

平成 24 年度 九州大学大学院 工学府

地球環境工学専攻群(建設都市系)

修士課程入学試験 問題冊子

土木基礎

注意事項

1. 試験問題は【問題 1】から【問題 11】の計 11 問です。試験問題冊子は、全部で 20 ページです。
2. 問題は、A 群(問題 1～問題 6)および B 群(問題 7～問題 11)から構成されます。A 群から少なくとも3 問、A 群および B 群あわせて計6問となるよう選択しなさい。

A 群		B 群	
問題1	構造力学	問題7	コンクリート工学
問題2	構造力学	問題8	計画学
問題3	水理学	問題9	計画学
問題4	水理学	問題10	環境工学
問題5	地盤力学	問題11	環境工学
問題6	地盤力学		

3. 机の上に置ける物は、時計(携帯電話は不可)、シャープペンシル(鉛筆でも可)、消しゴム、受験票だけです。これら以外のものを机の上に置きたい場合は試験監督者の許可を得てください。許可無く机の上に置いた場合は、不正行為と見なし、退出を命じます。
4. 携帯電話は必ず電源を切って、鞆の中などにしまってください。
5. 試験問題冊子のホッチキスをはずしてはいけません。
6. 「始め」の合図があるまでは、試験問題冊子、解答冊子の中身を見てはいけません。
7. 「始め」の合図があったら、ただちにページの不足および印刷の不鮮明なところが無いことを確かめてください。もしあったら取り替えますから、手を挙げて申し出てください。
8. 試験時間中に問題冊子表紙上方の指定の欄に受験番号と氏名を記入してください。
9. 「解答止め」の合図があったら、ただちに解答の作成を止め、試験問題冊子および解答冊子を回収するまでそのまま待っていてください。

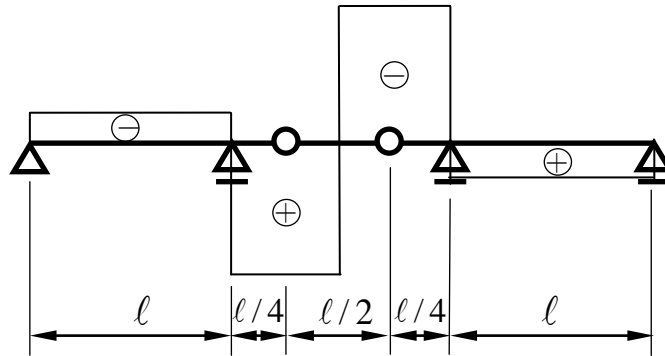
【問題 1】(構造力学)

下図に示すように、(a)と(b)の構造に対して、それぞれせん断力図と曲げモーメント図の概略図が示されている。(a)と(b)の構造には、集中荷重 P が 1 つ作用しているものとする。

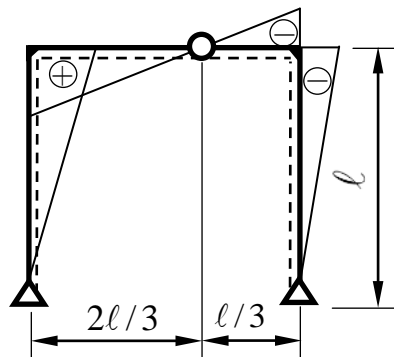
以下の問いに答えよ。

(1) (a)と(b)の構造に作用している集中荷重 P の位置と方向を矢印により図示せよ。

(2) (a)と(b)の構造について、せん断力図と曲げモーメント図を描け。これらの図には適宜、せん断力と曲げモーメントの値を示せ。



(a) ゲルバーばり(せん断力図)



(b) ラーメン(曲げモーメント図)

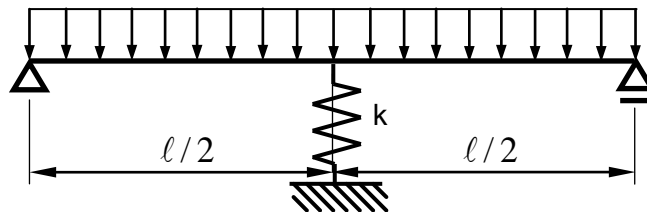
余白(計算に使用しても良い)

