

2025年 4月入学

東京農工大学大学院
先進学際科学府
先進学際科学専攻修士課程

2024年10月入学

生物システム応用科学府
食料エネルギーシステム科学専攻一貫制博士課程

入学試験問題（基礎）

- | | | |
|---------------|-----------------|------------|
| 1. 解析学及び線形代数学 | 2. フーリエ及びラプラス変換 | |
| 3. 確率及び統計学 | 4. 力学 | 5. 電磁気学 |
| 6. 情報基礎 | 7. 物理化学 | 8. 有機化学 |
| 9. 無機化学 | 10. 細胞生物学 | 11. 生理・生化学 |
| 12. 生態学 | 13. 環境学 | |

（注意事項）

1. 以上13題の中から任意の4題を選択し、解答すること。
2. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。
3. 受験番号と問題番号を解答用紙の所定欄に必ず記入すること。

1. (解析学及び線形代数学)

(1) 次の問いに答えよ. なお, 答えの導出過程も記述すること.

(i) 関数 $f(x) = \arctan x$ の導関数 $\frac{d}{dx}f(x)$ を求めよ.

(ii) 関数 $f(x) = \arctan x$ の不定積分 $\int f(x)dx$ を求めよ.

(iii) 次の極限を計算せよ.

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\arctan x - x}{x^3}$$

(2) 次の実対称行列 A について, 以下の問いに答えよ. なお, 答えの導出過程も記述すること.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$

(i) 行列 A の固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ を求めよ. ただし, $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ とする.

(ii) 固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ に対応する固有ベクトル $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3$ を求めよ. ただし, それぞれ単位ベクトルとして示せ.

(iii) 行列 $P^{-1}AP$ が対角行列 D となるような変換行列 P を一つ求めよ. また, このときの対角行列 D を求めよ.

(iv) 行列 A^n を求めよ.

2. (フーリエ及びラプラス変換)

以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も記すこと。

(1) 次の $f(x)$ を周期 $2L$ の奇関数に拡張し、そのフーリエ級数を求めよ。

$$f(x) = \begin{cases} x & (0 \leq x \leq \frac{L}{2}) \\ L - x & (\frac{L}{2} < x \leq L) \end{cases}$$

(2) ラプラス変換を利用して、次の微分方程式の解を求めよ。

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 6 \frac{dy(t)}{dt} + 10y(t) = 0$$

ただし、 $y(0) = 2$, $\left. \frac{dy(t)}{dt} \right|_{t=0} = 2$

3. (確率及び統計学)

以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も示すこと。

- (1) 1, 2, 3, 4, 5 の各数を書いた 5 枚のカードがある。同時に取り出した 2 枚に書かれた数の平均を X とする。

- (i) 確率変数 X について取り得る値とそれに対応する発生確率を求め、確率分布の表を作成せよ。
- (ii) X の期待値 μ と標準偏差 σ を求めよ。
- (iii) $|X - \mu| < \sigma$ となる確率を求めよ。

- (2) 二つの連続な確率変数 X, Y が、次の確率密度 $f_{X,Y}(x, y)$ で与えられる確率分布に従うものとする。

$$f_{X,Y}(x, y) = \begin{cases} \frac{a}{2}x + y & (0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1) \\ 0 & (\text{その他の範囲}) \end{cases}$$

- (i) $f_{X,Y}(x, y)$ が確率密度関数となるような正の定数 a を求めよ。
- (ii) X の期待値を求めよ。
- (iii) X と Y の相関係数を求めよ。

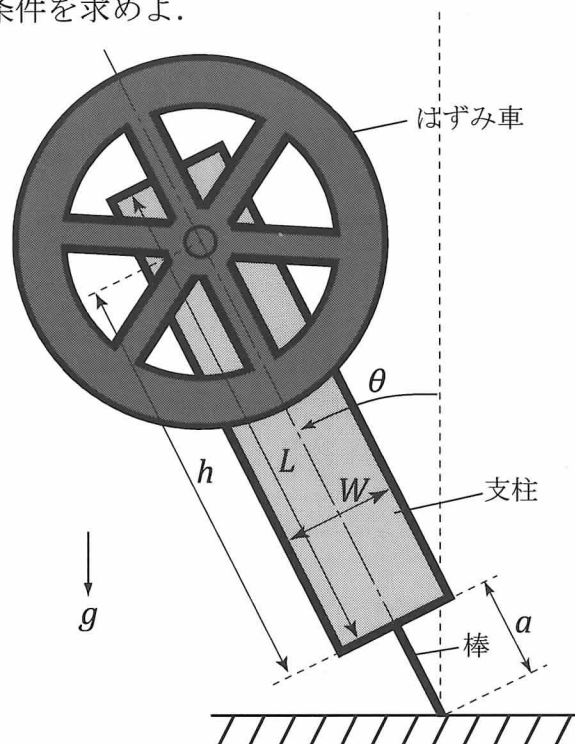
- (3) 「農」または「工」と書かれたカードが合計で 25 枚入った袋がある。この袋からカードを 1 枚取り出した後、戻さずに残りからまた 1 枚を取り出す。

