

特別賞

遷移元素の電子配置の規則性について

帝京大学 薬学部薬学科 3 年

三浦 諒介

1. 序 論

現在知られている118種類の元素には何らかの周期性があるとして一覧表が作られている。そしてその一覧表は周期表と名付けられ広く一般に使われている。しかし、周期表の元素の過半数を占める68種類の遷移元素の周期性については曖昧なままである。

元素の性質は最外殻の電子の数が大きく影響する事が分かっているので、化学者が周期表を睨みながら化学反応を想像することも良く知られている。

最外殻の電子の配列だけではなく、すべての電子の配列を知ることができれば化学の発展に大いに役立つのではないだろうか？

電子配列の周期性が分かれば、電子のエネルギー準位の計算も近年実用化されつつある量子コンピューターの力を借りればそれほど難しいことではないだろう。

さらに、119番目以降の未知の元素についても、この周期性から電子の配列を予想する事ができるので、その元素の性質さえも予測することが可能となる。

本論文はすべての元素の周期性を明らかにすることで周期表をより意味のあるものにする事を目的とする。

研究に至った経緯

1：遷移元素の不可解な分類と性質について疑問を持った。

遷移元素は類似の性質を持っているにもかかわらず、原子番号が異なる原因を知りたかった。

2：遷移元素にも何らかの規則性があるような気がしたので、それがどのような法則に基づくのかと言う点に興味を持った。

規則性を見出すことができれば、より整合性の取れた周期表になると思った。

3：現在118種の元素が発見されているが、宇宙にはそれ以外にも元素が存在するのか、あるいはこれ以上存在しないのかという疑問も同時に湧いた。

規則性を構成するための条件

1：電子はエネルギー準位の低い方の軌道に位置する。

2：エネルギー準位は一般的には内殻の方が低い。

3：ヘリウムのように殻に2個の電子があると安定な元素になるが知られている。これをデュエット則に、また8個の電子で安定となる元素も存在するので、この現象はオクテット則に従うものだとしてきた。本論文ではデュエット則およびオクテット則のことをオクテットと表記する。

4：殻には複数の軌道が存在する。

5：最外殻の価電子が2の場合の元素の電子は特殊な位置を占める。遷移元素として分類される原子の電子は最外殻よりもエネルギー準位の低い内殻の軌道に位置する。

6：軌道がオクテットに達すると、同一の殻内の軌道には何らかのバリエーションが生じるので、電子はエネルギー順位の低い軌道に入る。

以上の6点は従来の考えを逸脱するものではない。

しかし、本論文では次の2点を追加する。

7：第一点は「電子殻と原子軌道の数是一定の法則にしたがって決まっている」とする従来の考え方を破棄する。逆に電子番号の増加とともに変化する電子の数と殻との関係に注目し軌道の数そのものを推測する。本論文ではこの軌道を識別するために、殻を表

す記号に小文字を添えて表記する。

8：第二点は「最外殻の軌道は混成軌道を形成することにより結合が行われる」とする従来の考えを破棄する。最外殻の軌道上の電子が結合に直接関与すると考える。

本論での新しい軌道の名称は、同一の殻の中の軌道には殻の名前に小文字を添えて表記する。

2. 本 論

2.1 背 景

本研究でも従来と同じように「電子はK、L、M、N、O、P、Q 殻に配置されている」と考える。本論文では、混成軌道を形成しないので、従来の軌道名(s、p、d、f)を使わない。同一の殻の中の軌道名は殻の名前に小文字を添えて区別する。(x、y、z で示す)

2.2 検証結果

本研究で導き出した第1周期から第3周期までの元素の電子配置図を表1に示す。

第1周期の元素の電子の数と配置は従来の周期表と同一である。また第2周期と第3周期の元素の最外殻の電子の数も従来と同じである。

しかし、本論文では電子の配置は異なる。従来の周期表では最外殻には2本以上の軌道が存在するが、本論では混成軌道を形成しないので1本の軌道しか存在しない。

表1：第1周期から第3周期までの元素の電子配置図

atomic number	element	K	L	M
		K _x	L _x	M _x
1	H	1		
2	He	2		
3	Li	2	1	
4	Be	2	2	
5	B	2	3	
6	C	2	4	
7	N	2	5	
8	O	2	6	
9	F	2	7	
10	Ne	2	8	
11	Na	2	8	1
12	Mg	2	8	2
13	Al	2	8	3
14	Si	2	8	4
15	P	2	8	5
16	S	2	8	6
17	Cl	2	8	7
18	Ar	2	8	8

