講 義

コポリマーブレンドの構造とレオロジー特性 (その 1)

藤村 敏一*・岩倉 賢次**
村上 謙吉***・高橋 太****

1. 序 論

高分子材料の発展方向として、新しい物質の合成も考えられるが、需要の多様化、諸物性の調和（配合原料品種の増加）、開発の容易性から見て、ポリマーブレンドの重要性はますます増加すると思われる。また原料品種とくに共重合物の種類が豊富になることはブレンドの可能性を助長するであろう。

ポリマーブレンドは従来より塗料やゴム工業では広く行われてきたが、近年は繊維、フィルム、プラスチックの分野でも盛んになる兆候がある。たとえば、ポリプロピレンの染色性、コンジュゲート紡糸による繊維の捲縮性、ポリオレフィンフィルムの低温特性、ポリ塩化ビニルコンパウンドやポリスチレン樹脂の耐撃性などの向上に関し、多数の特許が提出されている。

一般的にポリマーブレンドでは、熱力学的に見て、高分子であるという本質によって混合によるエントロピー変化が少いので、混合による吸熱が大きくないと相溶し難く、最近の発表によると、フィルムの透明性や溶液の均一性から見て、150 組中 14 組しか相溶しなかったり。その内、コポリマーを含むものが 10 組あったことは、共重合によって数種の官能基を併有する外、ポリマー間の相互作用が変わったことが考えられる。

また完全に相溶しなくとも、共通の重合単位を有する場合に、ある範囲における相溶性が考えられ、ブロック共重合物にその例が報告されている²⁾。また別の見地より、共重合物は重合単位の分子内ブレンドと考えれば、その組み合わせ方法の形式—ランダム、ブロック、グラフ

ト—によって、ブレンドに対する挙動が変り得るであろう。ランダム共重合では、マクロに見れば均一であるが、ミクロでは不均一であり、共重合率の影響が大きいと考えられるが一方の成分が少いと、連続単位数 (Sequence length) が短かく、相溶性への影響が少いと見られる。ブロック共重合物は各成分の連続単位数が長いので共重合率が低くてもホモポリマーのブレンドに近い部分があり、両成分の相溶性が悪いと、共重合物分子自身が多相構造 (domain) を有し、むしろ他のポリマー分子と相溶する可能性がある。グラフト共重合物はそのグラフト長やグラフト頻度によって、ランダム、ブロックのいずれかに近い性状を示すと考えられる。したがって今後予想される共重合技術の進歩や品種の増加を併せ考えると、コポリマーのブレンドに発展を期待し得る。

ここで混合の概念を検討すると、総体均一性 (Gross Uniformity) と生地 (Textuae) が考えられている³⁾。総体的均一性は試片の組成と配合率との差の分布を無秩序分布と比較した混合度 (Mixedness) として示すものであり、生地は成分に隣接して他成分の存在する確率または相関係数と距離の関係として示している。したがってポリマーブレンドの構造を考えると、試料の規模、分散単位が問題になる。相溶性が透明性など観測手段に依存している面と、ポリマーの分子構造の面を考え合わせて、次の段階が考えられる。

1. マクロ不均一：視覚的にも不均一構造が認められるもので積層品などがこの例で、分散規模は 10μ 以上でもよい。

2. 光学的不均一：肉眼では均一に見えるが、不透明なもので分散単位は可視光線の波長以上 0.5μ 以上の場合であって、ABS 樹脂はこの例になる。

3. ミセル不均一：透明であるが 0.5μ 以下の分子集団が分散単位として認められる場合で、MBS と PVC の透明性ブレンドはこの例になろう。観測手段として電子顕微鏡や X 線回折を用いる。

4. 分子均一：分子が分散単位として、各成分が同一の確率で分布する場合で、組成に分布のある共重合体や

Structures and Rheological Characteristics of Copolymer Blends

- * TOSHIKAZU FUJIMURA 山形大学工学部高分子化学科教授・工博
** KENJI IWAKURA " 講師・工修
*** KENKICHI MURAKAMI 東北大学非水溶液化学研究所教授・工博
**** TOHRU TAKAHASHI " 大学院修士課程

