

乾熱処理による網糸の性状変化について*

(ナイロン・ビニロン・ポリエチレンの各系)

高 瀬 増 男

On Change in Some Properties of Netting Twines
(Nylon, Vinyon—spun and multifilament—and
Polyethylene) Treated with Heated Dry Air

By
Masuo TAKASE

The change in some properties of the four kinds of synthetic netting twines (Table 1) brought by the heated dry air treatment in the tension free state was examined (Figs. 1—3). One of the most noteworthy findings was the remarkable difference in the results due to the construction of the twine.

Namely, a remarkable difference could be found between the vinyon multifilament twine and the vinyon spun twine in the shrinkage and the relative elongation (E_i/E_r) after the treatment at the temperature above 100°C. The influence of the thermal treatment on the vinyon spun netting twine examined here showed the different results from that on the vinyon spun yarn reported by NARITA⁸⁾.

In the treatment for the netting twine, much attention should be paid to the tensile strength and its variation after the treatment. And from the results obtained here, the recommendable temperature for the heated dry air treatment was estimated to be about 140°C for nylon multifilament twine, vinyon multifilament twine and vinyon spun twine, and 80°C or so for polyethylene monofilament twine.

緒 言

近年合成繊維製の網糸と網地が多量に使用されているがその大部分は熱処理によって形態を固定している。通常この熱処理には乾熱処理と湿熱処理の二通りがある。これまで網糸の熱処理に関してはアミラン網糸の

* 水産大学校研究業績 第649号 1972年1月24日 受理。
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 649.
Received Jan. 24, 1972.

乾熱処理では石井¹⁾、ビニロン系網糸の湿熱処理では小泉・石井²⁾ および浸水・煮沸によるナイロン・ビニロン・塩化ビニリデン系網糸の湿熱処理では小泉³⁾ 等の研究がある。その他、繊維製造・織物および染色部門における乾・湿両熱処理による単繊維や紡績糸の諸性状ならびに繊維の内部構造に関連する研究^{4)~8)} はかなり多い。このように、繊維の紡糸過程ならびにその関連部門で取り扱う熱処理の範囲についてはかなりの知見が得られているが、紡糸過程後の網糸の熱処理については不明な点が多い。そこで、本実験では漁具資材用網糸の熱処理後の性状を調べたので、その結果について報告する。

本報告にさきだち、ご校閲をいただいた本校元教授鶴田三郎氏に感謝の意を表します。

実験材料および方法

実験材料は市販網糸のなかでナイロン* マルチ網糸 (210^D/4×3/Z)・ビニロンマルチ網糸 (250^D/4×3/Z) ・ビニロン** スパン網糸 (20^S/4×3/Z) およびポリエチレン*** モノ網糸 (200^D/4×3/Z) の4種である。なお第1表にこれら網糸の構成、直径および撚数などの明細を示した。これら網糸はその1種類ごとに直径では読取顕微鏡による10回の測定値を、撚数では10回検撚機にかけて測定したものの平均値をそれぞれ表わした。

Table 1. Details of the tested netting twines.

Construction	Diameter (mm)	Number of twist (*T)		Note
		Final	First	
Nylon multifilament twine 210 ^D /15f 4×3/Z	0.80	83	147	Undyed
Vinylon multifilament twine 250 ^D /36f 4×3/Z	0.84	81	151	Undyed
Vinylon spun twine 20 ^S 4×3/Z	0.82	92	217	Undyed
Polyethylene monofilament twine 200 ^D /1f 4×3/Z	0.82	78	91	Stained in light cutch colore at pellet state

*T: Number of twist per 30 cm.

