

専門 II	(数理情報学専攻)
-------	-----------

- ※ 6 題中 3 題を選択して解答しなさい。  
 所定の解答用紙に問題番号と解答を書くこと。  
 解答用紙は 1 題につき 1 枚を使用しなさい。

I 次の  $u = u(t)$  に関する微分方程式

$$\frac{du}{dt} = -u + u^2$$

について次の問いに答えなさい。

- (1) 一般解を求めなさい。
- (2) 初期条件  $u(0) = a$  を満たす解を求めなさい。ただし、 $a > 0$  とする。
- (3) (2) の解  $u(t)$  について、 $a > 1$  のとき  $\lim_{t \rightarrow T-0} u(t)$  が発散するような  $T > 0$  が存在する。この  $T$  を求めなさい。

II 複素関数  $f(z) = \frac{1}{(z-1)(2-z)}$  を考える。

- (1) 円環領域  $\{z : 1 < |z| < 2\}$  において、 $z = 0$  を中心とする  $f(z)$  のローラン展開を求めなさい。
- (2) 次の複素積分の値を求めなさい。

$$\int_{|z-1|=\frac{1}{2}} f(z) dz, \quad \int_{|z|=3} f(z) \sin \frac{\pi z}{4} dz$$

Ⅲ 質量 1 の物体が、 $x$  軸上で力  $F(x) = -e^x + e^{-x}$  を受けて運動している。時刻  $t$  での物体の位置を  $x(t)$  として、次の問いに答えなさい。

- (1) ポテンシャルエネルギーを求めなさい。
- (2) エネルギー保存則を書きなさい。
- (3) 時刻  $t = 0$  において、位置  $x = 2$  で物体を静かに放した。力学的エネルギー保存則を利用して、物体が最初に位置  $x = 0$  を通過するときの物体の速度を求めなさい。
- (4) (3) のとき、 $t \geq 0$  での物体の運動の様子を述べなさい。

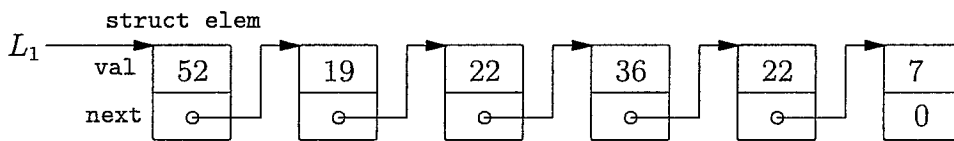
Ⅳ 方程式  $x^3 - x = 0$  の解を二分法を用いて求める。区間  $[-2, 3]$  を  $[a_0, b_0]$  とし、順に区間  $[a_n, b_n]$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) を構成していくとして、次の問いに答えなさい。

- (1)  $a_1, b_1$  を求めなさい。
- (2)  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n, \lim_{n \rightarrow \infty} b_n$  を求めなさい。
- (3)  $|a_n - b_n| < 0.01$  となる最小の整数  $n$  を求めなさい。

V 整数列を、Cプログラムで次のように定義される構造体を使った連結リストで表すことにする。

```
typedef struct elem {
    int val;
    struct elem *next;
} CELL;
```

例えば、52, 19, 22, 36, 22, 7 という整数列  $L_1$  は、次のような連結リストの先頭要素のアドレス (CELL 型へのポインタ型) として扱う。また、空列 (空の連結リスト) はポインタ値の 0 (NULL) で表す。

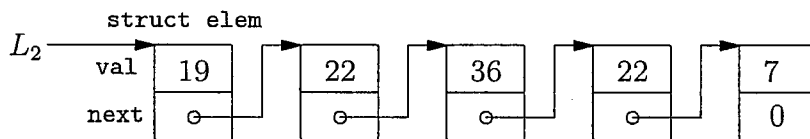


このように表現された整数列を引数として受け取り、その内容を入力する関数 print は、例えば、次のような関数として実現できる。

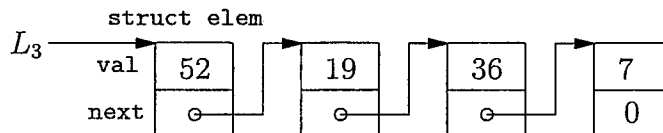
```
#include <stdio.h>

void print(CELL *l)
{
    while (l != NULL) {
        printf ("%d ", l->val);
        l = l->next;
    }
    printf("\n");
}
```

整数列 (連結リスト)  $L$  と整数  $k$  の 2 つを引数として受け取り、 $L$  から  $k$  をすべて取り除いた結果を戻り値として返す関数 remove を書きなさい。例えば、上図の  $L_1$  から整数 52 を取り除いた結果 (この関数の戻り値) は、下図の  $L_2$  のようになる。



