

令和4年度入学者選抜学力検査問題
〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎 ・ 物 理	2 頁 ～ 7 頁
化 学 基 礎 ・ 化 学	8 頁 ～ 17 頁
生 物 基 礎 ・ 生 物	18 頁 ～ 27 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理, 化学, 生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し, 解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

ヒトのからだは、体内外の環境の変化を速やかに感知して各器官のはたらきを調節し、体内環境の変化を一定の範囲内に維持するしくみを備えている。間脳の視床下部^(a)は体内環境の変化を敏感に感知し、自律神経系および内分泌系の中核として各器官のはたらきを調節する役割を担っている。自律神経は交感神経と副交感神経からなり、体温や血液循環、消化などののはたらきを調節^(b)している。一方、ホルモンは内分泌腺と呼ばれる器官の細胞でつくられ、血液循環によって全身をめぐり、特定の組織や器官にはたらきかける。ある種のホルモンは腎臓に作用して、からだの水分量や体液に含まれるイオンの濃度^(c)を調節する。水やグルコースはほとんど再吸収されるが、尿素などの老廃物はあまり再吸収されずに尿として体外に排出される。^(d)

問1 下線部(a)について、間脳は生命維持に関係する脳幹の一部である。間脳の他に脳幹を形成する脳の構造物の名称を2つ答えなさい。

問2 下線部(b)について、

(i) 組織や器官のはたらきを調節する神経伝達物質のうち、交感神経の末端、および副交感神経の末端から分泌される物質をそれぞれ1つずつ答えなさい。

(ii) 血液中の二酸化炭素濃度が高まると、組織への酸素供給量はどのように変化するか、以下の用語をすべて使って説明しなさい。用語は何度使っても構わない。

用語：心臓拍動中枢、組織への酸素供給量、交感神経、ペースメーカー、心臓の拍動数、血流量

問3 下線部(c)について、

(i) ヒトの腎臓はどの胚葉から分化するか、答えなさい。

(ii) 脳下垂体後葉から分泌され、体液の塩分濃度を調整するホルモンの名称を答えなさい。

また、このホルモンの作用について、以下の用語をすべて使って説明しなさい。用語は何度使っても構わない。

用語：神経分泌細胞、標的細胞、アクアポリン、細胞膜、水の再吸収、尿量

(iii) ヒトの体内に投与されたインスリンは、分解されずにすべて腎臓の腎小体でろ過され、その後全く再吸収されずに尿中に排泄される。Aさんにインスリンを持続的に投与したところ、インスリンの血しょう中の濃度は0.1 mg/mlで一定となった。また、Aさんの体内では1分間に1 mlの尿が生成され、尿中のインスリン濃度は12 mg/mlであった。次に、化合物BをAさんに投与したところ、腎臓における水の再吸収率が投与前にくらべて1%減少した。

まず、Aさんの体内で、1分間にろ過される原尿の量を計算しなさい。次に、化合物Bを投与した後のAさんの尿中のインスリン濃度を計算過程を含めて小数第一位まで答えなさい。ただし、化合物Bは、腎臓における水の再吸収率だけに作用するものとする。

問4 下線部(d)について、尿素は体内で生じた有害な物質からつくられる。この有害な物質と尿素をつくり出す代表的な器官の名称をそれぞれ答えなさい。

問5 海水生硬骨魚類では体液の塩分濃度が海水よりも低く保たれている。一方、淡水生硬骨魚類では、体液の塩分濃度が淡水よりも高い。それゆえ、海水生硬骨魚類と淡水生硬骨魚類では、体液の塩分濃度を調節するしくみが異なっている。硬骨魚類の環境水の取り込み、えらの機能、腎臓における水の再吸収について考察し、解答用紙の表中の2つの選択肢のうち、正しい方を丸で囲みなさい。

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

遺伝子の実体が DNA であると示されたのは 20 世紀半ばである。それ以前は、遺伝子が細胞核内の(ア)上に存在することがわかっていたが、遺伝子の本体がタンパク質なのか核酸なのかは不明であった。1953 年にワトソンとクリックにより DNA の(イ)構造が示され、遺伝情報が正確に複製されるしくみをうまく説明することが可能となった。その後、DNA の 4 種類の塩基の配列が(ウ)の数や配列順序を指定し、どのようなタンパク質がつけられるのかを決めていることがわかった。この DNA からタンパク質が合成される過程は、DNA→RNA→タンパク質の順に一方に伝達され、生物に共通することからクリックはこれを(エ)と呼んだ。クリックが(エ)を提唱した草案には、のちにレトロウイルスの研究より発見された(オ)→(カ)への遺伝情報の伝達も予見されていた。

