

2021年度

理 科
【 生 物 】

R 3

2月25日(木)	理 学 部 (数学科, 生物科学科, 地球科学科, 創造理学コース)	
【前期日程】	農 学 部	
	地域創造学環 (選抜方法A)	13 : 40 ~ 15 : 00
	工 学 部 (化学バイオ工学科)	14 : 30 ~ 15 : 50

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、11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

遺伝情報の発現に関する次の文章を読み、問1～問2に答えなさい。(配点25%)

DNAの遺伝情報は、mRNAに①され、さらにmRNAが②されてタンパク質が合成される。この遺伝情報の流れを③という。DNAには④という塩基配列が存在し、⑤という酵素が結合して①が始まる。真核生物のDNAの塩基配列には、最終的にタンパク質に②されない領域が含まれることが多い。真核生物では、mRNAの前駆体から不要な部分が切除され、同時にタンパク質に②される部分がつなぎ合わされてmRNAとして完成する。この過程を⑥という。完成したmRNAに対応するDNAの領域をエキソンといい、mRNAに残らない部分に対応するDNAの領域を⑦という。このとき、a⑥によってエキソンの組合せの異なるmRNAがつくられることがある。これを⑧という。⑧によって1つの遺伝子から複数種類のmRNAがつくられ、その結果、複数種類のタンパク質が合成されることがある。

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、ある生物はこのしくみを利用して性決定をおこなう。次の文章を読み、小問(1)～(5)に答えなさい。

図1は、ある生物の性決定のしくみを示したものである。遺伝子AはX染色体上に存在し、雄ではX染色体が1本であるのに対し、雌ではX染色体が2本であるため、遺伝子Aから合成されるタンパク質Aが十分な量つくられる。タンパク質Aは遺伝子Bにおける下線部aの過程に影響を及ぼす。すなわち、タンパク質Aの量が十分に多い場合には雌型のタンパク質Bが合成される。タンパク質Aの量がそれよりも少ない場合には雄型のタンパク質Bが合成される。タンパク質Bは、遺伝子Cの下線部aの過程に影響を及ぼす。すなわち、タンパク質Bが雄型の場合には雄型のタンパク質Cが、雌型の場合には雌型のタンパク質Cがつくられ、その結果、個体の性分化を誘導する。遺伝子Aおよび遺伝子Bを別々に破壊する実験をおこなったところ、どちらの場合も雄が生まれた。なお、図1にはmRNAの前駆体は示していない。

- (1) この生物の性決定の型を答えなさい。
- (2) (1)で答えたもの以外の性決定の型を2つ答えなさい。
- (3) 十分な量のタンパク質Aが遺伝子Bの⑧に対して、どのエキソンにどのような影響を与えるか、図1を参考にして説明しなさい。
- (4) 雌型のタンパク質Bが遺伝子Cの⑧に対して、どのエキソンにどのような影響を与えるか、図1を参考にして説明しなさい。

