

平成 24 年 度 入 学 試 験 問 題

理 科

各科目 100 点満点

《配点は、学生募集要項に記載のとおり。》

物 理	(1～14 ページ)	化 学	(15～30 ページ)
生 物	(31～54 ページ)	地 学	(55～67 ページ)

(注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほかに 67 ページ、解答冊子は表紙のほかに、物理：16 ページ、化学：12 ページ、生物：16 ページ、地学：16 ページ、である。
3. 問題は物理 3 題、化学 4 題、生物 4 題、地学 4 題である。
4. 試験開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に学部名・受験番号・氏名をはっきり記入すること。表紙には、これら以外のことを書いてはならない。
5. ◇総合人間学部(理系)・理学部・農学部受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。
◇教育学部(理系)受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 1 科目を選択すること。
◇医学部(医学科)受験者は、物理・化学・生物のうちから大学入試センター試験で受験しなかった科目を含めて 2 科目を選択すること。
◇医学部(人間健康科学科「検査技術科学専攻」・「理学療法学専攻」・「作業療法学専攻」)・薬学部受験者は、物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。
◇医学部(人間健康科学科「看護学専攻」)受験者は、生物 1 科目と物理・化学のうちから 1 科目の計 2 科目を解答すること。
◇工学部受験者は、物理・化学の 2 科目を解答すること。
6. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入すること。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は、どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、選択した科目の解答冊子は持ち帰ってはならない。

生 物

(4 問題 100 点)

生物問題 I

次の文章(A)、(B)を読み、問1～問8に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 生物が進化し、種分化する過程を実際に観察することは難しい。しかし、自然界には進化を考えることによってのみ合理的に説明できるさまざまな事例が存在する。たとえば、かつてオーストラリアには単孔類という奇妙な動物が繁栄していた。のちにわたってきた有袋類によって単孔類はその大半が絶滅させられたため、現在はカモノハシとその仲間数種だけが生き残っている。それらの祖先が水中に逃れたために生き残ることができたと考えられている。^①単孔類はほ乳類に特有な特徴をもつと同時に、他の現生ほ乳類(有袋類、^{しんじゅうるい}真獣類)^②と異なり、は虫類と共通する特徴もあわせもっている。一方、ほ乳類の進化については、化石や分子を利用した研究から、現生ほ乳類がは虫類と共通の祖先をもつことや、単孔類が最初に分岐し、その後、有袋類と真獣類が分岐したことがわかっている。したがって、ほ乳類が祖先的特徴をもつものから段階的に進化してきたと考えれば、単孔類が上で述べたような特徴をもつことは理解できる。

かたちの異なる相同器官や痕跡器官の存在は、進化の過程で、系統群ごとに異なる内容、異なる強さの選択圧がその器官に働いてきた結果と考えられる。また、同じような形態的特徴や生態をもつ有袋類と真獣類がいることも、それらの祖先が類似した選択圧^③のもとで進化した結果と考えれば理解できる。

現在、有袋類はオーストラリアで著しい適応放散^④をとげている。しかし、有袋類は南と北のアメリカ大陸にも分布している。このような分布は有袋類の進化史から説明できる。有袋類の最古の化石記録は、中生代にさかのぼる。古生代後期の超大陸であったパンゲアは、中生代以降分裂をはじめ、やがて北方のローレシア、南方の Gondwana という2つの大きな大陸になった。有袋類はローレシアで誕生し、超

大陸が完全に分裂する以前にゴンドワナに分布を広げたと考えられている。しかし、ローレシアがさらに分裂してできた北アメリカとユーラシアでは、その後、有袋類は絶滅した。これは真獣類との競争のためと考えられている。図1は最近提唱された現生有袋類の系統関係を示している。かつこの中はそれらが分布する大陸を示している。ゴンドワナに分布を広げた有袋類は、ゴンドワナの分裂により、複数の大陸にわかれて進化していった。それらの子孫種は南アメリカとオーストラリアに生息しているが、化石による証拠から、かつて南極大陸にも有袋類は生息していたことがわかっており、この大陸が南アメリカとオーストラリアをつなぐ通路であったと一般に考えられている。その後、約300万年前にパナマ地峡が形成され、南アメリカと北アメリカが陸続きとなった。その結果、オポッサム目の一部は北アメリカへ分布を広げた。その種は特定の環境への特殊化の程度が低く、さまざまな環境で生き残ることができたと考えられている。

