

羊毛の捲縮機構に関するモデル實驗

喜 多 研 究 室

理 學 士 平 林 清

1 緒 言

纖維の捲縮には大體二様ある。其の一つは木綿纖維に見られる様な所謂 Winding structure であり、他は羊毛に於けるが如き Wavy structure である。是の二つは圖(1)に示してある様に彈性棒狀體の一端に加ゆる力の方向の相異として區別し得られる。著者は主として第二の捲縮様式即ち羊毛様捲縮に付いて研究考察し様と思ふ。

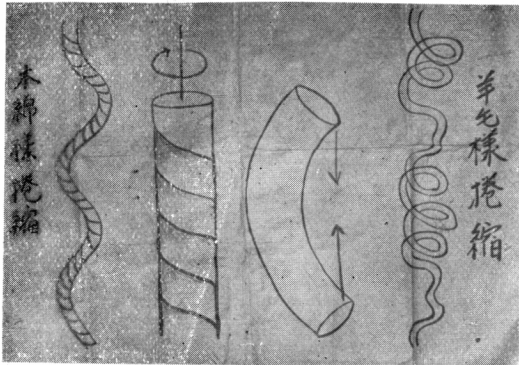
羊毛の捲縮機構に就いては先づ第一に其の彈力的性質従つて其の分子的構造との關係が明にされる必要があらうが、分子的構造のみが羊毛の捲縮機構を説明し得る唯一の要因ではなく、寧ろ、他の羊毛纖維内組織が捲縮機構に關して大きい役割を演じて居るであらう事は既に其の組織的見地から推察された。即ち羊毛の捲縮を特徴付けて居る捲縮の履歴性及夫を保證するであらう所の顯微鏡的構造に就いては先般化學纖維講演會⁽¹⁾に於て報告し、此際かくの如き羊毛纖維内構造は亦捲縮生成上に意味を持つであらう事を述べた。本稿では主として夫等の觀察を基礎として試みた羊毛様捲縮機構のモデル實驗を報告する。

2. 觀察結果 特にメリノ種羊毛纖維内の顯微鏡的組織

一般に毛は顯微鏡的に三層から成つて居る。即ち非常に薄い、鱗片狀の、色素を含有しない外皮 (Epidermicula) と色素粒を含有した強力な纖維狀の皮質部及び柔軟細胞組織狀の髓質部とである。髓質部は毛の種類に依つて種々異つた大きさを持つて居り其の極端な場合は全々夫を失つて居るメリノ種羊毛は之の場合に相當する。特に紡績纖維として使用する場合のメリノ種羊毛は主としてかゝる羊毛の下毛の部分を用ひる故其の断面は薄ひ鱗片組織に圍まれた比較的光學的に空虚な皮質部のみから成り立つて居る。

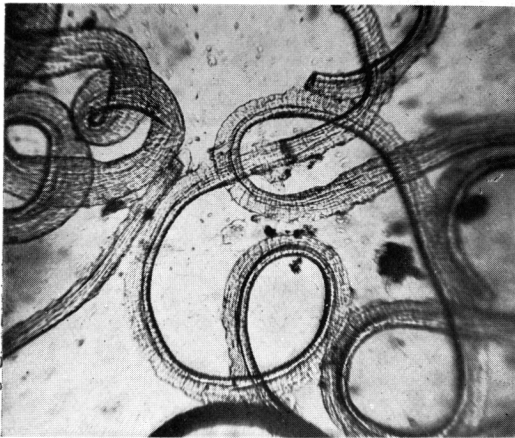
此の比較的均一に見へる所の皮質部は又極めて多數の原纖維狀構造を有して居る事は古くからよく知られて居る所である。最近小原龜太郎氏⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾は色素の染着様式其他から是の均一に見へる皮質部に猶纖維軸に沿つて可成りの太さを以て走つて居る不均一部分が存在して居るであらう事を暗示した。吾々は先の報告に於て斯の如き纖維内不均一性は種々の藥品處理により直接顯微鏡により明瞭に見る事が出来る事を述べた。(第1—6圖参照)。

捲 縮 の 二 態



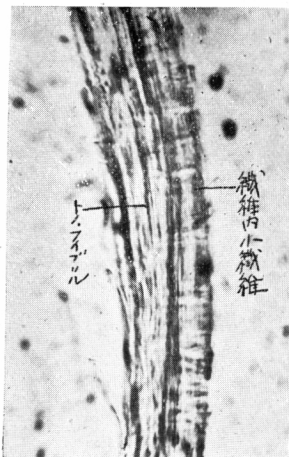
(第 1 圖)

