

JUNE

2025

Vol.80

化学

CHEMISTRY 6

解説

第二世代 結晶スポンジ法

中分子創薬化合物の
構造解析を拓く新原理



解説

有機リチウム試薬を

空气中・室温下・ほぼ無溶媒で調製

メカノケミカル法が変える有機合成の姿

表1 ナイロンとPETの性質の違い

	ナイロン	PET (ポリエステル)
おもな構造	アミド結合(-CONH-)をもつ高分子	エステル結合(-COO-)をもつ高分子
肌触り	なめらかで柔らかい	やや固めでシャリ感がある
吸湿性・染色性	やや高い(湿気を吸う), 染色しやすい	低い(ほとんど水を吸わない), 染色しにくい
強度・耐久性	引張強度が強く, 耐摩耗性がある. 柔軟で弾力性がある	引張強度が強く, 耐摩耗性があるが, ナイロンよりは弱い. シワになりにくい
耐熱性・耐候性	熱やアルカリ, 有機溶剤に強い, 紫外線や酸に弱い	熱や紫外線, 酸, 有機溶剤に比較的強い, アルカリに弱い
洗濯のしやすさ	シワになりにくいが, 乾きはやや遅い	速乾性が高く, シワになりにくい
環境負荷	分解しにくく, リサイクルも可能だが複雑	リサイクルしやすい
おもな用途	ストッキング, 下着, アウトドア用品, 工業用繊維など	衣料, ボトル, フィルム, カーテンなど

● ナイロンの製造方法

ナイロン66はヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を縮合重合して得られた高分子化合物です(図1a). ナイロン66の左の「6」はジアミンの炭素数, 右の「6」はジカルボン酸の炭素数となっています.

一方ナイロン6は, カプロラクタムを開環重合して得られた高分子化合物です(図1b). 数字の「6」は炭素数を表します.

ナイロン66とナイロン6に大きな違いはありません. ただし, ナイロン6はコストと染色性重視, ナイロン66は耐久性と高温性能重視の場面で有利です.

● 性質と課題

ナイロンと, ポリエステルであるPETとの性質の違いを表1に示します.

これらの特性を活かしたさまざまな用途に活用されるナイロンは, 年間約500万トンが生産されています. 衣類やカーペットに使われる繊維用途が半分, 自動車部品や電子機器などの工業用途が4割を占めます. 耐熱性ナイロンやバイオベースナイロン, 再生ナイロン(Econyl)の開発が進み, 電気自動車や5G向けの需要も増加しています. 一方, リサイクル率は10%未満であること, 石油由来で生分解性が低く, 洗濯時に微細な繊維がはがれ, 排水を通じて河川や海洋に流出するマイクロプラスチック問題といった課題もあります.

日本初の合成繊維ビニロン

次に, 同じ合成繊維でもナイロンとは異なる特性

をもつビニロンを見てみましょう. ビニロンは, ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドと反応させてアセタール化することで行われます. 1939年に京都帝国大学の桜田一郎らによってはじめて合成されました. ナイロンに次いで世界で2番目に開発された合成繊維であり, 日本初の合成繊維として歴史的な意義もあります. 当初は「合成一号」と呼ばれていましたが, 1948年に倉敷レイヨン(現クラレ)が「ビニロン」と命名しました⁴⁾. 第二次世界大戦や, 戦後のGHQによる人造繊維生産能力制限の影響で工業化が遅れましたが, 1950年に制限が撤廃され, 倉敷レイヨンが世界ではじめて工業化に成功しました. 近年は, 石油化学の発達やほかの合成繊維の台頭により生産量は減少傾向にあります.

北朝鮮でもビニロンは重要な繊維とされています. 桜田一郎の共同研究者である李 升基が戦後に北朝鮮に移り, ビニロン(北朝鮮では「ビナロン」と呼ばれます)を国内で生産. 1961年に咸興(Hamhung)に「ビナロン都市」が建設され, 「チュチェ思想(主体思想)」の象徴である「チュチェ繊維」として軍服や衣類に広く使用されています.

● ビニロンの製造方法

ビニロンは次のステップで製造されます(図2).

