

## 2021年度入学試験問題

# 理 科

## 物理・化学・生物

### 注 意

- 1 問題冊子は1冊，解答用紙は物理4枚，化学4枚，生物4枚，下書き用紙は4枚です。
- 2 出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
物 理	1～7	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数（1または2）の科目を選択し，解答しなさい。
化 学	8～21	
生 物	22～30	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等により解答できない場合は，手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 選択する科目の解答用紙は上記1に示す枚数を回収するので，選択する科目の解答用紙と下書き用紙を切り取り，選択する科目すべての解答用紙に，それぞれ2箇所受験番号を記入しなさい。選択しない科目の解答用紙には受験番号を記入する必要はありません。
- 5 選択しなかった科目の解答用紙は，試験時間中に監督者が回収するので，大きく×印をして機の通路側に重ねて置きなさい。
- 6 解答は，すべて解答用紙の指定されたところに書きなさい。
- 7 試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

# 生 物

## 第 1 問

ヒトゲノムに関する次の文章を読み、下の問 1～問 6 に答えよ。

ヒトゲノムの全塩基配列を解読する計画は 1990 年に開始され、塩基配列の解読技術が発達したこともあり、2003 年にはその解読の完了が宣言された。ヒトゲノムを構成する DNA は約 30 億塩基対からなるが、遺伝子はその 2% 程度に過ぎない。遺伝子の発現とは a DNA の保持する遺伝情報が RNA の配列に写され、さらに b その情報を元にタンパク質が合成されることをいう。このような遺伝情報が DNA から RNA を経てタンパク質の順に一方向に伝達されるという考え方を ( ア ) と呼ぶ。

DNA は細胞分裂の過程で、基本的には正確に複製される。しかし、何らかの理由で正確に複製されないことや、ある種の化学物質や紫外線の影響などにより、DNA の塩基配列が変化してしまうことがある。また、塩基の挿入や欠失、染色体の数の変化が生じることもある。このように遺伝情報が変わることを ( イ ) という。c ( イ ) は表現型に様々な影響を及ぼす。

また、d ヒトゲノムを構成する DNA の塩基配列には 0.1% 程度の個人差があり、この違いは私たちの個性はもちろんのこと、病気のかかりやすさや薬の効きやすさなどにも関わっていると予想されている。個人のゲノムを検査することにより、それぞれにマッチした「オーダーメイド医療」も将来的には実現可能である。

問 1 文章中の ( ア ), ( イ ) に最も適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a および下線部 b の過程をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。

問 3 下線部 a の過程は原核生物や真核生物において厳密に調節されているが、特に後者の方が複雑で多様である。下線部 a の過程に関する次の ( 1 ), ( 2 ) に答えよ。

(1) 下線部 a の過程を開始させるために必要な酵素は RNA ポリメラーゼである。遺伝子には、RNA ポリメラーゼが結合し、下線部 a の過程を開始させる特定の塩基配列が存在する。この塩基配列を何と呼ぶか答えよ。

(2) 真核生物では、RNA ポリメラーゼと (1) で答えた塩基配列が存在するだけでは、下線部 a の過程は開始されない。その理由を以下の用語をすべて用いて 150 字以内で説明せよ。

用語： RNA ポリメラーゼ、クロマチン、基本転写因子

問 4 下線部 a から下線部 b に至る過程は原核生物や真核生物においてほとんど共通しているが、大きく異なる点もある。下線部 a、下線部 b それぞれの反応が行われる場に注目して、その違いを以下の用語をすべて用いて 80 字以内で説明せよ。

用語： スプライシング、核、細胞質

問 5 下線部 c の例としてヒトかま状赤血球貧血症が挙げられる。かま状赤血球貧血症は、ヘモグロビンを構成する二種類のポリペプチドの一つ、β-グロビンの遺伝子のある特定の塩基が置換することが原因となる。図 1 に示すのは正常なヒトβ-グロビン遺伝子の mRNA の塩基配列の一部で、図中、下線を施した AUG(AUG) は開始コドンを示し、かま状赤血球貧血症患者では二重下線を施した A (A) が U に置換している。この置換の結果、かま状赤血球貧血症患者のβ-グロビンと正常なβ-グロビンとでは一箇所だけアミノ酸が異なる。次ページに示す表 1 の遺伝暗号表を用いて、どのアミノ酸がどのアミノ酸に変化するか答えよ。さらに、その変化するアミノ酸の両隣のアミノ酸を答えよ。

