

A3-14

0.5 μ L の微小水滴さえも滑落していく親水性皮膜の開発

○穂積篤¹・中村聡^{1,2} (産総研¹・北大電子研²)

はじめに 固体表面のