紡績操作と羊毛繊維特性*

会 員 大 神 和 男**

1. ま え が き

羊毛紡績は数十年の歴史を持っているが、ここ十余年前までは、ほとんど工程上の目立った変革が見られなかった。これは羊毛製品が繊維製品中で最も高級なものととして、他の追随を許さない地位にあったためと考えられる。そのために羊毛繊維についてはもちろん、その紡績技術の研究も、ほとんど行なわれていないのが実情であった。しかし、近年の合成繊維の急速な発展とともに、羊毛繊維そのものの研究の必要性が認められ、また一方では、国内の労務事情の急迫に伴う工程の省力化や国際競争の激化に対処するために、紡績工程の近代化を進める必要性に迫られてきた。

かかる情勢下で、紡績工程の近代化を促進するためには、紡績機械の連続化、高速化、あるいは自動化などを研究し具体化することに努力せねばならないが、このような新設備の性能が100%発揮されるために、また近年の消費者の高度な品質要求に対応できるためにも、まず原料繊維である羊毛の特性を十分解明する必要があると

信ずる。諸特性のうちで、特に紡績操作に関係の深いものは物理的特性であろうが、その物理的特性も羊毛の化学的特性によって左右される場合が多く見受けられる。

最近の文献の範囲内から見る限りでは、特に紡績操作に関係の深い物理的特性に関するものが少なく、製品の性能に関係の深い化学的特性の研究のほうが多いように思われる。本稿では内外の文献に、われわれの経験を織りまぜて、紡績操作に関係すると思われる羊毛繊維の諸特性について述べる。

2. 引っ張り強さと伸び

繊維の強さは基本的な可紡性を左右する要素である。数十年以前より再生蛋白質繊維の製造が各所で研究されてきたが、紡績に耐えられるような強さの繊維はいくらも出現していない。すなわち、紡績するにはある程度の強さが必要である。しかし、合成繊維の出現によって高強度の繊維が人工的に得られるようになったが、強さがあまり大きくても紡績上は障害となることも経験している。また、ある種の合成繊維では伸びがあまりにも大きいために紡績上問題があったり、製品に制約があったりする。また、繊維は適度の伸びを有することが必要である。

羊には周知のごとく、幾多の種類が存在し、それらから得られる羊毛繊維も、それぞれに異なった性状を示すはずであり、これが羊毛工業の多彩な原料源を構成し、

(第1表) 試料羊毛の種類

No.	品 種	産 地	略号
1	オーストラリア メリノ	オーストラリア	AUM
2	南アフリカ メリノ	南アフリカ	AFM
3	オーストラリア クロス ブレッド	オーストラリア	AUX
4	南アメリカ クロスブ レッド	アルゼンチン	AMX
5	オーストラリア ダウン	オーストラリア	AUD
6	チュブト羊毛	アルゼンチン	CBW
7	ペルー羊毛	ペルー	PRW
8	ニュージーランド ダウ ン	ニュージーランド	NZD
9	イングランド シロップ シャー	イングランド	ESP
10	アイリッシュ羊毛	アイルランド	IRW
11	パンパ羊毛	アルゼンチン	PPW
12	ハンブシャー ダウン	イングランド	HSD
13	マッサム	イングランド	MSM
14	エクスムア ホーン	イングランド	EXH
15	レスター	イングランド	LEI

* The Spinning Operation and Characters of Wool Fibers.

** K. Ogami, Member. 中央毛織(株) 津工場 研究第2課長

これらの特性を活用して各種の分野に羊毛製品は拡大しているものと思う。われわれは、これらの原料の一部について、その物性を測定した。第1表には、われわれが用いた羊毛の種類を列記している。これらの羊毛繊維について測定した切断強さおよび切断伸び率を第2表に示す。実際、工業的にこれらの羊毛繊維を使用する場合に

(第2表) 切断強さと伸び率

品 種	平均繊維直径 (μ)	切断強さ (g/d)		乾 湿 強度比	切断伸び率 (%)	
		乾	湿		乾	湿
AUM	19.93	2.12	1.31	0.62	37.64	53.23
AFM	19.91	1.63	0.99	0.61	28.18	40.32
AUX	26.92	1.95	1.20	0.62	33.54	55.21
AMX	34.14	1.75	1.21	0.69	33.80	44.60
AUD	27.70	1.89	0.94	0.50	23.70	39.17
CBW	17.93	1.81	1.42	0.78	34.02	46.20
PRW	19.73	1.80	0.93	0.52	30.50	49.36
NZD	32.99	1.03	0.57	0.55	18.98	41.78
ESP	44.53	1.51	0.68	0.45	31.83	48.05
IRW	38.30	1.67	1.14	0.68	31.23	49.92
PPW	31.10	1.52	1.34	0.88	18.01	34.53
HSD	34.78	1.83	0.95	0.52	27.44	47.75
MSM	41.55	1.75	1.22	0.70	32.31	53.34
EXH	42.12	1.37	1.26	0.92	35.02	52.71
LEI	38.98	1.75	0.99	0.57	42.65	55.32

