令和６年度
ＡＯ入試問題集
（農学部）

公表期限：2027年3月末

東北大学アドミッション機構

令和６年度（2024 年度）東北大学

AO 入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験①問題

令和５年 11 月４日

志願学部	試 験 時 間	ページ数
農　　学　　部	9：30～10：50 （80 分）	6 ページ

注　意　事　項

1. **試験開始の合図があるまで，この「問題冊子」，「解答用紙」を開いてはいけません。**
2. この「問題冊子」は 6 ページあります。ページの脱落，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に，「解答用紙」，「メモ用紙」を配付します。
4. 解答は，必ず**黒鉛筆**（シャープペンシルも可）で記入し，ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（１枚につき１か所）には，忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は，必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので，持ち帰ってはいけません。「問題冊子」，「メモ用紙」は持ち帰ってください。

A246

———このページは白紙———

1　以下の問いに答えよ。

(1) 1，2，3，4，5，6の目が等しい確率で出る1個のさいころを3回続けて投げる。出た目が連続する3つの数となる確率を求めよ。ただし，出る目の順番は問わない。

(2) $x > 1$とする。次の不等式を満たすxの値の範囲を求めよ。

$$\log_3 x + \log_x 9 \leqq \frac{9}{2}$$

(3) 次の定積分の値を求めよ。

$$\int_{-1}^{1} |x(x+1)^2| dx$$

2　三角形ABCにおいて，AB = 7，BC = 5，CA = 3とする。辺BCを4：1に内分する点をDとする。頂点Bから直線ACに垂線を引き，直線ACとの交点をEとする。$\overrightarrow{AB} = \vec{b}$，$\overrightarrow{AC} = \vec{c}$とするとき，次の問いに答えよ。

(1) 内積$\vec{b} \cdot \vec{c}$の値を求めよ。

(2) 線分AEの長さを求め，$\overrightarrow{AE}$を$\vec{c}$を用いて表せ。

(3) 三角形ABCの面積を求めよ。

(4) 点Eに関して点Cと対称な点をFとする。直線ADと直線BFとの交点をGとするとき，三角形BDGの面積を求めよ。

3 xy 平面上の曲線 $C_0 : x^2 - 2xy + y^2 - 3\sqrt{2}x + \sqrt{2}y = 0$ を原点の周りに $\frac{\pi}{4}$ だけ回転した曲線を C_1 とする。次の問いに答えよ。

(1) 点 $\mathrm{A}(x, y)$ を原点の周りに $\frac{\pi}{4}$ だけ回転した点を $\mathrm{B}(s, t)$ とする。s, t をそれぞれ x, y を用いて表せ。

(2) C_1 を表す x と y との関係式を求めよ。

(3) C_0 の概形を xy 平面上に描け。

(4) C_0 と x 軸とで囲まれた部分の面積を求めよ。

令和６年度（2024年度）東北大学

ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②　封筒

令和５年11月４日

志願学部	試 験 時 間	問題冊子数
農　　学　　部	13：00～14：20 （80分）	３冊

注　意　事　項

1. **試験開始の合図があるまで，この封筒を開いてはいけません。**
2. この封筒には，「問題冊子」３冊，「解答用紙」３種類，「メモ用紙」１冊が入っています。
3. 筆記試験②は，＜必答問題１＞，＜選択問題１＞，＜選択問題２＞の３冊からなります。
   ※　必答問題１の他に，＜選択問題１～２＞のうちから１つを選択し，解答してください。選択問題を選択しなかった場合は，失格となります。
   ※　＜選択問題＞の解答用紙１枚目の所定の欄に，選択の有無を ◯ で囲んでください。

選択する場合：

選択する
選択しない

選択しない場合：

選択する
選択しない

4. ページの脱落，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。問題冊子のホチキスは外さないでください。
5. 解答は，必ず**黒鉛筆**（シャープペンシルも可）で記入し，ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
6. 「解答用紙」は１枚につき１か所の所定の欄に，忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。**選択しない問題の解答用紙にも受験記号番号を記入してください。**
7. 解答は，必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
8. 試験終了後は，「解答用紙」は全て回収しますので持ち帰ってはいけません。
   本封筒，「問題冊子」及び「メモ用紙」は持ち帰ってください。

B6

令和６年度（2024年度）東北大学

ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②
＜必答問題１＞

令和５年11月４日

志願学部／学科／専攻	試 験 時 間	ページ数
農　　学　　部	13：00～14：20 （80分）	14ページ

B256

必要があれば次の数値を用いなさい。

気体定数： 8.3×10^{3} Pa·L/(mol·K)　　絶対零度： −273 ℃

アボガドロ定数： 6.0×10^{23} /mol　　ファラデー定数： 9.65×10^{4} C/mol

原子量： H = 1.0　Li = 6.9　C = 12.0　O = 16.0　Cl = 35.5　K = 39.1

1 気体の溶解に関する文〔Ⅰ〕と蒸気圧に関する文〔Ⅱ〕を読んで，問1から問5に答えなさい。

〔Ⅰ〕体積を自由に変えることのできるピストン付きの容器に，水 1.0 L と気体A 0.30 mol のみを入れて，気体Aと水を合わせた容器内の体積が 3.0 L になるように固定具でピストンを固定した（図 1）。実験のあいだ，容器の温度は常に 20 ℃に保たれていた。気体Aの水への溶解はヘンリーの法則に従い，20 ℃で水に接している 1.0×10^{5} Pa の気体Aは，水 1.0 L に 3.9×10^{-2} mol 溶けることとする。気体Aは今回の実験における温度，圧力のもとで凝縮することはなく，理想気体としてふるまい，また，ピストンの質量，水の蒸気圧は無視する。

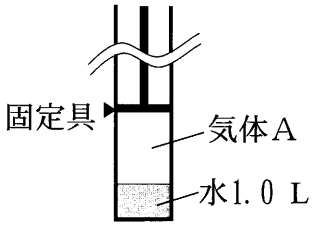


図 1

問 1　容器内の気体Aの圧力を P 〔Pa〕として (1) から (3) に答えなさい。

(1)　水 1.0 L に溶解している気体Aの物質量 n_s 〔mol〕を，次の式で表すとき，［　　］に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

$n_s =$［　　］$\times P$

(2)　水の上の空間に存在する気体Aの物質量 n_g 〔mol〕を，次の式で表すとき，［　　］に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし，容器内の気体部分の体積は 2.0 L とし，気体定数 8.3×10^{3} Pa·L/(mol·K)と絶対温度 293 K の積を 2.43×10^{6} Pa·L/mol として計算しなさい。

$n_g =$［　　］$\times P$

(3)　P 〔Pa〕の値を求め，その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 2　温度を 20 ℃に保ったまま，ピストンの固定をはずして自由に動く状態にしたところ，容器内の気体Aの圧力が容器にかかる大気圧（1.0×10^5 Pa）と等しくなってピストンが止まった。この状態を**状態 1** とする (図 2 左)。**状態 1** で水に溶けている気体Aの物質量を n_1〔mol〕とする。次に温度を 20 ℃に保ったまま，**状態 1** のピストンにおもりを載せ，容器内の気体Aの圧力を 2.0×10^5 Pa とした状態を**状態 2** とする（図 2 右)。**状態 2** で水に溶けている気体Aの物質量を n_2〔mol〕とする。(1) および (2) に答えなさい。ただし，固定をはずしたピストンは摩擦なく動くものとする。

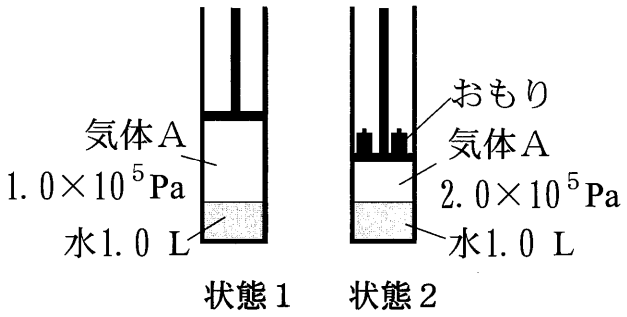


図 2

(1)　n_1〔mol〕の気体Aの体積を 1.0×10^5 Pa のもとで，n_2〔mol〕の気体Aの体積を 2.0×10^5 Pa のもとで測定したところ，それぞれ V_1〔L〕，V_2〔L〕であった。V_1 と V_2 を比較したとき，その大きさはどのような関係になるか。①から③より正しいものを 1 つ選んで解答欄の番号を○で囲みなさい。体積測定時の温度はいずれも 20 ℃とする。

①　$2V_1 = V_2$　　②　$V_1 = V_2$　　③　$V_1 = 2V_2$

(2)　n_1〔mol〕の気体Aと n_2〔mol〕の気体Aの体積を同じ圧力のもとで測定したところ，それぞれ V_3〔L〕，V_4〔L〕であった。V_3 と V_4 を比較したとき，その大きさはどのような関係になるか。①から③より正しいものを 1 つ選んで解答欄の番号を○で囲みなさい。体積測定時の温度はいずれも 20 ℃とする。

①　$2V_3 = V_4$　　②　$V_3 = V_4$　　③　$V_3 = 2V_4$

〔Ⅱ〕　体積を自由に変えることのできるピストン付きの容器に，水 0.10 mol と水素 0.10 mol のみを入れて体積が 3.0 L になるようピストンを固定し，温度を 90 ℃に保って放置した。(a)十分に放置した段階で，容器内には水の一部が液体として存在しており，このときの水素分圧は 1.0×10^5 Pa であった(図 3)。また，図 3 の容器にかかる大気圧は 1.0×10^5 Pa であり，90 ℃での水の蒸気圧（飽和蒸気圧）は 7.0×10^4 Pa であった。

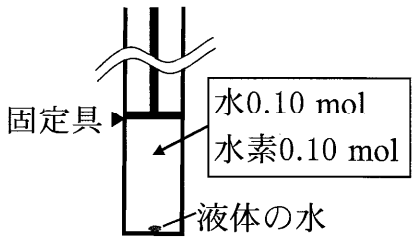


図 3

次に，温度を 90 ℃に保ったまま，ピストンの固定をはずして可動状態とし，ピストンを引いて体積をゆっくり増加させ，(b)液体の水がすべて蒸発した瞬間にピストンを再び固定した。さらに，温度を 90 ℃に保ったまま，ピストンの固定を再びはずして自由に動く状態とし，静止するまで放置することにより，(c)容器内部を大気圧と等しい圧力とした。

