

平成 20 年 度

問題冊子

教	科	科	目	ページ数
理	科	生	物	13

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔4〕、〔5〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔4〕、〔5〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その4)の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には、いっさい応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上の右側に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

〔1〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

ゾウリムシのような単細胞生物では、細胞は直接外の環境にさらされることになるが、哺乳類など多細胞生物の場合は、ほとんどの細胞が組織液などに浸されて、外界と直接ふれることはない。こうした多細胞生物のからだの中で、細胞や組織を浸している液体をまとめて **a** という。この **a** は、体内の細胞と直接ふれる環境なので、**b** とよばれる。私たちヒトのからだは、寒暖に関わらず体温は一定に保たれ、体内の水分や溶けている物質の量もほぼ一定に保たれている。このように、**b** を常に一定の範囲に保とうとする性質を **c** という。

ヒトの腎臓は腹部の背側に左右1対ある尿をつくる器官で、ネフロンとよばれる構造単位を有する。ネフロンは片方の腎臓だけで100万個もあり、腎小体、腎細管、毛細血管からなる。腎小体では、糸球体からポーマンのように、血液中のタンパク質以外の血しょう成分がろ過され、ろ過された液は原尿とよばれる。原尿には有用な物質が多く含まれていて、腎細管を通過する間にグルコースや水、その他必要な物質が再吸収され、残りが尿として排出される(表1)。

表1 血しょうと尿中の主な成分濃度の比較

成分	血しょう(%)	尿(%)
タンパク質	8.0	0
グルコース	0.10	d
Na	0.30	0.35
② 尿素	0.03	2.1
*イヌリン	0.02	1.6

* 静脈内に点滴で投与されたイヌリン(キクイモの塊茎に蓄えられる多糖類)は、糸球体で100%ろ過されるが、腎細管で再吸収されない。グルコース、Na、尿素なども糸球体で100%ろ過される。ここで分析の対象となったのは健康な人である。

発汗^{はっかん}などによってからだの水分が失われると、a の e が上昇するが、脳下垂体後葉から分泌される f によって腎臓で水の再吸収が促進され、e はもとの状態に戻る。従って、腎臓は e の維持にも関わっている。この e の変化は間脳の g で感知され、自律神経系を介して f の分泌を調節している。また、体温調節の中枢も g にあるが、外界の温度が低下して皮膚や血液の温度が下がると、その情報が g で感知されて、皮膚からの熱の放散を防いだり、体内で化学反応が促進されて熱の発生が増加する。^③^④

- 問 1 文中と表の a ~ g に適切な語句や数値を記せ。
- 問 2 下線部①のような働きは、ヒトのからだにとってどんな意味があるのか、50字以内で説明せよ。
- 問 3 表中下線部②について、尿素を合成する器官名と尿素を合成・排出する必要性を50字以内で説明せよ。
- 問 4 表中のイヌリンは、投与された直後の血しょう中の濃度とその後1日で排出された全量2Lの尿中の濃度を示している。
- (1) イヌリンの濃縮率(倍)と1日の原尿生成量(L)を求めよ。
- (2) Na, 尿素の再吸収量を四捨五入によって小数点第1位まで%で求め、両者の違いから考えられる腎臓の機能について50字以内で説明せよ。
- 問 5 下線部③について、熱放散の抑制に関わる自律神経系の名称とホルモン名をあげて、そのメカニズムについて80字以内で説明せよ。
- 問 6 下線部④について、熱発生に関わるホルモンとその分泌器官や標的器官の組み合わせとして適当なものすべてを下から選び、記号を記せ。
- (ア) 甲状腺刺激ホルモン → 甲状腺 → アドレナリン → 肝臓
- (イ) 甲状腺刺激ホルモン → 甲状腺 → チロキシン → 筋肉
- (ウ) 副腎皮質刺激ホルモン → 副腎 → 糖質コルチコイド → 肝臓
- (エ) 副腎皮質刺激ホルモン → 副腎 → グルカゴン → 筋肉
- (オ) 副腎髄質 → アドレナリン → 筋肉

〔2〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。

植物は、種子から発芽し開花結実するまでの一生の間には、季節による環境の変化に適切に反応して生活している。そのような植物の生活を環境の変化に反応してコントロールするのに大きな役割をはたしているのが、植物ホルモンである。

植物の種子は一般に水分が少なく乾燥状態にあるが、吸水と同時に環境要因が整うと発芽が始まる。イネやコムギなどでは発芽のときには胚乳内に貯えられて^①いる a がアミラーゼという酵素によって分解される。この酵素の合成は b という植物ホルモンの働きによっておこる。

