

序章 化学と人間生活

～ 私たちの生活における化学の役割 ～

A 化学と人間生活

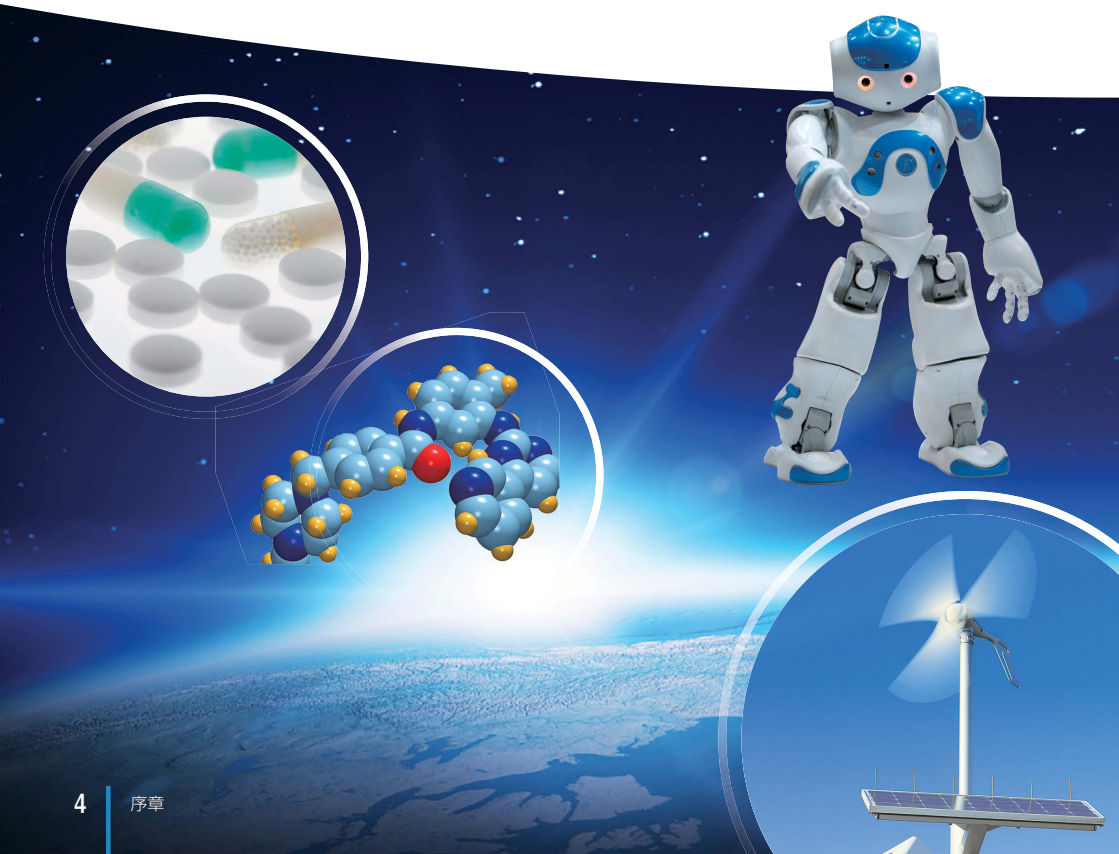
科学技術と化学の役割

科学技術の発展は、私たちの生活を豊かで便利なものにしてきた。なかでも 20 世紀以降の科学技術の進歩はめざましく、21 世紀の現在も、私たちの暮らしは日々変化を続け、向上している。

5

例えば、飛行機やロケット、潜水艇などの移動手段の発達は、空へ、宇宙へ、深海へと人類の行動範囲を広げた。また、コンピュータの性能向上と普及により、世界中にネットワークが拡大し、様々な情報を得やすくなった。さらに、遺伝子などの生命現象や医療技術に関する研究、これまでにない機能をもつ新素材の開発なども飛躍的に進み、私たちの生活を支えている。

