

令和 8 年度一般選抜試験(後期)

# 理 科 ( 問 題 )

## 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 34 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 4 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりとわかるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

# 物 理 (後期)

I 図1のように、3本の円柱を水平な床の上に積み重ね静止させたい。この条件を以下の手順で考えてみよう。円柱は同じ材質で出来ており、円柱と円柱、および円柱と床の間の静止摩擦係数をそれぞれ  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ , 重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図2は、半径  $r$ , 質量  $m$  の一様な円柱 A, B, C を積み重ね、静止した状態を断面方向から見た様子を示したものである。円柱 A, B および C の断面の中心をそれぞれ点 A, B および C とする。BC は床に平行で、AB と AC のなす角を  $2\theta$  とする。

円柱 A が円柱 B, C から受ける垂直抗力の大きさを共に  $N_1$ , 円柱 A と円柱 B, C の間にはたらく摩擦力の大きさを共に  $F_1$  とすると、円柱 A にはたらく鉛直方向の力のつり合いより、

$$mg = \boxed{\text{ア}} \quad (1)$$

が得られる。

円柱 C にはたらく水平方向の力のつり合いより、円柱 C と床の間にはたらく摩擦力の大きさ  $F_2$  は、 $N_1$  と  $F_1$  を含む

$$F_2 = \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

と表される。同様に、円柱 C にはたらく垂直方向の力のつり合いより、円柱 C が床から受ける垂直抗力の大きさ  $N_2$  は、 $N_1$  と  $F_1$  を含む

$$N_2 = \boxed{\text{ウ}} \quad (3)$$

と表される。

また、点 C まわりの力のモーメントのつり合いより、

$$F_2 r = \boxed{\text{エ}} \quad (4)$$

が得られる。

式(1)から(4)を用いると  $N_1$ ,  $N_2$  は、

$$N_1 = \left( \boxed{\text{オ}} \right) F_1 \quad (5)$$

$$N_2 = \left( \boxed{\text{カ}} \right) F_2 \quad (6)$$

となる。

よって、円柱 A と円柱 C が静止するためには、

$$\mu_1 \geq \boxed{\text{キ}} \quad (7)$$

$$\mu_2 \geq \boxed{\text{ク}} \quad (8)$$

を満たす必要がある。

問 1 文中のアからクの空欄に最も適した文字式をそれぞれの解答欄に記入せよ。

問 2 表は、材質 X と材質 Y の物体の間の静止摩擦係数を、全ての組み合わせについて示したものである。 $\theta = \frac{\pi}{4}$  のとき静止できる円柱と床の素材の組み合わせを理由とともに全て答えよ。組み合わせが存在しない場合は該当なしと答えよ。

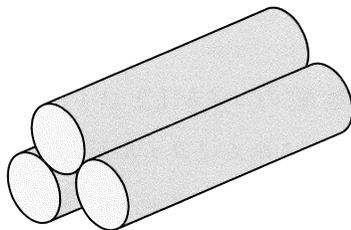


図 1

表 静止摩擦係数

	材質 X	材質 Y
材質 X	0.45	
材質 Y	0.42	0.35

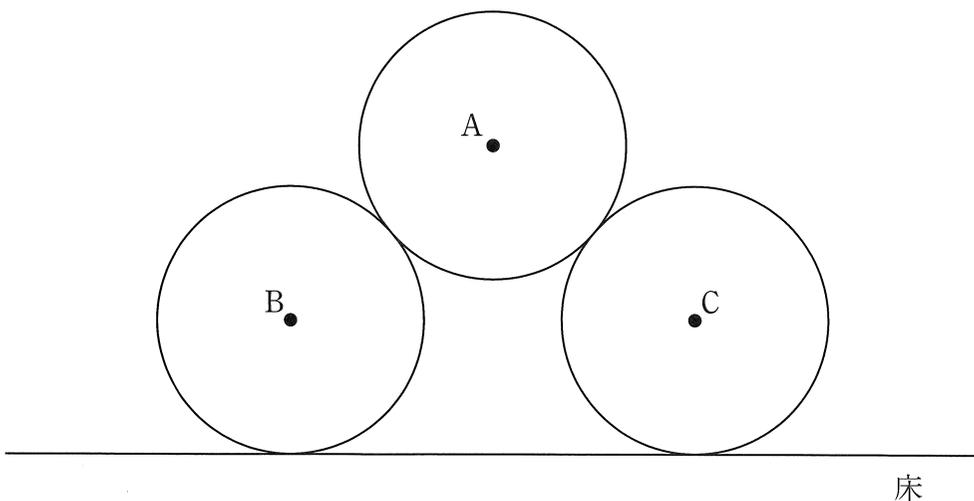


図 2

II 地磁気の大きさはヘルムホルツコイルを用いて測定することができる。この方法について以下の問いに答えよ。真空中の透磁率を  $\mu_0$  とする。ある地点の地磁気の磁界(磁場)は、水平面内にあり正確に南北方向を向いているとする。

図1のような円形コイル(半径  $R$ , 巻数  $N$ )に大きさ  $I$  の電流を流すと磁界が発生する。中心軸上の点  $P$  での磁束密度の大きさ  $B$  は、コイルの中心点  $O$  から点  $P$  までの距離が  $x$  で、コイルが真空中にあるとき次のように表される。

$$B = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (1)$$

ヘルムホルツコイルとは、2つの同じ円形のコイルを、中心軸を一致させ、半径の距離だけ離して並べたものである。ヘルムホルツコイルに同じ大きさの電流を同じ向きに流すと、コイルで挟まれた空間の中心部付近の広い範囲に、均一な磁界を作ることができる。

図2のような、同じ円形コイル(半径  $R$ , 巻数  $N$ )のコイル1とコイル2を、中心軸を南北に一致させ、 $R$  だけ離して配置したヘルムホルツコイルが大気中(比透磁率  $\mu_r$ )にある。コイルに大きさ  $I_1$  の電流を、北から見て反時計回りに流した。

問1 2つのコイルから等距離にある中心軸上の点  $Q$  の磁界の向きと磁束密度の大きさを答えよ。磁界の向きは解答欄の選択肢から適切なものを選び丸で囲み答えよ。磁束密度の大きさは  $\mu_0$ ,  $\mu_r$ ,  $N$ ,  $R$ ,  $I_1$  を用いて表せ。途中の考え方も記せ。

このヘルムホルツコイルに、図3のように真空管を取り付けた。真空管の中にある電子銃で、初速度0の電子(質量  $m$ , 電気量  $e$ )を電圧  $V$  で加速し打ち出したところ、電子は真空管内のコイル面に平行で点  $Q$  を含む面内で、点  $Q$  を中心とした半径  $r (< R)$  の等速円運動をした。この地点の地磁気の磁束密度の大きさを  $B_0$  とする。

問 2 電子の速さを  $m$ ,  $e$ ,  $V$  を用いて表せ。

問 3 比電荷 ( $e/m$ ) を  $\mu_0$ ,  $N$ ,  $R$ ,  $I_1$ ,  $B_e$ ,  $V$ ,  $r$  を用いて表せ。途中の考え方も記せ。

