

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	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 a front sheet.
- (2) Fill in your examinee's 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.

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)

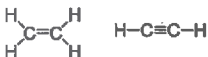

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)


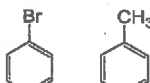
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	-------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

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

1. 次の化合物の組み合わせで, 以下の性質に対しどのような違いがあるかを説明せよ。必要に応じて, 図を用いてもよい。(Explain how the compounds in each pair are different with respect to the following properties. Figures may be added if necessary.)

1) 水への溶解性 (solubility in water)  2) 水中の酸性度 (acidity in water) 

3) C-H 結合長 (C-H bond length)  4) S<sub>N</sub>2 反応の速度 (rate of S<sub>N</sub>2 reaction) 

5) 水酸化物イオンの付加反応速度 (rate of addition of hydroxide ion)  6) 求電子置換反応の速度 (rate of electrophilic substitution) 

2. 次の化合物の共鳴構造式を描け。(Draw the resonance structures of the following compounds.)

1) ニトロメタン (nitromethane) (CH<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>) 2) N,N-ジメチルホルムアミド (N,N-dimethylformamide) (HCON(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)



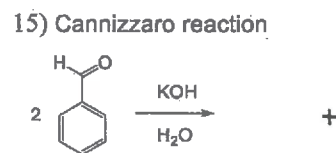
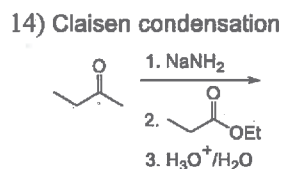
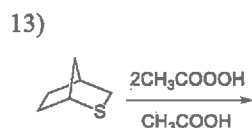
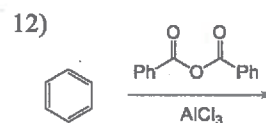
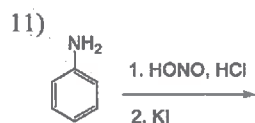
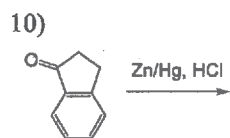
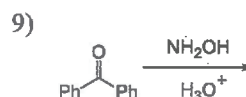
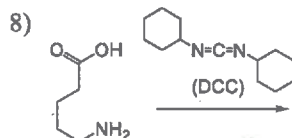
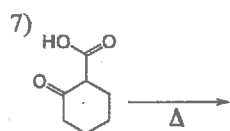
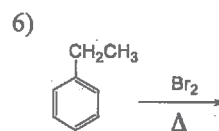
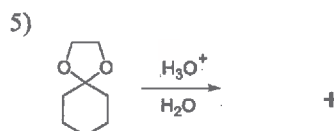
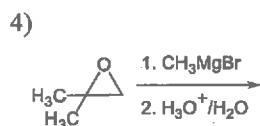
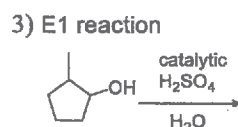
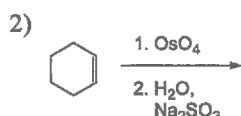
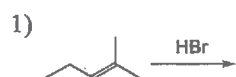
3. シクロプロパンはシクロヘキサンよりも大きなひずみエネルギーを持っている。二つの理由を説明せよ。必要に応じて, 図を用いてもよい。(Cyclopropane possesses a larger strain energy than cyclohexane. Explain two reasons. Figures may be added if necessary.)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

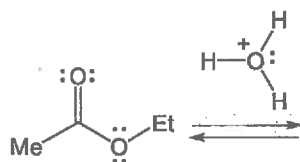
試験科目 Subject	応用化学 (専門科目I) Applied Chemistry I	プログラム Program	応用化学 (Applied Chemistry) スマートイノベーション (Smart Innovation)	受験番号 Examinee's Number	M
-----------------	-------------------------------------	------------------	--	---------------------------	---

問題1 (Problem 1) 続き (Continued)

4. 次の反応における有機の主生成物を構造式で描け。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.)



5. 酢酸エチルが酸触媒による加水分解反応によって酢酸を生成する反応機構を, 電子対の動きを示す巻矢印表記法を用いて描け。(Draw the mechanism using curved arrows, which show the movement of electron pairs, for the production of acetic acid from acid-catalyzed hydrolysis of ethyl acetate.)



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	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.  $[\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO}]_n$  の構造を持つナイロン6について, 以下の問いに答えよ。(Answer the following questions on nylon 6 having the structure  $[\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO}]_n$ .)