10



今後、科学技術はさらに進展を続け、私たちの社会や暮らしはますます変化するだろう。地球環境の保全やエネルギー資源の確保など、持続可能な社会をつくるための課題解決への取り組みも進められるだろう。これまでかなわなかった夢を実現させ、新しい未来を切りひらく原動力が科学技術であり、その

5

大きな推進力となるのが化学である。

chemistry

地球、大気と水、生物など地球上のあらゆるものは、すべて90種あまりの原子からなる物質で構成されている。化学は、これらの物質の構造や性質などを調べ、そこから得られた知見^{ちげん}をもとに新たな物質をつくり出す学問である。この化学の研究成果が様々な場面で生かされ、応用されることで、近年の科学

10

技術はめざましく発展してきた。序章では、私たちが日常生活でよく利用している代表的な物質をいくつか取り上げ、その歴史や利用法などに触れながら、これまで^{つちか}培われた化学の成果を学んでいこう。



ほとんどの金属は、酸素や硫黄などと結びつき、酸化された状態で鉱石中に存在する。人類は、これらの鉱石から金属を取り出す方法を生み出し、様々な金属を幅広い用途で利用してきた。

銅

銅は、他の金属に比べると比較的低い温度で単体を取り出せるため、紀元前 4000 年頃にはその製造が始まっており、古くから利用されてきた金属のひとつである。

→ p.18 探究活動 1



黄銅鉱

銅鉱石のひとつ。銅は硫黄などと化合した状態で鉱石中に存在する。



銅の単体



銅の利用例

銅製の調理器具。銅と亜鉛との合金の黄銅（真ちゅう）でできたエジプトの水差しと管楽器。



鉄

鉄の単体を取り出すためには、銅の場合よりも高温（1000℃以上）にする必要があったため、利用され始めたのは銅よりおよそ 3000 年後である。現在、鉄の生産量は金属の中で最も多い。



赤鉄鉱

鉄鉱石のひとつ。鉄は主に酸素と化合した状態で鉱石中に存在する。

高炉 (→ p.183)



アルミニウム

アルミニウムは金属の中で最も多く地殻中に存在する。初めて単体を取り出されたのは19世紀後半であり、単体は銅や鉄に比べてかなり軽い。

アルミニウムの製造には大量の電力が必要なため、アルミニウム缶などの製品を回収して再利用している。再利用すると、原料から製造するときの3%以下の電力でアルミニウムが再生できる。



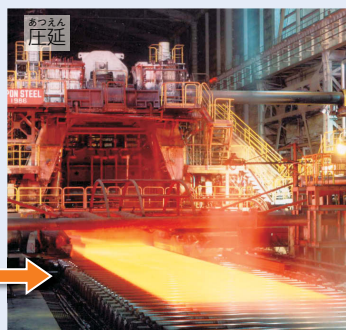
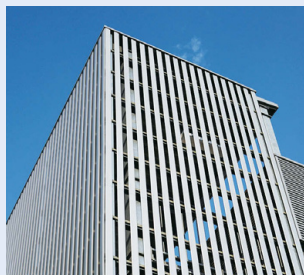
ボーキサイト

酸化アルミニウムを主成分とする鉱石。ボーキサイトから原料となる酸化アルミニウムを取り出し、高温でとかして電気分解(発展p.194, 200)し、アルミニウムを取り出している。



アルミニウムの単体

アルミニウムの利用例
車両や建造物の構造材。



鉄の製造

鉄鉱石を高炉でとかしながら還元(還元p.160)し、転炉で不純物を除き、圧延する。



鉄の単体



鉄の利用例 調理器具や建造物の鉄骨。

東京スカイツリー



プラスチックと合成繊維 ➡ p.84, 85

プラスチックや合成繊維は20世紀につくり出された新しい素材で、石炭や石油などに含まれる有機物を主原料としてつくられている。プラスチックは安価で大量生産しやすく、また成型や加工が容易で、軽いため、私たちの生活には欠かせない物質となっている。合成繊維には、プラスチックを高温でやわらかくして引っ張ることで、つくられるものもある。

