

絹新素材開発研究

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	水出, 通男
巻/号	12巻4号
掲載ページ	p. 26-31
発行年月	1989年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



絹新素材開発研究

水出 通男

1. はじめに

絹は唯一の天然蛋白質長繊維として古くから広範な衣料分野で利用されてきたが、機能面で優れた特性を持つ合成繊維が安価に製造されるようになってから絹の用途は次第に狭められ、近年国内では専ら和服関連の衣料分野で消費されてきた。しかし、最近の消費者ニーズの多様化、価値観の変化等に伴い、カジュアルきものを中心に和服需要が減退してきたのに対し、洋装分野で新しい需要が拡大しつつあり従来の和服用とは異なる用途別の絹素材の作出が求められている。

これは感性の時代といわれる現代社会のなかで、消費者ニーズがより高感度の天然素材を求め、高級感を持つ絹にも強い関心が寄せられるようになったためと考えられるが、今まで国内で生産されてきた絹素材はすべて和服もしくはそれに準ずる用途に適するよう画一化されており、そのまま洋装分野で使用すると伸縮性、防しわ性、耐摩耗性、耐洗濯性等の実用面で致命的ともいふべき欠陥が現われる場合が多い。したがって絹が感性と高級感のみで合成繊維の丈夫さとイージーケア性に慣れた現代の消費者の期待に応えることは難しく、実用的な機能性も併せ持つ新しい絹素材を提供することが肝要である。そのため蚕糸・昆虫農業技術研究所では、

かねてより蚕の品種改良から養蚕・製糸・絹加工に至る一貫した研究体制をとり、農林水産技術会議特別研究、所内特別研究、経常研究によって絹新素材作出技術を開発し、引続き新素材の品質評価・管理技術の開発研究を実施して、新しい蚕糸・絹業の構築に先導的役割を果たしつつある。

また、絹蛋白質は分子のアミノ酸組成と特殊な高次構造によって発現する多様な機能を持っているが、近年のバイオテクノロジーや蛋白質工学の進展に伴い、人体等生体との適合性にも富む良質な天然蛋白質として絹フィブロインの利用に強い関心が寄せられるようになった。そのため、従来からの絹蛋白質の構造と物性に係る豊富な研究蓄積を基に、酸素透過膜、細胞培養床、酵素担体その他の医療用、化粧品用、産業用など非衣料分野での用途開発も進めている。

その他、われわれの加工利用部門では新たに昆虫及び生体高分子素材の利用開発に関する研究も担当することになり、これらのことに係る新規課題も設定されて研究は軌道に乗りつつあるが、ここでは現在の絹新素材の開発を中心とした主な研究の動向について概要を述べる。

2. 繭糸織度に特徴を持つ原料繭の利用

絹の力学的諸性質は繭糸を構成する繭糸の織度（太さ）によって大きく異なる。したがって用途別に差別化し得る絹素材を作出するには、原料である繭糸の織度から差別化することが望

ましい。今まで国内での絹の用途の大半は和服によって占められてきたため、原料繭糸の織度は概ね3デニール（直径約18 μ m）のものに画一化されてきたが、この織度では、例えば、細織度糸使いのパンティストッキング用としては太過ぎ、コシやシャリ感が求められる服地用としては細過ぎるなど、洋装分野では不適当な用途が多い。そのため、平均織度2デニールを目標として当所の蚕育種部門で新たに育成した細織度蚕品種繭の繊維物性を解析し、それが形態的なむらが少なく強靱であること、製品はしわになりにくく、摩擦にも強いことなどを確認して細織度のハイブリッドシルクの製造（後述）に利用した。また、この細織度繭が一般の高級生糸の製造にも適していることはいうまでもなく輸入生糸との差別化に役立っている。

一方、太織度蚕品種の選抜も精力的に進められており、既に平均織度4.5デニール以上を目標とした蚕品種が選抜されているが、この繭を用いてニット製品やスーツ地等に適するスパンロウシルク（後述）を試作したところ、期待通りのコシとシャリ感のあるウールライクの製品が得られている。

なお、蚕に生理活性物質（幼若ホルモン）を投与して繭糸織度を大幅に制御する技術、広食性蚕品種の蚕を低コスト人工飼料（LPY）で飼育する技術等も確立されつつあり、今まで画的であった製糸原料繭も繭糸織度特性や価格面から差別化して使用するとともに、後述するような各種の新しい繰糸技術を駆使することにより、用途別に多様な絹素材の生産が可能となってきている。

