

北海道大学大学院工学院修士課程

2022年4月入学ならびに2021年10月入学

入学試験

環境フィールド工学専攻 北方圏環境政策工学専攻

環境創生工学専攻 環境循環システム専攻

共同資源工学専攻

専門0 問題冊子

試験時間：9：00～12：00

注：

- ① 解答用紙の表紙にある問題選択票と4枚の解答用紙をはずしてはいけません。試験終了後、ホッチキスで留めたままそれらを提出しなさい。なお、2枚の草案紙は持ち帰ること。
- ② 全部で8問ある問題のうちの4問についてのみ解答しなさい。
- ③ 1つの問に対して、解答用紙は必ず1枚だけ使用しなさい。表面だけで解答しきれないときには裏面を使いなさい。解答用紙は補充しません。
- ④ 解答用紙のすべてに受験番号、問番号を、また、問題選択票と草案紙にも必ず受験番号を記入しなさい。

北海道大学大学院工学院修士課程

2022年4月入学ならびに2021年10月入学

入学試験

環境フィールド工学専攻 北方圏環境政策工学専攻

環境創生工学専攻 環境循環システム専攻

共同資源工学専攻

専門0 問題冊子

専門0 問1 (数学)

行列A, B, Cを以下の通りとする。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 2 & 6 \\ 3 & 6 & 2 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

(設問1) 正方行列をS, その転置行列を ${}^t S$ とした時, $S + {}^t S$ は対称行列, $S - {}^t S$ は交代行列であることを示せ。

(設問2) Aを対称行列と交代行列の和として表せ。

(設問3) Bが正則であるか否かを判定し, 正則であれば, 逆行列を求めよ。

(設問4) Cの固有値を求めよ。

(設問5) Cの対角化された行列を求めよ。

専門0 問2(数学)

(設問1)

以下の関数について、 $\frac{dz}{dt}$ を x, y, t の関数として表せ。つぎに、カッコ内に与えられた t における $\frac{dz}{dt}$ の値を求めよ。ここで π は円周率である。

$$(1) z = x^2y^5 + e^{xy}, \quad x = t, \quad y = \frac{1}{1+t^2} \quad (t = 0)$$

$$(2) z = \frac{x+y}{1+xy}, \quad x = \sin 2t, \quad y = \cos 3t \quad \left(t = \frac{\pi}{6}\right)$$

(設問2)

以下の問題内で定義される領域 D において、次の2重積分を計算せよ。ここで e はネピア数である。

$$(1) \iint_D (x^2 + y^2) dx dy \quad D: 0 \leq x \leq 1, \quad 1 \leq y \leq 2$$

$$(2) \iint_D (1 - x - y) dx dy \quad D: x \geq 0, \quad y \geq 0, \quad x + y \leq 1$$

$$(3) \iint_D e^{\frac{y}{x}} dx dy \quad D: 0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq x^2$$

専門0 問3 (数学)

次の微分方程式を解きなさい。

$$(設問1) \frac{dy}{dx} = \frac{x+y}{x-y}$$

$$(設問2) \frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} = x^2$$

$$(設問3) \frac{dy}{dx} + 2xy = 2e^{-x^2}$$

$$(設問4) \frac{dy}{dx} + y = 5 \sin 3x$$

専門 0 問 4 (物理)

図 1 に示すように、重さ W で長さ $2a$ の一様な棒の下端 A を回転自由かつ鉛直・水平方向固定とし、他端 B で棒に直角に力 F を加えて支える。 X と Y は A における反力であり、 W は重心 G に作用している。

(設問 1)

F を棒が水平と作る角 θ の関数として求めよ。角 θ が 0 から 2π の範囲で図示せよ。

(設問 2)

反力 X を求めよ。角 θ が 0 から 2π の範囲で図示せよ。

(設問 3)

反力 Y を求めよ。角 θ が 0 から 2π の範囲で図示せよ。

次に、図 2 に示すように、棒を回転させるように B において一定の力 $F=W/2$ を作用させる。時刻 $t=0$ で、 $\theta=0$ 、角速度 $\omega=0$ とする。なお、重さ W で長さ l の一様な棒を一方の端を中心回転させるとときの慣性モーメントは $I=\frac{1}{3}Wl^2$ で与えられる。

(設問 4)

角加速度 $d\omega/dt$ を θ の関数として求めよ。角 θ が 0 から 2π の範囲で図示せよ。

(設問 5)

角 θ が 0 から 2π の範囲で、角加速度 $d\omega/dt$ が最大となる θ を求めよ。また、その最大値を示せ。

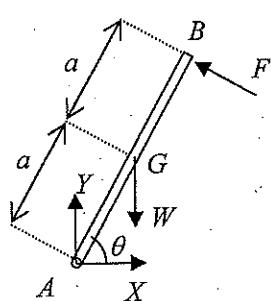


図 1

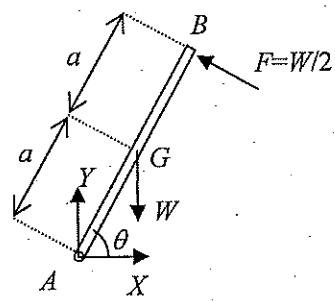
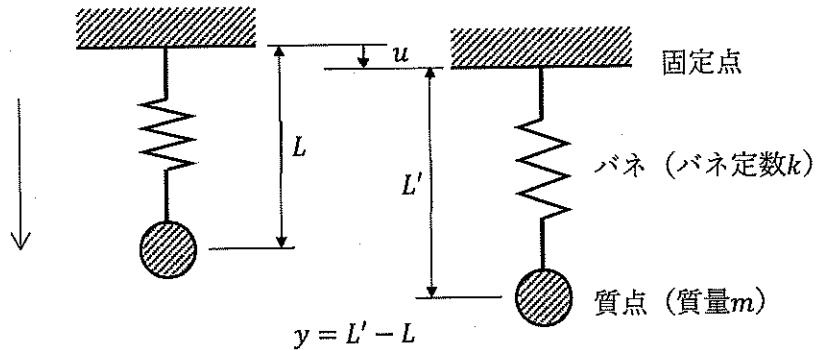


図 2

専門0 問5 (物理)

