

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39ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～21ページ、「生物」は22～33ページ、「地学」は34～39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・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・専攻	理 学 部				医 学 部						歯 学 部	薬 学 部	工 学 部				農 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部
	数学重点選択群	物理重点選択群	化学重点選択群	生物・地学重点	医 学 系	保 健 学 系	科 学 系	理 学 系	専 業 系	作 業 系			応 用 工 学 系	情 報 エ ン ジ ン ー ン 系	機 械 知 能 工 学 系	環 境 社 会 工 学 系			
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	
化学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
地学	○	○	○	◎									○		○	○		○	

注) 工学部(応用理工系, 環境社会工学系)は、物理又は化学を含む2科目選択

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、監督員の指示に従って、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つを選択して解答せよ。選択した問題(**4** または **5**)を解答用紙内の問題選択欄に○で囲んで示せ。選択した問題のみを採点する。両方を選択した場合は採点しない。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

遺伝子の塩基配列の変化に伴い形質が変化することがある。この現象を変異という。私たちが普段口にする米も野生種や古い系統では着色していたものが変異によって白色になったと考えられている。下記はイネの果皮および種皮の色(以下、両方の形質を合わせて種皮色とする)に関する実験である。

(実験1) 純系のイネ4系統(系統1~系統4)を用いて交雑実験を行った。各系統の種皮色は系統1が赤色、系統2が茶色そして系統3と系統4がともに白色であった。系統1~系統3それぞれに系統4の花粉を受粉して得たF₁の種皮色は全て母親の系統と同じであった。さらに、F₁の自家受粉によるF₂での表現型は表のようになった。また、系統2に系統3の花粉を受粉して得たF₁の種皮色は赤色であり、そのF₁の自家受粉によるF₂での表現型は表のようになった。

表 F₂の表現型

交雑の組み合わせ	F ₂ で見られる種皮色
系統1 × 系統4	赤色 : 茶色 : 白色 = 9 : 3 : 4
系統2 × 系統4	茶色 : 白色 = 3 : 1
系統3 × 系統4	全て白色
系統2 × 系統3	赤色 : 茶色 : 白色 = 9 : 3 : 4

〈実験2〉 種皮色を茶色にする遺伝子について詳しく調べたところ、ある調節タンパク質の遺伝子であることが分かった。また、4つの系統それぞれにおいてこの遺伝子のエキソン部分の塩基配列を比較したところ、種皮色が白色の系統において塩基配列の一部に欠失が認められた。

問1 下記の文中 (ア) ~ (キ) に適切な語句を記せ。ただし、(ア) と (イ) は細胞の名称を記せ。

イネの種子は主に精細胞(n)の1つが (ア) (n)と受精してできる胚(2n)、もう1つの精細胞(n)が (イ) (n+n)と融合してできる胚乳(3n)および母親の組織(2n)に由来する種皮からなる。ある対立遺伝子Aとaについて、遺伝子型AAのイネにaaの遺伝子型を持つイネの花粉を受粉する場合、それぞれ配偶子の遺伝子型は (ウ) と (エ) になる。したがって、受粉して得られる種子の胚、胚乳および種皮の遺伝子型はそれぞれ (オ) , (カ) および (キ) となる。このことから、F₁やF₂の種皮色は種子をまいて育てることで確認できる形質であることがわかる。

問2 系統1~4の種皮色に関する遺伝子型を特定したい。しかしながら、対立形質が赤色、茶色と白色の3種類あり複雑なため、最初に〈実験1〉の結果をもとに種皮色にかかわる対立形質と系統の特徴を考えることにした。〈実験1〉の結果から考えられる記述として、下記の(1)~(5)の中から適切なものを2つ選び、それらの番号を記せ。

- (1) 種皮色の茶色は系統4の白色に対して優性の対立形質である。
- (2) 種皮色の赤色は系統4の白色に対して劣性の対立形質である。
- (3) 種皮色が白色の系統どうしの交雑で得たF₁の自家受粉を続けると種皮色が茶色のものが現れる。
- (4) 種皮色が白色でも種皮色を茶色にする遺伝子をもつ系統がある。
- (5) 種皮色が白色でも種皮色を赤色にする遺伝子をもつ系統がある。

問 3 種皮色の赤色に関する対立遺伝子を B と b 、茶色に関する対立遺伝子を D と d としたとき(ただし、 B 、 D は b 、 d に対してそれぞれ優性であり着色を促す方に働くものとする)、赤色に関する対立遺伝子 B は茶色に関する対立遺伝子 D が存在する場合にのみ赤色に着色させることができると考えると(実験 1)の結果が全て説明できる。

