

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 14 ページで、解答用紙は 6 枚、白紙は 2 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、6 枚の解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は 6 題ある。応用生物科学部の受験生は 6 題すべてに解答すること。医学部の受験生は問題 1, 2, 3, 4 に解答すること。解答しない問題 5, 6 の解答用紙には、全紙にわたり大きく×印を 1 つ記すこと。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子と白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率(%)を表示してある。

1 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：16%)

地球が誕生したのは46億年前といわれる。生命の誕生は40億年前にさかのぼると考えられている。生物は誕生してから現在にいたるまで、原核生物から真核生物へ、単細胞生物から多細胞生物へと、^①しだいに複雑な構造・体制をもつように進化してきた。われわれヒトが属する脊椎動物はどのように進化してきたのであろうか。

オーストラリアの では6億年前から5億4000万年前の地層からクラゲやウミエラによく似たものなど様々な無脊椎動物の化石が見いだされている。この化石生物は 生物群と呼ばれている。5億4000万年前ころになると、化石として残りやすい骨格をもった無脊椎動物が現れた。このため、これ以降の時代は生物の変遷の様子を化石から知ることができる。^②カンブリア紀の地層からは多様な多細胞動物の化石が見つかる。カナダのロッキー山脈の ではこの時代の動物化石が数多く産出しており、 動物群と呼ばれている。この中には三葉虫をはじめ、クラゲやサンゴの仲間、シャミセンガイ、アノマロカリス、ナメクジウオに似たピカイアなども見られる。^③

最古の脊椎動物はオルドビス紀に出現した。この脊椎動物には がなく、水底の腐食物などを吸い込んで栄養としていた。硬い内骨格もまだ備えていなかった。シルル紀に入ると、 を支えている骨のいくつかが変化して、 のある脊椎動物が現れた。デボン紀になると軟骨魚類や硬骨魚類が出現した。原始的な硬骨魚類のなかには、消化管の一部が変化した で呼吸するものもいた。これらの中からやがて、胸びれと腹びれを支える骨格が発達して四肢に変化した原始的な両生類が誕生し、石炭紀には陸上でも生活できる両生類が出現した。さらに、体表が でおおわれ、乾燥からからだを守ることができ、陸上でも繁殖できるは虫類も出現した。^④^⑤^⑥^⑦

問1. 上の文章中の ～ に適切な語を入れよ。

問2. 下線部①については以下のような仮説が考えられている。仮説中の と に適切な語を入れよ。また、このような説をなんと呼ぶか記せ。

(仮説) 原始的な好気性細菌が内部に入り込んで となり、原始的なラン藻類が内部に入り込んで の起源となった。このようにして大型で細胞内の構造が複雑な真核生物が誕生した。

問3. 下線部②、④、⑤、⑥について、これらが属する動物門の名称を記せ。

問 4. 下線部③について，地球に地殻が形成された後，化石の種類をもとに分けられた時代区分をなんと呼ぶか記せ。

問 5. 下線部⑦について，は虫類の胚が陸上でも発生できるのは，発生過程において魚類や両生類にはみられないある器官の形成が重要な役割を果たしているからである。その器官の名称を記し，その器官の機能について 40 字以内で説明せよ。

下 書 き 用 (40 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

生物にはそれぞれの生存に適した条件があり、同じ地域に住んでいる動物でも、利用可能な食物や適した生息場所が種によって異なる場合がある。これらの生活の条件の要求に応じたその生物の位置づけを という。 が似ているとき、似ている種の中の競争は激しくなる。植物は、, , 栄養素という同じ資源を求める。大気中の窒素を利用できる 科などの植物を除けば、植物が要求する資源は、種によらずほとんど同じである。したがって、異種が混在する密度の高い植物群落では種間の競争が激しい。