次に図 4 のように、コイル 2 が北を向くように装置全体を半回転させ、コイルに流れる電流の大きさだけを調整し、真空管内で電子に半径  $r$  の等速円運動をさせた。

問 4 調整後の電流の大きさが  $I_2$  であるとき、比電荷を  $\mu_0$ ,  $N$ ,  $R$ ,  $I_2$ ,  $B_e$ ,  $V$ ,  $r$  を用いて表せ。

問 5  $B_e$  を  $\mu_0$ ,  $N$ ,  $R$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $V$ ,  $r$  から必要なものを用いて表せ。

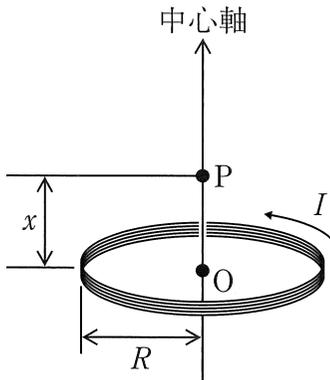


図 1

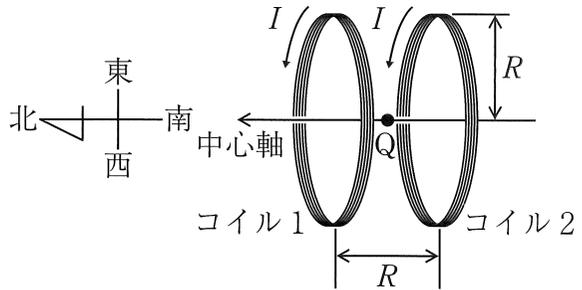


図 2

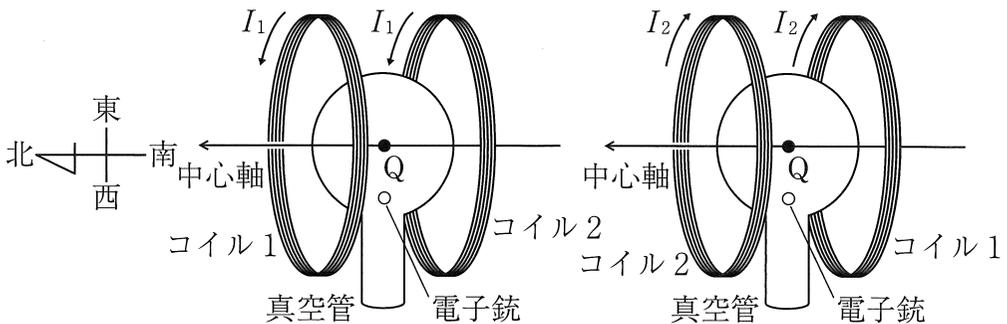


図 3

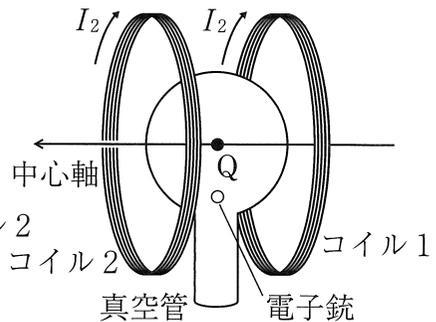


図 4

Ⅲ 薄い凸レンズの焦点距離を求める2つの実験について、以下の問いに答えよ。

凸レンズに光軸に平行な光線が入射すると、レンズの中心から遠い光線ほど入射角が( ① )なり、( ② )屈折する。このため、レンズを通過した光は、光軸上の1点に集まる。この点を焦点といい、光軸上に焦点は  個存在する。

実験1

図1のように、物体とスクリーンを薄い凸レンズの中心Oを通る光軸上に配置する。物体が凸レンズの焦点距離の外側にあるとき、凸レンズの後方に  像ができる。 像のできる位置にスクリーンを置くと、この像を見ることができ。このときスクリーンとレンズの間の距離は、凸レンズの焦点距離よりも( ③ )。

物体とレンズの距離が $a$ のとき、スクリーンに  像が表れた。 像の倍率が $M$ 倍であるとき、焦点距離は  として求められる。

問1 上の文章のアからウの空欄に入る適切な語、数、文字式などを答えよ。①から③については、解答欄の選択肢から適切なものを選び丸で囲み答えよ。

実験2

図2のように、物体とスクリーンを薄い凸レンズの中心Oを通る光軸上に配置し、物体とスクリーンの距離を $L$ で固定した。凸レンズを物体の近くからスクリーンに向かってゆっくりと移動させたところ、物体と凸レンズの距離が $a$ となったときスクリーンに像Aが表れた。さらに凸レンズを移動したところ、物体と凸レンズの距離が $a'$ となったときスクリーンに像Aと異なる倍率の像Bが表れた。

問2 像Aが表れてから像Bが表れるまでに移動した凸レンズの距離が $D$ であるとき、 $a$ と $a'$ を、 $L$ と $D$ を用いてそれぞれ表せ。途中の考え方も記せ。

問3 像Aの倍率を、 $L$ と $D$ を用いて表せ。

問 4 凸レンズの焦点距離を、 $L$  と  $D$  を用いて求めよ。

実験 2 を行うためには、事前に実験 1 のような方法で大体の焦点距離を求めておく必要がある。

問 5 凸レンズの焦点距離が  $f$  であるとき、実験 2 で 2 つの異なる倍率の像が表れるために必要な  $L$  の条件を  $f$  を用いて表せ。途中の考え方も記せ。

