

令和4年度 国際バカロレア特別入試問題

小論文（1）

（120分）

医学群

医学類

「試験開始」の合図があるまで、この表紙を開けないこと。

以下の注意事項をよく読みなさい。

1. 「試験開始」の合図があったら、問題用紙、解答用紙、
下書き用紙の枚数を確かめなさい。

問題用紙	14枚（1～14ページ）
解答用紙	5枚
下書き用紙	2枚
2. 氏名と受験番号は配られたすべての解答用紙に記入しなさい。
3. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入しなさい。
（下書きは採点の対象とならない）
4. 解答用紙、下書き用紙はホッチキスをはずすこと。
ただし、問題用紙はホッチキスをはずさないこと。
5. 問題用紙、下書き用紙、解答用紙の表紙はすべて持ち帰ること。

課題 I

問題 1

次の文章を読み、問 1 から問 6 に答えなさい。

~~~~~

~~~~~

~~~~~

[Blurred text block]

[Blurred text block]

[Illegible text block]

[Illegible text block]

[The content of this page is heavily blurred and illegible.]

(Sports Health, May 2013 より引用、一部改変)

問 1 Select a word from the following list with the same meaning as underlined arena (page 1):

(a) stadium (b) field (c) gym (d) gallery

問 2 For each of blanks ( a ) to ( h ), choose the correct word from the list below. (Capitalize the first letter of the word as necessary.)

what when where which

問 3 Fill in each of blanks ( 1 ) to ( 4 ) with the most appropriate expression from the following:

(a) all the way to (b) far between (c) in between (d) to the top of

問 4 Select the most appropriate word from the passage to fill in blank ( ア ).

問 5 Rephrase underlined it (page 4) in 2 words from the passage.

問 6 Rearrange the following words into the correct order to complete blank ( A ):

a bet childhood feel few I like lost more than that their  
there's they who

問題 2

次の文章を読み、問 1 から問 4 に答えなさい。



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in the context of public administration and financial management. The text outlines various methods and tools used to collect, store, and analyze data, ensuring that information is readily accessible and reliable.

2. The second part of the document focuses on the implementation of these practices, detailing the steps involved in setting up a robust record-keeping system. It covers the selection of appropriate software and hardware, the training of staff, and the establishment of clear policies and procedures. The text also addresses the challenges of data security and privacy, providing strategies to mitigate risks and ensure compliance with relevant regulations. Finally, the document concludes by highlighting the long-term benefits of a well-maintained record-keeping system, including improved decision-making, enhanced operational efficiency, and increased trust from stakeholders.



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for financial transparency and accountability. The text outlines various methods for tracking expenses and income, including the use of spreadsheets and specialized accounting software. It also highlights the need for regular audits to ensure the integrity of the data.

2. The second part of the document focuses on the role of internal controls in preventing fraud and errors. It describes how a robust system of checks and balances can be implemented to minimize the risk of misstatements. Key elements of an effective internal control system include segregation of duties, authorization procedures, and independent verification. The text provides practical examples of how these controls can be applied in different departments and functions.

3. The final part of the document addresses the importance of communication and collaboration in achieving financial goals. It stresses that all stakeholders, from management to employees, must be aligned and informed. Regular reporting and open dialogue are crucial for identifying potential issues early and making necessary adjustments. The text concludes by encouraging a culture of transparency and shared responsibility.

(*Nature Reviews Immunology*, November 2020 より引用、一部改変)

問 1 Fill in each of blanks ( A ) to ( G ) with the most appropriate topic sentence from the following list:

- (i) Negative public perception of vaccination is not a modern-day phenomenon.
- (ii) An effective vaccine against Lyme disease was licensed by the Food and Drug Administration (FDA) in 1998 but withdrawn from the market in 2002 after it was wrongly claimed to cause autoimmune side effects.
- (iii) Unsubstantiated health scares have affected other vaccines too.
- (iv) Still, by this point the damage had been done.
- (v) It is important to acknowledge the valid safety concerns that surround some vaccines.
- (vi) In early February 2010, *The Lancet* medical journal retracted a case study it had published 12 years earlier.
- (vii) In the midst of a global pandemic, the issue of public confidence in vaccination is more urgent than ever.

問 2 Rephrase underlined unfounded (page 8) with 3 words from the passage.

問 3 Fill in blank ( a ) with the most appropriate 2-word noun phrase.

問 4 For each of the following statements, circle 'T' if it is true, 'F' if it is false:

- (a) In 2010; *The Lancet* ran a feature about MMR being a cause of autism.
- (b) Andrew Wakefield was disqualified from practicing medicine in the UK.
- (c) Vaccination rates surged because of Wakefield's study.
- (d) Public trust in the MMR vaccine recovered, and measles has been eliminated in the UK.
- (e) Thanks to Andrew Wakefield, more children are getting vaccinated.

- (f) A vaccine against Lyme disease licensed by the FDA caused autoimmune side effects.
- (g) HPV vaccines are not safe because adverse reactions are caused by the vaccination itself.
- (h) The polio vaccine was avoided in Nigeria because of religious beliefs.