5



プラスチックや合成繊維の種類と利用例



ポリエチレン(PE)
polyethylene



ポリプロピレン(PP)
polypropylene



ポリエチレン
テレフタレート(PET)
poly(ethylene terephthalate)



ポリスチレン(PS)
polystyrene



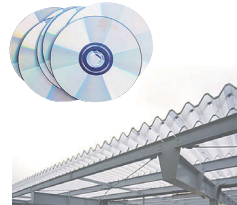
ナイロン
nylon



ポリ塩化ビニル(PVC)
poly(vinyl chloride)



ポリ酢酸ビニル(PVAc)
poly(vinyl acetate)



ポリカーボネート(PC)
polycarbonate

進歩するプラスチック

現在、様々な機能をもったプラスチックが作り出されている。

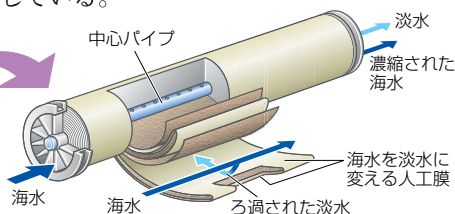
例えば、紙おむつなどに使われている高分子吸収体は、その質量の数十倍の水を吸収することができる。そのため、植物に必要な栄養分を溶かした水を含ませて砂漠に敷き、緑化に役立てるなど、様々な利用法がある。

また、海水を淡水に変える人工膜もつくられている。乾燥地域や大型船舶に設置して飲料水を確保するために利用している。



高分子吸収体

ポリアクリル酸ナトリウムという化合物でできている。観葉植物用の給水材としても利用されている。



海水淡水化装置

海水を淡水に変える膜を筒状にしたものに海水を通し、淡水を得ている。

プラスチックの再利用

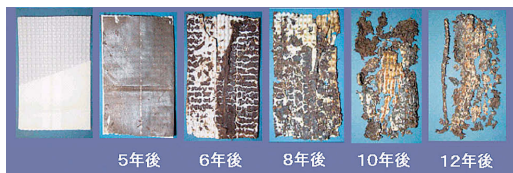
プラスチックの長所は、変質しにくく、さびないことである。しかし、廃棄した場合には、分解されずに自然界に長く残ってしまうため、環境に悪影響を与えることになる。そこで、回収したプラスチックを再び新しいプラスチックや繊維に変えたり、化学変化によって原料に戻したりする方法が研究されており、実用化も進んでいる。



ファーストフード店の容器

生分解性プラスチックでできた容器や袋が使用されている。

また、自然界の微生物のはたらきで、水と二酸化炭素に分解される生分解性プラスチックも開発されており、すでに実用化されている。



生分解性プラスチックの分解

やってみよう 1 ペットボトルからポリエステル繊維をつくってみよう。

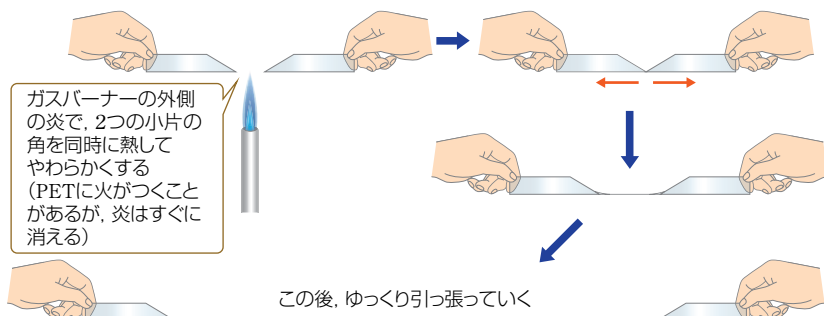


やってみよう 1

ポリエステル繊維をつくる

ペットボトルに使われているポリエチレンテレフタレート(PET)を高温でやわらかくして引っ張ることで、ポリエステル繊維をつくることができる。ペットボトルをこの方法でポリエステル繊維に変えてみよう。