【問題 2】（構造力学）

図(a)に示すように、単純ばり（単位長さ当たりの死荷重 ω ，曲げ剛性 EI ）を支間中央の位置でバネ（定数 k ）で支えた 1 次不静定はりに関して、以下の問いに答えよ。

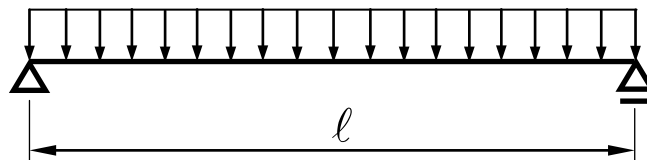
- (1) 不静定はりは、不静定力を外力として作用する等価な静定ばりに置換して考えて解くことができる。そこで、以下の手順で考える。
 - (a) 図(b)に示すように、バネの支持が無い場合の Q-図（せん断力図）と M-図（曲げモーメント図）を示せ。
 - (b) バネの支持が無い場合の支間中央の鉛直変位 δ_1 を求めよ。
 - (c) バネによる支持力（ $F=k \cdot \delta_2$ ）のみが作用した場合を想定し、支間中央の鉛直変位 $X=\beta \cdot \delta_2$ の係数 β の式を示せ。ただし、変位は下向きを正とする。
 - (d) 死荷重とバネの力が同時に作用した場合の支間中央の変位を δ_1 と β を用いて示せ。
 - (e) (c)と(d)の結果を利用して、バネ定数 k がゼロの時と無限大の時の変位を示せ。
- (2) 支間中央の鉛直変位をバネによる支持が無い場合の変位の半分にするためには、バネ定数 k をいくらにすれば良いか。
- (3) 両端の支点反力をバネによる支持が無い場合の半分に低減するためには、バネ定数をいくらにすれば良いか。

単位長さ当たりの死荷重： ω



(a) バネ支持が有る場合

単位長さ当たりの死荷重： ω



(b) バネ支持が無い場合

余白(計算に使用しても良い)

【問題 3】（水理学）

以下に示す問題について，全て答えよ。

(1) 次の文章中の に入る言葉，または数式を記せ。

流体は圧力による密度の変化を考慮した A 流体とそれを無視した B 流体に分けられる。後者について 3 次元の連続の式は C と表され， D 保存則より求められる。

流体の運動については，空間中に固定された地点における物理量の変化を観察する E の方法と流体粒子に着目してその運動を追跡する F の方法がある。

粘性流体の運動方程式（ナビア・ストークスの運動方程式）を無次元化すると，2つの無次元パラメータ G 数と H 数が現れる。模型実験などを行う際には，開水路流では前者を，管路流では後者を原型と一致させることで，原型と模型の流れが I とみなせる。また，後者については，乱流と層流を区別するパラメータとしても使われるが， J 数以下になると流れに擾乱を与えても必ず層流になる。

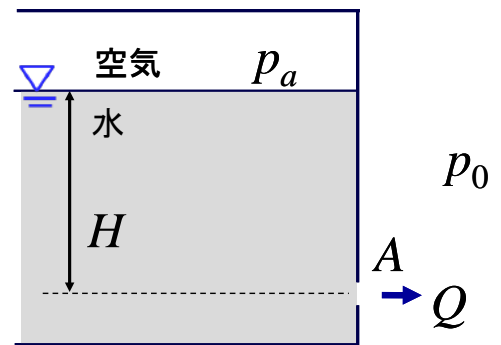
(2) 右図に示すような，オリフィスを持つ大きな水槽がある。

水槽では水面で圧力 p_a が掛けられており，水槽の外部の大気圧は $p_0=0.0\text{N/m}^2$ （ゲージ圧）である。

また，水槽の横に開けられた小さな穴の断面積は A ，穴の中心から水面までの高さは H とする。

このとき，次の条件が与えられた場合に，必要な水槽内の圧力 p_a （ゲージ圧）を求めよ。ただし，オリフィス部における縮流は考えない。また，重力加速度 $g=10.0\text{m/s}^2$ ，水の密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$ とする。