置換化合物に起り得る。

5. セグメント均一：共通な重合単位を有する場合、例えば重合度分布を有する同族列とか、ブロックポリマーなどの場合で、試料の観測規模として、 $1\text{ m}\mu$ 程度を採用したとき、少くとも局部的に均一性が考えられる。

以上の区分で(1)～(3)と(4)～(5)とは規準が異なり、高分子では 0.5μ 程度の分子鎖長も考えられるし、またコポリマーでは流動中には、あるセグメントを見ると同一確率で、マトリックスと存在し得るが、分子単位としては、分布確率が不均一となる場合があり部分的な相溶性も考えられるなど、上記区分の数種が併存する場合も考えられる。この実証については今後の問題である。

物性面も以上のような構造のあり得ること、また分子内にいろいろな官能基が併存することを考えると、成分の特性を加成しては得られない特異な現象が起り得る。この方面の研究結果はまだ多くはないが、紡糸や成形加工上重要な融液に関するものと、製品の使用特性上重要な固体に分けて紹介したい。ただし、複屈折などの光学特性や、転移点などの熱的特性、電磁気特性にも特異な現象が考えられるが、今回はレオロジーに焦点をしばらくしたい。

2. 融液レオロジー特性

熱可塑性高分子の加工における融液の流動に対して問題となるレオロジー特性は、粘性および弾性とこれらのせん断依存性、温度依存性、粘性と弾性の比としての緩和時間、流動の安定限界、メルトストレングスなどがある。これらは加工速度、圧力、温度などの作業条件や、die swell, Melt fracture, 収縮など加工物に大きな影響を与えている。これらの法則については、別の文献に譲り、ここではポリマーブレンドについて発表されたものを紹介したい。ただし、ブレンドを広義に考えれば、単分散の分別物のブレンドも入るが、これはむしろ分子量分布の問題となるので、省略するから、その文献を参照されたい⁹⁾。コポリマーのレオロジー特性は、分子内ブレンドとも考えるので、先に触れることとする。

(流動形式として定常流、振動流の外、クリープ、応力緩和もあるが、これらの報告は見当らないので除く。)

2.1 コポリマー融液のレオロジー特性

(A) ランダムコポリマー

a) エチレン-酢酸ビニル共重合体 (以下 EVA)：藤木、梅村、小坂⁵⁾の毛細管押し出しの結果より、酢酸ビニル基 28% までの範囲で、融液粘度はほぼ低密度ポリエチレンと同様な性状を示すが、しかし同一重量平均分子量で酢酸ビニル基が増すと、ゼロせん断粘度 (η_0) は少

し低下する。せん断依存性は分子量分布の影響も考えなければならぬが、分子量分布の狭い EVA が分子量分布の広い低密度ポリエチレンより、低せん断速度における粘度が高く、せん断効果が強い。

メルトフラクチャーはポリエチレンと同様に流入時の弾性効果と考えられ、限界粘度とメルトインデックスは直線関係を示した。

中尾、沢田⁶⁾によるとレオゴニオメーターによるゼロせん断粘度とメルトインデックスを比較した結果では、共重合率、メルトインデックスに対し、せん断依存性は変わらない。またゼロせん断粘度の温度変化による活性化エネルギーは $11.2 \sim 13.4 \text{ kcal/mol}$ である。

