

令和4年度・個別学力検査

理 科 (後)

注 意 事 項

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ません。
2. この冊子は26ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 問題選択に関する注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち1科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった2科目の解答用紙は試験開始後、40分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙6枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

令和4年度個別学力検査 後期日程

総合生命理部
理科問題

名古屋市立大学 学生課入試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
◇M12(426—121)
することを禁じます。

理 科 問 題

物 理 問題 1 3 ページ
 " 2 6 "

化 学 問題 1 10 ページ
 " 2 14 "

生 物 問題 1 18 ページ
 " 2 22 "

解 答 用 紙

理科 物理解答用紙 2 枚
理科 化学解答用紙 2 枚
理科 生物解答用紙 2 枚

物 理

物理問題 1

図1に示すゴルフクラブのヘッドを周期 T の円運動となるように一定の角速度で振る。円運動の中心はグリップ端とし、シャフトの長さ r はグリップ端からヘッドの重心までとする。グリップを含めたシャフトの質量とヘッドの厚み、空気抵抗、重力は無視して考え、円周率を π として以下の各問いに答えよ。

- (1) ヘッドスピード(ヘッドの重心の速度)を r , T , π を用いた式で表せ。
- (2) ヘッドの質量を M とした時のヘッドの重心にかかる向心力を r , T , M , π を用いた式で表せ。

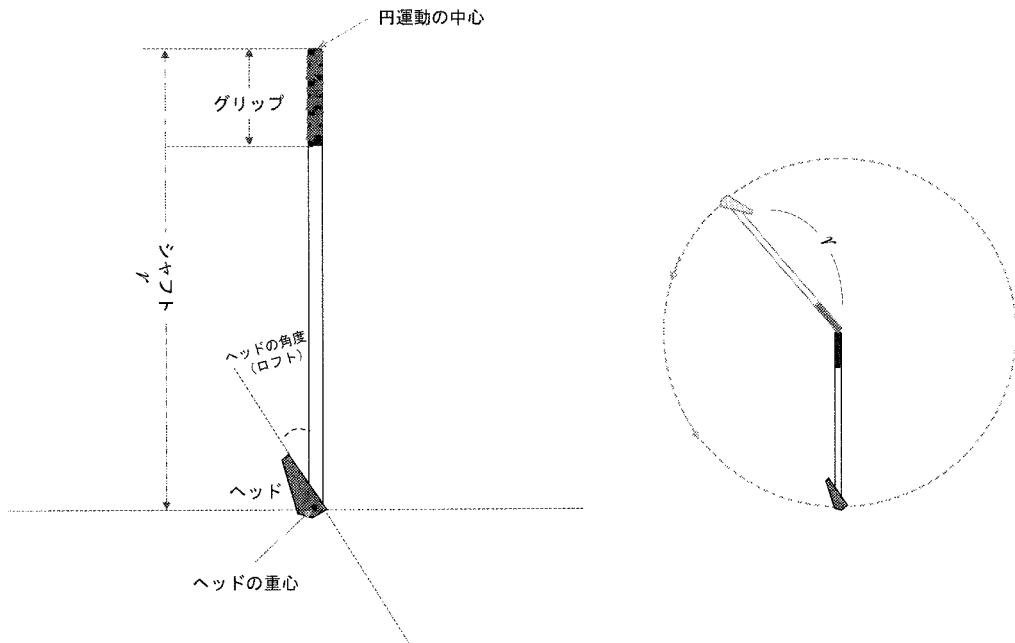


図1

ヘッドの質量が M ，シャフトに対するヘッドの角度(ロフト)が 0 [rad] のゴルフクラブを前述の角速度で振る場合を考える。図 2 のように円運動の最下点である地点 P_0 において，静止している質量 m のゴルフボールをヘッドの重心で打ったところ，ゴルフボールは地平線に沿って(図 2 の **ア** で示す向きに) v_1 の初速度で飛び出した。ゴルフボールに当たった直後のヘッドスピードは $1/50$ だけ減少した。ゴルフボールとヘッドの衝突は非弾性衝突で，瞬間的に生じたとする。ゴルフボールとヘッドや地面との摩擦，重力，およびゴルフボールの大きさは無視してよい。ヘッドがゴルフボールに当たる瞬間は，ヘッドがシャフトから切り離されて円運動の接線方向である地平線(水平)に向かって進んでいると考えてよい。以下の各問いに答えよ。

(3) ゴルフボールの速度 v_1 を r ， T ， m ， M ， π を用いた式で表せ。

ヘッドの質量が不明，シャフトに対するヘッドの角度(ロフト)が α [rad] のゴルフクラブに取り替えて，前述の角速度で振る場合を考える。円運動の最下点である地点 P_0 において，静止している質量 m のゴルフボールを打ったところ，ゴルフボールは地平線に対して角度 $\alpha + \beta$ [rad] の方向(図 2 の **イ** で示す向き)へ初速度 v_2 で飛び出した。ゴルフボールに当たった直後のヘッドスピードは $1/100$ だけ減少した。ゴルフボールとヘッドの衝突は非弾性衝突で，瞬間的に生じたとする。ゴルフボールとヘッドや地面との摩擦，重力，およびゴルフボールの大きさは無視してよい。以下の各問いに答えよ。

