制電性(帯電防止)ナイロンの開発

ナイロンに制電性(帯電防止性)を付与することは、ナイロン出現以来強く望まれていた。しかし次の(1)(2)(3)の問題があり、目的達成は困難であった。(1) 静電気発生原因が明確でなく、制電性対策として何がよいか見通しがつきにくい。(2) 制電性を付与しても、制電性以外の性質挙動などは普通ナイロンと全く同じであること(繊維の場合特に重要)。(3) 制電性能は永久であること。

さて世界各国で永久制電性ナイロンの研究は進められたが成功しなかった。昭和41年、東レが世界で初めて制電性ナイロンを発表した。これはナイロンL(ナイロンパレル)と呼ばれ、大量生産可能な永久制電性ナイロンである。その技術は合成段階でナイロンを物理化学的に改質し、制電性ナイロンとしたものである。その比抵抗(制電性の尺度)は約 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ であり、一方普通ナイロンは約 $10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ である。制電性以外の性質挙動は普通ナイロンと同じである。現在500t/月の生産量がある。

岡 崎 薫*

1. 序 論

ナイロンなどの合成繊維の生産量の伸びは近年著しいものがある。しかし、合成繊維の性質には改良すべき点がかなりある。制電性(帯電防止性)の改善もその一つである。静電気障害としては、第1表¹⁾にあげたものがあるが、たとえば、ワイシャツを脱ぐとき、パチパチ音をする現象、カーペットを歩いてドアのノブにさわるとビリッとくる現象などである。合成繊維の出現以来、制電性繊維に対するニーズは大きかったのであるが、後述する理由からその目標達成は困難とされていた。われわれはナイロンLを世に送り出すことにより、ほぼ目標を達成したと考えている。以下順を追って説明したいと考える。なお、ナイロンLはナイロンパレルとも呼んでいる。

2. 従来の帯電防止方法

上記の障害を解決するために、下記のような種々の方法が提案された¹⁾。

1) 界面活性剤(表面付着)(後加工法): アニオン系, カチオン系, 両性系, 非イオン系の各種界面活性剤が用いられる。恒久性に乏しい。

2) 界面活性剤(ポリマー中へ練り込む): 上記活性

* Kaoru OKAZAKI 東レ株式会社繊維研究所(520 滋賀県大津市園山 3-3-3) 主任研究員
The Development of Antistatic Nylon.

第1表 静電気障害について

剤をポリマー中に練り込むもので、恒久性は比較的によく、プラスチックに多く用いられる。繊維に用いるときはセンタクによる脱落がある。

3) 樹脂加工: 制電性樹脂を繊維表面に固定するもの。恒久性は少しよいが、高価で、粗硬、変色などの欠点が多い。

4) グラフト加工: 反応性モノマー(エチレンオキシド, ビニルモノマーなど)を繊維にグラフトするもので、

恒久性はすぐれているが、加工設備などに問題があると
いわれる。

5) ポリマーの改質：ポリマーの本質を変える危険が
多い。

上述の方法は一長一短あって決定的なものはない。
ナイロンLはナイロン本来の特性をそこなうことなく、
飛躍的に向上した制電性能を恒久的に原系に賦与し
たものである。

3. 制電性（帯電防止性）繊維をつくるにあつ て留意すべき事項

1) 静電気発生現象が複雑で発生原因が明確につかめ
ていないこと。

2) 電気の良導体と非良導体と、また繊維とプラスチ
ックと、など物質により静電気発生原因が異なると考え
られ、またその帯電防止対策も違ってくると考えられ
る。要するにもによりやり方を変えなくてはならない。
したがって従来の帯電防止方法も単なる参考としか
考えられない。

3) コストが安いこと。

4) 工程ができるだけ簡単で、トラブルのないこと。

5) 重合製糸、紡織、染色工程で問題のないこと。

6) 染料に対する挙動が普通ナイロンと全く同じであ
ること。

7) 油剤選択上問題のないこと。

8) 永久制電性であること。

9) センタクで変退色しないこと。

10) 物性に变化のないこと。

11) 黄化しないこと。

12) 他の改質（防汚、防油、吸湿など）に対して悪影
響を及ぼさないこと。

13) 熱セットなどの後処理工程で物理、化学性が変化
しないこと。

14) その他、ナイロンとすべて同じ挙動であること。

制電性ナイロン（ナイロンL）ができるまでは、2. で

述べたような方法は、上記の問題点のどれかにおいて不
合格であった。以上の関門をすべて突破合格したのが、
ナイロンLであった。

4. 帯電現象とナイロンLの制電性的手段

高分子物質などの絶縁体の帯電現象はきわめて複雑
で、単純に割り切って考えることはできないが、だいた
い次のように考えるのが一般的なのである^{2)~8)}。

表面状態の異なる二つの物体を接触させると、それぞ
れの表面の化学ポテンシャルの差に応じて電荷の移動が
起こり、その結果として両者の表面のポテンシャルが等
しくなるような平衡状態に達する。このようにしてい
ゆる界面電荷二重層が形成されるわけである。この場合
に電荷の移動のにない手となるものとしては、電子とイ
オンの両者が考えられ、いずれが支配的であるかについ
ては定説がないようである。

さて、これらの物体を分離（はく離）させる過程にお
いて接触界面に存在する電荷の逆流が起こり、完全に分
離した状態では接触時の電荷に比べて少ない帯電量が観
察されることになる。さらには、これらの過程において
物体の表面、および内部をとおしての電荷の漏洩（電気
伝導）、および気中への放電なども起こる。われわれが
観察できる帯電量はこれらの現象の結果、ある時点にお
いて残存している電荷の量といえることができる（第2表
参照）。

上述の摩擦帯電に関する考え方を下記（1）（2）（3）
式に示した^{2),3)}。連続的に摩擦を続けて接触、はく離過
程をくり返し電荷の蓄積が行なわれる一方、逆流および
他への逃散によって電荷が減少し、両者のバランスにお
いて帯電量が増加していく過程を考えた。

$$\frac{dQ}{dt} = a(Q_s - Q) - \beta Q \quad (1)$$

$$Q = \frac{a}{a + \beta} Q_s (1 - e^{-(a + \beta)t}) \quad (2)$$

$$Q_{t \rightarrow \infty} = \frac{a}{a + \beta} Q_s = \frac{1}{1 + \frac{\beta}{a}} Q_s \quad (3)$$

Q_s ：漏洩が全くない状態で無限時間接触させて平衡状
態に達した時の電荷移動量（表面の電気化学ポテ
ンシャルの差によって定まる）

第2表 電気的現象と評価法

電 気 的 対 象		評 価 法
電 荷 の 発 生	電 荷 の 漏 洩	摩擦帯電圧
		半 減 期
	電気伝導	比 抵 抗
	気中放電

岡崎 薫氏 昭和28年東京大学理学部化学教室卒業。昭和
32年同大学旧制大学院修了。専門は有機反応機構、高分子合
成。趣味は音楽、映画、演劇鑑賞、旅行、ドライブ。

a : 電荷の移動速度定数ともいべき比例定数
 β : はく離時の逆流および他への逃散（電気伝導，気中放電）によって電荷が漏洩する速度定数
 Q : ある時点（ t ）における帯電量
 $Q_{t \rightarrow \infty}$: 無限時間摩擦を続けた場合の平衡帯電量

長時間摩擦を続けた場合の帯電量は（3）式で表わされるが， Q_s を小さくするか，あるいは $\beta(\beta/a)$ を大きくすることによって摩擦帯電量を減少させることができる。 Q_s の減少は表面の性質を変えて接触電位差を小さくし，いわば電荷の発生量を少なくすることに相当する。一方はく離時の逆流および物体をととしての電荷の漏洩は，物体の電気伝導性をよくすることによって増加する。すなわち， β を大きくするためには，電気伝導性を向上させればよく，電荷の漏洩を助長させることに相当する。要するに（A）静電気発生量を小さくする，（B）静電気の漏洩を大（電気抵抗を小）とするかの二つがある。（A）はナイロンの品質をそこなうので，ナイロンLの制電性の手段として（B）の方法でゆくことにした。この場合にはどうやって糸の抵抗を小さくするかが問題である。われわれは一応第1図のような導電性のスジを糸に入れることを考え，この場合の糸の抵抗を計算してみると次のようになった。

