

基本 無機化学

池谷金次郎
戸沢共義著

産業図書

無機化学 基本

池谷金次郎
戸澤義夫
共著

産業図書

<著者略歴>

池谷金次郎

元東京都立化学工業高等学校長
元東京都立中野工業高等学校長

戸沢義夫

東京都立中野工業高等学校教諭



基本・無機化学

昭和32年3月20日 初版
昭和52年2月4日 第17刷

著者
池谷金次郎
と 戸 沢 義 夫

発行者
森田勝久
東京都千代田区外神田1の4の21

発行所
産業図書株式会社

東京都千代田区外神田1の4の21
郵便番号 101-91
電話 東京 (253) 7821番(代表)
振替口座東京 2-27724番

印刷所
明和印刷株式会社
東京都新宿区新小川町3の16

(清水製本)

© Kijiro Ikenoya 1957
Yoshio Tozawa

定価 1100円

序

科学技術を尊重し、これを振興せねばならぬということは、現在世界の大勢である。日本もその例外たるを得ない筈であるばかりでなく、我が国こそ科学技術の振興によって国の存立発展を期さねばならないのである。

原子力産業、電子工業の勃興、オートメーションの普及等いわゆる第二産業革命ともいわれる歴史的時代に入った今日、新しい科学の息吹を吸い、世界に遅れず我が国の科学技術の水準を高めて行かなくてはならない。

ここに良書の受持つ責任の分野があるのであって、我々が浅学をかえりみず、敢て筆を執ったゆえんもそこにあることを諒とせられたい。

本書は主として工業高校工業化学科の生徒諸君の副読本とし、又自習書として用いられるように編集した。しかし普通高校の生徒諸君にも勿論利用出来るよう意を用いた。

無機化学の書物は数多く出版されているが、その多くは余りにも詳細にわたりすぎて大部のものとなり、又は比較的程度の高いものが多いようである。共著者戸沢義夫氏は鍊達堪能の士であり、かつ本校教諭として過去十数年実地に生徒を指導して来た経験より、簡明にして要を失しない手頃な書物という目標で本書を編集した。

本書の特色としては次の点をあげることが出来る。

- (1) 諸物質の研究に際して必要な基礎理論に重点をおき、最初にこれを取りいれた。
- (2) 諸物質については週期率表の各属の分類に従い、その性質やおもな製造法をも記した。
- (3) 各編ごとに練習問題をいれた。この問題は化学上の諸計算に習熟せしめることをおもな目的とした。
- (4) 最近における原子力応用の諸問題を取りあげた。

幸に読者諸君のよき友となつて、我が国科学教育、産業教育に少しでも役立ち得れば、我々の微意はむくいられ幸の至りである。不備の点、足らぬ点などは大方の御叱正を仰いで一層立派なものにしたいと念願する次第である。

昭和 32 年 早 春

池 谷 金 次 郎 識す

目 次

第1編 総 論

第1章 物 質

§ 1 物 質	1
§ 2 相	1
§ 3 混 合 物	2

第2章 基本的な定律

§ 1 質量不変の定律	3
§ 2 定比例の定律	3
§ 3 倍数比例の定律	3
§ 4 原 子 説	3
§ 5 気体反応の定律	4
§ 6 分 子 説	4
§ 7 原子量と分子量	5
§ 8 当量と原子価	5
§ 9 化学記号と化学式	6

第3章 気体, 液体, 固体

§ 1 気体の性質	8
§ 2 蒸気密度と分子量の測定	11
§ 3 気体の分子運動と圧力	12
§ 4 ファン・デル・ワールスの式	12
§ 5 臨界現象——気体と液体の連続	13
§ 6 蒸気圧と沸点	14
§ 7 蒸 発 熱	14
§ 8 液体と固体の連続性	15

