

接触冷感性と快適性に優れた多層横編地の開発

Development of multilayered weft knitted fabric with good contact cool touch and comfortableness of wearing

福島技術支援センター 繊維・材料科 中村和由 東瀬 慎

超高分子量ポリエチレンを活用し、夏用インナー素材に必要な高接触冷感、通気度および吸放湿性を確保した多層横編地の開発をした。その結果、市販の夏用インナーと同等以上の機能性を有していることが分かった。

Key words: 接触冷感性、着用快適性、通気度、 ΔMR 、超高分子量ポリエチレン、多層横編地

1. 緒言

スーパー繊維の一種である超高分子量ポリエチレン繊維(以下PE繊維)は、高強度、高弾性、超軽量、高熱伝導性等の特徴を有し、主に産業資材分野(防刃、ロープ、釣り糸等)で使用されている。福島県ファッション協同組合では、特にPE繊維の高熱伝導性による高接触冷感性に着目し、現在夏用のマスクカバーの製品開発を進めており、今後は、さらに夏用インナー等の衣料素材としての展開も検討している。

しかし、PE繊維の横編地(袋天竺組織)は、市販の他社夏用インナーと比較して、接触冷感性(Q_{max} 値¹⁾)は高い一方で、衣料として必要な機能性の一つである吸放湿性(ΔMR ²⁾)が不足している。PE繊維の繊維自体の吸放湿性向上は困難であるため、天然繊維等の吸放湿性の高い繊維との複合化が必要であるが、単純に糸同士を混織するだけでは、PE繊維の接触面積の減少や編地の空隙の減少等により、 Q_{max} 値や通気度の減少が発生する。

表1 PE横編地と市販夏用インナーの比較

素材	Q_{max} 値 (W/cm ²)	通気度 (cm ² /(cm ² ・s))	ΔMR (%)	目付 (g/m ²)	
PE横編地 (200D)	0.27	396	0	193	
PEとNy加工糸との交編	0.42	72	0	476	
市販の夏用インナー	A社	0.21	271	21.5	112
	B社	0.15	363	2.2	114
	C社	0.16	375	4.7	114

また、繊維本来の高い Q_{max} 値(≥ 0.4)を達成するためには、接触面積を増加させると、PE繊維の接触面積の関係により、 Q_{max} 値と通気度が両立しない(トレードオフ)問題が発生する。

例えば、図1のようにNy加工糸と交編することによって、編地が高密度化し、接触面積が大幅に増加す

る。その結果(表1)、 Q_{max} 値は向上する一方で、編地表面の空隙が減少し、通気度が大幅に低下する。

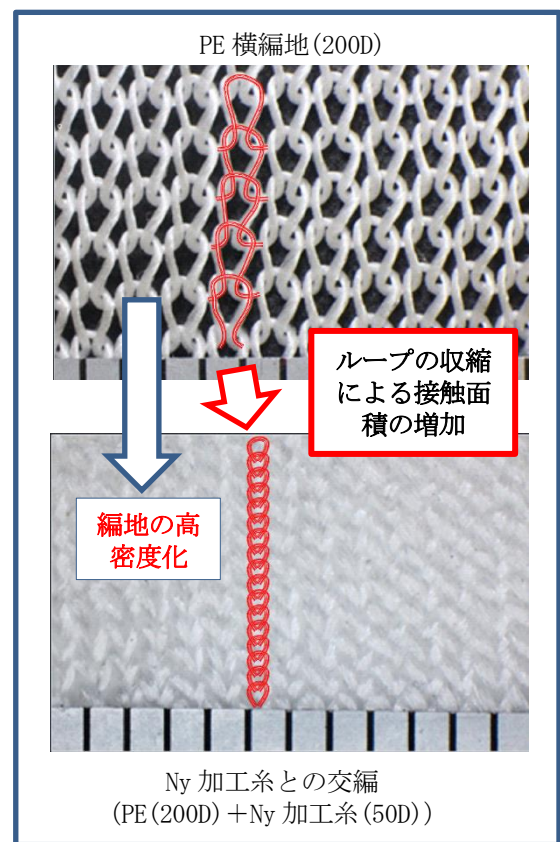


図1 PE横編地と交編編地の接触面積の違い

2. 研究目的と技術課題

研究目的は表2のとおり技術課題を解決し、インナー素材に必要なとされる高接触冷感、通気度および吸放湿性を兼備した多層横編地の開発を行う。

表2 技術課題と解決策

技術課題	内容	解決策
①接触冷感と通気度のトレードオフ	PE 繊維の接触面積に比例して、接触冷感は向上する一方で、編地表面の空隙は減少し、通気度が低下する。	多層横編地を活用し、通気度の低下を抑制した上で、接触冷感を向上できる編成条件を検討する。
②吸放湿性の向上	PE 繊維は非吸放湿性(ΔMR:0%)の素材のため、着用したときに蒸れ感が発生し、また、天然繊維の割合が増加すると接触冷感と通気度が低下する。	①の検証結果を基に天然繊維との複合化を行うことにより、吸放湿性の向上を目指す。

3 実験

3.1. 実験試料

本事業で使用した実験試料は、表3のとおりである。

表3 実験試料一覧

繊維種類	織度(D)	備考
PE 繊維	200	商品名「イザナス(SF60)(東洋紡(株)製)」フィラメント糸 3D/フィラメント
PE 繊維(HN71)	250	商品名「イザナス(HN71)(東洋紡(株)製)」フィラメント糸 1D/フィラメント
リネン	296	紡績糸
PE 結節糸	70	糸構成: PE(50D)+PU(20D) 撚糸回数: 500T/M(S方向) 原糸(PE)に対して解撚
ナイロン(以下 Ny)加工糸	50	糸構成: Ny+PU 商品名: ナイロン加工糸 RP2300(ニットマテリアル製)
合撚糸①	250	糸構成: PE(200D)+綿(50D) 撚糸回数: 500T/M(S方向) 原糸(綿)に対して解撚
合撚糸②	250	糸構成: PE(50D)+綿(50D) 撚糸回数: 500T/M(Z方向) 原糸(綿)に対して追撚

3.2. 実験機器

本事業で使用した機器(試作および評価)は、表4のとおりである。測定環境は、織物及び編み物の生地

試験方法(JIS L1096)標準状態(20±1℃、65±10%RH)を基準に行った。

表4 使用機器一覧

	用途	機器名
自動横編み機(12G)	編地試作	FIRST-184 (株)島精機製作所
合撚機	合撚加工	KF5(須賀機械(株))
通気度試験機	通気度測定	NO869(東洋精機(株))
サーモラボII試験機	接触冷感(Q-max 値)測定	KT-100 (カトーテック(株))

3.3. 編地試作

試験用の編地試作は表5の条件で行った。

表5 編地試作条件

組織	ゲージ	ループ長(mm)	目数(コースウェール)
袋天竺	12	5.5	140目 190目

3.4. 実験方法

3.4.1. 編地密度評価方法

人間の肌がインナー素材に触れたときに冷たいと感じる接触冷感、両者の接触面積が増加するほど熱の移動が起き易くなり向上する。

本事業において糸の織度が同じ場合に、試作編地の接触面積を定量化するために、コース(編地幅方向のループ数)およびウェール(編地長さ方向のループ数)の積を編地密度と定義した。編地密度が大きいほど、編地表面の空隙が小さく、接触面積が大きいことを示している。

$$\text{編地密度(目/cm}^2\text{)} = \text{コース(目/cm)} \times \text{ウェール(目/cm)}$$

3.4.2. 接触冷感値(Q-max 値)測定方法

JIS L1927 に準拠し、標準状態に対して、+20℃(ΔT=20℃)に設定し、生地1枚につき任意に5点測定、その平均値をQ-max 値(W/cm²)とした。

3.4.3. 通気度測定方法

JIS L 1096 フラジールA法に準拠し、試料1点につき2回測定し、その平均値を通気度(cm³/(cm²・s))とした。

4 結果と考察

4. 1. 編地構造による接触冷感と通気度の向上について

4. 1. 1. Ny 加工糸との交編(プレーティング編成)の問題点

PE 繊維(200D)と Ny 加工糸(50D)の交編(プレーティング編成³⁾)は図2のような編地構造を取っており、主糸(PE 繊維)に対して添え糸(Ny 加工糸)がニットしているため、編地の面方向に大きく収縮し、表6のように編地密度が大幅に増加する。