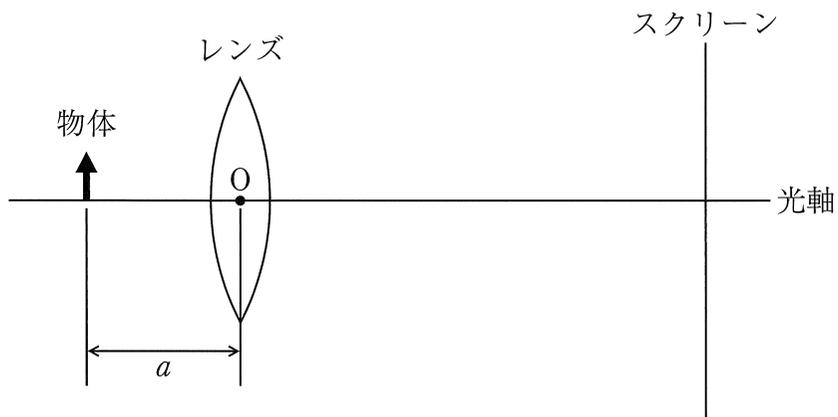


図 1

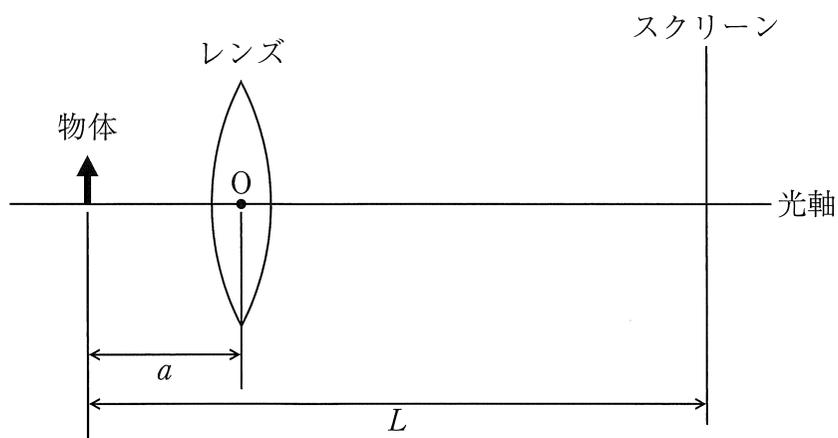


図 2

IV 図1のように、なめらかに動く軽いピストンを内蔵した細く透明なシリンダーがある。シリンダーとピストンはよく熱を通す。定圧モル熱容量(定圧モル比熱)を  $C_p$ 、定積モル熱容量(定積モル比熱)を  $C_V$  とする。 $C_p/C_V = \gamma$  とすると、理想気体の断熱変化では圧力と体積の間に、 $pV^\gamma = \text{一定}$  の関係が成り立つ。空気は理想気体としてふるまい、大気圧は  $p_0$ 、室温は  $T_0$ 、気体定数を  $R$  として、以下の問いに答えよ。

シリンダーに乾燥した空気を入れピストンで封じた。じゅうぶん時間が経過したとき、気体の体積は  $V_0$  であった。この状態を状態 I とする。

問 1 シリンダーの中の気体の物質量を答えよ。

次に、ピストンを押し込める限界までゆっくりと押し込んだ。このとき気体の体積は  $mV_0$  であった。この状態を状態 II とする。

次に、ピストンを押し込む前の位置までゆっくりと戻した後、すばやくピストンを気体の体積が  $mV_0$  となるまで押し込んだ。この状態を状態 III とする。

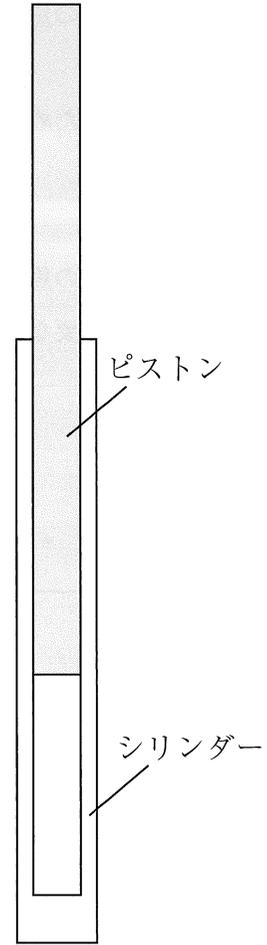


図 1

問 2 状態 I から状態 II、および、状態 I から状態 III への状態変化の圧力  $p$  と体積  $V$  の関係を表すグラフを、回答欄の  $p-V$  図に実線で描け。ただし、状態 I、II、III を明記するとともに、各状態における圧力と体積も明記すること。補助線は点線で描き、直線と曲線は明確に描き分けること。

問 3 状態 I から状態 III の過程での内部エネルギーの増加量はいくらか。途中の考え方も記せ。

シリンダーの底に乾燥した小さい紙片を置き、ピストンをすばやく押し込んだところ、紙は発火した。紙の発火点は  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、室温は  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、空気の  $\gamma$  は  $1.4$  とする。

問 4 紙が発火するためには、シリンダー内の空気の体積はピストンを押し込む前の何分の 1 倍以下であればよいか。有効数字 2 桁で答えよ。途中の考え方も記せ。必要があれば、図 2 を用いてもよい。

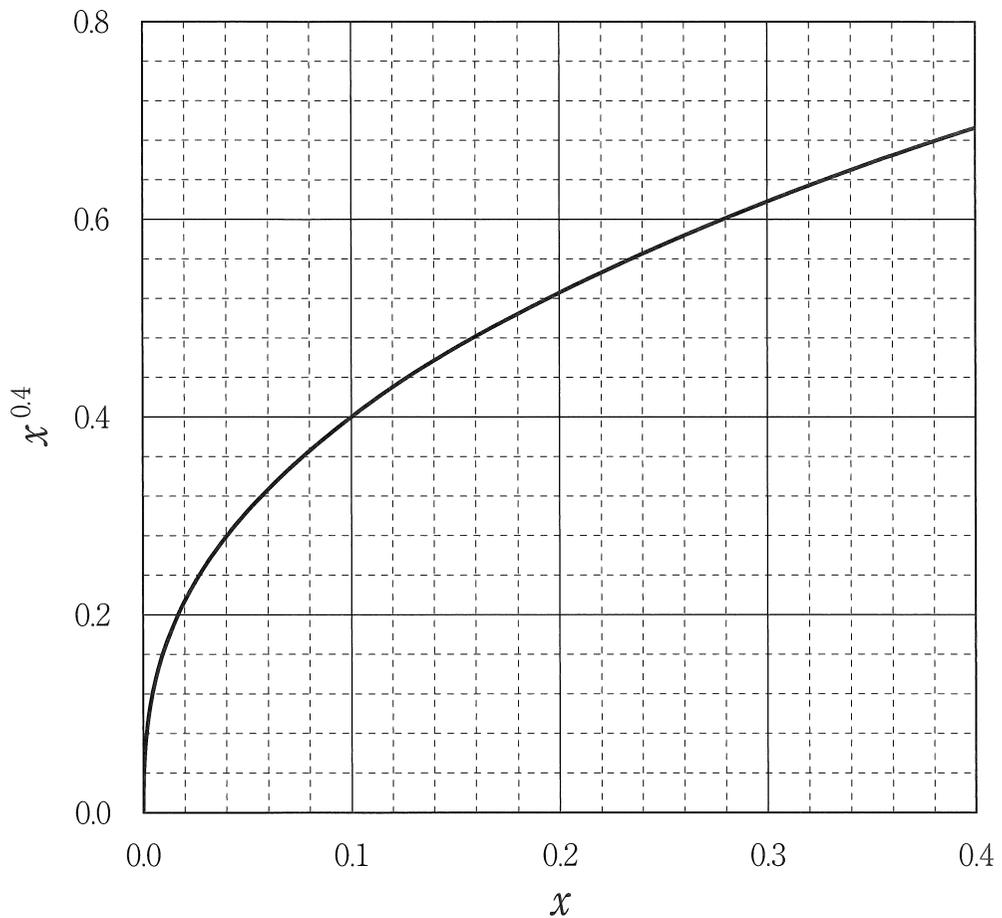


図 2

# 化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に、必要ならば次の値を用いなさい。

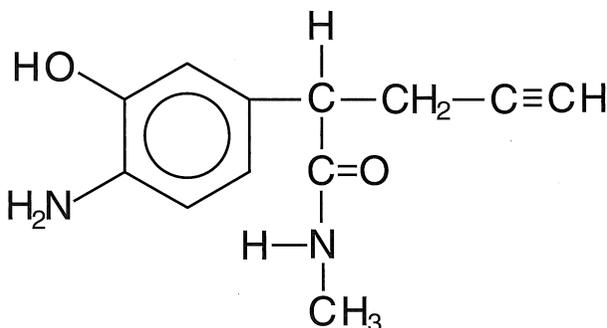
原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24, \sqrt{7} = 2.65$

