

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「高機能・高感質な超極細繊維製品を省エネルギーで実現する
割繊・染色一体加工技術の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成26年3月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

目 次

第1章 研究開発の概要	4
第2章 省エネ型割織・染色加工装置の開発	9
2-1 開発装置の試運転と加工状況の評価（プロトタイプ機）	9
第3章 高効率な割織・染色加工プログラムの開発	13
3-1 加工液流制御条件の検索と制御プログラムの開発	14
3-2 加工液の加熱・冷却条件の検索と制御プログラムの開発	14
3-3 割織工程と染色工程連携システムの開発	15
第4章 量産型加工機の開発	15
4-1 量産型加工機の開発	15
第5章 製品試作と評価	18
5-1 ナノ分割繊維を使用したニット生地加工試作	18
5-2 試作素材の評価	26
5-2-1 試作素材の評価（岐阜県産業技術センター評価結果）	26
5-2-1-1 試作素材の評価の割織状況の確認	26
5-2-1-2 新作素材の風合い関連物性、通気性、熱関連物性	28
5-2-2 試作素材の評価（カケンテストセンター評価結果）	30
① 花粉粒子の捕集効率	30
② 微小粒子捕集効率	30
③ 圧力損失	31
④ 汚れの拭き取り性	31
⑤ 除菌活性試験（菌の拭き取り性）	32
第6章 まとめ	33
6-1 研究開発成果	33
6-2 問題点	34
6-3 全体総括	35

第1章

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究開発の背景

繊維産業は我が国の基幹産業の一つとして、重要な役割を担ってきたが、中国・東南アジア各国の追い上げや円高などにより、生産拠点の海外進出が続き国内の繊維産業は空洞化の一途を辿っている。そこで、海外進出のリスクや雇用の維持などの点から国内での生き残りを図るためには、技術の高度化とコストの削減が不可欠となっている。

染色加工の分野においても、一般的な加工は生産拠点が中国・東南アジアへ移りつつあるが、特殊な加工、中でも分割繊維の割織による超極細繊維布帛の加工などは、高い技術力と蓄積されたノウハウを有する国内企業が世界をリードしている状況にある。

1-1-2 研究目的及び目標

本研究開発では、ナノ繊維の割織加工技術を高度化することにより、ナノ繊維の持つ大表面積効果により発現する高い機能性や独特の風合いによる高感性を活用できるニット組織加工技術を確立し、ユーザーが求める高い機能性や感性を満足させる超極細繊維製品を省エネルギーで実現する割織・染色一体加工技術開発を目的とした。

本研究開発における技術目標は次のとおり。（表1）

表1 技術目標値

区分		現状	目標値
1. 省エネ型割織・染色加工装置の開発	割織染色機のシステム構築	温度制御、加熱制御、化学液調整、冷却が半自動	完全自動化
	30%以上の割織と染色の同時加工	別々の装置でべつべつに加工	同時加工
	化学液（薬剤）の削減	240kg	120kg (削減率50%)
	化学液（水）の削減	240kg	1200kg (削減率50%)
2. 高効率な割織・染色加工プログラムの開発	染色加工時間の短縮	10時間	7.5時間 (削減率25%)
	トータルコスト	10000円/反	5000円/回 (削減率50%)

	蒸気使用量	1 5 0 0 k g / 回	7 0 0 k g / 回 (減少率 5 3 %)
	割繊減少率	約 2 0 %	約 3 0 %
3. 量産型加工機の開発	開発システム、プログラム等を応用した量産型加工機	なし	完全自動化の量産型加工機の試作
4. 製品試作と評価	極細繊維（単繊維直径 1 0 0 ナノ）使用ニット製品	なし	単繊維直径 1 0 0 ナノまで割繊されていること 生地 の 曲げ剛性が 1 / 3

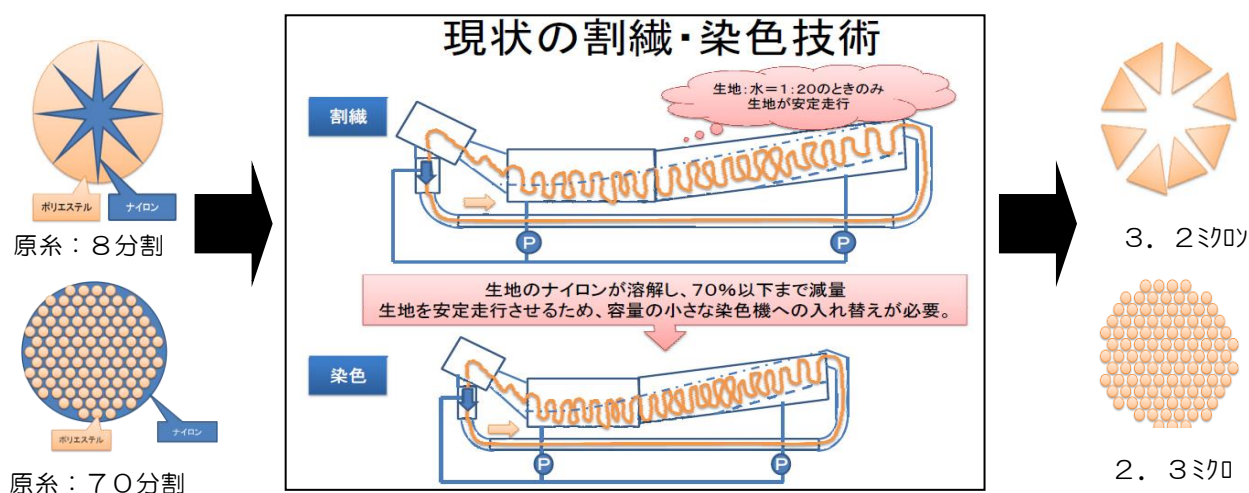
1 - 1 - 3 研究内容

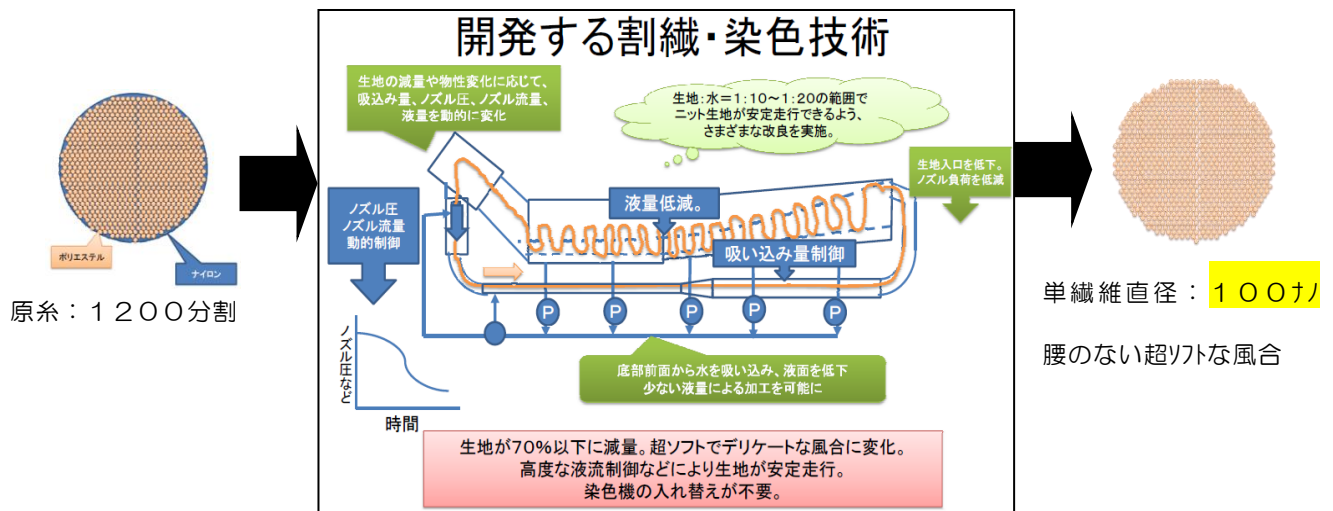
(1) 研究の概要

現状の割繊加工技術では、加工生地（ニット生地）の走行安定性の課題により、分割後の単繊維直径は、製品ベースでは 3. 2 ミクロン、試作ベースでも 2. 3 ミクロンが限界となっている。

