

とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）の
汚染布作成に関する一考察

— ポリエステル繊維との対比 —

森 瑞 枝 米 田 宏 美 田 中 麻 紀 子

とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）の汚染布作成に関する一考察 — ポリエステル繊維との対比 —

森 瑞 枝 米 田 宏 美 田 中 麻 紀 子

1. 緒言

地球環境保護に対する取り組みとして、繊維産業では、「再生産可能な資源からの生分解性繊維」の開発と実用化が進められており、数々のエコロジー繊維が登場している。その中から我々は、竹繊維（竹を原料にした再生繊維）およびとうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）をとりあげ、その消費性能と染色性について検討をおこない報告してきた。^{1)~5)} 前報⁶⁾では、竹繊維およびとうもろこし繊維の洗浄性を検討するために、JIS C 9606（湿式人工汚染布）に準じて、これらを基布とする人工汚染布を作成し、洗浄実験をおこない、若干の知見を得て報告した。

引き続き洗浄性の検討を進めるにあたり、汚染布作成の際、JIS規格に示されている汚垢成分の一つである泥（赤黄色土）の入手が困難なことから、これに代わるものとして日立-ライオン法人工汚染布で使用されていた泥（関東ローム）を使用することを試みた。

とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）は、表1で示したように融点を除けばポリエステルの繊維物性とほぼ同様であり、従来の合成繊維の特性と生分解性を合わせ持った新合成繊維である。今回は、とうもろこし繊維の人工汚染布を作ることを目的に、性質が近似しているポリエステルの汚染布も作成し、比較検討した。これらの繊維は、いずれも疎水性繊維であるため、汚垢（主に無機成分）が付着しにくく、湿式人工汚染布の場合、JIS基準（表面反射率 $40 \pm 5\%$ ）を得ることが難しい。従って本実験では、試料（基布）にとうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）およびポリエステル繊維のフィラメント織物、スフ織物、編物を用いて、JIS

C 9606（湿式人工汚染布）に準じた人工汚染布の試作をおこない、表面反射率からみた汚れ付着量、電子顕微鏡による汚れ付着状態を観察し、効率のよい人工汚染布の作成について検討した。

表1 とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）の繊維物性⁷⁾

項目		とうもろこし繊維	ポリエステル繊維	
物理的性質	比重	1.27	1.38	
	屈折率	1.4	1.58	
	融点	℃	175	260
	ガラス転移点	℃	57	70
	吸湿率 (標準状態)	%	0.5	0.4
	燃焼熱	cal/g	4500	5500
繊維性能	強力	g/d	4.5~5.5	4.5~5.5
	伸度	%	30	30
	ヤング率	kg/mm	400~600	1200

2. 実験方法

(1) 試料

汚染布作成のための試料には、とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維 100%）およびポリエステル繊維 100%のフィラメント織物、スフ織物、編物を用いた。各試料の諸元は表2のとおりである。

(2) 汚染布作成方法

JIS C 9606（1999 確認）汚染布作成方法に記載されている汚垢成分の赤黄色土を関東ローム（11種 1.6~2.3 μm 日本粉体工業技術協会）に代替し、各試料を基布とする人工汚染布をJIS法に準じて作成した。汚染液の汚垢成分と配合量は表3のとおりである。

表 2 試料の諸元

	組織	厚さ (mm)	より数 (T/m)		密度 (本/5cm)		
			たて糸	よこ糸	たて糸 (ウェール)	よこ糸 (コー ス)	
とうもろこし繊維(ポ リ乳酸繊維)	フィラメント織物	平織	0.13	0.0	0.0	177	148
	スフ織物	三枚斜文	0.38	Z502	Z492	185	100
	編物	両面編	0.51	0.0		105.0	102.5
ポリエステル繊維	フィラメント織物	平織	0.09	0.0	0.0	200	164
	スフ織物	平織	0.30	Z1526	Z1508	259	140
	編物	両面編	0.62	0.0		102.5	105.0

①汚染液の作り方

水 850ml にゼラチン 3.5g を入れ、溶解した後、カーボンブラック 0.25 g を投入し、スターラー（攪拌機）で分散させ、24 時間放置した。放置後 3 分間攪拌した後、関東ローム 15g を投入して 30 分間攪拌し、あらかじめ調合しておいた有機成分 6 種（表 3）を投入して 2 分間攪拌したものを汚染液とした。

表 3 汚染布の污垢組成と配合量
(水 850ml に使用する分量)

成 分		配合量(g)	
有機質成分	油性汚染成分	オレイン酸	14.2
		トリオレイン	7.8
		オレイン酸コレステロール	6.1
		流動パラフィン	1.3
		スクアレン	1.3
		コレステロール	0.8
	蛋白質	ゼラチン	3.5
無機質成分	関東ローム	15	
	カーボンブラック	0.25	

