

## 目次

<b>1. まえがき</b> .....	<b>3</b>
日本人が最も欲しがる三種の神器はすべて電化製品 .....	3
電化は電気と化学の関係を表す言葉? .....	5
<b>2. 物質中の電子の居場所</b> .....	<b>8</b>
電荷を持つ微粒子からなる原子には電荷なし .....	8
電荷を持っているイオン .....	11
クーロン力によるイオン結合 .....	14
身の回りは電荷を持たない分子ばかり .....	16
金塊は1個の分子? .....	17
結合が開裂するとイオンになり易い .....	20
<b>3. 原子や分子の集まり方で決まる物質の性質</b> .....	<b>21</b>
物質の性質に影響を与える分子の形 .....	21
電気冷蔵庫はフロンの状態変化で .....	24
融点により決まる金属の使い途 .....	26
<b>4. 電気と磁石の絡み合い</b> .....	<b>30</b>
電荷を持つ粒子が移動すれば電流が流れる .....	30
左手で分かる原子量や分子量 .....	31
電子が動き回って原子が磁石になる .....	34
原子核の小さな磁石で身体の中を診断 .....	40
右手で発生する電流 .....	44
<b>5. 温度で変わる電気の通り易さ</b> .....	<b>47</b>
金属中を電子が移動して電流が流れる .....	47
電気を通す有機化合物 .....	49
金属中の電子の動き難さで測る体温 .....	52
火のないところに煙を立てる電気 .....	54
電気が永久に流れ続ける超電導 .....	57
<b>6. 世の中を変えたコンピューター</b> .....	<b>60</b>
地殻の中に多量に含まれる半導体の素材 .....	60
整流や発光や太陽光発電をするダイオード .....	63
トランジスターは不純物を巧みに混ぜ込んだ半導体 .....	65

電流の断続で考えるコンピューター .....	67
<b>7. 電場の中で興奮する分子.....</b>	<b>71</b>
高い絶縁性を示す分子の塊 .....	71
共有結合はイオン結合性を兼ね備えている .....	74
分子内の電荷の偏りで加熱する電子レンジ .....	77
液晶中に整列した分子が映す画像.....	79
電気エネルギーを溜め込む分子の分極.....	83
電場の中で光る気体の原子や分子.....	84
<b>8. 電流が関わる酸化・還元反応 .....</b>	<b>88</b>
塩のお陰で水の中でも電流が流れる .....	88
酸化・還元反応は電子の遣り取り .....	91
電子の遣り取りを利用した電池 .....	95
電気分解は発電所の力で進行する化学反応 .....	97
<b>9. 切っても切れない電化の関係 .....</b>	<b>101</b>
<b>索引 .....</b>	<b>104</b>

## 1. まえがき

### 日本人が最も欲しがらる三種の神器はすべて電化製品

昔から雷はいかつい霊と考えられいかづち（いかづち）と呼ばれており、火雷大神（ほのいかづちのおおかみ）と大雷大神（おおいかづちのおおかみ）と別雷大神（わけいかづちのおおかみ）を祀った雷電神社が群馬県板倉町にあります。図1-1に示すように群馬県の桐生市や太田市や伊勢崎市、埼玉県の鴻巣市や幸手市や熊谷市、茨城県古河市、栃木県宇都宮市、千葉県松戸市など頻りに雷雲の発生する関東平野の中央部に広く雷電神社が点在しています。また、江戸時代の文化を代表する俵屋宗達の風神雷神図屏風絵に描かれている雷はデンデン太鼓で雷鳴を轟かせる鬼の姿をしています。このように人の命を奪い、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、雷は鬼のように恐れられていました。

