

# 令和3年度 入学試験問題

## 医学部 (I期)

### 理科

#### 注意事項

1. 試験時間 令和3年2月5日、午後1時30分から3時50分まで
2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
  - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
    - 化学(その1)、(その2)
    - 生物(その1)、(その2)
    - 物理(その1)、(その2)
  - (2) 解答用紙
    - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
    - 〃 (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
    - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
    - 〃 (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
    - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
    - 〃 (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
6. 休憩のための途中退室は認めません。
7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上へのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙〔選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2)〕、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。
10. 試験終了後の会場退出に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

# 化 学 (その1)

## 注 意 事 項

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **4** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.0, I = 127,

Pb = 207

- 1** 以下の文を読み、問に答えよ。

デンプンは主に食物の種子や根茎・塊根に多く含まれ、多糖類で水(熱水)に溶けやすいアミロースと、多糖類で水に溶けにくいアミロペクチンが主要な構成成分である。アミロースは原則として(①)グリコシド結合のみで構成されるが、アミロペクチンには(①)グリコシド結合に加えて(②)グリコシド結合が含まれ、結果として両者は化学的性質や立体構造が大きく異なる。デンプンはアミラーゼの作用でデキストリンを経て二糖類であるマルトースに分解される。マルトースはグルコースが(①)グリコシド結合により縮合した化合物であり、マルターゼを作用させると2分子のグルコースが生じる。マルトースの化学的性質としてその還元性が挙げられるが、これはマルトースが有する官能基である(③)に起因する。マルトースと同様に多くの二糖類は還元性を示すが、還元性を示さない二糖類の例としてはスクロースが挙げられる。これはスクロースを構成する $\alpha$ -グルコースの1位の炭素と、 $\beta$ -フルクトースの(④)位の炭素を介してグリコシド結合が形成されているからである。一方、多糖類の一種であるセルロースは(⑤)グリコシド結合で構成される。セルロースはセルラーゼを作用させることでセロピオースまで分解することができる。これは、セルラーゼがセルロースの(⑤)グリコシド結合を認識するからである。

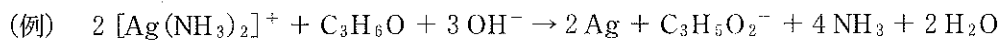
グルコースはブドウ糖とも呼ばれる単糖の一種であり、動植物の間に広く分布し、主にエネルギー源として利用される。この際、グルコースは解糖系と呼ばれる細胞内経路で代謝を受け、ピルビン酸を介してアセチル CoA に変換される。一方、細胞内で過剰となったグルコースは多糖類の一種であるグリコーゲンに変換され、肝臓や筋肉に一時的に貯蔵される。グリコーゲンはグルコースの重合体である点でデンプンと類似しているが、より複雑な構造を有することが知られている。

問 1 ①～⑤に該当する適切な語句を次の選択肢から選び、記号で解答せよ。

- |                              |                              |                    |                    |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| (ア) メチル基                     | (イ) ヒドロキシ基                   | (ウ) アルデヒド基         | (エ) カルボキシ基         |
| (オ) カルボニル基                   | (カ) アミノ基                     | (キ) $\alpha$ -1,1- | (ク) $\alpha$ -1,4- |
| (ケ) $\alpha$ -1,6-           | (コ) $\beta$ -1,1-            | (サ) $\beta$ -1,4-  | (シ) $\beta$ -1,6-  |
| (ス) $\alpha$ -1, $\beta$ -2- | (セ) $\alpha$ -2, $\beta$ -1- | (ソ) 1              | (タ) 2              |
| (チ) 3                        | (ツ) 4                        | (テ) 5              | (ト) 6              |

問 2 二糖類に関する次の問いに答えよ。

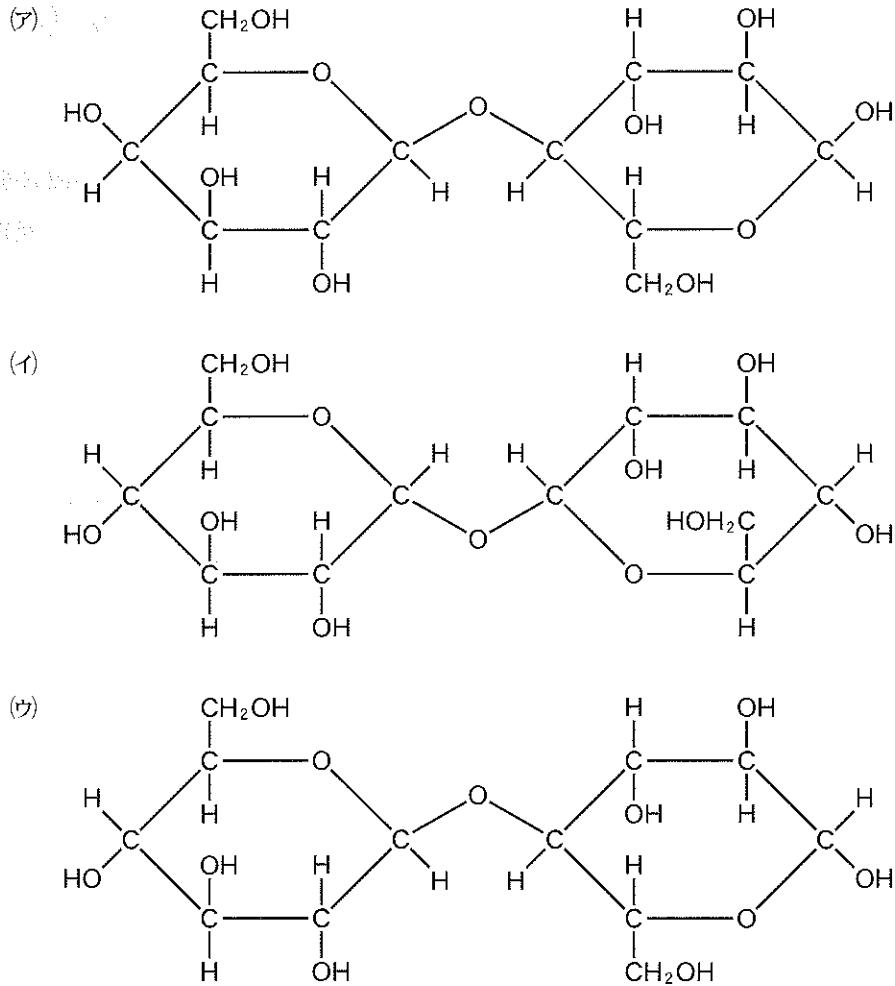
- 1) 硫酸銅(Ⅱ)と酒石酸ナトリウムカリウムおよび水酸化ナトリウムの混合水溶液にマルトースを溶解し、加熱すると赤色沈殿が認められる。例を参考にしてこの反応の化学反応式を書け。



