(昭和 50 年 11 月 19 日受理)

ウレタン・フォームの“硬さ”に関連する 局部圧縮特性と圧縮モジュラスとの関係*

徳島大学教育学部 大 村 寧

RELATION BETWEEN LOCAL COMPRESSION CHARACTERISTICS RELATED TO THE “HARDNESS” AND COMPRESSIVE MODULUS FOR FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM

By Yasushi Ohmura

(Faculty of Education, Tokushima University,
Minami-josanjima, Tokushima, Japan)

In order to gain a better understanding of the “hardness” of flexible polyurethane foams, it is necessary to take the knowledge of local compression characteristics of this materials, for the reason that the foams are compressed locally with the palm of the panel's hand in subjective handling. In the present report, the local compression tests within the range of elastic limits were carried out and on the basis of the above experimental results, the relations between local compression characteristics related to “hardness” and compressive modulus are discussed.

The results obtained are as follows:

1) When the boundary plane surface of foam was compressed locally by force of P with the cylindric indenter having a radius of a , the forced-in depth h_z of the indenter can be expressed as,

$$h_z = \delta_z \frac{P}{a}$$

Where, δ_z is the body constant of foam related to h_z .

2) Relations between local compression characteristics δ_z , the gradient V_p of compressive stress in the first linear part of S-S curves and compressive modulus Y_z are as follows;

$$\delta_z \cdot Y_z = 1/2$$

$$V_p = \frac{2H}{\pi a} Y$$

Where, H is the thickness of specimen used for local compression test.

3) As for physical properties correlating closely to the subjective rating S_h of “hardness”, $1/\delta_z$, V_p at $H/a = \text{const.}$ and Y_z are equivalents.

4) Flexible polyurethane foams are transversely isotropic, but as for h_z , it's permissible to treat them isotropic.

5) On the compressibility $k_p (=dV/dP)$ defined by K. Mihira et al⁷⁾, as the measure of “hardness” of isolated foam substances, the value of its reciprocal number is correlated closely with S_h in flexible polyurethane foam. (V is the dent volume in local compression)

(Received December 19, 1975)

1. 緒 言

一般にフォーム材は、織物と違って、風合いは1軸方

* この報文を「ウレタン・フォームの風合いに関する研究(第7報), Studies on the handling of urethane foams (part 7)」とする。

向の圧縮のみの特性によって単純に判定される場合が多い¹⁾。この場合、パネルの掌と試料フォームの関係は局部圧縮である。したがって、軟質ポリウレタン・フォームの“硬さ”について、官能量と物理量との関係づけを試みた報告^{1,2)}では、圧縮特性も局部圧縮によって得たものを用いた。いっぽう、上記報告^{1,2)}以降のフォームの圧

縮モジュラスを中心に検討した報告^{3~6)}は、全面圧縮での議論であった。以上の報告の前者^{3,5)}と後者^{4,6)}を関連づけるために、またフォームの“硬さ”についての総括的解釈をあたえるためにも、フォームの局部圧縮についての知見を得る必要があろう。

概して筆者の調べた限りにおいては、材料の局部圧縮特性と全面圧縮特性の関係を論じた報告は、ほとんど見あたらないようである。一般的には、局部圧縮と全面圧縮がそれぞれ別個に適宜使い分けられているように思われる。また、本報に関連するものとして、三平ら⁷⁾は独立気泡をもつ高分子含泡体について局部圧縮実験を行った。その報告では、陥没容積の負荷量に対する変化率を局部圧縮率 k_p と呼び、含泡体の“硬さ”を示す尺度と定義した。しかし、具体的に k_p が“硬さ”の官能量に対して如何に対応するかには触れられてはいない。

そこで本報では、まずはじめに、局部圧縮における圧縮子の大きさおよび圧縮荷重などの圧縮条件と圧縮子の沈み深さとの関係など、フォームの局部圧縮に関する一般性について述べる。そして上記の検討結果をもとに、さきに報告^{2,8)}した諸結果を適用して、風合い“硬さ”に関連する量という立場から、全面圧縮によって求められる圧縮モジュラスと局部圧縮特性との関係についての知見を得ようとした。また、三平ら⁷⁾の定義した k_p について、筆者の立場から、“硬さ”との対応の検討を試みた。

