

「医療に向けた自己組織化等の分子配列制御による機能性材料・システムの創製」
平成14年度採択研究代表者

栗原 和枝

(東北大学多元物質科学研究所 教授)

「固-液界面の液体のナノ構造形成評価と制御」

1. 研究実施の概要

本研究は、申請者らが開始した固-液界面の液体の分子論的研究を展開し、“分子間、分子-表面間相互作用”や“微細空間への閉じ込め効果”により形成される液体のナノ構造（分子組織化）を分子レベルで研究する新しい評価法を確立し、構造化の制御そして医療材料・プロセスへの応用の基礎を形づくることを目標とする。また、これは、環境保全・エネルギー高度利用実現の基礎科学技術ともなるものである。

具体的には、

- (1) 微細空間中の液体を評価する新手法となるナノ共振ずり測定の汎用手法としての展開。
- (2) 固-液界面のアルコール分子等の水素結合による分子マクロクラスター形成の機構の解明と、この現象に基づく表面ナノコーティング法の開発。
- (3) 微細空間の液体の構造化・摩擦について、評価と機構の解明を行うものである。

固-液界面の液体の分子論的研究により、基礎科学的には、従来、現象論的な理解に留まっていた固-液界面の現象の物理化学を大きく革新する、また材料科学からは、現象論と経験に大きく依存する様々な機能性材料・プロセスの設計・創製に新しい方法論を生み出すことができると考えている。特にナノ材料設計、液体の流れ・濡れ・潤滑や摩擦の制御等の医療ならびに環境分野あるいは未来工学技術の基礎として、大きな波及効果が期待できる。

当年度は、初年度に続き基盤装置の整備を継続すると共に、新規に製作する装置として不透明基板へ用いる装置の試作、新規な試料に対するデータの取得などに中心をおいて研究を行った。

2. 研究実施内容

評価・制御グループ

研究実施項目：「固-液界面の液体の新規ナノ評価法の開発」

概要：

- (1) ナノ共振ずり測定：栗原チームで開発したナノ共振ずり測定法（図1に装置の概要を示す）の汎用化のための装置の設計・製作を行っている。特に今年度は不透明基板用装置を試作した。
- (2) FECO分光法：色素/液晶系についてFECO分光法と共振ずり測定との併用測定を行い、データの解析を検討中である。

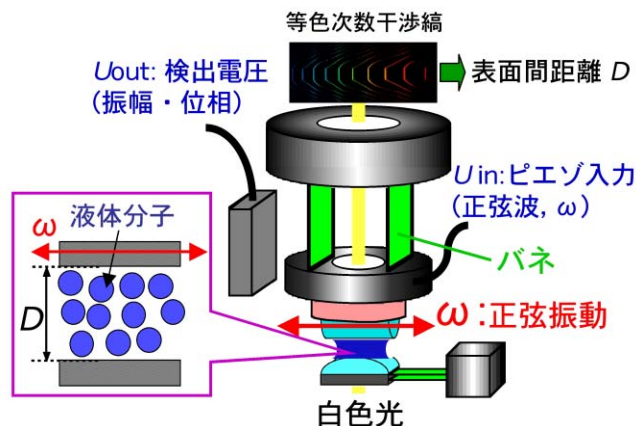


図1 ナノ共振ずり測定装置の模式図

研究実施項目：「固-液界面の分子マクロクラスターの研究」

概要：

- (1) 分子マクロクラスターの生成をアミド/ベンゼン2成分液体系に展開した。FTIR-ATR測定、相互作用測定により、アミド(プロピオンアミド、N-メチルプロピオンアミド)のクラスター形成がアルコールなどと異なり、2次元面内の生長と垂直方向への生長が同時に進行することを示すデータが得られ、原子間力顕微鏡像もこのモデルを支持している。
- (2) 界面分子マクロクラスターのダイナミクス特性評価：核磁気共鳴(NMR)法ならびにスピンプローブを用いる電子スピン共鳴(ESR)法を用いて、界面分子マクロクラスター内の局所環境について評価できることが分かってきている。エタノール/シクロヘキサン系について測定条件などを実験的に検討中である。

研究実施項目：「微細空間の液体の特性評価」

概要：

分子間相互作用の小さな球状分子であるオクタメチルシクロテトラシロキサン(OMCTS)と液晶分子(6CB, 4-シアノ-4'-ヘキシルビフェニル)について、ナノ共振法を用い性質を評価した。両者では共振ずり応答が異なり(図2)、OMCTSでは高波数側のピークが見られず、構造化はするが基板との相互作用が弱いことがわかる。一方、6CBは基板との相互作用が大きいため、基板間への閉じ込めが見られ高波数側のピークを示す。また、従来、液晶分子6CBを用い測定法の検討が限られていた摩擦の評価について、条件を変えて測定し、その対応を確認した。さらに、トラクションオイルのモデル化合物について測定を行っている。

