2020학년도 자연계열(오후) 채점기준

– 의학과 –

[문항 1]

[문제 1–1] (15점)

(1) **(5점)**

아주가 D를 지나지 않으므로 점 A와 연결된 선들만 고려하면 된다. 따라서 홀수 번째의 시행에서 뽑는 공과 짝수 번째 시행 때 뽑는 공의 색은 같아야 한다. 그리고 이러한 움직임에서 짝수 번째에만 A의 위치에 있을 수 있다. 따라서 $p_{2n-1}=0$이다. **(2점)**

한편, $2n$번의 시행 중, 홀수 번째 흰 공을 뽑는 경우가 모두 k번 있다고 하면 $p_{2n}=\sum_{k=0}^{n}{}_nC_k\left(\frac{4}{25}\right)^k\left(\frac{9}{25}\right)^{n-k}$이다. 따라서 이항정리에 의하여 $p_{2n}=\left(\frac{4}{25}+\frac{9}{25}\right)^n=\left(\frac{13}{25}\right)^n$이다. **(3점)**

(2) **(10점)**

$2n$회의 시행 후, D를 지나지 않았고 홀수 번째 흰 공을 뽑는 경우가 k번 있다고 하자. 그럼 그때 받는 보상이 정확히 $X=2^k$가 된다. 각 경우의 확률은 $\left(\frac{4}{25}\right)^k\left(\frac{9}{25}\right)^{n-k}$이며,

${}_nC_k$가지의 경우가 있으므로 이러한 경우의 확률은 $P(X=2^k)={}_nC_k\left(\frac{4}{25}\right)^k\left(\frac{9}{25}\right)^{n-k}$가 된다. **(2점)**

확률변수 X는 $0, 2^0, \cdots, 2^n$의 값이 가능하므로 기댓값 $E(X)=\sum_{k=0}^{n}2^k{}_nC_k\left(\frac{4}{25}\right)^k\left(\frac{9}{25}\right)^{n-k}$이다, **(2점)**

이항정리에 의하여 $E(X)=\sum_{k=0}^{n}2^k{}_nC_k\left(\frac{4}{25}\right)^k\left(\frac{9}{25}\right)^{n-k}=\left(\frac{8}{25}+\frac{9}{25}\right)^n=\left(\frac{17}{25}\right)^n$이다. **(2점)**

한편, 같은 방법으로 $E(X^2)=\sum_{k=0}^{n}2^{2k}{}_nC_k\left(\frac{4}{25}\right)^k\left(\frac{9}{25}\right)^{n-k}=\left(\frac{16}{25}+\frac{9}{25}\right)^n=1$이므로, **(2점)**

분산은 $E(X^2)-E(X)^2=1-\left(\frac{17}{25}\right)^{2n}$이다. **(2점)**

[문제 1–2] (25점)

(1) **(5점)**

흰 공이나 검은 공을 뽑는 횟수를 k회라 하면, 이때의 확률은 ${}_nC_k\left(\frac{5}{6}\right)^k\left(\frac{1}{6}\right)^{n-k}$이다. 따라서

$$p_n={}_nC_0\left(\frac{5}{6}\right)^0\left(\frac{1}{6}\right)^n+{}_nC_1\left(\frac{5}{6}\right)^1\left(\frac{1}{6}\right)^{n-1}+{}_nC_2\left(\frac{5}{6}\right)^2\left(\frac{1}{6}\right)^{n-2}+{}_nC_3\left(\frac{5}{6}\right)^3\left(\frac{1}{6}\right)^{n-3}+{}_nC_4\left(\frac{5}{6}\right)^4\left(\frac{1}{6}\right)^{n-4}$$

이다. 따라서 $6^n p_n$은 최고차항의 계수가 $\frac{5^4}{24}$인 n에 대한 사차다항식이 된다. **(3점)**

따라서 $\lim_{n\to\infty}\frac{6^n}{n^4}p_n = \frac{5^4}{4!} = \frac{625}{24}$이다. **(2점)**

* $6^n p_n$은 최고차항의 계수가 $\frac{5^4}{24}$인 n에 대한 사차다항식임은 p_n을 정확히 구하지 않고도 알 수 있다.

(2) (13점)

y의 값을 먼저 구해보자. 뽑힌 흰 공의 수에 대한 제약이 없다면, 수리가 정확히 5번 만에 A의 위치로 돌아오는 경우의 수는, 첫 번째 시행 후에 가능한 위치는 세 가지이고, 두 번째, 세 번째, 네 번째의 시행 후에 수리의 가능한 위치는 B, C, D 중에서 자기 자신이 아닌 위치인 두 가지이므로, 총 $3\times2\times2\times2=24$가지이다. 따라서 24에서 흰 공이 3번 이상 뽑히는 경우의 수를 빼주면 된다.

공을 뽑는 순서를 달리하더라도, 최종 위치는 변하지 않는다. 흰 공이 5번 뽑히는 경우는 두 번째에 A의 위치로 돌아와야 하고, 4번 뽑히는 경우는 5번째에 A의 위치에 있을 수 없으므로 5번째에 처음으로 A의 위치로 돌아오기 위해서는 흰 공은 3번 이하 뽑혀야 한다. 따라서 y는 24에서 흰 공이 정확히 3번 뽑히는 경우의 수를 뺀 수이다. 흰 공이 정확히 3번 뽑히는 경우에는 반드시 검은 공이 1번, 붉은 공이 1번 뽑혀야 한다. **(3점)**

(i) 처음에 흰 공을 뽑지 않는 경우

두 번째, 세 번째는 무조건 흰 공을 뽑아야 하고 네 번째 흰 공 선택하는지 여부에 따라 한가지로 결정된다. 따라서 경우의 수는 모두 4가지이다.

(ii) 처음에 흰 공이 뽑는 경우

두 번째에는 흰 공이 뽑히면 안 되고, 세 번째는 무조건 흰 공이 뽑혀야 한다. 또한 네 번째 흰 공 선택하는지 여부에 따라 한 가지로 결정이 되므로 총 4가지 경우가 있다.

따라서 전체 방법의 수는 $y=24-8=16$이다. **(3점)**

이제 x의 값을 구해보자. 뽑힌 흰 공의 수에 대한 제약이 없다면, 수리가 정확히 6번 만에 A의 위치로 돌아오는 경우의 수는 $3\times2\times2\times2\times2=48$ 가지다.

이제 흰 공이 세 번 이상 뽑히는 경우를 세어보자. 공을 뽑는 순서를 달리하더라도, 최종 위치는 변하지 않는다. 따라서 흰 공을 정확히 4번 뽑아야 하고, 다른 2개의 공은 색이 같아야 한다. **(3점)**

(i) 처음에 흰 공을 뽑는 경우

두 번째에는 흰 공이 뽑히면 안 되고, 세 번째, 네 번째에는 무조건 흰 공이 뽑혀야 한다. 다섯 번째 흰 공 선택하는지 여부에 따라 한가지로 결정된다. 따라서 경우의 수는 모두 4가지이다.

(ii) 처음에 흰 공이 아닌 공을 뽑는 경우

두 번째, 세 번째, 네 번째는 무조건 흰 공을 뽑아야 하고 다섯 번째 흰 공 선택하는지 여부에 따라 한가지로 결정된다. 따라서 경우의 수는 모두 4가지이다.

따라서 전체 방법의 수는 $x=48-8=40$이다. **(4점)**

(3) (7점)

5번의 시행 동안 흰 공을 뽑은 횟수를 w, 검은 공을 뽑은 횟수를 b, 붉은 공을 뽑은 횟수를 r이라 하자. 두 개의 공을 뽑는 순서가 바뀌더라도 수리가 위치하는 점은 바뀌지 않는다.

