

'21

前期日程

# 生 物

(理 工 学 部)

## 注 意 事 項

全問題(①から④)を解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は26ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
4. 下書きには問題冊子の余白を利用してください。
5. 解答用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。





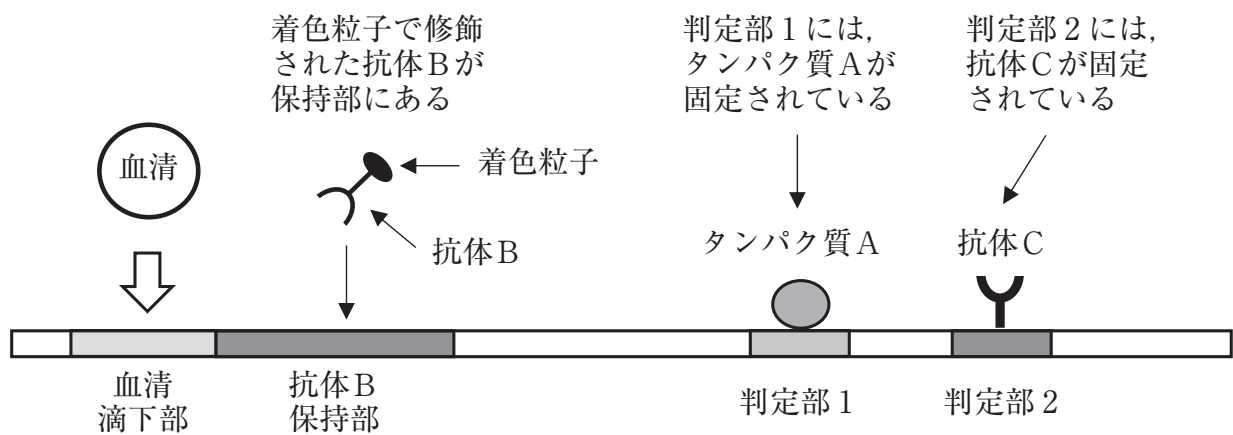
1

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

私たちのからだはウイルス、細菌、カビなどの病原体と日常的に接触しているが、人体はこれらの病原体の侵入を物理的・化学的な方法で防いでいる。物理的防御の一つとしては、皮膚の表面を形成する  層の存在がある。また、化学的防御の一つとして、細菌の細胞壁を分解する酵素である  がはたらいている。病原体がこれらの生体防御を突破して体内に侵入すると自然免疫がはたらき、食細胞が病原体を排除する。食細胞には、血液中の単球が組織に移動して分化した細胞である  や、 よりも小型で数も多く、内部に顆粒をもつ細胞である  などがある。また、病原体に感染した細胞やがん細胞を細胞表面のわずかな違いにより認識して排除する  細胞も自然免疫を担う細胞である。主に肝臓で合成され、病原体などの細胞表面との接触により活性化されて、食作用を促進したり、病原体を破壊する作用をもつ一群のタンパク質である  も免疫で重要な役割をしている。自然免疫で排除できなかった病原体に対しては、病原体を特異的に認識する適応免疫がはたらくようになる。

私たちが病原体に感染して発病した場合は、生命や健康に重大な影響を被る恐れがある。このため、感染症の原因となる病原体を迅速かつ簡単な検査方法で決定することが、有効な治療を行うために必要である。その検査法の一つとして、特定の病原体の感染の有無をイムノクロマトグラフィー法を用いて診断する場合がある。図1には、ヒトの血清<sup>b</sup>を使用して、その病原体が産生するタンパク質Aに対する抗体の有無を簡便に検出するイムノクロマトグラフィー法の概略図を示した。この方法では、病原体の感染が疑われる人から採取した血清を分離膜スティックの左側の血清滴下部に滴下する。血清滴下部の右側の抗体B保持部には、すべてのヒト抗体の定常部に結合できる抗体Bが含まれており、抗体Bは、特殊な粒子で赤色に着色されている。滴下された血清中の様々なヒト抗体は、抗体Bと結合したまま毛細管現象により分離膜を右側に移動していく。判定部1にはタンパク質Aが移動できないように固定されており、判

判定部2にはすべてのヒト抗体の定常部と結合できる抗体Cが固定されている。ただし、抗体Cが結合するヒト抗体の定常部は抗体Bが結合する部位とは異なっている。このため、判定部のタンパク質Aや抗体Cと結合したヒト抗体は、判定部1や2に到達するとそれ以上は移動せずに、抗体Bに結合している着色粒子が十分な量まで集まることにより赤色のラインとして目視できるようになる。



毛細管現象による血清中の抗体の移動方向

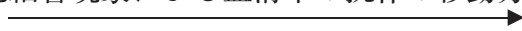


図1 イムノクロマトグラフィー法に用いる分離膜スティックの模式図

問1  ~  にあてはまる適切な語句を記せ。

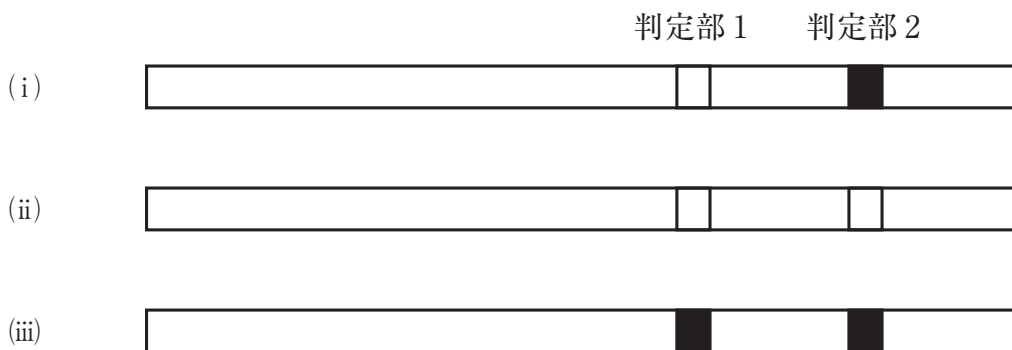
問2 下線部aについて、自然界における細胞の分化や発生が進行する順序を左から右に示したものとして適切なものを以下からすべて選び、記号で答えよ。

