

弾性編地の開発と評価 に関する研究

繊維・高分子科

○中村和由、小林慶祐、石井瑞樹、東瀬慎

質問はメールにて事務局までお気軽にお問い合わせください。

問い合わせ先：福島県ハイテクプラザ 企画連携部産学連携科

e-mail : hightech-renkei@pref.fukushima.lg.jp



1 研究目的

特徴：

軽量性、**高強力、高弾性率**、
耐摩耗性、耐光性、耐薬品性、
高熱伝導性、**低伸度**

主な現在の用途：産業資材向け



図1 スーパー繊維(UHMWPE)の特徴と用途例

図2 弾性編地の応用例



従来方法(スーパー繊維に伸縮性(高伸度化)の付与)：

化学処理、高温での熱セットを使用する方法があるが、**繊維自体の耐熱性の影響**



本研究の目的：

従来の過度な熱セットを必要としない、新たな弾性加工糸の開発と弾性編地の試作評価

2 研究内容（目標、原料、使用機器）

表1 研究目的と目標値

項目	目的	目標値
①	スーパー繊維の伸縮性付与	伸度 \geq 150%(0.49[N])
②	弾性編地の作製と性能評価	編地収縮率 \geq 50[%]

表2 原料

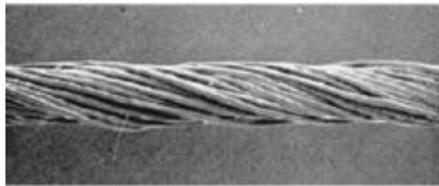
呼名	織度[D]	備考
PE	200	超高分子量ポリエチレン 商標名：イザナス(株)東洋紡
	100	
	30	
PU	105	ポリウレタン 商標名：オペロン (株)東レ・オペロンテックス
	70	
	30	

表3 使用機器一覧

	用途	機器名
自動横編機	編地試作(7G)	SWG183-V((株)島精機製作所)
精密万能試験機	荷重、伸度の評価	AGX-20kNV(島津製作所)
合撚機		KF5型((株)スガ機械)
カバーリング機	比較用加工糸の試作	KO-U-HT(荻金機械製作所)
リリヤーン加工機		KT-8((株)小塚コーポレーション)
圧縮試験機	試作編地の圧縮評価	KES風合い試験機G-3((株)カトーテック)

2 研究内容（加工系試作）

表4 比較用加工系の作成方法と表記及び特徴

加工系	呼名	構造	特徴
合撚糸	TY		複数本の糸を同時に撚り合わせる
芯鞘糸 カバーリング糸	CY		芯糸を中心にして右巻き、左巻きに鞘糸を巻き付ける
リリヤーン糸	LY		対応する2本の針でらせん状の連続するループ結節をつくる

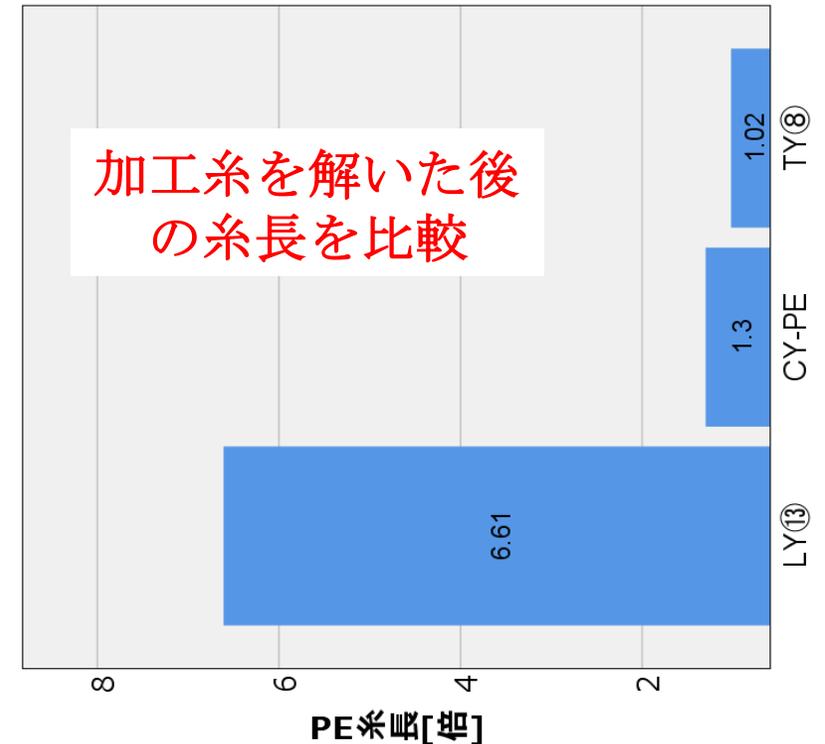
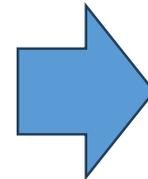


図3 加工糸内部のPE糸長比較（加工前長さ/加工後長さ）

TYやCYとは異なる伸縮構造の可能性
（弾性糸(PU)との複合化)

2 研究内容（LY加工系の試作）

表5 LY用原料系の分類

	比較用加工系	原料系	PE[D]	PU[D]
単独型	LY①	TY⑧	100	-
	LY⑫	PE100	100	-
	LY⑬	PE200	200	-
撚糸型	LY⑪	TY⑩	100	70
分離型	LY⑦	TY⑧	100	70
複合型	LY⑨	TY⑩	100	140

3 実験結果 (PE糸長と平均伸度の関係)

