

元素の新しい立体周期表: エレメンタッチ

前野 悦輝

はじめに

2003年には、原子番号110の元素にダームスタチウム(Darmstadtium)の名称と元素記号Dsが正式に認められました。しかし元素の周期表として1枚の表に凝縮された規則性は、これら新元素が発見されても揺らぐものではありません。

現在広く使われている元素の周期表は、1869年にメンデレーフによって考案された短周期表から出発して、1905年にヴェルナーによって改良された長周期表を基にしたものです(図1)。ヴェルナーの周期表はもともとf電子系元素がp電子系とd電子系との間に組み込まれて横に長い、いわば「超長周期表」でした¹⁾。さて図1の長周期表は最も完成度の高い周期表といえるでしょうが、一見不合理な点もあります。本稿では、それらの問題点を解消するために筆者が考案した新しい立体周期表「エレメンタッチ」についてご紹介します²⁾。

長周期表の問題点

まず長周期表の問題点のうち3つをあげます。

1. 典型元素の不連続性: マグネシウム $_{12}\text{Mg}$ とアルミニウム $_{13}\text{Al}$ という性質も似ており、原子番号からも本来隣同士に並ぶべき元素の間隔が長周期表では随分空いています。これはすぐ下の4周期目にd電子系遷移金属元素があるためにやむなく生じたものです。
2. 化合物中や溶液中での元素の性質の表現: 長周期表は元素単体の特徴を整理するのに優れている一方、化合物中での性質の表現にはやや弱みがあります。たとえば $_{20}\text{Ca}$ と $_{48}\text{Cd}$ はいずれも+2価のイオンになりやすく、これらの元素が属する2族と12族の元素は、メンデレーフの短周期表では同じ列に配置されていました。この他にも、ともに+4価の非磁性イオンになりやすい4族の $_{22}\text{Ti}$ と14族の $_{50}\text{Sn}$ も一見、無関係の位置にあります。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$_{1}\text{H}$																	$_{2}\text{He}$
$_{3}\text{Li}$	$_{4}\text{Be}$											$_{5}\text{B}$	$_{6}\text{C}$	$_{7}\text{N}$	$_{8}\text{O}$	$_{9}\text{F}$	$_{10}\text{Ne}$
$_{11}\text{Na}$	$_{12}\text{Mg}$											$_{13}\text{Al}$	$_{14}\text{Si}$	$_{15}\text{P}$	$_{16}\text{S}$	$_{17}\text{Cl}$	$_{18}\text{Ar}$
$_{19}\text{K}$	$_{20}\text{Ca}$	$_{21}\text{Sc}$	$_{22}\text{Ti}$	$_{23}\text{V}$	$_{24}\text{Cr}$	$_{25}\text{Mn}$	$_{26}\text{Fe}$	$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$	$_{30}\text{Zn}$	$_{31}\text{Ga}$	$_{32}\text{Ge}$	$_{33}\text{As}$	$_{34}\text{Se}$	$_{35}\text{Br}$	$_{36}\text{Kr}$
$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$	$_{39}\text{Y}$	$_{40}\text{Zr}$	$_{41}\text{Nb}$	$_{42}\text{Mo}$	$_{43}\text{Tc}$	$_{44}\text{Ru}$	$_{45}\text{Rh}$	$_{46}\text{Pd}$	$_{47}\text{Ag}$	$_{48}\text{Cd}$	$_{49}\text{In}$	$_{50}\text{Sn}$	$_{51}\text{Sb}$	$_{52}\text{Te}$	$_{53}\text{I}$	$_{54}\text{Xe}$
$_{55}\text{Cs}$	$_{56}\text{Ba}$	$_{57}\text{La}$	$_{72}\text{Hf}$	$_{73}\text{Ta}$	$_{74}\text{W}$	$_{75}\text{Re}$	$_{76}\text{Os}$	$_{77}\text{Ir}$	$_{78}\text{Pt}$	$_{79}\text{Au}$	$_{80}\text{Hg}$	$_{81}\text{Tl}$	$_{82}\text{Pb}$	$_{83}\text{Bi}$	$_{84}\text{Po}$	$_{85}\text{At}$	$_{86}\text{Rn}$
$_{87}\text{Fr}$	$_{88}\text{Ra}$	$_{89}\text{Ac}$	$_{104}\text{Rf}$	$_{105}\text{D}$	$_{106}\text{Sg}$	$_{107}\text{Bh}$	$_{108}\text{Hs}$	$_{109}\text{Mt}$	$_{110}\text{Ds}$	111	112						
4f	$_{58}\text{Ce}$	$_{59}\text{Pr}$	$_{60}\text{Nd}$	$_{61}\text{Pm}$	$_{62}\text{Sm}$	$_{63}\text{Eu}$	$_{64}\text{Gd}$	$_{65}\text{Tb}$	$_{66}\text{Dy}$	$_{67}\text{Ho}$	$_{68}\text{Er}$	$_{69}\text{Tm}$	$_{70}\text{Yb}$	$_{71}\text{Lu}$			
5f	$_{90}\text{Th}$	$_{91}\text{Pa}$	$_{92}\text{U}$	$_{93}\text{Np}$	$_{94}\text{Pu}$	$_{95}\text{Am}$	$_{96}\text{Cm}$	$_{97}\text{Bk}$	$_{98}\text{Cf}$	$_{99}\text{Es}$	$_{100}\text{Fm}$	$_{101}\text{Md}$	$_{102}\text{No}$	$_{103}\text{Lr}$			

