

## 令和2年度入学試験問題(後期)

# 理 科(生 物)

### 【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には①から④までの4問題が印刷されていて、合計13ページである。  
落丁、乱調、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入しているものは無効である。
5. 解答用紙に指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. 各学部で解答する問題は以下の通りである。

理工学部 ①②③④ の4問

農学生命科学部 ①②③④ の4問

7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

1

次の文章を読み、問(1)および(2)に答えよ。

これから図1に示すような実験を行う。まず、ヒトゲノムを鑄型DNAとして、目的の領域を含むDNAをPCR法により増幅し、その後、制限酵素Eと制限酵素Hで切斷したDNA断片Xを作成する。次に、制限酵素Eと制限酵素Hで切斷した、DNA断片Xより大きなベクターYにDNA断片Xを挿入して、環状プラスミドZを作成する。

問(1) 下線部は図2に示すような設定温度が異なる連続する3つのステップを1サイクルとして繰り返し行いDNAを増幅する方法である。以下の設間に答えよ。

- (a) ステップBではどのような反応が起こっているか20字以内で答えよ。
- (b) ステップCで働く酵素名を答えよ。また、PCR反応を可能にし、通常の酵素にはないこの酵素の特徴を10字以内で答えよ。
- (c) PCR反応により1分子のDNA断片を $10^5$ 倍以上に増やすためには、図2のサイクルを何回繰り返す必要があるか。サイクル数を答えよ。

問(2) 作成した環状プラスミドZについて、制限酵素で切斷する実験を行った。使用した制限酵素はE, H, P, Sの4種類である。制限酵素EとHの切斷部位は挿入した部位のみに存在しており、制限酵素PとSの切斷部位は、DNA断片X内、ベクターY内にそれぞれ1カ所ずつ存在することがわかっている。それぞれの制限酵素を単独もしくは2つの組み合わせで処理し、電気泳動を行ったところ図3のような結果が得られた。環状プラスミドZの大きさが11 kbpとしたとき、以下の設間に答えよ。なお、図3は上に示した制限酵素による切斷パターンのみを示しており、DNA量の違いは表現していない。また、それぞれのバンドの下にある数字はkbpを示している。  
(1 kbp = 1,000 bp)

