ISSN 1342-7709

研　究　報　告

第　34 号
平成14年度

Reports of Technical Support Center for Textiles Industries

No.34
2002

兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター
〒677-0054　兵庫県西脇市野村町上ノ段1790-496
TEL(0795)22-2041　FAX(0795)22-3671

Hyogo Prefectural Institute of Technology,
Technical Support Center for Textiles Industries
1790-496,Uenodan,Nomura,Nishiwaki,Hyogo,Japan　〒677

はじめに

一昨年のニューヨークでの同時多発テロ，アフガニスタン問題など国際的な問題が発生し，昨今では，対イラク武力行使か否か，北朝鮮の核兵器開発のための核燃料の再処理，さらにはミサイル発射実験の実施など国際的な緊張の高まりが続いていますが，今後国際社会はどうなるのでしょうか．世界的な不況の改善に大きく影響することが予想されています．

繊維産業は世界的な不況の中にあり，一昨年に引き続いて昨年の２月に実施されたイタリア繊維産地（プラート繊維産地）の調査結果からも，繊維の先進国であるイタリアでもこれまでの生産体制と異なり，短納期，小ロット対応，さらには他に追随のできない織物，繊維製品の開発が必要であると言われております．播州繊産地は，他の多くの国内繊維産地が二桁の生産量の激減であるのに対して，前年度比約６％減で，大いに健闘しています．この要因は小ロット，短納期対応などと共に提案型生産システムへの意識改革であると言われています．今後の播州繊産地の発展にはこれらをより押し進めるとともに，イタリアと同様に他に追随のできない織物の開発，デザイン開発が不可欠で，その支援が当センターに求められています．

当繊維工業技術支援センターは昨年４月に繊維工業指導所から改称し，これまでの試験・研究・指導業務はそのまま推進するとともに，とくに繊維産地，関連企業への技術支援が中心になり，その対応に努めております．具体的には，企業，組合が進めている循環型社会の構築のために播州繊産地で発生する産業廃棄物のリサイクル，処理システムの構築，新しい織物開発などの支援を行っております．業界から注目されているものに，捨て耳廃棄物を含有した樹脂複合体を開発，それを用いたパレットの作製があります．また，他に追随のできない織物の開発の一つとして，従来の織物は経糸に対して緯糸が直行交差した構造であるが，新規に経糸に対して緯糸が斜めになった斜め織織物について製織技術，用途展開などを企業と共同研究・技術支援を進めております．また，業界及び企業ニーズに基づいた課題を取り上げた研究も行っております．

これら研究支援，当センター独自の研究業務の成果については，「兵繊技ニュース」，「繊維工業技術支援センター研究報告書」の刊行物，研究成果発表会，技術講演会，技術相談・支援等を通じて普及に努めております．

この度，平成13年度に実施しました研究の成果，発表された報告，論文などをまとめましたので，ご高覧いただけますようお願いいたしますとともに，ご関心の高い研究成果につきましては，研究の詳細を説明，支援させていただきますので，お問い合わせ下されば幸いです．

平成１５年３月

兵庫県立工業技術センター
繊維工業技術支援センター
所長　山口　幸一

目　次

1. 複合素材の染色技術に関する研究
……礒野禎三, 杉本　太, 長谷川勝, 小紫和彦, 仙崎俊明, 山口幸一…… 1

2. 綿、ポリエステル等の汎用繊維と導電性高分子の複合による高機能化に関する研究
……平瀬龍二, 石原マリ, 三浦久典, 杉本　太, 瀬川芳孝…… 4

3. 排水処理における余剰発生汚泥の減量化技術
……杉本　太, 礒野禎三, 仙崎俊明, 山口幸一…… 7

4. 織物立体曲面におけるテクスチャの表示方法について
……佐伯光哉, 瀬川芳孝, 山口幸一……13

5. 生分解性繊維の先染織物商品開発
……中野恵之, 古谷　稔, 小紫和彦, 山口幸一……16

6. 公設機関における繊維リサイクル研究の現状と将来
……山口幸一……19

「地域中小企業集積創造的発展支援事業」
（複合素材による先染織物生産技術に関する研究）

複合素材の染色技術に関する研究

礒野禎三、杉本 太*、長谷川勝、小紫和彦、仙崎俊明、山口幸一
*皮革工業技術支援センター

要旨　播州織産地において実施されていなかった複合撚糸などの糸素材加工技術を検討し、得られた新たな糸素材を用いて織物開発を行うことにより、新規な需要と産地主導の企画商品の開発を目標に研究を行っている。本年度は、先染織物の製造技術と複合素材技術を組み合わせた織物の染色技術について検討を行い、綿/アクリル/ポリエステルの３者混用織物を３色に染め分けた織物を開発した。また、綿/ナイロン/ポリエステルの１浴多色染色技術を綿に対して中性固着型の反応染料を使用し、高温染色型のナイロン素材を用いることにより開発した。

１．　はじめに

播州織産地は、綿を中心とする短繊維を糸の状態で染色し、様々な色彩の糸を組み合わせて製織した先染織物の製造を行っているが、中国を中心としたアジア諸国の追い上げにより、厳しい状況におかれている。そこで、これまで実施されていなかった複合撚糸（長繊維と短繊維、短繊維と異種短繊維の糸の複合化したもの）などの糸素材加工技術を検討し、得られた新たな糸素材を用いて織物開発を行うことにより、新規な需要と産地主導の企画商品の開発を推進すると共に、諸外国の追随を許さない生産技術を確立するために、平成11年度から研究を継続している。これまでに種々の繊維素材の調査及び糸のアレンジ技術について検討し、製織に適合した２あるいは３種類の素材を複合した糸の製造技術や製織技術を確立した[1,2]。本年度は複合化した繊維の染色技術を確立することを目的とした。

このような複合素材のうち異種の繊維を混用した混用繊維材料の染色は、染料と繊維の組合せにより温度、pH 等の染色条件や染着性が異なるため困難である。２種類の繊維を混用した混用繊維材料、例えばポリエステル/綿やアクリル/綿の組合せについては古くから実用化されている。しかし、３種類の繊維の組合せについての染色技術はいまだ確立されていない。

表１　主要な繊維の種類と染料部属の関係

繊維	染料部属							
	反応	分散	酸性	カチオン	直接	建染	硫化	含金
綿(ｾﾙﾛｰｽ)	染着	汚染(小)	汚染(小)	汚染(小)	染着	染着	染着	汚染(小)
ﾎﾟﾘｴｽﾃﾙ	汚染(小)	染着	汚染(小)	汚染(小)	汚染(小)	汚染	汚染	汚染(小)
ナイロン	染着	染着	染着	汚染(小)	染着	染着	汚染(大)	染着
アクリル	汚染(小)	染着(淡色)	汚染	染着	汚染(小)	汚染	汚染	汚染(大)
CDP*	汚染(小)	染着	汚染(小)	染着	汚染(小)	汚染	汚染	汚染(小)
ﾄﾘｱｾﾃｰﾄ	汚染(小)	染着	汚染(小)	汚染	汚染(小)	汚染	汚染	汚染
ｼﾞｱｾﾃｰﾄ	汚染(小)	染着	汚染	染着	汚染	汚染(大)	汚染(大)	汚染
ウレタン	染着	染着	染着	汚染	染着	適用不可	適用不可	染着
羊毛	染着	汚染(大)	染着	汚染(大)	染着	適用不可	適用不可	染着
絹	染着	汚染(大)	染着	染着(一部)	染着	適用不可	適用不可	染着

*CDP:カチオン染料可染型ポリエステル

複合素材を活かした新しい織物を開発するため、3種繊維の3浴染色と1浴染色について検討した。

2. 実験方法

2．1 綿/アクリル/ポリエステルの3浴染色

綿糸(100%)、ポリエステル/綿混紡糸(65%/35%)及びアクリル/綿混紡糸(70%/30%)を用いた織物を製織し、

分散染料によるポリエステルの染色
↓
カチオン染料によるアクリルの染色
↓
還元洗浄
↓
反応染料による綿の染色

の順に、繊維と染料部属の組合せ毎に標準の条件で染色を行った。

2．2 綿/ナイロン/ポリエステルの1浴染色

分散染料によるポリエステルの染色
酸性染料によるナイロンの染色
反応染料による綿の染色

を

pH:	中性
温度:	130℃
中性塩:	多量
分散剤:	耐塩性のものを使用

の条件で同時に行った。

3. 結果及び考察

3．1 主要な繊維の種類と染料部属の関係

表1に主要な繊維の種類と染料部属との一般的な関係を示す[3)]。綿(セルロース)と反応染料の組合せを中心に3者混で異色染が可能な繊維の種類と染料部属の組合せについて検討した結果、綿/アクリル/ポリエステルの3浴染色と綿/ナイロン/ポリエステルの1浴染色について検討を行うこととした。

3．2 綿/アクリル/ポリエステルの3浴染色

この組合せでは、分散染料のアクリル繊維への染着の影響と各素材の熱的特性の差が問題となるが、黄色の分散染料とオレンジ又は赤のカチオン染料のような組合せを行うことにより、分散染料のアクリル繊維への染着の影響を回避することができた。また、各素材の熱的特性の差の影響は染色中に見られたが、染色後適切なヒートセットを行うことにより実用上問題の無い織物が得られた。

3．3 綿/ナイロン/ポリエステルの1浴染色

3浴染色では作業が煩雑でかつ長時間かかるため、1浴染色の可能性を検討した。分散染料/カチオン染料/反応染料の組合せでは、イオン性が異なるため1浴染色は非常に困難である。

そこで、分散染料によるポリエステルの染色/酸性染料によるナイロンの染色/反応染料による綿の染色を1浴で行う方法について検討した。染料と素材の組合せ毎に最適な染色条件が異なるが、必要性の高い条件を検討し、pH:中性、温度:130℃、中性塩:多量、分散剤:耐塩性のものを使用の条件で染色実験を行った。その結果を表2に示すが、反応染料は綿への染着が非常に悪くナイロンにも綿と同等の染着を示しており、この組合せは不適当であると考えられた。

このため、反応染料について調査を行い、中性固着型の反応染料を用いて染色実験を行った結果、表3に示すように、良好な染色性を示し、ナイロンへの染着はほとんど起こらなかった。しかし、ナイロンとして耐熱性が良いナイ

表2 1浴染色法の染着濃度*

染料	綿	ポリエステル	ナイロン
中温型反応染料			
YELLOW	8		9
RED	8		11
BLUE	12		5
分散染料			
YELLOW		54	32
RED		67	36
BLUE		47	21
酸性染料			
YELLOW			90
RED			68
BLUE			71

*(標準の染色法を１００としている)

表３　中性固着型反応染料を用いた１浴染色法の染着濃度*

染料	綿	ポリエステル	ナイロン
中性固着型反応染料			
YELLOW	61		0
RED	67		6
BLUE	80		6
分散染料			
YELLOW		51	30
RED		56	31
BLUE		44	22
酸性染料			
YELLOW			87
RED			62
BLUE			71

*(標準の染色法を１００としている)

表４　高温染色型ナイロンを用いた１浴染色法の染着濃度*

染料	綿	ポリエステル	ナイロン
中性固着型反応染料			
YELLOW	84		2
RED	74		0
BLUE	84		4
分散染料			
YELLOW		100	9
RED		79	15
BLUE		66	12
酸性染料			
YELLOW			86
RED			89
BLUE			89

*(標準の染色法を１００としている)

ロン66を用いたが、大きく風合は損なわれた。

そこで、ナイロンについて調査を行い、DuPont製の130℃染色が可能な高温染色型ナイロン「カラーセーフ」を用いて染色実験を行った。その結果を表４に示すが、高温染色型ナイロンは風合の劣化が無く、さらに分散染料の染着が通常のナイロンの1/3～1/2に減少し、より鮮明に多色染色が可能であることが明かとなった。

４．　結　　論

複合素材織物の多色染色技術について検討を行った結果、次のことが明らかとなった。

（１）綿/アクリル/ポリエステルの３者混用織物を３色に染め分けた織物を開発した。

（２）綿/ナイロン/ポリエステルの１浴多色染色技術を中性固着型の反応染料と高温染色型ナイロンを用いることにより、可能性を見出した。

以上の成果により、先染織物製造技術を活かしながら、多品種、少量でQRに対応した織物の製造が可能となると考えられる。

参 考 文 献

１）佐伯光哉，竹内茂樹，藤田浩行，平瀬龍二，古谷 稔，礒野禎三，杉本 太，小紫和彦，仙崎俊明，山口幸一，兵庫県立工業技術センター繊維工業指導所研究報告(平成12年度)，32,1(2000).

２）古谷 稔，佐伯光哉，竹内茂樹，藤田浩行，瀬川芳孝，小紫和彦，仙崎俊明，山口幸一，兵庫県立工業技術センター研究報告書(平成13年度)，10,20(2001).

３）住友化学工業(株)，「混用品の染色(吸尽染色法)」外 染料メーカー各社の技術資料を基に作成.

