

2017 年度入学試験問題(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 30 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお，記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は，当該科目の試験が無効となる。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 試験終了時には，問題冊子の上に，解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙，問題冊子の回収後，監督者の指示に従い退出すること。

2017年度入学試験問題（前期）
理科（問題）訂正

物理

2ページ

問題Ⅰ 問2 3行目

誤： ${}_{6}^{16}\text{O}$ 原子

正： ${}_{8}^{16}\text{O}$ 原子

5ページ

問題Ⅲ 問1 3～4行目

誤：光ファイバーを通り抜ける

正：コアを通り抜ける

生物

29ページ

問題Ⅴ 問1 2行目

誤：臓器の中から選び、

正：臓器の中からすべて選び、

生 物

I 次の(1)~(10)の間に答えなさい。ただし、複数解答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順あるいは番号順に並べなさい。該当するものがない場合は、「該当なし」を選びなさい。

(1) 脳下垂体からのホルモンの支配を受けるものをすべて選び記号で答えなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| A 十二指腸 | B 甲状腺 | C すい臓 |
| D 副腎皮質 | E 副腎髄質 | F 副甲状腺 |
| G 該当なし | | |

(2) 進化の過程で出現するのが古い順に並べた時に3番目と5番目に古いものを順に記号で答えなさい。

- | | |
|-------|--------------|
| A 恐竜 | B アウストラロピテクス |
| C 三葉虫 | D ヒドラの祖先 |
| E 始祖鳥 | F シアノバクテリア |

(3) PCR法に必要なでないものをすべて選び番号で答えなさい。

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1 プライマー | 2 DNAリガーゼ |
| 3 鋳型DNA | 4 耐熱性のDNAポリメラーゼ |
| 5 4種類のヌクレオチド | 6 RNAポリメラーゼ |
| 7 ATP | 8 該当なし |

(4) 無性生殖によって増殖できないものをすべて選び記号で答えなさい。

- | | | |
|---------|-------|-------|
| A プラナリア | B 酵母 | C 大腸菌 |
| D イチゴ | E ヒドラ | F マウス |
| G 該当なし | | |

(5) ホルモンを分泌しないものはどれか、あてはまるものをすべて選び記号で答えなさい。

- A 十二指腸 B 甲状腺 C すい臓
D 副腎 E 該当なし

(6) 神経が直接調節しない細胞をすべて選び記号で答えなさい。

- A 原口背唇部の細胞 B 唾液腺の細胞 C T細胞
D ニューロン E 筋肉の細胞 F 該当なし

(7) 電子伝達系を持たないものをすべて選び記号で答えなさい。

- A 神経細胞 B 緑色硫黄細菌 C 肝臓の細胞
D 葉緑体 E 該当なし

(8) カエルの組織において分化する時に誘導が必要でないものをすべて選び番号で答えなさい。

- 1 内胚葉 2 中胚葉 3 外胚葉
4 神経組織 5 水晶体 6 角膜
7 該当なし

(9) 森林の食物連鎖や食物網に含まれないものをすべて選び記号で答えなさい。

- A センチュウ B 細菌 C イタチ
D ダニ E ミミズ F バッタ
G 該当なし

(10) タンパク質の機能や役割にはあてはまらないものをすべて選び記号で答えなさい。

- A 生体触媒 B 遺伝情報を担う C 物質の輸送
D 細胞の形態維持 E エネルギー源 F 生体膜の成分
G 該当なし

II 今ここに 213 個のアミノ酸が結合してできたタンパク質(アミノ酸以外の組成は含まれない)がある。このタンパク質及びその遺伝子に関して問 1 ~ 問 3 に答えなさい。

問 1 以下の A) ~ F) の問に対して当てはまる数値を答えなさい。

- A) このタンパク質には最大で何種類の元素が含まれているか。
- B) このタンパク質の一次構造は何通りの可能性があるか。
- C) このタンパク質の分子量は 23,856 であった。このタンパク質内に 2 個のジスルフィド(S—S)結合があった場合、材料となった 213 個のアミノ酸の分子量の合計はいくらか。
- D) 細胞内でこのタンパク質を合成する時に、アミノ酸の指定に使われたコドンは最大で何種類か。
- E) このタンパク質の情報をもっている DNA 及び mRNA に使われているヌクレオチドの種類を合計すると最大何種類になるか。
- F) このタンパク質の遺伝子部分(2 本鎖 DNA)に含まれているヌクレオチドの塩基組成を調べたところ、グアニン、アデニン、チミンの合計が 73 % であった。この遺伝子に含まれているチミンの割合は何%になるか。

