

令和3年度（10月期入学）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験  
解 答 例

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ①基礎生物学 1 / 9

I.

問1. (A) プロモーター (B) リボソーム (C) rRNA (D) tRNA

問2. (E) AUG

問3. 真核生物では、転写でできたmRNA前駆体分子は7-メチルグアノシンの付加による5'末端のキャッピング、スプライシングによるイントロンの除去、3'末端のポリA付加のRNAプロセッシング（加工処理）を受けて、成熟mRNAとなる。

令和3年度（10月期入学）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験  
解 答 例

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ①基礎生物学 2 / 9

II.

問1. (A) RNAi (B) 害虫抵抗性 (C) アグロバクテリウム (D) T-DNA (E) 植物ホルモン

問2. ノックアウトは、相同組換えを用いて標的遺伝子を薬剤耐性遺伝子に置換することなどにより、標的遺伝子の機能を欠失させるものである。一方、ノックダウンは、RNAi 等により標的遺伝子の mRNA の分解やタンパク質への翻訳を阻害させるものであり、標的遺伝子の機能を顕著に抑制することが期待されるが、完全に欠失させる訳ではない点が、ノックアウトとは異なる。

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ①基礎生物学 3 / 9

III.

問1.

5.2cm

問2.

$$\sum_{i=1}^5 (\mu - y_i)^2 = (\mu - 4)^2 + (\mu - 4)^2 + (\mu - 5)^2 + (\mu - 6)^2 + (\mu - 7)^2 = 5\mu^2 - 52\mu + 142$$

$\mu^2$ の係数が正なので、この式は下に凸の2次関数であり、極小値を1つ持つ。この式を $\mu$ で微分して0と置くことにより、 $\mu$ の最小値を求める。

$$10\mu - 52 = 0$$

よって、

$$\mu = 5.2$$

となる。

解 答 例

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ①基礎生物学 4 / 9

問3.

最小化する対象の式を展開すると、

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 &= \sum_{i=1}^n (ax_i + b - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (a^2x_i^2 + 2ax_i(b - y_i) + (b - y_i)^2) \\ &= \sum_{i=1}^n (x_i^2a^2 + 2x_iab - 2x_iy_ia + b^2 - 2y_ib + y_i^2) \end{aligned}$$

となる。

$a^2$ の係数が正なので、この式は $a$ に関して下に凸の2次関数であり、極小値を1つ持つ（ $b$ に関しても同様）。 $a$ と $b$ でそれぞれ偏微分した結果を0と置くことにより、与えられた $n$ 組の測定値について $\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2$ を最小化する $a$ と $b$ を求める。

$a$ と $b$ でそれぞれ偏微分して0と置くと、

$$2a \sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^n x_i(b - y_i) = 0 \quad 2nb + 2 \sum_{i=1}^n (x_ia - y_i) = 0$$

よって、

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - a \sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

よって、

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \quad b = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right) \left(\sum_{i=1}^n y_i\right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}$$

となる。

解答例

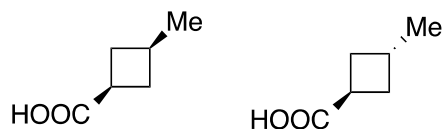
専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ②基礎化学 5 / 9

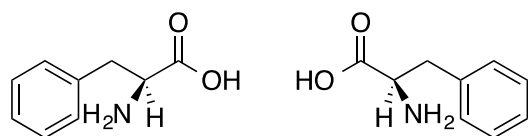
IV.

問1.

(1)

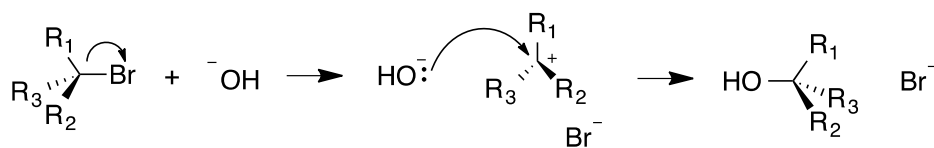
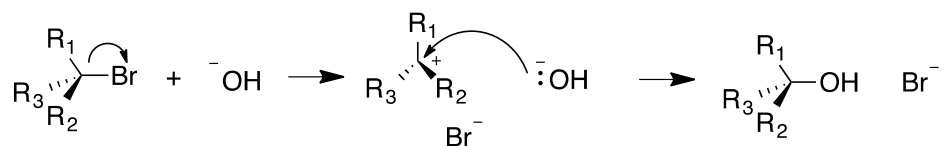


(2)

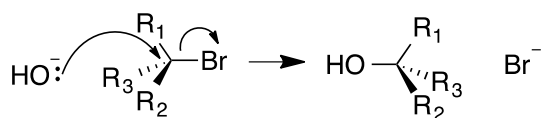


問2.

(1)



(2)



## 解 答 例

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ②基礎化学 6 / 9

V.

問1. (A) 連鎖重合, (B) 重付加, (C) 開環重合, (D) ラジカル重合

問2. ある重合度  $i$  の高分子鎖の分子量を  $M_i$ , モル分率を  $x_i$ , 重量分率を  $w_i$  としたとき, 数平均分子量は分子量とモル分率の積の総和で, 重量平均分子量は分子量と重量分率の総和で定義される。

つまり, 以下の式で定義される。

$$\text{数平均分子量 } \overline{M}_n = \sum_i (M_i x_i)$$

$$\text{重量平均分子量 } \overline{M}_w = \sum_i (M_i w_i)$$

問3. ポリエチレンテレフタレート の分子量が非常に大きいため, 分子量に対する末端の影響は無視できる。繰り返し単位のユニット分子量は 192 であるため,  $\overline{P}_n = 1.92 \times 10^5 / 192 = 1,000$ 。したがって,  $p=0.999$ 。