は、原毛状態かトップ状での風合いを基礎として目的に合致するものを選択するのがつねである。このような概括的、かつ感覚的な分類方法によると、つぎのようになる。

クラスⅠ…最も普通に用いられるもの (No. 1~4)

クラスⅡ…ⅠとⅢの中間的性状と思われるもの (No. 5~7)

クラスⅢ…弾力性に富み、いわゆるダウン種と称されるもの (No. 8~12)

クラスⅣ…ⅢとⅤの中間的性状と思われるもの (No. 13, 14)

クラスⅤ…巻縮が少なく、繊維長の長いもの (No. 15)

この感覚的な分類は、表に示すこれら諸羊毛繊維の物理的特性と必ずしも並行していない。また、各クラス内においても、相当な性状の差異を示している。

第2表から、クラスⅡとⅢに属する一般にダウン種と称される羊毛は乾湿強度比が小さく、水のような湿潤ないしは膨潤剤の影響を受けやすいことを示している。また、切断時の乾伸び率が極端に小さいものや湿伸び率のやや低いものがある。このことは紡績工程中で繊維切

断を起こしやすいことを示すものと思われる。また、一般的な高分子物質の概念からすれば、もろい性質を示すとともに、その製品はある種の かたさを有するであろうことが想像される。

上記各クラスごとにまとめた諸羊毛繊維の応力-歪み曲線を第1図から第5図までに示した。最も広く用いられているクラスⅠに属するメリノ種や交配種は、非常に似た曲線を示すに対して、その他のクラスでは感覚的に

(第1図) クラスⅠに属する羊毛の応力-歪み曲線

(第2図) クラスⅡに属する羊毛の応力-歪み曲線

(第3図) クラスⅢに属する羊毛の応力-歪み曲線

(第4図) クラスIVに属する羊毛の応力-歪み曲線

(第5図) クラスVに属する羊毛の応力-歪み曲線

は同一分類にあっても、異なった様相を呈している。特にクラスIIのオーストラリア ダウン種と、クラスIIIのニュージーランド ダウン種、パンパ羊毛の3種は、後降伏領域が発現する以前に切断を生じている。これは前述のごとく繊維がかたく、また粘りのないものと見られる。かかる繊維は何らかの方途によって、繊維に柔らかさと粘りを与えて紡績することを考えねばならない。第6図はオーストラリア メリノ羊毛とニュージーランド ダウン種羊毛の応力-歪み挙動の相違を明らかにするために、第1図および第3図より引用したものである。両羊毛の挙動は乾湿両状態とも著しく異なっている。特に乾状態では同じ応力値において、一方は弾性領域内にあるが、他方はすでに降伏点を過ぎている。このような異なる羊毛を混毛して紡績するときには、この現象は十分考慮に入れられねばならない。

この諸羊毛間の引っ張り特性の差異が、いかなる要因に基づいているかは完全には明らかにされていないが、微細構造ないしは化学組成の相違が原因であろうことは想像できるであろう。²⁾ Crewtherは正常な羊毛を還元し

(第6図) メリノ羊毛とダウン種羊毛の応力-歪み曲線の比較

たり、あるいはメチル化してダイサルファイド結合を切断し、いろいろなダイサルファイド基含量の羊毛の応力-歪み挙動を検討した。その結果、第7図に示されるごとく、弾性領域から降伏領域へと降伏領域から後降伏領域

(第7図) ダイサルファイド基含量と応力の関係

域への両転移点および切断点における応力は、いずれもダイサルファイド基含量の減少とともに減少し、また同時に降伏領域から後降伏領域への転移点と切断点における歪みは増加することを第8図のように明らかにした。

(第8図) ダイサルファイド基含量と歪みの関係

このことはすでに Feughelman³⁾によっても明らかにされており、Feughelman は弾性領域から降伏領域への転移点における歪みは、ダイサルファイド基含量の減少とは無関係で不変であることも示している。すなわち応力-歪み曲線の形状は第 9 図に示されるように変化していく。われわれの実験においても第 6 図に示されるご

(第 9 図) ダイサルファイド基含量の変化に伴う
応力-歪み曲線の変形²⁾

とく、オーストラリア メリノとニュージーランド ダウンの間には切断点における応力および歪みはもちろんのこと、弾性領域から降伏領域への転移点における応力は後者のほうがはるかに低い値を示している。すなわち、Crewther の報告に従えば、ダイサルファイド基含量の少ないことが推察される。また、Feughelman³⁾によれば、20°C の水中での羊毛繊維の弾性領域でのかたさは、ダイサルファイド基含量の減少とともに、直線的に減少することが明らかにされている。