綿、ポリエステル等の汎用繊維と導電性高分子の複合による高機能化に関する研究

平瀬龍二*、石原マリ*、三浦久典**、杉本　太***、瀬川芳孝
* 材料技術部、** ものづくり開発部、*** 皮革工業技術支援センター

要旨　綿、ポリエステルなどの絶縁性繊維とモノマーなどからなる電解液を２枚の板状電極間に挟み、電流を流すことにより、容易に導電性高分子－繊維複合体が得られることを見い出した。この方法は特にポリアニリンに対して有効であり、陽極に生成するポリアニリンは定量的に繊維表面に付着した。複合材料の表面抵抗はポリアニリン付着量の増加に伴い減少し、ポリアニリン付着量が約 2wt%でほぼ一定（約$5.0\times10^{5}\Omega/\square$）となった。複合材料の SEM 観察により、ポリアニリンは繊維表面を均一に被覆しており、また繊維表面におけるポリアニリンの生成過程は大きく３段階にわけることができると判明した。この複合材料はその表面抵抗が約$5.0\times10^{11}\Omega/\square$以下になると帯電防止性を発現した。また、ポリピロールとの複合材料では電磁波シールド性があることを確認した。その性能は材料の表面抵抗が低いほど優れていた。また、高周波におけるシールド特性が良ことも判明した。

１　緒　　言

繊維製品の高機能化の１つである導電化はこれまで主に界面活性剤、無機導電性フィラー、金属めっきなどの方法で行われてきた。しかし、これらの方法により製造された繊維素材は繊維としての風合い、柔軟性、堅牢度などの問題から用途が限定されていたため、新たな導電化技術の開発が望まれていた。このような問題を解決できるものとして、綿、ポリエステルなどの絶縁性汎用繊維の表面を導電性高分子（ポリアニリン、ポリピロールなど）で被覆して導電化する方法が考えられた。本研究は導電性高分子被覆繊維素材（複合繊維）の製造方法の開発とその物性の把握を目的とした。

２　実　　験

２．１　電解重合による方法

アニリンを電解重合する際に陽極近傍に繊維素材などの物質が存在する場合、その表面にポリアニリンが生成することを見い出した。この特性を利用して繊維素材（布帛など）とポリアニリンを複合する装置として図１に示すものを考えた。

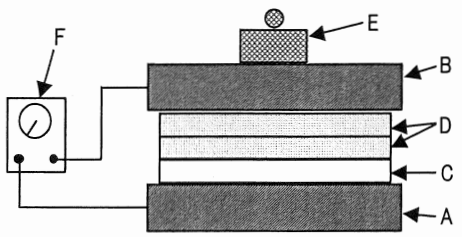


図１　装置の概略（Ａ：陽極、Ｂ：陰極、Ｃ：複合対象繊維、Ｄ：綿布などの電解液保持材、Ｅ：荷重、Ｆ：直流電源）

0.5mol/l HClに0.025～0.1mol/lのアニリンを溶解したものを電解液とした。この電解液を十分含ませた繊維素材を２枚の電極間に挟み、4.9Nの荷重を加えて2.4Vの電圧で所定時間電解重合を行った。今回は複合対象繊維素材にポリエステル織物を用い、複合処理は両面に対して行った。

２．２　酸化剤重合による方法

0.01～0.04mol/lのピロールとその2.4倍モルの塩化鉄(Ⅲ)とp-トルエンスルホン酸を水に溶解して反応液とした。反応液500mlに対し繊維（今回はPET不織布）3gを投入し、氷冷しながら２時間酸化剤重合を行った。

２．３　複合繊維の物性測定

帯電性試験はJIS L 1094(1988)に準じて行った。電磁波シールド特性はアドバンテスト法により測定した。

３　結果と考察

３．１　電解重合による複合繊維の合成とその物性

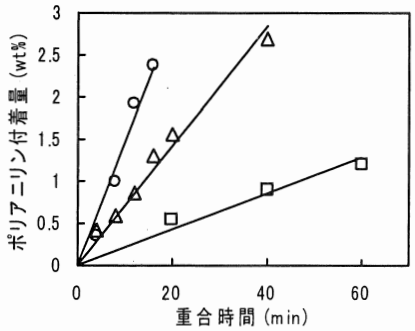


図２　ポリアニリン付着量とアニリン濃度の関係
アニリン濃度：(○)0.1mol/l、(△)0.05 mol/l、(□) 0.025mol/l

図１に示した装置を用いた場合における重合条件と

得られる複合繊維の性質の関係を調べた。ポリエステル繊維に対するポリアニリンの付着量と電解液中のアニリン濃度との関係を図２に示す。

電解液中のアニリン濃度が高くなるに伴い繊維表面に付着するポリアニリン量も増加することがわかった。また、ポリアニリン付着量は重合時間に対して直線的に増加していることより、陽極から生成したポリアニリンは定量的に繊維表面に付着していると言える。図３には複合繊維のポリアニリン付着量と表面抵抗の関係を示す。複合繊維の表面抵抗値はポリアニリン付着量の増加に伴って減少し、ポリアニリン付着量が約２wt%以上でほとんど変化しなくなった。

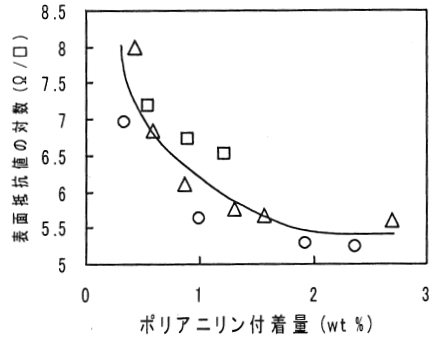
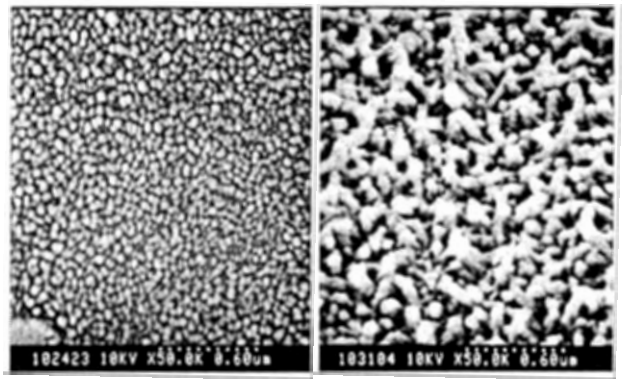


図３　ポリアニリン付着量と表面抵抗値の関係
アニリン濃度：(○)0.1mol/l、(△)0.05 mol/l、(□) 0.025mol/l



(A)　0.6μm　　(B)　0.6μm

図４　複合繊維表面のSEM観察結果
Ａ：重合時間30秒、Ｂ：重合時間８分
（電解液のアニリン濃度は0.05mol/l）

複合繊維の表面を走査型電子顕微鏡（SEM）により観察した結果を図４に示す。重合の初期では(A)のように微細な粒状のポリアニリンが付着していることがわかる。重合が進行すると(B)のような網目状のポリアニリンが観察できた。複合繊維表面の経時変化をSEMにより観察した結果、繊維表面におけるポリアニリンの生成過程は次のような３段階からなると推測できた。最初の段階では、陽極付近で発生した微細な粒状のポリアニリンが電解液を移動し、PET繊維の表面に吸着される。第２段階では、陽極に接触したポリアニリンからの電子移動により、繊維表面に吸着した粒状のポリアニリンが成長する。最終段階では、粒状のポリアニリン間の結合により網目状のポリアニリンが形成する。

次に複合繊維の性能として帯電防止性を測定した。結果を図５に示す。図５からわかるように複合繊維の表面抵抗値が約$5.0\times10^{11}\Omega/\square$以下で帯電圧半減期が急激に減少している。このことより、 約$5.0\times10^{11}\Omega/\square$以下の表面抵抗値の複合繊維は帯電防止性を有すると言える。今回開発した方法を用いれば繊維に対して短時間で容易に帯電防止加工を行えることがわかった。ポリアニリン複合繊維の電磁波シールド性については表面抵抗値が高かったために満足な結果は得られなかった。

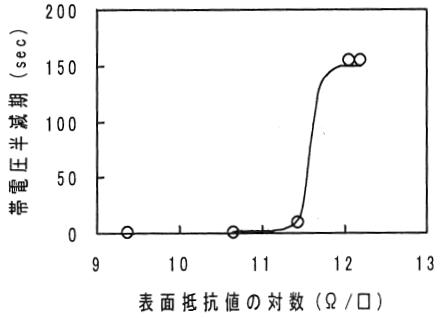


図５　複合繊維の表面抵抗値と帯電圧半減期の関係

３．２　酸化剤重合による複合繊維の合成とその物性

複合繊維の導電性をより良くするためにポリピロールと繊維素材との複合を検討した。図１の装置を用いる方法はポリピロールと繊維素材との複合には適用できなかったので、酸化剤重合による方法[1]で複合繊維の作製を行った。複合繊維の処理条件と得られた繊維のポリピロール付着量、表面抵抗および電磁波シールド特性を表１に示す。

表１　ポリピロール複合繊維の物性測定結果

ﾓﾉﾏｰ濃度	ﾎﾟﾘﾋﾟﾛｰﾙ	表面抵抗値	電磁波減衰率（dB）		
(mol/l)	付着量(wt%)	(Ω／□)	250MHz	500MHz	1000MHz
0.01	0.64	468.0	- 0.03	0.03	- 0.22
0.02	2.91	64.8	- 0.22	- 1.06	- 8.28
0.04	11.48	8.6	- 3.66	- 9.97	- 22.31

反応溶液中に含まれるモノマー（ピロール）濃度が高くなるに伴い複合繊維に付着したポリピロール量は増加し、表面抵抗値は減少した。電磁波シール

ド性は表面抵抗値が低いものほど優れていた。また、この材料は高周波数におけるシールド特性が良いと判明した。

4　結　　論

電解重合を用いた導電性高分子による新規な繊維加工技術を開発した。この装置を用いることにより、ポリアニリンと繊維素材を複合した機能性繊維材料を容易に作製することができた。少量の導電性高分子が付着した複合繊維でも帯電防止性能を示した。また、ポリピロールを多量に複合した繊維材料においては電磁波シールド特性を示すことが明らかとなった。

参 考 文 献

1)R.V.Gregory, W.C.Kimbrell and H.H.Kuhn,
Synth.Met., 28,(1989),C823

排水処理における余剰発生汚泥の減量化技術

杉本　太*，礒野禎三，仙崎俊明，山口幸一

*：皮革工業技術支援センター

要旨　産業廃棄物の最終処分地の問題点(立地確保，収容量制限)から，排水処理施設において発生する汚泥の埋立処理がクローズアップされており，これら問題を解決する上で余剰汚泥の発生量を減量化するための技術開発が求められている．本研究では，有効な処理対策技術について検討を行い，播州織産地に適した処理方法を提案した．

1　緒　言

水処理施設から発生する余剰汚泥の処分量は多大なものであり，その処理処分はロンドン条約による海洋投棄の禁止(1996年より日本も原則として禁止[1])や，環境アセスメントによる環境影響評価で，次第に廃棄物の埋立地の立地，収容量の制限によって，今後廃棄物の受入れが困難になってきており，今後ますます深刻さが増大する傾向にある．

一方，播州織産地においては，染色･整理加工排水の処理で多量の余剰汚泥を発生しており，産業廃棄物の最終処分地の確保から，発生汚泥の埋立処理の問題がクローズアップされている．

したがって，これら問題を解決する上で余剰汚泥を削減するための技術開発が望まれる．

汚泥を減量化するための対策技術としては，一つに発生した汚泥を利用する再資源化技術である．他方は，発生する汚泥そのものを減量化する技術である．最近では，排水処理工程において「汚泥をできるだけ出さない.」または「汚泥を出さない．」といった汚泥の減量化やゼロエミッション化の考え方により，多くの研究開発が進められている．

実際のところ，水処理施設で発生する汚泥を再利用できれば最も好都合ではあるが，汚泥は下記にも示すように，重金属などの有害物質も含有するなど，用途展開に問題点を含んでおり，現状としては一部建設資材やコンクリート用材として利用されているが，再資源化など進んだ状況にはないと思われる．

そこで本報では，当産地内の染色工場や整理加工場における汚泥の発生状況，有効な汚泥の処理対策技術について検討を行い，当産地に適した処理方法を提案することを目的とした．

2　汚泥処理の現況

染色排水は，COD(化学的酸素消費量)成分除去を目的とした硫酸鉄(II)による凝集沈殿処理を行った後，活性汚泥処理をして，処理水を河川放流している[2]．この2段処理によって，凝集沈殿から凝集剤に起因する鉄系の汚泥と，活性汚泥から発生した余剰汚泥を混合して脱水処理し，含水率75～80 %，固形分20～25 %(固形分のうち90 %以上は鉄成分で，その他，有機物や無機塩類などを含む．)で，外部委託により運搬，埋立処理を行っている．この場合，発生する汚泥運搬量は染色工場14社で約10 m^3/日の規模である．

一方，整理加工排水は，BOD(生物化学的酸素消費量),COD 各1000～1500 mg/lの有機成分主体の排水を，活性汚泥法(一部の処理施設では，嫌気性処理や加圧浮上処理の併用を含む．)により処理している．発生する余剰汚泥は，含水率80～90 %の脱水ケーキを外部委託により埋立処理を行っている．この場合の発生汚泥の運搬量は整理加工工場5社で約10 m^3/日である．

