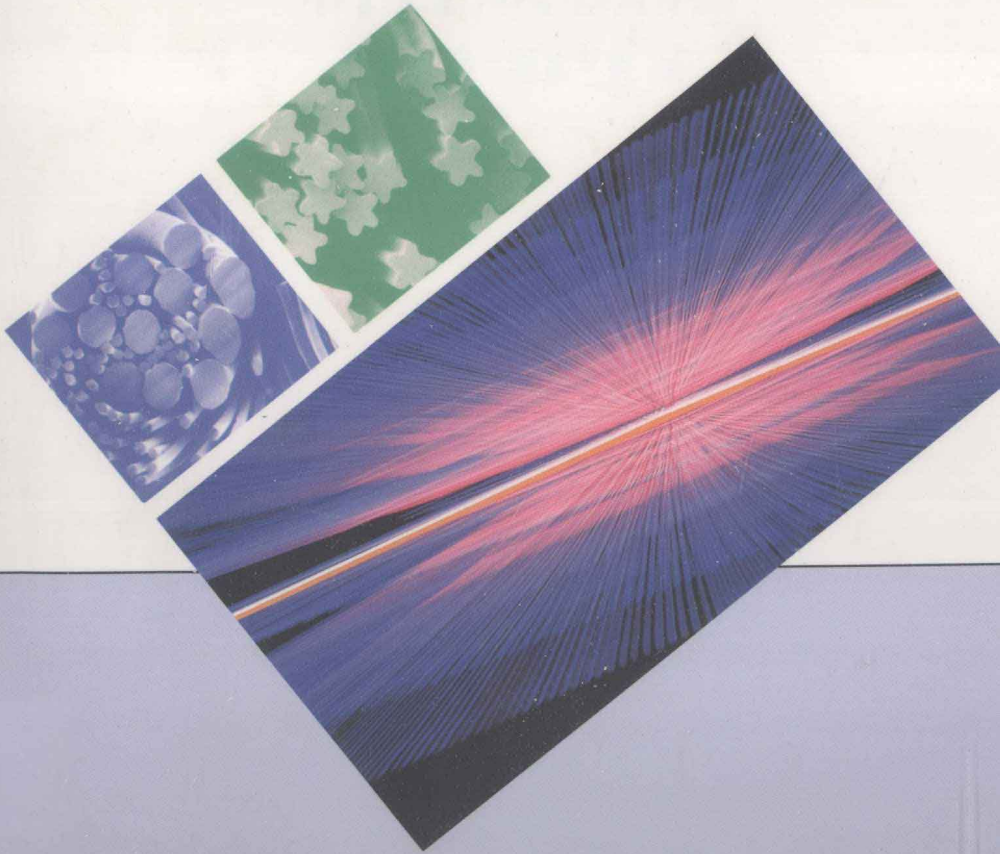


日本化学会編
新産業化学シリーズ

新合成繊維

宮坂啓象 岡本三宜 著



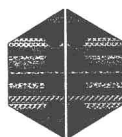
日本化学会編
新産業化学シリーズ

新合成纖維

宮坂啓家

江蘇王業学院图书馆

藏书章



大日本図書

著者紹介

みやさか けいぞう

宮坂啓象 (1,2,5 章)

1957 年 信州大学繊維学部紡織学科卒業

1964 年 東京工業大学大学院理工学研究科繊維工学専攻博士課程終了
東京工業大学工学部助手

1970 年 同助教授

1980 年 同教授

1992 年 同名誉教授

新潟職業能力開発短期大学校校長(現在)

専攻 結晶性高分子の固体構造と物性(工学博士)

おかもと みよし

岡本三宜 (3,4 章)

1960 年 名古屋工業大学工業化学科卒業

東洋レーヨン(現東レ)㈱入社

1982 年 東レ㈱エクセーナ研究室長

1985 年 同新布帛研究室長

1987 年 同繊維研究所長

1989 年 同理事, 岡本研究室長

1992 年 同常務理事(現在)

専攻 繊維新素材他(工学博士)

新合成繊維

1996 年 7 月 10 日 初版第 1 刷発行

編者——(社)日本化学会

著者——宮坂啓象／岡本三宜

発行者——金子賢太郎

発行所——大日本図書(株)

