

問題用紙

Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination Booklet (General Selection)

Question Sheets

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|

試験時間 : 9時00分~12時00分 (Examination Time : From 9:00 to 12:00)

受験上の注意事項

- (1) 問題用紙は表紙を含み6枚, 解答用紙は表紙を含み6枚あります。
- (2) 問題用紙及び解答用紙のそれぞれに, 受験番号を記入してください。
- (3) ~~この問題用紙は, 解答用紙の4枚の解答用紙に記入していただく。~~

(4) _____ ただし, _____

(5) _____)

(6)

(7)

(8)

(9)

解答が書ききれないときは, 同じ用紙の裏面を利用しても構いません。
裏面に記載したことが分かるようにしておくこと

その場合は「裏に続く などと

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題1 (Question 1)

下図のようなプロセスでエタノールが反応(A)により合成されている。反応器および分離器の圧力は1 atm であり、エタノールと水は分離器で完全に分離されている。原料ガスの組成は、 C_2H_4 : 30 mol%、 C_2H_6 : 3 mol%、 H_2O : 67 mol% であり、100 kmol/h で供給される。反応器の入口、出口のガス温度は598.15 K である。原料ガスにはエタンが含まれているが、これは反応には関与しない。エチレンの単通転化率および総括転化率はそれぞれ30%および90%である。1 atm におけるエタノールの沸点は351.5 K であり、その他の熱化学物性値は Table 1 に示す。以下の問いに答えよ。

(1)

分離機出口の製品ガスであるエタノールと水の組成 [%] を求めよ。

- (2) パージガスおよびリサイクルガスのモル流量 [kmol/h] を求めよ。
 (3) 反応(A)の標準反応熱 [kJ/mol] および598.15 K における反応熱 [kJ/mol] を求めよ。
 (4) 反応器で1時間当たりに除去すべき熱量 [kJ/h] を求めよ。

Ethanol is produced by reaction (A) in a process shown in the following figure. The pressure in the reactor and the separator is 1 atm and ethanol and water are completely separated in the separator. The composition of feed gas is as follows: C_2H_4 : 30 mol%, C_2H_6 : 3 mol%, H_2O : 67 mol%. The feed gas is fed at 100 kmol/h. The temperature of inlet and outlet gases is maintained at 598.15 K. Ethane contained in the feed does not react. The single pass conversion and the overall conversion of ethylene are 30% and 90%, respectively.

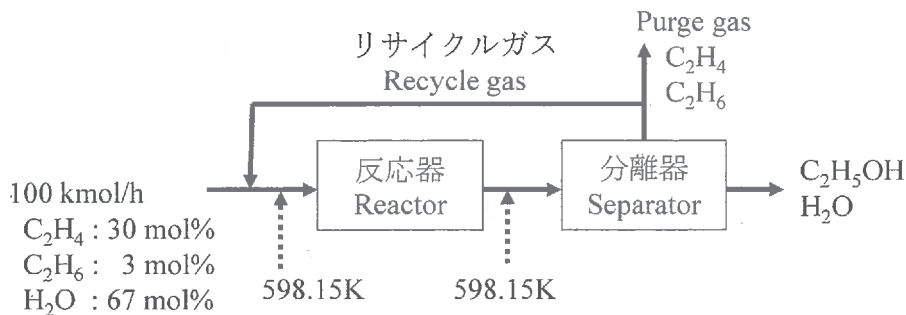


Table 1 熱物性値 Thermal properties

| | State at 1 atm, 298.15 K | ΔH_f° [kJ/mol] | L_v° [kJ/mol] | \bar{C}_p [J/(mol·K)] |
|------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| C_2H_4 | Gas | 52.2 | - | 58.4 |
| C_2H_6 | Gas | -84.0 | - | 71.4 |
| C_2H_5OH | Liquid | -277.1 | 42.3 | 94.2 |
| H_2O | Liquid | -285.8 | 44.0 | 35.0 |

ΔH_f° : 標準生成熱 Standard heat of formation

L_v° : 298.15 K における蒸発潜熱

Latent heat of vaporization at 298.15 K

\bar{C}_p : 298.15~598.15 K における平均定圧モル熱容量

Average molar heat capacity (298.15~598.15 K)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題2 (Question 2)