植物の種子には光が当たらないと発芽しない種子があり、 c と呼ばれる。レタスの種子は水や温度が適切でも光が当たらないと発芽しないが、光が当たらなくても b を与えると発芽する。

発芽した植物の芽生えを暗所で水平におくと、根は下に茎は上に伸びる。これ^②は、植物が d の方向を感知するためである。植物の器官などが刺激の方向に反応して曲がることを e という。刺激が d である場合は、 f と呼ばれており、 g という植物ホルモンの働きによっておこると考えられている。 f は茎と根で、この植物ホルモンに対する感受性^③が違うことによって、引きおこされると考えられている。

植物の頂芽が活発に成長しているときは側芽の成長は抑えられているが、このような現象を h と呼ぶ。この現象も植物ホルモンの働きによることが知られている。^④

多くの植物は季節の変化を日長の変化ととらえることによって、花芽を作る。植物が実際に感じ取るのは昼間(明期)の長さでなく、夜(暗期)の長さである。^⑤多くの実験から、植物は葉で日長を感じ取り、 i を作り、それが茎の先端部まで運ばれて花芽が形成されると考えられているが、この植物ホルモンは、まだ発見されていない。

問 1 上記の文章中の ~ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部①はどのような実験によって確認されるか、100字以内で説明せよ。

問 3

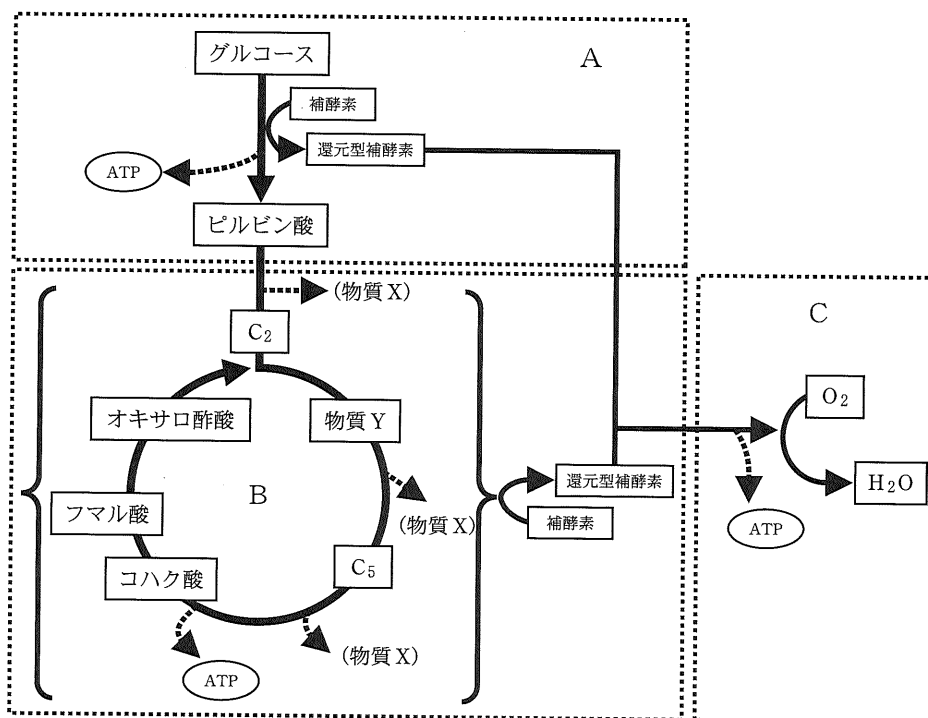
(1) 下線部③で述べられているこの植物ホルモンに対する茎と根の感受性の違いとはどのようなものであるのか、80字以内で説明せよ。

(2) その感受性の違いをふまえると、下線部②の現象はどのようにしておこると考えられているか、60字以内で説明せよ。

問 4 下線部④はどのような実験によって確認されるか、50字以内で説明せよ。

問 5 下線部⑤はどのような実験によって確認されるか、60字以内で説明せよ。

〔3〕 次の図と文章に基づいて、以下の問い(問1～5)に答えよ。



通常、動物では好気条件下において、グルコース1分子が完全に分解されるとき、 に存在するAの過程と の に存在するBの過程までを通して還元型補酵素が合計 分子作られる。生成した還元型補酵素から、 の に存在するCの過程において、 分子のATPが生成される。この反応の過程を リン酸化と呼ぶ。また、グルコース1分子あたり、AからBの過程まででは、合計 分子のATPが生成される。したがって、グルコース1分子が完全に分解された場合、合計 分子のATPが生成されることになる。

