

滋賀医科大学

平成 26 年度

医学科一般入試(前期日程)問題

理 科

物 理	1 ページ～ 6 ページ
化 学	7 ページ～12ページ
生 物	13ページ～22ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか 22 ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理，化学，生物のうち 2 科目を選択し，選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は，無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は，試験開始 120 分後に監督者が回収するので，大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は 150 分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが，解答用紙は持ち帰らないこと。

生 物 (4 問題)

I 次の文章を読み、問 1～7 に答えよ。(配点 25)

細胞は、膜によって囲まれることにより、内部と外部が区別されている。細胞膜は、主にリン脂質とタンパク質で構成されている。リン脂質分子は、① 性の部分を外側に、② 性の部分を内側にして向かい合うことで二重層を形成している。この二重層の中には、さまざまな種類のタンパク質が浮かぶように組み込まれており、タンパク質やリン脂質は、膜の形態を保ちながら比較的自由に動きまわっている。

細胞膜は、多くの分子やイオンを容易には通さないが、水分子は通す半透性という性質をもつ。細胞をいろいろな浸透圧の溶液に浸すと、細胞内外に浸透圧の差があるときには細胞膜の半透性によって水が移動し、細胞の形や大きさに変化が生じる。たとえば、ヒト赤血球を等張液に浸したとき、変化は見られず正常な大きさと形を保つが、③ 液に浸すと、水が赤血球内に浸透して大きくふくれ、極端な ③ 液の場合は破裂する。一方、④ 液に赤血球を浸すと、細胞内の水が外へ移動し、しわのよったいびつな形になる。

しかし、細胞膜は単なる半透膜ではない。細胞は活動を行うのに必要な物質を取り込み、不要な物質を排出する必要があるため、細胞膜は水分子以外にも特定の物質のみを通す ⑤ 性を有している。細胞膜の ⑤ 性には、細胞膜を貫通しているタンパク質が関係しており、その例としてナトリウムポンプやナトリウムチャンネル、カリウムチャンネルがあげられる。ナトリウムポンプは、エネルギーを利用することで構造を変化させ、 Na^+ と K^+ の濃度勾配に逆らった ⑥ 輸送を行っている。一方、ナトリウムチャンネルやカリウムチャンネルを介したイオンの輸送では、エネルギーは消費されない。

問 1 文中の①～⑥に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(1)のような細胞膜構造のモデルは何とよばれているか。

問 3 下線部(2)に関連して、細胞膜を貫通しているタンパク質は、細胞膜中でらせん構造(α -ヘリックス構造)を形成していることが多い。この構造をとるために必要なアミノ酸間の結合をあげよ。

問 4 下線部(3)について、ナトリウムポンプは、どのようにエネルギーを得て、どのような構造変化により Na^+ と K^+ の輸送を行っているのか説明せよ。

問 5 下線部(4)について、ナトリウムチャネルやカリウムチャネルがイオンの輸送にエネルギーを必要としないのはなぜか説明せよ。

問 6 リン脂質を水溶液中に分散させて、人工的にリン脂質二重層を形成させることができる。その人工のリン脂質膜と比べて、赤血球細胞膜の水透過性は高い。この理由を説明せよ。

問 7 等張液である 0.90 % 塩化ナトリウム水溶液中で体積 $90 \mu\text{m}^3$ のヒト赤血球がある。この水溶液に一定量の水を加えると、赤血球の体積が増加し、 $130 \mu\text{m}^3$ で一定となった。このときの赤血球の浸透圧はいくらか。計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、液温は 37°C で、水以外の物質の赤血球細胞膜を通した移動は起こっていないものとする。

なお、浸透圧(P)について、 $P = cRT$ の式が成り立ち、 c は溶液のモル濃度、 T は絶対温度で 0°C を 273 K とし、 R は気体定数で $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする (Pa は圧力の単位)。また、塩化ナトリウム水溶液の密度を 1.0 g/cm^3 、原子量を $\text{Na} = 23.0$ 、 $\text{Cl} = 35.5$ 、塩化ナトリウムの水溶液中での電離度を 1.0 とする。

Ⅱ 次の文章を読み、問 1 ～ 9 に答えよ。(配点 25)

