《超延伸の技術》

ゾーン延伸・熱処理法

功 刀 利 夫

1. ま え が き

高弾性率・高強度繊維の作製による一次元強度極限への追求の道は、方法の如何を問わずに如何に応力を均等に分担しうる緊張タイ分子の数を増大させるか、どの程度まで繊維全体を一本ののび切り鎖結晶に近づけ得るかに懸っている。現在までに種々の方法が提案されているが大別すると次の二つに分けられる。

その一つは融液または溶液からの繊維形状の形成の段階で分子鎖を引き揃えつつ固化し繊維となしさらに延伸や熱処理により配向結晶化を完成させようとするもので、溶液(またはゲル)紡糸¹⁾、液晶紡糸²⁾、高速紡糸³⁾、流動溶液結晶化⁴⁾などがこれに属する。

他の一つは固体素材の二次加工で、通常の溶融紡糸などで得た原繊維やバルク状溶融固化物から作製したビレットを用い、固相のまま分子鎖を引きのばし合わせて含有するラメラのunfoldingを行なおうとするものである。この方法では固相のため分子鎖の配向緩和が小さく、新しいラメラの形成は防げるが、加工のさい高い圧力または張力と温度とが必要である。これに属するものとして、直接固相押出⁵⁾、静水圧固相押出⁶⁾、超延伸⁷⁾、ダイ延伸⁸⁾、ゾーン延伸⁹⁾、ゾーン延伸・熱処理¹⁰⁾などが挙げられる。

このうち、本特集の主題である超延伸法は結晶分散温度付近の高温に試料を加熱し、非常に低い速度で高倍率延伸することにより軟化した結晶から分子鎖を引き出し、のび切り鎖からなる構造を形成させようとする方法である。

著者の考察したゾーン延伸・熱処理法は超延伸法とは原理、方法がまったく異なり、しかも延伸倍率が自然延伸比よりやや大きい程度の場合もあり超延伸技術の一つ

とはいいい難いが、その目的のうちにいくつかの類似点があると考え原稿執筆をお引き受けした。その方法の概要についてはすでに本誌に総説として紹介してあるので¹¹⁾、今回は内容の重複を出来る限り避けた。合わせてお読み頂ければ幸いである。

2. ゾーン延伸・熱処理法とは

ゾーン延伸・熱処理法^{10~22)}は非常に高い張力とせまい加熱ゾーンの移動とに特徴づけられる。等方性固体素材から出発して理想構造であるのび切り鎖結晶に近づけるには、まず延伸で分子鎖を十分に引き伸ばしさらにその高い伸長状態を維持しつつ束状結晶化させる必要がある。このためには張力が必要不可欠で、試料が白化や切断しない範囲で高いほどよい。特に熱処理における張力の役割は重要であり、さきに著者らはオープン中熱処理でも得られた繊維のヤング率や引っ張り強度が張力と比例関係にあることをポリ(エチレンテレフタレート)²³⁾とナイロン6²⁴⁾について確かめている。

次に試料の局所加熱は上下を固相にはさまれているため分子鎖の広範囲にわたるすべりを防ぎ、しかも軟化したせまい部分に、加えた全張力が集中的に作用し分子鎖の伸長に効果的である。また、オープン中で試料全体を同じ温度に加熱した場合に比べ、2~3倍の張力をかけることができる。

さらに、加熱ゾーンの移動は試料の一端から順次整然とした組織の形成を可能とする。たとえばゾーン延伸ではネッキングを伴いつつ非常に配向が均一で良質な延伸繊維が容易に得られ、ゾーン熱処理では速度と方向とが関連する結晶成長によって順次より完全な組織に変化する。その結晶化の機構は複雑で現在まったく不明であるが、張力が結晶化を促進するであろうことは推察できる。しかし、一般の配向結晶化の場合のように張力がエントロピーを減少させ、核生成のための臨界自由エネルギーを低下させるという理論を単純に適用することはできない。ゾーン熱処理の場合は新たな核の生成よりむしろ半導体金属のゾーン溶融法による単結晶育成に類似の、加熱ゾーンの移動に伴う核の成長とみなした方が妥当かと

Zone-drawing/annealing Method

TOSHIO KUNUGI

Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Yamanashi University, Kofu-shi, 400.

