

人 造 繊 維 の 捲 縮 の 測 定

喜 多 研 究 室

塚 原 嚴 夫

緒 言

羊毛代用の人造繊維を製造すると云ふ上に於ては是に羊毛と類似の捲縮を與へると云ふ事が必要である。それは羊毛と混合して紡績する操作にとつて必要であるのみでなく出来上つた織物に毛織物と同様の觸感、弾性、保温性等を與へる爲に必要なわけである。また羊毛と混紡する場合のみでなく單獨に用ひる場合にも繊維の有する捲縮は非常に望ましいわけである。それ故特にドイツやイタリーに於て近時盛に美事な捲縮を與へた人造短繊維が製品として、或は試製品として市場に出されて居る。

繊維の捲縮に於て問題になるのは大體次の諸點である。

1. 捲縮の形狀、是は捲縮の波の山の形が如何になつて居るか或は撚れが如何ように出来て居るか等に関する事であつて定量的には表し得ないが羊毛の捲縮の場合に於ける分類と同様に分類出来る。
2. 捲縮の數、是は單位の長さに捲縮の山或は撚れが何個有るかと云ふ事で定量的に表現する事が出来る。
3. 捲縮の大きさ、捲縮を有つた繊維に適當の荷重をかけて其捲縮を引き伸ばして眞直にし、原長に對し何パーセント伸ばされたかに依つて捲縮の大小を定量的に知る事が出来る。
4. 捲縮の強さ、繊維の有する捲縮が外力に依つて如何に失はれて行くかを測定すれば捲縮の強さを定量的に知り得る。
5. 捲縮の弾性、捲縮を有する繊維を外力を用ひて引伸し一度捲縮を取り去り、後外力を除いて捲縮の大きさが如何に回復したかを測定すれば捲縮の弾性がわかる。
6. 捲縮の回復性、外力に依り捲縮を失つた繊維を例へば水に浸漬し或は蒸氣を作用せしめてもとの捲縮がどの程度に回復したかを見れば捲縮の回復性が測定出来る。

上記の諸點のうち 1 及 2 は繊維を顯微鏡下に觀察する事に依り知り得られるし 3. 4. 5. 及 6 は單繊維に僅少の荷重を定量的にかけ其際の繊維長の變化を正確に知り得る装置があれば測定し得るわけである。