羊 毛 内 小 纖 維



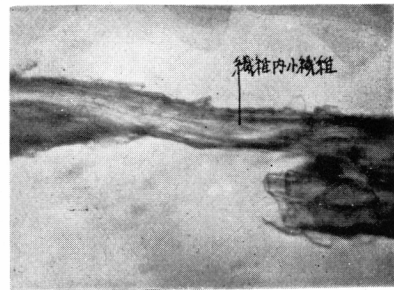
アルカリ処理 (紫外線共用スルモヨシ) (第 3 圖)

濃クロール水處理に依る纖維内小纖維の出現



第 5 圖

硫酸處理による小纖維の出現



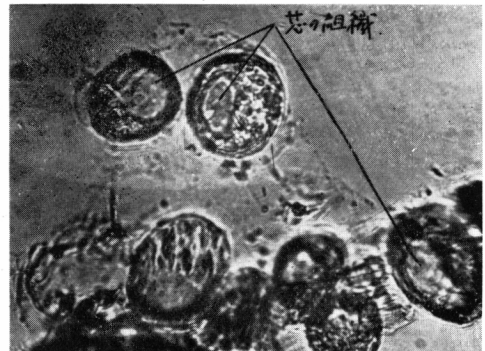
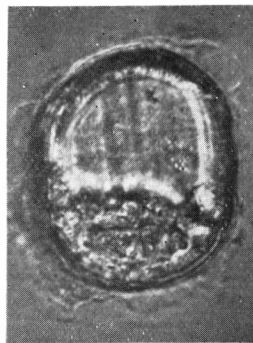
(第 2 圖)

鹽酸處理による纖維内小纖維の出現



(第 4 圖)

切斷面上に現れた小纖維(芯)組織



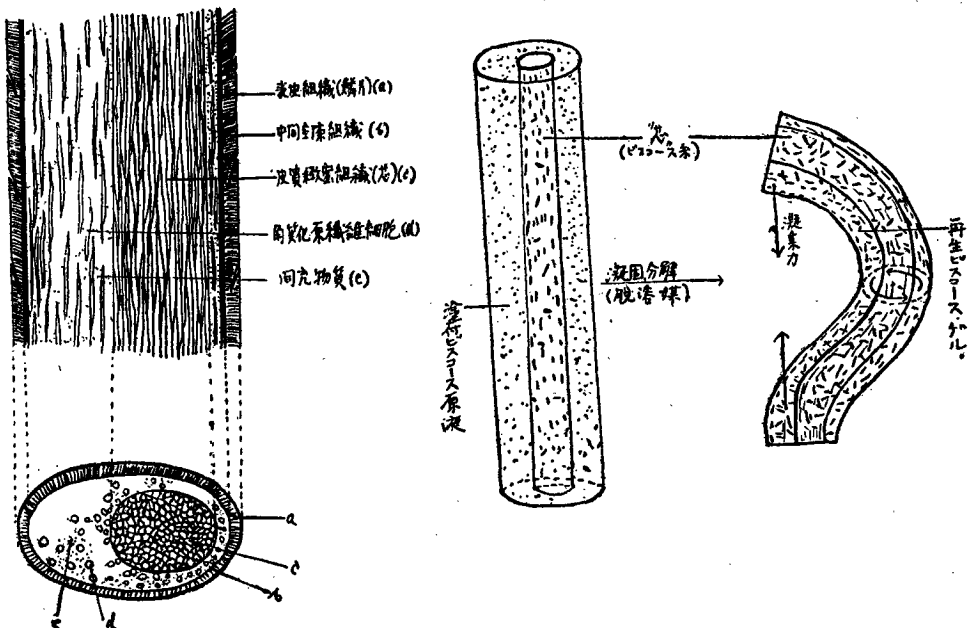
クロール水滴下に依る芯の出現 (第 6 圖)

