

## 【 1 】 回答例

1. リソソーム
2. ペルオキシソーム
3. RNA ポリメラーゼ II
4. イオンチャンネル連結
5. G タンパク質連結
6. 遅く
7. Rb
8. EGF 受容体、RAS
9. アブシジン酸
10. 放出
11. フォトリドピン
12. フィトクローム
13. ナトリウム
14. 水素
15. マンガン
16. 水
17.  $H^+$  (または  $O_2$ )
18.  $O_2$  (または  $H^+$ )
19. トランスポゾン
20. レトロトランスポゾン (またはレトロポゾン)
21.  
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-C-S-CoA} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$$
22.  $\Delta G^\circ + RT \ln[Y]/[X]$
23.  $-RT \ln K$

## 【2】 回答例

問1

- (ア) 複製
- (イ) 娘
- (ウ) 分配
- (エ) G<sub>2</sub>
- (オ) G<sub>1</sub>
- (カ) 間
- (キ) 静止/G<sub>0</sub>
- (ク) G<sub>1</sub>
- (ケ) ユビキチン
- (コ) プロテアソーム
- (サ) (タンパク質) 分解
- (シ) カルボキシン
- (ス) リジン
- (セ) イソペプチド

問2 細胞周期の進行に必要な条件が整っていることをモニターし、細胞の状況が次の段階に進めるまで特定の時期に停止させる。

問3 (1) M 期

(2) 紡錘体の形成（微小管の重合）が阻害されることで、中期から後期への進行が停止する。紡錘体（形成）チェックポイント。

問4 (1) 3 回計測時点までの細胞数の指数的な増加から、倍加時間（1 サイクルの時間）は 24 時間。 $15/200 \times 24 = 1.8$  で、M 期は 1.8 時間。

(2) 少ない

(3) 接触抑制（接触阻害）による増殖停止（培養皿上を細胞が埋め尽くした）、培地中の栄養分の不足、など。

問5 DNA が損傷を受けると、リン酸化により p53 タンパク質が活性化され、また分解の停止により蓄積する。p53 は、p21 をコードする遺伝子の転写を促進する。Cdk 阻害タンパク質である p21 タンパク質が増加することにより細胞周期が G<sub>1</sub> 期で停止する。

問6 Cdk1 とサイクリン B（サイクリン B1）。サイクリン A も可とする。サイクリンと結合することで Cdk の酵素活性が活性化される。

### 【3】 回答例

#### 問1

グアニンからチミンへ（あるいはシトシンからアデニンへ）の塩基置換が増える。

#### 問2

- (1). ミスマッチ修復、DNA ポリメラーゼ自身の 3'-5'のエキソヌクレアーゼによる校正修復など
- (2). DNA 除去修復と、誤りがち DNA ポリメラーゼによる乗り越え修復など
- (3). 相同組換え、非相同末端結合など

#### 問3

- (1). gRNA と相補的な DNA 配列に結合し、2 本鎖 DNA を切断する活性を有する。
- (2). DNA に 2 本鎖 DNA が生じると、その末端が削られたのちに非相同末端結合で修復されるため、DNA 情報の欠損が生じるため、遺伝子のノックアウトが容易に作成できる
- (3). 外来 DNA を特異的に切断して、CRISPR 領域に挿入する機能（適応）により、獲得し、獲得した DNA 由来の gRNA(crisper RNA)を合成することで免疫機能を発揮する。

#### 問4

Loss of heterozygosity (LOH)は野生型遺伝子の変異、エピ情報の変化、あるいは姉妹染色体分体交換(Sister chromatid exchange)などにより生じる。

#### 問5

- (1). 遺伝子 A と B はこの薬剤によって生じる DNA の傷の損傷に対して、異なる経路で働く可能性が高い。一方、遺伝子 A と C はこの薬剤によって生じる DNA の傷の損傷に対して、同じ経路で働き、C がより大切な機能を有する可能性が高い。
- (2). 薬剤に対して感受性を示す集団と、野生型と同等の感受性を示す集団がいる可能性が高い。その割合はおおよそ 9 対 1 と考えられる。

