

合成繊維の発展と最新の展望

白 取 吉 敏

目 次

- 1 緒言
- 2 化学繊維（広義）の性格と発展
 - 2・1 天然繊維と化学繊維
 - 2・2 狭義の化学繊維
 - 2・3 半合成繊維
 - 2・4 合成繊維
 - 2・4・1 概念
 - 2・4・2 縮合系合繊
 - 2・4・3 重合系合繊
 - 2・4・4 合繊の特徴とその需要
- 3 最新の合成繊維の展望
 - 3・1 序
 - 3・2 ポリアミド系繊維
 - 3・3 ポリエステル系繊維
 - 3・4 ポリアクリル系繊維
 - 3・5 ポリオレフィン系繊維
 - 3・6 弾性繊維とスパンデックス
 - 3・7 ジニトリル系繊維
 - 3・8 フッ素繊維
 - 3・9 耐熱性合繊
 - 3・10 高温用繊維（炭素繊維他）
- 4 結び
- 5 付表 (1)紡織繊維の分類表
(2)わが国化学繊維の性能表

以 上

1 緒 言

古くから人類は天然に存在する毛皮や繊維状の物質を利用する事を覚えたが、19世紀に入って、1838年に Regnault（仏国）が、ポリ塩化ビニールを発見した。それ以来、狭義の化学繊維や合成繊維の研究が急速に進み、続々と新発明と改良品の発表が行われ、遂に現在の如く天然繊維の需要に重大な影響を及ぼすに至った。之を追って世界中の文明諸国の有能な学者や技術者が益々広く深い研究を行い、年々新たな発表がなされている。

合成繊維の発展と最新の展望

吾々はこの複雑な科学知識を断片的に見聞するのみでなく、系統的に整理して学問的に考究しておく必要がある。本文に於ては、広義の化学繊維の基礎的特性を天然繊維と比較考察して、内容を整理し、日常の教育・指導及び研究に当って更に深く思考する為の足がかりとなる様にした。又、現在有用なる繊維が生産されていると同時に、各国に於て改質或は新発明のための研究が進められている。之等の中から有能な繊維が出て、一般被服材料又は特殊な科学的用途へ発展するかも知れない。こゝでは新しい研究に基づく興味ある合繊の数種について、その概略の性格を述べて、今後の科学的利用分野を考察するための基礎資料となる様にした。

2 化学繊維（広義）の性格と発展

2・1 天然繊維と化学繊維

人間が初めて被服らしいものを着て生活をした歴史は、中期旧石器時代（5～10万年前）のネアンデルタール人が、丁度地球の第四氷河期に於て、野獣の毛皮を用いた事であろうとされている。次に繊維の利用が登場してくるのは、紀元前5,000～10,000年位前の新石器時代に当り、人類が定住農耕生活を始めた頃の樹皮・韌皮繊維であるとされている。それから幾千年の時代を経て、現在の主要天然繊維は綿・麻・羊毛・絹となっているが、元来之等は植物・動物自身の目的に沿う様に生存しているもので、人間の衣料等に必ずしも都合が良い性能には出ない。

之等の天然繊維の組織構造・化学構造は相当古くから研究された。簡単な構造を見ても、綿・麻・羊毛は何れも細胞組織が見られるが、絹のみは細胞組織はなく、蚕の体内組織で作られたゲル状の蛋白質物質が吐糸の際に繊維状に固化したものである。人間の使用目的上から、かなり品種改良の努力もなされたが、実際は極めて複雑なるため、ある程度の小改良に止まり、大改良には至らなかった。

一方学者達は、繊維の化学組成上から、繊維素繊維（綿・麻）と蛋白質繊維（羊毛・絹）は、その性能が違ふ事柄を足がかりとして、段々と人造繊維の研究に励んできた。その結果、天然に多量に存在する繊維素即ち木材から、パルプという形で純粋の繊維素を取り出し、繊維を作った。之にはビスコース法と銅アンモニア法とがあり、之等を狭義の化学繊維（再生繊維素繊維）という。又同じ天然繊維素（パルプ・リントール）が原料であっても、繊維素そのものとしてでなく、化学的な誘導体物質として作られたものにアセテート繊維がある。之は半合成繊維といわれる。又他方では、天然にある牛乳・大豆等の蛋白質から繊維を作る研究も出来た（再生蛋白質繊維という）。然し之は実用品として多量生産されてはいない。

以上の再生人造繊維や半合成繊維はその原料自体が繊維を作る性能（繊維形成能という）を持つ物質である。この繊維形成能を持つ物質の開発研究は約40年位前から発達してきたのであるが、大きい系統は、ドイツ系即ち「H・Staudinger」を中心とする研究とアメリカ系即ち

「W・H・Carothers」を中心とする研究があった。前者からビニル化合物系合繊が、後者からポリアミド系・ポリエステル系の合繊が生れる事となった。之等は石炭や石油・空気・水から得られる物質を原料として、合成化学により繊維形成能を持つ物質を作り、更に紡糸して繊維状にするために合成繊維と呼ばれる。この合成化学による繊維の製造の研究は、人間の衣生活がある限り、新たなる欲求を引起しながら、今後も当分続けられることであろう。

2・2 狭義の化学繊維

繊維形成能を持つ繊維素をある薬液に溶かして溶液にした後に、再び繊維の形に作り直したものが再生繊維素繊維（狭義の化学繊維）である。一般にレーヨンと呼ばれ、人絹とレーヨンスフが実用されているが、蛋白質ではないから、絹や羊毛とは性能も異なり、独自に安価な製品へ用途を開拓した。

パルプから繊維を作る方法は銅アンモニア法とビスコース法とがあるが、両者とも実用されている。前者はベンベルグ、後者は普通レーヨンと称して数社により大量生産されている人絹やレーヨンスフである。

銅アンモニア法ではパルプを銅アンモニア液に溶解し、ビスコース法ではパルプをアルカリと二硫化炭素で処理して溶解するが、何れも夫々の凝固液（水+薬品）中にノズル（多数の小孔を持つ口金）から押出して繊維とする。之等は湿式紡糸法という。

2・3 半合成繊維

パルプや綿リントーは繊維素であるが、之を化学的に処理して、その誘導体である酢酸繊維素に変え、之をアセトンに溶かして粘稠液とし、熱風中にノズルから押出すと、アセトンは蒸発し、酢酸繊維素（Cellulose Acetate）の繊維（アセテート繊維という）が出来る。之は乾式紡糸法であるが、湿式や熔融紡糸法も考案されている。然し、現在は乾式が実用されている。

アセテート繊維は半合成繊維であって、繊維素繊維のレーヨンとは違って、性質はやゝ絹や羊毛に近い点もあり、独自の用途を持っている。

上述した方法は紡糸前に酢化する「前酢化」法であるが、最近は、この他に高重合度の強力レーヨンを紡糸した後で、その繊維を酢化する「後酢化」法も出来ている。アロン等がその例であり、強度・耐熱性が優れている。

半合成繊維は理論的には色々の誘導体繊維の製造が考えられる。エチルセルローズ繊維等も出来るが、大量に実用されているものはアセテート繊維のみである。

2・4 合成繊維

2・4・1 概念

天然繊維・化学繊維（狭義）・半合繊は何れも、元来繊維形成能のある物質を天然物から得て、利用しているが、過去の研究の結果、之等の物質は分子量の非常に大きい分子、即ち高分子である事が解った。物質の特有の基本性質はその構成分子によって決まるのであるが、繊維

合成繊維の発展と最新の展望

素に酸を作用させると加水分解して、ブドウ糖（グルコース・ $C_6H_{12}O_6$ ）を作る事が出来るので、ブドウ糖基本体（ $-C_6H_{10}O_5-$ ）が多数、集って線状に結合した高分子が繊維素（ $[-C_6H_{10}O_5-]_n$ ）である事が解った。ブドウ糖に繊維形成能がないのは、その分子が小さいからで、繊維素位の高分子になれば形成能が備わる。この様に繊維を作らせるためには、分子量の大なる事が必要であるということが解ったので、合成化学者は分子量の大なる線状分子物質を作る事に熱中した。かくして、全く繊維形成能のない原料から合成化学により、作り上げたのが合成繊維である。それ以来、多くの化学者によって、多数の合繊が発表され、又改良されている。

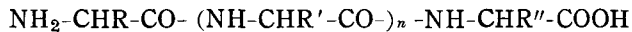
さて、高分子を作る方法は、普通の分子（低分子）を高分子にする過程に於て、大別して、重合系と縮合系に分ける事が出来る。

現在の重合系の合繊に於ては、その線状高分子の骨格となる原子は全て、炭素原子である。縮合系の合繊に於てはその分子骨格の中に炭素原子の他に、窒素や酸素原子が含まれている。以下に主なる合繊の発展経過と化学的性格を述べる。

2・4・2 縮合系合繊

米国デュボン社のW. H. Carothers (1897~1937) の発明した合繊 ナイロン66は1938年に「クモの糸よりも細く、鋼鉄よりも強い」という標語を以て、本格的に工業生産されて、世界を驚かし、合繊競争時代の口火となった。之は絹を目標として研究に励んだ米国化学者の努力の結果である。

さて、羊毛や絹の蛋白質分子は今までの化学構造の研究によって、次の式

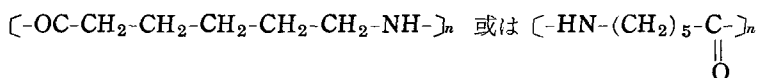


で示される線状高分子であるという事が出来る。之は「 $NH_2-CHR-COOH$ 」で示されるアミノ酸が多数集って出来たものである。蛋白質の特徴はアミノ酸の結合の結果、生ずる $-CO-NH-$ （ペプチド鎖）で示される酸アミド結合を持つ事である。絹の蛋白質の主要部の構造は、研究の結果、 $-NH-CH_2-CO-NH-CH-CO-$ なる単位が反復したものと考えられている。

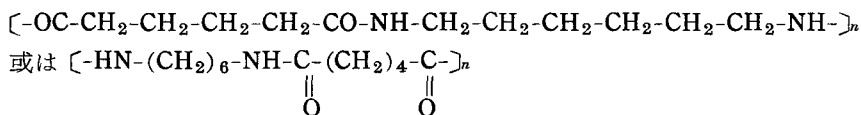


合繊ナイロンの構造を比較するために、代表的な二種のナイロンをあげると、次の如き構造であるが、之等は絹と良く類似した他学構造である事が解る。そして絹と同じ様に、 $-CO-NH-$ 基（酸アミド結合）を持つのでポリアミド系合繊といわれる。

ナイロン6



ナイロン66



合成繊維の発展と最新の展望

ナイロンが人絹と異り、直接に絹と競争して、その用途にこい込んで行けたのは上記の如く、その構造に起因する性能のためである。その反面、ナイロンが絹に比して弾性が大きい点は、 $-CO-NH-$ 結合の間の $-CH_2-$ 基の数が多いためとされている。又、温度を上げると、絹は分解するが、ナイロンは溶融して液状となる。冷却すると、再び固体となる。この性質を利用して、紡糸は「溶融紡糸法」で行われる。

ナイロン6とナイロン66の名称は、夫々の高分子中の繰返し単位の種類数と、その単位中のC原子の数によって、つけられたものであるが、性能としては、ナイロン66はナイロン6に比して、融点・ヤング率が高く、伸度は小さい。日本に於てはナイロン6の製造技術が先行して開発され、工業化が行われたので、紡糸及びその後の加工技術の熟練向上と設備や原料の経済上から、ナイロン6の生産が大部分を占めている。

最近までの研究により、ポリアミド系高分子として、その種類も多くなり、ナイロン1から順番にナイロン12までとナイロン6・10等を作る事が出来る。又、芳香族核の入った「ポリアミド」としてTH-1、MXD-6等も研究開発中であるが、之等は後章に述べる。