〒104 東京都中央区銀座 1-9-10

電話 03(3561)8678〔編集〕

03(3561)8679〔販売〕

振替 00190-2-219

装丁者——小幡 堅

印刷所——壮光舎印刷(株)

製本所——(株)宮田製本所

© 1996 K. Miyasaka & M. Okamoto

ISBN4-477-00633-0 Printed in Japan

落丁本・乱丁本はおとりかえいたします。

㊦(日本複写権センター委託出版物)

本書(誌)の全部または一部を無断で複写複製(コピー)することは、著作権法上での例外を除き、禁じられています。本書(誌)からの複写を希望される場合は、日本複写権センターにご連絡ください。

まえがき

繊維と人類との関わりは長いが、人造繊維との関わりはわずか百年、合成繊維とはさらに短い。今日の合成繊維は十九世紀に世界の文明の中心であったヨーロッパでの人工的に絹をつくろうという試みを出発点としている。人造絹糸の開発は中世の錬金術に一見似ているが、錬金術が金の原子を他の金属原子からつくるという「天を恐れない企て」であったのに対し、人造絹糸をつくる術は「天然に形成された繊維」を「絹」に変えるという「ささやかで現実的」なものであった。当時「絹のキーワード」は「長く続く繊維」で、絹と木綿、麻、羊毛などとの基本的な違いはここにあった。したがって、木綿などの天然セルロースを処理して溶液化して細い孔を通し、再生・固化し長く続く繊維ができたとき、「人造絹糸」の開発は成功であり完結したはずであった。しかし、人造絹糸の開発は同時に高分子という新しい物質概念を産み、今日、あらゆる領域で不可欠な「合成高分子」という巨大な物質領域を誕生させたのである。

今思えば、人造絹糸を目指した初期の繊維の化学や技術はそのまま高分子の化学や技術である。その後も合成高分子の用途のなかで、繊維が非常に大きな領域を占めてきたという事情のため、合成繊維は新しい高分子の開発に刺激を与え続けただけでなく、高分子科学や技術でも重要な貢献をし続けてきた。

「繊維は線状高分子からなる」、逆に「線状高分子でないと有用な繊維とならない」ということが1930年代初期に認められて以来今日までの約65年間に、合成繊維は人類との長い関わりをもつ衣料用、産業資材などの領域で著しい性能の向上や用途拡大を遂げると同時に、その間の機械・電子・医療など多くの領域での技術展開により新たな用途が開けた。このことは繊維を支える科学の多様化を意味した。また、繊維技術が別の高分子材料の基礎技術である例は多い。例えば、繊維は一次元、フィルムは二次元材料で要求性能も製法も異なるが、高性能フィルムの製造技術は合成繊維技術の上に存在している。

このような合成繊維のもつ科学・技術上の特徴を踏まえ、本書は合成繊維を可能な限り原理的に理解できるように努めたつもりである。

また、本書は次のような人々のお役に立ちたいと願っている。

合成繊維の全体のありようを時系列的に把握したい人、最近の合成繊維の技術思想や技術の内容に興味をもつ人、高分子科学を合成繊維の科学という切り口で理解したいと思う人、合成繊維工業はもちろん広く高分子工業に携わる技術者やそれを学ぼうとする学生諸君である。高分子は合成から紡糸、成形、構造、物性と広い範囲にわたるが、そのいずれを主とする技術者や学生諸君にもこの著書の読者になって欲しいと願う。これからの高分子科学者や技術者にはこれらについての目配りが必要であろうと思われるからである。本書がこのような人々のお役に立てばこれに優る喜びはない。

本書の1,2,5章は宮坂が、3,4章は岡本が執筆した。その成否は読者の評価に待たなければならないが、過去数十年の合成繊維の目ざましい発展期に大学における高分子繊維の固体構造・物性研究者であった宮坂と、企業における合成繊維紡糸技術者である岡本にとり、このような機会を与えられたことは望外の喜びである。それにつけても内容について種々アドバイスを下さった東京大学教授瓜生敏之氏、これまで辛抱強く、励まして下さった大日本図書(株)編集部遠藤敬子氏には感謝の言葉もない。また多忙の中、文献検索などに協力頂いた信州大学助教授谷上哲也氏、東洋紡績(株)矢吹和之博士、そのほかの皆様には深甚の感謝の意を表したい。

