

大阪工業大学大学院

＜工学研究科博士前期課程＞

2025 年度一般入試問題

化学・環境・生命工学専攻

環境工学コース

<第2回入試>

問 題

専門試験(80点満点)

以下、4科目のうち2科目を選択すること。

上下水道・水環境

廃棄物・バイオマス

資源・エネルギー

生物環境

2025 年度 大学院（博士前期課程）入学試験問題 <2 次>

下記のうち、いずれか 1 問を選択して解答せよ。

1. 浄水処理に関する次の(1)および(2)の問いに答えよ。
 - (1) 急速砂ろ過池のろ層内で発生する負圧現象について述べよ。特に、①どのような状況下で、②どのように発生し、③どのような悪影響がもたらされるかについて詳しく説明せよ。
 - (2) 浄水施設における耐塩素性病原生物（クリプトスポリジウム等）対策の考え方を述べよ。
2. 下水処理場における高度処理のうち、リン除去に有効である処理方式について説明せよ。また、リン除去のメカニズムについて処理プロセスの運転方法および微生物の生態を合わせて説明せよ。

受験番号: _____ 氏名: _____

2025 年度 博士前期課程 大学院入試 化学・環境・生命工学専攻 環境工学コース
廃棄物・バイオマス

問 1 ごみの焼却処理および廃熱ボイラでの熱回収について、設問(1)～(3)に答えなさい。

(1) ある全ごみ（湿状態）1 kg について、湿分（付着水分）が 18.00%、固有水分が 275 g、水素分が 2.5%であった。高位発熱量が 12,000 kJ/kg のとき、この全ごみの低位発熱量はいくらになるか計算しなさい。ただし、水の蒸発潜熱を 2,500 J/g とする。

答え: _____

(2) ある焼却炉において、1 時間当たり 7,500 kg の高質ごみ（LHV = 12,000 kJ/kg）を焼却処理している。空気比 λ = 1.40 で焼却した際の諸条件が次の表に示されている。燃焼ガス温度が 1,072 °C のとき、焼却灰の発生量 (kg/h) を熱収支計算によって推計しなさい。ただし、投入ごみと燃焼空気の温度はいずれも 20 °C とする。

高質ごみの比熱	1.3	kJ/ (kg · °C)
燃焼空気量	45,000	m ³ N/h
燃焼空気の比熱	1.4	kJ/ (m ³ N · °C)
燃焼ガス量	50,000	m ³ N/h
燃焼ガスの比熱	1.7	kJ/ (m ³ N · °C)
燃焼ガス温度	1,072	°C
焼却灰の比熱	1.3	kJ/ (kg · °C)
焼却灰温度	450	°C

答え: _____

(3) 廃熱ボイラにおける諸条件は、燃焼排ガス温度は $1,000^{\circ}\text{C}$ 、廃熱ボイラ出口排ガス温度は 165°C 、発生蒸気量が 40 t/h であった。廃熱ボイラ出口における燃焼排ガス流量 ($\text{m}^3\text{N/h}$) を計算しなさい。ただし、 $1,000^{\circ}\text{C}$ および 165°C における燃焼ガスの比熱はそれぞれ $1.7\text{ kJ}/(\text{m}^3\text{N}\cdot^{\circ}\text{C})$ および $1.3\text{ kJ}/(\text{m}^3\text{N}\cdot^{\circ}\text{C})$ 、ボイラ給水エンタルピーおよびボイラ蒸気エンタルピーは、それぞれ 600 kJ/kg および $3,200\text{ kJ/kg}$ とする。

答え：_____

(計算用余白)

(問題は、次ページに続く。)

問 2 近年下水処理場において、消化ガスを民間企業に売却し、民間企業は発電機を設置するビジネスが活発になっている。これに関して、背景等を記述した上で、関係者に求められることや今後の方向性などについて、あなたの考えを論じなさい。

[解答欄]

[illegible]

