

まえがき

本書は化学を専門とする学生の教養課程の化学の教科書としてのみならず、化学とは関係の薄い理系学生や文系学生にも教科書として使用できるよう十分配慮し、平易・簡明な説明を心がけて編集した。

1990 年後半より教育の現場で問題視されていた、理科離れ、学力低下などの問題について改善の兆しがみられるなか、昨今高等学校学習指導要綱の改訂が行われ、高等学校の化学に新たな学習内容が加えられた。これを機に、高等学校の化学から大学教養レベルの化学への接続が適切に行われ、化学を専門とする学生はその後に学ぶ専門科目の基盤となるよう、また、それ以外の学生にとっては化学に興味を持って学べるよう企画・編集を行った。

なお、本書は、多賀光彦・片岡正光・早野清治・沼田ゆかり 著『教養の現代化学』（三共出版）の趣旨を引きつぎ、新たな知見を加えて、全面的に書き直したものである。

現代社会が直面している環境問題などのさまざまな問題への対応には、化学の素養が必要な場面が多くみられる。そのため、化学を専門とする学生はもちろん、化学を専門としない学生も化学的な視点を持ってものごとを俯瞰できるようになる必要がある。

本書は文系・理系を問わず教科書として採用できる内容となっており、初歩的な内容から教養化学として十分な内容まで言及されている。大学での通年の化学の講義で使用することを前提に執筆しているが、学習の進捗状況によって、内容を適宜取捨選択しながら使用していただければと考えている。記述には推敲を重ねたつもりではあるが、説明の十分ではない箇所や間違いもあろうかと思われる。厳しいご批判とご教示を賜れば幸いである。

本書が化学の普及と知識の向上、持続可能な社会のために何ができるかを考える際の一助になれば、筆者一同の喜びである。

最後に、本書の刊行にご尽力いただいた三共出版の方々、特に秀島功氏、野口昌敬氏に心からお礼を申し上げます。

2025 年 2 月

筆者一同

目 次

1

原子の構造

1-1	原子を構成する要素	1
1-1-1	原子核と電子	1
1-1-2	元 素	2
1-2	電子殻と電子の存在確立	2
1-2-1	原子中の電子のひろがり：電子殻	2
1-2-2	電子の存在確率	3
1-3	電子が収容される軌道	3
1-3-1	軌道の分類	3
1-3-2	軌道の方向性	4
1-4	原子の電子配置	5
1-4-1	パウリの原理	5
1-4-2	フントの規則	5
1-5	イオン	8
	練習問題	8

2

元素の周期律

2-1	周期律と周期表	10
2-1-1	元素の性質の周期性	10
2-1-2	元素の性質と最外殻電子との関係	11
2-2	元素の分類	12
2-2-1	性質の共通性に基づく分類	12
2-2-2	1 族元素	12
2-2-3	2 族元素	13
2-2-4	17 族元素	13
2-2-5	18 族元素	14
	練習問題	15

3

物質の量の取り扱い

3-1	原子量・分子量・式量	16
3-1-1	相対質量と原子量	16
3-1-2	分子量と式量	17
3-2	物質量とモル質量	18
3-2-1	物質量の定義	18
3-2-2	モル質量	19
3-3	濃度	19
3-3-1	溶液の定義と濃度	19
3-3-2	モル濃度	20
3-3-3	質量パーセント濃度	20
3-3-4	密度を用いた濃度の換算	21
3-4	化学反応式	21
3-4-1	化学反応式による反応の表現	21
3-4-2	未定係数法	22
3-5	化学変化における量的関係	23
	練習問題	23

4

化学結合

4-1	イオン結合	25
4-1-1	イオン結合の成り立ち	25
4-1-2	イオン結晶の構造	27
4-2	共有結合	30
4-2-1	共有結合の成り立ち	30
4-2-2	化学結合の極性	32
4-2-3	混成軌道	33
4-2-4	原子価殻電子対反発モデル	35
4-3	配位結合	36
4-4	水素結合と分子間力	37
4-5	金属結合	39
4-5-1	金属結合の成り立ち	39
4-5-2	金属結晶の構造	40
	練習問題	43

5

物質の存在状態とそれらの間の変化

5-1 物質の状態変化にともなうエネルギーの出入り	45
5-1-1 物質の三態	45
5-1-2 状態間の変化にともなう熱	45
5-2 物質の状態間の平衡	46
5-2-1 状態間の平衡の例：気液平衡	46
5-2-2 物質の状態図	47
5-3 理想気体の性質	48
5-3-1 気体の圧力・体積・温度の関係	48
5-3-2 気体の状態方程式と理想気体	49
5-3-3 混合気体の全圧と分圧	49
5-4 実在気体	50
練習問題	51

6

化学変化にともなう熱

6-1 エンタルピーによる化学変化の熱の表現	53
6-1-1 エンタルピーの定義	53
6-1-2 物質の状態変化でのエンタルピー変化	53
6-1-3 化学反応でのエンタルピー変化	54
6-2 ヘスの法則	56
6-3 ボルン・ハーバーサイクル	59
練習問題	60

7

化学平衡

7-1 化学反応の平衡状態	61
7-1-1 化学平衡とは	61
7-1-2 平衡定数	62
7-2 化学平衡に対する諸条件の影響	63
7-2-1 濃度の影響	63
7-2-2 圧力の影響	64
7-2-3 温度の影響	63
7-3 エントロピーとギブズ自由エネルギー	63
7-3-1 エントロピーとギブズ自由エネルギーが表わすこと	63
7-3-2 ギブズ自由エネルギー変化と平衡定数の関係	67

