

平成 18 年度前期日程入学試験学力検査問題

理 科

平成 18 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 4 ~19 ページ, 化 学……20~35 ページ

生 物……36~51 ページ, 地 学……52~61 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 答案紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 61 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
6. 答案紙は, 持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えよ。

ほ乳類において、血液中のグルコース(ブドウ糖)は、細胞内に取り込まれ代謝される。好気呼吸の条件下では、1分子のグルコースあたり最終的に差し引き 分子のATPが生成されるが、それは、以下の代謝経路による。まず、グルコースは、解糖系とよばれる代謝反応で2分子の にまで分解される。さらに、 はクエン酸回路で代謝され、これらの経路の中で、 反応により生じた[H] (還元物質としての水素)は補酵素と結合し、電子伝達系(水素伝達系)を経て最終的にすべて水と に分解され、大量のATPが生成される。一方、脂質は、脂肪酸としてミトコンドリアにおいて酸化を受けたのち、これもすべて水と に分解され、ATPが生成される。これらの反応から生成されたATPは、体内でのさまざまな活動のエネルギー源として用いられる。たとえば、筋肉では 頭部のATP分解酵素の作用でATPが加水分解され、その際に生ずるエネルギーを用いて フィラメントと フィラメントが滑りあって、筋収縮が生じる。

筋肉には以下にあげるような特徴的なエネルギー代謝の機構が発達している。
(a) まず、筋肉は としてエネルギーを蓄えることができ、これを分解してATPを生成する。さらに、 が枯渇しても、筋肉は、蓄積している を分解しさらに解糖することによりATPを生成することができるが、その結果 の蓄積を招き、これらによる筋収縮運動は数分以上は持続できない。

一方、筋肉は、さらに別の代謝の機構を用いることで、数十分にわたる持続した運動を可能とする。持続性運動の場合は、20分程度までの間は呼吸商は徐々に低下し、それ以降は低値を続けることが知られている。
(b)

筋肉には、I型とII型とよばれる2種類の筋繊維がある。I型筋繊維にはミトコンドリアが発達し、血流が豊富であるのに対し、II型筋繊維は解糖系が発達し
(c)

ている。体内の各部位の筋組織は、その役割に応じて I 型筋繊維と II 型筋繊維の割合が異なり、種々の運動に対応できるようになっている。

問(1) ～ に適切な語句あるいは数値を入れよ。

問(2) 以下の A～Dのうち、ミトコンドリアで行われるものをすべて選び、記号で記せ。

- A. 解糖系によるグルコースの分解
- B. クエン酸回路における [H] の生成
- C. 電子伝達系における ATP の生成
- D. フィラメントの滑りの際の ATP の加水分解

問(3) 下線部(a)について、次の問に答えよ。

- 1) この機構が筋肉に備わっていることによって、どのような運動が可能となるか、「ATP」という言葉を用いて述べよ。
- 2) それが動物個体の生存にとって有利である理由を考察し、簡潔に述べよ。

問(4) 呼吸商について、次の問に答えよ。

- 1) 脂肪酸の一種のパルミチン酸 ($C_{16}H_{32}O_2$) を基質とした好気呼吸を化学反応式で表せ。また、それをもとに呼吸商を算出し、有効数字 3 桁^{けた}で記せ。
- 2) 糖の一種であるグルコースを基質とした場合の呼吸商を求め、有効数字 3 桁で記せ。
- 3) 肥満者が脂肪の減量を目的として運動をする場合、次のどの運動が最も有効か。下線部(b)を参考にして、以下の A～Dの中からひとつ選べ。また、選んだ理由を簡潔に述べよ。
 - A. 50 メートル走を 1 日 5 回
 - B. 垂直跳びを 1 日 10 回
 - C. 10 分間のウォーキングを朝・昼・夕の 1 日計 3 回
 - D. 30 分間継続したウォーキングを 1 日 1 回

問(5) 下線部(c)について、次の問に答えよ。

- 1) 下線部(c)から考えられる I 型筋繊維の代謝的特徴を簡潔に述べよ。
- 2) II 型筋繊維に比べて、I 型筋繊維はどのような運動に適しているか、簡潔に述べよ。

2 次の文章を読み、以下の問(1)~(6)に答えよ。

(I) 細胞は、一定の順序で起こる一連の反応によってその中身を倍加し2つに分かれる。この倍加と分裂の繰り返しの単位は とよばれ、生物種や発生の時期を越え、あらゆる生物の増殖にみられる。その過程は以下の2つに分けられる。

