

令和4年度 入学試験問題

理科（後期）

試験時間	120分
問題冊子	物理 1～6頁
	化学 7～16頁
	生物 17～27頁

注意事項

1. 指示があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題冊子および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. スマートフォン等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机上には、受験票と筆記用具（鉛筆、シャープペンシル、消しゴム）および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。（耳栓、コンパス、定規等は使用できない。）
7. 問題冊子および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題冊子の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題冊子および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題冊子は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

令和4年度(後期)

生物

解答用紙

採点欄	1	2	3

[I]	問1	ア		イ		ウ		
		イに存在するもの						
	問2	あてはまるもの			ドメインの名称			
	問3	(1)		(2)				
	問4	() → () → ()					単相(<i>n</i>)である細胞	
	問5	正しい記述			理由			
	問6	(1)	AA :	Aa :	aa :			
	(2)	A :	a :					
問7	(1)	示準化石 :	生物群 : () → () → ()					
	(2)	示準化石 :	生物群 : () → () → ()					

[II]	問1	ア		イ		ウ		
		エ		オ		カ		
		キ		ク		ケ		
	問2							
	問3	コ		サ		シ		ス
問4								
問5								

[III]	問1	タンパク質B :	タンパク質C :	
	問2	() → () → () → () → ()		
	問3	蛍光強度 :		はたらき :
		-----		-----
問4	mRNAの量 :		理由 :	
	-----		-----	

生 物

[I] 生物の進化に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

およそ 40 億年前、地球上に誕生した原始的な生物は、環境に適応しながら次第に進化した。光エネルギーを利用して有機物を合成する [ア] 細菌が現れ、やがてシアノバクテリアが生息域を拡大して繁栄した結果、大気中の酸素濃度は大きく上昇した。すると、酸素を利用して呼吸により効率よくエネルギーを得る好気性細菌が繁栄し、その一部は真核生物の祖先となる細胞に取り込まれて共生し、 [イ] になった。真核生物は大型で複雑な構造をもち、その多くは ① 有性生殖を行い、多様化した。

交配可能な生物集団では、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つとき、遺伝子頻度は世代を重ねても変化しない。しかし、DNA の複製や細胞分裂の過程で ② 突然変異が起こり、形質が変化することがある。もし、この変化が個体の生存に有利または不利にはたらけば、遺伝子頻度は変化し、環境に適した形質をもつ集団へと進化する。しかし、突然変異が起こっても、生存に有利にも不利にもはたらかないことが多い。このような場合でも、単なる偶然によって遺伝子頻度が変化することがある。このように、偶然に左右されて集団内の遺伝子頻度が変化することを [ウ] という。集団が小さいほど、 [ウ] の影響は大きくなり、遺伝子頻度は変化しやすい。

問 1 文中の [ア] ~ [ウ] にあてはまる語句を入れよ。また、 [イ] の細胞小器官に存在するものを、以下の(あ)~(お)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) クリステ
- (い) チラコイド
- (う) 独自の DNA
- (え) クエン酸回路に関わる酵素
- (お) カルビン・ベンソン回路に関わる酵素

問2 シアノバクテリアにあてはまるものをI群よりすべて選び、記号で答えよ。また、3ドメイン説において、シアノバクテリアが属するドメインの名称をII群より1つ選び、記号で答えよ。

I群：

- (あ) 光化学系Iだけをもつ。
- (い) 光化学系IIだけをもつ。
- (う) 光化学系Iと光化学系IIの両方をもつ。
- (え) 水を分解して酸素を放出する。
- (お) 硫化水素を分解して酸素を放出する。
- (か) 光合成色素としてバクテリオクロロフィルをもつ。