- 2) 下線部と同一条件でセロピオースにマルターゼを作用させてもグルコースは生じない。このようなマルターゼの性質は何と呼ばれるか。

3) 図1で示した(ア)―(イ)の二糖類について、名称と還元性の有無を答えよ。なお、名称に関しては $\alpha$ および $\beta$ 型の区別はしなくてよいものとし、還元性がある場合は「有」、ない場合は「無」と解答欄に書きなさい。

図1



問 3 グリコーゲンのような高分子化合物の分子量は一様ではなく、平均分子量として表す。高分子化合物はその物性から粘度や浸透圧を測定することで平均分子量を求める場合が多い。これを踏まえて次の問いに答えよ。

- 1) 質量 32.4 g のグリコーゲンを溶解させて 100 mL とした水溶液の浸透圧を気温 27 °C の条件で測定したところ 249 Pa であった。グリコーゲンの平均分子量および平均重合度を求めよ。なお、気体定数  $R$  は  $8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  とし、四捨五入のうえ有効数字は 3 桁で解答せよ。
- 2) 1) で使用したものと同一グリコーゲンを一定量測りとり、ヨウ化メチルを作用させて構造中に含まれるすべての  $\text{—OH}$  基を  $\text{—OCH}_3$  基に変え、続いて希硫酸を加えてグリコシド結合を完全に加水分解したところ、3 種の単糖 A, B および C がそれぞれ 13.8 g, 1.29 g および 1.47 g 生じた。グリコーゲン 1 分子が有する分岐の数を計算し、四捨五入のうえ有効数字 3 桁で解答せよ。さらに、計算した分岐の数を用いてはじめに測りとったグリコーゲンの質量 [g] を計算し、四捨五入のうえ有効数字 3 桁で解答せよ。なお、B および C の物質量は等しく、加水分解の際に 1 位に  $\text{—OCH}_3$  基がある場合  $\text{—OH}$  基に変換されるものとする。平均分子量は 1) で計算した値を用いなさい。

2

次の問に答えよ。

問 1 氷酢酸とエタノールからエステル化合物を合成し、これを精製したい。丸底フラスコにエタノールを 0.5 mol と氷酢酸 0.4 mol を加え、冷却しながら濃硫酸 5 mL を少しずつ加える。フラスコ上部に冷却管を取り付け、突沸しないように注意しながら約 20 分間加熱還流する。反応終了後、フラスコを十分に冷却したのちに冷水を加えたところ、二層に分離した。上層を図 1 の器具に入れ、ジエチルエーテルと適量の飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、ときおりガスを抜きながらよく振り混ぜた後、静置し、水層を除去する。さらに、エーテル層に 50% 塩化カルシウム水溶液を加えて振り混ぜ、水層を除去する。残ったエーテル層に無水塩化カルシウムの結晶を適量添加し、一晩静置する。溶液中の残留物をろ過で取り除き、ジエチルエーテルを蒸留により除去し、さらに温度が 75—78 °C の留分を集めると、高純度のエステル化合物が得られる。

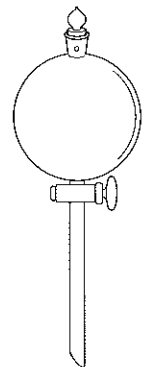
1) 下線部①の反応式を書け。

2) 下線部②および③では異なる目的で塩化カルシウムを加える。それぞれ適切な目的を次の選択肢から選び、記号で解答せよ。

- |           |                 |
|-----------|-----------------|
| (ア) 付加反応  | (イ) 加水分解反応      |
| (ウ) 縮合反応  | (エ) 酸化反応        |
| (オ) 還元反応  | (カ) ハロゲン(塩素)化反応 |
| (キ) 水分の除去 | (ク) アルコールの除去    |
| (ケ) 酢酸の除去 |                 |