第1は次世代の細胞に遺伝情報を伝えるために、 上の遺伝子を正確に複製し2つの を作る過程である。真核生物の の基本成分はDNAと であり、DNAはヌクレオチドが連なった2本の鎖が対をなす 構造をとっている。

第2は複製された を 細胞に分配し、遺伝的に等しい 細胞が2つ生まれる過程である。

このような 分裂とは異なり、 分裂は個体の決まった場所では起こらず、連続した2回の細胞分裂からなる。たとえば1個の精原細胞から 個の精子ができる。第1回目の分裂において細胞1個あたりのDNAの量は 。

問(1) ~ に適切な文字または語句、数値を入れよ。

問(2) にあてはまる語句を次の中から選び、記号で記せ。

(a) 増加する (b) 変わらない (c) 減少する (d) 不均一となる

(II) 単細胞の真核生物である酵母は細胞増殖の研究によく用いられる。その理由のひとつは、ある温度(たとえば23℃)では機能するが、他の温度(たとえば37℃)では機能しないようなタンパク質を持つ温度感受性突然変異株が利用できるからである。酵母を用いて以下のような実験を行った。なお、実験の経過中いずれの株においても死亡した細胞は見られなかった。

酵母(親株)に紫外線を照射して遺伝形質の異なる4種類の株(A株・B株・

C株・D株)を得た。これらの株は23℃で培養するといずれも2時間で倍加した。増殖中のこれらの株のDNA量を測定し図1のような結果を得た。横軸は酵母が持つ細胞1個あたりのDNA量(相対値)を、縦軸は細胞数(相対値)を表す。

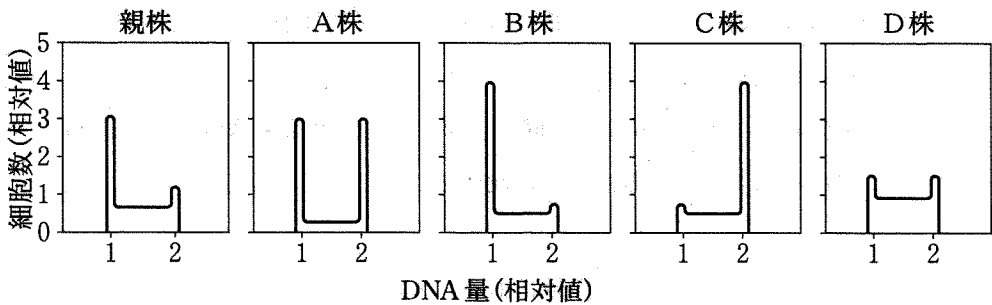


図1 増殖中のDNA量と細胞数

親株は23℃および37℃の培養器で増殖の速度に変化は見られなかった。A株は温度感受性突然変異株であり、37℃では増殖を停止した。親株・A株を23℃の培養器から37℃の培養器へ移した後DNA含量を測定し、図2のような結果を得た。

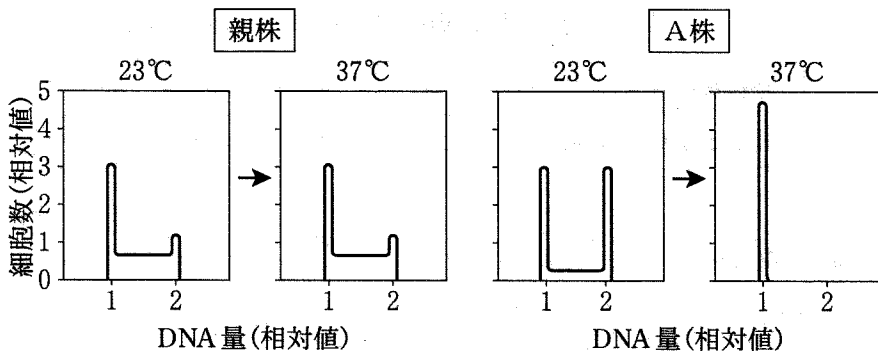


図2 親株およびA株における温度変化の効果

問(3) 23℃で培養したとき、DNA複製終了から細胞質分裂までにかかる時間が最も長い株はどれの株か。図1を参考にA~Dからひとつ選び、記号で記せ。また、選んだ理由を簡潔に述べよ。