1) ナイロン6は重縮合および開環重合により合成できる。それぞれの重合法におけるモノマーを構造式で描け。(Nylon 6 can be synthesized by polycondensation and ring-opening polymerization. Draw the structural formula of the monomer for each polymerization method.)

重縮合 (polycondensation)

開環重合 (ring-opening polymerization)

2) より高分子量ポリマーが生成しやすいのは重縮合と開環重合のどちらの方法か, 理由とともに答えよ。(Which method is more likely to produce higher molecular weight polymers, polycondensation or ring-opening polymerization? Answer with the reasons.)

7. 1,3-ブタジエンを重合して得られる位置・立体規則性に乱れない理想的なポリマーの構造式を四つ描き, それらの名称を記せ。(Draw the four structural formulas of the ideal stereo- and regio-regular polymers obtained from 1,3-butadiene and name them.)

8. 高密度ポリエチレンと低密度ポリエチレンの合成法の違いを述べよ。また, それらの密度が異なる理由を構造の違いに基づいて説明せよ。(Describe the differences in the synthetic methods between high-density polyethylene and low-density polyethylene. Explain the reason(s) for their different densities based on the differences in their structures.)

9. ゲル浸透クロマトグラフィーは, 高分子サンプルを分子サイズによって分離し, 平均分子量や分子量分布を評価する代表的な方法である。その分離原理を述べよ。(Gel permeation chromatography is a typical method for separating macromolecular samples by molecular size and evaluating averaged molecular weight and molecular weight distribution. Describe its principle of separation.)

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	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. 次の熱力学に関する語句を簡潔に説明せよ。(Explain briefly the following terms related to thermodynamics.)
- 1) 経路関数 (path function)
  - 2) トルートの規則 (Trouton's rule)

- 3) 超臨界流体 (supercritical fluid)
- 4) 部分モル体積 (partial molar volume)

2. 298 K で  $1.80 \times 10^2$  kPa にある質量 10.0 g のネオンの気体試料が, (a) 等温可逆膨張によって, (b) 外界の圧力  $p_{\text{ex}} = 0$  に対する等温非可逆膨張によって, (c) 断熱可逆膨張によって,  $1.20 \text{ dm}^3$  から  $4.80 \text{ dm}^3$  まで体積増加するとき, 系のエントロピー変化  $\Delta S_{\text{sys}}$ , 外界のエントロピー変化  $\Delta S_{\text{sur}}$ , その合計のエントロピー変化  $\Delta S_{\text{tot}}$  を(a)-(c)の場合についてそれぞれ計算せよ。ただし, ネオンは完全気体としてふるまうものとし, ネオンのモル質量を  $20.2 \text{ g mol}^{-1}$ , 気体定数  $R = 8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。(Calculate the change in the entropy of the system  $\Delta S_{\text{sys}}$ , the change in the entropy of the surroundings  $\Delta S_{\text{sur}}$ , and the total change in entropy  $\Delta S_{\text{tot}}$  in the cases of (a)-(c), when a sample of neon gas of mass 10.0 g at 298 K and  $1.80 \times 10^2$  kPa increases from  $1.20 \text{ dm}^3$  to  $4.80 \text{ dm}^3$  in (a) an isothermal reversible expansion, (b) an isothermal irreversible expansion against the external pressure  $p_{\text{ex}} = 0$ , and (c) an adiabatic reversible expansion. Assume a perfect gas behavior for neon gas, and use  $20.2 \text{ g mol}^{-1}$  as the molar mass of neon and the gas constant  $R = 8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , if needed.)

3. 298 K において, 2.00 mol のトルエンを 3.00 mol のベンゼンと混合するとき, 内部エネルギー変化  $\Delta_{\text{mix}}U$ , ギブズエネルギー変化  $\Delta_{\text{mix}}G$ , エンタルピー変化  $\Delta_{\text{mix}}H$ , エントロピー変化  $\Delta_{\text{mix}}S$  をそれぞれ計算せよ。ただし, 溶液は理想的であるものとし, 気体定数  $R = 8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。(Calculate the changes in internal energy  $\Delta_{\text{mix}}U$ , Gibbs energy  $\Delta_{\text{mix}}G$ , enthalpy  $\Delta_{\text{mix}}H$ , and entropy  $\Delta_{\text{mix}}S$ , when 2.00 mol toluene is mixed with 3.00 mol benzene at 298 K. Assume the ideal behavior for the solution, and use the gas constant  $R = 8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , if needed.)

