

初期学習における化学教材の展開 (第2報)

金沢大学教育学部付属高校 中原 吉 晴

〔Ⅰ〕 化学教育のありかた、問題点

- (1) 化学における学習内容の特異性→教材配列の体系性
 - 1 化学的内容のミクロ性と用語、概念の非親近性
 - 2 基本的知識、概念の積みあげによる学習の形態
 - 3 教材取扱いにおける物質の化学的内容の多面性
- (2) 高校化学教育の問題点→教材の精選と配列の検討
 - 1 新指導要領の実施
 - (a) <化学A>と<化学B>の指導内容の差異
 - (b) 中学校理科、他教科(数学、物理、生物、地学)との関連性
 - (c) 教材内容と系統性の基準、時間数などの問題点
 - (d) 新しい時代に適應できる化学教材の配慮
 - 2 学習の指導
 - (a) 初期学習における化学の基礎事項(原子量・モル・当量など)の効果的指導法
 - (b) 化学用語、定義の多様性(同位体・同位元素、酸性塩・酸式塩、酸・塩基の定義)
 - (c) 学習指導の立場から時間数の不足をどのように克服すればよいか
 - (d) 生徒の学習意欲を効果的に高める教材・教具・指導法の組織的研究の促進
 - 3 実験の指導
 - (a) 化学実験の意義・目的を再検討し、基本的実験のありかたを進めかたを具体化する
 - (b) 高校化学にふさわしい実験の定量化(定量的実験の内容とその取り扱いかた)
 - (c) 実験学習に伴う困難(労力、時間数、経費、助言指導など)の打解策はないか
 - (d) 実験に対する評価の方法

〔Ⅱ〕 初期学習における化学教材の取り扱い

はじめに 初期学習において化学の基礎的事項や概念をどのような指導の方法により定着させるかは学校の環境、指導者により異なるが、本校では、アボカドロ数の実用性から、まず式量の数値が示す物理的意味を理解させ、化学結合を経て中和、酸化と還元、化学平衡と、化学教材の配列では全体を通じ物質の化学変化とその理論に体系的なまとまりをもたせ、初期化学の学習が系統発展的に進められるよう配慮した。

今回はその第2報とし、アボガドロ数に基づく化学教材の取扱いのうち、とくに式量、当量概念の取り扱いの要旨を述べ、本校で実施してきた展開表を資料とし、大単元・副単元の設定主旨とそのねらいを要点的に発表しこれを通じいろいろの御意見や教示を頂き今後さらに一層教材の改良に進みたい。

(1) 式量取り扱いの要旨 アボガドロ数の実用性から式量の数値が示す物理的意味を理解させる。

<1> アボガドロ数の実用性: アボガドロ数を物質の量を表わす単位とすれば、化学でもちいる物質の量が実用に便利なグラム単位として表わせること。

<2> 式量: まず物質(原子、分子、イオン、原子団)を粒子として促え、その個々の質量を群(アボガドロ数)とすると示される質量の数値として理解させれば、式量の数値は個々の質量の比となるとともに、任意の化学式で示される原子、あるいは原子団アボガドロ数の質量の数値となる物理的意味がはっきりする。

例 1 グラム原子: アボガドロ数の原子を示すとともにその質量を表わす。

原子量の取扱い 同位体提出以前はアボガドロ数のみとし、提出後は同位体の存在比をとり入れる。

○同位体提出以前 原子量=アボガドロ数の原子(1グラム原子)の示す質量の数値

○同位体提出の後 原子量=存在比のもとで示される1グラム原子の質量の数値

原子量の基準とアボガドロ数: 質量数12の炭素を基準として得られた数がアボガドロ数となる。

つまり $12(\text{g})/^{12}_6\text{C}$ の炭素原子1個の質量=現在のアボガドロ数 とする。

<生徒の疑問点>

○概略原子量=原子の平均質量 で表わせる物理的意味

○酸素は $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$ の同位体よりなるのに何故原子量が16より小さくなるか

(2) 当量概念の統一 化学変化のなりたちとその因子に着眼すれば、すべての当量は、つぎのように要約される。当量=式量/反応にあずかる因子数(価数)

<要旨> 一般に化学変化は価電子の授受、共有またはイオン電荷の結合が過不足なく行われることによって起こるとみてよい。それゆえ化学変化による物質相互の質量の比は、反応にあずかる価電子やイオンの電荷一つを含む物質相互の質量の比として求められる。

従って当量の取り扱いでは、化学変化のなりたちと反応因子に着眼しこれにアボガドロ数を適用すれば広い意味での当量概念が統一的に把握できる。

反応因子別 による化学変化の分類

価電子の授受

イオン結合、電気分解などの酸化・還元反応

価電子の共有

共有結合による反応

イオン電荷の相殺(または結合)

酸・塩基の中和、電解質イオンの沈澱生成

当量概念 化学変化にあずかる物質相互の質量の比が因子(反応にあずかる価電子、イオンの電荷)一つを含む物質相互の質量の比として求められることは上に述べた。そこでアボガドロ数の因子をもつ物質の質量を1グラム当量と定義すれば

ある物質の1グラム当量=アボガドロ数の因子をもつ、その物質の質量<統一的表現>となり、反応しあう物質の質量の比が当量の比(1グラム当量の質量の比)となることがよく理解され、現行教科書による元素、酸・塩基、(酸化剤・還元剤)電解析出物の当量を含め、さらに塩、沈澱剤の当量など広い範囲にわたり統一された当量概念の把握が可能になる。

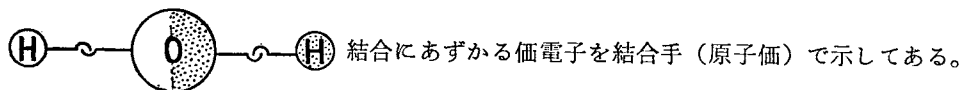
<1> 元素の当量 元素の示す原子価は、結合にもちいられている価電子の数である。いまある原子が結合のとき n個の価電子をもちいるとすれば、1グラム原子では $n \times$ アボガドロ数の因子をもつことになる。

従って、この元素 1 グラム原子＝原子量(g)＝nグラム当量 が成り立つから

元素の 1 グラム当量＝原子量(g)/n(原子価) ∴ 元素の 1 当量＝原子量/原子価となる。

<注> 価電子を学習していないときは、反応の因子を原子価とし

元素の 1 当量＝原子量/原子価 となることを下図の指導法により理解させる。



酸素 1/2 原子：水素 1 原子＝酸素 1/2 グラム原子：水素 1 グラム原子

酸素 1 グラム当量：水素の 1 グラム当量＝酸素(16/2)g：水素(1/1)g

∴ 酸素の当量＝ $\frac{\text{酸素の原子量}}{\text{酸素の原子価}}$ 水素の当量＝ $\frac{\text{水素の原子量}}{\text{水素の原子価}}$ となることを理解させる。

<2> 酸・塩基の当量 酸として働く因子は H^+ 塩基として働く因子は OH^- であるから、アボガドロ数に基づく当量概念を適用すると

酸の 1 グラム当量＝1 グラムイオンの H^+ を放ちうるその酸の質量

塩基の 1 グラム当量＝1 グラムイオンの OH^- を放ちうるその塩基の質量

となり $HnR \rightleftharpoons nH^+ + R^{n-}$ で示される酸溶液の電離を例にとれば

個としての酸 1 分子は n 個の H^+ を放ちうるから n 価の酸であり

群 (1 モル) の酸からは n グラムイオンの H^+ を放ちうることを示している。

それゆえ、n 価の酸 1 モルは n グラム当量の酸であることが個と群の両面を促えることになり正しく理解され

n 価の酸の 1 グラム当量＝ $\frac{\text{酸の分子量}}{\text{酸の価数}(n)}$ (g) がなりたち、次の一般式が導かれる。

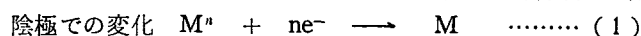
酸の当量＝ $\frac{\text{その酸の式量}}{\text{その酸の価数}}$

塩基の当量＝ $\frac{\text{その塩基の式量}}{\text{その塩基の価数}}$

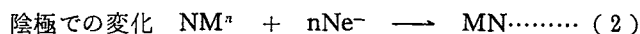
<3> 電解される物質の当量 電子授受のために起こる酸化・還元反応であるから、反応因子は電子となり、これに当量概念を適用すれば

