

福島県立医科大学

令和2年度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で120分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理基礎・物理」	1～3	左の3出題科目のうちから、あらかじめ届け出た2出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	4～5	
「生物基礎・生物」	6～8	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

生物基礎・生物

〔1〕 細胞の情報伝達に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

細胞は細胞外にシグナル分子を放出し、他の細胞に情報を伝達する。そのような細胞間の情報伝達を担う物質としてサイトカイン、ホルモン、神経伝達物質などが知られている。また、細胞によって産生され、これら3つに分類しきれない生理活性物質をオートコイドと呼び、**ア** や **イ** を含む。これらはともに、からだの一部が病原体に感染したり損傷したりすると、損傷部位の細胞から放出され、炎症を引き起こす警報分子として知られている。また、**ア** は花粉症などのアレルギー症状を引き起こすケミカルメディエーターとして **ウ** 細胞から放出される。細胞外の情報伝達物質が標的細胞に存在する受容体に結合すると、標的細胞内で情報が変換・伝達され、最終的に細胞機能の変化が引き起こされる。標的細胞内における情報伝達には、アデニル酸シクラーゼによってATPから産生される **エ** や小胞体から放出される Ca^{2+} などが **オ** メッセンジャーとしてはたらく場合がある。

問1 文中の **ア** ～ **オ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、細胞間の情報伝達の方法について述べた次の選択肢の中から正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

1. サイトカインは主に近傍の標的細胞に作用するタンパク質である
2. ホルモンは内分泌細胞によって産生・分泌され、主に拡散によって近傍の標的細胞へ輸送される
3. 神経伝達物質はニューロンで産生され、シナプス後膜からシナプス間隙に放出して隣接する細胞に情報を伝える
4. 樹状細胞はT細胞に直接接触することで抗原を提示する

問3 下線部②について、炎症によって発熱が起こるしくみを、以下の語句を用いて簡潔に説明せよ。

語句：視床下部、TLR(トル様受容体)、サイトカイン

問4 下線部③について、サイトカインと細胞周期の関係について調べるため、次の実験を行った。

実験 サイトカインXを発現しているある動物の培養細胞をフローサイトメーターという分析装置にかけ、個々の細胞のDNA量を測定した。その結果を細胞1個あたりのDNAの相対量と細胞数の関係としてグラフに表すと図1Aのようになった。なお、この細胞の細胞周期の長さは約16時間と一定しているものとする。

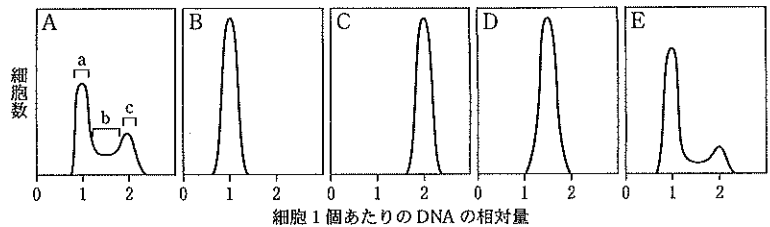


図1 細胞あたりのDNA量と細胞数の関係

- (1) DNA複製を行っている細胞は図1Aのa, b, cのどの位置に検出されると考えられるか。記号で答えよ。
- (2) この培養細胞に、DNAポリメラーゼのはたらきを阻害する薬剤を加えて24時間培養した。細胞1個あたりのDNAの相対量と細胞数の関係はどのようになると考えられるか。図1のA～Dから最も適切なものを選び、記号で答えよ。
- (3) この培養細胞にサイトカインXのはたらきを阻害する薬剤を加えて24時間培養し同様の解析を行った結果、図1Eのようになった。この結果からサイトカインXは細胞周期のどの時期にどのような効果をもたらしていると考えられるか。理由とともに記せ。なお、サイトカインXは細胞周期のひとつの時期にのみ影響を与えるものとする。
- (4) この培養細胞に、ある細胞骨格Yまたはそれとは別の細胞骨格Zのはたらきを阻害する薬剤をそれぞれ加えて24時間培養した。それらの細胞を酢酸オルセインで染色し顕微鏡で観察したところ、図2(i), (ii)に示すような形態の細胞がそれぞれ蓄積していることがわかった。以下の問いに答えよ。

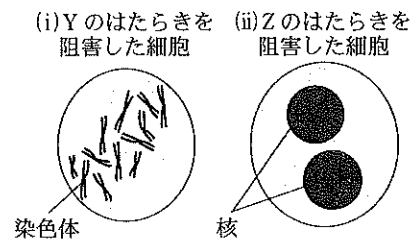


図2 細胞骨格YまたはZのはたらきを阻害した細胞の形態

- (4-1) それらの細胞1個あたりのDNAの相対量と細胞数の関係はどのようになると考えられるか。(i), (ii)それぞれについて図1のA～Dから最も適切なものを選び、記号で答えよ。
- (4-2) 細胞骨格YとZの名称を答えよ。
- (4-3) 実験から読みとれるYとZの細胞分裂におけるはたらきについて、それぞれ簡潔に記せ。