練習問題	68
------	----

8

化学反応の速度

8-1 反応速度の表わし方	70
8-1-1 反応速度の定義	70
8-1-2 速度式と速度定数	71
8-2 速度式の解析	72
8-2-1 濃度と時間の関係の導出	72
8-2-2 半減期	72
8-3 反応速度と温度の関係	73
8-3-1 化学反応の活性化エネルギー	73
8-3-2 アレニウスプロット	73
8-4 触媒作用	74
練習問題	74

9

酸と塩基

9-1 酸・塩基の定義	76
9-1-1 アレニウスの定義	76
9-1-2 ブレンステッド・ローリーの定義	77
9-1-3 ルイスの定義	77
9-2 電離度と電離定数	77
9-2-1 強酸・強塩基と弱酸・弱塩基	77
9-2-2 酸・塩基の電離の尺度	78
9-3 pH	79
9-3-1 pH の定義	79
9-3-2 水のイオン積と pH の範囲	80
9-3-3 酸・塩基水溶液の pH の計算	80
9-4 塩の水溶液の酸性・塩基性	81
9-4-1 塩の加水分解	81
9-4-2 塩水溶液の pH	82
9-5 緩衝作用	83
9-5-1 緩衝溶液の pH	83
9-5-2 緩衝溶液のはたらき	84
9-6 酸塩基反応による定量分析	85
9-6-1 中和滴定	85

9-6-2 中和滴定の滴定曲線	85
練習問題	87

10

酸化と還元

10-1 酸化・還元の定義	89
10-1-1 酸素の授受による定義	89
10-1-2 水素の授受による定義	89
10-1-3 電子の授受による定義	90
10-2 酸化数と酸化還元反応式	90
10-2-1 酸化数	90
10-2-2 酸化還元反応式	91
10-3 酸化還元電位	92
10-3-1 電子のエネルギーと電位	92
10-3-2 酸化還元電位の決め方	93
10-4 酸化還元反応による定量分析	95
10-4-1 酸化還元滴定	95
10-4-2 酸化還元滴定による分析	95
練習問題	96

11

物質の溶解と溶液の性質

11-1 固体・気体の溶解	98
11-1-1 固体の溶解	98
11-1-2 気体の溶解	99
11-2 溶解度積	100
11-2-1 難溶性塩の溶解平衡	100
11-2-2 溶解度積の取り扱い	100
11-3 沈殿生成反応による定量分析	102
11-3-1 沈殿滴定	102
11-3-2 沈殿滴定での終点の検出法	102
11-4 沸点上昇と凝固点降下	103
11-4-1 沸点上昇	103
11-4-2 凝固点降下	105
11-5 溶液の浸透圧	107
11-5-1 浸透圧	107
11-5-2 浸透圧と濃度の関係	108

練習問題	108
------	-----

12 電気化学

12-1 電池の構成と起電力	110
12-1-1 電池の構成	110
12-1-2 電池の起電力	111
12-2 酸化還元電位と濃度の関係	112
12-2-1 ネルンストの式	112
12-2-2 濃淡電池	113
12-3 電気分解	114
12-3-1 電気分解における各電極での反応	114
12-3-2 ファラデーの法則	117
練習問題	118

13 有機化合物

13-1 有機化合物とは	120
13-1-1 有機化合物の分類	120
13-1-2 有機化合物の表記法	122
13-2 炭化水素	122
13-2-1 飽和炭化水素	122
13-2-2 不飽和炭化水素	124
13-2-3 芳香族炭化水素	125
13-3 異性体	126
13-3-1 構造異性体	126
13-3-2 立体異性体	127
13-3-3 互変異性体	129
13-4 官能基を有する化合物	129
13-4-1 アルコール	129
13-4-2 エーテル	131
13-4-3 アルデヒドとケトン	131
13-4-4 カルボン酸	132
13-4-5 エステル	132
13-4-6 アミン	133
13-5 複素環式化合物	134
練習問題	135

14

高分子化合物

14-1	高分子化合物とは	136
14-2	合成高分子化合物の合成法	137
14-3	高分子材料	138
14-3-1	合成樹脂（プラスチック）	138
14-3-2	ゴ ム	139
14-3-3	織 維	141
14-3-4	バイオプラスチック	142
	練習問題	143

15

生体関連物質

15-1	糖質（炭水化物）	144
15-1-1	単 糖	145
15-1-2	オリゴ糖	147
15-1-3	多 糖	148
15-1-4	複合糖質	150
15-2	タンパク質	150
15-2-1	アミノ酸	150
15-2-2	タンパク質の構造	152
15-2-3	タンパク質の種類と役割	155
15-3	脂 質	157
15-3-1	脂肪酸	157
15-3-2	油 脂	158
15-3-3	複合脂質	160
15-3-4	生体膜	161
15-4	核 酸	162
15-4-1	ヌクレオチド	162
15-4-2	核酸の構造	163
15-5	ビタ ミ ン	165
15-5-1	水溶性ビタミン	165
15-5-2	脂溶性ビタミン	167
	練習問題	168

生命現象と物質

16-1 酵 素	169
16-1-1 酵素分子の構造	169
16-1-2 酵素触媒の特徴	170
16-1-3 酵素反応の速度	171
16-2 物質代謝	172
16-2-1 解糖と発酵	173
16-2-2 クエン酸回路と電子伝達系	175
16-2-3 脂質の代謝	177
16-3 核酸と遺伝情報	178
16-3-1 DNA の複製	178
16-3-2 遺伝情報の発現	179
16-3-3 バイオテクノロジー	182
練習問題	183

索 引	185
-----------	-----



原子の構造

物質は原子から構成され、原子は電子や原子核といったさらに小さな粒子からなる。また、原子中の電子の存在のしかたには決まった法則性がある。本章では、物質の構成要素である原子の成り立ちについて述べる。また、電荷をもつ粒子であるイオンについても触れる。

