

2023年4月入学 (April 2023 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)

(2023年1月26日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	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) 問題用紙兼解答用紙はこの表紙を含み8枚あります。
- (2) この表紙を含むすべての問題用紙兼解答用紙に、受験番号を記入してください。
- (3) これは問題用紙と解答用紙が合冊されたものです。解答は指定された箇所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) 全問に解答しなさい。
- (6) 貸与された計算機(電卓)を使用しても差し支えない。
- (7) 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 8 problem and answer sheets including this front sheet.
- (2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this front sheet and all the problem and answer sheets.
- (3) This examination booklet consists of problem sheets and answer sheets. Answer the problems in the specified positions.
- (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) Answer all the problems.
- (6) You may use the provided calculator if you need.
- (7) Raise your hand if you have any questions.

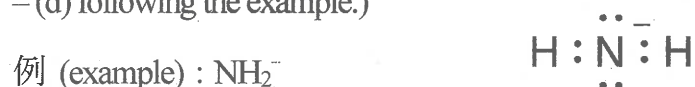
2023 年 4 月 入学 (April 2023 Admission)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2023 年 1 月 26 日 実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 1 (Problem 1) 問題用紙は 3 枚あります (three sheets for Problem 1)

1. 次の(a)~(d)の分子またはイオンの Lewis 構造を例にならって示せ。 (Provide the Lewis structure of the molecules or ions (a)–(d) following the example.)



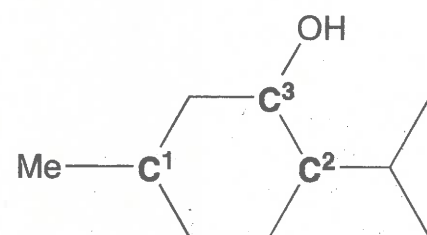
(a) 二酸化炭素 (carbon dioxide, CO_2)

(b) 硝酸イオン (nitrate ion, NO_3^-)

(c) オゾン (ozone, O_3)

(d) アジ化物イオン (azide ion, N_3^-)

2. 右の化合物において, C^1 で示した炭素の絶対立体配置が R であるとする。このとき, 最も安定な立体異性体における, C^2 および C^3 で示した炭素の絶対立体配置を R または S で記せ。また, この立体異性体が最も安定となる理由を説明せよ。 (On the most stable stereoisomer of the compound on the right, of which absolute configuration at C^1 is R , describe the absolute configuration at C^2 and C^3 by R or S . Furthermore, provide the reason why such stereoisomer is most stable.)



C ²	C ³	理由 (reason)

3. N,N -ジメチルホルムアミド (Me_2NCHO) の ^1H NMR スペクトルを室温で測定すると, 窒素上の二つのメチル基の水素は異なる化学シフト値を示す。この理由を, 共鳴構造式を用いて記せ。 (Two methyl hydrogens on the nitrogen atom of N,N -dimethylformamide (Me_2NCHO) are observed at different chemical shifts in the ^1H NMR spectrum at room temperature. Provide the reason using resonance forms.)

4. 分子式 C_5H_8 で表される π 結合をもたない異性体の構造式を五つ示せ。 (Provide the structures of five isomers with a molecular formula of C_5H_8 without π -bonds.)

