非結晶領域の分子配向

岡 島 三 郎*

1. 非晶領域の分子配向研究の意義

化繊は紡糸中または紡糸後に延伸して配向させ、熱処理して結晶化させる。それは簡単にいえば繊維の切断延伸度、ヤング率その他の機械的性能を実用繊維として用途に応じた範囲に入るよう調整し、また熱安定性を大きくするためである。これらの性能は、したがって配向度に著しく依存するが、結晶領域の配向度と非晶領域の配向度とは一般には違っているの、どちらの配向度がどの性能にどの程度に影響するかを明らかにする必要があると思われるが、よくはわかっていない。たとえば染色速度を考えてみると合繊中への染料の拡散は非晶領域の鎖の熱運動により生ずる微細な孔を通じて行なわれると考えられており、したがって、拡散速度は非晶領域の量比とともにその領域の鎖の熱運動性に支配され、その運動性には鎖の長さや弛緩度、したがって配向度が関係してくる。繊維の延伸倍率の大きいほど染色速度が小さくなることはよく知られているところであり、これは非晶領域の配向により染料の拡散が遅くなることに他ならない。

第1図は PET 繊維を延伸後各温度で無緊張熱処理したものの室温における非晶領域の長さの尺度として長周期に非晶領域の分率をかけた Statton²⁾ の “reduced amorphous length” を処理温度に対してとったもので、

第1図 PET 繊維の熱処理による非晶領域の長さの変化

170~180°C 以上になると急激に増大することがわかった。後述のように鎖の配向度も低下しているから、長さと配向度と両々相まって非晶領域の鎖の運動性の増大に寄与していると考えられる。その運動性の目安としてこれらの繊維の動的弾性率の温度分散 (138cps) における $\tan \delta$ のピーク温度をみると処理温度が低いと延伸直後の温度より約 10°C 上昇するが 150~160°C 以上になると低下し、230°C 処理では 120°C 以下にまで下がる。これから 160~180°C 以上になると染色速度の上昇が期待される。第1図は乾燥繊維の挙動であるから、水のない場合の染色と比べるために Thermosol 法における染料固定率と染色温度の関係をみてみよう。第2図³⁾ は分散染料 Duranol Brilliant Yellow TR 300 Powder Fine をテリレンにパッドして乾燥後高温に一定時間加熱した後の染着量が繊維にパッドした量の何%に当るかで拡散速度を示したものであり、固定率が 160°C を越すと急上昇し、第1図の傾向とよく対応している。ゆえに炉中の高温にさらされて繊維には微細構造上に第1図のような変化が先行し、その結果が染料固定率の上昇となって示されたものであろう。

このような染料拡散は非晶領域中でもかなり低オーダーの領域において行なわれると考えられる根拠⁴⁾ がある。ゆえに実際の運動性とは、このような低オーダー領

繊維：テリレン、染料：Duranol Brilliant Yellow TR 300 Powder Fine

第2図 Thermosol 法染色における温度と染料固定率 (C. W. Taylor, R. L. Denyer: JSDC, 81, 300 (1965))

* Saburo OKAJIMA 東京都立大学教授・工博
Molecular Orientation of the Amorphous Region of Crystalline Polymer

域のことである。

現段階ではどこまで可能であるかはわからぬが、もし結晶領域と非晶領域の配向度とを独立に調節することができるならば主として前者により支配される機械的性能と後者による支配される染色性とを独立に調節することができ、機械的性能を著しく損わずに染色性を改善することができるかも知れない。今日の合繊の染色性改善の一つとして染色速度の増大がきわめて重要であることを考えるとき、非晶領域の構造解明が結晶領域の解明とともに重要な課題であることが了解できよう。