一つの種類の植物が栽培される十分に管理された耕地では、種間の競争はないが、すべての個体がほぼ同じように資源を求めるので、個体間の競争は極めて激しいものとなる場合がある。栽培される植物は、人間の管理下で同種の植物が栽培された場合に収穫が多くなるように改良されているのであり、他の植物種との競争に勝つように改良されているわけではない。過去50年の間に、多くの地域でイネの草高は低く、葉は直立するように改良された。これらの性質は、他の種との をめぐる競争に適していない場合がある。

2種類の植物の間の競争の様子は、2種類の植物を異なる割合で混ぜて栽培した群落を作る実験で検討できる。種Aと種Bの割合を変えて栽培し、ある時期の2種の面積あたりの全乾燥重量を調査したところ、種Aが単独で栽培された場合、種Bより面積あたりの乾燥重量が大きい、種Aと種Bをそれぞれ50%の割合で混合して栽培した場合には、種Aは種Bの生育を抑制し、旺盛に成長していた。また、両種をそれぞれ50%の割合で混合して栽培した場合の両種の全乾燥重量の合計は、種Aを単独で栽培した場合の値を上回っていた。この結果は、単独で栽培された時よりも、混合して栽培された場合に、両種の成長の 要因となっている資源を群落として有効に利用していることを示している。

問1. 文中の ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①について、図 1 は、ある地域の 50 年前の品種 C と現在の品種 D を全く同じ環境条件で、一定の期間栽培した場合の生産構造図である。このときの各品種の葉面積指数を整数で記せ。ただし、葉面積あたりの葉の乾燥重量は、品種 C で 4 mg/cm^2 、品種 D で 5 mg/cm^2 とする。

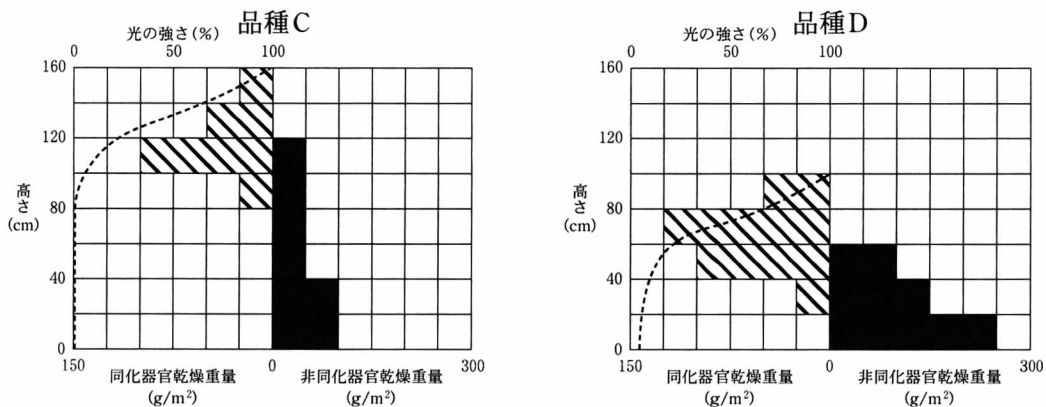


図 1 品種 C(左)と品種 D(右)の生産構造図

点線は群落上の光の強さに対する群落内の相対的な光の強さを表す。

問 3. 下線部②について、草高が低いことと葉が直立していることは、どのような場合に適していないのか、理由とともに 60 字以内で記せ。

下書き用(60字)