1996年5月

著 者

も く じ

まえがき

1 人造繊維の潮流 ————— 1

1.1 繊維の定義と分類 ——— 2

1.2 糸 ——— 3

1.3 衣料用を目指した人造繊維 ——— 3

1.3.1 人造繊維の始まり 3/1.3.2 再生セルロース繊維の誕生 4/1.3.3 本格的再生セルロース繊維の登場 4/1.3.4 その他の再生繊維 7/1.3.5 半合成繊維の登場 7/1.3.6 合成繊維の出現 8/1.3.7 本格的合成繊維ナイロンの登場 8/1.3.8 ポリビニルアルコール繊維 10/1.3.9 合成繊維の王者ポリエステル繊維の登場 10/1.3.10 アクリル繊維 11/1.3.11 ポリプロピレン繊維 11/1.3.12 ポリウレタン繊維 12/1.3.13 新しいセルロース繊維 13/1.3.14 日の目を見なかった合成繊維 13

1.4 非衣料用人造繊維 ——— 13

1.5 高性能繊維の開発 ——— 14

1.5.1 剛直性高分子の高性能繊維 15/1.5.2 屈曲性高分子の高性能繊維 18

1.6 合成繊維紡糸技術の進歩 ——— 19

1.7 新しい衣料素材の展開 ——— 21

1.8 機能性繊維の登場 ——— 22

2 繊維の基礎 ————— 25

2.1 繊維素材高分子 ——— 26

2.1.1 結晶性高分子 26/2.1.2 屈曲性高分子と剛直性高分子 29

2.2 繊維素材高分子の合成 ——— 31

2.2.1 ナイロン 6 と 66 32/2.2.2 PET 32/2.2.3 PAN 34/2.2.4 PVA 34/
2.2.5 PVC 35/2.2.6 ポリ塩化ビニリデン 35/2.2.7 ポリクラール 35/2.2.8
it. pp 36/2.2.9 ポリウレタン 37/2.2.10 MPiA 37/2.2.11 PPTA 38/2.2.12

テクノーラ[®] 38/2.2.13 ポリアリレート 39/2.2.14 PBZ 40/2.2.15 ポリイミ
ド 41/2.2.16 PEEK 41/2.2.17 PPS 41

2.3 繊維の形成———42

2.3.1 紡糸工程 42/2.3.2 延伸 43/2.3.3 熱処理 44

2.4 結晶性高分子固体の一般的特徴———46

2.4.1 高分子結晶の構造と性質のもつ意義 46/2.4.2 結晶・非晶の2相性 46/

2.4.3 屈曲性高分子結晶のモルフォロジー 46/2.4.4 屈曲性高分子における
長周期の形成 48/2.4.5 球晶 48

2.5 繊維の微細構造———50

2.5.1 ミクロフィブリル 50/2.5.2 ミクロフィブリル内の構造 54/2.5.3 結晶
化度 57/2.5.4 分子配向度 59/2.5.5 屈曲性高分子の特殊な繊維の構造と物性
65/2.5.6 剛直性高分子繊維の構造 67

2.6 レオロジー———68

2.6.1 紡糸工程におけるレオロジー 68/2.6.2 繊維の力学的特性 71

3 繊維化技術と新合繊の誕生———83

3.1 繊維化技術———84

3.2 熔融紡糸———85

3.2.1 押出機または紡糸頭 85/3.2.2 ポリマーの乾燥・固相重合・相互融着
87/3.2.3 パックと口金 88/3.2.4 糸状の冷却 88/3.2.5 引き取りまたは巻き
取り 89/3.2.6 油剤と流体交絡 89/3.2.7 後工程 93/3.2.8 けん縮・熱処理
96/3.2.9 紡糸速度と生産性 96