## 【4】 回答例

問1

ア：概日 あるいは サーカディアン

イ：時計

ウ：E-Box (プロモーターあるいはエンハンサーでも正解とする)

エ：転写

オ：光

カ：同調

キ：視交叉上核

ク：松果体

ケ：夜

コ：朝

問2 深部体温。夕方から夜にかけて低下し始め、夜間に最も低くなる。朝より午後にかけて上昇し、午後に最も高くなる。

(そのほかに消化吸収機能などが正解)

(睡眠-覚醒サイクルでも可とする)

問3

Cry遺伝子のゲノムDNA領域をクローニングし、Cry遺伝子のエクソンを薬剤耐性遺伝子に置換したDNA断片を用意する。DNA断片をES細胞に導入し、相同組換えにより、ES細胞上のゲノム配列を置き換える。相同組換えが起こったES細胞を野生型マウスの胚盤胞期胚に注入して、キメラマウスを作成する。キメラマウスと野生型マウスを交配させてヘテロ接合型マウスを作成する。ヘテロ接合型マウスの雌雄を交配し、ホモ接合型ノックアウトマウスを作成する。

問4

(1) 例) マウス個体を測定ケージに入れ、12時間ごとに明暗を繰り返す明暗条件に数日間慣らした後に、恒常的に光を当てない恒暗条件に変更し数日間リズム測定を行う。

(2) 例) 輪回し装置をケージに設置し、マウスの輪回し行動を時間あたりの輪回し回数で測定する。

(例) 赤外線カメラを用いてマウスの行動を録画し、映像の人工知能解析によりマウスの時間あたりの活動量を定量化する。)

(例) 赤外線センサーをケージ内に設置し、センサーをカウンターにつなぐことで、マウスの活動量を測定する。)

(3) 例) 毎日の活動時刻が前にずれていき、24時間から少しずれた周期をもつ内因性リズムが観察されると推定される。

## 【5】 回答例

問1

ア：アスパラギン酸（もしくはグルタミン酸）

イ：システイン

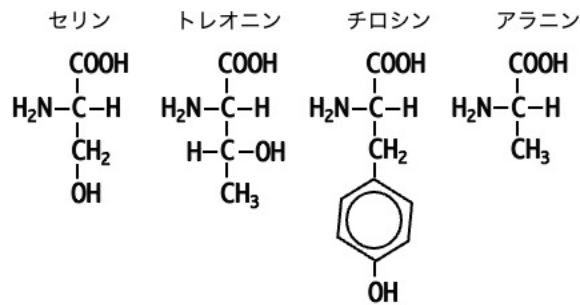
ウ：硫黄

エ：ジスルフィド

オ：メチオニン

カ：チオレドキシシンあるいはプロテインジスルフィドイソメラーゼなど

問2（表記例）



問3

GFP は最終的に（1 1本の） $\beta$ 鎖で形成される $\beta$ バレル（ $\beta$ -can）構造とそれに囲まれた1本の $\alpha$ ヘリックス構造という形にフォールディングする。このフォールディングに伴い、 $\alpha$ ヘリックス部分に存在する連続した3つのアミノ酸残基（Ser65/Tyr66/Gly67）が特有の立体配置を取る事によって、その主鎖（Ser65とGly67）部分が自発的に環状化する。この環状化に引き続き（Tyr66）側鎖部分にまで至る共役二重結合が形成され、蛍光を発する発色団となる。

問4

例) ポルフィリン環の中央に鉄原子が配位した錯体構造からなるヘムが、補欠分子族としてタンパク質分子に埋め込まれたものがあり、ミトコンドリア呼吸鎖で複合体 III から複合体 IV への電子伝達キャリアーとして機能するシトクロム  $c$  はこれに当たる。鉄が酸化還元によって二価と三価を行き来する性質を、電子伝達に利用している。鉄の6つの配位座のうち4つはポルフィリン環の窒素原子が、残りの第5、第6配位座はヒスチジンおよびメチオニン側鎖である。

