

福島県立医科大学

平成 31 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〕 免疫に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

病原体や有害物質(異物)の侵入は、自然免疫と適応免疫の働きによって阻止、排除されている。自然免疫には、物理的・化学的防御と食作用がある。一方、適応免疫には、B細胞とT細胞の2種類のリンパ球が働く。個々のリンパ球は、1種類の異物しか認識できないので、生体内には認識する相手の異なるリンパ球が少数ずつ多様に用意されている。

B細胞や樹状細胞などは、異物を認識するとその異物を取り込んで分解し、細胞表面の ア を通じて抗原提示を行う。樹状細胞が提示する抗原に適合したT細胞のみが活性化されて増殖する。さらに、B細胞が活性化されると、抗体を産生する イ へと分化する。T細胞が中心となって起こる、感染細胞への攻撃などの免疫反応を ウ と呼び、B細胞が中心となって起こる抗体による免疫反応を エ という。

問1 文中の ア ～ エ に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、自然免疫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. 食作用は好中球、マクロファージ、樹状細胞などの食細胞によって行われる
2. 単球は異物が侵入すると組織に移動してマクロファージに分化し、食作用を行う
3. がん細胞に特異的なタンパク質を認識する抗体が黒色腫や乳がんの治療薬として利用されている
4. マクロファージにはT細胞受容体があり、病原体が持つ糖や核酸などを特異的に認識する
5. ナチュラルキラー細胞は、異常な細胞そのものを排除する

問3 下線部②の食作用について、異物の消化・分解を行う細胞小器官の名称を答えよ。

問4 下線部③の2種類のリンパ球を区別するために、ニワトリを3群に分けて以下の実験を行い、右表の結果を得た。なお、ファブリキウス嚢は鳥類に特有の器官で総排泄腔の背側に位置する。

実験：ヒヨコに対して、ファブリキウス嚢または胸腺の摘出(2群、3群)を行った後、全群においてX線を照射して、孵化前に作られた脾臓や末梢リンパ器官の細胞を破壊した。次に、別なヒヨコの皮膚を移植して、皮膚移植片の定着の有無を観察した。さらに、ウシ血清アルブミンを抗原として接種した後、血液を採取しリンパ球数とウシ血清アルブミンに対する抗体価(一定量の抗原に対して反応を生じる抗体の量)を測定した。

群	1	2	3
胸腺摘出	—	—	+
ファブリキウス嚢摘出	—	+	—
移植片拒絶	あり	あり	なし
リンパ球数(個/mm ³)	13,500	13,500	9,000
抗体価(相対値)	360	0	140

+, —は処置の有無を示す。

- (1) 表の結果を比較して、ファブリキウス嚢の機能について簡潔に説明せよ。特に、リンパ球との関連に注目すること。
- (2) 表の結果を比較して、胸腺の機能について簡潔に説明せよ。特に、リンパ球との関連に注目すること。
- (3) ファブリキウス嚢はヒトやマウスなどには無い器官である。ヒトにおいてファブリキウス嚢と同様の働きをする部位・器官を答えよ。

問5 下線部④について、抗体は2本のH鎖と2本のL鎖からできている。H鎖とL鎖は、それぞれ抗体に共通する定常部と、抗体によって異なるアミノ酸配列を持つ可変部からなる。H鎖の遺伝子は、第14番染色体上に可変部のアミノ酸を指定するV、D、J遺伝子が存在し、1つずつ選ばれて定常部と連結される。一方、L鎖にはκ鎖とλ鎖の2種類がありどちらかが選ばれる。κ鎖は第2番染色体に、λ鎖は第22番染色体上にそれぞれ可変部のアミノ酸を指定するV、J遺伝子が存在し、いずれも1つずつ選ばれて定常部と連結される。以下の問いに答えよ。

- (1) あるヒトの遺伝子を調べたところ、H鎖のV、D、J遺伝子はそれぞれ40、25、6種類ずつあり、L鎖のうちκ鎖とλ鎖のV、J遺伝子はそれぞれ35、5種類と30、4種類ずつあった。上記を総合して、抗体の可変部における組合せは全部で何種類になるか計算せよ。なお、計算式を示すこと。
- (2) 抗体の産生には、(1)の連結に加えて、遺伝子の組合わせの多様性をさらに高める仕組みがある。この仕組みについて簡潔に説明せよ。

