

疑似パイル組織による機能性編地の開発

Research and development of multifunctional knitted fabric with a structure of pile

福島技術支援センター 繊維・材料科 中村和由 東瀬慎
 応募企業 (株)シラカワ二本松工場 菅野幸二

本研究では、改質麻(リネン)編地^{注1)}の構造を疑似パイル組織^{注2)}とすることで、保温率の向上が見込めるかについて検討を進めた結果、高い保温性と軽量性を持つ機能性編地が開発できることが分かった。また改質麻(リネン)を原料とした疑似パイル編地の素材開発と製品試作を行った。

Key words: 改質リネン、疑似パイル編地、保温率

1. 緒言

応募企業は昨年度の研究成果¹⁾をベースに改質麻(リネン)の試作開発を進める中で、新たな開発要素を見出している。

通常、編地の表面にループ状のパイル糸を編成する場合、パイル専用の編機で編成する必要がある。しかし、既存の横編機の編成工程に総針ゴムタック^{注3)}、天竺編成^{注4)}、払い編成^{注5)}の三工程を1パッケージとして連続的に組み込むことで、パイル専用機や特殊な治具を設置することなく多種多様なデザインからなる図1に示す疑似パイル組織を編成することが可能である。

そこで、疑似パイル組織を改質麻(リネン)に保温性を付与する新たな編地構造として提案し、編地組織内に取り込める含気率(不動空気割合)を確保することで保温性の向上を目指した。

本研究の目標と目的は、天然繊維ウール(毛)素材を超える保温率 $\geq 35\%$ とし、編地構造と保温性の関係を明らかにすることで改質麻(リネン)を原料とした疑似パイル組織の素材開発及び製品試作を進めることである。

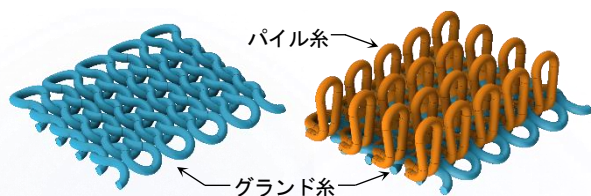


図1 左: SN(天竺組織) と右: SP(疑似パイル組織)

2. 試験方法

2. 1. 原料と試料作製

企業から提供を受けた改質麻(リネン#60 単糸)を編地用原料とし、ループ長、巻き下げ、速度等の編成条件をすべて同一にした上で、表1に示す8種類の編地構成糸と天竺及び疑似パイル組織の試験編地を作製した。グランド部は、改質麻(リネン#60×1、×2)単体と、さらにストレッチ糸(低伸縮PET-PU、高伸縮Nylon-PU)を組合わせた二種類の疑似パイル組織を作製した。

ストレッチ糸と改質麻(リネン#60×1、×2)を交編

するのは、既存編機の固定ゲージに制約されない編目密度とパイル糸の密度を上げ、より緻密な編地作製を目的とするためである。

表1 編地構成糸と編組織(ループ長L=5.5mm)

	構成糸名	パイル糸	グランド糸	ストレッチ糸	ループ長
天竺組織(SN)	SN1		#60×1		5.5mm
	SN2		#60×2		
疑似パイル組織(SP)	SP1	#60×1	#60×1		
	SP2	#60×2			
	SP1-PU	#60×1		PET-PU	
	SP2-PU	#60×2			
	SP1-NU	#60×1		Nylon-PU	
	SP2-NU	#60×2			

