

〔重点領域研究推進事業〕

色分別アップサイクル糸の播州織への適用検討

東山幸央, 藤田浩行, 中野恵之, 新田恭平, 佐伯 靖

1 目的

ファッション産業は、石油産業に次いで環境負荷が大きい産業との指摘があり¹⁾、従来の大量生産→大量消費→大量廃棄の直線型経済（リニアエコノミー）から、資源の循環利用を掲げた循環型経済（サーキュラーエコノミー）への転換が必須かつ急務である。

また経済産業省は、令和4年5月に繊維技術ロードマップをとりまとめ、個別技術のロードマップとして「繊維 to 繊維リサイクル技術の実用化」を挙げている²⁾。このうち、一般的なエステル綿混の紡績糸の繊維 to 繊維リサイクルは、2040年以降のターゲットに指定されており、技術的難度が高い。

株式会社 colourloop（京都市）では、廃棄衣料のリサイクルについて、廃棄衣料の色で分別してから反毛・再紡績することで糸としてリサイクルする技術を確認（色分別アップサイクル糸）、フェルトやレザー用途に展開している。今回、織物への展開を目指す上で、廃棄衣料由来の再生糸（色分別アップサイクル糸）の製織に係る糸特性（強伸度・撚り数・糸むら）測定と、緯糸に用いた生地を試織による製品の試作を目的とした。

2 実験方法

2.1 色分別アップサイクル糸（再生糸）の作製と糸特性評価

色分別アップサイクル糸（再生糸）は、番手が12番双糸、12番単糸、24番双糸、24番単糸の4種類とした。故繊維（反毛繊維）と通常綿もしくは超長綿を30/70もしくは50/50で混綿して紡績、合計10種類の再生糸を作製した。

糸特性評価は、強伸度測定、撚り数測定、糸むら測定を行った。

強伸度測定は、AUTODYNE300(MESDAN製)を用いて、試験長50cm、試験回数100回で実施した。

撚り数測定は、ZWEIGLE TWIST TESTER 5 (USTER製)を用いて、試験長50cm、試験回数10回で実施した。

糸むら測定は、USTER TESTER 6 (USTER製)を用いて、試験長1000m、試験回数2回で実施した。

また、比較対象として支援センター在庫糸で番手の近いものを選定し、同様の糸評価を行った。

2.2 試織と製品試作

10種類の再生糸を緯糸に用いて、三原組織（平織・2/2綾織・緯8枚朱子織）およびジャカード織の試織を行った。織機はZAX9100Professional エアジェット（津田駒工業製）、開口装置はLX1602 ジャカード（ストーブリ製）を用いた。経糸は綿80/2、経糸密度は100本/インチとした。緯糸密度は、30本/インチ（12番双糸：6番相当）、42本/インチ（12番単糸、24番双糸：12番相当）、60本/インチ（24番単糸：24番相当）とした。

製品試作として、24番単糸の再生糸を用いた平織およびジャカード柄の生地を用いて、カッターシャツを作製した。

3 結果と考察

3.1 色分別アップサイクル糸（再生糸）の作製と糸特性評価

作製した色分別アップサイクル糸（再生糸）および、比較対照の在庫糸の糸情報を表1に示す。No.1～No.2 は故繊維に通常綿を混綿し、No.3～No.10 は超長綿を混綿した。

番手の近い在庫糸として、6 番単糸、10 番単糸、16 番単糸、20 番単糸、30 番単糸、30 番双糸を選定した（No.11～No.16）。

表1 作製した再生糸（No.1-10）および比較対照の在庫糸（No.11-16）

No.	単位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生糸or通常糸	—	再生糸									
糸の太さ	—	12番単糸				12番双糸		24番単糸		24番双糸	
単糸換算番手	Ne	12				6		24		12	
混率	通常綿	%	70	50	—	—	—	—	—	—	—
	超長綿	%	—	—	70	50	70	50	70	50	70
	故繊維	%	30	50	30	50	30	50	30	50	30

No.	単位	11	12	13	14	15	16
再生糸or通常糸	—	通常糸					
糸の太さ	—	6番単糸	10番単糸	16番単糸	20番単糸	30番単糸	30番双糸
単糸換算番手	Ne	6	10	16	20	30	15
混率	通常綿	%	—	—	—	—	—
	超長綿	%	—	—	—	—	—
	故繊維	%	—	—	—	—	—

