

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 27 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～14 ページ)、化学基礎・化学(15～24 ページ)、生物基礎・生物(25～44 ページ)、地学基礎・地学(45～54 ページ)の各問題があります。総ページは 54 ページです。
- 2 解答用紙は、生物基礎・生物は 2 枚(表裏の計 4 ページ)です。物理基礎・物理、化学基礎・化学、地学基礎・地学は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 生物基礎・生物には、選択問題があります。
生物基礎・生物の注意事項をよく読んで解答しなさい。
- 4 下書き用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 5 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 6 解答は、解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 7 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 8 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

生物基礎・生物（4 問）

注 意 事 項

- 1 [Ⅰ], [Ⅱ], [Ⅲ]は必須問題である。[Ⅳ]は選択問題であり, [Ⅳ-a]または[Ⅳ-b]のいずれか一つを選択し解答せよ。解答用紙の選択問題記入欄に, 選択した問題の番号([Ⅳ-a]または[Ⅳ-b])を○で囲み示すこと。
* [Ⅳ-a]と[Ⅳ-b]を両問とも解答した場合には, 両問とも採点対象とはならず, [Ⅳ-a]と[Ⅳ-b]はともに0点になる。
- 2 字数制限のある設問については, 句読点を含めた字数で答えること。

〔 I 〕 次の問 1 と問 2 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

問 1 グルコースの代謝に関する次の文章を読み、文章中の ～
 に適切な語を記せ。

グルコースが呼吸基質となって水と二酸化炭素まで分解される過程は、大きく分けて三つのステップに分けられる。まず、第一のステップは解糖系と呼ばれ、グルコース 1 分子から 2 分子の が生成されると共に、正味 分子の ATP が合成される。2 分子の は、 内に入り、 のマトリックスにおいて第二のステップである ，さらに、NAD と結合した水素イオンは の内膜・クリステで第三のステップである で使われる。

激しい運動を続けた筋肉では、 の供給が不十分になり、解糖によって生じた が蓄積してくる。

問 2 以下の文章を読み、問(1)と問(2)に答えよ。

解糖系全体の速度は、グルコースからグルコース 6 リン酸を生じる過程に大きく影響されているが、これを触媒する酵素としてヘキソキナーゼとグルコキナーゼが知られている。一定量のヘキソキナーゼあるいはグルコキナーゼを用いてグルコースからグルコース 6 リン酸の産生量を比較すると、1 分間当たりのグルコース 6 リン酸産生量は添加するグルコース濃度に応じて図 1 のように変化する。(注：mM とは 10^{-3} M である)

縦軸はグルコース 6 リン酸産生量を示している。この活性は酵素—基質 (グルコース) 複合体の形成しやすさと、最大反応速度の二つによって規定される。酵素—基質複合体の形成しやすさを図 1 から判断すると、ヘキソキナーゼとグルコキナーゼとでは、前者の方が高いことがわかる。また、ヒトの場合は組織ごとにヘキソキナーゼとグルコキナーゼの発現は異なっており、ヘキソキナーゼは胎児組織やがん細胞、脳組織などで多い。一方、グルコキナーゼはすい臓の β 細胞に豊富である。

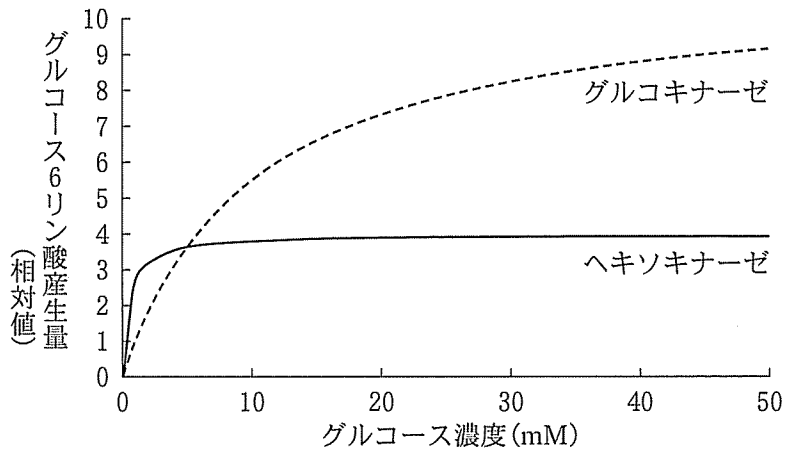


図 1

問(1) 下線部(a)で述べたように、ヘキソキナーゼが多いことが、これらの細胞や組織にとって、どのような利点があるか、30字以内で説明せよ。なお、ヒトでは、空腹時の血液中グルコース濃度は約 5 mM である。

