

生 物 学

I バイオテクノロジーに関する以下の問いに答えよ.

(1) バイオテクノロジーの多くの技術では、生物やウイルスが自身の生存や存続に必須なものとして進化させた酵素を利用する。(1-1) ~ (1-4) のそれぞれの技術について、(a) 利用されている酵素の一般的名称、(b) その酵素が触媒する反応、および (c) その酵素の生体 (ウイルスの場合は宿主) 内での役割を簡潔に述べよ.

(1-1) 分子クローニング法による組換え DNA の作製

(1-2) DNA シークエンシング法 (サンガー法)

(1-3) トランスクリプトーム解析における相補的 DNA (cDNA) の合成

(1-4) CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats / CRISPR associated proteins) によるゲノム編集

(2) CRISPR/Cas9 によるゲノム編集 (遺伝子ノックアウト) の原理を下記の 5 つの語句をすべて用いて 150 字程度で説明せよ. なお, PAM 配列とは Protospacer Adjacent Motif sequence の略である.

Cas9, ガイド RNA, 非相同末端結合,
PAM 配列, ターゲット DNA

(3) ノックアウトマウスの作製手順を下記の 6 つの語句をすべて用いて 200 字程度で説明せよ. なお, ES 細胞とは Embryonic Stem cell の略である.

キメラマウス, 遺伝子導入, 胚盤胞に注入,
ホモ接合体, ES 細胞, 相同組換え

II 動物の発生に関する以下の問いに答えよ.

(1) 受精後, 胚は卵割を経て細胞数を増やし, 各細胞は異なる性質を持つようになっていく. この細胞の特殊化には, 「細胞の非対称分裂」と「誘導」が関わっている. 胚発生では, 最終的に多くの細胞は筋細胞や神経細胞など, 異なる形態や機能を持つ細胞へと細胞分化する.

(1-1) 初期の発生における細胞の非対称分裂では, 卵黄に加えて細胞の特殊化に影響を及ぼす mRNA やタンパク質も不均等に分配される. そのような mRNA やタンパク質は何と呼ばれるか.

(1-2) 胚発生過程のさまざまな局面で, 隣接する細胞からのシグナルを受けて細胞の特殊化が進む誘導作用が見られる. 動物の体における組織や器官の複雑な配置を作る上で, 誘導作用にはどのような利点があると考えられるか. 30 字程度で説明せよ.

(1-3) 分化した細胞は特有の転写因子遺伝子の発現により他の細胞と区別できる場合があり, その発現が細胞型の同定に使われることもある. なぜこのように遺伝子発現だけで細胞型の同定ができると考えられるのか. 遺伝子発現調節の状態に注目して, 50 字程度で説明せよ.

(2) 動物の胚発生において, いくつかのタイプの形態形成運動が生じ, 細胞の配置が変化していく. このうち, 植物には見られないタイプの形態形成運動としてどのようなものがあるか. 10 字以内で答えよ.

(3) iPS 細胞 (induced Pluripotent Stem cell) が ES 細胞と異なる点は何か. それぞれの作製法に注目しつつ, 100 字程度で説明せよ.

Ⅲ 生物の個体の遺伝に関する以下の問いに答えよ。

進化とは時間とともに生物の種の特徴に何らかの変化が生じることである。その原動力には遺伝子の塩基配列上に生じる突然変異がある。突然変異が(A)体細胞に起きた場合は次世代に引き継がれず、(B)生殖細胞に生じた突然変異のみ次世代に影響を与える。そして、その突然変異が複数の個体で共有され、集団内に広がれば、種の特徴に変化をもたらす可能性が生じる。

多くの生物において同種の個体間には何らかの変異がある。例えば、ヒトの場合、目や髪の色には明らかな変異がある。様々な特徴について対となる対立形質に注目して観察した場合、法則性を持って次世代に特徴が伝わる例が知られており、エンドウマメの交配実験から明らかになった(C)メンデルの法則はその一例である。

(D)理想的な条件下においては、生物の集団内における遺伝子頻度は一定に保たれる。その場合、ある形質の対立遺伝子 A (顕性) と a (潜性) の頻度をそれぞれ p, q ($p + q = 1$) とすると遺伝子型 AA の頻度は (ア), Aa の頻度は (イ), aa の頻度は (ウ), (ア) + (イ) + (ウ) = 1 となる。しかし、実際の自然界では上記のような理想的な条件は成立しておらず、対立遺伝子の頻度は時間とともに変化し得る。

- (1) 下線部 (A) と (B) における細胞分裂と染色体数の変化の違いを 100 字程度で説明せよ。
- (2) 下線部 (B) における減数分裂は生物の適応進化に対してどのような意義があると考えられるか。50 字程度で説明せよ。
- (3) 下線部 (C) を構成する 3 つの法則を挙げ、それぞれ 50 字程度で説明せよ。
- (4) 下線部 (C) が成立しない例として、動物のミトコンドリア遺伝子が知られている。ミトコンドリア遺伝子はどのように遺伝するか 50 字程度で説明せよ。

(5) 下線部 (D) には通常 5 つの条件が含まれる. そのうちの 3 つを挙げよ.

(6) (ア), (イ), (ウ) をそれぞれ, p と q のうち必要なものを用いて表せ.