(a) DNA 断片 X は何 kbp か答えよ。

(b) DNA 断片 X の中に存在する制限酵素 P と制限酵素 S の切断部位は何 kbp 離れているか、考えられる大きさをすべて答えよ。

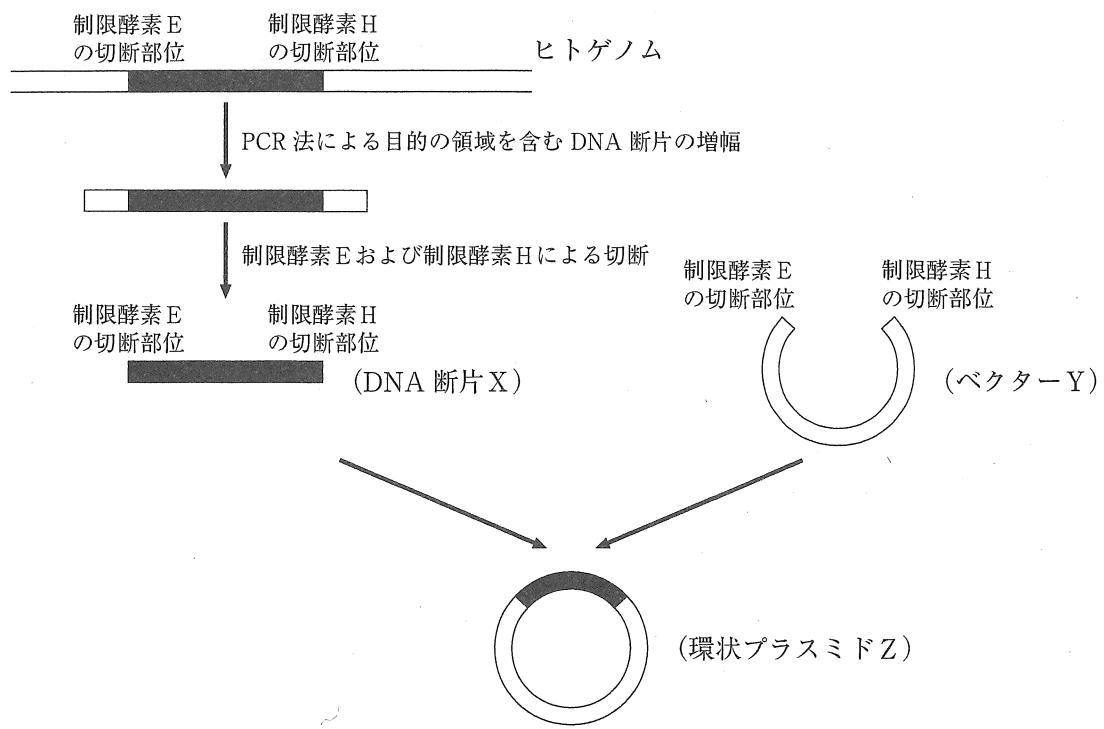


図 1

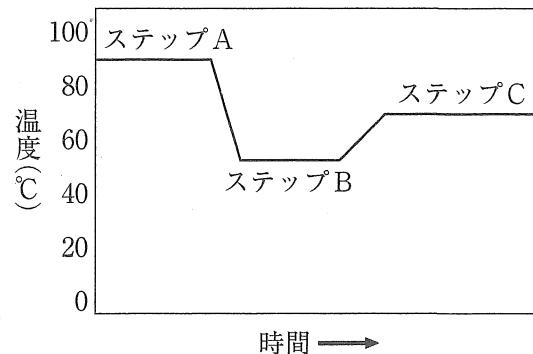


図 2

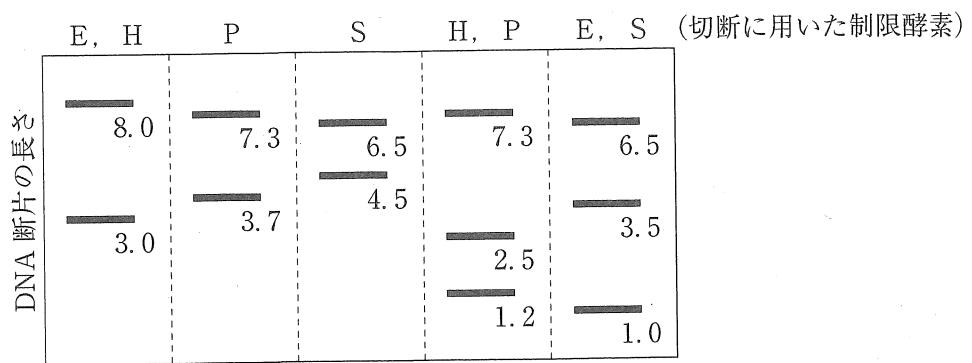


図 3

2

次の文章を読み、問(1)～(5)に答えよ。

染色体の数や形は、生物の種によって決まっている。有性生殖において生殖細胞が形成されるとき、染色体数を  $2n$  から  $n$  に半減させる減数分裂が起こっている。この減数分裂の第一分裂中期では、(①)染色体どうしは平行に並んで対合し、(②)染色体となる。このとき、対合した染色体の間では、染色体の部分的な交換(乗換え)が起こることが多い。後期になると対合した(①)染色体は、対合面で分離し、両極へそれぞれ移動する。後期で両極へ移動した染色体の数は、それぞれ母細胞の  $2n$  の半数  $n$  となる。

被子植物の花では、おしべの(③)の中で花粉がつくられ、めしべの(④)内では胚のうが形成される。この過程で減数分裂が起り、胚のう内の卵細胞は、花粉管内に生じた2個の(⑤)の1つと合体して受精卵となる。残るもう1個の(⑤)は、(⑥)と合体して胚乳細胞を形成する。このような現象は重複受精と呼ばれ、被子植物に特有な現象である。

