

『大学で学ぶ化学』 追加演習問題

『大学で学ぶ化学』は高校化学の復習を含む大学初年級の化学を学ぶことを目的として作りました。高校の化学をある程度理解していることを前提としているため、高校で化学を履修してこなかった、あるいは、高校の化学に不安がある学生さんには、少し、難しい部分があります。

そこで、高校化学の初歩から復習をするため、『大学で学ぶ化学』の各章に対応した追加の問題と解答を web で掲載することにしました。問題としては穴埋めではなく記述問題を多く取り入れました。自分で書いてまとめることで、知識の整理になると考えたからです。この問題を学習することで、より『大学で学ぶ化学』（以下、「テキスト」と記述）の内容が理解できると思います。

著者一同

【第 1 章】

第 1 章は、化学とはどのような学問かを解説している章で、特に、追加する化学の演習問題はないのですが、テキスト p.4 で化学では物理や数学の大切だと説明しています。まず、化学で必要な数学の復習を、ここでは行いたいと思います。

○単位の換算

まず、単位について説明を行います。

「単位」とは、ある量を表す基準であり、この単位を示すことで、その量が、全ての人の間で誤解なく理解されるようになります。ただ、国により単位が異なれば、国際間の共通理解が出来なくなります。そこで、1960 年に、国際度量衡機関（CGPM）により、国際単位系（SI 単位）が定められました。SI 単位は基本単位と補助単位・組立単位からできており、以下に示します。

基本単位

長さ	m	メートル
質量	kg	キログラム
時間	s	秒
電流	A	アンペア
温度	K	ケルビン
物質質量	mol	モル

組立単位

周波数	Hz	ヘルツ
力	N	ニュートン
圧力	Pa	パスカル
熱	J	ジュール
電荷	C	クーロン
電位	V	ボルト

SI 単位と併用できる単位

時間	min	分
時間	h	時
時間	d	日
平面角	°	度
体積	L	リットル

注

○SI 単位における体積の組立単位は m^3 です。

SI 単位では、基本単位・組立単位に以下の接頭語をつけて単位を表すこともあります。

単位に乘ぜられる数	記号	名称	単位に乘ぜられる数	記号	名称
10^{12}	T	テラ	10^{-1}	d	デシ
10^9	G	ギガ	10^{-2}	c	センチ
10^6	M	メガ	10^{-3}	m	ミリ
10^3	k	キロ	10^{-6}	μ	マイクロ
10^2	h	ヘクト	10^{-9}	n	ナノ
10	da	デカ	10^{-12}	p	ピコ

問 1 括弧内に適切な数値を記入せよ.

$$1 \text{ L} = () \text{ mL}$$

$$1 \mu\text{L} = () \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = () \mu\text{L}$$

$$1 \text{ g} = () \text{ mg}$$

$$1 \mu\text{g} = () \text{ ng}$$

$$1 \mu\text{g} = () \text{ mg}$$

$$0.01 \text{ g} = () \text{ mg}$$

$$10 \mu\text{g} = () \text{ mg}$$

$$20 \text{ ng} = () \mu\text{g}$$

$$250 \text{ mg} = () \text{ g}$$

$$0.05 \text{ mg} = () \mu\text{g}$$

$$150 \mu\text{L} = () \text{ mL}$$

$$1.5 \text{ mL} = () \mu\text{L}$$

$$0.80 \text{ mL} = () \mu\text{L}$$

問 2 化学計算では, しばしば指数の計算が必要になる. 次の問題の解を求めよ.

- 1) $2^4 \times 2^3$ 2) $3^2 \times 3^{-9}$ 3) $5^5 \div 5^6$ 4) $3^3 \div 3^{-2}$ 5) $2^2 \times 4^3$
 6) $9^2 \div 3^4$ 7) $6^2 \times 2^2$ 8) $12^5 \div 3^3$ 9) $2^{23} \times 2^{-19}$ 10) $(1.5 \times 10^{14}) \times (5 \times 10^{-9})$
 11) $(2 \times 10^{23}) \div (3 \times 10^{11})$

問 3 化学計算では, しばしば対数の計算が必要になる. 次の値を求めよ.

ただし, 対数の底は表示していないが, 全て 10 とする.

$\log 2 = 0.301$, $\log 3 = 0.477$, $\log 7 = 0.845$ を用いよ.

