답안 및 평가

**우수 답안의 사례**

(a) 빙하는 눈 위에 눈이 지속적으로 쌓이면서 형성되는데, 오랜 시간이 지나면 빙하의 최하부에는 매우 강력한 압력이 작용한다. 물은 이례적으로 0 ℃ 부근에서 액체인 물이 고체인 얼음보다 부피가 작다. 이로 인해 얼음에 강한 압력을 주면 물은 녹을 수 있다. 따라서 빙하의 최하부에서 얼음이 물로 녹을 수 있을 정도로 강한 압력이 작용하는 곳, 즉 눈 오랜 시간 쌓인 곳에서는 물이 발견된다.

(b) $^{18}O$는 $^{16}O$보다 상대적으로 무겁기 때문에 증발하기 위한 열이 더 많이 필요하다. 따라서 같은 온도이면 $^{18}O$보다 $^{16}O$이 더 증발하기 쉽다. 빙하기의 온도는 간빙기의 온도보다 낮으므로 $^{18}O$는 빙하기일 때 더 증발하기 어렵다. 따라서 $^{18}O$이 해수에 더 많이 존재한다. 바닷물의 산소 동위 원소 비($^{18}O/^{16}O$)는 빙하기일 때가 간빙기일 때보다 더 큰 값을 갖는다.

(c) 황사가 발생하려면 발원지의 계절이 봄이 되어 얼었던 모래들이 녹으면서 자유로워질 때, 저기압이 발생하여 상승기류가 생성되면 모래들이나 먼지들이 상승기류를 타고 올라가며 편서풍이나 대기 대순환에 의해 이동한다. 황사발생지에는 고기압이 형성, 하강기류가 생기면 모래 먼지가 하강하여 황사가 일어나는데, 만약 발원지의 계절이 겨울이거나 여름이면 모래먼지수가 적거나 드물어 저기압일 때도 황사를 일으키는 물질들이 이동할 수 없다. 또한 계절이 봄이어도 발원지에 저기압이 형성되지 않는다면 황사가 발생할 수 없다.

(d) 우리나라의 지형은 동고서저형으로 동쪽에 높은 산맥들이 위치하고 서쪽에는 낮은 평야가 위치한다. 따라서 대부분의 강이나 물줄기는 동→서 방향으로 흐른다. 이런 물의 흐름을 타고 그 주변의 토양과 같은 물질들이 운반되어 서해 즉 황해로 유입된다. 또 우리나라뿐만 아니라 중국에서도 많은 물질들이 황해로 유입되는데 이런 침전물들이 물의 색을 탁하게 만들어 서해를 황해라고도 부른다.

(e) 울돌목은 서해와 남해의 중간에 있다. 서해는 수심이 얕아 조수간만의 차가 크다. 서해에 들어오고 나가는 바닷물은 울돌목처럼 서해와 남해를 잇는 부분을 통해 드나든다. 이로 인해 울돌목에는 밀물과 썰물 때마다 방향이 바뀌는 해류가 생기게 된다. 또한 이곳은 다른 곳에 비해 수로가 협소하여 해류의 유속이 빠르므로 조력에너지가 크다.

**부족 답안의 사례**

(a) 축적된 빙하의 양과 빙하의 이동 속도에 따라 달라질 수 있다. 빙하가 이동하면서 지표면과 맞닿은 부분의 빙하는 마찰열에 의해 열이 발생하는데 그로인해 발생한 열은 위에 쌓여있는 빙하들의 단열작용으로 안쪽에 갇혀서 영하의 기온인 외부와는 다른 온도를 띈다. 하지만 축적된 빙하의 양이 많으면 빙하의 최하부를 눌러주는 압력이 커서 물분자가 얼음의 형태로 남게 될 수도 있다. 따라서 빙하의 이동속도에 따른 마찰열의 양과 축적된 빙하에 의해 생기는 압력의 차이 때문에 이러한 차이가 나타난다.

