

北海道大学 前期

医学部 歯学部
H-27 ④

理 科

15:00~17:00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は45ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～19ページ、「生物」は20～37ページ、「地学」は38～45ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部系群学科専攻 科目	総合入試					学部別入試						歯学部	獣医学部	水産学部
	理系					医学部								
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	保健学科							
							看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法科学専攻	作業療法科学専攻			
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
なお、選択問題がある科目については、問題文の指示に従うこと。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。[1]～[3]は必須問題である。[4]と[5]はどちらか1つを選び解答せよ。どちらを選択したかを示すために、解答用紙の問題選択欄の中の問題番号を○で囲み解答せよ。

[1] 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

動物の体はさまざまな細胞、組織、器官からなり、非常に複雑である。この複雑な体の形成は、たった1つの細胞である受精卵から始まる。両生類のカエルを例に受精とその後の発生をみていこう。カエルの精子は卵(図1 A)の動物半球から卵細胞質に進入する。精子が入ると、卵細胞表面の表層部分がそれより内部の細胞質に対して約30度回転する。この回転にともない、卵の植物極表層に存在したディシェベルドとよばれる母性因子が図1 Bのように移動する。この母性因子が移動した領域は将来背側となり、ここで初めて背腹軸が形成される。受精卵は [ア] によって細胞の数を増やし、桑実胚を経て胞胚となる。胞胚期には背側に移動した母性因子の効果により、予定内胚葉域の背側から腹側にかけて ^d ノーダルとよばれるタンパク質の濃度勾配が生まれる (図1 C)。この濃度勾配は、形成体を含む背側中胚葉の形成に重要な役割をもつ。 [イ] 期になると、予定中胚葉と予定内胚葉細胞が [ウ] より陥入し、胚内部へ移動する。 [イ] 期の終わりには外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉がそれぞれの位置に配置され、神経胚期、尾芽胚期にかけて、さまざまな組織や器官が形成される。組織や器官がつくられるしくみを知るため、^e これまでに多くの実験が行われてきた。以下に両生類を用いた背側中胚葉の形成に関する実験を述べる。

<実験1> 胞胚から動物極を含む部分(図1 D①)と植物極を含む部分(図1 D②)を切り出し、その細胞塊をそれぞれ単独で培養した。その結果、図1 D①は表皮様の外胚葉組織に、図1 D②は内胚葉組織にそれぞれ分化した。この実験の結果から、図1 D①の領域を予定外胚葉域、図1 D②の領域を予定内胚葉域とよぶ。

＜実験 2＞ 胞胚から予定外胚葉域と予定内胚葉域を切り出し、それぞれの胞胚腔側が接するように両者を重ね合わせて培養した。その結果、予定外胚葉は血球、脊索などの中胚葉組織に、予定内胚葉は内胚葉組織に分化した。

＜実験 3＞ 胞胚の予定内胚葉域における背側と腹側の領域を切り出し、それぞれに予定外胚葉域の細胞塊と重ね合わせ培養した。その結果、背側の予定内胚葉と培養した予定外胚葉は脊索などの背側中胚葉組織に、腹側の予定内胚葉と培養した予定外胚葉は血球などの腹側中胚葉組織に分化した。

＜実験 4＞ 実験 2 と同様の重ね合わせ実験を、次の操作を加えて行った。予定外胚葉と予定内胚葉の間に小さな孔のあいたフィルター、あるいは孔のないガラス板をはさみ培養した。フィルターをはさんだ培養片の予定外胚葉は血球、脊索などの中胚葉組織に、ガラス板をはさんだ培養片の予定外胚葉は外胚葉組織に分化した。