さらに合繊は高延伸後の熱処理時に適当量の収縮を許すと、もろさやフィブリル化が改善されることが認められてきて、特にアクリル繊維において顕著である。おそらく熱収縮時に起こる非晶領域の鎖の弛緩と関連があるであろう。このような処理は耐衝撃性の向上にも効果があるであろう。近時発展せんとしているスプリットヤーンの製造は1軸延伸したフィルムのフィブリル化しやすいことを積極的に利用するのであるから、前とは逆の意味でやはり非晶領域の構造が重要であろう。

以上のように考えると、非晶領域の構造が繊維製造および加工工程——延伸、収縮、熱処理——とどのように関連するかを知ることがきわめて大切であることがわかるが、実際にはよくわかっておらず、報告も至って少ない。よってまだ断片的ではあるが、筆者の研究室で行なわれた主としてポリエチレンテレフタレート (PET) に関する実験結果を中心として述べる。

2. 非晶領域の配向度測定法

3. 以下の説明のためにまず非晶領域の配向度測定法の原理を述べる。これに関する方法もいろいろあるが、新しい方法は他の執筆者により記述されるから、筆者が多年行なってきた方法に限って述べる。詳細は既述⁵⁾を参照されたい。

2-1. X線および複屈折を使う方法

X線法により結晶領域の配向度 f_x が、また複屈折法により結晶および非晶領域の平均配向度 f_0 が、さらに結晶領域の容積分率 X が得られると (1) 式を仮定して非晶領域の配向度 f_a が求められる。

$$f_0 = f_x \cdot X + f_a(1-X) \quad (1)$$

f_0 は試料の複屈折 Δn と完全配向した理想試料の複屈折 Δn^0 との比である。一般に Δn^0 の推定に確実性を欠く場合が多く、 f_x , X を合理的に求めることにも問題はあがあるが、ここにはふれない。

この方法はX線にかかる結晶領域とそれ以外の領域を一括して非晶領域とし、配向度を f_x と f_a とに二分して示そうとするところに特徴がある。

2-2. 可視二色性を使う方法

染料のうちには直接染料とかアゾ系分散染料とか特定

の方向に遷移モーメントを持ち、その方向に振動する光波を選択的に吸収するものがある。このような染料で繊維を染めるとき、両者間に強い親和力が働く場合にはポリマーに対し染料分子が一定の様式で結合するであろうから、染色染料分子の遷移モーメントの配向を知ればポリマーの配向が間接的に知りうるはずである。具体的にいえば繊維軸方向とそれに直角方向とに振動する単色直線偏光で染色繊維の吸光度を測定して $K_{\parallel}$, $K_{\perp}$ を得、また無染色および染色繊維を通過した光の強さが I_0 , I とすると

$$I_{\parallel}/I_0 = 10^{-\alpha_{\parallel}cd} = 10^{-K_{\parallel}} \quad (2)$$

$$I_{\perp}/I_0 = 10^{-\alpha_{\perp}cd} = 10^{-K_{\perp}} \quad (3)$$

の関係にある。 $\alpha_{\parallel}$, $\alpha_{\perp}$ は $K_{\parallel}$, $K_{\perp}$ に対応する吸光係数で、 c は繊維中の染料濃度、 d は繊維の厚さである。

上式より

$$D = (K_{\parallel} - K_{\perp}) / (K_{\parallel} + 2K_{\perp}) \quad (4)$$

とすると D は c , d に無関係の配向関数で、等方体では $K_{\parallel} = K_{\perp}$ で $D = 0$ であるが、配向度が上昇すると $K_{\parallel} > K_{\perp}$ となり、 D も大きくなる。完全配向の理想繊維の D を特に D^0 とすると

$$f_D = D/D^0 \quad (5)$$

f_D は f_0 に対応する配向関数で $f_a = f_x$ であれば $f_0 = f_D$ であるが一般にはこうならない。一般に配向関数 f は繊維では $1 \sim 0$ の値をとる。繊維軸に対しくり返し単位が θ 傾いており、単位の軸に対し染料分子軸が α , その染料分子軸に対して遷移モーメントの方向が β 傾いていると D は (6) 式のようになる。

$$D = \underbrace{\left(1 - \frac{3}{2} \langle \sin^2 \theta \rangle\right)}_{f_D} \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{3}{2} \sin^2 \alpha\right) \left(1 - \frac{3}{2} \sin^2 \beta\right)}_{D^0} \quad (6)$$

