

(前期日程)

# 令和4年度 理科 生物基礎・生物(生物)

## 科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た科目を解答すること。

理学部の受験者

生物受験の者は、生物基礎・生物(生物)を解答すること。

農学部の受験者

届け出た科目を解答すること。

## 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は、11ページあります。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気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 5 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

1 代謝に関する次の文章を読み、問1～5に答えよ。

生物がさまざまな生命活動を営むためには、エネルギーが必要である。生物は光合成や呼吸を行うことによって、生命活動に必要なエネルギーを獲得している。

植物の光合成の場合は葉緑体である。光合成の反応は、葉緑体のグラナを構成する 1 で行われる光が直接関係する反応過程と、<sup>①</sup>葉緑体の 2 で行われる光が直接関係しない反応過程の2つに大きく分けられる。呼吸は、生物が備えている ATP 合成のしくみである。呼吸によって分解される物質は呼吸基質といい、呼吸<sup>③</sup>によって 3 と二酸化炭素に分解される。<sup>④</sup>

問1 文中の 1 ～ 3 に入る適当な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、主に青色と赤色の両方の光を強く吸収する色素を答えよ。

問3 下線部②に関して、以下の(1)、(2)に答えよ。

- (1) この反応過程は下線部①の反応過程で作られた ATP と NADPH を用いた回路状の反応経路となっている。この名称を答えよ。
- (2) この反応過程は3つの段階に分けることができる。これら3つの段階をすべて答えよ。

問4 下線部③に関して、以下の(1)、(2)に答えよ。

- (1) ATP は生体内における「通貨」に例えられることもあるが、その理由を説明せよ。
- (2) 光合成と呼吸は全く異なる反応だが、ATP を合成する点では同じような電子伝達系のしくみを持っている。この電子伝達系により、ATP 合成の原動力を生み出すしくみを説明せよ。

問 5 下線部④に関して、以下の実験を行った。図1のような実験装置を用意して、三角フラスコ A, B にトウゴマの発芽種子を同量入れた。A のフラスコ内には十分量の水酸化カリウム水溶液を、B のフラスコ内には水を入れた容器を設置した。温度による影響がないように A, B ともに恒温器に入れた。活栓を同時に閉じて、一定時間後にそれぞれのメスピペット内の着色液の動きから、各フラスコ内の気体の減少量  $a$ ,  $b$  を測定した。その後、オオムギの発芽種子についても同様の実験をした。各フラスコ内の気体の減少量は表1のようになった。以下の(1)~(3)に答えよ。

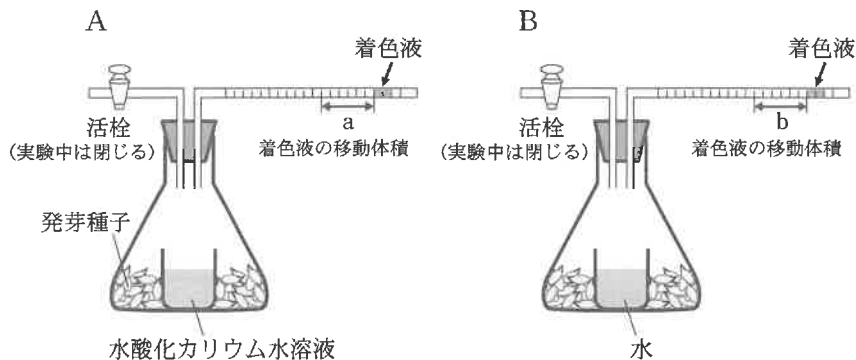


図 1

表 1

	トウゴマ	オオムギ
A の気体減少量 $a$	1098 mm <sup>3</sup>	983 mm <sup>3</sup>
B の気体減少量 $b$	320 mm <sup>3</sup>	18 mm <sup>3</sup>

- (1) フラスコ A に水酸化カリウム水溶液を入れた理由と目的を説明せよ。
- (2) 消費された酸素の体積および放出された二酸化炭素の体積を  $a$ ,  $b$  の記号を用いて答えよ。
- (3) トウゴマの呼吸商(ア)とオオムギの呼吸商(イ)を四捨五入により小数第 2 位まで求めよ。また、それをもとに、トウゴマの呼吸基質(ウ), オオムギの呼吸基質(エ)が何か、それぞれ答えよ。

2 植物ホルモンのはたらきに関する次の文章を読み、問1～5に答えよ。

植物は、絶えず変化する周囲の環境を感知し、それに合わせて発生や成長を調節している。また、病原体や昆虫のような外敵に対しても応答している。これらのしくみは植物ホルモンを介して行われる。

