

『原点からの化学』 まえがき

学校で学ぶいろいろな科目について“わかる”というのはどのような状態をさすのでしょうか。ある人が“わかった”と言い、別の人気が“わからない”と言ったとしても、本当は後者の人のほうがよくわかっていることがあります。ですから、やはり、何らかのテストをして、わかりぐあいをはかることになります。結局、“わかる=問題が解ける”と一般にはなっています。そこで、“わかっている”人を選別したい入試では、わかっているかどうかを知るために、さまざまな問題がつくれられます。そして、化学の場合、物質を対象とする学問ですから、問題の中にいろいろな物質が登場します。そこで、要領よく化学の点数を上げるために、よく入試に出る物質や反応などについて覚えればよいという考え方方が発生し、「入試に出る頻度順情報の覚え方」を基本に授業が展開されることもしばしばあります。

しかし、教育の目的が「真実を見る目、感動する豊かな心、そして生き抜く力を育てていくこと」にあるという教育の原点から考えて、また、化学のみずみずしい本当にすばらしい世界を伝えているかどうかという点から考えて、さらに、化学がわかるということは点数がよいということとは必ずしも一致しない（大学の化学の先生で自分の大学入試問題で満点をとれる人はまれであると断言できます!!）という点から考えても、このような授業が、本来の化学教育からはずれていることは間違ひありません。

私は、予備校という、極端に言えば「点数を上げる方法をさっさと言え!!」という鋭い視線の集まる場で、「どうすれば化学の明らかにした物質の感動的な姿を伝えることと、点数を上げることが矛盾なくつながって展開できるか」について悩み、工夫をこらしながら、教壇に立ってきました。そして、その過程で、『新理系の化学』（駿台文庫）という参考書を出しました。ただ、その本に対し、「よくわかった」という反響とともに、「ついていけない」という反響がつねに返っていました。そのとき、では、どこから話せばわかってくれるようになるのかと、次々とより基礎的な事項にさかのぼっていくと、中学の理科での化学にまでたどりつくこともしばしばありました。もちろん、もっと高いレベルのある点からわからなくなっている人もいました。そんなことから、化学のさまざまな分野について、できるだけ原点から説明していく、もう少しきめの細かい参考書も必要なのではないかと思うようになりました。そこで、『原点からの化学』シリーズを刊行する決意をしたわけです。どこまで内容を豊かにできるか、シリーズがいつ完結するのかなどは筆者にもいまのところ予想がつきません。ただ、化学を学ぶ生徒にとって、また教えておられる先生方にとって、少しでも意味のあるものにするため力を尽くしたいと決意しています。

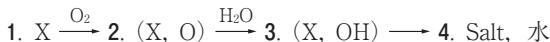
1991年春 石川 正明

『無機化学』の序

有機化学（Organic Chemistry）がC元素の化学であるのに対し、無機化学（In organic Chemistry）は全元素の化学です。したがって、無機化学ではすべての元素の組み合わせからなる多様な物質が登場します。それを見て、この雑然とした雰囲気に圧倒される人も多いでしょう。

しかし、元素間には、周期表上での位置関係が示す美しい秩序があります。また、無機物質間の反応も、中和、沈殿、弱酸生成、錯イオン生成、酸化還元反応など少数の反応に分類されるので、これらの反応でキーになる点を学べば、見たことのない反応に出会っても「ああ、あの型の反応だ」と判断でき、自分の理解下におくことができます。

さて、私たち人類は、地球の環境において、主に地表にある物質を原料にして、様々な物質を合成し、生活に利用しています。そして、地表にある物質とは、ほとんどが SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 、 $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ 、 H_2O などの酸化物と、 NaCl などの塩です。そして、空気中には、光合成によって絶えず生み出される強烈な酸化剤 O_2 が存在します。したがって、私たちがある元素Xの単体を合成したとしても、たいていその単体Xは O_2 で酸化されて酸化物（X, O）となり、その酸化物は水と反応し水酸化物（X, OH）となり、最終的には、中和されて塩と水、つまり海にもどるという、