II群：

- (a) 細菌(バクテリア) (b) 古細菌(アーキア) (c) 原核生物
- (d) 原生生物 (e) 真核生物

問3 文中の下線部①の有性生殖を行う生物では、減数分裂の過程で起こる染色体の乗換えや、配偶子に分配される染色体の複数の組み合わせにより、多様な遺伝子型が生じる。

(1) 染色体の乗換えは、減数分裂のどの時期に起こるか。最も起こりやすい時期を、以下の(あ)~(く)より1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 第一分裂前期 (い) 第一分裂中期 (う) 第一分裂後期 (え) 第一分裂終期
- (お) 第二分裂前期 (か) 第二分裂中期 (き) 第二分裂後期 (く) 第二分裂終期

(2) $2n = 12$ の生物の場合、受精によって生じる可能性のある染色体の組み合わせは何通りか。以下の(あ)~(お)より1つ選び、記号で答えよ。ただし、染色体の乗換えは起こらないものとする。

- (あ) 2^6 通り (い) 2^7 通り (う) 2^8 通り (え) 2^{12} 通り (お) 2^{24} 通り

問4 通常の体細胞分裂では起こらず、減数分裂では起こる現象をI群より3つ選び、減数分裂の過程で早く起こる順に、左から右へと記号を並べよ。また、核相が単相(n)である細胞をII群よりすべて選び、記号で答えよ。

I群：

- (あ) 核膜が形成される。
- (い) 二価染色体が赤道面に並ぶ。
- (う) 相同染色体どうしが対合する。
- (え) 複製された染色体が凝縮し、ひも状になる。
- (お) 複相($2n$)の細胞が二分され、単相(n)の細胞ができる。
- (か) 赤道面に並んだ染色体が分離し、それぞれの極へ移動する。

II群：

- (a) 始原生殖細胞 (b) 卵原細胞 (c) 一次卵母細胞
- (d) 二次卵母細胞 (e) 第一極体 (f) 精細胞

問5 文中の下線部②の突然変異により形質が変化する例として、ヒトの鎌状赤血球貧血症が知られている。この病気の原因となる遺伝子に起こった突然変異に関して、正しい記述をI群より3つ選び、記号で答えよ。また、鎌状赤血球貧血症の原因となる遺伝子の頻度は、マラリアが多発する地域では他の地域に比べて高い。この理由として最も適切なものをII群より1つ選び、記号で答えよ。

I群：

- (あ) 遺伝子のDNAの1塩基が置換した。
- (い) 遺伝子のDNAの1塩基が欠失した。
- (う) 遺伝子のDNAに1塩基が挿入された。
- (え) 転写されるmRNAのコドンの1個が、GAGからGTGに変化した。
- (お) 転写されるmRNAのコドンの1個が、GAGからGUGに変化した。
- (か) 転写されるmRNAのコドンの1個が、GAGからGAUに変化した。
- (き) 翻訳されるアミノ酸の1個が、グルタミン酸からバリンに変化した。
- (く) 翻訳されるアミノ酸の1個が、バリンからグルタミン酸に変化した。

II群：

- (a) により中立進化が起こったから。
- (b) マラリア原虫により、突然変異の頻度が上昇したから。
- (c) マラリアの流行が選択圧となり、適応進化が起こったから。

問6 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ二倍体の生物集団があるとする。この生物は常染色体に対立遺伝子 A と a をもち、 a の遺伝子頻度は 0.40 である。以下の設問に答えよ。

- (1) この集団 100 個体のうち、遺伝子型 AA , Aa , aa をもつ生物の個体数を、それぞれ整数で答えよ。
- (2) ある世代で地球環境が変化し、遺伝型 aa をもつ生物だけが生殖可能になる前に生存率が 50% になり、他の遺伝子型をもつ生物の生存率は 100% であったとする。次世代の対立遺伝子 A と a の遺伝子頻度は、それぞれいくつになるか。有効数字 2 桁で答えよ。