- ① 造血幹細胞 → T細胞
- ② 胞胚 → 桑実胚
- ③ ES細胞 → 内部細胞塊
- ④ 中胚葉 → 脊索
- ⑤ マスト細胞 → 膵臓のβ細胞

問 3 下線部 b の血清についての説明として、適切なものを次の①～⑤の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① フィブリンは含まれていない。
- ② 血液から血小板だけを除いたものである。
- ③ 血液を静置した場合にみられる沈殿成分を除いた液体成分である。
- ④ 赤血球や白血球が含まれている。
- ⑤ 血液にクエン酸ナトリウムを加えた後、血球成分を除いた液体成分である。

問 4 図 1 に従い、イムノクロマトグラフィーを行った結果を以下の(i)～(iii)に示した。用いた血清中にタンパク質 A に対する抗体を含むと判定される場合を陽性、含まないと判定される場合を陰性、陽性か陰性かを判定できない場合を判定不能とした場合、(i)～(iii)の結果は陽性、陰性、判定不能のどれにあてはまるかを答えよ。ただし、判定部の黒色で塗りつぶされた部分は、実際には赤色のラインとして目視できるとし、塗りつぶされていない白色部分は赤色のラインがないものとする。



問 5 判定部 1 と判定部 2 がそれぞれ果たす役割を、「判定部 1」と「判定部 2」という 2 つの語句を使用した上で、70 字程度で説明せよ。

問 6 血清中の抗体がどのような状態の場合に、イムノクロマトグラフィーで判定不能になるか、判定不能となる原因例を1つ挙げ、20字程度で説明せよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

21世紀においても感染症は人類にとって脅威であり、2020年にはじまった新型コロナウイルスの蔓延は社会に大きな影響を与えている。今後も未知のウイルスなどによる新たな感染症の世界的大流行が到来する危険性がある。ウイルスは生物に共通する特徴のいくつかを欠くため、生物であるか非生物であるかの判断に困る存在である。

ヒトにはウイルスなどの異物から身を守ろうとする体内のはたらきがあり、免疫はそうしたはたらきの一つである。免疫を利用した治療法や予防法として血清療法やワクチンがある。血清療法は、毒へびにかまれたときなどの治療法として用いられている。ワクチンは、抗原刺激を受けたB細胞やT細胞の一部が記憶細胞として体内に残って後日同じ抗原刺激があった場合に強く反応する仕組み、すなわち免疫記憶を利用している。また、エイズはヒト免疫不全ウイルスに感染することによって免疫不全が起こる病気である。

問1 下線部aについて、ウイルスがもっていない「生物に共通する特徴」の具体例を1つ挙げよ。

問2 下線部bについて、血清療法は、開発当初は多くの患者の命を救ったが、その後有効でより安全な他の治療法が開発されたため、現在ではあまり用いられていない。その理由として考えられる血清療法の欠点を1つ挙げて、50字程度で説明せよ。



問 3 下線部 c について、免疫記憶を利用したものに、ツベルクリン反応がある。ツベルクリン反応を説明した文章として誤りを含むものを次の①～④の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 結核菌に感染したことがある人には結核菌の抗原に应答して増殖した免疫細胞が記憶細胞として残っているため、ツベルクリン反応では陽性となる。
- ② BCG の接種を受けた人は結核菌に対する免疫をもつので、ほとんどの場合ツベルクリン反応は陽性となる。
- ③ ツベルクリン反応は体液性免疫による免疫反応を利用している。結核菌が産生するタンパク質を皮下に注射すると、免疫がある場合には注射した部位が赤く腫れる。
- ④ ツベルクリン反応で陰性と判断された人は、結核菌に感染する恐れがあるので、免疫をもたせるために、BCG を接種することが行われる。

問 4 下線部 d について、ヒト免疫不全ウイルスはヘルパー T 細胞に感染して破壊する。その結果として起こることを説明した文章として、最も適切なものを次の①～⑤の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① B 細胞は影響を受けないので体液性免疫は正常にはたらくが、キラー T 細胞の機能が低下するので、細胞性免疫がはたらかなくなる。
- ② B 細胞は影響を受けないので細胞性免疫は正常にはたらくが、キラー T 細胞の機能が低下するので、体液性免疫がはたらかなくなる。
- ③ B 細胞の機能が低下するので体液性免疫の機能がはたらかなくなるが、キラー T 細胞は影響を受けないので、細胞性免疫は正常にはたらく。
- ④ B 細胞の機能が低下するので細胞性免疫の機能がはたらかなくなるが、キラー T 細胞は影響を受けないので、体液性免疫は正常にはたらく。
- ⑤ B 細胞とキラー T 細胞の両方の機能が低下し、体液性免疫と細胞性免疫の両方がはたらかなくなる。

問 5 抗体は細胞外に存在するウイルスに結合するが、細胞内に存在しているウイルスには結合しない。その理由を 20 字程度で説明せよ。

問 6 今後、新型コロナウイルスを含めたさまざまなウイルスに対するワクチンの開発が期待されている。ヒトの免疫系は未知のウイルスに対してもそれを排除できる機能をもつ一方で、ウイルスもヒトの免疫系をかいくぐって増殖できる可能性をもっている。あるウイルスに対して開発したワクチンがはたらかなくなる可能性として、想定しておかなければならないことは何か。「ウイルスの何が」変化すると、ヒトの「何が」はたらかなくなるのかを、30 字程度で説明せよ。



