

2016年8月25日実施

2017年度立命館大学大学院理工学研究科
博士課程前期課程
入学試験問題（専門科目）

環境都市専攻【B方式】

【注意事項】

- (1) 解答は問題番号1. 2. …ごとに解答用紙1枚を使用して下さい。
- (2) 受験番号、氏名、志望コース、問題番号等の必要事項を解答用紙すべてに記入して下さい。
- (3) 無記名答案は無効です。また、問題用紙および解答用紙の持ち帰りは認めていません。
- (4) 解答用紙はホッチキス止めしてあるので、はずさないで下さい。
- (5) 専門科目の選択方法
問題用紙が志望専攻、希望受験方式の問題であることを確認し、下記の選択方法に従って解答して下さい。

環境都市専攻【B方式】：次の1の必答、および2～5の中から2問選択し、合計3問解答すること。

1. 工業数学（環境都市分野）
2. 環境力学
3. 環境科学
4. 都市地域計画
5. 環境管理技術

(6) 専門科目試験時間

基礎理工学専攻物理科学コース・電子システム専攻・環境都市専攻

13:00～16:00（180分）試験時間中の途中退室は認めていません。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 A方式/B方式/C方式

1. 工業数学（環境都市分野）

次の3つの設問（(1) 微分方程式, (2) 線形代数, (3) 確率・統計）のうち、2問を選択して答えること。
 なお、計算や式の導出など途中経過も示すこと。

(1) 微分方程式

1) 「変数分離系」となる常微分方程式の簡単な例を書き、一般解を導け。

2) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2y}{dt^2} - \pi^2 y = 0$$

また、 $t=0$ において $y(0)=0$ と $\left.\frac{dy}{dt}\right|_{t=0} = 1$ が与えられたときの解を求めよ。

3) 次の微分方程式の一般解を求め、 y を t の関数で表せ。

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 4y = \cos t$$

(Hint: 特殊解をとして $A \cos t + B \sin t$ を仮定し、定数 A, B を求める。)

(2) 線形代数

1) 行列 $A = \begin{pmatrix} 2 & -2 \\ -1 & 3 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

① 行列 A の固有値 λ を全て求めよ。

② 行列 A の逆行列 A^{-1} を求めよ。

2) ベクトル $\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 0 \end{pmatrix}$ $\mathbf{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}$ について、以下の問いに答えよ。

① $2\mathbf{a} - \mathbf{b}$ を求めよ。

② $\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ (内積) を求めよ。

③ \mathbf{a} と \mathbf{b} のなす角度を求めよ。

3) 次の連立1次方程式を掃き出し法で解け。

$$\begin{pmatrix} -2 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix}$$

(3) 確率・統計

1) 母分散 $\sigma^2 = (5.0)^2$ が既知である正規母集団から取り出した $n = 49$ の標本平均 \bar{X} が 20.0 であった。この母集団の平均 μ の 95%信頼区間を求めよ。ただし、標準正規分布の両側 0.05 (片側 0.025×2) の棄却域の境界値は、 $z = \pm 1.96$ である。

2) ある正規母集団から取り出した $n = 11$ の標本分散 s^2 は 225 であった。この母集団の分散 σ^2 は $\sigma_0^2 = 100$ と異なると言えるか。以下の手順にしたがって検定せよ。

① 帰無仮説 H_0 および対立仮説 H_1 を示せ。

② 検定統計量 $\chi^2 = (n-1)s^2 / \sigma_0^2$ を計算せよ。

③ H_0 のもとで χ^2 は自由度 $n-1$ のカイ二乗分布に従うことがわかっている。右表を参照に、有意水準 5% で検定する際の棄却域の境界値を示せ。

④ 検定結果を説明せよ。

χ^2 分布表(抜粋)

$\phi \backslash \alpha$	0.975	0.95	0.05	0.025
10	3.25	3.94	18.3	20.5
11	3.82	4.57	19.7	21.9
22	11.0	12.3	33.9	36.8

ϕ : 自由度 α : 上側確率

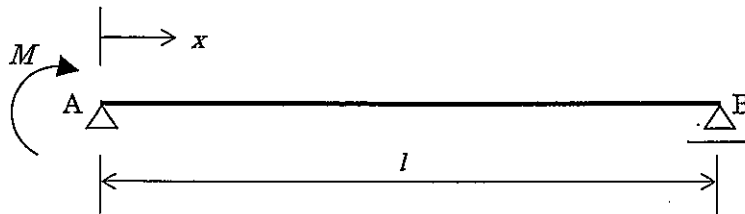
立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 B方式