1, 2. に関しては別の機会に報告する事にし、主として3, 4, 及5の點に關して我々が最近行つた定量的測定結果を報告しようと思ふ。

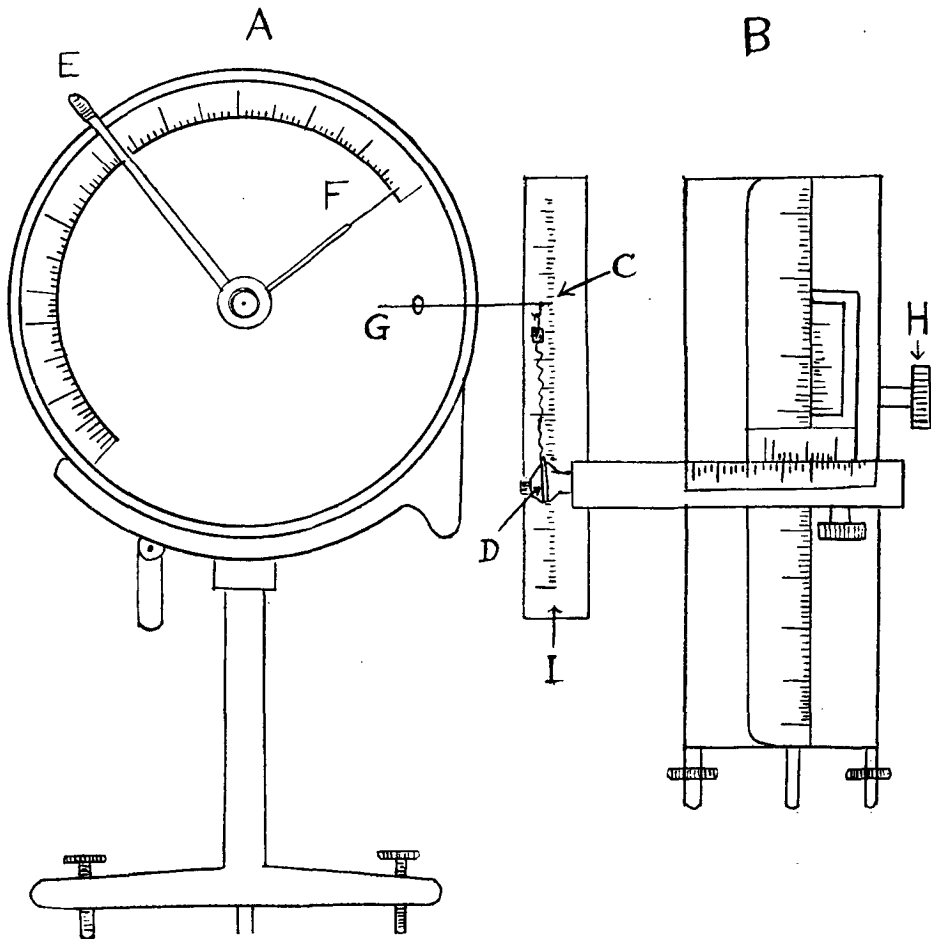
1 人 造 纖 維 の 捲 縮 の 測 定 法

人造纖維捲縮の測定法或は測定結果に關し報告の發表されたものは皆無ではない。Henrich Lohmann 及 Paula Braun は Schopper の精密天秤に附屬品を附けて11種類の醋酸光棉、4種類の銅光棉、10種類のヴァスコース光棉の測定を行ひ捲縮の大小及安定性に於て醋酸光棉特に Rhodia 光棉が優秀であると述べて居る (Melliand Text. Ber. 1937, 18, 280). また H. J. Henning は トーションバランスに附屬品を取り附けてほぼ同様の仕事を行つて居る (Melliand Text. Ber. 1938, 19, 229)

第 1 圖

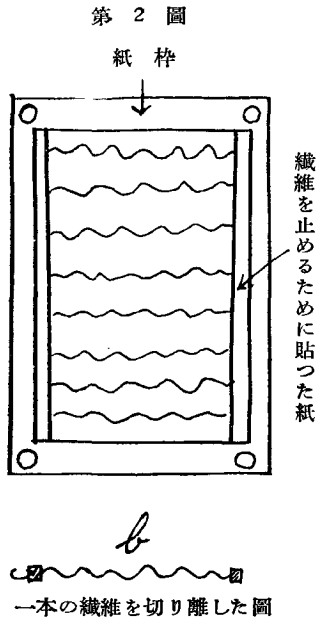
トーションバランス

• カセトメーター



我々は主として Henning の装置を参照し本邦に於て容易に入手し得る器械を簡単に組み合せて捲縮測定装置を組立て使用したところ満足な結果を得る事が出来たわけである。

我々の測定は第 1 圖に示すような装置を組立てゝ行つた。A は秤量範囲 0~250mg, 250 ~ 500mg, の 2 重目盛を有する感度 0.5 mg の市販の普通のトーションバランスであり, B はカセットメーターである, 捲縮を測定すべき繊維試料は第2圖に示す様に全く張力がかゝらない様な



状態のまゝ約 5 cm の巾を持つた紙の枠に貼つて置き, 測定に際して 1 本づつ b の如く切り離し一端に付けた紙には細い針金の鈎を付け, これをトーションバランスの横杆 C に吊す。繊維の下端の紙はカセットメーターに付けた試片挟み D に取り付ける。この際 D は充分上に上げて CD 間の距離を 5 cm 以内に保つて繊維に張力がかゝらぬ様にする。その他すべて繊維試料の取扱ひは充分注意して張力のかゝらぬ様にする必要がある。次にトーションバランスの移動票停止装置をはずすと紙片及針金の鈎の重さのために移動票 G は 0 より下になる。その時ハンドル E を廻して移動票 G が正確に 0 を示す時の目盛の読みを指示計で読み取りその時の目盛を ω_0 とす。この ω_0 は繊維の上部に付けた紙と針金の鈎の目方を示す。(但しこの際繊維の目方は無視し得る。) 次