2. 2. 試験方法

ループ長L: 編地作製時に設定するループ長Lは図2の区間の長さを示す。

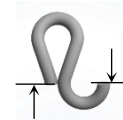


図2 L: ループ長の定義

編目密度: 単位長さ当たりのコース方向(経)のループ数とウェール方向(緯)のループ数の積を、図3(左)に示す編目密度として定義した。

$$\text{編目密度}[\text{目}/\text{cm}^2] = L_w \times L_c$$

$$L_w: \text{経方向のループ数}/\text{cm}$$

$$L_c: \text{緯方向のループ数}/\text{cm}$$

見掛密度: 単位体積当たりの繊維重量(繊維充填密度)を図3(右)に示す見掛密度として定義した。

$$\text{見掛密度}[\text{g}/\text{cm}^3] = [W / (10^3 \times T)]$$

$$W: \text{試験編地の目付}[\text{g}/\text{m}^2]$$

$$T: \text{試験編地の厚み}[\text{mm}]$$

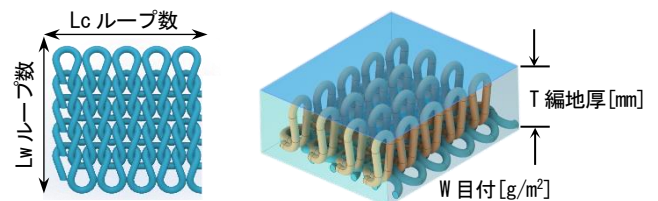


図3 編目密度(左)と見掛密度(右)の定義

保温率は標準状態[20℃±1℃、65%RH±10%]下で、保温性試験機(JIS L 1096 保温性 A 法)の恒温板[36℃]に、試験編地の表目またはパイル糸側を接触させ1時間放置し、放散される熱損失Aを求めた。また試験編地のないblank状態で放散される熱損失Bを求め、下記により保温率を算出した。

$$\text{保温率}[\%] = (1-A/B) \times 100$$

保温率の値が高いほど、衣服を着用した際に外気への熱損失が少なく体温低下を防ぐことができる。

保温効率：保温率 1%を保持するのに必要な繊維重量を下記の保温効率として定義した。

$$\text{保温効率}[\text{g}/\text{m}^2/\%] = W/H$$

W：試験編地の目付[g/m²]
H：保温率試験より求めた保温率(%)

3. 結果と考察

3. 1. 編地厚、編目密度、見掛密度と保温率及び保温効率の評価

試験編地の実験結果を表2に示す。図4に示す編地厚と保温率の関係から、SN(天竺組織、以下SN群)はSP(疑似パイル組織、以下SP群)に対して編地厚が薄く保温率は低い。両者とも編地厚と共に保温率が増加傾向にあるものの、SP群は厚みが4mmを超えたところで上昇から下降へ転じる結果を示した。

図5の編目密度と保温率の関係から、SN群は編目密度の増加と共にやや急激な保温率の増加を示し、一方SP群は編目密度の増加と共に緩やかな上昇を示した。図6に示す見掛密度と保温率の関係から、SN群がSP群に対して保温率が低い傾向にあるのは、編地厚が薄く見掛密度(繊維充填率)が高い分、含気率の割合が少ないためと考えられる。

またSP群の保温率が最大となる見掛密度はSP1-NU近傍であり、見掛密度10[g/cm³] $\times 10^{-2}$ を超えた辺りから保温率の低下がみられる。図4では編地厚と保温率はともに増加傾向を示し、SP2-NUのみが減少を示す反面、図6の見掛密度で比較すると、実際には複数のSP群は見掛密度が高いため保温率のピークを過ぎた下降域にあると推察される。

繊維集合体の熱移動には、熱伝導、対流、輻射の複合された熱移動が知られており、見掛密度(繊維充填率)と保温性の関係についてこれまで多くの報告²⁾³⁾⁴⁾がある。一般的に見掛密度が小さい場合は、含気率(不動空気の割合)が熱移動を支配するため保温率は小さくなる。一方、見掛密度が大きい場合は繊維集合体の熱伝導が熱移動を支配するため、保温率は小さくなる

表2 試験編地の実験結果(ループ長L=5.5mm)

