

静電気につながるさまざまな技術

上羽 貴大

企画展「静電気の世界」開催

大阪市立科学館の企画展「静電気の世界」(会期2025年12月5日—翌2月8日)がめでたく閉幕を迎えました(図1)。多くの人にとって、静電気と聞かれて「冬になると悩まされる、あのビリッとしたやつでしょ」としか思わないところ。しかし静電気の背後には、奥深く、おもしろい世界が広がっているのです。

この企画展は静電気の基本的な性質や、さまざまな静電気発生装置を紹介する「静電気の科学」、人類の静電気の研究の歴史を歴史的書物で紹介する「静電気の探究」、そして静電気が現代の産業でどのように利用されているかを紹介する「静電気の利用」の3章で構成しました。さまざまな大学研究室や企業の方々にご協力いただいたおかげで、企画段階では想像できないほどバラエティに富んだ内容になりました。

この企画展のキャッチフレーズ「ビリッとする、だけじゃない。」は、静電気についての調査のなかで、筆者自身が感じた素直な感想にほかなりません。この記事では、静電気を用いる技術を紹介しながら、静電気が私たちの生活をいかに豊かにしているか、いかに「ビリッとする、だけじゃない」のか、お伝えしましょう。

静電気でくっつける① 静電植毛

フワフワの細かい毛のついたかわいいおもちゃをみたことがあるでしょう(図2左)。この1mm前後の短いプラスチック製の毛を「フロック」といい、製品にフロックをくっつける加工をフロック加工といいます。これはどうやってつくるのでしょうか。フロックを入れた容器の中に、製品をドボンと入れても、毛はきれいに直立しそうにあります。



図1. 企画展「静電気の世界」のメインビジュアル。



図2. (左)フロック加工製品の一例。(右)体に静電気のたまつたときの髪の様子。

せん。かといって、一本ずつ植えるわけにもいきません。フロック加工は、実は静電気が巧みに利用されている例のひとつです。

フロックを入れた容器に高電圧をかけて、フロックを帯電させます。そのそばに、植毛したい製品を近づければ、フロックは製品めがけて飛んでいきます(図3)。このときフロックはかならず、製品の面に対して直立します。これは体に静電気がたまつたときの髪の毛と同じです(図2右)。フロックは、製品にあらかじめ塗つておいた接着剤で固定されます。この手法は、「静電植毛」とよばれます。

フロック加工は、上に示したおもちゃだけでなく、布や紙などのシートや、機械のパーツなどさまざまなものに利用されています。フロック加工をするとどのようなことがありますのでしょうか。まず思いつくのは手触りがやわらかくなり、かわいらしい印象を与えられます。ジュエリーボックスの表面につかえば、スエードのような高級感を持たせられます。また、光が反射しにくくなるため、カメラのレンズフードの内側にもつかえます。熱を伝えにくくなることから、たとえばコタツのヒーター部分のカバーにフロック加工されていることがあります。

静電気でくっつける② 静電粉体塗装

道路の標識や建材、自動車の部品、産業機械など、高い耐久性が求められるものを塗装するときに、よく「粉体塗装」という方法がつかわれます(図4)。これは、塗料として固体粉末を、ものにまんべんなくくっつけ、炉で加熱することで粉末を溶かしたり、硬化反応を起こしたりすることで、丈夫な塗装膜をつくるものです。

液体塗料とくらべたときの固体塗料のメリットは、ぶ厚い膜をつくりやすいこと、多くは有害な有機溶剤を用いる液体塗料をつかわなくてよいことなどがあげられます。

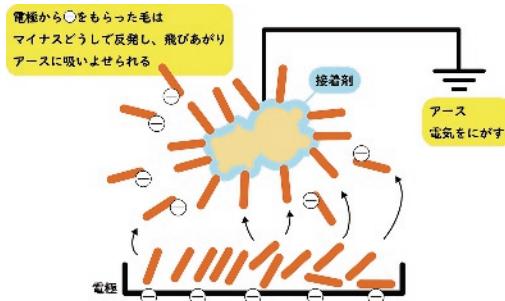


図3. 静電植毛のしくみの一例。
フロックを上から落とす方法などさまざまある。



図4. 静電粉体塗装の塗装ブース。
(協力:パーカーエンジニアリング株式会社)

さて、塗装したいものにどうやって塗料の粉末をくっつけるか？ここに静電気が利用されることがあります。「静電粉体塗装」です。塗料の粉末を、塗装したいものに向け、マイナスの電気を帯電させながら、圧縮空気で吹き飛ばします。すると粉末はマイナス同士で互いに反発して広がりながら、塗装したいものに、静電誘導によって引き寄せられていきます(図5)。

