(昭和41年3月31日受理)

ポリプロピレンの繊維可紡性に及ぼす分子量と分子量分布の影響

第1報 分子量の影響

旭化成工業株式会社繊維研究所 上出健二・稲本義彦

EFFECTS OF MOLECULAR WEIGHT AND MOLECULAR WEIGHT DISTRIBUTION ON FIBER SPINNABILITY OF POLYPROPYLENE.

(PART I) EFFECTS OF MOLECULAR WEIGHT.

By Kenji Kamide and Yoshihiko Inamoto

(Textile Research Laboratory, Asahi Chemical Ind., Co., Ltd., Ama 118, Takatsuki, Osaka, Japan.)

Three kinds of polypropylene were melt spun using the straight die of 0.45 mm diameter with 5 mm length in the temperature range of 190 to 350°C at the rate of output 0.765 cc/min. Details of the sample are following; Four fractions, ranging in molecular weight from 1.07×10^4 to 74×10^4 (I), five thermally degraded polypropylenes having molecular weight of 3.2×10^4 to 30.6×10^4 (II), of which the details of the preparation were described in the other paper (Kamide, Inamoto and Ohno; J. Chem. High Polymer, 22, 597(1965)) and unfractionated polypropylene ($\bar{M}_v = 31.7 \times 10^4$) (III). Maximum draft ratio (MDR) is defined as the ratio of the linear velocity at the die-wall to that at the winding-wall, at which the continuous melt spinning becomes abruptly impossible. Relationship between MDR and spinning temperature (at die) (ST) closely depends on molecular weight (MW). Minimum MW having fiber formability is about 3×10^4 and in this case, the range of temperature suitable for melt spinning (RST) is extremely narrow ($190 \pm 0.5^\circ\text{C}$). Although RST becomes wider with increased MW, RST becomes narrower again in the range $\bar{M}_v = 40 \times 10^4$. Lower limit of ST, at which the continuous melt spinning is possible becomes higher with increased MW. Most of the elongational deformation during the spinning ceases within 20 cm under the die, where the elongational viscosity is low. In the more deformed parts, the negligible orientation is observed by the birefringence measurement. The orientation may be attained after solidification and crystallization is completed. Since Poisson ratio of molten polypropylene estimated by using values of the compressibility and the Young's modulus is 0.5, the elongational viscosity at the outlet of the die is calculated as three times the shear rate viscosity (at the die wall, shear rate is 10^8 sec^{-1} in this study), utilizing the results reported (Kamide, Inamoto, Ohno; J. Chem. High Polymer, 22, 529(1965)) and assuming the apparent activation energy of melt flow of polypropylene as 8 kcal/mole. Iso-elongational-viscous state was approximately attained at the optimum spinning temperature. When the temperature of atmosphere near the die is cooled, reduction of spinnability is observed at each spinning temperature, although the optimum spinning temperature does not change as far as the same sample was spun. (Received March 31, 1966)

1. 緒 言

一般に、高分子物の物性は、その構造と密接な関係にあつて、合成繊維もまたその例外ではない。しかし、現在までのところ、合成繊維の原料高分子物質の構造とその物性に関する研究が広く行なわれているのに比べて、

紡糸、延伸工程中における繊維の物性、加工性をこのような見方に立つて研究した例は多くない。これは、紡糸、延伸工程が、高分子熔融物（または濃厚溶液）の毛細管流動、熔融状態および固体状態における伸びの大変形と結晶化現象など多くの現象を含んでおり、工程途中およびえられる繊維の構造があまりにも複雑であつて、通常

えられる構造的パラメータでは、繊維物性、加工性を説明できないことが、研究の進まない一つの大きな理由である。

そこで、繊維を含めて高分子物質の分子量と分子量分布が、微細構造を通じて物性に非常に大きな影響を及ぼすことを考慮するならば、まず分子量およびその分布と繊維の紡糸、延伸性、物性との関連性を確立することは、微細構造と物性、加工性の関係の研究の第一歩であるだけでなく繊維工学的にも高度な加工性をもつて適正な物性の繊維を製造するために基本的に必要である。

