

令和3年度 入学試験問題

医学部 (Ⅱ期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和3年3月6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)はお持ち帰り下さい。
 10. 試験終了後の会場退室に当たっては、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。

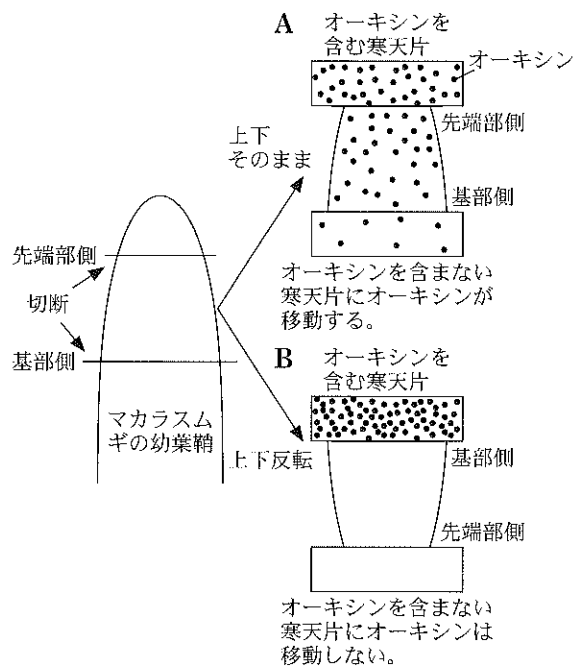
植物は発芽した後、茎や根を伸ばして成長する。植物細胞はセルロース繊維を主成分とするかたい細胞壁をもっているため、細胞が伸長するためには細胞壁の構造をゆるめる必要があり、これに植物ホルモンであるオーキシンが関与している。オーキシンは植物の成長を促進する作用のある一群の化学物質の総称であり、植物が合成する天然のオーキシンとして知られている化学物質には(ア)がある。オーキシンはプロトンポンプを活性化し細胞外の酸性化を引き起こす。またセルロース繊維どうしのつながりをゆるめる酵素の合成・分泌を促進する。この酵素の最適pHは酸性であるため、細胞壁が柔らかくなる。これに引き続いて起こるカリウムイオンの流入とそれにとまなう水の流入により細胞が成長する。

セルロース繊維の方向は、細胞膜の内側に張り付くように存在する^(a)微小管とセルロース合成酵素複合体の働きで決まると考えられている。(イ)や(ウ)はセルロース繊維を茎の上下軸に対して垂直にそろえる。一方、接触刺激などによって合成される(エ)はセルロース繊維を平行にそろえる。オーキシンが作用すると、前者では茎の(①)方向の成長が、後者では茎の(②)方向の成長がおきる。

オーキシンは主に茎の先端部で合成され下降して細胞の成長を促進する。図Aに示すようにオーキシンを含む寒天片をマカラスムギの幼葉鞘の切断片の先端部側にのせると、オーキシンは先端部側から基部側へと移動するが、図Bに示すように基部側にオーキシンを含む寒天片をのせても移動しない。このような方向性をもった物質の移動を(オ)という。一般に植物の茎は光に向かって成長する。これを正の光屈性という。幼葉鞘の先端部に片側から光が照射されると、その刺激は(カ)という青色光を受容する光受容体によって受け取られる。

(カ)はオーキシン排出輸送体の細胞膜上で分布を変化させ、オーキシンを光のあたっている側から陰側へと横方向に輸送させる。その結果、先端部では陰側のオーキシン濃度が高くなる。この濃度差のままオーキシンは基部方向に輸送される。そのため伸長部では光のあたっている側よりも陰側のオーキシン濃度が高くなり、陰側の伸長成長が促進され、茎は光の方向に屈曲する。

一般に植物は重力に対しても屈性がある。マカラスムギの芽生えを暗所で水平におくとオーキ



シンが重力方向に移動して下側のオーキシン濃度が高くなる。重力の感知には根冠のコルメラ細胞や維管束内皮細胞にある(キ)とよばれるデンブリン粒を含む色素体^(b)が関与している。この色素体は重力によって細胞の下側に移動する。これが刺激となりオーキシン排出輸送体の細胞膜上での分布が変化し、下側のオーキシン濃度が高くなる。その結果、茎は上方に屈曲し、根は下方^(c)に屈曲する。

問 1 (ア)～(キ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 (①)(②)に適切な漢字 1 字を入れなさい。

問 3 下線部(a)について、微小管以外の細胞骨格としての役割を担っている 2 種類の繊維の名称を答えなさい。

問 4 下線部(b)について、この色素体が重力によって細胞の下側に移動するのは、他の細胞小器官と比べて、この色素体がどのような特徴を持っているからと推測されるか 6 字以内で答えなさい。

