

9. 切っても切れない電化の関係

雷はいかつい霊を意味するいかずちと呼ばれ、人の命を奪い、大木をなぎ倒し、火災を引き起こすなどの被害をもたらす自然現象として古くから恐れられていました。18世紀になると、ドイツ人のKleistやオランダ人のMusschenbroekenやアメリカ人のFranklinなどによりライデン瓶や避雷針が開発されて、恐ろしい雷が電流の現象であると明らかにされ、神の怒りではなくなりました。19世紀になると、イタリア人のVoltaやフランス人のAmpereやイギリス人のFaradayなど多くの人により電導性や放電や電池や電信などの電流に関する研究が進められてゆきましたが、日常生活に役立つような技術にまでは発展していませんでした。20世紀になるとEdisonをはじめとする多くの研究者により、種々の電化製品が開発されて、日常生活を便利で快適なものにしてきました。1950年代後半の日本人の生活に欠くことのできない耐久消費財の三種の神器は冷蔵庫と洗濯機とテレビと考えられていました。1960年代半には三種の神器はカラーテレビとエヤコンと自動車になり、2000年代になると三種の神器はデジタルカメラとDVDレコーダーと薄型テレビにさらに変わってきました。それぞれの時代に日本人が最も欲しいと思う三種の神器が自動車を除けばすべて電化製品であることから、いかに現代の日常生活が電流の力に依存しているか分かります。19世紀に明らかになってきた電気に関する現象は、Edisonなどにより20世紀にその利用法が飛躍的に発展して、現在では日常生活に欠かすことの出来ない産物や技術をもたらしています。

他方、18世紀までヨーロッパで伝え継がれてきたAlchemy(錬金術)は種々の物質を混ぜたり溶かしたり煮たり焼いたりして変化させることにより貴金属や不老長寿のクスリを合成するなどの金儲けの手段でした。19世紀になるとAlchemyの本質と思われる物質の変化に興味を持つ人が出てきて、次第に金儲けの手段から学問に進化してゆき、接頭語のAlが消えてなくなりChemistry(化学)になりました。19世紀半からは化学肥料や殺虫剤などの農薬の開発改良が農産物の安定した高い収穫を可能にしました。絹糸の価格の高騰に端を発した化学繊維の合成はナイロンやポリエステルやビニロンなどの天然繊維に優る性質を持つ優れた繊維を生み出しました。藍染めや茜染めに限られていた染色も種々の化学染料の開発により華やかなファッションに繋がりました。アスピリンやペニシリンなどの病を癒す多くの医薬品や環境衛生を改善する殺菌剤や石鹼が人間の平均寿命を格段に延長しました。物質が原子や分子で構成されていると考える化学的概念の基礎的な知識がこのように19世紀の間に蓄積され、20世紀になると種々の化学的な産物や技術が開発されて、日常生活を便利で快適なものにしました。

原子は質量の重い中性子と陽子が原子核となって中心に座り、原子核の正電荷を打ち消すようにその周囲に陽子と同じ数の軽くて負電荷を持つ電子が広く分布しています。2つの原子が接近すると一方の原子の原子核と他方の原子に属する電子が静電的に相互作用して、クーロン力が働き両原子が結び付けられます。物質は原子がイオン結合や共有結合や

金属結合で集合していますが、原子も分子も正電荷と負電荷が互いに打ち消し合うように原子核の正電荷に相当する数の電子で釣り合っています。原子や分子の中で電子が移動すれば原子や分子の中に電流が流れますから原子や分子が電荷を持つようになります。また、磁石と電流の間には Fleming の提唱した右手と左手の法則の関係がありますが、原子や分子の中で運動する電子にもこれらの関係が成り立ちますから、原子や分子が磁性を示すようになります。物質は原子や分子の集合体ですから、当然原子や分子の中における電子の動きが物質の性質に現れます。しかも、物質が固体と液体と気体の状態により原子や分子の並び方が変化しますから、電導性や磁性などの物性にも影響を与えます。鉄の原子が持つ磁石の性質を整列するように並べて固めると強い磁石の性質が鉄の塊に現れます。