- 1) $\log 6$ 2) $\log 0.01$ 3) $\log 5$ 4) $\log 14$ 5) $\log \frac{2}{3}$
 6) $\log 4$ 7) $\log 800$ 8) $\log(6 \times 10^{23})$ 9) $\log(1.5 \times 10^{-19})$

問 4 化学と物理・生物・地学との関わりを調べてみよう.

【第2章】

第2章では原子の構造と元素の化学的基礎について学びます。高校化学との一番大きな違いは原子軌道について学ぶ点です（テキスト p.13）。化学を学ぶ上で原子軌道と電子配置は最も重要な基礎ですので、ここに挙げる演習問題を自分で解くことで、しっかりと身に付けて下さい。

問5 原子と元素の関係を説明せよ。

問6 原子核中に存在する2種類の粒子は何か。また、それらの特徴を説明せよ。

問7 同位体とは、どのようなものを説明せよ。

問8 高校では電子殻を学んだが、大学では電子殻が原子軌道に分かれる。原子軌道が必要な理由を調べ、周期表の形との関係を考えてみよ。

問9 電子はその位置がハッキリと決まらず、電子雲として表現される理由を調べよ。

問10 次の元素中の電子数と、その電子配置を書け。

1) ${}_{20}\text{Ca}$, 2) ${}_{14}\text{Si}$, 3) ${}_{33}\text{As}$, 4) ${}_{15}\text{P}$, 5) ${}_{53}\text{I}$ 6) ${}_{11}\text{Na}^+$ 7) ${}_{20}\text{Ca}^{2+}$ 8) ${}_{53}\text{I}^-$

問11 最外殻電子とは何かを説明せよ。

問12 次の元素の平均質量数を求めよ。

元素の同位体と天然存在比は以下のとおりである。

S : ${}^{32}\text{S}(95.02\%)$, ${}^{33}\text{S}(0.75\%)$, ${}^{34}\text{S}(4.21\%)$, ${}^{36}\text{S}(0.02\%)$

Cl : ${}^{35}\text{Cl}(75.77\%)$, ${}^{37}\text{Cl}(24.23\%)$

【第3章】

第3章では、元素の性質が周期表での位置と関係していることを学びます。特に、典型元素と遷移元素の違い、イオン化エネルギーや電気陰性度などの諸性質の理解が必要です。

問 13 テキスト p.22 にあるように、同一周期なら原子番号が大きくなるほど、原子半径が小さくなる傾向にある。これは、原子核のプラス電荷が大きくなり、電子に働くクーロン力が大きくなるからである。

同一周期では、原子番号が大きくなるに従いイオン化エネルギーが大きくなることも、上の現象に関連している。どのように関連しているのか考えよ。

クーロン力とは、プラスとマイナスの引きあう力で、大きさは距離の二乗に反比例する。

問 14 典型元素と遷移元素の性質の違いの原因にはいろいろあるが、主要な理由の一つに d 軌道の関与がある。この点を調べてみよ。

テキスト p.17 の表を参考にして考えるとよい。

問 15 炎色反応で見える色と、光のエネルギーの関係を考えよ。また、補色という現象について調べてみよ。

問 16 レアメタルとは何か調べ、周期表のどの位置にあるかを確認せよ。f 軌道とレアメタルの関係も考察してみよ。

【第4章】

第4章では、化学結合について学びます。化学結合は、化学を学ぶ上で最も重要な基本の一つです。しっかりと理解してほしいと思います。分子という概念、化合物という概念モルの概念も非常に大切です。これらの概念を十分理解すれば、化学は難しいものではありません。また、大学の化学では、混成軌道という概念が出てきます。混成軌道は、分子の形（構造）を説明するために考えられたもので、この理解も大切です。

問 17 分子と化合物について、それぞれの定義を説明せよ。

特に、分子と化合物は、どこが異なるかがわかるように説明せよ。

問 18 分子という概念の完成には「質量保存の法則」「定数比例の法則」「倍数比例の法則」「ドルトンの原子説」「気体反応の法則」を経て「アボガドロの法則」という道筋を通っている。この6個の法則の内容を調べてみよ。

問 19 次の分子の分子量を求めよ。

原子量はテキストの周期表の値の小数第1位を四捨五入した値を用いよ。

1) CaCl_2 2) Na_2SO_4 3) CH_4 4) KMnO_4 5) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 6) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

