

- ・「キラル」「アキラル」
- ・高地トレーニング→赤血球（酸素の運搬役）の数が増えて、体内への酸素供給の効率が向上
- ・ミセル
- ・「チリカ」「ハミネ」
- ・制限酵素、遺伝子操作
- ・ゲノム、遺伝子
- ・血液型：赤血球細胞表層の糖鎖
- ・温室効果ガス：水蒸気、二酸化炭素、メタン



●写真6 宝石のルビーとサファイアは酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の結晶です。少量のクロムが混入して濃赤色を呈したのがルビー。鉄やチタンなどの不純物が入ると青色になりサファイアと呼ばれます。48節参照。



●写真8 ポップペンとステンドグラス  
二酸化ケイ素 ( $\text{SiO}_2$ ) に混じる金属酸化物の違いでさまざまな色を見せるガラス。50節参照。

電磁波のエネルギーの高い順：X線 紫外線 可視光 赤外線 マイクロ波  
可視光のエネルギーの高い順：紫 藍 青 緑 黄 橙 赤

赤外線はガスストーブなどが発する熱線で、赤外線カメラにも利用されています。このカメラは、明るさではなく、温度の違いを感知して闇に紛れているものを写し出します。

赤外線がエネルギー的には可視光より低いのは、実感としては意外かもしれません。

3GHz前後のマイクロ波は、水のH-Oの振動を活性化するためにちょうど良いエネルギーを持ちます。したがって、食品にこのマイクロ波を照射すると、含まれている水のH-Oの振動が激しくなり、これはすなわち、水の温度が上がることと同じです。含まれている水の温度が上がれば、それが水以外の成分にも伝わり、食品全体が温かくなります。これが電子レンジで温かくなる仕組みです

両者は実際のもの（実像）とそれを鏡に写した像（鏡像）の関係です。このようにあるものに右手形と左手形が存在しうる場合、このものは「キラルである」といいます。逆に実像と鏡像が重なり合うものは「アキラル」です。

日常的に見かけるもので両方の例を探してみましょう。手はキラルでしたが、足もキラルです。靴はキラルですが、ソックスはアキラルです。靴の左右を取り替えて履くことはできませんが、ソックスはどちらの足にも履けます。

~~~~~



この構造式（ロビンソンの構造式）



この構造式（ケクレの構造式）

ベンゼン環：教科書によって違う。



ロビンソンの構造式は、  
全体的に、1.5重結合のような  
物が広がっていると考えています。

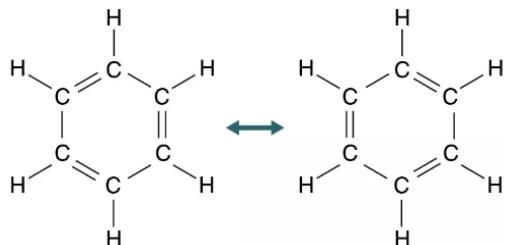
ケクレの構造式は、  
ベンゼンは、分子内に二重結合が  
3つあるという考え方です。