〔2〕 動物の発生に関する次の文章を読み、下の問い(問1～7)に答えよ。

多くの動物の発生において、配偶子のもととなる **ア** 細胞は体内に出現後、胚中の未分化な生殖巣に移動する。卵形成の場合、生殖巣が卵巣に成長するに従い、**ア** 細胞は **イ** 細胞になり、体細胞分裂を繰り返して増殖・成長して一次卵母細胞となる。一次卵母細胞は体細胞の一種である **ウ** 細胞に取り囲まれながら成長し、減数分裂を開始する。両生類のカエルでは、減数分裂は第一分裂前期でいったん停止する。この時、核内にはランプラシ染色体と呼ばれる巨大な染色体が観察され、細胞質には **エ** 極側に卵黄が形成される。個体が成長して生殖腺刺激ホルモンが分泌されると、**ウ** 細胞から別のホルモンが分泌され、その刺激で排卵が起こる。排卵された卵母細胞は輸卵管の中で減数分裂を再開し、小さな第一極体を放出して二次卵母細胞になる。そして減数分裂 **オ** 期まで進行すると再び停止した状態で産卵され、水中で受精が起こる。受精後、ただちに第二極体を放出して減数分裂が終了すると、卵割が始まる。一般に卵割期の胚では、細胞周期は主に **カ** 期と M 期から構成されるが、胞胚期以降は細胞周期に変化が生じ、やがて原腸胚、神経胚、尾芽胚へと発生が進んでいく。

問1 文中の **ア** ~ **カ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、ヒトの発生において卵のもとになる **ア** 細胞が出現するのはどの時期か、次の選択肢の中から正しいものを1つ選び数字で答えよ。

1. 着床時(受精後1週間) 2. 受精後3～5週間 3. 受精後30～38週間 4. 出生後3～5週間

問3 下線部②について、この染色体は何本の染色分体からなるか、答えよ。

問4 下線部③について、ヒトにおいて生殖腺刺激ホルモンを放出する器官名を答えよ。

問5 下線部④について、棘皮動物のウニにおいて、水中で精子が未受精卵のゼリー層に到達した際、精子に生じる現象の名称を答えよ。またその時、精子の形態にはどのような変化が生じるか、述べよ。

問6 下線 a, b, c の細胞の核相を答えよ。

問7 下線部⑤について、カエルやウニの初期発生について調べた次の実験結果をもとに、以下の問いに答えよ。

実験1：カエルやウニの受精卵にピューロマイシン(タンパク質の合成阻害剤)を与えたところ、卵割が生じなかった。

実験2：カエルやウニの受精卵にアクチノマイシンD(RNAの合成阻害剤)を与えたところ、発生は胞胚期まで正常に進行し、そこで停止した。

実験3：ウニ卵の受精後のタンパク質合成速度をアクチノマイシンDの存在下、非存在下で比較したところ、図1の結果が得られた。

実験4：カエル卵の受精後の核酸合成速度を測定したところ、図2の結果が得られた。

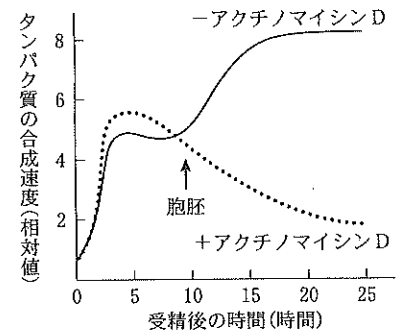


図1

(1) 図1において、ウニでは受精から胞胚期までのタンパク質合成速度は、アクチノマイシンDの存在下、非存在下でほとんど一致していた。その理由を簡潔に説明せよ。

(2) 図1において、ウニでは胞胚期以降のタンパク質合成速度は、アクチノマイシンDの存在下、非存在下で大きく異なる。その理由を簡潔に説明せよ。

(3) 図2において、tRNAとrRNAのサイズはほぼ一定であった。一方、mRNAは幅広い分子量を有する多様な分子の混合物であった。その理由を説明せよ。

(4) ウニ卵において胞胚期まで正常に発生させてからピューロマイシンを加えたら、その後の発生はどうなると考えられるか。実験1～3の結果をもとに、理由と共に説明せよ。

(5) 実験1, 2, 4の結果からカエルの初期発生について導き出される考察として正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

1. 胞胚期まではtRNAは細胞内にほとんど存在しない 2. タンパク質合成は尾芽胚以降、急激に低下する
3. 胞胚期までは母性因子のmRNAが主に用いられる 4. 原腸胚以降には細胞分裂は生じず、細胞分化が生じる
5. 原腸胚以降、細胞内にリボソームが出現する 6. tRNAとrRNAの合成は胞胚期まではほとんど生じない