問(2) 下線部(b)に関して、以下の文章中の ~ に適切な語を記せ。

すい臓の β 細胞にはグルコキナーゼが豊富なので、 濃度に応じた ATP 量が細胞内に蓄積することになり、これがインスリンの分泌を促進する。インスリンは、血液中の 濃度を低下させるが、これと逆に作用するホルモンとして、すい臓の α 細胞から分泌される と、副腎髄質から分泌される が挙げられる。これらは細胞内の を分解する酵素を活性化させることで を産生する。

問 3 化合物 X, Y は, それぞれグルコキナーゼの阻害薬である。化合物 X はグルコースと類似した構造を有しており, グルコキナーゼとグルコースの結合を抑制する。一方, 化合物 Y は, グルコキナーゼとグルコースの結合には全く影響を与えずにグルコース 6 リン酸産生量を抑制する。図 2 は, 添加するグルコースの量に応じて 1 分間あたりに産生されるグルコース 6 リン酸量を示したものであり, a は最大産生量を表し, 一方, b は a の半分の産生量を与えるグルコース濃度を表している。化合物 X あるいは化合物 Y を添加した状態では, このグラフがどのように変化すると考えられるか。次の①~⑥の中から, それぞれ最も適切なものを選べ。

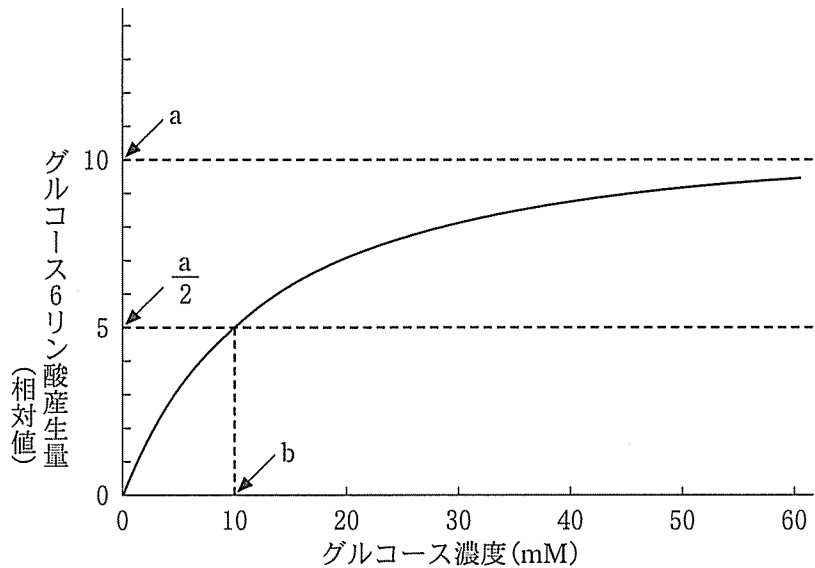
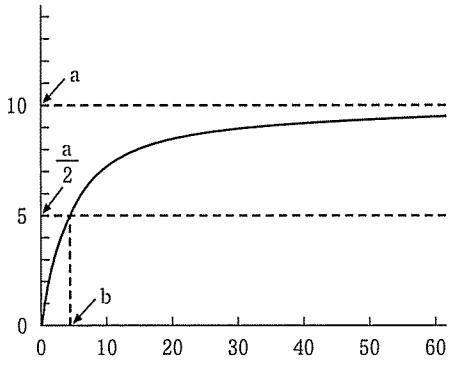
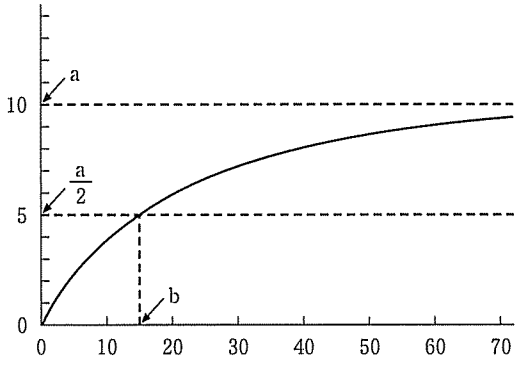


