

2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
広島大学大学院工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 Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant 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9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 9 problem and answer sheets including a front sheet.
- (2) Fill in your applicant number in the specified positions in this cover and each problem and answer sheet.
- (3) This examination booklet consists of problem sheets and answer sheets. Answer the problems 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) Answer all the problems.
- (6) You may use the provided calculator if you need.
- (7) Raise your hand if you have any questions.

2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
 広島大学大学院工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 Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

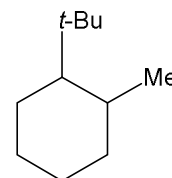
(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	---------------------------	--------------------------	---

問題 1 (Problem 1) 問題用紙は4枚あります (four sheets for Problem 1)

1. 化合物 I について以下の問いに答えよ。(Answer the following questions regarding compound I.)

(a) 化合物 I の IUPAC 名を記せ。(Give the IUPAC name of compound I.)



Compound I

(b) 化合物 I の *cis*-体と *trans*-体について, それぞれの最も安定な椅形構造を書け。

(Draw the most stable chair-conformation of *cis*- and *trans*-isomers of compound I.)

*cis*-isomer

*trans*-isomer

2. プロペン ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ ) を用いた反応について以下の問いに答えよ。(Answer the following questions regarding reactions using propene ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ ).)

(a) プロペン ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ ) の HBr との求電子付加反応から得られる主生成物の構造を答えよ。(Draw the chemical structure of the major product of the electrophilic addition reaction of propene with HBr.)

(b) この求電子付加反応は, メチル基をメトキシ基に変えると加速される。中間体の構造を描き, その安定性をもとにこの理由を説明せよ。(The electrophilic addition reaction is accelerated by replacing the methyl group of propene by a methoxy group. Draw the intermediate structure and explain the reason based on its stability.)

(c) プロペンと HBr との反応から 1-ブロモプロパンを合成する反応条件を提案し, なぜ条件によって生成物が異なるかを説明せよ。(Propose the reaction conditions to obtain 1-bromopropane from propene and HBr and explain why different products are obtained depending on the conditions.)

2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
 広島大学大学院工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 Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	---------------------------	--------------------------	---

問題1 (Problem 1) 続き (Continued)

3. 次の問いに答えよ。(Answer the following questions.)

(a) 次のアニオンの共鳴構造を書け。(Draw the resonance structures of the anion for the following compounds.)  
 acetaldehyde ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ )  
 phenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )

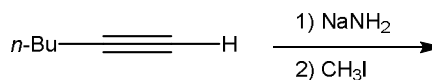
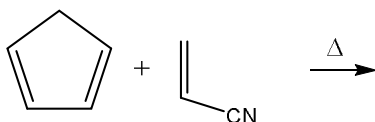
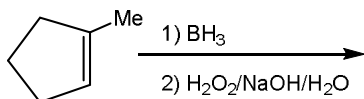
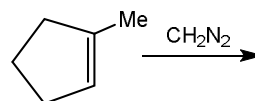
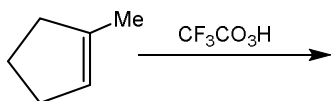
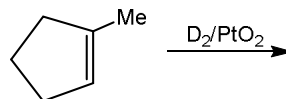
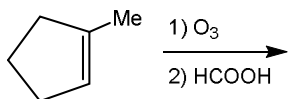


(b) (*meso*)- $\text{CH}_3\text{CHDCHDCH}_3$  の C2-C3 まわりの anti-および gauche-コンホマーを Newman 投影図で記し、どちらが安定かを示せ。(Draw the Newman projection of anti- and gauche-conformers of (*meso*)- $\text{CH}_3\text{CHDCHDCH}_3$  with respect to the C2-C3 bond and indicate which isomer is more stable.)

anti

gauche

4. 次の反応の主な有機生成物の構造を明示せよ。必要に応じて位置選択性および立体化学も考慮すること。(Draw a structural formula of the major organic product obtained from each of the following reactions. The regioselectivity and/or stereochemical configuration should be taken into consideration if necessary.)