バネ定数 k のバネで固定点につながれた質量 m の質点について、図中矢印の鉛直方向の運動を考える。質点と固定点の相対変位を y 、時間を t とする。このとき、以下の設問に答えよ。なお、重力の影響は考えなくてよい。式の導出過程も採点の対象とする。



(設問1) 固定点が静止して質点のみが運動しているとき、質点の運動方程式を微分方程式で表せ。

(設問2) 固定点が静止していて、かつ下記の初期条件を満たすとき、 y と t の関係を図示し、この系の固有周期を m, k で表せ。

$$\text{初期条件: } t = 0 \text{ で } y = y_0, \frac{dy}{dt} = 0$$

(設問3) 固定点が運動し、その下向き方向の変位を u とする。質点の運動方程式を微分方程式で表せ。

(設問4) $u = u_0 \cos \omega t$ で、下記の初期条件を満たすとき、 y を m, k, u_0, ω, t で表せ。ただし、 $u_0 \neq 0, \omega \neq 0$ とする。

$$\text{初期条件: } t = 0 \text{ で } y = 0, \frac{dy}{dt} = 0$$

(設問5) 固定点の変位と初期条件は、(設問4) と同様とする。このとき、共振が発生する条件を示し、その理由を説明せよ。必要に応じて、以下の関係式を利用してよい。

$$\cos A - \cos B = -2 \sin\left(\frac{A+B}{2}\right) \sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

専門 0 問 6 (物理)

(設問 1)

図 1 のようなシリンダー内に理想気体が気密状態で入っており、ピストンの上には多数の重りを乗せて釣り合いが保たれている。ピストンとシリンダーの間の摩擦は無視できるものとする。気体の圧力 (P) と体積 (V) の初期値は、 $P=180 \text{ kPa}$, $V=0.02 \text{ m}^3$ である。シリンダーの底部に熱源を設置し、気体の体積が 0.1 m^3 になるまで加熱した。ここで、加熱時の操作が(1), (2), (3)であった場合、各々の気体の仕事量(kJ)を計算せよ。

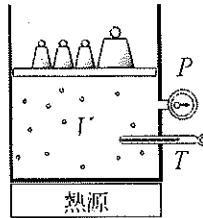


図 1

- (1) 圧力を一定に維持しながら加熱
- (2) ピストンが動いた瞬間から気体温度が一定になるような速度で重りを除去しながら加熱
- (3) 圧力と体積の関係が、 $PV^{1.3} = \text{一定}$ となるような速度で重りを除去しながら加熱

(設問 2)

図 2 に示すような 1 モルの理想気体を作業物質とする系がある。A, B, C は気体の状態であり、 P (圧力), V (体積), T (温度) である。

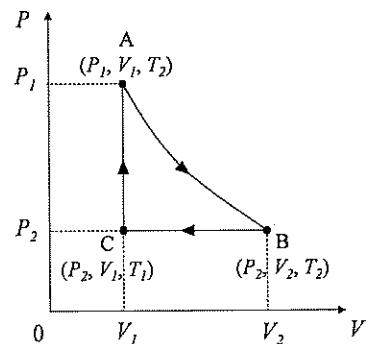


図 2

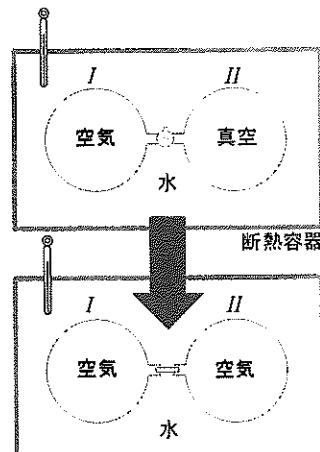
- (1) 以下の説明文の空欄に数字または文字式を書きなさい。

状態 A から状態 B への変化は、図 3 に示すような「断熱自由膨張」である。系は真空側へ自由膨張するために外圧=0 となり、また、温度変化もない。よって、系が吸収する熱量 Q_{AB} 、系が外部にする仕事量 W_{AB} 、それから状態 A から状態 B への変化による内部エネルギーの増分 $\Delta U_{A \rightarrow B}$ は (①) である。

一方、状態 B から状態 C への変化は、定圧圧縮である。図 2 の記号と定圧比熱 C_p を用いて、系が吸収する熱量 Q_{BC} と系が外部からされる仕事量 W_{BC}' を表すと、 $Q_{BC}=$ (②) と $W_{BC}'=$ (③) となる。よって、状態 B から状態 C への変化による内部エネルギーの増分 $\Delta U_{B \rightarrow C}=$ (④) と書ける。

次に、状態 C から状態 A への変化は、定積変化である。図 2 の記号と定積比熱 C_v を用いて、系が吸収する熱量 Q_{CA} と系が外部からされる仕事量 W_{CA}' を表すと、 $Q_{CA}=$ (⑤) と $W_{CA}'=$ (⑥) となる。よって、状態 C から状態 A への変化による内部エネルギーの増分 $\Delta U_{C \rightarrow A}=$ (⑦) と書ける。

- (2) この系が、状態 A から 1 周して状態 A に戻ると、系の内部エネルギーの増分 $\Delta U_{A \rightarrow A}=0$ となる。この関係から $C_p=C_v+R$ が成り立つことを示せ。ここで、 R は気体定数である。



容器 I には空気充填、容器 II は真空状態である。中央のバルブを開けると容器 II に空気が広がる。この過程では系内の温度変化はなく容器の膨張・収縮もない。

図 3

専門0 問7 (化学)

(設問1)

- (1) オクテット則について説明し、フッ化物イオンとナトリウムイオンの共通点を述べよ。
- (2) sp^2 混成軌道について、例を挙げて説明せよ。

(設問2)

