

令和3年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～18 ページ

化 学 19 ページ～34 ページ

生 物 35 ページ～49 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

生 物

注意 1. 志望する学部・学科等により、表に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち生物を選択する者	1 2 3 5
教育学部 志望者のうち生物を選択する者	1 2 5
理学部 数学・情報数理学科，化学科志望者のうち生物を選択する者	1 2 3
理学部 生物学科	1 2 3 4 5
理学部 地球科学科志望者のうち生物を選択する者	1 4 5
園芸学部 園芸学科，緑地環境学科志望者のうち生物を選択する者	1 2 5
園芸学部 応用生命化学科志望者のうち生物を選択する者	1 2 3
医学部 志望者のうち生物を選択する者	1 2 3
薬学部 志願者のうち生物を選択する者	1 2 3
看護学部 志望者のうち生物を選択する者	1 2 3
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 化学関連分野志望者のうち生物を選択する者	1 4 5
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 生物学関連分野	1 2 3 4 5
先進科学プログラム (方式Ⅱ) 植物生命科学関連分野	1 2 3

2. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に、指定された方法で記入しなさい。

1 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

植物 A では、色素は1つの代謝経路において合成されており、酵素 B が働いて色素が合成されると花色は青になる。一方で、酵素 B が働かずに色素が合成されると花色は赤になる。このため、酵素 B をコードする遺伝子(遺伝子 B)の構造を調べることで、発芽したばかりの状態でも花色を判別することができる。

これまでの実験から、遺伝子 B は、3つのエキソンと2つのイントロンから構成されており、赤い花では遺伝子 B の第二エキソンに13塩基の挿入による変異があることが確認されている(図1)。そこで、この構造の違いを⁽¹⁾PCR法により確認することで、花色を判別する計画を立てた。

まず、遺伝子 B のタンパク質をコードする全長配列を増幅するため、プライマーセット(X)を設計した。次に、植物 A の根・茎・葉・花からそれぞれ mRNA を抽出し、遺伝子 B の発現を確認した。特定の部位での目的遺伝子の発現を確認する場合、その部位から mRNA を抽出する。その後、逆転写酵素の反応により相補的 DNA を合成してから、PCR法により目的遺伝子の発現を確認する。

プライマーセット(X)を使用した結果、遺伝子 B は青赤どちらの花色の個体でも、花でのみ発現していることが示された。つづいて、プライマーセット(X)で増幅が確認された遺伝子 B の配列上に、⁽²⁾青い花の遺伝子 B の配列のみが増幅されるプライマーセット(Y)を、それぞれ20塩基になるように設計した。最後に、花色が青または赤となる予定の発芽段階の個体の葉から DNA を抽出し、プライマーセット(Y)を使用して花色判別を行った(図2)。

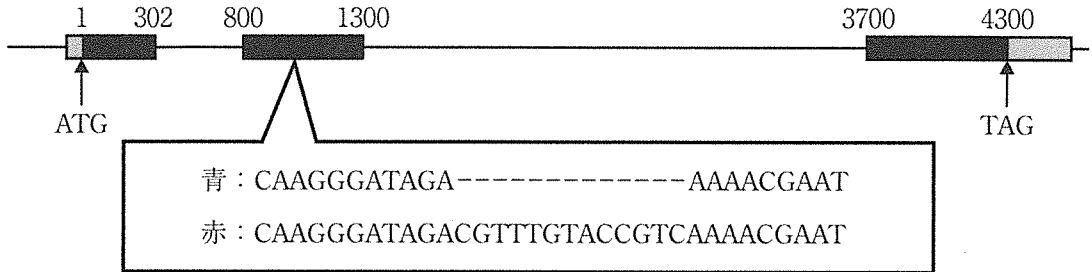


図1 青または赤の花色の個体での遺伝子 B の構造。黒い部分がエキソンのタンパク質をコードする領域。数字は開始コドン(ATG)からの塩基数であり, TAG は終止コドンを示している。