問 2 このタンパク質の遺伝子に突然変異が生じた結果、アミノ酸数が142個のタンパク質が作られるようになった。このタンパク質と元(野生型)のタンパク質のアミノ酸配列を比較したところ、最初から128個目までのアミノ酸配列は完全に一致したが、129個目以降のアミノ酸配列は全く別のものであった。

以下のア)~ケ)の変異のうち、このようなアミノ酸配列の変化を引き起こす可能性があり得ないものをすべて選び記号で答えなさい。なおヌクレオチドの番号は開始コドンの1番目のヌクレオチドを1としてそこから数えたものであり、開始コドンにより指定されるアミノ酸がタンパク質の1番目のアミノ酸である。

- ア) 384番目のヌクレオチドが欠失した。
- イ) 385番目と386番目の間に2個ヌクレオチドが挿入した。
- ウ) 384番目から386番目までのヌクレオチドが欠失した。
- エ) 386番目と387番目の間に4個のヌクレオチドが挿入した。
- オ) 387番目から391番目までのヌクレオチドが欠失した。
- カ) 386番目と387番目の間に6個のヌクレオチドが挿入した。
- キ) 388番目から394番目までのヌクレオチドが欠失した。
- ク) 384番目と385番目の間に8個のヌクレオチドが挿入した。
- ケ) 385番目から393番目までのヌクレオチドが欠失した。

問 3 213個のアミノ酸からなる異なったタンパク質(アミノ酸数は同じだが、アミノ酸配列が全く異なるタンパク質)の遺伝子が、ソラマメと根粒菌にそれぞれ複数あると仮定する。これら同じアミノ酸数のタンパク質の遺伝子の大きさ(塩基対数)に関してどのような関係が予想されるか、(a) 次の1)~4)から正しいものを一つ選び、(b) その理由を答えなさい。

- 1) 遺伝子の大きさは全て同じであり、ソラマメと根粒菌で違いはない。
- 2) ソラマメと根粒菌のどちらにも様々な大きさの遺伝子がある。特にどちらが大きいというわけではない。
- 3) ほとんどすべての遺伝子に関してソラマメの方が大きい。
- 4) ほとんどすべての遺伝子に関して根粒菌の方が大きい。

Ⅲ 哺乳類のミトコンドリアの遺伝に関する以下の文章を読み、問1～問9に答えなさい。

ミトコンドリアは細胞質に数百個から数千個存在する細胞小器官である。特に配偶子である卵は非常に大きく多数のミトコンドリアを含むが、精子には細胞質がほとんどなくミトコンドリアの数も卵に比べると非常に少ない。さらに受精に際し精子のミトコンドリアは卵の中でなんらかの方法で積極的に排除されることが知られている。結果として受精卵に含まれるミトコンドリアの実質100%が卵由来となる。

ミトコンドリアは細胞の分裂とは独立に細胞質内で分裂して増殖する。変異したDNAをもつミトコンドリア(変異ミトコンドリア)ができた場合も同じように増殖していく。細胞が分裂する際には、これらのミトコンドリアは娘細胞にランダムに分配される。そのためしばしば正常なミトコンドリアと変異ミトコンドリアが細胞内で混ざった状態で存在することがあり、その比率にはばらつきが生じる。ある変異では1つの細胞内に一定以上の数の変異ミトコンドリアが存在すると、¹その細胞に異常な形質が現れる(図)。