〔2〕 肝臓に関する次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

ヒトの肝臓は **ア** 膜の直下に位置し、肝臓から出る胆管は袋状の **イ** を経由して十二指腸に連絡する。肝臓には、三つの血管が出入りしている。一つは酸素を供給する肝動脈であり、もう一つは小腸などの消化管やリンパ系器官の **ウ** から来る血液を集める肝門脈で、両者を通じて血液は肝臓に流入する。三つ目の肝静脈は肝臓から出る血液を **エ** 脈に流している。肝臓の内部構造の構成単位は角柱状の **オ** で、一つの **オ** には約50万個の肝細胞が含まれている。肝臓のおもな機能には、血糖値の調節、血しょう中のタンパク質の合成、尿素の合成、胆汁の生成、解毒と異物除去などがある。薬物の代謝も解毒の一例で、薬物は体内にとって異物であるため、代謝を受けて体外へ排出される。口から摂取した薬物は主に小腸で吸収され、肝門脈を経て肝臓に送られるが、その代謝にはシトクロームP450(CYP)という一群の酵素が働く。なかでもCYPの一種であるCYP3A4は小腸上皮細胞と肝細胞に分布し、薬物の代謝(解毒)に大きな役割を果たしている。

問1 文中の **ア** ～ **オ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、血糖値の調節について述べた選択肢の中から正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

1. 血糖値が高い時は肝臓でグリコーゲンの分解が促進される
2. すい臓のA細胞から分泌されるグルカゴンは肝臓でのグルコースの取り込みを促進する
3. 交感神経の興奮によって副腎髄質から分泌されるアドレナリンは血糖値を上げる
4. 副腎皮質からは糖質コルチコイドが分泌され、タンパク質の分解を引き起こし、グルコースの合成を促進する
5. 血糖値は間脳視床下部や肝臓で感知されて、自律神経やホルモンが作動する

問3 下線部②について、血しょうに含まれ、浸透圧の調節や物質の運搬に関与するタンパク質の名称を答えよ。

問4 下線部③の尿素の合成について、以下の語句を用いて簡潔に説明せよ。

語句：タンパク質、毒性、尿素回路

問5 下線部④について、肝臓で生成した胆汁は、食物が十二指腸に到達すると分泌される。胆汁の生理的機能を記せ。また胆汁に含まれる成分を1つ挙げよ。

問6 下線部⑤について、ある薬物Xに関する以下の実験を行った。

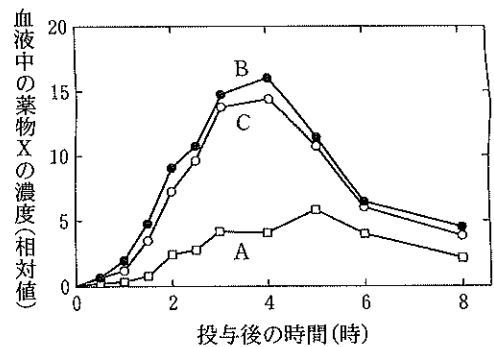
実験1 食物アレルギーなどを持たない健康な人に対し、Xを水またはグレープフルーツジュースとともに経口投与した後、末梢血液中のXの濃度がどのように変化するか調べたところ、右のグラフAおよびBが得られた。

実験2 実験1と同量のグレープフルーツジュースを飲んだ24時間後に、Xを経口投与したところ、グラフCが得られた。

実験3 実験1と同様に水またはグレープフルーツジュースを飲んだ後、小腸に達したときにXを静脈注射したところ、両者の血中X濃度の時間変化はいずれも減衰曲線となり、ほぼ一致した(グラフ無し)。

実験4 実験1と同量のグレープフルーツジュースを飲み、小腸に達してから24時間後に、Xを静脈注射したところ、血中X濃度の時間変化は実験3とほぼ一致した(グラフ無し)。

なお、薬物Xはグレープフルーツジュースの成分と直接相互作用をせず、CYP3A4によってのみ代謝されると仮定する。また、物質の小腸への吸収速度と腎臓での排出速度およびCYP3A4の発現誘導に関しては考慮しなくてよい。



A : 水(同時投与)
B : グレープフルーツジュース(同時投与)
C : グレープフルーツジュース(24時間後にXを投与)

図 薬物X投与後の血中濃度の時間変化

- (1) 薬物XはCa²⁺チャネルを遮断することで、血管の平滑筋を弛緩させる薬である。健康な人が薬物Xをグレープフルーツジュースで飲んだ場合、水と比べてどのような影響が強く人体に現れると予想されるか、考察せよ。
- (2) 実験1と3の結果から、経口投与された薬物Xは生体内のどこで代謝されていると考えられるか、記せ。
- (3) グレープフルーツジュース中のある成分YがCYP3A4と反応していると考えたとき、この成分YはCYP3A4と生体内のどこで反応し、どのような効果を及ぼしていると考えられるか、述べよ。
- (4) 実験の結果から、グレープフルーツジュースを飲んで24時間後における成分Yの存在場所や効果について考察せよ。
- (5) 実験1を複数の人に対して行なった結果、血液中のXの濃度経時変化が、水でもグレープフルーツジュースでも変わらずにグラフBと同じ時間変化を示す人が少数存在した。その人達の考えられる原因として適当なものを、次の選択肢の中から1つ選べ。