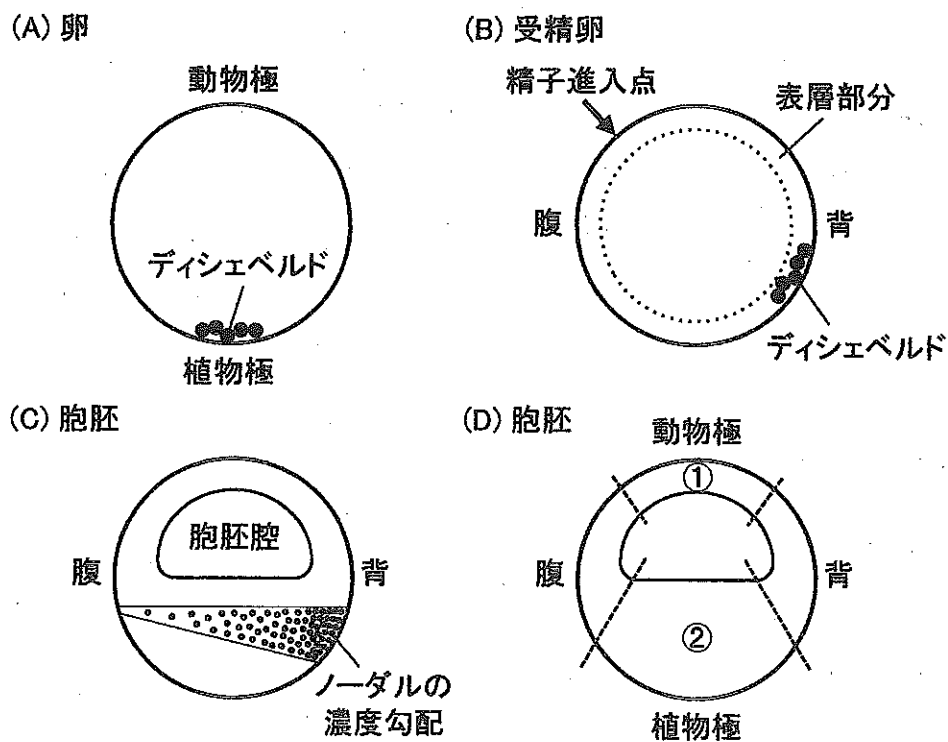


図 1

問 1 文中の ～ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a と b に関する記述として、次の(A)～(E)の中から適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 精母細胞と卵母細胞では、減数分裂の第一分裂において相同染色体が対合する。
- (B) 精母細胞と卵母細胞では、減数分裂の第二分裂において二価染色体が 2 つに分かれる。
- (C) 1 つの一次精母細胞から、4 つの精細胞が形成される。
- (D) 1 つの一次卵母細胞から、2 つの卵と 2 つの極体が形成される。
- (E) 精細胞から精子へ変形する過程において、鞭毛が形成される。

問 3 下線部 c に関係して、次の文章はショウジョウバエにおける胚の前後軸形成について述べたものである。文中の ～ に適切な語句を入れよ。

ショウジョウバエの卵は、ピコイドとよばれる母性効果遺伝子の伝令 RNA (mRNA) を前端部に蓄積する。受精後にこの mRNA からタンパク質が合成され、胚の前方から後方に濃度勾配をつくる。この濃度勾配が胚に前方の位置情報を与える。その後、位置情報にしたがい 14 の が区画化される。それぞれの に特有の形態をつくらせる調節遺伝子を 遺伝子群とよぶ。 遺伝子の発現が異常になった胚は、頭部から脚がはえるなどの奇形をもつ個体となることがある。

問 4 実験 1 と実験 2 の結果から、予定外胚葉が中胚葉組織に分化する条件を 25 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 5 実験 1 ～実験 4 の結果から、予定外胚葉が脊索に分化するしくみを 50 字以内(句読点を含む)で説明せよ。

問 6 下線部 d について、次の実験を行った。予定内胚葉域の腹側においてノードの濃度を背側と同程度に高くした。その結果、腹側においても脊索を含む背側中胚葉組織が形成された。実験 1～実験 4 の結果に基づき、この実験で腹側に脊索が形成された理由を次のキーワードをそれぞれ 1 回用い、60 字以内(句読点を含む)で述べよ。

キーワード

予定内胚葉域 位置情報

問 7 下線部 e について、外胚葉から形成される組織・器官を次の(A)～(I)の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 脳 (B) 骨格筋 (C) 脊椎骨 (D) 眼杯 (E) 腎臓
(F) 胃 (G) 水晶体 (H) ぼうこう (I) 角膜

2 次のⅠ～Ⅱの文章を読み、それぞれの問に答えよ。

Ⅰ シアノバクテリア(ラン藻)は地球上で最初に出現した (ア) 発生型の光合成生物^aであると考えられている。シアノバクテリアは (イ) を分解することで (ア) を発生させる。シアノバクテリアは、海水などの環境中に (ア) を放出することで、地球環境に大きな影響を与えた。

シアノバクテリアと葉緑体の光合成のしくみは多くの点で共通している。シアノバクテリアの多くは緑色植物の葉緑体と同様に (ウ) とよばれる膜を有しており、シアノバクテリアや葉緑体の光化学系はこの膜に存在する。この膜にはさらにATP合成酵素も存在し、光合成の過程で生じた (エ) の濃度勾配を使ってATPを合成する。また、シアノバクテリアと葉緑体は、クロロフィルaや (オ) という光合成色素を用いて光を吸収している、という点でも共通している。このようなシアノバクテリアと葉緑体の光合成の類似性^bは、細胞内共生説によって説明されている。

問1 文中の (ア) ～ (オ) に適切な語句を入れよ。

問2 下線部aについて、地球上にはシアノバクテリアが出現する以前から、光合成細菌とよばれる生物が存在した。光合成細菌に関する以下の(A)～(D)の記述について、正しい記述に○を、誤った記述に×を記せ。

- (A) 大部分の光合成細菌は有機物を主な炭素源としている。
- (B) 光合成細菌の大部分はシアノバクテリア出現以降に絶滅してしまい、現代では熱水噴出口の付近などにわずかに見つかるだけである。
- (C) 光合成細菌はバクテリオクロロフィルを用いて光合成を行っている。
- (D) 光合成細菌はカルビン・ベンソン回路をもたない。

問 3 下線部 b について以下の(1)~(2)に答えよ。

- (1) 細胞内共生説とは、ある生物が別の生物の細胞内に取り込まれて共生するうちに細胞小器官となったという仮説である。細胞内共生に由来すると考えられている細胞小器官と、そのもととなったと考えられる生物の組合せのうち、葉緑体とシアノバクテリア以外の組合せを記せ。
- (2) 上記の(1)で答えた組合せに関して、細胞内共生説の証拠となる事実を1つあげよ。

