

2022年度

# 理 科

RC

## 【 生 物 】

3月12日(土) 理 学 部 (生物科学科, 創造理学コース)

【後期日程】 農 学 部

9:40~11:00

### 注 意 事 項

#### 試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、  
全部の解答用紙(4枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

#### 試験開始後

- 4 この問題冊子は、9ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足  
や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出な  
さい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

#### 試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。





1 遺伝子組換え技術に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

ある生物の特定の遺伝子を含むDNA断片を切り取り、それを別のDNAにつないで新しい遺伝子の組合せをつくることを遺伝子組換えという。DNAの特定の塩基配列を認識して切断する制限酵素を用いてDNAを切り出し、を用いて別のDNAと連結することにより、組換えDNAをつくることができる。

特定の遺伝子を含むDNA断片は、法により微量のDNAから増幅させることもできる。法では、もととなるDNA、2種類のプライマー、耐熱性の, 4種類のなどを含む反応液を調製し、<sup>a</sup>(i) 95℃で保温, (ii) 60℃で保温, (iii) 72℃で保温という操作を繰り返すことでDNAが増幅される。

目的とする遺伝子を生物に導入する際は、とよばれる遺伝子の運び屋を用いて、細胞に導入することが多い。植物への遺伝子導入には、植物細胞に感染する細菌であるのプラスミドがの役目をする。から取り出したプラスミドに目的とする遺伝子を組み込み、そのプラスミドを再び取り込ませたを植物細胞に感染させると、目的とする遺伝子を植物細胞のに組み込むことができる。を用いて外来遺伝子を植物に導入する方法を法といい、外来遺伝子を導入した植物を植物とよぶ。

真核生物には、転写されたmRNAを分解したり、mRNAからの翻訳を抑制したりすることで遺伝子の発現を調節する機構がある。このような調節機構はRNA干渉(RNAi)とよばれる。植物では、法を介して細胞内で短いRNAを人工的に合成させることにより人為的にRNAiを引き起こすことが可能である。一方、遺伝子を操作して特定の遺伝子を発現しないようにすることを遺伝子のノックアウトという。<sup>b</sup>RNAiもノックアウトも特定の遺伝子の発現を妨げる実験手法の1つとして、遺伝子のはたらきを調べる研究に用いられている。

問1 文章中の～に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 制限酵素には多くの種類があり、表1に示したようにDNAの特定の塩基配列を認識して切断する。異なる制限酵素で切断した配列同士でも、切断面の配列が同じ場合はを用いて連結できる。次の小問(1)～(2)に答えなさい。