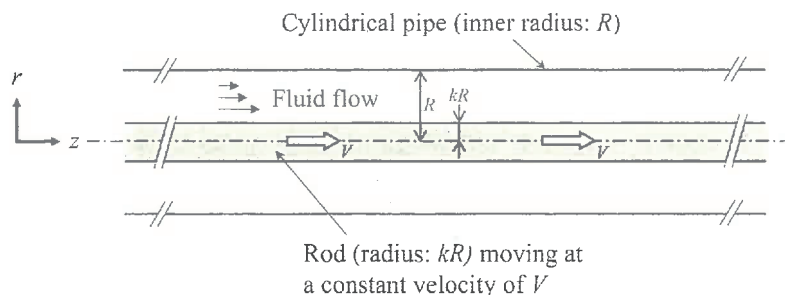
固定された円管の中心軸に沿って円管よりも細いロッドが存在する場合の、円管内壁とロッド外壁面との環状領域に満たされた非圧縮性ニュートン流体の流れについて考える。円管とロッドは十分に長く、図に示したとおり、円管の内半径は R 、ロッドの半径は kR ($0 < k < 1$) である。ロッドが軸方向 (z 方向) に一定速度 V ($V > 0$) で動き続けることで、定常で発達した層流が生じている。流体の圧力 (p)、粘度 (μ)、密度 (ρ) は、すべて一様一定とみなす。

- 流体の運動量の z 方向成分の収支などから、式(A)が導かれる。式中の v_r, v_θ, v_z はそれぞれ r 方向 (半径方向)、 θ 方向 (接線方向)、 z 方向の流体速度で、 g_z は z 方向の重力加速度である。題意をふまえて、式(A)の項のなかで 0 である項を消去した式を示せ。
- 題意をふまえて、(1)で得られた式に対する境界条件を示せ。
- (1)と(2)の解答より、この流れの速度分布を導出せよ。
- (3)の解答にもとづいて、 v_z の r に対する変化を表すグラフの概形を描け。その際、グラフの両端の座標と形状がわかるように描け。
- この流れ中で働くせん断応力 τ の分布を求めて、 r に対する変化を表すグラフの概形を描け。その際、グラフの両端の座標と形状がわかるように描け。

Consider the flow of an incompressible Newtonian fluid filled in the annular region between the inner wall of a fixed cylindrical pipe and the outer wall of a rod thinner than the cylindrical pipe, which is present along the central axis of the cylindrical pipe. The cylindrical pipe and the rod are sufficiently long, and as shown in the figure, the inner radius of the cylindrical pipe is R , and the radius of the rod is kR ($0 < k < 1$). A steady, fully developed laminar flow is induced by the rod moving continuously in the axial direction (z -direction) at a constant velocity V ($V > 0$). The pressure (p), viscosity (μ), and density (ρ) of the fluid are all taken to be uniform and constant.

- From the balance of the fluid momentum component in the z -direction and other considerations, Eq. (A) is derived. In this equation, v_r, v_θ , and v_z are the fluid velocities in the radial (r), tangential (θ), and z -directions, respectively, and g_z is the gravitational acceleration in the z -direction. Based on the given problem, present the equation obtained by eliminating the terms in Eq. (A) that are zero.
- Based on the given problem, present the boundary conditions for the equation obtained in (1).
- Derive the velocity distribution of this flow based on the solutions of (1) and (2).
- Based on the results of (3), draw a schematic graph representing the variation of v_z with respect to r . In doing so, ensure that the coordinates at both ends and the shape of the graph are clearly indicated.
- Determine the distribution of the shear stress τ acting in this flow, and draw a schematic graph representing its variation with respect to r . In doing so, ensure that the coordinates at both ends and the shape of the graph are clearly indicated.

$$\rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right\} + \rho g_z \quad (\text{A})$$



Figure

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題3 (Question 3)

図1 (a), (b)に示すように, 熱伝導度 k_A および k_B の2種類の保温材を周りに施工した十分に長い長さ L の円筒がある。定常状態における半径方向の一次元熱伝導について以下の問いに答えよ。ただし, $k_A < k_B$ とし, 図1 (a), (b)における円筒表面温度 T_1 と保温材の最外周部の温度 T_2 はそれぞれ同じとする ($T_1 > T_2$)。