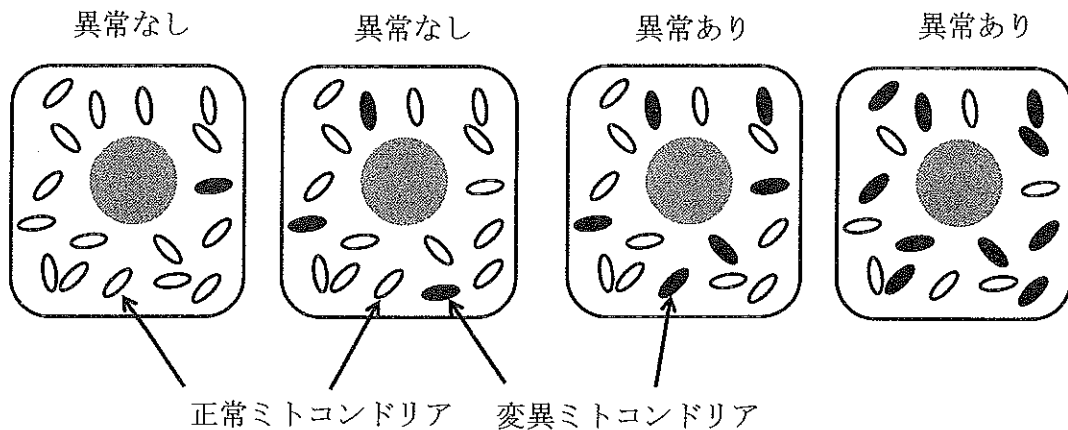


図 ミトコンドリアと細胞の異常の関係を示す模式図

一方、様々な証拠から、ミトコンドリアは好気性細菌が真核生物の祖先に取り込まれ、共生した結果できた細胞小器官だと考えられている(細胞内共生説)。驚くことに、長い共生・進化の過程で、もともと好気性細菌がもっていた遺伝子の多く²

が、核の DNA へ移行したと考えられている。例えば、酸化リン酸化に関わる酵素のいくつかの遺伝子は核に存在する。従って、ミトコンドリアに含まれる多くのタンパク質は核内の遺伝子から転写・翻訳されたのち、ミトコンドリアに輸送される。つまりミトコンドリアには、ミトコンドリア自身もつ遺伝子と核の遺伝子の両方の産物が必要である。

問 1 マウスをはじめ多くの生物が有性生殖をおこなっているが、無性生殖に比べて有性生殖にはどんなメリットがあるか、あてはまるものをすべて選び記号で答えなさい。

- A エネルギー要求性を常に少なくできる。
- B 環境の変化により適応することができる。
- C 酸素がなくてもグルコースを栄養にすることができる。
- D 変異した有害な遺伝子を集団(遺伝子プール)からより効率的に除くことができる。
- E 細胞をより大きく保つことができる。
- F 感染症の流行に対して生存により有利となる。
- G 食物連鎖の捕食ピラミッドでより有利となる。

問 2 卵の形成過程では後の受精、発生、遺伝や生殖などに重要な意味をもつことがいくつか起こるが、それらを 3 つ挙げて解答欄 1 ~ 3 に書きなさい。

問 3 精子のミトコンドリアに変異がありミトコンドリアの機能がほとんど果たせない場合、精子のべん毛が運動できず受精できない。べん毛に含まれるダイニンと相互作用する細胞骨格の名称を答えなさい。

問 4 DNA の変異は酸化還元反応などの過程で副産物として生じる活性酸素によって引き起こされることが多い。ミトコンドリアに含まれる DNA には核の DNA より変異が多いことが知られているが、それは特に細胞内のどの部位の反応に原因があると考えられるか、最も適当なものを 1 つ選び記号で答えなさい。

- A 細胞膜での反応による。
- B 核での反応による。
- C 細胞質での反応による。
- D ミトコンドリア外膜での反応による。
- E ミトコンドリア内膜での反応による。
- F ミトコンドリアマトリックスでの反応による。

問 5 下線部 1 の性質によって起こりうることはなにか、以下の選択肢からあてはまるものをすべて選び記号で答えなさい。

- a 同じ組織の内部では均一に異常な形質がみられる。
- b 組織によって異常な形質の程度が異なることがある。
- c 変異ミトコンドリアをもつ母親から生まれた子供には必ずその異常な形質が見られる。
- d 変異したミトコンドリアを受け継いだ子供によって、異常な形質の有無や程度が異なる。
- e 年齢によって異常な形質は変化しない。