(5) 次のア～ウの場合、この生物の性は雌雄のどちらになるか、理由とともに答えなさい。なお、調べた個体にはX染色体が2本あるものとする。

ア 遺伝子Aの開始コドンに相当する塩基の直後に1塩基の挿入を伴う変異が生じた場合

イ 遺伝子Bの第3エキソンの5'末端付近の塩基に置換が生じ、つくられたmRNAの該当部分に終止コドンが新たにできた場合

ウ 遺伝子Cの第5エキソンにフレームシフトを伴う変異が生じた場合

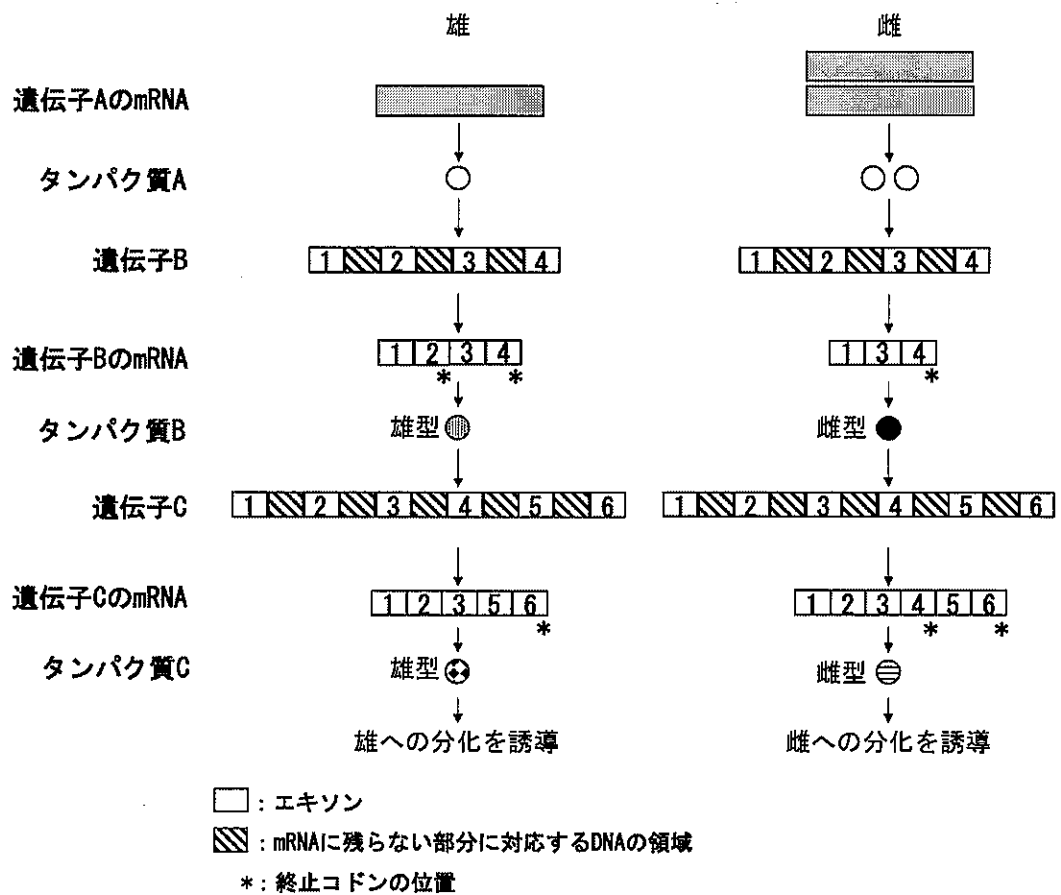


図1 ある生物の性決定のしくみ

2 真核細胞における呼吸のしくみについて次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

(配点 25%)

呼吸は、グルコースなどの有機化合物をおだやかに分解して、放出されるエネルギーからATPを合成する反応系である。呼吸は大きく分けて、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3つの過程よりなっている。それぞれの反応系が存在する細胞内の部位は、解糖系が①、クエン酸回路がミトコンドリアの②、電子伝達系がミトコンドリアの③である。ミトコンドリアは③と④の2枚の生体膜からなり、③はひだ状の⑤と呼ばれる構造を形成している。図1は、細胞呼吸とミトコンドリアの構造を模式的に示したものである。

解糖系では、呼吸基質としてグルコースを用いた場合、いくつかの反応を経てピルビン酸に分解される。ピルビン酸は、炭素原子の数が3の C_3 化合物である。そしてピルビン酸は、脱水素酵素によって水素を奪われてコエンザイムA (CoA)と結合するとともに、二酸化炭素を1分子放出してアセチル CoA となる。アセチル CoA はミトコンドリアの②で⑥化合物であるオキサロ酢酸と反応して⑦化合物であるクエン酸となる。クエン酸回路では、⑧化合物である α -ケトグルタル酸、⑨化合物であるコハク酸などを経て異化が進む。この時クエン酸回路では、二酸化炭素とNADH および $FADH_2$ 、そしてATPが生成する。NADH および $FADH_2$ から水素イオンと電子が放出されて電子伝達系に供給され、ミトコンドリアの③をはさんだ、水素イオンの濃度勾配が形成される。ATP合成酵素は、この水素イオンの濃度勾配を用いて、ADPとリン酸からATPを合成する。

