

北海道大学大学院工学院修士課程
2026年4月入学ならびに2025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 解答冊子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、ホチキスで綴じたまま、それらを提出しなさい。なお、問題冊子と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つの問題に対して、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、問題番号、受験番号を、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
2026年4月入学ならびに2025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)

n 次正方行列 A に対して

$$Ax = \lambda x$$

を満たすベクトル x ($x \neq 0$)とスカラー λ が存在するとき、 λ を A の固有値、 x を固有値 λ に対する固有ベクトルという。

(設問1) $x \neq 0$ となる固有ベクトルが存在する条件は $|A - \lambda I| = 0$ となることを示せ。ここで I は対角成分が1で、他の成分がすべて0の n 次単位行列であり、 $|B|$ は正方行列 B の行列式である。

(設問2) A が対角化可能となる十分条件を示せ。

(設問3) 以降の設問では $A = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$ とする。 A が対角化可能であるかを調べ、可能ならば対角化せよ。

(設問4) A の k 乗 (A^k) を求めよ。

専門0 問2 (数学)

以下の設問に答えなさい。

(設問1) 次の関数を微分せよ。

$$y = \cos(\sin^{-1} x)$$

(設問2) 次の関数の偏導関数 $\frac{\partial z}{\partial x}$ および $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$ を求めよ。

$$z = \frac{x+y}{x-y}$$

(設問3) 次の不定積分を求めよ。

$$\int e^x \cos x dx$$

(設問4) 領域 D ($x+y \leq 1$, $x \geq 0$, $y \geq 0$) 内の密度 ρ の分布が $\rho = x^2 y^2$ で与えられた場合、領域 D の重心の座標 (x_G, y_G) を求めよ。

専門0 問3 (数学)

次の微分方程式を解け。

(設問 1) $(3y - e^x \sin y)dx + (3x - e^x \cos y)dy = 0$

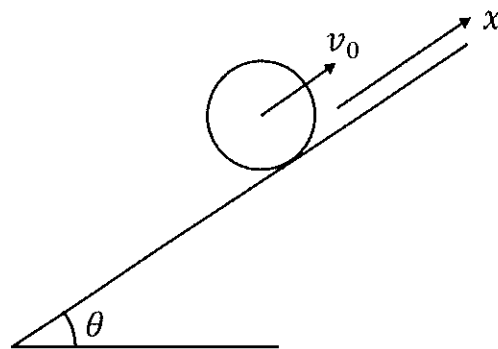
(設問 2) $y^2 dx - (x^2 + xy)dy = 0$

(設問 3) $\frac{dy}{dx} - 3xy - xe^{x^2} = 0$

(設問 4) $\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{2dy}{dx} - 8y = e^{2x}$

専門0 問4 (物理)

下図のように、水平と角 θ ($0 < \theta < \pi/2$) をなす粗い斜面上で、半径 R 、質量 M の球を斜面に沿って重心初速度 v_0 (回転は与えない) で投げ上げる。斜面に沿って上方に x 軸をとり、球の重心の座標を x 、角速度を ω (時計回りが正) とするとき、以下の設問に答えよ。ただし、静止摩擦係数 μ 、動摩擦係数 μ' 、重力加速度 g である。また、空気抵抗の影響は無視してよい。



(設問 1) はじめ球はすべりながら斜面を転がり上がる。このときの並進と回転の運動方程式をそれぞれ示せ。ただし、球の慣性モーメントは $2MR^2/5$ であることを利用してよい。

(設問 2) 球のすべりが止まるときの時刻 t_1 と重心速度 v_1 を求めよ。ただし、すべりの速度は $\dot{x} - R\omega$ で与えられる。

(設問 3) 時刻 t_1 以後、球がすべらずに斜面を転がり上がるために角 θ が満たすべき条件を示せ。

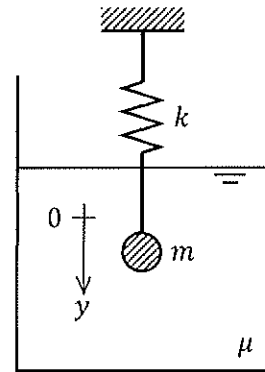
(設問 4) 球の回転が止まるときの時刻 t_2 を求めよ。

(設問 5) 時刻 t_2 以後、球がどのような運動をするか簡潔に記述せよ。

専門0 問5 (物理)

※式の導出過程も採点対象とする。

右図のように、バネ定数 k の弾性バネで固定点につながれた質量 m の球が、液体中を鉛直方向に運動するケースを考える。球の位置を y とし、静止状態で $y = 0$ とする。また、球が運動する速度を v としたとき、球には v に比例する抵抗 μv (μ は正の定数)が運動と逆方向に働くものとする。液体は弾性バネには影響せず、球は常に液体中を動くものとする。重力の影響は考えない。



(設問1) 球の運動を微分方程式で表しなさい。時刻は t とする。

(設問2) $n = \mu/(2m)$, $p = \sqrt{k/m}$ としたとき、(設問1)の微分方程式の解を $y = e^{\lambda t}$ とおいて、 λ を n, p で表しなさい。

(設問3) (設問2)で導出した λ に対して、平方根の中身によって場合分けし、球が振動運動をする条件を説明しなさい。なお、必要に応じて、以下の関係を説明に用いてよい。

- ・ 指数関数 $y = e^{ax}$ (a : 実数の定数)は、 x に対して単調増加または単調減少となる。
- ・ $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$ (i : 虚数単位)が成り立つ。

専門0 問6 (物理)

(設問1)

図1に、物質量 1 mol の理想気体を作業物質とする $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のサイクルを示す。各点 A、B、C は気体の状態 (圧力 P 、体積 V 、温度 T) を表している。また、理想気体の定圧比熱および定積比熱は、それぞれ c_p と c_v とする。