- (i) 「農」と書かれたカードの枚数を x としたとき、2 枚とも「農」と書かれたカードとなる確率を x を用いて表せ。
- (ii) 2 枚のカードに書かれた文字が同じである確率が $1/2$ である場合、「農」と書かれたカードの枚数を求めよ。

4. (力学)

図のような、長さ L 、幅 W で、質量 M が均等に分布している支柱の上部に、質量 m 、重心（回転軸）まわりの慣性モーメント J_f のはずみ車を取り付けられ、下部に重さの無視できる長さ a の棒を取り付けられている構造がある．はずみ車の回転軸は支柱の下端から h の位置にあり、支柱に設置した重さの無視できるモータによりトルク τ （はずみ車を反時計回り方向に回転させようとする向きを $\tau > 0$ とする）を加えることができ、摩擦無く回転できるものとする．棒は支柱に固定され支柱との間の相対角度は変化しない．棒の先端と地面の間の接触は点接触であるとする．全ての運動は鉛直面内でのみ生じるものとする．重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに答えよ．

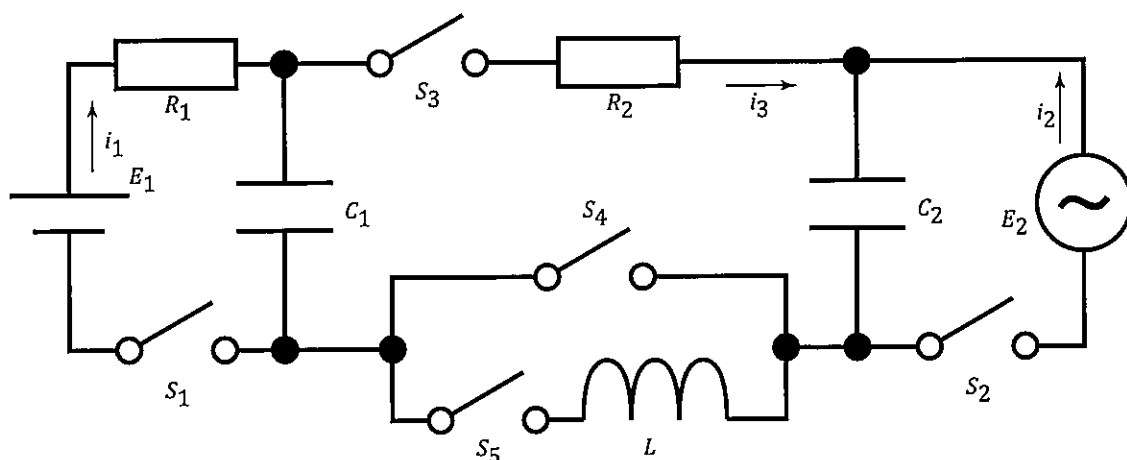
- (1) はずみ車を含まない支柱単体の重心まわりの慣性モーメント J_c を求めよ．
- (2) 棒の先端（地面との接点）まわりの、支柱単体の慣性モーメント J_b を、 a, h, L, J_c, M の中から適切なものを用いて表せ．
- (3) 棒の先端まわりの、支柱とはずみ車を合わせた慣性モーメント J_a を、 $J_b, J_c, J_f, M, m, a, h, L$ の中から適切なものを用いて表せ．
- (4) 図のように構造が反時計回りに角度 θ だけ傾いている時に、棒の先端まわりに構造を回転させようとする重力による力のモーメント N_g （反時計回りを正）を計算せよ．
- (5) モータがあるトルク $\tau = \tau_\theta$ を発揮している時、構造が $\theta (> 0)$ だけ傾いた状態で θ が変化しない状態にすることができる． τ_θ を求めよ．
- (6) (5) の状態の時に棒の先端が床面上を滑り始めないための、床面と棒の先端の間の静止摩擦係数 μ の条件を求めよ．