本論文とその続報では、ポリプロピレンの繊維加工性、物性を分子量とその分布とに関連させて検討することにするが、本論文では主として、繊維可紡性におよぼす分子量の影響についてのべる。

2. 実験方法

2.1 試料

市販ポリプロピレン（粘度平均分子量 $\bar{M}_v^{*1}=2.39 \times 10^5$ ）を分別^{*2}してえた4種の分別区分（ $\bar{M}_v=10.7 \times 10^4$ — 74.0×10^4 ）[I]、市販ポリプロピレン（ $\bar{M}_v=2.85 \times 10^5$ ）を熱分解^{*3}してえた5種の熱分解物[II]、別種の未分別の市販ポリプロピレン（ $\bar{M}_v=31.7 \times 10^4$ ）[III]を各々試料とした。

2.2 紡糸

2.2.1 紡糸装置

自作のピストン型小型紡糸装置を用いた。本装置（押出部の詳細；Fig.1）は紡糸温度；150～350°C、押出速度；0.1～1.4 cm/min、巻取速度；250～2000 m/min の範囲内で各々条件設定できる。紡口は、単孔で、径 0.45 mmφ、長さ 5 mm で導入部のないものを用いた。紡口部分は白金抵抗体を検出端とする抵抗式自動温度調節器^{*4}を用いて、一定紡糸温度に精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内で制御した。

2.2.2 紡糸方法

2.1 の各粉末状試料を以下の方法で成型して用いた。窒素ガスで十分置換した試料粉末約 1g を、錠剤成型器^{*5} 内に入れ、500～1000 kg/cm² まで圧縮して直径

*1 135°C におけるデカリン溶液の固有粘度を測定し、Kinsinger-Hughes¹⁾ の粘度式 $[\eta]=1.10 \times 10^{-4} \bar{M}_w^{0.80}$ より決定した。

*2 キシレン-ポリエチレングリコール系で大量分別した。分別法の詳細については既報²⁾を参照のこと。

*3 熱分解は分解促進剤として、ジブチル・チンマレート³⁾を添加して、真空中（1mmHg 以下）で、分解温度と時間を各々、280～300°C、30 分～4 時間の範囲で変えて行つた。実験法の詳細については、既報³⁾を参照のこと。

*4 応用電子製：ミニコン C-30 型を利用した。

Fig. 1. Schematic diagram of the melt spinning apparatus specially designed for this study.

1cm、長さ 2.5cm の円筒状成型物（見掛け比重 0.887）を作つた。紡口部分はあらかじめ所定紡糸温度に制御した。ポリマーの分解を可及的に少なくするため、シリンダー（2）の内部を十分窒素置換した後、成型試料 3～5 ケを入れ、ピストン（1）、テフロンパッキン（7）をセットし、ついで減圧（2分間、10 mmHg 以下）—窒素ガス置換の操作を 2～3 回繰返し、5 分間、試料を溶融した。溶融物は、所定押出速度（0.765 cm/min）で室温の空気の中に押出し、紡口から 60cm のところで、径 15 cm の巻取ローラにより、線速 250～2000 m/min でまきとつた。

2.3 可紡性の判定

紡糸ドラフト（巻き取り線速度と紡出線速度の比）の最大値を最高ドラフト率と定義し可紡性のパラメータとした。

2.4 複屈折

Leitz 社製偏光顕微鏡、ペレック型コンペンセータを利用した。ナトリウム光源で糸のレターデーションを測定し、糸の断面を真円と近似し、複屈折度 Δn を求め、配向度のパラメータとした。

