クレープヤーン*

会 員 源 間 一 郎^{†*}
 “ 福 島 保 治
 宮 坂 智 文

1. ま え が き

撚糸は繊維原料を各方面へ使用する場合に与えられる一般的な形態である。そのためこれまでに多くの研究¹⁾がなされており、力学的性質も理論的に解析されてきた。しかしこれまでの撚糸に関する研究は乾燥状態での問題²⁾が大部分で、湿潤時の性能についての研究はごく少ない状態である。湿潤時の問題は撚糸を衣料用素材として用いる場合に起こるもので、その代表的なものかクレープヤーンの水中における挙動である。クレープ織物はすでに完成された商品として市場に出ているが、製造技術は長年の経験と勘に頼っており、そのためなにかトラブルが発生した場合には、よるべき理論的なデータがないので、その原因の解明がきわめてむずかしいというのか現状である。一見完成されたような製品とはいえ、基礎となるデータはやはり必要であり、このようなデータの集積があってこそ、技術の本格的なものになると考えられるのである。

クレープヤーンの研究1～10報は、クレープのしぼ発生機構を解析し、製造技術に理論的根拠を与えたいとの念願から取り上げたもので、湿潤時に撚糸内部に発生する力と、撚糸構造および素材の物性との関係を明らかにし、内部張力の面から撚糸の変形を論じたものである。初めの1～5報はこの研究の前編で、撚糸構造およびそれに基づく乾燥時の力学的性質を検討し、6～10報で本論である湿潤時の問題を取り扱っている。そこで6～10報を主体として、この研究の概要を説明していくことにする。

2. クレープヤーンの構造と内部張力

撚糸の構造は各構成繊維の軌跡によって示されるが、

＊ Crepe Yarn

† I, Genma, Y Fukushima, Members

神奈川県工業試験場

T Miyasaka, 三菱レイヨン(株)

これに対してはいくつかの仮定が提案されている³⁾。しかし理論的な取り扱いにはらせん構造の仮定が便利である。この研究では試料としてできるだけ理想的ならせん構造に近いモデルヤーンを用いることにした。その作り方は第1～3図に示すとおりである。

(第1図) 単糸を板に巻いたところ

(第2図)
第1図の紙を点線の位置で切開したところ

(第3図)
途中まで巻いた図

すなわち、単繊維の代わりにフィラメントヤーンを用い、これをセリブレーション上に一定ピッチで巻き、第1図に示すように糸と直角に細幅の紙を糊ではりつける。つぎに点線のところで紙を切開すると、第2図のような糸のすたれかてきるから、これを第3図のように片側から一定張力で巻いていく。このようにして作られた単糸束は、各繊維はほぼ平行かつ同心円的に配列しているとみなされるから、この単糸束に撚をかけると、各繊維間に移転現象が起きない限り、らせん状構造と考えてよい。

さて、各繊維は加熱によってひずみを受けるが、いま糸の中心軸から r の距離にある繊維に注目すると、これがうける伸長ひずみ ε_r は、撚数を n t/cm、撚縮みを ε_y とすると、

$$\varepsilon_r = \sqrt{(1 - \varepsilon_y)^2 + (2\pi nr)^2} - 1 \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる。 n, ε_y を一定にすると、この式から撚糸の各層におけるひずみ分布を求めることができる。フィラメントヤーンとして細いアセテートを用い、加熱後蒸気セットをすると、各繊維のひずみはほぼ100%固定されるから、この糸を解撚すれば実際にどのようなひずみを受けていたか実測できる。その結果によると、 $\varepsilon_r > 0$ の層についてはひずみはほぼ式のとおりであり、 $\varepsilon_r \leq 0$ 以内の層については各繊維が座屈を起していること、普通の引揃糸では各繊維は必ずしもらせん状軌跡をとらないが、ある撚数以上になると繊維の移転現象が止り、構造は固定されてしまうので、このような状態の糸では、ひずみ分布をらせん構造の仮定で処理してもよいことがわかった。

さて、加熱によって各繊維が(1)式のひずみをうけると、これに対応する力が撚糸内部に発生する。この場合各繊維は糸軸に対してらせん状に配置しているから、繊維張力は糸軸方向の分力とこれに直角方向の分力に分けられ、前者は糸を軸方向に圧縮しようとして撚縮みの現象に関係し、後者は加熱トルクとして現われる。このうち糸軸方向の諸現象は中立層内繊維群の影響が入ってくるので解析はむずかしいが、加熱トルクはらせん構造の仮定から簡単に計算でき、また測定も容易である。第4図はその結果で、計算値と測定値はよく一致している。

