

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) これは問題用紙です。解答は別冊の解答用紙に記入してください。
- (4) 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。ただし, その場合は「裏に続く」などと裏面に記載したことが分かるようにしておくこと。
- (5) 問題1~5の5問中から4問選択し日本語または英語で解答しなさい。なお, 選択した問題は, 解答用紙の表紙の選択欄に○印をつけなさい。(5問解答した場合には得点のより低い4問が採用されます。)
- (6) 問題用紙は解答用紙とともに回収します。
- (7) 問題中「図に書きなさい」という指示がある場合は, 解答用紙に記入すること。
- (8) 作図する場合, 貸与された定規を使用しても差し支えない。
- (9) 質問あるいは不明な点がある場合は手を挙げてください。

Notices

- (1) There are 6 question sheets and 6 answer sheets including a front sheet.
- (2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this cover and each question and answer sheet.
- (3) This examination booklet consists of only question sheets. Use other separate sheets for answers.
- (4) If the space is exhausted, use the reverse side of the sheet and write down "to be continued" on the last line of the sheet.
- (5) Select four specialized subjects among the following five specialized subjects and answer these questions in English or Japanese. Moreover, mark specialized subjects that you have selected with circles in the table given in the cover of the answer sheet. (If you select five specialized subjects, four specialized subjects of lower scores are adopted.)
- (6) Return these question sheets together with the answer sheets.
- (7) If given the instruction to draw a diagram, draw it on the answer sheet.
- (8) You may use a rented ruler if you need one.
- (9) Raise your hand if you have any questions.

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。

- 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。
- 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。
- 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。
- 反応器で1時間あ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. The boiling point of ethanol at 1 atm is 351.5 K and the other thermal properties of gasses are shown in Table 1. Answer the following questions.

- Obtain the composition [%] of ethanol and water, which are product gas at the separator exit.
- Obtain the molar flow rate [kmol/h] of the purge and the recycle gas.
- Obtain the standard heat of the reaction [kJ/mol] and the heat of the reaction [kJ/mol] at 598.15 K for the reaction (A).
- Obtain the heat [kJ/h] removed from the reactor per 1 hour.

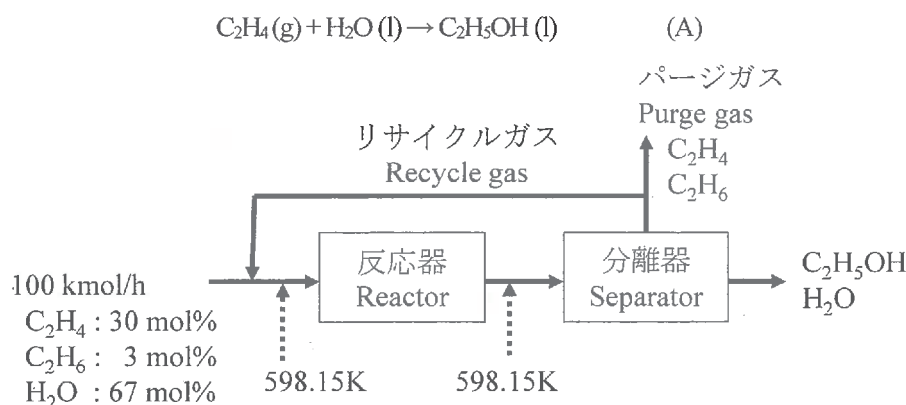


Table 1 熱物性値 Thermal properties

	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)