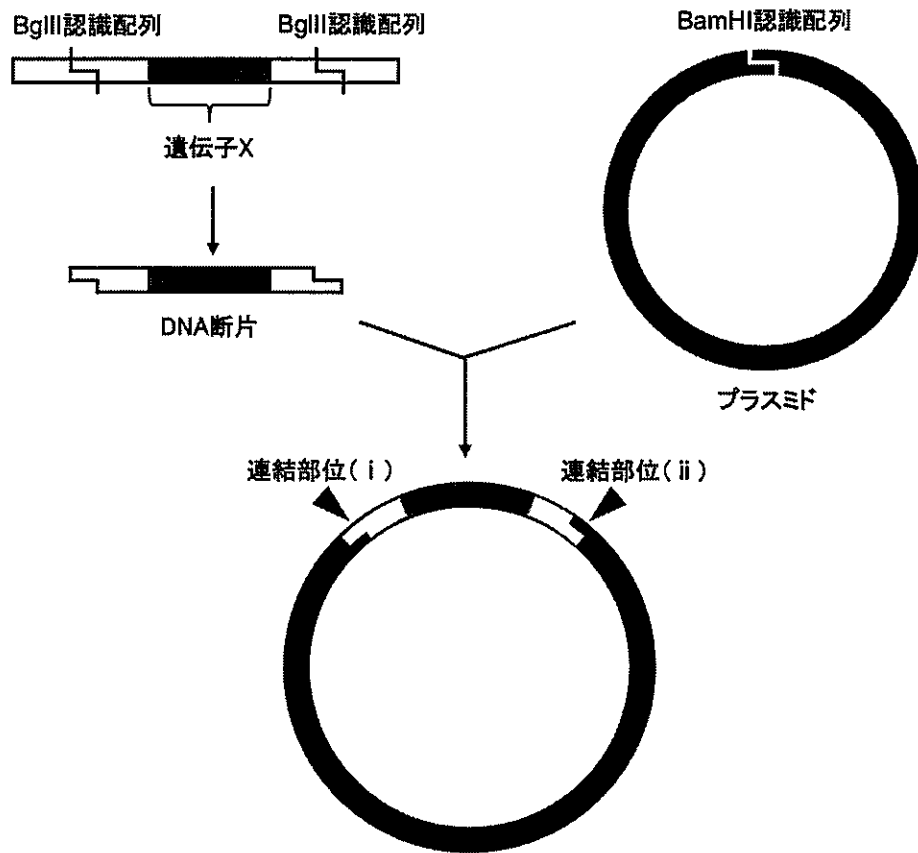
(1) 図1に示したように遺伝子Xを含む領域をBglIIIで切り出したDNA断片を、BamHIで切断したプラスミドに組み込み、組換えプラスミドを作製した。この組換えプラスミドにおけるDNA断片とプラスミドの連結部位(i)～(ii)はどのような配列になるか、それぞれの6塩基対の配列を答えなさい。

(2) 作製した組換えプラスミドから遺伝子Xの配列を再び切り出したい。図1の2か所の連結部位(i)～(ii)を切断することができる制限酵素はどれか。適切と思われる制限酵素を表1の(ア)～(カ)からすべて選び、記号で答えなさい。

表1 制限酵素の名称と認識する塩基配列

制限酵素	認識する塩基配列	制限酵素	認識する塩基配列
(ア) AvrII	<pre>  -----    C C T A G G     G G A T C C    -----                      </pre>	(イ) BamHI	<pre>  -----    G G A T C C     C C T A G G    -----                      </pre>
(ウ) BglII	<pre>  -----    A G A T C T     T C T A G A    -----                      </pre>	(エ) DpnI	<pre>  -----    G A T C     C T A G    -----                      </pre>
(オ) EcoRI	<pre>  -----    G A A T T C     C T T A A G    -----                      </pre>	(カ) Sau3AI	<pre>  -----    G A T C     C T A G    -----                      </pre>

破線は切断面を示す。



DNA断片を連結した組換えプラスミド

図1 組換えプラスミドの作製

問 3 下線部 a の(i)~(iii)の操作ではそれぞれどのような反応が起きているか、説明しなさい。

問 4 植物の花の色は、花弁に含まれる様々な色素の種類や含有量により調節される。下線部 b の手法を用いて、白色の花弁をもつある植物でカロテノイド色素の分解酵素遺伝子の発現を妨げたところ、花弁が黄色に変化した株が得られた。得られた株の間では花弁の黄色の濃淡が異なっていたが、得られた株と元株との間では花弁の色以外に違いはみられなかった。次の小問 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 図 2 は A~E 株のカロテノイド色素の分解酵素の酵素活性の相対値を示したグラフである。A~E 株は、(ア) 元株、(イ) RNAi 株、(ウ) ノックアウト株のいずれの株であるか、(ア) ~ (ウ) の記号で答えなさい。

(2) A~E 株の花弁のカロテノイド色素の含有量は、どのような関係になるか、カロテノイド色素の含有量が多い順に、不等号を用いて答えなさい。

(3) A~E 株のうちカロテノイド色素の含有量をもっとも多い株の花弁は濃い黄色を示した。この株をもとにカロテノイド色素の合成酵素遺伝子を操作して、薄い黄色の花弁をもつ植物を作出したい。どのような操作を行えばよいと考えられるか説明しなさい。

