

## 生 物

I 動物の生殖に関する次の記述を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

ほ乳類では性の明らかな区別がみられ、成熟した雌雄の動物ではそれぞれ形や大きさの異なる配偶子がつくられる。なかでも雄の精巣で形成される精子は、交配時に雌の体内へ放出されるとすぐに尾部での活発なべん毛運動を開始して生殖道内を移動し、やがて卵と出会い、受精する。<sup>(1)</sup>この雌の体内で行われるほ乳類の受精の様子を直接観察することは難しく、交配から受精に至るまでの詳しい過程については未だに不明な点が多い。一方、水中生活をする動物の多くでは、精子と卵は水中に放出されて体外で受精するため、その様子を観察しやすく、受精過程についてもすでによく知られている。<sup>(2)</sup>受精後のほ乳類の卵は  という体細胞分裂(体細胞有糸分裂)<sup>(3)</sup>を開始して胚とよばれるようになり、その後  を繰り返して割球を増やし、やがて最終的に体を構成するすべての種類の細胞へと分化する。

雌雄の配偶子による受精以外の方法でも、ほ乳類の個体を誕生させることは可能である。それは、 という技術を利用した体細胞  の作出であり、現在までにヒツジ、ウシ、マウスやブタでの成功例がある。具体的には、まず分化した体細胞から取り出した  を、あらかじめ  を除去した卵に細いピペットを用いて導入する。ついで、卵を体外培養して  させたのち、代理母役の雌の生殖道に入れて妊娠させ、体細胞  を誕生させるという手順がとられている。

生まれてくる子の性別は一般的に、精子と卵から受精卵へと受け継がれる性染色体の構成により決まる。たとえば、正常な雄ウシが誕生した場合、受精したウシの精子と卵が持っていた性染色体はそれぞれ  と  である。また、ほ乳類以外の例で、正常な雌のニワトリのヒナが誕生した場合、受精したニワトリの精子と卵が持っていた性染色体はそれぞれ  と  である。

問 1 下線部(1)に示すように精子はべん毛運動を行う細胞である。このようなべん毛運動を行うほ乳類の精子を、グルコース(ブドウ糖)を含む培養液中に浮遊させ、酸素のない嫌気的条件下で保存しておく、時間の経過とともに精子内のpHが低下する。このような変化がおこる主な原因を50字以内で解答欄に記述しなさい。

問 2 下線部(2)の例として、ウニでの体外受精の過程が顕微鏡下で観察されている。その観察結果によると、卵の周囲で精子の頭部が顕著な形態的变化をおこしたのちに、卵への侵入を開始する。一方、卵は精子の侵入後に卵表面の著しい形態的变化をおこし、この変化が他の精子の卵への侵入を抑える。このウニの受精過程でおこる精子や卵の形態的变化について具体的に100字以内で解答欄に記述しなさい。

問 3 空欄  ～  にあてはまる最も適切な生物学的語句を解答欄に記入しなさい。

問 4 下線部(3)に示した胚発生の初期段階において、ヒトでは一部の割球が他の割球より分離し、その後、これらの割球がそれぞれ別々に正常な個体へと発生することがある。この場合、どのような個体が形成されるか、その個体の生物学的名称を解答欄に記入しなさい。

問 5 空欄  ～  にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

II 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。(配点 19 点)