草高が低いこと：

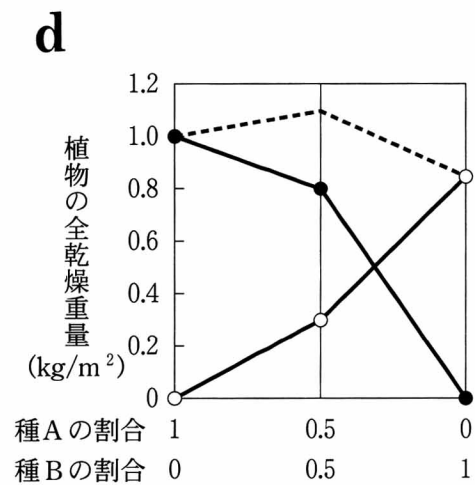
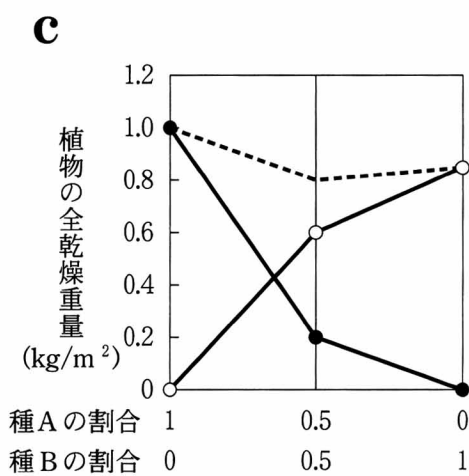
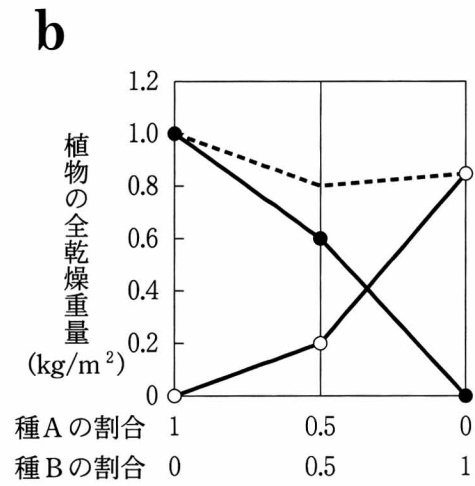
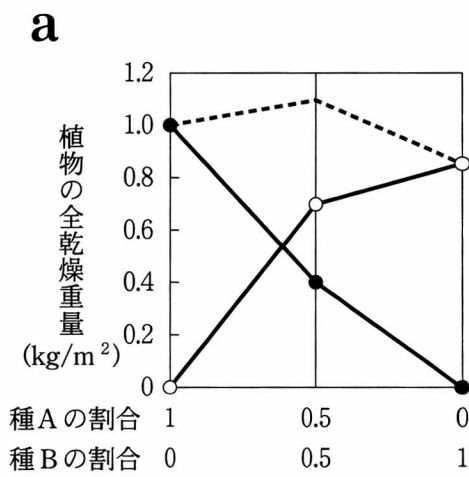
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|
| | | | 5 | | | | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

下書き用(60字)

葉が直立していること：

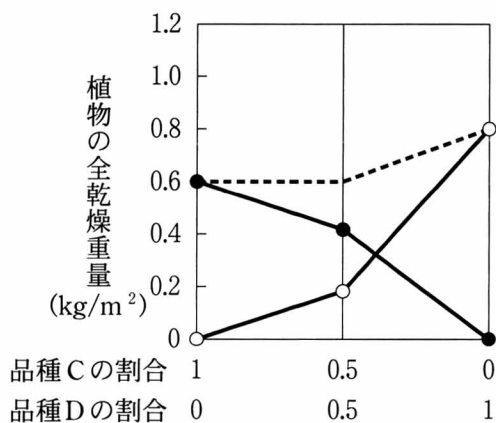
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|
| | | | 5 | | | | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 4. 下線部③で示された種 A と種 B の全乾燥重量を示す図を下の a ~ d から選び記せ。ただし、種 A の全乾燥重量は●、種 B の全乾燥重量は○、両種の全乾燥重量の合計は点線で表されている。

