

令和2年度入学試験問題

理 科

注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で52ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が1枚入っている。

物	理	1～10ページ	化	学	11～29ページ
生	物	30～42ページ	地	学	43～52ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された2箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90分。
  - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 理科1科目の受験者は、90分。
    - ② 理科2科目の受験者は、180分。
  - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

## 生 物

1 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

DNA の構造や遺伝子発現のしくみは、さまざまな研究者たちの手によって明らかにされてきた。1953 年、ワトソンとクリックは、シャルガフの規則や、ウィルキンスやフランクリンが撮影した DNA の X 線回折像をもとに、DNA の二重らせん構造モデルを提唱した。1958 年、メセルソンとスタールは、大腸菌を用いた実験で DNA の半保存的複製のしくみを証明した。同じく 1958 年、クリックはセントラルドグマを提唱した。1966 年、ニーレンバーグやコラナたちにより、すべての遺伝暗号が解読された。同じく 1966 年、岡崎は、DNA の複製において不連続に複製されるラギング鎖の伸長過程で短い DNA 鎖が一時的に生じていることを発見した。

問 1 下線部(ア)に関連する実験について述べた次の文章を読み、(1)に答えよ。

窒素源として  $^{15}\text{N}$  だけを含む培地で大腸菌を培養し続けたところ、DNA 中の窒素がすべて  $^{15}\text{N}$  に置換された大腸菌が得られた。この大腸菌を、窒素源として  $^{14}\text{N}$  だけを含む培地に移してさらに培養した。そして、1 回、2 回、・・・と分裂のたびに大腸菌から DNA を抽出し、塩化セシウムを含む溶液中で遠心分離を行った。その結果、1 回分裂後の大腸菌から抽出した DNA の重さは、 $^{15}\text{N}$  のみからなる DNA と  $^{14}\text{N}$  のみからなる DNA の中間であった。なお、 $^{15}\text{N}$  は  $^{14}\text{N}$  の同位体であり、その質量比は 15 : 14 である。

(1)  $^{14}\text{N}$  だけを含む培地に移した後、ある回数分裂した大腸菌から DNA を抽出し、遠心分離を行った。その結果、 $^{15}\text{N}$  のみからなる DNA と  $^{14}\text{N}$  のみからなる DNA の中間の重さの DNA の割合が DNA 全体の 6.25 % だった。この DNA は、 $^{14}\text{N}$  だけを含む培地に移してから何回分裂した大腸菌の DNA と考えられるか、答えよ。

問 2 現在では、下線部(イ)に示したセントラルドグマに当てはまらない事例が見つかっている。それはどのような事例か、40 字程度で答えよ。

問 3 下線部(ウ)に関連する実験について述べた次の文章を読み、(1)と(2)に答えよ。

大腸菌をすりつぶして調製した抽出液(リボソーム、各種酵素、アミノ酸、tRNA など、タンパク質の合成に必要なものがすべて含まれている)に、塩基がUだけからなる人工 RNA (...UUUUUU...)を加えペプチド合成を行った。そして、得られたペプチドを分析した結果、ペプチドはフェニルアラニンのみが連なったもの(ポリフェニルアラニン)であった。このことから、UUU のコドンはフェニルアラニンを指定していることがわかった。次に、UG の繰り返しからなる人工 RNA (...UGUGUG...)を用いて同様の実験を行った。その結果、得られたペプチドはシステインとバリンが交互に連なったもの(...システイン-バリン-システイン-バリン...)であった。このことから、UGU と GUG のコドンは、それぞれシステインかバリンのどちらかを指定していることがわかった。さらに、AUC の繰り返しからなる人工 RNA (...AUCAUC...)を用いて同様の実験を行った。その結果、得られたペプチドは、イソロイシン、セリン、ヒスチジンのいずれかだけからなる3種類のペプチド(ポリイソロイシン、ポリセリン、ポリヒスチジン)であった。このことから、AUC、UCA、CAU のコドンはそれぞれ、イソロイシンかセリンかヒスチジンのいずれかを指定しているコドンであることがわかった。なお、人工 RNA の表記は、左側が 5' 末端、右側が 3' 末端であるものとする。