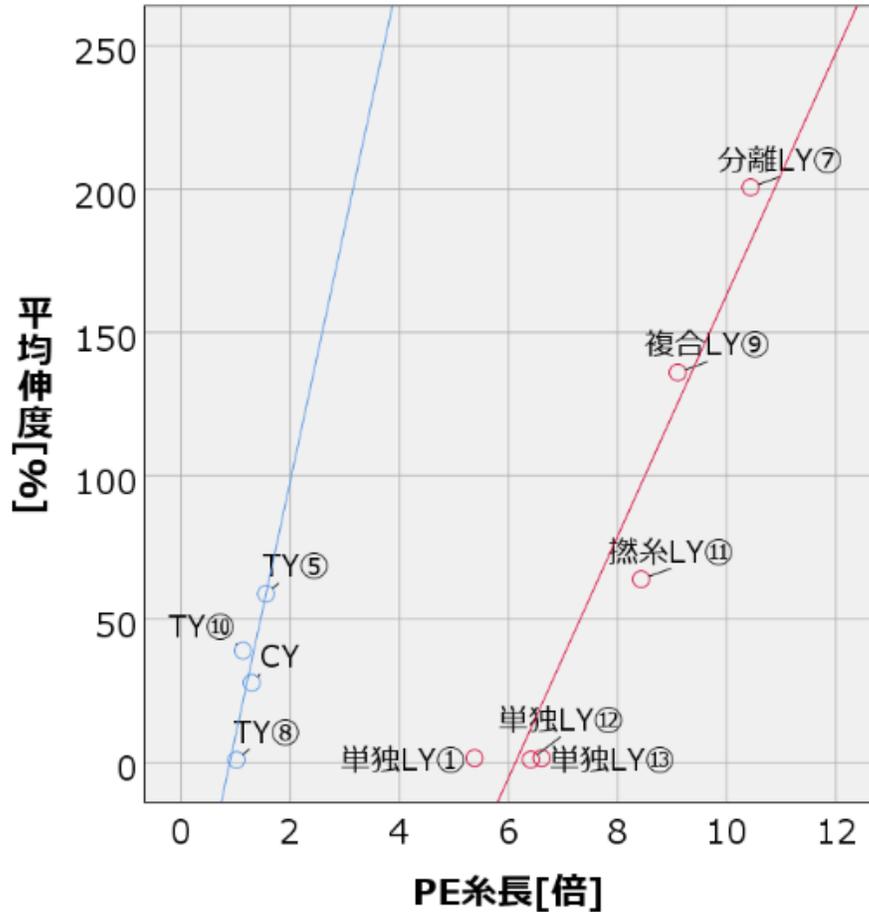


図4 PE糸長と平均伸度の関係

タイプ	結果
単独型 LY①、 ⑫、⑬	PUを含まないため、平均伸度は向上しない。原料糸の撚糸回数、PE織度は平均伸度には影響を与えない
撚糸型 LY⑪	平均伸度が分離型LY⑦、複合型⑨に劣る。原料糸TY⑩の作製段階で、PEとPUが合撚加工により一体化され、PU本来の伸縮性が密着するPEにより制限されること。またLY加工時にPUを使用していない
複合型 LY⑨	分離型の二倍のPU糸量を含むが、平均伸度は分離型に劣る。このことから平均伸度は、単純にLY内部のPU糸量には依存しない可能性が考えられる
分離型 LY⑦	原料糸をPU無しのTYで作製し、LY加工時にTYとPUを分離型で加工することが、PEの高伸度化に有効

3 実験結果（分離型LYの伸縮構造）

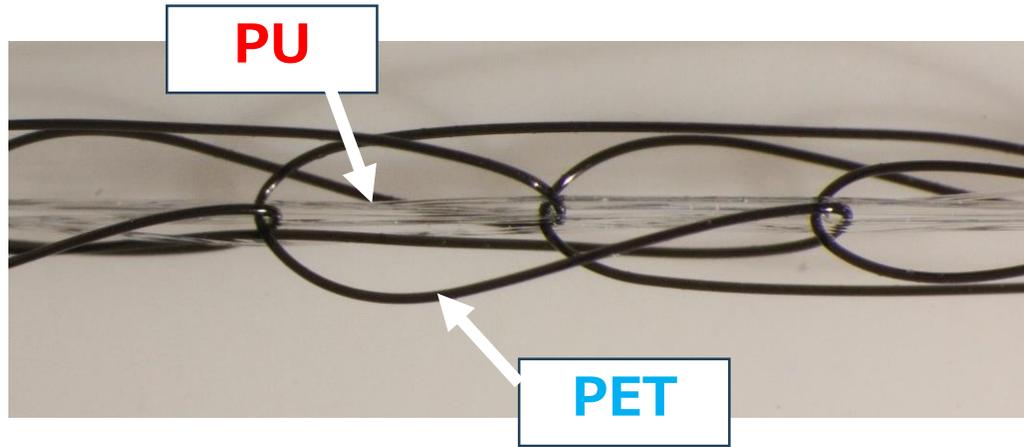
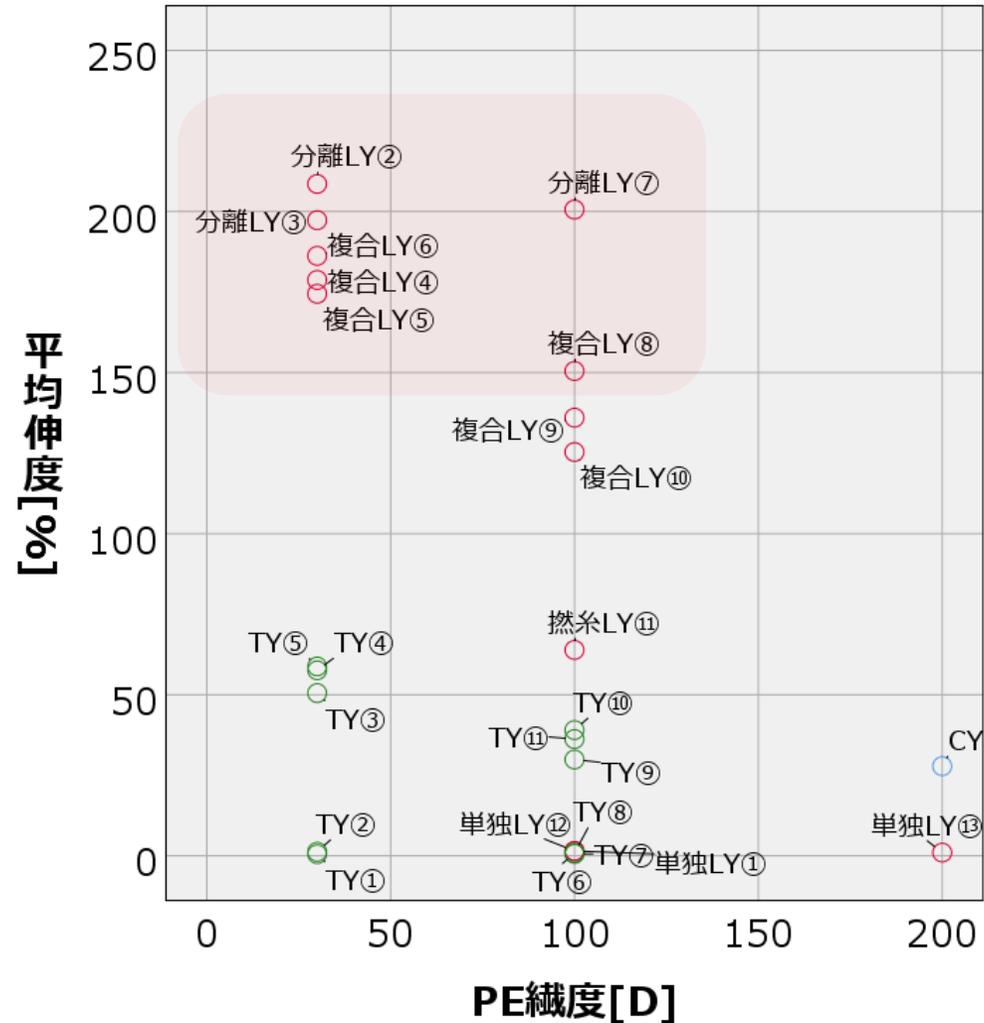


