

北海道大学大学院工学院修士課程
平成 31 年度ならびに平成 30 年度 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。

専門0 問1 (数学)

次の正方行列 A について以下の問いに答えよ. ただし m および n は, $3m + n \neq 0$ を満たすそれぞれ 0 でない実数とする.

$$A = \begin{pmatrix} m+n & m & m \\ m & m+n & m \\ m & m & m+n \end{pmatrix}$$

(設問 1) A の行列式を因数分解せよ.

(設問 2) A の逆行列を求めよ.

(設問 3) $m = 1, n = 1$ であるとき, A の固有値を求めよ.

専門0 問2 (数学)

次の微分方程式を解け.

(設問 1) $(xy^2 + y^2)dx + (x^2 + x^2y)dy = 0$

(設問 2) $2xy' - y = y^3 \log x$

(設問 3) $(\sin 2\theta - 2r \cos \theta)d\theta = 2dr$

専門0 問3 (数学)

(設問1) 以下を証明しなさい。

n を有理数とする。このとき、 x^n は微分可能で、

$$(x^n)' = nx^{n-1}$$

となる。

(設問2) 次の二次導関数を求めなさい。

$$y = \log(\sin x)$$

(設問3) $\sin x$ を $x=0$ でテーラー展開しなさい。

(設問4) 次を積分しなさい。

$$\int_0^a \frac{x}{\sqrt{a^2 - x^2}} dx$$

専門0 問4 (物理)

図1に示すような半径 L [m] の半円状の断面を持つ面を、半径 R [m]、質量 M [kg] の球体が転がりながら（滑らずに）半円の内側を運動する。重力加速度を g [m/s²]、球体の慣性モーメントを cMR^2 (c は定数) として、以下の設問に答えよ。

(設問1) 図1の地点A（半円の頂点）で、球体から手をはなす。地点B（半円の底）に球体が到達した際の、球体の質量中心の水平速度を求めよ。

(設問2) 球体の質量中心の速度の絶対値を、図中の θ (ラジアン) の関数として表せ。なお、 θ は鉛直方向を基準とした角度である。

(設問3) 球体の質量中心の運動について、円の接線方向の加速度を図中の θ の関数で表せ。

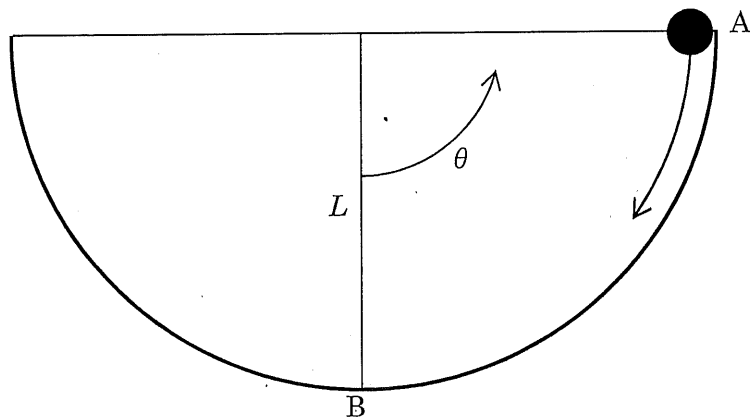


図1 半円状の断面の内側を転がりながら運動する球体

専門0 問5 (物理)

図1のように質量 m の質点を初速度 0 で $t=0$ において高さ H から自由落下させる。このとき以下の設問に答えよ。なお、上向きの変位を z とし、重力加速度は g とする。

(設問1) 自由落下が空気中で起きるものとし、空気抵抗を無視する場合、自由落下開始時点から質点が高さ 0 の地点に至るまでの時間 t_1 と、その時点での速度 v_1 を求めよ。

(設問2) 自由落下が粘性流体の中で起きるものとし、質点には速度 v に対し $-c \times v$ (c : 定数) なる力がはたらくものとする。このとき、 z を未知数とする運動方程式 (2 階の微分方程式) をたてよ。

(設問3) 上記の条件下では、十分に時間が経つと速度 v は一定値 (終局速度) v_t に収束することが知られている。その収束値を示せ。

(設問4) 設問2の運動方程式を解き、 z を時間 t の関数として示せ。ここで、自由落下開始時点を $t=0$ とする。

*運動方程式を解くにあたり、以下の点に留意するとよい。

解は、重力がない場合の解 (斉次解) と、設問3の状況 (終局状態) に対応する非斉次解の和で表される。

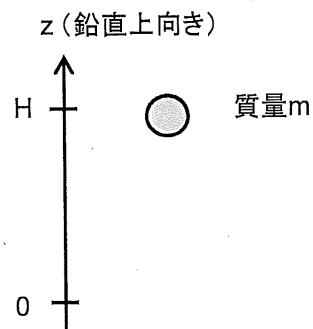
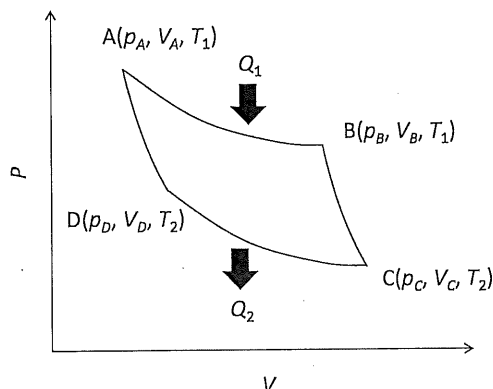


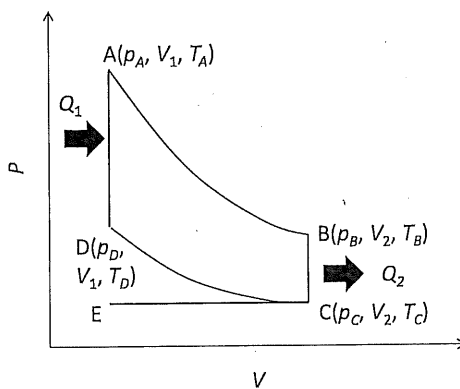
図1

専門0 問6 (物理)

設問1) カルノーサイクルとオットーサイクルの違いについて、次の空欄に当てはまる言葉を下記の「空欄に当てはまる言葉の候補(複数回利用可)」から選択せよ。ただし、 p : 圧力、 V : 体積、 Q_1 : 吸収熱量、 Q_2 : 排熱量である。



