

平成 21 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

(医 学 部)

科	目	頁	数
物	理 I・II	2 頁	～ 5 頁
化	学 I・II	6 頁	～ 10 頁
生	物 I・II	11 頁	～ 15 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっているが、そこから二つを選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

生 物 I・II

1 次の酵素に関する(A), (B), (C)の3つの文章を読み、それぞれの問いに答えなさい。

(A) シトシンを塩基としてもつシチジン三リン酸(CTP)は、アスパラギン酸とカルバモイルリン酸の結合から始まり、それに続く7段階の酵素反応を経て合成される。そして、この経路の最初の反応を触媒する酵素が、アスパラギン酸トランスカルバモイラーゼ(ATCase)である。

大腸菌から抽出したATCaseの反応速度(活性)と基質濃度の関係を明らかにするために、この酵素の濃度を一定に保ち、アスパラギン酸の濃度を変化させて実験を行ったところ、図1に示す曲線(2)が得られた。なお、もうひとつの基質であるカルバモイルリン酸は、その濃度が反応速度に影響を及ぼさないよう、十分な量を加えておいた。次に、曲線(2)の反応系に一定濃度のアデノシン三リン酸(ATP)を追加したところ、ATCaseの反応速度は曲線(1)のように変化した。一方、ATPの代わりにCTPを添加した場合には、曲線(3)のような結果が得られた。ちなみに、ATPはプリンヌクレオチド合成系の^(a)、そしてCTPはピリミジンヌクレオチド合成系の最終生成物であり、ここで加えたATPにエネルギー供給源としての効果はない。

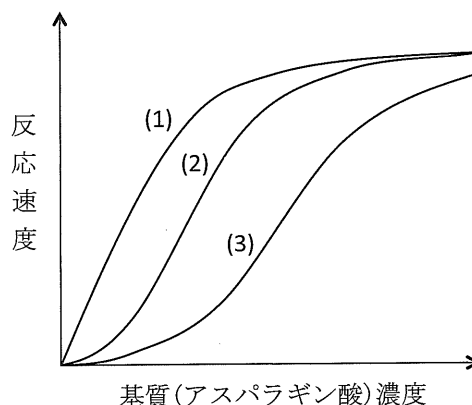


図1

問1 酵素と無機触媒の共通点を簡潔に説明しなさい。

問2 (i)ATPを加えたことによってATCaseが受けた影響を、一般に何というか。また、(ii)その影響は細胞に対してどのような利点をもたらすか、簡潔に説明しなさい。

問3 CTPとATCaseとの関係のような、最終生成物が反応経路の初期段階に関与する酵素の反応速度に影響を与えるしくみを一般に何というか、答えなさい。

問4 CTPが存在することによって生じたATCaseの反応速度の変化は、細胞に対してどのような利点をもたらすか、簡潔に説明しなさい。

問5 下線部(a)に関し、これに属するもうひとつの代表的なヌクレオチド三リン酸を何というか、答えなさい。

問6 下線部(b)に関し、これに属する化合物の構成成分である塩基のうち、シトシン以外で代表的なものを2種類挙げなさい。

(B) クエン酸回路の酵素のひとつであるコハク酸脱水素酵素(SDH)は、基質であるコハク酸から水素原子2個を取り去ってフマル酸に変換する反応を触媒するが、この反応系に一定濃度のマロン酸を添加すると、SDHの活性が阻害される。これは、コハク酸と化学構造のよく似たマロン酸がSDHの に結合し、本来の基質と酵素との結合を可逆的にさまたげることによるもので、このような阻害様式を という。その場合、本来の基質であるコハク酸の濃度を上げていくと、阻害の程度は次第に する。

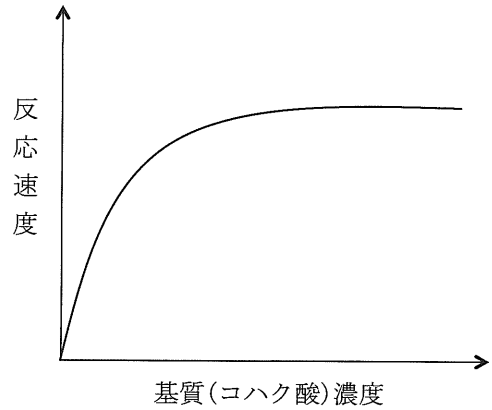


図2

これに対し、 によるATCaseの活性阻害は、この酵素の基質であるアスパラギン酸(またはカルバモイルリン酸)と との間に構造的な類似性が無いことから、上の阻害様式では説明できない。この場合には、 が に結合することにより、ATCaseの の立体構造を変化させ、反応速度に影響を与えるとされている。