昆虫から食害を受けた植物では、植物ホルモンの [ 1 ] が急激に合成されて、これが防御に関わるタンパク質の合成を誘導する。この誘導されたタンパク質の中には昆虫の消化酵素のはたらきを阻害する作用があるものが含まれている。昆虫は食べた葉を消化しづらくなり、食害が拡大するのを防ぐことができる。 [ 1 ] は揮発性物質に変化して拡散し、受容した周囲の植物に情報を伝達する。ウイルスなどの病原体に感染した植物では、病原体を感染部位に閉じ込めて全身に広がるのを防ぐ。感染部位では植物ホルモンの<sup>①</sup> [ 2 ] が合成され、別の部位にその情報が伝達されて抵抗性が誘導される。 [ 1 ] と同様に [ 2 ] も揮発性物質に変化して拡散し、周囲の植物がこれを受容すると病原体に対する抵抗性を獲得する。

[ 3 ] という病原菌が植物に感染すると、自身の [ 4 ] の一部を宿主である植物の細胞内の染色体 DNA に組み込んで腫瘍を形成させて寄生する。組み込む DNA にオーキシンとサイトカイニンの合成に関わる遺伝子が含まれているため腫瘍が形成される。<sup>②</sup> この感染様式を利用して植物の形質転換が行われており、トランスジェニック植物をつくる際は、腫瘍を形成させる遺伝子が取り除かれた [ 4 ] に目的の遺伝子を組み込んで [ 3 ] に戻して感染させる。この他にも、<sup>③</sup> 病原菌の研究により植物ホルモンの研究が大きく進展した例が知られている。

問1 文中の [ 1 ] ～ [ 4 ] に入る適当な語を答えよ。

問2 下線部<sup>①</sup>に関して、この防御応答の名称と、感染細胞や周辺の細胞で起きる現象を簡潔に説明せよ。

問 3 ある植物で、病原体に対する抵抗性が失われた突然変異体が見つかった。野生型では病原体の感染後にある植物ホルモン X が増加したが、この変異体では増加しなかった。この変異体に植物ホルモン X の水溶液を噴霧してから病原体に暴露する(さらす)と、その病原体に対する抵抗性が復帰した。この変異体は単一の遺伝子の劣性ホモ変異体であった。この変異体の表現型の原因となる変異について、正しいと考えられるものを次の(a)~(d)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 植物ホルモン X の生合成経路に欠損がある。
- (b) 植物ホルモン X の受容体に欠損がある。
- (c) 植物ホルモン X の分解酵素に欠損がある。
- (d) 植物ホルモン X と病原体との結合に欠損がある。

問 4 下線部②のオーキシシンとサイトカイニンの作用に関して、タバコの茎の組織培養を行う際にこれらの植物ホルモンの濃度のバランスを図 1 の A ~ C のような 3 パターンに変えた場合、培養した組織がどのようなようになるか説明せよ。

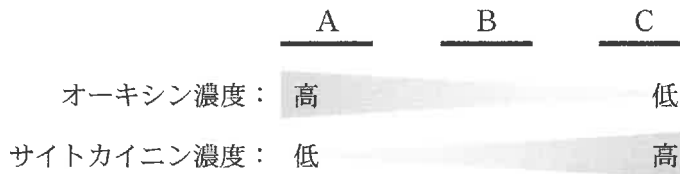


図 1

問 5 下線部③に関して、イネに感染する病原菌の研究がきっかけで発見され、その病原菌の名前にちなんで名付けられた植物ホルモンを答えよ。

3 免疫に関する次の文章を読み、問1～5に答えよ。

ウイルスは生物のような細胞としての構造をもたず、核酸をタンパク質の殻で包んだ粒子として存在しており、宿主の細胞内に侵入し増殖を行う。

ヒトは、自然免疫と獲得免疫(適応免疫)というシステムを用いて、異物(非自己物質)の排除を行っている。体内に侵入したウイルスは、食細胞により取り込まれ消化・分解されるが、排除できなかったウイルスに対しては、獲得免疫がはたらく。獲得免疫系ではたらくリンパ球は、抗原特異的な応答を行い、同じウイルスの再感染を防ぐことができる。この獲得免疫系の特性を生かした、ウイルス感染症の予防のための方法は、ワクチンの接種とよばれる。