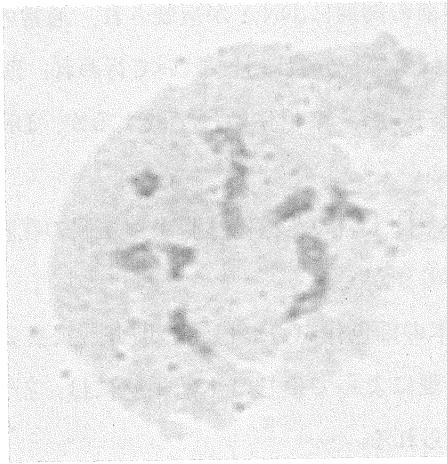
重複受精の後、受精卵は細胞分裂を繰り返して、(⑦)と(⑧)になる。(⑦)はさらに分裂して胚になる。珠皮は種皮になり、種子が形成される。この種子はすぐには発芽せず、いったん休眠状態となる。

問(1) 文章中の空欄(①)～(⑧)に当てはまる適切な語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 下線部Aに関連する以下の文の中で、正しいものには○、誤っているものには×を答えよ。

- (a) 第一分裂前の間期にDNAが複製され、通常の2倍の量になる。
- (b) 第二分裂は、第一分裂に引き続いて行われ、DNAの複製は起こらない。
- (c) 減数分裂終了時、染色体数は半減するが、DNA量は母細胞と同じまま維持される。
- (d) 被子植物では1個の花粉母細胞から4個の花粉、1個の胚のう母細胞から1個の胚のうができる。
- (e)  $2n = X$  本の染色体をもつ植物の場合、乗換えが起こらないと仮定すると、減数分裂によって生じる生殖細胞には、 $2^{(X \div 2)}$ 種類の染色体の組み合わせが考えられる。

問(3) 下図はある植物の染色体を観察したものである。この画像についての説明として、最も適切なものを以下から選び記号で答えよ。



- (ア) 体細胞分裂後期の画像であり、染色体数は  $2n = 8$  である
- (イ) 減数分裂第一分裂前期から中期の画像であり、染色体数は  $2n = 8$  である
- (ウ) 減数分裂第二分裂前期から中期の画像であり、染色体数は  $2n = 8$  である
- (エ) 減数分裂第一分裂前期から中期の画像であり、染色体数は  $2n = 16$  である
- (オ) 体細胞分裂前期から中期の画像であり、染色体数は  $2n = 16$  である

問(4) 下線部Bに関連する以下の文章中の空欄(①)～(⑦)に当てはまる最も適切な数を答えよ。

形成された種子に含まれる胚の核相は(①) $n$ , 胚乳は(②) $n$ , そして珠皮から形成される種皮は(③) $n$ となる。被子植物と同様に種子をつくる植物である裸子植物では、生殖過程が異なっており、受精卵が生じて胚を形成するが重複受精はみられず、胚乳は胚のうち内の細胞が増殖して形成される。このため、胚乳の核相は(④) $n$ となる。

生物は、種によって染色体の基本数が決まっている。多くの生物では、体細胞に基本数の2倍の染色体数をもつ。しかし、近縁の種では、染色体数が基本数と同数、または3倍、4倍・・・というように倍数になったものがある。このように、染色体数に基本数の倍数関係がみられるとき、これを倍数性といい、倍数性を示す個体を倍数体という。

生物学の授業で、これらのことを見たN君は、ふと考えた。「植物には2倍体と4倍体と倍数性が異なる近縁の種が存在する。これを交雑したら3倍体をつくり出すことができそうだ。でも、被子植物の場合は重複受精が起こるので、2倍体を母親(種子親)、4倍体を父親(花粉親)として用いて交雑する場合と、逆に4倍体を母親(種子親)、2倍体を父親(花粉親)として用いて交雫する場合とで、種子の様相は異なってくるのでは?」と。

どちらの交雫でも、種子に含まれる胚の核相は(⑤) $n$ となるが、胚乳については、2倍体を母親(種子親)、4倍体を父親(花粉親)として用いて交雫した場合では(⑥) $n$ 、逆に4倍体を母親(種子親)、2倍体を父親(花粉親)として用いて交雫した場合では(⑦) $n$ となると予測され、これに気づいたN君は、早速、交雫実験を開始してみることとした。

問(5) 下線部Cに関連する以下の文章中の空欄(①)～(⑧)に当てはまる最も適切な語句を以下から選び記号で答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