2.4 比重

イソプロピルアルコール-トリエチレングリコール系密度勾配管により 35°C で測定した。

3. 実験結果と考察

溶融紡糸における可紡性（spinnability^{*6}）を紡糸工学

*5 日本分光製 赤外吸収スペクトル用錠剤成型器を用いた。

*6 spinnability とは、もともと濃厚溶液や高分子溶融物の曳糸性を論ずるような場合に用いられたが、本報では溶融紡糸時において、所定紡糸温度でどれくらいの紡糸速度で紡糸できるかといった紡糸工学的意味で用いることにする。

的に表現するのに、同一紡口、同一押出速度で紡糸した場合の最大巻き取り速度や紡糸ドラフトの最大値（最高ドラフト率と定義する）などが便宜的にパラメータとして用いられる。しかし、可紡温度範囲が分子量によつて異なるような場合、単に一定紡糸温度における最高ドラフト率、又は最大巻き取り速度をもつては可紡性は表現できない。最高ドラフト率の紡糸温度依存性、分子量依存性に関して、ポリエチレン⁴⁾については報告があるが、ポリプロピレンではこれまでにない。本論文では、2.1の[I], [II], [III]の試料を用いて、これらについて検討した。以下、紡口温度をもつて紡糸温度とし、またとくにことわらないかぎり紡口直下を加熱または冷却することなく、空气中に押出した場合についてのべる。分子量は各試料粉末の粘度平均分子量をもつ

Fig. 2. Plots of maximum draft ratio (MDR) for thermally degraded polypropylenes against spinning temperature. In this study, the spinning temperature is defined as the temperature at spinneret. Spinning is carried out at the constant rate of extrusion 0.765 cc/min, using the straight die of 0.45 mm in diameter and 5 mm in length.

*7 N_2 気流下、5分間溶融する場合、紡口内の分子量低下は分子量、紡糸温度によらず10%程度にすぎぬから、可紡性を論ずる場合には、紡糸前の試料の分子量を用いることが許される。

Fig. 3. Molecular weight dependence of spinning temperature range, which gives draft ratio more than 300 for unfractions (O). In this figure, molecular weight dependence of spinning temperature corresponding to draft=100 for fractions (●) is shown for comparison.

て表示した*7。同一紡口（径 0.45 mm）、同一押出速度（0.765 cm³/min）で紡糸した場合の試料 [II] の最高ドラフト率と紡糸温度との関係を Fig. 2 に示す。

高橋⁴⁾が、すでにポリエチレンで指摘したが、ポリプロピレンについても、最高ドラフト率はある紡糸温度で最大となる（この温度を最適紡糸温度と定義する）。所定ドラフト以上で紡糸可能な温度範囲は、分子量、 2×10^5 以下では、分子量の増大とともに広がるが、 2×10^5 以上では、逆に狭くなる。Fig. 3 にドラフト率 300 以上で紡糸しうる温度範囲を示した。また、試料 [I] の可紡下限（ドラフト 100 で）の紡糸温度と分子量との関係も同時に示した。最高ドラフト率に上限が生ずるのは、紡糸過程において、フィラメントに発生する最大応力がフィラメントの破断の強度をこえるからである*8。フィラメントの破断は紡口直下で認められる（実験的に確認した）。紡口直下の大変形領域（後述）でのフィラメントをニュートン粘性体と近似すると、 $F = \eta(dv(x)/dx)$ で与えられる応力 F がフィラメントに発生する。ここで η はのびの粘度、 $v(x)$ は紡口からの距離 x におけるフィラメントの変形速度である。

紡糸温度が低い場合には、大変形領域におけるのび粘度が大きく、たとえ変形速度勾配 $dv(x)/dx$ が小さく

*8 糸の破断の原因は、これ以外に、ポリマーの物理的不均一性（局部的分子量のバラツキ）による紡口直下の大きなデニールむら、発泡、機械的振動などがある。本実験はこれらの因子をできるだけ減少させた条件下で行なつた。