その結果、Q-max 値が大幅に向上する一方で、編地表面の空隙が減少し、急激に通気度が減少するという課題がある。

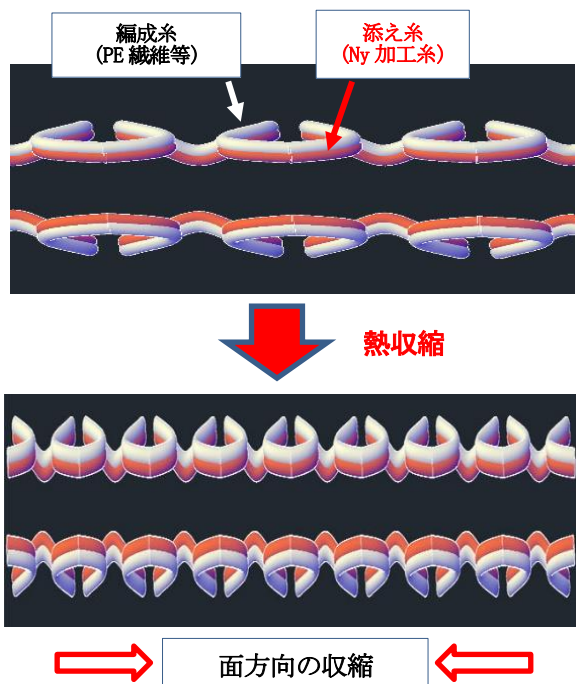


図2 Ny 加工糸との交編の概要

表6 編地密度比較結果

使用糸	PE(200D)+Ny 加工糸(交編)(50D)	PE(200D)
編地密度(目/cm ²)	158.8	68.6

そのため、通気度の低下につながる面方向に収縮を抑制し、Q-max の向上に必要な PE 繊維の接触面積の増加が可能となる編地構造を新たに検討した。

4. 1. 2. 結節糸挿入による新規横編地の設計

Ny 加工糸との交編の結果より、編地の面方向の急激な収縮を抑制するため、袋天竺組織の中間層に、第三の糸(PE 繊維+伸縮糸)を挿入した多層構造の横編地

(図3)を新たに検討し、評価を行った。

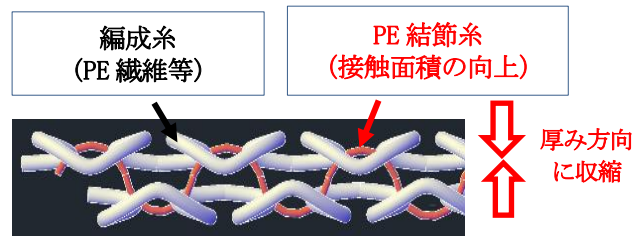


図3 結節糸挿入編地の概略図

この編地の特徴は、①面方向ではなく挿入した結節糸が厚み方向に収縮し、②結節糸に PE 繊維を使用することによって PE 繊維の接触面積を増加できることである。

4. 1. 3. 結節糸挿入編成による接触冷感と通気度

結節糸挿入編地の機能性を評価した結果(図4、図5)、PE(200D)+PE 結節糸の編地は、PE(200D)と比べて、目付は増加 Q-max 値は約 118%(約 18%向上)、通気度は約 80%(約 20%低下)であり、Ny 加工糸との交編編地において問題となった通気度の急激な減少を抑制することができた。

