

平成24年度 個別学力試験問題

筑波大学 前期 理 科 (120分)

人間学群 (心理学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

目 次

物	理	1
化	学	7
生	物	15
地	学	28

注 意

- 1 問題冊子は1ページから34ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。
- 3 字数制限のある問題の解答は, 句読点も1字に数えること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
心 理 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

生 物

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

今から約 38 億年前に最初の生物が誕生して以来、細胞は生命の基本単位としてさまざまな構造と機能をもつように進化した。最初の生物は、現生の細菌のような単細胞の [1] であったと考えられている。[1] の細胞には、核膜がなく環状の DNA が [2] に存在し、ミトコンドリアや葉緑体は存在しない。そして約 20 億年前に真核生物が誕生したと推定されている。真核生物の細胞は、DNA が核膜に包まれた核をもっており、エネルギーの調達や物質の合成と運搬などは別々の細胞小器官でおこなっている。細胞小器官のうちミトコンドリアと葉緑体は共生によって細胞内に入り込んだ別の生物に由来する^(a)と考えられている。真核生物のうち、葉緑体を獲得しなかったものは一部の原生生物や [3]、菌類へと進化し、葉緑体の獲得により光合成をする能力を手に入れたものは陸上植物や^(b)[4] へと進化した。共生による細胞小器官の獲得によって異なる機能を備えた細胞が生まれ、その結果多様な真核生物のグループが進化したといえる。

問 1 空欄 [1] ~ [4] に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)について、このように考えられる根拠を 2 つあげ、それぞれ 20 字以内で記せ。

問 3 ミトコンドリアの起源となった生物は何の仲間だと考えられているか、以下のア~オより 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. 細胞性粘菌
- イ. 窒素固定細菌
- ウ. 紅色硫黄細菌
- エ. 酵母菌
- オ. 好気性細菌

問 4 下線部(b)について、真核生物が光合成をする能力を獲得したことは、地球環境に大きな影響を与えたと考えられる。それはどのような影響か、80字以内で記せ。

問 5 現在、地球の大気中の二酸化炭素濃度は体積比で約 0.037 % だといわれている。人類による化石燃料の燃焼の継続等により、10年後にこの二酸化炭素濃度が約 0.038 % に上昇したとする。このとき植物の光合成速度は現在と比べてどうなっているか、以下のア～ウより最も適切な予測を1つ選び、記号で記せ。ただし、光強度は同じで十分にあり、気温と降水量の変化はないと仮定する。

ア. 光合成速度は低下している。

イ. 光合成速度は変わらない。

ウ. 光合成速度は上昇している。

問 6 葉緑体を自身の細胞小器官としてもつ生物を以下のア～コよりすべて選び、記号で記せ。

ア. 緑色硫黄細菌

イ. キイロタマホコリカビ

ウ. ミドリムシ

エ. ヒドラ

オ. スギゴケ

カ. ワカメ

キ. ゾウリムシ

ク. ハネケイソウ

ケ. シャジクモ

コ. コレモ

Ⅱ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ダーウィンの時代から、ガラパゴス諸島は科学者たちが進化の研究をおこなうための、天然の実験室とみなされてきた。この地域では、毎年1月から5月に多量の雨が降る。ところが、1977年には降水量が非常に少なく、島々では多くの植物が枯れてしまった。干ばつの影響は、種子を食べるフィンチ(ヒワに似た鳥)にもあらわれた。たとえばダフネ島では、フィンチの数が1200羽から180羽へと激減した。^(a)フィンチの集団は絶滅をまぬがれたものの、この個体数の減少を通じ、くちばしの大きさに明らかな変化が生じた。これは、干ばつが起こる前から集団内に存在した、くちばしの大きさの に対し、干ばつによる が作用した結果と考えられている。つまり、1976年の末までに、フィンチにとって食べやすい小型の種子はほとんど食いつくされ、残っていたのは食べにくい大型の種子ばかりだった。^(b)しかし、翌年には新しい種子がほとんどできなかつたため、フィンチは生きのびるために大型の種子を利用せざるをえなくなった。大型の種子は、くちばしの小さな個体にとってはとりわけ食べるのがむずかしい。よって、以前からくちばしの大きさに がみられたフィンチの集団では、大きなくちばしをもつ個体ほど干ばつを生きのび、より多くの子孫を残すことになった。こうした の結果、フィンチの集団におけるくちばしの平均サイズは大きくなる方向へと進化した。