塗装したいものに粉末がついたびに、マイナスの電気が溜まってしまっては、粉末がくっつきません。そのため塗装したいものはアースにつないでおき、電気を地面に逃がすようにしてあります。

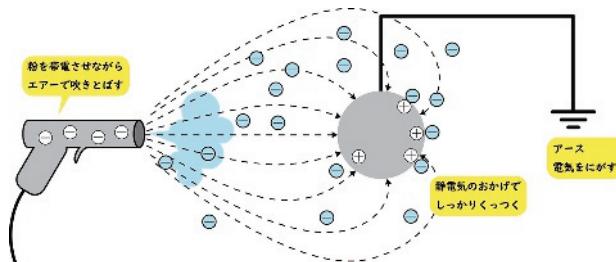


図5. 静電粉体塗装のしくみ。

ちなみに、粉体塗装のもうひとつの方法として、「流動浸漬」という方法があります。これはとんかつ衣付けのように、塗料粉末をためた容器の中に塗装したいものをつっこむという、イメージしやすい方法です。塗装したいものは加熱しながらおこない、硬化をすすめます。また、ムラができるよう、粉末には下から空気を送り、粉末に流動性をあたえます。

静電気でくっつける③ 電気集塵

静電気で空気中のホコリやチリ、煙などを引き寄せて、空気をキレイにする技術が「電気集塵」です(図6, 7)。針電極にマイナスの高電圧をかけて、そのそばを流れてきた空気の中のチリの粒にマイナスの電気を与えます。するとその粒は、プラス側の電極(集塵電極)にくっついてしまい、空気からチリを取りのぞける、というしくみです。

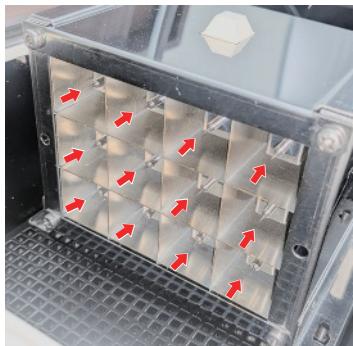
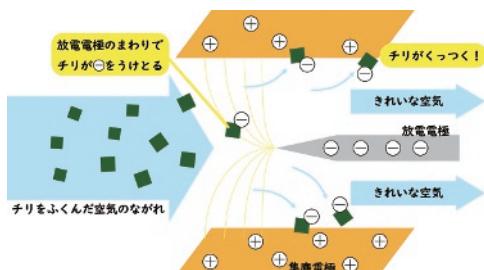


図6. 電気集塵機の電極部分の例。針電極(矢印)と仕切りになっている集塵電極のあいだに高電圧をかけてつかう。(協力:大阪公立大学大久保雅章教授)

(左)図7. 電気集塵のしくみ

静電気でくっつける④ プリンター

データを紙に印刷するプリンターは、一般的なもので「レーザープリンター」と「インクジェットプリンタ」の2種類があります。レーザープリンターには、トナーとよばれる粉末のインクをつかいます。トナーを文字の形に紙にくっつけ、加熱して紙に定着させます。ここで、ここに静電気が活躍します。

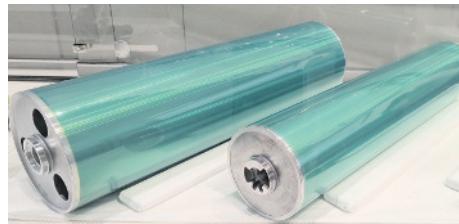


図8. 感光体ドラム。
(協力:コニカミノルタ株式会社)

レーザープリンターには「感光体ドラム」という筒が入っています(図8)。この筒の表面には、静電気をためたり打ち消したりすることができます。この感光体ドラムの表面をレーザー光でなぞると、その部分だけにトナーが静電気でくっつくようになっているのです。これを紙に写し取ますが、これも紙の裏側から静電気をかけ、トナーを紙の表面にくっつけていきます。

静電気から社会を守る① イオナイザ

もちろん静電気はいつでも便利なわけではなく、じゃまものになることもあります。たとえば、ICチップなどの半導体は、わずかな静電気であつという間に壊れてしましますし、また、プラスチックの製品をつくる工場では、製造中に静電気がたまると、まわりのホコリを引きつけてしまいます。そのようなときにつかわれる、静電気を取りのぞくための装置が「イオナイザ」です(図9)。「除電器」ともいいます。



図9. イオナイザ。用途によって卓上用や空間用などさまざま形状があるが、これはガンタイプ。銃口に細い針が見える。(協力:株式会社TRINC)

イオナイザとは、プラスイオンとマイナスイオンを発生させる装置です。プラスイオンとはプラスの電気をもった分子や原子のことです。プラスイオンとマイナスイオンが空気中をただよい、たとえばマイナスの静電気のたまつたものにはプラスイオンがぶつかることで、静電気を打ち消します。

