

令和4年度 入学試験問題

医学部 (I期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和4年2月4日、午後1時30分から3時50分まで
2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化学(その1)、(その2)
 - 生物(その1)、(その2)
 - 物理(その1)、(その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
6. 休憩のための途中退室は認めません。
7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上にのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙〔選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2)〕、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。
確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
9. 試験問題(冊子)と下書き用紙は持ち帰って下さい。
10. 試験終了後の会場退出に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

生体内では、さまざまな化学反応が進行している。これらの化学反応は酵素とよばれるタンパク質によって促進されている。化学反応が進行するために、物質はエネルギーの高い反応しやすい状態になる必要がある。この状態になるために必要なエネルギーを(ア)という。生体内では酵素の働きにより(ア)が小さくなり、化学反応が容易に進行する。

酵素が作用する物質を「基質」といい、反応によって作られた物質を「生成物」という。酵素は特定の「基質」にしか作用しない。この性質を(イ)という。一般的に温度が高いほど反応速度は上昇する。しかし、ある一定温度以上になると反応速度は急に低下する。酵素が最もよくはたらく温度を「最適温度」という。また酵素の活性は pH によっても影響を受ける。活性が最大になる pH を「最適 pH」といい、酵素により異なる。

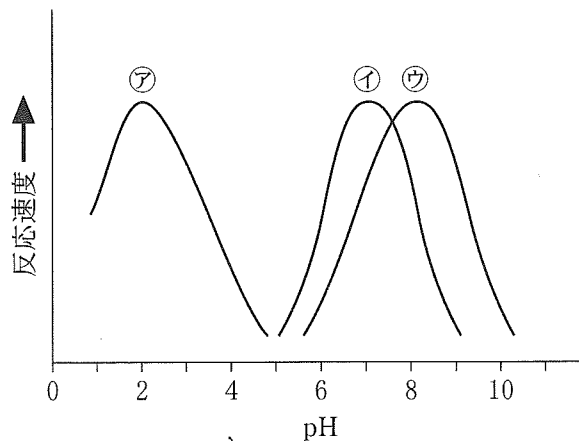
酵素の活性部位に基質が結合して(ウ)が形成されると、基質は酵素の影響を受けて生成物になる。基質以外の物質が酵素に結合し、酵素反応の速度を低下させることがある。このような物質は、阻害物質と呼ばれる。阻害物質には、基質の構造とよく似たものがある。このような阻害物質は、基質との間で酵素の活性部位を奪い合い、酵素と基質の結合を阻害する。この作用を(エ)という。

問 1 (ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(a)の理由を 20 字以内で答えなさい。

問 3 下線部(b)の理由を 12 字以内で答えなさい。

問 4 下線部(c)についてヒトの消化液に含まれるアミラーゼ、トリプシン、ペプシンの pH と反応速度に関するグラフを示す。アミラーゼ、トリプシン、ペプシンは曲線㉖、㉗、㉘のいずれに相当するか、またそれぞれの酵素の基質は何か答え、解答用紙の表を完成させなさい。曲線㉖、㉗、㉘はそれぞれ 1 回ずつ使用する。



問 5 下線部(d)について以下の文章を読み、小問(1)~(3)に答えなさい。

基質濃度と生成物の生成速度の関係式を考える。①式に示す酵素反応を仮定する。E を酵素、S を基質、P をその生成物とし、 k_1 、 k_{-1} 、 k_2 を速度定数とする。



物質の濃度を [] で囲んで表すと [ES] の経時変化は②式で表される。

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1[E][S] - (k_{-1} + k_2)[ES] \quad \dots \textcircled{2}$$

反応が定常状態になっていると仮定すると③式が成り立つ。定常状態とはどちらの方向の反応も生じているが [ES] が変化しない状態をいう。

$$\frac{d[ES]}{dt} = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

②式と③式から④式になる。

$$k_1[E][S] - (k_{-1} + k_2)[ES] = 0 \quad \dots \textcircled{4}$$

④式を変形し⑤式になる。 k_1 、 k_{-1} 、 k_2 は定数であるので、新たな定数 k_m を定義する(⑥式)。

$$\boxed{\textcircled{A}} = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1} \quad \dots \textcircled{5}$$

$$\boxed{\textcircled{A}} = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1} = k_m \quad \dots \textcircled{6}$$

