

# 生 物 学

## I 生物代謝に関する以下の問いに答えよ。

1953 年のミラーの実験では、原始地球の大気成分と考えられていた水蒸気と (ア) や (イ) などの混合物をフラスコに入れ、加熱するとともに、雷を模した放電を繰り返すことにより、アミノ酸をはじめとする有機物が生成した。その後の研究で、原始大気の組成は酸化的なものと考えられるようになったが、局所的に還元的な環境として、深海の熱水噴出孔が原始生命の温床となった可能性が考えられるようになった。

現在の深海熱水噴出孔には光合成生物は生息せず、光ではなく化学物質からエネルギーを得て、無機物から有機物を合成する生物が生息する。これらの生物は、(ウ) や (エ) などの還元的な物質をエネルギー源として、炭素固定を行っている。加えて、現在の深海熱水噴出孔では、(A)カルビン・ベンソン回路で炭素固定する生物や(B)クエン酸回路を逆方向に回転させて炭素固定する生物も知られる。しかし、原始生命はこれらの炭素固定法ではなく、(C)アセチル CoA を無機物から合成する経路を用いた可能性が高いと考えられている。

- (1) (ア) から (エ) に入る異なる物質名を答えよ。
- (2) 下線部(A)に関して、二酸化炭素を取り込み、二分子のホスホグリセリン酸を生成する反応を触媒する酵素の名称を、通称名と正式名で答えよ。また、酸素分子の存在は、二酸化炭素の固定速度にどのような影響を与えるか、50 字程度で説明せよ。
- (3) 下線部(B)の反応は、真核生物の細胞内のどこで進行するか、小器官名で答えよ。また、回路中の反応を触媒する酵素で、呼吸鎖の複合体 II として呼吸鎖でも共役して働く酵素の名称を答えよ。
- (4) 下線部(C)の物質は、糖や脂質の代謝において中間代謝物質として重要な役割を果たす。糖の代謝経路において、下線部(C)の物質に変換される

直前の物質の化合物名を答えよ。また、その反応がエネルギー要求反応であるか、エネルギー産生反応であるか答えよ。

## II 動物の神経系に関する以下の問いに答えよ。

(1) 以下の文章の (ア) ~ (エ) に入る適切な語句を答えよ。

典型的な神経細胞は、核が収まっている (ア) とそこから長く伸びた (イ) と呼ばれる突起、それよりも短い (ウ) からなる。(イ) と (ウ) が神経同士の接触点である (エ) を構成している。(ア) でつくられたペプチドは (イ) を通って運ばれていき、その末端から (エ) 間隙に分泌される。低分子の神経伝達物質は (イ) 終末でつくられる。

(2) 表1は、ある動物の神経細胞における、静止状態にあるときの膜内外のイオンの分布を示したものである。この神経細胞の細胞膜上には、刺激がなくても常時開いている状態の  $K^+$ チャネル (漏洩  $K^+$ チャネル) と、電位がある値以上になると開く  $Na^+$ チャネルと  $K^+$ チャネル (膜電位感受性  $K^+$ チャネル)、細胞内濃度を保つように働く  $Na^+/K^+$ ポンプ ( $Na^+/K^+$ -ATPアーゼ) が存在している。イオンチャネルで起こる電気化学的勾配に従った受動的なイオン輸送は、ポンプが化学エネルギーを消費して行う電気化学的勾配に逆らったイオン輸送に比べて、はるかに (約 10,000 倍) 速い。単純化のため、それら以外にはイオンを透過する穴はないこととする。

表1 静止状態の神経細胞の膜内外におけるイオンの分布

イオン種	細胞内濃度 (mmol/L)	細胞外濃度 (mmol/L)
$K^+$	400	20
$Na^+$	50	440

任意のイオン X の平衡電位  $E_X$  は、以下のネルンスト式を用いて計算することができる。

$$E_x = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[X]_o}{[X]_i}$$

ここで、 $R$  は気体定数、 $T$  は絶対温度、 $z$  はイオンの価数、 $F$  はファラデー定数、 $[X]_i$  および  $[X]_o$  はそれぞれ細胞内および細胞外のイオン濃度である（正確には濃度ではなく活量であるが、ここでは濃度を用いることとする）。温度  $25^\circ\text{C}$  では  $RT/F$  は  $25 \text{ mV}$  である。

温度  $25^\circ\text{C}$  において、この神経細胞に生じた興奮は図 1 のような電位変化として記録された。このとき、図中の  $a$  にあたる電位を答えよ。ただし、 $20, 50, 400, 440$  の自然対数はそれぞれ  $3.0, 3.9, 6.0, 6.1$  とする。計算の過程も記述すること。