~~~~~

- 啓林館「化学」
- 東京書籍「化学」

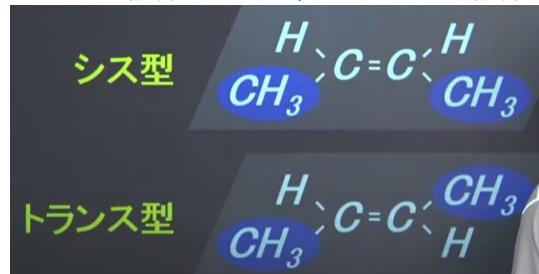
- 実教出版「化学」
- 数研出版「化学」
- 第一学習社「化学」

ベンゼンは二重結合と単結合が交互に存在する化合物です。つまり、ベンゼン環を作る炭素同士は、二重結合と単結合を一つずつ形成しているのです。



~~~~~

cis- 二重結合の同じ側、trans- 二重結合の反対側



水素の化合物の沸点を比較してみます。

1・CH<sub>4</sub> (メタン、分子量 16) :マイナス 162°C

2・NH<sub>3</sub> (アンモニア、分子量 17) :マイナス 33°C

3・H<sub>2</sub>O (水、分子量 18) : 100°C

4・HF (フッ化水素分子量 21) : 20°C

水の沸点は、重さの順でいえば NH<sub>3</sub> と HF の中間のはずが、飛び抜けて高いことがわかります。他の分子なみなら、液体の水は今あるようには地球

表面に留まれず、生き物は生まれなかつたでしょう。

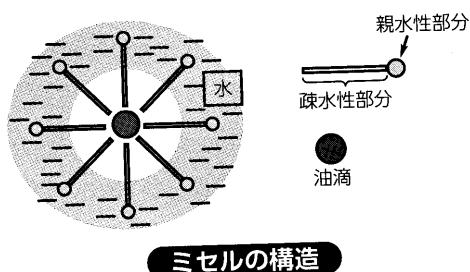
液体とは、分子同士がかなり引きつけ合っている状態で、気体は1つ1つの分子がバラバラに動き回っている状態です。水の沸点が高いのは、この引きつけ合う力が他の化合物に比べて強いからです。水分子を構成する水素原子は電気的に少しプラス ( $\delta +$ ) になっていて、その分酸素はマイナス ( $\delta -$ ) に荷電しています。したがって、静電的に分子間で引き合う力が生じ、他の分子よりずっと強いのです。これを水素結合といいます。しかも隣にある複数の分子とネットワークを形成するのでバラバラになりにくく、したがって沸点が高いのです。

酸素量は、高地に行くほど気圧が下がるので少なくなります。ヒマラヤ登山のベースキャンプ地は海拔5000mで、酸素量は海面の半分です。しかし、この量なら、人は酸素ボンベなしで長期間活動できます。赤血球（酸素の運搬役）の数が増えて、体内への酸素供給の効率が向上するからです。こうして高地で体を慣らしてから8000m級の山の頂上を目指します。マラソン選手の高地トレーニングも同じ理由で、赤血球が増えて筋肉や心肺への酸素供給量が増加し、競技の時に有利になります。

製鉄とは、鉄と結合している酸素をコークス（炭素）の方へ移すこと。

金魚を液体窒素の中に入れると一瞬にして全体が凍ってしまいますが、死ぬわけではなく、水に戻してやれば再び元気に泳ぎだします。

油を少量含む水に界面活性剤を加えると、水となじむ極性部分を周りの水の方に向け、非極性部分を内側に向けた形で分子が集まり、「ミセル」という集合体を作ります。油滴はこの中心部分になじむので取り込まれ、全体として水に溶けた状態になります。こうして体、衣服、あるいは食器から油を取り除くことができるのです



固体には分子が整列している状態の「結晶」と、それぞれに勝手な向きになっている「非晶質」があります。雪は水の結晶であり、氷は非晶質です。「純白の雪」というように、雪は白い色の代表ですが、白いということは、可視光のすべての波長の光を反射しているということです。一方、氷は透明ですが、これは可視光をすべて通過させているということです。ガラスも非晶質の代表的なもので、やはり透明です。