にハンドルを廻して F が $\omega_0 + 5 \text{ mg}$ を示すに至らしめると, G は 0 点より上を示す。その時カセットメーターの捻子 H を廻して徐々に D を下げ次第に繊維に張力をかけ, G が正しく 0 を示すに至らしめその時のカセットメーターの読みを記録する。而してその時の繊維の長さは CD の後に立てたミラースケール I で読み取りこれを L_0 とし繊維の最初の長さとする。

次いで荷重の増加及び減少に伴ふ伸長の増減を測るのであるが, 先づハンドル E を廻し ($\omega_0 + 5 \text{ mg}$) + 5 mg だけを動かすそのために上昇した G が再び 0 点まで下るまで徐々に D を下ろしその時のカセットメーターの讀を記録し 5 mg の荷重による伸長を知る。かくして順次荷重を加へて行きその時々のカセットメーターの讀みを記録し荷重を 250mg まで行ふ。普通の人造繊維では此程度の荷重で捲縮は殆ど完全に除かれる。そのまゝ 3 分間放置して後順次荷重を減少して行きつゝ。その時の伸度をカセットメーターで讀んで行き, 荷重 $\omega_0 + 5 \text{ mg}$ に至つた時の繊維長を L_0' とする。1 回の測定に要する時間は可及的一定になる様にし, この測定に於ては 15 分間とした。

かくして得られた荷重と伸長との関係を圖示すると第3圖の様になり、各種の繊維に於て捲縮はほぼ完全に引き伸され、且繊維の伸長は殆ど起つて居ない事が明に認められる。湿度は測定に大きな影響を與へる故一定に保つ必要がある。この測定に於ては温度 15~20°C 關係湿度 66~68%とした。各測定の數値特に後に示す恆數の k は繊維のデニールの大小によつて左右される値であるがこゝではデニールに對する換算は行はなかつた。

2. 捲 縮 の 大 さ

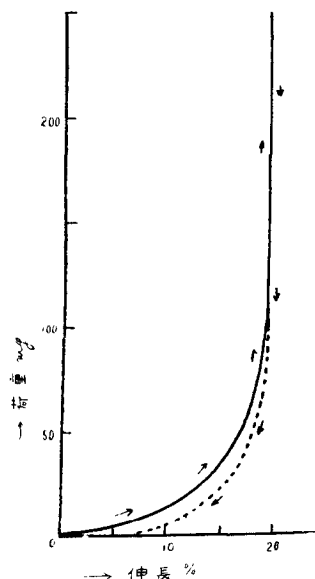
繊維の捲縮の程度を示す標準として 250mg の荷重によつて引伸し得る捲縮の、もとの繊維の長さに對する百分率を採用し是を全捲縮と命名した。

$$\text{全捲縮} = \frac{L_{250} - L_5}{L_5} \times 100 = \frac{l_{250} - l_5}{L_5} \times 100$$

L_5 及 L_{250} はそれぞれ 5mg 及 250mg 荷重の場合の繊維長 l_5 及 l_{250} は各の場合の伸長を示す。

かくして測定した全捲縮は第1表の如く同一種類の繊維に於ても各測定毎に可なり大きい差異を示すが、これは捲縮が均一でないためばかりでなく繊維の太さも異なる事に原因するものであらうと思ふ。

第 3 圖
捲縮の伸長並に
回復曲線 1 メリノ羊毛



第1表 メリ羊毛並に各種人造繊維の捲縮の大きさ（全捲縮）

種 類 測定値	メリノ羊毛	Vistra XT.	Lanusa	Artilana	Floxalan	Barbisan	Streich- garn. F.	Cuprama SK	Aeraceta
1	13.7%	7.5%	30.%	7.8%	24.4%	17.9%	5.3%	17.7%	22.4
2	18.7	5.4	9.3	10.4	16.0	20.9	15.3	16.4	2.12
3	7.6	6.6	6.3	5.9	4.7	15.3	19.8	18.4	10.5
4	15.5	7.6	20.0	12.0	18.6	6.9	25.3	32.4	15.6
5	7.8	11.3	21.5	14.3	18.3	11.7	18.9	27.5	10.1
6	19.7	7.4	25.4	16.5	27.4	6.9	14.2	12.4	16.2
7	13.0	7.3	36.4	8.1	67.5	14.7	11.0	12.7	34.8
8	11.0	19.8	13.8	8.7	—	9.5	12.5	19.7	18.2
9	8.5	10.1	24.1	14.5	—	7.9	5.8	18.4	13.7
10	12.8	—	14.1	—	—	9.0	8.6	25.7	9.7
平均	13.5%	8.3%	23.1%	8.9%	15.9%	12.1%	13.7%	21.1%	16.8%