【条件】 小穴からの放出流量： $Q=0.1\text{m}^3/\text{s}$ ， $H=2.5\text{m}$ ， $A=100\text{cm}^2$



(3) 今，5つの物理量 $A_1 \sim A_5$ が，下記のような次元を持つとする。このとき，これら5つの物理量の間に必要な関係式を次元解析により求めよ。

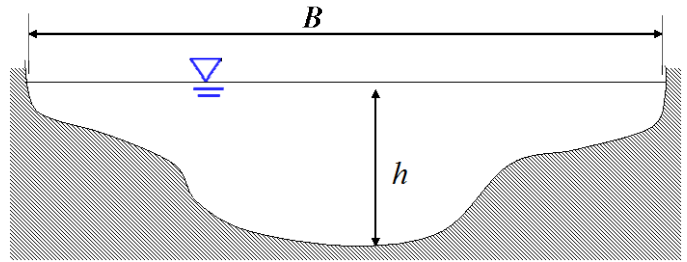
$$A_1: [\text{L}^2 \text{M} \text{T}^{-2}], A_2: [\text{L}], A_3: [\text{L} \text{T}^{-1}], A_4: [\text{L}^{-3} \text{M}], A_5: [\text{L}^2 \text{T}]$$

余白(計算に使用しても良い)

【問題 4】（水理学）

右図のような一般的な断面形を有する開水路に流量 Q の水が流れている。

(1) 限界水深 h_c を求めるための具体的な計算手法を示せ。ただし、必要な諸量は定義して用いること。



(2) 水路の勾配を I 、水路の構成材料のマニングの粗度係数を n とするとき、等流水深 h_0 を求めるための具体的な計算手法を示せ。

(3) 水路断面が広長方形で単位幅流量が $q(=Q/B)$ のときの等流水深 h_0 の式を誘導し、 h_0 が限界水深 h_c とは異なり水路の構成材料の性質や水路の勾配に依存することを示せ。

余白(計算に使用しても良い)

【問題 5】(地盤力学)

次の文章中の〔 〕内を埋めよ（解答欄に記入せよ）。ただし、解答は、数値と記述を除いて、文中および図中に記されている記号だけを用いること（独自の記号を用いないこと）。

(1)土取り場の土の湿潤単位体積重量を γ_b 、含水比を $w(\%)$ とすると、この土取り場の土の乾燥単位体積重量 γ_d は、 γ_b と w によって、 $\gamma_d = [①]$ と求まる。また、土粒子比重を G_s 、水の単位体積重量を γ_w とすると、土取り場の土の間隙比 e は、 $G_s, \gamma_w, \gamma_b, w$ によって、 $e = [②]$ で与えられる。加えて、この土の飽和度 S_r は、 G_s, w, e によって、 $S_r = [③(\%)]$ で計算される。

さて、この土取り場の土を使って、目標の乾燥単位体積重量を 14.0kN/m^3 として 30000m^3 の盛土の造成を計画する。このとき、土取り場から採取すべき土の体積とその全重量は、それぞれ $V = [④(\text{m}^3)]$ 、 $W = [⑤(\text{kN})]$ と求まる。なお、土取り場の土の γ_d は 12.5kN/m^3 、含水比は 30% であったとする。必要であれば、 γ_w は 9.8kN/m^3 として計算せよ。