電解される物質の 1 グラム当量＝電極面で 6.02×10^{23} 個の電子 (9.64×10^4 クーロン：1 ファラデーの電気量) の授受のため起こる物質の変化量 (グラム単位) ということになる。

<取り扱いかた> いま M の元素記号で表わされる金属原子が n 価の陽イオンとして溶液中に存在するとき、電解に要する電子数 (電気量) と析出する原子数 (析出量) の関係は



つまり、n 価の陽イオン 1 個が陰極で放電するには n 個の電子を必要とし、放電により析出する原子の数は 1 個である。式 (1) にアボガドロ数を適用すれば



(数の比) $Ne^- \propto NM/n$

(電気量と質量の比) $9.65 \times 10^4 \text{ (クーロン)} \propto M \text{ の原子量 (g) / 原子価} = M \text{ 元素の 1 グラム当量}$

ここで $Ne^- = 6.02 \times 10^{23}$ 個の電子のもつ電気量 $= 9.65 \times 10^4$ (クーロン) $= 1$ ファラデー
 $-NM = M$ 金属の 1 グラム原子＝原子量を W とすれば析出量は W(g)

電気分解が行われるとき、授受される電子数に応じて析出またはイオン化する元素の数も比例するから、電解に要した電気量 (q クーロン) と電解をうける物質の変化量 m (g) との関係は式 (3) として表わされる。

$$96500(\text{クーロン}): W(\text{g})/n = g(\text{クーロン}): m(\text{g}) \dots\dots\dots(3)$$

式(3)は ファラデーの電気分解の法則(経験的法則)の説明にも都合がよい。

- ① 同じ電解質: 電気分解のとき, 電極におこる変化量は通じた電気量に比例する。
 ② 異なる電解質: 同じ電気量を通じたとき電極におこる変化量は各物質の当量に比例する。

<4> 酸化剤・還元剤の当量 酸化・還元反応は電子の授受であるから反応因子は電子である。

新指導要領によると, 酸化剤・還元剤の定量的取扱いが避けられているが, 教材研究の目的である当量概念の統一として触れておきたい。

酸化剤, 還元剤の当量は, 酸素・水素・酸化数・電子などそれぞれの立場に立つ当量の説明をしているが, 酸化・還元を電子の立場から統一し, 価数の概念を導入すれば, 酸化剤・還元剤を含めての当量の取り扱いが容易になると考えられる。価数をもちいた酸化剤・還元剤の当量は次式のごとく, 簡単な一般式として表わされる。

酸化剤(還元剤)の当量 = 酸化剤(還元剤)の式量/価数

<取り扱い> 実際指導では次のプリントを使用した。() 内の空欄は指導の過程で生徒に記入させていく。

プリント: 酸化剤・還元剤のグラム当量・当量

<考え方> 酸(塩基)の当量 = 酸(塩基)の式量/価数であった。この価数とは, 酸や塩基の1化学式(1分子に相当)中, 酸や塩基として働く() や() の数である。

そこで酸化剤・還元剤の当量にも同じ考え方がなりたてば

酸化剤(還元剤)の当量 = 酸化剤(還元剤)の式量/価数 となる。

酸化・還元反応は() の授受でおこるから, 反応因子は() となる。

それゆえ, 酸化剤・還元剤の1化学式が酸化還元反応で, 受授する電子数を価数とし, この価数から酸化剤・還元剤のグラム当量・当量を求めていく。

1 酸化剤・還元剤の価数

酸化剤の価数 酸化剤の1化学式がとりこむ電子の数(受電子数)を酸化剤の価数とする。

還元剤の価数 還元剤の1化学式が放つ電子の数(脱電子数)を還元剤の価数とする。

価数のみ分け方

<1> 1化学式が授受する電子の数によってみ分ける法

酸化剤: 1化学式がとりこむ電子数による。

還元剤: 1化学式が放つ電子数による

例 $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$ の反応式では

例 $\text{H}_2\text{S} - 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{S}$ の反応式では

↓

↓

+2 は Cl_2 の1化学式(1分子)

-2 は H_2S の1化学式(1分子)

がとり込む電子数, だから(+)記号は()

が放つ電子数, だから(-)記号は() 剤を表わし

() 剤を表わし2は酸化剤の(数)を示す。

2は還元剤の(数)を示す。

<まとめ> 電子の前の(+)記号は(剤), (-)記号は(剤)を表わし, 電子の前の係数は1化学式(1個の原子, イオン, 分子など)が授受する電子数となる。この電子数が酸化剤・還元剤の(数)となる。

【例題】 $\text{I}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{I}^-$ の反応式について次の問に答えなさい。

ヨードは() 価の() 剤で, その1.0モルが() 剤として働くとき, 自身は() 個の() 電子をする。この電子の総電気量は() ファラデーに相当する。

問 $\text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ の反応式について次の問に答えなさい。

① 下線をつけてある Mn の酸化数は () → () に変化している。

② MnO_4^- は () 価の () 剤として働くから、その 1.0 グラムイオンが反応するとき自身が (とり込む, 放つ) 総電気量は () F となる。

<注> 酸化剤・還元剤をモル単位で扱うと価数=ファラデー数となる。

<2> 発生期酸素 (O) の授受による価数のみ分け方

(O) + $2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ から (O) は () 価の () 剤として働く。

∴ (O) を放つ物質は () 剤, 逆にとり込む物質は () 剤

それゆえ (O) の数により, 酸化剤・還元剤の価数が容易に求められる。

例題 つぎの反応式から, 酸化剤・還元剤の区別と価数を求めなさい。

① $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3(\text{O})$ () 価の () 剤

② $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5(\text{O})$ () 価の () 剤

③ $\text{H}_2\text{SO}_3 + (\text{O}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ () 価の () 剤

④ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + (\text{O}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ () 価の () 剤

<3> 発生期水素 (H) の授受による価数のみ分け方

(H) - $\text{e}^- \rightarrow \text{H}^+$ から (H) は () 価の () 剤として働く。

∴ (H) を放つ物質は () 剤, 逆にとり込む物質は () 剤

それゆえ (H) の数により, 酸化剤・還元剤の価数が容易に求められる。

例題 つぎの反応式から, 酸化剤・還元剤の区別と価数を求めなさい。

① $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2(\text{H})$ () 価の () 剤

② $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2(\text{H}) + 2\text{CO}_2$ () 価の () 剤

③ $\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2(\text{H}) + \text{S}$ () 価の () 剤

④ $\text{I}_2 + 2(\text{H}) \rightarrow 2\text{HI}$ () 価の () 剤

<4> 酸化数変化による価数の求め方

<考え方> 酸化・還元反応で特定の原子が n 個の電子を授 (受) すると, その原子の酸化数は +n (受電子のときは -n) だけ変化する。それゆえ, 1 化学式中の特定原子に着目し, 酸化数変化を調べれば, 酸化剤や還元剤の価数が求められる。

<要 点> (初めの原子の全酸化数) - (後の原子の全酸化数) = $\begin{cases} +n \text{ なら () 価の () 剤} \\ -n \text{ なら () 価の () 剤} \end{cases}$

例 $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4$ 全酸化数変化 = () - () = +5
(酸化数) () () ∴ KMnO_4 は () 価の () 剤である。

例 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ 全酸化数変化 = () - () = ()
(酸化数) $2 \times ()$ $2 \times ()$ ∴ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ は () 価の () 剤である。

2 酸化剤・還元剤のグラム当量・当量

酸化剤の 1 グラム当量 相手の物質 (原子) から () ファラデーの電気量をとりこむ酸化剤の質量

還元剤の 1 グラム当量 相手の物質 (原子) に () ファラデーの電気量を与える還元剤の質量

<注> 1 ファラデーの電気量 (9.65×10^4 (クーロン) で 6.02×10^{23} 個の電子の電気量)

∴ 酸化剤 (還元剤) の 1 グラム当量 = $\frac{\text{酸化剤 (還元剤) のグラム式量}}{\text{酸化・還元反応で授受する F 数}} = \frac{\text{式量 (g)}}{\text{F 数}}$

ここで, 酸化剤・還元剤の価数とは 1 化学式 (1 分子) が授受する電子数だから, n 価の酸化剤・還元剤の 1 モルが授受する電気量は () F, つまり () グラム当量として働くから, モル単位として扱えば, n 価の酸化剤・還元剤の 1 モルは () グラム当量として働く。

n 価の酸化剤 (還元剤) の 1 グラム当量 = $\frac{\text{酸化剤 (還元剤) の ()}}{\text{酸化剤 (還元剤) の ()}} \text{ (g)}$