A) カルノーサイクル



B) オットーサイクル

カルノーサイクルでは、まず $A \rightarrow B$ の (①) を行う。ここでは、理想気体の (②) は変わらず、高熱源から熱 Q_1 をもらい、理想気体は外へ (③) をする。次に $B \rightarrow C$ の (④) において、理想気体は、(⑤) を使い、膨張して、温度を (⑥) から (⑦) に下げる。 $C \rightarrow D$ の (⑧) では、熱 $|Q_2|$ (絶対値) を排熱する。最後に、 $D \rightarrow A$ の (⑨) では、外部から受けた (⑩) の分だけ (⑪) を増加させ、温度が (⑫) から (⑬) へと変化し、元の出発点 A に戻る。

オットーサイクルは、(⑭) エンジンのモデルであり、出発点 (⑮) にある混合気体を (⑯) して点火する。点火後は、瞬時の燃焼が起こり、(⑰) に圧力を上昇させる。次いで、気体が (⑱) し、ピストンを動かして (⑲) をする。その後、排気弁を開き、(⑳) に圧力を下げて排気する。

空欄に当てはまる言葉の候補 (複数回利用可)

断熱膨張、断熱圧縮、等温膨張、等温圧縮、定積的、定圧的、定温的
自由エネルギー、内部エネルギー、仕事

p_A 、 p_B 、 p_C 、 p_D 、 T_1 、 T_2 、 V_A 、 V_B 、 V_C 、 V_D 、 T_A 、 T_B 、 T_C 、 T_D 、 V_1 、 V_2
水素、ガソリン、ディーゼル、内燃、 A 、 B 、 C 、 D 、 E

設問2) カルノーサイクルの効率 η_c は、 $\eta_c = 1 - T_2/T_1$ で与えられる。本設問では、以下の順序でオットーサイクルの効率 η_o を求めよ (1 mol の理想気体とする)。なお、前設問の B) オットーサイクルの図中の文字を使用すること。

① Q_1 を、定積比熱 c_v を用いて示せ。

② 同様に Q_2 を、定積比熱 c_v を用いて示せ。但し、排熱する熱量として求めるので、正の値となるように求めよ。

③ このオットーサイクルの効率 η_o を温度 T のみの関数として求めよ (温度しか用いてはいけない)。

④ 「断熱過程では $TV^\gamma = \text{一定}$ 」という条件を使って、効率 η_o を体積 V の関数として求めよ。但し、 γ は比熱比である。

専門0 問7 (化学)

[設問 1]

結晶では、原子、分子、イオンが単独またはこれらの粒子が複数個集まった状態で周期的に配列している。この周期的な配列を理解するために、原子に相当する球を空間に充填することを考える。平面に同じ大きさの球を最も密に並べ、この上にさらに同様な密な面を重ねていく。

1-1 六方最密充填構造と、立方最密充填構造（面心立方格子）をとるときの、球の空間配置の違いを説明しなさい。（絵を使ってもよい）

1-2 塩化ナトリウム型の結晶構造の名称と、イオンの配位数を書きなさい。

1-3 イオン結合の特徴を書きなさい。

[設問 2]

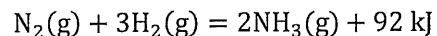
水素原子を含む化合物の内、 CH_4 の沸点が、 NH_3 、 H_2O 、 HF と比較して低い理由を200字程度で説明しなさい。

専門 0 問 8 (化学)

設問 1 物質 A は加熱により一次反応的に分解される。この物質を 100 °C で熱したところ、24 時間で 20% が分解された。一方、反応温度を 200 °C に上げると、24 時間で 50% が分解された。この物質を 24 時間で 90% 分解するために設定すべき温度を求めたい。なお、この分解反応はアレニウス式に従うものとする。また、気体定数は $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とし、絶対温度 (K) = $t^{\circ}\text{C} + 273$ とせよ。解答は、有効数字 3 ケタとし、必ず単位を付けること。

- (1) 100 °C と 200 °C における分解速度定数 k_1, k_2 をそれぞれ求めよ。
- (2) この反応における活性化エネルギー E_a と、頻度因子 A を求めよ。
- (3) 24 時間で 90% 分解する条件下での、分解速度定数 k_3 を求めよ。
- (4) 設定すべき温度は何 °C か？

設問 2 窒素と水素を反応させると、以下の式の通りアンモニアが生成される。また、この反応は平衡関係にある。この反応の 350 °C における平衡定数は、 $2.2 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2$ である。



- (1) 密閉した反応容器内に窒素ガスと水素ガスを添加した。これを 350 °C にて 1 晩放置し、反応容器内の窒素ガス、水素ガス、アンモニア濃度を定量したところ、それぞれ 1.5 mol/L, 1.0 mol/L, 1.2 mol/L であった。反応は平衡に達していると判断できるか？
- (2) 窒素ガス、水素ガス、アンモニアの混合気体が、密閉した反応容器内において平衡状態にあるとする。ここに、以下の操作をそれぞれ単独で行った場合、平衡時のアンモニア濃度がどのように変化するかを、「変化しない」「増加する」「減少する」のいずれかで答えよ。
 - (a) 温度を一定に保ち、反応容器の容積を変えずに、窒素ガスを注入する。
 - (b) 温度を一定に保ち、反応容器の容積を変えずに、反応に関与しないアルゴンガスを注入する。
 - (c) 温度を一定に保ち、反応容器の容積を変えずに、触媒を添加する。
 - (d) 温度を一定に保ちつつ、反応容器を小さくすることにより加圧する。
 - (e) 反応容器の容積を変えず、加温する。

北海道大学大学院工学院修士課程
平成 31 年度ならびに平成 30 年度 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