## 2

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

DNAは、リン酸と糖と塩基からなるヌクレオチドが連なったヌクレオチド鎖で構成される<sup>a</sup>遺伝情報を担う分子である。DNAを構成する塩基には、アデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類があり、AとT、GとCはそれぞれ特異的に結合する。<sup>b</sup>AとT、GとCの組合せにより作られる対を塩基対という。真核生物のDNAは、と呼ばれるタンパク質に巻きついて、と呼ばれる基本構造を形成している。は、さらにそれらが折りたたまれてという繊維状の構造体を形成する。細胞分裂の際にはが凝縮して棒状の染色体になる。ゲノムとは、生物の形成と生命活動に必要な遺伝情報の1セットのことであり、配偶子に含まれるDNAの全遺伝情報である。ヒトゲノムは約30億塩基対であり、ヒトの体細胞の核には本の染色体が含まれている。その塩基配列は「ヒトゲノム計画」により解読された。

問1 ～にあてはまる適切な語句または数字を記せ。

問2 下線部aについて、DNAポリメラーゼの基質となるヌクレオチドのリン酸と塩基は糖のどの炭素原子と結合しているか。図1の①～⑤の中からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

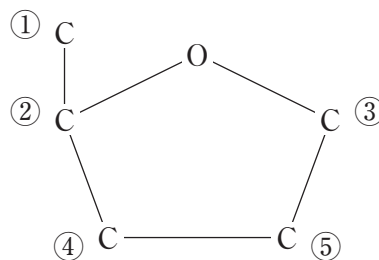


図1 ヌクレオチドに含まれる糖の構造

問 3 下線部 b について、塩基どうしで形成する結合の名称を答えよ。またその結合の本数はいくつか、それぞれ答えよ。

問 4 塩基配列は次のようにして解析することができる。塩基配列を調べたい一本鎖 DNA を鋳型として、DNA ポリメラーゼを用いて  的な DNA 鎖を合成する。このとき基質となる  三リン酸のなかに、あらかじめ蛍光色素などで標識した酸素原子が一つ少ない  三リン酸を、少量混ぜておく。これが DNA の合成の際に取り込まれると、次のヌクレオチドのリン酸が結合できず、そこで合成が停止する。合成が停止した場所によってさまざまな長さの DNA 断片ができるので、電気泳動をすると、その結果から塩基配列がわかる。この方法は  と呼ばれる。以下の問に答えよ。

(i)  ～  にあてはまる適切な語句を記せ。

(ii) 下線部 c について、DNA ポリメラーゼがはたらく際に必要な、短いヌクレオチド鎖の名称を答えよ。

(iii) 下線部 d について、この化合物はデオキシリボースのどの炭素原子と結合する OH を H にしたものか、問 2 の図 1 の①～⑤から 1 つ選び、記号で答えよ。

問 5 ヒトゲノムが解読された結果，99.9%の塩基配列はすべてのヒトで共通であるが，一方で個人差があることもわかった。DNAによって個体を識別することをDNA鑑定という。ゲノム中には，CACACA…のように同じ塩基配列がくりかえし現れる領域が多数散在しており，繰り返し配列の単位が2-4塩基の反復配列を，マイクロサテライトという。各マイクロサテライト中の反復回数には多様性がある。1個人においても，父親由来のゲノムと母親由来のゲノムを比べると，特定のマイクロサテライト中の反復回数は異なっていることが多い。特に多様性の大きい部位は個人識別に有用で，親子鑑定や犯罪捜査に利用されている。たとえば，ある王朝の王とその王妃のミイラおよびその間に生まれた実子であると予想される表1の①～④の四体のミイラの骨から採集されたDNAを用いて，三か所のマイクロサテライトを解析したとする。表1に示すような結果が得られた場合，王と王妃の間に生まれた実子である可能性が最も高いミイラは①～④のどれか，1つ選び記号で答えよ。

表1 三か所のマイクロサテライトの反復回数

	マイクロサテライト A	マイクロサテライト B	マイクロサテライト C
王	7, 10	11, 13	6, 15
王妃	11, 15	9, 12	10, 13
①	7, 11	8, 11	12, 14
②	10, 15	11, 12	10, 15
③	7, 15	10, 13	6, 15
④	10, 11	9, 11	12, 13



(2) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

真核細胞では、核内で転写された mRNA 前駆体は スプライシングなどを経て成熟した mRNA となる。完成した mRNA は <sup>a</sup>  を通り細胞質に移動してリボソームと結合し、そこでタンパク質が合成される。

合成されたタンパク質は、その種類や機能により決まった場所に運ばれる。また、 に結合したリボソームで合成されたタンパク質は、細胞内のほかの 細胞小器官 や細胞膜に運ばれ、それらを構成するタンパク質となった<sup>b</sup>り、細胞外へ分泌 されたりする。

<sup>c</sup>核内に存在する DNA, RNA のようすを顕微鏡で観察する実験をおこなった。タマネギの表皮細胞を用いて、メチルグリーン・ピロニン溶液で染色したところ、核全体が青緑色に染まり、核内の ある部分だけ がピンク色に染まった。<sup>d</sup>ユスリカのだ腺を用いて同様の実験を行ったところ、染色体の一部に  と呼ばれる膨らんだ部分があり、その周囲はピンク色に染まっていた。 は転写が活発に行われている部分で、発生段階が同じ個体であ<sup>e</sup>ればその位置は共通していたが、発生段階が異なる個体では位置が異なっていた。

問1 文中の空欄  ～  にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 真核細胞での遺伝子発現に関する記述として、正しいものを次の①～⑤の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① DNA の2本鎖のうち、どちらが鋳型鎖となるかは遺伝子ごとに異なっている。
- ② mRNA への転写が終了する前から翻訳が開始される。
- ③ 転写の際に RNA は 3' から 5' の方向に順に合成されていく。
- ④ 細胞外の情報を受容して転写が調節されることがある。
- ⑤ 細胞に含まれる tRNA の種類は、アミノ酸の種類と同じく 20 種類である。