∴ 酸化剤の当量 = $\frac{\text{酸化剤の式量}}{\text{その 価 数}}$ 還元剤の当量 = $\frac{\text{還元剤の式量}}{\text{その 価 数}}$

以上アボガドロ数に基づく式量，当量概念の取扱いの要旨について触れてきた。独断や誤りを犯しているところも少なくないと思われるが本稿を通じいろいろの御意見や御教示が頂ければ幸いである。

〔Ⅲ〕 化学教材展開の実態

次の表は，第Ⅰ報のアボガドロ数に基づく化学教材の研究以来，本校で実地指導にもちいてきた初期学習における化学教材の展開表である。

○太字は中学校学習指導要領・理科の学習内容にとりあげてある事項のうち，特に化学と関連しているものを示している。

○化学教材の展開に組み入れてある事項は学習内容のすべてではない。また教材に密着している実験観察，または化学的操作などは省いてある。逆に指導要領に洩れている事項でも化学的に望ましいと考えられる教材は〔 〕として取り入れてある。＜ ＞内の教材は，生徒の理解度に応じ学習内容を平易にするとか，学習時期を繰り下げるなどの場合を示す。

○大単元のⅠ，Ⅱ，Ⅲまでは教科書にかえプリントによる学習とし，大単元Ⅳからは下表の指導計画に基づいて教科書とプリントを併用している。

大学元	副学元の項目	学 習 教 材 の 展 開	教 数 取 扱 い の 要 点
Ⅰ 化 学 の 基 礎 知 識	○化学の領域	○原子と物質，物理変化と化学変化	○既習の化学反応式を通じ，化学の基礎的事項を再整理する。もちいる化学反応式は，化学の基礎的知識の説明が具体的事例にそくし内容の理解が容易で，後の化学量の扱いにも適用できる系統発展的なものを選びたい。
	○化学反応の基本形式	○化合，分解，置換，複分解，不可逆反応と可逆反応（解離，電離，イオン）	$\begin{array}{l} \text{(化合)} \quad 2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} \quad \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \\ \quad \quad \quad 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl} \quad \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \\ \text{(分解)} \quad 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2 \quad 2\text{KIO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \\ \text{(置換)} \quad \text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cu} \\ \quad \quad \quad \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \\ \text{(複分解)} \quad \text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3 \\ \quad \quad \quad \text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl} \end{array}$
	○物質を構成する粒子	○純物質と混合物，混合物の分離と精製，物理的性質，化学的性質 ○純物質の化学式 元素と原子，単体，元素記号，同素体，分子，分子式，組成式，構造式	$\begin{array}{l} \text{(可逆反応)} \quad \text{熱による解離の現象} \\ \quad \quad \quad \text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl} \\ \quad \quad \quad \text{水溶液中の電離現象} \\ \quad \quad \quad \text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- \end{array}$
(3)	○原子，基の原子価	○原子価の基準と正，負，化学式のよび方，表わし方	○水素，酸素を基準にして主要原子の原子価を知る。
	○化学の基本法則	○質量保存の方法 ① ＜〔エネルギーの保存則〕＞ ○定比例の法則 ② ○倍数比例の法則 ③ ○ドルトンの原子説 ④	○化学の基礎法則により原子や分子の実在が考えられるようになった過程を明かにし，あわせて法則のもつ化学的意味を検討する。①物質の変化は基本粒子の組み替み変えて基本粒子の質量は不変。②基本粒子は固有の質量をもつ。③原子価の概念の予測。⑤同じ気体は同温同圧，同体積中同数の気体粒子の

II ア ボ ガ ド	○化学式と式量	○気体反応の法則 ⑤ ○アボガドロの分子説 ＜6＞ ○アボガドロ数と化学量 アボガドロ数と原子量 グラム原子と原子量、 グラム分子（モル）と 分子量、グラム式量と 式量。 ○気体1モルとその体積 ○＜当量概念、元素の当 量＞	存在を予想。⑥は分子概念を導入し ⑤の説明のため仮説の形で提出された。 ○アボガドロ数の実用性から式量の物理的意味を理解させる：アボガドロ数を物質の量を表わす単位とすれば、化学で扱う物質の量が実用に便利な質量（g単位）として表わせることを知る。○式量は、まず物質を粒子として促え、その個々の質量を群（アボガドロ数）としたとき示される質量の数値として理解させれば、式量の数値は「個々の質量の比を示すとともに任意の化学式で示される原子あるいは原子団、アボガドロ数の質量の数値」となり、その物理的意味が明かになる。
ロ 数 と	○気体の通性	○ボイル・シャルルの法則 ○状態方程式とその適用 分子量、分子数、 気体密度 、モル濃度、分圧 平均分子量＜気体の溶解度（ヘンリーの法則）＞	○気体の通性：気体に共通な諸性質、諸法則を理解させるのが目的であるが、とくに気体分子の粒子性（モル数）を基盤として取り扱えば（例一定量→一定モルとする）公式における定数の物理的意味も明かとなり、つづく状態方程式の取り扱いや理解度も容易になると考えられる。
化 学 量 (6-8)	○〔気体分子の熱運動〕 ○溶液の性質 ○化学式による量的取扱い。	○グレアム気体拡散の法則、絶対温度と気体分子の運動エネルギー ○溶液の濃度（%濃度、モル濃度、重量モル濃度） ○ 固体の溶解度（溶解度曲線、再結晶） ○＜溶質の分子量（浸透圧、沸点上昇、凝固点降下）＞ ○百分組成、化学式の求め方、化学反応式のつくり方、反応式の示す内容	○気体分子の呈する圧力がモル濃度と絶対温度に比例することから、気体分子の熱運動を考えさせたい。 ○結晶水をもつ物質の取り扱い、%濃度↔モル濃度の換算などでもできるように指導しておく。 ○浸透圧、沸点上昇、凝固点降下は、いずれも溶質粒子（分子、イオン）の濃度に比例することを理解させる。（非電解質について取り扱い電解質は定性的説明に止めたい。） ○化学式による量的取扱いでは、これまで学習してきた基本的事項が十分整理できる問題を与える。
	○原子の構造	○原子を構成する粒子 原子核（陽子、中性子、核子、単位電荷、原子番号、質量数、同位体、存在比、質量数と概略原子量、原子量の基準とアボガドロ数）	○原子の構造を明かにし、核構造と核外電子の配列、とくに価電子の働きを中心として化学結合のなりたち、元素の示す周期性を理解させるよう指導する。 ○原子の構造の單元では、原子の物理内容的を中とし、原子の化学的性質については触れていない。 ○アボガドロ数： $^{12}_6\text{C}$ の炭素を基準として求められた