P の生成速度 (v) は⑦式で表される。

$$v = \frac{d[P]}{dt} = k_2[ES] \quad \dots \textcircled{7}$$

ここで全酵素量を E_t とすると⑧式が得られる。

$$[E_t] = \boxed{\textcircled{B}} \quad \dots \textcircled{8}$$

⑥式と⑧式から⑨式になる。

$$[ES] = \frac{[E_t]}{\frac{k_m}{[S]} + 1} \quad \dots \textcircled{9}$$

⑦式の [ES] に⑨式を代入すると⑩式になる。

$$v = \frac{d[P]}{dt} = \frac{k_2[E_t]}{\frac{k_m}{[S]} + 1} \quad \dots \textcircled{10}$$

ここで $k_2[E_t]$ は P 生成の最大速度と考えられるため V_{\max} とし、式を整理すると⑪式になる。

$$v = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{[S] + k_m} \quad \dots \textcircled{11}$$

- (1) ㉔, ㉕に入る式を答えなさい。
- (2) 基質濃度が k_m のときの P の生成速度を答えなさい。
- (3) 縦軸に P の生成速度 (v) を, 横軸に基質濃度 ($[S]$) をとり, その関係を実線で描きなさい。ただし $v > 0$, $[S] > 0$ とし, 軸の適切な部位に 0 と V_{\max} の目盛りをつけなさい。また小問(2)で求めた値を「・」でグラフ内にプロットし, 座標の値を明記しなさい。補助線は点線で描き, フリーハンドで丁寧に描けばよい。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

多くの被子植物の花は、花柄、がく片、花弁、おしべ、めしべから構成される。めしべは柱頭、花柱、子房に分けられ、子房の中に胚珠がある。花柄の先端は花托あるいは花床と呼ばれる。

花粉母細胞は花が小さなつぼみのときに、おしべの葯の中で花粉四分子になる。花が開く頃になると花粉四分子のそれぞれは不均等な細胞分裂によって花粉管細胞とその中にある雄原細胞に分かれ、やがて成熟した花粉となる。めしべの柱頭に付着した花粉は発芽して胚珠の方向に花粉管を伸ばす。そして花粉管内で雄原細胞が分裂し2個の精細胞になる。

一方、胚のう母細胞は子房内にある胚珠で胚のう細胞になる。その後、胚のう細胞は3回の核分裂を行って8個の核を生じる。8個の核のうち3個は珠孔側で1個の卵細胞の核と2個の助細胞の核となる。また他の3個の核は珠孔の反対側に移動してそれぞれ反足細胞の核となる。残り2個の核は胚のうの中央に集まり(ア)と呼ばれる中央細胞の核となる。このようにして卵細胞を持つ胚のうが胚珠内に形成される。

珠孔に達した花粉管はふつう助細胞のうち1つを破壊して胚のう内へ侵入する。花粉管から放出された2個の精細胞のうち1個は卵細胞と合体して受精卵となる。残りの1個は中央細胞と合体して(イ)細胞を形成する。このような現象は(ウ)と呼ばれ、被子植物に特有な現象である。

受精卵は不等分裂によって大きさの異なる2つの細胞になる。大きな細胞は一方向の分裂を繰り返し(エ)と呼ばれる構造になる。一方、小さな細胞は盛んに分裂をくり返し(オ)が作られる。(オ)はやがて幼芽、子葉、胚軸、幼根から構成される胚を形成する。(エ)は胚とそれに隣接する組織をつなぎ胚に栄養を運ぶ通路となる。珠皮は種皮になり、種子が形成される。

問1 (ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

問2 問題文から配偶子を示す語を全て選び、記入しなさい。

問3 以下の細胞分裂のうち減数分裂はどれか。㉠～㉦の中から正しいものを全て選択し、㉠～㉦の記号で答えなさい。

- ㉠ 雄原細胞から精細胞への細胞分裂
- ㉡ 受精卵になった後の最初の細胞分裂
- ㉢ 花粉母細胞から花粉四分子への細胞分裂
- ㉣ 胚のう母細胞から胚のう細胞への細胞分裂
- ㉤ 花粉四分子から花粉管細胞と雄原細胞への細胞分裂
- ㉥ 胚のう細胞から3回の核分裂を経て卵細胞、助細胞、反足細胞、中央細胞になるまで