2. 環境力学（この設問は3ページあります。1ページ目）

「次の設問Ⅰ.～Ⅲ.から2問を選んで回答せよ。」

Ⅰ. 図に示す「単純ばり」の支点Aに曲げモーメント M が作用しているとき、以下の問いにそれぞれ答えよ。ただし、はりの弾性係数 E および断面2次モーメント I は、全長にわたって一定とする。また、はりの自重は無視する。



(1) 点Aに作用する「反力： V_A 」および x の位置における「モーメント： M_x 」を求めよ。

(2) 「曲げモーメント図： M 図」を求めよ。

(3) 点Aにおける「たわみ角： θ_A 」および点Bにおける「たわみ角： θ_B 」を、弾性曲線方程式を用いて求めよ。

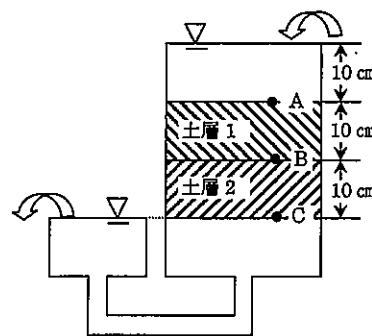
立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 B方式

2. 環境力学（この設問は3ページあります。つづき2ページ目）

II. 以下の（1）～（8）の設問に答えよ。

右図のように定常な透水状態があり、全水頭、圧力水頭の分布ならびに流量をもとめたい。土層1は透水係数 $1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、土層2は透水係数 $2 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ で、土層の断面積は 20cm^2 、土層の最下部は透水係数が無限大のフィルタで支えられている。土層は何れも飽和しているものとする。



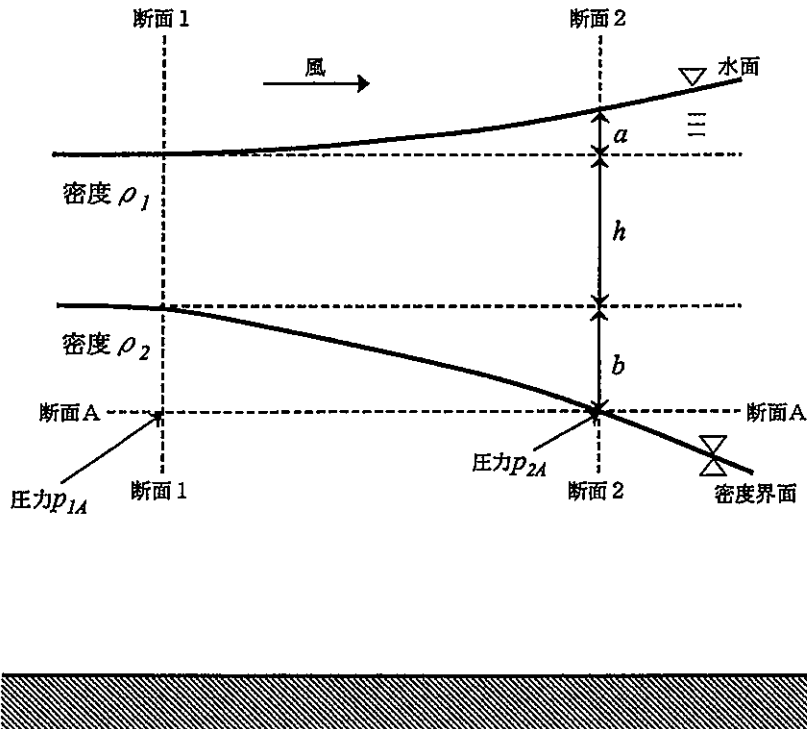
- (1) 図中の C 点における水平面を基準面とすると、C 点における全水頭は 0cm 、A 点における全水頭は 30cm となる。B 点における全水頭を $x (\text{cm})$ とおいたとき、土層1に作用する動水勾配 i_1 、土層2に作用する動水勾配 i_2 をそれぞれ x を用いて表せ。
- (2) ダルシー則 ($v = ki$, ただし、 v は流速) が成立すると仮定し、土層1における流量 Q_1 と土層2における流量 Q_2 を x を用いて表せ。
- (3) 土層1と2の間で水は増えたり減ったりすることはないから Q_1 と Q_2 は等しい。このことから、 x を求めよ。また、流量を求めよ。
- (4) 土層1および2を合わせた土層全体としての透水係数 k_y を求めよ。
- (5) 標高を縦軸に、水頭を横軸にとり、土層全体の全水頭、位置水頭、圧力水頭の分布図を描け。