②汚染方法（バット汚染法）

汚染布の作成にあたっては、JIS 法に準じたが、試料の耐熱性、帯電性を考慮し、乾燥温度、ポリッシングの回数を調整した。また、試料布は疎水性繊維であり、汚染液の吸収が低く、基準の反射率 $40 \pm 5\%$ に達することが難しいため、基準値を得るための試みとして、汚染布作成工程を 2 回または 3 回繰り返して、重ねて汚染したものを試作した。

汚染工程は、汚染液をバットに入れ、無機成分が沈殿しないようスターラーで攪拌しながら、試料布（11×16cm）を浸漬し、40 秒間平らに動かしながら汚染した。次に 30 分間自然乾燥した後、90℃（JIS 法では 105℃）の恒温槽内で 30 分間強制乾燥させた。乾燥後、汚染布の表裏を左右に各 15 回（JIS 法は 25 回）ずつスポンジでポリッシングした。

(3) 汚染布測定方法

①反射率測定

デジタル白色光度計 TC-60（東京電色株）を用いて汚染布の表面反射率を測定した。測定値は 1 試料につき 4 枚の表裏各 10 ヶ所、合計 80 ヶ所測定した数値を平均した。

②顕微鏡観察

汚染布の污垢付着状態をみるために、走査型電子顕微鏡 JSM-820（日本電子）を用いて撮影した。

3. 結果および考察

(1) 表面反射率

とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）およびポリエステル繊維のフィラメント織物、スフ織物、編物を基布とした人工汚染布の表面反射率は、図 1～3 のとおりである。また、とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）およびポリエステル繊維における各試料間の反射率比較を図 4、図 5 に示した。

布上の汚れ付着量測定法には各種の方法があるが、簡便な方法として色調をみる方法がある。これは、布上にある着色物質（主に泥、カーボンブラックなどの無機成分）の多少に応じて布の色の

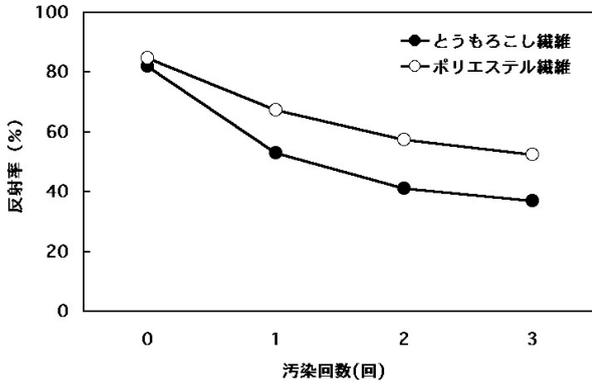


図1 フィラメント織物の人工汚染布反射率

濃淡が変化することを利用するものであり、反射率計を用いて汚染布の表面反射率を測定し、評価する。従って反射率の数値が小さいほど汚れの付着量は大きいことを示している。JIS C 9606 (1999 確認)に記載されている湿式人工汚染布の作成方法では、汚染布の反射率は、 $40 \pm 5\%$ になるように定められている。そこで今回試作した汚染布の反射率をJISの基準値と比較し、検討をおこなった。

表面反射率がJISの基準値 ($40 \pm 5\%$) に最も近い汚染布は、とうもろこし繊維 (ポリ乳酸繊維) では、フィラメント織物で汚染工程を2回繰り返した汚染布が41.1%、スフ織物は汚染1回で35.5%、編物は汚染1回で28.1%となった。