表1はナイロン6、ナイロン66及びソ連に於て工業化されているナイロン7の糸について測定した繊維の性質の一例である。




表2はナイロンの部類に入るポリアミド系高分子の構造単位を示す。

表1 ナイロン糸の繊維の性質

性質	糸の種類	ナイロン6 (TY 840d/140F)	ナイロン66 (210d/34F)	ナイロン7 (250d/30F)
	強度	g/d	7.3~7.8	7.5~8.0
伸度	%	24	18	14~16
熱水収縮率	%	12	10	8~10
吸水率	%	4.7	4.6	2.6
融点	°C	214	256	225
密度	g/cm ³	1.16	1.16	1.10
ヤング率	kg/mm ²	270	387	365

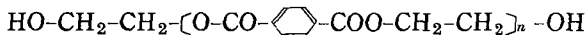
注・TYはタイヤコード用

表2 ポリアミド高分子の構造単位

ナイロン(n)	構造単位	ナイロン(n)	構造単位
1	$\begin{array}{c} \text{-N-C-} \\ \quad \\ \text{R} \quad \text{O} \end{array}$	7	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_6\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$
2	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{-HN-C-C-} \\ \quad \\ \text{R} \quad \text{O} \end{array}$	8	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_7\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$
3	$\text{-HN-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$	9	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_8\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$
4	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_3\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$	10	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_9\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$
5	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_4\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$	11	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_{10}\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$
6	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_5\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$	12	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_{11}\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O}$
6・6	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_6\text{-NH-C-(CH}_2\text{)}_4\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \quad \text{O}$		
6・10	$\text{-HN-(CH}_2\text{)}_6\text{-NH-C-(CH}_2\text{)}_8\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \quad \text{O}$		
HT-1	-HN-  -NH-C-  -C- $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \quad \text{O}$		
MXD-6	$\text{-HN-H}_2\text{C-}$  $\text{-CH}_2\text{-NH-C-(CH}_2\text{)}_4\text{-C-}$ $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \quad \quad \quad \quad \text{O}$		


三大合繊（ナイロン・ポリエステル・ポリアクリロニトリル）の一つとして需要高の大きいものにポリエステル系繊維がある。之は化学構造に於て、纖維素や絹・羊毛とは類似しない。



ナイロンの酸アミド結合の代りにエステル結合(-O-CO-)を持つので、ポリエステル系合繊といわれる。線状ポリエステルとして実用化されているのは殆んど「ポリエチレンテレフタレート」である。その構造を次に示す。



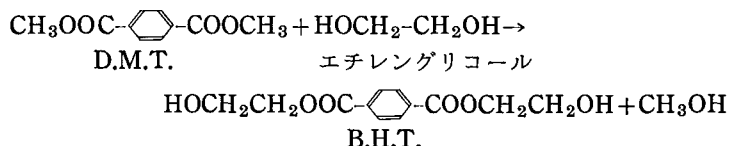
之はナイロンに比し、ヤング率も融点も高く、いわゆる「腰のある繊維製品」に適す。現在は綿・麻・羊毛等への混紡用短繊維が多いが、フィラメント糸（長繊維）としても、相当に進出して来た。初期には難染性とピリング性のため問題もあったが、その後の改質や加工法の研究が進み、需要は増加の一途をたどった。日本でも夫々の用途に応じた改質型が数社から出さ

れ、又、第三成分と共重合させた新型のポリエステル系合繊が数社から生産される様になった。

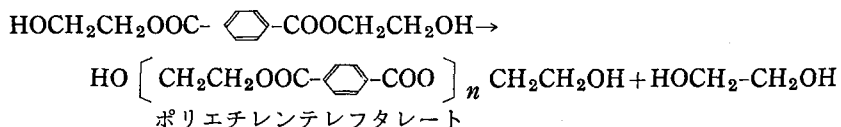
ポリエステル系合繊の発明は英国のCalico Printers社のWhinfieldとDickson (1941)であるが、それまでの研究経過を調べると、研究発明のヒントの微妙さと結果の重大さが、良い教訓として示される。即ちナイロンの発明で有名なデュボン社のCarothersは主として、脂肪酸のポリエステルについて研究し、1930年、可紡性のある冷延伸可能な繊維を発見したが、その融点が低いため実用的でないとして、その研究を打切った。ナイロンの発明後、1940年にCarothersの論文集が発行され、英国では之が反復精読されて研究の基礎資料となり、早くも1941年に脂肪酸の代りとして、対称性が高く、分子の屈曲性の少い芳香族のテレフタル酸(HOOC--COOH)を用いて、エチレングリコール(HOCH₂-CH₂OH)と縮重合さして実用に適したポリエステル合繊を作り出したのである。

最近の多くのメーカーの製造方法はテレフタル酸の代りに、精製が容易なテレフタル酸ジメチル(D.M.T.という。H₃COOC--COOCH₃)を用いてエチレングリコールと縮重合させる方法が採られている。普通この反応はD.M.T.とエチレングリコールのエステル交換反応によってビス-2-ヒドロキシエチルテレフタレート(HO·CH₂·CH₂OOC--COOCH₂·CH₂·OH)が生成される第一段階と、この生成物の縮合反応によってポリエチレンテレフタレートが出来る第二段階とに分けて説明される。

エステル交換反応



縮合反応

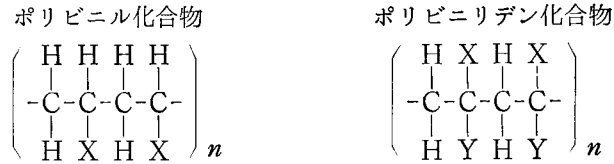


注. B.H.T. はビス-2-ヒドロキシエチルテレフタレートの略称である。

2・4・3 重合系合繊

有機化学に於ける簡単な基礎的化合物として、先づオレフィン系炭化水素(C_nH_{2n}, エチレン系ともいう)を思い出して見ると、始めにエチレン(CH₂=CH₂)が出てくる。この分子中の一部のHが他の基で置換されたものを考えると、構造がCH₂=CHXのものはビニル化合物、構造がCH₂=CXYのものはビニリデン化合物といわれる。之等の化合物は重合反応によって、何れも、線状巨大分子即ち高分子にする事ができる。その構造は次の如くなる。

合成繊維の発展と最新の展望



重合系合繊は縮合系合繊と異なり、現在の段階に於ては、分子内の骨格は炭素原子の結合のみである。これらの高分子の性質の差は、骨格炭素原子に結合しているXやYで現した原子や原子団の種類の違い、又は、分子間の架橋の有無等によって生ずるものである。

ポリビニル化合物の中で、構造が最も簡単なものはXがH原子となった**ポリエチレン**である。エチレンの重合に成功したのは、1936年、英国のI.C.I.社が高圧法でポリマーを作ったのが始まりである。之は軟質で繊維も強度が低かったが、その後1953年、低圧法によるポリエチレンが開発され現在の様な高強度の繊維ができて、有用なものとなった。比重は軽い（低圧法・0.94~0.96）が、融点は低い（120~130°C付近）。難染法で、着色には原液着色等の方法が採られている。現在は触媒を用いる中圧法も開発された。用途はロープ・電線被覆材・フィルム状やシート状のプラスチック材である。

次にポリビニル化合物の中でXがメチル基（-CH₃）となったものが、**ポリプロピレン**である。その構造は $\left(\begin{array}{cccc} \text{H}_2 & \text{H} & \text{H}_2 & \text{H} \\ | & | & | & | \\ -\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- \\ | & | & | & | \\ \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & \end{array} \right)_n$ である。

この原料となるプロピレンは石油分解ガス或は廃ガスの中から安価に多量に得られるといわれ、性能も合繊として有望性が大きい。比重は0.91、強度はナイロンやテトロンに匹敵し、吸水性は0である。然し難染性とやゝ低融点のため、需要の開拓に相当の研究努力を費している現状である。この合成高分子の出現が化学的に重大な意義を持つ事は、この発明者である Natta (伊)が、1963年に Ziegler(独)と共にノーベル賞を受賞したことで解る。即ち従来は望みの持てなかつた立体規則性重合を可能にした事、即ち規則正しい立体配置をとる **ポリプロピレン** (isotactic構造のポリプロピレンという)が特殊な触媒²を使用する事によって、製造可能となったのである。この開発された触媒はチーグラ-ナッタの触媒といわれ、内容は Al·R₃ と TiCl₃ の複合触媒である。(Rはアルキル基であつて、エチル基の場合が多い)。

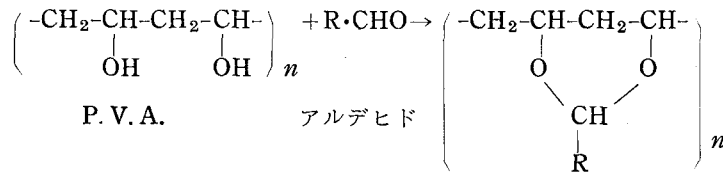
次に**ポリ塩化ビニル**はポリビニル化合物の分子中の X が塩素原子となったものであるが、之は現代合繊製造工業の先駆者として、ドイツの I.G.社が世界で始めて実際に合繊を製造したものとされている。その後も溶剤の問題が研究されて、アセトンに可溶性の方法が考案され、**Pe Ce**繊維として第二次世界大戦中に相当量生産された。その間1941年にフランスに於て「二硫化炭素+アセトン」が溶剤となる事が発見され、乾式紡糸法が考案された。日本に於ても帝人K.K.が「ベンゾール+アセトン」を溶剤とする方法を開発し、合繊として**テピロン**を工業化した。この繊維は他の合繊に比し、特に優れた性格は見られないが、安価で、然も広範囲な

用途（産業資材・家具装飾品）を開拓している。又この繊維は軟化点が低く、100°C以下であるが、この欠点は熱接着性繊維として利用されている。この他にプラスチックとして塩ビと呼ばれ、フィルム状又はシート状の用途や硬質塩ビ管等の産業用途がある。

この塩化ビニルは、アクリル系のカネカロン（モダクリル系合繊という）や塩化ビニリデン系のサラン等の製造に際し、夫々共重合体として利用されているので、この様な応用面でも面白いものである。

次にビニロン繊維はポリビニルアルコール（P.V.A., ポパールともいう）を後処理して作られるものであるが、このP.V.Aの構造はポリビニル化合物の分子中のXが水酸基となったものである。最初、P.V.A.は1924年ドイツに於て合成された高分子であって、1931年に繊維が紡糸されたけれども、本来水溶性であったのでその様な用途にしか適しなかった。

1939年、我国（京都大学及び鐘紡）に於て、P.V.A. 繊維に熱処理とアセタール化処理を施すことにより、耐熱性を付与する事を発明した。熱処理は150~200°C位のもものとされる。アセタール化の反応は一般に次式で示される。



P. V. A.

アルデヒド

ポリビニルホルマール(ビニロン)

原料は従来、石灰石からカーバイトを作り、アセチレンを経て酢酸ビニル（ $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3$ ）となし、之を重合したポリ酢酸ビニルを鹼化して、P.V.A.にする方法を採用していた。然し最近では原価上の問題から、アセチレンの製造は石灰石から出発せず、安価な天然ガス、又は石油ナフサから作る方法も開発されて来た。ビニロンは日本に於て独自の技術によって発明されて、工業化された誇るべき合繊である。ビニロンは強く安価な繊維であるが、他の合繊に比し、熱可塑性と鮮明な染色の点で差がある。用途は実用的な方面即ち仕事着・制服・運動着・漁網・ロープ等と需要の大きいものがある。最近ではビニロンの実用性が外国にも認められ、数ヶ国に技術輸出されて製造される様になった。