問 20 分子量 100 の化合物 A がある。以下の問いに答えよ。

アボガドロ定数は 6.02×10^{23} とする。

- 1) 化合物 A 15g は何モルにあたるか。また、分子数は何個か。
- 2) 10mmol の化合物 A の質量を求めよ。

問 21 分子量未知の化合物 B がある。

- 1) 10 g の化合物 B 中の分子数を数えると 3.01×10^{22} 個あった。

アボガドロ定数を 6.02×10^{23} として、10 g の化合物 B は何モルかを求めよ。

- 2) 化合物 B の分子量を求めよ。

問 22 イオン結合、共有結合、水素結合は非常に重要な化学結合である。それぞれの結合の特徴を、テキストをよく読みまとめてみよ。

問 23 水分子は H_2O をいう構造を持つ。しかし、水分子の構造は直線構造ではなく、テキスト p.35 にあるように折れ曲がった構造をとっている。これは、O—H 結合 2 本に加え 2 対の非共有電子対の計 4 個が関係しているためである。混成軌道を使って水分子が正四面体の中心に酸素、各頂点に水素と非共有電子対がある構造をとる理由を説明せよ。

問 24 分子の極性とは何か説明せよ。

【第5章】

5 章では物質の状態と化学反応について学びます．ここでは，量論係数（反応式の係数）の付け方や沈殿反応，燃焼反応とヘスの法則が重要な話題です．特に，量論係数は化学反応式を書く際に重要な事項であり，確実に反応式を書けるように練習してください．

問 25 次の反応式を完成させよ．

- 1) () C_2H_6 + () $\text{O}_2 \longrightarrow$ () CO_2 + () H_2O
- 2) () Al + () $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$ () $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ + () H_2
- 3) () Cu + () $\text{HNO}_3 \longrightarrow$ () $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ + () H_2O + () NO
- 4) () Fe_2O_3 + () $\text{C} \longrightarrow$ () Fe + () CO
- 5) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$ () $\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} +$ ()

問 26 金属イオンを含む溶液がある．どのような金属イオンが含まれるかを調べたところ，次の結果を得た．テキスト p.47 の陽イオンの系統分析を参考にしながら，どのような金属イオンが含まれていたかを答えよ．

(実験結果)

1. 塩酸を加えたところ白色沈殿が生じ，この白色沈殿に日光を当てると黒くなった．
2. 1 のろ液に硫化水素を通じると黄色の沈殿が生じた．
3. 2 のろ液を加熱し硫化水素を逃がしたのち，硝酸を加え，さらに，過剰のアンモニアを加えたところ，赤褐色の沈殿が生じた．
4. 3 のろ液に再度，硫化水素を通じたが，何も沈殿しなかった．
5. 4 の溶液に炭酸アンモニウムを加えたところ，白色沈殿が生じた．
6. 5 で得た沈殿と，ろ液の炎色反応を行ったところ，5 の沈殿は黄緑色を呈し，5 のろ液は黄色を呈した．

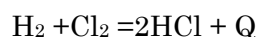
問 27 水素と酸素から水が生成する反応 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ の生成熱を求めよ．

$$\text{ただし, } \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 242 \text{ kJ} \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 44.0 \text{ kJ} \quad \cdots \cdots (2)$$

である．g と l はそれぞれ気体と液体を表している．

問 28 $\text{H}-\text{H}$, $\text{Cl}-\text{Cl}$, $\text{H}-\text{Cl}$ の結合エネルギーは各々 436 kJ/mol, 243 kJ/mol, 432 kJ/mol である．この値を使って



という反応における Q の値を求めよ．また，この反応は発熱反応か吸熱反応化も答えよ．

【第6章】

6章では気体の基本的な性質を学びます。気体の諸性質は物理化学という分野の基本となります。また、液体や固体を学ぶ上でも基礎となりますので、気体に対する化学の考え方をしっかりと身につけてください。ここでは、特に、状態方程式の考え方とモル分率の意味を理解してほしいと思います。

テキストの練習問題は国際単位 (SI 単位) に従って、圧力と体積の単位として Pa と m^3 を使っていますが、追加問題では高校との連続を考えて体積単位として L を使います。

問 29 温度一定で、 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 、2L の気体を一気に 0.5L まで圧縮した。気体の圧力はいくらになるか。