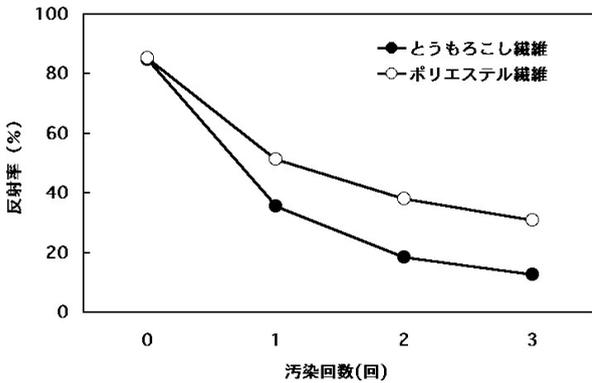


図2 スフ織物の人工汚染布反射率

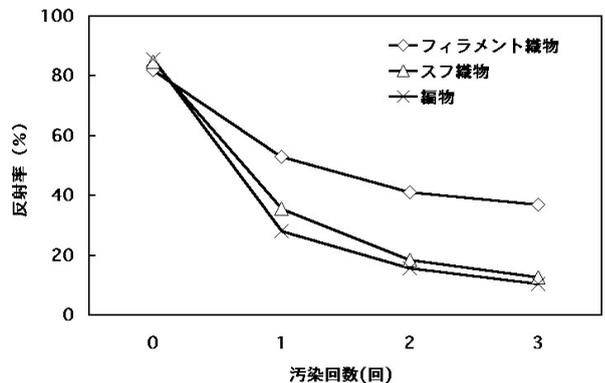


図4 とうもろこし繊維 (ポリ乳酸繊維) の人工汚染布の反射率比較

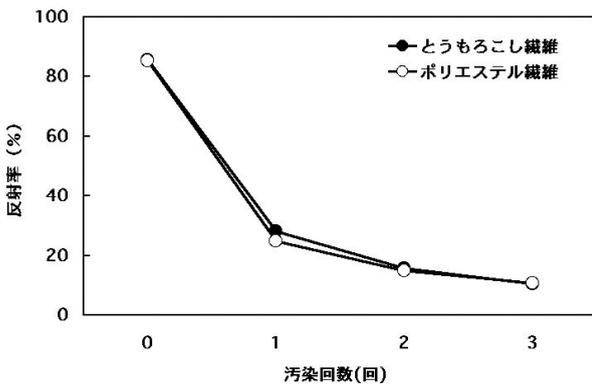


図3 編物の人工汚染布反射率

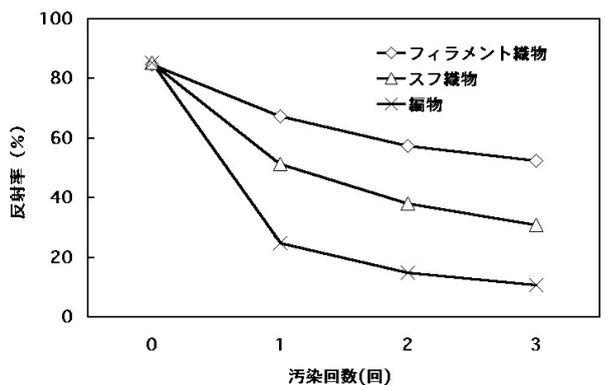


図5 ポリエステル繊維人工汚染布の反射率比較

ポリエステルでは、フィラメント織物が汚染3回で52.4%、スフ織物は汚染2回で38.1%、編物は汚染1回で25.0%となった。

また、JIS基準の人工汚染布は綿を使用しており、比較のために同条件で綿（汚染布に使用する標準品）を汚染したところ、汚染1回で36.6%の反射率が得られた。

一般に汚れの付着量や付着状態は、繊維の形態的ならびに化学的構造特性、糸の太さ、撚り、布の組織、密度、厚さなど多くの因子の影響を受ける。汚れは、織物・編物の間隙や凹部、また、繊維表面の凹凸部に取り込まれるため、毛羽のある織物は、ない織物より汚れやすく、糸密度の大きい織物表面は粗な織物に比べ汚れが付きにくい。単繊維表面では、なめらかで円形の断面をもつ合成繊維の場合、汚れ（無機粒子）は付着しにくい。

図1のとおり、フィラメント織物において、とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）は、ポリエステルより汚染されやすい。これは、表2・試料の諸元からわかるように、いずれの繊維も平織、糸は無撚であるが、とうもろこし繊維の方は織物の厚さがやや厚いこと、糸密度が小さいこと、これらが汚れ（主に無機成分）の付着を大きくしたものである。また、表1・とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）の繊維物性で示したように、ポリエステルの吸湿性が0.4%であるのに対し、とうもろこし繊維は0.5%であることから、このわずかな差が汚染液の吸収を助けたのではないかと推測される。

図2のとおり、スフ織物においても、とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）の方が汚染されやすい。これは、表2で示したように、とうもろこし繊維の方が織物の厚さがやや厚いこと、糸の撚り数が少ないこと、糸密度が小さいこと、これらが汚れの付着を大きくしたものである。また、とうもろこし繊維のスフ織物は、1回の汚染で綿の汚染布とほぼ同様の反射率を示しており、効率よく汚染布を作ることができる。

図3のとおり、編物においては、いずれの繊維においても1回の汚染で基準値をはるかに上回る大きな汚染を示している。これは、織物に比べ、厚さが大であること、糸密度が小さいこと、両面

編で間隙が多いことなどが汚染を大きくしたものである。ポリエステルの汚染の方がやや大きいのは、組織、糸の撚り数、密度はとうもろこし繊維と同様であるが、厚みが大であることが理由と思われる。

図4、図5からわかるように、いずれの繊維もフィラメント織物よりスフ織物の方が汚れが付きやすい。スフ織物は、短繊維（Staple fiber）を紡績したスフ糸で織られているため織物表面に毛羽が多く、繊維が長く連続しているフィラメント織物より、汚れ（主に無機成分）が付着しやすくなったものと思われる。

