

平成 31 年度・入学試験問題

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 23 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)

I、**II**、**III**、**IV**、**V**、**VI** の 6 問の中から 4 問選択して解答しなさい。

選択しなかった 2 問の解答用紙は試験開始後、100 分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

I、**II**、**III**、**IV**、**V**、**VI** の解答用紙はそれぞれ 1 枚とする。

試験開始後、**I**～**VI** 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

平成31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

受験番号以外の文字、数字などは、絶対に
許可なしに転載、複製
することを禁じます。
◇112(417-123)

理 科 問 題

| | | |
|-----|-----|--------|
| 物 理 | I | 3 ページ |
| ” | II | 5 ” |
| 化 学 | III | 7 ページ |
| ” | IV | 11 ” |
| 生 物 | V | 16 ページ |
| ” | VI | 19 ” |

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

I

図1のように、ばね定数 k の軽いばねの両端に、大きさの無視できる2つの小球Aと小球Bをつけた。小球Aは質量 $2m$ 、小球Bは質量 m をもつ。これらの小球をなめらかで水平な床に置き、ばねを自然長から d だけ縮めて同時にはなした。空気抵抗は無視し、重力加速度の大きさを g とする。以下の問いに d 、 g 、 k 、 m のうち必要なものを用いて答えよ。

- (1) 手をはなした時の小球Aの加速度の大きさは、小球Bの加速度の何倍か求めよ。
- (2) ばねが最初に自然長に戻った時の小球AとBの速さ v_A 、 v_B を、それぞれ求めよ。

ばねが最初に自然長に戻った瞬間に、小球Bをばねから切り離した。小球Bの進行方向には床に固定された台があり、その曲面XYZは、点Oを中心とする半径 R の半円で、点Xにおいて床となめらかにつながっている。点X、点O、点Zは、同一鉛直線上にあり、点Oと同じ高さの曲面上の点Yと、曲面YZ間の点Pがなす角($\angle POY$)を θ_P とする。小球と床および台の曲面XYZの間に摩擦はないとする。以下(3)~(8)の問いに g 、 k 、 m 、 R 、 θ_P のうち必要なものを用いて答えよ。

- (3) 小球Bが点Yに到達するのに必要な v_B の最小値 v_1 と、 v_1 を与える d を求めよ。

次に、小球Bを速さ $\sqrt{2}v_1$ で台に入射させる場合を考える。

- (4) 点Pにおける小球Bの速さ v_P を求めよ。ただし、点Pにおいて小球Bは台の曲面から離れていないとする。
- (5) 点Pにおいて、小球Bが台から受ける垂直抗力の大きさ N_P を求めよ。
- (6) 小球Bが曲面PZ間の点Qで台から離れた。QOとYOの成す角($\angle QOY$)を θ_Q としたときの $\sin \theta_Q$ を求めよ。

次に、小球Bが点Zに到達するような速さで入射させる場合を考える。

- (7) 小球Bが点Zに到達するのに必要な v_B の最小値 v_2 を求めよ。
- (8) 小球Bを速さ $\sqrt{2}v_2$ で台に入射させたとき、小球Bが最初に床に衝突する位置を点Sとする。SX間の距離は R の何倍か求めよ。

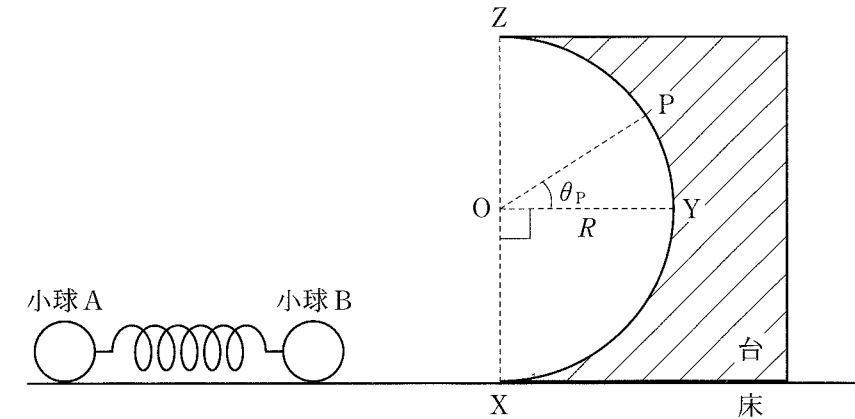


図1

物 理

Ⅱ

Ⅱ-1

一般に、金属に流す電流を増加させると抵抗値が増加することが知られている。

(1) その理由を簡潔に説明せよ。

以下はすべて、有効数字2桁で単位をつけて解答せよ。

断面積 1.0 mm^2 、長さ 50 m の金属線を用意する。この金属の 0°C での抵抗率は $1.55 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ である。