2019 年に発生した新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は、短期間の内に世界に拡がり、多くの人々の生活や命に影響を与えてきた。COVID-19 の原因ウイルスは RNA ウイルスの一種である SARS-CoV-2 である。SARS-CoV-2 の感染は、ウイルスの殻上に発現するスパイクタンパク質(S タンパク質)を介したヒトの細胞への結合が起点となる。この S タンパク質は 1273 アミノ酸から成り、一部のアミノ酸が変化することにより特性の異なる様々な変異株が生じる。これらの変異株は、WHO(世界保健機関)によって表 1 のように命名されている。

SARS-CoV-2 の変異系統名 (WHO 呼称)	S タンパク質における主なアミノ酸変異
B. 1. 1. 7(アルファ株)	N501Y
B. 1. 351(ベータ株)	E484K, N501Y
P. 1(ガンマ株)	K417T, E484K, N501Y
B. 1. 617. 1(カッパ株)	L452R, E484Q, P681R
B. 1. 617. 2(デルタ株)	L452R, P681R

表 1 SARS-CoV-2 の変異株と S タンパク質のアミノ酸の変化

現在、世界中で SARS-CoV-2 の感染を防ぐ為にワクチンの接種が行われているが、抗原そのものを投与する従来型ワクチンと異なる新しいタイプのワクチンが注目されている。このワクチンは、SARS-CoV-2 の S タンパク質をコードする人工合成 mRNA を脂質の膜でつつんだものであり、筋肉に接種することによって筋細胞で S タンパク質の発現が誘導される。その結果、S タンパク質に対する免疫応答が開始され、SARS-CoV-2 に対する免疫が確立する。一方、通常の人工合成 mRNA をヒトの細胞に導入すると、mRNA から翻訳されたタンパク質ではなく mRNA そのものが異物として認識され、免疫応答を誘導することが知られている。免疫応答の一例とし

て TNF- α (炎症を通した生体防御に関わるサイトカイン)の分泌などが挙げられ、このサイトカインは炎症反応の増悪や細胞死にも関与している。2005 年、カリコとワイスマンは、哺乳類の細胞から分離した由来の異なる様々な RNA を脂質の膜につつんで、培養中の樹状細胞に取り込ませたところ、RNA の種類によって免疫応答(TNF- α の分泌量)が異なることを見出した(図 1)。この実験で使用した RNA を詳しく調べたところ、免疫応答の低い RNA では幾つかの塩基が化学修飾されていた。そこで同じように化学修飾した mRNA を用いることにより、不都合な非特異的炎症反応を起こさないワクチンが実用化された。

問 1 (ア)～(カ)に当てはまる用語を答えなさい。

問 2 下線部(a)に関して、「遺伝子の本体が核酸である」ことを示した実験法について「形質転換、病原性、肺炎双球菌」という用語を用いて答えなさい。

問 3 下線部(b)に関して、遺伝情報がどのように正確に複製されるか答えなさい。

問 4 下線部(c)に関して、表 1 に主な SARS-CoV-2 の変異株の S タンパク質の主な変異を示す。アルファ株の N501Y は S タンパク質の 501 番目のアミノ酸がアスパラギン(N)からチロシン(Y)に変化したことを示す。L452R, E484K 及び P681R についてどのような変異がウイルスゲノム上で起こったのかを表 2 を参考にして解答用紙の例に習って答えなさい。なお、塩基配列の変異は最小限に留めること。

mRNA の遺伝暗号表

		2 番目の塩基				
		U	C	A	G	
1 番目の塩基	U	UUU } フェニルアラニン(F)	UCU } セリン(S)	UAU } チロシン(Y)	UGU } システイン(C)	3 番目の塩基
		UUC }	UCC }	UAC }	UGC }	
		UUA } ロイシン(L)	UCA }	UAA } 終止コドン	UGA } 終止コドン	
		UUG }	UCG }	UAG }	UGG } トリプトファン(W)	
	C	CUU } ロイシン(L)	CCU } プロリン(P)	CAU } ヒスチジン(H)	CGU } アルギニン(R)	
		CUC }	CCC }	CAC }	CGC }	
		CUA }	CCA }	CAA }	CGA }	
		CUG }	CCG }	CAG }	CGG }	
	A	AUU } イソロイシン(I)	ACU } トレオニン(T)	AAU } アスパラギン(N)	AGU } セリン(S)	
		AUC }	ACC }	AAC }	AGC }	
		AUA }	ACA }	AAA }	AGA }	
		AUG } メチオニン(M)	ACG }	AAG }	AGG } アルギニン(R)	
	G	GUU } バリン(V)	GCU } アラニン(A)	GAU } アスパラギン酸(D)	GGU } グリシン(G)	
		GUC }	GCC }	GAC }	GGC }	
		GUA }	GCA }	GAA }	GGA }	
		GUG }	GCG }	GAG }	GGG }	