3. 新形質生糸の開発

1) 交絡複合糸（ハイブリッドシルク）

伸縮性、耐摩耗性、耐洗濯性等今までの絹固有の弱点の改善を図るには、化学加工による改質のほか、最も簡易な方法として他繊維との複合化が考えられるが、交撚・交織によるものは

絹と複合素材との長所・欠点そのまま現われて十分な複合効果が得られない場合が多く、生糸の製造段階でその芯に他繊維を挿入する複合法がより効果的である。繭糸と合成繊維とを複合繰糸する試みは古く、1966年に小川らの研究（織学誌22.285、ほか）があり、製糸企業と合成繊維メーカーとの共同開発によって繰糸中の繭粒付けの中心に細織度のアクリルフィラメントを挿入して、その表面を繭糸群が覆うように引揃えセリシンによって接着させる繰糸法が開発されている。

しかし、この方法によるものは繭糸と他繊維とが平行に引揃えられているため、伸縮性が繭糸の伸長特性に支配されること、細織度化が難しいことなどのため用途が限定されることから、当所では旭化成工業（株）との共同研究により、高圧空気噴流を用いて繭糸と合成繊維と緊密に絡み合わせる交絡複合繰糸法（特許公報、昭63-15367、ほか）の開発を行った。これは煮熟繭から引き出した繭糸と合成繊維とをそれぞれ異なる速度でエアジェットノズル内に送り込み、空気噴流によって合成繊維の表面に繭糸を緊密に絡ませた交絡複合糸を形成させるものである（図1）。この繰糸機構は目的とする織度、交絡状態により任意に変更することが可能で、現在はこの繰糸法に適するよう考案したエアジェットノズルを自動繰糸機の接緒器直上に設け、フィードローラを省略して繰糸する機構が実用化している（図2）。芯にする合成繊維に66ナイロンPTY（2d×5f）を用い、表面に前述した細織度蚕品種の繭糸（2d×5f）を絡ませたもの（写真1）は、絹の優れた感性に基づく高級感とナイロンの機能性とを併せ持つものであることからハイブリッドシルクと命名され（商品名はシルラン）、すでにパンティストッキングで商品化されたほか、他のインナー製品でも商品企画が進められている。

2) 繰繭短繊維生糸（スパンロウシルク）

衣料用繊維には長繊維と短繊維とがありそれぞれに特性を生かした用途が確立されているが、

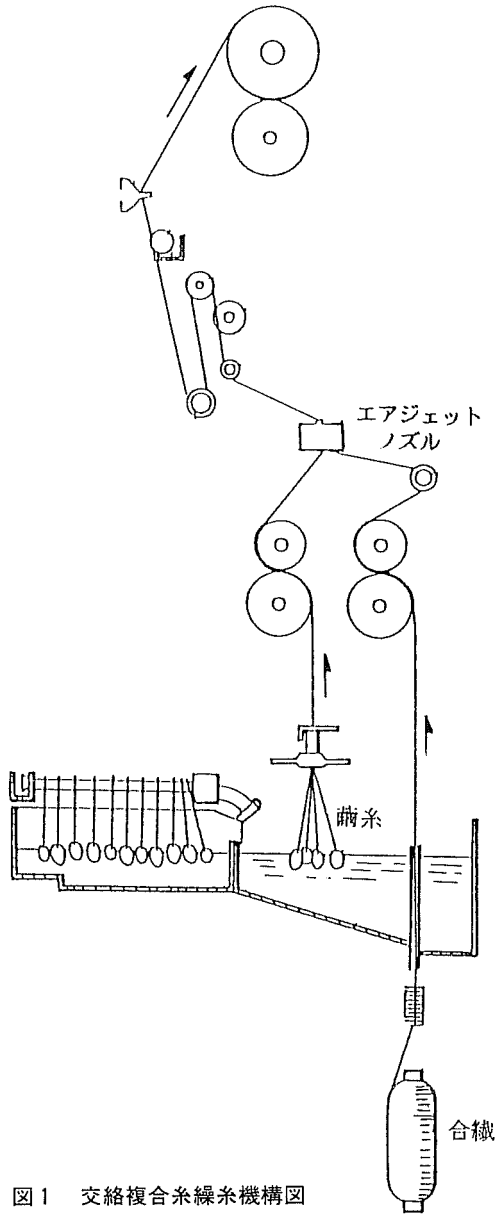


図1 交絡複合糸繰糸機構図

絹は屑繭、屑糸等を原料とする少量の絹紡糸を除いては専ら長繊維のまま利用されてきた。しかし洋装衣料分野には短繊維でなければ入り得ない分野が多いことから、精練した絹短繊維でなく、良質な繭糸を用いた短繊維生糸を作ることができれば、ニット等のカジュアル分野で全く新しい用途をひらくことができ、絹需要の多様化を図ることが可能となる。そのため、当所では既に考案されていた網状生糸の形成枠