【資源・エネルギー分野】問題用紙

以下の問題 1、問題 2 のいずれか 1 問のみを選択して解答せよ。

解答は解答用紙に記入すること。

【問題 1】

- (1) $f(x) = e^x$ ($-\pi < x < \pi$) の複素フーリエ級数を求めよ。
- (2) フーリエ変換について、数学的手法の観点から説明せよ。

【問題 2】

熱容量の十分大きい温度 T_H の高温熱源と温度 T_L の低温熱源によって作動するカルノーサイクルについて考える。

- (1) 等温膨張過程の終点と等温圧縮過程の終点の圧力がともに p_0 であるとき、このカルノーサイクルを $p - V$ 線図に示せ。
- (2) 作動流体が高温熱源から受ける熱量 Q_H を、高温熱源の温度 T_H および等温膨張過程における始点と終点の容積の比 V_1/V_2 を用いて示せ。
- (3) 作動流体が 1kg あたりに低温熱源へ排出する熱量 Q_L を、低温熱源の温度 T_L および等温圧縮過程における始点と終点の容積の比 V_3/V_4 を用いて示せ。
- (4) (2)と(3)の結果を用いて、カルノーサイクルの熱効率が高温熱源の温度と低温熱源の温度によってのみ決まることを説明せよ。

2024年度 大学院一般入試・社会人入試

大阪工業大学 工学研究科 博士前期課程 化学・環境・生命工学専攻

環境工学コース

専門試験 生物環境

- ※ 問題1と問題2のいずれか1題を選択して解答すること
- ※ 選択した問題について、問題番号横にある“(解答;)”の欄に○印をつけること
- ※ 各問題のページは問題1(p1-5)、問題2(p6-8)である。
- ※ 余白や解答しない問題部は計算用紙などに使用してよい

問題1（解答； ）

下記の文章を読んで、設問1-1～1-3に答えなさい。

現代社会は石油や石炭などの化石燃料に大きく依存している。しかし、化石燃料は枯渇性資源であるためいずれは無くなってしまう。さらに、化石燃料の使用は大気中のCO₂濃度を増加させ、地球温暖化を引き起こしている可能性が高い。持続可能な社会の発展のためには、①再生可能なエネルギーの開発が急務となっている。

現在、実用化しているバイオ燃料の事例として、②トウモロコシやサトウキビから作られるバイオエタノール、パーム油や菜種から作られるバイオディーゼル、そして、樹木に由来する木質バイオマスを挙げることができる。これに対して、2000年代に入り、微細藻類を利用したバイオ燃料生産の研究が国内外で活発化している。

微細藻類はバイオ燃料生産のためだけでなく、サプリメントなどの栄養補助食品の製造、化粧品などに添加する機能性成分の製造、家畜や魚介類の飼料生産など、③多岐にわたる分野で利用可能性がある。このような微細藻類の多面的な利用を促進すれば、製造コストを上回る経済的な収益をあげることが可能となり、将来的に微細藻類によるバイオ燃料生産の商業化が実現するかもしれない。

設問1-1 下線部①の例を4つ挙げ、それぞれの長所短所を議論しなさい。

設問1-2 下線部②について、トウモロコシからバイオエタノールを生産する方法について説明しなさい。

設問1-3 下線部③について、環境工学分野での微細藻類の活用技術について、バイオ燃料生産以外の技術の一つ説明しなさい。なお、原理的に可能であれば、実用化されていない技術でもよい。

下記の文章を読んで、設問1-4～1-5に答えなさい。

①ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)は、ごく微量な核酸を鋳型として、任意に選んだ遺伝子領域だけを数十兆倍に増幅させる技術であり、現代分子生物学の基盤的技術となっている。そして、PCRの原理を数学的に応用し、ある特定の塩基配列を持つ核酸の濃度を定量する方法がリアルタイムPCR法である。リアルタイムPCR法では、核酸に結合して発光する蛍光物質を使い、PCR反応の各サイクルごとに核酸濃度をリアルタイムで測定し、核酸濃度の増加曲線を作る(図1)。このとき、ある一定の核酸濃度(閾値 Threshold)に達するまでに必要となったサイクル数をCt値という。②Ct値を縦軸に、核酸の初期濃度の対数値(常用対数)を横軸にとると、両者の間には負の直線関係が成り立つ(図2)。核酸の初期濃度が高いほど、1サイクルのPCR反応によって増幅される核酸の量も多くなるため、Ct値が低くなるためである。この関係を利用すれば、核酸の初期濃度が未知のサンプルについて、Ct値から初期濃度を推定することができる。