表 2 mRNA の遺伝暗号表 アミノ酸の名称とカッコ内に略号を示す

問 5 下線部(d)に関して、免疫に関わる樹状細胞はどの様にして外来の mRNA を異物として認識しているのか答えなさい。また、このしくみがヒトの生存に有利な理由も答えなさい。

問 6 下線部(e)に関して、

(i) カリコとワイスマンはどの RNA に着目して免疫応答の少ない mRNA ワクチンの作成法を考えたのか、また、その理由も含めて答えなさい。

(ii) 新しいタイプの mRNA ワクチンは従来型ワクチンと比較してどの様な点で優れているのか答えなさい。

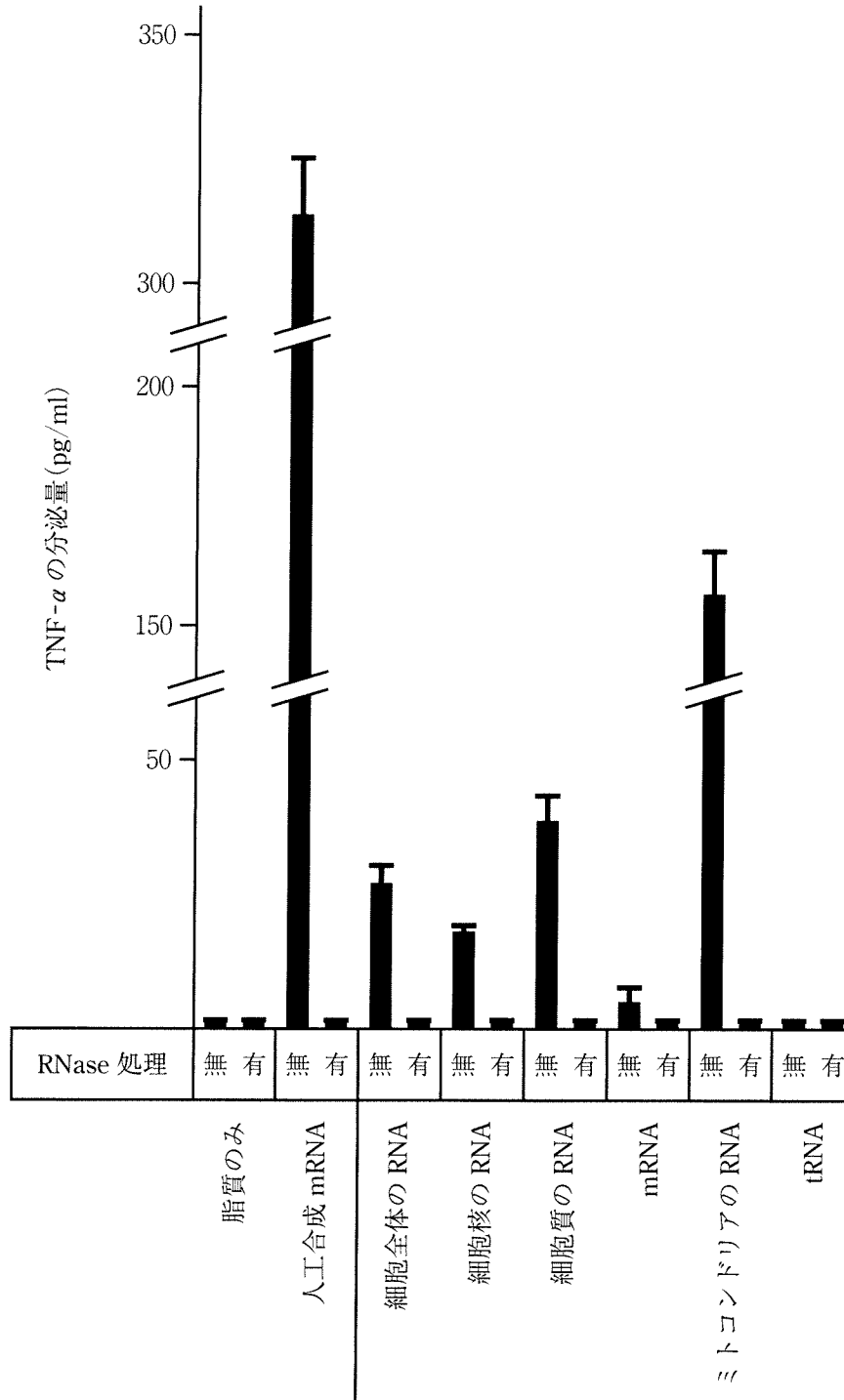


図1 培養した樹状細胞に種々のRNAを脂質につつんで導入し、培養液中に分泌されたTNF- α の量を測定したものである。RNaseはRNA分解酵素を示す。使用しているRNAは非常に純度が高いものとする。出典 Immunity, Vol. 23, p165-175, 2005より一部改変