No.1～10 の再生糸の糸特性評価結果を表2に、No.11～No.16 の在庫糸の糸特性評価を表3に示す。

なお、強伸度と糸むらについては、USTER データベース（USTER STATISTICS 2018）にて解析を行い、データベース内における上位何%の結果となるのかを色と共に表示した。青が強いほど上位（強度が高い・伸度が大きい・糸むらが小さい・毛羽が短い・バラツキが小さい）、赤が強いほど下位（強度が低い・伸度が小さい・糸むらが大きい・毛羽が長い・バラツキが大きい）となる。

No.1～No.10 の再生糸においては、全体的に強度が小さめ、伸度が大きめ、糸むらが大きめ、シン（Thin：基準太さよりも50%以上細い箇所）・シック（Thick：基準太さよりも50%以上太い箇所）・ネップ（Nep：基準太さよりも200%以上太い箇所）が多め、毛羽が長く毛羽長さのバラツキも大きい傾向が見られた。また撚係数は、標準の4.0に対して4.5～4.9と、やや強撚となった。糸強力確保のために、撚りをきつめにしていると考えられる。故繊維の混率を30→50とすることで、強度の低下、糸むらの増加、シン・シック・ネップの増加、毛羽の増加が見られた。

No.11～No.16 の在庫糸においては、強度が小さい傾向が見られ、ほぼ全て下位95%以下となった。長期在庫の影響と考えられる。但しこれらの在庫糸は、これまで試織で緯糸に用いた際に、緯糸切れ等のトラブルは全く発生していない。よって、強度においては、データベース上で下位95%以下となっても、製織に問題ないレベルの強度は有していると思われる。

No.1～No.10 の再生糸において、ほぼ全て糸むら・シン・シック・ネップ・ヘアリネス（毛羽）が下位の結果となったが、これは反毛→再紡績した糸の特性であり、糸の品質として劣るのではなく、スラブ糸やネップ糸のような特性を持つ糸である、と解釈するのが適当であると考えられる。また、強度も在庫糸の同番手相当以上であるため、緯糸に用いて試織するのに問題は無いと思われる。

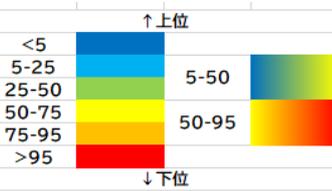
今回の再生糸は、廃棄衣料より青系のものを分別して反毛再紡績したものであり、色調の微妙に異なる青色の繊維が混ぜ合わされているため、霜降り調の外観を持った糸となった。