の流れの場に置かれます。そこで、物質の性質は、1.~4.の中の同じレベルの物質間で比べることが大切です。また、元素別各論は、縦軸に1.~4.の4つのレベル、横軸には、多価元素の場合は酸化数、そうでない元素の場合は重要な塩を配置した、意味のある座標軸を使った整理図を使って学んでいくことにより、各物質の間の反応上での関係や、工業的製法の流れの必然性などを納得して学ぶことができます。

このような系統的な学び方をすることにより、無機化合物の美しい世界が見えています。本書は、このような方針で書かれた無機化学の参考書＆問題集です。

さて、本書では化学反応を押し進める因子を、エネルギーと乱雑さという用語を使って説明してきました。高校化学の新しい課程では、エンタルピー H 、エントロピー S 、ギブズエネルギー G という化学用語が導入されたため、本書の今回の改訂では、主にこれら新しい用語を使った反応の説明に変更しました。これで、新課程にふさわしい無機化学になったと思っています。

CONTENTS

第1章 無機化学の基礎

①	元素と元素記号	2
②	元素間の基本関係	5
①	電子配置	5
②	周期表	11
③	元素間の結合	16
④	化学式	20
①	構成元素は何かから知るか	20
②	原子の数（比）は何かから知るか	20
(1)	イオン性化合物／20	
(2)	共有結合からなる分子／21	
③	構造（形）は何かから知るか	26
(1)	金属結晶／26	
(2)	イオン結晶／26	
(3)	分子結晶／28	
(4)	共有結合からなる分子、イオンの構造／28	
⑤	物質の物理的性質	34
⑥	無機物質の名称	41

第2章 無機物質の反応

①	反応をとらえる視点	48
①	化学反応式の書き方	49

② 反応の理論の利用	54
(1) エンタルピーとエントロピー／54	
(2) 平衡の移動／56	
(3) 平衡定数／58	
(4) 反応速度／61	
③ 結合の切れ方の原則の利用	63
① 対イオン交換反応	65
① 酸、塩基と中和反応	66
(1) (X, OH)…水酸化物／66	
(2) (X, O)…酸化物／68	
(3) (X, H)…水素化合物／73	
(4) 中和反応／75	
② 沈殿反応	78
(1) 通常の場合の判定法／78	
(2) 複雑な場合の判定法／81	
③ 弱酸生成反応、弱塩基生成反応	85
④ 挥発性酸生成反応	89
② 配位子交換反応	91
(1) 配位数／92	
(2) 仲良しペア／94	
(3) 反応の見方／96	
(4) 錯イオン、沈殿の色／98	
③ 酸化還元反応	101
(1) 酸化数／102	
(2) 還元剤・酸化剤／105	
(3) 反応式の組み立て方／107	
(4) 電池の電極反応式の書き方／117	
(5) 電気分解の電極反応式の書き方／120	
④ 分解反応	125

第3章 無機物質の各論

[1] 単体グループ	.....	132
[1] 金属元素単体グループ	.....	132
(1) 物理的性質	/	132
(2) 化学的性質	/	134
[2] 非金属元素単体グループ	.....	139
(1) 物理的性質	/	139
(2) 化学的性質	/	139
[2] (X, O, H) グループ	.....	142
(1) 物理的性質	/	142
(2) 化学的性質	/	144
[3] 気体グループ	.....	146
[1] 発生反応	.....	146
(1) N 系列	/	146
(2) S 系列	/	149
(3) Cl 系列	/	150
(4) O 系列	/	151
(5) C 系列	/	153
(6) H 系列	/	154
[2] 実験装置	.....	156
(1) つくる	/	156
(2) 乾かす	/	159
(3) 集める	/	161
[3] 検出方法	.....	164
(1) 色を見る	/	164
(2) においを嗅ぐ	/	164
(3) 燃やしてみる	/	165
(4) 溶液に通す	/	165
(5) その他	/	166
[4] 発生反応と検出法のまとめ	.....	168