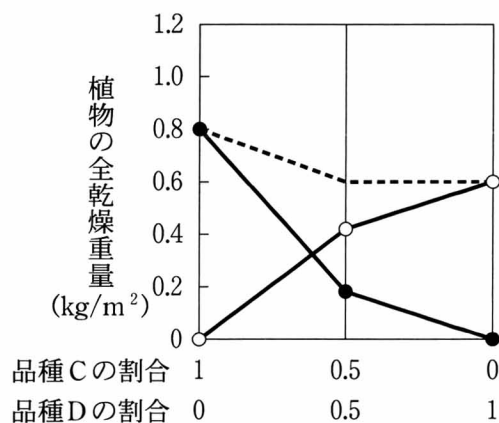


問 5. 図1における品種 C, D の栽培の密度を 1 とした場合に, 両品種の密度がそれぞれ, 1 と 0, 0.5 と 0.5, 0 と 1 となるように割合を変えて混ぜて栽培した。栽培の条件は図1と同じである。それぞれの割合における両品種および合計の全乾燥重量を表した図として最もふさわしいものを下の e ~ h から選べ。ただし, 根にかかわる競争は両品種の間になかったものとする。また, 品種 C の全乾燥重量は●, 品種 D の全乾燥重量は○, 両品種の全乾燥重量の合計は点線で表されている。

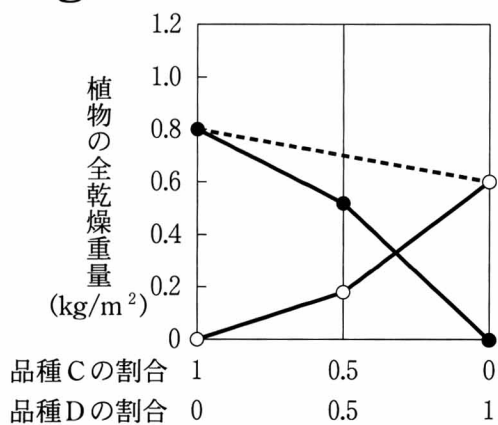
e



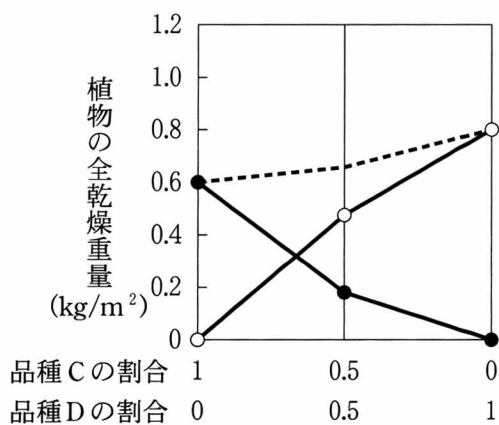
f



g



h



3 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

心筋細胞内には、直径 $1\mu\text{m}$ の筋原線維が長軸方向に束になって配列し、これを取り巻くように **ア** という袋状の構造物が見られる。心筋の筋原線維の構造は基本的には骨格筋の筋原線維の構造と同じであり、 **イ** からなる太いフィラメントと、 **ウ** などからなる細いフィラメントが規則的に配列しており、明暗の規則的な横紋が見られる。明るく見える部分を明帯、暗い部分を暗帯といい、暗帯の中央にはH帯というやや明るい部分がある。明帯の中央にあるZ帯から隣のZ帯までを筋節(サルコメア)とよぶ。

心筋細胞が収縮するためには、まず心筋細胞が興奮(活動電位の発生)する必要がある。活動電位の発生は、細胞膜にあるイオンチャネルやイオンポンプを介する細胞内外のイオンの移動を考えると、理解しやすい。興奮していない心筋細胞内で濃度が高い陽イオンは **エ**、細胞外で濃度が高い陽イオンは **オ** と **カ** である。このようなイオン濃度の不均衡により細胞内は細胞外に対して電氣的に負の状態となっている。この時の細胞内電位を **キ** という。興奮が心筋細胞に到達すると、図1に示すようなイオン透過性の変化が起こり、その結果細胞内電位が上昇して活動電位が発生する。

心筋細胞が興奮して収縮するまでの過程を興奮-収縮連関という。活動電位発生時の **オ** 流入が引き金となり **ア** から **オ** が細胞質中に放出される。この **オ** が細いフィラメントに結合すると、太いフィラメントの **イ** 分子の2つの頭部に相当する突起が **ウ** と結合して連結橋(クロスブリッジ)を形成する。心筋の収縮は、連結橋で発生する力により、太いフィラメントと細いフィラメントが互いに滑走することによって起こる。したがって、力を