アクリロニトリル (Acrilo Nitril) 繊維は米国のオーロン、日本のエクスラン・カシミロン・ボンネル等と多数社が生産を競っているが、その組成は何れもポリビニル化合物のXがニトリル基（-CN）となったポリアクリロニトリルを主成分とする繊維である。最初は純ポリアクリロニトリル $\left[\text{-CH}_2\text{-CH}\cdot\text{CN-} \right]_n$ の繊維であったため、性質も欠点の多いものであったが、その後適当な溶剤の発見と良好な共重合体（塩化ビニル、酢酸ビニル、ビニルピリジン、アクリル酸メチル等）の開発が進み、繊維も改質された結果、三大合繊の一つとして需要の盛んなものになった。溶剤は各社によって違うが、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、チオシアン酸ソーダ、アセトン、硝酸等である。普通アクリル繊維といわれるものは少量（大

体10%以下)の前記共重合体とアクリロニトリルの共重合体から紡糸して作られている。そして現在では小繊維分裂(フィブリレーションという)と難染性も解決された。更に実用上の二次加工技術,例えば **Tow Stapler** 方式や熱処理加工法等が確立された。アクリルのバルキーマーはアクリル特有の糸としてメリヤス品等に大きな用途を開拓した。又,モダクリル系合繊(日本ではアクリル系繊維といわれる)といわれるものは共重合体が等モル比付近で重合されたものことで,米国のダイネール,日本のカネカロン等がこれに属する。

ビニリデン化合物($\text{CH}_2=\text{C}\cdot\text{XY}$)に属するものとしては, XとYが共に Cl原子となった塩化ビニリデンを共重合させた純ポリ塩化ビニリデンがある。構造式は $\left(\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ | \quad | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array} \right)_n$ である。

之は化学的に安定であるが,殆んどの溶剤に難溶で,又溶融も出来ない。繊維化のために塩化ビニルとの共重合体が開発され,実用できる繊維となった(日本のサラン,クレハロン)。この繊維は吸水性が無く,耐薬品性,耐摩耗性,耐日光性,耐腐蝕性が大きいので,産業資材用に適している。

この他に,ビニリデン系の研究報告によれば, XとYがニトリル基となったものとか,共重合体としてアクリロニトリルを使用する場合とか,広範な研究が行われている様である。

2・4・4 合繊の特徴とその需要

天然繊維や狭義の化学繊維(再生繊維素繊維)は,その原料たる繊維素の分子構造に起因して,繊維の性質もある範囲内に制限されて終う。之に反し合成繊維は原料を広く他に求めることができ,種類も無数に試作できる事が大きな特徴である。然し合繊と雖も一種類の基本化学単位から作られるものは,その分子構造に制約されて,その化合物に固有即ち特徴ある繊維が生れる。之が長所ともなり,又欠点ともなる。換言すれば個性の強い繊維となる。例えばテトロン(ポリエステル繊維)は吸水性が極めて小さく,結晶性が高く,内部構造も密である事は,日常の肌衣としては適当でないが,他面に於て,洗濯後の乾燥が速くなり,ヤング率が高く,水による膨潤が無い事となり,熱可塑性と相まって,いわゆる **Wash & Wear** の性能が開発された。之は現代衣料の合理化改良に大きな貢献を為した。

一般に単独化学単位の高分子から作られた合繊の個性を変化させるには,二種類以上の化学単位を使用するか,高分子内の原子団を異種のもので置換するか,高分子内で架橋構造を作るとかの方法が採られる。かくして,欠点を補足し,長所を発揮させて新しい繊維を作る事が出来る。丁度,普通鋼に対して Ni-Cr鋼(合金)が不銹鋼として開発されたのに似ている。

経済の面を眺めると,合繊は合成化学と工業技術の進歩及び新原料の開発等によって,段々と生産原価の低下の方向に向っている。今までの合繊分子の骨格の主体は炭素原子のみか,又は,大部分を占めているが,現在の化学工業ではこの炭素の供給源は石炭か,石油である。又窒素原子を含むものは空気中の N_2 が供給源である。酸素原子,水素原子は H_2O の分解により供

合成繊維の発展と最新の展望

給される。ナイロン生産の初期に於ては「石炭と空気と水」から作られると書かれたが、現在では「石油と空気と水」或は石油から作られるという時代となった。

今後の研究の成果如何により、合繊が繊維需要の過半数を占めるか、或は殆んど天然繊維を駆逐して終うか？、誠に重大な経済問題が残されている。

之等の合繊の発展に対して、一方で天然繊維・化学繊維（狭義）も改質方法の研究が行われて、樹脂加工等の方法が採用されて来た。そして現在に於ては、今や繊維本質の研究に止まらず、全種類の繊維にわたって、後処理加工の時代に入ったという事ができる程に、二次加工・三次加工が盛んになった。その方法を眺めると、各種樹脂による加工・医薬品による衛生加工・熱可塑性による形態上の加工・超短波による改質加工・放射線による改質加工・静電氣的汚れの防止加工等と極めて広範囲なる科学利用の場となった。

さて前述された三大分類の繊維につき、基本的な性能を比較して概評すると、表3の如くなる。

之等の性能も、広い分野にわたって多数の科学者が繊維研究を行っているので、将来は変化して行く事であろう。

さて、日本に於ける繊維の生産状況を見ると、化学繊維（広義）が急激に増加しつつある事は勿論であるが、表4で解る様に1963年に於ては早くも全化繊が天然繊維の糸と同程度の生産高となった。恐らく間もなく追越しているであろう。然るに世界全体で見ると、表5で解る様に全化繊は全種類の繊維の25.5%の生産比率でしかない。日本に於ける生産状況

表3 繊維（三大別）の平均性能比較

種別 性能	合成 繊維	天然 繊維	化学繊維 (狭義)	
一般強さ	○○○	○○	○	注 ○ 標準 (比較上) ○○ やゝ大 ○○○ 極めて大
染色性	○	○○○	○○○	
親水性	○	○○○	○○○	
耐腐蝕性	○○○	○	○	
耐皺性	○○○	○○	○	
熱可塑(熱セット)性	○○○	○	○	

表4 日本の繊維生産高

種別		年	1962	1963
天然 繊維	綿 糸		491	480
	毛 糸		148	152
	生 糸		21	(22)
	麻 糸		84	(90)
	その他		37	(30)
	計		781	(774)
化学 繊維	レーヨン Fil.		118	119
	レーヨン S.F.		287	322
	アセテート		23	27
	合成繊維		183	234
	計		611	702
合計			1,392	(1,476)

- 注 1. 単位 千トン
 2. 天然繊維は糸
 化学繊維は繊維
 3. () 内は推定

表5 世界の主要繊維生産高

種別	年	1963
綿 花		11,000
羊 毛		1,500
生 糸		35
レーヨン アセテート		3,000
合成繊維		1,300
計		16,835

- 注 1. 生産高は生産能力から推定
 2. 単位 千トン

合成繊維の発展と最新の展望

が、世界にさきがけて、全化繊の生産が全繊維の生産の50%を占めるに至った事を考えると、化繊事業が如何に大きく発展したかが理解される。

表6は世界に於ける合繊の系統別の生産高であるが、如何に急増加しているかが解る。

表6 世界合成繊維生産高

系 統 \ 年	1957 (昭32)	1962 (昭37)	※1963 (昭38)
ポリアミド系	561 (63.6)	1,315 (56.0)	1,671 (51.4)
アクリロニトリル系	137 (15.5)	391 (16.6)	582 (17.9)
ポリエステル系	85 (9.6)	430 (18.3)	647 (19.9)
ポリビニルアルコール系	32.5 (3.7)	79 (3.4)	120 (3.7)
ポリ塩化ビニリデン系	36 (4.1)	34 (1.4)	53 (1.6)
ポリ塩化ビニル系	18 (2.0)	37 (1.6)	42 (1.3)
ポリエチレン系 ポリプロピレン系	6 (0.7)	57 (2.4)	136 (4.2)
そ の 他	7 (0.8)	5 (0.2)	
計	882.5	2,348	3,251

注 1. 生産高単位 100万ポンド

2. () 内は%

3. ※1963年は生産能力による推定

3 最新の合成繊維の展望

3・1 序

世界で初めての合繊としてドイツのI.G.社が1931年にポリ塩化ビニル繊維を製造した事とされているが、それ以来多くの合繊が研究され、あるものは大工業にまで発展し、あるものは研究や試作段階で消え去った。又一時製造が中止されても、その後の改質や製造工程の改良・原料価格の低下等により商業生産が行れたものもある。之等の消長を経て現在の合繊生産高の増加は表4と表6に見られる通り、非常に著しいものがある。日本に於ては全繊維の約半分が全化繊、又その約三分の一が全合繊であるという状況になった。

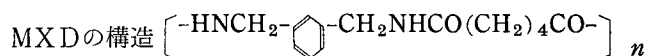
合繊の主力品はいわゆる三大合繊と称されるポリアミド系・ポリアクリロニトリル系・ポリエステル系であって、この三者の生産高は世界的に見れば全化繊の約90%を占めている。然し他の合繊でも、優れた特徴のあるものや低価格の割合に実用的なもの等は、夫々長所を認められて生産が続けられる事であろう。一方、之等を追いかけて、絶え間なく、改質や新合繊の研究が続けられているので、その学問や技術の内容は絶えず拡大され、追加されている。以下に比較的新しく知り得たものを概説して、その展望とする。

3・2 ポリアミド系繊維

前述(2・4・2)の通りナイロンは各国の研究により多種類を作る事が出来て、その中の数種類が工業化されているが、こゝでは、最近の興味あるものとして、MXD繊維・HT-1繊維・合成ポリペプチド繊維・ポリアジン繊維を挙げる。

(1) MXD³繊維 (m-xylylene diamine fiber)

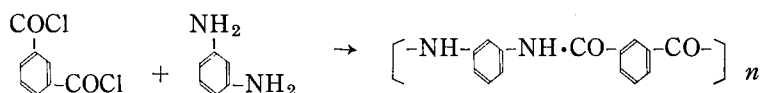
米国のCalifornia Research Corp.の開発した繊維でメタキシリレンジアミンとアジピン酸の重縮合物を溶融紡糸して作る。



分子中にベンゼン核を含むためナイロンとポリエステルの中間の性質を持つとされている。結晶性が良くヤング率 900kg/mm^2 、強度 $7.9\sim 9.7\text{g/d}$ 、伸度 $15\sim 22\%$ 、比重 1.22 と発表された。

(2) HT-1⁴繊維

米国のDu Pont社の開発した繊維でイソフタル酸の塩化物とm-フェニレン・ジアミンを重縮合させて作る。構造は次の如くベンゼン核を多く含む為め剛性が大でヤング率が大きいといわれる。



耐熱性が高く、 343°C で5%収縮し、 538°C 以上で溶融しないで炭化する。一例ではヤング率 1900kg/mm^2 (普通ナイロン $200\sim 500$)、強度 6g/d 、比重 1.38 と発表された。優れた特性があるので産業資材(タイヤコード・ベルト・ホース・防護服・電気絶縁物・テント等)に適す。

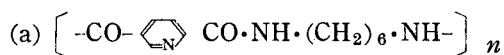
(3) 合成ポリペプチド⁵繊維

ナイロン2 $\left(\left[-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CO}- \right]_n \right)$ 及びその誘導体の主鎖は蛋白質と類似の構造を持ち、それらは合成ポリアミノ酸や合成ポリペプチドといわれている。之等から得られる合繊は合成蛋白繊維、あるいは合成ポリペプチド繊維と呼ばれる。一般式は $\left[-\text{NH}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\text{CO}- \right]_n$

である。之等は動物性繊維に似ているとされて、米国でかなり研究されたが、将来は絹や羊毛に最も似た繊維が開発されるかも知れない。

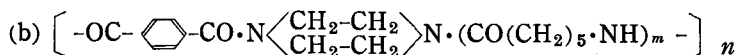
(4) ポリアジン⁶繊維

日本の繊維工業試験所が開発した新繊維であって、広義のポリアミド合繊に含めている。最初下記(a)の構造のものが作られたが、その後ピペラジン $\left(\text{NH} \left\langle \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array} \right\rangle \text{NH} \right)$ を含む(b)の⁷構造のものが開発され研究中である。



注.. 之はイソシンコメロン酸 $\left[\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH} \right]$ と

