

令和5年度 受託研究事業

一般財団法人大日本蚕糸会 貞明皇后蚕糸記念科学技術研究助成

「国産シルクとスーパー繊維を交織した 新規清涼衣料の開発」

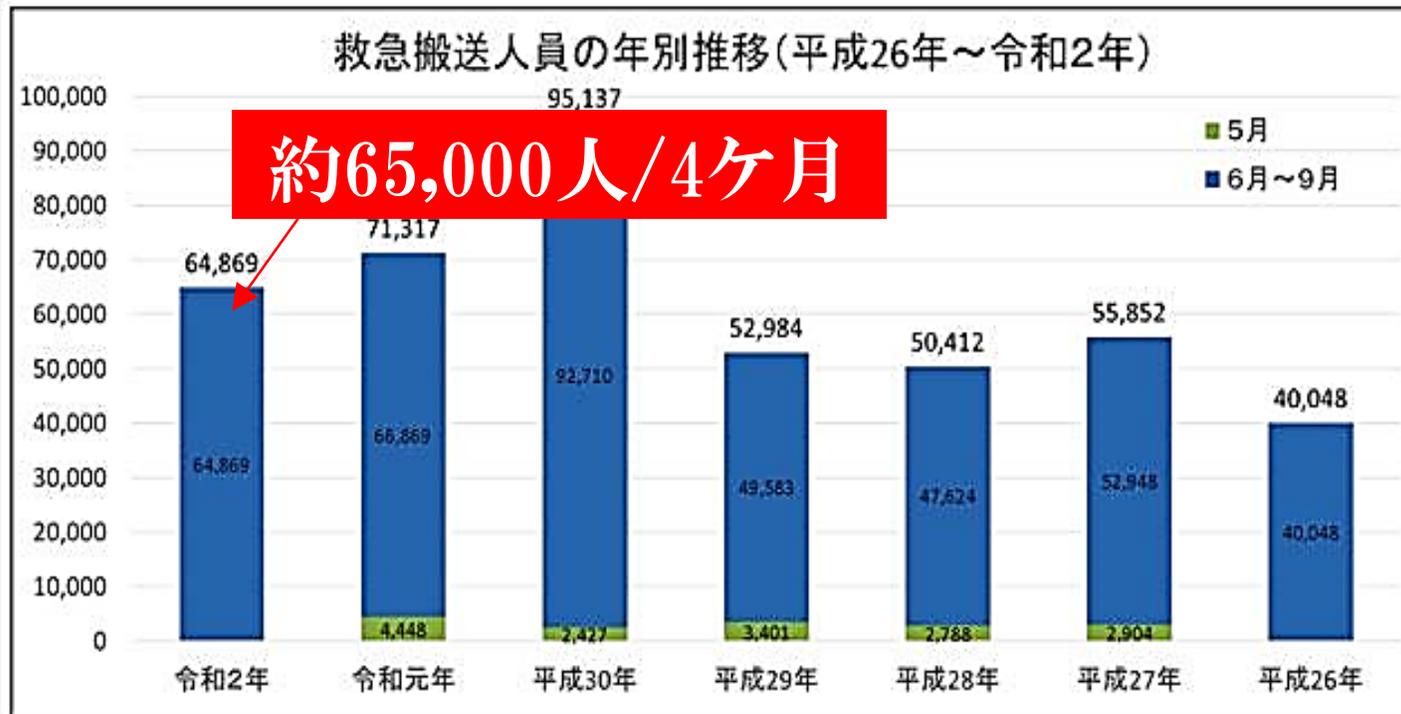
福島県ハイテクプラザ
材料技術部 繊維・高分子科

研究目的

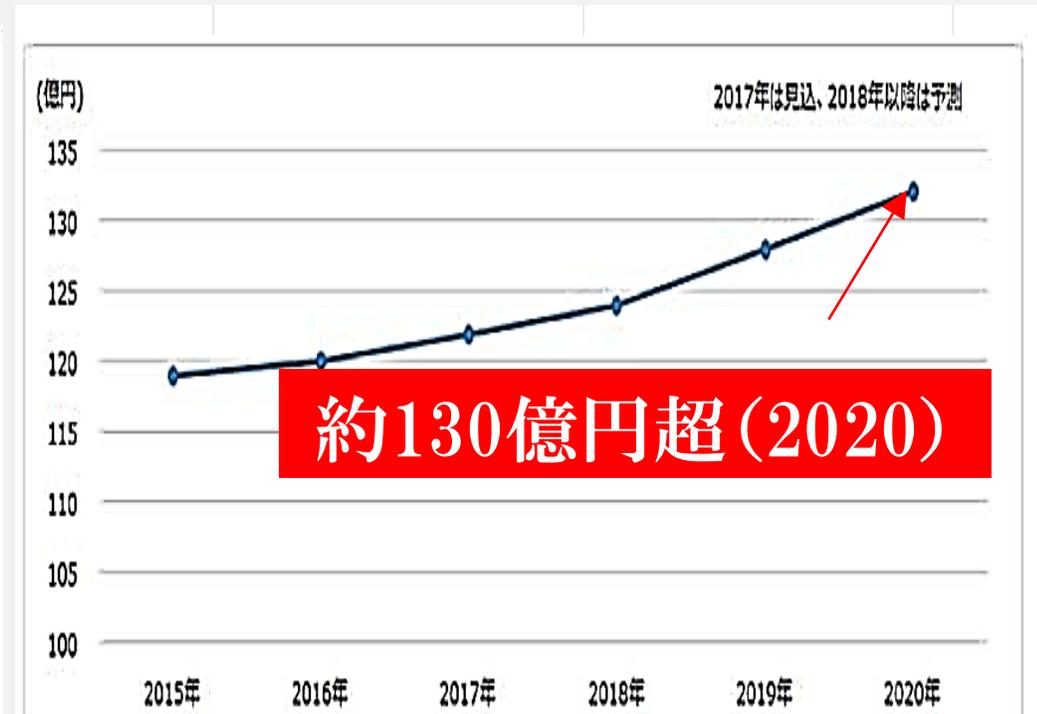
- ① 吸湿性に優れるシルクと、高い放熱性を持つスーパー繊維を組み合わせ、**砧打ちを疑似的に再現、定量化**することによって、新しい清涼衣料の開発をする。
- ② 福島の蚕品種である「青熟×支122号交雑種F1」をブランド化するため、トレーサビリティの**確立とサプライチェーン構築**の策定する。

研究背景(社会ニーズ)

衣料分野では特に、夏場の**熱中症対策**が**社会問題化**しており、吸放湿性と排熱性(接触冷感)を兼備した、**清涼衣料**が市場から求められている。



熱中症による救急搬送人員の年別推移
(引用:消防庁救急企画室)