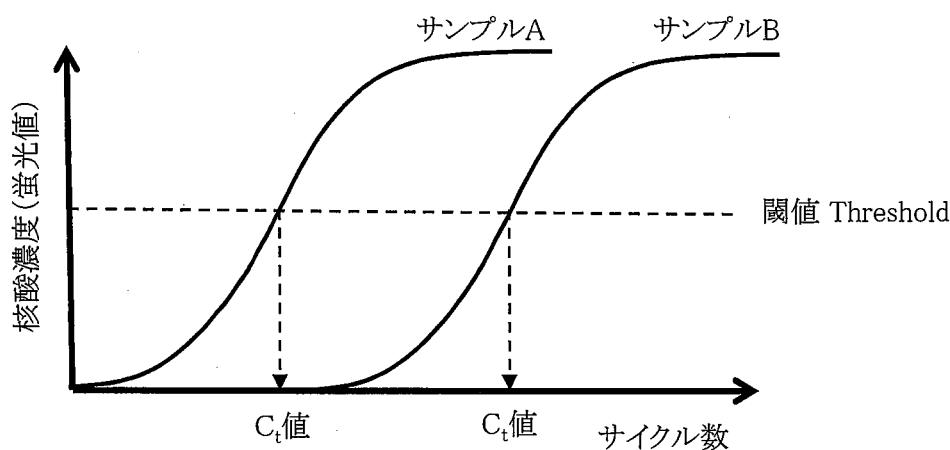


図1. リアルタイムPCRの原理を説明する図. 初期の核酸濃度が濃いサンプルAと、初期の核酸濃度がサンプルAよりも薄いサンプルBについて、それぞれリアルタイムPCRによって得られる核酸濃度の増加曲線を描写したもの。ある核酸濃度(閾値)に達したときのサイクル数をCt値と呼ぶ。サンプルBはAよりも初期の核酸濃度が低いため、PCR反応時の核酸濃度の増加が遅く、閾値に達するまでにより長いサイクル数を必要とする。

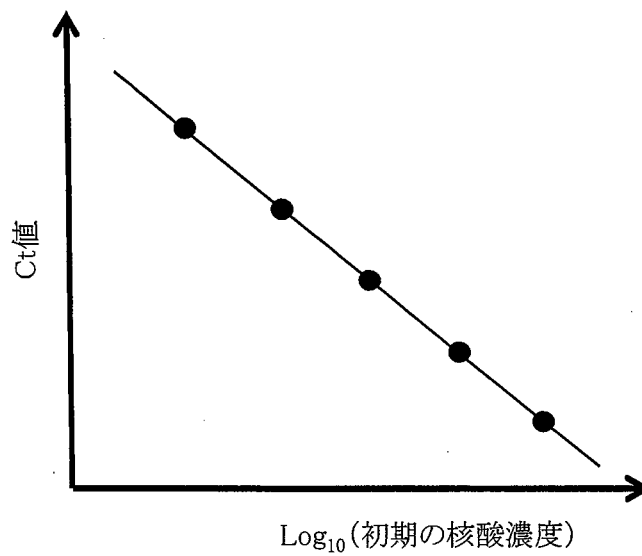


図2. Ct値と初期の核酸濃度の関係を表す図. 初期の核酸濃度が高いほどCt値が小さくなる関係がある。核酸濃度を対数値で表示すると、Ct値と核酸濃度(対数値)の間には負の直線関係が成り立つ。

設問1-4 下線部②について、理論的には、PCR反応1サイクルによって核酸濃度は2倍に増加するはずである。核酸濃度がすでに分かっている標準サンプルについて、初期の核酸濃度が 10^4 (コピー/μL)のとき、Ct値が25であった。図2の直線の傾きと切片を計算しなさい。なお、 $\text{Log}_{10}(2) = 0.301$ としなさい。