また，図 3 の装置とは別に，発火装置が付いた体積が 3.0 L の密閉容器（体積一定）を準備し，この容器に(d)水素 0.10 mol と酸素 0.10 mol のみを入れ，水素を完全燃焼させたのち，容器内部の温度を 90 ℃に保った。

ピストンの質量および発火装置の体積は無視してよく，固定を外すとピストンは摩擦なく動くこととする。また，水素と酸素の水への溶解および液体の水の体積は無視し，気体は理想気体であるとする。

問 3　下線部 (a) の段階について，次の (1) および (2) に答えなさい。

(1)　容器内の全圧は何 Pa か。その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

(2)　気体として存在する水は何 mol か。その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 4　下線部 (b) の段階および下線部 (c) の段階について，次の (1) および (2) に答えなさい。

(1)　下線部 (b) の段階の容器内の全圧は何 Pa か。その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

(2)　下線部 (c) の段階の容器の体積は何 L か。その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 5　下線部 (d) において，容器内部の圧力は何 Pa になるか。その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

2 次の文章〔Ⅰ〕,〔Ⅱ〕および〔Ⅲ〕を読み，問1から問8に答えなさい。

〔Ⅰ〕 ある反応が進行するかどうかは，その反応の活性化エネルギーが正反応も逆反応も十分に速く起こるほど低い場合には，次の2つの要因によって決まる。なお，以下の文章では融解や溶解などの状態の変化も広義の反応に含めて述べる。

1つの要因は，反応物から生成物に変化する際の内部エネルギーの変化である。内部エネルギーとは，いま観察者が注目している部分（これを系という）がもつ全エネルギー，すなわち運動エネルギーや結合エネルギーの総和のことである。一般に内部エネルギーが小さいほどその系は安定である。この変化の過程で系の内部エネルギーが減少する場合には，系はその分のエネルギーを熱として系の外部に放出するので発熱反応となり，また生成物は反応物よりも安定になるので，反応は自発的に進行しやすい。逆に，系の内部エネルギーが増加する場合には，その分のエネルギーを系の外部から取り込むので吸熱反応となり，生成物は反応物よりも不安定になるので反応は進行しにくい。

もう1つの要因は，反応物から生成物に変化する際の系の乱雑さの変化である。反応によって系の乱雑さが増加する場合には，その反応は自発的に進行しやすいことが知られている。逆に，反応によって系の乱雑さが減少する場合には，その反応は進行しにくい。ここで，系の乱雑さが増加する変化とは，(a)固体から液体へ（融解），液体から気体へ（気化）などの状態変化，(b)分離されていた2つの物質が均一に混じり合う変化（気体の混合，固体の溶媒への溶解など），(c)化学反応において反応物より生成物の方が分子の数が増える変化などである。

ある反応において，上記2つの要因の効果が互いに強め合う場合には，反応は不可逆となり，自発的に進行するか，または全く進行しないかのどちらかとなる。一方，2つの要因の効果が互いに弱め合う場合には，反応は可逆となり，自発的に進行するかどうかは，その反応条件で2つの要因のどちらが大きいかによって決まる。たとえば，反応の進行に対して，反応による内部エネルギーの増加が与える効果が，乱雑さの増加が与える効果より大きければ，その反応は自発的には進行しないが，小さければ自発的に進行する。

問1　次の反応（ア）から（オ）は，それぞれ下の表の反応の分類AからDのどれにあてはまるか。解答欄にAからDの記号を記入しなさい。なお，これらの反応の最初と最後で系の温度は同じであるとする。

（ア）　C_3H_8（気）＋ $5O_2$（気）⟶ $3CO_2$（気）＋ $4H_2O$（気）

（イ）　N_2O_4（気）⟶ $2NO_2$（気）

（ウ）　N_2（気）＋ $3H_2$（気）⟶ $2NH_3$（気）

（エ）　H_2O（液）⟶ H_2O（固）

（オ）　I_2（固）⟶ I_2（気）

表　熱の出入りと乱雑さの変化による反応の分類

反応の分類	熱の出入り	乱雑さの変化
A	発熱	増加
B	吸熱	減少
C	発熱	減少
D	吸熱	増加

問2　LiCl（固）およびKCl（固）の25 ℃での水への溶解熱はそれぞれ37.1 kJ/molおよび−17.2 kJ/molである。次の(1)および(2)に答えなさい。

(1)　LiCl（固）およびKCl（固）の25 ℃での生成熱はそれぞれ408.8 kJ/molおよび435.9 kJ/molである。次の熱化学方程式のQ_1とQ_2を比べ，大きい方の値を求めて小数第1位まで答えなさい。なお，aqは溶媒としての多量の水を，化学式の後に付けたaqは水溶液を表す。

$$\mathrm{Li}\ (\text{固}) + \frac{1}{2}\mathrm{Cl_2}\ (\text{気}) + \mathrm{aq} = \mathrm{LiCl\ aq} + Q_1\ \mathrm{kJ}$$

$$\mathrm{K}\ (\text{固}) + \frac{1}{2}\mathrm{Cl_2}\ (\text{気}) + \mathrm{aq} = \mathrm{KCl\ aq} + Q_2\ \mathrm{kJ}$$

(2)　KCl（固）の水への溶解は吸熱反応であるが，自発的に進行する。その理由を「内部エネルギー」および「乱雑さ」という語句を用いて40～50字程度で説明しなさい。

〔Ⅱ〕塩化リチウムおよび塩化カリウムの結晶はいずれも塩化ナトリウム型構造（図 1）をとっている。塩化リチウムおよび塩化カリウムの融点はそれぞれ 613 ℃および 776 ℃であるが，塩化リチウムと塩化カリウムを塩化リチウム：塩化カリウム ＝ 6:4 の物質量比で含む均一な混合物は，450 ℃では融解し液体となっている。この融解している塩，すなわち溶融塩を溶融塩 E とする。

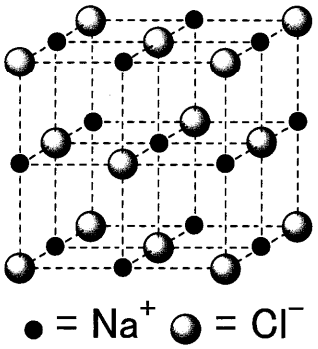


図1 塩化ナトリウム型構造

溶融塩 E 100.0 g を 450 ℃に保ち，適切な材質の電極 X および電極 Y を挿入して電極 X と電極 Y との間に 3.6 V の電圧をかけたところ，電極 X 上にはリチウム単体（融点 181 ℃）が液体として生成し，電極 Y 上には塩素が気体として発生した。液体のリチウムの密度は溶融塩 E の密度よりも小さいため，生成したリチウムは溶融塩 E に浮かんでくるので，これを塩素と接触させないようにして集めることによりリチウム単体が得られた。なお，この電気分解の間に塩化カリウムは変化せず，また溶融塩 E は液体の状態を保っていたとする。

問 3　塩化カリウム結晶の単位格子 1 個当たりの質量は何 g か。その数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4　下線部において，電極 X および電極 Y のうち一方は陽極，もう一方は陰極である。(ア) 陽極上および (イ) 陰極上で起こる反応を，それぞれ電子 (e^-) を含むイオン反応式で書きなさい。

問 5　電極 X と電極 Y との間に 5.0 A の一定電流が 2.0 時間流れたとすると，得られるリチウム単体の物質量は何 mol か。その数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

〔Ⅲ〕 (a)酸化物には，水と反応させて水溶液としたときに，その水溶液が酸性を示すものから塩基性を示すものまで様々なものがある。また，水に溶けない酸化物でも，酸や塩基の水溶液と反応して溶けるものがある。たとえば，(b)酸化アルミニウムは両性酸化物と呼ばれ，強酸とも強塩基とも反応して溶ける。また，二酸化ケイ素は常温ではほとんどの酸や塩基に対して安定であるが，(c)フッ化水素酸（フッ化水素の水溶液）とは反応して溶ける。

問 6　下線部 (a) に関連して，下の (ア) から (オ) に示す酸化物 0.1 mol を水 1 L に溶かし，得られた水溶液の pH を比べたとき，pH が最も低いもの，２番目に低いものおよび３番目に低いものを下の (ア) から (オ) の中からそれぞれ選び，それらの記号を pH が低い順に，左から右に列記しなさい。

(ア) BaO　(イ) SO_3　(ウ) Na_2O　(エ) P_4O_{10}　(オ) CO_2

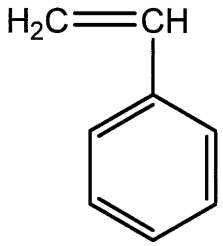
問 7　下線部 (b) に関して，次の反応 (1) および (2) のイオン式を含まない化学反応式をそれぞれ書きなさい。

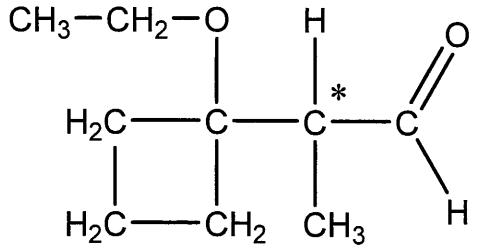
(1)　酸化アルミニウムと塩酸との反応

(2)　酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応

問 8　下線部 (c) で起こる反応のイオン式を含まない化学反応式を書きなさい。

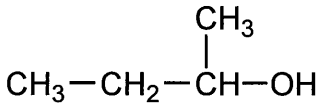
3 次の問1から問4に答えなさい。構造式や不斉炭素原子の表示(*)を求められた場合には，(例1) および (例2) にならって書きなさい。

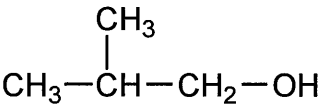
(例1) 

(例2) 

問1　示性式 C_4H_9OH で表されるアルコールの構造式を図1に示す。これらの中で，下の条件(1)から(4)の各々に当てはまるアルコールをAからDの中から選び，その記号を解答欄に書きなさい。なお，それぞれの条件において，解答は1つとは限らない。