さらに、PE(200D×2)の編地と比べて、Q-max 値および通気度はほぼ同等であるが、目付を比較すると、約 70%(約 30%減少)であることが分かった。

このことから、結節糸挿入編地を使用することによって、PE 繊維の特長の一つである軽量性を活かした上で、Q-max 値と通気度の向上が期待できると考えられる。

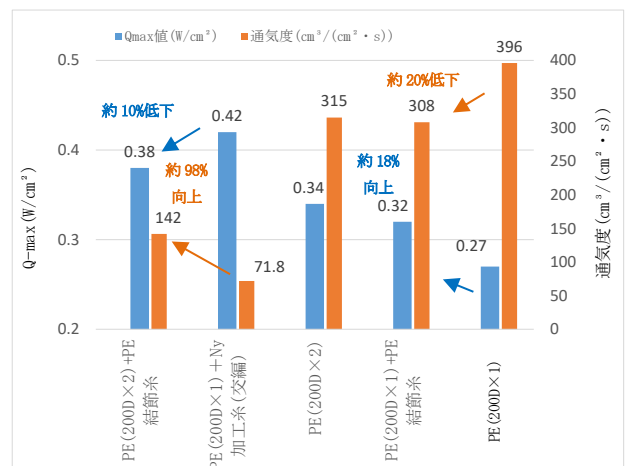


図4 織度効果と結節糸挿入による効果検証

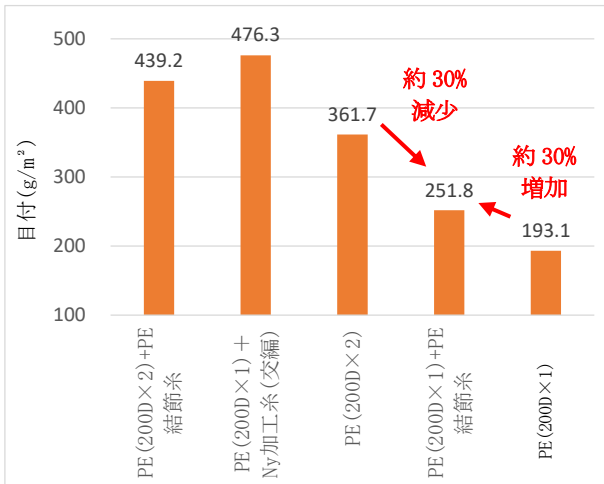


図5 目付の比較

次に、PE 繊維の織度 PE(200D×2)+PE 結節糸の編地を、PE(200D×1)+Ny 加工糸(交編)の編地と比較(図4)すると、Q-max 値は約 90%(約 10%低下)に対して、通気度は約 198%(約 98%向上)向上であり、通気度の低下が抑制されていることが分かった。

この理由を検証するために、編地密度(表7)を比較すると、PE(200D×2)+PE 結節糸の編地密度は、PE(200D×1)+Ny 加工糸(交編)の編地の約 48%(1/2 以下)であり、また PE(200D)と同程度(約 108%)であることから、面方向の収縮を抑制した結果、通気度の低下が抑制できたと考えられる。

表7 編地密度の比較

使用糸	PE(200D×2)+PE 結節糸	PE(200D)+Ny 加工糸(交編)	PE(200D)
編地密度 (目/cm²)	74.1	158.8	68.6

以上のことから、Ny 加工糸との交編は、Q-max 値は向上する一方で通気度が低下する問題がある一方で、結節糸挿入編地は、少ない糸量で通気度の低下を抑制した上で、Q-max 値の向上が期待できる。

4. 2. 天然繊維との複合化によるΔMR 向上について

本事業では PE 横編地の ΔMR 向上のため、公定水分率の高い天然繊維等(絹、リネン等)との複合化を検討した。複合化の方法として、合撚加工と多層化(表面: PE 繊維、裏面: 天然繊維)を行った。

4. 2. 1. 合撚加工による効果

試作した合撚糸を評価した結果(図6)、合撚糸①(綿との合撚: 解撚タイプ)は、Q-max 値および通気度は、PE 横編地と変化は見られなかった。

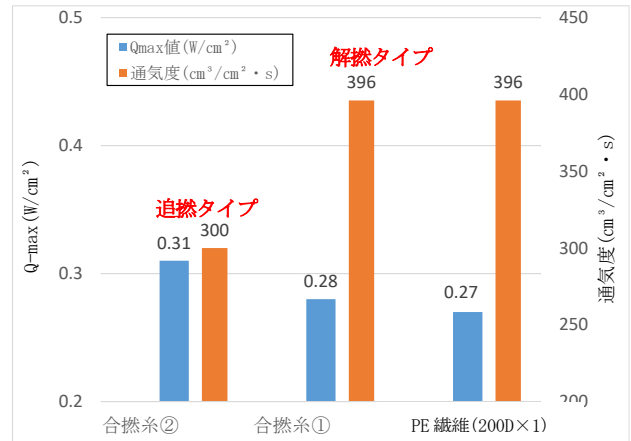


図6 合撚加工の効果について(解撚と追撚)

綿等の天然繊維は PE 繊維と比べて Q-max 値が低いので、複合化により編地の Q-max 値は低下すると考えていたが、合撚糸の撚りトルクにより編地が密(表8)となったこと、および綿の混合割合(約 20%)が PE と比べて少ないこと等が影響し、接触冷感の低下が抑制されたと考えられる。

また、合撚加工の撚り方向に着目すると、追撚(原糸の撚り方向と同じ方向に合撚加工)を行った合撚糸②は、PE 横編地および解撚を行った合撚糸①と比べて Q-max 値(PE 横編地と比べて約 114%)は向上した。