次の文章中の空欄 ア ~ ソ に入る最も適切な語を下記の語群の中から選び、記入せよ。

エチレンジアミン四酢酸(EDTA)は水溶液中で金属イオンの多座配位子となることが知られている。EDTAのような多座配位子は対応する単座配位子より安定度の高いア錯体を生成しやすい。EDTAでは、カルボキシル基(-COOH)の酸素原子(O)だけでなく、分子内のイも金属イオンとの錯体形成に関与すると考えられている。これはイのウが金属イオンに配位するためである。ここで、ルイスの酸・塩基の定義に基づくと、配位子はルイスエであり、金属イオンはルイスオである。また、EDTAは4つのカルボキシル基をもつため、溶液のカによって錯体生成反応が影響を受ける。一般的に溶液のカがキほど金属イオンと錯体を形成しやすい(金属イオンが沈殿する場合を除く)。EDTAと二価の金属イオン(M^{2+})はEDTA: M^{2+} の比がクの錯体を形成し、生成したEDTA- M^{2+} 錯体はケを示す。

紫外・可視分光光度法では、試料物質の溶液に光(通常は波長200 nm~800 nm)を照射して、その吸収スペクトルを測定し、コより物質の定性を行い、サより物質の定量を行う分析法である。Lambert-Beerの法則により、サは、モル吸光係数(ϵ)、光路長(l)、および物質のシに比例する。したがって、測定する物質を用いて、異なるシの溶液を作り、そのサを測定することでスを作り、未知サンプルの定量分析を行う。紫外・可視光領域に吸収のない金属イオンなどの分析の際は適切なセを用いて分析を行う。なお、紫外光領域の波長で測定する場合には、紫外光を透過させるソセルを用いる。

語群 (同じ語を複数回用いてもよい。)

バルマー系列 安定同位体 電気陰性度 イオン化傾向 二重結合 π 電子 非共有電子対
二次電子 透過光 蛍光 りん光 吸光度 吸収波長 回折パターン 核スピン 特性X線
正三角形 正四面体 共役酸 共役塩基 共鳴構造 酸化還元電位 pH 疎水性 外圏 内圏
キレート 高い 低い 酸 塩基 酸化 還元 炭素原子(C) 水素原子(H) 窒素原子(N)
リン原子(P) 1:1 1:2 1:4 水溶性 難水溶性 凝集性 分子量 原子半径 濃度
蛍光色素 呈色試薬 沈殿剤 還元剤 イオン交換樹脂 吸着等温線 非線形フィッティング
検量線 ガラス 石英 タングステン ハロゲン

専門0 問8(化学)

設問1) 回分反応において、化学物質Aが時間の経過とともに減少していく様子が観察された。反応速度に関する下記の設問に答えよ。ただし、ある化学物質Aの濃度を C_A 、時間を t 、速度定数を k とせよ。

- 1-1) 1次反応と仮定した場合、1次反応速度式を書きなさい。
- 1-2) 上記実験データをプロットして速度定数 k を求めたい。この場合、横軸と縦軸をどのような値をプロットすれば良いか答えよ。必要であるならば、 $t=0$ の時の化学物質Aの濃度は C_A^0 とせよ。
- 1-3) 次に、同じ回分反応において、化学物質AとBが反応し、新たな化学物質が生じる場合($A+B \rightarrow \text{Product}$)を考える。2次反応と仮定した場合、2次反応速度式を書きなさい。ただし、化学物質Bの濃度を C_B とせよ。
- 1-4) $t=0$ の時の化学物質Bの濃度を C_B^0 とする。 $C_A^0=a$ 、 $C_A^0-C_A=x$ 、 $C_B^0=b$ 、 $C_B^0-C_B=x$ として、1-3)で回答した2次反応速度式を書き換え、さらに積分を施した上で、速度定数 k を a 、 b 、 x 、 t を用いて表せ。
- 1-5) 二次反応の場合であっても、一次反応とみなせる場合がある。どのような場合に一次反応とみなせるか、二次反応機構に基づいて説明せよ。

設問2) 下記の言葉について説明せよ。

- 2-1) 逐次反応
- 2-2) 連鎖反応(逐次反応との違いも含めて)
- 2-3) 可逆反応

北海道大学大学院工学院修士課程

2022年4月入学ならびに2021年10月入学

入学試験

環境フィールド工学専攻 北方圏環境政策工学専攻

環境創生工学専攻 環境循環システム専攻

共同資源工学専攻

専門1 問題冊子

試験時間：13：00～16：00

注：

- ① 解答用紙の表紙にある問題選択票と4枚の解答用紙をはずしてはいけません。試験終了後、ホッチキスで留めたままそれらを提出しなさい。なお、2枚の草案紙は持ち帰ること。
- ② 全部で18問ある問題のうちの4問についてのみ解答しなさい。
- ③ 1つの問に対して、解答用紙は必ず1枚だけ使用しなさい。表面だけで解答しきれないときには裏面を使いなさい。解答用紙は補充しません。
- ④ 4枚の解答用紙のすべてに受験番号、問番号を、また、問題選択票と草案紙にも必ず受験番号を記入しなさい。

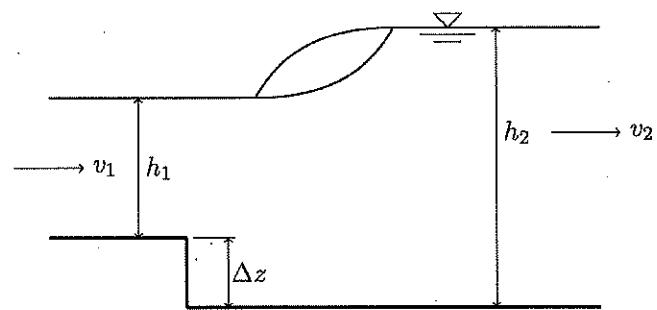
北海道大学大学院工学院修士課程
2022年4月入学ならびに2021年10月入学
入学試験

環境フィールド工学専攻 北方圏環境政策工学専攻
環境創生工学専攻 環境循環システム専攻
共同資源工学専攻

専門1 問題冊子

専門-1 問-1 流体工学

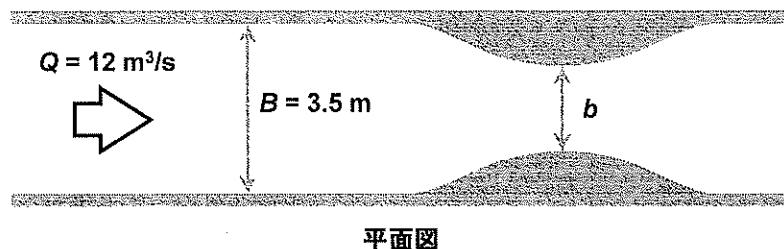
(図-1) のような中央部に段落ち部を有する一様幅で底面が水平の直線水路で、段落ち部の下流に跳水が発生している。上流側では水深 $h_1=0.2\text{m}$, 流速 $v_1=8\text{m/s}$, 下流側では水深 $h_2=2\text{m}$ となっている。この時の段落ちの高さ Δz を求めよ。ただし重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$ とし、底面の摩擦の影響は無視出来るものとする。