A

B 

C 

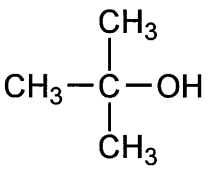
D 

図1

(1)　硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え穏やかに加熱すると，ケトンを生成するアルコール

(2)　硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え穏やかに加熱すると，カルボン酸を生成するアルコール

(3)　酸を加えて加熱し，分子内脱水反応を起こさせて生じるアルケンが，エチル基を含まないアルケンのみであるアルコール

(4)　ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると，CHI_3 が主要生成物の1つとして生じるアルコール

問2　ベンゼンの反応に関する次の文章を読み，下の(1)から(3)に答えなさい。

ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸を加えて 60 ℃で反応させると，水より密度が高く水に溶けない無色から淡黄色の液体である［ A ］が生成する。また，(a)ベンゼンと濃硫酸との反応では，水溶性のベンゼンスルホン酸が生成する。触媒として塩化鉄(Ⅲ)を用いて，ベンゼンを塩素と反応させると，クロロベンゼンが生成する。これら 3 つの反応は［ ア ］反応に分類される。

一方，紫外線を照射しながらベンゼンと塩素とを反応させると，［ B ］が生成する。また，ベンゼンを白金やニッケルなどを触媒として圧力をかけた水素と反応させると，環状化合物 C_6H_{12} が生成する。これら 2 つの反応は［ イ ］反応に分類される。

(1)　空欄［ A ］および［ B ］に入る化合物を構造式で書きなさい。

(2)　空欄［ ア ］および［ イ ］に入る最も適切な語句を，下の枠の中から選んで書きなさい。

脱離	付加	分解	重合	置換

(3)　下線部(a)の反応の化学反応式を書きなさい。その際，芳香族化合物は構造式で書きなさい。

問3　クロロベンゼン，フェノール，安息香酸およびアニリンを含むジエチルエーテル溶液Cが分液ロートに入っている。この溶液Cから，それぞれ次の化合物(1)と(2)のみを分離したい。いずれの場合も，下の(ク)を最後の操作として行うこととし，それ以前に行うすべての操作を，下の〔操作〕の中の(ウ)から(キ)の中から選んで，その操作の順番に左から右に記号を列記しなさい。なお，(ク)より前に行う操作は，(1)では2つ，(2)では3つである。

(1) アニリン　　(2) フェノール

〔操作〕

(ウ) 溶液Cに希塩酸を加えて振り混ぜ，分離した下層を流し出す。

(エ) 溶液Cに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜ，分離した下層を流し出す。

(オ) 下層を流し出して残った上層に，水酸化ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜ，分離した下層を流し出す。

(カ) 流し出した下層を別の分液ロートに入れる。それに希塩酸を加えて酸性にした後，ジエチルエーテルを加えて振り混ぜ，分離した下層を流し出す。

(キ) 流し出した下層を別の分液ロートに入れる。それに水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後，ジエチルエーテルを加えて振り混ぜ，分離した下層を流し出す。

⇩

〔最後の操作〕

(ク) 下層を流し出して残った上層をフラスコに移し，溶媒を蒸発させて除く。

問4　次の指定された条件(1)から(4)を満たす有機化合物のうち，不斉炭素原子を 1 個もつものの構造式をそれぞれ 1 つずつ書きなさい。不斉炭素原子には＊印を付けなさい。

(1)　分子式 C_7H_{16} をもち 3 個の炭素と結合している炭素を 2 個含むアルカン

(2)　分子式 $C_5H_{12}O$ をもつエーテル

(3)　分子式 C_5H_8O をもち四員環構造（4 個の原子からなる環状構造）をもつケトン

(4)　分子式 $C_3H_6O_3$ をもつヒドロキシ酸

令和６年度（2024 年度）東北大学

ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②
＜選択問題１＞

令和５年 11 月４日

志願学部	試 験 時 間	ページ数
農　　学　　部	13：00～14：20 （80 分）	13 ページ

B2456

1　図１のように，表面のあらい円盤があり，円盤は軸を中心に回転装置で回転することができるようになっている。長さ ℓ の軽くて伸び縮みしない棒の一端に質量 m の小物体を取り付け，他端を円盤の軸になめらかに自由に動くことができるように取り付けた。小物体と円盤との間の静止摩擦係数は μ，動摩擦係数は μ' であり，棒と円盤との間に摩擦力ははたらかない。円盤は傾きを変えることができ，鉛直線と円盤の軸との間の角度（傾き角）を φ とする。円盤表面と円盤の軸の交点を原点 O として，水平方向に x 軸，傾いた斜面にそって下方に y 軸をとる。座標軸は円盤の回転とともに回転しないものとし，y 軸と棒がなす角度を θ として円盤の軸を上から見て反時計回りを正の角度とする。重力の大きさを g とし，空気抵抗は無視できるものとする。角度はラジアンを用いて表す。

次の問１～問６に答えよ。解答は，結果だけでなく，考え方や計算の過程も示せ。

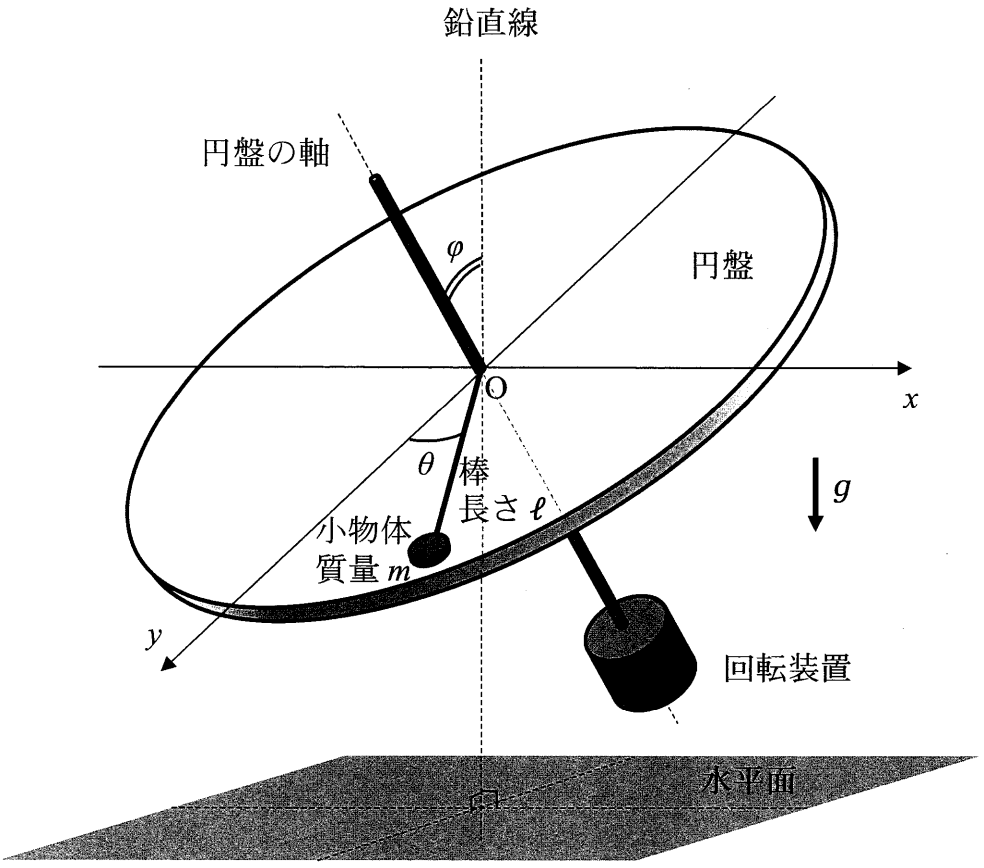


図１

※採点では，重力加速度の大きさを g として計算している解答も，論理的に間違いが無ければ正解として扱った。

はじめに，円盤の傾き角を $\varphi = \frac{\pi}{2}$ とした。円盤は回転していない。

問１　図２のように，小物体を $\theta = \frac{2}{3}\pi$ の角度の位置から静かにはなすと，小物体は円盤の表面から離れることなく運動した。$\theta = \frac{1}{3}\pi$ の角度の位置を通過するときに小物体が棒から受ける力の大きさ S を，m，g，ℓ から必要なものを用いて表せ。また，その力の向きを答えよ。

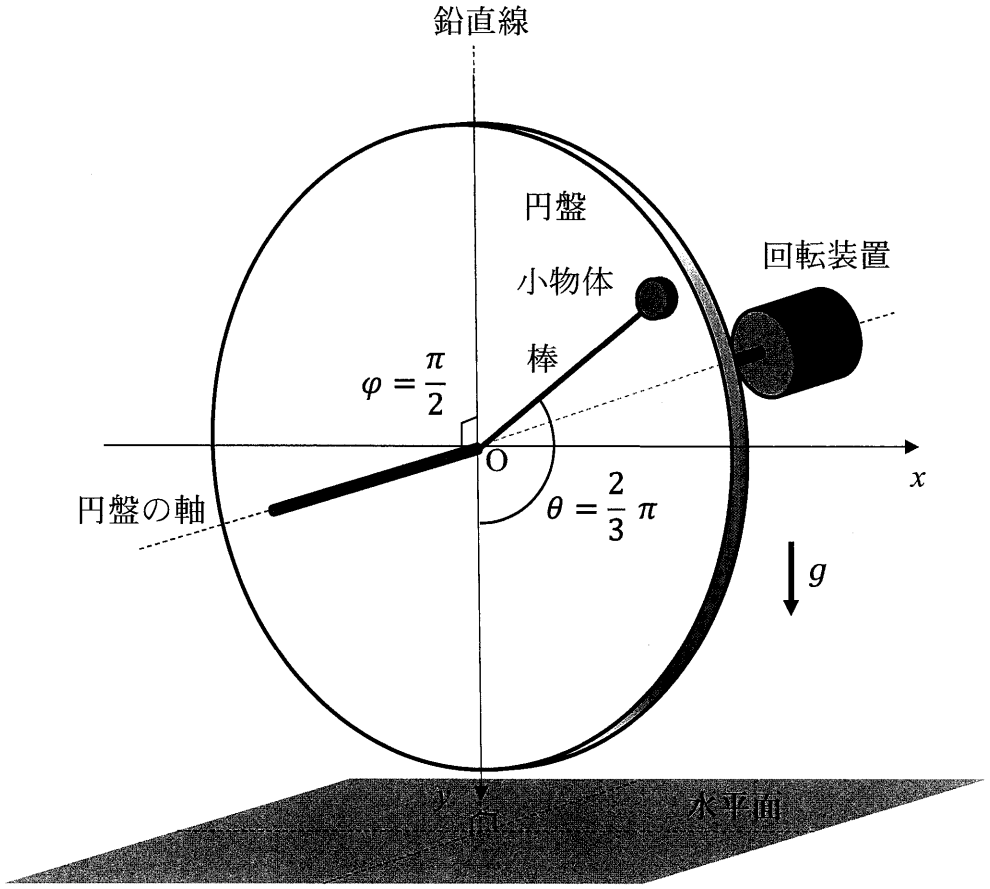


図２

問２　$|\theta|$ が十分小さい角度の位置から小物体を静かにはなしたとき，小物体は円盤の表面にそって $x = 0$，$y = \ell$ の点を中心に，ℓ に比べて十分小さな振れ幅で振動した。このとき，小物体にはたらく力が復元力になることを示し，振動の角振動数 ω と周期 T を，m，g，ℓ から必要なものを用いて表せ。

