

平成30年度入試
個別学力試験問題(前期日程)

生物

注意

1. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
2. 問題紙は15ページ、解答用紙は5枚です。指示があってから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
3. 受験生はすべての問題を解答してください。
4. 答えはすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

1 次の文章を読み、下記の問い合わせ(問1～問5)に答えよ。

生物の体内において、窒素(N)はタンパク質や核酸、ATP、クロロフィルなどの有機窒素化合物の構成成分として重要な役割を果たしている。一般に、植物は土壌中の硝酸イオンやアンモニウムイオンなどの無機窒素化合物を用いて有機窒素化合物を合成する。その後、窒素(N)は **ア** 網にしたがって各栄養段階を移動する。生物体の遺体や排出物などに含まれる有機窒素化合物は、土壌などに生息する **イ** 者(細菌類・菌類)のはたらきでアンモニウムイオンになる。その後、アンモニウムイオンは亜硝酸菌と硝酸菌のはたらきで硝酸イオンに
(1)なる。これらの細菌があわせて **ウ** 細菌とよばれる。また、硝酸イオンを窒素(N₂)に変え、大気中に放出する細菌もあり、その作用を **エ** という。

大気の体積の約80%は窒素(N₂)であるが、ほとんどの生物はこの窒素(N₂)を窒素源として利用することができない。しかし、水田などに生息する **オ** の一種であるネンジュモや、土壌中のアゾトバクターなどの細菌は窒素(N₂)を取り込んでアンモニウムイオンに変えることができる。このようなはたらきを **カ** という。また、マメ科植物の根に入り込んで特有の構造をつくるある種の細菌(その構造の名称から **キ** 菌とよばれる)は、その植物から与えられる有機物をエネルギー源として **カ** を行い、アンモニウムイオンをその植物に提供する。このようにお互いに利益を与えあって生活している関係を **ク** という。

このような生態系での物質循環以外に、近年になって人間の活動によりさまざまな物質の新たな循環経路が生じており、それによる生態系への影響が心配されている。たとえば、化石燃料の燃焼によって放出された窒素酸化物や硫黄酸化物は、大気中の水や酸素と反応してふつうの雨よりも酸性の強い雨を生じ、生態系に影響を与える可能性があると考えられている。また、生活排水などが流れこんでたまりやすい湖沼や海などでは、水中の窒素やリンが異常に多くなり、生態系に影響を与える場合もある。

問 1 文章中の空欄(ア～ク)に最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線部(1)の亜硝酸菌と硝酸菌のはたらきに共通することを次の(a～f)からすべて選び、記号で答えよ。

- a. 酸素が必要である。
- b. グルコースが必要である。
- c. 光が必要である。
- d. 水分子(H_2O)を生成する。
- e. アンモニウムイオンを酸化してエネルギーを得る。
- f. 炭酸同化を行う。

問 3 下線部(2)に関して、植物に提供されたアンモニウムイオンは植物体内で何と結合し、何がつくられるかについて、次の(a～e)から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- a. グルタミンと結合し、グルタミン酸がつくられる。
- b. グルタミン酸と結合し、グルタミンがつくられる。
- c. グルタミンと結合し、ケトグルタル酸がつくられる。
- d. グルタミンと結合し、いろいろな有機酸がつくられる。
- e. いろいろなアミノ酸と結合し、グルタミン酸がつくられる。