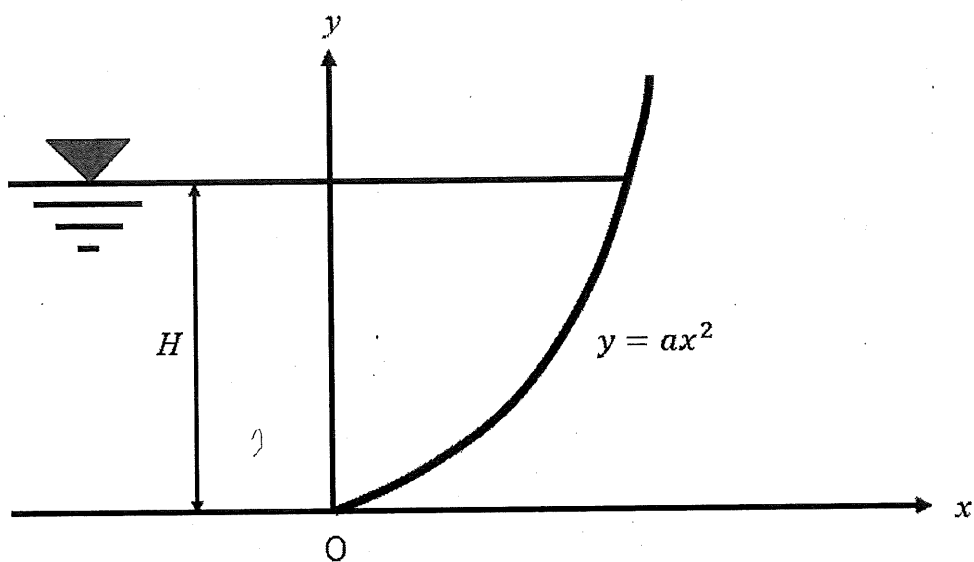
試験時間：13：00～16：00

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。

専門 1 問 1 流体力学

下図に示すような放物線状の堰について、水深 H の場合の堰に働く単位幅当たりの全静水圧 P と作用点の水深 h_c を求めよ。ただし、水の密度は ρ であり、堰の形状は $y=ax^2$ の放物線である。



専門1 問2 (流体工学)

(設問1)

x 軸、 y 軸、 z 軸からなる直交座標系において、図1のような微小直方体を考える。微小直方体中心 (x, y, z) における x 方向、 y 方向、 z 方向の流体流速、流体密度をそれぞれ u 、 v 、 w 、 ρ とする。

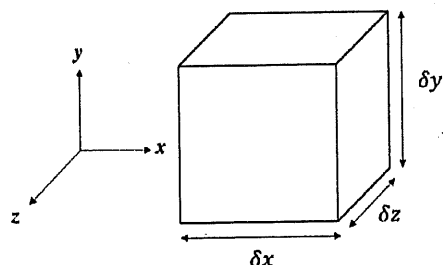


図1

(1) 時間 δt あたりに微小直方体の x 軸に垂直な2面(面積 $\delta y \delta z$)より流入および流入する流体質量を考え、微小流体中における質量蓄積量の x 方向寄与分を式で表せ。

(2) 時間 δt における微小直方体内の質量増加が $\frac{\partial \rho}{\partial t} \delta x \delta y \delta z \delta t$ で表せることを用いて、非圧縮性流体における連続の式を導け。

(設問2)

図2に示すような正方形管路において、水深 0.6 m のときの流量を有効数字二桁で計算せよ。マンニング式

$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$ を用いて回答すること。粗度係数は 0.012 (m-s 単位系)、動水勾配は 1/500 とする。

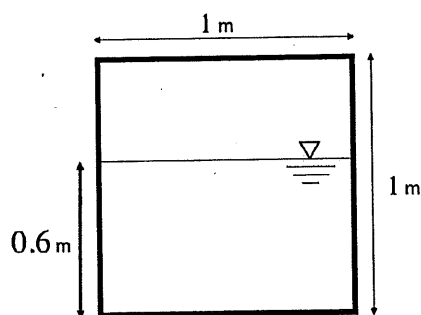


図2

専門1 問3 (構造力学)

はりの曲げ剛性 EI は一定かつ微小変形を仮定し、曲げたわみのみを考慮する場合、曲げたわみ w と曲げモーメント M の関係は、次式に示す2階の微分方程式で与えられる。

$$EI \frac{d^2 w}{dx^2} = -M(x)$$

ここに、 EI : 曲げ剛性、 w : たわみ、 M : 曲げモーメント、 x : 水平軸に沿ったはりの座標である。

この前提のもとで、以下の問いに答えよ。

- (1) はりの曲げ剛性 EI が一定で、長さ L の部材で構成された図-1 のような構造物を考える。その水平部材 $A-A'$ 間に等分布荷重 q が作用した時の曲げモーメント図を示せ。

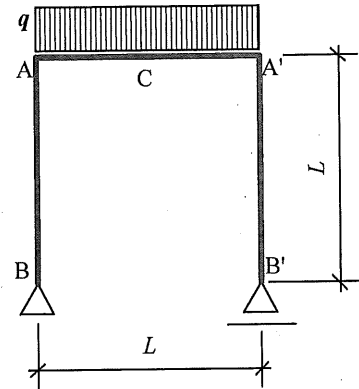


図-1

- (2) (1)の条件下における $A-A'$ 間の midpoint C におけるたわみ量 w を求めよ。

- (3) (1)の条件下における A 点の回転角はいくらか。

- (4) (1)の条件下において、 $B-B'$ 間の距離は水平方向にどれだけ離れるか。二点間距離の変化量を求めよ。

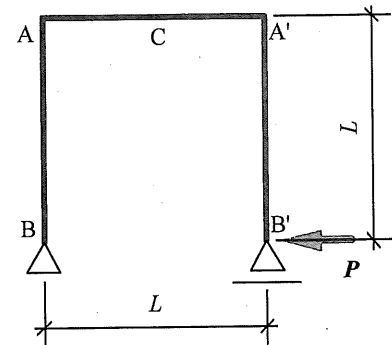


図-2

- (5) 次に等分布荷重を除去し、同じ構造物の B' 点に図-2 のような水平力 P が作用する場合を考える。この時の曲げモーメント図を示せ。

- (6) (5)の条件下において、 $B-B'$ 間の距離は水平方向にどれだけ近づくか。二点間距離の変化量を求めよ。

- (7) (5)の条件下において、 $A-A'$ 間の midpoint C におけるたわみ量 w はいくらか。

- (8) 図-3 に示すように、分布荷重 q と水平荷重 P が同時に作用している場合を考える。この時の曲げモーメント図を示せ。

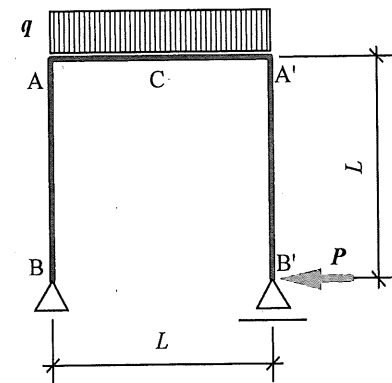


図-3

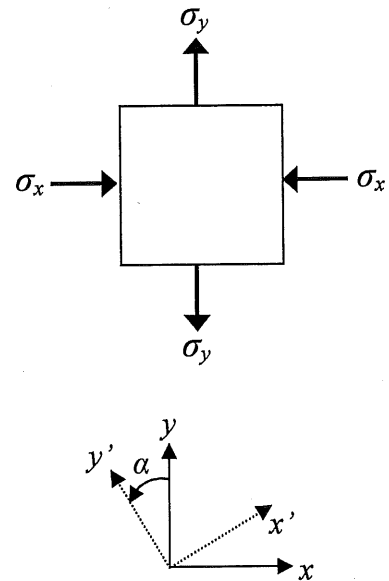
- (9) $B-B'$ 間の距離が L のまま変化しないようにするために、 P の大きさがいくらでなければならないか。分布荷重の強度 q を用いて示せ。