なお、前報⁸⁾で述べたように、フォームは程度面(図1、 z 軸を含む面)内で異方性を示すが、本報で供試するような寝具、クッション材およびラミネート衣料用の軟質フォームでは、 z 方向(発泡方向)に平行に圧縮力が作用するように製品設計されるのが一般的であるので、ここでは、この方向のみに限定し検討した。

2. 試料および実験方法

はじめに、本報で用いるフォームの方向表示を図1に示しておく。ここで、 z 方向は発泡方向であり、フォーム製造時には z 方向に平行な直交し合う2側面で囲って発泡されるので、この2面に直角な方向をそれぞれ x 方

Fig. 1 The co-ordinates located in blistered mass.

向、 y 方向とした。

2.1 試料

試料としては、 x 方向、 z 方向の圧縮モジュラス Y_x ($=Y_y$), Y_z が表1に示されるようなポリエーテル系の軟質ウレタン・フォーム4点(W_1, W_2, W_3, W_4)を準備した。なお、本報の一部には確認のために前報⁸⁾で供試した試料のうちR, S, T, Uの4点をも用いている。

Table 1 Compressive modulus of samples

Sample	Y_z^* , g/mm ²	Y_x^{**} , g/mm ²
W_1	13.22	4.83
W_2	7.53	3.69
W_3	7.67	3.73
W_4	12.86	5.56

* Compressive modulus in parallel to rising direction

** Compressive modulus in perpendicular to rising direction

局部圧縮実験用の試料の大きさは、 x, y, z 軸に平行な各辺の長さがそれぞれ120, 120, 90 mmとした。このような直方体状試料の被圧縮面は、図1の z 軸に垂直である。また、全面圧縮実験用の試料には、局部圧縮実験用試料と同様な表現で、50, 50, 40 mmおよび40, 50, 50 mmの2種を準備し、 Y_z および Y_x の測定に供した。なお、局部圧縮実験用の試料については、予定した圧縮条件で負荷の影響が試料に認められない $x-y$ 面の大きさの範囲を予備実験によって確かめ、これらの内で最大の大きさをもつ試料が近似的に半無限体として扱えることを確認した。

2.2 実験方法

1) 圧縮モジュラス Y

被圧縮面が 50×50 mm²の試料に80 mm ϕ の圧縮板をあてた全面圧縮実験によって得たが、その詳細は前報⁸⁾2.2(2)の通りである。

2) 局部圧縮の際の圧縮子の沈み深さ h

局部圧縮実験には、1)と同じ圧縮試験機を用い、圧縮速度も1)と同様40 mm/minとした。局部圧縮荷重を加えるためには、軸に垂直な端面をもつ円柱状圧縮子を用い、その径が20, 30, 40および50 mm ϕ の4種類を準備した。この各種寸法の圧縮子を用いて測定記録される、たとえば図2のような荷重-変形(圧縮子の沈み深さ)曲線から、 h はそれぞれの荷重量に対応して読みとることができる。この場合、試料がほとんど完全弾性体としてあつかえる微小変形領域での範囲を問題にした。また、圧縮実験に際して、圧縮子と試料の接触面が滑らかで、できるだけ接線力を生じさせないように、圧縮子に薄く油曳きを施した。

3) 局部圧縮における応力-ひずみ曲線の初期部分の

Fig. 2 Load-deformation curve in local compression using 20 mm radius indenter for sample W_2 .

