

令和3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3年2月5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。
 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)はお持ち帰り下さい。
 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。

生物は細胞からできており、細胞はさまざまな特徴をもつ物質からできている。細胞を構成する有機物は大きく4種類に分類することができ、そのなかで窒素を含む有機物(有機窒素化合物)は(ア)と(イ)である。からだに必要な有機窒素化合物を合成する働きは(ウ)と呼ばれる。動物などの従属栄養生物は直接あるいは間接的に植物が合成した有機窒素化合物を取り入れ(ウ)をおこなっている。

生態系において窒素は炭素と同様に生物的環境とそれを取り巻く非生物的環境との間を循環する。これを物質循環という。植物の枯死体や動物の遺体や排出物に含まれる有機窒素化合物は、腐敗菌やカビによって(①)に分解される。(①)は亜硝酸菌により(②)に酸化され、さらに硝酸菌により(③)に酸化される。これらの細菌は無機物である(①)や(②)を酸化したときに放出されるエネルギーを用いて炭酸同化をおこなっている。この働きを(エ)といい、(エ)をおこなう細菌を総称して(エ)細菌という。土壌中の窒素化合物の一部は(オ)により気体の窒素(N_2)として大気中に放出される。

大気中には体積で約80%も N_2 が存在するが、これを直接(ウ)に用いることができる生物は少ない。一部の生物のみ大気中の N_2 を取りこんで(①)に還元して利用することができる。この働きを(カ)という。(カ)をおこなう生物にはシアノバクテリアである(キ)や細菌である(ク)や(ケ)、根粒菌などがある。根粒菌は(コ)科の植物の根に入り込み根粒を作る。根粒菌は宿主から有機物の供給を受け、(①)を宿主に供給する。このような関係を相利共生^(a)という。

植物は根から吸収した(③)を硝酸還元酵素、亜硝酸還元酵素の働きで(①)に還元する。その後、(サ)合成酵素の働きで(①)は(シ)と結合して(サ)を生じる。さらに(シ)合成酵素の働きで(サ)は α -ケトグルタル酸と反応して2分子の(シ)を生じる。(シ)と種々の有機酸との間でアミノ基の転移がおこなわれ種々のアミノ酸が合成される。合成されたアミノ酸は種々の有機窒素化合物の合成に使用される。

問1 (ア)~(シ)に適切な語句を入れなさい。

問2 (①)~(③)に適切なイオン式を入れなさい。

問3 下線部(a)について、次の小問(1)(2)に答えなさい。

(1) アブラムシを生物①とし、アブラムシと相利共生の関係にある生物の名称あるいは総称を生物②の欄に答えなさい。そしてアブラムシが生物②に与える利益を「①が②」の欄に、生物②がアブラムシに与える利益を「②が①」の欄にそれぞれ10字以内で答えなさい。

(2) アブラムシ以外の生物で互いに相利共生の関係にある生物の名称あるいは総称を生物③と生物④の欄に答えなさい。そして生物③が生物④に与える利益を「③が④」の欄に、生物④が生物③に与える利益を「④が③」の欄にそれぞれ10字以内で答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

生物の集団とそれを取り巻く環境を1つのまとまりとしてとらえるとき、このまとまりを生態系という。生態系を構成する生物は大きく(ア)と(イ)に分けられる。光合成をおこなって無機物から有機物を合成する植物や藻類などの独立栄養生物を(ア)という。一方、ほかの生物から有機物を得る従属栄養生物を(イ)という。(イ)のうち生物の遺骸やふんなどに含まれる有機物を無機物に分解する生物を特に(ウ)という。

人間活動は生態系に影響を与えることがあり、その例として水質汚染や酸性雨、地球温暖化などがある。このほか人間活動により生物がそれまで分布していなかった場所に持ち込まれ、繁殖して分布を広げている場合もある。このような生物を(エ)という。これらの生物の中には移入された場所の生態系をかく乱させているものもある。日本における代表的な(エ)には(①)などがある。