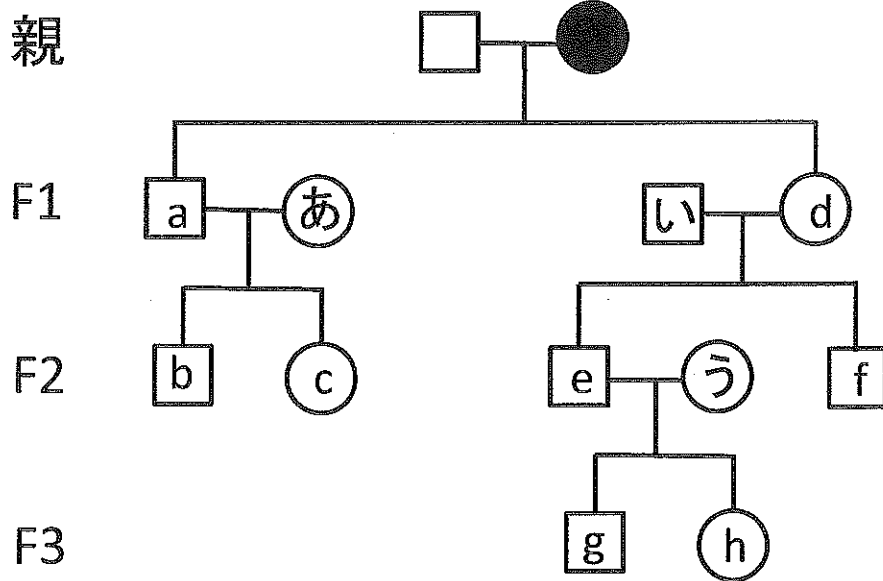
問 6 ミトコンドリアに変異があると、どのような影響があると考えられるか。可能性のあるものを以下の中から2つ選び記号で答えなさい。

- a カルシウムを多く含む骨組織での異常な形質が最も顕著である。
- b 全身に異常な形質がでる。
- c エネルギー需要の多い筋肉や神経組織などでの異常な形質が顕著である。
- d 脳下垂体からのホルモン分泌量が増える。
- e 組織において細胞の分裂が盛んになる。

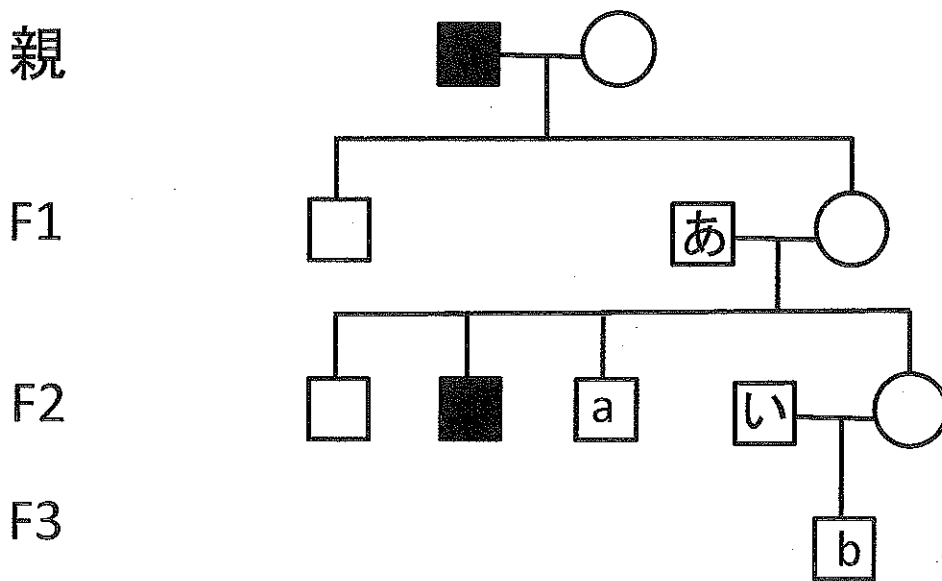
問 7 以下のミトコンドリアの特徴の中でミトコンドリアの細胞内共生説を強く支持するもの以外をすべて選び番号で答えなさい。

- 1 DNA をもっている。
- 2 内膜にはクリステという構造がある。
- 3 内膜と外膜の二重の膜で覆われている。
- 4 酸素呼吸を行う。
- 5 分裂する。
- 6 膜にはリン脂質が含まれる。
- 7 独自のリボソームを持ち、タンパク質の合成をしている。

問 8 下図のマウスの系図では、母親のミトコンドリア DNA 上の遺伝子に変異が起こり、異常形質を示すことが知られている(黒く塗りつぶしてある)。この時、子孫 a ~ h で異常な形質を示すものはどの個体になるか、あてはまるものをすべて選び、記号で答えなさい。ただしここでは変異ミトコンドリアを受け継いだ場合は必ず異常な形質を示すものとし、この家系の中では新たな突然変異は起こらないものとする。なお、□はオス、○はメスを示す。また、(あ)~(う)は変異したミトコンドリアは持たないものとする。