<p>Ⅲ</p> <p>原 子 構 造 と 化 学 結 合</p> <p>(6 — 7)</p>	<p>○価電子と化学結合</p> <p>○元素の当量</p> <p>○元素の周期律</p>	<p><〔質量欠損〕></p> <p>○核外電子（核外電子と価電子，電気素量と I F）</p> <p>○電子殻の構成<〔主殻と副殻，核外電子の埋まり方，電子配置よりみた典型元素と遷移元素，電子配置と原子価〕></p> <p>○イオン結合，共有結合〔配位結合〕<金属結合></p> <p>○構造式（価標）と電子式，価電子と原子価</p> <p>○化学変化と反応因子</p> <p>○1 グラム当量の概念</p> <p>○元素・基のグラム当量</p> <p>○元素の周期性と価電子の配置，周期表による元素の分類（典型元素と遷移元素，金属元素と非金属元素，両性元素，元素の陰陽性と酸化数）</p> <p>○典型元素と遷移元素の特性</p>	<p>数。</p> <p>○原子量：存在比を考へに入れ 1 グラム原子から算出される。○概略原子量：陽子，中性子の原子量単位が，ほぼ 1.0 に近いことから，概略原子量＝元素の平均質量数を知る。○酸素の原子量<16は質量欠損による。</p> <p>○9.65×10^4（クーロン）から単位電荷の電気素量を知る。</p> <p>○核外電子の配列から閑殻構造の安定性を知らせ，原子は結合にさいし価電子の授受（イオン結合）価電子の共有（共有結合）不対電子の配位（配位結合）により，互いに閑殻構造を完成するように働くことを理解させる。</p> <p>○典型元素：埋められる電子は最外殻の S・P 殻</p> <p>○遷移元素：埋められる電子は内側電子殻の d・f 殻</p> <p>○原子価＝結合にあずかる価電子数となることを知る。</p> <p>○化学変化と反応因子：価電子の授受，価電子の共有イオン電荷の結合などがある。</p> <p>○当量概念：化学変化にあずかる物質相互の質量の比は，反応にあずかる因子一つを含む物質相互の比となるので，アボガドロ数の反応因子をもつ，その物質の質量＝1 グラム当量とする当量概念を指導する。<要点＝モル単位として扱えば，1 物質の質量／反応因子数＝その物質のグラム式量／反応因子数＝1 グラム当量></p> <p>○酸化数の概念は酸化と還元学習に備える。</p> <p>○典型元素と遷移元素の一般的な特性を項目的にまとめる程度。</p>
<p>Ⅳ</p> <p>電 解 質 溶 液</p>	<p>○電解質の特性</p> <p>○酸・塩基・塩</p>	<p>○電解質と非電解質</p> <p>○電離度（強電解質と弱電解質，電離度とイオンの濃度）</p> <p>○酸・塩基の定義と性質</p> <p>○酸・塩基の強弱・価数</p> <p>○中和のなりたち，反応式のつくり方</p> <p>○塩の種類（正塩，酸性塩，塩基性塩，複塩，<錯塩>）</p> <p>○塩の性質（塩の溶解性，イオン反応式のつくり方，弱酸塩と強酸の反応）</p> <p>○塩の水溶液（塩の加水分解，電離による液性）</p>	<p>○電解質は酸・塩基と塩に大別される。この単元では電解質溶液の特性である電離に着眼し，化学変化のなりたちが容易に理解できる教材として酸・塩基の中和をとりあげる。本単元ではまず電解質として酸・塩基・塩を通論的にとりあげ総括的な電解質水溶液の取り扱いに習熟させる。</p> <p>○酸・塩基の定義は狭義にとり扱い，酸と酸性物質（酸として働く物質の意），塩基と塩基性物質の混同を防ぎ高校における酸・塩基・塩の取り扱いに困乱を生じないようにしたい。</p> <p>○中和は因子的 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ に取り扱いその概念を明かにする。</p> <p>○錯塩の取り扱いは定義と電離に止めるかあるいは金属の単元で学習する。</p> <p>○化学式のうえから塩の溶解性を知り，あわせてイオン反応式のつくり方を習得させる。</p> <p>○塩の水溶液が示す液性は，成分イオンの加水分解，</p>

と イ オ ン の 反 応 (7-8)	<p>○酸・塩基の定量</p> <p>○電離平衡とイオンの濃度</p>	<p>○酸・塩基のグラム当量 ○酸・塩基の規定濃度 ○酸・塩基の定量に便利な式 ○酸化物の酸性・塩基性(酸性酸化物・塩基性酸化物・両性酸化物) ○酸化物のグラム当量</p> <p>○弱電解質溶液の電離平衡, 電離平衡と<電離定数> <〔電離定数と電離度〕> ○水のイオン積, 水素イオン濃度, 水素イオン指数 ○中和滴定と指示薬の選定 ○共通イオンの影響, <緩衝溶液></p>	<p>または成分イオンの電離 (例 $\text{HSO}_4^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$) として取り扱うことが望ましいと考えられる。なお金属イオンの加水分解(配位子解離)はどの程度に取り扱うかが問題である。</p> <p>○弱酸(弱塩基)の塩に強酸(強塩基)を作用し, 弱酸(弱塩基)の生成する(例 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2$) ことを内容的に理解させる。 H_2CO_3</p> <p>○酸・塩基の反応因子が H^+, OH^- であることからグラム当量の概念をひきだす。(例 酸の1グラム当量=1グラムイオンの H^+ を放ちうるその酸の質量) ○酸化物のグラム当量: 酸化物に対応する酸素酸・塩基の化学式から価数を求めつづいてグラム当量をだす。</p> <p>○弱電解質溶液の電離平衡は, 非電離状態の溶質(分子)の濃度に対し, 電離している成分イオンの濃度の相乗積が一定の割合で存在していることを知る。 ○溶液の濃度, 電離度, イオン積などから $[\text{H}^+]$, pH が求められるようにする。 ○中和点における溶液の液性は塩の成分イオンにより定まるから, 主要な指示薬の変色域と正しいもちい方を知る。</p>
V 酸 と	<p>○酸化と還元</p> <p>○電気分解</p> <p>○水素と還元</p> <p>○酸素と酸化</p> <p>○イオウとそ</p>	<p>○広義の酸化と還元(電子授受と酸化・還元, 酸化数による酸化・還元, 狭義の酸化・還元) ○酸化剤・還元剤 ○酸化剤・還元剤の価数, グラム当量</p> <p>○熔融塩の電気分解 ○水溶液の電気分解(可溶性電極, 不溶性電極) ○電解質のグラム当量(電気分解の法則)</p> <p>○水素の製法, 性質, 用途, 還元剤のグラム当量</p> <p>○酸素, オゾン, 過酸化水素の製法, 性質, 用途(触媒, 酸化剤のグラム当量)</p> <p>○イオウの採取と精製,</p>	<p>○酸化・還元を電子授受の立場から統一的に取り扱い, 電子授受の同数, 同時性による酸化・還元の機構を明かにし, 価数の概念を併用し広い分野にわたる関連事項の学習が系統的に理解され活用できるよう留意する。</p> <p>○酸化剤・還元剤の価数: (例) 酸化剤の価数=酸化剤の1化学式(1分子)がとり込む電子の数(受電子数)を酸化剤の価数とし, 価数をもちいグラム当量を求める。</p> <p>○電気分解は電流による酸化と還元である。この単位では電気分解のさい両極に析出する物質のみ分けかたを要点的に学習し, ○電解質の1グラム当量=電極面でアボガドロ数の電子授受 (9.65×10^4 クーロン, 1ファラデー) のためおこる物質の変化量(g)とする。</p> <p>○水素, 酸素は要点整理的とし, H_2O_2, O_3 に重点をおき, 実験をまじえて, 酸化剤・還元剤の基本的知識の活用をはかる。</p> <p>○酸化剤・還元剤の両性質をもつ物質を酸化数から考える。(例) $\text{O}_2^0 \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}_2^{-1} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}^{-2}$, $<\text{H}_2\text{S}^{-2} \leftrightarrow \text{S}^0 \leftrightarrow \text{S}^{+4}\text{O}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{S}^{+6}\text{O}_4>$</p> <p>○化学変化のなりたちを系統, 段階的に理解させる: イオウ, ハロゲンの単位では, これまで学習してきた酸化・還元, 中和の概念のほか, それぞれの物質の特性を活かし, これを適用することにより化学反</p>