$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477$

また、有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

これまでに 100 種類を超える元素の存在が確認されている。このうち半数以上を占めるのは周期表において(ア)族から(イ)族に配置される元素であり、これらを(ウ)元素という。

また、(ウ)元素以外の元素を(エ)元素という。(エ)元素では、貴ガスを除き、同じ周期内で陽子数(原子番号)が 1 増加すると、(オ)も 1 増加する周期性が見られる。

天然に存在する最も原子番号の大きい元素は原子番号 92 のウランであるが、ウランより原子番号の小さい元素の中には人工的に作られた元素も存在する。<sup>①</sup>

天然に存在するウランには、質量数の異なるウラン 234、ウラン 235、ウラン 238<sup>②</sup>

の3種類が存在するが、これらはいずれも壊変(崩壊)により放射線を出して他の元素<sup>③</sup>に変わる。しかし、その壊変の速度はそれぞれで大きく異なり、例えばその半分<sup>④</sup>が壊変するのに、ウラン 235 では7億年を要するのに対してウラン 238 では45億年を要する。いずれのウランも壊変を繰り返し、最終的にはそれぞれ原子番号82の鉛 207 や鉛 206 となり安定状態となる。<sup>⑤</sup>

問1 文中の空欄(ア)～(オ)に当てはまる最も適切な語句や数字を解答欄(ア)～(オ)に答えなさい。

問2 下線部①について、人工的に作られている元素として原子番号43のテクネチウム Tc がある。

テクネチウムは、放射線を出す時間や強さなどが医療用として適しているため、病気の診断などに利用されている。また、テクネチウムは、価電子として働く電子の構成がマンガンと似ているため、テクネチウムから生じるイオンなどの化学的性質もマンガンと似ている。

現在、テクネチウムの利用においては、まずモリブデン99の壊変から過テクネチウム酸イオンを得た後、種々の化合物に変化させて利用している。

この過テクネチウム酸イオンのイオン式を解答欄(i)に、そのイオンにおけるテクネチウムの酸化数を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。

問3 下線部②について、現時点でウラン 234、ウラン 235、ウラン 238 の3種類の存在率はそれぞれ0.005%、0.72%、99.275%である。ウラン 234、ウラン 235、ウラン 238 の相対質量をそれぞれ234.00、235.00、238.00としたとき、ウランの原子量を求め、解答欄に小数点第二位まで答えなさい。

問 4 下線部③について，放射線の一種類である $\gamma$ 線を表す正しい記述を下の選択肢から全て選び，解答欄に記号で答えなさい。正しい記述がない場合は，解答欄に×を記入しなさい。

- ア. 正電荷を持っている。
- イ. 可視光線などと同じく電磁波の一種類である。
- ウ. コピー用紙などの紙(1枚)を通過する。
- エ. 鉛板を通過する。
- オ.  $\gamma$ 線の放出後は原子番号が1大きくなる。

問 5 下線部④について，地球の誕生から現在までを45.5億年とすると，地球の誕生時にはウラン238は現在のおよそ2倍の量が存在していたと考えられる。

それではウラン235は，地球の誕生時に現在の量のおよそ何倍の量が存在していたと考えられるか。以下の選択肢から最も近いものを一つ選び解答欄に記号で答えなさい。なお算出にあたっては，他の核種の核分裂や核融合からのウラン235の生成などを考慮する必要はない。

- (ア) 9倍    (イ) 30倍    (ウ) 60倍    (エ) 90倍    (オ) 150倍

問 6 下線部⑤について，このような原子を互いに何というか。解答欄に最も適切な語句を答えなさい。



II 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

化石燃料に替わる代替エネルギー源の検討が近年進められているが、トウモロコシなどから作られるエタノール(バイオエタノール)や、工場などから排出される二酸化炭素を再利用して造られるメタノール<sup>①</sup>は、既存の内燃機関(ガソリンエンジン)で活用できるために、その候補として有望視されている。

しかしこれらのエネルギー物質には問題点もある。例えばエタノール<sup>②</sup>は、家畜飼料などに利用されているトウモロコシなどの原材料を発酵させて生産される。そのため、飼料用のトウモロコシなどがエタノール生産のために消費されると、世界人口が増え続ける現在において、食糧危機のリスクを高めることにつながると危惧されている。

そのような状況において、新たなエネルギー物質として期待されている化合物にジメチルエーテル<sup>③</sup>や廃油を活用したバイオディーゼル燃料<sup>④</sup>などがある。

問 1 下線部①について、メタノールは毒物に指定されている。メタノールの毒性は、ヒトの体内に吸収された後に酸化されて生じる化合物によるものと考えられている。ヒトの体内におけるメタノールの酸化は、二段階の化学反応により進行すると考えられる。第一段階の酸化で生じる化合物を解答欄(i)に、第二段階の酸化で生じる化合物を解答欄(ii)に、それぞれ示性式で答えなさい。

また、それらの化合物の名称をそれぞれの示性式の下欄に答えなさい。

問 2 下線部②について、1.00 t の飼料用乾燥トウモロコシから何 L のエタノールが生産できるか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。なお、飼料用乾燥トウモロコシに含まれるデンプンから生じるグルコースの質量は、乾燥トウモロコシの質量の 72.0% であるとし、このすべてがアルコール発酵によりエタノールになるものとする。また、エタノールの密度は  $0.789 \text{ g/cm}^3$  としなさい。

問 3 下線部③について、ジメチルエーテル(気体)の燃焼エンタルピーはいくらか。次ページの表の値を用いて求め、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 下線部④について、バイオディーゼル燃料などを使用するディーゼルエンジンの問題点として、燃料の燃焼により一酸化窒素  $\text{NO}$  や二酸化窒素  $\text{NO}_2$  などの窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )が多く生じることがある。その対策として現在では、燃焼後の高温の気体に対して、触媒の存在下で尿素水溶液(尿素水)を反応させて  $\text{NO}_x$  を軽減している。

この処理は2段階の化学反応として考えることができる。まず、尿素水が燃焼後の気体に噴霧されると、高熱により尿素が分解してアンモニアと二酸化炭素になる(反応1)。そして、生じたアンモニアが  $\text{NO}_x$  と反応し、窒素と水になることで有害な  $\text{NO}_x$  が減少する(反応2)。