第4周期の元素の電子配置図を表2に示す。

第4周期は1族及び2族の電子が主軌道 N_x に収まった後、電子番号の増加による遷移元素の電子のエネルギー準位はN 殻に収まるには不足する。電子はエネルギー準位の低い最内殻 K 殻の軌道を探す。しかし、K 殻の主軌道である K_x 軌道はすでにオクテットであるので K 殻の別の軌道すなわち K_y 軌道に入り、2個でオクテットとなり安定する。

電子の増加とともに K_y 軌道がオクテットになると次の電子は外殻の L 殻に入ることができないかと居場所を探る。電子は L_y 軌道に入ることができるエネルギーを保持しているが N 殻に収まるにはエネルギーが不足する。

L_Y 軌道が8個の電子で埋め尽くされると、オクテットとなり安定する。遷移元素の電子がそれぞれの軌道 K_Y と L_Y に収まりオクテットになると、M 殻に入るにはエネルギーが不足するので、第4周期の元素（ガリウム）の電子からは再び最外殻の主軌道 N_X に移動し収納される。

表2：第4周期の元素の電子図

atomic number	element	K		L		M	N
		K_X	K_Y	L_X	L_Y	M_X	N_X
19	K	2		8		8	1
20	Ca	2		8		8	2
21	Sc	2	1	8		8	2
22	Ti	2	2	8		8	2
23	V	2	2	8	1	8	2
24	Cr	2	2	8	2	8	2
25	Mn	2	2	8	3	8	2
26	Fe	2	2	8	4	8	2
27	Co	2	2	8	5	8	2
28	Ni	2	2	8	6	8	2
29	Cu	2	2	8	7	8	2
30	Zn	2	2	8	8	8	2
31	Ga	2	2	8	8	8	3
32	Ge	2	2	8	8	8	4
33	As	2	2	8	8	8	5
34	Se	2	2	8	8	8	6
35	Br	2	2	8	8	8	7
36	Kr	2	2	8	8	8	8

第5周期の元素の電子配置図を表3に示す。

第5周期の遷移元素も前述した第4周期と全く同様の行動をとる。すなわち1族と2族の電子が主軌道 O_X に収まった後、遷移元素は K_Z 軌道に移動し2個でオクテットとなる。

従来はK 殻には軌道は一本しか存在しないとしていたが、本論文では、この時点でK 殻に3本の軌道が存在する。

その後 L_Z 軌道に移動し8個の電子を埋め尽くすとオクテットになり、安定する。遷移元素がそれぞれの軌道に収まると、原子番号49のインジウムからは再び主軌道 O_X に移動する。電子の軌道上での配置はエネルギー準位によって決まる。

表3：第5周期の元素の電子配置図

atomic number	element	K			L			M	N	O
		K_X	K_Y	K_Z	L_X	L_Y	L_Z	M_X	N_X	O_X
37	Rb	2	2		8	8		8	8	1
38	Sr	2	2		8	8		8	8	2
39	Y	2	2	1	8	8		8	8	2
40	Zr	2	2	2	8	8		8	8	2
41	Nb	2	2	2	8	8	1	8	8	2
42	Mo	2	2	2	8	8	2	8	8	2
43	Tc	2	2	2	8	8	3	8	8	2
44	Ru	2	2	2	8	8	4	8	8	2
45	Rh	2	2	2	8	8	5	8	8	2
46	Pd	2	2	2	8	8	6	8	8	2
47	Ag	2	2	2	8	8	7	8	8	2
48	Cd	2	2	2	8	8	8	8	8	2
49	In	2	2	2	8	8	8	8	8	3
50	Sn	2	2	2	8	8	8	8	8	4
51	Sb	2	2	2	8	8	8	8	8	5
52	Te	2	2	2	8	8	8	8	8	6
53	I	2	2	2	8	8	8	8	8	7
54	Xe	2	2	2	8	8	8	8	8	8