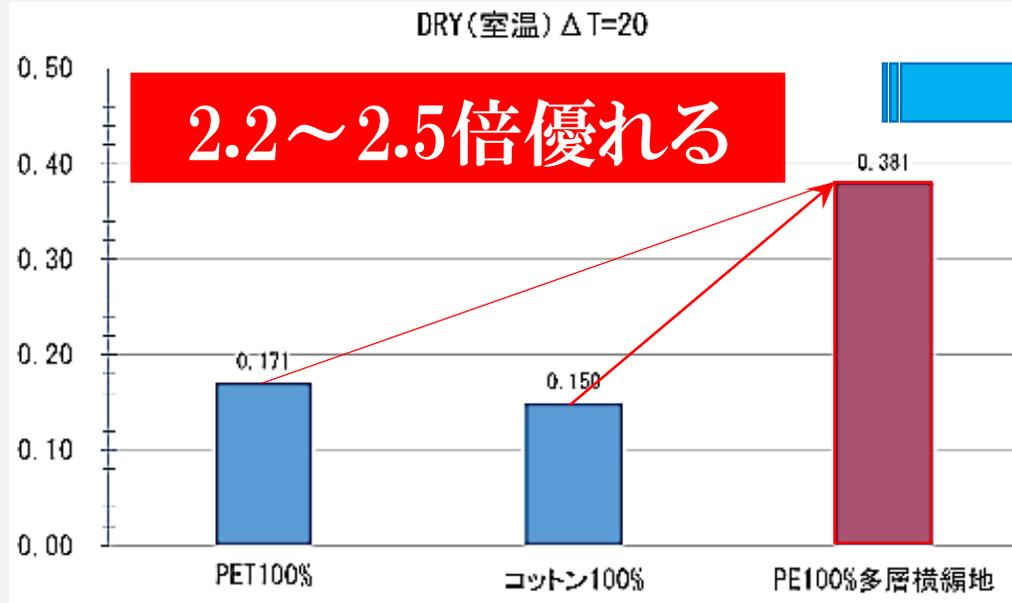


クーリング素材の市場規模

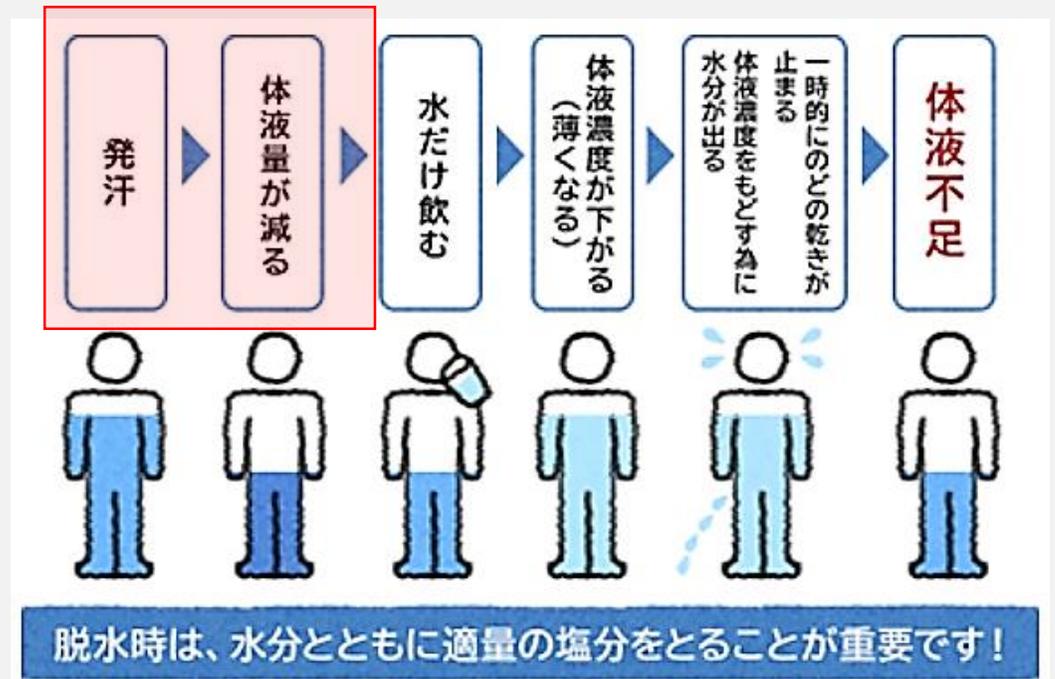
(引用:(株)富士経済グループ「スポーツ・レジャー関連先端素材/技術・ITデバイス市場の現状と将来性 2017」)

研究背景(社会ニーズ)

熱中症は発汗による、**体液量の減少が原因**です。夏場の衣料素材が果たす役割は、**体温の上昇を抑え、無駄な発汗を抑制**することが、熱中症リスクの低減につながると考えられます。



超高分子量ポリエチレンの
接触冷感(Q-max値)の比較



引用:「効率的な水分補給」www.otsuka.co.jp/health-and-1-1-ness/heat-disorders/rep1(大塚製薬)

研究対象の絹-PE交織織物

一方、超高分子量ポリエチレンは、従来素材の2倍以上の接触冷感を持ち、**体表面の冷却効果や速乾性には優れますが、吸湿吸水性が無い**ため、これまで衣料用として実績がない。

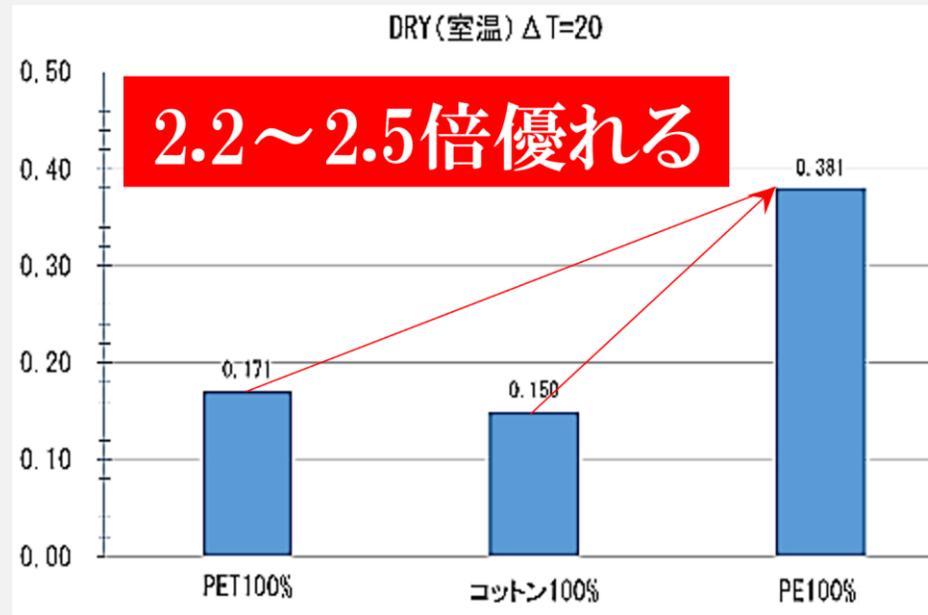
絹の優れた着用快適性
(吸放湿能力 ΔMR)



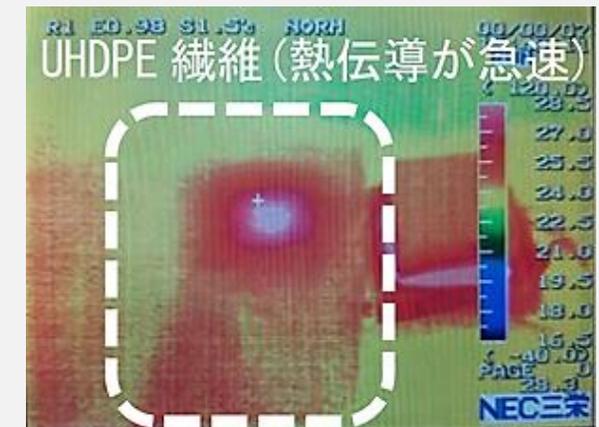
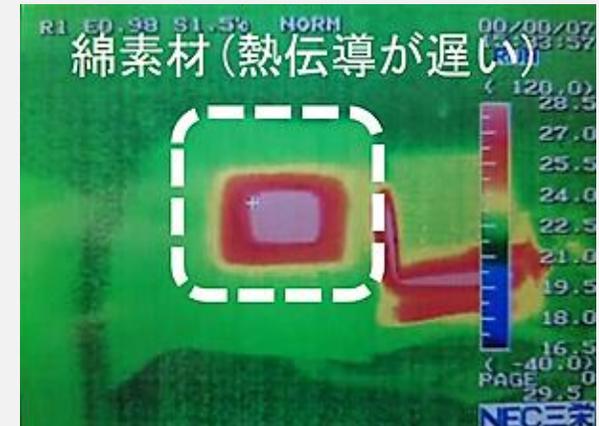
超高分子量ポリエチレン
の優れた排熱(接触冷感)



衣服内環境に優れた**清涼衣料**素材を開発する



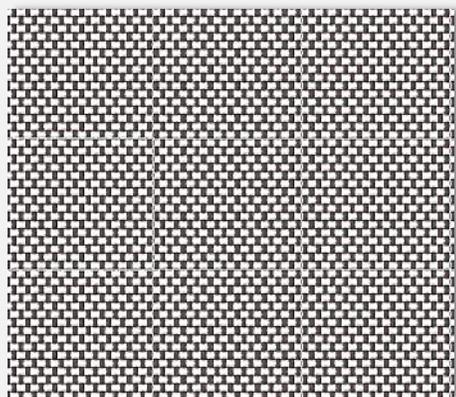
素材の排熱性(接触冷感Q-max値)



排熱性(下:PE繊維、上:綿)