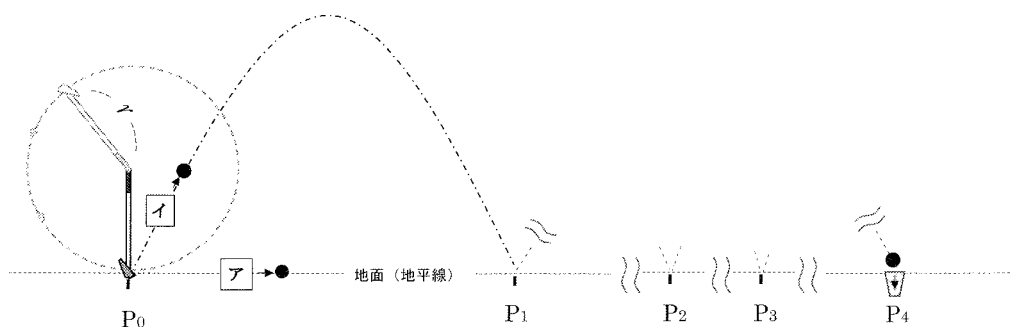


図 2

(4) ゴルフボールとヘッドの間のはね返り係数 e を $v_2, r, T, \alpha, \beta, \pi$ を用いた式で表せ。

(5) ゴルフボールとヘッドの間のはね返り係数 e を $4/5$ として、問い(4)の解答から v_2 を導け。

前述のシャフトに対するヘッドの角度(ロフト)が α [rad] のゴルフクラブで打ったゴルフボールの軌道について考える。重力加速度の大きさを g とする。ゴルフボールは、図2のような放物線を描いて地点 P_1 に落下した。ゴルフボールを打った時刻を 0 とし、以下の各問いに答えよ。

(6) 角度 $(\alpha + \beta)$ [rad] を角度 θ [rad] とし、ゴルフボールが最も高く上がった時刻 t_1 を v_2, g, θ を用いた式で表せ。

(7) 地点 P_0 から P_1 までの距離 D_1 を v_2, g, θ を用いた式で表せ。

(8) ゴルフボールは1回目の落下地点 P_1 ではね返った後、2回目の落下地点 P_2 、3回目の落下地点 P_3 でもはね返り、4回目の落下地点である P_4 直下に埋まっているカップに転がることなく直接落ちて静止した。 P_0 から P_4 までの距離を v_2, g, θ を用いた式で表せ。ただし、ゴルフボールと地面とのはね返り係数は、地点 P_1 で $4/5$ 、地点 P_2 で $1/2$ 、地点 P_3 で $1/5$ として計算すること。

物理問題 2

図1の回路は、電気容量がそれぞれ C_1 と C_2 の平行板コンデンサー1と2が直列に接続された経路、絶縁性の断熱材で作られたシリンダーとピストンのなかに納められた抵抗 r_1 の抵抗1と接続された経路、抵抗がそれぞれ r_2 と r_3 の既知抵抗2および3、可変抵抗4、未知抵抗 X 、検流計 G からなる経路が、スイッチの開閉により起電力 V の電池に接続できる装置である。最初、スイッチはすべて開いているとする。

図2のように、平行板コンデンサーは一辺の長さが $2L$ の薄い正方形の電極対からなり、電極間距離はコンデンサー1が $3d$ 、コンデンサー2は d である。コンデンサーは真空中に置かれているとする。真空の誘電率を ϵ_0 とし、 d は $2L$ に比べて十分に小さいものとする。また、コンデンサー1と2のそれぞれに対し、一辺の長さが $2L$ の正方形で厚さ d の導体板1および2を、電極間に平行に挿入できる仕組みになっており、挿入方向以外の方向にはみ出すことはない。導体板の電気抵抗は無視できる。

シリンダーとピストン内には 1 mol の単原子分子からなる絶縁性の理想気体が密閉されており、ピストンは内外の圧力差によりゆっくりとなめらかに動くことができる。シリンダーの断面積を S 、気体定数を R とする。気体の初期温度は T とする。シリンダーとピストン周囲は圧力 P_0 の大気を取り巻いているとする。

まず、導体板 2 をコンデンサー 2 の中に完全に挿入したのち、スイッチ 1 およびスイッチ 2 を閉じた。

- (1) コンデンサー 1 の電極間の電位差の大きさを求めよ。また、コンデンサー 1 の陽極側に蓄えられる電気量 Q_1 を求めよ。
- (2) スイッチ 1 およびスイッチ 2 を閉じたまま、導体板 1 をコンデンサー 1 の中へ完全に挿入した。このときの導体板 1 の上面と下面の電位差の大きさを求めよ。またコンデンサー 1 の陽極側に蓄えられる電気量 Q_2 を求めよ。
- (3) スイッチ 1 およびスイッチ 2 を閉じたまま導体板 1 を動かし、コンデンサー 1 の中で長さ L だけ挿入されている状態とした。このときコンデンサー 1 の陽極側に蓄えられる電気量 Q_3 を求めよ。
- (4) 導体板 1 をコンデンサー 1 から完全に引き抜いたあと、図 2 の太い矢印の向きに動かし、コンデンサー 1 の中にゆっくりと挿入させる。挿入されている部分の導体板 1 の長さを x とする。横軸を x 、縦軸をコンデンサー 1 の陽極側に蓄えられる電気量とするグラフを解答欄に示せ。

次にスイッチ 1 およびスイッチ 2 を閉じたまま、導体板 1 および 2 をコンデンサーの中から完全に引き抜いた。

- (5) コンデンサー 1 および 2 の合成容量 C を求めよ。またこのときのコンデンサー 2 の陰極側に蓄えられる電気量 Q_4 を求めよ。
- (6) コンデンサー 1 および 2 に蓄えられる静電エネルギーの総量 E を求めよ。