④ イオングループ	.....	170
1 陽イオングループ	.....	170
(1) 儂数と色	/	170
(2) 沈殿	/	171
(3) 沈殿の再溶解	/	171
(4) 系統分析でのイオンの分類	/	174
2 陰イオングループ	.....	179
(1) 儂数と色	/	179
(2) 検出	/	180
⑤ 両性元素グループ	.....	184
1 強酸との反応	.....	184
2 強塩基との反応	.....	186
⑥ 元素別物質グループ	.....	188
0 整理の座標系を設定する	.....	188
1 Na	.....	190
(1) 実験室的流れ	/	190
(2) 工業的流れ	/	191
(3) 重要物質の特性、用途など	/	193
(4) その他1族元素の特性、用途など	/	194
2 Ca	.....	194
(1) 実験室的流れ	/	195
(2) 工業的流れ	/	195
(3) 重要物質の特性、用途など	/	196
(4) その他2族元素の特性、用途など	/	197
3 Al	.....	202
(1) 実験室的流れ	/	202
(2) 工業的流れ	/	203
(3) 重要物質の特性、用途など	/	205
4 Cr	.....	208
(1) 実験室的流れ	/	209
(2) 工業的流れ	/	210
(3) 重要物質の特性、用途など	/	211

[5] Mn 213

- (1) 実験室的流れ／213
- (2) 工業的流れ／215
- (3) 重要物質の特性、用途など／215

[6] Fe 217

- (1) 実験室的流れ／217
- (2) 工業的流れ／219
- (3) 重要物質の特性、用途など／221
- (4) Fe と似た元素の Co, Ni の特性、用途など／221

[7] Cu 223

- (1) 実験室的流れ／224
- (2) 工業的流れ／226
- (3) 重要物質の特性、用途など／228

[8] Ag 231

- (1) 実験室的流れ／231
- (2) 工業的流れ／232
- (3) 重要物質の特性、用途など／233
- (4) その他、Au, Pt の特性、用途など／233

[9] Zn 236

- (1) 実験室的流れ／236
- (2) 工業的流れ／237
- (3) 重要物質の特性、用途など／238
- (4) その他、Cd, Hg の特性、用途など／238

[10] Sn 240

- (1)(2) 実験室的流れ、工業的流れ／240
- (3) 重要物質の特性、用途など／241

[11] Pb 242

- (1)(2) 実験室的流れ、工業的流れ／242
- (3) 重要物質の特性、用途など／244

[12] C 246

- (0) 自然界での流れ／246
- (1) 実験室的流れ／247
- (2) 工業的流れ／248
- (3) 重要物質の特性、用途など／248

[13] Si 250

- (0) 自然界での流れ／250
- (1)(2) 実験室的流れ、工業的流れ／252
- (3) 重要物質の特性、用途など／255

[14] N 257

- (0) 自然界での流れ／257
- (1) 実験室的流れ／258
- (2) 工業的流れ／258
- (3) 重要物質の特性、用途など／260

[15] P 262

- (0) 自然界での流れ／262
- (1) 実験室的流れ／263
- (2) 工業的流れ／265
- (3) 重要物質の特性、用途など／266

[16] O 267

- (0) 自然界での流れ／267
- (1) 実験室的流れ／268
- (2) 工業的流れ／269
- (3) 重要物質の特性、用途など／269

[17] S 271

- (0) 自然界での流れ／271
- (1) 実験室的流れ／272
- (2) 工業的流れ／273
- (3) 重要物質の特性、用途など／274

[18] Cl 275

- (0) 自然界での流れ／275
- (1)(2) 実験室的、工業的流れ／275
- (3) 重要物質の特性、用途など／276

[19] ハロゲン元素 277

- (0) 自然界での流れ／277
- (1)(2) 実験室的、工業的流れ／277
- (3) 重要物質の特性、用途など／278
- (4) ハロゲン元素内の比較／278

[20] 18族元素 280

- (0) 自然界での流れ／280
- (1)(2) 実験室的、工業的流れ／280
- (3) 重要物質の特性、用途など／280

問題の目次

(第 1 章 無機化学の基礎)

① 元素間の基本関係

- ① 原子の電子配置-1 / 9
- ② 原子の電子配置-2 / 10
- ③ 周期表と電子配置 / 12
- ④ 元素の周期表上の位置 / 13
- ⑤ 原子番号と原子の性質 / 14
- ② 元素間の結合**
- ⑥ 周期表上の位置と結合の
種類の判定 / 18