3.3 溶液紡糸———99

3.3.1 湿式紡糸と乾式紡糸 99/3.3.2 半乾式半湿式紡糸 103

3.4 特殊紡糸———104

3.4.1 不織布の直接製布 104/3.4.2 スパンボンド法 104/3.4.3 フラッシュ紡
糸法 105/3.4.4 メルトブロー法 106

3.5 異型断面紡糸とシルク感性の織物———108

3.6 複合繊維の紡糸———110

3.7 中空繊維の紡糸———113

3.8 超極細繊維の紡糸——114

3.9 液晶繊維紡糸——118

4 製布技術と繊維・織物の機能化——121

4.1 一次元 糸——122

4.2 二次元 織物・編み物・不織布——122

4.3 三次元 立体繊維構造——124

4.4 機能繊維——125

4.4.1 弾性繊維 125/4.4.2 導光繊維 126/4.4.3 ワイピング繊維 127/4.4.4 分離膜繊維 128/4.4.5 フィルター繊維 129/4.4.6 抗菌・防臭繊維 130/4.4.7 はっ水繊維 132/4.4.8 難燃繊維と防炎加工繊維 135/4.4.9 吸水加工繊維 136/

4.4.10 制電加工繊維 138

4.5 感性付与と新合繊——140

4.6 繊維に付与する技術——152

4.6.1 テキスチャード加工 152/4.6.2 染色・仕上げ加工 155

5 特殊な性能・用途の繊維——161

5.1 特殊な性能の衣料用合成繊維——162

5.1.1 高吸水性繊維 162/5.1.2 において関係する繊維 164/5.1.3 抗病原菌繊維 165/5.1.4 温度により色が変わる繊維 165/5.1.5 制電性の繊維 165/5.1.6 生分解性繊維 166/5.1.7 快適性を追求した繊維 167

5.2 極限特性を追求した繊維——171

5.2.1 高強度・高弾性率を目指す繊維 171/5.2.2 耐熱性繊維 184/5.2.3 燃焼・加熱による発生ガスの毒性試験 190

5.3 特殊機能繊維——190

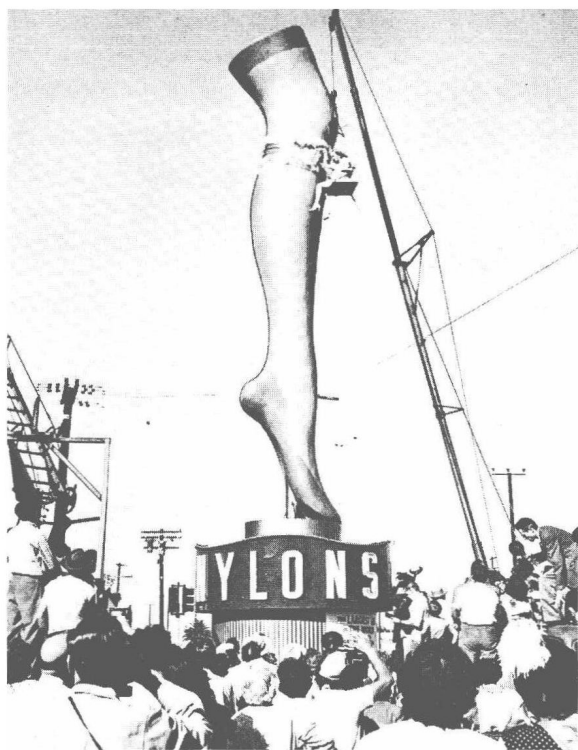
5.3.1 物質分離用中空糸 191/5.3.2 光学繊維 194

付 録——201

索 引——208

第 1 章

人造繊維の潮流



ナイロン発売の広告（アメリカ，Du Pont 社，1938 年）

1.1 繊維の定義と分類

繊維(fiber)とは細くて長いという形態的特徴をもつ材料の総称であり、その構成物質は有機、無機、金属にわたっている。太さはおおよそ数百 μm 以下で、長さは太さとの相対関係で決まる。なお、数百 μm 以上の太さの場合は線材とよばれる場合もあるが、その基本的構造は通常の繊維と同列に扱えるものであるため、本書ではこれを区別しないことにする。しかし、繊維の太さはその強度と高い相関をもち、一般的には太くなると強度が低下するという傾向があり、強度的性質に注目するときには太さに目配りが必要である。