加えて、加工可能な生地においても走行安定性を図り加工生地の品質を安定させるためには、過剰な加工液が必要（生地と加工液の比が 1 : 2 0）であり、そのため余分なエネルギー消費（加工液の加温 1 3 0 ℃ / 回、蒸気使用量 1, 5 0 0 kg / 回）、多量の廃液処理等（薬剤 1 4, 0 0 0 L / 回）に伴う環境負荷が大きな加工方法となっている。

本研究開発では、割繊加工と染色加工を一体的かつ完全自動化・省エネルギーで加工する加工装置・加工プロセスの開発を行うとともに、分割後の単繊維直径が 1 0 0 ナノのナノファイバーニット生地と、この技術を活用した高機能・高感性なナノファイバー製品を開発する。





また、研究開発内容は次のようである。

①省エネ型割織・染色加工装置の開発

平成24年度に開発した省エネ型割織・染色加工装置により、割織試験加工を実施し、運転条件（ノズル圧、ノズル流量、液量、吸込み量、昇温カーブ等）の確定を行い、制御システムの調整ファクターとしてプログラム開発にフィードバックする。

②高効率な割織・染色加工プログラムの開発

開発した加工装置による割織加工における最適条件の検索と設定、それに対応した各制御プログラム（レサンプ）を確立し、割織加工品質の向上と染色工程との一体化を図る。

③量産型加工機の開発

①及び②から得られるシステム、プログラム等の評価結果を応用し量産仕様の加工設備を開発する。

④製品試作と評価

開発した加工装置及び割織・染色プログラムを活用して、ナノ分割繊維を使ったニット素材を加工し、拭き取り性能、吸油・吸水性能、速乾性能、発塵等の基礎評価と川下企業と連携した試作品評価を行う。

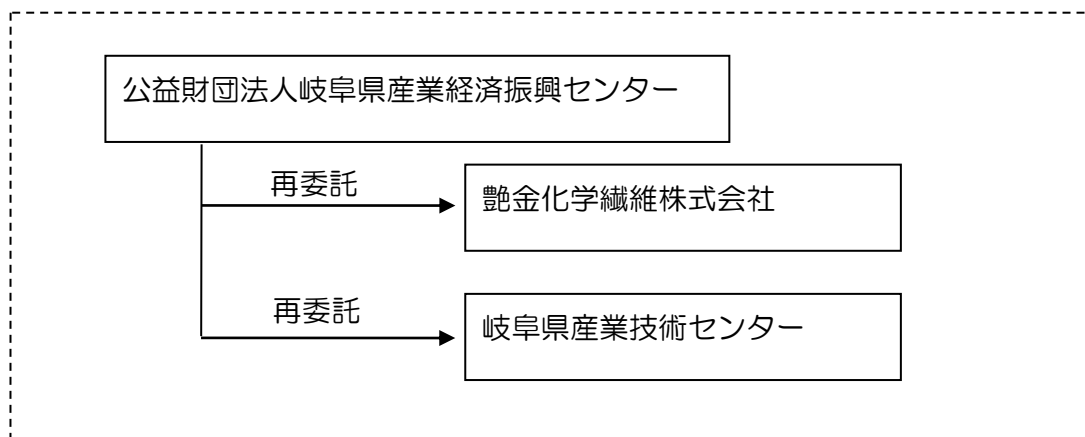
⑤事業化の検討

早期事業化の要望が強い、タブレット端末用クリーニングクロス、病院内感染防止のための医療機器用クリーニングクロスなど川下企業のニーズをふまえ、サンプル提供等事業化に向けた検討を行う。

1－2 研究開発体制

1－2－1 研究組織及び管理体制

(1) 研究組織（全体）



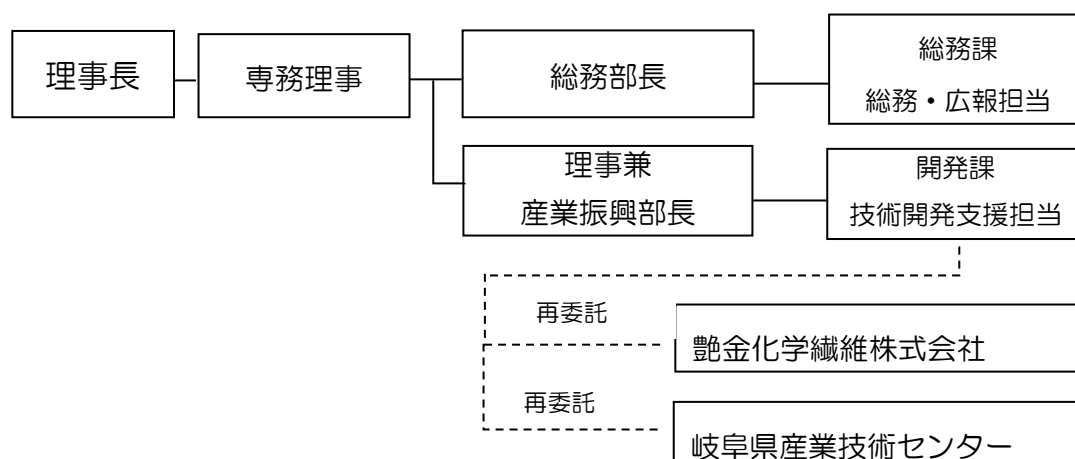
総括研究代表者（PL）
所属:艶金化学繊維株式会社
役職:代表取締役社長
氏名:墨 勇志

副総括研究代表者（SL）
所属:岐阜県産業技術センター
役職:繊維部部長
氏名:奥村 和之

(2) 管理体制

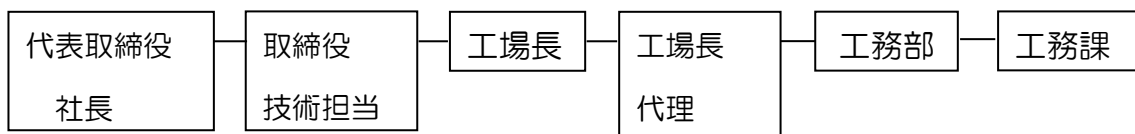
① 事業管理機関

公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

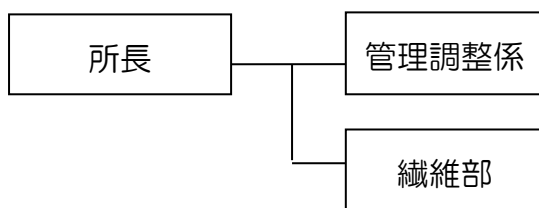


② 再委託先

艶金化学繊維株式会社



岐阜県産業技術センター



1－3 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

(岐阜市藪田南5丁目14番53号)