一方、酵母は嫌気条件下においても、グルコースをエタノールに分解することによりATPを生成することができる。^①

問 1 文章中の a ~ i にあてはまる適切な語句または数値を記せ。

問 2 図中の A, B, C の各過程は何と呼ばれているか、その名称を答えよ。

問 3 図中に示した物質 X および物質 Y の名称を答えよ。なお、物質 Y は B の過程において、はじめに生成する物質である。

問 4 図の経路を含め、生体内で起きているさまざまな化学反応には多くの酵素が関与している。酵素に関する以下の問いに答えよ。

(1) 一定量の酵素に対して、基質の濃度を上げていくと、酵素の反応速度はどのように変化するか。その特徴を 50 字以内で説明せよ。

(2) 図中の B の過程のコハク酸とフマル酸の間を変換する酵素は、コハク酸と似た構造を持つマロン酸が存在すると阻害を受ける。このような阻害を何と呼ぶか。その名称を答えるとともにその阻害のメカニズムを 100 字以内で説明せよ。

問 5 文中の下線部①に関して、以下の問いに答えよ。

(1) この嫌気条件下で行われる反応過程を何と呼ぶか。その名称を答えよ。

(2) グルコース 1 分子からのこの反応の化学反応式を記せ。

(3) グルコースが 5 g 消費されたとき、何 g のエタノールが生成するか計算せよ。(答えは四捨五入して、小数点第 1 位まで求めよ。ただし、原子量は C = 12, H = 1, O = 16 とする。)

選択問題

〔4〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えよ。

核酸には DNA と RNA がある。DNA は4種類の塩基と、a，および糖成分としてデオキシリボースとからなっている。4種類の塩基はアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)であるが、RNA の場合はチミン(T)の代わりにbが含まれており、また糖成分としてはリボースからなっている。DNA は、構成する4種類の塩基のうち A と T が2か所で、G と C が3か所で水素結合することで2本鎖となり、c構造を維持している。真核生物では、実際に遺伝情報としてアミノ酸配列を指定する DNA 部分が、遺伝情報を持たない DNA 部分によって区切られていることが多い。このような遺伝子において、遺伝情報を持つ DNA 部分はd，それ以外の部分はeと呼ばれている。

1970年代に入り、DNA 上の特定の塩基配列を認識して切断する“はさみ”の役割を果たす制限酵素や、DNA 断片同士をつなぐ“のり”のような酵素fが発見され、ある生物から取得した遺伝子 DNA を別の生物の DNA に組み込むgが可能となった。さらに1980年代にはポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)が開発され、ごく少量の DNA 断片を試験管内で短時間の内に数十万倍にまで増幅できるようになり、遺伝子工学の分野だけでなく犯罪捜査や親子関係の判別など幅広い用途で利用されている。

問1 上記の文中のa～gに適切な語句を記入せよ。

問2 下線部①の制限酵素に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 制限酵素 BamHI は図1に示されるように2本鎖 DNA 上の GGATCC という配列を認識し、矢印部分で共有結合を切断する酵素である。なお、点線部分の結合は自然に切断される。

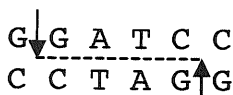


図1 BamHI の切断様式

BamHI を用いて、各 5 か所の BamHI 切断部位を持つ直鎖状 DNA 及び環状 DNA を切断した。

- (a) 直鎖状 DNA 及び環状 DNA からそれぞれ何種類の DNA 断片が生成するか答えよ。
- (b) 直鎖状 DNA から生じた DNA 断片を個別に分離し、それぞれに下線部②の酵素を作用させた。環状 DNA は何種類できるか。理由を明記しつつ 60 字以内で説明せよ。ただし、2 分子以上の DNA が結合することはないものとする。
- (2) DNA の長さは塩基対の数で表され、1000 塩基対の長さは 1000 bp と表される。図 2 に示された 1000 bp の長さを持つ直鎖状 DNA を用いて以下の実験を行った。なお、この直鎖状 DNA は制限酵素 BamHI によって図 2 の矢印で示されている位置で切断され、200 bp と 800 bp の 2 つの断片を生じることが分かっている。
- (実験 1) 制限酵素 EcoRI で切断すると 300 bp と 700 bp の断片を生じた。
- (実験 2) 制限酵素 BamHI と制限酵素 EcoRI で切断すると 200 bp と 300 bp と 500 bp の断片を生じた。
- (実験 3) 制限酵素 XhoI で切断すると 400 bp と 600 bp の断片を生じた。
- (実験 4) 制限酵素 EcoRI と制限酵素 XhoI で切断すると 300 bp と 300 bp と 400 bp の断片を生じた。