問 4 カキとダイズの子の断面の模式図を図 1 に示す。カキの子と同様の構造をもつ子の総称、ダイズの子と同様の構造をもつ子の総称、Ⓐ、Ⓑの部位の名称を答えなさい。

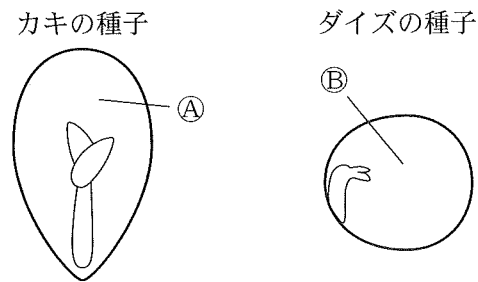


図 1

生 物 (その2)

3 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

生物の遺伝情報は主に DNA が担っている。DNA が複製される際、(ア)と呼ばれる酵素によって特定部分の塩基間の(イ)結合が切断されて、部分的に1本ずつのヌクレオチド鎖になる。このような複製の開裂起点となる領域は複製起点(複製開始点)と呼ばれる。DNA の複製では鋳型鎖の複製開始部に相補的な配列を持つ短い RNA が合成される。このような複製の開始点となるヌクレオチド鎖は(ウ)と呼ばれる。この(ウ)に(エ)が作用し、次々とヌクレオチドが結合していく。(エ)は DNA のヌクレオチドの3'の炭素と次のヌクレオチドの(オ)とを結合させる。

DNA の複製では開裂が進む方向と同じ向きに連続的に合成されるヌクレオチド鎖と開裂が進む方向とは逆向きに不連続に合成されるヌクレオチド鎖とがある。不連続に合成されるものは(カ)と呼ばれ、^(A)複数の短いヌクレオチド鎖が、(キ)によって次々に連結される。^(B)

問 1 (ア)~(キ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(A)、(B)で示されるヌクレオチド鎖の名称をそれぞれ答えなさい。

問 3 図1に示す四角で囲んだaの部分において新しく合成されているヌクレオチド鎖はどのようなになっているか。開裂が進む方向と同じ向きに連続的に合成されるヌクレオチド鎖と開裂が進む方向とは逆向きに不連続に合成されるヌクレオチド鎖の区別とそれぞれのヌクレオチド鎖の合成方向がわかるように解答欄の図中に示しなさい。

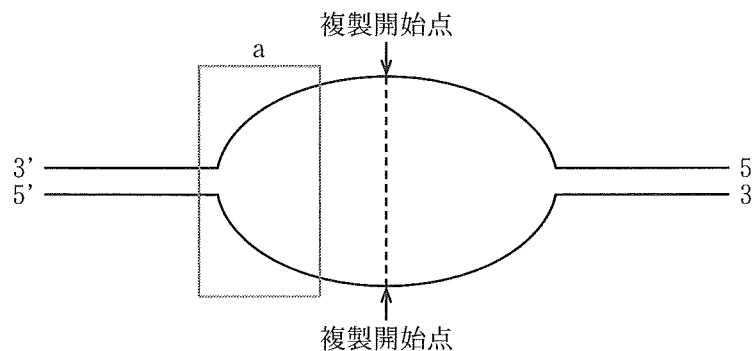


図 1

問 4 1958年にメセルソンとスタールによって証明された DNA の複製様式の名称を答えなさい。

問 5 メセルソンとスタールの研究では、窒素(^{14}N)の同位体である ^{15}N のみを窒素源とする培地を用いて大腸菌を培養し、DNA の窒素が ^{15}N に全て置き換わった大腸菌を作成した。次に ^{14}N を窒素源とする培地でこの大腸菌を培養し、1, 2, 3, 4 ……………, n 回と細胞分裂が起こった後で DNA を抽出した。この DNA の比重を密度勾配遠心法で比較した。この結果、DNA の窒素が ^{15}N に全て置き換わった大腸菌の DNA は重く、これに対し ^{14}N を含む培地で何世代も培養した大腸菌の DNA は軽いものであった。また、1 回目の分裂を終えた大腸菌の DNA は両者の中間の重さを示した。