問1 下線部①に関する以下の文章を読み、 ～  に入る最も適切な語を答えよ。

真核生物は、細胞を外界から隔てる脂質二重層からなる  ，タンパク質合成の場となる構造体  や、原核生物には無い呼吸の場となる  などの構造をもつ。

問2 下線部②に関して、細菌の細胞壁成分・べん毛タンパク質やウイルスの核酸を認識する受容体の名称を答えよ。

問3 下線部③に関して、食細胞の中には、ウイルスを取り込んで分解し、ウイルスタンパク質断片をT細胞に提示する細胞がある。この細胞の名称と、細胞表面に存在し抗原を提示するタンパク質の名称を答えよ。

問 4 下線部④に関する以下の文章を読み、 ～  に入る適切な語を答えよ。

ウイルスがはじめてヒトの身体へ侵入した場合、約1週間後から  細胞がウイルスに対する抗体を産生するようになり、ウイルス排除後には抗体が減少していく。これを  応答という。再び同じウイルスが侵入すると、初回とは異なり、抗体がすみやかに大量に産生される  応答が見られる。これは獲得免疫が成立すると、一部の抗原特異的  細胞・  細胞が  細胞へと分化し、再度の感染に備えるためである。

問 5 下線部⑤に関して、RNA ウィルスではゲノム複製時の突然変異が高頻度に生じることが知られている。このことから、ワクチンの接種の効果は時間経過に伴い消失する可能性がある。以下の(1)、(2)に答えよ。

(1) ウィルスタンパク質の一部をワクチンとして使用した。しかしながら、ワクチン接種者においてもウィルス感染・発症が見られるようになった。ウィルスにどのような変化が生じ、発症したと考えられるか、以下の語を全て用いて説明せよ。

アミノ酸, ウィルス, 塩基, 抗原, 抗体, 突然変異

(2) ゲノム情報が高頻度で変化する RNA ウィルスでは、存続に不利な突然変異も生じていると予想される。どのようなことが考えられるか、以下の語を全て用いて説明せよ。

感染, コドン, 増殖, 挿入・欠失, タンパク質, フレームシフト

4 生態系と生物多様性に関する次の文章を読み、問1～5に答えよ。

本来の生息地ではない場所へ、人の手によって導入された生物を外来生物という。外来生物は、生態系に様々な影響を与え、在来生物を脅かすため、その駆除が行われている。ある湖沼で外来生物のオオクチバスを駆除したところ、それまでオオクチバスに食べられていた同じく外来生物のアメリカザリガニが増加した。その結果、アメリカザリガニが在来の水草ヒシを食べて減少させ、それによってヒシを産卵場所とするイトトンボが減少した。

これは、外来生物の駆除が予期せぬ結果を引き起こした例と言える。この例では、オオクチバスの駆除が、オオクチバスと  関係にあるアメリカザリガニに及ぼす影響や、さらには、オオクチバスのヒシに対する  効果、アメリカザリガニからイトトンボへの  効果といった複雑な生物間相互作用の存在が示されている。外来生物の駆除においては、そのような様々な生物間関係に配慮する必要がある。

問1 文中の  ,  に入る最も適切な語を以下の(ア)～(ク)から選び、記号で答えよ。

- |          |        |           |
|----------|--------|-----------|
| (ア) 競争   | (イ) 共生 | (ウ) 捕食-被食 |
| (エ) ドメイン | (オ) 順位 | (カ) 系統    |
| (キ) 直接   | (ク) 間接 |           |

問2 下線部①に関して、外来生物が非生物的環境に影響を与え、在来生物の生息を困難にする場合がある。外来生物に限らず、生物が非生物的環境に影響を及ぼすことを何とよぶか答えよ。



問 3 下線部②に関して、外来生物の影響により個体群が小さくなり、絶滅の危機にある在来生物が存在する。生物種の個体群が小さくなったり、孤立したりすると、絶滅の渦といわれる現象により、ますます個体群の縮小が生じやすくなる。その要因となるものを3つ挙げ、絶滅の渦とはどのようなしくみか説明せよ。

問 4 ある池に導入されたオオクチバスの個体数は、はじめは急速に増加したが、次第に増加速度が小さくなり、やがて一定の個体数となった。これは、一定量の栄養分を含む培地を入れた容器内にゾウリムシを導入した場合に見られる現象と同様と考えられる。以下の(1)、(2)に答えよ。