また、 $L_1$  から整数 22 を取り除くと、下図の  $L_3$  のようになる。



整数  $k$  が  $L$  に含まれない場合は、この関数の戻り値は  $L$  となる。

VI 非負の整数の加算および乗算を含む数式の文法が、拡張BNF記法によって、次の〈E〉として定義されている。ただし、{ } は、囲まれている部分の0回以上の繰り返しを表すものとする。

```

〈D〉 ::= "0" | "1" | "2" | "3" | "4" | "5" | "6" | "7" | "8" | "9".
〈N〉 ::= 〈D〉 { 〈D〉 }.
〈F〉 ::= 〈N〉 | "(" 〈E〉 ")".
〈T〉 ::= 〈F〉 { "*" 〈F〉 }.
〈E〉 ::= 〈T〉 { "+" 〈T〉 }.

```

つぎは標準入力から読み取った数式の計算結果を標準出力に出力するCプログラムの一部である。

- (1) 空欄(a), (b), (c)に入れるべき式をそれぞれ答えなさい。
- (2) 関数TとEの定義を補って、このプログラムを完成させなさい。

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

extern int N(void);
extern int F(void);
extern int T(void);
extern int E(void);

int t;

void error(void)
{
    printf("文法エラー\n");
    exit(1);
}

int main()
{
    int val;

    t = getchar();
    val = E();
    if (t != '\n')
        error();
    printf("%d\n", val);
    return 0;
}

```

```

int N(void)
{
    int val = 0;

    do {
        val = (a) + (t - '0');
        (b);
    } while ('0' <= t && t <= '9');
    return val;
}

int F(void)
{
    int val;