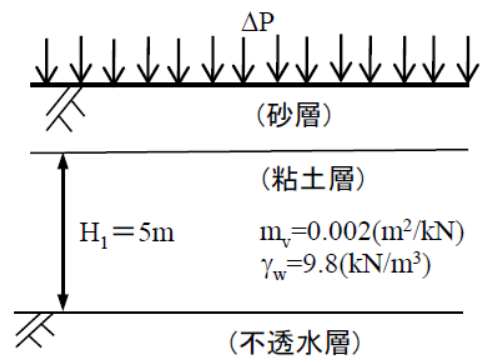
(2)下図のような砂と粘土の互層地盤を考える。粘土層の厚さは 5m 、その体積圧縮係数 m_v は、 $0.002\text{m}^2/\text{kN}$ である。この地盤に一次元的に $\Delta P = 50\text{kN/m}^2$ の载荷を行ったことにより、 500 日後の粘土層の沈下 S は 25cm であった。このとき、最終沈下量 S_f は $S_f = [⑥(\text{cm})]$ と計算されるので、 500 日後の圧密度 U は $U = [⑦(\%)]$ となる。これより、テルツァギの圧密理論を踏まえると、粘土層の圧密係数 c_v は、 $c_v = [⑧(\text{cm}^2/\text{day})]$ と求まり、また、透水係数 k は、 $k = [⑨(\text{cm}/\text{day})]$ と計算される。なお、参考のために圧密度 U と時間係数 T_v の関係を下の表にまとめている。また、この粘土層の圧密時間を短縮するための効果的な方策を一つ記せ〔⑩〕。

(3)圧密が終了した粘土層から試料を採取し、等方圧 σ_r で圧密した粘性土の三軸圧縮試験を排水条件で実施した。この土のみかけの粘着力を c' 、内部摩擦角を ϕ' とし、また、 σ_{1f} は最大主応力、 σ_{3f} は最小主応力である。排水条件下では、間隙水圧 u は発生しないので、破壊時の最小主応力 σ_{3f} と σ_r は、つねに、 $\sigma_{3f} = \sigma_r$ の関係にある。このとき、せん断破壊時の軸差応力 $\sigma_{1f} - \sigma_{3f}$ (q_f と記す)を $c', \phi', \sigma_{1f}, \sigma_{3f}$ によって表すと、 $q_f = [⑪]$ である。また、破壊時のせん断応力 s_D を $s_D = \left(\frac{\sigma_{1f} - \sigma_{3f}}{2} \right)$ と置いて、この s_D を、 c', ϕ', σ_r の関数として求めると、 $s_D = [⑫]$ となる。

表 圧密度 U と時間係数 T_v の関係

U(%)	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T_v	0.008	0.031	0.049	0.071	0.096	0.126	0.151	0.197	0.242	0.287

U(%)	65	70	75	80	90
T_v	0.343	0.403	0.484	0.567	0.848



小問 (2) の図

余白(計算に使用しても良い)

【問題 6】(地盤力学)

(1) 図 1 に示すように高さ H の鉛直擁壁が砂地盤を支えている。壁面摩擦を持たないこの壁が左方に移動し、結果として壁背面の地盤が主働土圧, 前面の地盤が受働土圧状態に至ったとする。このとき, 前面層の層厚は $z=0.2H$ とし以下の問いに答えよ。なお, 前面および背面地盤の土の内部摩擦角を ϕ' , 土の湿潤および飽和単位体積重量を γ_t, γ_{sat} とする。ただし, 特に断らない限り, 図中の記号を用いて解答欄に答えを記すこと。

(1-a) 地下水の影響はないと仮定し, 点 A と点 B における土かぶり圧 σ_{vA} と σ_{vB} を求めよ。

(1-b) 主働土圧係数を K_A , 受働土圧係数を K_P としたとき, 点 A と点 B の応力状態を表すモールの応力円を τ - σ 空間に描きなさい。なお, モール円には, 土かぶり圧 σ_{vA} と σ_{vB} , 破壊面の方向および極 (ポール) を明記すること。

(1-c) 描いたモール円に基づいて K_A と K_P を表す式を導け (誘導過程を示すこと)。

(1-d) この状態で点 A と点 B における水平応力の比 (σ_{hA}/σ_{hB}) を ϕ' を用いて表せ。

(1-e) 主働土圧合力 P_A と受働土圧合力 P_P が等しくなる z の値はいくらか。

(2) 豪雨の影響で, 図 2 に示すように地下水が上昇した。水の単位体積重量を γ_w とする。このとき, 以下の問いに答えよ。ただし, 特に断らない限り, 図中の記号を用いて解答欄に答えを記すこと。