③ 化学式

- ⑦ オクテット則による電子対と構造式 / 30
- ⑧ 分子、イオンの形の推定 / 32
- ④ 物質の物理的性質**
- ⑨ 融点、沸点比較-1 / 36
- ⑩ 融点、沸点比較-2 / 38

⑤ 無機物質の名称

- ⑪ 命名法-1 / 43
- ⑫ 命名法-2 / 44
- ⑬ 命名法-3 / 45
- ⑭ 命名法-4 / 46

(第 2 章 無機物質の反応)

① 反応をとらえる視点

- ① 反応式の係数決定 / 50
- ② 化学反応式の書き方 / 52
- ③ イオン反応式 / 53

④ 進行可能な反応方向の判定 / 55

⑤ 平衡移動の方法 / 57

⑥ $K = \sim$ の書き方 / 59

⑦ 反応速度を上げる方法 / 62

⑧ 結合の切れ方の例 / 64

① 対イオン交換反応

- ⑨ (X, OH) の酸、塩基性の判定 / 67
- ⑩ $(X, O) \Leftrightarrow (X, OH) \dots$ その 1 / 69
- ⑪ $(X, O) \Leftrightarrow (X, OH) \dots$ その 2 / 70
- ⑫ 水素化合物の水との反応 / 74
- ⑬ 中和反応式の完成 / 75
- ⑭ 構成イオンの判定 / 77
- ⑮ 沈殿反応の判定-1 / 80
- ⑯ 沈殿反応の判定-2 / 82
- ⑰ 酸の強さの大小関係の判定 / 86
- ⑱ より弱い酸生成反応-1 / 87
- ⑲ より弱い酸生成反応-2 / 87
- ⑳ 挥発性酸生成反応 / 90

② 配位子交換反応

- ㉑ M^{n+} の配位数 / 94
- ㉒ M^{n+} と L の仲良しペアの判定 / 95
- ㉓ 錯イオン生成反応式 / 96
- ㉔ 沈殿、イオンの色 / 99
- ③ 酸化還元反応**
- ㉕ 酸化数の算出-1 / 103
- ㉖ 酸化数の算出-2 / 104
- ㉗ ⑧ の半反応式 / 108

- 28 ①の半反応式／110
 29 酸化還元反応式の完成／113
 30 電池の各部の役割／118
 31 各種電池の電極反応式／119
 32 各電気分解槽の電極反応式／121
④ 分解反応
 33 熱分解物の推定／126
 34 触媒分解物の推定／130
- 第3章 無機物質の各論**
- ① 単体グループ**
 1 金属の物理的性質／134
 2 金属単体の反応性／138
 3 非金属元素の単体／141
② (X, O, H) グループ
 4 酸化物の性質／145
③ 気体グループ
 5 気体の発生反応／155
 6 気体の発生装置／158
 7 乾燥剤／160
 8 気体の捕集方法／162
 9 塩素ガス発生装置／163
 10 気体の検出方法／167
④ イオングループ
 11 M^{n+} の分離方法／173
 12 陽イオンの系統分析／177
 13 塩の決定／182
⑥ 元素別物質グループ
 14 Na を含む物質の特性／198
 15 アンモニアソーダ法／199
 16 ミョウバン／206
 17 Al の工業的製法／207
 18 Cr の反応／211
 19 Mn 元素の利用／216
 20 Fe のサビ／222
 21 粗銅の電解精錬／229
 22 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 分解物の推定／230
 23 AgCl の溶解度／234
 24 塩の決定／239
 25 鉛蓄電池／244
 26 ダイヤモンドと黒鉛／249
 27 ケイ酸／256
 28 NH_3 , HNO_3 の工業的合成法／261
 29 リンの同素体, リン酸／266
 30 オゾン／270
 31 硫酸／274
 32 17族元素／279
 33 液体空気／280