II シアノバクテリアは現代でも海洋や湖沼などさまざまな環境に広く分布している。シアノバクテリアがさまざまな環境で生育できる理由の一つは、シアノバクテリアがもつ光合成色素の多様性にあると考えられている。シアノバクテリアはクロロフィル a や (オ) だけでなく、さまざまな色の色素を用いて光合成に必要な光を吸収することができる。

光合成色素の違いが光合成およびシアノバクテリアの増殖に与える影響について調べるため、2種類のシアノバクテリア X, Y を用いて実験 1 および実験 2 を行った。シアノバクテリア X, Y はともにクロロフィル a をもつが、さらにそれぞれ別の光合成色素をもつ。そのためにシアノバクテリア X は太陽光のもとで緑色に見えるが、シアノバクテリア Y は太陽光のもとで赤色に見える。シアノバクテリア X, Y それぞれの吸収スペクトル(光吸収曲線)を調べたところ、図 1 の 2 種類の曲線が得られた。

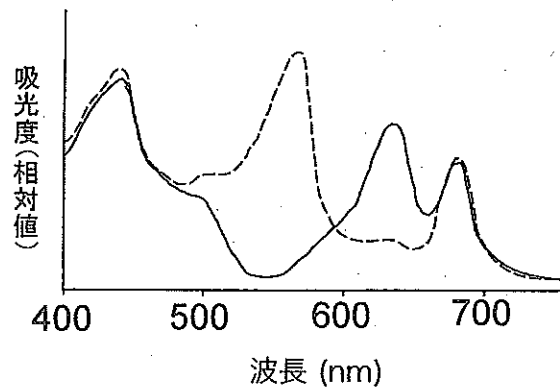


図 1

＜実験 1＞ 同じ細胞数のシアノバクテリア X と Y を別々の培養びんに入れ、600 nm～660 nm の波長の赤色光(以下、単に赤色光とよぶ)、または 500 nm～560 nm の緑色光(以下、単に緑色光とよぶ)をあてて培養したところ、図 2 のグラフ 1～グラフ 4 のいずれかの増殖曲線が得られた。

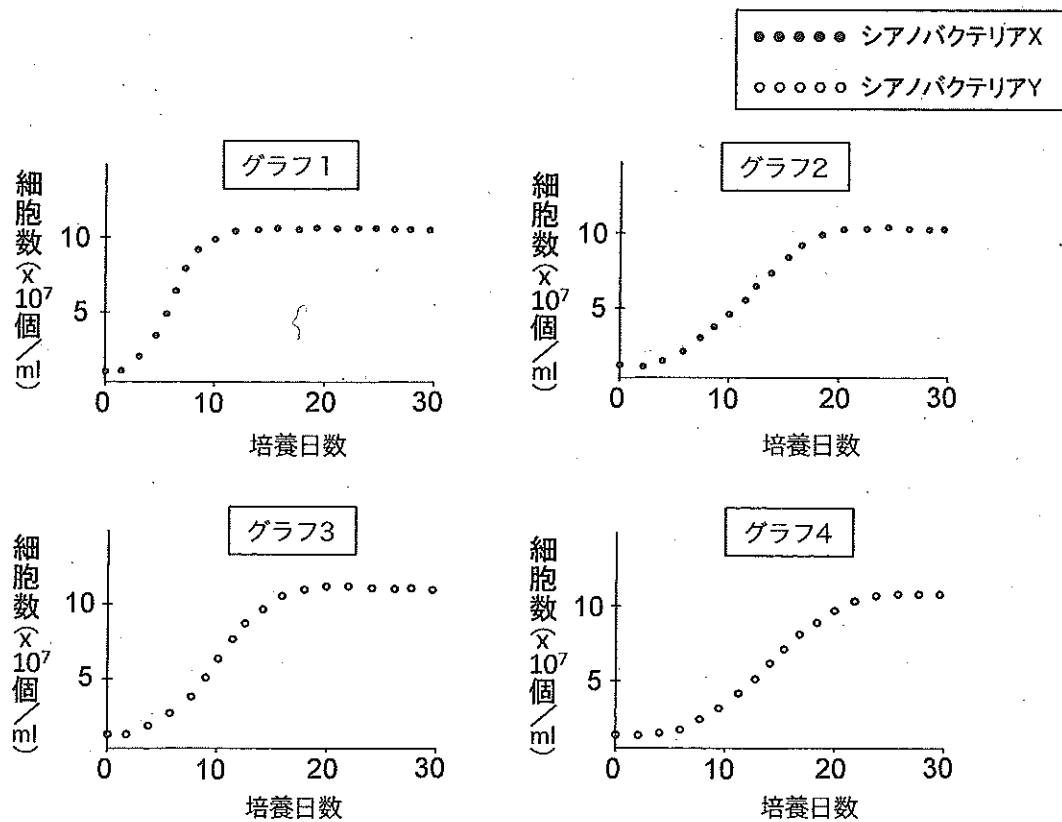


図 2

＜実験 2＞ 同じ細胞数のシアノバクテリア X と Y を同じ培養びんに入れ、
3 種類の光条件で培養したところ、図 3 のグラフ 5 ～グラフ 7 のい
ずれかの増殖曲線が得られた。