なお，必要であれば角度 α について，$|\alpha|$ が十分小さいときに成り立つ近似式 $\sin\alpha \fallingdotseq \tan\alpha \fallingdotseq \alpha$，$\cos\alpha \fallingdotseq 1$ を用いよ。

次に，円盤を水平にして傾き角を $\varphi = 0$ とした。円盤は回転していない。

問３　小物体を，棒から力を受けないようにして x 軸上の $x = \ell$ の位置に静かに置いた。その後，円盤の傾き角 φ をゆっくり大きくしていくと，傾き角が φ_0 になったときに小物体はすべりだした。静止摩擦係数 μ を，m，g，φ_0，ℓ から必要なものを用いて表せ。

問４　小物体がすべりだした直後，円盤の傾き角を φ_0 に保った。その後，小物体が θ $\left(0 \leqq \theta < \frac{\pi}{2}\right)$ の角度の位置をはじめて通過する瞬間の，小物体の速さ v を，m，g，φ_0，θ，ℓ，μ' から必要なものを用いて表せ。

問５　小物体は，x 座標が負になることなく，ちょうど y 軸上の $y = \ell$ で静止した。μ' を，m，g，φ_0，ℓ から必要なものを用いて表せ。

図３のように，円盤をさらに傾けて傾き角を φ_1 $\left(\varphi_0 < \varphi_1 < \frac{\pi}{2}\right)$ で固定し，円盤を θ の正の向きに回転装置を用いて回転させた。その後，小物体を円盤上のある角度 θ_0 $\left(0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}\right)$ の角度の位置に静かに置くと，小物体は円盤上をすべりながらその位置で静止した。

問６　このときの $\sin\theta_0$ と，小物体が棒から受ける力の大きさ S' を，m，g，ℓ，μ'，φ_1 から必要なものを用いて表せ。

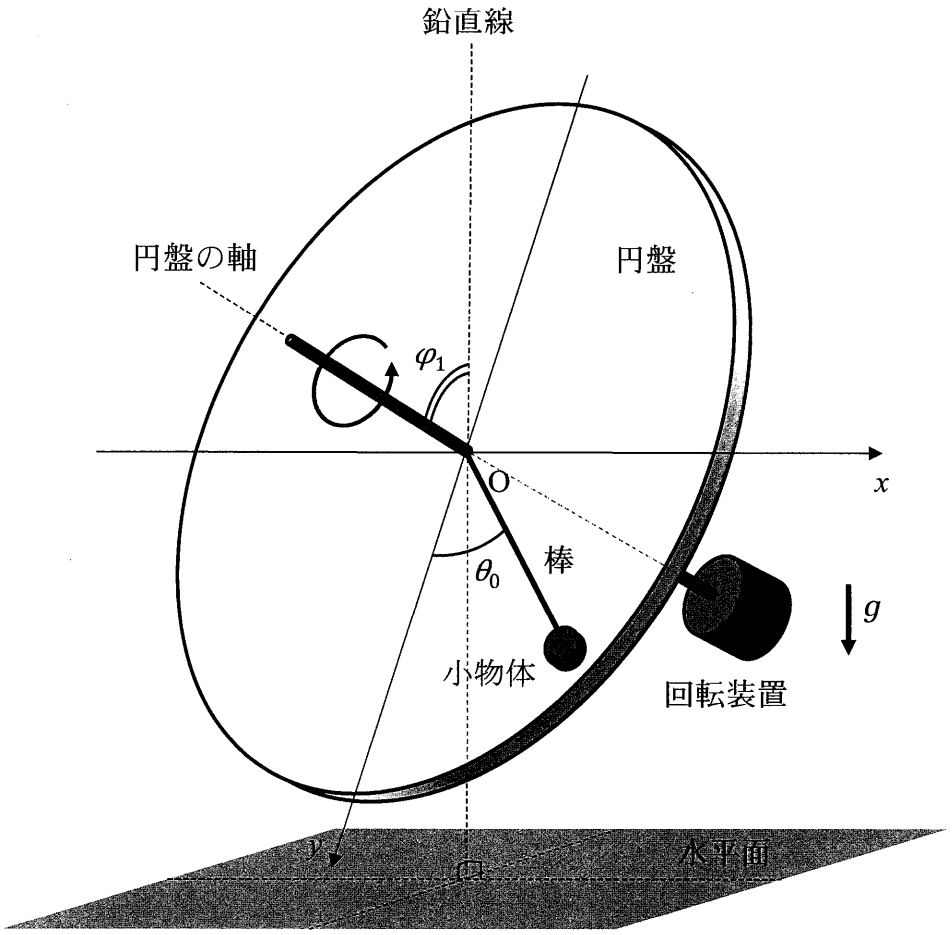


図３

2　熱を低温部分から高温部分に継続的に移動する機関をヒートポンプといい，エアコンなどに応用されている。単原子分子理想気体を使った簡略化したモデルでその原理を考える。

図１のように，物質量 n の単原子分子理想気体（以下，気体と呼ぶ）を，なめらかに動かすことのできるピストンでシリンダー内に封じた。ピストンおよびシリンダーの側面は断熱されておりシリンダーの底面のみが熱を通す。断熱板，絶対温度 T_{H} の高温の物体，絶対温度 T_{L} の低温の物体があり，シリンダーを移動することで底面をこれらと接触させることができる。はじめにシリンダーの底面は断熱板と接触しており，気体の絶対温度は T_{H} であった。これを状態 A とする。シリンダーの移動とピストンの上下により，気体の状態を，図２の圧力−体積図（$p-V$ 図）に示すように，状態 A→状態 B→状態 C→状態 D→状態 A と 1 サイクル変化させた。

温度は絶対温度で表し，気体定数を R，気体の定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ とする。また，高温および低温の物体は十分大きな熱容量を持っており，温度は変わらないものとする。

次の問１～問５に答えよ。解答は，結果だけでなく，考え方や計算の過程も示せ。

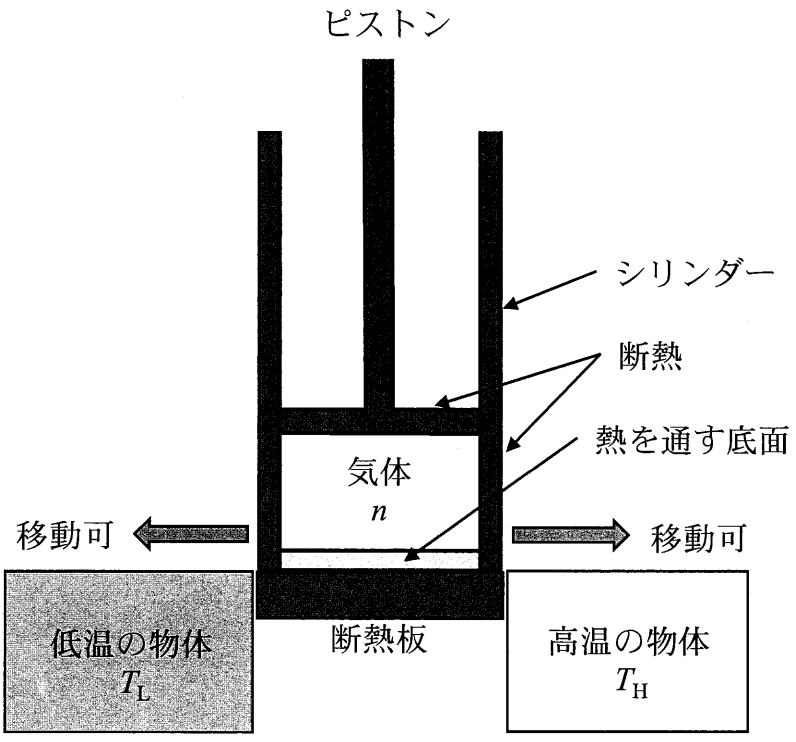


図１

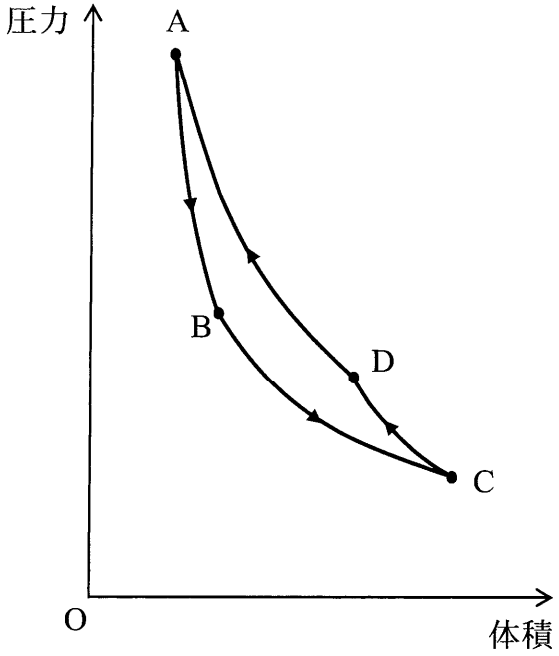


図2

問1　状態 A から，シリンダーの底面を断熱板に接触させたまま断熱変化でピストンをゆっくりと引き上げ，気体の温度が T_L の状態 B にした。内部エネルギーの変化 ΔU_{AB} と気体がされた仕事 W_{AB} を，R，n，T_L，T_H を用いて表せ。