## 課題 II

次の問題 1 から問題 3 に答えなさい。解答は考えた過程がわかるように丁寧に記しなさい。

### 問題 1

次の問に答えなさい。

問1 平面上におけるベクトル  $\vec{a} = (-7, 1)$ ,  $\vec{b} = (4, 3)$  について、以下の小問に答えなさい。

(小問 1)

ベクトル  $\vec{a}$  および  $\vec{b}$  をベクトル  $\vec{x} = (-1, 2)$ ,  $\vec{y} = (-2, 1)$  を用いて表わしなさい。

(小問 2)

ベクトル  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  のなす角  $\theta$  を求めなさい。ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$  とする。

問2 次の両条件をみたす球面  $S$  の方程式を求めなさい。

- ・ 球面  $S$  の中心  $C$  は原点  $O$  と点  $D(1, -1, 4)$  を通る直線上にあり、中心  $C$  は原点  $O$  に一致しない。
- ・ ベクトル  $\vec{OD}$  に垂直な直線は球面  $S$  の中心  $C$  および球面  $S$  上の点  $P(5, -7, 6)$  を通る。

## 問題 2

次の問に答えなさい。ただし、小数点第 3 位まで求めること。

問1 5 人の患者の検査 X と検査 Y の計測結果は次の表の通りであった。

|      | 検査 X | 検査 Y |
|------|------|------|
| 患者 1 | 4.6  | 89   |
| 患者 2 | 5.5  | 91   |
| 患者 3 | 6.8  | 138  |
| 患者 4 | 7.9  | 180  |
| 患者 5 | 10.2 | 202  |

患者  $i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) の検査 X の検査値を  $x_i$ , 患者  $i$  の検査 Y の検査値を  $y_i$  とする。上記の計測結果に基づき、未知の患者  $n$  の検査 Y の検査値  $y_n$  を検査値  $x_n$  に基づき次の式①で推定する。

$$y_n = Ax_n + B, \quad A = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sigma_X^2}, \quad B = \mu_Y - A\mu_X, \quad X = (x_1, \dots, x_5), \quad Y = (y_1, \dots, y_5) \quad \dots \textcircled{1}$$

ここで、それぞれ  $\mu_X$  は  $x_i$  の平均,  $\mu_Y$  は  $y_i$  の平均,  $\sigma_X$  は  $x_i$  の分散,  $\text{Cov}(X,Y)$  は  $X$  と  $Y$  の共分散を表す。

このとき、以下の問いに答えなさい。

表の 5 人の患者の検査結果を全て利用して、未知の患者  $n$  の検査値 Y の値を検査値 X の値から推定する式①を作成しなさい。また、検査値 X の値が 7.0 の患者について予測される検査値 Y の値を求めなさい。

問2 ある人が特定の疾患 D に罹患しているかどうかを検査 T に基づいて調べたい。ここで、人には個体差があり、真に疾患 D に罹患している人全員が検査 T で陽性になるとは限らない。同様に、検査の精度には限界があり、検査 T で陽性になった人全員が疾患 D に罹患しているとは限らない。

各単語の定義は以下の通りとする。

感度:真に疾患 D に罹患している人のうち検査 T で陽性になる人の割合

特異度:真に疾患 D に罹患していない人のうち検査 T で陰性になる人の割合

陰性的中率:検査 T で陰性になる人のうち真に疾患 D に罹患していない人の割合

このとき、以下の小問に答えなさい。

(小問 1)

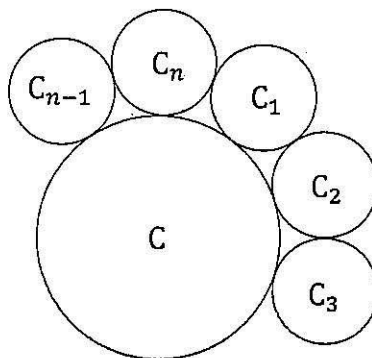
100 人に 1 人が疾患 D に罹患していることが知られており、検査 T の感度が 99%かつ陰性的中率が 99%であると仮定する。検査 T を受けて陽性だったとき、真に疾患 D に罹患している条件付き確率を求めなさい。

(小問 2)

100 人に 1 人が疾患 D に罹患していることが知られており、検査 T の感度が 99%かつ特異度が 99%であると仮定する。検査 T を受けて陽性だったとき、真に疾患 D に罹患している条件付き確率を求めなさい。