勾配 V_p

図2のような荷重-変形曲線を応力-ひずみ曲線に変換し、初期部分の勾配を求めた。

4) フォームのポアソン比 ν

2.1で述べた2種の圧縮モジュラス測定用試料を用い、被圧縮面に直角な試料側面の中央部に、圧縮方向に垂直な40 mm長の線引きを行い、5%の全面圧縮ひずみをあたえた際のこの線の長さの変化から横ひずみを計測し、横ひずみの縦ひずみに対する比として求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮子の沈み深さ h について

一般に、半無限弾性体の境界平面上に、図3に示すような半径 a の円柱状圧縮子によって垂直方向に圧縮力 P が作用したとき、圧縮子の圧縮力で沈んだ量 h は、試料が等方性物質であれば、

$$h = \frac{P(m-1)}{4Gma} \quad (1)$$

であたえられることが弾性論から求められている⁸⁾。ここに、 G はせん断弾性係数、 m はポアソン数である。

しかし、本報であつかうようなポリウレタン・フォームは、図1の赤道面($x-y$ 平面)では弾性的には等方性であるが、経度面(z 軸を含む面)では異方性を示す⁹⁾いわゆる面内等方(transversely isotropic)体^{9,10)}であるので、本試料に(1)式をそのまま適用することはできない。

いま、 $m-1/4Gm=\delta'$ とおけば、(1)式はふたたび、次式となる。

$$h = \delta' \cdot \frac{P}{a} \quad (2)$$

Fig. 3 The notation of the values related with local compression of foam.

上式で、 δ' は図3のような円柱状圧縮子で等方性物質を圧した際の h に関する物質定数であり、 P/a は圧縮条件を表わす。

さて、つぎに供試フォームの局部圧縮に関する測定結果を示す。図4は、各試料について、円柱半径 $a = 25$ mmを使用した際の h_z-P の関係を表わす。ここで、 h_z は、局部圧縮力が図1の z 方向に平行に作用したときの、その方向への圧縮子の沈み深さを意味する。図5は、 $P = 100$ gを負荷させた際の h_z-a 曲線を両対数グラフ上に示している。両図とも、図の点は測定値である。この両図の測定値のグラフから判断して、フォームの場合にも(2)式の係数 δ' と同様な定数 δ_z が考えられる。すなわち、

Fig. 4 Relation between forced-in depth h_z and local compressive load P .

Lines; calculated values from eq. (3)
Points; measured values
○ : sample W_1 , ○● : sample W_2
● : sample W_3 , ●● : sample W_4

Fig. 5 Relation between forced-in depth h_z and radius a of indenter.

Lines; calculated values from eq. (3)

Points; measured values

○ : sample W₁, ○ : sample W₂

● : sample W₃, ● : sample W₄

$$h_z = \delta_z \cdot \frac{P}{a} \quad (3)$$

を仮定することができる。いま、図4、5に示されるような測定データ個々について(3)式から δ_z を計算し、各試料ごとにこれらの平均値を求めた。その結果を表2に示す。ここで、図4、5の実線は、表2の δ_z を用いて(3)式から求めた h_z の計算値であるが、この両図にみられる実測値と計算値の良好な一致から、表2のような δ_z 値を得ておけば、 h_z に関する(3)式は十分成立することがわかる。このように、等方体と同じ関係が成立することは、おそらく実験精度の関係で、 h_z に関する関数の P/a による展開における $(P/a)^2$ 以上が欠落したのではないかと考えられる。

この(3)式の δ_z は、ここで供試するフォームは面内等方体であるので、5個の弾性定数(等方面内の縦弾性

係数 Y_x 、等方面に垂直な方向の縦弾性係数 Y_z およびせん断弾性係数 G_z 、等方面内に x 方向から力が作用したときその面内($x-y$ 面)での伸縮を表わすポアソン比 $\nu_{x,y}$ 、および同様な表現で $\nu_{z,y}$ の計5個)から成り立つものと考えられるが、ここでは、 δ_z に対するこれらの弾性定数の構成状態については詮索の外にし、トータルな量 δ_z として扱うことにする。

3.2 δ_z と風合い“硬さ”との関係

ここでは、3.1項で得た局所圧縮の h_z に関する物質定数 δ_z と、フォームの“硬さ”の官能量 S_h との関係について検討する。なお、以降では、AとBが等しい場合およびAとBの間に高い相関関係が認められる場合をそれぞれ区別して、(A=B)および(A $\approx$ B)と書くことにする。

