

# 令和2年度 個別学力試験問題

## 理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※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)

(看護学類) ※1科目選択で60分

### 目 次

物	理	.....	1
化	学	.....	12
生	物	.....	20
地	学	.....	31

### 注 意

1. 問題冊子は1ページから38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。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 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
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1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

次ページ以降の問題Ⅰ～Ⅳについて解答せよ。解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。解答文字数を指定している設問については、数字、アルファベット、句読点、括弧、その他の記号とも、すべて1字として記入せよ。ただし、濁点および半濁点は1字とはしないこと(たとえば、「が」を「か」とはしない)。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。なお、解答欄において「A」や「A'」はそれぞれ1字とすること。

互いに交配して子孫を残すことが可能な生物個体の集団において、対立遺伝子の頻度が世代を経るにしたがって変化することを小進化という。ある1つの遺伝子座に注目したときに、はじめすべての個体の遺伝子型がAAであった集団の小進化を考えよう。この集団の遺伝子プールに新たな対立遺伝子A'が加わることで、<sup>(a)</sup> 遺伝的多型が生じる。

遺伝子型が個体の形質を決め、この遺伝子型が支配する形質だけによって<sup>(b)</sup> 適応度が決まる場合を考える。AAとAA'は適応度が等しいが、A'A'はこれらと比べて<sup>(c)</sup> 適応度が高いとしよう。この場合、集団におけるA'の頻度は増加し、やがてA'が<sup>(d)</sup> 集団中に固定すると考えられる。

次に、A'がAに対して有利でも不利でもない、すなわち中立である場合を考えよう。このときA'の頻度は増減を繰り返し、最終的にこの集団ではA'は固定または消失することがある。<sup>(e)</sup>

問 1 下線部(a)の要因として、突然変異が生じること以外にどのような要因が考えられるか、15字以内で説明せよ。

問 2 下線部(b)を30字以内で説明せよ。

問 3 下線部(c)について、対立遺伝子AはA'に対してどのような関係にあるといえるか、適切な語を記せ。

問 4 下線部(d)のように、適応度に応じて対立遺伝子の頻度が変化することがある。そのような具体例を1つ、20字以内で記せ。

問 5 下線部(e)に関する以下の設問に答えよ。

小さい集団では、ふつう遺伝的多型が長い間維持されることはない。これに反して、ある条件下では小さい集団でも遺伝的多型が維持される。それらの条件のうち、遺伝子型による適応度にかかわるのほどのようなものか。下線部(c)の書き方にならって、25字以内で説明せよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生物の中には、エネルギーを用いてATPを生成し、これを使って炭酸同化(炭素同化)を行うものがある。例えば硝酸菌は亜硝酸イオンを酸化して硝酸イオンに変換し、そのエネルギーによって生成されたATPを用いて炭素同化を行う。このような反応は化学合成とよばれる。また紅色硫黄細菌は、光エネルギーによって生成したATPを用いて炭素同化を行い、この反応は光合成とよばれる。いずれの反応でも、ATP生成の過程で酸素は発生しない。(a)シアノバクテリア(藍藻)も光合成を行うが、酸素発生を伴う反応によってATPを生成し炭素同化を行う。そのためこの光合成は、特に酸素発生型光合成ともよばれる。酸素発生型光合成能は、生命の歴史上ただ1回だけ、シアノバクテリアの祖先において誕生したと考えられている。酸素発生型光合成を行う生物の誕生によって地球環境は激変し、呼吸(好気呼吸)(c)を行う生物が多く生育できるようになった。

その後、シアノバクテリアが細胞内共生を経て葉緑体になることで、光合成能をもつ真核生物が誕生した。また葉緑体をもつ真核生物が別の真核生物に細胞内共生することで、光合成能をもつ生物がさらに多様化していった。現在の地球では、このようなさまざまな光合成生物が、さまざまな環境において生産者として生きている。海洋ではシアノバクテリアや珪藻などの植物プランクトンが、また陸上では草本や木本など陸上植物がそれぞれ生産者として生態系を支えている。(d)

問1 下線部(a)について、なぜ化学合成細菌や紅色硫黄細菌のATP生成反応では酸素が発生しないのか、その理由を20字以内で記せ。

問 2 下線部(b), (c)で示した2つの反応には、共通するしくみが存在する。それを説明した以下の文章中の空欄  ~  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