- (1) DNA の窒素が ^{15}N に全て置き換わった大腸菌の重い DNA を ($^{15}\text{N} + ^{15}\text{N}$), ^{14}N を含む培地で何世代も培養した大腸菌の軽い DNA を ($^{14}\text{N} + ^{14}\text{N}$), ^{14}N を含む培地で培養し、両者の中間の重さの DNA を有する大腸菌の DNA を ($^{15}\text{N} + ^{14}\text{N}$) とした場合、2 回目の分裂を終えた大腸菌の DNA の量比を求めなさい。
- (2) 同様に n 回目の分裂を終えた大腸菌の DNA の量比を求めなさい。
- (3) この系において ^{14}N を含む培地で培養した大腸菌が何回分裂すると ($^{15}\text{N} + ^{14}\text{N}$) が全体の 0.1% 以下となるか答えなさい。

問 6 問 4 で問われている DNA 複製様式とは異なり、仮に鋳型となる元の DNA がそのまま残り、新たな 2 本鎖 DNA ができるという DNA 複製様式があった場合、 ^{14}N を含む培地で 3 回目の分裂を終えた大腸菌の DNA の量比はどうか答えなさい。

問 7 真核細胞の DNA の末端には特殊な塩基配列があり、細胞分裂で DNA の複製を繰り返すたびに、この部分が短くなることが知られている。また、この特殊な塩基配列の長さが一定以下になると細胞分裂が停止することも分かっている。

- (1) 下線部(C)に関して、この特殊な塩基配列は何と呼ばれているか答えなさい。
- (2) この特殊な塩基配列が DNA の複製を繰り返すたびに、短くなる理由を簡単に答えなさい。
- (3) 下線部(D)において、この現象は細胞にどのように関わっていると考えられるか。20 字以内で答えなさい。

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

生物は呼吸によって有機物を分解してエネルギーを得ているが、この有機物の大部分は植物が光合成によって無機物から作り出したものである。C₃植物における光合成の過程は葉緑体の(ア)で起こる反応とストロマで起こる反応の大きく2つに分けられる。葉緑体のストロマの部分では発見者の名前をとって(イ)・(ウ)回路と呼ばれる回路状の反応が起こる。

C₃植物の光合成の仕組みを解明するにあたり以下に示す研究が行われた。イギリスの(エ)はハコベをすり潰して密閉容器に入れ、シュウ酸鉄を加えて光を照射すると、二酸化炭素がなくても酸素が発生することを観察した。この反応は(エ)反応と名付けられ、発生する酸素は水に由来すると考えられた。酸素が水の分解に由来することは、アメリカの(オ)が酸素の(カ)である¹⁸Oを含む水と¹⁸Oを含む二酸化炭素を別々にクロレラに与え、光を照射した時に発生する酸素を調べて、酸素が水の分解に由来することを示した。しかしながら、現在では(オ)の実験については正確性と再現性に疑問が持たれている。アメリカの(イ)と(ウ)らは、炭素の放射性(カ)である¹⁴Cを含む二酸化炭素をクロレラに与え、5秒間光合成を行わせた後に二次元ペーパークロマトグラフィーによって放射線を出す物質を調べると、¹⁴Cはホスホグリセリン酸(PGA)に取り込まれていることを明らかにした。照射時間を変えて同様な実験を繰り返すことにより、時間とともに¹⁴Cがどのような物質に移るかを追跡した結果、取り込まれた¹⁴Cはいくつかの物質を経由して再びPGAに取り込まれることがわかった。また(イ)らは最初に二酸化炭素と結合する化合物は(キ)であることも示した。

問1 (ア)~(キ)に適切な語句を入れなさい。

問2 (オ)の実験においてH₂¹⁸OとC¹⁶O₂を与えたクロレラを光照射した場合、発生する酸素は¹⁸O₂と¹⁶O₂のどちらか答えなさい。

問3 下線部(A)の二次元ペーパークロマトグラフィーとはどのような方法であるか。簡単に説明しなさい。

問4 (イ)と(ウ)の実験系において光合成を行わせておき、急に光の照射を止めた場合や二酸化炭素を急に欠乏させた場合に、PGAおよび(キ)の量はどうか簡単に説明しなさい。なお、解答には(キ)という記号ではなく、問1で問われた適切な語句を用いて答えなさい。

問5 C₃植物において光合成の結果、グルコースが300gできた場合、二酸化炭素が使われる量はいくらか。molで答えなさい。1molは、ある物質を構成する原子、あるいは分子がアボガドロ定数(6.02 × 10²³)個だけ集まった質量のことである。また、原子量はH = 1, C = 12, O = 16とする。