- (10) (9)の条件を満たす時、 $A-A'$ 間の midpoint C における曲げモーメントを、分布荷重の強度 q を用いて示せ。曲げたわみの方向が上面引張なのか、下面引張なのかも示すこと。

専門1 問4 (構造力学)

(設問1) ヤング率 $E = 1 \text{ GPa}$, ポアソン比 $\nu = 0.2$ の薄い板が図のような平面応力状態 ($\sigma_x = -1 \text{ MPa}$, $\sigma_y = 1 \text{ MPa}$) にあるとする。引張を正として, 以下の問いに答えよ。

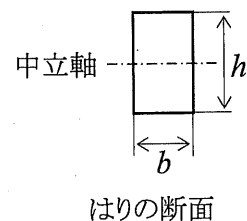
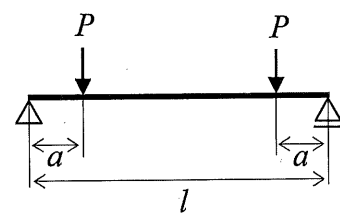
- (1) 垂直ひずみ $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ を求めよ。
- (2) 図のように座標軸を角度 $\alpha = 30^\circ$ だけ回転させたとき, 新しい座標軸 x', y', z' に関する応力成分 $\sigma'_x, \sigma'_y, \tau'_{xy}$ を求めよ。
- (3) 最大せん断応力 $\tau_{\max}$ と最大せん断ひずみ $\gamma_{\max}$ を求めよ。



(設問2) 図に示すように, 矩形断面を有する木製の両端支持はりの2点に集中荷重 $P(\text{N})$ がそれぞれ作用している。以下の問いに答えよ。

ただし, $a = 50 \text{ cm}$, $l = 3 \text{ m}$, $b = 10 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$ とし, 許容曲げ応力 σ_c (曲げ強度) と許容せん断応力 τ_c (せん断強度) は, それぞれ 10 MPa , 2 MPa とする。

- (1) 最大曲げモーメント $M_{\max} (\text{Nm})$ と最大せん断力 $Q_{\max} (\text{N})$ を求めよ。
- (2) 中立軸に関する断面二次モーメント $I (\text{m}^4)$ と断面係数 $W (\text{m}^3)$ を求めよ。
- (3) 最大曲げ応力 $\sigma_{\max} (\text{MPa})$ を求めよ。
- (4) 最大せん断応力 $\tau_{\max} (\text{MPa})$ を求めよ。
- (5) このはりが壊れない最大の荷重(制限荷重) $P_{\max} (\text{N})$ を求めよ。



専門1 問5 (土の力学)

以下の設問に答えなさい。

(設問1) 背後の砂地盤(裏込め土)を支える擁壁が主働状態になったとき、裏込め土から擁壁に作用する単位幅あたりの水平力(有効応力の合力と水圧の合力の和) P_A (kN/m)について、

(1) 裏込め土が完全に乾燥した状態(乾燥状態)にあるときの水平力 P_{A1}

(2) 降雨が浸透して裏込め土の地下水位が地表面まで上昇した状態(飽和状態)になったとき水平力 P_{A2}

の大小関係を示し、その理由を説明せよ。

なお、この問題を解くにあたり計算をする必要は特にないが、必要であれば裏込め土の物性値や擁壁の高さとして次の値を参考にして、具体的な検討をしてもよい。ただし、大小関係の理由は別途記述すること。

乾燥密度 $\rho_d = 1.7 \text{ g/cm}^3$ 、飽和密度 $\rho_{\text{sat}} = 2.1 \text{ g/cm}^3$ 、Rankineの主働土圧係数 $K_A = 0.35$ 、水の密度 $\rho_w = 1.0 \text{ g/cm}^3$ 、擁壁の高さ 4.0 m

主働土圧 (kN/m²) は $\sigma'_a = \sigma'_{v0} K_A - 2c'\sqrt{K_A}$ (ここに、 σ'_{v0} は有効土被り圧、 c' は粘着力) と表される。

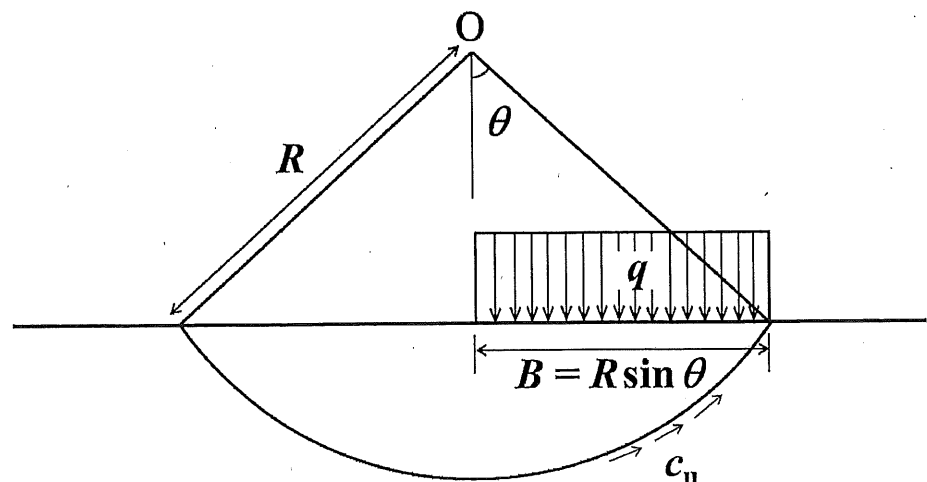
(設問2) 上面・下面がともに排水境界条件(両面排水条件)となっている層厚 6.0 m の粘土層で、中央深さにおける初期状態の鉛直有効応力 σ'_{v0} が 100 kN/m^2 、初期間隙比 e_0 が 2.0 であったとする。この粘土層に対して圧密圧力増分 $\Delta p = 50 \text{ kN/m}^2$ を作用させる。圧縮指数 C_c が 0.8 であるとき、予想される最終沈下量を計算せよ。なお、 $\log 2 = 0.301$ 、 $\log 3 = 0.477$ を用いてもよい。