山梨大学工学部応用化学科 助教授(工博)

考えられる。このため本方法では、試料の広範囲を加熱する熱処理の場合にみられるような結晶核の多発、生長結晶間の競合、欠陥となる結晶境界部分の包含など力学的性質に悪影響を及ぼす諸現象を抑制できると考えている。また、加熱ゾーンの移動は分子鎖の逆方向へのいわゆる back folding を阻止しラメラの生成を抑制するので、結局のび切り鎖結晶の割合を一層増大させることになる。

使用する装置としては(1)ゾーン加熱、(2)張力の発生、(3)加熱炉の移動または試料の移動の三つの機構を備えていけばよい。たとえば実験室では引っ張り試験機が利用できる。荷重により繊維に任意の張力を加え、クロスヘッドにとりつけたリング状加熱炉により加熱しつつこれを一定速度で移動する。また、工業的応用を考えると場合には加熱炉を固定し、繊維に回転数の異なる二本のロールにより張力を発生させつつ一定速度で炉内を通過させればよい。

著者は原繊維から直ちにのび切り鎖結晶組織に変えることは困難と考え、プロセスを異なる目的をもつゾーン延伸とゾーン熱処理に分けた。図1には当初考えた本方法の原理を示す。理想的には非晶質原繊維を用いずゾーン延伸し非晶質のまま高配向の分子鎖束状凝集体とし、次いで高張の下にゾーン熱処理してのび切り鎖結晶組織に変える。

しかし、ポリ(エチレンテレフタレート)ではほぼ非晶質といえる原繊維が得られるが、大抵の繊維に用いられるポリマーでは原繊維ですでにかなり高い結晶化度を示し多量のラメラを含有するので、新たに図2のようなプ

図1 ゾーン熱処理法の原理(1)

図2 ゾーン延伸・熱処理法の原理(2)

ロセスを設定した。ゾーン延伸ではまず非晶鎖を十分伸長し緊張を加え、連結するラメラを歪部分で破壊、細分化することを目的とする。この際に一部のラメラの unfolding も期待するが、結晶化はたとえのび切り鎖結晶といえども張力のラメラへの直接伝達を妨げるので延伸温度の選定に注意する。続くゾーン熱処理では加熱によりラメラを軟化させつつ高張力を加え unfolding を進め、合わせて伸長した非晶鎖の束を高張力下でのび切り鎖結晶形態に結晶化する。この際、熱処理温度は結晶分散温度や結晶化速度を考慮し決定される。いいかえるならばゾーン熱処理ではラメラからのび切り鎖結晶への結晶形態の非可逆的な変換を試料の一端から順次達成しようという意図をもって行なう。

さらに本方法は他の方法に比べると次のような長所をもつ。

- (1) 装置が簡単で操作も容易であること
- (2) 連続的操作が可能であること
- (3) 反復処理が可能であること
- (4) 分子鎖の伸長に有効な pull 力のみを活用していること。押出加工に用いられる push 力は密度の増大には非常に効果があるが、処理後の繊維に多量の fold したままの分子鎖を残し、これが屈曲強度などの低下の原因となる
- (5) 多種類のポリマーに適用可能であること。現在までにポリ(エチレンテレフタレート)^{14~16)}、ポリエチレン¹⁶⁾、ナイロン6^{17~20)}、*it*-ポリプロピレン^{21~22)}などの繊維に適用し後述のような成果を得ている

