

## 化 学 (その1)

必要ならば、アボガドロ定数  $N_A=6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$  ,  $H=1.00$  ,  $C=12.0$  ,  $N=14.0$  ,  $O=16.0$  ,  $Cu=63.5$  の原子量, ファラデー定数  $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  , 標準状態における気体のモル体積  $22.4 \text{ L/mol}$  を用いよ。

**第1問** 次の文章を読んで、以下の問い(問1～5)に答えよ。

原子、分子、イオンなどの粒子が規則正しく配列した構造をもつ固体を結晶という。結晶中の規則的な粒子の配列構造を結晶格子といい、結晶格子中の最小の繰り返し単位を単位格子という。一方、固体を構成する粒子の配列に規則性がみられず、無秩序なものを一般に(ア)といい、結晶とは性質が異なる。

原子どうしが金属結合で引きあい、規則正しく配列してできる結晶を金属結晶という。金属結晶の特徴として、金属光沢とよばれる特有の輝きがある。これは、(イ)のはたらきによって、外部からの光がよく反射されるためである。多くの金属結晶の結晶格子は、体心立方格子、面心立方格子、六方最密構造のいずれかの構造をとる。例えば、金属ナトリウムの結晶格子の構造は(ウ)であり、その単位格子に含まれるナトリウム原子の数は(エ)個である。

一方、イオン結合により形成された結晶をイオン結晶とよぶ。イオン結晶では、陽イオンと陰イオンが交互に規則正しく立体的に配列している。陽イオンAと陰イオンBからなるイオン結晶Cは、**図1**に示すような単位格子をとる。この単位格子では、陽イオンAが面心立方格子の位置に配列する。陰イオンBは、この単位格子を8等分してできる立方体のそれぞれの中心部に1個ずつ配列する。このイオン結晶Cの単位格子の一辺の長さを測定すると、 $6.2 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であった。

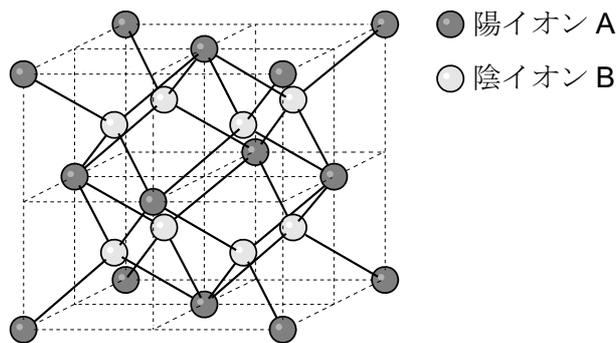


図1

## 化 学 (その2)

問1 (ア) ~ (エ) に適切な語句または数値を入れよ。

問2 イオン結晶 C の単位格子中に含まれる陽イオン A の数と、陽イオン A の配位数を答えよ。

問3 イオン結晶 C の組成式を  $A_xB_y$  ( $x$  と  $y$  は整数) の形で示せ。

問4 イオン結晶 C の単位格子において、陽イオン A と陰イオン B の間の結合距離は何 cm となるか。有効数字2桁で答えよ。ただし、陽イオン A と陰イオン B の間の結合距離は陽イオン A の中心と陰イオン B の中心との間の距離とし、必要に応じて、 $\sqrt{3} = 1.7$  の値を用いよ。

問5 イオン結晶 C の密度が  $4.9 \text{ g/cm}^3$  であるとき、イオン結晶 C の式量はいくらか。小数点以下を四捨五入して整数で答えよ。ただし、 $(6.2)^3 = 238$  とする。

## 化 学 (その3)

**第2問** 次の文章を読んで、以下の問い(問1～4)に答えよ。

水素と酸素を化学反応させて、電気エネルギーとして取り出す発電装置を燃料電池という。図2に示すような水素—酸素系燃料電池は、その電極としては白金触媒を含む多孔質の炭素板などが使用され、2枚の電極に仕切られた容器に電解液(リン酸水溶液)が入っている。正極と負極にはそれぞれ気体の酸素と水素が供給され、反応後は水(水蒸気)と未反応の水素と酸素が排出される。燃料電池はとくに自動車の動力源として、近年開発が進められている。