(b) 바닷물에는 $^{18}O$와 $^{16}O$가 녹아 있다. 그리고 기온이 오르면 두 기체 모두 증발량이 증가한다. 그런데 $^{16}O$ 산소는 $^{18}O$ 산소보다 분자가 가벼워서 $^{18}O$ 산소에 비해 증발량이 더 많이 증가하게 되고, 그 결과 $^{18}O$ 산소보다 많이 공기 중으로 증발된다. 이 결과, 기온이 올라가기 전보다 $^{18}O/^{16}O$ 비율은 커지게 된다. 따라서 $^{18}O/^{16}O$는 기온이 높을 때 높고 기온이 낮을 때 낮아지는 것이다. 따라서 빙하기 동안 바닷물의 산소 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$)는 간빙기 때와 비교해서 작게 나타난다.

(c) 황사는 발원지의 모래가 겨울동안 얼어 있다가 봄이 되어 기온이 상승함에 따라 깨지면서 생긴 작은 모래 조각들과 다른 작은 입자들에 의해 발생한다. 따라서 봄철에 빈번히 발생한다. 작은 입자들이 편서풍을 타고 날아가기 위해서는 발원지가 저기압 상태여야 하는데 작은 입자들이 저기압의 상승기류를 타고 상공으로 쉽게 올라갈 수 있기 때문이다. 또한 편서풍을 타고 황사 입자들이 이동하는 중 고기압의 하강기류를 타고 지면으로 내려가면서 그 지역에 황사가 발생한다.

(d) 황해는 옛날에 육지였던 지역이 바다가 된 지역으로 수심이 다른 바다에 비해 비교적 낮다. 또한 중국 서해와 남해를 잇는 부분을 통해 드나든다. 또한, 중국의 황하, 한국의 한강 등 여러 강들이 서해로 흘러들어 간다. 그렇기 때문에 서해가 황해로 불린 이유는 첫째, 수심이 얕아 바닥의 모래, 진흙 등이 비쳐서 누런빛을 띄고, 둘째로는, 황하 강 등에서 많은 퇴적물들이 흘러와 강과 바다가 만나는 곳에 쌓여서 누런빛을 띄기 때문이다.

(e) 달은 지구를 공전하는데 달과 지구의 바닷물 사이에 인력이 발생한다. 달이 지구에 가까울 때는 인력이 더 강해서 더 많은 바닷물을 끌어당기면 썰물이 발생한다. 반면에, 달이 지구에서 멀어지면 인력이 약해지고 밀물이 더 발생한다. 이처럼 발생한 밀물 썰물에 의해서 바닷물이 들어오고 나가고 하는데, 울돌목은 이 바닷물이 들어오고 나가는 등의 폭이 매우 좁다. 이 매우 좁은 틈으로 많은 바닷물이 오가면서 매우 강력한 해류가 발생하고 소용돌이 까지 발생하는 것이다.

(a) 연중 온도가 항상 영하인 지역의 빙하를 여러 곳에서 시추했다. 시추 위치에 따라 빙하의 최하부에 물이 존재하는 곳과 없는 곳을 관찰하였으며, 이에 따라 빙하의 이동 속도가 틀린 것을 확인하였다. 이러한 현상이 왜 나타나는지를 설명하시오. (총 4점)

**우수 답안의 사례**

빙하는 눈 위에 눈이 지속적으로 쌓이면서 형성되는데, 오랜 시간이 지나면 빙하의 최하부에는 매우 강력한 압력이 작용한다. 물은 이례적으로 0 ℃ 부근에서 액체인 물이 고체인 얼음보다 부피가 작다. 이로 인해 얼음에 강한 압력을 주면 물은 녹을 수 있다. 따라서 빙하의 최하부에서 얼음이 물로 녹을 수 있을 정도로 강한 압력이 작용하는 곳, 즉 눈 오랜 시간 쌓인 곳에서는 물이 발견된다.

**부족 답안의 사례**

축적된 빙하의 양과 빙하의 이동 속도에 따라 달라질 수 있다. 빙하가 이동하면서 지표면과 맞닿은 부분의 빙하는 마찰열에 의해 열이 발생하는데 그로인해 발생한 열은 위에 쌓여있는 빙하들의 단열작용으로 안쪽에 갇혀서 영하의 기온인 외부와는 다른 온도를 띈다. 하지만 축적된 빙하의 양이 많으면 빙하의 최하부를 눌러주는 압력이 커서 물 분자가 얼음의 형태로 남게 될 수도 있다. 따라서 빙하의 이동속도에 따른 마찰열의 양과 축적된 빙하에 의해 생기는 압력의 차이 때문에 이러한 차이가 나타난다.