また、ガラパゴス諸島では、くちばしのかたちや大きさ、生活様式が異なるフィンチが10種以上も確認されている。これらは、たった1種のフィンチが異なる島々に され、それぞれの環境下で の作用を受けるうちに、遺伝子構成のちがいが拡大されてできあがったものと考えられている。たとえばガラパゴス諸島には、大陸にはみられない、樹木の中に住む昆虫の幼虫を食べるフィンチが存在する。これは、昆虫を食べるキツツキなどの鳥がいない島で、^(c)フィンチが空白になった を埋めるような進化をとげたものであろう。

問 1 空欄

1

 ~

4

 に当てはまる最も適切な生物学用語を記せ。

問 2 下線部(a)に関連する次の文章を読み、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

生物集団の個体数が減少すると、災害による死亡や繁殖の失敗といった偶然のできごとが、世代の経過にともなう遺伝子頻度の変化に大きな影響をおよぼすようになる。こうした集団では、生存や繁殖に不利な対立遺伝子をもつ個体が偶然に多くの子どもを残す機会が増えるため、絶滅の危険が高くなる。

- (1) 小さな集団においてとくに強い影響力をもつ、偶然による遺伝子頻度の変化を何と呼ぶか。最も適切な生物学用語を記せ。
- (2) 上記の他にもいくつかの理由から、一般に集団は個体数が減って小さくなるほど絶滅しやすくなると考えられている。小さな集団が絶滅しやすい理由の説明として正しくないものを以下のア～オより 1 つ選び、記号で記せ。
- ア. 雄と雌がめぐりあう機会が減るため。
 - イ. 環境が変化したとき、新しい環境下で生存や繁殖に有利な遺伝子をもつ個体が集団内に存在する可能性が低くなるため。
 - ウ. 他の集団との交配の機会が減り、やがて別の新しい種ができるため。
 - エ. 血縁個体どうしの交配がさけられなくなり、生まれた子どもにおいて、生存や繁殖に不利な劣性の対立遺伝子がホモ接合になる可能性が高まるため。
 - オ. 捕食者によってすべての個体が食べられる可能性が高まるため。

問 3 下線部(b)について、大型の種子をつける植物種の中でも、とくにハマビシの種子は、4本のトゲをもつ果実に保護されている(図1)。トゲの長さは株ごとに異なり、短いトゲはより少ないエネルギーによってつくることができる。それにもかかわらずトゲをもつ株が消失しないのは、フィンチに食べられるのをふせぐためだ、という仮説がある。仮にあなたがガラパゴス諸島のダフネ島に1年間だけ滞在し、この仮説の正否を確かめる機会を得た場合、どのような調査または実験をおこなうのが適切か。そのような調査または実験を1つ考えて70字以内で記せ。また、仮説が正しいとすればどのような結果が予測されるか、40字以内で記せ。



図1 ハマビシの果実(中に2～3個の種子が入っている)

問 4 下線部(c)について、仮にキツツキの集団が昆虫食のフィンチがすむ島に移住してきたとすると、2種の鳥の間にはどのような相互作用が起こると考えられるか。その相互作用の名称を記せ。

また、キツツキの移住から数十年間に、これらの鳥の個体数あるいは生活様式にはどのような変化が生じると考えられるか、50字以内で記せ。

(次ページに第Ⅲ問があります。)

