

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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.

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and 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)

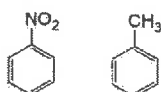
(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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

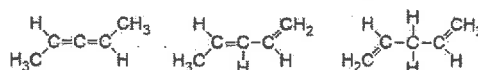
問題 1 (Problem 1) 問題用紙は3枚あります (three sheets for Problem 1)

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簡単に説明せよ。必要に応じて, 図を用いてもよい。(Explain briefly how the compounds in each combination are different with respect to the following properties. Figures may be added if necessary.)

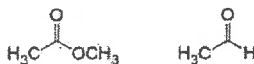
1) Friedel-Crafts 反応への活性  
(reactivity towards Friedel-Crafts reaction)



2) キラリティ (chirality)



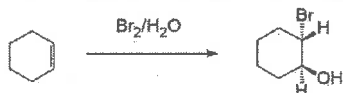
3) 酸性度 (acidity)



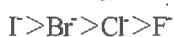
4) Diels-Alder 反応でのジエンとしての反応性  
(reactivity as a diene in Diels-Alder reaction)



2. 次の反応の立体選択性の理由を説明せよ。反応機構を示す図を描くこと。(Explain the reason for stereoselectivity of the following reaction. Figure showing the reaction mechanism must be given.)



3. ハロゲン化物イオンの水中の  $S_N2$  反応の求核性は, 次の順に低下する。理由を説明せよ。(The nucleophilicity of halide ions for  $S_N2$  reactions in water decreases as follows. Explain the reason.)



4. 次の語句を簡単に説明せよ。(Explain the following terms, briefly.)

1) Bredt 則 (Bredt rule)

2) 加溶媒分解 (solvolysis)

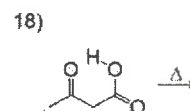
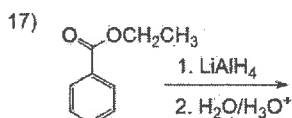
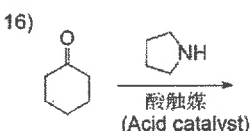
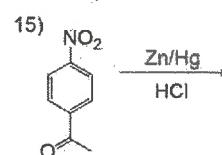
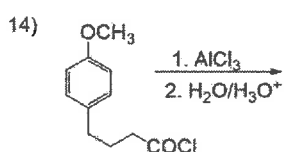
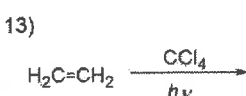
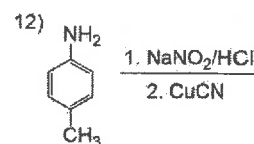
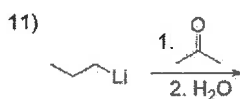
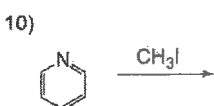
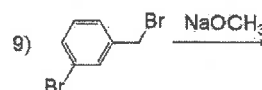
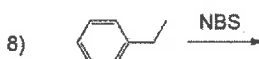
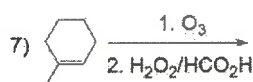
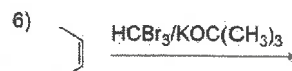
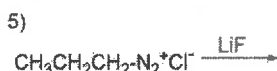
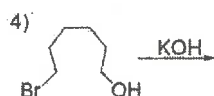
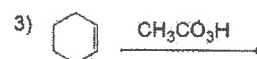
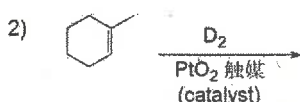
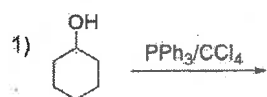
2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and April 2023 Admission)  
 広島大学大学院先進理工系科学研究科博士課程前期 (一般選抜) 専門科目入学試験問題  
 Graduate School of Advanced Science and Engineering (Master's Course), Hiroshima University  
 Entrance Examination Booklet (General Selection)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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化学構造で示せ。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 chemical structures of the major organic products. Show the stereochemistry if necessary. When enantiomers are formed, draw only one of them.)