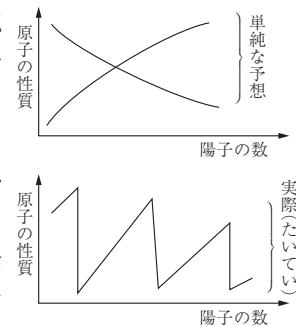
第1章 無機化学の基礎

- ① 元素と元素記号
 - ② 元素間の基本関係
 - ③ 元素間の結合
 - ④ 化学式
 - ⑤ 物質の物理的性質
 - ⑥ 無機物質の名称
-

無機化学の学習では、もちろん無機物質 A が無機物質 B に“化ける”というようなことを学びます。ただ、これらの変化は、すべて原子の組み換えというミクロな世界でのできごとであるため、各物質が組み換える起こる前と後で、それぞれ原子がどのように配列しているのか、また、なぜそのように配列しているのか、さらに、その配列したミクロな姿をどのように表示するのか等についてあらかじめ学んでおく必要があります。そのような準備をしないで、いきなり無機のお“化”けの森に入ると、さまよってしまうことになるでしょう。そこで、この第1章では、無機の森へ入るための準備体操になることを学ぶことにしましょう。

1**元素間の基本関係—周期表をもとにして—****1 電子配置**

原子核の陽子を1個ずつ増やしていくとき、単純に考えると、原子の性質は徐々に変化していくはずですね。でも、皆さんもよく知っているように、原子のほとんどの性質は単調には変化せず、周期的に変化していきます。この事実を受け入れるために、『原子核のまわりを運動している電子は、何か特殊な状況にある』と考えるしかありません。なにぶん、原子の世界は小さすぎて見ることはできませんが、原子が発する光(スペクトル)などの情報から、

**ポイント1**

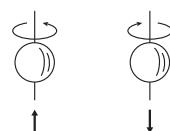
原子核のまわりにある電子は、不連続で特定の値をもつエネルギー状態でしか存在できない。

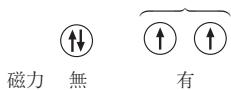
ということがわかつてきました。たとえているなら、『電子にとって、原子核のまわりは砂漠であり、そこでは“生活”できないが、所々にオアシスがあり、その中でなら“生活”できる』

というイメージの状態にあるということです。

そして、もう一つ大切なことがわかつてきました。皆さんは、小学校のとき、電気が流れると磁力が生じることを習いましたね。一方、電気が流れていないのに、はじめから磁力をもっているもの=永久磁石があることも知っていますね。永久磁石がなぜ磁力をもっているのかを追究していくと、

- ① 電子の自転は左回り、右回りの2種類ある。
 - ② その自転による磁場は互いに逆方向である。
- (一方を↑、他方を↓で表す)





③ 通常の物質では↑の電子と↓の電子がペア(対)をつくって“暮らして”おり、その磁力は結局キャンセルし合っている。何らかの理由で↑の電子の数と↓の電子の数が異なると、その物質は磁力を有する。

ということがわかつてきました。この中で、特に大切なことは

ポイント2

原子、分子、物質いずれのレベルでも電子は通常ペア(対)を形成している。

ということです。

こうして、原子核のまわりの電子については、

“オアシス”でペア(↑↓)“夫婦”か

単独(↑ or ↓)“独身”で

“暮ら”しているという姿が浮かび上がってきました。

ここで、もう少し“オアシス”的な話を詳しく述べてみることにしましょう。

原子核に近い方から、“オアシス”に番号(n)1, 2, 3, 4, ……を振り、それぞれをK殻、L殻、M殻、N殻、…(*)と名づけます。それぞれの殻は原子核からの距離がほぼ

$$1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 : \dots$$

のへんにあります。そして、それぞれの“オアシス”…の殻には

$$1^2, 2^2, 3^2, 4^2, \dots$$

戸の“住居”(⇒軌道)があり、これらの“住居”(⇒軌道)に電子が(↑↓)か(↑ or ↓)で“暮らす”ことになります。

さて、原子核に近い“オアシス”ほど居心地が良いのですが、最も近いK殻($n = 1$)には $1^2 = 1$ つしか“住居”(⇒軌道)がなく、これを1s軌道といいます。それゆえに最大1ペア(↑↓)“夫婦”しか“暮ら”せません。つまり、K殻の定員は2です。

“オアシス”