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

地球上にはヒトを含む哺乳類が6千種ほど生息しているが、このうち約20%を翼手目であるコウモリが占めている。大別するとコウモリには、視覚と嗅覚を駆使して餌となる果実を探す大型のオオコウモリと、超音波を発して自分と周囲のものとの位置関係を把握する反響定位によって、飛行中に障害物を避けながら、獲物である昆虫を捕食する小型のココウモリがいる。オオコウモリとココウモリには翼を持つという共通点があるが、脳と視神経の接続の仕方が全く異なるなど多くの違いがあるため、「別々の祖先から進化し、独立に飛行能力を獲得したのではないか」という説もあった。しかし、最近のミトコンドリアDNA配列の解析により、オオコウモリとココウモリは系統的にも近縁であることが明らかになった。また、原始的なコウモリの化石の解析から、前肢は翼となって飛行が可能であったことや、耳の構造は反響定位に対応していなかったことが判明しており、コウモリはまず飛行能力を得た後に、一部の種が反響定位の能力を獲得したと考えられている。

コウモリというと、新型コロナウイルスの感染源の1つである可能性だけでなく、狂犬病ウイルスやエボラウイルスといった人獣共通感染症の感染源であると指摘されている。しかし不思議なことに、様々な動物に重篤な症状を及ぼすこれらのウイルスに感染しても、コウモリには重篤な症状がほとんど起きていない。この理由は未解明だが、今後コウモリの生態・ゲノム・生理・進化に関する基礎研究が進むことで、コウモリは如何にして様々なウイルスと共存しているのか、どのコウモリがどのようなウイルスを保持しているのか、どのようにすれば人間への感染を防ぐことができるのかなど、様々な問題の解決への糸口が見つかることが期待される。

問1 下線部(a)に関して、以下の問いに答えなさい。

- (i) 中生代に出現し、新生代より繁栄するようになった哺乳類の持つ特徴を3つ簡潔に述べなさい。
- (ii) 現生哺乳類全種の約半数を占め、現在最も繁栄している哺乳類を以下の5つの中から1つ選びなさい。
(食肉目、偶蹄目、げっ歯目、長鼻目、霊長目)

問2 下線部(b)に関して、以下の問いに答えなさい。

(i) 図1に示すように、コウモリは捕食の際に特定の周波数のパターンを持つ鳴き声を発し、その反響音との時間差(①)および周波数の変化(②)を検出している。①と②からコウモリはどのような情報を得ているのか、それぞれについて簡潔に述べなさい。また、図1のような反響音がする場合、標的はどのような行動をとっていると考えられるか、簡潔に述べなさい。

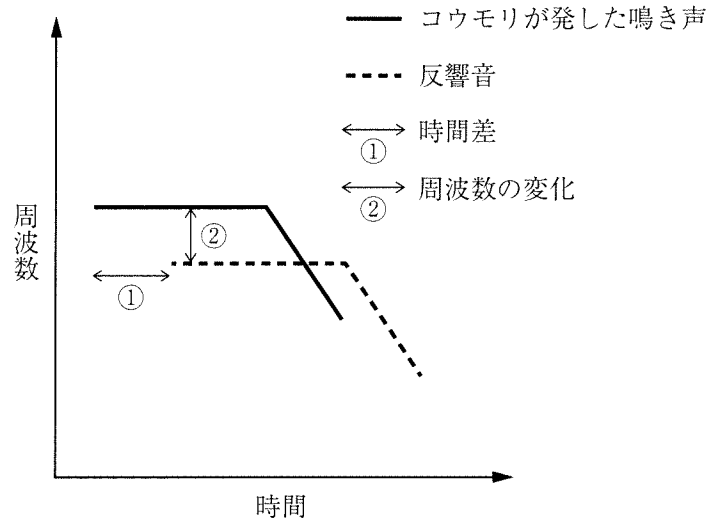


図1 コウモリが発した1回の鳴き声とその反響音の関係

(ii) コウモリの反響定位は、物体の表面が凸凹していて、自分が発した超音波が色々な方向に反響する場合に正しく機能する。しかし表面が滑らかな物体では、鏡に対する光の反射と同様に、入射角が垂直以外では超音波は別方向に反射してしまい、コウモリの元へ反響して戻って来なくなる。ドイツのグループが2010年に行った実験であるが、表面が滑らかな金属板を水平に寝せる、あるいは、垂直に立てて設置した場合、飛翔するコウモリがこの金属板に対してどのような行動を示したかをそれぞれ予想して、簡潔に述べなさい。ちなみに、表面が滑らかな水平面は湖面などとして自然界に存在するが、垂直面は人工建造物などにしか見られず自然界に存在しない。