一般の染料では α , β についてよくわかっていないが直接染料の Congo Red は最もよく調べられていて Congo Red の結晶の吸収スペクトルの実測⁶⁾によると $\beta \approx 0$ で、ポリビニルアルコール⁷⁾, ポリアクリロニトリル⁸⁾, セルロース上では $\alpha \approx 0$ で $D^0 \approx 1$ と考えてよい。古くより直接染料はセルロースに平行に染着すると定性的にいわれていたのが、ここに定量的に確認されたわけである。

直接染料はしかし PET やポリオレフィンには染まらないので、他に適当な染料を見出さねばならぬ。筆者はアゾ系分散染料の Disperse Red R を使っているが、 $\beta \approx 0$, $\alpha \approx 0$ で、 α はポリマーにより違うらしい。PET では $D^0 = 0.63$ であり、Kayallan Fast Yellow 4 R とポリプロピレンの組合せでは $D \approx 1$ である⁹⁾。

結局二色性による f_D はその原理より考えて染料に

accessible な領域の配向度を示し、この意味で非晶領域の配向度を示すには違いないが、非晶領域中にラテラルオーダーによる配向度の分布が存在すれば f_D と f_a とは一致しない。この不一致が配向度の分布を知る手がかりとなるであろうし、また実際問題として染色に与える領域の配向度を与えている点で f_D は重要である。

3. 延伸繊維の f_x と f_a

筆者が以前に行なった実験によるとセルロースやポリビニルアルコールを延伸し、固定して測定した例では $f_0=f_D$ で、結晶、非晶領域中の配向度に差は認められなかった。しかしその後の多くの実験をみると延伸後弛緩した一般の繊維では $f_x>f_a$ である。これは延伸後の弛緩時に f_a が選択的に低下するためと思われる。その例は後に示す。また延伸中にも特に高温では $f_a<f_x$ となりうる。

延伸時に構造単位は配向の上昇と下降とを結果する相反する変位を行ない、普通は前者が優勢であるような条件を選ぶから配向度の上昇となる。これらの変位は遅延時間 τ により決められる速度で進行し、 τ はラテラルオーダーにより違い、したがって分布の幅を持つ。したがってある温度で、ある速度で延伸すれば、その条件に対応する τ を持つ領域は有効に配向するが、それより大きい τ を持つ単位の配向は遅れ、それより小さい単位は逆に配向を乱し、これまた有効に配向を固定することができない。もっとも配向してきたためにラテラルオーダーが高まり凝集力が大きくなれば τ も大きくなり、その配向は有効に固定されよう。

したがって、大部分の単位が配向するためには延伸の温度と速度とを適当に選ばねばならないが、延伸中にも低オーダー領域は配向度を低下してくるだろう。第3、4図¹⁰⁾はポリプロピレン皮膜の1軸延伸の例で、配向は繊維と同じく1軸性であり、 $f_a<f_x$ で、特に 160°C 延

第4図 ポリプロピレン皮膜の1軸延伸による配向挙動 (160°C)

第5図 PET 繊維の延伸配向と熱処理による変化

伸では顕著で、非晶領域はほとんど配向していない。

4. 定長熱処理と Δn_x , Δn_a

第5図の直線(1), (2)は無延伸 PET 繊維を 70°C の水中で 1~5.2X に延伸したものの Δn に対し、 Δn_x , Δn_a をとったものである。直線 OA は 45° にひいてあり、 Δn_x と Δn_a とが OA 直線の上下に分れていることは $\Delta n_x > \Delta n > \Delta n_a$ を意味する。しかし延伸とともに Δn_x と Δn_a の差はだんだん縮まってくる。