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	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. 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>, 電子の質量は  $9.109 \times 10^{-31}$  kg, 電気素量は  $1.602 \times 10^{-19}$  C, 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 the following constants, if needed: the Planck constant,  $6.626 \times 10^{-34}$  J s; the Avogadro constant,  $6.022 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>; the mass of an electron,  $9.109 \times 10^{-31}$  kg; the elementary charge,  $1.602 \times 10^{-19}$  C; the speed of light,  $2.998 \times 10^8$  m s<sup>-1</sup>.)

1) 1個の光子が 2.00 eV のエネルギーをもつとき, その波長を計算せよ。(Calculate the wavelength of one photon with energy of 2.00 eV.)

2) 時速 150 km の野球のボールのドブローイ波長を求めよ。ただし, ボールの質量は 142 g である。(Calculate the de Broglie wavelength of a baseball ball with the speed of 150 km h<sup>-1</sup> where the mass of the ball is 142 g.)

3) 関数  $\cos kx$  が演算子  $d/dx$  の固有関数か否かを, その理由を含めて答えよ。固有関数の場合は, その固有値を示せ。(Show whether the function  $\cos kx$  is an eigenfunction of the operator  $d/dx$  or not with the reason. If it is an eigenfunction, give its eigenvalue.)

4) 長さ 1.00 nm の 1次元の箱の中の電子の零点エネルギーを計算せよ。(Calculate the zero-point energy of an electron in a one-dimensional box with length of 1.00 nm.)

5) 立方体中の粒子を考える。最低準位の 3 倍のエネルギーを持つ準位の縮退度はいくらかを導出過程を含めて示せ。(Consider a particle in a cube. Show the degree of degeneracy of the energy level having three times of the energy of the lowest energy level, including the derivation process.)

6) 質量が  $2.33 \times 10^{-26}$  kg の粒子からなり, 力の定数が  $155$  N m<sup>-1</sup> の調和振動子の零点エネルギーを計算せよ。(Calculate the zero-point energy of a harmonic oscillator consisting of a particle with a mass of  $2.33 \times 10^{-26}$  kg and a force constant of  $155$  N m<sup>-1</sup>.)

7) ヨウ化水素(<sup>127</sup>I)分子の回転は, 静止している I 原子から 160 pm の距離にある H 原子の軌道運動とみなすことができる。分子が平面内だけで回転していると考え, 分子の回転を励起するのに必要な最低エネルギーを計算せよ。(The rotation of hydrogen iodide (<sup>127</sup>I) molecule can be regarded as the orbital motion of an H atom at a distance of 160 pm from a stationary I atom. Assuming that the molecule rotates only in the plane, calculate the minimum energy required to excite the rotation of the molecule.)

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	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なかから, 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 (O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub><sup>2-</sup>) 反磁性の化学種 (Which is diamagnetic?)
- ② (SF<sub>6</sub>, ClF<sub>3</sub>) 結合角が小さい化学種 (Which has smaller bond angle?)
- ③ (Cs<sup>+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, La<sup>3+</sup>) 八面体配位において最もイオン半径の大きいイオン (In an octahedral coordination, which has the largest ionic radius?)
- ④ (H<sup>+</sup>, Cu<sup>+</sup>, H<sup>-</sup>, OH<sup>-</sup>) 軟らかい塩基 (Which is a soft base?)
- ⑤ (Ca, Ga, Rb) 第二イオン化エネルギーの最も大きい元素 (Which has the largest second ionization energy?)
- ⑥ (Na, S, K) 第一電子親和力の最も小さい元素 (Which has the lowest first electron affinity?)
- ⑦ (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, N) 第一イオン化エネルギーの最も小さい化学種 (Which has the smallest first ionization energy?)
- ⑧ (O<sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>) 八面体配位において最もイオン半径の小さいイオン (In an octahedral coordination, which has the smallest ionic radius?)
- ⑨ (CsI, RbI, LiI) 水への溶解度が最も高い化合物 (Which has the highest solubility in water?)
- ⑩ (Fe<sup>3+</sup>, Ru<sup>3+</sup>, Mn<sup>3+</sup>) 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 (In an octahedral high spin configuration, which ion shows Jahn-Teller distortion?)
- ⑪ (Mn<sup>2+</sup>, Mn<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>) 低スピンの八面体配位にあって, 結晶場安定化エネルギーで最も大きな安定化を受けるイオン (In an octahedral low spin configuration, which is the most stabilized ion by obtaining a crystal field stabilization energy?)
- ⑫ (Li, K, Al) 電気陰性度の最も小さい元素 (Which has the lowest electronegativity?)
- ⑬ (CaF<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, LiF, ZnS, NiAs, ReO<sub>3</sub>, CaTiO<sub>3</sub>, MoS<sub>2</sub>) 層状結晶構造を取り得る物質 (Which can have a layered crystal structure?)

