

化学はじめて物語

身近なところで役に立っている化学技術・化学製品の誕生秘話を紹介しています。

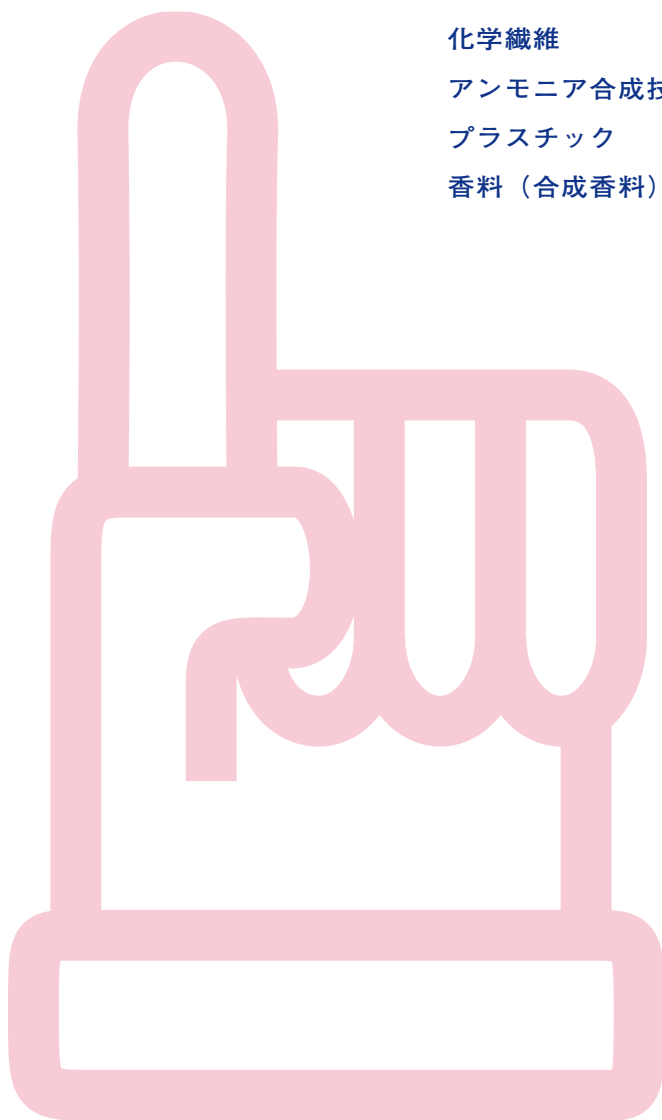
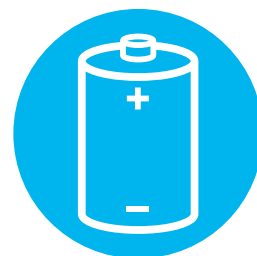
導電性ポリマー
ソーダ製造技術
合成染料
加硫ゴム



化学繊維
アンモニア合成技術
プラスチック
香料（合成香料）

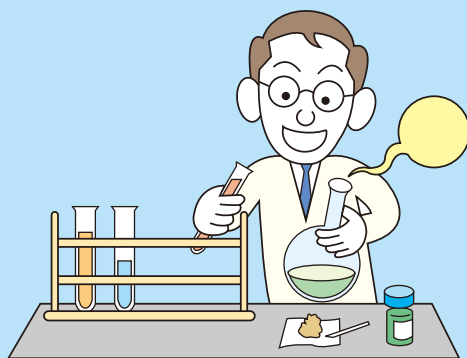


電池
接着剤
石油精製技術
不斉合成技術



はじめに

2000年の白川英樹教授、2001年の野依良治教授に続き、2002年、島津製作所の田中耕一さんがノーベル化学賞を受賞しました。一研究者から一転、輝かしいノーベル賞化学者に……。このことは当時一躍話題となりましたが、皆さんは覚えているでしょうか？「化学の研究なんて、実生活とは関係ない」そう思い込んでいる方も多いのではないのでしょうか？ところが、プラスチックや電池など、たくさんの化学製品が、私たちの身近なところで役に立っています。そして、その多くが思いもかけない発見から生まれているのです。ここでは、そんな化学の発見や発明のエピソードを紹介します。さあ、化学製品の知られざる誕生秘話をのぞいてみてください。



CONTENTS 目次

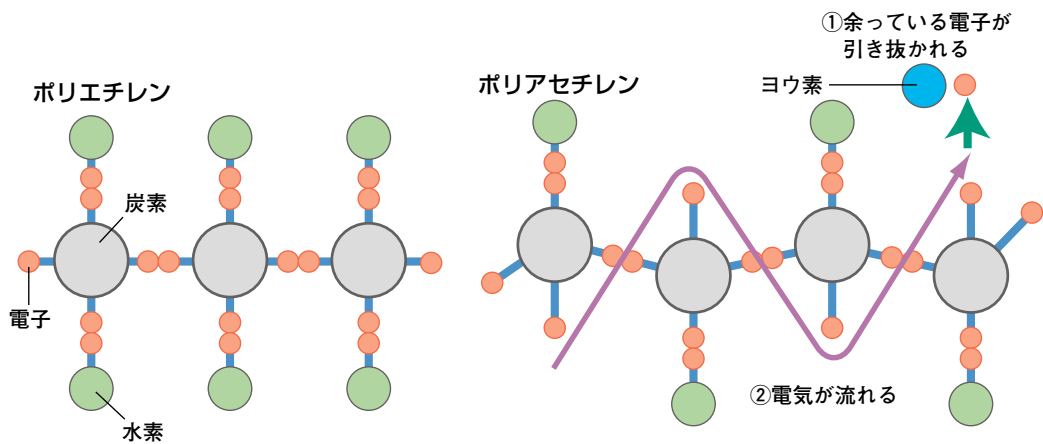
no.1	導電性ポリマー	2
no.2	ソーダ製造技術	4
no.3	合成染料	6
no.4	加硫ゴム	8
no.5	化学繊維	10
no.6	アンモニア合成技術	12
no.7	プラスチック	14
no.8	香料(合成香料)	16
no.9	電池	18
no.10	接着剤	20
no.11	石油精製技術	22
no.12	不斉合成技術	24

no. 1

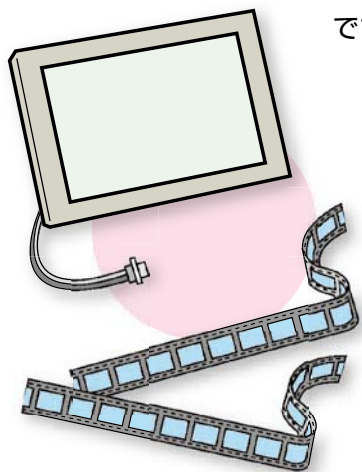
導電性ポリマー

小型・軽量化が進む携帯電話やパソコン……。これは、内蔵されているコンデンサーや電池に、重い金属に代わって、「導電性ポリマー」という電気を通すプラスチックが使われるようになったおかげとも言えるでしょう。しかしプラスチックといえば一般に電気を通しにくいものとして知られており、電線の被覆や電気回路の封止材などの絶縁体としても活用されています。それでは一体どうして「導電性ポリマー」は電気を通すことができるのでしょうか。

物体が電気を通すためには、その物体が持っている結合の手（電子（-））が自由に動けなければなりません。一般にプラスチックは自由に動ける電子を持っていないため、電気を通すことができません。例えば、ポリ袋等に広く使われているポリエチレンは、結合の手を4本もつ炭素原子2個に対し、結合の手を1本もつ水素原子4個で出来ていて、全ての結合の手がふさがっています。一方、同じように炭素と水素からなるポリアセチレンの場合は、炭素原子2個に対し水素原子も2個でできているため、余った結合の手は比較的自由に動ける状態にあります。つまり、そこに電子を引きつける性質のある元素（不純物）を少量加えれば、電子が引き抜かれて、そのすき間（+）に別の電子が順ぐりに入っていきることにより、電気が流れるようになるのです。この方法をドーピングといい、まさに導電性ポリマー誕生の最大のカギとなったのです。