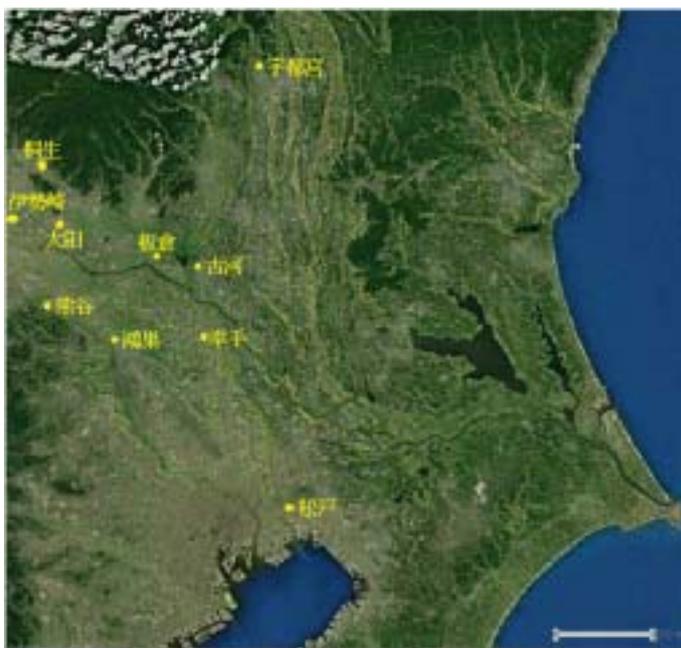


図1-1 関東平野に点在する雷神神社

18世紀になると、ドイツ人の Kleist やオランダ人の Musschenbroek 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、恐ろしい雷が電気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 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気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。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。

蛍の光や雪で反射する光ほどではなくても、燭台や蝋燭の光では暗く、十分な明るさが得られませんでしたから、人間は昼に働き夜は寝る生活でした。白熱電球や蛍光灯により、夜でも昼のような明るい世界を作り出すことが出来るようになり、宵っ張りの朝寝坊が可能になりました。ネオンサインや発光ダイオードにより赤や黄色や青や緑など種々の光を出すことが出来るようになり、夜の街を華やかに飾ることが出来るようになりましたから、ますます生活時間が夜にずれてゆきました。

食べ物の煮炊きも寒さを和らげる暖房も薪や炭や石炭を燃やして熱源としてきましたが、点火と火力の調節に難がありました。石油や天然ガスを燃料にすることにより、点火と火力の調節がかなり容易になりましたが、頻繁な点滅や微妙な熱量の調節にはかなり困難を伴います。電流を流すと発熱し、電流の流れを切れば瞬時に発熱が止まります。その上、流す電流の量を加減すれば発熱する量も容易に調節できますから、頻繁な点滅や微妙な熱量の調節が最も容易な熱源として、電熱は食べ物の煮炊きや寒さを和らげる暖房に便利に用いられています。さらに、電子レンジやIHヒーターなどの新しい発熱方法が開発され、火の無い所に煙を立てることも可能になってきました。

電流を流して発生する磁気と磁石の間に働く力を利用した電動モーターが開発されてから、電流は多くの器械や道具の動力に広く用いられるようになりました。電動モーターで電車の車輪を回せば、多くの人を神奈川県や埼玉県や千葉県の郊外から東京都心まで運んでくれますし、東海道五十三次の旅も2時間あまりで可能にしてくれます。電動モーターで桶の中に装着したスクリューを回す洗濯機では、洗濯板を使わなくても桶の中が良くかき回されて洗濯物は綺麗になります。風車を電動モーターで回せばそよ風を送る扇風機になりますが、エヤコンの冷凍機を動かせば夏の暑い日でも鳥肌が立つほどに気温を下げる事が出来ます。また、冷蔵庫の冷凍機を電動モーターで常に動かして、食物の腐敗を抑え、食材を長期に保存することができるようになりましたから、居ながらにして世界中の美味を味わうことができるようになりました。

