

北海道大学大学院工学院修士課程
2023年4月入学ならびに2022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
2023年4月入学ならびに2022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)

次の正方行列 A および B について以下の問いに答えよ.

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

$$B = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

(設問1) 正方行列 $C = AB$ の行列式を求めよ.

(設問2) A の固有値を求めよ.

(設問3) 正方行列 $D = A + iB$ の逆行列を求めよ. ただし $i^2 = -1$ とする.

専門0 問2 (数学)

(設問 1) 次の関数の導関数を求めよ.

$$x \log x - x$$

(設問 2) 次の関数を x および y のそれぞれで偏微分した f_x と f_y を求め、それらについて点 $(2,3)$ における偏微分係数を求めよ.

$$f(x, y) = x^2 - 3xy^2 + 2y^3$$

(設問 3) 次の不定積分を求めよ.

$$\int \tan x \, dx$$

(設問 4) 領域 D に対する、次の2重積分を求めよ.

$$\iint_D (x^2 - xy) \, dx \, dy \quad D = \{1 \leq x \leq 4, 0 \leq y \leq 1\}$$

専門0 問3 (数学)

次の微分方程式を解け.

(設問 1)

$$\frac{dy}{dx} + \frac{y}{x} + x^2 = 0$$

(設問 2)

$$(x^2 + 2y^2) dx - (4xy) dy = 0$$

(設問 3)

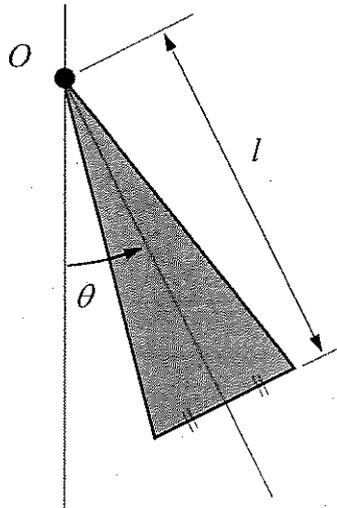
$$(x^2 - 2y) dx - (2x - y^2) dy = 0$$

(設問 4)

$$\frac{d^2y}{dx^2} - 3\frac{dy}{dx} - 10\sin x = 0$$

専門0 問4 (物理)

図のような薄い二等辺三角形の板の回転運動について考える。この板の質量を m とし、一様な密度で質量が分布しているとする。回転軸は O 点であり、図の上方向を鉛直上向きとして、回転運動は重力の作用の下、同一平面内で起こるとする。空気抵抗は無視し、回転軸周りの慣性モーメントを I 、重力加速度を g として以下の問いに答えよ。



(設問1)

図のように O 点を通る鉛直軸から三角形中心軸までの偏角を θ として、この板の回転運動を記述する微分方程式を導出せよ。

(設問2)

今、 θ_0 傾けた静止状態から回転運動を開始した。 θ が微小であるとして設問1で導出した微分方程式を解き、任意時刻 t における偏角 θ を求めよ。

(設問3)

任意時刻 t における力学的エネルギーを求め、それが保存することを示せ。設問2と同様に θ が微小であるとしてよい。また、 $\theta=0$ での位置エネルギーをゼロとして基準をとってよい。

専門0 問5 (物理)

海からは数十 μm 径の微細なしぶき(液滴)が絶えず発生している。しぶきの空気中での運動を単純化することにより、その運動を求めたい。次の仮定のもと、設問に答えよ。

液滴の鉛直速度を v (鉛直上方を正とする)、液滴の質量を m 、重力加速度を g とする。液滴が空気中で運動するとき、その運動を妨げる方向に抗力が働く。液滴が十分小さく、液滴内の流れが無視できるとし、液滴にかかる抗力は $-bv$ (b は定数)と表せる。液滴にかかる力は重力と抗力のみとし、液滴は鉛直方向にのみ運動する。時刻 $t=0$ において液滴が鉛直上方に向かって速度 v_0 で放出されたとする。

(設問1)

液滴の運動方程式を立てよ。

(設問2)

v の解を求めよ。

(設問3)

重力と抗力とが互いに相殺されるときを速度を終端速度と言う。液滴の終端速度 v_t を求めよ。

(設問4)

横軸を時間、縦軸を速度として、 v の時間変化を表すグラフを描け。液滴の初速度 v_0 、終端速度 v_t を図中へ書き込むこと。

専門0 問6 (物理)

(設問1) 熱力学の第2法則を言葉で説明せよ(200字以内)。

(文字、記号などの式で表現する必要はない)

(設問2) 図1のように温度 T_1 [K]の高温源から熱量 Q_1 をもらい、温度 T_2 [K]の大気中に熱量 Q_2 を捨てるカルノーサイクル機関 CI がある。また、CI で駆動される逆カルノーサイクル冷凍機 RCII を設け、熱量 Q_3 を冷凍室(温度 T_3 [K]) からとり、大気中に熱量 Q'_2 を捨てるものとする。以下の問いに答えよ。