ヘキサメチレンジアミン $\left[\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2 \right]$ の重縮合物である。



注. 之はテレフタル酸「 $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$ 」とピペラジン「 $\text{HN}\left\langle \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array} \right\rangle\text{NH}$ 」の化合物「 $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}\cdot\text{N}\left\langle \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array} \right\rangle\text{NH}$ 」と、 ϵ -カプロラクタム「 $\text{HN}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}$ 」との共重合体である。

(b)の構造のポリアジン繊維はナイロンへ芳香族核及び染色性基の導入を採り入れたものでポリエステルに近づき、又染色性も高くなっている。吸湿性が高く綿花に近い。65%R. H.で7%といわれる。

3・3 ポリエステル系繊維

この系統で現在多量に生産されている繊維の主成分即ちポリエチレンテレフタレートは元来、その優れた特徴、即ち高結晶性と高強度の性質のため、純分の繊維は難染色性であり、又ピリング性もかなり大きい。この点を改良するため各国で研究が進められ、現在では成分上からの改質・紡糸条件上からの改良・染色方法や加工技術上に於ける改良が行われて、種々のタイプの繊維と糸が作られ、大いに需要が増大した。純ポリエチレンテレフタレートに対して採られた改良方法を眺めれば次の如き分類をする事ができるので夫々例を挙げておく。

(a) 第三成分を用いて共重合をさせる方法。

東洋紡績が技術導入したもの(第三成分はイソフタル酸)。日本レイヨンが技術導入したものの(第三成分p-オキシ安息香酸)。Du Pont社のダクロンT-64(第三成分3,5-ジカルボメトキシベンゼンスルホン酸塩)

(b) 主成分は従来のポリエステルと同じであるが、分子内に分岐構造やブロック構造をとらせる方法。

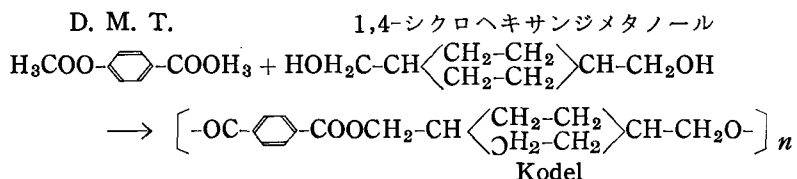
倉敷レイヨンが技術導入したもの¹⁰(鎖終結剤としてメトキシポリエチレングリコール。鎖分岐剤としてペンタエリスリトール、又はトリメリット酸メチルエステル等を使用)

(c) 分子内にエステル結合の他に、他の結合(エーテル結合やアミド結合)を持たせる方法。

日本で開発中のポリエステルエーテル繊維¹¹(β -オキシエトキシ安息香酸の重縮合物。構造は「 $-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$ 」_nといわれる。)

(d) その他の方法

米国のKodel¹²はエチレングリコールの代わりに、1,4-シクロヘキサンジメタノールを用いて、テレフタル酸ジメチル(D.M.T.)と重縮合させて得られるポリマーから作った繊維である。



Kodelには種々のタイプがあるが、KodelⅡは嵩高性・被覆性・耐ピリング性が優れ、KodelⅢ及びⅣは綿・レーヨンとの混用に用いられるタイプで白色度が改良されていると発表された。

3・4 ポリアクリル系繊維

前述(2・4・3)で簡単に述べた如く、ポリアクリル系繊維の発展の動機は純ポリアクロニトリル(之は加熱により溶解しない。又一般の溶媒に溶けない)の良溶媒の発見と適当な共重合物の開発にあった。(内容は前述参照)。最近加工の進歩と相まって、衣料特にメリヤス糸や混紡糸の需要が伸びている。更に高度の性能を目標にして、新しい繊維が研究されているので、次に二例を挙げる。

(1) 可逆巻縮性アクリル繊維

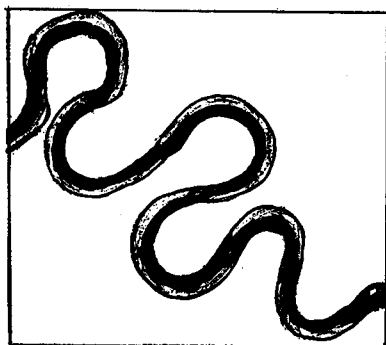
之は最近注目されたDu Pont社の「Orlon Sayelle¹³」といわれるアクリル繊維が羊毛の如く永久可逆的の巻縮性を示す事ができたために用いられた名称である。

最近の研究によれば、羊毛繊維の内部には不均一性としての二面構造がある事が実証され、そのために濡れると伸び、乾燥すると巻縮した状態に戻るものと説明されている。

Du Pont社の技術者はこの理論をアクリル系繊維に応用して一本の繊維が二面性を持つものを作ったのである。

図1はOrlon Sayelleの巻縮状態を示す。又Sandoacryl Black NBLC-1と硫酸銅を用いて染色¹⁴を行えば、染色の差により、判然と二面性が認められる。又図2は染色した繊維の断面図であるが、両者とも濃く染まる半面と染色されない他面が解る。Orlon Sayelleの染色されにくい部分はポリアクロニトリルからできている。

図1 Orlon Sayelleの巻縮



染色の濃淡が二面性を示す

図2 染色繊維の断面



羊毛

Orlon Sayelle

注. 濃色の部分は濃く染ったところ

合成繊維の発展と最新の展望

Orlon Sayelle の製法は特殊ノズルを用いて、アクリロニトリルを主成分とするポリマーとアクリロニトリルとスチレンスルホン酸ナトリウムのコポリマーを別々の孔から紡糸し、口金を出た直後の処でくっつけて一本の繊維とする方法である。

この繊維の二面は熱に対する挙動を異にするので、乾燥により羊毛によく似た三次元的螺旋状の巻縮を生ずる。之を水に浸せば巻縮は減少するが、乾燥すると羊毛の様に元の巻縮を現わす。

この繊維は嵩高く、感触が羊毛に似ているので用途はバルキーなメリヤス品・手編糸・スポーツウエア等に適して、型崩れも起きにくいといわれる。

(2) アクリロニトリルと塩化ビニリデンの共重合体繊維

之は英国の Courtaulds 社が1962年に発表した耐炎性繊維「Teklan」¹⁵の事である。最初「BHS」と称した。成分から見て、モダクリル系繊維に属する事になるが、製法は等量付近のアクリロニトリルと塩化ビニリデンと、その他に2%の第三成分を含む共重合体をアセトンに溶解して、乾式紡糸するものといわれる。特徴は耐炎性で、又耐摩耗性・耐日光性が優れ、沸騰水中の収縮も少いといわれる。用途はカーテンと、衣服では絹織物様のものに開発中といわれる。

3・5 ポリオレフィン系繊維

この系に属する合繊はポリエチレン繊維やポリプロピレン繊維であるが、夫々長所・短所があり、現在の繊維としての需要は大きな分野を占めるまでに至っていない。



ポリエチレンの中、高密度ポリエチレン繊維は強度も高く耐熱性も低密度ポリエチレン繊維よりやゝ良いが熱水・乾熱中での収縮が大きいので衣料には不適とされ、熱のかゝらない産業資材（ロープ・網・畳糸）に用いられている。表7¹⁶は繊維の性質の一例を示す。

表7 ポリオレフィン系合繊の性質・例

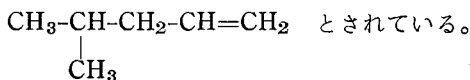
項目	品 種	高密度ポリエチレン			ポリプロピレン S.F. (日本)	
		低密度ポリ エチレン Alathon	Marlex 5000	Hifax		FiberT
比 重		0.925	0.965	0.956	0.963	0.91
融 点 (°C)		114	132	130	132	165~173
粘着温度 (°C)		108	130	127	129	140~160
ヤング率 (g/d)		23	75	48	88	20~55
乾 強 度 (々)		4.3	6.3	4.8	6.7	4.5~7.5
乾 伸 度 (%)		36	18	18	20	30~60
収縮率 (%)	沸 騰 水	大	8	10	7	3~5
	80°C 空 気	20	3	4	3	—
	150°C 々	溶 融	12	14	10	1.5~2
吸 水 率 (%)		0.03	0.03	0.08	0.05	微

合成繊維の発展と最新の展望

ポリプロピレン繊維は前述(2・4・3)で触れた様に、強度・耐水性等の性質は優れているが、その難染性とやゝ低い耐熱性のため、衣料の分野では、未だ利用範囲は狭く大きな需要には至っていないが、各社が混紡肌衣・仕事着等として開発中である。産業資材として、プラスチック成型品・ロープ・包装材として応用されつゝある。この繊維の開発のための研究をまとめて見ると、大体次の如くなる。現在の繊維の性質を表7に例示した。¹⁷

- (1) 先づプロピレンに第二成分を共重合させて染着性を増大させる方法。第二成分としてはスチレン、ジビニルベンゼン、メタクリル酸が挙げられている。
- (2) ポリプロピレンに単に他の物質を添加混合して紡糸し、染着性を増加させる方法。混合物としては、エポキシ樹脂、ポリエチレンイミン、適当な発泡材等が挙げられる。
- (3) ポリプロピレン繊維を後処理して、染色性を増加させる方法。之には色々な方法が試みられ、発表されているので次に挙げておく。
 - (a) 放射線エネルギーを用いて、膨潤状態にあるポリプロピレン繊維にN-ビニルピロリドンをグラフトさせる。
 - (b) 3-又は2-イソプロペニルピリジンの様なモノマーを不活性液体中でポリプロピレンS.F.と加熱してグラフトさせる。
 - (c) ポリプロピレン繊維を硫酸、又は酸化剤で処理する。
 - (d) 繊維の延伸工程中に、表面活性剤、ケトンやアルコールで処理してポリプロピレン繊維にstress crack¹⁸を与える方法。

次にポリオレフィン繊維に属する新しい研究品として、「ポリ-4-メチル-1-ペンテン繊維」¹⁹がある。之はDu Pont社によって研究されている繊維で4-メチル-1-ペンテンを重合して作るが、ポリオレフィン系繊維中では将来有望視されている。4-メチル-1-ペンテンの構造は



この製法はプロピレンを触媒(少量のアルカリ金属をグラファイトに附着させたもの)に100~300°Cで加圧下に接触させて作る。重合はシクロヘキサン中で、 $\text{LiAl}(\text{C}_{10}\text{H}_{21})_4 + \text{TiCl}_4$ を用いて行うといわれる。

この繊維は融点が高く、230~240°Cである。結晶性も高い。熱安定が良く、熱収縮率は1~2%と低い。乾強度6.2g/d、ヤング率50g/dであると発表されている。

3・6 弾性繊維とスパンデックス

天然ゴムはその伸度・伸長弾性率の大なる特性により100年以上も前から使用されて来た。然しこのゴムも糸や繊維として眺めると、その織度・染色性・耐久性に於て十分ではなかった。最近、合成化学の発展と共に、いわゆる弾性糸の分野も著しく研究が進み、スパンデックス等が実用生産される様になった。

一般に弾性繊維(又は糸)を区分すれば、表8の如くなる。

表8 弾性繊維（糸）の種類と区分

- 天然 ゴム —— 丸ゴム (モノフィラメント)
 角ゴム (〃)
- 合成 ゴム —— 丸ゴム (モノフィラメント)
 角ゴム (〃)
- ポリウレタン系 弾性糸—スパンデックス<sup>(マルチ及び
 モノフィラメント)</sup>
- ポリエステル系 〃 — 開発中
- ポリアクリル系 〃 — 〃

従来から弾性体（ゴム質）の構造は、簡略に表現すれば「非結晶性の高分子物質で、引伸ばしたとき、分子のずれを生ずる事を防止する程度の架橋構造と架橋数を持つもの²⁰」と考えられて来た。天然ゴム糸は加硫に