(設問3) 一様な非排水せん断強さ c_u を有する粘土からなる半無限地盤上に、等分布荷重 q が載荷幅 B の範囲に作用する断面を考える。以下の小問(a)、(b)に答えよ。

(a) 図のように載荷幅の一端の上方に中心点(点O)を有する円弧状のすべり線(半径 R 、中心角 2θ)を仮定する。点O周りのモーメントの釣り合いから q の式を誘導し、 θ の関数(R と B を含まない式)として表せ。

(b) 小問(a)で誘導される式は、 θ の変化に対して下に凸で連続かつ滑らかな関数であり、 $\partial q / \partial \theta = 0$ のときに最小値を呈し、これが支持力(地盤が支持しうる等分布荷重の最大値) q_u となる。地盤の支持力 q_u を c_u だけの関数として表せ。

なお、 $2\theta = \tan \theta$ のとき $\theta = 66.7^\circ (= 1.165 \text{ rad})$ である。また、 $\sin^2 66.7^\circ = 0.844$ を用いてもよい。



専門 1 問 6 (土の力学)

(設問 1) 直径 30 mm、長さ 30 mm の円柱形岩石供試体の圧裂引張試験において最大荷重が 5 kN であった。圧裂引張強度を求めよ。

(設問 2) 鉛直方向の主応力 25 MPa、水平方向の最大主応力が東西方向に 50 MPa、水平方向の最小主応力は南北方向に 10 MPa の岩盤中に水平な円形坑道を掘削する。ただし、岩盤の一軸圧縮強度は 100 MPa、引張強度は 10 MPa とする。

- (1) 坑道を東西方向に掘削した場合の坑道周辺の破壊域を予想し、図示せよ。
- (2) 坑道が南北方向に掘削される場合はどうか。

(設問 3) ある岩石のクリープ試験において、破壊までの日数が、応力 100 MPa では 100 日、80 MPa のときは 1000 日であった。

- (1) この関係を外挿して応力 60 MPa での破壊までの日数を予想せよ。
- (2) 上記の予想は間違っている可能性があるが、それはなぜか述べよ。

専門1 問7 (コンクリート工学)

図1に示すような曲げモーメントを受ける単鉄筋コンクリート矩形断面に関して、次の問いに答えなさい。

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。また、軸方向引張鉄筋の断面積 (A_s) は 800 mm^2 とする。

(設問1) この断面の曲げひび割れ発生モーメントを求めなさい。ただし、鉄筋の影響は無視してよい。

(設問2) 軸方向引張鉄筋が降伏する際のモーメントを求めなさい。ただし、圧縮応力下のコンクリートは弾性体とし、引張応力下のコンクリートは引張力の負担はないものとする。

(設問3) この断面の曲げ破壊モーメントを求めなさい。ただし、コンクリートの圧縮破壊ひずみは 0.0035 とし、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) 軸方向引張鉄筋の断面積が 3000 mm^2 に増えた場合の断面の曲げ破壊モーメントを求めなさい。ただし、(設問3)と同様の圧縮破壊ひずみおよび等価応力ブロックを用いること。

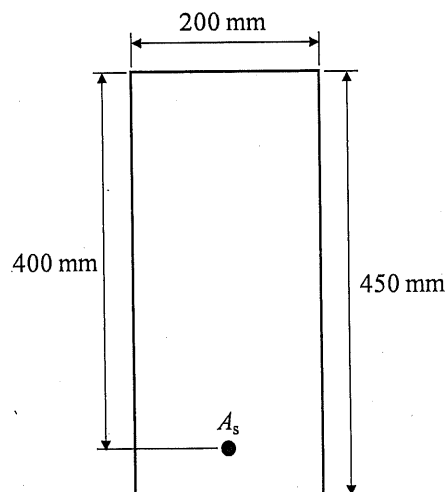


図1 単鉄筋コンクリート矩形断面

専門1 問8 (計画数学)

(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、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) ①の空白部分に適切な語句を、②、③の空白部分に適切な式を入れよ。

一般には、排反でしかもすべてをつくしてる（その他がない） n 個の事象 $E_i (i=1 \sim n)$ を考える。このとき事象 A の確率は、

$$P(A) = P(AE_1) + P(AE_2) + \cdots + P(AE_n) \quad (1)$$

と表される。この式を①の定理という。①の定理を導入したのと同様の条件のもとで、事象 A が生じた場合に、特定の E_i が生起している確率はいくらになるか。これは、“逆向き”の確率を考えていることになる。乗法定理から、

$$P(A|E_i)P(E_i) = \text{②} \quad (2)$$

したがって、事象 A が生じたときの E_i の確率は、

$$P(E_i|A) = \text{③} \quad (3)$$

となる。これはベイズの定理として知られる関係である。

(設問3) ある医院では、1時間当たり平均15人の患者がポアソン分布に従ってやってくる。医者は1人であり、1人の患者の診断及び処方にかかる時間は平均3分の指数分布に従う時間を要する。4人以上の患者が待っている確率を求めよ。

(設問4) ある都市は、2箇所の貯水池 a 、 b を水源としている。毎年の降雨条件の変動によって、貯水量が基準値を超える場合と越えない場合がある。貯水池 a で基準貯水量を超える事象を A 、貯水池 b で基準貯水量を超える事象を B とする。事象 A と事象 B に関して、次の確率が与えられている。

$$P(B) = 0.8, P(A \cap B) = 0.6, P(\bar{A} | \bar{B}) = 0.7$$

この都市の水需要が満たされる確率は、基準貯水量を超えた池が1箇所の場合、2箇所の場合、どちらも超えていない場合によって、それぞれ 0.7, 0.9, 0.3 である。この都市の水需要が満たされる確率 $P(E)$ を求めよ。

(設問5) 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。

次の状態 1 2 3

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

専門1 問9 (地質学基礎)

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

鉱物の集合体を岩石という。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)、(イ)、(ウ)に区分される。