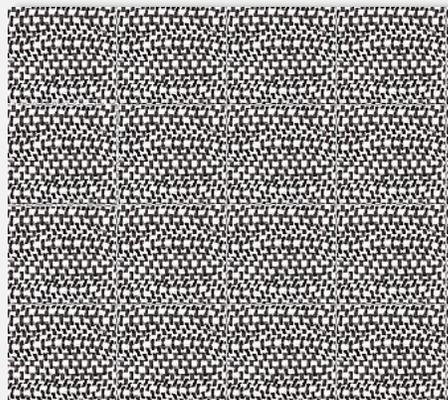
絹-PE織物の重大な欠点

PE繊維は自己潤滑性があり、**目寄せ・スリップが発生し易く**製織が極めて困難で、これまで製品化されていない



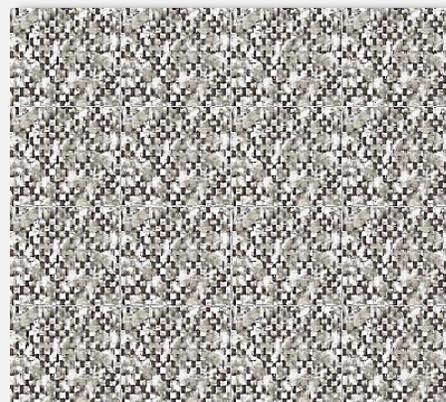
経緯糸の高密度化

OR

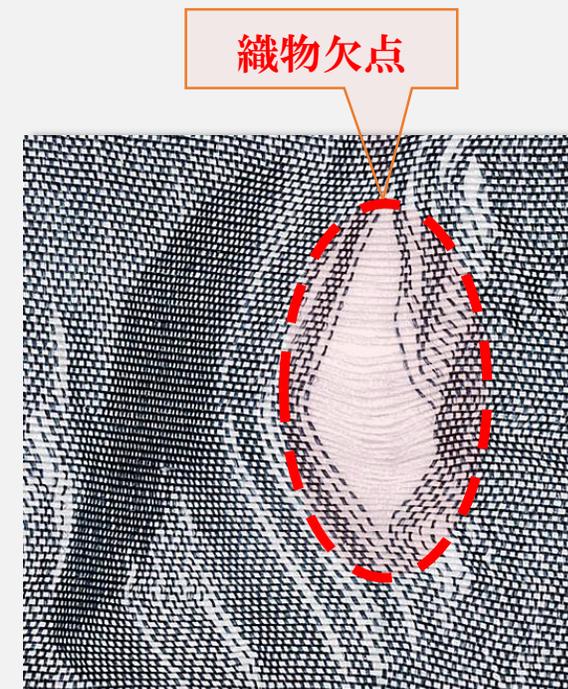


緯糸の強撚糸化

OR



緯糸の凹凸化



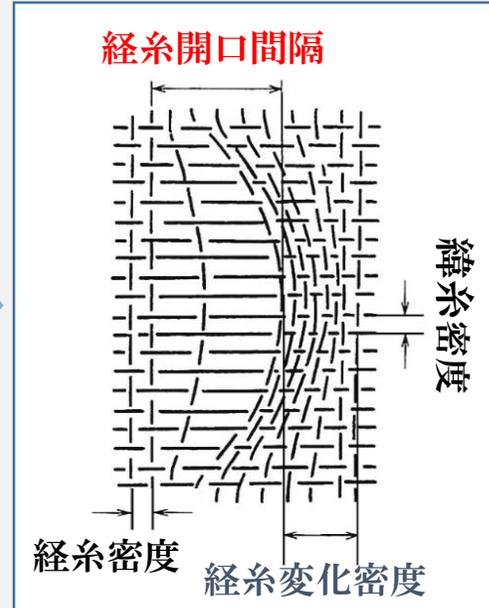
⇒織物重量(目付)が増加し、軽目羽二重の**軽量性、柔軟性が犠牲**となる

絹-PE織物の欠点克服

古来技術の砧打ち(スリップしない織物に物理的外力を加え、繊維を叩き、柔らかさと艶、ヌメリを出す方法)⇒敢えてスリップする絹-PE交織織物



砧打ち



意図的にスリップを発生させ、**局所的に経糸が高密度化**することで、不可逆的に目寄れ・スリップしない織物と、ランダムな経糸模様が発現できる。

従来の研究経過

	経糸密度 [本/cm]	緯糸密度 [本/cm]	緯糸引 抜荷重 [N]	経糸変 化密度 [本/cm]	経糸変 化倍率 [倍]	経糸開 口間隔 [mm]
試験片①	58.0	44.4	0.78	58	1.0	1.2
試験片②	58.0	28.5	0.28	112	1.9	3.6
試験片③	58.0	29.1	0.35	104	1.8	3.4
試験片④	58.0	36.1	0.56	86	1.5	4.5
試験片⑤	58.0	35.7	-	68	1.2	3.1

- A) 緯糸引抜荷重と経糸開口間隔は**負の**
相関にある
- B) 経糸変化密度が**1.5倍**では目寄せ・スリ
ップは**ほぼ止まる**
- C) 経糸変化密度が**1.9倍**の試験片では不
可逆的にこれ以上の目寄せ・スリップが
発生しない

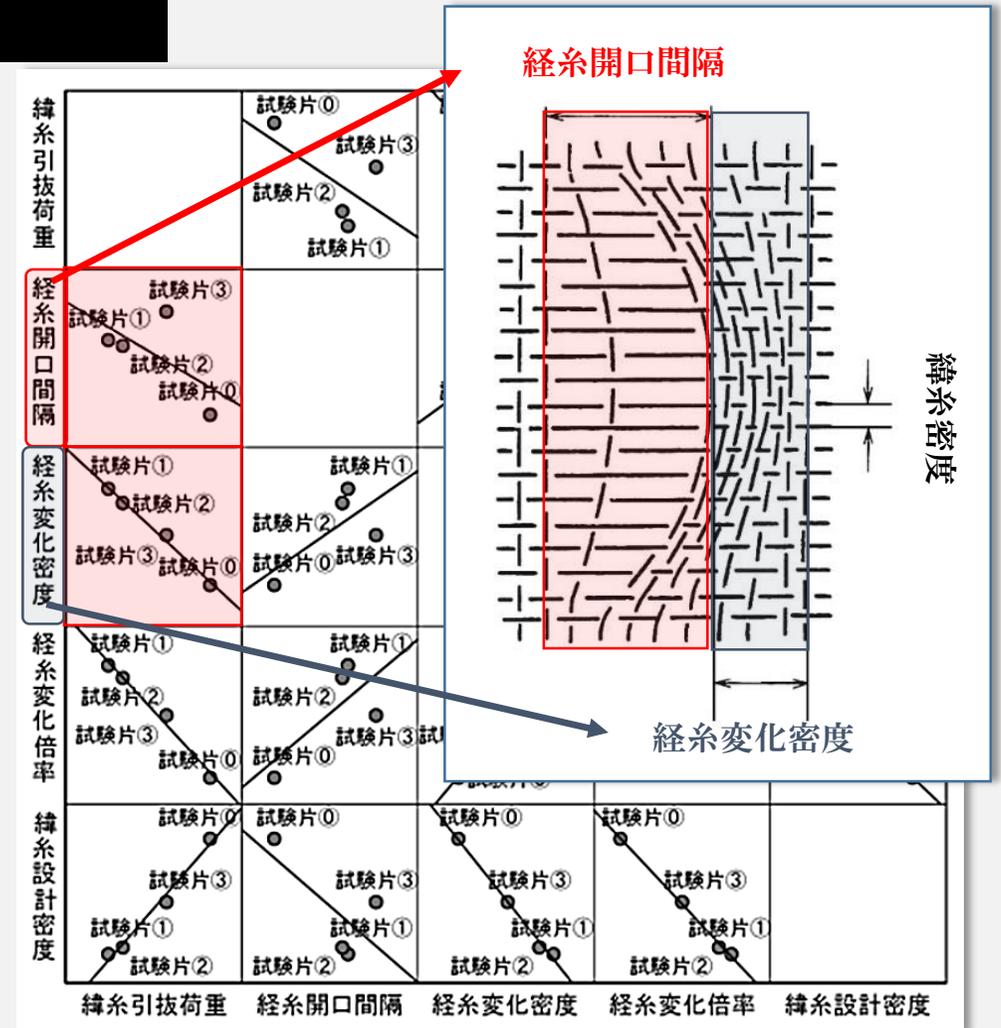


図3 平織組織における局所的経糸の高密度化と設計条件の相関図

織物設計(絹-PE交織織物)

織物経糸:生糸21中

織物緯糸:超高分子量ポリエチレン50D、100D

表1 絹-PE交織織物の設計条件

	各種試験布				
経糸総本数	3778	本	整形長	20	m
織上幅	68	cm		71.4	cm
経糸密度	56	n/cm	緯糸密度	19~31	n/cm
箆密度	100	羽/鯨	総羽数	1889	羽/鯨
箆通幅	71.4	cm	引込耳	4	本
一羽引込	2	本	片耳糸数	48	本
経糸本数	3682	本			
経糸織縮率	10	%	緯糸縮率	5	%
綜統枚数	4	枚			
経糸	生糸		緯糸	PE加工糸	
	21	D		50or100	D



研究目標

目標①：疑似的な**砧打ちの再現と定量化**の検討

- ①緯糸密度と緯糸引抜荷重の関係
- ②緯糸密度と緯糸露出割合の関係
- ③緯糸密度と接触冷感Q-max値の関係
- ④緯糸露出割合と接触冷感の関係

目標②：絹-PEの交織織物の**製品試作**

目標③：青熟×支122号の交雑種F1の**サプライチェーン構築の策定**

疑似的な砧打ちの再現

出来上がった交織織物に対して、

ポリウレタンコードを金属に固定したリング状の摩擦子を、交織織物の緯糸方向に摩擦する方法を提案し、砧打ちの再現と定量化ができないか検討した。

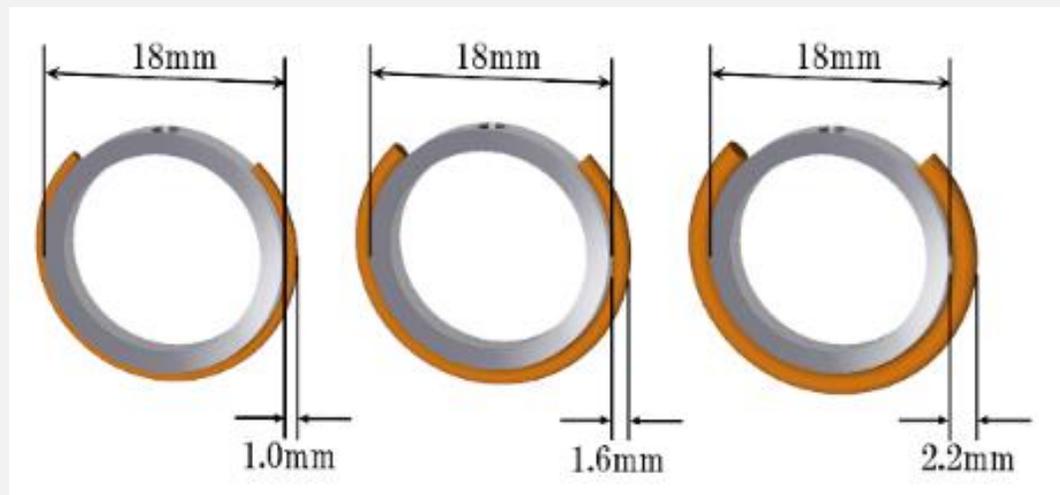


図3 TPU摩擦子の提案
(左から1mm、1.6mm、2.2mm)