- (7) この状態からスイッチ 1 を開き，スイッチ 3 を閉じた。十分に時間がたった後の，シリンダーとピストン内の気体の体積の変化量 ΔV ，温度の変化量 ΔT ，気体が外部にした仕事 W を求めよ。なお，抵抗 1 で発生する熱はすべて気体の温度を一様に上昇させるのに使われるとする。

全てのスイッチを開いて最初の状態としたのち，スイッチ 1 と 4 を閉じた。

- (8) 可変抵抗 4 の抵抗値を適当に変化させると，抵抗値が r_4 のときに検流計に流れる電流がゼロとなった。未知抵抗 X の抵抗値は r_4 の何倍になるか， r_2 ， r_3 を用いて答えよ。
- (9) 可変抵抗 4 の抵抗値を r_4 の半分にすると，検流計に電流が流れた。電流が流れる向きは図の右向きか左向きか，理由とともに答えよ。

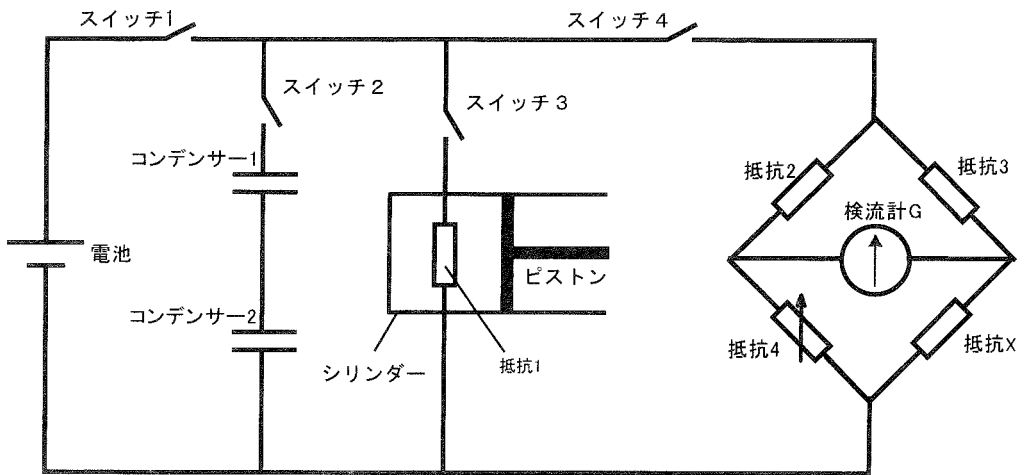


図 1

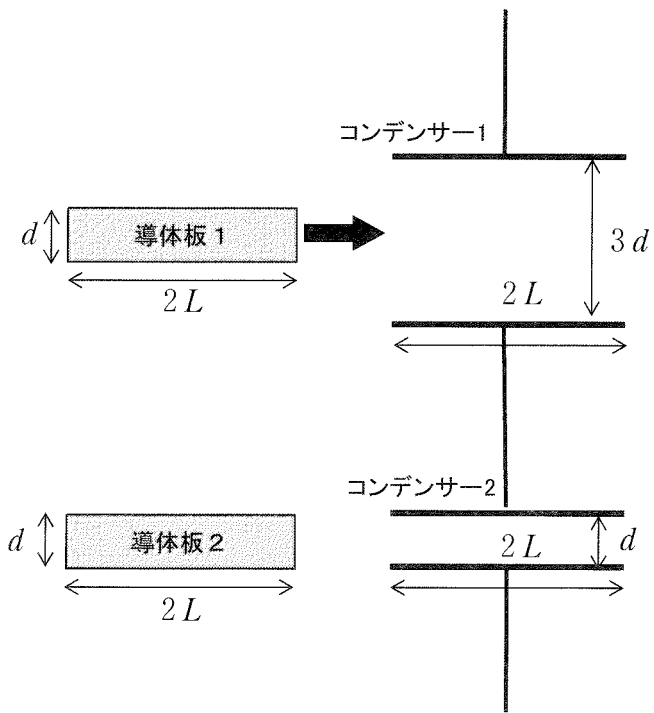


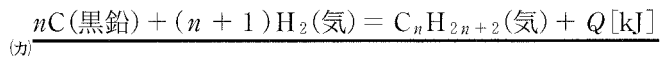
図 2

化 学

化学問題 1

(1) 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

炭素の原子番号は6であり、原子量は12.011である。炭素の同素体には、ダイヤモンドやグラファイト(黒鉛)などがある。炭素または炭素化合物が不完全燃焼するとき、有毒な気体である ① が生成する。① と酸化鉄(Ⅲ)Fe₂O₃を反応させると単体の鉄が得られる。炭素と窒素が1つずつ結合した陰イオンは、シアン化物イオンとよばれる。シアン化物イオンは様々な金属イオンに配位結合し、錯イオンを形成する。炭素と水素からなる化合物は炭化水素とよばれる。黒鉛と気体の水素から気体の飽和炭化水素C_nH_{2n+2}を生成する反応の熱化学方程式は、以下の式で表される。ただし、*n*は炭素数とする。



問 1. 下線部(ア)について、炭素の同位体のうち、存在比が多いものを2つ挙げよ。そのうち、存在比が少ない方の同位体の存在比を、百分率(%)として有効数字2桁で答えよ。存在比の算出においては、同位体としてこれら2つのみを考えればよい。