問 1 下線部(1)について, 次の①・②に答えなさい。

① 下線部(1)の説明として, 以下の文章中の ~ にあてはまる最も適切な語句または数字を答えなさい。

・ポリメラーゼ 法は, 微量な DNA を指数関数的に増幅する方法である。酵素反応には鋳型 DNA と DNA ポリメラーゼ, 基質となる 種類のヌクレオチド, および 1 組のプライマーを必要とする。実験では, 反応は 95℃ → 55℃ → 72℃ の 3 ステップで行い, この 3 ステップを 30 回繰り返したのちに反応を停止させた。増幅された DNA の検出は, 法により行った。DNA は糖, 塩基, から構成されており, は水溶液中で負に帯電しているため, 水溶液に電圧を加えることで, 増幅された DNA 断片は + 極に向かって移動する。このとき, DNA 断片がアガロースゲル中を進む速さは, 塩基対数の多い断片の方が, 少ない断片よりも なる。

② 95℃ → 55℃ → 72℃ の 3 ステップでは, どのようなことがおこっているか。それぞれ 30 字以内で説明しなさい。

問 2 プライマーセット(X)の片方のプライマーは、下記の鋳型となる配列に設計した。設計したプライマーの配列を、以下の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えなさい。なお、この鋳型となる配列の3'末端は、遺伝子Bの終止コードに位置している。

鋳型となる配列：5'-TGGATGTTTATGTACCATAG-3'

- (a) 5'-TGGATGTTTATGTACCATAG-3'
- (b) 5'-CTATGGTACATAAACATCCA-3'
- (c) 5'-ACCTACAAATACATGGTATC-3'
- (d) 5'-GATACCATGTATTTGTAGGT-3'

問 3 下線部(2)について、プライマーの一つは問2で設計したものを使用する場合、設計すべきもう片方のプライマーの配列を答えなさい。

問 4 図 2 に示す ウ 法の結果について、次の①・②の結果として適切なものを、図 2 の(a)~(e)から一つずつ選び、記号で答えなさい。

- ① プライマーセット(X)を使用した際の、青い花における遺伝子 B の発現を確認した結果。
- ② プライマーセット(Y)を使用した際の、青い花が咲くと予想される発芽段階の個体での花色判別の結果。なお、プライマーセット(Y)は、問 2 と問 3 で設計したプライマーとする。

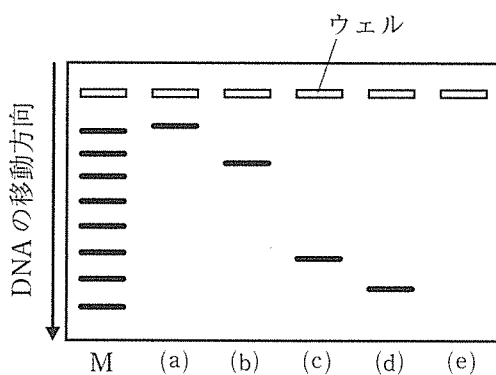


図 2 M のレーンはあらかじめ長さの分かっているマーカー DNA の結果を示しており、塩基対数が 500 bp から 4,000 bp まで、500 bp ごとにバンドとして示されている。

問 5 植物 A では白い花が咲くことがある。この白い花では色素が合成されていないことが確認されている。赤い花と白い花を交配したところ、得られた第一世代(F_1)ではすべて青い花が咲いた。交配に使用した白い花の DNA に対し、プライマーセット(Y)を使って PCR 法を行うと、どのような結果が得られると考えられるか。理由とともに 150 字以内で説明しなさい。