6. シクロペンタジエンは炭化水素としては異常に酸性が強い ( $\text{p}K_a=16$ )。この理由を「芳香族性」と「非局在化」を用いて説明せよ。(Cyclopentadiene is unusually acidic as a hydrocarbon. Explain the reason using “aromaticity” and “delocalization”.)



2022 年 10 月, 2023 年 4 月入学 (October 2022 and 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)

(2022 年 8 月 25 日実施 / August 25, 2022)

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. アクリル酸メチル, エチルビニルエーテル, および酢酸ビニルの付加重合について以下の問いに答えよ。(Answer the following questions on addition polymerization of methyl acrylate, ethyl vinyl ether, and vinyl acetate.)

1) 各モノマーの構造式を示せ。(Draw the structural formula of each monomer.)

アクリル酸メチル (methyl acrylate)      エチルビニルエーテル (ethyl vinyl ether)      酢酸ビニル (vinyl acetate)

2) ラジカル重合でしか重合しないモノマーはどれか。また, その重合に用いることができる開始剤の一つあげ, 示性式で示せ。(Indicate the monomer which can be polymerized only by radical polymerization. Draw the rational formula of an initiator which can polymerize it.)

モノマー :                      開始剤 :  
(monomer)                      (initiator)

3) カチオン重合しやすいモノマーはどれか。また, その重合に用いることができる開始剤の一つあげ, 示性式で示せ。(Indicate the monomer which can be polymerized by cationic polymerization. Draw the rational formula of an initiator which can polymerize it.)

モノマー :                      開始剤 :  
(monomer)                      (initiator)

4) アニオン重合しやすいモノマーはどれか。また, その重合に用いることができる開始剤の一つあげ, 示性式で示せ。(Indicate the monomer which can be polymerized by anionic polymerization. Draw the rational formula of an initiator which can polymerize it.)

モノマー :                      開始剤 :  
(monomer)                      (initiator)

8. 等モルのジカルボン酸とジオールの縮合重合 (重縮合) に関する以下の問いに答えよ。(Answer the following questions on condensation polymerization (polycondensation) of equimolar amounts of a dicarboxylic acid and a diol.)

1) 反応度  $p$  と数平均重合度  $x_n$  の関係を導出せよ。(Derive the relation between the extent of polymerization,  $p$ , and number-average polymerization degree,  $x_n$ .)

2) ジカルボン酸とジオールの反応が平衡に達したときの生成物の数平均重合度  $x_n$  を求めよ。ただし, カルボン酸とアルコールからエステルが生成する反応の平衡定数  $K$  は 4 とする。(Calculate the number-average polymerization degree,  $x_n$ , of the product when the reaction of the dicarboxylic acid and the diol reaches equilibrium. Assume that the equilibrium constant  $K$  for the reaction to produce an ester from a carboxylic acid and an alcohol is 4.)



2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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 clearly the following terms related to thermodynamics.)

1) ジュール・トムソン効果 (Joule-Thomson effect)      2) ヘスの法則 (Hess's law)

3) ファン・トホッフのプロット (van't Hoff plot)

4) ネルンストの式 (Nernst equation)

2. ある熱エンジンが 800 K と 300 K の間で運転されている。次の問 1)~4) に答えよ。1) このエンジンの最大効率を求めよ。2) 高温熱源から供給される熱 1.00 kJ 当たりなされる最大仕事を求めよ。3) 高温熱源から供給される熱 1.00 kJ 当たり、可逆過程で、低温熱のために流入する熱を求めよ。4) 高温熱源からエンジンへ熱 1.00 kJ が移動するとき、可逆過程における高温熱源のエントロピー変化および低温熱のためのエントロピー変化をそれぞれ求めよ。(A certain heat engine operates between 800 K and 300 K. Answer the following questions, 1)~4). 1) Calculate the maximum efficiency of the engine. 2) Calculate the maximum work that can be done by the engine for each 1.00 kJ of heat supplied by the hot source. 3) Calculate the heat discharged into the cold sink in a reversible process for each 1.00 kJ supplied by the hot source. 4) Calculate the changes in the entropies of the hot source and the cold sink in a reversible process for each 1.00 kJ supplied by the hot source.)

