

物質はいろいろの元素からできている。元素には原子番号1の水素から、111のレントゲニウムまで知られている。このうち、原子番号43のTcと93以降の元素はすべて人工の元素である。身の回りの元素は、化合物として存在することが多いが、単体として我々の眼に触れるものには、金箔、純銀製品、電線の銅、釣りの重りに使う鉛、窓枠のアルミニウム、電球中のアルゴン、蛍光灯中の水銀、空気中の酸素などがある。

一方、元素はさまざまに姿を変えて我々に利用されている。たとえば、原子番号26の鉄は建築、造船に使われる鋼材として、また、血液中で酸素を運ぶヘモグロビンの成分として役立っている。原子番号6の炭素は生体のあらゆる成分を形成し、人は食物の炭素化合物を体内で燃やして二酸化炭素を排出し、ダイヤモンドの指輪をはめる。

この章では元素の周期表を中心として、いろいろの無機物質の製法や性質について考え、さらに石炭、石油を中心にして炭素化合物について考える。

§1 元素の特性と周期律

元素を原子番号順にならべて元素の化学的周期性に合わせて整理した一覧表が元素の周期表である。周期表をよく理解することは無機化学を学ぶ上に大きな手助けとなる。すなわち、各元素のイオン価、他の元素との化学結合比、単体や化合物の物理的、化学的性質に関するある程度の情報などが得られる。

1. 周期表の見方

目 標 周期表を観察し、元素の化学的性質との関係を学ぶ。

学 習

元素の周期表を表紙見返しに示した。

横の列は元素の化学的性質が徐々に変化する様子を、縦の列は元素の化学的性質の類似性を示している。周期表の横の列を周期、縦の列を族といい、同じ族に属する元素を互いに同族元素という。

同族元素のうち、1族、2族と12族から18族までの元素を典型元素、3族から11族までの元素を遷移元素という。

遷移元素はすべて金属元素で、融点、沸点の高いものが多い。典型元素の族番号の1桁目の数字は、希ガスを除いて、原子の価電子の数に等しい。一方、遷移元素の価電子の数は2より少なく、原子番号の増加により、電子は最外殻の軌道ではなく、内方殻に配置されて行く。単体で電気や熱をよく導き、独特の光沢をもつ元素を金属元素という。金と銅のほかは、よく似た色調を示す。金属元素はそれぞれの価電子が外れて1~3価の陽イオンになり易く、なかでも2価が多い。金属元素以外の元素を非金属元素といい、すべて典型元素である。非金属元素は希ガスを除いて陰性が強く、陰イオンになり易い。非金属元素のイオンの価数は17族では1価、16族では2価が多い。

原子番号104番のラザホージウムから原子番号109のマイトネリウムまでは、超アクチノイド元素と呼ばれる。

マイトネリウム (Meitnerium) の名称の由来は、オットー・ハーンとともに放射能の研究に従事した物理学者リーゼ・マイトナーの偉業をたたえて命名された。一般に人工放射性元素は、原子炉を使って人工的につくられた元素で、製造後すぐに壊変して消滅する。消滅するまでの短時間に種々の測定が行われ、新元素であることが確定される。

表4-1 各周期の元素数

周期	元素数
第1周期	2
第2周期	8
第3周期	8
第4周期	18
第5周期	18
第6周期	32
第7周期	25

周期は第1周期から第7周期まであり、各周期に属している元素の数は表4-1のようになる。

ただし、第7周期は途中までで17個である。

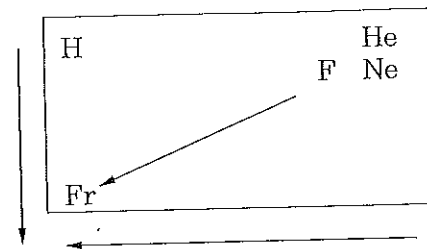
この表で分かるように周期的に変化するという意味は各周期の元素数が同じというのではない。

それでは各周期の元素数の2・8・8・18・18・32は何を意味するのであろうか。

いま、第4、第5周期について考えると、元素数18はそれぞれ典型元素9種と遷移元素9種

から成っている。第6周期ではさらにランタノイド元素の14種が入って、9+9

+14=32種となっている。このように典型元素だけについて考えると、元素8個ごとに周期性が見られることになる。すなわち、遷移元素の化学的性質は周期性がはっきりしない。とくにランタノイド元素やアクチノイド元素*は化学的性質がきわめて似ており、周期表に組込むことが困難であり周期表の下方にまとめて示される。これは遷移元素がすべて金属元素で、その最外殻の電子数が1個あるいは2個で、しかも電子は最外殻でなく内側の殻に順次充填されて行くために、最外殻電子が1個ずつ増えて行く典型元素のようにはっきりした化学的性質の変化を示さないものと考えられる。



また、典型元素においては、周期表で右上方にあるフッ素は最も非金属性が大き、左下方のフランシウムは最も金属性の大きい元素である。つまりカットで示したように、周期表の上から下へ、右から左へ向かうに従って金属性が強くなる。