実はもう1つ、五角形と六角形からなる球状の形の化合物も知られています。最初にこのようなドーム状の建築物を設計した人の名をとって「フラー・レン」と呼ばれています。この化合物は炭素60個のものが初めて合成

されました。これは六角形 20 個、五角形 12 個からなり、サッカーボールと同じ形です。六角形だけなら平面になりますが、五角形が混じると炭素 60 個で球形になるのです。



フラーレン

植物を育てるとき必要な三大肥料があります。皆さんご存知の窒素・リン酸・カリウムです。これが表題の「チリカ」です。「ハミネ」は漢字で書くと葉・実・根で、植物を育てるときの肥料の要素と対応しています。すなわち、葉を育てるためには窒素、実のためにはリン酸、そして根のためにはカリウムが大切だということです。

「有機農法」という栽培法があります。「リカ」に関しては人も植物も共通の栄養素なので問題ありません。しかし、有機化合物中にはアンモニアや硝酸は含まれないので、有機化合物は植物にとって栄養価はゼロです。有機化合物中の含窒素化合物（タンパク質やアミノ酸など）が土の中の微生物によって分解され、「化学肥料」そのものであるアンモニアや硝酸ができる初めて植物の栄養になります。植物は、微生物がうまくご馳走を作るのを待たなければなりません。

畑の広さ、作物の種類が決まると標準的収穫量を推定すること可能で、それをもとに肥料の必要量も決まります。植物の成長に合わせて、施肥の適切なタイミングもあります。肥料は過不足なく与えることが大切ですが、この観点からは、有機栽培より化学肥料の方が、必要な時に適量与えるのが容易で優れています。有機栽培では微生物による変換時間がいるので、施肥のタイミングが化学肥料よりは難しく、また

「ちょうど適量」の判断も簡単ではありません。仮に含窒素化合物やリン酸が多過ぎて、植物が吸収しきれずに環境中に拡散すると、川や湖・沼の富栄養化の原因になってしまいます。

オゾン層を太陽光が通過する際、オゾンは、紫外線のある波長領域のエネルギーを消費して酸素 ( $O_2$ ) に変化します。そして大変都合の良いことに、紫外線の別の波長領域のエネルギーで酸素は再びオゾンに変化します。こうして、オゾンと酸素が互いに行ったり来たりしているので、それらの量は変化せず、その間に紫外線のエネルギーの大部分が使われてしまうのです！

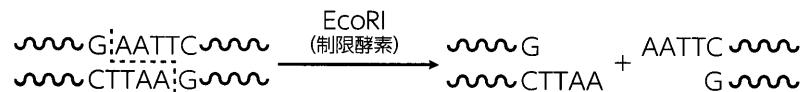
### 制限酵素

ウイルスは人や鳥に感染するだけでなく、細菌に感染するものもあります。細菌も自分を守らなければならないので、有力な武器として制限酵素という特殊な酵素を持っています。この酵素は 1970 年頃に発見され、今では数多くの種類が知られています。

制限酵素は、DNA にある特定の塩基配列が存在すると、その部位で

DNAを切断する（リン酸エステル結合を加水分解する）酵素です（27節）。自分のDNAには存在しない塩基配列を見つけたら、「それ、敵が来た！」とばかりに攻撃を仕かけるのです。