第6周期の元素の電子配置図を表4に示す。

第6周期については2族のランタンからタリウムの中に24個の元素が存在する事に注目する。この24個の電子はオクテット状態の3本の軌道が存在すると推測できる。また、2個の電子でオクテットになる K 殻も3個の軌道しか存在しないと推測できる。

このことから各殻には3個の軌道しか存在しないと予測できる。

第1族及び2族の電子が主軌道 P_x に収まった後、K 殻及び L 殻のすべての軌道は既に電子で満たされているので、入ることができない。したがってよりエネルギー準位の低い内殻の軌道、すなわち M_y 軌道に移動し、8個でオクテットとなる。

それ以降の元素の電子は N_y 軌道に移動する。ここでも8個で安定になると O_y 軌道に移動する。タリウムからは再び最外殻である主軌道 P_x に移動する。

このことから電子は同一の殻内の別の軌道に入れないことが分かる。

表4：第6周期の元素の電子配置図

atomic number	element	K			L			M		N		O		P
		K _x	K _y	K _z	L _x	L _y	L _z	M _x	M _y	N _x	N _y	O _x	O _y	P _x
55	Cs	2	2	2	8	8	8	8		8		8		1
56	Ba	2	2	2	8	8	8	8		8		8		2
57	La	2	2	2	8	8	8	8	1	8		8		2
58	Ce	2	2	2	8	8	8	8	2	8		8		2
59	Pr	2	2	2	8	8	8	8	3	8		8		2
60	Nd	2	2	2	8	8	8	8	4	8		8		2
61	Pm	2	2	2	8	8	8	8	5	8		8		2
62	Sm	2	2	2	8	8	8	8	6	8		8		2
63	Eu	2	2	2	8	8	8	8	7	8		8		2
64	Gd	2	2	2	8	8	8	8	8	8		8		2
65	Tb	2	2	2	8	8	8	8	8	8	1	8		2
66	Dy	2	2	2	8	8	8	8	8	8	2	8		2
67	Ho	2	2	2	8	8	8	8	8	8	3	8		2
68	Er	2	2	2	8	8	8	8	8	8	4	8		2
69	Tm	2	2	2	8	8	8	8	8	8	5	8		2
70	Yb	2	2	2	8	8	8	8	8	8	6	8		2
71	Lu	2	2	2	8	8	8	8	8	8	7	8		2
72	Hf	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8		2
73	Ta	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	1	2
74	W	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	2	2
75	Re	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	3	2
76	Os	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	4	2
77	Ir	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	5	2
78	Pt	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	6	2
79	Au	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	7	2
80	Hg	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2
81	Tl	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
82	Pb	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
83	Bi	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5
84	Po	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6
85	At	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7
86	Rn	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

第7周期の元素の電子配置図を表5に示す。

第7周期についても電子の配置は第6周期の場合とほぼ同じである。

すなわち1族及び2族の電子が主軌道 Q_x に収まった後、 M_z 軌道に移動し8個でオクテットとなり、その後 N_z 軌道に移動する。ここでもこの軌道が8個の電子で満たされオクテットになると O_z 軌道に移動する。