問(4) 以下の説明はこの実験について書いたものである。誤ったものをすべて選び、記号で記せ。

- ① A株は 37℃ では DNA 複製に必要なタンパク質が正常に機能しない。
- ② A株を 37℃ で培養すると、紡錘糸を持つ細胞が多く観察された。
- ③ A株を 23℃ で培養すると、分裂期の細胞が約半数観察された。
- ④ A株が親株と異なる性質を持ったのは、紫外線によって細胞膜が障害を受けたためと考えられる。
- ⑤ 親株は、23℃ の場合と同じように 37℃ の培養器内でも、細胞質分裂に必要なタンパク質は正常に働いていると考えられる。

(Ⅲ) カエル卵子は受精時には間期にある。カエル卵子を受精させ、下の表に示すような経過時間において細胞質だけを取り出し、カエル精子の DNA、ATP、放射能を持つ水素を用いて合成されたチミジン(チミンとデオキシリボースが結合したもの)と混合し、10 分間 37℃ においた。この反応液から DNA だけを取り出し、その放射線量率(DNA 中にみられる放射能)を測定したところ以下のような結果を得た。

表 1 受精後の経過時間と DNA 中の放射線量率

受精後の経過時間(分)	0	30	60	90	120
放射線量率 (cpm)	100	10000	50000	5000	200

問(5) 60 分後から 10 分間培養した時にもっとも高い放射線量率が得られた。このときどのような反応が進行しているか。「複製」をキーワードとして用い、簡潔に説明せよ。

問(6) この実験について誤ったものをすべて選び、記号で記せ。

- ⑥ チミジンのかわりに放射能を持つメチオニンを用いても、同様の結果が得られた。
- ⑦ カエル精子の DNA を反応に加えなくても、60 分後の放射線量率は 50000 であった。
- ⑧ DNA の複製に細胞膜は不要であると考えられた。
- ⑨ DNA 量を比較すると、受精後 30 分より受精後 120 分の方が増加していた。
- ⑩ 受精後 60 分では DNA の 2 本鎖がほどけている部分がある。

3 次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えよ。

バイオテクノロジーには組織培養や遺伝子組換えなどの技術があり、工業や農業、環境浄化など広い分野で利用が進んでいる。

組織培養は多細胞生物の組織を取り出して人工的な培地で培養する技術である。ニンジンの葉や根の一部を取り出して、必要な栄養分や植物ホルモンなどを含む寒天培地で無菌的に培養すると、組織の細胞は して増殖し、 とよばれる未分化の細胞塊ができる。 を栄養分や適当な濃度の植物ホルモンを与えながら培養していくと、未分化だった細胞塊が再分化し、最終的には根、茎、葉をつけた完全なニンジンをつくることができる。^(a) このような細胞の能力を という。

植物の細胞は細胞壁によって囲まれているが、セルラーゼなどの酵素を用いて細胞壁を分解すると細胞膜に囲まれた になる。異種の植物から得られた を電気的あるいは化学的な方法で処理すると、核と細胞質が一つになり、雑種細胞ができる。このように、異なる細胞どうしを人工的に合体させることを という。この手法を用いてさまざまな雑種植物が作り出されている。^(b)

遺伝子組換えは、異種の DNA を人為的に結合させることである。たとえば、特定のタンパク質をつくる DNA を によって切断する。また、大腸菌のプラスミドも同じ によって切断し、両者を一緒にして という酵素で連結し、大腸菌に導入して培養すると、その特定の遺伝子が大腸菌の中で発現する。現在はこの技術を用いて、ヒト成長ホルモンやヒトインスリンなどを大腸菌で合成することができるようになった。

遺伝子組換え植物をつくるには、アグロバクテリウムという細菌を利用した方法が多く用いられている。この細菌は、植物に感染すると植物の根と茎の境界に腫瘍^{しゅよう}(不定形の細胞の塊)をつくる土壌細菌である。アグロバクテリウムはプラスミドをもっており、植物体に感染するとその一部(Ti領域)だけが切り離されて植物細胞の染色体に挿入される。Ti領域には植物ホルモンの合成を指令する遺伝子があるので、感染した細胞内で植物ホルモンが過剰に合成されるために腫瘍

