

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	3. 分子集合体
中項目	3-1. ミセル
小項目	3-1-2. リオトロピック液晶における相転移機構

概要（200字以内）

水中で形成される両親媒性分子のメソ集合体は生体系における機能発現を支える基本的な構造単位に採用されている事からも解る様に、生体への適合性に優れた構造体である。

近年の計算機、実験技術および理論物理学の進歩により、従来は経験に頼っていた分子集合体のメソ構造体の制御も最近ではテーラーメイド化の一手手前にある。今後は外場や他の物質との複合化による更なる高機能化や動的制御が期待されるとともに、生体系への発展を進めソフトな分子集合体による循環型システムの構築が待たれる。

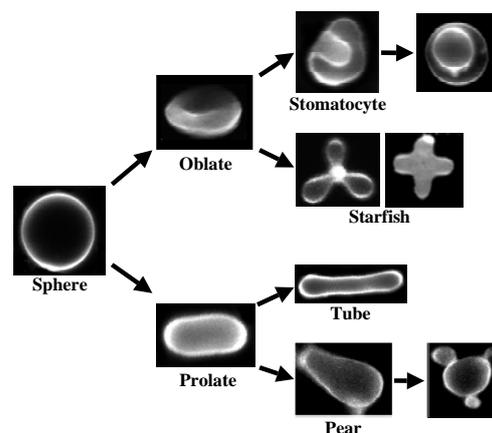


図 ベシクルが示す形態転移

現状と最前線

界面活性剤・脂質分子に代表される両親媒性分子は水中で疎水鎖と水との接触を避ける形で自己組織化し、ナノからマイクロメートルスケール（メソスケール）での分子集合体（リオトロピック液晶）を形成する。この分子集合体は濃度や周りの環境により容易にその構造を変化させ無秩序から秩序構造まで非常に多様な構造を水中で形成し、その構造により力学的・電気的・光学的な性質が大きく変化する事から精密化学・機能性化学などの工業分野、さらには生体系においても物質輸送などの代謝維持に重要な役割を果たしている。

最近の実験技術（3次元形態観察と散乱手法）とコンピューターシミュレーション技術の発展および上記の社会的な要請の高まりにより、この分野の成長には目を見張るものがある。以下に最近の発展の様子をいくつかのトピックスに分けて紹介する。

1) 新しいメソ構造の探索

界面活性剤からブロック共重合体を含めたより広範な両親媒性分子で普遍的なメソ構造形成が明らかになるに連れて、コンピューターシミュレーションの力も借りて、テーラーメイドなメソ構造の形成が可能になりつつある。3次元周期的極小曲面をもつダブルジャイロイド構造に始まり、自己無撞着場理論の進展の助けを受け、より複雑なメソ構造であるラセン構造や階層性をもつメソ構造の存在も明らかにされた。さらに最近では非周期構造である準結晶の探索等、結晶構造学に新しい息吹をもたらすとともに、これらの規則構造を用いた光

制御技術の開発等、工業的な応用の基礎研究としての価値も高まっている。

2) 複合化分子集合体の構造形成

分子集合体が形成するメソ構造にゲスト成分として界面活性剤・高分子・コロイド・液晶等を加えて複合構造体を形成しようとする試みがなされている。例えばマイクロエマルションが作る球状のナノ粒子内部に高分子鎖を閉じ込め、その分子鎖の構造転移を利用してネマティックマイクロエマルションやマイクロエマルションゲルが形成される(図参照)等、複合化により新しい構造転移が見出されており、今後のメソ構造制御法として注目されている。

3) 外場誘起構造相転移

ずり流動、電場、磁場、光場などの外場がメソ構造の秩序変数と動的に結合する事により、従来知られていなかった新しい構造体を形成する事が明らかになって来た。例えば2分子膜が形成するラメラ相にずり流動を加えると、平面膜がタマネギ状の多層球状ベシクルや多層ハニカム構造へと転移する事が明らかになり、外場と結合する事により静的には表に現れなかった隠れたメソ構造への相転移の機構の解明が盛んに研究されている。

4) 生体系への発展を目指したセルサイズでの構造転移

従来の構造転移は系の集団全体が相転移するものであるが、生体系ではその構造転移(形態転移やパターン形成)が個々のセルで独立に発生し、しかもそれらが協同的にある機能を発現させる事が知られている。生体系をモデルにしてこのようなセルサイズでの構造転移やセル間の協同的現象を理解しようとする試みが、モデル生体膜系での相分離や変形などの分野で取り組みはじめられている。



図 閉じ込められた高分子鎖形態と強く結合した膜の形態転移

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

両新媒性分子が形成するメソ構造のテーラーメイド化。

外場によるメソ構造権威制御技術の確立。

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

両新媒性分子をホストとする複合化ソフトマターの構造制御法の確立。

モデル生体膜系におけるセルサイズ構造形成機構の解明と集団制御。

キーワード

両親媒性分子・メソ構造相転移・複合化ソフトマター・外場誘起相転移・モデル生体膜

(執筆者：今井正幸)