

I 下記の文章を読み、設問に答えよ。

多細胞生物のからだを構成する細胞は、1 個の受精卵の卵割を発端にして、体細胞分裂をくり返すことによってつくられる。体細胞における細胞周期は（ あ ）期→S 期→（ い ）期→M 期という順でくり返される。神経細胞などの一部の細胞は、細胞周期を停止して（ う ）期に入る。細胞分裂の際には、染色体が正確に 2 つの細胞に分けられるため、一般に、体細胞は全て同一のゲノムを持っている。

問 1 （ あ ）～（ う ）の空欄に適切な語句を入れよ。

問 2 次にあげた語句のうち、S 期に行われる DNA 複製に直接かかわるものを 4 つ選び、DNA 複製においてどのような働きをするかを簡潔に説明せよ。

DNA ヘリカーゼ、リボソーム、RNA、DNA リガーゼ、プロモーター、DNA ポリメラーゼ、オペレーター

問 3 M 期中期の体細胞を DNA を染色する試薬で染めて光学顕微鏡で観察したところ、

図 1 のような染色体が観察された。観察された染色体を模式的に表したものが図 2 である。

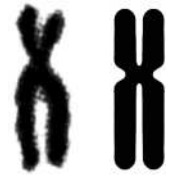
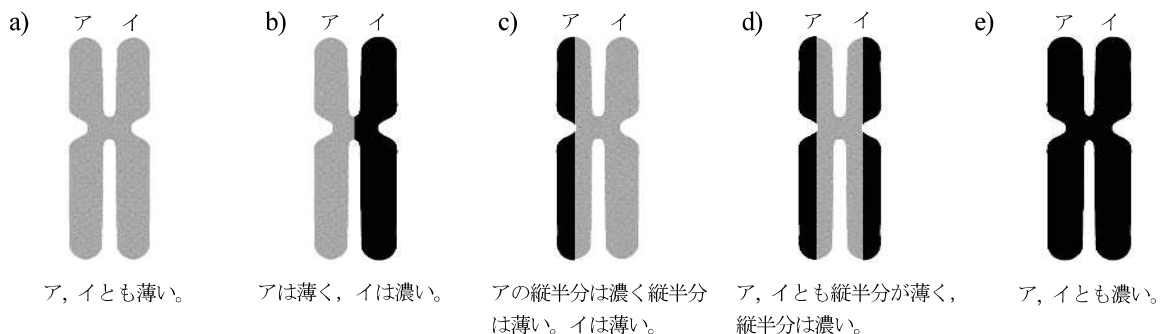


図 1 図 2

- 1) 同一の体細胞内に大きさと形が同じ染色体が 2 つずつあった。このような対となる染色体を何と呼ぶか。
- 2) S 期にチミジン（塩基としてチミンを持つデオキシリボヌクレオシド）の代わりに 5-ブロモデオキシウリジン（B）が取り込まれる条件下で細胞を培養した。取り込まれた後、B は長期間、染色体内に保持される。DNA の両鎖に B が取り込まれた場合は薄く染め、一方の鎖だけに B が取り込まれた場合と B が両鎖に取り込まれていない場合は濃く染める試薬で染色したとき、B が取り込まれる条件下で S 期を 1 回、および 2 回経過した細胞の M 期中期の染色体は光学顕微鏡下でどのように見えるか。それぞれ最も適切なものを以下の a)～e) から選び、記号で答えよ。



問 4 下線部について、ほぼ全ての体細胞は同一のゲノムを持つが、体細胞は種類ごとに異なる性質を示す。このような性質の違いはどのようにして生じるか、簡潔に説明せよ。

問 5 ある常染色体上の遺伝子座には 2 つのアレル（対立遺伝子） A と a が存在する。母親と 2 人の娘の計 3 人について、この遺伝子座の遺伝子型を調べたところ、3 人とも異なっていた。この 2 人の娘の父親は同一人物である。父親、母親、娘 2 人（娘 1、娘 2 とする）の遺伝子型を答えよ。

II 細胞の情報伝達に関する下記の文章を読み、設問に答えよ。

アドレナリン受容体（AR, 図1）はGタンパク質共役型受容体（GPCR）の1つである。ARは₁細胞膜を貫通して存在し、アドレナリンが結合する細胞外の部位と、Gタンパク質が結合する細胞内の部位を有する。Gタンパク質は $G\alpha$ 、 $G\beta$ 、 $G\gamma$ からなり、通常、 $G\alpha$ はGDPが結合した不活性型である（図2①）が、アドレナリンがARに結合すると $G\alpha$ はARに結合できるようになり、 $G\alpha$ からGDPが放出されて代わりにGTPが結合し、活性型となる（図2②）。活性型 $G\alpha$ はARから離れてアデニル酸シクラーゼを活性化し、活性化されたアデニル酸シクラーゼはATPからサイクリックAMP（cAMP）を生成する（図2③）。このようにARからの情報を伝えた後には、 $G\alpha$ 自身が₂GTPを加水分解する。