(1) タンパク質を構成する標準的な 20 種類のアミノ酸を指定するコドンは全部で何種類あるか、答えよ。

(2) 上記のような実験を行うことで、ACAが何のアミノ酸を指定するコドンかを決定したい。どのような繰り返し配列からなる人工RNAを用いて実験すればよいか、答えよ。なお、繰り返しの単位は3塩基以内とする。

解答方法であるが、例えばAUの繰り返しからなる人工RNA (...AUAUUAU...)と解答したい場合、解答欄には「(AU) $n$ 」と記入せよ。なお、複数種類の人工RNA(いずれも3塩基以内の繰り返し単位からなる人工RNAに限る)を使用して実験する必要があると考えた場合は、それらを「,」で区切ってすべて答えよ。例えば、Uの繰り返しからなる人工RNA (...UUUUUU...), Aの繰り返しからなる人工RNA (...AAAAAA...), AUの繰り返しからなる人工RNA (...AUAUUAU...)の3種類が必要であると解答したい場合、解答欄には「(U) $n$ , (A) $n$ , (AU) $n$ 」と記入せよ。

問 4 下線部(エ)に関連した次の文章を読み、(1)と(2)に答えよ。

ヒトの23対の染色体はそれぞれが独立した線状DNAであり、常染色体の中でもっとも短い21番染色体でも約4,700万塩基対の長さがある。

(1) 染色体の中央に1か所のみ複製起点が存在した場合、ヒトの21番染色体の複製には何時間かかるか、答えよ。なお、ヒトのDNAポリメラーゼによるDNAの合成速度は、常に一定で停止することなく20ヌクレオチド/秒とする。また、染色体の長さはちょうど4,700万塩基対とする。答えは、小数第1位を四捨五入して整数で答えよ。

(2) ヒトのある種の細胞が増殖する際の細胞周期のS期の長さは約6時間である。これと(1)の答えの比較から、ヒトのDNA複製にはどのような仕組みが備わっていると考えられるか、40字程度で答えよ。なお、ヒトのDNAポリメラーゼによるDNAの合成速度は、常に一定で停止することなく20ヌクレオチド/秒とする。

2 は次ページ

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

腎臓は尿による水や塩類の排出を調節し、体液の成分濃度を一定の範囲内に保っている。ヒトでは、腹部の背側に左右一対の腎臓が存在し、腎臓の断面には、外側から内側に向かって皮質、髄質、1が見られる。1個の腎臓中には約100万個の2と呼ばれる尿を生成する単位構造がある。2は腎小体とこれに続く細尿管(腎細管)からできており、腎小体は糸球体とそれを包み込んでいるボーマンのうからなる。腎動脈から伸びる毛細血管が集まった糸球体では、血圧により血液中の血球と3以外の大部分の成分がボーマンのうへとろ過される。ろ過された液が原尿である。原尿は細尿管へ送られ、そこで4のすべてと塩類の大部分が毛細血管内に再吸収される。水分は細尿管とそれに続く集合管で毛細血管内に再吸収される。再吸収されなかった成分が尿となって、集合管から1、さらに輸尿管(尿管)を経て、ぼうこうに送られ排出される。

問 1 文章中の1 ~ 4 に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、腎小体が見られるのはどちらか、答えよ。