ができる。この能力を利用して、アグロバクテリウムのTi領域に特定の遺伝子を組み込み、植物の や組織切片に感染させることで、植物に遺伝子を導入することができる。このとき、導入したい特定の遺伝子のほかに抗生物質耐性遺伝子も同時に組み込んでおき、^(c) 栄養分と植物ホルモンに加えて抗生物質を含む培地で組織切片等を生育させ、再分化させることにより、遺伝子組換え植物が得られる。

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)のように、体細胞はいろいろな組織の細胞に分化して完全な個体を形成する能力をもっている。しかしながら、多細胞生物の発生過程では、細胞が分裂を繰り返すことにより、異なる形や機能をもつ細胞が生じてくる。細胞の分化に関する記述として、正しいものを次の①～⑤のうちから2つ選び、記号で記せ。

- ① 分化した組織の細胞では、遺伝子の一部が失われていることが多い。
- ② 植物の根と葉では、働いている遺伝子に差異がある。
- ③ 分化した組織の細胞では、それぞれ特徴的なタンパク質がつくられる。
- ④ 細胞の分化は、ホルモンが遺伝子配列を変化させることによって引き起こされる。
- ⑤ さまざまに分化した組織の細胞における酵素活性を比較しても差異はない。

問(3) 下線部(b)に関して、以下の問に答えよ。

- (i) この技術を用いて作り出された雑種植物名を1つあげよ。
- (ii) (i)の雑種植物のもとになった2種の植物名を答えよ。

問(4) 除草剤に抵抗性をもつ遺伝子を植物に導入したところ、除草剤に耐性のある遺伝子組換え植物が得られた。この植物1系統の自家受粉によって得られた次世代(F_1)を育てたところ、約4分の1の次世代(F_1)が除草剤に対して耐性がなかった。その理由を考察し、簡潔に述べよ。

問(5) 下線部(c)において、植物体を再分化させるときに抗生物質を含まない培地を用いたところ、再分化した植物体の多くは遺伝子が導入されていなかった。遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞に対する抗生物質の作用にはどのような差異があると考えられるか、簡潔に述べよ。

問(5) 下線部(c)において、植物体を再分化させるときに抗生物質を含まない培地を用いたところ、再分化した植物体の多くは遺伝子が導入されていなかった。遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞に対する抗生物質の作用にはどのような差異があると考えられるか、簡潔に述べよ。

問(5) 下線部(c)において、植物体を再分化させるときに抗生物質を含まない培地を用いたところ、再分化した植物体の多くは遺伝子が導入されていなかった。遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞に対する抗生物質の作用にはどのような差異があると考えられるか、簡潔に述べよ。

問(5) 下線部(c)において、植物体を再分化させるときに抗生物質を含まない培地を用いたところ、再分化した植物体の多くは遺伝子が導入されていなかった。遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞に対する抗生物質の作用にはどのような差異があると考えられるか、簡潔に述べよ。

問(5) 下線部(c)において、植物体を再分化させるときに抗生物質を含まない培地を用いたところ、再分化した植物体の多くは遺伝子が導入されていなかった。遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞に対する抗生物質の作用にはどのような差異があると考えられるか、簡潔に述べよ。

問(5) 下線部(c)において、植物体を再分化させるときに抗生物質を含まない培地を用いたところ、再分化した植物体の多くは遺伝子が導入されていなかった。遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞に対する抗生物質の作用にはどのような差異があると考えられるか、簡潔に述べよ。

4 次の文章を読み、問(1)～(6)に答えよ。

(I) 動物の行動には、どのようなものがあるだろうか。動物の行動のなかで、生まれてからの経験を重ねることである条件に適応した行動をとるようになることを という。また、生得的に決められている種に特有な行動を、^(a) 行動といい、 行動を起こすきっかけとなる刺激を という。しかし、実際の動物の行動では、生得的に決められた要素と経験によって獲得した要素が巧みに組み合わせられていることが多い。たとえば、カモのひなは、ふ化後間もない時期に、身近にある動くものを見つけると、それについて歩くようになる。この現象を とよぶ。この場合、動くものについて歩く行動は生得的であるが、何のあとについて歩くかは によって決められる。

このような動物の行動は、どのような機構でおこるのだろうか。動物は、目や耳などの を通して環境から情報を集め、筋肉などの を働かせて、適切な行動をとる。 と を結びつけているのが である。一般に、発達した をもつ動物ほど、複雑な行動をとる。

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)の、種に特有な行動を起こすきっかけとなる刺激と、それが引き起こす行動について、トゲウオ(イトヨ)でみられる例を述べよ。