図 2

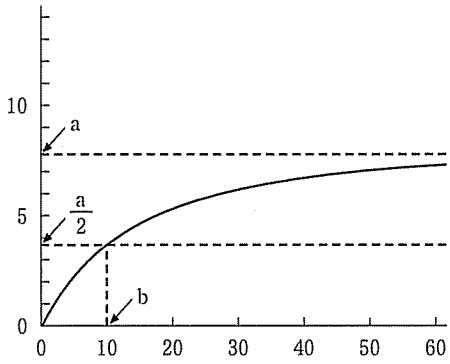
①



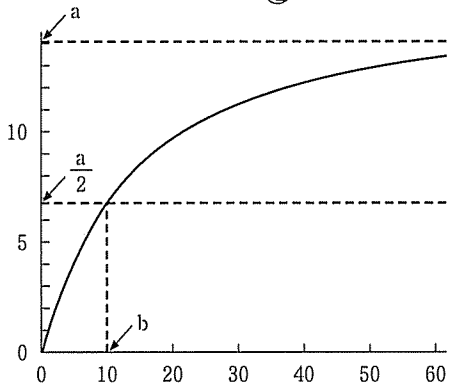
②



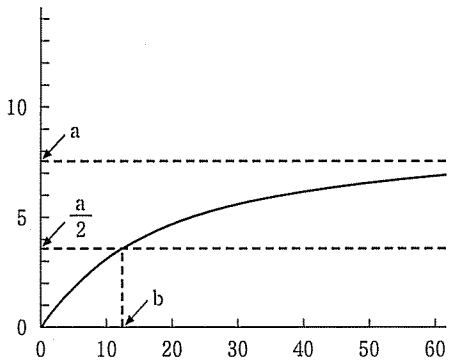
③



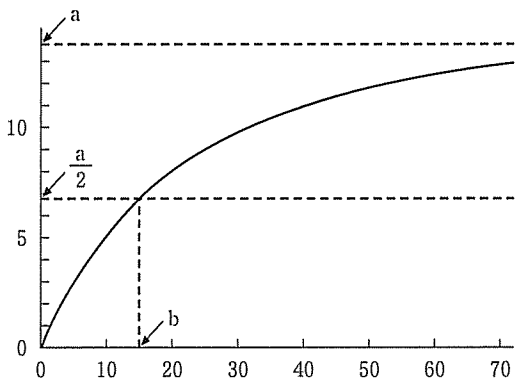
④



⑤



⑥



このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 遺伝子の発現および遺伝子組換えに関する次の文章を読み、問1と問2に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

遺伝子の本体である DNA は塩基、糖とリン酸からなる と呼ばれる構成単位からできている。二本の 鎖がらせん状にねじれ、その内側で塩基どうしが 結合により弱くつながることで DNA の二重らせん構造を形成している。

遺伝子が発現する場合、DNA を鋳型としてその塩基配列が RNA に写し取られるが、この過程を転写という。真核細胞では、転写された伝令 RNA 前駆体の一部である が取り除かれて伝令 RNA が成熟するが、この過程を という。その後、伝令 RNA は核から細胞質へと送られ、 に結合してタンパク質の合成が始まるが、この過程を という。

遺伝子組換えとは、ある生物由来の DNA を切り出し、別の生物の DNA へ組み込むことである。DNA の切り出しには、ある特定の DNA 配列を認識し、その部位で二本鎖 DNA を切断することができる制限酵素を用いる。切り出された DNA 断片は と呼ばれる酵素を用いることで、別の DNA につなぎこむことができる。