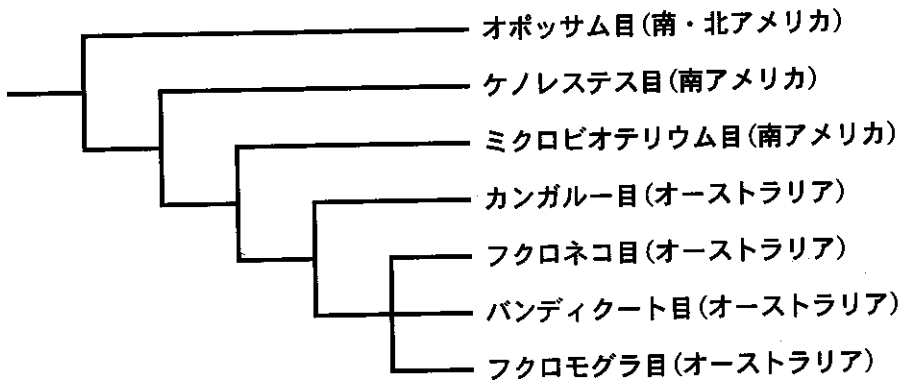


図1

問1 下線部①について、真獣類ではクジラ類やジュゴンのように、一生を水中ですぐす種があるが、有袋類にはこのような種はほとんどみられない。単孔類や真獣類と違って、有袋類はなぜ生活の場を水中に広げることが困難であったか、考えられる理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。

問2 下線部②について、単孔類がもつ(a)ほ乳類としての特徴と、(b)は虫類と共通する特徴を、それぞれ1つずつあげよ。

- 問 3 下線部③について、樹木の葉を主食にしていたさまざまなほ乳類がイネ科植物の優勢な草原に進出すると、歯の高さが高い(あるいは長い歯をもつ)子孫種を誕生させることがよくみられる。これはどのような選択圧が働いた結果と考えられるか。解答欄の枠の範囲内で記せ。
- 問 4 下線部④について、海洋によって隔絶された島では、特定の動物系統群において顕著な適応放散がおこる場合がある。たとえば、ガラパゴス諸島のダーウィンフィンチの例はよく知られている。このような適応放散がおこる上で重要な生態学的条件を記せ。
- 問 5 下線部⑤について、図1に示された系統関係を参考に、オーストラリアの現生有袋類の起源について考えられることを解答欄の枠の範囲内で記せ。

白 紙

白紙，係指未經漂染之紙，其色澤呈自然之黃褐色，其纖維組織較粗，且含有少量之木質素，故其吸水性較強，且易於破裂。白紙之用途，多用於製造紙張、紙板、紙袋、紙箱等。白紙之生產，係將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之品質，主要取決於木料之種類、漂白劑之種類及用量、抄造工藝等。白紙之優點，在於其色澤自然、質地堅韌、吸水性強、易於加工。白紙之缺點，在於其色澤較深、纖維較粗、易於破裂。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。白紙之生產，目前多採用化學法，即將木料經化學處理後，再經漂白、過濾、抄造等工序而成。

(B) 山地を流れる河川とその周りの河畔林の間には、物質やエネルギーの流れがあり、その一部は生物活動が担っている。樹木に覆われた河川において、一次消費者である節足動物には、河床に付着する藻類をえさとして利用するもののほかに、河畔林からの落葉を利用するものもある。河川には二次消費者として、肉食性の節足動物や、イワナなどの肉食性の魚類が生息するが、肉食性の魚類は肉食性の節足動物もえさとして利用する。水生の節足動物のうち、多くの昆虫は成虫になった後は陸上に移動する。その一部は、雑食性(植物と動物をえさとする)または肉食性の陸生動物によって捕食される。また陸上から河川に落下あるいは侵入する節足動物は魚類のえさとなる。

ひも状の体型をもつハリガネムシ類(以下、ハリガネムシ)は、水中で産卵する。ふ化した幼生は水中の昆虫などの節足動物の体内に取り込まれ、微小で耐久性の高いシストと呼ばれる形態となる。シストを取り込んだ昆虫が成虫として陸上に移動したあと、カマドウマ類などの陸生の雑食性昆虫または肉食性の昆虫に食べられると、ハリガネムシはその体内で成長する。ハリガネムシは成虫になると、宿主の行動を操作して水中に飛び込ませる。そしてハリガネムシは宿主の肛門から水中に脱出する。

本州中部のある河川における調査によると、肉食性の魚類が1年間で摂取するエネルギーの約60%が、ハリガネムシに操作されて水中に飛び込んだカマドウマ類に由来するものであった。残りの約40%については、その他の陸生節足動物と水生節足動物がほぼ半分ずつを占めていた。

