

新しい絹需要創出のための絹シート製造技術の開発

鈴木 眞 雄

(山形県蚕糸総合研究センター)

Development of "Silk Sheets" for New Application of Silk

Masao SUZUKI

(Yamagata Sericultural Research Center)

1. はじめに

景気回復の遅れに伴う着物需要の不振と絹糸、絹織物及び絹二次製品の輸入圧力等の影響を受け、生糸の需要が減少していることから、近年、国内の生糸価格は低水準で推移している。

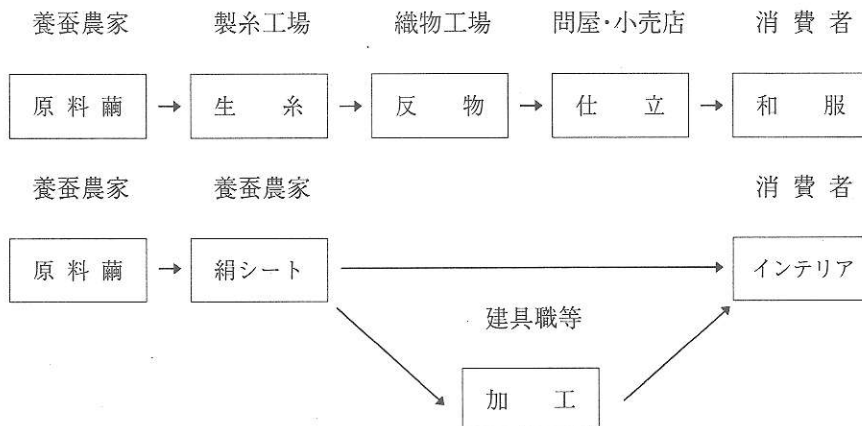
繭価格は生糸価格の影響を受けるため、養蚕の収益性の悪化をきたし、加えて養蚕従事者の高齢化、後継者不足による労働事情の悪化等から、近年、国内の繭生産は大幅に減少している。本県も例外でなく、平成8年度における山形県の養蚕農家戸数は、130戸、繭生産量は57 tであり、それ

ぞれ対前年比62%、64%となっている。

このような状況をふまえ、当センターでは、省力低コスト養蚕経営の確立を目指して、蚕の低コスト人工飼料育技術体系の確立に取り組んでいるところである。

また、繭の付加価値を高めるために、本県オリジナル蚕品種の育成や絹の新素材等の開発研究を推進している。

表題に掲げた「絹シート」製造技術は、従来、製糸原料としてのみ出荷されていた繭を養蚕農家自らが加工を可能にする技術である。また、農家



図一 繭が消費者に利用される過程

で廃棄されていた不良繭の利用を図ることもできる。すなわち、繭の加工と廃棄繭の有効利用により、繭の付加価値向上を達成しようとするものである。

絹シートは、インテリア分野での利用を想定し、絹の新しい需要創出の端緒となることを期待しながら開発してきた。ここでは、絹シートの開発経過と絹シートインテリア試作品を紹介する。

なお、本技術開発にあたり、終始御指導と御助言をいただいた現山形県工業技術センター研究主幹 佐々木正氏、同、置賜試験場長 石沢恒彬氏、同、主任専門研究員 山沢君好氏、同、生活技術部諸氏に厚く御礼申し上げる。

2. 絹シートの発想

著者は、当センターで繭検定に携わっている者の一人である。繭検定では、実際に繭から製糸工程に即したかたちで生糸にし、繭の品質評価が行われる。この繭から生糸にする過程において、繭糸セリシンに水分付与と乾燥の操作が繰り返され、セリシンのゲル化、固化の可逆的変化を利用しながら生糸に仕上げる。

セリシンは、フィブロイン（絹繊維）の周囲を取り囲んでいる膠状蛋白質で、蚕が吐糸した繭糸を接着し繭形を保つとともに、製糸の際には、幾本もの繭糸を収束させて一本の生糸にする糊の働きをしている。

かつて著者は、繰糸後の湿潤状態にある生糸を乾燥させながら「かせ」にする工程において、板状になった生糸に遭遇した。これは、たまたまセリシンの不十分な乾燥コントロールにより、生糸どうしが固着し、板状になったのであった。このとき、セリシンの接着性を利用し、繭糸に面的な広がりを持たせシート状にすれば、絹の新しい使いみちが開けるのではないかと発想した。