① 発生する連結橋の数が多い
と、心筋の発生する張力も大きい。

心筋細胞が多数集まって構成された心臓でも、1個の心筋細胞で見られた興奮-収縮連関の性質は保たれる。ただし、正常な心臓の筋節長は $1.6\sim 2.2\mu\text{m}$ であるが、病的状態では $2.2\mu\text{m}$ 以上になることもある。

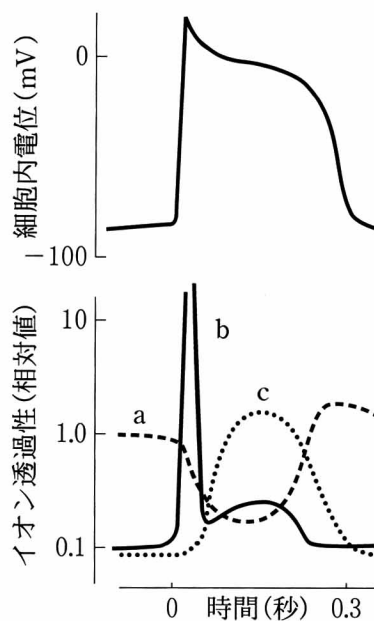


図1 活動電位発生時の心筋細胞内電位変化とイオン透過性変化

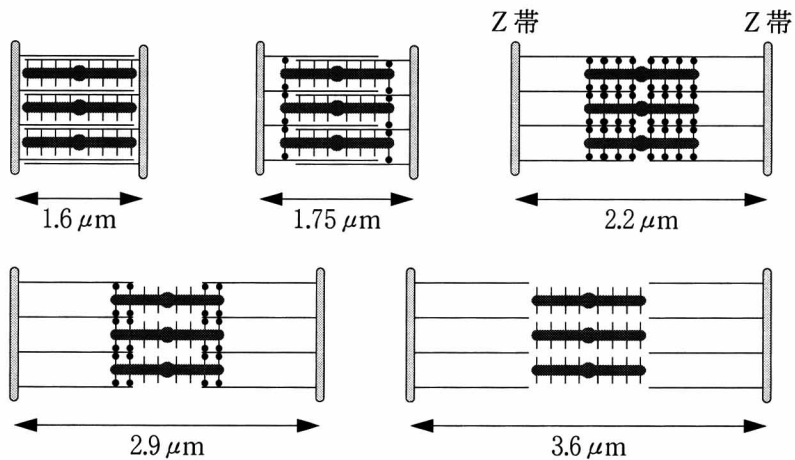


図2 筋節の長ささと太いフィラメント、細いフィラメントの関係
・印は形成された連結橋を表す。

問 1. ア ~ キ に適切な語を入れよ。

問 2. 図 1 に関し、以下の問いに答えよ。

- (1) イオン透過性変化曲線の a, b, c は、それぞれ何というイオンの透過性を表しているか記せ。
- (2) 心筋の活動電位が一般的な神経細胞の活動電位と異なる点を記せ。

問 3. 下線部①に関し、図 2 は筋節の長さ^①と太いフィラメント、細いフィラメントの関係を示したものである。この図を参考にして、筋節の長さ^①と、収縮時に発生する張力の関係を図中に描け。