しかも面白いことに、二重らせん鎖のDNAのある箇所をスパッと切るのでなく、図に示したようにいくつかの1本鎖になる部分ができるように切れます。まったく別の生物のDNAを同じ制限酵素で切断した場合でも切り口は同じになります。DNAポリメラーゼというDNAをつなぐ酵素を使うと、切り口が同じなので、別の生物由来のDNAを元のDNA鎖のなかにつなぐことができます。この技術を遺伝子操作といいます。



DNAとはdeoxyribonucleic acidの省略で、デオキシリボースという糖の1種がリン酸(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)で数多くつながったもので、2本の鎖が二重らせんを形成しています。1個1個の糖に記号ではA, T, G, Cという4種類の核酸塩基（図では二重らせんの内側に平面状に延びています）のいずれか1つが結合していて、その並び方がDNAの情報として機能します。この情報全体を指すとき「ゲノム」といいます。

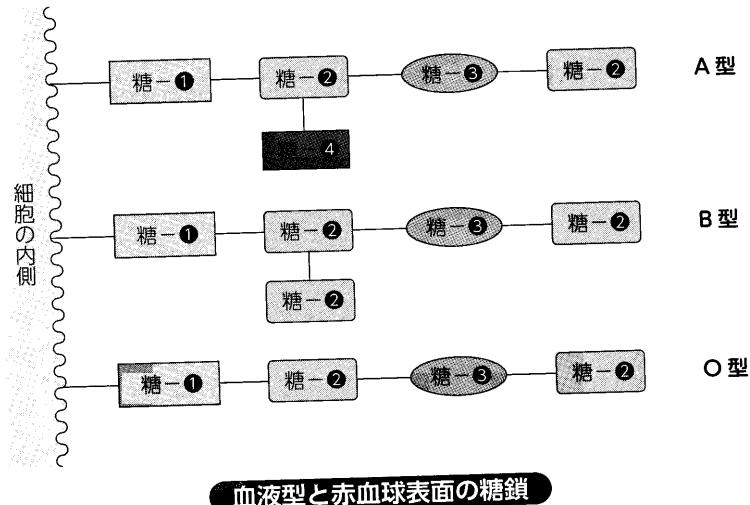
DNAというと、親の性質を子へ伝えるものと考えますが、その機能を担っているのは生殖細胞のDNAだけで、他のすべての体細胞のDNAは遺伝情報を伝える機能とは無縁です。では、何をやっているのでしょうか。体細胞中のDNAの役割は、簡単にいえばその細胞が合成するタンパク質の設計図です。1つのタンパク質に対応する部分を「遺伝子」といいます。

糖とは

C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O<sub>n</sub>という一般式で表される化合物のことで、炭素(C)と水(H<sub>2</sub>O)が結合していると見なすこともできるので「炭水化物」ともいいます。

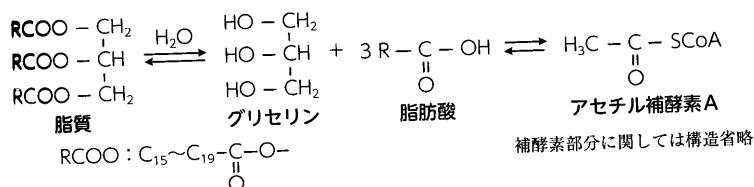
赤血球を例にして説明しましょう。赤血球には、A、B、O、AB型があるのはご存知のとおりです。この区別をしているのが赤血球細胞表層の糖鎖です（仮にこれを基本鎖と呼ぶ）。どの型でも細胞に糖①, ②, ③, ④の順で4個つながっているのは共通ですが、A型では1つめの糖②にさらに糖④がつながり、B型ではもう1個糖②がつながっています。O型には何もありません。AB型ではA型糖鎖とB型糖鎖の両方がつながっています。

基本鎖の糖②に自分のものと違う糖が結合している血液が輸血されると、「侵入者が来た」と判断し、抗体が攻撃を始めます。これが拒絶反応です。したがって、A型の血液をB型の人に輸血することはできないし、その逆もできません。同じものか何もないなら拒絶反応がないと考えれば現実に起こっていることが説明できます。A型の人なら、A型かO型の人から輸血が可能です。

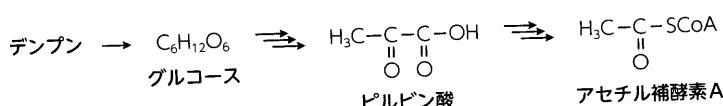


脂質は長い炭素鎖を持つ脂肪酸＊1とグリセリンが結合した化合物で、簡単に脂肪酸とグリセリンに分解されます。

ご飯や果物を食べるとアセチル補酵素Aが生成するのです。エネルギーを使わないとこの化合物は脂質となって体に蓄えられるということです！



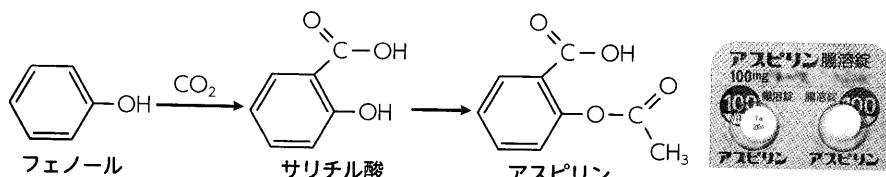
脂質はグリセリンと脂肪酸に分解されアセチル補酵素Aになる