(第4図) 加熱のトルク

試料テリレン 40 d × 60 本 モデルヤーン

さて加熱トルクの理論式によると、加熱によって糸の太さが変化しないならば加熱トルクは繊維度 D の3乗、撚数 n の3乗に比例することになるが、実際の糸ではある撚数以下では加熱によって太さが減少するのでこの比例の関係は成立しない。実験によると加熱トルクが $D^3 n^3$ に比例するのは撚角度がほぼ 30° 以上の撚糸である。ようするにこの付近の撚角度から、撚糸構造が固定され、繊維の移転現象が起こらなくなるものと推定される。したがってクレープヤーンとしては、この撚角度以上のものを指すのが適当であると考えられる。

つぎに撚縮みであるが、前述のように中立層内繊維群の圧縮抵抗が不明であるから、計算で求めることは容易でないが、現象的にいうと撚縮みは撚数に比例して増大するが、ある撚数以上になると撚糸は直線形を保持できなくなる。この付近に達した糸は、あたかも大きいねじりをうけた弾性棒のようなものとなり、ねじりの応力と糸軸方向の張力とのつり合いが破れると、瞬間的にキンクの現象を起し、それによって内部張力の解消をはかるようになる。これはキンクによって加熱が急速に低下することから明らかである。

3. 湿潤時の挙動

クレープヤーンの特長は、湿潤によって大きい変形を生ずることである。織物の両耳で解撚を拘束されているクレープヤーンが、織物表面にしばを発生させることから明らかのように、糸になんらかの力が発生し、それによって変形を起していることは確かである。そこでどのような力が発生し、またその力の作用といった問題について考えてみよう。

3・1 構成繊維に発生する力

加熱したままの撚糸では、構成繊維の伸長に伴う力が解撚トルクとして作用しているので、形態的に不安定である。そこで普通撚止めを施すが、これは伸長ひずみの固定処理にはかならない。一般に繊維は伸長した状態で膨潤加熱し、そのままの状態乾燥させると、ひずみの一部がセットされる。とくに親水性繊維ではこの効果が大きい。撚止めはこの原理を用いたものである。ただこのようなセットは一時的なものであるから、自由状態でふたたび膨潤加熱すると、ひずみはかなり回復し、繊維は見かけ上収縮する。したがって、この収縮を許さなければ収縮力が発生する。実験によると、このときの力 f_1 は、初めのひずみ ε_r の関数で、ある条件下では $f_1 = E_1(\varepsilon_r - \varepsilon_n)$ の形で示されることがわかる。第1表は各種織

(第1表) セノト条件とセノトされた繊維の性能

試料	セノト条件	ϵ_r の範囲	未セノト部分	セノトされた繊維を水中に入れたときの収縮力
ヒスコース	80°C 水 3 min	0~17.5%	0~0.5%	$f_1=1.04 (\epsilon_r-0.045)$ g/d
アセテート	60°C 水 3 min	"	0~0.5%	$f_1=0.53 (\epsilon_r-0.01)$ g/d
生糸	95°C 水 3 min	"	0~1.0%	$f_1=3.34$ g/d
ナイロン	"	"	3~5%	$f_1=(0.057+0.86\epsilon_r)$ g/d
テトロン	"	"	1~4%	$f_1=(0.27+6.25\epsilon_r)$ g/d
				$f_1=\{0.525+0.683(\epsilon_r-0.04)\}$ g/d
				$\epsilon_r=0\sim0.04$ $\epsilon_r=0.04\sim0.15$

について、ひすみ固定後の残留収縮（未セノト部分）、水中に入れたときの収縮力 f_1 の実験結果である。クレーパーン水中に入れたとき、各繊維にこのような力 f_1 が発生することは容易に想像できる。

3・2 換糸の断面膨潤とその影響

親水性繊維の換糸では、繊維は吸水によって断面膨潤を起こすので、その結果換糸もまた断面膨潤を起こす。しかしこの場合換糸の外層の繊維に発生する前述の力 f_1 による圧力のため、換糸が多くなると糸断面の膨潤は押えられるはすて、これは実験的にも確かめられている。換糸の断面膨潤度は繊維、換数によって変わってくるか、このような考察に従えば、外側から締めつける力と同じであれば、断面膨潤度も同じになるはずである。ここで f_1 なる力は ϵ_r の関数であるから、考え方としては加換時に内層繊維群の受ける側圧と同じである。そこで筆者は繊維、換数の異なる多くの試料について、加換時に中立層の受ける側圧と、この換糸の断面膨潤度の関係を作ってみた。その結果は第5図のとおりで、断面膨潤度 S は側圧によって一義的に決ってしまうことがわかった。ようするに換糸の断面膨潤度は内層繊維群の膨潤圧と外層繊維による側圧のつりあうところまで進行するものであるということができる。