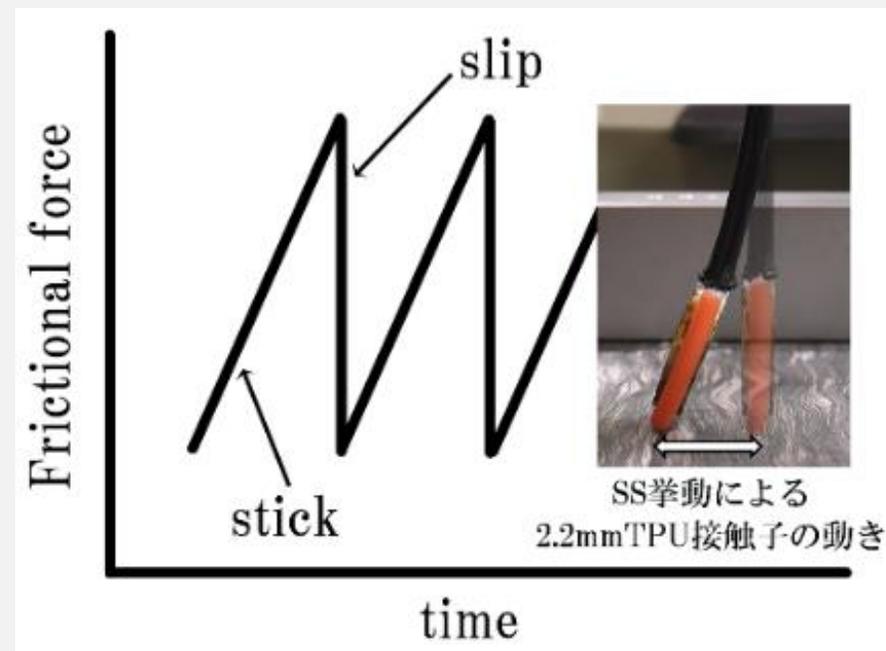


図2 スティック・スリップ挙動(SS加工)
B法糸引抜き法を応用した試験片作製条件

結果①：緯糸密度と緯糸引抜荷重の関係

緯糸引抜荷重を知ること、織物交接点の強度、絹糸のズレ易さと経糸柄のサイズ(経糸開口間隔)が推測することができる。

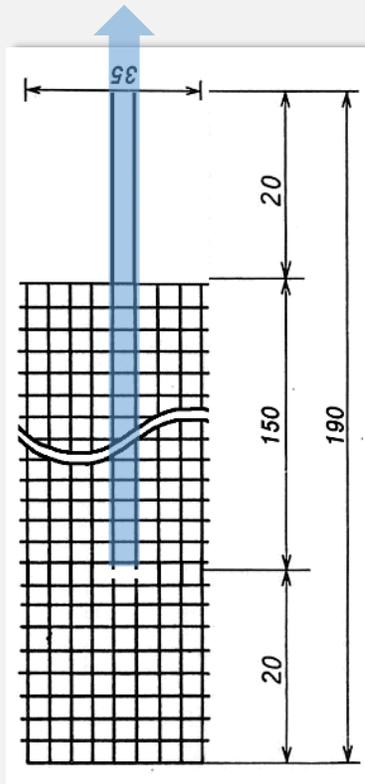


図1 JIS L 1096滑脱抵抗力を参考
B法糸引抜き法を応用した試験片作製条件

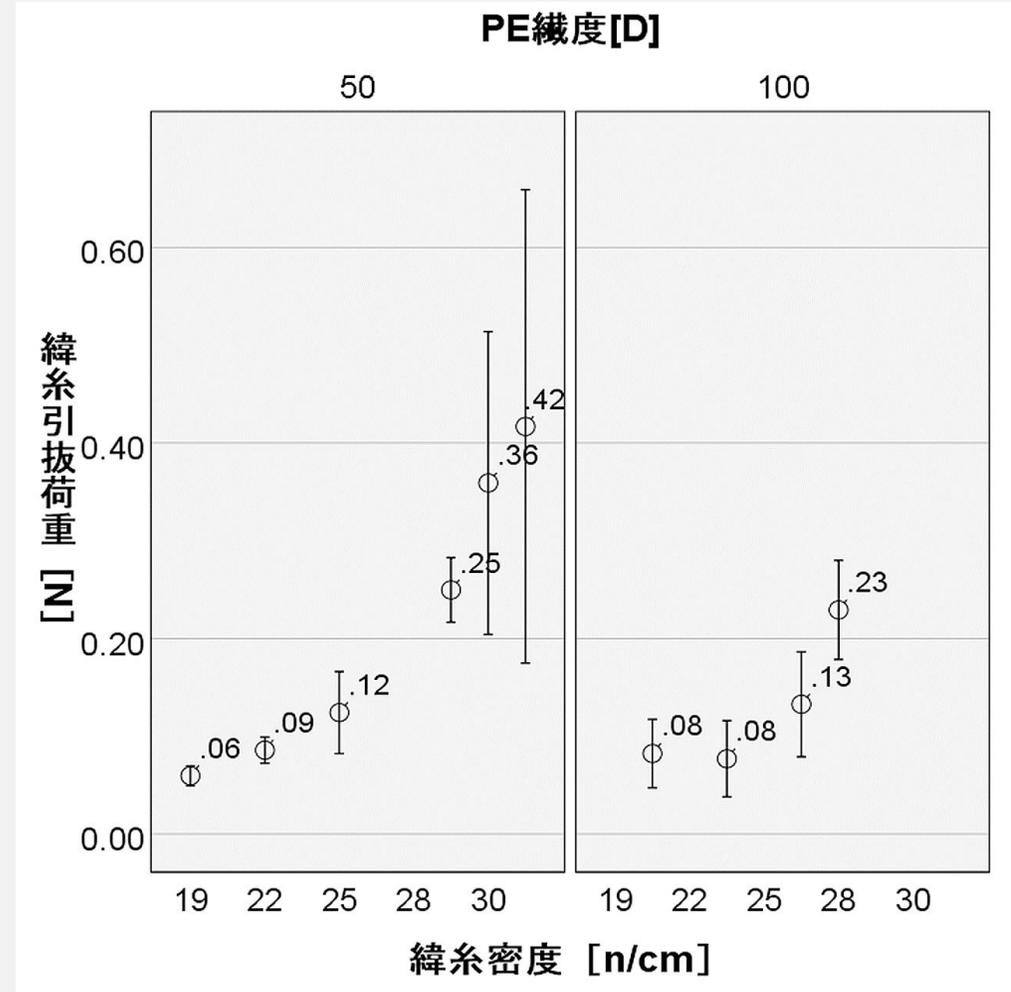
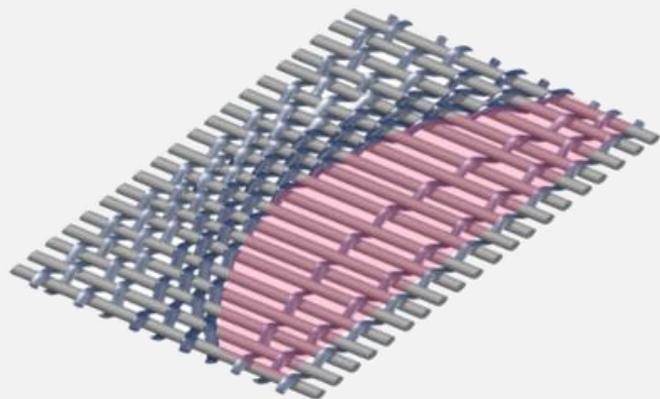


図4 緯糸密度と緯糸引奇抜荷重の関係

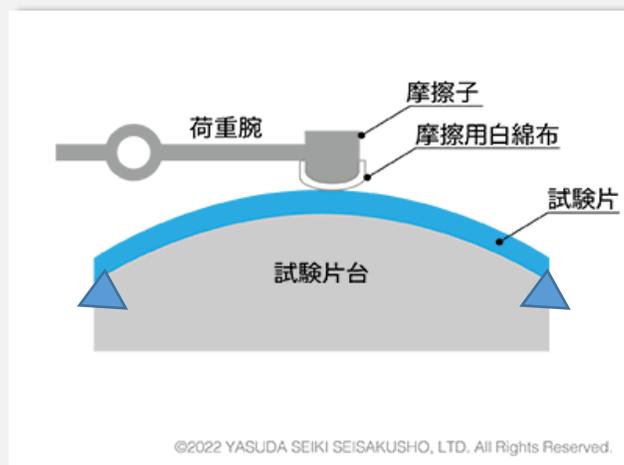
緯糸露出割合の算出方法

予め染色した試験片を摩擦試験した後、画像処理ソフト(Adobe製 Photoshop)を用いてレベル補正、二階調化、諧調の反転を行い、ピクセル数の割合を下記の式から緯糸露出割合として算出した。