3) 一般にエステル化の反応速度は、第一級、第二級、第三級アルコールでどのような関係にあるか等号または不等号を用いて示せ。

図 1



問 2 ここに炭素、水素および酸素のみから構成される同じ分子式を持つ芳香族エステル X, Y, Z がある。この化合物の構造式を推定するために次の実験を行った。

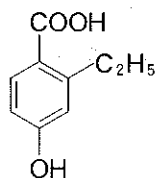
- 1) X を 28.7 mg とり、完全に燃焼したところ、水が 18.9 mg, 二酸化炭素が 77.0 mg 発生した。X の組成式を答えよ。
- 2) ショウノウ(融点 180 °C, モル凝固点降下 40 K·kg/mol) 10.0 g に X を 0.246 g 加えて融解し、均一化した。これを冷却固化し、融点を測定したところ 174 °C であった。X の分子式を答えよ。
- 3) X はベンゼンの水素原子が 1 か所のみ置換された芳香族エステルである。X に少量の硫酸を加えて温めたところ、ベンゼン環を持つ生成物 X' とアルコールである X'' が生成した。X' は白い結晶性の物質で、炭酸水素ナトリウムに加えたところ、CO<sub>2</sub> を発生しながら溶解した。一方、X'' を酸化して得られる生成物にフェーリング液を加えても反応しなかった。図 2 の中から X の構造式として最も適切なものを選んで記号で答えよ。
- 4) Y はベンゼンの水素原子が 1 か所のみ置換された芳香族エステルである。Y に少量の硫酸を加えて温めたところ、ベンゼン環を持つ生成物 Y' とカルボン酸 Y'' が生成した。Y' は金属ナトリウムと反応して気体を発生したが、塩化鉄(III)とは反応しなかった。一方、Y'' は酢酸よりやや弱い酸である。図 2 の中から Y の構造式として最も適切なものを選んで記号で答えよ。





5) Z に少量の硫酸を加えて温めたところ、4) と同様のカルボン酸である Y' と、ベンゼン環を持つが 4) とは異なる生成物 Z' が生成した。Z' の溶液に塩化鉄(III)を加えたところ青紫色を呈した。また、Z' のベンゼン環の水素原子 1 個を塩素原子で置換した場合、2 種類の異性体が生じた。例に従って Z' の構造式と化合物名を答えよ。

(例)



## 化 学 (その2)

3 次の設問A～Cの間に答えよ。

なお、設問の油脂中の不飽和結合は二重結合のみとする。

設問A.

問 1 油脂 A は  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$  の構造式で表される脂肪酸のみで構成されるグリセリンエステルである。油脂 A の 150 g に付加するヨウ素  $\text{I}_2$  の質量を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

設問B.

油脂 B は脂肪酸 X と脂肪酸 Y が物質質量比 1 : 2 で含まれたグリセリンエステルである。11.94 g の油脂 B には標準状態で 1.68 L の水素が付加されることにより油脂 C に変化した。油脂 C は 1 種類の脂肪酸 Z のみで構成されていた。以下の間に答えよ。

なお、標準状態における水素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 1 3.98 g の油脂 B をけん化するのに 1.50 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 10.0 mL 要した。油脂 B の平均分子量を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 2 油脂 B の 1 分子中に含まれる炭素原子間の二重結合 ( $\text{C}=\text{C}$ ) の平均の数を答えよ。

問 3 脂肪酸 Z の示性式と名前を答えよ。なお示性式は例にならって書くこと。

<例>

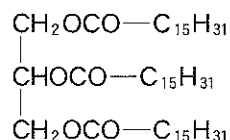
示性式	名前
$\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$	ミリスチン酸

設問C.

油脂 D は炭素数が同じである飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸を 1 種類ずつ含むグリセリンエステルであり、その分子量は 886 である。この油脂 221.5 g に水素を完全に付加させるには標準状態の水素が 11.2 L 必要であった。なお、標準状態における水素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 1 油脂 D が不斉炭素原子を持つ場合、構造式として 2 つのものが考えられる。その 2 つの構造式を例にならってかけ。

<例>



問 2 油脂 D を構成する脂肪酸として 3 種類の脂肪酸が考えられる。それらの示性式と脂肪酸の名前をかけ。なお示性式は例にならって書くこと。

<例>

示性式	名前
$C_{13}H_{27}COOH$	ミリスチン酸

4 以下の問に答えよ。

問 1 NaCl は、 $\text{Na}^+$  イオンと  $\text{Cl}^-$  イオンがともに面心立方格子の構造をとっており、単位格子には  $\text{Cl}^-$  イオンが ( a ) 個と  $\text{Na}^+$  イオンが ( b ) 個含まれる。

$\text{Cl}^-$  イオン半径が 0.186 nm で  $\text{Na}^+$  イオン半径が 0.095 nm であり、それぞれのイオンは格子構造の 1 辺上では接しているとした場合、この NaCl の結晶格子の 1 辺の長さは ( c ) nm となり、この結晶の密度は ( d )  $\text{g}/\text{cm}^3$  となる。

NaCl の式量は 58、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$  として問題文内の a ~ d の値を答えよ。なお a と b は整数で、c と d は有効数字 3 桁で答えよ。解答の際、指定の桁数以上の数値が出た場合には四捨五入せよ。

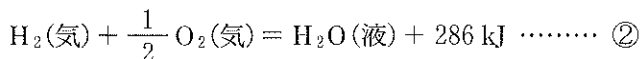
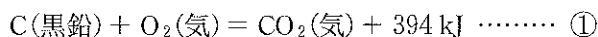
問 2 両極に白金板を用いた 1 槽の電解槽にて水酸化ナトリウム水溶液 ( $\text{NaOHaq}$ ) を 1.50 A の一定の電流を 2 時間 8 分 40 秒流して電気分解したところ、両極の電極からそれぞれ異なる気体が発生した。陽極・陰極から発生した気体の分子式と標準状態での体積 (L) を小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお発生した気体は電解槽内の水溶液には不溶とし、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする

問 3 炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) と炭酸水素ナトリウム ( $\text{NaHCO}_3$ ) の混合物 41.1 g に十分量の希塩酸を作用させると、標準状態で 10.08 L の二酸化炭素が発生した。混合物中の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と  $\text{NaHCO}_3$  はそれぞれ何 g ずつであったか。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 4 血液と同じ浸透圧をもつ生理食塩水は、0.90 % 塩化ナトリウム水溶液からできており、点滴治療などに用いられている。医療現場では血液と浸透圧が同じグルコース水溶液からできている点滴液も治療で用いられている。生理食塩水とおなじ浸透圧を示すグルコース水溶液 100 mL をつくるのに必要なグルコース ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) は何 g 必要か。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