(2-a) 壁背面に作用する土圧分布と水圧分布は解答欄に示すようである。解答欄中に (A), (B), (C), の値を書きなさい。

(2-b) 上記の土圧分布を用いて主働土圧の合力 P_A と全水圧 P_W を求めよ。

(2-c) $K_A = 1/3$ としたとき, 壁前面の水平合力 (受働土圧合力と全水圧の和) P_{TF} を求めよ。この計算では $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3, \gamma_t = 15 \text{ kN/m}^3, \gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$ であるとする。

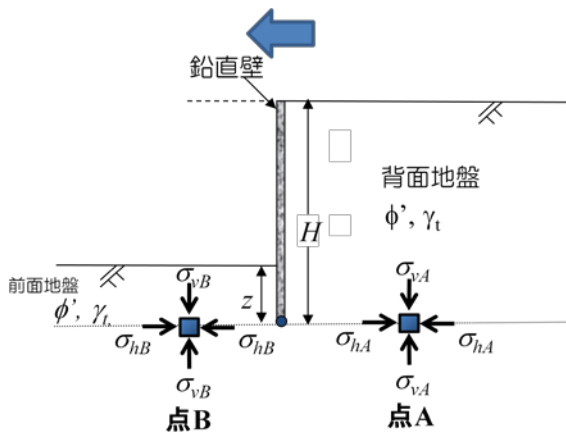


図 1

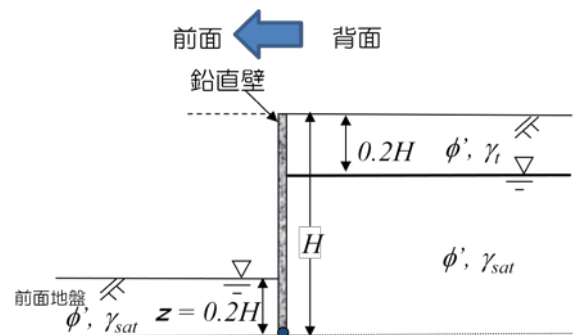


図 2

余白(計算に使用しても良い)

【問題7】 (コンクリート工学)

(1) まだ固まる前のコンクリートをフレッシュコンクリートという。フレッシュコンクリートに関する以下の問題に答えなさい。

[問1] フレッシュコンクリートに要求される性能として最も大切なものは、「ワーカビリティ」と「コンシステンシー」である。これらの性質の意味をそれぞれ 50 字以上、100 字以内で簡潔に説明せよ。

[問2] 下の文章は、フレッシュコンクリートの試験方法として最も一般的に行われているスランプ試験の試験手順を示している。文章中の下線部①～⑦の記述について、正しい記述であれば解答用紙に「○」を、誤りがあれば正しい記述を解答用紙に示せ。

手順1 水密性平板を湿布で清掃し、その上にスランプコーンの大きな開口を下にした状態で置き、手で
①
押さえる。

手順2 コンクリートをスランプコーンの高さの約1/3ずつ3層に分けて詰め、各層を突き棒でならしたのち
②
25回一様に突く。各層を突くときの突き入れ深さは前層に達する程度とする。
③ ④

手順3 3層目を突き終わった後、上面をスランプコーンの上端に合わせるように押し込む。
⑤

手順4 スランプコーンを鉛直に2～3分で引き上げ、コンクリート頂面中央部と水密性平板との距離を測
⑥ ⑦
定器によって測り、これをスランプとする。

(2) フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートが要求される性能を満足するように適切な材料の混合割合を決定することを配合設計と言う。コンクリートの配合に関する次の問題に答えなさい。