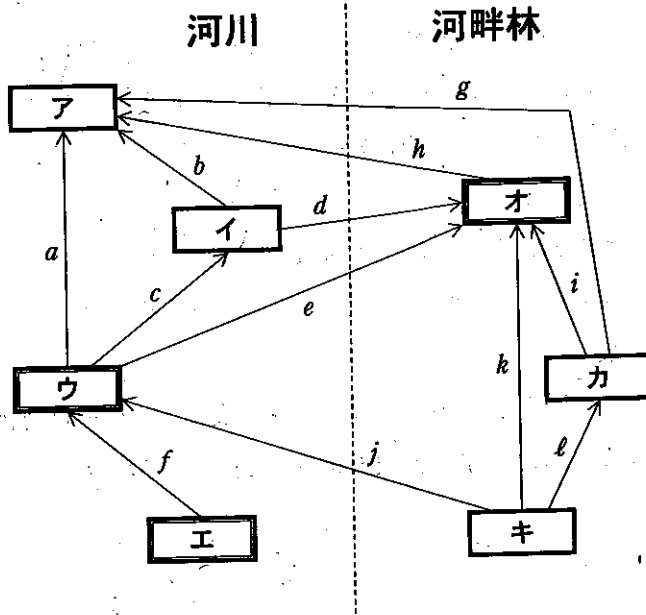


図2

問6 図2は、説明文を参考にして、河川と河畔林の食物網を描いたものである。

矢印は「食う—食われる」の関係を、「食う←食われる」で表している。

図中の , , に入る適切な語を、以下の語群から選び、解答欄に番号を記入せよ。

なお、語群の①～⑦は図の , , , , , , のいずれかに対応している。

- | | | |
|--------------|--------------|---------------------|
| ① 陸上植物 | ② 藻類 | ③ 植食性または落葉食性の水生節足動物 |
| ④ 植食性の陸生節足動物 | ⑤ 肉食性の水生節足動物 | |
| ⑥ 雑食性の陸生節足動物 | ⑦ 肉食性の魚類 | |

問7 ハリガネムシが存在することで、直接的に強められる「食う—食われる」の関係は、図2のa~lのうちどれか。解答欄にすべて記入せよ。ただし、シストによる宿主への影響は考えなくてよい。

問 8 もしハリガネムシがこの生態系から失われると、「藻類」の現存量にどのような変化がもたらされると予測されるか。根拠とともに説明せよ。以下の(1)、(2)の場合を想定して、それぞれの解答欄の枠の範囲内で記せ。ただし、いずれの場合も、「肉食性の魚類」の個体数や捕食量は変化しないと仮定する。

(1) 「肉食性の魚類」が、「肉食性の水生節足動物」よりも「植食性または落葉食性の水生節足動物」に強い選択性をもって捕食する場合。

(2) 「肉食性の魚類」が、「植食性または落葉食性の水生節足動物」よりも「肉食性の水生節足動物」に強い選択性をもって捕食する場合。

白 紙

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

（白紙）

生物問題 II

次の文章(A)、(B)を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) トウモロコシの種子の色は、種皮(厳密には果皮もふくむ)と胚乳の色によって決まる。種皮では、ア 合成に働き紫色を発色させる B 遺伝子と突然変異で色素合成ができなくなった対立遺伝子である b 遺伝子が関与しており、 B は b に対して優性で、表現型は紫または無色となる。一方、胚乳では、イ 合成に働き黄色を発色させる Y 遺伝子とその作用を失った対立遺伝子である y 遺伝子が関与し、 Y と y の組み合わせにより黄色の濃さの順に濃黄、中黄、淡黄、白の4通りの表現型をとる。種皮が無色の場合に、種子の色は胚乳の色と同じになる。また、これら B と Y の遺伝子は独立している。いま、 B 、 Y の遺伝子型が不明な個体の雌しべに、 $BbYy$ の遺伝子型をもつ個体の花粉を交配したところ、紫：濃黄：中黄：淡黄：白の種子が0：1：1：1：1の割合で得られた。^①

一方、 B 遺伝子は、胚乳の成分のちがいによって種子の形を決める S 遺伝子と連鎖しており、 S の劣性対立遺伝子である s 遺伝子がホモとなることで、胚乳がくぼみ、種子にしわをつくり出す。いま、 $BBss$ の遺伝子型をもつ個体の雌しべに $bbSS$ の遺伝子型をもつ個体の花粉を交配して雑種第1代(F_1)の種子を得た。こうして得られた種子はすべて紫でしわがない。これをまいて育て雑種第2代(F_2)の種子(F_2 種子)を得た。^② さらに F_2 種子をすべてまいて育て雑種第3代(F_3)の種子(F_3 種子)を得た。

問 1 文中の **ア** , **イ** に適切な色素の名称を記入せよ。

問 2 下線部①について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 交配に用いた雌しべ側個体の B , Y の遺伝子型は何か。
- (2) この交配で得られた十分な数の淡黄の種子をまいて育て、自家受粉するとどのような色の種子をどのような比率で生じるか。なお、各個体から得られる種子数は同じとする。
- (3) この交配で得られた種子を混ぜて栽培したところ、白色の種子から育った個体から白色と黄色の種子が混じったトウモロコシが収穫された。考えられる理由を解答欄の枠の範囲内で記述せよ。ただし、突然変異は起こらないものとする。

