

# 자연계열 논술고사 문항

## 【문항 1】

### [ 제시문 ]

(가)

참쌀, 멥쌀, 보리, 밀가루 등을 찌서 누룩과 물을 섞어 발효시킨 우리나라 전통주는 국내는 물론 최근 해외에서도 큰 인기를 끌고 있다. 고등학교 과학시간에 발효과정을 공부하면서 맥주 제조과정에 대해 배운 적이 있었던 준수는 인터넷에서 찾은 ‘전통주 만드는 법’에 따라 전통주를 직접 만들어 보기로 하였다.

#### [ 전통주 만드는 법 ]

과정 1. 미리 준비한 고두밥<sup>주1)</sup>과 잘게 부순 누룩<sup>주2)</sup>을 물과 함께 잘 섞어 준 다음 깨끗이 소독한 항아리에 담는다.

과정 2. 항아리 입구는 무명이나 광목 보자기로 만든 덮개로 막은 후 고무줄 등을 사용하여 묶고 담요나 이불을 이용하여 항아리를 감싼다. 이렇게 준비한 항아리를 온도가 28~30℃ 정도 되는 장소로 옮긴다.

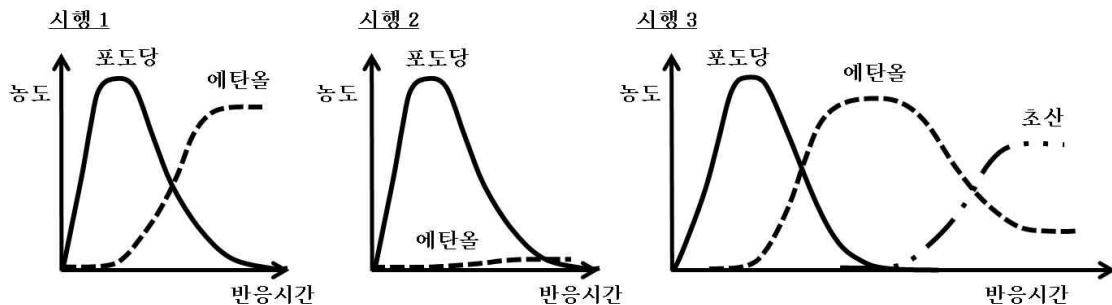
과정 3. 약 이틀이 지나면 부글거리며 거품이 생기는데 이런 현상이 며칠간(약 5~6일간) 유지되는지 관찰한다.

과정 4. 고운 삼베 또는 체를 이용하여 건더기와 불순물을 걸러내고 깨끗한 물로 희석하여 적절한 에탄올 농도를 갖춘 전통주를 완성한다.

주1) 고두밥은 쌀을 찌서 만드는데 물기가 적은 된밥의 일종이다.

주2) 누룩에는 곰팡이균과 유산균 및 효모 등 여러 미생물이 포함되어 있다.

준수는 위의 과정에 따라 전통주 만들기를 여러 차례 시도했으나 항상 동일한 결과를 얻지 못하였다. 이와 같은 현상을 이해하기 위해 항아리 속 수용액에 포함된 일부 물질들의 농도를 반응시간에 따라 측정하여 아래와 같은 결과를 얻었다.



[그림 1]

(나)

몇 년 후 준수는 제시문 (가)의 방식을 기반으로 제조한 전통주(상품명 ‘준수주(酒)’)를 제조하는 회사의 운영자가 되었다. 기존에 생산하던 전통주 외에 새로운 제품에 대한 수요를 조사하던 중, 다음의 조건을 갖춘 새로운 술을 원하는 소비자가 상당수 있음을 파악하였다.

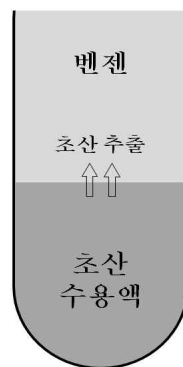
조건 1. 에탄올 농도가 40% 이상이 될 것.

(‘준수주’ 제조과정 중 얻을 수 있는 혼합용액의 에탄올 최고 농도는 약 15%이며 완제품 ‘준수주’의 에탄올 농도는 5%로 희석되어 있음)

조건 2. ‘준수주’와는 달리 물과 에탄올 그리고 향취를 결정하는 극미량의 저분자 유기화합물만이 포함되어 맑고 투명한 것.

(다)

‘준수주’를 상온에서 공기에 노출된 상태로 오래 보관할 경우 에탄올이 초산으로 전환되어 시큼한 맛이 난다([그림 1], 시행 3). 초산은 신맛과 관련된 카르복실( $-\text{COOH}$ )기를 갖고 있어 수용액에서 극성을 나타내고, 이로 인해 유사한 분자량을 갖는 무극성분자인 부탄( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )에 비해 훨씬 높은 ‘녹는점’과 ‘끓는점’을 갖는다. 또한 초산은 독특한 용해 특성을 가지는데, 이는 아래와 같은 추출 실험을 통해 확인해 볼 수 있다.



[그림 2] 벤젠을 이용한 초산의 추출 과정

위의 [그림 2]에 나타난 바와 같이 초산수용액에 무극성 용매인 벤젠( $\text{C}_6\text{H}_6$ )을 첨가하여 충분히 흔들어 주면 물 분자와 다르게 초산 분자는 벤젠에 용해되어 초산을 추출해 낼 수 있다.