以上の結果より、制限酵素 EcoRI 及び制限酵素 XhoI で切断される場所は、実験に用いた直鎖状 DNA のどこにあると考えられるか。図 2 の記号ア～クよりそれぞれ選べ。

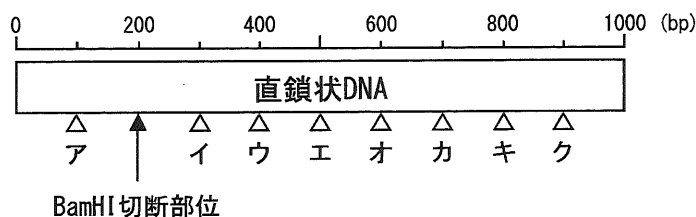


図 2 制限酵素による切断位置

問 3 下線部③のポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)は、以下の3つのステップからなる一連の反応を繰り返すことによって目的のDNAを指数関数的に増幅させる方法である(図3)。

(ステップ1) 鋳型となる2本鎖DNAを約95℃に加熱して変性し、1本鎖にする。

(ステップ2) 約55℃に温度を下げ、増幅したい部位に応じたプライマーと呼ばれる短い1本鎖DNAを鋳型DNAに結合させる。

(ステップ3) 約72℃に温度を上げ、DNAポリメラーゼによって新たにDNAを合成する。

- (1) プライマーが鋳型DNAにランダムに結合するのではなく、目的の部位に特異的に結合するのはなぜか。DNAの持つ基本的な性質に言及しながら40字以内で説明せよ。
- (2) PCR法には好熱性細菌由来の耐熱性DNAポリメラーゼを用いる。なぜ耐熱性である方がよいのか、60字以内で説明せよ。

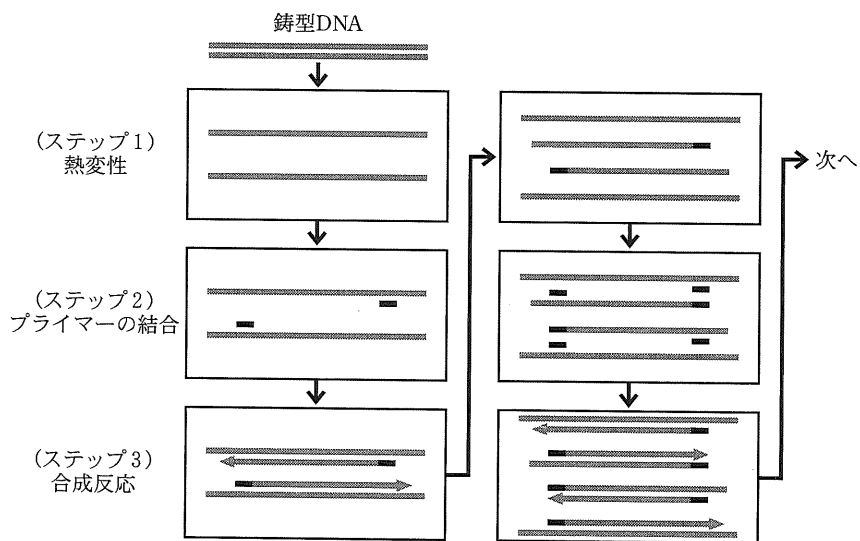


図3 PCR法の概略図

選択問題

〔5〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～7)に答えよ。なお文中の下線部の番号は、それと関連する問題の番号を示している。

セイヨウミツバチは、古くからハチミツ採取のために飼養されてきたハナバチの1種で、働きバチはさまざまな植物の花を訪れ、花粉と蜜を集めて巣に蓄え餌とする。本種の巣には、1個体の女王バチと数万個体の働きバチがおり、共同で生活している。近年では、ハチミツ採取のためだけに飼養するのではなく、イチゴなどの生産のために、本種の巣をビニールハウスや畑等に設置することも多い。

セイヨウミツバチは、上記のように応用的にも重要であるが、その習性や行動もきわめて興味深く、古くから多くの研究がさまざまな視点からなされている。このハチの情報伝達システムを研究しノーベル賞を受賞したカール・フォン・フリッシュは、セイヨウミツバチを「汲みつくせぬ泉のようだ」と称した。