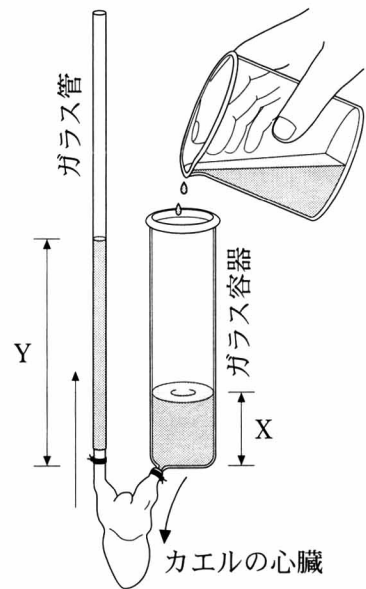
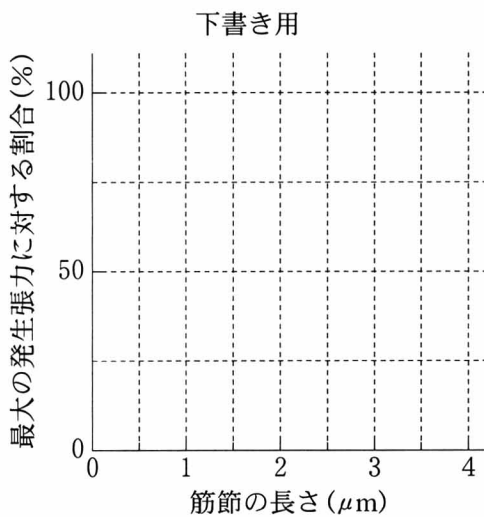


図 3 カエルの心臓実験装置

問 4. カエルから心臓を取り出し、図 3 のようにガラス容器とガラス管につなぎ、リンガー液を満たすと、心臓は自働性をもって収縮・拡張を繰り返す。ガラス容器に貯めたリンガー液は、矢印のように心房を経て心室に充満し、心室が収縮すると、大動脈につながり細長いガラス管内を上昇する。

ガラス容器にリンガー液を注いで、リンガー液の高さ(X)を0から徐々に高くしていくと、細長いガラス管を上昇するリンガー液の高さ(Y)は、どのように変化するか。その理由とともに 120 字以内で記せ。ただし、この心臓の筋節長は $2.2\mu\text{m}$ 以上には伸びないものとする。

下書き用(120字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|
| | | | | | 5 | | | | | | 10 | | | | | | 15 | | | | | | 20 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

ヒトにはABO式、Rh式などの血液型があり、これらはいずれも独立に遺伝する。ABO式血液型は第9番染色体に位置する3つの遺伝子A、B、Oが関係し、A、B、O型別に赤血球膜上にある糖鎖構造に違いが生まれる。このように1つの形質に3つ以上の対立遺伝子が存在するとき、これらを **ア** という。これらの表現型にはA、B、AB、Oの4型があり、また、これらの遺伝子型は、A型では **イ** と **ウ** の2つ、B型では **エ** と **オ** の2つ、AB型では **カ**、O型では **キ** の1つである。遺伝子Aと遺伝子Bの間には優劣関係はなく、遺伝子Oは遺伝子Aと遺伝子Bに対して **ク** である。一方、Rh式血液型にはRh+とRh-の2つの対立遺伝子があり、Rh+はRh-に対し **ケ** である。Rh抗原は多数あるが、重要なものはD抗原である。

母子間で血液型が異なる場合に問題となるのが血液型不適合妊娠である。通常は母体血と胎児血は直接混じり合うことはない。しかし、母親がRh-、第一子がRh+、かつ出産の際に胎児の赤血球が母体内へ紛れ込む場合、第一子は無事に出産されるが、第二子がRh+であるところの胎児は危険な状態となる。^①これを予防するためには、第一子が問題なく通常の分娩にまで至った場合でも、^②出産後の母親に対して抗Dヒト免疫グロブリンを投与する必要がある。

問1. **ア** ～ **ケ** に適切な語を入れよ。

問2. 下線部①について、その理由を100字以内で記せ。

下書き用(100字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問3. 下線部②について、抗Dヒト免疫グロブリンを投与することで、母体内で期待される効果について20字以内で記せ。

下書き用(20字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 4. 父親が B 型で母親が A 型である場合，子供の ABO 式血液型について，どのような割合で生まれてくることが期待されるか。期待される各血液型の比率を例にならって記せ。ただし，各遺伝子型の出現頻度は等しく，また遺伝子 A, B, O は独立して存在するものと仮定する。