本書で扱われる有機高分子繊維は水素、炭素、窒素、酸素などを主な構成原子とする有機の高分子を素材とする繊維の総称で、次のように分類される。

①天然繊維（木綿、絹、羊毛など）

②人造繊維

a. 再生繊維（再生セルロース繊維など）

b. 半合成繊維（酢化セルロース繊維など）

c. 合成繊維（ポリエステル、ポリアミド(ナイロンおよびアラミド)、ポリ
アクリロニトリル系繊維など）

再生繊維は天然に生成された高分子(天然高分子)をいったん溶解して紡糸し、繊維化したものである。その中で最も重要なのは木綿リントー(短いため紡績できない綿花繊維)や、木材パルプを原料にしてつくられる再生セルロース繊維(レーヨン)である。

半合成繊維は化学的に修飾した天然高分子を繊維化したもので、重要なものは酢化セルロース繊維(アセテート繊維)である。

本書が対象とする合成繊維は、天然には存在しない人工的につくられた合成高分子を素材とする繊維である。

繊維の太さの慣用的表示 繊維の太さの表示法で最も広く使われている単位は、デニール d または D(denir)で、 $9 \times 10^3\text{m}$ の長さ当たりの重量を g 単位で表した数字をそのまま、デニールとする。例えば、 $9 \times 10^3\text{m}$ で 5g であれば 5 d である。これと並んで、テックス t または T(Tex)単位も使われ

る、これは 10^3m の長さ当たりの重量を g 単位で表した数字をそのまま使う。 10^3m で 5g であれば、 5t である。

1.2 糸

糸(yarn)は繊維の集合体で、短い繊維(ステープル)を集束し撚りをかけ、繊維間の接触圧で糸を形成させている紡績糸(spun yarn)と、連続した長繊維、すなわちフィラメント(filament)を引き揃え目的に応じた程度に撚りかけ(twisting)したフィラメント糸がある。紡績糸の強度は撚りで生じた横圧力による繊維間の摩擦力から生じるが、フィラメント糸では撚りかけの目的は強度ではなく、その後の布の製造工程における作業性や、製品としての布の性質や風合いの制御である。紡績糸は多数の繊維の末端部分が繊維本体から突出して毛羽をつくり、これが紡績糸の独特の風合い*1を生んでいる。

1.3 衣料用を目指した人造繊維

1.3.1 人造繊維の始まり—硝化セルロース繊維

天然繊維の中で最も高価な絹を人工的につくことは化学者にとり大きな魅力であった。しかし、現在は常識になっている「それ自体が糸のように細長い線状高分子からでないと実用に耐える十分な強さをもつ繊維はつくれない」ということが当時はわかっていなかった。実際は、19世紀の後半にヨーロッパの化学者は、全く直観的に粘度の高い物質の溶液を細い孔から押し出した後に固化すると絹ができると考えた。この考えは「線状高分子は粘度の高い溶液をつくるという事実」のために的を得ていたことが後で証明された。

最初につくられたのは木綿を硝酸で処理した硝化セルロースをアルコールまたはエーテルで溶かし細孔から押し出した後、溶媒を除いた「硝化セルロース繊維」であった。現在はこのように細い穴を通して固化し、繊維化する操作を紡糸(spinning)、細孔を紡糸ノズルとよぶ。本来、spinning は木綿な

* 1 糸や布の手触り、見た感じなどのことを風合い(ふうあい)という。

どの短繊維から糸を紡ぐ紡績に対応する用語であり、今日もそのまま使われているが、人造繊維の場合にも用いられるようになった。

人造繊維第1号は先の分類の「半合成繊維」に属するこの硝化セルロース繊維であった。しかしこの繊維は高い引火性を持ち、その服を着たモデルが博覧会の展示場で火傷死亡するという不運に見舞われ*1、あえなくその姿を消し、幻の人造繊維第1号となった。

1.3.2 再生セルロース繊維の誕生

危険な「硝化セルロース繊維」を安全な繊維にするために、この繊維を硫酸アンモニウムで処理しセルロースに戻すことにより、再生セルロース繊維が初めてつくられた。これはフランスのシャルドンネ伯により開発され、1881年に工業化された。