網糸について、抗張力および伸長率の測定ではインストロン型試験機 (島津製 I S-500, エアーチャック 100kg用) を、熱処理では同機付属の恒温槽 (-50℃~250℃) をそれぞれ用いた。糸長測定用器材としては長さ70cm, 幅15cm, 厚さ 0.7cmの石膏よりなる測長板と25gの鉛重垂を用いた。

供試網糸を糸種別に長さ約70cmに切断して両端を焼止めし、室内に約2日間放置後糸長測定を行ない、さらにこれを恒温槽に入れ熱空気により処理した。なお、恒温槽内の温度上昇速度は毎分平均 4.6℃である。

糸長測定: まず、網糸の原長を定めるために、熱処理前の室温時に測長板上で網糸10本を1組として1本ごとに25gの重垂を下げてその長さを測り上下両標点をマークしてその間隔を 500mmにとり、これを原長と

- * マルチ網糸: マルチフィラメントヤーンを撚り合せた網糸。
- ** スパン網糸: けん切紡績によって得られたヤーンを撚り合せた網糸。
- *** モノ網糸: モノフィラメントを撚り合せた網糸。

した。つぎに網糸10組を恒温槽内に同時に吊り下げ、これら網糸に自由熱収縮を与えるために無緊張状態のまま熱空気によって室温から次第に昇温させる。この恒温槽内の網糸がそれぞれの設定温度に達するごとに順次1組を取り出して、室内に約24時間放置した後、測長板上で再び1本ごとに25gの重垂を吊り下げて網糸長をmm単位で測った。以上の操作を各糸種について行なった。

抗張力および伸長率測定：網糸長を測定した後前記インストロン型試験機により抗張力 (kg) および伸長率 (%) を測定した。このときのチャートのフルスケールを25kgにとつたのでその最小目盛は0.25kgであった。また、この試験機にかけた網糸の摘間隔を30cmにとり、その引張速度を毎分 200mmとし、チャートの巻取り速度をこれに一致させた。

結果および考察

収縮率：熱処理前の網糸の糸長標点間隔 500mmを原長 S_r とし、原長と熱処理後の網糸長との差を S_i

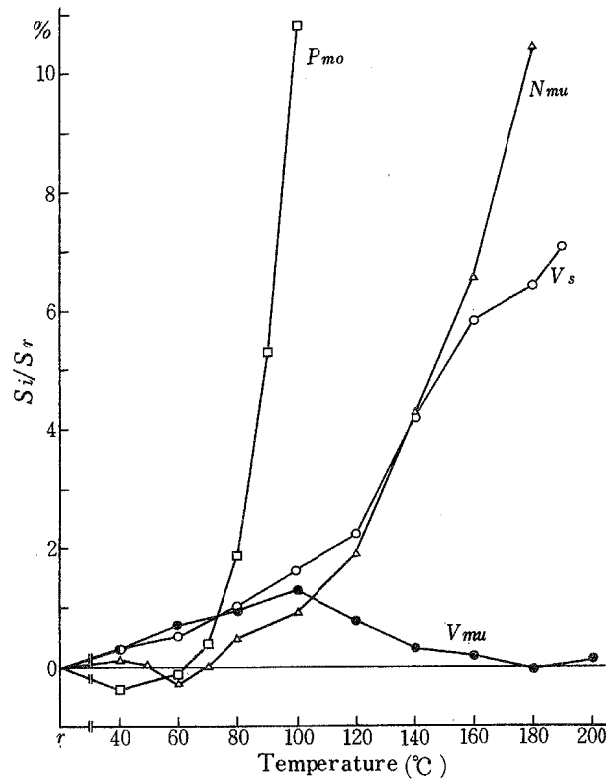


Fig. 1. The relation between the treated temperature and shrinkage (S_i/S_r in percent) of netting twines.

Note: S_r : The length of netting twine before the heat treatment (the original length at room temperature).

S_i : The difference of lengths after the treatment from the original one.

r : Room temperature.

△ N_{mu} : Nylon multifilament twine (210^D/4×3/Z).

● V_{mu} : Vinylon multifilament twine (250^D/4×3/Z).

○ V_s : Vinylon spun twine (20^S/4×3/Z).

□ P_{mo} : Polyethylene monofilament twine (200^D/4×3/Z).

The same marks and abbreviations of the twines as this figure were used in all the other figures.