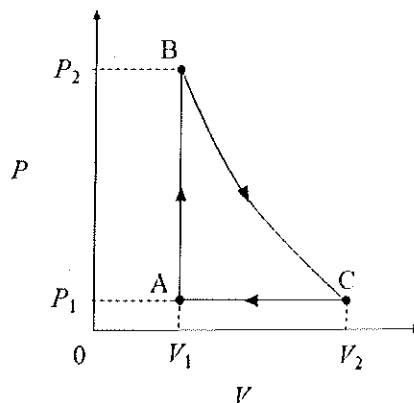


図1

- (1) $A \rightarrow B$ は定積過程である。①気体が外部にした仕事 ($W_{A \rightarrow B}$) と、②気体が吸収する熱量 ($Q_{A \rightarrow B}$) を求めなさい。なお、A での温度を T_1 、B での温度を T_2 とする。
- (2) $B \rightarrow C$ は断熱自由膨張である。①気体が外部にした仕事 ($W_{B \rightarrow C}$) と②気体が吸収する熱量 ($Q_{B \rightarrow C}$) を求めなさい。
- (3) $C \rightarrow A$ は定圧圧縮過程である。①気体が外部にした仕事 ($W_{C \rightarrow A}$) と②気体が吸収する熱量 ($Q_{C \rightarrow A}$) を求めなさい。
- (4) 本サイクルにおいて、理想気体の定圧比熱 c_p と定積比熱 c_v の間に以下の関係が成り立つことを示しなさい。

$$c_p - c_v = R$$

ただし、 R は理想気体ガス定数とする。

(設問2)

水を大気圧 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ の下で温度 373 K に保ったまま水蒸気にするには、水 1 mol あたりに $4.07 \times 10^4 \text{ J}$ の熱が必要である。質量 2 g の水がすべて水蒸気になったとき、以下の問いに答えなさい。ただし、水蒸気は理想気体とみなす。 373 K における水の密度は $9.58 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ とする。(※解答はすべて小数第2位までとすること)

- (1) 水が吸収した熱量 (kJ)
- (2) 水が外部に対して行った仕事 (kJ)
- (3) この系における内部エネルギーの変化量 (kJ)

(設問3)

温度 500 K 、質量 1 kg の理想気体が、ポリトロップ指数 $n=1.25$ に従うポリトロップ変化 ($TV^{(n-1)} = \text{一定}$) により、体積が初期体積の3倍になるまで膨張した。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、理想気体の定積比熱 c_v は $0.718 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ 、比熱比 κ は 1.4 とする。(※解答はすべて小数第2位までとすること)

- (1) 変化後の理想気体の温度 (K)
- (2) 理想気体のエントロピー変化 (kJ/K)

専門0 問7 (化学)

(設問1)

- 1) メタン (CH_4) を例として、炭素 (C) における sp^3 混成軌道の形成と、メタン分子の立体構造について説明せよ。
- 2) アンモニア (NH_3) の窒素 (N) の混成軌道の種類を答えよ。
- 3) アンモニアが塩基性を示したり、金属イオンと錯体を形成したりする理由について述べよ。

(設問2)

酢酸 (CH_3COOH) の $\text{p}K_a$ は 4.76 であるが、クロロ酢酸 (ClCH_2COOH) の $\text{p}K_a$ は 2.87 である。このような酸性度になる理由について述べよ。

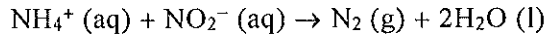
(設問3)

塩化ナトリウム (NaCl) は、水によく溶けるが、油 (炭化水素) にはほとんど溶けない。その理由について、分極や溶媒和という観点から化学構造を示しながら説明せよ。

専門 0 問 8(化学)

(設問 1)

以下に示す反応の 25°Cにおける初期反応速度のデータが以下の表のように得られている。



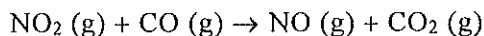
データ番号	初期 NH_4^+ 濃度 (mol L^{-1})	初期 NO_2^- 濃度 (mol L^{-1})	NH_4^+ の初期消費速度 ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	0.18	0.05	2.7×10^{-6}
2	0.12	0.05	1.8×10^{-6}
3	0.12	0.10	3.6×10^{-6}

以下の問いに答えよ。ただし、値を求める場合には単位も付して有効数字 2 桁で求めよ。

- 1-1) 反応速度定数を k 、 NH_4^+ と NO_2^- の濃度をそれぞれ $[\text{NH}_4^+]$ 、 $[\text{NO}_2^-]$ とすると、反応速度 r はどのように表されるか。理由も併せて答えよ。
- 1-2) 反応速度定数 k を求めよ。
- 1-3) 初期 NH_4^+ 濃度が 0.2 mol L^{-1} 、初期 NO_2^- 濃度が 0.1 mol L^{-1} のとき、 NH_4^+ の初期消費速度を求めよ。

(設問 2)

以下の反応の反応速度定数は 450°Cで $2.70 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、550°Cで $40.4 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ である。

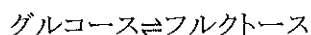


ただし、反応の頻度因子は温度に依らず一定、気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、絶対温度(K) = t (°C) + 273 とする。単位も付して有効数字 3 桁で以下の問いに答えよ。

- 2-1) 反応の活性化エネルギー E_a を求めよ。
- 2-2) 500°Cでの反応速度定数 k を求めよ。

(設問 3)

分子式がともに $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ で表されるグルコースとフルクトースは水溶液中で以下のように平衡状態にある。