例 $A : B : AB : O = 1 : 0 : 2 : 1$

問 5. B 型 Rh + の父親と A 型 Rh - の母親から，3 人の子供がいずれも O 型 Rh - で生まれる確率，および 3 人の子供がいずれも A 型 Rh - で生まれる確率をそれぞれ分数で示せ。ただし，3 回の出産で 1 人ずつ，計 3 人生まれるものとし，各遺伝子型の出現頻度は等しいと仮定する。

5 次の文章を読み、問1～3に答えよ。(配点比率 応生：17%)

緑色植物は、光エネルギーを利用する光合成により大気から二酸化炭素を吸収して を生産する生産者である。この生産者によって作られた全 量を総生産量という。生産者は、 の一部を自らの呼吸によって消費し、二酸化炭素として大気へ放出している。この放出量を除く が生産者の体に蓄積される。巨大な現存量を持つ森林には、とくに多くの炭素が固定されている。生産者の体は、枯死することや、消費者によって食べられたりすることがある。生産者や消費者の排出物や遺体は、主に土壤の分解者によって に分解され、二酸化炭素が大気中に放出される。

生態系において消費者には、植物を栄養とする植食性動物の一次消費者、一次消費者を捕食する肉食性動物の二次消費者、二次消費者を捕食する肉食性動物の三次消費者とよばれるものがあり、生産者から高次の消費者までの の各段階を とよぶ。実際の は、何種類もの生物が複雑な網目状の関係となっている。また、生体量や などを ごとに帯状に表して、積み重ねたものを総称して という。ただし、 では高次の の生物が、低次の の生物の生体量や を上回ることがあり得る。

このような生態系内の物質の移動過程をエネルギーの流れからみると、光エネルギーは光合成によって 中に エネルギーの形で蓄積され、各 において、 エネルギーとなって放出される。

問 1. ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 緑色植物以外に深海の海底では、光エネルギーを利用せず、アンモニアや硫化水素などの を酸化した際に得られる エネルギーを用いて炭酸同化を行う生物が知られている。その生物の総称を記せ。

問 3. ある森林(緑色植物)の2001年の最初の現存量は138 t/haであった。この森林の2001年以降の物質収支を調べたところ、成長量は表1のようであった。また、総生産量に占める枯死量、被食量、呼吸量の割合は、表2のようであった。以下の(1)~(4)について答えよ。ただし、現存量の物質収支はないものとする。

表1 2001年から2005年までの1年あたりの成長量(t/ha)

| | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 成長量 | 16.0 | 20.0 | 24.0 | 20.0 | 24.0 |

表2 2001年から2005年までの総生産量に占める1年あたりの枯死量、被食量、呼吸量の割合(%)

| | 2001年 | 2002年 | 2003年 | 2004年 | 2005年 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 枯死量 | 2.5 | 2.0 | 5.0 | 4.0 | 3.0 |
| 被食量 | 2.5 | 2.0 | 5.0 | 2.0 | 2.0 |
| 呼吸量 | 15.0 | 16.0 | 15.0 | 14.0 | 15.0 |

- (1) 2001年の総生産量を記せ。
- (2) 2006年の最初の現存量を記せ。
- (3) この5年間で、純生産量が最も多い年の西暦年と、その年の純生産量を記せ。
- (4) 生産者の被食量より、それを食べた消費者の同化量は、小さな値となる。その理由を25字以内で記せ。

下書き用(25字)

| | | | | | | | |
|--|---|--|----|--|----|--|----|
| | 5 | | 10 | | 15 | | 20 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

6 以下の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 応生：16%)

