

# 横浜市立大学

## 53 54 55 【医学科】

### 理科問題

(平成31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19ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に9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12ページ	3枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生物	13ページから19ページ	3枚 (55-1, 55-2, 55-3)

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。

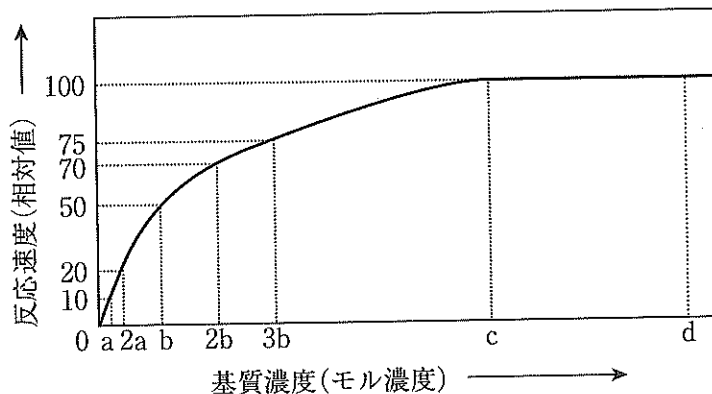
# 55 生物

13 ページから 19 ページ

〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

問題文 1

基質 S を分解する酵素反応における基質 S のモル濃度と初期の反応速度との関係を調べたところ、図 1 のグラフのようになった。つまり、基質濃度が  $2a$  ( $a$  の 2 倍の濃度) 以下のときは、反応速度は基質濃度に比例したが、基質濃度が  $c$  以上では、基質濃度をそれ以上高くしても反応速度は上昇しなかった。なお、モル濃度とは、溶液 1 L に溶けている溶質のモル数のことである。また、反応液中の酵素のモル濃度は一定であり、使用する基質 S のモル濃度と比べて十分に低く、酵素との結合による基質濃度の減少は無視できるものとする。



縦軸は反応速度の最大値を 100 としたときの、各基質濃度での反応速度の相対値を表す。

また、各基質濃度は以下の関係をもつとする。

$$\begin{aligned} 2a &= 2 \times a \\ 2b &= 2 \times b \\ 3b &= 3 \times b \end{aligned}$$

図 1

次に、さまざまな濃度の競争的阻害剤(阻害剤 I)を添加して、この酵素反応の初期反応速度を調べた。まず、基質 S の濃度を  $c$  とし、阻害剤 I を添加しない場合と、阻害剤 I の濃度が  $c$  および  $2c$  ( $c$  の 2 倍の濃度) になるように添加した場合の反応速度を調べた。その結果を、横軸に阻害剤 I と基質 S のモル濃度比(阻害剤濃度/基質濃度)、縦軸に阻害剤 I を添加しない場合の反応速度を 100 としたときの反応速度の相対値で表したところ、図 2 のグラフのようになった。

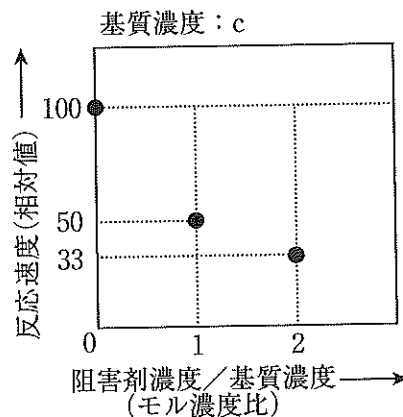


図 2

- (1) 図2のグラフから、基質Sと阻害剤Iの酵素活性部位に対する結合力にはどのような関係があると考えられるか。正しいものを1つ選び、記号で答えなさい。
- (a) 酵素活性部位への結合力は、基質Sのほうが阻害剤Iより2倍強い。  
 (b) 酵素活性部位への結合力は、阻害剤Iのほうが基質Sより2倍強い。  
 (c) 基質Sと阻害剤Iの酵素活性部位への結合力は等しい。  
 (d) 基質Sと阻害剤Iの酵素活性部位への結合力の関係は決まらない。
- (2) 次の(ア)～(ウ)の条件で同様の実験を行うと、阻害剤Iを添加しない場合の反応速度に対する反応速度の相対値はどのようになると予想されるか。阻害剤Iを基質Sと同じ濃度になるように添加した場合の反応速度の相対値を  $y_1$ 、阻害剤Iの濃度が基質Sの濃度の2倍になるように添加した場合の反応速度の相対値を  $y_2$  とするとき、 $(y_1, y_2)$  の組み合わせとして最も近いものを以下の①～⑫の中から1つ選び、番号で答えなさい。また、そのように予想される根拠と計算の過程を示しなさい。
- (ア) 基質濃度を  $a/2$  とし、阻害剤Iの濃度が  $a/2$  および  $a$  になるように添加した場合。ただし、 $a/2$  は  $a$  の半分の濃度を示す。  
 (イ) 基質濃度を  $b$  とし、阻害剤Iの濃度が  $b$  および  $2b$  になるように添加した場合。ただし、 $2b$  は  $b$  の2倍の濃度を示す。  
 (ウ) 基質濃度を  $d$  とし、阻害剤Iの濃度が  $d$  および  $2d$  になるように添加した場合。ただし、 $2d$  は  $d$  の2倍の濃度を示す。