문제 1. [그림 1]의 '시행 1'과 '시행 2'의 결과가 다르게 나타난 이유와 원리를  
제시문 (가)에 기술된 전통주 만드는 법의 각 단계별로 나누어 설명하시오.  
(단, 과정 3에서 '부글거리며 거품이 생기는 현상'의 원인이 되는 기체의  
종류와 발생량에 대한 추론을 반드시 포함하시오.)

문제 2. 준수는 제시문 (나)의 수요조사 결과를 반영하여 새로운 술을 생산하기로  
결정하였다. 현재 생산하고 있는 전통주인 '준수주'의 생산시설을 가능한  
적게 변경하여 생산하되, 새로운 공정은 '준수주' 제조에 사용된 효모를  
포함한 미생물들의 재사용이 가능하도록 설계하고자 한다. 이러한 상황에서  
적용할 수 있는 방법들을 제안하고 그 근거를 제시하시오.

문제 3. 제시문 (다)의 내용과 관련하여 다음 문제에 답하시오.

3-1. 물 분자와는 달리 초산 분자가 벤젠 용액에 용해되는 이유를 물, 초산 그리고  
벤젠의 분자구조 및 분자 간 상호작용의 관점에서 추론하시오.

3-2. 문제 3-1의 이유를 실험적으로 입증하기 위하여 동일한 양의 초산을 함유하고  
있는 수용액과 벤젠용액을 이용하고자 한다. 이에 적합한 실험원리를 제시  
하고, 예측할 수 있는 실험결과를 초산이 벤젠에 용해되는 현상과 연관 지어  
논하시오.

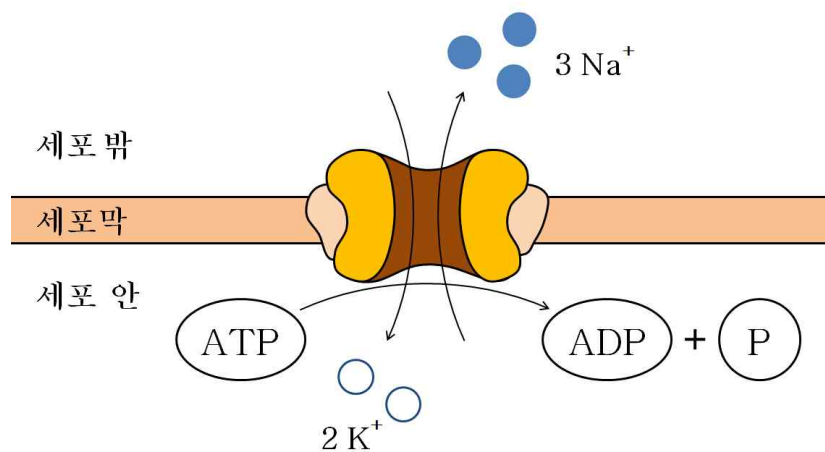
## 【문항 2】

### 【 제시문 】

(가)

남아메리카 아마존 유역에 서식하는 전기뱀장어와 우리나라 주변 해역에 사는 전기가오리는 전기적 충격을 먹이 사냥과 방어에 사용한다고 알려져 있다. 이 전기물고기들은 특수한 형태의 전기세포(electrocytes)를 이용하여 전기를 만들어 낸다. 전기세포는 기전력을 주는 전지의 역할을 한다.

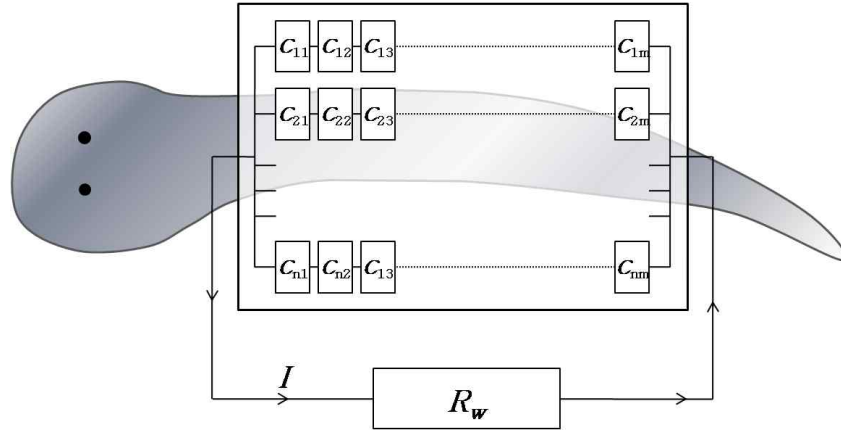
전기세포가 전기를 만드는 과정은 간단한 세포 모형으로 이해할 수 있다([그림 1] 참조). 뉴런의 세포막에 있는 것과 유사한 나트륨 펌프가 달려 있는 전기세포의 세포막 안쪽에  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  이온들이 분포하고 있다. 휴지상태의 이온 농도는 세포막 안쪽이  $[\text{Na}^+] = 14 \text{ mM}$ ,  $[\text{K}^+] = 160 \text{ mM}$ , 세포막 바깥쪽이  $[\text{Na}^+] = 140 \text{ mM}$ ,  $[\text{K}^+] = 4 \text{ mM}$ 이며, 이때 세포막 양쪽의 전위차는  $-70 \text{ mV}$ 로 유지된다. (mM은 몰농도의 단위로  $1 \text{ mM} = 10^{-3} \text{ mol/L}$ 이다.) 휴지상태의 세포에 외부 자극을 주면 나트륨 펌프는 1개의 ATP 당 3개의  $\text{Na}^+$  이온을 세포 밖으로 내보내고, 2개의  $\text{K}^+$  이온을 세포 밖에서 안으로 가져온다. 이 과정을 통해 세포막의 전위차는  $+80 \text{ mV}$ 로 변화하여 약  $1 \text{ ms}$  동안 유지된 후, 다시 휴지상태로 돌아온다. ATP가 가수분해를 통해 얻을 수 있는 에너지는 세포 환경에 따라 다를 수 있는데, 이 전기세포에서의 ATP 에너지는 약  $50 \text{ kJ/mol}$ 이다.