還 元 （17 ～ 19）	の化合物	<p>性質</p> <p>○二酸化イオウ，亜硫酸の製法，性質（酸性と還元性，亜硫酸塩）</p> <p>○三酸化イオウ，硫酸の製法，性質（酸性，酸化作用，硫酸塩）</p> <p>○硫化水素の製法，性質（酸性，還元性，硫化物）</p>	<p>応が進められることなどを実験観察を通して十分理解させ，化学変化のなりたち，反応式のつくり方など活用できるよう指導する。</p> <p>（例）$\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2$，$\text{FeS} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ の反応は原理的に弱酸の塩＋強酸→弱酸の生成など。</p> <p>○硫化物の沈澱生成は，液性と金属イオンの濃度によって左右されることを定性的に知る。</p>
	○ハロゲンとその化合物	<p>○ハロゲン元素の性質</p> <p>○塩素の製法，性質，用途（酸性，酸化作用，次亜塩素酸，サラシ粉）</p> <p>塩化水素と塩酸</p> <p>○臭素，ヨウ素，フッ素の製法，性質，用途（ハロゲン化物，フッ化水素，ハロゲン化銀，錯塩，錯イオン）</p>	<p>○ハロゲン元素の受電子性（酸化力）が $\text{F} > \text{Cl} > \text{Br} > \text{I}$ となることから，単体，化合物の性質，製法を考える。（例）$\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2$：反応のなりたちは中和と酸化・還元</p> <p>○サラシ粉→Cl_2：弱酸（HOCl）の生成と平衡移動</p> <p>○食塩→塩化水素，ホタル石→フッ化水素：など原理的には揮発性の酸の塩＋不揮発性の酸→揮発性の酸の生成</p> <p>○錯塩は $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{Cl}$，$\text{Na}_3 [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ など銀化合物に止める。</p>
	○〔酸化剤・還元剤の定量〕	<p>○主要な酸化剤・還元剤</p> <p>○酸化剤・還元剤の規定度</p> <p>○酸化剤・還元剤の定量</p>	<p>○主要な酸化剤・還元剤について基本的知識を整理する。</p> <p>○酸化剤・還元剤の半反応式から，酸化剤・還元剤のグラム当量，規定濃度，その定量的取り扱いの活用を計る。</p>
VI 反 応 熱 と 化	○化学変化と反応熱	<p>○物質の状態変化とエネルギー</p> <p>○熱化学，熱化学反応式</p> <p>○反応熱の種類（燃焼熱，生成熱，中和熱，溶解熱）</p> <p>○ヘスの法則</p>	<p>○化学変化には酸・塩基の中和，イオンの沈澱など酸化数の変らない反応と，酸化・還元反応のように酸化数の変わるものがある。また反応のなりたちを類型的（例，弱酸塩＋強酸→弱酸）に促えることにより反応生成の可否を予測できることも学習してきた。本単元では熱化学，化学平衡の概念を通じ化学反応のなりたちを一層深く，より本質的に理解できるよう教材の配列を考えたい。</p>
	○反応速度と化学平衡	<p>○化学変化とエネルギー＜活性化エネルギー，活性化状態＞</p> <p>○可逆反応，反応速度，触媒作用，化学平衡，質量作用の法則</p> <p>○ル・シャトリエの原理，反応の完結</p>	<p>○化学変化と反応熱：一定量の物質はある状態において常に定まった内部エネルギーをもつ，それゆえ物質の状態変化，化学変化において，物質は内部エネルギーに変化をおこす。熱化学では，反応に伴う熱量を物質系外に促えて取り扱うものであるから本単元では，化学変化（物理的状态変化も含めて）と熱量との関係が本質からはずれないように留意して指導したい。</p>
	○窒素とその化合物	<p>○空気の組成，液体空気，不活性ガス</p>	<p>○反応速度と化学平衡：アンモニアの合成，アンモニア酸化法，リンの採取，リン酸塩，炭酸塩，炭酸水</p>

<p>学 平 衡 (14 ~ 15)</p>	<p>○リンとその化合物</p> <p>○炭素とその化合物</p> <p>○ケイ素とその化合物</p>	<p>○窒素, アンモニア, アンモニウム塩, 窒素酸化物, 硝酸, 硝酸塩</p> <p>○窒素肥料 (石灰窒素, 尿素)</p> <p>○リンの採取, 同素体, 五酸化リン, リン酸, リン酸塩</p> <p>○リン肥料 (過リン酸石灰, 重カルリン酸石灰)</p> <p>○炭素, 同素体, 二酸化炭素, 炭酸塩, 炭酸水素塩, 一酸化炭素, 気体燃料</p> <p>○ケイ素, 二酸化ケイ素, ケイ酸, ケイ酸塩工業 (ガラス, セメント, 陶磁器) 固溶体</p>	<p>素塩, ケイ酸塩, 気体燃料など, 熱化学, 平衡理論的な教材によく適応できるよう指導の徹底を計りたい。</p> <p>○塩の特性: 各副単元にてでくる塩 (アンモニウム塩, 硝酸塩, リン酸塩, 炭酸塩, 炭酸水素塩, ケイ酸塩) の特性をよく押える。またその利用には, 熱的, 平衡的な手段がもちいられていることを化学的に理解させる。</p> <p>○気体燃料: 一酸化炭素を成分とする主要な気体燃料 (水性ガス, 発生炉ガス, 石炭ガス) の取り扱い, 化学平衡, 熱化学の概念を加味するように指導する。</p> <p>ケイ酸塩工業: 原料と製品の化学的組成の程度と主要点整理的に学習する。</p>
<p>VII 金 属 の イ オ ン 化</p>	<p>○金属の通性</p> <p>○イオン化列と金属の性質</p> <p>○実用電池</p>	<p>○金属の結晶構造, 金属結合, 金属の物理的性質 (比重, 融点, 展・延性, 伝導性, 合金, 固溶体)</p> <p>○金属のイオン化列 (イオン価, 金属イオンの色, 炎色反応, 水との反応, 酸との反応, 空気中での変化, 酸化物・水酸化物の溶解性と性質, 硫化物の溶解性, 冶金の方法, 主要金属イオンの検出)</p> <p>○電池のなりたち (化学エネルギーと電気エネルギー)</p> <p>○ボルタの電池 (電池の構成, 起電力, 分極, 局部電流, 不可逆電池)</p> <p>○ダニエル電池 (イオン濃度と起電力, 充電, 放電 < [過電圧] >, 可逆電池)</p>	<p>○金属の物理的性質が金属の結晶格子と深い関係があることに気付かせたい。</p> <p>○イオン化傾向の位置づけによる金属, または化合物の総括的な通性をあらかじめプリントで渡しておき, 個々の金属の性質はそれぞれの事項で学習する。 この副単元の目的は, イオン化列を基準として金属または化合物の働きを分類的に整理しておき, この表が個々の金属の学習に活用できるものにした。</p> <p>○イオン化傾向の順位やなりたちについて起電力の基本的な知識と概念が得られるよう実験, 観察を通じて指導する。</p> <p>○電池は金属のイオン化傾向を利用した化学的エネルギーを電気的エネルギーに変える装置であり, 化学的には酸化・還元反応であることを理解する。</p> <p>○ダニエル電池: 教科書にあまり取り上げてないが, 電池の機構, 働きを理解させるための実験教材として是非取りあげたい。</p>

傾 向 (8 ~ 10)	○金属の精錬	○乾電池（鋳イオン生成，減極剤） ○鉛蓄電池 ○接触金属の腐食（トタン，ブリキ） ○ヤ金の原理（イオン化列における還元法，主要な鉱石） ○熔融電解法：アルミニウム（ボーキサイト，アルミナ，電解精錬） ○鉄の精錬（主要鉱石，銑鉄，転炉法，平炉法，鋼） ○銅の精錬（主要鉱石，粗銅，電気銅，陽極泥） ○＜貴金属の精錬＞	○乾電池：イオンの生成機構と亜鉛アンモニア鋳イオンの化学式に問題点があるように考えられる。 ○接触金属の腐蝕も電池の概念から取り扱う。 ○イオン化列の位置づけによる各金属の歯元力の差に着眼し，総括的な還元法の区分と，鉱石の処理程過を化学的に理解させる
------------------------------	--------	--	---

〔Ⅳ〕＜化学B＞の教科書における索引の頻度

新的指導要領＜化学B＞では、教材内容の精選とともに系統、定量的な取り扱いの強化、がおりこまれている。また従来の＜化学5単位＞に対し、物質の種類を減らし、取り上げる物質は化学的な事象を説明するのにふさわしい代表的な物質を選び、これらが各論的に片寄らない、ことを要望している。つまり指導者自身が生徒の能力にふさわしい指導事項を精選し、これらを順序だてて適切な指導計画を作成するよう呼びかけている。

ここで、教材の内容と系統性の基準をどこに置くかが問題となるが、現実的にはまず教科書の検討があげられよう。さて教科書におり込まれている系統性と内容であるが、系統性については各教科書にそれぞれ長所があり化学教育に対する意欲が感じられるが、とりあげられている内容にはかなり著しい差が認められる。また用語や定義にしてもやや不統一な感がないでもない。そこで教科書ごとに盛りこまれている化学用語や物質名など索引を一つの手がかりとして教材内容の頻出度を知り、教材研究の資料にする目的で調査したものが次の索引である。