(2) この金属線の 0°C での抵抗値を求めよ。

(3) この金属の 100°C での抵抗率は $2.23 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ である。 0°C から 100°C の間におけるこの金属の抵抗率の温度係数は一定であるとして、温度係数を求めよ。

電池は化学反応によって起電力を生み出すが、一般に内部抵抗をもつ。起電力が 1.6 V の電池に外部抵抗を直列につないで、電流を測定した。

(4) 電流値が 0.50 A で、電池の端子の電圧は 1.3 V であった。電池の内部抵抗を求めよ。

(5) この電池に、抵抗値 2.0Ω の外部抵抗をつないだ。抵抗の消費電力を求めよ。

(6) 外部抵抗の消費電力が最大となるときの、外部抵抗の値を求めよ。

Ⅱ-2

電場(電界)の強さを電気力線で表すとき、電気力線に垂直な単位面積を貫く力線の本数を電場の強さとする。物体が正電荷 Q を帯びているとき、物体から出る電気力線の数 N は正の比例定数 k を用いて $N = 4\pi kQ$ と表されるとする。 π は円周率である。物体の電荷が $-Q$ の場合、 N を物体に入る電気力線の数と解釈する。

(1) 面積 S の薄い平らな金属が正電荷 Q に帯電しているとき、面の直近の電場の強さを求めよ。縁の影響は無視してよい。

(2) 同じ形状の2枚の薄い平板金属を距離 d で平行に向い合せて設置し、コンデンサーを形成する。一方の金属板に正電荷 Q を、他方の金属板に負電荷 $-Q$ を与える。極板間およびコンデンサー外部の電場の強さを求めよ。縁の影響は無視してよい。

(3) (2)のとき、極板間の電位差を求めよ。

このコンデンサーの極板間を満たすように、比誘電率 ϵ_r の誘電体を入れる。

(4) 極板間の電位差は誘電体がない場合の何倍か求めよ。

(5) 誘電体を入れたとき、極板間の電場は強くなったか、弱くなったかを答えよ。またその物理的理由を、式を使わず言葉で簡潔に説明せよ。必要ならば図を用いてもよい。

(6) 極板の間に誘電体を入れるのに必要な仕事を求めよ。

化 学

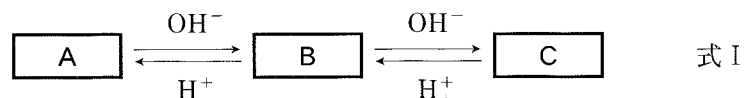
Ⅲ

次の(1)~(3)を読んで、問1~問9に答えよ。必要であれば、次の値を用いよ。
原子量は、H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Pb = 207とする。

(1) タンパク質の中に見出される α -アミノ酸は約20種類ある。タンパク質を加水分解したとき、アミノ酸のみを生じるものを ア , アミノ酸以外に糖類、色素、脂質、リン酸などを生じるものを イ という。タンパク質水溶液に、高濃度の硫酸ナトリウムなどの塩の水溶液を加えると、沈殿が生じる。これは、親水 ウ であるタンパク質の エ が起こったためである。また、タンパク質に熱や酸、塩基、アルコール、重金属イオンなどを作用させると、立体構造を保っている水素結合などが切れ、分子の形状が変化して性質が変わることがある。この現象をタンパク質の オ という。

天然タンパク質を構成する α -アミノ酸は、一般に示性式 $\text{H}_2\text{N}-\text{CRH}-\text{COOH}$ で表される(ただしRは有機置換基とする)。グリシン以外の α -アミノ酸には カ 炭素原子があり、 キ 異性体が存在する。

アミノ酸の水溶液中では、式Iのように、イオンA, B, Cが平衡状態にあり、pHによってその割合が変化する。これらのアミノ酸の平衡混合物の電荷の和が全体として0となる特定のpHをそのアミノ酸の等電点という。



問1. 文中の空欄 ア ~ キ に最も適切な語句を記入せよ。

問2. 式IのイオンA, B, Cの示性式を、 $\text{H}_2\text{N}-\text{CRH}-\text{COOH}$ にならって、Rを用いて記せ。