【그림 1】

(나)

전기뱀장어를 [그림 2]와 같이 전기회로의 관점에서 생각해 보자.



[그림 2]

전기뱀장어의 전기세포 배열은  $n$ 개의 행과  $m$ 개의 열을 갖는  $(n, m)$  구조를 갖는다. 즉 ‘전기세포  $m$ 개가 직렬로 연결된 줄’  $n$ 개가 다시 병렬로 연결되어 있다. 여기서 전기뱀장어의 전기세포 총 수는  $N = nm = 6.4 \times 10^5$ 개다. [그림 2]에 표시된 외부저항  $R_w$ 는 뱀장어를 감싸고 있는 물의 저항을 나타내는데, 그 크기는 물의 종류(예: 민물, 바닷물), 뱀장어의 크기와 자세 등에 따라 다른 값을 가질 수 있다.

$$\boxed{C_{ij}} = \boxed{\text{---} \left[ \text{---} \left[ \text{---} \right] \text{---} \right] \text{---}}$$

$C_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 으로 표시된 각 전기세포는 기전력  $v_c = 150 \text{ mV}$ 와 내부저항  $r_c = 250 \text{ m}\Omega$ 을 갖는다. 여기서 내부저항은 전기세포의 세포질, 세포의 물질, 세포막 등에 의한 것이다.

※ 참고사항

- 기체상수:  $R = 8.3 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol}\cdot\text{K}$
- 아보가드로 수:  $N_a = 6.0 \times 10^{23} \text{ 개/mol}$
- 전자의 전하량:  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- 패러데이 상수:  $F = eN_a = 96 \text{ kJ/V}\cdot\text{mol}$
- $\ln x \cong 2.3 \log_{10} x$

문제 1. 제시문 (가)에 근거하여 전기세포가  $v_c = 150\text{mV}$  의 기전력을 만들어내는 과정을 설명하고, 이때 ‘ATP 에너지’가 필요한 이유를 논하시오.

문제 2. 전기뱀장어의 방전은 연속적인 형태가 아닌 ‘일정 전압이  $\Delta t = 1\text{ms}$  동안 유지되는’ 펄스 형태로 이루어진다. 외부저항 값이  $R_w = 740\Omega$  이고 전기세포 배열은  $(n_0, m_0) = (128, 5000)$  이라고 하자. 이 전기뱀장어가 각 펄스 당 ① 방전하는 전하량  $Q_p$ , ② 물에 방전된 에너지, ③ 충전에 소모한 ATP 에너지의 전체 크기를 확인한 후, 그 결과에 근거하여 문제 1에서 논의한 전기세포의 ATP 에너지 공급과 그 효율에 대해 논하시오. 단, 설명 과정에서 구체적인 숫자가 들어간 계산은 다음 예시와 같이 대략적으로 할 수 있다.

(예시)

- $(3 \times 10^{-5}) \times (7 \times 10^2) = 2 \times 10^{-2}$
- $(2 \times 10^3) \div (3 \times 10^{-1}) = 7 \times 10^3$
- $(5 \times 10^{-1}) + (7 \times 10^{-2}) = 6 \times 10^{-1}$

문제 3. 전기세포가 견딜 수 있는 전류의 최댓값을  $i_c = 15\text{mA}$  라고 하자. 외부 저항 값이 민물에서는  $R_w = 624\Omega$ , 바닷물에서는  $R_w = 1.56\Omega$  이라고 가정할 때, 전기뱀장어가 몸 밖으로 방출하는 전류  $I$ 를 최대화 하는 전기세포의 배열  $(n_1, m_1)$ 을 민물과 바닷물에 대해 각각 설명하시오.

### 【문항 3】

#### [ 제시문 ]

(가)

함수  $\log_2$ 를 정의하려면 우선 지수함수  $h(t) = 2^t$ 과 그 성질을 알아야 한다. 지수함수의 특성 중 하나는, 양수  $a$ 가 주어졌을 때,  $t$ 에 관한 방정식  $2^t = a$ 의 근이 하나만 존재하는 것이다. 만약  $2^b = a$ 이면,  $b = \log_2(a)$ 로 표기하고  $b$ 를 2를 밑으로 하는  $a$ 의 로그라고 부른다.  $y = \log_2(x)$ 는 함수이지만  $\log_2(5)$ 의 근삿값을 구하는 것도 쉬운 일이 아니다. 그럼에도 불구하고 우리는 함수  $\log_2$ 의 성질을 지수함수  $h$ 의 성질로부터 이끌어낼 수 있다.

(나)

우리는 일상생활에서 ‘기하급수적으로 증가한다’ 또는 ‘지수함수적으로 증가한다’라는 표현을 자주 사용한다. 이러한 표현은 지수함수가 다항함수보다 매우 빠르게 증가한다는 뜻을 내포하고 있다. 예를 들어, 짧은 기간에는 이자율이 높은 단리 예금이 더 유리할 수도 있겠지만, 많은 경우에는 단리예금보다 복리예금이 유리할 것으로 기대한다. 이러한 선택의 이면에 있는 수학적 문제를 생각해 보자.