3　汚泥の減量化処理技術

3.1　汚泥の脱水，乾燥処理

水処理施設で発生した汚泥を，脱水・乾燥処理して減量化する方法について検討した．

これまでの既存技術としては，汚泥濃縮，遠心分離，フィルタープレス，真空ろ過，ベルト式加圧ろ過，ディスクフィルターなどがあり，含水汚泥を脱水，乾燥，焼却して埋立処分するものである．近年，汚泥の発生量の増大に伴い，無機系脱水剤(生石灰やポリ塩化アルミニウムなど)を有機系脱水剤(高分子凝集剤など)に切り替えた加圧脱水や，高圧型のスクリュープレス機により含水率50 %程度まで脱水できるものをはじめ，低温で真空乾燥する方法など，汚泥の種類によっては数%～数十%となる脱水・乾燥処理法など多数報告されている．

例えば，当産地においては汚泥に高分子凝集剤を加え，フィルタープレスなどで汚泥の含水率を75～90 %程度にする脱水処理が一般に行われており，含水率を低下させることは処理費用の節減につながり，現状の収集運搬，埋立処理には適しているものといえる．なお，この場合の問題となる側面は，埋立地の確保である．たとえば，大阪湾フェニックス計画[3](大阪湾圏域広域処理場整備事業)における受入廃

棄物の基準は表1に示すように，当産地のような有機性汚泥の場合，焼却施設により熱しゃく減量10%以下に焼却されたもので，かつ表2の判定基準以下の数値の廃棄物となる．したがって現状の埋立地の確保が整えば，かなりの効率で対応可能であるが，最近の環境アセスメントによる埋立地の立地条件は困難な状況にあり，上記に示したような処分地に対応した汚泥の処理が必要である．

3.2　水処理技術による余剰汚泥の減量化技術

当産地における繊維系排水の処理は，前記のとおり凝集沈殿による鉄系汚泥と活性汚泥法による生物処理からの発生汚泥である．

発生する汚泥量をできるだけ少なくするための技術として，生物処理においては長時間曝気を行う方法や，少量の排水量の場合では回転生物膜法が，嫌気-好気法など活性汚泥の自己酸化率(自己酸化による汚泥の減少係数)を増加させるなどの方法がこれまでの報告で見られた．最近では，腐植土，スギナやサポニンなどの添加材を加えて，汚泥の発生(汚泥転換率)を減少させる方法や，曝気槽内の汚泥濃度を増加させ，高いMLSS(曝気槽内の混合液中の浮遊物質)濃度で運転する方法(以下，高MLSS濃度とする．)，余剰汚泥を化学的または物理的に可溶化して曝気槽に返送し，汚泥を減量化する方法が報告されている．ここでは上記に示すように，余剰汚泥量の発生を低減する方法のうち，当産地に適応可能なものとして，

（1）汚泥転換率を減少させる処理
（2）活性汚泥濃度の増加，高MLSS濃度による処理
（3）余剰汚泥の可溶化処理

について検討，評価を行った．

(1)　汚泥転換率を減少させる処理

活性汚泥処理におけるBOD除去と汚泥増殖量(余剰汚泥の発生量)との関係を表す式は，

$$\Delta X = aSr - bX \qquad (1)$$

で示される．なお，ΔX:余剰汚泥発生量(kg/日)，Sr:除去されたBOD量(kg/日)，X:混合液中の活性汚泥量(kg)，a:除去BOD汚泥転換率(-)，b:体内呼吸による汚泥の自己酸化率(L/日)である．この場合の処理は，右辺第1項のaを小さくする処理である．添加材として腐植土，スギナまたはサポニン等を活性汚泥濃縮槽に添加し，溶出した成分と活性汚泥を接触させることで処理機能が促進され，発生する汚泥量が減量される処理である．処理的には不明な点もあるが，腐植土による汚泥の削減は農業集落排水施設で，サポニン添加による場合はし尿施設での運転実績がある．

(2)　活性汚泥濃度の増加，高MLSS濃度による処理

この処理は式(1)の右辺第2項Xを大きくする処理である．現在，生物処理に最も広く用いられている標準活性汚泥法では，活性汚泥と処理水を沈殿槽で重力沈降により固液分離しているため，リアクター内に保持できる汚泥の濃度は，活性汚泥の沈降分離特性に依存していたが，処理の安定化と効率化を目的として処理槽内の汚泥濃度を高く維持する方法が考えられ，たとえばろ過膜を利用した方法(膜分離活性汚泥法)がある．

一般的な特徴としては，

A)処理水質が汚泥の沈降性に左右されず，SSが完全に除去される．
B)微生物の高濃度保持による有機物の高分解性の期待．
C)硝化細菌の高濃度保持による脱窒による窒素除去が容易．
D)特定微生物の増殖，保持による難分解性物質の分解の進行が望める．
E)長時間滞留，余剰汚泥発生量の減量化の期待．

があり，かつ膜モジュールを曝気槽に浸漬するので，最終沈殿池は不要になるだけでなく，曝気槽のMLSSを10000 mg/l以上と高く運転できる．その反面この処理法では，膜ろ過の能力を超えて排水が流入した場合，水位が上昇して溢れ出し，この際に活性汚泥などの流出などが挙げられる．上記にも示したように，曝気槽の高MLSS濃度による運転が容易に達成できるとされているが，菌体外高分子物質の蓄積や，膜の閉塞などを考慮し，MLSSは6000～12000mg/l程度に設定することが多い．実験的には多くの検討例があり，ビルの雑排水の処理などに利用されている．

また，固体表面への微生物の付着特性を利用し，汚泥濃度を高く維持する方法について，中でも染色排水の脱色･分解処理において，粉末状活性炭を担体として利用した活性炭添加活性汚泥法(PACT法)がある．活性汚泥の曝気槽に粉末活性炭を通常の数百～数千mg/l添加する．一般的には，処理困難な有機物(たとえば染料など)を活性炭吸着によって除去し，易分解性有機物は活性汚泥によって分解除去するもので，フェノール，シアンなどを含む工場排水，染色系着色排水，埋立処分場浸出水の処理などの研究例[4,5]がある．処理フローを図1に示す．他に特徴としては，粉末活性炭が流入水の水質変動に対して緩衝材として機能したり，活性汚泥の沈降性の向上

表１　廃棄物の受入れの個別基準

廃棄物の種類		受入基準
一般廃棄物	1 可燃ごみ	・焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの.
	2 不燃・粗大ごみ	・概ね 30cm 以下に破砕等されたもの. ・破砕後の可燃物は，焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの.
	3 し尿処理汚泥	・焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの.
産業廃棄物	1 上水汚泥	・含水率 85%以下．判定基準以下.
	2 下水汚泥	・焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの．判定基準以下
	3 燃え殻	・熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの．判定基準以下
	4 汚泥(1 と 2 を除く)	・含水率 85%以下．判定基準以下. ・有機性汚泥･･･焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの．判定基準以下
	5 鉱さい	・概ね 30cm 以下．判定基準以下
	6 ばいじん	・乾式集じんダスト･･･加湿し，判定基準以下 ・湿式集じんダスト･･･含水率 85%以下．判定基準以下
	7 廃プラスチック類ゴムくず	・焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの．判定基準以下 ・概ね 15cm 以下に破砕されたもの. (中空のもの，浮遊するもの，腐敗性のものが付着しているものを除く．)
	8 金属くず・ガラスくず及び陶磁器くず	・概ね 30cm 以下
	9 がれき類	・概ね 30cm 以下
	10 その他の管理型産業廃棄物	・不燃性のもの･･･概ね 30cm 以下．判定基準以下 ・可燃性のもの･･･焼却施設により熱しゃく減量 10%以下に焼却されたもの．判定基準以下
陸上残土		・水分を多量に含まないものであって，木片，ごみ等他の廃棄物が混在しないもの.
浚渫土砂		・木片，ごみ等他の廃棄物が混在しないもの.

*:紙くず，木くず，繊維くず，動植物残さ，動物の糞尿，動物の死体，廃酸，廃アルカリ，廃油，特別管理廃棄物は受け入れ不可

表 2　廃棄物の受入判定基準

項　　目	判 定 基 準 値
アルキル水銀化合物	検出されないこと
水銀又はその化合物	0.005　mg/l 以下
カドミウム又はその化合物	0.1　mg/l 以下
鉛又はその化合物	0.3　mg/l 以下
六価クロム又はその化合物	0.5　mg/l 以下
ヒ素又はその化合物	0.3　mg/l 以下
有機リン化合物	1　mg/l 以下
シアン化合物	1　mg/l 以下
ポリ塩化ビフェニール(PCB)	0.003　mg/l 以下
トリクロロエチレン	0.3　mg/l 以下
テトラクロロエチレン	0.1　mg/l 以下
セレン又はその化合物	0.3　mg/l 以下
ジクロロメタン	0.2　mg/l 以下
四塩化炭素	0.02　mg/l 以下
1,2-ジクロロエタン	0.04　mg/l 以下
1,1 -ジクロロエチレン	0.2　mg/l 以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4　mg/l 以下
1,1,1-トリクロロエタン	3　mg/l 以下
1,1,2-トリクロロエタン	0.06　mg/l 以下
1,3-ジクロロプロペン	0.02　mg/l 以下
チラウム	0.06　mg/l 以下
シマジン	0.03　mg/l 以下
チオベンカルブ	0.2　mg/l 以下
ベンゼン	0.1　mg/l 以下
ダイオキシン類	3　mg/l 以下

*:ダイオキシン類は，ばいじん，焼却灰，その他の燃え殻及び廃ガス洗浄施設から排出された汚泥及びこれらを処分するために処理した廃棄物並びにこれらを含有し又は付着した廃棄物に適用する．

**:ダイオキシン類は，既設(2000 年 1 月 15 日までに設置され，又は設置工事がされている施設)の施設は，2002 年 11 月 30 日までの間適用しない．

***:ダイオキシン類は，既設の施設について次に揚げる方法により処分を行う限り適用しない．(1. セメント固化，2. 薬剤処理，3. 酸抽出)

[6]，余剰汚泥処理における活性炭混合による脱水性の改善[7]などがあり，粉末活性炭の持つ種々の特性を利用して，より安定した生物処理を可能にする処理技術の一つであると考えられる．一方，問題点としては膜分離の場合と同様に，高濃度の汚泥を維持しながら槽内の閉塞をいかに防止するかという点である．また，この方法で廃活性炭などが汚泥として発生するが，たとえば染色排水の処理において，当産地のような凝集沈殿と活性汚泥を併用する2段処理の場合，これら粉末炭を添加することにより，BODやCOD負荷の範囲内で活性汚泥単独の処理が可能と思われる．したがって，凝集沈殿処理において発生する汚泥分は十分減量できるものと推察される．

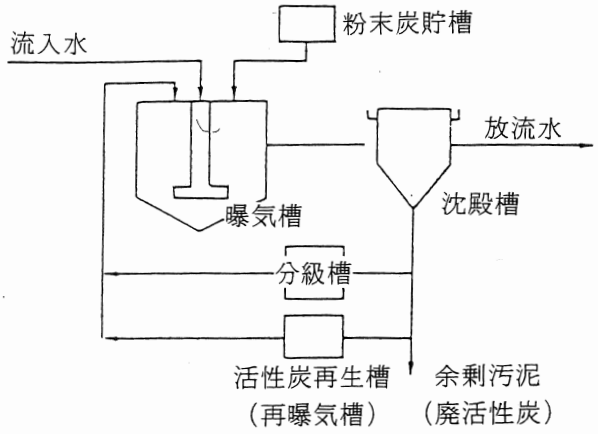


図1　粉末活性炭添加活性汚泥法の処理フロー

(3)　余剰汚泥の可溶化処理

(1)(2)の処理方式とは別に，活性汚泥の汚泥返送系に汚泥の可溶化プロセスを導入し，可溶化した液を曝気槽に戻して生物処理を行う方法がある．可溶化された汚泥が処理槽でさらに分解されるため，最終的な汚泥への変換率が低くなる．そこで，可溶化する方法について以下に述べる．

(3-1) オゾンによる汚泥の可溶化処理

オゾンによる汚泥の減量化技術を用いた活性汚泥処理について，その処理フローを図2に示す．活性汚泥プロセス内の返送汚泥を一定量引抜いてオゾン処理を行った後，再び曝気槽へ循環返送しながら汚泥の減量化を行うものである[8]．

オゾン処理によって，汚泥は生物的に分解されやすい物質に変化し，曝気槽において生物分解される．図3は，返送汚泥へのオゾン添加実験の対照系(オゾン無添加)余剰汚泥量と，実験系(オゾン添加)余剰汚泥量との差を対照系余剰汚泥量を基準とした余剰汚泥削減率(%)で示したものである[9]．オゾン添加を始めると汚泥削減率が上昇し，オゾン供給を停止すると発生汚泥量が対照系と同程度になり，余剰汚泥が削減されていることがわかる．その他，オゾン処理によって放線菌スカムの抑制効果や，活性汚泥の沈降性の改善効果のあることも挙げられている[8]．また最近の報告では，嫌気-好気活性汚泥法や膜分離活性汚泥法にオゾンを併用した例や活性汚泥の糸状性バルキング発生の制御についての検討例などがある．なお一方では，汚泥の種類，状態によってはオゾンによる可溶化後に，一度汚泥に吸着した汚濁成分が溶出するためにCOD成分等が上昇する場合も考えられ，汚泥の減量とともに水質への処理効果を見る必要がある．