(II) 集団を形成して生活している動物の行動には、個体間のコミュニケーションが重要な役割を果たしている。たとえば、ミツバチの社会では、太陽の方向を基準に方角をさだめる機構、すなわち太陽コンパスにもとづいて情報の伝達が行われている。花の蜜や花粉を持ち帰った働きバチ(以下、ハチと呼ぶ)は、巣箱の中に垂直に立てられた巣板の上でダンスを踊り、仲間に花のあるえさ場までの方向や距離を伝える。ハチはえさ場までの距離が約 100 m よりも短いときは ダンスを、遠いときは 8 の字ダンスを踊る。

問(3) ク に適切な語句を入れよ。

問(4) えさ台A, B, Cを巣箱Oのまわりに図1のように設置した。太陽は南東の方角にあった。えさ台からもどると、巣箱の中では、ハチが図2に示す(a)~(c)の3種類のダンスをするのが観察された。図では尻をふりながら直進する方向を矢印で表し、鉛直線(重力の方向が下)となす角度を表示している。(a), (b), (c)は、それぞれA, B, Cのどのえさ台から戻ったハチのダンスと考えられるかを記号で記せ。

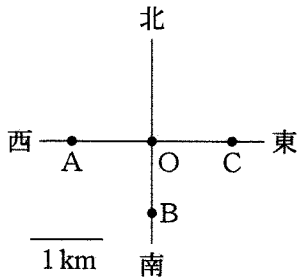


図 1

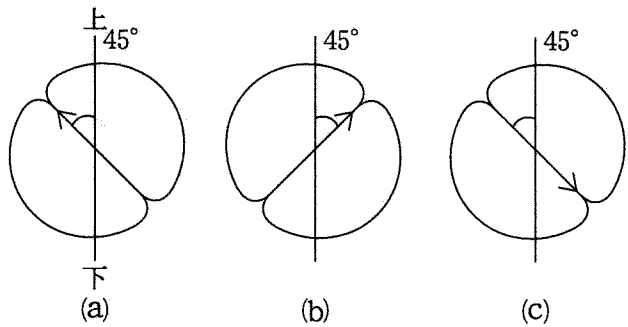


図 2

問(5) 巣箱の中は通常は真っ暗であるが、懐中電灯のような点光源で巣箱の中を照らすと、ハチは光源の方向を太陽の方向に見立てたダンスを踊る。図2の観察をしているとき、巣箱に戻ってきたハチに右上45度(真上から時計まわりに45度)の方向から光をあてると、図3のようなダンスを踊った。このハチはA, B, Cのどのえさ台から戻ったハチと考えられるかを記号で記せ。また、選んだ理由を簡潔に述べよ。

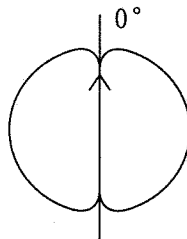


図 3

問(6) 図2の観察のあと、しばらく時間が経ってから再び巣箱の中を観察すると、図4に示す(d)~(f)の3種類のダンスが観察された。このとき巣箱の中には光は当てていない。この観察は、図2の観察をした時刻から何時間後と考えられるかを数値で答えよ。またその理由を簡潔に記せ。ただし太陽の方角は1時間あたり 15° 変わるものとする。

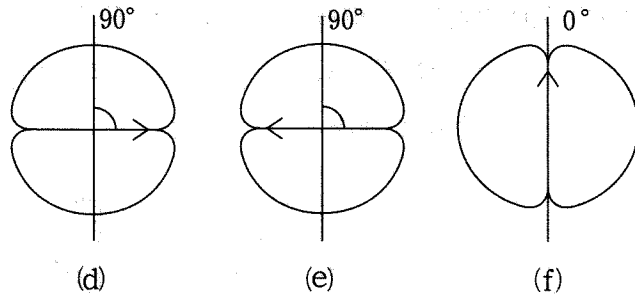


図4

この問題の解答は、図2の観察のあと、しばらく時間が経ってから再び巣箱の中を観察すると、図4に示す(d)~(f)の3種類のダンスが観察された。このとき巣箱の中には光は当てていない。この観察は、図2の観察をした時刻から何時間後と考えられるかを数値で答えよ。またその理由を簡潔に記せ。ただし太陽の方角は1時間あたり 15° 変わるものとする。