としたとき、収縮率(%)は S_i/S_r であらわされる。各設定温度に対する網糸の収縮率を糸種別に第1図に示した。

ナイロンマルチ網糸の収縮率はまず、70℃までは極めて小さく、不規則な変化を示している。これは加熱の影響か、他の要因によるものかは明らかでない。これに関して淵野等⁵⁾によれば、一般に繊維の物性が変わる二次転移点や熱応力の最大値を示す点等は自由熱収縮率と絶対温度の逆数との関係において推定されると報告している。しかし、実験方法がこれと異なるので、この変化点についての考察は省く。つぎに、70℃をすぎると収縮率は温度の上昇と共に増加の傾向を示し、180℃で約10.5%収縮した。

ビニロンマルチ網糸は他の3種の網糸と非常に異なった収縮現象がみられた。すなわち、収縮率は40℃から100℃までは温度の上昇とともに増加して100℃になると約1%の値を示す。この100℃までの本網糸の収縮率はビニロンスパン網糸と類似の傾向を示したが、これを越えると反対に次第に小さくなって180℃に至ってほぼ0になり原長に等しくなる。このように、本糸種は100℃をこえると収縮率の減少が認められた。この原因を究明するにあたり本網糸の熱処理についての報告がないので追求できなかった。しかし、今後は本網糸の熱収縮の現象を連続的に観測できる装置を用い熱応力測定⁴⁾を行ない本実験と対比してみれば興味ある結果となるものと考えられる。

ビニロンスパン網糸の収縮率は40℃から120℃まで緩慢な増加をたどりながら120℃で約2%の収縮を示し、これを越すと処理温度の上昇とともに増大に転じ190℃では約7%収縮した。しかし、ビニロン紡績糸(20^s単糸)を用いた成田⁸⁾の実験によると、収縮率は50℃で約2%となり、その値のまま200℃までは横這い状態であり、これを越えると急増に転じている。このように、成田の実験結果は本実験のそれとかなり異なっている。

また、同時にビニロン天竺規格品を用いた成田の実験によると、この織物の収縮率は経方向と緯方向の収縮に幾分かの差はあるが、60℃~140℃の範囲で約2%から約8%まで次第に増加している。

これらのことは紡績糸とその集合体である織物とでは乾熱収縮の傾向に差異のあることを示している。このことから単糸とその集合体である網糸、または網糸とそれを多数連結した網地とでは同様に乾熱収縮の傾向に差異があるものと推測される。

ポリエチレンモノ網糸の収縮率は60℃付近までは負の値を示すが、これを越して100℃まで急激に増加し、約11%の大きな値を示している。この網糸が低温側で負の値を示し、原長よりも長くなっていることについては、前述のナイロンマルチ網糸と同様の理由で検討を省く。

強力保有率：熱処理前の網糸の抗張力を T_r とし、熱処理後の抗張力を T_i としたとき、強力保有率(%)を T_i/T_r として処理温度との関係を糸種別に第2図に示す。ただし、ポリエチレンモノ網糸のみは最大抗張力の値を採用した。これはこの網糸が最大抗張力を示した後、さらに流伸し抗張力の低下した点で切断する現象があるので、本実験では通常表示される方法にしたがったものである。

ナイロンマルチ網糸の強力保有率は40℃から140℃までは103%前後の値を示したが、140℃を越えると急激に低下して190℃に達すると原網糸の約半分の強さとなった。しかし、140℃を越えると抗張力が試料1本ごとに大きく変化する。この傾向は温度の上昇とともに著しくなる。

これに対し、石井¹⁾によるアミラン網糸(250^D/2/6, 3/6, 2/4)の抗張力は(設定温度において30分間加熱処理後室内で放冷)120℃付近まではほとんど変化なく、これを越えると低下の傾向を示している。このように、両糸種で変化点の異なるのは供試材料や実験方法の違いによるものと考えられる。

ビニロンマルチ網糸の強力保有率は40℃~140℃の範囲では次第に大きくなり140℃に達すると約109%の値を示した後低下に転じている。ところが、180℃を境にして急激に強力保有率は低下の傾向をたどり、200℃になると約85%の値を示すとともに抗張力が試片ごとに大きく変化する。また、この網糸の強力保有率は80℃から120℃までは他糸種よりも大きな値を示した。