問 30 圧力一定で、2L の気体の温度を 27°C から 67°C にした。このとき気体の体積を求めよ。

問 31 1L の容器に、ある純粋な液体物質 2.5g を入れて 127°C にした。液体は完全に気化し $1.6 \times 10^5 \text{Pa}$ の圧力を示した。加えた物質のモル数と分子量を求めよ。
ただし、気体は理想気体と仮定できるとする。

問 32 理想気体と実在気体の違いをまとめてみよ。

問 33 窒素と酸素を体積比 4:1 で混合した気体がある。この混合気体における窒素と酸素のモル分率を求めよ。また、混合気体の全圧が $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ のとき、窒素と酸素の分圧を求めよ。

問 34 圧縮率因子の定義を調べ、さらに、圧縮率因子の性質をまとめてみよ。特に、対応状態の法則については落とさないように。

問 35 実在気体が理想気体のようにふるまう条件を考えてみよ。

【第7章】

7章では固体を学びます。特に，ここでは結晶とアモルファスが重要な概念になります。また，X線回折についても学びます。この章で触れた事項については固体物理学や物性物理学が深く関わる分野ですので，基本問題としては物理の分野となってきます。テキストの練習問題ができれば十分ですので，7章に関しては，テキストをよく読み，そこに書いてあることが何となくわかれば十分です。完全に理解する必要はありません。完全に理解するには，物理の勉強が必須です。

【第8章】

8章では溶液について学びます。特に、溶液の濃度計算は化学の基本中の基本ですので、しっかりと理解してほしいと思います。この追加問題では、溶液濃度の計算を重点的に学ぶようにしますので、ここにある問題とテキスト p.83 の問題を全問正解できるように勉強すれば、大学でも困らないと思います。

問 36 10w/v%の塩化ナトリウム溶液 50mL がある。この中に解けている塩化ナトリウムは何 g か。また、塩化ナトリウムのモル数も答えよ。

問 37 分子量 100 の化合物 A がある。

- 1) 化合物 A 15g は何モルにあたるか。
- 2) 化合物 A 2.0g を使い 100mL の水溶液を作った。この水溶液のモル濃度を求めよ。
- 3) (2) の水溶液 10mL に水 40mL を混合したとき得られる水溶液のモル濃度を求めよ。

問 38 塩化ナトリウムは 20℃で、水 100g に 36g 溶解する。同一温度で 10%塩化ナトリウム溶液 100g に、さらに溶解できる塩化ナトリウムはあと何 g か。

問 39 比重 1.15 の濃硫酸は 20.9%の H_2SO_4 を含む。この硫酸のモル濃度と規定度を求めよ。

問 40 日本で、人が生活している多くの場所では水は 100℃付近で沸騰するが、チベットなどの高地では 80℃くらいで沸騰を始める。この理由を説明せよ。

問 41 分子量未知の物質がある。この物質 10g をベンゼン 50g に溶解して凝固点を測定したところ、純粋なベンゼンの凝固点よりも 0.26℃凝固点が低かった。この物質の分子量を求めよ。

問 42 分子量 20000 の物質がある。この物質 10g をナフタレン 100g に溶解したときの凝固点降下度を求めよ。

問 43 ラウールの法則とヘンリーの法則について調べてみよ。

【第9章】

9章では主に酸と塩基について学びます。この中で pH は特に重要な事項です。この追加問題とテキスト p.91 の演習問題を通して pH とはどのようなものを理解して下さい。

問 44 酸と塩基の定義についてまとめてみよ。

問 45 テキスト p.89～90 にある弱酸と弱塩基の pH を求める式を自分で誘導してみよ。テキストを見ながらでもいいので、自分で式の変形を行うと理解できるようになると思います。

問 46 酸を希釈していても決して塩基にはならない。なぜかを考えてみよ。

参考：<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/2008/08ko-020.html>

問 47 次の問に答えよ。

- 1) 10mmol/L の塩酸（電離度は 1 とする）pH を求めよ。
- 2) 10mmol/L の硫酸（電離度は 1 とする）pH を求めよ。
- 3) 10mmol/L の酢酸（電離度は 0.1 とする）pH を求めよ。
- 4) 10mmol/L の水酸化ナトリウム（電離度は 1 とする）pH を求めよ。
- 5) 1mmol/L の硫酸と 10mmol/L の酢酸のどちらの pH が低いか。
ただし、電離度は硫酸が 1, 酢酸が 0.1 とする。