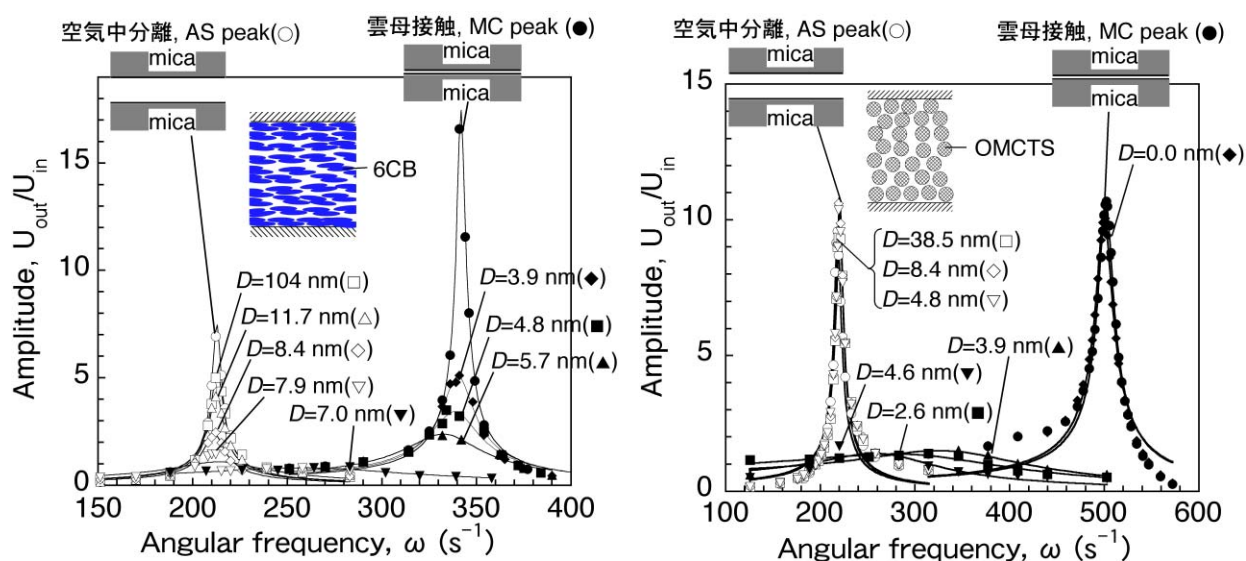


図2 6CB (左)とOMCTS(右)の共振カーブの距離依存性

理論グループ

研究実施項目：「界面分子マクロクラスターの生成機構の計算シミュレーション」

概要

溶液中の分子マクロクラスターの計算シミュレーションを準備検討し、界面への展開をはかっている。

3. 研究実施体制

評価・制御グループ

- ① 研究分担グループ長：栗原 和枝（東北大学多元物質科学研究所、教授）
- ② 研究項目：「固-液界面の液体の新規ナノ評価法の開発」
「固-液界面の分子マクロクラスターの研究」
「微細空間の液体の特性評価」

理論グループ

- ① 研究分担グループ長：泰岡 顕治（慶應義塾大学理工学部機械工学科、講師）
- ② 研究項目：「界面分子マクロクラスターの生成機構の計算シミュレーション」

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

○ K. Kurihara, Y. Nakagawa and M. Mizukami

Chem. Lett., 32, 84-85, “Hydrogen-bonded Macrocluster Formation of Ethylene Glycol on Silica Surfaces in Ethylene Glycol-Cyclohexane Binary Liquids”

2003

- M. Mizukami, K. Kurihara
Aust. J. Chem. 56, 1071-1080 , “Hydrogen-Bonded Macrocluster Formation of 1-Propanol and 2-Propanol on Silica Surfaces”
2003
- K. Kurihara, C. Dushkin
Nanoscience & Nanotechnology, 3, 181-183, “Nanorheology and Nanotribology of Thin Glycerol Films Investigated by a Resonance Method”
2003
- T. Miyahara and K. Kurihara
J. Am. Chem. Soc., 126, 5684-5685, “Electroconductive Langmuir-Blodgett Films Containing Carotenoid Amphiphile for Sugar Recognition”
2004