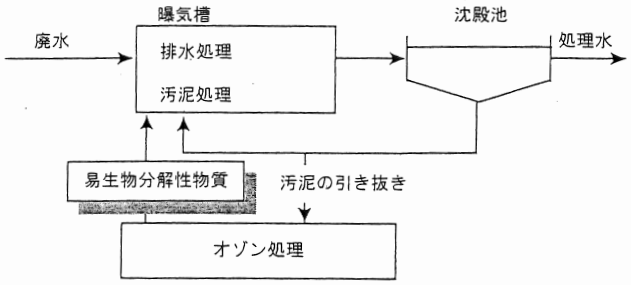


図2　オゾン添加による汚泥の処理フロー

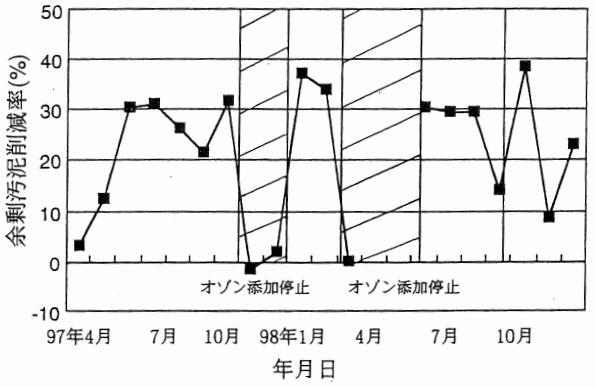


図3　オゾン添加による余剰汚泥の削減率の傾向

(3-2) 他の汚泥の可溶化処理

その他，余剰汚泥を可溶化処理して減量化する方法としては，引抜いた余剰汚泥を高温好気性条件下で生物処理し，その汚泥を曝気槽へ循環返送する．その条件下で好熱菌から分泌される細胞外酵素の作用で汚泥が可溶化され，汚泥が生物分解されやすい形態に変化し，処理する方法である．また，活性汚泥からの余剰汚泥を水熱反応器で亜臨界熱水中で加水分解して，糖，アミノ酸，脂質などの生分解性物質へ変換・改質し，この改質液を曝気槽へ返送して代謝・分解する方法もある．その他，生物処理で発生する余剰汚泥の一部に薬剤(酸など)を添加して，

加水分解により可溶化し，再度曝気槽へ返送して生物・分解処理する方法や，高速回転ディスク，超音波，高圧ホモジナイザーなどによる汚泥のすり潰し，破砕による汚泥の物理的な分解法などがある．

これら可溶化処理についてたとえば，水熱法は水熱反応温度を300℃程度にする必要があり，減圧弁，反応系のスケールの問題など技術的な課題があるなど，実証実験へ向けて，回分法や連続法による反応条件の設定など，経済性の評価を含めた検討を行う必要がある．

4　結　論

近年，注目されている汚泥処理技術について調べた．中でも下水汚泥に関する余剰汚泥の処理技術は数多く検討されており，繊維系排水の汚泥対策を含め大きな課題となってきている．

本報では，当産地の染色・整理加工系から排出される汚泥の対応可能な減量化処理技術について上記の結果を基に検討した．

整理加工後の糊抜き排水および染色排水の活性汚泥処理における対応策を示すと，

1)脱水・乾燥処理
2)腐植土，スギナなどの添加材を加える処理
3)曝気槽内のMLSS濃度を高負荷に維持した運転
4)汚泥の可溶化処理を施した処理

などの処理技術が当産地内で対応可能と考えられる．

なお，脱水・乾燥処理については現状の汚泥発生量の減量には寄与するが，将来的には熱しゃく減量の問題を見据えて対応する必要がある．

したがって，汚泥の処理プロセスを選定するに当たって最も重要なことは，1)の脱水・乾燥処理のように発生汚泥をそのまま処理するのか，2)～4)のように水処理プロセスを再構築するのかを選択する必要がある．そのためには維持管理の容易さや汚泥生成量か，水処理をどこまで行うのかを考慮に入れて，ランニングコスト，施設コスト，処理場所や処理速度などを選定するための基準とすることである．

一方，こういった汚泥の減量化対策を検討，導入する動きは播州織産地内でもみられ，汚泥の脱水・乾燥処理や，染色排水の処理において，現状の凝集沈殿と活性汚泥を併用した処理を再考し，3.2(2)のような活性汚泥の曝気槽に粉末活性炭(PAC)を添加して，PAC表面への微生物の付着特性を利用し，曝気槽内の生物濃度を高く維持することにより，発生する汚泥を抑制する方法など検討されている．

こういった対策は今後必要となり，当所においても技術支援を進める所存である．

参 考 文 献

1）環境法令研究会編：”環境六法”，廃棄物の処理及び清掃に関する法律(第六条四-イ)，中央法規出版(2000)p.1622.
2）杉本　太，礒野禎三：環境技術，**28(11)**,820(1999).
3）大阪湾広域臨海環境整備センター編：大阪湾フェニックス計画(大阪湾圏域広域処理場整備事業)(2000).
4）M.C.Marquez，C.Costa：*Water Res.*,**30(9)**,2079(1996).
5）中野重和，筧　正彦：加工技術，**28(9)**,622(1993).
6）M.Reinbold：*Tech.Sci.Munic.*,**77(5)**,213(1982).
7）杉本　太，礒野禎三：用水と廃水，**42(12)**,1113(2000).
8）安井英斉，深瀬哲朗，堺　好雄，松橋隆治：環境技術，**28(8)**,527(1999).
9）五井正季，窪田雅一，小田川國男：地球環境，**1999(7)**,92.

織物立体曲面におけるテクスチャの表示方法について

佐伯光哉，瀬川芳孝，山口幸一

要旨： 現在幅広く使用されつつある織物の製品表示について，現在利用されているＣＧ（コンピュータグラフィックス）による織物見本イメージの作成技術では，織物の素材，仕上げ加工などによって発生する表面の特徴，いわゆる質感を考慮したものではないため，表示画像から感じられる質感は著しく低下している．そこで，織物立体曲面の画像情報から，質感を構成する特徴として，表面反射明度，明度のむら，糸などによるすじ状の模様に関する情報を抽出し，これらの特徴を表現することにより質感の表現を試みた．その結果，播州織物産地で関係の深い２種類の織物素材について質感表現による効果が確認できた．

１．はじめに

織物，衣類の見本イメージが，産地内の織物生産をはじめ，アパレルにおける指図書および電子カタログなどに広く活用されつつある．しかし，現在利用されているＣＧによる織物見本イメージの作成技術は，織物ごとに固有に持つ表面の特徴，いわゆる質感を考慮したものではないため，イメージ画像のもつ質感は著しく低下している．そこで，織物のもつ視覚による質感を見本イメージに忠実に再現するためには，織物の表面反射特徴を考慮したイメージ作成方法の確立が必要であると考えられる．このことから，立体的な織物表面に見られる視覚による質感特徴を表現する方法について検討した．表現する質感の範囲は，人が対面してコミュニーケーションを交わす距離範囲において視認可能な質感の範囲とした．

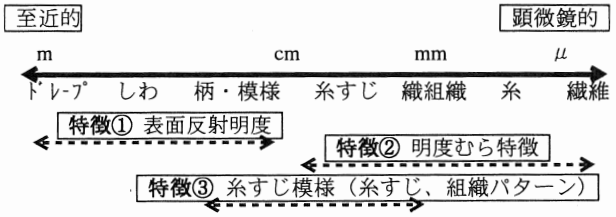


図１ 織物構造要因と表面反射的な質感特徴との関係

２ 実験方法

２.１ 織物の表面反射的な特徴選択

視覚による質感を表現するために利用した織物表面の反射的な特徴は，①表面反射明度，②明度むら特徴，③糸すじ模様などの特徴の３種類を選択した．これら３種類の特徴は，図１に示したように，糸を構成する繊維のような顕微鏡的な構造要因からドレープなどの肉眼レベルの構造要因との関係が深い質感を表現する表面反射的な特徴である．

２．２ 試料

実験に使用した布の素材は，スパン織物として綿，フィラメント織物としてポリエステル素材を選び，JIS の試験規格品（JIS L 0803 染色堅ろう度試験用）を試料として使用した．

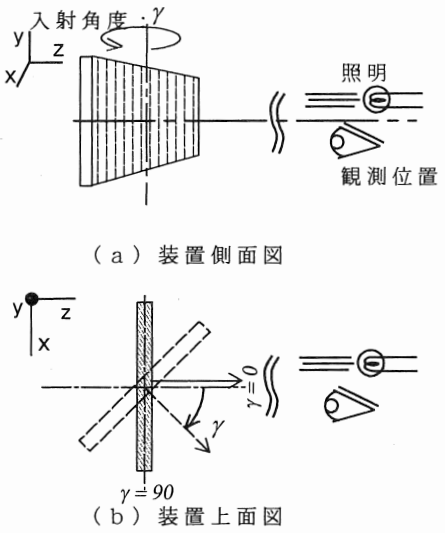


図２ 測定装置

２.３ 測定方法

図２は，織物の表面反射特性と入射角度との関係を測定するための装置で，試料織物と照明，視線の位置関係を示しており，図２(a)は上面図，図２(b)は側面図を示している[1)]．試料は，視点と照明位置から 7m 離れた位置に設置した．撮像はＣＣＤカメラを用いて行い，0-256 レベルに量子化して出力されたモノクロ画像を特徴抽出に使用した．

試料取り付け台は，図２のように水平面内を回転することで，入射角度γを変化させることが可能

である．入射角度γは織物表面の法線と照明および視線方向のなす角度で，γ=0 を図 2(b)のように設定した．織物のたて糸方向は，垂直方向と一致させて試料台に固定した．照明は平行光線としてある．

2．4　特徴抽出

表面反射明度，明度むら，糸すじ模様による特徴はそれぞれ次のように抽出した．

①表面反射明度は，織物表面画像の画素濃度の平均値と入射角度の関係より，最小二乗法を用いた５次の曲線の補間式より求めた．②明度むら特徴は，織物表面画像の画素濃度の標準偏差値σと入射角度の関係より求めた．③糸すじ模様による特徴は，織物たて，よこ糸方向の成分に分離した後，単一の閾値から２値化処理後，線分抽出を行い，線分の長さによる度数分布情報に基づいて作成した．原画像は 22cm の織物表面を 512 × 512dot の解像度で撮像したものを使用した。

2．5　表現方法

質感特徴の表示は，織物曲面における cos γを示した情報を基にして行った．濃度値，および標準偏差値と cos γとの関係を計測結して得られる５次の多項式を用いた．織物上の頂点における画素輝度は，cos γをパラメータとして多項式より濃度値と標準偏差値σが算出され，糸すじ模様を柄位置対応[2)]させた濃度値を加え，さらに，３次元的な位置対応処理により質感を再現した立体的な画像を生成した．

3　結果と考察

3.1　特徴情報の抽出結果

①表面反射明度

図３は，織物表面の画像の平均明度値(m)と照明の入射角度に関する cos γとの関係を示したものである．綿織物では，cos γの増加に従って比例的に明度の増加する，いわゆる拡散反射面に近い反射特性を示している．一方，ポリエステルでは入射角度の広い範囲（入射角度０～70°）にわたって強い反射を示しめしており，ポリエステル織物に観察される見た目の光沢感と一致している．

②明度むら特徴

図４は，織物表面画像の濃度値の変動率(σ/m)と入射角度に関する cos γとの関係を示したものである．全体的に，綿の方が輝度のむらは大きくなっており，天然素材でスパン糸の綿と，人工物であるフィラメント糸を用いて作られた織物の均整さが現れている．図３を参照すると，明度の大きいところの cos γでは，図４に示される変動率は，小さくなっており，逆に，明度の小さいところ（暗く見えるところ）で，変動率が大きくなる傾向にある．これは，表面形状が複雑なことに起因すると考えられる．

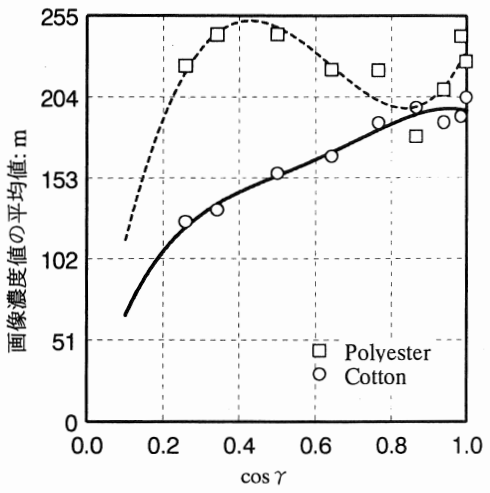


図３　織物画像濃度の平均値と
入射角度による cos γとの関係

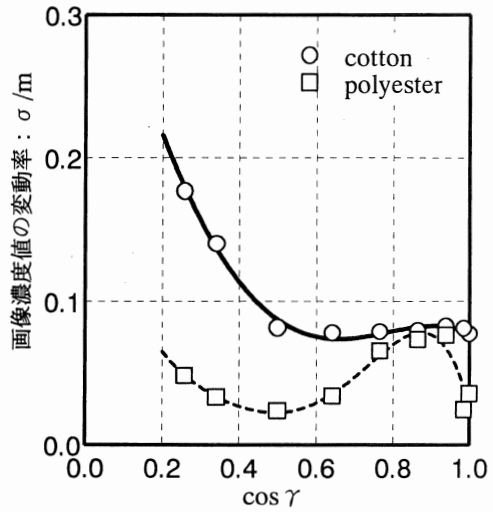
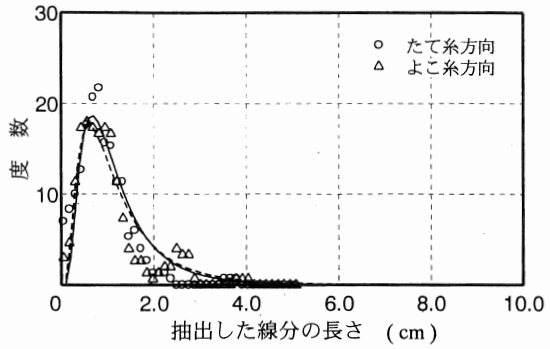