問1 文章中の ～ にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 制限酵素を用いて遺伝子組換えにより緑色蛍光を発する植物の培養細胞を作出したい。GFP はオワンクラゲから単離された緑色蛍光タンパク質であり、特定の波長の光を GFP に当てると緑色の蛍光を発する。その GFP 遺伝子を図 1 に示したプラスミド 1 から切り出し、プラスミド 2 につなぎこんだ上で、プラスミド 3 を作製する。作製されたプラスミド 3 を用いて植物の培養細胞を形質転換することで、緑色蛍光を発する細胞を得ることができると期待される。図 1 はプラスミド 1 とプラスミド 2 の模式図であり、図 1 中の A~D の矢印は制限酵素 A~D で切断できる部位を示している。次の問(1)~問(3)に答えよ。

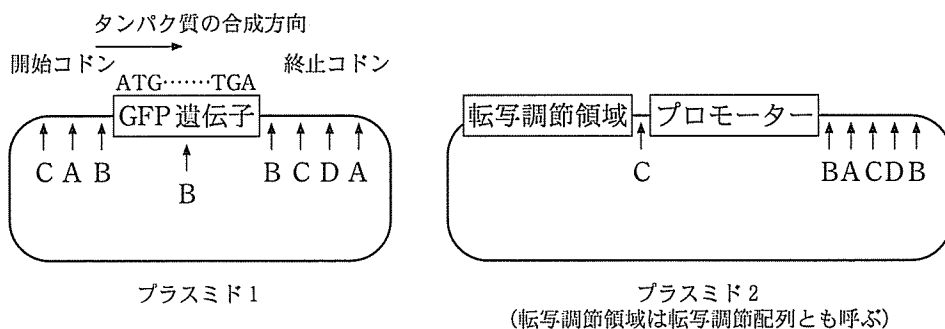
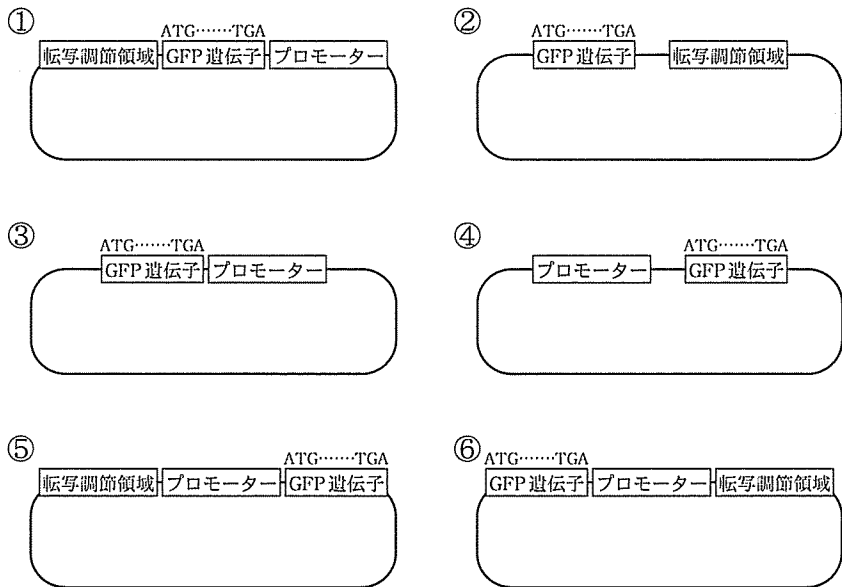


図 1

問(1) A~D の制限酵素のうち、① 1 種類のみを使用する場合と② 2 種類使用する場合について、それぞれどの制限酵素を用いるのが最も適切か。A~D の記号で答えよ。ただし、遺伝子組換え操作は GFP の遺伝子構造を損なわないように行うものとし、制限酵素 A~D はそれぞれ図 1 中の矢印で示された A~D の部位のみを切断するものとする。