- (1) 図1 (a)の場合において, 保温材 A と保温材 B の間の接触面に隙間はなく, その温度を T_i とする。保温材 A を通過する伝熱量 Q_A を T_i, T_1, k_A, L を用いて示せ。
- (2) (1)と同じ条件で, 図1 (a)の保温材 B を通過する伝熱量 Q_B を T_i, T_2, k_B, L を用いて示せ。
- (3) 図1 (a)の場合において, 保温材2枚を通過する伝熱量 Q_a を T_1, T_2, k_A, k_B, L を用いて示せ。
- (4) 図1 (a)と (b)の場合において, 保温性が高いのはどちらか。式を用いて説明せよ。

As shown in Figure 1 (a) and (b), there is a cylinder of sufficiently long length L with two types of insulations with thermal conductivity k_A and k_B constructed around it. Answer the following questions for one-dimensional heat conduction in the radial direction under steady state conditions. Assume that $k_A < k_B$, and that the surface temperature T_1 of the cylinder and the temperature T_2 at the outermost circumference of the insulation in Figure 1(a) and (b) are the same, respectively ($T_1 > T_2$).

- (1) In Figure 1 (a), there is no gap in the contact surface between heat insulator A and B. Let T_i be the temperature between them. Show the quantity of heat transfer Q_A passing through heat insulator A using T_i, T_1, k_A and L .
- (2) Under the same conditions as (1), show the quantity of heat transfer Q_B passing through heat insulator B in Figure 1 (a) using T_i, T_2, k_B , and L .
- (3) In Figure 1 (a), show the quantity of heat transfer Q_a passing through the two heat insulators using T_1, T_2, k_A, k_B , and L .
- (4) Comparing Figure 1(a) and (b), which has better heat insulation? Explain with equations.

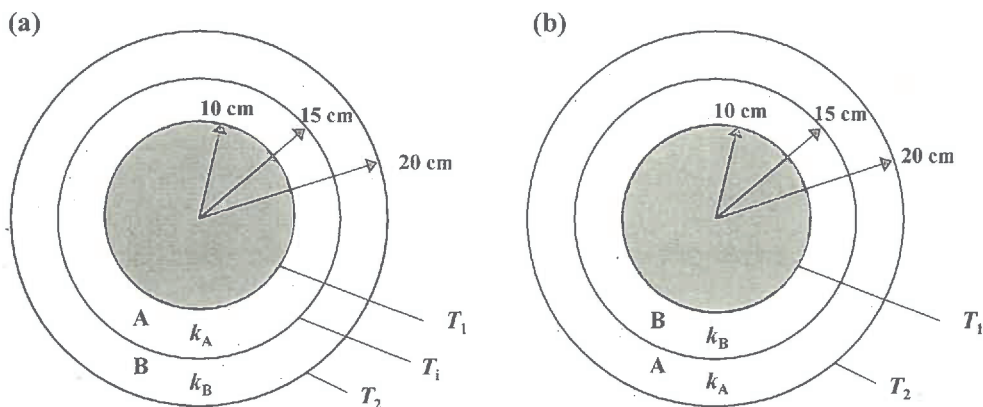


Figure 1

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題4 (Question 4)

ある理想気体 1.00 mol に対し、下の Table に示す定圧過程 (A→B)、定容過程 (B→C)、定温過程 (C→D)、および断熱過程 (D→A) の4つの可逆過程からなるサイクル変化を行った。以下の間に答えよ。

ただし気体定数は $R=8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とし、この気体の定圧モル熱容量は $C_{P,m}=(5/2)R$ とする。

- Table の(a)~(f)の値をそれぞれ求めよ。
- 定容過程 (B→C) における内部エネルギー変化 ΔU 、エンタルピー変化 ΔH 、エントロピー変化 ΔS 、及び系が得た熱量 Q の値をそれぞれ求めよ。

For 1.00 mol of an ideal gas, a cyclic process consisting of four reversible processes, as shown in Table below, was performed: an isobaric process (A → B), an isochoric process (B → C), an isothermal process (C → D), and an adiabatic process (D → A). Answer the following questions. Assume that the gas constant is $R=8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ and that the molar heat capacity at constant pressure for this gas is $C_{P,m}=(5/2)R$.

- (1) Calculate the values of (a)~(f) in Table below.