問 3 下線部 a について，スプライシングによって取り除かれる領域の名称を答えよ。

問 4 下線部 b について，以下の文は，細胞小器官やその機能を説明したものである。それぞれの細胞小器官の名称を答えよ。

(i) 細胞内で生じた不要な物質や，細胞外から取り込んだ物質を分解する。

(ii) 主に動物細胞に存在し，細胞分裂の際の染色体の移動にかかわる。

問 5 下線部 c について，タンパク質を含む小胞が細胞膜と融合することで細胞外へ分泌することを何というか，名称を答えよ。

問 6 下線部 d について，この「ある部分」の名称は何か，またこの「ある部分」で合成される RNA は何か，それぞれの名称を答えよ。

問 7 下線部 e について発生段階ごとに染色場所が異なることからどのようなことが考えられるか，25 字程度で説明せよ。

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

植物や藻類などは、光エネルギーを用いて無機物から有機物を合成することができる。このはたらきを光合成という。光合成において光エネルギーを吸収する色素は、光合成色素と呼ばれる。<sup>a</sup>

光合成は細胞の中の葉緑体で行われる。葉緑体の内部には、袋状の膜構造からなるチラコイドと、基質部分の **ア** がある。光合成では、チラコイドにおける光が直接関係する反応段階と、 **ア** における光が直接関係しない反応段階の2つに大きく分けられる。光合成の第一段階でおこる反応は、電子伝達とATPの合成である。チラコイド膜上で光エネルギーによってクロロフィルが活性化され、光化学系Ⅱから光化学系Ⅰへの電子伝達が引き起こされる(図1)。光化学系Ⅱに電子を与えるのは **イ** であり、 **イ** から電子が引き抜かれた結果としてH<sup>+</sup>と **ウ** が生じる。光化学系Ⅰで伝達された電子は、酸化型補酵素である **エ** に渡され、還元型の **オ** が生成する。一方、電子伝達と結びついたATPの合成により、光エネルギーが **カ** エネルギーに変換される。<sup>b</sup>

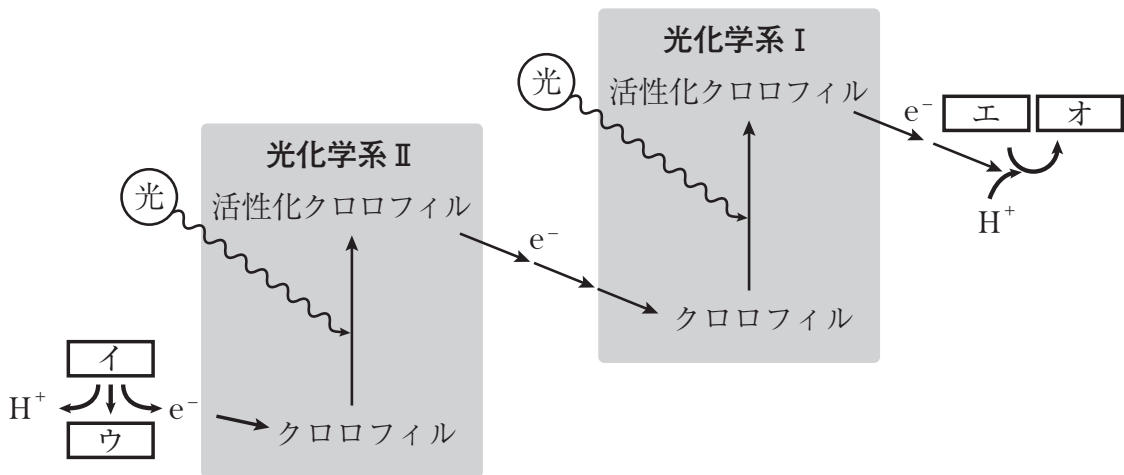


図1 光化学系における電子伝達の模式図

光合成の第二の段階の **ア** でおこる反応は、二酸化炭素から有機物を合成する炭酸同化である。この反応には複数の酵素が関与しており、カルビン <sup>c</sup>

・ベンソン回路と呼ばれる(図2)。二酸化炭素は RuBP カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(Rubisco)により, C<sub>3</sub>化合物である  へと変換される。カルビン・ベンソン回路では, 1分子の二酸化炭素を固定するのに,  分子の ATP と,  分子の  が消費される。カルビン・ベンソン回路からの直接の生産物は, C<sub>3</sub>化合物であるグリセルアルデヒド3-リン酸である。この一部がグルコースなどの有機物の合成に使われ, 残りは再び RuBP へと戻る。