初期濃度 0.261 mol L^{-1} のグルコース水溶液を調製し、25°Cで平衡状態に達した後にグルコース濃度を測定したところ 0.140 mol L^{-1} に減少した。以下の問いに答えよ。ただし、活量係数は 1.0 とし、必要な場合には単位も付して有効数字 3 桁で求めよ。

- 3-1) この反応の 25°Cでの平衡定数 K_e を求めよ。
- 3-2) フルクトースを初期濃度 0.25 mol L^{-1} で調製した。25°Cで平衡状態に達した後のグルコース濃度を求めよ。

北海道大学大学院工学院修士課程
2026年4月入学ならびに2025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 解答冊子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、ホチキスで綴じたまま、それらを提出しなさい。なお、問題冊子と草案紙は持ち帰ること。
- ② 全部で16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、問題番号、受験番号を、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。

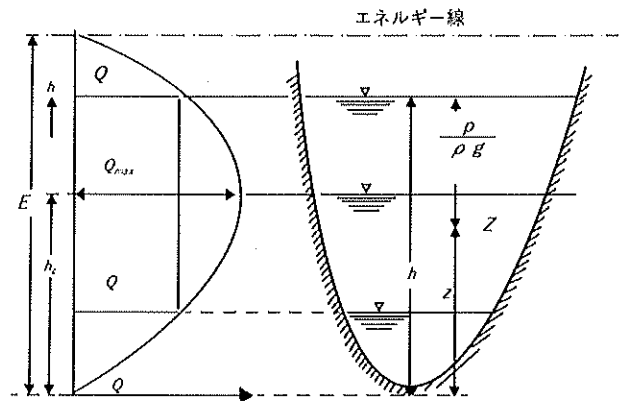
北海道大学大学院工学院修士課程
2026年4月入学ならびに2025年10月入学
入学試験

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 (流体力学)

流量 Q ,水深 h ,流速 V で流れる開水路を考える。水面の微小変動は長波の伝播速度 c で伝わる。なお,重力加速度を g とする。



(設問1)

流量 Q ,水深 h ,水路幅 b で流れる矩形水路とすれば,限界水深 h_c ならびにその際の流速 V_c を Q, b, g で表せ。

(設問2)

断面積 A を有する任意な断面形の水路について開水路のある一点における比エネルギーは $E = \frac{V^2}{2g} + z + \frac{p}{\rho g}$ である。水圧が静水圧分布 $p = \rho g(h - z)$ に従うとき, E を h, g, Q, A を用いて表せ。なお, ρ は水の密度, p は水圧を意味し,図において z は水底から鉛直上方に定義している。

(設問3)

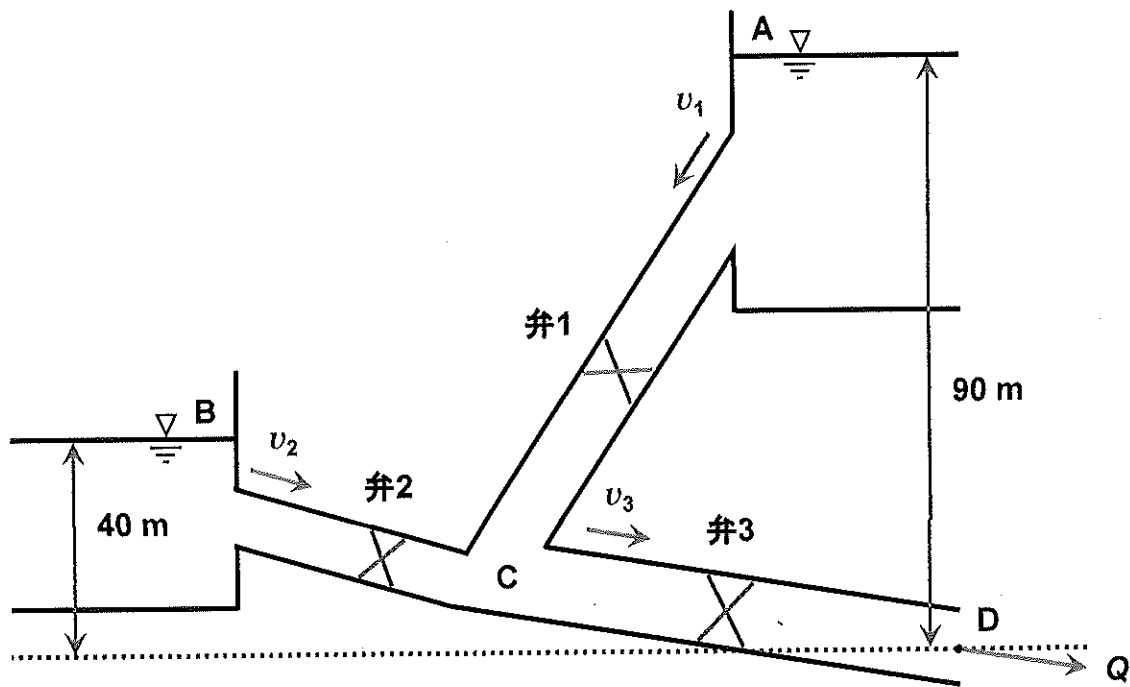
一定の比エネルギーを有する流れが決まった断面形の水路を流れる場合に, Q と h の関係を求めると,図に示したように流量に極大値 Q_{max} があらわれる。したがって E =一定の流れでは,与えられた流量に対して一般に二つの水深が存在し,大きい方の水深は①流,小さい方の水深は②流に対応している。これらの特徴を表す無次元数である Froude 数は Navier-Stokes の運動方程式の③項(分子)と④項(分母)から表すことができる。①から④の名称を記せ。

(設問4)

限界水深 h_c が $\frac{Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dh} = 1$ で与えられることを示せ。

専門1 問2 (流体力学)