＜備考＞ 資料教科書：大日本図書，大原書店，啓林館，開隆堂，好学社，実教出版，清水書院，三省堂，中教出版の9教科書（本年度のもの）

記号の説明：記号のないもの………6教科書以上が共通にとりあげている索引

○印のもの………3～5教科書が共通にとりあげている索引

×印のもの………2教科書がとりあげている索引，あるいは1教科書だけがとりあげている索引でも化学的に必要と考えられるものはとり入れることにした。

ア 行		アルカロイド	×	陰イオン	
		アルキド樹脂	○	——の検出	×
		アルキル基		——交換樹脂	×
アイソトープ (同位体)	○	アルコール		陰画 (ネガ)	
亜鉛		——醗酵		インク	×
亜鉛華		アルゴン	○	インデゴ	○
青インク	×	アルデヒド		インベルターゼ	○
青写真		——基	○		
アクチニウム系列	○	アルマイト	○		
アクリル樹脂	×	アルミナ	○	ウエーラー	○
アクリロニトリル	×	アルミニウム		ウラン	×
アジピン酸		——の製鍊	×	——系列	×
亜硫酸	×	——の電解製鍊	×	うわぐすり	×
——ナトリウム	×	アルミン酸ナトリウム	○		
アスピリン		安息香酸			
アセチルサリチル酸		アンチモン	○	aq	×
アセチル基	×	アントラセン		永久硬水	○
アセチルセルロース	○	アンバー	×	液化石油ガス	×
アセチレン		アンモニア		液体	×
アセチレン系炭化水素	○	——合成	○	液体アンモニア	×
アセテート繊維		——酸化法	×	——空気	
アセトアニリド		——性硝酸銀液	○	液量計	×
アセトアルデヒド		——水	○	エステル——化	
アセトン		アンモニアソーダ法			○
アゾ化合物	○	アンモニウムイオンの検出	×	SBR (ブナS)	
アゾ基		アンモニウム塩	×	エタノール〔エチルアルコール〕	×
亜族	×	アンモニウムミョウバン	×	エタン	
アゾ染料	○			エチルアルコール	
アニリン				——エーテル	○
——ブラック	○			——基	○
アボガドロ		イオウ		——硫酸	×
——数		イオン		エチレン	
——の法削		イオン化傾向		エチレングリコール	○
アマルガム		——化列	○	——系炭化水素	
アミノ化合物	×	——結合		エーテル	
アミノ基		——結晶	○	NBR (ブナN)	×
アミノ酸		——交換樹脂		n——ブタン (正ブタン)	×
アミラーゼ	○	——式	×	エボナイト	
アミロース	×	——積 (水の)	×	エマルジョン	×
アミロペクチン	×	——の価数	×	エールリッヒ	×
アミン		——反応式	○	エーロゾル	○
アリザリン	×	異性体 (構造, 光学)		塩 (正塩・酸性塩・塩基性塩・複塩・錯塩)	
亜硫酸		イソプレン		塩化アンモニウム	
——塩	×	イソプロピルアルコール	×	——カリウム	
——ガス	○			——カルシウム	
——水素ナトリウム	×	一塩基酸 (一価の酸)	○	——銀	○
——ナトリウム	○	一酸塩基 (一価の塩基)	○	——金酸	×
——パルプ	○	一酸化炭素		——水素	
アルカリ		一酸化窒素		——第一水銀 (甘コウ)	
——金属		一酸化鉛		——第一スズ	
——工業	○	一時硬水	○	——第二水銀 (昇コウ)	
——性	○	医薬	×	——第二スズ	○
——土類金属		易融合金	×	——第二鉄	
——融解	×				

—第二銅	×	オルト (Ortho)	○	価電子 (原子価電子)	
—ナトリウム		オレイン酸	○	果 糖	
—鉛	×	オレフィン系炭化水素	○	カドミウムエロー	×
—ニトロシル	○	オングストローム (Å)		カーバイド	○
—ビニリデン	○			価 標	○
—ビニル	○	カ 行		過飽和溶液	○
—ビニル樹脂	×			カーボランダム	○
塩化ベンゼンジアゾニウ		会合コロイド	×	カーボンブラック	○
ム		改質 (reforming)	○	過マンガン酸カリウム	
塩化物	×	界 面	×	紙	○
—マグネシウム		—活 性	○	可溶合金 (易融合金)	×
塩化メチレン	×	—活性剤	○	ガラクトース	
塩 基		解 離		ガラス	
塩基性	×	—度	×	カリウム	○
—塩		カオリン	○	カリガラス	○
—酸化物		化 学	×	カリ質肥料	○
—炭酸亜鉛	○	—結 合	○	加 硫	
—炭酸銅	○	—式		カリミヨウバン	×
—炭酸鉛	×	—式量 (式量)	×	過リン酸石灰	
—染料	○	—当量 (当量)	×	カルシウム	○
塩基度 (酸の)	○	—的性質	○	—シアナミド	○
塩 酸		—反応 (化学変化)	○	カルボキシル基	
塩酸アニリン		—反応式		カルボニル基	○
鉛室法 (酸化窒素法)		—分 析	○	カルボン酸	
—硫 酸	×	—平 衡		カローザス	×
炎色反応		—療剤	○	カ ワ	×
延 性	○	—変 化		還 元	
塩 析		可逆電池 (二次電池)	×	還元剤	
塩 素		—反 応		還元作用	×
塩素化	×	核外電子	×	—漂白	×
塩素酸カリウム	○	拡 散<拡散速度>	○	甘こう (塩化第一水銀)	○
塩素水	○	核タンパク質	×	環式化合物	○
—爆鳴気	×	隔膜法 (食塩水の電気分		乾性油	
鉛 丹	○	解)		乾燥ゲル	×
鉛糖<鉛糖紙>	×	化 合		幹電池	
塩の加水分解	○	化合物		官能基	○
塩の生成	×	過酸化水素		乾 留	○
塩の溶解性	×	—ナトリウム	○	顔 料	
鉛 白	○	加水分解 (加水解離)			
		ガス液	○	基	○
黄 鉛	○	カセイ化法	○	希ガス	○
黄血カリ	○	カセイソーダ		貴金属	
王 水		価数 (酸・塩基・イオン	×	ギ酸	
黄鉄鉱	×	の)		キサントプロテイン反応	
黄 銅		ガスバーナー	×	キシレン (キシロール)	
黄銅鉱	×	可逆性物質	○	キセノン	○
黄リン		活字合金	○	キシロゲル	○
オキシカルボン酸		ガソリン	○	気 体	×
オキシ酸		活性化エネルギー	×	気体定数	
オストワルド	×	—の圧力	×	—の状態方程式	×
—法	○	—炭		—の溶解度	○
オゾン		カッ鉄鉱	×	—反応の法則	
—発生器	×	カップリング	○		

—分子の熱運動	×	(酸化剤, 還元剤の)		—の当量	×
—分子量	×	(電解質の)		—分 析	
キップの装置	○	グラム分子		懸濁液	○
規定度		グリコーゲン		原 油	
(酸・塩基・酸化剤・還元剤の)		グリシン(グリココール)			
キノイド型	×	グリセリド	○	銅	
キノン	×	グリセリン		光化学反応	○
希薄溶液の性質	×	クリプトン		硬化油	
逆性セッケン	×	クリンカー	○	高級アルコール	○
吸 着	×	グルコース (ブドウ糖)	×	—脂肪酸	×
吸熱反応	○	グルタミン酸		合 金	
キュリ夫人	○	クレゾール		合金鋼	×
凝固<凝固点>	○	クロマトグラフィー	○	光合成	○
—点降下	○	クロム	○	硬 水	
—点降下法	×	—酸カリウム	○	硬質ガラス	×
共重合	○	—酸 鉛		合 成	
凝 析		—ミョウバン	×	合成医薬	○
共有結合		クロルベンゼン		—塩 酸	○
強塩基	○	クロロプレン		—高分子化合物	
強 酸	○	クロロホルム		—ゴ ム	
強電解質	○			—樹 脂	
共有電子対	×	軽金属		—繊 維	
局部電流<局部電池>		ケイ酸		—洗 剤	
巨大分子		—塩	○	—染 料	○
希硫酸	×	—塩工業	○	抗生物質	○
キロカロリー (Kcal)	×	—ナトリウム	○	酵 素	
金	○	ケイ砂	○	構造式	
銀		ケイ素		高速度鋼	×
銀アセチリド	×	—樹 脂		高分子化合物	
銀アンモニアイオン	×	軽 油	○	黒 鉛 (グラフアイト)	○
銀鏡反応		ゲイリュサック		コークス	○
均質 (均一な物質)	○	ケクレ	○	五酸化バナジウム	×
金属		結晶水		—リ ン	
金属陽イオンの分析	×	ケトン		固 体	×
金属結合		—基(カルボニル基)	×	固体炭酸(ドライアイス)	○
金属元素	○	ゲ ル		コハク酸	×
金属の水酸化物	×	ゲルマニウム	○	ゴ ム	○
金属の通性	×	ケン化		固溶体	○
		—価		コールタール	
空 気	○	減極剤		コロイド	○
空気の平均分子量	×	原 子		—溶 液	
空中窒素の固定	×	—価		—粒 子	
クエン酸		—核		コロジオン	○
クメン<クメン法>	×	—価電子 (価電子)		根 (基)	×
クラーク数		—記号 (元素記号)	○	コンクリート	×
クラッキング		—説	×	混合物	
グラフアイト (黒鉛)	×	—団		コンゴレッド	○
グラムイオン		—番 号		コンジョウ(ベルリン青)	
—原 子		原子量			
—式 量	○	元 素	○	サ行	
グラム当量(元素, 基の)		現 像			
(酸, 塩基の)		元素記号		再結晶	
		—の周期律(周期律)	○		