1-1 原子を構成する要素

1-1-1 原子核と電子

物質を構成する基本要素は**原子**とよばれる非常に小さな粒子であり、原子の大きさは 0.1 nm (10^{-10} m) 程度の桁である。原子は、中心に位置する**原子核**と、負電荷をもつ**電子**からなっている（図 1-1）。原子核の大きさは、 0.01 pm (10^{-14} m) 程度の桁であり、原子全体の大きさからみて $\frac{1}{10000}$ くらいの範囲に集中している。

原子核は、正の電荷をもつ粒子である**陽子**と、電荷をもたない粒子である**中性子**からなる。陽子と電子がもつ電気量は、いずれも $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ で等しく、これを**電気素量**という。ただし、電気素量は電荷の絶対値であり、陽子と電子の電荷の符号はそれぞれ正・負である。原子核に含まれる陽子の数と原子核をとりまく電子の数は等しいので、原子

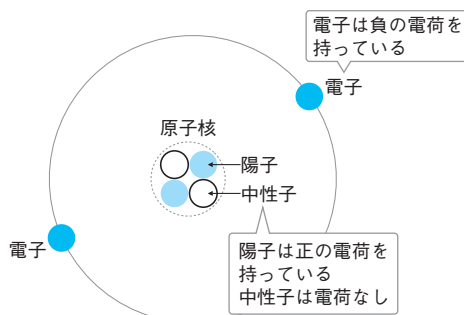


図 1-1 原子の構造の模式図

全体では電荷はなく電気的に中性である。陽子と電子の電荷の大きさは同一である一方、両者の質量は大きく異なっており、電子の方がはるかに軽い（陽子の質量の約 $\frac{1}{1840}$ ）。また、中性子の質量は陽子の質量とほぼ等しい。したがって、原子の質量はほぼ原子核の質量に等しいといえる。

1-1-2 元 素

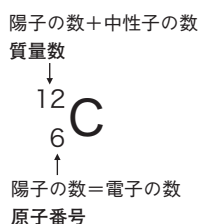


図 1-2 原子番号と質量数の表記
(例：炭素)

原子中に含まれる陽子・電子の数は、原子の種類によってそれぞれ異なる。陽子・電子の数によって区別される原子の種類を**元素**といい、元素は**元素記号**というアルファベット表記で表される。たとえば、水素は H、炭素は C、酸素は O といった元素記号で表され、物質中の元素の組成や配置も元素記号の組み合わせで記述される。原子中の陽子の数（電子の数に等しい）を**原子番号**といい、元素ごとにただ 1 つ決まっている値である。たとえば、水素原子核は陽子を 1 つだけ含むので原子番号 1 であり、同様に炭素原子核は陽子を 12 個含むので原子番号 12 である。一方、同じ元素であっても、中性子の数により質量が異なる原子が複数存在する場合がある。原子中の陽子と中性子の数の和を**質量数**といい、たとえば物質中に存在する水素のうち多くの原子は質量数 1（原子核が 1 個の陽子のみからなる）であるが、陽子に加えて中性子を 1 個もつ質量数 2 の水素もあり、重水素とよばれる。同一元素で質量数が異なる原子を**同位体**¹⁾といい、同位体の間で質量は異なるが陽子・電子の数は同じなので、化学的性質は共通している。原子番号と質量数を表記する際は、元素記号の左上に質量数、左下に原子番号を書いて表す（図 1-2）。

コラム 放射性同位体について

放射性同位体はさまざまな用途で利用されており、放射線治療、滅菌、各種の測定器などに応用されている。一方、放射性同位体から放出される放射線に人体がさらされる（被曝する）と健康への影響が生じることがあるため、取り扱いには注意が必要である。

1-2 電子殻と電子の存在確率

1-2-1 原子中の電子のひろがり：電子殻

原子核のまわりで電子が存在する空間的な領域は、一定の法則性によって決まっている。まず、原子核からみて決まった距離の範囲ごとに電子が何個存在できるかが決まっており、その空間領域の分類を**電子殻**という（図 1-3）。電子殻は、原子核からみて近いほうから順に K 殻、L 殻、M 殻、…という名称があり、K 殻には 2 個、L 殻には 8 個、M 殻には 18 個まで電子が入ることができる。電子殻の K, L, M, …に対応して $n=1, 2, 3, \dots$ という自然数を割り当てると、各電子殻に収容できる電子数は $2n^2$ と表される。ここでの n は**主量子数**といい、電子の存在領域を表現する関数（波動関数）に含まれる値であり、原子の半径

1) 同位体のなかには、放射線を出して他の安定な同位体になる**放射性同位体**もある。たとえば、水素の同位体には質量数 3 の三重水素もあるが、これは放射性同位体である。放射線の放出に伴う他の原子への変化を**壊変**という。

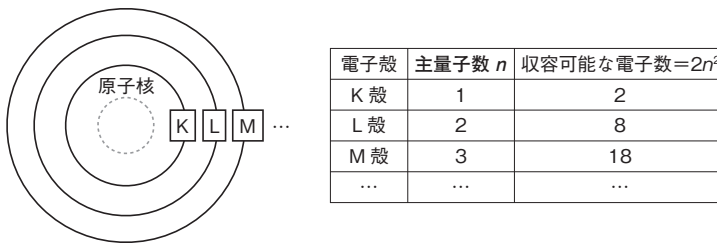


図 1-3 電子殻の構造と、各電子殻に収容可能な電子数

方向に沿った電子の空間的な広がりに対応する。電子が原子核に近いほうが原子核との相互作用が大きくなり、エネルギーの低い安定な状態となる。そのため、各電子殻に収容される電子のエネルギーは、K 殻、L 殻、M 殻、…の順に原子核から遠ざかるにつれて高くなる。