著者ら⁷⁾が市販品をレオゴニオメーターで測定した結果では、高密度ポリエチレンに比し、EVA は、粘度が η_0 の $1/2$ になるずり速度の値が高く、粘度の対数がせん断速度の対数に対し低下する割合はやや小さい。定常流コンプライアンスはやや低い。

b) ブタジエン-スチレン共重合体：Kraus, Gruver⁸⁾は第3アミンを加えてランダム化した一定共重合率 (3:1) の試料を毛細管から押し出した結果より、ゼロせん断粘度は両成分の中間よりあまり外れず、分子量の 3.4 乗に比例し、せん断速度による変化は分子量、温度の影響がほとんどなく、単分散ホモポリマーと同様であったがこれは分枝がなく、分子量分布が狭いためと考えている。

c) エチレン-プロピレン-ジエン三元共重合体：Shin⁹⁾の共重合比の異なる 7 系列の分別物およびそのブレンドの毛細管押し出しの結果では、同一せん断応力での粘度は分子量の 3.6 乗に比例し、せん断による粘度低下は応力と分子量分布で定まり、Bueche の緩和時間による分子量や温度の影響は示されず、Graessley の高密度絡み合い系のゼロせん断速度と緩和時間の関係が見られる。分子量分布の影響は高重合度部分の影響が大きく ($Z+1$) 平均が関係する。

d) エチレン-メタクリル酸共重合体

坂本、Macknight, Porter¹⁰⁾は遊離酸とその Na, Ca 塩の共重合物をレオゴニオメーターの回転振動法と定常流法で測定した。イオン化していない酸共重合体では温度-時間の重ね合わせが可能であるが、イオン化している、Na 塩と Ca 塩共重合体では、これらが成立しない。緩和関数をみると非イオン化酸共重合体は流動域のみ見られたが、イオン化した塩共重合体はゴム状平坦域も見られる。これより温度が上るとイオン化領域が移動し易いことになる。定常流粘度は非イオン化酸共重合体が低く、また低せん断速度で、Na 塩より Ca-塩が相当高くなり、電気的引力の効果を示す。非イオン化酸共重

合物では動的粘度の周波数依存性と定常流粘度のせん断速度依存性と一致するが、イオン化した塩共重合物は一致しない。これはイオン化集合体の作用は、短距離運動の反映である動的粘度に影響しないが、長距離運動に関する定常流粘度に現われることを示す。

活性化エネルギーは非イオン化酸共重合物ではポリエチレンに近く、水素結合の影響は加わらない。Na 塩共重合物では 160°C 辺より急減するが、Ca 塩は低せん断速度で低いこれらの結果は、炭化水素媒質中にイオン集合体が埋められている二相構造モデルに相応する。

市販イオノマーを低密度ポリエチレンと比較した、Bukhgalter, Meshcherova, Emel'yanova, Senichkina¹¹⁾の結果ではイオノマーの粘度が高く、140~240°C 内の活性化エネルギーは約半分であった。

e) プタジエン-アクリロニトリル (カルボキシルプタジエン) 共重合物

Royer, Baner, Collins¹²⁾ は毛細管と円錐円板型粘度計で測定した結果、せん断速度が低くなると一定限界粘度に近づくが、Bueche-Harding の理論式には合わない。

せん断速度-温度の重ね合わせは、分子量分布を考えた二段の移動で可能である。極性基がはいると、粘度が増加し、移動係数より求めた活性化エネルギーも高くなった。

f) スチレン-メタアクリル酸共重合物

著者ら¹³⁾がワイゼンベルグレオニオメーターにより側定した結果、ゼロせん断粘度は酸共重合体に比し、イオン化した共重合体が著しく増大し、ずり速度依存性も著しくなり、特性緩和時間は大きくなった。

井手, 長谷川¹⁴⁾の測定によると流動の活性化エネルギーはポリエチレンの 7~10 kcal/mol に対し 14 kcal/mol と大きな値を示し、さらにイオン架橋ポリマーでは、17~20 kcal/mol 程度であった。

(B) ブロック共重合物

スチレン-プタジエン共重合物: Kraus, Gruver¹⁵⁾ は共重合率一定で (スチレン 25%) 主鎖方向の組成を変え、毛細管押出して定常流粘度を測定した。

その結果では、鎖長方向の組成が不均一、すなわちブロック化する程、せん断速度による粘度の低下が大きくなり、温度-せん断速度の重ね合わせが外れる。まだブロック共重合物は粘度の温度変化が大きく、温度効果はランダム共重合物ではせん断速度の影響は見られないが、