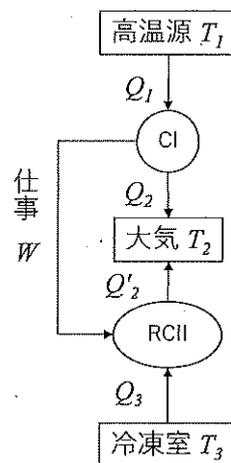


図1 カルノー機関 CI と逆カルノーサイクル冷凍機 RCII

a) 大気中に捨てられる全熱量 $Q_2 + Q'_2$ は、 $Q_1 + Q_3$ と等しいことを示せ。

b) Q_3 と Q_1 の比 (Q_3/Q_1) を、 T_1, T_2, T_3 を用いて表せ。

(設問3) 圧力 P_1 (0.4 MPa)、温度 T_1 (100°C) (状態1) の理想気体 1 kg が温度一定の下で受熱し圧力 P_2 (0.1 MPa) (状態2)、体積 V_2 まで膨張する。次に、圧力一定の下で排熱し、体積 V_3 (状態3) となる。その後、可逆断熱圧縮で下の状態(状態1)に戻る。なお、作動流体は気体定数 $R=287 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、比熱比 $\kappa=1.4$ の理想気体とする。以下の問いに答えよ。

a) このサイクルの P - V 線図を作成せよ。但し、 P - V 線図には数値の記載は必要なく、文字で示されればよい。

b) V_1 及び V_2 を求めよ。(体積の単位は m^3 、小数第3位まで)

c) 状態1から状態2への過程における受熱量 Q_{12} を求めよ。(熱量の単位は kJ、小数第1位まで)

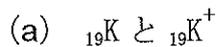
d) 状態2から状態3への過程において、状態3の温度 T_3 と排熱量 Q_{23} を求めよ。

(温度の単位は K、排熱量の単位は kJ、ともに小数第1位まで)

専門0 問7 (化学)

(設問1)

次の原子及びイオンの基底状態における電子配置を描きなさい。また、不対電子の数を記しなさい。



(設問2)

次の結晶は、どの結晶分類（イオン結晶、分子結晶、共有結合の結晶、金属結晶）になるか答えなさい。

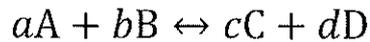
SiO_2 , Mg , CsCl , I_2 , B , H_2O

(設問3)

SnCl_2 、 C_2H_2 と NH_3 の形を混成軌道によって説明しなさい。

専門0 問8 (化学)

設問1) 定温、定圧で、純水中に存在する物質 A、B、C および D は次の化学反応に従うものとする。



a 、 b 、 c および d は量論係数である。この反応は一段階で完了する反応である。この反応の平衡定数を導出せよ。

設問2) 純水 200mL に酢酸ナトリウム塩 (CH_3COONa) 166mg を添加した。この溶液の pH を有効数字 3 桁で求めよ。

ただし、酢酸の酸性度定数を K_a とし $\text{p}K_a = 4.76$ とする。水のイオン積は 1.00×10^{-14} とする。水の活量は 1.00 とする。各元素の原子量は次の通りとする。H:1、C:12、O:16、Na:23

設問3) 最初、放射性同位元素が 64.0mg あった。この元素は一次反応に従い壊変する。12 分後には元素の残量が 10.0mg となった。

- (1) 反応の速度定数を有効数字 3 桁で求めよ。
- (2) 半減期の値を有効数字 3 桁で求めよ。
- (3) 元素の残量を縦軸、経過時間を横軸としたグラフをきれいに描け。

北海道大学大学院工学院修士課程

2023年4月入学ならびに2022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
2023年4月入学ならびに2022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

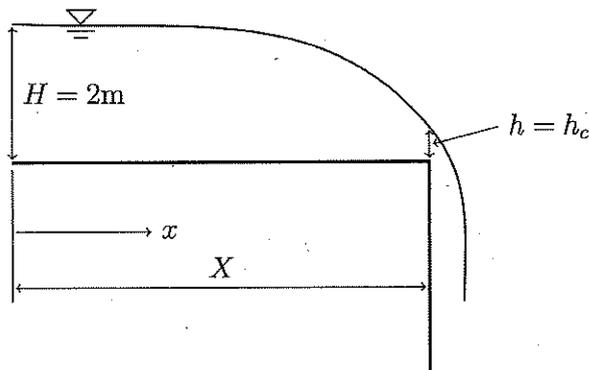
流下方向に川幅一定の開水路における渐变流の水面形方程式は次式で表される。

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{i - \frac{Q^2}{C^2 A^2 R}}{1 - \frac{Q^2}{g A^3} \frac{\partial A}{\partial h}} \quad (1)$$