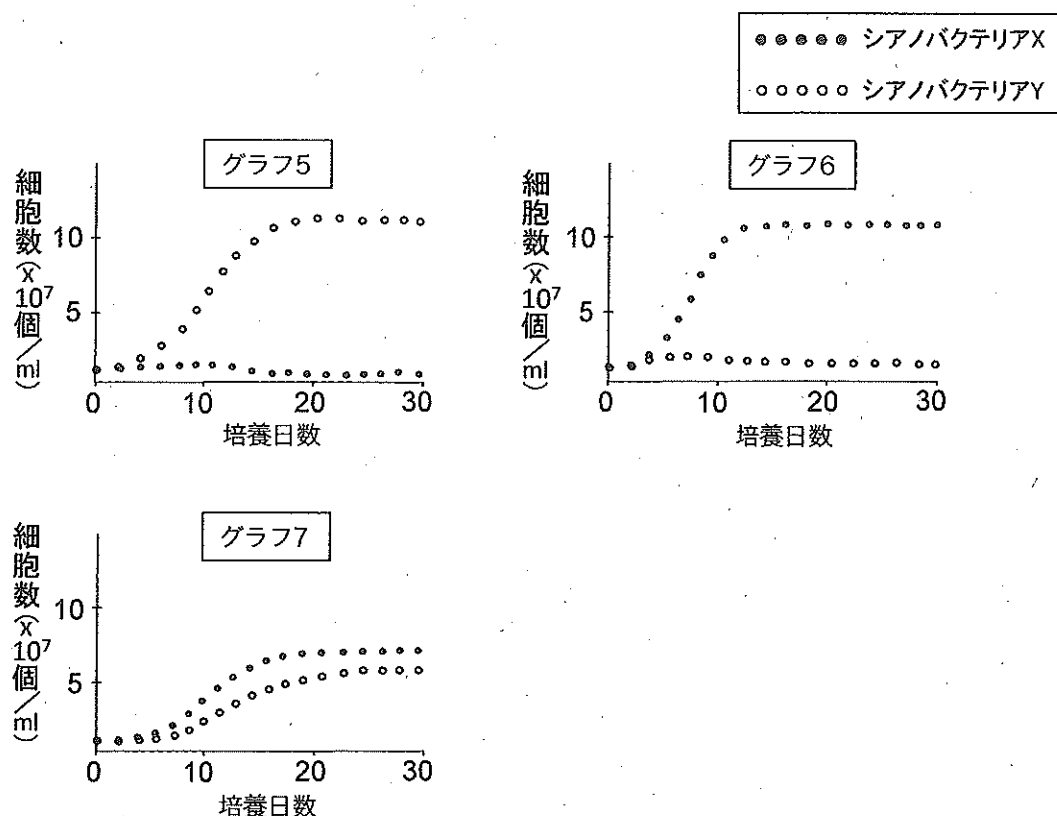


図 3

実験 1 および実験 2 において、培養を開始した時点では、培養びんの中はほぼ透明であったが、培養開始後 30 日目では、増殖したシアノバクテリアで培養びんの中がにごっており、培養びんを通して反対側がまったく見えなかった。

なお、図 2 および図 3 においてシアノバクテリア X の増殖曲線は黒丸で、シアノバクテリア Y の増殖曲線は、白丸で示している。また、シアノバクテリア X, Y の細胞あたりのクロロフィル a およびそれ以外の光合成色素の量と組成は実験 1 および実験 2 の期間中、変動しないものとする。また、いずれの実験においても、照射光の強度は同じ程度とする。

問 4 下線部 c について、図 1 の実線は、シアノバクテリア X またはシアノバクテリア Y のどちらの吸収スペクトルに相当するか答えよ。

問 5 図 2 のグラフ 1 ～グラフ 4 について、赤色光と緑色光のどちらの光をあてたと考えられるか。それぞれのグラフについて、赤色光または緑色光のいずれかを記せ。

問 6 図 3 のグラフ 5 ～グラフ 7 の実験に用いた光条件を以下の(A)～(E)の中から選び、記号で記せ。ただし、(A)～(D)の照射光の強度は同じ程度とする。

- | | | |
|---------|----------------|---------|
| (A) 白色光 | (B) 赤色光 | (C) 緑色光 |
| (D) 赤外光 | (E) 暗黒(光照射しない) | |

問 7 実験 2 の結果について、以下の(1)～(2)に答えよ。ただし、この実験の期間中、シアノバクテリアは独立栄養的に増殖しており、増殖に必要な栄養塩類および二酸化炭素は枯渇していないものとする。

(1) 図 3 のグラフ 5 の実験では、シアノバクテリア X はほとんど増殖していないのはなぜか。理由を述べよ。

(2) 図 3 のグラフ 7 の実験では、シアノバクテリア X、Y とともに増殖しているのはなぜか。理由を述べよ。

- 3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。なお本問中では、アデニンをA、グアニンをG、シトシンをC、ウラシルをUと記す。

T4 ファージは大腸菌に感染するウイルスであり、感染した大腸菌内で100個ほどのウイルス粒子を産生した後に、大腸菌の細胞壁を溶解して(溶菌)、ウイルス粒子を周囲に放出させる。T4 ファージのゲノムには288個の遺伝子が存在する。そのうち *rIIB* 遺伝子で突然変異が生じ、正常な *rIIB* タンパク質がつかれなくなると、感染後の溶菌が早まってしまう。