物質の中で原子は正電荷を持つ原子核と負電荷を持つ電子の間に働く静電引力で結び付けられていますが、このとき、原子間にはエネルギー的に安定な結合性軌道と反発力が働く不安定な反結合性軌道の 2 つの軌道が生じ、原子に属する電子はエネルギー的に安定な結合性軌道に移動するために、原子の相互作用によりエネルギーの安定化が起こり原子は互いに結合します。金属や黒鉛などでは多くのこのような結合が連続的に繋がるために、相互作用する結合性軌道の多くの軌道(価電子帯)を電子が充足しますが、相互作用する反結合性軌道の軌道(伝導帯)は電子が充足されず空になっています。この伝導帯に電子を送り込めば空の軌道を通して末端まで電子が流れますから、金属や黒鉛は極めて高い電導性を示します。しかし、価電子帯と伝導帯の間の禁制帯が大きな金属けい素やゲルマニウムは容易には伝導帯に電子を送り込むことができませんから、容易には電流を流すことができません。このような禁制帯の大きな物質に若干の不純物を故意に加えますと、原子の間で電子の移動の仕方が変わり、一方方向だけに電導性を示す半導体の性質が現れますから、ダイオードやトランジスターに組み込み多くの電子部品に利用されています。

プラスチックのように分子が集合して形作られている物質では結合が連続的に繋がっておらず、分子と分子の間に電子の移動がほとんど有りませんから極めて良い絶縁体として働きます。しかし、このような電子の移動が困難な物質でも構成する原子や分子の中には多くの電子がありますから、物質が電場の中に置かれる時にはそれらの分子や原子の中で電子が偏在したり移動したりして電荷を持ったり磁性を示すようになります。この現象は電子部品として欠くことのできないコンデンサーに用いられていますし、電子レンジに応用されて物質の効率的な加熱に役立っています。

イオンは原子の持つ陽子の数と電子の数が異なっていますから、陽イオンと陰イオンはそれぞれ正と負の電荷を持っています。これらのイオンは通常的环境下ではあまり安定ではありませんが、水の誘電率が高いためにイオンの持つ電荷が水の中に分散してイオンは安定に存在することができます。液体の水の中ではイオンは自由に動き回ることができますから、電場の中ではイオンと電極の間に静電引力が働き、陽イオンと陰イオンはそれぞれ陰極と陽極に引き寄せられます。このように水の中をイオンが移動しますとイオンは電荷を帯びていますから結果として電流が流れます。

原子や分子が結合している相手を変更して異なる分子への変化を化学反応と呼んでいますが、代表的な化学反応として置換反応、付加反応、脱離反応、酸化反応、還元反応が知られており、さらにこれらの反応が複雑に組み合わせられて自然界の物質変化がなされています。これらの多くの反応の中で酸化反応は原子あるいはイオンが電子を放出する反応であり、還元反応は電子を受け取る反応ですから、この2種の反応が同時に進行するときには電子の遣り取りが起こります。電池はこの酸化・還元反応を利用するもので、本質的には化学エネルギーを電気エネルギーに変換しています。逆に、発電所で発電した電流を利用して強制的に酸化・還元反応を進行させることもでき、この電気エネルギーを化学エネルギーに変換する反応を電気分解と呼んでいます。

このように電気が日常生活に関与するようになった過程と、化学の日常生活への関与の過程は時代的に良く似ていました。その上、電流は物質の中を電子の流れる現象であり、化学は物質の中の電子が示す性質に関する知識や技術ですから、両者はともに電子の挙動を基本にしています。そのため、両者の関与の過程はしばしば互いに交錯しともに影響し合いました。現在も将来も化学と電気に関する知識や技術は互いに相補い相互に影響しあいながら進歩を続けて行くと思われまますから、**電化**という言葉に対する「熱・光・動力などを、電力を利用することでまかなうようにすること、または、生活に各種の電気器具を取り入れること、または、鉄道車両を電力によって動かすようにすること」という意味のほかに、著者はこの電気と化学の間の深い関係を**電化**の意味に加えてはどうかと思います。