問 4 下線部(3)に関して、ふつうの雨よりも酸性の強い雨が生態系にどのような影響を与える可能性があると考えられるか、50字～100字で説明せよ。

問 5 下線部(4)の結果、どのような現象が起こり、それが生態系にどのような影響を与える場合があるか、50字～100字で説明せよ。

2

次の文章を読み、下記の問い合わせ(問1～問7)に答えよ。

通常ヒトの体内は無菌状態に保たれている。これはヒトの体が、病原体の外界からの侵入や体内での増殖を、物理的な防御や化学物質による防御と免疫細胞による防御により防いでいるためである。皮膚が傷つくなどして物理的な防御が破られ、病原体Aが体内に侵入した場合、食細胞が種々の病原体に共通する成分を認識して病原体Aを細胞内に取り込み分解する。⁽¹⁾その後、病原体Aを取り込んだ食細胞は循環器系に入ってリンパ節に移動し、病原体Aの抗原情報をT細胞に伝達してT細胞を活性化する。⁽²⁾病原体Aのもつ特定の抗原によって活性化されたT細胞は、その抗原と反応するB細胞を活性化して増殖させるとともに、その抗原にのみ反応する抗体の分泌をB細胞に促すことができる。⁽³⁾抗体が結合した病原体Aは食細胞に取り込まれて分解され、体内から排除される。⁽⁴⁾また、活性化されたT細胞は ア 細胞になって体内を巡り、病原体が感染した細胞を見つけると、この細胞を直接攻撃して殺すことができる。こうした過程で、一部のB細胞は記憶B細胞になり、一部のT細胞は記憶T細胞となつて、体内に長く存在し続ける。記憶B細胞や記憶T細胞が再び特定の抗原に出合うと、それらの細胞はすぐに増殖を始め、特定の病原体を短時間で効率的に排除する。⁽⁵⁾

免疫系は病原体の排除のみならず、別種あるいは同種の他個体由来の細胞や組織の排除にも関わる。このはたらきを確認するため、系統の異なる2個体のマウス(XとY)を用意し、Xの皮膚をYに移植してみた。その結果、移植されたXの皮膚の細胞が拒絶反応により死んで脱落した。1か月後に、Yに再度Xの皮膚を移植したところ、前回より早く拒絶反応が観察された。⁽⁶⁾しかし、胸腺が機能しない突然変異マウスZにYの皮膚を移植すると、拒絶反応は観察されず皮膚は生きたまま維持された。同様にZにXの皮膚を移植した場合も拒絶反応は観察されなかった。

問 1 文章中の空欄(ア)に最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線部(1)に関して、次の説明文(a～e)のうち正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- a. 皮膚の表面にある表皮細胞は互いに密に結合しており、細菌の侵入を物理的に防いでいる。
- b. 皮膚の表面を弱酸性に保つことで細菌の繁殖を防いでいるため、健康なヒトの体表は無菌状態である。
- c. 汗やだ液には殺菌作用のある酵素が含まれている。
- d. 気管の内面を覆う長いべん毛は、異物を排除するはたらきをもっている。
- e. 消化管の内面は粘膜で覆われており、いかなる物質も透過できない。

問 3 下線部(2)の現象は下線部(4)の現象とは別の名称でよばれている。下線部(2)の現象は何とよばれているか答えよ。また、食細胞としてはたらく細胞の名称を一つ答えよ。

問 4 図1はヒトの循環系を模式的に表したものである。下線部(3)に関して、図中の(①～⑥)からリンパ節が存在する可能性のある部位をすべて選び、番号で答えよ。また、図中の空欄(ア・イ)の名称として最も適当な語句を答えよ。

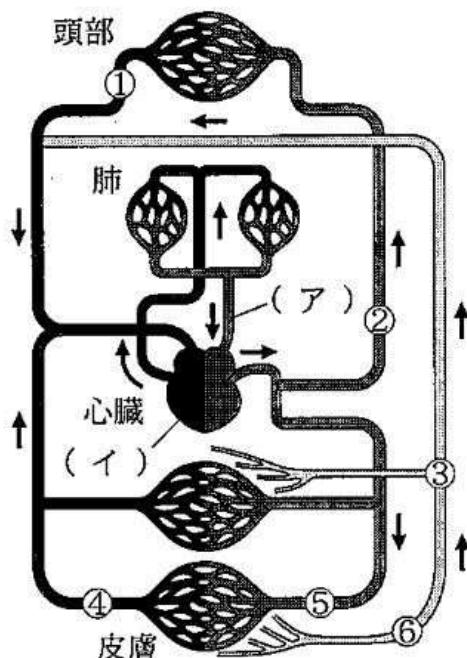


図1

問 5 図 2 は抗体の模式構造図の一部である。これに図を描き加え、抗体の模式構造図を完成せよ。その際、可変部は黒く塗りつぶし、各鎖を結びつける化学結合は太い実線で示すこと。