5. (電磁気学)

図のような、電圧 E_1 の直流電源、電圧振幅 E_2 、角周波数 ω の交流電源、容量 C_1 、 C_2 のコンデンサ、抵抗 R_1 、 R_2 の抵抗器、インダクタンス L のコイル、およびスイッチ $S_1 \sim S_5$ から成る回路について考える。以下の問いに答えよ。

- (1) コンデンサ C_1 には電荷が蓄えられていない状態で、 $t = 0$ でスイッチ S_1 のみを閉じた時、回路に流れる電流 $i_1(t)$ および C_1 に蓄えられる電荷 $q_1(t)$ を式で表せ。
- (2) コンデンサ C_2 には電荷が蓄えられていない状態で、 $t = 0$ でスイッチ S_2 のみを閉じた時、回路に流れる電流 $i_2(t)$ および C_2 に蓄えられる電荷 $q_2(t)$ を式で表せ。ただし交流電源の電圧は $E_2(t) = E_2 \sin \omega t$ であるものとする。
- (3) (1)で定常状態になった時にスイッチ S_1 を開き、(2)で $q_2(t)$ が最大になった瞬間にスイッチ S_2 を開いた時、それぞれのコンデンサに蓄えられているエネルギー U_1 および U_2 を求めよ。
- (4) (3)の後に、スイッチ S_3 と S_4 のみを同時に閉じた。その時刻を $t = 0$ とし、 $t \geq 0$ における $i_3(t)$ に関する微分方程式を書き、 $i_3(t)$ を求めよ。
- (5) (4)の後、定常状態になった時の C_1 、 C_2 のそれぞれの両端電圧 E_{C_1} および E_{C_2} を書け。
- (6) (3)の後に、スイッチ S_3 と S_5 のみを同時に閉じると電流 $i_3(t)$ が流れた。この時、 C_1 から C_2 へ移動する電荷量 $q(t)$ に関する微分方程式を書け。
- (7) (6)で、 $q(t)$ が振動しながら収束する条件を L 、 C_1 、 C_2 、 R_2 を用いて表せ。



6. (情報基礎)

(1) 以下の数値を求めよ.

- (i) 10 進数の 2024 を 3 進数に変換せよ.
- (ii) 2 進数の循環小数 0.01110 を 10 進数に変換せよ.

(2) 以下の問いに答えよ.

- (i) 生起確率が $p_3 \leq p_2 \leq p_1$ であるような 3 個の記号からなる情報源を考える. この情報源に対する 2 元ハフマン符号の平均長を p_1 を用いて表せ.
- (ii) 生起確率が $p_4 \leq p_3 \leq p_2 \leq p_1$ であるような 4 個の記号からなる情報源を考える. この情報源に対する 2 元ハフマン符号の平均長を p_1, p_2, p_3, p_4 のうち必要なものを用いて表せ.

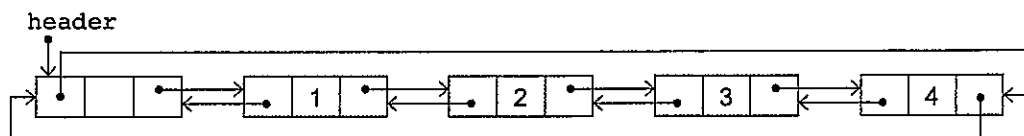
(3) 図 1 に示されるような構造体を 1 つのセルとし, これをポインタで相互に繋ぐことでできる双方向循環リストについて考える.

```
struct cell{
    struct cell *previous; /*直前のセルへのポインタ*/
    int value; /*値*/
    struct cell *next; /*直後のセルへのポインタ*/
};
```

図 1 セルを表す構造体の定義

(i) 図 2 のリストにおいて, 以下の値を求めよ.

- ① $\text{header} \rightarrow \text{previous} \rightarrow \text{previous} \rightarrow \text{value}$
- ② $\text{header} \rightarrow \text{next} \rightarrow \text{next} \rightarrow \text{previous} \rightarrow \text{value}$



凡例

previous	value	next
----------	-------	------

図 2 値が格納されたセルが 4 個ある双方向循環リスト (header はリストの先頭および末尾を管理する特別なセルを指す)

(ii) 図3の空欄①から③を埋めて、リストを逆順に出力する関数

`void reverse(struct cell *header)`

を作成せよ。headerは図2に見られるようにリストの先頭および末尾を管理する特別なセルを指す。リストは空ではないものとして良い。

```
void reverse(struct cell *header){
    struct cell *p; /* 出力対象のセルを指すポインタ */
    for (p =  ①;  ②;  ③){
        printf("%d\n", p->value);
    }
}
```

図3 リストを逆順に出力する関数

(iii) ポインタ p が指すセルの直後にポインタ d が指すセルを挿入する関数

`void insert_after(struct cell *p, struct cell *d)`

を作成せよ。

7. (物理化学)

(1) ある 1 mol の理想気体における状態 A (V_1, T_1) から状態 B (V_2, T_2) への変化を考える. なお, V_1, V_2 は体積を, T_1, T_2 は温度を示し, $V_1 \leq V_2, T_1 \leq T_2$ とする. また, 定圧モル熱容量を C_p , 定容モル熱容量を C_v , 気体定数を R とし, C_p, C_v は温度に依存しないとする. 以下の問いに答えよ.

(i) 定容過程の場合, 状態 A から状態 B へのエントロピーの変化量 ΔS を T_1, T_2, C_v を用いて表せ. また答えを導く過程も記せ.

(ii) 等温過程の場合, 状態 A から状態 B へのエントロピーの変化量 ΔS を V_1, V_2, R を用いて表せ. また答えを導く過程も記せ.

(iii) 定圧過程の場合, 状態 A から状態 B へのエントロピーの変化量 ΔS を $V_1, V_2, T_1, T_2, C_v, R$ を用いて表せ. また答えを導く過程も記せ.

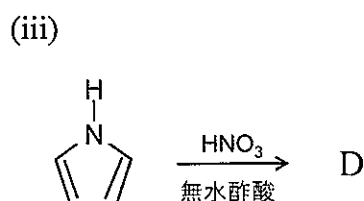
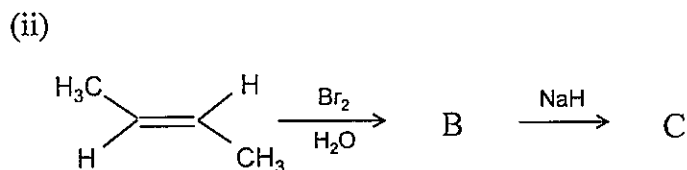
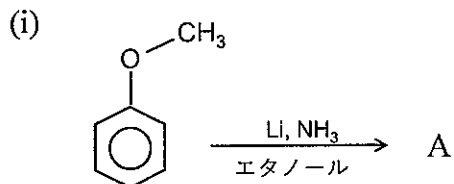
(2) 1 mol の実在気体に対するファンデルワールスの状態方程式は下記のように表される.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

ここで, P は圧力, V は体積, T は温度, R は気体定数, a および b はファンデルワールス定数をそれぞれ表す. 理想気体の状態方程式に対して, ファンデルワールスの状態方程式では a および b の項がなぜ必要か, それぞれ簡潔に述べよ.

8. (有機化学)

(1) 次に示す反応の主たる生成物である有機化合物 **A**~**D** の構造を書け. 立体構造を区別する必要がある場合には, その違いがわかるように答えること.



(2) 以下の化合物を Fischer 投影式で書け.

(i) (*R*)-2-ブタノール

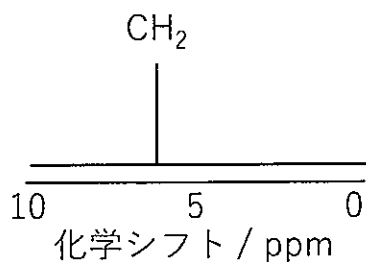
(ii) D-グルコース

(iii) L-アラニン (双性イオンで書くこと)

(3) 酢酸メチルとプロピオン酸は分子式 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ となる構造異性体である.