第 1 表 つ ど き

種 類 測定値	Rhodia Zell.	Cellit 纖維	化 纖 式 醋酸光棉	アルギン 酸 纖 維	大豆蛋白	國產ヴィス コース A.	Lanital
1	18.5%	8.2%	5.6%	5.7%	14.7%	3%	6.9%
2	13.6	13.7	8.7	14.3	7.5	5	10.0
3	30.3	13.0	3.1	17.6	7.2	2	8.4
4	18.2	7.8	4.1	15.7	9.5	3	4.3
5	23.5	18.3	3.0	16.7	6.8	5	8.6
6	43.5	13.3	4.3	—	—	5	—
7	13.7	8.9	3.3	—	—	5	—
8	30.4	11.7	6.3	—	—	2	—
9	25.6	9.0	4.1	—	—	3	—
10	24.0	9.7	—	—	—	7	—
平均	24.1%	10.9%	4.7%	14.0%	9.2%	4%	7.6%

第 1 表を見れば Rhodia, Aeraceta, Lanusa, Cuprama SK 等の全捲縮は羊毛よりも大であり。Barbisan, Streichgarn F, 我々の試製した Cellit 纖維, Vistra XT 某所試製アルギン酸纖維, 大豆蛋白質纖維はほぼ羊毛に匹敵し他は是より劣る。化纖式の醋酸光棉も此例では捲縮少く尙これの倍から3倍程の捲縮の必要ある事を示し、國產ヴィスコース A の捲縮は一番劣る。しかし是は別に捲縮を有すると宣傳されて居る製品でもないから國產が悪いと云ふ例ではない。

3. 捲 縮 の 強 さ

捲縮の強さ、即捲縮がどの程度の外力に依つてどの程度に引きのばされるかは全捲縮と同様に重要な性質である。此性質は第 3 圖乃至第 12 圖のような捲縮に対する荷重、伸度曲線を見ればわかるわけであるが簡単な定量的な比較には不便である。

我々は最初荷重と捲縮伸長の関係が次のような化學反應の 1 分子反應式と同様の式であらはし得るであらうと推定したが此式は實際には適合しなかつた。

$$\frac{dl}{d\omega} = k (l_{250} - l) \quad (1)$$

l は荷重 ω mg に依り伸し得る伸長 cm, l_{250} は荷重 250mg の時の伸長 cm であり前述の如く人造纖維の場合には是が捲縮の最大伸長である。