- ① 1 cm × 10 cm のPETの小片を2枚用意し、角の1つが鋭角になるように切り取る。
- ② 2つの小片の鋭角をガスバーナーの外側の炎に近づけて同時に熱し、やわらかくなったら炎から出して、やわらかくなった部分をすばやく接触させる。
- ③ 接触部分がやわらかいうちに2つの小片を引き離すと、PETの長い糸ができる。



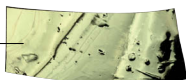
話題 研究

くつがえ

覆されたプラスチックの常識

プラスチックは、一般に電気を通さない。しかし、^{しらかわひで き}白川英樹¹⁹³⁶⁻は、ポリアセチレンというプラスチックの一種をフィルム状に合成する方法を開発し、さらに、ヨウ素などを添加すると電気を通すことを発見した。彼はこの業績により2000年にノーベル化学賞を受賞した。

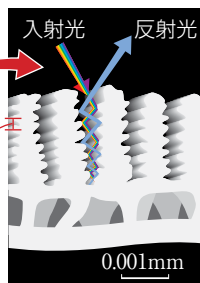
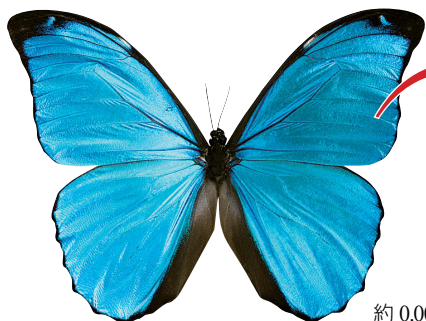
フィルム状のポリアセチレン



ポリアセチレンにヨウ素を添加したもの *ガラス容器内



ポリアセチレン (上) とヨウ素を添加したもの (下)



モルフォチョウ
モルフォチョウの羽の鱗粉には、超微細な格子状の溝が等間隔に多数あり、青色に輝いて見える。

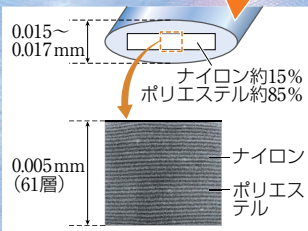
約 0.0002 mm

南アメリカに生息するモルフォチョウは「生きた宝石」といわれ、褐色の羽に光が当たると光沢のある青色になる。羽の表面にある鱗粉の構造が、当たった光を強め合ったり、打ち消し合ったりするしくみ(光の干渉という)になっており、ちょうど青色の光を強め合い、他の色の光は弱め合うようにできているため、青色に輝いて見えるのである。

その羽の構造をヒントに、染色せずに特定の色を示す合成繊維が開発された。その繊維は、1本の繊維の中心部分(約 0.005 mm)が、ナイロンとポリエステルを交互に 61 層重ねてつくられている。さらに、層の厚みを微調整することによって赤、緑、青、紫の 4 色の繊維がつくられ、科学技術を駆使した製品となっている。また、繊維を粉末状にしたものが、塗料や化粧品、家庭用品などにも使用されている。



モルフォチョウの鱗粉の構造を再現した合成繊維を用いてつくられた製品



モルフォチョウの鱗粉の構造を再現した合成繊維とその断面図

B 生活の中の化学の役割

私たちの生活を便利にしている物質は、金属やプラスチックだけではない。例えば、セッケンや合成洗剤、食品の酸化防止剤、乾燥剤、医薬品などは、その物質の化学的性質をうまく利用したものである。