1955年にクリックとブレナーは、このT4 ファージの *rIIB* 遺伝子に着目して、伝令RNA(mRNA)の塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列との対応関係を調べ始めた。T4 ファージが感染している大腸菌に突然変異を誘発するプロフラビンという物質を作用させると、*rIIB* 遺伝子のどこかの領域で1塩基の挿入もしくは欠失をもった変異体を作ることができる。ある1か所で1塩基の挿入をもつ変異体では、溶菌が早まった。また、異なる2か所で1塩基の挿入をもつ変異体でも、溶菌が早まった。一方、溶菌が早まった変異体で生じた1塩基挿入と1塩基欠失を同時に^aもつ、ある変異体では、溶菌が早まらなかった。同様に、異なる3か所で1塩基挿入をもつ、ある変異体でも、溶菌が早まらなかった。以上の結果により、タンパク質のアミノ酸配列は、重ならない連続した3個のRNA塩基からなるコドンにより指定されることが判明した。

続く研究課題は、どのコドンがどのアミノ酸等を指定するかの遺伝暗号を明らかにすることであった。1961年にニーレンバーグとマッセイは、大腸菌をすりつぶして得た抽出液にウラシル(U)だけからなる人工RNA(UUUUUU...)と放射性同位元素の¹⁴Cを含むフェニルアラニンを加えて反応させたところ、放射性を示すポリペプチド鎖が合成されたことから、UUUというコドンはフェニルアラニンを指定していることを示した。同様にコーナは、図1のように、¹⁴Cを含むロイシン、セリン、フェニルアラニンを、それぞれUUCの繰り返しの人工RNA(UUCUUCUUC...)とともに大腸菌の抽出液中で反応させたところ、いずれも放射性を示すポリペプチド鎖が合成されることを示した。一方、GUA^bAの繰り返しの人工RNA(GUAAGUAA...)からは、必要な成分をすべて加え適当な条

件で反応させても、最長でも3つのアミノ酸からなるペプチド鎖しか合成されなかった。さらに1965年に、ニーレンバーグとリーダーは、たった3塩基からなる人工RNAを大腸菌の抽出液に加えた場合、ポリペプチド鎖は合成されないものの、人工RNAはリボソーム中で運搬RNA(tRNA)を介して特定のアミノ酸と結合することを見出した。たとえば、CUUの人工RNAは大腸菌の抽出液中でロイシンと結合することから、CUUというコдонはロイシンを指定していることが証明された。