問 5 下線部(c)の理由を解答欄の枠内で説明しなさい。

問 6 幼葉鞘の光屈性について、ダーウィンらは幼葉鞘の先端を切り取ると光の照射方向に幼葉鞘が屈曲しないこと、幼葉鞘の先端に不透明なキャップをかぶせると光の照射方向に幼葉鞘が屈曲しないこと、下部を遮光しても光の照射方向に幼葉鞘が屈曲することを見出した。この実験に関する考察として適当なものを次の a～eの中からすべて選び a～e の記号で答えなさい。適当なものがない場合には「なし」と記入しなさい。

- a 光の向きは幼葉鞘の先端で感受される。
- b 幼葉鞘の先端で光屈性に関与する物質が合成される。
- c 光の照射と反対側に光屈性に関与する物質が移動する。
- d 光屈性を引き起こすためには幼葉鞘の先端が必要である。
- e 幼葉鞘の先端で合成された光屈性に関与する物質は基部に移動する。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

ニューロンはその働きから3つに大別できる。1つめは目や耳、皮膚などの受容器で受け取られた情報を中枢神経に伝える感覚神経を構成するニューロンで感覚ニューロンという。2つめは中枢神経系を構成するニューロンで(ア)という。(ア)どうしがつながりあうことによつて複雑な神経回路網を形成する。3つめは中枢からの情報(命令)を効果器(筋など)へ伝える運動神経を構成するニューロンで運動ニューロンという。

光や音などの外界からの刺激は受容器で受け取られる。受容器自体が感覚ニューロンである場合と、受容器と感覚ニューロンが独立している場合がある。それぞれの受容器は特定の刺激に対して応答しやすく、この刺激を(イ)という。多くの受容器では(イ)の大きさがより大きいとより大きく脱分極^{注1}する。この電位を受容器電位といい、閾値に達すると活動電位が生じる。活動電位は生じるか生じないかであり、その大きさは刺激の強さに関わらず一定である。これを全か無かの法則という。生じた活動電位は感覚ニューロンの軸索を伝導し、次のニューロンへと伝えられる。

ニューロンの軸索の末端を神経終末といい、(ア)の神経終末は別の(ア)の細胞体や(ウ)にごく狭いすきまをへだてて接続している。この接続部位を(エ)といい、すきまを(オ)という。神経終末側の(ア)を(カ)、細胞体や(ウ)側の(ア)を(キ)という。神経終末の内部には小胞が数多く存在し、その中に神経伝達物質が入っている。活動電位が神経終末部まで伝導すると、神経終末部にある電位依存性のイオンチャンネルが開き(ク)が流入する。その結果、神経伝達物質が(オ)に放出され、(キ)の細胞膜上にあるイオンチャンネルを直接あるいは間接的に開き、膜電位を変化させる。(キ)の膜電位変化が脱分極性の場合、この電位を(ケ)という。一方、膜電位変化が過分極性^{注1}の電位を(コ)という。

注1：脱分極とは静止電位がより浅く、0ボルトに近づく膜電位の変化をいう。一方、静止電位がより深く、よりマイナスになる膜電位の変化を過分極という。

問1 (ア)~(コ)に適切な語句を入れなさい。

問2 感覚の強さの情報は中枢神経系のニューロンに何に変換されて伝えられるか、それぞれ「感覚ニューロン」を1回用い、「感覚ニューロン」の7字を含め各20字以内で2つ答えなさい。

3 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

ある一定の地域で生活する同じ生物種の個体の集まりを個体群という。個体群は適当な生活空間と食物などがあれば個体数を増やす。これを個体群の成長といい、その変化の過程を表したグラフを個体群の成長曲線という。ある生物が生活する単位空間当たりの個体数を(ア)という。生存と繁殖に必要な資源に制限がなければ個体数は際限なく増えていく。しかし資源には限りがあることが多く、維持できる個体数には上限がある。この維持できる最大の個体数を(イ)という。(ア)の上昇は、個体群の増殖率の低下だけでなく、個体の発育や生理・形態などにも影響を及ぼす。このような効果を総称して(ウ)という。ダイズの場合、(ア)が高いほど個々の植物体は小さくなる。しかし個体群全体の重さは成長に伴って一定の値に近づく傾向がある。これを(エ)の法則という。個体群を構成する個体数を推定する方法として、植物や動きの少ない動物に対しては(オ)が、行動範囲が広い動物の個体群では標識再捕法^(a)が用いられる。