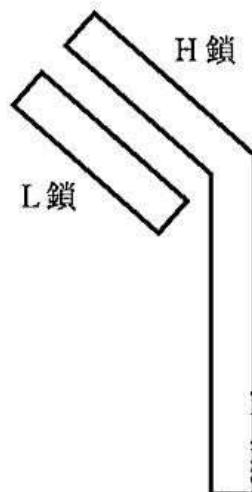


図 2

問 6 下線部(5)の現象を確かめるために、マウスに抗原 a と抗原 b を同時に投与し、その後の血中の抗体量の変化を調べた。初めの投与の 1 か月後に同量の抗原 a を、さらにその 1 か月後に同量の抗原 b を投与した。抗原 a に対する抗体(抗 a 抗体)と抗原 b に対する抗体(抗 b 抗体)の量は、時間経過とともにどのように変化したと推測されるか。解答欄のグラフに続けて、それぞれ実線(抗 a 抗体)と破線(抗 b 抗体)で記せ。ただし、抗原 a と抗原 b には類似性がないものとする。

問 7 下線部(6)に関して、次の小問(1)・(2)に答えよ。

- (1) 最初の皮膚移植より 2 回目の皮膚移植のほうが早く拒絶反応が観察された理由を答えよ。
- (2) マウス Z では拒絶反応が観察されなかった理由を答えよ。

3 次の文章を読み、下記の問い合わせ(問1～問4)に答えよ。

DNAのア過程でまれに生じる誤った塩基対の形成が修復されず、塩基配列が変化してしまうことがある。ヘモグロビンの異常が原因となって生じる貧血症では、ヘモグロビンの β 鎖を構成する六番目のアミノ酸であるグルタミン酸を指定するイの塩基配列の1か所にウが起こり、翻訳されるアミノ酸がグルタミン酸からバリンに変わってしまっている。このようにアミノ酸配列に変化が生じると、エの構造が変化し、赤血球がかま状となり、毛細血管を通過するときに赤血球が壊れやすくなるため、重篤な貧血症を引き起こす。

ある交配可能な集団中に存在する遺伝子全体は、オとよばれる。ある遺伝子座の遺伝子に突然変異が起こると、対立遺伝子が生じて集団の遺伝子構成が変化する。⁽¹⁾一つの遺伝子座について何種類かの対立遺伝子がある場合、オにおけるそれぞれの対立遺伝子が含まれている割合を遺伝子頻度とい⁽²⁾う。遺伝子頻度は、一定条件を満たした集団において、世代を経ても変化しない⁽³⁾ことが知られている。

問1 文章中の空欄(ア～オ)に最も適当な語句を次の(a～l)から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| a. アンチコドン | b. 遺伝子プール | c. イントロン |
| d. ゲノム | e. コドン | f. タンパク質 |
| g. 置換 | h. 転写 | i. tRNA |
| j. 変性 | k. 複製 | l. 輸送 |

問 2 突然変異には下線部(1)に示した遺伝子突然変異のほかに、染色体の構造や数が変化する染色体突然変異が知られている。図1は染色体上の遺伝子の配置と染色体構造の変化を示した模式図である。いま、図1の染色体(ア)が、重複→欠失→逆位の順に変化を起こし、染色体(エ)を生じたとする。この過程で、どのように染色体の構造が変化したか、染色体(イ)と(ウ)の空欄(①～⑪)に入る最も適した遺伝子(A～E)を選び、答えよ。