ブロック共重合物は会合し易く、二次転移点以下で、網状構造を生ずるとしている。

Arnold, Meier¹⁶⁾ は SBS 型ブロック共重合物のブロックの長さを変え、レオゴニオメーターで動的粘度と定常流粘度を測定した。スチレンブロックが長くなると定常流粘度は周波数やせん断速度が小さくなくても上昇し続け、一定のゼロせん断粘度に近づかない。また位相差角の周波数による変化も複雑な挙動を示す。周波数が高くなると通常の熱可塑性の粘度変化を示し、その転移点の粘度と周波数の積で示す応力は、ブロック長にかかわらず一定である。移動係数から計算した活性化エネルギーはポリスチレンブロックが 35% 以上で 38 kcal/mol, 31% 以下で 19 kcal/mol と大差がある。これらから、流動機構はせん断速度によって、領域 (domain) 部、転移部、熱可塑性部に分かれ、領域部ではスチレンが多いと半連続組織、少ないと分散組成、転移部では集合体となると考えている。

(C) グラフト共重合物

ブチルゴムグラフトポリエチレン; Hartman, Eddy, Koo¹⁷⁾ はポリエチレンの特性を保ちながら、ゴムの柔軟性、強靱性、弾性回復を加えた ET ポリマーの流動性を毛細管押出して測定した結果、グラフトしたゴム量が多くなると流動抵抗を増し、また流出物の表面が粗になるとせん断速度が低下し、また原料ポリエチレンの流動性の差が隠され、50% グラフトすると高密度と低密度の差が認められなくなった。

第1図 SBS ブロック共重合体の理想化された構造

以上の点を括めて見ると、共重合体はランダムで共重合単位が類似するときや、少ないときはホモポリマーとレオロジー特性はあまり変わらず、分枝の影響が入る程度であるが、共重合単位がイオン性であったり、ブロックであると二相構造による特異なせん断効果や温度効果を示し、グラフト成分も多くなると、主鎖と異った特性を示すようである。

2・2 コポリマーブレンド融液のレオロジー特性

a) ポリスチレン-ゴム系

白木、関本²⁹⁾が毛細管押し出しより求めた見かけ粘度は、せん断速度を考慮していないが、共通成分を有するスチレン-ブタジエンゴム、ハイスチレンゴムの共重合体を加えた場合、対数平均値より高く、メルトフラクチャーを生じ易く、その他のアクリルゴムニトリルゴム、共重合体を加えた場合は、混合量が少いと対数平均値より高く、混合量が多いと低い。位相差顕微鏡による解察結果も併せて、前者は相溶性が高く、並列混合モデルに近いとしている。

b) ポリスチレン-スチレングラフトポリブタジエン系： 上記と同じ研究シリーズで、グラフトスチレン量を増すと見かけ粘度が高くなり、メルトフラクチャーを生じ易くなり、ポリブタジエンの見かけ粘度が高いものまたはゲル化したものをグラフト原料に用いたとき、粘度が低下し、メルトフラクチャーを生じ難くなることやロール混練により粘度が低下しゲル化することを認め、これらは分散状態が直列モデルに近くなったためと考えている。

c) ポリエチレン-ゴム系：

Nrtov, Peeva, Djagarova²⁶⁾らは毛細管押し出しにより、ポリエチレンアジペートとポリ酢酸ビニル、およびポリメチルメタアクリレートとの混合物、さらにポリエチレンセバシネートとポリメチルメタアクリレートとの混合物の場合、ポリエチレンに天然ゴムを加えるときと同じく、見かけ粘度が混合率に対して加成性から外れ、極小を示す場合を認め、流動の活性化エネルギーの差によって説明している。

d) ポリ塩化ビニル-ゴム系：

藤井²¹⁾の毛細管押し出しの結果では、溶解度指数で見た親和性の高いニトリル-ブタジエン共重合ゴムを加えたときは、ポリメチルメタアクリレートやポリ塩化ビニル自身を混えたときと同じく、対数粘度および、その活性化エネルギーは加成性を示し、親和性の低いエチレンプロピレン共重合物は、ポリスチレン、ポリエチレンポリブタジエンのときと同様、加成性から大きく外れ、ABS、エチレン-酢酸ビニル、塩化ビニル-ビニル高級脂肪酸エステル共重合体は、ポリウレタン、アクリル系樹脂