Table 各状態点の値 / values of each state point

| 状態点 State point | P [kPa] | V [dm ³] | T [K] |
|--------------------|-----------|------------------------|---------|
| A | 200 | 15.0 | 361 |
| B | 200 | (a) | 400 |
| C | (b) | (c) | (d) |
| D | 400 | (e) | (f) |

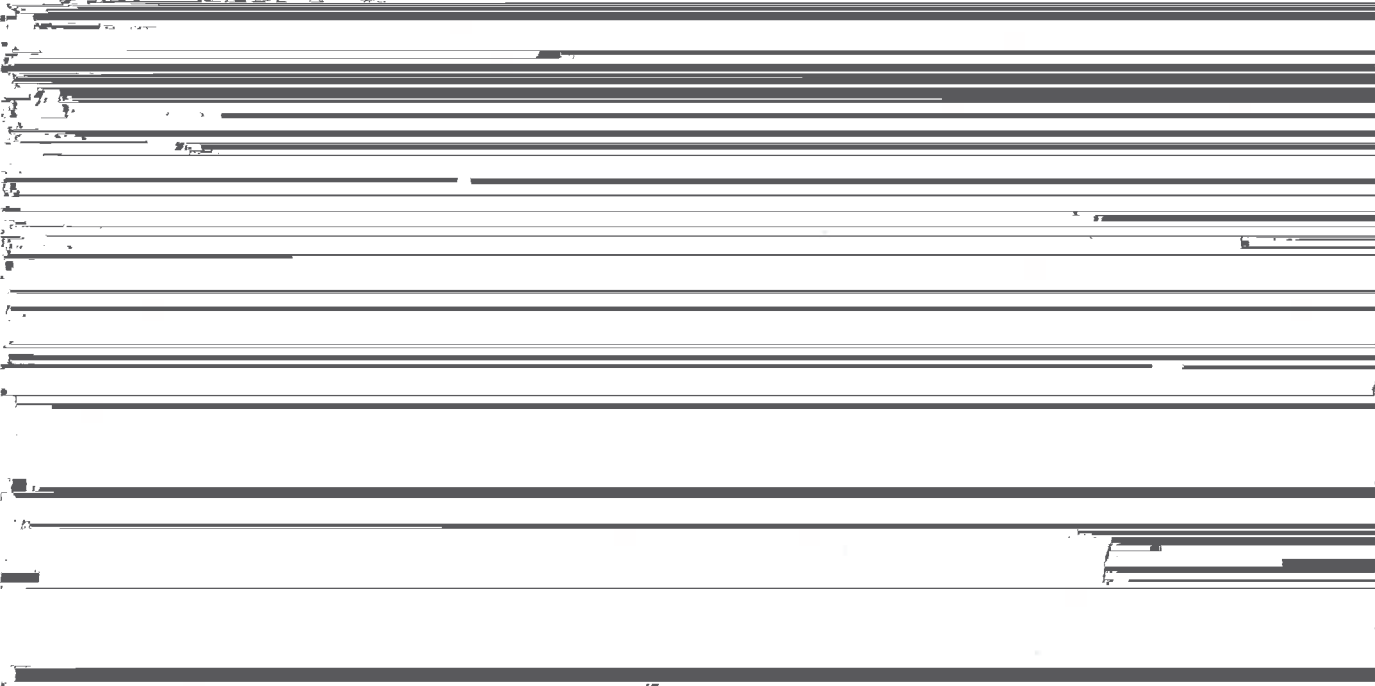
2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 I) Chemical Engineering I | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題 5 (Question 5)

充分な量の酸化剤がある条件下において、除草剤Zを酸化分解処理した。25°Cにおいて得られたデータは表1の通りであった。以下の問に答えよ。なお、必要ならば最小二乗法を用いても良い。



Z

decomposition treatment

| | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 時間/Time [h] | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 24 |
| 濃度/Concentration [mol/L] | 500 | 309 | 191 | 73.3 | 28.1 | 1.58 |

Table 2 異なる温度での除草剤Zの分解速度定数/Degradation rate constants of the herbicide Z at various temperatures.

| | | | | |
|--|------------------------|-------|-------|-------|
| 温度/Temperature [°C] | 25 | 40 | 60 | 90 |
| 分解速度定数/Degradation rate constant [1/h] | <input type="text"/> * | 0.307 | 0.413 | 0.605 |

* (1)で求めた値 (1)

問題用紙

り

(4)

。

)

と。

。

(10)

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admissions)
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|

問題1 (Question 1)

次の7項の化学工学に関する語句のうち、5項を選び、それぞれ100から200字程度で説明せよ。なお、説明において式および図を使用してもよいが文字数には含めない。6項以上解答した場合には得点のより低い5項が採用される。

Choose 5 questions among the following 7 questions regarding chemical engineering terms, and explain each term by about 30-100 words in English. Equations and figures can be used, but are not counted in the number of words. If you choose 6 and more questions, 5 answers of lower scores are adopted.