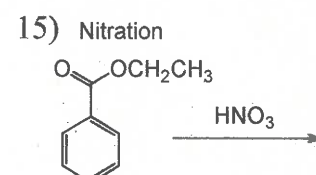
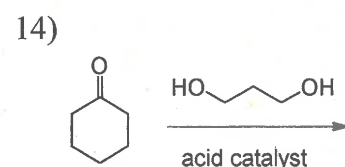
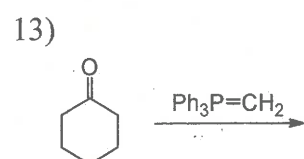
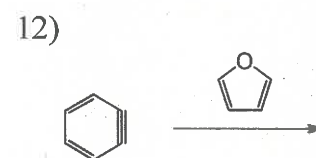
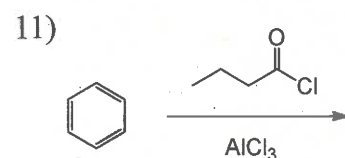
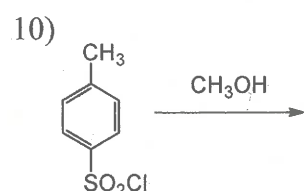
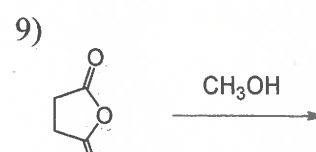
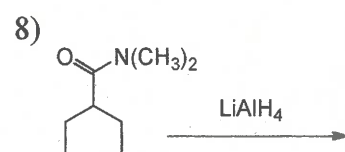
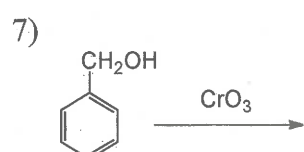
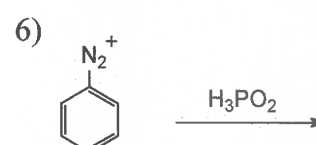
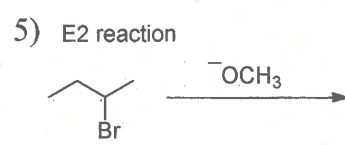
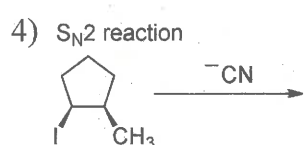
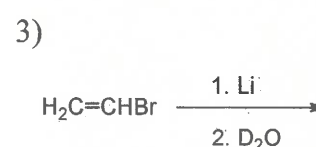
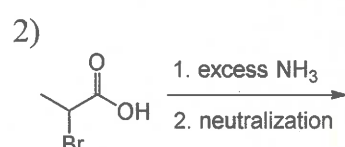
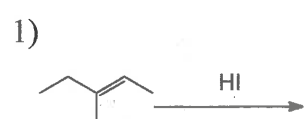
2023年4月入学 (April 2023 Admission)
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2023年1月26日実施 / January 26, 2023)

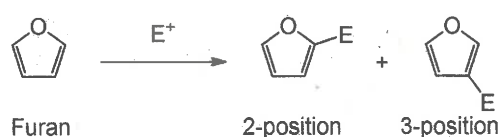
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 1 (Problem 1) 続き (Continued)

5. 次の反応における有機の主生成物を構造式で示せ。必要に応じて、立体化学が分かるようにすること。エナンチオマーが生成する場合は一方のみを示すこと。(Draw the structural formula of the major organic product in each reaction. Show the stereochemistry if necessary. When enantiomers are formed, draw only one of them.)



6. フランが主に2位で求電子芳香族置換反応を起こす理由を説明せよ。(Provide the reason why furan undergoes electrophilic aromatic substitutions primarily at the 2-position.)



2023 年 4 月入学 (April 2023 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)

(2023 年 1 月 26 日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 1 (Problem 1) 続き (Continued)

7. 縮合重合 (重縮合) と重付加に関する以下の問いに答えよ。(Answer the following questions on condensation polymerization (polycondensation) and polyaddition.)

1) 縮合重合で合成されている高分子を一つ挙げ名称を記すととも、その重合反応を化学反応式で示せ。(Provide a polymer synthesized by condensation polymerization with its name, and draw the chemical equation for the polymerization.)

名称
(name)

化学反応式
(chemical equation)

2) 高分子合成における縮合重合と重付加の共通点と相違点を説明せよ。(Describe the similarities and differences between condensation polymerization and polyaddition in polymer synthesis.)