問 2. 下線部(イ)について、ダイヤモンドは非常にかたいのに対し、黒鉛はやわらかい。この理由を簡潔に説明せよ。

問 3. ① に当てはまる最も適切な化合物を化学式で記せ。

問 4. 下線部(ウ)について、この化学反応式を記せ。

問 5. 下線部(エ)について、シアン化物イオンを電子式で記せ。

問 6. 下線部(オ)について、鉄(Ⅲ)イオンにシアン化物イオンが配位結合すると、

②

 形の錯イオンが生成する。この錯イオンの化学式を記せ。また②
に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 7. 下線部(カ)について、C(黒鉛)の昇華熱を 718 kJ/mol, H—H 結合, C—H 結合, C—C 結合の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol, 413 kJ/mol, 348 kJ/mol とするとき、飽和炭化水素 C_nH_{2n+2} (気)の生成熱 Q を、 n を含む式として記せ。

(2) 次の文章を読み、問 8～問 13 に答えよ。

二酸化ケイ素 SiO_2 はシリカともよばれ、天然に多量に存在している。 SiO_2 は薬品に侵されにくい、③ の水溶液にはよく溶ける。 SiO_2 を還元して作ったケイ素の単体は金属に似た光沢があり、その結晶の電気伝導性は金属と非金属の中間の大きさで ④ の性質を示す。

酸化アルミニウム Al_2O_3 はアルミナともよばれ、ボーキサイトから得られる。 Al_2O_3 は両性酸化物であり、酸や強塩基の水溶液に、反応して溶ける。 Al^{3+} を含む水溶液に 希薄な水酸化ナトリウム水溶液 ^(キ) を加えていくと水酸化アルミニウムが生成する。^(ク) Al_2O_3 を還元して作ったアルミニウムの単体は 面心立方格子の結晶構造 ^(ケ) をとる。また、アルミニウムに硫酸を加えると水素が発生する。 ^(コ)

問 8. ③ に当てはまるハロゲン化水素を化学式で記せ。

問 9. ④ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問10. 下線部(キ)について、塩酸あるいは水酸化ナトリウム水溶液に溶かしたときの化学反応式をそれぞれ記せ。

問11. 下線部(ク)について、希薄な水酸化ナトリウム水溶液をさらに水で希釈し、濃度 c mol/L の水溶液とした。このような条件における水酸化物イオンの濃度を考える場合、水の電離が無視できない。溶液中の全水素イオン濃度を x mol/L、全水酸化物イオン濃度を y mol/L、水のイオン積を K_w (mol/L)² として、以下の問いに答えよ。

(i) y を x と c を含む式として記せ。

(ii) y を c と K_w を含む式として記せ。

問12. 下線部(ケ)について、以下の設問に答えよ。ただし、面心立方格子において原子半径を r cm, 原子量を M , アボガドロ定数を N/mol , 円周率を π とする。

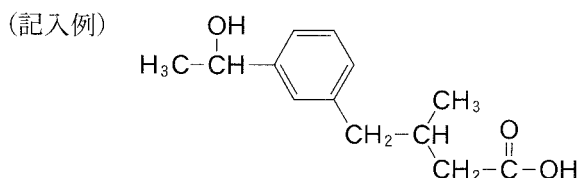
(i) 結晶構造における単位格子の体積に含まれる原子の体積の割合(充填率)を求めよ。ただし、結晶内では最も近いところに存在する原子は互いに接触しているものとする。

(ii) 結晶の密度(g/cm^3)を, r , M , N を含む式として記せ。

問13. 下線部(コ)のように水素発生実験を行った。発生した水素を水上置換で捕集した。捕集に用いたメスシリンダーの水面と水槽の水面を一致させ、捕集した水素の体積を測定すると 24.9 mL であった。この実験は, 27°C , $9.96 \times 10^4 \text{ Pa}$ の大気圧のもとで行われた。気体は理想気体とし, 27°C の水の蒸気圧を $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$, 気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ として, 捕集した水素の物質質量(mol)を有効数字 2 桁で答えよ。

化学問題 2

次の(1)~(3)の文章を読み、問1~問12に答えよ。構造式は記入例にならって記せ。ただし、原子量は、H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, I = 127とする。



(1) 以下の実験1~実験7を行った。

【実験1】

フェノールを水酸化ナトリウムによって中和すると、水溶性の塩である化合物**A**が得られた。**A**を高温・高圧のもとで二酸化炭素と反応させ、希硫酸を作用させると、化合物**B**が得られた。

【実験2】

化合物**B**に少量の硫酸存在下で無水酢酸を作用させると、化合物**C**と化合物**D**が生じた。**C**は解熱鎮痛薬として用いられる。一方、**B**にメタノールと濃硫酸を作用させると、化合物**E**が得られた。**E**は消炎鎮痛薬として用いられる。

【実験3】

常温でフェノールと希硝酸を反応させると、互いに同じ分子式をもつ化合物**F**と**G**が得られた。この混合物から**F**と**G**を分離した。

【実験4】

フェノールに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を加えて加熱し、十分に反応させると、化合物**H**が得られた。

【実験 5】

化合物 **F** に濃塩酸と鉄を加え、反応させた。その後、炭酸水素ナトリウム水溶液で中和したところ、二酸化炭素が気体として発生し、化合物 **J** が得られた。**J** は塩ではなかった。

【実験 6】

化合物 **J** に過剰量の無水酢酸を作用させ、その後希硫酸を加え、さらに反応させると、化合物 **K** が得られた。**K** は塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色しなかった。