1	ACA	UUU	UCUU	CUG	ACACA	AC	UGU	GUUC	ACU	AG	CAAC	CUCA	AAC	AGAC	ACC	<u>AUG</u>	GUG	CAUC
61	UG	ACUCC	<u>UG</u>	GG	AGA	AGUCU	GCC	GUU	ACUG	CCC	UGG	GGG	CA	AG	GUG	GAAC	GUG	GAUGAAG

図 1 ヒト β-グロビン遺伝子の mRNA の塩基配列 図中の数字は mRNA の塩基番号を示す。(アクセッション番号 NM\_000518 から一部分を抜粋)

表1 遺伝暗号表

		コドンの2番目の塩基									
		U		C		A		G			
コ ド ン の 1 番 目 の 塩 基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U C A G	
		UUC		UCC		UAC	UGC				
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン		
		UUG		UCG		UAG	終止コドン	UGG	トリプトファン		
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン		
		CUC		CCC		CAC	CGC				
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA			
		CUG		CCG		CAG	CGG				
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン		
		AUC		ACC		AAC	AGC				
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン		
		AUG		メチオニン (開始コドン)		ACG	AAG	AGG			
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン		
		GUC		GCC		GAC	GGC				
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA			
		GUG		GCG		GAG	GGG				

問6 下線部 d のように、個体間で DNA の塩基配列に違いがあることを DNA 多型と呼ぶ。DNA 多型に関する次の (1)、(2) に答えよ。

- (1) ゲノム DNA の特定部位のある塩基が 1 塩基単位で個体ごとに異なる箇所を何と呼ぶか答えよ。
- (2) DNA 多型に関する次の①～⑤の記述のうち、正しいものをすべて選び番号で答えよ。
- ① タンパク質の機能に影響を与えない DNA 多型もある。
  - ② 短い塩基配列の繰り返し数の違いも DNA 多型の一つである。
  - ③ DNA 多型は父方の染色体からは受け継がれない。
  - ④ DNA 多型は PCR 法では検出できない。
  - ⑤ DNA 多型はヒトに見られる特有の性質である。

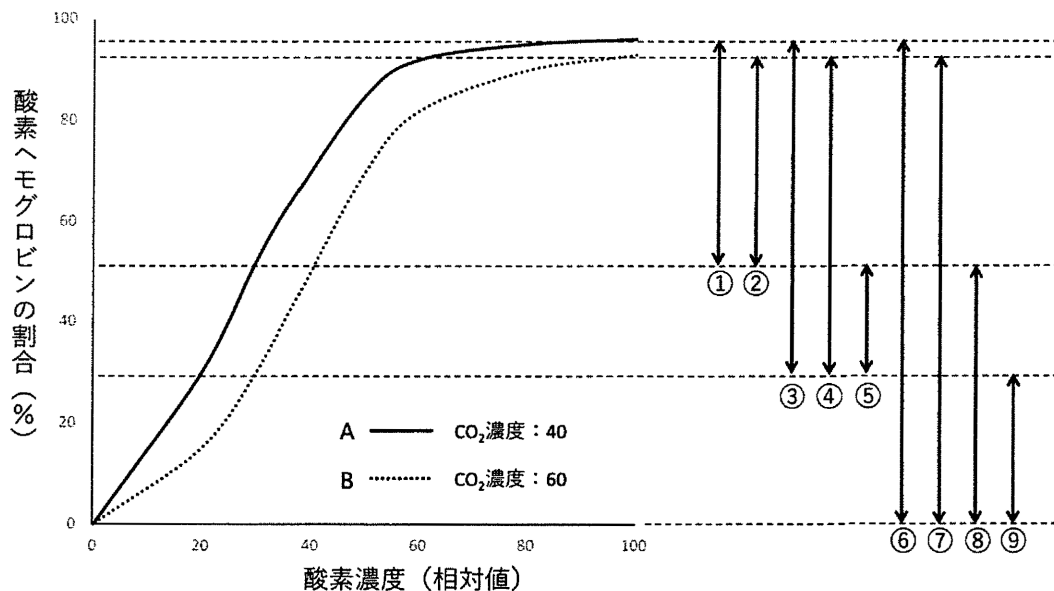
## 第2問

次の文章を読み、下の問1～問3に答えよ。

血液は、液体成分の（ア）と、（イ）、（ウ）、（エ）といった有形成分の血球からなっている。（イ）は酸素を運ぶ細胞として特殊化したものであり、酸素と結合する性質を持つヘモグロビンと呼ばれる鉄を含んだタンパク質を多量に含む。（ウ）にはリンパ球やマクロファージなど様々な種類があるが、いずれも生体防御のうえで重要な役割を担っている。（エ）は核をもたない小さな細胞で、血液凝固を引き起こし、出血を止めるはたらきがある。