そもそも、ポリアセチレンは粉末状のため、溶媒に溶かしたり熱を加えて形を変えたりすることができず、構造や性質を分析して詳しく調べることは不可能とされてきました。ところが1967年に、別の目的でポリアセチレンの合成を行っていた学生が実験に用いる触媒（それ自体は変化することなく、接触している物質の化学反応を促す物質）の量をまちがえた結果、ポリアセチレンの薄い膜ができました。それを見た指導教授の白川英樹氏（1936～）が、フィルム状にすれば各種の測定が可能になることに気づき、さらに専門のちがうふたりのアメリカの学者と共同でドーピングに関する研究を続けた結果、ヨウ素等を加えることにより飛躍的に導電性が増すことを解明したのです（1977年）。この発見は世界的に脚光を浴び、その後も多くの学者が研究を進め、現在ではポリアセチレン以外に100種以上もの導電性ポリマーが開発されています。そしてプラスチックの透明性や弾力性を活かして、タッチパネルの表面、静電気を帯びない写真フィルム、電磁波を防ぐコンピューター用スクリーン……、など私たちの身の回りのさまざまな製品として活用されています。さらに、薄く折り曲げることができるという特徴を活かして、ぐるぐる巻いてポケットに入るような超薄型液晶ディスプレイの商品化も進められています。将来は、腕時計くらいのサイズの超小型パソコンや、カレンダーのような壁かけテレビも夢ではないでしょう。



先入観にとらわれず、本来の研究の目的とは異なる結果にも着目したことが、従来の常識をくつがえす、世紀の大発見につながりました。そして2000年の秋、「導電性ポリマーの発見と開発」の功績が認められて、筑波大学名誉教授 白川英樹氏、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 物理学部教授 アラン・ヒーガー氏（1936～）、ペンシルベニア大学 化学教授 アラン・マクダイアミッド氏（1927～）の3人に、ノーベル化学賞が授与されました。（平成14年4月）

no. 2

ソーダ製造技術

古代ローマ時代の初期、サポー（Sapo）という丘の神殿では、羊を焼いて神にささげる風習がありました。このとき滴り落ちた羊の脂と木の灰が混ざり、それがしみ込んだ土は、汚れを落とす不思議な力があるという珍重されました。英語で石けんを「ソープ（Soap）」というのは、この丘の名前に由来すると言われています。後に、灰に含まれるアルカリ成分（ソーダ）が油と反応すると石けんが出来ると分かって、8世紀頃からは、木や海藻の灰と油脂を使って工業的に石けんが作られるようになりました。

18世紀の後半、ヨーロッパでは、産業革命によって織物工業が急速な発展をとげましたが、織物を製造する工程で、原糸を洗ったり、仕上げの段階で織物についたロウなどの不純物を洗い落としたりするためには、多くの石けんが必要とされました。また石けんの原料となるソーダは、ガラスの原料としても使われていたため、海藻灰や木灰だけでは、急激に増えるソーダの需要を満たすことが難しくなりました。特にフランスでは、スペインとの王位継承戦争によってスペイン産ソーダが輸入できなくなり、事態は一層深刻でした。

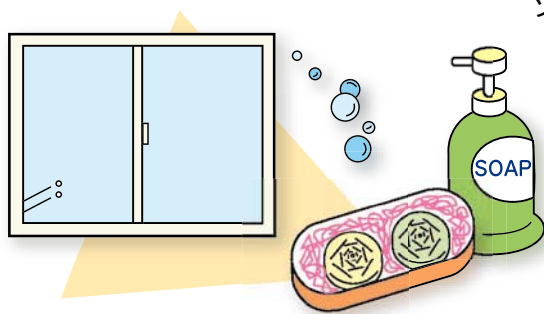
そこでフランス科学アカデミーは、食塩にソーダの成分が含まれていることを既に知っていたため、豊富にある海の塩を利用して化学的にソーダを作る方法を高額の賞金をかけて募集しました。その発明に成功したのがニコラス・ルブラン（1742～1806）です。オルレアン公の主治医を務めるかたわら化学の研究をしていた彼は、食塩と硫酸から作った硫酸塩を石灰や木炭などととも炉で焼いた後、それを洗い、水に溶け出した成分を濃縮して、炭酸ソーダの結晶を取り出すという方法（ルブラン法）を発明しました。石灰や木炭という安価で手に入りやすい材料でソーダを作ることができるようになったことから、ルブラン法を用いたソーダ製造工場が各地に建てられ、ソーダ工業化の第一歩をしりました。そして、織物、石けん、ガラスなど、それまで庶民の手には届きにくかったものが、大量生産が可能

となったおかげで、またたく間に普及し、特に石けんの使用によって、伝染病や皮膚病の発生が大幅に減りました。しかし当のルブランは、パトロンであったオルレアン公をフランス革命で失った上、賞金を手にすることもできず、悲憤のうちに自殺するという運命をたどりました。

19世紀の後半になると製鉄業が盛んになり、石炭から製鉄用コークスを生産する際の副産物としてアンモニアが豊富に得られるようになったことから、アンモニアを利用してソーダを作る方法が数多く試みられました。これに成功したのが、ベルギーの製塩工場主の息子アーネスト・ソルベ（1838～1922）です。叔父が経営するガス工場で働きながら、ガスの洗浄液からアンモニアガスや炭酸ガス等の成分を回収する研究を行っていた彼は、あるとき、食塩水にアンモニアガスと炭酸ガスを吹き込むと炭酸水素ナトリウム（重曹）ができることを発見し、これを焼いてソーダを作る方法（ソルベ法）を発明しました。この方法は、ルブラン法に比べ低い温度で反応が行われるため燃料が節約できる上、反応の工程で生ずるアンモニアや炭酸ガスを回収して再び利用することにより安価で品質の高いソーダを作ることができたので、化学工業が大規模化するにともない、ルブラン法に代わってソーダ工業を発展させていきました。

「ルブラン法」「ソルベ法」、そして現在は「電解法」といって、海水の塩を電気分解する方法でソーダが製造されています。時代とともに変遷をとげながらも、化学の力でソーダを製造するソーダ工業は、さまざまな化学原料の源となり、いろいろな化学製品に姿を変えて、私たちの身のまわりで役立っています。

（平成 14 年 5 月）



no. 3

合成染料

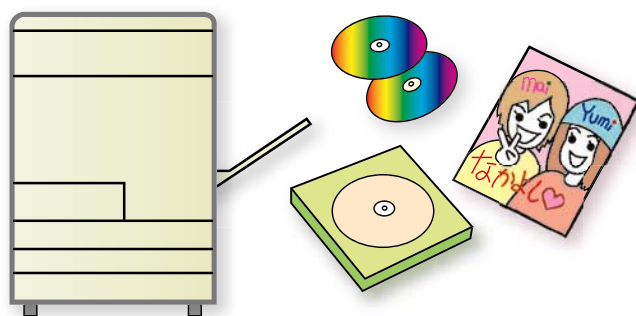
英語で“born in the purple”というと、王族や貴族の家に生まれることを指しますが、古くから紫色は、洋の東西を問わず、高貴の色とされてきました。そもそも紫色の染料は、地中海に生息する紫貝の内臓から極わずかしか採ることのできない、たいへん貴重なものだったため、高貴な身分の人にしか使用が許されていなかったのです。かのクレオパトラも、軍船の帆の色を鮮やかな紫色に染めさせて、富と権威を敵に示したといわれていますが、現在のように紫色を広く一般に使用できるようになったのは、石炭化学が発展し、人工的に染料を作り出すことが可能になったからなのです。

19世紀のヨーロッパでは、石炭が主なエネルギー源とされ、石炭から得られるコークスは鉄を製錬する際に、また石炭ガスはガス灯の燃料として用いられていました。ところが、それらを探り出した後に残るコールタールは、使い道がない上、臭くてネバネバして、捨て場所にも困っていました。化学者達は何かよい利用方法はないかと研究を続け、19世紀の半ばに、英国王立化学学校のホフマン教授（1818～1892）が、コールタールからアニリンという化学物質を抽出することに成功しました。その当時、ホフマンのもとで助手を務めていた W. H. パーキン（1838～1907）は、マラリアの特効薬であるキニーネの合成に取り組んでいましたが、キニーネを分解するとアニリンによく似た物質ができることから、逆にアニリンからキニーネを合成できないかと試しているうちに、1856年に、偶然にも美しい紫色を発する色素を発見しました。その色素で絹を染めてみたところ、染料としてたいへん優れていることが分かり、ゼニアオイ（フランス語で「モーブ」）の花の色に似ていることから「モーブ」と名付け、工業的な生産を開始しました。1862年にロンドンで万国博覧会が開催されたときには、ヴィクトリア女王がこのモーブで染めたドレスを着て出席し、ヨーロッパ中の話題になったそうです。

