

# 横浜市立大学 前期

5 3 5 4 5 5

## 理 科 問 題

(平成 26 年 度)

### 【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の5.に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は1ページから17ページまでであり、解答用紙は問題冊子中央に10枚はさみこんである。

| 科 目 | 問 題             | 解答用紙                         |
|-----|-----------------|------------------------------|
| 物 理 | 1 ページから 6 ページ   | 3 枚 (53-1, 53-2, 53-3)       |
| 化 学 | 7 ページから 10 ページ  | 3 枚 (54-1, 54-2, 54-3)       |
| 生 物 | 11 ページから 17 ページ | 4 枚 (55-1, 55-2, 55-3, 55-4) |

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

# 55 生物

11 ページから 17 ページ

〔 I 〕 次の問題文 1～3 を読み、下記の問いに答えよ。

〔問題文 1〕

多細胞生物の成長は細胞分裂を伴うが、体細胞では多くの場合 DNA 複製と細胞分裂が交互に起こる。この DNA 複製と細胞分裂の周期を細胞周期と呼び、1 回の細胞分裂の終了から次の細胞分裂の終了までの期間が 1 細胞周期となる。細胞周期は、DNA 複製が始まるまでの準備期 ( $G_1$  期)、DNA 合成期 (S 期)、分裂が始まるまでの準備期 ( $G_2$  期)、分裂期 (M 期) の順に進行する。

M 期での細胞分裂は  と  が消失して染色体が凝集していく前期、染色体が  に整列する中期、染色体が両極に移動していく後期、それらの周囲に  が再形成される終期の順に進行し、次いで細胞分裂が起こって二つの娘細胞が形成される。さらに分裂増殖を続ける場合は、この細胞周期がくり返される。

動物細胞では、前期に中心体が二分されるとともに微小管が伸長して  となり、それらが両極となって  の形成が始まる。植物細胞には中心体はないが、 は形成される。いずれの場合でも両極から伸長した微小管は染色体の  に付着して染色体を動かす。中期には、両極からの力が釣り合って染色体が  に並ぶが、後期に入ると、対をなしていた染色体が分かれ、 に付着した微小管が短くなることで染色体は両極に移動する。終期に入ると、細胞核が再形成され、続いて(A)細胞質分裂が起こって細胞は 2 分割される。

(1) 問題文 1 の空欄  ～  に入るもっとも適当な語句を記号で記せ。

- (ア) 核小体 (イ) 核膜 (ウ) ゴルジ体 (エ) 小胞体 (オ) 星状体  
(カ) 赤道面 (キ) 紡錘糸 (ク) 紡錘体 (ケ) テロメア (コ) 動原体

(2) 問題文 1 の下線部 (A) について、動物細胞と植物細胞の細胞質分裂の違いについて 100 字以内で述べよ。



[問題文 2]

活発に分裂増殖を行っているある均一な細胞集団がある。その細胞周期を分析すると、 $G_1$  期、S 期、 $G_2$  期、M 期はそれぞれ 6, 8, 4, 2 時間であった。同じ数の細胞を複数枚のシャーレにまき、同時に培養を始めた。培養 2 日目になると、細胞はシャーレに接着し、増殖速度が安定した。シャーレ当たりの細胞数を計測すると  $1 \times 10^5$  個であった。培養 3 日目に、シャーレに付着した細胞を固定液で処理し、光学顕微鏡を使って 500 個の細胞を観察したところ、そのうち  $\boxed{g}$  個が M 期の細胞であった。さらに、培養 7 日目の細胞数を計測するとシャーレ当たり  $\boxed{h} \times 10^5$  個であった。培養 2 日目から 7 日目までは細胞は一定の速度で増殖したが、培養 8 日目になると、(B) 増殖速度が低下し、さらに培養を続けると増殖はほぼ完全に停止した。

ただし、本実験の開始時には細胞は細胞周期の各時期に一様に分布していた。また、培養液は定期的に交換した。

- (3) 問題文 2 の空欄  $\boxed{g}$  ,  $\boxed{h}$  に入るもっとも適当な数値を求めよ。
- (4) 問題文 2 の下線部 (B) について、この現象について 100 字以内で説明せよ。

[問題文 3]