産業振興部 開発課

管理員 竹腰久仁雄

電話 058-277-1093

FAX 058-273-5961

E-mail gifu-sapoin@gpc-gifu.or.jp

第2章 省エネ型割織・染色加工装置の開発

2-1 開発装置の試運転と加工状況の評価（プロトタイプ機）

2-1-1 研究内容

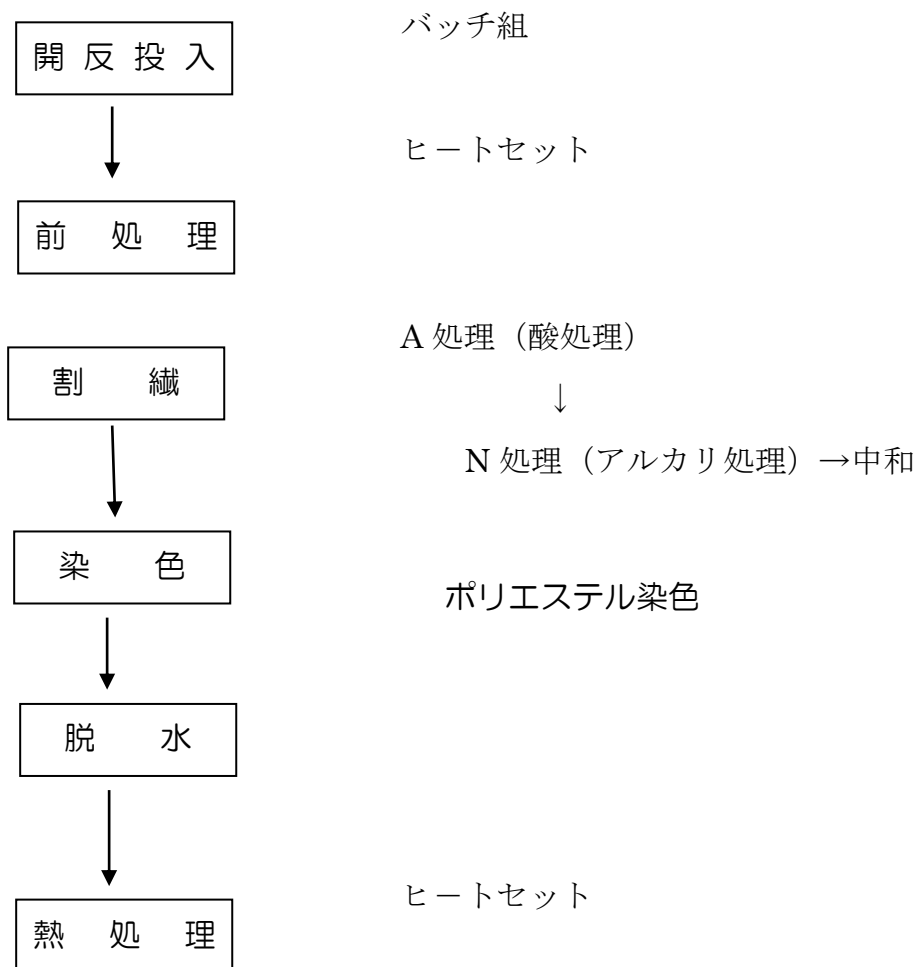
平成24年度の研究で開発した省エネ型割織・染色加工装置（プロトタイプ機）を用いてトレシーA およびトレシーK の加工を行い開発装置の試運転と加工状況の評価を行った。

(1) トレシーA

1 テスト品番

トレシーA 組織：高密度織物 材質：ポリエステル100%
割織後単糸直径：約2000nm（2 μ m）

2 加工工程



3 割織・染色工程

- ① A 処理
- ② ソーピング
- ③ N 処理
- ④ 湯洗い
- ⑤ ソーピング
- ⑥ 中和
- ⑦ 染色
- ⑧ R C (還元洗浄)

4 割織処理中の状況

① A 処理 (酸処理)

生地は、バルーン上に膨れることがなく生地走行には、問題がなかった。

② N 処理 (アルカリ処理)

生地は、バルーン上に膨れることがあったが生地走行には、問題がなく生地の追い越しもなかった。

(2) トレシーK

1 テスト品番

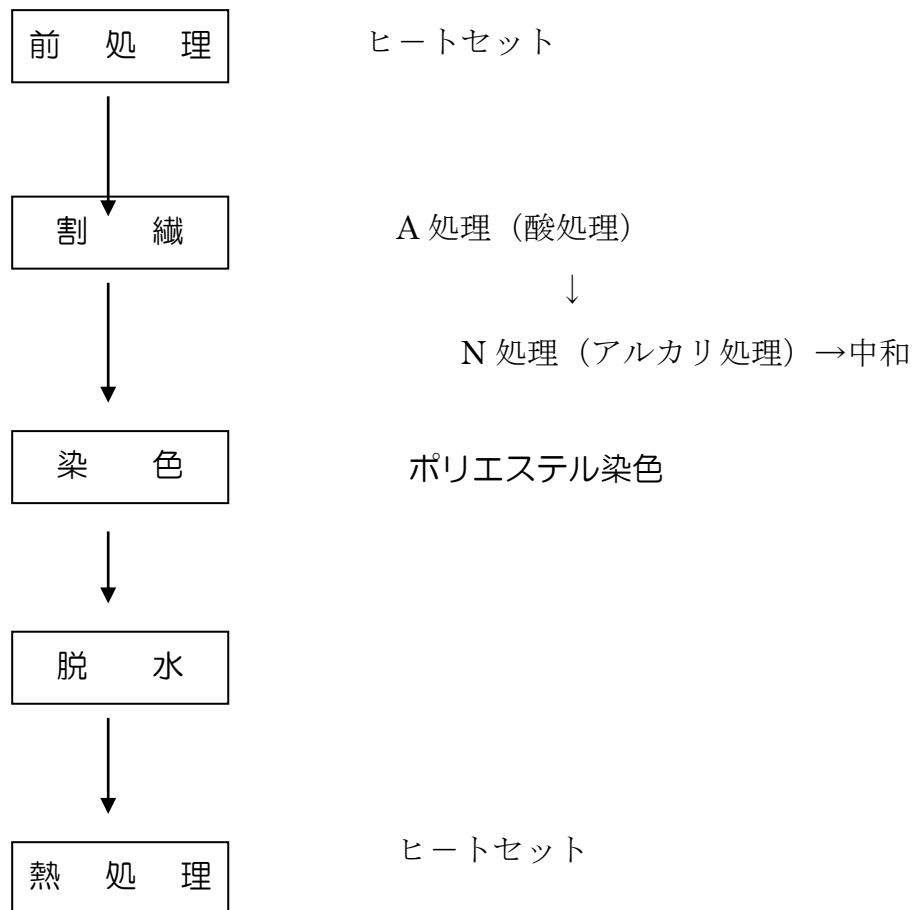
トレシーA 組織：高密度ニット 材質：ポリエステル 100%
割織後単糸直径：約 2000nm ($2\mu\text{m}$)

2 加工工程

開 反 投 入

バッチ組





3 割織・染色工程

- ① A 処理
- ② ソーピング
- ③ N 処理
- ④ 湯洗い
- ⑤ ソーピング
- ⑥ 中和
- ⑦ 染色
- ⑧ R C（還元洗浄）

4 割織処理中の状況

- ① A 処理（酸処理）

生地は、バルーン上に膨れることがなく生地走行には、問題がなかった。

② N 処理（アルカリ処理）

生地は、バルーン上に膨れることがあったが生地走行には、問題がなく生地の追い越しもなかった。

2－1－2 開発装置の試運転と加工状況の評価

1 開発装置の試運転.

運転中、制御システム、プログラム設定その他において特に問題となるような事はなかった。

良好な状態で運転することができた。

特にトレシーA のような織物の場合、割繊後密度が高くなり生地から空気が逃げにくいためバルーン状に膨れ易いが、開発した装置では特に問題となる事はなかった。

2 加工状況の評価

トレシーA およびトレシーK とも、A 処理、N 処理および染色中の生地の走行に関しては少しバルーン状に膨れるところがあったが、特に問題となる事はなかった。

3 仕上り品の評価

トレシーA

中希、テーリング、汚れ等はなく問題なし。

トレシーK

企画に対して 6 c mほど広く仕上がったためか、表面がややうろこ

状に見えるが、性能等問題ないと判断する

4 割繊状況の確認

仕上りサンプルを岐阜県産業技術センターで走査型電子顕微鏡(SEM)写真を撮影し、割繊状況を観察した。

結果として、若干の割繊ムラがあるものの単糸直径で約 2000nm ($2\mu\text{m}$) に割繊されていることを確認した。

第3章 高効率な割繊・染色加工プログラムの開発

(研究内容)

平成 24 年度に開発した研究成果を元に、生地 of 割繊が進むにつれて重量及び嵩が極度に变化するため、割繊後の生地の減量变化および物性变化に応じて最適な割繊・染色加工プログラムを確定した。