電子が8個でオクテットになると、遷移元素から抜け出し、原子番号113のニホニウム以降の元素の電子は順次最外殻である主軌道 Q_x に納まる。

この時点で M 殻、N 殻および O 殻の電子軌道はすべて満たされる事となる。
原子番号順にすべての元素が軌道上に過不足なく収納される。

表5：第7周期の元素の電子配置図

atomic number	element	K			L			M			N			O			P	Q
		Kx	Ky	Kz	Lx	Ly	Lz	Mx	My	Mz	Nx	Ny	Nz	Ox	Oy	Oz	Px	Qx
87	Fr	2	2	2	8	8	8	8	8		8	8		8	8		8	1
88	Ra	2	2	2	8	8	8	8	8		8	8		8	8		8	2
89	Ac	2	2	2	8	8	8	8	8	1	8	8		8	8		8	2
90	Th	2	2	2	8	8	8	8	8	2	8	8		8	8		8	2
91	Pa	2	2	2	8	8	8	8	8	3	8	8		8	8		8	2
92	U	2	2	2	8	8	8	8	8	4	8	8		8	8		8	2
93	Np	2	2	2	8	8	8	8	8	5	8	8		8	8		8	2
94	Pu	2	2	2	8	8	8	8	8	6	8	8		8	8		8	2
95	Am	2	2	2	8	8	8	8	8	7	8	8		8	8		8	2
96	Cm	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		8	2
97	Bk	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	1	8	8		8	2
98	Cf	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	2	8	8		8	2
99	Es	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	3	8	8		8	2
100	Fm	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	4	8	8		8	2
101	Md	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8	8		8	2
102	No	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	6	8	8		8	2
103	Lr	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8		8	2
104	Rf	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	2
105	Db	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1	8	2
106	Sg	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2	8	2
107	Bh	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3	8	2
108	Hs	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4	8	2
109	Mt	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8	2
110	Ds	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	8	2
111	Rg	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	2
112	Cn	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2
113	Nh	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3
114	Fl	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
115	Mc	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5
116	Lv	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6
117	Ts	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7
118	Og	2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

3. 結 論

本論文の検証結果から、原子番号の増加とともに増えて行く電子が最外殻の軌道に収納されずに内殻の軌道に収納される元素を遷移元素と定義することは極めて理解しやすい分類法であることが分かった。また、各殻には軌道が3個しか存在することができない事も分かった。

本研究から導き出された電子配置の規則性を利用すれば、数式化することも可能となるので、電子のエネルギー準位を正確に求めることが出来るかもしれない。元素を構成する陽子と中性子および電子の複雑な相互作用も量子コンピューターの出現はその一助になるかも知れない。

本論文は「元素間同士の結合は混成軌道による」とする従来の考えを破棄することから始まった。その検証をまとめると次の3点に要約することができる。

第一点：殻には3本の軌道しか存在しない。

第二点：遷移元素を「原子番号の増加とともに増えて行く電子が最外殻の軌道に収納されずに内殻の軌道に収納される元素」と定義

第三点：未知の元素の電子配置図の予測が可能

論文で導いたこの法則性を利用して第8周期の119番目以降の元素の電子配置図を作成した。表6は第8周期の元素の電子配置図である。

第8周期の1族及び2族の電子が主軌道 R_X に収まった後、内殻の P_Y 軌道に移動し8個でオクテットとなると、その後外殻の Q_Y 軌道に移動する。本論文で導き出された法則に従うと、電子は同一の殻内の別の軌道すなわち P_Z 軌道に入ることができないので、その外側の殻の軌道に収納される。

この Q_Y 軌道が8個の電子で満たされオクテットになると外殻の R_X 軌道に移動する。

第6周期と第7周期には24個存在するのに対して、第8周期に属する未知の元素の遷移元素は16個しか存在しない事が分かった。

本論文では同一の殻に存在する軌道に対して、主軌道には便宜上小文字の x を付け、それ以後は順次 y 、 z の文字を付与した。

しかし、検証の結果同一の殻の中には3本の軌道しか存在しない事が判明したので、この文字には新たな意味を持たせることが可能となった。

すなわち三次元空間 XYZ 面と一致すると考える事もできる。軌道の回転軸が X 軸、 Y 軸及び Z 軸と考えれば互いに独立し干渉しない関係が成立する。

すなわち、極めて常識的な現象と考える事ができ、理解しやすい。また本論文での考察では最外殻の軌道は常に一本しか存在しないので、複雑な混成軌道を用いる必要はない。

したがって、元素同士の結合や分子の構造が極めて理解しやすい形で表現することができる。

表6：第8周期の元素の電子配置図

atomic number	element	K(max2)			L(Max8)			M(Max8)			N(Max8)			O(Max8)			P(Max8)			Q(Max8)			R
		Kx	Ky	Kz	Lx	Ly	Lz	Mx	My	Mz	Nx	Ny	Nz	Ox	Oy	Oz	Px	Py	Pz	Qx	Qy	Qz	Rx
119		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			8			1
120		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			8			2
121		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1		8			2
122		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2		8			2
123		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	3		8			2
124		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4		8			2
125		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5		8			2
126		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6		8			2
127		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7		8			2
128		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8			2
129		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	1		2
130		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	2		2
131		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	3		2
132		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	4		2
133		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	5		2
134		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	6		2
135		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	7		2
136		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		2
137		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		3
138		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		4
139		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		5
140		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		6
141		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		7
142		2	2	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8		8