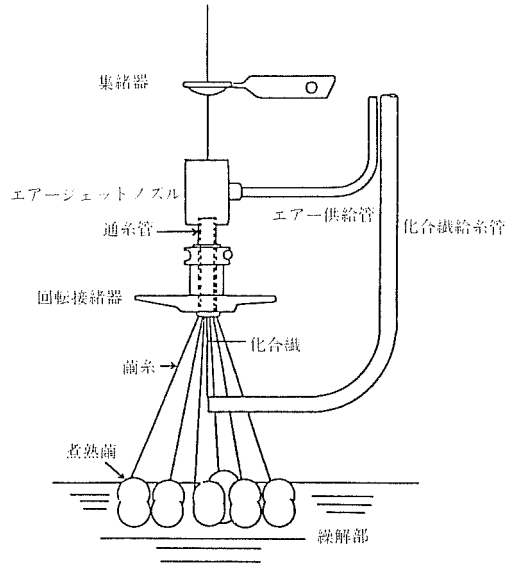


図2 エアジェットノズルの装着状態

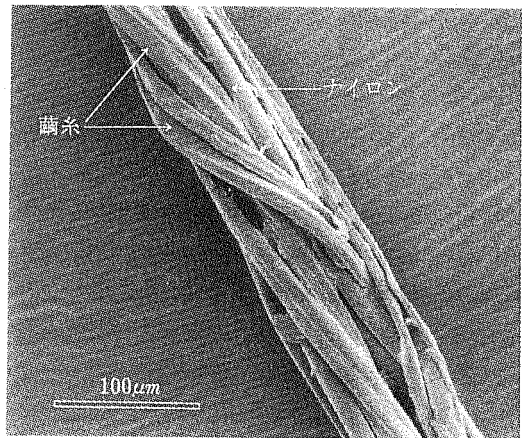


写真1 細繊維複合交絡糸の形態

に改良を加えるとともに加撚巻取装置を考案して、一定長ごとに切断された繭糸によって構成される繰繭短繊維生糸繰糸法（特願，昭61-177780）を開発した（図3）。これは従来の絹紡糸と異なり、セリシンを除いていない良質な繭糸によって構成されており、著しい膨らみと伸縮性を持つとともに、先練り・後練り等生糸同様の加工性を有するものであることからスパンロウシルクと名付けられた。絹の特徴とウ

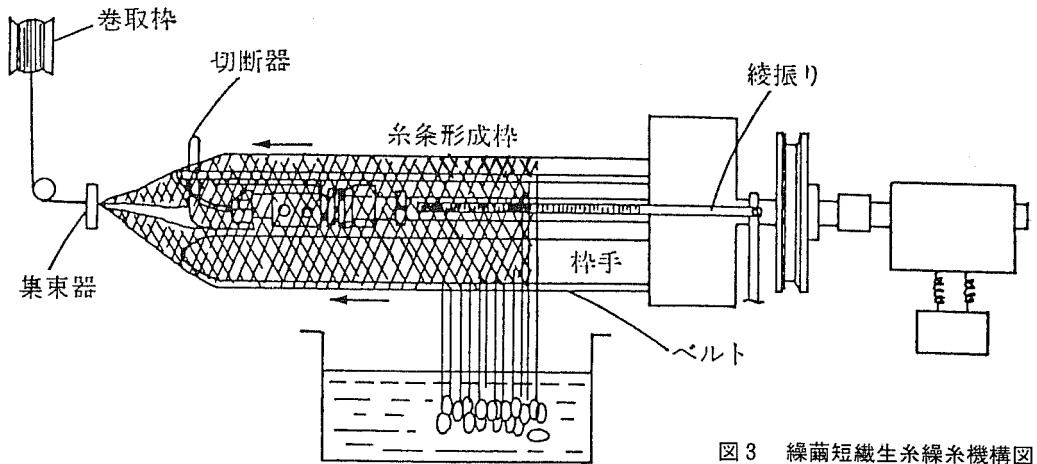


図3 繅繅短織生糸繰糸機構図

ールライクの機能性を併せ持つ製品が得られることが確認されており、ニット製品やスーツ地等で今までにない全く新しい絹素材として今後の普及に大きな期待が寄せられている。

3) 絹短繊維素材(シルクトウ)