問1 文章中の（ア）～（エ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下の図2は、肺と組織における酸素濃度と全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合の関係を示したグラフである。このグラフに関する次の（1）～（4）に答えよ。



- (1) 図中A, Bの曲線は, 肺または組織での酸素濃度と全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合の関係を表している。どちらが肺でどちらが組織に相当するか答えよ。
- (2) このグラフのように, 酸素の濃度によって, 酸素ヘモグロビンの割合がどのように変化するか示した曲線を一般的に何というか。その名称を記せ。
- (3) 肺, 組織の酸素濃度(相対値)をそれぞれ100, 30とした場合, 肺, 組織での血液中の酸素ヘモグロビンの割合に最も近い値を次の あ ~ く の中から選び, それぞれ答えよ。
- |        |        |       |       |
|--------|--------|-------|-------|
| あ 105% | い 102% | う 96% | え 90% |
| お 60%  | か 52%  | き 30% | く 20% |
- (4) 図2のグラフに示す①~⑨の矢印のうち, 組織で離される酸素の量に相当する酸素ヘモグロビンの割合を示すものとして最も適切なものを選び番号で答えよ。

問3 図2に基づき, ヘモグロビンが肺で酸素を受け取り, その酸素を組織にわたす仕組みについて200字以内で説明せよ。

### 第3問

次の文章を読み、下の問1～問4に答えよ。

有性生殖を行う生物では、2つの（ア）の合体によって子が生じる。（ア）は1個の母細胞の（イ）分裂により4個形成され、母細胞の（ウ）染色体のどちらか一方をランダムに受け継ぐ。また（イ）分裂の過程で、（エ）と呼ばれる染色体の部分的な交換によって、遺伝子の組換えがおこることもある。したがって、a 有性生殖で生じた個体の遺伝的な性質には多様性が生じる。

一方、（ア）によらない生殖法である無性生殖では、分裂、出芽、栄養生殖などの方法が知られている。無性生殖では親の染色体のコピーが新個体に受け渡されるため、b 無性生殖で生じた個体の遺伝的な性質はまったく同じになる。 c このような遺伝的に同じ生物、またはその集団を（オ）という。

問1 （ア）～（オ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a に関するスイートピーの交配実験について、次の（1）～（3）の問いに答えよ。ただし、スイートピーの対立遺伝子について、以下の遺伝子が存在するとする。

- ・ 青紫色の花の表現型を与える優性遺伝子 A と  
赤色の花の表現型を与える劣性遺伝子 a
- ・ 長花粉の表現型を与える優性遺伝子 B と  
丸花粉の表現型を与える劣性遺伝子 b

（1） 2組の対立遺伝子 A, a と B, b が独立していると仮定し、AaBb の遺伝子型をもつスイートピーどうしを掛け合わせた際の雑種第一代の表現型の比率を答えよ。

- (2) Aとbが連鎖，aとBが連鎖しており，遺伝子間での組換えが起きないと仮定し，AaBbの遺伝子型をもつスイートピーどうしを掛け合わせた際の雑種第一代の表現型の比率を答えよ。
- (3) Aとbが連鎖，aとBが連鎖しており，遺伝子間の組換え価が10%と仮定し，AaBbの遺伝子型をもつスイートピーどうしを掛け合わせた際の雑種第一代の表現型の比率を答えよ。

問3 下線部bから，有性生殖に比べ無性生殖は遺伝的多様性を生み出す上では不利と考えられる。それにも関わらず，地球上には多くの無性生殖を行う生物が存在している。無性生殖を行う生物が有性生殖を行う生物に比べて有利な点を簡潔に説明せよ。