## 解答例

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ②基礎化学 7 / 9

## VI.

## 問1.

化学種 A の濃度を  $[A]$  とする。1 次反応では反応速度はその濃度に比例するので

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

となる。この式を書き直して

$$-\frac{d[A]}{[A]} = kdt$$

反応時刻  $t=0$  での濃度を  $[A]_0$ 。として  $t=0$  から時刻  $t$  まで積分すると

$$\int_{[A]_0}^{[A]} -\frac{d[A]}{[A]} = \int_0^t kdt$$
$$\therefore -\ln \frac{[A]}{[A]_0} = kt$$

半減期では  $[A] = \frac{[A]_0}{2}$  となっているので

$$-\ln \frac{[A]_0/2}{[A]_0} = k\tau_{1/2}$$
$$\therefore \tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

反応物の寿命は初期濃度の  $\frac{1}{e}$  になる時間なので

$$-\ln \frac{[A]/e}{[A]_0} = k\tau$$
$$\therefore \tau = \frac{1}{k}$$

## 解答例

専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ②基礎化学 8 / 9

## 問2

40°C, 60°Cでの速度定数を  $k_{40}$ ,  $k_{60}$  とする。

アレニウスの式より

$$k_{40} = Z \exp\left(-\frac{E_a}{R T_{40}}\right)$$

$$k_{60} = Z \exp\left(-\frac{E_a}{R T_{60}}\right)$$

両式の比を取ると

$$\begin{aligned}\frac{k_{40}}{k_{60}} &= \frac{Z \exp\left(-\frac{E_a}{R T_{40}}\right)}{Z \exp\left(-\frac{E_a}{R T_{60}}\right)} \\ &= \exp\left(\frac{E_a}{R T_{60}} - \frac{E_a}{R T_{40}}\right) \\ &= \exp\left(\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_{60}} - \frac{1}{T_{40}}\right)\right) \\ &= 0.63\end{aligned}$$

半減期は  $\frac{\ln 2}{k}$  なので, 40°C, 60°Cでの比は

$$\frac{\tau_{40}}{\tau_{60}} = \frac{k_{60}}{k_{40}} = \frac{1}{0.63} = 1.59$$

∴ 1.59 倍



専攻名 自然システム学専攻（バイオ工学コース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目 ③生物工学 9 / 9

VII.

問1. 連続培養における希釈率  $D$  [ $\text{h}^{-1}$ ]の定義より

$$D = F/V \quad (\text{式 1})$$

よって、題意より、 $F = 5.0 \text{ L/h}$ ,  $V = 10 \text{ L}$  を代入して、 $D = 0.50 \text{ h}^{-1}$  (答)。

問2. 培養液中の菌体および糖に関する物質収支式は、それぞれ、以下(式2)および(式3) (答)。

$$0 = F \cdot 0 - F X + \mu X V \quad [\text{g-cell/h}] \quad (\text{式 2})$$

$$0 = F S_F - F S - v X V \quad [\text{g-glucose/h}] \quad (\text{式 3})$$

問3. (式2)および(式3)は、整理すると、それぞれ、以下(式4)および(式5)となる。

$$\mu = D \quad (\text{式 4})$$

$$X = Y_{X/S} (S_F - S) \quad (\text{式 5})$$

よって、(式4)および問1の答えより、 $\mu = 0.50 \text{ g-cell}/(\text{g-cell} \cdot \text{h})$  (答)。

問4. 用いた大腸菌の比増殖速度  $\mu$  は Monod 式に従うことより

$$\mu = \mu_{\max} S / (K_S + S) \quad (\text{式 6})$$

である。いま、(式4)より  $\mu = D$  であるから

$$D = \mu_{\max} S / (K_S + S) \quad (\text{式 7})$$

となる。得られた(式7)を変形して

$$S = K_S D / (\mu_{\max} - D) \quad (\text{式 8})$$

となる。よって、題意より、 $\mu_{\max} = 1.0 \text{ h}^{-1}$ ,  $K_S = 2.0 \text{ g/L}$ , 問1の答えより  $D = 0.50 \text{ h}^{-1}$  を(式8)へ代入して、 $S = 2.0 \text{ g/L}$  (答)。一方、得られた(式8)を、(式5)の  $S$  へ代入して、以下の式が得られる。

$$X = Y_{X/S} [S_F - \{K_S D / (\mu_{\max} - D)\}] \quad (\text{式 9})$$

よって、題意より、 $Y_{X/S} = 0.50 \text{ g/g}$ ,  $S_F = 10 \text{ g/L}$ ,  $\mu_{\max} = 1.0 \text{ h}^{-1}$ ,  $K_S = 2.0 \text{ g/L}$ , 問1より  $D = 0.50 \text{ h}^{-1}$  を(式9)へ代入して、 $X = 4.0 \text{ g/L}$  (答)。

問5. ウォッシュアウトが起こらない希釈率の上限値  $D_{\text{cri}}$  [ $\text{h}^{-1}$ ]とは、定常状態の菌体濃度  $X$  がゼロとなるときの希釈率  $D$  である。すなわち、(式9)より、 $X = Y_{X/S} [S_F - \{K_S D / (\mu_{\max} - D)\}] = 0$  を解くことにより、次式として得られる。

$$D_{\text{cri}} = \mu_{\max} S_F / (K_S + S_F) \quad (\text{式 10})$$

よって、題意より、 $S_F = 10 \text{ g/L}$ ,  $\mu_{\max} = 1.0 \text{ h}^{-1}$ ,  $K_S = 2.0 \text{ g/L}$  を(式10)へ代入して、 $D_{\text{cri}} = 0.83 \text{ h}^{-1}$  (答)。