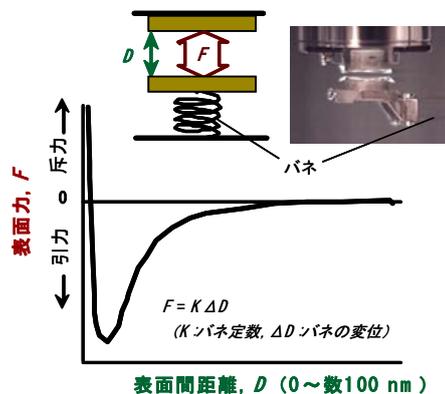


ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	5. 固体表面・界面
中項目	5-3. 表面力測定と界面現象
小項目	5-3-1. 表面力測定

概要（200字以内）

二つの巨視的な表面間に作用する相互作用力の距離依存性をバネばかりの原理で精密に（距離と力の分解能がそれぞれ0.1 nmと1 nN）測定する表面力測定は、従来はコロイド粒子の分散・凝集に係わる相互作用を主な対象としていたが、近年、固-液界面の吸着現象や液体の構造、また微細空間の液体の特性など研究対象が広がり、新規装置や種々のずり測定法の開発、吸収や蛍光の同時測定など、新規ナノ評価法として大きな展開が見られる。



現状と最前線

二つの巨視的な表面間に作用する力を表面力と呼ぶ。表面力の距離依存性をバネばかりの原理で精密に（距離と力の分解能がそれぞれ0.1 nmと1 nN）測定する表面力測定により、従来はコロイド粒子の分散・凝集に関するDLVO理論や、立体安定化に係わる高分子鎖の吸着構造などが主に研究されてきた。筆者らはより一般的なナノ界面評価法そして複雑系を研究する新規手法としての表面力測定を提唱しており、世界的にもその方向に研究が進んでいる。主な研究の現状を以下にまとめる。生体分子の相互作用も重要であるが、紙面の都合で界面に限定する。

(1) 新規表面力測定法の開発

従来法は透過光による干渉（等色次数干渉法、FE00）を用いていたため、測定基板は実質的には雲母あるいは雲母表面をLB法などで修飾したものに限定されていた。そのため、他の基板を測定できる装置の開発が求められてきたが、バイモルフを用いた装置（Macif）は安定性が課題であり、実用的な装置は開発されていなかった。そのため、原子間力顕微鏡（AFM）を応用したコロイドプローブAFMが広く用いられており、簡便であるが本来が表面のイメージングの装置であり、制限もある。筆者らは、最近、反射型の光干渉法を用いる装置を開発している。

(2) ずり測定：ナノトライボロジー・ナノレオロジー測定への利用

表面に垂直な相互作用を測定する表面力に対し、表面を水平にずり運動させたときの応力を評価する測定法が開発され、微細空間に束縛された液体のレオロジーやトライボロジー特性を

直接分子レベルで評価できる手法として注目されている。表面力測定に用いる装置には、二つの向き合う巨視的なサイズ(典型的な測定にかかるサイズは直径～約 30  $\mu\text{m}$ である)の距離をサブナノメートルで制御できる特色がある。実際の機械的な大きさに近い表面で測定できる点から、潤滑・レオロジーなどに関する実用材料の評価法として期待できる。測定法ならびに装置により4つの方法が提案されており、それぞれ得られる情報や安定性、感度に特色がある。筆者は共振ずり測定を開発しており、感度と安定性、広範な対象に適用可能という特色がある。

### (3) 表面力測定ならびにずり測定と他の物性の同時測定

二つの表面間に挟まれた液体や高分子の特性評価のため、吸収、蛍光、X線回折などの同時測定が提案、試行されている。多くの場合、測定が長距離にとどまっている点が課題である。

### (4) 新規ナノ計測法としての確立：新奇現象の発見、実用材料の評価法としての応用

表面力測定を固一液界面のナノ評価法としてみると、従来は巨視的な観点からのみ研究されてきた現象を分子レベルで研究でき、従来は未知の現象をしばしば観測できるなど、今後、微細化により精密な設計が重要になる様々な高機能実用材料(微粒子の表面修飾、潤滑油や液晶など)の設計や特性評価、そして複雑系の物性研究を進めるための強力な手段となると考えられる。新奇現象の発見としては、1980年代初めの振動力の報告、我々の高分子電解質ブラシのブラシ密度依存性の転移ならびに界面分子マクロクラスターの発見などがある。将来、熱測定に似た、フォースメトリーと呼べるような領域が創製できる可能性がある。そのためには、液体を介しての相互作用の起源について、測定ならびに理論からの確立が望まれる。これは、凝縮系の物理化学の基礎としても重要な課題である。

1) Jacob Israelachvili, "Intermolecular & Surface Forces" 2<sup>nd</sup> Ed, Academic Press (1992).

2) 栗原和枝、高分子薄膜の表面力測定、高分子、53, 478 (2004).

2) 栗原和枝、固一液界面の分子膜、化学と工業、58, 1177 (2005).

### 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

(1) 表面力と他の物性(吸収・蛍光・X線回折など)の同時測定

(2) 使いやすく自動化された表面力装置の完成

(3) 表面処理やレオロジー・トライボロジーなどに関する材料設計のツールとしての表面力測定の普及

(4) フォースメトリー(力を計測する物性研究領域)の確立

#### ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

(1) 生体の分子認識相互作用の解明

(2) 凝縮系の相互作用の解明(non-DLVO力の解明)

### キーワード

表面力, 固一液界面, 界面の評価, 分子組織体, 束縛液体

(執筆: 栗原和枝)