以下の問に答えよ。ただし、遺伝子型を答える場合には B 、 b 、 D および d を用いて記せ。

- (1) イネの系統 1 ~ 系統 4 の遺伝子型を記せ。
- (2) ある F_1 では、両親がイネの系統 1 ~ 系統 4 のいずれに由来するか分からなくなった。この両親を特定したい。そこで、まず F_1 の遺伝子型を調べるために検定交雑を行った。その結果、種皮色が茶色と白色の種子が 1 : 1 の比で出現した。この F_1 の遺伝子型を記せ。また、この F_1 の両親の系統を記せ。

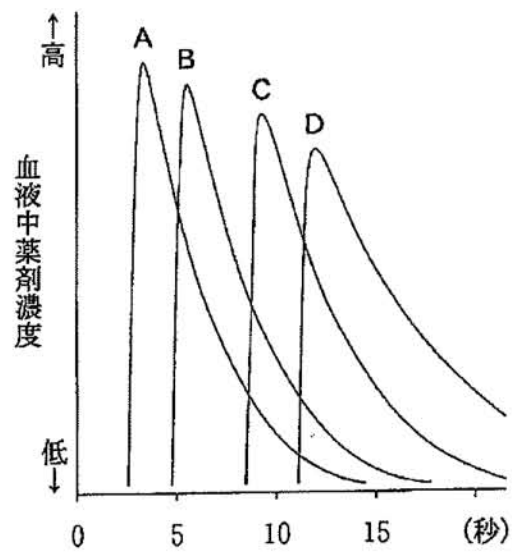
問 4 種皮色が茶色の系統では、茶色の色素の合成に関与する遺伝子の発現を促進していた。白色の系統で茶色の色素が合成されない理由を下線部 a にある 調節タンパク質 の合成と働きに着目して 80 字程度で説明せよ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ヒトの体内には、役割の異なった複数の循環系と、それに関連した器官が存在する。 (ア) という器官で食物から吸収された糖やアミノ酸は (イ) という血管で最初に (ウ) という器官に運搬される。組織から出た老廃物や電解質を体外に排泄する (エ) という器官では、 (オ) でろ過された (カ) に含まれる水分、糖、無機塩類などの必要成分が (キ) から毛細血管に (ク) される。組織から出た (ケ) を体外に排出し、さらに組織から戻った血液の酸素濃度を高くするための循環を (コ) と呼ぶ。病原体に対する防御のために (サ) と呼ばれる循環系が存在し、血液とは異なる (シ) という体液が循環している。

問 1 上記文章の空欄 (ア) ~ (シ) に入る適切な語句を記せ。

問 2 右図は、ヒトの左腕の静脈内に注射針を刺して薬剤を注入した直後の、血管内および心臓内の各部位における血液中薬剤濃度の時間経過曲線を示している。図中のA, B, C, Dの正しい部位の組み合わせはどれか。



以下の(ア)~(オ)から1つ選択せよ。

- | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|
| (ア) A 右心房 | B 肺静脈 | C 肺動脈 | D 左心房 |
| (イ) A 肺静脈 | B 右心房 | C 肺動脈 | D 左心室 |
| (ウ) A 右心房 | B 肺動脈 | C 肺静脈 | D 左心室 |
| (エ) A 左心房 | B 左心室 | C 右心房 | D 肺動脈 |
| (オ) A 左心房 | B 肺動脈 | C 肺静脈 | D 左心室 |

問 3 正常なヒトの左心室心筋は、右心室心筋よりも厚く強い力で収縮するので、左心室血圧は右心室血圧より高い。血圧とは、流れる血液が血管壁や心臓内の壁を押し圧力のことである。左心室と右心室を分離する隔壁である心室中隔に穴が開いている心室中隔欠損症という疾患があり、左心室血圧が右心室血圧よりも高い状態1から、右心室血圧が左心室血圧よりも高い状態2に重症化する場合がある。

(1) 以下の文章は、上記の状態1から状態2に変化する理由を述べたものである。空欄 ～ に入る語句を、下記の a～p から1つずつ選択し記号で答えよ。

状態1の場合、心室中隔に穴が開いていると、 の血液は、一部 に流入する。そのため および右心室を通過する が し、その負荷に耐えるために、次第に右心室血圧が上昇する。