### 問題 3

図のように、半径 1 の円  $C$  の周りに、互いに半径の等しい  $n$  個の円  $C_1, C_2, \dots, C_n$  が外接し、さらに、円  $C_1$  と  $C_2$ , 円  $C_2$  と  $C_3$ ,  $\dots$ , 円  $C_{n-1}$  と  $C_n$ , 円  $C_n$  と  $C_1$  が互いに外接して、ちょうど 1 周して円  $C$  を囲む。互いに半径の等しい  $n$  個の円  $C_1, C_2, \dots, C_n$  の半径を  $r_n$  とするとき、次の間に答えなさい。



問1  $r_n$  を  $n$  と  $\pi$  を用いて表しなさい。

問2 次を証明しなさい。

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n \cdot r_n = \pi$$

問3 次の極限值を求めなさい。

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n(\pi - n \cdot r_n)$$

必要ならば次を用いてもよい。  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$  のとき、  $\theta - \frac{1}{6}\theta^3 < \sin \theta < \theta$ 。

# 令和4年度 国際バカロレア特別入試問題

## 小論文（2）

（120分）

医学群

医学類

「試験開始」の合図があるまで、この表紙を開けないこと。

以下の注意事項をよく読みなさい。

1. 「試験開始」の合図があったら、問題用紙、解答用紙、  
下書き用紙の枚数を確認めなさい。

|       |              |
|-------|--------------|
| 問題用紙  | 16枚（1～16ページ） |
| 解答用紙  | 7枚           |
| 下書き用紙 | 2枚           |
2. 3つの課題から2つの課題を選択して解答しなさい。
3. 3つの課題すべてに解答した場合は、すべての解答が無効  
になります。
4. 氏名と受験番号は配られたすべての解答用紙に記入しなさい。
5. 選択しない課題の解答用紙には大きく×印をつけなさい。
6. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入しなさい。  
(下書きは採点の対象とならない)
7. 解答用紙、下書き用紙はホッチキスをはずすこと。  
ただし、問題用紙はホッチキスをはずさないこと。
8. 問題用紙、下書き用紙、解答用紙の表紙はすべて持ち帰ること。



## 課題 I

次の問題 1 から問題 3 に答えなさい。

### 問題 1

次の文章を読み、問 1 から問 7 に答えなさい。

遷移元素は、周期表（ア）～（イ）族に属する元素であり、すべて金属元素であり一般にイオン化傾向が小さく、化学的に安定である。複数の酸化数をとるものが多く、有色のイオン、化合物が多い。また、鉄、銀、銅などは①錯イオンをつくる。鉄は、濃硝酸には（ウ）を形成して溶けないが、希塩酸に溶けて淡緑色の水溶液になる。この水溶液に塩素を反応させると②（エ）色の水溶液になる。

銀は、濃硝酸に溶けて（オ）を発生する。③この溶液に希塩酸を加えると白色の沈殿が生じる。

銅は、塩酸や④希硫酸には反応しないが、⑤熱濃硫酸、濃硝酸、希硝酸に気体を発生して溶ける。

マンガン単体は、（カ）色の固体であり、硬くてもろい。代表的な化合物として⑥酸化剤である過マンガン酸カリウムがあり、酸化還元滴定に使用される。

問 1（ア）から（カ）に当てはまる数字または、語句を書きなさい。

問 2 下線部①について、以下の反応で生じる錯イオンの化学式を示し、その構造を選択肢からそれぞれ選びなさい。

(1) 過剰なアンモニア水を水酸化銅(II)に加える。

(2) チオ硫酸ナトリウム水溶液を塩化銀に加える。

(構造の選択肢)

直線形、正四面体形、正方形、正八面体形

問 3 下線部②の水溶液に含まれる陽イオンの性質について、正しいものを全て選びなさい。

- (a) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると赤褐色沈殿を生じる。
- (b) チオシアン酸カリウム水溶液を加えると血赤色溶液になる。
- (c) ヘキサシアニド鉄(II)酸カリウム水溶液を加えると青白色沈殿を生じる。
- (d) ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液を加えると濃青色沈殿を生じる。

問 4 下線部③を化学反応式で示しなさい。