(6) フィルムにも適用可能であること。すでに著者らは繊維と同様な原理に基づき、押出原フィルムまたは二軸延伸後のフィルムに本方法を適用し興味ある結果を得ている

(7) 超延伸法、高圧固有押出法に比べるとかなり高速で処理できること

しかし反面、次のような短所または検討すべき点が挙げられる。

- (1) 繊維の切断のため張力、温度に限界があること
- (2) 分子鎖のからみ合いや交叉を完全に除却できないこと
- (3) 繊維断面内で配向や結晶性の不均一性が認められること。不均一性をなくせば、さらに大幅な力学的性質の向上が期待でき、現在加熱方法の改善などを検討している。

(4) 実験設備の関係から、工業的応用を考えた高速実験が行なわれていないこと。しかし、これまでポリ(エチレンテレフタレート)繊維について 500 mm/min までの加熱炉の移動速度では得られた繊維の弾性率にほとんど

影響を与えないことを確認しており、著者は原理的には高速走行する繊維についても同様な効果が得られるものと考えている。

3. ゾーン延伸・熱処理法によるこれまでの成果

表1にこれまで本方法で得られた各ポリマーの繊維の室温での最高弾性率値と分子鎖方向の結晶弾性率^{26~27)}、および両者の比率(%)を示す。ここでは最近の実験値を含むので、これまでの報告値より高い部分もある。各ポリマーとも、他の方法により得た弾性率に比肩する数値に達している。たとえば、ポリエチレンではPenningsら⁴⁾の流動溶液結晶化による100 GPaやSmithら¹⁾のゲル紡糸による90 GPaには及ばないが、Porterら⁶⁾やWardら⁸⁾の固相押出による70 GPaに近い値が得られている。しかも、図3と4にみられるように比較的小さい延伸倍率でも高弾性率を得られることも本方法の特徴である。65 GPaの値は $\bar{M}_w$ 332000の繊維で得られたが、分子量および分子量分布の影響が大きいのでさらに検討し高弾性率を得たいと考えている。

表1 ゾーン延伸・熱処理法による成果

繊維	最高弾性率 (GPa)	結晶弾性率 (GPa)	比率 (%)
ナイロン6	15.7	165 ²⁶⁾	9.5
ポリ(エチレンテレフタレート)	21.4	107.5 ²⁶⁾	19.9
ポリエチレン	64.0	235 ²⁶⁾	27.2
<i>it</i> -ポリプロピレン	21.0	34 ²⁷⁾	61.8

図3 ゾーン延伸・熱処理法と直接固相押出法 (Porterら⁶⁾)で得たポリエチレン繊維の弾性率-延伸比関係の比較

ゾーン延伸(ZD)・熱処理(ZA)の条件

(1): ZD 70°C, 1~22 kg/mm², 4回
ZA 100°C, 13.7 kg/mm², 12回

(2): ZD 90°C, 1~24 kg/mm², 8回
ZA

図4 ゾーン延伸・熱処理法と超延伸法(Wardら⁷⁾)で得たポリエチレン繊維およびシートの弾性率-延伸比関係の比較

ゾーン延伸・熱処理の条件は図3と同じ。

it-ポリプロピレンではTaylorら²⁸⁾の超延伸による22 GPaやWardら⁸⁾のダイ延伸による20.6 GPaとcomparableであり、特に本方法で得た繊維は十分に熱処理されているので高温まで寸法安定性がすぐれている。ナイロン6繊維では、これまでの文献最高値であるAciernoら²⁹⁾のLiCl-LiBr添加溶融紡糸による14 GPa, Wardら³⁰⁾の同方法による8.5 GPaを大幅に超えている。なお、後述のようにゾーン延伸、熱処理後に熱セットを加えると弾性率はさらに向上し、16.9 GPaにまで達する。なお、フィルムについての成果は本稿では省略する。

4. ナイロン6繊維のゾーン延伸

・熱処理^{10~12), 17~20)}

ここではゾーン延伸・熱処理法によって顕著な成果を得ることができたナイロン6繊維の場合をとりあげ、その方法、力学的性質と高次構造の関係についてやや詳細に述べよう。ナイロン6は結晶化しやすく溶融紡糸したままの原繊維ですでに29.4%の高い結晶化度を示し多量のラメラを含有するので、本方法の適用に当って unfolding がどの程度有効に進行するかがまず重要な問題となる。ナイロン6ばかりでなく、ポリエチレン(結晶化度61%), *it*-ポリプロピレン(58%)などの場合はゾーン延伸、ゾーン熱処理を何回もくり返す多段法が効果的である。多段ゾーン延伸法には、