第1図，第2図のAB間の抵抗 R_{AB} を求めてみる。この場合，一方のスジから他方スジへ，ナイロン6部分の広い範囲を通して電荷が移動していくという経路を考えた。この抵抗の計算はいくぶん複雑であるが，結果だけを示すと（4）または（5）式のようになる。

$$R_{AB} = \left\{ \rho_{\text{スジ}} \times \frac{l}{2a^2} \right\} + \left\{ \sqrt{\frac{d}{2a^3}} \times \sqrt{\rho_{\text{スジ}} \rho_{N6}} \right\} \quad (4)$$

$$R_{AB} = \rho_{\text{スジ}} \times \frac{l}{2a^2} + \rho_{N6} \times \frac{d}{a \cdot l} \quad (5)$$

（ただし， $\rho_{\text{スジ}}$: スジの比抵抗， ρ_{N6} ; N_6 の比抵抗）

（5）式はスジの部分と海（ナイロン6）の部分の抵抗を完全に分離して考え，第2図の（I）のような回路について抵抗を求めていることに相当する。第1図（b）は第2図（II）のような回路と同等であると考えられる。（4）式の結果は，第2図（II）のような回路において縦方向の本数を無限に多くし，分布定数回路の考え方を適用して求めたものである。

さらに，第1図（c）のような状態を考えると両端の抵抗 R は（6）式で表わされる。

$$R = n \left\{ \rho_{\text{スジ}} \times \frac{\left(\frac{l}{2}\right)}{2a^2} + \sqrt{\frac{d}{2a^3}} \times \sqrt{\rho_{\text{スジ}} \cdot \rho_{N6}} \right\} \quad (6)$$

（6）式において第2項が第1項に比べて無視できる場合には（7）式のようになり，これはまさしくスジが2本無限に連続して存在する場合と同等になることを示

l : スジの長さ， dl : (b)においてスジの両端のナイロン6部分の長さ（断絶部の長さ）， a : スジの断面の一辺の長さ（正方形として）， d : スジ間の距離

第1図 スジの分散状態モデル図

第2図 抵抗のモデル

している。

$$R = \rho_{\text{スジ}} \times \frac{L}{2a^2} \quad (7)$$

（ただし， $L = n \times l/2$ = 試料全体の長さ）

5. ナイロンLの構造

今まではわれわれの考え方を述べてきたわけであるが，今度はデータとしての，ナイロンLの電子顕微鏡，および光学顕微鏡構造を示す。第3図，第4図の写真のとおりである。これらからナイロンL中に長い導電性のスジが何本もあることがうかがえる。

6. ナイロンLの制電機構（1）

前述したわれわれの考え方は，「ナイロンLに与える性格として，発生静電量を小さくするのではなく，静電気の漏洩を大（比抵抗を小にする）にすること」であった。実際はどうであったかを，第3表にデータで示す。すなわち，テトロン布を，ナイロン6またはナイロンLで摩擦した場合と，その逆のナイロン6またはナイロンLをテトロンフィルムで摩擦した場合とである。

第3表から次のことがわかる。

1) ナイロン6に比べてナイロンLの摩擦帯電圧は確

(a)

(b)

(c)

(d)

1 μ

第3図 ナイロンLの電子顕微鏡構造

(a')

(b')

(c')

(d')

100 μ

第4図 ナイロンLの光学顕微鏡構造

第3表 各種の摩擦帯電圧測定値^{a)}

被測定試料	摩擦対象物	テトロン布の摩擦帯電圧 (V)
テトロン布 (タフタ)	ナイロン6丸編	3100
	ナイロンL丸編	3160
被測定試料	摩擦対象物	ナイロン丸編の摩擦帯電圧 (V)
ナイロン6丸編	テトロンフィルム	2790
ナイロンL丸編		810

a) : 測定装置 ; ロータリースタチックテスター, 測定条件 ; 25°C, 65%RH, 各試料を洗タグ後に測定

かに小さい。しかしテトロンのそれは、いずれでこすった場合もほぼ一定である。

2) 二つの物体を摩擦したとき、電気伝導などによる漏洩が無視できる場合は、両者の帯びる電荷の絶対量は等しいはずである (符号は反対になる)。したがってテトロン側の帯電圧がほぼ等しいにもかかわらず、一方ではナイロン6に比べてナイロンLの帯電圧が小さいのは、ナイロンLにおいて電荷の漏洩が著しいことを意味している。

前述の結論をさらに裏付けるいくつかのデータがある。たとえば、性能の異なるナイロンLについて比抵抗と摩擦帯電圧を測定してみると、両者にはきれいな相関関係があり、測定条件によっていくぶん違ってくるが、比抵抗の対数と摩擦帯電圧がほぼ直線関係にあるなど、摩擦帯電圧はもっぱら比抵抗によって左右されていることを示している。比抵抗は電気伝導による漏洩のしやすさを示す値であるから、ナイロンLの摩擦帯電圧の減少は比抵抗の減少、すなわち、電気伝導による漏洩の増大に基くものであることを示している。その他、半減期と比抵抗との間にもパラレルな関係がなりたち、電気伝導による漏洩が支配的であることを示している。

7. ナイロンLの制電機構 (2)——導電性スジ分散相の網目構造——

ナイロンLの電顕写真から、導電性のスジが繊維軸にほぼ平行なきわめて細長いスジ状分散相となって存在していることがわかる。このスジの部分はナイロン6に比べて比抵抗が小さく、電荷の漏洩を助ける運河の働きをしていると思われる。このスジ状分散相が無限の長さをもって連結しており、ナイロン6の海の部分と並列しているとして並列抵抗の考え方を導入すると、次のような関係式がなりたつ。ただし、スジとナイロン6の密度はほぼ等しく、重量比はそのまま体積比 (ひいては断面比) になるとして処理した。

$$\frac{1}{\rho} = \frac{W_{\text{スジ}}}{\rho_{\text{スジ}}} + \frac{W_{\text{N6}}}{\rho_{\text{N6}}} \quad (8)$$

(8) 式で $\rho_{\text{N6}} \cdot W_{\text{スジ}} \gg \rho_{\text{スジ}} \cdot W_{\text{N6}}$ と仮定すると、

$$\rho = \frac{\rho_{\text{スジ}} \cdot \rho_{\text{N6}}}{\rho_{\text{N6}} \cdot W_{\text{スジ}} + \rho_{\text{スジ}} \cdot W_{\text{N6}}} \approx \frac{\rho_{\text{スジ}}}{W_{\text{スジ}}} \quad (9)$$

となる。

ただし ρ : 繊維全体の比抵抗 (単位 : $\Omega \cdot \text{cm}$)

$\rho_{\text{スジ}}$: スジ部分の比抵抗

ρ_{N6} : ナイロン6部分の比抵抗

$W_{\text{スジ}}$: スジ部分の重量分率

W_{N6} : ナイロン6部分の重量分率

$$\text{すなわち } \log \rho = \log \rho_{\text{スジ}} - \log W_{\text{スジ}} \quad (10)$$

である。上記 (10) 式のチェックとして、スジ含有率の異なるナイロンL繊維の比抵抗を実測した結果を第5図に示した。ナイロンL繊維の比抵抗はスジ含有率に逆比例しており、(10) 式がなりたっていることは明らかである。

ところで広幅 NMR による興味ある検討結果がある。広幅 NMR の測定によりポリマー分子内の比較的 ‘動きやすい’ (mobile な) 部分にあるプロトンと、比較的 ‘動きにくい’ (rigid な) 部分にあるプロトンの比率を求めることができる。ナイロン6のプロトンはほとんどすべて ‘動きにくい’ 部分として測定され、スジのプロトンは ‘動きやすい’ 部分として測定される。このような ‘動きやすい’ 部分の存在が電荷の移動を助ける運河の働きをする際に重要な意味を持ってくるものと思われる。すなわち、電荷のにない手 (おそらくはイオン) がポリマー内を移動していく際に ‘動きやすい’ 部分が多いほど、さらにその動きやすさの程度が著しいほど有利であると考えられる。事実、制電性能の異なるナイロンL繊維について、広幅 NMR の測定結果と帯電防止性能 (摩擦帯電圧) とを対比させることにより、‘動きやすい’ 部分が多く、かつ ‘動きやすい’ 部分の動きやすさが著しいほど良好な帯電防止性を有することがわかつ

第5図 スジ含有率と比抵抗との関係 (比抵抗測定条件 : 洗タグ後, 25°C 43% RH)

た。この結果は第6図に示すが、顕微鏡観察によるスジ状分散構造と考え合せて、スジ状分散相が電荷の移動を助ける運河の役割を果しているという考え方の基礎をなしている。

8. ナイロンLの制電性能 (摩擦帯電圧, 比抵抗など)

発生静電圧, 比抵抗の結果を第7, 8図, 第4表に示した。これらから低湿の場合, ナイロンLの比抵抗は木綿のそれよりすぐれていること, また絹, ウール, レーヨン, ペンベルグより比抵抗はすぐれていることがわかる。

第6図 摩擦帯電圧とNMRピーク比

第7図 カーペット上歩行時の人体帯電圧
(牛皮革靴の場合)

9. 各社制電性ナイロン繊維の制電性(比抵抗)

これまで測定した各社制電性ナイロン繊維の比抵抗を第5表に示す。第5表からナイロンLが非常にすぐれた制電性能をもつことがわかる。

10. ナイロンL, ナイロン6の糸質の比較

第6表にナイロンL, ナイロン6の糸質を示した。未延伸糸, 延伸糸の強伸度特性, 耐熱性, 黄化度, 黄化度の経時変化はナイロン6とほとんど同じである。

11. 制電性能以外の点はナイロンLとナイロン6はほとんど同じであること

ナイロンLは, 制電性能はナイロン6に比し, きわめてすぐれており, その他の点はほとんどナイロン6と同じである。すなわち, 次のとおりである。

- 1) コストはナイロン6より少し高い程度
- 2) 製造工程が簡単
- 3) 重合製糸工程での問題はない
- 4) 紡編織工程での問題はない
- 5) 染色工程での問題はない
- 6) 染料に対する挙動はナイロン6と同じ
- 7) 油剤選択上問題はない
- 8) 制電性能は永久
- 9) 洗たくで変退色しない
- 10) 物性(糸質, 耐熱性など)はナイロン6と同じ
- 11) 黄化しない
- 12) 他の改質(防汚, 防油, 吸湿性など)に対して, 悪影響を及ぼさない

第8図 摩擦帯電圧(ロータリースタティック
テスター使用, 対象布テトロン)

第4表 湿度と糸の比抵抗 (洗タク後 26°C 測定)

項目 相対湿度 (%) 試料	比抵抗 ($\times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$)			比抵抗の比 (65% RH を 1 として)		比抵抗の比 (43% RH を 1 として)
	22	43	65	22	43	22
木綿	170	9.5	0.29	590	33	18
レーヨン	110	11	0.61	180	18	10
ナイロン L (3)	43	6.1	0.36	120	17	7.1
ナイロン L (2)	170	17	0.65	260	26	10
ナイロン L (1)	720	35	1.6	450	22	21
‘ベンベルグ’	990	55	2.0	500	28	18
ウール	3,900	660	16	240	41	5.9
絹	3,000	810	21	140	39	3.7
アセテート	80,000	4,500	530	150	8.5	18
ナイロン	—	30,000	—	—	—	—
‘トレロン’	—	200,000	—	—	—	—
‘テトロン’	—	$10^7 <$	—	—	—	—

第5表 各社制電性ナイロン繊維

会社名	国名	商品名	23% RH での比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
Monsanto	米	‘22N’	142×10^8
du Pont	米	‘ANTRON III’	68×10^8
Celanese	米	‘Stataway’	20×10^8
Allied	米	‘Body-free’	24×10^8
Rohm & Haas	米	‘X-Static’	—
Am. Enka	米	‘Crepset plus’	—
旭化成	日	‘ノンティック’	—
東レ	日	‘ナイロン L (バレル)’	15×10^8
		ナイロン 6	$> 10^{12}$

第6表 ナイロン L, ナイロン 6 の糸質比較

				ナイロン 6	ナイロン L (1)	ナイロン L (2)	ナイロン L (3)
未 延 伸 糸	油 分 (%)			0.95	1.22	1.10	1.18
	相 対 粘 度			2.09	2.10	2.09	2.12
	水溶性成分 (%)			1.43	1.33	1.18	1.45
	-NH ₂ (×10 ⁻⁵ mol/g)			5.51	5.67	5.68	5.59
延 伸 糸	織 度 (d)			38.7	39.2	39.5	39.0
	ヤ ン グ 率 (g/d)			20.7	23.1	19.3	22.3
	ウ ス タ ー 斑 (%)			0.55	0.50	0.55	0.35
	沸 収 (%)			14.1	13.5	13.7	13.5
	遅 回 (%)			0.9	1.0	1.0	0.9
	フィラメント数			10 ^f	10 ^f	10 ^f	10 ^f
	強 度 (g/d)			5.7	5.6	5.4	5.8
	伸 度 (%)			39.3	40.1	38.2	37.5
耐 熱 性 (130°C×5hr)		強力保持率 (%)	83	84	86	89	
		伸度保持率 (%)	74	72	86	93	
比 抵 抗 ^{a)} (×10 ⁵ Ω・cm)		未 処 理	約20,000	3.5	2.3	3.4	
		130°C×5hr処理後	—	11	4.1	5.7	
黄 化 度	丸 編 み	放 置 期 間	0 日	6.1	5.6	4.7	5.8
			10 日	9.8	10.6	11.3	11.8
			20 日	11.2	12.8	13.0	14.5
	パ ー ン	放 置 期 間	0 日	6.4	6.7	6.5	7.1
			10 日	7.7	9.2	9.3	10.2
			20 日	9.1	10.6	10.9	12.2