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) 有効核電荷 (effective nuclear charge)
- 2) 水熱合成 (hydrothermal synthesis)
- 3) 非結合性軌道 (non-bonding orbital)
- 4) 等吸収点 (isosbestic point)
- 5) 双性イオン (zwitterion)

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	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb

Ln: La, Ce, Pr, ..., Lu.

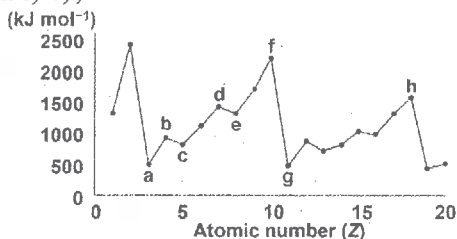
2024年10月, 2025年4月入学 (October 2024 and April 2025 Admissions)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2024年8月22日実施 / August 22, 2024)

試験科目 Subject	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. 以下に示す元素の性質の周期性に関するグラフについて, 1)~3)の問いに答えよ。(Regarding the graph showing the periodic properties of the elements below, answer the following questions 1)~3).)



1) グラフの縦軸が何の値を表しているか答えよ。(Answer what value the vertical axis of the graph represents.)

2) グラフにおいて, a から f, および g から h にかけて 1) の数値が原子番号の増加に対して増加傾向にある理由を簡潔に述べよ。(Explain why the values of 1) tend to increase with increasing atomic number from a to f and from g to h in the graph.)

3) グラフにおいて, b から c, および d から e への原子番号の増加に対して 1) の数値がわずかに減少する理由をそれぞれ簡潔に述べよ。(Explain why the values of 1) slightly decrease with increasing atomic number from b to c and from d to e in the graph.)

4. オゾン(O<sub>3</sub>)が極性を持つ理由を, 電荷分布と分子の形状に基づいて述べよ。(Explain why ozone (O<sub>3</sub>) is a polar molecule based on its charge distribution and molecular shape.)

5. 次の1)~4)の化合物に含まれる遷移金属元素の酸化数をそれぞれ記せ。(Answer the oxidation numbers of the transition metal elements contained in the following compounds 1)~4).)

- 1) [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>Cl]Cl<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ 2) K[Co(CO)<sub>4</sub>] \_\_\_\_\_  
 3) AgSCN \_\_\_\_\_ 4) H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub> \_\_\_\_\_

6. PbCO<sub>3</sub> の 298 K での溶解度  $S \text{ g dm}^{-3}$  を有効数字2桁で算出せよ。なお, PbCO<sub>3</sub> の 298 K における溶解度積  $K_{sp}$  は  $3.30 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ , モル質量は  $267.21 \text{ g mol}^{-1}$  とする。(Calculate the solubility,  $S \text{ g dm}^{-3}$ , of PbCO<sub>3</sub> at 298 K to two significant figures. The solubility product,  $K_{sp}$ , of PbCO<sub>3</sub> at 298 K is  $3.30 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$  and its molar mass is  $267.21 \text{ g mol}^{-1}$ .)

7. 298 K において塩化マグネシウム水溶液(濃度  $0.500 \text{ mol dm}^{-3}$ )の pH を上昇させたとき, 水酸化マグネシウムの沈殿が生成しはじめる溶液 pH を有効数字2桁で算出せよ。298 K における水のイオン積  $K_w$  は  $1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ , 水酸化マグネシウムの溶解度積は  $6.31 \times 10^{-10} \text{ mol}^3 \text{ dm}^{-9}$  である。なお, 溶液の体積変化や共存する塩化物イオンの影響は考慮しなくてよい。(Calculate the solution pH at which magnesium hydroxide begins to precipitate when the pH of a magnesium chloride aqueous solution (concentration of  $0.500 \text{ mol dm}^{-3}$ ) is increased at 298 K to two significant figures. The ion product of water,  $K_w$ , is  $1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ , and the solubility product of magnesium hydroxide is  $6.31 \times 10^{-10} \text{ mol}^3 \text{ dm}^{-9}$  at 298 K. Note that changes in the solution volume and the effects of coexisting chloride ions do not need to be considered.)