ただし、 i は河床勾配、 x は流下方向距離、 Q は流量、 A は断面積、 B は水路幅、 g は重力加速度、 R は径深、 C はシェジの摩擦係数である。

流量 $Q=10\text{m}^3/\text{s}$ で、水路は水路幅 $B=10\text{m}$ の長方形断面の場合、下記の問いに答えよ。ただし断面は広長方形断面として扱えるものとする。

- (1)式で分母=0となる時の水深が限界水深 h_c である。この h_c を単位幅流量 $q(=Q/B)$ と重力加速度 g で表せ。
- (1)式を用いて、河床勾配が水平の場合の広長方形断面における水面形方程式を誘導せよ。
- 流れが常流の場合、下図における距離 X を求めよ。ただし、シェジの摩擦係数 $C=2.0$ とし、上流端 ($x=0$) での水深は $H=2\text{m}$ 、下流端では水面が自由落下し、この点で水深が限界水深 h_c になるものとする。



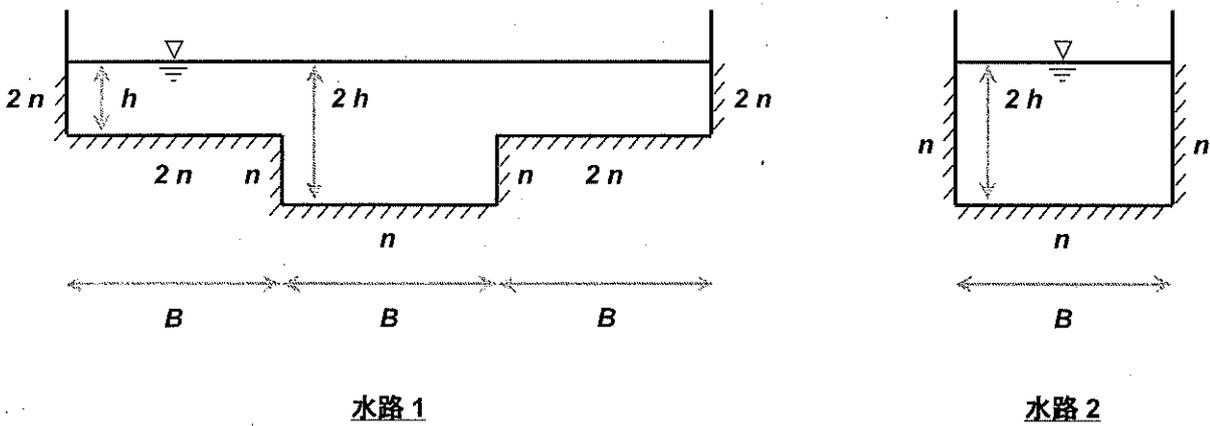
専門1 問2 (流体工学)

(設問1) 水路幅 $B = 1.1 \text{ m}$ の可変勾配の長方形断面水路において、流量 $Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ で水が等流状態で流れている。次の小問に答えなさい。但し、水路床のマニングの粗度係数は $n = 0.017 \text{ s/m}^{1/3}$ 、重力加速度は $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、答えは有効数字3桁で求めることとする。

(小問1) 限界水深と限界流速を求めよ。

(小問2) 流量 $Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$ を維持した状態で水深を 0.35 m にする場合の水路床勾配を求めよ。

(設問2) 図に示すような断面を有する水路1及び水路2において、水が等流状態で流れている。水路1における流量 Q_1 と水路2における流量 Q_2 の比 (Q_1/Q_2) を求めよ。但し、水路1及び水路2の水路床勾配は等しく、水路幅 B は水深 h に比べて十分大きいものとし、答えは有効数字3桁で求めることとする。なお、図の n はマニングの粗度係数を示す。

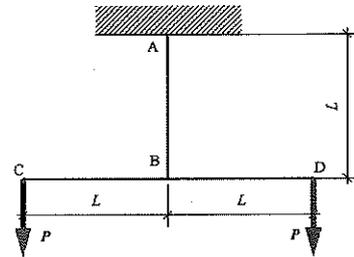


専門1 問3 (構造力学)

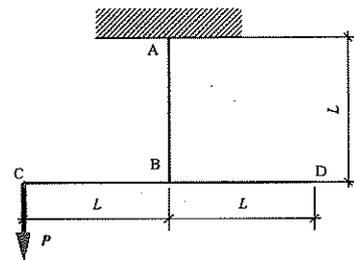
(設問1)