2. 元素の原子価

目標 周期表と元素の原子価との関連性について学ぶ。

学習 典型元素で各族の1桁目の数字(1, 2, 3... 7)はその元素の最外殻にある電子数に相当していて、その元素がイオンになるときはそのイオン価、化合物になるときはその化合比を知るのに役立つ。たとえば第3周期についてイオンと酸化物を示すと表4-2のようになる。

表4-2 イオンと酸化物(第3周期)

族	1	2	13	14	15	16	17
イオン	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SiO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	S ²⁻	Cl ⁻
酸化物	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₂	Cl ₂ O

* ランタノイド元素群をまとめて記号でLn, アクチノイド元素群をまとめてAnと示すことがある。さらにLnとAnをまとめてLAと示すことがある。

14族や15族では Si^{4+} や P^{5+} のようなイオンはできず、ケイ酸イオン SiO_3^{2-} やリン酸イオン PO_4^{3-} のような形で存在する。このイオンの中で酸化数を計算すると、ケイ酸イオンの場合Oについては、 $-2 \times 3 = -6$ 、イオンの価数は -2 であるからSiとしては $+4$ となる。同様にリン酸イオンの場合Oについては、 $-2 \times 4 = -8$ 、イオンの価数は -3 であるから、Pとしては $+5$ となる。いっぽう、酸化物については、たとえば15族のリン、 P_4O_{10} の場合は $(+5 \times 4) + (-2 \times 10) = 0$ と考えればよく、元素をMで表すと一般に15族の酸化物の組成式は M_2O_5 となる*。

なお、第3周期のイオンをたがいに組み合わせると次のような化合物ができる**。
 Na_2SiO_3 (メタケイ酸ナトリウム)、 Na_3PO_4 (リン酸ナトリウム)、 Na_2S (硫化ナトリウム)、 $MgSiO_3$ (メタケイ酸マグネシウム)、 $NaCl$ 、 $MgCl_2$ 、 $AlCl_3$ 、 $Mg_3(PO_4)_2$ (リン酸マグネシウム) など。

族と原子価との関係は一般に表4-3のように示すことができる。

表4-3 族と原子価

族		1	2	13	14	15	16	17	18
原子価	(+)	1	2	3	2, 4	3, 5	4, 6	5, 7	0
	(-)	-	-	-	4	3	2	1	0

すなわち、1・2・13族の元素はそれぞれ $+1$ ・ $+2$ ・ $+3$ 価をとる。しかし、14族からは変則的となる。たとえば15族の窒素Nは NH_3 (Nは3価)、 N_2O_5 (Nは5価)を造り、16族の硫黄Sは SO_2 (Sは4価)や H_2SO_4 (Sは6価)を造る。17族のヨウ素Iは五酸化ヨウ素 I_2O_5 (Iは5価)や HI (Iは -1 価)を造る。14~17族の陰性(-)原子価を与えるものとしては、表4-4に示した水素化物がある。

また、14族のスズSnにはイオンとして Sn^{2+} と Sn^{4+} がある。しかし7族のマンガンの原子価には MnO_4^- (Mnは $+7$ 価)、 Mn^{2+} および化合物として MnO_2 (Mnは4価)があつて表4-3の通りにならない。ゆえに、表4-3は原則的なものでおおよその目安と考えてもらいたい。元素が表4-3のような原子価をとり

* 化学「上」p146参照
 ** Al_2S_3 、 MgS は生成しない。 Al^{3+} や Mg^{2+} は S^{2-} を作用させても水酸化物を生ずるだけである。

易いのは、原子が電子を放出するか、あるいは電子を取り込んで安定な不活性ガス型電子配置をとろうとする傾向があるためである。逆に考えると原子価とは、原子が安定な電子配置をとるために失ひまたは得る電子の数であるともいえる。この原子から出入りして原子価の原因になっている電子を原子価電子または価電子という。

表4-4 非金属の水素化物

族	14	15	16	17
2	CH_4 メタン	NH_3 アンモニア	H_2O 水	HF フッ化水素
3	SiH_4 シラン	PH_3 リン化水素	H_2S 硫化水素	HCl 塩化水素

以上にのべた事からは「化学上」で述べた化学結合に密接な関係がある。また、付表の元素の電子配置表を周期表を比較しながら考察すると興味深い。

3. 物理的特性値と周期性

目 標 元素の融点と周期性について学ぶ。

学 習 元素の物理的特性値と周期性との関係を表すものとして、単体の融点の周期性(図4-1)を示した。

融点は4、5および6族の元素と、14の炭素 C とケイ素 Si が高い。チタン Ti 、バナジウム V 、クロム Cr 、ニオブ Nb 、モリブデン Mo 、タンタル Ta およびタングステン W は耐熱合金の成分としてよく知られている。図4-1には出ていないが、タンタルの融点は $3010^\circ C$ 、またタングステンの融点は $3380^\circ C$ である。炭素についてはエジソンが日本の竹から作った炭を白熱灯のフィラメントに用いたのが1880年、そして1909年頃からは現在のタングステンフィラメントが用いられるようになった。さて、図4-1において、融点の最も低いのは希ガス元素(ヘリウム He ~ラドン Rn)で、金属では水銀 Hg (融点 $-39^\circ C$)、セシウム Cs