さらに Feughelman⁴⁾は、羊にメチオンンを多量与えて硫黄含量の多い羊毛をつくり、その応力-歪み挙動から第 10 図に示される A 点と B 点での応力の間には、ダイサルファイド基含量の多少によって差があることを見いだした。第 3 表は、この結果を示すものであるが、

(第 10 図) 水中での羊毛の応力-歪み曲線
上の A, B 两点

(第 3 表) 正常羊毛と硫黄増強羊毛の相違⁴⁾

	正常羊毛	硫黄増強羊毛
硫黄含量 (%)	3.08	4.17
A 点の応力 (dyn/cm ²)	2.90×10 ⁸	2.77×10 ⁸
B 点の応力 (dyn/cm ²)	3.69×10 ⁸	4.06×10 ⁸
A, B の差	0.79×10 ⁸	1.29×10 ⁸

高硫黄繊維と低硫黄繊維の A 点と B 点における応力差の相違は、高硫黄繊維のほうが約 60% も大きい。そして高低両硫黄繊維に対する、この相違は純粋な構造上の差を反映するものであると推定し、主として羊毛単繊維中の低硫黄ケラチン成分と関連するものと結論している。というのは、低硫黄蛋白部分は α-ヘリックスを含有することが明らかにされており、弾性領域は通常、伸長に対する α-ヘリックス物質の妨害から生ずると考えられ、降伏領域は α-ヘリックスの広がりを示すものであるから、これらの 2 つの領域に対する水中での単繊維の応力-歪み曲線は、低硫黄蛋白部分に依存すると考えるのが合理的であろう。したがって、水中での繊維に対する応力-歪み曲線が同じであるためには、マイクロフィブリル間に差がないのみならず、単位断面積当たりのマイクロフィブリルの数にも差がないと推論する必要がある。Crewther の見解や Feughelman のはじめの見解と、この考え方は矛盾しているように思える。これに対して Feughelman は硫黄を増強した場合には、余分の硫黄がマトリックス中の小球内に蓄積され、この小球が降伏領域での伸長を妨害するために A, B 間の応力差を大きくすると推論している。

また、Collins⁵⁾らは同じ繊維グループ内では、太い繊維ほど巻縮水準が高く、弾性領域の相対傾斜(15% 伸長点での応力に相当する)が低い、異なる繊維グループ間で見れば、太い繊維の巻縮水準は低く、弾性領域の相対傾斜は高いことを実験的に示し、15% 伸長点での応力は異なるタイプの羊毛繊維については著しく相違し、これは繊維タイプ間に構造上の顕著な差異があるためであると報告している。さらに Watt⁶⁾は各種の架橋剤を用いて、羊毛繊維内のポリペプチド間に架橋結合を生成した場合には、降伏領域の傾斜は大きくなり、後降伏領域への転移は正常羊毛より低い伸長点で起こることを示している。

要するに第 1 図から第 5 図に示したいろいろな形の応力-歪み曲線を与える各種の羊毛は、構造的にはダイサルファイド基含量や、その他に差異があることは明らかであり、かかる羊毛は製品となって異なる風合いを与え

るが、紡績工程中においても違った挙動を示すことに留意する必要がある。

3. か た さ

モヘヤのような剛直な繊維は製品としては、それなり
の特色を持っているが、紡績操作上は毛羽だちが多く、
困難を伴いやすい。また、太い原料で比較的細番手の糸
を紡出する場合にも、かたさは大きな問題であろうと考
えられる。かたさには引¹⁾張りかたさ、曲げかたさ、ね
じりかたさなど各種の かたさがあり、それぞれに紡績
工程または製品面で意味を持っている。

第4表には第1表に列举した各種羊毛の応力-歪み曲
線から求めた初期ヤング率の値を示した。切断強さと同
様に、クラスⅡとⅢに属する羊毛については、若干の例

(第4表) 各種羊毛の初期ヤング率¹⁾

品 種	初期ヤング率 (kg/mm ²)		乾 湿 比
	乾	湿	
AUM	462	200	0.43
AFM	432	173	0.40
AUX	579	241	0.42
AMX	505	224	0.44
AUD	566	173	0.31
CBW	505	194	0.38
PRW	383	121	0.32
NZD	331	79	0.24
ESP	434	122	0.28
IRW	441	199	0.45
PPW	421	185	0.44
HSD	433	120	0.28
MSM	433	148	0.34
EXH	405	201	0.50
LEI	554	240	0.43

外はあるが、乾湿ヤング率比が低い傾向がある。ここでも、これらの羊毛が水による膨潤が大きいのではないかと
思わせる結果を与えている。このことは逆に考えると、
これらの羊毛は何らかの方法で吸湿性を高めてやれば、
非常に伸びやすくなるということであろう。また、ダウ
ン種は感覚的には、一般に かたいと考えられているが、
初期ヤング率はさほど高くなく、むしろ低いものさえあ
る。したがって、この かたさは単繊維の太さ、ねじり
剛性や屈曲抵抗のような因子に基づいているのではない
かと思われる。