점 A의 좌표를 $(0,1)$, 점 B의 좌표를 $(0,0)$, 점 C의 좌표를 $(1,1)$, 점 D의 좌표를 $(1,0)$이라 하

면, 수리의 x좌표를 바꾸는 것은 흰 공과 붉은 공, y좌표를 바꾸는 것은 검은 공과 붉은 공을 고를 때 이므로 수리가 점 C의 위치하기 위해서는 x좌표가 홀수 번 바뀌어야 하고 y좌표가 짝수 번 바뀌어야 한다. 따라서 수리가 5번 만에 점 C의 위치에 있기 위해서는 w는 홀수, r, b는 모두 짝수이어야 한다.
가능한 (w, r, b)조합은 여섯가지 뿐이다. (w, r, b)=$(5, 0, 0)$, $(3, 2, 0)$, $(3, 0, 2)$, $(1, 4, 0)$, $(1, 2, 2)$, $(1, 0, 4)$. **(3점)**

i) $w=5$, $b=0$, $r=0$ 인 경우의 확률은 $\frac{2^5}{6^5}=\frac{32}{6^5}$이다.

ii) $w=3$, $b=2$, $r=0$ 인 경우의 확률은 $\frac{5!}{3!2!}\times\frac{2^3 3^2}{6^5}=\frac{720}{6^5}$이다.

iii) $w=3$, $b=0$, $r=2$ 인 경우의 확률은 $\frac{5!}{3!2!}\times\frac{2^3}{6^5}=\frac{80}{6^5}$이다.

iv) $w=1$, $b=4$, $r=0$ 인 경우의 확률은 $\frac{5!}{4!}\times\frac{2\times 3^4}{6^5}=\frac{810}{6^5}$이다.

v) $w=1$, $b=2$, $r=2$ 인 경우의 확률은 $\frac{5!}{2!2!}\times\frac{2\times 3^2}{6^5}=\frac{540}{6^5}$이다.

vi) $w=1$, $b=0$, $r=4$인 경우의 확률은 $\frac{5!}{4!}\times\frac{2}{6^5}=\frac{10}{6^5}$이다.

따라서, p는 위 여섯 개의 확률을 모두 더한 $\frac{2192}{6^5}=\frac{137}{486}$이다. **(4점)**

[문제 1-3] (10점)

흰 공을 뽑는 것을 W, 검은 공을 뽑는 것을 B, 붉은 공을 뽑는 것을 R이라 하자. 전체 3번의 시행 중 흰 공이 두 번 뽑히므로 나머지 하나의 공은 붉은 공 혹은 검은 공이다. **(1점)**
1) W를 두 개, R을 한 개 뽑는 경우:

- W, W, R 의 순으로 뽑을 확률은 $\frac{2}{6\times5\times4}=\frac{60}{6^2\times5^2\times4}$ 이다.
- W, R, W 의 순으로 뽑을 확률은 $\frac{2}{6\times5\times5}=\frac{48}{6^2\times5^2\times4}$ 이다.
- R, W, W 의 순으로 뽑을 확률은 $\frac{2}{6\times6\times5}=\frac{40}{6^2\times5^2\times4}$ 이다.

따라서 이 경우의 확률은 $\frac{148}{6^2\times5^2\times4}$이다. **(4점)**

2) W를 두 개, B를 한 개 뽑는 경우:

공이 뽑히는 순서에 상관없이 확률이 $\frac{6}{6\times5\times4}$로 같으므로 이 경우의 확률은 $3\times\frac{6}{6\times5\times4}=\frac{540}{6^2\times5^2\times4}$이다. **(3점)**

수리가 D의 위치에 있는 경우는 1)의 경우이므로 구하고자 하는 조건부 확률은 $\frac{148}{148+540}=\frac{148}{688}=\frac{37}{172}$이다. **(2점)**

[2-1] 제시문 [가]에서와 같이 항생제가 없는 환경에서 살아가던 박테리아 집단이 항생제가 작용하는 환경으로 이동할 경우 박테리아 집단 내에서 나타날 것으로 예측되는 변화를 다윈의 진화론적 관점에서 논하시오 (4점)

[정답] 다윈의 자연선택설에 의하면 집단 내에 개체사이에 생존 경쟁이 존재하고, 개체의 변이가 존재하며, 환경이 변화하면 변화된 환경에 적응하기 유리한 개체가 더 많은 자손을 남겨서 결국 집단내에 이러한 개체의 수가 증가한다. 따라서 항생제가 없던 환경에서 박테리아 집단 내에서 야생 박테리아와 경쟁하던 항생제 저항성 박테리아는 항생제가 존재하는 환경으로 이동하면 항생제 저항성을 나타내는 박테리아가 생존에 유리하게 되어, 다른 박테리아에 비하여 더 잘 증식하게 되고, 결과적으로 집단 내에 항생제 저항성을 가지는 박테리아의 수가 증가한다.

[채점기준]

-다윈의 자연선택설만 기술하였을 경우 1점부여

-집단 내 생존 경쟁이 존재하고, 변이가 존재하는 것을 기술하였을 경우 1점 추가 부여

-환경변화(항생제가 존재하는 환경)에 적응하기 유리한 변이를 가지는 박테리아가 더 잘 증식함을 기술하였을 경우 1점 추가 부여

-시간이 지나면서 결국 박테리아 집단내에서 항생제 저항성 박테리아의 수가 증가함을 기술하였을 경우 1점 추가 부여

[2-2] 제시문 [나]에 보고된 연구진의 실험 결과는 다윈의 진화론으로 설명이 어려운 부분이 있다. 제시문에서 같은 정도의 항생제 저항성을 보인 하나의 모집단에서 무작위로 분리된 박테리아 소그룹 간에 항생제 저항성의 차이를 보이고, 이 중 상당수의 소그룹이 모집단보다 현저히 낮은 항생제 저항성을 보이면서도 어떻게 항생제가 존재하는 환경에서 생존할 수 있는지를 제시문을 근거로 추론하여 기술하시오 (5점)

[정답] 다윈의 자연선택설에 의하면 항생제가 존재하는 환경으로 변화하면 박테리아 집단 내에서 항생제 저항성을 가지는 박테리아의 수가 시간이 지남에 따라 증가하여야 한다. 하지만 이 연구 결과에 의하면 항생제 저항성 박테리아의 비율은 증가 하지 않았다. 따라서, 자연선택에 의한 진화의 과정으로 설명 되지 않는다.

항생제가 존재하는 환경에서 항생제의 저항성을 가지는 박테리아는 인돌을 형성하여 약물배출펌프를 증가시킴으로써 생존하거나, DNA gyrase의 돌연변이로 생존할 수 있다. 만약 박테리아 집단 내에서 항생제 저항성이 현저히 낮은 박테리아도 같이 생존하였다면, 이는 항생제 저항성이 높은 박테리아의 도움을 받아 생존한 것으로 추론되어진다. 저항성이 높은 박테리아가 저항성이 낮은 박테리아의 생존을 도와줄 수 있는 방법은 제시문에 국한되어 생각하면 항생제 저항성이 낮은 박테리아의 DNA gyrase에 돌연변이를 유도하거나 돌연변이 DNA gyrase를 전달받기 보다는 항생제 저항성이 높은 박테리아에서 생성되는 인돌을 저항성이 낮은 박테리아가 받아 약물배출 펌프 단백질의 발현을 높여 생존하였을 것이라고 추론 할 수 있다.

[채점기준]

- 저항성이 높은 박테리아가 저항성이 낮은 박테리아의 생존을 도왔다고 기술하였을 경우 1점 부여
- 인돌을 받아 생존하였다고만 기술하였을 경우는 2점 추가 부여
- 항생제 저항성이 높은 박테리아에서 생성되는 인돌을 받아 저항성이 낮은 박테리아가 약물배출 펌프 단백질의 발현을 높여 생존하였을 것이라고 추론하였다면 2점 추가 부여

[2-3] 항생제 저항성을 가지는 소그룹들은 다시 크게 4그룹으로 나뉜다고 가정할 때 (Group 1: 인돌을 발현하지 않으며 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 그룹, Group 2: 인돌을 발현하나 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 그룹, Group 3: 인돌은 발현하지 않으나 norfloxacin의 타깃인 DNA gyrase에 돌연변이를 가지고 있는 그룹, Group 4: 인돌을 발현하며 DNA gyrase에 돌연변이를 가지고 있는 그룹), 이 4 가지 그룹을 다음과 같이 섞어서 배양하면서 norfloxacin을 투여하였을 경우 각각의 실험에서 시간에 따라 대장균이 증식할지 또는 사멸할지에 대해 기술하며, 그렇게 추론한 근거를 설명하시오 (6점) (%는 박테리아 개체 수를 의미함)

(1) Group 1 (95%) + Group 2 (5%)
(2) Group 1 (95%) + Group 3 (5%)
(3) Group 1 (95%) + Group 4 (5%)
(4) Group 2 (95%) + Group 3 (5%)

[정답]

(1) 인돌을 발현하지 않으며 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 group과 인돌을 발현하나 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 group을 섞어서 배양하면 처음에는 항생제의 영향으로 인돌을 생성하지 않는 박테리아의 수가 일부 감소하지만 인돌의 형성하는 박테리아에 의하여 인돌이 생성됨에 따라 인돌을 발현하지 않는 박테리아 group도 생존이 가능해진다.