パーキンが「モーブ」を発見した頃、ドイツの科学者 A. V. バイヤー（1835～1917）は、植物の藍から採れる青色の染料「インジゴ」にアニリンが含まれていることから、逆にアニリンから「インジゴ」を合成できるのではないかと考えていました。一方、バイヤーの師匠で、ホフマンの同僚でもある F. A. ケクレ（1829～1896）は、物質の基本的な化学構造が明らかにされれば、偶然に頼ることなく、それぞれの原子がどのように結合するかを予測した上で化学物質を合成することが可能になると考えました（1865年に彼が解明した「ベンゼン環」：4本の腕を持つ炭素原子6個と、1本の腕を持つ水素原子6個が、亀の甲のように連なる化学構造は、染料のみならず、さまざまな化学物質の基本構造となるものです）。

そしてケクレの理論に基づき、コールドールに含まれているさまざまな物質を用いて、次々に新しい染料が合成されるようになりました。まずは1868年に、バイヤーの弟子のグレーベとリーベルマンが、アカネの根から採れる紅色の染料「アリザリン」の化学合成に成功しました。また1878年にはバイヤー自身も「インジゴ」の合成に成功し、数十年來の夢を果たしたのです。現在では、天然にない色素まで合成によって作り出され、私たちの身のまわりの繊維や衣類にカラフルな彩りを添え、華やかさを演出してくれています。さらに、染めるという本来の目的にくわえ、光・熱・電気・圧力などのエネルギーにより消色・変色・発色する色素や、情報を記録する色素など、さまざまな機能を付与した色素が開発され、レーザープリンター、プリクラ、トナー、光ディスクなど、身近な製品に実用化されているのです。

（平成14年6月）



no. 4

加硫ゴム

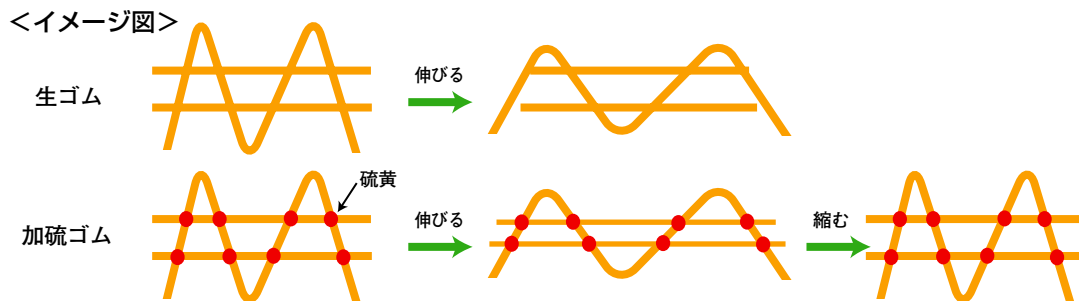


先日閉幕した2002年FIFAワールドカップでは、各国のチームとも健闘するなか、ブラジルが底力を見せて優勝しましたが、中南米では昔から、ゴムの樹液を固めてつくったボールを使った遊びが盛んだったと言われていました。その様子を初めてヨーロッパに紹介した人物はかの有名なコロンブスで、1493年に、航海途中に立ち寄ったカリブ海の島で、地面に当たって大きく弾むゴムボールを見て非常に驚いていたと伝えられています。

その後200年余りの間、ヨーロッパにおいては、ゴムは不思議なものとして珍重されたものの実用化されることはありませんでしたが、1736年に、フランス人のラ・コンダミーヌが地理観測のために南米の赤道地帯を訪れ、原住民がゴムの樹液から防水布やゴム靴などをつくっている様子を本国に報告してから、次第にゴムの実用化が進められました。1770年頃には、イギリスの化学者ジョゼフ・プリーストリー（1733～1804）が、ゴムでこすると鉛筆の字を消せることを発見し、消しゴムとしても使用されるようになりました。ちなみに、ゴムのことを英語で「ラバー（rubber）」というのは、「こする（rub）もの」という意味から来ているそうです。19世紀に入ると、ゴムバンド、ガーター、ズボン吊りなどにもゴムが利用されるようになりましたが、当時のゴムはゴムの樹液を乾燥して固めただけのもの（生ゴム）で、すぐに伸びきってしまう上、寒い日には固くなってひび割れたり、また暑い日には軟らかくなってベトベトしたりと、欠点の多いものでした。

その改善策を発見したのが、アメリカのゴム工場でゴムの改良に取り組んでいたチャールズ・グッドイヤー（1800～1860）で、1839年、偶然のきっかけから、生ゴムに硫黄を混ぜて加熱すると、温度変化に強く、しかも自在に伸び縮みするゴムが得られることを発見したのです。この新しいゴムは、イギリスの発明家ウィリアム・ブロックドンの手に入り、ローマ神話の火の神ヴァルカン（Vulcan）の名をとって“Vulcanized Rubber”

と名付けられました（日本語では硫黄を加えることから「加硫^{かりゅう}ゴム」と訳されています）。そして1843年、イギリス人のトーマス・ハンコックが、加硫ゴムが伸びてもまた元通り縮むのは、硫黄によってゴムの分子どうしが結び付けられ、網目のような構造となるからだということを解明しました。そして加える硫黄の量を変えることにより固さや弾力を調節できることも分かり、これをきっかけに本格的なゴム工業が開花します。ちなみに、ゴムの歴史を大きく変えた人物として、グッドイヤーの名前はアメリカのタイヤメーカーの社名に、またハンコックは「ゴム工業の父」として、今なお伝えられています。

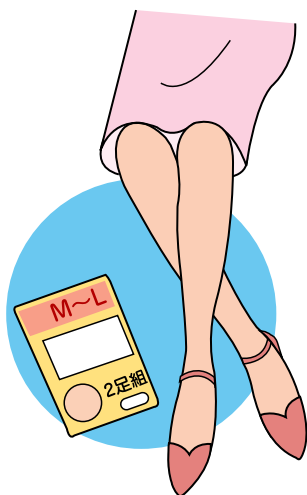


安定した弾力性と耐久性を兼ね備える加硫ゴムは、折からの産業革命により鉄道が普及すると、車両用バンパーや振動吸収材として使われるようになりました。1880年代にガソリン自動車が発明されると、そのタイヤとしても急速に需要を拡大しました。さらに化学の発展にともない、ゴムの分子構造が判明し、石油から人工的にゴムを合成することが可能となり、耐薬品性、耐熱性、耐候性など、用途に応じてさまざまな特性をもつゴムがつくられるようになりました。そして現在では、ボール、ベルト、ホースなどの日用品から、医療用チューブ、人工筋肉等の医療分野、防音・防振床材、免震ゴム等の建築分野、さらに、高所や宇宙空間の低温にも耐えるタイヤやシーリング材等の航空・宇宙分野にいたるまで、実に幅広い分野に活用されています。

（平成14年7月）

no. 5

化学繊維

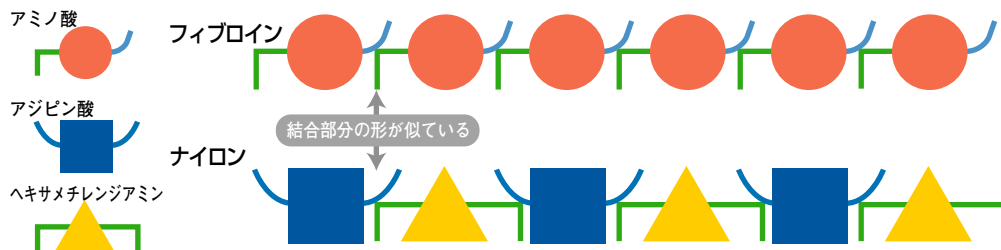


「戦後、強くなったのは女性と靴下（ストッキング）である」というフレーズが流行したことがありましたが、ストッキングがそのように強くなったのは、ナイロンという化学繊維の発明があったからなのです。それ以前のストッキングに使用されていた絹は、しなやかな肌ざわりと美しい光沢をもつ反面、繊維としては弱く、また非常に高価なものでした。シルクロードの時代には、同じ重さの金と交換されるほど貴重だと言われていています。