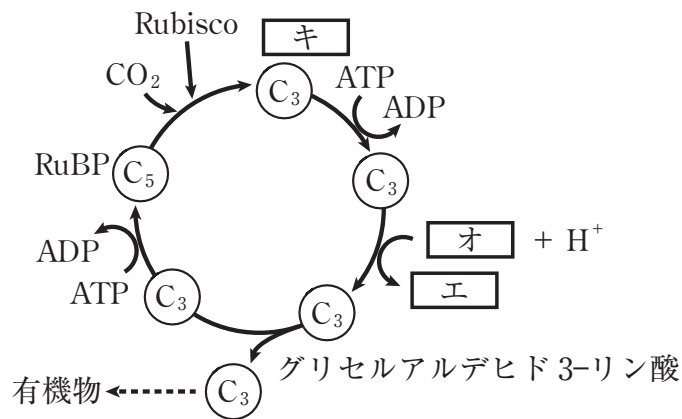


図2 カルビン・ベンソン回路の模式図

問1  ~  にあてはまる適切な語句および  と  にあてはまる適切な数字を記せ。

問2 下線部aについて, ほうれん草を用いた以下の実験を行った。

**【実験】**

ほうれん草をすりつぶし, ジエチルエーテルを加えて色素を抽出した。この抽出液をガラス毛细管で少量取り, 薄層クロマトグラフィー(TLC)シートの原点にそれぞれスポットした。石油エーテル:アセトン = 7:3(体積比)の展開液を入れた試験管にTLCシートを入れて展開液が終点に達するまで静置したあと取り出した(図3)。展開後のTLCシートにはR<sub>f</sub>値が0.9, 0.47, 0.42の位置に光合成色素が分離でき, それぞれ橙, 青緑, 黄緑の色であった。さらに分析するために3つのスポットをそれぞれ分離・回収し, それぞれの光合成色素の吸収スペクトルを測定した(図4)。また同じ波長範囲でほうれん草の光合成の作用スペクトルも測定した(図4)。

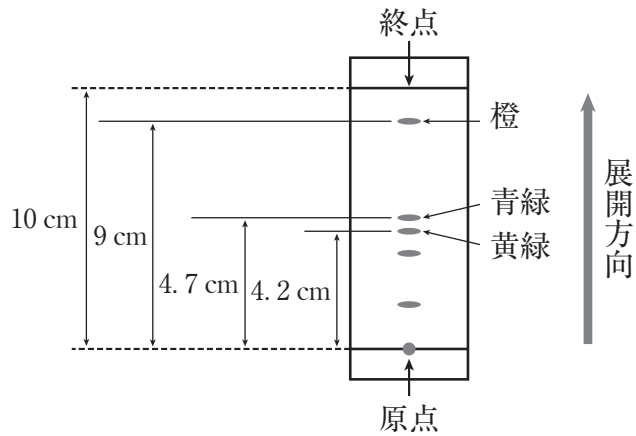


図3 薄層クロマトグラフィーによる色素の分離

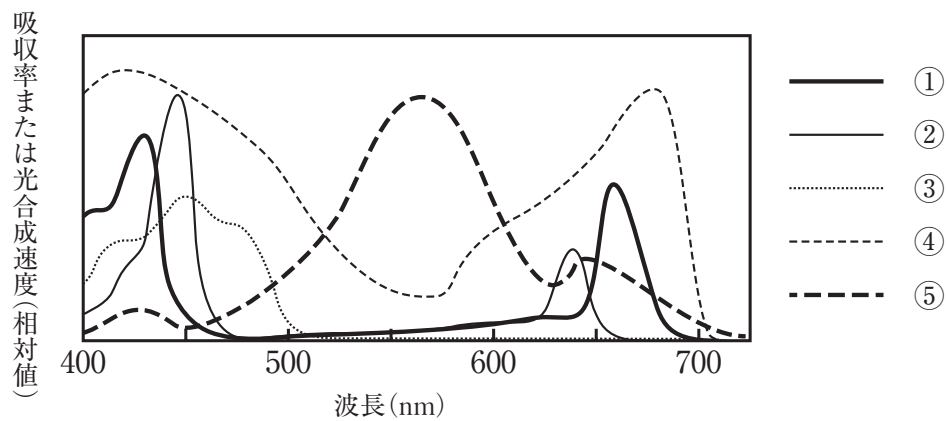


図4 光合成色素の吸収スペクトルと光合成の作用スペクトル

- (i) Rf 値が 0.9, 0.47, 0.42 の光合成色素はそれぞれ何か, 名称を答えよ。
- (ii) Rf 値が 0.9, 0.47, 0.42 の光合成色素の吸収スペクトルを図4の①～⑤の中からそれぞれ1つ選び, 記号で答えよ。
- (iii) 光合成の作用スペクトルを図4の①～⑤の中から1つ選び, 記号で答えよ。

問 3 下線部 b について、ATP はチラコイド膜に存在する ATP 合成酵素のはたらきで合成される。この酵素による ATP 合成の仕組みについて、「水素イオン」と「チラコイド内腔」の用語を用いて 80 字程度で説明せよ。

問 4 下線部 c について、図 5 は緑色植物の葉が受ける光の強さ(キロルクス)と二酸化炭素の吸収速度( $\text{mg}/(100 \text{ cm}^2 \cdot \text{時})$ )の関係を示したものである(呼吸速度は光の強さが増加するにつれて減少することが知られているが、図 5 では、呼吸速度は一定であるものとして示している)。この植物の葉  $300 \text{ cm}^2$  に 20 キロルクスの光を 2 時間照射した。このとき光合成されたグルコースの全量は約何 mg になると考えられるか。計算過程を示し、小数点以下 1 桁を四捨五入して答えよ。なお光合成産物と呼吸基質はグルコースとし、原子量は  $\text{C} = 12$ ,  $\text{H} = 1$ ,  $\text{O} = 16$  とする。

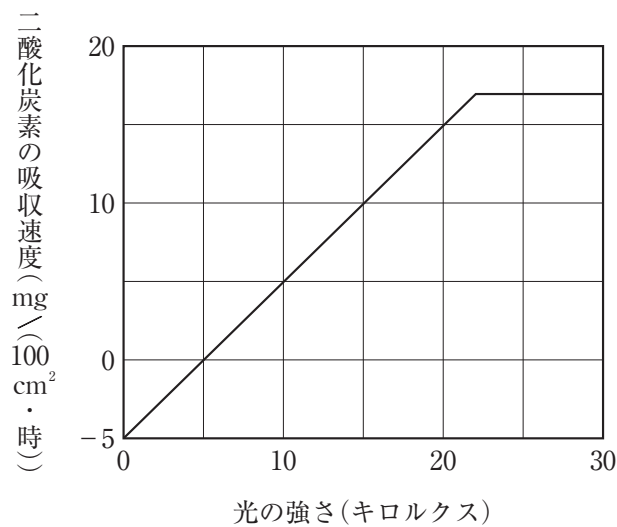


図 5 光の強さと二酸化炭素の吸収速度の関係

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

植物は、その一生の中で、周囲から光、温度、水、化学物質、重力など、さまざまな環境要因の影響を受ける。環境に対する植物応答には、発芽、成長、気孔の開閉、ストレスへの応答、花芽の形成、老化・落葉などがある。植物応答の仕組みを調べるために、次のような3つの実験をおこなった。