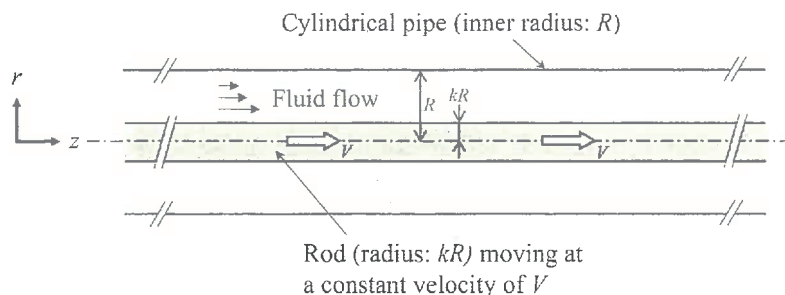
固定された円管の中心軸に沿って円管よりも細いロッドが存在する場合の、円管内壁とロッド外壁面との環状領域に満たされた非圧縮性ニュートン流体の流れについて考える。円管とロッドは十分に長く、図に示したとおり、円管の内半径は R 、ロッドの半径は kR ($0 < k < 1$) である。ロッドが軸方向 (z 方向) に一定速度 V ($V > 0$) で動き続けることで、定常で発達した層流が生じている。流体の圧力 (p)、粘度 (μ)、密度 (ρ) は、すべて一様一定とみなす。

- 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.

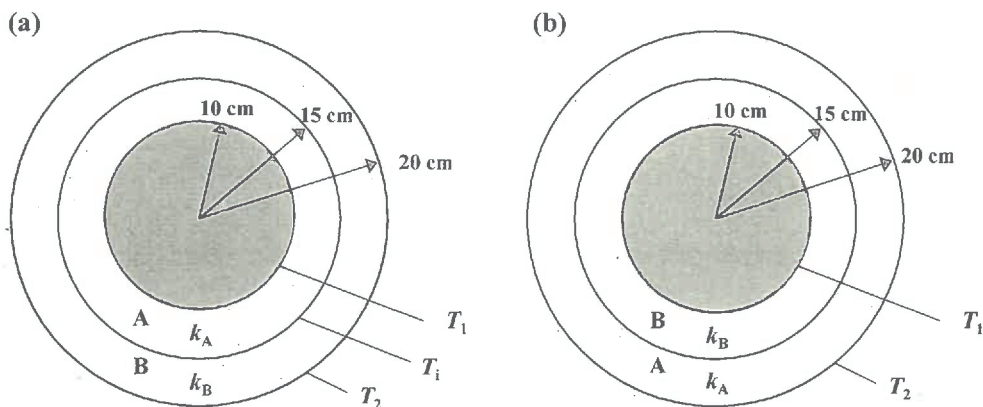


Figure 1

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 $C_{P,m}=(5/2)R$.

- Calculate the values of (a) to (f) in Table, respectively.
- For the isochoric process (B → C), calculate the changes in internal energy ΔU , enthalpy ΔH , and entropy ΔS , as well as the heat Q obtained by the system, respectively.

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)

十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。以下の間に答えよ。なお、必要ならば最小二乗法を用いても良い。

- 除草剤Zの分解挙動は一次反応に従う。表1のデータを用いて除草剤Zの分解速度定数(k)を求めるためのグラフを描き、 k を求めよ。また、除草剤Zを99.9%分解するのに要する時間を推定せよ。
- この酸化分解処理を40°C、60°C、90°Cにおいて行った結果、表2に示す除草剤Zの分解速度定数が得られた。アレニウスプロットを描き、除草剤Zの分解反応の活性化エネルギー(E)および頻度因子(A)を求めよ。なお、計算では、気体定数 $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ を用いよ。
- この促進酸化処理を120°Cで行った場合の分解速度定数(k)を求めよ。

The herbicide Z was treated by an oxidative decomposition method with sufficient amounts of the oxidizing agents. The data at 25°C are summarized in Table 1. Answer the following questions. If necessary, you may use the least squares method.

- Degradation of the herbicide Z follows the first order reaction kinetics. Draw a graph using the data in Table 1 to determine the degradation rate constant (k), and determine k . In addition, estimate the time required to degrade 99.9% of herbicide Z.
- This oxidative decomposition treatment was carried out at 40°C, 60°C and 90°C, and the degradation rate constants are obtained as shown in Table 2. Determine the activation energy (E) and the frequency factor (A) for the degradation reaction of herbicide Z by drawing the Arrhenius plot. Use the gas constant, $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ for the calculation.
- Estimate the degradation rate constant, when the advanced oxidation treatment is carried out at 120°C.

Table 1 酸化分解処理による除草剤Zの濃度の減少/Reduction of a concentration of the herbicide Z by the oxidative 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/Value as determined in (1)