と共に中間の挙動を示した。以上の研究では、せん断速度を考慮していないので、その影響による偏りがあり得る。

Dimitrov, Marko, Pazonyi ら²⁷⁾が一定圧で毛細管より押し出し見かけ粘度を求めた結果によると、アクリロニトリルゴムではアクリロニトリル含有率の少ない方が粘度低下が著しく、その温度変化が少ない。塩素化ポリエチレンでは塩素含有率の少ない方が粘度低下が著しく、また分子量の低い方が粘度低下が大きく、温度変化が少い。基準となるポリ塩化ビニルの値が高いとき粘度は高くなるが、その増加は、アクリルゴムでは、アクリロニトリル含有量の高いもの、塩素化ポリエチレンでは分子量の高いものを加えたときが著しい（またスルフォ塩素化ポリエチレン、ポリクロロブレン、エポキシ化大豆油を加えたものは粘度が増加し、ポリイソブチレンは減少するが、添加物の粘度が不明であるから、一般的に言える疑問である）。

Malpass²⁸⁾はポリ塩化ビニルまたは塩化ビニル-プロピレン共重合体に ABS を配合し、プラストグラフで測定した結果、融解が速くなり、混練中の粘度が低く、摩擦熱発生が少く、温度均一となる。押し出しでは粘度が上昇し、メルトストレングスが高くなり、バラス効果が減少すると報告している。

e) ポリエチレン-エチレン・酢酸ビニル 共重合体 (EVA) 系： 著者ら^{7,13)}はエチレン基を共通とし、極性の

第2図 粘性および弾性のパラメータと混合比の関係

異なる共重合成分をもつ混合系としてレオゴニオメータにより測定した結果、ゼロせん断粘度とコンプライアンスは混合率に対し、一般には2個の極大を示し別にエチレンの多い方で極少を示すこともある。この場合、低せん断速度で非ニュートン性を示し始めるが、高せん断速度における低下は少いことを認め、さらに毛細管押し出しにおいて、バラス効果や流入圧損失から求めた弾性率もほぼ対応する変化を示すことを確めた。

f) ポリエチレン-イオノマー系:

毛細管流動における見かけ粘度、バラス効果は、EV A-ポリエチレン系と類似の変化を示したが Power law の構造粘性指数、流動の活性化エネルギーは混合率に対し、ほぼ加成的であった²⁰⁾。せん断速度はレオゴニオメトリより高いため差が少くなると考えられる。

g) EVA-イオノマー系:

毛細管押し出しにおけるバラス効果、末端補正による弾性の変化は、上記二系と同様であるが、混合率に対する極大の位置、大きさがほぼ対称的であった。構造粘性指数の加成値よりの外れは小さかった¹⁹⁾。

h) ABS, AAS:

これらは、スチレン・アクリロニトリル、スチレン・ブタジエン (またはアクリルエステル) の共重合物のブレンドや、これらのグラフトなど多種多様なものが市販されているが、そのレオロジー特性は射出成形のスパイラルフロー試験など実用的な報告が主である。

Pawlowski²⁸⁾ は Ebneth²⁹⁾ の固液二相モデルが流動長を規定するとの考えに対し、粘度の温度変化によって流動点が定まるという一相モデルによる実験式を示し、実際と一致すると述べている。

