

親水性材料表面への水吸着：「摩擦前」の化学的表面均一性

○浦島 周平^{1,2}, 内田 琢¹, 本間 芳和², 由井 宏治^{1,2*}¹東京理科大学・理, ²東京理科大学・ウォーターフロンティア研究センター

Water adsorption on hydrophilic surfaces: Chemical homogeneity “before” friction

○Shu-hei Urashima^{1,2}, Taku Uchida¹, Yoshikazu Homma², and Hiroharu Yui^{1,2*}¹Tokyo University of Science, ²Water frontier research center in TUS

1. はじめに

大気中の材料表面における摩擦力は、大気の湿度によって変化する。この湿度依存性は摩擦接触面への吸着水の凝集によって議論されることが多く、例えば凝集した水が摩擦面を毛細管架橋することで見かけの荷重圧力が上昇するモデルなどが提唱されている。^{1,2)} また、摺動速度（接触時間の逆数）と温度を変化させながら摩擦力を計測すると、吸着水が元あった状態から凝集状態に移るための遷移時間がアレニウスの式で良く説明される、といった結果も得られている。²⁾

しかし従来の研究では、吸着水がどのように凝集していくか、その過程の描像は得られておらず、また摩擦接触前の吸着水については暗黙のうちに均一な薄膜状態が仮定されている。これは、材料が親水性で水によく濡れる場合には一見妥当な仮定に思える。しかし、水分子が表面を埋め尽くしたとしても数分子層にしかならない程少数の場合、均一薄膜は表面自由エネルギーの大きな空気/水界面の面積を増大させてしまうことから、この仮定が吸着水に対して成り立つかは不明でない。また、凝集過程を分子レベルで捉えるためには、摩擦接触前の吸着水がどのような構造を取り、周囲とどのような相互作用をしているかを知ることが重要である。そこで我々は代表的な親水性材料であるシリカに対し、表面吸着水の構造を振動分光解析した。

2. 実験

ヘテロダイン検出振動和周波発生(HD-VSFG)分光法と呼ばれる、界面分子だけの振動スペクトルを選択的に計測できる分光法を用い、湿度可変セルに収めた赤外グレード合成石英表面のスペクトルを計測した。この分光法は検出厚み 1 nm 以下程度の高い表面選択性を持ち、また結果を赤外分光などと同様に解釈できるため、周囲との分子レベルでの相互作用を解析できる。

*E-mail: yui@rs.tus.ac.jp

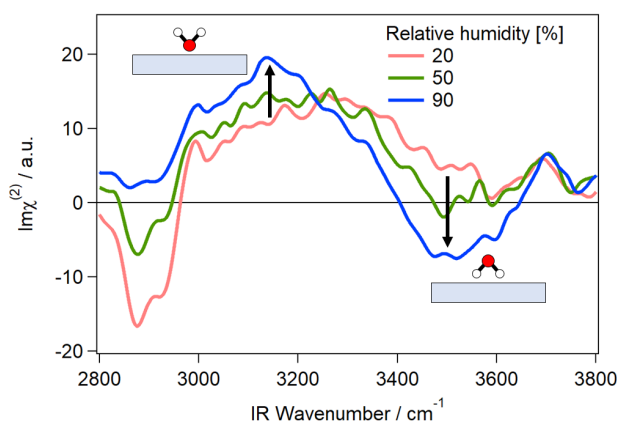


Fig. 1. シリカ表面吸着水のHD-VSFG スペクトル

3. 結果と考察

図1に得られたHD-VSFGスペクトルを示す。この分光法では信号が正にも負にも現れるが、この符号は水分子の配向を直接反映しており、湿度の増加とともに信号が両方向に成長していることは、この界面には少なくとも二種類の水が存在することを意味している。この分光法は界面分子しか測定にかからないため、湿度が増加して吸着水層が厚くなっても信号強度が増大することはない。しかし実験では湿度に応じて信号が成長する結果が得られた。このことから我々は、吸着水は低湿度においてシリカ表面を覆いつくさずに液滴状に分布しており、湿度の増加とともに表面を覆う面積が増大していくと結論した。³⁾ 今後は固体潤滑剤として用いられる炭素材料に対しても同様の計測を行い、吸着水が摩擦に影響を及ぼすメカニズムに対してより一般的な描像を得ることを目指している。

文 献

- 1) L. Chen *et al.*: *Langmuir* **33**, 9673 (2017).
- 2) R. Szoszkiewicz and E. Riedo: *Phys. Rev. Lett.* **95**, 135502 (2005).
- 3) S. Urashima *et al.*: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **22**, 27031 (2020).