### 【実験Ⅰ】

図1に示すように、イネ科植物の幼葉鞘の先端に、①光を通さないキャップを被せる、②化学物質を通さない雲母片を差し込むという処理をおこない、植物体の側面方向から光を照射して、その植物成長を観察した。なお雲母片は、光照射方向と平行な水平方向にして光が当たる側(a)と光が当たらない陰側(b)、そして、先端に光に対して垂直(c)に差し込んだ。

実験の結果、処理①では屈曲が観察されなかった。また、処理②では光が当たる側に雲母片を差し込んだ(a)についてのみ、未処理のものと同様な屈曲が観察されたが、その他の2つの処理(b)と(c)では屈曲は観察されなかった。

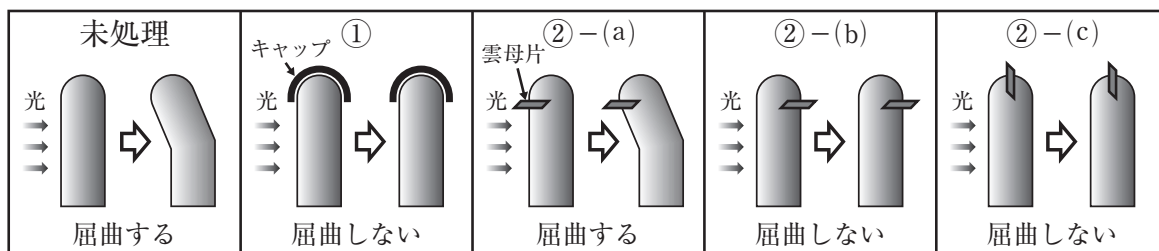


図1 実験Ⅰの概要と結果

### 【実験Ⅱ】

下線部bについて、植物の花芽形成と日長との関係を調べるために、温度が一定に調節されたガラス温室で、3種類の植物A、B、Cの栽培をおこない、それぞれの植物の開花時期を調べた。その結果、それぞれの開花時期は、植物Aでは4～5月の間、植物Bは8～9月の間であった。一方で、植物Cは時期に依存せずに開花した。

### 【実験Ⅲ】

下線部 b について、花芽分化を誘導する仕組みを調べるために、ある植物の遺伝子 X と Y のはたらきに対する検証実験をおこなった。

遺伝子 X の機能を欠損した変異株については、暗期の途中で光照射をおこなった時の花芽形成に対する影響を野生株と比較して調べた。野生株では遠赤色光(730 nm)のみを照射した場合には、花芽形成の抑制は確認されなかったが、赤色光(660 nm)を照射した場合には、(光中断による)花芽形成の抑制が確認された。一方、変異株では遠赤色光と赤色光のどちらを照射しても花芽形成は抑制されなかった。

遺伝子 Y の機能を欠損した変異株については、温度を一定にして同じ日長条件を与えて、花芽形成に対する影響を野生株と比較して調べた。通常の光条件において、野生株と比較すると遺伝子 Y の変異株の開花は遅延した。さらに、遺伝子 Y から合成される mRNA とタンパク質の茎頂分裂組織と葉における量を調べた。その結果、遺伝子 Y の mRNA は葉にのみ検出される一方で、そのタンパク質は茎頂分裂組織と葉の両方に検出された。

問 1 下線部 a の説明として、誤りを含むものを次の①～⑤から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① チューリップの花の開閉は、温度に対する花卉の内側と外側の成長速度の差によって起こる成長運動であり、温度傾性という。
- ② オジギソウは、熱や接触の刺激により、葉のつけ根にある組織の細胞の膨圧が変化して葉が閉じる。これを接触傾性と呼ぶ。
- ③ 振動や接触の刺激を受けると、植物ホルモンであるジベレリンが合成されて、茎の伸長成長が抑制され、肥大成長が促進される。
- ④ 植物が刺激に対して一定の方向性をもって屈曲する性質を屈性という。
- ⑤ 光などの刺激源に近づく方向へ屈曲する場合を正の屈性と呼び、遠ざかる方向へ屈曲する場合を負の屈性という。

問 2 【実験Ⅰ】は、植物ホルモンの一つであるオーキシンが誘導する光屈性を観察したものである。実験結果の説明として正しいものを次の①～⑥からすべて選び、記号で答えよ。

- ① 処理①では、光が遮断されることで、クリプトクロムからの情報伝達が抑制されて、先端部におけるオーキシンの光の当たらない側への移動が抑制されるため、光屈性が観察されない。
- ② 処理①では、光が遮断されることで、フォトトロピンからの情報伝達が抑制されて、先端部におけるオーキシンの陰側への移動が抑制されるため、光屈性が観察されない。
- ③ 処理①では、光が遮断されることで、オーキシンによってセルロース繊維が安定化されるため、光屈性が観察されない。
- ④ 処理②-(a)では、雲母片によって光の当たる側へのオーキシンの移動が抑制されるため光屈性が観察される。
- ⑤ 処理②-(b)では、雲母片によって光の当たる側へのオーキシンの移動が抑制されるため光屈性が観察されない。
- ⑥ 処理②-(c)では、雲母片によって光の当たらない側へのオーキシンの移動が抑制されるため光屈性が観察されない。☒

