

# 令和2年度 入学試験問題

## 医学部 (I期)

### 理科

#### 注意事項

- 試験時間 令和2年1月24日、午後1時30分から3時50分まで
  - 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。
    - 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)
    - 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。
- 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。
  - 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。
  - 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。
  - 休憩のための途中退室は認めません。
  - 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上へのせ、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。
  - 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。
  - 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

# 生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

ヒトの細胞は、血液で運ばれたグルコースをエネルギー源として利用している。呼吸ではグルコースを二酸化炭素と水にまで分解して効率よくエネルギーを取り出し、生命活動のエネルギー源となるATPを合成する。呼吸の過程は解糖系、クエン酸回路、電子伝達系に分けられる。解糖系は細胞内の(ア)で進行し、酸素を用いずにグルコースが分解され、ピルビン酸になる。この反応経路は、激しい運動時にみられる筋肉における解糖と共通している。解糖系で生じたピルビン酸は、ミトコンドリアのマトリックスに取り込まれる。ピルビン酸は、脱炭酸され、炭素の1つが(イ)として放出される。また脱水素酵素のはたらきで脱水素反応が起こり、アセチルCoAとなる。その後、アセチルCoAが(ウ)と結合してクエン酸になる。クエン酸は何段階もの反応を経て(ウ)にもどる。その途中でNADH、FADH<sub>2</sub>が生成され、(イ)も放出される。解糖系、クエン酸回路で生じたNADH、FADH<sub>2</sub>は、電子をミトコンドリアの内膜にある電子伝達系に渡す。電子は電子伝達系のタンパク質の間を次々に受け渡される。このときに放出されるエネルギーによって、水素イオンがミトコンドリアのマトリックス側から膜間腔に輸送され、水素イオンの濃度勾配ができる。電子は最後に酸素に渡され、さらに水素イオンと結合して水ができる。

問 1 (ア)~(ウ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①で水素を受け取る物質の名称を書きなさい。

問 3 解糖系は酸素が無くても停止しない。この理由を解答欄の枠内で説明しなさい。

問 4 呼吸によるATP合成には、「基質レベルのリン酸化」と「酸化的リン酸化」とよばれる過程がある。「酸化的リン酸化」における酸化的とは具体的にどのようなことか。解答欄の枠内で説明しなさい。

問 5 成熟した赤血球はミトコンドリアをもたず、解糖系で得られるATPにエネルギーを頼っている。これには赤血球の機能面からどのような利点があるか。20字以内で説明しなさい。

問 6 問題の文章中にある呼吸は、内呼吸あるいは組織呼吸とよばれるものである。一方、肺において、大気中から酸素を取り込み、体内でつくられた二酸化炭素を大気中に放出することは、外呼吸あるいは肺呼吸とよばれている。外呼吸において、大気と肺の間で行われる気体の出入りのことを換気といい、換気で出入りする気体量を換気量という。さらに、吸気(=息をすうこと)により肺に入る気体量を吸気換気量、呼気(=息をはくこと)により肺から出る気体量は呼気換気量という。例えば、1回の換気で吸入する気体量が  $X$  mL、1分間の換気回数(=呼吸回数)が  $Y$  回であれば、1分間あたりの吸気換気量は  $XY$  mL となる。通常代謝活動では、吸気換気量 > 呼気換気量の関係がある。ここで、1分間あたりの吸気換気量を  $A$ 、1分間あたりの呼気換気量を  $B$ 、吸気中の酸素濃度を  $C$ 、呼気中の酸素濃度を  $D$  とする。このとき、1分間あたり肺から血液中に取り込まれる酸素量を  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  を使って表しなさい。

問 7 ある人の肺動脈の血液中の酸素量が「血液 100 mL 中 16 mL」、肺静脈の血液中の酸素量が「血液 100 mL 中 20 mL」とする。肺を通過する血液量は毎分 5000 mL とする。このとき、1分間あたり肺から血液中に取り込まれる酸素量を求めなさい。