(1) 張力を一定に保ち、延伸温度を次第に上げて行く

表2 ナイロン6繊維のゾーン延伸・熱処理の条件

条 件	多 段 法					1 段 法	
	ゾーン延伸				ゾーン熱処理	ゾーン延伸	ゾーン熱処理
	1 段	2 段	3 段	4 段			
加熱ゾーンの温度(℃)		80			180	80	180
加熱炉の移動速度(mm/min)		40			300	40	10
繊維に加える張力(kg/mm ²)	0.90	3.17	11.8	18.4	21.5	1.6	15.8
くり返し回数	1	1	1	1	6	1	6

方式

(2) 延伸温度を一定に保ち、張力を次第に上げて行く

方式

(3) 張力と延伸温度をともに上げて行く方式

が考えられるが、できる限り低温で延伸し結晶化を防ぐこと、延伸に適切な温度はそのポリマーの主分散付近と定まっていることなどから、延伸温度一定の(2)の方式を採用した。多数回の予備実験のすえ、表2のような条件を決定した。表には、ゾーン熱処理の条件や1段法の条件も合わせて示してある。多段法によると張力を徐々に増加できるため構造が無理なく変化し、また印加できる張力も著しく増大できるなどの利点がある。たとえば、80℃のゾーン延伸で最終的に33 kg/mm²の高張力を加えても切断しないことがわかった。

図5には、各段階におけるゾーン延伸繊維と最終的なゾーン熱処理繊維の動的貯蔵弾性率 E' の温度依存性を示してある。 E' 値は順次増大するが、ゾーン延伸の段階ではまだ低く、ゾーン熱処理によって初めて高弾性率に達する。室温での E' 値は15.7 GPaで市販強力糸(2.7～

5.0 GPa)に比べて3倍は十分にある。また、高温まで高弾性率を維持し170℃でも8 GPa近くあり特種な高温での用途が期待できる。図5には、Wardら³⁰⁾の2% LiCl含有熔融混合物を押出し、135℃で6倍に延伸後、6日間140℃で熱処理したナイロン6繊維の E' の温度依存性を併記した。Wardらの得た結果と比較すると、多段ゾーン延伸・熱処理繊維は全温度範囲ではるかに E' 値が高く、100℃付近での E' の低下も少ないことがわかる。

図6には、損失弾性率 E'' の温度依存性を示す。水素結合の切断に伴う非晶鎖セグメントのミクロブラウン運動に起因する90℃付近の力学分散は順次強度を増し、しかも高温にシフトする。これより非晶鎖の熱運動が困難になるとともに摩擦熱として散逸されるエネルギー量が増加することがわかり、非晶鎖が緊張拘束され密に充填された構造に変わることが推察される。また、図7の1段法と多段法との比較からは多段法の方がはるかに効果的であることが明らかである。

次にこれら各段階における配向性、結晶性の変化を、表3についてみるといづれも E' と比例関係にある。他方、ゾーン延伸・熱処理繊維の小角X線の子午線ストリークをラメラを多量に含有する冷延伸・無緊張下熱処理繊維のそれと比較すると、長周期は96.4 Åと等しいが強度が著しく低くストリークの長さは2倍に広がる。このことからゾーン熱処理後の繊維にはラメラが少なく、し