問 5 下線部④について、濃硫酸から希硫酸の作り方を 20 文字程度、および、その理由を 80 文字程度で示しなさい。

問 6 下線部⑤で発生する気体の性質で最も適当なものを、選択肢(a)～(e)中からそれぞれひとつ選びなさい。

- (1) 銅と熱濃硫酸
- (2) 銅と濃硝酸
- (3) 銅と希硝酸

(選択肢)

- (a) 水によく溶ける刺激臭で無色の気体。
- (b) 水によく溶ける赤褐色の有毒な気体。
- (c) 水に溶ける刺激臭で黄緑色の気体。
- (d) 水にあまり溶けない淡青色の特異臭の気体。
- (e) 水に溶けにくい無色の気体。

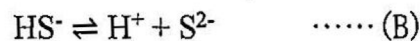
問 7 下線部⑥の酸化還元滴定をするとき、過マンガン酸カリウムの酸化力を強めるために濃度を調べたい水溶液に希硫酸を加え酸性にする。酸性にするのに硝酸や塩酸が使用されない理由を 60 文字程度で示しなさい。

## 問題 2

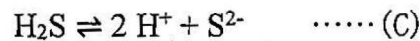
次の文章を読み、問 1 から問 4 に答えなさい。なお、気体定数を  $R = 8.31 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol) とする。

酸化還元反応において、相手の物質に (ア) を与える物質を (イ)、相手の物質から (ア) を奪う物質を (ウ) と呼ぶ。一方、ブレンステッド・ローリーの酸・塩基の定義では、(エ) を与える物質を (オ)、(エ) を受け取る物質を (カ) と呼ぶ。

例えば、①硫化水素と二酸化硫黄の酸化還元反応において  $\text{H}_2\text{S}$  は (キ)、 $\text{SO}_2$  は (ク) として働く。また、硫化水素も二酸化硫黄も、電離度が 1 よりも著しく小さい弱酸である。②硫化水素は水に溶けると次のように 2 段階に電離する。



(A) と (B) をまとめると、次のように表すことができる。



問 1 文中の (ア) から (ク) に当てはまる語句を答えなさい。なお、同じ語句が複数回出ることがある。

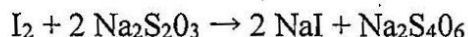
問 2 下線部①について、硫化水素および二酸化硫黄の酸化数を答え、さらに、酸化還元反応式を答えなさい。

問 3 下線部②について、文中の化学反応式(A)、(B)、(C)の電離定数 [mol/L] をそれぞれ  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  とする。 $K_2 = 1.0 \times 10^{-14}$  mol/L、 $K_3 = 1.0 \times 10^{-21}$  mol/L のとき、pH が 4.0 の硫化水素水溶液のモル濃度 [mol/L] を有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、第二電離は小さく無視できるものとする。

問4 容積一定の空の2つの容器A、Bがあり、これらの容積をそれぞれ $V_A$ 、 $V_B$  [L]とする。これらの容器を温度 300 K に保ちつつ、容器Aに二酸化硫黄を、容器Bに硫化水素をそれぞれ封入した。このとき、容器Aの気体の圧力は $2.50 \times 10^5$  Pa、容器Bの気体の圧力は $3.60 \times 10^5$  Paであった。また、 $V_A$ は $V_B$ の1.5倍であった。

$3.00 \times 10^{-1}$  mol/L のヨウ素溶液 (ヨウ化カリウムを含む) 50.0 mL に、容器A内の二酸化硫黄をゆっくりと通して完全に吸収させ、溶液 i とした。続いて、この溶液 i に容器B内の硫化水素をゆっくりと通して完全に吸収させ、溶液 ii とした。次に、この溶液 ii に残ったヨウ素を、デンプンを指示薬として $5.00 \times 10^{-2}$  mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、40.0 mL を要した。吸収させた二酸化硫黄の物質量 [mol] と $V_A$  [L] をそれぞれ有効数字3桁で答えなさい。

なお、上記の一連の操作において、二酸化硫黄は硫酸に、硫化水素は硫黄に酸化されるものとし、硫酸は硫化水素と反応しないものとする。また、ヨウ素はチオ硫酸ナトリウムと次のように反応するものとする。



### 問題 3

次の文章を読み、問 1 から問 6 に答えなさい。原子量は  $H = 1.00$ 、 $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$  とする。