【実験 7】

化合物 **K** に水酸化ナトリウム水溶液を作用させた後に、希硫酸を加えたところ、化合物 **L** と **D** が得られた。**L** と **D** の物質量の比は 1 : 1 であった。**L** のベンゼン環の水素原子 1 個が塩素原子で置換された化合物には、2 種類の構造異性体が存在する。

問 1. 化合物 **A**, **B**, **C**, **D**, **E** の構造式を記せ。

問 2. 化合物 **B** と **C** のうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液により呈色するものを次のア～ウから選び、記号で答えよ。

ア：**B**

イ：**C**

ウ：**B** と **C**

問 3. 化合物 **H** の構造式を記せ。

問 4. 化合物 **F**, **G**, **J**, **K**, **L** の構造式を記せ。

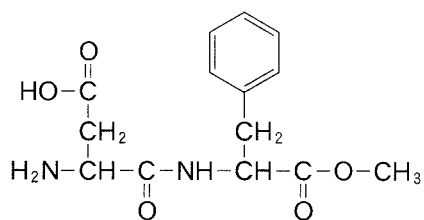
問 5. 化合物 **F** と **J** を比べると、**J** の方が塩酸によく溶ける。この理由を簡潔に説明せよ。

(2) 油脂 **M** (分子量 878) はある一種類の不飽和脂肪酸を構成脂肪酸とする。油脂 **M** 175.6 mg に触媒を用いて完全に水素を付加させたところ、標準状態に換算して 26.88 mL の水素が反応して、飽和脂肪酸のグリセリンエステル **N** が得られた。油脂 **N** 178.0 mg を水酸化ナトリウム水溶液中で完全に加水分解し、反応液を酸性にした後、ジエチルエーテルで抽出した。この抽出液から直鎖の高級脂肪酸 **O** のみが得られた。

問 6. 下線部(i)の加水分解反応によって生成する脂肪酸は何 mg か。有効数字 3 桁で答えよ。

問 7. 高級脂肪酸 **O** の示性式を記せ。

(3) 人工甘味料であるアスパルテームを塩酸で完全に加水分解すると、2種類のアミノ酸(**あ**)と(**い**), 常温で液体の化合物(**う**)が得られた。(**あ**)の等電点は 5.5, (**い**)の等電点は 2.8 であった。アスパルテームの構造式は以下の通りである。



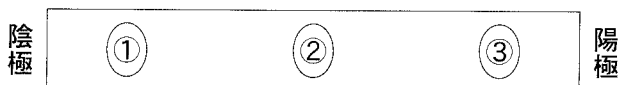
アスパルテーム

問 8. pH 1 の水溶液中におけるアミノ酸(**あ**)の構造式を記せ。

問 9. pH 13 の水溶液中におけるアミノ酸(**い**)の構造式を記せ。

問10. 化合物(**う**)の構造式を記せ。

問11. アミノ酸(あ)の電気泳動を行った。pH 5.5の緩衝液でろ紙(下図)を湿らせ、その中央部(②の部分)にアミノ酸(あ)の水溶液を滴下し、直流電圧をかけた。その後、ろ紙にニンヒドリン溶液を吹き付けて加温し、発色させた。電気泳動後のアミノ酸(あ)の位置として適切なものはどれか。下図の①~③から選べ。また、その理由を40字程度で説明せよ。



問12. アミノ酸(あ), (い)からなる鎖状のジペプチドには何種類の構造異性体があるか答えよ。同一アミノ酸からなるジペプチドも数に含めるものとする。ただし、(あ)と(い)はいずれもL型のアミノ酸とし、立体異性体やイオン化した状態の違いを考える必要はない。

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物は、細胞が基本単位となって構成されている。かつて、ロバート・フックは手製の顕微鏡でコルクの切片を観察し、細胞壁によって区切られた無数の小空間を見つけ、それを細胞(cell)と表現し、1665年発表のミクログラフィア(顕微鏡図譜)の中で発表した。その後、1938年にシュライデンが植物細胞を観察し、また翌年の1839年にシュワンも動物細胞を観察して、共に「すべての生物は細胞から成り立つ」とする細胞説を提唱した。細胞の表面はリン脂質などから構成される細胞膜によって囲まれている。細胞は、内部に核を持たない原核細胞と、核をはじめとする^(ア)様々な細胞小器官を持つ真核細胞に区別される。真核細胞の核にはDNAと からなるクロマチンが含まれ、核表面の とよばれる構造が核内と細胞質基質をつないでいる。ヒトを含む多くの動物では、からだの外の環境(外部環境)の変化にかかわらず、からだの内の環境(内部環境)は一定に保たれてい^(イ)る。また、生物には外部環境からの脅威に対して、生命活動を維持するための様々な生体防御機構がある。特に病原体の侵入を食い止め、さらに侵入した病原体を排除する仕組みとして免疫がある。病原体には原生動物、 、細菌、ウイル^(エ)スなどがあり、ヒトでは何重もの仕組みによってそれらの侵入を食い止めている。第一の仕組みは物理的・化学的防御であり、皮膚や粘膜によるバリアである。皮膚は角質層を形成し、さらにリゾチームなどのタンパク質が含まれ、弱酸性に保たれた汗を分泌することで病原体の繁殖を防いでいる。また腸の上皮細胞では特殊な細胞接着である により病原体の侵入を防いでいる。第二の仕組みは先天的に備わる自然免疫であり、ある種の白血球の作用により、侵入した病原体を取り除く。さらに脊椎動物では最終的な防御として病原体の形を特異的に認識して結合する を作り出す適応免疫(獲得免疫)を発達させている。