1 分子反應型の式は事實に適合しなかつたが、次の 2 分子反應型の式は羊毛は勿論殆どすべての人造纖維についてよく事實に適合する事を認めた。

$$\frac{dl}{d\omega} = k (l_{250} - l)^2 \quad (2)$$

是を積分すると

$$k = \frac{l}{\omega} \frac{l}{l_{250} (l_{250} - l)} \quad (3)$$

となる。此のkの數値を簡單の爲に捲縮の引き伸し恆數と呼ぶ事にする。

第 2 表 捲縮引伸恆數計算例

メリノ羊毛 例1 L ₅ =4.95cm				メリノ羊毛 例2 L ₅ =4.86cm.				Cuprama SK 例1 L ₅ =5.97cm				Cuprama SK 例2 L ₅ =5.93cm			
(ω)	l	l'	k	l	l'	k		l	l'	k		l	l'	k	
5 mg	0 cm	0.15 cm	—	0 cm	0.18 cm	—		0 cm	1.14 cm	—		0 cm	0.64 cm	—	
10	0.14	0.27	0.057	0.23	0.37	0.066		0.62	1.33	0.068		0.39	0.78	0.104	
20	0.28	0.37	0.049	0.43	0.54	0.056		0.99	1.42	0.062		0.66	0.87	0.097	
30	0.35	0.44	0.043	0.55	0.64	0.056		1.17	1.45	0.061		0.77	0.95	0.092	
50	0.46	0.54	0.044	0.69	0.76	0.059		1.35	1.51	0.063		0.98	0.98	0.097	
75	0.54	0.61	0.044	0.76	0.76	0.057		1.47	1.59	0.075		0.94	0.99	0.089	
100	0.60	0.67	0.048	0.81	0.85	—		—	—	—		—	—	—	
250	0.77	0.77	—	0.96	0.96	—		1.64	1.64	—		1.08	1.08	—	
k 平均値			0.045			0.059				0.063				0.095	

Vistra XT 例1 L ₅ =5.56 cm				Vistra XT 例2 L ₅ =5.78 cm				アルギン酸 例1 L ₅ =4.68 cm				アルギン酸 例2 L ₅ =5.18 cm			
ω	l	l'	k	l	l'	k		l	l'	k		l	l'	k	
5 mg.	0 cm.	0.24 cm.	—	0 cm.	0.27 cm.	—		0 cm.	0.12 cm.	—		0 cm.	0.10 cm.	—	
10	0.14	0.33	0.213	0.18	0.39	0.137		0.08	0.21	0.040		0.08	0.24	0.037	
20	0.26	0.38	0.219	0.32	0.43	0.118		0.18	0.26	0.037		0.15	0.30	0.026	
30	0.31	0.39	0.219	0.39	0.52	0.115		0.23	0.33	0.031		0.22	0.38	0.026	
50	0.35	0.40	0.198	0.45	0.56	0.104		0.30	0.45	0.027		0.30	0.46	0.024	
75	0.38	0.43	0.204	0.50	0.58	0.106		0.38	0.48	0.028		0.38	0.57	0.024	
250	0.44	0.44	—	0.61	0.61	—		0.67	0.67	—		0.70	0.70	—	
k 平均値			0.211			0.116				0.031				0.028	

Rhodia-Zell. 例1 L ₅ =5.65 cm.				Rhodia-Zell. 例2 L ₅ =6.77 cm.				Cellit 纖維 例1 L ₅ =5.19 cm.				Cellit 纖維 例2 L ₅ =4.76 cm.			
ω	l	l'	k	l	l'	k		l	l'	k		l	l'	k	
5 mg	0 cm	0.21 cm	—	0 cm	0.46	—		0 cm	0.21 cm	—		0 cm	0.35 cm	—	
10	0.25	0.42	0.125	0.36	0.77	0.069		0.09	0.27	0.106		0.16	0.43	0.088	
20	0.43	0.55	0.109	0.69	0.94	0.069		0.18	0.32	0.094		0.32	0.49	0.084	
30	0.52	0.59	0.108	0.83	1.00	0.067		0.25	0.35	0.103		0.42	0.51	0.090	
50	0.60	0.67	0.103	0.96	1.06	0.064		0.32	0.39	0.113		0.52	0.56	0.098	
75	0.68	0.69	—	—	—	—		0.35	0.41	0.099		0.56	0.58	0.090	
250	0.77	0.77	—	1.23	1.23	—		0.46	0.46	—		0.62	0.62	—	
k 平均値			0.113			0.067				0.103				0.090	

第2表にはメリノ羊毛, Cuprama SK, Rhodia 光棉, 試製捲縮 Cellit 繊維, Vistra XT 及 アルギン酸繊維の6種類のみにつき各2例づゝをあげて荷重 w と捲縮の伸長 l の数値を示し 尚引伸し恒数 k の値も掲げた大體全捲縮の80%程度引伸ばされる迄は k はよく恒数になる. 同一種数の繊維でも1本1本全捲縮が異なる如くの数値も可なり異なる.

