

平成 29 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学・Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (土) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(情—コン・理・
医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、65 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には 20 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 8 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理を必ず含むこと。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅲ

生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4題ある。4題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

生物 問題 I

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

クロロフィルは、光合成に必須の色素であり、植物細胞の (ア) の中にある扁平な袋状の膜構造である (イ) 膜に含まれている。植物は、アミノ酸の一種であるグルタミン酸を主要な材料として、多数の酵素のはたらきによる多段階の反応を経てクロロフィルを作り出す。図 1 はこの反応の概略を示す。

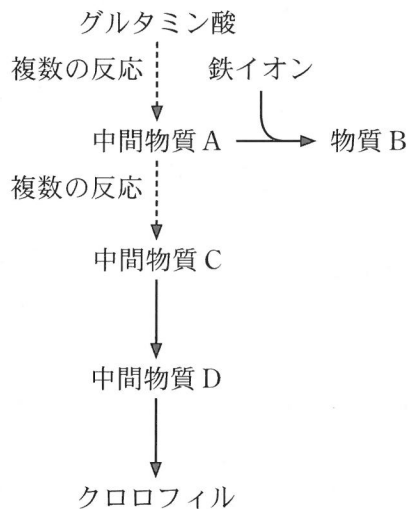


図 1 クロロフィルの合成経路の概略

中間物質 A に鉄イオンが結合してできる物質 B は、特定のタンパク質に結合して、電子を伝達したり、酸素を結合して運搬する役割を担う。ヒトの赤血球に大量に含まれるタンパク質である (ウ) もこの物質 B を結合し、酸素を体中に運搬する役割を担う。

暗黒下でトウモロコシを芽生えさせると黄白色の“もやし”になってしまう。このもやしを分析すると、クロロフィルは含まれず、かわりに中間物質 C が蓄積していることがわかった。そこで、中間物質 C から中間物質 D への変換に関して、トウモロ

コシのもやしから精製した酵素 X を用いて以下のような実験を行った。酵素 X に暗黒下で中間物質 C を混合した後、表 1 に示した条件において 37℃ で 10 分間反応を行い、中間物質 D の生成を調べた。なお、実験番号 3 で用いた酵素は加熱処理をほどこしている。

表 1 酵素 X を用いた実験の結果

実験番号	中間物質 C	酵素 X	光	中間物質 D
1	+	+	+	+
2	+	-	+	-
3	+	+(加熱処理)	+	-
4	+	+	-	-

+と-はそれぞれの物質や条件の有無を表す。

設問(1)：空欄 ~ に入る適切な用語を記入せよ。

設問(2)：実験番号 1 と比較して、実験番号 2、3 でそれぞれわかったことを解答欄の枠内で述べよ。

設問(3)：表 1 の実験番号 4 の結果をふまえ、トウモロコシのもやしで中間物質 C が作られるが、クロロフィルは作られない理由を述べよ。

文 2

植物と同じ光合成を行うことができるシアノバクテリアを用いて以下のような実験を行った。遺伝子操作により、シアノバクテリアのゲノムの特定の箇所(図 2, ▽で示した)に、無関係な DNA の断片(挿入断片)を挿入し、遺伝子 E と遺伝子 F を破壊し、それぞれ突然変異体 α と β を作り出した。なお、突然変異体 α において挿入配列は遺伝子 E から F へ続く転写に影響を与えない。

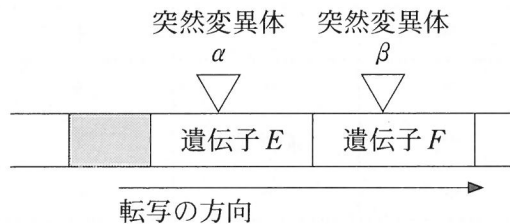


図 2 シアノバクテリアの突然変異体 α と β

これら突然変異体を明所と暗所で生育させて、細胞に含まれるクロロフィルと中間物質 C の有無を測定した。なお、暗所では、外部からグルコースを添加して従属栄養的に増殖させた。野生型(挿入断片をもたないもとのシアノバクテリア)は、明所でも暗所でもクロロフィルを作り、中間物質 C を蓄積していなかった。2つの突然変異体は、いずれも明所では野生株と同じようにクロロフィルを作り中間物質 C は含まれなかった。一方、暗所ではクロロフィルは作られず中間物質 C が蓄積していた。