この理由は、追撚することによって、合撚糸①(解撚タイプ)よりも撚りトルクがさらに大きくなり、編地密度が増加した結果(表8)、Q-max 値の向上につながったと考えられる。

表8 合撚加工糸を使用した編地の密度

使用糸	合撚糸① 解撚タイプ 250D	合撚糸② 追撚タイプ 250D	PE(200D)
編地密度 (目/cm²)	71.5	75.3	68.6

以上のことから、本事業で行った合撚加工条件(500T/M)においては、試作編地の Q-max 値の低下を抑制できること、および合撚加工を行う原糸に対して、追撚を行うことによって、Q-max 値が向上することが分かった。

4. 2. 2. 編地多層化による効果

本事業において Q-max と通気度を両立した上で、ΔMR を向上させるため、4. 1. および 4. 2. の結果を基に、①PE 横編地を合撚糸(PE+綿)で編成した編地、少ない糸量で接触冷感と通気度を向上できた②結節糸挿入編地(表面: PE、裏面: 天然繊維)、③結節糸挿入編地(表面: 合撚糸(PE+綿)、裏面: 天然繊維)の3種

類の方法を検討した(表9)。

その結果、Q-max 値を低下させずに、ΔMR を向上することができた。試作した編地の中で、②結節糸挿入編地(表面:PE、裏面:天然繊維)は、高いQmax 値と通気度、ΔMR を兼ね備えた編地となった。

表9 天然繊維による ΔMR

素材			Q-max値 (W/cm ²)	通気度 (cm ³ /(cm ² ・s))	ΔMR (%)
表面	裏面	結節糸			
合燃糸 (PE200D+綿×1 本) 250D×1	合燃糸 (PE200D+綿×1 本) 250D×1	—	0.28	398	1.2
PE (200D×1本)	リネン (296D×1本)	PE結節糸 (70D×1本)	0.32	249	4.0
合燃糸 (PE200D+綿×3 本) 350D×1			0.29	150	7.3

4. 2. 3. PE 繊維(HN71)と天然繊維の複合化による機能性の向上について

さらなる機能性向上を目指して、PE 繊維を PE(HN71) 繊維に変えて、試作を行った。その結果、通気度と ΔMR を維持したまま、Q-max 値をさらに向上することが分かった。

PE(HN71)繊維は、PE 繊維よりもフィラメント織度が細く、糸自体が柔軟であるため、センサーとの接触面積が増加し、Q-max 値が増加したと考えられる。

また、市販の夏用インナーと比較すると、試作した編地は、高い Q-max 値を持ち、また同等以上および ΔMR を確保していることが分かった。ただし、市販の夏用インナーと比較して、通気度が低く、目付が重いという課題が残った。

表10 PE と PE(HN71)による ΔMR の影響

素材			Q-max値 (W/cm ²)	通気度 (cm ³ /(cm ² ・s))	ΔMR (%)	目付 (g/m ²)
表面	裏面	結節糸				
PE と Ny加工糸との交編 (PE(200D)+Ny加工糸(50D))			0.42	72	0	476
PE (200D)	リネン (296D)	PE結節糸 (70D)	0.32	249	4.0	255
PE(HN71) (250D)			0.35	250	4.4	297
PE(200D)			0.27	396	4.4	193
市販夏用 インナー	参考:市販(下記 3社)の夏用イン ナーの下限值		≥0.15	≥271	≥2.2	≤114
	A社		0.21	271	21.5	112
	B社		0.15	363	2.2	114
	C社		0.16	375	4.7	114

5. 結言

5. 1. 編地構造による接触冷感と通気度の向上について

・接触冷感と通気度とのトレードオフの原因となる、編地面方向の収縮を抑制するため、袋天竺組織の中間層に、第三の糸(PE 繊維+伸縮糸)を挿入した多層構造の横編地を新たに開発した。その結果、通気度を抑制した上で接触冷感が向上することが分かった。

5. 2. 天然繊維との複合化による ΔMR 向上について

・合燃加工により、PE 繊維編地の Q-max 値の低下を抑制し、PE 繊維と天然繊維を複合化できることが分かった。さらに追燃することによって、Q-max 値が向上することが分かった。

・多層構造の横編地(表面:PE 繊維、裏面:天然繊維、中間層:PE 結節糸)とすることによって、ΔMR=4.4%、Q-max 値=0.35W/cm²、通気度 250cm³/(cm²・sec)の機能性を持つ夏用インナー素材を試作することができた。