問4 下線部cに関して，1960年代にガードンは，有性生殖を行う生物において，遺伝的に同じ生物の集団を作り出す実験を行った。その実験手法は，アフリカツメガエルの幼生の小腸の上皮細胞の核を，紫外線照射により核を破壊した未受精卵に移植することであった。実験の結果，小腸の上皮細胞の核を移植された未受精卵が成体にまで成長できることが示された。一方，移植を行わなかった未受精卵は成体にまで成長しなかった。この実験ではじめて明らかになったことを次の①～⑥から一つ選び番号で答えよ。

- ① 分化した細胞の核に，全身の細胞を形成するために必要な遺伝情報が存在する。
- ② 分化した細胞の核に，全身の細胞を形成するために必要な遺伝情報が存在しない。
- ③ 未受精卵の核に，全身の細胞を形成するために必要な遺伝情報が存在する。
- ④ 未受精卵の核に，全身の細胞を形成するために必要な遺伝情報が存在しない。
- ⑤ 未受精卵は紫外線照射により成体にまで成長できる。
- ⑥ 未受精卵の核と小腸上皮細胞の核は同一である。



## 第4問

植生の遷移に関する次の文章を読み、下の問1～問4に答えよ。

ある地域に生育する植物の集まりを、植生という。植物は自ら移動できないため、植生は気温や降水量などの環境要因に大きく影響される。そのため、地球上には a その地域の環境に適応した植物種から構成される植生が発達する。

ある地域の植生が時間とともに次第に変化していくことを遷移という。遷移の初期に侵入する植物種を（ア）という。何が（ア）となるかは場所によって異なるが、（ア）の果実や種子は小型で軽く、風で遠くまで運ばれやすいものが多く、例えば（イ）などが挙げられる。遷移が進んで森林が発達し、b 森林を構成する植物の種類に大きな変化がみられなくなった状態（極相）において、占有している面積が最も大きく量的な割合が高い植物種を（ウ）という。（ウ）の果実や種子は大型のものが多く、例えば（エ）などが挙げられる。極相を構成する樹木種は、芽生えや幼木が日当たりの悪い場所でも生育可能である陰樹が多くみられる。

問1 文章中の（ア）～（エ）に入る語句として最も適切なものを、次の

①～⑫のうちから一つ選び、番号で答えよ。

- |                 |            |            |
|-----------------|------------|------------|
| ① 生態的同位種        | ② 優占種      | ③ 個体群      |
| ④ 先駆種（パイオニア種）   | ⑤ 外来種      | ⑥ キーストーン種  |
| ⑦ ススキやイタドリ      | ⑧ ススキやコマクサ | ⑨ ススキやミズナラ |
| ⑩ アカマツやアラカシ     | ⑪ タブノキやブナ  |            |
| ⑫ スダジイやオオバヤシャブシ |            |            |

問2 下線部 a について、ここでいう「適応」の例として適切なものを次の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 乾燥した地域では生育する植物の種類が少なく、サボテンやトウダイグサのなかまのように、植物体内に水分を蓄えることのできる植物が生育している。

- ② 夏緑樹林の林床に生育するカタクリは、森林の上層にある木々が芽吹く前に芽を出し、光合成を行って栄養分を地下部に蓄え、林冠が閉鎖して林床に光が届かなくなる頃には休眠する。
- ③ セイタカアワダチソウは、ある種の化学物質を分泌し、他種の種子の発芽や成長を抑制する。
- ④ マメ科植物は光合成により生産された炭水化物を根粒菌に提供し、根粒菌は大気中の窒素を固定して得られた窒素化合物をマメ科植物に提供する。
- ⑤ ダイズをさまざまな個体群密度で栽培し一定時間が経過すると、発芽前の種子の重量が同じでも、個体群密度の低い方が個体群密度の高い方よりも個体の平均重量が大きくなる。

問3 植生の遷移は大きく一次遷移と二次遷移に分けられる。陸上における一次遷移と二次遷移の始まる状態について、両者の違いがわかるように 150 字以内で説明せよ。

問4 下線部 b について、実際の森林では台風や伐採などによるかく乱があり、森林の一部が破壊されて林内に光が差し込むようになる。このような場所を何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、かく乱が中規模であり、局所的に強い光が林内に差し込むようになった場合、どのような植物が生育できるようになり、植物の種の多様性はどのように変化するか、50 字以内で説明せよ。