光合成細菌は、クロロフィルと構造が少し異なるバクテリオクロロフィルを作るが、中間物質 A から中間物質 D に至る経路(図 1)はクロロフィルと共通している。光合成細菌を含めたさまざまな光合成生物で、遺伝子 E と遺伝子 F、および酵素 X を作る遺伝子 X と同等の機能をもつ遺伝子の有無を表 2 にまとめた。

表2 さまざまな光合成生物における遺伝子 *E*、遺伝子 *F* および遺伝子 *X*、またはそれらと同等の機能をもつ遺伝子の有無

光合成生物	遺伝子 <i>E</i>	遺伝子 <i>F</i>	遺伝子 <i>X</i>
光合成細菌	+	+	-
シアノバクテリア	+	+	(エ)
クロレラ	+	+	+
ゼニゴケ	+	+	+
クロマツ	+	+	+
シロイヌナズナ	-	-	+
トウモロコシ	-	-	+

+と-はそれぞれ遺伝子の有無を表す。

表2から、遺伝子 *E* と遺伝子 *F* は光合成細菌を起源とし、シアノバクテリア、藻類、コケ植物、(オ) 植物まで受け継がれてきたと推察される。一方、シロイヌナズナとトウモロコシには遺伝子 *E* と遺伝子 *F* が含まれない。このことから、(オ) 植物から (カ) 植物への進化の途上で、遺伝子 *E* と遺伝子 *F* が失われたと推察される。

設問(4)：遺伝子 *E* の左側にある灰色で示した領域は、RNA ポリメラーゼが結合する領域である。このような領域の名称を答えよ。また、遺伝子 *E* と遺伝子 *F* のように隣接して存在し、RNA ポリメラーゼが結合する領域を共有する転写単位の名称を答えよ。

設問(5)：シアノバクテリアを用いた実験結果にもとづいて、表2の空欄 (エ) に適切な記号を記入し、その根拠を述べよ。

設問(6)：下線部①について、遺伝子 *E* と遺伝子 *F* の機能を、遺伝子 *X* との違いを含めて推察して述べよ。

設問(7)：表2の光合成生物のうち，原核生物をすべてあげよ。

設問(8)：空欄 および に入る適切な用語を記入せよ。

設問(9)：下線部②について，このような進化の結果，現在の地球には，遺伝子 E と遺伝子 F を失った 植物と，これらの遺伝子を有する藻類や 植物など両方のタイプの光合成生物が生息している。各々のタイプの光合成生物が生育する上で有利であろうと考えられる点を考察して述べよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

神経細胞は情報の伝達を電気的信号で行っている。静止時の神経細胞は細胞膜を隔てて電荷が不均一に分布し、細胞内は外側に対して電氣的に負に荷電している。この電位差を静止電位という。また一部に刺激を与えると瞬間的な電位変化を示し、これを活動電位という。

図1のような細胞が存在すると仮定する。細胞内外に存在するイオンは A^+ と B^- である。細胞内は A^+ と B^- を含む溶液で満たされており、細胞外は同じ塩の溶液ではあるが水で20倍に薄めた溶液が存在する。図2の細胞では、図1と同じ細胞膜に A^+ イオンが自由に透過できるチャンネルが存在する。

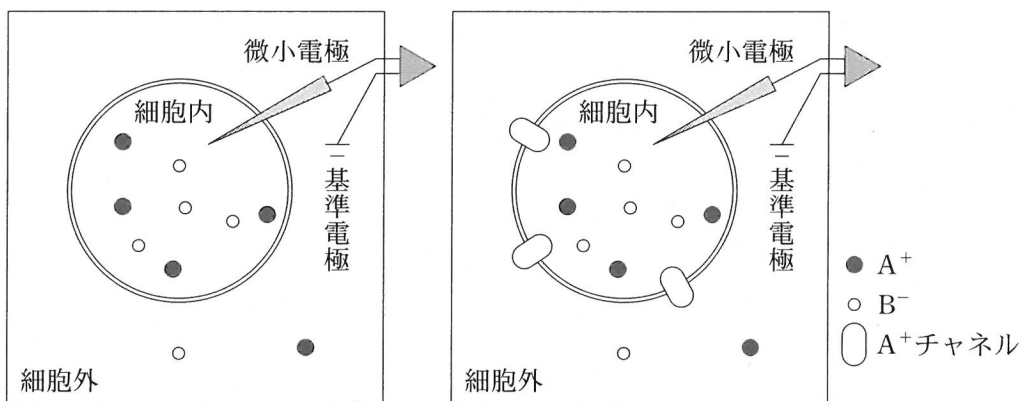


図1 A^+ チャンネルのない細胞

図2 A^+ チャンネルのある細胞

設問(1): 図1と図2の細胞について、どちらの細胞に静止電位が発生するかを答えよ。また、この実験で静止電位が発生した理由を述べよ。

文 2

神経細胞はある一定強度以上の刺激をうけると興奮する。負に荷電した細胞内は電位変化が生じると急激に正に荷電し、その後負の方向に戻されて静止状態になる。活動電位の大きさは神経細胞によってほとんど変わらない。また一度活動電位が生じると、約数ミリ秒間は次の活動電位を発生できない。