動物の中には同種の個体が集まって統一的な行動をとるものも多く、このような集合を群れという。群れは、集まることによって利益がある一方で不利益もある。一般に群れが大きくなるほど(①)に費やす時間は減少するものの、(②)に費やす時間は増加する。そのため、(①)と(②)に費やす時間の和が最も小さくなる大きさが群れの最適な大きさとなる。

自然界では多くの生物種の個体群が一定地域内に存在する。一定地域内に生息し、さまざまな関係を及ぼしあっている生物の個体群をひとまとめにして(カ)という。競争と捕食は(カ)の形成にかかわる重要な相互作用である。(カ)において、食物網に占める位置や生活空間、活動時間などの資源の利用の仕方はどの個体群でも決まっている。(カ)内における地位を(キ)という。(キ)が異なると種間競争が緩和され、同じ場所に多くの種が共存できる。捕食は競争的排除が生じるのを防ぐ働きを持っている。ペインはある湾の岩礁潮間帯で以下の実験をおこなった。この岩礁潮間帯ではヒトデはおもにフジツボとイガイを捕食し、イボニシはおもにフジツボを捕食していた。フジツボ、イガイ、カメノテは水中のプランクトンを食べ、ヒザラガイとカサガイは岩礁表面に生える藻類を食べていた。そしてペインは捕食者であるヒトデをこの岩礁潮間帯から継続的に除去した。実験を開始して1年後にはイガイが岩礁をほとんど覆いつくし、実験開始前にみられた15種類の生物が8種類にまで減少した。食物網における上位の捕食者であるヒトデが、生態系のバランスを保ち、多種共存を可能にしていたことが分かる。このような種を(ク)という。

問1 (ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問2 ①②に10字以内の適切な語句を入れなさい。

問3 ヒトデ、ヒザラガイ、フジツボが属する動物門の名称をそれぞれ答えなさい。なおヒザラガイはタコと、フジツボはエビと同じ動物門に属している。

問 4 下線部(a)を用いて以下の個体群を構成する推定個体数を答えなさい。ただし小数点以下は四捨五入し、整数で答えなさい。

ある池のある地点で、投げ網でフナを捕獲したところ、52匹捕獲できた。そのすべてのフナに標識をつけてから放し、1週間後に同じ人が再度、同一方法、同一地点、同一時刻に捕獲したところ、47匹捕獲され、その中に標識されたフナは7匹いた。

問 5 二度の捕獲を同じ条件、すなわち同一方法、同一地点、同一時刻、同様の気象条件で同じ人がおこない、標識再捕法を用いてある個体群の個体数を推定する場合、推定が正確であるためには必要なその他の条件を3つ、句読点も文字数に含めそれぞれ30字以内の1文で答えなさい。なお調査期間中に個体群に影響を与える気象現象や地殻変動等の異常な事象は起きないものとする。

生 物 (その2)

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

① 真核生物では核の DNA は染色体に存在しており、ヒトの体細胞の染色体数は(ア)本である。真核生物の DNA は(イ)と呼ばれる塩基性タンパク質に巻きついている。この最も基本的な単位構造をヌクレオソームという。ヌクレオソームは数珠状に連なって(ウ)を作り、これが折りたたまれ圧縮されて染色体を形成している。また、真核生物の遺伝情報は、DNA 上の4つのデオキシリボヌクレオチドの配列により決められている。DNA の遺伝情報はアデニン、グアニン、シトシン、(エ)という4種類の塩基を含むリボヌクレオチドからなる(オ)に転写され、この(オ)の特定部位に RNA とタンパク質からなる(カ)が結合することによりタンパク質合成が開始される。タンパク質合成に際してはアミノ酸と結合した一群の(キ)と呼ばれる比較的分子量の小さい RNA が重要な役割を果たす。タンパク質に翻訳される(オ)の他に非翻訳 RNA も様々な働きをしている。細胞内に存在する短い2本鎖 RNA が、RNA 分解酵素によって小さな1本鎖 RNA となり、タンパク質と結合して複合体を形成する。この複合体が(オ)の(ク)的な塩基配列に結合すると(オ)を分解したり、翻訳を阻害したりする。

問 1 (ア)~(ク)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部 A に関して、ヌクレオソームの構造を DNA および(イ)がわかるように図を用いて説明しなさい。