a) : 比抵抗は洗タク後 26°C, 43% RH で測定

- 13) 熱セットなどの後処理工程で問題なく、ナイロン 6 と同様に扱える
- 14) その他ナイロン 6 とほとんど同じ挙動

12. ナイロン L の生産量

現在の生産量は 500 t /月であるが、さらに増しつつある。

(後記) 以上の原稿は岡崎薫が代表して書いた。なお、昭和 46 年度高分子学会賞(技術賞)の受賞者は、小林治男、清水北雄、岡崎薫、下川洋市、前田種雄、小林孝蔵、中村仁、中里見勝である。

文 献

- 1) 小野輝道：繊維工学，21，No. 5，9 (1969)

- 2) 橋高重義，葛西昭成：静電気ハンドブック，110，(1967)
- 3) 橋高重義，葛西昭成：“静電気の障害対策”講習会テキスト，日刊工業新聞社 (1967)
- 4) 橋高重義，葛西昭成，他：高分子，8，569 (1959)
- 5) 橋高重義，葛西昭成，大滝善太郎，他：高分子，10，354 (1961)
- 6) 大滝善太郎，葛西昭成，他：高分子，16，298 (1967)
- 7) 川崎弘司：高分子，9，988 (1960)
- 8) 中島達二：高分子，9，993 (1960)
- 9) 日特公昭 44—22 533
- 10) 日特公昭 44—22 534
- 11) 日特公昭 45— 1 930

高分子学会の図書

高分子科学の展望—2

1971 ANNUAL REVIEW (1972年発行)

<内容>

1. 配位重合 京大工 古川 淳二
2. ラジカル重合(開始剤と素反応機構) 阪市大工 大津 隆行
3. ラジカル重合(共重合，その他) 阪市大工 木下 雅悦
4. カチオン重合 京大工 今西 幸男
5. アニオン重合 名工大 浅見 柳三
6. 開環重合 名大工 山下 雄也
7. 電荷移動重合とその周辺 京大工 田附 重夫
8. 重縮合重付加 上智大理工 緒方 直哉
9. 三次元ポリマー 横国大工 垣内 弘
10. 射線重合 日本原子力研 団野 皓文
11. 高分子反応 東工大資源研 大河原 信
12. 分解・劣化 阪市大原子力基礎研 箕浦 有ニ
13. 重合反応工学 阪市大工 井本 立也
14. 高分子希薄溶液の線小角散乱 日大理工 和田 英一

15. レオロジー(高分子希薄溶液) 北大理 金子 元三
16. レオロジー(溶融体と濃厚溶液) 京大工 小野木重治
17. レオロジー(固体) 東大工 和田八三久
18. 結晶性高分子の構造と物性 九大工 高柳 素夫
19. 無定形高分子の固体物性 東工大工 畑 敏雄
20. 電気物性 電総研 斎藤 省吾
21. 固体構造(X線) 早大理工 千葉 明夫
22. 固体構造(NMR, ESR, IR など) 東工大工 西岡 篤夫
23. タンパク質の立体構造 阪大理 浜口 浩三
24. 生体高分子の電位差滴定 名大理 今井 宣久
25. 成形加工(熱可塑性樹脂) 積水化学 村上 健吉
26. 成形加工(熱硬化性樹脂) 住ベ 高田 重久
27. 結晶性ポリマーの接着(特に morphplogy と接着について) 阪工奨励館 中尾 一宗

B 5 判 350頁 定価 3,400円 会員特価 3,000円 発売=丸善株式会社

<購入方法など詳細は前号 A 120 ページをご覧ください>