も、これに対応して発生する応力が、その温度におけるフィラメントの破断強度をこえる。このため可紡性は低下する。一方、紡糸温度が高く、紡口をでるフィラメントの温度が高くなると、雰囲気との温度差が大きくなつて、フィラメントは急激に冷却されることになり、変形が紡口から短距離で終る。その結果、その領域における変形速度勾配が大きくなるため発生する応力がますます同時に、糸の径が小さくなつて（実験的にも確かめられた）低いドラフト率で切断することになる。この2つの効果はお互いに相利し合うから、図から明らかなようにある紡糸温度で可紡性が最大となる。最適紡糸温度は分子量の増大とともに高くなる。このことから、ポリプロピレンの場合一定紡糸温度における最高ドラフト率の比較のみでは、可紡性の判定はできないといえる。最適紡糸温度における最高ドラフト率 (MDR)_{max} を可紡性のパラメータと定義することもできるが、分子量が低い場合には、可紡温度範囲が極端にせまく、現在用いられている工業的規模の紡糸機の温度制御の巾 ($\pm 1^\circ\text{C}$) が、可紡温度範囲をこえるため、實際上、紡糸不可能であることを考慮すると、紡糸工学的には、最適紡糸温度における最高ドラフト率と所定ドラフト以上の可紡温度範囲の2つを同時に利用して、可紡性を判定するのがより合理的である。

結晶性高分子の溶融紡糸工程では、紡口より押出されたフィラメントの (1) のび変形 (2) 配向と結晶化が生

Fig. 4. The change in deformation with the distance from the die for filament of thermally degraded polypropylene of $\bar{M}_v = 1.4 \times 10^5$ (the spinning temperature, 250°C , draft, 370). Deformation is defined as $D_0^2 - D_i^2 / D_0^2$, where D_0 and D_i represent the maximum diameter of filament after extrusion and the diameter at each part during the drawing process.

ずる。フィラメントの変形の挙動を推定するため、紡糸中、紡口直下と巻き取り直前でフィラメントを 0.1sec の実験精度内で、ほぼ同時に切断し、 2sec 以内に -70°C (ドライアイス—エタノール) に急冷したフィラメントの直径を常温で 1cm 間隔毎に実測した。紡出後のフィラメントの直径は、Barus 効果によつて、紡口の直径より大きくなる、その最大値を D_0 とする。一方、各部分の直径を D_i として、 $(D_0^2 - D_i^2) / D_0^2$ を変形率と定義した。 D_0, D_i を常温で測定した直径で近似して、求めた変形率を紡口からの距離に対してプロットした結果の1例を Fig. 4 に示す^{*9}。この結果から、紡出後の変形は紡口直下のある領域（本論文の場合、紡口より 20cm 以内、紡口—巻き取り間の距離 $1/3$ ）のほぼ終わることがわかる。この領域を大変形領域と定義する。大変形領域内

Fig. 5. The change in birefringence of the filaments during spinning process (spinning temperature, 250°C , spinning draft, 370) as a function of the distance from die up to the winding roll for thermally degraded polypropylene.

*9 紡糸中には、紡口に近づくほど、フィラメントの温度が高く、従つて体積膨脹が大きくなること、および実験上、切断したフィラメントを急冷する際、紡口に近く、温度の高い部分は、伸長して直径が小さくなることが避けられないなどを考慮すると、実際には、変形は紡口直下でさらに大きい可能性がある。

では、複屈折の測定からは分子鎖の配向は認められない (Fig. 5)。見かけの変形の大きいところでも、分子全体としての変形はわずかであるといえる (大変形領域を通過し終わると、分子鎖は急速に配向する。この場合、未延伸糸の到達配向度は、同一紡糸温度では、分子量の大きいほうが高い)。