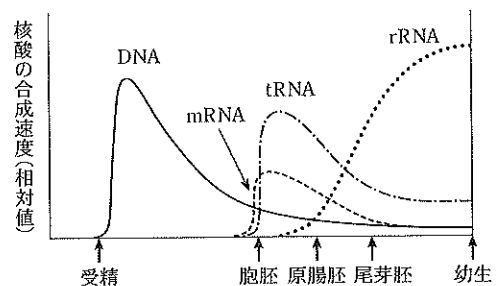


図2

[3] 次の文章を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。

地球上の生物は、大腸菌やシアノバクテリアのような **ア**，好熱菌やメタン生成菌のような **イ**，ミドリムシ、植物、動物などを含む **ウ** の三つのグループに大きく分けることができる。これら地球上に生息するすべての生物は、共通祖先から進化することで生きてきたと考えられている。進化の過程で共通祖先から新しい種が派生する順番を、枝分かれした線で表現した図のことを系統樹と呼ぶ。ミトコンドリア DNA に基づく **エ** 系統樹によれば、現生人類の直接的な祖先は約 20 万年前にアフリカで誕生し、約 10 万年前ごろから他の大陸へと移動を始めた^①とされる。ダーウィンは、1859 年に出版した著書『**オ**』の中で、「生物の集団には様々な **カ** をもつ個体が存在する。環境に適応的な **カ** を持つ個体は生き残りやすいため、他の個体よりも多くの子を残す。その結果、適応的な形質が選択的に次世代に伝わり、進化が起きる」とする自然選択説を提唱した。現在では進化のしくみは、ダーウィンが提唱した自然選択説に、ド・フリースが提唱した **キ** 説や **ク** が提唱した中立説の考えを取り入れて、説明されている。現在、長い年月をかけて進化してきた多くの種が、人間活動の影響で絶滅の危機に瀕している^{②③}。

問 1 **ア** ~ **ク** の空欄を埋めよ。

問 2 下線部①について、図 1 はミトコンドリア DNA の塩基配列情報で作成した人類の系統樹である。図中の凡例 a ~ e は、アジア人、アフリカ人、アメリカ先住民、オセアニア先住民、およびヨーロッパ人のいずれかを示す。このうち、アフリカ人を示すシンボルとして適切なものを 1 つ選び、その理由を説明せよ。

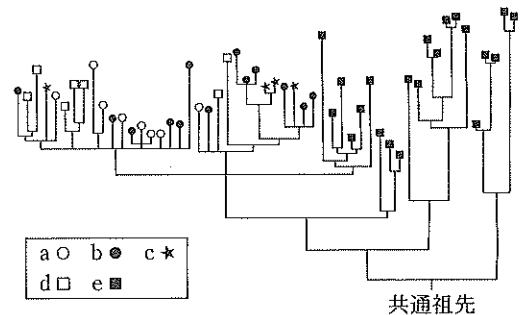


図 1

問 3 下線部②について、中立説について簡潔に説明せよ。

問 4 下線部③に関して行った次の実験について、以下の問いに答えよ。

実験：生育地の破壊によって絶滅の危機に瀕している植物 X について、成木 50 個体とそれぞれから採取した種子約 2,000 粒から DNA を抽出し、5 つの遺伝子座について遺伝的多様性を調べたところ、下表の結果が得られた。ここで、ヘテロ接合度とは、各遺伝子座についてヘテロ接合している個体の割合を示す。なお、植物 X は自家受粉で種子を作る能力、自家和合性を有する。また、対立遺伝子 A ~ E は互いに独立であるとする。

遺伝子座	成木から検出された対立遺伝子(頻度)	ヘテロ接合度の期待値*	成木のヘテロ接合度の実測値**	種子のヘテロ接合度の実測値**
A	A ₁ (0.74), A ₂ (0.20), A ₃ (0.05), A ₄ (0.01)	0.41	0.36	0.21
B	B ₁ (0.63), B ₂ (0.21), B ₃ (0.16)	0.53	0.41	0.15
C	C ₁ (0.70), C ₂ (0.17), C ₃ (0.13)	0.46	0.39	0.17
D	D ₁ (0.96), D ₂ (0.04)	I	0.04	0.02
E	E ₁ (0.66), E ₂ (0.33), E ₃ (0.01)	II	0.28	0.13

*ヘテロ接合度の期待値：ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つと仮定した場合、成木の対立遺伝子の頻度から計算されたヘテロ接合度の値。

**ヘテロ接合度の実測値：成木や種子の対立遺伝子を調べた結果得られた、実際のヘテロ接合度の値。

- (1) 表の空欄 I と II に入る適切な値を計算せよ。なお、小数点以下第三位を四捨五入して答えよ。
- (2) 表において、遺伝子座 A ~ C の種子のヘテロ接合度の実測値が、期待値よりも低いのはなぜか、その理由を説明せよ。
- (3) 表において、遺伝子座 A ~ C の種子のヘテロ接合度の実測値が、成木のヘテロ接合度の実測値よりも低いのはなぜか、有害な劣性遺伝子の存在に着目して説明せよ。
- (4) 植物 X の個体数を増やそうとしたとき、次の選択肢の中で最も効果的な手法を 1 つ選び、理由を説明せよ。
 1. 最も多く実をつけている成木から大量の種子を採取し、温室で苗まで育ててからもとの生育地に植え戻す
 2. 人工交配によって、異なる対立遺伝子を持った個体間で受粉させる
 3. 野生集団からランダムに抽出した成木を、それぞれ離れた場所に移植して生育地を広げる