問 8 血液中に含まれる酸素量について考えてみる。ヘモグロビンは赤血球内に存在し、血液中の酸素の運搬を担う。1 g のヘモグロビンがすべて酸素と結合すると、1.35 mL の酸素と結合することができる。また、血液中には物理的に溶解した酸素も存在し、酸素濃度 1 (相対値)あたり、血液 100 mL に 0.003 mL の酸素が溶解する。ここで、動脈血の酸素濃度を 100 (相対値)、酸素ヘモグロビンの割合を 96 % とし、一方、静脈血の酸素濃度を 40 (相対値)、酸素ヘモグロビンの割合を 76 % とする。ヘモグロビンは血液 100 mL あたり 15 g 存在する。このとき、動脈血 100 mL に含まれる酸素量と静脈血 100 mL に含まれる酸素量の差を求めなさい。

2 次の(1)、(2)の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(1) 細胞膜は主にリン脂質の二重層で構成され、細胞の内部と外部を隔てている。リン脂質は(ア)の部分を外側、(イ)の部分の内側に向けて配列している。この脂質二重層にはタンパク質が埋め込まれている。細胞の内部と外部の間で物質の移動があるが、細胞膜はすべての物質を同じように通過させるのではない。(イ)の分子は細胞膜を通過しやすいが、イオンや水分子は、ふつうは細胞膜を貫通している輸送タンパク質によって細胞膜を通過する。輸送タンパク質には、チャンネル、担体(輸送体、トランスポーターなどともよばれる)、ポンプがある。例えば、イオンチャンネルはイオンが通るための通路を形成するタンパク質である。そのひとつの例をあげる。神経細胞に対し、膜電位が正方向に変化する、すなわち膜電位が上昇する通電刺激を与えてみる。電位依存性ナトリウムチャンネルが開いてナトリウムイオンが細胞内に流入して膜電位が上昇し、活動電位のピークが見られる。電位依存性ナトリウムチャンネルはすぐに閉じる。一方、電位依存性ナトリウムチャンネルが開くのに遅れて、電位依存性カリウムチャンネルが開いて膜電位が低下する。膜電位は一時的に静止電位より低下し、その後静止電位にもどる。

(2) 神経細胞は静止状態と興奮状態の二つの状態をとるが、静止状態での膜電位を静止電位という。ここで、静止状態の細胞膜で開いているのは、「電位に影響されないカリウムチャンネル」だけと仮定し、静止電位について考えてみる。カリウムイオンは(A)に起因する拡散力によって、細胞内から細胞外に流出しようとする。もしもカリウムイオンが(U)のない粒子であれば、細胞内濃度と細胞外濃度が等しくなるまで流出するはずである。しかし、カリウムイオンは(U)をもつ粒子であるため、そうはならない。拡散力によってカリウムイオンが細胞内から細胞外へ流出すると、細胞内は負の電位となる。一方、カリウムイオンが細胞外へ流出するにしたがい、カリウムイオンを(B)とする電気的力が大きくなる。この電気的力は、細胞内の負の電位に起因する。やがて拡散力と電気的力が等しくなり、カリウムイオンの流出量と流入量が等しい平衡状態となる。この状態ではカリウムイオンの正味の移動はなくなり、このときの膜電位をカリウムイオンについての平衡電位とよぶ。細胞膜がカリウムイオンだけに透過性を示す場合では、この平衡電位は静止電位と等しくなる。

問 1 (ア)～(ウ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 単独で細胞膜を通過するのはどれか。下記の(a)～(h)から2つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 酸素                      (b) アミノ酸                      (c) インスリン                      (d) グルカゴン  
(e) アドレナリン                      (f) 成長ホルモン                      (g) アセチルコリン                      (h) 鉍質コルチコイド

問 3 下線部①で流入したナトリウムイオンはその後どのように細胞外へ排出されるか。20字以内で説明しなさい。

問 4 ( A )に 10 字以内の適切な語句を入れなさい。

問 5 ( B )に 10 字以内の適切な語句を入れなさい。

問 6 以下は集合管細胞におけるバソプレシンの作用を説明する一文である。( )に 20 字以内で適切な語句を書きなさい。

「バソプレシンは、集合管細胞の細胞膜上の( ), 水の透過性を上昇させる。」

問 7 細胞外液のカリウムイオン濃度を高めると、カリウムイオンについての平衡電位はどうなるか。下記の(a)~(c)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(a) 変化しない。