設問1-5 下線部①について、新型コロナウイルスを検出するために開発されたPCRテストの原理を説明しなさい(イラストや図を使っても良い)。

問題2（解答； ）

設問 2-1 下記の文章を読んで、設問に答えなさい。

表 2-1はある気象台で観測されたデータである。以下の設問2-1の【 】に入る数値を答えよ。計算値が割り切れない場合は、小数点以下3桁の数値を四捨五入して小数点以下2桁までの数値を解答せよ。ただし、ステファン・ボルツマン定数を $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ (Wm}^{-2}\text{K}^{-4}\text{)}$ とする。

表 2-1 ある気象台で観測されたデータ

時間	気温(°C)	相対湿度(%)	日射量(MJm ⁻²)
6:00-7:00	28.4	68	0.50
7:00-8:00	29.7	66	1.15
8:00-9:00	31.4	61	2.01
9:00-10:00	32.0	59	2.71
10:00-11:00	33.1	54	3.11
11:00-12:00	35.3	48	3.40
12:00-13:00	34.8	53	2.54
13:00-14:00	36.1	47	2.08
14:00-15:00	36.8	45	2.24
15:00-16:00	35.5	49	2.28
16:00-17:00	34.9	51	1.48
17:00-18:00	34.4	52	0.73

11:00から13:00の時間帯の平均全天日射量は【①】Wm²である。この時間帯の全天日射量のうち90%が直達成分であったとすれば、太陽光線に対して鉛直な面における平均直角面直達放射フラックスは、約【②】Wm²である。ただし、この時間帯の太陽高度角を60°とする。12:00から14:00の時間帯の平均気温に対する大気放射量は、放射率を0.95とすると、約【③】Wm²である。

相対湿度とは飽和水蒸気圧に対する大気中の水蒸気分圧の比である。9:30における水蒸気圧 e_a が28.1hPaで気温と相対湿度がこの時間帯の平均値であったとする。9:30における飽和水蒸気圧は、 e_s = 【④】hPaである。この時大気圧を標準大気圧(1013.25hPa)とすると絶対湿度(混合比)は、 q_a = 【⑤】gkg⁻¹(DA)である。また平均分子量を18とすると水蒸気1kgの気体定数は、 R_v = 【⑥】JK⁻¹kg⁻¹なので、水蒸気密度は ρ_v = 【⑦】gm⁻³と計算できる。

長さ×幅×深さが25m×12m×20cmのプールがある。この日の6:00から18:00まで水面に到達した放射エネルギーの総量は、【⑧】GJである。水の比熱を $C_w = 4.2 \text{ Jg}^{-1}\text{°C}^{-1}$ とし、この熱が損失なくプールの水に伝導して水が完全に保温されたと仮定すると、⑧の熱量は水を【⑨】°C昇温させる熱量に相当する。また水の蒸発の潜熱を $l = 2500 \text{ kJkg}^{-1}$ として⑧の熱量がすべて蒸発に使われたと仮定すると、プールの水深は【⑩】cmになる。

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 【 】 | 【 】 | 【 】 | 【 】 | 【 】 |
| ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | ⑩ |
| 【 】 | 【 】 | 【 】 | 【 】 | 【 】 |

設問 2-2

物質から電磁波や粒子などが放出される現象を放射と呼ぶ。放射フラックスに関する以下の問いについて、【 】に適切な語句あるいは数値を答えよ。計算値が割り切れない場合は小数点以下3桁を四捨五入して、2桁目までを解答せよ。

温度を持つ物体はすべて温度に応じた放射を射出している。地球の表面温度の代表的な値を 16.25°C とする。地球表面が黒体であると仮定したとき、地球の放射フラックスは【 ① 】 Wm^{-2} である。この時ウィーンの変位則によると、放射強度がピークとなる波長は【 ② 】 μm となり、地球放射は【 ③ 】線であることがわかる。