設問(2)：下線部①で示した最低限の刺激の強さを何というか答えよ。

設問(3)：神経細胞は、下線部①の強さの刺激を超える場合に興奮し、その強さを超えない場合には興奮しないという2通りしかない。このことを何というか答えよ。

設問(4)：下線部②および③の現象の発生にもっとも強く関係するイオンチャネルをそれぞれ答えよ。

設問(5)：下線部④のことから、神経細胞は受けた刺激の強さの情報を何によって伝えているか答えよ。

設問(6)：下線部⑤の現象があることで生体内の神経細胞にはある利点が生じる。その利点とは何か述べよ。

文3

イオンチャンネルに作用する自然毒について調べるために以下の実験を行った。この実験は、膜電位(細胞外に対する細胞内の電位)を任意の値に固定して実験することができる電位固定法を用いて行われた。ロブスターの巨大な軸索を用い、自然毒を加える前と加えた後に、それぞれ異なった膜電位下におけるXイオンとYイオンの電気伝導度を調べた結果、図3の結果が得られた。図は細胞外から細胞内に流れる内向き電流をマイナスに、細胞内から細胞外へ流れる外向き電流をプラスに表わしている。Xイオンは図中の○、●で示し、Yイオンは△、▲で示す。

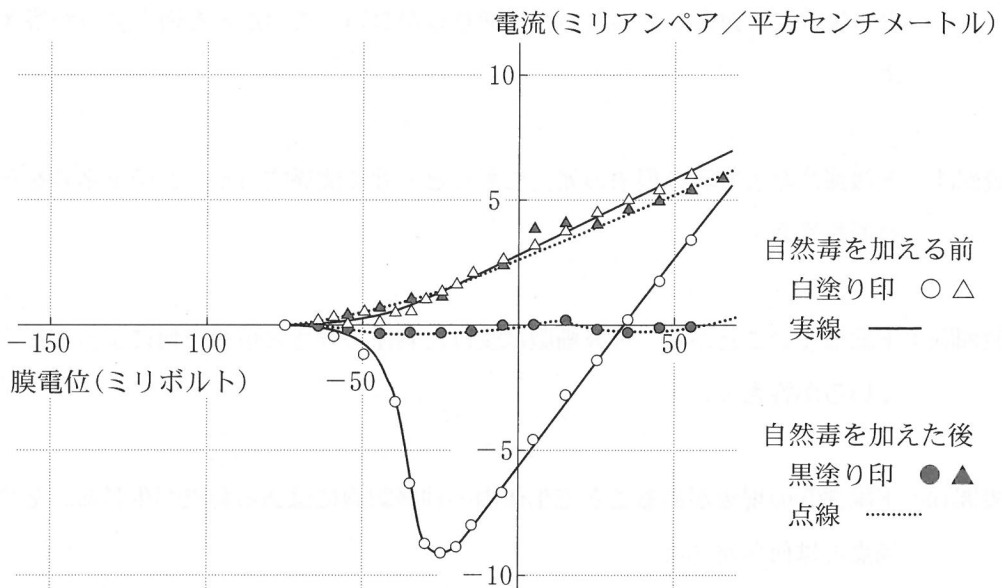


図3 自然毒を加える前と加えた後の電流—電圧変化

設問(7): XイオンとYイオンがそれぞれ何かを答え、そう考えた根拠も述べよ。

設問(8): XイオンとYイオンの変化に着目し、自然毒の作用について述べよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

哺乳類がもつ X 染色体は、全染色体の 5 % を占める大きな染色体であり、そこには 1000 以上の遺伝子が存在する。そして、そのほとんどは Y 染色体には存在しない。したがって、XX 型の性染色体をもつ雌は、XY 型の雄に比べて X 染色体上の遺伝子を 2 倍もつことになる。そのため、哺乳類の雌は 2 本の X 染色体の 1 本をはたらかなくする(不活性化することによって、X 染色体の遺伝子量の雌雄差を補償している。この X 染色体の不活性化は、胚の子宮への着床後まもなく起こるが、父親と母親由来の X 染色体のどちらが不活性化されるかは細胞によって異なっている。しかし、どちらか一方の X 染色体がいったん不活性化されれば、その後は細胞が何回分裂しても不活性化される X 染色体は変わらない。