問 9 下図のマウスの系図では、あるものはミトコンドリアに異常形質をもつが、それが下線部2のような遺伝子の変異に原因があることがわかっている。この時、aとbがそれぞれ異常な形質がある確率を百分率(%)で答えなさい。ただし、(あ)と(い)はこの遺伝子に変異を持たないことがわかっており、aとb以外は異常な形質があるものが黒く塗りつぶしてある。また、この家系の中では新たな突然変異は起こらないものとする。なお、□はオス、○はメスを示している。



IV 植物の環境応答に関する以下の文章を読んで、問1～問5に答えなさい。

植物にとって光は光合成に必要なエネルギー源であり、植物の発芽や生育などの環境応答にとっても重要な情報となっている。光屈性は、光受容体 **あ** により受容した光を感知して茎頂で合成された **い** が移動し、細胞の成長を促進することで起こる。短日植物の花芽形成の抑制に関わる光受容体は **う** である。花芽の分化は、**A** で合成される **え** が **B** を通って **C** に移動することで促進される。花が受粉すると種子内で **い** や **お** が分泌され、子房が成長する。気孔の開口は、光受容体 **か** により促進される。乾燥した条件では、**き** が合成され浸透圧の変化を利用して気孔は閉じる。

種子の発芽には、温度、水分、光などの条件が整うことが必要である。レタスは **D** であるため、**E** に発芽のための栄養分を蓄えている。**D** は蓄えている栄養分が多くないため、発芽後すぐに光合成が必要であり、光発芽種子である場合が多い。レタスの種子は発芽に適した光を感知すると、光受容体の **く** が活性型になり、核内に移動することで他の遺伝子の発現を調節する。

問1 **あ** ~ **く** にあてはまる光受容体と植物ホルモンの名称を語群Aの(a)~(m)から選んで記号で答えなさい。なお、同じ記号を複数回選んでもよい。

語群A

- | | | |
|--------------|-------------|--------------|
| (a) アブシシン酸 | (b) エチレン | (c) オーキシン |
| (d) カロテン | (e) キサントフィル | (f) クロロフィル a |
| (g) クロロフィル b | (h) クリプトクロム | (i) サイトカイニン |
| (j) ジベレリン | (k) フィトクロム | (l) フォトトロピン |
| (m) フロリゲン | | |

問 2 光受容体 と活性型 が吸収する光はそれぞれ何色か。

問 3 ~ に当てはまる語句を語群Bの1~18から選んで番号で答えなさい。

語群B

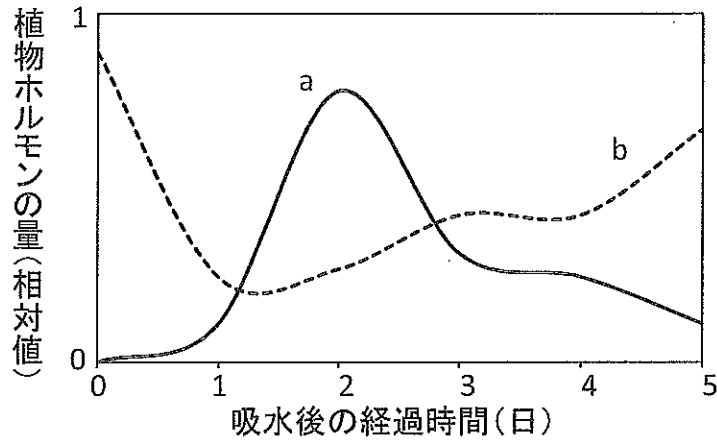
- | | | | |
|--------|---------|----------|----------|
| 1 花粉管 | 2 形成層 | 3 茎 頂 | 4 気 孔 |
| 5 根 冠 | 6 篩 管 | 7 種 皮 | 8 子 葉 |
| 9 道 管 | 10 葉 | 11 胚 | 12 胚 軸 |
| 13 表 皮 | 14 被子植物 | 15 無胚乳種子 | 16 有胚乳種子 |
| 17 幼 根 | 18 裸子植物 | | |