本試験に於ては1本の繊維に加へられた荷重を直接とり. 単位斷面積當りの荷重はとらなかつたが嚴重に議論すれば w に単位斷面積當りの荷重をとらなければならないわけである, また此試験では繊維の原長 L_0 を約 5cm にとつたが其長さはいづれも多少異つて居る. 一般的には單位の長さ即例へば 1cm について比較すべきである. 是等を考慮に入れて捲縮の眞の引伸し恒数 K を求めるとすると K と上記の k の間に理論的に次の關係が有る.

$$K = k \cdot L_0 \cdot q \quad (4)$$

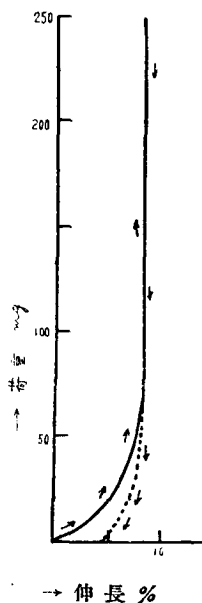
L_0 は引伸さない時の繊維の長さ即ち繊維の原長, q は單纖維の斷面積である. 各纖維の q を正確に求めてから K を算出する事して本報告に於ては k の比較に満足した. 種々の繊維の k の比較は便宜上他の性質と一括して第3表に示した. 表の k は普通10回少くも5回の實驗に依る k の平均である. 數値を比較して認め得られる事は羊毛の K が他に比べて非常に小さい事である. 即メリノ羊毛は強い捲縮を有して居る. Lanusa, Cuprama SK, Rhodia 捲縮光棉の k が大體羊毛のそれに近い. Vistra XT, Aeraceta, Cellit 繊維は是より大きい, 化纖式の醋酸人造纖維は k が非常に大きく捲縮が羊毛の10倍も伸ばされやすい事を示して居る. アルギン酸繊維の k は羊毛のそれより尙小さいが單纖維の太さも幾分大であるから(4)式を参照すればほぼ羊毛と同様の數値になるのではあるまいかと思はれる.

4. 捲 縮 の 弾 性

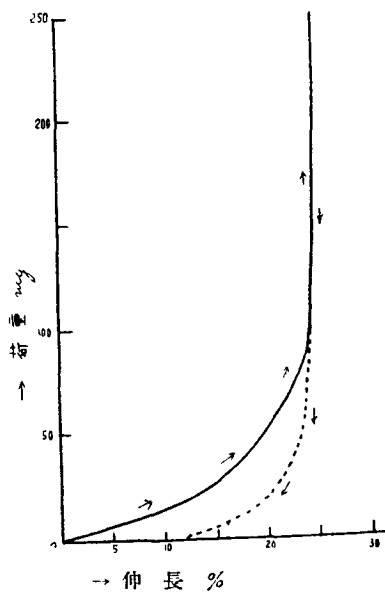
捲縮の彈性とは緒言の部に於て述べた如く外力を加へて捲縮を引伸した後外力を取り去ればもとの捲縮がどの程度迄回復出来るかを意味するもので實用的に云へば捲縮の安定性である. 我々は前述の如く繊維に 5mg から次第に荷重を増加して行き 250mg に達し, 其儘3分間放置し, 次第に除重して再び零荷重の 5mg に達せしめた. 除重の場合の捲縮回復の経路は第3圖~第12圖及第2表に示した.

是等の曲線から簡単に捲縮引伸しの仕事の彈性度が算出出来るわけであるが, 本報告に於ては捲縮の大きさの彈性度のみを計算した結果を報告する.