1-2-2 電子の存在確率

電子殻の形からは、原子核のまわりをそれぞれ決まった半径で囲む球殻上に電子が置かれているような構造を想像するかもしれないが、実際の電子の存在領域はそうではない。量子力学（電子などのミクロな粒子のふるまいを研究する物理学の一部門）的には、電子の瞬間的な位置を正確に定めることはできず、空間中での電子の存在確率のみを求めることができる。たとえば水素原子は電子を 1 個持つが、この電子が原子核からみて何 nm の位置にあるかを確定させることはできない。一方で電子が原子核から何 nm のところにどれほどの確率で存在するかを決めることは可能であり、水素原子中の電子の場合は原子核からみて 0.053 nm の位置で最も存在確率が高く²⁾、この距離を水素原子の半径とすることもある。ただし、実際にはさらに遠い位置まで電子の存在する空間は広がっている（図 1-4）。

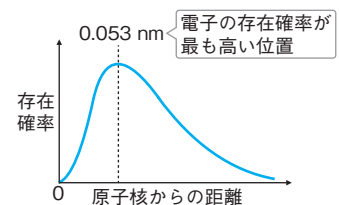


図 1-4 原子中の電子の存在確率

1-3 電子が収容される軌道

1-3-1 軌道の分類

上述の通り、電子殻は原子核を中心とする球対称の空間で表されるが、実際の電子の存在領域にはさらに細分化された分類がある。たとえば、K 殻には電子が 2 個まで収容されるが、この 2 個の電子はいずれも原子核を中心とする球対称の空間に存在する。一方、L 殻の 8 個の電子については、これらのうち 2 個は球対称の空間に収容されるが、残りの 6 個は原子核を原点として直交する 3 方向に広がる同じ形の空間（2 つの水滴を向かい合わせにしたような形で表される）に 2 個ずつ収容され

2) この距離をボーア半径という。

る。つまり、K殻に属する電子の存在領域は1種類だけであるが、L殻ではそれが2種類あることになる。このような電子の存在領域を、**原子軌道（電子軌道）** または単に**軌道**という。電子殻の主量子数 n とそれに属する軌道の種類には関係があり、各電子殻の n に応じて $l=0, 1, 2, \dots, n-1$ までの整数値（**方位量子数**）に対応した軌道が存在する。このことに基づくと、K殻（ $n=1$ ）に属する軌道は $l=0$ に対応する1種類のみであり、L殻（ $n=2$ ）に属する軌道は $l=0, 1$ に対応する2種類あることが理解できる。それぞれの l の軌道には名称があり、 $l=0, 1, 2, 3$ の軌道をそれぞれs軌道、p軌道、d軌道、f軌道といい、化学的な事柄を取り扱う際には多くの場合はd軌道まで考慮すれば十分である。上記のL殻の電子でいうと、2個の電子を収容する球対称の空間がs軌道、6個の電子を収容する3方向に広がった軌道がp軌道である。軌道が属する電子殻に応じて軌道の空間的な広がり異なるが、同一の名称の軌道は同じ形をもつ。たとえば、K殻とL殻のs軌道の半径は異なるが（L殻のs軌道の方が大きい）、形はいずれも球形である。

1-3-2 軌道の方向性

方位量子数による分類では、たとえばp軌道は $l=1$ の1種類として分類される（方位量子数は電子の存在領域の形状に対応する）。ただし、上記の通りp軌道には互いに直交する3つがあり、これらは p_x, p_y, p_z 軌道と表記される。球対称であるs軌道以外の軌道には、方向の異なる複数の軌道があり、**磁気量子数 m** （電子の存在領域の方向に対応する）によって分類される。磁気量子数は、 l に対応して $m = -l \sim +l$ の範囲