(iii) コウモリと同様にクジラやイルカの仲間にも、水中で超音波を使って反響定位を行う種が存在する。これは収れん(収束)進化だと考えられるが、反響定位が両者に共通のどのような環境に適応するものであると考えられるか説明しなさい。

(iv) 反響定位を行うコウモリを天敵とする昆虫の中には、超音波を検知し回避行動をとるよう
に適応した種も存在する。超音波を受容できる
が、コウモリがまだ遠くにいる場合には方向
転換してコウモリから遠ざかり、コウモリが近
くにいる場合には、急旋回や急下降、自然落下
により進行方向を予測不能にして、捕食される

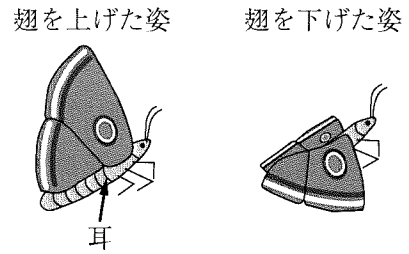


図2 ガの耳の位置と翅を上下した姿

のを回避する。図2のように、ガの耳は胸部の両側面にあるため、体や翅の影になると音が小さくなる。例えば図3 Aのように、音源までの距離に影響を受ける場合、接近してコウモリの声(音)が大きくなるほどガの聴神経は高頻度で応答する。また図3 Bのように、音源が自分の左右どちらにあるかを見定める場合、左右の耳で聴く音の強弱の違いで、音源側(右)の聴神経は強く、反対側(左)の聴神経は弱く応答する。それでは、音源が自分の上(図3 C)あるいは自分より下(図3 D)にある場合、ガの羽ばたきによって音の大小はどうか変化し、聴神経の応答がどうなるかを推測し、解答欄の図中に記入しなさい。

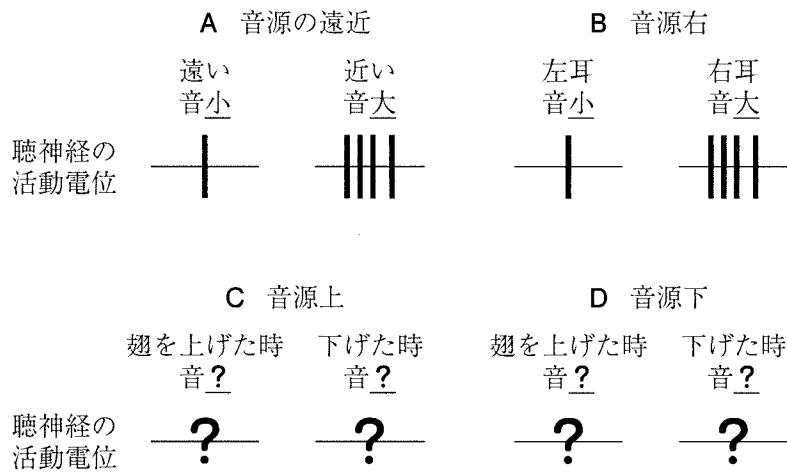


図3 音源となるコウモリの位置によるガの聴神経の応答の変化

問3 下線部(c)に関して、以下の問いに答えなさい。

ミトコンドリアDNAは、生物の進化の研究に有用な特徴を3つ備えている。1つ目は、1個の細胞にミトコンドリアが数百個含まれるため、ミトコンドリアDNAを大量に調製することが可能であること。2つ目は、ミトコンドリアDNAは核DNAに比べて塩基置換の起こる速度が5~10倍と速いため、比較的短い進化的時間の中で生じたDNAの変異を効率良く測定できること。では、3つ目はどのような特徴か、その理由とともに簡潔に述べなさい。ちなみに、生物進化に関するDNAの系統解析では、ミトコンドリアDNAと核内のY染色体DNAの解析が相補的に行われていることを参考に考えなさい。

問 4 下線部(d)に関して，以下の問いに答えなさい。

仲間うちでウイルス感染が広がりやすい原因として，ヒトとコウモりに共通の生態がみられる。考えられることを3つ簡潔に述べなさい。