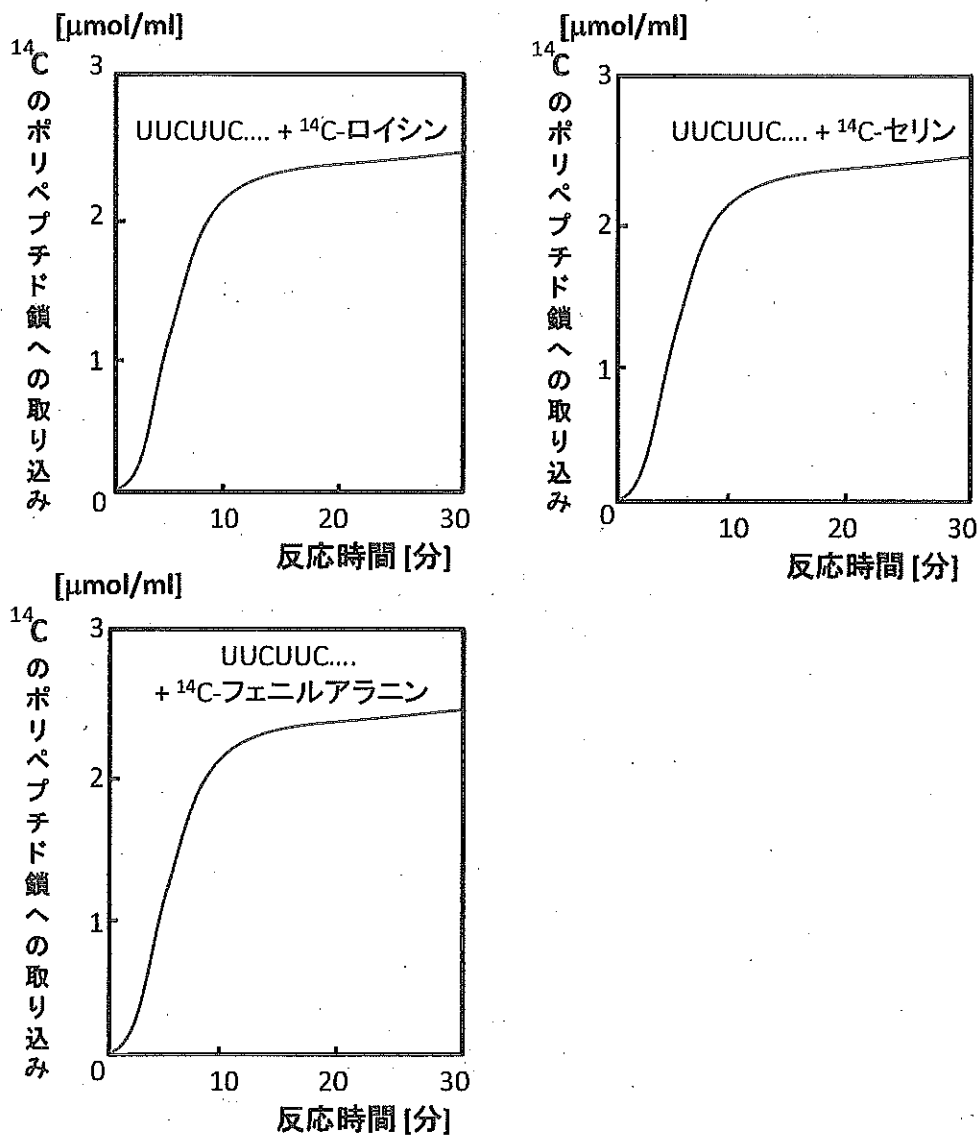


図 1

問 1 下線部 a は、同一遺伝子中に 1 塩基挿入と 1 塩基欠失を同時にもつ変異体が野生型の表現型を示す場合があることを示している。そのような変異体が野生型の表現型を示す理由を、50 字以内(句読点を含む)で説明せよ。ただし、その変異体において、1 塩基の挿入と欠失以外の塩基配列は、野生型のものと同じとする。

また、同一遺伝子中に 1 塩基挿入と 1 塩基欠失を同時にもっていても、必ずしも野生型の表現型を示すとは限らない。では、どのような場合、野生型の表現型を示すのか。その条件を 2 つあげ、簡潔に記せ。

問 2 コラーナは、大腸菌の抽出液に以下の(A)~(C)を加えて反応させて、図 2 の結果を得た。図 2 の曲線(1)~(3)の結果が得られるものを以下の(A)~(C)の中からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。

- (A) ^{14}C を含むロイシン
- (B) UC の繰り返しの人工 RNA (UCUCUC...) と ^{14}C を含むロイシン
- (C) UC の繰り返しの人工 RNA (UCUCUC...) と ^{14}C を含むロイシンと ^{14}C を含まないセリン

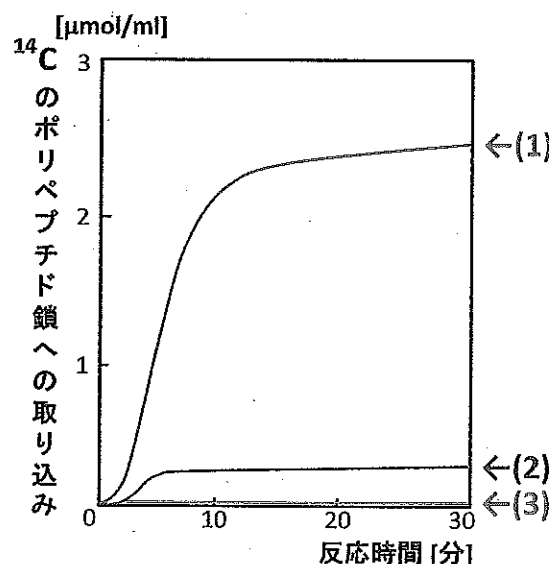


図 2

問 3 問 2 の実験結果として適切なものを以下の(A)~(D)のなかからすべて選び、記号で答えよ。

- (A) UC の繰り返しの人工 RNA (UCUCUC...) から、ロイシンのみからなるポリペプチド鎖が合成される。
- (B) UC の繰り返しの人工 RNA (UCUCUC...) から、セリンのみからなるポリペプチド鎖が合成される。
- (C) UC の繰り返しの人工 RNA (UCUCUC...) から、ロイシンとセリンからなるポリペプチド鎖が合成される。
- (D) UC の繰り返しの人工 RNA (UCUCUC...) から、ロイシンとセリンを含まないポリペプチド鎖が合成される。

問 4 下線部 b について、最長でも 3 つのアミノ酸からなるペプチド鎖しか合成されないのはなぜか。その理由を簡潔に記せ。

問 5 文章中と問 3 で得られた情報から、UCU, CUC, UUC が指定しているアミノ酸を決定することができる。それぞれのコドンが指定しているアミノ酸を答えよ。

以下の **4** と **5** は選択問題である。どちらか1つを選び解答せよ。どちらを選択したか示すために、解答用紙の問題選択欄の中の問題番号を○で囲んでから解答すること。

4 次のⅠ～Ⅱの文章を読み、それぞれの問に答えよ。

Ⅰ 進化が生じるためには、個体間に形質の変異が存在し、その変異が次世代に

a
(ア) する必要がある。変異に応じて生存率や繁殖率に個体差があると、そこには **(イ)** がはたらく。その場合、生存率と繁殖率を高める変異が世代を経るにつれて集団中に広がる。

一方、遺伝子突然変異の多くは生存率や繁殖率に影響を与えないため、**(イ)** を受けない。分子レベルでみられる変異のほとんどは、生存にとって有利でも不利でもないとする考えを、分子進化の **(ウ)** 説という。生存にとって **(ウ)** な対立遺伝子の頻度も、偶然の効果により世代間で変化する。このような偶然による遺伝子頻度の変化プロセスを **(エ)** とよぶ。**(エ)** の影響は、集団サイズが小さい場合に特に大きくなる。

