

平成 22 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	生 物	10

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3)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1～5)に答えよ。

海から繁殖期のウニを採取して、受精膜の働きを調べる実験を行った。ウニを逆さにして、口器の付近に何回かにわけて、塩化アセチルコリン溶液を注射して、激しく手でゆすったあと、海水で満たしたビーカー上に生殖腺開口部を下にして置いた。しばらくすると、生殖腺開口部から白い線状の精子が放出されるものと、オレンジ色の粒状の卵が放出されるものが得られた。受精実験のためそれぞれを前処理し、精子と卵を混ぜ、光学顕微鏡により受精膜の形成を確認した。今回、受精膜は受精卵の発生を物理的損傷から守っているという仮説をたて、未受精卵、受精後に処理をして受精膜を除去した卵、通常の受精卵の3つの条件について細い注射針の中を無理に通す物理的負荷実験を行った。

問1 ウニから放出された卵の受精能力はすぐに衰えるが、精子は4℃で数日保存しても受精することができる。精子採取の際、受精能力を保つために、温度の他にどのようなことに注意しながら採取すればよいか20字以内で答えよ。

問2 一般に知られている受精膜の重要な働きを35字以内で答えよ。

問3 未受精卵、受精卵および受精膜除去卵のグループ、それぞれ同じ濃度で、内径が約1mmの注射針の中を同じ圧力で往復して通した。その後静かに置き、それぞれの上澄溶液に一定の波長の光を透過し、溶液の濁りのようすを、溶液が光を吸収した値(吸光度)として数値化した。そのグラフを縦軸に吸光度、横軸に針の中を往復した回数として図1に示した。この図に示したように注射針の中を5回往復したものでは、未受精卵、受精膜除去卵の溶液の吸光度が高く、受精卵の溶液の吸光度がもっとも低かった。この吸光度の違いについて100字以内で説明せよ。

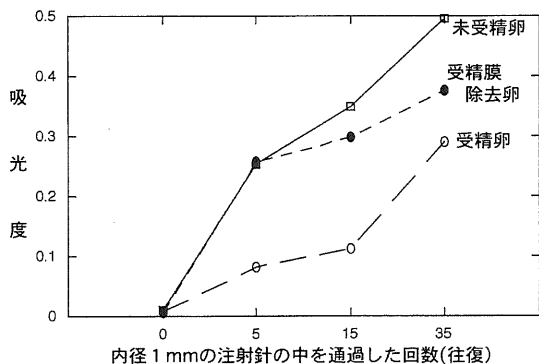


図1

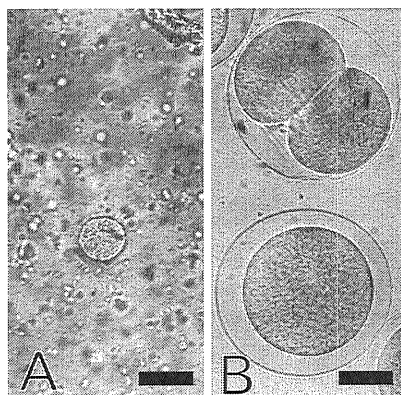


図2 (A, B) (黒ライン= 0.05 mm)

問 4 受精卵または未受精卵のグループを注射針の中に 5 往復通したのち、そのまま卵を顕微鏡で観察すると図 2 (A, B) のように観察された。仮説が正しいとすれば、A, B どちらのものが受精卵のグループか、選んだ理由がわかるように 80 字以内で A と B の写真をそれぞれ説明せよ。

問 5 細胞内には大量の ATP が存在する。ルシフェラーゼとルシフェリンは ATP 存在下で反応し発光することが知られている。この反応を利用して、ATP の細胞外への漏れを、未受精卵と受精卵、それぞれのグループにルシフェリンとルシフェラーゼの混合液を混ぜ、そのまま暗室においた測定試験管の中で内径 1 mm の注射針の中に通しながら、それぞれのグループについて発光の強さを測定した。そのグラフを図 3 に示した。矢印 A または矢印 B のポイントで針をより細い内径 0.5 mm のものに交換し、その細い針に卵を通して完全に破壊した。仮説が正しいとすれば、破線、実線どちらのものが未受精卵か、その理由を続けて 100 字以内で説明せよ。