図5 各段階のゾーン延伸およびゾーン熱処理後のナイロン6繊維の動的貯蔵弾性率 E' の温度依存性とWardらのデータ

図6 各段階のゾーン延伸およびゾーン熱処理後のナイロン6繊維の損失弾性率 E'' の温度依存性記号は図5と同じ。

図7 1段法と多段法のゾーン延伸繊維およびゾーン熱処理繊維の動的貯蔵弾性率 E' の温度依存性の比較

表3 1段法および多段法ゾーン延伸、ゾーン熱処理繊維の複屈折 (Δt)、結晶と非晶鎖の配向関数 (f_c と f_a)、および結晶化度 (X_c)

繊維	Δt ($\times 10^{-8}$)	f_c	f_a	X_c (%)
1段ゾーン延伸繊維	43.8	0.806	0.511	30.9
多段ゾーン延伸繊維	51.5	0.856	0.590	41.4
1段ゾーン延伸・熱処理繊維	60.3	0.849	0.792	48.9
多段ゾーン延伸・熱処理繊維	62.7	0.880	0.824	49.5

かも小さく分割されていると考えられる。既存ラメラが微細化した一部非晶質化すれば当然結晶化度が減少するはずであるが、表3の結晶化度はゾーン延伸、ゾーン熱処理によって着実に増大している。この事実は新たにのび切り鎖結晶が生成・成長することを示唆し、これは赤外吸収スペクトルの α 型結晶におけるのび切り鎖コンホメーションに特徴的な 930 cm^{-1} バンドの強度の増大 (図8)からも説明できる。

一方、非晶鎖の配向関数 f_a は、結晶配向関数 f_c がゾーン延伸で容易に高い値に達しその後あまり変化しないのに対して、延伸、熱処理によって大幅に増大し E' の顕著な増大とよく対応する。ヤング率や切断強度の変化も E' と同様な傾向があるので、他の多くの研究者も述べているように非晶鎖の配向は力学的性質の向上に当たって重要な働きをすると考えてよからう。

非晶領域の重要性を確認するため、さらに非晶領域の

図8 α 型ナイロン6結晶ののび切り鎖コンホメーションに帰属される 930 cm^{-1} 赤外吸収バンドのゾーン延伸、ゾーン熱処理による成長

分担する弾性率 (以下、非晶弾性率という) の概算とタイ分子数および分率を算出してみた。繊維においてもし結晶領域が繊維軸方向にいずれかの部分で連続するならば、その繊維のマクロ弾性率は分子鎖方向の結晶弾性率に非常に近くなりしかも結晶が融解する温度まで寸法が変化しないはずであるが、現実の繊維はいずれも著しく劣っている。このことから、著者は繊維内で結晶領域は非晶領域によって断続され、結局弾性率の低い非晶領域によって力学的性質が強く支配されると考えた。また、前述のように結晶は非常に高度に配向しており十分結晶弾性率として貢献しているので、主に非晶弾性率の大小と非晶領域の容積分率とがマクロ弾性率を決定すると思われることができる。ここでは非晶弾性率は画一的な値をもたず、非晶鎖の配向、結晶間を連結するタイ分子の数、タイ分子の長さや緊張の分布などにより変化し、たとえば同じ結晶化度の繊維間でも非晶弾性率は異なることがありうると考えた訳である。この考えに基づき、極めて簡単な力学モデルにたちかえるが結晶領域と非晶領域の直列する力学モデルを仮定して、次式によって非晶弾性率を概算した。

$$E_a = \frac{(1 - X_c) E_{//} E_{c//}}{E_{c//} - X_c E_{//}}$$

$E_{//}$ に室温での E' 値を、 $E_{c//}$ に 165 GPa を、さらに X_c に密度法で評価した結晶化度を代入して E_a を算出して表4のような結果を得た。

一方、Peterlinの手法³¹⁾を用いてタイ分子の数と分率

表4 1段法および多段法ゾーン延伸、ゾーン熱処理繊維の非晶弾性率 (E_a)、タイ分子の数および分率 $\{(1-X_c)E_H/E_{cH}, \beta_E\}$