人間活動により環境中に放出された特定の物質が生物体内に取り込まれて蓄積され、食物連鎖の過程を通してより高次の(イ)の体内により高濃度に蓄積する現象を(オ)という。その例にかつて農薬として使用されていた化学物質である(カ)がある。(カ)は自然界では分解されにくく、水によって散布された場所から遠く離れた場所にまで運ばれ、動物の脂肪組織に蓄積される。(オ)によって(カ)を高濃度に蓄積した鳥類は、殻のもろい卵を産むようになる。アメリカでは(カ)の影響でミサゴやペリカンの個体数が減少するなどの影響が生じた。

ある生物種が地球上から滅びることを絶滅という。さまざまな人間活動の影響で、かつてない速さと規模で絶滅が進んでいる。絶滅の恐れのある生物を絶滅危惧種、それをリストアップしたものを(キ)という。環境省の(キ)では絶滅の危険性の高さによるカテゴリー分けがなされている。

問1 (ア)～(キ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)の代表的な指標にBODとCODがある。解答欄の「略語：」にBODかCODのいずれかを選択して記入し、その右にある各欄に略語にする前の日本語の名称と、水質悪化が進行するとその指標の値は増大するか減少するかについて答えなさい。

問3 下線部(b)について、次の小問(1)(2)に答えなさい。

(1) 人間活動により環境中に放出された物質の地球温暖化への関与が疑われている。それらの物質は地球表面から放出される熱エネルギーをよく吸収し、その熱の一部を地表に戻し、地表や大気の温度を上昇させる。そのような働きを答えなさい。

(2) 上記の働きを持つ物質を次のa～fの中からすべて選びa～fの記号で答えなさい。

- | | | |
|---------|-------|-------|
| a オゾン | b 酸素 | c 窒素 |
| d 二酸化炭素 | e フロン | f メタン |

問4 (①)に当てはまる生物を次のa～eの中からすべて選びa～eの記号で答えなさい。

- | | | |
|---------|----------|-----------|
| a ウシガエル | b オオクチバス | c ゲンゴロウブナ |
| d ホンモロコ | e ミヤコタナゴ | |

3

次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

動物の卵では(①)側を動物極、その反対側を植物極という。カエルの未受精卵は(②)側に卵黄が多く含まれており、精子は必ず卵の(③)側の半球から進入する。精子が進入して受精が起こると精子により持ち込まれた中心体の働きによって卵の表面に近い部分の表層全体が内側の細胞質に対して約 30° 回転する。これを表層回転といい、表層回転の方向は精子の進入点側では(④)側に向かい、進入点の反対側では(⑤)側に向かう。この回転により精子進入と反対側の赤道部に周囲と色の濃さの異なる領域が現れる。この領域を(ア)といい、将来の(イ)側となる。

卵の細胞質基質内にはさまざまな mRNA やタンパク質が貯えられている。これらのうち発生過程に影響をおよぼすものを(ウ)因子という。カエルの(イ)側の決定にはβカテニンとディシェベルドとよばれるタンパク質が関与していることが明らかにされた。βカテニンの mRNA は(ウ)因子として卵全体に貯えられており、これが翻訳されることによって卵全体でβカテニンが作られる。一方、ディシェベルドは(ウ)因子として(⑥)側に局在しており、表層回転とともに(ア)に移動する。βカテニンはある種の酵素により分解されるが、ディシェベルドはその酵素の働きを阻害する作用がある。このためβカテニンはディシェベルドが移動した側で高く、反対側では低くなるような濃度勾配を形成する。卵割によって生じたそれぞれの細胞ではβカテニンが核に移動して調節タンパク質として働き、(イ)側の形成に関与するさまざまな調節遺伝子の発現を引き起こす。

卵割が進むにつれて胚の内部では卵割腔がしだいに大きくなり、やがて胞胚期になると胞胚腔とよばれるようになる。胞胚腔は(⑦)側にかたよって形成される。原腸胚になると(ア)のやや(⑧)側の細胞が内部に陥入して原口が形成され、陥入によってできた新たな空所を原腸という。原口の(⑨)側を(エ)といい、原腸形成とともに内部に移動し中胚葉となる。原腸形成が進むと胚の細胞は、胚の外側を覆う外胚葉、原腸を構成する内胚葉、その中間に位置する中胚葉の3つの胚葉に区別される。原腸形成が終わると胚は神経胚となる。まず、胚の背側の正中線に沿った細胞が肥厚し、背側の表面が平らになる。この領域を神経板という。やがて神経板の左右両側の縁の細胞は正中線に向かってせり上がるように移動し、正中線上でくっついて閉じ神経管になる。