逆 T 型の構造物が天井から吊り下げられており、部材の曲げ剛性は EI で一定とする。曲げ変形のみを考慮して、以下の問いに答えよ。

- (1) 図-1 (a) の荷重状態における曲げモーメント図を示せ。
- (2) この時の C 点における鉛直方向変位量はいくらか。
- (3) また、C 点でのたわみ角を求めよ。
- (4) 次に、D 点に作用していた荷重のみを除去して、図-1 (b) の状態になった。B 点での水平方向変位量はいくらか。変位方向も示すこと。
- (5) この時の D 点での鉛直方向変位量と変位方向を示せ。
- (6) その結果、C 点での鉛直方向変位量はいくらになるか。



(a)



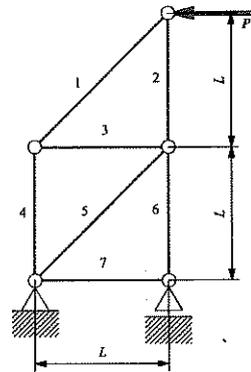
(b)

図-1

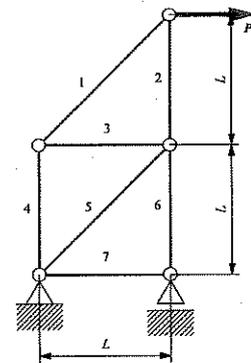
(設問2)

図-2 に示すように、1~7 の 7 つの部材により構成されるトラスについて、以下の問いに答えよ。ただし、弾性係数 E と断面積 A はすべての部材で同じとする。

- (1) 図-2 (a) の状態の時、最大の引張力が作用するのはどの部材で、その大きさはいくらか。
- (2) 同様に、図-2 (a) の状態の時、最大の圧縮力が作用するのはどの部材で、その大きさはいくらか。
- (3) 図-2 (a) の状態から荷重強度を上げていった結果、 P が 100 kN に達したとき、圧縮部材の座屈により崩壊した。もし、荷重の作用方向が図-2 (b) の状態であれば、圧縮力により最初に座屈するのはどの部材になるか。
- (4) その時にこの構造物の頂部に作用している集中荷重の大きさはいくらになるかと推定されるか。



(a)



(b)

図-2

専門 1 問 4 (土の力学)

粘土層が地表面から深さ 10.0m の位置にある透水性の砂礫層まで均質に堆積している。この粘土層の間隙比は 2.1、土粒子の密度は 2.62g/cm^3 であった。また、地下水面と地表面は一致しており、水の単位体積重量は 9.80kN/m^3 とする。以下の設問に答えなさい。

- (設問 1) この粘土層の飽和単位体積重量 (kN/m^3) と乾燥単位体積重量 (kN/m^3) を求めよ。
- (設問 2) 地表面から深さ 5m の A 点における鉛直有効応力 (kN/m^2) と間隙水圧 (kN/m^2) を求めよ。
- (設問 3) A 点より採取した乱さない試料 (厚さ 2cm) について圧密試験 (両面排水) を実施したところ、試験開始から 10 分間で圧密度は 50% に達した。また、体積圧縮係数 $m_v=0.0012\text{m}^2/\text{kN}$ が得られた。この粘土層の透水係数 (m/s) を求めよ。ただし、圧密度 50% に対する時間係数として $T_v=0.197$ を利用してよい。
- (設問 4) この粘土層 (層厚 10m) が鉛直方向に一次元圧密する場合、圧密度が 50% に達するのに要する日数 (day) を求めよ。
- (設問 5) A 点より採取した乱さない試料について、正規圧密条件および過圧密条件でそれぞれ非排水せん断試験を実施した。この際、両試験結果にどのような違いが現れるかを強度定数 (粘着力、せん断抵抗角) の観点から説明せよ。

専門1 問5 (岩の力学)

(設問1) 無限弾性体中の長さ10 mmの亀裂に垂直に10 MPaの応力が作用している。亀裂先端の応力拡大係数($\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$)を求めよ。

(設問2) ある崖の変位は、2月3日の14時に10.0 mm、15時に15.0 mm、16時に20.3 mmであった。この崖の崩壊時刻を、インバースベロシティ法を用いて何月何日何時何分まで予測せよ。

(設問3) 岩石の変形・破壊挙動に与える水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)

下図に示す複鉄筋コンクリート長方形断面が曲げと軸圧縮力を受けて釣合破壊した。このとき各設問に答えよ。

ただし、コンクリートの圧縮強度は 24 N/mm^2 、鉄筋の降伏強度は圧縮・引張とも 400 N/mm^2 、鉄筋のヤング係数は圧縮・引張とも 200 kN/mm^2 、鉄筋の断面積は $A_s = A'_s = 500 \text{ mm}^2$ である。