- (i) この処理において、尿素水からアンモニアと二酸化炭素ができる反応(反応1)を解答欄(i)に化学反応式で答えなさい。
- (ii) この処理の一例として、反応2により1 molの  $\text{NO}_2$ (気体)がアンモニア(気体)と反応して窒素(気体)と水(液体)が生じる化学反応を考えると、その反応エンタルピーはいくらか。下の表の値を用いて求め、解答欄(ii)に小数第一位まで答えなさい。

表 各物質の生成エンタルピー

物質名	生成エンタルピー [kJ/mol]
ジメチルエーテル(気)	-184
メタノール(液)	-239
一酸化炭素(気)	-111
二酸化炭素(気)	-394
一酸化窒素(気)	90.3
二酸化窒素(気)	33.2
アンモニア(気)	-45.9
水(液)	-286

### Ⅲ 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

私たちの身の回りには無数の化学物質が存在している。それらの化学物質の中には人体に良い影響を与えるものもあれば、悪い影響を与えるものもある。ある化学物質がどのような性質を持っているのかを知るためには、まず無数の化学物質の中から① 一種類の物質のみからなる混ざりものの無い状態の化学物質として分離する必要がある。

生体内の化学物質も同様である。例えば、タンパク質には様々な種類があり、ヒトはそれらの働きにより生命現象を維持している。そのため、それらのタンパク質の構造や機能を明らかにすることは生命現象の理解や病気の治療などにおいて非常に重要である。しかし、生体内には膨大な種類のタンパク質が存在しているので、これら一つ一つについて調べるためには、まずそれらを単一の成分のタンパク質として分離する必要がある。

ある病気に関連するタンパク質を分離する流れは以下のように行われることが多い。まずそのタンパク質を含む細胞に緩衝液を加えてすりつぶし(破碎し)、細胞の破碎液を得る。次にその破碎液から② 固形物(不溶物)を取り除いて液体部分(抽出液)を得る。

抽出液には様々な物質が溶解しているので、その中から狙いをつけたタンパク質を分離するには何段階もの手順が必要なことがほとんどである。

最初によく用いられるものとして、③ 多量の硫酸アンモニウムを添加することでタンパク質を沈殿させる方法がある。ただしこの方法では、沈殿したタンパク質にも多くの硫酸アンモニウムが混入するので、④ 沈殿を溶解した液を半透膜でできた袋に入れ、水などに浸して塩などの小さい分子を除去する必要がある。

その後、イオン交換樹脂などを用いて目的のタンパク質のみを他の成分から分離する。

このように分離されたタンパク質に対して、⑤ 様々な分析が行われる。その中で、そのタンパク質が既知のものなのか、それとも未知のものなのかを知るための方法の一つとして、⑥ そのタンパク質のアミノ酸の配列順序のデータと、データベースに登録されている既知のタンパク質のデータを照合する方法が用いられる。

また現代では、AI(人工知能)などを活用することでタンパク質のアミノ酸の配列順序の情報をもとに、 $\alpha$ -ヘリックス構造や $\beta$ -シート構造などの部分的な立体構造、さらにはタンパク質全体の立体構造を高い精度で予測できるようになってきている。

問 1 下線部①のような物質を何というか。最も適切な語句を解答欄に答えなさい。

問 2 下線部①のようになった化学物質がタンパク質であるかどうかを調べたい。

その化学物質の水溶液に対し、以下の表の3種類の検出反応を行うとする。

これらの検出反応において、タンパク質が存在していた場合に観察される呈色と、その呈色を示す原因となるタンパク質の構造上の条件について、表の(i)から(v)にあてはまる最も適切なものを、下の語群から一つ選び解答欄に記号で答えなさい。なお、必要ならば同じものを何度用いてもよい。

検出反応	呈色	タンパク質の構造上の条件
ニンヒドリン反応	赤紫色～青紫色	i
キサントプロテイン反応	ii	iii
ビウレット反応	iv	v

■ 語群 ■

- ア. 橙黄色      イ. 赤褐色      ウ. 赤紫色      エ. 青緑色  
 オ. 黒色      カ. 銀色      キ. 白色      ク. 青白色  
 ケ. ペプチド結合      コ. 2つ以上のペプチド結合      サ. エステル結合  
 シ. ホルミル基      ス. ニトロ基      セ. カルボキシ基      ソ. アミノ基  
 タ. ジスルフィド基      チ. ベンゼン環      ツ. 枝分かれした炭化水素基

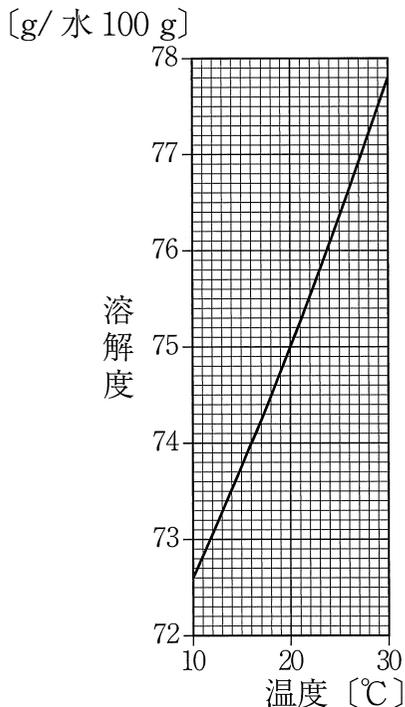
問 3 下線部②と下線部④の操作を何というか。最も適切な語句をそれぞれ解答欄(i)と(ii)に答えなさい。

問 4 下線部③のようにタンパク質が沈殿する現象を表す最も適切な語句を解答欄に答えなさい。

問 5 下線部③で加える硫酸アンモニウムとして、飽和硫酸アンモニウム水溶液を用いることが多い。

いま、 $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ で、飽和硫酸アンモニウム水溶液を試験管に  $1.00\text{ mL}$  取り、その質量を測定したところ  $1.33\text{ g}$  であった。

この飽和硫酸アンモニウム水溶液のモル濃度を、右の硫酸アンモニウムの溶解度曲線を使用して求め、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。



問 6 下線部⑤について、タンパク質のような高分子化合物の分子量を求めるために、高分子化合物の溶液の浸透圧を求め、その値から分子量の算出を行うことがある。

いま、非電解質である高分子化合物  $3.00\text{ g}$  を水に溶かして  $100\text{ mL}$  の溶液を調製し、この溶液の浸透圧を  $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  で測定したところ、 $1.50 \times 10^3\text{ Pa}$  であった。この高分子化合物の分子量はいくらか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 7 タンパク質の構造を考えると、下線部⑥と下線部⑦の構造は何と呼ばれるか。それぞれ解答欄(i)と(ii)に最も適切な語句を答えなさい。また、下線部⑦のような部分的な立体構造を安定化させている力は何か。解答欄(iii)に最も適切な語句を答えなさい。