ところで換糸が断面膨潤を起こすと、これは外層繊維

に対して伸長作用を及ぼすことになる。このときの伸長は、前述の f_1 なる力が発生した状態でさらに $\Delta \epsilon$ の伸長が生ずる場合に相当するもので、微小伸長量 $\Delta \epsilon$ に対する力を f_2 とすると、 f_2 は実験式としてつぎのように表わされる。

ヒスコース レイヨン $f_2=40\epsilon_r \Delta \epsilon$ g/d

生 糸 $f_2=(11.9+190\epsilon_r) \Delta \epsilon$ g/d

アセテート $f_2=(11.25+43.7\epsilon_r) \Delta \epsilon$ g/d

... .. (2)

これらの測定条件は第1表の場合と同様である。以上のように、親水性繊維の換糸では、湿潤によって外層繊維に f_1+f_2 の力が発生しているということになる。非親水性繊維の場合には f_1 だけである。

3・3 湿潤した換糸に発生する内部張力

これまで述べたように、換糸が湿潤すると構成繊維には f_1, f_2 の力が発生するか、これらの力の合力の作用として換糸は変形を起こすことになる。この場合の変形は、加換のときと同様、解換と収縮である。この解換トルクと収縮力を考えてみよう。

まず解換トルクであるが、これは繊維張力の糸軸に直

(第5図) 側圧と断面膨潤度の関係

(第6図) 解換トルクの計算値と実測値
(ヒスコース人絹 75 d × 45 本)

維角方向の成分と糸の太さ（膨潤状態での）がわかれば容易に計算できるもので、第6図に理論値と実測値を示したが、両者はきわめてよく一致している。¹¹⁾

つぎに糸軸方向の収縮力であるが、これには中立層内繊維群の役割を考えなければならない。この部分の繊維には、繊維張力は発生していないが、全体として膨潤圧を外層繊維群に及ぼしている。そこでいま中立層内繊維群を形成する部分を半径 R_n （中立半径）の円柱とみなし、この部分に作用する力を考えると、これは第7図に示すように繊維張力の糸軸方向分力の和 P と膨潤

P ; 繊維張力の糸軸方向分力の和
 σ_c ; 繊維張力による側圧
(第7図) 中立層内繊維群に作用する力

圧とつりあう側圧 σ_c である。円柱をヤング率 E_m 、ポアソン比 ν の物体と仮定すると、2つの力の作用による軸方向の変位 ε_z は

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E_m} (p - 2\nu\sigma_c) = \frac{1}{E_m} \left(\frac{P}{\pi R_n^2} - 2\nu\sigma_c \right) \dots (3)$$

したがってこの変位を許さないときに表われる収縮力 P_W は

$$P_W = \pi R_n^2 \varepsilon_z E_m = P - 2\pi R_n^2 \nu \sigma_c \dots (4)$$

理想的ならせん構造の燃糸においては、 $\sigma_c = 2\pi n^2 P$ の関係があるから、¹²⁾ P_W はさらに

$$P_W = P - 4\pi^2 n^2 R_n^2 \nu P = P - P_R \dots (5)$$

ただし $P_R = 4\pi^2 n^2 R_n^2 \nu P$ である。ようするに燃糸の軸方向に現われる収縮力 P_W というのは、繊維張力の糸軸方向の分力の和ではなく、これより小さくなる。ビスコース人絹の場合についてみると、 $P_R = 0.42P$ で、実際の収縮力 P_W は $P - P_R = 0.58P$ 程度になる。

以上の解熱トルク収縮力ともにクレープヤーンに発生する力として測定可能なものであるが、収縮力は繊維張力の大きさをそのまま示すものでないことがわかる。クレープのしば立て能力をよく“燃内力”という言葉で呼ばれているが、燃内力が繊維張力の実体を指すものであるならば、これは解熱トルクで比較すべきで、収縮力では意味がないことを承知しておく必要がある。実際の燃糸では構造的に理想らせん構造とは若干異なるので、