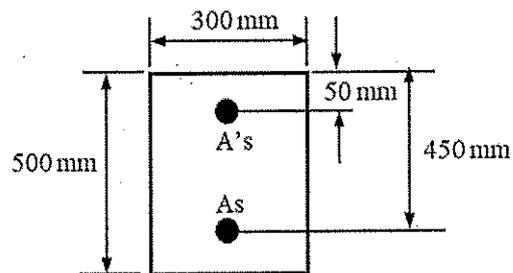


図 複鉄筋コンクリート長方形断面

(設問1) 釣合破壊について説明せよ。

(設問2) 耐荷力の計算に必要な基本的な仮定を3つ述べよ。

(設問3) 破壊時の曲げモーメント (M_u) および軸圧縮力 (N'_u) 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7 (計画数理学)

(設問1)

工学において現象の不確定性を確率・統計を用いて分析することが重要となる。なぜ、工学において現象の不確定性を分析することが重要なのか、その理由について簡単に記述せよ。

(設問2)

あるルートに路線バスが運行されており、いくつかの中間停留所をもつ場合を考える。ある中間停留所へのバスの到着を以下の3つの状態に分類する。

1 : 早く到着する、2 : 予定通り到着する、3 : 遅れて到着する

ある中間停留所への到着の状態は前の停留所への到着の状態に依存すると仮定し、その遷移確率行列は次のような値を持つものとする。長時間の運行ののち、中間停留所への到着が遅れる確率を求めよ (結果に至る経過を必ず記載すること)。

$$\begin{array}{l} \text{次の状態} \quad 1 \quad 2 \quad 3 \\ \text{前の状態 1} \quad p = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.7 \end{bmatrix} \\ \text{前の状態 2} \\ \text{前の状態 3} \end{array}$$

(設問3)

いま、単位時間に ν 人の客がポアソン分布で到着すると考える。 t 時間に x 人の客が到着する確率は、

$$f(x) = \frac{(\nu)^x}{x!} \exp(-\nu)$$

と表される。以下の (1) から (3) の間に答えよ。

- (1) t 時間に客が到着しない確率求めよ (式で示すこと)。
- (2) t 時間に少なくとも一人の客が到着する確率を求めよ (式で示すこと)。
- (3) (2) の確率は、事象間 (客の到着) の再帰時間を表す指数分布の CDF (累積分布関数) となる。この指数分布の PDF (確率密度関数) を求めよ (式で示すこと)。

(設問4)

メーカーが公表しているA車(乗用車の名称)の燃費は、20.0(km/l)であった(母分散未知)。A車のレンタカー10(台)を用いて、燃費を計測した。その結果、平均値19.0(km/l)、不偏分散8.0((km/l)²)となった。以下の①と②について記述せよ。

①「公表されている燃費の妥当性を検証する統計的検定の過程の詳細」

②「検定したことにより得られる結論」(注:計算結果が得られたと仮定)

なお、公表された燃費を計測したときの走行条件と今回の計測のときの走行条件は同一とする。

(設問5)

以下の制約条件で、 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」をステップ毎に解答用紙に記述すること。

$$z = 3x_1 + 4x_2$$

subject to $x_1, x_2 \geq 0$ and

$$3x_1 + 2x_2 \leq 12$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 8$$

以上

専門1 問8 (地質学基礎)

(設問1)

堆積岩はその構成物質の形成過程の違いにより、碎屑性、火山碎屑性、(生物)化学性の3種類に大別される。これらの違いについて説明し、またそれぞれについて例として岩石名を挙げよ。

(設問2)

石油鉱床の形成プロセスについて、3つの重要な地質学的要素を用いて説明せよ。

(設問3)

同位体は、時間とともに放射線を出しながら一定の割合で壊変していく放射性同位体と時間によって変化しない安定同位体に分類される。以下の問いに答えよ。

(3-1) 放射性核種である親元素 P の時間変化は、閉鎖系の条件下ではその時の存在量に壊変定数 λ を乗じたものに等しくなる。これを数式で表せ。また、また親元素 P の存在量が半分になるまでにかかる時間を半減期 $t_{1/2}$ と呼ぶが、半減期 $t_{1/2}$ を壊変定数 λ を用いて表せ。

(3-2) 放射性同位体を用いた年代測定法には、(a)地球形成時から存在していた長寿命放射性核種、および (b)宇宙線などによって常時環境中で生成される中～短寿命放射性核種を用いる方法がある。(a)と(b)について用いられる放射性同位体とその質量数とともに一例ずつ示せ。

(3-3) 安定同位体は、天然環境における物質の起源や反応条件・過程を明らかにするのに用いられる。一般的に安定同位体比は、試料の同位体比を標準物質の同位体比に対する千分率偏差で表したデルタ(δ)値で表現する。水素の同位体比 (δD 値)の標準試料となっている SMOW, 炭素の同位体比 ($\delta^{13}C$ 値)の標準試料となっている PDB とは何か説明せよ。また, SMOW の水素同位体比 D/H を R_s , 試料の水素同位体比を R_A としたときに, δD の定義を式で表せ。