2 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

細菌 P は好気性の原核生物で、グルコースを代謝することができる。1分子のグルコースは酸素を必要としない **ア** により2分子のピルビン酸になり、この過程で差し引き **イ** 分子の ATP と **ウ** 分子の NADH ができる。その後、ピルビン酸は脱炭酸酵素により CO_2 が取り除かれ、**エ** となる。**エ** はオキサロ酢酸と結合してクエン酸となり、クエン酸回路により、再びオキサロ酢酸となる。その結果、1分子のピルビン酸は3分子の CO_2 に分解され、4分子の NADH と1分子の FADH_2 、それに基質レベルのリン酸化により1分子の ATP がつくられる。真核生物において、クエン酸回路の反応はミトコンドリアで進行するが、原核生物である細菌 P では細胞質基質で進行する。

細菌 P の細胞膜には電子伝達系が存在し、NADH や FADH_2 が酸化されるのに伴い、細胞膜を介した H^+ の濃度勾配ができる。最終的に、(1) ATP 合成酵素が H^+ の濃度勾配を利用して ATP を合成する。

細菌 P は好氣的なグルコース代謝以外にも、多様な異化反応ができることで知られ、(2) 水素のような無機物の酸化によって得られるエネルギーを利用して、有機物を合成することもできる。 また、(3) 呼吸で最終的に還元される物質として、酸素以外の無機物を利用することもできる。

問 1 文章中の **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適切な語句または数字を答えなさい。

問 2 下線部(1)について、細菌 P では1分子の NADH につき 10H^+ が、また1分子の FADH_2 につき 6H^+ が細胞膜外に輸送される。ATP 合成酵素が、1分子の ATP の合成に 3H^+ を消費したとすると、1分子のグルコースから合計何分子の ATP が合成されるか、計算過程も示し、答えなさい。ただし、1分子の NADH と FADH_2 からは整数倍の ATP しか合成されないものとする。

問 3 下線部(2)について、このような細菌を何とよぶか、答えなさい。また、このような細菌と同様の細菌として、硝化菌の一種である亜硝酸菌が存在する。以下の式は、亜硝酸菌が行う反応を示す。空欄 と にあてはまる最も適切な化学式をかきなさい。



問 4 下線部(3)について、細菌 P が酸素以外の無機物を利用する際の電子伝達系を図 1 に示す。この電子伝達系を使って行われる異化反応の名前を答えなさい。また、この異化反応が生態系における窒素の循環にはたす役割を、「硝化菌」という言葉を用いて、150 字以内で答えなさい。

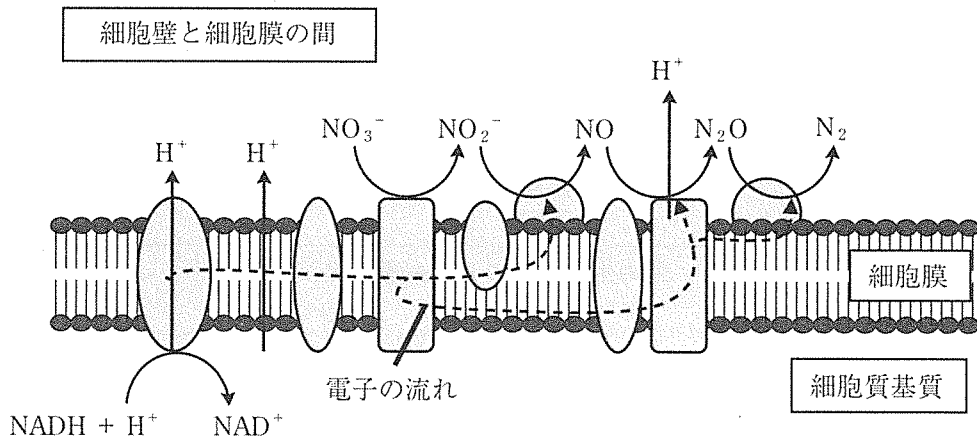


図 1

問 5 細菌 P から DNA を取り出し、PCR 法により rRNA 遺伝子を増幅後、シーケンサーで DNA 断片の塩基配列を決定した。この配列を他の生物由来の rRNA 遺伝子①～④と比較して分子系統樹を作成したところ、図 2 のようになった。