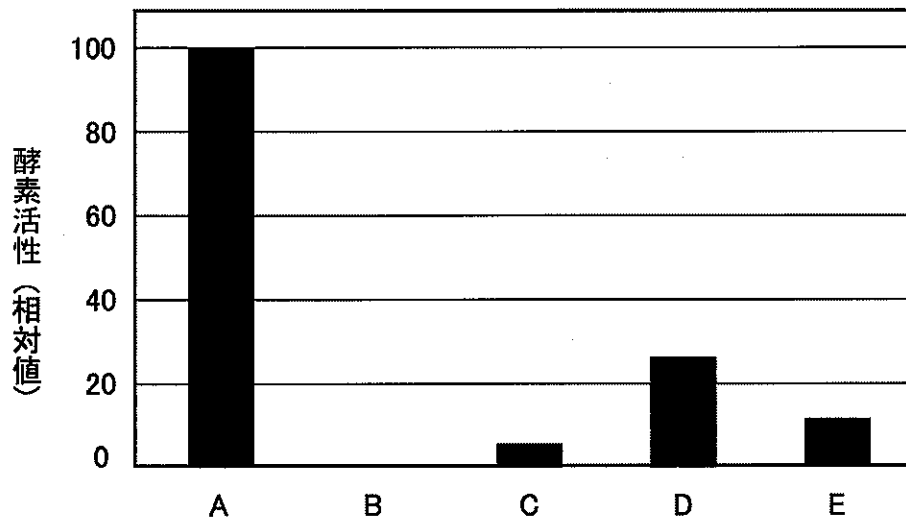


図 2 カロテノイド色素の分解酵素の酵素活性  
もっとも高い酵素活性を 100 とした場合の相対値

2 免疫に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

動物は病原性微生物やウイルスの体内への侵入を皮膚や粘膜、<sup>a</sup> リゾチームやディフェンシンのはたらきなどによって防いでいる。これらの防御を突破した病原体を排除するしくみが免疫である。

白血球の一種である好中球やマクロファージは  によって細菌やウイルスに特有の成分を認識し  が促進される。このしくみは動物にもともと備わっている免疫作用であり、 とよばれる。さらに脊椎動物は病原体の再感染を防御する  のしくみを発達させた。ここに関わるのが  や様々なタイプのT細胞、B細胞などの白血球である。 は  によって病原体を取り込み、断片化した病原体の成分を  として細胞表面に提示する。 と結合できるT細胞受容体を持つT細胞は  から分泌されたサイトカインによって活性化され、<sup>b</sup> キラーT細胞や  へと分化する。

<sup>c</sup> 個々のB細胞は、それぞれアミノ酸配列が少しずつ異なる抗体の遺伝子をもっている。  
 は、自身のT細胞受容体と同一の  を認識し結合できる抗体の遺伝子をもつB細胞のみを活性化する。活性化されたB細胞は抗体を産生する形質細胞へと変化する。増殖した形質細胞から分泌された抗体が  と特異的に結合することで、病原体が細胞に感染することを阻止したり、白血球による  を促進したりする。

弱毒化、あるいは死滅させた病原体などを  としてヒトに接種するのが予防接種である。一方、大型動物に病原体、あるいは  となりうるものを接種したのち採血し、血清中の抗体を取り出して治療に用いるのが <sup>d</sup> 血清療法である。さらに新型コロナウイルス感染症の対策として、ウイルスがもつ 特定のタンパク質を指定するmRNAを接種することでヒトの細胞に  そのものをつくらせるmRNA  の技術が初めて実用化された。

問1 文中の  ～  に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aと下線部bがもつはたらきをそれぞれ説明しなさい。