さて、フォームの“硬さ”に関しては、ハンドリングの際にパネルの掌に直接うける圧縮抵抗力の推移の記録(前報²⁾、図4)の考察から、パネルは、圧縮初期における圧縮抵抗(応力)の勾配を感知しているものと判断された²⁾。いま、(3)式の P を応力 F に書き替え、圧縮応力の勾配 dF/dh_z を求めると、次式となる。

$$\frac{dF}{dh_z} = \frac{1}{\delta_z \pi a} \quad (4)$$

また、前報²⁾で報告したように、各試料を通して圧縮子半径 a および試料厚 H を固定した局所圧縮実験を行った際に得られるS-S曲線の初期部分の接線の勾配 V_p と、“硬さ”の官能量 S_h との間に $r = 0.986$ の高い相関関係が認められた。このことは、(4)式を考慮すれば、つぎのように書ける。

$$S_h \approx V_p = \frac{dF}{d(h_z/H)} = \frac{H}{\pi a} \cdot \frac{1}{\delta_z} \quad (5)$$

ここで、図6に V_p-a の関係の一例を示しておく。図の実線は、表2の δ_z 値および $H = 90$ mmを用いて(5)式から求めた V_p の計算値であり、点は測定値を表わす。(5)式は(3)式の単なる変形であるから、例証は図4.5で十分であるが、改めて(5)式に相当する図を示して、後の議論の参考にする。

さて、(5)式から、 V_p は H/a の支配をうけることになるが、フォームのある固有の特性値と対応を示すと考えられる S_h が、 H 、 a の圧縮条件に左右されるという不都合をもつかのように思われる。しかし、(5)式の $S_h \approx V_p$ は、先にも述べたように、 H および a がともに固定した条件下で成立するので、 $H/a = \text{const.}$ である。したがって、この場合の V_p は実質的には $1/\delta_z$ を意味し、これが S_h と高い相関関係をもったことになる。すなわち、(5)式の関係は、

Table 2 δ_z and μ

Sample	δ_z ($\times 10^{-2}$, mm ² /g)	μ ($= \delta_z \times Y_z^*$)
W ₁	3.65	0.483
W ₂	6.69	0.504
W ₃	6.19	0.475
W ₄	3.95	0.508

* Used the values in Table 1.

Fig. 6 Relations between the gradient V_p of the first linear part of compressive S-S curve and the radius a of indenter. ($H = 90$ mm)
Lines: calculated values from eq. (5)
Points: measured values

$$S_h \approx \frac{1}{\delta_z} = \frac{\pi a}{H} \cdot V_p \quad (6)$$

のように書くのが妥当であろう。(6)式から、フォームの“硬さ”は、各フォームのもつ δ_z の逆数の大きさと十分比較し得るものであることが知られる。

3.3 局部圧縮特性と全面圧縮によるモジュラス Y_z との関係

風合い“硬さ”に関係する局部圧縮特性としては、 V_p および δ_z を問題にしてきたが、ここでは、この両者と全面圧縮から得られる圧縮モジュラス Y_z との関係を検討する。そして得られた結果をもとに、 h_z に関する(3)式を再考してみた。

さて、前報⁵⁾で述べたように、積層フォームの“硬さ”の官能量 S_h は、積層フォームのトータルな圧縮モジュラス(重みの係数 a')と最上層試料のそれ(b')との線型結合式で示される。したがって、積層フォームを構成する個々の試料フォームが Y_z の圧縮モジュラスをもつ同種のものであるとすれば、 S_h は次式で表現される。

$$S_h \approx (a' + b') \cdot Y_z \quad (7)$$

この(7)式は、単一フォームについて成立する関係式に外ならない。

上記の(6)、(7)式を総合すれば、次式となる。

$$\frac{\pi a}{H} \cdot V_p = \frac{1}{\delta_z} \approx S_h \approx (a' + b') \cdot Y_z \quad (8)$$

