

2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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が表紙を含み 7 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) 3 問中から **2 問選択**し解答しなさい。なお、選択した問題は、下欄の表に○印を付して表示すること。
- (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 **7 problem and 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 question sheets and answer sheets. Answer the questions in the specified position.
- (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 and answer **two problems** among the three problems. In addition, mark the problems that you have selected with a circle in the selection column in the table given below.
- (6) You may use the provided calculator if you need.
- (7) Raise your hand if you have any questions.

問題番号 Problem Number	問題 1 Problem 1	問題 2 Problem 2	問題 3 Problem 3
選択 Selection			

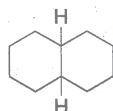
2024 年 4 月入学 (April 2024 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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 2 枚あります (two sheets for Problem 1)

1. デカリンの *cis* 体および *trans* 体のいす型配座を, 図に示した水素原子も含めて描け。また, どちらの立体異性体がより安定かを, 理由とともに記せ。(Draw chair configurations of *cis*-decalin and *trans*-decalin including the hydrogen atoms shown in the following figure. Which stereoisomer is more stable? Explain the reason briefly.)



デカリン  
(decalin)

2. 次のイオン(a), (b)の Lewis 構造を例にならって描け。(Draw the Lewis structures of the ions (a) and (b) following the example.)  
 例 (example) :  $\text{NH}_2^-$       (a) ヒドロニウムイオン (hydronium ion,  $\text{H}_3\text{O}^+$ )      (b) ニトロニウムイオン (nitronium ion,  $\text{NO}_2^+$ )



3. 次の(a)~(c)の化合物について, 太字で示した C=O 二重結合の伸縮の振動数が大きいものから順番に並び替えよ。理由も記せ。(Rank the following compounds (a)~(c) in order of decreasing stretching vibration frequencies of the C=O double bonds shown in bold. Explain the reason briefly.)

(a) $\text{Me}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}(\text{Me})\text{H}$	(b) $\text{Me}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Me}$	(c) $\text{Me}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Cl}$	理由 (Reason)
順序 (Order)			
$\text{>}$ $\text{>}$			

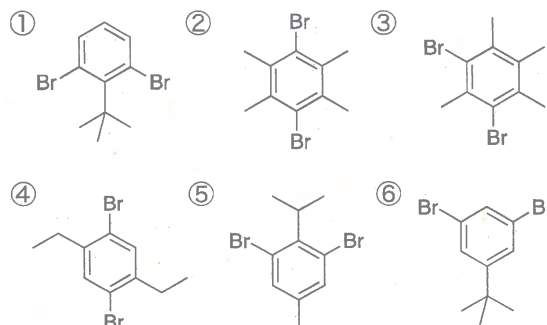
4. 次の(a)~(c)の化合物について,  $\text{S}_{\text{N}}2$  反応における反応性が高いものから順番に並び替えよ。理由も記せ。(Rank the following compounds (a)~(c) in order of decreasing reactivity in an  $\text{S}_{\text{N}}2$  reaction. Explain the reason briefly.)

(a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	(b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I}$	(c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCOMe}$	理由 (Reason)
順序 (Order)			
$\text{>}$ $\text{>}$			

5. 次の(a), (b)の  $^1\text{H}$ NMR スペクトルを示す化合物を, 以下の①~⑥から選んで番号で答えよ。(Provide the number (①~⑥) of compounds giving the following  $^1\text{H}$ NMR spectra (a) and (b).)

(a)  $\delta = 2.47$  (s, 12H) ppm.

(b)  $\delta = 7.50$  (s, 1H), 7.46 (s, 2H), 1.30 (s, 9H) ppm.