羊毛の皮質部が捲縮現象に於て重大な役割を演ずるであらう事は其の唯一の他の構成部分即ち鱗片部を物理的にはがし取つた後に於ても捲縮は元の儘に残つて居る事實から知られるが、此の均一に見へて居た皮質部内に於て今や吾々は所謂 "芯" と稱せられるべき比較的緻密な構造を持つた組織部分が纖維軸に添つてやや偏心的存在を示しながら縦に走つて居る事を明瞭に認めた。"芯" 以外の部分は比較的容易に化學的處理に依つて原纖維構造を現し容易に縦裂開の可能性が見られる事及び光學的に疎である事實から比較的ルーズな組織を持つてあらう事が想像される。羊毛に於ける原纖維組織は植物性纖維の場合の原纖維と全く異つて所謂 Tonofibrille と稱せられるべき死滅角質化する動物細胞である事は Burgess (1933) 其他の人々の細菌學的研究の結果から明であり、且つかゝる Tono-fibrille は細菌又は細菌の分泌する蛋白分解酵素に依つて比較的容易に分解溶出せしめ得られるが如き状態にあるケラチンに依つて互に相つながつて居る事即ち斯くの如き状態のケラチン物質が Tono-fibrille 間の間充物質として存在して居る事が明にされて居る。間充物質は Haller u. Holl (1936) に依れば硫黄を含有しない蛋白質で "Lanain" と呼ばれて居る。染料に對する性質から考へても少くとも Tono-fibrill の細胞壁を構成せるケラチン及鱗片部を構成せるケラチンは同一のもので恐らく Keratin A. として區別され得るであらう。藥品に對する抵抗性の高い事染料に對する性質の異つて居

(a) 第 7 圖 (b)

メリノ種羊毛内部構造模式圖
縦断面模式圖

モデル糸の構造模式圖



る事、比較的光學的に緻密である事及び硫化ソーダ膨潤に於て "芯" の部分の存在する部位により多數の Tonofibrille が分割出現する事等から考へて "芯" の部分は上述の如き性質を持つた Tono-fibrille が多數緻密に存在して居り少くとも間充物質が比較的少量しか存在して居ない部分であり "芯" 以外の組織は反對に比較的組織的にルーズである事が考へられる。以上の如き觀察事實を考慮して分り易くするために模型圖を描けば大體(第7圖a)に示す様になる。勿論其は單に組織的關係のみを強調して居る圖であるから大きさの關係は除外されて居る。

以上の如き構造から羊毛の捲縮の生起を考へれば、一般に胚細胞や若い細胞は約95%の水分を含み古い組織細胞でも活動性に富んだ者は約80%の水分を含んで居る。細胞の枯死又は例へば毛の細胞の角質化の場合其の水分の殆どは脱水されてしまう。羊毛の毛根部の細胞が次第に纖維化して Tono-fibrille に轉化する場合も亦全く同様の事が考へ得られる。今假に斯くの如きキシロゲル化(角質化)が羊毛の主根部上方に於てゆるやかに(毛の成長速度を以て)起つたとしてもそれだけでは高々 Tonofibrille の羊毛纖維内に於ける Pectograph 的生成を説明するに留まる。

然しながら今非常に活動性のある細胞群が一方に於て多數集合し上述の如き "芯" の組織を形成し他方に於て比較的ルーズに細胞が集り間充物質を多量に包含した組織を造ると考へれば斯くの如くして生じた二相の組織が枯死—角質化—脱水—凝固の過程を通ずる際には必然的に何等かの形態的歪曲又は變化が纖維上に現れ出るのであらう事は容易に期待出来るのである。上述の如く著者は羊毛の捲縮は羊毛纖維内不均一性、特に著しい場合として"芯"と"芯"でない部分との存在により形成が決定されるものであると言ふ考へに基いて次に示す様なモデル實驗を試みた。

3. モ デ ル 實 験

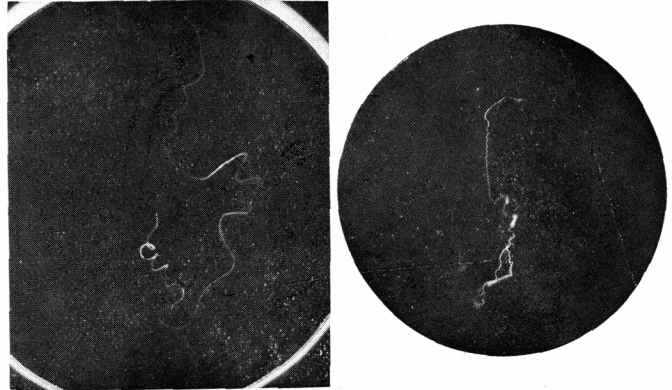
方法:羊毛に於ける芯の組織に當る部分として普通に紡糸されたビスコース式人織(又はガラス、ファイバー)を取り其の周圍の組織の部分としてビスコース糸の周邊に無定位にビスコース紡糸原液(其他フィルム性物質)を溶液状態で塗附したる後直に凝固液中に導いて附着せしめた紡糸原液を凝固分解せしめた。其の關係を圖示すれば(第7圖b)の如くなる。

結 果 :

1) モデル糸は凝固分解に依つて既に捲縮を起し始め(第8圖a)、水洗乾燥する事に依つて増増多數の捲縮が現れ出た(第8圖b)。捲縮の結果は第9圖に見る如く羊毛の其に比適せしめ得られる。