問 1 文中の **(ア)** ～ **(エ)** に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a について、次に示す(A)～(F)の事象のうち進化といえるものには○を、進化とはいえないものには×を記入せよ。

- (A) 恐竜の一部のグループから鳥類が出現した。
- (B) 高密度で数世代飼育したトノサマバツタが、単独相から群生相に変わった。
- (C) オタマジャクシがカエルになり、尾が消失した。
- (D) 洞窟に生息する生物種で目が退化した。
- (E) 集団中の対立遺伝子の頻度が世代間で変化した。
- (F) 島の小集団で、生存率や繁殖率をわずかに下げる遺伝子突然変異が蓄積した。

II 図1は、リボソーム RNA 塩基配列に基づいて推定した、日本産クワガタムシ5種の類縁関係を示している。このような、生物の類縁関係を表す図を (オ) とよぶ。

図の中で、クワガタムシ5種の学名は、いずれも2つの語で記されている。種の学名の最初の語は属名、あとの語は (カ) である。分類学の父といわれる (キ) によって確立されたこの学名のつけ方は、 (ク) とよばれる。

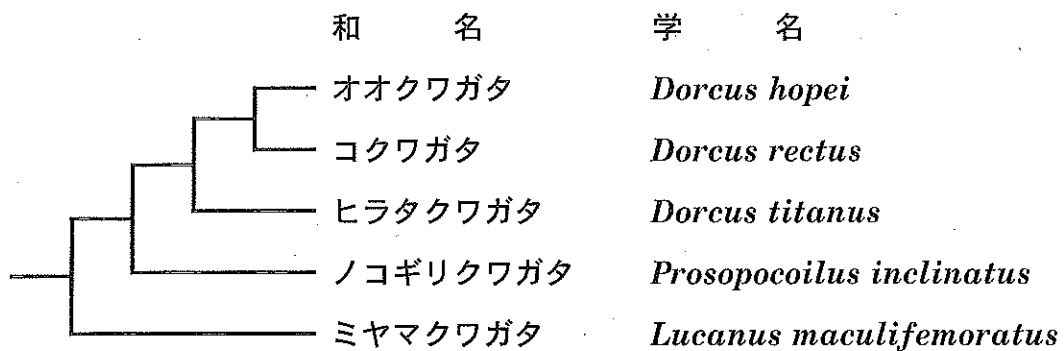


図1

問3 文中の (オ) ～ (ク) に適切な語句を入れよ。

問4 図2のA～Eのうち1つは、図1の5種とは別のクワガタムシであるチビクワガタ *Figulus binodulus* の類縁的な位置づけを示している。チビクワガタの類縁的な位置づけは、このクワガタムシのリボソーム RNA 塩基配列に基づいて推定されている。一方、A～Eの中には、塩基配列情報などが無くてもチビクワガタの類縁的な位置づけとして不適当とみなされるものがある。本問中の情報に基づいて、チビクワガタの位置づけとして不適当と判断できるものをすべて選び、記号で答えよ。また、選んだ理由を述べよ。

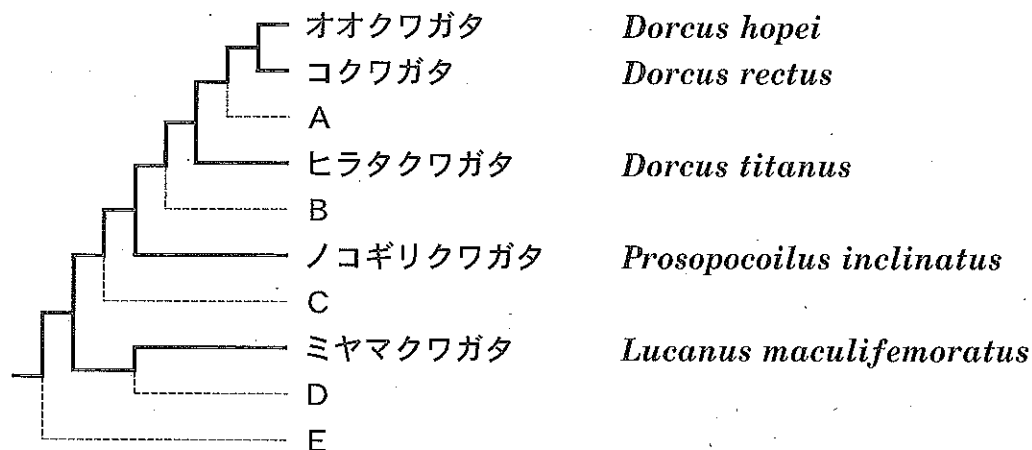


図 2

問 5 表 1 は、図 1 に示されたクワガタムシ 5 種間の、リボソーム RNA の塩基配列の違いの割合(%)を示したものである。V～Z は 5 種のクワガタムシいずれかに対応している。図と表を見て、(1)～(2)に答えよ。なお、いずれの場合も分子時計が成り立っているものとする。