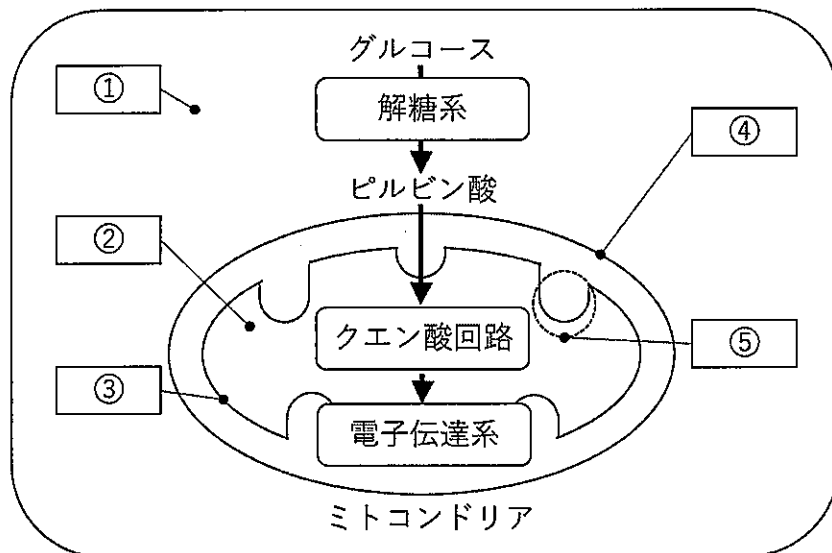


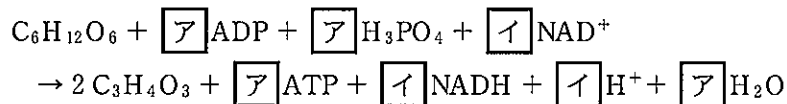
図1 細胞呼吸とミトコンドリアの構造の模式図

問 1 文章中および図 1 の ① ~ ⑤ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

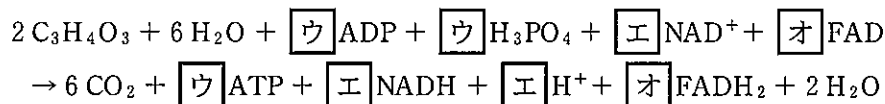
問 2 文章中の ⑥ ~ ⑨ に入る語を, C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆ から 1 つずつ選んで答えなさい。ただし, 同じ語を複数回使っても良い。

問 3 下線部 a の反応式は下記のように示される。それぞれの反応式について, ア ~ オ に入る数を答えなさい。C₆H₁₂O₆ はグルコース, H₃PO₄ はリン酸, C₃H₄O₃ はピルビン酸をあらわす。ただし, 電子伝達系においては, 最大に効率よく ATP 合成が進行したものとす。また ア ~ オ には同じ数が入ることがある。

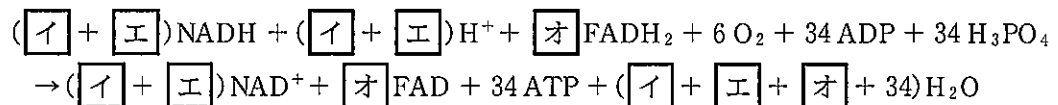
解糖系



クエン酸回路



電子伝達系



問 4 下線部 b について, 水素イオンの濃度勾配を用いて行われる ATP 合成の反応を何というか, 名称を答えなさい。

問 5 電子伝達系における電子の伝達と ATP 合成の関係を調べるために、下記の実験をおこなった。小問 (1) ~ (4) に答えなさい。

実験：ミトコンドリアを細胞より呼吸作用を保持したまま取り出した。これの呼吸作用を調べるため、溶液の酸素濃度を測定する装置を用いて、酸素濃度の変化を測定した。この装置に酸素を十分にふくませた溶液を入れた。そして、ミトコンドリア(矢印 A)、コハク酸(矢印 B)、ADP とリン酸(矢印 C)の順に添加し、図 2 の結果を得た。コハク酸は、ミトコンドリア内で電子伝達系に電子を供給する呼吸基質である。

結果：図 2 の矢印 B では、コハク酸を加えているにもかかわらず、溶液中の酸素濃度の大きな変化は見られなかった。しかし、矢印 C で ADP とリン酸を加えることで、酸素濃度の著しい低下が見られた。このことより、矢印 AB 間および矢印 BC 間では、ミトコンドリアの酸素消費は活発ではなく、矢印 C で ADP とリン酸を加えることで、酸素消費が著しく増進することがわかった。