2) 芯として入れた既成人造絹糸はモデル糸に於て常に捲縮の折曲の外側に偏心的に存在して居る(第10圖a)且つ(第10圖b)に見る如く附着せしめられた纖維素ゲルは何等の張力をもかけて無い爲其のミセルの配列は殆ど全く起らず、偏光光線の總ての角度に於て統計的な等方性を示して居る事が見られる。是に反して芯の人絹は比較的に定位方向を(軸に添つた)持つて居るから其の方向に依つては消光し、モデル糸内に於て比較的暗く現れ寫真に見る如く黒色の線となつて纖維内に存在して居る事が窺

第8圖 モデル糸に於ける捲縮生成過程(ビスコース液附着)

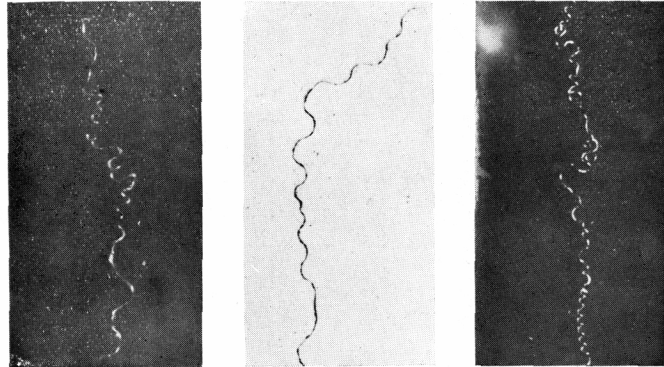


凝固液内での捲縮

同モデル糸の乾燥後に於ける捲縮

第9圖

ビスコース原液塗附モデル糸の捲縮と羊毛(メリノ種)のと比較

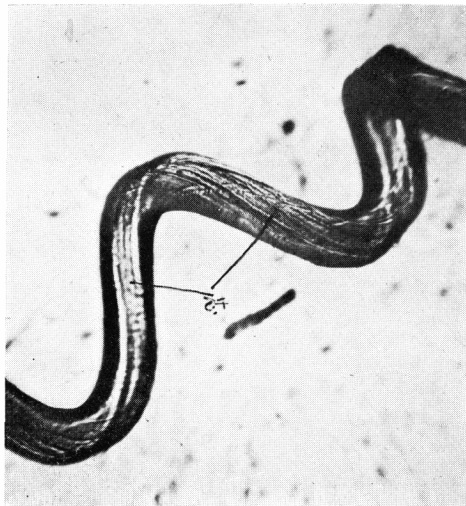


モデル糸(a)

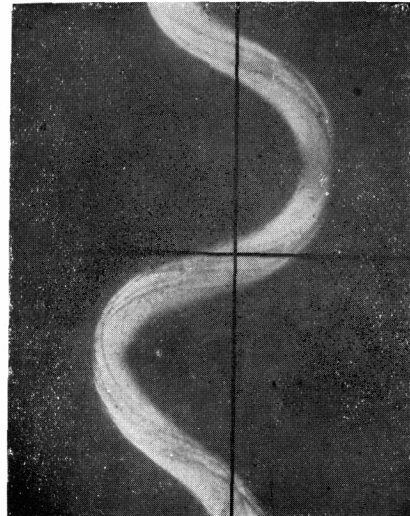
メリノ羊毛

モデル糸(b)

第10圖



(a) 常光線にて見たる場合

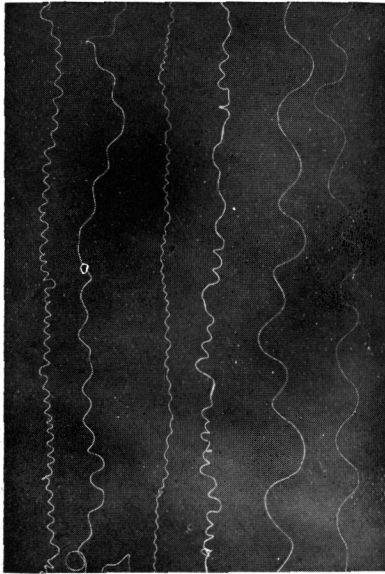


(b) 偏光光線にて見たる場合

ひ得られる。即ち附着物質は無定位凝着をして居る事が偏光顯微鏡的に解る。

3) ビスコース糸を"芯"として全く同様に醋酸纖維素、硝酸纖維素のアセトン溶液及びポリステロールベンゾール溶液等を塗付附着せしめても同様の美しい羊毛様捲縮が得られる(第11圖参照)又"芯"にビスコース糸を使用する代にガラス纖維を使用し是にビスコース原液又はカゼ