問3 下線部cについて、限られた数の抗体遺伝子から膨大な種類の抗体が作り出されるしくみを、「可変部」、「再編成」の2つの語を用いて説明しなさい。

問4 下線部dに関して、ハブやマムシなどの毒蛇にかまれた際には血清療法が有効である。その理由を説明しなさい。





問 5 新型コロナウイルスの構造の模式図を図1に示した。ウイルスがヒト細胞と結合するために必要なスパイクはS-タンパク質からなる。またウイルスのRNAとそれを保護するN-タンパク質は複合体を形成し、ヒトの細胞膜に由来する脂質二重膜であるエンベロープによっておおわれている。以上を踏まえて小問(1)～(2)に答えなさい。

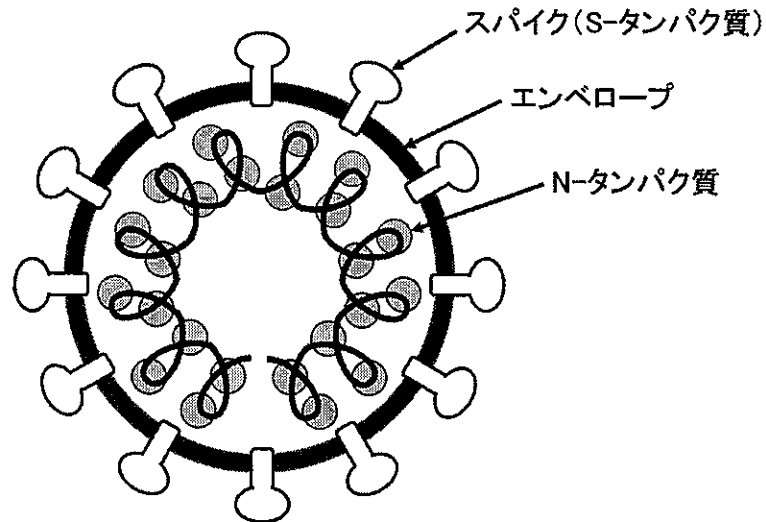


図1 新型コロナウイルスの構造の模式図

図中のらせん状の構造はウイルスのRNAを示す。

(1) 新型コロナウイルスに感染したことのある人はどのタンパク質に対する抗体をもっていると考えられるか。(ア)～(ウ)から1つを選び、その理由を説明しなさい。

(ア) S-タンパク質のみ

(イ) N-タンパク質のみ

(ウ) S-タンパク質とN-タンパク質の両方

(2) 新型コロナウイルスの場合、S-タンパク質が下線部eとしてもっとも適している。その理由を説明しなさい。

3

被子植物の生殖に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

被子植物の花では、雌雄の配偶子が形成される。若いおしべの葯やくの中では、多数の①が減数分裂を行い、②とよばれる4個の未熟花粉の集まりとなる。これらが成熟する過程で大きさの異なる2つの細胞に分裂し、小さいほうの細胞が大きいほうの細胞に取り込まれる。この結果できた細胞を③とよび、のちに体細胞分裂により2個の④を生じる。

一方、若いめしべの子房では胚のうへの分化が胚珠で始まり、まず⑤が形成される。⑤は減数分裂によって4個の細胞となるが、そのうち3個は退化し、残った1個が胚のう細胞になる。胚のう細胞では核の分裂が3回起こり、生じた8個の核のうち6個の核の周りは仕切られて細胞化し、1個が⑥、2個が⑦、3個が⑧になる。残りの2個の核は極核となる。これらのまとまりを胚のうとよぶ。

成熟した花粉が柱頭に付着(受粉)すると、花粉管が伸び、胚のうに到達して、a受精が起こる。受精卵は胚となり、ある程度発達したところで分裂をやめる。その後、b形成された種子は成熟とともに休眠に入る。種子は環境が整うと発芽する。

問1 文章中の①～⑧に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、被子植物でみられる受精の名称をあげ、そのしくみを説明しなさい。