図４　画像濃度の変動率σ/m と
入射角度による cos γとの関係

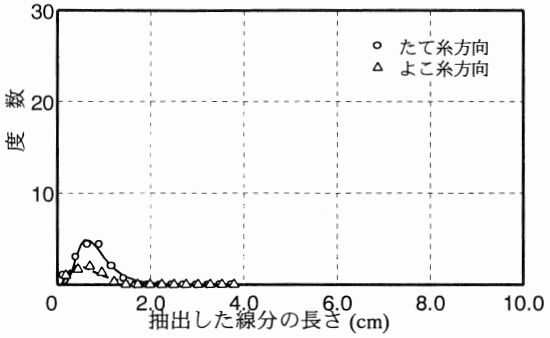
③糸すじ模様による特徴

図５は，綿（図５(a)）とポリエステル（図５(b)）の糸すじパターンの抽出結果を示したものである．それぞれ，たて糸方向，よこ糸方向の抽出結果を度数分布で示した．綿は，ポリエステルに比較して糸すじ模様を示す，線分パターンが，比較的長いもの（４cm 前後）まで数多くある，ただし，たて・よこ方向の差はほとんどないと言える．

図中，プロットは，実測値の分布を示しており，曲線は，対数正規分布の近似曲線式を用いて補間したものである．糸すじ模様の再現実験では，この曲線式を線分の発生に使用した．



(a) 綿



(b) ポリエステル

図５　糸すじ模様の線分長のヒストグラム

３.２　計測特徴を用いた織物質感の表現

図６は，綿織物の特徴を織物の立体形状の表面に表示した画像である．図中，右上は表面反射明度のみ，右下は表面反射明度に明度むら特徴を加えて表示したものである．また，左半分は，さらに，糸すじ模様となる線分パターンを加えた，３特徴をすべて複合して表現したものである．

図７は，ポリエステルの質感を表示した画像である．これより，天然素材などを用いたスパン系の織物では，糸すじ模様などに特徴があり，フィラメント系織物では，陰影変化に特徴がある場合が多く，この特徴を捉えて表現することにより質感を表現した画像が得られることがわかった．

４．まとめ

織物表面の質感を効果的に表現するため，反射的な特徴として，陰影，明度ムラ，糸すじ模様を特徴として選択した．そして，これら３つの特徴を実物

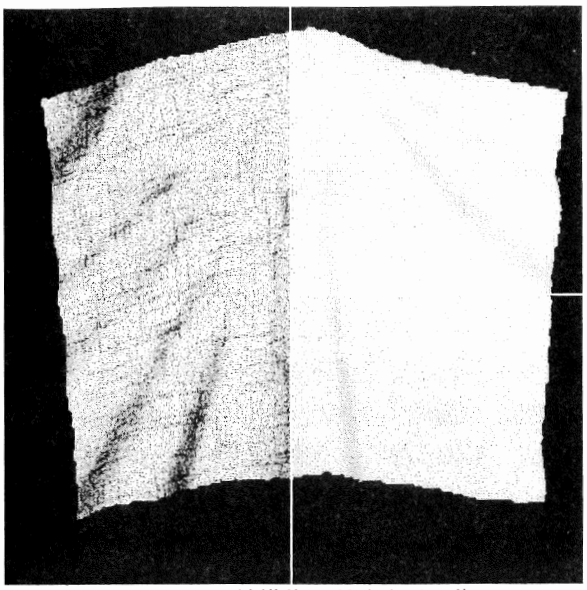


図６　綿織物の質感表示画像

左側画像：　特徴①，②，③　　右上画像：　特徴①
右下画像：　特徴①，②

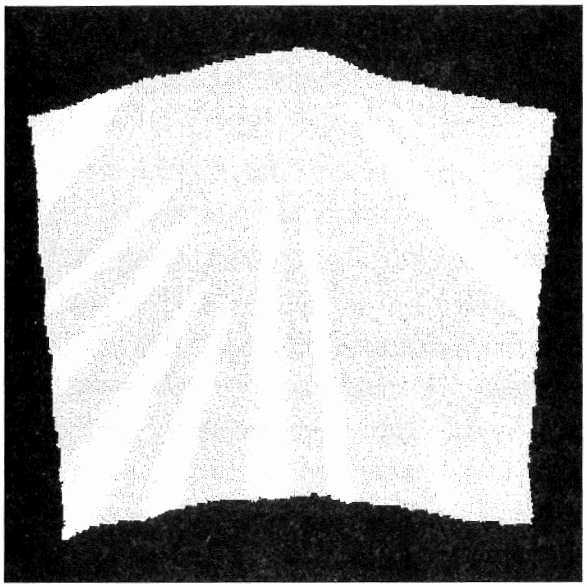


図７　ポリエステル織物の質感表示画像

の織物画像の計測結果より提案した方法により抽出し再現した．この結果得られる画像は，従来のＣＧでみられる表面反射明度のみを表現した画像と比較して，織物の質感が効果的に表現できることがわかった．

これらの技術については，織物企画設計，織物品質管理などの技術指導を通じて普及していきたい．

参考文献

1) 佐伯,藤田,平瀬,小紫　繊維工業指導所研究報告, No.29,p.1-3(1997)
2) 佐伯,藤田,小紫,　繊維工業指導所研究報告, No.27,p.7-9(1995)

生分解性繊維の先染織物商品開発

中野恵之、古谷　稔、小紫和彦、山口幸一

要旨　播州織を中心とした県内の繊維産業は、輸出製品の減少及び輸入製品の増加により低迷しつつあり、新たな差別化製品の開発が望まれている。ポリ乳酸繊維は、非石油系の自然環境・非公害型のエコロジー繊維として注目されており、また、人間の体内にも存在する乳酸を原料としているため、丸編布による皮膚刺激性試験や着用テストにおいても安全性が確認されている生分解性繊維である。

本研究では、綿紡績糸または綿/ポリエステル混紡糸を中心に生産されている播州織にポリ乳酸繊維（ラクトロン）を導入し、循環社会適応型先染織物開発を目的に商品試作を行った。

はじめに

ポリ乳酸（ラクトロン）繊維は、リサイクル可能資源と考えられている植物性でんぷんが原料であり、また繊維の強力・伸度に関してナイロン・ポリエステル系の合成繊維とほぼ同等の物性を有する生分解繊維である。この材料は従来の生分解性材料と比べて大きく改良されているが、未だ、耐熱性・耐アルカリ性が低いという欠点を持っている。そこで、本研究では、先染織物を製造する際の課題として、以下の課題について検討を加えながら試作研究を行った。まず、試織に関する検討課題として綿の処理にアルカリ使用の制限があるため、できるだけアルカリ使用量は少ない工程を行った。
また、熱についても弱いため、染色・加工温度は120℃以下で行った。試織布に関する評価は、布の物性や糸の引張試験評価さらに染色堅牢度試験を行い、基本的な消費性能を検討した。製品化については、熱に弱いためノーアイロン製品で使い捨てを考えた商品を検討した。

1　実験方法

染色工程や準備工程では、アルカリ使用量と加熱温度に注意して処理を行った。各工程の処理条件は以下のとおり行った。また綿の精錬についてはアルカリによるポリ乳酸の溶解が懸念されたため、前処理としての湯通しと漂白処理のみとした。

1.1　試料糸

綿/ラクトロン混紡糸（50：50、40番単糸）

1.2　前処理（湯通し）

処理条　　80℃×60分

1.3　漂白

過酸化水素　　1.0％
珪酸ソーダ　　0.1 ％
処理条件　　60 ℃× 60 分

1.4　ラクトロン染色（分散染料）

Sumikaron　1.0～2.0％ o.w.f.
分散剤(ディスパ-VG)　1ｇ／Ｌ
酢酸ナトリウム　　1ｇ／Ｌ
酢酸　　0.2ｇ／Ｌ
処理条件　　100 ℃× 45 分
ソーピング処理条件
ノイゲン 2ｇ／Ｌ
70 ℃× 10 分
水洗２回

1.5　綿染色（反応染料）

Sumifix Supra　1.0 ～ 2.0％ o.w.f.
無水ぼう硝　　50ｇ／Ｌ
炭酸ナトリウム　　10ｇ／Ｌ
処理条件　　60 ℃× 60 分
ソーピング処理条件
ノイゲン 2ｇ／Ｌ
炭酸ナトリウム 1ｇ／Ｌ
60 ℃× 10 分

湯洗　90 ℃× 10 分
水洗２回

1.6　ＦＩＸ処理（染色糸）
ﾌｨｯｸｽ剤：ﾈｵﾌｨｯｸｽR-250　3.0 % o.w..f.
処理条件　60 ℃× 20 分

1.7　オイリング処理（白よこ糸のみ）
ｵｲﾘﾝｸﾞ剤：ﾘﾎﾞｵｲﾙNT-12　5.0 % o.w..f.
処理条件　50 ℃× 20 分

1.8　糊付け（一本糊付機）
糊剤：ｼﾞｪｯﾄｻｲｽﾞNo930（配合）　8 %
完全溶かした糊を 45 ～ 50 ℃にて、糊付けを行った。

1.9　織物企画
平織（格子およびストライプ柄）

1.10　整理加工（第一染工㈱に委託）
＊毛焼き－糊抜－ｻﾝﾌｫﾗｲｽﾞ加工
＊糊抜－しわ加工

1.11　製品試作
パジャマ（しわ加工布を使用したﾉｰｱｲﾛﾝ製品）

２．結果と考察

2.1　試作布の物性評価

図１に試作した綿/ラクトロン混紡繊維による先染織物パジャマを示す。試作先染布の物性評価は、JIS 規格による引裂強度・収縮率および染色堅牢度と糸の引張試験にて行った。縫製に関しては通常の縫製方法で作成可能で特に問題は無かった。

2.1.1　引裂強度

引裂強度は、JIS L-1096 8.15.5 D法に準拠して行った。表１に試験結果を示す。たて糸、よこ糸ともに大きな強度低下は見られず、消費性能としては十分な結果であった。この引裂試験の結果から、アルカリや加熱によるラクトロンの劣化は起こっていないことが推測できた。

2.1.2　収縮率

収縮率試験は、JIS L-1096 D法に準拠して行った。表２に試験結果を示す。サンフォライズ加工としわ加工において大きな収縮率を示さず、実用可能な結果を得ることができた。

2.1.3　染色堅牢度

染色堅牢度は、染色濃度:0.5～1.0%o.w.f..のものについて行った。試験結果を表２に示す。この結果も、通常パジャマの使用に関しては問題無い結果であると思われる。

2.1.4　染色・晒し糸の強力・伸度変化

表４に染色・晒し糸の引張試験結果を示す。漂白および染色工程後の糸も原糸に対して強力低下は見られなかった。伸度についてはやや小さくなる傾向が見られたが、特に問題となる数値ではないと思われる。



図１　試作した綿/ラクトロン混紡糸による先染織物パジャマ

表１　引裂試験結果　(JIS L-1096 8.15.5 D法)

	たて	よこ
ｻﾝﾌｫ加工布	11.2N（1140ｇ）	9.0N（920ｇ）
しわ加工布	11.7N（1190ｇ）	10.7N（1090ｇ）

表２　収縮率　(JIS L-1096 D法)

	たて（%）	よこ（%）
ｻﾝﾌｫ加工布	1.3	0.5
しわ加工布	0.2	0.1

表３　染色堅牢度　(染色濃度:0.5～1.0% o.w.f..)

試験項目	級判定
摩擦	乾燥４－５級　湿潤４級
洗濯	４－５級
汗・水	３級 ～ ４－５級

表４　染色・漂白後の糸の強力と伸度

	平均強力(cN)	平均伸度(%)
原糸	208.9	7.1
染色（外側）	210.9	6.5
染色（内側）	201.8	5.5
染色糸平均	206.4	6.0
漂白（外側）	207.8	6.6
漂白（内側）	218.1	6.7
漂白糸平均	213.0	6.7
漂白ｵｲﾘﾝｸﾞ外側	205.5	7.3
漂白ｵｲﾘﾝｸﾞ内側	228.5	6.1
漂白白ｵｲﾘﾝｸﾞ平均	217.0	6.7

３．まとめ

綿／ラクトロン混紡糸を用いた先染織物試作（パジャマ）に成功した。試作品は消費性能試験において、十分な物性値と染色堅牢性を示した。これらの結果から、新商品開発を実施する基本技術の保有はできたと思われる。

播州織企業より、技術的な相談等も受けるとともに、市場に受け入れられる商品開発には、さらに差別化要素が必要であるとのニーズも確認できた。この商品開発は既存設備にて製造可能であり、従来のポリエステル製品の代換製品として流通すれば、環境問題やバイオマスの分野へも貢献することが考えられる。また、海外製品との差別化も図れるものと考える。

特集　繊維リサイクルの現状と将来

公的機関における繊維リサイクル研究の現状と将来

山　口　幸　一

1．はじめに

繊維産業では，地球環境の問題から捨て耳，残糸など繊維系産業廃棄物や古着などの繊維系一般廃棄物の処理が大きな課題となっている．繊維製品は，全国で年間約224万トン（平成11年度）消費され，このうちの７％が古着や産業廃棄物の繊維屑として回収され，機械の油ふき布や反毛原料にリサイクルされているが，約80％がゴミとして焼却や埋め立て処理されている〔1〕.