多細胞生物のからだは、多数の細胞でできている。からだを構成する体細胞は、体細胞分裂によって増殖する。体細胞分裂の M 期(分裂期)では、まず核が分かれる核分裂が起こり、続いて細胞質が二分される細胞質分裂が起こる。M 期は、前期、中期、後期、終期に分けられる。M 期が終了してから次の M 期が始まるまでの期間を間期といい、間期はさらに、G₁ 期(DNA 合成準備期)、S 期(DNA 合成期)、G₂ 期(分裂準備期)に分けられる。体細胞分裂が終了してから、次の分裂が終了するまでの過程を細胞周期という。細胞周期において、細胞 1 個に含まれる DNA 量の相対値は図 1 に示すように変化する。増殖の盛んな細胞を培養する場合、1 つの培養皿の中に種々の細胞周期にある細胞が混在している。薬剤等を用いて個々の細胞の細胞周期をそろえることを「細胞周期の同調」⁽¹⁾という。

DNA の構成単位であるヌクレオチドは、塩基と糖が結合してできた「ヌクレオシド」にリン酸が結合することによってつくられる。培養液中に放射性同位体で標識した「標識ヌクレオシド」を添加し、細胞への取り込みを測定することで DNA 合成の変動を知ることができる。⁽²⁾ヒト由来の培養細胞である X 細胞を用い、以下の実験を行った。

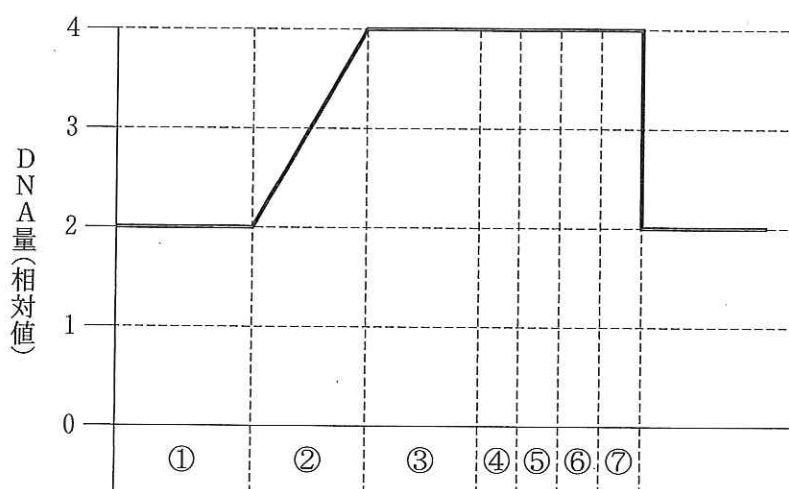


図 1 細胞周期における細胞 1 個あたりの DNA 量の変化

①～⑦ は細胞周期の各時期を表す。

(実験 1) G_1 期, M 期, S 期にある X 細胞をそれぞれ用意し, 次の (A)~(C) に示すような組み合わせで細胞を融合させると, 2 つの核を有する細胞ができた。この融合細胞を用いて標識ヌクレオシドの取り込みを調べた。その結果, (A) と (B) ではいずれの細胞由来の核も標識されなかったが, (C) では S 期細胞由来の核も G_1 期細胞由来の核も標識された。

- (A) G_1 期の細胞と G_1 期の細胞
- (B) G_1 期の細胞と M 期の細胞
- (C) G_1 期の細胞と S 期の細胞

(実験 2) 実験 1 と同様の方法を用いて S 期の細胞と G_2 期の細胞を融合させ, 標識ヌクレオシドの取り込みを調べた。その結果, S 期細胞由来の核は標識されたが, G_2 期細胞由来の核は標識されなかった。