図に示すような2つの貯水池A, Bがあり, 各貯水池からの水はCで合流した後, Dで放出される。各円管路にはそれぞれ弁が取り付けられている。次の設問に答えなさい。但し, 管摩擦損失係数は $\lambda = 0.027$, 流出損失係数は $K_o = 1.0$, 各弁の弁全開のときの損失係数は $K_v = 0.2$ とし, 流入損失, 合流部の損失は無視できるものとする。また, A~C間の円管の長さは $l_1 = 60$ m, 直径は $d_1 = 0.4$ m, B~C間の円管の長さは $l_2 = 20$ m, 直径は $d_2 = 0.25$ m, C~D間の円管の長さは $l_3 = 70$ m, 直径は $d_3 = 0.5$ m, 重力加速度は $g = 9.8$ m/s² とし, 答えは有効数字3桁で求めることとする。



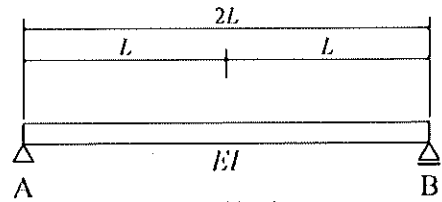
- (設問1) 弁1と3が全開, 弁2が全閉のときの流速 v_1, v_3 , 点Dにおける流量 Q を求めよ。
- (設問2) 弁2と3が全開, 弁1が全閉のときの流速 v_2, v_3 , 点Dにおける流量 Q を求めよ。
- (設問3) 3つの弁が全開のときの流速 v_3 , 点Dにおける流量 Q を求めよ。
但し, A~C間の円管の流量は $Q_1 = 2.0$ m³/s とする。

専門1 問3 (構造力学)

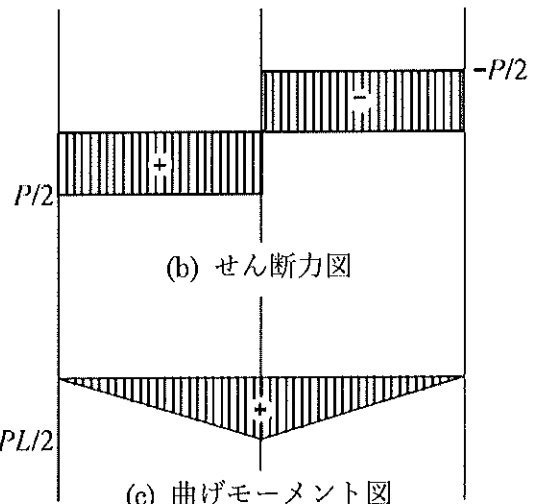
(設問1)

図-1(a)のような長さ $2L$ 、曲げ剛性が EI の単純ばりがある荷重が作用し、せん断力図が図-1(b)、曲げモーメント図が図-1(c)のようになっている。以下の問いに答えよ。

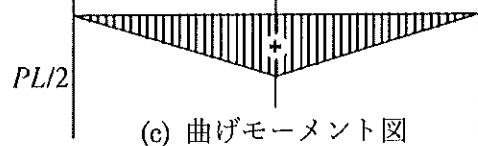
- (1) 支点 A および B の支点反力をそれぞれ求めよ。
- (2) この単純ばりはどのような荷重状態か。解答用紙に単純ばりと荷重の作用位置および大きさを図示せよ。
- (3) 支間中央におけるたわみが $\frac{PL^3}{6EI}$ となることを説明せよ。



(a) 単純ばり



(b) せん断力図



(c) 曲げモーメント図

図-1

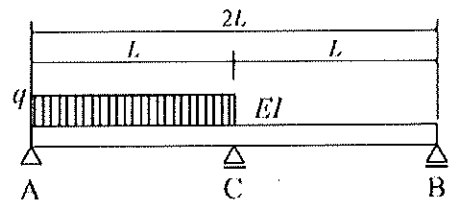


図-2

(設問2)

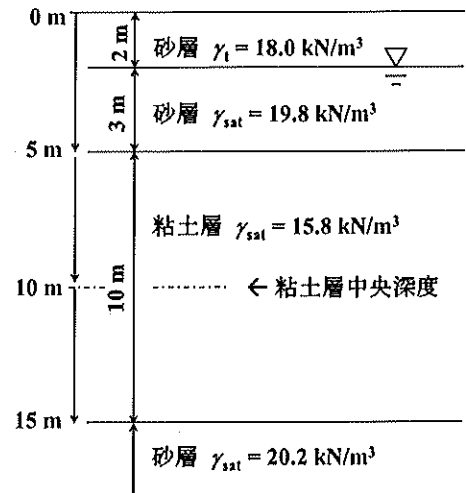
図-2のような長さ $2L$ 、曲げ剛性が EI の2径間不静定ばりの左側の径間に等分布荷重 q が荷重されている。このときの支点 A, B および C の支点反力をそれぞれ求めよ。

ただし、マックスウェルの相反定理から導かれる以下の知見を利用してもよい。

「単純ばりの支間中央に関するたわみの影響線は、支間中央に単位荷重が作用した場合の単純ばりのたわみ曲線に等しい。」

専門1 問4 (土の力学)

図に示すように、深さ0~5 mが砂層で、地下水位は深さ2 mのところにある。地下水位より上部の湿潤単位体積重量 γ_t は18.0 kN/m³、地下水位より深い部分の飽和単位体積重量 γ_{sat} は19.8 kN/m³である。砂層の下には、深さ5~15 mに粘土層が堆積しており、飽和単位体積重量 γ_{sat} は15.8 kN/m³である。粘土は正規圧密状態にあり、間隙比 e は2.0、圧縮指数 C_c は0.9、圧密係数 c_v は85.0 cm²/day (9.84×10^{-8} m²/s)、静止土圧係数 K_0 は0.5である。粘土層の下には砂層が堆積していて、飽和単位体積重量 γ_{sat} は20.2 kN/m³である。水の単位体積重量 γ_w を9.8 kN/m³として以下の設問に答えなさい。



