

# 生物学

## 【第8問】

I 遺伝子の発現の制御に関する以下の問いに答えよ。

細胞のエネルギー代謝やタンパク質合成などにかかわる遺伝子は、細胞の種類を問わず、どの細胞でも発現している。このような遺伝子を（ア）キープ遺伝子という。一方で、ヒトのような多細胞生物は、多種類の分化した細胞をもち、それぞれの分化細胞に特有の遺伝子をはたらしている。これらそれぞれの細胞における個々の遺伝子の発現は、必要性や状況、発生の進行状況などに応じて調節されている。(A) 原核生物の遺伝子発現は、(イ) 合成の増減、すなわち転写調節でなされる場合が多い。一方、真核生物では、(B) プロモーターだけではなく、エンハンサーや(ウ) などの遺伝子発現調節領域があり、それぞれの塩基配列を認識する(エ) とよばれる複数種類の DNA 結合タンパク質が結合することで、発現が調節される。プロモーターを含め真核生物における転写調節にかかわる DNA の特定の塩基配列を総称して（オ）エレメントという。

(1) （ア）から（オ）に入る適切な語句を答えよ。

(2) 下線部 (A) について、大腸菌では、ラクトースの分解酵素である  $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子に対する負の転写調節により、ラクトースが存在しないと、この分解酵素遺伝子は発現されない仕組みになっている。この調節の仕組みについて以下の語句をすべて用いて 150 字程度で説明せよ。

RNA ポリメラーゼ、リプレッサー、プロモーター、オペレーター

(3) 下線部 (A) について、大腸菌のトリプトファン合成経路では、トリプトファン存在下でトリプトファン合成酵素群をつくらないような、負の転写調節機構がはたらしている。この調節の仕組みは (2) で問うたラクト-

ス分解経路の仕組みとどのように異なるか、リプレッサーの機能の制御機構に着目して 100 字程度で説明せよ。

(4) 下線部 (B) について、遺伝子上の位置関係に関してプロモーターとエンハンサーの間で顕著に異なる特徴を 2 つあげ、あわせて 100 字程度で説明せよ。

(5) 真核生物の DNA は、ヒストンという塩基性タンパク質と複合してヌクレオソーム構造を作り、ヌクレオソーム構造はさらに他のタンパク質と結合してクロマチン繊維を形成している。エンハンサーの役割の一つは、クロマチンリモデリングにより、ヌクレオソームの構造を変化させることにあると考えられる。このクロマチンリモデリングによるエンハンサーの役割とはどのようなものか、以下の語句をすべて用いて 100 字程度で説明せよ。

ヌクレオソーム構造, RNA ポリメラーゼ, プロモーター領域, ヒストン

II 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生物界には 6 つの炭素固定経路が知られている。これらを基盤とする代謝物から、糖代謝、有機酸代謝、無機化合物代謝の 3 つに分類される。糖代謝を基盤とする経路は (ア) とよばれ、植物や藻類の炭素固定経路として用いられる。有機酸代謝を基盤とする経路には、プロピオン酸、酪酸などの代謝を中心とし、4 つの経路が含まれる。これらの経路で見られる補酵素 A (CoA) は、生体内で様々な有機酸と結合して、有機酸の運搬や変換の際の中間体としてはたらく。還元的 (イ) 回路は、多くの生物において有機物の酸化および脱炭酸をになう (イ) 回路の逆向きの反応である。3-ヒドロキシプロピオン酸回路は、<sup>(A)</sup> 酸素非発生型光合成細菌 である緑色非硫黄細菌からのみ見つかっている。3-ヒドロキシプロピオン酸/4-ヒドロキシ酪酸回路とジカルボキシル酸/4-ヒドロキシ酪酸回路は、それぞれ 2006 年と 2007 年に発見された <sup>(B)</sup> 古細菌 のみで見られる類似した炭素固定経路である。無機化合物代謝に分類される炭素固定経路は (ウ) 経路とよばれ、発見者にちなんで Wood-Ljungdahl 経路とも呼ばれる。二酸化炭素をメチル基 (CH<sub>3</sub>-) に変換する経路と、<sup>(C)</sup> カルボニル基 (-CO-) に