直線(3), (4)はこれらの繊維を 190°C の油浴で 5分間定長熱固定した後の関係で、 Δn は大きくなるが、 Δn_x はわずかに大きく、 Δn_a は小さくなる。もっともその変化は Δn の大きいほど小さく、高延伸繊維では変化は Δn_a の低下だけしか見られなくなっている。ともかく熱処理により結晶領域は結晶化して配向度を増し、非晶領域は配向度を低下している。

第3図 ポリプロピレン皮膜の1軸延伸による配向挙動 (130°C)

第6図 延伸 PET 繊維の配向度の熱処理による変化

第7図 熱収縮と温度

5. 熱収縮と非晶領域の配向度

第6図の原点を通る直線(1)は前節と同じ無配向 PET 繊維をまず Disperse Red R で 70°C で染めた後同温の水中で延伸したものの $f_D \sim f_a$ の関係である。 D^0 は 0.63 とした。

次に各試料を 190°C の油浴で 5 分間定長熱処理したものの $f_a \sim f_D$ が(2)である。熱処理で f_a も少しく

低下するが、 f_D の低下の方が著しいので(2)は(1)より緩傾斜となる。

さらに $f_c=0.92$, $f_a=0.86$, $f_D=0.83$ の高配向試料を T (20~220) °C で 30 分無緊張熱処理すると第7図の $\log S \sim 1/T$ °K で示されるように収縮し、 S は最大 31.9%に達した。その間 $\log S \sim 1/T$ には $T=104^\circ\text{C}$ と 180°C とに屈曲点の存在するのが注目される。また $f_D \sim f_a$, $f_c \sim f_a$ は第6図の(3), (4)で示され、やはり 104°C 付近と 180°C とに屈曲点を示した(矢印)。30 分の熱収縮の代わりに 10 秒の値をとっても大差ない($f_c\oplus$, $f_D\bullet$)。右側の温度は各収縮温度である。

f_c の変化の幅が 0.15 に達しないのに、 f_a は $0.86 \rightarrow 0.40$, f_D は $0.83 \rightarrow 0.16$ でラテラル・オーダーの低い領域ほど配向度低下が著しい。もちろん定長熱処理の低下より著しい。

このように非晶領域中でも染料に染まらぬ領域が染まった領域よりも高配向であることはポリプロピレンでも認められた⁹⁾。

なお収縮が 104 と 180°C とで不連続的に起こり、それに応じて配向度にも不連続的な変化のあることは上述のとおりであるが、この 104 と 180°C とは PET の結晶化に関係ある温度であろう。PET が 110°C 付近で結晶化し、180°C 付近でそれまでの格子が完全な三斜晶系へ変わり、同時に結晶量も再び増加することはよくわかっている¹¹⁾。しかし結晶化が収縮にどのような機構で関連しているかはまだ十分にはわからない²⁰⁾。

PET のこのような収縮挙動は、Wykcoff¹²⁾ がポリプロピレンの熱収縮時に f_a が低下しないばかりでなく、少しく上昇することを述べている(第6図参照)ことより推定されるところであるが、単調連続的に進行するものでないことが明らかになったわけである。全く同様なことがポリアクリロニトリルでも認められた¹³⁾。