なお生理食塩水の密度は  $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$  とする。

問 5 次の熱化学方程式を利用して、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (液) の生成熱 ( $\text{kJ}/\text{mol}$ ) を求めよ。



問 6 質量パーセント濃度 20.0 % の硫酸水溶液 2.0 kg を用いて作成された鉛蓄電池から、1.5 A の電流が 2 時間放電されると、硫酸水溶液の質量パーセント濃度は何 % となるか。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

# 生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

生物は細胞からできており、細胞はさまざまな特徴をもつ物質からできている。細胞を構成する有機物は大きく4種類に分類することができ、そのなかで窒素を含む有機物(有機窒素化合物)は(ア)と(イ)である。からだに必要な有機窒素化合物を合成する働きは(ウ)と呼ばれる。動物などの従属栄養生物は直接あるいは間接的に植物が合成した有機窒素化合物を取り入れ(ウ)をおこなっている。

生態系において窒素は炭素と同様に生物的環境とそれを取り巻く非生物的環境との間を循環する。これを物質循環という。植物の枯死体や動物の遺体や排出物に含まれる有機窒素化合物は、腐敗菌やカビによって(①)に分解される。(①)は亜硝酸菌により(②)に酸化され、さらに硝酸菌により(③)に酸化される。これらの細菌は無機物である(①)や(②)を酸化したときに放出されるエネルギーを用いて炭酸同化をおこなっている。この働きを(エ)といい、(エ)をおこなう細菌を総称して(エ)細菌という。土壌中の窒素化合物の一部は(オ)により気体の窒素( $N_2$ )として大気中に放出される。

大気中には体積で約80%も $N_2$ が存在するが、これを直接(ウ)に用いることができる生物は少ない。一部の生物のみ大気中の $N_2$ を取りこんで(①)に還元して利用することができる。この働きを(カ)という。(カ)をおこなう生物にはシアノバクテリアである(キ)や細菌である(ク)や(ケ)、根粒菌などがある。根粒菌は(コ)科の植物の根に入り込み根粒を作る。根粒菌は宿主から有機物の供給を受け、(①)を宿主に供給する。このような関係を相利共生<sup>(a)</sup>という。

植物は根から吸収した(③)を硝酸還元酵素、亜硝酸還元酵素の働きで(①)に還元する。その後、(サ)合成酵素の働きで(①)は(シ)と結合して(サ)を生じる。さらに(シ)合成酵素の働きで(サ)は $\alpha$ -ケトグルタル酸と反応して2分子の(シ)を生じる。(シ)と種々の有機酸との間でアミノ基の転移がおこなわれ種々のアミノ酸が合成される。合成されたアミノ酸は種々の有機窒素化合物の合成に使用される。

問1 (ア)~(シ)に適切な語句を入れなさい。

問2 (①)~(③)に適切なイオン式を入れなさい。

問3 下線部(a)について、次の小問(1)(2)に答えなさい。

(1) アブラムシを生物①とし、アブラムシと相利共生の関係にある生物の名称あるいは総称を生物②の欄に答えなさい。そしてアブラムシが生物②に与える利益を「①が②」の欄に、生物②がアブラムシに与える利益を「②が①」の欄にそれぞれ10字以内で答えなさい。

(2) アブラムシ以外の生物で互いに相利共生の関係にある生物の名称あるいは総称を生物③と生物④の欄に答えなさい。そして生物③が生物④に与える利益を「③が④」の欄に、生物④が生物③に与える利益を「④が③」の欄にそれぞれ10字以内で答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

生物の集団とそれを取り巻く環境を1つのまとまりとしてとらえるとき、このまとまりを生態系という。生態系を構成する生物は大きく(ア)と(イ)に分けられる。光合成をおこなって無機物から有機物を合成する植物や藻類などの独立栄養生物を(ア)という。一方、ほかの生物から有機物を得る従属栄養生物を(イ)という。(イ)のうち生物の遺骸やふんなどに含まれる有機物を無機物に分解する生物を特に(ウ)という。

人間活動は生態系に影響を与えることがあり、その例として水質汚染や酸性雨、地球温暖化などがある。このほか人間活動により生物がそれまで分布していなかった場所に持ち込まれ、繁殖して分布を広げている場合もある。このような生物を(エ)という。これらの生物の中には移入された場所の生態系をかく乱させているものもある。日本における代表的な(エ)には(①)などがある。

人間活動により環境中に放出された特定の物質が生物体内に取り込まれて蓄積され、食物連鎖の過程を通してより高次の(イ)の体内により高濃度に蓄積する現象を(オ)という。その例にかつて農薬として使用されていた化学物質である(カ)がある。(カ)は自然界では分解されにくく、水によって散布された場所から遠く離れた場所にまで運ばれ、動物の脂肪組織に蓄積される。(オ)によって(カ)を高濃度に蓄積した鳥類は、殻のもろい卵を産むようになる。アメリカでは(カ)の影響でミサゴやペリカンの個体数が減少するなどの影響が生じた。

ある生物種が地球上から滅びることを絶滅という。さまざまな人間活動の影響で、かつてない速さと規模で絶滅が進んでいる。絶滅の恐れのある生物を絶滅危惧種、それをリストアップしたものを(キ)という。環境省の(キ)では絶滅の危険性の高さによるカテゴリー分けがなされている。

問1 (ア)～(キ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部(a)の代表的な指標にBODとCODがある。解答欄の「略語：」にBODかCODのいずれかを選択して記入し、その右にある各欄に略語にする前の日本語の名称と、水質悪化が進行するとその指標の値は増大するか減少するかについて答えなさい。

問3 下線部(b)について、次の小問(1)(2)に答えなさい。

(1) 人間活動により環境中に放出された物質の地球温暖化への関与が疑われている。それらの物質は地球表面から放出される熱エネルギーをよく吸収し、その熱の一部を地表に戻し、地表や大気のを温度を上昇させる。そのような働きを答えなさい。