変換する経路からなり，結果として（ウ）を生成する。

- (1) （ア）から（ウ）に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部（A）の酸素非発生型は酸素発生型の光合成よりその誕生が古いと考えられている。その理由を50字程度で答えよ。また，酸素非発生型光合成細菌が光合成に用いる基質を2つ答えよ。
- (3) 下線部（B）の古細菌は，水深が1000メートルより深い海水で真正細菌と同等の細胞密度で生息する。深海の古細菌は硝化とよばれる異化代謝を用いてエネルギーを獲得し炭素固定している。なぜ深海で硝化による炭素固定が有機物代謝より有利な代謝になるのか100字程度で答えよ。
- (4) 下線部（C）の反応を触媒する酵素は，一酸化炭素デヒドロゲナーゼとよばれる。この酵素の活性中心は，鉄と硫黄のクラスターを含む。酸素呼吸で用いられるチトクロム c オキシダーゼの活性中心の特徴を一酸化炭素デヒドロゲナーゼの活性中心と比較して40字程度で述べよ。
- (5) 生物は炭素固定するために，アデノシン三リン酸（ATP），ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸（NADPH）等の補酵素のエネルギーを利用する。ATPの場合，  
$$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$$
の反応が利用され，この反応の標準状態でのギブスエネルギー変化は $-30.5 \text{ kJ/mol}$ となる。ATPの活量が $2.50 \text{ mM}$ ，ADPが $0.25 \text{ mM}$ ， $\text{P}_i$ が $1.00 \text{ mM}$ のとき， $25^\circ\text{C}$ ，1気圧の条件下におけるギブスエネルギー変化を，有効数字2桁で答えよ。ここで気体定数は $8.31 \text{ J/K/mol}$ とし， $\ln 0.1 = -2.30$ ， $\text{mM} = \text{mmol/L}$ とする。

# 生 物 学

## 【第9問】

I 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

動物の個体群内である時期に同時期に生まれた動物の個体数は、成長とともに減少し、最終的にはすべてが死亡する。ある種の生活史を通じて個体数がどのように減少するかを示す曲線を（ア）という。生物の寿命は、それぞれの種によって限界が決まっており、種の最大の寿命を生理的寿命とよぶ。一方では、捕食や病気によって死亡し、最大寿命に達しない個体があり、生活環境等によって影響を受ける寿命のことを（イ）とよぶ。

繁殖を通じた個体群内の個体数の成長は、捕食や病気が一切なければすべての個体が最大寿命まで生き残り繁殖を続けるため、指数関数的に増えるはずである。しかし、実際には<sup>(A)</sup>環境抵抗による影響を受ける。ある環境下で存在しうる最大の生物量のことを環境収容力とよび、この個体数を超えることはない。

個体数は種や個体群の生態を理解する上で重要である。しかし、実在する個体数を野外ですべて計数することは多くの種で困難である。そのため、限られたサンプリングの結果から全体を推定する方法がとられる。<sup>(B)</sup>標識再捕法はその代表的な例である。