図1 ヴェルナーの長周期表. 本文中で問題にした元素については濃淡をつけて表示しています。

3. 希土類元素の別表扱い:f電子系遷移金属元素は下に別表扱いになっています. このため原子番号 56 のバリウムと同 72 のハフニウムとの間でも不連続性が生じています.

これらの問題点を解消するような周期表は作れないものでしょうか? スプロンセンの著作は 1968 年までの周期表に関する科学史の集大成ともいえるでしょう¹⁾. それによると連続性のある渦巻き型の周期表も古くから多数考案されてきました³⁾. 問題解決に向けたもうひとつの方法は周期表を立体化して表現の自由度を高めることです. 周期律を立体表現する試みとして, メンデレーフに先立つジャンクルトアによる「地のらせん」(1862 年)やメンデレーフ自身やマイヤーによるもの(1869-1872 年)があります. またヴェルナー以降ではステッドマン(1947 年)によるものなど多数が考案されてきました. このような立体周期表をペン立てに型にした板倉の立体周期表は, 我が国の高等学校の教育現場でもよく知られています⁴⁾. これらに対して, 図 2 に示した立体周期表「エレメンタッチ」の構造は筆者の知る限り, これまでに報告のなかった新しいものです.

立体周期表エレメンタッチ

まず上で述べた第 1 の問題点(不連続性)を解消するために, 元素記号を原子番号順に一列に並べた 1 本のテープをつくり, それをらせんに沿って筒状に巻いていきます. 第 2 の問題点を解消するために, ${}_{20}\text{Ca}$ まで巻いた後, Ca の真下には ${}_{38}\text{Sr}$ のかわりに同じ 2 価イオンをとりやすい ${}_{30}\text{Zn}$ が来るようにします. そのためには d 電子系の周期を s・p 電子系元素の周期より長くする必要が生じます. 同様に f 電子系元素に対してさらに長い周期の筒を設けることにより, 第 3 番目の問題点も同時に解消することができます. 結局, 縦 9 行の長周期表より縦長の 12 行からなる図 2 の立体構造が出来上がります. エレメンタッチ(Elementouch)」という名称は, 元素(element)に触れる(touch)という意味と, 「縦」に長い, 「立っている」周期表という意味をかけたものです.