問 4 について、正しい文章をすべて選んで番号で答えなさい。

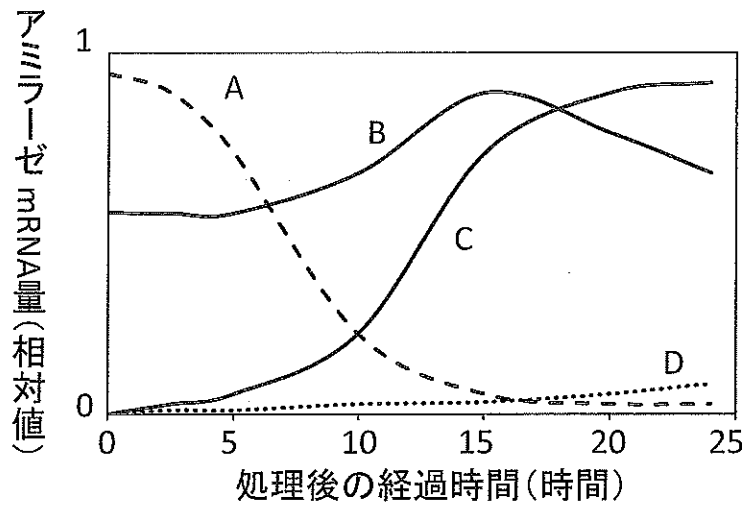
- の輸送タンパク質が細胞の基部の細胞膜に集中するため、移動には方向性がある。
- 根冠を除去すると、根における の移動は起こらない。
- は側芽の成長を直接抑制している。
- ぶどうのつぼみを の水溶液に浸すと種なしぶどうが出来る。
- は植物細胞の縦方向の成長に関与している。
- の感受性は器官によって異なり、根より茎の感受性が高い。

問 5 オオムギの発芽について行った実験の結果に関して(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 種皮を取り除いたオオムギの種子に十分吸水させ、暗所(20℃)に置いた。種子に含まれる植物ホルモンaと植物ホルモンbの量の変化を調べると、下のグラフの様な結果が得られた。植物ホルモンaと植物ホルモンbはそれぞれ何か。問1の語群Aのa~mから選んで記号で答えなさい。



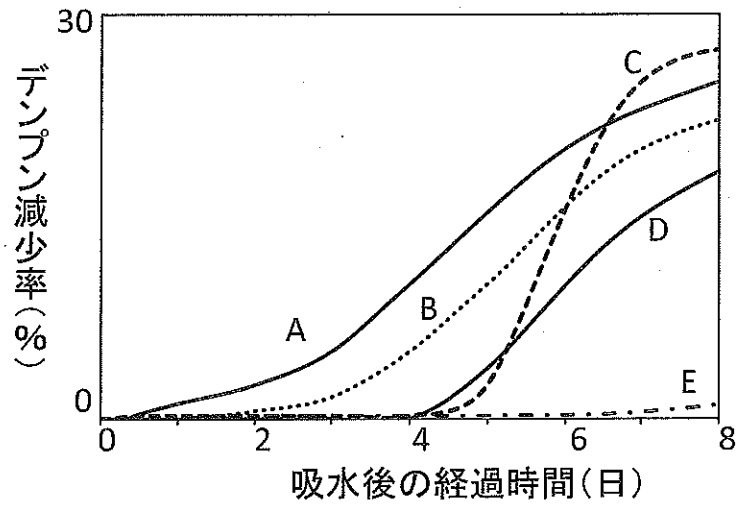
(2) オオムギの種子の糊粉層を単離し、植物ホルモン a または植物ホルモン b で処理した後、単離した糊粉層に含まれるアミラーゼ mRNA 量を調べた。それぞれのホルモンで処理した結果として適当なグラフを下の A ~ D の中から選んで、それぞれ記号 A ~ D で答えなさい。



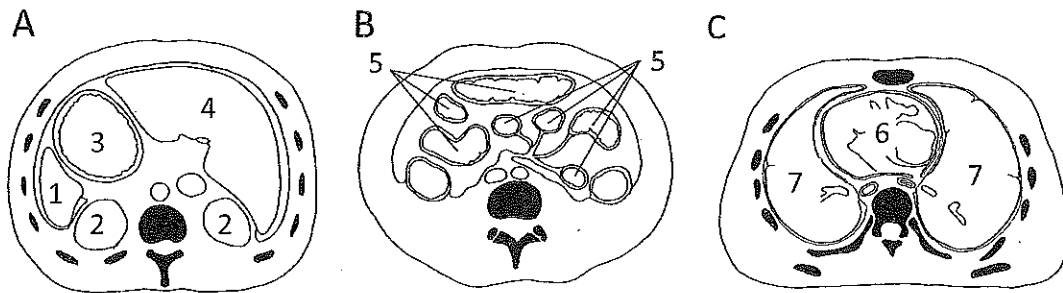
(3) 以下の 1 ~ 5 の処理をしたオオムギの種子を暗所 (20℃) に置いて、種子に含まれるデンプン量の減少率 (吸水前の種子に含まれるでんぷん量に対して減少した割合を % で示す) を 8 日間調べた。なお、オオムギの種子は 1 の処理の 4 日後に発芽し、オオムギのアミラーゼ mRNA の翻訳には 3 時間ほど時間を要する事とする。処理 1 ~ 5 の結果として適当なグラフを下のグラフ中のから選んで、それぞれ記号 A ~ E で答えなさい。なお、同じものを複数回選んでもよい。