より架橋されて弾性糸としたものである。一般に架橋を持った化合物は溶剤に溶けず、熱溶融もできないものが多い。従ってこの様な弾性物質は普通の乾式紡糸・湿式紡糸・溶融紡糸の様な方法では繊維を作る事が困難である。角ゴムはゴムの薄いシートを細く切断する製造法で、丸ゴムは天然ゴムラテックスに加硫剤や加硫促進剤を加えて射出固化する製造法である。

一方、合繊化学者たちは化学的な架橋を持たないでも、弾性を有する高分子物質ができることを発見した。このポリマーならば溶剤に溶かし、又は熱溶融することができ、既知の紡糸方法で繊維や糸にすることができる。之等の研究と理論が発展して、異種成分鎖を結合して高弾性と適当な高融点を持ったブロックポリマーが合成される様になった。之はゴム糸の様に分子内での化学的架橋はないが、高結晶部分で互いに隣接する分子鎖が物理的な結合により架橋と同じ様な力（分子間に働く結合力）が発生しているものである。高弾性を有するブロックポリマーに於て高融点高結晶性部分をhard segmentといい、低融点非結晶部分をsoft segmentというが、この両者の組合せにより種々な弾性糸²¹ができる。このhard segmentとsoft segment連結がウレタン結合の場合はポリウレタン弾性糸といい、エステル結合の場合はポリエステル弾性糸という。

さて、スパンデックスはポリウレタンをその主構成部分とするものであるが、アメリカ連邦取引委員会（Federal Trade Commission）は繊維製品表示法（Textile Fiber Products Identification Act）に於て次の如く定義²²している。

「スパンデックスとは重量で85%以上のポリウレタンセグメント（単一部分又は区切部分）を持つ長鎖状合成高分子物質をその繊維構成物質とする繊維」。

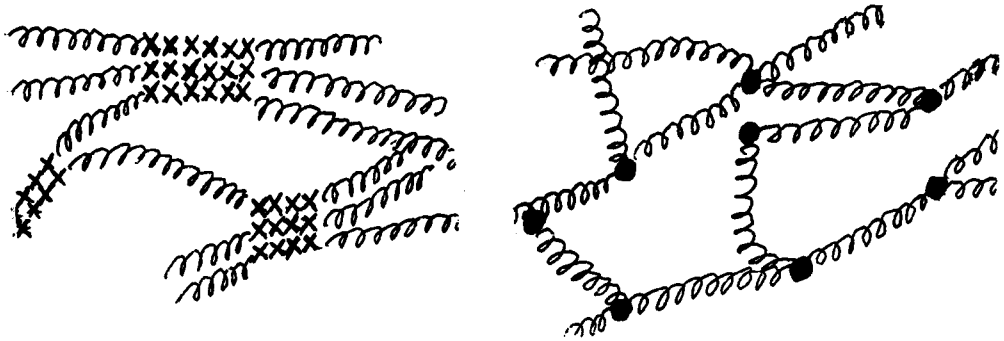
図3 長鎖状高分子物質の構造概念

a. $\times \times \times \times \times \times$, —————	単一な高分子物質	合成弾性糸の理論の理解を助
b. $\times - \times - \times - \times - \times - \times - \times - \times$	規則性をもつ高分子	けるため高分子
c. $\times - \times - \times - \times - \times - \times - \times$ { } { } { } { }	分枝(側鎖)をもつ高分子	の構造に関し次
d. ——— $\times \times \times - \times \times \times \times$ ————— $\times \times - \times$	ランダムコポリマー	の如き図が発表
e. ——— $\times \times \times \times \times \times \times \times$ ————— $\times \times \times \times$	ブロックコポリマー	されている。即
注. \times , —, { } ともに単一な分子（モノマー）		ち図 ²³ は高分子

中でのモノマーの配列を五種類に分けて考えた構造概念である。図4は物理的架橋力と化学的

架橋の相違を示した構造模型である。

図4 合成弾性糸の構造模型



- A. 物理的架橋力をもつ
ブロックコポリマー弾性糸
- B. 化学的架橋による弾性糸

- 注 1 ××× 印 高結晶性部分（物理的結合により架橋と同じ力を持つ）
 2 (oooo) 印 柔軟な分子鎖
 3 ● 印 化学的な架橋点

ウレタンの構造は $R-NHCOOR'$ (R, R' はアルキル基) であるからポリウレタンは $-NHCOO-$ の鎖を持つ高分子化合物である。現在に於ける製法では、原料は末端に水酸基を持った低重合度のポリエステル ($HOR_1O \left[OCr_2COOR_1O \right]_n H$ 。ヒドロキシポリエステルという。 R_1, R_2 はアルキレン基), あるいはポリエーテル ($HO (R_3O)_n H$) とジイソシアナート (一般式は $OCNXNCO$ で X はアルキレン基又は芳香族アリル基) であり, 合成されたブロックコポリマー中で, ポリエステル又はポリエーテル等の部分が非結晶質であって, ゴム状弾性を示し, 末端の水酸基とジイソシアナートの反応したウレタン結合が結晶して, 架橋と同様な物理的結合力を発揮していると説明されている。実際のスパンデックスの種類によっては化学的な架橋を持つ部分も含有しているといわれている。

表9はスパンデックス糸の性質の一例である。又、スパンデックスを弾性糸としてゴム糸と比較概評すると次の様になる。

(a) 織度は格段に細くできる。

(b) 比重が小さい。

(c) 引張強度が大。

(d) 屈曲や摩擦に対する強度が大。

(e) 耐老化性が優る

(f) 染色が容易。

(g) 化学的に安定性が広い。

表9 スパンデックスの性質・例

項目 \ 種別	スパンデックス糸	天然ゴム糸(参考)
引張り強さ (g/d)	0.7~1.0	0.1~0.3
伸び率 (%)	500~700	700~800
弾性度 (%) (50% 伸長時)	94~99	100
比重	1.0~1.3	1.3~1.6
吸湿性 (%) (20°C, RH65%)	0.4~1.3	

合成繊維の発展と最新の展望

スパンデックスは優れた性能を持つため、用途は広く研究され、特に二次加工技術の分野で広範囲に開発研究が続けられている。例えば原糸としての需要は勿論であるが、その他にカバー糸用・コアスパン糸用・混紡糸用として研究試作されつつある。今後は生産原価の低下と相まって徐々に需要が伸びることであろう。

3・7 ポリジニトリル繊維²⁶

この種類に属するものに、シアン化ビニリデン〔 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CN})_2$ 〕と酢酸ビニルを共重合して得られる合織で、1955年米国のGoodrich Chemical社が開発したDarvanとFurlonがある。日本ゼオン社が技術導入したファーロンが之に当る。

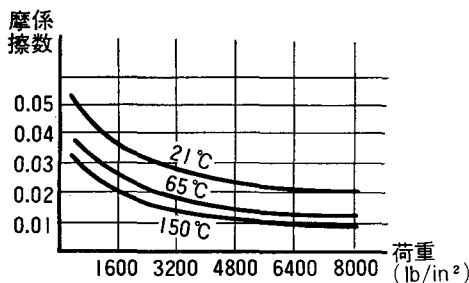
之は特殊の触感即ちミンクに似たものがあるといわれ、染色もかなり改善されて各種の染料に染まり、比重は1.18、吸湿率は2%、日光堅牢性は大きいという。経済生産には至っていない様であるが、性能上から、用途は毛皮様の織物・カシミア風の編物・上等の羊毛混紡衣料に適する。

3・8 フッ素繊維²⁷

フッ素繊維は1954年 Du Pont 社がポリ四フッ化エチレン (〔 $-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$ 〕_n。PTFE という) の繊維を製造したのが始まりである。現在 Du Pont 社は Teflon、日本のダイキン工業 KK はポリフロンの名称で生産している。

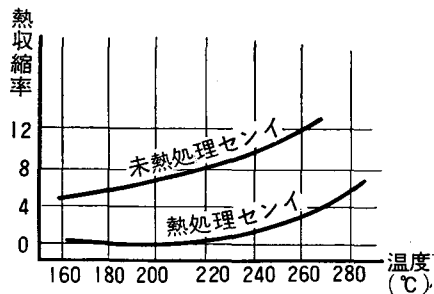
之等のものの特徴は耐熱性・耐薬品性に優る。又広範囲の荷重に於て、非粘着性で摩擦係数が小さい(0.01~0.05。図5を参照)。電気的特性がある(固体としては誘電率が小さい。即ち2である)。融点325°Cで-196~+260°Cの範囲で強さも劣化しない。熱処理を行った繊維の収縮率は非常に小さくなる(図6参照)。

図 5



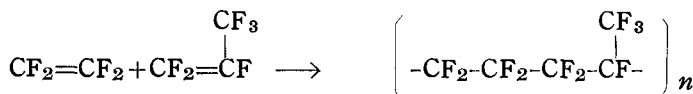
PTFE繊維の摩擦係数に及ぼす
温度・荷重の影響

図 6



PTFE繊維の温度による熱収縮
率の変化

上記の他に四フッ化エチレンと六フッ化プロピレンの共重合体も開発されている。



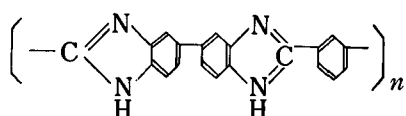
之等の繊維は何れも特殊な産業資材や医療品等に応用されつつある。

3・9 耐熱性合繊

最近「衣住」生活の合理化と色々の科学的研究への利用のため、種々の耐熱性繊維が研究され、合繊に於ても種々なるものが発表されている。前述3・2で挙げたポリアミド系のHT-1繊維も、その一例である。前述外の研究発表品を、ここでまとめて述べる事にする。

(1) ポリベンツイミダゾール²⁸



この繊維は米空軍が研究開発中のもので、強度は4.5g/dであるが、450°Cでも2.4g/d²⁹位であり、高温でも高い維持率を示すといわれる。之は3,3'-ジアミノベンジジンと各種のカルボン酸の重縮合により得られ、構造は次の如きものである。

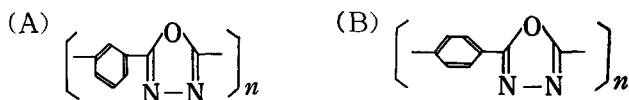


ロケットのパラシュートやプラスチックの補強材、接着剤等の用途に適すといわれる。

(2) Du Pont社の各種発表品

(a) ポリオキサジアゾール³⁰

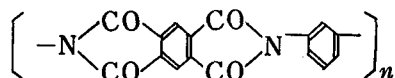
之はイソフタル酸ジクロリド (ClOC--COCl) とイソフタル酸ジヒドラジド (H₂NHNOC--CONHNH₂) を反応させて有機溶剤に可溶なポリヒドラジドを合成し、之を繊維やフィルムに成型した後に加熱して作るといわれる。構造は次の二種が示された。



性質は(B)構造の繊維について融点320°C、窒素中で450°Cで4時間加熱しても重量減少が30%であったと発表された。

(b) ポリイミド³¹

次の様な構造のポリイミドも耐熱性であると発表された。



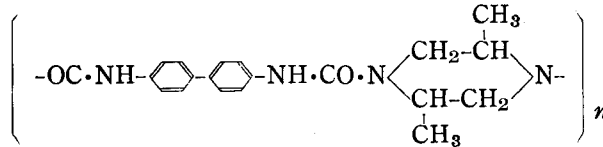
之はピロメリット酸無水物 (O<><>--<><>O) と *m*-フェニレンジアミン (H₂N--NH₂) を反応させて、高分子のポリアミド酸とし、この溶液から繊維や

合成繊維の発展と最新の展望

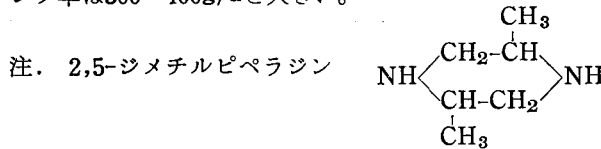
フィルムを成型した後で熱処理等をして溶剤不溶性のポリイミドにするといわれる。

(c) ポリ尿素構造の耐熱繊維³²

ガラスよりも強い耐熱繊維として発表されたもので、次の如きポリ尿素の構造が示された。



之はピフェニレン-4,4'-ジイソシアネート (OCN-C₆H₄-C₆H₄-NCO) と2,5-ジメチルピペラジンとの重縮合により得られるポリ尿素で強力は6.3~6.9g/dであるが、ヤング率は300~400g/dと大きい。