問2　次に，シリンダーを移動して底面を低温の物体に接触させ，等温変化でピストンをゆっくりと引き上げ，気体がされた仕事が W_{BC} になった状態 C でピストンを止めた。低温の物体から気体が受け取った熱量 Q_{BC} を，W_{BC} を用いて表せ。

問3　さらに，シリンダーの底面を断熱板上に再び移動し，断熱変化でピストンをゆっくりと押し込み，気体の温度が T_H の状態 D にした。このとき気体がされた仕事 W_{CD} を，問1の W_{AB} を用いて表せ。

問４　最後に，シリンダーの底面を高温の物体に接触させて，等温変化でピストンをゆっくりと押し込み，状態 A に戻した。このとき気体がされた仕事は W_{DA} であった。

この１サイクルで，高温の物体が気体から受け取った熱量 Q_h と，気体がされた仕事の総和 W ($W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$) との比 $\frac{Q_h}{W}$ は，ヒートポンプを暖房機として使ったときの性能を表す係数となる。$\frac{Q_h}{W}$ を，W_{BC}，W_{DA} を用いて表せ。また，$W > 0$ であることを用いて，$\frac{Q_h}{W}$ は，｛① １より大きい，② １に等しい，③ １より小さい｝，のいずれかを，①～③で答えよ。

問５　Q_h と W は，圧力−体積図（$p - V$ 図）の面積に対応する。Q_h と W それぞれについて，対応する面積を図３の A，B，C，D，p，q，r，s から必要なものを用いて，たとえば「ABqp で囲まれた面積」などのように表せ。

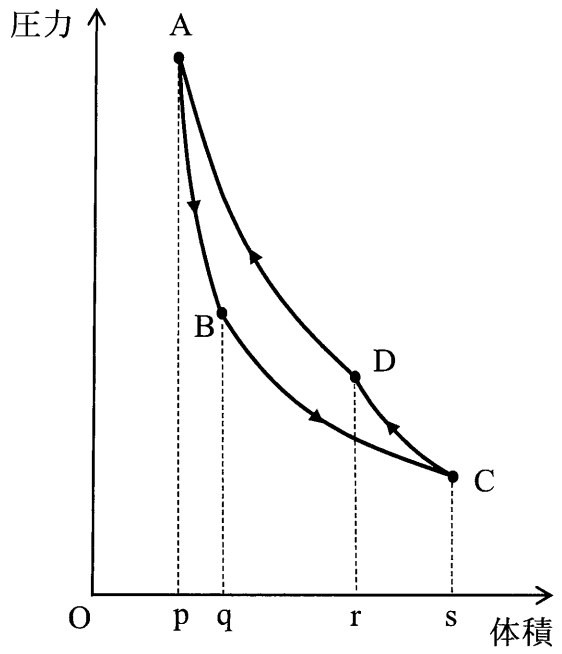


図３

3 図1のように，荷電粒子Aを電場（電界）で加速し磁場（磁界）で進行方向を曲げて，ターゲットとなる物体Tに衝突させる装置がある。装置は真空中にあり，荷電粒子Aは質量が m，電気量が q $(q > 0)$ で，物体Tは質量が M，電気量が $Q(Q > 0)$ である。

はじめ，荷電粒子Aは平行極板の正の極板の位置に静止しており，電位差が V である平行極板間の一様電場から静電気力を受けて運動し，極板の小さな穴から光速より十分小さい速さ v で射出される。その後，磁束密度 B の一様磁場の領域において半径 r で進行方向を 90° 曲げられ，磁場の領域の外に出て物体Tに向かって直進する。荷電粒子Aの運動は，紙面にそった平面のみに限定されている。

平行極板は，極板の大きさに比べて間隔 d が十分小さく，極板の穴も十分小さい。また，一様磁場の領域外での磁場はなく，漏れ出した磁場の影響も無視できる。さらに，電磁波および重力，平行極板と一様磁場の領域での物体Tの電荷の影響は無視できるものとする。クーロンの法則の比例定数を k_0 とし，静電気力による位置エネルギーの基準を無限遠とする。

次の問1～問6に答えよ。解答は，結果だけでなく，考え方や計算の過程も示せ。

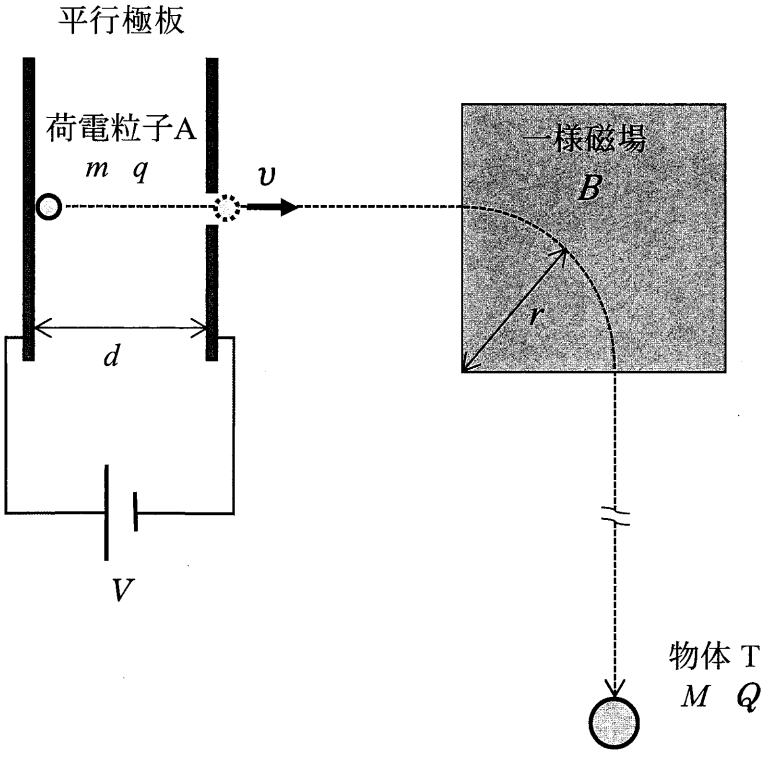


図1

問１　荷電粒子Ａの，平行極板間における加速度の大きさ a を，m，q，V，d を用いて表せ。

問２　極板の穴から射出された直後の荷電粒子Ａの速さ v を，m，q，V を用いて表せ。

問３　一様磁場によって，荷電粒子Ａが進行方向を 90° 曲げられたときの磁束密度 B を，m，q，v，r を用いて表せ。また，磁場の向きは，紙面に対して，｛① 奥から手前，② 手前から奥｝，のいずれかを，①，②で答えよ。

問４　一様磁場によって，荷電粒子Ａが進行方向を 90° 曲げられた前後について，荷電粒子Ａの運動エネルギーと運動量について考える。

(a)　運動エネルギーは変化しないが，その理由を簡潔に説明せよ。

(b)　運動量の変化の大きさを，m，v を用いて表し，運動量の変化の向きを，はじめの進行方向からの角度で答えよ。

図２のように，物体 T の中心に向かって荷電粒子 A が入射するように物体 T を置く。物体 T は半径 R の球形で電荷は中心に集中しており，荷電粒子 A の大きさは無視できる。

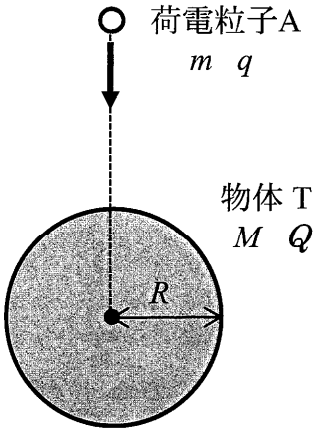


図２

問５　はじめに，物体 T を動かないように固定した状態で荷電粒子 A を衝突させた。荷電粒子 A が物体 T に衝突するための速さ v の最小値 u を，m，q，R，M，Q，k_0 から必要なものを用いて表せ。

問６　次に，物体 T を固定せず自由に動くことができる状態で静止させて荷電粒子 A を衝突させた。荷電粒子 A が物体 T に衝突するための速さ v の最小値を u' とするとき，問５の u との比 $\frac{u'}{u}$ を，m，M を用いて表せ。

令和６年度（2024年度）東北大学

ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験②
＜選択問題２＞

令和５年11月４日

志願学部	試 験 時 間	ページ数
農　　学　　部	13：00～14：20 （80分）	12ページ

B12346

———このページは白紙———

———このページは白紙———

1 **次の〔Ⅰ〕,〔Ⅱ〕の文章を読み，以下の問（1）～（6）に答えよ。**

〔Ⅰ〕　全ての染色体は複製起点と呼ばれる領域を持っており，タンパク質の複合体が複製起点内部にある特異的な DNA 配列を認識すると，結合が起こる。その結果，複製が DNA に沿って両方向に進行していく。複合体中の DNA ポリメラーゼは新しいヌクレオチドを既存の鎖に連結することでポリヌクレオチド鎖を伸長させる。しかし，この過程はプライマーと呼ばれる短いヌクレオチド鎖がなければ始まらない。ほとんどの生物でこのプライマーは短い 1 本鎖の［　ア　］である。

次に DNA ポリメラーゼがプライマーの 3'末端にヌクレオチドを付加していき，DNA の当該領域の複製が完了するまで新しい鎖は伸長を続ける。その後プライマーは分解されてその部位に DNA が付加され，形成された DNA 断片は別の酵素の働きで連結される。なお，DNA ポリメラーゼは 5'→3'方向にだけヌクレオチド鎖を伸長することができる。そこで，DNA の 2 本鎖のうち一方の鋳型鎖は，DNA がほどけていく方向に，連続的に新生鎖が伸長していく。この鎖を［　イ　］鎖と呼ぶ。

もう一方の鋳型鎖は逆向きにしか新生鎖を伸長できない。そこで，DNA がほどけて，ある程度 1 本鎖の部分が長くなると，プライマーが合成された後，DNA ポリメラーゼが，DNA のほどけていく方向とは逆方向に新生鎖を伸長して DNA の断片をつくる。できた断片は［　ウ　］という酵素によって，すでにつくられた断片とつながれる。このように，断片がつくられながら不連続に複製されて新しくできた鎖を［　エ　］鎖という。DNA 複製の過程でつくられる［　エ　］鎖の断片は，発見者にちなんで［　オ　］と呼ばれている。