(2) α -アミノ酸がアミド結合で直鎖状につながったトリペプチドが2種類あり、これらをX, Yとする。Xは2種類, Yは3種類のアミノ酸から構成されており、それらの種類はすべて異なる。XおよびYを構成するアミノ酸の名称、構造式、等電点、ならびに分子量の値を表1に示す。XおよびYについて、次の(a)~(d)の実験を行った。

- (a) Xの水溶液に濃硝酸を加えて熱すると黄色になり、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になった。Yの水溶液で同様の実験を行ったが、いずれの呈色反応も示さなかった。
- (b) Xの水溶液に水酸化ナトリウムを加えて熱し、酢酸で中和後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、黒色沈殿が生じた。
- (c) Xの元素分析を行ったところ、質量パーセントで炭素が46.5%, 水素が5.43%含まれることがわかった。
- (d) Yに塩酸を加えて加熱し、トリペプチドをすべてアミノ酸に加水分解した。得られたアミノ酸混合物をpH 2.5に調整した後、陽イオン交換樹脂をつめたカラムの上から流して吸着させた。次に、このカラムにpH 2.5からpH 11まで段階的にpHを変えながら緩衝液を流したところ、3種類すべてのアミノ酸が溶出された。

問3. 式Iの電離平衡が成り立つアミノ酸水溶液の電離定数 K_1 および K_2 は、

$$K_1 = \frac{[\text{B}][\text{H}^+]}{[\text{A}]}, \quad K_2 = \frac{[\text{C}][\text{H}^+]}{[\text{B}]}$$

と表される。グリシンの K_1 および K_2 がそれぞれ $4.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $2.50 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ であるとき、表1で示すグリシンの等電点(あ)を有効数字2桁で求めよ。

問4. Xを構成する2種類のアミノ酸の名称と、それぞれの個数を答えよ。

問5. 実験(b)で生じた黒色沈殿の化学式を答えよ。

問 6. 実験(b)で生じた黒色沈殿の溶解度積がある温度で $1.00 \times 10^{-28} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ であるとき、黒色沈殿はその温度の水 100 mL に何 g まで溶けるか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、黒色沈殿の溶解による水溶液の体積変化は無視する。

問 7. 実験(d)で溶出されたアミノ酸の名称を溶出された順番に記せ。

問 8. X と Y それぞれの窒素含有率を、有効数字 2 桁の重量 % で求めよ。

(3) 次の式で表される化学反応がある。

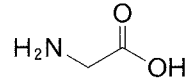
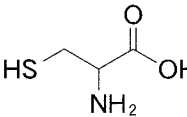
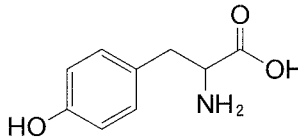
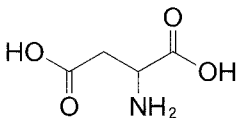
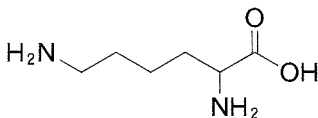


この反応では、反応速度は M の濃度の 2 乗に比例する。このとき、反応時間 t における反応物 M の濃度 $[\text{M}]$ は、反応速度定数を k 、反応開始時の M の濃度を $[\text{M}]_0$ とすると、式 II で表される。

$$\frac{1}{[\text{M}]} = kt + \frac{1}{[\text{M}]_0} \quad \text{式 II}$$

問 9. 30.0°C で 2.00 mol/L の M を反応させたところ、M の濃度が半分になるまでの時間は p 秒であった。 60.0°C で 1.25 mol/L の M を反応させると、M の濃度が半分になるまでの時間は $0.200p$ 秒となった。この反応において、温度を 30.0°C から 60.0°C に上げたとき、反応速度定数は何倍になったか。有効数字 2 桁で答えよ。

表 1

| 名称 | 構造式 | 等電点 | 分子量 |
|---------|---|------|------|
| グリシン |  | (あ) | 75.0 |
| システイン |  | 5.07 | 121 |
| チロシン |  | 5.66 | 181 |
| アスパラギン酸 |  | 2.77 | 133 |
| リシン |  | 9.74 | 146 |

