ナノテクノロジーと成形加工

目 崎 令 司*

2000年1月21日、当時の米国クリントン大統領の演説が契機となってナノテクノロジーは21世紀における広範な科学技術、特に材料技術の飛躍的な発展をもたらすことが期待できる基礎技術として世界的な注目を集めている。日本でも経済産業省および新エネルギー・産業技術総合開発機構の主導により材料分野ではナノ粒子、高分子、ガラス、メタルなど7種のプロジェクトと、これら独立に進行する縦プロジェクトに対して共通する研究基盤を提供する「材料技術の知識の構造化」と称するプロジェクトが同時にスタートした。筆者は従来より高分子材料の成形加工にたずさわり、また今回「知識の構造化」プロジェクトに参画したため、高分子ベースのナノ材料の成形加工分野での今後の技術展開に強い関心を持っている。

「知識の構造化」のプロジェクトの目標は(1)広くナノ材料の製造に関する構造化したデータベースを構築し、これを用いてプロセッシング条件—構造—特性や機能に言及した文献や特許を抽出する。(2)(1)で得た情報をもとに、プロセッシング条件や構造から材料の特性や機能を推定できる推論方法を確立することである。この推論法の利用により新規な、あるいは所望の特性や機能を持つナノ材料の開発作業は大幅に合理化することが可能となる。このような推論法の確立は決して斬新な発想ではない。例えば医薬品の開発に対して利用されている化学品の分子構造と薬効を結ぶ相関や、また遺伝子配列と体質や特定の疾病に対する受容性との相関などはすでに存在する。筆者は一般に高分子材料について、このような推論法の開発を前提としてプロセッシング条件—構造—特性や機能間の相関をここ数年にわたって探してきた。ほぼ2年前タイトルだけでは格好の成書が見つかったと当時は思った。A. N. WilkinsonとA. J. Ryan共著の“Polymer processing and structure development”である。この本では汎用樹脂のブロー成形やカレンダーリングなどの限定された領域でプロセッシング条件、構造、機能について、これまでの知見がある程度まとめられているものの、定量的な相関といった所までは残念ながら到っていない。汎用樹脂に対してこのような状態である。汎用樹脂に比べて組織の複雑性や多様性が格段に異なるナノ材料となると全く悲観的である。高分子系ナノ材料ではその大部分がナノコンポジットであろう。これに対してはどうすれば良いか、少なくとも筆者にとっては手の

つけようもないテーマだ。しかしその第一歩としてまず高分子系ナノコンポジットにしぼって文献や特許などよりプロセッシング条件—構造—特性や機能などについての情報を収集し、これを構造化することにした。文献や特許を並べてみても何も新しいことは得られないといった批判もあったがとにかくはじめることにした。この作業からの最大の発見は、既存のデータでは何が欠落し、何を今後拡充しなければならないかが、やや見えてきたことである。

現在、高分子系ナノコンポジットの研究開発では、その多くが層状のクレイを用いており Intercalation 法（層間注入法）により層間に重合性物質や高分子物質を注入し、その後 Exfoliation（剥離分離）でナノ粒子成分が均一に分散したコンポジット素材をつくる場合が多い。ここで問題なのは、現在手元にある相当数の文献や特許に限って言えば、これらの方法に使用するハードやその操作条件が明確に記載されていないことである。Intercalation では単なる混合、浸漬や押出しを用いていることが多く、また Exfoliation ではバンバリー、ブラベンダー、一軸、二軸の押出機などが記載されているが、いずれにしても“conventional”（ありきたりの、従来形の）な混合や分散法、また混合や分散装置、といった記述が多い。これは一つには実験室スケールの研究開発でほんの一握りの材料、特に素材を作成することが目的であったか、またはこれは生産技術の中核に抵触する内容であるので公表しにくいためであったかもしれない。度々述べるようにこれは素材の段階である。付加価値を高めた最終製品にするためにはこの素材を成形加工しなければならない。問題は高分子系ナノコンポジットに対して成形加工の生産技術がどのような状況にあるのか文献や特許からは見えてこないことである。これも conventional な方法やハードで解決できるのなら筆者の杞憂に過ぎない。もし、未解決の分野であるならば出番だ。ただし生産技術は所望の特性や機能は勿論のこと、高速に、大量に、より安価に、安全に、環境に優しくといった多様な条件を満足させなければならない。挑戦に値する課題である。特に高分子系ナノコンポジットは自動車、通信、電子、情報など将来の日本の発展に係わる基幹産業への材料である。素材より成形製品に跨る他の追従を許さぬ生産技術を確立しなければ、グローバルな競争には勝てない。これにはどのような開発体制が最適であるのか。国家プロジェクトか、産学共同か、あるいはまた企業間コンソーシアムが良いのか、強力なリーダーシップのもとに早急に実行に移すべき時がきている。

* Mezaki, Reiji
 (株)三菱総合研究所 安全科学研究本部
 東京都千代田区大手町 2-3-6 (〒100-8141)
 2001.12.21 受理