(図-1) 段落ち部を含む水路における跳水の水面形

専門 I 問 2 (流体工学)

水路幅 $B = 3.5 \text{ m}$ の長方形断面水路において、流量 $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ 、水深 $h = 1.8 \text{ m}$ で水が流れている。この流れが、図に示すような水路狭窄部に流入する場合について、次の設問に答えなさい。但し、流れは摩擦によるエネルギー損失が無視できるものとし、水路床は水平と見なせるものとする。



平面図

- (設問 1) 水路幅の減少に伴い水面は上昇するか低下するかを判断せよ。
- (設問 2) 狹窄部における限界水深を有効数字 3 術で求めよ。
- (設問 3) 限界水深を生じさせる狭窄部の水路幅 b を有効数字 3 術で求めよ。

専門1 問3 (構造力学)

(設問1)

断面積が A , 弹性係数が E とともに一定, かつ長さ $2L$ の棒が図-1(a)のように吊り下げられている。棒の単位体積重量を w として, 以下の質間に答えよ。

- (1) 位置 x における変位を $u(x)$ とした時, 変位量 u と自重 w の関係を示す微分方程式を導け。
- (2) B 点での自重による変位量を求めよ。
- (3) C 点における自重による変位量を求めよ。
- (4) 図-1(b)のように, C 点に上向きの荷重 P を作用させて C 点での変位量を 0 としたい。荷重 P の大きさを求めよ。
- (5) (4)の荷重 P が作用した時, B 点での変位量はいくらになるか。変位方向(上下)についても明示せよ。

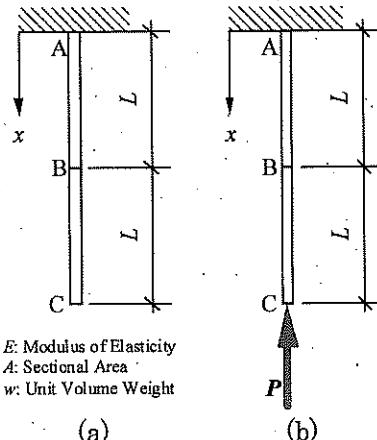


図-1

(設問2)

図-2(a)に示すように, 曲げ剛性 EI が一定で長さ $2L$ の片持ちばかりがある。はりの自重は単位長さあたり w で一定とし, 曲げたわみのみを考慮する微小変形理論に基づいて, 以下の質間に答えよ。

- (1) 自重による C 点でのたわみとたわみ角を求めよ。
- (2) 図-2(b)のように, B 点に鉛直上向きの荷重 P を作用させて, C 点での鉛直方向変位量を 0 にしたい。作用させるべき荷重 P の大きさを求めよ。
- (3) (2)の時の B 点でのたわみはいくらか。
- (4) (2)の時の C 点でのたわみ角を求めよ。

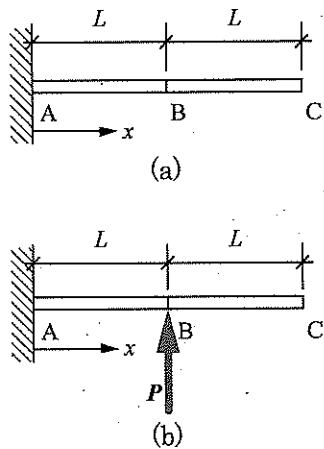


図-2

専門1 問4 (構造力学)

(設問1) 一様な曲げモーメントを受け変形している図1のはりに関して、以下の問いに答えなさい。ただし、はりの断面形状は一定とする。

- (1) 曲率半径 ρ と中立軸から距離 y の位置の曲げ応力 $\sigma(y)$ の関係が次式で表されることを、フックの法則を用いて導け。ここで、 E ははりのヤング率である。

$$\sigma(y) = E \frac{y}{\rho}$$

- (2) 中立軸に関する $\sigma(y)$ によるモーメントを計算し、曲げモーメント M と断面二次モーメント I の関係が次式で表されることを導け。

$$M = \frac{E}{\rho} I$$

- (3) 曲げモーメント M が 10kNm のとき、はりに発生する最大の曲げ応力 (MPa)を求めよ。ただし、はりの断面は図2のような矩形とする。

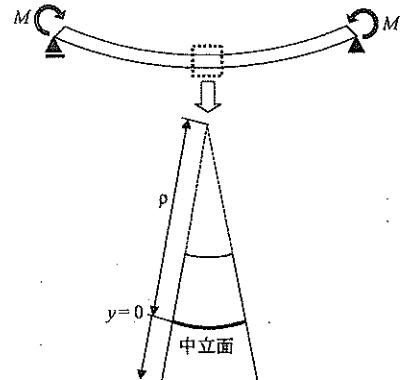


図1

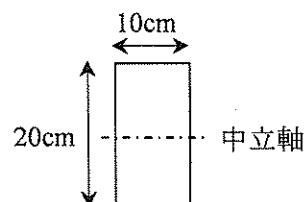


図2

(設問2) 長さが l と $\sqrt{2}l$ の部材からなる図3のようなトラスがある。このトラスの点dに集中荷重 P が作用するとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) 支点AとBの反力を求めよ。
 (2) 部材ab, ae, deに作用する軸力を、それぞれ求めよ(引張か圧縮かも明記すること)。
 (3) 部材ab, ae, deのいずれかの部材が座屈し始める P の値を求めよ。ただし、部材のヤング率 E と l は、それぞれ 200GPa , 1m とし、部材の断面は直径 20mm の円形とする。