問 3 B 遺伝子と S 遺伝子の遺伝子間の組換え価を $r \times 100(\%)$ とし、下線部②について以下の(1)~(3)に答えよ。なお、 F_1 , F_2 の各個体から得られる種子数は同じとする。以下の出現頻度はパーセントで答えてもよい。

- (1) 得られたすべての F_2 種子において、胚の遺伝子型が $BBss$ あるいは $Bbss$ となる種子の予想される出現頻度の合計を求めよ。
- (2) 得られたすべての F_2 種子において、胚の遺伝子型が $BBSs$ あるいは $BbSs$ となる種子の予想される出現頻度の合計を求めよ。
- (3) 得られたすべての F_2 種子において、種皮が紫でしわのある種子の予想される出現頻度を求めよ。

(B) ヒトの ABO 式血液型は、赤血球の表面に発現する糖鎖抗原の構造によって分類される。図 1 に示すように、A 型のヒトは *N*-アセチルガラクトサミン転移酵素をコードする遺伝子(遺伝子 A)をもち、単糖の 1 種である *N*-アセチルガラクトサミンを H 抗原(前駆体に単糖の 1 種であるフコースがついたもの)に付加して A 抗原を生合成する。B 型のヒトはガラクトース転移酵素をコードする遺伝子(遺伝子 B)をもち、単糖の 1 種であるガラクトースを H 抗原に付加して B 抗原を生合成する。AB 型のヒトは遺伝子 A と遺伝子 B の両方をもつ。O 型のヒトは A 抗原や B 抗原をもたず、H 抗原のみをもつ。

遺伝子 A、遺伝子 B は、ともにタンパク質(酵素)をコードする 1065 塩基からなる領域をもち、その塩基配列を比較すると図 2 に示す 4 か所の塩基(526, 703, 796, 803 番目の塩基)に違いが見られた。O 型のヒトの対応する遺伝子領域を調べると 261 番目の塩基 G が欠失しており、これを遺伝子 O と呼ぶことにする。遺伝子 A、遺伝子 B、および遺伝子 O は第 9 染色体に存在する複対立遺伝子である。

ABO 式血液型抗原は、唾液中の糖タンパク質にも存在するため、一般に唾液試料でも血液型の判定ができる。しかし、唾液中に血液型抗原をほとんど分泌しない「非分泌型」と呼ばれる表現型が存在し、第 19 染色体に存在する *Se* 遺伝子が関与している。分泌型の *Se* 遺伝子が非分泌型の *se* 遺伝子に対して優性であることがわかっている。

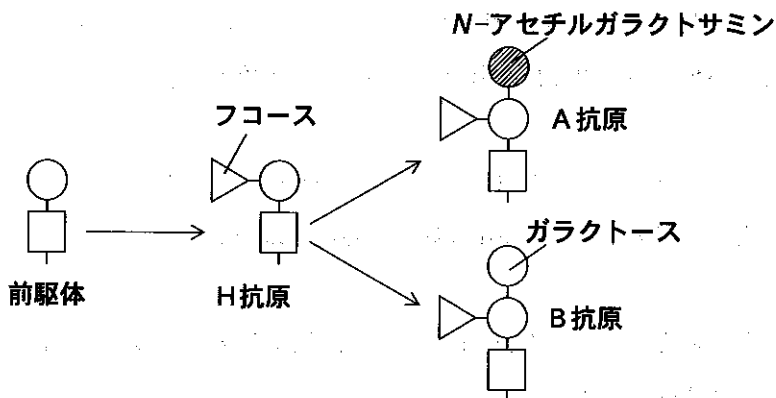


図 1

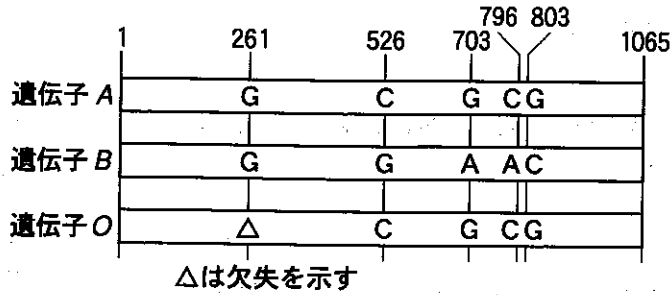


図 2

問 4 O 型のヒト赤血球の表面に A 抗原が存在しないのはなぜか。図 1 と図 2 から考えられる理由を、解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 5 図 3 は唾液を用いてある家系の血液型を調べた結果である。図中の丸は女性、四角は男性を示し、「AB」、「B」、「O」は唾液から判定された血液型を、「非」は非分泌型を示す。O 型の母親と AB 型の父親の間に生まれた子 X の唾液から血液型が A 型であると判定される確率を計算し、解答欄に分数で記入せよ。