上述の考察をそのまま適用するには多少問題はあるが、実験的に収縮力、解熱力、しば立て能力の関係を調べると、燃数が多くなるほどしば立て能力は高くなり、これに比例関係のあるものは解熱トルクで、収縮力はある燃数から逆に小さくなる現象を示している。¹³⁾ すなわち軸方向収縮力はしば立て能力の大小を示していないことが確かめられた。

3・4 解熱トルクと材料の物性

解熱トルクを理論的に計算すると、これは f_1 なる力による項 T_1 と、 f_2 の力による項 T_2 に分離することができる。¹⁴⁾ そこで各種材料の燃糸について、解熱トルクが T_1 、 T_2 のどちらで支配されるか検討してみると、つぎのようになる。

a. ビスコース人絹

f_1 はごく小さいが断面膨潤度 S が大きいので f_2 はかなり大きくなり、解熱トルクはほとんど T_2 によって決定される。 T_1 も参加するが、その値は T_2 の $1/2 \sim 1/3$ 程度である。

b. 生 糸

この場合は燃止めの過程で繊維のひずみはほとんど限界まで回復してしまうので、 f_1 による項は発生しない。 T_2 だけで決まる。生糸では f_1 の値が大きいので、解熱トルクに T_1 が寄与しないのはきわめて不経済である。 T_1 を発生させるには湿式燃糸を採用するとよい。

c. アセテート

これはビスコースと同形で、 T_1 、 T_2 の両者が発生し T_2 の方が大きい。同一微小伸長に対する f_2 の値はビスコース人絹より大きい、断面膨潤度そのものがビスコースの $1/4$ 程度であるため、 T_2 は大きくなれない。

d. ナイロン、テトロン

これは T_1 だけで決まる f_1 の絶対値がきわめて大きいので、 T_1 も大きい。

ところで解熱トルクを大きくすることがクレープヤーンにとっては望ましいのであるが、この場合 T_1 、 T_2 のどちらを大きくした方が有利かを考えてみる。ここで T_1 は繊維のひずみ ε_r と直接の関係があるから、 T_1 を大きくするには ε_r の大きい燃糸が必要である。これは加熱作業が困難であり、かつ材料にも無理が生ずる。これに反して T_2 は ε_r に直接関係なく、断面膨潤度を大きくすれば T_2 は大きくなるから加熱作業には無関係である。したがって材料的にみると、 T_2 の大きいものが有利である。ビスコース、レーヨン、生糸などはこのタイプでクレープ用素材としてはきわめて有利といえる。ア

セテートもこのタイプに近いが、表面けん化処理を行なえば、しぼ発生の効果はさらに大きくなるはずである。ナイロン、テトロンなどその他の非親水性繊維は T_1 だけに頼らざるを得ないので、加熱、撚止めに技術的困難が伴うことになる。

3・5 軸方向の収縮と繊維張力の変化

湿潤によってクレープヤーンには内部張力が発生し、これが解熱トルク、収縮力となって現われるが、解熱を拘束した場合には、まず軸方向の収縮が起こり、これによって内部張力の解消をはかることになる。この場合繊維のひずみは撚糸の収縮に伴って減少するが、初め $\epsilon_r + d\epsilon_r$ であったひずみがある収縮量において ϵ_r になり、さらに撚糸が収縮すると残留ひずみ ϵ_{res} に達し、ここで張力がゼロとなる。ひずみが ϵ_r から ϵ_{res} に達するまでに繊維張力 f_1 がどのように変化するかをビスコース人絹について実験すると第8図のようになる。すなわち

(第8図) ひずみの回復途上における繊維張力 f_1 (ビスコース 75d)

あるひずみに対応する張力 A, B, C, D, E はひずみの回復に伴い、 $AA', BB', CC' \dots$ の線にそって減少する。撚糸断面各層におけるひずみが、撚糸の収縮によってどのように減少するかは幾何学的関係から容易に計算できるから、これに第8図の関係を適用すれば繊維張力減少も計算できる。

この計算の場合、膨潤性繊維については、収縮による断面膨潤度の増大を考慮に入れる必要がある。

収縮により各断面の張力がどのように変わるかがわかれば、簡単な計算で解熱トルクの計算もできる。第9図はその一例で、実測値と比較してあるが両者はかなりよく一致しており、繊維張力減少の機構が予想どおりであることを示している。なお各撚角度について、解熱トルク T と収縮量 C の関係を示すと第10図のようになり、 $T_c = T_0 e^{-\lambda C}$ の形が得られる。ここで λ は撚角度によ