分子内に炭素原子間の ( ア ) 結合が 1 個ある鎖式不飽和炭化水素をアルケンという。その分子式は一般式  $C_nH_{2n}$  で表され、シクロアルカンとは ( イ ) 異性体の関係にある。①分子式  $C_4H_8$  で表されるアルケンには ( ウ ) 種類の異性体が存在する。そのうち 2 種類は、炭素原子間の ( ア ) 結合を軸とした回転が起こらない ( エ ) 異性体である。

炭素、水素、酸素のみからなる化合物 A、B、C、D、E は互いに ( イ ) 異性体の関係にあり、金属ナトリウムと反応して水素を発生する。化合物 A 10.1 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 25.3 mg と水 12.3 mg が得られた。化合物 A、B、C、D、E それぞれに②二クロム酸カリウムの希硫酸水溶液を加えて穏やかに加熱したところ、化合物 C は酸化しなかったが、化合物 A、B、D、E からはそれぞれ酸化生成物が得られた。これらの酸化生成物のうち、化合物 A と B の酸化生成物は銀鏡反応を示し、化合物 D の酸化生成物のみヨードホルム反応を示した。また、化合物 A、B、C、D、E それぞれに濃硫酸を加えて加熱したところ、化合物 A からはアルケンが得られなかったが、化合物 B からはアルケン F が、化合物 C からはアルケン F と G が、化合物 D からはアルケン H とアルケン I、アルケン J が、化合物 E からはアルケン I とアルケン J が得られた。なお、アルケン I と J は互いに ( エ ) 異性体の関係にあった。

問 1 ( ア ) から ( エ ) に当てはまる数字または語句を書きなさい。

問 2 下線部①の異性体のうち、枝分かれ構造のないものに塩化水素を付加させると、理論上で何種類の物質が得られるか答えなさい。また、得られる物質のうち不斉炭素原子をもつ構造式をすべて示しなさい。

問 3 化合物 A 10.1 mg 中に含まれる C、H、O はそれぞれ何 mg か、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 化合物 A の組成式を答えなさい。

問5 化合物 A、B、C、D、E の構造式をそれぞれ示しなさい。

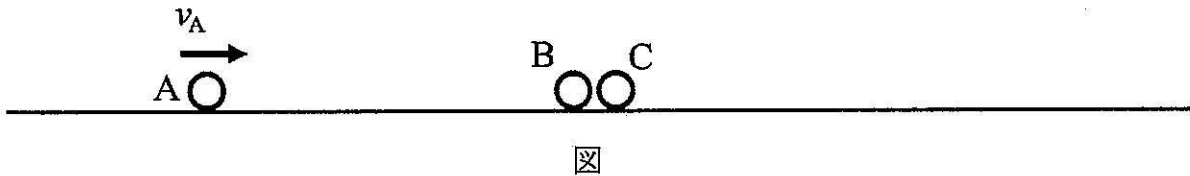
問6 下線部②について、二クロム酸カリウム 1 mol で酸化できる化合物 E の物質量 (mol) を答えなさい。ただし、酸化生成物への反応は完全に進行するものとする。

## 課 題 II

次の問題1、問題2に答えなさい。

### 問題1

図のように無限長の摩擦のない水平な床がある。左側から一定の速さ $v_A$ で進む質点Aがあり、接しないように並べられ静止している質点Bと質点Cに向かって左から衝突する。すべての質点の質量は $m$ であり、一直線上を動くものとする。速度は、全て右向きを正とする方向に定義する。下記の条件のもと一連の衝突が全て起こった後の、それぞれの質点の速度 $V_A, V_B, V_C$ を示す式の中で空欄になっている(1)から(6)に適切な式を入れなさい。衝突は $V_A \leq V_B \leq V_C$ の条件が満たされるまで起こり、一連の衝突終了後は更なる衝突は起こらないと考えなさい。



(条件1) は、一連の衝突がすべて完全弾性衝突の場合である。

|                    |             |             |
|--------------------|-------------|-------------|
| (条件1) 一連の衝突は完全弾性衝突 |             |             |
| $V_A = 0$          | $V_B = (1)$ | $V_C = (2)$ |

(条件2) は、一連の衝突がすべて完全非弾性衝突の場合である。複数の質点が接した複合体を作る場合、個々の質点の速度は、それぞれ元の速度記号で表すものとし、複合体は、合計の質量を持つ1つの質点と見なしなさい。

|                        |             |             |
|------------------------|-------------|-------------|
| (条件2) 一連の衝突は完全非弾性衝突    |             |             |
| $V_A = \frac{1}{3}v_A$ | $V_B = (3)$ | $V_C = (4)$ |

(条件3) は、一連の衝突のはねかえり係数を $e$ とし、その値は $3 - 2\sqrt{2} < e < 1$ の不等式を満たすものとする。