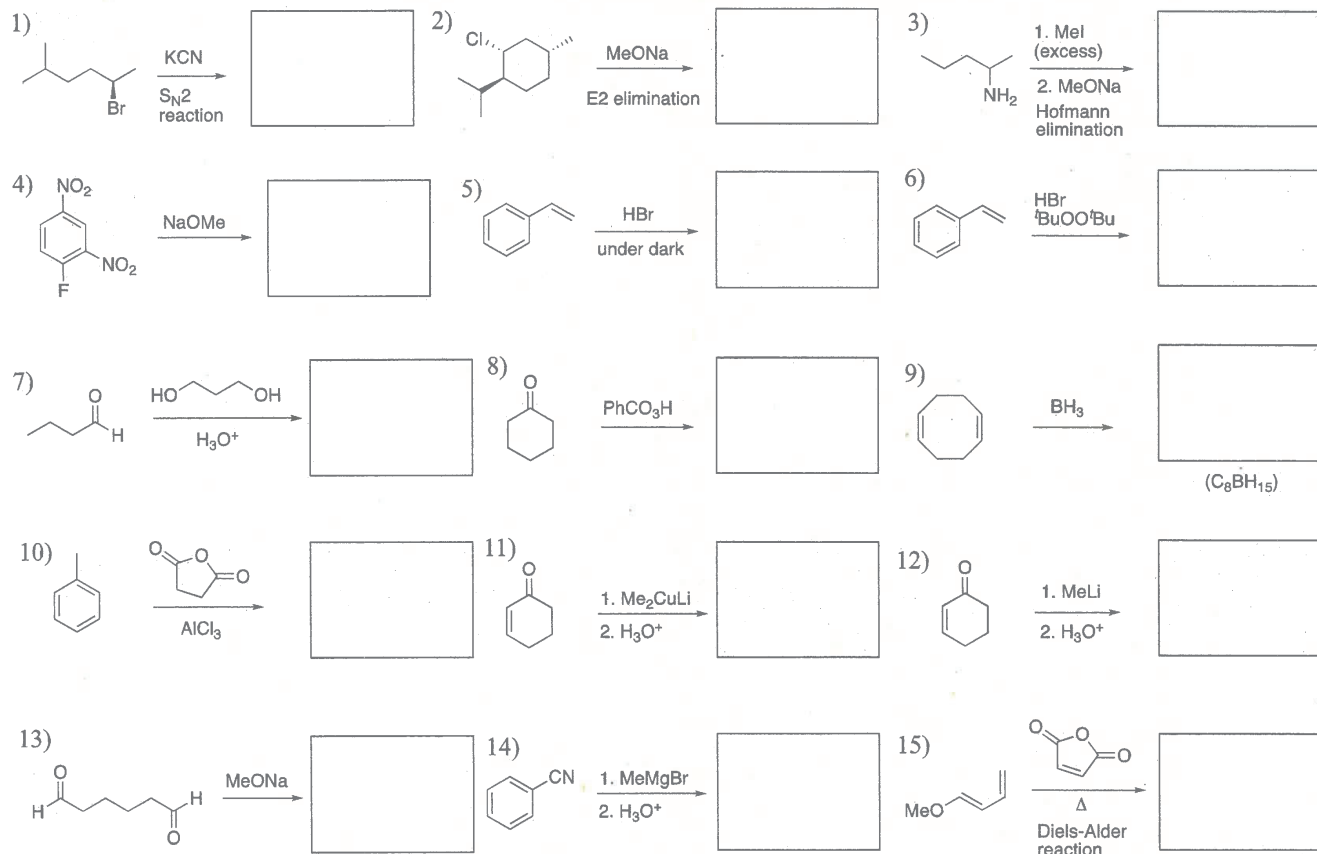
2024 年 4 月入学 (April 2024 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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)

6. 次の 1)~15) の反応における有機の主生成物を化学構造で描け。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描くこと。(Draw the chemical structures of the major organic products in the following reactions 1)–15). Show the stereochemistry if necessary. When enantiomers are formed, draw only one of them.)



7. *n*-ペンタン(CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>)の光によるモノ塩素化反応について、以下の問いに答えよ。(Answer the following problems about light-induced monochlorination of *n*-pentane (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>).)

1) 生成する可能性のある化合物の構造を全て描け。エナンチオマーが生成する場合は両方の構造を描け。(Draw all the possible products. When enantiomers are formed, draw both configurations.)