種子の休眠とは、発芽に必要な条件である適切な温度、水、(①)などが与えられても発芽しない状態で、この種子の休眠には、(②)が関与している。(②)によって休眠が維持されている場合は、(③)が休眠の解除にかかわる場合が多い。イネやオオムギなどのイネ科の種子では、(④)でつくられた(③)が(⑤)の合成を促し、この(⑤)によって(⑥)中の(⑦)が(⑧)に分解され、これが胚に栄養分として供給されると、種子が発芽する。

- |             |           |            |
|-------------|-----------|------------|
| ア. 種子       | イ. 胚      | ウ. 胚軸      |
| エ. 胚乳       | オ. 酸素     | カ. 栄養分(肥料) |
| キ. 二酸化炭素    | ク. アブシシン酸 | ケ. オーキシン   |
| コ. DNA      | サ. タンパク質  | シ. アミノ酸    |
| ス. 糖(グルコース) | セ. デンプン   | ソ. カタラーゼ   |
| タ. アミラーゼ    | チ. グルタミン酸 | ツ. ジベレリン   |
| テ. サイトカイニン  |           |            |

- 3** 生物の集団における遺伝子と遺伝子型の頻度に関する次の文章を読み、問(1)～(5)に答えよ。

ヒトの Rh 式血液型は、赤血球の表面に D 抗原があるかどうかで決まる。D 抗原の有無を決める 2 つの対立遺伝子 D と d についてみると、Rh 式血液型は遺伝子型が DD と Dd の時に Rh+ (D 抗原あり) となり、dd の時に Rh- (D 抗原なし) となる。このように D は d に対して( ① )であるため、Rh+ であるヒトの遺伝子型が( ② )接合体なのか、それとも( ③ )接合体であるのかは特定できないことが多い。ただし、Rh- の子を持つ Rh+ のヒトの遺伝子型は必ず( ③ )接合体である。ヒトの大集団については、( ④ )の法則が成り立つと仮定すれば、対立遺伝子頻度を用いた式で Rh+ と Rh- の頻度を表すことができる。 そのような集団では、血液型の頻度がわかれば、Rh+ となる遺伝子型 DD と Dd それぞれの頻度を推定できる。

キイロショウジョウバエには、眼色に影響する遺伝子座が複数ある。そのような遺伝子座の 1 つには対立遺伝子 W と R があり、遺伝子型が WW の個体の眼は白く、WR の眼はオレンジ色、RR の眼は赤色となる。飼育条件下では、これらの眼色の違いは生存率と産子数に影響しないことが明らかにされている。したがって、飼育されている集団については、( ⑤ )によってこれらの眼色の頻度が変化することはない。このような眼色の変異が見られる集団から眼がオレンジ色である個体のみを多数選んで飼育した時、これらの個体が作る全ての配偶子の遺伝子に占める W の頻度は、精子と卵いずれも 0.5 である。( ④ )の法則が成り立つと仮定すれば、これらの個体から生まれる 2 世代目の集団の眼色の頻度を計算できる。 3 世代目以降についても( ④ )の法則が適用できるならば、眼色の頻度はその後の世代で変化しないと予想される。しかしながら、以下に示す事例のように、個体数が少ない集団にはこの予想は当てはまらない。

ある研究者は、眼がオレンジ色のキイロショウジョウバエのみを 16 頭集めて 1 集団とし、そのような集団を 107 作って互いに隔離して 19 世代飼育した(集団あたりの頭数は毎世代一定になるようにした)。個々の集団についてみると、3 世代目以降も眼色の頻度が大きく変動したものがあり、( ④ )の法則に当て

はまらなかった。5世代目以降になると、一部の集団は白眼の個体のみ、もしくは赤眼の個体のみとなった。このようにして眼色の変異が消失した集団は、その後の世代で再び眼色の変異を示すことはなかった。これらの結果は、個々の集団の対立遺伝子頻度が世代交代時に偶然に左右されて変化したことを示している。また、眼色を決める遺伝子に(⑥)が生じる確率は低く、(⑥)によって眼色の頻度が大きく変動することはないといえる。

問(1) 文章中の空欄(①)～(⑥)に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 下線部Aについて以下の設間に答えよ。

この集団の対立遺伝子Dとdの頻度をそれぞれ  $p$ ,  $1-p$  とする。この集団における  $Rh+$  と  $Rh-$  の頻度を、 $p$  を用いた数式で答えよ。