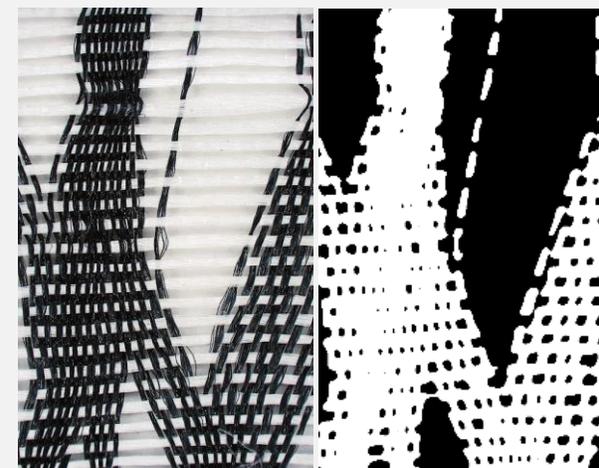
$$\text{緯糸露出割合}[\%] = \text{黒色ピクセル}[\text{数}] / \text{全ピクセル}[\text{数}] \times 100$$



緯糸露出割合の算出
(赤色部分)



JIS L0849摩擦堅ろう度試験
(TPU摩擦子を往復運動)



緯糸露出割合の算出
(左:実画像、右:処理後)

結果②：緯糸密度と緯糸露出割合の関係

緯糸露出割合
約3～35[%]の変動

図4-1 摩擦子がB方向

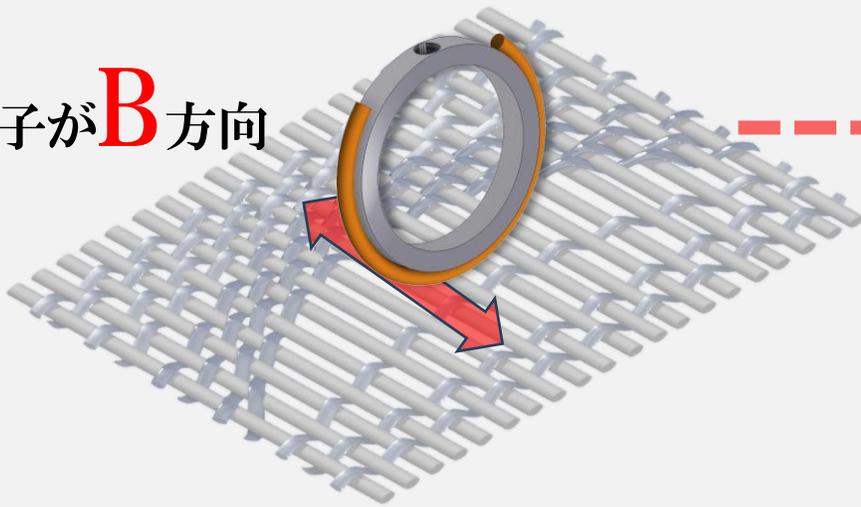


図4-2 摩擦子がA方向

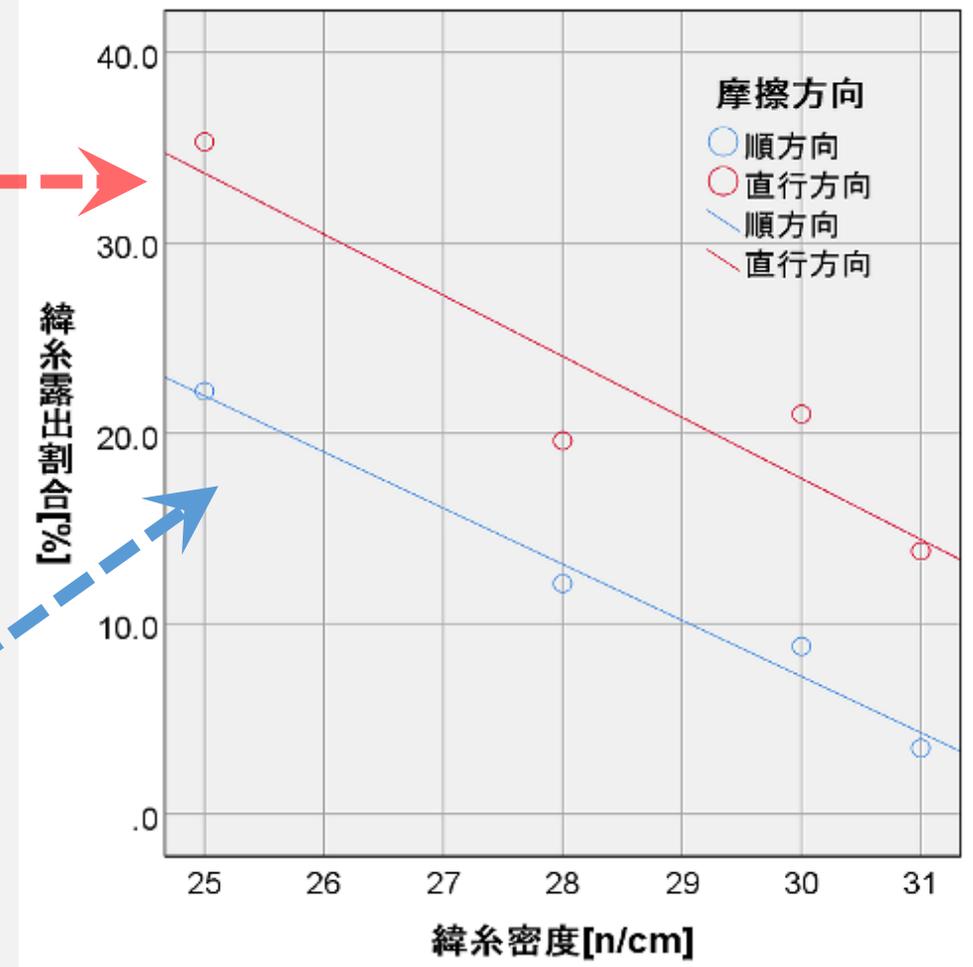
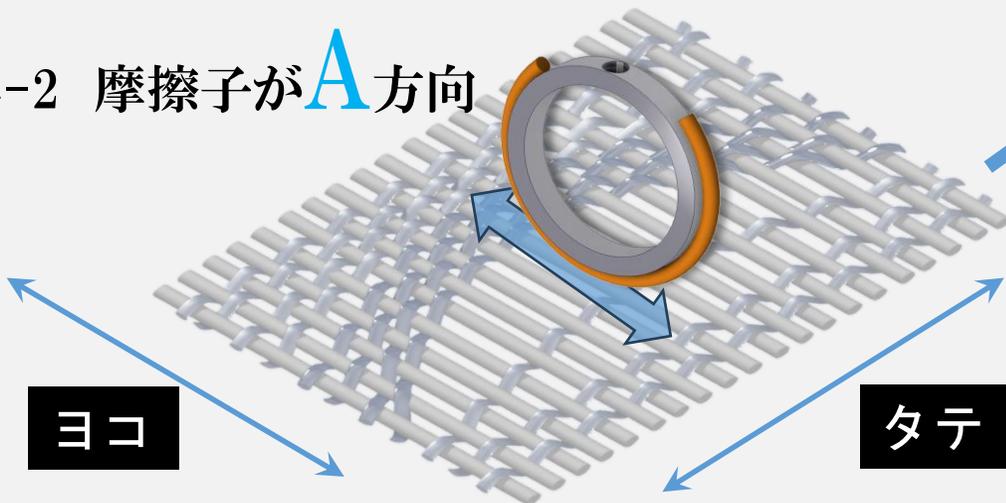
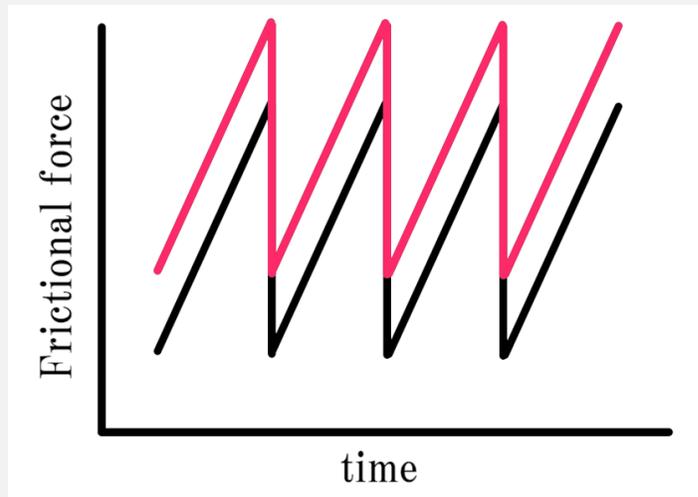
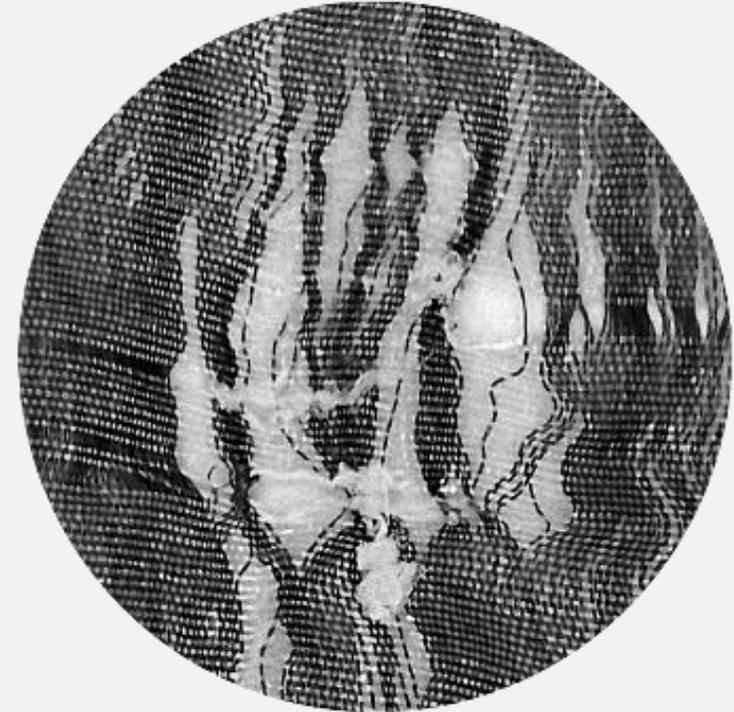
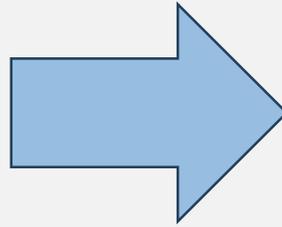