開発した各プログラムは、それぞれ単独で実施するものではなく第 1 章 省エネ型割繊・染色加工装置の開発の中で、開発装置の試運転で実証した。

1 トレーシーAおよびトレーシーKの割繊・染色工程

- ⑨ A 処理
- ⑩ ソーピング
- ⑪ N 処理
- ⑫ 湯洗い
- ⑬ ソーピング
- ⑭ 中和
- ⑮ 染色
- ⑨ R C

2 ナノファイバー<DK100D><T730D>の割繊・染色工程

- ① N 処理
- ② 湯洗い
- ③ ソーピング
- ④ 中和
- ⑤ 染色
- ⑥ R C

3－1 加工液流制御条件の検索と制御プログラムの開発

- 1 生地が減量率、割繊状況および物性変化を元に諸条件の設定を行った。
- 2 ノズル径の選定、浴比の設定。
- 3 液流制御条件（吸い込み量、ノズル圧、ノズル流量、走行速度、リール速度等）を確定した。
- 4 割繊・染色加工時の生地の走行状態（生地が乱れることなく周期的に折りたたまれ整頓されていること、生地の追い越しが発生しないこと等）、割繊状況、物性変化等を考慮してナノファイバーの割繊に適した液流制御プログラムを確定した。

3－2 加工液の加熱・冷却条件の検索と制御プログラムの開発

- 1 プログラムレサンプに対応した加工液の加熱・冷却速度の異なる温度制御プログラムを確定した。
- 2 温度制御プログラムに対応した液流制御プログラムを確定した。
- 3 プログラムレサンプに対応した最も効率的な加工液の加熱・冷却条件を確

定した。

3－3 割織工程と染色工程連携システムの開発

- 1 割織後は生地重量及び嵩が極度に減量し、生地の物性変化も著しく特に割織工程から染色工程へ移行する時点でのトラブル（生地の詰り、生地の追越、生地の絡まり、生地の巻き付き等）が起きやすく非常に重要な部分であるため、最適な液量制御、液流制御が求められる。
- 2 割織工程および染色工程いずれにおいても生地の走行が安定する液流制御プログラムを確定した。

第4章 量産型加工機の開発

4－1 量産型加工機の開発

ポリエステル 100%の織物の染色加工において色付、シミ付、汚れ等のトラブルが多発しているため、本研究において開発した量産化型加工機を用いて効率的な割織・染色加工プログラムの開発を行った。

4－1－1 ポリエステル 100%の織物で外衣を作成するための生地の加工

問題点 ： 試験反の段階で非常に硬い風合い
樹脂加工では、硬さは取れない
生機の汚れが多い

従って、アルカリ減量加工が必要と判断する。

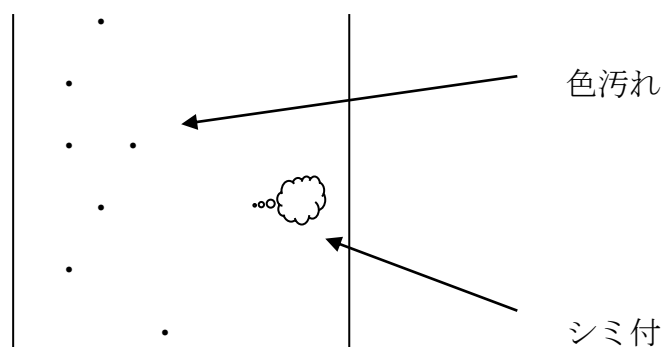
4－1－2 染色加工工程の決定

① 精練

- ② 減量加工
- ③ 湯洗い
- ④ 湯洗い
- ⑤ アニオン返し
- ⑥ 下晒し
- ⑦ 分解
- ⑧ 染色
- ⑨ R C

4-1-3 染色加工

決定した染色加工工程で加工するも、色汚れ、シミ付汚れが多発する。



色汚れ・シミ付きの状況

4-1-4 プログラムレサ이프の開発・・・染色加工条件の設定

1 染色加工工程の修正を行う

【対策】

- i 精練剤、分散剤の変更及び通常の排液給水を高温排液給水に変更
精練剤のメーカーを変更し精練処方の変更を行うと共に分散剤のメーカーも変更する。また汚れの再付着防止のために、熱交換器による冷却排液給

水から液置換を行う高温排液給水へ変更した。

ii 湯洗い・アニオン返しの温度変更

汚れ付着防止のため湯洗い・アニオン返しの温度を現状よりも少し下げ変更を行う。

iii 湯洗いのキレート剤をアニオン返しに変更

減量加工後のテレフタル酸ナトリウムの残留による汚れ防止対策として湯洗いのキレート剤をアニオン返しに変更する。

iv 3 バッチ毎に釜洗浄を実施する

染色機缶体からの汚れ防止対策として、3 バッチ毎の釜洗浄工程を入れる。

v 精練処方の変更

加工スタート時、得意先に糊剤などの使用の有無を確認したが、使用していないとの事であったがヨード反応試験液にてチェックするも反応なしでデンプン糊等の糊剤の使用はないと判断して通常の前練とした。

織物の場合、製織時において経糸は織機の運動によって大きな摩擦と引っ張りや圧縮張力を受ける。これらの外圧に耐え、製織を容易にするため整経時に糊付けが行われている。

従ってデンプン糊以外のアクリル酸エステル系あるいは高分子ワックス系の糊剤が使用されている可能性があるため前練時に苛性ソーダを追加し使用温度を下げた。

この処方にて染色加工を実施。汚れ、色汚れ等は無くなったものの減量効果が良くなり減量オーバーとなる。

vi 前練処方を変更し減量加工の変更を実施し、減量率を確認する。

vii 減量加工を省いた工程にて加工テストを行う。

結果として汚れ、色汚れ等は無くなった。

故に、4-1-2 染色加工工程の 9 工程から 4-1-4 の 5 工程に短縮することができ、時間短縮、エネルギー使用量の削減及び使用薬品等の減量をすることができ、環境負荷の低減を実施することができた。

3 染色加工工程の確定

1 染色加工工程の確定

- ① 精練
- ② 下晒し
- ③ 分解
- ④ 染色
- ⑤ R C

ここで開発したプログラムレサンプは、マイクロファイバー、ナノファイバーの割繊・染色工程に応用することが出来る。

第 5 章 製品試作と評価

5-1 ナノ分割繊維を使用したニット生地加工試作

日本国内の各ファイバーメーカーは、ナノファイバーの試作加工等を研究開発しているが市場でナノファイバーの糸を入手するのは、非常に困難となっている。原因としては、ナノファイバーの糸を製作しても使用用途開発がまだ進んでおらず製品としての具体的なニーズ等が不透明なためと考えられる。

本研究でナノファイバーニットの試作加工を行うに当たり、市場で入手できる

ナノファイバーを探すことからスタートした。

幸いなことに当社の取引先で入手が可能であることが分かり、ナノファイバーの試作を行った。試作条件として、使用できる編み機、編み組織、糸の組み合わせ等について検討を行い、丸編み4種類、たて編みラッセル1種類の試編みを行った。

表 1 試編み内容

組織	品番
丸編み	DK100D
	DH100D
	T750D
	T730D
たて編み	ラッセル

5-1-1 ビーカーによる割織テスト

1 試編みしたナノファイバーの割織テストをビーカー試験で行った。

条件 1 ボイル

条件 2 割織

湯洗い

ソーピング

中和

条件 3 精錬

割織

湯洗い

ソーピング

中和

それぞれの品番について、条件 1～3 で割織テストを実施した。

広幅ラッセルは、割織後生地が網の様な状態になり本研究において原反にするには不向きと判断する。

3 ビーカー試験の結果

ビーカー試験の結果、減量率は下表のようになった。

表 2 ビーカー割織結果

条件	品番	生地重量	減量後重量	差	減量率(N)%
1	DK100D	10 g	9.8	0.2	2
	DH100D	10 g	9.82	0.18	1.8
	T750D	10 g	9.72	0.28	2.8
	T730D	10 g	9.68	0.32	3.2
	ラッセル	10 g	9.53	0.47	4.7
2	DK100D	10 g	8.81	1.19	11.9
	DH100D	10 g	8.42	1.58	15.8
	T750D	10 g	7.5	2.5	25.0
	T730D	10 g	7.3	2.7	27.0
	ラッセル	10 g	4.43	5.57	55.7
3	DK100D	10 g	8.75	1.25	12.5
	DH100D	10 g	8.16	1.84	18.4
	T750D	10 g	7.48	2.52	25.2
	T730D	10 g	7.323	2.677	26.77
	ラッセル	10 g	4.4	5.60	56.0