(2) 인돌을 발현하지 않으며 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 group과 인돌은 발현하지 않으나 norfloxacin의 타깃인 DNA gyrase에 돌연변이를 가지고 있는 group을 섞어서 배양하면 인돌을 생성하지 않는 박테리아 group은 죽어 사라지고 DNA gyrase 돌연변이를 가지고 있는 group만 생존한다.

(3) 인돌을 발현하지 않으며 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 group과 인돌을 발현하며 DNA gyrase에 돌연변이를 가지고 있는 group을 섞어서 배양하면 처음에는 항생제의 영향으로 인돌을 생성하지 않는 박테리아 group의 수가 일부 감소하지만 인돌의 형성하는 박테리아 group에 의하여 인돌이 생성됨에 따라 인돌을 발현하지 않는 박테리아 group도 생존이 가능해진다.

(4) 인돌을 발현하나 유전자에 어떠한 돌연변이도 없는 group과 인돌은 발현하지 않으나 norfloxacin의 타깃인 DNA gyrase에 돌연변이를 가지고 있는 group을 섞어서 배양하면 이 두 group은 모두 항생제 저항성을 보이기 때문에 지속적으로 증식한다.

[채점기준]

- 각 항목 당 정답 시 1.5점 부여
- 증식할지 사멸할지에 대해서만 기술하였으면 각 항목당 0.5점 부여
- 추론 근거를 기술하였을 경우 각 항목당 1점 추가 부여

[2-4] 위 [2-3]번 문제의 각 실험에서 만약 트립토판네이즈 저해제(tryptophanase inhibitor)를 norfloxacin 항생제과 함께 박테리아 배양에 처리한다면 어떠한 결과가 도출될 것인지에 대해 추론하여 설명하시오 (4점)

[정답] 트립토판네이즈 저해제(tryptophanase inhibitor)를 투여할 경우 tryptophanase의 작용이 억제되어 인돌이 형성되지 않으므로 생존에 인돌이 절대적으로 필요했던 (1) 조합의 경우 박테리아가 모두 죽어 사라지며 (2), (3), (4) 조합의 경우 DNA gyrase 돌연변이를 가지고 있는 group만 생존한다.

[채점기준]
- 각 항목 당 정답 시 1점 부여
- 증식할지 사멸할지에 대해서만 기술하였으면 각 항목당 0.5점 부여
- 추론 근거를 기술하였을 경우 각 항목당 0.5점 추가 부여

[2-5] 박테리아를 배양하는 배지는 모든 영양성분(당, 지질, 아미노산)을 포함하고 있다. 위 [2-3]번 문제 실험에서

(1) 만약 Group 2와 Group 4 박테리아를 각각 트립토판(tryptophan)을 제거한 배지에서 배양하면서 항생제를 처리하면 배양 시간에 따라 결과가 어떻게 나올지 기술하고 그렇게 추론한 근거를 기술하시오 (4점)

[정답] Group 2인 경우 트립토판을 배지에서 제거하면 세포내에 남아 있던 트립토판을 모두 사용한 후 부터는 인돌을 생성할 수 없다. 따라서 배양 초기에는 박테리아가 사멸되지 않고 있다가 시간이 지남에 따라 박테리아가 사멸할 것이다.
Group 4인 경우 인돌이 없어도 DNA gyrase의 돌연변이를 가지고 있어 항생제에 저항성을 나타낼 수 있으므로 트립토판이 없는 배지에서도 박테리아는 사멸하지 않고 생존할 것이다.

[채점기준]
- Group 2에 관한 정답 2점과 group 4에 관한 정답에 각각 2점으로 구성
- 증식할지 사멸할지에 대해서만 기술하였으면 각 항목당 0.5점 부여
- 시간에 따른 변화를 기술하였으면 각 항목당 0.5점 추가 부여
- 추론 근거를 기술하였을 경우 각 항목당 1점 추가 부여

(2) 만약 Group 2 박테리아를 메치오닌(methionine)을 제거한 배지에서 배양하면서 항생제를 처리하면 배양 시간에 따라 결과가 어떻게 나올지 기술하고 그렇게 추론한 근거를 기술하시오 (3점)

[정답] Group 2 박테리아의 배지에 메치오닌을 제거하면 새로운 단백질이 합성되지 않는다(모든 단백질은 메치오닌으로부터 시작됨). 따라서 세포내에 남아 있던 메치오닌을 모두 사용한 뒤부터는 트립토판네이즈를 생성할 수 없어 인돌을 생성할 수 없다. 따라서 배양 초기에는 박테리아가 사멸되지 않고 있다가 배양 시간이 지남에 따라 박테리아가 사멸할 것이다.

[채점기준]
- 증식할지 사멸할지에 대해서만 기술하였으면 0.5점 부여
- 시간에 따른 변화를 기술하였으면 1점 추가 부여
- 추론 근거를 기술하였을 경우 1.5점 추가 부여

[2-6] 대장균에서 트립토판네이즈(tryptophanse) 발현 관련 유전자는 젖당 분해효소 유전자와 같은 유전자 구조를 가지며, 같은 조절 유전자를 갖는다고 가정해 봅시다. 만약 어떤 대장균에서 저 농도의 norfloxacin 항생제가 tryptophanse 유전자 발현을 높였다고 한다면 어떤 기전으로 발현을 높였을 지를 추론하고, 또한 항생제 처리가 아닌 다른 방법으로 대장균에서 tryptophanase 유전자 발현을 높일 수 있는 방법을 추론해 보시오 (5점)

[정답] 대장균에서 트립토판네이즈(tryptophanse) 발현 관련 유전자가 젖당분해효소 유전자 구조와

같은 구조를 가지고 있으며, 같은 조절 유전자를 갖는다고 가정하였으므로, 저농도의 항생제가 조절 유전자에 의해 합성된 억제단백질과 결합하여 억제단백질의 구조를 변화시켜 억제하거나, RNA 중합효소를 활성화시켜 트립토파네이즈의 발현을 높일 수 있다. 또한 항생제 처리가 아닌 다른 방법으로는 젖당 유전자 구조와 같은 조절 유전자를 갖고 있음으로 배지내에 젖당을 첨가하면 젓당이 억제단백질에 결합하여 억제 단백질의 구조를 변화시켜 억제단백질을 억제함으로써 트립토파네이즈의 발현을 높일 수 있다.

[채점기준]

- 조절유전자에서 번역된 억제단백질을 항생제가 조절하여 트립토판네이즈(tryptophanse) 발현을 높일 수 있다고 기술하였을 경우 2점 부여
- RNA 중합효소를 활성화시켜 트립토판네이즈(tryptophanse) 발현을 높일 수 있다고 기술하였을 경우 1 점 부여
- 젖당을 배지에 추가하여 트립토파네이즈의 발현을 높일 수 있다고 기술하였을 경우 추가 2점 부여

[2-7] 대장균은 영양분이 충분할 경우 빠르게 증식하는 것으로 알려져 있으며 (1회 증식 20~30분), 증식 과정에서 DNA 복제는 필수적으로 일어나야 한다. 박테리아에서 일어나는 DNA 복제와 중합효소 연쇄반응(Polymerase Chain Reaction) 기계를 이용한 DNA 복제에서 각각의 과정 및 필요한 성분의 차이점을 비교 분석하여 설명하시오 (6점)

[정답]

DNA 풀림(denaturation) 과정

박테리아: 헬리케이즈(Helicase)에 의해 2중 나선의 DNA가 한가닥으로 떨어짐.