第 11 圖

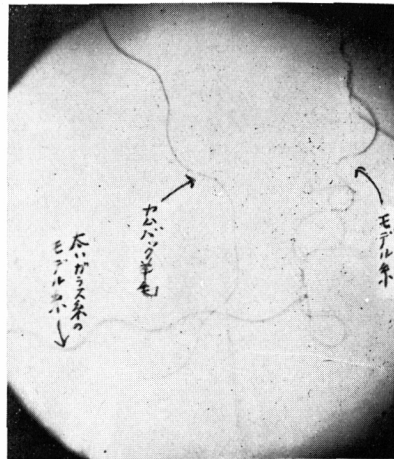
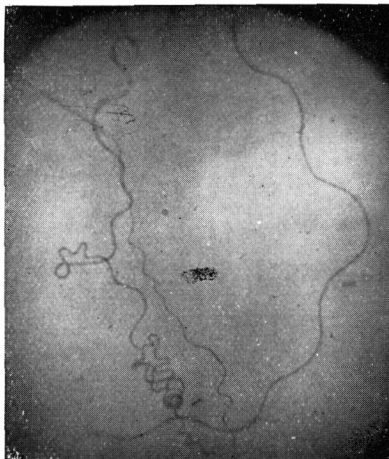


ビスコース
大豆カゼイン
醋酸纖維素
硝酸纖維素
ポリステラロール
南米産羊毛

ビスコース式人造絹糸を芯として種々の紡糸液を附着せしめた場合

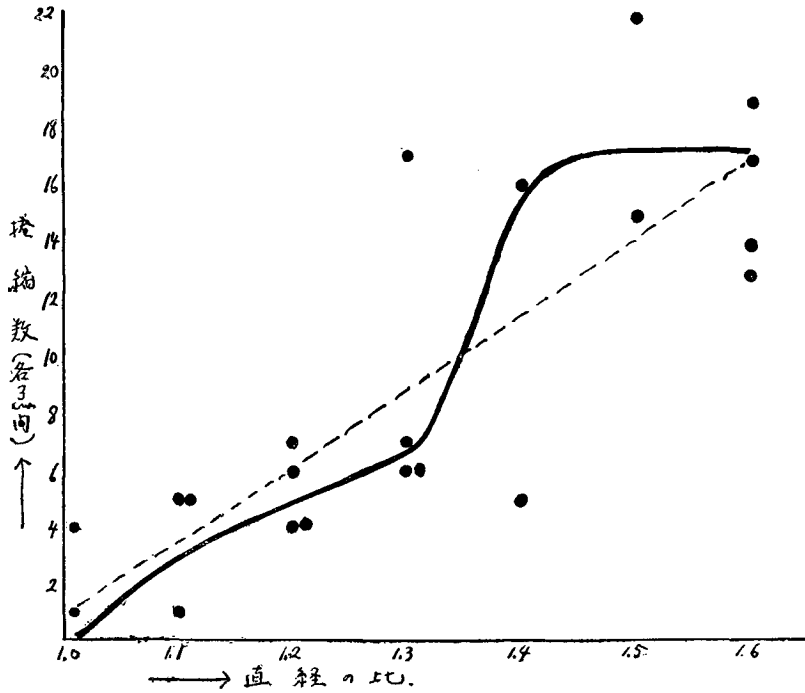
イン紡糸原液を附着せしめても全く同様の捲縮を示す(第12圖)是等の事實は捲縮が決して塗付ビスコース又はカゼイン紡糸原液中の遊離アルカリや其他凝固液の化學的作用に起因する芯自身の變形捲縮に依つて生じたのでない事を明瞭に示して居る。

4) 著者は更に芯と周邊附着物質の量的關係が捲縮に及ぼす影響を見る爲に"芯"の單纖維には比較的圓形の切斷面を有し平均直徑 20 μ の太さのものを選びビスコース原液を附着せしめたモデル糸を造りモデル糸の内其の太さのやゝ均一な部分を各 3cm づゝを取つてモデル糸が比較的圓形の切斷面を有すると考へて其の直徑を測定し芯の直徑とモデル糸の直徑の比を横軸に取り各々 3cm 間の捲縮數を縦軸に取つて其の間の關係を見れば第13圖(第1表)の如くなる點は大體に於て直線的に上昇



第 12 圖 "ガラス・ファイバー"を芯としビスコース原液を附着せしめたモデル糸の捲縮

第 13 圖



第一 表

捲縮数と附着物質量との関係(一)

(モデル糸が完全な圓柱と見做して)