（2）顕微鏡観察

とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）およびポリエステル繊維人工汚染布の污垢付着状態を電子顕微鏡で撮影した結果、単繊維表面の污垢付着状態は図6-1（とうもろこし繊維）、図6-2（ポリエステル繊維）、織物・編物表面の污垢付着状態は図7-1（とうもろこし繊維）、図7-2（ポリエステル繊維）のとおりである。また、参考のために綿（汚染布に使用する標準品）で作成した人工汚染布（汚染1回）とJIS規格人工汚染布（洗濯科学協会）の単繊維表面における污垢付着状態を図8に示した。

とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）およびポリエステル繊維の単繊維表面における污垢付着状態を観察してみると、いずれの汚染布においても無機成分（カーボンブラック・泥の粒子汚れ）の付着に比べて、油性污垢の付着が多くみられ、汚染1回より汚染を3回重ねることで多量の油汚れが付着することがわかる。これは織物・編物表面の污垢付着状態から観ても同様である。図8で示したように綿繊維の人工汚染布では、主に無機成分（粒子汚れ）が付着しており、綿のような親水性繊維に比べ、疎水性のとうもろこし繊維やポリエステル繊維には、油性汚れが付きやすいことが確認できる。汚れの付着の要因としては、物理的（機械的）付着、分子間相互作用による付着、静電気による付着、化学的な結合などによる付着があげられるが、汚れと繊維間に働く力として最も大きいものは、分子間相互作用による付着である。汚れと繊維の分子間には互いに吸引し合う力（ファ

ンデルワールス力)が働き、疎水性の合成繊維と油性汚れとの間にもこの力が大きく寄与するためである。

これら顕微鏡観察の結果は、表面反射率からみた汚れ付着量とほぼ同様の傾向を示しているが、フィラメント繊維の場合には、反射率からみた汚れ付着量が小さい値であっても、実際には多くの油汚れが付着しており、疎水性繊維の湿式人工汚染布の作成には、多くの検討課題が残されている。

4. 要約

とうもろこし繊維(ポリ乳酸繊維)およびポリエステル繊維の人工汚染布を作成することを目的に、JIS C 9606(湿式人工汚染布)に示されている無機汚垢の赤黄色土を関東ロームに代替し、JISの作成方法に準じて、各繊維のフィラメント繊維、スフ繊維、編物を基布とする人工汚染布の試作をおこない、表面反射率からみた汚れ付着量、並びに電子顕微鏡による汚れ付着状態を検討し、次のような結果を得た。

- (1) とうもろこし繊維(ポリ乳酸繊維)の人工汚染布は、スフ繊維、編物では、1回の汚染でJISの基準値(表面反射率 $40\pm 5\%$)を得ることができる。
- (2) ポリエステル繊維の人工汚染布は、編物では1回の汚染で基準値を得られるが、織物では得ることができない。
- (3) いずれの繊維もフィラメント繊維は、最も汚染布の作成が難しく、1回の汚染で基準値を得ることができない。
- (4) いずれの繊維も無機汚垢(粒子汚れ)に比べ、油性汚垢が付着しやすい。

以上の結果から、とうもろこし繊維(ポリ乳酸繊維)およびポリエステル繊維における湿式人工汚染布の作成では、引き続きフィラメント繊維を

効率よく汚染するための検討が必要である。いずれの繊維も疎水性で汚染液の吸収が低い上に、フィラメント繊維は単繊維および繊維表面の形態からみても無機汚垢(粒子汚れ)が付着しにくい。粒子汚れの付着量を上げて、表面反射率をJIS基準値に近づけるためには、

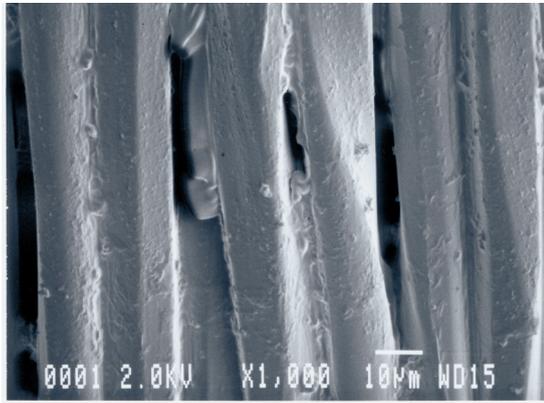
- ・汚染液中の無機汚垢(カーボンブラック・関東ローム)を増量する。
- ・汚染(浸漬)時間を延長する。
- ・汚染液中の油性汚垢を減量し、重ねて汚染する。(汚染工程を2回くり返す)