중합효소 연쇄반응: 90~95^{O}C 열에 의해서 2중 나선의 DNA 수소결합이 떨어짐.

프라이머 (Primer) 결합 과정

박테리아: 프라이메이즈에 의해 복제가 일어날 부분에 RNA 프라이머(primer)가 합성.

중합효소 연쇄반응: 약 50~65^{O}C에서 외부에서 합성된 DNA primer를 사용하여 복제가 원하는 부분에 결합함.

DNA 합성 과정

박테리아: 선도가닥을 만들때는 박테리아 DNA 중합효소가 유전자 합성하며, 지연가닥을 합성할때는 오카자키 단편이 만들어지며 오카자키 단편은 DNA 연결효소에 의해 결합됨

중합효소 연쇄반응: 고온에 사는 호열성 세균의 중합효소를 이용하여 복제가 이루어지며, 지연가닥에서는 오카지키 단편이 만들어지지 않는다.

[채점기준]

- 각각의 과정별로 정답 시 2점 부여
- 박테리아에 대한 정답만 기술하였을 경우 각각의 과정별로 1점 부여
- PCR에 대한 정답만 기술하였을 경우 각각의 과정별로 1점 부여

[2-8] 질병의 치료나 연구에 사용하기 위하여 다량의 단백질 합성이 필요하며, 유전자 조작을 통해 플라스미드를 이용하여 박테리아에서 인간 유전자 유래 단백질을 만들기도 한다(예: 인슐린). 그러나 이렇게 합성된 단백질은 인간세포에서 만들어진 단백질과 같은 기능을 보이는 경우도

있으나, 몇몇의 경우에는 박테리아에서 제작된 단백질의 활성도가 감소되는 경우도 관찰된다. 인간세포에서 만들어진 단백질과 대장균에서 만들어진 단백질의 아미노산 서열이 100% 일치하는데도 왜 활성도가 달라질 수 있는지에 대하여 추론하여 자세히 설명하시오 (7점)

[정답] 박테리아와 진핵세포의 세포소기관의 차이는 진핵세포에는 막성기관이 존재한다. 진핵세포는 DNA로부터 전사, 번역된 단백질은 소포체, 골지체를 거치면서 단백질 가공 및 운반이 된다. 따라서 진핵생물에서는 단백질 번역 후 조절이라는 단계를 거쳐 완성된 단백질의 활성화가 결정되어진다. 그러나 박테리아에서는 위와 같은 막성 세포소기관이 존재하지 않고, 단백질 번역 후 조절이라는 단계가 없어서 활성화가 이루어지지 않을 수도 있다.

[채점기준]

- 박테리아와 진핵세포의 막성 기관에 따른 단백질 가공 차이를 기술하였을 경우 2점 부여
- 단백질 번역 후 조절이라는 단계를 기술하면 추가 2점 부여
- 단백질 번역 후 조절 단계가 단백질 활성화에 중요하다는 내용을 기술하였을 경우 추가 3점 부여

[2-9] 박테리아 내에서 tryptophanase를 발현하는 유전자는 진핵세포에는 없는 것으로 알려져 있다. 만약 박테리아 tryptophanase 유전자를 유전자 조작 방법을 이용하여 인간 유래 세포에 넣어 tryptophanase 단백질을 발현시킨다고 가정하면, 인간세포도 인돌을 발현할 수 있을지 기술하고, 그렇게 추론한 근거를 서술하시오 (6점)

[정답] 박테리아 tryptophanase는 진핵세포에 없으나 이를 유전자 조작으로 인간세포에 넣었을 경우 tryptophanase 단백질은 진핵세포에서 발현이 된다. 이때 단백질 효소는 특정한 입체구조를 가지는 기질과 결합해야 효소의 활성도를 나타낼 수 있는데(기질 특이성), tryptophanase는 기질을 박테리아 특이 단백질이 아닌 아미노산인 트립토판을 사용한다. 박테리아와 인간의 트립토판은 구조가 같기 때문에 인간 세포내에 있는 트립토판을 이용하여 인돌을 생성할 수 있을 것으로 추론되어진다.

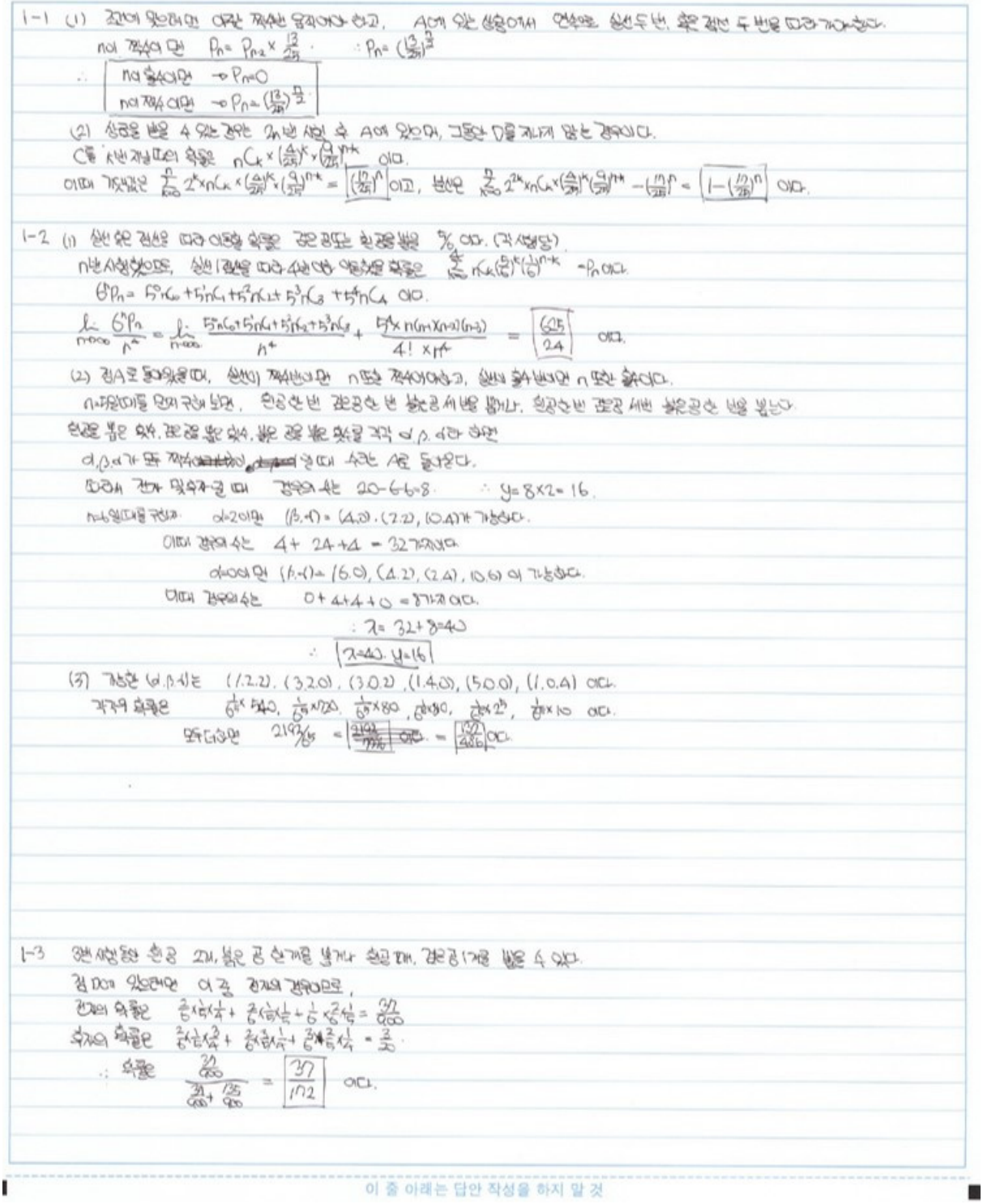
[채점기준]

- 인돌을 생성할 수 있다고만 기술하였을 경우 1점 부여
- 단백질 효소가 활성도를 나타내기 위해서는 특정한 입체구조를 가지는 기질과 결합해야 한다는 것을 기술하였다면 2점 추가 부여
- 박테리아와 인간의 트립토판이 구조가 같아 트립토판을 분해하여 인돌을 생성한다고 기술하면 추가 3점 부여

2020학년도 자연계열(오후) 합격자 우수답안

– 의학과 –

1번 문항 (반드시 해당문항과 일치하여야 함)



이 줄 이래는 답안 작성을 하지 말 것

이 줄 위에는 답안 작성을 하지 말 것

2번 문항 (반드시 해당문항과 일치하여야 함)

2-1. 항생제에 노출된 환경에서는 살아갈 수 있는 항생제를 가진 박테리아가 그렇지 않은 박테리아보다 생존할 확률이 높고, 결과적으로 박테리아 집단에서 보다 자손을 많이 남겨, 자연선택의 원리나 진화의 법칙에 따라 늘어날 것이다.