養蜂にもちいるセイヨウミツバチの巣は、巣箱の中に垂直に数枚の巣板をならべたものである。巣板の両側に働きバチが分泌した蜜蝋でつくられた正六角柱の育房が規則的に並んでおり、ひとつの育房のなかに1個の卵がうみつけられ、孵化した幼虫に働きバチが餌を与える。やがて幼虫が成長すると育房には蓋がかけられ、そのなかで蛹になる。蓋がかけられてから12日間ほどで働きバチが羽化する。産卵されてから羽化するまでの死亡率は非常に低い。羽化後の働きバチはさまざまな労働に従事するが、労働内容は齢がすすむにしたがって変化し、若いときは主に巣内の労働をおこなう。羽化後10日を過ぎると時々巣の外へ飛び出し、20日を過ぎるともっぱら巣外で花を訪れて、花粉と蜜あつめに専念するようになる。巣外では捕食されるなどさまざまな危険があるため、羽化後20日以後の生存率は低い。働きバチの成虫期の寿命は6～7月に羽化したものでは最長で55日程度である。

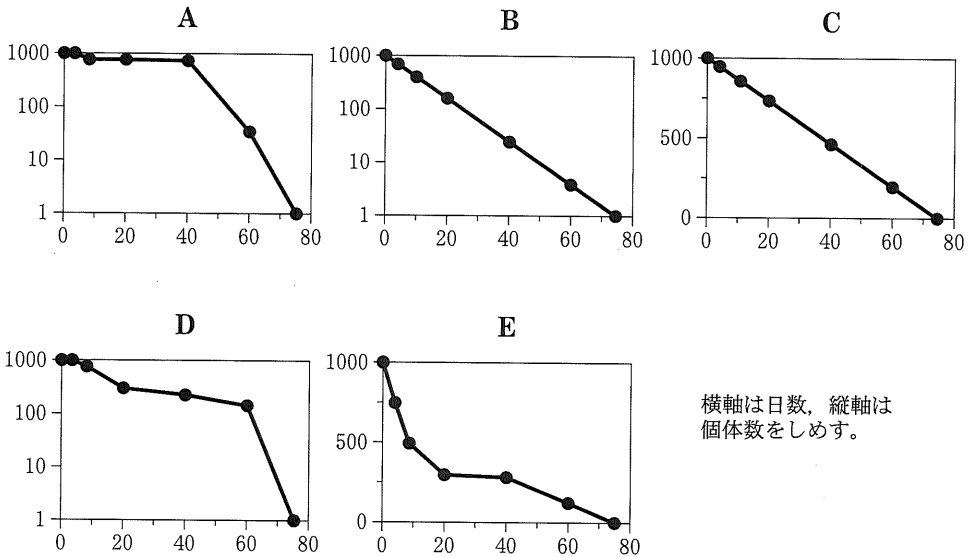
問 1 なぜセイヨウミツバチをイチゴなどの生産のために導入するのかを 20 字以内で答えよ。

問 2 正六角柱の育房は、セイヨウミツバチだけでなく、さまざまなハチ類の巣にもみられる。正六角柱で育房を作る意義は何か。空間を面積の等しい同一図形で区切る場合、^{すき}隙間なしに詰め込めるのは三角形、四角形、六角形だけであること、および巣をつくる労力を考慮して 60 字以内で答えよ。

問 3 下の表は、6 月初旬に産まれた卵から成虫になって死亡するまでの働きバチの個体数の変化を示したものである。巣箱は野外に設置し、働きバチは野外の花を訪れ花粉と蜜をあつめていた。表中の個体数は各发育段階に達した個体数を示す。成虫期は便宜的に 3 段階に区分した。この表の名称を答えよ。また、表の空欄 ~ にあてはまる適切な数値を答えよ。

发育段階	期間(日数)	個体数	卵を 1000 としたときの個体数
卵	3	250	1000
幼虫	5	240	<input type="text" value="a"/>
蓋がされた幼虫と蛹	12	205	820
成虫期—1	20	200	800
成虫期—2	20	185	<input type="text" value="b"/>
成虫期—3	15	<input type="text" value="c"/>	36

問 4 問 3 で作成した表に基づいて、生存曲線をえがいた。下の図のうちのどれか答えよ。また死亡率が生涯を通じて一定であると仮定した場合の生存曲線はどれか答えよ。



問 5 成虫期-3を除くと、死亡率がもっとも高いのはどの段階か答えよ。

問 6 さまざまな生物で、卵から死亡するまでの個体数の変化を調べ、生存曲線を作ると、セイヨウミツバチとよく似た生存曲線をしめす生物もいる。このような生存曲線をしめす生物に共通してみられる特徴を 20 字以内で答えよ。

問 7 働きバチが羽化してから、はじめに巣内の労働に従事し、それから巣外の労働に従事するようなシステムは合理的であるといえる。生存ハチ数に着目してこの合理性を 60 字以内で説明せよ。