

＜研究紹介・自己紹介＞

研究項目 A02:公募研究

「ボトムアップ手法によるメタ原子集積体の自動形成」

研究代表者 藪 浩（東北大学）

【自己紹介】

1999年の世紀末に北海道大学理学部の4年生で北海道大学電子科学研究所の下村政嗣研究室に配属されてから、自己組織化プロセスによる高分子材料の創製を研究テーマとして行ってきました。学部4年生時は当時助手であった Olaf Karthaus 先生（現千歳科学技術大学教授）の指導下で液晶性ポリマーの dewetting（脱濡れ）によるパターンニングに関する研究を行い、修士・博士課程ではポリイミドなどの耐熱性ポリマーからなるハニカム状多孔体の自己組織的作製や dewetting による機能性ポリマーのパターンニング、そして現在のメインテーマとなっているポリマー微粒子の作製法に関する研究を行いました。これは高分子を溶媒に溶かし、溶けない溶媒を混和させ、溶かしている方の溶媒を蒸発除去することによって、様々なポリマー材料を微粒子化するという手法です。この自己組織化析出（Self-Organized Precipitation, SORP）法によって形成される微粒子という0次元の構造物から、3次元構造を持つ多孔体まで、自己組織化の技術を使って多様な構造体がナノスケールからマイクロスケールで形成できることを見いだしてきました。

2004年に学位取得後、運良く北海道大学電子科学研究所附属ナノテクノロジー研究センターの助手に採用され、引き続き下村研究室で自己組織化によるパターン形成と高分子微粒子の研究を続け、2007年に東北大学多元物質科学研究所に異動し、現在に至って

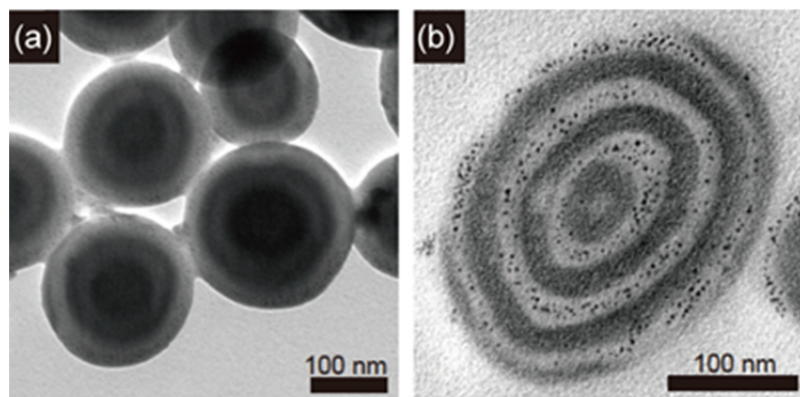


図1. 金ナノ粒子・ブロック共重合体微粒子の走査型透過電子顕微鏡像(a)および断面透過電子顕微鏡像(b)。黒色相はOsO4によって染色されたポリイソブレン部位を示し、白色相はポリスチレン層を示す。ポリスチレン層に金ナノ粒子(黒色のドット)が配列している様子が観察される。



ます。この間ナノスケールの相分離構造を形成するブロック共重合体の微粒子形成やその微細構造をテンプレートとした無機粒子とのコンポジット化に関する研究を行ってきました (図1) ¹。

修士課程の後半から理化学研究所フロンティア研究システムの時空間機能材料グループに研修生として出入りするようになり、多くの優れた研究員の方々の中で学生時代に切磋琢磨出来たことは現在の私の研究に大きな影響を与えています。高分子が専門の私がバイオテクノロジーや光物性の研究者の話を目撃したことで、研究の幅が広がりました。特に同じグループのチームリーダーをされていた石原先生から、金属の微細構造が特異な光学特性を示す事を学習させていただき、現在の研究テーマにつながっています。

【研究紹介】

メタマテリアルは既に様々な構造が提案され、さらにトップダウンの微細加工技術の発展により可視光領域に対象波長が短波長化してきています。しかしながら、可視光領域で3次元的に角度依存性のないメタマテリアルを目に見えるサイズで実現するためには、3次元的にナノスケールの金属共振構造を大面積で作り込む必要があります。