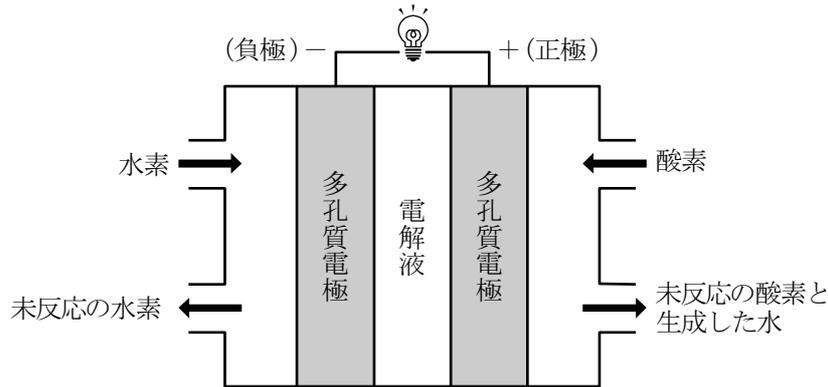


図2

- 問1 この電池の正極と負極で起こる反応を、それぞれ電子  $e^-$  を含む反応式で記せ。
- 問2 1時間放電したところ、水が 3.60g 生成した。放電した電気量は何 C か。数値は、有効数字3桁で答えよ。
- 問3 水素を完全燃焼させることによって発生する化学エネルギーに対する電気エネルギーの比率を、エネルギー変換効率[%] という。問2の放電中における平均電圧が 0.500 V であるとして、この電池のエネルギー変換効率[%] はいくらか。数値は、有効数字3桁で答えよ。ただし、発生した電気エネルギー[J] は、放電した電気量[C] と電圧[V] との積で求められることを利用せよ。また、水素 1 mol が完全燃焼したときの燃焼エンタルピーを、 $-286 \text{ kJ/mol}$  とする。
- 問4 この燃料電池に供給する酸素源として空気を使用し、取り出した電流で硫酸銅(II)水溶液を電気分解したところ、銅が 12.7 g 析出した。この燃料電池に必要な空気の体積は標準状態で何 L か。数値は、有効数字3桁で答えよ。ただし、酸素は空気中の体積割合の 20.0 % とする。

## 化 学 (その4)

**第3問** 次の文章を読んで、以下の問い(問1～4)に答えよ。

中和滴定に用いる指示薬は、それ自身が弱酸や弱塩基であり、水溶液中で異なった色を示す分子とイオンが電離平衡の状態になっている。弱酸である指示薬を  $\text{HA}$  とすると、指示薬の分子  $\text{HA}$  と指示薬のイオン  $\text{A}^-$  はそれぞれ特有の色をもつ。指示薬  $\text{HA}$  の電離平衡の式と電離定数  $K_a$  は次のようになる。



一般に指示薬では、色をもつ  $\text{HA}$  または  $\text{A}^-$  の濃度が、他方の濃度の 10 倍を超えるとその色を観察することができる。すなわち、 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} < 0.1$  ならば  $\text{HA}$  の色が、 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} > 10$  ならば  $\text{A}^-$  の色が観察できる。よって、指示薬  $\text{HA}$  の色の変化を観察できる範囲は、 $0.1 \leq \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \leq 10$  となるときであり、このときの  $\text{pH}$  の範囲を指示薬の変色域という。

**問1**  $\text{p}K_a = -\log_{10}K_a$  としたとき、指示薬の変色域を  $\text{p}K_a$  を用いて表せ。

**問2** 指示薬  $\text{X}$  は  $\text{HA}$  と表すことができる分子で、電離定数は  $K_a = 8.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  である。指示薬  $\text{X}$  の変色域を小数第1位までの数値で答えよ。ただし、 $\log_{10}2 = 0.30$  とする。