大変形領域におけるのび変形は、紡口出口ののび粘度によつて支配され、最適糸紡温度は紡口出口におけるのび粘度が同一のとき実現するとも考えられる。

のび粘度は、ポアソン比 σ が既知であれば、ずり粘度なら予測することができるが^{*10}、ポリプロピレンの場合、溶融物の σ は、これまで決定されていない。しかし、ポリプロピレン溶融物の圧縮率 β は実測されており、 $1/\beta = E/3(1-2\sigma)$ の関係を用いて σ を推定することができる。ここで E はヤング率である。 β として、山口ら⁶⁾ は $\beta = 1.14 \times 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{dyne}$ (200°C , $0 \sim 500 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で) を与えている。一方、ポリプロピレン溶融物の E は実測されてい

Fig. 7. Temperature variation of the elongational viscosity at the outlet of the die corresponding to (MDR) for samples shown in Fig. 1. Viscosity range with corresponding to $\text{MDR} \geq 300$ is indicated by arrows. Elongational viscosity is evaluated from shear viscosity for shear rate 10^3 sec^{-1} (Fig. 6), assuming Poisson's ratio $\sigma = 0.5$ and apparent activation energy of melt flow as 8 kcal/mole . Iso-viscous state (6.3×10 poise) is observed⁷⁾ at optimum spinning conditions. Elongational viscosity is indicated as (○) in the figure.

Fig. 6. Dependence of shear viscosity η on shear rate D at 250°C (results obtained by Kamide, Inamoto and Ohno⁸⁾)

いが、ずり弾性率 G は既知で、既報⁷⁾ の結果によれば、 $G = 7 \times 10^8 \text{ dyne/cm}^2$ (250°C) である。 $1/\beta = (1.14 \times 10^{-10})^{-1} \text{ dyne/cm}^2 \gg G$ であるから、 σ を評価するさいには G の何倍かの E が厳密に与えられなくても、 $E \approx G$ と近似することができる。 β , G の値を用いて求めたポリプロピレン溶融物の σ は 0.5 となる。 $(E \approx G$ とした場合と、 $E = 3G$ とした場合とでは、 σ の値は 0.004% 程度異なるにすぎない)。従つて、 σ の分子量依存性がないとすれば、のび粘度はずり粘度の 3 倍となる。

そこで、まず、 0 次近似として、紡口出口におけるのび粘度に可紡性が支配されるかどうかを検討した。

ポリプロピレン溶融物の紡口出口の管壁での見かけのずり速度 D_N は $D_N = 4Q/\pi R^3$ で与えられる。ここで、 Q は押出速度、 R は紡口の半径で、本論文の場合、各々 $(0.765/60) \text{ cm}^3/\text{sec}$, 0.0225 cm である。従つて $D_N = 1.4 \times 10^3 \text{ sec}^{-1}$ となる。本論文で用いた試料の分子量範囲では、非ニュートン性の程度 $N = \partial \log D / \partial \log \tau(D, \tau$

*10 ずり変形における粘性抵抗とのび変形における粘性抵抗とは、その挙動が大きく異なる場合がある。ある場合には、ずり粘度がずり速度とともに減少するのに対して、のび粘度はのび速度とともに増大することが知られている⁹⁾。

はずり速度、ずり応力) はほとんど一定とみなすことができる(文献(2), Fig. 11 参照)から、見かけのずり速度(ニュートン流体と仮定したときのずり速度) D_N は真のずり速度 D に比例する($D = (3 + N/4)D_N$)。そこで、既報²⁾で明らかにした 250°C における見かけのずり速度をかえた場合のずり粘度-分子量関係(Fig. 6)を利用し、250°C, $D = 10^3 \text{sec}^{-1}$ における Fig. 2 の各試料のずり粘度から、のび粘度(ずり粘度の3倍)を求めた。次いで、ポリプロピレンの流動の見かけの活性化エネルギーを $8 \text{kcal/mole}^{8), 9)}$ と近似して、ドラフト率 300 以上で紡糸可能な温度範囲におけるのび粘度範囲を求めた。結果を Fig. 7 に示す。