問3 下線部bに関連して、以下の小問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 種子の休眠に関わる植物ホルモンの名称をあげ、休眠におけるはたらきを説明しなさい。
- (2) コムギやオオムギなど種子が穂にできる植物では、収穫期と降雨期が重なると、穂に実っている種子が水分を含むことで収穫前に発芽する「穂発芽」が見られることがある。穂発芽を防ぐには(1)であげたホルモンへの感受性が高い植物と低い植物のどちらが適しているか、その理由とともに答えなさい。
- (3) バラ科のモモやウメの未熟な果実や種子では、動物に食べられることを防ぐためにシアン化物の一種、アミグダリンが蓄積している。ヒトがこれらを食べた時に起こる中毒のしくみについて説明した下記の文中で、⑨～⑪に入るもっとも適切な語を(ア)～(コ)から選びなさい。

ヒトがモモの未熟な種子を食べると、消化管内でアミグダリンが分解されシアン化水素が発生する。シアン化水素は細胞内に入り、さらに細胞小器官の⑨の中に入る。その結果⑨の⑩で行われる呼吸の電子伝達系のはたらきが阻害されることで⑪の合成が抑制され、中毒が起こる。

- |         |           |          |             |
|---------|-----------|----------|-------------|
| (ア) 葉緑体 | (イ) 内 膜   | (ウ) NADH | (エ) ミトコンドリア |
| (オ) 細胞膜 | (カ) NADPH | (キ) 小胞体  | (ク) 外 膜     |
| (ケ) ATP | (コ) ゴルジ体  |          |             |

問 4 バラ科の果実は、多様な形態を持つことが知られている。イチゴの可食部は花托(花床)<sup>かなく かしょう</sup>とよばれる部位で、茎と子房の間の部位が肥大化したものである。リンゴも同様に花床が肥大化した部分が可食部であるが、モモでは肥大化した子房壁の一部が可食部となる(図1)。以上を踏まえ、小問(1)～(2)に答えなさい。