図5 TPU摩擦子による緯糸密度と緯糸露出割合の関係

結果②：緯糸密度と緯糸露出割合の関係



SS加工の過剰な条件

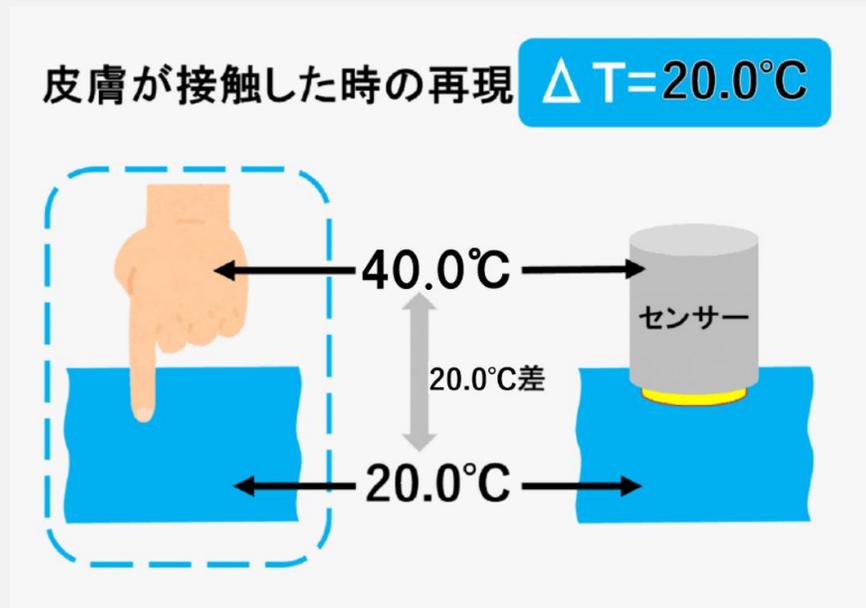


B方向に摩擦した場合の
地糸切れ、毛羽立ちのダメージ

緯糸密度と接触冷感Q-max値の関係

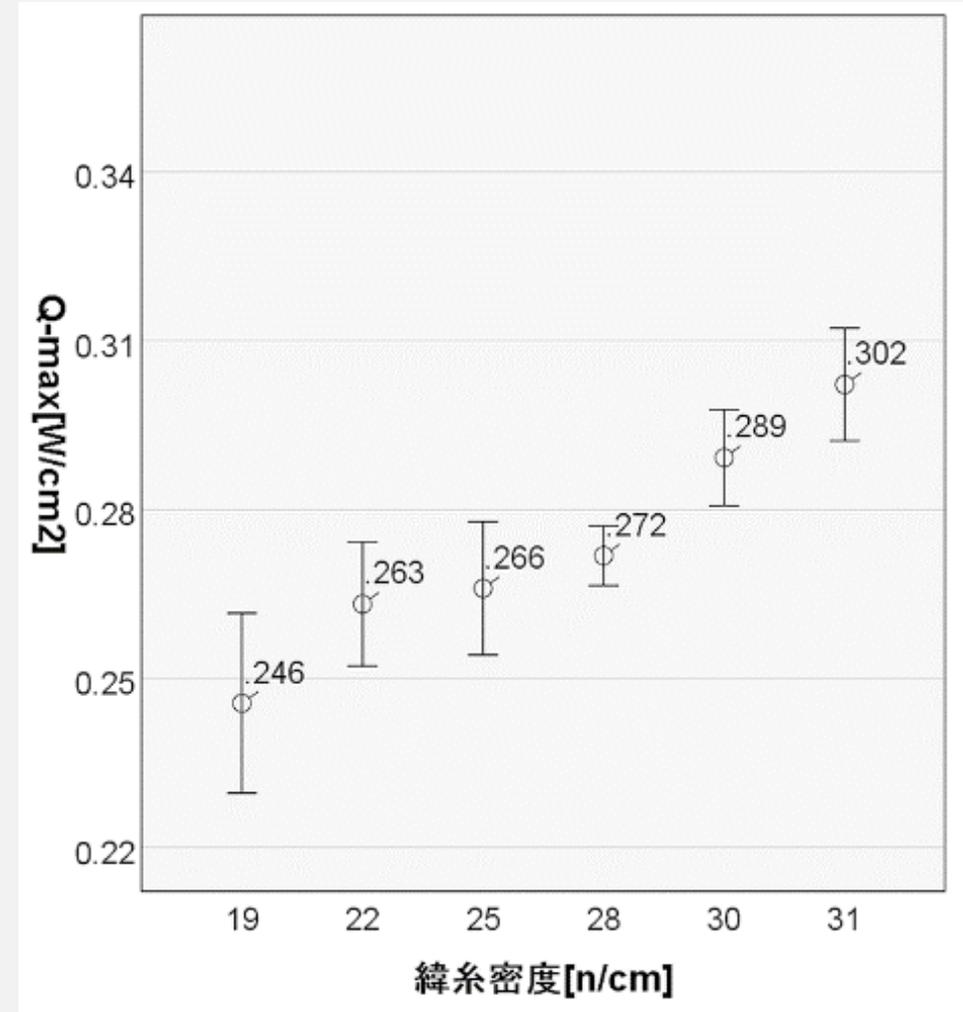
JIS L1927接触冷感試験 $\Delta T=20[^\circ\text{C}]$ で熱流束を計測

一般的に接触冷感の高い織物は、特に夏場の衣料として、**体温の排熱性(熱伝導性)**に優れ、また風を浴びることで、**体表面の冷却効果や速乾性**に有効であることが知られている。



結果③：緯糸密度と接触冷感Q-max値の関係

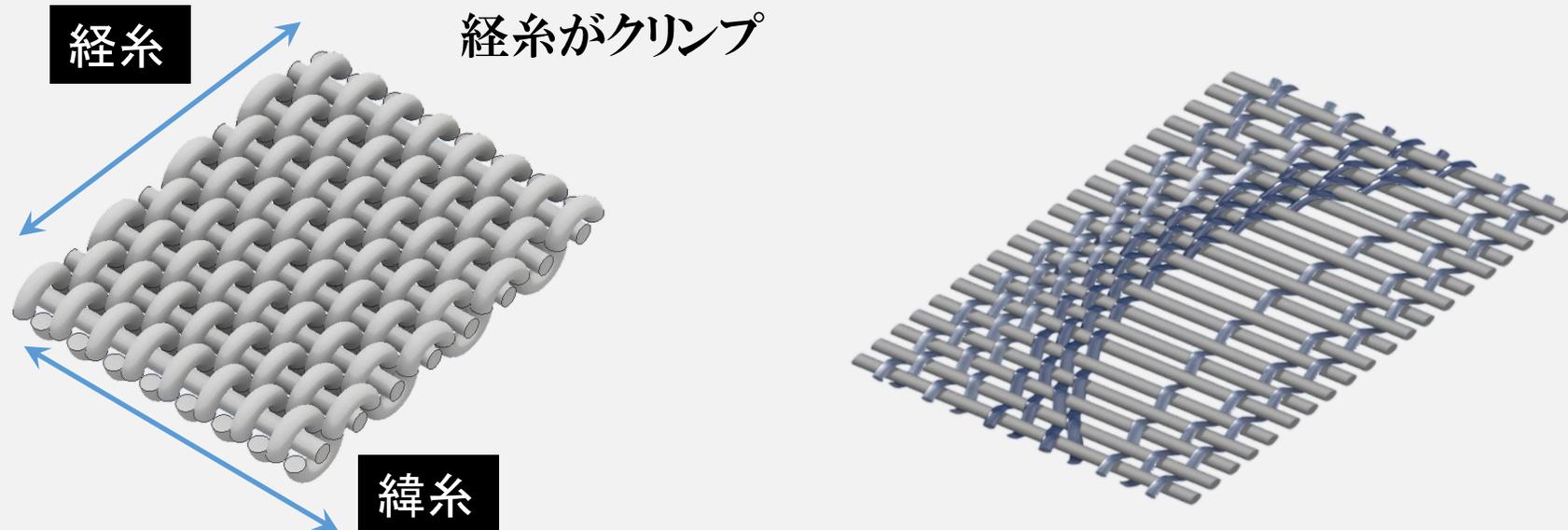
- ① 緯糸密度の増加に伴い接触冷感Q-max値は増加傾向にある。
- ② 緯糸密度の変化により最大約2割の変動を示した。
- ③ これは測定機の検出器に触れる緯糸のPEの糸量が増え、熱容量と熱伝導性が増加している。