活発に分裂増殖を行っている上記とは別の均一な細胞集団がある。培養液に放射性水素同位体であるトリチウム ( $^3\text{H}$ ) を含むチミジンを加えて短時間培養した。このときトリチウムは複製中の DNA に取り込まれ、S 期の細胞だけが標識される。その後、細胞を洗浄し、通常の培養液で培養を続けた。核の染色法を用いて M 期の細胞を観察すると、(C) 3 時間後から標識された M 期の細胞が出現し、(D) 4 時間後には M 期の細胞は 100 % が標識されていた。 その状態がしばらく続いた後、10 時間後から標識された M 期の細胞は減少し始め、11 時間後には全く見られなくなった。さらに培養を続けると、(E) 18 時間後には再び標識された M 期の細胞が観察されるようになった。

ただし、この実験では、細胞は細胞周期の各時期に一様に分布し、すべての細胞は同じ速度で細胞周期を回り続けるとする。また、細胞の標識に要した時間は無視できるほど短く、S 期の細胞はすべて標識されたとする。

- (5) 問題文 3 の下線部 (C) ~ (E) について、標識された S 期の細胞を通常の培養液で培養したとき、M 期の細胞のうち標識された細胞の割合 (%) は時間の経過とともにどのように変動するか。解答欄のグラフに線で図示せよ。
- (6) (ア) 問題文 3 の下線部 (C) について、この細胞が  $G_2$  期を通過するのに要する時間を求めよ。  
(イ) 問題文 3 の下線部 (D) について、この細胞が M 期を通過するのに要する時間を求めよ。  
(ウ) 問題文 3 の下線部 (E) について、この細胞が  $G_1$  期を通過するのに要する時間を求めよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

植物には、(A)さまざまな組織に分化した細胞から他の組織・器官が形成され、再び完全な個体を形成する能力があり、古くから人間はこれを利用してきた。このような能力のことを分化全能性(全能性)と呼ぶ。例えば、ニンジンの根から(B)形成層を含む組織を切り出し、を加えた培地で組織培養を行うと細胞は未分化な状態に戻って(脱分化して)増殖し、カルスと呼ばれる未分化な細胞塊をつくる。カルスに適当な濃度のを加えて培養すると、再び分化して(再分化して)根や葉ができる。さらに培養を続けると、最終的にはもとの植物体と同じ植物体が得られる。一方、ニンジンのカルスからは、組織培養によって(C)胚と同等の組織(不定胚)を大量につくることもできる。不定胚も、培養を続けることで、もと同じ植物体にまで成長できる。

【実験1】 1本のニンジンの根から形成層を含む組織を切り出して培養し、カルスを誘導した。さらに、このカルスから(D)100個の不定胚を生じさせた。不定胚を50個ずつのグループに分け、一方のグループを植物ホルモンを含まない培地で7日間培養した(処理E)。もう一方のグループをを含む培地で7日間培養した(処理F)。7日間の培養後、処理Eでは不定胚の多くが根を伸長させていたが、処理Fでは根を伸長させた不定胚は観察されなかった。また、処理の前後で不定胚の長さ(根を含まない)を測定して、図1のようなグラフを得た。

【実験2】 ニンジンの不定胚をで処理すると、不定胚は乾燥しても死なない能力(乾燥耐性)をもつ。不定胚をさまざまな濃度ので7日間処理して乾燥させたところ、乾燥後の不定胚の生存率(生き残った不定胚の割合)は図2のグラフのようになった。また、不定胚を一定濃度のでさまざまな期間処理して乾燥させたところ、乾燥後の不定胚の生存率は図3のグラフのようになった。