1. CYP3A4の遺伝子に点突然変異が生じて不活性になっているため
2. Xに対する抗体を血液中に有しているため
3. CYP3A4が肝臓に発現していないため
4. CYP3A4が小腸に発現していないため
5. 成分Yを分解する消化酵素を有しているため

〔3〕 光合成生物の分類に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

光合成を行う生物の痕跡は、約27億年前の地層から発見されている。現在の地球では、光合成細菌(緑色硫黄細菌・紅色硫黄細菌・シアノバクテリア)や化学合成を行う化学合成細菌(硝酸菌・硫黄細菌など)を含む原核生物、および細胞内共生によって葉緑体を獲得した真核生物(藻類、植物)が光合成を行っている。なお、藻類にはケイ藻類、紅藻類、緑藻類などが含まれ、植物はコケ植物、シダ植物、種子植物に分類される。

光合成を行う際に重要な光合成色素には、クロロフィルやカロテノイドがあり、光エネルギーを利用するために必要とされる。光合成生物は光合成色素の分布からその分類群を推定することが可能である。また、クロロフィルを合成する代謝経路に関わる酵素のアミノ酸配列をもとにした分子系統樹を描くこともできる。

問1 下線部①について、シアノバクテリアによって作られた岩石の名称を答えよ。

問2 下線部②の細胞内共生について、葉緑体の起源が細菌と考えられる根拠を2つ述べよ。

問3 下線部③の光エネルギーを利用して化学物質を作り出す仕組みについて、以下の語句をすべて用いて説明せよ。

語句：光化学系I、光化学系II、電子伝達系、ATP、NADPH

問4 下線部④の光合成色素を分離するために、4種類の生物種A～Dを用いて以下の実験を行った。なお、生物種A～Dはケイ藻類、紅藻類、緑藻類、植物のいずれかに対応する。

実験 生物試料A～Dに、乾燥剤の硫酸ナトリウムを加えた後すりつぶし、ジエチルエーテルを加えて色素を抽出した。抽出液を薄層プレートの原点に滴下し、有機溶媒(石油エーテル：アセトン＝7：3)で展開した。図1にこの薄層クロマトグラフィー(TLC)の結果を示す。なお、灰色の楕円はクロロフィル類を、白色の楕円はカロテノイド類の位置を示している。また、Rf値とは、原点から各色素の中心までの距離を、原点から溶媒前線までの距離で割った値である。

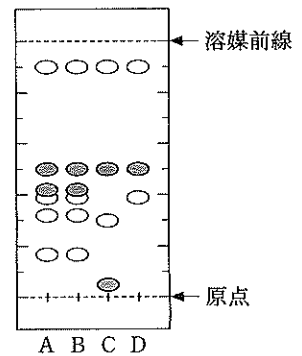


図1

(1) 生物種A～Dすべてに見られるクロロフィルの名称を記し、そのRf値を求めよ。

(2) TLCの結果から、生物種Cにはカロテノイドの一種であるフコキサンチンが特異的に含まれていることがわかった。生物種Cの分類群をケイ藻類、紅藻類、緑藻類、植物から1つ選べ。また、フコキサンチンのRf値を求めよ。

(3) TLCの結果から、生物種Dの分類群はケイ藻類、紅藻類、緑藻類、植物のどれと考えられるか、理由とともに答えよ。

問5 下線部⑤について、右表は問4と同じ生物種A～Dにおける、クロロフィル合成経路に関わる酵素のアミノ酸配列を比較した結果である。数値は、それぞれの生物種の間で異なるアミノ酸の割合(%)を表している。

表

	A	B	C	D
A		—	—	—
B	49.2		—	—
C	70.4	66.9		—
D	57.7	60.2	X	

(1) 生物種CとDのタンパク質は400個のアミノ酸のうち、132個が一致していた。表中のXに入る値を小数第一位まで計算せよ。

(2) 表から図2のような分子系統樹を作成する場合、ア～エはそれぞれ生物種A～Dのどれに該当するか、記号で答えよ。ただし、異なるアミノ酸の割合が最も大きい組合せをアとエとし、生物種Aを基準に考えよ。

(3) 分子系統樹をもとに、表の生物種A～Dに該当する生物名を以下から1つずつ選び答えよ。

ハネケイソウ、アサクサノリ、ワカメ、クラミドモナス、シロイヌナズナ、ネンジュモ

(4) 上記の4種の生物に、細菌や古細菌を加えた分子系統樹を作成する際には、どのような分子の配列を用いて比較すれば良いか、考察せよ。

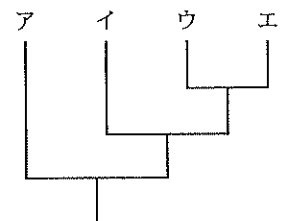


図2