

橋本相分離構造プロジェクト追跡調査報告書要旨

橋本相分離構造プロジェクトは、非平衡・非線形の視点から、相転移や相分離、相構造など相に関する基本的な問題を、「分子集合体の力学 - 自己組織化と外部刺激への応答」とい形で互いに結びつけながら、広範囲かつ系統的に研究を推進した。その結果、高分子混合系の共連続構造および相界面の曲率や形状、ブロック共重合体系の秩序 - 無秩序転移と両相の共存状態、孤立高分子鎖の形態、温度勾配に誘起される相分離、コロイド系での相図作成と結晶成長、ゲル系の網目鎖階層構造等々、相の本質にかかわる新しい知見を数多く蓄積した。さらにマイクロ相分離構造をテンプレートとして、それにナノスケールの加工を施すことを試み、ナノ多孔性材料や高分子 / 金属超微粒子複合体の作成など「ナノプロセスング(ナノファブ리케이션)」の分野を開き、ものづくりの面でも足場を作った。これらの成果は、「相形成科学」研究の大きい流れを誘発するとともに、多くの面で「ナノテクノロジー時代」につながる先駆的な役割を果たした。

これら一連の研究活動は、プロジェクト終了後も引き継がれ、それぞれ独自の展開を見せている。ブロック共重合体では、組成・分子量の非対称性を有する二成分を混合した時に発現する共界面活性効果を発見し、その応用によるマイクロドメイン構造の制御を実現した。ポリマーブレンド系では構成成分の動的非対称性が相分離構造に与える影響について新たな研究を進め、動的対称系の研究の一般化に貢献している。別に化学反応を伴った系の自己組織化もテーマに取り上げられている。コロイド結晶では、一方向の成長で得られた数 cm 長に及ぶ単結晶をフォトニック素子として利用する研究があり、ゲル系では感温性ゲルの疎水性ドメインで有機化合物の吸着分離を行なう等、応用面での検討も手がけられた。さらに実験手法の展開として、透過型電子顕微鏡とCT技術とを組み合わせた電子線マイクロトモグラフィー(TEMT)によるナノスケールでの3次元イメージングがあり、新しいナノテクノロジー分野の研究ツールとして認められつつある。

プロジェクトの波及効果として、高分子・コロイド・ゲルなどを対象とする“ソフトマター”の研究が、また、レーザー走査型共焦点顕微鏡(LSCM)や散乱法による高分子マイクロ相分離構造の解析、コロイド堆積単結晶、ゲル内部の不均一構造についての研究が急激に増加した。孤立高分子鎖の観察や温度勾配による相分離の研究は、今後広い分野にまたがった展開が期待され、界面の統計的性質の解明は、宇宙論や凝集系の物理などの理論物理学の分野にも強いインパクトを与えている。最近米国IBMから発表されたナノ結晶フラッシュメモリーや、現在各所で開発中の大容量磁気記録媒体(パターンメモリー)などの産業研究が、橋本プロジェクトで扱われた高分子の自己組織的相分離現象の応用から生まれており、これらの相分離ドメインを使うボトムアップ的ナノスケールの構造制御法はごく近い将来、情報、エレクトロニクス、バイオ、環境、エネルギー、メディカルなどの広汎な分野で活用され、新規な機能材料創製につながる確率が高い。