(8)式から、 S_h に高い相関関係を示す量という観点に立

てば、局部圧縮特性の $1/\delta_z$ および $H/a = \text{const.}$ の場合の V_p 、全面圧縮特性の Y_z の3者は、まったく等価であることが知られる。

また、(8)式から $Y_z \cdot \delta_z$ を物質定数として採用することに意義があると考えた。すなわち、このような定数を μ とおけば、(8)式から、

$$Y_z \cdot \delta_z = \mu \approx \frac{1}{a' + b'} = \text{const.} \quad (9)$$

となり、各試料の示す μ 値が $1/a' + b' (= \text{const.})$ 値と高い相関関係をもつことになるので、 μ 値は、各試料に共通な定値をとること以外は考えられない。これについては、何らかの検討が必要であろう。

まず、等方体についての論から μ について興味ある解釈ができる。表3には、2.2 4)の方法で試料を圧縮した際の、横ひずみ測定用線分の変化を示す。本表の $\epsilon_{x,xy}$ は、 x 方向に平行に圧縮力が作用した際の $x-y$ 面での横ひずみを示し、 $\epsilon_{z,zy}$ も解釈は同様である。本表から、軟質ポリウレタン・フォームの圧縮におけるポアソン比

Table 3 Data for calculating lateral strain ϵ

Sample	$\epsilon_{x,xy}^{***}$		$\epsilon_{z,zy}^{***}$	
	l_0 (mm)*	l_c (mm)**	l_0 (mm)*	l_c (mm)**
W ₁	40.2	40.2	39.7	39.7
W ₂	40.2	40.2	40.0	40.0
W ₃	40.0	40.0	39.8	39.8
W ₄	39.8	39.8	40.5	40.5

* Original length of the line marked the side of the sample for measuring lateral strain.

** Length of the above mentioned line when 5% longitudinal compressive strain is given to this sample.

*** $\epsilon_{x,xy}$ is lateral strain on the $x-y$ plane when compressive load is liberated in parallel to x direction. And $\epsilon_{z,zy}$ is similar in the meaning to $\epsilon_{x,xy}$.

は、すでに角倉¹¹⁾が指摘するように、 $\nu = 0$ となる。

いま、等方体を考えれば、一般によく知られる関係式 $G = Y/2(1 + \nu)$ を(1)式に代入し、 $\nu = 1/m = 0$ とおけば、

$$h = \frac{1}{2Y} \cdot \frac{P}{a} \quad (10)$$

となり $\delta = 1/2Y$ である。したがって、前記の μ に相当する $\delta \cdot Y$ は、つぎの(11)式で示される。

$$\mu_{iso} = \delta \cdot Y = \frac{1}{2} \quad (11)$$

すなわち、軟質ポリウレタン・フォームが等方体であれば、(9)式の μ は $1/2$ となる。

つぎに、本報の供試フォームについて実際に μ 値を算出してみる。表2の最右欄には、 δ_z 値と表1の Y_z 値の

積すなわち μ 値を、各試料について示している。さらに確認のために、前報⁶⁾で用いた試料4点について得た δ_z 値、 Y_z 値および μ 値を表4に示す。この両表から、 μ 値は各試料にほぼ共通な定値をとるようであり、(9)式の成立が実験的には検証される。なお、表2および表4

Table 4 Calculated values μ

Sample*	h_z^{**} (mm)	δ_z^{***} ($\times 10^{-2}$, mm ² /g)	Y_z^* (g/mm ²)	μ ($=\delta_z \times Y_z$)
R	0.735	7.35	6.69	0.492
S	1.316	13.16	3.89	0.512
T	1.240	12.40	3.92	0.486
U	1.011	10.11	4.90	0.495

* The details of these samples were shown in the previous report⁶⁾ (Table 1).