(3-4) 天然ガス中のメタンには堆積物中の有機物が熱分解したものとメタン生成菌などのよって生成された生物起源のものがあると考えられている。これらの起源が異なる水素と炭素の安定同位体比の傾向について説明せよ。

専門 1 問9(地質学基礎)

地殻の基本構成要素である鉱物とその集合体である岩石に関する以下の設問に答えよ。

(設問 1) 鉱物の風化に対する抵抗度は、その鉱物の結晶構造と化学組成によって決まる。例えば、石英は、かんらん石に比べ風化に対する抵抗度が高く、岩石が完全に土壌化しても残存している割合が高い。また、長石は、石英と類似の構造を有するが風化に対する抵抗度は低く、風化作用を被ると粘土鉱物に変化しやすい。以上のようなかんらん石と石英、長石と石英の風化に対する抵抗度の違いを、以下の用語をすべて使って説明しなさい。ただし、用語は何回使用してもかまわない。使用したらアンダーラインを引くこと。

ネソケイ酸塩鉱物、 SiO_4 の四面体、アルミニウム、電気陰性度、共有結合、
テクトケイ酸塩鉱物、イオン結合、 AlO_4 の四面体、シリコン、酸素

(設問 2) 以下の文章の空欄(ア-コ)に最も当てはまる単語を下の①-⑩から選び、解答用紙に空欄の記号-単語番号(例えば(ア)-①、(イ)-③のように)を記述しなさい。

鉱物の集合体を岩石(Rock)という。地殻構成の一つの基本単位であり、成因と化学組成によって分類される。成因の違いにより(ア)(Igneous Rock)、(イ)(Metamorphic Rock)、(ウ)(Sedimentary Rock)に区分される。

(ア)とは(エ)(高温の珪酸塩を主とする溶融体)が固結しできた岩石をいう。(エ)が固結するとき水や二酸化炭素などの揮発性物質は(エ)から抜けていくが揮発性物質の量は少量であり、(エ)と珪酸塩溶融体とは近似的には同じとみなせる。それらの冷却過程の違いにより(オ)と(カ)が区別される。このうち、等粒状組織を有するのは(カ)である。(エ)は地下にある状態を指し、それが地表に流れ出すと(キ)という。

(エ)から冷却などの物理化学条件の変化によって鉱物が晶出し、(エ)組成が変化していく。一般的に(エ)から(ク)や(ケ)は早期に晶出し、ネソケイ酸塩鉱物の(ク)はマグマに比べてシリカ分が少ないため、(エ)はこの結晶分化作用が進むにつれてしだいにシリカ分に富んでくる。その後、含水鉱物である(コ)や黒雲母が晶出し、次に長石、石英が(エ)から晶出する。結晶分化作用の程度の違いで、シリカ分の異なる(エ)が生成する。これら組成の異なった(エ)より各種の岩石ができる。

- ① 溶岩、②かんらん石、③堆積岩、④深成岩、⑤火山岩、
⑥輝石、⑦火成岩、⑧角閃石、⑨変成岩、⑩マグマ

専門1 問10(物理化学)

(設問1) ΔG_r に関する次の記述について、空白部に入る適切な単語(文章ではない)を答えなさい。
 ΔG_r は反応の(ア)を示す熱力学的指標であり、値が(イ)であれば、反応は自発的に進行すると見なせる。生命活動を考えた場合、(ウ)反応は概して ΔG_r が負の値を取る。 ΔG_r は一定ではなく、反応に関わる物質の(エ)といった条件によって変化する。 ΔG_r から反応が自発的に進行すると判定されても、原料を混合しただけでは反応が生じない場合がある。これは反応を開始させるためにエネルギーが必要であるからであり、このエネルギーを(オ)エネルギーと呼ぶ。酵素はこのエネルギー値を下げ、反応を開始させやすくする働きを持ち、こうした働きをもつ分子を(カ)という。

(設問2) エタノール(C_2H_6O)発酵について、酢酸(CH_3COO^-)と水素(H_2)ガスが生成物である場合の ΔG_r° [kJ/mol-エタノール]を算出し、 ΔG_r° の値と発酵反応が自発的に進行しうるかを答えなさい。
 ΔG_f° [kJ/mol]には以下を用いなさい。

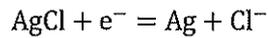
エタノール: -181.75、 酢酸: -369.41、 H_2 : 0、 H_2O : -237.17、 H^+ : -39.83 (pH7)

CO_2 : -394.4、 CH_4 : -50.75

(以上)

専門1 問11 (物理化学)

設問 以下の電極反応に関して問に答えよ。ただし、温度 T は 298 K, 標準電極電位 E° は $+0.222\text{ V}$, 気体定数 R は $8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, ファラデー定数 F は $96485\text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ とする。



