

## 問題用紙

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

## Question Sheets

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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, 貸与する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 cover 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 the approved ruler if you need one.
- (9) Raise your hand if you have any questions.

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

オクタン(C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) (分子量 114) が 400/過剰空気比と共に 400 K、100 mmHg で燃焼室に供給されている。燃焼室出口で

供給されたオクタン中の炭素の 90%は二酸化炭素に、残り 10%は一酸化炭素になる。空気の組成は、酸素 20%、窒素 80%として、次の問いに答えよ。必要な熱化学物性値は Table 1 に与えられている。

- 理論空気量を求めよ。
- 出口ガス中の各成分の組成を求めよ。

Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

下図に示すとおり、水平に置かれた2つの異径円管 (断面積  $S_1, S_2$ ;  $S_1 < S_2$ ) が接続されている。以下の問いに答えよ。

- (1) 非圧縮性ニュートン流体が図の左から右に乱流で流れる場合に対する摩擦損失係数を導き、 $S_1$  と  $S_2$  を用いて表せ。  
ここで、以下の仮定を用いよ。
- ・接続部に近い上流側の断面 (図中の“1”) と、接続部下流で流れが十分発達したとみなせる断面 (図中の“2”) で、時間平均流速分布はそれぞれ一様である。
  - ・管壁における摩擦損失は無視できる。
- (2) “2”は“1”よりも下流側に位置するが、“2”での圧力は“1”での圧力より高くなることもある。考えられる理由を記せ。

Two horizontal circular tubes of different diameters (cross sectional areas:  $S_1$  and  $S_2$ , respectively;  $S_1 < S_2$ ) are connected as shown in the figure below. Answer the following questions:

- (1) Derive the friction loss factor for the case in which a turbulent flow of an incompressible Newtonian fluid goes from the tube on the

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

円管 (外半径9 cm、内半径7 cm、長さ1.7 m、熱伝導率  $16.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) 内に373 Kの飽和水蒸気が流れ、円管の外壁は293 Kの大気と接している。このとき、飽和水蒸気の一部が凝縮し、円管全体からの凝縮水量は  $0.91 \text{ kg h}^{-1}$  であった。以下の問いに答えよ。ただし、373 Kにおける水の凝縮潜熱は  $40.7 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、水の分子量は  $18 \text{ g mol}^{-1}$ 、円管外壁側の熱伝達係数は  $7.5 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$  とする。また、管内壁面側の熱抵抗は非常に小さいため無視して良い。

(1) 円管内部から大気へ移動した伝熱量  $Q$  (W) を求めよ。

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

エタノール (成分1) + 水 (成分2) 系の常圧気液平衡について以下の問いに答えよ。ただし、 $T$ は温度、 $P$ は圧力、 $x_i$ と $y_i$ はそれぞれ成分 $i$ の液相モル分率と気相モル分率を表す。

(1) この系は最低共沸点を持つ。この系の定圧気液平衡関係を表す $T - x_1, y_1$ 線図、および $x_1 - y_1$ 線図を模式的に描け。

ただし、 $T$  線図には、沸点曲線 (BDC)、露点曲線 (DPC)、気相領域 (G)、液相領域 (L)、気液共存領域 (L/G)

および共沸点 (Az) を、括弧内の略称で示すこと。

(2) 温度が 363.15 K でエタノールの液相モル分率が  $x_1 = 0.200$  のとき、沸点の圧力  $P$  と気相モル分率  $y_1, y_2$  を求めよ。ただし、この温度における両成分の飽和蒸気圧は  $P_1^S = 158.24$  kPa,  $P_2^S = 70.03$  kPa であり、液相活量係数は次式で与えられる。

$$\ln \gamma_1 = x_2^2 \{A + 2(B - A)x_1\}, \quad \ln \gamma_2 = x_1^2 \{B + 2(A - B)x_2\}, \quad A = 1.537, \quad B = 0.862$$

(3) エタノール  $n_1 = 4.00$  mol と水  $n_2 = 6.00$  mol を混合し、(2)と同じ温度・圧力の下において平衡状態にした。このとき

Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

液相において、成分 A の分解により成分 R と S が生成する (Reaction 1)。この反応は定密度系で進行し、一次反応速度式に従う。323 K での反応速度定数  $k$  は  $0.64 \text{ h}^{-1}$  である。成分 A を  $25.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  含む原料が、323 K で操作される反応系に  $150 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$  で供給されている。以下の問いに答えよ。

- (1) この反応を一つの連続槽型反応器にて行う。90%の転化率を得るために必要な反応器の容積を求めよ。
- (2) 同一の容積を有する  $n$  個の連続槽型反応器が直列に接続された場合、 $n$  番目の反応器の出口における最終転化率  $x_{An}$  が Equation 1 のように表されることを示せ。但し、 $\theta$  は各反応器での滞留時間とする。
- (3) 同一の容積を有し、直列に接続された 2 個の連続槽型反応器を操作して最終的に 90%の転化率が得られた。各反応器

の滞留時間  $\theta$  を求めよ。

## 問題用紙

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

## Question Sheets

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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
-----------------	---	------------------	---------------------------------	---------------------------	---

試験時間 : 13時30分~16時30分 (Examination Time : From 13:30 to 16:30)

### 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は必須です。
- (6) 問題2-5の4問中から3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。(4問解答した場合には得点のより低い3問が採用されます。)
- (7) 問題用紙は解答用紙とともに回収します。
- (8) 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。
- (9) 作図する場合, 貸与する定規を使用しても差し支えない。
- (10) 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 cover 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) Question 1 is a required one.
- (6) Select three specialized subjects among the following four specialized subjects (Questions 2-5) 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 four specialized subjects, three specialized subjects of lower scores are adopted.)
- (7) Return these question sheets together with the answer sheets.
- (8) If given the instruction to draw a diagram, draw it on the answer sheet.
- (9) You may use the approved ruler if you need one.
- (10) Raise your hand if you have any questions.