問 3 【実験Ⅱ】について、群馬地区の日長時間の変化を表す図 2 をもとにして、栽培した植物 A, B, C は、長日植物, 短日植物, 中性植物のどれにあてはまるかを答えよ。

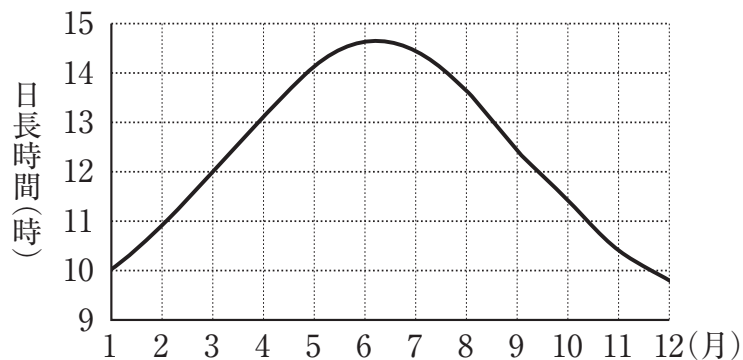


図 2 群馬地区の日長時間の変化



問 4 【実験Ⅱ】において，開花が促進される時期の夜間に，光を1時間照射すると，花芽が形成されるか形成されないかを，植物A，B，Cのそれぞれについて答えよ。

問 5 【実験Ⅲ】について，遺伝子Xから合成されるタンパク質の名称を答えよ。また，遺伝子Yから作られるタンパク質(植物ホルモン)の名称を答えよ。

問 6 【実験Ⅲ】の下線部の結果から，花芽形成を誘導する遺伝子Yから作られるタンパク質は，葉で作られて茎頂分裂組織へ移動すると考えられる。このようなタンパク質の長距離移動をともなう情報伝達の仕組みによって花芽形成を制御する遺伝子Yが葉で発現する理由を，40字程度で説明せよ。

4

次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

生物はさまざまな化学反応によって生命活動を営んでおり、それらの化学反応は生体触媒である酵素のはたらきで制御されている。一般に酵素はタンパク質が主成分であり、細胞は遺伝情報をもとに必要な酵素タンパク質を合成することで、生命活動を担う化学反応を進めることができる。一方、酵素タンパク質<sup>a</sup>だけでは進まない化学反応もあり、低分子の有機物が必要な場合もある。ある酵素が触媒作用を示すことができる物質(基質)はきわめて限られており、酵素のもつこの性質を  という。これは、酵素には特定の基質が結合するそれぞれ特有の立体構造をもつ活性部位があるためである。ここで、基質<sup>b</sup>によく似た物質が共存するとその酵素反応は阻害されることがあり、これを競争的阻害という。この他にも、ある物質が酵素の活性部位以外に結合して酵素反応が阻害や促進される場合がある。このような酵素を  酵素という。

問1 文中の空欄  と  にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について，以下の実験で，ある酵素タンパク質とゆるやかに結合した低分子(補酵素)が酵素の触媒作用に必要なことを証明したい。

(i) セロハンのような半透膜でできた袋に補酵素が結合した活性のある酵素液を入れ，ビーカーの水で一昼夜透析した。補酵素の必要性を示す結果として，考えられる最も適切なものを次の①～⑩から 1 つ選び，記号で答えよ。

- ① 半透膜の袋の内液に補酵素が残り，外液にタンパク質が移動するが，酵素の活性は変化しない。
- ② 半透膜の袋の内液に補酵素が残り，外液にタンパク質が移動したため，酵素の活性が上昇する。
- ③ 半透膜の袋の内液に補酵素が残り，外液にタンパク質が移動したため，酵素は活性を失う。
- ④ 半透膜の袋の外液にタンパク質と補酵素が移動する。その結果，酵素の活性が上昇する。
- ⑤ 半透膜の袋の外液にタンパク質と補酵素が移動する。その結果，酵素は活性を失う。
- ⑥ 半透膜の袋の内液にタンパク質と補酵素が残る。その結果，酵素の活性が上昇する。
- ⑦ 半透膜の袋の内液にタンパク質と補酵素が残る。その結果，酵素は活性を失う。
- ⑧ 半透膜の袋の内液にタンパク質が残り，外液に補酵素が移動するが，酵素の活性は変化しない。
- ⑨ 半透膜の袋の内液にタンパク質が残り，外液に補酵素が移動したため，酵素の活性が上昇する。
- ⑩ 半透膜の袋の内液にタンパク質が残り，外液に補酵素が移動したため，酵素は活性を失う。

(ii) 補酵素が酵素の触媒作用に必要なことを説明するためには、(i)で示した透析の後に半透膜の袋の内液と外液を用いて、さらに実験を続けることが望ましい。どのような実験を行ってどのような結果を得ることで酵素活性に対する補酵素の必要性を証明できると考えられるか、30字程度で説明せよ。

問 3 下線部 b について、マルトースを加水分解してグルコースを生成する酵素であるマルターゼを用いて、マルトースとよく似た構造の阻害物質 X に関する次の実験を行った。

**【実験 I】**

ある濃度のマルターゼを含む緩衝液に、一定濃度のマルトースを加えて 37℃で保温し、その後時間を追って反応液中のグルコース量を測定した。その結果、図 1 に示すグラフが得られた。