編地厚 [mm]	保温率 [%]	目付 [g/m ²]	保温効率 [g/m ² /%]	見掛密度 [g/cm ³ $\times 10^{-2}$]	編目密度 [目/cm]
SN1	0.7	19.2	83.9	4.4	11.5
SN2	1.3	27.4	178.9	6.5	14.0
SP1	2.7	28.6	208.4	7.3	7.7
SP2	3.6	31.9	340.6	10.7	9.5
SP1-PU	3.8	33.2	408.2	12.3	10.8
SP2-PU	3.9	34.3	420.9	12.3	10.7
SP1-NU	4.3	36.4	436.7	12.0	10.3
SP2-NU	4.7	31.6	512.0	16.2	10.8

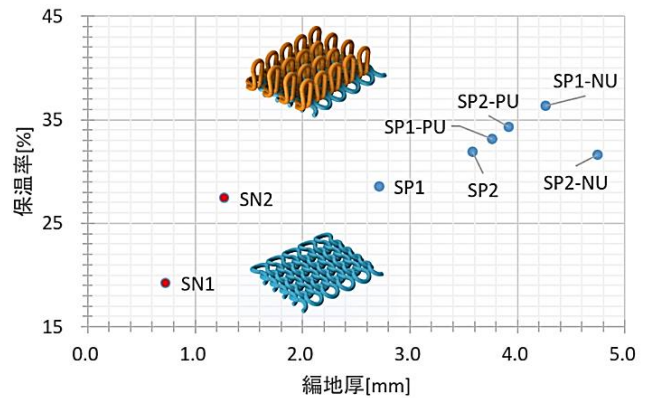


図4 編地厚と保温率の関係(SN群、SP群)

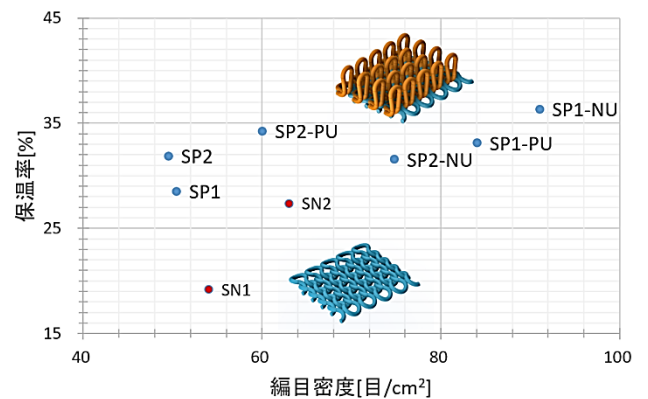


図5 編目密度と保温率の関係(SN群、SP群)

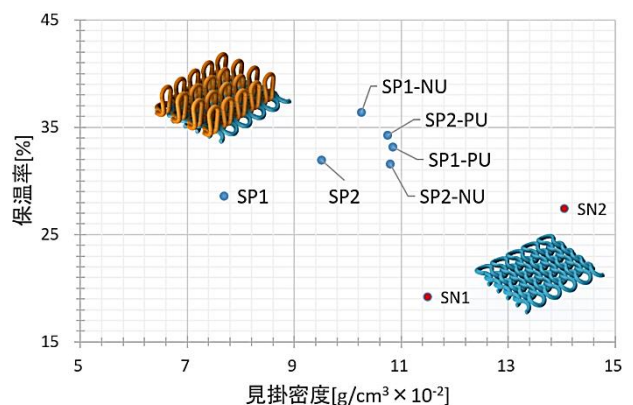


図6 見掛密度と保温率の関係(SN群、SP群)

ことから、見掛密度と保温率の関係は上に凸の曲線となり、保温率が最大となる見掛密度が存在することが知られている。

3. 2. 対流の影響を遮断した保温率の評価

図6に示す保温率の変化が見掛密度に対し上に凸の曲線となる結果は、過去の報告⁵⁾⁶⁾⁷⁾と一致する。また見掛密度の粗密に伴い、保温率のピーク前後で対流から熱伝導に支配される密度領域へ変化することを指摘した報告もある⁸⁾。