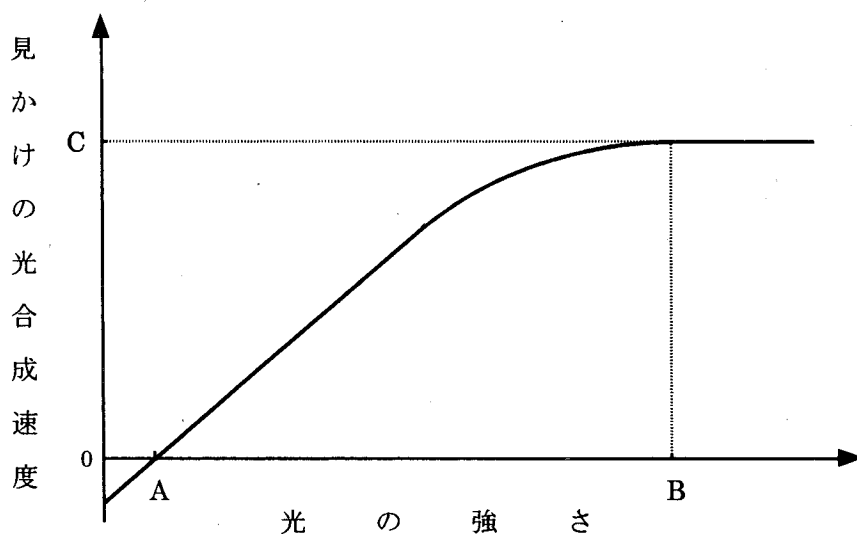
生物体を構成する有機物の中心となる元素は炭素と窒素であり、これらの元素は植物やある種の細菌が行う炭酸同化と窒素同化の産物に由来する。炭酸同化にはエネルギーが必要で、太陽光のエネルギーを利用する場合を光合成という。光の強さ<sup>(1)</sup>と光合成速度との関係は光-光合成曲線として表され、この曲線の特性からその植物の生育がどのような光環境に適しているかを知ることができる。植物の光合成に使われる二酸化炭素は主に気孔を通して葉の中へ拡散するので、気孔の開度が光合成速度に大きく影響する。気孔は、孔辺細胞が吸水して  が高くなると開き、低くなると閉じる。気孔を閉じさせる植物ホルモンとして  が知られている。気孔は外界への水の蒸発である  も行っている。窒素同化は無機窒素化合物からタンパク質などの有機窒素化合物をつくる作用のことである。窒素は大気中の窒素ガスとして、また土壌中の無機窒素化合物として存在している。ほとんどの植物は、窒素ガスを直接利用できないので、土壌中のアンモニウム塩や硝酸塩などを窒素源として窒素同化を行う。しかし、ある種のラン藻類や細菌類は大気中の窒素を固定することができ、植物にアンモニアを供給している。<sup>(2)</sup>

生物は体内にとり入れた物質の一部を分解する。この作用を異化という。異化の代表的な例は呼吸で、その様式には酸素を用いる好気呼吸と酸素を用いない嫌気呼吸とがある。好気呼吸の過程は解糖系、クエン酸回路系および水素(電子)伝達系の3つの系からなり、1分子のグルコース(ブドウ糖)が完全に酸化・分解された場合には合計 38 分子の ATP が得られる。呼吸のさいに放出される二酸化炭素と吸収される酸素との体積比を呼吸商とよび、その値は呼吸基質の種類によって異なる。酸素がないところでは、多くの生物は生活できないが、ある種の微生物は嫌気呼吸で<sup>(4)</sup>必要なエネルギーを得て生活できる。

問 1 文章中の空欄  ～  にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問 2 次の図は下線部(1)に関連して、ある植物の光の強さと単位葉面積当りの見かけの光合成速度との関係を模式的に示したものである。座標軸上のAは見かけの光合成速度がゼロとなるときの光の強さ、Bは光がより強くなっても見かけの光合成速度はそれ以上増加しなくなる最小の光の強さ、Cは最大の見かけの光合成速度である。光-光合成曲線の特徴はA~Cの3点で表すことができる。以下の小問に答えなさい。

- (1) Aは何とよばれるか。
- (2) Bは何とよばれるか。
- (3) 陽生植物の光-光合成曲線が図のように表されるとすると、陰生植物の場合にはA~Cのそれぞれの値がどのように変化するかを記せ。ただし、以下の例のように、値が増加するのであればアルファベットにプラス記号を付し、減少するのであればマイナス記号を付し、変化しないのであれば何もつけないものとする(例; A+, B-, C)。
- (4) 二酸化炭素濃度は十分で、適温より低い温度での光-光合成曲線が図のように表されるとすると、適温での場合にはA~Cのそれぞれの値がどのように変化するかを(3)と同様に記せ。ただし、これらの温度の違いによる呼吸速度の差はないものとする。



問 3 下線部(2)の窒素固定細菌には、(ア)植物と共生するものと、(イ)土壤中で単独生活するものがある。それぞれにあてはまる代表的な細菌類の名称を解答欄に一つずつ記入しなさい。

問 4 下線部(3)に関連して、下のA表は炭水化物、脂肪およびタンパク質の各1gが完全に酸化された場合の酸素消費量と二酸化炭素放出量を、B表は4種類の植物の種子100g中の成分量を表したものである。発芽時の呼吸に関して以下の小問に答えなさい。

- (1) 種子成分のうち炭水化物と脂肪を基質とした場合の呼吸商はどの植物が最小か。
- (2) エンドウ種子の3成分を呼吸基質とした場合の呼吸商はいくらか(四捨五入して小数第2位まで示すこと)。

A表 (単位はリットル)

呼吸基質	酸素消費量	二酸化炭素放出量
炭水化物	0.8	0.8
脂 肪	2.0	1.4
タンパク質	0.6	0.5

B表 (単位はグラム)