地表面における放射と熱の収支を考える。ある日中に 950 Wm^{-2} の全天日射量を観測した。この地表面の平均反射率(アルベド)を $\alpha=0.24$ 、上向き地表面放射量 $L_u=510 \text{ Wm}^{-2}$ 、下向きの大気放射量を $L_d=450 \text{ Wm}^{-2}$ 、とすると、正味放射量は R_n =【 ④ 】 Wm^{-2} である。また別の日に $R_n=750 \text{ Wm}^{-2}$ であった。この時、地表面からの潜熱フラックスは正味放射の34%であった。この状態が3時間継続したとして、水の気化潜熱 $I=2500 \text{ kJkg}^{-1}$ とした時、蒸発散量は【 ⑤ 】 mm である。

① ② ③ ④ ⑤
【 】 【 】 【 】 【 】 【 】

設問 2-3 温室効果とはどのような現象か？以下のキーワード(あるいは数式)を使って説明せよ。

キーワード; 温室効果ガス・放射と熱の収支式・日射・地表面放射・大気放射・放射平衡

設問2-4

地理情報システム（GIS）とは電子化した地図を使って、空間情報処理を行うツールである。GISで利用する地理情報は、ポイント、ライン、ポリゴンで表現されるデータのタイプを【 ① 】型、航空写真、人工衛星画像、数値標高モデルなどメッシュ(セル)または格子点状に数値を格納したデータのタイプを【 ② 】型とって区別する。

測地系とは地球上の位置を、【 ③ 】度と【 ④ 】度および標高を用いる座標によって表現するための系(システム)を指す。なお、現在日本で採用されている準拠楕円体は、ITRF座標系GRS80と呼ばれるもので、【⑤ 日本・世界】測地系に基づくものである。地球上の南北・東西方向の位置を、それぞれ、【 ③ 】度と【 ④ 】度で表現する【 ③ 】度【 ④ 】度法は、【⑥ 大・小】縮尺の地図を扱う場合に適している。

人工衛星データをジオリファレンスするのによく採用される【 ⑦ 】座標系とは、横メルカトル図法と呼ばれるものの一種である。地球全体を【 ④ 】度 6° 毎に60の帯(ゾーン)に分け、座標原点からの南北・東西方向の距離で位置を表現するもので、中縮尺に適した方法である。日本国内の都市計画図(1:3000)など、さらに【⑧ 大・小】縮尺な地図を扱う場合は、測量法で定められた【 ⑨ 】座標系が利用される。様々な波長の電磁波の反射率や透過率などの情報を使って、物体の情報を直接触れることなく計測する技術のことを【⑩】技術と呼び、現代の工学・産業において不可欠な技術となっている。

- ① ② ③ ④ ⑤ (一つを選択)
 【 】 【 】 【 】 【 】 【 日本・世界 】
- ⑥ (一つを選択) ⑦ ⑧ (一つを選択) ⑨ ⑩
 【 大・小 】 【 】 【 大・小 】 【 】 【 】

環境工学の基礎(40点満点)

解答は、問題用紙に直接、記入して、問題用紙ごと提出すること。

電卓の使用を許可する。

受験番号・氏名_____

問1 (10点)

以下の文章を読み、問いに答えよ。

1. Renewable energy is energy derived from natural sources that are replenished at a higher rate than they are consumed. Sunlight and wind, for example, are such sources that are constantly being replenished. Renewable energy sources are plentiful and all around us.

2. Fossil fuels - coal, oil and gas - on the other hand, are non-renewable resources that take hundreds of millions of years to form. Fossil fuels, when burned to produce energy, cause harmful greenhouse gas emissions, such as carbon dioxide.

3. Generating renewable energy creates far lower emissions than burning fossil fuels. Transitioning from fossil fuels, which currently account for the lion's share of emissions, to renewable energy is key to addressing the climate crisis.

4. Renewables are now cheaper in most countries, and generate three times more jobs than fossil fuels

注) the lion's share : 大部分.