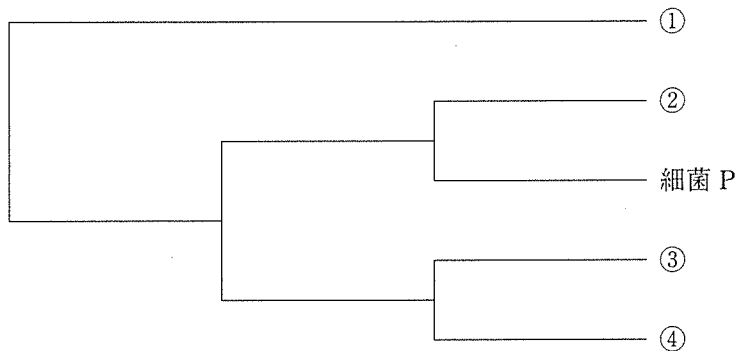


図 2

他の生物由来の rRNA 遺伝子①～④の組み合わせとして最も適切なものを、以下のア～オから一つ選び、記号で答えなさい。

他の生物由来の rRNA 遺伝子				
	①	②	③	④
ア	シアノバクテリア	コンブの ミトコンドリア	コンブの核	コンブの葉緑体
イ	シアノバクテリア	コンブの核	コンブの ミトコンドリア	コンブの葉緑体
ウ	コンブの核	シアノバクテリア	コンブの ミトコンドリア	コンブの葉緑体
エ	コンブの核	コンブの ミトコンドリア	コンブの葉緑体	シアノバクテリア
オ	コンブの核	コンブの葉緑体	コンブの ミトコンドリア	シアノバクテリア

3 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えなさい。

外界のさまざまな状況が変化しても、体温や血圧、pHなどの⁽¹⁾体内環境を一定に保つために、われわれのからだの各臓器は重要な働きをする。例えば、⁽²⁾肺では常にガス交換が行われ、体内の酸素濃度はほぼ一定に保たれている。また、腎臓は、体液中の水分量、イオン濃度をほぼ一定に保つとともに、老廃物を排出する働きをする。

さらに、それぞれの臓器が協調して働くことも、ヒトの体内環境を一定に保つためには重要である。標高の高い山など酸素濃度が低い状況では、肺から取り込まれる酸素の量が減少する。このときに生じる⁽³⁾体内の酸素濃度の低下に反応して、主に腎臓の細胞からエリスロポエチンとよばれるホルモンが産生される。腎臓から分泌されたエリスロポエチンは、血流によって骨髄へ行き、骨髄内に存在する造血幹細胞の受容体に結合して、赤血球の産生を促す。この結果、赤血球量が増加して酸素を運搬する能力が上昇するので、酸素濃度が低い状況下でも、からだの中の酸素濃度は一定に保たれるようになる。

問1 下線部(1)について、からだの中の状態を一定に保ち、生命を維持する性質を何とよぶか、答えなさい。

問2 下線部(2)について、次の文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句または化学式を答えなさい。

肺では、赤血球中の が酸素と結合して、末梢組織へ酸素を運搬する。一方、末梢の組織で生じた の多くは、いったん赤血球中に入る。赤血球の内部では、 と から と が作られる。末梢組織から体循環を経て肺の毛細血管へ入った赤血球では、逆に と から と が作られ、 は血液中から肺胞へ移動し体外へ排出される。

問 3 下線部(3)について、からだの中の酸素濃度が低下することで、エリスロポエチンの産生が促されるしくみを調べるために、以下の実験1および実験2を行った。これらの実験の結果から、細胞内のタンパク質Hとタンパク質Vがエリスロポエチンの産生調節に重要な働きをすることが明らかになった。

【実験1】 通常の酸素濃度の状態におかれた細胞では、タンパク質Hのプロリンの側鎖に水酸基(-OH)が付加された。この結果、タンパク質Vがタンパク質Hと結合し、タンパク質Hはすぐに分解された。この細胞では、エリスロポエチン遺伝子の転写は活性化しなかった。