IV 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

ベンゼンから橙赤色の色素を合成するおおまかな手順は以下のとおりである。

手順1：ベンゼンに(ア)と(イ)を加えて加熱し、ニトロベンゼンを得る。

手順2：ニトロベンゼンに(ウ)と(エ)を加えて加熱し、水酸化ナトリウム水溶液を加えてアニリンを得る。

手順3：液温を4℃の低温に保ちながら、アニリンを(オ)に溶かした溶液に(カ)を加えて化合物Xを得る。

手順4：手順3の終了後、冷たい化合物Xの溶液に、ナトリウムフェノキシドを加えて反応させると、橙赤色の色素が得られる。

中和滴定において指示薬(pH指示薬)として利用されるメチルオレンジやメチルレッドは、基本的に同様の過程で合成される。

例えば、この手順2で生じたアニリンをスルホン化すると、① アミノ基に対して  
p-(パラ)の位置がスルホ基に置換されたスルファニル酸が得られる。このスル  
ファニル酸をアニリンの代わりに手順3で用い、また、手順4でナトリウムフェノ  
キシドの代わりにジメチルアニリンを用いると、② メチルオレンジが得られる。

問1 (ア)～(カ)の空欄に入る最も適切な試薬名を解答欄(ア)～(カ)に答えなさい。

問2 手順3の終了後、化合物Xの水溶液が入った容器を誤って室温(25℃)で長時間放置してしまった。この時に容器内で進行した反応を解答欄に化学反応式で答えなさい。ただし、化学反応式を記述するにあたり、有機化合物については構造式で、無機化合物については分子式または組成式で表しなさい。

問3 手順4の反応を一般に何というか、最も適切な名称を解答欄(i)に答えなさい。また、その反応によって新たに生じる官能基について、官能基の部分のみを構造式で表し解答欄(ii)に答えなさい。

問4 下線部①について、スルファニル酸を構造式で表し、解答欄に答えなさい。

問5 下線部②について、以下の問いに答えなさい。

メチルオレンジを pH 指示薬として利用する場合、pH 3.1 以下では赤色を呈し、この時メチルオレンジの分子は水素イオン  $H^+$  が結合した構造(ここでは MH 型とする)となる。また、pH 4.4 以上では黄色を呈し、その時の分子は水素イオンが結合していない構造(M 型とする)となる。

いま 25℃において、ある水溶液にメチルオレンジを少量滴下したところ、黄色の溶液になり、その溶液の pH を測定すると pH 4.90 であった。

この溶液において、メチルオレンジの MH 型は、M 型の何倍存在するか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、25℃におけるメチルオレンジの電離指数  $pK_a$  は 3.40 であり、 $pK_a$  と酸の電離定数  $K_a$  の関係は  $pK_a = -\log_{10} K_a$  である。

# 生 物 (後期)

解答上の注意：記号等の選択において複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順、五十音順、番号順に並べなさい。該当するものがない場合のみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

I 次の(1)~(8)の間に答えなさい。

(1) 生態系の生産者になりえるものをすべて選びなさい。

- |            |        |       |
|------------|--------|-------|
| A リス       | B ブナ   | C カビ  |
| D 大腸菌      | E 亜硝酸菌 | F カイコ |
| G シアノバクテリア | H 該当なし |       |

(2) 水界生態系での物質生産について正しいものをすべて選びなさい。

- A 地球全体の純生産の約3分の2は海洋で行われている。
- B 単位面積当たりの純生産量は浅海域で低く、外洋で高い。
- C 補償深度は沿岸よりも外洋で深い。
- D 純生産量は栄養塩類の量に依存しない。
- E 陸上生態系より現存量に対する純生産量が多い。
- F 該当なし。

(3) カエルとショウジョウバエの発生過程で共通してみられるものをすべて選びなさい。

- |                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| A 卵割時に多核になる。                | B 体節構造ができる。 |
| C 原口が将来の口になる。               |             |
| D 原腸陥入が起きてから前後軸などの体軸が決定される。 |             |
| E Hox 遺伝子群が働く。              | F 該当なし。     |

- (4) ショウジョウバエの Hox 遺伝子のうち、後胸部や腹部の発生に関わる遺伝子群の名称を答えなさい。
- (5) 母体の細胞で合成されて卵に蓄積し、胚の発生に影響を与える物質の総称を答えなさい。
- (6) 細胞内の DNA 複製と PCR 法による DNA の増幅で共通してみられるものをすべて選びなさい。
- A プライマーが必要である。
  - B 岡崎フラグメントが生じる。
  - C DNA ヘリカーゼが必要である。
  - D 5' → 3' 方向に合成される。
  - E 一時的に RNA が合成される。
- (7) タンパク質でないものをすべて選びなさい。
- |          |         |         |
|----------|---------|---------|
| A 抗体     | B アクチン  | C ATP   |
| D NADH   | E フィブリン | F アルブミン |
| G グリコーゲン | H 該当なし  |         |
- (8) 酵素が特定の基質のみに作用する性質のことを何というか答えなさい。

## II

次の文章を読み、問に答えなさい。

1 真核細胞と原核細胞は、細胞膜で包まれ、細胞内部に遺伝子の本体であるDNAをもつという共通の特徴があるが、細胞内部の構造は異なる。真核細胞には核膜に包まれた核があり、その内部には染色体と核小体が存在する。染色体は、DNAに[ 1 ]などのタンパク質が結合した複雑な構造となっている。DNAが[ 1 ]に巻き付いた構造は[ 2 ]とよばれ、これが数珠状につながった構造はさらに折りたたまれて[ 3 ]繊維とよばれる構造を形成する。核小体では、[ 4 ]などが合成される。

真核細胞には、さまざまな細胞小器官が発達している。細胞小器官の膜は、基本的に細胞膜と同じ構造をしており、生体膜とよばれる。2 生体膜はリン脂質二重層からなり、チャネルや輸送体、ポンプなど物質の輸送を行うタンパク質や受容体として働くタンパク質、細胞接着に関わるタンパク質などが存在している。3 ミトコンドリアは、呼吸において重要な役割をはたしている細胞小器官で、外膜と内膜の2枚の生体膜からなり、内膜をはさんで $H^+$ の濃度勾配が形成されている。小胞体は、1枚の生体膜からなる袋状あるいは管状の構造をとり、細胞質に広がっている。小胞体の表面にリボソームが付着した領域は粗面小胞体とよばれ、4 リボソームが付着していない領域は滑面小胞体とよばれる。ゴルジ体は、小胞体と同様に1枚の生体膜からなり、数層に重なる扁平な袋状構造と、その周りに存在する球状の小胞から構成される。5 ホルモンや酵素などを分泌する細胞ではゴルジ体が発達している。6 リソソームは、1枚の生体膜からなる細胞小器官である。細胞質基質には、タンパク質からなる繊維状の細胞骨格が張り巡らされている。細胞骨格は、太さと構成タンパク質から、7 おもに微小管、中間径フィラメント、アクチンフィラメントの3つに分類される。

問1 文中の[ 1 ]～[ 4 ]に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部 1 に関連して、真核細胞(動物細胞)と原核細胞で共通してみられるものをすべて選びなさい。