この現象の身近な例が三毛ネコである。三毛ネコの毛色が出現するには少なくとも 3 つの異なる遺伝子座が関わっている。ここでは便宜上、以下の *E*、*F*、*G* 遺伝子座によって毛色が決まるものとする。*E* 遺伝子座と *F* 遺伝子座は常染色体に存在し、*G* 遺伝子座は X 染色体上にあることがわかっている。

1 つ目の *E* 遺伝子座の遺伝子是有色か白色かを定める遺伝子であり、優性遺伝子 *E* をもつと、他の遺伝子座の遺伝子型に関係なく全身が白色となるが、劣性遺伝子 *e* がホモ接合となった場合、有色となる。2 つ目は白斑の有無を決める遺伝子座 *F* で、優性遺伝子 *F* をもつと白斑が表れ、劣性遺伝子 *f* がホモ接合の場合、白斑はできない。そして、*G* 遺伝子座の優性遺伝子 *G* はオレンジ色を表す作用があり、劣性遺伝子 *g* は黒色を表す作用がある。

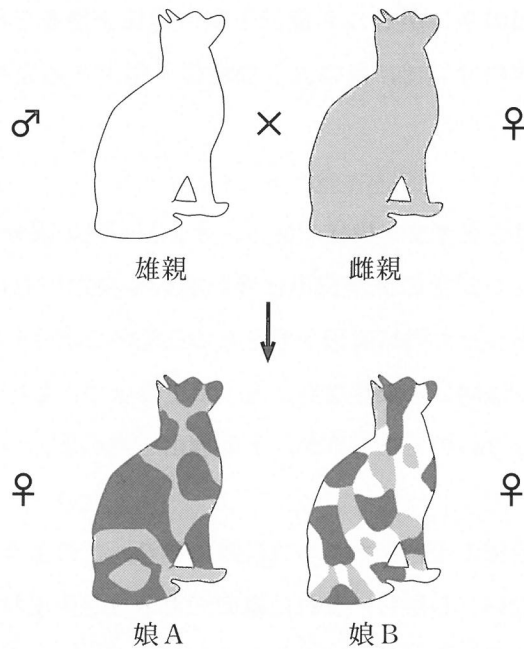


図1 交配によって得られた毛色のパターン

図1に示したように、ある家庭で飼っている全身白色の雄親と全身オレンジ色の雌親の間に、黒色とオレンジ色の毛色が斑状に混じった二毛の雌ネコ(娘A)と、黒、オレンジ、白の毛色が斑状に混じり合った三毛の雌ネコ(娘B)が生まれた。

設問(1)：これら4種類のネコがもつG遺伝子座の遺伝子型をそれぞれ記せ。また、すべての個体について、そのような遺伝子型であると推定した根拠を述べよ。なお、雄ネコのY染色体は「Y」で表記し、遺伝子型は「遺伝子記号/Y(たとえばG/Yなど)」で記せ。

設問(2)：これら4種類のネコがもつE遺伝子座の遺伝子型をそれぞれ記せ。また、すべての個体について、そのような遺伝子型であると推定した根拠を述べよ。

設問(3)：これら4種類のネコがもつF遺伝子座の遺伝子型をそれぞれ記せ。また、すべての個体について、そのような遺伝子型であると推定した根拠を述べよ。

設問(4)：三毛ネコにはさまざまな模様がある。オレンジ色の部分が大きいものや小さいもの、オレンジ色の斑が背中に多いものや少ないものなどさまざまである。また、まったく同じ遺伝子型をもつ三毛ネコどうしであっても、三毛模様のパターンは同じにならない。どうしてひとつとして同じ模様をもつ三毛ネコは存在しないのであろうか。その理由を述べよ。

設問(5)：通常、三毛模様の毛色をもつネコは雌であり、このような毛色が雄ネコに表れることはない。しかし、まれに雄の三毛ネコが生まれることがあり、ほとんどの場合、それらは妊性をもたない(不妊である)。その原因は性染色体の数の異常であると考えられている。この個体はどのような性染色体構成をもつと考えられるか。そして、雄であるにもかかわらずなぜ三毛模様が表れるのか、その理由を述べよ。