(ア)とは(エ)(高温の珪酸塩を主とする熔融体)が固結しできた岩石をいう。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)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(キ)や輝石は早期に晶出し、(キ)はマグマに比べてシリカ分が少ないため、(エ)はこの(ク)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、含水鉱物である角閃石や(ケ)が晶出し、次に長石、石英が(エ)から晶出する。(ク)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。

(イ)は風化で生成された(コ)粒子や化学沈殿物が累積し、(サ)作用により形成した岩石である。(サ)作用とは、(コ)粒子や化学沈殿物が埋没し、荷重による粒子(シ)の減少や粒子(シ)への鉱物の沈殿・成長によって固結する過程である。

(A)変成岩、(B)火成岩、(C)続成、(D)火山岩、(E)碎屑、(F)深成岩
(G)黒雲母、(H)堆積岩、(I)結晶分化、(J)かんらん石、(K)間隙、(L)マグマ

(設問 2) 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。

(2-1) 放射性同位体の時間(t)変化は、閉鎖系ではその時の存在量 N に壊変定数 λ と乗じたものに等しくなる。これを数式で表せ。また、親元素 P の存在量が半分になるまでにかかる時間、半減期 $t_{1/2}$ を壊変定数 λ を用いて表せ。

(2-2) 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～短寿命放射性核種が用いられる。(a)、(b)に当てはまる放射性同位体の例を1つずつ示せ。

(2-3) 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。例えば、地熱水の起源を明らかにするために水分子中の酸素の安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$ 値) および水素の安定同位体比 (δD 値) が測定される。その際、天水(雨水)起源であることが推定される地熱水の $\delta^{18}\text{O}$ 値が天水の $\delta^{18}\text{O}$ 値よりも重たい方向にシフトする酸素シフトと呼ばれる現象がおこることがあるが、それはなぜか?

専門 1 問 10(地質学基礎)

(設問 1) 地球の歴史における以下の①から⑤で示すイベントを、古いものから並べよ。なお、解答用紙には以下の例のように解答すること。

- ①化学進化の時代
- ②光合成の開始
- ③エディアカラ動物群の出現
- ④三葉虫の絶滅
- ⑤恐竜の絶滅

解答例

①→②→③→④→⑤

(設問 2)

1. ダイヤモンドと石墨のように、化学組成が同じでも結晶構造が異なる鉱物を「多形」と呼んでいる。ダイヤモンドと石墨以外で多形の例を挙げなさい。
2. 酸化鉱物の構造は含まれる金属元素と酸素のイオン半径の比によって決定される。以下の(1),(2)に示すイオンのイオン半径を大きい順に不等号を使って記しなさい。
 - (1) Sr^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Be^{2+} (これらは同族元素である)
 - (2) Fe^{2+} , Fe^{3+}

(設問 3) ケイ酸塩鉱物は、地殻で最も頻繁に認められる鉱物である。ケイ酸塩鉱物は、 SiO_4 四面体を基本構造として、それらの結合様式と化学組成によって分類されている。ケイ酸塩鉱物の構造と分類について述べなさい。また、それらの構造の違いと風化に対する抵抗性の違いの関係性について述べなさい。

専門 1 問 1 1 (物理化学)

設問 1 下記の Clapayron の式は、純物質の任意の相平衡における圧力 p と温度 T の関係を与える。

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta S_m}{\Delta V_m}$$

ここで、 ΔS_m 、 ΔV_m は、それぞれ相転移に伴うモルエントロピー変化、モル体積変化である。

トリクロロエチレンの蒸気圧が 20°C で 56.8 mmHg、30°C で 91.5 mmHg であるとして、以下の間に答えなさい。R (気体定数) は 8.314 (J/K/mol) とする。

- (1) Clapayron の式から、気液境界での温度と蒸気圧の関係を与える Clausius-Clapayron の式

$$\frac{d(\ln p)}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{evap},m}}{RT^2}$$

を導出しなさい。ここで $\Delta H_{\text{evap},m}$ はモル蒸発エンタルピーで、温度変化は無視できるものとする。

- (2) モル蒸発エンタルピーの値を求めなさい。
(3) (1 気圧下の) 沸点を求めなさい。

設問 2 以下の①～④の記述について、物理化学の観点から説明しなさい。

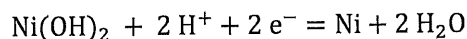
- ① KNO_3 水溶液中では、 AgCl の溶解度が KNO_3 濃度の増加とともに増加する。このように難溶性の塩は、その成分と共通でないイオンが存在すると溶解度が変化する。
- ② 反応 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ における平衡組成は温度と圧力に依存する。
- ③ 一般に圧力の増加に伴い、沸点、凝固点はともに上昇するが、液体の水はそうではない。
- ④ 密閉容器中の湿度を一定に保つために、 NaCl や塩化カルシウム等の飽和溶液 (固相を含む) を入れる。

専門1 問12 (物理化学)

(設問1) 0.001 mol/Lの NaHCO_3 水溶液について以下の問いに答えよ。なお、 H_2CO_3 の第1段および第2段の酸解離定数 (K_{a1} および K_{a2}) の値はそれぞれ $10^{-6.4}$ 、 $10^{-10.3}$ である。

- (a) 水溶液中に存在する化学種を列挙せよ。
- (b) 炭酸化学種に関する物質均衡式を示せ。
- (c) 電荷均衡式を示せ。
- (d) K_{a1} および K_{a2} を溶液中の化学種の濃度を用いて表せ。
- (e) 溶液のpHの値を計算して示せ。

(設問2) 次の半電池反応について以下の問いに答えよ。温度は298 K、ファラデー定数 F は96485 C/mol、気体定数 R は8.31 J/mol/Kとする。



- (f) 上記の半電池反応の電極電位 E (V) はpHに依存する。pHが7から8に変化する際の電極電位の変化量を示せ。
- (g) H_2O と Ni(OH)_2 の標準生成ギブスエネルギーはそれぞれ -237.178 kJ/mol、 -447.3 kJ/molである。上記の半電池反応の標準酸化還元電位 E° の値を求めよ。

(設問3) 次の文章中の【】内にあてはまる適切な用語、数値、式を示せ。

「熱力学的平衡定数 K は、反応に関与する化学種 A の活量 a_A を用いて表され、化学式 $mM + nN = xX + yY$ で表される反応の場合、平衡状態で $K = \text{【h】}$ の関係が成立する。純粋な固体や液体の活量や、濃度の変化が事実上無視できる溶媒の活量の値は【i】であり、ガス成分の活量はしばしば分圧で表される。溶質の活量は、溶液の組成によって定まる【j】 γ_A を介してモル濃度 $[A]$ と結びついており、 $a_A = \gamma_A [A]$ で表される。」