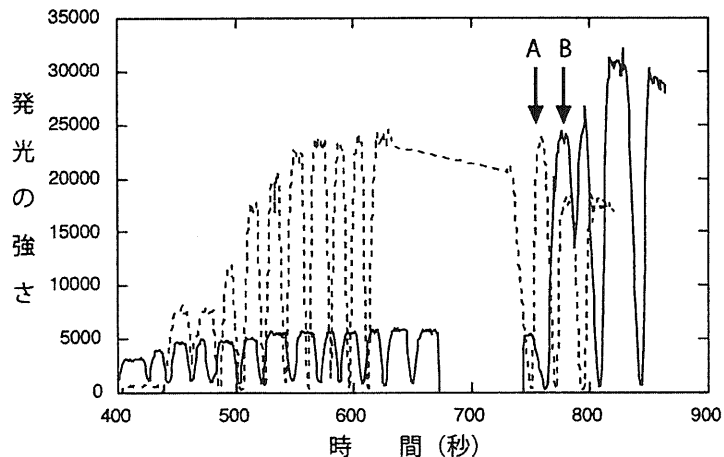


図 3

(注) 注射器によって卵と溶液が測定試験管からすべて吸い上げられると発光は測定できない。よって注射針 1 往復ごとに上下する値として示されている。

〔2〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。

形や働きの違うさまざまな細胞がみられる多細胞動物では、体を取り巻く外界や体の各部からの刺激を受け取るための受容器(感覚器)と、刺激に応じた反応や行動を起こすための効果器(作動体)と、それらの間の連絡をつかさどる神経系が発達している。それぞれの受容器が受け取ることのできる刺激の種類は決まっており、そのような刺激をそれぞれの受容器の という。たとえば、ヒトの眼の は光であるが、受容できるのは と呼ばれるおおよそ 400～700 nm の波長の光で、^① ミツバチ、モンシロチョウなどに見える は見えない。^{せきつい}脊椎動物の場合、 は効果器として重要な役割を果たしており、その収縮で生じる関節運動の組み合わせによって、刺激に応じた適切な反応や行動を起こすことができる。

神経組織をつくるニューロンは核のある と、そこから伸びた多数の突起からできている。短い突起は , 長く伸びた突起は と呼ばれ、 と薄い膜状の細胞でできた とを合わせて神経繊維という。神経繊維は興奮を迅速に伝導するが、脊椎動物だけにみられる有髄神経繊維のほうが無髄神経繊維よりも伝導速度が速い。^②

ヒトは起きている間のほとんどの時間、随意運動や精神活動などの意識的な活動をしながら過ごしている。このような活動の中枢は の にある。しかし、無意識的な活動も不可欠である。たとえば、指先に熱いものが触れたとき、無意識のうちに思わず手を引っ込めるため、ひどいやけどを負わずにすむ。また、激しい運動をしていると、心臓の拍動数が増加して血流量が多くなり、^③ 運動をさらに続けることができる。

- 問 1 文中の a ~ j に適切な用語を記せ。
- 問 2 下線部①の文に関連して、ヒトが明るいところでさまざまな色を識別できる理由を 100 字以内で説明せよ。
- 問 3 下線部②の文について、有髄神経繊維のほうが無髄神経繊維よりも伝導速度が速い理由を 100 字以内で説明せよ。
- 問 4 下線部③の文に示した心臓拍動数増加のメカニズムを 100 字以内で説明せよ。

〔3〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

植物は太陽の光エネルギーを利用して水と二酸化炭素から有機物を合成している。この働きによって一定時間に植物がどれだけの量の有機物を合成するかを調べるための古典的な方法に、葉半法と呼ばれる方法がある。この方法は、最初に葉の片側半分から一定面積の葉を切り取り、その乾燥重量を測定する。一定時間ののちに、葉のもう片側半分から同じ面積の葉を切り取り、その乾燥重量を測定する。その間の重量の増減によって、光合成量や呼吸量を求めるのが葉半法と呼ばれる方法である。

合成された有機物の一部は、光合成を行っているあいだも、その場で葉の呼吸によって消費される。また、葉から師部を通して体の各部に運ばれる。そのような現象は転流と呼ばれる。重量の増減を調べるときに、次のような2つの処理を行うことによって、光合成量だけでなく、呼吸量や転流量も調べることができる。

- (a) 葉全体を光が当たらないようにアルミホイルで覆う。
- (b) 転流を防止するために葉柄の師部がある部分を蚊取り線香で焼く。

これらの処理を行うかどうかによって、4組の処理の組み合わせができる。

- I : (a)と(b)の処理を同時に行う。
- II : (a)の処理を行うが、(b)の処理は行わない。
- III : (a)の処理は行わないが、(b)の処理を行う。
- IV : いずれの処理も行わない。