|                                                      |             |             |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| (条件3) 一連の衝突のはねかえり係数は $e$ ( $3 - 2\sqrt{2} < e < 1$ ) |             |             |
| $V_A = \frac{1-e}{2} \frac{3+e^2}{4} v_A$            | $V_B = (5)$ | $V_C = (6)$ |

## 問題 2

次の文章を読み、空欄①～⑩に適切な式を入れなさい。ただし、空欄①～④は【効果 1】、空欄⑤～⑩は【効果 2】の文および図中の物理量に関する記号以外使用しないこと。

1895 年、レントゲンによって発見された X 線は、今日の医療に欠かすことのできない世紀の発見であった。X 線は物質に入射した際、【効果 1】光電効果や、【効果 2】コンプトン効果を起こすことが知られている。

### 【効果 1】光電効果

光電効果は、図 1 の装置を用いて観察することができる。光電管内の陽極 P には電圧  $V$  がかかっている。ここで、振動数  $\nu$  [Hz] の可視光を陰極 C に当てると、陰極 C から光電子が放出され、光電子は陽極 P に捕獲され光電流  $I$  が流れた。このとき、電子の電気量の大きさを  $e$  [C]、プランク定数を  $h$  [J·s] とすると、陰極 C に当てた光子 1 個のエネルギーは  [J] である。ここで、可変抵抗により陽極 P の電圧  $V$  を変化させたところ、光電流  $I$  の強度は図 2 のように変化した。ただし、 $V_0$  は陽極 P に負の電位がかかっている状態を示す。これより、陰極 C から放出された光電子の最大運動エネルギーは  [J] で、陰極 C の仕事関数は  [J] と表すことができる。電圧  $V$  を上げていくと、電流が  $I_{\max}$  [A] で変化しなくなった。このとき、陰極 C から放出された光電子の数は毎秒  [個] である。

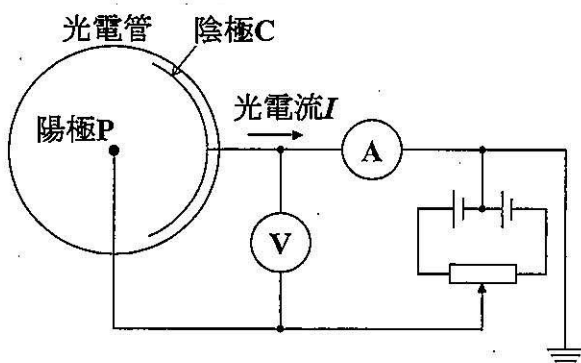


図 1

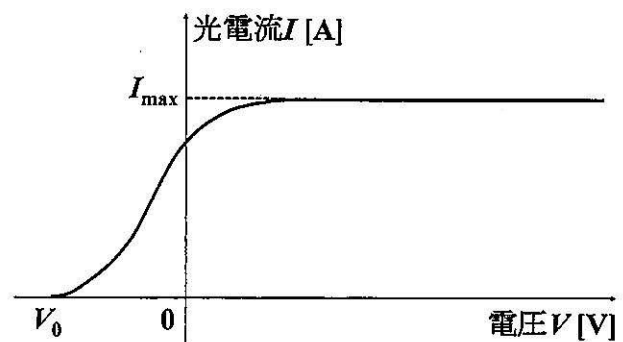


図 2



**【効果2】 コンプトン効果**

コンプトン効果の模式図を図3に示す。入射 X 線の波長を  $\lambda$  [m]、プランク定数を  $h$  [J·s]、光の速さを  $c$  [m·s<sup>-1</sup>] とすると、入射 X 線の運動量は ⑤ [N·s]、エネルギーは ⑥ [J] と表すことができる。入射 X 線が静止している質量  $m$  [kg] の電子に衝突すると、X 線の入射方向に対して  $\theta$  の角度に X 線が散乱された。これを散乱 X 線といい、波長は  $\lambda'$  [m] であった (ただし  $\lambda' > \lambda$ )。電子は X 線の入射方向に対して  $\varphi$  の角度に速度  $v$  [m·s<sup>-1</sup>] ではね飛ばされたとする。このとき、 $x$  軸方向および  $y$  軸方向について運動量保存の法則により関係式(i)、(ii)が成り立つ。

$$x \text{ 軸方向 : } \boxed{\text{⑤}} = \boxed{\text{⑦}} \dots (i)$$

$$y \text{ 軸方向 : } 0 = \boxed{\text{⑧}} \dots (ii)$$

また、エネルギー保存の法則より、関係式(iii)が成り立つ。

$$\boxed{\text{⑥}} = \boxed{\text{⑨}} \dots (iii)$$

以上の関係式(i)~(iii)を連立させて  $\varphi$  と  $v$  を消去すれば、散乱角  $\theta$  と散乱波長  $\lambda'$  の関係は以下の関係式で表すことができる。ただし、散乱 X 線と入射 X 線の波長の差  $\lambda' - \lambda$  が

$\lambda$  に比べて十分に小さいので、 $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \approx 2$  と近似できる。

$$\lambda' = \boxed{\text{⑩}}$$

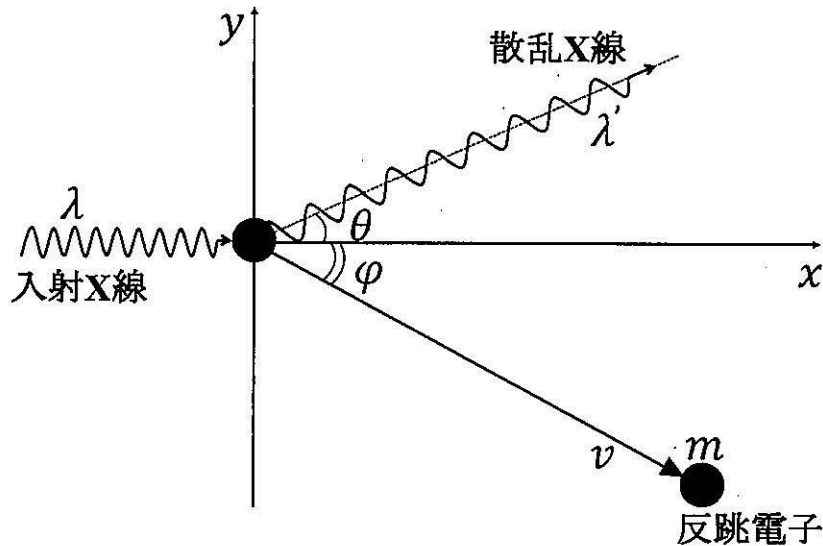


図3

## 課題 III

次の問題 1 から問題 3 に答えなさい。

### 問題 1

次の文章を読み、問 1 から問 4 に答えなさい。