今後は、これらを検討課題として実験を進め、とうもろこし繊維(ポリ乳酸繊維)およびポリエステル繊維における適切な湿式人工汚染布の作成方法を見極めたい。

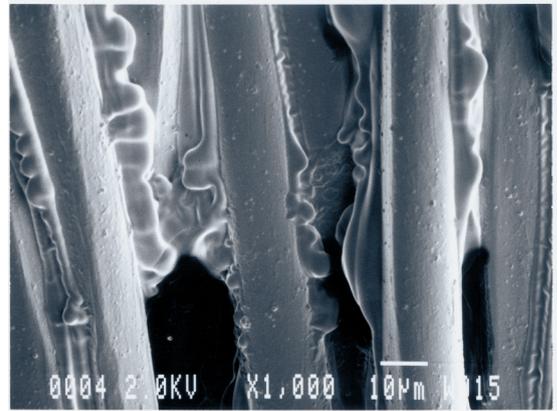
文献

- 1) 森瑞枝他：東京家政学院大学紀要 41 自然科学・工学系 21～29 (2001)
- 2) 米田宏美他：東京家政学院大学紀要 41 自然科学・工学系 31～36 (2001)
- 3) 森瑞枝他：東京家政学院大学紀要 42 自然科学・工学系 41～47 (2002)
- 4) 米田宏美他：東京家政学院大学紀要 42 自然科学・工学系 49～56 (2002)
- 5) 米田宏美他：東京家政学院大学紀要 43 自然科学・工学系 43～48 (2003)
- 6) 森瑞枝他：東京家政学院大学紀要 43 自然科学・工学系 37～42 (2003)
- 7) 改森道信：加工技術 35.5 (2000) 300～309
- 8) 奥山晴彦他：洗剤・洗浄の事典，朝倉書房 (1991)
- 9) 最新洗浄技術総覧編集委員会：最新技術総覧，美功社 (1996)
- 10) 吉川和志：新しい繊維の知識，鎌倉書房 (1995)
- 11) 中西茂子他：被服整理学，朝倉書店 (2002)

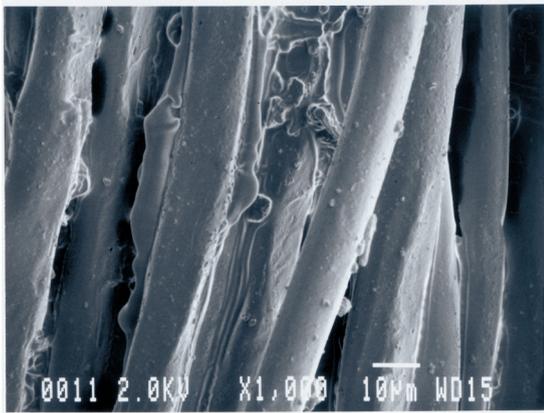
図6-1 とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）人工汚染布の污垢附着状態
—単繊維表面—