**해설**

우수 답안은 출제 의도에서 평가하고자 하였던 압력 증가에 의한 얼음의 용융점 변화에 대해 비교적 논리적으로 기술하였다. 반면 부족한 답안은 빙하 최하부에 물이 왜 존재하는지에 대한 이유를 논리적으로 설명하지 못했다. 예를 들어 압력이 큰 경우 물 분자가 얼음의 형태로 남게 되는 이유에 대한 논리적 제시가 부족하였다.

(b) 빙하기 기간 동안 바닷물의 산소 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$)는 유공충과 같이 방해석이나 아라고나이트 등의 탄산칼슘($CaCO_3$) 광물로 껍데기를 형성하는 생물 화석을 분석하여 얻는다. 빙하기 동안 바닷물의 산소 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$)가 간빙기 때와 어떻게 다를지 설명하시오. (총 4점)

**우수 답안의 사례**

$^{18}O$는 $^{16}O$보다 상대적으로 무겁기 때문에 증발하기 위한 열이 더 많이 필요하다. 따라서 같은 온도이면 $^{18}O$보다 $^{16}O$이 더 증발하기 쉽다. 빙하기의 온도는 간빙기의 온도보다 낮으므로 $^{18}O$는 빙하기일 때 더 증발하기 어렵다. 따라서 $^{18}O$이 해수에 더 많이 존재한다. 바닷물의 산소 동위 원소 비($^{18}O/^{16}O$)는 빙하기일 때가 간빙기일 때보다 더 큰 값을 갖는다.

**부족 답안의 사례**

바닷물에는 $^{18}O$와 $^{16}O$가 녹아 있다. 그리고 기온이 오르면 두 기체 모두 증발량이 증가한다. 그런데 $^{16}O$ 산소는 $^{18}O$ 산소보다 분자가 가벼워서 $^{18}O$ 산소에 비해 증발량이 더 많이 증가하게 되고, 그 결과 $^{18}O$ 산소보다 많이 공기 중으로 증발된다. 이 결과, 기온이 올라가기 전보다 $^{18}O/^{16}O$ 비율은 커지게 된다. 따라서 $^{18}O/^{16}O$는 기온이 높을 때 높고 기온이 낮을 때 낮아지는 것이다. 따라서 빙하기 동안 바닷물의 산소 동위 원소비($^{18}O/^{16}O$)는 간빙기 때와 비교해서 작게 나타난다.

**해설**

고등학교 지구과학 I 교과서에 제시된 온도 변화에 따른 산소 동위원소 증발량의 변화를 이해하고 이를 적용하여 자연 현상을 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가하고자 했다. 우수 답안은 온도에 따른 산소 동위 원소 증발량의 차이를 설명하고 빙하기와 간빙기 때 산소 동위 원소 변화가 어떻게 다른지 논리적으로 잘 설명했다. 반면에 부족한 답안은 온도에 따른 산소 동위원소 증발량의 변화에 대한 이해가 부족하여 빙하기와 간빙기 때의 산소 동위원소 차이에 대해 논리적으로 설명하지 못했다.

(c) 봄철에 특히 자주 발생하는 황사는 강한 편서풍을 타고 우리나라 상공을 거쳐 일본, 태평양, 멀리는 북아메리카 대륙까지 날아가기도 한다. 이러한 황사는 발원지에 저기압이 위치할 때 주로 발생하는데, 황사의 발생이 계절과 기압 배치에 따라 어떻게 영향을 받는지 설명하시오. (총 4점)

**우수 답안의 사례**

황사가 발생하려면 발원지의 계절이 봄이 되어 얼었던 모래들이 녹으면서 자유로워질 때, 저기압이 발생하여 상승기류가 생성되면 모래들이나 먼지들이 상승기류를 타고 올라가며 편서풍이나 대기 대순환에 의해 이동한다. 황사발생지에는 고기압이 형성, 하강기류가 생기면 모래 먼지가 하강하여 황사가 일어나는데, 만약 발원지의 계절이 겨울이거나 여름이면 모래 먼지수가 적거나 드물어 저기압일 때도 황사를 일으키는 물질들이 이동할 수 없다. 또한 계절이 봄이어도 발원지에 저기압이 형성되지 않는다면 황사가 발생할 수 없다.