^(b) シュペーマンとマンゴルドはイモリの初期原腸胚の(エ)を別のイモリの初期原腸胚の腹側^(c)の予定表皮域に移植する実験をおこなった。その結果、移植片は自身の発生運命に従って主に(オ)に分化した。さらにその周囲の外胚葉から神経管などが分化し本来の胚とは別に、ほとんど完全な構造を持つ二次胚が形成された。シュペーマンとマンゴルドは移植した(エ)が未分化な胚の細胞に働きかけて神経管などの器官をつくらせ調和のとれた二次胚を形成させたと考え、このような働きを持つ胚の領域を(カ)と呼んだ。

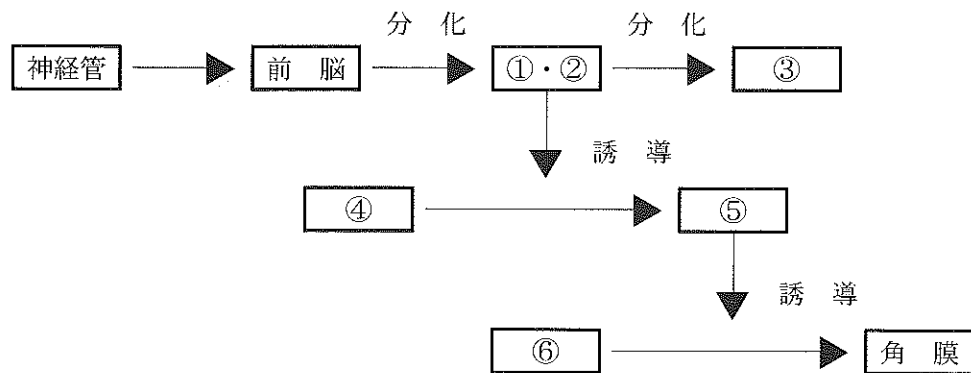
問 1 (ア)~(カ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 (①)に 8 字以内の適切な語句を入れなさい。

問 3 (②)~(⑨)には動物極か植物極が入る。動物極が入るものを②~⑨からすべて選択し、②~⑨の記号で答えなさい。

問 4 下線部(a)について、ショウジョウバエの未受精卵においても前後軸やその後の発生に影響を与える mRNA が存在している。その名称を 2 つ挙げ、未受精卵内におけるそれぞれの分布について 7 字以内で答えなさい。

問 5 下線部(b)は発生が進むにつれて前脳、中脳、後脳、脊髄へと領域が分化し、前脳から誘導の連鎖により目が形成される。以下はイモリの目が形成される過程を示している。①~⑥に適切な語を入れなさい。なお①が発達したものが②である。また③~⑥には同じ語が入る場合もある。



問 6 下線部(c)について、彼らはある方法を用いて移植片と移植を受けた胚の細胞を区別した。その方法と区別の指標についてそれぞれ 20 字以内の 1 文で答えなさい。

生 物 (その2)

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

細胞は様々な方法で死ぬが、突然の損傷によって死ぬ細胞は、細胞の(ア)を起こし通常は膨張・破裂して内容物を放出する。この様な細胞死はしばしば、局所的な炎症反応を伴い、損傷部位において治癒応答を引き起こす。他の細胞死の方法として(イ)やオートファジーによって引き起こされる(ウ)細胞死が知られている。(イ)を起こした細胞は周囲に害を起さず、縮んで凝縮する。細胞骨格は壊れ、核膜やDNAが分散して核は分解されて断片になる。また、細胞表面の性質が変化することにより、周囲に内容物が放出される前に(エ)に取り込まれ、速やかに除去される。

問 1 (ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 (イ)を引き起こすシグナルによって活性化される細胞質内に存在するタンパク質分解酵素は何か答えなさい。