    if ('0' <= t && t <= '9') {
        val = N();
    }
    else if (t == '(') {
        t = getchar();
        val = E();
        if ((c))
            error();
        t = getchar();
    }
    else
        error();
    return val;
}

```

**専門 II** (機械システム工学専攻)

「機械材料・強度学」, 「材料力学」, 「熱力学」, 「流体力学」, 「機械力学」, 「制御工学」  
の6分野から3分野を選んで解答しなさい。(それぞれ別の解答用紙に記入すること)

機械材料・強度学

- I. 金属材料の平滑丸棒試験片が引張応力を受けるとき、次の問いに答えなさい。
- (1) 試験片が一様に変形しているとき、公称ひずみ  $\epsilon_n$  と真ひずみ  $\epsilon$  の間に  $\epsilon = \ln(1 + \epsilon_n)$  の関係があることを示しなさい。
  - (2) ネッキングを起こした後は、破断時の真ひずみは  $\epsilon_f = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$  で定義されるとして、破断時の真ひずみ  $\epsilon_f$  と破断時の絞り  $\phi$  との間に  $\epsilon_f = \ln\left(\frac{100}{100-\phi}\right)$  の関係があることを示しなさい。なお、 $A_0$  は試験片の初期断面積、 $A$  は破断時の断面積である。
- II. 鉄鋼材料の熱処理を理解する上で、図1に示すFe-C合金の平衡状態図の知識が必要である。この図を参考に以下の問いに答えなさい。
- (1) 純鉄 ( $\alpha$ Fe) の室温での結晶構造の名称を答えなさい。
  - (2)  $\alpha$ Fe を加熱していくと  $912^\circ\text{C}$  ( $A_3$ 点) で結晶構造が変化し  $\gamma$ Fe となる。このときの結晶構造を答えなさい。
  - (3)  $\gamma$ Fe は  $A_3$ 点から  $A_4$ 点まで安定であるが、 $A_4$ 点から融点 ( $1394^\circ\text{C}$ ) の間で結晶構造が変化して  $\delta$ Fe となる。このときの結晶構造を答えなさい。
  - (4) 炭素量 0.77%以下の鋼について考える。この領域の鋼は熱処理によって、その機械的性質を変えることができる。図1を用いて、結晶構造、変態の名称を含めて鋼の熱処理を説明しなさい。
  - (5) 上記以外で図1について説明しなさい。
- III. 応力集中係数と応力拡大係数について説明しなさい。

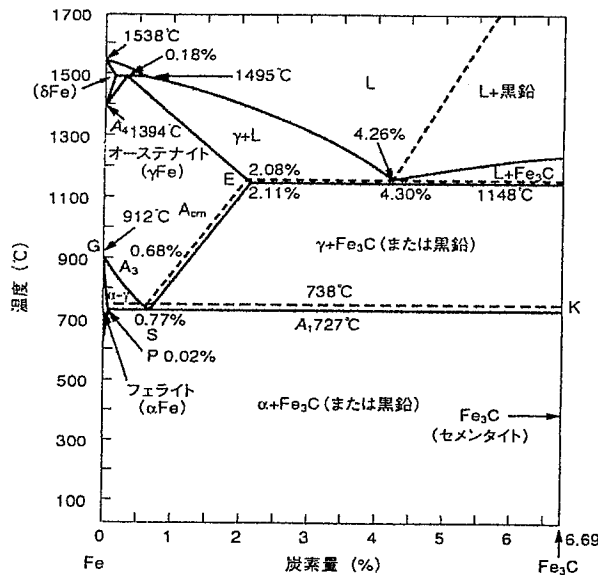


図1

## 材料力学

I. 図1に示すように、A点とB点で支持されている長さ  $l$  [m]の両端支持はりが、支持端から  $l/3$  の位置のC点とD点の間に、分布荷重  $w$  [N/m]を受けている。はりの断面は、幅  $b$  [m]、高さ  $h$  [m]の長方形であるものとして、以下の問いに答えなさい。

- (1) A点とB点の反力を  $w, l$  を用いて表しなさい。
- (2) はりの長さ方向に、A点を原点とした  $x$  軸をとり、 $x$  [m]の位置におけるせん断力と曲げモーメントを  $w, l$  を用いて表しなさい。
- (3) このはりのせん断力図と曲げモーメント図を描きなさい。次に、最大せん断力と最大曲げモーメントを  $w, l$  を用いて図中に示しなさい。
- (4) このはりの幅  $b$  を一定値とすると、AC区間におけるはりの曲げ応力が、AC区間全体にわたって同じ許容応力  $\sigma_0$  [Pa]となるように、AC区間の高さ  $h$  を  $x$  の関数で表しなさい。

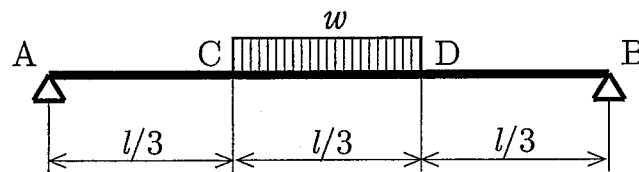


図1

熱力学

I. 図1に示す  $p-v$  線図のように、 $1 \rightarrow 2$  及び  $3 \rightarrow 4$  の等温過程と  $2 \rightarrow 3$  及び、 $4 \rightarrow 1$  の等積過程からなる理想気体を用いたガスサイクルについて考える。比熱比を  $\kappa$ 、気体定数を  $R$ 、比体積を  $v$ 、圧力を  $p$ 、温度を  $T$  などとし、状態1における圧力、温度、比体積をそれぞれ  $p_1, T_1, v_1$  などと表すとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) このガスサイクルにおいて温度  $T$  について、 $T_4 = 2T_1$  となるとき、 $T_2, T_3$  を  $T_1$  を使って表しなさい。
- (2) (1)に加えて、比体積  $v$  について、 $v_1 = 2v_2$  となるとき、 $p_2, p_3, p_4$  を  $p_1$  を使って表しなさい。