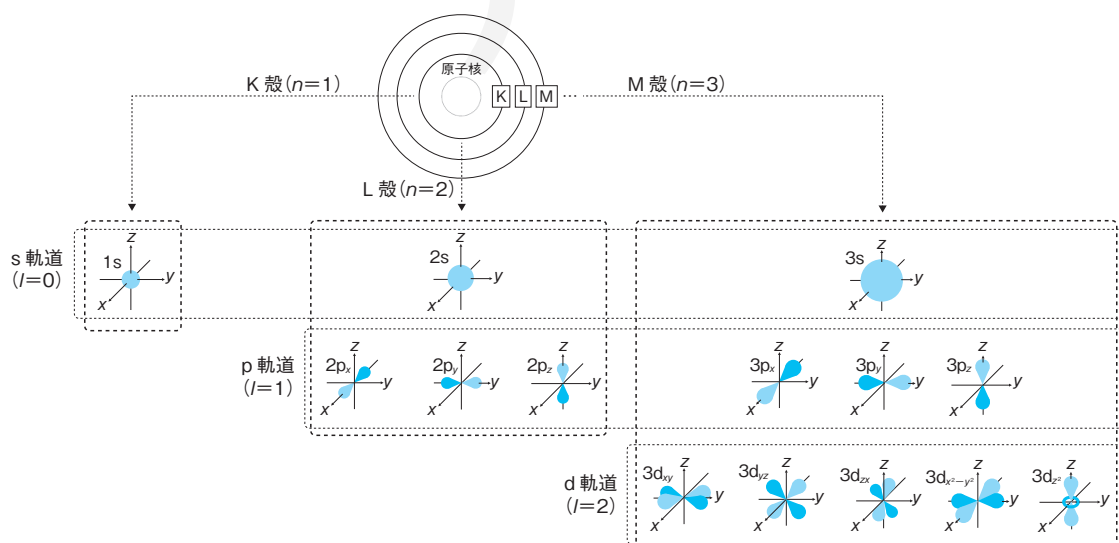


図 1-5 各電子殻に属する軌道の形（ $n=3$ まで）

の整数値をとる。たとえば p 軌道 ($l=1$) では $m=-1, 0, +1$ の 3 つがあることになり、これらに対応して方向の異なる 3 つの p 軌道があることがわかる。ここまで述べてきた電子殻と電子軌道の分類を図 1-5 に示す。軌道の表記は、まず主量子数 ($1, 2, \dots$) を記した後に軌道の記号 (s, p, ...) を記し、方位量子数により分類される場合は添字を付けて表す。たとえば、L 殻の p 軌道のうち x 方向に沿っている軌道は $2p_x$ と表記される。

1-4 原子の電子配置

1-4-1 パウリの原理

原子中の電子は、1-3 までに述べた軌道に収容されている。ここでは、軌道に電子が収容される際の配置の規則性について見ていく。まず、軌道のエネルギー（エネルギー準位）がより低い方から電子が収容されることが前提となる。軌道のエネルギー準位の序列は原則として次の通りである。

- (1) K 殻, L 殻, M 殻, ... の順にエネルギー準位が高くなる。
- (2) 同じ電子殻の中では、s 軌道, p 軌道, d 軌道, ... の順にエネルギー準位が高くなる。
- (3) 同じ主量子数・方位量子数に対応する軌道間（たとえば $2p_x, 2p_y, 2p_z$ ）ではエネルギー準位の差はない。

軌道への電子の入り方を理解するには、軌道の分類に加えて電子のスピ
ン（自転の角運動量に対応する）を考える必要がある。電子のスピ
ンはスピン量子数によって表され、これは $\pm \frac{1}{2}$ の 2 つのみである。すな
わち、電子のスピンの状態は 2 通りのみが許容される。軌道に電子が収容
される場合、ある 1 つの軌道に同じスピンの電子が複数入ることは許さ
れない。このことは、「1 つの原子中に、4 つの量子数（主量子数、方位
量子数、磁気量子数、スピン量子数）が全て同じである電子が複数存在
することはできない」という表現にまとめられる。この法則を、パウリ
の原理³⁾ という。パウリの原理によれば、ある 1 つの軌道に収容できる
電子の数は 1 個または 2 個であり、2 個収容される場合の電子のスピ
ンは互いに異なる ($+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$) ことがわかる。

1-4-2 フントの規則

エネルギー準位が同一である軌道に電子が収容される場合、パウリの
原理に従えば複数の配置が考えられる。たとえば、 $2p$ 軌道（エネルギ

3) W. Pauli（スイスの物理学者、
1900～1958 年）。

ー準位の等しい $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$ 軌道がある) に電子が3個入るような場合では、2つの軌道にそれぞれ2個・1個が入る配置(残り1つの軌道には電子が入らない)と、3つの軌道にそれぞれ1個ずつ入る配置があり得る。ただし、この場合には、3つの軌道にそれぞれ1個ずつ入る配置となり、また電子のスピンはいずれも同じになる。このことは、次の**フントの規則**⁴⁾により説明される。フントの規則は、負電荷をもつ電子間の反発と、異なる電子スピン状態(複数電子のスピンが平行か反平行か)の間のエネルギー差によって解釈される。

- (1) エネルギー準位が同一の軌道に電子が収容される場合、可能な限り別々の軌道に入る。
- (2) 可能な限り、電子のスピンが平行(互いに同じ)になる。

原子の電子配置の例として、C(原子番号6)とF(原子番号9)の電子配置を図1-6に示す。それぞれ、電子数は6個および9個である。図では、縦軸にエネルギー準位をとり、下から上に向かってエネルギー準位の高い軌道を描いている。電子のスピンの違いは↑と↓で表している。いずれの原子でも、エネルギーの最も低い1s軌道にまず2個の電子が入り(電子のスピンは↑と↓)、その上の2s軌道にもやはり2個の電子が入る。残りの電子はさらにその上の2p軌道に入るが、Cの2個の電子はフントの規則に従い、3つの2p軌道のうち2つにスピンが平行になる形で入る。Fの場合は電子が5個あるので、3つの2p軌道のうち2つに2個の電子が入り、残り1つの軌道に1個の電子が入る。このように収容された電子の空間的な分布の模式図を、Cを例にして図1-7に示す。1s軌道は原子核のごく近い範囲に限定されており、2s軌道はさらに外側の範囲まで広がっている。2p軌道は原子核を原点としてx, y, zの3方向に広がる形になっている。いずれの軌道も原子核を中心として空間を共有しており、互いに重なる部分がある。

電子数が比較的少ない原子では上記の原則に従って電子配置を決める

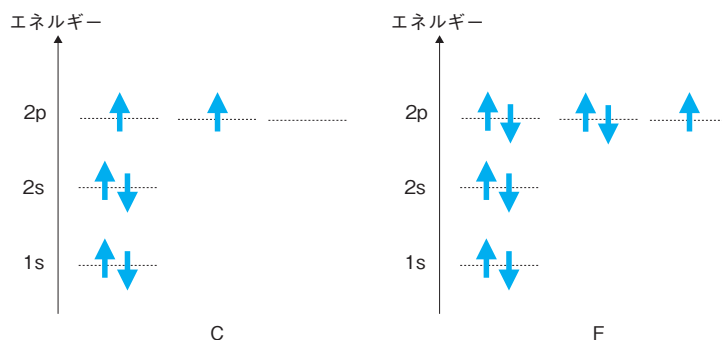
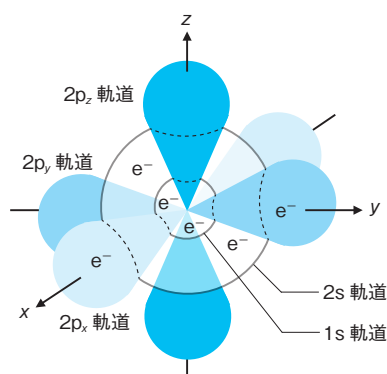