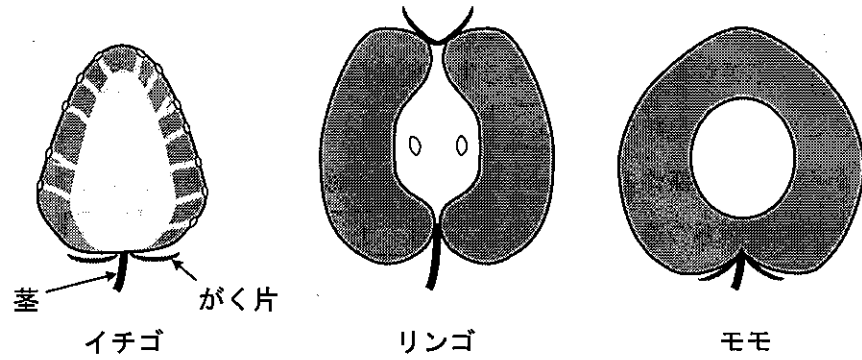


図1 果実の断面の模式図

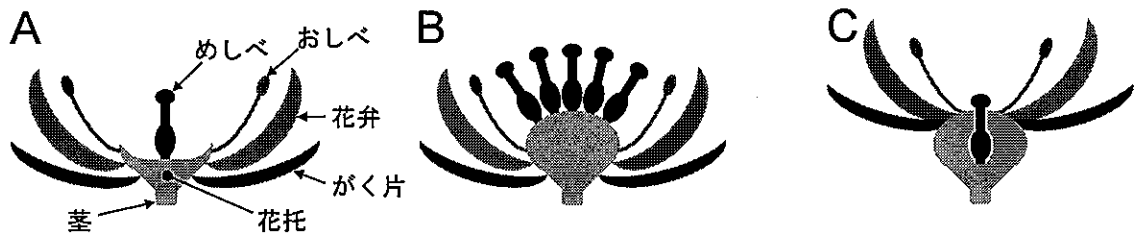


図2 花の断面構造の模式図

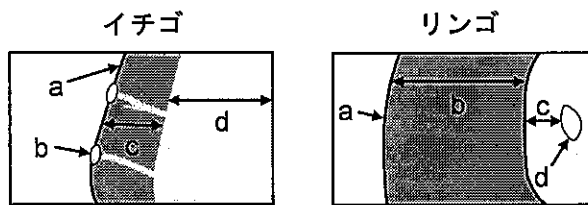


図3 図1の部分拡大図

- (1) 図2は花の構造の断面を模式的に示したものである。図1を参考に、リンゴの花の構造を図2のA～Cの中から選び、選んだ理由を説明しなさい。
- (2) 種子が成熟した際の、(ア)イチゴと(イ)リンゴの果皮は図3のa～dのどれかそれぞれ答えなさい。

4 生態系と生物多様性に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。(配点25%)

生物多様性には、遺伝的多様性、①、②の3つの階層がある。生物多様性は自然現象や、a人間の活動によって変化したり、損なわれたりすることがあり、これらにより生態系やその一部が破壊されることを③という。③の程度が、bそれほど大きくない場合、逆に生物多様性が大きくなることもある。このような考え方を④説という。③の影響が大きい場合、ある生物種またはその個体群が、c子孫を残すことなく消滅してしまうことがあり、これを⑤という。

ここからは生物多様性の中でも、特に遺伝的多様性が変化する状況について考えてみよう。交配可能な個体群がもつ遺伝子全体のことを⑥という。⑥において、1つの遺伝子座の対立遺伝子の割合のことを⑦という。自然選択に対して中立な遺伝子であっても、次世代に受け継がれる遺伝子は無作為に選ばれ、受け継がれる遺伝子の数も限られるため、⑦は偶然によって変動することがある。このことを⑧という。⑧の例として、dびん首効果があげられる。

問1 ①～⑧に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aに関連し、生物多様性が変化したり損なわれたりする人間活動を2つあげ、下の例にならってそれらが生物多様性にどのような影響を与えるか説明しなさい。

(例) 回復できる以上に乱獲されることにより、個体数が激減し、種や個体群の消滅や生態系の破壊が引き起こされる。

問3 下線部bに関連し、波浪の影響が大きい場所、波浪の影響が小さい場所、および波浪の影響が両者の中程度の場所の3か所で、サンゴの被度と種数を調査した。調査の結果、表1のように波浪の影響が中程度の場所でサンゴの種数をもっとも多いことがわかった。なぜ(ア)波浪の影響の大きい場所と(イ)波浪の影響の小さい場所で種数が少なくなるという結果になったのか、それぞれ考えられる理由を説明しなさい。

表1 波浪の影響の大きさがサンゴの被度および種数におよぼす影響

波浪の影響	小さい	中程度	大きい
サンゴの被度	高い	中程度	低い
サンゴの種数	少ない	多い	少ない

問 4 下線部 c に関連し、ある生物種の個体群サイズが低下し消滅に向かう過程について、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 遺伝的多様性, 近交弱勢, 交配相手, 生存に不利な遺伝子, 捕食者

問 5 下線部 d のびん首効果によって遺伝的多様性が低下する例を考えてみたい。ある二倍体の生物において、遺伝的多様性を維持するのに十分な個体群サイズが 3 個体へと激減した。以下の小問 (1) ~ (2) に答えなさい。

(1) 個体群サイズが激減する前の個体群における遺伝子型  $RR : Rr : rr$  の分離比が  $1 : 2 : 1$  の場合、この個体群中における対立遺伝子  $R : r$  の比を答えなさい。

(2) びん首効果により小問 (1) の状況から 3 個体に減少した個体群において、対立遺伝子  $R$  もしくは  $r$  のどちらかが失われる確率を求めなさい。ただしこの個体群サイズの激減において、 $R$  および  $r$  の遺伝形質による生存の有利不利はなかったものとする。