問(2) 問(1)の②において，2種類の制限酵素を用いることで作製されたプラスミド3の模式図として最も適切なものを，次の①～⑥から選べ。



問(3) 問(1)の②において2種類の制限酵素を使用して作製されたプラスミド3を植物の培養細胞に導入した。形質転換された培養細胞を観察したところ，ほとんどの培養細胞から明るい緑色蛍光を確認することができた。しかし，問(1)の①のように1種類の制限酵素を使用して作製されたプラスミド3で形質転換された培養細胞では緑色蛍光を確認できないものが含まれていた。形質転換されているにもかかわらず，緑色蛍光を確認できなかった培養細胞では，プラスミド3の作製においてなんらかの問題が生じたためであると思われる。どのような原因が可能性として考えられるか，25字以内で答えよ。

〔Ⅲ〕 神経細胞における情報の伝わる仕組みに関する以下の文章を読み、問1と問2に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

神経細胞において、刺激を受けていない時は、電位は内側の方が外側に比べて低く、これを 電位と呼ぶ。局所的に神経細胞の軸索を刺激すると細胞膜の内側と外側の電位が瞬間的に逆転し、その電位差を感知したナトリウムチャネルの機能により、細胞に 電位が生じる。このようにして、局所的に短時間維持された電位変化が次々と隣接した細胞膜上を伝わっていく。この大きな電位の逆転は一過性であり、迅速にもとの状態に戻る。この際、膜にある の働きにより イオンを細胞外へ汲み出し、 イオンを細胞内へ取り込んでいる。神経細胞軸索の末端では 電位が伝わってくると、 小胞内に存在する神経伝達物質が分泌され、情報を受け取る側の細胞膜にある受容体に結合する。その結果、細胞内シグナルが変換され、情報が伝わっていく。

問1 文章中の ～ に最も適切な語句を記入せよ。

問2 神経細胞を介した標的細胞の活性化機構を調べるため、下記の実験を行った。以下の文章を読み、問(1)～問(3)に答えよ。

メダカは外界からの様々な刺激により、自律神経系や内分泌系を介してその体色^(a)が変化する。メダカのうろこを覆っている表皮の中には黑色素細胞があり、黑色素細胞内のメラニン顆粒^{かりゅう}が細胞の中心部へ集まったり(凝集)、周辺部へ広がる(拡散)ことで体色変化が起こる(図1)。このメラニン顆粒の移動は、モータータンパク質がATPをADPに分解する際に生じるエネルギーを用いる。つまり、図1の反応は、細胞内に張りめぐらされた微小な繊維構造(微小管)上を、ATPから産生したエネルギーによりメラニン顆粒が運ばれることによって起こる。メダカ黑色素細胞の迅速な凝集反応は交感神経の働きにより調節されている。

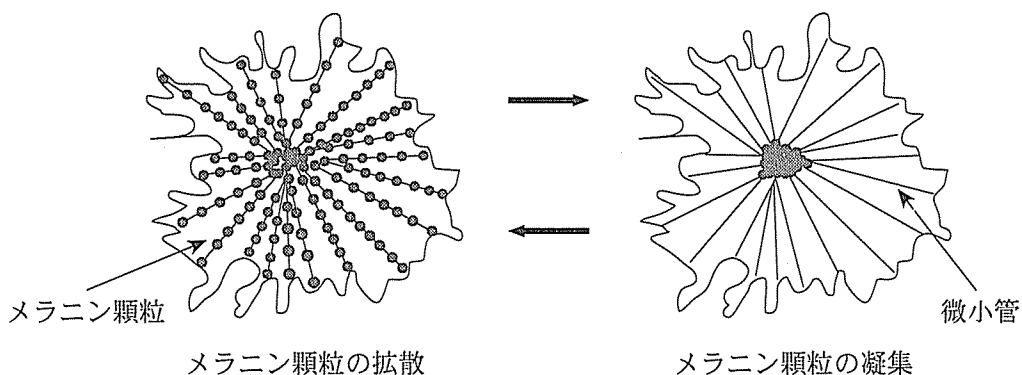


図 1

[実験] 生きているメダカからうろこを摘出し、淡水魚用正常リンガー溶液（生理食塩水に必要な塩類を溶解したもの。組成は表 1 参照）に浸した。その中で、メラニン顆粒が十分に拡散している黒色素細胞を多数持つうろこを 1 枚選び、以下の操作を行った。