問 1 下線部 (1) について, X 細胞の培養液に紡錘糸の形成を阻害する薬剤を加えて培養すると, 細胞周期のどの時期で同調した細胞集団が得られるか。

問 2 下線部 (2) について, 用いる標識ヌクレオシドの塩基は何か。また, その理由を説明せよ。

問 3 図 1 について, S 期に相当する時期を図中の番号で答えよ。

問 4 図 1 の ⑤ について, この時期の細胞の染色体の状態とその DNA 量について説明せよ。

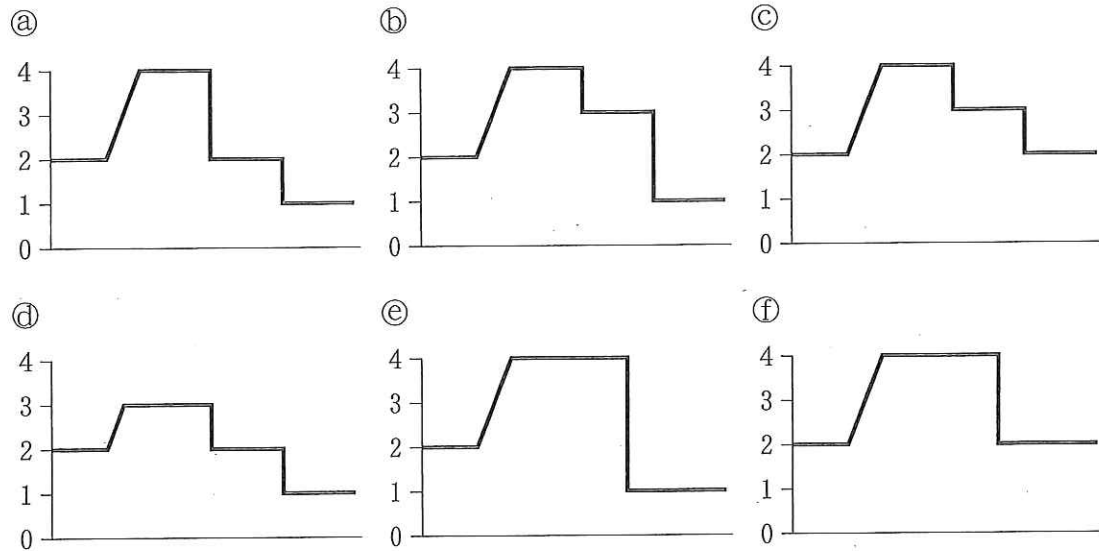
問 5 図 1 の ⑦ について, この時期の細胞の特徴的な変化を 3 つあげよ。

問 6 人工的に細胞融合を起こさせる方法を 1 つあげよ。

問 7 実験 1 の結果からどのようなことが推察されるか。

問 8 実験 2 の結果からどのようなことが推察されるか。また, この融合細胞において, G_2 期細胞由来の核が標識されるとすると, 細胞にとってどのような不都合が生じると考えられるか。

問 9 減数分裂では、体細胞分裂とは異なる分裂過程を示す。生殖細胞ができるまでの減数分裂の過程を表すグラフとして最も適切なものを以下の④～⑥から選び、記号で答えよ。ただし、グラフの横軸は減数分裂にともなう時間を表し、縦軸は細胞 1 個あたりの DNA 量の相対値を表す。



Ⅲ 次の文章を読み、問 1 ～ 8 に答えよ。(配点 25)

シロイヌナズナはアブラナ科の植物で、自然状態では自家受精して種子をつくる。シロイヌナズナの花は、外側からがく片、花弁、おしべ、めしべの順に配置されている。ところが、花弁ができる部位にがく片ができる、などといった、特定の部位に本来形成される器官がつくられず、別の器官に換わるような突然変異体が見つかる。⁽¹⁾⁽²⁾このような変異体を用いた解析から、花の形態形成は3つのクラスの遺伝子(A, B, C)により制御されるというABCモデルが提案された。このモデルによると、図1の領域1ではAクラスの遺伝子のみがはたらいて「がく片」が形成され、領域2ではAクラスとBクラスの遺伝子が同時にはたらいて「花弁」が形成される。領域3ではBクラスとCクラスの遺伝子がはたらいて「おしべ」が形成され、領域4ではCクラスの遺伝子がはたらいて「めしべ」が形成される。AクラスとCクラスの遺伝子は互いに発現を抑制していて、たとえばAクラスの遺伝子がはたらかなくなると、領域1や領域2でもCクラスの遺伝子がはたらくようになる。また、Cクラスの遺伝子は、分裂組織の活動を抑制し、花の形成を終了させるはたらきももっている。さまざまな変異体に見られる花の形態変化は、特定のクラスの遺伝子の機能が失われることにより生じたと考えられる。正常のシロイヌナズナ(野生型)や変異体を用いて、以下の実験を行った。