(2) 上記の働きを持つ物質を次のa～fの中からすべて選びa～fの記号で答えなさい。

- |         |       |       |
|---------|-------|-------|
| a オゾン   | b 酸素  | c 窒素  |
| d 二酸化炭素 | e フロン | f メタン |

問4 (①)に当てはまる生物を次のa～eの中からすべて選びa～eの記号で答えなさい。

- |         |          |           |
|---------|----------|-----------|
| a ウシガエル | b オオクチバス | c ゲンゴロウブナ |
| d ホンモロコ | e ミヤコタナゴ |           |

3

次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

動物の卵では( ① )側を動物極、その反対側を植物極という。カエルの未受精卵は( ② )側に卵黄が多く含まれており、精子は必ず卵の( ③ )側の半球から進入する。精子が進入して受精が起こると精子により持ち込まれた中心体の働きによって卵の表面に近い部分の表層全体が内側の細胞質に対して約 30° 回転する。これを表層回転といい、表層回転の方向は精子の進入点側では( ④ )側に向かい、進入点の反対側では( ⑤ )側に向かう。この回転により精子進入と反対側の赤道部に周囲と色の濃さの異なる領域が現れる。この領域を( ア )といい、将来の( イ )側となる。

卵の細胞質基質内にはさまざまな mRNA やタンパク質が貯えられている。これらのうち発生過程に影響をおよぼすものを( ウ )因子という。カエルの( イ )側の決定にはβカテニンとディシエベルドとよばれるタンパク質が関与していることが明らかにされた。βカテニンの mRNA は( ウ )因子として卵全体に貯えられており、これが翻訳されることによって卵全体でβカテニンが作られる。一方、ディシエベルドは( ウ )因子として( ⑥ )側に局在しており、表層回転とともに( ア )に移動する。βカテニンはある種の酵素により分解されるが、ディシエベルドはその酵素の働きを阻害する作用がある。このためβカテニンはディシエベルドが移動した側で高く、反対側では低くなるような濃度勾配を形成する。卵割によって生じたそれぞれの細胞ではβカテニンが核に移動して調節タンパク質として働き、( イ )側の形成に関与するさまざまな調節遺伝子の発現を引き起こす。

卵割が進むにつれて胚の内部では卵割腔がしだいに大きくなり、やがて胞胚期になると胞胚腔とよばれるようになる。胞胚腔は( ⑦ )側にかたよって形成される。原腸胚になると( ア )のやや( ⑧ )側の細胞が内部に陥入して原口が形成され、陥入によってできた新たな空所を原腸という。原口の( ⑨ )側を( エ )といい、原腸形成とともに内部に移動し中胚葉となる。原腸形成が進むと胚の細胞は、胚の外側を覆う外胚葉、原腸を構成する内胚葉、その中間に位置する中胚葉の3つの胚葉に区別される。原腸形成が終わると胚は神経胚となる。まず、胚の背側の正中線に沿った細胞が肥厚し、背側の表面が平らになる。この領域を神経板という。やがて神経板の左右両側の縁の細胞は正中線に向かってせり上がるように移動し、正中線上でくっついて閉じ神経管になる。

<sup>(b)</sup> シュペーマンとマンゴルドはイモリの初期原腸胚の( エ )を別のイモリの初期原腸胚の腹側<sup>(c)</sup>の予定表皮域に移植する実験をおこなった。その結果、移植片は自身の発生運命に従って主に( オ )に分化した。さらにその周囲の外胚葉から神経管などが分化し本来の胚とは別に、ほとんど完全な構造を持つ二次胚が形成された。シュペーマンとマンゴルドは移植した( エ )が未分化な胚の細胞に働きかけて神経管などの器官をつくらせ調和のとれた二次胚を形成させたと考え、このような働きを持つ胚の領域を( カ )と呼んだ。

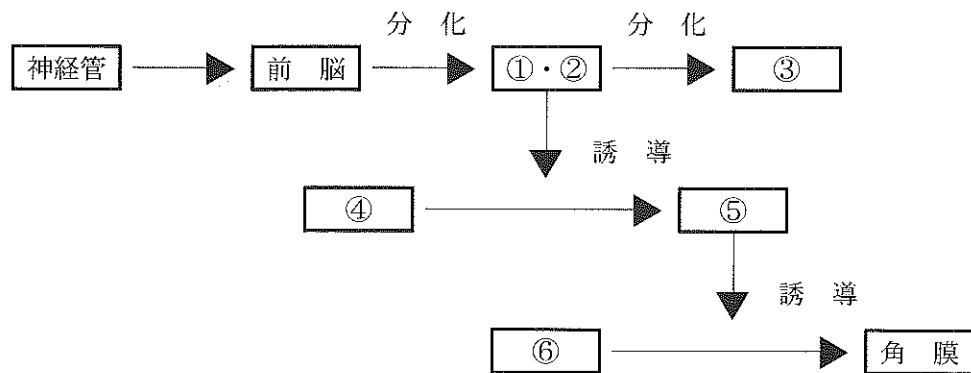
問 1 (ア)~(カ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 (①)に 8 字以内の適切な語句を入れなさい。

問 3 (②)~(⑨)には動物極か植物極が入る。動物極が入るものを②~⑨からすべて選択し、②~⑨の記号で答えなさい。

問 4 下線部(a)について、ショウジョウバエの未受精卵においても前後軸やその後の発生に影響を与える mRNA が存在している。その名称を 2 つ挙げ、未受精卵内におけるそれぞれの分布について 7 字以内で答えなさい。