この発想を具体化し、開発した技術として生み出された成果が「絹シート」である。なお、絹シートは、特許出願時の正式名称を「斜交糸積層構造絹布、およびその製造方法」として、現在、公開特許公報登載中（特開平 8-269838）である。

3. 絹シート製造機の開発

繭から繰り出した繭糸を、左右に振りながら連続的にドラムに巻き取っていくと、繭糸が幾重にも重なることで面的な広がりや厚みが形作られ、絹シートとなる。この製造過程を誰もが容易に行えることを主眼として、このための製造機の製作に取り組んだ。製造機の製作に当たっては、下記 8 項目の機能を具備することを目標とした。

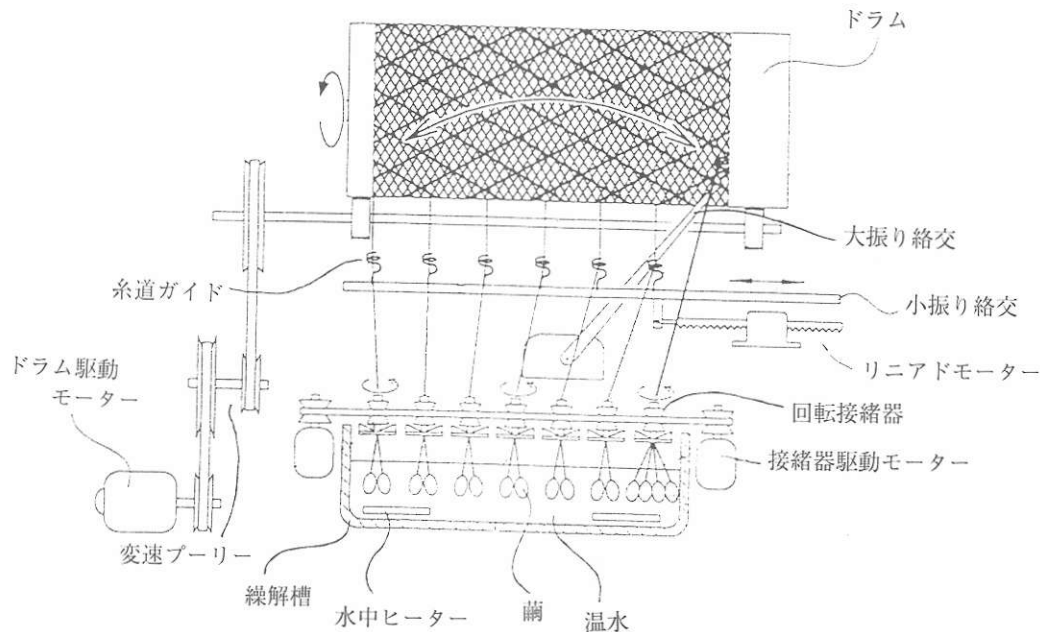
- ① 繭糸を巻き取るドラムの回転速度は、可変とする。
- ② ドラムは、量1量相当寸法のシート製造が可能な大きさとする。
- ③ ドラムの材質はステンレスとする。
- ④ 繭糸を左右に振らせる幅と速度は可変とする。
- ⑤ 繭糸を左右に振らせる装置（絡交）は、大振り1基と小振り1基を装備する。
- ⑥ 繭糸を繰り出す水槽は、水中ヒーターで保温可能とする。
- ⑦ 連続巻き取り作業をするため、繭補給時に繭糸をつなぐ装置（回転接緒器）を装備する。
- ⑧ 作業者が操作を楽に行える大きさの製造機とする。

まず、平成5年度に試作1号機を製作し、さらに、これに改良を加えて平成7年度につづいて2号機（普及モデル）を完成させた。絹シート製造機の改良過程を表-1に示した。すなわち、1号機については、大振り絡交の振幅が小さく往復速