乾燥剤



乾燥剤
生石灰やシリカゲルが水分を吸着する性質を利用している。

湿気を嫌う菓子などには、シリカゲルが乾燥剤として利用されている。シリカゲルは、常温では水分と結びつきやすい(吸着する)性質がある。

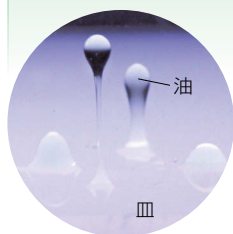
焼き海苔や煎餅などの湿気やすい食品の保存には、シリカゲルより強力な乾燥剤である生石灰(酸化カルシウム)が用いられる。

洗剤

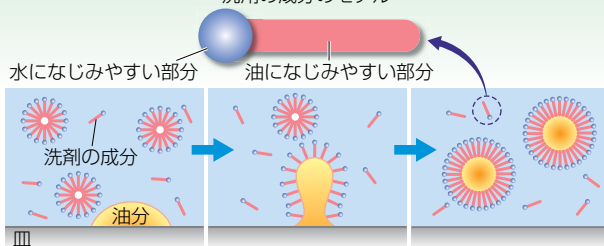
水と油は混じり合わないため、皿や繊維などにこびりついた油汚れを水で落とすことはできない。しかし、セッケンや合成洗剤は、衣類や食器などの油汚れを落とすことができる。

セッケンや合成洗剤の粒子は細長い形をしており、油になじみやすい部分(親油基または疎水基)と水になじみやすい部分(親水基)からできている。このような粒子の特有の構造によって、油分が水の中に分散されていく。

洗剤の成分のモデル



洗剤の洗浄作用
皿についた油が小滴となり離れようとしている。



洗浄のしくみ 洗剤の水溶液の中では、洗剤の粒子の油になじみやすい部分が油汚れと結びつき、水になじみやすい部分が水と結びついて、皿などから油汚れを分離させる。油分は洗剤の粒子に取り囲まれて水中に分散する。

食品の酸化防止剤

食品には、空気中の酸素により酸化されて品質が低下するものが多い。例えば、茶飲料では、茶より酸化されやすいビタミンC(アスコルビン酸)を酸化防止剤として加え、茶の酸化を抑えている。

また、クッキーなど油を含む菓子には脱酸素剤を封入することで、油と酸素が反応して変質するのを防いでいる。



●茶葉 100%
●原材料名 緑茶、ビタミンC
●場所を避けて保存してください

酸化防止剤
ビタミンCなどで酸化を抑える。



使用後



脱酸素剤

脱酸素剤に含まれる鉄粉が、包装容器内の酸素と反応してこれを除去する。これは、化学がいろいろ(使い捨てがいろいろ)が発熱するときの反応と同じ原理である。

話題

生活

汚れにくい建造物

ビルや橋脚などの建造物の汚れを落とす作業は、危険が伴い作業者に大きな負担がかかる。しかし、金属のチタンと酸素が化合してできた酸化チタンは、光が当たると、表面に付着した汚れの原因となる油分などの有機化合物や雑菌を、二酸化炭素や水などに分解する作用をもつ。このような物質を光触媒という。酸化チタンを建造物の壁などにあらかじめ塗っておくと、汚れが分解されて美しい状態が維持でき、清掃回数を減らすことができる。

酸化チタンなどの光触媒は、ふじしまあきら 1942-藤嶋昭らにより開発された。



酸化チタン処理をしたガードレール
酸化チタン処理後、1年間経過したときの比較。

物質の使用量と効果

物質を利用して期待した効果を得たいとき、単純に物質の使用量を多くしても、よりよい効果が得られるとは限らない。

例えば、洗剤はある濃度以上で洗浄力が現れ、濃度が増すとともに洗浄力が増大する。しかし、さらに使用量を増やしても、ある濃度以上になれば洗浄力はあまり変わらない。そればかりか、洗剤を必要以上に多く使うと余分な洗剤を含んだ下水を廃棄することになり、水質汚濁の一因にもなる。