図5 分離型LYの側面画像
(PEとPUは共に表面色が白系であり、視認性を上げるためPEを有色のPETに差し替え観察した。)

- ・分離型LYはPUは中心部分で収縮したループ結節を形成し、外側にPEが配置された立体構造（芯鞘構造）を示している。
- ・このLY内の芯鞘構造の有無が、撚糸型と分離型の平均伸度に影響
- ・外観上はCYの芯鞘構造に類似した立体構造をしているが、中心のPUと外側のPEがループ結節で結合している点が、結節の無いCYの芯鞘構造と大きく異なる点(芯鞘の分離がない)と言える。

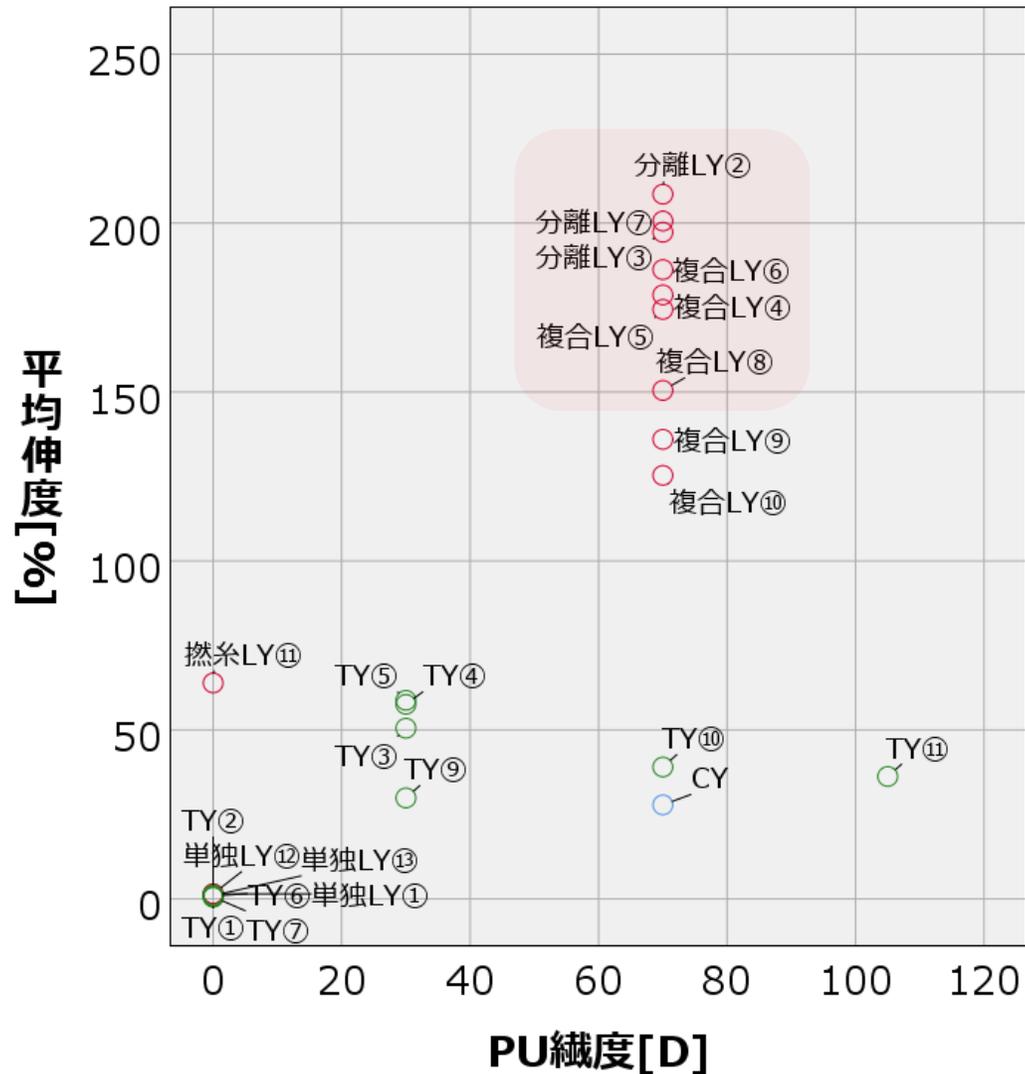
3 実験結果 (PE繊維度と平均伸度の関係)