問 3 下線部 B に関して、この様な遺伝子の発現抑制は何と呼ばれているか答えなさい。

② 原核生物である細菌は環境変化に応じて遺伝子発現が調節されている。例えば大腸菌はトリプトファンというアミノ酸を周囲の環境から取り込むが、周囲の環境からの供給が足りない時には、他の分子から合成する。この生合成経路には5つの酵素遺伝子が存在する。これらの遺伝子は染色体上の1ヶ所にまとまっており、1個のプロモーターから転写されて1本の(オ)分子が作られる。このそろって転写される遺伝子群のことを(ケ)と呼ぶ。大腸菌内のトリプトファン濃度が低い時には RNA ポリメラーゼが(コ)に結合して(ケ)の5つの酵素遺伝子を転写する。トリプトファン濃度が高い時には、(サ)がトリプトファンと結合して活性化し、オペレーターに結合する。そうすると RNA ポリメラーゼは(コ)に結合できなくなる。大腸菌内のトリプトファン濃度が低下すると、(サ)はオペレーターから解離する。この様にして大腸菌は環境変化に対応している。

問 4 (ケ)~(サ)に適切な語句を入れなさい。

問 5 トリプトファンはヒトの成人における必須アミノ酸の一つである。ヒトの成人における必須アミノ酸はその他にバリン，イソロイシン，ロイシン，リシン，トレオニンなど 9 種類が知られている。残りの 3 種類を答えなさい。

問 6 (サ) 遺伝子に変異が起こり，トリプトファンの有無に関係なく 5 つの酵素遺伝子の転写が起こらなくなった。(サ) はどの様に変化したと考えられるか。40 字以内で答えなさい。

5 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

① 免疫系は病原体からヒトのからだを守っている。自然免疫は生体防御の最前線であるが、ある種の病原体を認識することはできず、再感染を防ぐ特異的防御免疫を提供できない。自然免疫においては(ア)と呼ばれるタンパク質が病原体の分子パターンを認識している。生後獲得する獲得免疫では、様々な外来抗原を認識することができる。病原体などの異物を体内に侵入させない防御機構として、(イ)や粘膜があげられる。これらの防御機構を破って異物が体内に侵入すると、食作用を有する(ウ)やマクロファージなどの白血球が異物を処理する。さらに、病原体を認識して活性化された自然免疫細胞は、(エ)と総称される情報伝達物質であるタンパク質を放出する。この情報伝達物質の働きにより炎症反応が起こって、生体の恒常性が維持されている。獲得免疫には(オ)免疫と抗体を分泌する(カ)免疫とがある。

問 1 (ア)～(カ)に最適な語句を次の①～⑮から一つずつ選び、①～⑮の記号で答えなさい。

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| ① 細胞性 | ② 体液性 | ③ サイトカイン |
| ④ ミオシン | ⑤ アクチン | ⑥ 好中球 |
| ⑦ B細胞 | ⑧ T細胞 | ⑨ 皮膚 |
| ⑩ 神経 | ⑪ 血管 | ⑫ トル様受容体 |
| ⑬ B細胞受容体 | ⑭ T細胞受容体 | ⑮ 免疫グロブリン |

問 2 下線部Aに関して、炎症反応を誘引する(エ)の代表的な働きを一つ答えなさい。

② 臓器移植において、移植を受けたヒトのヘルパーT細胞が移植臓器を「非自己」と認識すると、(キ)反応が起こる。ヘルパーT細胞の表面には(ク)と呼ばれる膜タンパク質が存在し、侵入してきた抗原を識別している。臓器移植の場合には個体に固有の膜タンパク質である(ケ)分子を識別する。ヒトの(ケ)は特に(コ)と呼ばれている。免疫グロブリンや(ク)とは異なり、(ケ)遺伝子は(サ)を起こすことも細胞分化の過程で構造変化を起こすこともない。(ケ)の多様性は遺伝的多型に富むことなどに起因する。遺伝的に均質な個体からなる集団を系統という。

系統の異なるマウスを用いて、皮膚移植の実験をおこなった。A系統のマウスの皮膚片をB系統のマウスに移植したところ、10日間で移植片は脱落した。さらに次の実験をおこなった。

実験1：生まれたばかりのB系統のマウスに、A系統のマウスのリンパ節組織をバラバラにして接種した。その後、成長したB系統のマウスにA系統のマウスの皮膚片を移植した。

実験2：A系統のマウスの皮膚片をヌードマウスに移植した。

ヌードマウスは生まれつき(シ)を持たないことから機能的なT細胞が存在しないマウスである。

問3 (キ)～(シ)に適切な語句を入れなさい。

問4 実験1において、移植された皮膚片はどのように考えられるか。理由を含めて80字以内で答えなさい。

問5 実験2において、移植された皮膚片はどのように考えられるか。適切なものを次から選びなさい。

- A) 10日で脱落する。
- B) 10日より長い期間で脱落する。
- C) 10日より短い期間で脱落する。
- D) 生着する。