問 48 0.1mol/L の塩酸水溶液 50mL に 0.15mol/L の水酸化ナトリウム 30mL を加えた。この溶液の pH を求めよ。

問 49 平衡定数は温度が一定なら変化しないということをもとに、ル・シャトリエの原理を説明してみよ。

問 50 $A + B \rightleftharpoons C + D$ という反応がある。

- 1) この反応の平衡定数の式を書け。
- 2) 反応開始時の A と B の濃度を共に 0.5mol/L であったとする。
十分時間が経ち平衡に達したとき C, D の濃度がともに 0.25mol/L であったとする。
平衡定数を求めよ。
- 3) 反応温度を 10℃上げたところ C, D の濃度がともに 0.3mol/L となった。平衡定数は何倍になったか。

【第 10 章】

10 章では、大学で履修するはずの化学実験の基礎になる中和滴定と緩衝液を学びます。中和滴定はモル濃度が計算できれば、中和の公式ですぐに解を得ることができます。ここにある問題で中和計算に加えモル濃度計算の復習も行っておいて下さい。テキスト章末の練習問題は非常に基本的なものですので、あわせて解いて下さい。

問 51 テキスト p.100 の練習問題 10・1 にあるように、水酸化ナトリウム溶液を用いて酸の滴定を行う場合、まず、水酸化物イオンの濃度を求める。この理由を説明せよ。

問 52 0.1 mol/L の水酸化ナトリウムで滴定する場合、滴定量がもっとも多くなるものはどれか。

- 1) 0.1mol/L の塩酸 10mL
- 2) 0.1 mol/L の硫酸 5mL
- 3) 0.2 mol/L の酢酸 15mL (電離度は 0.2)

問 53 濃度 0.1 mol/L の弱酸 20mL を 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム(電離度 1)で滴定したところ 5.5mL が必要であった。この弱酸の電離度を求めよ。

問 54 ある酸性物質 10g を水に溶解し水溶液 50mL を作った。この物質の電離度は 0.5 とする。この水溶液 10mL を 0.1 mol/L の水酸化ナトリウム (電離度 1) で滴定したところ 10mL 必要であった。この物質の分子量を求めよ。

問 55 テキスト p.98 の表 10・2 を参考にして、pH4, 7, 9 の各緩衝液を作るとき、どの組成の緩衝液を作ればいいかを考えよ。pH の範囲の中央に目的の pH があるほうが緩衝液として使いやすい点も考慮に入れるとよい。

問 56 0.2 mol/L の酢酸と 0.4 mol/L の酢酸ナトリウムから作った緩衝液の pH を求めよ。

また、0.4 mol/L の酢酸と 0.2 mol/L の酢酸ナトリウムの場合はどうなるか。なお、酢酸の pK_a は 4.76 とする。必要なら、テキスト p.96 の式を用いよ。

【第 11 章】

11 章では反応速度について学びます。テキスト章末の練習問題は基本的なもので、この追加問題と合わせて解けば、理解の助けになります。

問 57 テキスト p.103～105 を参考にして、ある反応が一次反応であるかどうかを調べる方法を考えよ。

問 58 $A \rightarrow B$ という反応がある。この反応が一次反応であるとして速度定数を $0.5(\text{s}^{-1})$ とする。 A の濃度が 1 mol/L の場合の反応速度は 0.5 mol/L の場合の何倍になるか求めよ。

問 59 $A \rightarrow B$ という反応がある。この反応が一次反応であるとして速度定数を $0.5(\text{s}^{-1})$ とする。この反応の半減期を求めよ。

問 60 $A \rightarrow B$ という反応がある。この反応が一次反応であるとして 20°C での速度定数を $0.5(\text{s}^{-1})$ とする。反応温度を 40°C にすると速度定数が 2 倍になった。テキスト p.110 を参考にして、この反応の活性化エネルギーを求めよ。

問 61 実際に使われている触媒にどのようなものがあるか調べてみよ。

問 62 放射性同位元素の壊変も一次反応である（テキスト p.141）。ある放射性同位元素の半減期が 5500 年であったとする。この放射性同位元素は木が生きている間は木の中に一定量含まれて量の変化はない。木が切られた時から減少が始まる。この放射性同位元素が生きた木に含まれる量を $10\mu\text{g/kg}$ とする。遺跡より見つかった木製製品中のこの放射性同位元素量が $2.5 \mu\text{g/kg}$ であった。この遺跡は何年前に作られたものと推定できるか。ただし、木が切られて数年以内に遺跡の建設に使われたとする。