- (1) 電極電位 E を表す Nernst の式を示せ。ただし、化学種 i の活動度は a_i とする。
- (2) 標準電極電位 E° と反応のギブスエネルギー変化 ΔG° の関係を示せ。
- (3) 反応のギブスエネルギー変化 ΔG° を関連する化学種 i の標準生成ギブスエネルギー ΔG_i° を用いて表せ。また、塩化銀の標準生成ギブスエネルギー $\Delta G_{\text{AgCl}}^\circ$ の値を求めよ。ただし、塩化物イオンの標準生成ギブスエネルギー $\Delta G_{\text{Cl}^-}^\circ$ は $-131.2\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ である。
- (4) 飽和 KCl 水溶液中の電極電位 E は 0.199 V であった。この水溶液中の塩化物イオンの活動度 a_{Cl^-} の値を求めよ。
- (5) 全てのイオン種の活動度係数を 1 と仮定して、塩化カリウムの溶解度積 K_{sp} の概算値を求めよ。

専門1 問12 (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) フランシス・クリックが1958年に提唱した分子生物学の中心教義“セントラルドグマ”について説明しなさい。しかし、1970年代にある発見により、当初のセントラルドグマは修正を余儀なくされた。どのような発見があったのか2つ例を挙げなさい。

(設問3) 細菌がグルコース1分子を好気呼吸により二酸化炭素に完全に酸化分解した場合、3つの過程を経て、ATPが合成される。その3つの過程を示し、各過程から何分子のATPがどのように生成されるか説明しなさい。

(設問4) DNAとRNAの構造および化学的性質の違いを説明しなさい。また、機能の違いも述べなさい。

(設問5) 次の語句を説明しなさい。

- ① 湖沼の富栄養化
- ② 酸化的リン酸化
- ③ 制限酵素
- ④ 岡崎フラグメント
- ⑤ Monod式

専門1 問13 (熱力学)

(設問1) 逆カルノーサイクルを用いたヒートポンプにより部屋の暖房を行う。部屋(高温熱源)の温度を $27[^\circ\text{C}]$ 、ヒートポンプの室外機(低温熱源)の温度を $0[^\circ\text{C}]$ としたとき、このヒートポンプの成績係数を求めよ。また、この暖房を動作させるのに必要な動力が $1.0[\text{kW}]$ のとき、部屋の中を暖房する能力(1時間当たり部屋に供給する熱量 $[\text{cal/h}]$)を求めよ。なお、 $1[\text{cal}]=4.19[\text{J}]$ である。

(設問2) 空気を動作ガスとするブレイトンサイクル(断熱圧縮→等圧加熱→断熱膨張→等圧冷却)がある。サイクル開始の圧力が $0.1[\text{MPa}]$ で温度 $27[^\circ\text{C}]$ であり、サイクルの最高圧力が $2.0[\text{MPa}]$ で最高温度が $1500[^\circ\text{C}]$ であるとき、理論熱効率を求めよ。また、空気が 1kg 当たり受け取る熱量と排出する熱量も求めよ。なお、空気の定積比熱を $727[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$ 、比熱比 κ を 1.4 とする。

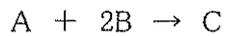
専門1 問14 (反応工学)

設問1

アンモニア(200 ppm, 容積分率)を含む 10 L の空気(0.125 MPa, 27 °C)を 100 mL のアルカリ水に接触させ, アンモニアを水に吸収させたとき, 水中のアンモニア濃度がゼロから 3 mg-N/Lに増加した. 空気に含まれていたアンモニアの何%が水に吸収されたか. ガス定数は $8.314 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} / (\text{mol} \cdot \text{K})$, アンモニアのヘンリー定数(気相濃度の単位は Pa, 水相濃度の単位はモル分率)は $0.00278 \times 10^8 \text{ Pa}$ とする.

設問2

容量 1 m^3 , 流量 10 L/min の完全混合容器で, 次のような物質 A,B,C に関する定容定圧反応を生じさせる.



流入濃度 A: 5 mmol/L , B: 5 mmol/L , C: ゼロのとき, 定常状態における出口の C の濃度が 1 mmol/L と計測された.

A の反応速度 r_A は,

$$r_A = -k C_A C_B^2$$

で表される.

ここで, C_A , C_B はそれぞれ A, B の濃度, k は反応速度定数である.

出口の C の濃度を 2 mmol/L にするための流量を求めよ.