問 3 下線部(イ)について、血球と3が糸球体でろ過されない理由を、30字程度で説明せよ。

問 4 下線部(ウ)について、細尿管でのナトリウムイオンの再吸収を調節しているホルモンの名称および分泌腺の名称を答えよ。

問 5 血管は動脈、静脈、毛細血管に分類される。それぞれを特徴づける構造上の違いについて、15字程度で説明せよ。

3 は次ページ

3 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

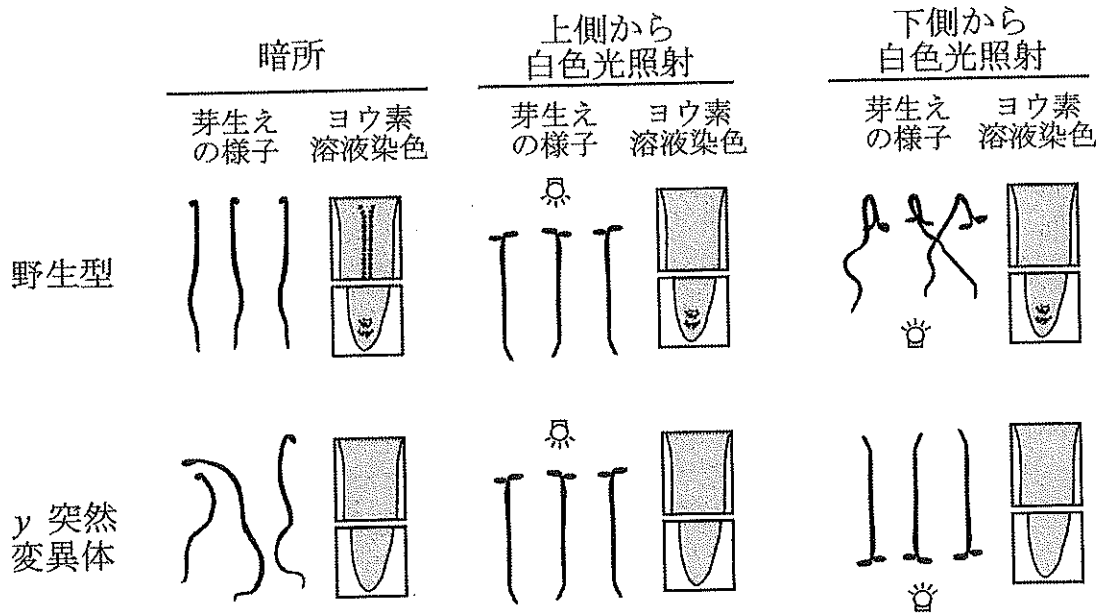
青色光受容体フォトトロピン1をコードする *PHOT1* 遺伝子は、双子葉植物シロイヌナズナ芽生えの胚軸光屈性が異常になった突然変異体の原因遺伝子として同定された。シロイヌナズナ野生型の芽生えでは、胚軸は正の光屈性、根は負の光屈性を示す。一方、*phot1* 劣性突然変異体は、弱光下では胚軸と根の光屈性が両方とも失われた表現型を示す。

光屈性の分子機構を明らかにするため、あらたに胚軸の光屈性が失われたシロイヌナズナ突然変異体 *x* を選抜した。正常な光屈性を示す野生型と *x* 突然変異体を交配した  $F_2$  世代のおよそ  $\frac{1}{4}$  の割合の芽生えで胚軸の光屈性が失われていたことから、*x* には 1 変異が生じたことが示唆された。

*x* 突然変異体の表現型は *phot1* 突然変異体とよく似ていたことから、「*x* 突然変異体の光屈性が失われた原因は、*PHOT1* 遺伝子に変異が生じたためである」という仮説を立てた。この仮説を検証するため、*x* 突然変異体と *phot1* 劣性突然変異体を交配し、 $F_1$  世代種子を収穫した。この  $F_1$  世代種子より発芽した芽生えの胚軸は、正常な光屈性を示した。この結果より、仮説は 2 と考えられた。

また、重力屈性の分子機構を明らかにするため、胚軸の負の重力屈性、根の正の重力屈性がどちらも弱くなったシロイヌナズナ突然変異体 *y* をあらたに選抜した。寒天培地に重力屈性が正常な野生型と *y* 突然変異体の種子をまき、発芽を促す処理を行った後、培地を垂直に立てて、暗所、上側から白色光照射、下側から白色光照射の3つの光条件でそれぞれ3日間育成した。芽生えは寒天培地表面にはりついたまま図1のような成長パターンを示した。それぞれの芽生えをヨウ素溶液で染色したところ、図1のような染色パターンが見られた。これらの結果より、野生型では胚軸において重力屈性誘導に働くデンプン粒が白色光照射によって消失すること、一方、*y* 突然変異体では胚軸および根の両方においてデンプン粒が形成されないために重力屈性に異常が生じていることが示唆された。