度も遅いため、作成できるシートの幅が目標に及ばず、大振り絡交による緯糸的な糸使いもできなかった。また、回転接緒器の駆動力が不足し、接

緒動作が不安定であった。

そこで、大振り絡交にワイパー駆動機構を流用し、振幅と往復速度の増加を図り、また、接緒器



図ー２ 絹シート製造機略図（１号機改良型）

表ー１ 絹シート製造機の改良過程

改 良 部 位	１ 号 機	１ 号 機 改 良	２ 号 機
ド ラ ム 接 合 本 体	ハ ゼ 折 接 ぎ 木 製	同 左	接 合 部 溶 接 鉄 ア ン グ ル
大 振 り 絡 交	リニアドモーター	ワ イ パ ー 駆 動	同 左
大 振 り 振 幅	60cm	80cm	90cm
大 振 り 運 動	直 線 往 復	円 弧 往 復	直 線 往 復
小 振 り 絡 交	一 重 偏 芯	リニアドモーター	同 左
小 振 り 振 幅	10cm	0～60cm	0～90cm
接 緒 器 駆 動	20w 1 基	20w 2 基	同 左
繰 解 水 槽	ト タ ン 板	同 左	ス テ ン レ ス
水 中 ヒ ー タ ー	熱 帯 魚 用	同 左	投 込 ヒ ー タ ー
シ ー ト 寸 法	48×180cm	80×180cm	90×200cm

表-2 絹シート製造機2号機の仕様

名 称	規 格
ステンレスドラム	2mm厚ステンレス $\phi 636 \times 1000\text{mm}$
ドラム変速プーリ	三木プーリ LK-110
ドラム駆動モーター	三菱 SP-KR 100V 100W
フ レ ー ム	鉄アングル $3 \times 40 \times 40\text{mm}$
大 振 り 絡 交	12V 自動車用中古ワイパー駆動機構
同 上 電 源	直流安定化電源 アルインコ DM-112MV
小 振 り 絡 交	オリエンタルリニアドモーター LD0355-342
回 転 接 緒 器	繰糸機用を加工 18基
接緒器駆動モーター	松下SCVS 100V 20W 2基
水 中 ヒ ー タ ー	坂口電熱B2-S 100V 500W
繰 解 槽	1mm厚ステンレス $250 \times 1120 \times 150\text{mm}$

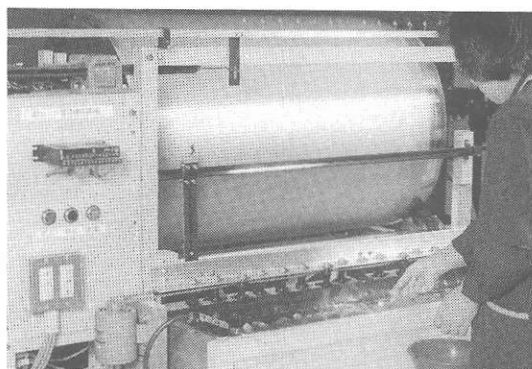


写真-1 絹シート製造機2号機

駆動にモーターを1基増設することにより、接緒の安定動作を達成した(1号機改良型、図-2)。

本機では、ワイパーによる大振り絡交の直接駆動が、円弧運動のため糸切れが生じやすかったので、ワイパー駆動機構をそのまま活かしながら絡交部分に手を加え、往復直線運動となるよう改良した。さらに、小振り絡交をスピードアップし、振幅ストローク可変範囲を大きくとれるようにした。また、1号機は稼働時騒音が大きかったので、ドラムを真円に近くなるよう溶接円筒とし、本体を鉄アングルで組み立てて改良を行った(2号

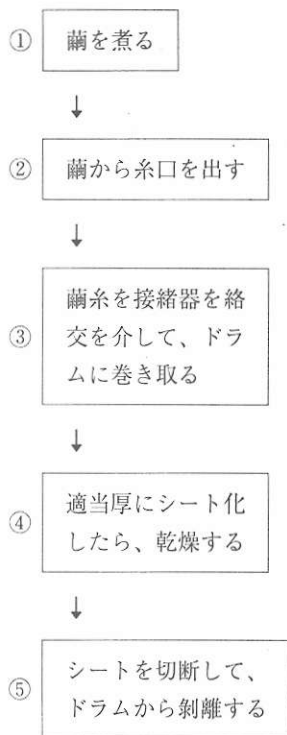
機、写真-1)。2号機の仕様を表-2に示した。

4. 絹シートの作成法の検討

製造機1号機を使って、小振り絡交通過繭糸は繭2~3粒、大振り絡交通過繭糸は繭5粒とし、図-4に示した手順で絹シートを試作してみた。その結果、ドラム上のシートを切断するときとドラムからシートを剥離する際にシート切断面とシートのドラム面の繭糸が分繊してしまう状態が生じた。