公的機関として国の研究機関と全国各地で地域の中小企業の技術振興を目的に設置された公設試験研究機関があり，特に，公設試験研究機関は各都道府県に設置されている．繊維関連部門を持つ公設試験研究機関は，北は岩手県から南は沖縄県までの43か所にある．これら機関はそれぞれ地域繊維産業ニーズに基づいてデザイン，織物設計，紡糸，撚糸，製織，染色，加工，新しい織物，他分野への応用などに関する試験，研究および技術指導業務を行っており，繊維系廃棄物のリサイクルについても数多くの機関で研究，指導に努めている．

この５か年間で，これら公設試験研究機関が実施した繊維リサイクル研究など研究課題を整理すると，次のように分類できる．

(1)繊維系廃棄物の現状調査〔2～6〕
(2)処理，リサイクル技術の調査
(3)繊維系廃棄物のリサイクル技術の研究（リサイクル品の再処理技術を含む）
(4)捨て耳削減化技術など廃棄物発生量の削減に関する研究
(5)生分解性繊維による環境にやさしい織物に関する研究
(6)回収 PET ボトルを原料とする繊維製品の開発
(7)繊維を用いた材料および製品開発に関する研究

(1)～(3)は繊維系廃棄物について，(4)は製造工程での廃棄物の削減についてであり，(5)～(6)はこれからの環境を配慮した繊維についてである．(7)は繊維系廃棄物が応用できる研究であり，今後が期待される課題である．

ここでは，公設試験研究機関で実施してきた繊維リサイクルに関する研究の現状と将来について述べる．

2．繊維リサイクル研究の現状

繊維系廃棄物には産業廃棄物と一般廃棄物があり，繊維系産業廃棄物には捨て耳，残糸，不良品，裁断屑などがあり，繊維系一般廃棄物には古着，カーペット，布団，毛布，ベットなどがある．現状ではこれら繊維系廃棄物は埋め立て，焼却，業者委託で処理している．また，繊維系産業廃棄物の中で，製織過程（革新織機）で発生する廃棄物は捨て耳(42%)，残糸（９％），糸管（９％），段ボール（27%），その他（13%）となっている〔6〕．さらに，縫製工場では生地の約15～20％が裁断屑として発生することが知られている〔7〕.

繊維系廃棄物のリサイクル技術には繊維系廃棄物をそのまま使用，粉砕または反毛などをして再利用する方法のマテリアルリサイクル．化学的処理，分解などをして得られる生成物を再利用する方法のケミカルリサイクル．また，焼却などによって発生するエネルギーを温水，蒸気および電気として再利用する方法のサーマルリサイクルがある．　リサイクルの前処理に関する研究として，繊維系廃棄物には天然繊維と合成繊維の混紡繊維が多く，リサイクル化へのひとつの障害になっており，それを分離，回収する技術についての研究がある〔8〕．また，粉砕，破砕あるいは切断もリサイクルに不可欠な技術で，多くの研究が報告されている〔9〕．さらに，粉砕が難しい絹フィブロインは電子線照射の前処理で粉砕が可能になる研究がある〔10〕.

Present and Future of Studies on Textile Recycle in Public Research Institute, YAMAGUCHI Kouichi, 兵庫県立工業技術センター繊維工業指導所, Technical Center for Textiles Hyogo Prefectural Institute Industrial Research

2.1 マテリアルリサイクル

繊維系廃棄物のマテリアルリサイクルは図１に示す各種方法が研究され，一部は実用化されている．

捨て耳廃棄物は従来から白物が売却され（平均25.3円/kg)〔11〕，再利用されているが，色物は再利用されていない．そこで，捨て耳を組み合わせて撚りを加えて糸にし，織ることでマット，ロープ〔11〕，カタピラ織物（図２)〔12〕などへの再利用が報告されている．特に，カタピラ織物は自動化され，バスマットなどが商品化されている．また，捨て耳廃棄物（ポリエステル繊維）をリング撚糸機でコード化し，環境浄化用濾材への応用が報告されている〔13, 14〕．

捨て耳廃棄物を切断し（繊維長５mm～十数cm)，熱可塑性樹脂（ポリプロピレン，ポリエチレン）と複合化することによって，引張強度，曲げ強度がパレット（木材)，合成木材に比べて同等あるいは優れており(表１)，鋸切り，釘打ち，木ネジ加工可能な義木材（図３）が開発されている〔15〕．現在，播州織産地の加工場では生地運搬台車（図４）に使用されている．

（方　法）	（用　途）
そのまま糸，織物として再利用	マット，シート，カタピラ織物，ロープ，環境浄化用濾材，水路式接触酸化処理用濾材，新しい織物（例えば，揺らぎ織等）
粉砕し，不織布化，フェルト化して再利用	育苗シート，土木工事後の床面の保護シート，屋上緑化用資材，植え付け基盤材
熱可塑性エラストマー，熱可塑性樹脂，熱硬化性樹脂との複合化シート，ボードとして再利用	義木材，保温・断熱材，断熱材，断熱板，植木鉢，園芸用品，弾性素材，緑化タイルブロック，建築用ボード
無機化合物と複合化，焼成して焼成多孔体として再利用	土壌改良材，土木軽量骨材，養液栽培用培地材
シート状にし，球状繊維成形物として再利用	枕用充てん材，養液栽培用培地材用

図１　マテリアルリサイクル方法と用途展開

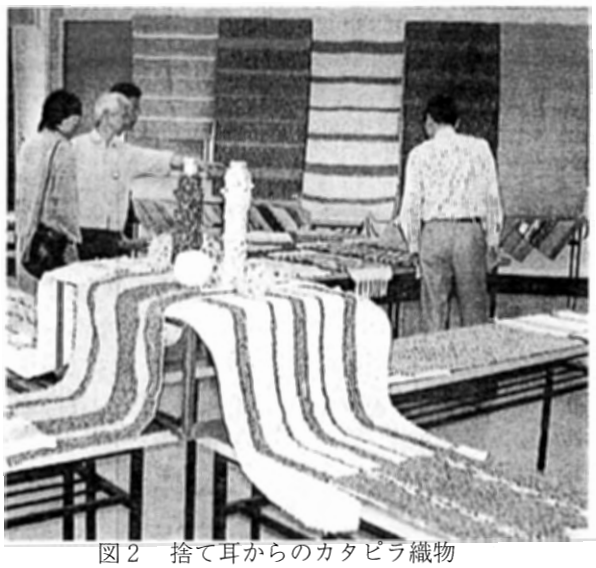


図２　捨て耳からのカタピラ織物

表１　捨て耳含有樹脂複合体の機械的性質

樹脂	捨て耳	配合比率	複合体の機械的性質		
			引張強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	衝撃強度 (N)
ポリエチレン	粗切断	7/3	19.6	16.7	18.6
ポリエチレン	切断	7/3	19.6	29.9	19.6
ポリエチレン	解繊	7/3	15.7	13.7	19.6
ポリプロピレン	切断	7/3	16.7	23.5	9.8
ポリプロピレン	粗切断	5/5	8.3	23.5	5.9
SEPS*1	粗切断	7/3	13.7	—	—
パレット*2	—	—	—	17.6	—
合成*3	—	—	19.6	14.7	7.8

*1　水添スチレン・イソプレンブロック共重合体との複合
*2　市販のパレット木材　　*3　市販の合成木材

天然繊維系廃棄物をサバ長石，珪藻土などの土壌材料と混練・造粒加工で焼成多孔体を作製し，土壌改良材や土木用軽量骨材，養液栽培用培地として検討され〔16〕，その結果，養液栽培用資材が最大である．しかし，繊維長を２mm程度に粉砕しなければならない．現在，焼成多孔体はバラの養液栽培用培地材として市販されている．

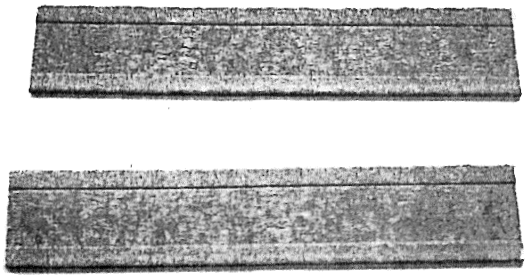


図３　捨て耳含有樹脂複合体（義木材）



図４　捨て耳含有樹脂複合体を使用した生地運搬車（整理加工場）

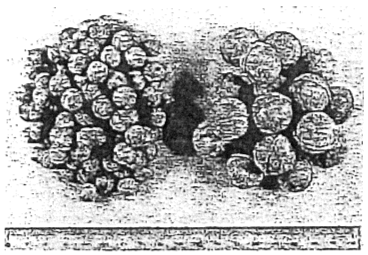
捨て耳廃棄物の不織布への応用として，低融点樹脂と一緒にカード機で解繊および混合させてウェブ化し，ニードルパンチ機でフェルト化，ホットプレスで繊維複合材料が作製されている〔17〕．また，捨て耳でたて糸がポリエステル繊維，よこ糸が綿繊維のものについて，よこ糸だけを分離し，低融点樹脂を混合し，カード機でウェブ化，ニードルパンチ機でフェルト化して不織布を得ている〔18〕．この不織布は，稲，野菜，花卉類の育苗シート，土木工事後の床面の保護シートに適している．

繊維系廃棄物（合成繊維系）に毛および低融点繊維を混ぜ，カード機でウェブ化し，ニードルパンチ機で交絡させて不織布などを作製し，土壌被覆材として土壌水分の蒸発を抑制できる材料や植え付け基盤材などが開発されている〔19〕．また，雑繊維廃棄物（ナイロン，アクリル，レーヨン，ポリエステル，綿，毛などの混合）と低融点繊維をカード機で均一混合し，わたをシート状にし，これを加熱プレスで枕用充てん材に適する図５に示した球状繊維成型物が作製されている〔20〕．この生型物は枕用充てん材（図６）として，そば殻枕やパンヤ枕に代わる素材として使用可能である．この研究を基礎に，雑繊維廃棄物（ナイロン，アクリル，レーヨン，ポリエステル，綿，毛などの混合）と落綿（混打綿，梳綿工程の繊維長の短い繊維）とバインダー繊維（生分解性繊維）をカード機で均一混合し，わたをシート状にし，これを加熱プレスで養液栽培用資材に適した球状繊維成型物が作製されている〔21〕．この成型物による植物の育成は，順調であり，養液栽培用資材として有効である．

裁断屑（綿，雑素材，ポリエステルわた）について，反毛機でわた化したものから不織布を作製し，乾燥防止用資材，保温材，建築用資材，ポットなどへの応用を検討し，屋上緑化用資材が有効であることが報告されている〔22〕．しかし，低融点繊維が30％以上必要なことから，コスト高になっている．また，化学工場で発生した珪藻土を主成分とする廃珪藻土の有効利用と兼ねて，メリヤス肌着加工裁断屑からの綿繊維粉末（１～５mm）を混練・造粒加工で焼成多孔体（図７）を作製し，養液栽培や土壌改良材への応用が報告されている〔23〕．

裁断屑（ポリエステル繊維/セルロース繊維の混紡率が80/20のコート用）を押出機でペレット化し，二軸押出機でポリカーボネート，ポリエステル系熱可塑性エラストマーとのポリマーアロイが作製されている〔24〕．ポリカーボネートとのアロイはリサイクルの面から有効である．また，裁断屑（毛，ポリエステル，レーヨン繊維および混合物）を粉砕し，ポリアミド系熱融着樹脂，アクリル系樹脂，ユリア系樹脂あるいはメラミン系樹脂によるシート化が行われている〔25〕．粉砕した裁断屑を使用した場合は引張強度，曲げ強度の優れたシートが得られている．この研究の継続として，裁断屑にバインダー樹脂を噴霧して，保温・断熱材としてのボードが作製されている〔26〕．

炭素繊維廃棄物は腐らず燃えにくいため，その処理が問題になっており，現在はセメント材等への利用にとどまっている．炭素繊維は微小生物群に対して親和性が高く，活性汚泥中に浸漬すると，活性汚泥が短時間で大量に固着する現象が知られている．そこで，家庭用生ごみ処理機の微生物固着材への再利用をするため，球状炭素繊維成型物が検討されている〔27〕．



直径10mm　　直径20mm

原料混合割合	10, 30, 50％（低融点繊維）
金型成型盤形状	凹凸金型盤，凹凹金型盤
プレス加工条件	130℃　30分　6.25kg／cm²
球状繊維成型物の直径と密度	直径20mm：5, 10, 20mg／cm³
	直径10mm：30mg／cm³