지수함수와 다항함수의 크기를 비교할 때, 우리는 다음 식

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{t^a}{e^t} = 0 \quad (\text{단, } a \text{는 양의 실수})$$

을 먼저 떠올리게 된다. 이 식의 의미는 주어진  $a$ 가 아무리 크더라도 큰  $t$ 에 대해서  $e^t$ 은  $t^a$ 에 비해 비교할 수 없을 정도로 크다는 것이다.

그렇지만  $a > 0$ 가 주어졌을 때,  $e^t$ 이  $t^a$ 보다 작은 경우도 있다는 점에 조심해야 한다(예:  $e^2 < 2^5$ ). 따라서 자연스럽게 다음과 같은 미완성 명제를 생각해 볼 수 있다.

미완성 명제:  $a > 0$  일 때,  $t > ( \quad )$  이면,  $e^t > t^a$ 이다.

위의 괄호 안에는  $a$ 에 관한 표현이 들어가야 할 것이다.



(다)

$a > 0$ 가 주어졌을 때,  $t$ 에 관한 방정식  $e^t = t^a$ 의 양의 근이 존재하면(논제 1 참조), 그 중 가장 큰 근을  $f(a)$ 라고 하자. 즉  $b$ 가  $e^b = b^a$ 을 만족시키는 가장 큰 양수이면  $b = f(a)$ 이다. 그러면  $f$ 를 적당한 실수의 구간을 정의역으로 갖는 함수로 인식할 수 있을 것이다(논제 2 참조). 함수  $f$ 를 생각하는 이유는 제시문 (나)의 미완성 명제의 괄호 안에 들어갈 최선의 답이  $f(a)$ 이기 때문이다. 그러나  $f(a)$ 를  $a$ 의 식으로 달리 표현하는 방법을 모를 뿐만 아니라, 계산기 없이는  $f(5)$ 의 근삿값을 구하는 것도 쉬운 일이 아니다.

논제 1.  $a > 0$ 일 때,  $t$ 에 관한 방정식  $e^t = t^a$ 이 몇 개의 양의 근을 갖는지 설명하시오.

(도움말: 물론 양의 근의 수는  $a$ 에 따라 다를 것이다.  $\frac{\ln t}{t}$  또는  $\frac{t}{\ln t}$  또는  $\frac{t^a}{e^t}$ 의 그래프를 생각하시오.)

논제 2. 제시문 (다)의 함수  $f$ 의 정의역  $I$ 를 찾고, 함수  $y = f(x)$ 의 그래프의 개형을 그리시오. 만약 변곡점이 존재한다면 변곡점의 좌표도 찾으시오.

논제 3.  $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x \ln x} = 1$ 임을 보이고,  $x \in I$ 이면  $1 \leq \frac{f(x)}{x \ln x} \leq \frac{e}{e-1}$ 임을 설명하시오.

논제 4.  $\lim_{A \rightarrow \infty} \int_e^A \left( \frac{1}{x \ln x} - \frac{1}{f(x)} \right) dx$ 를 찾으시오.

## 【문항 4】

### [ 제시문 ]

(가)

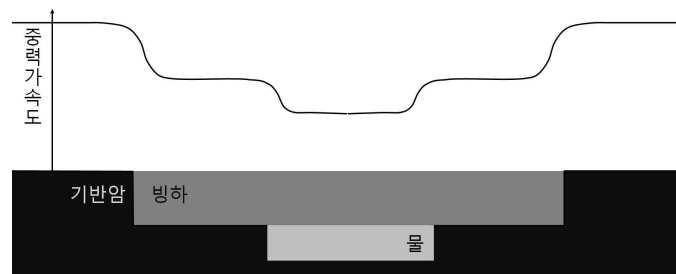
K-Ar 연대측정법은 절대적인 연대측정을 위해 사용된다. 칼륨(K)은 지각 속의 가장 풍부한 원소 중 하나로 거의 모든 광물 속에 들어있다. 칼륨은 자연 상태에서 방사성 칼륨  $^{40}\text{K}$  원자를 드물게 함유하고 있으며, 자연 붕괴되는  $^{40}\text{K}$  10개 중 1개가 아르곤( $^{40}\text{Ar}$ )으로 된다. 아르곤은 비활성기체로서 지표에서 용암류 암석이 형성될 때 쉽게 빠져나가 화산암이 결정체로 형성될 때는 농도가 거의 영(0)으로 떨어진다. 그 후 암석 내  $^{40}\text{K}$ 의 붕괴가 계속되면서  $^{40}\text{Ar}$ 이 생성되고 암석 내에 갇혀있게 된다. 따라서 암석이 형성된 이후로 존재하는  $^{40}\text{K}$ 에 대한  $^{40}\text{Ar}$ 의 비율을 측정하면 암석의 연령을 알 수 있다. 참고로  $^{40}\text{K}$ 의 반감기<sup>주1)</sup>는 12.5억 년이다.