これは、繭糸をドラムに巻き取る過程で、繭糸が細いため乾燥し、セリシンの接着力のみでは、繭糸どうしの固着が不十分になるためと考えられた。そこで、繭糸の固着を補強する手段として、ドラム上のシートに10%液状絹、洗濯糊原液(成分PVA、商品名ゴーセノール)、3%ホルマリン、3%グルタルアルデヒドを刷毛で塗布した。

繭糸の固着程度をみるために、シート切片的の引張強さと水に浸漬風乾後の収縮率を調査した(表-3)。強力の数値が大、また収縮の数値が小であれば、繭糸の固着すなわちシート組織の固定



図－3 絹シートの作成手順

化程度が大きいことを示す。したがって、洗濯糊とホルマリンの塗布は、繭糸の固着を補強することがわかったので、その後の試験では、繭糸固着の補強剤として糊等の接着剤とホルマリンを用いることにした。

シート作成時の繭量は、求められるシート厚によって増減すればよいが、当然のことながら消費繭量を多くすれば作成所要時間、縦強力が増加し、シート背後が透けて見える程度は低下する（表－4）。このため、逆光に透かすとシートがより美しく見えることから、繭量を少なくして透視程度を大きくした方がよいと思われる。しかし、消費繭量が少ないとシート形成が不十分になるため、シート作成には、1枚当たり乾繭で100～200g程度（約125～250粒）が必要と思われた。

表－3 固着補強処理とシートの物性

補 強 剤	縦強力	縦収縮	横収縮
無 処 理	6.4kg	4%	8%
液 状 絹	8.0	4	12
洗 濯 糊	12.4	4	3
ホルマリン	7.2	2	4
グルタルアルデヒド	4.7	3	3

塗 布 量：300ml/m² 乾繭：100g

シート作成は1号機によった。

強力調査：切片10×150mm スターセリグラフ使用

収縮調査：切片100×100mm

横方向の強力は、縦方向に比べて極端に小さかった。これは、絹シートが織物とは異なり、経糸と緯糸の交錯がないための弱点であり、絹シート作成にあたっては、この弱点を改善していくことが必要となる。

そこで、絹シートでは大振り絡交通過繭糸が緯糸的な働きを持つものと推定し、大振り絡交の速度と強力の関係及び繭糸固着剤と強力の関係进行调查した。その結果、大振り絡交の速度を増すと横方向の強力が増すことが示唆された。また、酢酸ビニル樹脂（市販木工用ボンド）を塗布した絹シートは、ホルマリン、洗濯糊（PVA）を用いたものより横方向の強力がかなり大きかった（表－5）。

したがって、繭糸がスムーズにドラムに巻き取られる範囲内で、大振り絡交の速度を速くしてシートを作成すれば、横方向の強力を向上できることとなる。なお、ホルマリンと洗濯糊は、酢酸ビニル樹脂に比べて強力の向上が小さく、特にホルマリンは、健康面からもインテリア向けとしては、好ましくないと考えられたので、2者を繭糸固着の補強剤から除外することにした。

表－4 供試繭量と絹シートの性状

消費乾繭	所要時間	シート厚	透視程度	縦 強 力
300 g	190分	0.5mm	小	17.4kg
200	125	0.3	中	14.7
100	85	0.2	大	8.2

シート作成は1号機によった。

強力調査：切片10×150mm スーターセリグラフ使用

表－5 大振り絡交の速度及び補強剤と引張り強さ

絡交速度	補 強 剤	横強力	縦強力
38m／分	ホルマリン 3 % 液	232 g	58.3kg
29	ホルマリン 3 % 液	110	56.4
20	ホルマリン 3 % 液	67	58.7
20	酢酸ビニル 3 倍液	732	48.8
20	P.V.A 3 倍液	141	49.3

塗布量：300ml／m² 乾繭：300 g

シート作成は1号機改良型によった。

強力調査：切片25×200mm テンシロン UTM-4-100使用

表－6 補強剤を使用した絹シートの横への引張り強伸度

補強剤の種類		強力 (g)	伸度 (%)
酢酸ビニル	10倍液 (対照)	647	6.5
CMC	1 % 液	447	5.6
エルダー	(東レ製 熱融着糸)	測定不能	
V-380	(ポリウレタン系樹脂) 10倍液	105	2.6
V-440	(ポリウレタン系樹脂) 10倍液	84	3.8
V-3000	(ポリウレタン系樹脂) 10倍液	467	6.8
セラック (天然ラッカー)	エタノール10倍液	44	2.3
アフターサイズ	(ポリアクリル酸エステル) 噴霧	測定不能	