種子成分	ヒマワリ	コムギ	ラッカセイ	エンドウ
炭水化物	14	69	18	55
脂 肪	56	3	47	2
タンパク質	20	11	26	25

問 5 下線部(4)に関して、以下の小問に答えなさい。

- (1) この現象で、主に炭水化物が分解されてつくり出される物質が人間にとって有用である場合は一般に何とよばれているか。
- (2) 上の(1)を行う代表的な菌類と細菌類を一つずつあげよ。
- (3) 嫌気呼吸ではグルコース1分子から何分子のATPを得ることができるか。

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

タンパク質は、生体の構造と機能の維持に重要な役割を果たしている。タンパク質の基本骨格は、種類のアミノ酸がペプチド結合によって多数つながれた鎖状のポリペプチド構造である。ポリペプチド中のアミノ酸の並び方は遺伝子の中に暗号化されており、遺伝子DNAから転写されたmRNA(伝令RNA)を構成する種類の塩基の配列によって決定されている。各アミノ酸は、mRNA上でコドンと呼ばれる3つの塩基の配列と対応しており、その対応表は遺伝暗号(コドン)表と呼ばれている。コドンの数は、3つの終止コドンを含めて個ある。したがっていくつかのアミノ酸は複数のコドンと対応している。

ポリペプチド鎖は折りたたまれてさまざまな立体構造をつくるが、アミノ酸の配列が異なると折りたたまれ方も異なり、立体構造も違ったものになる。それぞれのタンパク質が特有の機能を発揮できるのは、それらが独自の立体構造をとるからである。また、抗体分子やヘモグロビンなどのように、何本かのポリペプチド鎖が結合して1つの機能を持つタンパク質を形成している例も少なくない。<sup>(1)</sup>

筋肉ではさらに複雑なタンパク質複合体の構造と機能の例をみることができる。横紋筋の筋原繊維では、多数のフィラメントとフィラメントが交互に平行して並び、Z線(膜)というしきりで区切られたと呼ばれる機能的単位を形成している。にはATPを分解するはたらきがあり、ATPの分解に伴ってがをたぐり寄せるように動いて、収縮が起こるとされている。

このようにタンパク質はその構造が機能と密接に関連し、しかも多くの場合、ほかのタンパク質と協力してはたらいっている。ヒトのゲノム DNAの配列がほぼ明らかになった今日、遺伝子に書かれたアミノ酸配列からタンパク質の立体構造、さらには複雑な細胞内の構造がどのようにして構築されるのか、その基本原理を解き明かすことが今後の生物学の大きな課題の一つとなっている。<sup>(2)</sup>

問 1 文章中の空欄  ～  にあてはまる最も適切な数字，または語句を解答欄に記入しなさい。

問 2 表 1 は遺伝暗号(コドン)表の一部である。あるタンパク質のアミノ酸配列の一部が， —  —  であったとき，このアミノ酸配列に対応する mRNA として予想される塩基配列は，

AUG ACU GAA  
          C   G  
          A  
          G

のように表すことができる。すなわち，6番目に4通りと9番目に2通りの塩基の配列が可能であるので，合計8通りの mRNA の塩基配列が考えられる。では，同様にアミノ酸の配列が， —  —  —  の場合には，どのように mRNA の予想塩基配列を表すことができるか，また何通りの mRNA の配列が考えられるか，解答欄に示しなさい。ただし，ここにあげたアミノ酸のコドンはすべて表 1 に含まれるものとする。

表 1 mRNA の遺伝暗号(コドン)表の一部

イソロイシン	AUU	トレオニン	ACU	アスパラギン	AAU	セリン	AGU
	AUC		ACC		AAC		AGC
	AUA		ACA	リシン	AAA	アルギニン	AGA
メチオニン	AUG	ACG	AAG		AGG		
バリン	GUU	アラニン	GCU	アスパラギン酸	GAU	グリシン	GGU
	GUC		GCC		GAC		GGC
	GUA		GCA	グルタミン酸	GAA		GGA
	GUG		GCG		GAG		GGG

問 3 ある遺伝子から転写された mRNA の配列を調べたところ、下のような配列が得られた(数字は左からの塩基の順番を表す)。この mRNA の配列が左端のコドンから右方向に翻訳されたとき、左から 7 番目のアミノ酸は何になるか答えなさい。

1                      10                      20                      30  
|                      |                      |                      |  
AUGGGUGCCACUAAAGCAAGCCACGAGAAG

問 4 問 3 の mRNA の配列で 10 番目の塩基 A が欠失した変異体では、7 番目のコドンはどのようになり、アミノ酸は何になるか答えなさい。

問 5 下線部(1)の抗体分子は、免疫グロブリンと呼ばれるタンパク質である。解答欄に免疫グロブリンの構造の模式図を書き、以下の部位を図中に a～e の記号を用いて明示しなさい。