このように、最大の効果を発揮するために、物質の適切な使用量を見出すことも化学の大切な役割である。

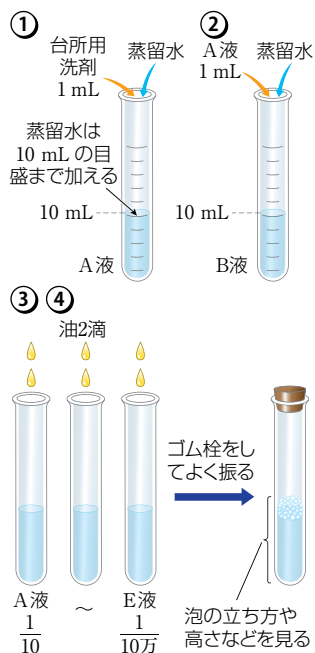
やってみよう 2 物質の使用量と効果について、洗剤と油を使って調べてみよう。



やってみよう 2

洗剤の濃度とそのはたらきを調べる

- ① 台所用洗剤を目盛り付き試験管に 1 mL 入れる。その後、蒸留水を 10 mL の目盛まで加え、泡立たないように静かにガラス棒で混ぜて A 液とする。A 液は洗剤の濃度が原液の $\frac{1}{10}$ にうすめられた(希釈された)ことになる。
- ② A 液を別の目盛り付き試験管に 1 mL 移し、蒸留水を 10 mL の目盛まで加え、同様に混ぜ、B 液(B 液は洗剤の濃度が原液の $\frac{1}{100}$)とする。
- ③ 同様にして、B 液を $\frac{1}{10}$ に希釈した C 液、C 液を $\frac{1}{10}$ に希釈した D 液、D 液を $\frac{1}{10}$ に希釈した E 液を調製する。E 液は他より 1 mL 多くなるので、E 液から 1 mL 取って捨てる。
- ④ A ~ E 液に油を駒込ピペットで 2 滴ずつ入れ、ゴム栓をして試験管をよく振り、水溶液の透明度(透明・白濁などの濁り具合)や色、泡の立ち方やその高さなどを比較する。

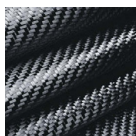


人間生活を豊かにする物質とその利用

化学の研究が進み、優れた特徴をもつ物質や、従来にない性能をもった製品が次々と開発され、私たちの生活はますます豊かで便利になっている。

炭素繊維

- 5 炭素繊維（カーボン繊維）は、主に化学繊維を蒸し焼きにしておつった繊維で、軽くて腐食しないうえ、鉄の10倍の強度をもつ。日本独自の高度な技術により生産が可能となり、現在、日本の製品が世界の約7割のシェアを占めている。テニスラケットなどのスポーツ用品、ロケットや人工衛星、航空機の胴体や主翼、自動車や橋脚の補強材料など、その用途は様々な方面に広がっている。
- 10 炭素繊維



炭素繊維の利用例 航空機の胴体や主翼、テニスやゴルフなどのスポーツ用品、カメラの外装にも使われ、軽量化が可能になった。



水素のエネルギー活用

現在、エネルギー資源の大部分は化石燃料に依存している。しかし、化石燃料の枯渇が懸念されており、化石燃料の燃焼で多量に生じる二酸化炭素も環境問題のひとつになっている。

- 15 そこで、今後のクリーンなエネルギー資源として水素が注目されている。例えば、水素を用いた燃料電池では、水素と酸素を反応させ、化学エネルギーを電気エネルギーに変換している。家庭用燃料電池や燃料電池自動車などは、日本が世界に先駆けて実用化した製品である。今後、さらに普及するよう、水素の製造や輸送、貯蔵などの方法や、電池の内部に使われている物質の改良について、研究が進められている。
- 20





スマートフォンには、電気やコンピュータの最新技術はもちろん、その内部にはディスプレイや半導体、電池など、化学の研究で開発された物質を用いた多数の部品が搭載されている。