酢酸メチルとプロピオン酸を $^1\text{H-NMR}$ で測定すると, それぞれどのようなスペクトルが得られるか二つの違いが分かるように例にならってスペクトルの概略図を書け. また, それらのスペクトルを解とした理由を簡潔に説明せよ. なお, 横軸の値は明示しなくてもよい.

例) ジクロロメタンの $^1\text{H-NMR}$ スペクトルの概略図



9. (無機化学)

次の問(1)・(2)に答えよ。計算問題の解答には答だけではなく計算過程も記せ。説明には文章だけではなく、図や式を用いてもかまわない。

必要であれば $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$ を用いよ。

(1) 酸素に関する以下の問いに答えよ。

(i) 酸素原子の電子基底状態における電子配置とスピン多重度を答えよ。

(ii) 2 個の酸素原子間に化学結合が形成され、酸素分子が生成される機構を、原子価結合法と分子軌道法を用いてそれぞれ説明せよ。

(iii) O_2 , O_2^- , O_2^+ を結合距離が短いほうから順に並べ、その理由を説明せよ。

(2) 塩化ナトリウム (NaCl) の結晶構造は単純立方格子であり、格子定数 $a = 5.63 \text{ \AA}$ である。NaCl 型結晶に関する以下の問いに答えよ。

(i) 最近接した Na^+ と Cl^- 間の距離を求めよ。

(ii) マーデルング定数 M は結晶格子の幾何構造によって決まる。NaCl 型結晶の M は、静電エネルギー V を表す以下の式から 1.74756 と導出される。

$$V = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d} M = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d} \left(\frac{6}{\sqrt{1}} + \frac{A}{\sqrt{2}} + \frac{B}{\sqrt{3}} + \frac{-6}{\sqrt{4}} + \frac{24}{\sqrt{5}} + \dots \right)$$

式中の d は(i)で求めた Na^+ と Cl^- の最近接距離、 e は電気素量、 ϵ_0 は真空の誘電率である。A と B に入る整数をそれぞれ答えよ。

(iii) NaCl の水への溶解度は高く、100 g の水に約 40 g 溶解する。その一方で、同じ NaCl 型結晶でも AgCl は 100 g の水に約 $1.0 \times 10^{-4} \text{ g}$ しか溶解しない。NaCl と AgCl では水への溶解度が大きく異なる理由を述べよ。

10. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読んで、(i)～(iii)の問いに答えよ。

① トランスポゾンは、ゲノム内で位置を変えることができる DNA の断片であり、バクテリアからヒトまで多くの生物に存在する。トランスポゾンはカットアンドペースト型やコピーアンドペースト型の転移をすることが知られている。特に、(A) トランスポゾンがカットアンドペースト型の転移を、(B) トランスポゾンがコピーアンドペースト型の転移をする。このプロセスは多くのトランスポゾンが持つ② 転移酵素によって触媒される。トランスポゾンの転移は細胞の持つ抑制機構によって制御されており、一般にトランスポゾンが存在するゲノム領域は (C) クロマチン状態にある。

(i) 空欄 (A) および (B) にはトランスポゾンの種類を、(C) にはクロマチンの状態を特定する最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

(ii) 下線部①に関連して、トランスポゾンの活動が生物に対して与える負の影響と正の影響について、簡潔に説明せよ。

(iii) 下線部②に関連して、転移酵素は細胞質から核内に輸送される必要がある。この輸送に関して、転移酵素に必要な要素とその要素が持つアミノ酸の特徴、およびその要素がタンパク質の輸送にどの様に関与するかを簡潔に説明せよ。

(2) 次の (i)～(iii)の用語について、それぞれ 50 字程度で説明せよ。

(i) シャペロンタンパク質

(ii) グラナ

(iii) サイクリック AMP 依存タンパク質キナーゼ

11. (生理・生化学)

(1) 次の文章を読んで、(i)～(iv)の問いに答えよ。

①細胞膜は、生物細胞を取り巻く保護層であり、主に (A) から構成されている。この二重膜は、細胞内部を外部環境から隔て、特定の物質の細胞内への進入と外への排出を制御する役割を持つ。細胞膜には多くのタンパク質が埋め込まれており、これらの②タンパク質が膜に接する部分は (B) 性である。さらに、細胞膜上の糖タンパク質の③糖鎖は細胞の (C) を向くよう配向している。こうした構成と機能により、細胞膜は生命活動を支える基盤を形成する。

