

1. 研究課題名：濃厚ポリマーブラシの科学と技術
2. 研究期間：平成17年度～平成20年度
3. 研究代表者：福田 猛（京都大学・化学研究所・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

固体表面に密にグラフトされた高分子鎖は、分子鎖間の立体障害を避けるべく表面から垂直方向に延伸された分子集合系「ポリマーブラシ」を形成する。ポリマーブラシの構造・物性はグラフト密度に強く依存すると考えられるが、グラフト鎖の表面占有率が約10%から数10%に及ぶ密度領域（濃厚ポリマーブラシ）は、最近まで全く未知・未開拓の領域であった。当研究グループは、リビングラジカル重合（LRP）の利用により、長さの揃ったグラフト鎖からなる濃厚ポリマーブラシの合成に世界に先駆けて成功するとともに、濃厚ブラシ中の柔軟な高分子鎖が、良溶媒中で伸び切り鎖長に匹敵するほど高度に伸長配向するという驚くべき事実を発見した。本研究課題は、濃厚ポリマーブラシという高分子の結晶、液晶に次ぐ、しかしこれらとは本質を異にする新しい自発配向組織が、様々な基礎および応用科学分野の新局面を拓く「シーズ」になりうるという認識の下で、これを（1）LRPに基づく合成化学、（2）ナノ構造・物性科学および（3）機能開発・応用科学という互いにフェーズを異にする3つの切り口から包括的かつ系統的に研究し、濃厚ポリマーブラシの科学と技術を開拓することを目的とする。これにより、高分子科学、界面科学、膜科学、コロイド科学、無機-有機複合材料・生医学材料・電気電子材料科学など様々な分野に多大な波及効果が及ぶことが期待される。

(2) 研究の進展状況及び成果の概要

（1）合成化学的には、ゲルマニウム、リン、窒素など非遷移金属化合物を触媒とする新しいリビングラジカル重合法（可逆移動触媒重合）を開発した。本系は低コストや低毒性などを特長とし、濃厚ポリマーブラシの合成を含む幅広い利用分野をもつことが期待される。高圧下のLRPにより、分子量が300万を超える分布の狭いポリマーの合成に先駆的成功を収め、超高分子量・大膜厚の濃厚ブラシ合成への展望を開いた。（2）構造・物性化学的には、濃厚ブラシが大きな圧縮抵抗を示す一方で、高荷重下でも極度に低い摩擦係数を与え、溶媒中でも乾燥熔融状態でも（一定以上の大きさの分子をブラシ層に取り込まない）サイズ排除効果を示し、さらに、タンパクなど生体関連物質の吸着を抑制するなど興味深い現象を数多く見出した。また（3）機能開発的研究に関して、濃厚ブラシ付与微粒子の完全合成にはじめて成功し、この複合微粒子がコロイド結晶化することを実証するとともに、結晶構造とグラフト密度及びグラフト鎖長の関連を解明した。応用面では、コロイド結晶の固定化に初歩的な成功を収めたこと、イオン液体ポリマーの濃厚ブラシを付与したシリカ微粒子の薄膜が、コロイド結晶性秩序構造に起因する高いイオン伝導性を示すことなどが特記される。さらに、有機高分子の表面に濃厚ブラシを付与する複数の技術を開発し、この分野に新たな材料学的広がりを加えた。

5. 審査部会における所見

A（現行のまま推進すればよい）

本研究課題では、超高分子量を持つ濃厚ポリマーブラシの開発、濃厚ポリマーブラシによる低摩擦系の実現、新規コロイド結晶系の構築、新規イオン伝導膜の開発など、順調に研究成果が上がっており、リビングラジカル重合法を表面に適用し高密度のポリマーブラシを作製するという研究代表者が見出した独創的な研究が着実に展開されている。複数のグループとの共同研究も精力的に行われており、新材料開発に基づく新しい構造・物性が様々な角度から検証されつつあり、基礎および応用の両方の見地から極めて重要であると思われる。有機高分子を種々の表面上に伸長した状態で形成させることで、まさに新しい研究領域が創製されつつある印象であり、現行のまま推進すればよいと判断した。