- | | | | |
|----------|---------|-----------|--------|
| a. 左心房 | b. 左心室 | c. 右心室 | d. 大動脈 |
| e. 肺 | f. 脳下垂体 | g. バソプレシン | h. 血液 |
| i. 二酸化炭素 | j. 酸素 | k. 増加 | l. 減少 |
| m. 飽和 | n. 解離 | o. 結合 | p. 酸性度 |

(2) 心室中隔欠損症では、状態1よりも状態2のほうがヒトの血液循環の異常を起こし、爪が紫色になる、全身の臓器の機能が低下する、などの症状が生じる。その理由を40文字以内で述べよ。

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細菌の一種である肺炎レンサ球菌(旧名：肺炎双球菌)にはマウスに感染させると肺炎を起こす病原性のあるS型菌と、感染させても発病しない非病原性のR型菌がある。

グリフィスは、死んだS型菌をマウスに注射しても発病しないが、死んだS型菌を生きているR型菌と一緒に注射すると、マウスの体内にS型菌が現れ、マウスは発病して死亡することを見出した。

アベリーらは以下の2つの実験を行った。(実験1)S型菌をすりつぶした抽出液をR型菌に混ぜて培養したところ、S型菌の性質を持つ菌が出現した。この現象を (ア) と呼ぶ。R型からS型に (ア) した菌は、その後増殖を繰り返してもS型菌の性質を維持し続けた。(実験2)S型菌の抽出液をタンパク質分解酵素で処理したものではR型菌からS型菌へと (ア) が起こるが、抽出液をDNA分解酵素で処理したものではこのような現象は起こらなかった。

大腸菌などの細菌に寄生して増殖するファージと呼ばれる (イ) が知られている。ファージは他のDNAを持つ (イ) と同様、DNAとタンパク質が主要な構成成分である。ハーシーとチェイスはT₂ファージのDNAとタンパク質を特殊な方法で別々に標識し、ファージが感染する際に大腸菌の内部に侵入するのはDNAとタンパク質のどちらなのかを調べた。まず、標識したファージを大腸菌に感染させ、2～3分後に激しく攪拌して大腸菌の表面からファージの外殻を取り除いた。この液を素早く遠心分離機にかけて大腸菌を (ウ) させた。するとファージのタンパク質のほとんどが (エ) に集まるが、ファージのDNAは (ウ) した大腸菌の分画から検出された。しかも、 (ウ) した大腸菌からは20～30分後に多数の子ファージが現れた。したがって、大腸菌の中でT₂ファージのDNAからT₂ファージのDNAが複製されるとともに (1) が作られ、 (2) が形成されたと考えられた。このことからDNAは遺伝形質を発現するとともに、それを子孫に伝えることができる物質であることが明らかになった。

問 1 文中の (ア) ~ (エ) に適切な語句を入れよ。

問 2 グリフィスの下線 a の実験で、マウスが発病して死亡したのはなぜだと考えられるか。グリフィスの実験結果だけから言えることを述べよ。

問 3 アベリーらの行った(実験 1)では、ひとたび伝えられた S 型菌の性質は増殖を続けても維持されることが明らかになった。また(実験 2)の結果から、タンパク質と DNA のどちらかが S 型菌の出現に関わっていると考えられる。アベリーらが行った 2 つの実験結果から何が言えるか。

問 4 ハーシーとチェイスの実験において、下線 b の結果から何がわかるか。

問 5 ハーシーとチェイスの実験結果を総合し、下線 c の文章 (1) ~ (2) に最も適当な語句を入れよ。

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。選択した問題番号を解答用紙の選択欄に○で囲むこと。

【選択問題】

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

漁港の護岸壁や海岸の巨岩を調べてみると、フジツボや貝類、海藻などの生物が海水面とほぼ平行に帯状に分布している様子を観察できる。北海太郎君は、2007年5月に、半年前に作られたコンクリート護岸壁の垂直面にフジツボの一種がたくさん固着している様子に関心を抱いて、これを研究対象と決めて野外調査を始めた。

野外調査を実施したときに波はなく、フジツボは海水面付近に帯状に分布していた。そこで、北海太郎君は、このときの海水面を基準として、護岸壁の垂直面を以下の3つの区域に分けた；低域(海水面より20 cm下の区域)、中域(海水面付近)、高域(海水面より20 cm上の区域)。そして護岸壁沿いに海岸線を歩いて、5地点で、それぞれ3つの区域に5 cm四方の正方形となる調査区を設置した。北海太郎君は、これら15調査区をカメラで撮影した。この写真を丁寧に観察して、フジツボの個体数を数えた。翌年5月にこれら15調査区とまったく同じ場所で撮影を実施して、1年前の写真と照らし合わせることによって、各調査区で最初の撮影のときに観察されたフジツボの1年後の生存率を調べた。その結果を図に示している。