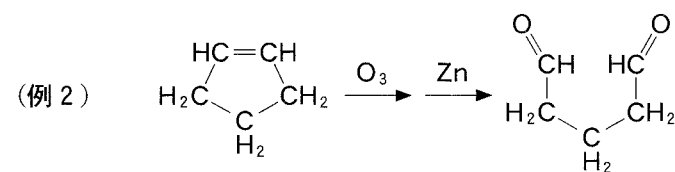
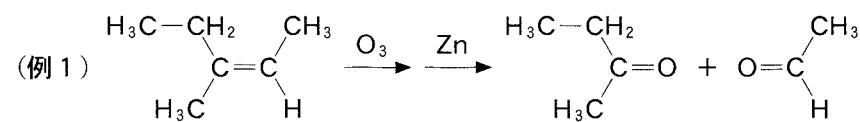
IV

次の(1)および(2)の文章を読み、問1～問11に答えよ。構造式は下に示す例にならって描くこと。必要であれば次の数値を使用せよ。

原子量：H = 1, C = 12

(1) 化合物A, B, C, Dは互いに異性体の炭化水素であり、三員環構造をもたないことが分かっている。これらの化合物の構造を決定するために以下の実験1～6を行った。

「オゾン分解」とは、図のように炭素同士の二重結合をもつ化合物を、オゾンと反応させ、次いで亜鉛(Zn)と反応させて切断することで、C=C二重結合を2つのC=O結合として開裂する反応のことである。



(実験1)

化合物Aの元素分析を行ったところ、炭素87.7%、水素12.3%であった。

(実験2)

化合物A～Dのそれぞれに対して、少量の臭素と反応させたところ、いずれも速やかに反応し、臭素の色が消えた。臭素の色が消えなくなるまで臭素を加え続けたところ、AおよびBの場合は、臭素との物質質量比1：1で反応が完結し、それぞれ化合物EおよびFが得られた。一方、CおよびDの場合は臭素との物質質量比1：2まで臭素を加えたところで反応は完結した。

(実験3)

化合物A～Dをそれぞれオゾン分解すると、化合物Aからは化合物Gのみが、化合物Bからは化合物Hのみが得られた。また、化合物Cからは化合物Iと化合物Jが物質質量比2：1で得られた。化合物Dからは化合物Iと化合物Kが物質質量比2：1で得られた。化合物Iはメタノールを酸化して得られるアルデヒドと同じ物質であった。

(実験4)

化合物GおよびJはフェーリング液を還元したが、ヨードホルム反応を呈さなかった。一方、化合物HおよびKは、ヨードホルム反応を呈する化合物であったが、フェーリング液は還元しなかった。

(実験5)

化合物Gを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液により酸化したところ、枝分かれ構造を持たないジカルボン酸Lが得られた。

(実験6)

化合物Cに対して酸性条件下で水を付加させたところ、2つの水分子が付加した化合物Mが主生成物として得られた。化合物Mを硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液により酸化したところ、化合物Hが得られた。

問 1. 化合物 A の分子式を記せ。

問 2. 化合物 C, D, E, F, G, H の構造式を示せ。なお幾何異性体は考慮しなくてよい。

問 3. 化合物 I の示性式を示せ。

問 4. ヨードホルム反応を行う際に一般的に必要な 2 種類の物質名を日本語で記せ。

問 5. (i)化合物 J を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液で酸化したときの反応式を示せ。ただし、イオン式ではなく、有機化合物は構造式で、その他の物質は化学式で示すこと。(ii)また、この反応の生成物を加熱すると、分子内で脱水縮合し、酸無水物が得られる。その構造式を示せ。

問 6. 次のうち、(i)化合物 D を付加重合して得られる高分子、(ii)化合物 L とヘキサメチレンジアミンを縮合重合させて得られる高分子、(iii)化合物 I とフェノールを付加縮合させて得られる高分子をそれぞれ次の中から 1 つ選び、番号で示せ。

- | | |
|-----------------------|------------|
| ① エポキシ樹脂 | ② 6,6-ナイロン |
| ③ ポリエチレンテレフタレート | ④ ポリエチレン |
| ⑤ ブタジエンゴム | ⑥ フェノール樹脂 |
| ⑦ ϵ -カプロラクタム | ⑧ ポリアミド |

(2) [1]~[4]のいずれかの性質をもつ金属 N, O, P, Q について、以下の実験 7~10 を行った。

[1] 熱伝導性、電気伝導性に優れ、展性に富むため極めて薄い箔^{はく}を作ることができる金属である。一般的な酸に溶けないが、王水に溶ける。

[2] 陽イオンを含む塩化物を蒸発皿にいれたメタノールに溶かし、火をつけると炎は黄^橙~橙^橙色を呈す。

[3] 二価と三価のイオンが安定な遷移金属で、生体における必須元素の 1 つである。ヒトではこの金属の約 60 % が赤血球中に含まれる。

[4] 二価と四価のイオンが安定である 14 族元素で、二価の硫化物は暗緑色である。

(実験 7)