しかし、この「再生繊維第一号」は、強度など繊維としての性能は劣悪で衣料用としては使えず、用途はもっぱらリボンなど装飾用に限られていた。

1.3.3 本格的再生セルロース繊維(レーヨン)の登場

シャルドンネの再生セルロース繊維の性能的欠陥を克服した本格的再生セルロース繊維が以下の二つの方法で開発され今日に及び、「レーヨン」と総称されている。

再生セルロース繊維は、原料的にセルロースが天然に多量に生産される物質であるという利点をもつ。製造上では、セルロースが不融(融解せず高温で熱分解)なので溶液紡糸法(後出)に頼らざるを得ないが、適当な溶媒がなかった。以下の二つの製法はこの点に関係して、天然のセルロースから紡糸原液をつくる方法に特徴的な違いをもつ。なお、最近開発された極性溶媒を用いて紡糸するセルロース繊維は本節の(1.3.13)に示されている。

①銅アンモニア法レーヨン(ペンベルグレーヨン)

②ビスコース法レーヨン

これらはいずれも、木綿リントーや高級木材パルプなどを原料にし、その主成分であるセルロース(繊維素)を高粘度の溶液にしてノズルから押し出した後、伸長しながら溶媒を除いて繊維とする方法である。

銅アンモニア法レーヨンは、水酸化銅にアンモニア水溶液を加えてつくっ

* 1 未確認情報であるが、広く流布されている。

た銅アンモニア溶液にセルロースを溶解させる方法で、1899年にドイツで生産が開始されたが、当時はアンモニアが高価で、ビスコース法に圧倒された。しかし、その後のアンモニア合成法の進歩による価格の低下と、緊張紡糸法*1(1919年ドイツのテーレが開発)とよばれる繊維化技術の開発により同年再び息を吹き返しドイツの Bemberg 社で生産が開始され「ベンベルグ」と命名された。日本での生産開始は1931年であり、その後多くの会社でつくられたが、現在は旭化成(株)でのみ生産されている。これは木綿のリンター(木綿繊維を採取した後に種子に残る10mm以下の短い繊維で、セルロース原料としては最も良質)を原料として使用する。

ビスコース法レーヨンとは木材パルプのセルロースを濃アルカリで処理しアルカリセルロースとした後、硫化炭素と反応させセルロースザンテートに変成する。これを希薄なアルカリ水溶液に溶かし紡糸原液(ビスコース)とし、硫酸ナトリウムなどの水溶液からなる凝固・再生液中に紡出する。ノズルを出た糸条は流動性をもつ間に何倍にも引き伸ばされ細くなりつつ、セルロースに戻り固化するが、その過程で内部では繊維の性能発現に不可欠な結晶化



図 1.1 秦逸三教授

「山形大学工学部・日で見える80年史」, 米沢工業会(1990)より転載

* 1 糸条はノズルから水中に紡出され、逆円錐形のロート中を水とともに流下し、数百倍に伸張され、固化する。逆円錐形であるために、上から注入される水の流速は下方(出口)に近づくにつれて増加し、これが、摩擦力を介して糸条を伸張する。このように、水流による伸張は他の紡糸法にはみられないものである。

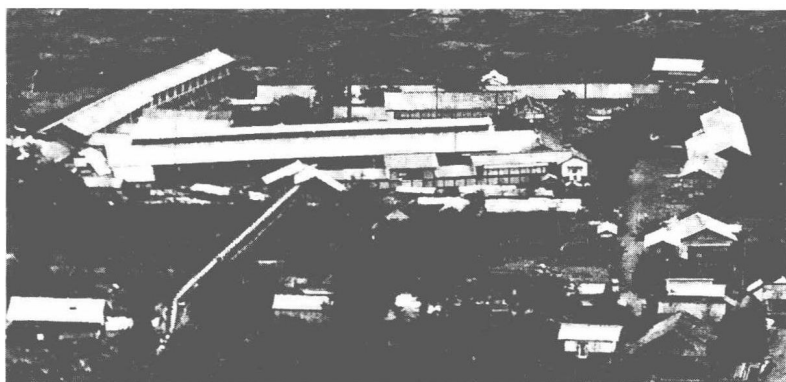


図 1.2 初期の帝国人造絹糸米沢工場

(1920 年代初期出典、図 1.1 と同じ)