紡績工程では原料繊維が同じような物性であることが
望ましいことは明らかであり、かたい繊維を柔軟化しよ

うとする試みは数多くなされてきたと思う。しかし、紡
績以後に何ら支障をもたらさずに羊毛繊維を柔軟化し得
る界面活性剤は、はなはだ少ないのではないかと考えら
れる。第5表に桜田、辻の方法を用い、モヘヤを試料と

(第5表) モヘヤの曲げかたさに対する添加剤の効果

添 加 剤	押し圧力 (mg)	曲げかたさ (mg・mm ²)
な し	37.7	23.91
T社モヘヤ用紡績油	24.5	15.51
M社梳毛紡績油	29.1	18.43
グリセリン	29.8	18.91
エチレングリコール	25.7	16.31
ポリエチレングリコール(200)	29.7	18.83
ポリエチレングリコール(400)	35.5	22.51
水溶性共重合物 A	23.7	15.00
〃 B	30.2	19.13
〃 C	25.0	15.84
〃 D	24.5	15.54
〃 E	26.4	16.72
〃 F	19.9	12.68

して各種の添加剤を付着させたときの曲げかたさを示し
た。この結果から従来の梳毛紡績油も かたさを低下さ
せる効果のあることがわかる。しかし一般的には、ある
種の水溶性高分子物が曲げかたさを低下させるのに有効
である。これは水溶性高分子の付着によって、繊維の保
湿性が向上したためと考えられる。これらの保湿剤中の
あるものを使用した場合の紡績試験結果の一例を第6表
に示す。この結果は紡績成績としては全く良好であると
はいえないが、添加剤が紡績性の向上に効果のあること
を示している。

(第6表) モヘヤ混糸の紡績試験結果の一例

	水溶性高分子を添加し たモヘヤを使用した糸	水溶性高分子を添加し ないモヘヤを使用した糸
精紡糸切れ数 (本/400sp・hr)	17	27
糸 む ら U%	14.21	14.95
強力変動率 (%)	13.7	17.3

Feughelman⁸⁾ らは、各種の関係湿度下で羊毛繊維の
応力-歪み挙動を探索し、弾性領域から降伏領域への転
移は関係湿度とは無関係に、繊維の同一絶対長で起こり、
これは羊毛繊維のα-ヘリックス構造が同一繊維長で解
けはじめることを示すものだと考えた。そして、この転
移点での応力はほとんど関係湿度と直線関係にあり、関
係湿度の増加とともに減少することを示している。また
Zahn⁹⁾ らは各種界面活性剤を羊毛繊維に添加したときに

(第7表) 各種羊毛の D.F.E.

		静	動 (300 cm/min)
オーストラリア メリノ	66 s	0.126	0.047
南アフリカ メリノ	66 s	0.144	0.085
南アメリカ メリノ	66 s	0.105	0.100
オーストラリア クロスブレッド	54 s	0.102	0.041
ニュージーランド クロスブレッド	54 s	0.031	0.049
南アメリカ クロスブレッド	54 s	0.073	0.031
シロップシャー	54 s	0.159	0.052

(第8表) 化学処理による D.F.E. の変化

	静				動			
	正	逆	差	D.F.E.	正	逆	差	D.F.E.
無処理羊毛	0.21	0.37	0.16	0.27	0.17	0.30	0.13	0.29
塩素化羊毛	0.91	0.92	0.01	0.00	0.82	0.78	0.04	0.00

14,15) 列に依存するし、スライバーを引き抜いたときには、その引き抜かれたスライバーの端には、毛先部分が多いこと14,16) が示されている。その模様を第9表に示す。

(第9表) ロービングの切断端における繊維配列16)

	切断端に対して毛先が向いている繊維数	切断端に対して毛根が向いている繊維数
引き抜いた試料	699	477
カットした試料	560	570

また、各種繊維の静摩擦係数を第10表に示した、羊毛繊維の摩擦係数は逆スケールの場合でも高くないことがわかる。この表から明らかなごとく、羊毛の摩擦係数は空気中よりも水中のほうが大きく、特に逆スケールで顕著で、D.F.E. も著しく大きくなる。これは繊維の膨潤17,18) によるものであることは、多くの人達によって示されているが、King らは膨潤によって弾性が減少するとも

(第10表) 各種繊維の静摩擦係数

繊維名	μ_s	繊維名	μ_s
羊毛 (空気中)		絹	0.52
順スケール	0.11	ビスコース レーヨン	0.43
逆スケール	0.14	アセテート	0.56
羊毛 (水中)		カゼイン繊維	0.46
順スケール	0.15	ナイロン	0.47
逆スケール	0.32	サラン	0.55
綿	0.22	テリレン	0.58
麻	0.46	鉄	0.29