- (3) このガスサイクルの温度  $T$  と比エントロピー  $s$  の変化を表す  $T-s$  線図を示しなさい。
- (4)  $1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 4, 4 \rightarrow 1$  のそれぞれの過程において、この系に加えられた単位質量あたりの熱量  $q$  と、このガスサイクルが外部にした単位質量あたりの仕事  $w$  をそれぞれ計算しなさい。
- (5) このガスサイクルによってなされる、1サイクルあたりの単位質量あたりの仕事を計算しなさい。
- (6) 過程  $4 \rightarrow 1$  で放出される熱を過程  $2 \rightarrow 3$  で利用できるとき、このガスサイクルの熱効率  $\eta$  を、温度  $T$  を用いて表しなさい。

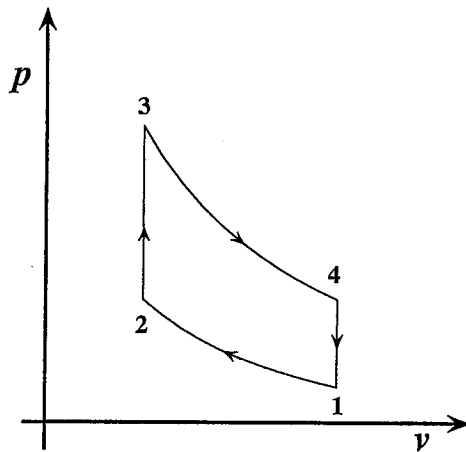


図1



## 流体工学

- I. 容器 A の空気圧を測定するために、U 字管マンノメータを用いたところ、それぞれの液体の高さは図 1 のようであった。容器内の空気圧を絶対圧とゲージ圧で求めなさい。ただし、水銀の比重は 13.6、水の密度は  $1000\text{kg/m}^3$ 、大気圧を  $1013\text{hPa}$  とする。

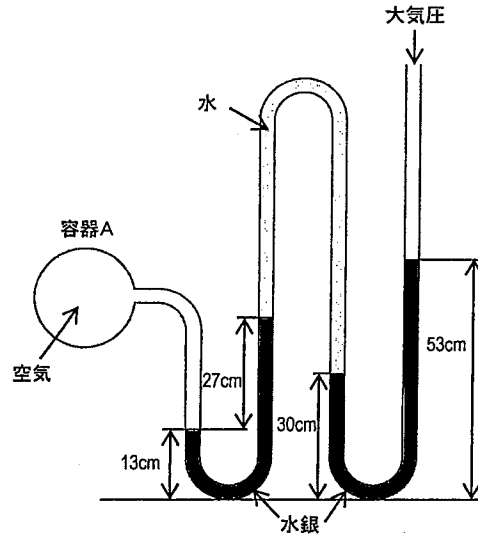


図 1

- II. 次の各問いに答えなさい。ただし、水の密度は  $1000\text{kg/m}^3$ 、水の粘度は  $1.0 \times 10^{-3} \text{Pa}\cdot\text{s}$ 、空気の密度は  $1.2 \text{kg/m}^3$ 、空気の動粘度は  $1.5 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ 、円周率は 3.14、重力加速度は  $9.8 \text{m/s}^2$  とする。
- (1) 直径 2cm のホースの先端から  $20\text{m/s}$  で水が噴出している。ホースを持つ人の受ける反力を求めなさい。
  - (2) 大きな水槽に水を入れて、底部の穴から大気中に流出させる。水槽に貯まっている水の深さを 10m とするとき、水の流出速度を途中の導出過程も含めて答えなさい。
  - (3) 直径 2cm の管の中を水が  $50\text{cm/s}$  で流れているとき、その流れは層流であるか、乱流であるか、理由をつけて答えなさい。
  - (4) 管壁での摩擦損失がないとした断面が滑らかに縮小しているパイプにおいて水が流れている。入口側の断面積が  $0.5 \text{m}^2$ 、流速が  $2\text{m/s}$  であるときの質量流量を求めなさい。また、出口側の断面積が  $0.1\text{m}^2$  のときの出口側での速度を求めなさい。
  - (5) 直径 2cm の水平円管を空気が平均速度  $9.8\text{m/s}$  で流れている。10m 流れたときの圧力損失を長さの単位で求めなさい。なお、このときの管摩擦係数は 0.02 とする。

機械力学

I. 図1に、質量  $m$ 、ばね定数  $k$  からなる一自由度の不減衰系を示す。この系の自由振動について、以下の問いに答えなさい。ただし、 $t$  は時間、 $x(t)$  はつりあい位置からの振動変位を示す。

- (1) この系の自由振動の運動方程式を求めなさい。
- (2) この系の自由振動の運動方程式の解を  $x(t) = A \cos \omega_0 t$  と仮定することにより、固有角振動数  $\omega_0$  が式①で表されることを示しなさい。

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{①}$$

- (3) 質量  $m$  が 10 kg、ばね定数  $k$  が 1000 N/m のとき、この系の固有振動数  $f_0$  [Hz] と周期  $T$  [s] を求めなさい。ただし、円周率  $\pi = 3.14$  にしなさい。
- (4) この系の自由振動の一般解は、式②で表すことができる。初期条件が、 $t = 0$  で初期変位  $x_0$ 、初期速度  $v_0$  のとき、未定係数  $A$ 、および  $B$  の表示式を求めなさい。

$$x(t) = A \cos \omega_0 t + B \sin \omega_0 t \quad \text{②}$$

- (5) 初期条件が、 $t = 0$  で初期変位  $x_0 = 20$  cm、初期速度  $v_0 = 0$  cm のとき、振動変位  $x(t)$  を  $t = 0$  から 3 周期分について図示しなさい。

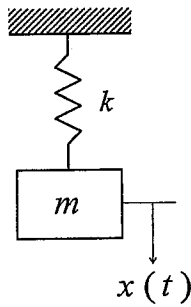


図 1

## 制御工学

I. 図1のような回路がある。コイルのインダクタンスは $L$ ，コンデンサの容量は $C$ ，抵抗値は $R$ である。この回路の入力電圧を $v_i(t)$ ，出力電圧を $v_o(t)$ とする。以下の問いに答えなさい。