解糖系では 1 分子のグルコースから 2 分子の ( ア ) が生成される。この過程で、( ① ) 分子の ATP が消費され、( ② ) 分子の ATP が合成されるため、合計で ( ③ ) 分子の ATP が生成される。( ア ) はアセチル CoA に変換された後、クエン酸回路によって様々な有機酸に変換される ( 図 )。(A)呼吸において、ATP は解糖系とクエン酸回路に加えて、電子伝達系によって大量に合成される。

アミノ基転移酵素は、有機酸にグルタミン酸のアミノ基を転移させることで、アミノ酸を合成する反応を触媒する。例えば、側鎖が  $\text{CH}_3-$  であるアラニンは ( ア ) から、側鎖が  $\text{HOOC-CH}_2-$  であるアスパラギン酸は ( イ ) から合成される。このとき、側鎖が  $\text{HOOC-CH}_2-\text{CH}_2-$  であるグルタミン酸は ( ウ ) に変換される。逆に、アミノ基転移酵素はアミノ酸を有機酸に変換する反応も触媒する。

ヒトでは血液を介してグルコースとアラニンが循環し、グルコース-アラニン回路と呼ばれる代謝回路が形成されている。(B)空腹時にはアラニンが筋肉から血液を介して輸送され、特定の臓器に多く分布するアラニンアミノ基転移酵素によって ( ア ) に分解される。その後、糖新生によって ( ア ) からグルコースが合成され、再び血液を介して他の臓器にグルコースが供給される。アラニンアミノ基転移酵素は細胞が破壊されると血中に逸脱することから、その酵素活性は血液検査で重要な指標として用いられている。

問1 ( ア ) ~ ( ウ ) に当てはまる化合物の名称を答えなさい。

問2 ( ① ) ~ ( ③ ) に当てはまる数字を答えなさい。

問3 下線部 (A) について、電子伝達系で行われる ATP 合成と解糖系やクエン酸回路で行われる ATP 合成との違いを 100 字程度で説明しなさい。

問4 下線部(B)について、アラニンアミノ基転移酵素が多く分布するのはどの臓器か、答えなさい。

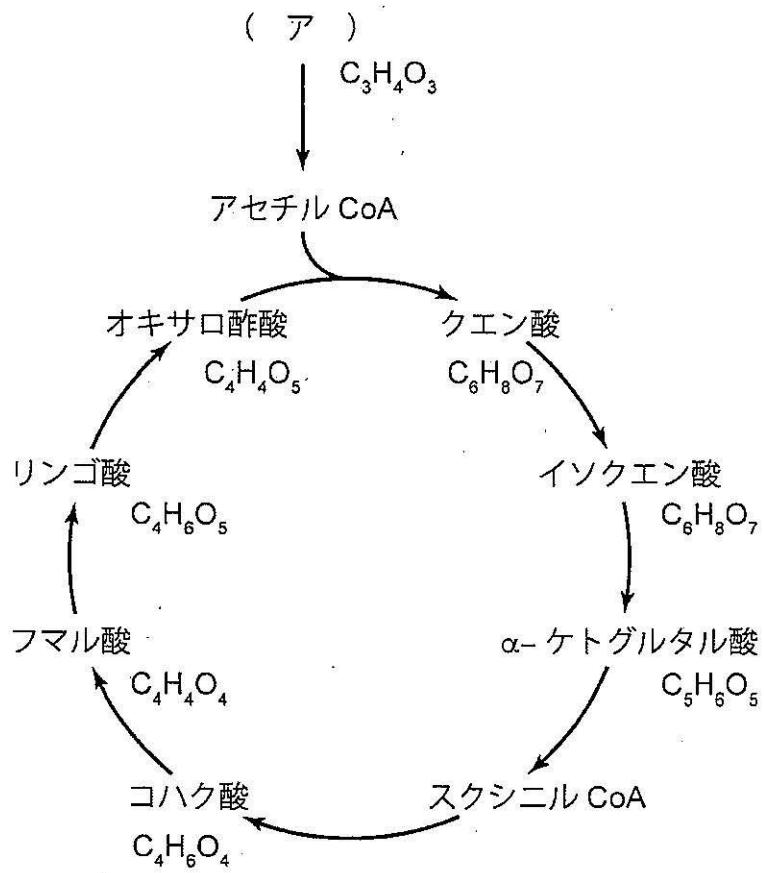


図 クエン酸回路と有機酸の組成式

## 問題 2

次の文章を読み、問 1 から問 3 に答えなさい。

行動遺伝学者であるシーモア・ベンザーは遺伝子が生物の行動を規定することを示したことで有名である。1971年にベンザーは、指導学生のロナルド・コノプカとともに概日リズムを変化させるキイロショウジョウバエの変異体を報告した。ショウジョウバエに薬剤を投与すると生殖細胞を含む細胞のゲノムにランダムな変異を導入することができる。それから得られた F1 個体に対して概日リズムを指標とした変異体スクリーニングを行った。ショウジョウバエは常に暗い（恒暗）条件において、概日時計周期に応じた行動リズムを示す。図 1 は、F1 世代の個体の恒暗条件における活動リズムを示したアクトグラムである。ベンザーらはこのようなリズム異常を示す変異系統を樹立し、この形質が次世代にも受け継がれることを示した。

変異体の表現型をもたらす責任遺伝子を同定することで、遺伝子の機能や分子メカニズムの解明が進む。このような手法は順遺伝学と呼ばれ、遺伝子欠損個体を作成してその表現型を解析する逆遺伝学とは対となる。今日のようにゲノム塩基配列を容易に解析できなかった時代においては、責任遺伝子の同定に(A)ゲノム上の位置がわかっている遺伝子の変異体と交雑する手法が使用される。特にショウジョウバエでは白眼 (*white: w*) や縮れた剛毛 (*forked: f*)、黒体色 (*black: b*) などの可視マーカーが使用できることが大きな強みである。ベンザーらによって同定された概日リズム異常の責任領域は、表現型にちなんで *period (per)* と名付けられた (図 2)。のちにマイケル・ロスバッシュとジェフェリー・ホールが *per* 遺伝子の単離に成功し、*per* の機能解明に貢献したマイケル・ヤングとともに 2017 年にノーベル生理学・医学賞を受賞している。

問1 以下の記述は、概日リズム解析の他に変異体スクリーニングのためにベンザーが行った行動解析の例である。それぞれの行動を表す語句として最も適切なものを下の選択肢からひとつ選びなさい。

- (1) 飼育チューブに光を当て、ショウジョウバエが光に集まるか解析する。
- (2) 嗜好性に違いのない 2 種類の匂い刺激をショウジョウバエに提示する。その際、片方の匂い刺激は電気ショックとともに与える。複数回の刺激提示のあと、2 つの匂いに対する嗜好性の変化を解析する。

選択肢：慣れ、条件付け、知能行動、本能行動、刷り込み、走性