問7 地球上では、これまでに環境の急激な変化により多くの生物種が絶滅した。限られた時代にのみ生存していた生物の化石は、地層の年代を推定する示準化石となっている。(1) 古生代、および (2) 中生代の示準化石として適切なものを I 群より 2 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。また、各地質時代に出現した生物群を II 群より 3 つずつ選び、進化の過程で早く出現した順に、左から右へと記号を並べよ。

I 群：

- | | | |
|--------------|------------|--------------------------------|
| (あ) サンゴ | (い) フズリナ | (う) マンモス |
| (え) メタセコイア | (お) アンモナイト | (か) ナウマンゾウ |
| (き) ティラノサウルス | (く) 三葉虫 | (け) <small>えりべんもう</small> 襟鞭毛虫 |

II 群：

- | | | | | |
|----------|----------|----------|-----------|---------|
| (a) 鳥類 | (b) 人類 | (c) は虫類 | (d) 哺乳類 | (e) 無顎類 |
| (f) シダ植物 | (g) 被子植物 | (h) 真核生物 | (i) 多細胞生物 | |

[II] ヒトの視覚に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

ヒトの網膜には光を吸収する視物質をもつ視細胞が並んでおり、受容した光刺激を [ア] へ伝えることで視覚が生じる。視細胞には、明暗に反応するが色の識別はしない [イ] と、光に対する感度は低いながら色の識別ができる [ウ] がある。

[イ] に含まれる視物質は、オプシンにレチナールが結合した [エ] である。[エ] の量は [オ] 順応では減少し、[カ] 順応では増加する。眼に入る光の量は [キ] で調節され、暗所では [ク] 神経のはたらきにより瞳孔が拡大する。

[ウ] は3種類あり、それぞれよく吸収する光の波長が異なる視物質をもつ。なかでも赤色オプシンと緑色オプシンの遺伝子は、塩基配列がよく似ている上、X染色体上に隣り合って存在している。しかし、ヒトなどの霊長類の祖先とされる原猿類には緑色オプシン遺伝子は存在しない。したがって、ヒトの緑色オプシン遺伝子は、赤色オプシン遺伝子が2つになり、片方が突然変異を起こして生じたと考えられる。

視細胞で生じた興奮は視神経へと伝わるが、眼球内のすべての視神経は集合して1つの束となり、[ケ] から眼球外へ出ていく。

問1 文中の [ア] ~ [ケ] にあてはまる語句を、以下の(あ)~(た)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- | | | | |
|----------|----------|------------|------------------------------|
| (あ) 延髄 | (い) 小脳 | (う) 大脳 | (え) <small>かんたい</small> 桿体細胞 |
| (お) 色素細胞 | (か) 錐体細胞 | (き) フォトプシン | (く) ロドプシン |
| (け) 暗 | (こ) 明 | (さ) 虹彩 | (し) 毛様体 |
| (す) 交感 | (せ) 副交感 | (そ) 黄斑 | (た) 盲斑 |

問2 文中の下線部のように、同一ゲノム内で同じ遺伝子が2つ以上になることを何というか答えよ。

問3 図1のグラフは、各視細胞の光の吸収率を表すグラフである。コ～スにあてはまる視細胞を、以下の(あ)～(え)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