- (設問1) 粘土層の中央深度(地表面から深さ10 m)での有効土被り圧(有効鉛直応力) σ'_{v0} (kN/m²)を計算せよ。
- (設問2) 図の地盤の上に、湿潤単位体積重量 γ_t が19.2 kN/m³の盛土を5 m施工した。盛土による荷重増分が地表面に一様に作用して一次元圧密が生じるとき、
- (a) 予想される最終圧密沈下量を計算せよ。粘土層全体の圧密沈下量の計算は、粘土層中央深度の応力に基づいて計算できるものとする。なお、常用対数 $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$, $\log 5 = 0.70$, $\log 7 = 0.85$ を必要に応じて用いてよい。
- (b) 平均圧密度 $U = 90\%$ に達するまでに要する時間 t_{90} (年) を計算せよ。圧密度 $U = 90\%$ に対応する時間係数 T_{v90} は0.848 (計算には0.85を用いてよい) である。
- (設問3) 原位置の有効応力(有効軸応力 $\sigma'_a = \sigma'_{v0}$, 有効側方応力 $\sigma'_r = \sigma'_{h0} = K_0 \sigma'_{v0}$) で圧密した後、非排水状態で圧縮せん断を行う三軸CU試験を実施したところ、破壊時の有効軸応力 $\sigma'_{af} = 90$ kN/m², 破壊時の有効側方応力 $\sigma'_{rf} = 30$ kN/m² で破壊した。粘土層中央深度での非排水せん断強さ s_u ($\phi_u = 0$ であるとして c_u と表記することもある) を求めよ。また、盛土による圧密が終了したときの非排水せん断強さ s_u (または c_u) を予測せよ。

専門1 問5 (岩の力学)

- (設問1) ある岩石の一軸圧縮強度は 60 MPa、圧裂引張強度は 10 MPa であった。この岩石の粘着力と内部摩擦角を求めよ。
- (設問2) 走向と傾斜が $N60^{\circ}E30^{\circ}NW$ である不連続面の法線を、下半球ステレオ投影して示せ。
- (設問3) 岩石の変形破壊挙動における载荷速度の影響について知るところを 50~100 字程度で記せ。

専門1 問6 (コンクリート工学)

曲げを受ける鉄筋コンクリートはりの断面を下図に示す。このとき、次の設問に答えなさい。ただし、 b は断面の幅、 d は有効高さ、 A_s は鉄筋の断面積である。

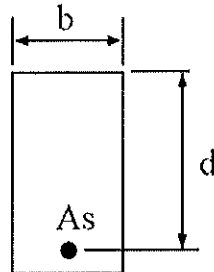


図 曲げを受ける鉄筋コンクリートはりの断面

- 設問1 曲げひび割れ発生から鉄筋が降伏するまでの断面に関するひずみと応力の関係から、各記号を用いて中立軸位置 x を計算せよ。
ただし、上図の b , d , A_s に加えてヤング係数比 $n (= E_s/E_c)$ を用いた4つの記号で表すこと。なお、コンクリートは圧縮に対して弾性体 (ヤング係数 E_c) で、かつ引張に抵抗しないと、鉄筋は弾性体 (ヤング係数 E_s) としてよい。
- 設問2 鉄筋が降伏する時の曲げモーメントを求めよ。単位は $\text{kN} \cdot \text{m}$ とすること。
ただし、 $b=350 \text{ mm}$, $d=700 \text{ mm}$, $A_s=3200 \text{ mm}^2$ とし、コンクリートの圧縮強度は 30 N/mm^2 , コンクリートのヤング係数は 25 kN/mm^2 , 鉄筋の引張降伏強度は 400 N/mm^2 , 鉄筋のヤング係数は 200 kN/mm^2 である。
- 設問3 設問2の断面について、曲げ破壊するときの曲げモーメントを求めよ。単位は $\text{kN} \cdot \text{m}$ とすること。
ただし、コンクリートの圧縮破壊ひずみは 0.0035 とし、破壊時のコンクリートに作用する圧縮合力の計算には $0.85f'_c \times 0.8x$ (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ること。
- 設問4 曲げ圧縮破壊と曲げ引張破壊の違いを説明せよ。

専門1 問7 (計画数理学)

ある駅の窓口業務では、1人の窓口担当者が切符の発券業務を行っている。客の到着はポアソン過程に従い、平均到着率は λ (人/分)である。窓口担当者が1人の客に対して発券にかかる時間は指数分布に従い、その平均処理率は μ (人/分)である。この系は $M/M/1(\infty)$ モデルとして表される。ここで「系」とは、客が到着してからサービスを受けて退出するまでの全体の過程を包含するものを指す。

以下の設問に答えよ。

(設問1) この系が定常状態(安定状態)にあるための条件を述べなさい。

(設問2) 定常状態における系内平均客数 L および系内の平均待ち時間 W を λ および μ を用いて表しなさい。

(設問3) 客の平均到着間隔が20秒、発券に要する平均発券時間は15秒のとき、

- (1) 系内の平均客数
- (2) 系内の待ち時間の平均
- (3) 待ち行列(窓口で処理中ではない客)の平均人数
- (4) 客が待たないでサービスを受けられる確率
- (5) 系内に客が3人以上いる確率