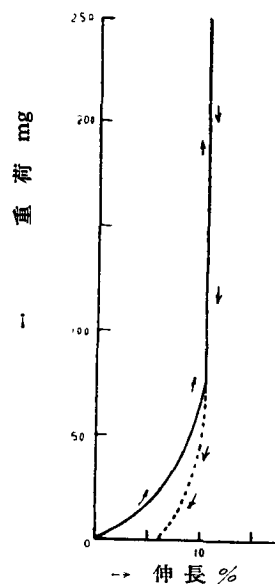
第 4 圖
捲縮の伸長並に回復曲
線 2 Vistra XT



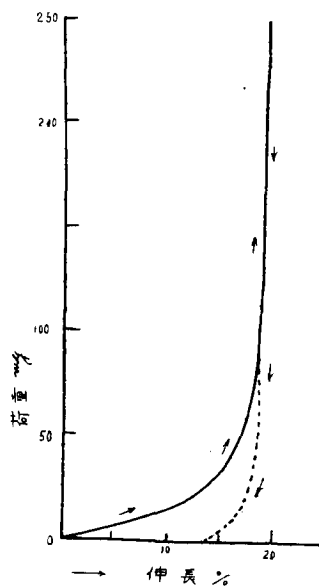
第 5 圖
捲縮の伸長並に回復曲線 3
Lanusa



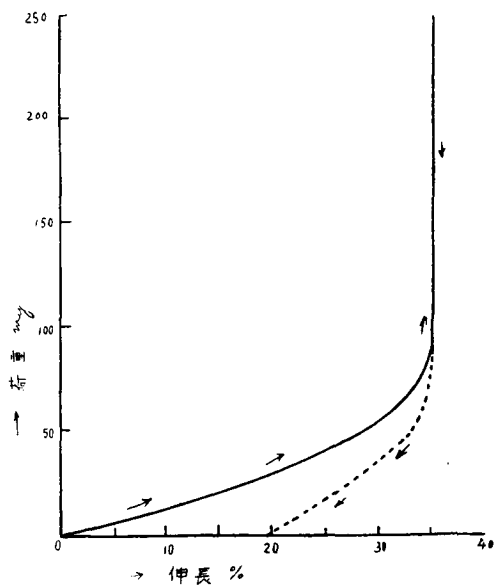
第 6 圖
捲縮の伸長並に回復曲
線 4
Artilana (Glanzstoff)



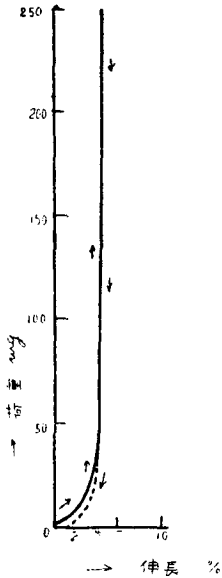
第 7 圖
捲縮の伸長並に回復曲線 5
Cuprama SK



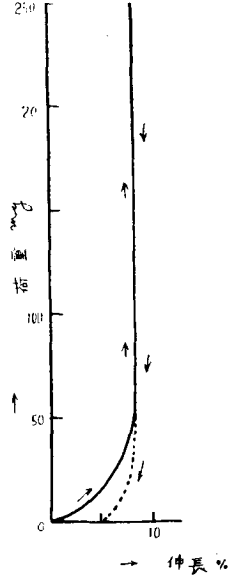
第 8 圖
捲縮の伸長並に回復曲線 6
Rhodia-Zellwolle



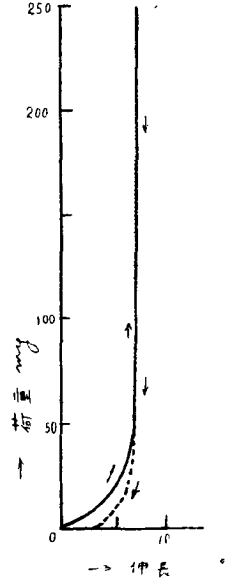
第 9 圖
捲縮の伸長並に回復
曲線 7 化纖式醋酸纖維



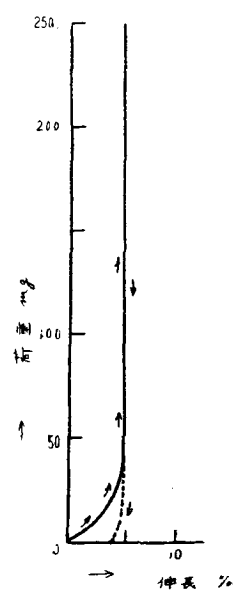
第 10 圖
捲縮の伸長並に回復
曲線 8 Lanital



第 11 圖
捲縮の伸長並に回復
曲線 9 大豆蛋白質纖維



第 12 圖
捲縮の伸長並に回復
曲線 10 國產光棉



捲縮の弾性度は次の如く表はした。

$$\text{捲縮の弾性度} = \frac{L_{250} - L'_5}{L_{250} - L_5} \times 100 = \frac{l_{250} - l'_5}{l_{250} - l_5} \times 100$$