**問3** 問2の指示薬  $\text{X}$  を使って中和点を知ることができるものを、次の①、②、③、・・・からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 酢酸水溶液を  $0.1 \text{ mol/L}$  アンモニア水で滴定する。
- ② アンモニア水を  $0.1 \text{ mol/L}$  塩酸で滴定する。
- ③ 希塩酸を  $0.1 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液を  $0.1 \text{ mol/L}$  酢酸水溶液で滴定する。

**問4** 中和滴定では指示薬を多量に用いてはならない。指示薬が  $\text{HA}$  で表すことができる分子である場合について、その理由を「電離」という語句を含めて 30 字以内で答えよ。

# 化 学 (その5)

第4問 a ~ eの化合物Xと化合物Yの組み合わせに関する以下の問い(問1 ~ 3)にもつとも適するものを, ①, ②, ③・・・から選び, 番号で答えよ。

問1 付加反応のみによる重合で高分子が生成する組み合わせはどれか。

	化合物X	化合物Y
a	アクリロニトリル	1,3-ブタジエン
b	アジピン酸	ヘキサメチレンジアミン
c	エチレングリコール	テレフタル酸
d	<i>p</i> -ジビニルベンゼン	スチレン
e	フェノール	ホルムアルデヒド

- ① a                      ② b                      ③ c                      ④ d                      ⑤ e  
 ⑥ aとb                  ⑦ aとc                  ⑧ aとd                  ⑨ aとe                  ⑩ bとc  
 ⑪ bとd                  ⑫ bとe                  ⑬ cとd                  ⑭ cとe                  ⑮ dとe

問2 同族体でない組み合わせはどれか。

	化合物X	化合物Y
a	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド
b	エタノール	1-プロパノール
c	エタン	ドデカン
d	オレイン酸	ステアリン酸
e	シクロペンタン	1-ペンチン

- ① a                      ② b                      ③ c                      ④ d                      ⑤ e  
 ⑥ aとb                  ⑦ aとc                  ⑧ aとd                  ⑨ aとe                  ⑩ bとc  
 ⑪ bとd                  ⑫ bとe                  ⑬ cとd                  ⑭ cとe                  ⑮ dとe

問3 ともに不斉炭素原子をもつ組み合わせはどれか。

	化合物X	化合物Y
a	アラニン	3-メチル-1-ブテン
b	クメン	イソプレン
c	グリセリン	乳酸
d	グルコース	2-ブタノール
e	3-ブロモペンタン	2-メチルブタン

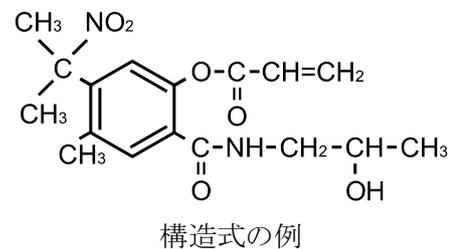
- ① a                      ② b                      ③ c                      ④ d                      ⑤ e  
 ⑥ aとb                  ⑦ aとc                  ⑧ aとd                  ⑨ aとe                  ⑩ bとc  
 ⑪ bとd                  ⑫ bとe                  ⑬ cとd                  ⑭ cとe                  ⑮ dとe

# 化 学 (その6)

第5問 次の文章を読んで、以下の問い(問1～3)に答えよ。

分子式  $C_{16}H_{14}O_4$  で示される化合物 A に 0.1 mol/L 塩酸を加えて反応させると、化合物 B, C, D の3種類の化合物が得られた。このうち化合物 B はキシレンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化させたときに生じる物質と同じであった。化合物 B を加熱することで、化合物 E と水分子が生じた。化合物 D は不飽和結合をもたなかった。化合物 A を 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液存在下で加熱した場合には化合物 D, F, G が生じた。化合物 G はベンゼンスルホン酸ナトリウムをアルカリ融解することでも得られた。化合物 C に臭素を十分反応させると化合物 H が生じた。