全体積 $200,000 \text{m}^3$ の盛土を造成する。土取り場で湿潤密度 $\rho_t = 1.20 \text{t/m}^3$ 、 $w = 20.0\%$ の土を締め固めて乾燥密度 $\rho_d = 1.60 \text{t/m}^3$ としたい。ただし、工事の過程で水分の増減はないとし（土を乾燥させたり、散水させたりしない）、土粒子の密度 $\rho_s = 2.80 \text{t/m}^3$ とする。以下の問いに答えよ。なお水の密度は $\rho_w = 1.0 \text{t/m}^3$ とする。

- (6) 土取り場の土の乾燥密度を求めよ。
- (7) 土取り場において採取すべき土の体積を求めよ。
- (8) 土取り場及び締め固めた盛り土の飽和度を計算せよ。

2. 環境力学（この設問は3ページあります。つづき3ページ目。）

Ⅲ. 図のような二成層流（上層の密度 ρ_1 、下層の密度 ρ_2 ）において、風により風下側が吹き寄せられ、断面2の水面が断面1における水面より a だけ上昇している場合を考える。このとき、断面2の密度界面は断面1における密度界面より b だけ下に変位する。断面1における上層の厚さを h とし、断面2における密度界面の高さに水平断面Aを考えることとして、以下の問いに答えよ。ただし、下層は静止しているものとし、上層・下層における圧力はいずれも静水圧近似できるものとする。また、重力加速度は g とする。



- (1) 断面1における断面Aの位置の圧力を p_{1A} として、この大きさを式で表せ。
- (2) 断面2における断面Aの位置の圧力を p_{2A} として、この大きさを式で表せ。
- (3) p_{1A} と p_{2A} の関係を、等号ないし不等号を用いて表せ。
- (4) 密度界面の変位 b を式で表せ。
- (5) 上層の密度 ρ_1 が下層の密度 ρ_2 よりも2%小さいとき、密度界面の変位 b は水面の変位 a の何倍になるか求めよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 環境都市専攻 B方式

3. 環境科学

(1) 環境負荷を定量的に評価するライフサイクルインベントリ分析手法としての「積み上げ法」と「産業連関分析法」の特徴について、各々の手法のメリットとデメリットを対比させながら簡潔に説明しなさい。

(2) 環境に関する下記の用語について、簡潔に説明しなさい。

- (a) 富栄養化
- (b) 酸性雨
- (c) サーマルリサイクル
- (d) バイオマスエネルギー

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目] 環境都市専攻 B方式

4. 都市地域計画

- (1) 操作論的景観論の立場から、シーン景観、シーケンス景観、場の景観、変遷景観の概念と利用例を、各 50~100 字程度で説明せよ。
- (2) R市では道路新設プロジェクトの実施を検討している。プロジェクト期間は n 年であり、 i 年目における便益 b_i 、および費用 c_i はそれぞれ推計されているとき、以下の問いに答えよ。ただし、社会的割引率を r とする。
- ① 道路網整備の便益について、直接効果と間接効果をそれぞれ可能な限り列挙せよ。
 - ② プロジェクトに関わる総便益の現在価値 B 、および総費用 C の現在価値をそれぞれ求めよ。
 - ③ プロジェクトに関わる純現在価値、および費用便益比を B 、 C を用いてそれぞれ求めよ。
 - ④ 本プロジェクトに合わせて、道路景観を改善する取り組みも同時に行った。このような貨幣換算しにくい改善効果を定量的に評価するためには、どのような手法が有効か。考えを述べよ。
- (3) A市では、ごみの分別方法の変更について検討している。ごみの排出は市民の日常生活に直接関係することから、分別方法の変更について世帯を対象にアンケート調査を行うことになった。対象となるのは 12,345 世帯で、400 世帯に対して郵送調査によって行う。
- ① 郵送調査に関する下記の記述について、正しい場合は○、間違っている場合は間違っている箇所を記せ。
 - ア. 郵送調査は、郵便で調査票を配布し、調査対象者が回答を記入後、調査者が訪問して調査票を回収する方法である。
 - イ. 郵送調査は、広い地域に分布した調査対象者に実施することができ、郵送代金のみのため費用が安くすむ。
 - ウ. 郵送調査においては、記名を要求しなければ調査対象者の匿名が保証され、調査者によるバイアスを回避できる。
 - エ. 郵送調査は、調査対象者への動機付けが低く、他の方法に比べ回収率が極めて低くなる(標本に偏りが生じる)可能性がある。
 - オ. 郵送調査では、回収率を上げるために、回答の締切前後に必ず督促状を送る。
 - カ. 郵送調査では、複雑な質問に対しても調査対象者が自由に時間を使えるため適切な回答を得られやすいが、回収までに時間がかかる。
 - ② 系統抽出法で 400 世帯を抽出する手順を述べよ。