PE繊維度30[D]は100[D]よりも平均伸度が高いと言える。
中でもLY②、LY③、LY⑦は200[%]を超える平均伸度を示し、LYの投入方法はすべて分離型

図6 PE繊維度と平均伸度の関係

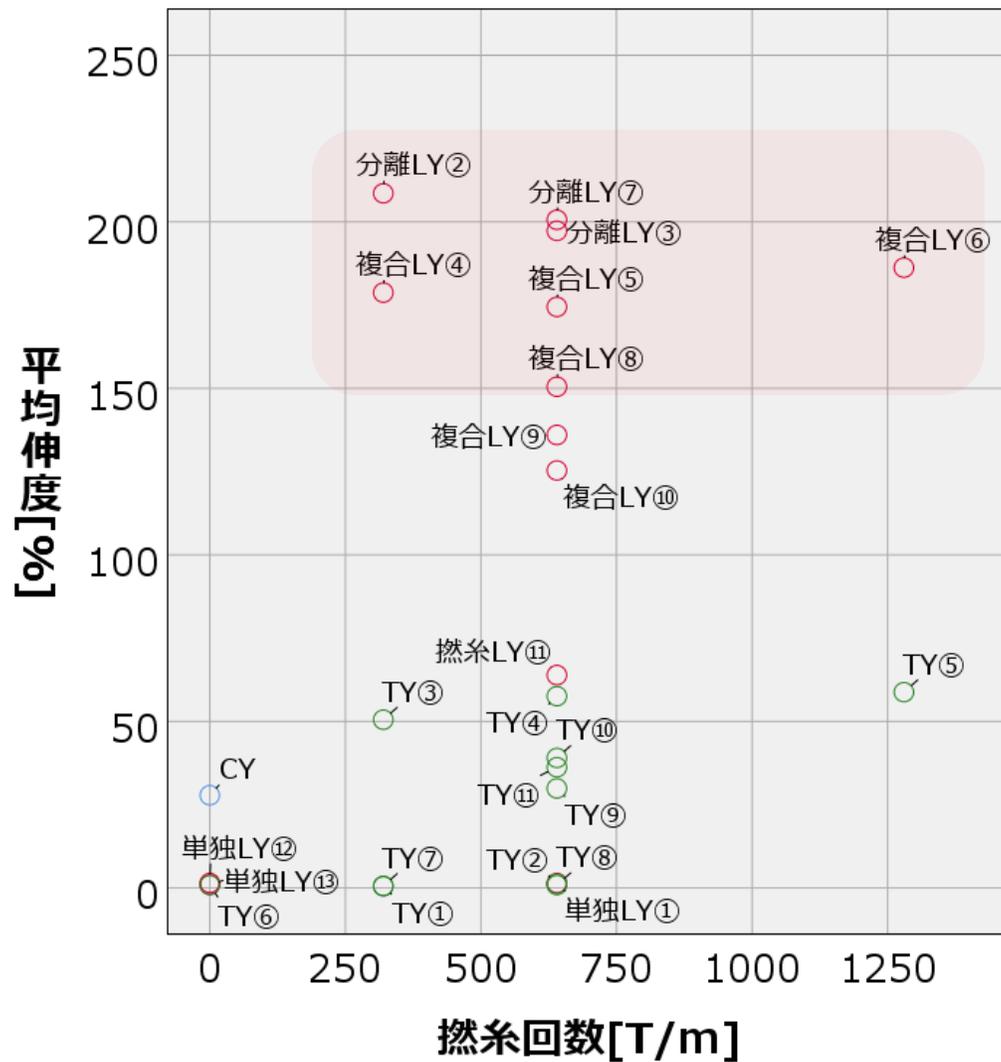
3 実験結果 (PU織度と平均伸度の関係)