4. 補 足

本論文で導き出した元素の電子配置図を基にして新しい周期表を作成したものを表7に示す。

従来の周期表は18族までの分類になっているが、この周期表から元素は16族に分類されていることが分かる。しかし、遷移元素の周期性が曖昧であるにもかかわらず周期表という名称が使われている。

表7：新しい周期表

	軌道名	1族	2族	3族	4族	5族	6族	7族	8族	9族	10族	11族	12族	13族	14族	15族	16族
最外殻の電子数		1															2
		1	2										3	4	5	6	7
最外殻の内側の電子数			1								2						
			1	2	3	4	5	6	7	8							
1周期	Kx	1 H															2 He
2周期	Lx	3 Li	4 Be									5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3周期	Mx	11 Na	12 Mg								13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4周期	Nx	19 K	20 Ca								31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
	Ky			21 Sc								22 Ti					
	Ly			23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn						
5周期	Ox	37 Rb	38 Sr								49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
	Kz			39 Y								40 Zr					
	Lz			41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd						
6周期	Px	55 Cs	56 Ba								81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
	My			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd						
	Ny			65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf						
	Oy			73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg						
7周期	Qx	87 Fr	88 Ra								113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
	Mz			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm						
	Nz			97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf						
	Oz			105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn						

周期性を分かり易い表現にするために遷移元素のだけを取り出したものを表8に示す。

表8：遷移元素のみの周期表

	3族	4族	5族	6族	7族	8族	9族	10族
価電子	2							
内殻の電子数	1							2
	1	2	3	4	5	6	7	8
1周期								
2周期								
3周期								
4周期	²¹ Sc							²² Ti
	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn
5周期	³⁹ Y							⁴⁰ Zr
	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd
6周期	⁵⁷ La	⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd
	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu	⁷² Hf
	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg
7周期	⁸⁹ Ac	⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U	⁹³ Np	⁹⁴ Pu	⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm
	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr	¹⁰⁴ Rf
	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Ds	¹¹¹ Rg	¹¹² Cn

遷移元素以外の元素の周期表を表9に示す。

表9：遷移元素以外の元素の周期表

	1族	2族	11族	12族	13族	14族	15族	16族
価電子	1							0
	1	2	3	4	5	6	7	8
1周期	¹ H							² He
2周期	³ Li	⁴ Be	⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne
3周期	¹¹ Na	¹² Mg	¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar
4周期	¹⁹ K	²⁰ Ca	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr
5周期	³⁷ Rb	³⁸ Sr	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe
6周期	⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn
7周期	⁸⁷ Fr	⁸⁸ Ra	¹¹³ Nh	¹¹⁴ Fl	¹¹⁵ Mc	¹¹⁶ Lv	¹¹⁷ Ts	¹¹⁸ Og

謝 辞

本研究は、私が高校生の時の2018年の夏に周期表を眺めながら、抱いた疑問から始まりました。当時、私の中では、遷移元素の周期性についての基本的な考え方は確立していましたが、どのような形で論文に仕上げるか分からなかったので、多くの方々に助言とアドバイスを求めました。余りにも独創的だったので、真正面から批判されることも多く、気が滅入ることもありました。真剣に読んでいただき問題点や進め方についてのアドバイスをしてくださる方もいました。東京大学元副学長の小島 憲道先生からは「理論式の大切さについて」、その他には、ノーベル化学賞を受賞された本庶佑先生からは「せっかくの論文ですから、国際的に認められる科学雑誌に発表されることをお勧め申し上げます」との励ましのメールを頂いたことが、今日まで継続した研究の励ましとなったことに感謝致します。また、第24回独創性を拓く先端技術大賞で学生部門文部科学大臣賞を受賞された五十嵐悠紀先生には、この「独創性を拓く先端技術大賞」を紹介していただき、発表の機会を与えていただいたことに感謝致します。

参考文献

元素周期表