人々は長い間、絹のように美しく、しかも安価な繊維を人工的に作り出すことを夢見ていました。そして 1884 年、フランスの発明家シャルドンネ（1839～1937）が、木材からセルロースという天然繊維の素を取り出し、それを薬品にいったん溶かした後、糸に再生することに成功しました。この世界初の化学繊維は、光（ray）のように美しく輝く糸という意味で「レーヨン（Rayon）」と名付けられ、パリ万博で発表されてたいへん話題になりましたが、非常に燃えやすいために衣料品への実用化はかなえられませんでした。その後、1892 年にイギリスのクロス、ベバンらによって、安全に加工されたレーヨン（ビスコースレーヨン）が共同開発されたのを機に、本格的な工業化が進められるようになったのです。

一方、繊維の素を全く含まない原料から繊維を合成することに初めて成功した人物は、ウォーレス・カロザース（1896～1937）です。1928 年から、アメリカで火薬会社を経営するピエール・デュポンのもとで高分子の研究に取り組んでいた彼は、絹の主成分であるフィブロイン（タンパク質の一種）の化学構造<アミノ酸の分子が鎖のようにつながってひとつの長い分子（高分子）をつくっている>に着目し、石炭から取れるジアミンとジカルボン酸をアミノ酸の代わりに使って、同じような構造のものをつくることを試みました。そして 10 年近い歳月をかけて、さまざまな種類のジアミンとジカルボン酸の組み合わせによる

合成実験を繰り返した結果、原料として手に入りやすいことや、優れた糸ができることなどから、ジアミンの一種であるヘキサメチレンジアミンと、ジカルボン酸の一種であるアジピン酸を使って、世界初の合成繊維「ナイロン」をつくることに成功したのです（1935年）。カロザースはその2年後に謎の自殺をとげてしまいますが、その翌年、デュポンは「クモの糸よりも細く鋼鉄よりも強い繊維」というキャッチフレーズでナイロンを発表し、さらに2年後の1940年にナイロン製ストッキングを発売しました（日本に普及したのは第二次世界大戦が終わってからです）。ちなみに「ナイロン」という名前は、「伝染しない(No run)」という言葉をもじって付けられたという説があります。



ナイロンを皮切りに、麻の特徴をまねたポリエステル（1941年）、ウールの特徴をまねたアクリル（1944年）など、次々に新しい合成繊維が開発されていきました。また紡績技術の進歩にとともに、異なる種類の繊維を組み合わせ、例えば、吸水性に優れる綿としわになりにくいポリエステル、強度や光沢に優れるナイロンと伸縮性に優れるポリウレタン、などというように、それぞれの長所を活かした複合素材もつくられるようになりました。さらに、繊維の加工方法を工夫して、例えば、繊維を極限まで細くすることにより、天然皮革にも劣らないなめらかな質感をもつ人工皮革、また、繊維の断面の形状を複雑にしてすき間を作ることにより、毛細管現象（液体が表面張力によって細い管の中を重力に逆らって移動する現象）で汗を吸い上げる涼感繊維……、など、風合いをよくしたり、さまざまな機能をもたせたりした化学繊維が、私たちの衣生活を豊かで快適なものにするために役立っているのです。（平成14年8月）

no. 6

アンモニア合成技術

窒素^{ちつそ}は植物の生育に欠かせない栄養素のひとつですが、同じ土地で農作を繰り返すうちに、土の中に含まれている窒素が減ってくるため、植物は十分な栄養を吸収することができなくなってしまいます。それを補うための肥料として、19世紀のヨーロッパでは、南米のチリで産出する天然の硝石^{しょうせき}などの窒素化合物を用いていました。しかし、18世紀後半からの産業革命によって生活水準が著しく向上した結果、人口が急激に増え続けるなか、限りある硝石もいずれは掘り尽くされ、肥料不足から農業生産性が低下して、深刻な食糧危機が訪れるのではないかと懸念されていました。さらに19世紀の後半には火薬の原料としても使われるようになって硝石の需要はますます高まり、それに代わる窒素化合物を人工的に作り出す方法の開発が強く求められたのです。

そこで化学者たちは、空気中に大量に存在する窒素を、肥料や火薬として使用することのできる化合物として固定することを試みました。ドイツでは当時、政治的な理由から硝石の入手が非常に困難になっていましたが、ユダヤ系ドイツ人のフリッツ・ハーバー（1868～1934）は、反応条件^{しよくばい}や触媒（それ自体は変化することなく、接触している物質の化学反応を促す物質）を変えて何度も実験を繰り返した結果、500℃、200気圧という高温・高圧の条件のもとで、オスミウムという金属を触媒に用いて、窒素と水素からアンモニア（窒素化合物の一種）を合成することに成功しました（1908年）。

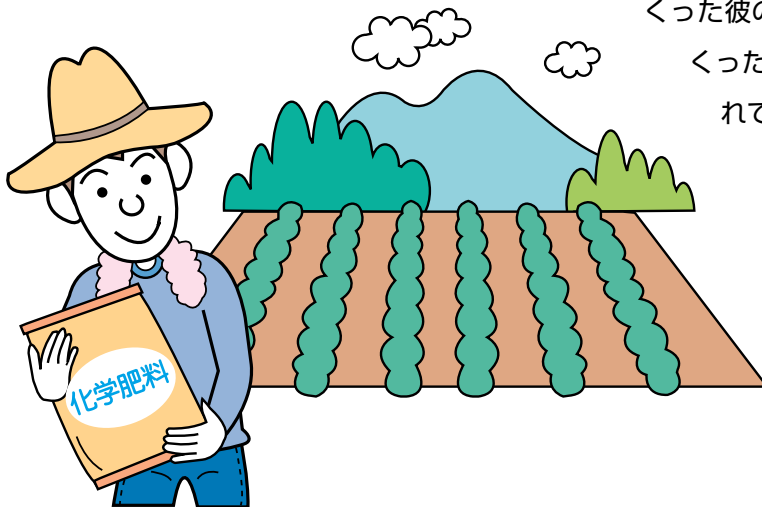
ところが、ハーバーの発明した方法にはいくつかの欠点がありました。それを克服したのは、カール・ボッシュ（1874～1940）ら、ハーバーの研究仲間達です。欠点のひとつは、オスミウムが世界にわずかしかない高価なものだということですが、それに代わる、より安価な触媒として、磁性酸化鉄を主成分とする触媒が最適であることを発見しました。もうひとつの欠点は、反応が高温・高圧下で行われるため、すぐに装置が壊れてし

まうということですが、もともと冶金技術者だったボッシュの経験を活かして、過酷な条件に耐えうる装置をつくりあげ、アンモニアの量産を可能とし、1913年に、ついにアンモニアの工業化が実現したのです。

しかし皮肉なことにこの発明は、人間を養うことのできる肥料だけでなく、人間を殺めることにも使える大量の火薬をもドイツにもたらし、翌年から始まった第一次世界大戦において大きな戦力となりました。愛国心の強いハーバーはさらに、軍の技術指揮官として化学兵器の開発にも協力し、1915年にベルギーのイーブルで彼が指揮した世界初の毒ガス戦では、多くの兵士が命を奪われました。日頃から化学兵器に反対していたハーバーの妻は、これに抗議して自殺してしまい、また、ハーバーの協力の甲斐なく戦局は悪化して、1918年にドイツは敗戦を迎えます。戦後の荒れはてた農地で、ハーバーのアンモニア合成技術はあらためて肥料の製造に役立てられるようになり、世界的にも彼の功績が認められて、その年のノーベル化学賞が授けられました（ボッシュも、「高圧化学的方法の開発」により1931年にノーベル化学賞を受賞しています）。やがて、1933年にドイツにナチス政権が成立し、ユダヤ人の弾圧が始まると、ハーバーはイギリスへ亡命、翌年スイスのバーゼルで病死し、故郷の土を再び踏むことはありませんでした。波乱の生涯をお

くった彼の名は、「空気からパンをつくった人」として今も歴史に刻まれています。

(平成14年9月)



no. 7

プラスチック

プラスチックは、金属や陶磁器、ガラス等に比べて、一般に軽く、割れにくい、また錆びたり腐ったりしない上に、電気絶縁性に優れ、加工しやすい等の特長を持つことから、台所用品や家電製品、自動車など、私たちの生活のいたるところで使われています。