[問1] コンクリートの圧縮強度 f'_c は、水セメント比 (W/C)、またはセメント水比 (C/W) と相関が高いとされている。コンクリートの強度理論に基づき、両者の関係を表す式として最も適切なものは、次の①～⑤のうち、どれか、記号を示せ。ただし、AおよびBは経験により定まる定数である。

$$\textcircled{1} f'_c = A \cdot (W/C) + B \quad \textcircled{2} f'_c = A \cdot (C/W) + B \quad \textcircled{3} f'_c = \frac{1}{A \cdot (C/W) + B}$$

$$\textcircled{4} f'_c = A \cdot e^{B \cdot (W/C)} \quad \textcircled{5} f'_c = A \cdot (C/W)^2 + B$$

[問2] ここで、定数 $A = 24.0$ 、定数 $B = -18.0$ の場合、圧縮強度 30N/mm^2 のコンクリートを製造するための水セメント比 (W/C) はいくらか。

【問題7】 (コンクリート工学)

[問3] 問2で得られた水セメント比 (W/C) および下記の条件が設定されているとして、コンクリートの示方配合を求めよ。

単位水量 160kg/m^3 ， 空気量 5%， 細骨材率 40%， セメントの密度 3.20g/cm^3 ，
細骨材の表乾密度 2.60g/cm^3 ， 粗骨材の表乾密度 2.70g/cm^3

単位量 (kg/m ³)			
水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
160			

(3) 硬化コンクリートのクリープ現象に関する次の問題に答えなさい。

対象とするコンクリートのクリープ特性試験を実施した。コンクリートの材齢 (打設後の日数) が 10 日において載荷を開始したところ、載荷開始後の日数 (t) を変数として、クリープひずみ (ϵ) の経時変化のモデル式として次式が得られた。

$$\epsilon = a\sqrt{t}$$

a : コンクリートの種類により変化する定数とする。

同一の日に打設した、同一 (材料・配合) のコンクリートに対して同一の荷重を、

[問1] 材齢 50 日において載荷を開始した場合、

[問2] 材齢 340 日において載荷を開始した場合、

の 2 ケースについて、材齢 500 日でのクリープひずみを求めなさい。なお、解答においては、定数 a および $\sqrt{\quad}$ (ルート記号) を残したままでよい。

なお、以下に示す Whitney の法則が成立しているものとする。

「材齢 $t=t_1$ のときに載荷された荷重に対するクリープは、材齢 $t=t_0$ で載荷された場合の t_1 以後の進行に等しい ($t_0 < t_1$)」

【問題 8】(計画学)

以下の問いに答えよ。

- (1) パーソントリップ調査について以下の問いに答えよ。
 - (a) 調査の目的はなにか。
 - (b) コードンライン (cordon line) 調査を説明せよ。
- (2) Wordrop の配分原理 2 つを説明せよ。
- (3) 交通手段の分担交通量を予測するモデルを 2 つ挙げ、それぞれ説明せよ。
- (4) TDM (Transportation Demand Management) を実行する政策を 2 つ挙げ、説明せよ。
- (5) プロジェクトライフ n 年のプロジェクトがある。 t 年次におけるプロジェクトの費用、便益をそれぞれ c_t 、 b_t と表す。以下の問いに答えよ。
 - (a) t 年次における費用 c_t 、便益 b_t の現在価値を求めよ。ただし、社会的割引率を r とし、現在を $t=1$ とする。
 - (b) プロジェクトにおける費用便益比を c_t 、 b_t 、 r 、 t を用いて表せ。 $n+1$ 年次以降の残存価値は 0 とする。

【問題 9】(計画学)

以下の問いに答えよ。

- (1) 日本の都市計画は、土地利用、都市施設、市街地開発事業の3つの柱から成る。それぞれについてその概要を説明せよ。

- (2) 以下の用語を説明せよ。
 - (a) 市街化区域、市街化調整区域
 - (b) 開発許可
 - (c) スプロール
 - (d) 換地と減歩

- (3) 帝都復興計画について、計画の目的、計画の概要、その成果について説明せよ。

- (4) 田園都市論について、その概要を説明し、それに基づいて建設された都市名(1つで可)を挙げよ。

【問題 10】（環境工学）

(1) 下記の[1]～[10]を適切な語句で埋めよ。

1992年の国際環境開発会議で採択された[1], ならびに行動計画である[2]では, [3]社会の構築をはかることが目標とされ, またわが国の環境基本計画でも, そのような社会の構築が基本理念の一つにあげられた。