番号

$1 \Rightarrow K$ 殻

$2 \Rightarrow L$ 殻

$3 \Rightarrow M$ 殻

$4 \Rightarrow N$ 殻

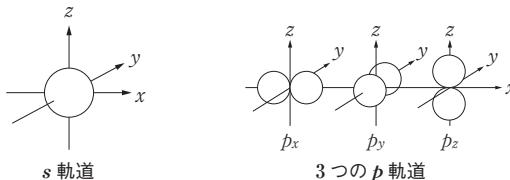
*なぜ順にA殻、B殻、C殻、D殻とならないか？はじめに名づけた人が“ひょっとして、もっと内側”に別の殻があったらヤバイと思ったからだそうです。

K殻(定員2)

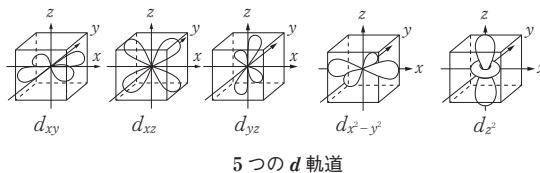
[1s]

○

次の“オアシス”L殻($n = 2$)には、 $2^2 = 4$ つの“住居”(⇒軌道)があります。そこでL殻の総定員は $4 \times 2 = 8$ です。ただ、4つの住居の中の1つだけは、sphere(球)の形をして specialに居心地が良く、これを $2s$ 軌道といいます。残りの3つの“住居”(⇒軌道)は、 x , y , z 方向に、つまり互いに垂直(perpendicular)に構えているため、 $2p_x$ 軌道、 $2p_y$ 軌道、 $2p_z$ 軌道といいます。まとめているときは、ただ $2p$ 軌道といいます。



第3番目の“オアシス”M殻($n = 3$)には、 $3^2 = 9$ の“住居”(⇒軌道)があります。そこで、M殻の総定員は $9 \times 2 = 18$ です。ただ、この9つの“住居”(⇒軌道)は3ランクに分けられています。まず、最も居心地の良い $3s$ 軌道が1つ、次に $3p$ 軌道が $3p_x$, $3p_y$, $3p_z$ の3つ、そして最も居心地の悪い $3d$ 軌道が5つで合計 $1 + 3 + 5 = 9$ の軌道があります。



5つのd軌道

第4番目の“オアシス”N殻($n = 4$)には、 $4^2 = 16$ の“住居”(⇒軌道)があり、N殻の総定員は $16 \times 2 = 32$ です。N殻の軌道はさらに4ランクに分かれています。その内訳は $4s$ 軌道が1つ、 $4p$ 軌道が3つ、 $4d$ 軌道が5つ、 $4f$ 軌道が7つで合計 $1 + 3 + 5 + 7 = 16$ となっています。

以上、見てきた原子核のまわりの“オアシス”的なうす(空間的な姿、エネルギーの高低)を図示すると、次のようにになります。

L殻(定員8)

$2s$	$2p$
------	------



これらは軌道の形ではなく軌道(住居)がそれぞれ1つずつあることを意味します。

M殻(定員18)

$3s$	$3p$	$3d$
------	------	------



N殻(定員32)