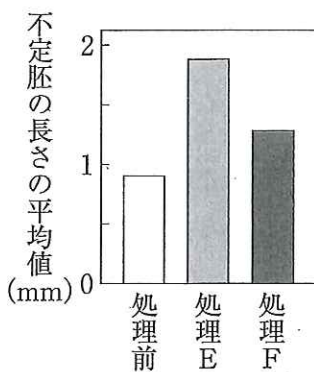


図1

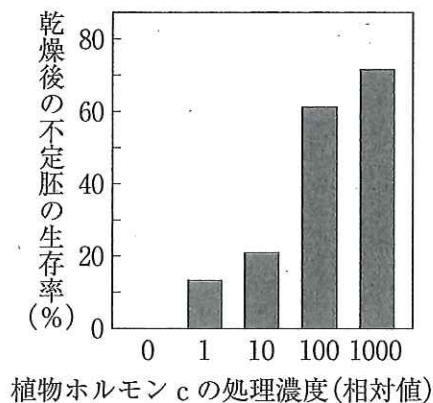


図2

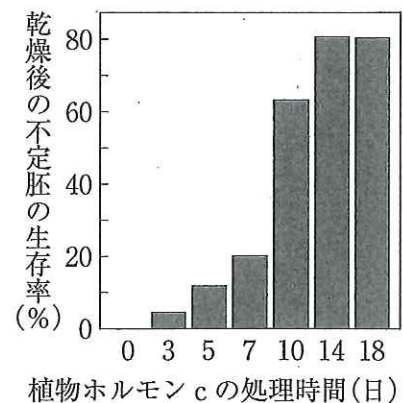


図3

- (1) 空欄  ~  に入るもっとも適当な植物ホルモンは何か。
- (2) 下線部 (A) について人間が利用してきた例を一つあげよ。
- (3) 下線部 (B) の組織について 40 字以内で説明せよ。
- (4) 下線部 (C) は胚組織のみからなる。通常、種子には胚組織以外の組織も含まれる。そのような組織を二つあげ、それぞれの組織の由来となる組織や細胞も示せ。
- (5) 自家受精(自家受粉)によって得られた 100 個の種子から分離した胚と、下線部 (D) とが異なる点は何か。その理由と合わせて 100 字以内で説明せよ。
- (6) 実験 1 の処理 F で観察された現象を何と呼ぶか。
- (7) 実験 2 の図 2 の結果から、不定胚が乾燥耐性を得るときの植物ホルモン c の作用についてどのような考察ができるか。50 字以内で説明せよ。
- (8) 植物細胞が乾燥に耐えるためには、細胞内に水分を保持する物質や細胞内の構造を保護する物質が必要と考えられている。不定胚の乾燥耐性における植物ホルモン c の作用について、実験 2 の図 3 の結果から考察できることを、100 字以内で説明せよ。



〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

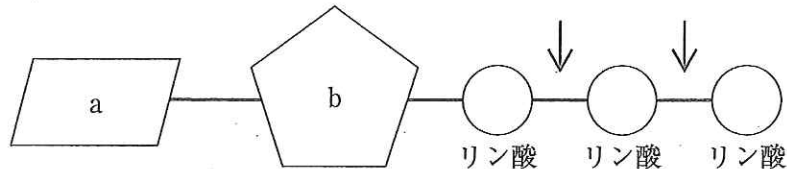
生物個体には、その恒常性を維持するための生体防御のしくみが備わっている。たとえば、哺乳動物では体表を覆う皮膚は異物の侵入を防ぐバリアーの役割をしている。皮膚が傷ついた時には血液が体外に流れ出ないようにしたり、異物の侵入を防ぐための(A)血液凝固系が備わっている。血液は、血しょう成分と細胞成分から構成される。血しょう成分は、水分(約90%)、 (約7%)、脂質(約1%)、糖質(約0.1%)などからなる。細胞成分は(B)赤血球、白血球、血小板からなる。血しょう成分、細胞成分にはそれぞれ役割があり、恒常性を維持している。白血球は生体防御の主役をなしている細胞群であり、リンパ球、顆粒球、単球から構成される。多くの白血球は免疫細胞とも呼ばれる。免疫とは、(C)自己と非自己を区別することにより、体内に侵入した病原体の排除に働く仕組みである。免疫細胞のリンパ球にはB細胞とT細胞がある。B細胞は、 を産生し、 は特異的に結合するウイルスの細胞への侵入を阻害したり、毒素を中和したり、補体を活性化する。ウイルス感染症の防御方法としてウイルス特異的な の産生を誘導する(D)ワクチンがよく知られている。T細胞にはヘルパーT細胞とキラーT細胞がある。ヘルパーT細胞は免疫系の中心的役割を果たし、 というタンパク質を分泌し免疫系をコントロールする。 は、その受容体をもつ細胞に働き、その細胞に対してさまざまな作用を有する。ヘルパーT細胞が免疫系の中心的役割を果たしているのは、この細胞に感染する ウイルスの感染を受け、ヘルパーT細胞が破壊されると免疫不全(免疫系が働かなくなる状態)に陥ることからもわかる。

- (1) 空欄  ~  に適当な語句を入れよ。
- (2) 下線部 (A) の血液凝固の仕組みを簡潔に答えよ。
- (3) 下線部 (B) に関して、輸血する場合 ABO 式血液型を合わせる必要があるがそれはなぜか、175字以内で答えよ。また理論上可能な輸血の組み合わせをすべて答えよ。ただし、輸血は赤血球のみを用いるものとする。
- (4) 下線部 (C) に関して、免疫系はウイルスなどの病原体を排除するために自己・非自己の区別をするが、微生物以外に対しても自己・非自己を区別し非自己は排除しようとする。臓器移植をする場合も、移植臓器に対して非自己と認識すると排除する。これは移植片の細胞表面に存在する主要組織適合抗原を T 細胞が認識し、非自己と確認すると移植片を攻撃して排除するためである。臓器移植をするときに考慮すべき点は何か。また、移植片が理論上排除されない臓器移植の組み合わせがある。それはどんな場合か、また理由は何か簡潔に答えよ。
- (5) 下線部 (D) に関して、ワクチン接種によりウイルスが感染しても、発症しなかったり、症状が軽くすむことがある。その理由を 125 字以内で答えよ。