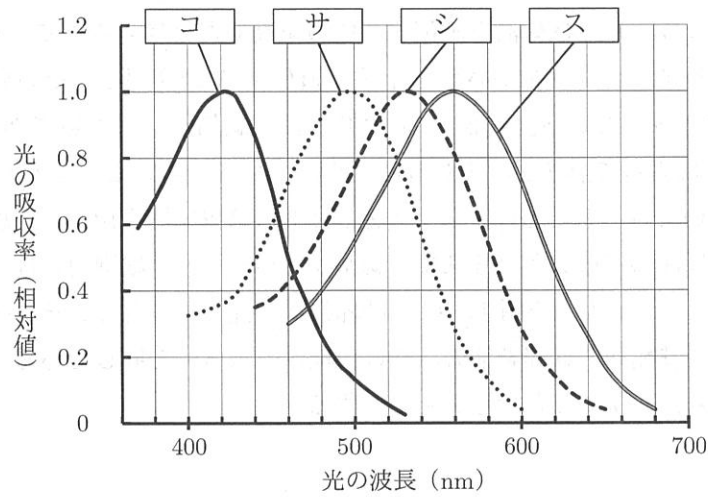


図1 視細胞の光の吸収率

(あ) (い) 青 (う) 緑 (え) 赤

問4 ビタミンAが不足すると夜盲症になるが、その理由を正しく述べているものを、以下の(あ)～(え)より1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) レチナールとオプシンの結合がビタミンAを介しているから。
- (い) ビタミンAが視神経の神経伝達物質としてはたらいっているから。
- (う) ビタミンAからつくられるオプシンが不足するから。
- (え) ビタミンAからつくられるレチナールが不足するから。

問5 霊長類に共通する説明としてあてはまるものを、以下の(あ)～(お)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 平爪をもつ。
- (い) 尾をもたない。
- (う) 日常的に直立二足歩行をする。
- (え) 2つの眼が顔(頭部)の前面についている。
- (お) 大後頭孔だいこうとうこう(脊椎が頭骨につながる場所)が頭骨底面に位置する。

〔III〕 動物の汗腺に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

皮膚にある汗腺は、汗を分泌する。ヒトは体毛が少なく、汗腺が発達しているため、体温が上がると発汗することにより、体温を下げることができる。進化の過程で、体毛を減らし汗腺の数を増やしたことにより、ヒトは体温を調節する能力を高めたと考えられている。

哺乳類の発生過程では汗腺が形成される部位で遺伝子 A が発現し、その発現が汗腺の分化に必要なことがわかっている。遺伝子 A の発現は、調節タンパク質であるタンパク質 B とタンパク質 C のみによって調節されるものとする。タンパク質 B とタンパク質 C による遺伝子 A の発現調節について調べるために、マウス胚とヒトの培養細胞を用いて、以下の各実験を行った。この培養細胞は汗腺が形成される部位の細胞からつくられ、細胞内にはタンパク質 B、C が十分量存在する。また、タンパク質 B、C は哺乳類に共通して存在し、それぞれのタンパク質が結合する DNA の塩基配列と転写調節の活性は、種が異なっても同じである。なお、培養中に細胞が増殖したり死んだりすることはないものとする。

〔実験 1〕 ヒトの遺伝子 A の上流領域を 4 つに分け、それぞれ緑色蛍光タンパク質 (GFP) をコードする遺伝子とつなげた DNA を作製した (図 1)。

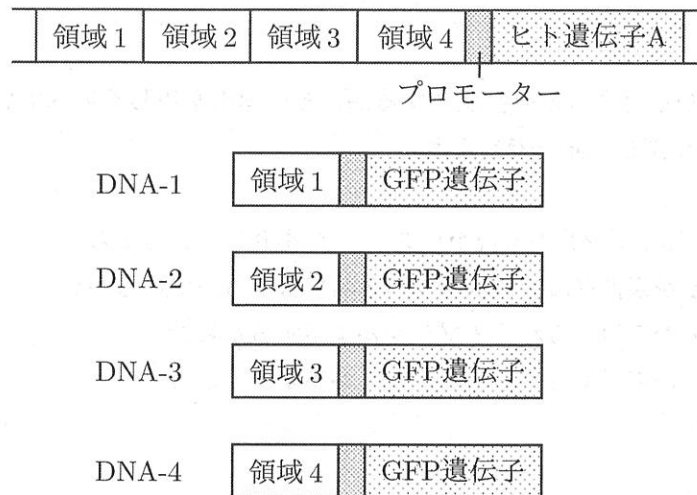


図 1 ヒトの遺伝子 A の 4 つの上流領域と作製した DNA の構造

マウスの受精卵に DNA-1～DNA-4 のいずれかを導入して胎児期まで発生させ、汗腺が形成される部位で GFP の蛍光が検出されるかを調べた。結果を表 1 に示す。