$4s$	$4p$	$4d$
------	------	------

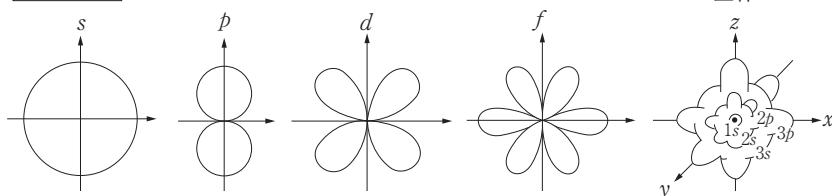


$4f$

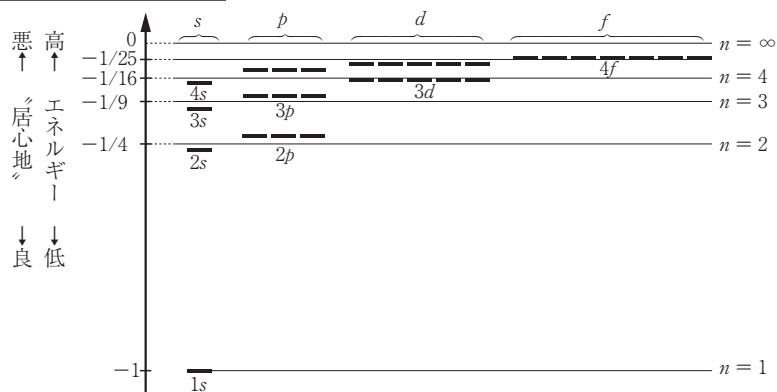


		K 裂	L 裂	M 裂	N 裂	
原子核	↓	↓	↓	↓	↓	→
“オアシス”の位置	原子核からの平均距離	1^2	2^2	3^2	4^2	n^2
“住居”の数	軌道の数	1^2	2^2	3^2	4^2	n^2
何人まで入れるか	電子の総定員	$1^2 \times 2$	$2^2 \times 2$	$3^2 \times 2$	$4^2 \times 2$	$n^2 \times 2$
“住居”的ランク	軌道の種類	s 1 ランク	$s + p \times 3$ 2 ランク	$s + p \times 3 + d \times 5$ 3 ランク	$s + p \times 3 + d \times 5 + f \times 7$ 4 ランク	$s + \dots$ n ランク
居心地の良さ	軌道の平均エネルギー	$-\frac{1}{1^2}$	$-\frac{1}{2^2}$	$-\frac{1}{3^2}$	$-\frac{1}{4^2}$	$-\frac{1}{n^2}$

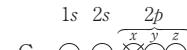
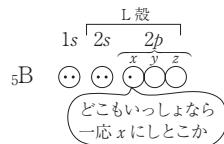
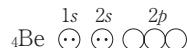
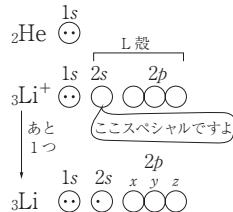
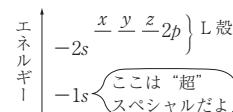
軌道の形 (“住居” の形)



各軌道のエネルギー (“住居”的居心地)



では、各原子の電子は、どの“オアシス”(\leftrightarrow 殻)のどの“住居”(\leftrightarrow 軌道)で“暮らし”ているのでしょうか。もちろん、“住居”には定員があり、また、“居心地”も違いがありますから、最も“居心地”的良い所から順に占められていくはずです。したがって、 ${}_1\text{H}$ の唯一の電子は $1s$ 軌道に \uparrow or \downarrow で入ります。 ${}_2\text{He}$ のもう1つの電子は、 $1s$ 軌道にまだ“空き”がありますから $\uparrow\downarrow$ で入ります(以下では \uparrow or \downarrow は \odot で、 $\uparrow\downarrow$ は $\odot\odot$ と単純に表します)。 ${}_3\text{Li}^+$ の3つの電子のうち、2つは $1s$ 軌道に入れますが、あと1つは L殻に入るしかありません。ところで、L殻には、 $2^2 = 4$ つの軌道がありましたが、そのうちの1つ($2s$)だけ special でしたね。そこで、この $2s$ 軌道に Li の3つめの電子が入ります。まだ、 $2s$ 軌道には1つ“空き”がありますから、次の ${}_4\text{Be}$ の4つめの電子は $2s$ 軌道に入ります。さて、 ${}_5\text{B}$ となると、5つめの電子は3つの $2p$ 軌道($2p_x, 2p_y, 2p_z$)のいずれかに入ります。この3つの軌道の“居心地”は同じですからどこかに入ります。(一応、 p_x に入っていると書くことが多いのですが…) ${}_6\text{C}$ の6つめの電子は、 $2p_x, 2p_y, 2p_z$ のいずれにも“空き”があり、これらのどこに入ても良さそうですが、同じ軌道に入ると電子間の電気的反発があるため、できるだけ散らばって入ることになります。



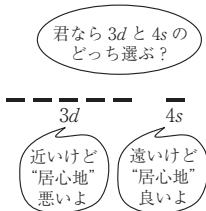
お互い“ゆったり”
がいいね

◆◆◆原子の電子配置－1◆◆◆

- [1] ${}_7\text{N}, {}_8\text{O}, {}_9\text{F}, {}_{10}\text{Ne}, {}_{11}\text{Na}, {}_{12}\text{Mg}, {}_{13}\text{Al}, {}_{14}\text{Si}, {}_{15}\text{P}, {}_{16}\text{S}, {}_{17}\text{Cl}, {}_{18}\text{Ar}$ の電子配置を上記の例のようにして表せ。