繊維	E_a (GPa)	$(1-X_c)E_H/E_{cH}$	β_E
1段ゾーン延伸繊維	1.93	0.012	0.017
多段ゾーン延伸繊維	2.09	0.013	0.021
1段ゾーン延伸・熱処理繊維	5.22	0.031	0.060
多段ゾーン延伸・熱処理繊維	5.61	0.034	0.067

を概算し表4に併記した。ただし、Peterlinは算出に当って一軸配向試料の弾性率 E_H がタイ分子にすべて依存しタイ分子は均一に分布し長さも等しいと仮定しており、現実繊維のタイ分子の状態と著しく異なるので、これらの値はタイ分子の量の単なる目安に過ぎない。しかし、得られた数値からゾーン延伸繊維よりゾーン熱処理繊維の方が、また1段法で得た繊維より多段法で得た繊維の方がタイ分子が多いことは容易に推定できる。これらのデータから結局、タイ分子数の増加が非晶弾性率を増大させ、さらに非晶弾性率の増加がマクロ弾性率の増大に大きく寄与したものと考えることができる。

以上のように、ナイロン6繊維の場合にもゾーン延伸・熱処理法によってかなりのび切り鎖組織に近づき弾性率が大幅に増大したが、なお他のポリマーと比較すると結晶弾性率に対する比率(表1参照)が著しく小さく、今後さらにマクロ弾性率を増大させるには残存するラメラをどのように unfolding するかが課題として残される。なお、表2で示した条件で多段ゾーン延伸・熱処理したのち、張力をかけたまま金属枠に固定し熱セットして、非晶鎖の選択的弛緩を阻止したところ16.9 GPaの高弾性率と117 kg/mm²の引っ張り強度を得たことを付記しておく。

5. おわりに

以上、ゾーン延伸・熱処理法の特徴とナイロン6繊維への適用について述べさせて頂いたが、研究は緒に付いたばかりであり、今後検討すべき問題が山積している。

まず、前述の分子量、分子量分布に対する検討をはじめ原繊維としてどのような高次構造が好ましいかを検討したい。これまで通常の熔融紡糸繊維を使用してきたが、これら繊維には多量かつ比較的大きなラメラと非晶鎖がランダムに混在し、非晶鎖も伸長した部分やランダムコイル化した部分があり、延伸、熱処理により組織を均一に変化させるには非常に困難な状態にある。この問題を解決するには、たとえば非晶質化、予備配向、ラメラの微細化、組織の高密度化や均質化などを考慮し作製した原繊維からスタートする必要があると感じている。当面、他の技術によって生れた繊維、たとえば高圧固相押出、

ゲル紡糸、凍結紡糸、高速紡糸、低温延伸などにより得られた繊維にゾーン延伸・熱処理を施す、いわゆる加工技術のコンビネーションに著者は大きな期待を寄せている。

文 献

- 1) P. Smith, P. J. Lemstra, *J. Mater. Sci.*, **15**, 505 (1980).
- 2) S. L. Kwolek, U.S. Patent 3,671,542 (1972).
- 3) 清水二郎, 繊維と工業, **34**, P-43 (1978).
- 4) A. Zwijnenburg, A. J. Pennings, *Colloid Polym. Sci.*, **254**, 868 (1976).
- 5) W. T. Mead, C. R. Desper, R. S. Porter, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.*, **17**, 859 (1979).
- 6) A. G. Gibson, I. M. Ward, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.*, **16**, 2015 (1978).
- 7) G. Capaccio, T. A. Crompton, I. M. Ward, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.*, **14**, 1641 (1976).
- 8) P. D. Coates, I. M. Ward, *Polymer*, **20**, 1553 (1979).
- 9) M. Kamezawa, K. Yamada, M. Takayanagi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **24**, 1227 (1979).
- 10) T. Kunugi, A. Suzuki, I. Akiyama, M. Hashimoto, *Polym. Prepr. Am. Chem. Soc.*, **20**, 778 (1979).
- 11) 功刀利夫, 繊維と工業, **36**, P-411 (1980).
- 12) 功刀利夫, 化学工業, **32**, 289 (1981).
- 13) T. Kunugi, "New Materials & New Processes Vol. 1", The U.S. Office of ECS of Japan, 1981, p. 58.
- 14) T. Kunugi, A. Suzuki, M. Hashimoto, *J. Appl. Polym. Sci.*, **26**, 213 (1981).
- 15) T. Kunugi, A. Suzuki, M. Hashimoto, *ibid.*, **26**, 1951 (1981).
- 16) 功刀利夫, 青木 勇, 橋本 穂, 高分子論文集, **38**, 301 (1981).
- 17) T. Kunugi, *Polymer*, **23**, 176 (1982).
- 18) T. Kunugi, I. Akiyama, M. Hashimoto, *ibid.*, in press.
- 19) T. Kunugi, I. Akiyama, M. Hashimoto, *ibid.*, in press.
- 20) T. Kunugi, T. Ikuta, M. Hashimoto, K. Matsuzaki, *ibid.*, in press.
- 21) T. Kunugi, *J. Polym. Sci., Polym. Letters*