LY④、LY⑥、LY⑤は複合型。TYでPU織度30[D]、LYでPU織度70[D]を加工糸に内在しているが、分離型や撚糸型より平均伸度は劣る。

図7 PU織度と平均伸度の関係

3 実験結果（撚糸回数と平均伸度の関係）



撚糸回数が最大4倍異なっても平均伸度に違いは見当たらない。

図8 撚糸回数と平均伸度の関係

3 実験結果（編地試作評価結果）

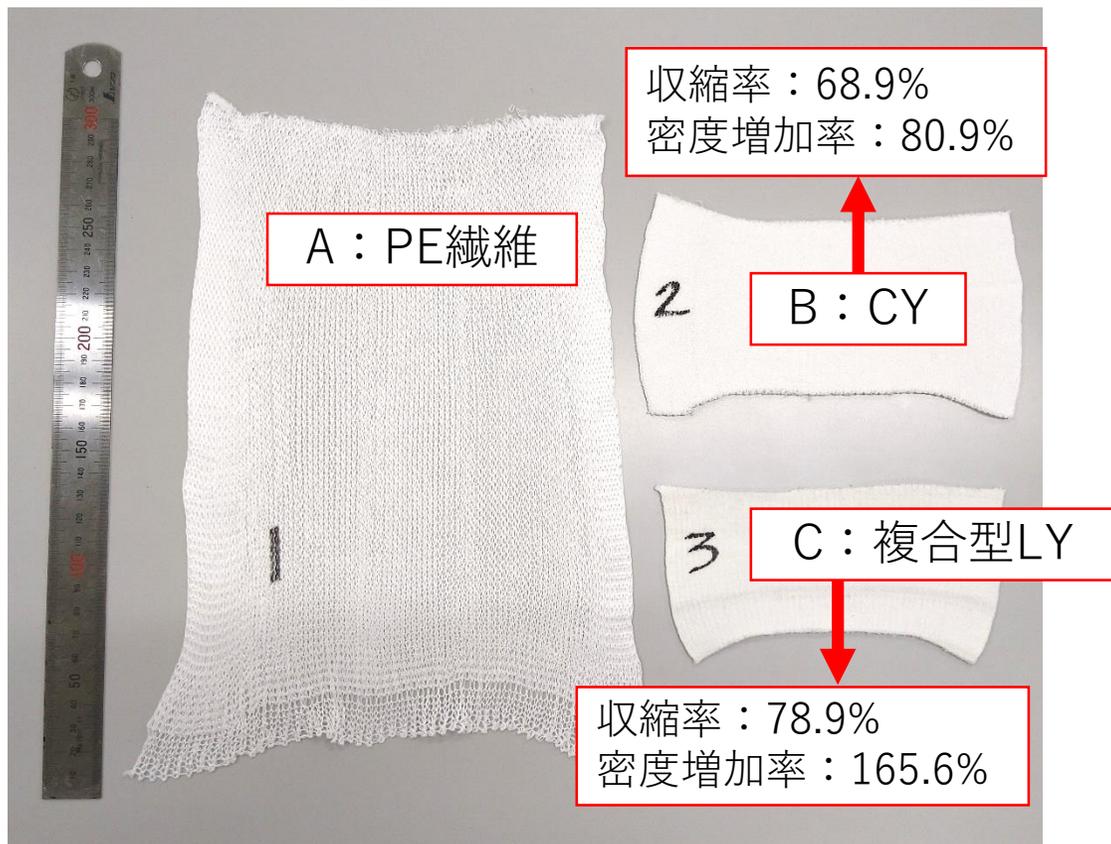


図9 試作編地の外観

編地Cは、PUを使っていないAと比べて、**約1/4まで編地が圧縮され、高密度化**

表6 試作編地の圧縮試験結果

	LC	WC	RC	T0	TM/T0
	圧縮の硬さ	つぶれやすさ	回復性	厚み (0.49N)	圧縮性
A	0.32	0.38	42.8	1.2	0.59
B	0.38	0.25	37.6	2.7	0.90
C	0.43	0.22	48.3	2.4	0.91

編地Cは、PUを使っていないAと比べて、厚みが1.9倍増加、LCおよびWCが高く、**潰れにくい保形性に優れた編地**。編地Bと比べても、回復性が高い。

4 まとめ

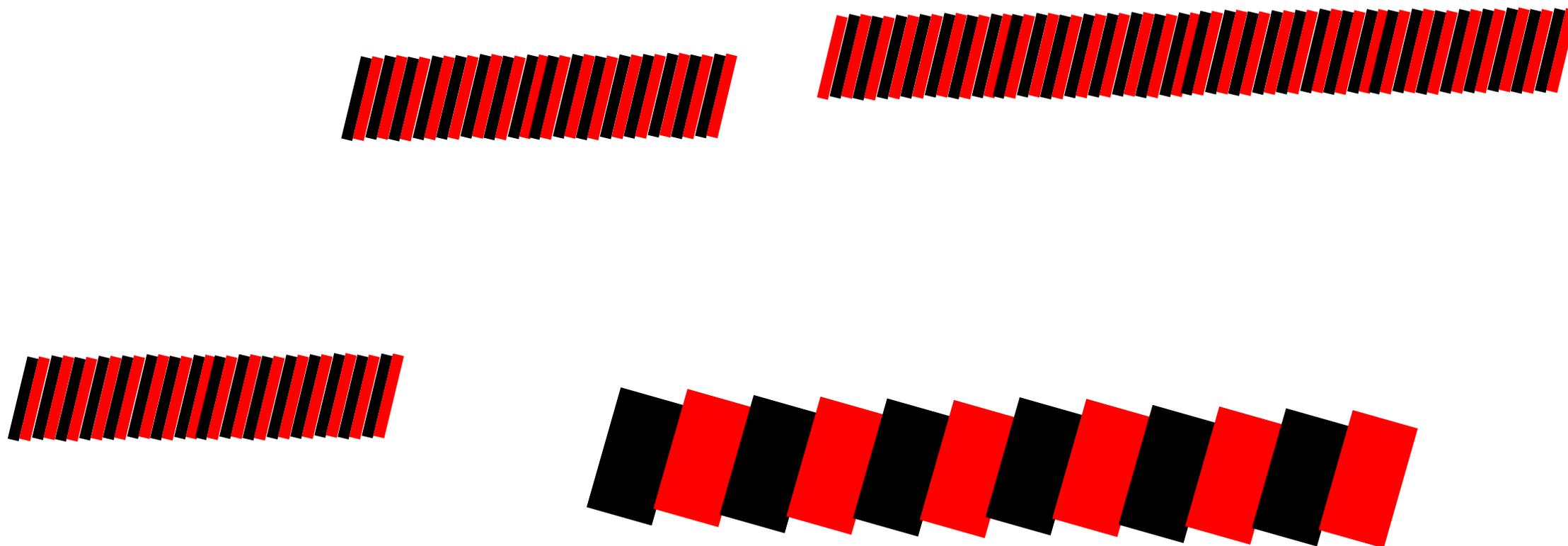
弾性編地の技術的視点から事業可能性の検証(FS研究)を行った。弾性繊維体(テキスタイル、ガーメント)の性能を決定付ける弾性加工糸について、既存技術（LY構造と高伸縮糸(PU)）を複合した新しい製造方法の提案を行った。

今後の活用については、下記を検討している

- ・ 衣服圧が求められるメディカル・ヘルスケア素材
- ・ 保形性・衝撃吸収性が求められるスポーツ・アウトドア素材
- ・ PE繊維の熱拡散性を活用した夏用衣料素材
- ・ 編地立体構造を活用した素材の機能性向上

終わり

3 実験結果（編地試作結果（圧縮試験結果））



3 実験結果 (PUを含まない伸度の機構検証)

