

相分布制御(物理的、化学的蒸着等)、粒子配列制御、纖維配列制御、積層制御、特殊表面制御等さまざまな手法が考えられている。金属、セラミックス等の無機材料をマトリックスとした傾斜機能材料(主として熱応力緩和機能材料)については科学技術庁プロジェクトとしてすでに研究が開始され、次第に成果が現れつつある。

当所では（1）充填材分布・配向制御による機能複合材料の開発、（2）ブレンド材料の機能付与、（3）形態賦形による傾斜機能付与および（4）傾斜機能材料の設計・評価、のような有機材料系の傾斜構造複合材料について研究を進めている。

(1) では纖維の二次元配列材料の短所を解決し、応力状態に応じた構造設計に基づいて組織に粗密分布を有し耐環境性、熱応力緩和、耐熱衝撃等の機能材料としての自由度を増すための三次元纖維配列法（粗密構造、ハイブリッド構造三次元織物や不連続纖維集合体）とその複合材料化（熱硬化性、熱可塑性樹脂含浸成形）の研究を行っている。また遠心力を利用した粒子/纖維の分布・配向制御法についても検討している。

二成分系のブレンド材料において両相が共に連続して規則正しく絡み合った構造（変調構造）を形成した材料は両相が連続することに由来して優れた熱的、力学的性質、化学修飾による選択透過性などの高機能を發揮できる材料となる。

(2) では変調構造や IPN のような構造発現を示す材料の探索および構造制御による機能材料化を進めている。中空糸の形態と紡糸技術の多様性を生かした新しい機能材料が注目されているが、

(3) では中空糸賦形による機能性付与法として多相または多層中空糸法と傾斜化法の両面から研究を進めている。

いずれの場合も機能を最大限発揮できる傾斜構造を持つ材料設計は多くのファクターが関係してそれほど容易ではない。そのための成形となるとさらに困難が伴う。しかしながら従来の複合材料にない新しい概念を導入したこれらの取り組みは少なからず意義のあるものと考え、今後積極的に取り組んでいきたい。

(纖維高分子材料研究所)

應用技術部材材複合研究室)

### ●成形加工にかける被

## 最適成形加工法とその正確な 成形品物性の自動推算

金井 俊孝

プラスチックの成形加工の解析技術は、射出成形のCAE、押出機内の流動予測をはじめとし、この10年間めざましい発展を遂げている。射出成形に関しては充填解析から保圧・冷却過程の解析が可能となってきたおり、流動配向を含めた残留応力や収縮率、変形、そりなど成形品の品質に関する予測まで可能になりつつあり、実験との対応関係が検討され、実用段階にきている。

樹脂メーカー側の研究として、実用物性が高く成形性の良好な樹脂デザインはいかにあるべきかが常に要求されている。そのために、樹脂の一次構造とレオロジー特性（溶融粘弹性）、成形加工性の関係を把握し、製品の品質を予測することは非常に重要な意味を持っている。例えば、射出成形品の配向、表面外観や押出成形の成形安定性、ブロー成形のスウェルやドローダウン、偏内精度、溶融紡糸の紡糸性、シート・フィルム成形のネッキング現象、フィルムや成形品の

光学特性などを考えた場合、樹脂の溶融粘耐性が大きな支配因子となっている。そのため、緩和時間分布を考慮した粘弾性モデルを利用した成形加工解析は、樹脂デザインの改良や成形条件の最適化に重要な役割を果たすものと考える。

一方、定常せん断流動、流動停止後の応力緩和、線型粘弾性（貯蔵剛性率  $G'$ 、損失剛性率  $G''$ ）や伸長流動などの流動特性は一次構造因子（分子量、分子量分布、長鎖分岐、組成分布、超高分子量・低分子量成分）と密接な関係がある。そのために、両者の関係を結びつけておくことにより、成形加工性や製品の品質を向上させるための樹脂の改良開発（重合・触媒・プロセス）への指針に結びつくものと考えられ、この分野の研究が急がれる。

製品の物性を左右する因子はもちろん溶融時の粘弾性的な性質だけではなく、成形加工時のせん断・伸長履歴、加熱・冷却のかけ方などもあり、これらが品質の

均一性や物性を支配する。また、結晶性樹脂においては、結晶化速度や結晶化度が品質を制御するため、これらの因子を含めた成形加工の解析技術が要求される。

また、高分子複合材料は自動車分野をはじめとする工業材料分野、家電分野、電子材料などの用途をはじめとして、材料の高機能化のために非常に広範囲に使用されている。樹脂やゴム、無機フィラー等の混合により単体では得られない物性発現が期待されるが、相溶化技術やレオロジー評価技術、二軸混練機の混練解析技術などによりモルフォロジーが制御され、物性が定量的に制御されることが可能になれば、材料開発が迅速化できる。現在のところ、複合材料の物性予測技術は理論的な検討が最近になって活発化してきているが、まだまだ経験的な手法によるところが多く、モルフォロジー制御技術や物性発現機構の解明が、今後より一層検討されることを期待したい。

以上述べた技術の蓄積により、成形品の形状と目標物性が提示されたとき、その製品に適した材料と成形加工法が選定され、それに基づいたレオロジー特性や成形条件の設定、成形性が予測され、より正確な成形

品の物性が自動推算されたら、どんなにか楽でかつ研究期間が短縮できることであろう。現状の樹脂や成形法では品質上困難と予測された場合には、レオロジー特性よりさらに上流にさかのぼり、一次構造・樹脂改良（重合・触媒）へと検討を進め、また成形法の改良の検討を進める。

図のような重合から物性までの各因子間の関係を把握する基礎研究と材料や製品の物性データの蓄積、成形加工の解析技術、複合材料においてはモルフォロジー制御、物性発現のメカニズムの研究がそれぞれの分野で活発に研究されることを期待したい。そのためには、今後、広範囲な技術蓄積が必要とされ、材料メーカー、成形加工・機械メーカー、ユーザーの協力体制が望まれ、またデータの共有化が重要となろう。そして、この技術の体系化が完成すれば、試行錯誤的な時間の浪費が激減し、高品質な製品が短期間で、低コストで製造可能となり、さらにより高度な材料、製品開発に取り組むことができることになろう。

（出光石油化学(株) 樹脂研究所）