生体膜に存在するタンパク質を介して、 が伝達される。これによって、膜をはさんだ水素イオン( $H^+$ )の濃度勾配が形成される。真核生物では、酸素発生型光合成の場合は  を、好気呼吸の場合は  をはさんで濃度勾配が形成される。濃度勾配に従って、水素イオンが  を通って流れる際にATPが生成される。このような共通するしくみは、共通の祖先に由来すると考えられている。 は最終的に、酸素発生型光合成では $NADP^+$ に、好気呼吸では  に受け渡される。光合成では、こうして生成されたATPと $NADPH$ を用いて  を固定し、有機物が生成される。また、好気呼吸によって得られるATPの大部分はこのしくみによって生成される。

問 3 下線部(d)に関連して、表1にはさまざまな生態系の単位面積あたりの平均生産者現存量と平均純生産量が示されている。この表を参照し、設問(1), (2)に答えよ。

- (1) 外洋よりも大陸棚で単位面積あたりの平均生産者現存量や平均純生産量が大きいのはなぜか、考えられる理由を40字以内で記せ。
- (2) 表1に示した生態系の番号①~④を、生産者現存量あたりの純生産量が大きい順に並べよ。またこの量が最も少ない生態系では、なぜ量が少ないのか、考えられる理由を45字以内で記せ。

表1 さまざまな生態系の単位面積あたりの平均生産者現存量と平均純生産量(推定値)

生態系	単位面積あたりの平均生産者現存量 ( $kg/m^2$ )	単位面積あたりの平均純生産量 ( $g/m^2 \cdot 年$ )
① 外洋	0.003	125
② 大陸棚	0.01	360
③ 熱帯多雨林	45.0	2200
④ 温帯草原	1.6	600

### Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

脊椎動物は、細胞の増殖を制御しながら、生体の恒常性や各器官の機能を調節している。しかし、遺伝子変異でがん化した細胞<sup>(a)</sup>があらわれると、この制御システムが破綻してしまう。数十年前まで、がんは治療困難な疾患と考えられていた。しかし近年、さまざまな抗がん剤の開発により、がんは根治可能な疾患となりつつある。

従来の抗がん剤は、がん細胞のみに効果があるわけではない。例えば、代表的な抗がん剤フルオロウラシル<sup>(b)</sup>は、がん細胞のみならず、正常細胞も攻撃する。その結果、さまざまな副作用が生じる。しかし近年、がん細胞を特異的に攻撃する分子標的薬の研究が進み、副作用が弱く、かつ顕著な治療効果を示す抗がん剤が開発されてきた。中でも抗体を用いた分子標的薬<sup>(c)</sup>は、がん治療の分野に革命的变化をもたらした。

さらに最近、免疫システムを活性化させる新しいタイプの分子標的薬にも注目が集まっている。ある種のがん細胞ではT細胞の活性化を抑制するタンパク質PD-L1が発現している。がん細胞のPD-L1がT細胞のタンパク質PD-1と結合するとT細胞の活性が抑えられ、がん細胞はT細胞からの攻撃を回避する。新しい分子標的薬は、この結合を抑制することで、免疫システムを活性化してがん細胞を攻撃する。PD-1やPD-L1などの分子は、免疫チェックポイント分子<sup>(d)</sup>として知られ、これらを標的とした新しい抗がん剤の研究開発が進められている。

問 1 下線部(a)に関連し、以下の設問(1), (2)に答えよ。

(1) 遺伝子変異によるがん化の説明として、以下のア～オから正しいものすべてを選んで記号で記せ。

- ア. がん発症に関連した遺伝子に変異が入ると必ずがん化する。
- イ. 遺伝子ではなくプロモーター領域の変異でがん化することがある。
- ウ. 細胞接着に関わる遺伝子の変異でがん化することがある。
- エ. がんを抑制する遺伝子に変異が入っても決してがん化しない。
- オ. がん化を引き起こした後天的な体細胞の変異は次世代に遺伝しない。

(2) 下記の文章を読み、空欄  に当てはまる最も適切な語を選んで記号で記せ。

ある種の白血病は、染色体の一部が別の染色体の一部と入れ替わり、がん化を促す融合タンパク質を産生することで引き起こされる。このように相同でない染色体が入れ替わる現象を  という。

- ア. 欠失      イ. 重複      ウ. 逆位      エ. 転座



問 2 下線部(b)に関し、図 1 はフルオロウラシルと DNA の塩基の構造を表している。フルオロウラシルは、どのように細胞を攻撃すると考えられるか、図を参考に 50 字以内で説明せよ。