細い針に数kVの高電圧をかけることで、針のまわりの窒素や酸素、水などの空気分子に化学反応がおこり、プラス/マイナスイオンが生まれます。イオナイザを観察すると、たしかに小さな針を見つけることができます。

静電気から社会を守る② 避雷器

夏や冬に起こる雷は、超巨大な静電気現象です。雷が落ちると、その落ちただけでなく、その周りの電線などにも高電圧が伝わって大電流が流れます。雷サージといいます。雷サージが電気機器に伝わると故障の原因になります。これを防ぐのが避雷器です。

避雷器は普段は電気を流さない絶縁体ですが、ある電圧を超えると、金属のように電気を流す性質があります。ふだんの電気は電気機器に伝え、雷サージがきたときは、避雷器を通して地面に流すしくみになっています。

雷が建物などに落ちないようにする避雷針にくらべ、避雷器はあまり聞き馴染みがないかもしれません、いたるところに設置されており、電車のパンタグラフや電柱など、見えるところにもたくさんあります。

力を加えると静電気がたまる 圧電素子

変形させると静電気がたまるという、変わった性質「圧電効果」をもつ物質があります。もっともわかりやすい形でつかわれているのは、電子式ライターです。ライターの中には、ラムネの粒くらいの大きさの圧電素子が入っています(図10)。トリガーを引くと、中に入っているハンマーがこの圧電素子をいきおいよく叩きます。このとき力チッと音がします。この衝撃によるわずかな変形で、圧電素子の両側には、瞬間的に数kVもの高電圧が生まれ、これによって火花を起こしているのです。

圧電効果はセラミックスを用いて実用化が進みました。最近ではなんとワイヤーや繊維状の圧電材料が発表され、センサーとしての応用が期待されています。

圧電効果をもつ水晶に交流電圧をかけると振動します。圧電効果をもつ水晶はまたこの振動数が極めて正確で、また化学的に安定なため、発振回路と組み合わせた「水晶発振器」が、電子機器のタイミングの基準としてつかわれています。クオーツ時計とは水晶発振器で時を刻む時計のことですし、コンピュータのCPUや通信機器などにもかならず入っています。私たちの現代の生活は、圧電効果に支えられていると言っても言い過ぎではありません。

圧電効果の反対で、電圧をかけると物質が変形する「逆圧電効果」という性質をもつ物質もあります。この変形は、物質の大きさの0.1%程度とごくわずかですが、これをを利用して、マイクロメートル以下の小さな動きを電気で高精度に制御するパート(アクチュエータ)としても圧電素子がつかわれています。



図10. 電子式ライターの中身。

他にもある！静電気の意外な利用

静電気を農業に利用する 「雷の落ちたところにはキノコがよく生える」と、昔から農家のあいだでは知られていたそうです。実際、キノコ原木に人工の雷を落とすことで、キノコ(子実体、食べる部分)の発生が促進し、収穫量も増やせることができます。実用化が進められています。

キノコに限らず、雷がさまざまな農作物により影響を与えることは、昔から経験的に知られていました。実際、雷のプラズマが、空気中の分子を植物の肥料となる窒素酸化物に変化させることができます。これを応用して、人工的にプラズマを発生させて土に照射し、作物の成長を促進したりすることができます。高電圧やプラズマを農業に利用する研究が盛んにおこなわれています。

静電気で食品の安全を守る 食品や医薬品のメーカーでおこなわれる微生物検査として現在主流の方法は、サンプルを培地にとって培養し、コロニーを観察する「培養法」ですが、これには1, 2日もの時間が必要です。培養法に替わり、静電気をつかった分析方法が開発されました。これは「誘電泳動」といって、細胞などの微粒子が、不均一電場により力を受ける現象を利用したものです。これにより、微生物の細胞を、種類ごとに、壊さず1粒ずつ分離することができ、わずか数分で検査が完了します。

世界唯一！静電気で発電する腕時計 腕時計のような精密機器には静電気は大敵です。ところが、静電気で発電し動作する腕時計「アキュトロン」が、2020年に発表されました(図11)。静電気を蓄えつづける「エレクトレット」という素材がつかわれています。腕を傾けると、文字盤5時と7時の位置にあるエレクトレット製羽根車が回り、電池を蓄電してICが駆動します。さらに秒針は、文字盤10時にある静電気モーターによって回ります。

アキュトロンは、元は1960年に発表された世界初の音叉式電子時計の名前です。音叉式はそれまでの機械式をはるかに上回る精度で、その後のクオーツ時計の登場まで世界を席巻しました。その生誕60周年を記念した世界を驚かせる時計を目指し、静電気で発電する時計が誕生したそうです。遊び心がありますね。



図11. アキュトロン
スペースビュー2020。

(うえば たかひろ:科学館学芸員)