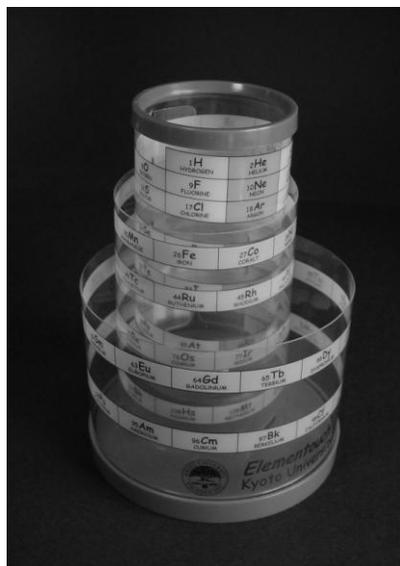


図 2 元素の新しい立体周期表:エレメンタッチ

現在ではハイテク産業を支える磁性材料をはじめとして工業的にも極めて重要で身近な元素となった f 電子系遷移金属元素も, 別表扱いではなく, d 電子系と対等に扱うことができました. 上から見ると, 内側の円筒には s・p 電子系典型元素, 真中の長円の筒には d 電子系元素, そして外側の長円の筒には f 電子系元素が並ぶようになっており, 原子核の周りの s・p 軌道, d 軌道, f 軌道に電子が順に入っていく状況を示唆的に表現しています. つまり原子核の周りをまわる電子の軌道を模式化した形になっています.

エレメンタッチでは 2 価, 3 価, 4 価になりやすい元素がそれぞれ縦に一列に並んでいます. 例えば Ca と Cd , Ti と Sn , そして Y と La と Lu がそれぞれ縦一列に並んでいます. ルテチウム ${}_{71}\text{Lu}$ は 3 価で非磁性イオンとなる点で, ランタノイドを含む希土類元素のうち ${}_{39}\text{Y}$ や ${}_{57}\text{La}$ とよく似ていますが, 図 1 の長周期表ではそのことが明確ではありませんでした.

エレメンタッチは, 筆者の研究室のホームページ²⁾から型紙をダウンロードしていただき, 缶コーヒーの空き缶にはりつければ自作できます. またペン立てとして製品化され, 京都大学生協⁵⁾や科学グッズ

を扱うザ・スタディールーム、お台場の科学未来館などで販売されているほか、インターネットでの販売ルートもあり⁶⁾、またこれまで国際会議の記念品や科学関係の会社のノベルティ(販売促進グッズ)などにも使われました⁷⁾。

最近ではエレメンタッチの立体構造をひとつの円筒面上に投影した図案のマグカップ(図 3)も製品化されました^{5,6,8)}。従来の周期表を世界地図にたとえ



図 3 エレメンタッチの図案を用いたマグ

ると、エレメンタッチは元素の地球儀といえるかもしれませんが(この発想は文献 4)にも述べられています)。しかし地球儀より世界地図のほうが何かと使いやすいものです。マグの図案をさらに平面にした図はいわば「元素の新しい世界地図」といえるかもしれません。製品化する上で立体構造では表現が難しかったのが水素の位置です。 ${}_1\text{H}$ と ${}_2\text{He}$ の連続性を保ちつつ、水素は ${}_3\text{Li}$ の真上に、またヘリウムは希ガス ${}_{10}\text{Ne}$ の真上に配置したいのです。平面的な図案では ${}_1\text{H}$ と ${}_2\text{He}$ が1s電子軌道をあらわす小さなループを描くようにすれば実現します。これはタオルやTシャツのデザインとなりました^{5,6,8)}。

本稿執筆にあたり貴重な情報をご教示いただいた島原健三氏と、ご協力いただいた Studio21 の藤原長憲氏に感謝いたします。

参考文献

1) J.W. van Spronsen: “The periodic System of Chemical

Elements: A History of the First Hundred Years”, Elsevier, (1969); 島原健三訳:「周期系の歴史」(上・下巻), 三共出版, (1978).

- 2) 前野悦輝: 日本物理学会誌, **57** (2002), 681; <http://www.ss.scphys.kyoto-u.ac.jp/elementouch/index.html>.
- 3) 我が国でも例えば, 安達健五: 金属の電子論(1), アグネ技術センター.
- 4) 板倉聖宣: 原子と付き合う本, 仮説社, (1985).
- 5) 京都大学生協: TEL: 075-753-7630.
- 6) 海猫屋, <http://www.uminekoya.co.jp/>.
- 7) 大宅産業株式会社, 〒586-0032 大阪府河内長野市栄町 28-38, TEL: 0721-53-1058, FAX: 0721-55-1730.
- 8) <http://www.studio21.co.jp/>.

(まえの・よしてる/京都大学国際融合創造センター・大学院理学研究科)