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

脊椎動物のからだは、 組織、 組織、結合組織、筋組織からできている。たとえば、結合組織は組織間を結合し、からだを支え、筋組織はからだの運動に中心的な役割をになう。運動に関わる骨格筋の収縮は、 により筋細胞の細胞膜が刺激され、 からカルシウムイオンが放出されることで生じる。^(a)骨格筋には大量の筋原繊維が含まれており、明帯と暗帯の周期的な繰り返し構造がみられる。明帯の中央は で仕切られていて、そこからは両方向にアクチンフィラメントが伸びている。暗帯にはミオシンフィラメントが存在し、その両端ではミオシンの頭部がアクチンフィラメントに向かって突き出ている。ミオシンの頭部がアクチンフィラメントを引き寄せる結果、 の間隔は短くなり、骨格筋は収縮する。図1は、さまざまな長さにした筋繊維の筋節(サルコメア)の模式図とその収縮力を示したグラフである。弛緩時の筋節の長さは1.92 μmであり、これよりも過度に引き伸ばすと、アクチンフィラメントと相互作用できるミオシンの頭部が少なくなるため、収縮力は減少する。また、弛緩時の長さよりも過度に縮めると、向かい合ったアクチンフィラメントがぶつかり、さらには正常なアクチンフィラメントの滑り込みが妨げられるために収縮力は減少する。

動物の運動様式にあわせて骨格筋には速筋や遅筋などの性状が異なるものがある。つぎの情報1～3を利用することで、コイ(淡水魚の一種)がからだをくねらせて泳ぐための速筋や遅筋の役割が調べられている。ただし、速筋と遅筋の筋繊維の弛緩時における筋節の長さはどちらも1.92 μmであるが、遅筋の最大収縮速度は速筋よりも遅く、0.005 筋長/ミリ秒^[注]である。なお、筋の伸縮において、筋繊維に含まれるすべての筋節の長さは等しく変化する。

注：筋繊維の収縮速度は次式より求められる。筋長とは筋繊維の長さである。

$$\text{筋繊維の収縮速度} = \frac{(\text{収縮前の筋長} - \text{収縮後の筋長})}{\text{収縮前の筋長}} \div \text{収縮に要した時間}$$

すなわち0.005 筋長/ミリ秒で収縮する筋繊維では、1ミリ秒あたり筋長は0.5%短くなる。

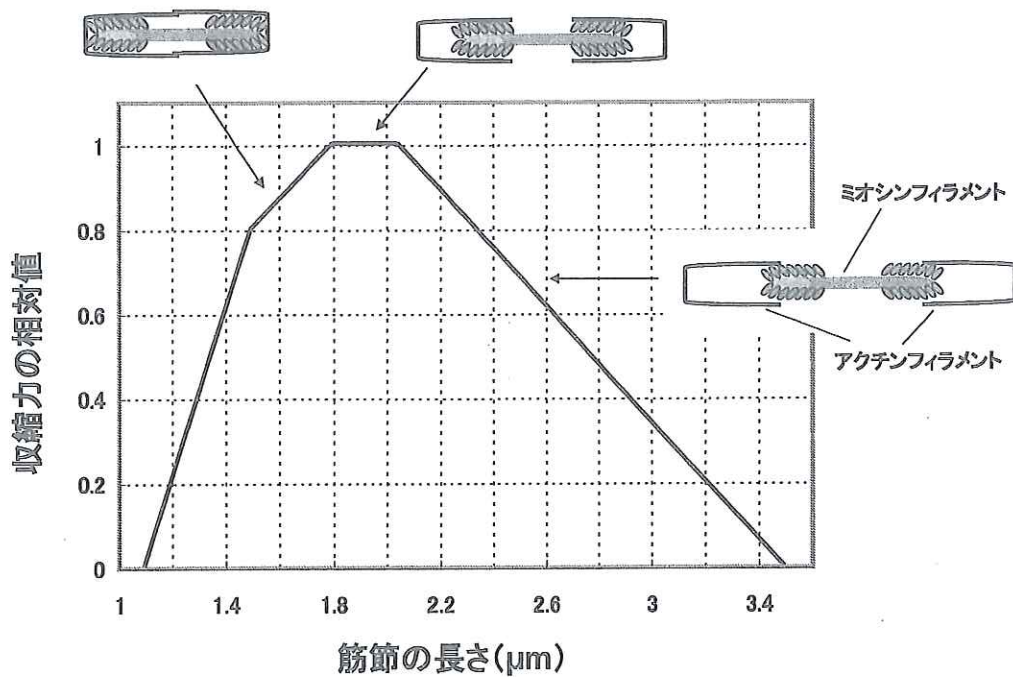


図1 筋節の長さ(μm)と収縮力の相対値の関係

[情報1]