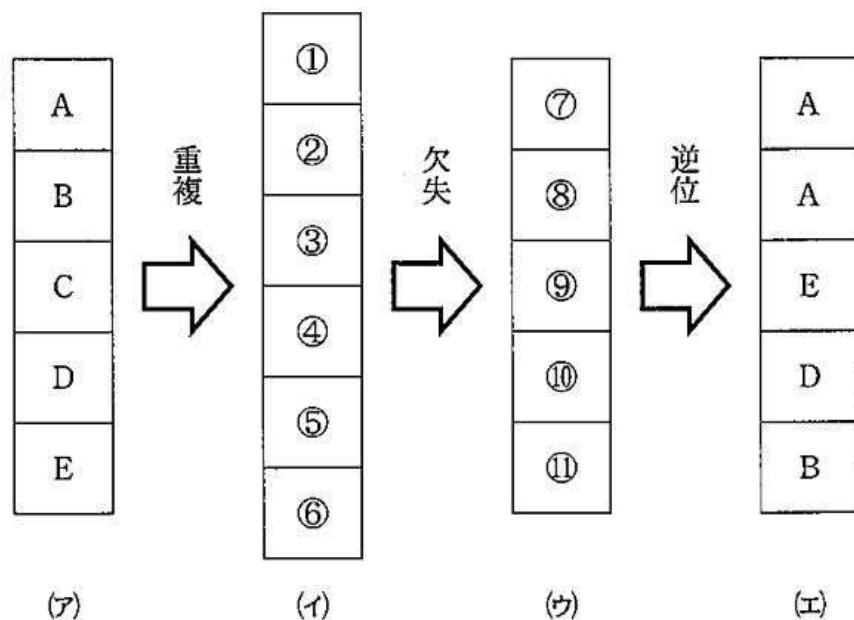


図 1

問 3 下線部(2)に関して、次の小問(1)・(2)に答えよ。

- (1) 300個体で構成されている集団の対立遺伝子Aとaについて調べたところ、遺伝子型AAが90個体、Aaが150個体、aaが60個体であった。この集団におけるAとaの遺伝子頻度を小数点以下第二位まで求めよ。ただし、割り切れない場合は、小数点以下第三位を四捨五入せよ。
- (2) 上記の集団から遺伝子型aaの個体を47個体取り除いた場合のAとaの遺伝子頻度を小数点以下第二位まで求めよ。ただし、割り切れない場合は、小数点以下第三位を四捨五入せよ。

問 4 下線部(3)はハーディ・ワインベルグの法則として知られている。この法則が成立する条件には、「集団がある程度大きい」、「交配が任意に行われる」のほかに三つの条件がある。その三つの条件をあげ、それぞれの条件が満たされなかつた場合に集団に生じうる変化として、最も関連が深いものを次の(a～e)から一つ選び、記号で答えよ。

- a. 新しい対立遺伝子が加わる。
- b. 特定の遺伝子型が増える。
- c. 交配が特定の遺伝子型に左右される。
- d. 遺伝的浮動の効果が大きくなる。
- e. 遺伝子の流動が起こる。

4 次の文章を読み、下記の問い合わせ(問1～問3)に答えよ。

社会性昆虫であるミツバチには他の昆虫にはみられないさまざまな特徴がある。⁽¹⁾その一つが質の良い「餌場」を発見した働きバチによる「収穫ダンス」である。これは餌場の情報を巣内の仲間に伝えて餌場へと誘導する行動で、餌場がおよそ100 mまでの近距離の場合は、軌跡が円を描く「円ダンス」が、それよりも遠い場合は、軌跡が8の字を描く「8の字ダンス」が巣内の垂直面にいる仲間の前で行われる。⁽²⁾この「8の字ダンス」は、⁽³⁾翅を小さく上下に振動させながら腹部を小刻みに振って一定方向に直進する部分と、腹部を振らずに右または左へ半円を描いて元の位置に戻る部分から構成される(図1)。直進方向と反重力方向(鉛直上向き)がなす角度(図1, θ)は、巣を頂点とした太陽と餌場がなす角度(図2, θ)を、ダンスの速さは巣から餌場までの距離を表すとされている。このような情報をもとに餌場にたどり着いた仲間の働きバチは、⁽³⁾さまざま色の花を訪れ、花蜜や花粉を集めて巣に持ち帰る。

反重力方向(鉛直上向き)