ディスプレイ ディスプレイの内側には、透明電極や液晶分子が入っている。画面に指を触れたときに生じるわずかな電流の変化を感知するのが透明電極で、インジウムとスズの酸化物(ITO)のできた透明導電膜などが使われている。また、文字や画像の表示には、液晶分子の性質が利用されている。液晶分子は、電圧をかけると分子が決まった方向に並ぶので、光の透過量が変わり、文字などが表示される。

外装 ポリカーボネートなどの軽くて丈夫なプラスチックや、アルミニウムなどの金属でできている。

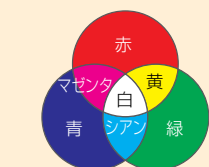
半導体 純度の高いケイ素を用いた高性能な半導体(➡p.87)が用いられている。原料のけい砂からケイ素を取り出し、純度を高めている。



ケイ素の結晶



液晶画面のバックライト 液晶画面を背面から照明するため、消費電力の少ないLED(発光ダイオード)が用いられている。LEDが急速に普及した理由は、青色LEDが開発され、光の三原色がそろったことで白色発光が可能になったためである。青色LEDは窒化ガリウムなどを材料にすることで初めて実用化に成功した。赤崎勇、天野浩、中村修二の3名は、青色LEDの研究開発が評価され、2014年にノーベル物理学賞を受賞した。



電池 希少な金属や、ナノテクノロジーによって開発された材料を用いたリチウムイオン電池(➡p.191)が使用され、小型化や高性能化、バッテリーでの長時間の使用が可能になっている。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																
2	Li												B	C	N	O	F
3													Al	Si	P	S	Cl
4				Ti		Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge		Br	
5				Zr							Pd	Ag	In	Sn	Sb		
6				Ba							Au				Pb		

ランタノイド

- 非金属元素
- 金属元素
- スマートフォンに使われている主な非金属元素
- スマートフォンに使われている主な金属元素

スマートフォンに使われている元素(➡p.28)の例
使われている元素は30種類以上にもなる。

element



話題 研究

化学の研究の活用

緑色に発光するオワンクラゲについて研究し、発光の原因物質を発見した^{しもむらおさむ 1928}下村脩らは 2008 年、ノーベル化学賞を受賞した。

発光する物質は、光(紫外線など)が当たると緑色に光るタンパク質(緑色蛍光タンパク質, GFP)である。この GFP の遺伝子を特定の細胞の遺伝子に組み込むとその細胞が光るため、医学や生物の研究に活用されている。例えば、GFP 遺伝子を癌細胞に組み込み、その光を追跡することで、癌細胞の増殖や他の臓器への転移などを調べることができる。



オワンクラゲ



GFP 遺伝子の導入により緑色に発光するマウス



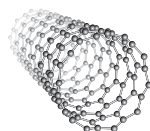
GFP 遺伝子を導入したカイコの繭からとった絹糸でつくった光る着物



話題 研究

カーボンナノチューブの発見と科学技術の進展

カーボンナノチューブは、多数の炭素原子が結合した直径がヒトの髪の毛の約 1 万分の 1 の筒状分子で、1991 年に飯島澄男^{いいじますみ 1939}によって発見された。電気や熱を非常によく伝えるため、半導体の素材に使うことでコンピュータの性能を向上させたり、燃料電池の電極に使うことでエネルギー問題を解決したりする可能性を秘めた物質である。



カーボンナノチューブの構造

また、カーボンナノチューブは、アルミニウムの約半分の軽さであるにも関わらず、鉄の約 100 倍の強度で、ダイヤモンドと同等の強さをもつ。カーボンナノチューブの発見によって、それまで困難とされていた地上と宇宙をエレベーターでつなぐ新しい輸送機関が理論的に実現可能となった。ロケットに依存していた宇宙開発が大きく飛躍し、安全で、環境への影響も少なくなるものとして期待され、研究が進められている。

宇宙エレベーターの完成予想図 宇宙エレベーターは、地球をまわる人工衛星から地球に向けて長いケーブルを垂らして地上に到達させ、昇降機を取り付けるといったものである。