- (1)  $v_i(t)$ と $v_o(t)$ の関係を式で表しなさい。
- (2) この系の伝達関数を求めなさい。
- (3) この系の周波数応答におけるゲインを表す式を求めなさい。
- (4) (3)で求めたゲインが極値をもつための $L, R, C$ の条件を求めなさい。

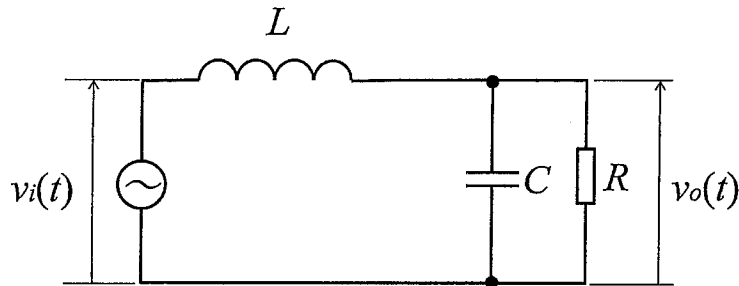


図1

参考：

コイルにかける電圧を $v_L(t)$ ，コイルに流れる電流を $i_L(t)$ とすれば， $L \frac{di_L(t)}{dt} = v_L(t)$

コンデンサにかける電圧を $v_C(t)$ ，コンデンサに流れる電流を $i_C(t)$ とすれば， $i_C(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$

## 専門 II (物質化学専攻)

次の6問のうち3問を選んで、答えなさい。別紙解答用紙には、解答する問題を必ず記入した上で解答しなさい。

## 問題1 [無機・無機材料系1]

- I  $N_2$ 分子の分子軌道のエネルギー準位図を描き、HOMO、LUMOの準位、不対電子の数および結合次数を答えなさい。ただし、Nの2s軌道のポテンシャルエネルギーを  $-26$  eV、2p軌道のポテンシャルエネルギーを  $-13$  eVとしなさい。
- II  $Cu^+$ イオンについて答えなさい。
- (a)  $Cu^+$ イオンの電子配置をスピンを含めた形で書きなさい。また、不対電子の数も答えなさい。ただし、Cuの原子番号は29である。
- (b)  $Cu^+$ イオンが四面体型錯体を形成した。3d軌道の準位はどのように分裂するか図示しなさい。そして、分裂した準位を占有する電子数を答えなさい。

## 問題2 [無機・無機材料系2]

- I 結晶構造に関する次の問いに答えなさい。
- (1) 結晶の中には、多形を持つものがある。多形について説明しなさい。
- (2) 閃亜鉛鉱型構造の空間群は、 $F\bar{4}3m$ である。それぞれの記号と数字の意味を説明しなさい。
- II ギブスの相律と相図に関する次の問いに答えなさい。
- (1) 1成分系の熔融金属を大気圧で冷却した時、凝固点で凝固が始まるとその温度は保たれて、熔融金属がすべて凝固するまで、温度は下がらなかった。この現象を凝固前、凝固時、凝固後に分け、ギブスの相律を用いて説明しなさい。
- (2) 2成分系での全率固溶型、共晶型、包晶型、共析型の4つの相図を描きなさい。

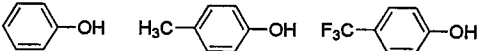
## 問題 3 [有機・高分子系 1]

I 有機化合物は、置換基を導入することにより水溶液中での酸性度などの物性が変化することが知られている。

(1) 以下の(a)(b)のグループについて、これらの物質を酸性度の最も大きいものが左端になるように、酸性度の順に並び替えなさい。

(2) (b) の3種の化合物について、(1)で解答したような酸性度の順になる理由を平衡という観点から説明しなさい。

(a)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ ,  $\text{HC}\equiv\text{CH}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$

(b)  Oc1ccccc1 Cc1ccc(O)cc1 Fc1ccc(O)cc1

II シクロヘキサンは平面状の構造ではなく、いす形と舟形の二つの配座をもつ三次元構造をしている。

(1) このうち、舟形よりいす形配座の方が安定であるが、その理由を Newman 投影図を使って説明しなさい。

(2) シクロヘキサンの隣接した炭素上に *tert*-ブチル基とプロモ基をもつ2つの異性体、*trans*-1-bromo-2-*tert*-butylcyclohexane (A) と *cis*-1-bromo-2-*tert*-butylcyclohexane (B) をいす形の立体配座で構造を書きなさい。

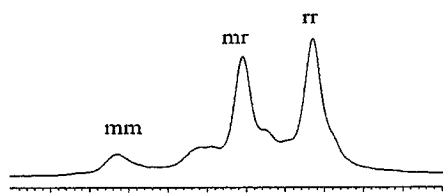
(3) 化合物 (A) と (B) をそれぞれアルカリで処理してできるアルケンの構造式を書きなさい。

問題4 [有機・高分子系2]

I 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

ポリメタクリル酸メチル (PMMA) のような高分子化合物には 1 があるので、立体規則性がある。一置換ポリオレフィンを 2 投影して、隣り合うモノマーユニットの側鎖が同じ場合をメソ (m)、反対側に位置するときをラセモ (r) という。メソの配置だけをもつ立体規則性を 3、ラセモだけの場合を 4 という。メソとラセモがランダムにつながったものは 5 という。

- (1) 空欄 1 から 5 に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) ポリメタクリル酸メチルの化学式を答えなさい。