出典: <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>

1.を日本語で要約せよ。

--

2.を日本語で要約せよ。

--

3.を日本語で要約せよ。

4.を日本語で要約せよ。

この文章にタイトルをつけるとすれば次のどれがふさわしいか?

- a. 原子力エネルギーとは
- b. バッテリーの進化とは
- c. 再生可能エネルギーとは
- d. 化石燃料とは
- e. 温室効果ガスとは

問2(10点)

確率変数Yは正規分布 $N(\alpha, \beta^2)$ に従うとする。Yの母平均の信頼区間は次の式で与えられる。

$\alpha - 1.96\beta \leq Y \leq \alpha + 1.96\beta$ 信頼係数 ① %の信頼区間

$\alpha - 1.64\beta \leq Y \leq \alpha + 1.64\beta$ 信頼係数 ② %の信頼区間

Yの値として、65 64 69 66 71 が得られた場合、
 α の推定値は標本平均 ③ である。標準偏差 β の推定値は2.9である。

1) ①に適切な値を、以下のいずれかから選べ。

90 もしくは 95

2) ②に適切な値を、以下のいずれかから選べ。

90 もしくは 95

3) 標本平均 ③ を計算せよ。

4) 標準偏差 β の推定値2.9を算出する式を書け。

= 2.9

5) 次の中から正しいものを選べ。

- a. 標本数が増加すると、 α の推定値が大きくなる。
- b. 標本数が増加すると、 α の推定値が小さくなる。
- c. 標本数が増加すると、 β の推定値が大きくなる。
- d. 標本数が増加すると、 β の推定値が小さくなる。
- e. 標本数が増加しても、 α 、 β の推定値の増減とは無関係である。

問3 (10点)

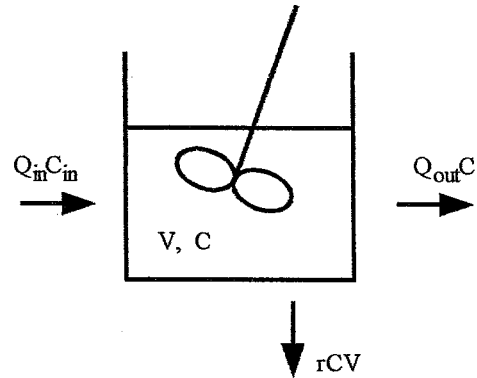
容積 $V=600 \text{ m}^3$ の槽に、1時間あたり 30 m^3 の流入水($=Q_{\text{in}}$)、流出水($=Q_{\text{out}}$)がある排水処理装置を考える。

流入水中の汚濁物質濃度は、 $C_{\text{in}} = 100 \text{ g/m}^3$ であり、槽内での分解は反応速度係数 $r=0.15 \text{ h}^{-1}$ の一次反応に従う。

このとき、物質収支の基礎式は、

$$V \frac{dC}{dt} = Q_{\text{in}} C_{\text{in}} - Q_{\text{out}} C - rCV$$

と書ける。



1) 定常状態に達したときの槽内での汚濁物質の濃度はいくらか?

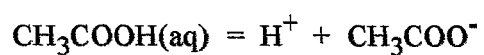
2) 初期($t=0$)において、槽内の汚濁物質濃度は 0 g/m^3 であった。

時刻 $t=2$ のときの、槽内の汚濁物質濃度は、 20 g/m^3 を上回るか、あるいは下回るか?

問4 以下の問いに答えよ(10点)。

1) 塩化アンモニウム(NH_4Cl)を500 mLの水に溶解し、窒素濃度 1 gN/Lの水溶液を作成したい。溶解する塩化アンモニウムの量はいくらか? 有効数字3桁で答えよ。原子量は、N 14, H 1, Cl 35.5 である。

2) 2 mol/LのNaOH水溶液0.5 Lと、3 mol/Lの CH_3COOH 水溶液0.5 Lを混合し、1 Lとした。この水溶液のpHを計算せよ。ただし、 CH_3COOH の化学平衡は次式に従う。



$$\frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})]} = 2 \times 10^{-5}$$