以上

専門1 問13 (微生物工学)

(設問1) 以下の問いに答えなさい。

- (1) 生物分類学における3つのドメインをすべて答えなさい。
- (2) 現在、細菌の進化の道筋を描いた系統樹は何をベースに構築されているか？
- (3) 藍色細菌(シアノバクテリア)は地球上の生物の進化に非常に大きな影響を与えた。その理由を簡単に述べなさい？
- (4) 50塩基からなる一本鎖DNAは何種類あるか？
- (5) ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)において、増幅するDNA断片の両端(3'および5'末端)を挟むように設計された人工的に合成したオリゴヌクレオチドプライマーを必要とする。その理由を簡単に答えなさい。
- (6) アミノ酸をコードするコドンは61種類あるが、tRNAの種類はそれよりも少ない。その理由を述べなさい。
- (7) 独立栄養性細菌(autotrophic bacteria)の炭素源は何ですか？
- (8) $\text{H}_2 + 0.5 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ の反応において、電子供与体および電子受容体は何か、それぞれ答えなさい。
- (9) 好気性微生物が有しているカタラーゼはどのような反応を触媒するか？簡単に答えなさい。
- (10) 偏性嫌気性菌と通性嫌気性菌の違いを述べなさい。

(設問2) 大腸菌を 1)グルコース、2)ラクトース、3)グルコースとラクトースを含む培地で培養した。それぞれの培地で、大腸菌の増殖(濃度)と β -ガラクトシダーゼ(β -gal)活性の経時変化を図で示し、その理由を説明しなさい。

(設問3) グルコースを制限基質 S として大腸菌をケモスタットにより連続培養を行った。グルコース濃度 2 g/L を含む培地を希釈率 $D=1.5 \text{ h}^{-1}$ で供給した結果、培養液中のグルコース濃度は 0.1 g/L、細胞濃度は 2 g/L となった。この時の飽和定数 $K_s=4 \text{ mg/L}$ であるとして、最大比増殖速度 μ_{max} および細胞収率 $Y_{x/s}$ を求めなさい。

専門1 問14 (熱力学)

(設問1) はじめの状態が圧力 $P_1=1.8[\text{MPa}]$ 、温度 $T_1=20[^\circ\text{C}]$ 、容積 $V_1=20[\text{m}^3]$ の空気 (理想気体) を圧力 $P_2=20[\text{MPa}]$ まで断熱圧縮したとき、終わりの容積 $V_2[\text{m}^3]$ と温度 $T_2[^\circ\text{C}]$ を求めよ。ただし、空気の比熱比 κ を 1.4 とする。

(設問2) $2.0[\text{mol}]$ の理想気体の圧力を $20[\text{atm}]$ から $2[\text{atm}]$ に等温 ($25[^\circ\text{C}]$) で可逆的に変化させたときの下記の値を求めよ。ただし、気体定数は $8.3144[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$ とする。

- (1) 内部エネルギー変化 $\Delta U[\text{J}]$
- (2) 系が受けた熱量 $Q[\text{kJ}]$
- (3) 系が行った仕事 $W[\text{kJ}]$
- (4) エンタルピー変化 $\Delta H[\text{J}]$
- (5) エントロピー変化 $\Delta S[\text{JK}^{-1}]$

(設問3) カルノー熱機関が $700[^\circ\text{C}]$ の高温熱源から $200[\text{kJ}/\text{サイクル}]$ の熱量の供給を受けて、 $25[^\circ\text{C}]$ の低温熱源に排熱している。次の値を求めよ。

- (1) 理論熱効率
- (2) 低温熱源へのサイクルごとに排出する熱量
- (3) 動作流体が高温熱源から受熱するときのエントロピー変化量及び低温熱源に排熱するときのエントロピー変化量

専門1 問15 (反応工学)

設問1

反応式: $2A \rightarrow R$ によって物質Aが物質Rに変換する回分反応実験を下記の2つの条件で行った。

条件1:

Aの初期濃度 $C_{A10} = 10 \text{ mol/L}$, Rの初期濃度 $C_{R10} = 1 \text{ mol/L}$ で, 時間 $t = 0$ から反応を開始したとき, 時間 $t = 3$ 時間後のRの濃度は $C_{R13} = 3.5 \text{ mol/L}$ であった。

条件2:

Aの初期濃度 $C_{A20} = 20 \text{ mol/L}$, Rの初期濃度 $C_{R20} = 1 \text{ mol/L}$ で, 時間 $t = 0$ から反応を開始したとき, 時間 $t = 2$ 時間後のRの濃度は $C_{R22} = 6 \text{ mol/L}$ であった。

- 1) 条件1における時間 $t = 3$ 時間後のAの濃度を求めよ。
条件2における時間 $t = 2$ 時間後のAの濃度を求めよ。
- 2) Aの反応速度式として $r_A = -k C_A^n$ を仮定するとき, 反応速度式の次数 n を求めよ。
ただし, n の値は1や2などの整数ではない。

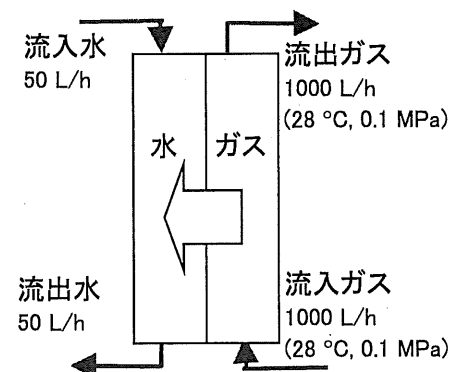
注) 答えは2桁の有効数字に丸めて記すこと。

設問2

ある有害物質(名前をAとする)を濃度 200 ppm 含む空気からAを水に吸収する装置がある。
装置は図のような構成である。気液接触面積は 1 m^2 である。この装置の出口空気中のAの濃度は 100 ppm であった。

- 1) 気液界面におけるAの移動フラックスを求めよ。
- 2) 装置の中のガス, 水をそれぞれ完全混合と仮定した場合における, 液側のモル濃度差 $\Delta C (\text{mol/m}^3)$ 基準の総括物質移動係数 K_L を求めよ。
ヘンリー定数は $100 \text{ Pa m}^3/\text{mol}$ である。

注) 答えは2桁の有効数字に丸めて記すこと。



専門1 問16 (分離工学)