주1) 방사성 물질은 원자핵들이 불안정하여 붕괴를 계속하고, 시간이 흐름에 따라 그 수가 지수 함수적으로 감소한다. 어느 정도 시간이 흐르면 그 물질이 반으로 줄어드는데, 그 때까지 걸리는 시간을 반감기라고 한다. 일반적으로 반감기가  $T$ 인 방사성 원소의 처음 양을  $N_0$ 라고 하면,

$t$ 시간 후에 붕괴되지 않고 남아 있는 원소의 양  $N$ 은  $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$  이 된다.

(나)

중력은 질량을 가진 물체들이 서로 끌어당기는 힘이다. 질량이 큰 물체는 큰 중력을 만든다. 지구와 다른 행성 간에 작용하는 중력을 연구하는 것처럼, 우리는 중력을 종종 무척 큰 스케일에서 다루곤 한다. 이런 상황을 다룰 경우 우리는 지구가 만들어 내는 중력의 크기가 일정하다고 가정한다. 하지만 중력은 균일하게 분포되어 있는 것은 아니다. 왜냐하면 산, 평야, 계곡이나 바다와 같은 지리적인 차이에 따라 지표면의 각 지점마다 서로 다른 질량 분포를 갖고 있기 때문이다. 이러한 질량 분포의 미세한 차이가 중력의 미세한 차이를 만들어낸다. 이러한 중력의 차이는 접근하기 쉽지 않거나 물이나 얼음에 의해 숨겨져 있는 영역을 측정하고 이해하는 데 중요한 방법을 제공해 준다. 예를 들어, 과학자들은 해저산맥 위에서는 중력이 약간 크다는 사실을 이용하여 해저 표면의 지도를 만든다. 극지방에서는 이러한 중력 자료를 통해 빙하 아래에 숨겨져 있는 화산이나 단층 구조 또는 물을 찾아내거나, 빙하 아래에서 일어나는 현상들을 분석할 수 있다.



위의 그림은 기반암 위에 놓여 있는 빙하 위를 비행하면서 중력을 측정한 그림이다. 빙하의 밀도가 기반암보다 작기 때문에 빙하위에서의 중력은 기반암에서보다 더 낮게 측정되고, 만약 빙하 아래 물이 있다면 측정되는 중력은 좀 더 낮아지게 된다.

(다)

지구의 기후와 환경변화는 매우 다양한 변수들에 의해 결정되며, 양적 피드백, 음적 피드백이 복잡하게 연결되어 있다. 태양 복사에너지를 받고 자체 복사에너지를 내놓는 지구는 넓은 의미에서 열평형상태를 이루고 있고, 다양한 순환과정을 통해 열에너지의 균형을 맞춘다. 피드백을 통한 지구 기후의 안정화는 인류의 생존에 매우 중요한 요소이다. 따라서 안정화에 위협이 될 만한 요소가 존재하는지를 미리 예측하고 이에 대비하는 것이 필요하다.

현재 지구는 빙하기가 최절정이던 1만 8천 년 전에 비해 평균기온이 약 10~20 °C 상승하였고 평균 해수면이 120m 상승하였다. 최근 100년 동안은 평균기온이 약 0.6 °C 상승했음이 확인되었고, 앞으로 100년 후에는 약 1~4 °C의 평균기온 상승이 예상되고 있다. 기온 상승과 더불어 해수의 약 20%에 해당하는 표층수의 평균수온도 상승한다. 100년간 기온과 표층수온이 1 °C 상승할 경우 물의 열팽창 효과만으로도 해수면은 약 10cm 상승한다. 대륙 빙하는 녹는 양과 적설량이 균형을 이룰 때 그 양이 유지되지만, 최근에는 매년 적설량에 비해 빙하 녹는 양이 약 2,000억 톤 더 많아 결과적으로 해수면을 변화시킬 수 있다.

해수면 변화의 대표적인 요인으로는 온도상승으로 인한 해수의 열팽창, 대륙 빙하의 용해(녹음), 평균습도의 변화 등을 들 수 있다. 그러나 기온상승은 구름 생성 및 빙하의 용해 등에 영향을 주어 기후와 해수순환 변화가 발생할 수 있다. 따라서 해수면 상승을 정확히 예측하기 위해서 통합적인 지구시스템 이해가 필요하다.

(라)

해수 표면에서 수온과 염분이 변하여 해수의 밀도가 커지면 무거워진 해수가 가라앉으면서 연직 방향의 해수 흐름을 일으킨다. 이 흐름은 수온과 염분 변화에 의한 밀도차가 원인이며, 수온 약층 아래까지 일어나고 매우 느리기 때문에 직접 측정하기가 어렵다. 해양은 대기와 끊임없이 열과 물을 서로 교환하므로 표층 해수의 온도와 염분은 일정하지 않다. 그러나 해수가 침강하면 더 이상 대기와 열 교환이 일어나지 않고 주변 해수와도 쉽게 혼합되지 않으므로 수온과 염분은 거의 변하지 않는다. 세계 해양에서 고밀도의 해수가 만들어져 침강하는 해역은 남극 대륙 주변의 웨델 해와 북대서양의 그린란드 해 주변으로, 이곳에서 침강한 해수가 퍼져 나가 전 세계 해양의 심해수를 이루며 순환한다. 겨울철(7~9월)에 남극 대륙 주변의 해수

온도가 낮아져서 결빙하면 주변 해수의 염분은 높아지고, 밀도가 커진 표층 해수는 해저까지 가라앉아 남극 저층수를 이루어 순환한다. 이러한 순환은 표층 순환과 서로 연결되어 있어 전체 해양에서 큰 순환을 이루고 있음이 밝혀졌고, 저위도에서 고위도로 열에너지를 수송하여 적도-극지방간의 열수지 불균형을 해소시키고 해양의 열이나 산소와 영양 염류와 같은 물질을 운반하는 데 중요한 역할을 한다. 만약 이 순환이 끊기면 적도와 극지방 사이의 열 흐름이 약해져서 수온 차이가 커질 수 있다.