** Measured values obtained from the local compression test at $P=100$ g and $a=10$ mm.

*** Calculated values from eq. (3).

の計8点の試料の μ の平均値は、 $\bar{\mu} = 0.4944$ となり、本実験の限りでは、各試料の測定値 μ は $\bar{\mu}$ に対して3.9%の誤差の範囲におさまるようである。以上の結果から、近似的には、

$$\mu = \delta_z \cdot Y_z \approx \frac{1}{2} \quad (12)$$

とおくことができ、等方体で成立した(11)式が、本供試フォームの場合についてもほぼ成立することが知られる。このことは、たとえば圧縮モジュラスだけを比較すれば、前の論⁶⁾のように等方性でないが、本論のように性質の複雑に絡み合った場合、実験の精度の問題で等方性的にあらわれたと考えられる。

ここで、(12)式から、(3)および(5)式は、つぎのように書ける。

$$h_z \approx \frac{1}{2Y_z} \cdot \frac{P}{a} \quad (13)$$

$$V_p \approx \frac{2H}{\pi a} \cdot Y_z \quad (14)$$

以上の(12)、(13)および(14)式から、本報で扱うようなフォームでは、 δ_z 、 h_z および V_p は、フォームの圧縮モジュラス Y_z を知れば、ただちに計算される。

3.4 k_p の“硬さ”への対応について

ここでは、本報で述べた上記知見をもとに、三平ら⁷⁾の定義した“硬さ”の尺度 k_p について考察してみる。

三平ら⁷⁾は、含泡体フォームの局部圧縮における負荷量 P と陥没容積 V との間につぎの関係があると仮定し、この式の k_p を“硬さ”の尺度と定義した。

$$V = k_p \cdot P = r \cdot \frac{1}{Y} \cdot P \quad (15)$$

ここに、 $r = (1 - \nu^2) \cdot (b_1 - b_2)$ 、(b_1 , b_2 は定数)であるとしている。なお、(15)式中の量の表示は本報のものに合わせた。また、この報文⁷⁾では、フォームを等方体として扱うので、これに合わせて以降では、本報ですでに述べた諸量についてもサフィックス z を外すことにする。

さて、いま P をパラメーターとすれば、(3)および(15)式から、 $k_p / \delta = k_0$ とて次式を得る。

$$V = k_0 \cdot a h \quad (16)$$

上式の k_0 は、本報で扱うようなフォームの場合では、(15)および(12)式から、つぎようになる。

$$k_0 = \frac{k_p}{\delta} = \frac{r}{\delta Y} = 2r \quad (17)$$

ここで、 $\nu=0$ の場合、(15)式で r にもたせた意味を考えれば、 k_0 は各試料が共通にもつ定数と考えられる。

いま、(16)式の両辺を P で微分し、 $P = \pi a^2 \cdot F$ であることを考慮すれば、

$$\frac{dF}{dh} = \frac{k_0}{\pi a} \cdot \left(\frac{dV}{dP} \right)^{-1} \quad (18)$$

となる。

また、(5)式の $V_p = H \cdot dF/dh$ の関係を(6)式にそのまま代入すれば、次式を得る。

$$S_h \approx \pi a \cdot \frac{dF}{dh} \quad (19)$$

したがって、(18)および(19)式から、

$$S_h \approx k_0 \left(\frac{dV}{dP} \right)^{-1} = \frac{k_0}{k_p} \quad (20)$$

すなわち、先に述べたように k_0 は各試料が共通にもつ定数であるので、軟質ポリウレタン・フォームでは、 k_p はその逆数が“硬さ”の官能量と高い相関関係を示すものと判断され、“硬さ”に関しては、 δ_z と等価の量である。しかし、陥没容積の測定は、なかなか精確を期しがたく困難をきわめることが予想されるので、 k_p より δ_z のほうがむしろ実用的な量であると言える。