1. 石油や天然ガスからエチレンを合成し, 酢酸ビニルをつくる
2. 酢酸ビニルを付加重合させてポリ酢酸ビニルにする

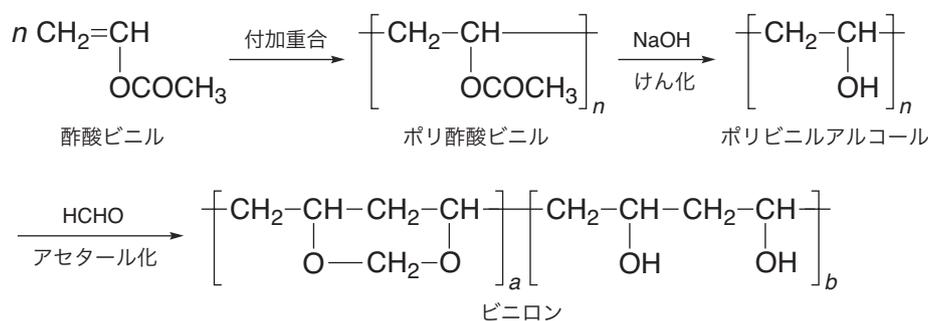


図2 ビニロンの製造過程

3. ポリ酢酸ビニルをアルカリでけん化し、ポリビニルアルコール(PVA)を生成する
4. ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドと反応させ、アセタール化してビニロンにする

ポリビニルアルコールは親水性が高く水に溶けやすいため、そのままでは繊維として使いにくいのですが、30～40%アセタール化することで耐水性や耐熱性を向上させています。

単量体であるビニルアルコールを付加重合してポリビニルアルコールにしないのは、ビニルアルコールが不安定で直ちにアセトアルデヒドになるため、単量体として使うことができないからです。そのため、ポリ酢酸ビニルをけん化してポリビニルアルコールにし、ビニロンをつくる方法が考えられました。

● 特徴と用途

ビニロンの特徴として、繊維強度が高く、摩擦や引張りに対する優れた耐性があげられます。また、合成繊維のなかでは珍しく親水性があるため、綿のような風合いや、吸湿性が高い点も特徴です。ほかにも紫外線や風雨に強く、酸やアルカリにも耐性があります。海水や土中に埋めてもほとんど劣化しません。炭素C、水素H、酸素Oのみで構成されており、燃焼時にダイオキシンやアンモニア、SO_xなどの有害物質も発生しません。

ビニロンは、高強度と耐候性から、漁網、農業用ネット、ロープなどの用途に適しています。吸湿性を生かして、海苔やわかめの養殖にも使用されます。セメントやゴムとの接着性が良いため、アスベストの代わりとしてコンクリートの補強材、ゴム製品、プラス

チックの補強に用いられます。以前は吸湿性や綿に似た風合いから学生服やレインコートに使われていましたが、染色性の問題やゴワつき感から、衣類用途は減少しています。

現在、ビニロンはおもにクラレやユニチカなどの日本企業が生産しています。クラレの「クラロン」や「クレモナ」などの商標で知られ、産業用途を中心に活躍しています。一方で、衣類用途としてのビニロンは、ポリエステルやナイロンに比べると目立たない存在ですが、有害物質を発生しない環境負荷の低さや耐久性から、ふたたび注目されている素材です。ビニロンは日本が誇る合成繊維として、工業や農業の分野で今も重要な役割を果たしているのです。

今回は世界初の合成繊維であるナイロンと日本初の合成繊維であるビニロンについてまとめました。普段着ている洋服のタグを見てみると、いろいろな化学繊維が使われていることがわかります。その特性などを知っておくと新たな発見につながるかもしれません。ぜひ化学の眼を身の回りの商品などに向けてほしいと思います。

参考文献

- 1) 化学史学会 編, 『化学史への招待』, オーム社(2019).
- 2) 「シルク stockingsの衰退が口腔衛生革命を起こした」, Energy Democracy (<https://energy-democracy.jp/3943>).
- 3) 「東レの沿革」 (<https://www.toray.co.jp/aboutus/history/>).
- 4) 江上 剛, 『百年先が見えた男』, PHP 研究所(2019).

にしむら・よしかず ● 学校法人駿河台学園 駿台予備学校化学科講師, 1996年明治大学理工学部工業化学科卒業, <研究テーマ> 高等学校化学の教授法の研究とその普及, <趣味> 野球観戦, ランニング

第16回以降は化学同人HPにて掲載いたします。