図の見方

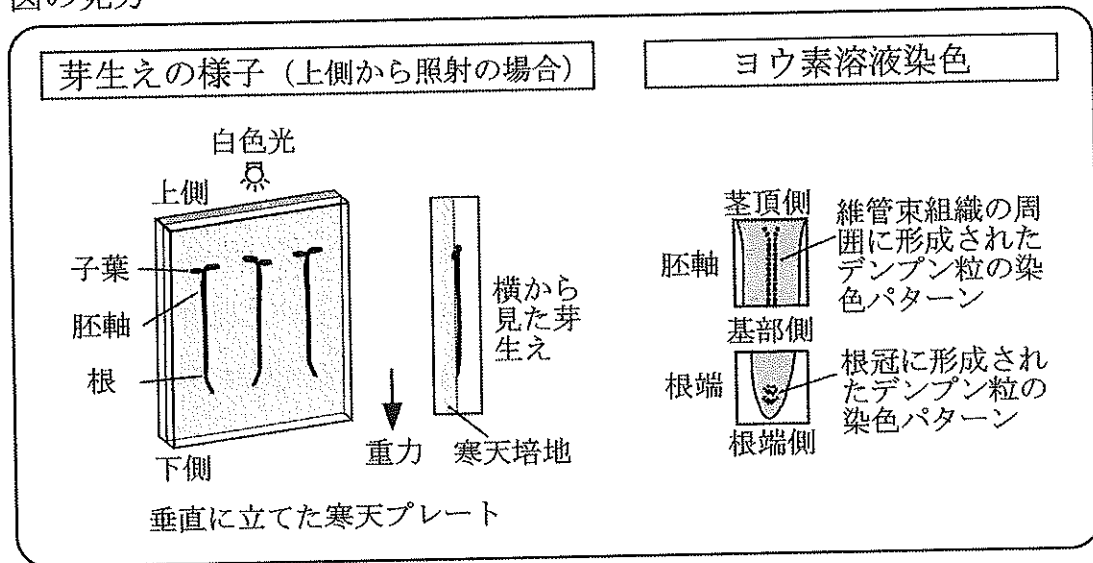


図 1

問 1 文章中の 1 ~ 2 に入る適切な語句の組み合わせを、次の (a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 1 : 劣性 2 : 正しい                      (b) 1 : 劣性 2 : 間違っている  
(c) 1 : 優性 2 : 正しい                      (d) 1 : 優性 2 : 間違っている

問 2 植物ではデンプン粒を含んだ色素体が重力感知のための平衡石として働くと考えられている。この色素体の名称を答えよ。

問 3 野生型を下側から白色光照射して育てると、なぜ芽生えの胚軸は下側に向かって成長したのか、その理由を 75 字程度で答えよ。

問 4 *y* 突然変異体を下側から白色光照射して育てると、なぜ芽生えの根は上側に向かって成長したのか、その理由を 80 字程度で答えよ。

問 5 *phot1* 突然変異体を下側から白色光照射して育てた場合、芽生えの胚軸および根の成長方向はどのようになると考えられるか、理由とともに 120 字程度で答えよ。なお、白色光は *phot1* 突然変異体が光屈性を示さない程度の弱光を用いる。また、*phot1* 突然変異はデンプン粒の形成に影響しないものとする。

4 は次ページ

4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

ある地域に生息する同じ種の個体のまとまりを個体群という。野外において動物の個体群の大きさを調べるとき、その場所にいるすべての個体を数えることは困難である場合が多い。そこで  と呼ばれる方法が用いられる。この方法では、まず、個体群のうち、ある数の個体を捕獲し、そのすべての個体に標識を付けてもとの個体群に戻す。次に、再びある数の個体を捕獲し、捕獲された個体に含まれる標識個体数から全体の個体数を推定する。

資源に制限がない状況下では、個体群は  関数的に成長する。しかし、通常は個体群密度の増加にともない個体群の成長が抑えられ、個体数は資源量に応じて一定の上限値<sup>(イ)</sup>に落ち着く。この値を  と呼ぶ。

異種の生物間でも、しばしば共通の資源をめぐる競争が生じる。 の重複する生物間ほど種間競争は強まり、資源の利用効率の高い種が他方の種を駆逐する  と呼ばれる現象が生じる。一方、 の重なりが小さい生物間では競争が緩和され、同じ場所に多くの種が共存できる。また、かく乱や捕食者などの要因が作用することにより  が妨げられ、 の類似した多種が共存できる場合もある。

