

親水性表面間のサブナノメートル厚さの水の非ニュートンのシア特性

(関西医科大学物理学教室) 影島 賢巳

【はじめに】

微小空間内の水の物性については種々の議論があり、また物理学だけではなく界面化学、生命科学、地質学などの分野においても重要な問題とみなされているが、分野によって取り扱う概念が異なることもあり、決して統一的な見解には至っていない。界面の親水/疎水性も重要な要素のひとつであるが、特に親水性表面での水和水や逆ミセル中の水は、室温でもガラス状態にあるという興味深い報告もある。ここでは、原子間力顕微鏡(AFM)を用いたシア応答計測を行い、親水性表面の間に閉じ込められた水の分子層 1 層および 2 層について、顕著なシア・シンニング現象を観測した結果¹について報告する。

【結果と考察】

実験は熱振動限界までノイズを低減させた自作の AFM 装置を用いて行った。ネオジム磁石球を貼付した窒化シリコン製の探針一体型力センサーを、交番磁場でねじれ振動させて試料にシアを及ぼした。純水中でサブナノメートルの振幅、3-30kHz の範囲の周波数で探針を振動させながらマイカ基板に接近させ、シアに対する粘弾性応答と表面垂直方向の静的力を計測すると、探針とマイカ基板が接触する直前に、水分子のサイズの周期で振動的に粘弾性が変化し、また基板垂直方向の斥力は典型的には 1 nN の程度まで上昇するのが観測された。単層および 2 層の水について粘弾性から算出した緩和時間 τ はひずみ速度 $\dot{\gamma}$ に対して図 1 のように $\dot{\gamma}^{-1}$ の依存性を示し、2 層の方がわずかに緩和時間の短い傾向がある。 $\dot{\gamma}$ の小さい領域で予測されるニュートン流体的挙動が測定範囲では観測されない。この事実より、シアによらない熱的緩和時間は、約 0.2 ms より長いことが示唆された。

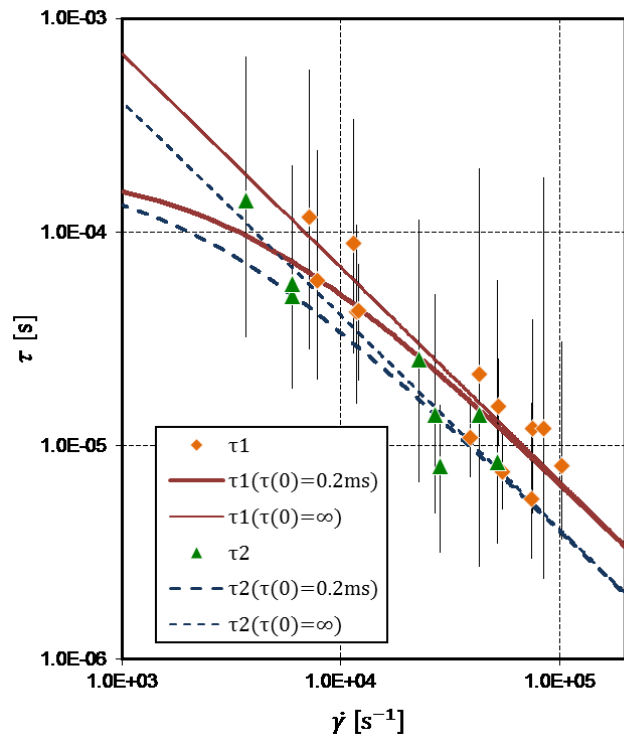


図 1 水の緩和時間 (単層(τ_1)及び 2 層(τ_2)) とひずみ速度 $\dot{\gamma}$ の関係。熱的緩和時間 $\tau(0)$ を ∞ および 0.2 ms としたフィッティング結果も両データ群について記す。

【参考文献】

(1) M. Kageshima, Europhys. Lett. **107** (2014) 66001.