ビニロンスパン網糸の強力保有率は100℃付近までは小さく、ナイロンマルチ網糸とポリエチレンモノ網糸とほぼ似た傾向をたどるが、100℃を越えて高温側に向かうほど増加して、140℃では約110%の値を示した。

ところが、さらに高温側に向かうと、反対にやや低下の傾向を示した。しかし、本網糸は他の糸種に比し、急減する変化点を示さなかった。

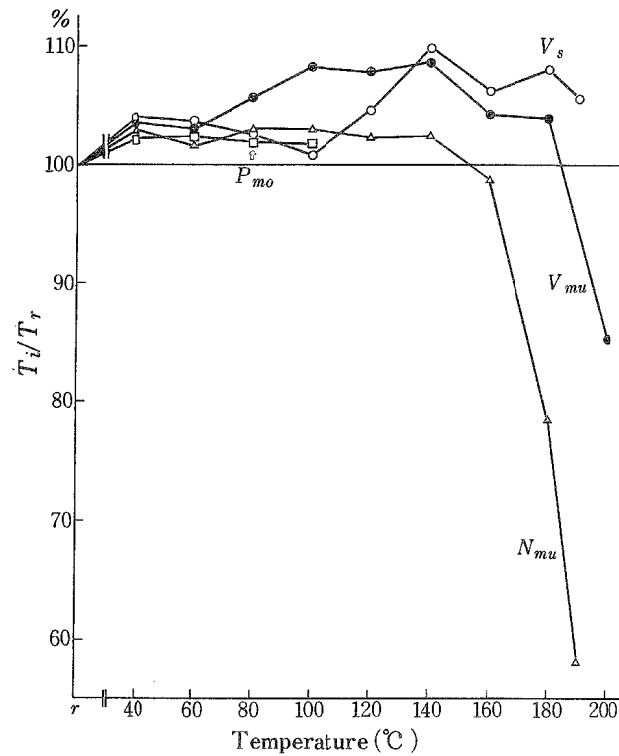


Fig. 2. The relation between the treated temperature and the relative tensile strength after the treatment (T_i/T_r in percent) of netting twines.

Note:

T_r : The tensile strength of netting twine at room temperature before the heat treatment.

T_i : The tensile strength after the treatment.

r : Room temperature.

これに対しビニロン紡績糸 (20⁸単糸) を用いて乾熱処理 (設定温度で60分間処理) した成田⁸⁾ の結果によると、加熱温度の上昇とともに抗張力は低下をたどり、180°C を越すと急激に低下すると述べている。つまり、この紡績糸の強力保有率は100°C で約100%、つぎに180°C では約80%となり、さらに190°C では約63%、200°C で約48%の低い値を示した。しかし、本実験でのビニロンスパン網糸の強力保有率は40°C ~ 190°C の範囲では最大が約110%、最小が約101%で、処理前の抗張力よりも大きく、成田の実験と著しく異なる。この強力保有率の差異の原因としては実験方法が異なっているほかに、網糸と織物用紡績糸とでは原糸の製造方法やその性状に若干の違い⁹⁾ がみられること、さらに、紡績糸 (単糸) と網糸との形態的な差異などがあげられる。

ポリエチレンモノ網糸の強力保有率は40°C ~ 100°C の範囲では102%前後の値を示して横這状態であり、急減する変化点がみられずナイロンマルチ網糸やビニロンスパン網糸のそれとほとんど同じ傾向を示した。さらに、この実験では100°C においても試片の抗張力はほぼ同じ値を示した。したがって、抗張力からみた場合、一層高温側での熱処理が可能と思われるが、この繊維の軟化点⁹⁾ が100°C ~ 115°C、熔融点⁹⁾ が125°C ~ 135°C であることから100°C に近い乾熱処理の場合にはその温度管理にとくに注意しなければならない。