ほ乳類とそれ以外の動物の受精や発生の過程には、根本的に大きな違いはない。雌雄の性腺(精巣や卵巣)では、生殖のための配偶子が形成される。雄の精巣では、**ア** 分裂がくり返されて多数の精原細胞ができ、^①個体が成熟すると精原細胞の一部が一次精母細胞に成長し、**イ** 分裂をして精細胞になる。その後、精細胞は変形して精子になる。雌の卵巣では、**ア** 分裂がくり返されて多数の卵原細胞となり、その後比較的大きな一次卵母細胞に成長し、**イ** 分裂により二次卵母細胞(娘細胞)をつくる。これらの細胞は、小さな極体を放出することにより卵となる。多くの動物では、卵と精子の受精によって、新しい個体をつくる。^③概して、水生動物と陸生動物では受精の方法が異なるが、いずれの場合でも、精子は卵の中に進入して受精が完了する。受精が完了した1個の受精卵は、卵割をくり返して細胞数を増やし、その後、各々の細胞が特定の機能を果たすために、ある一定の規則に従い胚葉を形成する。一般に胚葉は、ある時期になると、外胚葉、中胚葉および内胚葉に分かれ、^④それぞれからいろいろな組織や器官が^④つくられる。

以上のように、発生とは受精卵が新しい個体に変化するまでの全過程をいう。1個の受精卵には、^⑤1個体をつくるための遺伝情報がすべて含まれており、受精卵のDNA塩基配列に保存されている。

問1. 上の文中の **ア** と **イ** に適切な語を入れよ。

問2. 下線部①と②の分裂が順調にすすむと仮定した場合、各々10個の一次精母細胞と一次卵母細胞からいくつの精子と卵ができるのかを答えよ。

問3. 下線部③にある水生動物と陸生動物の受精方法の違いを30字以内で述べよ。

下書き用(30字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 5 | | | | | 10 | | | | | 15 | | | | | 20 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問4. 次にあげる組織や器官はおもにどの胚葉(下線部④)から分化するのかを分類し、記号で記せ。

- | | | | | |
|-------|------|------|-------|--------|
| ㉖ 神経系 | ㉗ 肺 | ㉘ 表皮 | ㉙ 心臓 | ㉚ 結合組織 |
| ㉛ 筋肉 | ㉜ 肝臓 | ㉝ 目 | ㉞ 消化管 | ㉟ 腎臓 |
| ㊱ 骨格 | ㊲ 毛 | | | |

問 5. 下線部⑤の遺伝情報の発現の結果，子の体の特徴などが親に似る。ヒトの場合，性別は性染色体で決まり，その組み合わせがXY のときは男性，XX のときは女性となる。

以下の図1は，血友病が認められた家族の家系図である。血友病は，X 染色体上にある劣性の遺伝子による遺伝病である。

- (1) ■の血友病をもつ男性以外で保因者と考えられる人は誰か，全て番号で答えよ。
- (2) 男性10の血友病の遺伝子は，図中の1～4の誰から遺伝したものであるのか，番号で答えよ。

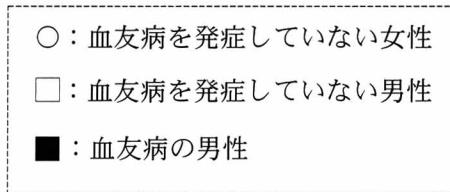
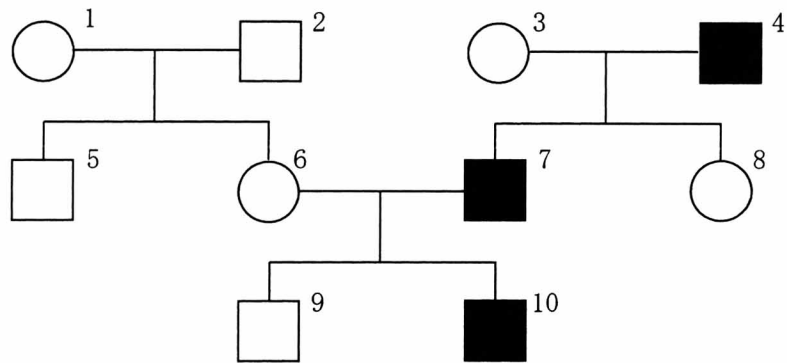


図1 血友病患者の家系図