なお、中域や低域には、フジツボを食べることが知られている肉食性巻貝やヒトデ、そしてフジツボとの種間競争が知られている二枚貝などの他の生物もみられて、これらの生物の個体数は2007年よりも2008年のほうが多かった。

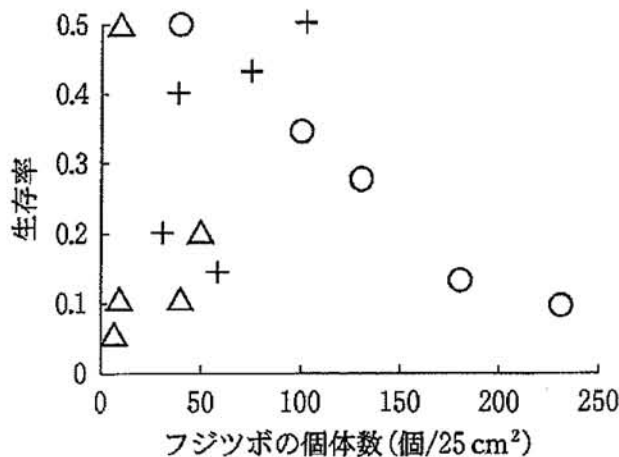


図 2007年における各調査区のアジツボの個体数と2007年から2008年までの生存率の関係。

それぞれ△：高域，○：中域，+：低域の地点を表す。

問 1 以下の文章は北海太郎君が作成したレポートの一部である。 [ア] ~

[カ] の空欄に適切な言葉を入れよ。

ある地域に生息する同種個体のまとまりを [ア] とよぶ。 [ア] の大きさは、ふつう、それを構成する全個体数で表されるが、実際に全個体を数えることは難しいので、 [イ] や [ウ] によって個体数を推定することも多い。とくに海藻やアジツボのように動かない生物の個体数を推定するときは、今回の調査のように [イ] を用いなければならない。その理由は、 [ウ] では標識をつけた個体とつけていない個体が個体群内で十分に [エ] ことが必要だからである。

図をみると、調査区内の個体数が最も多かったのは [オ] 域の調査区で、最も少なかったのは [カ] 域の調査区だったことがわかる。また、2007年から2008年までの生存率が最も低かった調査区は [キ] 域の調査区だった。中域では、調査区内の個体数が多いほど、生存率が [ク] する傾向がみられた。

一定面積内に生息する同種の個体数が多いとき、それが個体の形態や生存率、 [ア] の成長に影響を及ぼすことがある。このような現象を

□(ケ) □ という。図で示した結果のうち、中域のフジツボでみられた現象は □(カ) □ が作用した結果かもしれない。しかし、中域や低域には他の生物もみられたので、これらの生物のうち、肉食性巻貝やヒトデのような □(コ) □ 者が、フジツボが数多く固着していた地点に集まってフジツボを食べたために、中域の調査区のうち、個体数が多かった地点ほど生存率が低かった可能性もある。

問 2 次の(1)~(3)の文章もまた、北海太郎君のレポート(問1)の一部である。

(1)~(3)の文章を読み、下線部が妥当であれば○、妥当でなければ×を解答用紙に記入せよ。また×の場合は、その理由を簡単に説明せよ。

- (1) 高域のフジツボは干潮時に乾燥や雨などの環境ストレスの影響を強く受けていたと考えられる。とくに今回の調査地は淡水が流入する場所なので、塩分濃度の低下がフジツボの死亡要因のひとつとして考えられる。海の無脊椎動物には体液の浸透圧調節のはたらきが未発達のものが多い。フジツボはカニやエビの仲間(甲殻類)なので、今回調査したフジツボも、汽水域に生息するカニと同様に、浸透圧を調節できないと考えられる。
- (2) 中域や低域には、巻貝や二枚貝、ヒトデなどの他の生物がみられた。これらの生物はフジツボと同じ場所に生息しているので、同じ生態的地位にあるといえる。
- (3) 2008年に調査地を訪れたとき、肉食性巻貝の個体数が増えていたことが印象的だった。肉食性巻貝やヒトデは、彼らのえさであるフジツボや藻食性巻貝に比べて大型の生物であるため、今後、肉食性巻貝やヒトデを含む栄養段階の生物の生体量(g/m^2)は、下位の栄養段階に属するフジツボや藻食性巻貝を含む生物の生体量とほぼ等しくなると考えられる。