**부족 답안의 사례**

황사는 발원지의 모래가 겨울동안 얼어 있다가 봄이 되어 기온이 상승함에 따라 깨지면서 생긴 작은 모래 조각들과 다른 작은 입자들에 의해 발생한다. 따라서 봄철에 빈번히 발생한다. 작은 입자들이 편서풍을 타고 날아가기 위해서는 발원지가 저기압 상태여야 하는데 작은 입자들이 저기압의 상승기류를 타고 상공으로 쉽게 올라갈 수 있기 때문이다. 또한 편서풍을 타고 황사 입자들이 이동하는 중 고기압의 하강기류를 타고 지면으로 내려가면서 그 지역에 황사가 발생한다.

**해설**
고등학교 지구과학 I 교과서에 제시된 대기 현상을 이해하고 지표면에서의 작용을 지표면 물질의 특성과 대기 현상을 연관 지어 논리적으로 설명할 수 있는지 평가하고자 하였다. 우수 답안은 계절 변화에 따라 지표면 물질의 성질 변화를 설명하고 대기 현상이 어떻게 지표면 물질 이동에 영향을 주는지를 논리적으로 잘 설명하였다. 부족한 답안은 황사의 발생을 계절(봄)과 기압 배치에 연관 지어 전반적으로 잘 설명하였으나 문제에 주어진 계절(봄)에 한정지어 설명한 점이 부족하였다.

(d) 약 1만 8000년 전 마지막 빙하기가 끝나던 무렵 오늘날의 황해(서해) 지역은 모두 육지였다. 간빙기에 접어들면서 해수면이 상승하여 황해가 형성되기 시작했으며, 현재 황해의 최대 수심은 약 90미터이다. 이러한 서해를 왜 "황해(黃海; Yellow Sea)"라 부르는지 제시문에 근거하여 설명하시오. (총 4점)

**우수 답안의 사례**
우리나라의 지형은 동고서저형으로 동쪽에 높은 산맥들이 위치하고 서쪽에는 낮은 평야가 위치한다. 따라서 대부분의 강이나 물줄기는 동→서 방향으로 흐른다. 이런 물의 흐름을 타고 그 주변의 토양과 같은 물질들이 운반되어 서해 즉 황해로 유입된다. 또 우리나라뿐만 아니라 중국에서도 많은 물질들이 황해로 유입되는데 이런 침전물들이 물의 색을 탁하게 만들어 서해를 황해라고도 부른다.

**부족 답안의 사례**
황해는 옛날에 육지였던 지역이 바다가 된 지역으로 수심이 다른 바다에 비해 비교적 낮다. 또한 중국 서해와 남해를 잇는 부분을 통해 드나든다. 또한, 중국의 황하, 한국의 한강 등 여러 강들이 서해로 흘러들어간다. 그렇기 때문에 서해가 황해로 불린 이유는 첫째, 수심이 얕아 바닥의 모래, 진흙 등이 비쳐서 누런빛을 띄고, 둘째로는, 황하 강 등에서 많은 퇴적물들이 흘러와 강과 바다가 만나는 곳에 쌓여서 누런빛을 띄기 때문이다.

**해설**
제시문에 나온 것과 같이 지권과 수권의 상호작용으로 풍화작용이 일어나고 풍화작용으로 형성된 퇴적물이 하천에 의하여 바다로 운반되는 작용을 이해하는가를 측정하고자 하였다. 우수답안은 우리나라와 중국에서 하천에 의하여 많은 양의 퇴적물이 황해로 유입되며 이러한 부유성 퇴적물 때문에 황해의 물이 탁하게 보이는 결과로 서해를 "황해"로 칭한다고 제시하고 있다. 부족한 답안은 수심이 얕아 바다 밑바닥 퇴적물의 색이 보여서 "황해"라고 한다고 잘못 제시하였다.