再生セルロース	×			周期表	○
碎木パルプ	○			——律	
再生繊維				——律表	○
錯イオン		ジ (di)	×	重金属	○
錯 塩		次亜塩素酸		重クロム酸カリウム	
錯化合物	×	——ナトリウム	×	重 合	○
酢 酸		ジアスターゼ	×	重合体	×
酢酸エチル		ジアゾ化	○	——反 応	×
——ナトリウム	○	——ニウム塩	○	シユウ酸	○
——鉛	○	シアン化カリウム	○	重 水	○
——発酵	○	四塩化炭素		重水素	
鎖式化合物		脂環式化合物	×	臭 素	
——飽和炭化水素	×	——炭化水素	×	重ソウ	○
殺菌剤	×	式 量 (化学式量)		充 電	
殺虫剤	×	式量濃度 (フォルモ濃	×	自由電子	○
殺虫剤	○	度)		重 油	○
さ び	×	シクロパラフィン	×	重量百分率	×
サラン粉		——ヘキサン	○	——分析	○
サリチル酸		——ペンタン	×	——モル濃度	×
——メチル	○	四三酸化鉄	○	縮 合	
サルバル酸	×	——酸化鉛 (鉛丹)		縮合反応	×
サルファ剤	○	指示薬		縮重合	
酸		シスチン	○	酒 精	○
酸アミド	×	示性式		酒石酸	
三価の酸 (三塩基酸)	○	自然放射性同位体	×	シユバイツアー試薬	
酸の当量		実験式 (組成式)		ジュラルミン	○
酸 化		——の決定		純物質	
——亜 鉛		質量欠損	×	蒸気圧曲線	×
——アルミニウム		——作用の法則	○	昇コウ (塩化第二水銀)	○
——カルシウム		——数		硝 酸	
酸化還元反応	×	——不変 (保存) の法則		——塩	○
酸化剤		磁鉄鉱	○	——カリウム	○
酸化作用		脂 肪		——銀	
——数		脂肪酸		——ナトリウム	
——第一鉄	×	——族アミン	×	——鉛	
——第一銅	○	——族化合物	○	消石灰	
——第二鉄 (ベンガラ)	○	——族カルボン酸	×	蒸発法	×
——第二銅	○	——族炭化水素	○	蒸留法	×
酸化漂白	×	脂肪油		食 塩	○
酸 基 (酸根)	×	——油の硬化	×	食塩水の電気分解	×
酸化物	○	弱塩基	○	触 媒	
三酢酸セルロース	×	弱 酸	○	——作 用	×
三酸塩基 (三価の塩基)	○	弱電解質	○	助色団	○
三酸化イオウ		写 真		ショ糖 (サ糖)	
三重結合		斜方イオウ	○	シリカゲル	
酸水素炎	×	シヤルルの法則		人工放射性同位体	○
酸 性	○	朱	○	辰 砂	○
酸性塩		臭化エチレン	○	新水性基	×
——酸化物		臭化カリウム	○	——コロイド	
——染 料	○	——銀	○	人造絹糸	×
酸 素		——水 素	○	浸透圧	
酸素アセチレン炎	○	——水素酸	×		
酸素酸		重過リン酸石灰	○		
酸度 (塩基の)	×	周 期	○	酢 (酢酸)	×

水 銀		—鉄	×	定性分析	○
水銀法		単結合	○	定 着	○
水酸化亜鉛	○	炭 酸	○	DDT	
—アルミニウム	○	炭酸塩	×	定比例の法則	
—カリウム	○	炭酸ガス	○	定量分析	○
—カルシウム		—カリウム	○	デキストリン	
—第一鉄	○	—カルシウム		滴 定 (容量分析)	
—第二鉄		—水素カルシウム	○	デシケーター	○
—第二銅		—水素ナトリウム		鉄	○
—ナトリウム		—ナトリウム		鉄族元素	○
—バリウム	○	短周期	○	鉄のさび	×
水酸基	○	単斜イオウ	○	鉄の製錬	○
水 晶	○	単純タンパク質	○	鉄ミョウバン	×
水性ガス		炭水化物		デービー	×
水 素		炭 素		テルミット法	×
水素イオン	×	炭素環式化合物	○	テレフタル酸	×
—指数 (pH)		炭素鋼	×	転移点	○
—濃度 $[H^+]$	○	単 体		転 化	
水素添加 (付加)	○	単糖類		電 荷 (単位の)	×
水溶液	×	タンパク質		電 解	×
ス ズ	○	ターンプルブルー		電解質	
スチレン	○			電解製錬 (銅, アルミニウム)	○
—樹 脂				—の法削	×
ステアリン酸	○	チオンアン酸カリウム	×	転化糖	
ステーブルファイバー	○	—硫酸ナトリウム (ハイポ)		電気陰性度	×
ステンレス鋼		置 換	×	—泳動	
ストレプトマイシン	×	置換反応		—化学当量	○
ストロンチウム	○	蓄電池		電気化学列 (イオン化列)	×
素焼き	○	窒化物	×	—精 銅	×
スラグ	○	—マグネシウム	○	—銅	○
スルファミン	○	窒 素		—分 解	
スルホアミド剤	×	—質肥料	○	—メッキ	
スルホ基 (スルホン酸基)	○	—族元素		典型元素	
スルホン化	○	チタン	○	電 子	
スルホン酸	○	チマーゼ	○	電子雲	×
		中間子	×	—殻	○
タ 行		抽 出	○	—式	×
		中性塩 (正塩)	○	—対	○
第一アルコール	×	中性子		展 性	○
耐火レンガ	○	中性洗剤	×	電 池	
ダイナマイト		中 和		天然ガス	
第二アルコール	×	中和滴定	×	—高分子化合物	○
ダイヤモンド		中和熱		—ゴ ム	○
多価の (酸, 塩基, アルコール)	○	中和の指示薬	×	デンブン	
建て染め染料	○	潮 解		電 離	
多糖類		長周期	○	電離定数	×
ダニエル電池	×	直接染料	○	—度	
炭 化	×	チリ硝石	○	—の式	×
炭化カルシウム (カーバイド)		チロシン	○	—平 衡	○
—ケイ素	○	チンダル現象		転 炉	○
—水 素		TNT	○	転炉法	○

銅		二価の酸 (二塩基酸)	○	配位数	×
銅アンモニアレーヨン		ニガリ		倍数比例の法剤	
同位体 (同位元素)		ニクロム	○	媒染剤	○
塔式法 (酸化窒素法)	○	二酢酸セルロース	×	——染料	○
陶磁器		二酸化イオウ		パイロキシリン	○
透析		——ケイ素		パーキン	○
銅族元素	○	——炭素		麦芽糖	
同族体	○	——窒素		爆鳴気 (水素, 塩素の)	○
同素体		——鉛		パストウール	○
陶土	×	——マンガン		発煙硝酸	○
銅の製錬	×	二臭化エチレン	×	——硫酸	
——電解製錬	×	二次電池 (可逆電池)	×	発火点	○
動物繊維	×	二重結合		——合金	○
燈油	○	ニッケル	×	白金	○
当量 (元素, 基, 酸・		二糖類		白金族元素	×
塩基, 酸化剤・還		ニトロ化		発色団	○
元剤, 電解質の)		——化合物		発生期酸素	○
糖類	○	——基		——水素	×
特殊鋼	○	——グリセリン		発生炉	×
都市ガス	○	——セルロース		——ガス	
トタン板	○	——ベンゼン		発熱反応	○
突沸	×	乳 化<乳化剤>	○	——量	○
トーマスリン肥	×	乳 酸		ハーバー	
ドライアイス (固体炭酸)		——発酵	×	——法	×
トリチウム (三重水素:	×	乳濁液		パラチオン	×
T)		乳 糖		パラ Para	×
トリニトロトルエン		尿 素		パラ化合物	○
トリプシン	○	尿素樹脂		P-ジクロルベンゼン	×
トリプトファン	○	2-4 D	○	パラフィン	○
トリエン (トリオール)		二硫化炭素		——系炭化水素	
ドルトン	○			バリウム	×
トレーサー	×			パルプ	
		ネオプレン	×	パルミチン酸	○
ナ 行		ネオン	○	ハロゲン	
ナイロン		ネスラー試薬	○	——化	×
ナトリウム		熱化学反応式 (方程式)		——化水素	○
——フェノラート	×	熱可塑性樹脂	×	——化炭化水素	○
——エチラート	○	熱硬化性樹脂	○	——化 物	○
ナフサ (ナフタ)	○	熱処理	×	半乾性油	
ナフタリン		熱風炉	×	半合成繊維	○
ナフテン (シクロパラフ	×	熱量計 (ポンプの)	×	ハンダ	○
イン)	○	燃焼熱	○	半導体	×
ナフテン系炭化水素	○	粘土	○	半透膜	
ナフトール (α と β)				反応速度	
生ゴム		濃硝酸	×	——熱	
鉛	○	農 薬	×	pH	○
鉛ガラス	○	濃硫酸	×	BHC	
鉛蓄電池				ビウレット反応	
軟 水		ハ 行		非金属	×
		バイヤー法	×	——元 素	×
二価の塩基 (二酸塩基)	○	配位結合	○	ビクトルマイヤー法	×
				ピクリン酸	