本書では日常生活の中に快適と便利をもたらしている電化製品を物質の中の原子や分子の並び方に関する化学の知識を織り交ぜながら独善的に調べて、**電化**の関係を見てきました。さらに、身近な事柄として電化製品の働きを生み出すからくりの合理性を化学的に考えてきました。日常生活の中で用いられている電化製品の中に隠れた技術や知識のうちで、何か一つでも化学の研究や教育に役立つものが見つけ出せれば良いと思っています。また、逆に多くの化学的な技術や知識が日常生活を快適にする新たな電化製品を生み出す助けになれば、本書はさらなる意義を持つことになると思われまます。本書が**電化**の関係を深める上で貢献できればよいと思っています。

索引

- あ**
- IH ヒーター4, 56
 アクチニド金属元素 9
 アセテート 84
 圧力21, 22, 24, 26
 アデニン 68
 アマルガム法 98
 アルカリ金属12, 13, 18, 26, 94
 アルカリ土金属 19
 アルカリ土類金属 94
 アルファベット67, 69
 アルミニウム 94
 アンモニア 25
- い**
- イオン8, 9, 14
 イオン化ポテンシャル... 11, 12, 13, 14, 15,
 20, 85, 88, 92, 93
 イオン結合... 14, 15, 17, 21, 30, 34, 37, 71,
 74, 76, 79, 88, 89, 92, 101
 陰イオン13, 14
 インターネット5, 70
- う**
- 運動エネルギー..21, 22, 24, 26, 27, 29, 32,
 35, 36, 40, 45, 53, 57, 58, 79, 85
- え**
- 永久磁石36, 37, 39, 45, 46, 57
 液晶4, 70, 79
 液体21, 22, 24, 26, 80
 エステル 84
 X線回折 76
 n型半導体61, 63, 64, 65, 67
 FID 31
- エミッタ65, 67
 塩橋96
 炎色反応86
- お**
- オームの法則 54
 温度係数 48, 53, 54, 56
 温度検知器 53
 温度ヒューズ29
- か**
- 外殻電子.. 9, 11, 13, 15, 18, 19, 20, 26, 31,
 52, 85, 88
 碍子7, 73
 外部磁場 32, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 45,
 46, 57
 解離 88, 89, 91, 92, 97
 解離度 89
 化学シフト 42, 43
 核磁気共鳴吸収 40, 41, 42, 43, 44, 57
 隔膜99
 隔膜法99
 可視光線 61, 78, 86, 87
 ガスクロマトグラフィー 31, 53, 54
 価電子帯 18, 47, 50, 51, 52, 60, 61, 62, 64,
 65, 71, 102
 仮名67, 69
 ガラス状24
 ガラス状態 84
 火力発電46, 55
 感温材料29
 還元 94
 還元剤95, 96, 97
 還元反応.... 6, 7, 88, 91, 92, 93, 95, 97, 99,
 100, 103

き	
気化	22, 24, 26, 27
希ガス元素.....	9, 12, 13, 14, 34, 85, 86
気化熱.....	25, 26
気体	21, 22, 24, 26, 44, 53, 54, 75, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 97, 102
基底状態	16, 18, 47, 50, 51, 60, 71, 85, 86, 102
軌道	9
凝固点降下.....	27, 28
凝固点降下度.....	28
強磁性体	35, 36, 37, 39, 42, 45
凝縮	25
共鳴エネルギー.....	49, 50, 51
共有結合	14, 16, 21, 71, 79
禁制帯.....	47, 60, 61, 62, 64, 102
金属イオン.....	94
金属結合	18, 19, 26, 29, 30, 34, 47, 52, 53, 57, 60, 71, 72, 102
く	
グアニン	68
クーロンエネルギー	11, 15, 30, 88, 89, 92
クーロン力... ..	11, 14, 15, 16, 17, 18, 30, 31, 32, 53, 74, 75, 78, 88, 91, 92, 101
配位結合	14, 16
け	
蛍光灯.....	3, 86, 87
蛍光物質	86
結合エネルギー..	15, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 27, 28, 29, 49, 71, 77, 79, 88
結合角.....	72
結合距離	21, 71, 72, 79
原子価.....	16
原子核.. ..	8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 32, 34, 40, 74, 88, 101

