

ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	4. 組織化膜
中項目	4-4. 界面物性
小項目	4-4-2. 高分子界面

概要（200字以内）	
<p>実験技術の進歩（反射率、表面力、プローブ顕微鏡、XPS など）により、高分子表面・界面に係わる課題、(1)高分子表面：表面 Tg の表面層の厚さ、濡れと脱濡れ、表面間力、(2)ブロックポリマーを用いた薄膜のモルフォロジー制御およびコンポジット合成、(3)高分子の分子サイズ以下の厚さの超薄膜の特異的性質、(4)高分子／高分子界面のナノ構造とその制御、(5)新規な高分子表面としての高分子ブラシの合成とナノ構造および機能（図1）、などが急速な進歩を遂げている。これらは、摩擦特性、生体適合性などに優れた新規機能材料表面への展開を睨んでいる。</p>	
図1 水面高分子ブラシの構造転移	

現状と最前線	
<p>材料および複合材料の素材としての高分子には、その表面や、高分子／高分子界面、薄膜のナノ構造および物性などにおいて、解明すべき課題は多い。しかし、近年におけるX線および中性子反射率法、プローブ顕微鏡、XPS、表面力測定など、表面・界面測定技術の急速な進歩により、様々な分野において大きな進展が見られている。これらはいずれも、卓越した摩擦特性、生体適合性、電子・電気材料物性などを有する新規機能高分子材料への展開を睨み、基礎化学からアプローチするものである。</p> <p>（1）<u>高分子表面</u> 高分子固体の表面がバルクより低いガラス転移温度(Tg)を示す現象については、主としてプローブ顕微鏡を応用する試みから、正確な定量的情報が得られるようになり、低Tgの原因やその発現機構が明らかになりつつある。今後は、その成果に基づいて、自在な表面特性の制御がのぞまれる。</p> <p>（2）<u>薄膜のモルフォロジー制御と濡れ・脱濡れの制御</u> ブロックコポリマーやポリマーブレンドの薄膜において、その制御空間内でのミクロ相分離によるモルフォロジー制御が活発に試みられている。添加剤により薄膜面に鉛直なシリンダー構造の発現も報告され、ポリマーの組成や組成比、添加剤の選択等による自在なモルフォロジー制御へと進みつつある。</p> <p>また、コーティング剤としての高分子薄膜は重要な材料である。最近、シルセスキオキサン(POSS)などの添加剤により脱濡れ現象が抑えられることが見いだされ、その機構解明と応用が期待される。（図2）</p>	

(3) 超薄膜の特性 高分子鎖の回転半径を下回る厚さの「超」薄膜が、負の熱膨張係数を示すなど特異的な性質を示す現象について、主として反射率法により精力的研究が行われている。基板との相互作用の影響の解明や、超薄膜内での高分子鎖のコンフォメーションの解明が待たれる。

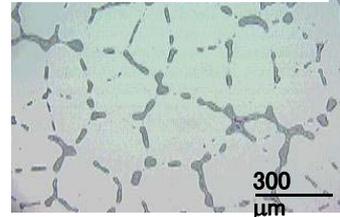
(4) 高分子／高分子界面 ミクロ相分離構造を有する高分子は、複合材料として、また生体適合性材料などとして注目される。これらにおいて、高分子／高分子界面のナノ構造とその制御はマクロな物性を決める大きな要素である。主として反射率測定により、界面の厚さやそれに対する分子量分布の影響が明らかになりつつある。また、ブロックポリマー系やその混合系では、両ブロックの鎖長比と界面の曲率との関係が詳細に調査されており、高分子の一次構造と界面構造の相関が明らかになりつつある。

(5) 無機・金属ナノ粒子とのコンポジット 高分子／高分子

界面や、ラメラ相分離構造中の一方の層に選択的に金属ナノ粒子を導入し、新たなエレクトロニクス材料へ展開する試みが近年活発である。ラメラ層内で直接還元反応により微粒子を生成させる試みや固相重合した高分子単結晶中の隙間で銀粒子を生成させる手法などが試みられている。現在ではまだ試行的な単発研究例が多く、一般的な手法の確立が望まれる。

(6) 高分子ブラシ 基板表面に片末端を固定され高分子が密生した系である高分子ブラシは、新規な表面制御法として近年大きな注目を浴びている。この発展には、新たな水溶性ポリマー合成法としての、そして、新規な表面グラフト重合法としての、リビングラジカル重合法の進歩が大きく寄与している。特にイオン性の高分子ブラシは、極めて低い摩擦特性を示すことが最近発見され、話題となっている。水面高分子単分子膜を利用したモデルブラシ系で、反射率法によりそのナノ構造と転移、pHや塩濃度への応答性などが詳細に検討されている。実際の材料系への応用が期待される。

PS薄膜(膜厚 53 nm)



CpPOSS 15 wt% 添加PS薄膜(膜厚 56 nm)

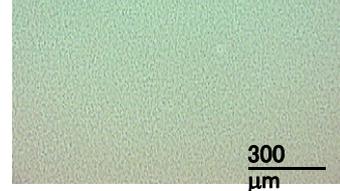


図2 シリコン基板上のポリスチレン薄膜は加熱により脱濡れ現象を示す(上)が POSS の添加によりこれが改善される(下)。光学顕微鏡写真。九大・高原教授の厚意による。Langmuir, 23, 902 (2007)。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

濡れ・脱濡れ機構の解明、表面構造の詳細解明、高分子ブラシのナノ構造とその制御法の確立、高分子表面間の相互作用の解明、高分子／高分子界面構造の自在制御 など

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

・ 耐久性に優れるポリマーナノコーティング、高分子界面および薄膜と金属微粒子コンポジットによる新規電子材料、イオン性高分子ブラシによる超低摩擦表面の構築と応用 など

キーワード

高分子表面、高分子界面、高分子薄膜、高分子ブラシ、摩擦

(執筆者：松岡秀樹)