そもそも「プラスチック」という言葉は、ギリシャ語で「形づくる」という意味の“plassein”に由来し、熱や力を加えて自由に形づくることのできるもの、つまり「可塑性物質」を意味しています。粘土や金属、ガラスなども可塑性物質にはちがいありませんが、現在では「プラスチック」というと一般に可塑性の高分子化合物（分子が鎖状や立体的な網目状に連なって大きな分子を構成しているもの）を指します。

プラスチックは、熱を加えたときの性質によって、大きくふたつのタイプに分けることができます。ひとつは「熱可塑性プラスチック」で、チョコレートのように、熱を加えると柔らかくなって融け、冷えると再び固まるという性質をもっています。融かして自由に形をつくることのできるため、加工方法によってさまざまな製品に応用することが出来ます。もうひとつは「熱硬化性プラスチック」で、ビスケットのように、熱を加えると固まり、その後再び加熱しても柔らかくなりません。耐熱性に優れることから、調理器具や電化製品等に使われています。



さて、プラスチック工業の歴史は19世紀にさかのぼります。当時アメリカではビリヤードが流行していましたが、球の材料となる象牙が非常に高価だったため、1863年に、あるメーカーが懸賞金をかけて、象牙に代わる材料の開発方法を募集しました。そして5年後の1868年に、発明好きのジョン・W・ハイアット（1837～1920）が、植物繊維からつくるニトロセルローズに、クスノキからとったショウノウを混ぜることにより、加熱すると自由に形をつくることのでき、冷やすと固まって割れにくくなる物質をつくり出すことに成功しました。「セルロイド」と名

付けられたこの新素材は、ビリヤードの球としては弾力性が足りなかったものの、成型性や着色性に優れることから、おもちゃ、文房具、写真フィルムなどの材料として普及しました。

ところがセルロイドには、形づくった後も熱が加えられると軟らかくなってしまふなど、いくつかの欠点がありました。そこで熱に強いプラスチックの開発に取り組んだのが、レオ・H・ベークランド（1863～1944）です。大学を卒業した後、生まれ故郷のベルギーからアメリカに渡り、電気絶縁材料の研究をしていた彼は、石炭から得られるフェノールとホルマリンを反応させてできる樹脂状の物質（1882年にドイツのバイヤーが発見）が、熱を加えると固まって、その後再び加熱しても軟らかくならないことを発見し、1909年に「ベークライト」という名で工業化しました。これが、世界で初めて天然の素材を使わずに合成されたプラスチックです。耐熱性に優れるベークライト（一般名は「フェノール樹脂」）は、19世紀の後期に発明された電話、電灯、ラジオ等の電子部品として、さらに食器や灰皿等の日用品として、広く用いられました。

その後もプラスチックの開発は続き、セルロイドを起源とする熱可塑性プラスチックとしては、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどが、またフェノール樹脂と同じ熱硬化性プラスチックとしては、尿素樹脂（ユリア樹脂）、メラミン樹脂などが生まれ、それぞれに特長を活かした用途に使われています。さらに生産技術の進歩により、異なるプラスチックを組み合わせた複合素材もつくられるようになったほか、最近では、微生物によって分解され土に返る「生分解性プラスチック」、プラスチックは電気を通さないという常識を破った「導電性プラスチック（導電性ポリマー）」など、新しい機能をもったプラスチックが次々に開発されており、今後の可能性にも大いに期待できるでしょう。（平成14年10月）

no. 8

香料

(合成香料)

香料の歴史は古く、古代の人々が香りのよい木や草を焚いて、その香煙を神仏にささげていたのが始まりとされています。香料をあらわす英語“perfume”の語源が、ラテン語で「煙によって」という意味の“per fume”であることからその由来が伺えます。やがて貴族たちの間で、花や実を油脂に浸してつくった香油を体に塗る習慣が生まれ、次第に市民にも広まってきました。

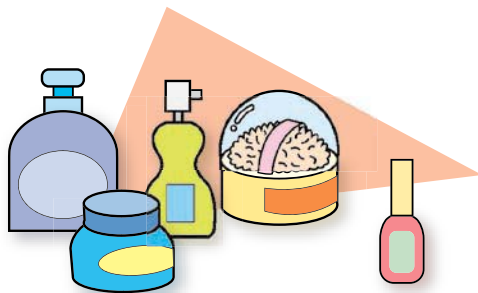
中世に入ると、ヨーロッパでは、キリスト教の勢力が強まるとともに香料は贅沢で不道德なものと考えられるようになりましたが、一方イスラム圏では、植物の花、葉、根、枝、種子、樹皮、果実などを蒸留して精油（植物に含まれている芳香性の油）を抽出する方法が発明され、それをアルコールに溶かした、現在の香水の原型となるものがつくられました。それらの香料は、11～13世紀の十字軍遠征によって、またルネサンスの花開く近代に入ってから、15世紀の東西貿易の拡大によって、東洋からヨーロッパに運ばれていきました。そして16世紀には、イタリアやフランスでも香料が生産されるようになり、入浴の習慣がなかった当時、上流階級を中心に、体臭予防の目的で香水が使用されました。また同じ頃、皮革産業で栄えていた南フランスの町グラースでは、なめし革の臭みを消すために香料が用いられるようになりました。当初は近郊に自生する植物を原料にしていましたが、温暖な気候や優れた土質を活かして、原料となる植物の栽培を始めたのをきっかけに、本格的な香料工業がスタートしました。

19世紀になると、おもに石炭を原料に、さまざまな物質が人工的に合成されるようになりました。1868年には、人工染料「モーブ」を発見したことで有名なイギリスの化学者W. H. パーキン（1838～1907）が、石炭から得られるコールタールから、トンカ豆の芳香成分「クマリン」を合成することに成功しました。また化学者たちが物質の基本的な化学構造に注目し始めた

なか、芳香成分の化学構造に関する研究が進められるなどした結果、ヘリオトロープの花の芳香成分「ヘリオトロピン」、バニラ豆の芳香成分「バニリン」などが合成されました。さらにドイツの化学者 O. フラッハ (1847 ~ 1931) の研究チームによって、いろいろな精油に含まれる芳香成分の化学構造が解明されていくにつれ、より多くの芳香成分の合成が可能となりました。(後にフラッハは、それらの研究による化学工業への貢献が認められて、ノーベル化学賞を受賞しています (1910 年))

20 世紀に入ると、芳香成分の分子の立体構造に関する研究が進められるようになりました。特に顕著な功績をあげたのは、スイスの化学者 L.S. ルジチカ (1887 ~ 1976) で、彼の研究チームは、雄のジャコウジカの性的分泌物に含まれている「ムスコン」をはじめ、数々の天然にある芳香成分の構造を解明して、それらに代わるものの合成に成功しました。(この研究の業績により、ルジチカも 1939 年にノーベル化学賞を受賞しています) その後、分析技術が著しく向上したことにより、それぞれの香料に含まれているひとつひとつの芳香成分の種類、量、詳細な分子構造等が明らかになってきて、複数の芳香成分が組み合わさった複雑な香りも、合成によって再現できるようになりました。また一方では、芳香成分の分子構造と香りの質の関係、濃度や組み合わせ等が及ぼす人間の嗅覚の変化などに関する研究も行われています。そして今日、私たちの身の回りでは、石油などを原料に合成された香料が、香水のほか、化粧品、芳香剤、さらに食品、飲料など、実に幅広く活用されているのです。

(平成 14 年 11 月)



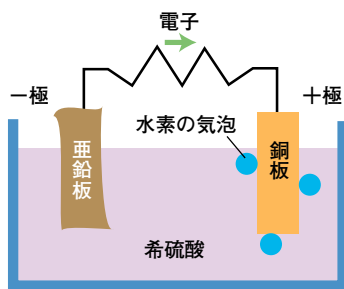
no. 9

電池

物質はすべて原子からできています。そしてその原子は、「プラス(+)」の電気をもつ原子核と、「マイナス(-)」の電気をもつ電子によって構成されています。原子は、他の原子との関係によって、電子を与えたがる(プラスイオンになりたがる)ときと、電子をもらいたがる(マイナスイオンになりたがる)ときがあります。たがいの希望が一致すると電子のやり取りが行われ、その間に電気が流れます(このとき電子を与える側がマイナス極、電子を受け取る側がプラス極となります)。電池は、この仕組みを利用して電気を起こすもので、それぞれの極となるふたつの物質と、電解液(電気を通すことのできる液体)でできています。