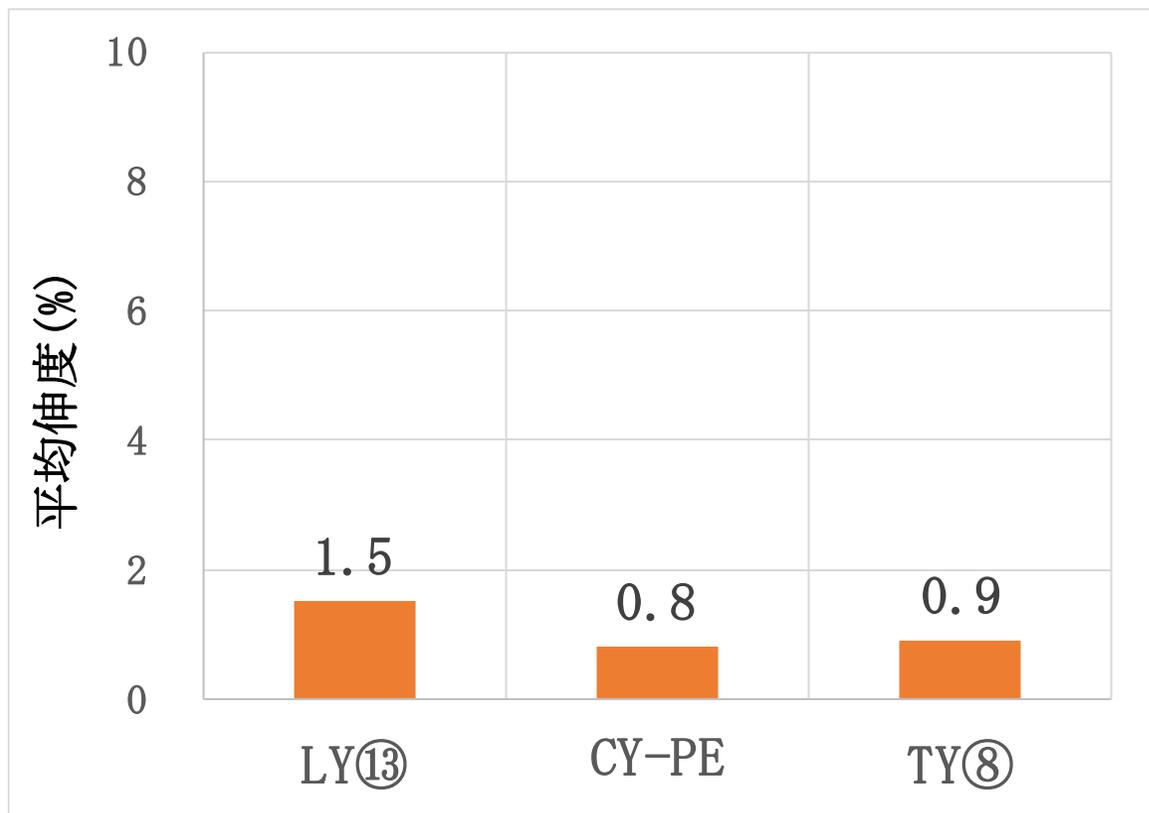
TY⑧に対し、CY-PEは約1.3倍、
LY⑬は約6.5倍のPE糸長を加工糸
の内部に集約

LY⑬は撚り縮みや鞘糸の巻き量
が無いものの、TY⑧やCY-PEに比
べ極めて多くのPEを加工糸の内部
に蓄える糸構造



TYやCYとは異なる伸縮構造の可能性
(弾性糸(PU)との複合化)

4 実験結果（PUを含まない伸度の機構検証）



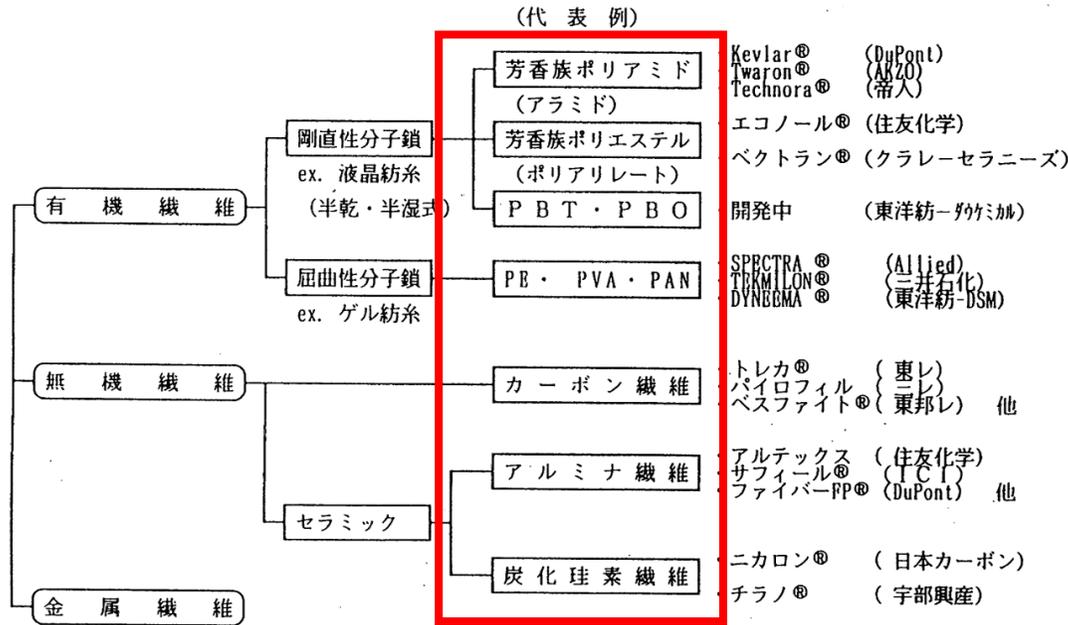
TY⑧、CY-PE、LY⑬の伸度は約0.8～1.5%で差は小さい。

図4 加工糸の伸度比較

1 スーパー繊維について

スーパー繊維とは：

強度20g/d以上，弾性率500g/d以上の優れた強度，弾性率を持つ。



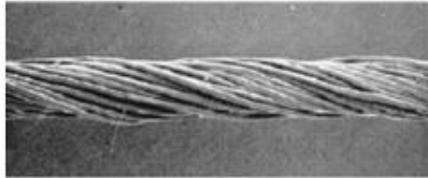
繊維種	商品名 (メーカー)	高強度化例				理論値		
		強度 (g/d)	伸度 (%)	弾性率 (g/d)	融点 (°C)	強度 (g/d)	弾性率 (g/d)	
有機剛直性	パラ型 アラムド	ケプラー®49 (デュポン)	22	2.4	1000	560(d)	235	1500
	テクノール® (帝人)	28	4.6	590	500(d)	—	—	
有機剛直性	全芳香族 ポリエステル	エコノール® (住友化学)	30	3.8	1100	370	—	—
	ベクトラン® (クラレ)	23	3.7	560	320	—	—	
有機剛直性	ポリアゾール	PBT	25	1.2	2400	600	—	4200
	PBO (東洋紡-ダウケミカル)	40	2.5	2000	—	—	—	
有機屈曲性	ポリエチレン	ダイニーマ® (東洋紡)	30	2	800	150	372	2775
	スペクトラ® (アライド)	~	~	~	150	—	—	
有機屈曲性	テクミロン® (三井石化)	55	6	2000	—	—	—	
	ポリビニルアルコール	22	4.0	630	245	236	2251	
	ポリアクリロニトリル	23	7.8	268	230(d)	196	833	
	ポリアセタール (ルナック® SD, 旭化成)	11.7	7	310	200(d)	—	—	
ポリエチレンテレフタレート	13.7	7	273	260	232	1023		