2-2. 유전적으로 분리된 소집단들에서 각각 다른유전자 돌연변이가 일어난다. 이 돌연변이는 항생제 침투를 막을 수 있고, 항생제 분해를 하는 효소를 만들 수 있다. 따라서 항생제 저항성은 선택마다 다르다.
항생제 효소의 항생제 공격하는 원리에 관여하는 Ala-Ala-Lys의 펩타이드에 작용하여 작용을 막아버리는 방식이다.

2-3. 모든 실험에서 대장균은 증식할 것이다.
실험 (1), (3), (4) 에서는 인돌을 분해하는 Group 2, 4가, 실험 (2)에서는 DNA Gyrase에 돌연변이가 있는 Group 3이 증식할 것이다.

2-4. 트립토판 니어근 저항성을 처리한 뒤 인돌 배양의 억제여부로,
(1) 번 실험에서는 Group 1, 2 모두 사멸할 것이다. 하지만 DNA gyrase는 영향받지 않으므로, 이미 돌연변이가 일어난 Group 3, 4는 증식한다. 따라서, 실험 (2), (3), (4) 에서는 박테리아가 증식한다.

2-5. (1) 트립토판이 없는 Group 2, 4 에서 트립토판 니어근의 기질이 없기 때문에 생성물인 인돌 또한 없다.
따라서, 2-4 번 문제와 같은 결과가 나온다고 추론할 수 있다.
(2) 대장균의 mRNA의 개시코돈 AUG 의 하단 염기서열의 3' 말단의 끝은 아데닌으로서, 아데닌이 없다면 리보솜이 단백질의 번역이 불가능하다. 따라서, Group 2, 복제된다는 사실이다.

2-6 복제단계에서, 정당 분해효소는 SOS Z 오퍼론을 구성하여야 발현된다.
이 구절의 입각하여, Autoinducer 합성계는 ① 플라스미드 접합전달 발현을 억제한다. ② 억제단백질과결합을 변형시키거나,
③ 프로모터와 RNA Polymerase 간의 결합을 강화할 수 있다.
트립토판 니어근 오페론과 SOS Z 오퍼론이 같은 전달 유전자를 가지므로, 항생제가 아닌 단순히 것들을 복제단계에 작용하여 트립토판 니어근 발현을 높일 수 있다.

2-7 복제단계의 DNA (복제 원점)에 작용하는 효소는 DNA의 이중나선을 자르고, 헬리케이스가 DNA의 이중나선을 자르고, 자른 가닥에 여러 개의 RNA 프라이머가 붙어 이 프라이머의 3'-OH 말단으로부터 DNA Polymerase 가 합성을 시작한다. 이후 RNA 프라이머는 그에 대응하는 DNA 가닥으로 교체되고, DNA ligase에 의해 두 프라이머의 5' 말단이 연결되어 복제가 끝난다.
반면, PCR 에서는 DNA 프라이머가 각 가닥에서 한 번씩 합성된다. 94°C 정도의 고온에서 이중 나선을 풀고 변성시킨 후 낮은 온도의 처음에서 프라이머를 결합시킨다. 이후, 70°C 정도의 온도에서 Taq의 DNA 중합 효소를 이용하여 합성한다. 이 과정을 여러번 반복한다.

2-8. 아미노산 서열이 같으면, 그 폴리펩타이드도 같다. 하지만, 단백질은 입체 구조이기 때문에, 폴리펩타이드가 접혀야 한다. 이때, 물질의 다르면 단백질의 구조 또한 달라지기 때문에, 대장균과 인간세포에서 만들어진 단백질은 그 기능이 다를 수 있다.

2-9. Tryptophanase가 정상적으로 발현되었다고 가정하면, 인돌도 발현될 수 있다. 인간세포에서 트립토판은 필수 아미노산이기 때문이다.
하지만, 원핵세포와 진핵세포의 발현 기작은 다르며, Tryptophanase 유전자에 대한 정보가 없기 때문에, Tryptophanase가 발현되는 한 물론, 인돌도 발현되지 않음.

이 줄 아래는 답안 작성을 하지 말 것

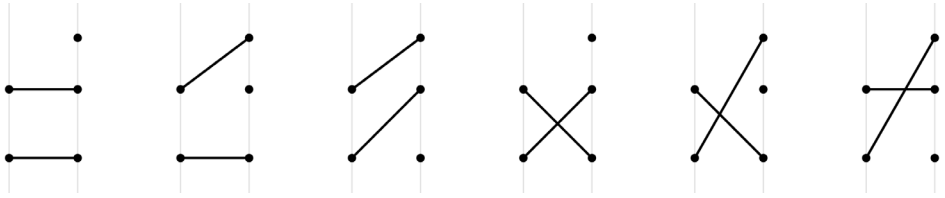
2019학년도 자연계열(오후) 논술고사

– 의학과 –

[문항 1] (50점) 다음 제시문을 읽고 논제에 답하라.

(가) 두 개의 자연수 m, $n\,(2 \le m \le n)$과 수열 $\{c_k\}$가 주어져 있다. 좌표평면에서 y축 위의 m개의 점 $\mathrm{A}_i(0,c_i)\,(i=1,2,\ \cdots\ ,m)$으로 이루어진 집합 $\mathbb{A}=\{\mathrm{A}_1,\mathrm{A}_2,\ \cdots\ ,\mathrm{A}_m\}$과 직선 $x=1$ 위의 n개의 점 $\mathrm{B}_j(1,c_j)\,(j=1,2,\ \cdots\ ,n)$으로 이루어진 집합 $\mathbb{B}=\{\mathrm{B}_1,\mathrm{B}_2,\ \cdots\ ,\mathrm{B}_n\}$을 생각하자. 집합 $\mathbb{A}$의 각 원소를 $\mathbb{B}$의 서로 다른 원소와 짝지어 선분으로 연결한 것을 '짝짓기'라 부르자. 두 자연수 $m \le n$에 대하여 가능한 짝짓기의 총 개수는 [(a)]이다.

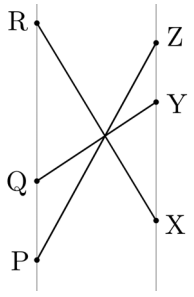
예를 들어 $m=2$, $n=3$일 때 가능한 짝짓기의 경우는 다음 6가지가 있다.



[그림 1-1]

각각의 짝짓기에는 정확히 m개의 선분이 있고, 두 개 이상의 선분이 만나 교점이 생길 수 있다. 짝짓기가 가질 수 있는 교점 개수의 최솟값은 0이다. 모든 짝짓기 중에서 교점이 없는 짝짓기의 개수는 [(b)]이다.

(나) 짝짓기에서 [그림 1-2]와 같이 세 개 이상의 선분이 한 개의 교점에서 만날 수도 있다. y축 위의 세 점 P, Q, R와 직선 $x=1$ 위의 세 점 X, Y, Z가 있을 때, 세 선분 $\overline{\mathrm{PZ}}$, $\overline{\mathrm{QY}}$, $\overline{\mathrm{RX}}$가 한 점에서 만나기 위한 필요충분조건은 $\overline{\mathrm{PQ}}:\overline{\mathrm{YZ}}=\overline{\mathrm{QR}}:\overline{\mathrm{XY}}$가 성립하는 것이다.