現在の電池の元祖となるものが発明されるきっかけとなったのは、イタリアの生物学者ガルバーニ(1737～1798)によるカエルの解剖実験でした。彼は、鉄製と銅製(一説によると真ちゅう製)の実験器具を用いて同時にカエルに触れると、死んでいるはずのカエルの足がピクピク動くことを発見しました。実はこのとき、鉄がマイナス極、銅(または真ちゅう)がプラス極、そしてカエルが電解液となって電気が発生していたのですが、ガルバーニは動物にもともと存在している電気がカエルの筋肉を収縮させたのだと考え、「動物電気」という名前で1791年に発表しました。

この発表に興味をもったのが、同じイタリアの物理学者ボルタ(1745～1827)です。彼は、電気を起こすものとなっているのはカエルではなく、

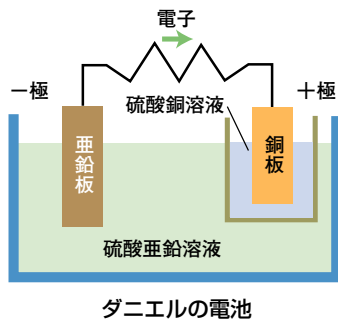


ボルタの電池

鉄と銅(または真ちゅう)の方ではないかと考え、カエルの代わりに食塩水を染み込ませた紙や革を使って電気を起こすことに成功しました。そしてさまざまな物質を組み合わせる実験を繰り返した末、1800年に、マイナス極に亜鉛板、プラス極に銅板、そして電解液に希硫酸(薄い硫酸)を用いた、世界最初の電池を発明しました。この発明を機に、電気や磁気が研究の対象として注目されるようになり、ドイツのオー

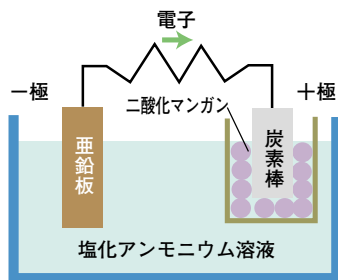
ムによる「オームの法則」(1826年)や、イギリスのファラデーによる「電磁誘導の法則」(1831年)など、電気物理学における数々の重要な発見につながりました。ボルタの功績を称えて、彼の名前は電圧の単位を表わす「ボルト」として現在も残っています(ちなみに電流を測る「ガルバノメーター」はガルバーニの名前に由来しています)。

しかしボルタの電池には、まだ改良すべき点がありました。希硫酸から発生する水素の気泡が銅板の表面に付着して電気を流れにくくしてしまったり（この現象を「分極」といいます）、亜鉛板が希硫酸に溶けてボロボロになってしまったりして、長時間使うことができないのです。そこでイギリスの学者ダニエル（1790～1845）は、水素を含まず、しかもそれぞれの電極と同じ成分を初めから持っている2種類の電解液を用いて、それを素焼きの容器で仕切ることにより、それぞれの液が混ざることなくイオンだけは移動できるような構造の電池を考案しました（1836年）。これは、翌1837年に電信機が発明されると、その電力源としておおいに活用されました。



ダニエルの電池

その後1868年に、フランスのルクランシェ（1838～1882）が、より安全性の高い塩化アンモニウム溶液を電解液に、また二酸化マンガ（塩化アンモニウム溶液から発生する水素を水に変えて、気泡の発生を防ぐ働きをもつ）の中に入れた炭素棒をプラス極に用いた、現在のマンガン乾電池の原型となるものを発明しました。さらに1888年に、ドイツのガスナーによって、持ち運びの際にこぼれないように塩化アンモニウム溶液を石膏（材質中に多くのあな孔があいているため、イオンの移動は可能）で固めたものがつぐられ、これは乾いた電池という意味で「乾電池」と呼ばれるようになりました。実際にはガスナーが発明するよりも前の1885年に、日本の屋井先蔵（1863～1927）が塩化アンモニウム溶液にのりを混ぜたものを考案していたのですが、すぐに発表しなかったため、ガスナーの方が有名になってしまったという話です。



ルクランシェの電池

その後も素材や構造の研究開発が続けられ、さまざまな種類の電池が生まれた結果、現在では使用する機器によって、例えば、懐中電灯のように時々しか使わないものや、時計のように小さな電力で動くものには、休ませると回復する性質があるマンガン乾電池、ヘッドホンステレオや電子ゲーム機のように連続して使用するものには、マンガン乾電池に比べ寿命が長いアルカリ乾電池、またカメラや電子手帳には、小型でも長時間にわたり大きな電力を供給できるリチウム電池……、など、それぞれにふさわしい電池が使い分けられるようになっています。

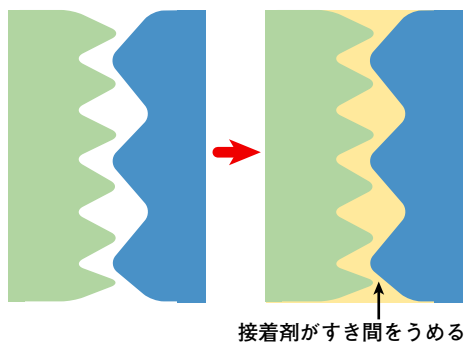
（平成14年12月）

no.10

接着剤

接着剤の歴史は古く、原油に含まれている天然アスファルトを使って木や竹の棒に接着された、石器時代の矢じりが世界各地で発見されています。アスファルトは、石油資源が豊富な中近東では壁画の製作や建築などにも幅広く用いられてきたらしく、紀元前 2700 年頃のメソポタミアの古代都市ウル（現在のイラク南部）の王墓からは、天然アスファルトで貝がらや宝石を貼ったモザイク画「ウルのスランダー」（大英博物館 所蔵）が発掘されています。アスファルト以外には、エジプト、中国、ヨーロッパなど、狩猟が盛んな地域では、獣類の皮や骨を煮出してつくったニカワが、また肉食の習慣の少なかった日本などでは、漆（ウルシの樹液）や、米などからつくったデンプンのりなどが、おもに用いられていたようです。

それらの素材に共通しているのは、貼る前は軟らかく、貼った後に固まるという性質です。そもそも接着とは「接着剤を媒介とし、化学的もしくは物理的な力またはその両者によってふたつの面が結合した状態」と定義されています（ISO: 国際標準化機構）。その原理については、今のところ十分には解明されていませんが、一般的には「分子間力（ファン・デル・ワールス力）」や「^{とうびょう}投錨効果」などによるものと考えられています。「分子間力」



とは、分子と分子の間に働く電気的な引力のことです。この分子間力が働くためには、物体どうしの距離が 1 億分の数 cm 以下ともいわれる分子レベルにまで接近していなければなりません。固体の物体の表面はミクロな目で見ると無数の凹凸があり、いくらぴったりと重ねても分子同士が引き合う距離まで近づくことはできません。接着剤はその凹凸にぴったり合うよう変形して物体表面に密着することができるため、物体表面の分子と接着剤の分子との間に分子間力が働くのです。一方「投錨効果」は、物体表面の凹凸の穴に接着剤が入り込んで固まり、ちょうど釘を打ったと同様の効果があらわれ

るというものです。実際には、これらの原理が組み合わさっている場合が多いのではないかとされています。

さて、天然素材を原料としない合成接着剤が誕生したのは今から100年ほど前のことです。19世紀後半から20世紀初頭にかけて、おもに石炭を原料に、さまざまな物質が人工的に合成されるようになりました。そのひとつがプラスチックで、1882年、ドイツ人のA・V・バイヤー（1835～1917）が、石炭から得られるフェノールとホルマリンを反応させてできる樹脂状の物質を発見し、後に、ベルギー生まれのアメリカ人、レオ・H・ベークランド（1863～1944）が、「ベークライト」（一般名はフェノール樹脂）と名づけて工業化しました（1909年）。この物質は、電話、電灯、ラジオ等の電子部品として、また食器や灰皿等の日用品として、広く使用されたほか、熱を加えると固まるという性質から接着剤としても活用されることになったのです。