〔IV〕 次の(1), (2)の問いに答えよ。

(1)

(模式図)



上の模式図に示した ATP は分解されることによりエネルギーを放出し、このエネルギーは(A)濃度勾配に逆らったイオンの輸送などの生命活動に使われている。(B)細胞内では ATP はほぼ一定の濃度に保たれており、(C)体全体に存在する ATP 量もおよそ一定である。しかしながら、(D)1日を通して分解される ATP 量は、体内に存在する ATP 量を遥かに超えている。これは常に ADP から ATP が再生されていることを意味しており、1日における ATP の再生回数はおよそ c 回に達する。

(ア) ATP の構造について、模式図中の a と b に該当する物質名を答えよ。

(イ) 模式図中の矢印が指すリン酸とリン酸の結合は、とくに何結合と呼ばれるか、答えよ。

(ウ) 下線部 (A) について、ATP を必要とするイオンの輸送を何輸送と呼ぶか、答えよ。

(エ) 下線部 (A) について、イオンの輸送の他に ATP が使われる生命活動を 2 つ答えよ。

(オ) 下線部 (B) について、細胞内で ATP 濃度が  $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  に保たれているとすると、1 つの細胞に存在する ATP は何分子となるか。ただし、細胞内の液体量を  $1.0 \times 10^{-12} \text{ L}$  とし、1 mol あたりの分子の個数を  $6.0 \times 10^{23}$  個とする。計算過程を記し、 $\square.\square \times 10^{\square}$  個という形で答えよ。

(カ) 下線部 (C) について、ヒトの体は 60 兆個の細胞からなっているとすると。すべての細胞それぞれが (オ) で求めた分子数の ATP をもつならば、体全体で ATP は何 g 存在するか。ただし、ATP の重さは 1 mol あたり 510 g とする。計算過程を記し、単位を g としたとき的小数点第 1 位を四捨五入して答えよ。



(キ) 下線部 (D) について、ヒトが1日に必要とするエネルギーを 2500 kcal としたとき、このエネルギーを供給するためにどれだけの ATP が分解されるか答えよ。ただし、細胞内において ATP の加水分解で得られるエネルギーは 12 kcal/mol とする。計算過程を記し、単位を kg としたときの小数点第 1 位を四捨五入せよ。また、空欄  に入る数字を  $\square\square \times 10^\square$  回という形で答えよ。

(ク) 上記の設問 (キ) における 1 日に必要な ATP をすべてグルコースの好気呼吸によってまかなうとするならば、何 g のグルコースが必要か答えよ。ただしグルコースの重さは 1 mol あたり 180 g とする。計算過程を記し、単位を kg としたときの小数点第 2 位を四捨五入せよ。

(2) 突然変異の一つに遺伝子突然変異があり、それは塩基配列の変化として塩基の置換のほか、塩基の欠失や付加が含まれる。たとえば、ヘモグロビンの遺伝子の場合、17 番目の塩基の T (チミン) が A (アデニン) に置換した突然変異をもつヒトがいる。このヒトの伝令 RNA では、6 番目の  が GAG から G  G へ変わるために、翻訳されるタンパク質の 6 番目のアミノ酸がグルタミン酸からバリンに変わる。このたった 1 個のアミノ酸の置換でも、ヘモグロビンの立体構造は大きく変化し、このヒトは  という病気になってしまう。一方、塩基の欠失や付加が起こると、 の読み枠(フレーム)がずれることになり、より大きな形質の変化をもたらすことになる。今日では、(E)形質の変化に表れなくても、ゲノム DNA (全 DNA) の塩基配列の変化はすべて遺伝子突然変異ととらえられている。

(ア) 空欄  ~  にあてはまる語句あるいは記号を入れよ。

(イ) 下線部 (E) に関して、遺伝子突然変異が起こっていても、形質の変化に表れない理由を次の三つの観点からそれぞれ 80 字以内で説明せよ。

- (i) ゲノム DNA の構造
- (ii) 遺伝暗号とアミノ酸の関係
- (iii) タンパク質の構造と機能