- (3) PMMA の  $^{13}\text{C}$  NMR 測定の結果、主鎖4級炭素が図1のように分裂した。これらのピークは低磁場側から mm、mr、rr に帰属され、面積強度比は表に示すようになった。メソ二連子[m]とラセモ二連子[r]の割合を計算しなさい。



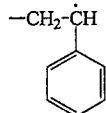
三連子	強度比
mm	0.04
mr	0.18
rr	0.78

図1.  $^{13}\text{C}$  NMR スペクトルにおける PMMA の主鎖4級炭素の立体規則性の違いによる分裂。三連子に基づく分裂で低磁場側から mm、mr、rr に帰属される。

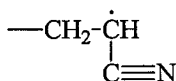
II ラジカル重合の重合のしやすさは、末端ラジカルの安定性によって決まる。

- (1) 次のラジカルの共鳴安定構造を書きなさい。

(i)



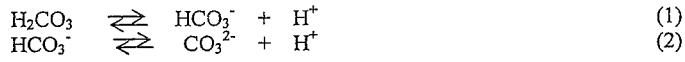
(ii)



- (2) スチレンのラジカル重合で、溶媒としてトルエンを使用すると、溶媒分子へのラジカルの連鎖移動が起こる。この連鎖移動反応を書きなさい。

## 問題 5 [分析・物理化学系 1]

- I 炭酸 ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) は、水溶液中で式 (1), (2) のように 2 段階で  $\text{H}^+$  を解離する二塩基酸である。式 (1), (2) の酸解離定数を  $K_{a1}$ ,  $K_{a2}$  とし、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}^+$  の濃度をそれぞれ  $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ ,  $[\text{HCO}_3^-]$ ,  $[\text{CO}_3^{2-}]$ ,  $[\text{H}^+]$  とする。 $[\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{HCO}_3^-]$ ,  $[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_3^{2-}]$  となる時の水溶液の pH が、それぞれ  $\text{p}K_{a1}$ ,  $\text{p}K_{a2}$  となることを示しなさい。



- II 塩化銀 ( $\text{AgCl}$ ) の溶解度積  $K_{sp}$  の値は  $25^\circ\text{C}$  で  $1.6 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$  である。水溶液中の  $\text{Ag}^+$  の濃度 ( $[\text{Ag}^+]$ ) および  $\text{Cl}^-$  の濃度 ( $[\text{Cl}^-]$ ) が以下の条件のとき、 $\text{AgCl}$  が沈殿するか否かを答えなさい。また、そのように判断した理由を述べなさい。

- (1)  $[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ,  $[\text{Cl}^-] = 5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  のとき
- (2)  $[\text{Ag}^+] = 1.2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ,  $[\text{Cl}^-] = 5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$  のとき
- (3)  $[\text{Ag}^+] = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ,  $[\text{Cl}^-] = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  のとき

- III 吸光光度法と蛍光光度法の違いを説明しなさい。

問題 6 [分析・物理化学系 2]

I 一定圧力  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで、 $1.0 \text{ mol}$  の完全気体の温度を  $300 \text{ K}$  から  $400 \text{ K}$  に変化させた。この気体のモル定圧熱容量を  $30 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  として、以下の問いに答えなさい。

必要ならば、自然対数は  $\ln 2 = 0.69$ 、 $\ln 3 = 1.10$  を、気体定数は  $R = 8.3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  を用いなさい。

- (1) この変化に伴うこの気体のエンタルピー変化を求めなさい。
- (2) この変化に伴い、この気体が吸収する熱を求めなさい。
- (3) この変化に伴うこの気体の内部エネルギー変化を求めなさい。