(b) 0 (ゼロ)に近づく。

(c) 0 (ゼロ)から遠ざかる。

Windom

## 生 物 (その2)

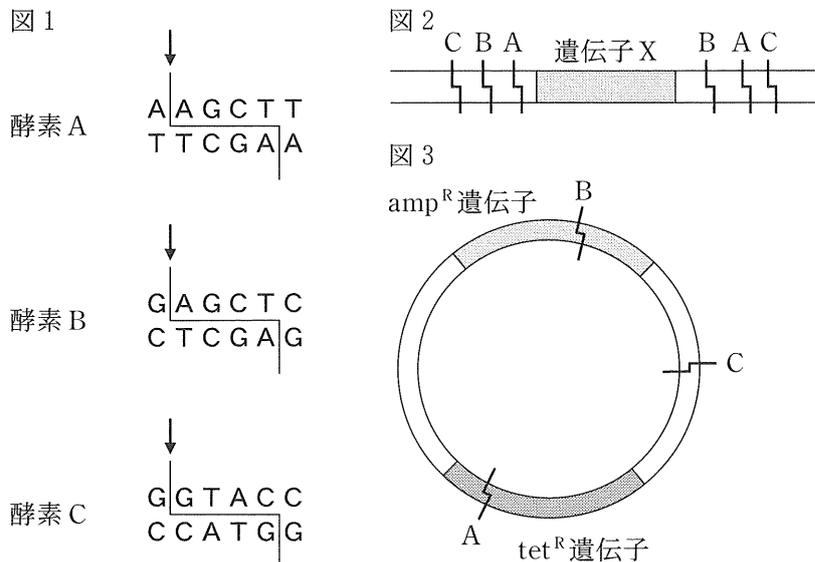
3 遺伝子とその実験についての文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

ある生物の持つ特定の遺伝子を取り出して、他の生物の細胞内に導入して発現させる技術を (ア) という。この技術は、1970年代の初めに遺伝子の本体である DNA のある特定の塩基配列を切断する“はさみ”に相当する酵素とその切断部を連結する“のり”に相当する酵素が発見されたことによる。

大腸菌には (イ) という菌体内で増殖する環状の DNA がある。この (イ) を大腸菌から取り出し、目的の遺伝子を含む DNA 配列を組み込んで大腸菌に戻すことができる。(イ) のような遺伝子を運ぶものを (ウ) という。

大腸菌は、簡単な培養液内で短時間に大量に増殖するので、目的の遺伝子からタンパク質を大量に合成することができる。例えば、ヒトのホルモンでは、糖尿病の治療薬となる (エ) や貧血の治療薬となる (オ) がこの方法で工業的に製造されている。

ヒトの遺伝子 X を増幅するために次の実験を行った。この実験では、下線(a)の酵素として、A, B, C の3種類の酵素を使用した。これらの酵素は、図1に示すようにそれぞれ特定の6塩基対の塩基配列を認識し、矢印が示す線のように DNA を切断する。一方、ヒトのある遺伝子 X の周辺には、図2のように酵素 A, B, C が作用する部位が存在している。実験に使用する (イ) は、図3に示すように、抗生物質アンピシリンを無毒化する  $amp^R$  遺伝子と抗生物質テトラサイクリンを無毒化する  $tet^R$  遺伝子をもっており、 $tet^R$  遺伝子の中に酵素 A が作用する部位が、 $amp^R$  遺伝子の中に酵素 B が作用する部位が、 $tet^R$  遺伝子と  $amp^R$  遺伝子以外の中に酵素 C が作用する部位が存在する。