水, 大気, 森林資源, 水産資源などは[4]と呼ばれる。特定の人の所有ではなく, 誰もがその恵みを楽しむことができるし, 逆に温暖化やオゾン層の破壊の影響から逃げることもできない。[4]は, 経済学的には, [5]消費の性質(非競合性)を持ち, 消費の排除不可能性([6])があるといい, そのような財を[7]と呼ぶ。特に, 海洋や大気などの地球環境は特定の国に属するものではなく, そのような財は[8]と言われる。

消費・廃棄の段階だけでなく, 資源の採取から原料材料の製造, 製品の加工, 流通・販売の過程で発生する[9]を合わせて環境への影響を考える必要がある。[10]とは, 製品の一生を通じて定量的に, 環境への影響を把握する手法である。

(2) 環境容量について説明せよ。

(3) クリーン開発メカニズム(CDM)について説明せよ。

(4) 環境政策の手段の一つである, 経済的手段について説明せよ。

【問題 11】(環境工学)

(1)下記の [1]～[3] に入る語句を解答欄に書きなさい。

- ・海洋や湖沼で、水温が鉛直方向に急激に変化する層のことを [1] という。
- ・黒体の熱輻射において、表面から単位面積、単位時間当たりに放射される熱エネルギー流束が、その黒体の絶対温度の 4 乗に比例するという物理法則を [2] と呼ぶ。
- ・物質の拡散において、単位時間当たりに単位面積を通過する物質流束は負の空間的な濃度勾配に比例するという法則を [3] と呼ぶ。

(2)下記の語句 [4], [5] について説明せよ。

[4]ATP (adenosine triphosphate) [5]planetary albedo

(3)窒素の循環や除去に関する以下の設問に答えよ。

[6]ハーバー法とはアンモニア (NH_3 ガス) の工業的生産法である。水素 (H_2 ガス) を用いた空中窒素 (N_2 ガス) 固定法であり、可逆ガス反応である。 N_2 ガスの化学量論係数が 1 となるように NH_3 ガスの合成反応を考え、以下の設問 a)～d)に答えよ。非平衡時の成分 i の分圧を $\{P_i\}$ 、平衡時の分圧を $[P_i]$ で表すこと。

a)圧平衡定数 K_p を表す式を解答欄に記せ。

b) NH_3 ガスの持つ標準生成ギブス自由エネルギーは -4000 [cal/mol] である。標準状態 (温度 298 [K]) での NH_3 ガス合成反応のギブス自由エネルギー変化 ΔGr^0 を計算せよ。また、標準状態でこの合成反応は進み得るか、進み得ないかを判定せよ。

c)反応のギブス自由エネルギー変化を ΔGr とし、 ΔGr^0 の値から K_p の値を求める方法を示しつつ、 NH_3 ガス合成反応の K_p の値を求めよ。ただし、気体定数は 2.0 [cal/(K·mol)] とし、10 ないしは e の累乗の形で答えて良い。

d)アボガドロの法則に触れつつ、アンモニア合成反応の平衡状態と全圧 P との関係について説明せよ。

[7]上水道の浄水施設での消毒において、日本の水道法で決められている消毒剤の種類や濃度について述べた後、アンモニアを含む原水を殺菌する方法について説明せよ。

[8]自然界では、窒素は様々な形態に変化しつつ循環している。一方、下水処理場においては、自然界の窒素循環過程の一部を応用して生物学的にアンモニウムイオン (NH_4^+) を最終的には N_2 ガスへと転換して窒素除去を達成している。では、この窒素除去に関わる二つの生物学的プロセスのそれぞれの異化代謝 (異化の名称, 酸化剤やエネルギー源) と同化代謝 (炭素源) について説明せよ。

問題冊子裏面