[그림 1-2]

[문제 1-1] (16점) 제시문 (가), (나)를 참조하여 다음 문제에 답하라.

(1) 제시문 (가)의 (a), (b)에 들어갈 식을 각각 m과 n으로 나타내라.

(2) 공비가 r (단, $r \geq 2$)이고 첫째항이 1인 등비수열 $\{c_k\}$에 대해서

$$\mathbb{A} = \{\mathrm{A}_i(0, c_i) \mid i = 1, 2, \ \cdots\ , m\},\ \mathbb{B} = \{\mathrm{B}_j(1, c_j) \mid j = 1, 2, \ \cdots\ , n\} \quad (m \leq n)$$

이라 하자. 어떤 짝짓기에서도 세 선분이 한 점에서 만나지 않음을 보여라.

[문제 1-2] (18점) 제시문 (가)에서 $m = 5$, $n = 8$이고, 공차가 양수인 등차수열 $\{c_k\}$에 대해서

$$\mathbb{A} = \{\mathrm{A}_1(0, c_1), \mathrm{A}_2(0, c_2), \ \cdots\ , \mathrm{A}_5(0, c_5)\},\ \mathbb{B} = \{\mathrm{B}_1(1, c_1), \mathrm{B}_2(1, c_2), \ \cdots\ , \mathrm{B}_8(1, c_8)\}$$

이라 하자. 제시문 (나)를 참조하여 다음 문제에 답하라.

(1) 교점의 개수가 정확히 한 개이고 어느 세 선분도 한 점에서 만나지 않는 짝짓기의 개수를 구하라.

(2) 교점의 개수가 정확히 한 개이고, 그 점에서 세 개 이상의 선분이 만나는 짝짓기의 개수를 구하라.

[문제 1-3] (16점) 제시문 (가)에서 $m = n = 10$이고, 공차가 양수 d인 등차수열 $\{c_k\}$에 대해서

$$\mathbb{A} = \{\mathrm{A}_1(0, c_1), \mathrm{A}_2(0, c_2), \ \cdots\ , \mathrm{A}_{10}(0, c_{10})\},\ \mathbb{B} = \{\mathrm{B}_1(1, c_1), \mathrm{B}_2(1, c_2), \ \cdots\ , \mathrm{B}_{10}(1, c_{10})\}$$

이라 하자. 이 때 가능한 모든 짝짓기에서 나오는 선분의 총 개수는 $10! \times 10$이다.

(1) $10! \times 10$개의 모든 선분 중에서 길이가 1인 선분의 개수를 구하라.

(2) $10! \times 10$개의 모든 선분의 길이의 합을 L이라 할 때 $\dfrac{1}{9!} \times \lim\limits_{d \to \infty} \dfrac{L}{d}$의 값을 구하라.

[문항 2] (50점) 다음 제시문을 읽고 논제에 답하라.

(가) 인류는 현재 식량 부족, 에너지 고갈, 기후 변화와 환경오염 등 인류의 생존을 위협하는 여러 가지 문제들에 직면하고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 여러 가지 아이디어들을 이용한 다양한 시도들이 이루어지고 있다. 그 중 생명 공학적 기술을 이용하여 광합성이 가능한 동물을 만들어 생산하는 것도 한 가지 방법으로 여겨지고 있다. 현재까지 생명 공학적 기술을 이용하여 광합성을 할 수 있는 동물의 개발에 성공한 사례는 없으나, 지구상에는 매우 드물지만 광합성을 하는 동물이 존재한다. 엘리시아 (Elysia)라고 불리는 푸른 민달팽이는 얕은 바다 속에 사는 달팽이 일종으로 해조류에 붙어 있는 모습을 보면 작은 잎이 기어 다니는 것 같이 보여서 '기어 다니는 잎'이라는 별명을 가지고 있다. 푸른 민달팽이는 태어났을 때는 몸 색깔이 투명하지만 바우체리아 (Vaucheria litorea)라고 하는 녹조류에 속하는 식물을 섭취하고 성장하면서 몸이 초록색을 띠게 된다. 푸른 민달팽이가 초록색을 띠는 이유는 섭취한 바우체리아 엽록체 (Chloroplast)를 소화시키지 않고, 몸의 대부분을 차지하는 소화관의 세포내로 흡수하며, 푸른 민달팽이의 소화관 세포에 들어온 바우체리아 엽록체는 수개월 동안 죽지 않고 공생하기 때문인 것으로 알려져 있다. 푸른 민달팽이는 햇빛, CO_2, H_2O만 있어도 상당기간 생존 할 수 있는데, 이는 푸른 민달팽이가 세포내로 들어온 엽록체를 이용하여 광합성을 하기 때문이라고 여겨진다. 연구자들은 달팽이의 소화관 세포에서 공생하는 엽록체가 실제로 광합성을 할 수 있는지 알아보기 위하여 $^{14}CO_2$와 빛을 이용하여 실험을 진행하였다. 연구자들은 수 일간 굶긴 달팽이들을 영양분이 없이 $^{14}CO_2$가 공급되는 인공해수에서 빛의 양을 다르게 하여 생육하였다. 달팽이들을 빛의 조건이 다른 곳에서 각각 일정기간 생육한 후 달팽이 몸에 고정된 ^{14}C의 양을 측정한 결과, 빛이 없이 어두운 곳에서 생육된 달팽이 몸에서는 ^{14}C의 양이 미미하게 측정되었으나 빛이 충분히 공급된 곳에서 생육된 달팽이의 몸에서 ^{14}C의 양이 현저히 높게 측정 되었다. 또한, 달팽이에서 측정되는 ^{14}C의 양은 빛의 노출 시간이 길수록 증가하였으며 광합성을 억제하는 약물을 투여하였을 때 ^{14}C 축적이 감소하는 것을 관찰하였다. 연구자들은 이러한 결과를 바탕으로 달팽이 몸속에 공생하는 엽록체가 광합성을 한다고 추론하였다.

(나) 엽록체 (Chloroplast)와 미토콘드리아 (Mitochondria)는 그 자체가 세포 내에서 증식할 수 있으며, 광합성 또는 산소호흡을 하여 숙주와 공생관계를 형성한다. 그러나 이에 필요한 모든 유전자를 엽록체나 미토콘드리아 내에 가지고 있지는 않다. 숙주와 공생관계를 시작하기 전에 단독생활을 하던 원시 광합성 세균에는 광합성에 필요한 유전자가 모두 엽록체 안에 포함되어 있었을 것이라고 추측된다. 하지만 진화 과정에서 엽록체의 많은 유전자는 공생관계에 있는 세포의 핵 (Nucleus)에 *유전자를 전달 (Transfer) 하였고, 그 결과 숙주 염색체 내에는 광합성에 필요한 유전자를 가지고 있다는 이론이 받아들여지고 있다. 예를 들어 세포에서 광합성을 수행하기 위해서는 약 1,500~3,000 종류의 단백질이 필요하다고 알려져 있으나, 대부분의 엽록체는 60~200 종류의 단백질만을 만들 수 있는 유전자만 가지고 있다. 이 이론이 맞는다고 가정하면 푸른 민달팽이에 공생하여 광합성을 하는 엽록체는 달팽이 세포 핵 (Nucleus)에서 전사 (Transcription)된 광합성 관련 단백질들을 이용하여 광합성을 한 것으로 추론이 된다. 즉 녹조류의 광합성 관련 유전자 일부가 이미 푸른 민달팽이 염색체에 전달되어 존재한다고 추론할 수 있다.

* 유전자 전달 : 서로 다른 종류의 세포에서 한 세포의 특정 유전자가 다른 세포로 전달되어 그 세포의 유전자에 삽입되는 현상.

제시문 (가), (나)를 참조하여 다음 문제에 답하라.