6. 延伸と f_a

結晶性ポリマーの非晶領域が T_g 以上でゴム状に挙動

第1表 PET 繊維の 100°C 延伸による微細構造の変化

No.	λ (%)	$\Delta n \cdot 10^3$	f_0	f_a	X	$\Delta n_c \times 10^3$	$\Delta n_a \times 10^3$	f_a
0	—	153.5	0	0.906	0.192	195.7	143.4	0.664
1	0.0	123.4	0.571	0.931	0.346	201.3	82.3	0.381
2	11.3	128.9	0.596	0.941	0.342	203.4	90.1	0.417
3	25.1	139.7	0.646	0.947	0.342	204.7	105.9	0.490
4	40.6	156.1	0.722	0.952	0.341	205.8	130.3	0.604
5	57.7	182.0	0.842	0.955	0.342	206.5	169.3	0.784
6	68.3	192.9	0.892	0.955	0.342	206.5	186.1	0.862
7	78.9	199.3	0.922	0.955	0.342	206.5	195.6	0.906
8	91.2	202.4	0.936	0.955	0.342	206.5	200.3	0.926
9	105.2	203.9	0.943	0.956	0.339	206.7	202.4	0.938
10	117.4	205.0	0.948	0.956	0.339	206.7	204.1	0.944

第2表 PET 繊維の 100°C 延伸による非晶領域の鎖の延伸率と配向度の関係

No.	(1) $X \cdot \cos \theta_s$	(2) l_i	(3) l_a	(4) $l_a/0.462$	(5) $0.71 \times (4)$
1	0.338	0.800	0.462	1.000	0.71
2	0.335	0.823	0.488	1.056	0.75
3	0.336	0.852	0.516	1.117	0.79
4	0.335	0.881	0.546	1.182	0.84
5	0.337	0.915	0.578	1.251	0.89
6	0.337	0.937	0.600	1.299	0.92
7	0.337	0.958	0.621	1.344	0.96
8	0.337	0.982	0.645	1.396	0.99
9	0.334	1.000	0.666	1.442	1.00
10	0.334	—	—	—	—

○: 実測点, 曲線 $f_a = 1 - \frac{3r/nl}{L^{-1}(r/nl)}$

第8図 PET 繊維の 100°C 延伸による非晶領域の配向挙動

するであろうことは定性的には、たとえば温度上昇¹⁴⁾により収縮力の大きくなることによっても考えられる。Krigbaum¹⁵⁾らはポリエチレンのモジュラスを非晶領域のゴム状を仮定してかなり定量的に説明した。

筆者らは PET 繊維の高延伸後熱処理 (205+200°C) して結晶化させるとともに収縮させて ($S=20\%$) 第1表の No. 1 の試料をつくった。この繊維の結晶領域はかなり安定で、非晶領域だけが選択的に収縮していることは前節に述べたとおりである。そこでこの繊維を延伸するとそれは主として非晶領域で行なわれると思われるので実験し、第1, 2表および第8図の結果を得た。

第1表の λ は No.1 に与えた伸長を No. 1 の収縮量に対する%で表わしたもので、 $\lambda=100\%$ で No.0 の原長に回復することを意味する。その途中の Δn および f_a は著しく増加するが f_a , X したがって (1) 式で計算した f_a はあまり増加しない。 Δn の増加の大部分は Δn_a すなわち f_a の寄与であり、伸長の大部分が非晶領域で起こり、この繊維は最初に考えたモデルにきわめて近い構造を持つことがわかる。

そこで非晶領域の延伸率と f_a との関係を取り出して

みたのが、第2表である。この場合結晶、非晶領域が縦にくり返えされているモデルを考え、その非晶領域だけを問題にする。今繊維の単位長さのうち、結晶の占める長さは $X\sqrt{\langle \cos^2 \theta \rangle}$ でこれが (1) の列に示してある。収縮前の繊維の長さを 1 とすると 20% 収縮した No.1 繊維では 0.800 でこのうち非晶領域の占める長さ l_a は $0.800 - X\sqrt{\langle \cos^2 \theta \rangle}$ である。affine deformation を仮定すると、No. 2~No. 9 の長さ l_i は $0.800 + 0.20 \times i/100$ であり、それぞれの l_a が (3) 列のように求められる。 l_a はしだいに長くなるが、No. 1 の l_a に対する比が (4) 列目に掲げてある。