そこで SP1-NU の保温率がピーク近傍であることを検証するために、SP 群の各試験編地の上面に厚さ 100 μm の PVC シートを被せ、対流の影響を遮断した状態で保温率の測定を行った結果を図7に示す。(PVC シート単体の保温率は 14.4%) 試料名の末尾に F が付いているのが PVC シートを被せた後の測定値を示す。図8に示す△保温率の結果から、SP1-NU は見掛密度の異なる他の編地に比べ保温率の増加量は少なく、明らかに対流による熱損失が減少していると言える。また SP2-PU も同様に増加量が減少していることから、ピークに近い保温率と推察される。

一方、見掛密度が大きい SP2-NU、SP2 は依然として対流による保温率の増加量が大きい値を示した。なお PVC シート単体の保温率を考慮すると、PVC シートの熱伝導による熱損失が対流遮断後の保温率の増加量に含まれる可能性もあり、SP2-NU、SP2 が繊維集合体の熱伝導による密度の支配領域であることまでは今回確認できなかった。

次に図9に示す見掛密度と保温効率の関係から、単位保温効率あたりの繊維重量を比較すると、保温効率と軽量性に優れるのは SP1 であると言える。SN 群は編地厚が薄く見掛密度が大きいので、保温率が低い傾向にあるのに対し、SP 群は編地厚が大きく見掛密度が SN 群より低いため保温率は高い傾向を示したと考えられる。

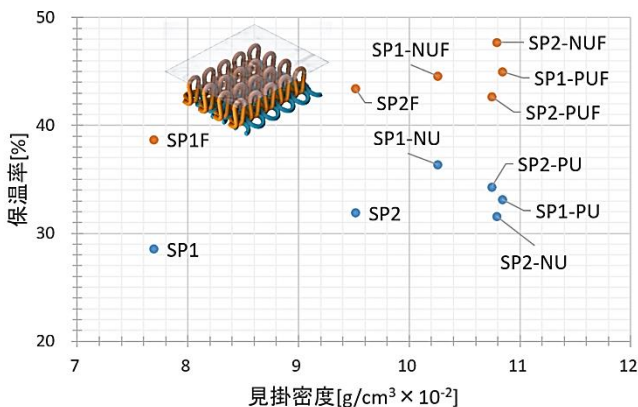


図7 対流遮断後の見掛密度と保温率の関係 (SP 群)

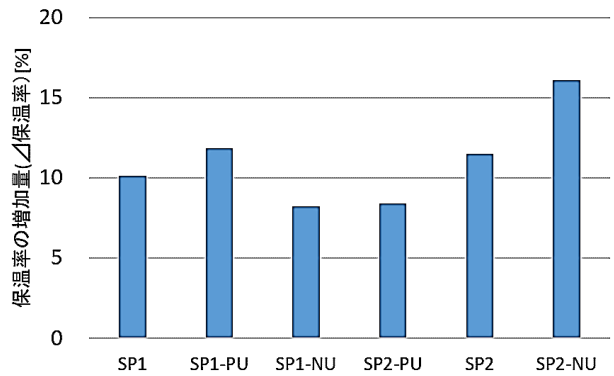


図8 PVC シートによる対流遮断後の△保温率 (SP 群)

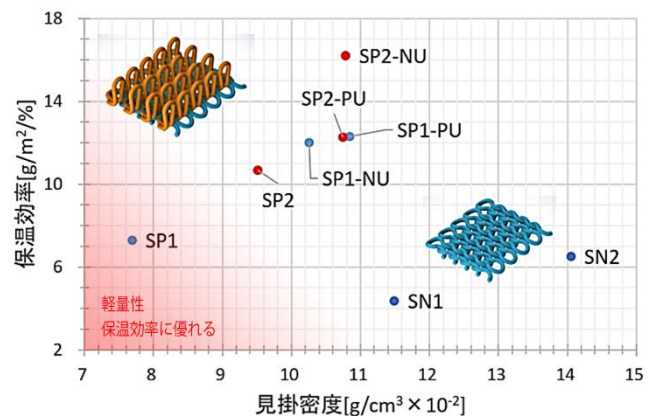


図9 見掛密度と保温効率の関係 (SN 群、SP 群)