問1 化合物 D, E, H の構造を構造式の例にならって答えよ。



問2 化合物 C, F, G のうち、分液操作で水とジエチルエーテルを使用した場合、エーテル層に分配して抽出される化合物はどれか。すべてあげよ。

問3 以下のア～オの性質のうち、化合物 C, D にもっとも適するものを、①, ②, ③・・・から選び、番号で答えよ。

- ア 濃い溶液は皮膚をおかす。
- イ 金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- ウ 任意の比率で水と混ざりあう。
- エ 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色を呈する。
- オ 適切な濃度で水溶液は殺菌作用を示す。

- ① C のみにあてはまる
- ② D のみにあてはまる
- ③ 両方ともにあてはまる
- ④ 両方ともにあてはまらない

# 化 学 (その7)

**第6問** 直鎖状のペプチド X に関する実験 1～10 の記述を読んで、以下の問い(問 1～6)に答えよ。なお、下記にはペプチド X を構成するアミノ酸の情報を示す。

アミノ酸	略称	分子量
グリシン	Gly	75
グルタミン酸	Glu	147
システイン	Cys	121
チロシン	Tyr	181
リシン	Lys	146

- 実験 1** ペプチド X のアミノ酸組成を調べると、2 個のグリシン、2 個のシステイン、1 個のグルタミン酸、1 個のチロシン、1 個のリシンで構成されていることがわかった。
- 実験 2** ペプチド X の末端のアミノ酸を調べると、アミノ基側の末端はグリシンであった。
- 実験 3** ペプチド X を含む水溶液に、リシンのカルボキシ基側のペプチド結合を切断する酵素 Lys-C を加えると、アミノ酸 3 個からなるトリペプチド A とアミノ酸 4 個からなるテトラペプチド B が生成した。
- 実験 4** ペプチド X を含む水溶液に、グルタミン酸のカルボキシ基側のペプチド結合を切断する酵素 Glu-C を加えると、アミノ酸 2 個からなるジペプチド C とアミノ酸 5 個からなるペンタペプチド D が生成した。
- 実験 5** ペプチド X を酸化すると、ペプチド X 分子内でジスルフィド結合が形成され、ペプチド Y に変化した。
- 実験 6** このペプチド Y に、酵素 Glu-C および酵素 Lys-C を反応させると、ペプチド Y からジペプチド E が遊離した。
- 実験 7** トリペプチド A を含む水溶液に、濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、さらに酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿ができた。他のペプチド B, C, D のいずれかの 1 つのみを含む水溶液についても、同様の操作を行うとすべての溶液で黒色沈殿ができた。
- 実験 8** テトラペプチド B もしくはペンタペプチド D を含む水溶液に、濃硝酸を加えて熱すると呈色し、さらにアンモニア水を加えると色が変化した。一方、トリペプチド A もしくはジペプチド C を含む水溶液ではこの呈色はみられなかった。

## 化 学 (その8)

**実験9** トリペプチドAとテトラペプチドBをpH = 8の水溶液に溶解し、陽イオン交換樹脂を詰めたカラムに流すと、一方が樹脂に結合せず溶出するため、2つのペプチドを分離することができた。

**実験10** 質量分析を行うと、ジペプチドCとペンタペプチドDの分子量はそれぞれ178と598であることがわかった。

**問1** **実験8**の呈色反応を何というか。また、アンモニア水を加えたとき、どんな色が観察されるか。

**問2** ペプチド水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と少量の硫酸銅(II)水溶液を加えると、赤紫色に呈色する。この反応を何というか。また、この反応で赤紫色に発色するペプチドはA~Eのどれか。すべて選び、A~Eのアルファベットで答えよ。

**問3** **実験9**で陽イオン交換樹脂に結合するのは、トリペプチドAとテトラペプチドBのどちらのペプチドか。また、結合したペプチドを溶出させる方法を10字以内で記せ。

**問4** ペンタペプチドDのアミノ酸配列はどのような配列であるか。アミノ基末端側から略称を使い、配列を記せ。

例 : Glu - Cys - Gly - Tyr - Lys

**問5** ペプチドYの分子量はいくらか。

**問6** ペプチドXのみが溶解している水溶液中の窒素量を測定したところ、1Lあたり1.12gの窒素原子を含んでいた。何gのペプチドXが1Lに溶解しているか。有効数字3桁で答えよ。