その後もさまざまなプラスチックの開発が続いたなか、軟らかくなったり固まったりする性質をもつ、ユリア樹脂（尿素樹脂）、メラミン樹脂、酢酸ビニル樹脂、アクリル樹脂、ポリアミド……、等が接着剤の素材に用いられるようになりました。そして現在、身近な家庭用としては、切手の裏や事務用液状のりに使用されているポリビニルアルコール接着剤、紙や木の接着に適した酢酸ビニル樹脂接着剤、金属・ガラス・陶器等の接着に適したエポキシ樹脂接着剤、いわゆる瞬間接着剤として知られているシアノアクリレート接着剤などが使用されています。一方、産業用としては、前述のフェノール樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤のほか、アクリル樹脂接着剤、ポリウレタン接着剤、シリコーン接着剤等が、合板等の建材をはじめさまざまな建築の過程において、また段ボールやラミネートフィルム等の包装用材、自動車や自動車部品……、等の製造工程において、それぞれの目的に合わせて活用されています。（平成15年1月）

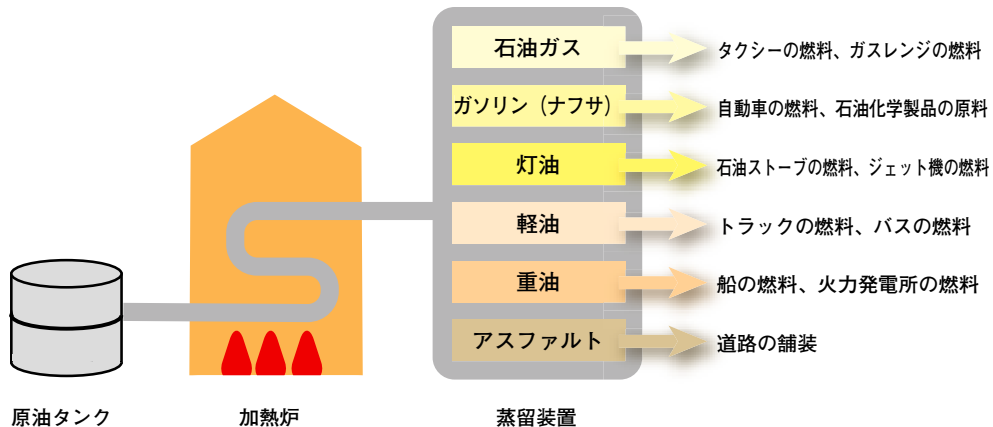
no.11

石油精製技術

「石油」は、数億年前の生物の死骸が海底に堆積し、地中で化学変化を起こしてできたもので、地下から採取されたままの状態のものを特に「原油」と呼んでいます。原油に熱を加えて蒸発させ、その蒸気を冷やして液体に戻す（この工程を「蒸留」といいます）ことによって、沸点（液体が沸騰する温度）の差を利用して、石油ガス、ガソリン（ナフサ）、灯油、軽油、重油、アスファルトなどの「石油製品」に分離し、石油ガスはタクシーやガスレンジの燃料に、ガソリン（ナフサ）は自動車の燃料やプラスチック・合成繊維などの石油化学製品の原料に、灯油は石油ストーブやジェット機の燃料に、軽油はトラックやバスの燃料に、重油は船や火力発電所の燃料に、そしてアスファルトは道路の舗装等にも使用しています。

これらの石油製品のうち最も古くから利用されていたものはアスファルトで、地下から自然にしみ出した天然アスファルトを使って木や竹の棒に接着された、石器時代の矢じりが世界各地で発見されているほか、石油資源が豊富な中近東では壁画の製作や建築などにも幅広く用いられていたらしく、紀元前 2700 年頃のメソポタミアの古代都市ウル（現在のイラク南部）の王墓からは、天然アスファルトで貝がらや宝石を貼ったモザイク画「ウルのスタンダード」（大英博物館 所蔵）が発掘されています。その後、地表近くから採取した原油を蒸留して使うようになってからは、ナフサや灯油等が燃料や薬として用いられたようです。

本格的な石油産業が始まったのは 19 世紀に入ってからで、1859 年にアメリカのペンシルベニア州で、エドウィン・L・ドレーク（1819 ~ 1880）という技師が、機械を使って地中深くの石油を掘り出すの



に成功したことがきっかけです。当初は、もっぱら灯油が石油ランプの燃料として使われていましたが、1876年にドイツで自動車が発明され、その後ヨーロッパ各国やアメリカで普及していくにつれて、その燃料となるガソリンの需要が急速に増えていきました。しかし、原油を蒸留して得られる各石油製品の割合はほぼ一定であり、ガソリンは全体の20～30%に過ぎません。そこで、アメリカの石油会社に勤めていたウィリアム・M・バートン（1865～1954）は、灯油や軽油等を熱で分解してガソリンに変える研究に取り組みました。燃えやすい石油製品に熱を加えるという危険のともなう実験を経て、1912年に彼が開発した「熱分解法」は、翌1913年に工業化され、一定量の原油から得られるガソリンの量はそれまでの2倍に増えました。

それから10年くらい後、フランスのユージン・J・フードリー（1892～1962）が、触媒（それ自体は変化することなく、接触している物質の化学反応を促す物質）を利用して原油をガソリンに分解する研究に取り組みました。さまざまな触媒を使って試験を繰り返した後、活性粘土という土が触媒としての働きにたいへん優れているという結論にいたりました。ところが触媒を使う方法は、反応の過程で触媒の表面に炭素の固まりが付着してしまうため、それが妨げとなって次第に触媒として作用しなくなってしまうという問題がありました。フードリーはさらに研究を続けて、作用しなくなった触媒を焼いて炭素を燃やしてしまえば触媒作用が復活することを発見しました。そしてアメリカの石油会社の協力のもと、1937年に本格的に採用された「接触分解法」は、灯油や軽油以外も分解することができたため、さらに多くのガソリンをつくることが可能となった上、ガソリンの品質も向上し、石油産業に大きな進歩をもたらしました。

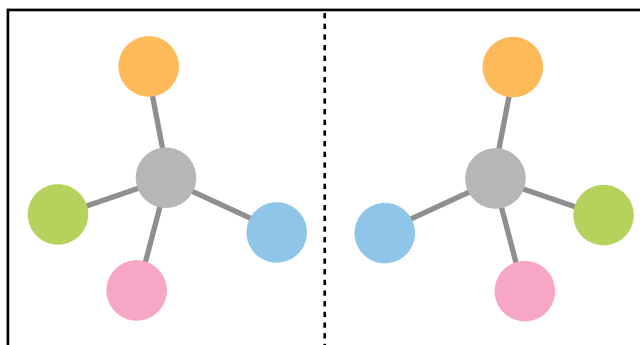
その後さらに、触媒の働きによってガソリンそのものをより高品質なものに変える「接触改質法」や、水素の働きによって原油に含まれている不純物を取り除きながら接触分解する「水素化分解法」など、次々に新しい精製技術が開発されていき、産業構造やライフスタイルとともに移り変わる、各石油製品の需要の変化に対応しています。

（平成15年2月）

no.12

不斉合成技術

多くの化学物質には、同じ原子で構成されていても、立体構造が鏡に映したように左右対称の関係にある2種類の分子が存在し、ちょうど右手と左手のような関係にあることから、ギリシャ語で「手」を意味する言葉に由来して「キラル」と呼ばれています。



それぞれのキラルは、物理的な性質はほとんど同じですが、生物に及ぼす化学的作用が大きく異なります。例えば、ハミガキやチューインガムなどの香料として用いられるメントールは、一方のキラルは清涼感のある、いわゆるミントの香りがするのに対し、もう一方は薬品のような臭いがします。また調味料として食品に用いられるグルタミン酸は、一方は「旨味^{うまみ}」があるのに対し、もう一方は全く味がしません。