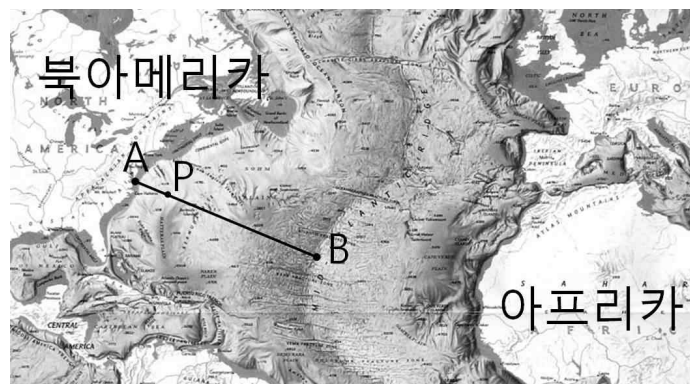
문제 1. 대륙의 이동과 분포 양상은 장기적인 지구 기후 변화를 야기하며 빙하의 생성과 소멸에도 영향을 미칠 수 있다. 오랜 지질 시대 동안의 대륙 이동을 연구하기 위해서는 연대 측정이 필요하다. 중앙 해령으로부터 2,500 km 떨어져 있는 지점(아래 그림에서 P)에서 해저 지각 시추를 통해 현무암 샘플을 채취하였다. 이 현무암 샘플 속에 있는  $^{40}\text{K}$ 에 대한  $^{40}\text{Ar}$ 의 비율이 0.0060으로 측정되었다. 이 암석의 생성시점과, 해저확장속도가 일정하다고 할 때 대서양의 생성시점이 언제인지 추정하시오. 아래 그림에서 A와 B의 거리는 3,000 km이다.

필요할 경우  $\ln 2 = 0.70$ 을 사용할 수 있고,  $x$ 의 크기가 1에 비해 충분히 작을 경우  $\ln(1+x) = x$ ,  $\left(\frac{1}{2}\right)^x = 1.00 - 0.70x$ 의 근사를 사용할 수 있다. 설명 과정에서 구체적인 숫자가 들어간 계산은 다음 예시와 같이 대략적으로 할 수 있다. (단, 유효숫자 2자리)

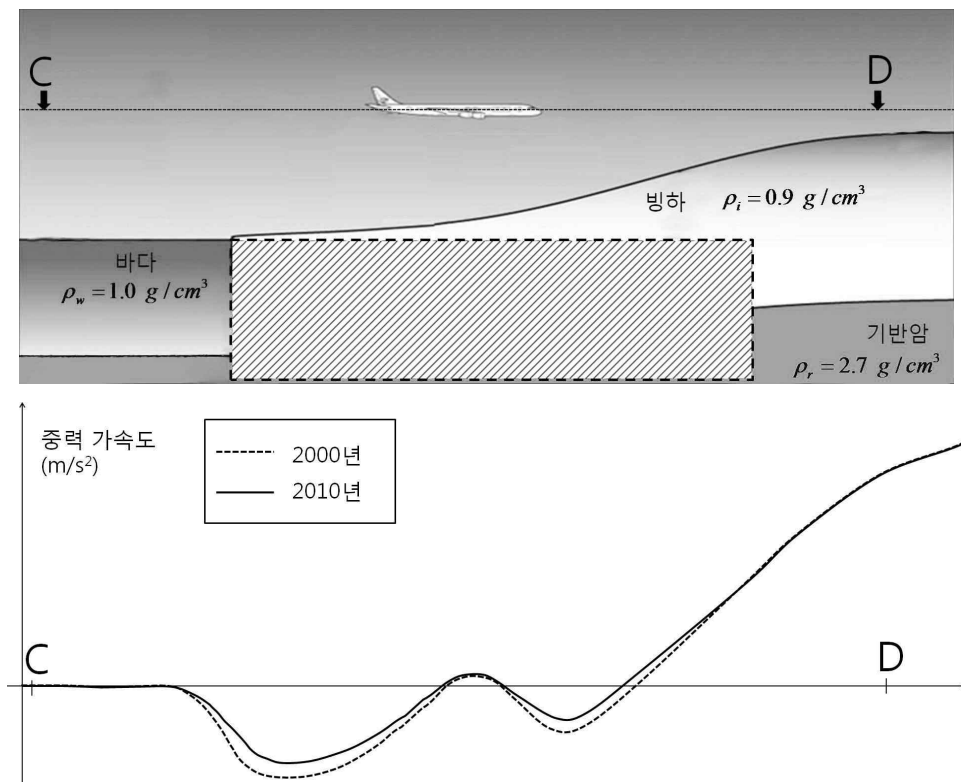
(예시)

$$\cdot (3.1 \times 10^{-5}) \times (7.1 \times 10^2) = 2.2 \times 10^{-2}$$

$$\cdot (5.0 \times 10^{-1}) + (7.3 \times 10^{-2}) = 5.7 \times 10^{-1}$$



문제 2. 아래 그림의 CD구간을 2000년과 2010년에 동일한 고도로 비행하면서 중력 가속도를 측정하여 아래 그래프를 얻었다. 빗금 친 부분에서 두 시기 사이에 어떠한 변화가 있었는지를 추론하시오. 단, 이 지역에서는 지진이 발생한 기록이 없었고, 빙하표면의 높이 변화도 없었으며, 빙하의 폭에 비해 비행기의 고도는 매우 낮았다. 또한 중력 가속도를 측정하는 기기의 오차는 없는 것으로 가정한다.