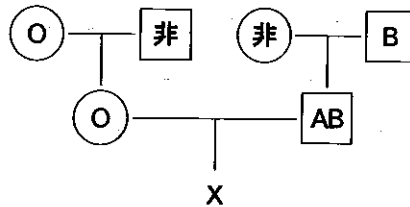


図 3

問 6 ある集団における遺伝子 A、遺伝子 B、および Se 遺伝子の遺伝子頻度はそれぞれ 0.24、0.16、および 0.50 であった。血液型が O 型でかつ分泌型の人の割合を計算し、解答欄にパーセントで記入せよ。なお、この集団において、遺伝子 A、遺伝子 B、および Se 遺伝子はハーディー・ワインベルグの法則に従い、遺伝平衡に達しているとみなすことができる。

生物問題 III

次の文章(A), (B)を読み, 問1~問8に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 地球上に最初に現れた生物は, 海水中の有機物を取り込み嫌気呼吸を行う原核生物であったと考えられている。のちに光合成によって二酸化炭素を取り込んで有機物を合成し酸素を放出するラン藻が現れ, 大気中の酸素濃度が上昇した結果, 好気呼吸を行う原核生物が出現し繁栄していった。^①その後, 原核生物どうしの細胞内共生によって原始真核生物が生じた。初期の真核生物はすべて単細胞であったが, 同種の細胞が集まって **ア** をつくるものが現れ, その中から多細胞生物が生じたと考えられている。

ゾウリムシやアメーバなどの単細胞の真核生物では, 生きている環境が多細胞生物の細胞の場合と大きく異なるため, 直接外界の環境に対応するためのしくみが発達している。^②しかし単細胞の真核生物と多細胞生物の細胞には共通点も多い。一例として, マウスの白血球とタマホコリカビの粘菌アメーバを比べてみると, 細胞の基本的な構造は共通しているうえに, 細胞のふるまいにも似ている点がある。マウスに細菌が感染すると, 白血球はアメーバ様の運動によって血管壁のすき間を通り抜けて感染部位に達し, **イ** によって細菌を取り込んで消化する。その際に白血球は細菌由来の物質を細胞表面の受容体を通して感知することができるため効率よく細菌に向かって移動できる。一方, 粘菌アメーバは飢餓状態になると互いを誘引する物質を分泌するようになり, それを細胞表面の受容体で感知して多数が集まることにより多細胞体となる。このように, 特定の物質に向かって白血球や粘菌アメーバが移動する性質, すなわち **ウ** のしくみは基本的に共通している。

多細胞生物では, 細胞分裂によって生じた細胞が異なった形や働きをもつように **エ** し, 同じような形や働きをもつ細胞が多数集まって組織をつくり, 組織が集まって特定の働きをもつ器官をつくり, それらが互いに協調して個体の生命活動を維持している。脊ついで動物では, 上で述べた細胞移動のしくみ以外にも, 外界

から刺激を受け取る感覚器官の受容体が単細胞の真核生物の受容体とよく似ていることがある。たとえば、脊ついで動物の光を感じる受容器官にある受容体、気体中や液体中の化学物質を感じる器官にある受容体、さらに中枢神経系の神経伝達物質^③の受容体などの中には、偶然では説明できない程度に単細胞の真核生物の受容体のいくつかと類似しているものがある。これらの脊ついで動物と単細胞の真核生物にみられる互いに類似した受容体は、それらの共通祖先の単細胞の真核生物がもっていた受容体を起源として、進化の過程で多様化した可能性がある。

問 1 文中の ～ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部①について、好気呼吸を行う原核生物が嫌気呼吸を行う原核生物に対して優位になったと考えられるのはなぜか。呼吸のしくみの観点から考察し、解答欄の枠の範囲内で述べよ。

問 3 下線部②について、ゾウリムシは低浸透圧の環境にどのように対応しているか。解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問 4 下線部③について、以下の(1)、(2)に答えよ。

(1) 化学物質を感じる感覚細胞を 2 種類あげよ。

(2) 動物において、同種の他の個体への信号として化学物質を分泌して特有の反応を引き起こす例が多く知られている。そのような物質の総称を記せ。

(B) 毒へびにかまれた際に投与される抗血清には、抗毒素抗体が含まれている。その抗体は毒素を無毒化する。一方、ワクチン接種は、生体に病原体由来の抗原を接種することで人為的に免疫を誘導する方法であり、これにより感染時にすばやく抗体産生がおこり、一連の免疫応答が引きおこされる。これらの抗体を産生するのは白血球中のリンパ球の一員であるB細胞である。