表2 再生系の糸特性評価結果

No.	単位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
再生系or通常系	—	再生系										
糸の太さ	—	12番単糸					12番双糸		24番単糸		24番双糸	
単糸換算番手	Ne	12					6		24		12	
混率	通常綿	%	70	50	—	—	—	—	—	—	—	—
	超長綿	%	—	—	70	50	70	50	70	50	70	50
	故繊維	%	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50
下撚り	撚数	T/inch	17.0	16.9	16.8	16.7	15.8	15.8	22.4	23.0	22.8	22.4
	撚係数	—	4.9	4.9	4.9	4.8	4.6	4.5	4.6	4.7	4.7	4.6
上撚り	撚数	T/inch	—	—	—	—	8.2	8.4	—	—	8.2	8.2
	撚係数	—	—	—	—	—	3.4	3.4	—	—	2.4	2.4
強度	平均	cN	731	625	882	704	1797	1492	417	329	841	667
	USTER STATICS	上位%	50-95	>95	5-50	>95	5-50	50-95	<5	>95	5-50	>95
	変動係数CV	%	8.3	8.6	5.9	7.3	5.0	5.2	11.4	8.9	5.9	7.6
	USTER STATICS	上位%	50-75	50-75	<5	25-50	<5	<5	>95	50-75	<5	25-50
	最小値	cN	584	466	745	578	1537	1350	314	259	694	553
伸度	平均	%	7.96	7.59	8.17	7.6	7.83	7.56	6.7	6.49	6.93	6.47
	USTER STATICS	上位%	<5	<5	<5	<5	5-25	5-25	5-25	5-25	5-25	25-50
	変動係数CV	%	6.1	6.6	5.2	6.1	3.9	3.7	7.8	7.2	4.6	5.5
	USTER STATICS	上位%	25-50	25-50	5-25	25-50	<5	<5	25-50	25-50	<5	<5
	最小値	%	6.36	6.36	7.24	6.48	7.00	6.80	5.18	5.38	6.03	5.42
糸むら	むらU	%	13.2	16.2	12.0	15.7	8.7	11.6	16.8	21.9	11.4	15.3
	質量変動係数CVm	%	17	21.2	15.6	20.7	11.1	14.8	22.1	29.1	14.7	20
	USTER STATICS	上位%	94	>95	77	>95	14	81	>95	>95	62	>95
	Thin-50%	/km	12	137	2	40	0	0	176	1095	0	29
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	47	>95	<5	<5	>95	>95	<5	>95
	Thick+50%	/km	409	1276	370	1352	22	205	1668	3838	291	1183
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	>95	>95	37	>95	>95	>95	>95	>95
	Nep+200%	/km	345	1210	471	1681	45	170	1968	4740	325	1088
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	>95	>95	>95	>95	>95	>95	>95	>95
	ヘアリネスH	—	10.1	10.3	8.4	9.5	10.1	10.8	6.4	7.3	8.2	9
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	84	>95	76	85	79	>95	79	94
	標準偏差sh	—	2.8	3.3	2.5	3.1	2.8	3.3	2.1	2.7	2.3	2.8
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	>95	>95	93	>95	>95	>95	94	>95
	S3u	/100m	11819	11247	8333	8925	5840	6501	6025	6376	4495	5063
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	87	93	32	42	77	82	28	40

表3 在庫系の糸特性評価結果

No.	単位	11	12	13	14	15	16		
再生系or通常系	—	通常系							
糸の太さ	—	6番単糸	10番単糸	16番単糸	20番単糸	30番単糸	30番双糸	<5	
単糸換算番手	Ne	6	10	16	20	30	15	5-25	
混率	通常綿	%	—	—	—	—	—	25-50	
	超長綿	%	—	—	—	—	—	50-75	
	故繊維	%	—	—	—	—	—	75-95	
下撚り	撚数	T/inch	10.8	15.0	15.9	9.3	26.6	19.4	>95
	撚係数	—	4.4	4.7	4.0	2.1	4.8	3.5	
上撚り	撚数	T/inch	—	—	—	—	—	14.2	
	撚係数	—	—	—	—	—	—	3.7	
強度	平均	cN	1175	617	546	396	265	447	
	USTER STATICS	上位%	>95	>95	50-95	>95	>95	>95	
	変動係数CV	%	5.3	9.2	7.3	6.5	8.5	5.7	
	USTER STATICS	上位%	<5	75-95	25-50	<5	25-50	<5	
	最小値	cN	1015	474	417	334	202	388	
伸度	平均	%	9.95	7.37	7.52	6.19	6.31	4.64	
	USTER STATICS	上位%	<5	5-25	<5	25-50	5-25	>95	
	変動係数CV	%	3.8	5.8	4.6	7.4	6.6	5.9	
	USTER STATICS	上位%	<5	5-25	<5	25-50	5-25	5-25	
	最小値	%	8.72	6.51	6.57	5.07	5.21	3.90	
糸むら	むらU	%	9.1	12.5	11.6	9.4	24.1	7.6	
	質量変動係数CVm	%	11.4	15.7	14.7	11.9	31.3	9.6	
	USTER STATICS	上位%	20	82	54	<5	>95	<5	
	Thin-50%	/km	0	13	1	0	1568	0	
	USTER STATICS	上位%	<5	>95	<5	<5	>95	<5	
	Thick+50%	/km	1	126	137	8	2256	1	
	USTER STATICS	上位%	<5	83	68	<5	>95	<5	
	Nep+200%	/km	4	324	104	19	521	3	
	USTER STATICS	上位%	9	>95	55	<5	67	<5	
	ヘアリネスH	—	8.7	6.6	7.9	4.1	5.6	7.7	
	USTER STATICS	上位%	50	28	88	<5	68	82	
	標準偏差sh	—	2.4	1.9	2.1	1	2.1	1.8	
	USTER STATICS	上位%	66	55	89	<5	>95	69	
	S3u	/100m	4520	2595	7633	201	5041	4552	
	USTER STATICS	上位%	7	<5	87	<5	68	37	