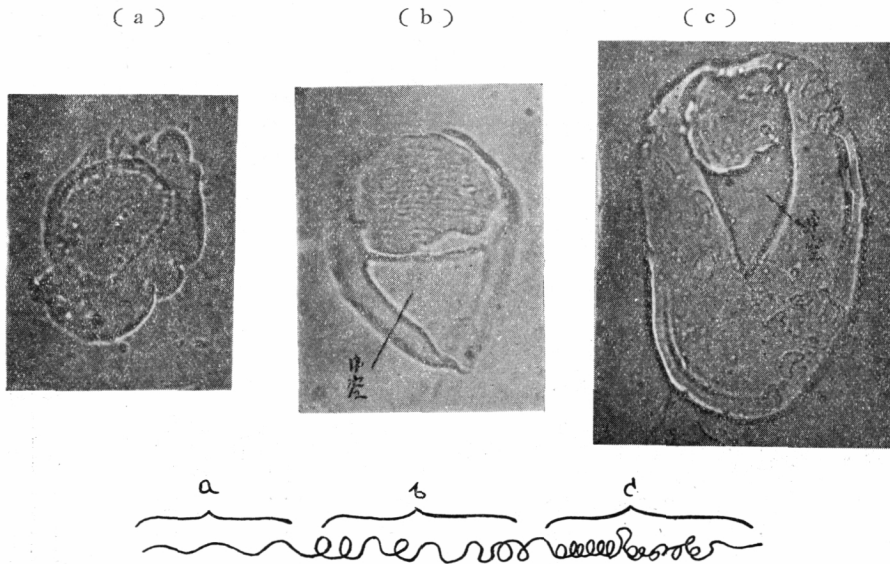
番號	捲縮數 (各3cm間)	モデル糸 直径(平 均)μ	芯の 直径と の比	番號	捲縮數 (各3cm間)	モデル糸 直径(平 均)μ	芯の 直径と の比
1	6	23.6 μ	1.2	12	7	24.4 μ	1.2
2	4	20.9 "	1.0	13	4	24.1 "	1.2
3	1	20.2 "	1.0	14	1	21.8 "	1.1
4	17	25.8 "	1.3	15	5	28.8 "	1.4
5	5	22.6 "	1.1	16	4	24.1 "	1.2
6	13	33.2 "	1.6	17	7	27.1 "	1.3
7	5	22.5 "	1.1	18	6	25.2 "	1.3
8	17	29.6 "	1.6	19	14	32.0 "	1.6
9	15	29.1 "	1.5	20	6	26.9 "	1.3
10	19	32.4 "	1.6	21	10	27.5 "	1.4
11	22	30.8 "	1.5	22	16	28.2 "	1.4



するが直径の比 1.3 附近から急に捲縮数が上つて居る様な場合も見られる。是の不規則性は後に考察證明するが恐らく芯の全體中の位置が關係して居るのであらう。何れにしろ全體としての傾向は附着量に應じて捲縮が増加するが附着せしめられ得られる溶液の量は其の溶液の濃度又は粘度に關係して限度があり他方"芯"の糸の表面の性質にも依存して居るから無限大に附着せしめる事は出来ない。

5) 更に芯のモデル糸中に於ける位置が捲縮に及ぼす影響を見る爲に今一本のモデル糸に付いて、(a)捲縮のゆるやかな部分、(b)比較的好く捲縮の表れた部分 (c)極めて劇しく捲縮を起して居る部分の三部に分けて其の横斷面を比較すれば第14圖の如くなる。同様の材料に於て附着物質の横斷面積及"芯"の糸の横斷面積を比較すれば第2表の如くなる。表に依つて明なる如く附着物質の面積(附着量の一つのパラメーター)と"芯"の面積の比は A. D. の場合は

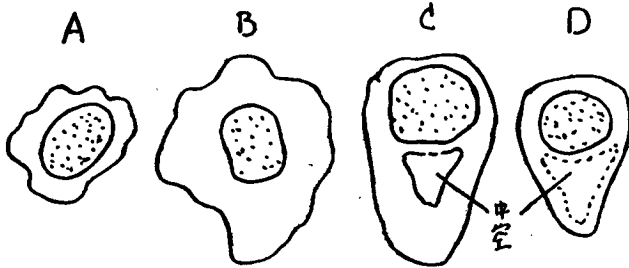
單纖維を芯とした場合の捲縮數と芯の位置の關係



共に 2:1 で B. C. の場合は 6:1 で量的な關係は殆ど等しいにも拘らず A と D の場合に於ても亦 B と C との場合に於ても其の捲縮には著しい差異が示される事實から考へれば"芯"の位置は捲縮の現れ方に關係する重大な要素の一つである事が窺はれる。即ち芯がより偏心的に存在すれば捲縮はよりはげしく現れるのであつてこれは力學的にも簡単に想像出来る事である全く同様に三本乃至六本の複纖維を芯とせる場合に於いて其の切斷面の面積をパラメーターとして比較すれば第3表の如き關係がある面積の測定方法は圖に示せるが如く切斷面の寫眞圖を方眼紙(1mm目盛)上に投影した圖に依つて占められた方眼紙の目盛を計算し寫眞圖が實物の