〔実験〕

操作①：ヒトの遺伝子 X を含む 2 本鎖 DNA を、酵素 A, B, C のうち、いずれか 1 つを含む液で処理した。

操作②：図 3 に示す(イ)を含む液を、酵素 A, B, C のうち、いずれか 1 つを含む液で処理した。

操作③：操作①の反応液と、操作②の反応液を混合し、下線(b)の酵素を含む液で処理した。

操作④：操作③で得られた反応液を、大腸菌に取り込ませた。

操作⑤：操作④で得られた大腸菌を、アンピシリンを含む寒天平板培地上で培養し、コロニーの形成を調べた。

操作⑥：さらに、操作⑤の培地上で形成されたコロニーを、レプリカ法により、テトラサイクリンを含む寒天平板培地上に移して培養し、コロニーの形成を調べた。

なお、レプリカ法とは、ある平板培地で形成されたコロニーの一部をフィルムで吸着し、元の位置関係を保ったまま、別の平板培地に移して培養する方法である。

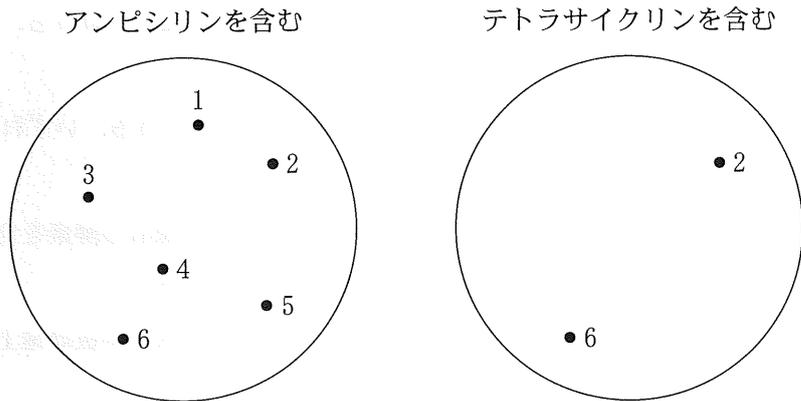
問 1 空欄(ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部(a)や(b)のような酵素をそれぞれ何というか。

問 3 操作①～③の後、遺伝子 X が組み込まれた(イ)が得られる酵素の組み合わせを調べた。それぞれの酵素の組み合わせで、組み込みがおきる場合を○、組み込みがおきない場合を×として、表の空欄に○か×で答えなさい。

操作① \ 操作②	A	B	C
A			
B			
C			

図4



問4 操作⑤および操作⑥において得られたコロニーを図4に示し、それぞれのコロニーに図4のように番号を付けた。操作①と②の酵素の組み合わせで、遺伝子Xが組み込まれた(イ)を取り込んだ可能性のある大腸菌のコロニーの番号を、表の空欄に1～6の番号ですべて書きなさい。なお、該当するものがない場合は、「なし」と書きなさい。