(i) 空欄 (A)～(C)に入る最も適当な語句を答えよ。

(ii) 下線部①に関連して、生体膜は自発的には融合しないが、あるタンパク質の作用で膜融合が促進される。このタンパク質の名前と膜融合を促進するメカニズムを簡潔に説明せよ。

(iii) 下線部②に関連して、タンパク質の構造の、一次構造、二次構造、三次構造、四次構造のそれぞれについて、その構造を形作る要素の違いがわかる様に簡潔に説明せよ。

(iv) 下線部③に関連して、以下の語句を用いて糖鎖を介した生命現象の概要とその利点を簡潔に説明せよ。

[白血球, 血管内皮細胞, セレクチン]

(2) 次の (i)～(iii)の用語について、それぞれ 50 字程度で説明せよ。

(i) アンバー変異

(ii) アイソザイム (isozyme)

(iii) スタチン

12. (生態学)

次の文章を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。

大気中の二酸化炭素の濃度が年々着実に増加している(1)。主な原因は化石燃料の燃焼(2)である。Houghton (2000)によれば、これによる大気中の二酸化炭素の放出量は1980年から1995年の年間平均値で5.7Pg(3)の炭素になるという。ついで、土地利用の変化の影響(4)も大きく毎年1.9Pgの炭素が大気に放出される。さらに、世界の全生物相の呼吸によっても二酸化炭素は放出され、その総量は年間100Pgになる。一方、二酸化炭素の吸収源を見ると、海洋(5)と陸上での吸収の2つが主である。これらによる大気中の二酸化炭素の増加と減少のバランスにより、毎年大気中の炭素量が2.9Pg増加している(6)。

- (1) 下線部(1)について、大気中の二酸化炭素濃度は地域ごとに季節によって変動する。こういった変動を示すのか、また、その原因について説明せよ。
- (2) 下線部(2)について、化石燃料の燃焼は二酸化炭素放出以外にも大気や水圏の環境に大きく影響を及ぼす。その結果、カナダやスウェーデンでは湖から魚が姿を消した。この原因について説明せよ。
- (3) 下線部(3)について、Pgは重さの単位であるが、何と呼ぶのかカタカナで答えよ。また、1Pgは何Gg(ギガグラム)に相当するのか答えよ。
- (4) 下線部(4)について具体的に説明せよ。
- (5) 下線部(5)について、近年ブルーカーボンが注目されている。ブルーカーボンとは何か説明せよ。
- (6) 下線部(6)について、大気中の二酸化炭素量を削減する取組には様々な方法が知られる。農耕地で実践されている具体的な取組例をあげ、それが二酸化炭素削減に貢献する理由を説明せよ。

13. (環境学)

以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も示すこと。なお、[yr]は平年を表す時間の単位である。必要があれば $\ln 2 = 0.693$, $\ln 3 = 1.099$, $\ln 5 = 1.609$ を用いてもよい。

(1) ある放射性物質 X の放射性壊変速度定数を k_X [/yr] とする。

(i) 測定開始の時間 $t = 0$ [yr] のとき、X の質量を m_0 [g] とする。ある時間 t [yr] における X の質量 m [g] の式を導け。

(ii) X の半減期を求めよ。

(2) (1) で示した X は大気中に存在し、放射性壊変によってのみ大気から除去される。大気中の X は地表面から大気への放出のみを起源とし、地表面から大気への放出速度は北半球では E_N [kg/yr], 南半球では E_S [kg/yr] である。また、北半球の大気中の X は南半球の大気に移動し、南半球の大気中の X は北半球の大気に移動する。この移動速度は、比例定数を k [/yr] として X の質量に比例する。大気中の X の存在量は、北半球の大気中では m_N [kg], 南半球の大気中では m_S [kg] である。

(i) m_N と m_S は、放射性壊変や地表からの放出、南北半球間の大気移動により変化する。 m_N について、増加速度を P_N [kg/yr], 減少速度を L_N [kg/yr] とする。 P_N と L_N を表す式をそれぞれ示せ。

(ii) m_N と m_S の時間変化 ($\frac{dm_N}{dt}$ と $\frac{dm_S}{dt}$) をそれぞれ示せ。

(iii) m_N と m_S の差が定常状態である ($\frac{d(m_N - m_S)}{dt} = 0$) とき、 k を求めよ。

ただし、 $m_N \neq m_S$ とする。