実験を行った一定時間の光合成量をP、呼吸量をR、アルミホイルで覆ったときの転流量を T_1 、アルミホイルで覆わないときの転流量を T_2 とし、PやRは(b)の処理によって左右されず、Rは(a)の処理にかかわらず同じであると仮定すると、I～IVの処理によって得られる葉の重量増減量 ΔW は次式で表すことができる。

$$\text{I : } \Delta W = -R$$

$$\text{II : } \Delta W = -R - T_1$$

$$\text{III : } \Delta W = P - R$$

$$\text{IV : } \Delta W = P - R - T_2$$

これらの関係から、それぞれの処理による葉の重量増減量より、P, R, T₁, T₂を求めることができる。

ある天気の良い日の午前10時(開始時)に、I～IVの処理ごとにヒマワリの葉の片側から、それぞれ合計面積100 cm²の葉を切り取り、その日の午後3時(終了時)に、同じくI～IVの処理ごとにヒマワリの葉の片側から、同じ面積分の葉を切り取って、それぞれの乾燥重量を求めた。その結果は下記の表のようになった。

処 理	開始時の葉重	終了時の葉重	5時間の重量増減量
I	445.39 mg	418.64 mg	− 26.75 mg
II	447.53 mg	432.04 mg	− 15.48 mg
III	416.69 mg	495.55 mg	78.87 mg
IV	424.39 mg	433.28 mg	8.89 mg

- 問 1 このときのヒマワリの1時間あたり、葉面積100 cm²あたりの呼吸量は何 mg か。小数点第3位以下を四捨五入し、第2位まで求めよ。
- 問 2 同じく1時間あたり、葉面積100 cm²あたりの光合成量は何 mg か。小数点第3位以下を四捨五入し、第2位まで求めよ。
- 問 3 このときの光合成によって合成された有機物、および呼吸に使われる有機物はいずれもブドウ糖(分子量：180)と仮定すると、このときに1時間あたり、葉面積100 cm²のヒマワリの光合成によって吸収される炭酸ガス(分子量：44)は何 mg か。小数点第3位以下を四捨五入し、第2位まで求めよ。
- 問 4 葉をアルミホイルで覆ったときの1時間あたり、葉面積100 cm²あたりの転流量は何 mg か。小数点第3位以下を四捨五入し、第2位まで求めよ。
- 問 5 葉をアルミホイルで覆わないときの1時間あたり、葉面積100 cm²あたりの転流量は何 mg か。小数点第3位以下を四捨五入し、第2位まで求めよ。
- 問 6 問4と問5の結果の違いはどのようなことを表していると考えられるか。80字以内で説明せよ。

選択問題

〔4〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～3)に答えよ。

動物や細菌では、乾燥重量(水以外の成分)の約50%をタンパク質が占めている。タンパク質は遺伝子DNAの情報をもとにアミノ酸がつながった生体高分子である。タンパク質は、生体内のさまざまな生命現象において重要な働きをしている。動物の皮膚、腱、軟骨などに多量に含まれる a というタンパク質は組織の構造の維持に重要な役割を果たしている。筋肉に含まれるタンパク質の中で、もっとも多いのは b と c であり、これらは筋肉でフィラメントを形成し筋収縮に関係している。このほかに血液中で酸素を運搬するヘモグロビンや抗体として働く d ①などいろいろなタンパク質が知られている。また、細胞膜には外界からの刺激の受容や情報の伝達をするタンパク質も含まれている。細胞間で情報を伝えるタンパク質の例として、血糖値を下げる働きを持つペプチドホルモンである e が知られている。また、生体内で起きるさまざまな化学反応を円滑に進める働きをする酵素が生体分子の合成や分解などにおいて重要な働きをしている。②

問1 上の文章の a ～ e に当てはまるタンパク質の名前を答えよ。

問2 下線部①で示したヘモグロビン分子に異常の見られる鎌状赤血球貧血症という遺伝病が知られている。この病気の患者のヘモグロビンでは、146個のアミノ酸からなるヘモグロビン分子の6番目のアミノ酸が別のアミノ酸に置き換わっている。

(1) 鎌状赤血球ヘモグロビンでは、1塩基置換により、該当するトリプレット暗号部分のDNA配列がGTGに変異していた。変異する前のアミノ酸が何であったか、可能性のあるアミノ酸をすべて答えよ。また、変異後のアミノ酸は何か、表1の遺伝暗号表を参考にして答えよ。