GPCRはARの他にも多数存在し、GPCRによる情報伝達経路が破綻すると、ヒトは体調不良に陥る場合がある。例えば、₃コレラ菌が産生する毒素（コレラ毒素）は $G\alpha$ のGTP加水分解を阻害する。この結果、ヒトは激しい水様性下痢による脱水などの症状を呈する。

問1 下線部1はARを含むGPCRに共通の特徴である。(a) 図1を参照し、この特徴に重要なタンパク質の二次構造の名称を答えよ。(b) ARが下線部1の特徴を示すためには何が重要か、(a)で答えた二次構造を構成するアミノ酸の性質と配置に言及しつつ簡潔に述べよ。

問2 下線部2について、(a) GTPは何に変化するか。(b) このことが $G\alpha$ を介した情報伝達を行うために重要な点は何か。

問3 下線部3について、次の文章において、(A)に入る文章を10文字以内で述べ、また、(B)に入る語句として適切な方を囲め。

コレラ毒素の働きによって $G\alpha$ はGTPを加水分解できず、 $G\alpha$ が(A)となるため、その情報伝達は、(B： 持続する 遮断される)。

問4 アドレナリンを分泌するヒトの器官の部位の名称を答えよ。また、アドレナリンの働きによって血糖濃度が上昇するときに分解される多糖の名称を答えよ。

問5 cAMPはセカンドメッセンジャーの1つである。セカンドメッセンジャーとは何か、「細胞外」「細胞内」「情報」「伝達」という語句を全て用いて簡潔に答えよ。



図1 アドレナリン受容体（AR）の構造
Rasmussen ら（2011）より改変

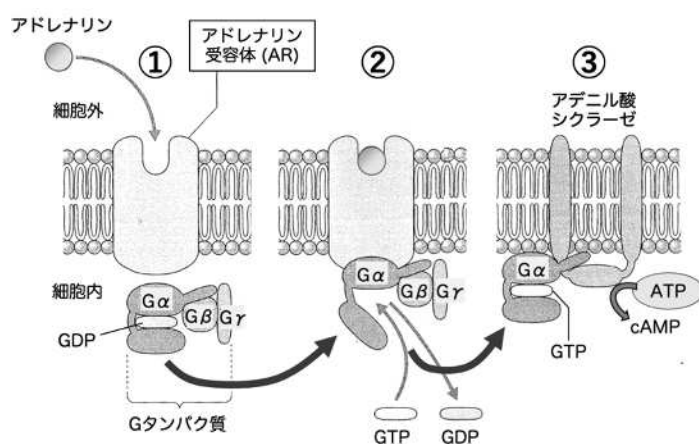


図2 アドレナリン情報伝達の模式図

Ⅲ 下記の文章を読み、設問に答えよ。

生物が外界から二酸化炭素（ CO_2 ）を取り入れ有機物を合成する働きを（ あ ）という。光合成は光エネルギーを利用する（ あ ）であり、チラコイドでの反応とストロマでの反応からなる。チラコイドでは、1光合成色素によって吸収された光エネルギーを用いてチラコイド膜を介した水素イオン（ H^+ ）の濃度勾配が形成される。続いて H^+ が濃度勾配にしたがって移動するエネルギーを利用して 2ATP が合成される。この ATP 合成反応を（ い ）と呼ぶ。ストロマでは、チラコイドで作られた ATP と NADPH を利用して有機物を合成する。この反応経路は発見者の名前をとって（ う ）と呼ばれる。（ う ）で働くルビスコという酵素は、 CO_2 を取り込んで炭素原子を（ え ）個含むホスホグリセリン酸を生じる反応を促進する。この反応の制御によって、（ う ）で合成される有機物の量が決まる。

問 1 （ あ ）～（ え ）の空欄に適切な語句や数字を入れよ。

問 2 下線部 1 について、

- (1) 光合成色素には青緑色のクロロフィル a や橙色のカロテンなどがある。図 1 は様々な光合成色素の吸収スペクトルである。クロロフィル a とカロテンの吸収スペクトルを図の A ～C からそれぞれ選べ。
- (2) 緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌が持つ光合成色素を 1 つ答えよ。また、これらの細菌の光合成の電子伝達系では、植物のそれと異なり、水の代わりに（ a ）を酸化し、酸素（ O_2 ）の代わりに（ b ）を生成する。a と b に当てはまる語句を答えよ。

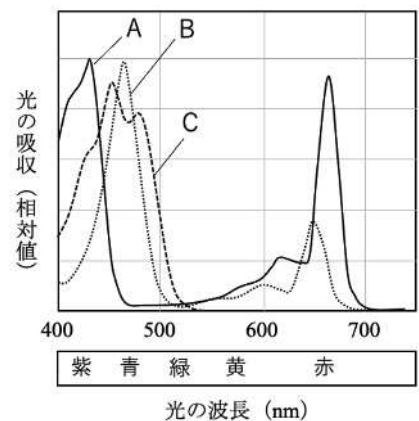


図 1 光合成色素の吸収スペクトル

問 3 下線部 2 について、

- (1) ATP の分子内にある、エネルギーを蓄えているリン酸どうしの結合を何と呼ぶか。
- (2) 膜内外の H^+ の濃度勾配を利用した ATP 合成は呼吸においても行われる。呼吸における ATP 合成反応を何と呼ぶか。