〔Ⅱ〕　実験室で DNA を調べたり遺伝子操作を実施したりするためには，DNA 配列のコピーを大量に合成することが必要になる。この DNA の増幅技術を PCR 法という。この方法の主な反応混合物は以下の①～⑤である。

① 鋳型として働く2本鎖DNA

② 増幅対象となるDNA配列の両末端に相補的な2つのプライマー

③ 4種類のヌクレオチド

④ (a)DNAポリメラーゼ

⑤ 適切な塩濃度とともに中性に近いpHを維持するための緩衝液

PCR法の過程は以下の（ｉ）～（iii）を繰り返す。

（ｉ） 反応混合物を約95 ℃に加熱する。

（ii） 次に約60 ℃に温度を下げる。

（iii） 次に約72 ℃にする。

これらを繰り返すことで，目的とするDNA断片を増幅することができる。

問（1） 上記の文章の［ ア ］～［ オ ］に適切な語句を記入せよ。

問（2） DNAの複製方法には以下の3つの仮説が考えられていた。

仮説1 もとの2本鎖DNAはそのまま残り，新たな2本鎖DNAができる保存的複製

仮説2 もとの2本鎖DNAのそれぞれの鎖を鋳型として，新たなヌクレオチド鎖が合成される半保存的複製

仮説3 もとの2本鎖DNAは分解され，もとのDNA鎖と新しいDNA鎖が混在する2本鎖DNAができる分散的複製

メセルソンとスタールは1958年に下記のような実験を行った。

① 大腸菌に $^{15}NH_4Cl$ を栄養分として与えると，^{15}N からなる塩基を持つ重いDNAができる。

② 大腸菌の窒素がほとんど ^{15}N におきかわったところで，$^{14}NH_4Cl$ を含む培地に移して大腸菌をさらに増殖させた。

③ 1回，2回と分裂を繰り返した菌からDNAを抽出し，遠心分離によってその比重を調べた。

この実験からどのような結果が出て，どの仮説が正しいことが証明されたのか，5行以内で説明せよ。

問（3）　〔Ⅱ〕で述べたPCR法を用いて，1500塩基対のDNA分子の中に存在するDNA領域を，プライマーAとプライマーBを用いて増幅することにした。プライマーAの5'末端は鋳型となるDNAの250塩基内側に，プライマーBの5'末端は鋳型となるDNAの150塩基内側に結合する。このDNA分子をPCR法でn回増幅させたら，1100塩基対からなる目的とする2本鎖のDNA領域は理論的には何本得られるか，nで表せ。

問（4）　通常のPCR法で用いるプライマーは20塩基程度とされている。なぜ20塩基より少なすぎても，多すぎてもいけないのか，2行以内で説明せよ。

問（5）　PCR法で用いる下線部（a）のDNAポリメラーゼは一般的な酵素とはどのような点で異なっているか，1行で説明せよ。

問（6）　DNAの塩基対ではA（アデニン）とT（チミン）の対とG（グアニン）とC（シトシン）の対ではどちらの結合が，どういう理由で強いのか，2行以内で説明せよ。

2 次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み，以下の問（1）～（5）に答えよ。

〔Ⅰ〕 筋肉は円筒状で多核の筋細胞からできている。筋細胞の細胞質にはサルコメアという収縮単位が縦に連なった繊維がつまっている。サルコメアではミオシンフィラメントとアクチンフィラメントが交互に規則正しく配列している。サルコメアはATP を分解する際に発生するエネルギーでミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相対的な滑り運動で収縮する。筋肉の収縮・弛緩は筋細胞内のカルシウムイオンによって調節される。カルシウムイオンは筋小胞体に蓄えられており，収縮時には細胞質に放出され，トロポニンに結合する。(a)トロポニンはカルシウムイオンを結合すると，アクチンフィラメントとミオシンフィラメントとの相互作用を開始させる。弛緩時にはカルシウムイオンは再び筋小胞体に取り込まれ，ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相互作用が断たれる。

〔Ⅱ〕 骨格筋の収縮は運動神経によって制御されている。運動神経は，その末端で筋繊維と狭いすきまを隔てて連絡している。この部分を［ ア ］という。この［ ア ］で神経伝達物質として使われているアセチルコリンはナトリウムイオンなどを通過させるイオンチャネルを開かせて，筋細胞の興奮を引き起こす。

脊椎動物の骨格筋を取り出し，それに接続する神経を 1 回刺激すると短い潜伏期の後，0.1 秒ほどの収縮が起こる。このような単一の収縮を単収縮という。この刺激を 1 秒間に 50 回与えると，一続きの大きな収縮がみられるようになり，この収縮を［ イ ］という。通常の骨格筋で起こる収縮は［ イ ］である。

〔Ⅲ〕　筋収縮は大量のATPを消費する。したがって，収縮を持続するためにはATPを補充しなければならない。その代表的な物質が骨格筋に多く蓄えられている高エネルギーリン酸化合物である［ウ］である。［ウ］は酵素の働きで［エ］になり，これに伴ってADPがATPになる。

骨格筋細胞は血中のグルコースを取り込み［オ］として大量に蓄えている。運動時には交感神経とアドレナリンの作用により［オ］の分解が進み，グルコースを生じる。グルコースは解糖系によりピルビン酸に分解され，その過程で1分子のグルコースあたり2分子のATPを作る。

以上の反応は酸素を必要としないため，酸素供給の乏しい場合に利用される。ATP供給は速やかであるが，短時間で枯渇し，［エ］や［カ］が細胞内に蓄積する。［カ］は血中に拡散し，肝臓に運ばれて再びグルコースに合成される。

運動中は心拍の増加と骨格筋における血管の拡張により筋肉の血流量が増し，酸素の供給も増加する。このような条件ではピルビン酸は細胞小器官のミトコンドリアに入り，クエン酸回路や電子伝達系を経てATPが合成される。

問（1）　上記の文章の［　ア　］～［　カ　］に適切な語句を記入せよ。

問（2）　下線部（a）でトロポニンがカルシウムイオンと結合すると，どのような変化が起こり，アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの相互作用が開始されるのか，4 行以内で説明せよ。

問（3）　カエル筋繊維のサルコメアの長さを変えて、張力を測ると図 1 のようになった。このことから予想されるサルコメアの長さ 2.2 μmの時の模式図を書け（ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの位置関係を明らかにすること）。

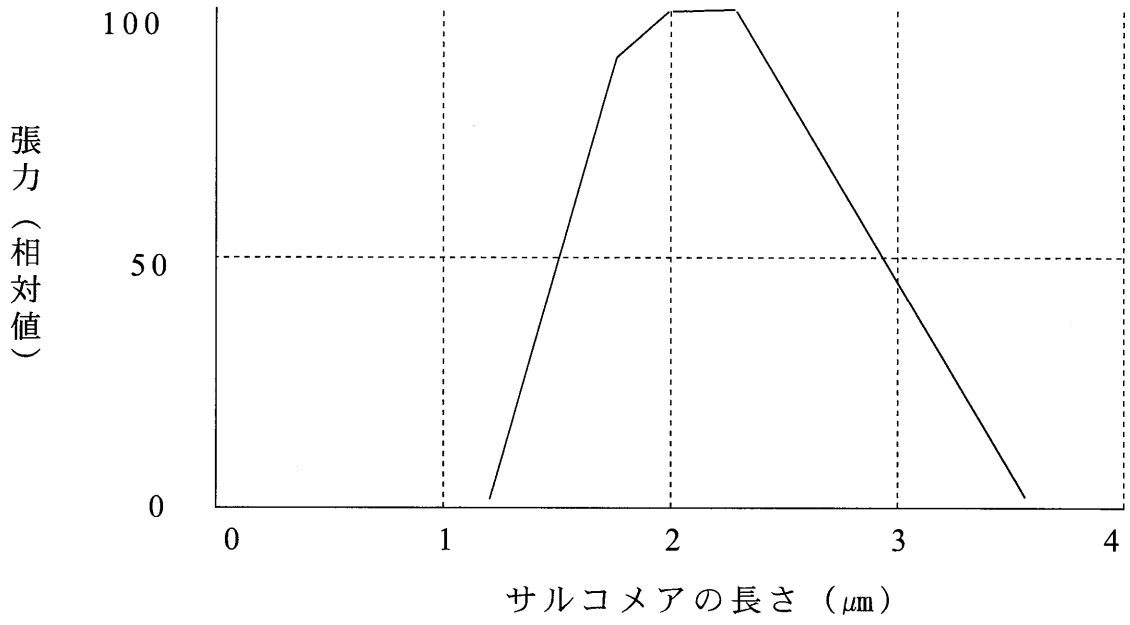


図 1

問（4）カエルのふくらはぎの筋肉と神経が接する点から 20 mm 離れた A 点と 80 mm 離れた B 点を 1 回だけ刺激したところ，A 点では刺激から 6.3 ミリ秒後に，B 点の刺激では刺激から 8.4 ミリ秒後に筋肉の単収縮が記録された。この神経における興奮の伝導速度（m/秒）を小数第 2 位を四捨五入して答えよ。

問（5）　呼吸の電子伝達系においてATPがつくられるしくみを以下のキーワードをすべて使用して，5行以内で説明せよ。

＜キーワード＞

ミトコンドリア，マトリックス，膜間，電子，ATP合成酵素，水素イオン，タンパク質複合体，NADH，エネルギー

3 **次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み，以下の問（1）～(6)に答えよ。**

〔Ⅰ〕　オオムギの種子などは主にデンプンを含む大きな［ア］をもつ。このような種子においては，胚で生産されたジベレリンが，［ア］を囲むように存在する糊粉層に対して分泌され，アミラーゼなどの酵素の生産を誘導する。こうして生産されたアミラーゼは［ア］に含まれるデンプンを分解し，発芽後の芽生えの成長エネルギー源として利用される。