単糸ビスコース人絹 75d

1: 60本, 90 t/30 cm, $\theta_R = 35^\circ 16'$

2: 45本, 100 t/30 cm, $\theta_R = 34^\circ 18'$

3: 30本, 125 t/30 cm, $\theta_R = 34^\circ 48'$

(第9図) 撚糸の収縮と解熱トルクの変化

(.....印の C が限界収縮量
このときの解熱力が残留解熱力)

(第10図) 収縮による解熱トルクの減少と収縮完了後の残留解熱トルク (ビスコース人絹 75d × 45本)

て決まり、撚角度が大きいほど λ は小さくなる。すなわち、撚角度の大きいものほど収縮による解熱トルクの減少が小さいことを示している。

3・6 収縮の限界

撚糸は収縮によって繊維張力を解消し、安定な状態へ移行するが、収縮できる限界が問題になる。軸方向の収

縮は実効的な収縮力 P_W によって支配されるから、収縮は P_W がゼロになるところまで進行する。したがって収縮の限界を求めるには、収縮による P_W の変化を検討する必要がある。

まえにも述べたように、収縮力 P_W は繊維張力の糸軸方向分力の和 P と、中立層内繊維群の膨潤に基づく圧縮抵抗 P_R からなっているが、燃糸が収縮すると当然 P は減少する。解熱トルクの場合と同様の手順で P の計算をすると第11図のようになり、 C だけ収縮したときの P の値 P_c は、初めの値を P_0 とすると $P_c = P_0 e^{-\lambda' C}$ の形をとる。

(第11図) 燃糸の収縮と燃糸軸方向圧縮力 P の変化 (ビスコース人絹 75 d × 45 本)

ここで λ' も燃角度によって決まる 常数であり、燃角が大きいくほど λ' は小さくなる。一方 P_R はやや複雑である。前述のように、 P_R は $P_R = 4\nu\pi^2 n^2 R_n^2 P$ の形で示されたが、燃糸が収縮すると、中立層近くの繊維から張力がゼロになるので、収縮によって中立層は拡大する。すなわち R_n^2 の項は大きくなる。また他方 P は減少する。そこで ν が収縮途上で変化しないという仮定のもとに $4\pi^2 n^2 R_n^2$ と P の積を、収縮量 C の種々の値に対して計算し、これを初めの値と比較すると、ほとんど差がない。¹⁵⁾ すなわち P_R は燃糸の収縮途上で不変であるとみなしてよい。このような仮定のもとでは C だけ収縮した後の残留収縮力 P_{WC} は、

$$P_{WC} = P_C - P_R = P_0 e^{-\lambda' C} - P_R \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。 λ' は燃角度によって決まるが、 $\theta_R = 25^\circ \sim 35^\circ$ の間では実験式として $\lambda' = 67 - 1.55 \theta_R$ と表わされる。ビスコースレーヨンでは $P_R = 0.42 P_0$ とおけるから、この関係を用いて計算した P_{WC} と実測値を比較する

(第12図) 燃糸の収縮と収縮力 P_W の変化 (ビスコース 75 d × 45 本, $\theta_R = 35^\circ$)

と第12図に示すように両者はきわめてよく一致する。

さて収縮の限界は P_{WC} がゼロになるときであるが、これには2つの場合がある。すなわち収縮によって最外層繊維の張力がゼロになり、 P_R ともにゼロとなるととき、 P_C が P_R に等しくなるときである。ところが

クレープヤーンの場合には、最外層繊維の張力がゼロになる収縮量はかなり大きな値であって、そのような収縮量に達するまでに $P_C = P_R$ となってしまう。すなわちクレープヤーンの収縮量は $P_C = P_R$ になる収縮量で決められる。これは (9) 式から

$$P_0 e^{-\lambda' C} - P_R = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

を満足する C として求められる。 λ' は燃角度の関数であるから C も燃角度の関数となる。ビスコースレーヨンの場合を例にとると、 $P_R = 0.42 P_0$ であるから

$$e^{-\lambda' C} - 0.42 = 0 \quad \dots\dots\dots (11)$$

から C が求められる。計算値と実測値を第13図に示しておくが、両者はよく一致する。

(第13図) 限界収縮量と燃角度の関係

ビスコース 75 d × 30 本モデル ヤーン

① 175 t/30 cm ② 150 t/30 cm

③ 125 t/30 cm

(第14図) 収縮の限界における
解熱力の変化

キックの現象を起こし、それによってより安定な状態へ向かうことになる。これがクレープヤーンの最終挙動である。第14図は収縮完了付近の解熱トルクの実測結果で、図に示すように矢印のところでキックを起こして、解熱トルクは急激に減少する。