(2) 正常なヘモグロビンのアミノ酸がひとつだけ変異したときに、その機能に影響が出る変異と、影響の出ない変異があることが知られている。一般的に、どのようなアミノ酸変異の場合に影響が出ると考えられるか。25字以内で簡潔に述べよ。

問 3 下線部②で示したように、酵素は生体触媒として働くタンパク質であるが、無機触媒と異なるさまざまな特徴を持っている。

- (1) 酵素が反応する分子の構造を見分けて、特定の物質だけに作用する性質を何と呼んでいるか。漢字 5 文字で答えよ。
- (2) 酵素反応をさまざまな温度で行ったとき、反応温度と反応速度の関係は無機触媒による反応の場合と異なる特徴的なパターンを示す。酵素反応の温度依存性に関する特徴と、そのようなパターンを示す理由を 50 字以内で説明せよ。
- (3) ペプシンとトリプシンは、消化酵素として知られている。それぞれ体のどの部分で働く酵素か、またそれぞれの最適 pH をおよその整数値で答えよ。

表 1 遺伝暗号表(伝令 RNA)

第 1 塩基	第 2 塩基				第 3 塩基
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C
	ロイシン	セリン	終止	終止	A
	ロイシン	セリン	終止	トリプトファン	G
C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U
	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A
	ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G
A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C
	イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A
	メチオニン	トレオニン	リシン	アルギニン	G
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U
	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G

選択問題

〔5〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

生態系は生物群集とそれを取り巻く無機的な環境から成り立っている。生態系には太陽エネルギーが降り注がれており、生物は無機的な環境のもとで光エネルギーを用い、有機物を作り、利用し、最終的には有機物を無機物に変換する物質循環を行っている。生物群集と無機的環境は物質循環やこれに伴うエネルギーの流れを通して密接に^①関係し合っている。

生態系には、緑色植物や光合成細菌のように光合成により無機物から有機物を作り出す生物^②、また動物などのように植物が作り出した有機物を利用して体を作り、有機物を分解してエネルギーを得ている生物^③が存在している。さらに、細菌や菌類などのように生物の遺体や排出物の有機物を無機物に変える生物^④が存在し、生態系の中でそれぞれの役割を果たしている。

生物の体の構成成分は種々の元素から成っており、元素は生態系のなかで循環している。特に生体物質の主要な元素である炭素と窒素の循環は重要であり、生物はこれらの循環^⑤の中で生命活動に必要なエネルギー獲得や生物の構成成分の合成に必要な有機物の獲得を行っている。

問 1 下線部①に関し、光エネルギーは物質循環の過程で2回変換され、最後は生態系から失われるが、変換されたエネルギー名を変換の順に答えよ。

問 2 下線部②の光合成に関して、次の問いに答えよ。

(1) 光合成細菌を二つ答えよ。

(2) 緑色植物と光合成細菌とでは光合成の過程に違いがあるが、その違いを80字以内で答えよ。

問 3 下線部②、③および④の生物について生態系での名称を答えよ。

問 4 下線部③に関し、動物は他の生物の有機物を摂食し、体成分の生産を行っているが、一定期間の摂食量を a、被食量を b、死亡量を c、不消化排出量を d および呼吸量(老廃物排出量を含む)を e としたとき、動物の同化量、生産量および成長量はどのような式で表せるか答えよ。

問 5 下線部⑤の窒素の循環の中でマメ科植物と共生している根粒菌はどのような働きをしているか 60 字以内で答えよ。

問 6 下線部⑤の窒素の循環について述べている次の文章で正しいものには○、正しくないものには×で答えよ。また正しくないものについては訂正し、正しくない語句と訂正した語句を答えよ。

- (1) 化学合成菌は生物の遺体や排出物の分解によって生じるアンモニウムイオンなどを還元したときに遊離するエネルギーを用いて有機物を合成している。
- (2) 動物は植物が合成した有機窒素化合物を取り入れ、体に必要な有機化合物に作り変えているが、これを窒素同化という。
- (3) 植物は体内で硝酸イオンと有機酸から種々のアミノ酸を作り、アミノ酸はタンパク質、核酸などの合成に使われる。
- (4) 土壌中の無機窒素化合物の一部は亜硝酸菌の作用で遊離窒素となり、大気中に放出される。