そのほか、各網糸の抗張力は熱処理前より処理後に大きな値を示す範囲がある。この原因については本実

験のほかに淵野・中里⁷⁾による熱応力その他の実験方法を加えて、今後追求してみる必要がある。

伸度保有率：網糸の伸長率（ポリエチレンモノ網糸では最大抗張力を示すときの伸長率）において、熱処理前の値を E_r 、熱処理後の値を E_i としたとき伸度保有率 (%) を E_i/E_r として表わし、処理温度との関係を糸種別に第3図に示す。

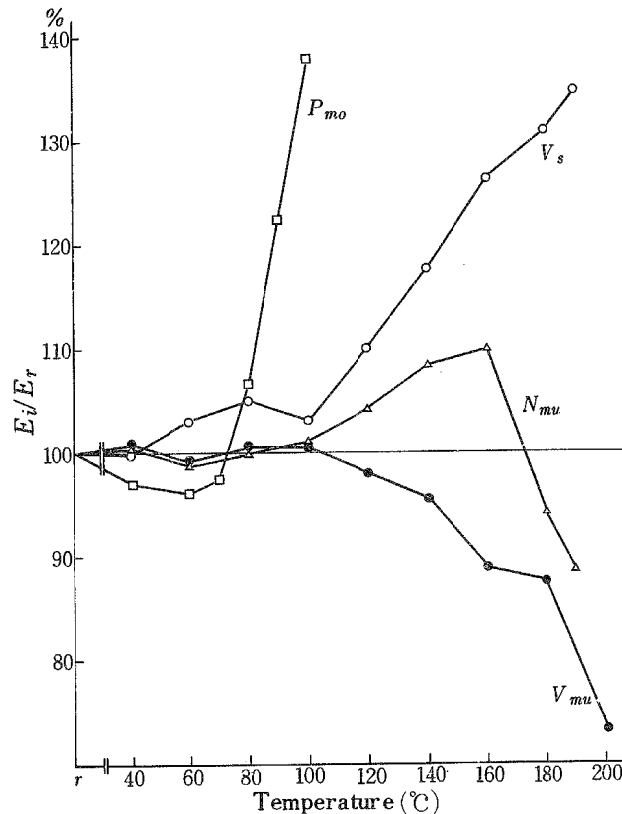


Fig. 3. The relation between the treated temperature and the relative elongation after the treatment (E_i/E_r in percent) of netting twines.

Note:

E_r : The elongation of netting twine at room temperature before the heat treatment.

E_i : The elongation of the netting twine after the treatment.

r : Room temperature.

ナイロンマルチ網糸の伸度保有率は40°C~100°Cでは処理前の値とほぼ等しく、100°Cから160°Cにかけて急増し160°Cでは約110%の最高の値となる。ところが、この保有率は160°Cをすぎると急激に低下し始め190°Cになると約88%の低い値を示す。これに関連して石井¹⁾はアミラン網糸の伸長率が120°C付近まではあまり変化なく、これを越すと急激に低下することを指摘している。このように、両網糸の伸長率にみられる変化点の差異は前記した抗張力の場合と同様、供試材料や実験方法の違いによるものと考えられる。

ビニロンマルチ網糸の伸度保有率は40°C~100°Cの範囲ではナイロンマルチ網糸とほぼ同様な傾向を示したが、100°Cを越すと処理前の値よりも小さくなり、200°Cに達すると約73%となる。これに対しビニロンスパン網糸の伸度保有率は40°C~100°Cではやや増加の傾向を示し、さらに100°Cを越えると急増に転じ、190°Cになると約135%となる。このように両網糸は同一系統であるが、100°Cを境にして伸度保有率に著し

い差異が認められた点特徴的である。ビニロンスパン網糸を用いた本実験に対して、成田⁸⁾によるビニロン紡績糸(20^s単糸)の実験結果では100℃から180℃までは処理前の値よりも大きく、180℃で約113%となり、これを越えると急減の傾向を示している。このような網糸と紡績糸の伸度保有率にみられる変化点の差異は前記した強力保有率の差異の原因と同じ理由によるものと思われる。