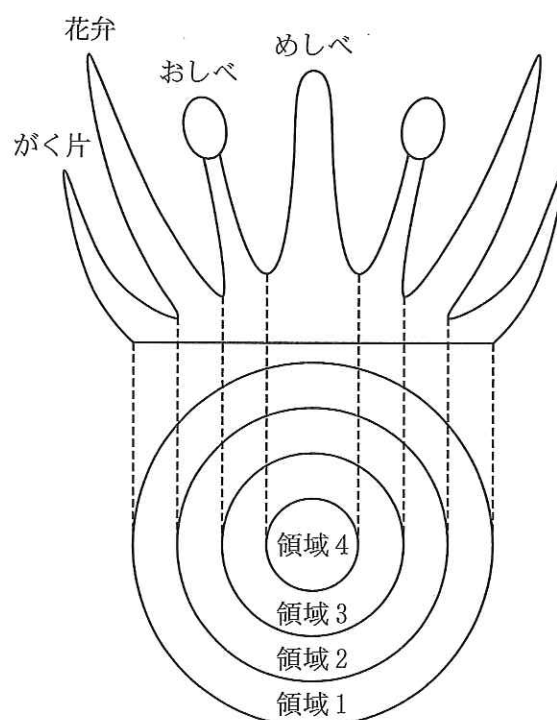


図1 花の構造と4つの領域

(実験 1) シロイヌナズナでは C クラスの遺伝子は 1 種類知られている。この遺伝子は 9 つのエキソンをもつ。C クラス遺伝子の機能を失った変異体から DNA を抽出し、PCR 法を用いてこの遺伝子の DNA を増幅した。その塩基配列を調べたところ、エキソンに相当する部分の塩基配列は野生型と同じであった。

(実験 2) ABC モデルによると、A クラス、B クラス、C クラスの遺伝子が本来とは異なる領域ではたらくと、野生型と異なる構造の花ができると考えられる。そこで、遺伝子組換えの技術⁽³⁾を利用して、野生型のシロイヌナズナあるいは C クラス遺伝子の機能が失われた変異体に B クラスの遺伝子を導入して、領域 1 ～ 4 のすべてで B クラスの遺伝子がはたらくようにしたところ、野生型とは異なる形態の花が形成された。⁽⁴⁾

問 1 下線部 (1) について、植物には自分の花粉で受精しない自家不和合性のものも多く存在する。自家不和合性の有利な点と不利な点について、自家受精する場合と比較して述べよ。

問 2 下線部 (2) のような突然変異体を何というか。

問 3 ABC モデルに基づいて考えたときに、存在し得ない変異体を、下の表の ㉔～㉞ からすべて選び、記号で答えよ。表中の + は各領域で本来つくられる器官が存在することを示し、－はその器官が欠損して別の器官が形成されることを示す。

変異体	領域 1 がく片	領域 2 花 弁	領域 3 おしべ	領域 4 めしべ
㉔	+	－	－	+
㉕	+	－	－	－
㉖	－	+	－	+
㉗	－	－	+	+
㉘	－	－	－	+

問 4 A クラス、B クラス、C クラスのすべての遺伝子の機能を失った変異体では、本来花が形成される部位はどのようなになるか。

問 5 A クラス, B クラス, C クラスの遺伝子からは調節タンパク質がつくられることが示されている。以下の④~⑦の調節タンパク質に関する記述のうち適切なものをすべて選び, 記号で答えよ。

- ④ 調節タンパク質は細胞外に分泌されて標的組織に運ばれる。
- ⑤ 同じゲノムをもつ細胞では同じ種類の調節タンパク質がはたらいている。
- ⑥ 調節タンパク質は DNA に結合する。
- ⑦ 調節タンパク質のはたらきには補酵素が必要である。
- ⑧ 調節タンパク質はリボソームでのタンパク質合成の速さを調節する。
- ⑨ ショウジョウバエでは調節タンパク質がからだの前後軸を決定する。

問 6 実験 1 について, この C クラス遺伝子の機能を失った変異体では, 野生型と比べて C クラス遺伝子にどのような変化がある可能性が考えられるか。1 つあげ, 遺伝子の機能が失われる理由を説明せよ。

問 7 実験 2 の下線部 (3) に関連して, 以下の文はシロイヌナズナに遺伝子を導入する方法について述べたものである。文中の①~③に最も適切な語句を入れよ。

土 壌 細 菌 の 一 種 で あ る ① は, 環 状 の DNA で あ る ② を も つ。この ② に 目的の遺伝子を組み込む。このとき, ③ 耐性遺伝子も ② に組み込んでおく。この組換え ② を ① にもどす。これを植物細胞に感染させ, ③ を含む選択培地で培養して, 目的の遺伝子が導入されたものを選ぶ。