問7 上の文章中の空欄 から に最も適する語句を記入しなさい。ただし、同じ記号の付された空欄には、同じ語句が入る。

問8 SDHの反応速度と基質濃度との関係を示すグラフが図2に描かれており、基質濃度があるレベルを超えると反応速度がほぼ一定になるのがわかる。その理由を簡潔に説明しなさい。

問9 SDHの反応系に一定濃度のマロン酸を添加した場合、反応速度を示す曲線はどのように変化するか。図2上に描きなさい。なお、マロン酸によるSDH活性阻害の特徴がわかるよう、曲線は反応速度が一定のところまで描くこと。

(C) 胃液に含まれる消化酵素ペプシンは、不活性な前駆体ペプシノゲンとして合成・分泌され、胃液中の塩酸に出会うとその一部が活性型のペプシンとなる。すると、生じた少量のペプシンは、残りのペプシノゲンに作用してこれをペプシンに変える。

問10 (i)ペプシン生成量と時間との関係をグラフで表すと、どのようになると予想されるか。図3上に描きなさい。また、(ii)そのようなグラフになる理由を簡潔に説明しなさい。

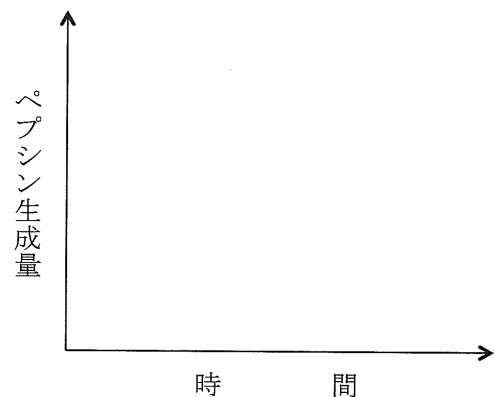


図3

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

免疫の仕組みは、自己の生体成分とは異なる異物性(非自己)を認識して排除するようにはたらいっている。生体内で異物は **ア** として認識され、それに対し特異的に結合する **イ** が生成される。一度感染すると再び同じ病原体に感染しないことを二度無し現象といひ、免疫の仕組みの特徴の1つである。免疫の役割には、こうした微生物に対する感染防御のほかに、体の中に腫瘍(がん)が発生しないように見張る免疫監視がある。感染防御については、先天的な遺伝子の欠損や、**ウ** の感染などによる後天的な免疫不全により、通常病原性のない微生物が致死的な感染を引き起こすことが知られている。

また、免疫の仕組みは自己の組織や細胞を攻撃して傷害を引き起こすという二面的なはたらきをする。**エ** は過剰な免疫応答により、ぜんそくやじんましんの症状があらわれる状態であり、微生物由来のものや、食物などに敏感な場合に出現し、特に花粉に対して引き起こされる場合を花粉症とよぶ。さらに、自己への攻撃を避ける **オ** のしくみの破綻は自己免疫病の原因となる。臓器や皮膚などの移植の際にはたらく **カ** も免疫の仕組みによるものである。

問 1 上の文章中の空欄 **ア** と **イ** は、互いに結合して複合体を形成することが知られている。それぞれに最適の用語を記しなさい。

問 2 **イ** の構造について模式図を書き、各部の名称を書き加えなさい。また、このタンパク質には可変部と定常部があることが知られているが、その領域についても併せて示しなさい。

問 3 **イ** が関与する免疫の仕組みを何と呼ぶか、最適の用語を記しなさい。

問 4 下線部(a)に関し、この仕組みについて最も中心的な役割を担う細胞を何というか、答えなさい。

問 5 下線部(a)に関し、一度目と二度目の同じ病原体の感染による免疫応答の強さの程度について、模式図を書きなさい。なお、一度目と二度目の感染の時期を、矢印を用いて示しなさい。

問 6 病気の予防に免疫を応用した治療法として、弱毒化した病原体や、毒素などを接種することがあるが、(i)これを何と呼ぶか。また、(ii)この治療法を天然痘に対して初めて行ったイギリスの医師の名前を記しなさい。

問 7 **ウ** に当てはまる用語(ウイルス名)を1つ記しなさい。

問 8 下線部(b)に関し、この状態を何と呼ぶか、当てはまる語句を答えなさい。

問 9 上の文章中の **エ** , **オ** , **カ** に当てはまる最適の用語を記しなさい。

問10 下線部(c)に関し、この仕組みについて簡潔に説明しなさい。

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

細胞は、1665年、手製の顕微鏡を用いてコルクを観察したイギリスのフックによって発見された。それとほぼ同じ時期に、オランダの **ア** は精子や細菌などの生きた細胞を最初に観察した。その後、19世紀になると、ドイツの植物学者シュライデンと動物学者シュワンが「細胞は生物体の基本単位である」という細胞説を提唱した。さらに、細胞の増殖が細胞の分裂によることを示したドイツの **イ** は「細胞は細胞から生まれる」ことを唱え、細胞説は定着していった。