図５　球状繊維成型物とその製造条件

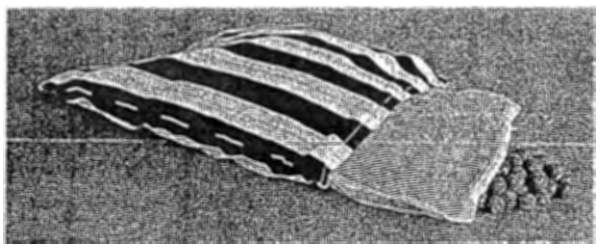


図６　球状繊維成型物を充てんした試作枕

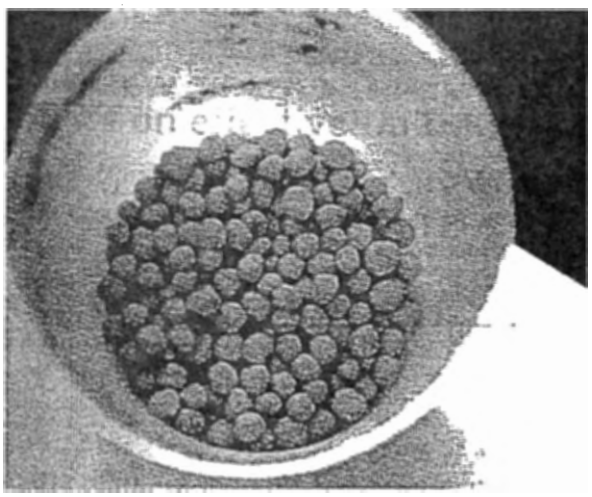


図７　裁断屑と廃珪藻土からの焼成多孔体

繊維系廃棄物（メリヤス・縫製工場から出る繊維屑を樹脂で固めたもの）は水路式接触酸化処理の濾材として有効であり，ノーマルシステム法として廃水量の少ない小規模工場向けの有機性廃水の処理法のひとつとして活用できることが明らかにされている〔28〕.

廃棄布団は素材別にみると綿素材が約55%，ポリエステル素材が約23%で，残りは混紡，反毛，毛，真綿，アクリル素材であり，綿繊維を使用し，その周りをポリプロピレンで熱及び圧力をかけることによって被覆し（図8），綿繊維集合体の持つ断熱特性および軽さを生かした断熱板への加工技術が開発されている〔29〕. また，生分解性熱可塑性樹脂との複合化で，園芸用品の諸条件（表2）を満足し，軽量を活かしたフラワーポットが作製されている〔30〕.

先染織物の生産時，多くの残糸が廃棄物として発生し，大半が廃棄処理されている．この残糸をリサイクルするために最大12種までの残糸の組み合わせを自動的に繋げる装置「ピーコック・ワインダー」（図9）を開発し，この繋げた糸を用いた「揺らぎ織」などの織物製造技術が開発され，注目されている〔31〕.

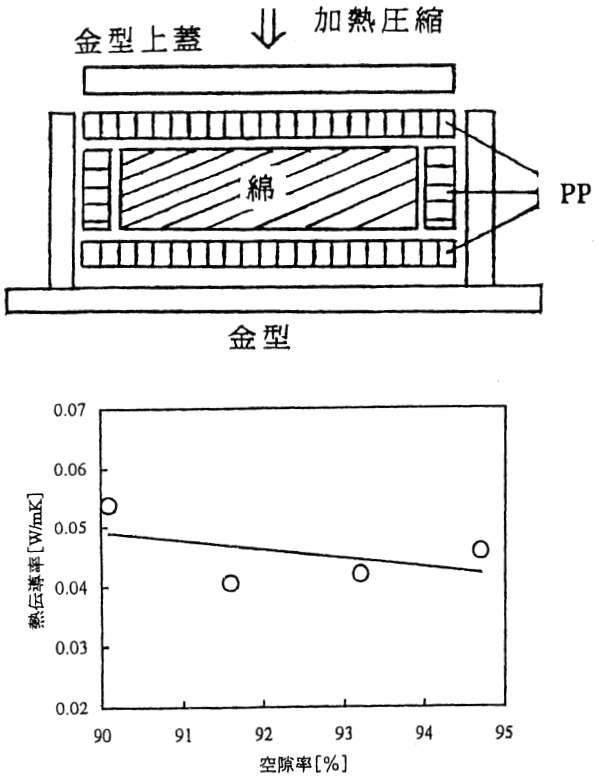


図8　繊維集合体の製造体と集合体の熱特性

表2　試作形成板と市販園芸用品の諸物性

諸　物　性	試作形成板	再生紙フラワーポット	素焼き陶板
厚さ　(mm)	3	4	5
密度　(g/ml)	0.481	0.378	2.015
破裂強さ　(N)	395	245	323
通気度抵抗値 (KPaS/m)	23	220	26
透湿性　(g/mlh)	75.3	78.2	110.0

2.2　ケミカルリサイクル

繊維系廃棄物のケミカルリサイクルは図10に示す方法およびリサイクル品の用途が研究されている.

綿廃棄物について炭化を行い，吸着材への試みがあり〔32〕，炭化処理条件（アルミ箔で包む）は500℃×120分，600℃×60分が最適である．また，綿タオルを600℃で炭化処理を行い，炭素収率は18%で〔33〕，良好な吸着性を有している.

羊毛繊維廃棄物について，還元剤（テトラキスホスホニウムクロリド，EDTA）で処理し，エポキシ樹脂で加工することで，広範囲のpHに適用できる染色吸着材が開発されている〔34〕.

絹のリサイクル化として，絹フィブロインをEDTAを添加した高濃度臭化リチウム－エタノール－水溶液に溶解し，湿式紡糸法で再生シルク繊維が紡糸できる技術が開発されている〔35〕. この繊維は単独で使用することは強度が小さいことからできないが，他の繊維と混紡し使

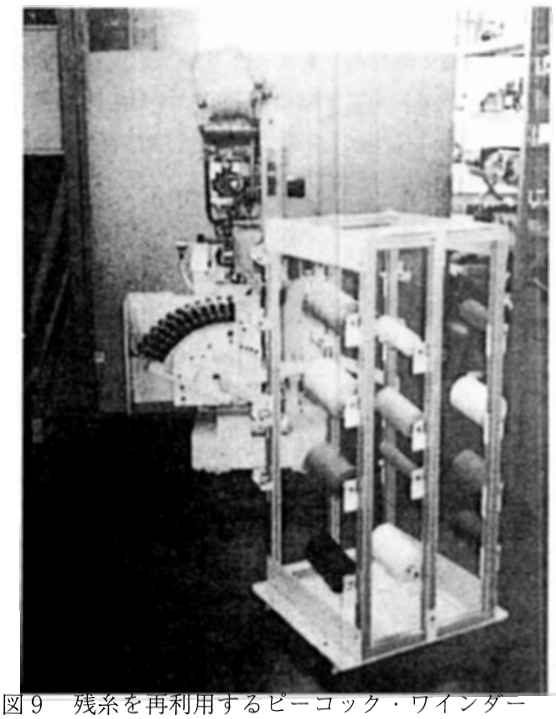


図9　残糸を再利用するピーコック・ワインダー

（方　法）	（用　途）
炭化	吸着材
表面処理（化学改質）	染料吸着材，再生繊維
微粉末化，表面処理	抗菌，防かび剤，抗菌剤，消臭剤
低分子化合物の回収	吸着材，燃料，充てん剤，脱臭剤，バインダー，細胞接着基材，繊維加工剤（帯電防止，抗菌効果），新規機能材料
ケラチンタンパク質	
セリシン	

図10　ケミカルリサイクル方法と用途展開

用することが可能である．

ポリエステル生地の減量加工で融出したアルカリ溶液からポリエステルの原料となるテレフタル酸の回収プラントが完成されている〔36〕．しかし，回収されたテレフタル酸の純度が悪く，ポリエステル繊維への再生には使用できず，吸着材や燃料への応用が検討されている．

綿繊維廃棄物を微粉末化し，それに銀コロイド微粒子を吸着させることによって，セルロース基材とする抗菌防かび剤が開発されている〔37〕．かび抵抗性や黄色ぶどう状球菌および肺炎かん菌に対して抗菌性を有している．また，この応用として多孔質ビーズ化し，銀コロイド微粒子を吸着することで同様の抗菌性を有している．さらに，抗菌効果を有する薬剤である各種芳香族カルボン酸をセルロースに反応（図11）させることによって，黄色ぶどう状球菌および肺炎かん菌に対して強い抗菌性（表３）を有している．また，羊毛繊維廃棄物について簡易粉末化技術を確立するとともに，この粉末を担持基材とする消臭顆粒が開発されている〔38〕．消臭剤はフタロシアニン誘導体であり，羊毛粉末は環境重視型担持基材として活用が期待される．

羊毛繊維廃棄物からケラチンタンパク質を抽出し，その利用が検討されている〔39〕．羊毛繊維は複雑な多重構造をしており，このうち，ケラチンタンパク質は全羊毛のうち約85％を占めるコルテックス細胞内に存在する．このコルテックス細胞は極めて堅牢で耐薬品性を有するクチクル細胞に覆われていることから，ケラチンを抽出するためには図12で示す方法で抽出し，さらに可溶化するためにスルホン基を導入した．この方法でS-スルホン化ケラチン（$KSSO_3Na$）が46％回収され，実用的にも十分である．このケラチンタンパク質はケラチンタンパク質修飾シリカゲル（図13），ケラチンタンパク質修飾ガラス繊維として，光学分割用カラム充てん剤への利用ならびに脱臭剤への利用，ガラス繊維強化樹脂のバインダーとしての利用されている．また，S-スルホン化ケラチンの抽出時と同様処理を行い，S-カルボキシメチル化ケラチンおよび側鎖がメルカプト基の活性ケラチンを抽出し，得られるケラチン膜はコラーゲンに匹敵する細胞接着性，伸展性を示し，細胞培養基材として使用できる．

絹織物の原料糸である生糸は，繊維状タンパク質のフィブロインを水溶性タンパク質のセリシンが被覆した構造をしているが，絹織物を製造する場合，材料として用いた生糸の重量の20～25％を占めるセリシンは精練工程で溶解され不純物として廃棄されている．この絹精練廃液から絹セリシンタンパク質の回収，その有効利用法が開発されている．図14に示すような分離回収方法，有効利用法があり〔40〕，帯電防止，抗菌効果を兼ね備えた繊維加工剤として効果がある．特に，ポリエステル繊維に対しては吸湿率，帯電防止，抗菌効果がある．また，凍結解凍法によるセリシンタンパク質回収のテストプラ

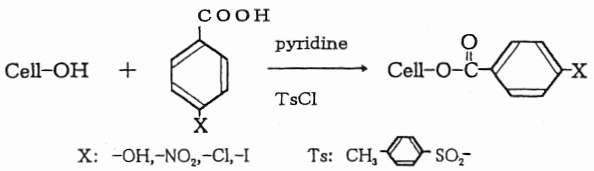


図11　セルロースと芳香族カルボン酸の反応

表３　各種芳香族カルボン酸/セルロースエステルの抗菌作用（MBC）

芳香族カルボン酸／セルロースエステル	MBC（μg/ml）	
	黄色ブドウ状球菌	肺炎かん菌
p-ヒドロキシ 安息香酸／セルロースエステル	1,000	2,000
p-ニトロ 安息香酸／セルロースエステル	250	250
p-クロロ 安息香酸／セルロースエステル	1,000	8,000
p-ヨード 安息香酸／セルロースエステル	2,000	8,000

MBC：貧栄養下での最小殺菌濃度

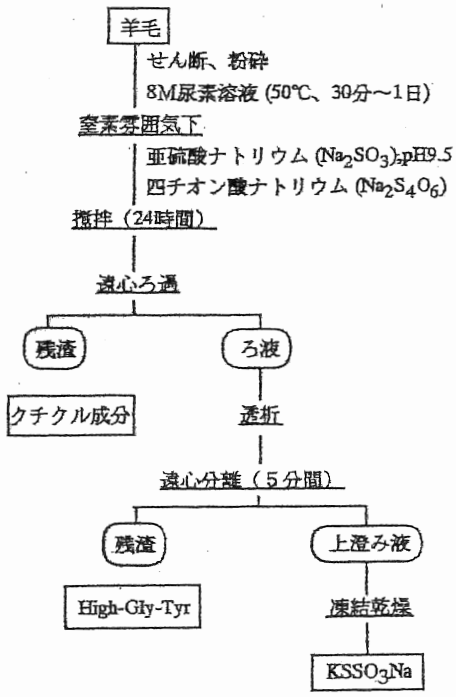


図12　羊毛繊維廃棄物からs-スルホン化ケラチン（$KSSO_3Na$）

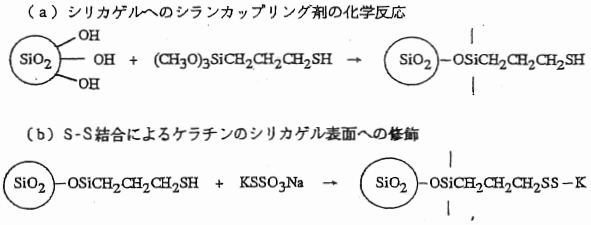


図13　回収ケラチンタンパク質によるシリカゲルの表面修飾

ントを試作し，反物からセリシンタンパク質を粉末で回収できる技術[41]が開発されている．

また，回収セリシンタンパク質とポリビニルアルコールの複合化を行い，生分解性や高バリア性，親水性を有する複合体が得られ，安価な機能性新材料が開発されている[42]．