に、接触面積が増加するためであると説明している。16) しかるに、Burte は第12図に示すように関係湿度の増加に伴い、ロービングの引き抜きに要する最大荷重は減少することを明らかにし、これはロービングがボビンから巻き戻されるときに、高湿度の場合には変形からの回復が大きいと考えた。

(第12図) 関係湿度と最大引き抜き荷重の関係16)

染色繊維については、染色の方法や染料の種類によって摩擦係数が変動し、そのために紡績性が大いに異なると考えられる。われわれは羊毛用染料中より数種を選び、その濃度を変えて染色し、給油しないで Röder 法により摩擦係数を測定し、その結果を第11表に示した。これ

(第11表) 使用染料による摩擦係数の相違

染料	逆スケール		順スケール	
	静	動 (1800 cm/min)	静	動 (1800 cm/min)
ミリングー淡色	0.310	0.385	0.220	0.332
ミリングー中色	0.315	0.357	0.183	0.308
ミリングー濃色	0.314	0.376	0.204	0.302
カーボラン型	0.332	0.406	0.219	0.353
レベリング型	0.386	0.444	0.221	0.336
1:2型金属錯塩	0.358	0.417	0.214	0.337
反応性	0.323	0.394	0.184	0.254
クロームー淡色	0.343	0.417	0.216	0.338
クロームー中色	0.369	0.444	0.228	0.344
クロームー濃色	0.332	0.434	0.224	0.350
クロームー黒色	0.353	0.414	0.224	0.362

よりミリング型染料が低く、クローム染料は高い傾向にあることがわかる。また、反応性染料は比較的高濃度であるが、割合低い値を示している。同じ染色繊維のD.F.E.を第12表に示したが、D.F.E.は反応性およびレベリング型染料で大きく、むしろ繊維損傷が大きいと思われる高濃度のクローム染料で、方向性が少なくなっている。

(第12表) 染色羊毛繊維の D.F.E.

染 料	静	動 (1 800 cm/min)
ミリングー淡色	0.170	0.074
ミリングー中色	0.265	0.074
ミリングー濃色	0.212	0.109
カーボラン型	0.205	0.070
レベリング型	0.272	0.138
1:2型金属錯塩	0.252	0.106
反 応 性	0.274	0.216
クロームー淡色	0.227	0.105
クロームー中色	0.236	0.127
クロームー濃色	0.194	0.107
クロームー黒色	0.224	0.067

これらの染色羊毛繊維の電子顕微鏡による表面観察を行ない、その一部を第13, 14図に示した。第13図はミリング型染料で染色したもので、第14図はカーボラン型染料で染色したものである。両図とも染色によって表面に若干の凹凸ができていのが見えるが、著しい未染色繊維との差異は認められない。また、酸性とカーボラ

(倍率: ×1 200)

(第13図) 最新の染色法で染色した羊毛繊維表面の電子顕微鏡写真 (使用染料: ミリング型染料)

(倍率: ×1 900)

(第14図) 最新の染色法で染色した羊毛繊維表面の電子顕微鏡写真 (使用染料: カーボラン型染料)

ン型染料の相違による繊維表面の損傷にも、大きな違いを発見することは困難である。しかるに現実には、染色繊維での紡績では未染色繊維での紡績とは違って、往々にして巻き付きなどのトラブルや他の異なる現象を経験している。これは染色による繊維の強さの低下、伸度の減少や基本的な物性の変化に基因する以外に、給油剤との関係によるものと考えられる。Slinger¹⁹⁾らは梳毛糸の動摩擦に対する染色の影響を研究しているが、その報告の中で金属錯塩染料の場合には濃度が増加するとともに摩擦が増加するが、染色を pH 6 の代わりに pH 4 で行なえば、むしろ摩擦は相対的に減少していき、またアフタークローム染色の際に高い摩擦値が認められ、添加される重クローム酸塩の量が増加すると摩擦も増加することを明らかにしている。このことは第11表の結果とも符合している。さらに染色糸に対する柔軟剤やワックスの効果を検討しているが、用いられた柔軟剤はすべて摩擦を低下させるに有効であるが、それぞれに最適用量がある。ワックスの場合にも 0.2% で摩擦は未染色糸より小さくなるが、添加量が増加すると再び摩擦は上昇する。紡績工程においても給油剤の使用に細心の注意を払う必要のあることを示唆していると思う。

第11表に示したと同じクローム染料で3種の濃度で染色した繊維について、関係湿度を 40%, 65%, 75% と変えて摩擦係数を測定したが、傾向的な差異は認められなかった。Röder²⁰⁾によれば、10% から 70% 程度までは摩擦係数はほぼ一定であり、70% 以上では添加油剤によって変化するとされている。