オオムギの種子を半分に切ると，胚を含んだ側はアミラーゼの誘導が観察され，胚を含まない側はアミラーゼが誘導されない。したがって，胚がジベレリンの供給源であることがわかる。(a)ジベレリンをある巨大分子に結合させた化合物は，細胞膜を通過できないが，これを糊粉層の細胞のプロトプラスト（細胞壁を取り除いた細胞）に作用させると，アミラーゼの生産を促すことができる。しかし，ジベレリンを糊粉層のプロトプラスト内に注入しても，アミラーゼの誘導は観察されない。

〔Ⅱ〕　頂芽優勢はオーキシンとサイトカイニンによって制御されている。頂芽優勢に関しては以下の①～⑤の実験結果が得られている。

①　頂芽を切除すると，切り口に近い側芽が成長を開始する。

②　頂芽の切り口にオーキシンを与えると，頂芽優勢が維持され，側芽の成長は抑制される。

③　頂芽切除後，側芽に直接オーキシンを与えた場合は，頂芽優勢は維持されず，側芽は成長を開始する。

④　頂芽を切除しなくても，オーキシンの(b)極性移動を阻害する物質を茎に与えると，それより下位の側芽は成長を開始する。

⑤　頂芽を切除しなくても，サイトカイニンを直接側芽に与えると，側芽は成長を開始する。

〔Ⅲ〕　多くの植物では花芽形成は日長による制御を受けている。連続した暗期が［　イ　］より短いと花芽が形成される植物は長日植物と呼ばれ，［　イ　］より長いと花芽が形成される植物は短日植物と呼ばれている。一方，日長時間に関係なく花芽が形成される植物を［　ウ　］と呼ぶ。

花芽の形成は日長時間を感知した葉で花成ホルモンがつくられ，これが茎頂分裂組織に移動することにより花芽が形成されると考えられている。

シロイヌナズナの変異体による研究で花成ホルモンに関係する遺伝子として *FT* 遺伝子が同定された。日長を感知した葉でFTタンパク質が合成され，(c)<u>このFTタンパク質が師管を通って茎頂分裂組織に移動し，花芽が形成される。</u>

問（1）上記の文章の［　ア　］～［　ウ　］に適切な語句を記入せよ。

問（2）種子が休眠することの2つの意義について，2行以内で説明せよ。

問（3）下線部（a）のような現象がなぜ起こるのか，1行で説明せよ。ただし，ある巨大分子だけではアミラーゼの誘導に関与しないことがわかっている。

問（4）〔Ⅱ〕の実験結果から，頂芽優勢はどのようなしくみで起こると考えられているか，3行以内で説明せよ。

問（5）下線部（b）のオーキシンの極性移動のしくみについて，3行以内で説明せよ。

問（6）下線部（c）のFTタンパク質はどのような働きをするのか，2行以内で説明せよ。

令和６年度（2024年度）東北大学

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験③問題

令和５年11月４日

志願学部／学科	試験時間	ページ数
医学部保健学科 歯学部 農学部	15：20～16：50 (90分)	13ページ

注　意　事　項

1. **試験開始の合図があるまで，この「問題冊子」，「解答用紙」を開いてはいけません。**
2. この「問題冊子」は13ページあります。ページの脱落，印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に，「解答用紙」を配付します。
4. 解答は，必ず**黒鉛筆**（シャープペンシルも可）で記入し，ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（１枚につき１か所）には，忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は，必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 特に指示がない場合は，日本語で答えてください。
8. 日本語での字数の指定がある場合は句読点，数字，アルファベット，記号も１字として数えてください。
9. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので，持ち帰ってはいけません。
「問題冊子」は持ち帰ってください。

C2346

———このページは白紙———

———このページは白紙———

1 次の英文を読んで，以下の問いに答えなさい。

Falling birth rates are a major concern for some of Asia's biggest economies. Governments in the region are spending hundreds of billions of dollars trying to reverse the trend. Will it work? Japan began introducing policies to encourage couples to have more children in the 1990s. South Korea started doing the same in the 2000s, while Singapore's first *fertility policy dates back to 1987. China, which has seen its population fall for the first time on 60 years, recently joined the growing club. While it is difficult to quantify exactly how much these policies have cost, South Korean President Yoon Suk-yeol recently said his country had spent more than $200 billion (£160 billion) over the past 16 years on trying to boost the population. Yet last year South Korea broke its own record for the world's lowest fertility rate, with the average number of babies expected per woman falling to 0.78. (1) In neighbouring Japan, which had record low births of fewer than 800,000 last year, Prime Minister Fumio Kishida has *pledged to double the budget for child-related policies from 10 trillion yen, which is just over 2% of the country's gross domestic product. Globally, while there are more countries that are trying to lower birth rates, the number of countries wanting to increase fertility has more than tripled since 1976, according to the most recent report by the United Nations.

So why do these governments want to grow their populations? Simply put, having a bigger population who can work and produce more goods and services leads to higher economic growth. And while a larger population can mean higher costs for governments, it can also result in bigger tax *revenues. Also, many Asian countries are ageing rapidly. Japan leads the pack with nearly 30% of its population now over the age of 65 and some other nations in the region are not far behind. Compare that with India, which has just overtaken China as the world's most populous nation. More than a quarter of its people are between the age of 10 and 20, which gives its economy huge potential for growth. And when the share of the working age population gets smaller, the cost and burden of looking after the non-working population grow. "Negative population growth has an impact on the economy, and combined that with an ageing population, they won't be able to afford to support the elderly," said Xiujian Peng of Victoria University.

Most of the measures across the region to increase birth rates have been similar: payments for new parents, *subsidised or free education, extra nurseries, *tax incentives and expanded parental leave. But do these measures work? Data for the last few decades from Japan, South Korea and Singapore shows that attempts to boost their populations have had very little impact. Japan's finance ministry has published a study

which said the policies were a failure. It is a view echoed by the United Nations. "We know from history that the types of policies which we call demographic engineering where they try to incentivise women to have more babies, they just don't work," Alanna Armitage of United Nations Population Fund told the BBC. "We need to understand the underlying determinants of why women are not having children, and that is often the inability of women to be able to combine their work life with their family life," she added. But in Scandinavian countries, fertility policies have worked better than they did in Asia, according to Ms Peng. "The main reason is because they have a good welfare system and the cost of raising children is cheaper. Their gender equality is also much more balanced than in Asian countries." Asian countries have ranked lower in comparison in the global gender gap report by the World Economic Forum.

There are also major questions over how these expensive measures should be funded, especially in Japan, which is the world's most *indebted developed economy. Options under consideration in Japan include selling more government bonds, which means increasing its debt, raising its sales tax or increasing *social insurance premiums. The first option adds financial burden to the future generations, while the other two would hit already struggling workers, which could convince them to have fewer children. But Antonio Fatás, professor of economics at *INSEAD says regardless of whether these policies work, they have to invest in them. "Fertility rates have not increased but what if there was less support? Maybe they would be even lower," he said. (2)Governments are also investing in other areas to prepare their economies for shrinking populations. "China has been investing in technologies and innovations to make up for the declining labour force in order to mitigate the negative impact of the *shrinking population," said Ms Peng. Also, while it remains unpopular in countries like Japan and South Korea, lawmakers are discussing changing their immigration rules to try to *entice younger workers from overseas. "Globally, the fertility rate is falling so it'll be a race to attract young people to come and work in your country," Ms Peng added. Whether the money is well spent on fertility policies, these governments appear to have no other choice.

(出典："Asia is spending big to battle low birth rates — will it work?" June 6, 2023, BBC より一部改変)
from BBC News at bbc.co.uk/news

*fertility：出生率

*pledge：約束する

*revenue：歳入

*subsidise：補助金を与える

*tax incentives：税制優遇措置

*indebted：負債がある

*social insurance premiums：社会保険料

*INSEAD：欧州経営大学院

*shrink：減る

*entice：呼び込む

問１　下線部(1)を日本語に訳しなさい。

問２　アジア諸国と比べ，スカンジナビア諸国で少子化対策が成功している理由は何か，本文に即して説明しなさい。

問３　下線部(2)の具体例としてあげられているものを，本文に即して説明しなさい。

問４　以下の (a) ～(d) のうち，本文の内容から正しいと判断できるものを一つ選び記号で答えなさい。

(a) 1976年以来，世界的に出生率の向上を望む国は3倍以上に増加している。
(b) 世界で最も人口の多い国は中国である。
(c) 税制優遇措置は，日本では人口増加に効果があった。
(d) 国債の売却は，すでに苦しい状況にある労働者に打撃を与える。

———このページは白紙———

2 次の英文を読んで，以下の問いに答えなさい。
([1]～[3]はそれぞれ段落番号を表す。)

[1] The traces of genetic material that humans constantly shed wherever they go could soon be used to track individual people, or even whole ethnic groups, scientists said on Monday, warning of a *looming "ethical *quagmire."

[2] A recently developed technique can glean a huge amount of information from tiny samples of genetic material called (1)environmental DNA, or eDNA, that humans and animals leave behind everywhere — including in the air. The tool could lead to a range of medical and scientific advances, and could even help track down criminals, according to the authors of a new study published in the journal Nature Ecology & Evolution. But it also poses a vast range of concerns around consent, privacy and surveillance, they added. Humans spread their DNA — which carries genetic information specific to each person— everywhere, by shedding skin or hair cells, coughing out droplets, or in wastewater flushed down toilets. In recent years, scientists have been increasingly collecting the eDNA of wild animals, in the hopes of helping threatened species. For the new research, scientists at the University of Florida's Whitney Laboratory for Marine Bioscience had been focused on collecting the eDNA of endangered sea turtles. But the international team of researchers inadvertently collected a massive amount of human eDNA, which they called "human genetic bycatch." David Duffy, a wildlife disease genomic professor at the Whitney Laboratory who led the project, said they were "consistently surprised" by the amount and quality of the human eDNA they collected. "In most cases the quality is almost equivalent to if you took a sample from a person," he said. (2)The scientists collected human eDNA from nearby oceans, rivers and towns, as well as from areas far from human settlements. Struggling to find a sample not *tainted by humans, they went to a section of a remote Florida island inaccessible to the public. It was free of human DNA — at least until a member of the team walked barefoot along the beach. They were then able to detect eDNA from a single footprint in the sand. In Duffy's native Ireland, the team found human DNA all along a river, with the exception of the remote mountain stream at its source. Taking samples from the air of a veterinary hospital, the team captured eDNA that matched the staff, their animal patient and viruses common in animals.

