

1

「高分子」という概念はいつ確立されたか

素材は古くからあるが
概念は意外に新しい

高分子は、原子が共有結合でつながった巨大分子です。このような大きな分子の存在に関する概念が確立したのは意外に新しく、1930年代です。炭素化合物を主に扱う有機化学に関する学問は1830年代に発達し、ケクレ(1829~1896)というドイツの有機化学者は、炭素原子の原子価が4であること、つまり原子が互いにつながるための4本の手をもっていることを示し、したがって炭素原子同士が連なって鎖状の化合物となることを提唱しています。

この概念を拡張して、繰り返し単位となる化合物が共有結合で連なった巨大分子(Macromolecules)の存在を提唱したのが、やはりドイツの学者シュタウディング(1881~1965)でした。ゴムが長い鎖状の化合物であるとする説を最初に発表したのは1917年ですが、この高分子の概念が受け入れられるのには長い年月がかかりました。その対抗馬となっ

たのがコロイド化学で、ゴムについても、低分子化合物が副原子価とよばれる別の力で会合体を形成したものであると考えられていました。シュタウディングは高分子説を否定する考え方への反証を示す実験結果を次々と示し、学界で漸く高分子説が主流になったのは1930年代といわれています。

米国のデュポン社は1927年に、直接製品には結びつかない基礎研究を行う部門を新たに設置し、有機化学研究部門の責任者として1928年にカロザースを招聘しました。カロザースはシュタウディングの高分子説を信じて研究を開始し、1929年の初頭には、分子量が最大5000程度の13種類の脂肪酸ポリエステルが合成できたことを論文で発表しています。この研究がさらに発展し、1935年のナイロン66の合成と繊維の作製に結びついています。デュポン社が世界初の合成繊維ナイロン66の商業生産を始めたのは1939年です。

高分子の概念の確立者



高分子説を提唱した
シュタウディング博士



高分子の化学合成を成し遂げた
カロザース博士

カロザース博士が1929年に発表した論文の冒頭部分

2560 WALLACE H. CAROTHERS AND J. A. ARVIN Vol. 51

[CONTRIBUTION No. 11 FROM THE EXPERIMENTAL STATION OF E. I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY]

STUDIES ON POLYMERIZATION AND RING FORMATION.
II. POLY-ESTERS

By WALLACE H. CAROTHERS AND J. A. ARVIN

RECEIVED APRIL 13, 1929 PUBLISHED AUGUST 7, 1929

An example of a bi-bifunctional reaction is found in the reaction between a dibasic acid and a dihydric alcohol, $\text{HOOC}-\text{R}'-\text{COOH} + \text{HO}-\text{R}''-\text{OH}$, which, if it is conducted so as to involve both functional groups of each reactant, must lead to an ester having the structural unit, $-\text{OC}-\text{R}'-\text{CO}-\text{O}-\text{R}''-\text{O}-$ = $-\text{R}-$. In accordance with the thesis developed in the previous paper, esters formed in this way will be polymeric unless the

要点BOX

- 高分子説はシュタウディングが提唱し、1930年代に主流となる
- 1939年に世界初の合成繊維が商業生産

2 身の回りの高分子

私たちの体も
工業製品も高分子

この世界には高分子が氾濫しています。私たち動物も肉や髪の毛はタンパク質という高分子ですし、遺伝情報をつかさどるDNAは核酸という高分子です。また、植物は主にグルコースが何千個と連結したセルロースからできています。

これらは天然にできた高分子ですが、私たちの身の回りでは人工的に作られた合成高分子、特にプラスチック(熱可塑性高分子)がたくさん使われています。実際にどのようなところに使われているか見てみましょう。

まず家の中です。台所では次のような品々が、水に強く錆びないという理由からプラスチックで作られています。洗剤の容器、スポンジ、ボウル、鍋やフライパンの取っ手、弁当箱、密封容器、スーパーのレジ袋など、また、冷蔵庫の中では、ペットボトル、ラップ、ウイナーソーセージの袋、マヨネーズやワサビのチューブなどでしょうか。お風呂場では、洗面器、シャンプ

ーのボトルなどがプラスチックですが、風呂桶は熱硬化性高分子、タオルは天然高分子セルロースです。

プラスチックは軽く、いろいろな形に成形でき、色も付けやすいことから、文房具、事務用品、おもちゃなどにも多用されています。ペンケース、定規、下敷きなどがあります。消しゴムは多くがポリ塩化ビニル製ですが、昔ながらの天然ゴムものもあります。セロハンテープのセロハンはセルロースを原料とした再生高分子でできています。しかし、よく似たテープですが合成高分子のポリエステルで作られたものもあります。

衣類は、綿や羊毛などの天然繊維で作られたものの他に多くのものがポリエステルやナイロンのような合成繊維で作られています。合成繊維は繊維の太さや形状などを工夫して、天然に近い風合いや、身に着けると発熱するなどの新しい機能を付与する開発が行われています。

私たちの身の回りの高分子製品



要点
BOX

- 私たちの身の回りは高分子だらけ
- 昔は金属製だった洗面器や木製だったマナ板も高分子製になった

3

高分子はどんなように使われているか？

利用のバリエーションは極めて多彩

高分子は身の回りの見慣れた製品の他にも様々な分野で活躍しています。

高分子の重要な特徴の一つは金属やセラミックスに比べて大きな変形が可能なことであり、このため豊んたり曲げたりしても元の形に戻すことができます。高分子特有の変形能を活かした例にビルの免震構造があります。これは、ビルの土台の下に積層したゴムを設置することによって地震による建物の揺れを軽減して壊れにくくする方法です。この方法によってビルの揺れを3分の1から5分の1に減らすことができます。