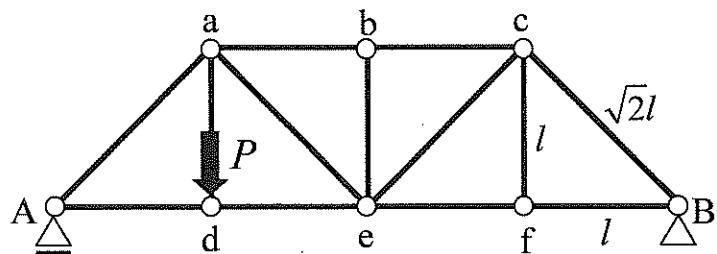


図3

専門1 問5 (土の力学)

以下の設問に答えなさい。

- (設問1) 乾燥した土(質量: 1.2kg)に水 0.25 リットルを加え、円筒型モールド内で締め固めて供試体(体積: 800cm³)を作製した。この土供試体の湿潤密度(g/cm³)、乾燥密度(g/cm³)、含水比(%)、間隙比および飽和度(%)を求めよ。ただし、土粒子の密度は 2.65g/cm³、水の密度は 1.00g/cm³とする。
- (設問2) 直径 10cm、長さ 15cm の土の供試体について変水位透水試験を行ったところ、試験開始後 20 分間にスタンドパイプ(断面積: 4cm²)の水位が 150cm から 120cm に低下した。この土の透水係数(m/s)を求めよ。
- (設問3) 上下を砂層に挟まれた厚さ 6m の飽和粘土層を鉛直方向に一次元圧密する場合、圧密度が 90%に達するのに要する日数を求めよ。ただし、この粘土の体積圧縮係数は $m_v=0.0012\text{m}^2/\text{kN}$ 、透水係数は $k=2.0 \times 10^{-9}\text{m/s}$ とし、水の単位体積重量は 10kN/m³とする。また、圧密度 90%に対する時間係数として $T_v=0.848$ を利用してよい。
- (設問4) 飽和正規圧密粘土の圧密非排水三軸圧縮試験を側圧 $\sigma_3=200\text{kN/m}^2$ の条件で行ったところ、破壊時の軸圧 $\sigma_1=340\text{kN/m}^2$ 、破壊時の間隙水圧 $u=98\text{kN/m}^2$ が得られた。この時、以下の間に答えよ。
- ①全応力表示および有効応力表示の破壊時のモールの応力円を描け。
 - ②正規圧密粘土であることを考慮して、有効せん断抵抗角 ϕ' (°) を求めよ。
 - ③同じ試料を用いて圧密排水三軸圧縮試験を行った。この際のせん断中の体積変化傾向について、その理由とともに説明せよ。

専門 1 問 6 (土の力学)

(設問 1) 三軸圧縮試験において、封圧 10 MPa で最大軸応力 100 MPa、封圧 20 MPa で最大軸応力 160 MPa だった岩石の一軸圧縮強度と内部摩擦角を求めよ。

(設問 2) ポアソン比 0.3 の岩盤の、地下 2000 m における水平応力が 23 MPa であった。岩盤の単位体積重量はいくらか。

(設問 3) 岩石の凍結融解について知るところを 50~100 字程度で記せ。

専門1 問7 (コンクリート工学)

下図に示す単鉄筋コンクリート矩形断面が曲げモーメントを受けるとき、各設問に答えよ。
ただし、コンクリートの圧縮強度は 30 N/mm^2 、コンクリートの曲げ強度は 4.0 N/mm^2 、コンクリートのヤング係数は 25 kN/mm^2 、鉄筋の断面積は $A_s = 1800 \text{ mm}^2$ 、鉄筋の引張降伏強度は 345 N/mm^2 、鉄筋のヤング係数は 200 kN/mm^2 である。

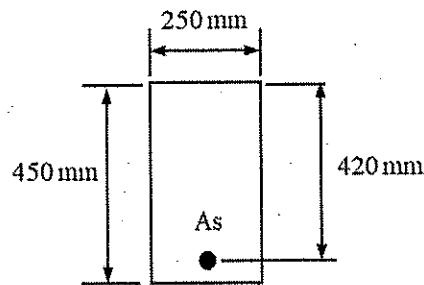


図 単鉄筋コンクリート矩形断面

- (設問1) 曲げひび割れ発生モーメント、 M_{cr} (単位 : $\text{kN} \cdot \text{m}$) を求めよ。ただし、鉄筋の影響は無視してよい。
- (設問2) 鉄筋が降伏するときの曲げモーメント、 M_y (単位 : $\text{kN} \cdot \text{m}$) を求めよ。ただし、コンクリートは圧縮力に対して弾性体とし、また引張抵抗は無視してよい。
- (設問3) この断面の曲げ破壊モーメント、 M_u (単位 : $\text{kN} \cdot \text{m}$) を求めよ。ただし、コンクリートの圧縮破壊ひずみは 0.0035 とし、コンクリートに作用する圧縮応力の合力の計算には $0.85f'_c \times 0.8x$ (f'_c : コンクリートの圧縮強度、 x : 中立軸深さ) の等価応力ブロックを用いてよい。

専門1 問8 計画数理学

設問1.

以下の用語1から用語3は、統計的仮説検定を行うときに使われる専門用語である。簡単かつ的確に各々の専門用語の意味を記述せよ。

- (用語1) 帰無仮説
- (用語2) 有意水準
- (用語3) 第一種の過誤

設問2.

A市の都心において地下歩行通路の整備計画がある。この整備計画について、1か月ごとに住民の意見（賛成、中立、反対）を継続し調査した。その結果、住民の意識は、以下の表に示す推移を示すことがわかった。このデータに基づいて以下の項目に答えよ。

1か月後の意見の推移		
	賛成	中立
賛成	0.7	0.2
中立	0.2	0.7
反対	0.4	0.3

- (1) 現時点の賛成・中立・反対の意見の比率は、賛成：0.7、中立：0.2、反対：0.1であった。現時点から1か月後の意見の比率を求めよ。
- (2) 現時点から長期間たったときの賛成・中立・反対の意見の比率を求めよ。

設問3.