近年、抗体を利用したがん治療などが進められている。では、がん治療に利用される抗体はいかにして作製されるのであろうか。マウスを用いた例について考えてみよう。あるヒトがん細胞にみられるタンパク質pを用いてマウスに免疫応答をおこさせると、抗p抗体を産生するB細胞の集団*が現れる。この細胞集団はタンパク質pの様々な部分に結合する抗体を産生する。しかし、抗体を産生するB細胞を長期間(一週間以上)体外で培養することは難しいため、抗p抗体を安定して得ることはできない。そこで、免疫応答をおこさせたマウスよりB細胞の集団を取り出し、別に用意した不死化マウス細胞とポリエチレングリコールを用いて細胞融合を行う。これにより一部のB細胞が不死化したハイブリドーマ(雑種細胞)となる。次に、これらを1細胞ごとに分けて培養を続け、得られた抗p抗体の反応性を試験するとともに、望む抗体を産生するハイブリドーマを選択する。このようにして作製された抗体をモノクローナル抗体という。しかしながら、こうして得られたマウス抗体をそのままヒトに投与するのは適当ではない。そこで、遺伝子組換え技術を併用してヒトに利用できる抗体が作製され、がん治療に利用されている。

* 1個のB細胞は1種の抗体しか産生しない。

問5 下線部④、⑤について、ワクチンの接種は抗血清の投与と比較して長期間有効である。その理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 6 下線部⑥では、マウスの B 細胞、不死化マウス細胞およびハイブリドーマが混在する細胞集団の中から、ハイブリドーマを選択する過程が必要である。以下の文章を手掛かりに、効率よくハイブリドーマを選択するにはどのようにすればよいか。理由も含め解答欄の枠の範囲内で記せ。

すべての細胞は細胞増殖に必要なヌクレオチド合成経路を 2 つ持っている。1 つは新規にヌクレオチドを合成するデノボ経路である。もう 1 つはヌクレオチド分解産物の塩基部分(または培養液に添加した塩基 h) を利用しヌクレオチドを合成するサルベージ経路である。用いた不死化マウス細胞は、後者のサルベージ経路に必要な遺伝子 c を欠いている。また、デノボ経路は薬剤 a で止めることができる。

問 7 下線部⑦にあるように、マウス抗体をヒトに投与するのは適当でない。その理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 8 下線部⑧にあるように、得られたマウス抗体をコードする遺伝子の塩基配列情報を基に、遺伝子組換え技術を用いてタンパク質 p に対する反応性を持ち、かつ、ヒトに利用できる抗体を作ることができる。その理由を免疫グロブリンの構造に着目して解答欄の枠の範囲内で記せ。

生物問題 IV

次の文章(A)、(B)を読み、問1～問8に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) ある種のウイルスは、感染すると宿主細胞のゲノムDNAに自分のゲノム由来DNAを挿入させることができる。いったん挿入されたウイルスDNA(プロウイルス)は、宿主細胞ゲノムDNAの一部として複製される。そのため、この性質をもつウイルスをもとにして作製されたベクターは、宿主細胞に遺伝子を安定して導入する手段として生物学の研究に広く用いられてきた。

宿主細胞ゲノムDNAにおけるプロウイルスの挿入場所は前もってわからない。そこで、プロウイルスの挿入場所を調べるため以下の実験を行った。図1は実験過程を示し、図中の直線状、環状の二重線は、DNA二本鎖を表す。二重線間の細かい線は相補結合(一部)を示す。プロウイルスの塩基配列は、すでにわかっているものとする。

実験：ウイルスベクターをヒトから得た細胞に感染させ、プロウイルスをもつ細胞からDNAを抽出した。抽出したDNAに、プロウイルスを一か所で切断する制限酵素X(DNA鎖を2本とも同じところで切断するタイプの酵素)を加え37℃で2時間反応させると、宿主DNAも切断され、DNA断片(ア)が得られた。p, q, r, sはプロウイルス内の塩基を表している。sはプロウイルスの末端にあり、pは切断末端にある。また、p-q, r-sはそれぞれ20塩基長である。次にDNA断片(ア)を含む溶液から制限酵素Xを除去し、リガーゼを加え、断片の末端どうしを連結させ、環状DNA(イ)を得た。さらに、環状DNA(イ)を含む溶液に、プロウイルスのq-r間をある一か所のみで切断する制限酵素Yを加え、37℃で2時間反応させ、図1に示すようなDNA断片(ウ)を得た。そのDNA断片(ウ)を鋳型とし、p-q, r-sの配列をもとに作製したこれらと同じ塩基長のプライマーを用いてPCR法による増幅を行った。その結果、280塩基対長のDNA断片q-rが増幅された。