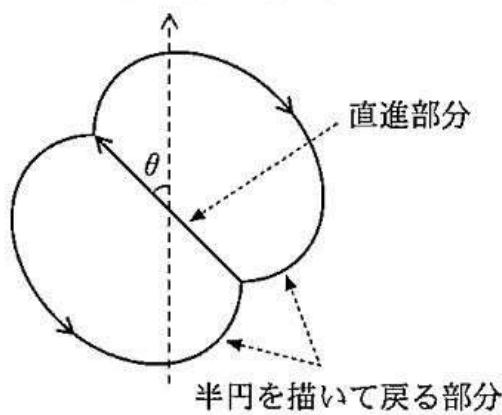


図1

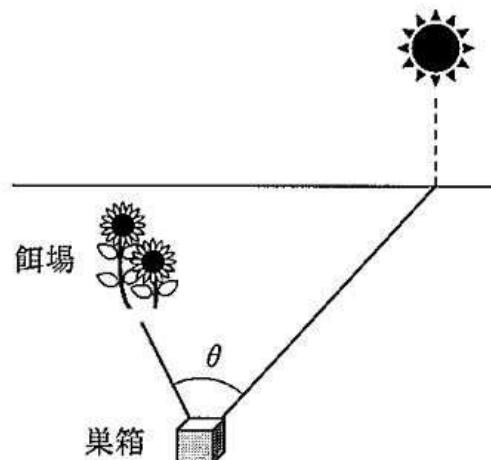


図2

問 1 下線部(1)に関して、ミツバチ以外の社会性昆虫を一つあげよ。また、社会性昆虫の特徴を次の語群の語をすべて用いて簡潔に述べよ。

語群：コロニー、分業、血縁

問 2 下線部(2)に関して、巣箱から 200 m 離れた場所にショ糖液が入ったガラスの小皿を台に置いて餌場とし、この餌場から戻ったハチのダンスを観察した。次の小問(1)・(2)に答えよ。

(1) 太陽が南中した正午に餌場から巣に戻ったハチは、反重力方向(鉛直上向き)から左へ 135° の方向へ直進する 8 の字ダンスを行った(図 3)。餌場の方角として最も適当なものを一つ選び、記号で答えよ。

- a. 南 東 b. 南 西 c. 北 東 d. 北 西

(2) 同じ日にこの餌場から戻ったハチが重力方向(鉛直下向き)へ直進する 8 の字ダンスを行った(図 4)。このダンスを観察した時刻として最も適当なものを一つ選び、記号で答えよ。ただし太陽の方角は 1 時間で 15° 変化するものとする。

- a. 午前 9 時 b. 午前 11 時 c. 午後 1 時 d. 午後 3 時

反重力方向(鉛直上向き)

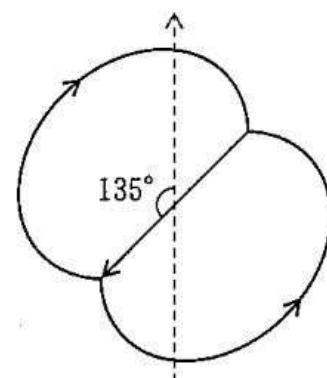


図 3

反重力方向(鉛直上向き)

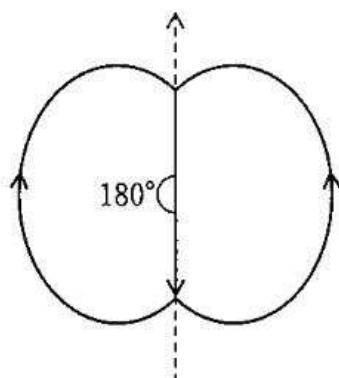
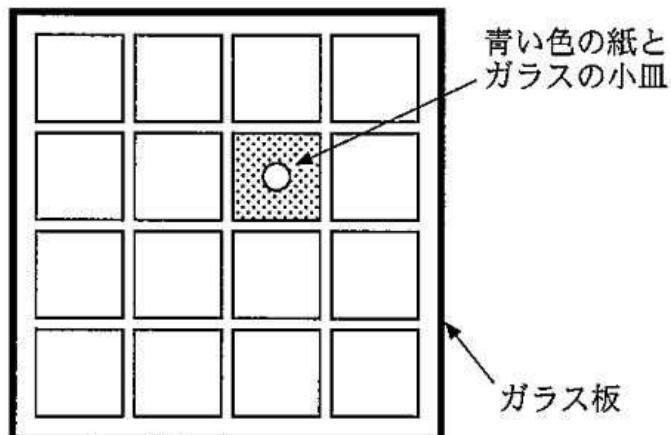