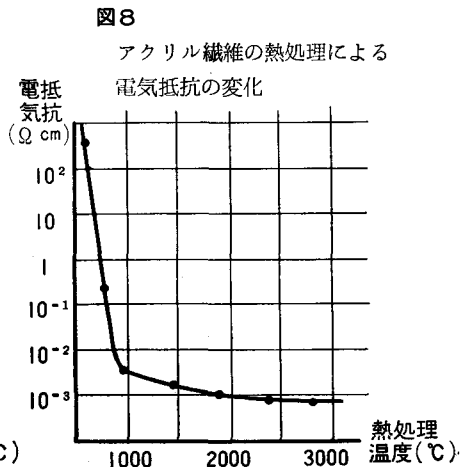
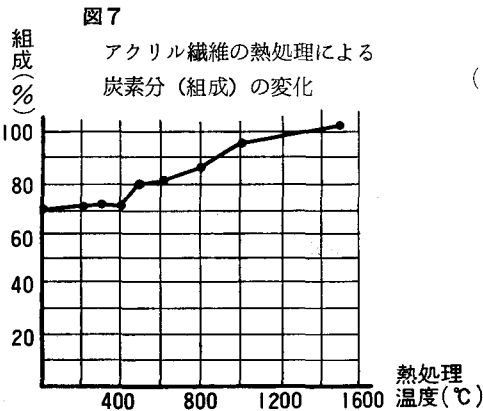


3・10 高温用繊維 (炭素繊維他)

従来から耐熱・耐炎用繊維としては、天然産の石綿と人造では無機質のガラス繊維が使用されていたのであるが、化学繊維の研究が進むと共に有機質繊維から誘導改質して高温に耐える繊維を作り得る事が見出された。即ち、黒鉛繊維・炭素繊維と呼ばれているものが、セルローズ系繊維やポリアクリロニトリル繊維・ポリビニルアルコール繊維を加熱分解して得られる。^{33 34}

1959年、National Carbon Co.がセルローズ系繊維から炭素繊維を作って発表した。日本ではポリアクリロニトリル系繊維より製造する方法が研究され、日本カーボンKKで開発中である。その研究は以下の様なものである。

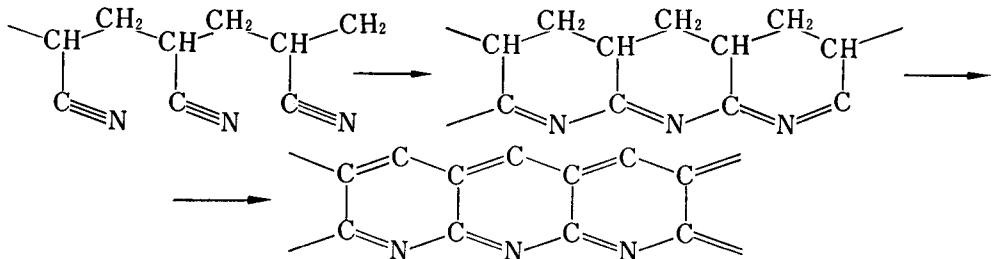
アクリロニトリル繊維を種々の温度で加熱すると、図7の如く、高温になるにつれて、段々とNとH原子を失って、炭素の多い繊維となる。加熱温度200~300°Cで炭素分70%位とな



合成繊維の発展と最新の展望

り、この程度でも火炎にさらしても燃えない耐炎繊維となる。800~1000°C位で炭素分90%程度に達し、炭素繊維と呼び得る状態となる。2500~3000°C位では100%炭素となり、黒鉛構造を持った黒鉛繊維となる。以上の変化の間に、色は白色から黄褐色となり、更に黒色となる。

又、構造は-C≡N基が開いて環構造となり、之が脱水素して非常に安定な全共役系からなるポリピリジンになる。(注。ピリジンはC₅H₅N)更に高温に加熱されて、多環芳香核をもつものとなり、平面網状構造が発達してゆき、最後に六角の網状の層面が規則的に配列した黒鉛の結晶構造をとる事がX線分析の観察で確認されている。黒鉛化による電気抵抗の減少が図8で示される。上に説明した熱処理による構造の変化は次の如く表現されている。



之等の炭素繊維及び黒鉛繊維は耐熱度が高く、火炎中でも燃えない。耐薬品性は著しく強く、又腐蝕性はない。熱伝導率が低いので断熱材に適す。電気伝導性を利用して電気発熱体(2500°Cまで用いる)になる。高温及び腐蝕性物質のフィルター材、化学工業用の充てん物や触媒の担体、耐熱性フッ素樹脂に対する補強材、ロケットのノズル材等として有望視されている。

表10は上述の研究に基く炭素繊維等の性質の例である。石綿³⁵・ガラス繊維³⁶は参考に例示した。

表 10 高温用炭素繊維等の性質比較

項目	種類	耐炎繊維	炭素繊維	黒鉛繊維	石綿		ガラス繊維
					温石綿	青石綿	
比重		1.4	1.7	2.0	2.6	3.4	2.4~2.6
直径(μ)		18~26	12~24	8~20	0.7~1.5	9	3~20
引張強度	kg/cm ²	2000 }	6000 }	4000 }	300kg/mm ²		温石綿より小さい
	g/d	3000	9000	5000			
伸度(%)		1.5	4.2	1.0			5~7
熱伝導度 Kcal/m.hr.°C		2.2	1.2	0.3			2~3
耐熱性 (°C)		—	20~40	80~100	〔結晶水の放出〕		500以上になると抗張力が低下
					300 (変質脆化)	3000	
					〔900,1hr加熱〕		
					減量(%) 12~18	1.6~5.6	
融点(°C)		—	—	—	1540	1150	800~1500
電気比抵抗 (Ωcm)		10 ¹⁶	0.5~1 ×10 ⁻²	0.7~1 ×10 ⁻³			
炭素量(%)		68	90	99.9			

4 結 び

a. 最近の衣食住に関する改善や合理化が第二次世界大戦後に急速に発達した事は、日常に於て吾人が見る通りである。この中でも夫々の基盤となる科学分野に於て、最も多くの新発見・発明がなされ、然も速く実用化されたものは各種人造繊維ではないかと思う。

之等の遠因を考えると、一つは文明諸国の過去に於ける基礎化学と合成化学並びに化学工業の研究努力が結実したものであり、又一つは明治以来の繊維工業に於ける日本人の加工技術に対する研究情熱が需要を急に促進したものであると思う。

b. 本文に於ては主として、繊維の中で特に化学繊維（広義）について、第一次の化学的性格を系統的に理解する様に述べたのであるが、実用上に発展するためには繊維利用のための第二次加工が極めて重要である事は論を待たない。

即ち、現在に於ける二次加工の技術内容は旧来の軽工業といわれた繊維工業の観念では、論じられないものになっている。例えば

- 二次加工機器への電気機器の利用とエレクトロニクスの応用
- 繊維に対しての熱処理による改質や形態上の加工
- 化学薬品による改質
- 医薬品による衛生加工
- 放射線や超短波による改質

等と新しい方法が開拓されて来た。

c. 之等の多くの技術発展を眺めると実際には、必ずしも始めから系統的に仕組まれた順序の良い研究によってもたらされたものばかりではない。具体的な実地の技術問題に、情熱と執念を以て取組んでいる若い、あるいはエネルギーな人々によって生れるものも多い。之等の内容は後で整理され、学問的に理論づけや系統づけをされて、その後の実業あるいは教育や学問の発展に貢献する様になる。

d. 今日の段階に於て、化学的製法による繊維の需要発展の基盤は、一応できたと見られるので、天然繊維の需要は徐々に化学繊維に浸蝕される運命にある。実際上でも、化学繊維は前述（2・4・4）で解る様に急速に増加の道を歩み、化学繊維生産量は日本に於ては既に全繊維の50%程度（1963）、又世界全体では、全繊維の25.5%（1963）まで至っている。

然し、衣住その他の生活環境の改善合理化が益々進むと見られる現代に於て、被服繊維の将来を遠望すれば、その全需要に於ては、今までの生産工業がたどった通りの量的な需要増加は、あまり期待できないかも知れない。

そこで今後の一つの考え方として、被服用繊維製品は「社会生活に於ける整容・美容の面での多様化需要」と「環境目的に合わせた目的別多種類需要」に力を注ぐ事になると思う。

そして全体的に見れば、今後の繊維の用途は、人体の被服即ち保健衛生と整容・美容の目的を主力にするに止まらず、「生活合理化のための新製品」や「新しい科学的利用分野」へも、

広く需要が伸びて行く様に、夫々の特徴を活かして、益々開発研究が進められてゆくことであ
ろう。 以 上

文 献

- 1) ポリプロピレン (プラスチック材料講座16) ・日刊工業新聞社
ポリプロピレンの繊維, 化学工業 7 (1963)
- 2) 新しい合成化学 No.6 (新しい合成繊維), 浅原照三他 3名編・共立出版
- 3) E.F. Carloton, Ind. Eng. Chem. ・ 49 (1957)
- 4) Du Pont ・ 「Physical and Chemical Property of HT-1」
- 5) 石塚由雄, 高分子 8 (1959)
- 6) 岡太昭・成田時治, 高分子 8 (1959)
- 7) 佐古田正昭, 繊維学会誌19 S83 (1963)
岡太昭, 化繊月報・Jan. (1964)
- 8) 桜井亮一, 高分子の化学工業・化学増刊 No.9 (1962)
- 9) 新しい合成化学 No.6 ・共立出版
- 10) Chemstrand Corp., 日本特許公 昭34—10794
- 11) 宮村賢, 化繊月報・April (1963)
- 12) E.V. Martin, Textile Research J.32 (1962)
- 13) E.M. Hick他, Textile Research J.30 (1960)
- 14) 加藤萬一・吉村堅次, 繊維学会誌17 (1960)
- 15) Skinner's Silk and Rayon Record ・ March (1962)
- 16) 新しい合成化学 No.6 ・共立出版
- 17) Skinner's Silk and Rayon Record ・ Sep. (1962)
- 18) H.F. Mark他, Chem. Eng. ・ Dec. 11 (1961)
R. Aelion, Ind. Eng. Chem. 53 (1961)
- 19), 20) 新しい合成化学 No.6 ・共立出版
- 21) Text. Res. J.29 (1959)
- 22) Man-Made. Textiles ・ Dec. (1959)
- 23), 24), 25) 新しい合成化学 No.6 ・共立出版
- 26) 菱山衡平・新版被服材料学・光生館
- 27) 米谷穰・化学工業14 (1963)
- 28) H. Vogel他J. Polymer Sci. ・ 50 (1961)
- 29) Ind. Eng. Chem. ・ April (1963)
- 30) Du Pont, 日本特許公 昭36—3899
- 31) 〃 〃 昭37—97
- 32) Textile World ・ Feb. (1962)
- 33) 長沖通・寺西春夫, 化学工業 (1963)
- 34) 進藤昭男, 高分子11 (1962)
- 35), 36) 繊維性能表・繊維学会編; 浜崎弥市・衣服繊維と染色学

参 考

- 日本化学繊維協会資料: 化繊ハンドブック (年史, 生産高etc.)
わが国化学繊維の性能表

合成繊維の発展と最新の展望

- 繊維性能表, 繊維学会・修教社
- 化繊便覧, 繊維学会・丸善
- 繊維辞典, 通商繊維局監・商工会館出版部
- 最近工業化学辞典, 厚木勝基他・丸善
- 実験化学便覧, 田中穰他・共立出版
- 新しい合成化学 (No.1 新しい合成反応, No.6 新しい合成繊維), 浅原照三他3名編・共立出版
- 繊維工業大系 (No.8 人造絹糸・祖父江寛, No.20 繊維物理・竹内時男, No.21 繊維化学・海野正) 三省堂
- 横観有機化学, 岩永源作・培風館
- 織物原料, 大住吾八・コロナ社
- 新版被服材料学, 菱山衡平・光生館
- 科学的な被服, 小川安郎・蔵前工業会誌12 (1966)