- a. 可変部                      b. 定常部                      c. H 鎖  
d. L 鎖                      e. 抗原結合部位

問 6 下線部(2)のゲノムとは、ある生物がもつ遺伝情報の 1 セットのことをいい、真核生物では配偶子などの半数体がもつ染色体の 1 組に相当する。一方、遺伝子は遺伝形質を決定する因子として機能する DNA の単位である。ゲノムと遺伝子について記述した以下の文章のうち、正しいものはどれか。解答欄に A～F の記号で答えなさい。ただし、正しいものは一つとは限らない。

- A. 一部のウイルスを除き、ゲノムも遺伝子もその本体は DNA である。  
B. ゲノム上の複製の単位は遺伝子である。  
C. ゲノムには遺伝子以外の部分は存在しない。  
D. 遺伝子はゲノムの一部である。  
E. 機能していない遺伝子もゲノムに含まれる。  
F. ゲノムも遺伝子も遺伝情報はすべて転写される。

IV 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点18点)

大気中に酸素が多いという他の惑星には見られない地球の環境は、40数億年と考えられる地球の長い歴史の中で、生物の進化や生命活動の結果として築かれてきたものである。すなわち、誕生直後の地球の大気中の酸素濃度は、現在の1万分の1以下であった。

地球上での最初の生命は、約38億年前に有機物が豊富な海の中で生まれ、嫌気呼吸によりエネルギーを得て生命を維持していたと考えられている。やがて、太陽から地球へ降り注ぐ光のエネルギーを利用する新たな生物が誕生した。それは現在でも生き残っている光合成細菌の仲間<sup>(1)</sup>で、光のエネルギーを使って有機物を合成する最初の光合成生物である。そして、30億年前頃になると、その後の地球環境と生命の進化に大きな影響を与えることになるラン藻(シアノバクテリア)の仲間<sup>(2)</sup>が誕生した。光合成細菌とラン藻は共に核を持たない  生物であるが、ラン藻は光合成細菌とは異なり、光合成反応の過程で水を分解することで副産物としての酸素を生成して細胞の外へ放出する。

酸素を発生するラン藻の誕生と繁栄は、地球環境にとって非常に画期的な出来事であり、大気中の酸素濃度が増加する中で、酸素を使って有機物を酸化してエネルギーを獲得する生物が出現した。やがて、約20億年前に大気中の酸素濃度が現在の1%程度まで増加した時点で、核をもつ  生物が誕生し、生命は多細胞化および複雑化の道を歩みだした。しかし、まだしばらくの間、生命の生育場所は水の中に限定されていた。ようやく4億2千万年前頃<sup>(3)</sup>になって、ある種の緑藻類の仲間から進化した植物が水中から陸上へ進出することに成功した。引き続き動物も上陸し、これらの生命は陸上の環境に適応しながら生育の場を広げていった。

このように地球上での生命の進化にとって藻類や陸上植物などの酸素発生型光合成生物は非常に重要な役割を果たしてきており、現在の地球生態系や地球環境の維持にも不可欠な存在となっている。

問 1 空欄 **ア** と **イ** にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。また、**ア** 生物と **イ** 生物の細胞が一般的にもつ共通な構成要素を次の語句から 2 つ選び、番号で答えなさい。

- ① 細胞膜                      ② 核 膜                      ③ ミトコンドリア
- ④ リボソーム                ⑤ 小胞体膜

問 2 下線部(1)の光合成細菌の光合成に固有で、陸上植物の光合成には直接関係しないものを次の語句から 2 つ選び、番号で答えなさい。

- ① チラコイド                      ② バクテリオクロロフィル
- ③ 硫化水素                      ④ 光化学系
- ⑤ ATP 生成                      ⑥ カルビン-ベンソン回路

問 3 下線部(2)は核を持たない生物であるが、この生物の光合成に関与する遺伝子やタンパク質の構造および光合成反応の仕組みは、核をもつ生物である藻類や陸上植物の葉緑体とよく似ている。したがって、両者の光合成はまったく独立して進化してきたとは考えにくい。このことから、進化の過程で起こったと考えられるラン藻と葉緑体との関係について、現在もっとも有力な説を 50 字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(3)の時期に生物が水中から陸上へ進出することが可能になった理由を、80 字以内で述べなさい。

問 5 下線部(4)について、生態系での役割を考えた場合、陸上植物や藻類などの光合成生物は何とよばれるか、解答欄(ア)に記入しなさい。また、自らが必要とする有機物を栄養として取り入れる必要がなく、炭素源として二酸化炭素を利用して生育する様式の生物の名称を解答欄(イ)に記入しなさい。