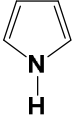

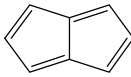
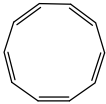
2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
 広島大学大学院工学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

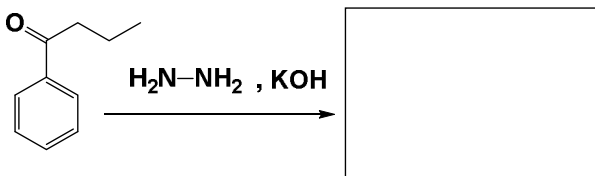
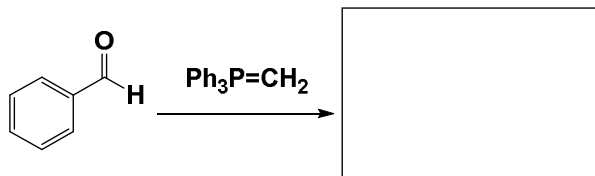
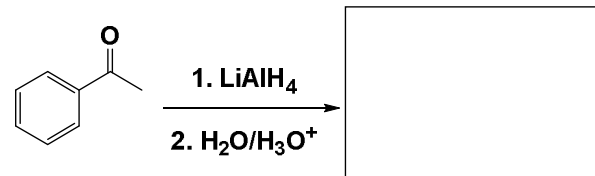
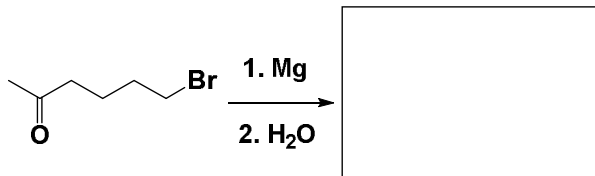
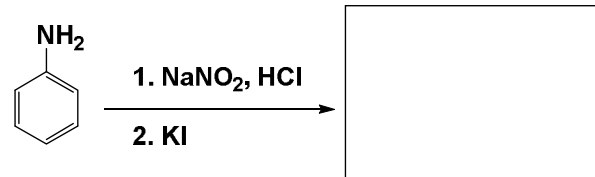
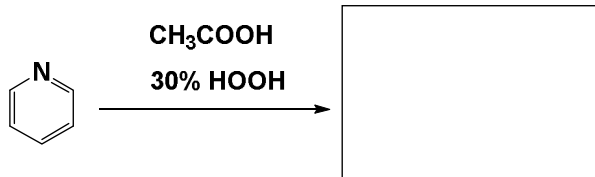
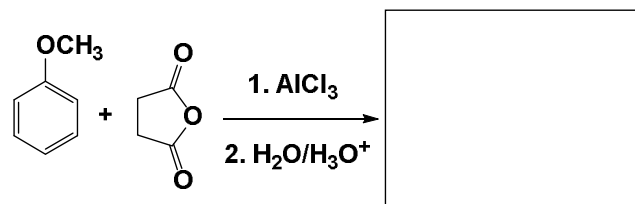
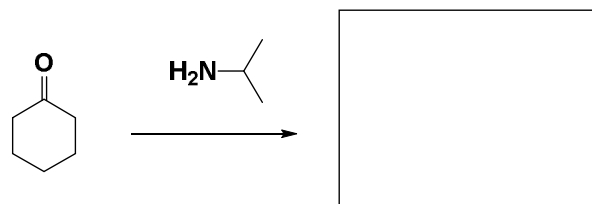
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	---------------------------	--------------------------	---

問題1 (Problem 1) 続き (Continued)

5. 次の化合物は芳香族性 (○) かそうでない (×) かを示し、その理由を述べよ。(Show whether these compounds are aromatic (○) or not (non-aromatic and antiaromatic; ×). Explain the reasons.)

化合物 Compound	例 Example 				
芳香族性 Aromaticity	○				
理由 Reasons	この分子は平面環状であり、十分共役しており、6π電子をもつため。(This molecule is cyclic, planar, fully conjugated and has 6π electrons.)				

6. 次の反応の主な有機生成物の構造を明示せよ。(Draw a structural formula for the major organic product from each of the following reactions.)





2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
広島大学大学院工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 Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant 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) クラウジウスの不等式 (Clausius inequality)
- 2) 熱力学的状態方程式 (thermodynamic equation of state)
- 3) ラウールの法則 (Raoult's law)
- 4) ネルンストの熱定理 (Nernst heat theorem)
- 5) クラウジウス-クラペイロンの式 (Clausius-Clapeyron equation)

2. 1.00 mol のある気体の定圧熱容量の値は,  $C_p / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}) = 25.5 + 1.46 (T / \text{K})$  に従って温度変化する。この気体の温度を 30 °C から 250 °C まで定圧で上昇させたときの熱量  $q$ , 仕事  $w$ , 内部エネルギー変化量  $\Delta U$  およびエンタルピー変化量  $\Delta H$  を求めよ。ただし, 完全気体の状態方程式に従うこととし, 気体定数  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。(The constant-pressure heat capacity of a certain gas varies with temperature according to the expression  $C_p / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}) = 25.5 + 1.46 (T / \text{K})$ . Calculate the heat quantity ( $q$ ), the work ( $w$ ), the change in internal energy ( $\Delta U$ ), and the change in enthalpy ( $\Delta H$ ) when the temperature is raised from 30 °C to 250 °C at constant pressure. Assume that the gas follows the equation of state for a perfect gas. Use the gas constant  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , if needed.)