3. 300 K における純粋な液体 A および B の蒸気圧は、それぞれ 68.8 kPa と 82.1 kPa である。この二つの物質は、液相でも気相でも理想混合する。300 K において気液平衡にある A と B の混合物を考える。気相中の A のモル分率が 0.662 であるときの全蒸気圧と液相の組成を計算せよ。(The vapor pressures of pure liquids A and B are 68.8 kPa and 82.1 kPa, respectively, at 300 K. The liquid and gaseous mixtures of these two compounds are formed ideally. Calculate the total pressure of the vapor and the composition of the liquid mixture at 300 K, considering a vapor-liquid equilibrium of the binary mixture in which the mole fraction of A in the vapor is 0.662.)

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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  $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ , アボガドロ定数は  $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , 電気素量は  $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 光の速度は  $2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  とする。(Answer the following questions related to the quantum theory. Use the following constants, if needed: Planck constant,  $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ; Avogadro constant,  $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; elementary charge,  $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; speed of light,  $2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .)

1) 1個の光子が  $1.550 \text{ eV}$  のエネルギーを持つとき, その波長を計算せよ。(Calculate the wave length of one photon with energy of  $1.550 \text{ eV}$ .)

2) 速度  $1.0 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$  で動いている質量  $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$  の物体のド・ブロイ波長を求めよ。(Estimate the de Broglie wavelength of a particle which moves at a speed of  $1.0 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ . Mass of the particle is  $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ .)

3) 質量  $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$  の弾丸の速さが  $350.00001 \text{ m s}^{-1}$  と  $350.00000 \text{ m s}^{-1}$  の間のどこかにあることが分かっている。その弾丸の位置の不確かさの下限を計算せよ。(Estimate the lower limit of the uncertainty of the position of a running bullet. Mass of the bullet is  $1.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$  that is known to have a speed somewhere between  $350.00001 \text{ m s}^{-1}$  and  $350.00000 \text{ m s}^{-1}$ .)

4) 異核二原子分子である一酸化窒素  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  は波数  $1876 \text{ cm}^{-1}$  に伸縮振動励起による赤外吸収を持つ。この分子を調和振動子と仮定して次の数値を求めよ。(A heteronuclear diatomic molecule, nitrogen monoxide ( $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ ), has infrared absorption at  $1876 \text{ cm}^{-1}$  corresponding to stretching vibration. Estimate the following values assuming the  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  molecule as a harmonic oscillator.)

a)  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  分子の実効(換算)質量 (the reduced mass of the  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  molecule)

b)  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  分子の力の定数 (the force constant of the  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  molecule)

c)  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  分子の振動の零点エネルギー (the zero-point energy of vibration of the  $^{14}\text{N}^{16}\text{O}$  molecule)



2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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。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 (N, O, F) 電子親和力の最も小さい元素 (Which has the lowest electron affinity?)
- ② ( $O^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $Al^{3+}$ ) 最もイオン半径の大きいイオン (Which has the largest ionic radius?)
- ③ (Na, Mg, Al) 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?)
- ④ (LiBr, KCl) 水への溶解度が高い化合物 (Which has higher solubility in water?)
- ⑤ ( $La^{3+}$ ,  $Ce^{3+}$ ,  $Nd^{3+}$ ) 最もイオン半径の大きいイオン (Which has the largest ionic radius?)
- ⑥ ( $Na^+$ ,  $Be^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) 最もイオン半径の大きいイオン (Which has the largest ionic radius?)
- ⑦ ( $BeCO_3$ ,  $SrCO_3$ ) 分解温度が低い物質 (Which has lower decomposition temperature?)
- ⑧ ( $Cr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ) 八面体配位の低スピン状態で反磁性のイオン (Which is diamagnetic in an octahedral low spin configuration?)
- ⑨ ( $Fe^{4+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ) 高スピンの八面体配位にあって、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)?)
- ⑩ (NaF,  $Al_2O_3$ ) 融点の高い物質 (Which has higher melting point?)
- ⑪ (Mg, Ca, Al) 電気陰性度の最も大きい元素 (Which has the highest electronegativity?)
- ⑫ ( $ICl_4^-$ ,  $BrF_3$ ) 結合角の小さい化学種 (Which has smaller bond angle?)
- ⑬ ( $K_3C_60$ ,  $Na_{0.6}WO_3$ ,  $WO_3$ ) 半導体である物質 (Which is a semiconductor?)