A駅の地下駐車場の出口料金所は、1箇所であった。当料金所へ車はポアソンモデルに従って到着する。車の平均到着台数は、1分間に10台であった。料金所の窓口に車が到着し、支払いが終了するまでの平均支払い時間は1台あたり5秒であった。平均の支払い時間は、指數分布に従っている。 $M/M/1(\infty)$ の待ち行列モデルを用いて、以下の項目に答えよ。

- (1) 料金所到着時に待たなくともよい確率を求めよ。
- (2) 料金所で支払い中の車を含めた料金所の待ち行列（系内）にいる車の平均台数を求めよ。
- (3) 料金所で支払い中の車を含めた料金所の待ち行列（系内）にいる車の台数が3台以上となる確率を求めよ。
- (4) 料金所に向かった車が待ち行列に到着してから、料金所の窓口に到着するまでの平均待ち時間を求めよ。

次ページに続く

設問4.

下記の制約条件で、 z の最大値を求めよ。また、 z が最大となるときの x_1 と x_2 の値を示せ。このとき、シンプレックス法を用いること。「シンプレックス法による計算過程」にステップ毎に解答用紙に記述すること。

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$x_1 \leq 3$$

$$2x_1 + x_2 \leq 7$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 11$$

$$x_2 \leq 4$$

$$z = x_1 + x_2$$

設問5.

人のウイルス感染を判定する試薬がある。この試薬を使うと、感染している人の 95% を感染していると判定することが分っている。一方、感染していない人の 98% を感染しないと判定することが分っている。

A グループの 70% が感染しているという結果があるとき、A グループの人が試薬を使って感染していると判定される確率を求めよ

以上

専門1 問9（地質学基礎）

（設問1）

地層に関する以下の用語について簡潔に説明せよ。

- (1-1) 走向 (1-2) 不整合 (1-3) 断層 (1-4) 級化 (1-5) 示相化石

（設問2）

以下の元素の代表的な鉱石鉱物を鉱物名、化学式とともに示せ。

- (2-1) 亜鉛 (2-2) ウラン (2-3) 銅 (2-4) チタン (2-5) 鉄

（設問3）

地殻を構成する岩石についての以下の記述が正しいかどうか判定せよ（解答用紙に番号と○×をつける）。

- (3-1) 結晶質な火成岩はガラス質な火成岩より早い冷却速度で固化する。
(3-2) 安山岩と花崗岩は同じ化学組成を有するが、岩石組織が異なる。
(3-3) かんらん岩は、主にかんらん石と輝石、スピネル鉱物からなり、少量のCa斜長石を伴うこともある。
(3-4) 枕状玄武岩は、溶岩が水中に噴出し急速に冷却されるときに生じる。
(3-5) 碎屑岩は他の岩石の破片から構成される。
(3-6) 磯岩、シルト岩、砂岩、頁岩の順で粒子径がより細くなる。
(3-7) 碎屑物の堆積物は埋没し、空隙率の減少など圧密に加え化学的沈殿によるセメントーションによって堆積岩となる。
(3-8) いくつかの堆積岩は水に溶けたイオンの沈殿によって生成する。
(3-9) おおよそ、グラニュライトは高温高圧変成作用で、一方エクロジャイトは低温低圧変成作用で形成される。
(3-10) 大理石とホルンフェルスはそれぞれ石灰岩と泥岩の接触変成作用によって形成される。

（設問4）

地球史における光合成生物の進化の重要性について説明せよ。

専門1 問10(地質学基礎)

地殻や上部マントルがある地球の浅部で、マグマが発生する場所はどんな地質学的セティングの場であるか説明しなさい。また、玄武岩質マグマから多様なマグマができると、地殻には様々な火成岩が存在すること、ハワイの島々はほとんど玄武岩でできていることを説明しなさい。

専門1 問11(物理化学)

(設問1)

- (a) 20°C の純水 2 m³ を 50°C に温めるときの水のエントロピー変化 ΔS を計算しなさい。ただし、純水の密度は 1 g/cm³ で一定とし、熱容量も 4.184 J/(g · K) で一定とする。回答は [J/K] の単位を用いなさい。
- (b) 50°C の純水 2 m³ と 20°C の純水を 1 m³ を混合し、40°C にしたとする。この際のエントロピー変化 ΔS を計算しなさい。回答は [J/K] の単位を用いなさい。

(設問2)

273K における木炭(3.022 g)への一酸化炭素 CO の吸着量を測定した。CO の分圧が 200 mmHg および 600 mmHg のときに、CO の吸着量が 37.2 cm³ および 83.2 cm³ であったという。Langmuir の吸着等温式を考え、

- (a) 完全被覆に相当する CO の吸着量(単位 cm³)を計算しなさい。
(b) CO の分圧が 300 mmHg であるときの吸着量(単位 cm³)を計算しなさい。

(設問3)

- (a) グルコース (C₆H₁₂O₆、分子量 180)について、 $\Delta H = -2808 \text{ kJ}$ 、 $\Delta S = 182.4 \text{ J/K}$ であるとすると、25°C で 1 mol のグルコースを消費して得られるエネルギー量(単位 kJ)はいくらか？
- (b) ある人が 25°C で負荷 100 W (J/s)の運動を 60 分行ったという。この運動のために消費されるグルコースの質量(単位 g)はいくらか？

専門1 問12 (物理化学)

以下の間に答えよ。ただし、 NH_4^+ の酸解離定数 pK_a は 9.24 であり、銅(II)アンミン錯体 ML , ML_2 , ML_3 , ML_4 (M: Cu^{2+} , L: NH_3) の逐次生成定数は、それぞれ、 $\log k_1 = 4.31$, $\log k_2 = 3.67$, $\log k_3 = 3.04$, $\log k_4 = 2.30$ である。

- (1) 0.1 mol/L の $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水溶液中のアンモニア化学種に関するマテリアルバランス式を示せ。
- (2) (1) の溶液のプロトンバランス式を示せ。
- (3) (1) の水溶液の pH を計算せよ。
- (4) (1) の水溶液に NaOH を加えて溶解させたところ、pH が 9.24 になった。この溶液中の NH_3 濃度を答えよ。
- (5) (4) の水溶液に 0.001 mol/L の CuSO_4 を添加して溶解させた。溶液中で最も主要な溶存 Cu 化学種の化学式を示し、結論に至った理由を説明せよ。

以上

専門 1 問 13 (微生物工学)