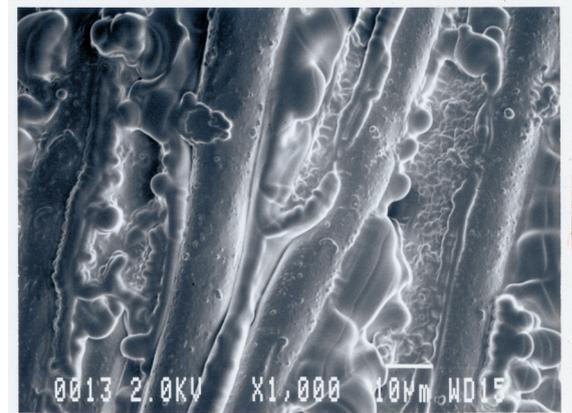
フィラメント織物 汚染1回



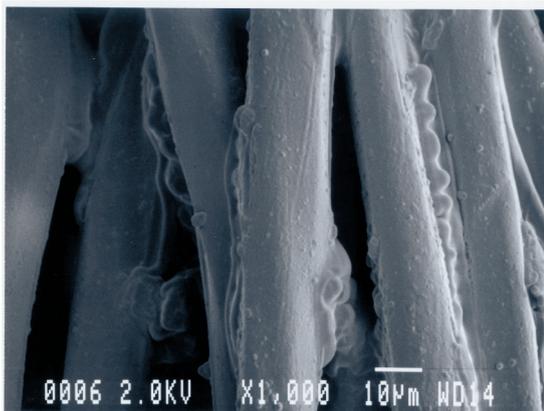
フィラメント織物 汚染3回



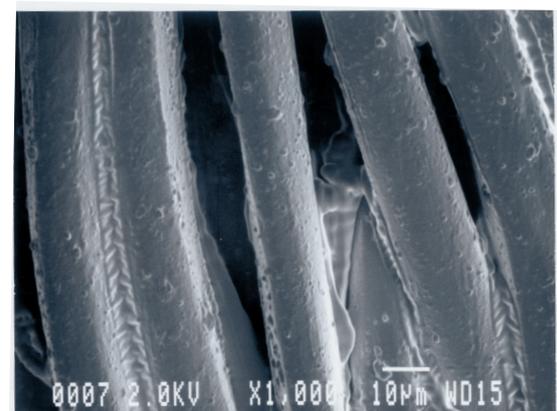
スフ織物 汚染1回



スフ織物 汚染3回

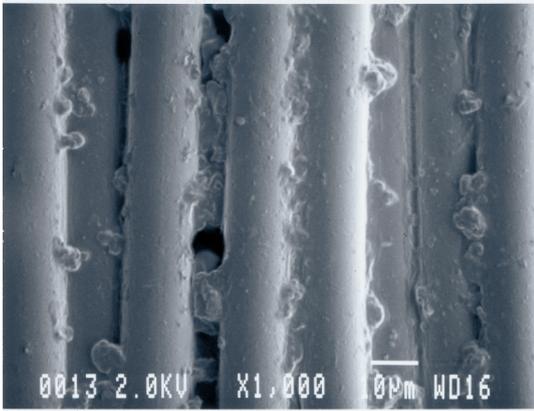


編物 汚染1回

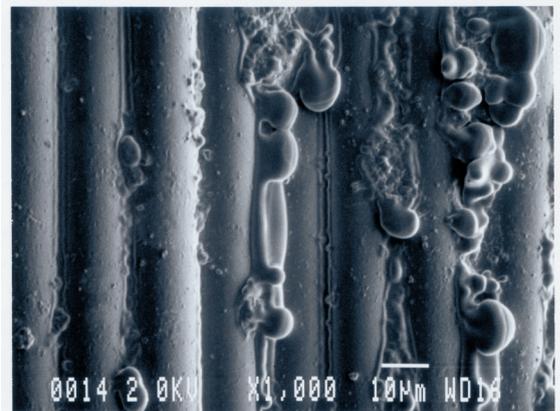


編物 汚染3回

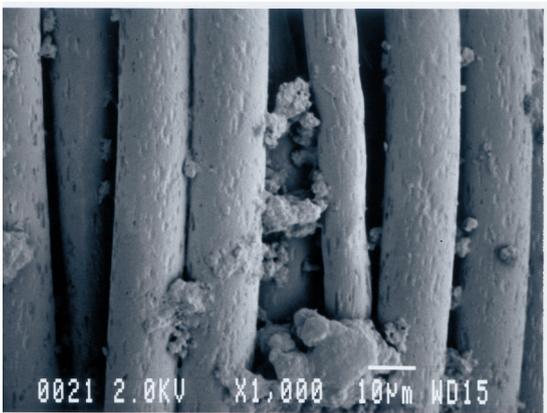
図6-2 ポリエステル繊維人工汚染布の污垢附着状態
—単繊維表面—