金属 N~Q をそれぞれ水に入れたところ、金属 N のみ激しく反応し、気体を生じた。

(実験 8)

金属 N~Q をそれぞれ希硝酸へ入れたところ、金属 O だけ反応しなかった。

(実験 9)

金属 P の陽イオンを含む水溶液に金属 Q を入れると、金属 Q の表面に金属 P が析出した。

(実験 10)

平たく漬^{つぶ}した金属 P に、ニトロベンゼンを加え、さらに濃塩酸を加えて加熱した後、水酸化ナトリウム水溶液により塩基性にするので油状物質 R が得られた。

問 7. 金属 N, O, P, Q は何か。それぞれ元素記号で示せ。

問 8. 実験 7 について、金属 N と水との反応を化学反応式で示せ。

問 9. 金属 Q は希硝酸に溶けたが、濃硝酸に溶けなかった。その理由を 40 字程度で簡潔に述べよ。

問10. 油状物質 R の名称を日本語で記せ。

問11. 実験 10 で、金属 P を平たく潰した理由を 30 字以内で述べよ。

生 物

V

次の文章を読み、問1～問11に答えよ。

窒素(N)は、生物の体内で多様な役割を担う有機窒素化合物の構成元素である。植物は大気中の窒素ガスを有機物に固定する能力を持たないため、土壤に含まれる無機窒素化合物の硝酸イオン(NO_3^-)やアンモニウムイオン(NH_4^+)を窒素源として利用し、有機窒素化合物のアミノ酸を合成する。図1の酵素Aによるアミノ酸の合成反応にはアンモニウムイオンが使われる。そのため、根から吸収された硝酸イオンは中間産物である **ア** を経てアンモニウムイオンに還元されてから反応回路に入る。アンモニウムイオンは酵素Aの触媒でグルタミン酸と反応し、生じた **イ** は酵素Bの触媒で有機酸である **ウ** にアミノ基を転移する。その結果として2分子のグルタミン酸ができる。そのうち1分子は再びアンモニウムイオンと反応してアミノ基を受け取り、残りの1分子は反応回路から出て、酵素Cなどの触媒で特定の有機酸にアミノ基を転移する。この反応回路を介して作られたアミノ酸はタンパク質の合成に利用される。また、一部はアミノ酸から多様な有機窒素化合物へと代謝され、生命活動で重要な役割を担っている。

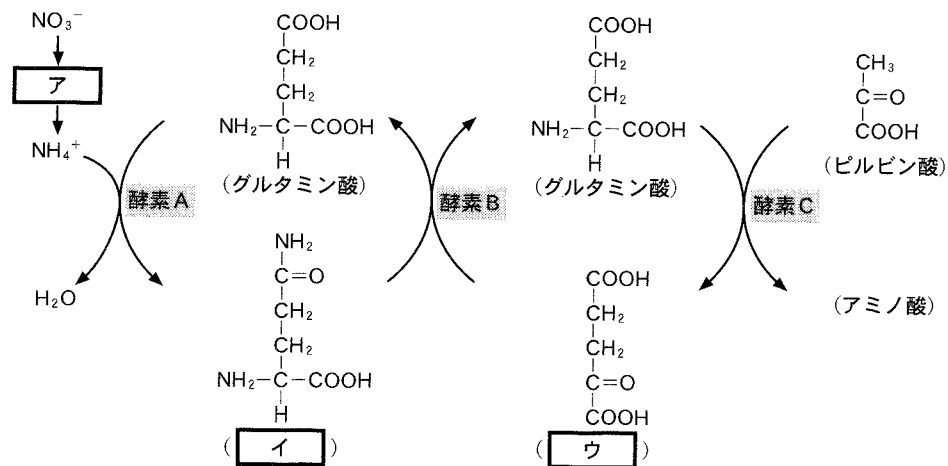


図1

マメ科の植物は、無機窒素化合物が少ない痩せた土地でも成長できる。それは、窒素固定細菌である **エ** がマメ科植物の根に感染し、形成したバクテロイドからアンモニウムイオンをマメ科植物に供給しているからである。代わりに植物は、自身が合成した有機物を **エ** に供給している。お互いが利益を得るこのような関係を **オ** という。窒素固定を行う細菌は、他にも好気性細菌のアゾバクターや嫌気性細菌のクロストリジウム、そしてシアノバクテリアのネンジュモなどが知られている。