3. 3. 見掛密度の抑制と保温率、保温効率の評価

衣料素材として見た場合、小さい見掛密度で高い保温効率が達成できれば、より軽量で温かい衣料素材を得ることにつながる。そこで単位体積当たりの繊維重量を抑制し保温率の向上を図るため、針で引き込むループ長 L を大きくし、見掛密度を減らすことで編地間に含気率 (不動空気) を増やす方法を検討した。

まず表3に示す6種類の編地構成糸を使い、L=5.0~7.25mm までループ長を 0.25mm ピッチで広範囲に変えた試験編地を作製した。次にこれらの編地について、ループ長と保温率、見掛密度、保温効率の関係を評価した。

表3 編地構成糸と編組織 (ループ長 L=5.0~7.25mm)

	構成系名	パイル系	グラウンド系	ストレッチ系	ループ長
疑似パイル組織 (SP)	SP1	#60×1	#60×1	PET-PU	5.0~7.25mm (0.25mm ピッチ)
	SP2	#60×2			
	SP1-PU	#60×1			
	SP2-PU	#60×2		Nylon-PU	
	SP1-NU	#60×1			
	SP2-NU	#60×2			

図10に示すループ長と見掛密度の関係から、すべての組み合わせでループ長の増加に伴い、見掛密度は

低下する傾向を示した。中でも SP1-PU は10段階のループ長の変化域で、広範囲の見掛密度に対応できるため、見掛密度の低い領域の疑似パイル編地は軽量でソフトな風合いとなる。一方、見掛密度の高い領域の疑似パイル編地は重く重厚な風合いとなった。

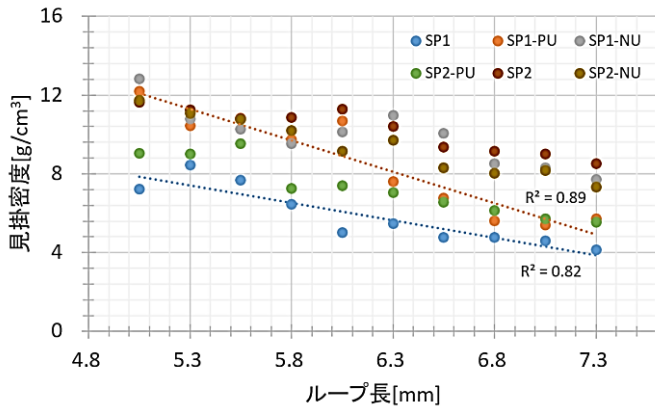


図10 ループ長と見掛密度の関係 (SP 群)

次に図11に示す見掛密度と保温率の関係から、見掛密度を低域に抑えることで前述の固定ループ長L=5.5mmで検討した保温率を大幅に超える編成条件の組み合わせが存在することが確認できる。全種類共に保温率35%を超える組み合わせが存在し、SP1、SP2及びSP1-PUは保温率35%を超えつつも見掛密度は低く、極めてソフトな風合いを持つ編地となる結果を得た。その他目標値を超える試験編地については、見掛密度が増加するほどパイル糸の直立性が高くなり、特にSP1-NUとSP2-NUはグランドが固く引き締まった重厚な疑似パイル編地となるため、衣料分野を含め幅広くインテリア用資材として可能性が期待される。