と分子配向が生じる。これは 1909 年にイギリスで本格的に生産が始まり、日本では 1916 年、米沢市において現帝人(株)の前身にあたる企業で生産が開始された。日本における工業化には米沢高等工業学校の秦逸三教授(図 1.1)が大きい貢献をしている。

レーヨンは第二次大戦後、ナイロンが出現するまで大きな役割を果たした。しかし、染色性や吸湿性が高いなどの長所がある一方、湿潤時に強度が著しく低下するなど、その性能は低く「人絹」(ジンケン)という蔑称をもってよばれたほどであった。

しかし、最近は染色性などの点からファッション衣料素材として用いられ、その汚名は挽回されたが、生産量は以前と比較できないほど減少している。衣料用のほかに木綿コードから合成繊維コードへの移行の短い期間、各種のタイヤ用にレーヨンコードの開発が試みられたことは興味ある事実である。

ポリノジック繊維 レーヨンの湿潤時の収縮や著しい強度の低下という欠点を克服し、木綿に近づける目的でつくられたビスコース法レーヨンである。高重合度のビスコースを用いる一方、凝固・再生速度の低い凝固浴を用い繊維構造をより強固に発達させたもので、日本の立川研究所で開発された。他のレーヨンに比較し高結晶化度で、結晶粒子が大きいなどの特徴をもち、そ

れが高い強度、弾性率、湿潤特性、耐アルカリ性などに反映される。ちなみに、重合度は普通レーヨンで 300、強力レーヨンで 350、ポリノジックレーヨンで 500 程度である。レーヨンの原料の天然セルロースの重合度はこれよりはるかに大きい、ビスコース製造過程で低下する。なお、ポリノジックレーヨンは重合度が大きいので紡糸中の糸条の強度が高く、細い繊維が紡糸できるが、フィラメントの紡糸は難しく、ステープルのみが生産されている。

1.3.4 その他の再生繊維—幻の繊維

セルロース以外の物質からの再生繊維の開発も試みられた。その代表は、羊毛の代用を目指した 1930 年代後半から 1940 年代初めにかけての日本における大豆タンパクや牛乳カゼインの繊維である。今なら当然予測されることなのであるが、いずれも性能的にも價格的にも問題にならず幻と消えた。当時、日本は国際的に孤立しており繊維の自給自足は重要な国策であり、植民地であった現在の中国東北部(旧満州)でのこれら農産物を原料にした繊維をつくろうという意図であった。

なお、1970 年代に牛乳カゼイン繊維(再生繊維)にアクリロニトリルをグラフト重合させた繊維(シノン[®])を東洋紡(株)で上市したが現在は生産が中止されている*1。

1.3.5 半合成繊維の登場

硝化セルロース繊維は半合成繊維第 1 号であったが、あえなく消えた。本格的な半合成繊維はセルロースを無水酢酸で処理した酢化セルロースをアセトンなどの溶媒に溶かし紡糸した酢化セルロース繊維(アセテート)で、1940 年代以降生産され今日に至っている。ジアセテート繊維の酢化度は 54.4 ~ 55.8 %、トリアセテート繊維では 60.7 ~ 62.1 %とされている。1953 年に Brown & Williamson(社)(US) がジアセテート繊維をたばこフィルターに応用し、以後この用途は次第に増加し、現在では衣料用の 2 倍に達している。たばこフィルターでは純白とするための酸化チタン添加や、繊維間の空隙性の向上のため断面を Y 型にするなどの工夫がなされている。

* 1 この種の繊維の一般名はプロミックスである。

1.3.6 合成繊維の出現—ポリ塩化ビニル繊維

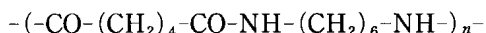
合成高分子を素材とする繊維という意味での合成繊維第1号はポリ塩化ビニル(PVC)繊維(1931年)である。引き続いて、1934年繊維化後さらに塩素化する方法が開発されPe-Ce繊維と命名された。いずれにせよ、PVC繊維は当時合成されていたPVCを溶媒に溶かして繊維化したということで本格的な合成繊維の先駆けとはいえない。PVCも繊維素材高分子の条件(2.1参照)はもつが、低結晶性で、繊維は伸びやすく寸法安定性が低いなどの欠点により通常の衣料用には適さない。このためにいったん消滅したが、保温性、難燃性、医療効果の特徴とする下着用などとして復活し現在も生産されている。生産量は他の合成繊維とは比較できないほど少ない。