例) 鉄原子が硫黄原子とクラスター構造でタンパク質に組み込まれている場合がある。鉄硫黄クラスターには[2Fe-2S]や[4Fe-4S]など異なる型があり、ミトコンドリア呼吸鎖複合体 III の Rieske タンパク質は[2Fe-2S]を持つ。2つの鉄原子は2つのシステインおよび2つのヒスチジンの側鎖に配位し、2つの硫黄原子はそれぞれが2つの鉄原子に配位する。鉄原子の酸化還元により、Rieske は複合体 III で Q サイクルから流れた電子をシトクロム  $c_1$  に渡す役割を果たす。

## 【6】 回答例

問 1

電子の存在確率は、 $|\Phi_n|^2$  であるので、 $n=2$  の時は

$$|\Phi_2|^2 = \left| \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{2\pi}{a}x\right) \right|^2 = \frac{2}{a} \sin^2\left(\frac{2\pi}{a}x\right)$$

従って、 $|\Phi_n|^2$  が最大となるのは  $\sin^2\left(\frac{2\pi}{a}x\right)$  が最大、すなわち 1 の時なので

$$x = \frac{a}{4}, \frac{3a}{4}$$

問 2

$$E_3 - E_2 = \frac{h^2}{8m_e L^2} (9 - 4) = \frac{5h^2}{8m_e L^2},$$

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \text{ より } \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{8m_e L^2 c}{5h}$$

問 3

$$\text{ブタジエンの } \pi \text{ 電子の基底エネルギーは } E_1 = \frac{h^2}{8m_e L^2}$$

$$\text{オクタテトラエンの } \pi \text{ 電子の基底エネルギーは } E_1 = \frac{h^2}{8m_e 4L^2}$$

従ってオクタテトラエンの  $\pi$  電子の基底エネルギーはブタジエンの基底エネルギーの 1/4 倍。

問 4  $\pi_2$  と  $\pi_4$

問 5  $\pi_1 < \pi_3 < \pi_2 < \pi_4$

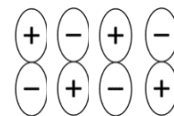
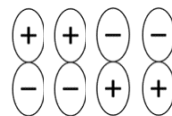
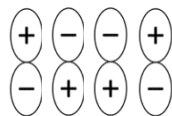
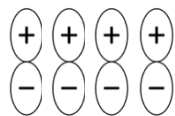
問 6

$\pi_1$

$\pi_2$

$\pi_3$

$\pi_4$



(2)

問 7

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A], \quad \frac{d[A]}{[A]} = -kdt, \quad \ln[A] = -kt + C$$
$$[A] = [A_0]e^{-kt}$$

問 8

$$\frac{[A_0]}{2} = [A_0]e^{-kt}$$
$$1 = 2e^{-kt}$$
$$-\ln 2 = -kt$$
$$t = \frac{\ln 2}{k}$$

問 9

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2, \quad \frac{d[A]}{[A]^2} = -kdt, \quad \frac{1}{[A]} = kt + C$$
$$\frac{1}{[A]} = kt + \frac{1}{[A_0]}$$
$$[A] = \frac{[A_0]}{[A_0]kt + 1}$$

問 10

$$\frac{[A_0]}{2} = \frac{[A_0]}{[A_0]kt + 1}$$
$$\frac{1}{2} = \frac{1}{[A_0]kt + 1}$$
$$[A_0]kt + 1 = 2$$
$$t = \frac{1}{k[A_0]}$$

問 11

(例)

横軸:時間、縦軸: $\ln[A]$ のプロットをする。直線になれば、1次反応である。この時の直線の傾きが速度定数である。

横軸:時間、縦軸: $1/[A]$ のプロットをする。直線になれば、2次反応である。この時の直線の傾きが速度定数である。