[문제 2-1] 푸른 민달팽이의 세포가 출생 시 엽록체를 가지고 있지 않고, 성장하면서 섭취한 녹조류의 엽록체가 세포내로 들어와 공생한다는 증거를 성체 푸른 민달팽이를 가지고 관찰할 수 있는 방법을 추론해 보시오 (6점).

[문제 2-2] 인간 유래 세포에 식물에서 분리한 엽록체를 세포질 내로 인위적으로 주입하였다고 가정할 때, 이 엽록체는 광합성을 할 수 있을 것인지 기술하고, 그렇게 추론한 이유를 서술하시오 (엽록체에 대한 세포내 거부반응은 없다고 가정함) (6점).

[문제 2-3] 만약 엽록체가 푸른 민달팽이 세포와 공생하며 광합성을 하여 충분한 포도당을 생산할 수 있다고 가정하였을 경우, 이 푸른 민달팽이에 충분한 양의 H_2O, CO_2, O_2, 햇빛만을 제공한다면 푸른 민달팽이는 세포 증식이 일어나 성장할 수 있을지를 기술하고, 그렇게 추론한 이유를 서술하시오 (10점).

[문제 2-4] 푸른 민달팽이에 동위원소로 합성한 충분한 양의 $^{14}CO_2$와 햇빛을 공급하였을 경우, 동위원소로 표지된 탄소원자는 세포 내 거대분자 (Macromolecule) 어디에서 관찰될 것인지 분자 구조를 배경으로 서술하시오 (6점).

[문제 2-5] 엽록체를 가지고 있지 않은 푸른 민달팽이와, 엽록체를 가지고 있는 푸른 민달팽이를 몇 주간 H_2O와 O_2만 공급되는 빛이 없는 어두운 환경에서 생육 시켰을 경우, 엽록체가 없는 푸른 민달팽이는 모두 죽었으나 엽록체를 가지고 있었던 푸른 민달팽이는 생존하였다. 만약 생존한 푸른 민달팽이의 세포에 엽록체가 남아 있지 않았다면, 엽록체를 가지고 있었던 푸른 민달팽이가 생존한 이유와 이 엽록체가 없어진 이유를 추론하여 서술하시오 (10점).

[문제 2-6] 엽록체를 사용할 수 있는 세포를 바이오 에너지 생산에 적용 하고자 한다. 엽록체와 공생하며 광합성 할 수 있는 효모(Yeast)를 인위적으로 개발하였다고 가정하였을 경우, 이 효모를 이용하여 에너지로 이용할 수 있는 알코올 생산 시스템을 만들려고 한다. 엽록체를 가지고 있는 효모를 이용하여 알코올을 생산할 수 있는 방법을 추론하여 기술하시오 (12점).

2019학년도 자연계열(오후) 모범답안

– 의학과 –

[문제 1–1]

(1) ⓐ $\mathbb{B}$에서 m개의 점을 선택하여 각각 $\mathbb{A}$와 짝짓는 경우의 수이므로 일렬로 나열하는 경우의 수와 같다. 따라서 전체 경우의 수는 ${}_n\mathrm{P}_m = \dfrac{n!}{(n-m)!} = n(n-1)\cdots(n-m+1)$

ⓑ $\mathbb{B}$에서 m개의 점을 선택하여 짝짓기를 했을 때 교점이 생기지 않는 경우는 한 가지 경우 뿐이다. 따라서 전체 경우의 수는 ${}_n\mathrm{C}_m = \dfrac{n!}{(n-m)!m!}$이다.

(2) 임의의 세 선분을 선택할 때 한 점에서 만나지 않음을 보이면 충분하다. $\mathbb{A}$에서 A_i, A_j, A_k $(i<j<k)$를 고르고 $\mathbb{B}$에서 B_s, B_t, B_u $(s<t<u)$를 골라서 [그림 1-2]와 같이 연결되었다고 가정하자. 문제의 조건으로부터 $c_k = r^{k-1}$이므로,

$\overline{\mathrm{A}_i\mathrm{A}_j} = r^{j-1} - r^{i-1}$, $\overline{\mathrm{A}_j\mathrm{A}_k} = r^{k-1} - r^{j-1}$

$\overline{\mathrm{B}_s\mathrm{B}_t} = r^{t-1} - r^{s-1}$, $\overline{\mathrm{B}_t\mathrm{B}_u} = r^{u-1} - r^{t-1}$

이다. 따라서 $\overline{\mathrm{B}_t\mathrm{B}_u} : \overline{\mathrm{A}_i\mathrm{A}_j} = \overline{\mathrm{B}_s\mathrm{B}_t} : \overline{\mathrm{A}_j\mathrm{A}_k}$가 성립하기 위해서는

$$r^{j-1}(1-r^{i-j})r^{t-1}(1-r^{s-t}) = r^{j-1}(r^{k-j}-1)r^{t-1}(r^{u-t}-1)$$

이므로, $(1-r^{i-j})(1-r^{s-t}) = (r^{k-j}-1)(r^{u-t}-1)$이어야 한다. 하지만 좌변은 1보다 작고, 우변은 1보다 크므로 두 식은 같지 않다.

[문제 1–2]

(1) 어느 세 선분도 한 점에서 만나지 않으므로 문제의 조건을 만족하는 짝짓기의 개수는 $\mathbb{B}$에서 5개를 선택하여 이웃한 두 점의 위치를 한 번 바꾸어 $\mathbb{A}$의 5개의 점과 차례대로 연결하는 개수와 같다. 각 5개의 점에서 이웃한 점을 선택하는 경우의 수는 4이므로 모두 $4\times{}_8\mathrm{C}_5 = 224$가지.

(2) 등차수열의 공차를 d라 하자. 세 선분 이상이 한 점에서 만나야 하므로 문제의 조건을 만족하는 짝짓기의 개수는 $\mathbb{B}$에서 같은 간격 $\ell\times d$ (ℓ은 자연수)를 가지는 $k(\geq 3)$개의 점을 먼저 선택하고 그 순서를 뒤집고, 그 점들의 바깥에서 $5-k$개의 점을 추가로 고른 후, 이렇게 선택한 5개의 점을 $\mathbb{A}$의 점에 차례대로 대응시키는 것과 같다.

$k=5$:

- $\ell=1$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 1인 경우는 $\{\mathrm{B}_1,\ldots,\mathrm{B}_5\}$, … , $\{\mathrm{B}_4,\ldots,\mathrm{B}_8\}$로 모두 4개.
- $\ell\geq 2$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 ℓ인 경우는 존재하지 않는다.

따라서 모두 4개.

$k=4$:
- $\ell=1$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 1인 경우는 $\{B_1,...,B_4\}$, ... , $\{B_5,...,B_8\}$로 모두 5개. 이때 이 점들의 바깥쪽에 있는 점은 모두 4개 이므로 $5\times4=20$
- $\ell=2$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 2인 경우는 $\{B_1,B_3,B_5,B_7\}$, $\{B_2,B_4,B_6,B_8\}$로 모두 2개. 이때 이 점들의 바깥쪽에 있는 점은 모두 1개 이므로 $2\times1=2$
- $\ell\geq3$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 ℓ인 경우는 존재하지 않는다.

따라서 모두 22개.

$k=3$:
- $\ell=1$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 1인 경우는 $\{B_1,B_2,B_3\}$, ... , $\{B_6,B_7,B_8\}$로 모두 6개. 이때 이 점들의 바깥쪽에 있는 점은 모두 5개 이므로 $6\times{}_5C_2=60$
- $\ell=2$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 2인 경우는 $\{B_1,B_3,B_5\}$, ... , $\{B_4,B_6,B_8\}$로 모두 4개. 이때 이 점들의 바깥쪽에 있는 점은 모두 3개 이므로 $4\times{}_3C_2=12$
- $\ell=3$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 3인 경우는 $\{B_1,B_4,B_7\}$, $\{B_2,B_5,B_8\}$로 모두 2개. 이때 이 점들의 바깥쪽에 있는 점은 모두 1개 이므로 두 점을 선택할 수 없다.
- $\ell\geq4$인 경우 : $\mathbb{B}$에서 간격이 ℓ인 경우는 존재하지 않는다.

따라서 모두 $60+12=72$개.