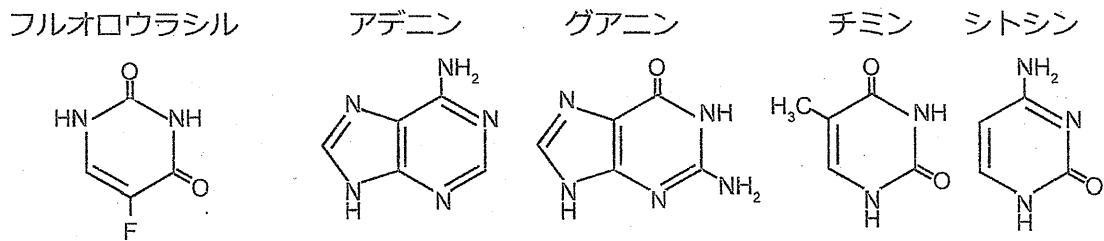


図 1

問 3 図 2 はがん細胞が増殖する際の情報伝達の経路を表している。下線部(c)が作用すると考えられる部位を图中的ア～エから 1 つ選んで記号で記せ。また、その理由を 20 字以内で説明せよ。なお矢印は情報が伝達される方向を表している。

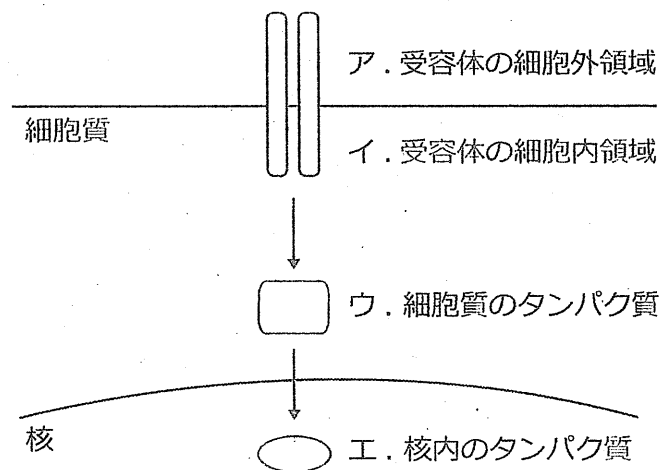


図 2

問 4 下線部(d)に関し、免疫チェックポイント分子は正常な細胞にも発現している。正常な細胞で発現している免疫チェックポイント分子にはどのような役割があると考えられるか、50 字以内で説明せよ。

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物はさまざまな環境要因の影響を受けるが、その1つが光である。

吸水後に光を浴びることで発芽が促進される種子を  とよび、レタスでは波長約 660 nm の赤色光の照射により発芽が促進される。赤色光の感知にはフィトクロム<sup>(a)</sup>が関与することが知られており、暗所では不活性型として細胞質に存在している。赤色光によりフィトクロムは不活性型から活性型へと構造が変化し、また波長約 730 nm の遠赤色光により活性型から不活性型の構造に変化する。活性型のフィトクロムは核に移動し、発芽に関与する遺伝子の調節領域に結合している調節タンパク質<sup>(b)</sup>に作用する。その結果、発芽を誘導する植物ホルモンである  が増加し、発芽に必要な反応が誘導される。

一方、青色光への応答として気孔の開口<sup>(c)</sup>がよく知られている。青色光の照射は、孔辺細胞のわん曲をひきおこし、孔辺細胞間のすき間を大きくする。これにより、植物は外界とのガス交換を行っている。

問 1 空欄  および  に当てはまる適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)について、活性型と不活性型の構造変化を利用して種子発芽を制御するしくみには、適切な環境で発芽する上で、どのような利点があると考えられるか。以下の語をすべて用いて 120 字以内で記せ。