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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) 拡散現象における質量流束とモル流束の違いを説明し, 成分 A, B の均一混合系の質量流束  $j_A$  と物質流束  $J_A$  の関係を求めよ。ただし, 拡散係数  $D_{AB} = D_{BA}$ , 成分  $\alpha$  の平均速度  $v_\alpha$ , 質量濃度  $\rho_\alpha$ , モル濃度  $c_\alpha$ , 分子量  $M_\alpha$  を用いよ。
- Explain the difference between mass flux and molar flux in diffusion phenomena and obtain the relationship between mass flux  $j_i$  and molar flux  $J_i$  for a mixture of components A and B, where the following terms should be used: the diffusion coefficient



2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
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 Problem (General Selection)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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 (Question2)

粒子径  $D_p$ 、密度  $\rho_p$  である球形粒子の静止気体中の運動に関する以下の問いに答えよ。

- (1) ストークス域及びアレン域における球形粒子の重力による終末沈降速度  $v_t$  を表す式をそれぞれ導出せよ。但し、気体粘度は  $\mu$ 、気体密度は  $\rho$ 、重力加速度は  $g$  を用いよ。なお、ストークス域及びアレン域における抗力係数  $C_D$  は、粒子レイノルズ数  $Re_p$  の関数として次式で与えられる。

$$\text{ストークス域: } C_D = \frac{24}{Re_p} \quad (0 < Re_p \leq 2) \quad \text{アレン域: } C_D = \frac{10}{\sqrt{Re_p}} \quad (2 \leq Re_p \leq 500)$$

2) 粒子径  $0.7 \text{ mm}$ 、密度  $2500 \text{ kg/m}^3$  の球形粒子の重力による終末沈降速度を求めよ。ただし、気体粘度は  $1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、気

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
 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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

多孔質の湿潤した板 (縦 0.1 m, 横 0.1 m, 厚み 0.02 m) を, 熱風 (温度 90°C, 関係湿度 5%) を平行に流して乾燥する。乾燥重量基準の初期含水率  $w_1 = 0.35$ , 限界含水率  $w_e = 0.10$ , 平衡含水率  $w_e = 0.05$  とする。多孔質湿潤材料の密度は,  $w_1 = 0.35$  の時を 2000 kg/m<sup>3</sup> とする。温度  $T$  (°C) 中の記号は, 温度  $T$ , 湿度  $H$ , 関係湿度  $PH$ , 湿り比容  $v$ , 湿り比熱容量  $C$ , 蒸気圧

熱  $\lambda$  を表す) を参考にして答えよ。

(1) 乾燥過程は, 材料予熱期間, 定率乾燥期間および減率乾燥期間の 3 期間に分けられる。それぞれでの多孔体の温度と含水率の経時変化の概略図を描け。

(2) 定率乾燥期間での多孔体温度  $T$  および湿度  $H$  の概略図を記し, また, 材料表面温度  $T_s$  を求めよ。

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)

1. 周期 $2\pi$ の関数のフーリエ級数 ( $f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx)$ ) に対しては、 $f(x)$  が偶関数の場合、フーリエ係数は  $a_m = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\xi) \cos m\xi d\xi$  ( $m=0,1,2,\dots$ ),  $b_m = 0$  ( $m=1,2,\dots$ ) で与えられる。周期関数  $f(x) = -|x|$  ( $-\pi \leq x \leq \pi$ ) のフーリエ級数を求めよ。

2. あるプラントの伝達関数  $G(s)$  が次のように与えられている。伝達関数  $G(s)$  のステップ応答を求め、その概形を図示せよ。

$$G(s) = \frac{3}{s^2 + 3s + 2} e^{-5s}$$

1. For the Fourier series of a periodic function with a period of  $2\pi$  expressed as  $f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx)$ , the Fourier coefficients are given by  $a_m = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(\xi) \cos m\xi d\xi$  ( $m=0,1,2,\dots$ ) and  $b_m = 0$  ( $m=1,2,\dots$ ) when  $f(x)$  is an even function. Derive the Fourier series of a periodic function,  $f(x) = -|x|$  ( $-\pi \leq x \leq \pi$ ).

2. The transfer function  $G(s)$  of a plant is given as follows. Obtain the step response of this function and draw its outline figure.

$$G(s) = \frac{3}{s^2 + 3s + 2} e^{-5s}$$

2021年10月, 2022年4月入学 (October 2021 and April 2022 Admission)  
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)

(2021年8月26日実施 / August 26, 2021)

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)

ホルムアルデヒドの発ガンリスクに関する以下の問いに答えよ。アルデヒドの分解は生じないものとする。

(1) 容積45 Lの部屋の中で20. 21℃で呼吸器を閉じている。呼吸器は完全に閉じている。この部屋にホルムアルデヒドが