2) 1) で挙げた化合物の生成比を求めよ。但し、ラジカル的なモノ塩素化反応における第 1 級水素と第 2 級水素の相対反応性比は 3:10 とする。(Provide the ratio of reaction products raised in 1). The relative reactivity ratio of a primary and a secondary hydrogen in radical-induced monochlorination is 3:10.)

2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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) ボルツマン分布 (Boltzmann distribution)

2) クラウジウスの不等式 (Clausius inequality)

3) 束一的性質 (colligative property)

4) ギブズの相律 (Gibbs' phase rule)

5) 定常状態近似 (steady-state approximation)

2. ある蒸気エンジンは 500 K から 323 K の間で作動する。3.00 kJ の仕事をするために熱源から取り出す必要がある最小の熱量を求めよ。(A steam engine operates between 500 K and 323 K. Calculate the minimum heat withdrawal from the heat source to yield 3.00 kJ of work.)

2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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)

3. 一定温度で  $2.00 \text{ dm}^3$  の  $n$ -オクタンにかかる圧力が  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  から  $80.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  まで増加したとき、ギブズエネルギー変化とモルギブズエネルギー変化を求めよ。ただし、この圧力変化における  $n$ -オクタンの体積は変化しないと仮定し、 $n$ -オクタンの質量密度を  $0.703 \text{ g cm}^{-3}$ 、C と H の原子量をそれぞれ 12.0, 1.00 とする。(Calculate the change in the Gibbs energy and molar Gibbs energy of  $2.00 \text{ dm}^3$  of  $n$ -octane when the pressure acting on it is increased from  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  to  $80.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  at a constant temperature by assuming the volume of  $n$ -octane remains unchanged in this pressure change. Use the mass density of  $0.703 \text{ g cm}^{-3}$  for  $n$ -octane, and the atomic masses of 12.0 and 1.00 for C and H, respectively, if needed.)

4.  $600 \text{ g}$  の  $\text{CCl}_4$  を溶媒とし、ある化合物  $80 \text{ g}$  を完全に溶解させると、溶媒の凝固点が  $10.5 \text{ K}$  降下した。この化合物のモル質量を計算せよ。ただし、化合物は  $\text{CCl}_4$  中で電離しないものとし、 $\text{CCl}_4$  の凝固点降下定数  $K_f$  は  $30 \text{ K kg mol}^{-1}$  とする。(Complete dissolution of  $80 \text{ g}$  of a compound in  $600 \text{ g}$  of  $\text{CCl}_4$  lowered the freezing point of the solvent by  $10.5 \text{ K}$ . Calculate the molar mass of the compound. Assume that the compound dissolved in  $\text{CCl}_4$  is not ionized, and use the freezing point constant of  $\text{CCl}_4$ ,  $K_f = 30 \text{ K kg mol}^{-1}$ , if needed.)

5. 反応  $\text{A} \rightarrow \text{B}$  において、 $298 \text{ K}$  で  $\text{A}$  の濃度が  $1.4 \text{ mol dm}^{-3}$  から  $0.70 \text{ mol dm}^{-3}$  に変わると、半減期は  $3.0 \text{ min}$  から  $6.0 \text{ min}$  に変化した。この反応の反応次数と速度定数を計算せよ。(When the concentration of  $\text{A}$  in the reaction  $\text{A} \rightarrow \text{B}$  was changed from  $1.4 \text{ mol dm}^{-3}$  to  $0.70 \text{ mol dm}^{-3}$ , the half-life increased from  $3.0 \text{ min}$  to  $6.0 \text{ min}$  at  $298 \text{ K}$ . Calculate the order of the reaction and the rate constant.)