緯糸密度と接触冷感Q-max値の関係
(PE織度50D)

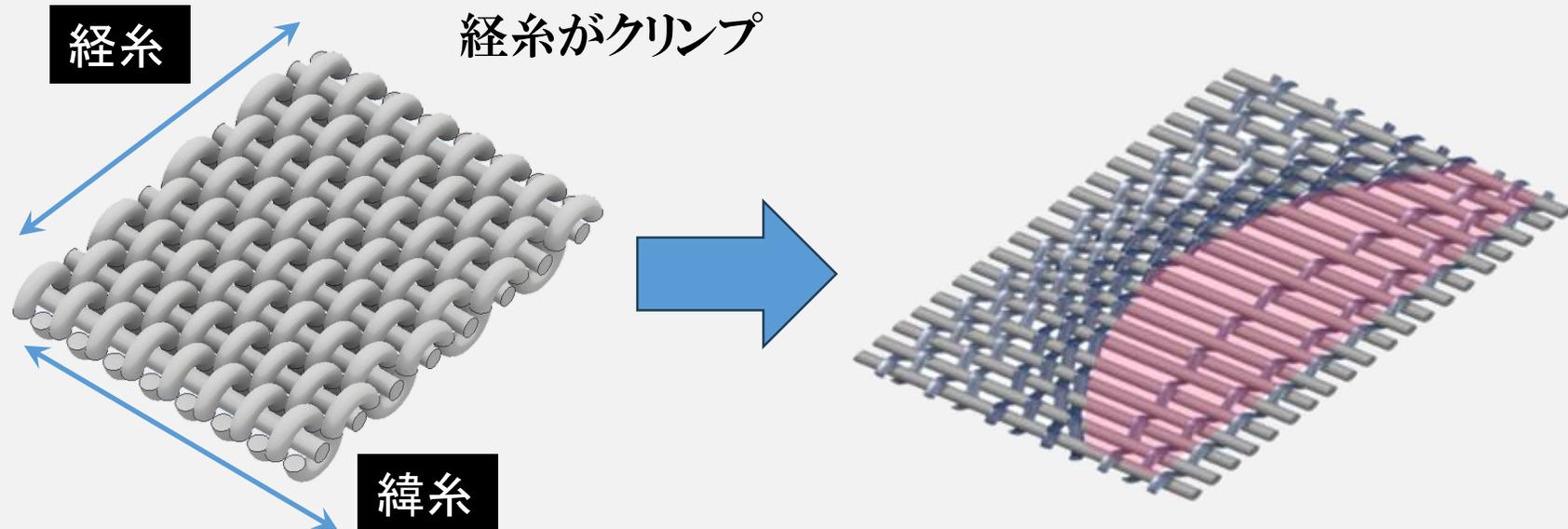
結果④：緯糸露出割合と接触冷感の関係

交織織物の織物の特徴は、ストレートの緯糸のPEに、屈曲しながら経糸のシルクが覆いかぶさっている点。



結果④：緯糸露出割合と接触冷感の関係

交織織物の織物の特徴は、ストレートの緯糸のPEに、屈曲しながら経糸のシルクが覆いかぶさっている点。



結果④：緯糸露出割合と接触冷感の関係

結果はSS加工前の試験布(50/30A、100/25A)が最も高い値を示した。

緯糸露出割合[%]			
PE繊維度50 [D]		PE繊維度100 [D]	
A	19.4	A	8.9
B	20.6	B	35.3
C	29.8	C	47.9
D	51.9	D	64.7
E	54.2		