- (1) 化学ポテンシャルを使って一次相転移と二次相転移の違いを説明し、各相転移の体積と熱容量の変化を説明せよ。
Explain the difference between the first-order and the second-order phase transitions using the chemical potential and describe the

()

(>0)

し、
 凡、

(1)

(2)

(3)

Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題2 Question 2

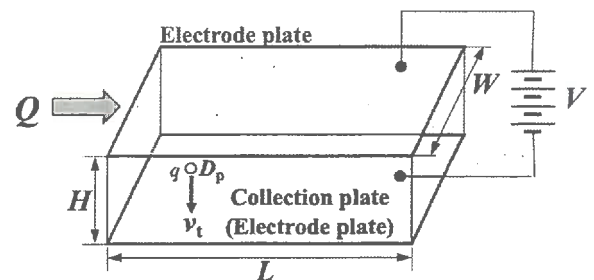


Figure Parallel plate electrostatic precipitator

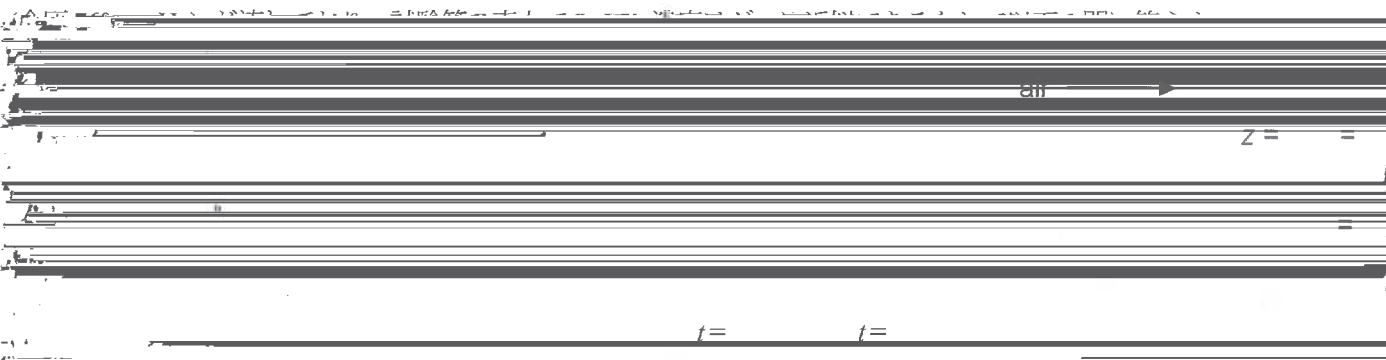
2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admissions)
広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|

問題3 (Question 3)

図に示す細い試験管 (断面積 S [m²]: 一定) に CCl_4 を注入すると、 CCl_4 は蒸発し時間とともに液面は低下する。この液面の変化速度から、 CCl_4 の空気中の拡散係数を求める。ただし、試験管は等温に保たれ、試験管の上部を十分な流量の空気



(4)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|------------------------------|---------------------------|---|

問題4 (Question 4)

- 周期 2π の関数である $f(x) = \begin{cases} -2 & (-\pi < x \leq 0) \\ 1 & (0 < x \leq \pi) \end{cases}$, $f(x+2\pi) = f(x)$ のフーリエ級数を求めよ。
- 図に示す制御系のブロック線図について、以下の間に答えよ。
 - 入力 R および伝達関数 $C(s), P(s), G_1(s), G_2(s)$ を用いて、出力 Y を表せ。
 - 入力 R から出力 Y への伝達関数 $G(s)$ が次式で与えられている。入力 R がステップ状に1変化した時のオフセットを求めよ。

$$G(s) = \frac{6}{s+8} e^{-2s}$$

- Find the Fourier series of $f(x) = \begin{cases} -2 & (-\pi < x \leq 0) \\ 1 & (0 < x \leq \pi) \end{cases}$, $f(x+2\pi) = f(x)$, a function of period 2π .