2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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. 次の括弧内の化学種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 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 (Be, B, C) 第一イオン化エネルギーが最も小さい元素 (Which element has the lowest first ionization energy?)
- ② (HCl, KCl, AgCl) イオン結合性が最も高い物質 (Which substance has the greatest ionic character?)
- ③ ( $B_2H_6$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_6H_6$ ) 電子不足化合物に該当する物質 (Which is an electron deficient compound?)
- ④ ( $AlF_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $AlBr_3$ ,  $AlI_3$ ) 融点が最も高い物質 (Which substance has the highest melting point?)
- ⑤ (Ca, Co, Ni) ビタミン  $B_{12}$  に含まれるヒトの微量必須元素 (Which element is an essential trace element for humans included in vitamin  $B_{12}$ ?)
- ⑥ ( $N^{3-}$ ,  $O^{2-}$ ,  $F^{-}$ ) 半径の最も小さいイオン (Which has the smallest ionic radius?)
- ⑦ ( $O_2$ ,  $O_2^{2-}$ ,  $O_2^{-}$ ,  $O_2^{+}$ ) 結合次数の最も小さな化学種 (Which chemical species has the lowest bond order?)
- ⑧ (Ag, Pt, Au, Cu) 最も展延性が高い金属 (Which metal is the most ductile metal?)
- ⑨ ( $Cl^{-}$ ,  $NO_2^{-}$ ,  $NH_3$ ,  $H_2N(CH_2)_2NH_2$ ) 両座配位子となる化学種 (Which chemical species is an ambidentate ligand?)
- ⑩ ( $SrTiO_3$ ,  $CaWO_4$ ,  $LaTaON_2$ ,  $CH_3NH_3PbI_3$ ) ペロブスカイト構造をとりえない化合物 (Which compound cannot have a perovskite structure?)

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)

Be											B	C
Mg											Al	Si
Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge
Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb

2. 下表に示す標準還元電位  $E^{\circ}$  の値を参考に、a)~d)の反応式のうち、標準状態において自発的に化学反応式で示す方向に進行するものをすべて選び、その記号を答えよ。

(Select all reactions that proceed spontaneously in the direction given under standard conditions for the reaction equations a)~d), referring to the standard reduction potentials  $E^{\circ}$  shown in the table on the right.)

反応 (Reaction)	$E^{\circ} / V$
$Cu^{2+} + e^{-} \rightleftharpoons Cu$	+0.16
$Cu^{+} + e^{-} \rightleftharpoons Cu$	+0.52
$Fe^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons Fe^{2+}$	+0.77
$Fe^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Fe$	-0.44
$Ni^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Ni$	-0.26
$Ce^{4+} + e^{-} \rightleftharpoons Ce^{3+}$	+1.74

- a)  $Fe^{3+} + Cu^{+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu^{2+}$
- b)  $Ni^{2+} + Cu \rightarrow Ni + Cu^{2+}$
- c)  $Fe^{3+} + Ce^{3+} \rightarrow Fe^{2+} + Ce^{4+}$
- d)  $Cu + 2Fe^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Fe^{2+}$

3. Cr の基底状態の電子配置が  $[Ar](3d)^4(4s)^2$  でなく  $[Ar](3d)^5(4s)^1$  である理由を述べよ。(Answer the reason why the ground state electronic configuration of Cr is  $[Ar](3d)^5(4s)^1$ , not  $[Ar](3d)^4(4s)^2$ .)

4. Ge をドーピングした GaAs は、n 型半導体にも p 型半導体にもなりうる。どのような場合に n 型になり、どのような場合に p 型になるか説明せよ。(GaAs doped with Ge can become either an n-type or a p-type semiconductor. Explain when it becomes an n-type semiconductor and when it becomes a p-type semiconductor.)



2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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)

5. 次にあげる 1)~8) の語句のうち, 4 つを選んでそれぞれについて説明せよ。 (Choose and explain four of the following terms of 1)~8).)

- |  |   |
|--|---|
| 1) スピン磁気量子数 (spin magnetic quantum number) | 2) 置換型固溶体 (substitutional solid solution) |
| 3) 混合原子価化合物 (mixed valence compounds)      | 4) 準結晶 (quasicrystal)                     |
| 5) キレート効果 (chelate effect)                 | 6) 不活性電子対効果 (inert-pair effect)           |
| 7) クラーク数 (Clarke number)                   | 8) 非結合性軌道 (non-bonding orbital)           |


2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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 a 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 problem in the specified position.
- (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.



2024 年 4 月入学 (April 2024 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)

(2024 年 1 月 25 日実施 / January 25, 2024)

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.)