- A 細胞壁
- B ゴルジ体
- C リボソーム
- D 細胞質基質
- E 細胞膜
- F ミトコンドリア
- G 該当なし

問 3 下線部 2 について、以下の A～F から正しいものを 3 つ選びなさい。

- A イオンは細胞膜を通過するとき、膜タンパク質を必要とする。
- B 主要組織適合遺伝子複合体(MHC)分子は、膜タンパク質である。
- C ギャップ結合は、リン脂質からなるチャネルである。
- D 疎水性のホルモンの受容体は、細胞膜に存在している。
- E ナトリウムポンプは、GTP の分解によって得られるエネルギーを用いて能動輸送を行う。
- F 血液中のグルコースは、輸送体を介する受動輸送によって細胞内に取り込まれる。

問 4 下線部 3 について、ミトコンドリアの起源は真核細胞の祖先に何が共生したものが答えなさい。

問 5 下線部 4 について、滑面小胞体の機能を 2 つ選びなさい。

- A 分泌タンパク質の合成
- B  $\text{Ca}^{2+}$  の貯蔵や濃度の調節
- C  $\text{Mg}^{2+}$  の放出
- D 脂質の合成
- E ATP の合成
- F タンパク質の分解

問 6 下線部 5 について、分泌タンパク質を含む小胞が細胞膜と融合して、内容物が分泌される過程を何というか答えなさい。

問 7 下線部 6 について、リソソームについて誤っている記述をすべて選びなさい。

- A DNA を含む。
- B オートファジーに関与している。
- C タンパク質の分解酵素を含む。
- D タンパク質に糖を付加する。
- E ATP を産生する。

問 8 下線部 7 について、微小管の働きが中心となって起こる現象を 3 つ選びなさい。

- A 筋収縮
- B 原形質流動
- C 鞭毛の運動
- D 核の形の保持
- E モータータンパク質とともに軸索内の小胞などの移動
- F 細胞分裂時の染色体の移動
- G デスモソームによる細胞の接着



### III

次の文章を読んで問に答えなさい。

植物は光エネルギーを利用して炭酸同化を行う。すべての生物が必要とする  の多くは植物の光合成によって作られる。現在、光合成のしくみを役立てる研究が試みられている。1つは、植物の光合成を模倣した「人工光合成」で、化石燃料からの脱却、人口増加による食糧の不足の解消、二酸化炭素の削減など、多くの課題の解決を実現する技術の一つとして注目されている。人工光合成の実現に向け、光エネルギーを利用して水を分解し化学エネルギーを得る第一段階と、得られた化学エネルギーと工場から排出されたCO<sub>2</sub>とを合わせ  を合成する第二段階について、それぞれの効率をあげる研究が日本でも盛んに行われている。もう1つのアプローチは、バイオテクノロジー技術を用いた植物の改変の試みである。植物の光合成におけるエネルギー変換効率は0.2~0.3%ほどであるが、遺伝子改変により光合成効率の向上やストレス耐性の獲得など様々な研究がなされている。

問 1  にあてはまる語句を答えなさい。

問 2 人工光合成では、水を効率よく分解できる光触媒の開発が進められている。植物の光合成において光触媒として使われる赤色と青紫色を主に吸収する色素の名称を答えなさい。

問 3 植物の光合成では第一段階の水を分解する反応はどこで行われるか、細胞小器官と部位の名称を答えなさい。

問 4 植物の光合成の第一段階で合成され、第二段階で化学エネルギーの媒体として利用される物質を2つ答えなさい。

問 5 植物の光合成では、第二段階として大気中の  $\text{CO}_2$  はルビスコによって取り込まれ、数種の酵素による反応回路によって様々な炭素数の糖に変換された後、光合成産物としてデンプンやスクロースが蓄えられる。この反応回路に存在する酵素 1～4 について次の実験を行った。

[実験] ある植物において酵素 1～4 の活性が低下する変異体をそれぞれ分離し、それらの変異体の光合成産物量を確認した。その結果、酵素 1、酵素 2、酵素 4 のそれぞれの変異体では変化はなく、酵素 3 の変異体でのみ低下した。酵素 3 の変異体については、酵素 1～4 の各酵素の生成物量(生成物 1～4)の変化を表に示す。なお、ここではそれぞれの酵素は独立して働き、お互いの酵素は干渉し合わないこととする。

表 酵素 3 の変異体の生成物量の変化

生成物 1	生成物 2	生成物 3	生成物 4
変化なし	減少	減少	増加

- (1) この反応回路の名称を答えなさい。
- (2) この反応回路を通してスクロースが 5 分子できるためには、 $\text{CO}_2$  は何分子必要であるか答えなさい。
- (3) 次の記述のうち最も適切なものを 2 つ選びなさい。
  - A 酵素 3 を通らないバイパス経路が存在する可能性が高い。
  - B 酵素 3 の変異により、酵素 2 の活性も低下した可能性が高い。
  - C 酵素 3 が光合成の律速段階になっている。
  - D 酵素 4 の活性はこの回路での必要十分に達している。

(4) これらの実験結果から酵素1～4が反応回路で働く順番について、正しいものを選びなさい。

- A 酵素1 → 酵素2 → 酵素3 → 酵素4
- B 酵素1 → 酵素4 → 酵素3 → 酵素2
- C 酵素3 → 酵素2 → 酵素4 → 酵素1
- D 酵素3 → 酵素4 → 酵素2 → 酵素1
- E 酵素4 → 酵素2 → 酵素3 → 酵素1
- F 酵素4 → 酵素3 → 酵素1 → 酵素2

(5) この植物の酵素1～4のいずれか一つの遺伝子に新しく変異を導入し機能を変化させることで、光合成産物量を効果的に増加させたい。最も有効と考えられる酵素を選び、どのように変化させるべきかを一行で説明しなさい。

問6 ある地域において、1年間に届く太陽光エネルギーは $5.4 \times 10^{15} \text{ J/km}^2$ であるとする。植物がこの光エネルギーのうち0.2%を光合成によってバイオマスとして固定できるとする。さらにそのバイオマスをバイオ燃料として利用する場合、燃料や変換のプロセスを経て25%の効率で機械エネルギーに変換できるとする。

(1) この地域の人口100万人の都市の1日あたりのエネルギー収支を考えた時、消費するエネルギーをバイオ燃料ですべて賄うには何 $\text{ km}^2$ の植生が必要か、選択肢の中から最も近いものを選びなさい。ただし、1人あたりの1日のエネルギー消費量を $3.6 \times 10^7 \text{ J}$ として計算しなさい。

- A 60            B 180            C 2,700            D 4,900            E 13,000

(2) ソーラーパネルで(1)と同じエネルギーを供給するには、何 $\text{ km}^2$ の土地が必要か、選択肢の中から最も近いものを選びなさい。ソーラーパネルの光エネルギーの変換効率は20%とする。