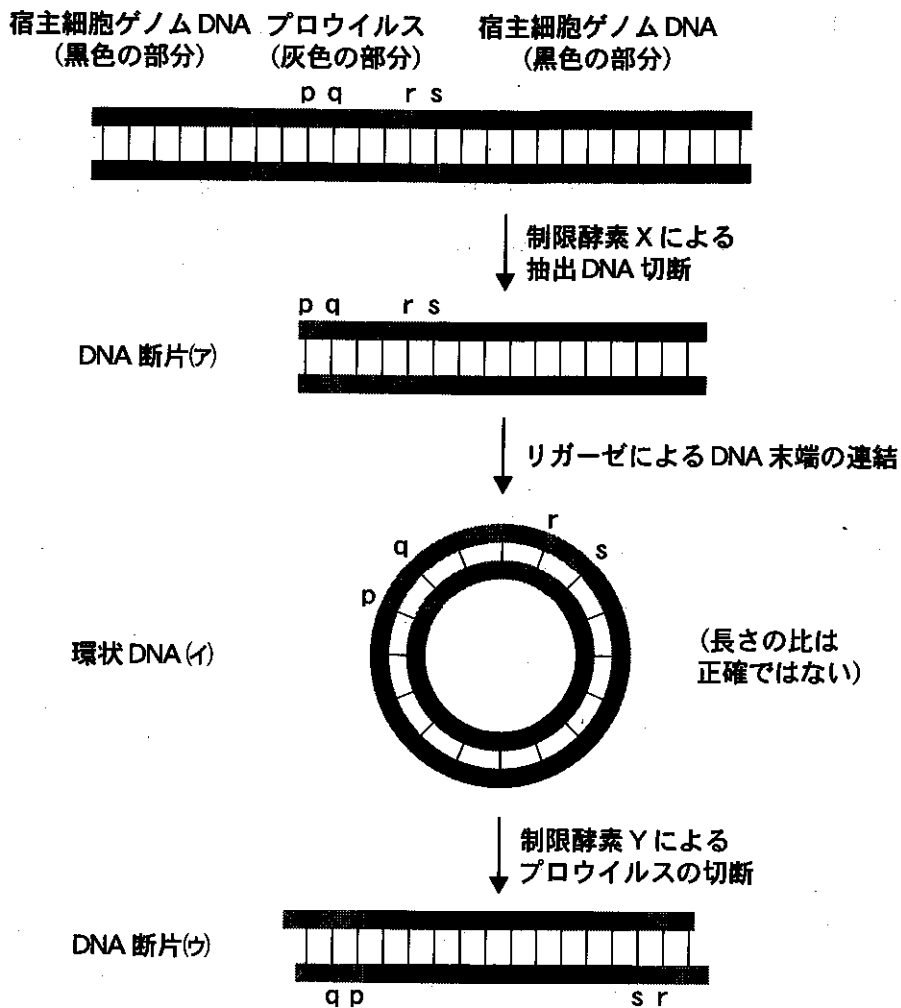


図 1

問 1 下線部①に関して、制限酵素を除去しなければ、以降の実験にどのような影響があるか。解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 2 下線部②について、なぜリガーゼにより DNA 断片(ア)をいったん環状 DNA (イ)にしたのか。その理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。

問 3 下線部③について、増幅産物にふくまれる宿主由来部分の塩基対長を答えよ。

問 4 下線部③で得られた増幅産物を使って、プロウイルスの宿主 DNA への挿入場所を調べたい。その方法を解答欄の枠の範囲内で記せ。

白 紙

(B) グルコースのような電荷を持たない比較的小さな分子でも、単純拡散によって脂質二重膜を透過することはほとんどできない。しかし、グルコースは細胞内のエネルギー代謝のもとになる重要な物質で、すみやかに細胞内に供給される必要がある。そこで細胞は、細胞膜の表面にある「グルコース輸送体」を用いてグルコースを促進拡散させることにより、すみやかにグルコースを細胞内に供給している。単純拡散や促進拡散による物質輸送は、ともに細胞からのエネルギーを必要とせず、細胞内と細胞外の物質の濃度勾配を利用しているため、アと呼ばれる。

ある均一な細胞の細胞外のグルコース濃度に対するグルコース取り込み速度を、一定数の細胞で測定した結果を図2に示す(図中および文中のLはリットルを表す)。細胞外のグルコース濃度が高くなると、輸送体によるグルコース取り込み速度は、ある一定の最大値に近づいていく。これは、グルコース輸送体がグルコースの輸送を触媒する酵素のように振る舞うことを示している。このときのグルコース取り込み速度の最大値を V_{\max} とする。また、グルコース取り込み速度が V_{\max} の半分を示すグルコース濃度を K_m とする。 K_m はグルコースと輸送体の結合の強さを表す定数であり、値が小さいほど結合が強いことを意味する。図2より、グルコース輸送体の K_m は イ mmol/L (mmol: ミリモル, $1 \text{ mmol} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol}$) であることが読み取れる。図2と同じ測定条件下で、グルコース輸送体の阻害剤Aをこの細胞に添加したときのグルコース取り込み速度を測定した結果を図3に示す。