[操作 1] うろこを表 1 の高カリウムリンガー溶液に浸し、ただちにメラニン顆粒の分布を時間ごとに顕微鏡で観察した。その結果、黒色素細胞中のメラニン顆粒は図 1 で示したように強い凝集反応を引き起こすことがわかった。

[操作 2] [操作 1] で用いたうろこを正常リンガー溶液中で十分すすぐとメラニン顆粒は再び、元の十分な拡散状態に戻った。次に、そのうろこを交感神経の神経伝達物質であるノルアドレナリン (0.1%) を加えた正常リンガー溶液に浸し、ただちに [操作 1] と同様に顆粒の分布を観察した。その結果、多くの黒色素細胞は凝集した。しかし、メラニン顆粒が十分拡散した細胞輪郭が明瞭な形態を示す細胞であっても、凝集反応がほとんど起こらない黒色素細胞も同時に観察された。^(b)

表 1

	NaCl	KCl	CaCl ₂
正常リンガー溶液	128.0	2.6	1.8
高カリウムリンガー溶液	104.6	26.0	1.8

(単位は mM, 1 mM = 10⁻³ M)

問(1) 以下の文章は、下線部(a)の自律神経系について説明したものである。

正しいものを二つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 自律神経系は随意運動を担っている。
- (イ) 間脳視床下部は自律神経系の最高中枢として働いている。
- (ウ) 自律神経系の交感神経は小脳から出ている。
- (エ) 自律神経系の副交感神経は神経末端でアセチルコリンを分泌する。
- (オ) 心臓の拍動は自律神経系の交感神経により抑制される。
- (カ) 胃の活動は自律神経系の副交感神経により抑制される。

問(2) [操作 1]に関して、「高カリウムは、うろこの黒色素細胞に接した交感神経に作用し、ノルアドレナリンを分泌させることにより、黒色素細胞内のメラニン顆粒凝集を引き起こす」という仮説を立てた。その検証のため、下記に示した 3 種類の薬品 A, B, C を用いて実験を行うことにした。それぞれの薬品により処理したうろこを、高カリウムリンガー溶液に浸した。上述の「 」内の仮説が正しかった場合にどのような結果が予想されるか。それぞれの黒色素細胞について、20 字以内で解答欄(ア)~(ウ)に例にならって記入せよ。