共通点 (similarities)

相違点 (differences)

3) 縮合重合と重付加において高分子量体を合成するための共通の条件を箇条書きで記せ。(Itemize the common conditions for synthesizing high molecular-weight polymers in condensation polymerization and polyaddition.)

8. ラジカル重合に関する以下の問いに答えよ。(Answer the following questions on radical polymerization.)

1) ラジカル重合の開始剤を一つ挙げ、その名称と構造式を記せ。(Provide a radical polymerization initiator and draw its name and structural formula.)

名称
(name)

構造式
(structural formula)

2) 塩化ビニル (クロロエテン) の重合について、開始反応、成長反応、停止反応を化学反応式で示せ。(Show the initiation, propagation and termination reactions in the polymerization of vinyl chloride (chloroethene) in chemical equations.)

開始
(initiation)

成長
(propagation)

停止
(termination)

3) M_1 と M_2 とのラジカル共重合では、モノマー仕込み比 $[M_1]/[M_2]$ と共重合組成 $d[M_1]/d[M_2]$ との間に式 (1) が成り立ち、 r_1 、 r_2 はモノマー反応性比と呼ばれる。 r_1 および r_2 の定義を記せ。(In the radical copolymerization of M_1 and M_2 , the relation between the monomer feed ratio $[M_1]/[M_2]$ and the copolymer composition $d[M_1]/d[M_2]$ is expressed by equation (1), where r_1 and r_2 are monomer reactivity ratio. State the definition of r_1 and r_2 .)

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \left(\frac{r_1[M_1] + [M_2]}{[M_1] + r_2[M_2]} \right) \quad (1)$$

4) スチレン (M_1)/塩化ビニル (M_2) 共重合のモノマー反応性比は、それぞれ $r_1 = 18$ 、 $r_2 = 0.02$ である。得られる共重合体の構造の特徴について記せ。また、仕込みモル比 1:1 で共重合を行ったとき、重合初期に生成する共重合体の組成を求めよ。(The monomer reactivity ratios for styrene (M_1)/vinyl chloride (M_2) copolymerization are $r_1 = 18$ and $r_2 = 0.02$, respectively. Describe the structural features of the resulting copolymer. Also, estimate the composition of the copolymer formed at the initial stage of the copolymerization with an equimolar feed ratio of $[M_1]/[M_2]$.)

特徴
(features)

組成
(composition)

2023年4月入学 (April 2023 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)

(2023年1月26日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 2 (Problem 2) 問題用紙は 2 枚あります (two sheets for Problem 2)

1. 次の語句を簡潔に説明せよ。(Explain the following technical terms clearly.)

1) 熱力学第二法則 (second law of thermodynamics)

2) ヘルムホルツエネルギー (Helmholtz energy)

3) 相図 (phase diagram)

4) ラウールの法則 (Raoult's law)

5) 反応次数 (reaction order)

2. ある液体の 280 K における標準蒸発エンタルピーは 43.5 kJ mol^{-1} である。この液体 3.00 mol が 280 K, $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ で蒸発したとき、熱として系に移動したエネルギー q , 系になされた仕事 w , エンタルピー変化 ΔH , 内部エネルギー変化 ΔU を計算せよ。ただし、気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。(A certain liquid has a standard enthalpy of vaporization of 43.5 kJ mol^{-1} at 280 K. Calculate the energy transferred as heat to the system q , the work done on the system w , the change in enthalpy ΔH , and the change in internal energy ΔU , when 3.00 mol of the liquid is vaporized at 280 K and $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$. Use the gas constant $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, if needed.)

3. 反応 $2\text{A} \rightarrow \text{P}$ が 2 次の速度式に従い、反応速度定数 $k = 4.50 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。A の濃度が $0.840 \text{ mol dm}^{-3}$ から $0.0420 \text{ mol dm}^{-3}$ まで変化するのに要する時間を計算せよ。(A reaction $2\text{A} \rightarrow \text{P}$ has a second-order rate with a rate constant $k = 4.50 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Calculate the time required for the concentration of A to change from $0.840 \text{ mol dm}^{-3}$ to $0.0420 \text{ mol dm}^{-3}$.)