さてゴムの延伸配向度の関係は Kuhn-Grün¹⁷⁾ により (7) 式のように計算されている。 r/nl は網目間の鎖

$$f = 1 - \frac{3r/nl}{L^{-1}(r/nl)} \quad (7)$$

の長さが伸切った時の長さ nl の何割であるかを示す数字で、 L^{-1} は逆ランジュバン関数である。そこで No.1 の f_a をこの理論曲線上にのせると $r/nl=0.71$ にあたることになる。そこで (4) 列目の値に 0.71 をかけると No. 2~9 の r/nl が求まるから、 f_a に対してプロットすると第8図の○印のようにほぼ (7) 式の曲線に乗る。ゆえにこの場合非晶領域はほぼゴム状に伸びたものと考えてよいであろう。しかし他のポリマーについてはまだ検討していない。

7. おわりに

以上により高延伸後の熱処理により結晶領域の配向度をほとんど変化させることなく、非晶領域の配向度を選択的に低下させることがわかった。PET を (I) 1.5X, (II) 4.5X, (III) 5.7X に延伸し、無緊張加熱すると (I) では 70~100°C の間に急激に収縮し、原長に回復してしまい、(II) では 70~94°C で 27% 収縮し、それより自発伸長し、(III) では 70°C 以上で徐々に収縮し、220°C で 12-13% に達するにすぎない。この間の熱収縮に伴う結晶化は (I) では 100°C を越して初めて急激に起こり、そのときは (I) はすでに無配向状態である。(II) では 90°C より結晶化し、その結果収縮が妨げられ原長に回復できないのであろう。(II) の結晶化開始温度が 80~90°C で (I) の 100°C より低いのはその高配向による結晶化速度の著しい増加¹⁸⁾のためと思われる。(I) では結晶化速度より収縮速度の方が大きいので、ゴム状に一気に収縮し、その進行型式は非晶質のポリメチルメタクリレートや酢酸セルロースとよく似ている。

したがって PET のような場合には高延伸後の熱処理は緊張下でも無緊張下でも f_a がさして低下しないということに関しては大差ない。しかしすべてのポリマーがそうであるというわけではない。ナイロンでは延伸して

も PET のように収縮が小さくならず、逆に大きくなる
ことが知られている¹⁹⁾。このような結晶化速度の小さい
場合には定長熱処理により十分に配向結晶化させた後に
ゆるめて収縮させねばならないであろう。

このような処理により染色性その他の物性の向上が一
応期待されるが、非晶領域を希望するような構造に近づ
けたとき、非晶領域や結晶領域の構造が染色性以外の織
維性能にどう影響するであろうか。ホモポリマーであれ
ば非晶領域と結晶領域とが構造的に無関係のはずはな
く、実際問題としては、たとえば染色性その他の性能がど
の範囲で妥協できるかに意義があり、それには化学構造
が関係し、この線からポリマーの適性が決定されるかも
しれない。結晶領域と非晶領域とを独立的に調節できる
のはブロックコポリマーでなければ不可能であるかもしれ
ない。これらについては今後の研究にまたねばわから
ない。

本文中の未発表の引用については別に詳しく報告の予
定である。

文 献

- 1) 清水 融, 宮岡宇一郎: 織学誌, **14**, 557 (1958);
Y. Takagi, H. Hattori: *J. Appl. Polymer Sci.*,
9, 2167 (1965)
- 2) W.O. Statton: *J. Polymer Sci.*, **41**, 143 (1959)
- 3) C.W. Taylor, R.L. Denyer: *J. Soc. Dyers Col-*

ourits, **81**, 300 (1965)