5-1-2 見本用試験機による割織テスト

- ビーカー試験では、生地が静止した状態で割織を行っており実際には、染色機の中を回転しながら割織されるため条件が違ふ。従って、見本用試験機を使用して現実に即した条件で試験を行い、比較を行った。
テストは、4種類のナノファイバーを全部反継して一括で実施した。

3 見本試験機による割織結果

見本試験機による試験の結果、減量率は下表のようになった。

表 3 見本試験機による割織結果

品番	生地重量 kg	減量後重量	差	減量率%	ビーカー減量率
DK100D	9.95	8.2	1.75	14.6	12.5
DH100D	11.7	10.25	1.45	12.4	18.4
T750D	7.8	5.86	1.94	24.9	25.2
T730D	17.4	12.74	4.66	26.8	26.8

割織による減量率は、ビーカー試験と見本機による試験ではあまり差がないことが分かった。

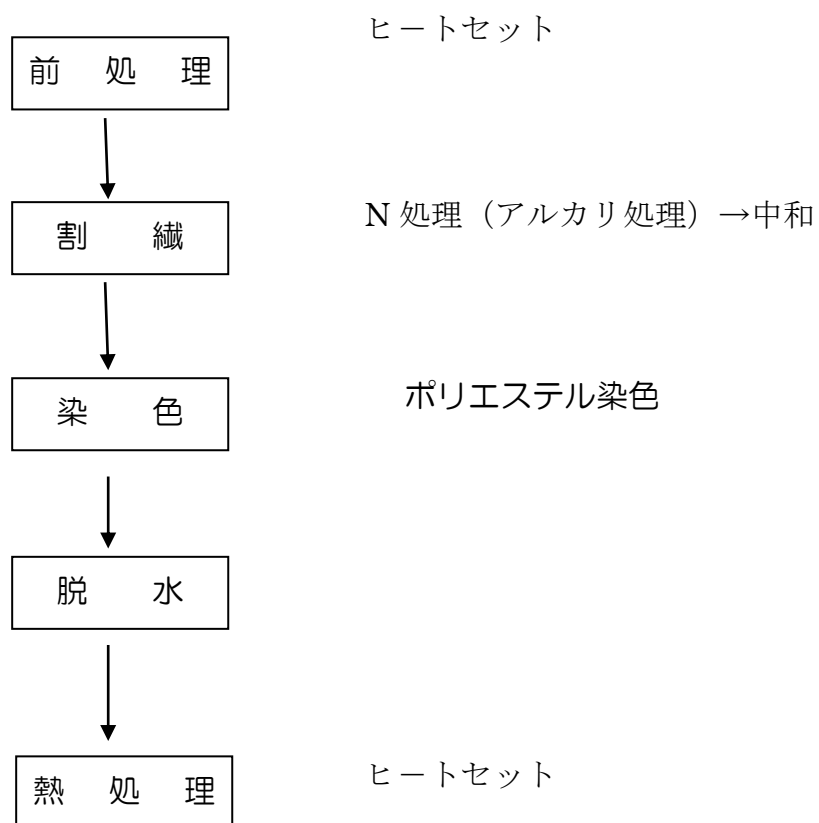
5-1-3 ビーカー及び見本染色機による割織生地の SEM 観察

ビーカー及び見本染色機により割織した生地の走査型電子顕微鏡による観察を岐阜県産業技術センターへ依頼し、割織状況の確認を行った。観察結果から、ナノファイバーDK100D、DH100D、T750D、T730Dの割織状態については、若干の割織ムラがあるものの割織後単糸直径が約700nmに割織されていることを確認した。

5-1-4 原反の作成

この割織した試験布を、一般財団法人カケンテストセンター大阪事業所でワイピングクロスの拭き取り性能試験を行い、その評価を元に作成する原反を決定することとした。

試験結果から4種類のデーターを比較すると、DK100D及びT730Dが他のものに比べて性能が優れているのでこの2種類を作成することに決定した。



3 割織・染色工程

- ① N 処理
- ② 湯洗い
- ③ ソーピング
- ④ 中和
- ⑤ 染色
- ⑥ R C

5 割織処理中の状況

- ① N 処理（アルカリ処理）

生地はバルーン状に膨れることはなく、生地の整頓性、走行状態、生地の追い越し等問題がなかった。

(2) T730D

1 テスト品番

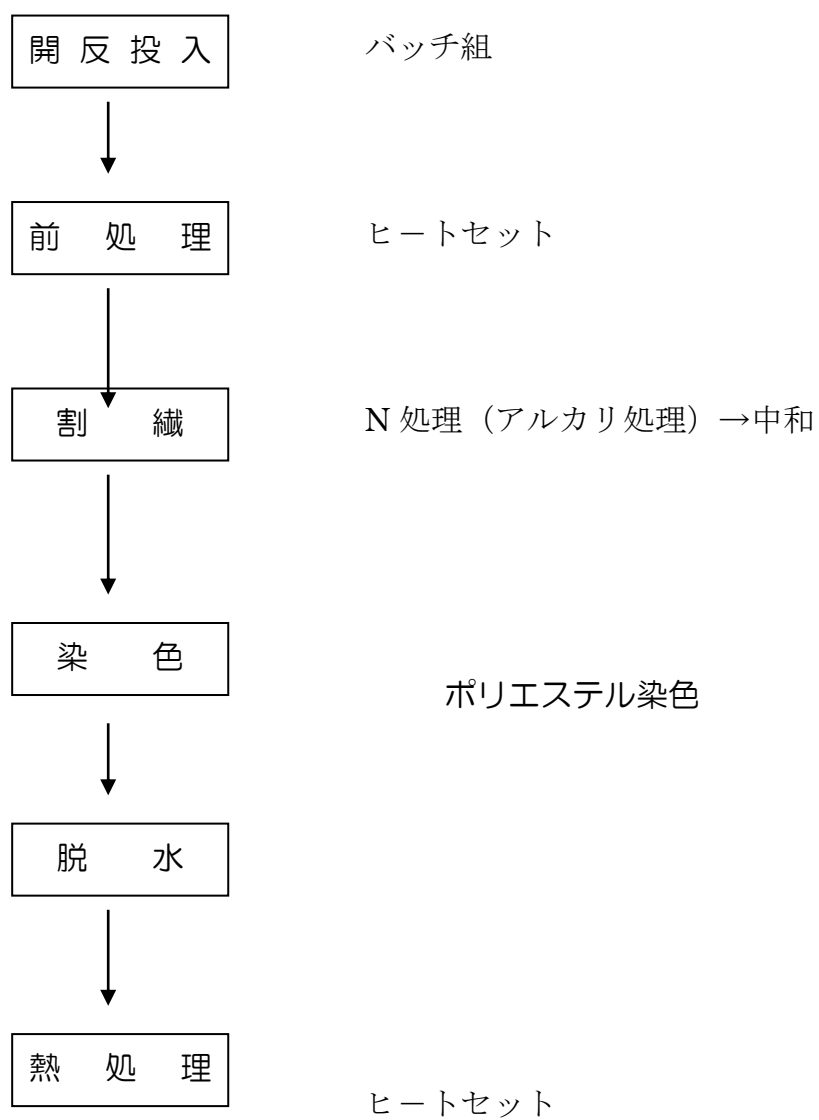
T730D 組織：プレーティング 材質：ポリエステル 100%

表：ナノファイバー112T

割織後単糸直径：700nm

裏：レギュラーポリエステル 33T

2 加工工程



3 割繊・染色工程

- ⑥ N 処理
- ⑦ 湯洗い
- ⑧ ソーピング
- ⑨ 中和
- ⑩ 染色
- ⑥ R C

5 割繊処理中の状況

5－1 アルカリ処理

① N 処理（アルカリ処理）

生地はバルーン状に膨れることはなく、生地の整頓性、走行状態、生地の追い越し等問題がなかった。

5－2 ナノファイバー割繊結果

1 ナノファイバー割繊による減量率は、表 1 のようになった。

表 1 ナノファイバー割繊による減量率

品番	反番	生地性量			仕上り性量			
		巾×丈	重量	目付	巾×丈	重量	目付	減量率
		c m	k g	g	c m	k g	g	%
DK100D	25002	230×42	21.9	521	170×42.2	19.7	467	10.0
	25003	230×42	22.1	526	170×42.2	19.8	469	10.4
	25004	230×43.7	22.9	524	170×42.0	20.3	483	11.4
T730D	36001	220×38.2	11.4	298	143×41.6	8.35	200	27.7
	36002	220×40.0	11.9	298	143×46.9	8.65	184	27.3
	36003	220×40.0	11.0	275	143×40.0	8.0	200	27.3