塗布量：200ml／m² アフターサイズのみ42 g／m² 乾繭：200 g

強伸度調査：切片25×200mm テンシロン UTM-4-100使用

表-7 補強剤液を塗布した絹シートの性状

補 強 剤 液		触 感	塗工時所見	液の浸透性	剝離の難易
酢酸ビニル	10倍液	硬 い	要均一希釈	しみにくい	はがし難い
CMC	1 %液	軟らか	粘性大きい	良 好	容 易
V-3000	10倍液	軟らか	塗りやすい	良 好	容 易

補 強 剤 液		静電気発生	塗 り ム ラ	シート表面	耐 水 性
酢酸ビニル	10倍液	やや感じる	めだつ	ややシワ有	中
CMC	1 %液	感じない	なし	平滑	小
V-3000	10倍液	感じる	なし	ややシワ有	大

補強剤の選定条件としては、出来るだけ繭糸の風合いを損なわないことと補強剤液の調製や塗布作業の容易なことが望ましく、さらに、耐水性がありシート剝離も容易で、かつきれいな仕上がりが欲しい。これらの要求を全て満たすには、絹シートへの酢酸ビニル樹脂の塗布は、手触り感などへの風合いの変化をもたらし、酢酸ビニル樹脂のみでは不可能である。

そこで、絹シートの利用場面に応じて補強剤を選択できるよう、数種の候補補強剤について検討を試みた（表-6）。その結果、酢酸ビニル樹脂、CMC、ポリウレタン系樹脂（商品名パスコールV-3000）を選定した（表-7）。それぞれに得失があるので、絹シートの利用場面に応じて、これら3剤の内いずれか一つを絹シートに塗布すればよい。

なお、塗布作業は、図-3の絹シート作成手順④の段階で行う。シート化が終わったドラム上で補強剤液を刷毛塗りし、半日程度風乾する。シート全面にむら無く補強剤液を塗布するには、1㎡当たり 200～300 mlが必要である。

5. 有色シートの作成法

蚕には着色繭を作る系統があり、これらの繭をシート化すれば有色シートが作成できる。しかし、色が限定され、自由な発色のシートは作れない。そこで、有色シートを作るために、①繭を染色液で煮る、②煮た繭を染色液中に浸漬する、③シートを染色液中に浸漬する、の三つの処理を試みた。

染色程度は、③が最も濃い色となったが、セリシンが浸漬中に膨潤するため、シート組織が壊され不適当であった。②では、繭層の内部まで染まらず、溶出したセリシンによる染料の凝集が観察された。①での着色は、③には及ばないものの繭層内部まで染色が進み、3方法の内では最も適当と思われた。

①は農家でも実施可能な方法で、家庭用圧力鍋等を利用した染色液中での煮繭で行うことができる（図-4）。この染色煮繭法に適用する染料として、セリシンを不溶化させないこと、染着性が良いこと、退色しにくいこと等の条件を満たす直接染料と反応染料を選定した。また、染液濃度は、水1ℓ当たり染料0.5g以上とすれば良いことが

