

平成 21年 4月 13日現在

研究種目：基盤研究 (B)
研究期間：2006～2009年度
課題番号：18350077
研究課題名 (和文) 分子設計による自己組織化の制御とそれを利用した新規ナノ機能材料創製
研究課題名 (英文) Control of self-assembly using molecular design and the fabrication of novel nanostructured materials
研究代表者
松本 睦良 東京理科大学基礎工学部材料工学科 教授

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：自己組織化、LB膜、相分離、パターンニング

1. 研究計画の概要

本研究では自己組織化を利用したナノ物質創製を行い、その構造と機能を明らかにするとともに、構造制御、機能制御を行うことによる新規ナノ機能材料の設計と創製を目的とする。特に、分子設計による分子間相互作用のチューニングに注目する。自己組織化は自己集合と、散逸構造の両方の概念を含んでいる。材料作製過程においてはこれまで主に自己集合の観点が強調されてきた。分子間相互作用のチューニングもこの範疇に入る。しかし、現実には散逸構造の寄与も考慮すべきなので、LB膜作製過程における自己組織化（自己集合、散逸構造）の役割を明らかにし、自己組織化を制御する因子を抽出する。さらに自己組織化の制御による材料設計と創製を行う。具体的にはLB膜という二次元系において相分離を利用し、二次元パターンを作製する。このパターンを基にして鋳型を作製し、新規ナノ機能材料の創製を行う。

2. 研究の進捗状況

本研究では分子の自己組織化を利用したボトムアップ法を用いたナノ物質創製を行い、その構造と機能を明らかにすることと、構造制御、機能制御を行うことによるナノ機能材料創製を目的としている。

ナノ構造の作製のためにLB膜における相分離を利用した。ナノメートルサイズの相分離構造を作製するために、部分的にフッ化炭素鎖が導入された疎水基を有するハイブリッドカルボン酸を系統的に合成し、長鎖脂肪酸との混合LB膜を作製したところ、混合する二種類のカルボン酸の構造と成膜条件の調整により、ナノワイヤの形成に成功した。二

次元の相分離では、ドメイン形状とサイズはドメイン境界の線張力と双極子-双極子相互作用により決定される。分子間相互作用が線張力に与える効果を考慮することにより、本研究におけるナノ構造の形成を説明することができた。

次にフッ化炭素部分と炭化水素部分を併せ持つ新規の両親媒性シランカップリング剤を系統的に合成し、種々の長さの長鎖脂肪酸との混合LB膜を作製したところ、長鎖脂肪酸のアルキル基の長さに依存して、マイクロメートルスケールの円盤状ドメインあるいはナノワイヤ型のドメインを形成した。分子間相互作用の調整によりドメインサイズの制御が可能であることが分かった。

また、脂肪酸とハイブリッドカルボン酸に加えて両親媒性シランカップリング剤を含む3成分混合LB膜の相分離構造を検討したところ、ナノ構造を形成する系を見つけることができた。混合LB膜を加熱処理、溶媒処理することにより、鋳型作製が可能であった。そこで鋳型に官能基を有するシランカップリング剤を液相吸着し、その官能基と金微粒子との相互作用を利用して、鋳型に金微粒子を整列させることができた。さらに、金微粒子を触媒として、銅の無電解メッキを行い、銅ナノワイヤの作製に成功した。

3. 現在までの達成度

二次元相分離構造を分子設計により制御することが可能となっており、相分離構造の設計が可能となっている。また新規シランカップリング剤を合成し、ナノ構造を有する二次元構造を実現している。さらにシランカップリング剤を含む混合LB膜を利用することに

より鑄型を作製し、その鑄型を利用した新規ナノ材料の構築が可能となっている。以上の研究成果から、下記の評価が妥当と考える。

②おおむね順調に進展している。

4. 今後の研究の推進方策

今後はこれまでに得られた成果を基に、以下の項目に重点を置いて研究を進める。

- (1)相分離の構造制御と機構解明。特に自己集合だけでなく散逸構造の役割の解明。
- (2)シランカップリング剤を含む2成分混合LB膜のナノ構造を利用した鑄型作製と物質導入。
- (3)ヒエラルキーを有する相分離構造の作製。
- (4)新規ナノ機能材料の機能評価。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- ①H. Kimura, S. Watanabe, H. Shibata, R. Azumi, H. Sakai, M. Abe, M. Matsumoto, Phase-Separated Structures of Mixed Langmuir-Blodgett Films of Fatty Acid and Hybrid Carboxylic Acid, J. Phys. Chem. B, 112 巻, p. 15313-15319 (2008),査読有
- ②S. Watanabe, T. Kimura, T. Sato, H. Shibata, F. Sakamoto, R. Azumi, H. Sakai, M. Abe, M. Matsumoto, Micro- and Nano-Patterned Copper Structures Using Directed Self-Assembly on Templates Fabricated from Phase-Separated Mixed Langmuir-Blodgett Films, Langmuir, 24 巻, p. 8735-8741 (2008),査読有
- ③T. Mazaki, H. Shibata, Y. Kondo, N. Yoshino, M. Matsumoto, Nanowire Formation in Two-Component Mixed Langmuir-Blodgett Films of Fatty Acid and Silane-Coupling Agent, Chem. Lett., 37 巻, p. 480-481 (2008),査読有
- ④M. Matsumoto, S. Watanabe, K. Tanaka, H. Kimura, M. Kasahara, H. Shibata, R. Azumi, H. Sakai, M. Abe, Y. Kondo, N. Yoshino, Control of Two-Dimensional Nanopatterns by Adjusting Intermolecular Interactions, Adv. Mater., 19 巻, p.3668-3671 (2007),査読有
- ⑤ M. Matsumoto, Photoreactions and Lateral Patterning in Langmuir and Langmuir-Blodgett Films, The Chemical Record, 7 巻, p.69-77 (2007),査読有

[学会発表] (計 53 件)

- ① M. Matsumoto, Phase-Separated

Structures of Mixed Langmuir-Blodgett Films Consisting of Fatty Acid, Hybrid Carboxylic Acid and Silane-Coupling Agent, 17th International Symposium on Surfactants in Solution, 2008 年 8 月 17-22 日, ベルリン (ドイツ)

②H. Katayama, Phase-Separated Structures of Two-Component Mixed Langmuir-Blodgett Films of Fatty Acid and Silane-Coupling Agent, 17th International Symposium on Surfactants in Solution, 2008 年 8 月 17-22 日, ベルリン (ドイツ)

③松本睦良, 長鎖脂肪酸、ハイブリッドカルボン酸、シランカップリング剤からなる混合LB膜の相分離構造, 2008 年度色材研究発表会, 2008 年 9 月 11-12 日, 名古屋市工業研究所

④ S. Watanabe, Two-Dimensional Nanopatterns Using Templates Fabricated from Phase-Separated LB Films, 12th International Conference on Organized Molecular Films, 2007 年 7 月 1-5 日, Krakow (ポーランド)

⑤間崎卓明, フッ化炭素鎖を有するシランカップリング剤の合成と薄膜形成の詳細, 第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム, 2007 年 12 月 7-9 日, 日大 (船橋)

[図書] (計 2 件)

- ① M. Matsumoto, American Scientific Publishers, Bottom-up Nanofabrication Volume 5 Organized Films, 2009, p. 161-181
- ②松本睦良, フロンティア出版, 自己組織化ナノマテリアル—フロントランナー 85 人が語るナノテクノロジーの新潮流—, 2007 年, p. 131-136

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]