問2 *per* 変異体についての以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 図1の変異体XとYの概日時計の周期をそれぞれ求めなさい。ただし、答えは小数点第二位まで求めることとする。図の縦軸は単位時間あたりのショウジョウバエの活動量である。
- (2) F1 変異体 X(雄)と野生型個体(雌)を交配させてできた個体の行動リズムを調べたところ、すべての F2 個体(雌)はリズム周期に関して父と母の中間形質を示した。考えられることとして正しいものをすべて選びなさい。
- 変異 X の遺伝形式は不完全優性である。
  - 変異 X の遺伝形式は劣性である。
  - 変異 X は伴性遺伝する。
  - 変異 X のホモ接合体は致死である。
  - F2 個体(雄)はすべて F1 変異体 X(雄)と同じ表現型を示す。
  - F2 個体(雄)はすべて野生型個体(雄)と同じ表現型を示す。
  - F2 個体(雄)はすべて F2 個体(雌)と同じ表現型を示す。

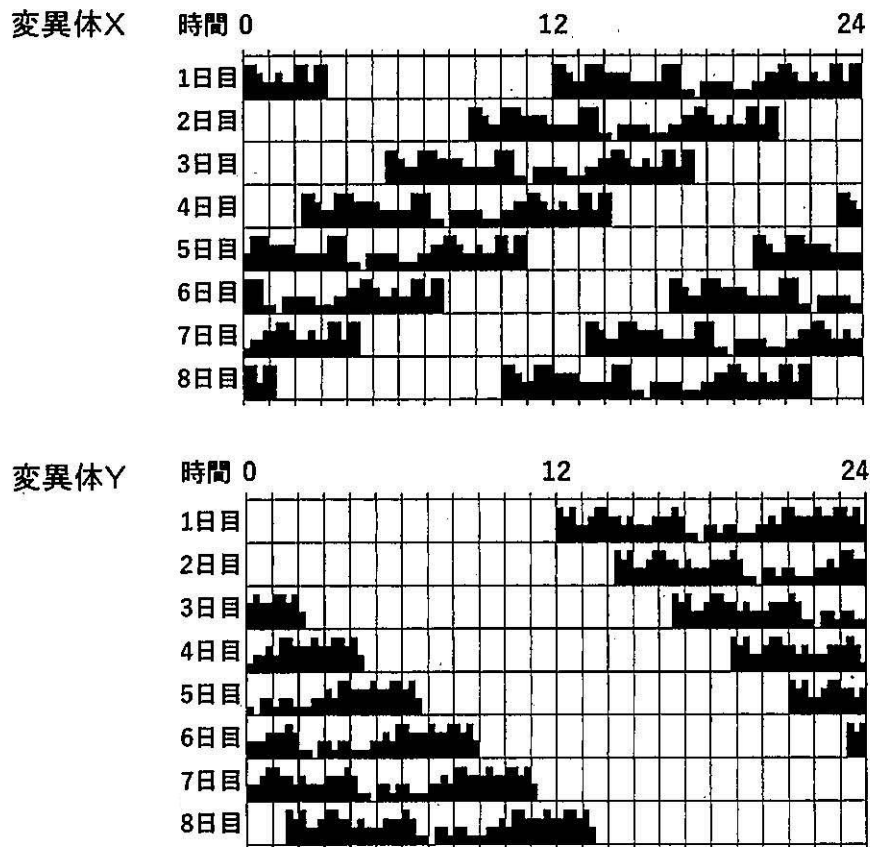


図1 ショウジョウバエのアクトグラム

問3 変異の同定についての以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 下線部(A)について、このような方法で変異のおおよその位置が同定できるのはなぜか、図2の遺伝子を使用して200字程度で説明しなさい。
- (2) マウスを用いた場合には可視マーカー遺伝子の変異体の代わりに、系統の異なる近交系マウスと交配する手法が用いられる。系統の違いによるゲノム塩基配列の違いを利用するためである。特に、2系統間で1塩基の置換が起こった部分を何と呼ぶか。

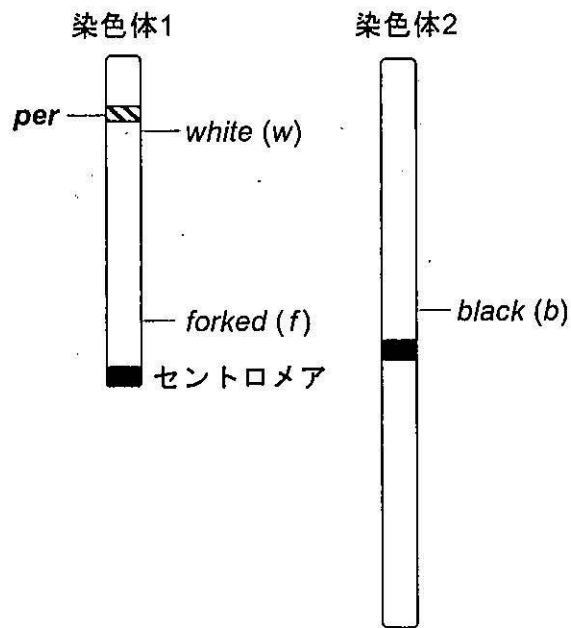


図2 ショウジョウバエの染色体の模式図

### 問題3

次の文章を読み、問1から問6に答えなさい。

種の分化は、集団内の(ア)が変化することによって徐々に進んでいく。(ア)は、(A)特定の条件を満たした集団では世代を経ても変化しないことが理論的に明らかにされているが、自然界ではそのような集団は存在しない。環境が個体の生存率に差をもたらすことを自然選択といい、その要因を(イ)と呼ぶ。自然選択の結果、集団が環境に適した生態や形態を有することを(ウ)という。(B)異なる進化的系統においても、同じような環境で生活する種は同様の(イ)を経験することによって、類似した形質を獲得する。

個体が自ら残す子孫の数だけではなく、遺伝子を共有する血縁者の繁殖成功に与える影響も考慮すべきだとする理論を血縁淘汰という。血縁淘汰の概念は、利他行動を基盤とした真社会性コロニーを形成するアリやハチでよく説明される。これらのオスは(エ)によって誕生するため、染色体を1セットしかもっていない。一方で、メスは2セットの染色体をもっており、これを(オ)と呼ぶ。

問1 (ア)～(オ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下記の記述のうち正しいものをすべて選びなさい。

- a) 化学進化によって地球上に大気が誕生した。
- b) ABO式血液型の違いは突然変異の一例である。
- c) カッコウなどの托卵は共進化の結果である。
- d) 分子時計という概念は木村資生が提唱した。
- e) 地理的隔離は種分化と同義である。

問3 下線部(A)は何という法則か答えなさい。また、この法則が成立するために必要な条件として正しいものを下記からすべて選びなさい。

- a) 他の個体群との間で個体の流出・流入がない。
- b) 集団内のオスとメスの比率が等しい。
- c) 突然変異が一定の頻度でしか起こらない。
- d) 個体によって生存力や繁殖力に差がない。
- e) 個体群内の個体数が十分に大きい。

問4 下線部(B)は何と呼ばれる現象か答えなさい。

問5 血縁淘汰についての以下の小問(1)、(2)に答えなさい。

(1) ハチの姉妹同士の平均血縁度は何パーセントか計算しなさい。

(2) 血縁度と利他行動との関係を(1)の結果をふまえて80字程度で考察しなさい。

問6 真社会性コロニーを形成するハチの巣穴の防衛について調べるために、防衛係とは別に飼育した血縁度が分かっているハチを巣の入り口付近に放した。図はそのハチが巣に侵入した通過率と、防衛係との平均血縁度を示している。このグラフから結論できることとして適切なものを下記からすべて選びなさい。

- a) 平均血縁度が高い侵入者ほど動きが鈍い。
- b) それぞれの個体は血縁度を認識できる。
- c) 防衛係同士の血縁度は常に一定である。
- d) 平均血縁度が高いときに、侵入者が通過できる率が高い。
- e) 防衛係が多いほど侵入は難しい。

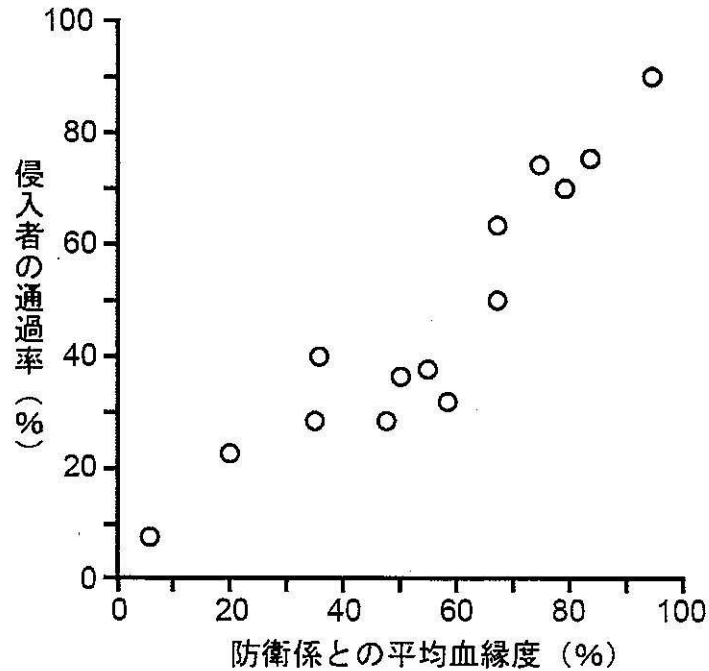


図 ハチの巣穴の防衛