【実験2】 低酸素濃度の状態におかれた細胞では、タンパク質Hのプロリンの側鎖に水酸基(-OH)は付加されなかった。この結果、タンパク質Vがタンパク質Hと結合できず、タンパク質Hは分解をまぬがれ安定的に存在した。さらに、このタンパク質Hが、エリスロポエチン遺伝子のmRNAの転写を活性化させ、エリスロポエチンの産生が促進された。

- ① 真核細胞において、遺伝子のDNAからmRNAへの転写が調節されるしくみについて、以下の三つの用語をすべて用いて140字以内で説明しなさい。

クロマチン、プロモーター、調節タンパク質

- ② タンパク質Vをコードする遺伝子に変異が生じ、タンパク質Vがタンパク質Hと結合できなくなった場合、からだの中でどのような変化がおきると考えられるか。実験1および実験2の結果をふまえて、以下の四つの用語をすべて用いて140字以内で答えなさい。

タンパク質H、エリスロポエチン、赤血球、通常の酸素濃度

4 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えなさい。

地球上の生物は、細胞を持ち、遺伝子の情報により代謝を行い、遺伝子の情報に基づいて増殖する。すべての生物を、原核生物と真核生物に分けることができるが、両者の細胞には、異なる特徴もあれば共通の特徴もある。(1) 原核生物と真核生物という区分は、必ずしも系統関係を反映したものではない。生物の系統関係を反映した分類に、3ドメイン説がある。(2) 3ドメイン説では原核生物と真核生物を含むすべての生物が三つのドメインに分けられる。生物と似た性質を示すものに、ウイルスがある。ウイルスは、原核生物や真核生物と同じように遺伝子の情報に基づいて増殖するが、細胞や代謝機能を持たないことから、生物と非生物の中間的な存在といわれることがある。

インフルエンザや COVID-19 などの感染症の原因となるウイルスは、しばしば野生の動物からヒトに感染し、ヒトからヒトへ感染する能力を獲得することがある。最近ヒトの間で急速に広まったウイルス A の遺伝子は、野生動物 B に感染するウイルス A の遺伝子に類似し、野生動物 B からヒトに感染したと考えられる。

図はヒトに感染するウイルス A の遺伝子の塩基配列に基づいて作られた系統樹である。(4) 系統樹の右側に示したそれぞれのサンプルは、野生動物 B および地域 W～Z のヒト 1～11 から検出されたウイルス A である。このウイルス A のように遺伝子の塩基置換率が高い場合、同じウイルス A でも、検出された人によって異なる塩基配列となることがあり、種間の系統解析と同じ手法で異なる人から検出されたウイルス A の系統関係を明らかにすることができる。

問 1 下線部(1)について、原核生物の細胞と真核生物の細胞に、共通して存在するものを、以下の(a)～(i)からすべて選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|-------------|---------|-----------|
| (a) 中心体 | (b) 小胞体 | (c) リボソーム |
| (d) ミトコンドリア | (e) 核小体 | (f) 細胞膜 |
| (g) リソソーム | (h) 葉緑体 | (i) 核膜 |

問 2 下線部(2)について、三つのドメインの名称をそれぞれ答えなさい。また、三つのドメイン間の系統関係を、30字以内で説明しなさい。

問 3 下線部(3)について、ウイルスが細胞や代謝機能を持たないにもかかわらず増殖できる理由を、50字以内で説明しなさい。

問 4 下線部(4)について、ウイルス A に関する以下の①～③に答えなさい。なお一般に、図の系統樹の分岐点はそれより末端側(この図では右側)のサンプルの共通祖先であると仮定できる。また、この系統樹上でウイルスの地域間の移動回数を最小(最節約)と仮定することで、各分岐点のウイルスが存在していた地域を推定することができる。

- ① 矢印で示した分岐点のウイルスがどの地域に存在したと考えられるか、最も適切な地域名を答えなさい。
- ② ウイルス A がどの地域で最初にヒトに感染したと考えられるか、最も適切な地域名を答えなさい。
- ③ ウイルス A の地域 X への侵入に関してわかることを、40字以内で説明しなさい。