細胞にはいろいろな大きさがある。ほとんどの細胞は非常に小さく、観察するには光学顕微鏡 ^(a) が必要である。ドイツのルスカによって開発された電子顕微鏡では分解能 ^(b) が飛躍的に向上し、細胞内部の微細な構造が次々と明らかにされた。 ^(c)

イ が提唱したように、細胞は細胞分裂によって数を増やす。我々の体の中では体細胞分裂のほかに、配偶子ができるときに減数分裂 ^(d) と呼ばれる特殊な細胞分裂が起こる。一個体は多数の配偶子を作るが、それらは遺伝的に多様なものとなる。このため、同じ両親から生まれた子供同士でも、遺伝的にまったく同じになる確率は極めて低い。 ^(e) ^(f)

問1 空欄 **ア** と **イ** に人名を入れなさい。なお、同じ記号の空欄は同一人である。

問2 下線部(a)に関し、ヒトに関係する次の細胞等を大きな(長い)ものから順に番号を用いてならべなさい。

- ① 大腸菌 ② 卵 ③ 赤血球
④ 座骨神経のような神経細胞 ⑤ インフルエンザウイルス

問3 下線部(b)に関し、次の各問いに答えなさい。

- (i) 顕微鏡を使って細胞の大きさを測定するには、マイクロメーターが使われる。ある倍率で見たとき、対物マイクロメーターの5目盛りが接眼マイクロメーターの25目盛りと一致した。この条件で、ある球形の細胞の大きさを測定したところ、接眼マイクロメーターの6目盛りに相当した。この細胞の体積はいくらか、 μm^3 の単位を用いて計算しなさい。なお、対物マイクロメーターには1mmを100等分した目盛りが刻んである。円周率は π (パイ)をそのまま用いなさい。
- (ii) 観察に用いるプレパラートを作成する際、スライドグラスにのった試料の上にカバーグラスをかける。その際に気をつけることは何か、簡潔に答えなさい。
- (iii) 細胞内のDNAおよびRNAの分布を顕微鏡で調べる際、メチルグリーン・ピロニン混合液が用いられる。DNAとRNAはどちらの色素で、どのような色に染まるか、それぞれ答えなさい。

問 4 下線部(c)に関し、(i)現在の光学顕微鏡の分解能はおよそ $0.2 \mu\text{m}$ であるが、分解能とは何か、簡潔に説明しなさい。また、(ii)電子顕微鏡によってのみ観察できる細胞小器官を2つ挙げなさい。

問 5 電子顕微鏡を用いると、核を構成する核膜に多数の核膜孔が観察される。核膜孔は、(i)細胞質から核内へ、(ii)核内から細胞質へ、の物質の出入りを調節している。そこで、(i)および(ii)の方向に輸送される大きな物質の具体的な名称を、それぞれ1つずつ答えなさい。

問 6 顕微鏡による観察を含め様々な研究によって、細胞には多様性と共通性が見られることが明らかにされた。そこで、下の左欄の3種類の細胞の中から、右欄の(i)から(v)までのそれぞれの項目が当てはまる細胞をすべて番号で答えなさい。

[左 欄]

- ① ヒトの肝臓の細胞
- ② 大腸菌
- ③ オオカナダモの葉肉の細胞

[右 欄]

- (i) 原形質流動を起こす
- (ii) 細胞膜の周囲に細胞壁を持つ
- (iii) 中心体を持つ
- (iv) RNA のスプライシングが起こる
- (v) DNA の半保存的複製が起こる

問 7 下線部(d)に関し、ある培地に生育している20分ごとに2倍に増える細菌10万個の中の1個が、突然変異によって15分ごとに2倍に増えるような性質を獲得したとする。培地内の栄養物は無限にあり細菌が1つも死なないとすると、突然変異した細菌と元の細菌の数が同じになるまでにおよそどのくらいの時間(分)がかかるか、計算しなさい。なお、時間 t における培地内の細菌の数は $N_0 \times 2^{t/G}$ (N_0 は時間0における細菌の数、 G は2倍に増えるために必要な時間)で表せる。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.3$ を用いなさい。

問 8 下線部(e)に関し、(i)植物で起こる減数分裂を観察する際、よく用いられる実験材料は何か。また、(ii)精子の核に含まれるDNA量は、減数分裂第一分裂前期の細胞の核に含まれるDNA量のおよそ何倍か、答えなさい。

問 9 下線部(f)に関し、ヒトにおいて、同じ両親から生まれた2人の子供(双生児の場合を除く)が遺伝的に同一となる確率を計算しなさい。答えは $1/a^n$ (a および n は整数)で表しなさい。なお、父親由来と母親由来の各相同染色体が遺伝的に区別でき、さらにそれらの間で組み換えが起こらないものと仮定する。