原子間距離	21, 53, 57, 58, 76
原子分極.....	83, 84
原子量	31, 33
原子力発電	46
元素記号.....	9

こ	
硬磁性	37, 45
高分子化合物.....	24, 83
黒鉛	23, 38, 51, 52, 60, 97, 102
固体	21, 22, 24, 26, 35, 79
コレクタ.....	65, 66, 67
こんがらかる.....	23
コンデンサー.....	84, 102
コンピューター	5, 60, 67, 69, 70

さ	
酸化.....	94, 98, 99
酸化還元電位.....	93, 94
酸化剤	94, 95, 96, 97
酸化反応.. ..	7, 27, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 103
3重結合.....	17, 49
酸素	24, 33, 83
3態.....	21, 24, 26, 27

し	
紫外線	61, 64, 78, 86, 87
磁化率	36, 37, 38
磁気共鳴映像法	44
磁気モーメント	41, 44
結合	17
磁性	31, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 56, 57, 102
質量数	8
質量分析装置.....	33
シトシン	68

周期表.....	9
重水素.....	8
自由電子.....	18, 19, 26, 47, 50, 51, 60
Joule 熱.....	54, 55, 56, 57, 58
主量子数.....	9, 11, 13, 15, 16, 18
昇華.....	23
常磁性.....	36, 37, 42
状態方程式.....	21, 22
食塩.....	99
磁力.....	31, 37, 39, 45, 46, 56

す

水銀.....	98
水銀化合物.....	98
水酸化ナトリウム.....	98, 99
水蒸気.....	24
水素結合.....	25, 53, 75
水素陽イオン.....	8
水力発電.....	46

せ

正孔.....	62, 63, 64, 65, 67
静電引力.....	21, 30, 71, 79
正電荷.....	8, 83
静電気.....	30, 31, 84
整流作用.....	64, 67
精錬.....	6, 62, 99, 100
赤外線.....	61, 64
絶縁性.....	7, 71, 72, 73, 74
遷移金属.....	9, 19, 34, 37, 93
遷移金属元素.....	9, 34, 37

そ

双極子モーメント.....	75, 76, 77, 78, 79, 83
増幅.....	66, 67
測温抵抗体.....	53
塑性.....	24

た

ダイオード.....	3, 4, 6, 63, 64, 65, 67, 70, 102
帯電.....	30, 84
ダイヤモンド.....	60, 61
太陽光発電.....	65
耐容量.....	74
ダニエル電池.....	96
単結合.....	17, 49, 50
断続作用.....	67
炭素繊維.....	52
炭素 - 炭素単結合.....	72
単体塩素.....	98, 99

ち

蓄電池.....	95, 97, 99
致死量.....	74
チミン.....	68
柱上トランス.....	74
中性子.....	8, 9, 11, 15, 16, 17, 20, 32, 34, 40, 74, 88, 101
超電導.....	44, 57, 58, 59

て

DNA.....	44, 68, 69
TCD 検知器.....	53
デオキシリボース.....	68
デジタルカメラ.....	5, 70, 101
鉄.....	93, 94
テトラメチルシラン.....	42
転移温度.....	24, 36, 37, 40
電解質.....	89, 90, 91, 96, 97, 100
電気陰性度.....	43, 77
電気エネルギー.....	7, 32, 45, 55, 56, 57, 64, 65, 67, 76, 83, 84, 87, 95, 97, 99, 100, 103
電気抵抗.....	45, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 72, 73, 84, 89, 90
電気抵抗率.....	48, 53, 54, 55, 89, 90