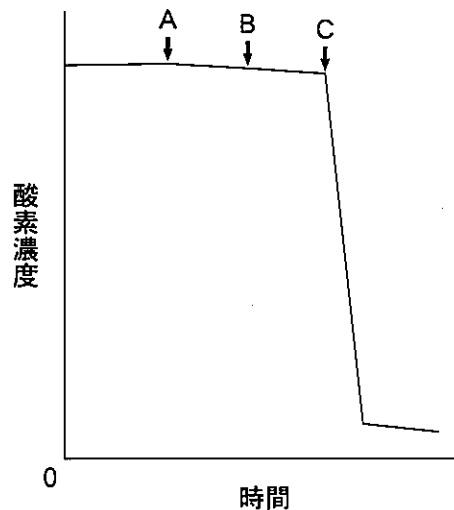


図 2 溶液中の酸素濃度の変化

- (1) ATP合成が活発に行われているのは、矢印A, B, Cのどの矢印の直後か、理由とともに答えなさい。
- (2) 電子伝達系における電子伝達反応は、ミトコンドリア内に形成された水素イオンの濃度勾配が一定以上になると、抑制されることが知られている。このことを踏まえて、矢印Aと矢印Bの間の酸素の消費速度が、矢印Bと矢印Cの間の消費速度と比較して、大きく変わらなかった理由について答えなさい。
- (3) 生体膜をはさんで形成される水素イオンの濃度勾配を解消する性質のある薬剤を、脱共役剤とよぶ。矢印Bでコハク酸とともに適量の脱共役剤を加えた場合、酸素の消費速度はどのようになるか、理由とともに答えなさい。
- (4) 矢印Cで脱共役剤を加えた後にADPとリン酸を加えた場合、ATP合成は進行するか、理由とともに答えなさい。

3

体内環境の調節に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

動物には、外部環境が変化しても体内環境を一定の範囲内に維持しようとする性質があり、これを ① という。図1は血糖濃度を一定に保つしくみを示したものである。激しい運動や空腹によって血糖濃度が減少すると、② から ③ を通じて刺激が伝えられ、④ のランゲルハンス島のA細胞から ⑤ が分泌されるとともに ⑥ から ⑦ が分泌される。これらのホルモンは肝臓に貯蔵されているグリコーゲンの分解を促進し、血糖濃度を増加させる。さらに血糖濃度の減少は、脳下垂体前葉を刺激して、⑧ の分泌をうながす。⑧ は副腎皮質より ⑨ の分泌を刺激することによって血糖濃度の上昇にはたらく。一方、食事の後などに血糖濃度が上昇すると、② から ⑩ を通じて刺激が伝えられ、④ のランゲルハンス島のB細胞から、インスリンが分泌され血糖濃度の低下にはたらく。 血糖濃度を正常値に維持することができなくなる病気を糖尿病という。 インスリンは、肝臓などの器官に発現する受容体を介して機能する。

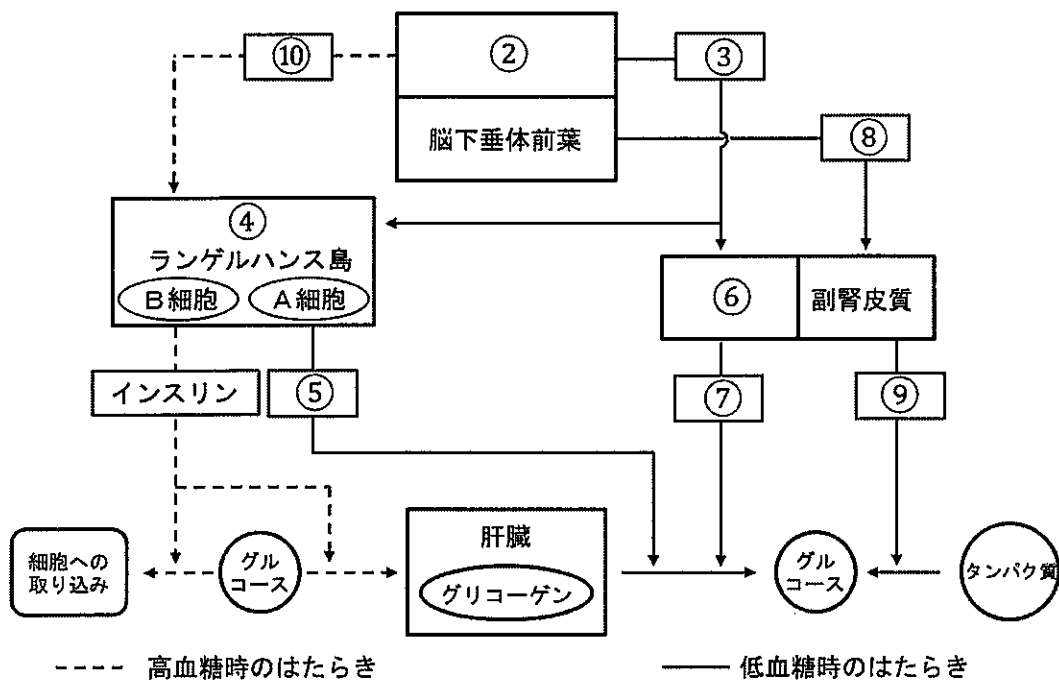


図1 血糖濃度を一定に保つしくみ

問 1 文章中および図 1 の ① ~ ⑩ 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、インスリンによる血糖濃度の調節のしくみを、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) グルコース, グリコーゲン, 肝臓, 筋肉