解 答

K殻	L殻	M殻	M殻
$1s$	$2s$ x y z	$3s$ $3p$	$3s$ $3p$
${}_7\text{N} = \odot \odot \odot \odot \odot \odot$		${}_{11}\text{Na} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$	${}_{16}\text{S} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$
${}_8\text{O} = \odot \odot \odot \odot \odot \odot$		${}_{12}\text{Mg} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$	${}_{17}\text{Cl} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$
${}_9\text{F} = \odot \odot \odot \odot \odot \odot$		${}_{13}\text{Al} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$	${}_{18}\text{Ar} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$
${}_{10}\text{Ne} = \odot \odot \odot \odot \odot \odot$		${}_{14}\text{Si} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$	ここで [Ne] は Ne の 電子配置を意味します。
		${}_{15}\text{P} = [\text{Ne}] \odot \odot \odot \odot \odot$	



さて、 ${}_{18}\text{Ar}$ の次は ${}_{19}\text{K}$ ですね。この K の 19 番目の電子は、M 裂にまだ “空き” ($3d$ 轨道 5 つ) がありますから、常識的には、ここに入るのではないかと思われます。ただ、この $3d$ 轨道 は M 裂の中では最も “居心地” が悪いです。一方、次の N 裂には、その中では最も “居心地” の良い $4s$ 轨道 があります。この $4s$ 轨道と $3d$ 轨道の “居心地” の差は、競馬にたとえるなら “鼻差” です。実際は、少しだけ $4s$ 轨道の方が “居心地” が良いために、 ${}_{19}\text{K}$ の 19 番目の電子は $4s$ 轨道 に入ります！ ${}_{20}\text{Ca}$ の 20 番目の電子もそれに続きます。そして、 ${}_{21}\text{Sc}$ の 21 番目の電子から $3d$ 轨道に電子が配置されることになります。

	M 裂			N 裂	
	$3s$	$3p$	$3d$	$4s$	$4p$
${}_{19}\text{K} = [\text{Ne}]$	◎	◎◎◎	○○○○○	○	○○○ …
${}_{20}\text{Ca} = [\text{Ne}]$	◎	◎◎◎	○○○○○	◎	○○○
${}_{21}\text{Sc} = [\text{Ne}]$	◎	◎◎◎	○○○○○	◎	○○○
${}_{22}\text{Ti} = [\text{Ne}]$	◎	◎◎◎	○○○○○	◎	○○○

――《原子の電子配置－2》――

[2] ${}_{23}\text{V}$, ${}_{24}\text{Cr}$, ${}_{25}\text{Mn}$, ${}_{26}\text{Fe}$, ${}_{27}\text{Co}$, ${}_{28}\text{Ni}$, ${}_{29}\text{Cu}$, ${}_{30}\text{Zn}$ の電子配置を上記の例に従って書け。

	$3d$	$4s$
${}_{23}\text{V} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎
${}_{24}\text{Cr} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎*
${}_{25}\text{Mn} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎
${}_{26}\text{Fe} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎
${}_{27}\text{Co} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎
${}_{28}\text{Ni} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎
${}_{29}\text{Cu} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎*
${}_{30}\text{Zn} = [\text{Ar}]$	○○○○○	◎

解説

${}_{18}\text{Ar} = \begin{array}{ccccc} 1s & 2s & 2p & 3s & 3p \\ \odot & \odot & \odot\odot\odot & \odot & \odot\odot\odot \end{array}$

の電子配置を $[\text{Ar}]$ と表すことにします。さて、電子が 1 個ずつ増加していくのですから、ここは $3d$ 轨道に順に 1 個ずつ電子を配置していくべきです。

ただ、先ほども述べたように、 $3d$ 轨道と $4s$ 轨道の “居心地” の良さは “鼻差” です。そこで、 $4s$ 轨道に置くべき 2 個目の電子の 1 つを $3d$ 轨道に置くと、 $3d$ 轨道に電子が 5 個または 10 個配置されて $3d$ 轨道のバランスがよくなるときは、そのような電子配置となります。 Cr と Cu ではそのような電子配置になるので注意しましょう。（ $*$ の所）