図2のようにコイの速筋と遅筋の体内の分布は明瞭に異なっている。遅筋はからだの側面に前後軸に沿って分布している。一方、速筋はラセン状に分布している。分布の違いから、速筋は遅筋と同程度に収縮しただけで数倍も大きくからだを湾曲させることができる。

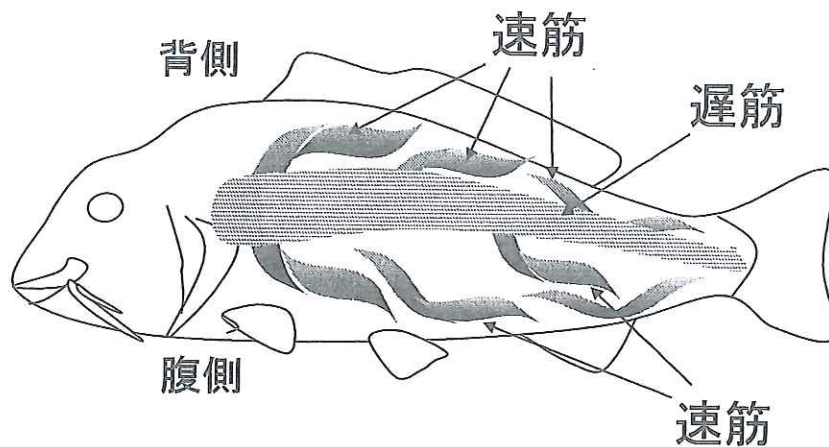


図2 コイの速筋と遅筋の分布(側面からみた図)

[情報 2]

図 3 に示したように、コイがからだを湾曲した際には、内側の遅筋は縮まるが、外側は伸びる。遅筋を構成する筋節の長さ (μm) は、からだがまっすぐな状態の弛緩時の長さに対して次式であらわせる。 r は湾曲した中心線(背骨)に接する円の半径 (cm), a は魚の横幅の長さ (cm) である。

$$\text{外側の筋節の長さ} = \text{弛緩時の筋節の長さ} \times (r + 0.5 a) \div r$$

$$\text{内側の筋節の長さ} = \text{弛緩時の筋節の長さ} \times (r - 0.5 a) \div r$$

コイのからだ

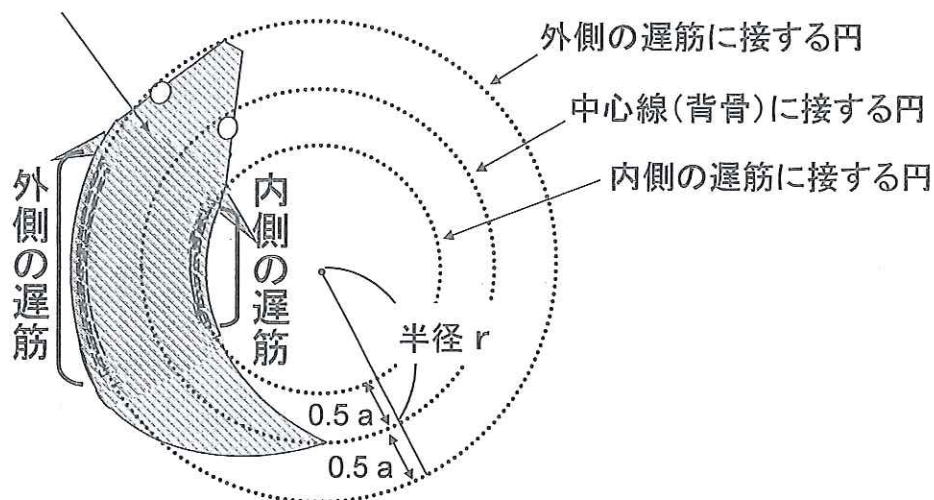


図 3

[情報 3]