専門1 問15 (分離工学)

(1) 以下の文章の空欄を埋めよ。

浄水処理において、活性炭吸着は (①) や (②) などの除去に用いられる。活性炭吸着処理の設計や解析に用いられるのが吸着等温式である。吸着等温式の代表的なものとして、 $q = aC^{1/n}$ で表される (③) 式があげられる。(③) 式中、 q は (④)、 C は (⑤) を表し、 a および $1/n$ は定数である。吸着等温式には (③) 式の他に (⑥) 式なども用いられる。活性炭吸着処理には粒状活性炭を用いる方法と、粉末活性炭を用いる方法がある。粒状活性炭を充填した吸着塔に通水して処理を行う場合、ある時点から処理水中の除去成分濃度が急激に上昇する (⑦) と呼ばれる現象が問題となる。

(⑦) 時間を予測するために、吸着等温式で見積もる理論的吸着量と、除去成分の活性炭吸着塔における除去量が等しいと考えて求めることがある。被除去成分の吸着塔流入濃度は一定で C_a 、被除去成分の吸着塔流出濃度は運転開始直後ゼロであったものが直線的に増加し、(⑦) 発生時点で C_b に達したものとする。活性炭吸着塔への流入流量は一定で Q 、(⑦) 到達までに要した時間を t_b とすれば、(⑦) 発生までに活性炭吸着塔で吸着された被除去成分の総量は (⑧) で表される。

回分吸着処理における活性炭の必要注入量も吸着等温式から見積もることができる。下水中の全有機炭素 (TOC) 濃度が 20 g/m^3 であり、これを活性炭吸着により 1 g/m^3 まで低減させる場合を考える。除去対象とする有機物の活性炭吸着は (③) 式で表されるものとする。式 $q = aC^{1/n}$ 中の係数 a および $1/n$ はそれぞれ $0.11 (\text{g/g})(\text{m}^3/\text{g})^{1/n}$ 、 0.81 であることがわかっているとき、必要となる活性炭注入量 (有効数字二桁) は (⑨) である。

(2) アルミニウム塩を用いた凝集処理を行う場合、濁質の除去で最適となる pH と色度成分のような有機物の除去に対して最適となる pH は異なる。この理由を説明せよ。

(3) 表面負荷率、多階層沈殿池、傾斜板沈殿池について説明せよ。

専門1 問16 (環境統計学)

(設問1)

以下の文中の番号が記載されている箇所について、数式もしくは値を答えよ。

「正規母集団 $N(\mu, \sigma^2)$ から大きさ n の標本を取り出す。この標本の標本平均 \bar{X} は正規分布 N (①, ②) に従う。従って、規準化された変数 $Z =$ ③ の確率分布は N (④, ⑤) に従う。また、母平均 μ 、母分散 σ^2 の(任意の分布の) 母集団から大きさ n の標本の標本平均 \bar{X} に対して、規準化された確率変数 $Z =$ ③ の確率分布は、 $n \rightarrow \infty$ の時、 N (⑥, ⑦) に収束する。」

(設問2)

ある工場で生産する水質測定器は10000台に1台の割合で不良品が生じているという。生産ラインから100台を抽出したとき、少なくとも1台の不良品が見つかる確率を求めよ。

(設問3)

ある反応容器では反応温度が平均 80°C 、標準偏差が $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内で制御される必要がある。確認のために温度を5回測定した結果、以下の結果を得た。この容器は標準偏差が $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内に有るといえるか。有意水準5%で検定せよ。

測定温度 ($^\circ\text{C}$) : 78 81 79 83 80

(1) 以下を算出せよ。

- ① 標本平均
- ② 標本分散
- ③ 標本不偏分散
- ④ 変動係数

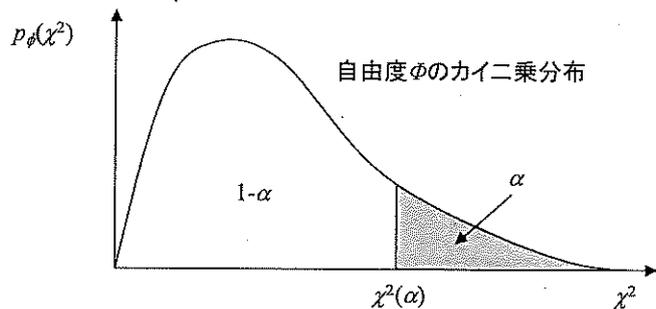
(2) 本検定の帰無仮説を示せ。

(3) 本検定の対立仮説を示せ。

(4) 母集団が正規分布に従う場合、 $\chi^2 = n \frac{s^2}{\sigma^2}$

は自由度 $n-1$ のカイ二乗分布に従う(ここで、 χ^2 : カイ二乗値、 n : 標本数、 s^2 : 標本分散、

σ^2 : 母分散である)。図1はカイ二乗分布表である。図1の表を参考に検定せよ。なお本容器の温度は正規分布に従うとする。



自由度 ϕ	α					
	0.995	0.975	0.95	0.1	0.05	0.025
3	0.0717	0.216	0.352	6.25	7.81	9.35
4	0.2070	0.484	0.711	7.78	9.49	11.14
5	0.4117	0.831	1.145	9.24	11.07	12.83
6	0.6757	1.237	1.635	10.64	12.59	14.45

図1 カイ二乗分布