問 5 下線部(b)は発生が進むにつれて前脳、中脳、後脳、脊髄へと領域が分化し、前脳から誘導の連鎖により目が形成される。以下はイモリの目が形成される過程を示している。①~⑥に適切な語を入れなさい。なお①が発達したものが②である。また③~⑥には同じ語が入る場合もある。



問 6 下線部(c)について、彼らはある方法を用いて移植片と移植を受けた胚の細胞を区別した。その方法と区別の指標についてそれぞれ 20 字以内の 1 文で答えなさい。



## 生 物 (その2)

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

細胞は様々な方法で死ぬが、突然の損傷によって死ぬ細胞は、細胞の(ア)を起し通常は膨張・破裂して内容物を放出する。この様な細胞死はしばしば、局所的な炎症反応を伴い、損傷部位において治癒応答を引き起こす。他の細胞死の方法として(イ)やオートファジーによって引き起こされる(ウ)細胞死が知られている。(イ)を起した細胞は周囲に害を起さず、縮んで凝縮する。細胞骨格は壊れ、核膜やDNAが分散して核は分解されて断片になる。また、細胞表面の性質が変化することにより、周囲に内容物が放出される前に(エ)に取り込まれ、速やかに除去される。

問 1 (ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 (イ)を引き起こすシグナルによって活性化される細胞質内に存在するタンパク質分解酵素は何か答えなさい。

問 3 下線部に関して、炎症反応の4つの徴候を答えなさい。

問 4 (ウ)細胞死によって形成される器官として、ニワトリの後肢の指が知られている。(ウ)細胞死が起こった場所がわかる様に図を用いて説明しなさい。

問 5 細胞内寄生性病原体の増殖には宿主となる細胞が必要であるため、キラーT細胞は感染した細胞を殺すことで病原体の増殖を阻止している。(イ)は感染細胞を殺す方法として(ア)よりも望ましいと考えられている。その理由を60字以内で答えなさい。

問 6 免疫寛容の獲得にも(ウ)細胞死が関与している。免疫寛容の獲得に関して以下の質問に答えなさい。

- (1) 免疫寛容の獲得においては、種々の細胞が(ウ)細胞死によって排除されている。どの様な性状の細胞が排除されているのかをT細胞について答えなさい。さらにその(ウ)細胞死はどこで起こっているか。その器官を答えなさい。
- (2) この(ウ)細胞死の過程で異常が起こり免疫寛容の獲得が不完全な場合に起こる疾患は何か答えなさい。

5

次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ヒト由来のタンパク質を大腸菌で発現させる場合、ヒトの遺伝子をそのまま大腸菌に導入しても活性のあるタンパク質は発現しない。その理由として原核生物と真核生物では遺伝子発現システムと細胞の構造が異なることが挙げられる。ヒトの遺伝子発現システムにおいては(ア)という過程を経ないと成熟した(イ)は得られない。従って、ヒトの遺伝子DNAを組み込んだ(ウ)を大腸菌に導入すると(エ)の部分までそのまま翻訳されてしまうことになる。この問題を解消するために、目的とするタンパク質を発現している組織から(イ)を抽出した後、逆転写酵素を用いて(オ)を合成し、そこから目的とする(オ)のクローニングを行う。クローニングにはPCR法が利用されることが多く、得られたDNA断片をプラスミドに挿入して(オ)クローンを得る。(ウ)としてよく用いられるプラスミドは原核細胞内で染色体とは別に存在し、独立して増殖する比較的短い(カ)状の2本鎖DNAである。遺伝子操作においてはDNAの切断には制限酵素を用い、塩基配列が相補的な切断部分の結合には(キ)という酵素が用いられる。

また、大腸菌には膜構造を持つ細胞小器官である(ク)や(ケ)が存在しないことから、ポリペプチドの修飾が起らずに活性を有するタンパク質が作られないことがある。

問1 (ア)～(ケ)に適切な語句を入れなさい。

問2 PCR法は鋳型DNA、2種類のプライマー、耐熱性のDNAポリメラーゼ、4種類の塩基ヌクレオチドなどを含む反応液の調製後に95℃(反応1)、55℃(反応2)、72℃(反応3)の3段階の温度変化を1サイクルとした反応を繰り返してDNAを多量に増幅させる方法である。反応1～3のそれぞれの過程について簡単に説明しなさい。

問3 目的の(オ)をPCR法でクローニングするために転写開始点から24塩基のプライマーAと終止コドンの終わりまでの24塩基のプライマーBを設計した。プライマーAとBの5'末端側の8塩基をそれぞれ5'末端側を左端にして答えなさい。目的遺伝子の終止コドンを含む塩基配列は以下の通りである。

```

      1      10      20      30
5' -atggaatcag caacatctca ttccccagtg ggcactacga -----
----- tggcctcttt tctttcagcc ttcgtaagcc ggtacatacg ----3'
                                1770      1780      1790
*：転写開始点を1とした

```

問4 下線部に関して、必要なタンパク質を遺伝子組換えにより合成するためにはどのような対応が考えられるか。30字以内で答えなさい。

問 5 逆転写酵素は 1970 年に発見され、その性質からそれまでのセントラルドグマが絶対的なものでないことが示された。以下の質問に答えなさい。

- (1) セントラルドグマとはどのような考え方であるか答えなさい。
- (2) 逆転写酵素を有する RNA ウイルスのことを何と呼ぶか答えなさい。
- (3) また、その代表的な RNA ウイルスを一つ答えなさい。