4. 結 言

軟質ポリウレタン・フォームの局部圧縮特性を主体に検討し、またその結果をもとに“硬さ”に関する諸量について考察を加えた。その結果、つぎの結論を得た。

1) 半径 a の円柱状圧縮子でフォームが局部圧縮をうけたとき、圧縮子の沈み深さ h_z は、負荷重を P とすれば、

$$h_z = \delta_z \cdot \frac{P}{a}$$

で示される。ここに、 δ_z は h_z に関する物質定数である。

2) 局部圧縮における圧縮初期の圧縮抵抗の勾配 V_p

は、試料厚 H および a を固定した場合、 δ_z の逆数に比例する。したがって、フォームの“硬さ”の官能量を S_h とすると、前報²⁾で得た $S_h \approx V_p$ の関係は、 $S_h \approx 1/\delta_z$ を意味するものであることがわかった。

3) 局部圧縮特性 V_p および δ_z 、全面圧縮特性の圧縮モジュラス Y_z との間には、つぎの関係が成立する。

$$\delta_z \cdot Y_z = \frac{1}{2}$$

$$V_p = \frac{2H}{\pi a} \cdot Y_z$$

4) 2) および 3) から、 S_h に高い相関関係を示す量という観点にたてば、 $1/\delta_z$ 、 Y_z および $H/a = \text{const.}$ の場合の V_p とは等価である。

5) 軟質ポリウレタン・フォームは面内等方体であるが、 h_z については、近似的には等方体として扱える。

6) 含泡体の“硬さ”の尺度として三平ら¹⁾の定義した、局部圧縮による陥没容積 V の負荷量 P に対する変化率 $k_p (= dV/dP)$ は、軟質ポリウレタン・フォームでは、

その逆数が S_h と高い相関を示すものと判断された。

最後に、本報に関し終始ご助言を賜りました京都工芸繊維大学若山一夫教授ならびに井上友一教授に深謝致します。

文 献

- 1) 大村, 若山, 井上; 織学誌, **25**, 248 (1969)
- 2) 大村, 若山, 井上; 織学誌, **26**, 23 (1970)
- 3) 大村; 織学誌, **31**, T-111 (1975)
- 4) 大村; 織学誌, **31**, T-221 (1975)
- 5) 大村; 織学誌, **31**, T-544 (1975)
- 6) 大村; 織学誌, **32**, T-95 (1976)
- 7) 三平, 大沢, 中山; 高化, **25**, 557 (1968)
- 8) 倉西; 「弾性学」文献社, p.560 (1970)
- 9) S. G. Lekhnitskii; Theory of Elasticity of an Anisotropic Body, p. 25, Holden-Day Inc. San Francisco (1963)
- 10) S. A. Ambartsumyan; (神谷紀生訳) 「異方弾性板の理論」, p. 12, 森北出版 (1975)
- 11) 角倉; 学位論文

(昭和 50 年 7 月 4 日受理)

二重配向ナイロン 6 モノフィラメントの 圧縮による構造変化

京都工芸繊維大学繊維学部 小西 孝・加藤 孝司
黒川 昌孝

THE STRUCTURAL CHANGES BY COMPRESSION OF DOUBLY ORIENTED NYLON 6 MONOFILAMENTS

By Takashi Konishi, Takashi Kato and Masataka Kurokawa

(Kyoto University of Industrial Arts and Textile Fibers,
Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto)

When the doubly oriented nylon 6 monofilaments were compressed perpendicular to the rolling plane at high temperature, the deformation bands were formed in the rolling plane. By means of SAXS, WAXS and tensile tests, the structural changes in deformation bands of the nylon 6 were investigated.

The long period of the doubly oriented nylon 6 changed very little up to 160°C which is the temperature of compressing. It seems that the tilt of lamella plane is arisen correlatively for the shrinkage in the direction of fiber axis by compression. The tilting angle of the lamella plane (ϕ) was approximately indirectly proportional to the compression ratio perpendicular to the rolling plane. On the other hand, the lamella plane of the doubly oriented nylon 6 of the high degrees of crystallinity was tilted very little by compression.

As the compressing temperature increases, (200) reflection of the doubly oriented specimen was disoriented, however, the orientation of (002) reflection was unchanged. The IR₁ decreased up to 160°C which is the temperature of compressing.