問 3 下線部 b について、糖尿病は 1 型と 2 型に分けられる。1 型は、ランゲルハンス島 B 細胞が破壊されることが原因となって糖尿病になる。2 型は、インスリンの分泌量が 1 型とは異なる理由で減少することや、インスリンが分泌されても標的器官に存在する標的細胞が反応しなくなることなどにより糖尿病になる。図 2 は、健康な人(健常者)と 1 型および 2 型糖尿病患者の血糖濃度と血中インスリン濃度を示したグラフである。健常者、1 型糖尿病患者、2 型糖尿病患者のグラフの組み合わせとして適しているものを、以下の選択肢 (ア) ~ (カ) から 1 つ選び、記号で答えなさい。

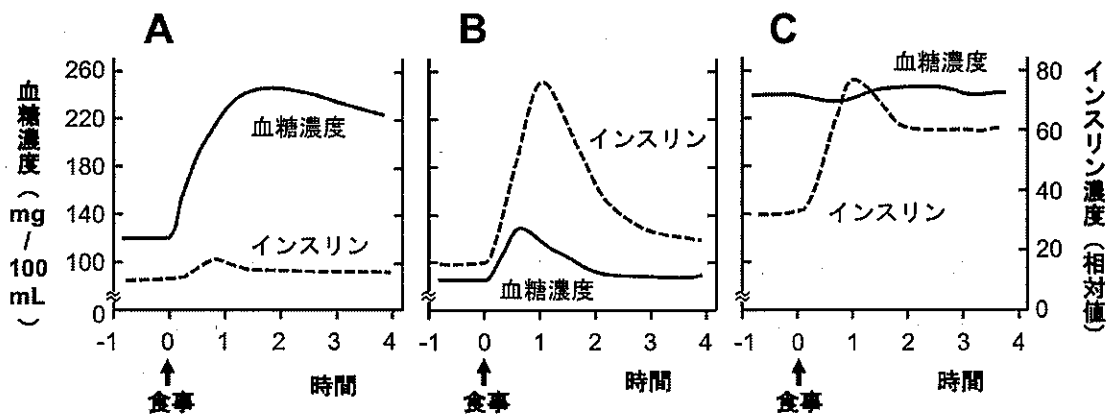


図 2 食後の血糖濃度と血中インスリン濃度の変化

- | | | |
|------------------|--------------|--------------|
| (ア) A : 健常者 | B : 1 型糖尿病患者 | C : 2 型糖尿病患者 |
| (イ) A : 健常者 | B : 2 型糖尿病患者 | C : 1 型糖尿病患者 |
| (ウ) A : 1 型糖尿病患者 | B : 健常者 | C : 2 型糖尿病患者 |
| (エ) A : 1 型糖尿病患者 | B : 2 型糖尿病患者 | C : 健常者 |
| (オ) A : 2 型糖尿病患者 | B : 健常者 | C : 1 型糖尿病患者 |
| (カ) A : 2 型糖尿病患者 | B : 1 型糖尿病患者 | C : 健常者 |

4

植生の遷移と植物の環境応答に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

(配点 25%)

a 植生の遷移は、私たちの身近なところでも観察することができる。たとえば、畑を耕して植生が消失すると、遷移は初期に戻る。一般に雑草と呼ばれる植物は、このような b 生態系のかく乱を受けた土地に侵入し、生育するものが多い。しかし、畑を耕さずに放棄すると遷移が進行し、環境に応じた生態系が形成される。

雑草は生育に適した環境を認識するために、光を利用することがある。たとえば、c 雑草の種子の中には、光が当たることによって発芽が促進される光発芽種子が多い。また、d 雑草の中には、日長に応じて花芽形成をおこなうものもある。