# 物 理 (その1)

1 以下の問いに答えなさい。なお地球と月以外の天体は考慮しないものとする。また万有引力定数を  $G$  とする。

A 以下の文章中にある空欄  の(a)~(c)に当てはまる適切な数式を解答欄に書き入れなさい。

地球が質量  $E$  で一様な密度  $d$  を持つ半径  $R$  の球形と仮定する。月は質量が  $M$  で、地球の周りを速さ  $v$ 、周期  $T$  で公転する。その公転軌道は半径  $R_0$  の円と仮定する。このとき周期  $T$  を  $R_0$ 、 $v$  を使って表しなさい。

$$T = \text{  (a) }$$

また公転運動する月の運動の式は以下のようなになる。

$$\frac{Mv^2}{R_0} = \text{  (b) }$$

上の二式を使って  $\frac{R_0}{R}$  の3乗を万有引力定数  $G$  と  $T$  および  $d$  を用いて表しなさい。

$$\left(\frac{R_0}{R}\right)^3 = \text{  (c) }$$

(c)を数値計算することにより

$$R_0 \gg R$$

であることがわかる。

B 地球の表面(地表)に置いてある物体の重さに月ほどのような影響を与えているのかを考えてみよう。以下の文章中にある空欄  のうち(d)~(i)には適切な数式を、(1)~(6)には適切な語句を解答欄に書きなさい。ただし語句は「軽く」、「重く」、「地球の中心向き」、「月の方向」、「月と逆方向」から選びなさい。同じ語句を何度使ってもよい。また  $|a| \ll 1$  のとき、近似式  $\frac{1}{(1 \pm a)^2} \approx 1 \mp 2a$  (複号同順) が成立することを(f)と(h)を求める際に使いなさい。

問題を簡単にするために、ごく短い時間の地球と月を考えよう。このとき地球は自転も公転もせず、月も同様に公転していないと見なすことが出来る。なお A で述べたと同様に、地球は球形で、その質量と半径をそれぞれ  $E$ 、 $R$  とする。月は質量が  $M$  で地球との距離は  $R_0$  とする。

月に最も近い、図の A 点に置かれた物体に、月から働く引力によって生じる加速度の大きさは

(d)

である。同様に月の引力によって地球に生じる加速度の大きさは

(e)

である。よって月の存在のために A 点に置かれた物体には、月がなかった場合に比べて上の両者の差の加速度

$$(d) - (e) = (f)$$

が生じる。この加速度の向きは (1) である。この結果は物体の重さに影響する(そこでこの量を重さの補正項と呼ぶことにする)。すなわち A 点では月の無い場合に比べて物体は (2) なるのである。

月と逆側の点、B 点ではどうなるだろう。月が無かった場合に比べ、月があるために B 点に置かれた物体に生じた加速度の大きさ(重さの補正項)は上と同様のやり方で求めることができ

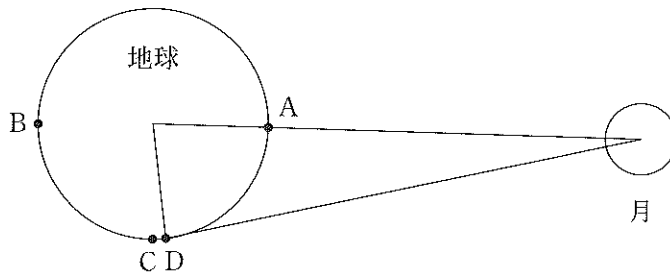
$$(g) - (e) = (h)$$

となる。この加速度の向きは (3) である。すなわち B 点で物体は、月の無い場合に比べて (4) なるのである。

それでは、A 点と B 点から等距離にある地表の C 点ではどうなるだろう。ここでは計算を簡単にするために、C 点に近い以下で述べる D 点で考えてみよう(図を参照)。すなわち地球の中心と月の中心、そして地上(図の地球円周上)の 3 点を結ぶ三角形が二等辺三角形となる D 点に物体を置いてみよう。加速度がベクトル量であることに注意しよう。すると D 点に置いた物体に、月が存在するために生じた重さの補正項は

(i)

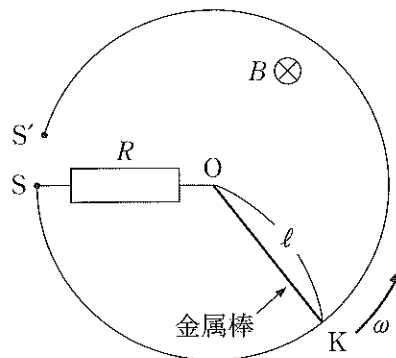
となる。またこのベクトルの向きは (5) である。すなわち月があるために D 点では物体は月が無い場合に比べて (6) なるのである。



2

図のように、水平面内に電気抵抗の無視できる導線で出来た半径  $\ell$  の円形レールが置かれている。ただしレールはその一部  $SS'$  間は切れている。円形レールの中心  $O$  とレール上の点  $S$  は導線を介して抵抗値  $R$  の抵抗によって結ばれて固定されている。長さ  $\ell$  の、電気抵抗の無視できる金属棒  $OK$  をレールの中心  $O$  とレールの上に渡し、 $O$  を中心に反時計回りにレールに接しさせながら一定の角速度  $\omega$  の大きさを回転させた。以下では  $K$  が  $S$  から  $S'$  に進む間のみを考える。また鉛直下方(紙面の表から裏向き)に磁束密度  $B$  の一様な磁界がかかっている。このとき以下の問いに答えなさい。

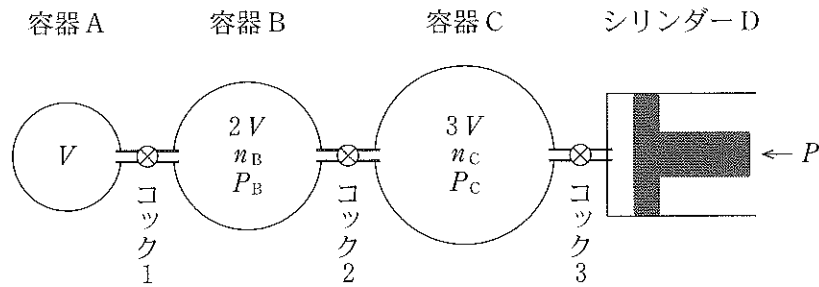
- (1) 時間  $\Delta t$  内に扇形回路  $OSK$  を貫く磁束変化量はいくらか。
- (2) 抵抗の両端に発生する電位差の大きさ  $V$  を求めなさい。また金属棒  $OK$  を流れる電流の向きは  $O \rightarrow K$  かそれとも  $K \rightarrow O$  か。
- (3) 抵抗で消費される電力はいくらか。
- (4) 金属棒  $OK$  が磁場から受ける力の大きさはいくらか。その向きは回転と同方向か、逆方向か。