문제 3. 해수면 상승은 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받아 정확한 예측이 어렵다. 대략적인 크기를 추산하여 어떤 요인이 중요한지를 파악하고, 실제 지구에서 일어나는 피드백에 대해 생각해 보자.

3-1. 아래 <표 1> 및 <표 2>를 참조하여 100년간 기온이 1℃ 상승할 경우 열팽창 이외의 요인에 의한 해수면의 변화를 알아보자. 기압과 빙하의 융해속도는 일정하다고 가정하고, 대기권 밖으로 사라지는 수증기는 무시한다. 현재 평균 상대습도 50%가 그대로 유지되는 경우와 60%, 40%로 변하는 경우에 대해 해수면 높이 변화를 각각 추산하고 그에 대해 논하시오. (단, 유효숫자 2자리)

<표 1> 지구상의 물 분포

구분	해수	빙하	수증기	기타
비율(%)	97	2.0	0.0014	-

<표 2> 해수면 변화 추산을 위한 자료

지구 반경	해양 평균수심	지구표면 중 해수면 비율	포화증기압 변화율
6,400 km	4.0 km	70 %	4.0 %/℃

3-2. 해수면의 높이 변화를 정확히 예측하려면 문제 3-1에서 다룬 것보다 더 많은 요소들을 생각하여야 한다. 일례로 제시문 (라)의 순환만을 추가로 고려하더라도 해수면 높이의 변화를 예측하는 것이 매우 어려워진다. 그 이유를 빙하의 융해와 관련지어 논하시오.

※ 아래의 문제들은 서울대학교가 학생을 선발하기 위한 것으로 서울대학교의 사전 허락 없이 상업적으로 사용하는 것을 금합니다.

## 2012학년도 정시모집 일반전형 논술고사

<서울대학교 입학본부: 2012. 2. 6>

- 서울대학교는 2012학년도 정시모집 일반전형 논술고사를 1월 16일에 실시하였다. 응시 대상인원은 총 2,441명(인문계열 997명, 자연계열 1,366명, 사범대학 체육교육과 78명)이며, 인문계열 학생에게는 5시간 동안 3문항(사범대학 체육교육과는 2시간 동안 1문항), 자연계열 학생에게는 5시간 동안 4문항이 주어졌다.
- 이번 논술고사에서는 (1) 교과서에서 다루고 있는 주요 개념에 대한 충실한 이해 정도와, (2) 이를 바탕으로 한 논리적 사고력과 추론 능력, 나아가 창의적 사고력을 평가할 수 있는 문항을 출제하기 위해 노력하였다. 이를 통해 고등학교 교육과정을 충실히 이수함과 동시에, 지적 호기심을 가지고 자기 주도적인 학습능력을 기르기 위해 노력한 학생들이 좋은 점수를 받을 수 있기를 기대하였다.
- 인문계열에서는 여러 교과 영역에 대한 폭 넓은 이해 위에서 합리적으로 사고하고 비판적으로 분석하는 능력과 자유롭고 창의적인 글쓰기 능력을 평가하고자 하였다. 자연계열에서는 자연 현상에 숨어 있는 다양한 과학적 개념 및 원리에 대한 정보를 제공하고, 이러한 정보를 이해, 분석, 적용하여 통합적인 사고를 할 수 있는지의 여부를 평가하는데 주안점을 두었다.

## 자연계열 논술고사 출제의도 및 문항설명

### 【문항 1】

#### □ 출제 의도

- 최근 각광을 받고 있는 전통주에 관련된 정보를 제공하고, 여기에 함축되어 있는 다양한 과학적 원리들에 대한 통합적 추론 능력을 측정하고자 하였다.
- 이를 위해 고등학교 교과과정 중 공통과학과 화학 및 생물 영역에서 다루고 있는 기본적인 개념을 바탕으로 가상 실험을 제안하였으며, 실험 결과를 논리적으로 해석하는 능력과 함께 과학적 기본 개념에 대한 이해 및 연계성을 종합적으로 측정하고자 하였다.

#### □ 문항 설명

- 공통과학에서 다루고 있는 발효를 소재로 하여 산소호흡과 알코올 발효과정에 대한 원리 이해와 실험결과를 추론할 수 있는 분석능력을 요구하였다.
- 효모 및 미생물을 죽이지 않고 재사용해야 하는 상황에서 증류, 여과 등의 방법을 응용하여 전통주로부터 소주를 얻는 방법을 제시하도록 하였다.
- 고등학교 화학 I에서 다루고 있는 용해도 개념을 활용하여 다른 특성을 갖는 분자들 사이의 인력을 추론하도록 하였고 이를 입증할 수 있는 실험적 원리를 제시하도록 하였다.

### 【문항 2】

#### □ 출제 의도

- 전기를 먹이 사냥과 방어에 사용하는 전기뱀장어의 예를 통해 생명현상에서 자극과 반응의 기본 원리와 전류, 전기저항 그리고 전기에너지의 개념에 대한 이해도를 측정하고자 하였다.