草稿用紙

(切りはなしてはならない)



生物 問題Ⅳ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

図1のように正三角形の頂点に島A, B, Cがある。それぞれの島は自然条件が異なるため、各島において種内で交配して多様性を獲得した後、自然選択された鳥の集団a, b, cがいる。集団aが島Aに、集団bが島Bに、集団cが島Cに生息している。島A, B, Cの自然条件は表1のとおりである。一方、集団a, b, cの成鳥は表2のような特徴をもつ。ここに、火山活動によって島A, B, Cの中間地点に新たに島Dができ、この島Dにも集団a, b, cが飛び移り、長い年月をかけて適応した集団dが自然選択されたとする。この島の自然条件も表1に記した。ここで、これらの島へ他の地域から飛来し交配できる鳥の集団はいないとする。また、各成鳥の特徴は独立に遺伝するものとする。

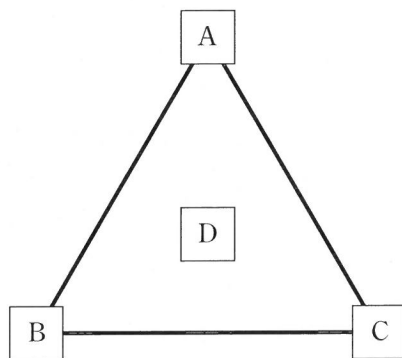


図1 島A, B, C, Dの配置

表1 各島の自然条件

	気 温	風 力	湿 度	水飲み場の数	捕食者の数
島 A	高 温	強 い	低 い	少 ない	少 ない
島 B	高 温	弱 い	高 い	多 い	多 い
島 C	低 温	弱 い	低 い	多 い	少 ない
島 D	低 温	強 い	高 い	少 ない	少 ない

表2 鳥の各集団の特徴

	翼の大きさ	羽毛の厚さ	保護色の有無	くちばしの硬さ
集団 a	小さい	薄 い	な し	硬 い
集団 b	大きい	薄 い	あ り	柔らかい
集団 c	大きい	厚 い	な し	不 明
集団 d	(ア)	(イ)	(ウ)	不 明

設問(1)：鳥類とそれが食料とする被子植物は、同時期に存在し、共進化してきたと考えられている。共進化とは何かを、解答欄の枠内で述べよ。

設問(2)：鳥類の翼とは哺乳類の前肢は相同の器官(相同器官)である。相同器官とは何かを述べよ。

設問(3)：自然条件「気温」「風力」「捕食者の数」が、それぞれ単独で、鳥の集団の特徴である「翼の大きさ」「羽毛の厚さ」「保護色の有無」のいずれかを決定していた。島 D に適応し長い年月をかけて自然選択された集団 d の特徴はどのようになるかを予想し、表 2 の空欄の (ア) ~ (ウ) に入る適切な単語を記入せよ。

設問(4)：表2にあるように，集団dの「くちばしの硬さ」は不明である。集団dの成鳥を絶対に捕獲できないとしたとき，この集団の「くちばしの硬さ」を推察するために行いうる調査方法とその前提条件の組み合わせを，両方とも変えて2つ提案せよ。その際，それぞれについて想定される調査結果の一例をあげ，そこから推察される集団dの「くちばしの硬さ」について，根拠をあげつつ述べよ。ただし，調査方法は自由に想像して良いが，以下にある調査道具のうち必ずいずれか1つ以上を用いた調査方法とする。必要なら調査道具は何度でも使ってよい。以下の解答例を参考にして述べよ。

調査道具：島々を渡る船，遺伝子解析装置，土壌分析装置，ふ卵器，硬度計，解剖顕微鏡，鳥の捕獲用網，鳥の観察用望遠鏡，小型ビデオカメラ，遠隔操作式ドローン

解答例：

(前提条件と調査方法)

「くちばしの硬さ」を決定する遺伝子が判明している場合，集団a，b，dの羽または糞を回収し，「くちばしの硬さ」を決定している遺伝子の配列を遺伝子解析装置で調べる。

(想定される調査結果とそこから推察される集団dの「くちばしの硬さ」)

集団dの遺伝子配列が集団bと異なり，集団aの遺伝子配列と同じであった。集団aの「くちばしの硬さ」は「硬い」ことから，集団dの「くちばしの硬さ」も「硬い」と推察できる。

草 稿 用 紙
(切りはなしではならない)

草稿用紙

(切りはなしてはならない)