図1-6 CおよびFの電子配置

4) F. Hund (ドイツの物理学者、1896～1997年)。

図 1-7 C 原子中での電子の分布 (電子は e^- で表す)

ことができるが、電子数が多くなってくるとこの規則性からは異なってくる。図 1-8 に、軌道に電子が収容される際の順序を示す。たとえば K (原子番号 19) では、1s 軌道から 3p 軌道まででの電子 18 個の配置はここまでで述べた順番の通りだが、残り 1 個の電子は 3d 軌道 (主量子数 3 で最もエネルギー準位の高い軌道) ではなく 4s 軌道 (主量子数 4 で最もエネルギー準位の低い軌道) に収容されている。これは、電子数が多い原子では軌道のエネルギー準位だけではなく電子間の相互作用も電子配置に関係するためである。この序列は、次のマードルング則⁵⁾によって整理できる。

- (1) $n+l$ が小さい軌道から優先的に電子が収容される。
- (2) $n+l$ が同一の軌道については、 n が小さい軌道から優先的に電子が収容される。

原子の電子配置は、軌道の記号の右上に電子数を付記する表記や、電子のスピンの $\uparrow$ と $\downarrow$ を四角形 (軌道に対応する) に割り当てる表記 (ポ

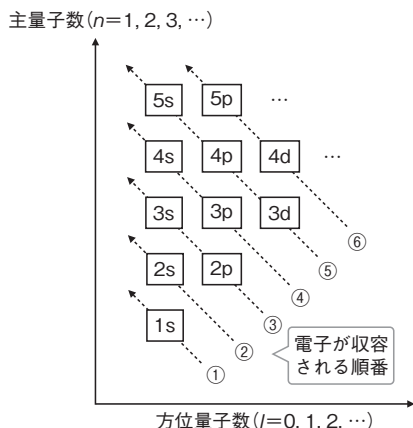


図 1-8 軌道に電子が配置される際の順番

5) E. Madelung (ドイツの物理学者、1881 ~ 1972 年)。

表 1-1 原子の電子配置 (原子番号 1 ～ 20 まで)

原子番号	原 号	電 子 配 置						
		表 示	1s	2s	2p	3s	3p	4s
1	H	1s ¹						
2	He	1s ²						
3	Li	1s ² 2s ¹						
4	Be	1s ² 2s ²						
5	B	1s ² 2s ² 2p ¹						
6	C	1s ² 2s ² 2p ²						
7	N	1s ² 2s ² 2p ³						
8	O	1s ² 2s ² 2p ⁴						
9	F	1s ² 2s ² 2p ⁵						
10	Ne	1s ² 2s ² 2p ⁶						
11	Na	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹						
12	Mg	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²						
13	Al	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹						
14	Si	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²						
15	P	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ³						
16	S	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁴						
17	Cl	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵						
18	Ar	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶						
19	K	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ¹						
20	Ca	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ²						

ックスダイヤグラム) で表される。表 1-1 に、原子番号 1 ～ 20 の元素における原子の電子配置を示す。

1-5 イオン

原子の状態では電子と陽子の個数が等しいため、原子全体では電氣的に中性である。原子から電子が失われたり、反対に電子が付け加わったりすると、粒子全体で正または負の電荷を帯びた状態となる。このような粒子を **イオン** という。正電荷をもつイオンを **陽イオン** といい、負電荷をもつイオンを **陰イオン** という。イオンは 1 個の原子から生じるもの (単原子イオン) だけではなく、複数の原子の組み合わせでできているもの (多原子イオン) もある。イオンの電荷は、元素記号 (多原子イオンの場合は原子数も示した元素記号の組み合わせ) の右上に正負の値 (価数) をつけて表す。たとえば単原子イオンであるナトリウムイオンは Na^+ と表記し、多原子イオンである炭酸イオンは CO_3^{2-} と表記する。

練習問題

- 主量子数 $n=5$ の軌道について取り得る方位量子数 l および磁気量子数 m の値を全て答えなさい。また、 $n=1$ から $n=5$ までの

電子殻が電子で満たされた場合，原子中の電子は何個になるか。

2. 次の原子の電子配置を，図 1-6 と同様の描き方で示しなさい。

- (1) Na (原子番号 11)
- (2) P (原子番号 15)
- (3) Ar (原子番号 18)

見本

見本

索引

あ 行

- アジピン酸 137
 アセタール 146
 アセチル-CoA 175
 アセチレン 125
 アセテート 141
 アセトン 132
 圧平衡定数 63
 アデニン 162
 アデノシン三リン酸 172
 アデノシン二リン酸 172
 アノード 111
 アノマー 147
 アノマー炭素原子 146
 アボガドロ定数 18
 アボガドロの法則 49
 アミド化合物 133
 アミド基 133
 アミノ基 133
 アミノ酸 150
 アミノ酸配列 152
 アミノ糖 147
 アミノ末端 153
 アミン 133
 アモルファス 40
 アルカリ金属 12
 アルカリ土類金属 13
 アルカン 122
 アルキル基 122
 アルキン 124
 アルケン 124
 アルコール 129
 アルコール発酵 173
 アルデヒド 131
 アルデヒド基 131
 アルドース 145
 アレニウスの式 73
 アレニウスの定義 76
 アレニウスプロット 73
 アンチコドン 180