§ 9	融解と昇華	15
§ 10	同形と多形	16
第4章 溶 液		
§ 1	溶 体	17
§ 2	溶 液	17
§ 3	液体への溶解度	18
§ 4	稀薄溶液と滲透圧	18
§ 5	蒸気圧の降下と沸点、氷点の関係	19
§ 6	電 離 説	21
§ 7	電解に関するファラデーの法則	22
§ 8	酸, 塩基, 塩	22
第5章 熱 化 学		
§ 1	熱化学方程式	25
§ 2	反応熱の種類	25
§ 3	ヘスの法則	26
§ 4	種々なる反応熱の計算	26
第6章 反応速度と平衡		
§ 1	反応の速度	28
§ 2	平 衡	29
§ 3	平衡の移動	30
§ 4	電解質溶液の平衡	31
§ 5	混合電解質溶液の平衡	32
§ 6	水 の 電 離	34
第7章 酸化と還元		
§ 1	夾義の酸化還元	36
§ 2	原子価の拡張解釈	37

§ 3 酸化剤, 還元剤の当量	39
第8章 週 期 律	40
§ 1 週 期 律	40
§ 2 原子の構造	40
§ 3 金属と非金属	42

第2編 非金属元素

第1章 酸素, 水素

§ 1 酸 素 O_2	48
§ 2 水 素 H_2	49
§ 3 水 H_2O	51
§ 4 オゾン O_3	52
§ 5 過酸化水素 H_2O_2	53

第2章 窒素, 空気, 希ガス元素

§ 1 窒 素 N_2	55
§ 2 空 気	56
§ 3 希ガス元素	56

第3章 ハロゲン元素

§ 1 塩 素 Cl_2	58
§ 2 臭 素 Br_2	59
§ 3 ヨウ素 I_2	59
§ 4 弗 素 F_2	60
§ 5 ハロゲン属元素	61
§ 6 ハロゲン元素の水素化合物	61
§ 7 ハロゲン元素の酸化物と酸素酸	64

第4章 硫黄, 酸素属元素

§ 1 硫 黄	68
---------	----

§ 2	硫化水素 H_2S	69
§ 3	二酸化硫黄 SO_2 (一名亜硫酸ガス)	70
§ 4	無水硫酸 SO_3 (または三酸化硫黄)	71
§ 5	次亜硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$ その塩類	71
§ 6	亜硫酸 H_2SO_3 その塩類	71
§ 7	硫酸 H_2SO_4	72
§ 8	発煙硫酸, ピロ硫酸	75
§ 9	チオ硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ その塩類	75
§ 10	セレン Se テルル Te	76
§ 11	酸素属元素	77
第5章 窒素属元素		
§ 1	アンモニア NH_3	78
§ 2	アンモニウムの塩類	79
§ 3	窒素の酸化物と酸素酸	80
§ 4	燐 P	83
§ 5	燐の化合物	85
§ 6	砒素 As	87
§ 7	砒素の化合物	88
§ 8	アンチモン Sb	89
§ 9	アンチモンの化合物	89
§ 10	蒼鉛 Bi	90
§ 11	蒼鉛の化合物	90
§ 12	窒素属元素	91
第6章 炭素, 珪素, 硼素		
§ 1	炭素 C	92
§ 2	炭素の酸化物と酸素酸	94

§ 3	その他の化合物	96
§ 4	珪素 Si その化合物	97
§ 5	硼素 B その化合物	99

第3編 金属元素

第1章 アルカリ金属

§ 1	アルカリ金属の通性	103
§ 2	ナトリウム Na とその化合物	103
§ 3	カリウム K とその化合物	108
§ 4	リチウム Li	110

第2章 アルカリ土類金属

§ 1	アルカリ土類金属の概要	112
§ 2	ベリリウム Be	112
§ 3	マグネシウム Mg とその化合物	113
§ 4	カルシウム Ca とその化合物	115
§ 5	ストロンチウム Sr	119
§ 6	バリウム Ba とその化合物	120
§ 7	ラジウム Ra	121

第3章 アルミニウム属元素

§ 1	アルミニウム属元素の概要	122
§ 2	アルミニウム Al	122
§ 3	アルミニウムの化合物	123
§ 4	ガリウム Ga, インジウム In, タリウム Tl	125
§ 5	軽合金	125