近年、他の天然繊維業界においても高級素材の消費量が急激に拡大しつつあり、超長綿といわれる細くて長い獣毛や綿が珍重されて、それらとの混紡可能な絹短繊維素材を求める声が高い。このような用途に供し、あるいは絹単独で細番手の高級紡績糸を生産するには従来の生糸や上述の新形質生糸のように繅糸をセリシンで接着したものは不相当であり、繅糸がバラバラの状態が集束されており後の牽切工程に供し得るトウ(Tow)を作成することが必要である。そのため多数粒の煮熟繅から引き出した繅糸を素早く乾燥して接着を防いでから集束し、数千本~数万本の束としたシルクトウ(Silk Tow)の作出技術と繅糸に残存するセリシン量を任意に制御する精練技術の開発を進めている。

4) その他の新形質生糸

当所の新素材開発に触発されて大学や公立機関、民間企業等においても新しい素材開発が行われるようになり、無抱合生糸(ファインシルク)、バルキーシルク、膨化生糸、ソフトシルク、縮れ糸、かさ高糸、かさ高絹糸(いずれも特許出願名)等が考案されている。いずれも製造法と生糸の形質に特徴を有しているが、それ

らの殆どは繰糸機構の部分的改良や薬品利用の範囲に止まり、積極的に新形質を付与したものでないために、伸縮性と膨らみに特徴を有しているファインシルク、膨化生糸、ソフトシルクのほかは未だ実用化に至っていない。

当所では更に絹の用途の多様化・高級化を図るため、繰糸工程で繰糸直後の湿潤生糸と他繊維とをそれぞれ異なる張力下で合わせて撚糸しながら繰り取る繰糸方法、湿潤生糸に擦過処理を施した後高温蒸気処理して撚縮性を付与する加工法等を開発している。

5) 新形質生糸の品質評価・管理技術

以上に述べたハイブリッドシルク等の新形質生糸は従来とは異なる用途別原料繅と製糸技術を用い、必要に応じて他繊維と複合化するなどしたまったく新しい形態の生糸であり、それらの原料繅・生糸の生産と流通に当っては、今までの和服用途中心に体系化された品質管理技術、繅検定・生糸検査基準は適用できず、生産能率が低いこと、品質が不安定なことが開発技術を普及させるうえでの隘路となっている。そのため、昭和63年度より信州大学の協力を得て農林水産技術会議特別研究として絹新素材生産のための品質評価・管理技術の開発研究を開始した。本研究では原料繅及び新形質生糸類の用途別品質評価基準の策定をはじめ、生産工程における品質管理基準等を策定したうえで、品質管理・工程管理技術のモデルシステムを確立し、開発

技術の普及に役立てることとしている。

これらの技術開発は蚕糸業界のトータル・クオリティ・コントロール・システムの基礎となるものであり、農林水産業におけるポストハーベスト研究の一端を担うものと考えている。

4. 新形質絹糸

上述の新形質生糸は製糸工程で新しい形質を付与したものであるが、通常の生糸に物理加工や化学的処理を施して新しい形質を発現させたものを新形質絹糸と呼んで区別しており、その代表的なものに捲縮絹糸（水島：公開特公，昭54-30995）、当所の伸縮性嵩高絹糸（特願，昭57-179126）などがある。捲縮絹糸は精練絹糸にコラーゲン蛋白誘導体またはフィブロイン溶液を吸着させ、加撚後高温水蒸気処理によってヒートセットしてから解撚したもので、製織・編立て後に触蒸処理すると記憶した形態を回復して、著しい膨らみと伸縮性を発揮し耐摩耗性にも富むといわれる。いままでにない全く新しい素材として、形態記憶絹糸、ソアシュール加工糸、バイオシルク等の名でニットや寝装具などで実用化されている。伸縮性嵩高絹糸はS撚りとZ撚りの強撚生糸に無撚り生糸を合わせ、甘い上撚りを加えたのち緩やかな条件下で精練したもので、製品（写真2）は伸縮性と嵩高性に富み、しわになりにくい特徴を持っている。



写真2 伸縮嵩高性絹糸のニット製品拡大写真

一方、従来の生糸使いでは洋装に適する衣料性能を得ることは難しいことから、他繊維との交撚・交織による新素材の製造も活発に行われている。ポリウレタン・ナイロン等に生糸をカバリングしたDCY，SCYのパンティストッキングが数社から発売されているほか、絹／毛、絹／レーヨン、絹／ポリエステル、絹／ナイロン、絹／アクリルなど各種の複合織・編物が試作され一部は市販されている。これらの複合素材の作出に当たっては、絹の欠点を補うとともに特徴を損なわない最適の混率の設定、複合素材との同色・堅牢染め技術の確立が重要である。