4. クレープ用素材

以上述べてきたように、クレープヤーンは水中に入れたときに、軸方向の収縮を完了した後でキックを起こすことが特長であり、またこのような性能を要求されるものである。したがってクレープ用糸としては、収縮完了後にキックを起こすに十分な解熱トルクを残留していることが必要である。このような要求を満たすためには i) 湿潤時の燃糸の構成繊維に発生する張力を大きくし、ii) 燃糸の収縮に伴う前記繊維張力の減少割合を小さくし、iii) しかもこの繊維張力が容易に解消しないことが必要で、このような条件にかなった素材と、燃構造を用いればよい。具体的にはつぎようになる。

まず繊維張力であるが、この場合の張力はある条件下でセットされたひずみが、湿潤加熱によって回復するときの張力である。分子間力の大きなもの、たとえばナイロン、テトロンなどは、燃止めの条件を甘くすれば、大きな張力を示すものである。生糸は中程度、ビスコース、アセテートはともに小さい。しかし、生糸とかビスコースの場合には、燃糸断面の膨潤が起こり、これが繊維を微少伸長させるので、この伸長に対応する力が前記張力に付加されて、繊維張力はかなり大きくなる。要するに分子間力の大きな繊維とか膨潤性の大きな繊維では、織

維張力そのものを大きくすることができるのである。

つぎに燃糸の収縮に伴う繊維張力減少の割合であるが、燃糸構造の面からいうと、燃角度が大きいほどよい。最外層繊維に発生する張力の、燃糸の収縮による減少割合を計算すると、燃角度が大きいほどこの割合の小さいことがわかる。また燃糸の収縮によって断面膨潤度が増す場合も、この割合は小さくなる。

最後に繊維張力が容易に解消しない素材であるが、これはある条件下でセットされたひずみが、繊維をふたたび膨潤加熱したとき、すぐれた回復性を示すような素材である。一般に分子間力の大きな合成繊維はすぐれた回復性を示すものである。ビスコース生糸もかなり悪い。このようなものでは、燃糸のわずかな収縮でも張力が早期にゼロになってしまうから、キックは起きない。

与えられた繊維がクレープ用素材として適当かどうかは、前記の i) ii) iii) について検討すればよい。

なお製造技術上の問題について若干ふれることにする。これまでの所論で明らかなように、分子間力が大きく、ひずみの回復性のすぐれたものならば、非膨潤性繊維でも十分にクレープになるが、このような繊維の場合は、通常のセットの適温よりかなり低い温度で燃止めを行なう必要があるので、100°C 以下の蒸気を使用するが、この条件では燃止めが完全に行なわれない。したがって糊剤のようなものを補助的に使うことが必要であり、ここに技術上の困難性がある。またこれらの繊維によるクレープは、解熱力にひずみ回復に伴う張力だけを利用し、膨潤の項が全く含まれないので、しば立ち後乾燥された燃糸において、各繊維が移動できるような空隙の存在は期待できない。したがって製品がどうしても硬い感じになることが避けられない。

参考文献

- 1) たとえば
藤野清久; 京都高等工芸創立 30 周年記念論文集 昭 7
M. M. Platt; Text. Res. J., (1950-1)
我妻直夫; 織工試験報 31 号 (昭 29)
J. W. S. Hearle; J. Text. Inst., 49, T389 (1958)
- 2) たとえば
J. B. Maginnis; Text. Res. J., P165 (1950-3)
針谷, 三原, 安藤; 旭化成 繊維の研究 3-2 (1957), 4-1 (1958)
J. M. Gregory; J. Text. Inst., 47, T541 (1956-10)
- 3) 1) に同じ
- 4) 源間, 福島; 織機誌 13, 6, 426 (1960)
- 5) " ; " 13, 10, 720 (1960)
- 6) " ; " 14, 1, 54 (1961)
- 7) P. H. Hermans; Physics and Chemistry of Cellulosic Fibers, P421
- 8) 源間, 福島; 織機誌 16, 5, 451 (1963)
- 9) " ; " 16, 5, 366 (1963)
- 10) 8) に同じ
- 11) 源間, 福島; 織機誌 16, 7, 525 (1963)
- 12) 源間, 福島; 織機誌 16, 11, 803 (1963)
- 13) " ; " 14, 3, 188 (1961)