土壤中の無機窒素化合物は植物の活動に伴い消費される。しかし、老化して枯れた植物や動物の死骸・排泄物に含まれる有機窒素化合物が菌類や細菌に分解され、再び土壤に戻る。また、一部の無機窒素化合物は細菌により窒素分子に変えられ大気に戻る。このように、窒素は炭素と同様に生態系を循環し、生命の活動を支えている。

問1 空欄 **ア** ~ **オ** に適切な用語を入れよ。

問2 下線部Aについて、酵素Aと酵素Bが関わる反応は原色素体から分化して生じた細胞小器官で行われる。そのうち根と葉の細胞内に存在するそれら細胞小器官の名称(主要なもの)をそれぞれ答えよ。

問3 下線部Bについて、根から吸収された硝酸イオンの一部は水と共に維管束系の管状組織を通して葉に輸送される。その管状組織の名称を答えよ。また、余剰な硝酸イオンは細胞内で余剰となった無機塩類やアミノ酸、炭水化物などと共に特定の細胞小器官に貯蔵される。その細胞小器官の名称を答えよ。

問4 下線部Cについて、アミノ基が転移される有機酸が図1に示したピルビン酸の場合に酵素Cの触媒で合成されるアミノ酸の名称を答えよ。

問 5 下線部Dについて、植物の窒素同化で作られる有機窒素化合物のうち以下の条件に該当するものを答えよ。

- 1) 窒素以外にリンを主要な構成元素にもつ高分子の有機窒素化合物。
- 2) 植物が行う炭酸同化の初期過程で光の吸収に関わる有機窒素化合物。

問 6 ある除草剤を植物に散布すると葉が黄化して枯死する。それは、その除草剤が図1に描かれている酵素の一つに作用し、その活性を阻害するからである。その結果、細胞内のアンモニウムイオンが増加するとともに やグルタミン酸が欠乏し、最終的に光合成活性が低下する。この除草剤が阻害すると考えられる酵素を図1の酵素A~Cの中からを選び、記号で答えよ。また、その酵素の名称を答えよ。

問 7 下線部Eに記載されている3種類の細菌のうち、1つは独立栄養生物である。その細菌を選び、名称で答えよ。

問 8 下線部Fの作用を何と呼ぶか答えよ。

問 9 下線部Gについて、生態系における炭素の循環を200字程度で説明せよ。

問10 20gの硝酸イオンを含む土を鉢に入れ植物を栽培した。その結果、土に含まれていた硝酸イオンの62%が根から吸収され、12.25gのタンパク質が植物体内で合成された。タンパク質の窒素含有率を16%とすると、この仮定の下では根から吸収された硝酸イオンの何%がタンパク質の合成に使われたか、計算の過程を示して答えよ。ただし、原子量は、 $N = 14$ 、 $O = 16$ とする。

問11 動物は、植物と異なり無機窒素化合物からアミノ酸を合成することができない。よって、一部のアミノ酸は摂取した食物の分解で得る必要がある。それらアミノ酸を何と呼ぶか答えよ。また、それ以外のアミノ酸は必ずしも食物から得る必要が無い理由を50字程度で説明せよ。

生 物

VI

次の文章を読み、以下の問1～問6に答えよ。

動物は環境の情報を刺激として感知し、すばやく能動的な行動に反映することができる。外界からの刺激は受容器により へと変換され、神経細胞を介して伝達される。外刺激にはさまざまな種類があり、受容器にはそれぞれの刺激に対応する特別な感覚細胞が存在する。それぞれの受容器が感知できる刺激のことを特に という。中枢神経系へと送られた外的環境の情報は、そこで適切に処理され感覚が生じる。中枢神経は、感覚に基づいた行動を起こすための信号をつくり、末梢神経を介して筋肉などの へ伝達する。