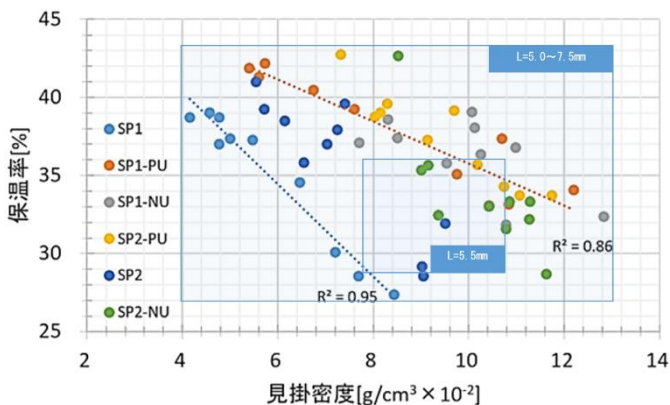


図11 見掛密度と保温率の関係 (SP 群)

次に図12に示す見掛密度と保温効率の関係から、すべての組み合わせで見掛密度と保温効率は強い相関があることを示した。中でも SP1-PU はパイル糸本数を倍増した SP2-PU の保温効率の全域を満たすことから、両者の編成条件下では保温率と保温効率はパイル糸の本数に依存しないという知見を得ることができた。

図11と図12から、保温率を35%以上に限定すれば、SP1-PUはSP2、SP2-PU、SP1-NU及びSP2-NUの保温率と見掛密度の全域をカバーしていると推察される。

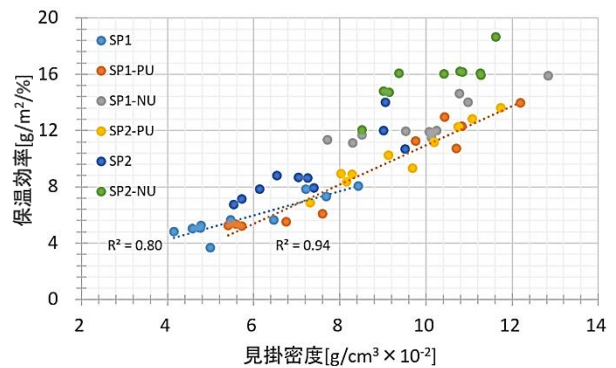


図12 見掛密度と保温効率の関係 (SP 群)

4. 試作

良好な保温性と軽量性を有する SP1-PU 構成糸を使い図13に示す、改質麻(リネン#60 単糸)ストールの製品試作を行った。(ループ長 6.0mm、編地厚 3.8mm、保温率 37.4%、目付 401g/m²、保温効率 10.7g/m²/%、見掛密度 10.7g/cm³ × 10⁻²)



図13 製品試作(ストール : SP1-PU6.0mm)

5. 結言

改質麻(リネン)を原料とした加工糸を疑似パイル組織の編地にすることで、下記のことが分かった。
①SP 群は SN 群に比べ、編地厚及び保温性、保温効率に優れる。

- ②SP1 または SP1-PU の構成糸を疑似パイル化した結果、天然繊維ウール(毛)を超える保温性と、軽量性を持つ機能性編地が開発できることが明らかになった。
- ③SP1-NU、SP2-NU の疑似パイル化は、インテリア資材まで視野に入れた開発が既存編機で製造可能である。今後衣料に限らずヘルスケア分野の寝装寝具、アウトドア分野の機能性素材、ルームウェア需要向けインナー用途等の開発が期待される。

参考文献

- 1) 東瀬、中村;福島県ハイテクプラザ試験研究報告, rep_R01_19.pdf (2020).
- 2) 仲道弘;織消誌, 34, P419(1993).
- 3) 山内生;織機誌;36, PT74(1983).
- 4) 松平光男;金沢大学教育学部紀要. 自然科学編, 50, P41(2001).
- 5) 竹中はる子;家政誌, 33, P85(1980).
- 6) 中嶋朝子;織消誌, 18, P242(1977).
- 7) 渡辺 常正;窯業協會誌, 72, P820(1964).
- 8) 赤井智幸;織消誌, 29, P64(1988).