図 4

問 3 下線部(3)に関して、ミツバチが色を見分けることができるかどうかを明らかにするため、以下の実験を行った。まず1枚の青い色の紙を台に置き、その周囲に白から黒までの明度が段階的に異なる*無彩色の紙をランダムに並べた。これらをガラス板で^(a)おおつたのちに、青い色の紙の上にのみショ糖液の入ったガラスの小皿を置き、ハチがその小皿を訪れるよう学習させた(図5)。学習が成立した後、紙をランダムに配置し直し、再びガラス板で^(b)おおつたうえで、今度はすべての紙の上にショ糖液の入っていない空の小皿を置いて、ハチがどの小皿を選択して訪れるかを観察した。次の小問(1)~(3)に答えよ。

*無彩色：白と黒を混ぜて得られるさまざまな明度の灰色(白と黒を含む)。



青い色の紙以外は明度が段階的に異なる無彩色の紙

図 5

- (1) 下線部(a)に関して、「さまざまな色彩の紙」ではなく「明度が段階的に異なる無彩色の紙」を用いた理由を簡潔に述べよ。
- (2) 下線部(b)に関して、ガラス板で紙を^{おお}つた理由を簡潔に述べよ。
- (3) 上記の実験で学習したハチは、青い色の紙の上に置かれた空の小皿を選択した。青に替えて黄や紫で学習させた場合も同様の結果が得られた。しかし赤い色の紙を用いたところ、学習後のハチは赤い色の紙のほかに、無彩色の紙の上におかれた空の小皿にも訪れた。この結果の解釈として最も適当なものを次の(a~e)から一つ選び、記号で答えよ。

- a. ハチは青、黄、紫、赤を色として見分けている。
- b. ハチは青は色として見分けているが、青以外は見分けていない。
- c. ハチは青を色として見分けていないが、青以外は見分けている。
- d. ハチは青、黄、紫を色として見分けているが、赤は見分けていない。
- e. ハチは青、黄、紫、赤のいずれも色として見分けていない。

5 次の文章を読み、下記の問い合わせ(問1～問4)に答えよ。

光合成の第一段階は、光合成色素で吸収した光エネルギーと水とを利用して、
⁽¹⁾ATP(化学エネルギー)とNADPH(還元力)を生産する電子伝達反応である。チラコイド内腔での2分子の水の分解により、ア分子の酸素と、それぞれ4個ずつの水素イオン(H⁺)と電子(e⁻)が生じる。4個のe⁻は電子伝達系を通して最終的に2分子のNADP⁺へと渡り、2分子のNADPHが生産される。この過程でストロマからチラコイド内腔へ8個のH⁺が輸送される。その結果、最初の水の分解により生じたH⁺と合わせて12個のH⁺がチラコイド内腔に蓄積する。このようにして蓄積したH⁺は、その濃度勾配にしたがってストロマ側に流れ出そうとする。このH⁺の流れのエネルギーを利用してATPが生産される。

第二段階は、第一段階で生産されたNADPHとATPを利用してCO₂を固定する回路である。(2)この回路でCO₂固定反応を担う酵素はルビスコである。この酵素は、5個の炭素を持つC₅化合物(リプロースニリン酸)に1分子のCO₂を固定した後、二つに分解する。結果として、イ個の炭素を持つホスホグリセリン酸が2分子つくられる。その後、ホスホグリセリン酸は同じく炭素をイ個持つグリセルアルデヒド-3-リン酸(GAP)へと変換される。これらの反応を3回くり返すと、3分子のCO₂が固定され、6分子のGAPが生成される。⁽³⁾そのうちの5分子から3分子のリプロースニリン酸が再生され、再びCO₂固定反応に用いられる。余った1分子のGAPはデンプンなどの合成に利用される。

問1 文章中の空欄(ア・イ)に最も適当な数字を答えよ。

問2 下線部(1)の光合成色素の代表例はクロロフィルである。図1はクロロフィルaとbの吸収スペクトルを示す。横軸は光の波長を示し、光の色は400 nm付近の紫から、波長が長くなるにつれて青、緑、黄、赤へと順に変化する。この図を参考にして、次の小問(1)～(4)に答えよ。