$(y_1, y_2)$  の組み合わせ

- |              |            |            |            |
|--------------|------------|------------|------------|
| ① (100, 100) | ② (75, 75) | ③ (70, 70) | ④ (50, 50) |
| ⑤ (33, 33)   | ⑥ (25, 25) | ⑦ (0, 0)   | ⑧ (75, 50) |
| ⑨ (70, 50)   | ⑩ (50, 33) | ⑪ (50, 25) | ⑫ (33, 25) |

## 問題文 2

タンパク質は、(A) 遺伝情報をもとにアミノ酸が多数つながった分子である。 (B) それぞれのタンパク質は独特の立体構造をもつが、その立体構造はタンパク質を構成するアミノ酸の種類と配列によって決まる。 また、タンパク質の立体構造が特有の機能と密接に関係している。

タンパク質の立体構造は、ポリペプチドが自発的に折りたたまれてつくられる。しかし、細胞内のようにタンパク質が密集している状態では、(C) シャペロンとよばれる一群のタンパク質のはたらきでポリペプチドの折りたたみが補助される。

(3) 下線部 (A) に関して、以下の問いに答えなさい。

(ア) アミノ酸の基本構造を記しなさい。ただし、側鎖は R で表すこと。

(イ) 2つのアミノ酸がペプチド結合でつながった構造を記しなさい。ただし、2つのアミノ酸の側鎖部分はそれぞれ、R1 および R2 で表すこと。

(ウ) タンパク質に含まれるアミノ酸の中で、硫黄を含むアミノ酸をすべてあげなさい。

(4) 下線部 (B) に関して、タンパク質の一次構造、二次構造、三次構造、四次構造について、それぞれ説明しなさい。

(5) 下線部 (C) に関して、タンパク質が密集している状態で、ポリペプチドの折りたたみにシャペロンの補助が必要な理由を 100 字以内で説明しなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

ヒトなどの脊椎動物では、体内環境をつくる体液は、血液・組織液・リンパ液に分けられる。これらの体液は、体内を循環して酸素や栄養分を全身の細胞に供給する一方で、全身の細胞で生じた老廃物を運び去っている。ヒトでは、タンパク質が分解された際に生じるアンモニアは、 で毒性の少ない  に変えられ、血液中に放出されて、 でおろされて体外へ排出される。体液は、外部環境の変化の影響を受けながらも、(A)酸素、グルコース、無機塩類などの濃度は一定の範囲内に保たれている。

ヒトの血液は、有形成分である赤血球・白血球・血小板と、液体成分である  からなる。赤血球は骨の内部にある  でつくられ、古くなった赤血球は  や  で破壊される。このとき、ヘモグロビンが分解されて生じたビリルビンは、胆汁中に排出される。胆汁は、 にいったん貯蔵され、十二指腸に放出されて、便とともに体外に排出される。血小板は  に関わり、白血球は免疫に関わる。

ヒトには、生まれつき備わっている自然免疫と、生後獲得する獲得免疫(適応免疫ともよばれる)の2つの免疫のしくみが備わっている。獲得免疫では、抗体が関与する体液性免疫と、キラーT細胞がウイルス感染細胞などを直接攻撃して破壊する  免疫という2つのしくみがはたらく。(B)病原体に一度感染すると、再び同じ種類の病原体が侵入しても発病しないか、発病しても軽症ですむことが多いのは、獲得免疫の働きによるものである。体液性免疫において、外来の抗原により抗原抗体反応が過剰に起こると、 とよばれる生体に不都合な病気の症状が現れることがあり、(C)スギやヒノキなどの花粉による花粉症がその一例である。体内に侵入する抗原の種類は無数にあり、(D)ヒトの体内では、それぞれの抗原に特異的に反応する抗体がつくられる。