 イオン 8
 イオン化エネルギー 10
 イオン結合 25
 イオン結晶 27

 異化 172
 イソブレン 140
 位置異性体 127
 一次構造 152
 一次電池 110
 1次反応 71
 遺伝情報 178
 陰イオン 8
 陰極 114

 ウラシル 162

 永久双極子-永久双極子相互作用 38
 栄養多糖 148
 液間電位差 111
 液体 45
 エステル 132
 エタノール 131
 エチレン 124
 エチレングリコール 137
 エーテル 131
 エナンチオマー 128
 エネルギー準位 5
 エポキシ樹脂 139
 塩 81
 塩基 76
 塩基性 79
 塩基対 163
 塩橋 111
 延性 40
 エンタルピー 53
 エンタルピー変化 53
 エントロピー 65
 エントロピー変化 66

 オリゴ糖 147
 オレイン酸 158

 化学繊維 141
 化学的酸素要求量 95
 化学反応 21
 化学反応式 21
 化学平衡 61
 化学ポテンシャル 67
 可逆反応 61
 核酸 162
 化合物 17
 加水分解 82
 加水分解定数 83
 価数 8
 カソード 111
 活性化エネルギー 73
 活性化状態 73
 活性部位 169
 活物質 111
 活量 100
 価電子 12
 ガラクトース 146
 ガラクトサミン 147
 加硫処理 139
 カルボキシ基 132
 カルボキシ末端 153
 カルボニル化合物 131
 カルボニル基 131
 カルボン酸 132
 還元 89
 還元剤 89
 還元糖 148
 環式化合物 120
 緩衝作用 84
 緩衝溶液 84
 官能基 121
 官能基異性体 127

 気液平衡 47
 貴ガス 14
 基質 169
 基質特異性 170
 キシリトール 147
 キシロース 147
 気体 45
 気体定数 49
 気体の状態方程式 49
 キチン 149

か 行

- 解糖 173
 壊変 2
 界面 19
 解離定数 78
 解離度 78

さ 行

スクロース 147
 スピン 5
 スピン量子数 5

正極 111
 生成エンタルピー 55
 生成熱 55
 生成物 21
 生体膜 161
 静電引力 25
 正反応 61
 生分解性プラスチック 142
 絶対温度 48
 絶対零度 49
 セルロース 148
 全圧 50
 遷移元素 12
 遷移状態 73
 繊維状タンパク質 155
 セントラルドグマ 178
 潜熱 45

双極子 32
 双極子モーメント 32
 双性イオン 151
 相対質量 16
 族 10
 束一的性質 103
 速度式 71
 速度定数 71
 組成式 18
 塑性変形 40
 素反応 71

た 行

代謝 172
 体心立方 40
 多原子イオン 8
 多糖 148
 ダニエル電池 110
 単位格子 27
 単結合 33
 単原子イオン 8
 炭酸-重炭酸緩衝系 84
 単純脂質 157
 炭水化物 144
 炭素環式化合物 120
 単体 17
 単糖 145
 タンパク質 150
 単量体 136

置換反応 126
 チミン 162
 中性 80
 中性子 1
 中性脂肪 158
 中和滴定 85
 中和点 86
 中和反応 81
 潮解 85
 超臨界状態 48
 貯蔵多糖 148
 沈殿滴定 102

デオキシ糖 147
 デオキシリボース 147
 デオキシリボ核酸 162
 滴定曲線 86
 デバイ 32
 テレフタル酸 137
 電解精錬 117
 電気陰性度 14
 電気双極子モーメント 32
 電気素量 1
 電気分解 114
 電極 93
 電極電位 92
 典型元素 12
 電子 1
 電子殻 2
 電子軌道 4
 電子式 30
 電子親和力 13
 電子対 30
 電子伝達系 175
 電子の存在確率 3
 電子配置 5
 転写 179
 展性 40
 電池 110
 電池式 111
 天然ゴム 139
 天然繊維 141
 デンプン 148
 電離定数 78
 電離度 78

糖アルコール 147
 同位体 2
 等価 33
 同化 172
 糖脂質 150, 160
 糖質 144

同族元素 11
 同素体 55
 糖タンパク質 150
 等電点 151
 動物繊維 141
 当量点 86
 トリアシルグリセロール 158
 トリグリセリド 158

な 行

内部エネルギー 53
 ナイロン 6 142
 ナイロン 6, 6 137
 生ゴム 139
 難溶性塩 100
 ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド 166
 二次構造 153
 二次電池 110
 2次反応 71
 二重結合 34
 二重らせん構造 163
 乳糖 147
 ニューマン投影式 127
 スクレオシド 162
 スクレオチド 162
 熱可塑性樹脂 138
 熱硬化性樹脂 138
 熱容量 54
 熱力学 53
 ネルンストの式 112
 燃焼エンタルピー 55
 燃焼熱 55
 燃料電池 110

濃淡電池 113
 濃度 20

は 行

配位結合 36
 配位子 37
 配位数 27
 バイオプラスチック 142
 バイオマスプラスチック 142
 配座異性体 127
 排除体積 51
 パウリの原理 5

- ハースの式 146
 麦芽糖 147
 発酵 173
 発熱反応 55
 波動関数 2
 ハーバー・ボッシュ法 63
 パルミチン酸 158
 ハロゲン 13
 半金属 12
 反結合性軌道 31
 半減期 72
 半合成繊維 141
 半透膜 107
 反応次数 71
 反応速度 70
 反応速度論 70
 反応特異性 170
 反応熱 55
 反応物 21
 半反応式 91
 半保存的複製 178