第4章 鉄属重金属

§ 1	鉄属元素	127
§ 2	鉄 Fe	127

§ 3	鉄の化合物	129
§ 4	コバルト Co	131
§ 5	ニッケル Ni	131
第5章 その他の重金属		
§ 1	概 説	132
§ 2	亜 鉛 Zn	132
§ 3	錫 Sn	133
§ 4	鉛 Pb	134
§ 5	チタン Ti	136
§ 6	バナジウム V	137
§ 7	クロム Cr	137
§ 8	モリブデン Mo (水鉛という)	138
§ 9	タングステン W	139
§ 10	マンガン Mn	139
第6章 貴 金 属		
§ 1	概 要	142
§ 2	銅 Cu	142
§ 3	銀 Ag および 金 Au	144
§ 4	水 銀 Hg	146
§ 5	白 金 Pt	148
§ 6	イリジウム Ir	149
第7章 放射能物質		
§ 1	元素の壊変	150
§ 2	元素の人工壊変と人工放射能	151
§ 3	核分裂と超ウラン元素	152
§ 4	原子力の応用	153

第 1 編 総 論

第 1 章 物 質

§ 1. 物 質

化学は物質について研究する学問である。いわゆる物体には2つの特性があり、その1つは形、大小、運動状態などその物体がそのときに偶然に持っていた性質で、これは容易に変化させ得るもので**任意性**という。これに対して比重、沸点、溶解度などはその物体に固有なもので、任意に変化させることができないもので**特有性**という。物体を任意性に関係なく、特有性について考えるときに**物質¹⁾**という。そして物質の特有性の変化を**化学変化²⁾**といい、物質そのものの変化を伴うとき**化学反応³⁾**と呼んでいる。

なお、化学では**物質系⁴⁾**ということがある。物質系はさらに**均一系⁵⁾**と**不均一系⁶⁾**に大別される。前者はその系のどの部分も特有性が全く同じであるのに反して、後者では各部分によってその特有性が異っている場合である。食塩水、硫黄、水素などは前者の例であり、花こう岩は後者の例である。

§ 2. 相

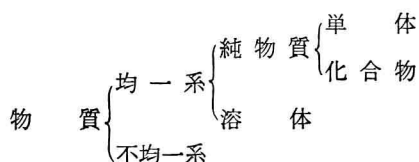
1つの均一系を**相⁷⁾**という。食塩水、水素などは1つの相である。また水を考えるに、温度によって氷、水さらに水蒸気になったりする。しかし同じ物質である。けれどもそれぞれは異った性質を持っているので、それぞれが1つの相である。従って氷がとけつつあるときは2つの相が共存しているのである。故に不均一系は2つ以上の相からできているわけである。けれどもこの不均一系も比較的簡単な方法によって、それぞれの相に分けることができる。たとえば食塩を多量に加えた溶液中に溶けないで食塩が沈降しているような不均一系においては、それをろ過⁸⁾することにより固体である食塩と均一系になった食

1) Substance 2) Chemical change 3) Chemical reaction 4) System

5) Homogeneous system 6) Heterogeneous system 7) Phase 8) Filtrate

塩水とに分けられる。さらにまた食塩水のような均一系でも蒸溜¹⁾によって食塩と水とに分けられる。一般に 2 つ以上の物質に分けられるような均一系を**溶体**²⁾という。また比較的簡単な操作によってそれ以上に分けられない物質を**純物質**³⁾という。

ある方法によって他の 2 種以上の物質に分解することができて、しかも他の 2 種以上の物質の結合によってつくることができるような純物質を**化合物**⁴⁾という。また化学的手段によっても分解できない物質を**単体**⁵⁾といい、化合物や単体の構成要素を**元素**⁶⁾と呼んでいる。



§ 3. 混 合 物

花こう岩はその成分が、各部分によって異っていて、しかもその成分のところではその成分特有の性質を示している。一般に成分を自由にかえることができ、成分の性質がそのままあらわれているような物質を**混合物**⁷⁾という。従って不均一系はもちろん混合物である。

1) Distillation 2) Solution 3) Pure substance 4) Compound 5) Simple substance 6) Element 7) Mixture

第2章 基本的な定律

§ 1. 質量不変の定律¹⁾

「物質系がどんな化学変化をしても変化の前後では物質の総重量に変化はない。」

これは 1774 年ラボアジェ氏²⁾ により発見された定律であって、その後ランドルト氏³⁾ が数年間にわたり各種の実験をして確認したものである。

§ 2. 定比例の定律⁴⁾

「一つの化合物がどんな方法によって得られたとしても、その成分元素の重量比は常に一定である。」

1799 年プルースト氏⁵⁾ により主張された説でその後ベルツェリウス氏⁶⁾ により認められた定律である。たとえば水は水素と酸素の重量比が常に 1 対 7.9394 でほぼ 1 対 8 である。