例) メラニン顆粒は凝集する。

薬品 A : 黒色素細胞の細胞膜上にあるカリウムチャンネル(カリウムイオンを拡散により受動輸送するタンパク質)の働きを阻害する作用を持つ。

薬品 B : 交感神経からのノルアドレナリン分泌を阻害する作用を持つ。

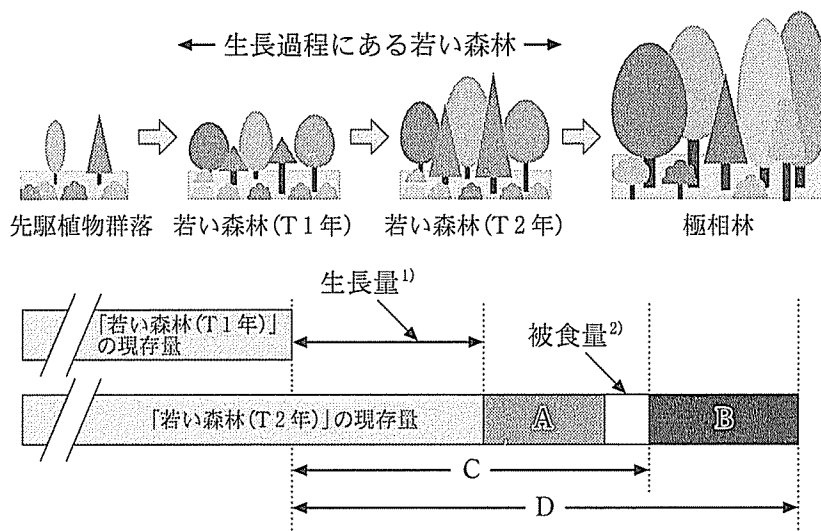
薬品 C : ノルアドレナリンとその受容体の結合を阻害する作用を持つ。

問(3) [操作 2]の下線部(b)における理由の一つとして、黒色素細胞の細胞膜にあるノルアドレナリン受容体自体に問題があることが考えられる。それ以外の可能性について、下記に示した二つの語句を用いて 50 字以内で述べよ。なお、用いたノルアドレナリンは十分な生理活性を維持し、すべての実験操作は安定した手技で行っているものとする。

語句： ATP モータータンパク質

〔IV— a〕 森林は温室効果ガスの一つとされる二酸化炭素の吸収源として重要な機能を担っていると言われている。以下の文章はこのことに関連して、森林の生長と物質循環の視点から考察したものである。これを読み、問1と問2に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

問1 図1は植物が定着し始めた先駆植物群落から極相林に変化する間の生長過程にある若い森林(T1年とT2年経過した森林)の植物の地上部現存量の変化と物質収支の内訳を模式的に示したものである。以下の問(1)と問(2)に答えよ。



- 1) 「若い森林(T1年)」から「若い森林(T2年)」にかけて植物が生長した量
 2) 昆虫や草食獣などによって食された量

図1

問(1) 図1中のA～Dにあてはまる語句を次の(ア)～(カ)の中から一つずつ選び記号で答えよ。

- (ア) 光合成量 (イ) 呼吸量 (ウ) 蒸発散量 (エ) 純生産量
 (オ) 総生産量 (カ) 枯死量(落葉落枝量と倒木量)

問(2) 図1中のイラストで示すような、既に土壌が十分に発達し、植物の地下茎や種子が残っている状態(例えば森林伐採跡地に発達する植物群落)から「極相林」へと構成種などが漸次的に変化する過程を何と呼ぶか。その用語を記せ。

問2 図2で示した実線は、図1のDの一定期間ごとの(例えば1年当たりの)変化量(炭素量に換算)を調べ、それを曲線で結んだものである。さらに、破線は森林生態系内全ての生き物から発生する呼吸量(炭素量に換算)の時間的変化を示したものである。森林生態系全体の一定時間での正味の炭素の吸収量は、この両者の差であると考えられている(Pの値)。以下の問(1)と問(2)に答えよ。

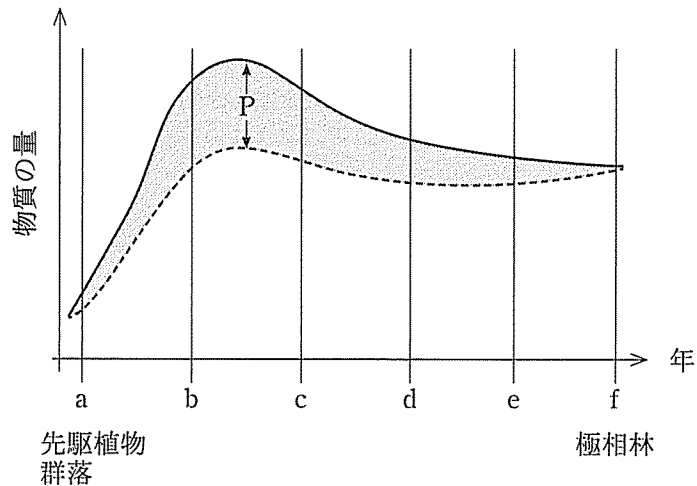


図2

問(1) 図1で示した森林生態系では、T1年～T2年の間で時間当たりの正味の炭素の吸収量が最も大きな値となったとする。この場合T1年～T2年の期間は図2の中のa～fの組み合わせとしてどれがふさわしいか。次の①～⑤のうち最も適切なものを一つ選び答えよ。

- ① a—b ② b—c ③ c—d ④ d—e ⑤ e—f

問(2) 極相林に近づくと、増減を繰り返しながらも P の値は限りなくゼロに近づくといわれている。P の値がゼロに近づく理由について、以下の語群をすべて使って 150 字以内で説明せよ。なお、解答文中で語群にある語句を用いた時は下線を付すこと。同じ語句を複数回使ってもよい。