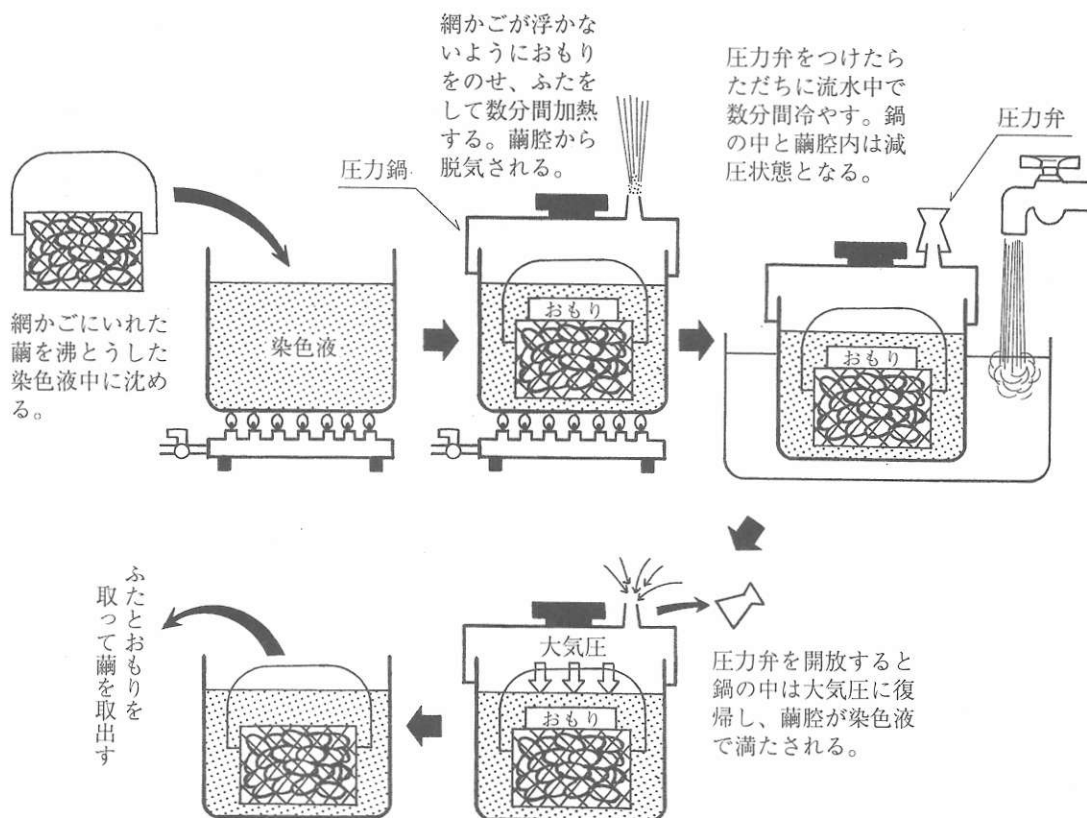


図-4 家庭用圧力鍋による染色煮繭法

かった (表-8)。

表-8 染料濃度と繭層部位の染色程度

染料濃度	繭外層	繭内層
0.05 g / ℓ	薄 い	薄 い
0.2	濃 い	薄 い
0.5	非常に濃い	濃 い

使用染料：表9の直接染料 浴比： 1：50

繭の内層まで均一に染色するには、外層に吸着される量を上回る染料濃度が必要である。また、染色した繭層を精練（セリシンの除去）すると、染料はセリシンとともにほとんど脱落した。したがって、染料の大部分がセリシンに吸着しているものと思われる。絹繊維（フィブロイン）の内部まで染料を浸透させるには、通常染法のように90℃以上で30分程度の処理が必要となるが、繭が煮崩れてしまうためシート作りには適当でない。

表－9 染色煮繭法による染色繭の耐光堅ろう度

染料部属	商	品	名	JIS判定結果
酸性染料	カヤノール	イエロー	N5G	4級以上
	カヤノール	レッド	NBR	4級以上
	カヤシル	ピュアブルー	FGA	2級
直接染料	カヤラス	スプライエロー	RL	4級以上
	スミライト	レッド	4B	4級以上
	カヤラス	スプラブルー	FFRL	4級以上
反応染料	スミフィクス	イエロー	2GL sp.	4級以上
	スミフィクス	ブリリアントレッド	G sp.	4級以上
	スミフィクス	ブリリアントブルー	R sp.	4級以上

染料濃度：0.5 g / ℓ 浴比：1：50

表-9に染色煮繭法による染色繭の耐光堅ろう度を示した。判定値は6段階で評価され、「4級以上」が最良値を示している。露光量は、直射日光を10日程度当てた量に相当する。

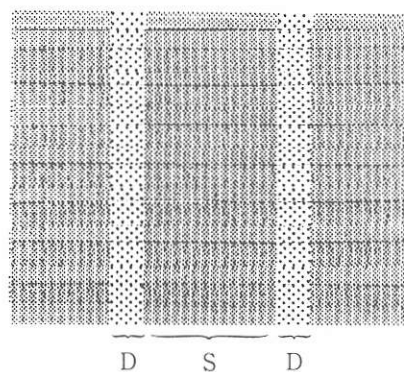
成途中で止め、押し花等をシート上に張り付けて再稼働すれば、繭糸で押し花等がサンドイッチ化できる。さらに、絹シートには、熱転写プリントの利用やインクジェットプリンターによる描画も