問 1 文章中の空欄 ～ に入る適切な用語を答えよ。

問 2 下線部(ア)について、以下の小問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 原核細胞をもつ原核生物のなかまは、さらに2つの異なる系統に分かれると考えられるようになった。それぞれの系統の名称を答えよ。
- (2) 階層的分類で「界」より上位の分類カテゴリーであり、2系統の原核生物に真核生物を加えた3つのグループを含む階層を何と呼ぶか答えよ。
- (3) 真核生物は、(1)で解答した原核生物のどちらの系統から派生したと考えられるか、またその理由を50字以内で答えよ。

問 3 下線部(イ)について、以下の小問(1)～(2)に答えよ。

- (1) 体内環境の調節には、ホルモンという化学物質を血液にのせて循環させる方法がある。内分泌細胞から離れた標的器官だけにホルモンが作用する仕組みを、50字以内で説明せよ。
- (2) ヒトの体温が低下した場合、自律神経とホルモンはどのように協調して働くか100字以内で説明せよ。

問 4 下線部(ウ)について、次の記述を読み、正しいものには○、正しくないものには×で答えよ。

- a. 食作用を示すキラーT細胞、好中球、マクロファージは食細胞と呼ばれる。
- b. 免疫細胞の中には、造血幹細胞以外から作られるものがある。
- c. リンパ球は白血球の一部であり、B細胞、T細胞、NK細胞が含まれる。
- d. 適応免疫には、体液性免疫と細胞性免疫がある。
- e. 免疫記憶を担う記憶細胞は、B細胞由来とヘルパーT細胞由来のものがある。
- f. 自然免疫は動物に広く存在するが、植物には存在しない。

問 5 下線部(A)について、以下の文章を読み、小問(1)~(5)に答えよ。

ウイルスは、これまでに幾度となく世界的な病気のまん延を引き起こしてきた。インフルエンザは A 型、B 型などの種類があるが、スペイン風邪などのようにヒトへの感染で世界的な大流行(パンデミック)をたびたび引き起こしたのは A 型である。インフルエンザによる重症化を未然に防ぐために、不活化したウイルスがワクチンとして用いられてきた。インフルエンザウイルスのゲノムは RNA から構成され、遺伝情報の変異が速い。コロナウイルスも RNA をゲノムとして持つため、同様にゲノムの変異が速い。その RNA ゲノムはエンベロープと呼ばれる宿主細胞に由来するリン脂質膜で包み込まれている。エンベロープにはウイルスの感染に必要なスパイクタンパク質(S タンパク質)やエンベロープタンパク質(E タンパク質)などの複数のタンパク質が埋め込まれている(図 1)。最近になって、コロナウイルスによる感染を確認する方法として PCR 法が急速に普及した。(A) また、コロナウイルスによる重症化予防手段として、mRNA 型のワクチンが実用化された。これは、S タンパク質のアミノ酸をコードする人工合成 mRNA を筋肉へ注射することにより、体内で S タンパク質を作らせ、それに対する適応免疫をあらかじめ高めておくものである。ワクチンとして用いられる人工合成 mRNA は、効果を高めるために化学的に修飾されたウリジンを含み、さらに脂質ナノ粒子(微小なりボソーム)の中に収めるなどの工夫が施されている。(B)

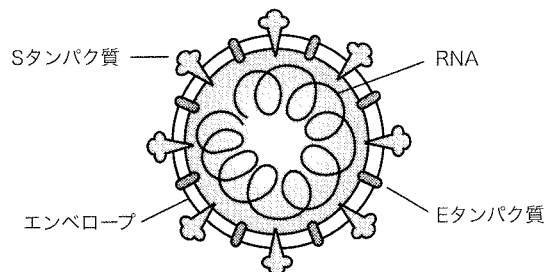


図 1 コロナウイルスの構造

- (1) **下線部(A)**について、コロナウイルスのゲノムは通常のPCR法で増幅することができず、PCR法に先立って特別な反応が必要となる。その反応の名称と、それが必要となる理由を50字以内で答えよ。
- (2) ウイルスを生命とみなすかどうかは、今でも生物学者の中で結論が出ていない。生命とみなすことができる特徴と、生命とはみなせない特徴をそれぞれ可能な限り答えよ。
- (3) 人工合成したmRNAがワクチンとして効果を発揮するために、なぜ**下線部(B)**の工夫が必要となるのかその理由を考え、思いついた可能性をすべて答えよ。
- (4) コロナウイルスは、エタノールや洗剤による処理によって、その感染力が無効化される。その理由を図1に示すウイルスの構造を参考にして50字以内で答えよ。
- (5) ウイルスを使った研究は、過去に分子生物学の発展に大きく寄与してきた。遺伝子の本体がタンパク質ではなくDNAであることは、1944年にエイブリーらの肺炎双球菌を用いた実験によりほぼ確かめられていたが、当時、その結論に納得しない研究者も多かった。しかし、1952年にハーシーとチェイスによるウイルスと放射性同位体を用いた実験によって、エイブリーらの結論の正しさが決定づけられた。バクテリオファージT2は大腸菌に感染して増殖するウイルスであり、タンパク質の殻の中にDNAゲノムが収納された構造をしている(図2)。バクテリオファージT2を用いて、実際に何を証明することができれば、遺伝子本体がDNAであることが確かめられるのか、100字以内で答えよ。