表 1

V	0				
W	18.5	0			
X	22.2	23.2	0		
Y	19.6	15.6	23.1	0	
Z	17.9	6.7	22.7	15.2	0
	V	W	X	Y	Z

- (1) ヒラタクワガタは表 1 の V～Z のどれに該当するか。1 つを選び、記号で答えよ。また、選んだ理由を述べよ。
- (2) 図 2 の A に位置づけられるクワガタムシのリボソーム RNA 塩基配列は、ミヤマクワガタのそれと約何%違うと予想されるか。予想される値の範囲を、小数点以下を切り捨てて答えよ。また、そのように予想した理由を述べよ。

5 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生態系はある一定の区域に分布する生物とそれを取りまく大気、水、土壌などの非生物的環境により構成される。陸上の生態系を構成する主要な生物は植物、動物、菌類・細菌であり、それぞれ生態系において主に (ア) , (イ) , (ウ) として機能を果たしている。生態系において、これらの生物は直接・間接的に^a関係し合^bって生きている。また、生態系ではさまざまな物質が循環している。そのなかの炭素循環系と窒素循環系では、大気から生物への物質の取り込み過程および生物から大気への物質の放出過程が大きく異なる。

陸上生態系を最もよく特徴づけているのは植物であり、陸域に見られる植物群集(植生型)はその主要な構成種の特徴から、いくつかのタイプに分けられる。図1はシベリアから東南アジアに至る地域にみられる植生型を示したものである。この図に示されているように、各植生型の成立は要因1と要因2により説明される(要因1と要因2の単位は設問に関わるので示していない。また、植生型A、B、C、D以外は植生型名を記していない)。

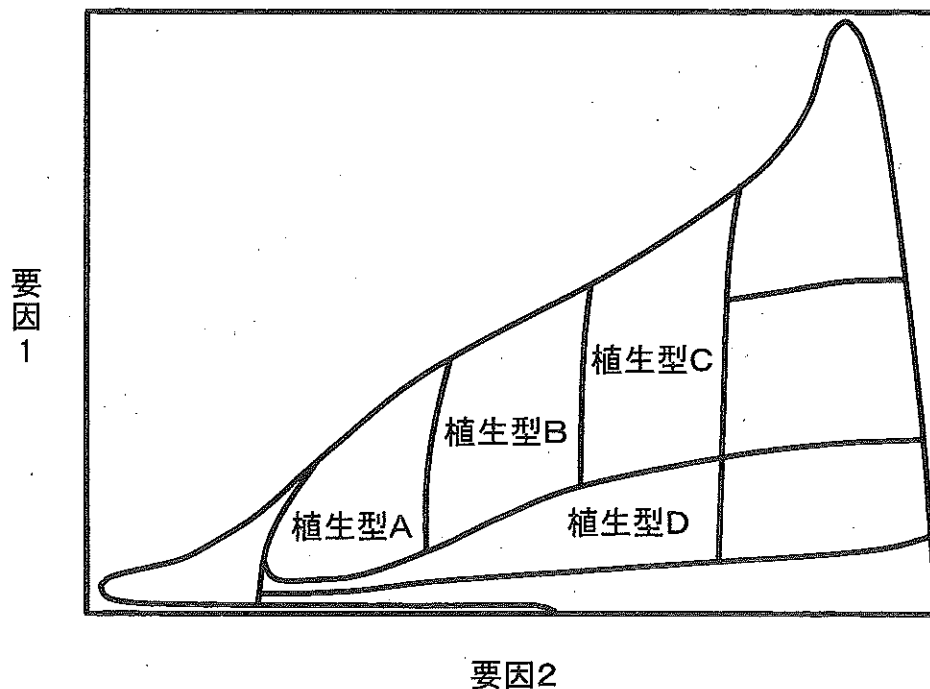


図1

問 1 文中の (ア) ~ (ウ) に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a に関し，異なる生物種間の直接的な関係(相互作用)を 2 つあげ，その関係にあるヒト以外の陸上生物の組合せの例を，それぞれ 1 つ記せ(生物名は一般名でよい)。

問 3 下線部 b に関し，炭素循環系と窒素循環系における大気への物質の放出過程をそれぞれ何とよぶか。また，窒素循環系において大気への物質の放出を担う生物名を答えよ。

問 4 図 1 の要因 1 と要因 2 は何か。それぞれ漢字 4 ～ 6 字で答えよ。

問 5 図 1 の植生型 A，B，C，D を特徴づける植物について，その特徴を記せ。また植生型 A，B，C を特徴づける植物について，その名前をそれぞれ 1 つあげよ。

問 6 陸上の水は川あるいは地下水となって流出する以外に，蒸散によっても失われる。植生型間で比較すると，単位面積あたり 1 年間に植物が固定する二酸化炭素量と単位面積あたり 1 年間に蒸散により失われる水分量との相関は，植物の二酸化炭素固定量と図 1 に示した要因 1 あるいは要因 2 との相関よりも高い。以下の(1)～(2)に答えよ。

(1) 蒸散量の多い地域はどのような環境的特徴をもつか。20 字以内(句読点を含む)で述べよ。

(2) 植物の二酸化炭素固定量と蒸散量が高い相関を示すのはなぜか。(1)の答えを踏まえ，80 字以内(句読点を含む)で説明せよ。