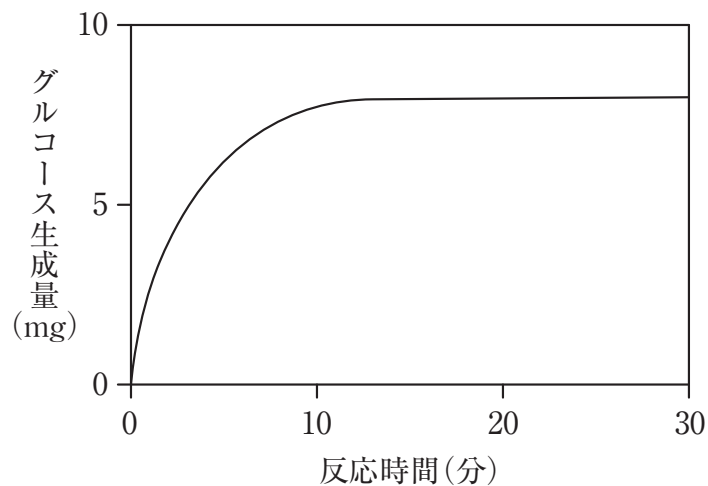


図 1 マルターゼによるマルトースの加水分解反応

## 【実験Ⅱ】

実験Ⅰと同じ濃度のマルターゼを含む緩衝液に、一定濃度の阻害物質Xを加えた。その後、反応溶液に実験Aと同じ濃度のマルトースを加えて37℃で保温し、時間を追って反応溶液中のグルコース量を測定した。

- (i) 実験Ⅰにおいて、反応開始後10分を過ぎたころから、グルコースの生成量がそれまで以上に増加しなくなった理由について、25字程度で説明せよ。
  
- (ii) 実験Ⅰにおける対照実験の一つとして、マルターゼを含まない緩衝液で同様の反応を行ってグルコースの生成量を測定した。この対照実験を行う理由を、40字程度で説明せよ。

(iii) マルターゼの濃度を半分にして、その他の条件は実験 I と同じにして実験を行った。そのときのグルコース量と反応時間の関係を破線で描いたとする。最も適切と思われるグラフを図 2 の①～④の中から 1 つ選んで記号で答えよ。ただし、図中の実線グラフは図 1 と同じグラフが描かれている。

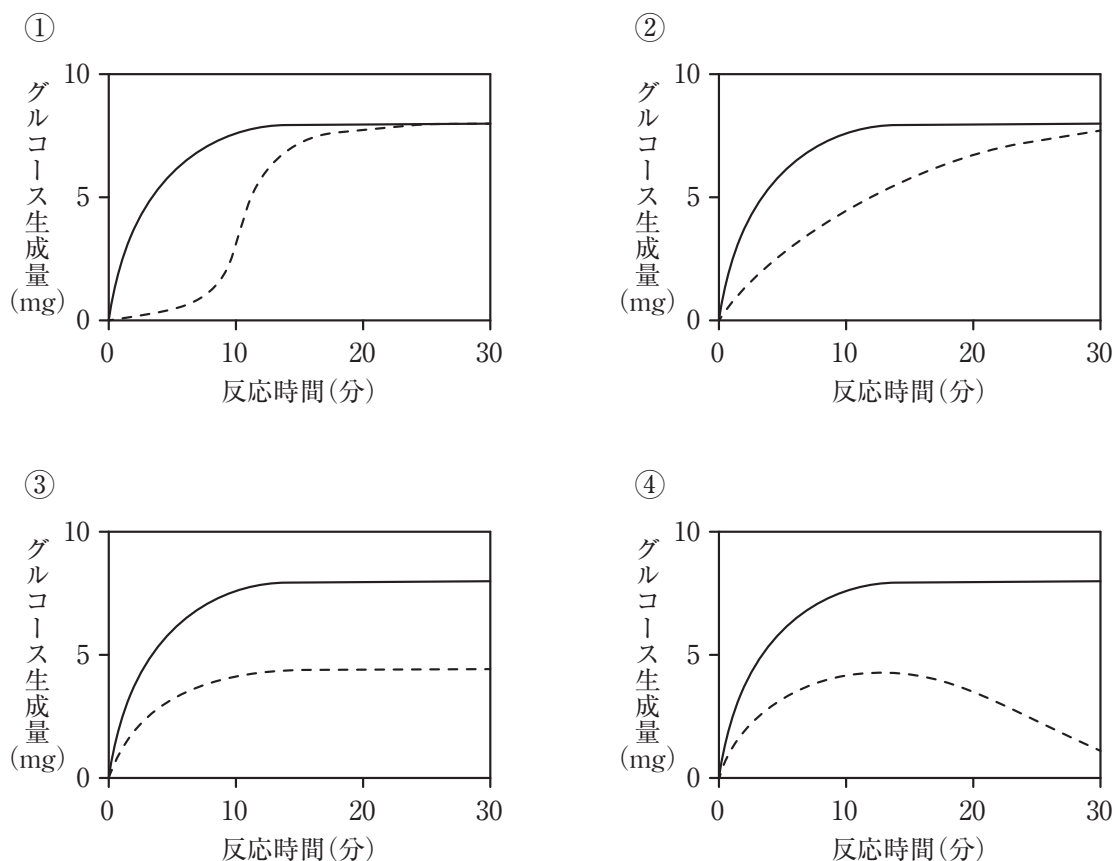


図 2 条件を変えた時のマルターゼによるマルトースの加水分解反応

(iv) 実験 II の結果として、阻害物質 X を含む場合のグルコース生成量と反応時間との関係はどのようなになるか、最も適切と思われるグラフ(破線)を(iii)の図 2 の①～④の中から 1 つ選んで記号で答えよ。ただし、阻害物質 X は実験の間、分解されることはない。

(v) 阻害物質 X が競争的に阻害することを確認するには、基質濃度を低濃度から高濃度まで変化させる条件で、マルターゼの反応速度を測定し、阻害物質 X を加えた場合と加えない場合とで、比較することが必要である。阻害物質 X を加えた場合と加えない場合を比較した結果として、阻害物質 X が競争的に阻害する場合には、基質濃度が低濃度の場合と高濃度の場合とで、どのような結果の違いが得られると考えられるか、50 字程度で説明せよ。