問 3 下線部に関して、炎症反応の4つの徴候を答えなさい。

問 4 (ウ)細胞死によって形成される器官として、ニワトリの後肢の指が知られている。(ウ)細胞死が起こった場所がわかる様に図を用いて説明しなさい。

問 5 細胞内寄生性病原体の増殖には宿主となる細胞が必要であるため、キラーT細胞は感染した細胞を殺すことで病原体の増殖を阻止している。(イ)は感染細胞を殺す方法として(ア)よりも望ましいと考えられている。その理由を60字以内で答えなさい。

問 6 免疫寛容の獲得にも(ウ)細胞死が関与している。免疫寛容の獲得に関して以下の質問に答えなさい。

- (1) 免疫寛容の獲得においては、種々の細胞が(ウ)細胞死によって排除されている。どの様な性状の細胞が排除されているのかをT細胞について答えなさい。さらにその(ウ)細胞死はどこで起こっているか。その器官を答えなさい。
- (2) この(ウ)細胞死の過程で異常が起こり免疫寛容の獲得が不完全な場合に起こる疾患は何か答えなさい。

5 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ヒト由来のタンパク質を大腸菌で発現させる場合、ヒトの遺伝子をそのまま大腸菌に導入しても活性のあるタンパク質は発現しない。その理由として原核生物と真核生物では遺伝子発現システムと細胞の構造が異なることが挙げられる。ヒトの遺伝子発現システムにおいては(ア)という過程を経ないと成熟した(イ)は得られない。従って、ヒトの遺伝子DNAを組み込んだ(ウ)を大腸菌に導入すると(エ)の部分までそのまま翻訳されてしまうことになる。この問題を解消するために、目的とするタンパク質を発現している組織から(イ)を抽出した後、逆転写酵素を用いて(オ)を合成し、そこから目的とする(オ)のクローニングを行う。クローニングにはPCR法が利用されることが多く、得られたDNA断片をプラスミドに挿入して(オ)クローンを得る。(ウ)としてよく用いられるプラスミドは原核細胞内で染色体とは別に存在し、独立して増殖する比較的短い(カ)状の2本鎖DNAである。遺伝子操作においてはDNAの切断には制限酵素を用い、塩基配列が相補的な切断部分の結合には(キ)という酵素が用いられる。

また、大腸菌には膜構造を持つ細胞小器官である(ク)や(ケ)が存在しないことから、ポリペプチドの修飾が起らずに活性を有するタンパク質が作られないことがある。

問1 (ア)～(ケ)に適切な語句を入れなさい。

問2 PCR法は鋳型DNA、2種類のプライマー、耐熱性のDNAポリメラーゼ、4種類の塩基ヌクレオチドなどを含む反応液の調製後に95℃(反応1)、55℃(反応2)、72℃(反応3)の3段階の温度変化を1サイクルとした反応を繰り返してDNAを多量に増幅させる方法である。反応1～3のそれぞれの過程について簡単に説明しなさい。

問3 目的の(オ)をPCR法でクローニングするために転写開始点から24塩基のプライマーAと終止コドンの終わりまでの24塩基のプライマーBを設計した。プライマーAとBの5'末端側の8塩基をそれぞれ5'末端側を左端にして答えなさい。目的遺伝子の終止コドンを含む塩基配列は以下の通りである。

```
1      10      20      30
5' -atggaatcag caacatctca ttccccagtg ggcactacga -----
----- tggcctcttt tctttcagcc ttcgtaagcc ggtacatacg ----3'
1770      1780      1790
*：転写開始点を1とした
```

問4 下線部に関して、必要なタンパク質を遺伝子組換えにより合成するためにはどのような対応が考えられるか。30字以内で答えなさい。

問 5 逆転写酵素は 1970 年に発見され、その性質からそれまでのセントラルドグマが絶対的なものでないことが示された。以下の質問に答えなさい。

- (1) セントラルドグマとはどのような考え方であるか答えなさい。
- (2) 逆転写酵素を有する RNA ウイルスのことを何と呼ぶか答えなさい。
- (3) また、その代表的な RNA ウイルスを一つ答えなさい。