- A 9.7            B 12            C 76            D 180            E 340



## IV

次の文章を読んで問に答えなさい。

我々を取り巻く自然環境には様々な生物が生息し、生態系を形成している。一方で、我々人間は様々な形で①生態系に影響を与えている。

②京都の鴨川とそれにつながる桂川などでは特別天然記念物である在来種のオオサンショウウオと中国産のチュウゴクオオサンショウウオとの交雑による「遺伝子汚染」が大きな問題になっている。これらの生態学的地位は基本的に同じであり、50年ほど前に持ち込まれたチュウゴクオオサンショウウオが逃げ出し自然界で繁殖し、在来種と交雑することによって、在来種の数が著しく減少した。現在ではこのような在来種の減少はかなり広域な河川におよんでいる。なお、③オオサンショウウオは昆虫や小動物など動くものを貪食し、大型の成体に対して天敵はほとんどいない。

ニホンカワウソはかつて本州から四国・九州の河川や海岸に広く生息していた。しかし、明治から大正にかけてその毛皮などに需要があるとともに、昭和以降も漁網による事故死や、環境破壊など④様々な要因によって個体数は減少しつづけた。1979年に高知県須崎市で目撃されたのを最後に、ニホンカワウソは1980年代には絶滅したと考えられている。

中央アジアのウズベキスタンとカザフスタンにまたがる⑤アラル海の環境破壊は非常に深刻で「20世紀最大の環境破壊」と言われている。アラル海にそそぐ大河の中流から綿花栽培などのための灌漑用水として取水したため、アラル海の水量は著しく減少した。湖の面積は半世紀の間にほぼ1/4にまで縮小し、大部分が干上がった。アラル海はもともと汽水湖であったが、水位の低下に伴う塩分濃度の上昇による塩害が起こるとともに、耕作地からの農薬などによる水や土壌の汚染、汚染されたほこりの飛散などが起こった。

問 1 下線部①について、生活排水は河川の水質の悪化をもたらし、そこに住む生物種を変化させる。以下の図は河川における生活排水と水質および生物との関係を示している。ア、イ、ウは、A)汚濁物質、B)酸素、C)栄養塩類(アンモニアなど)のいずれかである。また、エ、オ、カは、D)藻類、E)イトミミズ、F)清水性生物のいずれかである。

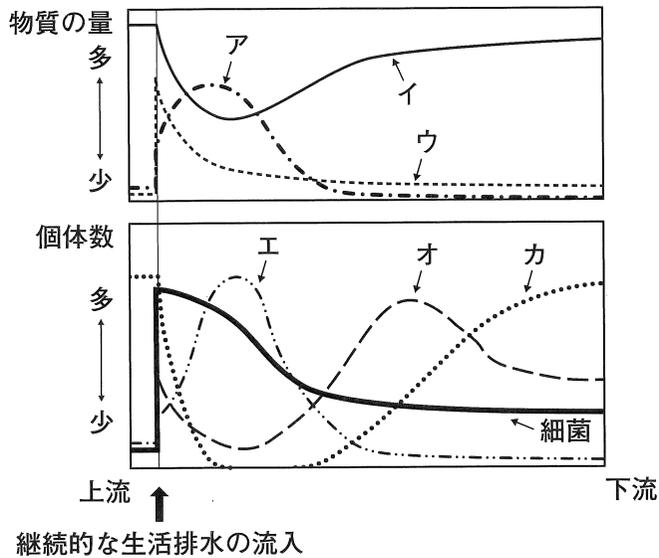


図 ある河川における物質の量と生物個体数の変化。矢印の地点で生活排水の流入が継続的に起こっている。

(1) ア, イに該当するものをそれぞれ選び, 続けて書きなさい。解答例 A, B

(2) エ, オに該当するものをそれぞれ選び, 続けて書きなさい。解答例 D, E

問 2 下線部②について, 下の表は平成 23 年度から平成 26 年度のオオサンショウウオの捕獲調査の結果である。

調査地域	捕獲数	在来種	交雑種	外来種
鴨川水系	244匹	4匹	224匹	16匹
桂川水系	76匹	70匹	6匹	0匹

\*第 6 回京都市外来種チュウゴクオオサンショウウオ対策検討委員会議事録要旨よりデータ引用。

(1) この結果からわかることを調査目的に即して 1 行で答えなさい。

- (2) 「遺伝子汚染」を解消する直接的な対策として最も適切なものを2つ選びなさい。
- A エサとなる生物を増やす。
  - B 外来種と交雑種を在来種から隔離する。
  - C 外来種と交雑種を掛け合わせる。
  - D 交雑種どうしを掛け合わせて、在来種を選別する。
  - E 繁殖場所を整備する。
  - F 在来種の人工繁殖と野生への再導入をする。
  - G 交雑種に対してゲノム編集技術によるゲノム改変を行う。
- (3) 一般的に交雑種か外来種かを形態的な違いから確定することは難しい。そのような場合、在来種かどうかを確定させるために用いられる技術の名称を1つ答えなさい。
- (4) 下線部③に関連して、食物網の上位に位置し、その個体数の増減が他の種の構成に大きな影響を与える生物を何というか答えなさい。

### 問 3

- (1) 下線④について、ニホンカワウソが減少・絶滅した直接的な原因として考えられる最も適切なものを2つ選びなさい。
- A 人が乱獲したため。
  - B 天敵となるニホンオオカミが増えたため。
  - C 気候の温暖化により適した生息域が本州以北にずれたため。
  - D 森林の伐採によりエサとなる山菜の不足が起こったため。
  - E 河川の護岸工事により生息に適した場所が少なくなったため。
  - F 外来種のコツメカワウソの侵入により、生息域が奪われたため。

(2) ニホンカワウソとオオサンショウウオに共通する特徴をすべて選びなさい。

- A 背骨をもつ。                      B 恒温動物である。                      C 卵を産む。  
D 旧口動物である。                      E 三胚葉動物である。                      F えら呼吸をする。  
G 該当なし。

問 4 下線部⑤について、答えなさい。

(1) アラル海付近のバイオーム区分を選びなさい。

- A サバンナ                      B 熱帯雨林                      C 照葉樹林  
D 夏緑樹林                      E 砂漠                      F 硬葉樹林

(2) アラル海の縮小に伴って、残ったアラル海およびかつてのアラル海沿岸部で起こったと考えられる最も適切なものを、以下の選択肢の中から4つ選びなさい。

- A 在来魚の減少                      B 渡り鳥の減少                      C 渡り鳥の増加  
D かく乱による種の多様性の増加                      E 塩害に強い植物の進化  
F 植物の生育不良                      G 陽樹の増加                      H 動物種の増加  
I 土壌の肥沃化                      J 耕作地の拡大                      K 近隣住民の健康被害

訂正科目 物理

IV 7ページ

(1) 11行目

誤：この状態を状態 I とする。

↓

正：この状態を状態 I とする。

斜体の I を、立体の I に訂正する。

(2) 問2, 3行目

誤：「II, IIを明記するとともに、」

↓

正：「II, IIIを明記するとともに、」

II を、III に訂正する。

出典

生物 後期 II

滋賀医科大学 2022年度 前期 I を改変