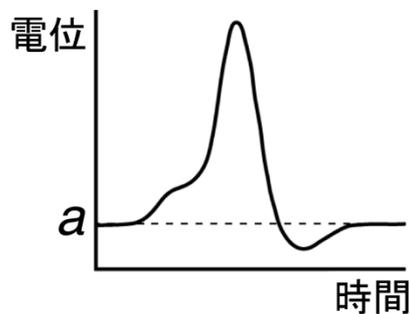


図 1 細胞膜を隔てた電位の変化

- (3) 神経細胞では、刺激受容による膜電位変化が引き金となって、(2) で見たような細胞膜の電位変化とそれに依存したイオンチャネルの活性化が生じる。いったん開いたイオンチャネルは、しばらくの間は膜電位の変化に反応しないので、活動電位の伝導は一方向に伝わっていく。このしくみによる神経細胞におけるシグナル伝導には、伝導速度が速いことに加えて、他の多くの生物学的過程には見られない重要な特性がいくつかある。それらの特性を三つ挙げ、それぞれ 20 文字程度で答えよ。

### Ⅲ 生物多様性の保全に関する以下の問いに答えよ。

21 世紀に入り地球環境問題が深刻化し、生物多様性の保全が重要な課題になっている。開発の進行に伴って、乱伐、乱獲、生息地の破壊、生息地域外からもたらされる（ア）の侵入、大気汚染、水質汚染などの問題が生じている。ヒ

トが地球上で環境負荷を無限に増やしつづけることは不可能であり、地球環境の持続可能性が求められている。

地球上には未記載のものも含め、数千万種にもおよぶ種が存在していると推定されており、それぞれの種は固有のニッチを占めている。生態系は様々な種によって支えられており、(A)多数の生物種が共存することで安定している。ある特定の場所で多くの種が失われると生態系の復元力が失われて、生態系のバランスが失われることが問題である。

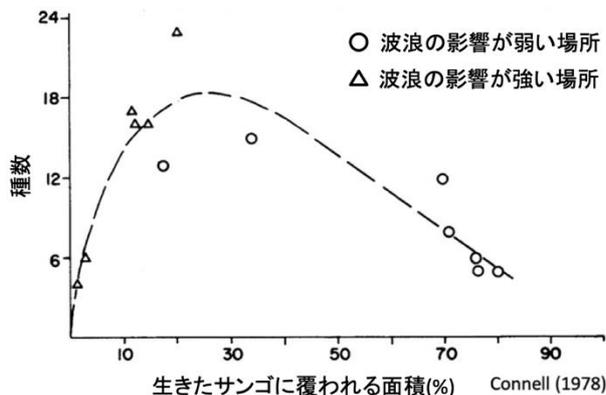
人類の有史以来記録されてきた生物の絶滅の要因は、多くの場合、人為的なものである。人為的に生物の生息環境が破壊された場合、種内の（イ）が分断され、孤立化が起こりやすい。孤立化により（イ）内の個体数が縮小すると(B)近交弱勢、遺伝的浮動による弱有害遺伝子の固定などの要因により種の絶滅リスクが高まり、生態系の単純化と不安定化が懸念される。

人為的な開発の進行や人口の増大は、自然界の物質循環にも多大な影響を与えている。特に、（ウ）の供給が過多になると(C)富栄養化が進行する。生息環境の悪化は、生存できる種を減少させ、生物の種組成の単純化が自然の環境復元力を失わせてさらなる環境の悪化に結びつく。

(1) (ア)～(ウ)に入る適切な語句を答えよ。

(2) 下線部(A)の現象が生物群集内で安定的に維持されるメカニズムは、大きく分けて2つあると考えられており、ニッチ分化説と非平衡共存説と呼ばれている。それぞれどのような仮説であるか、合わせて100字程度で説明せよ。

(3) 下の図はサンゴ礁における波浪の攪乱とサンゴの共存種数を表した図であ



る。この図を参考に、下線部（A）に関する中規模攪乱仮説がどのような仮説であるか 80 字程度で説明せよ。

（4）下線部（B）の現象が種の存続に与える影響を 80 字程度で説明せよ。

（5）生活排水の放出や化学肥料の多用を通じて下線部（C）に最も強い影響を与える元素を 2 つ挙げよ。

（6）下線部（C）のプロセスは沿岸域の酸素濃度の分布をどのように変化させるか、赤潮を例にして 100 字程度で説明せよ。