§ 3. 倍数比例の定律⁷⁾

「同じ 2 種類の元素より 2 種以上の化合物を生ずる場合、1 つの元素の一定量と化合する他元素の量は常に簡単な整数比をなしている。」

1808 年ドルトン氏⁸⁾ により提案され、後にベルツェリウス氏により確認された説である。たとえば水素と酸素とより水と過酸化水素を生ずる場合水における水素と酸素の重量比は 1 対 8 で、過酸化水素においては水素と酸素は 1 対 16 であるから水素の 1 に対する酸素は 8 対 16 ですなわち 1 対 2 となる。

§ 4. 原子説

1808 年ドルトン氏は以上の諸定律の説明にあたり次のような原子説⁹⁾ を提出した。

「すべての物質は原子¹⁰⁾ と名づける微粒子よりできていて、同種の元素の原

1) Law of conservation of mass 2) Lavoisier 3) Landolt 4) Law of definite proportion 5) Proust 6) Berzelius 7) Law of multiple proportion 8) Dalton, 9) Atomic theory, 10) Atom

子は同じ性質で、異なる元素の原子はその性質が異っている。そしてこの原子はこれ以上簡単な粒子に分割することはできない。さらに化学変化は原子の離合集散であり、原子は不生不滅のものである。」

この説は非常によく諸定律を説明することができたが、その後になって不備な点が明らかになった。しかし微粒子という考え方においてはきわめて重要な学説である。

§ 5. 気体反応の定律¹⁾

1809 年ゲイルサック氏²⁾ は気体の反応について次の説を提案した。

「2 種（またはそれ以上）の気体が過不足なく反応して新しい物質を生成したときには、（この物質が気体であるときにはこれも含めて）各気体の容積は互に簡単な整数比をしている。そして同一条件のもとではすべての気体の同容積中には同数の原子を含んでいる。」

この定律によれば水の生成は次のようになる。

水素（2 容）＋酸素（1 容）＝水蒸気（2 容）

しかし原子数については次のような不合理がある。すなわち今 1 容積中に 3 原子存在すると仮定すると、水素 2 容積中には 6 原子、酸素 1 容積中には 3 原子、（水）水蒸気 2 容積中には 6 原子存在することになり、そのためには酸素が 3 原子では、これがさらに分割されない限り説明することはできない。このような不合理を解決するためにさらに次のような学説が提出された。

§ 6. 分子説³⁾

これは原子分子説ともいわれ 1811 年アボガドロ氏⁴⁾ により次のように提案された。

「すべての物質は分子⁵⁾ と名づける微粒子からできていて、この分子はその物質としての特性を有する最小のものである。この分子はさらに数個の原子より組立てられている。元素の分子は同種の原子により、化合物の分子は異種の原子からできている。また同一条件では同容積の気体中には同数の分子を含ん

1) Law of gas reaction 2) Gay-Lussac 3) Molecular theory 4) Avogadro 5) Molecule

ている。」

この説によれば、上記の水の生成反応において水素1分子中に2原子、酸素1分子中にも2原子を含むとすると何の不合理もなく説明することができる。

§ 7. 原子量と分子量¹⁾

原子や分子は非常に小さいので1個の重さを求めてこれを用いることは大変むづかしい。しかし、相互の比較重量は容易に求められまた実用にも差支えない数値を用いることもできるので、この比較重量を**原子量**または**分子量**とする。

基本になる元素として酸素を用い、1原子の重さを16.000としてこれと比較した他元素の1原子の重さを原子量とする。同様に酸素1分子の重さを32.000としてこれと比較した他の物質1分子の重さを分子量とする。

また種々なる計算上次の量を用いることがある。すなわち原子量に等しいグラム数の元素の量を**1グラム原子**、また分子量に等しいグラム数の物質の量を**1グラム分子**(または**1モル**²⁾)という。(p.7 参照)