6. 絹シートの模様について

基本的には、小振り絡交通過繭糸による縦線と大振り絡交通過繭糸による斜め線の組み合わせで表現され、大振り絡交のみを使用すれば、網状シートとなる。小振り絡交の緒数、振幅の設定を変えて種々の縞模様を表現することも可能である。たとえば、小振り絡交の振幅をX、小振り絡交の糸道ガイドの間隔をYとすれば、 $X > Y$ のとき、

小振り絡交通過糸でできるバンドは重なりを持った縞模様となる。 $X \leq Y$ のときは、バンドの重なりは生じない(図-5)。

バンドごとに異なる色の繭を用いたり、大振り絡交のみに染色繭を用いたりするなど、染色繭のシート化で多彩な模様となる。また、製造機を作



$X > Y$ でバンドの重なり：D
バンド一重部分：S
とすると、

$$X = 2D + S$$

$$Y = D + S$$

図－5 縞模様の表現

表-10 絹シート利用製品の試作

項目	平成5年度	平成6年度	平成7年度	平成8年度
製造シート規格 およびシート原料	9×90cm 上繭、屑繭 染色繭	48×180cm 上繭、染色繭、 天蚕紬糸	80×180cm 上繭、屑繭	90×200cm 上繭、屑繭
シート利用試作品	名刺、名札	和風衝立、照明 器具	和風飾り棚 衝立、洋風衝立 2点	和風4枚組襖、 照明器具3点
展示公開等	—	農林水産祭	農林水産祭 ギャラリー松	農林水産祭 ブランドシルク 展示会
展示会等での評価	—	和風インテリア の入手希望多し	屑繭シート製品 に評価高し	県内外企業から サンプル希望あり

可能であった。

7. 絹シートによるインテリア製品の試作

開発した絹シートは、手芸、装飾、服飾面での利用などが考えられるが、シートの性状、形態を考慮して、インテリアクラフトへの応用を検討した。

絹シートの試作品は、山形県農林水産祭、求評会等で展示し、参観者のアンケート調査を実施した。絹の持つイメージからか、和風装飾用としての活用を想像する人が多かった。シートの種類では、若年層は染色加工されたもの、壮年層では繭糸そのものを基調としたシートが好評であった。天蚕紬糸を混入したシートは両者から高い評価を得た。

絹シートを利用した製品試作では、当初、リボン状のシートで名刺や名札等への応用を検討したが、製品規模が小さく、また、シートを固めるた

め絹の風合い不足等が指摘された。そこで、製品規模を大きく、かつ、絹の風合いを活かすべくインテリアクラフトに的を絞った。その際、多様化する消費者ニーズに対応するため、生活様式にあわせられる高級感のある製品となるよう留意した。

和風インテリアクラフトとして飾り棚、衝立、襖を、洋風のインテリアクラフトとして衝立2点（内1点は廃棄繭活用）及び照明具4点（内1点は廃棄繭活用）を試作し、展示会等で公開した。展示会やマスコミの紹介で、現在まで県内外の企業20社程度から問い合わせを受けており、製品開発を開始した企業もある（写真-2,3,4）。