本研究ではこの問題を解決する手法として、ボトムアップ的に金属構造を組み上げる方法を提案します。具体的には、サブミクロンサイズのコロイド結晶を鋳型として作製される、逆オパール中に金属イオンを錯化したブロック共重合体を導入し、金属イオンを還元するというものです。このようにボトムアップ的にメタ原子集積体の作製を行い、メタマテリアルとしての光学特性検討により、最終的に cm オーダーサイズの可視光における3次元共振型メタマテリアルを創製したいと考えています。

私どもはナノスケールの微粒子中において、ブロック共重合体が数 nm～数十 nm スケールのマイクロ相分離構造を形成すること、その中にポリマー被覆された金属ナノ粒子を導入できることを既に報告しています。手始めの検討として、移流集積によりコロイド結晶を作製できる装置を開発し、コロイド結晶の形成およびコロイド結晶を鋳型とした逆オパール構造の作製を行い、ポリマー被覆した金ナノ粒子とブロック共重合体のコンポジット膜が形成できることを見いだしています (図2) ²。コロイド粒子を鋳型とした空孔は球状の空孔を形成し、ブロック共重合体のマイクロ相分離構造がその界面に配向することでオニオン状の構造を形成すること、金ナノ粒子が一方の相中に配列することを見いだして

います。今後は金属錯化ブロック共重合体を逆オパール中に導入し、金属ナノ構造の制御を目指します。

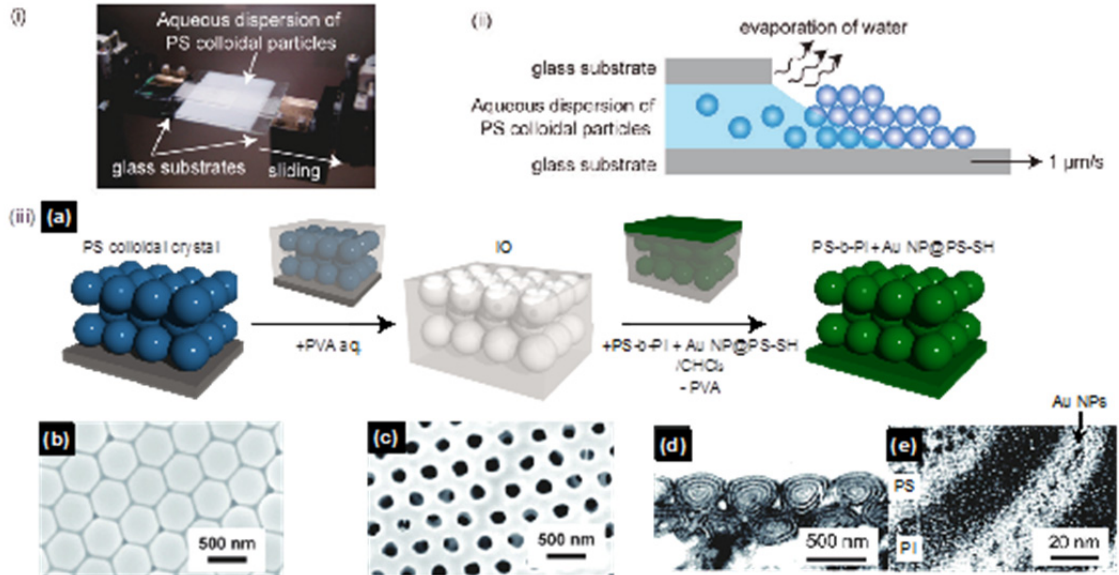


図 2. (i)コロイド結晶作製装置の外観。(ii)移流集積によるコロイド結晶形成のモデル図。(iii)(a)コロイド結晶を鋳型とした逆オパール構造の形成とポリスチレン-*b*-ポリイソプレレンブロック共重合体・金ナノ粒子コンポジットフィルム形成法。コロイド結晶(b)、逆オパール構造(c)の走査型電子顕微鏡像およびフィルムの断面透過型電子顕微鏡像(d),(e)。

¹ H. Yabu*, K. Koike, T. Higuchi, M. Shimomura, *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.* **2011**, 49(24), 1717 (Cover Article)

² H. Yabu*, T. Jinno, K. Koike, T. Higuchi, M. Shimomura, *Macromolecules* **2011**, 44(15), 5868