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

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) 体心立方格子の消滅測 (systematic absence for body-centered cubic lattice)
- 2) 安定化ジルコニア (stabilized zirconia)
- 3) 状態密度 (density of states)
- 4) 分光器のエネルギー分解能 (energy resolution of a spectrometer)
- 5) 統計における正確度 (accuracy in statistics)

2022年10月, 2023年4月入学 (October 2022 and 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)

(2022年8月25日実施 / August 25, 2022)

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. NO, NO<sup>+</sup> および NO<sup>-</sup> に関して, 以下の問いに答えよ。  
 (Answer the following questions related to NO, NO<sup>+</sup>, and NO<sup>-</sup>.)

1) それぞれの化学種の結合次数を答えよ。(Answer the bond orders of each chemical species.)

NO :                      NO<sup>+</sup> :                      NO<sup>-</sup> :

2) 3 つのうち, N と O の結合強度が最も強い化学種を答えよ。  
 (Answer which chemical species has the strongest bonding strength between N and O.)

3) 3 つのなかで常磁性を示す化学種をすべて答えよ。  
 (Answer all chemical species that exhibit the paramagnetic behavior.)

4. 次の文章中の①と②にあてはまる最も適切な語句を答えよ。  
 (Answer the most appropriate word(s) for each of ① and ② in the following sentences.)

ジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)において B-H-B の結合は( ① )電子結合であり, 電子不足化合物である。ホウ素(B)-窒素(N)結合は炭素(C)-炭素(C)結合と電子数が同じになるため, 類似化合物がいくつか存在する。例えば, アンモニア-ボランは( ② )の C-C 結合を B-N 結合に置き換えた構造となる。  
 (Diborane (B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) is an electron-deficient compound and its B-H-B bond is a ( ① ) electron bond. Since the boron (B)-nitrogen (N) bond has the same number of electrons as the carbon (C)-carbon (C) bond, several similar compounds exist. For example, ammonia-borane has a structure in which the C-C bond in ( ② ) is replaced by the B-N bond.)

①

②

5. ゲルマニウムを添加した GaAs は, n 型半導体にも p 型半導体にもなりうる。どのようなときに n 型になり, どのようなときに p 型になるか説明せよ。  
 (Germanium-doped GaAs can become either an n-type or p-type semiconductor. Explain when it becomes n-type and when it becomes p-type, respectively.)

6. 298 K での弱酸 (HA) とそのナトリウム塩 (NaA) を含む水溶液に関する以下の問いに答えよ。ただし, HA のモル濃度を [HA], 水のイオン積を  $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$ , HA の pK<sub>a</sub> を 4.30 とする。  
 (Answer the following questions related to an aqueous solution containing weak acid, HA and its sodium salt, NaA at 298 K. The molar concentration of HA is [HA] and the ion product for water,  $K_w$ , is  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$  and pK<sub>a</sub> of HA is 4.30.)

1) HA の酸解離定数 K<sub>a</sub> を HA および A<sup>-</sup> のモル濃度を用いて表し, 溶液の pH が 4.30 の場合の酸解離度 α を求めよ。  
 (Express the acid dissociation constant K<sub>a</sub> of HA with the molar concentrations of HA and A<sup>-</sup>, and calculate the acid dissociation constant, α, when pH of the solution is 4.30.)

2) HA を 0.30 mol L<sup>-1</sup>, NaOH を 0.10 mol L<sup>-1</sup> 含む水溶液について pH を計算せよ。  
 (Calculate pH of the solution containing 0.30 mol L<sup>-1</sup> of HA and 0.10 mol L<sup>-1</sup> of NaOH.)

3) HA と NaA を含む水溶液は緩衝液として知られているが, その役割について簡単に説明せよ。  
 (The mixture of the aqueous solutions containing HA and NaA is known as a buffer solution. Explain the function of the buffer solution briefly.)