第13, 14図は現在の進歩した染色方法で染色した場合の繊維を示しているが、もし染色方法が従来のように、たとえば染色時間(クロミング時間も含む)が長時間であったり、助剤が適当でなかったりした場合には、繊維はどうなるであろうか。もちろん、羊毛繊維は物理的にも化学的にも大きな損傷を受けるであろうことは、読者諸氏の十分ご承知のところである。第15, 16図はわれわれが十数年前に撮影した染色羊毛繊維の電子顕微鏡写真であるが、旧来の染色法では染料が同じであっても、いかに繊維が著しく損傷されるかがわかるであろう。したがって、染色工程は繊維の紡績性を十分考慮して操作されねばならない。Saville²¹⁾らも染色羊毛繊維を紡績した場合には、未染色羊毛の紡績糸の2倍のスラブがスラブキャッチャーに捕捉されるが、再染色した繊維でも再染色が注意深く操作されれば、決してスラブは増加しないと報告している。

(倍率: $\times 2100$)

(第15図) 10数年前の染色技術で染色した羊毛繊維表面の電子顕微鏡写真 (使用染料: カーボラン型染料)

(倍率: $\times 1700$)

(第16図) 10数年前の染色技術で染色した羊毛繊維表面の電子顕微鏡写真 (使用染料: クローム染料)

5. 巻 縮

巻縮は紡績操作に微妙な影響をもたらす特性である。巻縮が強く、かつ多い場合も、逆に巻縮が全くなくても可紡性は落ちる。羊毛はバイラテラル構造によるらせん状の巻縮を持つことは周知のとおりであるが、羊毛の品種や太さによって巻縮数や、巻縮の強さなどが相違する。第13表に各種羊毛についての測定値を示す。この表よりダウン種といわれる繊維は巻縮度が大きく、紡績性が悪いと想像される。また、南アフリカメリノは巻縮度の低いのが目立っている。

¹⁶⁾ Burte は、第17図のような巻縮のモデルを考えた。巻縮の山の高さが高くなったり ($a \rightarrow c$)、巻縮数が多くなる ($a \rightarrow d$) と、ロービングの引き抜き最大荷重が大きくなる。また、巻縮の形も重要な要素で、 a の巻縮の繊維は b の巻縮の繊維よりも最大荷重は大きくなるに違いない。 e のような巻縮は繊維配列を悪くする。 e や f

(第13表) 各種羊毛の巻縮性

品 種	巻縮数 T/25 mm	巻縮度 (%)	残 留 巻縮度 (%)	巻 縮 弾 性 度 (%)
オーストラリア メリノ 80 s	12.1	6.5	6.2	94.7
〃 〃 66 s	11.7	5.9	5.7	96.7
〃 〃 60 s	10.0	6.7	6.4	96.1
南アフリカ メリノ 66 s	10.8	5.6	5.3	95.7
南アメリカ メリノ 66 s	13.4	7.1	6.9	96.0
オーストラリア クロスブレッド 60 s	9.9	6.8	6.5	96.1
ニュージーランド クロスブレッド 58 s	9.7	6.9	6.7	96.7
南アメリカ クロスブレッド 50 s	7.1	6.5	6.1	94.0
ニュージーランド ダウン種 64/60 s	12.7	12.4	11.6	93.9
シロップシャー 54 s	8.4	7.8	7.4	95.6

(第17図) 巻縮のモデル ¹⁶⁾

の巻縮では、初期の荷重は a より小さくなるはずである。したがって、巻縮の多い繊維の集合体は、巻縮の比較的に少ない繊維の集合体よりも繊維密度が低く、繊維配列も悪くなる傾向があるだろう。

紡績工程中では繊維は比較的直線状に伸びているほうが望ましい。トップ工程ではバック ワッシャーでアイロニングされ、堅く巻かれた状態でエージングされ、繊維は伸ばされた形で前紡工程に供給される。しかし、巻縮は元に戻ろうとする性質があり、紡績工程中で繊維がドラフトされるときには、この巻縮を除去するためのエ

(第18図) 解巻縮エネルギー ²²⁾

エネルギーを必要とする。解巻縮エネルギーは第18図の E に相当する面積で求められ、Evans²²⁾らは図中の x と F_0 の積が E ときわめて良い相関関係にあることを示している。われわれは第1表に列挙した各種羊毛中より選んだ数種について解巻縮エネルギーを求め、オーストラリア メリノのそれを100としたときの相対値として第14表に示すような値を得た。ペルー羊毛は解巻縮エネルギーが大きく、シロップシャーは非常に低い。これらの羊毛の巻縮の形状は第19図より第21図に示すごとく、ペルー羊毛は巻縮の山が相対的に高く、かつ、巻縮数が