3. 3.00 mol の二原子分子完全気体を 450 K で断熱可逆的に 100 kPa から 1000 kPa に圧縮した。  $C_p = 29.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とし、この変化に伴う内部エネルギー変化量  $\Delta U$ , エンタルピー変化量  $\Delta H$  およびエントロピー変化量  $\Delta S$  を求めよ。ただし, 気体定数  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。(3.00 mol of diatomic perfect gas molecules at 450 K is compressed adiabatically and reversibly from 100 kPa to 1000 kPa. Calculate the change in internal energy ( $\Delta U$ ), the change in enthalpy ( $\Delta H$ ) and the change in entropy ( $\Delta S$ ). Assume  $C_p = 29.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Use the gas constant  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , if needed.)

2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
広島大学大学院工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 Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	---------------------------	--------------------------	---

問題2 (Problem 2) 続き (Continued)

4. 量子論に関する以下の問いに答えよ。ただし, プランク定数は  $6.626 \times 10^{-34}$  J s, アボガドロ定数は  $6.022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>, 光の速度は  $2.998 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup> とする。(Answer the following questions related to the quantum theory. Use Planck's constant:  $6.626 \times 10^{-34}$  J s, Avogadro constant:  $6.022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>, and speed of light:  $2.998 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>, if needed)

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

- ド・ブローイの関係式 (de Broglie relation)
- フェルミ粒子とボーズ粒子 (fermion and boson)
- 縮退 (degeneracy)

2) 次の二つの関数がそれぞれ  $x$  軸に平行な直線運動量に対する演算子の固有関数かどうか調べなさい。固有関数の場合は固有値も求めよ。(Examine whether each of following two functions is an eigenfunction of the linear momentum (parallel to  $x$  axis) operator or not. If the function is an eigenfunction, indicate the eigenvalue.)

a)  $e^{ikx}$

b)  $\cos kx$

3) 二原子分子である一酸化窒素  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  は  $1.02 \times 10^{11}$  Hz の間隔で回転スペクトルにピークが現れる。この分子の結合長を求めよ。(A diatomic molecule, nitrogen monoxide ( $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ ), shows peaks in the rotational spectrum at intervals of  $1.02 \times 10^{11}$  Hz. Calculate the bond length of the  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ .)

2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
 広島大学大学院工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 Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant 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。また, ①, ②, ③については理由を述べよ。(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. Answer the reasons for ①, ②, and ③.)

① (MgO, NaCl) 融点の低い物質 (Which has lower melting point?)

② ( $Ti^{2+}$ ,  $Ti^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ) 半径の最も大きいイオン (Which has the largest ionic radius?)

③ ( $O^{2-}$ ,  $N^{3-}$ ,  $F^{-}$ ) 最もイオン半径の小さいイオン (Which has the smallest ionic radius?)

④ (CsI, LiI, LiF) 水への溶解度が最も高い化合物 (Which has the highest solubility in water?)

⑤ ( $CaCO_3$ ,  $ZnCO_3$ ,  $SrCO_3$ ) 分解温度が最も低い物質 (Which has the lowest decomposition temperature?)

⑥ (KF, KBr,  $AlBr_3$ ) 融点の最も低い物質 (Which has the lowest melting point?)

⑦ ( $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ) 高スピンの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 high spin configuration, which ion can be more stabilized by obtaining a crystal field stabilization energy (CFSE)?)

⑧ (C, N, O) 電子親和力の最も大きい元素 (Which has the highest electron affinity?)

⑨ (Na, K, Mg) 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?)

⑩ (Ne, Ar, Kr) 電気陰性度の最も大きい元素 (Which has the highest electronegativity?)

⑪ ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $SO_2$ ) 結合角が一番小さな化学種 (Which has the smallest bond angle?)

⑫ ( $BF_3$ ,  $BrF_3$ ,  $XeO_4$ ) 平面構造でない化学種 (Which does not have a planar molecular structure?)