3 プロトタイプ機によるナノファイバー生機の割繊状況の確認

ナノファイバーDK100D、T730Dの生機をA処理、N処理及びA+N処理を実施したものの割繊状況をSEM写真で観察した。

5-1-6 ナノファイバー割繊生地のSEM観察

プロトタイプ機で割繊したナノファイバー生地の走査型電子顕微鏡による観察を岐阜県産業技術センターへ依頼し、割繊状況の確認を行った。

ナノファイバーDK100D、T730DのA(酸)処理のみ、N(アルカリ)処理のみ、A+N(酸+アルカリ)処理の割繊状態については、若干の割繊ムラがあるものの割繊後単糸直径が約700nmに割繊されていることを確認した。

5-2 試作素材の評価

1 試作素材の加工上の評価

試作したナノファイバーDK100D及びT730Dについて、今回研究で開発したプロトタイプ機での割繊・染色加工においては生地の手詰り、生地の整頓性、生地の手越し等のトラブルはなく、割繊・染色加工ができた。

染色後の仕上げ工程では、ナノファイバー側の摩擦抵抗が非常に大きくロール面を通過するとき、縦方向に大きなテンションが掛かり生地の手不動が起きる可能性があるため量産加工時においては、クリンプロール、タッチロールへの接触は避ける検討が必要であり、又は必要最小限とすることを検討しなければならない。

5-2-1 試作素材の評価（岐阜県産業技術センター評価結果）

5-2-1-1 試作素材の割繊状況の確認

下記の生地の手機、及び割繊加工後について、走査型電子顕微鏡（SEM）に

より観察した。

マイクロファイバー：トレシー A（織物）、K（ニット）、Z（ニット）

ナノファイバー：DK100D、DH100D、T750D、T730D（すべてニット）

観察したもののうち、プロット機による割繊染色加工を実施した 5 種の生地について、SEM 画像を下図に示した。この他のものについても、いずれも、一部割繊しきっていない繊維はみられたが、大部分は割繊していることが確認できた。

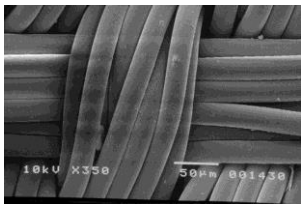
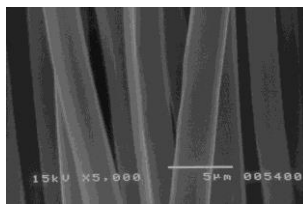
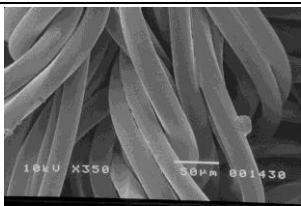
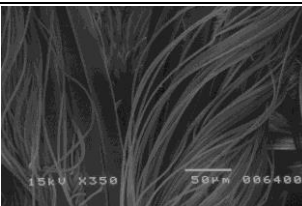
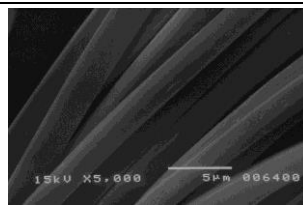
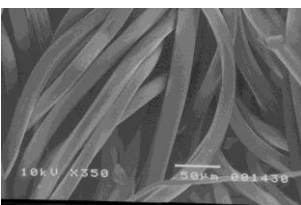
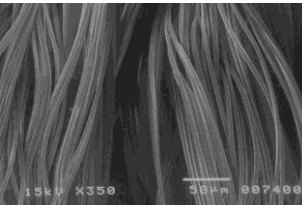
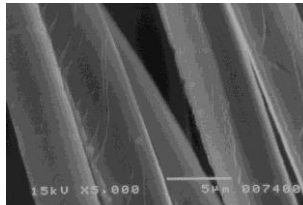
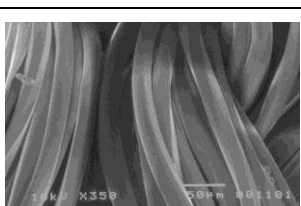
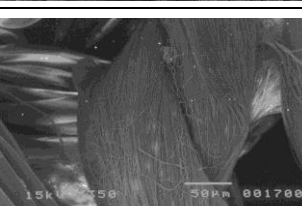
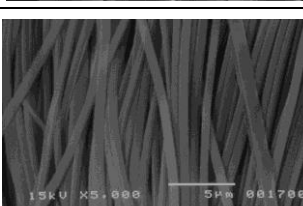
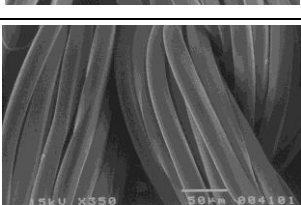
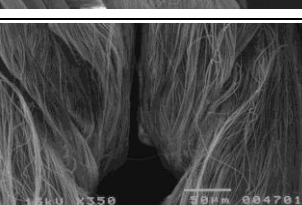
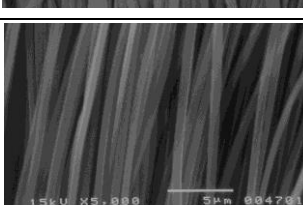
	生機	割繊染色後	
	350 倍	350 倍	5000 倍
トレシー A			
トレシー K			
トレシー Z			
DK100D			
T730D			

図 プロット機による割繊染色後の SEM 画像

5-2-1-2 試作素材の風合い関連物性、通気性、熱関連物性

プロト機で割繊染色した下記の生地について、風合い関係物性、通気性、熱関連物性を測定した。

マイクロファイバー：トレシーA、K、Z

ナノファイバー：DK100D、T730D

① 風合い関連物性（厚さ、目付、引張り、せん断、曲げ、圧縮、表面）

厚さは、トレシーAについては、生機と割繊後でほとんど変化がなかった。その他のについては、割繊により減少した。

目付は、DK100D 以外については、割繊により減少した。DK100D については、割繊後のほうが目付が大きく、割繊加工において、減量に比して収縮が大きかったのではないかと考えられた。

その他の風合い関連物性は、K E S 風合い計測システム（カトーテック（株）製）により測定した。

このうち、曲げ試験における曲げ剛性について、経緯方向で平均した結果のグラフを図に示した。いずれの生地も、割繊後は大幅に曲げ剛性が低下しており、割繊により、曲げに対して非常に柔らかくなったことが判明した。開発目標は「曲げ剛性 1 / 3 以下」であったが、DK100D 以外は、目標値を

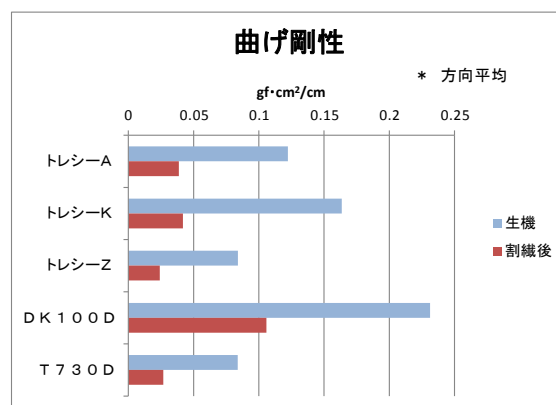


図 曲げ剛性

達成した。DK100D は、レギュラー系の混合割合が大きいため、他のものほど曲げ剛性が低下しなかったと考えられた。

引張り、せん断、圧縮試験において、柔らかさに関する指標である、せん断剛性、引っ張りエネルギー（引張られやすさ）、圧縮エネルギー（圧縮されやすさ）については、割繊後、柔らかさを示す方向へ変化するとは限らなかった。その中で、割繊後の見かけ密度が低下した試料（トレシーA、K）については、これらの指標が柔らかさを表す方向へ変化しており、生地中の繊維構造の粗密