(設問1)

幅 B (m)、深さ H (m)、長さ L (m) の矩形横流式沈殿池に、流量 Q (m^3/s) で水が流入している。この沈殿池における表面負荷率を式で表せ。なお、沈殿池内の流れは一様であるとし、一度沈んだ粒子の巻き上がりは考えなくてよい。必要であれば、適宜変数を定義すること。

(設問2)

硬度、フミン質、農薬の存在が問題となっている原水に適用するプロセスとして粒状活性炭処理またはナノろ過処理の導入を検討している。各々の優劣、問題点などについて論ぜよ。

(設問3)

濁度 2.6、溶存有機物 (DOC) 濃度 2.4 mg/L の河川水を対象として硫酸アルミニウムを用いた凝集処理実験を行い、以下のような処理結果を得ている。

pH	濁度	DOC (mg/L)
5.5	0.7	0.9
7.0	0.2	1.6
8.5	2.5	2.3

この結果について、200-250 字で説明せよ。以下の用語を用いること。

「正荷電」「pH」「水酸化アルミニウム」「 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 」

専門1 問17 (環境統計学)

札幌市内のある大学の新入生を無作為に男女 100 名ずつ抽出し、「ボランティア活動経験のあり/なし」を質問したところ、表 1 の結果が得られた。以下の設問に答えなさい。

表 1 ボランティア経験

	男性	女性
なし	76	82
あり	24	18

(設問 1) 表 1 の結果は、「あり」の割合が男子学生の方が高い。この大学の新入生全員を母集団とする標本調査であると考え、男女それぞれの「ボランティア経験あり」の母比率を p_1 , p_2 として差を検定するとき、帰無仮説 H_0 , 対立仮説 H_1 はどのように設定するか。

(設問 2) 設問 1 の検定を行うには、次式の関係を用いる

$$Z = \frac{X_1/n_1 - X_2/n_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})(1/n_1 + 1/n_2)}} \text{ は標準正規分布 } N(0,1) \text{ に従う}$$

ここで n_1, n_2 は 2 つの母集団の標本数, X_1/n_1 , X_2/n_2 は「あり」の標本比率である。有意水準を α として、検定の棄却域を図示しなさい。

(設問 3) 設問 2 を有意水準 5% で検定しなさい。 $Z(0.05/2) = 1.960$, $Z(0.05) = 1.645$,

$Z(0.1) = 1.282$ である。ただし $\hat{p} = \frac{X_1 + X_2}{n_1 + n_2}$ とせよ。

(設問 4) 母比率の $100(1-\alpha)\%$ 信頼区間は、以下の式で近似される。

$$\frac{X}{n} - z\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{\frac{X/n(1-X/n)}{n}} < p < \frac{X}{n} + z\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{\frac{X/n(1-X/n)}{n}}$$

男子学生について、「ボランティア活動経験あり」の割合の 95% 信頼区間を求めよ。 $(\alpha$ は有意水準[一]。他の記号の設問 1 と同じ)。

(設問 5) 設問 4 の推定精度 (推定区間の幅が小さいほど精度が高い) は標本数に依存する。区間幅を 5 分の 1 にするには、標本数をどれだけにすればよいか。ただし、標本比率は変化しないとする。

(設問 6) 標本抽出を「無作為に」とはどういうことを指すか。「母集団、標本、分布」の用語を用いて説明せよ。

専門1 問18 (地圏環境学)

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) 以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 以下の文章の中の(①)~(⑩)の空欄にあてはまる語句を答えよ。

重力とは、地表にある物体と地球との間にはたらく(①)と(②)との合力である。地表で測定される重力値から地下の密度分布を反映した重力異常値を得るために、通常以下の補正が行われる。主として太陽や月の動きによる影響を補正する(③)、地球の標準的な重力値(正規重力値)との差をとる(④)、正規重力値が人工衛星の軌道から決められている場合は(⑤)が必要であり、測点の標高の違いを補正する(⑥)、測点と海水準面との間に一様な密度をもつ物体が分布すると仮定する(⑦)、さらに、地表に起伏がある場合は地形補正が行われる。

磁気探査では、岩石の磁化強度分布を調べるが、岩石の磁化には、現在の地球磁場により帯磁する(⑧)と岩石が形成されたときに帯磁し保持されている(⑨)とがある。これらの磁化の強さの比は(⑩)と呼ばれる。

(2) 電気伝導度 σ の均質大地中では、地表から垂直に入射した低周波数の平面正弦電磁波の磁場強度 H は、以下の式に従って減衰する。

$$H = C \exp(-\sqrt{\omega\sigma\mu} \cdot z)$$

ここで、 C : 定数, ω : 電磁波の角周波数, μ : 透磁率(一定), z : 深度とする。

① スキンデプスの定義を述べ、上式よりスキンデプス(δ)を求めよ。

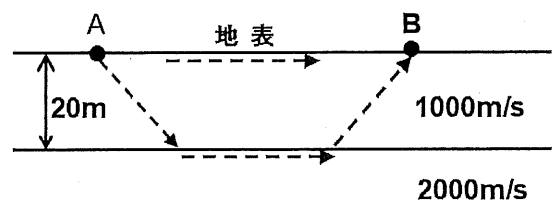
② スキンデプスは、電磁気探査の可探深度のめやすとして用いられるが、可探深度が大きくなる条件を述べよ。

(3) 図に示す弾性波速度構造(第1層: 厚さ20m, 速度1000 m/s, 第2層: 速度2000 m/s)の大地で、その地表に設置した発振点Aと観測点Bとの距離を X とする。

① 地表に沿って伝播する直接波の走時 T_1 を求めよ。

② 第2層を通る屈折波の走時 T_2 を求めよ。
ただし、有効数字3桁で計算せよ。

③ $T_1 = T_2$ となる X を求めよ。



(設問2) 以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 吸着等温線で Langmuir 式がよく用いられる。地下水中の平衡濃度を C 、土壌への吸着量を S として Langmuir 式を示すとともに、 x 軸に C 、 y 軸に S をとり、そのおおよその形状を描け。ただし、Langmuir 式には任意の2つの定数を含むように表現せよ。

(2) 地下水中の平衡濃度 C が十分に低い場合、Langmuir 式はどのように簡略化されるか。その式を示せ。

(3) 地下水に含まれる微量元素の移行評価には、上記(2)で示された簡略化した吸着等温線が用いられる。そのメリットは何かを記述せよ。