- Answer the following questions for the block diagram of the control system shown in figure.

- Express the output Y using the input R and the transfer functions $C(s), P(s), G_1(s)$ and $G_2(s)$.
- The transfer function $G(s)$ from input R to output Y is given by the following equation. Find the offset when the input R changes stepwise by 1.

$$G(s) = \frac{6}{s+8} e^{-2s}$$

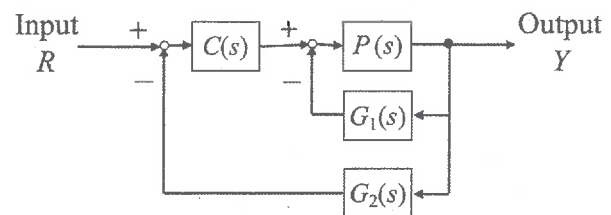


Figure Control system

2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admissions)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

| | | | | | |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| 試験科目 Subject | 化学工学 (専門科目 II) Chemical Engineering II | プログラム Program | 化学工学 Chemical Engineering | 受験番号 Examinee's Number | M |
|-----------------|---|------------------|---------------------------------|---------------------------|---|

問題5 (Question 5)

生物化学的酸素要求量 (BOD) が 200 mg/L である下水 43,200 m³/d が曝気槽容積 16,000 m³ の標準活性汚泥プロセスにより処理され、処理水は河川に放流されている。

- (1) このプロセスは、BOD-活性汚泥浮遊物質 (MLSS) 負荷 0.25 kg-BOD/(kg-MLSS · d) で運転されている。曝気槽内の MLSS 濃度 [mg/L] を計算せよ。
- (2) このプロセスにおいて、BOD が 100% 除去された場合における余剰汚泥発生量 (ΔS [kg/d]) を計算せよ。ただし、除去 BOD の汚泥転換率 $a=0.5$ 、内生呼吸による汚泥の自己酸化率 $b=0.05 \text{ d}^{-1}$ とする。なお、余剰汚泥発生量は以下の式を使って計算できる。

$$\Delta S = aL_r - bS_a$$

ここで、 L_r : 除去 BOD 量 [kg/d]、 S_a : 曝気槽内汚泥量 [kg] である。

- (3) この余剰汚泥発生量を 50% 削減するためには、曝気槽内の MLSS 濃度をいくらにすればよいか。
- (4) 処理水放流後の河川水中の BOD を 3.0 mg/L 以下に維持するためには、処理施設の BOD 除去率 [%] をいくらに設定すればよいか。ここで、河川流量は 5.0 m³/s、処理水混合前の河川中の BOD は 2.6 mg/L である。また、処理水を河川に放流後、直ちに河川水と完全混合されるものとする。

A conventional activated sludge process with 16,000 m³ of aeration tank is operated to treat the sewage with 200 mg/L of biochemical oxygen demand (BOD) at 43,200 m³/d, and the treated sewage is discharged into a river.

- (1) Derive a mixed liquor suspended solid (MLSS) concentration [mg/L] of the aeration tank, when a BOD-MLSS loading is set to be 0.25 kg-BOD / (kg-MLSS · d).
- (2) Derive an amount of excess sludge (ΔS [kg/d]) produced in the process in the case of 100% of the BOD removal efficiency. Assume a sludge conversion rate of removed BOD, $a=0.5$, and a specific endogenous respiration decay coefficient, $b=0.05 \text{ d}^{-1}$. The amount of excess sludge can be calculated using the following equation.

$$\Delta S = aL_r - bS_a$$

where L_r : the amount of BOD removed [kg/d], S_a : the amount of sludge in the aeration tank [kg].

- (3) Derive a MLSS concentration in the aeration tank to reduce the amount of excess sludge to 50%.
- (4) Derive a removal rate [%] of BOD by the activated sludge process to accomplish BOD less than 3.0 mg/L in the river water after discharge of the treated sewage. The flow rate of the river water is 5.0 m³/s and BOD in the river before the mixing with the treated sewage is 2.6 mg/L. Assume that the treated sewage is completely mixed with the river water immediately after discharging.