3.2 試織と製品試作

No.1～No.10の再生糸それぞれについて、平織・2/2綾織・緯8枚朱子織の3原組織で試織を行い、計30種類の生地を試織した。No.8の再生糸（24番単糸、超長綿50/故繊維50）を用いた試織生地を図1に示す。霜降り調の外観を持つ生地となった。



図1 試織生地・三原組織（No.8：24番単糸、超長綿50/故繊維50）

また、滋賀県立大学の学生がデザインした意匠図案をもちいたジャカード柄の試織も行った。No.7およびNo.8の再生糸を用い、グランド部分は平織、柄部分は8枚緯朱子織とした（図2）。

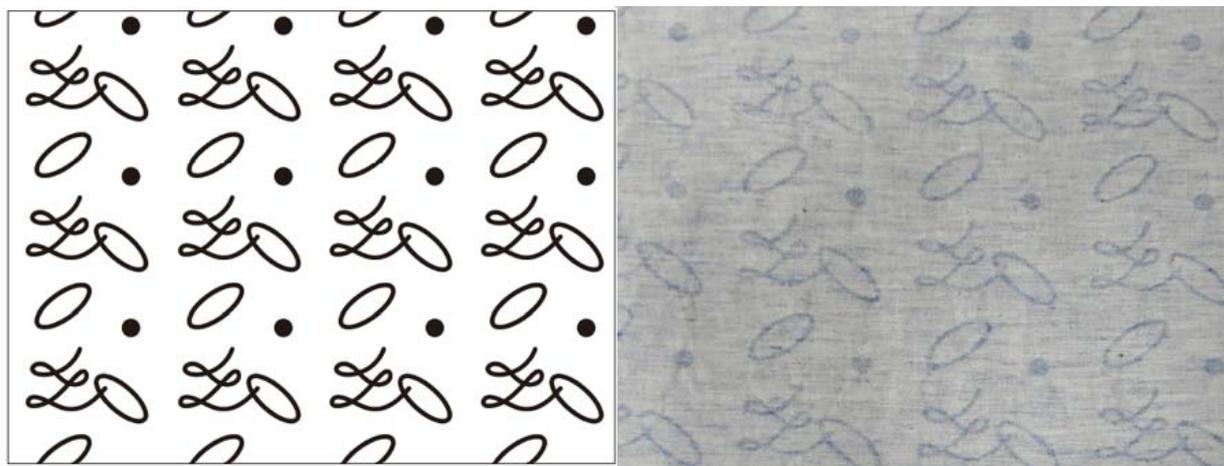


図2 意匠図案および試織生地・ジャカード柄（No.7：24番単糸、超長綿70/故繊維30）

製品試作（カッターシャツ）を行った。生地は No.7 と No.8 の平織とジャガード柄を用いた（図 3）。

本研究内容は、一般社団法人日本繊維機械学会の第 76 回年次大会にて口頭発表及びポスター発表³⁾を行った（図 4）。



図 3 カッターシャツ試作



図 4 学会発表（繊維機械学会第 76 回年次大会）

4 結論

色分別アップサイクル糸（再生糸）の糸特性は、毛羽が長い+糸むらが大きく、スラブ糸に近い特性であり、独特の霜降り調の外観である。この糸を用いた三原組織およびジャカード柄での試織に成功した。

謝辞

本研究の遂行にあたり、株式会社 colourloop の内丸もと子氏、滋賀県立大学の森下あおい教授、院生の坂上晴穂氏に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 令和 2 年度製造基盤技術実態等調査（繊維産業のサステナビリティに関する調査）報告書，株式会社矢野経済研究所，5（2021）
- 2) 繊維技術ロードマップ，経済産業省，28（2022）
- 3) 東山幸央，繊維機械学会第 76 回年次大会予稿集 B1-03，P2-10（2023）

（問合せ先 東山幸央）