(1) 文章中の空欄  ~  に適当な器官名を入れなさい。

(2) 文章中の空欄  ~  に適当な語句を入れなさい。

(3) 下線部 (A) について、低血糖になると、グリコーゲンが分解され、グルコースとなって血液中に放出されることによって、血糖濃度が一定の範囲に保たれている。グリコーゲンの分解にはたらくホルモンの名称を2つ記しなさい。また、それぞれのホルモンを分泌する内分泌腺の名称を記しなさい。

(4) 下線部 (A) について、発汗の激しい夏場では、無機塩類濃度の高い尿を少量排泄するようになる。尿量が減少するしくみを175字以内で説明しなさい。

- (5) 下線部 (B) に記された免疫の特徴は、免疫記憶によるものである。免疫記憶のしくみを 150 字以内で説明しなさい。
- (6) 下線部 (C) の花粉症が起こるしくみを 150 字以内で説明しなさい。
- (7) 下線部 (D) について、ヒトの遺伝子の数は 22,000 程度にもかかわらず、多様な種類の抗体がつくられる。このしくみについて、解答欄の枠内で説明しなさい。なお、図を描いて説明してもよい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

木原生物学研究所(現・横浜市立大学附置研究所)を創設した木原均博士は、種なしスイカの開発者としても知られる。種なしスイカは次のようにつくられる。まず、22本の染色体をもつ通常の二倍体のスイカの茎頂を、微小管の形成を阻害する薬剤であるコルヒチンで処理する。その結果、本の染色体をもつ四倍体のスイカが得られる。つづいて、この四倍体のスイカと二倍体のスイカを交配する。このとき、四倍体のスイカがつくりだした本の染色体をもつ卵細胞と、二倍体のスイカがつくりだした本の染色体をもつ精細胞が融合する。これによって、本の染色体をもつ三倍体のスイカ、すなわち種なしスイカの種子が得られる。(A)三倍体のスイカは体細胞分裂が正常に起こるので葉や根などの成長に異常を示さないが、減数分裂がうまく起こらないために種なしとなる。二倍体の細胞の減数分裂では、相同染色体同士がして4本の染色分体がひとまとまりになった染色体が形成され、やがて、それぞれの相同染色体が娘細胞へと均等に分配される。ところが、それぞれの相同染色体を奇数個もつ三倍体の細胞の減数分裂では、相同染色体を娘細胞へと均等に分配できない。その結果、配偶子の多くは染色体数が11の倍数にはならないとなり、種子形成能を損なう。

スイカ以外の作物で種なし果実が作られる例として、ブドウがよく知られている。種なしスイカではを経てが肥大することにより果実がつくられる。これに対して、種なしブドウでは植物ホルモンの一種であるの作用により、を経ずにが肥大する。種なしブドウでみられる果実形成過程はとよばれる。

(1) 文章中の空欄～に適切な数字を入れなさい。

(2) 文章中の空欄～に適切な語句を入れなさい。



(3) 三倍体のスイカの減数分裂の第一分裂において、それぞれの相同染色体が1本と2本に分離したのち、娘細胞へとランダムに分配されると仮定する。このとき、以下の(ア)と(イ)の確率を①～⑫の中からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。また、そのように予想される根拠を示しなさい。ただし、花粉および胚のうは染色体の分配の結果によらずに最後まで形成され、そのすべてが同等の生殖能力をもつものとする。

(ア) 三倍体のスイカにおいて、二倍体のスイカがつくる配偶子と同様の染色体のセットをもつ胚のうが形成される確率。

(イ) 三倍体のスイカ同士を交配したとき、正常な染色体のセットをもつ二倍体の種子が形成される確率。

①  $\frac{1}{2^{11}}$

②  $\frac{1}{3^{11}}$

③  $\frac{1}{11^2}$

④  $\frac{1}{33^2}$

⑤  $\frac{1}{2^{22}}$

⑥  $\frac{1}{3^{22}}$

⑦  $\frac{1}{11^3}$

⑧  $\frac{1}{33^3}$

⑨  $\frac{1}{2^{33}}$

⑩  $\frac{1}{3^{33}}$

⑪  $\frac{1}{11^4}$

⑫  $\frac{1}{33^4}$

(4) 下線部 (A) について、体細胞分裂が正常に起こる理由を75字以内で説明しなさい。