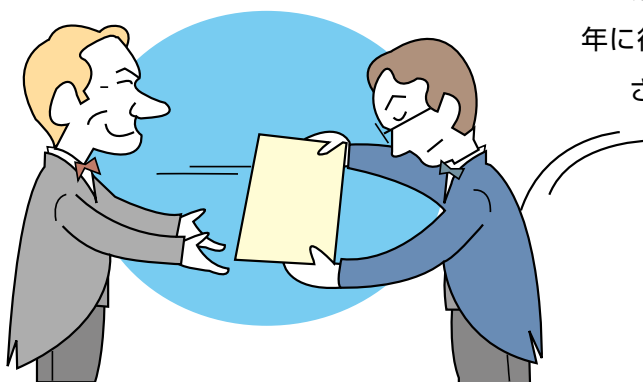
人間も含めて自然界の生物は、体内で物質を生成する際、自分に必要な方のキラルだけを選んでつくることができます。したがって、植物のハッカに含まれているメントールは全てミントの香りがし、昆布に含まれているグルタミン酸には全て「旨味」があります。しかし人工的に物質を合成した場合には、通常、両方のキラルが半分ずつ混ざってできてしまうので、後から必要な方のキラルを^よ選り分けねばならず、それにはたいへんな時間や手間がかかります。

そもそもキラルの存在が最初に発見されたのは今から150年

くらい前のことですが、発見者のルイ・パスツール（仏、1822～1895）は「人工的にキラルをつくり分けることは不可能である」と主張しました。以来、多くの化学者がその不可能に挑戦し、ついに1966年に、京都大学工学部で助手を務めていた野依良治氏（1938～）が、触媒（それ自体は変化することなく、接触している物質の化学反応を促す物質）をうまく活用することにより、一方のキラルの合成をより多くすすめること、すなわち不斉合成（「不斉」は「不整」「不ぞろい」の意）に成功しました。しかし、この時点では一方のキラルが10%くらい多くできるに過ぎなかったため、この研究結果はあまり評価されませんでした。その後1968年に、野依氏は名古屋大学理学部の助教授として招かれ（1972年より教授）、そこでも引き続き触媒の研究に取り組んだ結果、1980年に「BINAP」という物質を用いた触媒を開発し、1982年にはそれを用いてほぼ完全にキラルを作り分けることに成功しました。そして翌1983年には、野依氏が開発した不斉合成技術を用いて、日本の香料会社の協力のもとに合成メントールの大規模製造が行われるようになりました。

また、野依氏とあい前後して、アメリカでもウィリアム・ノーレス（1917～）とK・B・シャープレス（1941～）の両氏が、それぞれ不斉合成技術の開発に成功し、パーキンソン病治療薬や抗がん剤など、数多くの医薬品の工業生産に活かされました。

これらの功績が世界的にも認められ、2001年に彼ら3人にノーベル化学賞が授与されました。（平成15年3月）



(社)日本化学工業協会 とは？

化学品の製造・取り扱いや関連事業を行う企業・団体会員で構成されている、日本を代表する化学工業の団体です。化学工業の健全な発展に寄与するため、環境問題など、個々の企業では対応できない化学産業界全体に共通する課題や国際的な課題などに対して、自主的に様々な活動を行っています。また、化学や化学産業が、社会からより正しく理解されるように、広報活動にも力を入れ、「夢・化学-21」キャンペーン事業を行っています。

日本化学工業協会のウェブサイト <http://www.nikkakyo.org/>

「夢・化学-21」 キャンペーン事業



「夢・化学-21」キャンペーン事業は、日本化学工業協会が広報活動の一環として、化学や化学産業への理解を高めるため日本化学会、化学工学会などという学会と協力して行っている事業です。

(1) 化学の面白さにじかに触れる——実験体験

- ◇夏休み子供化学実験ショー：毎年8月に東京を中心に開催されています。実験コーナー、実験教室、クイズショー、化学実験ショーをメインに、とりわけ若年層に、化学の面白さを体験してもらう参加型イベントです。
- ◇週末実験教室：土曜日や日曜日に東京・科学技術館をはじめ全国の科学館を会場に、日本化学工業協会の会員企業から提供された材料を使って、「瞬間接着剤はなぜ速くくっつくの」といった、学校では体験できにくいユニークなテーマの実験を行うと共に、その原理をわかりやすく説明します。



夏休み子供化学実験ショー

(2) 化学や化学産業の理解を高めるために ——パンフレットとウェブサイト

パンフレット

- ◇『地球の未来を化学がつくる』：化学製品が日常生活の中でどのように利用されているのかを、高校生や一般の



方々を主対象に、化学製品別にわかりやすく解説しているパンフレットです。フロンガスに代わるオゾン層への影響が少ない物質を開発したのは化学技術であるということなど、「地球環境を守り、改善するのも化学技術の役割」だということがよくわかる内容です。

ウェブサイト <http://www.kagaku21.net/>

◇『おもしろ化学の質問50』：中学生の副読本として、全国で好評を博したものをウェブサイト化したものです。「燃える」「さびる」「溶ける」「伸びる」「浮かぶ」「変わる」をキーワードに、身近な現象を50の質問にまとめ、解答と解説をわかりやすく掲載しています。大人の方も楽しめる内容です。



◇『おもしろ化学史』：エピソードと人物でつづる化学史です。高校生の副読本として制作されたものですが、大人の方にも好評です。時代を「近代化学のはじまり」「石炭化学の発展」「石油化学の発展」「ニューケミカルの時代」という4つに区切り、各時代に活躍した人物に焦点をあてながら化学の歴史をひもときます。



(3) 次世代の育成——高校生向けイベント

◇全国高校化学グランプリ：全国の高校生が、筆記試験と実技試験を通して互いの化学の力を競い合うイベントです。7月から8月にかけて、一次試験（筆記）、二次試験（実験）を行い、11月に成績優秀者を表彰しています。なお、2002年からは国際化学オリンピックの代表者選考を兼ねています。また、2004年から「学びんピック認定大会」として文部科学省による支援を受け、いわば「化学の甲子園」としての役割を担っています。



◇国際化学オリンピックへの派遣：2003年から「夢・化学-21」委員会は、日本化学会化学教育協議会とともに、全国高校化学グランプリで選抜された代表生徒4人と大会役員等を毎年国際化学オリンピックに派遣しています。代表生徒は毎年メダルを獲得するなど、好成績をあげています。2004年の大会では、金メダルを獲得する快挙も成し遂げました。



化学製品 PL 相談センター とは？

化学製品による事故・苦情の相談に対するアドバイスをしたり、化学製品に関する問い合わせなどにおこたえしたりする民間の機関です。(社)日本化学工業協会内の独立組織として設立されました。相談内容と対応結果は、当事者が特定できないよう十分に配慮した上で、月次報告『アクティビティノート』や年次報告書等で公開しています。

◇製造物責任 (PL) 法とは？

製造物の欠陥によって生命、身体または財産に被害を受けたことを証明した場合に、被害者はその製品の製造業者等に損害賠償を求めることができるとする法律です。Product (製造物) の P と、Liability (責任) の L の頭文字をとり、一般に「PL 法」と呼ばれています。

どのような方法で 相談すれば いいですか？

電話、ファックス、手紙、来訪などをお願いいたします。

*インターネットでの相談は受付けていません。

*ご来訪の折は事前にご一報いただければ幸いです。

*一方当事者の代理人として交渉にあたることは行っておりません。

*特定の商品の成分組成や使用方法等に関するご質問については、当センターではおこたえしかねますので、各メーカーにお問い合わせ願います。

化学製品 PL 相談センター

〒104-0033 東京都中央区新川 1-4-1 住友六甲ビル 7 階

TEL : 03-3297-2602 FAX : 03-3297-2604

消費者専用フリーダイヤル : 0120-886-931

相談受付時間 : 9 : 30 ~ 16 : 00 (土日祝日を除く)

化学はじめて物語

月次活動報告書『アクティビティノート』連載シリーズ②

平成 18 年 4 月 1 日 初版発行

企画・編集……………化学製品 PL 相談センター

発行……………社団法人 日本化学工業協会

〒 104-0033 東京都中央区新川 1-4-1 住友六甲ビル 7 階

TEL : 03-3297-2555 (広報部)

FAX : 03-3297-2615

<http://www.nikkakyo.org>

印刷……………太陽印刷工業株式会社

* 記載内容の転載・複写等につきましては、あらかじめ上記までお問い合わせください。

【内容面でのお問い合わせ先】

TEL : 03-3297-2602 (化学製品 PL 相談センター)

FAX : 03-3297-2604

<http://www.nikkakyo.org/plcenter>



このパンフレットは再生紙を使用しています。
インクは、環境にやさしい大豆油インクを使用しています。

化学はじめて物語