§ 8. 当量と原子価³⁾

化学変化は原子がその相手をかえることであるから、今甲元素の1原子が乙元素の1原子と化合する場合にはその重量では原子量の割合になっている。しかし、甲元素の1原子は乙元素の2原子や3原子と化合したり、また丙元素の1原子と甲元素の2原子とが化合したりして大変複雑である。

種々なる研究の結果、水素原子1個または数個と他の元素の1原子との化合物は存在しているが、水素原子1個と他元素の2原子以上との化合物は知られていない。故に水素原子1個と化合する他元素の量はその原子量に等しいかまたはその整数分の1である。この水素1原子と化合する他元素の量をその元素の**当量**という。しかし化合物中には必ずしも水素を含むとは限らないので、水素と直接化合しない元素では、水素1原子と化合する他元素の量を基として求めればよいのである。たとえば銀は水素と化合しないが塩素と1原子ずつで化

1) Atomic weight, Molecular weight, 2) Mol 3) Equivalent, Valency,

合する。しかし塩素は水素と 1 原子ずつで化合するので塩素の 1 原子と化合する銀の量（この場合はもちろん 1 原子）が当量である。

また、ある元素の 1 原子が水素の幾原子と化合するかというその数をその元素の原子価という。そこで次のような関係がある。

$$(\text{当量}) \times (\text{原子価}) = (\text{原子量})$$

$$\text{または } \frac{\text{原子量}}{\text{原子価}} = \text{当量}$$

当量に等しいグラム数の元素の量をその元素の 1 グラム当量という。

§ 9. 化学記号と化学式¹⁾

元素をあらわすのに化学記号を用いる。これはその元素のラテン語、英語またはドイツ語などの頭文字を用いる。同一の頭文字の場合には第二の記号を附して区別する。

この化学記号を用いて物質をあらわした式が化学式であり種々なる用法がある。

[I] 分子式²⁾ ……物質 1 分子の構成元素とその数量を示したものである。たとえば、

水素 H_2 , 水 H_2O , 二酸化炭素 CO_2 , ベンゼン C_6H_6

などの如くである。

[II] 実験式³⁾ ……分析によりその組成を知り、最も簡単にその組成をあらわした式である。従ってこの実験式の整数倍が分子式になる。

[III] 構造式⁴⁾ ……分子の内部の化合様式を示したもので、一般には原子価 1 つにつき 1 本の結合手⁵⁾ により結合の有様を示している。有機化合物については特に重要なものである。

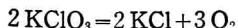
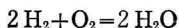
以上の 3 種類のものが化学式といわれるが、これだけでは完全に化学反応をあらわすことはできない。すなわち化学反応に際して、分解せずに 1 つの団体となつてこれが 1 つの分子のごとく作用する群がある。これを基⁶⁾ (または根)

1) Chemical symbol, Chemical formula 2) Molecular formula 3) Empirical formula 4) Constitutional formula 5) Bond 6) Radical

という。この基にも原子価に相当するものがある。おもなものは次のごとくである。

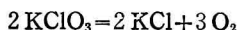
基名	記号	原子価		基名	記号	原子価
水酸基	OH	1	:	硫酸基	SO ₄	2
硝酸基	NO ₃	1	:	炭酸基	CO ₃	2
アンモニウム基	NH ₄	1	:	磷酸基	PO ₄	3
メチル基	CH ₃	1	:	フェロシアン基	Fe(CN) ₆	4

[IV] 化学方程式¹⁾……化学式によって反応を示した式であって前記の諸定律を応用して反応する物質と生成物質とを等号＝によって結んだものである。この場合両辺の各物質につきそれに相当する係数をつけることにしている。



この方程式により量的関係が計算できる。

(例) 塩素酸カリ KClO_3 2 モルすなわち 245 g により酸素 3 モルすなわち 96 g を生ずる割合であるから KClO_3 200 g よりは次式により、生ずる酸素の量 x を求められる。



$$\begin{array}{ccc} 245 & 96 & \\ 200 & x & x = \frac{200 \times 96}{245} \end{array}$$

(補) 基本になる元素として炭素を用い、1 原子の重さを 12 としめ、これと比較した他の原子 1 個の重さを原子量とするようにかわった。この方法によると大部分の原子量は整数に近くなる。これと同じ基準で分子量をきめる。

1) Chemical equation