操作① \ 操作②	A	B	C
A			
B			
C			

問5 操作①と②でそれぞれ酵素Aを作用させた場合、操作⑥で得られた、図4のコロニー2とコロニー6の大腸菌はどのような大腸菌か、30字以内で答えなさい。

4 動物の分類と進化についての文章を読んで、以下の設問に答えなさい。

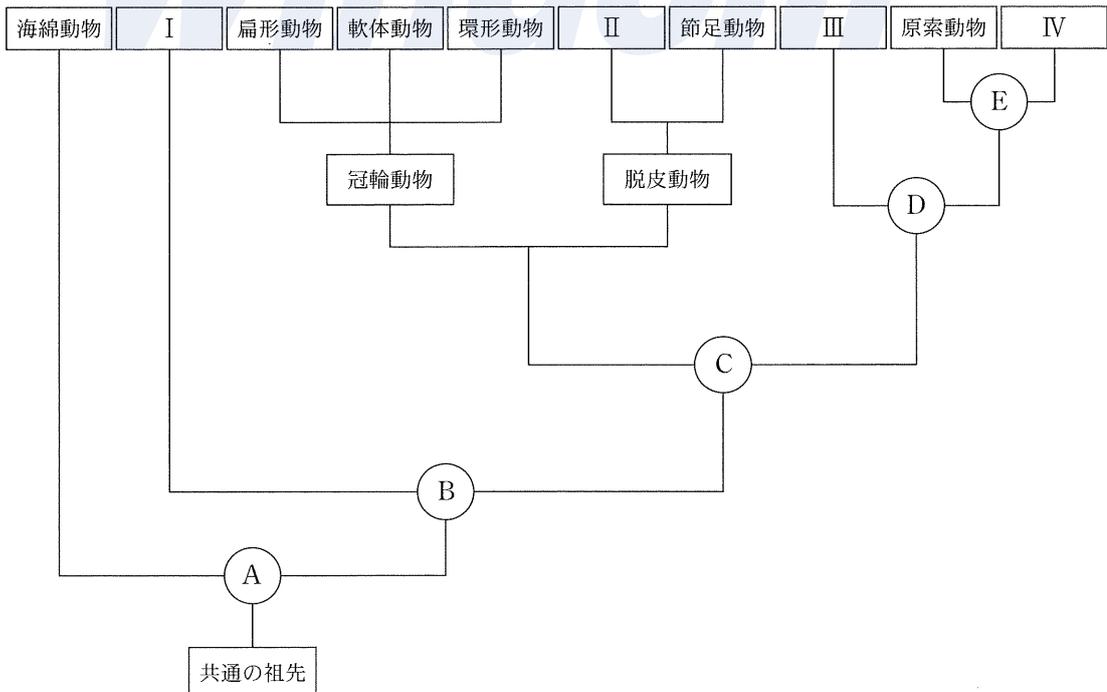
動物は海の中の単細胞生物から進化し、多細胞生物となって多様化し、その後陸にも進出した。動物界は30以上の門に分類されているが、これらの門はすべて一つの共通祖先から進化したと考えられている。えり鞭毛虫は水生の単細胞生物で(ア)動物に属している。形態学的にカイメンの(イ)とよく似ているため、カイメンはえり鞭毛虫が集まって群体をつくり、やがて多細胞の動物の祖先になったと考えられている。

それぞれの動物門の近縁関係をもとにした進化の流れは、(ウ)として表される。従来、動物の(ウ)は形態にもとづいて作られてきた。この時に重視した要素は、胚葉の構成、体節の有無、原口がどのような器官になるか、脊索の形成などが用いられた。近年では、DNAの塩基配列(a)に基づいて各動物門の近縁関係を見直し、(ウ)が作り替えられている。

問1 空欄(ア)~(ウ)に適切な語句を入れなさい。

問2 次の図は、各動物門(亜門)の近縁関係と進化の流れを、最近のDNAの塩基配列にもとづいて表したものである。I ~ IV に該当する動物門(亜門)の名称とそれぞれに属する生物種を下記のカ~ソの中から1つずつ選んでカ~ソの記号で答えなさい。

図1



カ：カニ

キ：ウニ

ク：ミズクラゲ

ケ：ハマグリ

コ：ホヤ

サ：サナダムシ

シ：ミミズ

ス：ヤツメウナギ

セ：センチュウ

ソ：プラナリア

問 3 図 1 の A～E の分岐点は、次の(1)～(7)に述べられている分類条件のどれにあたるか、それぞれ 1 つずつ選び、(1)～(7)の記号で答えなさい。

- (1) 胚葉の形成の有無
- (2) 体節の有無
- (3) 中胚葉の分化の有無
- (4) 原口が成体の口になるか否か
- (5) 骨の有無
- (6) 脊椎の有無
- (7) 脊索の有無

問 4 下線(a)の DNA の塩基配列にもとづく動物門(亜門)の近縁関係を知るためには、リボソームやミトコンドリアの DNA などが用いられる。これらの DNA が用いられる理由を 15 字以内で書きなさい。

問 5 次の表は、a～eの5つの生物種間のDNAの塩基配列の違いの程度を、相対的な数字で表している。これら5つの生物種について、DNAの塩基配列をもとに、近縁関係と進化の流れを表す図2を作成した。どのような形になるかを図2①～④の中から1つ選び①～④の記号で答えなさい。なお、図2の横軸の長さは、進化の時間を表すものとし、時間当たりに起きる塩基配列の変異の回数は一定とする。

生物種	a	b	c	d	e
a	0	1	1	2	3
b	/	0	1	2	3
c	/	/	0	2	3
d	/	/	/	0	3

図2