問(3) 下線部Bについて以下の設間に答えよ。

$Rh+$  の頻度が 0.91 である集団について、DD と Dd の頻度を数値で答えよ。

問(4) 下線部Cに関連した以下の設間に答えよ。

- (a) 眼がオレンジ色の個体のみで占められている集団について、2世代目の集団に占める白眼、オレンジ色の眼、赤眼の個体の頻度を数値で答えよ。
- (b) 雄と雌とで眼色の頻度が異なる集団については、以下に示す方法で2世代目の各眼色の頻度を計算できる。まず、雄が作る全ての精子の遺伝子に占めるWとRの頻度をそれぞれp, qとし( $p + q = 1$ )、雌が作る全ての卵の遺伝子に占めるWとRの頻度をそれぞれr, sとする( $r + s = 1$ )。これらの雄と雌が自由に交配すると仮定すれば、2世代目の集団に占める各眼色の頻度は対立遺伝子頻度を用いて予測できる。例えば、白眼の個体(遺伝子型WW)の頻度はpとrの積(すなわちpr)に等しい。このような集団について、2世代目におけるオレンジ色の眼の個体(遺伝子型WR)と赤眼の個体(遺伝子型RR)の頻度を、対立遺伝子頻度(p, q, r, s)を用いた数式で答えよ。

問(5) 下線部Dに関連した以下の設間に答えよ。

- (a) 「集団の対立遺伝子頻度が世代交代時に偶然に左右されて変化する」という現象の名称を答えよ。
- (b) DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列に見られる変異の多くは、個体の生存に有利でも不利でもない。このような分子の進化は、設問(a)で示した現象によって生じると考えられている。このような考え方(学説)の名称を答えよ。

4

次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

生物群集とそれをとりまく大気や光などの(①)は相互に影響しあっており、両者を1つのまとまりとしてとらえたものを生態系という。生物群集は様々な(②)から構成されており、別の種の(②)と相互作用を持っている。生態系における生物は3つのグループに区分することができる。主に光合成によって(③)を生産する(④)，この(③)を利用する(⑤)，そして生物の遺体や排出物などの(③)を(⑥)に変化させる(⑦)である。国土が狭く人口が多い日本では、農耕地のような人工的な生態系や里山のような生態系が自然生態系のすぐ近くにあって自然生態系に影響を与えていている。

水田やリンゴ園などの農耕地は作物にとって最適な条件となり、生産が最大化するように作られた人工的な生態系である。物質循環を通じて周辺の自然生態系に影響するので、周辺環境に配慮しながら農業を行う必要がある。農業生産では特に窒素肥料を施すことが不可欠であるが、窒素肥料は、(⑧)や(⑨)として植物に吸収されて利用される。一方、(⑧)の一部は(⑩)となって空中に飛散する。また、植物に利用されなかった余剰な窒素は周辺の生態系に拡散し、生態系に悪影響をおよぼしている。このような農耕地にも多様な生物が生息して生物の多様性が維持されてきた。例えば日本に多い水田にも多様な生物が生息しているので、耕作が放棄されるとそれまで生息していた生物が減少し、生物多様性が減少する恐れがある。

自然の生態系を維持し生態系サービスを享受するためには、これらの様々な生態系の仕組みや相互の関係を理解し、バランスを維持することが大切である。

問(1) 文章中の空欄(①)～(⑩)に当てはまる適切な語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 下線部Aについて、生物が減少する理由を40字以内で簡潔に記述せよ。

問(3) 以下のア～エの中で、生態系の中で循環しないものはどれか。1つを選び、循環しない理由を30字以内で簡潔に記述せよ。

ア. 水素

イ. エネルギー

ウ. 炭素

エ. リン

問(4) 下線部Bの生態系サービスについて以下の設間に答えよ。

a) 生態系サービスには様々な役割がある。以下のア～カで、生態系サービスの基盤サービス、調節サービス、供給サービスに関係するものはどれか、当てはまる記号をすべて答えよ。

ア. 酸素

イ. 洪水

ウ. 有機物の分解

エ. 医薬品

オ. 温暖化

カ. 食料

b) 生態系サービスには上記の3つ以外にも役割がある。その役割の名前(呼び方)とその例を1つ、答えよ。