を求めなさい。

(設問4) 設問3と同じ条件の時に、平均処理率 μ を固定したまま、顧客満足度の観点から、客がサービスを受けるまでに5分以上待たされる確率が10%未満となるように到着率 λ を調整したい。指数分布の性質を用いて、必要な λ の範囲を求めなさい。

必要に応じて、自然対数 $\ln 10 \approx 2.3026$ を用いても良い。

専門1 問8 (地質学基礎)

(設問1) 以下の文章の空欄(A)-(K)に入る適切な語を解答せよ。

地球の内部は、構成物質の違いによって表面から順に、(A)・(B)・(C)の三層に分けられる。(A)と(B)の境界は(D)と呼ばれる。流動性の違いによる分類においては、地球表層付近の温度が低く、固くて流動性が低い部分を(E)、その下の温度が高く、柔らかくて流動性が高い部分を(F)と呼ぶ。(E)は十数枚の(G)に分かれており、移動して様々な地形を作り、地震や火山活動を引き起こす。日本列島の周辺では海洋(G)が大陸(G)の下に沈み込んでいる。大陸(G)に付け加わった海洋(G)の一部は(H)と呼ばれる。(I)はセメントや建材の原料として重要な鉱石であり、資源が少ないといわれる日本で100%の自給率を示す。日本の(I)鉱床の多くは(H)であり、広い外洋で形成されたために(J)を含まず、(K)の純度が高いという特徴がある。

(設問2) ケイ酸塩鉱物は地殻で最も頻繁に認められる鉱物であり、 SiO_4 四面体を基本構造とした結合様式と化学組成によって分類されている。ケイ酸塩鉱物の基本構造と分類について述べよ。また、ケイ酸塩鉱物の基本構造と風化に対する抵抗性の関係について述べよ。

専門1 問9 (地質学基礎)

(設問1) 鉱床を形成する地質プロセスと鉱床のタイプ、元素名のうち適当な組み合わせを4つ挙げよ。ただし、同じものを2度使用してはならない。

地質プロセス	鉱床のタイプ	元素
苦鉄質岩の生成 珪長質岩の貫入 海底熱水活動 物理風化・重力選別 生物化学沈殿 岩石の化学風化	浅熱水性鉱床 風化残留鉱床 漂砂鉱床 斑岩鉱床 塊状硫化物鉱床 正マグマ性鉱床 化学堆積性鉱床	クロム 鉄 プラチナ 鉛 アルミニウム マンガン レアアース 銅 チタン 金

(設問2) 以下の元素の代表的な鉱石鉱物を鉱物名、化学式ともに示せ。

(2-1) 鉄 (2-2) 銅 (2-3) 鉛 (2-4) ウラン (2-5) 金

(設問3) 次の鉱物に関する用語について説明せよ。また、その例として鉱物名を挙げよ。

(3-1) 多形 (3-2) 準安定相 (3-3) 固溶体

(設問4) 石油鉱床の形成に関わる地質プロセスについて説明せよ。

専門1 問10 (物理化学)

(設問1) グルコース($C_6H_{12}O_6$)の炭素を二酸化炭素へ酸化する酸化反応の酸化還元電位(E°)が -0.43 V、酸素を水へ還元する還元反応の酸化還元電位が $+0.82$ Vである。グルコースを好氣的に二酸化炭素まで酸化する反応のギブズ自由エネルギー変化量(ΔG_r°)を算出なさい。

ファラデー定数は 96.58 kJ V^{-1} とする。

(設問2) 600 nm の光がもつエネルギー量を $\text{kJ mol-photon}^{-1}$ の単位で計算なさい。アボガドロ数は $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、プランク定数を $6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、光速を $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ とする。

(設問3) 植物が光合成反応で二酸化炭素を固定し、グルコースを合成する反応について、グルコースの合成に必要なエネルギー量が設問1で算出したエネルギー量、光がもつエネルギー量が設問2で算出したエネルギー量に等しいとする。 1 m^2 あたり以下の条件で合成されるグルコースの量(単位: mol m^{-2})はいくらか?

[日照時間: 8時間、照度: $2,000 \text{ } \mu\text{mol-photon} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、光合成の効率: 1%]

(以上)

専門1 問11 (物理化学)

(設問1) 次の物質を 0.0001 mol/L となるように水に溶かしたときの、反応式、電荷均衡式(CB)、プロトン均衡式(PB)、質量均衡式(MB)を書け。

(a) HCl , (b) Na_3PO_4 , (c) CH_3COONa

(設問2) 次の水溶液中の水素イオン濃度と溶液の pH を計算せよ。

(a) 0.0001 mol/L HCl なお $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ とする。

(b) $0.005 \text{ mol/L CH}_3\text{COONa}$ なお $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$, CH_3COOH の $\text{p}K_a = 4.76$ とする。

(設問3) ヨウ素酸鉛の溶解度は $1.2 \times 10^{-3} \text{ g/100 ml}$ である。

ヨウ素酸鉛の溶解度積 K_{sp} を計算せよ。なお $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ の分子量は 557 g/mol とする。

専門1 問12 (微生物工学)

(設問1) 窒素循環に関与する以下の微生物群について、一般的に利用可能な電子供与体と電子受容体、及び環境中での役割を簡潔に説明せよ。

- 硝化細菌
- 脱窒菌
- アンモニア酸化アーキア(AOA)

(設問2)

(1) 好気的および嫌気的条件下で微生物がグルコース($C_6H_{12}O_6$)を代謝する場合、それぞれの条件で主要な反応生成物を挙げ、その生成経路を簡潔に説明せよ。

(2) 好気呼吸と嫌気呼吸(発酵)により、1モルのグルコースを代謝した場合におけるATP生成量をそれぞれ求め、比較しなさい。必ず算出根拠を示すこと。

(設問3) 培地9 mLを入れた試験管に、細胞濃度が 10^5 cells/mLの大腸菌の培養液1 mLを入れ、 $37^\circ C$ で6時間振とう培養した。培養後の1 mL当りの大腸菌の細胞数を求めよ。ただし、倍化時間を30分とする。(計算式を書いて求めること)