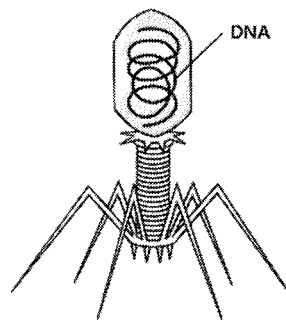


図2 バクテリオファージT2の構造

生物問題 2

次の文章を読み、以下の問1～3に答えよ。

細胞が分裂する際に、DNAから全く同じDNAがつくられる過程を、DNAの
(A) 1 という。一方、DNAの遺伝情報からタンパク質が合成されることを、
遺伝子の 2 という。この場合、まずDNAの遺伝情報がRNAの配列に写
し取られ、さらにその情報をもとにタンパク質がつくられる。前者の過程を転写、
後者の過程を翻訳という。遺伝情報がDNA→RNA→タンパク質のように一方向
に流れる原則を 3 と称する。また、最近の研究から遺伝子の 2 に
(B) 関わるさまざまな制御の仕組みが明らかになってきた。

問1 文中の空欄 1 ～ 3 にあてはまる適切な用語を答えよ。

問2 下線部(A)にかかわる以下の用語を、それぞれ60字以内で説明せよ。

DNAポリメラーゼ

リーディング鎖

岡崎フラグメント

問3 下線部(B)に関する以下の実験について、以下の小問(1)～(3)に答えよ。

発生の仕組みを明らかにするために、C.エレガンス(センチュウの一種)を用いて研究を行った。C.エレガンスは、マウスやショウジョウバエのように生命科学研究で広く用いられるモデル動物である。C.エレガンスは、受精卵がふ化した後にL1、L2、L3、L4と呼ばれる4つの段階の幼虫期を経て成虫になる。

C.エレガンスの発生を研究した結果、遺伝子X、Y、Zが発生の調節に重要な役割を果たすことが明らかになった。そこで、各発生段階における野生型C.エレガンスの遺伝子X由来のRNAの量とタンパク質の量を測定したところ、図1と図2のような結果が得られた。

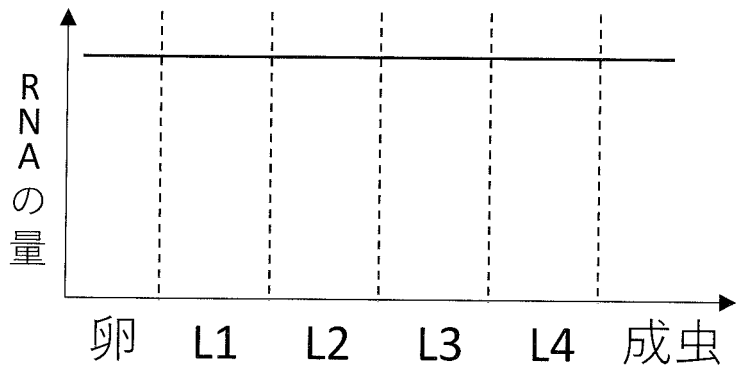


図1 全RNAに対する遺伝子X由来のRNAの相対的な量

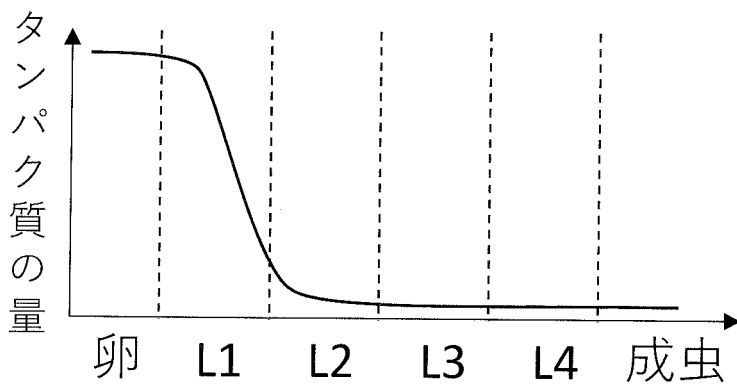


図2 全タンパク質に対する遺伝子X由来のタンパク質の相対的な量

- (1) 遺伝子X由来のRNAの量は卵の時から成虫まで一定であるのに対して、遺伝子X由来のタンパク質の量はL1からL2にかけて大きく低下する。この低下の原因として図1と図2の結果から予想される主な仕組みを、2つ簡潔に答えよ。

遺伝子 Y と遺伝子 Z 由来の RNA の長さは、共に 22 塩基である。遺伝子は一般に数百～数千塩基の長さの RNA として転写されるので、遺伝子 Y と Z 由来の RNA は例外的に短い。また、遺伝子 Y と Z 由来の RNA の配列は、遺伝子 X 由来の RNA の一部に相補的なこと、ただし遺伝子 Y と Z の配列はまったく異なること、さらに遺伝子 Y と Z は転写されるが、タンパク質には翻訳されないことが明らかになった。