(1) （ア）と（イ）に入る適切な語句を答えよ。

(2) 図1は様々な生物に典型的に見られる生残率の変化を示す図である。

(2-1) I, II, IIIのタイプはそれぞれどのような特徴をもつか、親による保護の程度、死亡率の観点から合計100字程度で述べよ。

(2-2) タイプIとタイプIIIを比較した場合、卵サイズ、卵数にはどのような傾向があるか、50字程度で述べよ。

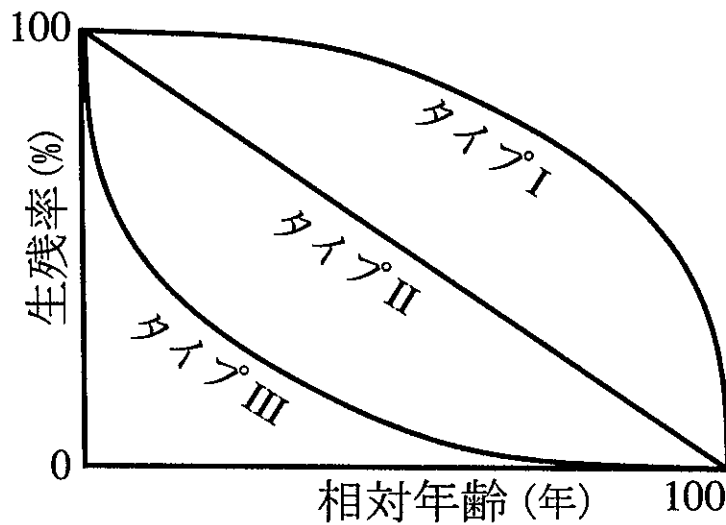


図1

- (3) 攪乱の激しい環境で短期的に生き残るのに有利であるのは、どのような繁殖戦略をもつ種であるか、50字程度で述べよ。
- (4) 下線部(A)の定義とその具体例を100字程度で述べよ。
- (5) 下線部(B)の定義と、この方法が適用できる条件を5つ、あわせて150字程度で述べよ。

II 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生物を分類することは、多様な生物を整理して理解する上で欠かせない。「分類する」とは、(A)共通する特徴に基づいてグループ分けし、名前をつけることである。世界共通の名前である学名の安定と普遍をはかるため、(B)動物、藻類・菌類・植物、原核生物のそれぞれで国際的な命名規約が定められている。これらの規約に基づくと、例えば、同じ生物に異なる学名が与えられた場合、最も(ア)学名が用いられることになる。

一方、生物多様性を生じさせた進化プロセスを理解する上で、生物の系統関係を推定することは重要である。(C)系統推定とは、生物が種分化し、枝分かれした順番を復元することである。系統推定の結果は、図2で示すような樹状図(系統樹)の形で示されることが多い。

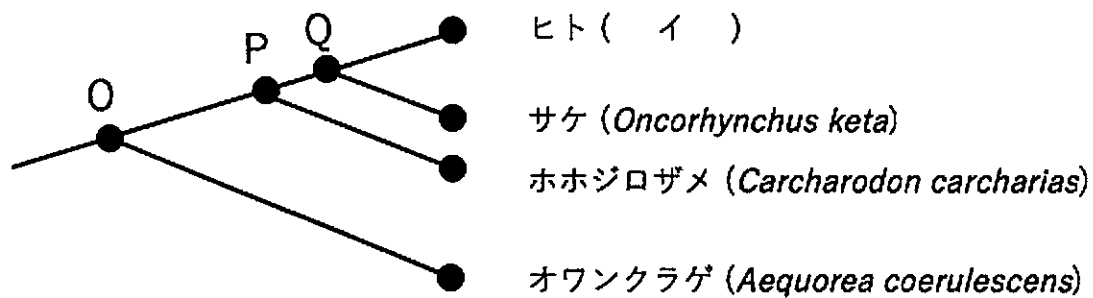


図 2

- (1) (ア)に入る適切な語句および図2の(イ)に入る適切な学名をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部(A)に関して、グループ分けの際に重視される「共通する特徴」は、分類の際に準拠する理論により異なる。分岐学(cladistics)の考え方にもとづいて分類する際に重視される「共通する特徴」とはどのようなものか。分岐学では生物の持つ特徴を2つの種類に大別するが、その区別についても言及しつつ、100字程度で答えよ。
- (3) 下線部(B)に関して、これらの生物の化石種が記載・命名される場合にはそれぞれどのような国際的な規約が適用されるか、あわせて75字程度で述べよ。
- (4) 図2は現生4種の動物の系統樹を示しており、オワンクラゲの分岐点Oを最初の分岐点とする有根系統樹である。以下の問いに答えよ。
- (4-1) ヒト、サケ、ホホジロザメの3種の動物間の系統関係に関して、この系統樹が示す系統関係は次のどちらか、記号で答えよ。
- (a) サケはヒトよりホホジロザメに近い
- (b) サケはホホジロザメよりヒトに近い

(4-2) 最節約的に考えて、この系統樹とこれらの動物の持つ特徴から内部分岐点 Q に位置する共通祖先が持っていたと推定される特徴を下記の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 脊索
- (b) 骨
- (c) 鰭 (ヒレ)
- (d) 四肢
- (e) 中枢神経系

(5) 下線部 (C) に関する以下の問いに答えよ。

(5-1) 系統推定に用いられる方法のうち、距離法と最尤法について、原理をそれぞれ 100 字程度で述べよ。

(5-2) 距離法と比較して最尤法が有する一般的な利点と欠点を、それぞれ 50 字程度で述べよ。