⑬ ( $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) 高スピンの八面体配位でヤーン-テラー歪みを示すイオン (Which ion shows Jahn-Teller distortion in an octahedral high spin configuration?)

解答欄 (Answers)

①				
答(Answer)	理由(Reason)			
②				
答(Answer)	理由(Reason)			
③				
答(Answer)	理由(Reason)			
④	⑤	⑥	⑦	⑧
⑨	⑩	⑪	⑫	⑬

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

(1) VSEPR 理論 (VSEPR theory)

(2) 六方最密充填 (hexagonal close packing)

(3) 結合次数 (bond order)

(4) アミノ酸の等電点 (isoelectric point of amino acid)

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	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb

(5) 飛行時間型質量分析法 (time-of-flight mass spectrometry)



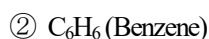
2019年10月, 2020年4月入学 (October 2019 and April 2020 Admission)  
 広島大学大学院工学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2019年8月22日実施 / August 22, 2019)

試験科目 Subject	応用化学 (専門科目 I) Applied Chemistry I	専攻 Department	応用化学 Applied Chemistry	受験番号 Applicant Number	M
-----------------	--------------------------------------	------------------	---------------------------	--------------------------	---

問題3 (Problem 3) 続き (Continued)

3. 次の①と②のイオンまたは分子と等電子構造を有する無機分子をそれぞれ一つずつ化学式で答え, さらにそのルイス構造を記せ。(Answer the chemical formula and draw the Lewis structures of the isoelectronic inorganic molecules for the following ion ① and molecule ②.)

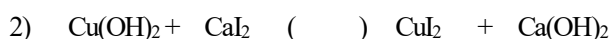


4. 銅原子(Cu)の基底状態の電子配置は $[\text{Ar}](3d)^{10}(4s)^1$ で表される。次の問いに答えよ。(The electron configuration of Cu atom in the ground state is written as  $[\text{Ar}](3d)^{10}(4s)^1$ . Answer the following problems.)

1) Cuの例に倣ってスカンジウム原子 (Sc) ( $Z=21$ )の基底状態の電子配置を答えよ。(Show the electron configuration of scandium (Sc) atom ( $Z=21$ ) in the ground state, as in the example of Cu.)

2) Cuの電子配置が $[\text{Ar}](3d)^9(4s)^2$ でなく,  $[\text{Ar}](3d)^{10}(4s)^1$ である理由を述べよ。(Answer the reason why the electron configuration of Cu is  $[\text{Ar}](3d)^{10}(4s)^1$ , not  $[\text{Ar}](3d)^9(4s)^2$ .)

5. 次の1)と2)の平衡反応について, 左右どちらに偏っているか予測し, ( )内に矢印で示せ。(Predict the directions of the following equilibrium reactions. Fill the parentheses with arrows.)



6. 以下の水溶液について, 問われている値または式を答えよ。ただし, 溶液はすべて理想的とし, 酢酸の  $\text{p}K_a$  は4.76とする。(Answer the questioned values and an equation related to following aqueous solutions. All of the solutions are ideal, and  $\text{p}K_a$  of acetic acid is 4.76.)

1) 0.10 mM 硫酸溶液の pH (pH of a 0.10 mM  $\text{H}_2\text{SO}_4$  solution)

2) 0.40 M 塩酸溶液 600 mL と 0.50 M 水酸化ナトリウム溶液 400 mL を混合した溶液の pH (pH of a mixture of 600 mL of 0.40 M HCl solution and 400 mL of 0.50 M NaOH solution)

3) 濃度  $C_1$  M の酢酸溶液と濃度  $C_2$  M の塩酸溶液を等しい体積で混合した溶液についての電荷バランス式 (Charge balance equation of a mixture of equal volume of a  $C_1$  M solution of acetic acid and a  $C_2$  M HCl solution)

4) 0.100 M 酢酸溶液 500 mL と 2.00 mM 塩酸溶液 500 mL を混合した溶液の pH と酢酸の解離度 (pH and degree of dissociation of acetic acid in a mixture of 500 mL of 0.100 M acetic acid solution and 500 mL of 2.00 mM HCl solution)

5) 0.200 M 酢酸水溶液 500 mL と 0.100 M 水酸化ナトリウム水溶液 500 mL を混合した溶液の pH (pH of a mixture of 500 mL of 0.200 M acetic acid solution and 500 mL of 0.100 M NaOH solution)