2023 年 4 月入学 (April 2023 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)

(2023 年 1 月 26 日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 2 (Problem 2) 続き (Continued)

4. 水素原子に関するシュレーディンガー方程式の動径部分は次式で表される。ここで r は電子と原点に固定した原子核の距離を表す。以下の問いに簡潔に答えよ。(The radial part of Schrödinger equation for hydrogen atom is written as follows. The distance between the fixed nucleus and the electron is labeled r . Answer the following questions clearly.)

$$\left\{ -\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{e^2}{r} \right\} \varphi(r) = E\varphi(r)$$

1) 式中の m, e, \hbar はそれぞれ何を表しているか説明せよ。(Explain $m, e,$ and \hbar in the equation.)

m		e		\hbar	
-----	--	-----	--	---------	--

2) 関数 $\varphi(r) = N \exp(-ar)$ (ここで $\alpha = \frac{me^2}{\hbar^2}$ であるが、このシュレーディンガー方程式の固有関数であることを示し、固有値を求めよ。 N は規格化定数である。(Show $\varphi(r) = N \exp(-ar)$, where $\alpha = \frac{me^2}{\hbar^2}$, is the eigenfunction for this Schrödinger equation and determine the eigenvalue. N is normalization constant.)

5. 量子論に関する以下の語句を簡潔に説明せよ。(Explain the following technical terms related to the quantum theory clearly.)

1) 結合性軌道 (bonding orbital)

2) 波動関数の規格化 (normalization of wavefunction)

3) 非経験的分子軌道法 (non-empirical molecular orbital (*ab initio*) method)

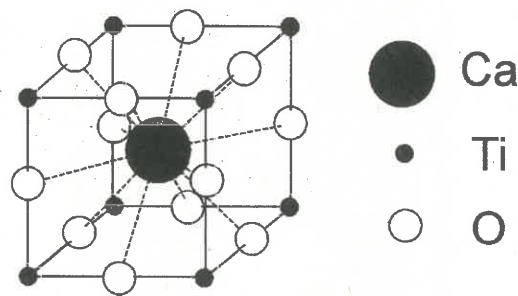
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題3 (Problem 3) 問題用紙は2枚あります (two sheets for Problem 3)

1. 次の括弧内の化合物の組み合わせの中から、問いで求めるものを選び解答欄に記せ。(Answer the following questions by selecting the correct chemical species from the combinations given in parentheses. The correct chemical species should be given in the answer column.)

- ① (Li, Na, K) 第一イオン化エネルギーの最も大きい元素 (Which has the largest first ionization energy?)
- ② (F, Cl, Br) 半径の最も小さいイオン (Which has the smallest ionic radius?)
- ③ (Ti^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+}) 八面体配位にあつて、結晶場安定化エネルギー(CFSE)で最も大きな安定化を受けるイオン (In an octahedral coordination, which ion can be more stabilized by obtaining a crystal field stabilization energy (CFSE)?)
- ④ (Zr^{4+} , Nb^{5+} , Mo^{6+}) 八面体六配位にあつて、半径の最も大きいイオン (In an octahedral coordination, which has the largest ionic radius?)
- ⑤ (Ba, Ca, Ge) 電気陰性度の最も小さい元素 (Which has the smallest electronegativity?)
- ⑥ (Cr^{6+} , Ti^{3+}) 反磁性イオン (Which ion is diamagnetic?)
- ⑦ (NO_3^- , NH_3) 結合角が小さいイオンまたは分子 (Which has smaller bond angle?)
- ⑧ ($CaCO_3$, $PbCO_3$) 分解温度が高い物質 (Which has higher decomposition temperature?)
- ⑨ (ZrO_2 , Na_2SiO_3) 融点の低い物質 (Which has lower melting point?)
- ⑩ ($Mg(OH)_2$, $BaTiO_3$, K_2NiF_4) 層状構造でない物質 (Which does not have a layered structure?)