が影響する可能性が考えられた。

表面試験における摩擦係数についても、割織後の見かけ密度が低下した試料（トレシーA, K）については、割織後大きくなったが、見かけ密度が大きくなった場合は、ケースバイケースであり、繊維構造の粗密が影響する可能性が考えられた。

② 通気性

通気性をカトーテック（株）製の通気性試験機（KES-F8）を使用して測定した。結果を図に示した。いずれの生地も、割織により通気抵抗が大きくなり、割織加工は通気性を低下させる方向に作用すると考えられた。

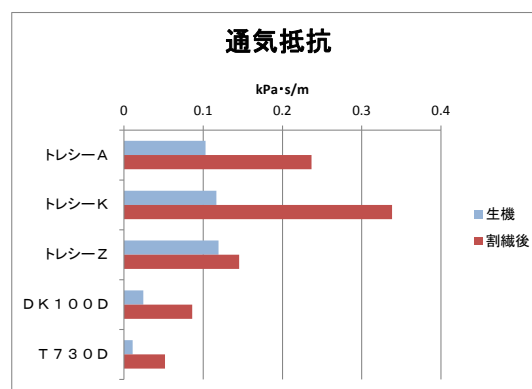


図 通気抵抗

③ 熱関連物性

精密迅速熱物性測定装置（カトーテック（株）製）を用いて測定した熱伝導率の結果を図に示した。各生地とも、生機と割織後で大きな差はなかった。割織により微小な隙間が多くなることで熱伝導率が低く、保温性が向上することを想定し

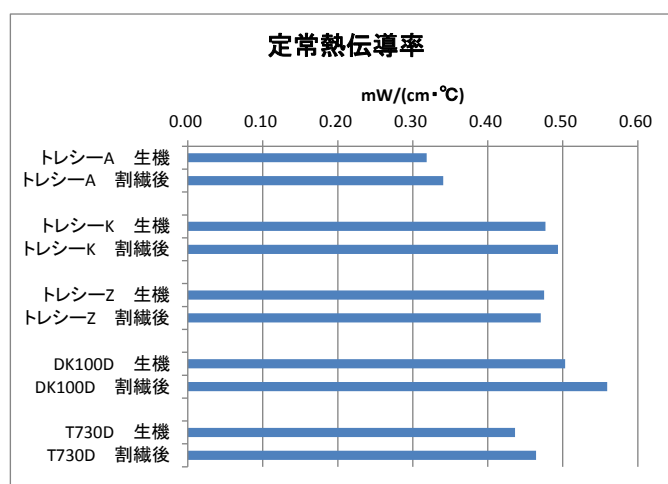


図 定常熱伝導率

ていたが、少なくとも今回の試作生地ではそのような効果は見られなかった。割織により繊維が細くなって新たな隙間ができて、もともとある隙間に比して微量である可能性や、隙間ができて閉鎖空間ではないため熱伝導率低下への影響が小さい可能性が考えられた。

5-2-2 試作素材の評価（カケンテストセンター評価結果）

今回試作した生地について、事業展開の方向性を見極めるために、研究開発委員会でのアドバイザーの助言を元に、捕集効率（花粉粒子・微小粒子）、圧力損失、拭き取り性（汚れ・菌）について、カケンテストセンターにて性能試験を実施した。

① 花粉粒子の捕集効率

日本衛生材料工業連合会全国マスク工業会において、「花粉粒子の捕集（ろ過）効率試験方法」として採用されている方法。

結果を図に示した。いずれも高い数字ではなかった。ニット生地の場合、割織したとはいっても、繊維間の隙間は、 $100\mu\text{m}$ を超える場合もある。一方、試験粉体は約 $30\mu\text{m}$ （スギ花粉粒子も同等）であり、繊維間の隙間より小さいので、捕集効率が大きな数字にはならなかったと考えられた。

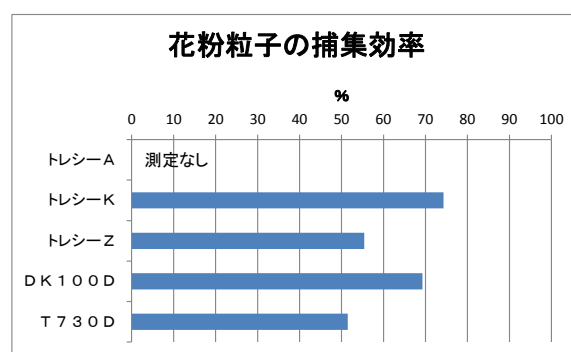


図 花粉粒子の捕集効率

② 微小粒子捕集効率

ASTM F 2299「医療用フェイスマスク素材の、ポリスチレンラテックス球による初期捕集効率試験方法」に規定されている仕様にもとづいた装置で実施する試験。粒子径 $0.1\mu\text{m}$ の粒子の捕集効率を測定。

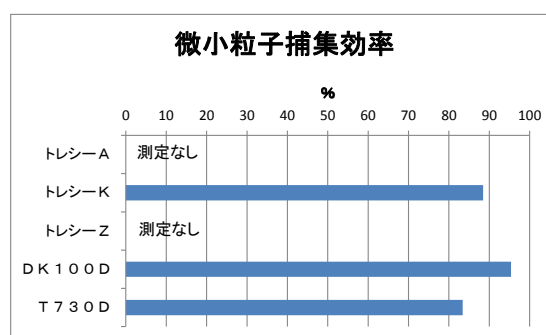


図 微小粒子の捕集効率

結果を図に示した。微小粒子のほうが花粉粒子よりも粒子径が小さいが、捕集効率では、花粉粒子よりも、微小粒子のほうが良いという結果になった。試験に使用されている微小粒子は静電気を帯びやすく、今回中和せずに試験する方法であったため、静電気力により、粒子が繊維に補足される効果が大きかつ

たのではないかと考えられた。

ASTM の規格では、医療従事者が着用するフェイスマスクの基準として、バリア性が3段階に分けられており、微小粒子捕集効率については、レベル1で95%以上、レベル2，3で98%以上（カケンテストセンターHP より）とされているが、DK100D についてだけは、95.4%と、ぎりぎりレベル1の水準であった。

③ 圧力損失

試験方法は MIL-M-36954C。

結果を図に示した。ASTM の規格では、医療従事者が着用するフェイスマスクの基準として、バリア性が3段階に分けられており、圧力損失については、レベル1で4.0未満、レベル2，3で5.0未満（カケンテストセンターHP より）とされている。圧力損失が高すぎると、粒子の捕集効率は良くても、通気性が悪くマスクの用をなさないと考えられるが、今回テストした生地は、いずれもこの基準には適合していた。

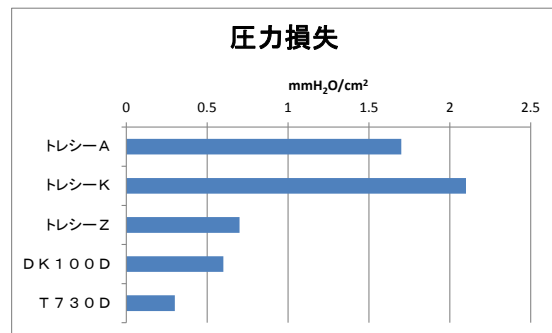


図 圧力損失

④ 汚れの拭き取り性

カケン式拭き取り性試験方法。ガラス板に定量の汚れをスポット状に付着させ、一定荷重の下、拭き取り操作を行い、画像処理により、拭き取り前後の汚れの付着状況を目視感覚に対応した5段階に分類して面積を測定する。