- 4) 金網久明, 村瀬信義: 織学誌, **18**, 800 (1962)
- 5) 岡島三郎: 高分子, **5**, 306 (1956); 織学誌, **15**,
325 (1959); **20**, S 21 (1964); 高分子学会編: 高
分子実験学講座, **4**, 77-121 (1959 共立出版); 岡
島三郎, 小林靖二: 染色工業, **12**, 651 (1964)
- 6) 小林靖二, 中山和郎, 岡島三郎: 日化第 19 年会講
演, (東京, 4, 1966)
- 7) 小林靖二, 岡島三郎, 宮 弘: 工化, **59**, 82, 89
(1956)
- 8) 岡島三郎, 久保輝雄: 工化, **63**, 526 (1960)
- 9) 成田顕善: 都立大工, 卒業論文, (1965)
- 10) 岡島三郎, 栗原和彦: 織学誌, **22**, 350 (1966)
- 11) B. Ke: *J. Appl. Polymer Sci.*, **6**, 624 (1962);
H.G. Killian, H. Halboth, E. Jeckel: *Kolloid-*
Z., **72**, 166 (1960), **76**, 49 (1961)
- 12) H.W. Wyckoff: *J. Polymer Sci.*, **62**, 83 (1962)
- 13) 岡島三郎, 松尾俊二: 織学誌, **22**, 13 (1966)
- 14) 刈野桂六: 織学誌, **22**, 13 (1966)
- 15) W.R. Krigbaum, R.-J. Roe, K. J. Smith, Jr., :
Polymer, **5**, 533 (1964)
- 16) 岡島三郎, 鹿山和夫: 織学誌, **22**, 51 (1966)
- 17) L.R.G. Treloar: *The Physics of Rubber Elas-*
ticity, (1949) Oxford
- 18) 川口達郎: 高分子, **12**, 726 (1963)
- 19) Werner Roth, Rudi Schroth: *Faserforschung u.*
Textiltechn., **11**, 365 (1960)
- 20) 伊藤栄子, 岡島三郎, 加瀬輝文: 第 15 回高分子学
会年次大会講演 (昭 41. 5. 名古屋)

高分子物質のすべてがわかる 高分子物質データ集 がございます。大いにご活用下さい。

近年、高分子の進展はめざましく、しかもわれわれの日常生活に深く浸透してきております。にもかかわらず、それらの信頼すべきデータのまとめられたものは、まだ出ておりませんでした。当学会の設立 10 周年を記念して、それら高分子物質のデータを集大成し、世の現場技術者のみならず、販売商社や研究所、大学関係の方々にも利用していただければと、本データ集を上梓した次第です (会誌「高分子」Vol. 11. No. 128)。内容のあらましを下に掲げ、大方のご参考といたします。なおバックナンバーも用意してあり、広く皆さま方のご利用をお待ちいたしております。頒価は 1200 円です。申し込みは下記会員課あておねがいします。

高分子学会バックナンバー 係

東京都千代田区神田須田町 2-11 電話 東京 (253) 8703・(251) 5545

内

モノマー原料
高分子物質の化学構造と
物理的性質
1. 縮合系重合体
2. 単一重合体
3. 共重合体
高分子物質のガラス転移
温度と比凝集熱
プラスチック
熱硬化性樹脂
アニリン樹脂
エポキシ樹脂
キシレン樹脂
ジアリルフタレート
樹脂

シリコン樹脂
尿素樹脂
フェノール樹脂
不飽和ポリエステル樹
脂
フuran樹脂
メラミン樹脂
熱可塑性樹脂
アクリル酸樹脂
アクリロニトリル-
スチレン共重合体
アクリロニトリル-ブ
タジエン-スチレン
共重合体
アセタール樹脂

容

塩化ビニリデン樹脂
塩化ビニル樹脂
塩化ポリエーテル樹脂
スチレン樹脂
スチレン-ブタジエン
共重合体
繊維素誘導体樹脂
ビニルカルバゾール樹
脂
ビニルブチラール樹脂
ビニルホルマール樹脂
フッ素樹脂
ポリアミド
ポリウレタン
ポリエチレン

ポリカーボネート
ポリ酢酸ビニル
ポリビニルアルコール
ポリブテン
ポリプロピレン
メタクリル樹脂
天然ゴム
合成ゴム
繊維
パルプ・紙
イオン交換樹脂
塗料
接着剤
医療用高分子材料
(テクニカル・レポート)