【第 12 章】

12 章では酸化・還元と、応用分野である化学電池について学びます．特に，酸化や還元とはどのような現象か，酸化数の計算が重要な基礎になってきます．また，主な酸化剤・還元剤についても理解が必要です．これらのことを基礎にして電池が成り立ちます．電池は，今後，化学の中で発展していく分野の一つですので，その基礎をしっかりと学んでほしいと思います．

問 63 酸化・還元とはどのような現象かをまとめてみよ．

問 64 テキスト p.115 の表 12-1 に示している代表的な酸化剤と還元剤の酸化数の変化を調べよ．調べる元素を以下に挙げる．

酸化剤：過酸化水素 O ，濃硫酸 S ，過マンガン酸カリウム Mn ，
ニクロム酸カリウム Cr ，二酸化硫黄 S

還元剤：水素 H ，過酸化水素 O ，二酸化硫黄 S ，硫化水素 S ，シュウ酸 C

問 65 問 64 で見たように，酸化還元反応において酸化剤は還元され，還元剤は酸化される．この理由を説明せよ．

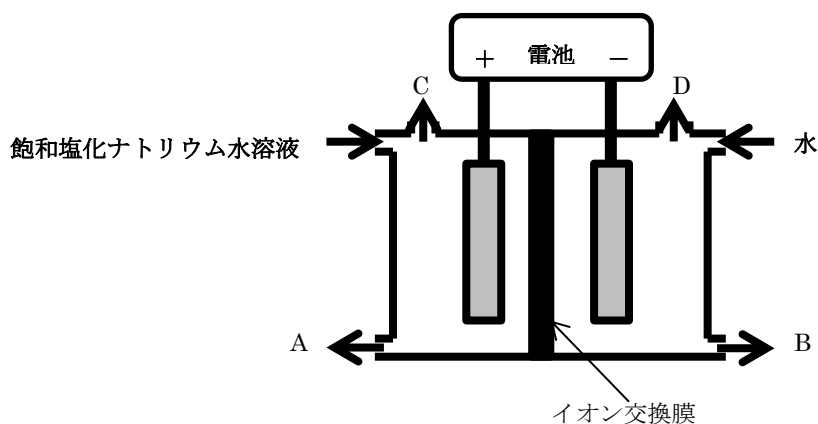
問 66 過マンガン酸カリウムと過酸化水素の反応式を書け．

問 67 ニクロム酸カリウムとシュウ酸の反応式を書け．

問 68 100mL の過酸化水素水を 0.1mol/L の過マンガン酸カリウムを用いて，硫酸酸性の条件下で滴定したところ，過マンガン酸カリウム 50mL で終点に達した．過酸化水素の濃度を求めよ．

問 69 テキスト p.117～119 と p.118 の表 12-2 を参考にして，イオン化傾向を化学電池により調べる方法を考えよ．

問 70



上の図は塩化ナトリウム水溶液の電気分解により水酸化ナトリウムを得るための実験装

置である。

- 1) 電解槽を陽極側と陰極側に分けるイオン交換膜として陽イオン交換膜もしくは陰イオン交換膜のどちらを用いるのが適切か。
- 2) 電解後、A および B から出てくる溶液は何か
- 3) 陽極側と陰極側で起こる反応を書き、発生する気体 C と D が何か答えよ。
- 4) 電池として鉛蓄電池を用いるとする。一定電流で 1 時間通電したところ、陰極側で 1.0 g の水酸化ナトリウムが生成した。このとき流れた電流は何 A か。また、鉛蓄電池の電解液の質量は電解終了時に何 g 変化するか。

【第 13 章】

13 章では無機化合物と有機化合物について学びます。特に、無機化合物では錯体が重要な事項です。この章の内容は、無機化学と有機化学とはどのようなものを紹介しているもので、本文を読みこれらの分野がどのような事項を学ぶかが分かってもらえれば基礎化学の内容としては十分であると思います。これ以上、詳しくは専門科目で学びますので、ここでは問題は追加しません。

【第 14 章】

14 章では放射性物質と放射線について学びます。この章は 13 章と同じく、放射化学という分野の紹介です。放射化学という専門科目のある大学は少なく、この内容は無機化学や原子物理学などで触れられます。基礎化学の内容としては、本文をよく読んでいただければ十分ですので、この章も問題の追加はありません。この章に興味を持たれた方は、是非、関係する専門科目を学んでください。