電流の流れを頻繁に点滅して、呼び鈴やベルを連続的に鳴らし続けます。長短2種類の電流の点滅を組み合わせたモールス信号を利用して遠距離で通信が可能になりました。その後、電線の繋がっていない所でも電磁波により電気の信号を送ることが出来るようになり、無線電信や電報が世界の情報交換の有力な手段になりました。また、電流の点滅や強弱の変化に対応するように音を忠実に発生させることができ、逆に、音の振動を電流の点滅や強弱の変化にする技術も開発されたために、両者を組み合わせた電話は情報の交換を容易にしました。音の強弱や音色の電流量への変換、電流量の変化の電磁波への変換、電磁波の送受信、電磁波から音への再変換を組み合わせた携帯電話は近年の生活様式を大きく変化させました。放送局が電磁波に変換して送信した音の情報を受信して音の情報に再変換するラジオは、不特定多数の人々に同じ情報を一方向的に広く同時に伝達する手段となりました。

1950年代になると光の強弱を電流量の変化に変換する技術と電流量の変化を光の強弱に変化する技術が確立されたから、放送局は音の情報とともに、光の情報を電磁波に変換して送信するようになりました。テレビは情報を含むこの電磁波を受信して音と光の情報に再変換する装置ですから、ラジオと同じように不特定多数の人々に同じ情報を一方向的に広く同時に伝達できます。しかし、テレビは音のほかに映像の情報も含んでいるから、ラジオとは比べ物にならないほど大きな社会的影響力を持つようになりました。

トランジスターやダイオードや液晶ディスプレイやCCDの発達により電流の点滅や方向

の切り替えや情報の取り込みと表示が極めて微弱な電流で瞬時にできるようになりましたから、複雑な情報の処理が可能なコンピューターが発達しました。現在では、パーソナルコンピューターが多くの家庭に入ってきて、インターネットの通信やデジタルカメラの映像処理まで広く用いられるようになっていきます。

20世紀になると Edison をはじめとする多くの研究者により、このように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気の力に依存しているか分かります。

## 電化は電気と化学の関係を表す言葉？

恐ろしい雷が神の怒りと考えられていた 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長寿のクスリを合成するものでした。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 **AI** が消えてなくなり **Chemistry**（化学）になりました。19 世紀の間に基礎的な化学の知識や技術が蓄積され、Edison などにより種々の電化製品が開発された 20 世紀になると、種々の化学的な産物や技術も開発されて日常生活を便利で快適なものにしました。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、化学の進歩と日常生活への関与の過程は時代的にも良く似ていました。

非常に高価で庶民には縁遠い物だった藍染めの衣服はその色素のインジゴを化学的に合成して、最も庶民的なブルージーンズを生み出すまでになりました。さらに、ジアゾカップリング反応の成功により、パリやニューヨークや東京の華やかなファッションを可能にしました。Carothers を中心とする研究グループは簡単な構造を持つ化合物を繋ぎ合わせて細くて長い絹糸のまがい物を合成しましたが、このナイロンと呼ばれるまがい物を合成する考え方はポリエステルや合成ゴムなど多くのプラスチックを産み出すように発展してゆきました。化学的に生み出された種々のプラスチックは耐久性や耐薬品性や耐摩耗性や経済性など多くの点で天然に存在する繊維や樹脂に比べて優れています。

地球上には種々の生物が存在していますが、生存競争や共存や寄生など互いに複雑な関係で生命の維持と繁殖をしています。原始時代には人間は天然に生息している植物を採り動物を獲って食べて生活していました。農耕や牧畜により食べ物となる動植物を安定して供給できるように文明が発達しましたが、このような共存と寄生の関係においても生存競争は続きました。人間にとっては有益な生物も有害な生物もありますから、有益な生物に

肥料や飼料を与えて成長を助け、有益な生物に危害を加える有害な生物を除草や殺鼠や殺虫して除去してきました。肥料として尿素や硫酸アンモニウムの有効性が明らかになると、空気中の窒素を原料にして化学的に大量合成をするようになりました。殺虫剤や殺鼠剤も化学的に調製して散布しますから、芋虫が食べていない綺麗なキャベツをとんかつの横に刻むことができるようになりました。