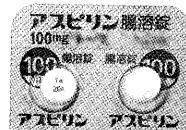
デンプンからアセチル補酵素Aができる

化学企業でさまざまな染料が合成されるようになりました。その1つにインディゴがあります。古いことわざ「青は藍より出でて藍より青し」の藍の青色成分がインディゴで、ドイツの企業が合成することに成功しました。この化合物は水に溶けないので、そのままでは染色に使えません。そこでOHを2個持つロイコインディゴという化合物にすると親水性が増し、水に溶けるようになります。この化合物を繊維に吸着させ、空気中に放置すると、再びHが2個少ないインディゴとなり、青色に戻ります。ジーンズの色です。

アスピリンは医師の処方箋なしで入手できる医薬品の代表的なものです。炎症をしめ、痛みを抑える効果があります。また、解熱剤として服用する人も少なくありません。血液を固まりにくくする副作用があることも知られているので、服用には注意が必要です。



### アスピリンの合成



フッ化水素 (HF) は取り扱いが難しい。ガラスも溶かす。

ガラスは化学的には金属酸化物。

フッ化水素を取り扱うノウハウを持つガラス会社が、世界中の外科手術で使われている含フッ素全身麻酔薬を製造しています。

フッ素化合物は、化学的に非常に安定なので、血液に混ぜて体中を巡っても代謝分解されず、まったく害にはなりません。

有機化合物とは、二酸化炭素  $\text{CO}_2$  と一酸化炭素  $\text{CO}$  を除く炭素を含む化合物。

BTX ベンゼン、トルエン、キシレン

フッ素化合物は、水をはじく性質が非常に強く、水を含むものとはくつ付きにくいという特色があります。フライパンの表面に、テフロンをコーティングすると、目玉焼きが焦げつかないのです。

PET polyethylene terephthalate

PET の一般名はエステル結合でモノマーがつながった化合物という意味で、ポリエステルです。

PET の製品は、他のポリマーと同じくペレット（粒状）です。それを加熱して軟らかくして成型すればペットボトルができます。加熱したものを細いノズルから押し出してより合わせれば、糸にすることができます。これを紡いで布とし、シャツやズボンを作ります。

酵素は生体内の反応の触媒で、物質としてはタンパク質です。

体内的受容体（レセプター）に作用する医薬品もあります。54節で紹介する抗ヒスタミン剤はその1つです。体内に外敵が侵入するとアレルギー症状を起こすことがあります。この原因は外敵（抗原）とそれに対抗する抗体の複合体が、肥満細胞（体格全体の肥満とは無関係）の受容体に作用してヒスタミン、セロトニン、ロイコトリエンといった化学物質を放出させるからです。これらがそれぞれの受容体に結合すると、さまざまな症状（くしゃみ、鼻水、発熱など）が出ます。抗ヒスタミン剤は、ヒスタミンが受容体に結合するのを妨害してこれらの症状を抑えます。

体の中での化学反応には、すべて酵素というタンパク質が関与しています（42節）。特定の酵素の作用を阻害する物質も医薬品となることがあります。代表例は血液中のコレステロール値を低下させる高脂血症治療剤です。この薬は、コレステロールの生合成を触媒する酵素の活性を抑えます（詳細は55節）。医薬品とはいわないかもしれません、脂肪の吸収を抑えるので健康に良い、といったお茶には脂肪分解酵素阻害活性があります。脂肪を脂肪酸とグリセリンに分解する酵素（リバーゼ）の働きを抑えるので（31節）、摂