試料により、可紡ののび粘度範囲はかなり異なる。しかし、最適紡糸温度では、溶融物は近似的に等ののび粘度状態にあるとみなしうる。すでに指摘したように、全変形のうちほとんどが紡口直下で起こるにもかかわらず、この領域では結晶化がおこらず、分子の配向性も小さいことを考慮に入れると、紡糸機直下の雰囲気が変わらない限りそれらのメルトの性質を紡口内での同じ温度ののび粘度で近似できるのであろう。

紡口直下の雰囲気温度^{*11}の可紡性に対する影響を試料 [Ⅲ] の場合につき、最高ドラフト率と紡糸温度との関係で Fig. 8 に示す。ただし、この場合、全紡糸温度で、紡出速度は一定ではなく、各紡糸温度で、 $0.16 \sim 0.36 \text{ cm}^3/\text{min}$ の範囲内で変化させている。紡出速度を若干変化させても実験誤差内で最高ドラフト率は一致する^{*12}。ことから、Fig. 8 のプロットをした。試料 [Ⅱ] を用いた Fig. 2 の結果と比較して明かなように、ポリマーが異なると、最高ドラフト率が大きく異なる。最高ドラフト率がポリ

Fig. 8. Influence of the temperature of atmosphere 15°C and 60°C near the die on spinability. When the temperature of atmosphere near the die is lowered, MDR becomes smaller at each spinning temperature, but the optimum spinning temperature does not change so far as the same sample is used.

マーの紡糸特性を表わす有効なパラメータであることはこのことから明らかである。Fig. 8 で明かなように、雰囲気温度を低くすると(15°C), 可紡性は低下する。ただし、同一試料であるかぎり、最適紡糸温度は、雰囲気温度が低くなつても変わらない。このことは、最適可紡性を与える粘度は紡口直下の雰囲気によつて影響されるが、最適紡糸温度は雰囲気温度によらない物質定数であることを示唆している。

加瀬ら¹⁰⁾は、紡糸中の糸の太さや温度などが、紡口からの距離のみでなく、時間の関数であることに注目して、力の平衡、熱収支、物質収支から、紡糸の状況を説明する連立の偏微分方程式を導いた。彼らは(1)フィラメントにかかる紡糸張力は時間によつて変わるが、紡口からの距離によつては変わらない(2)糸の断面は円形(3)糸の温度は一断面上で一定(4)糸の長さ方向の熱伝導は無視できる(5)ポリプロピレンの密度は温度によらず一定(0.83 g/cm^3) (6)ポリプロピレンの比熱を一定($0.7 \text{ cal/g} \cdot \text{deg}$) (7)ポリマーをニュートン流体とし、そののび

*11 紡口直下に直径 5cm, 長さ 15cm の円筒を取付け、冷風を送風するか、または円筒を加熱するかして紡口直下の雰囲気温度をかえた。紡口より 7cm のところの温度をもつて、雰囲気温度を代表した。加熱も冷却もしないときの雰囲気温度は 60°C であった。

*12 フィラメントが切れるときの平均の変形速度勾配 $(v_1 - v_0)/L$ (v_0, v_1 は各々紡出時、大変形後のフィラメントの速度, L は大変形領域の長さ)は、紡出速度 $0.16 \sim 0.36 \text{ cm}^3/\text{min}$ で約 1.5 倍変化する。例えば、雰囲気温度 15°C の場合、 $L = 20$ と仮定すると、 $(v_1 - v_0)/L$ は 5.3, 8.1 となる。しかし、この場合、最高ドラフト率は、紡糸温度 300°C では、各々 900, 848, 310°C では 919, 1000 で実験誤差内で一致する。