立命館大学大学院理工学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕 環境都市専攻 B方式

5. 環境管理技術

下記の文章を読んで、空所および下線を付した用語や文章に関連する設問に答えよ。

生物を用いた水処理においては、細菌をはじめとする微生物群集がその生存や増殖のために、水中の有機物などの^(a)除去対象物質を用いる性質を利用している。生物が生存や増殖のためにエネルギーを獲得するときには、酸化される^(b)還元性物質（水素供与体）が必要であるが、水素供与体として有機物を用いる生物と無機物を用いる生物が存在する。また、エネルギー獲得プロセス（呼吸）の最終プロセスで^(c)①を受け取る^(d)①受容体が必要であるが、最終^(e)①受容体として分子状^(f)②を用いる生物と^(g)②以外の物質を用いる生物が存在する。このようなエネルギー獲得の様式の違う自然界の生物の特性を、生物を用いた水処理では効果的に利用しているのである。

最終^(h)①受容体として分子状⁽ⁱ⁾②を用いる生物を^(j)③生物といい、^(k)③微生物（主に^(l)③細菌）を用いる処理を^(m)③処理という。⁽ⁿ⁾浮遊性の^(o)③細菌を用いる代表が^(p)④法であり、^(q)その微生物群集を^(r)④という。^(s)④の呼吸によって分子状^(t)②が消費されることから、その^(u)②消費速度を測定して^(v)④の呼吸活性を評価することができる。^(w)④は水素供与体として有機物を用いるので、有機物を添加して^(x)②消費速度を測定すれば、その有機物の^(y)④による利用可能性が評価できる。また、^(z)④を環境中における^(aa)③細菌群集と考えれば、^(ab)②消費速度の測定によって、当該有機物の環境中での^(ac)⑤の評価にも用いることができる。^(ad)⑤が低い物質は、^(ae)環境中に^(af)⑥する可能性が高いといえる。なお、有機物を添加しなくとも^(ag)④は^(ah)②を消費するが、これは細胞内に蓄積された有機物を用いた呼吸であり、^(ai)⑦呼吸といわれる。

さらに、微生物は増殖をしてそのバイオマスを増やしてゆく。バイオマスは有機物なので^(aj)⑧を含有するが、その^(ak)⑧源として有機物を用いる生物と^(al)無機^(am)⑧を用いる生物が存在する。有機物を用いるものは^(an)⑨、無機^(ao)⑧を用いるものは^(ap)⑩とよばれ、生物を用いた水処理においてはいずれの様式の生物も、その特長を生かしながら利用されている。^(aq)④を用いた下水処理場での^(ar)BOD除去においては、^(as)⑨細菌が主に働いている。

(1) ①～⑩に入る適切な語句を以下から選び、記号で解答しなさい。

- A 独立栄養性 B 従属栄養性 C 内生 D 好気性 E 嫌気性 F 陽子
G 電子 H 酸素 I 窒素 J 炭素 K 生物膜 L 活性汚泥 M 光合成
N CO₂ O H₂O P 生分解性 Q 凝集性 R 細胞外 S 難分解性 T 残留 U 揮発

(2) 有機物以外の生物処理の除去対象として、どのような物質あるいは水質指標が考えられますか。

(3) 環境中で自然に進行している還元反応の例を一つ示し、その化学反応式を書きなさい。

(4) ②以外の物質を用いる生物は何と呼ばれていますか。

(5) 浮遊性でない細菌群集を用いた水処理方法の例を示しなさい。

(6) ④を処理水から固液分離する方法にはどのような方法が用いられていますか。

(7) 環境中に⑥して問題となった化学物質には、どのような物質がありますか。

(8) 無機⑧を用いる生物でないものは以下のどれか、記号で解答しなさい。

- A 藻類 B アンモニア酸化菌 C 亜硝酸酸化菌 D 脱窒菌

(9) 流入水量 100m³/日、流入 BOD 濃度 200mg/L の下水が、容量 25m³、MLSS2500mg/L の曝気槽で処理されているときの、BOD-SS 負荷量を求めなさい。

(10) BOD とは何か、またどのように測定するのか、説明しなさい。