取した脂肪が消化できず、体内に取り込まれないというわけです。

新しい医薬品を創ろうとするとき、どんな構造の化合物が有効か、見当がつきません。そこで、まずは**自然界から新規化合物**を見つけだし、その中から薬効のあるものを探索するのが一般的です。微生物の代謝産物やコケなどの植物、海洋中の生物に含まれるものなどから探索するのですが、微量の有効成分をいかに早く見つけだすか勝負です。

地球表面の温度は、平均すると 15°C といつても、場所や季節によって異なります。実際には -30, 40°C ~ +40, 50°C ぐらいでしょうか。これくらいの温度で放射される電磁波の波長は可視光より長く、**赤外線**から**マイクロ波**の領域です（9 節）。これらの**電磁波**は、そのまま宇宙に放射されるのではなく、多くの部分は大気中のガスに吸収されます。吸収されたエネルギーの一部は改めて宇宙に放出されますが、一部は地表に戻って、地球表面の温度を上昇させます。これを**温室効果**と呼び、そのような効果を及ぼすガスを**温室効果ガス**と呼びます。水蒸気、二酸化炭素、メタンなどは代表的な温室効果ガスで、大きな効果をもたらします。

螢の光は熱を伴わないため、「**冷光**」といわれます。物質が酸化されると、放たれるエネルギーの大部分が光に変われば熱なりません。ちなみに燃えるロウソクのエネルギーはたった 0・04% ほどが眼に見える光（可視光）に変わります。残りの 99. 96% は熱！ 熱いはずです。

螢はお尻にある発光器という組織の中に発光の大もととなる化合物ルシフェリンと酵素（28 節）のルシフェラーゼを持っています。酵素の働きによって、ルシフェリンは酸素と反応し高エネルギー化合物に変わります。この高エネルギー化合物は直ちに分解して発光体（励起状態、9 節）となりエネルギーを放ちますが、その大部分（40% 以上）が光となります。光の色調は螢の種類により黄緑から赤までさまざまです。

## 地球の磁力

線は南極から出て、北極に集まり、磁力線が集中している**南極と北極は磁場が強くなります**。

太陽などの活動によって宇宙から地球に降り注ぐ**電荷を帯びた高エネルギー粒子**（太陽風）は、**磁場の強い南北の極地付近**に多く集まります。これらの高エネルギー粒子は磁場を変化させ、逆に磁場の変化は高エネルギー粒子の運動に影響します。これらの高エネルギー粒子は大気圏に入ると、さまざまな分子に衝突し、持っているエネルギーをそれらの分子に渡すため、その分子は高エネルギー状態（励起状態）になります。それが元の安定な状態（基底状態）に戻るときには余分に持っているエネルギーを放射しますが、それが光として見えるのがオーロラです。太陽の活動によって高エネルギー粒子の空間的分布が揺れ動くので、オーロラも揺れるように見えます。オーロラは、このように地球上の磁場の強い場所だけに現れるのは必然的なことで、見ることができるのは、緯度の高い北極圏と南極圏に限られます。

## アジサイの色はなぜ変わる？

これには土壤の酸度と