光の刺激を感知するのは眼である。特にヒトの眼はカメラに似た構造をしておりカメラ眼と呼ばれる。ヒトの眼の部位のうち、デジタルカメラの画像センサー(撮像素子)に相当するものは網膜であり、桿体細胞と錐体細胞と呼ばれる視細胞から構成されている。眼に取り入れられる光の量はカメラの絞りに相当する虹彩により調節される。水晶体はカメラのレンズに相当し、クリスタリンと呼ばれるタンパク質を含んだ透明な細胞から作られ、遠近のピント調節は、水晶体の厚さを変えることによって実現される。桿体細胞には、光を感じる視物質のロドプシンが存在する。ロドプシンはオプシンというタンパク質とレチナールと呼ばれる光を吸収する物質が結合してできている。オプシンは7回膜貫通型の受容器タンパク質で細胞質側がGタンパク質と結合する。レチナールには2つの構造異性体が存在し、光を受けてトランス型に変化しオプシンから離れる。トランス型レチナールはその後、酵素のはたらきでシス型に戻される。また錐体細胞には、ロドプシンに似た赤、緑、青の光をそれぞれ感知する3種類のフォトプシンと呼ばれる視物質が含まれている。

一方、においの刺激は鼻腔の嗅上皮に位置する嗅細胞で感知される。嗅細胞の先端は繊毛構造で、嗅上皮の粘膜から外側に伸びており、そこには揮発性の化学

物質と結合する嗅覚受容体と呼ばれるタンパク質が存在する。リチャード・アクセルとリンダ・バックは嗅覚受容体の遺伝子を発見し、その業績で2004年のノーベル生理学・医学賞を受賞した。嗅覚受容体タンパク質もオプシンと同じく7回膜貫通型受容体でGタンパク質が同様に結合する。受容体からのにおいシグナルはGタンパク質を活性化し、つぎにそれがアデニル酸シクラーゼを活性化して環状AMP(cAMP)を産生する。cAMPの濃度上昇が陽イオンチャンネルを開くきっかけとなり、嗅細胞に が生じる。嗅覚受容体の特徴的な構造により、その遺伝子はDNAの塩基配列からも容易に見つけることができる。

問1 文章中の空欄 ～ に適切な用語を答えよ。

問2 次の表は、受容器と ,そして感覚の対応を示している。空欄 ～ にそれぞれ適切な用語を答えよ。

| 受容器 | | <input type="text" value="2"/> | 感覚 |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|------|
| 眼 | 網膜 | 光 | 視覚 |
| 耳 | <input type="text" value="4"/> | 音 | 聴覚 |
| | <input type="text" value="5"/> | からだの傾き | 平衡感覚 |
| | 半規管 | からだの回転 | 平衡感覚 |
| 鼻 | 嗅上皮 | 空気中の化学物質 | 嗅覚 |
| 舌 | <input type="text" value="6"/> | 液体中の化学物質 | 味覚 |

問 3 次の図 1 は、網膜における下線部アの密度分布を示している。以下の小問(1)~(3)に答えよ。

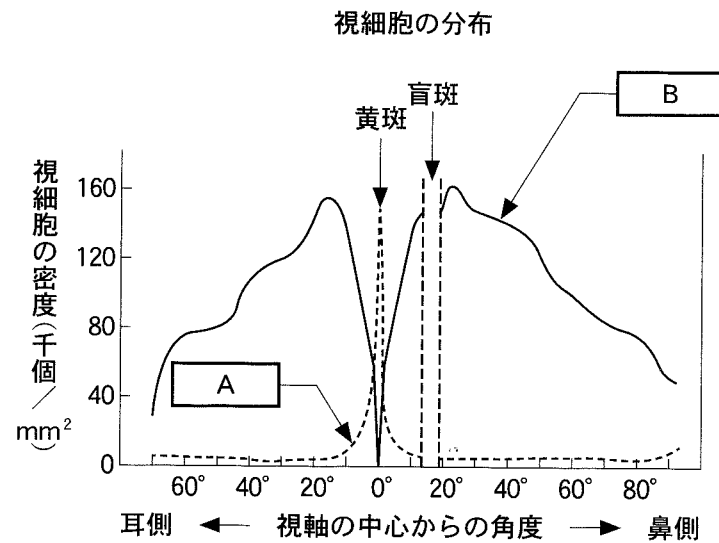


図 1

- (1) 桿体細胞および錐体細胞の分布をそれぞれ曲線 A および B から選び答えよ。
- (2) 盲斑に視細胞が分布しない理由を答えよ。
- (3) 夜行性動物の色覚は一般的に弱い。その理由を桿体細胞と錐体細胞の特徴の違いから 100 文字程度で答えよ。