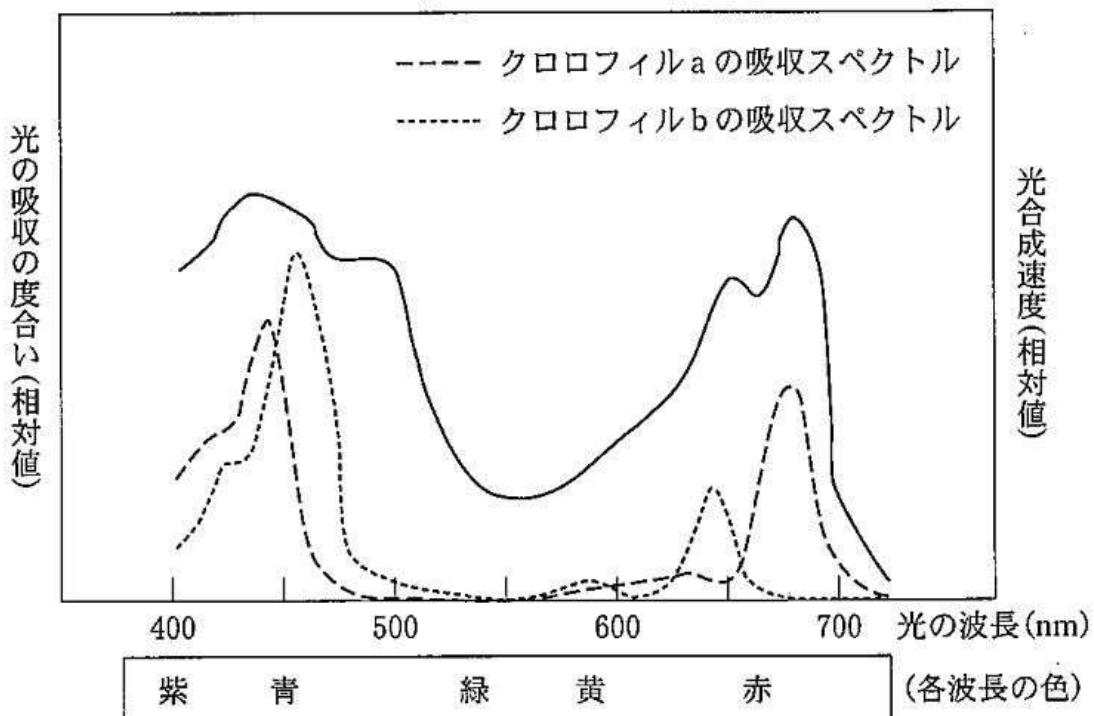


図 1

(1) 葉が緑色に見える理由として誤っているものを、次の(a～d)からすべて選び、記号で答えよ。

- a. クロロフィルは青付近と赤付近の波長の光を吸収せずに反射し、それらが混ざって見えるからである。
- b. クロロフィルは緑付近の波長の光を最も効率的に吸収するからである。
- c. クロロフィルは青付近と赤付近の波長の光をよく吸収するが、緑付近の波長の光を吸収しづらく、反射するからである。
- d. 光を吸収したクロロフィルが緑色の光を発するからである。

(2) クロロフィル以外の光合成色素を一つ答えよ。

(3) もし、すべての波長の光を完全に吸収する光合成色素が存在する場合、その色素のみを持つ植物の葉は何色に見えると予想されるか。次の(a～f)から一つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a. 白 色 | b. 黒 色 | c. 透 明 |
| d. 茶 色 | e. 虹 色 | f. 桃 色 |

(4) 図 1 のグラフ内の実線は、各波長での光合成速度を相対値で表している。この曲線の名称を答えよ。

問 3 下線部(2)の回路の発見者の名前を答えよ。

問 4 下線部(3)の一連の反応に必要な ATP の分子数は 9 である。電子伝達系で 1 分子の ATP を生産するのに必要な H^+ の数は 4 個と仮定して、次の小問 (1)と(2)に答えよ。

- (1) 下線部(3)の反応を、12 分子の CO_2 を用いて行うのに必要な分子数の ATP を得るためにには、少なくとも何分子の水が必要となるか答えよ。また、その解答を導き出す計算過程も記述せよ。
- (2) (1)で導き出した分子数の水から生成される NADPH の分子数は最大でいくらになるか答えよ。また、その解答を導き出す計算過程も記述せよ。