表2 PE繊維度と緯糸露出割合の関係

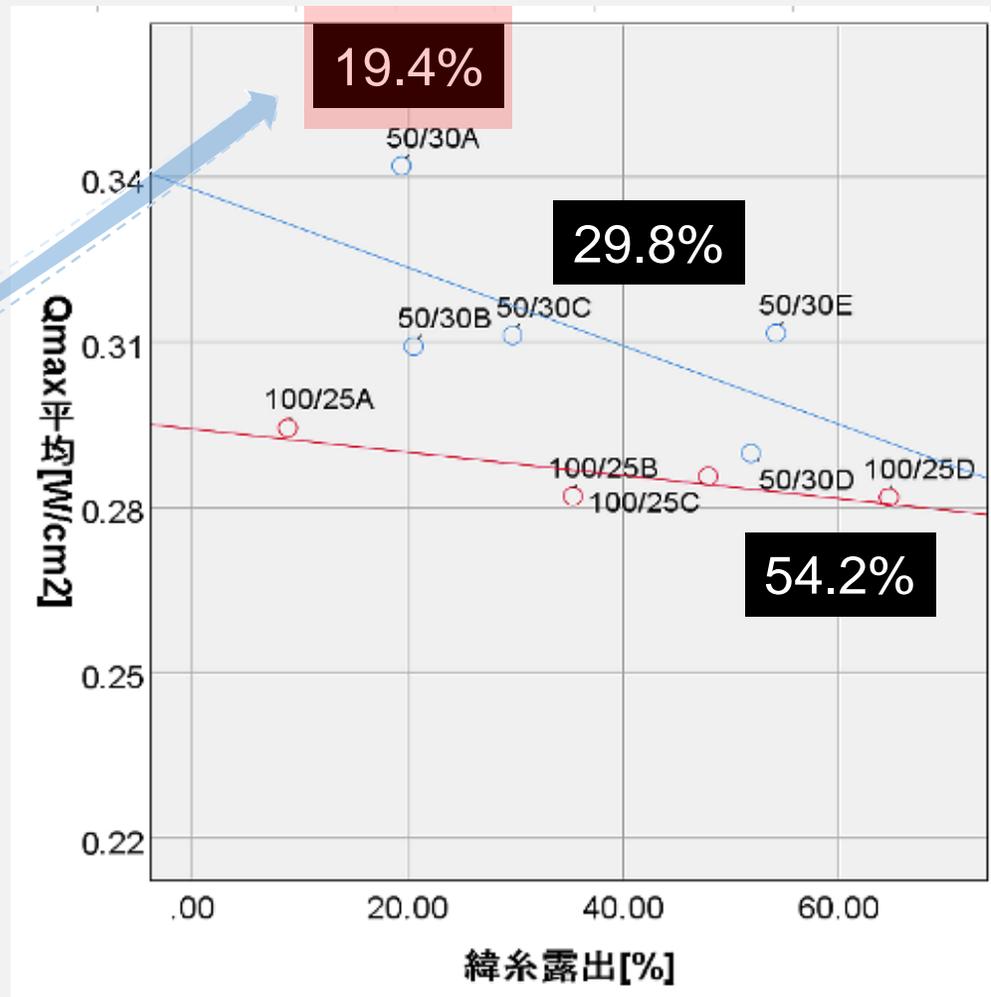


図7 緯糸露出割合と接触冷感性の関係

結果④：緯糸露出割合と接触冷感の関係

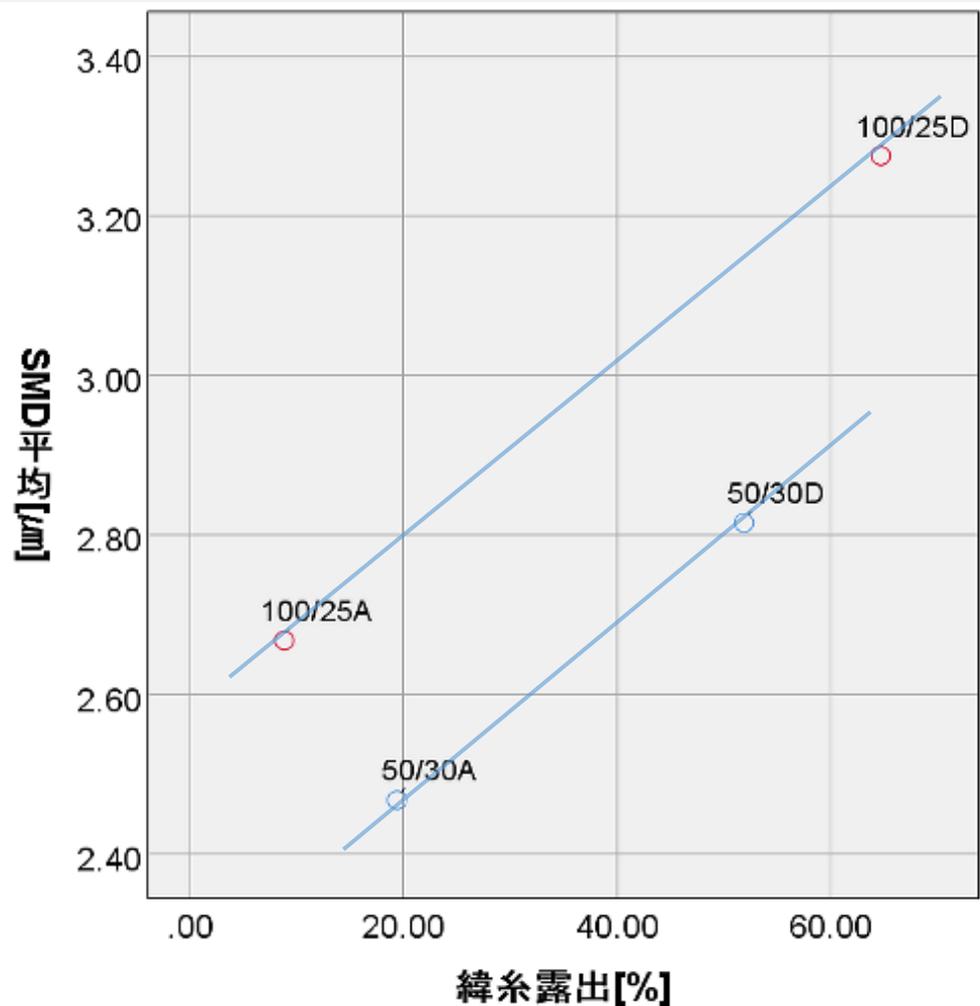


図8 緯糸露出割合と表面粗さ(SMD平均)の関係

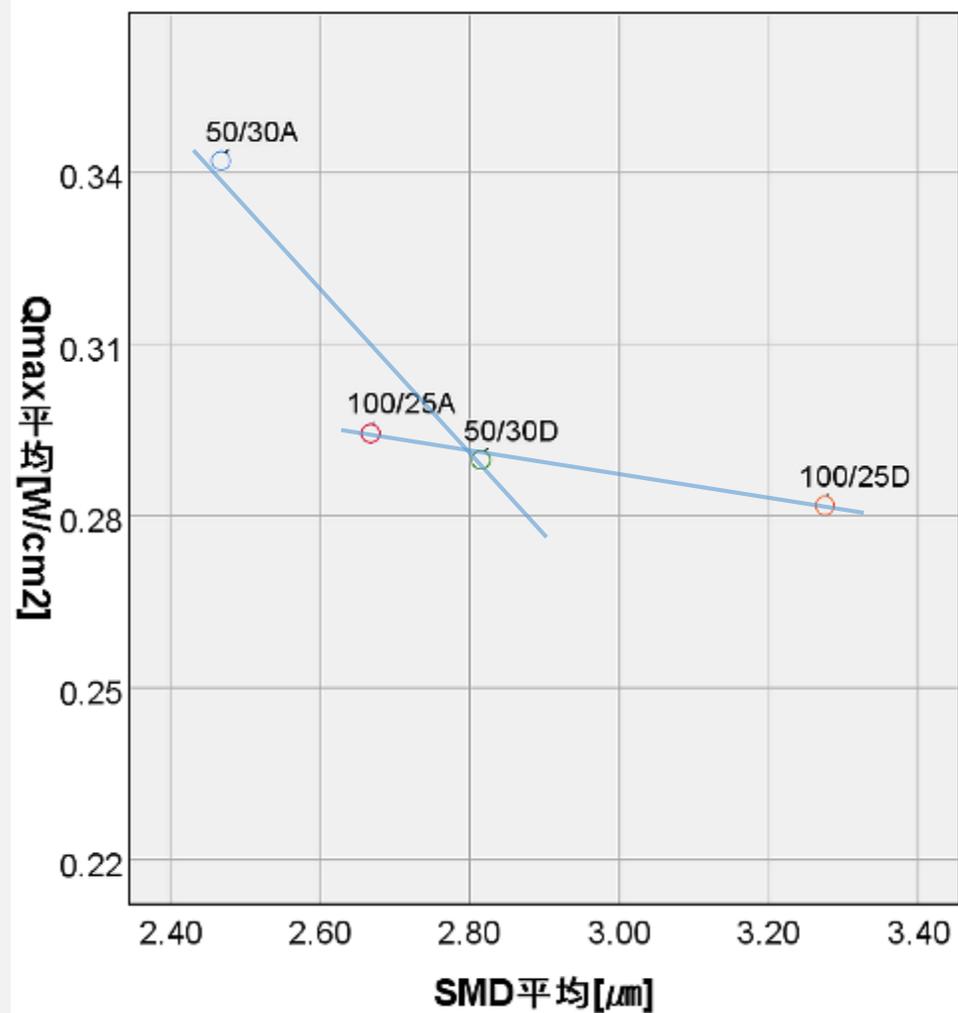


図9 表面粗さ(SMD平均)とQ-max値平均の関係

②絹-PEの交織織物の製品試作

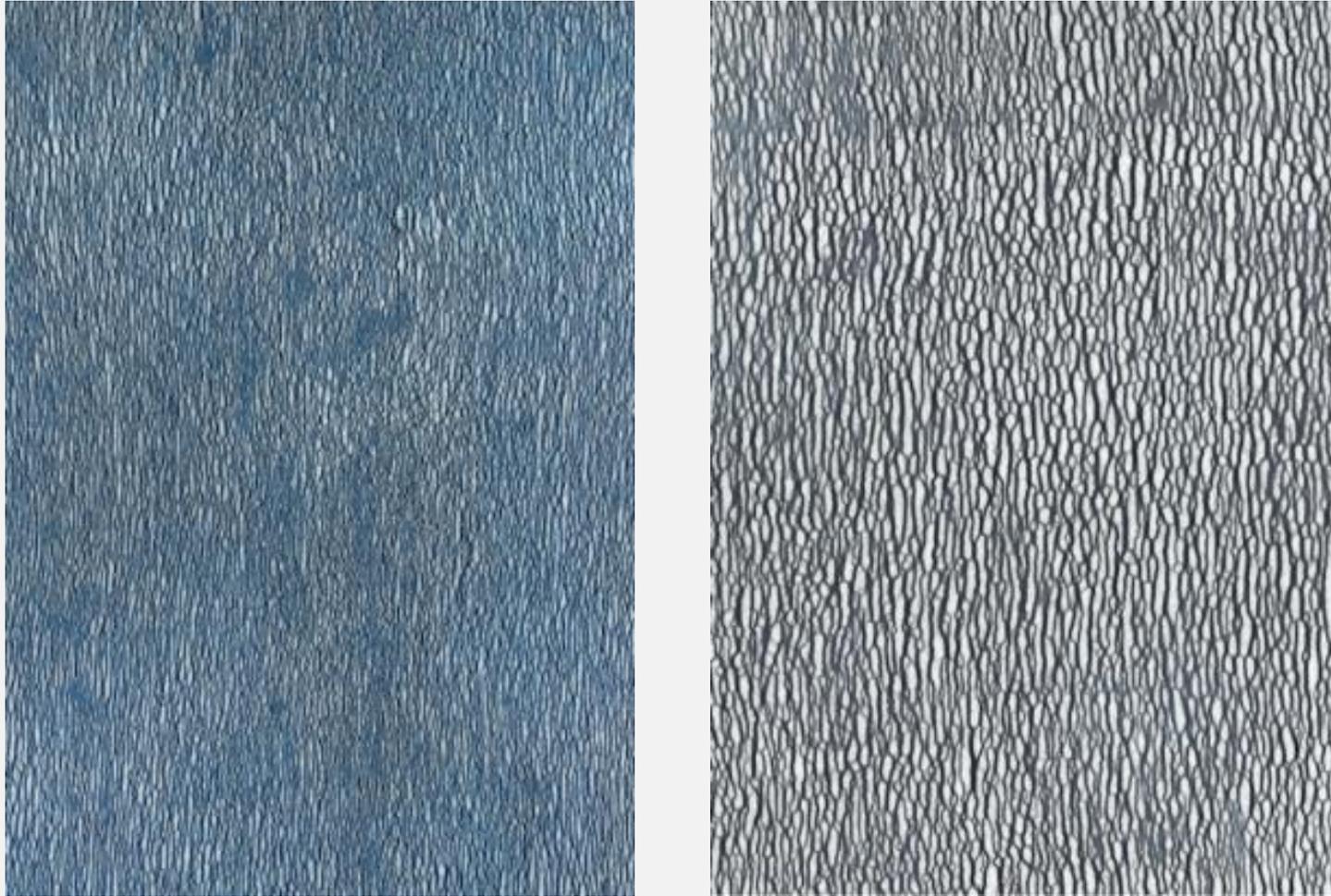


図10 砧打ちによる清涼衣料の試作
(冷感スカーフ、左上:50/30D、左下:100/25D)



図11 清涼衣料の製品試作
(ワンピース、100/25D)

C: 青熟×支122号の交雑種F1のサプライチェーン構築の策定

ハリ、コシ、嵩高性に優れるF1(青熟×支122号)

福島ゆかり交雑種F1
(H29-30当該研究助成の成果)

		日本種	中国種
福島ゆかり 交雑種F1	蚕品種①	日122号	×支122号
	蚕品種②	青熟	
	蚕品種③	小石丸	

図 製品化に向けたトレーサビリティの確立と
サプライチェーンの構築



冷感タオル



清涼ドレス



清涼シャツ



冷感寝具類

まとめ

- ① 絹-PEの交織織物の緯糸密度と緯糸引抜荷重の関係等を明らかにし、**疑似的な砧打ちの再現と定量化を進めた。**
- ② 福島ゆかりの蚕品種である「青熟×支122号交雑種F1」をブランド化するため、**トレ-サビリティの確立とサプライチェーン構築の策定に取り組んだ。**

今後の目標

- ① 従来の手作業(砧打ち)を**精度良く定量化できるパラメータの算出と製造プロセスの効率化を目指す**ことが、重要な課題である。