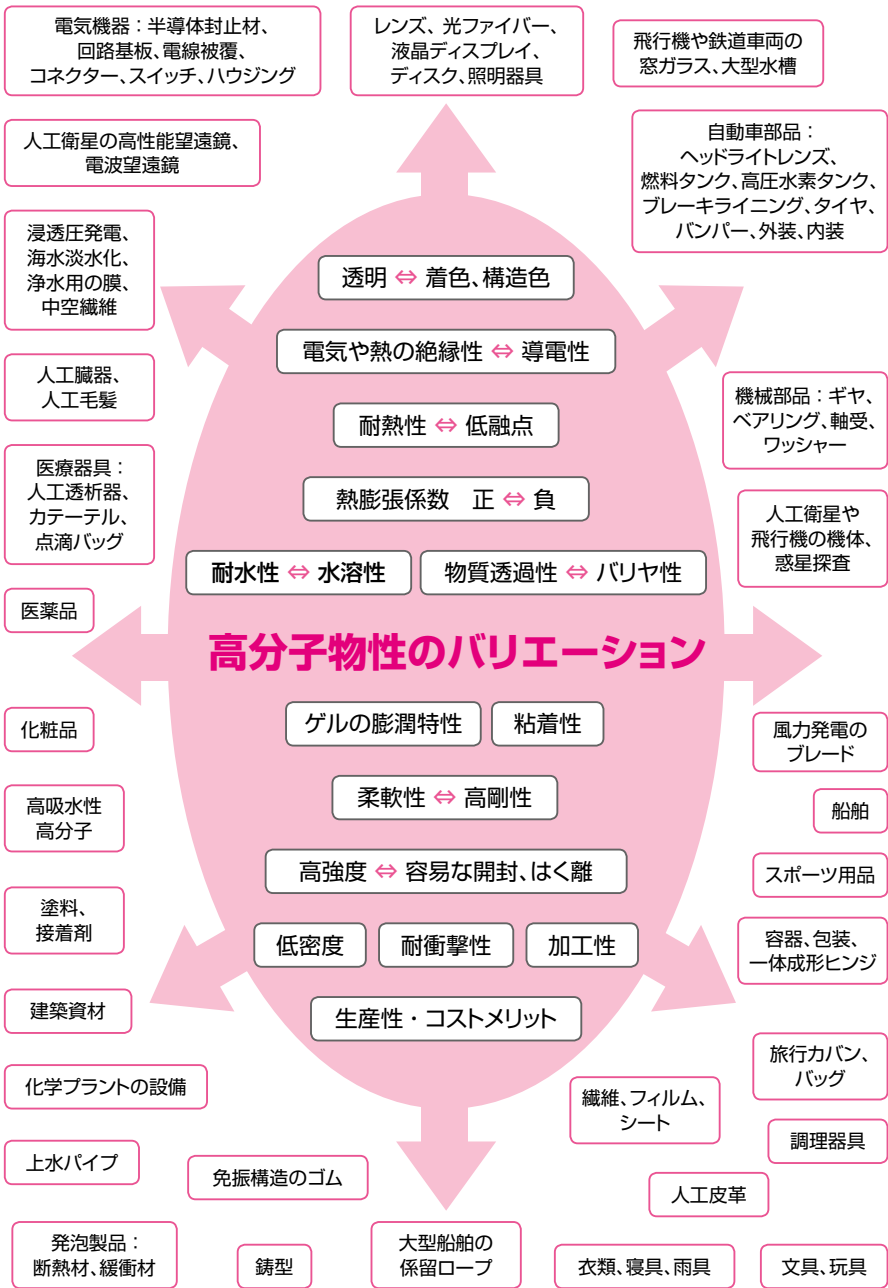
また、NASAによる火星探査では、高分子でできたパラシュートやエアバッグなどが探査車を火星表面に着地させるときに使われました。これは、丈夫さ、軽さに加えてコンパクトに畳めるという高分子の特徴を活かした事例です。

高分子のゲルには、温度、光、電場、pHなどに応

じて急激に溶媒を吸収して膨張したり、溶媒を排出して収縮する体積相転移という現象を起こすものがあります。このようなゲルを利用したものに、体の特定の部位に到達したときや病気のときだけ薬を放出するドラッグデリバリーシステムと呼ばれる仕組みや、温度による疎水性と親水性の変化を利用して細胞の培養と細胞の剥離回収ができる細胞培養の基材、様々な刺激によって駆動するアクチュエーターなどがあります。

高分子には、ヒトの生存に適した温度・圧力などの条件下で性質を大きく変えられるもの、安定なもの、性質が異なる様々な種類のもの、人体に比べて軟らかいもの、硬いものなどがあり、バリエーションが極めて多彩なことも特徴です。この特徴は人体が高分子でできていることと関連がありそうです。そして、この特徴を活かして高分子は様々な分野で活躍しています。

様々な分野で活躍する高分子



要点BOX

- 高分子は他の材料にない特徴を活かして活躍
- ヒトの生存に適した環境下での高分子の物性は多様