問 4 図 2 は暗黒下、および異なる光強度 X, Y の光を葉に照射したときの、照射時間と葉の面積あたりの O_2 放出量との関係である。光強度が X の場合のチラコイドでの反応の速度は、光強度が Y の場合の何倍か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、光強度にかかわらず呼吸速度は一定であるとする。

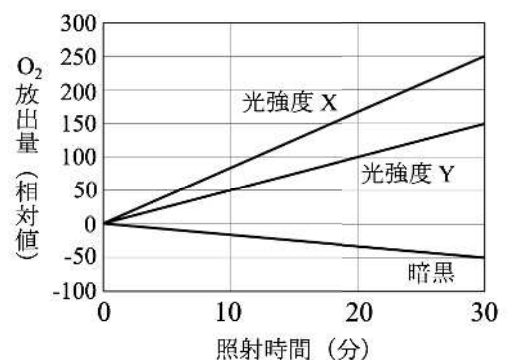


図 2 光の照射時間と O_2 放出量との関係

問 5 ルビスコの最適 pH は 8 であり、pH 7 では活性が抑制されている。このことは、光合成全体の反応においてどのような意味があるか。ただし、暗所にあった植物に光が当たると、ストロマの pH は 7 から 8 に上昇する。

IV 下記の文章を読み、設問に答えよ。

生物の種は共通した特徴を持つ個体の集合で、同種内では自然状態での交配が可能であり、生殖能力を持つ子を作ることができる。進化によって1つの種が複数の種に分かれることは（ア）と呼ばれる。自然界では、同種の生物集団が山地や海などの障壁に分断されて、それぞれの集団間で¹自由な交配ができなくなる（イ）隔離が生じることがある。分断された各集団は、それぞれの²環境に適応して変化し、長い年月の後に再び出会ったとき、お互いに交配できなくなる、あるいは³交配しても子孫を残せない状態になることがある。このような状態を（ウ）隔離という。

問1 （ア）～（ウ）の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部1について、自由な交配が生じている十分に個体数の多い集団において、他の集団との間で個体

の移出入がない場合を考える。この集団において、ある形質の遺伝子には2種類のアレル（対立遺伝子） A_1 , A_2 があり、 A_1 の頻度は p であった。この形質の間で自然選択が働いていない場合、

- (1) この集団における全ての遺伝子型を示し、それぞれの遺伝子型の頻度を p を用いて表せ。
- (2) この生物は1年に1回だけ繁殖し、繁殖を終えた個体はすぐに死亡する。1年後のこの集団におけるアレル A_1 , A_2 の頻度を、それぞれ p を用いて表せ。

問3 下線部2について、ガラパゴス諸島のダーウィンフィンチは、島ごとに異なる餌生物に適応して、^{くちばし}の大きさや長さが異なる多様な種に分かれている。このように、ある1つの系統が様々な生息環境に適応して、多数の系統に分岐する現象を何というか。

問4 下線部3について、捕食性テントウムシの仲間のナミテントウ（以下ナミ）とクリサキテントウ（以下クリ）は互いに近縁で、種間で交尾をすることができるが、2種間の雑種は生まれない。これら2種の未交尾の雌雄を、様々な比率で飼育ケースに入れたときに、同種と交尾できたメスの割合を調べたところ、図のような結果が得られた。

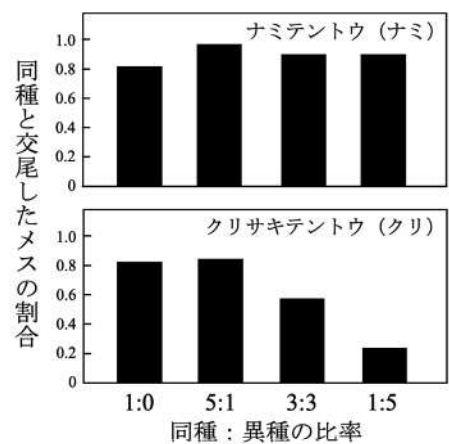


図 Noriyuki ら (2012) より改変

- (1) 図から、2種が様々な比率で共存する条件で、異種の割合を増やしたとき、同種と交尾できたメスの割合はどのような傾向を示したか。ナミ、クリそれぞれについて述べよ。
- (2) 野生下でナミとクリが同じ場所に生息した場合、最終的にその場所にはどちらの種が残ると予想されるか。(1)の結果をふまえて理由とともに答えよ。
- (3) 2種の両方が分布する地域では、ナミはいろいろな植物にいる、捕食しやすい様々な種類のアブラムシを食べるが、クリは、マツに付着している、捕食しにくいマツオオアブラムシのみを食べる。一方、クリのみが分布する地域では、クリはナミと同様に、いろいろな植物にいる、捕食しやすい様々な種類のアブラムシを食べることが知られている。なぜクリにこのような違いが生じたと考えられるか。(1), (2)をふまえて答えよ。