問 8 実験 2 の下線部 (4) について, どのような構造の花になると考えられるか。野生型に導入した場合, C クラス遺伝子の変異体に導入した場合のそれぞれについて述べよ。

Ⅳ 次の文章を読み、問1～8に答えよ。(配点 25)

動物は進化にともない神経系が発達してきた結果、動物の種類によってさまざまな神経系をもつ。ヒドラなどの刺胞(しほう)動物は、最も単純な ① をもつ。プラナリアなどのへん形動物は、頭部の神経節と、からだを縦走する2本の神経の束と横に連絡する神経の束とからなる ② をもつ。バッタなどの節足動物は、体節ごとにある神経節が連結した ③ となっている。これらに対して脊椎動物の ④ は、脳や脊髄などの発達した中枢神経系をそなえている。

脊椎動物であるヒトは、たとえば、触点に加えられた刺激は、感覚神経、脊髄、延髄、中脳、視床から大脳へ伝えられ、また、大脳の運動中枢からの命令は、脊髄の運動神経から効果器へ伝えられる。しかし、大脳が関わらない現象もある。刺激が大脳まで伝えられず、脊髄や延髄、中脳などから反射的に運動神経や自律神経を介して効果器に伝えられる場合があり、⁽¹⁾いずれも無意識に起こる。自律神経系によって制御されている多くの生命維持のはたらきについても、その上位中枢は脳幹にあつて意識をともしないことが多い。交感神経と副交感神経は、大脳とは無関係に内臓諸器官のはたらきを拮抗的に調節している。

問1 文中の①～④に入る適切な語句を以下の㉠～㉦から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|---------|-----------|-----------|
| ㉠ 網状神経系 | ㉡ 管状神経系 | ㉢ はしご状神経系 |
| ㉣ 散在神経系 | ㉤ ふくろ状神経系 | ㉦ かご状神経系 |

問2 図1はヒトの脳の断面図である。以下のア～エの役割に関わる脳の部分を図中㉠～㉥から選び、記号で答えよ。また、その名称を記せ。

- | | |
|------------------------|------------------|
| ア. 姿勢の制御、眼球運動、瞳孔の開閉 | イ. 呼吸運動、心臓拍動の調節 |
| ウ. 成長ホルモン、甲状腺刺激ホルモンの分泌 | エ. 自律神経系と内分泌系の調節 |

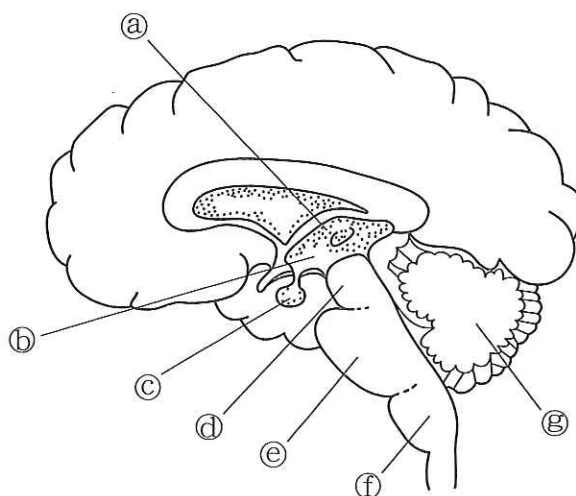


図1

- 問 3 下線部(1)のような反応について、反射中枢の場所が、脊髄(i)、延髄(ii)、中脳(iii)である反射の例を、それぞれ1つあげよ。
- 問 4 交感神経は脊髄から出ると一度シナプスを経て、その後長い繊維が各器官と接続している。脊髄から出た神経繊維がシナプスをつくところの名称を記せ。
- 問 5 副交感神経は、中枢神経から出た後、臓器の近くや内部でシナプスを経て、内臓諸器官に分布している。副交感神経が出ている中枢神経の名称を3つ答えよ。
- 問 6 自律神経系の標的器官ではたらく神経伝達物質は何か。交感神経(i)、副交感神経(ii)それぞれについて答えよ。
- 問 7 幼児の手が赤く温かくなると「もう眠いのだろう」と推測することがある。このことを自律神経系のはたらきをふまえて説明せよ。ただし、皮膚の血管は、例外的に交感神経だけによって制御されている。
- 問 8 自律神経系は脳とは無関係にはたらくことから無意識であることが多い。しかし、自律神経系が脳からの影響を受ける場合もある。どのような場合か、例をあげて説明せよ。