 非還元糖 148
 非共有電子対 30
 非局在化 35
 非金属元素 12
 非結合性軌道 31
 比重 21
 ビタミン 165
 必須アミノ酸 150
 必須脂肪酸 157
 ヒドロキシ基 38, 129
 ビニル基 137
 比熱 54
 ビュレット 85
 標準起電力 111
 標準ギブズ自由エネルギー変化 68
 標準酸化還元電位 94
 標準水素電極 93
 標準電極電位 94
 ビルビン酸 173
 頻度因子 73

 ファラデー定数 112
 ファラデーの法則 117
 ファンデルワールス状態方程式 50
 ファンデルワールス力 39
 ファント・ホッフの式 65
 ファント・ホッフの法則 108
 フィッシャー投影式 145

 フィブロイン 141
 フェノール樹脂 139
 不可逆反応 62
 付加重合 137
 付加反応 124
 負極 111
 不均一触媒 74
 複合脂質 160
 複合糖質 150
 複製 178
 複素環式化合物 134
 不斉炭素 128
 不対電子 30
 ブタン 123
 物質の三態 45
 物質量 18
 沸点 46
 沸点上昇 105
 沸騰 46
 不飽和化合物 120
 不飽和脂肪酸 157
 不飽和炭化水素 124
 フラビンアデニンジヌクレオチド 166
 フルクトース 146
 ブレンステッド・ローリーの定義 77
 プロテオグリカン 150
 プロパン 123
 分圧 50
 分散力 39
 分子 17
 分子間力 39
 分子軌道 30
 分子軌道法 31
 分子式 17
 分子量 17
 フントの規則 6

 平衡状態 47
 平衡定数 62
 ヘキサメチレンジアミン 137
 ヘキソース 145
 ヘスの法則 56
 ペプチド 152
 ペプチド結合 152
 ヘミアセタール 146
 ヘミケタール 146
 α -ヘリックス 153
 変性 155
 ベンゼン 125
 ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式 84
 ペントース 145
 ヘンリーの法則 99

 ボイル・シャルルの法則 49
 ボイルの法則 48
 補因子 169
 方位量子数 4
 芳香族化合物 125
 放射性同位体 2
 放射性崩壊 72
 飽和化合物 120
 飽和脂肪酸 157
 飽和炭化水素 122
 飽和溶液 98
 ボーア半径 3
 補酵素 169
 補酵素 A 167
 ボックスダイアグラム 7
 ホモ乳酸発酵 173
 ポリエチレンテレフタレート 137
 ポリペプチド 152
 ポリマー 136
 ホルミル基 131
 ホルムアルデヒド 132
 ボルン・ハーバーサイクル 59
 ボンベ熱量計 57
 翻訳 179

ま 行
 マーデルング則 7
 マルコフニコフ則 125
 マルトース 147
 マンノース 146

 ミカエリス定数 171
 ミカエリス・メンテンの式 171
 水のイオン積 80
 ミセル 159
 密度 21
 未定係数法 23
 ミトコンドリア 175

 無極性 32

 メタノール 130
 メタン 123
 面心立方 40
 モノマー 136

モル凝固点降下 106
 モル質量 19
 モル濃度 20
 モル沸点上昇 105
 モル分率 104
 モール法 102

や 行

融解 46
 融解塩電解 117
 有機化合物 120
 有機電解合成 117
 融点 46
 誘導脂質 157
 陽イオン 8
 溶液 19
 溶解度 98
 溶解度積 100
 溶解平衡 98
 陽極 114
 陽子 1
 溶質 19
 溶媒 19
 溶媒和 38
 容量パーセント濃度 20
 四次構造 153

ら 行

ラウールの法則 104
 ラクトース 147
 ラジカル 137
 理想気体 49
 立体異性体 127
 立体配座 127
 立方デシメートル 20
 リボース 147
 リボ核酸 162
 リボソーム 179
 両親媒性分子 157
 臨界点 48
 リン脂質 160

ルイスの定義 77
 ルシャトリエの原理 63
 レーヨン 141
 ろう 159
 六方最密 40

わ 行

ワックス 159
 ワトソン・クリック塩基対 163

欧 文

β 酸化 177
 β -シート 153
 $\delta +$ 32
 $\delta -$ 32
 π 結合 34
 σ 結合 34
 ADP 172
 Arrhenius 73
 ATP 172
 Avogadro 18
 Born 59
 Boyle 48
 Charles 48
 CoA 167
 COD 95
 Coulomb 26
 Crick 163
 C 末端 153
 Daniell 110
 DNA 162
 DNA クローニング 182
 d 軌道 4
 ES 複合体 171
 FAD 166
 FADH₂ 175
 Faraday 117
 f 軌道 4
 Gibbs 67
 Goodyear 139

Haber 59
 Hasselbalch 84
 Henderson 84
 Henry 99
 Hess 56
 Hund 6
 Kekulé 35
 K 殻 2
 Le Chatelier 63
 L 殻 2
 Madelung 7
 Markovnikov 125
 Mendeleev 10
 Mohr 102
 mol (モル) 18
 mRNA 179
 M 殻 2
 N-アセチルグルコサミン 149
 NAD⁺ 166
 NADH 175
 Nernst 112
 N 末端 153
 Pauli 5
 PCR 法 182
 pH 79
 p 軌道 4
 Raoult 104
 RNA 162
 rRNA 179
 Schönbein 141
 sp² 混成軌道 34
 sp³ 混成軌道 33
 sp 混成軌道 34
 Staudinger 136
 s 軌道 4
 TCA サイクル 175
 tRNA 179
 van der Waals 39
 VSEPR 35
 Watson 163
 Wilkins 163
 Wöhler 120