8. おわりに

絹シートは、その組織構造から横方向の引張りや耐水性に弱点があるものの、新しい絹需要創出の可能性を秘めた絹素材である。

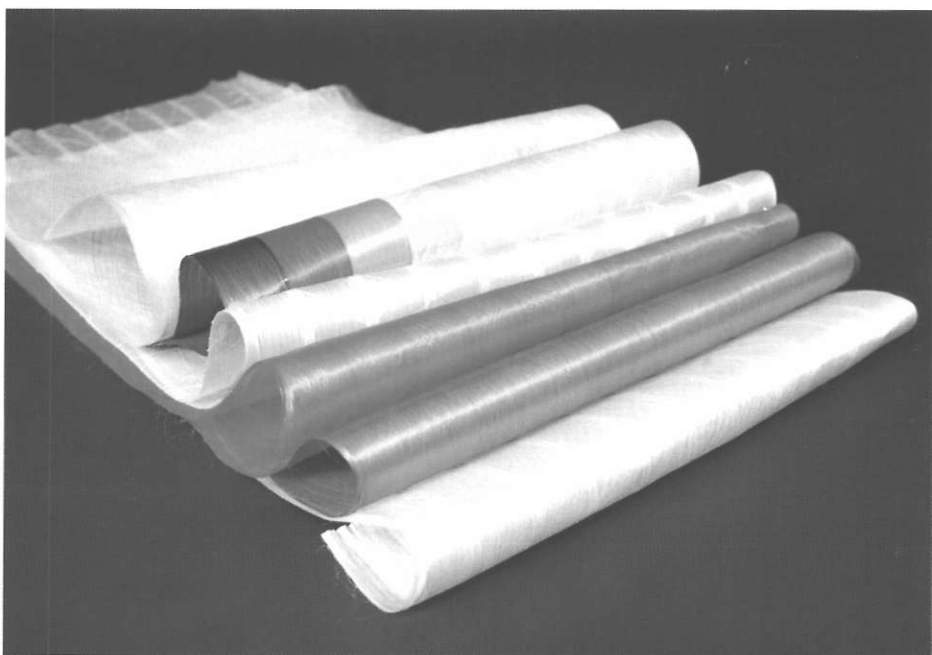


写真-2 絹シートのいろいろ

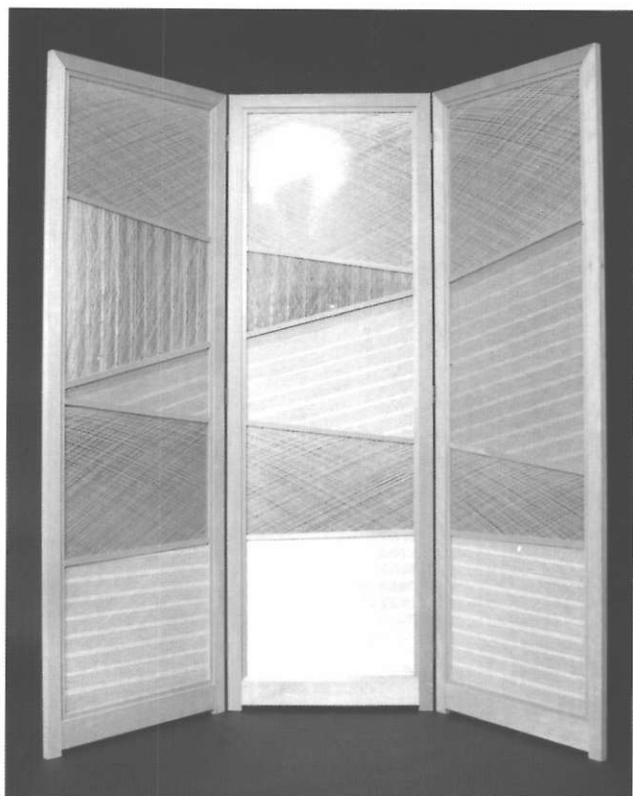


写真-3 洋風ついたて（屑藪利用）



写真-4 和風飾り棚と照明具

その特長として、

- 上繭から白色シート，屑繭からは生成調シートができる
- 絹の持つ深みのある光沢を持っている
- 軟らかくも硬くも加工ができる
- 模様のバリエーションが豊富である
- 繭を染めて，カラーシートができる
- 裁断が容易である
- 吸放湿性と通気性がある
- 透過光で，より美しい雰囲気演出できる

等が上げられる。

絹シート製造には，特殊な技術を必要とせず，養蚕農家のご婦人ならば数日の練習で十分製造可能である。習熟度合いを増せば，創意と工夫で様々なデザインのシート製造も可能となる。

1枚のシート（90×200cm）を作るには，乾繭がおおよそ200g（250粒，上繭で800円弱）必要で，製造機1台の8時間当たり作成可能枚数は，

2枚程度である。シートの販売価格は，原材料費や労賃等の生産にかかわる費用の他に需要と供給のバランスによって決定されるものであり，現在，農家でシート生産が緒に就いたばかりなので明言はできないが，農家渡りで1枚5,000円程度になるのではないかとと思われる。

平成8年度から県単事業として，「絹シート生産支援事業」が本県蚕糸主務課で実施され，絹シート製造機の養蚕農家への導入と絹シートの生産が開始された。

これからは，絹シートの流通販売の成否が関心事となるが，関係者の奔走により需要が増えつつあり，養蚕農家にとっては明るい材料となっている。

養蚕農家による絹シート生産が軌道に乗り，養蚕業の新しい展開が始まることを期待するとともに，地域に密着した新たな絹シート製品が生まれることを期待したい。