注) PBT (ポリ-P-フェニレンベンズビスチアゾール)
PBO (ポリ-P-フェニレンベンズビスオキサゾール)

図1 スーパー繊維の代表例
(引用：繊維学会誌「スーパー繊維の用」
1995年48巻12号 p. P455-P461)

表1 スーパー繊維の物性の例
(引用：繊維学会誌「スーパー繊維の用」
1995年48巻12号 p. P455-P461)

表 5 比較用加工糸の作成方法と表記及び特徴

加工糸	呼名	構造	特徴
合撚糸	TY		複数本の糸を同時に撚り合わせる
芯鞘糸 カバーリング糸	CY		芯糸を中心に右巻き、左巻きに鞘糸を巻き付ける
リヤーン糸	LY		対応する2本の針でらせん状の連続するループ結節をつくる

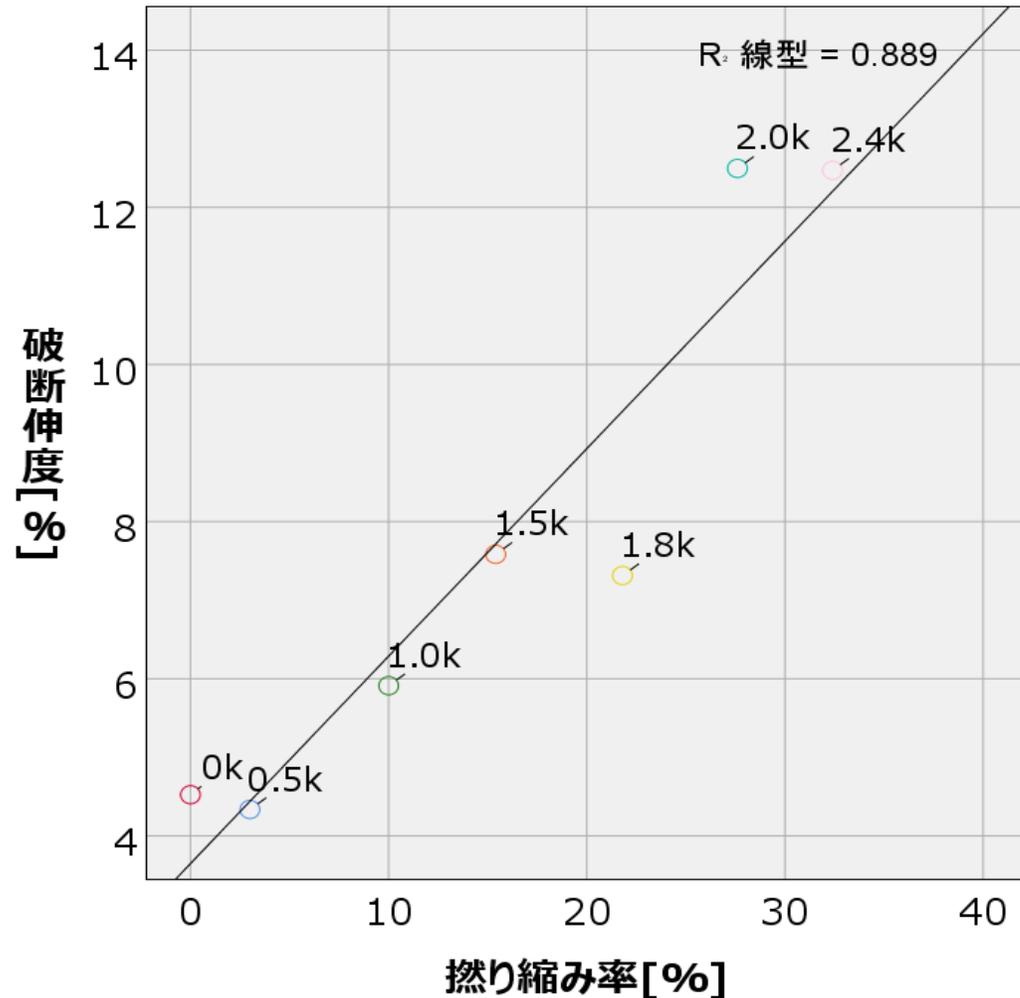
伸縮性の発現

撚り縮みの増加
(伸縮性大)

芯糸のドラフト
(伸縮性大)

ループ結節のたわみ
(伸縮性小)

3 実験結果 (PEの撚糸回数と破断強伸度の関係)