語群： 呼吸 光合成 落葉落枝 微生物 老齡木 分解

このページは白紙です。

[IV—b] 生命の誕生および生物の進化に関する次の文章を読み、問1～問3に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

約46億年前、太陽を中心に公転していた多数の微惑星が衝突合体して地球が誕生した。誕生したばかりの地球はマグマで覆われたマグマオーシャンの状態であった。その後、地球表面の温度が下がり、大気中の水蒸気が冷やされ大量の雨が降り続き原始海洋が形成された。地球に原始海洋が形成された40～38億年くらい前には、海底の熱水噴出孔などで無機物から有機物が生成されたと考えられている^(a)。あるいは、地球に衝突した隕石や彗星に含まれていた有機物が原始海洋中に溶け込んだとも考えられている。これら原始海洋中に溶け込んだ簡単な構造^(b)の有機物からアミノ酸、リン脂質、タンパク質、核酸が生成されたと考えられている。[ア] ワールド仮説では、最初に核酸として [ア] が生成され、それを遺伝物質として利用し最初の生命体が誕生したと考えられている。最古とされる生物化石は約35億年前の地層から見つかっているが、その化石は原核生物であった可能性が高い。27～20億年前の地層からは、シアノバクテリアによって形成されたストロマトライトが大量に見つかっている。シアノバクテリアが [イ] を生成するようになると、その [イ] を利用する好気性細菌や真核生物が進化した。最古の真核生物の化石は約21億年前の地層から見つかっている。約19億年前から大気中の [イ] 濃度が上昇し、成層圏に [ウ] 層が形成され、生物が陸上に進出できるようになった。最古の陸上植物の化石は約4億2000万年前の地層から見つかった [エ] と呼ばれる植物である。陸上植物の生活環の特徴の一つとして、配偶体世代と孢子体世代をくりかえすことが挙げられる。

問1 文章中の [ア] ～ [エ] にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

問2 文章中の下線部(a)と(b)の現象をまとめて何と呼ぶか。その名称を答えよ。

問 3 下の図 1 は、雌雄異株のコケ植物の生活環を示している。これに関して以下の問(1)～問(5)に答えよ。

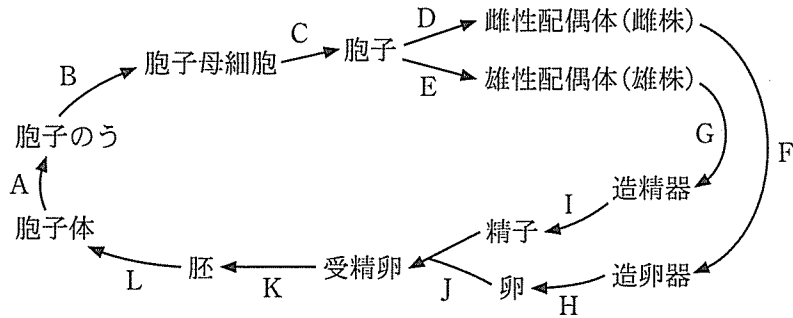


図 1

問(1) 上の図 1 の中で、減数分裂は A～L のどこで起こるか。適切なものを一つ選び記号で答えよ。

問(2) 上の図 1 の雌性配偶体は被子植物の何に相当するか。その名称を答えよ。

問(3) 次の(ア)～(オ)の陸上植物の中で配偶体が雌雄同株のものを一つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|----------|----------|---------|
| (ア) イチョウ | (イ) ワラビ | (ウ) サクラ |
| (エ) スギゴケ | (オ) アカマツ | |

問(4) コケ植物はシダ植物とよく似た生活環をもつが、孢子体世代(孢子を形成して生殖を行う世代)の生育様式が大きく異なる。その違いについて 50 字以内で述べよ。

問(5) コケ植物と被子植物では受精の方法が大きく異なる。その違いについて 50 字以内で述べよ。

このページは白紙です。