위 두 경우를 종합하면 문제의 조건을 만족하는 짝짓기의 개수는 $4+22+72=98$(개)다.

[문제 1-3]

(1) 선분의 길이가 1이 되기 위해서는 $i=1,\ ...\ ,10$에 대하여 A_i와 B_i가 연결되어야 한다.

선분 $\overline{A_iB_i}$을 포함한 짝짓기의 개수를 구해보면 모두 9!(개)로 일정하므로 따라서 길이가 1인 선분의 개수는 $10\times9!=10!$(개)이다.

(2) 점의 좌표 및 등차수열의 일반항을 이용하여 $\mathbb{A}$와 $\mathbb{B}$의 점 사이의 거리를 구해보면, 생길 수 있는 선분의 길이는 $k=0,1,2,\ ...,9$에 대하여 $\sqrt{1+(kd)^2}$ 이다.

(1)과 같은 방법으로 각 선분의 개수를 구해보면 다음과 같다.
- 선분의 길이가 1인 경우 : 10! (개)
- 선분의 길이가 $\sqrt{1+(kd)^2}$ 인 경우 (단, $k\neq0$) : $9!\times2\times(10-k)$ (개)

즉, $L=10!+2\times9!\times\sum_{k=1}^{9}(10-k)\sqrt{1+(kd)^2}$ 이 된다. 따라서

$$\begin{aligned}\frac{1}{9!}\times\lim_{d\to\infty}\frac{L}{d}&=2(1\times9+2\times8+\cdots+9\times1)\\&=2\sum_{k=1}^{9}k(10-k)=20\sum_{k=1}^{9}k-2\sum_{k=1}^{9}k^2\\&=10^2\times9-\frac{9\times10\times19}{3}\\&=330\end{aligned}$$

[문제 2-1] 푸른 민달팽이의 세포가 출생 시 엽록체를 가지고 있지 않고, 성장하면서 섭취한 녹조류의 엽록체가 세포내로 들어와 공생한다는 증거를 성체 푸른 민달팽이를 가지고 관찰할 수 있는 방법을 추론해 보시오 (6점).

[정답] 녹조류를 섭취한 성체 푸른 민달팽이의 체세포와 생식세포를 분리하여 관찰하였을 때 체세포에는 엽록체가 관찰되지만 생식세포에는 관찰되지 않음. 만약 생식세포에 엽록체가 관찰된다면 유전으로 자손에게 전달된다는 의미임. 엽록체를 관찰하는 방법으로는 현미경 (광학, 전자현미경) 관찰, 엽록체 DNA 분석, 세포 분쇄 후 원심분리기로 세포 분획하는 방법 등이 있음.

[문제 2-2] 인간 유래 세포에 식물에서 분리한 엽록체를 세포질 내로 인위적으로 주입하였다고 가정할 때, 이 엽록체는 광합성을 할 수 있을 것인지 기술하고, 그렇게 추론한 이유를 서술하시오 (엽록체에 대한 세포내 거부반응은 없다고 가정함) (6점).

[정답] 제시문 [나]에서 기술한 바와 같이 광합성을 하기 위해서는 엽록체에서 광합성에 필요한 유전자가 숙주 세포 유전자에 이미 존재하여야 함. 따라서 인간 유래세포에 주입한 엽록체는 거부 반응이 없다고 하더라도 광합성에 필요한 충분한 단백질을 숙주세포로부터 제공받지 못하여 광합성을 수행 할 수 없다.

[문제 2-3] 만약 엽록체가 푸른 민달팽이 세포와 공생하며 광합성을 하여 충분한 포도당을 생산할 수 있다고 가정하였을 경우, 이 푸른 민달팽이에 충분한 양의 H_2O, CO_2, O_2, 햇빛만을 제공한다면 푸른 민달팽이는 세포 증식이 일어나 성장할 수 있을지를 기술하고, 그렇게 추론한 이유를 서술하시오 (10점).

[정답] 푸른 민달팽이 세포가 광합성을 하여 충분한 양의 포도당을 생산하였다 하더라도, 민달팽이의 세포가 성장하기 위해서는 필수 영양소가 공급되어야 한다. 충분한 양의 포도당이 합성되었을 경우 대부분 에너지원으로 사용이 되며 일부의 포도당이 단백질, 지질로 합성될 수 있다. 하지만 꼭 섭취해야만 얻을 수 있는 필수 아미노산, 비타민을 포함한 무기 염류 등이 공급되지 않았기 때문에 세포는 증식할 수 없다.

[문제 2-4] 푸른 민달팽이에 동위원소로 합성한 충분한 양의 $^{14}CO_2$와 햇빛을 공급하였을 경우, 동위원소로 표지된 탄소원자는 세포 내 거대분자 (Macromolecule) 어디에서 관찰될 것인지 분자 구조를 배경으로 서술하시오 (6점).

[정답] $^{14}CO_2$는 엽록체에서 포도당으로 합성될 것이다. 합성된 포도당은 에너지원으로 사용이 되거나 아미노산, 지질 합성에 사용될 수 있다. 따라서 동위원소로 표지된 탄소 원자는 탄수화물, 단백질, 지질에서 관찰될 것이다.

[문제 2-5] 엽록체를 가지고 있지 않은 푸른 민달팽이와, 엽록체를 가지고 있는 푸른 민달팽이를 몇 주간 H_2O와 O_2만 공급되는 빛이 없는 어두운 환경에서 생육 시켰을 경우, 엽록체가 없는 푸른 민달팽이는 모두 죽었으나 엽록체를 가지고 있었던 푸른 민달팽이는 생존하였다. 만약 생존한 푸른 민달팽이의 세포에 엽록체가 남아 있지 않았다면, 엽록체를 가지고 있었던 푸른 민달팽이가 생존한 이유와 이 엽록체가 없어진 이유를 추론하여 서술하시오 (10점).

[정답] 세포내에 존재하는 리소좀은 세포내로 들어온 세균과 같은 이물질이나 제 기능을 하지 못하는 세포 소기관을 분해하며, 리소솜에 의해 분해된 산물은 세포의 생명활동에 필요한 에너지원으로 사용된다. 광합성을 할 수 없는 상태에서 엽록체는 숙주세포와 공생관계에 있다기보다는 세포내 이물질이나 기능을 못하는 소기관과 같은 존재이다. 엽록체는 단백질, 핵산, 지질, 탄수화물 등으로 구성되어져 있다. 따라서 엽록체를 가지고 있었던 푸른 민달팽이는 세포내에 있던 엽록체를 리소좀을 이용하여 분해(세포 내 소화)하여 얻은 분해산물을 에너지원으로 이용하여 더 오래 살 수 있었으며, 세포속의 엽록체는 리소좀에 의해 가수분해 되어 사라진 것으로 추론된다.

[문제 2-6] 엽록체를 사용할 수 있는 세포를 바이오 에너지 생산에 적용 하고자 한다. 엽록체와 공생하며 광합성 할 수 있는 효모(Yeast)를 인위적으로 개발하였다고 가정하였을 경우, 이 효모를 이용하여 에너지로 이용할 수 있는 알코올 생산 시스템을 만들려고 한다. 엽록체를 가지고 있는 효모를 이용하여 알코올을 생산할 수 있는 방법을 추론하여 기술하시오 (12점).

[정답] 엽록체는 광합성을 통하여 포도당을 만들기 때문에 광합성에 필요한 CO_2와 H_2O 그리고 빛을 공급해주면 포도당과 O_2와 H_2O를 합성할 수 있고, 효모는 산소가 있는 상태에서 포도당을 분해하여 산소호흡을 통하여 에너지를 얻지만, 산소가 없는 환경에서는 발효를 통하여 포도당을 에탄올과 이산화탄소로 분해하면서 에너지를 얻을 수 있다. 따라서 광합성을 하는 엽록체를 가진 효모에서 알코올을 생산하려면 광합성에 필요한 CO_2와 H_2O 그리고 빛을 공급해 포도당을 생산하게 한 후 해당과정을 못 들어가게 하기 위하여 광합성으로 생산된 산소를 제거해 산소가 없는 상태로 만들어주면 효모는 발효를 통하여 에탄올을 생산할 수 있다.