(e) 임진왜란 5년차인 1597년 10월 25일, 충무공 이순신 장군은 황해와 남해를 잇는 울돌목 해협의 조력 에너지를 이용하여 일본 함대를 크게 무찔렀다. 조력 에너지는 달과 태양의 인력이 지구에 작용하여 생기며, 태양보다 지구에 더 가깝게 위치한 달의 영향이 더 크게 작용하여 밀물과 썰물이 만들어진다. 울돌목의 해류가 생기는 원인을 설명하시오. (총 4점)

**우수 답안의 사례**
울돌목은 서해와 남해의 중간에 있다. 서해는 수심이 얕아 조수간만의 차가 크다. 서해에 들어오고 나가는 바닷물은 울돌목처럼 서해와 남해를 잇는 부분을 통해 드나든다. 이로 인해 울돌목에는 밀물과 썰물 때마다 방향이 바뀌는 해류가 생기게 된다. 또한 이곳은 다른 곳에 비해 수로가 협소하여 해류의 유속이 빠르므로 조력에너지가 크다.

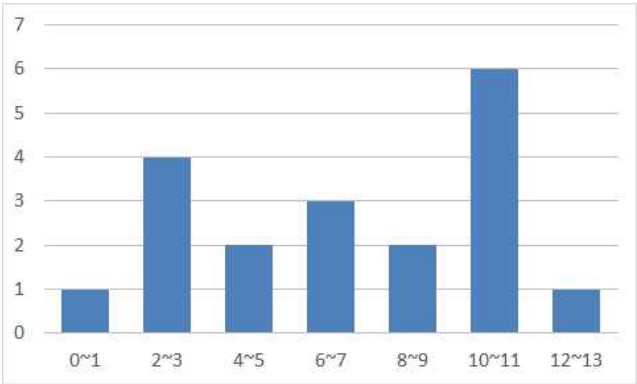
**부족 답안의 사례**
달은 지구를 공전하는데 달과 지구의 바닷물 사이에 인력이 발생한다. 달이 지구에 가까울 때는 인력이 더

강해서 더 많은 바닷물을 끌어당기면 썰물이 발생한다. 반면에, 달이 지구에서 멀어지면 인력이 약해지고 밀물이 더 발생한다. 이처럼 발생한 밀물 썰물에 의해서 바닷물이 들어오고 나가고 하는데, 울돌목은 이 바닷물이 들어오고 나가는 등의 폭이 매우 좁다. 이 매우 좁은 틈으로 많은 바닷물이 오가면서 매우 강력한 해류가 발생하고 소용돌이 까지 발생하는 것이다.

**해설**

고등학교 지구과학 교과서에서 제시된 바로는 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 수심이 깊은 동해의 조석간만의 차가 가장 작고, 반대로 수심이 얕고 만의 형태로 이루어진 서해의 조석간만의 차가 가장 크다. 남해는 동해와 서해의 중간 정도 조석간만의 차가 있으며, 동쪽에서 서쪽으로 갈수록 그 차가 점차 커진다. 따라서 남해와 서해의 조석간만의 차로 인하여 남해와 서해가 연결되어 만나는 울돌목에서 더 수위가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 해수가 흐르는 해류가 발달하게 된다.

### 4) 채점 결과




**2016학년도 지구과학 모의논술고사 점수분포 현황. (20점 만점, 총 19인)**

총 19명의 예비 수험생을 대상으로 실시한 2015년 모의 논술고사는 20점 만점에 평균 6.97점으로 채점되었으며 최고 득점자는 12점을 획득한 학생이 1명 있었다. 전반적인 성적의 분포는 그래프와 같으며 10~11점대가 총 6명으로 가장 많았으며, 2~3점을 받은 학생이 4인으로 그 다음으로 많았다. 12점 이상을 획득한 학생들은 다른 유형의 지구과학 논술문제가 나와도 논리적인 답을 쓸 수 있을 것으로 판단된다.