ここに

L_{250} 及 L_5 は荷重 250mg 及 5mg の時の繊維の長さ, l_{250} 及 l_5 は各々の場合の繊維の伸長, L'_5 及 l'_5 は除重して 5mg に達した時の繊維の長さ及伸長である。

第3表はメリノ羊毛, Artilana, Vistra XT, Cuprama SK, Lanusa, Lanital, Rhodia 光棉

第 3 表 捲 縮 の 弾 性							
種類 回数	メリノ 羊 毛	Artilana	Vistra XT	Cuprama SK	Lanusa	Lanital	Rhodia- Zellwolle
1	77%	47%	49%	39%	44%	63%	52%
2	86	39	31	34	58	72	73
3	84	63	42	34	57	36	46
4	81	41	45	35	70	68	55
5	82	41	56	30	46	61	51
6	80	48	51	26	42	—	29
7	54	44	63	37	56	—	50
8	86	57	39	32	54	—	54
9	80	48	35	36	52	—	41
10	—	47	59	34	—	—	43
平均	80%	48%	47%	34%	54%	69%	50%

の7種類につき各回の數値がどの程度に一致するかを示したものである。試験した各種纖維のそれぞれの平均値は第4表に捲縮に関する他の數値と共に示した。

此捲縮の彈性はメリノ羊毛のそれが非常に大きく、アルギン酸纖維が是に匹敵し、化纖式醋酸人造纖維の彈性も大きい、捲縮の大きさ、強さ等に於て他の捲縮を有する人造纖維に劣つて居た化纖式醋酸人造纖維の捲縮の彈性が斷然他を凌いで居る事は興味がある。捲縮大豆蛋白質纖維及ラニタールの彈性も可なり大きく醋酸法及ヴィスコース法のそれは大體いづれもほぼ同様で50附近であり、Cuprama SK のそれが一番小さい。

5. 總 括

市販のトーシヨンバランスとカセットメーターを組み合わせ捲縮に関する種々の數値を測定出来る装置を組立て人造纖維に就て試験を行ひ、メリノ羊毛のそれと比較した其結果を總括すると第4表に示す如くである。

第 4 表 人造纖維の捲縮に関する種々の性質と
メリノ羊毛のそれの定量的比較

纖維の種類	捲縮の大きさ%	捲縮の引伸し恒數	捲縮の彈性度
メリノ羊毛	13.5	0.057	80
Vistra XT	8.3	0.215	47
Lanusa	23.1	0.061	54
Artilana (Glantzstoff)	8.9	0.120	48
Floxalan *	15.9	0.044	70
Barbisan	12.1	0.200	45
Streichgarn F	13.7	0.144	44
Cuprama SK	20.1	0.069	34
Aeraceta	16.8	0.171	47
Rhodia-Zellwolle	24.1	0.087	50
捲縮 Cellit 纖維 **	10.9	0.131	48
化纖式醋酸人造纖維 ***	4.7	0.560	70
Lanital	7.6	0.311	69
大豆蛋白質纖維 ****	9.2	0.200	64
アルギン酸纖維 ****	14.0	0.027	82
國產ヴィスコース	4	—	—

* Floxalan は絨緞用の非常に太いものを試験したから是に関する總の數値は直接他との比較にはならない。

** 捲縮 Cellit 纖維及化纖式醋酸人造纖維は當研究室で試製したものである。

**** 捲縮を有する大豆蛋白質纖維及海軍アルギン酸纖維は某所で試製されたものである。

第4表を通覽するとメリノ羊毛と同じ程度の捲縮を與へる事は現在既に充分成功して居るが

大部分の人造繊維に於て引伸し恒数の k の羊毛より大きい事は強い捲縮を與へると云ふ事には困難が多くまだ充分成功して居ない事がわかる。また殊に捲縮の弾性度の點に於ては大部分が羊毛のそれに遙に及ばない事は注目に値する。勿論羊毛の是等の性質が紡織繊維として理想的であると云ふわけではないが是等の數値を明瞭にして置く事は是非必要である。

海草アルギン酸から試製した人造繊維の捲縮に關する數値が總ての點に於て一番羊毛に近い性質を示して居るのは面白い。また Lanital, 大豆蛋白質人造繊維等の弾性が大きい事も注目すべき大切な事實である。