5・付表 (1)

紡織繊維の分類表



5・付表(2)

わが国化学繊維の性能表

		レーヨン					キュブラ		
		ステープル			フィラメント		ステープル	フィラメント	
		普通	強力	ポリノジック	普通	強力			
1	引張強度	2.5~3.1	3.6~4.2	3.5~5.2	1.7~2.3	3.4~4.8	2.9~3.4	1.8~2.7	
2	(g/d) 湿潤	1.4~2.0	2.7~3.3	2.6~4.2	0.8~1.2	2.5~3.8	2.0~2.5	1.1~1.9	
3	乾湿強力比(%)	60~65	70~75	75~80	45~55	70~80	70~75	55~70	
4	引掛強度(g/d)	1.2~1.8	1.8~2.6	1.0~2.2	3.0~4.1	5.0~5.8	2.8~3.0	2.7~3.9	
5	結節強度(g/d)	1.2~1.7	2.0~2.5	1.0~2.5	1.4~2.0	1.9~2.6	2.4~2.6	1.5~2.4	
6	伸度(%)	乾	16~22	19~24	7~14	18~24	7~15	14~16	10~17
7		湿潤	21~29	21~29	8~15	24~35	20~30	25~28	15~27
8	伸長弾性率(%) (3%伸長時)	55~80			60~85	60~80		55~60	55~80
9	初期引張抵抗度(g/d)	30~70	50~90	60~105	65~85	110~160	60~80	50~75	
10	(見掛ヤング率)(kg/mm ²)	400~950	65~1200	800~1400	850~1150	1500~2200	800~1000	700~1000	
11	比重大	1.50					1.50		
12	公定	11.0					11.0		
13	水分率(%)	標準状態(20°C, 65%RH)					12.0~14.0	12.0~14.0	10.5~12.5
14	その他の状態(20°C, 20%RH / 20°C, 95%RH)	20%RH: 4.5~6.5 95%RH: 25.0~30.0					20%RH: 4.0~4.5 95%RH: 21.0~25.0		
15	熱の影響および灰化の状態	軟化、熔融しない。260~300°Cで着色分解し始める 白っぽい軟かい灰が少し残る。					レーヨンに同じ		
16	耐候性(屋外暴露の影響)	強度や↓低下する。					レーヨンに同じ		
17	酸の影響	熱希酸、冷濃酸により強度低下し、さらに分解するが、 5%塩酸、11%硫酸では強度殆んど低下しない。					レーヨンに同じ		
18	アルカリの影響	強アルカリにより膨潤し、強度低下するが、2%苛性ソーダ溶液では強度殆んど低下しない。		強アルカリにより膨潤し、強度低下するが、4.5%苛性ソーダ溶液では強度殆んど低下しない。		ステープルに同じ	ポリノジックに同じ		
19	他の化学薬品の影響	強酸化剤に浸されるが、次亜塩素酸塩、過酸化剤等による漂白で損傷なし。					レーヨンに同じ		
20	溶剤の影響 一般溶剤、アルコール、エーテル、ベンゼン、アセトン、ガソリン、パークレン	一般溶剤には溶解しない。 銅アンモニア溶液、銅エチレンジアミン溶液に溶解する。					レーヨンに同じ		
21	染色	一般に用いられる染料：直接、バット、塩基性、ナフトール、媒染、硫化、反応染料、顔料					レーヨンと同様であるが、初期の染色速度大		
22	虫、カビの影響	虫には充分の抵抗性あり、カビに浸される。					レーヨンに同じ		
23	試験方法	JIS.L-1015 JIS.L-1013					JIS.L-1015 JIS.L-1013		
24	商標	(普通)省略。(ポリビコース(強力))ハイテル、トラヨン、ファルコン、レーコット、ハイセロン、レイトップ、カネリオン、ハイパロン。(ポリノジック)ハイポラン、タフセル、ポリコット、ポリノ、ジュンロン、東邦ポリノジック、ニチレポリノジック、ニチポーポリノジック、コブロン、東レポリノジック。(混合紡糸)アドロン、ロンベル、ツインセル。(混合架橋)パピロン。(グラフト)アピロン、ジュビラン			省略		ベンベルグ		

備考：
 特殊レーヨン：ステープル
 混合紡糸：酸性染料に親和性あり、バルキー性良好、蛋白質を含有するものは難燃性。
 混合架橋：水膨潤度、アルカリ膨潤度が低い、酸性染料に親和性あり、バルキー性良好。
 グラフト重合：水膨潤度、アルカリ膨潤度が低い、バルキー性良好、平衡水分率が低い。
 ポリノジック：水膨潤度が低い、寸法安定性が大きい。

合成繊維の発展と最新の展望

		アセテート			ビニロン				
		ステープル	フィラメント	酢化アセテート	ステープル		フィラメント		
				ステープル	普通	強力	普通	強力	
1	引張強度 (g/d)	乾燥	1.3~1.6	1.2~1.4	2.6~2.9	3.8~6.2	6.8~8.0	3.0~4.0	6.0~8.5
2		湿潤	0.8~1.0	0.7~0.9	2.1~2.4	3.2~5.0	5.3~6.4	2.1~3.2	5.0~7.6
3	乾湿強力比(%)		61~67	60~64	80~85	72~85	78~85	70~80	75~90
4	引掛強度 (g/d)		1.0~1.4	2.2~2.6	1.7~2.2	3.0~5.2	5.3~5.6	4.5~6.0	7.0~13.0
5	結節強度 (g/d)		1.0~1.3	1.1~1.3	1.6~1.9	2.4~4.0	4.7~5.1	2.2~3.0	2.7~4.6
6	伸度(%)	乾燥	25~35	25~35	20~25	15~26	13~16	17~22	9~22
7		湿潤	35~50	30~45	25~30	16~27	14~17	17~25	10~26
8	伸長弾性率(%) (3%伸長時)		70~90	80~95	85~95	70~85	72~85	70~90	70~90
9	初期引張抵抗度 (g/d)		25~40	30~45	40~45	25~70	70~105	60~90	70~180
10	(引掛ヤング率) (kg/mm)		300~500	350~350	500~600	300~800	800~1200	700~950	800~2000
11	比	重	1.32		1.34	1.26~1.30			
12		公定	6.5		5.0	5.0			
13	水分率(%)	標準状態 (20°C, 65%RH)	6.0~7.0		4.8~5.2		4.5~5.0		3.5~4.5
14		その他の状態 (20°C, 20%RH) (20°C, 95%RH)	20%RH: 1.2~2.4 95%RH: 10.0~11.0		20%RH: 1.5~2.0 95%RH: 10.0~12.0		20%RH: 1.2~1.8 95%RH: 10.0~12.0		
15	熱の影響および灰化の状態		軟化点: 200~230°C 熔融点 260°C. 軟化、収縮しながら徐々に燃焼する。硬くて黒い塊を少し残すが手で押すと容易につぶれる。	軟化点: 260~300°Cで軟化収縮、着色分解し始める。硬くて黒い塊を少し残すが手で押すと容易につぶれる。	軟化点: 220~230°C, 熔融点: 明瞭でない。軟化収縮しながら徐々に燃焼する。褐色又は黒色の不整形のもろい塊になる				
16	耐候性 (屋外暴露の影響)		強度殆んど低下しない。		強度殆んど低下しない。				
17	酸の影響		濃塩酸、濃硫酸、濃硝酸により分解するが、3%塩酸、10%硫酸では強度殆んど低下しない	濃塩酸、濃硫酸、濃硝酸により分解するが10%塩酸、5%硫酸では強度殆んど低下しない	濃塩酸、濃硫酸、濃硝酸で膨潤あるいは分解するが10%塩酸、30%硫酸では強度殆んど低下しない。				
18	アルカリの影響		強アルカリにより鹼化され強度低下するが、0.03%苛性ソーダ溶液では強度殆んど低下しない。	強アルカリにより鹼化され強度低下するが、2%苛性ソーダ溶液では強度殆んど低下しない。	50%苛性ソーダ溶液では強度殆んど低下しない。				
19	他の化学薬品の影響		強酸化剤に浸されるが次亜塩素酸塩、過酸化物等の漂白で損傷しない。		一般に良好な抵抗性あり。				
20	溶剤の影響 一般溶剤、アルコール、エーテル、ベンゼン、アセトン、ガソリン、パークレン		アルコール、エーテル、ベンゼン、パークレン等には溶解せず、アセトン、氷酢酸、フェノールに溶解する。	一般溶剤には溶解しない、ジメチルスルホキシドに高温で溶解する。	一般溶剤には溶解しない。 熱ピリジン、フェノール、クレゾール、濃蟻酸に膨潤、或いは溶解する。				
21	染色		一般に用いられる染料: 分散、顕色性分散、ナフトール、その他バット、媒染、酸性、塩基性の染料でも染色可能。		一般に用いられる染料: 直接、酸性、硫化、硫化バット、バット、可溶性バット、ナフトール、金属錯塩、分散、顕色性分散、顔料、その他の染料でも染色可能。				
22	虫、カビの影響		虫には充分抵抗性あり、カビにも抵抗性あり。		完全に抵抗性あり。				
23	試験方法		JIS.L-1036 JIS.L-1037 JIS.L-1036		JIS.L-1074		JIS.L-1073		
24	商標		テイジンアセテート カロラン ミナロン セルテート	アロン	クラロン、クレモナまたはクラレビニロン、ミューロンまたはニチポービニロン、ピロンまたはニチビフィラメントビニロン				