問5 文中の ア , イ に適切な語句または数値を記入せよ。

問6 図3の結果から、阻害剤Aがグルコースの取り込みを阻害するしくみを、「結合部位」という用語を用いて解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

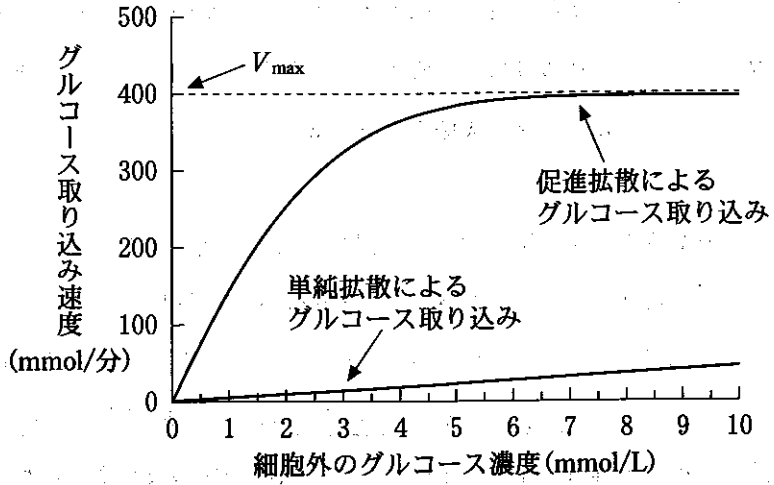


図 2

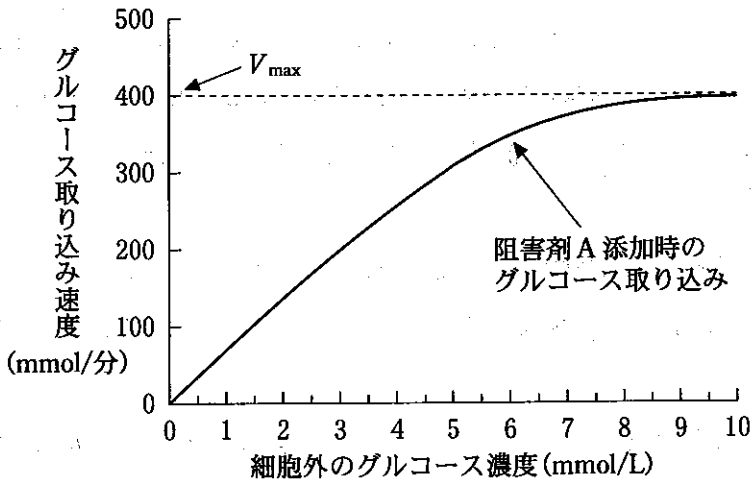


図 3

次に、図2の測定で用いた細胞をがん化させて異常細胞を作った。その異常細胞では、グルコース取り込み速度が正常細胞と比較して増加していた。そこで、その原因を検討するために、以下の実験1～実験3を行った。

実験1 正常細胞と異常細胞を用いて、図2と同じ実験条件下でグルコース取り込み速度を測定した。その結果、異常細胞は正常細胞と比較して10倍の速度で細胞内にグルコースを取り込んでいたことがわかった。さらに正常細胞と異常細胞について^④ V_{\max} と K_m を比較した結果、異常細胞のグルコース取り込み速度の上昇は、細胞膜上のグルコース輸送体の数が増加したことによってもたらされたことがわかった。

実験2 タンパク質の合成を阻害する薬剤を正常細胞と異常細胞に添加した。その後、グルコース輸送体の数の経時変化を測定したところ、正常細胞と異常細胞の間でグルコース輸送体の分解速度に差はなかった。

実験3 正常細胞と異常細胞からそれぞれゲノムDNAを抽出し、グルコース輸送体遺伝子の数を比較したところ、両者の間に違いは見られなかった。

問7 下線部④の結果から、異常細胞を用いて得られた V_{\max} と K_m は正常細胞の場合と比較してどのような値であったか。以下の(あ)～(お)から選び、解答欄に記号で答えよ。

(あ) V_{\max} : 1倍, K_m : 10倍

(い) V_{\max} : $\sqrt{10}$ 倍, K_m : 1倍

(う) V_{\max} : 10倍, K_m : 1倍

(え) V_{\max} : 1倍, K_m : $\frac{1}{10}$ 倍

(お) V_{\max} : 10倍, K_m : $\frac{1}{\sqrt{10}}$ 倍

問 8 実験 1～実験 3 の結果をふまえて、以下の(1), (2)に答えよ。

- (1) 異常細胞がどのようなしくみでグルコース輸送体の数を増加させたのか。
考えられる仮説を解答欄の枠の範囲内で 1 つ記せ。

- (2) 上の(1)で記した仮説を検証するために、どのような実験を行えばよいか。
解答欄の枠の範囲内で 1 つ記せ。

生物問題は、このページで終わりである。