表 1 汗腺が形成される部位での蛍光の検出結果

導入した DNA	DNA-1	DNA-2	DNA-3	DNA-4
蛍光	—	+	—	—

「+」は GFP の蛍光が検出されたことを、「—」は検出されなかったことを、それぞれ示す。

【実験 2】 ヒト，チンパンジー，マウスの遺伝子 A の上流領域を比較したところ，DNA の塩基配列が似ている領域を領域 2 の中に 3 つ（領域 2-1，領域 2-2，領域 2-3）見つけた（図 2）。

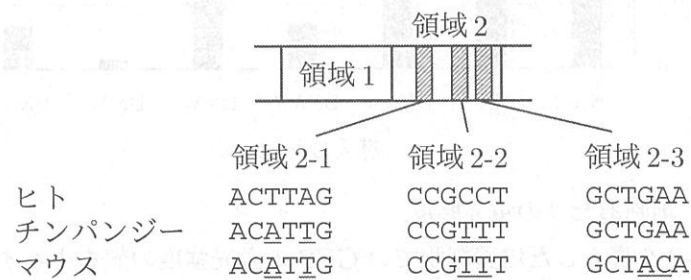


図 2 遺伝子 A の領域 2 の中で DNA の塩基配列が似ている領域
ヒトの領域と異なる塩基を下線で示す。

ヒトの遺伝子 A の領域 2-1～領域 2-3 の役割を調べるため，DNA-2 の塩基配列を変異させた変異型 DNA（DNA-5～DNA-10）を作製した（図 3）。

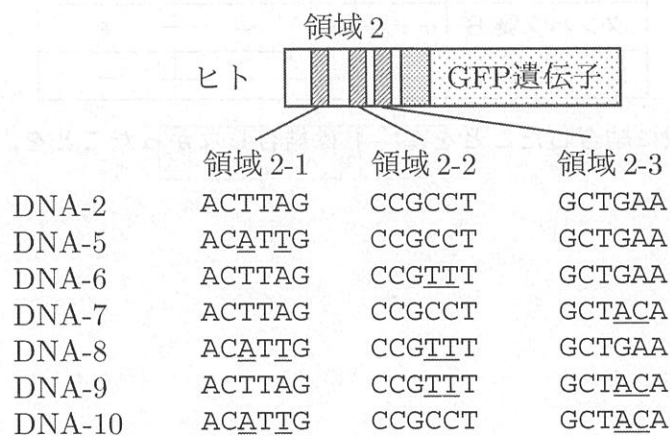


図 3 DNA-2 と作製した変異型 DNA の塩基配列の違い
変異させた塩基を下線で示す。

次に、ヒトの培養細胞に DNA-2, DNA-5~DNA-10 のいずれかを導入し、2 日間培養した後細胞あたりの GFP の蛍光強度を測定した。結果を図 4 に示す。すべての細胞に同じ量の DNA が取り込まれており、蛍光強度と GFP の mRNA の量は比例するものとする。