(設問 1) 自然界の窒素の循環にどのように微生物が関与しているか説明しなさい。

(設問 2) 原核生物と真核生物における遺伝子発現の違いを説明しなさい。

(設問 3) DNA 合成はどのような場合でも 5'末端から 3'末端の方向にしか伸長しない。この理由を説明しなさい。

(設問4) 連続培養実験で微生物の増殖速度 (μ) をあなた(実験者)が自由にコントロールできることを証明しなさい。

(設問 5) 次の語句を説明しなさい。

- ① 16S rRNA
- ② 酸化的リン酸化
- ③ 基質レベルリン酸化

専門1 問14 (熱力学)

(設問1) 圧力 2.0[MPa]で温度が 25[°C]の理想気体の空気が 14.4[kg]ある。これを断熱膨張させ圧力が 0.2[MPa]になった。このとき、①膨張後の温度と体積、②外部になした仕事、③内部エネルギーの減少量、④エンタルピーの減少量、⑤外部から受け取った熱量、⑥エントロピーの増加量を求めよ。なお、空気の分子量を 28.8[g/mol]、定積比熱を 727[J/(kg・K)]、比熱比 κ を 1.4 とする。

(設問2) 理想気体である空気を動作ガスとするディーゼルエンジンがある。このエンジンのシリンダーの最大容積を 22.4[リットル]、圧縮比が 30 で、サイクル開始時の圧力が 0.1013[MPa] で温度 25[°C]であり、サイクルの最高温度が 1500[°C]であるときの①理論熱効率を求めよ。また、②受け取る熱量、③排出する熱量も求めよ。なお、空気の分子量を 28.8[g/mol]、定積比熱を 727[J/(kg・K)]、比熱比 κ を 1.4 とする。

専門1 問15 (反応工学)

問題1

完全混合流れにおいて、物質AがRに分解する定容分解反応が定常状態で生じている。

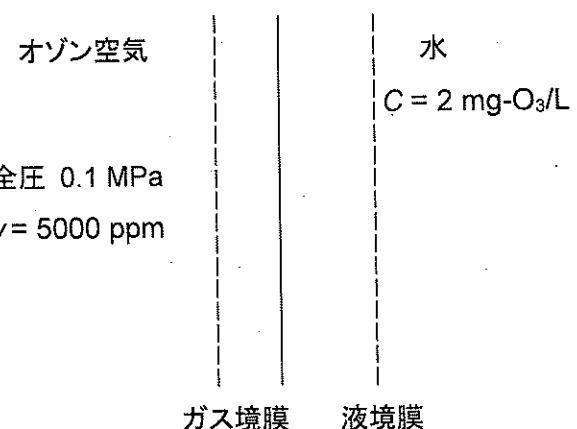
分解反応の反応式は $A \rightarrow R$ 、反応速度式は、 $r_A = -k C_A^n$ で記述される。

ここで、 k は反応速度定数、 C_A はAの濃度、 n は反応の次数である。

Aの流入濃度 C_{A0} が 2 mmol/L、Rの流入濃度 C_{R0} が 1 mmol/L の時には、Rの流出濃度 C_{Rf} は 2 mmol/L、Aの流入濃度 C_{A0} が 5 mmol/L、Rの流入濃度 C_{R0} が 0 mmol/L の時には、Rの流出濃度 C_{Rf} は 3 mmol/L、であった。

反応の次数、 n 、を求めよ。

問題2 オゾンを含む空気中のオゾンの水への溶解過程を2重膜モデルで示すと右図のようになる。オゾン空気中のオゾンの濃度、 y 、が 5,000 ppm から2倍の 10,000 ppm になったとき、オゾンの溶解フラックスは何倍になるか。オゾンのヘンリーフ定数 H' は 418 MPa である。液体中のオゾン濃度は 2 mg-O₃/L で一定とする。オゾン空気の圧力は 0.1 MPa とする。

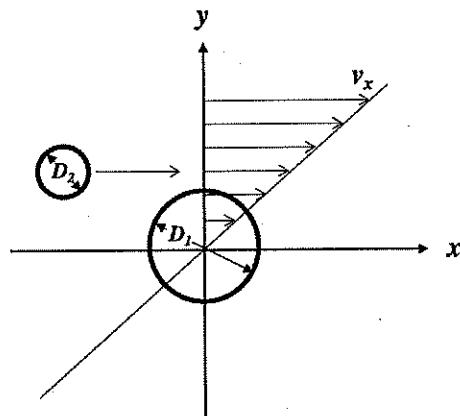


専門1 問16 (分離工学)

(設問1)

凝集は水中の粒子が衝突することにより進行する。右図のような座標と速度勾配を考え、座標中心に粒子径 D_1 の粒子があるとする。粒子径 D_2 の粒子が速度差によって粒子径 D_1 の粒子に衝突する状況を考える。両粒子の衝突頻度（単位時間、単位体積あたりの衝突回数）は、速度勾配を $\frac{dv_x}{dy}$ 、粒子径 D_1

と D_2 の濃度をそれぞれ n_1 と n_2 とすると、



$$\frac{1}{6} (D_1 + D_2)^3 n_1 n_2 \frac{dv_x}{dy}$$

で表される。この式を誘導せよ。誘導にあたり、必要があれば適宜変数を定義して用いること。

(設問2)

- 適宜変数を定義し、粒子の沈降速度を表すストークスの式を書け。
- 沈殿池の性能を示す表面負荷率とは何を表すか説明せよ。
- 理想的横流式沈殿池により濁質を含む水を流量 Q で処理した時の除去率と、同じ水を同じ沈殿池を用いて流量 $2Q$ で処理した時の除去率を比較して論ぜよ。

専門1 問17 (環境統計学)

(設問1)

六価クロムに汚染されたと思われる工場跡地を調査した。

10箇所から土壌を採取し、溶出試験に供した。表1に結果を示す。

表1 採取土壌の六価クロム溶出濃度

土壌ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cr(VI)濃度 (mg/L)	0.021	0.052	0.043	0.036	0.018	0.073	0.066	0.075	0.089	0.013

以下の間に答えよ。

(1) $\sum x_i = 0.486$, $\sum x_i^2 = 0.030014$ である。

①標本平均 (\bar{x})、②標本分散 (s^2)、③標本不偏分散 (s^2)、④変動係数 (CV)を求めよ。

(2) 母分散が未知のとき、母平均の $100(1-2\alpha)\%$ 信頼区間は次式で表される。

$$\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}(\alpha) < \mu < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n-1}} t_{n-1}(\alpha)$$