[3] One of the study's authors, Mark McCauley of the Whitney Laboratory, said that by sequencing the DNA samples, the team was able to identify if a person had a greater risk of diseases such as *autism and *diabetes. "All of this very personal, ancestral and health-related data is freely available in the environment, and it's simply floating around us in the air right now," McCauley told an online news conference. "We specifically did not examine our *sequences in a way that we would be able to pick out specific individuals

because of the ethical issues," he said. But that would (3) "definitely" be possible in the future, he added. "The question is how long it takes until we're at that stage." The researchers emphasized the potential benefits of collecting human eDNA, such as tracking cancer *mutations in wastewater, discovering long-hidden archaeological sites or revealing the true *culprit of a crime using only the DNA they left in a room. Natalie Ram, a law professor at the University of Maryland not involved in the research, said the findings "should raise serious concern about genetic privacy and the appropriate limits of policing." "Exploiting involuntarily shed genetic information for investigative aims risks putting all of us under *perpetual genetic surveillance," she wrote in a commentary on the study. The authors of the study shared her concerns. McCauley warned harvesting human eDNA without consent could be used to track individual people or even target "vulnerable populations or ethnic minorities." (4) It is why the team decided to sound the alarm, they said in a statement, calling for policymakers and scientists to start working on regulation that could address such issues.

(Juliette Collen, "New threat to privacy? Scientists sound alarm about DNA tool", The Japan Times, 2023/5/16, AFP-JIJI.一部改編)

*loom：迫る
*quagmire：泥沼
*taint：汚染する
*autism：自閉症
*diabetes：糖尿病
*sequence：配列
*mutation：突然変異
*culprit：犯罪者
*perpetual：永続的

問1　下線部 (1) の environmental DNA, or eDNA について，① eDNA とは何か，また② eDNA は何に役立つ可能性があるか，段落[2]で述べられている内容に即して，それぞれ30字程度で説明しなさい。

問2　下線部 (2) を日本語に訳しなさい。

問3　下線部 (3) について，何が "definitely" be possible in the futureなのか，本文に即して説明しなさい。

問4　下線部 (4) の It が何を示しているか，本文に即して説明しなさい。

——このページは白紙——

3 次の英文[I]と[II]を読んで，以下の問いに答えなさい。

[I] The 19th century landscape paintings hanging in London's Tate Britain Museum looked awfully familiar to climate physicist Anna Lea Albright. Artist Joseph Mallord William Turner's signature way of *shrouding his *vistas in fog and smoke reminded Albright of her own research tracking air pollution.

"I started wondering if there was (1) a connection," says Albright, who had been visiting the museum on a day off from the Laboratory for Dynamical Meteorology in Paris. After all, Turner — a forerunner of the impressionist movement — was painting as Britain's industrial revolution gathered steam, and a growing number of *belching manufacturing plants earned London the nickname "The Big Smoke."

Turner's early works, such as his 1814 painting "Apullia in Search of Appullus," were rendered in sharp details. Later works, like his celebrated 1844 painting "Rain, Steam and Speed - the Great Western Railway," embraced a dreamier, *fuzzier aesthetic. Perhaps, Albright thought, this *burgeoning painting style wasn't a purely artistic phenomenon. Perhaps Turner and his successors painted exactly what they saw: their *environs becoming more and more obscured by *smokestack haze.

To find out how much realism there is in impressionism, Albright teamed up with Harvard University climatologist Peter Huybers, who's an expert in reconstructing pollution before instruments existed to closely track air quality. Their analysis of nearly 130 paintings by Turner, Paris-based impressionist Claude Monet and several others tells a tale of two modernizing cities.

Low contrast and whiter *hues are *hallmarks of the impressionist style. They are also hallmarks of air pollution, which can affect how a distant scene looks to the naked eye. (2)Tiny *airborne particles, or *aerosols, can absorb or scatter light. That makes the bright parts of objects appear dimmer while also shifting the entire scene's color toward neutral white.

The artworks that Albright and Huybers investigated, which span from the late 1700s to the early 1900s, decrease in contrast as the 19th century progresses. That trend tracks with an increase in air pollution, estimated from historical records of coal sales, Albright and Huybers report in (3) the Feb. 7 Proceedings of the National Academy of Sciences.

[II] Albright and Huybers distinguished art from aerosol by first using a mathematical model to analyze the contrast and color of 60 paintings that Turner made between 1796 and 1850 as well as 38 Monet works from 1864 to 1901. They then compared the findings to *sulfur dioxide emissions over the century, estimated from the trend in the annual amount of coal sold and burned in London and Paris. When sulfur dioxide reacts with molecules in the atmosphere, aerosols form.

"Our results indicate that [19th century] paintings capture changes in the *optical environment associated with increasingly polluted atmospheres during the industrial revolution," the researchers write. As sulfur dioxide emissions increased over time, the amount of contrast in both Turner's and Monet's paintings decreased. However, paintings of Paris that Monet made from 1864 to 1872 have much higher contrast than Turner's last paintings of London made two decades earlier.

The difference, Albright and Huybers say, can be attributed to the much slower start of the industrial revolution in France. Paris' air pollution level around 1870 was about what London's was when Turner started painting in the early 1800s. It confirms that the similar *progression in their painting styles can't be chalked up to coincidence, but is guided by air pollution, the pair conclude.

The researchers also analyzed the paintings' *visibility, or the distance at which an object can be clearly seen. Before 1830, the visibility in Turner's paintings averaged about 25 kilometers, the team found. Paintings made after 1830 had an average visibility of about 10 kilometers. Paintings made by Monet in London around 1900, such as "Charing Cross Bridge," have a visibility of less than five kilometers. That's similar to estimates for modern-day megacities such as Delhi and Beijing, Albright and Huybers say.

To strengthen their argument, the researchers also analyzed 18 paintings from four other London- and Paris-based impressionists. Again, as outdoor air pollution increased over time, the contrast and visibility in the paintings decreased, the team found. What's more, the decrease seen in French paintings lagged behind the decrease seen in British ones.

Overall, air pollution can explain about 61 percent of contrast differences between the paintings, the researchers calculate. In that respect, "different painters will paint in a similar way when the environment is similar," Albright says. "But I don't want to overstep and say: Oh, we can explain all of impressionism."

(Source: Bas den Hond, Science News, February 26, 2023. Used with permission.)

(注)

*shroud ： 覆う
*vista：風景
*belch：吹き出す
*fuzzier：fuzzy（ぼやけた）の比較級
*burgeon：芽生える
*environ：(…を) 取り巻く
*smokestack haze：煙突の薄煙
*hue ： 色合い
*hallmark：特徴的なこと
*airborne：空中の
*aerosol：エアロゾル
* sulfur dioxide：二酸化硫黄
*optical：視覚の
*progression：発展，進み
*visibility：視程

問 1. 下線部 (1) の a connection は何を指すか，[I] の内容に即して説明しなさい。

問 2. 下線部 (2) を日本語に訳しなさい。

問 3. 下線部 (3) の英文雑誌で報告されている研究成果に至る過程で Albright and Huybers はどのようなことを行ったか，[II] の内容に即して，簡潔に 4 点説明しなさい。

東北大学

令和６年度東北大学農学部
ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅱ期

小　作　文

試験期日　令和 5 年 11 月 18 日（土）

試験時間　9:00～9:30

注意

1　問題冊子及び解答用紙は指示があるまで開かないこと。
2　問題冊子は１ページからなっている。試験開始後，直ちに確認すること。
3　ページの落丁・乱丁及び印刷不鮮明の箇所等に気づいた場合には，監督者に申し出ること。
4　解答用紙には，忘れずに受験記号番号及び氏名を記入すること。
　解答用紙の裏面には，何も記入しないこと。
5　問題冊子は，試験終了後に持ち帰ること。

令和６年度東北大学農学部　AO 入試（総合型選抜）Ⅱ期　小作文問題

我が国では、ＡＩ（人工知能）やＩＣＴ（情報通信技術）などの活用が進められています。今後、農林水産物の生産現場や流通、販売において、ＡＩやＩＣＴをどのように活用できるか、あなたの考えを述べてください。

（８００字程度）

東北大学

令和６年度東北大学農学部
ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅲ期

小　作　文（午　前）

試験期日　令和 6 年 2 月 10 日（土）

試験時間　9:30～10:00

注意

１　問題冊子及び解答用紙は指示があるまで開かないこと。

２　問題冊子は１ページからなっている。試験開始後，直ちに確認すること。

３　ページの落丁・乱丁及び印刷不鮮明の箇所等に気づいた場合には，監督者に申し出ること。

４　解答用紙には，忘れずに受験記号番号及び氏名を記入すること。
解答用紙の裏面には，何も記入しないこと。

５　問題冊子，草案紙は，試験終了後に持ち帰ること。

次の課題について３０分以内に８００字程度で記述してください。

課　題

酵素などの細胞内分子や細胞、臓器、生物個体を活用して物質を生産するバイオエコノミーの世界市場は、2030 年～2040 年に 200 兆円から 400 兆円に達すると予測されています（マッキンゼー 2020）。バイオエコノミー市場は医療・ヘルスケアに加えて、素材・エネルギー・農業・食品などの分野でも高い成長が予測されます。将来のバイオエコノミー市場に向けて日本はどのような技術開発を進めるべきか、あなたの考えを述べてください。

東北大学

令和６年度東北大学農学部
ＡＯ入試（総合型選抜）Ⅲ期

小　作　文（午　後）

試験期日　令和 6 年 2 月 10 日（土）

試験時間　13:30～14:00

注意

１　問題冊子及び解答用紙は指示があるまで開かないこと。

２　問題冊子は１ページからなっている。試験開始後，直ちに確認すること。

３　ページの落丁・乱丁及び印刷不鮮明の箇所等に気づいた場合には，監督者に申し出ること。

４　解答用紙には，忘れずに受験記号番号及び氏名を記入すること。
解答用紙の裏面には，何も記入しないこと。

５　問題冊子，草案紙は，試験終了後に持ち帰ること。

次の課題について３０分以内に８００字程度で記述してください。

課　題

世界の人口が増大するに伴って、将来的な食糧危機が懸念されています。これに対して、食料としての昆虫の利用である「昆虫食」に期待が寄せられています。昆虫食について、あなたの考えを述べてください。