(1) このときの一定の個体数を何とよぶか答えよ。

(2) 個体数が増えると個体数の増加速度が小さくなるのはどのようなしくみか説明し、それは何とよばれるか名称を答えよ。

問 5 外来生物と近縁な在来種とが交配して雑種個体が生じ、さらにその雑種個体が繁殖可能な場合がある。そのとき、在来種の個体群にどのような影響が生じるか説明せよ。

5 遺伝子・遺伝に関する次の文章を読み、問1～4に答えよ。

生命の設計図としてのDNAは、4種類の塩基と糖と  から構成される  がつながったものである。まず、このDNAを鋳型にRNAが合成される。このことを、 という。さらにRNAの遺伝情報はタンパク質を構成するアミノ酸に  される。このように、遺伝情報はDNA → RNA → タンパク質へと一方向に流れるという概念を  という。

2020年「ゲノム編集」がノーベル化学賞を受賞する等、近年DNAを操作する技術が一段と発達している。DNA操作において、GAATTC配列を認識してその部位のDNAを切断するEcoRIやAAGCTT配列を認識してその部位のDNAを切断するHindIIIなどDNAの「ハサミ」として機能するこれらの酵素を  酵素という。一方、DNAをつなぐ「ノリ」としての機能を持つ酵素をDNA  という。

現在から遡ること約160年、ヨハン・メンデルはエンドウを長年にわたり観察することで、現在の遺伝学の基礎となる規則性を見い出した。例えば、AとBという異なる形質の元となる遺伝子が異なる染色体上にある場合、AとBは  しているという。Aとa、Bとbが対立遺伝子の場合、遺伝子型AaBbの個体を作る配偶子の組み合わせと比率は、 $AB : Ab : aB : ab = 1 : 1 : 1 : 1$ となる。一方、対立遺伝子のCとc、Dとdについて、CとD、cとdが同じ染色体上にある場合、これらは  しているという。この場合、2つの遺伝子は減数分裂において同じ行動をするので、配偶子の組み合わせは、 $CD : Cd : cD : cd = 1 : 0 : 0 : 1$ となる。しかし、減数分裂の際、ある一定の割合で2本の染色体間で遺伝子が入れ換わることがある。これを組換え<sup>②</sup>という。これにより、Cd、cDという組み合わせの配偶子が生じる。

問 1 文中の  ～  に入る適当な語を答えよ。

問 2 下線部①に関して，DNA と RNA の構造はよく似ているが，異なる点もある。DNA と RNA の違いについて表 1 の  ～  に入る適当な組み合わせを表 2 の(ア)～(ク)から 1 つ選び記号で答えよ。

表 1

	鎖	糖	塩基
DNA	主に <input type="text" value="A"/> 本鎖	<input type="text" value="C"/>	アデニン， グアニン， シトシン， <input type="text" value="E"/>
RNA	主に <input type="text" value="B"/> 本鎖	<input type="text" value="D"/>	アデニン， グアニン， シトシン， <input type="text" value="F"/>

表 2

	A	B	C	D	E	F
(ア)	1	2	デオキシリボース	リボース	ウラシル	チミン
(イ)	1	2	デオキシリボース	リボース	チミン	ウラシル
(ウ)	1	2	リボース	デオキシリボース	ウラシル	チミン
(エ)	1	2	リボース	デオキシリボース	チミン	ウラシル
(オ)	2	1	デオキシリボース	リボース	ウラシル	チミン
(カ)	2	1	デオキシリボース	リボース	チミン	ウラシル
(キ)	2	1	リボース	デオキシリボース	ウラシル	チミン
(ク)	2	1	リボース	デオキシリボース	チミン	ウラシル

問 3 核酸の塩基は 4 種類あり，3 つの塩基で 1 つのアミノ酸を指定しているので，コドンは全部で  $4^3$  通りある。この  $4^3$  通りの中には，1 つの開始コドンと 3 つの終止コドンが含まれる。1 つの転移 RNA (tRNA) が 1 つのコドンに 1 対 1 で対応すると仮定すると，計算上 tRNA は何種類あると考えられるか答えよ。

- 問 4 下線部②の 9 の関係にある C と D に関して、遺伝子型 CcDd を持つ親は組換えにより CD, Cd, cD, cd の配偶子をそれぞれ 800 個, 200 個, 200 個, 800 個を形成した。C と D は優性遺伝子, c と d は劣性遺伝子とする。なお、表現型は [CD], [Cd], [cD], [cd] と表記する。以下の(1), (2)に答えよ。
- (1) 組換え価(%)を答えよ。
- (2) この親の自家受粉によってできた子の表現型の分離比, すなわち, [CD] : [Cd] : [cD] : [cd] を答えよ。