5. 絹の精練・染色，化学加工

1) 複合素材の精練・染色

一般に生糸は他繊維との複合素材も含めて精練を必要とするが、絹の風合いを損なわず、複合素材では他繊維に悪影響を与えることのない精練技術を確立することが重要である。特に近年は、セリシンを完全に除去するため過精練となりフィブロインを損傷して絹を弱いものにしていく場合が多い。セリシンの最内層に存在している難溶性のセリシンIV（全セリシン量の3～5%に相当）を均一に残すことにより、いわゆるスレを防止するなど耐摩耗性を向上させることが期待されることから、酵素精練など精練技術の見直しが行われている。

また、絹は優れた染色性を持つ反面、染色堅牢性に弱点を持つ。そのため堅牢染め技術の開発が進められ、ソアドメール加工（鐘紡）、ニューセラミック染め（田中昌染工ほか）等が商品化されている。複合素材の場合、他繊維特に合化織には染色機構を全く異にするものが多く、素材別の同色・堅牢染め技術の開発も極めて重要である。当所で開発したシリカ染め（公開特公，昭62-117886）、ギブス染め（特願，昭62-16173）はポリアミド系繊維の濃色・堅牢染色に共通の効果を持つものとして注目されている。

2) 絹の化学加工

絹の衣料性能特に洋装用素材の実用性能の向上を図るうえで化学加工に対する期待は大きい。樹脂等による各種の改質加工技術が考案され、チオ尿素樹脂等で加工したもの（鐘紡：ソアドレーヌ）、エポキシド加工の後セルロース反応型架橋剤で処理したもの（田中ら：ソアレ加工）はそれぞれ防しわ性、防縮性、染色堅牢性、あるいは黄変防止性等を改善したものとして、ウォッシュブルシルク等の名で市販され、洋装分野での需要拡大に貢献している。これらのほかにも各種の化学加工法が考案され実用化しているものも多く、最近当所で開発したエチレン尿素樹脂と水溶性ポリウレタン樹脂との複合樹脂による加工法（特願、昭62-199077）は加工処理が簡単で防しわ性、黄変防止性に効果があることから注目を集めており、すでに実用化段階に入っている。

6. 機能性絹蛋白質素材

近年、天然蛋白質が持つ理化学的特性が注目され、バイオセンサー・バイオリクターをはじめ酵素固定化担体等、その高度利用技術の開発が活発化している。冒頭に述べたように、絹蛋白質の構造と物性に関しては多年にわたる豊富な研究蓄積があり、フィブロインとセリシン分子を構成するアミノ酸の組成と配列、結晶領域・非晶領域とよりなる特殊な高次構造等によって発現する多様な機能を持っていることが明らかにされている。そして蚕体を通して純度が高く比較的無毒な素材が容易に得られること、水溶液から膜、粒子、多孔体など任意の成型が可能であること、人体等生体との適合性も有することなどから、医療品、化粧品、食品、農林漁業、工業等幅広い産業分野で絹蛋白質の新しい用途を開くことが期待できる。当所では既にフィブロイン・セリシンの変性、不溶化、成型等

の技術を用いて酸素透過膜、微粒子、多孔体その他各種素材の作出技術の開発に成功した。

今後さらに絹蛋白質分子の反応部分の特性を解明するとともに、必要に応じて化学修飾を施すなどして天然物に無い優れた機能を付加し、従来にない全く新しい用途を開発することとしており、新たな素材産業としての農業の発展に寄与できることを念じている。

7. おわりに

— “由緒ある新鮮さ” を求めて —

近年、産業の国際化が進展し、国内の農業は大変厳しい環境下にある。特にわが国蚕糸・絹業界はここ数年来和服需要の減退と海外からの安価な絹製品の輸入圧力のため、かつてない厳しい状況下にある。蚕糸業がこのような状況に至った原因には合化繊の発達などのほかにもいくつか考えられようが、最大のものとして、絹は常に最高の繊維であるとして産業の維持発展に不可欠な新規用途開発を怠ってきたことが挙げられよう。絹は数千年にわたって人類に愛用されてきた歴史を持っており、あらゆる繊維素材が出揃った今日でもなお他繊維の追随を許さない豊かな感性とそれに基づく高級感を有している。

絹の用途を広範な衣料分野、非衣料分野に拡大するための新素材開発は緒についたばかりであり、永く人類に最高の繊維、健康に良い繊維として愛用されてきた“由緒”をベースに、新しい発想と先端的な技術の導入による“新鮮さ”を求めて、新しい絹素材の開発を進展させ、世界で最も高価といわれるレイバーコストを吸収できる付加価値生産性の高い先進国型の蚕糸技術あるいは昆虫農業技術の構築に貢献したいと念願している。

（蚕糸・昆虫農業技術研究所 加工利用部長）