母平均の 95% 信頼区間を求めよ。

式中の t 値については、図1中の表から選択せよ。

(3) 六価クロムの溶出濃度に関する日本の土壤環境基準は 0.05mg/L である。この工場跡地土壤の六価クロム溶出濃度の母平均 (μ) は土壤環境基準を超過しているか (土壤環境基準より大きいか)。有意水準 5% で検定せよ。解答は次のそれについて記載せよ。

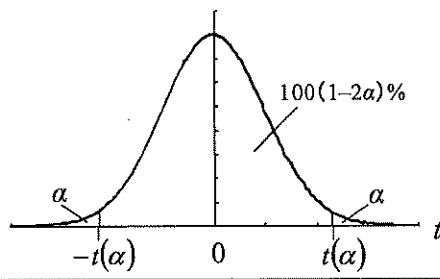
①帰無仮説を記述せよ。

②対立仮説を記述せよ。

③検定に用いる統計量を算出せよ。

④棄却域となる t 値を図1中の表から選択せよ。

⑤検定結果を示せ。



$t(\alpha)$	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106

図1 t 分布 (一部抜粋)

(設問2)

二つの変数 (x, y) に対して回帰分析を行う。以下の間に答えよ。なお、変数 x の平均値 (\bar{x})、分散 (s_x^2)、変数 y の平均値 (\bar{y})、分散 (s_y^2)、変数 x, y の共分散 (C_{xy}) とせよ。

(1) 回帰直線 $y = b_0x + b_1$ において、

①傾き b_0 を求める式を分散と共に示せ。

②切片 b_1 を求める式を、傾き b_0 、 x と y の平均値を使って示せ。

(2) 決定係数 R^2 を求める式を分散と共に示せ。

(設問3)

ある予防接種によって重篤な副反応が発生する確率は 10^{-6} であると言われている。現時点での副反応の被害は報告されていないとする。何人まで接種が進めば、少なくとも一人の被害が 95% 以上の確率で生ずるか。

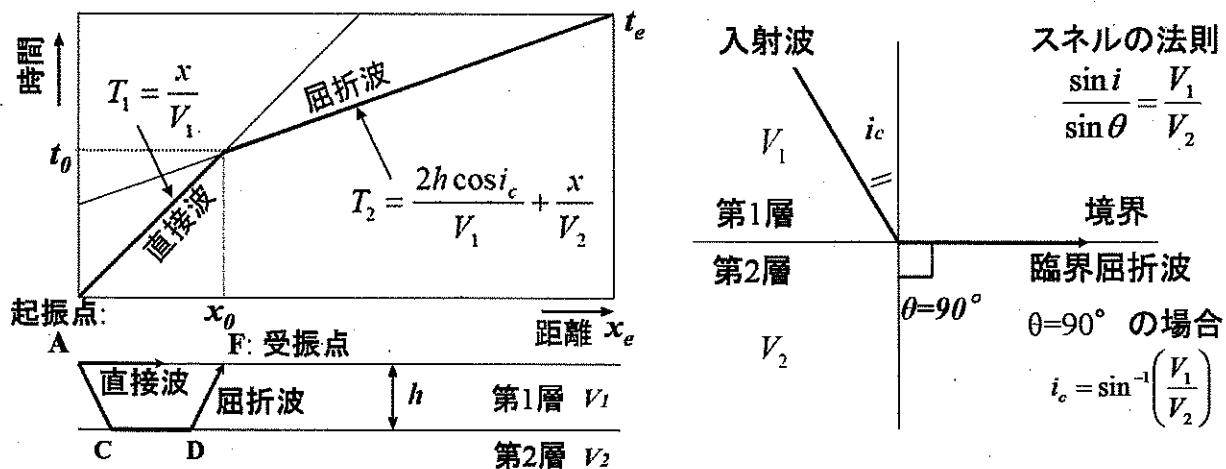
専門1 問18 (地圈環境学)

以下の設問1または設問2のどちらか1問だけを選択して解答せよ。

(設問1)

左下図で示す水平2層構造において弾性波探査屈折法を行った結果、左上図に示す走時曲線が得られた。直接波が先に到達する測点区間での走時 T_1 、および屈折波が先に到達する測点区間での走時 T_2 は同図中の式で示される。ここで、 $x_0=10\text{ m}$, $t_0=5\text{ msec}$, $x_e=30\text{ m}$, $t_e=10\text{ msec}$ の場合、以下の設問に答えよ。

- (1) 第1層および第2層の弾性波速度 V_1 と V_2 をそれぞれ求めよ。
- (2) 右図に示す臨界屈折波($\theta=90^\circ$)に対する入射角 i_c は何度か？スネルの法則より求めよ。
- (3) 第1層目の層厚 h は何mか(有効数字3ヶタで答えよ)。



(設問2)

溶質の固相への吸着量と液相中の濃度（平衡濃度）との関係を表現する吸着等温線において非線形のラングミュア式を使用する場合がある。このラングミュア式は、溶質が固相表面に単層で吸着することを想定して導かれたものである。

- (1) 以下の考え方を踏まえ、ラングミュア式を導け。
 - i) 吸着速度は、液相平衡濃度 C と吸着されていない吸着サイト量、すなわち最大吸着量 S_{\max} から吸着量 S を減じた量に比例する。なお、吸着速度定数を k_1 とする。
 - ii) 脱着速度は、すでに吸着された量 S に比例する。なお、脱着速度定数を k_2 とする。
 - iii) 平衡時は、吸着速度と脱着速度とは等しい。
- (2) 環境中の汚染物質のように液相濃度が非常に低い場合、上記(1)で表現されたラングミュア式はどのように簡略化されるか。
- (3) 上記(2)で表現される比例定数は何と呼ばれるか。
- (4) (3)の比例定数は、重金属だけでなく、揮発性有機化合物、農薬に対しても頻繁に使用されている。なぜ、この比例定数が、汚染物質の移動挙動を評価することに使用されるのか、理由を簡単に述べよ。