合成繊維の発展と最新の展望

		ナイロン			ビニリデン		ポリ塩化ビニル			
		ステープル	フィラメント		ステープル	フィラメント	ステープル		フィラメント	
			普通	強力			普通	強力		
1	引張強度 (g/d)	乾 燥	4.7~6.7	4.8~6.4	6.4~9.5	0.9~1.5	1.5~2.6	2.0~2.8	3.3~4.0	2.7~3.7
2	引張強度 (g/d)	湿 潤	3.9~5.7	4.2~5.9	5.9~8.0	0.9~1.5	1.5~2.6	2.0~2.8	3.3~4.0	2.7~3.7
3	乾湿強力比(%)		83~90	84~92	84~92	100	100	100	100	100
4	引掛強度 (g/d)		7.0~11.0	8.5~11.5	10.7~14.3	1.0~1.8	1.0~2.0	3.0~4.0	2.0~4.0	3.8~5.0
5	結節強度 (g/d)		3.7~5.5	4.3~6.0	5.4~6.5	0.6~1.3	1.0~2.0	1.8~2.5	2.0~2.5	1.8~2.7
6	伸度(%)	乾 燥	38~50	28~42	16~25	18~33	18~33	70~90	15~23	20~25
7		湿 潤	40~53	36~52	20~30	18~33	18~33	70~90	15~23	20~25
8	伸長弾性率(%) (3%伸長時)		95~100	98~100		98~100		70~85	80~85	80~90
9	初期引張抵抗度 (g/d)		8~25	20~45	27~50	3~9	6~15	15~25	30~50	30~45
10	比抵抗度 (見掛けヤング率) (kg/mm)		80~250	200~450	280~510	40~130	100~200	200~300	400~600	450~550
11	比	重 定	1.14			1.70		1.39		
12		公 定	4.5			0		0		
13	水分率 (%)	標準状態 (20°C, 65%RH)	3.5~5.0			0		0		
14		その他の状態 (20°C, 20%RH 30°C, 95%RH)	20%RH: 1.0~1.8 95%RH: 8.0~9.0			20%RH: 0 95%RH: 0~0.1		20%RH: 0 95%RH: 0~0.3		
15	熱の影響および灰化の状態		軟化点: 180°C 熔融点: 215~220°C 熔融しながら徐々に燃焼する。冷えるとガラスのような硬い球になる。自燃性なし。			軟化点: 150~180°C 熔融点: 180~200°C 軟化収縮しながら熔融し同時分解炭化する。丸い黒い塊が残る。自燃性なし。		熔融点: 200~210°C 収縮開始温度: ステープル (普通) 90~100°C (強力) 60~70°C フィラメント 60~70°C、軟化収縮しながら煤煙上げ黒塊炭となる。自燃性なし。		
16	耐候性 (屋外暴露の影響)		強度低下し、僅かに黄変する場合がある。			強度殆んど低下しない。		強度殆んど低下しない。		
17	酸の影響		濃塩酸、濃硫酸、濃硝酸で一部分解を伴って溶解するが、7%塩酸、20%硫酸、10%硝酸では強度殆んど低下しない。			濃硫酸、濃硝酸では強度殆んど低下しない。		濃塩酸、濃硫酸では強度殆んど低下しない。		
18	アルカリの影響		50%苛性ソーダ溶液、28%アンモニア溶液では強度殆んど低下しない。			50%苛性ソーダ溶液、15%アンモニア溶液では強度殆んど低下しない。		50%苛性ソーダ溶液、濃アンモニア溶液では強度殆んど低下しない。		
19	他の化学薬品の影響		一般に良好な抵抗性あり。			殆んど変化しない。		殆んど変化しない。 (酸化還元剤に対しても良好な耐性あり)		
20	溶剤の影響 一般溶剤、アルコール、エーテル、ベンゼン、アセトン、ガソリン、パークレン		一般溶剤には溶解しない。フェノール類 (フェノール、 <i>m</i> -クレゾール等)、濃蟻酸に溶解、氷酢酸に膨潤、加熱により溶解する。			一般溶剤には溶解しない。0-ジクロールベンゼン、シクロヘキサノンに溶解或いは膨潤する。テトラヒドロフラン、ジメチルホルムアミドに溶解する。		アルコール、エーテル、ガソリンには溶解しない。ベンゼン、アセトン、熱パークレンには膨潤する。テトラヒドロフラン、シクロヘキサノン、ジメチルホルムアミド、熱ジオキサノンに溶解する。		
21	染色		一般に用いられる染料: 分散、酸性。 その他の染料でも染色可能。			一般に顔料で原液染を行なう。ステープルは分散染料や顔料による後染も可能。		一般に用いられる染料: 分散、ナフトール、含金属 (キャリアー染色が主である)		
22	虫、カビの影響		完全に抵抗性あり。			完全に抵抗性あり。		完全に抵抗性あり。		
23	試験方法		J I S . L - 1074		J I S . L - 1073	J I S L - 1704		J I S L - 1073	J I S . L - 1074 J I S . L - 1073	
24	商 標		アミランまたは東レナイロン グリロンまたはニチレナイロン テイジンナイロン 旭化成ナイロン カネボウナイロン クレハナイロン			サラン クレハロン		テビロン		テビロン エンピロン ピクロン ニップ

合成繊維の発展と最新の展望

			ポリエステル			アクリル	アクリル系
			ステープル	フィラメント		ステープル	ステープル
				普通	強力		
1	引張強度 (g/d)	乾 燥	4.7~6.0	4.3~5.5	6.3~7.5	2.5~4.5	2.2~4.0
2		湿 潤	4.7~6.0	4.3~5.5	6.3~7.5	2.0~4.5	2.0~4.0
3	乾湿強力比(%)		100	100	100	80~100	90~100
4	引掛強度 (g/d)		6.8~10.0	7.0~10.0	9.0~11.0	2.4~5.5	2.0~4.5
5	結節強度 (g/d)		4.0~5.0	3.8~4.4	4.3~4.8	2.0~3.5	1.7~4.0
6	伸度(%)	乾 燥	35~50	20~32	7~17	27~48	25~45
7		湿 潤	35~50	20~32	7~17	27~58	25~45
8	伸長弾性率(%) (3%伸長時)		90~95	95~100		90~95	85~95
9	初期引張抵抗度 (g/d)		25~50	90~160		25~62	25~55
10	(①掛ヤング率) (kg/mm)		310~620	1100~2000		260~650	250~600
11	比 重		1.38			1.14~1.17	1.26~1.28
12	公 定		0.4			2.0	2.0
13	水分率 (%)	標準状態 (20°C, 65%RH)	0.4~0.5			1.2~2.0	0.6~1.0
14		その他の状態 (20°C, 20%RH 20°C, 95%RH)	20%RH: 0.1~0.3 95%RH: 0.6~0.7			20%RH: 0.3~0.5 95%RH: 1.5~3.0	20%RH: 0.1~0.3 95%RH: 1.0~1.5
15	熱の影響および灰化の状態		軟化点: 238~240°C 熔融点: 255~260°C 熔融しながら徐々に燃焼する。 溶けた球は冷えると固くなる。 自然性なし。			軟化点: 190~240°C 熔融点: 明瞭でない 収縮熔融しながら燃焼する。黒い塊状で固い。	軟化点: 150°C 熔融点: 明瞭でない。 熔融しながら分解する。黒い塊状で固い。 自然性なし。
16	耐 候 性 (屋外暴露の影響)		強度殆んど低下しない。			強度殆んど低下しない。	強度殆んど低下しない。
17	酸 の 影 響		35%塩酸、75%硫酸、60%硝酸では強度殆んど低下しない。			35%塩酸、65%硫酸、45%硝酸では強度殆んど低下しない。	35%塩酸、70%硫酸では強度殆んど低下しない。
18	アルカリの影響		10%苛性ソーダ溶液、28%アンモニア溶液では強度殆んど低下しない。			50%苛性ソーダ溶液、28%アンモニア溶液では強度殆んど低下しない。	50%苛性ソーダ溶液、28%アンモニア溶液では強度殆んど低下しない。
19	他の化学薬品の影響		一般に良好な抵抗性あり。			一般に良好な抵抗性あり。	一般に良好な抵抗性あり。
20	溶 剤 の 影 響 一般溶剤、アルコール、エーテル、ベンゼン、アセトン、ガンソリン、パークレン		一般溶剤には溶解しない。 熱m-クレゾール、熱o-クロロフェノール、熱ニトロベンゼン、熱ジメチルホルムアミド、40°Cフェノール・四塩化エタン混合液に溶解する。			一般溶剤には溶解しない。 ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、熱飽和塩化亜鉛、熱65%チオシアン酸カリ溶液に溶解する。	熱ハロゲン化炭化水素、アニリン水溶液にわずかに膨潤する。 アセトン、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホキシド、シクロヘキサノンに溶解する。
21	染 色		分散、ナフトール、バット、可溶性バット各染料でキャリア染色が高温染色。			一般に用いられる染料: 分散、カチオン、塩基性、酸性、その他の染料でも染色可能。	一般に用いられる染料: 分散、カチオン、塩基性、顔料、その他の染料でも染色可能。
22	虫、カビの影響		完全に抵抗性あり。			完全に抵抗性あり。	完全に抵抗性あり。
23	試 験 方 法		J I S . L - 1 0 7 4 J I S . L - 1 0 7 3			J I S . L - 1 0 7 4	J I S . L - 1 0 7 4
24	商 標		テイジントロン 東レテトロン クラレエステル * 東洋紡エステル * ニチレエステル * PEB *			エクストラン、カシミロン、ボンネル、ベスロン、トレロン、ニトロン	カネカロン

備考:ポリエステルの*は上記性能とは必ずしも一致しない。

合成繊維の発展と最新の展望

		ポリエチレン(低圧法)	ポリプロピレン			スパンデックス (ポリウレタン)	
		フィラメント	ステープル	フィラメント		フィラメント	
				普通	強力		
1	引張強度	乾燥	5.0~9.0	4.5~7.5	4.5~7.5	7.5~9.0	0.5~1.0
2	(g/d)	湿潤	5.0~9.0	4.5~7.5	4.5~7.5	7.5~9.0	
3	乾湿強度比(%)		100	100	100	100	
4	引掛強度(g/d)		6.2~13.0	8.0~14.0	8.0~12.0	11.0~14.0	
5	結節強度(g/d)		3.5~5.7	4.0~6.5	4.0~5.5	4.5~6.0	
6	伸度(%)	乾燥	8~35	30~60	25~60	15~25	550~1000
7		湿潤	8~35	30~60	25~60	15~25	
8	伸長弾性率(%) (3%伸長時)		85~97	90~100			95~99(50%伸長時)
9	初期引張 抵抗力	(g/d)	35~100	20~55	40~120		
10	(引掛ヤング率)	(kg/mm ²)	300~850	160~450	330~1000		
11	比重		0.94~0.96	0.91			1.0~1.3
12	公定		0	0			1.0
13	水分率	標準状態 (20°C, 65%RH)	0	0			0.4~1.3
14	(%)	その他の状態 (20°C, 20%RH) (20°C, 95%RH)	20%RH: 0 95%RH: 0~0.1	20%RH: 0 95%RH: 0~0.1			
15	熱の影響および 灰化の状態		軟化点: 100~115°C 熔融点: 125~135°C 熔融しながら徐々に 燃焼する。(殆んど 灰は残らない)	軟化点: 140~160°C 熔融点: 165~173°C 熔融しながら徐々に 燃焼する。 (殆んど灰は残らない)			熔融点: 200~220°C
16	耐候性 (屋外暴露の影響)		強度殆んど低下しな い。	強度や、低下する。			強度や、低下する。 や、黄変する。
17	酸の影響		濃塩酸、濃硫酸では 強度殆んど低下しな い。	35%塩酸、98%硫酸、60%硝酸 では強度殆んど低下し ない。			強酸で強度殆んど低 下しない。
18	アルカリの影響		50%苛性ソーダ溶液 では強度殆んど低下 しない。	50%苛性ソーダ溶液、28%アン モニア溶液では強度殆んど低下 しない。			強アルカリで強度殆 んど低下しない。
19	他の化学薬品の影 響		殆んど変化しない。	殆んど変化しない。			塩素系漂白剤で強度低 下し黄変する。ドライ クリーニング剤に対し て抵抗性がある。
20	溶剤の影響 一般溶剤、アルコ ール、エーテル、 ベンゼン、アセト ン、ガソリン、パ ークレン		アルコール、エーテ ル、アセトンには溶 解しない。ベンゼン、 ガソリンには高時膨 潤する。パークレン 、四塩化エタンに は高時徐々に溶解 する。	アルコール、エーテル、アセト ンには溶解しない。 ベンゼンには高時膨潤する。 パークレン、四塩化エタン、四 塩化炭素、シクロヘキサノン、 モノクロルベンゼン、テトラリ ン、キシレン、トルエンには高 温時徐々に溶解する。			一般溶剤には殆んど 変化しない。 温ジメチルホルムア ミドに膨潤ないしは 溶解する。
21	染 色		一般に顔料により原 液染を行なう。	一般に顔料による原液染および 分散染料(ポリプロ用)による 後染も可能。			酸性、塩基性、含金 属、クロム、分散染 料等で染色可能。
22	虫、カビの影響		完全に抵抗性あり。	完全に抵抗性あり。			著しい抵抗性がある。
23	試 験 方 法		J I S . L - 1 0 7 3	J I S . L - 1 0 7 4	J I S . L - 1 0 7 3		
24	商 標		ハイゼックス、カネ ライト、サンライン、 ベレックス、エチロ ン、パイレンE、ヒ ラロン、タニカロン	東レパイレ ン 東洋紡パイレ ン 三菱パイレ ン チッソポリプロ 日東紡ポリプロ 大和紡ポリプロ 東亜紡ポリプロ			テイジンネオロン ス パンデックス。 東洋紡エスバス パン デックス。 フジボウスパンデ ックス。 オペロン。