Bergen, Morris ら³⁰⁾ は ABS 樹脂の融液粘度と応力緩和の測定を行い、これと SAN 樹脂自身、これにグラフトしていないゴム粒子を加えた系、および純グラフトポリマーなどについての同様な測定結果を比較検討し、ABS 融液のレオロジー特性は、SAN マトリックスの特性と、その中に不連続なゴム質粒子が存在することによる影響と、ゴム質粒子の表面に多くついているグラフト鎖のからみ合い効果が総合されたものであると説明している。

Scalco, Huseby, Blyer ら³¹⁾ は、ABS 樹脂の粘弾性の温度依存性が、他の多くの非晶性ポリマーと類似することを認め、さらに動力学的弾性率と緩和スペクトルから求めた流動曲線が実測と合い、ABS 樹脂はポリエチレンと比較して、高せん断速度における流れの乱れが少く、成形加工性が良好であり、回復性せん断ひずみが小さく、非晶性であるため、製品中の残留ひずみが少ないと報告している。

Bergen³²⁾ はムーニー粘度計を改良したレオメーターによる、ABS 樹脂の流動曲線が毛細管レオメーターによる測定値と一致すること、さらに多種の ABS 樹脂の最低成形可能圧力とムーニー指示値とが直線関係を示すことを確かめ、ムーニー粘度計により成形性を予測できると報告した。

著者ら¹⁹⁾ は、AAS 樹脂の一例について、レオゴニオメーターにより見かけ粘度を測定し、非ニュートン性は低せん断速度で現われるが、その後のせん断速度依存性は少いこと、温度依存性が少いことを認め、AAS 樹脂融液の流動に影響を及ぼす範囲 (単位) は大きく、その分布は広く、不均一性が大であろうと推定した。

これらの結果をまとめてみると、コポリマーブレンドの融液レオロジー特性は、その成分の相溶性、親和性が高いとき通常の分散系と違った異常な挙動を示している。また従来の報告では毛細管押し出しでせん断速度が比較的高い所で測定しているの、ゼロせん断粘度と比し、組成による変化が大きくないし、せん断速度や温度の効果; 弾性に関係する効果 (バラス効果、緩和現象、メルトフラクチャー) などに特異性が著しいが、これらを検討した報告が少いので、今後の研究に待ったが大きい。

ことに共通の重合単位を有するブレンドの場合は、セグメント間の部分的相容による相互作用の増大が考えられる⁷⁾ ので影響が大きくなるようで、構造論や固体物性論との関係も加えて考察することによって、ポリマーブレンドの特性に対する原則を明らかにし得るであろう。

文 献

- 1) R. J. Petersen, R. D. Corneliussen, L. T. Rozelle *ACS Polym. Preprint*, 10, (1), 385 (1969)
- 2) G. Riess, J. Kohler, C. Tournut, A. Bandret; *Makromol. Chem.* 101, 58 (1967)
- 3) J. M. McKelvey; *Polymer processing*, p. 304, J. Wiley, New York (1962)
- 4) 小野木重治, 升田利史郎; *高分子*, 17, 640 (1968)
- 5) T. Fujiki, M. Uemura, Y. Kosaka; *J. Appl. Polym. Sci.*, 12, 267 (1968)
- 6) 中尾一宗, 沢田重政; *高分子学会年会講演要旨集* 19, 307 (1970)
- 7) 藤村敏一, 岩倉賢次; *高化*, 27, No. 301, 323 (1970)
- 8) G. Kraus, J. T. Gruver; *Trans. Soc. Rheol.*, 13, No. 3, 315 (1969)
- 9) C. K. Shin; *Trans. Soc. Rheol.*, 14, No. 1, 83 (1970)
- 10) K. Sakamoto, W. J. Macknight, R. S. Porter; *J. Polym. Sci.*, 8, 277 (1970)
- 11) V. I. Bukhgalter, F. F. Meshcherova, V. P. Emel'yanova, I. I. Senichkina; *International Chemical Engineering*, 8, No. 1, 104 (1968)