(設問4) 大腸菌をグルコースのかわりにラクトース(グルコースとガラクトースからなる二糖類)を含む培地で培養すると、大腸菌はやがてラクトースを解糖の出発物質として使えるようになる。その分子メカニズムをラクトースオペロンの発現調節により説明しなさい。

専門1 問13 (熱力学)

(設問1) 高温熱源 (温度: T_H) とそこから取り出される熱量 Q_H によって仕事 W を行い、低温熱源 (温度: T_L) に熱量 Q_L を捨てる熱機関がある。この熱機関が以下の条件のとき、それぞれ不可逆機関か、可逆機関か、それとも運転不可能かをその理由とともに示し、熱機関の熱効率 η を示せ。

- ① $T_H=900$ [K]、 $T_L=300$ [K] で $Q_H=300$ [kJ]、 $Q_L=100$ [kJ]、 $W=200$ [kJ] の場合
- ② $T_H=900$ [K]、 $T_L=300$ [K] で $Q_H=300$ [kJ]、 $Q_L=150$ [kJ]、 $W=150$ [kJ] の場合
- ③ $T_H=900$ [K]、 $T_L=300$ [K] で $Q_H=300$ [kJ]、 $Q_L=50$ [kJ]、 $W=250$ [kJ] の場合

(設問2) ブレイトンサイクルで最高圧力が 0.5 [MPa]、最高温度が 500 [°C]、初圧が 0.1 [MPa]、初温が 20.0 [°C] のとき、このサイクルの理論熱効率を求めよ。ただし、比熱比は 1.40 とする。また、求めた熱効率は同じ温度範囲で働くカルノーサイクルの理論熱効率の何%になるか示せ。

(設問3) ある理想気体が圧力 10.0 [MPa]、体積 1.0 [m³] の状態から、圧力 5.0 [MPa]、体積 1.8 [m³] の状態までポリトロープ変化した。ポリトロープ指数 n を求めよ。

専門 1 問 14 (反応工学)

(設問 1) 図 1 に示す流通式完全混合反応槽 (容積 $V = 1 \text{ m}^3$, 流量 $Q = 1 \text{ m}^3/\text{h}$) にて、A と B のふたつの物質が $2A \rightleftharpoons B$ の可逆反応に従い反応しており、A の反応速度 r_A は、A と B のモル濃度である C_A と C_B を用いて以下のように表すことができるとする。

$$r_A = -k_A C_A^2 + k_B C_B$$

条件(a) A と B が $C_{A0} = 12 \text{ mol/L}$, $C_{B0} = 2 \text{ mol/L}$ で流入しているとき、定常状態における A の流出濃度は $C_A = 4 \text{ mol/L}$ であった。

条件(b) A の流入濃度を変えず、B の流入濃度を $C_{B0} = 12 \text{ mol/L}$ に増やしたところ、定常状態における A の流出濃度は $C_A = 6 \text{ mol/L}$ と増加した。

以下の間に、有効数字 3 ケタで答えよ。単位も必ず付けること。

- (1) 条件(a)と(b)における物質 B の流出濃度をそれぞれ求めよ。
- (2) 反応速度定数 k_A と k_B を求めよ。
- (3) A の流入濃度が $C_{A0} = 8 \text{ mol/L}$ のときに、定常状態における A の流出濃度を $C_A = 4 \text{ mol/L}$ とするために必要な、B の流入濃度 C_{B0} を求めよ。

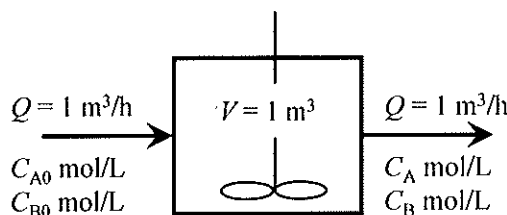


図1. 流通式完全混合反応槽

(設問 2) 代表的な水道水のカビ臭原因物質であるジェオスミン ($C_{11}H_{20}O$) を 100 ng/L 含む 20°C の水が、ジェオスミンを容積分率で 0.01 ppt 含む 20°C の気相と接触している。気相の全圧は 1 atm であり、 20°C におけるジェオスミンのヘンリー定数は $5.00 \times 10^{-8} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ である。なお、原子量を H: 1; C: 12; O: 16 とせよ。

- (1) この接触により、ジェオスミンは水側と気相側のどちらに移動するか? 必ず、根拠とともに答えよ。
- (2) 液相側基準の総括物質移動係数が $5 \mu\text{m/s}$ で、気液の接触面積が 10 m^2 である場合、1 秒あたりにジェオスミンは何 ng 移動するか? 有効数字 3 ケタで算出せよ。

専門1 問 15 (分離工学)

(1)