- (4) この変化に伴うこの気体のエントロピー変化を求めなさい。



**専門 II (環境ソリューション工学専攻)**

以下の大問 I～Xの中から3問を選択して、解答しなさい。なお、それぞれの大問は別々の解答用紙に解答し、解答用紙には解答した大問番号を明記すること。

I 以下の問い(問1、問2)に答えなさい。

問1 標準活性汚泥法のフローシートを図示し、それぞれの単位プロセスの名称を記入しなさい。発生した余剰汚泥の処理プロセスについても、標準的なフローシートを図示し、その単位プロセスの名称を記入しなさい。

問2 標準活性汚泥法以外の各種活性汚泥法を2種類あげて、その特徴と標準活性汚泥法との差異について、説明しなさい。

II 反応器容積が  $V$  [L] の連続槽型反応器(完全混合流反応器)がある。この反応器に濃度  $C_{in}$  [ $\text{mg L}^{-1}$ ] の汚染物質を含む排水を  $Q$  [ $\text{L min}^{-1}$ ] の流量で供給し、汚染物質の分解除去を行った。汚染物質の分解速度が反応器内の汚染物質濃度  $C$  [ $\text{mg L}^{-1}$ ] に関する一次反応で表され、その一次反応速度定数が  $k$  [ $\text{min}^{-1}$ ] で与えられるとき、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

(1) この反応器の水理学的滞留時間  $\tau$  [min] を求めなさい。

(2) この反応器の物質収支式を書きなさい。

(3) 定常状態における反応器内の汚染物質濃度  $C$  を  $\tau$ 、 $k$ 、 $C_{in}$  を使って表しなさい。

III 微生物の代謝と増殖に関する次の文章を読んで、以下の問い(問1～問3)に答えなさい。

細胞内で行われる物質変換を代謝という。代謝には、①生命活動に必要なエネルギーを獲得する過程と、②獲得したエネルギーを使って細胞を合成する過程とがあり、これらの過程を経て微生物は増殖する。

問1 下線部①「生命活動に...する過程」、および下線部②「獲得した...する過程」はそれぞれ何と呼ばれるか、最も適切な名称を書きなさい。

問2 下線部②の「過程」で細胞合成に用いる炭素源の違いに着目して、

ア) 有機物を利用する微生物

イ) 無機炭素を利用する微生物

を総称する用語がある。それらの用語を、それぞれについて書きなさい。

問3 微生物の増殖に関する次の問いに答えなさい。

なお、微生物の増殖を阻害する要因は考えないものとする。

1) 微生物濃度の増加速度  $\left(\frac{dx}{dt}\right)$  が、微生物濃度  $(x)$  に比例しているとき、微生物濃度  $(x)$  を時間  $(t)$ 、比例係数  $\mu$ 、および  $x_0$  で表しなさい。なお、 $t=0$  のとき  $x=x_0$  とし、導出の過程も書きなさい。

2) 微生物濃度が 2 倍になるために要する時間を、平均倍加時間という。問3の 1) の条件が成り立っているとき、平均倍加時間  $(t_d)$  は  $t_d = \frac{\ln 2}{\mu}$  (ただし  $\ln 2$  は、2 の自然対数) で表される。 $t_d$  を導出し、このように表せることを説明しなさい。

IV 以下の問い(問1、問2)に答えなさい。

問1 生ごみの資源化には飼料化の他、好気性処理、嫌気性処理などがある。嫌気性処理の場合、メタン発酵が広く知られている。メタン発酵のプロセスをいくつかの段階(ステップ)に分け、それぞれの段階(ステップ)を簡単に説明しなさい。

問2 2011年3月11日の震災事故に伴い発生した放射性セシウムの汚染に関連して、家庭系ごみを焼却する焼却炉があり、焼却により発生するもの(主灰、飛灰、排ガス、排水)について放射性セシウムを測定したところ、下表の結果が得られたとする。

表 ごみ 1000kg 当たりの排出量および放射性セシウム値

	排出量	放射性セシウム
主灰	100kg	800Bq/kg-主灰
飛灰	10kg	8000 Bq/kg-飛灰
排ガス	5000m <sup>3</sup> N	0.01 Bq/m <sup>3</sup> N
排水	1 m <sup>3</sup>	0.01 Bq/L

投入物ではごみのみを考えそれ以外は無視し、排出物では上記以外は無視する。このとき、以下の問いに答えなさい。計算経過がわかるように書くこと。

- (1) ごみ 1 kg 当たりの放射性セシウムは何 Bq か。
- (2) 飛灰中の放射性セシウムは全排出物の放射性セシウムの何%にあたるか。
- (3) ごみ中の放射性セシウムに対して、飛灰中の放射性セシウムは何倍に濃縮されていることになるか。

注：Bq (ベクレル) は放射能の単位

V 次の文章中に指示した①～⑩に関連して、対応する番号の問いに答えなさい。

石炭や石油などの燃焼排ガスには、ばいじん、硫酸化物、窒素酸化物などの大気汚染物質が含まれる。ばいじんは燃料を燃焼することによって発生した微細な灰のことである。硫酸化物は燃料中の硫黄分が燃焼により酸素と反応して生じる。窒素酸化物の生成には①2つの過程がある。発生したばいじんは集じん器、硫酸化物は( ② )、窒素酸化物は脱硝装置によって除去される。また、窒素酸化物については、燃焼管理として③二段燃焼や排ガス混合法などの対策がある。日本では大規模な④二酸化炭素の排煙処理は現在のところ実用段階には至っていない。