ヒ酸石灰	×	腐 食	○	平 衡	○
ビスコース		ブタジェン	○	平衡状態	×
——レーヨン		フタル酸	○	——定数	×
ビスマス	○	ブタン	○	——の位置の移動	○
ビタミン	×	ブチレン	○	——移動の法則	○
ヒ 素	○	フッ化銀	×	平 炉	○
ピッチ	×	フッ化カルシウム (ホタル石)		平炉法	○
非電解質		——水 素		ヘキサメチレンジアミン	
ヒドロキノン	○	——水素酸		ベークライト (石炭酸樹脂)	×
ヒドロニウムイオン		物 質	○	ヘ ス	○
ビニルアセチレン	×	フッ素		——の法則 (総熱量不変の法則)	
ビニル基	×	物 体	×	β ナフトール	○
ビニロン		沸 点	○	ベックマン温度計	×
ビペット	○	沸点上昇		ペニシリン	○
ヒューズ	○	物理的性質	×	ペーパークロマトグラフ	×
ビュレット	○	——変 化		イー	
氷酢酸		不動態		ペーハー (pH, 水素イオン指数)	○
標準状態		ブドウ糖		ペプシン	○
——溶液		腐 敗	○	ペプチド結合	
氷晶石	○	不飽和化合物	○	ヘモグロビン	○
漂 白	○	——結 合	○	ヘリウム	○
表面活性剤	×	——脂肪酸	×	ベルリン青 (コンジヨウ)	
ビリデン	×	——炭化水素	○	ベンガラ (酸化第二鉄)	
肥 料	○	——溶 液	○	変性 (タンパク質の)	○
		ブラウン運動		変性アルコール	
1 ファラデー (電気量単位)	×	プラスチック		ベンゼン (ベンゾール)	○
ファラデー (人名)		ブリキ板	○	——核	
——の法則		ブルースト	○	——環	○
ファントホッフ	○	プロパン		ベンゼンスルホン酸	
フィッシャー	○	プロピルアルコール	×	ヘンリーの法則 (気体の溶解度)	
風 化	×	プロピレン			
風 解		分 圧	×		
フェナセチン (アセトアニリド)	○	分液ロート	×		
フェニル基	○	分 解			
フェノラート	×	分解ガス	×	ボーア	×
フェノール (石炭酸)		——ガソリン	×	ボイル	×
——樹脂		分光分析	×	——シャルルの法則	
——類	○	分 極		——の法則	
フェノールフタレイン		分散系	×	——油	
フェリシアン化カリウム		——コロイド	×	ハウケイ酸ガラス	×
フェーリング溶液		——質	○	芳香族化合物	
フェロシアン化カリウム		——媒	○	芳香族カルボン酸	○
付加 (付加反応)		分 子		——炭化水素	
不可逆電池 (一次電池)	×	分子コロイド	×	——ハロゲン化合物	×
付加重合		分子式		ハウ砂	×
不活性ガス		——量		——球反応	○
不均一 (な物質)	○	分析化学	×	ハウ酸	○
不乾性油		ブンゼンバーナー	×	放射性元素	
複 塩		分族試薬	×	——同位体	○
複合タンパク質	○	分 離	×	放射能	×
複素環式化合物	×	分 留	○	膨 潤	
				ハウ素	○

放 電		—炭酸(二酸化炭素)	○	油脂の硬化	×
飽和脂肪酸	○	—フタル酸	○	ユージオメーター	○
—蒸気圧	×	—硫酸(三酸化イオウ)		陽イオン	
—炭化水素	○	無定形イオウ	○	—交換樹脂	×
—溶液		—炭 素		—の分析	×
保温ロウト	○			溶 液	
ボーキサイト				溶液の濃度(%, モル, 規定)	
保護コロイド				陽面(ポジ)	
ホタル石(フッ化カルシウム)	×	メスフラスコ	○	溶解度(固体, 気体の)	
炎		メタ meta	○	—曲 線	
ポリアクリルニトリル	×	メタクリル樹脂	○	溶解熱	
ポリエステル系合成繊維	○	メタノール		ヨウ化カリウム	○
—エチレン		メタリン酸	○	—デンプン紙	○
—塩化ビニル		メタン		ヨウ化銀	○
—クロロブレン	○	—系炭化水素(パラフィン系)		ヨウ化水素	○
—酢酸ビニル		メチオニン	×	—酸	×
—ビニルアルコール	○	メチルアルコール		窯 業	○
—メタクリル酸メチル	×	—エーテル	○	陽極泥	×
—スチレン		メチルオレンヂ	○	洋 銀	×
ホール	×	メチル基	○	溶鉱炉	
ボルタ	○	メッキ	×	陽 子	
—の電池		メラミン樹脂	×	溶 質	
ボルドー液	○	メンデレエフ		陽性元素	×
ポルトランドセメント		綿薬(線火薬)		ヨウ素	
ポリペプチド				—価	
ホルマリン		木 精	○	—デンプン反応	
ホルムアルデヒド		モズレー	×	ヨードチンキ	○
ポンプ熱量計(熱量計)	○	モ ノ mono	×	ヨードホルム	○
		モ ル		—反応	○
		—凝固点降下		溶融電解	×
		—濃 度		容量分析(滴定)	○
マ 行		モル沸点上昇			
マイヤー	○			ラ 行	
マグネシウム		ヤ 行		ラウールの法則	×
マルターゼ	○			ラジウム	×
マンガン	×	焼き入れ	○	ラク酸	×
水		焼きセッコウ		ラクターゼ	×
水ガラス	○	—付 け	×	ラテックス	
水のイオン積(イオン積)	×	—もどし	○	ラドン	×
—電 離	×	—ミョウバン	○	ラボアジェ	
ミセル	×	冶 金	○	ラムゼー	○
—コロイド	×	融 解	×	ランタン系	○
密陀僧(一酸化鉛, リサージ)	×	有機化学	○		
ミョウバン		—化合物		リグニン	○
		—ガラス	×	リシン	
		—合成工業	×	理想気体	×
		—酸	○	—の状態方程式	×
無機化学	○	—溶 媒	×	リチウム	○
—化合物		融 点	×	リトポン	○
無水アルコール	×	誘導体	×	リトマス	×
—酢酸		油 脂			

リノール酸	○	——バリウム	×	ルシャトリエ	○
リノレン酸	○	——マグネシウム	×	——の原理	
リパーゼ	○	——マンガン	×	ルビジウム	○
リービッヒ	○	両 性	×		
リフォーミング (改質)		両性元素	○	レーヨン	○
硫安(硫酸アンモニウム)	×	——酸化物	×	レーヨンステーブル	○
硫化亜鉛	×	——水酸化物	×	レーリー	○
——水素		両性物質	×		
——水素の検出	×	リ ン			
——ナトリウム	×	臨界圧	×		
——染料	×	——温 度	×	ロ ウ	○
硫化物	○	リン灰石	×	ロウソク	×
硫 酸		リン鉱石	×	ろ過法	○
硫酸亜鉛	○	リンゴ酸	×	ロクショウ	○
——アルミニウム	○	リン酸			
——アンモニウム		——イオンの検出	×		
——イオンの検出		リン酸カルシウム	○	ワセリン	×
——塩	○	——質肥料	○		
——カルシウム		——二水素カルシウム	×		
——第一鉄		リンの同素体			
——銅					
——鉛	×				