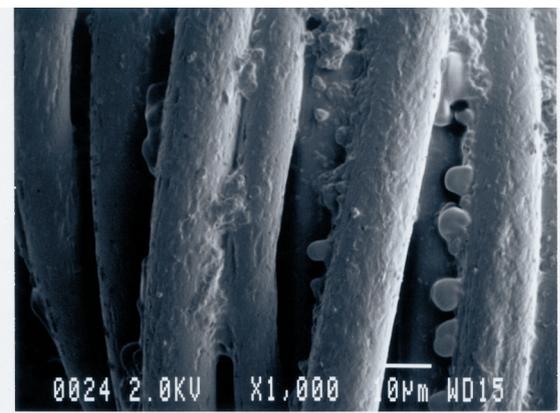
フィラメント織物 汚染1回



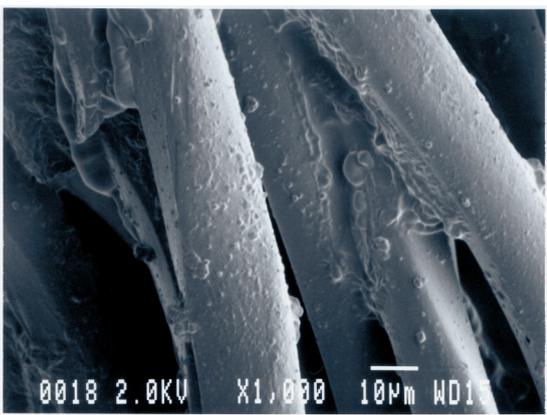
フィラメント織物 汚染3回



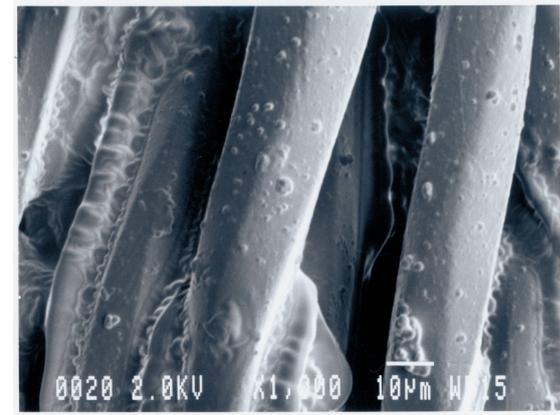
スフ織物 汚染1回



スフ織物 汚染3回

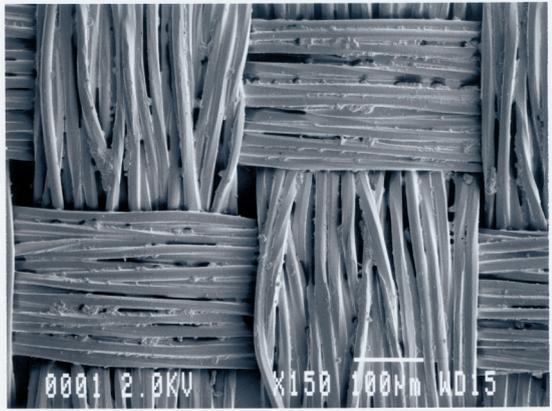


編物 汚染1回

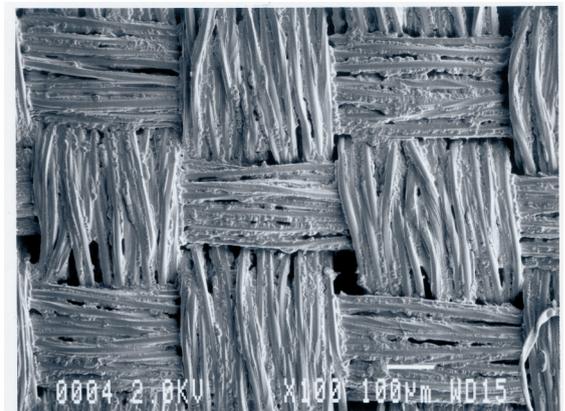


編物 汚染3回

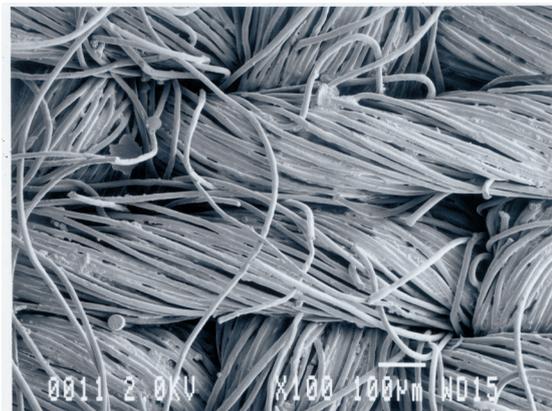
図7-1 とうもろこし繊維（ポリ乳酸繊維）人工汚染布の污垢附着状態
—織物・編物表面—