ポリ塩化ビニリデン繊維 塩化ビニリデンに塩化ビニルを共重合したポリ塩化ビニリデン(PVDC)が1940年にUSのダウケミカル社によって開発された。日本では旭化成(株)などで上市(サラン[®])している。

1.3.7 本格的合成繊維ナイロンの登場

「繊維は線状高分子からしかつくりえない。したがって、繊維をつくるには繊維に適した線状高分子を見つけ出し、合成しなければならない。」という基本的概念の確立は1930年代に入ってからである(2.1参照)*1。

この概念に基づいてつくられた「真の意味での合成繊維第1号」は当時は石炭を主原料とする脂肪族ポリアミド「ナイロン66」であり、その分子は次の構造をもつものであった。これは熔融性で熔融紡糸法で繊維化された。



ナイロン66はアメリカ、Du Pont社のカロザース(W. H. Carothers)(図1.3)のグループの研究によって生まれ、1938年に生産が開始された。ドイツのIG社のシュラック(P. Schlack)はその後ε-カプロラクタムの重合によるナイロン6を発明し、同社は1942年にその繊維Parlon[®]の生産に入った。ナイロン繊維のもつ強さ、耐久性はそれまで人類が経験したことのないものであった。これらの高性能に加え原料的にも問題がなく、ストッキングをはじめ衣料のほか、落下傘やロープなど軍事、産業、民生の多方面で用いられた。

*1 低分子の集合体であるコロイド説から独立して、「高分子」の概念が確立したのはその直前であった。

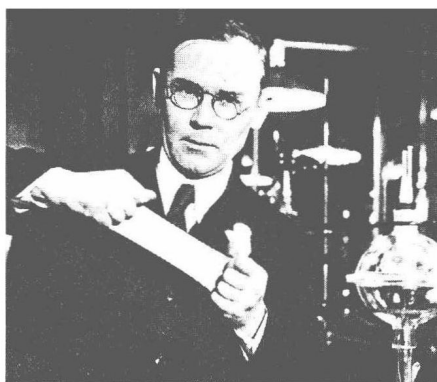


図 1.3 W. H. Carothers (1896–1937) 図 1.4 桜田一郎 (1904–1985)

手にしているのは彼が開発した合成ゴム

(京都大学化学研究所蔵)

なお、カロザースは生産開始に先立つ 1937 年、神経症により自らの命を絶つという悲劇を伴っている。

日本では、Du Pont 社のナイロン 66 を分析、それに基づきポリマーを合成、1941 年には実験室スケールで繊維がつくられた。しかし、正式には 1951 年、東洋レーヨン(現在の東レ(株))が技術を導入し生産を開始した。アメリカでは 66 が、日本では 6 が主体である。両者の性質には大きな差はないが融点は 66 のほうが 35°C ほど高い。

ナイロンは次に現れた「ポリエステル繊維」に比べ、強さは勝るとも劣らないが、伸びやすい(伸長歪みの回復性は高いがヤング率は低い)とか吸水性などのため、PET 繊維に代替される用途が少なくなかった。伸びやすい性質は衝撃に対して強いということでナイロンの長所でもある。吸水性は天然繊維に比較するとはるかに低く衣料用には十分ではない一方、低くても吸水性をもつことは、産業用繊維としての使用時には欠点となる場合が多い。その後ナイロンは繊維以外でも、歯車などの機械部品や、ガラス繊維や粒子で強化された複合材料の母材(マトリクス)など、いわゆるエンジニアリングプラスチックとして広く用いられている。

ナイロン 46 繊維 ナイロン 66 と同時期にカロザースにより合成されたが、繊維化されなかった。その後、DSM 社が 1980 年に合成法の改良に成功し、