野生型の C. エレガンスの遺伝子 Y と Z 由来の RNA の量を調べた結果、図 3 と図 4 のような結果が得られた。

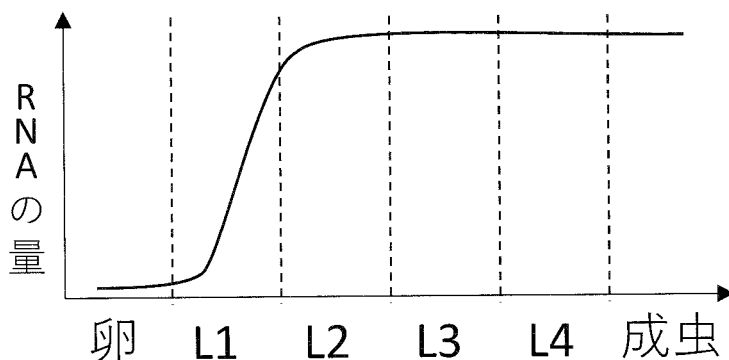


図 3 全 RNA に対する遺伝子 Y 由来の RNA の相対的な量

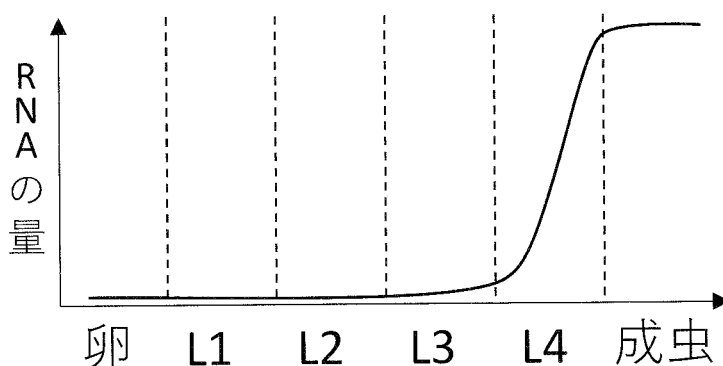


図 4 全 RNA に対する遺伝子 Z 由来の RNA の相対的な量

次に、遺伝子 Y が転写されなくなった突然変異体において、遺伝子 X 由来のタンパク質の量を調べたところ、図 5 のような結果が得られた。しかし、遺伝子 X 由来の RNA の量は図 1 と全く同じであった。

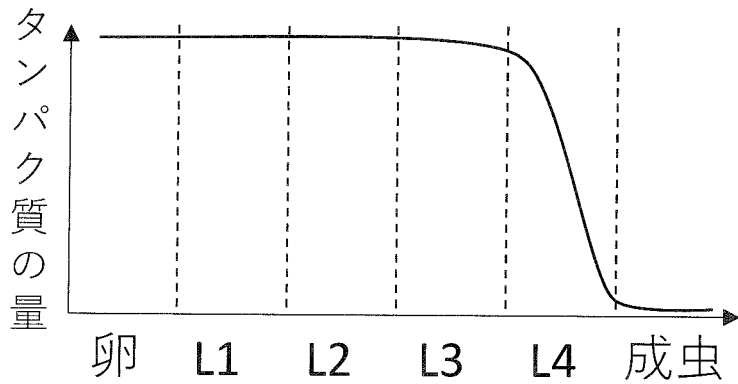


図 5 全タンパク質に対する遺伝子 X 由来のタンパク質の相対的な量

- (2) 図 1 から図 5 までの結果から、遺伝子 X 由来のタンパク質の量に対して遺伝子 Y と遺伝子 Z がはたらく仕組みを推測して述べよ。

(3) 真核生物においては、DNA からの転写によって RNA 前駆体が合成される。RNA 前駆体からスプライシングによってイントロンが除去された RNA の 5' 側と 3' 側には、アミノ酸に翻訳されない領域が存在する。この領域を 5' 非翻訳領域および 3' 非翻訳領域とよび、3' 非翻訳領域の最後尾にポリ A 尾部が付加される。3' 非翻訳領域の長さは数百塩基におよぶことがある。遺伝子 X の配列を調べた結果、遺伝子 Y および遺伝子 Z に相補的な配列は遺伝子 X の 3' 非翻訳領域に存在した。

遺伝子 X に関する突然変異体 ΔX (デルタエックス) では、50 塩基のゲノム DNA の欠失が 3' 非翻訳領域に生じており (図 6)、この突然変異体における遺伝子 X 由来の RNA の量は図 1 と、タンパク質の量は図 5 と同じであった。この理由を推測して述べよ。

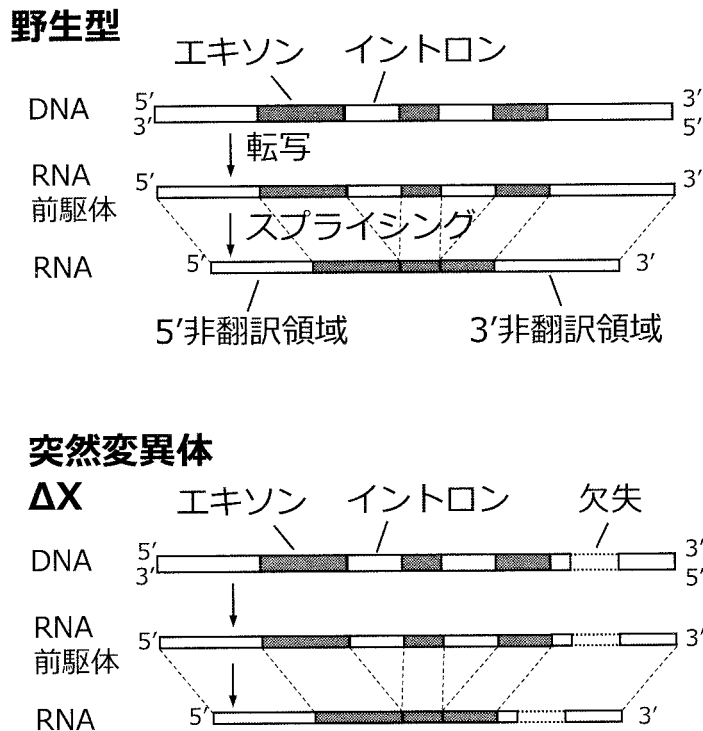


図 6 野生型および突然変異体における遺伝子 X の配列