第二表

	A	B	C	D
全面積 m.m ³	1.093 "	2.971 "	2.951 "	1.580 "
全面積 m.m ³	0.375 "	0.437 "	0.375 "	0.415 "
附着物面積 m.m ³	0.718 "	2.534 "	2.291 "	0.580 "
全芯面積	3:1	7:1	8:1	4:1
附着面積 芯面積	2:1	6:1	6:1	2:1
中空部面積	0	0	0.255 "	0.585 "



450 倍に廊大されて居る事から逆に實際上の面積を算定して比較した。表に依つても明な如く全體の面積と附着物質面積の比が少くとも 3;1 以上とならなければ即ち附着物質と芯の面積比が 2:1 以上でなければ捲縮が現れ出ない事が解る。(極度の偏心による例外を除く) 是等の事實は捲縮は塗付された物質の脱溶媒凝固に依る凝集力に依つて巻き起されて居るであらう事を語つ

て居る。

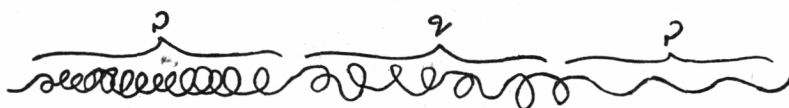
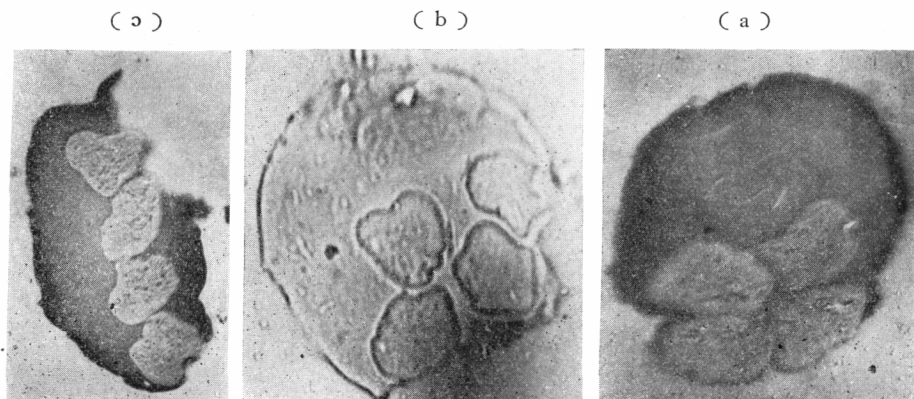
6) 次に附着物質の種類の影響を見る爲にビスコース絲に生ゴムのベンゾール溶液、ゼラチン

第三表

番號	全面積 m.m ³	芯の面積 m.m ³	附着物面積 m.m ³	全面積と 芯面積比	附着物面積 芯面積の比
a	1 0.828 "	0.477 "	0.351 "	2:1	1:1
	2 0.733 "	0.391 "	0.341 "	2:1	1:1
b	3 1.746 "	0.584 "	1.162 "	3:1	2:1
	4 2.333 "	0.773 "	1.104 "	3:1	2:1
	5 2.597 "	1.146 "	1.451 "	3:1	1:1
c	6 2.866 "	0.782 "	2.084 "	4:1	3:1
	7 2.706 "	0.822 "	1.884 "	3,1	2,1
	8 2.091 "	0.740 "	1.351 "	3,	2,1
	9 2.629 "	0.631 "	1.998 "	4,1	3,1



複纖維を芯とした場合の捲縮と芯の内部的位置關係



膠、米糊等を塗付、附着せしめて造つたモデル糸は捲縮を表さないか或は極めて僅の波状の大きい捲縮のみしか起し得ない、但し生ゴムモデル糸のみは極めて稀薄な鹽化硫黄水溶液中に24時間乃至數日漬積放置して置いた後ベンゾール中で再び膨潤せしめた後取り出し急激に乾燥しベンゾールを放出せしめれば、こゝに可成り激しい捲縮が現れ出る。是の事實は充分には不明であるが恐しく生ゴムは鹽化硫黄に依つて少くとも其の一部は加硫されベンゾール中に於て制限された膨潤性を獲得した爲、充分膨潤された後に是を乾燥する事に依つて其の凝集力が捲縮を起すにたる程の大きさに達した爲であらうと想像される、其の原因は兎角として附着物質の質特に其のゲル状態に於ける構造は捲縮を起さす力を生ずる上に又重大な役割を持つであらう事が分る。是れに關しては後に詳細に發表する豫定である。