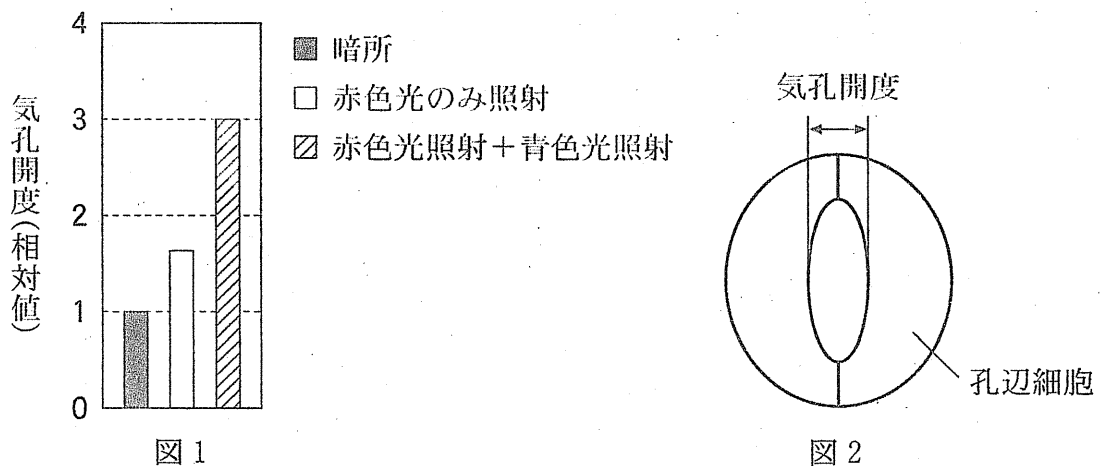
クロロフィル      赤色光      遠赤色光      地表      光合成

問 3 下線部(b)について、調節タンパク質の一般的な機能の説明として正しいものを以下のア～エから 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. 遺伝子の機能を選択的スプライシングにより調節している。
- イ. 調節領域の分解により遺伝子の発現を制御する。
- ウ. 複数の遺伝子の発現を制御することができる。
- エ. それ自身が mRNA の転写能力をもっている。

問 4 下線部(C)に関する実験についての以下の文章を読み、設問(1)、(2)に答えよ。

野生型のシロイヌナズナに対して、暗所においた場合、赤色光のみを照射した場合、赤色光に重ねて青色光を照射した場合、の3種類の条件で実験を行ったところ、葉における気孔開度は図1のようになった。なお、気孔開度とは、気孔開口部の大きさ(図2)であり、ここでは一定時間経過後、変化しなくなった値を示している。



(1) 赤色光のみの照射でも気孔開度は上昇したが、重ねて青色光を照射した場合はさらに気孔が開いていた。このさらなる気孔開度の上昇は、フィトクロロピンが青色光を吸収することによって引き起こされる。以下の文章は、このことを示すためにフィトクロピンの機能を失った突然変異体 X を用いて行われた実験に関する文章である。

文章中における空欄  ~  に当てはまる最も適切なものを、以下のア~ウから選び記号で記せ。ただし、同じ記号を繰り返し用いても構わない。

- ・赤色光のみを照射した場合の突然変異体 X の気孔開度は、同じ処理をした野生型の気孔開度と比較すると  。
- ・赤色光に重ねて青色光を照射した場合の突然変異体 X の気孔開度は、同じ処理をした野生型の気孔開度と比較すると  。
- ・赤色光に重ねて青色光を照射した場合の突然変異体 X の気孔開度は、突然変異体 X に赤色光のみを照射した場合の気孔開度と比較すると  。

ア. 同程度であった      イ. 小さくなった      ウ. 大きくなった

(2) 以下の文章は、青色光を照射後、気孔開度が上昇するまでに孔辺細胞で起こっている変化を説明した文章である。

文章中における空欄  および  に当てはまる最も適切なものを、以下のカ～ケから選び記号で記せ。

孔辺細胞のフォトトロピンが青色光を吸収すると、ATP のエネルギーを用いて水素イオンが孔辺細胞外に放出され、細胞内外の電位差が大きくなる。この細胞内外の電位差を駆動力として、孔辺細胞の細胞膜に存在するカリウムを細胞内に輸送するチャネルがはたらく。細胞外からカリウムイオンが取り込まれ、。これにより、孔辺  ことで、孔辺細胞の体積が増加する。孔辺細胞の細胞壁の厚さが不均一であるため、細胞がわん曲し、孔辺細胞間のすき間が大きくなる。

- カ. 細胞内に周辺から水が取り込まれ、細胞の膨圧が高まる
- キ. 細胞内の膨圧が徐々に高まり、最大となった時に周辺の水を活発に吸収する
- ク. 細胞が正の電荷を帯び、細胞外に水分子を引き寄せることにより浸透圧が高くなる
- ケ. 細胞内の溶質濃度が上昇することにより浸透圧が高くなる