2. チタン酸カルシウム ($CaTiO_3$) は立方晶構造で、格子定数は $a = 0.390 \text{ nm}$ である。次の問いに答えよ。(Calcium titanate ($CaTiO_3$) adopts a cubic structure with the lattice parameter $a = 0.390 \text{ nm}$. Answer the following questions.)



$CaTiO_3$ の結晶構造 (Crystal structure of $CaTiO_3$)

1) X線として $CuK\alpha$ (波長 0.154 nm) を用いて $CaTiO_3$ の粉末 X線回折を測定した場合、(111)面および(200)面からの回折線の Bragg 角 θ を求めよ。(When X-ray powder diffraction of $CaTiO_3$ is measured by using $CuK\alpha$ radiation (wavelength 0.154 nm), calculate the Bragg angle θ for the diffraction from each of (111) and (200) planes.)

解答欄 (Answer column)

①	②	③	④	⑤
⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

周期表の一部 (a part of periodic table of the elements)

Na	Mg											Al	Si
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo					Ag	Cd		

2) $CaTiO_3$ 結晶中の Ca, Ti, O の配位数をそれぞれ答えよ。(Answer the coordination numbers of Ca, Ti, and O in the $CaTiO_3$ crystal.)

Ca :

Ti :

O :

2023年4月入学 (April 2023 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)

(2023年1月26日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題3 (Problem 3) 続き (Continued)

3. 以下に示す 25 °C の水溶液について問いに答えよ。ただし、水のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ とする。

(Answer the following questions related to aqueous solutions at 25 °C. Ion product for water, K_w , is $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$.)

1) 0.20 mol dm^{-3} の塩酸の pH を計算せよ。(Calculate pH of $0.20 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl}$.)

2) 酢酸ナトリウム水溶液内での電氣的な中性則を示せ。(Show an electrical neutrality in an aqueous solution of sodium acetate.)

3) 0.10 mol dm^{-3} の酢酸ナトリウム水溶液の pH を計算せよ。ただし、酢酸の pK_a を 4.56 とする。(Calculate pH of 0.10 mol dm^{-3} aqueous solution of sodium acetate. Use pK_a of 4.56 for acetic acid.)

4. 次の語句を説明せよ。(Explain the following terms.)

1) 格子エネルギー (lattice energy)

2) 最密充填構造 (close packed structure)

3) 誘導結合プラズマ (ICP) 発光分析 (inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP - AES))

4) 透過型電子顕微鏡 (transmission electron microscope (TEM))

2023年4月入学 (April 2023 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)

(2023年1月26日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目Ⅱ) Applied Chemistry II	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

試験時間 : 13時30分~15時00分 (Examination Time: From 13:30 to 15:00)

受験上の注意事項

- (1) 問題用紙兼解答用紙はこの表紙を含み2枚あります。
- (2) この表紙を含むすべての問題用紙兼解答用紙に、受験番号を記入してください。
- (3) これは問題用紙と解答用紙が合冊されたものです。解答は指定された箇所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) 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 2 problem and answer sheets including this front sheet.
- (2) Fill in your examinee's number in the specified positions in this front sheet and all the problem and answer sheets.
- (3) This examination booklet consists of problem sheets and answer sheets. Answer the problems in the specified positions.
- (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) Raise your hand if you have any questions.

2023年4月入学 (April 2023 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)

(2023年1月26日実施 / January 26, 2023)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目Ⅱ) Applied Chemistry II	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題 (Problem) 大学で行った卒業研究あるいは現在行っている研究の内容について1,000字以内で記述せよ。(Describe the contents of your graduation thesis at university or current research within 2,000 characters or 400 words.)