

両親媒性分子の相制御に立脚した無機ナノ材料の精密合成

(名大未来研¹) ○山本瑛祐¹

Designed synthesis of inorganic nanomaterials based on phase control of amphiphilic molecules (¹*Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University*) ○ Eisuke Yamamoto¹

The control of the structure and morphology of nanomaterials is a key aspect of materials chemistry. Nanostructure control using amphiphilic molecules has attracted significant attention due to their design flexibility. In this presentation, we will demonstrate strategies for the precise design of nanomaterials with focusing on the phases of amphiphilic molecular assemblies. We will introduce the synthesis of mesoporous materials using liquid crystalline-phase amphiphilic molecule assemblies and two-dimensional materials templated by solid-state amphiphilic molecule assemblies.

Keywords : amphiphilic molecules, surfactants, mesoporous, nanosheets

ナノ材料の構造や形態の制御による機能開拓は材料化学における重要な要素の一つであり、界面活性剤などの両親媒性分子を用いたナノ構造制御はその設計の自由度の高さから活発に研究が行われている。本講演では、両親媒性分子集合体の相に着目したナノ材料の精密設計方法について発表を行う。具体的には、液晶相の両親媒性分子集合体を用いたメソポーラス材料の精密合成や、固相の両親媒性分子集合体を鋳型とした二次元材料合成について紹介する。

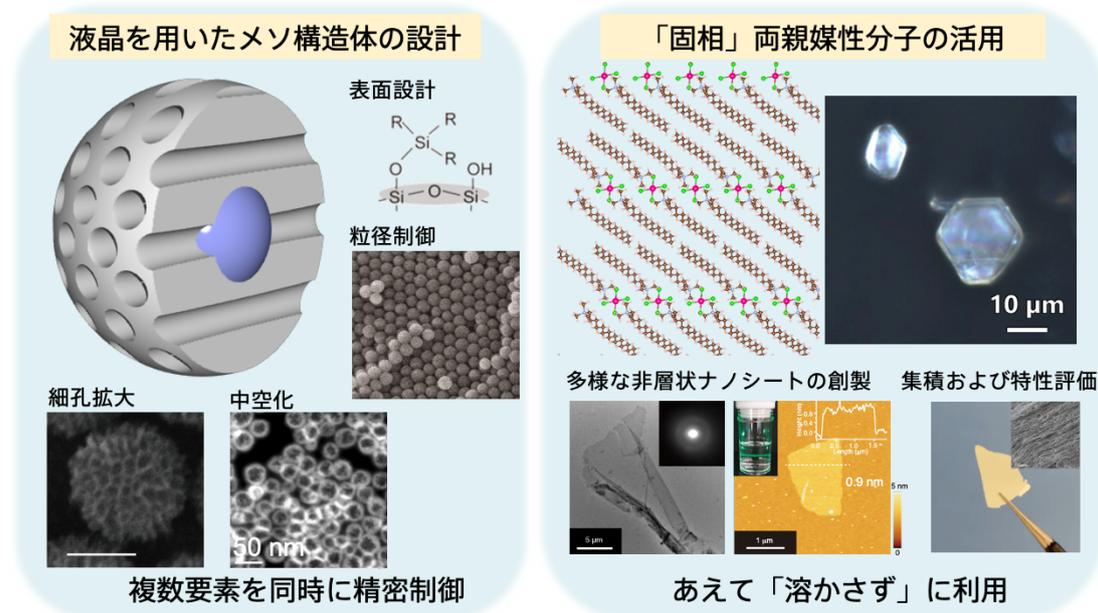


図1 両親媒性分子集合体の相制御に立脚したナノ材料合成の概念図

1. 「液晶相」両親媒性分子集合体を用いたメソポーラス材料の精密設計

無機ナノ材料の設計において、両親媒性分子集合体は多様な役割を果たすことが知られている。特に、溶解した両親媒性分子が形成する液晶を鋳型として合成できるメソポーラスシリカの設計は重要なトピックの一つである。しかし、両親媒性分子集合体は複雑な過程で形成しており、それを制御しつつ鋳型として合成されるメソポーラスシリカナノ粒子の精密設計は容易ではない。本発表では液晶相やミセル相の両親媒性分子を用いて、メソポーラスシリカナノ粒子の複数の要素を同時に独立制御した精密合成について紹介する。特に、規則的に配列する単分散メソポーラスシリカナノ粒子の核発生や核成長の挙動制御による合成を紹介し¹⁾、それを発展させた粒径分布¹⁾、細孔径²⁾、細孔内拡散性^{3),6)}、形態⁴⁾、組成、表面環境⁵⁾など、数多くの要素を同時に制御する手法についても述べる。

2. 「固相」両親媒性分子集合体を用いた新規二次元材料の創製

無機化学、材料化学分野において、原子数個の厚みを有する二次元材料（ナノシート）は重要なターゲットであり、その精密設計と機能開拓がホットトピックとなっている。特に、多彩な機能を有し応用上重要でありながら、従来の剥離法では合成困難であった非層状無機化合物のナノシート化について本発表では紹介する。最近、我々は「固相」の両親媒性分子集合体を用いた二次元材料合成という新技術を開発し、非層状無機化合物ナノシートの精密設計と機能開拓の研究を展開している。「固相」の両親媒性分子集合体中では、層間に溶媒や金属カチオンが分子層として整列して存在しており、液晶相やミセル相の両親媒性分子集合体の科学に立脚した設計とは異なる指針による材料設計が可能である。こうした中で、我々は「固相」の両親媒性分子集合体の活用として、層間反応場法、層間鋳型法そして結晶形態反映法を提案したため、紹介する。例えば、結晶の層間を二次元反応場とする合成では、両親媒性分子集合体結晶の制限された層間で酸化物やオキシ水酸化物を加水分解させることで金属種の拡散を抑え、孤立したクラスターを二次元空間中に形成できる。その後、このクラスターの二次元自己集合を穏和に促進することで多様なナノシートが合成可能であり、10種類の元素を活用したアモルファスナノシートの合成に成功している⁷⁾。さらに、層間の二次元空間を直接鋳型とする方法も開発し、優れた分散安定性を有するアモルファスシリカの合成やその二次元稠密集積も達成しており⁸⁾、絶縁膜としての活用などにも成功している。さらには、結晶の整った形態や厚みをナノシートに反映させることで、nmレベルで厚み制御した金属白金ナノシートの合成も実現しているため⁹⁾、本発表ではこれらについて紹介する。

【参考文献】 1) E. Yamamoto *et al.*, *Chem. Mater.*, **26**, 2927 (2014). 2) E. Yamamoto *et al.*, *Nanoscale*, **9**, 2464 (2017). 3) E. Yamamoto *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **90**, 706 (2017). 4) E. Yamamoto *et al.*, *Chem. Mater.*, **30**, 540 (2018). 5) E. Yamamoto *et al.*, *Langmuir*, **6**, 5571 (2020). 6) E. Yamamoto *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **94**, 1625, (2021). 7) E. Yamamoto *et al.*, *Nature Commun* **15**, 6612, (2024). 8) E. Yamamoto *et al.*, *Small*, **19** 2300022 (2023). 9) E. Yamamoto *et al.*, *Nanoscale*, **14**, 11561 (2022).