【選択問題】

5 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

陸上植物は、コケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物の4つのグループに分類することができる。これらのグループは、陸上植物が陸上に進出した当初から存在したものではなく、陸上環境への適応・進化を経て出現してきたものである。陸上植物の進化の歴史は、陸上植物がどのように陸上の環境へ適応し、効率的に成長・繁殖できるようになってきたかを物語っている。例えば、クチクラ層の発達は体の (ア) の保持に役立ち、また、 (イ) の発達は効率的なガス交換や水蒸気の蒸散に役立った。胞子は厚く丈夫な壁をもつことでより乾燥に耐えることができた。 (ウ) の獲得も重要な出来事であった。 (ウ) は通道組織であるとともに、 (エ) 組織としての機能があり、背の高い植物体の形成を可能にした。また、根・茎・葉の分化が起こり、地中の水分や無機塩類の吸収、光合成などの能力が向上した。繁殖法についても重要な進化がみられ、種子の獲得が起こった。種子による繁殖は、 (オ) を保護する、栄養を蓄えている、休眠できるなどの利点があった。また、コケ植物とシダ植物の受精では精子が造卵器に達するのに外界の水が必要であるが、種子植物では、外界の水を必要としない受精の仕方になった。種子植物は、乾燥地や寒冷地へも分布を広げることが可能であった。被子植物では、動物による花粉の媒介が広く行われ、植物と花粉媒介動物が関係をもちながら進化した。このような進化は (カ) と呼ばれる。

問 1 文章中の (ア) ~ (カ) に入る適切な語句を記せ。

問 2 次の図は、陸上植物4つのグループの系統樹の一例である。以下の(1)~(5)の進化が起こったのは、図の系統樹上ではどの位置に当たるか、図のA~Gより1つ選べ。

- | | |
|--------------------|------------------|
| (1) 仮導管の獲得 | (2) 発達したクチクラ層の獲得 |
| (3) 厚く丈夫な壁をもつ胞子の獲得 | (4) 胚珠の獲得 |
| (5) 花卉の獲得 | |

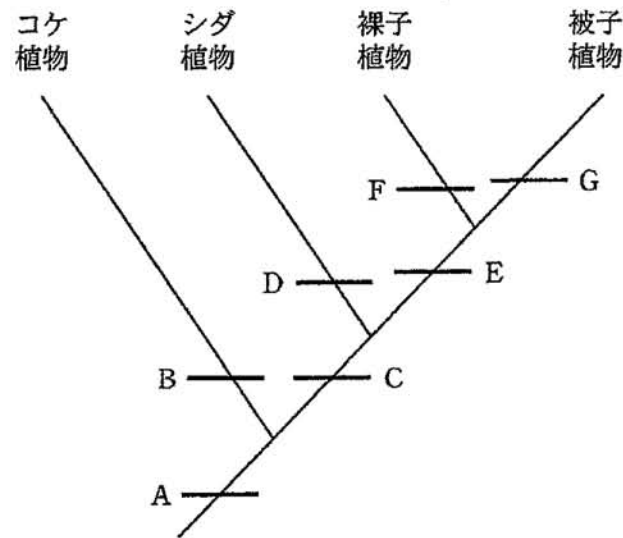


図 陸上植物4つのグループの系統樹の一例

問 3 生物の類縁関係や進化を考えると、相同性に注意することが重要である。2つのものが相同であると言えば、それらが共通祖先のある部分から進化したことを意味する。例えば、コケ植物の配偶体とシダ植物の配偶体は相同であり、コケ植物の孢子とシダ植物の孢子も相同である。次の(ア)~(ク)では、それぞれ、陸上植物に関する2つのものをあげている。この中で、相同なもの組み合わせを2つ選び、記号で解答せよ。

- | | |
|---------------------|-------------|
| (ア) 孢子と花粉四分子 | (イ) 前葉体と孢子体 |
| (ウ) 胚のうと前葉体 | (エ) 孢子と種子 |
| (オ) コケ植物の葉状部と裸子植物の葉 | (カ) 葯と造精器 |
| (キ) 造卵器と胚珠 | (ク) 孢子のうと果実 |

問 4 下線 a について、外界の水を必要としない受精の仕方とはどのような受精の仕方であるか簡潔に説明せよ。