## □ 문항 설명

- 제시문 (가): 생물 I 교과서의 ‘자극과 반응’ 단원에서 다루는 신경 세포막에 대한 설명을 근거로 하여, 세포막 안팎의 이온 농도의 차이, 전위차의 유지 변화에 관련된 나트륨 펌프의 작용에 대한 기본 지식을 제공하였다.
- 제시문 (나): 전지의 내부저항과 회로구성에 대한 정보를 제공하여 물리 I 교과과정의 직렬과 병렬연결 전기회로의 개념으로 전기뱀장어의 전기회로 모형을 이해할 수 있도록 하였다.
- 논제 1: 세포막을 사이에 두고 농도 경사를 거슬러 이온을 운반하는 ‘능동수송’에 소모되는 에너지와 (+) 이온이 일정 전위차를 갖는 세포 안팎으로 이동할 때 필요한 전기에너지에 대한 생물학적 개념 및 이해 정도를 측정하고자 하였다.
- 논제 2: 전기회로의 전류, 전압 및 저항의 상관관계, 전류와 전하량의 관계, 전력과 전기에너지 등에 분석 및 개념에 대한 이해도를 측정하고, 그 결과를 ATP 에너지 소모와 비교하여 생물학적인 에너지의 전기에너지 변환에 대해 논의하도록 유도하였다.
- 논제 3: 전기세포의 배열에 따라 최대 전류를 구하는 문제에 생명체의 항상성 유지 조건을 주고, 전류값을 최적화하는 수학적 분석 능력을 측정하고자 하였다.

## 【문항 3】

## □ 출제 의도

- 지수함수와 그 역함수인 로그함수는 자연과학 전반은 물론 공학, 사회과학 등 거의 모든 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 일상생활에서도 우리는 ‘기하급수적으로 증가’ 또는 ‘지수함수적으로 증가’ 등의 표현을 자주 사용한다. 상식적으로 이러한 표현은 지수함수가 다항함수보다 매우 크다는 뜻을 내포하고 있다. 단리예금보다 복리예금을 선호하는 것도 이런 상식 때문일 것이다.
- 그렇지만 경우에 따라서는 지수함수의 함숫값이 다항함수의 함숫값보다 오히려 작을 수도 있다. 이를 분석하기 위해 제시문에서  $f$ 라는 이름의 새로운 함수를 정의한다. 함수  $f$ 의 성격은  $\log$  함수를 처음 정의했을 때와 매우 유사하다. 즉  $\log$  함수에 관한 모든 정보를 역함수인 지수함수로부터 이끌어 내는 것처럼, 함수  $f$ 도 역함수에 대한 정보만이 주어진 상태이다.

- 새로운 함수  $f$ 의 성질을 분석하는데 필요한 논제를 통해 함수의 그래프와 극점 및 변곡점, 일차도함수와 이차도함수, 극한값, 그래프를 통한 부등식의 설명, 적분 특히 치환적분 등 일반계 고등학교 수학 교과과정의 다양한 도구들에 대한 이해를 요구하고 있다.

## □ 문항 설명

- 논제 1: 함수  $f$ 를 정의하기 위한 사전준비이다. 그래프를 이용해 주어진 방정식의 근의 개수를 조사하도록 요구하였다.
- 논제 2: 함수  $f$ 의 역함수의 존재를 파악하고, 역함수의 그래프를 이용해  $f$ 의 그래프를 그리게 하였다.
- 논제 3: 함수  $f$ 의 성질들을 조사하는 논제로 역시 역함수의 역할이 중요하다.
- 논제 4: 역함수를 이용한 치환 적분을 묻고 있는 논제로서 수학적 개념의 응용력을 측정하고자 하였다.

## 【문항 4】

## □ 출제 의도

- 지구의 기후와 환경은 다양한 시·공간적 요인들에 의해 변한다. 대륙이동이나 빙하의 생성·소멸은 서로 다른 시간 스케일로 과거 지구의 해수면 변화를 야기하였고, 이런 기록들은 앞으로의 해수면 변화를 예측하는 데 중요한 정보가 될 수 있다. 따라서 대륙이동이나 빙하의 변화를 어떻게 알아낼 수 있는지와 현재 지구에서 일어나는 현상을 통해 앞으로 해수면 변화가 어떠한지를 생각해 보는 문항을 출제하였다.

## □ 문항 설명

- 제시문 (가): K-Ar 연대측정법에 대한 정보를 제공하였다.
- 제시문 (나): 중력가속도 측정을 통해 지표면 아래에 숨겨진 질량분포 및 변화를 탐지할 수 있는 원리를 제시하였다.
- 제시문 (다): 빙하의 유빙과 기온상승에 의한 해수면 높이 상승을 설명하는 내용을 제시하였다.

- 제시문 (라): 수온과 염분변화에 의한 해수의 순환을 설명하는 내용을 제시하였다.
- 논제 1: 제시문 (가)에 소개된 방사능 연대측정법을 이용하여 해양의 생성 시기와 대륙의 이동을 파악하도록 하였다.
- 논제 2: 여러 시기에 걸쳐 측정한 중력가속도의 미세한 변화를 통해 빙하 아래에서 일어날 수 있는 다양한 가능성들을 생각해 보도록 하였다.
- 논제 3: 녹은 빙하가 해수면 상승에 직접적으로 미칠 수 있는 양을 추론하고, 지구의 해수 순환이 해수면 상승에 어떻게 작용할 수 있는지 설명하도록 하였다.