2.3　サーマルリサイクル

繊維産業で発生する廃棄物として，捨て耳と同じように多量に発生する糸管があり，これと捨て耳(合成繊維)を一緒に処理し，破砕し，水を加えながら混合，加圧することで固形燃料化 (図15) する技術が開発された[43]．この繊維系廃棄物固形燃料は環境基準を十分満たしており(表4)，今後のエネルギー源として期待されている．また，縫製裁断屑や廃棄ユニフォームを固形燃料化して，縫製工場への熱エネルギーに変換を検討し[44]，これら廃棄物の固形燃料化が可能で，熱量は石炭と同等の約5,500cal/gであり，環境基準を十分満たしている．

3．今後の展望

公設試験研究機関では，繊維系廃棄物のリサイクルに関する研究課題を，独自あるいは企業との共同研究で取り組んでいる．これら研究の中では各公設試験研究機関間でよく似た課題が数多くあるが，それぞれ単独で行っており，相互協力して取り組めば短時間に成果が得られるものと考えられるが，自治体間の壁があり，あまり行

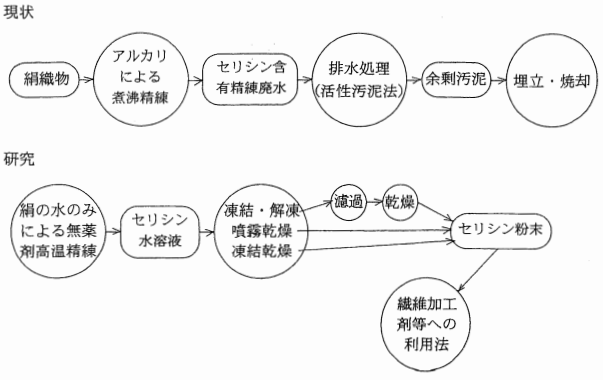


図14　セリシンの分離回収方法と有効利用法

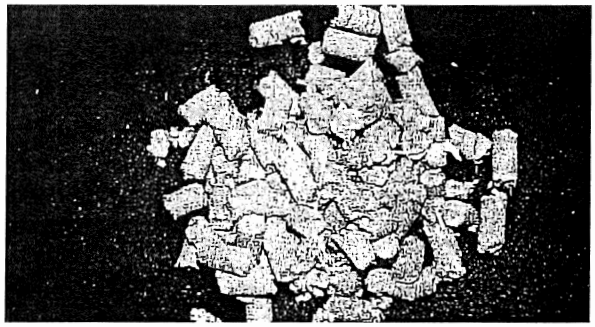


図15　捨て耳（1）と管糸（3）からの固形燃料

表4　大気の汚染に係る環境基準（固形燃料の焼却）

項　目	環境基準	測定結果
二酸化硫黄（m^3N/h）	7.0	0.053
窒素酸化物（ml/m^3N）	250	130
塩化水素（mg/m^3N）	700	165

われていない．また，成果の実用化についても，企業との共同で実施した場合は実用化された例があるが，ほとんどが研究段階で終了しているのが実情である．

イタリアの繊維研究所（プラートの繊維研究所)[45]は研究開発も行っているが，職員の半数は市場動向の調査を行い，それを有料で提供している．このような機能が公設試験研究機関にあれば，リサイクル製品の売れ筋，消費者に受け入れられるかなどの情報を基に研究，実用化が行えることになる．また，ある公設試験研究機関では平成13年度の研究で，「繊維廃棄物リサイクル製品の用途開発やマーケッテイング調査を行い，市場に受け入れられるリサイクル製品の開発を行う」としており，その重要性を掲げている．さらに，米国の繊維工場ではアンケート調査[46]で，「繊維製品のリサイクル化の最も大きな壁はそのための市場が整っていないこと，リサイクル製品コストが相対的に高いことなどであり，これらの克服が今後の課題である」とリサイクル研究の難しさを報告している．

これらを踏まえ，今後公設試験研究機関が次の点を考慮し研究を進めることによって，実用化が達成されるものと考えられる．

(1)技術分野の組み合わせによる他の公設試験研究機関との連携した共同研究
(2)実用化への製品開発の技術力を有する企業，業界団体などとの共同研究
(3)リサイクル製品の用途開発やマーケティングに関する調査
(4)繊維以外の他技術分野との連携（内部，外部）
(5)リサイクルに対する問題意識の啓蒙（業界，地域住民）

これらリサイクル研究以外に，発生する産業廃棄物の減量化の研究も必要であり，例えば，革新織機での捨て耳の減量化などの研究があり，すでにこの試みが検討されている．また，環境にやさしい繊維への転換，残糸の活用，繊維以外に発生する紙系など産業廃棄物の処理，減量化などについても今後の課題である．

4．おわりに

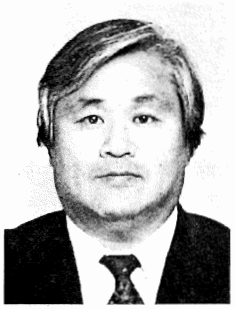
リサイクル研究で生み出されるリサイクル製品が消費

者，企業に受け入れられるものか，大量に生産して売れるものか，さらに業界で繊維系廃棄物の供給に問題がないのか，などを見極めることが必要であり，どのようなリサイクル製品を造り出すかが実用化の成否に係わるポイントである．これらを満足したリサイクル製品が設計できれば，製造コストなど技術面はこれまでの技術力で解決できるものであり，研究が終了したものといわれている．ここでは公設試験研究機関での繊維リサイクルに関する研究を紹介したが，これら以外にも数多くの研究が進められており，これらの研究が実用化に向けてより多くの成果が得られることを大いに期待したい．

最後に，この資料が少しでも皆様のお仕事に役立てば幸いである．

References

〔1〕樋口明久ら；繊維加工，52（2），22（2000）
〔2〕橋本晃司ら；広島県東部工業技術センター研究報告，No.12，46（1997）
〔3〕河村博司ら；愛知県尾張繊維技術センター研究年報，No.19，157（1998）
〔4〕東中美根子ら；兵庫県立生活科学研究所研究報告，No.15，55（2000）
〔5〕八田誠治ら；京都市染織試験場平成11年度研究業務報告書，p.21（2000）
〔6〕島上祐樹ら；愛知県三河繊維技術センター研究資料，No.251，42（2000）
〔7〕富田紘一；徳島県立工業技術センター研究報告書，No.6，63（1997）
〔8〕池田慎哉ら；広島県東部工業技術センター研究報告，No.10，42（1997），No.11，50（1998）
〔9〕川野道則；岡山県工業技術センター，No.26，55（2000）
〔10〕石田一成ら；群馬県繊維工業試験場業務報告平成11年度，p.55（1999）
〔11〕丹羽隆治ら，愛知県三河繊維技術センター研究資料，No.243，42（1992）
〔12〕竹内茂樹；兵庫県立工業技術センターにおける研究開発成果の製品化事例集，p.13（2001）
〔13〕吉田克己；滋賀県東北部工業技術センター平成9年度研究報告書，p.7（1998），平成10年度研究報告書，p.8（1999）
〔14〕吉田克己；滋賀県東北部工業技術センター平成12年度業務報告書，p.27（2001）
〔15〕浜崎産業㈱；平成12年度社会要請対応円滑化支援事業「繊維屑リサイクル事業報告書」(日本綿スフ織物工業組合連合会)，(2001)
〔16〕小杉敏己ら；静岡県浜松工業技術センター研究報告，No.5，1（1995），No.7，75（1997），井上伊三夫；静岡県浜松工業技術センター研究報告，No.4，125（1994）
〔17〕藤田浩行ら；兵庫県立工業技術センター繊維工業指導所研究報告，No.29，4（1997），兵庫県立工業技術センター研究報告書，No.7，97（1998）
〔18〕兵庫県立工業技術センター繊維工業指導所，技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト「ゴムおよび繊維系産業廃棄物の高度利用技術に関する研究」，4－20（1997）
〔19〕樋口明久ら；東京都立繊維工業試験場研究報告書，No.42，1（1994），No.43，84（1995），No.44，100（1996）
〔20〕樋口明久ら；東京都立繊維工業試験場研究報告書，No.45，1（1997）
〔21〕樋口明久ら；東京都立繊維工業試験場研究報告書，No.46，41（1998），No.47，44（1999）
〔22〕樋口明久ら；東京都立繊維工業試験場研究報告書，No.44，100（1996）
〔23〕富田紘一ら；徳島県立工業技術センター研究報告書，No.7，61（1998），No.8，95（1999）
〔24〕中司健一ら；広島県東部工業技術センター研究報告，No.10，46（1997）
〔25〕大津吉秋ら；愛知県尾張繊維技術センター研究年報，No.15，165（1994）
〔26〕大津吉秋ら；愛知県尾張繊維技術センター研究年報，No.16，149（1995）
〔27〕樋口明久ら；東京都立繊維工業試験場研究報告書，No.48，17（2000）
〔28〕代田久郎ら；長野県繊維工業試験場研究報告，No.8，79(1980)
〔29〕八田誠治ら；京都市染織試験場平成11年度研究業務報告書，p.15（2000），染織ニュース，28（4），1（2001）
〔30〕八田誠治ら；京都市染織試験場平成12年度研究業務報告書，p.41（2001）
〔31〕古谷稔ら；兵繊指ニュース，p.4（2001）
〔32〕小林正治；静岡県浜松工業技術センター研究報告，No.4，127（1994）
〔33〕安倍郁夫ら；環境科学会年会講演要旨集，p.357（1999）
〔34〕浅井弘義ら；愛知県尾張繊維技術センター研究年報，No.22，60（2001）
〔35〕山中仁敏；滋賀県東北部工業技術センター平成9年度研究報告書，p.9（1998）
〔36〕宮下節男ら；福井県工業技術センター技術資料，No.78，(1994)
〔37〕大阪府立産業技術総合研究所；技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト「繊維及びプラスチック産業廃棄物の高度利用技術に関する研究」，3－29（1997）
〔38〕大阪府立産業技術総合研究所；技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト「繊維及びプラスチック産業廃棄物の高度利用技術に関する研究」，3－19（1997）
〔39〕大阪市立工業研究所；技術開発研究費補助事業成果普及講習会テキスト「プラスチックおよび天然繊維系産業廃棄物の高度利用技術に関する研究」，8－39（1997）
〔40〕浜岡容子ら；京都府織物指導所研究報告，No.32，53（1998）
〔41〕田中裕美ら；京都府織物指導所研究報告，No.34，1（2000）
〔42〕三宅肇；滋賀県東北部工業技術センター平成11年度研究報告書，p.15（2000），平成12年度業務報告書，p.29（2001）
〔43〕森大介ら；石川県工業試験場研究報告，No.45，55（1996）
〔44〕森大介ら；石川県工業試験場年報，51（1999）
〔45〕㈶北播磨地場産業開発機構；播州織競争力会議海外産地調査―イタリア調査報告書―，p.42（2001）
〔46〕M.M.Crasso; Text.Chem.Color., 27（5），16（1995）



山口　幸一（やまぐちこういち）

昭和46年，大阪市立大学大学院工学研究科博士課程修了，同年，兵庫県立工業試験場に入所，有機材料部を経て，現在，繊維工業指導所所長として，繊維業界の技術振興，リサイクルの研究に従事．㈳日本ゴム協会副会長．工学博士（兵庫県立工業技術センター繊維工業指導所，〒677-0054，西脇市野村町上の段1790-496，TEL. 0795-22-2041，FAX. 0795-22-3671）

研究報告既刊一覧

No. 1	(1965 年　8 月)	No.18	(1982 年 10 月)
No. 2	(1966 年　5 月)	No.19	(1983 年 10 月)
No. 3	(1967 年　6 月)	No.20	(1984 年 10 月)
No. 4	(1968 年　8 月)	No.21	(1985 年 10 月)
No. 5	(1969 年　8 月)	No.22	(1986 年 10 月)
No. 6	(1970 年　8 月)	No.23	(1987 年 10 月)
No. 7	(1971 年　6 月)	No.24	(1988 年 10 月)
No. 8	(1972 年　　)	No.25	(1989 年 10 月)
No. 9	(1973 年　　)	No.26	(1990 年 10 月)
No.10	(1974 年　　)	No.27	(1995 年 10 月)
No.11	(1975 年　　)	No.28	(1996 年 10 月)
No.12	(1976 年　　)	No.29	(1997 年 10 月)
No.13	(1977 年　　)	No.30	(1998 年 11 月)
No.14	(1978 年 10 月)	No.31	(2000 年　1 月)
No.15	(1979 年 10 月)	No.32	(2001 年　1 月)
No.16	(1980 年 10 月)	No.33	(2002 年　2 月)
No.17	(1981 年 10 月)		

研究報告(第 34 号)

平成 15 年 3 月 10 日発行

編集

兵庫県立工業技術センター繊維工業技術支援センター

発行

〒 677-0054　兵庫県西脇市野村町上ノ段 1790-496

TEL(0795)22-2041　FAX(0795)22-3671