電気分解 6, 7, 51, 97, 98, 99, 100, 103
 典型金属 9
 典型元素 34, 37
 電撃ショック 84
 電子 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 32, 34, 40,
 74, 88, 91, 92, 101
 電子親和力 13, 14, 15, 88
 電子の偏り 75, 76, 77, 78, 83
 電子分極 83, 84
 電磁誘導 44, 45, 46, 56
 電子レンジ 4, 77, 79, 102
 電池 3, 7, 51, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 103
 電導性 3, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57,
 58, 60, 62, 65, 73, 89, 90, 91, 97, 101,
 102
 伝導帯 18, 47, 50, 51, 52, 60, 61, 62, 63, 64,
 65, 71, 102

と

銅 93, 94
 同位元素 8
 当量電導度 89, 90, 91
 トランジスター 4, 6, 65, 66, 67, 69, 102

な

ナイロン 84
 鉛蓄電池 95, 96, 99

に

ニクロム 48, 56
 2重結合 17, 49

ね

ネオンサイン 3, 86, 87
 熱エネルギー 40, 46, 54, 56, 64
 粘性 24

は

結合 17, 49, 50, 51, 60
 配向分極 83, 84
 発光ダイオード 64, 65
 発電 7, 45, 46, 55, 63, 73, 74, 97, 99, 100,
 103
 反磁性 37, 42
 ハンダ 7, 29
 バンド 18, 47, 60
 半導体 60, 61, 62, 65, 70, 71, 102

ひ

p型半導体 62, 63, 64, 65, 67
 PCB 74
 光エネルギー 61, 64, 65, 87
 光センサー 65
 非金属元素 9
 左手の法則 32, 33, 102
 火花放電 84
 比誘電率 83
 表意文字 67
 避雷針 3, 101

ふ

Van der Waals 力 21, 53, 71, 79
 フィラメント 29, 51, 56
 フーリエ解析 44
 風力発電 46
 不對電子 34, 37, 39, 46
 沸点 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 58, 59, 74,
 80, 85, 86
 沸点上昇 27, 28
 沸点上昇度 27
 負電荷 8, 83
 プラスティック 5, 7, 24, 51, 56, 72, 74, 79,
 91, 102
 分子運動 79, 84

分子間力 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 35,
40, 53, 71, 72, 79, 80, 85

分子電導度..... 89

分子量19, 22, 23, 26, 27, 28, 31, 33, 72, 91

へ

平面構造23, 51, 97

ベース.....65, 67

ベクトル和..... 78

ヘテロリシス..... 20

変圧器.....46, 56

ほ

放電 84

放電管..... 86

飽和磁足37, 39, 45, 46

保磁力.....37, 39, 46

ホモリシス..... 20

ポリアセチレン.....50, 51, 60

ポリエチレン71, 83, 84

ポリ塩化ビニル.....83, 84

ポリスチレン71, 72, 84

ポリメタクリル酸..... 84

ま

マイクロ波.....78, 79

Meissner 効果 57

み

右手の法則..... 45

水の状態図..... 24

水俣病公害..... 98

め

メッキ.....99, 100

も

Morse 信号68, 69

ゆ

軟磁性 37, 39, 46

ゆ

有機化合物 22

有機電導体 50, 51

誘磁率 32, 37, 39, 45, 46

融点 . 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 55, 56,
74, 80

誘電率 .. 11, 15, 20, 73, 83, 84, 88, 89, 102

よ

陽イオン 8, 11, 15, 85

溶液 27

陽子 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 32, 34, 40,
74, 88, 101

陽子数 8, 9

溶媒 15, 20, 27, 28, 42, 88, 89, 98

ら

ライデン瓶 3, 101

ランタニド金属元素 9, 34

り

理想気体定数..... 21

臨界温度 57, 58

臨界磁場 57, 58

れ

励起状態 16, 18, 40, 47, 50, 51, 60, 71, 85,
86, 102

錬金術 5, 101

ろ

漏電 7, 55, 73, 74