ポリエチレンモノ網糸の伸度保有率は40℃~70℃では処理前の値よりも減少し、70℃を越えると急増に転じ100℃付近になると約138%となる。この網糸の伸度保有率は前記の収縮率にみられた傾向と極めて似ている。このような処理温度に対する伸度保有率の変化の原因としては加熱の影響かまたはその他の要因によるものかは不明であるが、ポリエチレン繊維の内部構造と加熱による変化点との間に何らかの密接な関係が存在しているものと考えられる。

乾熱処理における要注意温度・呈色および指触曲げ剛さ：淵野・中里⁷⁾は熱可塑性合成繊維の熱的形態固定の理論的乾熱最適温度がパーロンLでは190℃、66ナイロンでは225℃、オーロンでは200℃およびテリレンでは234℃をそれぞれ示すことを述べた。この各繊維にみられる乾熱最適温度は、これら繊維のそれぞれの軟化点^{9)~11)}に非常に接近している。したがって、本実験に用いたこれら繊維の適温が同様に軟化点^{9),11)}に近いものとするならば熱固定の温度管理に十分な注意を払わなければならないであろう。また熱固定のみが満足されたとしても抗張力や他の性状が適当な値に保たれているかどうかを考えにいなければならない。漁具資材はその使用目的によって重点がおかれる性状とその許容範囲が異なる。しかし、ここでは漁具資材として一般的に要求されている抗張力の大きいこととその偏差が小さいことに重点を置き、熱空気乾熱処理におけるおおよその要注意温度を検討してみた。

ナイロンマルチ網糸とビニロンマルチ網糸では140℃付近に強力保有率の低下始点があり、抗張力の偏差も同温度付近から試片ごとに大きく変化している。そこで、両網糸の要注意温度は140℃付近を目安としてよいであろう。

ビニロンスパン網糸の強力保有率は140℃付近に増加のピークを示し以後高温側に低下し始めており、抗張力の偏差ではナイロンマルチ網糸のように試片ごとに大きな変化は示していない。しかし、強力保有率の低下始点に注目し、本網糸の要注意温度は前記した網糸と同じく140℃付近を目安としてよいであろう。

ポリエチレンモノ網糸の強力保有率は他糸種のように明らかな低下始点を示していないし、100℃になっても抗張力の偏差が大きくなる。したがって、前述のように熱固定の最適温度が軟化点に近いものとするならば、100℃付近としてもよいであろうが安全をみこんで、この網糸の要注意温度は80℃付近を目安としてよいであろう。

なお、各網糸の要注意温度はその前後における設定温度間隔を±20℃(一部±10℃)として処理したため正確さに難点があるので設定温度間隔を一層細かくするとともに設定温度に対する処理時間との関係をも明らかにしなければならないものとする。また、それらの網糸に対する熱処理の影響は温度上昇速度によっても多少変るものとする。

これらのほかに石井¹⁾や成田⁸⁾が指摘しているように各網糸の乾熱による呈色の問題がある。すなわち、ナイロンマルチ網糸では180℃付近から淡黄色を、190℃付近では熔融に近い状態を示した。ビニロンマルチ網糸では180℃付近から淡黄色、200℃で帯黄褐色を示した。ビニロンスパン網糸では160℃付近から淡黄色、180℃で黄色、190℃では帯黄褐色を示した。ポリエチレンモノ網糸(淡カッチ色原液染)では100℃でやや透明となり、110℃で収縮が激しいために撚り縮みの極端な状態が現われた。

さらに、室内放冷後の各網糸の指触曲げ剛さは程度の差はあるがいずれも処理前に比し剛さを増している。したがって、今後は以上の実験のほかに曲げ剛さについても検討してみる必要がある。

要 約

熱空気乾熱処理による網糸の収縮率、抗張力および伸長率につき、その性状の変化を求めるため、市販の網糸のなかでナイロンマルチ網糸 (210^D/4×3/Z)・ビニロンマルチ網糸 (250^D/4×3/Z)・ビニロンスパン網糸 (20^S/4×3/Z) およびポリエチレンモノ網糸 (200^D/4×3/Z) の4種をとりあげ、それぞれ無緊張状態のまま処理した結果、次のような性状を示した。