5000年を越す中国の歴史の中で見出された麻黄（まおう）は熱を下げ、咳を鎮め、痰を切る性質がありますから、他の薬草とともに調合して葛根湯などの風邪薬として用いられてきました。19世紀半から培ってきた化学の知識や技術を利用して、麻黄の有効成分のエフェドリンを純粋な物質として取り出すことに成功しました。他方、ドイツではコールタールの化学的研究の過程で、熱を下げ、痛みを鎮める万能薬としてアスピリンが発明されました。現在では、これらのエフェドリンやアスピリンがあらゆる風邪薬には調合されて市販されています。

食べ物の供給における有害な生物ばかりでなく、直接、人間にとって怪我や病気の元になる有害生物も多く棲息しています。病気の原因になる微生物の繁殖を抑えるために、油脂を水酸化ナトリウムと煮て作る石鹼や脂肪酸のブドウ糖エステルなどの界面活性剤で汗や汚れを洗い落として生活環境を清潔に保っています。また、クレゾールや過酸化水素や塩素ガスなどの消毒剤や殺菌剤の働きで、有害な微生物から護られています。さらに、清潔を保っても消毒や殺菌をしても防ぎきれないバクテリアなどの繁殖による多くの感染性疾患の治療に役立つペニシリンの発明は多くの抗生物質開発の糸口になりました。このように種々の化学物質を有効に用いることは人間の健康を保つことに大いに役立っています。

生存競争は人間同士にも起こりますから、当然敵にとって有害な手段をとる人間も出てきますし、敵にとって有害な物質を扱う人間も出てきます。戦争のために強力な爆薬が開発されましたし、第1次世界大戦には毒ガスとしてホスゲンを散布して殺戮する戦術も採られました。ヴェトナム戦争では敵の隠れるジャングルを取り除くために大量のダイオキシシンが散布されました。総合的には化学は人間に恩恵を与える知識や技術であったと思われれますが、有益なことばかりではなく人間に危害を加える知識や技術にもなりうると思われれます。

電化製品の進歩とほとんど無関係に、このように化学は日常生活に影響を与えてきたように見えますが、化学の知識や技術は電化製品の発展に大いに貢献しています。逆に、化学の発展に電気に関する知識と技術は欠かすことができません。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います。

電流を流すための電線の材料にはほとんど金属を用いていますが、電流を効率的に流すためには銅やアルミニウムや鉄などの金属を純粋な状態に精練しなければなりません。この金属の精練には還元反応と電気分解反応が主に行われています。近年、重要性の増した金属けい素やゲルマニウムは極めて純粋でなければトランジスターやダイオードの素材として使うことができませんから、高い化学の技術を要求されます。また、これらの電線を

接続して複雑な機能を持つ電化製品に作り上げるためには鉛と錫の金属を熔融してハンダを作らねばなりません。逆に電化製品を作るうえで、電流が無用に漏れることのないように高い絶縁性を持つ物質も欠くことができません。現在の大部分の電線は銅線の周りをポリエチレンなどのプラスチックで被覆していますし、電柱に取り付けた碍子と呼ばれるセラミックスが発電所と家庭を結ぶ高圧電線を支えて漏電を抑えています。さらに、電子基盤と呼ばれる電化製品の心臓部は絶縁性の高いポリカーボネートなどの比較的固いプラスチックの上に電線が書き込んであります。しかも、この電線を基盤に複雑に書き込む過程では、種々の光化学反応や酸化反応が利用されています。

水に電流を流しますと水が還元されて水素と酸素に電気分解します。同じように多くの物質は電流を流すと酸化・還元反応して有用な物質を生産します。この酸化・還元反応を逆に起こさせると電流が流れますから、化学エネルギーを電気エネルギーに変換する電池を作ることができます。さらに、電気分解の反応と電池の反応を相互に起こすような系は蓄電池あるいは充電電池と呼ばれ、電気エネルギーを化学エネルギーとして蓄積し、再度電気エネルギーとして利用できます。

**電化**という言葉は小学館の国語大辞典では「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」と記されています。このように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いますから、著者は**電化**という言葉にこの電気と化学の間の深い関係の意味を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**の関係をどのようなものか見てゆこうと思います。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みたいと思っています。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れます。本書が**電化**を推し進める上で貢献できればよいと思っています。