(第14表) 各種羊毛の解巻縮エネルギーの相対値

品 種	解巻縮エネルギーの相対値		
	無処理	保湿剤添加A	保湿剤添加B
オーストラリア メリノ	100	59	139
オーストラリア クロスブレッド	47	18	18
オーストラリア ダウン	76	66	69
ペルー羊毛	127	90	120
ニュージーランド ダウン	95	71	70
シロップシャー	31	33	16
パンパ羊毛	51	49	33

(第19図) オーストラリア メリノの巻縮

(第20図) ペルー羊毛の巻縮

(第21図) シロップシャーの巻縮

多く、またシロップシャーは大きな波となっていて、数も少ないことがわかる。このことを第14表の値と関連して考えるならば、紡績操作上、役立つのではなからうかと考える。

第14表には、さらに保湿剤を各羊毛に添加した場合における解巻縮エネルギーの相対値を示している。2, 3の例外はあるが保湿剤の添加によって、かたさの低減と同様に解巻縮エネルギーも低下させることが可能であることを表わしている。保湿剤を添加しなくても関係湿度が上昇するとともに、解巻縮エネルギーは減少することがBanbaji²³⁾らによって明らかにされている。第22図は関係湿度に対する解巻縮エネルギーの依存性を示している。紡績工程で実用されるような関係湿度の範囲では、解巻縮エネルギーはほぼ直線的に減少するものと解される。

(第22図) 関係湿度と解巻縮エネルギーの関係²³⁾

6. エージング

紡績工程中でのエージングは、紡績性に重大な影響のあることは、すでに古くから知られており、それぞれに

実行されてはいるが、その理論的説明はいまだ十分なされていない状況である。

エージングに関係する主たる現象は、低巻縮水準での繊維の応力緩和であるが、連続フィラメントの場合のような分子の大きさでの運動でなく、繊維集合体では個々の繊維の張力下での変形と滑脱が主要因であることが明らかにされている。したがって、坂井も述べているごとく、エージングにおける緩和は巻縮の回復を含むものではなく、むしろ張力下でのセットによって巻縮の回復力を低下させることである。

スライバーの断面繊維本数の少なくなるほど、繊維配列がよくなっているほうが糸品質に対して好結果をもたらすことは確かである。したがって、ロービングでエージングを行なったほうが効果が大きいと考えるのは正論であろう。しかし、紡績工程の機構上の問題からトップ玉におけるよりは、ロービングで高い張力下にボビンに巻き上げることは困難を伴うし、第23, 24図に示すように、トップのほうがロービングよりも不安定であるから、トップでのエージングが完全に実施されねばならないと考える。

(第23図) 巻き戻してからの時間と相対最大荷重の関係

(第24図) 巻き戻してからの時間と相対最大荷重の関係

エージングを支配するものは温度、湿度と時間であることは、ほぼ確定されていたけれども、それぞれがいかなる水準にあるときに最も有効であるかは明確でなかった。しかし、最近の技術革新と経済の変革のために、エージングをより迅速にしたいという声が強くなるとともに、エージング機構はもとより迅速エージングの基礎条件の研究が行なわれている。それによると常温では湿度が上昇してもエージング効果はよくならないが、温度、湿度ともに上昇すれば急速に効果が良くなる²⁴⁾。また、1 min から 1000 min の間で応力は急速に緩和され、それ以後の緩和はゆるやかになる²⁵⁾。

7. 繊維直径

紡績では所要糸番手に対して必要な断面繊維本数を確保できるような原料を用いる。合成繊維では少なくとも与えられた単繊維デニールに対して±数%の範囲にしか単繊維直径は変動しないが、羊毛の場合には選別された原料でも平均して20%前後の繊維直径変動率を生ずる。これは羊の毛のうには Primary Central, Primary Lateral, Secondary の3種があり、Primary Lateral Follicle からの繊維が一般に太く、Secondary Follicle からの繊維が最も細く、しかも、それぞれが7~9%程度の直径変動率を有しているためである。第25図は各種の羊毛原料から選別された各品質番手の羊毛トップから、ランダムに採取した試料を繊維長群によって分類して、各群の平均繊維直径を測定してプロットしたものである。したがって、繊維直径と繊維長の大概の変動を示

(第25図) 繊維長と繊維直径の関係

している。

²⁹⁾
Corbett らは 56 s, 58 s, 60 s, 70 s の 4 種のトップを適当に調査して平均繊維直径, 平均繊維長, 繊維長変動率はほぼ似かよっているが, 繊維直径変動率が異なるようなトップをつくり, 英式梳毛紡績工程で紡績して, 第 15 表に示すように繊維直径変動率の小さいトップを用いるほうが糸切れ数も少なく, 引っ張り特性もすぐれていて, 糸むらもやや少ない結果を得ている。