図 4 は横幅 6 cm のコイがからだを左右に交互に湾曲させて泳ぐ様子を上からみたものである。通常のゆっくりとした遊泳運動をする時には、左右の遅筋が 1 秒あたりに 4 回ずつ交互に収縮して小さくからだを湾曲させており ($r = 60 \text{ cm}$), 速筋には活動電位は生じない。一方、大きな音に驚いて逃げる際には、速筋に活動電位が生じ、20 ミリ秒以内に大きくからだを湾曲させる ($r = 12 \text{ cm}$)。

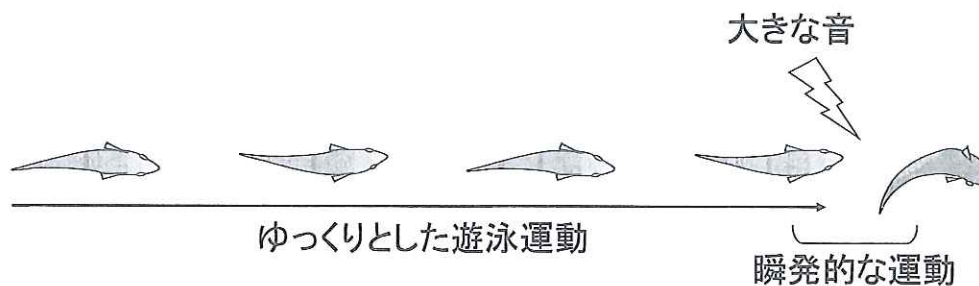


図 4 コイの遊泳運動の様子

問 1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)についてカルシウムイオンの筋収縮における役割を 40 字以内で記せ。

問 3 情報 1～3 をもとに、横幅 6 cm のコイがゆっくりと遊泳運動をしている時と、大きな音に驚いて瞬発的に運動する時の、遅筋の筋節が伸縮する範囲について、その長さ (μm) の最大値と最小値を求めよ (小数第 3 位以下の数値が出た場合は、小数第 3 位を四捨五入せよ)。

問 4 問 3 で求めた、コイがゆっくりと遊泳運動をしている時の筋節の伸縮の範囲は、図 1 の筋収縮力の発揮とどのように対応するか 40 字以内で記せ。

問 5 大きな音に驚いて瞬発的に運動する際には速筋の収縮が不可欠である。遅筋の収縮だけでは限界がある理由について、収縮速度の観点から数値を用いて説明せよ。

問 6 遅筋のほうが速筋よりも多くのミトコンドリアを含む。この理由について、筋収縮に必要なエネルギー源の供給の点から正しく説明している文を、以下のア～オより 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. ミトコンドリアは解糖系による ATP の供給に不可欠である。
- イ. 速筋よりも遅筋のほうが瞬発的に ATP を産生する必要がある。
- ウ. ミトコンドリアはクレアチンリン酸の重要な保管場所である。
- エ. 遅筋は消化器の蠕動運動ぜんどうにおいても中心的な筋肉である。
- オ. 好気的な ATP の産生が持久的な運動には効率がよい。

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

オワンクラゲのタンパク質である GFP は、紫外線の照射により緑色の蛍光を放つ。この GFP の性質を利用して、大腸菌を緑色に光らせる遺伝子組換え実験をおこなった。^(a) 大腸菌に遺伝子を運ぶベクターとして、大腸菌の染色体 DNA とは別に存在する環状の DNA を用いた。^(b) この環状の DNA には、図 1 に示すような、3 つの遺伝子を組み込んである。アンピシリン分解酵素の遺伝子と AraC タンパク質の遺伝子は、どんな条件でも転写されるため、この環状の DNA が大腸菌に入ると、アンピシリン分解酵素と、AraC タンパク質が常に合成される。アンピシリン分解酵素は、大腸菌の増殖を抑える薬剤の 1 種であるアンピシリンを分解する。^(c) AraC タンパク質は、以下のようなしくみで、アラビノース(糖の 1 種)の有無に応じて、^(d) 遺伝子群の転写を調節する。アラビノースが無い条件では、AraC タンパク質は DNA の特定の塩基配列(X 領域)に結合して転写を抑制する。アラビノースが有る条件では、AraC タンパク質にアラビノースが結合することにより、^(e) 転写抑制が解除される。そのため、X 領域を隣接して組み込んだ GFP の遺伝子は AraC タンパク質による転写の抑制が解除されないと発現しない。