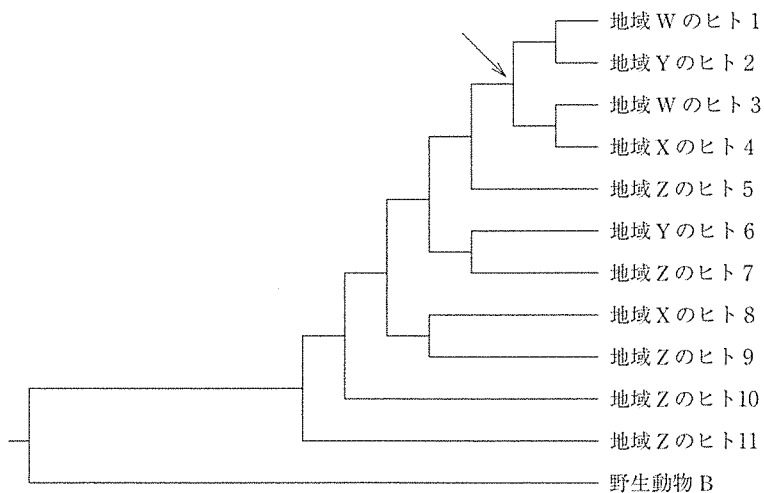


図 各サンプルから検出されたウイルス A の系統樹

5 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えなさい。

人間活動により、積極的または偶然に、本来その生態系に存在しなかった生物が持ち込まれ、新たな構成種となったものを **ア** という。他の生態系から、新たに侵入した **ア** は、元々その生態系に存在していた **イ** の生存や繁殖に悪影響を及ぼす危険性があることから、環境省では、**ア** を特定して公表するとともに、取扱いの規制や防除等を進めている。

問1 文章中の **ア**、**イ** にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問2 以下の枠内から、日本における **イ** にあてはまる生物をすべて選び、答えなさい。

オオクチバス ・ ススキ ・ セイタカアワダチソウ ・
セイヨウタンポポ ・ ブルーギル ・ マングース ・ メダカ

問3 文章中の **ア** に該当する植物Aおよび植物Aと同所的に存在する **イ** に該当する植物Bを用いて、以下の【実験】を行った。

【実験】 植物Aの種子と植物Bの種子を用意し、土を入れた育苗箱(1)～(3)に、図1のように等間隔に合計50粒の種をまいた。(1)の箱には植物Aのみを50粒、(2)の箱には植物Bのみを50粒、(3)の箱には植物A25粒と植物B25粒の合計50粒をまいた。その後、水やり等の管理をし、1週間ごとに発芽や成長、枯死の様子を観察し、地上部の生きている個体を数えて記録した。それをグラフ化した結果、図2のようになった。

さらに種をまいて4週後に(1)～(3)の育苗箱に生き残っていた個体を抜き取り、土を洗い流してから実験室において、乾燥機を用いて十分乾燥させたあと、各個体の重量を測定した。(1)および(3)の育苗箱で生き残っていた