4. 結 論

以上の結果をまとめて考察すれば(1)ビスコースの場合に於ては塗付ビスコース原液は、先づ凝固分解に依つて纖維素が再生される事に依つて體積の減少即ち收縮が起り其の收縮力に依つて、第一次の捲縮が起り次に水洗乾燥する事に依つて膨潤して居た水和纖維素が更に收縮して其の力に依つて芯は第二次の捲縮を起して圖に示せるが如き、捲縮を示すものと考へられる、(2)カゼイン紡糸液塗付の場合はビスコースの場合の如く分解は無いがフォルマリンに依つて凝固せしめた場合に矢張り、第一次の捲縮が起り是を乾燥せる時膨潤せるカゼインは水分を失ひ容積が著しく收縮し、其の收縮力の不均一性に依つて糸が完全な第二次的捲縮を起すものと

思はれる。(3) ポリステイロール、ベンゾール溶液、醋酸纖維素及硝酸纖維素アセトン溶液等の如きものの塗附に依つて生ずる捲縮は(1)(2)に於て述べた場合の第二次的捲縮が主な原因をなして居るものと考へられる。即ち塗付された溶液は溶媒の蒸發に依つて著しき容積の變化を來たし其の力に依つて捲縮が起るであらう。

以上の(1)(2)(3)いづれの場合に於いても第一次捲縮にしる第二次捲縮にして凝固分解脱溶媒等の變化に依り塗付された物質の溶質粒子相互間の凝集力が著しく大きくなり、其の力の芯の表面に於ける各點の不均一性が捲縮を起す主要原因となつて居ると考へられる。即ち、上述の如き過程を経て生じた凝集力は“芯”の糸に向つて四方から働き $x \sim y$ 軸の方向の力は芯の存在に依つて規定された、其の力の不平均分布に依り軸の廻りの扭ぢれの力として働き Z 軸方向の(長軸に添つた)凝集力は(或は現象的に言へば收縮の力は)かゝる扭ぢれを立體的に起さしめるモーメントとなつて働くであらう、かくて所謂 Wavy structure を持つた羊毛様捲縮が生ずるものと考へられる。

上述の如きモデル糸に於いては纖維内微細構造及其の分子的構造に於て羊毛とは全く異つて居るから、其の弾性及可塑性はかならずしも羊毛に於けると同一では有り得ないが其の履歴性は或る程度まで保證され得るであらう事は其の主要構造の一致の點から想像される。其の點に付いては又次の機會に報告する事とする。

總 括

上述は羊毛纖維内構造が其の捲縮生成上に意味を持つであらうと言ふ考に基いて試みた、羊毛様捲縮機構のモデル實驗であつて是を總括すれば次の如し。

- (1) 羊毛纖維内の顯微鏡的構造を述べ夫等から考へ得られるメリノ種羊毛纖維内構造の模型圖を與へた。
- (2) (1)の羊毛纖維構造が羊毛の捲縮に大きい役割を演ずるものと考へ“芯”の組織を種々の人造纖維を以て代用し是にフィルム性物質を凝着せしめ組織的不均一性を有するモデル糸を製作して是に羊毛様捲縮を生ぜしめる事に成功した。
- (3) 羊毛様捲縮原因は附着物質の凝集力とモデル糸の不均一な構造にある事を理論的に考案し實際に於てモデル糸の捲縮は(a)附着せしめるフィルム性物質の量に依存する事。(d)附着物質と“芯”の相互的な位置關係に依存する事及び(b)附着せしめる物質の性質に依存する事等を推察し實驗に依つて是を證明した。

文 獻

- 1) 平林 清 : 化纖講演集第3輯 P 17-36. 1938
- 2) 小原龜太郎 : Mellilaud Text.-Ber 1938
- 3) " 羊 毛 界 1938
- 4) " 羊 毛 界 1938
- 5) Burgess. doc. cit in Traus, Fraday. soi. vol 29. 239. 1933
- 6) Haller u' Holl Kolloid. Zeitshr. Bd. 75. 212. 1936
- 7) Frey-wysling. Kolloid. Zeitshr. Bd. 85 Heft 3 1938