粘度は温度のみで定まる (8) Barus 効果は無視するなどを仮定し、のび粘度 (温度の関数)、熱伝導率 (空気の流れとフィラメントの太さの関数) の実験式を用いて、方程式の定常解を求め、各種条件下で、フィラメントの温度と太さを紡口からの距離に対して理論的に計算した。温度雰囲気温度を紡口からの距離の関数で与えたときの結果によると、雰囲気温度が低くなるほど、フィラメントは、紡口から短距離で、温度が下がり、かつ短距離で細くなる。このことを考慮すると、雰囲気温度が低い場合、可紡性が低下するのは、(1) 短距離での温度低下により、大変形領域でのび粘度が増大する (2) 大変形領域での変形速度勾配が増大するという 2 つの効果のために、結局、大変形領域におけるのび変形に対して、粘性抵抗が増大し、雰囲気温度の低いときのほうが、低い紡糸ドラフトで、フィラメントに発生する応力がその温度のフィラメントの強度をこえるためであろう。

4. 総 括

市販ポリプロピレンの 4 種の分別物 ($\bar{M}_v=10.7 \times 10^4 \sim 74.4 \times 10^4$), 5 種の熱分解物 ($\bar{M}_v=3.2 \times 10^4 \sim 39.5 \times 10^4$), 別種の市販ポリプロピレンの未分別物 ($\bar{M}_v=31.7 \times 10^4$) を試料とし、自作紡糸装置を利用し、同一紡口 (径 0.45mm), 同一押出速度 (0.765 cm²/min) で巻き取り速度をかえ、ポリプロピレンの可紡性に及ぼす分子量の影響を考察した。最高ドラフト率 [(巻き取り線速度 / 紡出線速度) の最大値] を可紡性のパラメータとした。最高ドラフト率は、ある紡糸温度で最大を示し、その温度 (最適紡糸温度) は分子量とともに高くなる。可紡下限分子量は 3.2×10^4 で、紡糸温度は 190°C である。ドラフト 300 以上で紡糸しうる温度範囲は分子量依存性を示し、分子量 2×10^5 までは、広くなるが、それ以上となると狭くなる。紡糸中のフィラメントののび変形は紡

口からの距離が 20 cm 以内ではほぼ終るが (大変形領域と定義した)、これはみかけの変形であつて、分子鎖の配向は、この領域では認められない。ポリプロピレン溶融物のポアソン比を圧縮率 (文献値) とヤング率 (既報でえたずり弾性率で近似した) とから求めた結果、0.5 であつた。これより、既報でえた、ずり粘度をかえた場合のずり粘度-分子量関係を利用して各試料の可紡の温度範囲における紡口出口ののび粘度を推定した。最適紡糸温度では、紡口出口における溶融物ののび粘度は近似的に等粘度とみなせる。紡口直下の温度雰囲気温度を低くすると可紡性は低下する。

〔付記〕

本論文の発表を許可された旭化成工業 (株) 繊維研究所長諏訪博久理事、ご鞭撻下さつた同所次長池田佐喜男博士にお礼申上げる。実験に協力された大野邦夫、藤井清、成川健一の諸氏に感謝する。

文 献

- 1) J. Kinsinger, R. H. Hughes ; *J. Phys. Chem.*, 63, 2002 (1959)
- 2) 上出健二, 稲本義彦, 大野邦夫 ; 高化, 22, 529 (1965)
- 3) 上出健二, 稲本義彦, 大野邦夫 ; 高化, 22, 597 (1965)
- 4) 高橋正夫 ; 織学誌, 15, 254 (1959)
- 5) A. S. Lodge ; *Elastic Liquids*, Academic Press, New York, Chap. 10, (1964)
- 6) 山口章三郎 ; 工学院大学研究報告, 16, 17 (1964)
- 7) 上出健二, 稲本義彦, 大野邦夫 ; 高化, 22, 505 (1965)
- 8) 山内三郎, 安野喜代史 ; 工化, 66, 1468 (1963)
- 9) 山田信夫, 岸 直行, 飯塚博之 ; 高化, 22, 513 (1965)
- 10) 加瀬晋, 松尾達樹 ; 織機学誌, 18, 188 (1965)