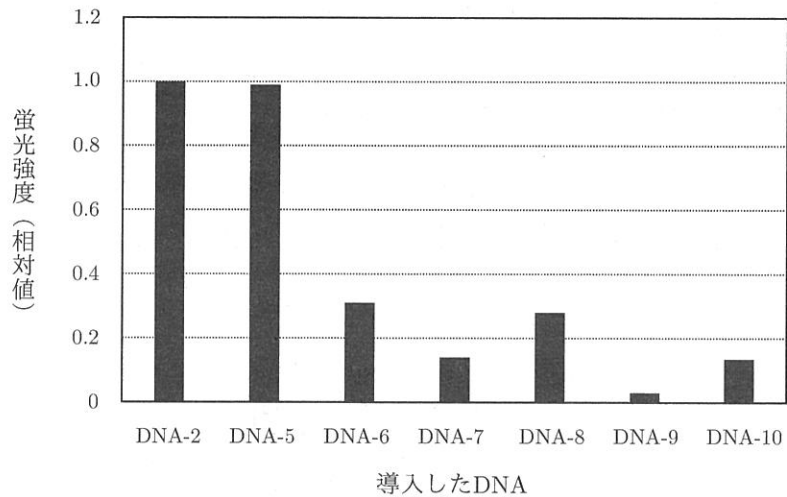


図 4 細胞あたりの蛍光強度

DNA-2 を導入した培養細胞での GFP の蛍光強度の値を 1 とする。

【実験 3】 培養細胞を用いて、ヒトの遺伝子 A の領域 2-1~領域 2-3 にタンパク質 B あるいはタンパク質 C が結合するかを調べた。結果を表 2 に示す。

表 2 タンパク質 B とタンパク質 C の各領域との結合

	領域 2-1	領域 2-2	領域 2-3
タンパク質 B	-	-	+
タンパク質 C	-	+	-

「+」は各領域に結合したことを、「-」は結合しなかったことを、それぞれ示す。

【実験 4】 ヒトとチンパンジーの遺伝子 A の転写調節の違いを調べるため、DNA-2 と同様に、チンパンジーの遺伝子 A の領域 2 を GFP 遺伝子につなげた DNA (DNA-11) を作製した (図 5)。

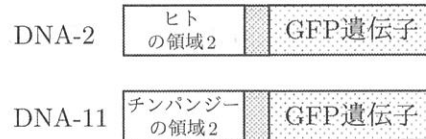


図 5 DNA-2 と作製した DNA-11 の構造

実験 2 と同様に、培養細胞に DNA-2 あるいは DNA-11 を導入し、2 日間培養した後に細胞あたりの GFP の蛍光強度を測定した。

問 1 タンパク質 B とタンパク質 C はそれぞれ遺伝子 A のどの領域に結合するか。以下の (あ)～(か)より 1 つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) 領域 2-1 のみ (い) 領域 2-2 のみ (う) 領域 2-3 のみ
(え) 領域 2-1 と領域 2-2 (お) 領域 2-1 と領域 2-3 (か) 領域 2-2 と領域 2-3

問 2 タンパク質 B とタンパク質 C による発現調節の結果、遺伝子 A の mRNA の量はどうか。以下の (あ)～(お)を遺伝子 A の mRNA の量が少ないものから順に、左から右へと記号を並べよ。

- (あ) タンパク質 B のみのはたらくときの遺伝子 A の mRNA の量
(い) タンパク質 C のみのはたらくときの遺伝子 A の mRNA の量
(う) (あ)と(い)を足した量
(え) タンパク質 B もタンパク質 C もはたらかないときの遺伝子 A の mRNA の量
(お) タンパク質 B とタンパク質 C が一緒にはたらくときの遺伝子 A の mRNA の量

問3 実験4において、DNA-11を導入した培養細胞でのGFPの蛍光強度の値は、DNA-2を導入した培養細胞でのGFPの蛍光強度の値を1としたとき、いくつであったか。以下の(あ)～(お)より最も近いものを1つ選び、記号で答えよ。また、そのときのタンパク質Bとタンパク質Cのはたらきについて説明せよ。

- (あ) 0 (い) 0.1 (う) 0.3 (え) 0.6 (お) 1.0

問4 マウスの遺伝子Aの領域2を、ヒトの遺伝子Aの領域2に入れかえた変異型マウスを作製した。変異型マウスがもつ遺伝子Aは、領域2のみがヒトの領域2と同じ配列になっている。この変異型マウスでは野生型マウスと比べて、汗腺が形成される部位での遺伝子AのmRNAの量はどうか。以下の(あ)～(う)より最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。

- (あ) 野生型マウスより多い。
(い) 野生型マウスより少ない。
(う) 野生型マウスと同じである。