1) 収縮率：ナイロンマルチ網糸の収縮率は70℃までは極めて小さく、また不規則な変化を示しているが、70℃をすぎると処理温度の上昇と共に増加の傾向を示した。

ビニロンマルチ網糸のそれは40℃から100℃までは処理温度の上昇にしたがって大きくなった。しかし、100℃を越えると次第に小さくなって180℃になるとほぼ原長に等しくなった。

ビニロンスパン網糸のそれは120℃までは緩慢な増加をたどり、これをすぎると急激に増加の傾向を示した。

ポリエチレンモノ網糸のそれは60℃までは負の値を示し、これをすぎると急激に増加の傾向を示した。

2) 強力保有率：ナイロンマルチ網糸の強力保有率は140℃までほとんど変化なく、これをすぎると急激な低下傾向を示した。

ビニロンマルチ網糸のそれは40℃から140℃までは次第に増加するが、これを越すと低下し始め、とくに、180℃をすぎると急激な低下傾向を示した。

ビニロンスパン網糸のそれは40℃から100℃までは原網糸と大差なく、これをすぎると急激に増加し始めて、140℃では大きな値を示した。

ポリエチレンモノ網糸のそれは40℃から100℃までほとんど変化がなかった。

3) 伸度保有率：ナイロンマルチ網糸とビニロンマルチ網糸の伸度保有率は40℃～100℃では原網糸とほぼ等しく、前者では100℃から次第に増加して、160℃に達すると最高の値を示した後急激に低下した。これに対し後者では100℃を越えると処理温度の上昇とともに低下した。

ポリエチレンモノ網糸のそれは40℃～70℃では原網糸よりも小さな値を示したが、70℃を越すと急増した。

4) ビニロンマルチ網糸とビニロンスパン網糸は同一系統の網糸ではあるが、100℃を越えた高温側において両網糸の収縮率および伸度保有率の増減に著しい差異を示した。

5) 収縮率、強力保有率および伸度保有率の増減において、ビニロン紡績糸 (20^S単糸)⁸⁾と本実験によるビニロンスパン網糸 (20^S/4×3/Z) とでは異なった傾向を示した。

6) 各網糸について、主として強力保有率の低下現象、抗張力の偏差および軟化点などからみた乾熱処理のおおよその要注意温度は次のようである。

ナイロンマルチ網糸・ビニロンマルチ網糸・ビニロンスパン網糸では140℃付近、ポリエチレンモノ網糸では80℃付近。

文 献

- 1) 石井一美, 1953: アミラン網糸に対する加熱の影響について. 日水誌, 19, 205~209.
- 2) 小泉孝・石井一美, 1955: ビニロン系網糸の繰返し加熱の影響について. 日水誌, 20, 959~961.
- 3) 小泉孝, 1955: 浸水・煮沸によっておこる化繊網糸の機械的性質の変化に就て. 日水誌, 21, 911~914.
- 4) 長井栄一・相根典男, 1952: ポリアミド繊維の張力の温度変化に就て. 繊維学会誌, 8, 429~432.

- 5) 淵野桂六・仲道弘・笹井哲之・日野一, 1966: P. P. 繊維の熱応力とその自由熱収縮. 繊維学会誌, 22, 295~302.
- 6) 淵野桂六・仲道弘・田中信行, 1966: 親水性合成繊維ナイロンの熱応力曲線におよぼす温度の影響. 繊維学会誌, 22, 302~309.
- 7) 淵野桂六・中里恵一, 1961: 繊維の物理的形態固定について. 繊維学会誌, 17, 451~458.
- 8) 成田時治, 1953: ビニロンの染色加工. 26~36. 丸善(東京).
- 9) 繊維学会編, 1968: 繊維便覧. 629~869. 丸善(東京).
- 10) 辻和一郎, 1953: 合成繊維の性能, 27. 高分子刊行会(京都).
- 11) 桜田一郎外監修, 1959: 合成繊維ハンドブック, 合成繊維の性能および用途. 359~367. 朝倉書店(東京).