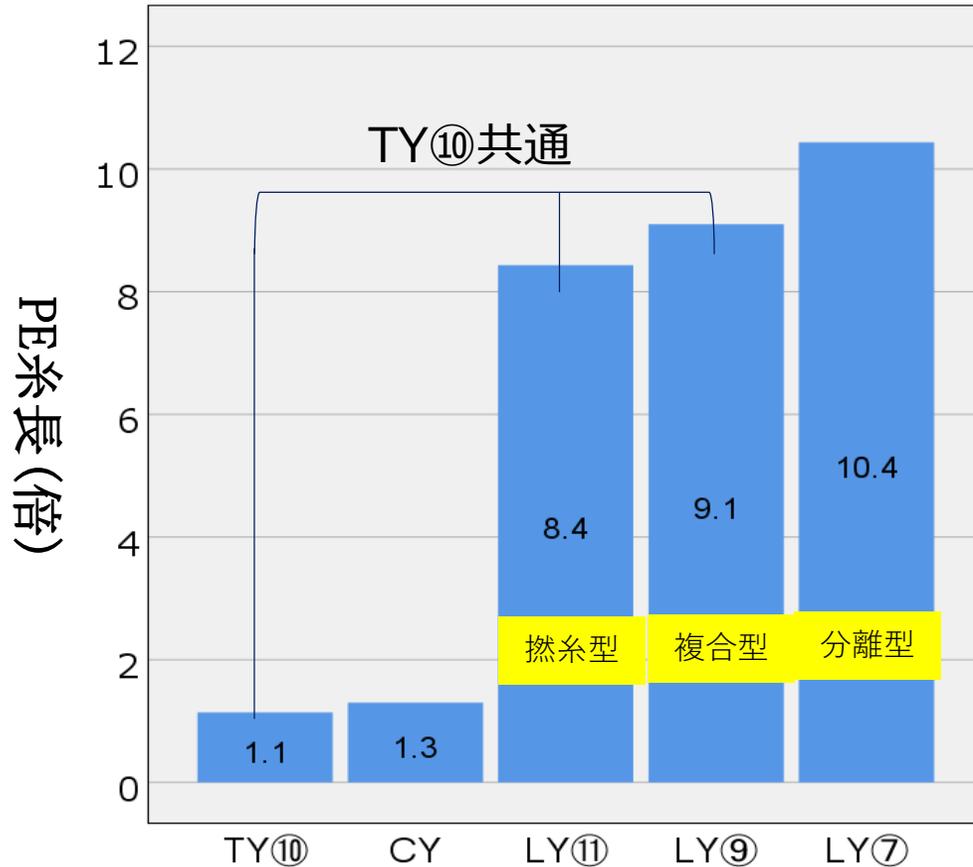


ラベル脇の数値は撚糸回数を示しkは $\times 10^3$ 。
撚り縮み率の増加と共に破断伸度と撚糸回数は増加すると言える。TYの撚り縮み率が発生することで、PEの破断伸度が向上。

図2 PEの撚糸回数と破断強伸度及び撚り縮率の関係

3 実験結果 (PUを含むPE糸長の関係検証)

表9 LY用原料糸の分類



TY⑩とCYのPU糸長に大差は見られない。LY群はTY⑩の約8.5倍以上のPEを加工糸内部に集約していることを示した。

図4 PUを含む各加工糸のPE糸長

3 実験結果 (PUを含む平均伸度の関係検証)

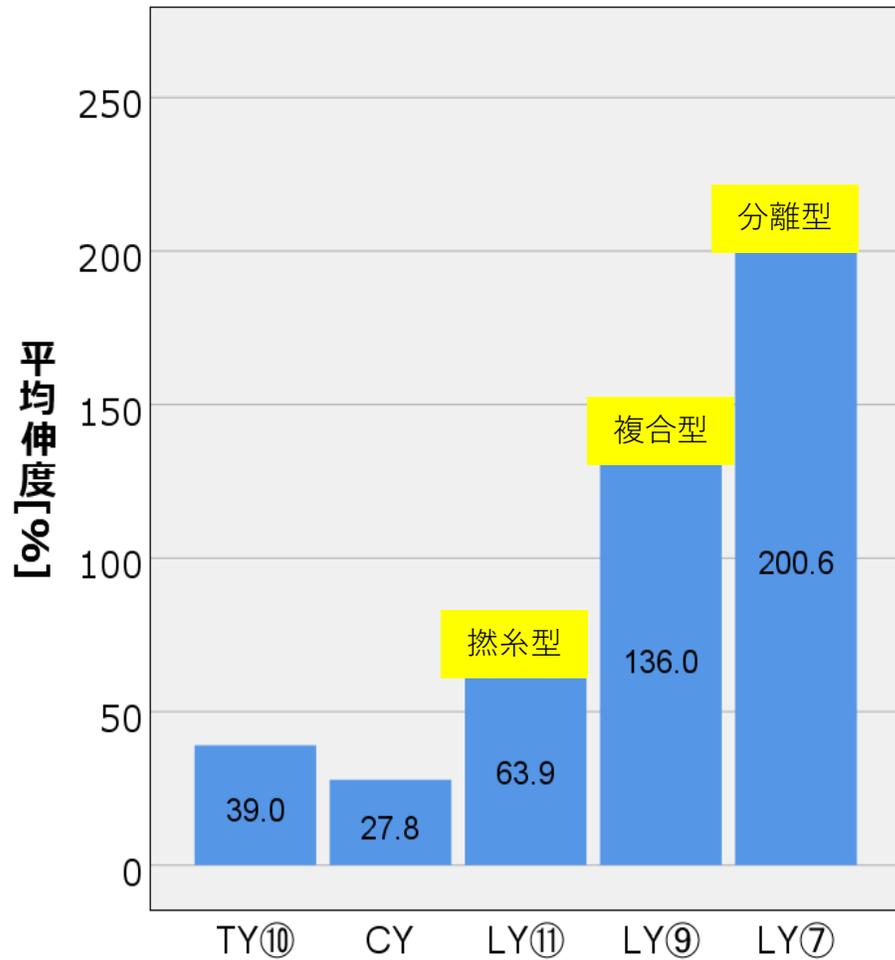


図5 LY原料系と平均伸度の関係

- ・ TY⑩とCYのPU糸長では大差ないものの、平均伸度では、TY⑩はCYに比べ約1.4倍の伸度。
- ・ LY群は、TY⑩と比べて、**約1.6~5.1倍の伸度**
- ・ LY群のPE糸長と平均伸度の関係と比較すると、**原料糸とPUの組み合わせに平均伸度を左右している。特に、LY⑪とLY⑦の平均伸度の差は3倍以上（糸長の差は約1.2倍）**

2 研究内容（加工系および編地の試作条件）

表6 TY(合撚糸)の作製条件

比較用加工系TY	原料系		撚数[T/m]
	PE[D]	PU[D]	
TY①	30	-	320
TY②		-	640
TY③		30	320
TY④		30	640
TY⑤		30	1280
TY⑥	100	-	0
TY⑦		-	320
TY⑧		-	640
TY⑨		30	
TY⑩		70	
TY⑪		105	

表7 CY (芯鞘系・カバーリング系)の作製条件

	構成	素材	織度[D]	撚数[T/m]	下撚[T/m]
CY	芯系	PU	70	-	-
	鞘系	PE	100	Z950 S1000	Z199 S199
CY-PE	芯系	PE	100	無撚	
	鞘系	PE	100	無撚	

表8 LY(リリヤーン糸)の作製条件

比較用加工系LY	原料系		針本数[n]
	TYorPE[D]	PU[D]	
LY①	TY⑧	-	2
LY②	TY①	70	
LY③	TY②		
LY④	TY③		
LY⑤	TY④		
LY⑥	TY⑤		
LY⑦	TY⑧		
LY⑧	TY⑨		
LY⑨	TY⑩		
LY⑩	TY⑪		
LY⑪	TY⑩	-	
LY⑫	100	-	
LY⑬	200	-	