問 4 下線部イについて虹彩による瞳孔拡大と瞳孔収縮のしくみを、瞳孔に存在する 2 つの筋肉のはたらきから答えよ。

問 5 下線部ウについて、ヒトの視覚の遠近調節として、近くを見るときの説明として正しいものを以下から選び答えよ。

1. 毛様筋が収縮し、チン小帯が引っ張られ、水晶体が厚くなる。
2. 毛様筋が収縮し、チン小帯が緩み、水晶体が厚くなる。
3. 毛様筋が収縮し、チン小帯が引っ張られ、水晶体が薄くなる。
4. 毛様筋が弛緩し、チン小帯が緩み、水晶体が厚くなる。
5. 毛様筋が弛緩し、チン小帯が引っ張られ、水晶体が薄くなる。
6. 毛様筋が弛緩し、チン小帯が緩み、水晶体が薄くなる。

問 6 下線部エの行った研究手法を示す以下の文章を読んで、小問(1)~(6)に答えよ。

例えば、ヒトは数千種類のおい^ケを区別できるとされる。しかし、嗅覚の認識機能の詳細は明らかではなかった。そこで彼らは、におい分子が嗅覚受容器に存在する受容体に結合すると推論し、さらにその受容体はオプシンのような G タンパク質に結合するタイプのタンパク質であると仮定した。そこで、嗅覚受容体の候補となりうる 7 回膜貫通型受容体を見つけるため、まずその遺伝子を探すことにした。ラットの X から RNA を抽出し、その RNA を鋳型に cDNA を合成した。さらにその cDNA に対して、膜貫通領域の保存配列をもとに設計した数種類のプライマーを組み合わせた PCR 法により、DNA 断片を増幅した。その後の実験で、増幅した DNA 断片が嗅覚受容体としてはたらく遺伝子由来であることを確認した。その成果によって、ゲノムの全塩基配列データが得られている生物であれば、その嗅覚の良し悪し(感知できるにおいの多さ)を推定することができるようになった。

- (1) 下線部オについて、現在では 1 つの嗅覚受容体が 1 つまたは少数のおい分子を認識することが分かっているが、当時はそのことは全く不明であった。フォトプシンによる色認識の例を参考にすると、前述の他にどのような可能性が想定できたか答えよ。

(2) 下線部カのはたらきを何というか答えよ。

(3) 下線部キの実験で得られた DNA 断片が、1つの遺伝子から増幅されたものであるか、それとも複数の遺伝子から増幅されたものであるか、確認する必要があった。そこで、以下に示す実験を行った。図2は、増幅された DNA 断片をそのままアガロース電気泳動法で分離した結果である。それに対して図3は、増幅された DNA 断片を4塩基認識の制限酵素(*Hae* III)で処理した後に、アガロース電気泳動法で分離した結果である。2つの図を見比べ、単一の遺伝子から増幅された DNA サンプルをすべて選び、番号で答えよ。

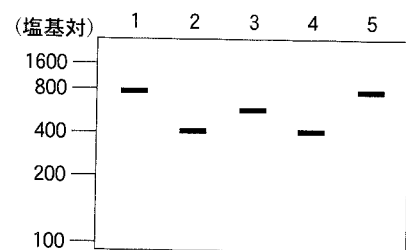


図2

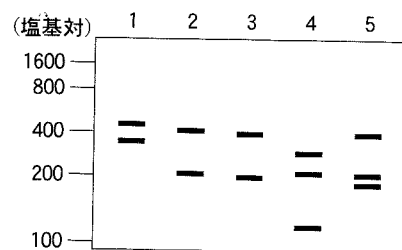


図3

(4) X はラットの特定の部位を示している。その部位を答えよ。

(5) 下線部クについて、この実験で同定した遺伝子が、嗅覚受容体の遺伝子であることを確かめるためには、この先どのような実験を試みればよいか、自由に考え答えよ。

(6) 下線部ケについて、なぜゲノムの塩基配列データからその生物の嗅覚の良し悪し(感知できるにおいの多さ)を推測できるか、その理由を答えよ。

問題訂正

科目名：理科(後)

<訂正1> 物理 Ⅱ Ⅱ-1 5ページ (5)

(誤) … つないだ。抵抗の …

(正) … つないだ。外部抵抗の …

<訂正2> 生物 Ⅵ 23ページ (3)

(誤) … 単一の遺伝子から増幅されたDNAサンプルをすべて選び、番号で答えよ。

(正) … 明らかに複数の遺伝子から増幅されたDNAサンプルを2つ選び、番号で答えよ。