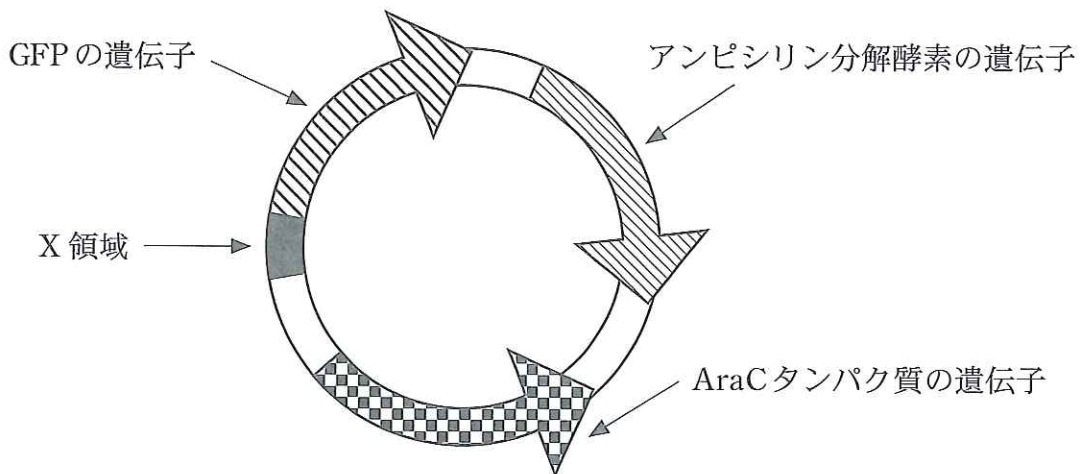


図 1 環状の DNA の模式図。3 つの遺伝子の位置を太い矢印で示した。

〔実験〕

アラビノースによる誘導の効果が明瞭^{めいりょう}になるように、実験にはアラビノース代謝系を欠損した大腸菌を用いた。DNA を取り込みやすくした無数の大腸菌を含む菌液に、図 1 の環状の DNA を混ぜて適当な熱処理を行った。この菌液を 3 等分し、組成が異なる 3 種類の寒天培地(ペトリ皿に無菌的に調製したもの)に塗り広げた。3 種類の寒天培地の組成の違いは、表 1 のとおりである。

表 1 寒天培地の組成の違い

寒天培地	アラビノース	アンピシリン
A	—	—
B	—	+
C	+	+

+ : 適量を含む - : 含まない

寒天培地を 37℃ で一晩培養した後に観察した。B と C の寒天培地では、それぞれ独立したコロニーが 50 個程度観察された。個々のコロニーは、1 個の大腸菌の増殖によって形成された菌の集合体である。一方、A の寒天培地では、無数のコロニーが観察された。最後に、A、B、C の 3 つの寒天培地を並べ、周囲を暗くして紫外線ランプの下で観察すると、1 つの寒天培地でのみ、コロニーが緑色に光る様子が観察された。

問 1 下線部(a)に関連して、このように、異なる生物の遺伝子であっても、同じアミノ酸配列からなるタンパク質をつくらせることができるのはなぜか。コドンという用語を用いて 30 字以内で記せ。

問 2 下線部(b)について、環状の DNA の一般的な名称を記せ。

問 3 下線部(c)について、主に微生物によってつくられる化学物質で、他の微生物などの成長や機能を阻害する物質の一般的な名称を記せ。

問 4 下線部(d)のように，まとまって遺伝子発現調節を受ける，ひとつながりの遺伝子群を何と呼ぶか，一般的な名称を記せ。

問 5 アラビノースは AraC タンパク質の DNA 結合部位とは異なる部位に結合する。それにもかかわらず，下線部(e)のように，AraC タンパク質の転写抑制を解除するのは，どのような理由によると考えられるか。その理由について，40 字以内で記せ。

問 6 下線部(f)について，A の寒天培地でのみ無数のコロニーが形成された理由を，30 字以内で記せ。

問 7 下線部(g)について，紫外線ランプの下で観察するとコロニーが緑色に光る寒天培地は A～C のいずれであるか，記号で記せ。