(第 15 表) 繊維直径変動率の紡績に対する影響²⁹⁾

試 験	トップの種類		
	L	I	H
繊維直径変動率 (%)	21.4	23.8	24.9
糸切れ数 (本/1 000 sp·hr)			
1/56 s	29.4	89.4	84.8
1/40 s	13.0	27.4	31.7
切 断 強 さ (OZ)			
1/56 s	2.03	1.83	1.87
1/40 s	3.01	2.68	2.61
切 断 伸 び 率 (%)			
1/56 s	24.4	16.9	16.7
1/40 s	23.8	21.4	18.2
糸 む ら (U%)			
1/56 s	25.6	26.6	26.9
1/40 s	21.2	22.2	23.0

8. あ と が き

紡績操作に関する羊毛繊維の諸特性の一部分について概説しただけで, この他にも吸湿性とか紡績油剤との相互作用の問題など多数の課題があると思う。しかし, 結論的にいえることは, 羊毛は生きているといわれているが, 少なくとも紡績工程中では羊毛は死んでいてもらいたい。そして製品になって再び生きた羊毛の特色を発揮させるというのが理想的ではないだろうか。すなわち紡績操作中, いかにして羊毛繊維を仮死または冬眠の状態におくかが成否のポイントであると考えらる。

合成繊維連続フィラメントの加工糸の技術が発達し, いわゆる加工糸織物が市場に出回ってきた現状では, 羊毛紡績のみならず紡績全般にたって, よりイーブンな糸を紡出する努力が払われねばならないが, 綿紡績に比して毛紡績は原料繊維の研究が遅れていることは事実である。また, 合繊混紡の場合にも, 合繊の特性とともに羊毛繊維の特性が理解されなければ, 所期の目的を達成することは困難であろう。

この拙稿が以上の目的に少しでもお役に立ち, これが羊毛繊維研究の刺激になれば幸いである。

文 献

- 1) 近土隆, 大神和男, 鈴木稜郎; 繊維学会, 昭和42年秋期研究発表会にて発表
- 2) W. G. Crewther; Text. Res. J., 35, 867 (1965)
- 3) M. Feughelman; ibid., 33, 1 013 (1963)
- 4) M. Feughelman; ibid., 37, 334 (1967)
- 5) J. D. Collins & M. Chaikin; J. Text. Inst., 59, 379 (1968)
- 6) I. C. Watt; Proc. Int. Wool Text. Res. Conf. Paris, II-259 (1965)
- 7) 桜田一郎, 辻和一郎; 人絹界, p. 1 (昭14-11)
- 8) M. Feughelman & M. S. Robinson; Text. Res. J., 37, 441 (1967)
- 9) H. Zahn, W. Stein & G. Blankenburg; ibid., 37, 701 (1967)
- 10) E. H. Mercer; Nature, 155, 573 (1945)
- 11) J. B. Speakman & E. Stott; J. Text. Inst., 22, T339 (1931)
- 12) H. G. Howell, K. W. Mieszkis & D. Tabor; "Friction in Textile" London, Butterworths Scientific Publications, (1959)
- 13) J. Lindberg & N. Gralén; Text. Res. J., 19, 183 (1949)
- 14) W. Von Bergen; "Wool Handbook" Vol. 1, Interscience Publishers, New York, (1963)
- 15) J. Green & J. Ingram; J. Text. Inst., 43, T473 (1952)
- 16) H. A. Burte; Text. Res. J., 23, 469 (1953)
- 17) G. King; J. Text. Inst., 41, T135 (1950)
- 18) P. Alexander & R. F. Hudson; Wool, its Chemistry and Physics, Reinhold Publ. Corp., New York, (1954)
- 19) R. I. Slinger & D. P. Veldsman; Proc. Int. Wool Text. Res. Conf. Paris, III-277 (1965)
- 20) H. L. Röder; J. Text. Inst., 44, T247 (1953)
- 21) N. Saville & P. P. Townend; Proc. Int. Wool Text. Res. Conf. Paris, IV-85 (1965)
- 22) T. F. Evans & D. J. Montgomery; Text. Res. J., 23, 67 (1953)
- 23) J. Banbaji, E. Alexander & M. Lewin; J. Text. Inst., 59, 202 (1968)
- 24) A. D. Dircks & M. Chaikin; Proc. Int. Wool Text. Res. Conf. Paris, IV-111 (1965)
- 25) 堀尾正雄, 近土 隆; 未発表
- 26) 坂井史朗; 羊毛, 21, No. 13, 42 (1968)
- 27) H. M. Burte; Text. Res. J., 24, 716 (1954)
- 28) R. W. Burley & J. B. Speakman; ibid., 23, 702 (1953)
- 29) M. C. Corbett, W. R. Lang & M. T. Yu; J. Text. Inst., 59, 439 (1968)