花の色素が関わっています。アジサイには元の色がピンクから赤のアントシアニンと呼ばれる色素が含まれていて、花を発色させます。土の中からアルミニウムが吸収されるとアントシアニンと結合して、花の色は青になります。土の中に含まれるアルミニウムは土壤が酸性だとイオンとなって根から吸収されやすくなり、青い花を咲かせるわけです。土壤が中性から微アルカリ性だと、アルミニウムはイオンになりにくく根から吸収されません。このような土壤で育てたアジサイはアルミニウムの吸収が少ないので、花の色が薄い赤やピンクになります。

ビタミンAは、 $\beta$ -カロテンというビタミンAが2分子連結したような構造の物質から生合成されます。この $\beta$ -カロテンはカボチャやニンジンのような有色野菜に含まれているので、これらの野菜を食べることは健全な視力を維持するためにとても大切です

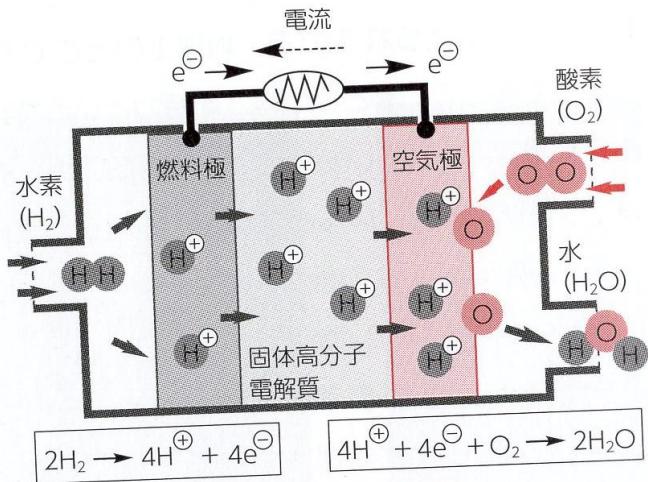
・・・

ビタミンAは、レチナールの右端 $-\text{CH}=\text{O}$ の部分が $-\text{CH}_2\text{OH}$ になっている化合物なので、化学的にはアルコールの一種です。一般に、アルコールを $-\text{CH}=\text{O}$ 型の化合物（アルデヒドという）に変換する酵素はアルコールデヒドロゲナーゼと呼ばれます。この酵素が網膜にあってビタミンAをレチナールに変えているのです。メタノール（ $\text{CH}_3\text{OH}$ ）が体内に入ると、同じ酵素の働きでホルムアルデヒド（ $\text{CH}_2=\text{O}$ 、光化学スモッグの原因物質の1つでもあります）という非常に反応性の大きな化合物が生成し、最悪の場合失明する恐れもあります。

果物の熟成を促すホルモン＝エチレン

電子は負極から正極へ移動するのに、電流は正極から負極へ流れると定義しているので、たがいに逆向きになります。

リチウムは3番目に軽い元素でしかも電子を放つ性質が非常に強い〔リチウムイオン（ $\text{Li}^+$ ）になりやすい〕金属なので、軽くて強力な電池にはもってこいの金属です。しかし、反応性が高く、空気中の水蒸気に触れると直ちに爆発的に発火するので、取り扱いが困難です。



### 燃料電池の原理

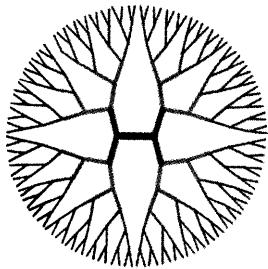
触媒として白金(Pt)が必要。

ポストイットの接着部分は、アクリル樹脂のエマルション（乳濁液）。  
アクリル樹脂を乳濁液にできたことが成功の秘訣。

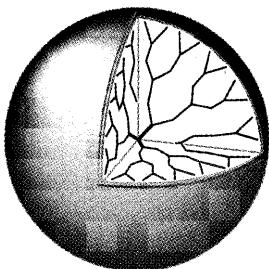
ドナルド・トマ

リアという研究者は、逆転の発想でひもの先を二股にその先を二股にさらにその先を二股にと、次つぎに分岐させたポリマーはどうなるだろう、と考えました。できたものは枝分かれした樹木のような綺麗な形になります。このように別支した形の高分子を直線状の「ポリマー」に対して、ギリシャ語で樹木を意味するデンドロンにちなみ「デンドリマー」と呼びます。

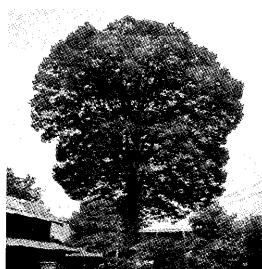
(a) 平面表記



(b) 三次元表記



(c) 樹木



デンドリマーのイメージ