## 物 理 (その2)

3 気体に関する以下の問いに答えなさい。

A 下図のように、容器A, B, CとシリンダーDが、コック1, 2, 3のついた容積の無視できる細管で接続されている。シリンダーD内部には、気密性を保ちながら滑らかに動くことができるピストンがある。ピストンの右側の圧力は大気圧 $P$ になっている。容器A, B, Cの容積はそれぞれ $V$ ,  $2V$ ,  $3V$ で、最初はすべてのコックは閉じており、ピストンがシリンダーDの底まで押し込まれている状態である。容器Aは真空中で、容器Bには $n_B$ モル、圧力 $P_B$ の単原子分子理想気体Bが、容器Cには $n_C$ モル、圧力 $P_C$ の単原子分子理想気体Cが入っている。容器、細管、シリンダーD、ピストンはすべて断熱材で作られていて、これらの熱容量は無視できるものとする。気体定数を $R$ とする。このとき以下の問いに答えなさい。ただし $2P_B + 3P_C > 6P$ とする。



- (1) 容器B, C内の気体BとCの内部エネルギー $U_B$ ,  $U_C$ はそれぞれいくらか。
- (2) まず、コック2, 3は閉じたまま、コック1を開けてしばらく時間をおき、容器A, B内の気体を平衡状態にした。このとき、気体の温度 $T_{AB}$ および圧力 $P_{AB}$ を求めよ。
- (3) さらに、コック3は閉じたまま、コック2を開けてしばらく時間をおき、容器A, B, C内の気体を平衡状態にした。気体Bと気体Cは化学反応を起こさないものとする。このとき、気体の温度 $T_{A-C}$ および圧力 $P_{A-C}$ を求めよ。
- (4) 最後に、コック3をゆっくり開いて気体をシリンダーD内に膨張させた。このとき、シリンダー内の圧力は常に $P$ を保ったままピストンを移動させるものとする。全体が平衡状態に達したとき、シリンダーD内にある混合気体の体積 $V_D$ および混合気体の温度 $T_{A-D}$ を求めよ。

B 空気の入ったヨーヨー風船(水風船)を冷蔵庫に入れておいたところ、室温の部屋に置いておいた時よりも、長時間しぼまなかった。その理由を70字以内で説明しなさい。なお、風船がしぼむのは、空気分子がゴム膜をすり抜けるためである。

- 4 振動数  $f_s$  の音源 S と観測者 A と B が図 1 のような位置関係にある。音源 S は、静止している観測者 A に SA を結ぶ直線上を一定の速さ  $v_s$  で近づいている。一方観測者 B は SA と  $\angle ASB = \theta$  の方向のある位置に静止している。空気中の音速を  $V$  とし、 $v_s < V$  である。このとき以下の問いに答えなさい。

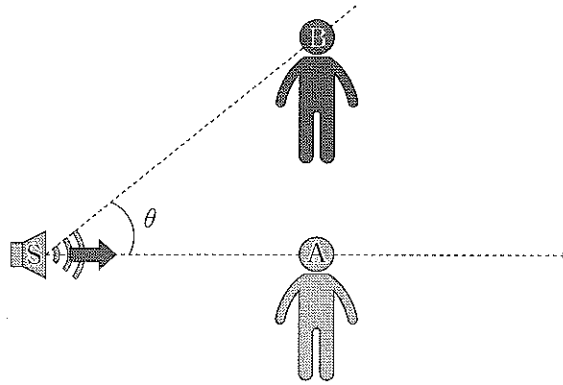


図 1

- (1) 音源 S が出す音波の速さはいくらか。また、観測者 A に聞こえる音源 S の音波の波長ならびに振動数はいくらか。
- (2) 観測者 B に聞こえる音源 S の音波の振動数はいくらか。

次に図 2 のように左から音源 S、観測者 A および音を反射することができる反射板 R を一直線上に配置した。

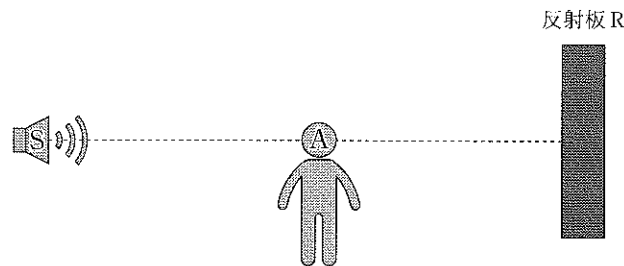


図 2

- (3) このとき音源 S と観測者 A が静止して、反射板 R が直線上を一定の速さ  $v_R$  で左側に動いた。ただし  $v_R < V$  である。観測者 A に聞こえる反射板 R で反射した音波の振動数はいくらか。また、このときに観測者 A に聞こえるうなりは 1 秒間に何回か。
- (4) 次に、図 2 の配置で、S、A、R の 3 者はそれぞれ一定の速さで右方向に動いた。音源 S の速さは  $v_s$ 、観測者 A の速さは  $v_A$ 、反射板 R の速さは  $v_R$  である。いずれの速さも音速より小さい。このとき観測者 A に聞こえるうなりは 1 秒間に何回か。ただし 3 者が衝突しない範囲で考える。