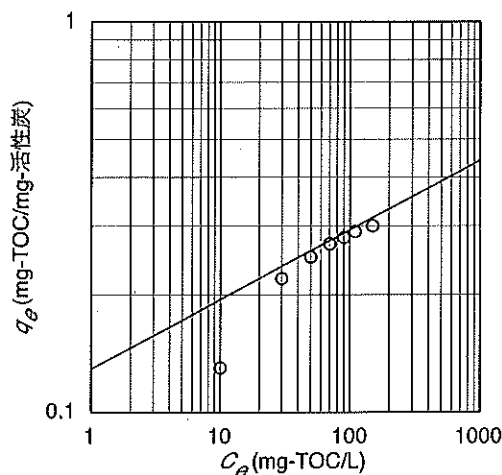
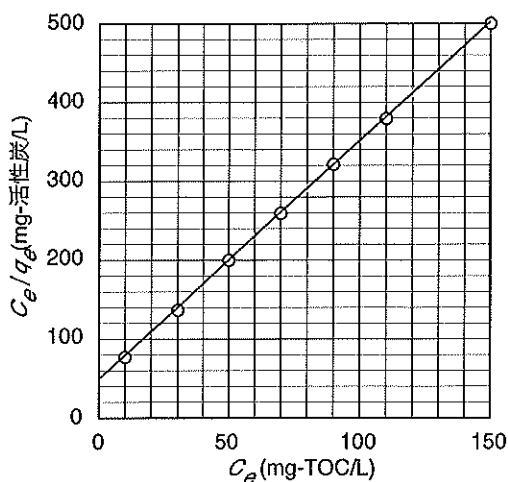
一般的な急速砂ろ過システム(凝集沈殿処理の後段に砂ろ過を配置)を用いた浄水処理を考える。凝集処理後の沈殿池においてフロッキュレーションは進行するか。進行の有無についてフロックの衝突機構に基づいて述べよ。凝集処理後の沈殿池におけるフロッキュレーション進行は望ましいことであるかどうか、理由を付して述べよ。

(2)

加圧浮上分離処理が沈殿処理に比べて優位性を発揮するのはどのような状況であるか、ストークスの式と関連させて述べよ。加圧浮上分離処理の弱点について述べよ。

(3)

活性炭を用いた下水中溶存有機物(TOCで濃度を測定)の活性炭による回分吸着実験を温度制御条件下で行い、以下のようなグラフを得ている。



C_e (mg-TOC/L) は平衡濃度、 q_e (mg-TOC/mg-活性炭) は平衡吸着量を表している。

ラングミュア型の吸着等温線は $q_e = \frac{aq_{max}C_e}{1+aC_e}$ 、フロイントリッヒ型の吸

着等温線は $q_e = bC_e^{\frac{1}{n}}$ で与えられる。式中の a 、 b 、 n 、 q_{max} は定数である。どちらの吸着等温線がより適合するか説明せよ。また、適合すると考える吸着等温式中の定数を求めよ。

専門 1 問 16 (環境統計学)

(設問 1)

二つの集団 (集団 1、集団 2) の母分散が等しいか (等分散か) を検定したい (有意水準 α)。集団 1 から得た標本の不偏分散を \hat{s}_1^2 、集団 2 から得た標本の不偏分散を \hat{s}_2^2 とするとき、 $F = \hat{s}_1^2 / \hat{s}_2^2$ は自由度 (n_1-1, n_2-1) の F 分布に従う (n は各標本のデータ数である)。以下の問いに応えよ。なお各集団の母分散は σ_1^2 、 σ_2^2 とせよ。

(1) 帰無仮説 (H_0) と対立仮説 (H_1) を示せ。

(2) 計算によって求められた F が図 1 の①の場合と②の場合の検定結果を示せ。

(3) F を計算する際には分子にとる不偏分散が大きいようにする。理由を述べよ。

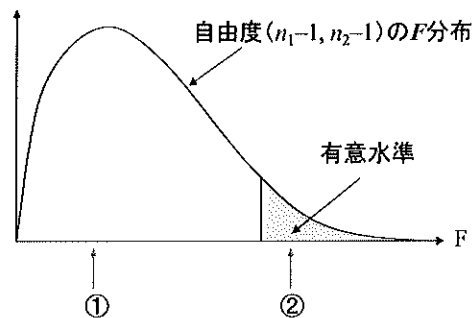


図 1

(設問 2)

ある工場の二つの反応タンク (A、B) での圧力をモニタリングしている。表 1 は各タンクの圧力 (MPa) のモニタリング結果である。

表 1 タンクの圧力(MPa)

タンク A	1.2	2.0	1.4	1.6	1.5	1.0	1.5	1.4
タンク B	2.2	2.5	2.0	3.0	2.4	3.2	3.0	2.8

(1) 各タンクの不偏分散 (\hat{s}_A^2 、 \hat{s}_B^2) を求めよ (小数点第 4 位まで)。

(2) 両タンクの圧力の分散が等しいかを判定したい。 F 値を計算し、有意水準 5% で検定せよ。なお、表 2 に $\alpha = 2.5\%$ と $\alpha = 5\%$ の、自由度の範囲を限定した F 分布表を示した。この表の値を使用せよ。

(設問 3)

ある海域において有機フッ素化合物の観測が行われている。これまでの調査から 100 回に 1 回の確率で有機フッ素化合物が検出されているという。今後の調査において、95%以上確率でフッ素化合物を少なくとも 1 回検出するには何回の観測を行えばよいか。

(設問 4)

二変数 (x, y) の回帰分析において、誤差変動、回帰変動、全変動とは何か。それぞれの関係を式で示すとともに、散布図を示して各変動の関係を示せ。式等で使用する文字を任意に定義して構わない。

表 2 F 分布表

$\alpha = 0.025$			
$\varphi_2 \backslash \varphi_1$	6	7	8
4	9.20	9.07	8.98
5	6.98	6.85	6.76
6	5.82	5.70	5.60
7	5.12	4.99	4.90
8	4.65	4.53	4.43
9	4.32	4.20	4.10
10	4.07	3.95	3.85
$\alpha = 0.05$			
$\varphi_2 \backslash \varphi_1$	6	7	8
4	6.16	6.09	6.04
5	4.95	4.88	4.82
6	4.28	4.21	4.15
7	3.87	3.79	3.73
8	3.58	3.50	3.44
9	3.37	3.29	3.23
10	3.22	3.14	3.07