問 1 文章中の  ~  に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この推定法的前提条件としては、調査期間中に標識は個体から脱落せず、個体の行動や生存に影響を及ぼさないこと、また、調査地での個体の死亡、出生、移出・移入は起きないことがあげられる。それら以外に考えられる前提条件を 30 字程度で答えよ。
  
- (2) この方法を用いて、北米のある森林でコリンウズラ個体群の調査が行われた。調査者は 144 羽を捕獲し、そのすべてに足輪で標識を施して、それぞれを捕獲した場所に放した。翌月、82 羽を捕獲したところ、そのうち 36 羽が標識されていた。調査地におけるコリンウズラの推定総数を求めよ。

問 3 下線部(イ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この作用は何と呼ばれるか、答えよ。
  
- (2) 具体的には、密度が過度に増加すると個体群あるいは個体にどのような変化が起こり得るか。(a)~(d)のそれぞれについて、適切な場合は○を、不適切な場合は×を記入せよ。
  - (a) 1 個体あたりの産卵数の減少
  - (b) 子の死亡率の減少
  - (c) 移出する個体の増加
  - (d) 齢構成の老齢型への移行

問 4 下線部(ウ)について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 図1で表される海岸の岩場の食物網について、アメリカの生物学者ペインは、1年間以上にわたりヒトデを除去した区画における種の構成を、ヒトデを除去しない対照区と比較した。その結果、対照区では以前と比べて何の変化もなかったが、ヒトデ除去区では種数が激減し、イガイが岩の表面を覆い尽くし、カメノテが散在するのみとなった。岩場に生えていた藻類も定着できなくなって減少し、これらを食物としていたヒザラガイやカサガイも消失した。この結果からわかることとして、次の(a)~(c)の記述が適切な場合は○を、不適切な場合は×を記入せよ。

- (a) 巻貝は捕食によりイガイとフジツボの密度を抑えていた。
- (b) ヒトデ除去区において種の構成が変化した原因は、すみ場所をめぐる種間競争であった。
- (c) ヒトデはイガイを捕食することで、フジツボなど競争劣位種に正の効果をもたらしていた。

(2) 海岸の岩場におけるヒトデのように、生態系内で食物網の上位にあつてほかの生物の生活に大きな影響を与える生物種を何と呼ぶか、答えよ。

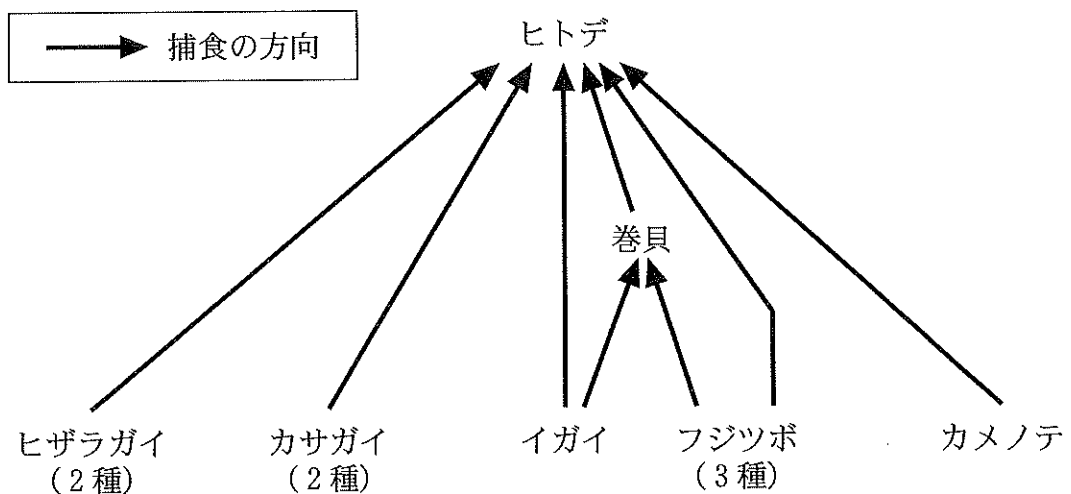


図1