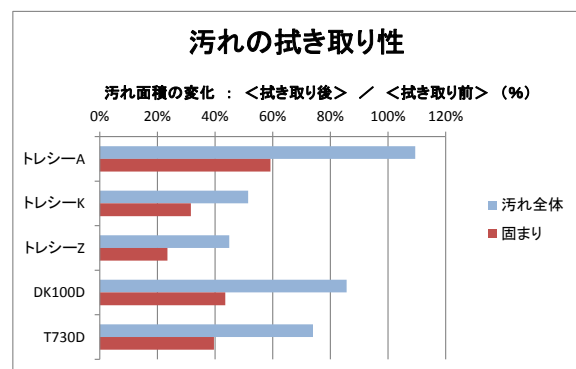


図 汚れの拭き取り性

結果のうち、「汚れ全体」と、5段階のうち最も汚れのひどい「固まり」の部分について、拭き取り前後の面積の変化を図に示した。固まりの部分については、いずれも面積が減った。「汚れ全体」で見ると、トレーシーA はかえって汚れが広

がってしまうという結果になったが、それ以外は面積が減った。カケンテストセンターのこの試験を紹介しているホームページでは、綿タオルによる拭き取りで「汚れ全体」が広がってしまう例が掲載されているが、今回の試験では、トレシーA 以外の割繊生地については、汚れを広げずに拭き取ることができるという効果が確認できた。

⑤ 除菌活性試験（菌の拭き取り性）

一般社団法人 日本衛生材料工業連合会 日本清浄紙綿類工業会で定めている「ウェットワイパー類の除菌性能試験方法」の準用。ステンレス板上に、菌を接種し、一定荷重のもと試料で拭き取って、残った生菌数を測定する

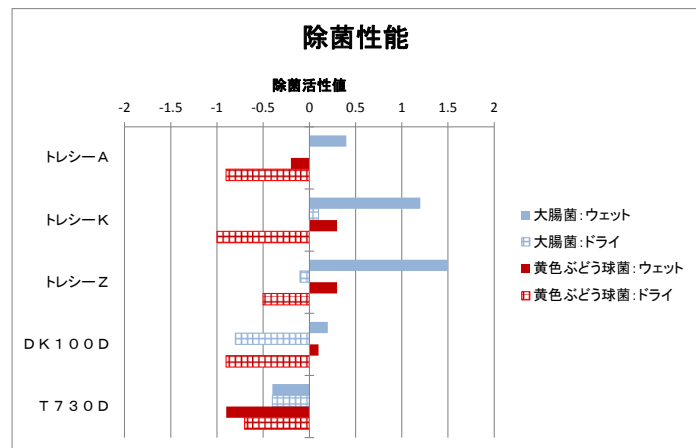


図 除菌活性値

するというもので、対照としてリン酸緩衝液を布重量の 1.5 倍量含ませた綿布（染色堅ろう度試験用添付白布に規定されているもの）を使用し、これとの比較で、下記により、除菌活性値を算出する。

$$\text{除菌活性値} = \log_{10}(\text{対照での生菌数}) - \log_{10}(\text{試料での生菌数})$$

この試験は、ウェット状態のワイパーに対する試験であるが、今回は、ウェットとドライの2種類の状態で試験を行った。ウェットの場合は、対照、試験試料とも、1.5 倍量のリン酸緩衝液を含浸させて実施、ドライの場合は、対照、試験試料とも乾燥状態で試験を行った。菌については、黄色ぶどう球菌、大腸菌について実施した。

除菌活性値の結果を図に示した。日本清浄紙綿類工業会の定める、「除菌を標榜するウェットワイパー類の自主基準」の中では、除菌性能基準として、黄色ぶどう球菌、大腸菌ともに除菌活性値が2以上となっている。これらは、薬剤を利用して除菌性を発揮するタイプのウェットワイパー類に対する基準と思われる、これに対し、今回試作した割繊生地で、薬剤を使わなくても同様の性能

が得られないかという考えのもと試験を行ったが、いずれも除菌活性値が2という基準には達しなかった。

対照（綿布）試験での拭き取り前後で生菌数の減少は、今回の試験では、常用対数値で1前後（0.9～1.3）であった。これを、単純に除去率ということで考えれば90%前後ということで、綿布自体がある程度の菌の拭き取り性を有していると考えられる。今回試作した割織生地で綿布より顕著に結果がいいものはトレシーK、Zのウェット状態での大腸菌拭き取りであるが、それでも、除菌性を標榜するウェットワイパー類に匹敵するまでには至らなかった。

<まとめ>

カケンテストセンターでの評価試験結果は、捕集効率や除菌活性等、期待したほどの結果が見られないものが多かった。これらは、生地の繊維構造に大きく影響を受けると思われ、生地の編み方、混率、割織後の仕上げ加工（さらに繊維配列を乱す加工等）などに大きく影響されるものと思われる。今後、事業化へ向けての素材開発にあたっては、これらの、編み組織、混率、仕上げ加工等の工夫が研究課題である。

第6章 まとめ

6-1 研究開発成果

- 1 省エネ型割織・染色加工装置の開発を実施した。
- 2 効率的な割織・染色加工プログラムの開発を実施した。
- 3 量産型加工機の開発を実施した。
- 4 製品試作と評価を実施した。

平成25年度中の技術目標値については、以下の通り実施することが出来た。

区分		目標値	研究結果
1. 省エネ型割織・染	割織染色機のシステム構築	完全自動化	完全自動化を達成

色加工装置 の開発	30%以上の 割繊と染色の 同時加工	同時加工	同時加工を達成
	化学液（薬 剤）の削減	120kg（削減率 5 0%）	削減率 50%を達成
	化学液（水） の削減	1200kg（削減率 5 0%）	削減率 50%を達成
2. 高効率 な割繊・ 染色加工 プログラ ムの開発	染色加工時間 の短縮	7.5 時間（削減率 2 5%）	削減率 25%を達成
	トータルコス ト	500 円／回（削減率 50%）	削減率 50%を達成
	蒸気使用量	700kg／回（減少 率 53%）	減少率 53%を達成
	割繊減少率	約 30%	約 30%を達成
3. 製品試 作と評価	極細繊維（平 成 25 年度では 単繊維直径 100 ナノ）使用 ニット製品	単繊維直径 100 ナノ まで割繊されている こと 生地の曲げ剛性が 1/ 3	単繊維直径 700 ナノま で割繊されている 生地の曲げ剛性が 1/3 を達成
4. 量産型 加工機の開 発	開発システ ム、プログラ ム等を応用し た量産型加工 機	完全自動化の量産型 加工機の試作	完全自動化の量産型加 工機の試作を実施

6-2 問題点

計画では、単繊維直径 100 ナノまでの割繊・染色加工技術の開発が目標であつたが、市場で手に入るナノファイバーが 700 ナノしかないため、700nm までの割繊・加工しか出来なかった。

ファイバーメーカーは、700nm 以下のナノファイバーを作る技術は確立しているもののナノファイバーの用途開発がまだ不透明なため積極的にナノファイバーを生産しないのが原因と思われる。

しかし、今後ナノファイバーの用途開発が進むと思われるので、本研究で開発した技術の延長線で割繊・染色加工が可能と思われる。

6－3 全体総括

当社は、衣料向け繊維生地染色整理業を中心に行っており、今回の戦略的基盤技術高度化支援事業は、装置・加工プログラムの開発共に従来の常識が通用しない非常に難易度の高い開発となった。

製品試作においても、評価尺度がはっきりしない中での暗中模索的な開発となった。しかし、各アドバイザーから非常に興味深いアドバイスをいただき、徐々にノウハウの蓄積が出来てきたと判断している。

上記問題点にも記載したように、ナノファイバーの試作は多くの問題点、改善点があり、開発の継続が事業化には欠かせない。しかし、ナノファイバーよりは太いマイクロファイバーの割繊・染色一体加工技術においても、本装置、加工プログラムは大いに当社現状技術（設備含む）や他社と比較しても差別化できる可能性が高いことが明らかとなった。

これがアドバイザーである東レ株式会社と当社の本支援事業とのつながりを一気に深くすることにつながり、事業化への道筋に期待がもてる段階までできたことが最大の成果と判断する。

今後、さらに付加価値の高い超極細繊維製品の開発を当社のメインテーマとし、さらなるレベルアップを急ぎ、事業化を目指す。