問1 下線部aについて、小問(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 遷移の初期に出現する植物を何とよぶか、答えなさい。
- (2) 遷移の初期に見られる植物は、遷移の後期に見られる植物と比べて、種子が小型で軽いものが多い。この理由を答えなさい。
- (3) 一次遷移には陸上からはじまる遷移と、湖沼などからはじまる遷移とがある。それぞれの名称を答えなさい。
- (4) 放棄された畑に見られる遷移は二次遷移である。二次遷移とは何か、説明しなさい。

問2 下線部bについて、管理の行き届いた里山のように、生態系のかく乱は生物多様性を高める効果をもたらすことがある。その理由を説明しなさい。

問3 下線部cについて、小問(1)～(2)に答えなさい。

- (1) 光発芽種子は、上層にある植物の葉によって日光がさえぎられると発芽しない。そのしくみについて、次の語をすべて用いて説明しなさい。
(語群) 透過光, 赤色光, 遠赤色光, クロロフィル, フィトクロム
- (2) たくわえている養分の少ない小さい種子にとって、発芽の条件として光を利用することは生存に有利にはたらく。その理由を説明しなさい。

問 4 下線部dについて、日長と開花時期との関係を調べるために、雑草種 X の種をまく時期をずらす実験をおこなった。図 1 のグラフは、種をまく時期が草丈の推移、開花時期、種子ができる時期に及ぼす影響を示したものである。小問 (1) ~ (4) に答えなさい。

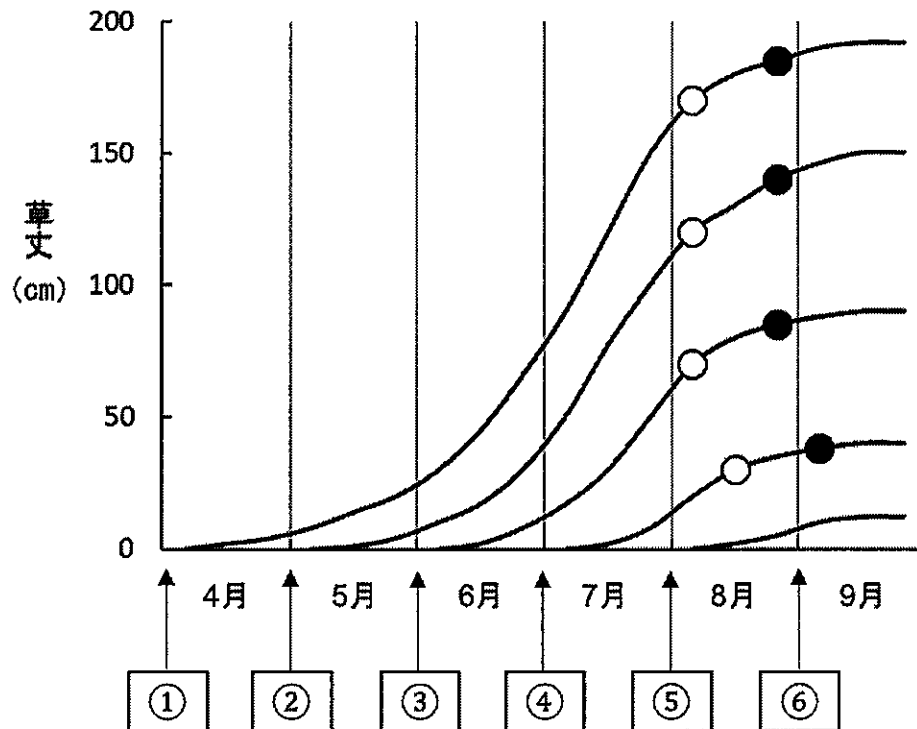


図 1 種をまく時期が草丈の推移、開花時期、種子ができる時期に及ぼす影響
 図中の○は開花時期、●は種子ができる時期を示す。

- (1) 植物は光周性の違いにより、短日植物、長日植物、中性植物に分けられる。短日植物は、どのような植物であるか、説明しなさい。
- (2) 図 1 から、雑草種 X は短日植物であると推測される。その理由について説明しなさい。
- (3) 短日植物は葉で明暗の周期を感知する。そのとき、どのようなしくみで花芽形成を引き起こすのか、次の語をすべて用いて説明しなさい。
 (語群) 暗期、師管、フィトクロム、フロリゲン
- (4) 図 1 のグラフから、1 年に 1 回の除草によって雑草種 X を効果的に減らしていくためには、どの時期に除草をおこなうのがもっとも適していると考えられるか、図 1 の ~ から 1 つ選び、答えなさい。また、その理由を説明しなさい。