処 理

- 1 種皮を取り除いたオオムギの種子に十分吸水させた。
- 2 種皮を取り除いた種子に適当な濃度の植物ホルモンbを含む水を十分吸水させた。
- 3 糊粉層を取り除いたオオムギ種子に十分吸水させた。
- 4 糊粉層を取り除いたオオムギ種子に適当な濃度の植物ホルモンaを含む水を十分吸水させた。
- 5 胚を取り除いたオオムギ種子に適当な濃度の植物ホルモンaを含む水を十分吸水させた。



V 下記のA～Cの図は成人男性の胴体の断面図を示している。A～Cは胸部、肘の位置、腹部のいずれかの水平断面で、上から見たところである。いずれの断面も上方が腹側、下方が背側となっている。1～7は臓器を表しており、小腸、ぼうこう、腎臓、肺、胸腺、心臓、胃、肝臓、甲状腺、ひ臓、胆のう、直腸のいずれかである。3、5、6の臓器は内部が空洞になっているが、1、2、4、7は内部には組織がつまっているか、空洞があつたとしても小さい。黒で塗りつぶしたところは骨を表している。なお、骨格筋は省略してある。これらの臓器について問1～問4に答えなさい。



問1 下記の血液成分a～eの恒常性に直接関わっている臓器をそれぞれ1～7の臓器の中から選び、番号で答えなさい。ただし、血液のろ過にかかわる臓器については、ある成分がろ過されない場合もその恒常性に関与するものとする。また、呼気から蒸発する水分については考慮しないものとし、どの臓器の細胞でも広く一般にあてはまることも関与しないものとする。

- | | | |
|---------|---------|------|
| a 水 | b 二酸化炭素 | c 尿素 |
| d グルコース | e アルブミン | |

問2 4の臓器で合成・貯蔵される多糖の分解を促進するホルモンを分泌するのは、どの臓器のどの細胞か2つ選び記号で答えなさい。

- | | | |
|------------|----------|----------|
| a 肝臓の細胞 | b 副腎髄質細胞 | c 副甲状腺細胞 |
| d 脳下垂体後葉細胞 | e すい臓A細胞 | f すい臓B細胞 |

問 3

1) BrdU という物質は血管に注射されると組織に運ばれ、細胞周期の S 期にチミン(T)の代わりに DNA に取り込まれる性質がある。BrdU はいったん取り込まれると DNA 中で安定に存在する。BrdU を注射し 30 分後にある分裂組織の細胞の核で BrdU の取り込みを調べた。さらにその 45 分後に調べると BrdU を取り込んだ細胞の数が全体の細胞の数に対して 4 % 増加していた。このときその細胞の細胞周期は何時間何分か答えなさい。ただし、この組織ではすべての細胞が増殖中とし、この間の細胞分裂による細胞の増加分は考慮しない。また、測定時に BrdU は組織に到達しており、十分取り込まれる濃度で保たれているものとする。

2) 足の動脈に注射した BrdU が 4 の臓器に到達した時、最低何回の毛細血管を通過したことになるか答えなさい。ただし、5 の臓器を経由した場合とし、最終地点の 4 の臓器の毛細血管も 1 回と数えるものとする。

問 4 6 の臓器の働きを促進する物質を a ~ f の中から 2 つ選び、それらの物質を分泌する細胞を解答例にならってそれぞれ答えなさい。

(解答例：a—表皮細胞)

- | | | |
|-----------|------------|------------------|
| a アセチルコリン | b チロキシン | c グルタミン酸 |
| d アドレナリン | e ノルアドレナリン | f GABA (γ-アミノ酪酸) |