- Ed.*, in press.
- 22) T. Kunugi, T. Ito, M. Hashimoto, M. Ooishi, *J. Appl. Polym. Sci.*, was submitted.
- 23) 功刀利夫, 鈴木章泰, 橋本 穂, 旭硝子工業技術奨励会研究報告, **36**, 1 (1980).
- 24) 功刀利夫, 秋山 勇, 橋本 穂, *ibid.*, **36**, 13 (1980).
- 25) I. Sakurada, K. Kaji, *J. Polym. Sci., C*, **31**, 57 (1970).
- 26) 桜田一郎, 梶 慶輔, 高分子化学, **26**, 817 (1969).
- 27) I. Sakurada, T. Ito, K. Nakamae, *J. Polym. Sci., C*, **15**, 75 (1966).
- 28) W. N. Taylor, E. S. Clark, *Polym. Eng. & Sci.*, **18**, 518 (1978).
- 29) D. Acierno, F. P. LaMantia, G. Polizzotti, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.*, **17**, 1903 (1979).
- 30) A. Richardson, I. M. Ward, *ibid.*, **19**, 1549 (1981).
- 31) A. Peterlin, *J. Appl. Polym. Sci., Part A-2*, **7**, 1151 (1969).

(昭和 57 年 2 月 5 日受理)

第 1 回風合研究委員会報告

期 日：昭和 57 年 4 月 22 日(土)

場 所：岐阜女子短期大学

出席者：牧島邦夫委員長ほか 50 名

講 演：風合に関する研究と討論会

- (1) 織物の商品価値と風合
牧島邦夫 (風合研委員長)
- (2) 布の触感に関する力学的考察
中保治郎 (岐阜女子短大教授)
- (3) 人工皮革とその風合

彦田豊彦 (東レ岐阜工場エクセーナ製造部長)

本研究会討論会は風合研究委員会の活動としては最初のものであり、研究者の発言と実際の仕事にたずさわる人達との交流の場をつくることを目的とした。

牧島氏は H. Binns の研究の例をひき、風合といわれているものに含まれる概念の現象論的側面についてのべ

た。中保氏は触感に関連のある種々の力学的性質のレオロジー的な側面について、布を含む種々の材料について理論的、実験的な研究をのべた。彦田氏は東レの開発された人工皮革エクセーナの製造面からの風合創造の要点をのべられた。時間切れになったために討論(約 30 分)が不十分となってしまったが、次回はもっと広い討論の場を予定したい。研究テーマとしては風合の問題は複雑で広範であり、それぞれのアプローチの限界についてある程度の認識をもつ必要があり、かなりの学際的問題にまで踏み込む必要もあろう。また企業側の人達はそれぞれの経験から研究者の結果に対してきびしいチェックをすると同時に可能なかぎりの新しい情報の提供を希望したい。その意味ではエクセーナの製造技術の説明は、それが織物ではないけれども、きわめて重要ないくつかの示唆をあたえてくれた。

(牧島記)