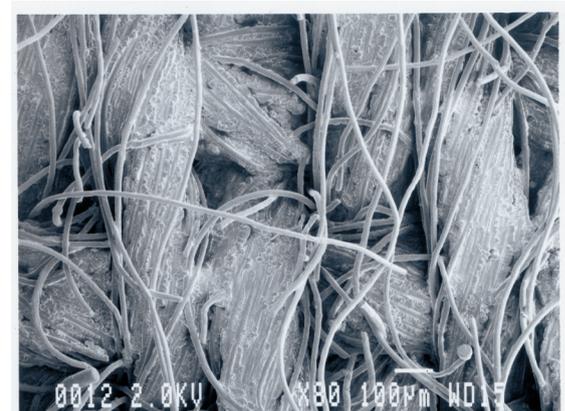
フィラメント織物 汚染1回



フィラメント織物 汚染3回



スフ織物 汚染1回



スフ織物 汚染3回

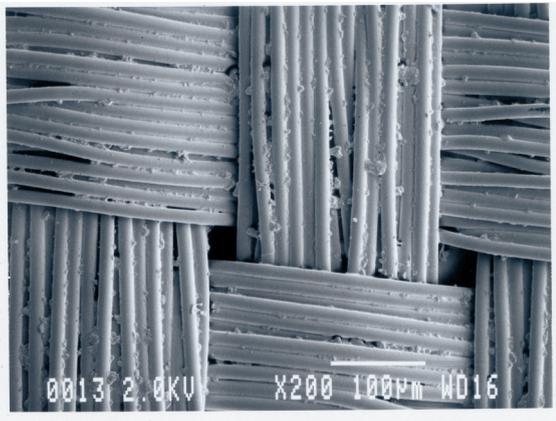


編物 汚染1回

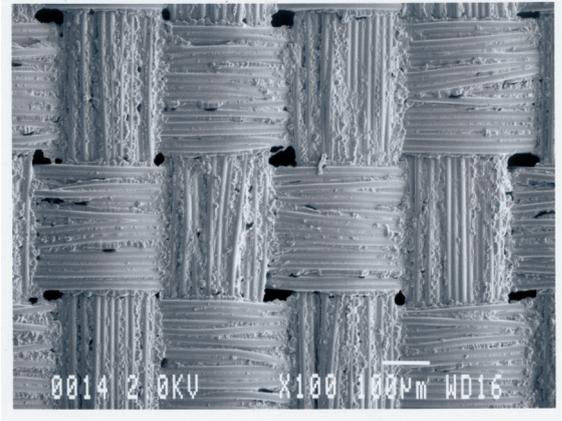


編物 汚染3回

図7-2 ポリエステル繊維人工汚染布の污垢附着状態
— 織物・編物表面 —



フィラメント織物 汚染1回



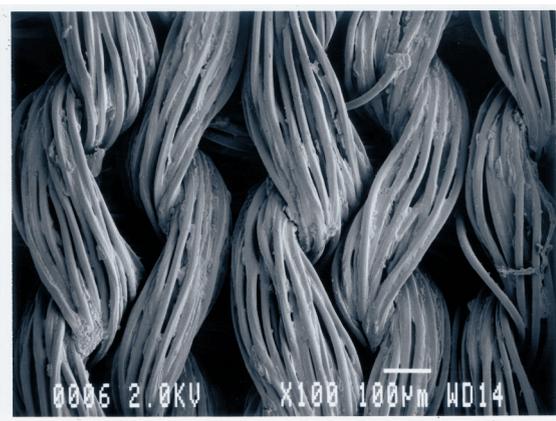
フィラメント織物 汚染3回



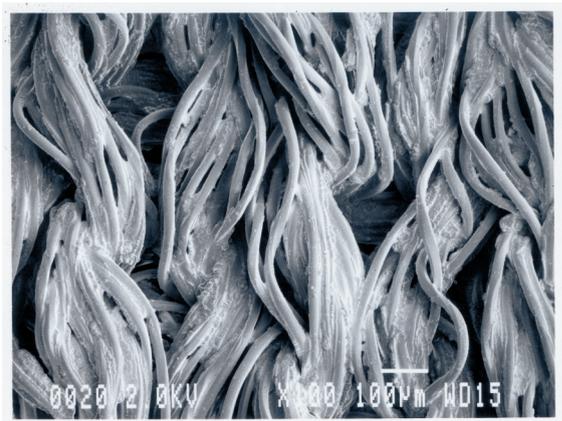
スフ織物 汚染1回



スフ織物 汚染3回

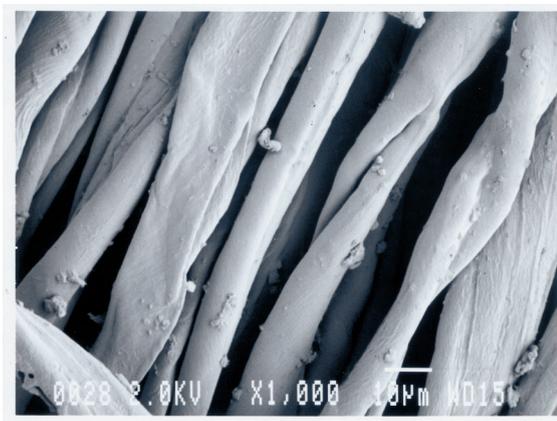


編物 汚染1回

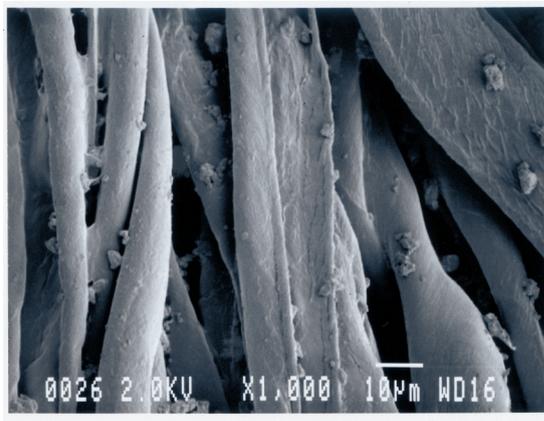


編物 汚染3回

図8 綿繊維人工汚染布の汚垢付着状態
—単繊維表面—



JIS規格の汚染布
(洗濯科学協会)



関東ローム使用の汚染布