- 12) R. J. Royer, W. H. Baner, A. Collins; *Trans. Soc. Rheol.*, 10, No. 2, 545 (1966)
- 13) 藤村敏一, 岩倉賢次; 東北大学水研研究発表会講演要旨集, 22 (1970)
- 14) 井手文雄, 長谷川章; *高分子*, 18, No. 211, 712 (1969)
- 15) G. Kraus, J. T. Gruver; *J. Appl. Polym. Sci.*, 11, 2121 (1967)
- 16) K. R. Arnold, D. J. Meier; *J. Appl. Polym. Sci.*, 14, 427 (1970)
- 17) P. F. Hartman, C. L. Eddy, G. P. Koo; *SPE Journal*, 26 [5], 62 (1970)
- 18) 藤村敏一, 岩倉賢次; *工化*, 73, No. 7, 1641 (1970)
- 19) 藤村敏一, 岩倉賢次; *繊維学会誌*, 26, No. 10, (1970)
- 20) 藤村敏一, 岩倉賢次; 繊維学会年次大会講演要旨集, p. 50 (1968)
- 21) 藤井栄磨; 愛知県工業指導所報告, No. 3, 30 (1967)
- 22) 白木英太郎, 関本義一; *工化*, 65, No. 3, 440 (1962)
- 23) L. C. Anderson; *J. Polym. Sci.*, 43, 423 (1962)
- 24) 野村繁三; *高化*, 12, 527 (1955)
- 25) V. E. Malpass; *Modern Plastics*, 47, No. 1, 131 (1970)
- 26) M. Natov, L. Peeva, E. Djagarova; *J. Polymer Sci.*, RARTC, No. 16, 4197 (1968)
- 27) M. Dimitrov, R. Marko, T. Pazon; *Plaste und Kautschuk*, 16, No. 7, 491 (1969)
- 28) J. Pawlowski; *Kunststoffe*, Bd. 60, 37 (1970)
- 29) H. Ebner, K. Boehm; *Plastverarbeiter*, Bd. 19, 261 (1968)
- 30) R. L. Bergen, H. L. Morris; International congress on Rheology, ABSTRACTS, 103 (1968)
- 31) E. Scalco, T. W. Huseby, L. L. Blyler, Jr.; *J. Appl. Polymer Sci.*, 12, 1343 (1968)
- 32) R. L. Bergen, Jr.; SPE Tech. Papers RETEC. (Hartford Conn.) 25 (1964)

最新刊

<化学増刊 45>

繊維の形成と構造の発現 (II)

——湿式紡糸と乾式紡糸——

繊維学会編・B5判・定価1500円

人造繊維は製造条件を変化させることにより、繊維の構造を変化させ、性質に微妙に反映させることが可能で、特に紡糸過程の複雑な湿式・乾式紡糸ではこの可能性は大である。本書は、“繊維の形成と構造の発現”(化学増刊 39)の続編として、これらの点を中心にわが国最高レベルの研究者が人造繊維の研究成果を披瀝し、平易に解説する。

<主要目次>

- 1 序論 熔融紡糸について (滝沢 章)
- 2 ビスコース法スフの紡糸と繊維構造 (原 弘道)
- 3 ビスコース法強力レイヨンの紡糸と繊維構造 (村上 瑛一)
- 4 ポリノジック繊維の紡糸と繊維構造 (朝枝 孝)
- 5 ペンベルグ人絹の紡糸と繊維構造 (諏訪 博久)
- 6 アクリル繊維の紡糸と繊維構造 (筒井 延宏)
- 7 ビニコロン繊維の紡糸と繊維構造 (中保 治郎・坪井 清)
- 8 アセテート人絹の紡糸と繊維構造 (高久 明)
- 9 ポリ塩化ビニル繊維の紡糸と繊維構造 (高山 実)
- 10 ポリ塩化ビニリデン繊維の紡糸と繊維形成過程 (朝比奈光雄)
- 11 モダクリル繊維の紡糸と繊維構造 (栗岡駿一郎)

【図書目録進呈】 604・京都市京中区柳馬場御池下ル TEL (211) 8391 (代): 振替京都 5702

化学同人