植物 A の平均乾燥重量, (2)および(3)の育苗箱で生き残っていた植物 B の平均乾燥重量の結果をグラフ化すると図 3 のようになった。

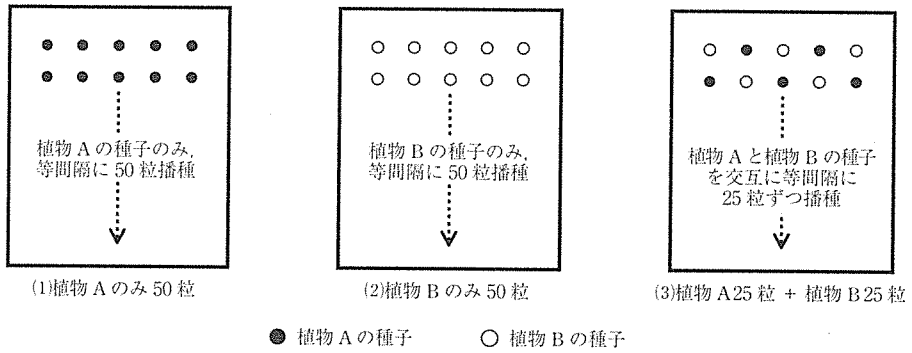


図 1

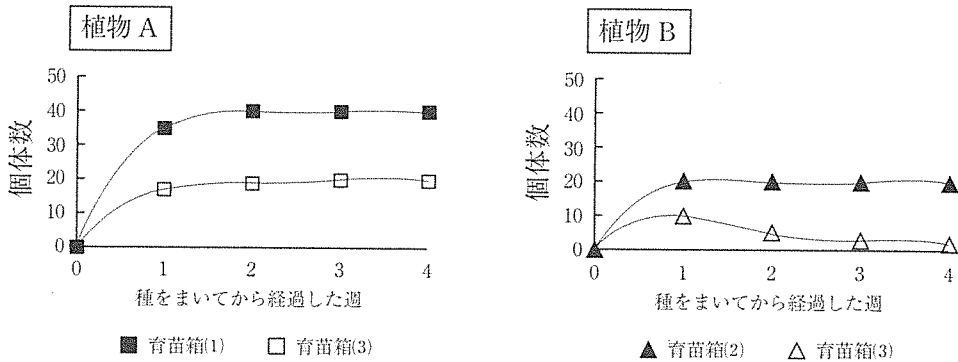


図 2

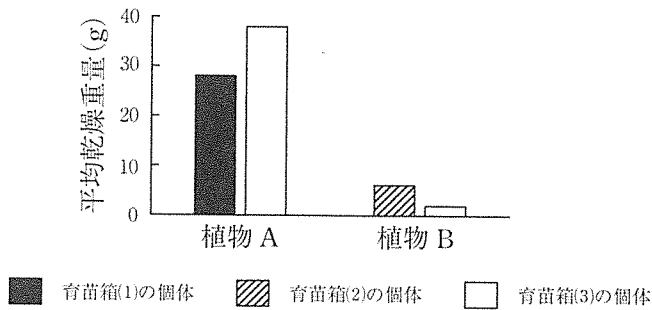


図 3

この結果に基づき、以下の①～③に答えなさい。

- ① 図2について書かれた以下の文章を読み、文章中の [ウ] ～ [ケ] にあてはまる最も適当な数字または語句を、以下の枠内からそれぞれ一つずつ選びなさい。なお、同じものを繰り返し選んでよい。

植物Bの1週目では、Bのみ種をまいた場合、まいた種の数に対する個体数(▲)の割合は [ウ] %であり、植物Aと一緒に種をまいた場合のまいた種の数に対する個体数(△)の割合は [エ] %であった。つまり、(2)の箱と(3)の箱における1週目のまいた種の数に対する個体数の割合は、 [オ] ことがわかった。さらに4週目では、Bのみまいた▲は、1週目と変わらなかったのに対し、植物Aと一緒にまいた△は減少しており、△のまいた種の数に対する個体数の割合は、 [カ] %であった。

植物Aの4週目では、Aのみ種をまいた場合のまいた種の数に対する個体数(■)の割合は [キ] %であり、植物Bと一緒に種をまいた場合のまいた種の数に対する個体数(□)の割合は [ク] %であった。つまり、(1)の箱と(3)の箱における4週目の、まいた種の数に対する個体数の割合は、 [ケ] ことがわかった。

4	,	20	,	40	,	60	,	80	,	100
増加する	,	減少する	,	同じである	,	異なる				

- ② 図3において、育苗箱(3)の植物Bの乾燥重量が育苗箱(2)よりも軽い理由を、30字以内で答えなさい。
- ③ 図3において、育苗箱(3)の植物Aの乾燥重量が育苗箱(1)よりも重い理由を、120字以内で答えなさい。