大気中に排出された煙は気象や地形、建物の影響を受けて移流、拡散する。煙の拡散は大気安定度によって変化する。大気安定度を定める方法は幾つかあるが、日本の環境アセスメントでは⑤パスキルの大気安定度分類が広く使用されている。20世紀半ばには、谷間地形で⑥安定が極めて強いときに大気汚染で死者がでるような事件が発生した。建物の影響としては、⑦建物の背後での煙の下降や巻き込みがある。

⑧大気中では化学反応もおこる。ガスで排出された物質が粒子に変わることがある。粒子状物質について、日本では10 $\mu$ m径以下の⑨浮遊粒子状物質と2.5 $\mu$ m径以下の⑩微小粒子状物質について環境基準が定まっている。

- ① 2つの過程で生成される窒素酸化物(NOx)はそれぞれ何と呼ばれるか。
- ② 適切な用語を記載しなさい。
- ③ これらの方法は排ガスの何を下げることによって、窒素酸化物の発生を抑制しようとしているか。
- ④ 排煙処理以外で、燃焼施設からの二酸化炭素の排出を抑制する方策を一つ説明しなさい。
- ⑤ パスキルの大気安定度分類を決める気象要素を列挙しなさい。
- ⑥ 事件の原因となった、上空に行くにつれて気温が高くなっている層を何と言うか。
- ⑦ この現象を何と言うか。
- ⑧ 化学反応をとまなう大気汚染現象の例を一つとりあげ、それに関与する物質を列挙しなさい。
- ⑨、⑩ それぞれ英語の略号で記載しなさい。

VI 生態系における物質収支について以下の問い(問1、問2)に答えなさい。

問1 下記の語の意味を簡潔に説明しなさい。

「総生産量」「純生産量」「成長量」「被食量」「枯死量」「呼吸量」「生態系純生産量」

問2 森林の純生産量を推定する2種類の方法を具体的に記述しなさい。

VII 次の表に示すデータは気象庁大津気象観測所の気象要素に関する平年値である。このとき、以下の問い(1)～(5)に答えなさい。

表. 大津気象観測所で測定された気象要素の平年値

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量(mm)	52.6	69.7	123.3	119.7	162.7	229.2	220.8	142.8	174.2	123.3	75.4	50.4
気温(°C)	3.9	4.2	7.3	13.0	17.9	21.9	25.8	27.1	23.2	17.0	11.3	6.3

- (1) 吉良の暖かさの指数を表のデータから計算しなさい。
- (2) 降水量や気温といった気象要素から、その地域で成立する植生を推定できるが、推定できる根拠を答えなさい。
- (3) 表に示す気象データのもとで成立する植物群系は何か。その群系の特徴を交えて説明しなさい。
- (4) この地域に成立する潜在植生を構成すると考えられる植物種を3種挙げなさい。
- (5) 大津近辺で森林(コナラアベマキ群集)を伐採し、手を加えずに放置した。植生の回復は自然遷移に任せられることになるが、50年後にはどのような植生に推移していると予想されるか。気温や降水量も考慮に入れて、植生の推移過程を説明しなさい。

VIII 近年、懸念されている地球温暖化は大気中の二酸化炭素濃度の変化と密接な関係がある。植物では二酸化炭素濃度の変化によって、様々な生理的、生態的反応が引き起こされる。地球温暖化と二酸化炭素濃度について近年の傾向を説明し、ある植物個体群がこれらの変化に対してどのような生理的、生態的反応を示すと考えられるか、以下のキーワードに関連付けながら、想定されるシナリオを説明しなさい。

キーワード：炭素固定、成長、繁殖、生育地分布

IX 競争関係にある2種の生物(種1と種2)の個体群密度( $X_1$ ,  $X_2$ )の動態が以下の微分方程式で表されるとする。

$$\frac{dX_1}{dt} = (r_1 - a_{11}X_1 - a_{12}X_2)X_1 \quad (1a)$$

$$\frac{dX_2}{dt} = (r_2 - a_{21}X_1 - a_{22}X_2)X_2 \quad (1b)$$

ここで  $t$  は時間、 $r_i$  は種  $i$  の内的自然増加率、 $a_{ij}$  は種  $j$  が種  $i$  に及ぼす競争効果の強さを表している。これら2種が安定に共存する平衡状態が存在するための条件を示し、そのときの2種の個体群密度を答えなさい。

X 水域生態学に関する以下の問い（問1～問3）に答えなさい。

問1 河川連続体仮説（River Continuum Concept, RCC）について説明しなさい

問2 河川にはワンドと呼ばれる構造があり、近年はわざわざワンドを創出することすらある。ワンドとはどのような環境で、河川に生息する生物にとってどのように重要な生息場所と考えられているのか、説明しなさい。

問3 回遊生活している魚類の回遊パターンについて窒素安定同位体を用いて調べることができる場合がある。

a) 窒素安定同位体を用いる手法とはどのようなものか、b) その手法を琵琶湖とその流入河川を回遊する魚類に用いる場合、どのようなことが予測されるか、それぞれ説明しなさい。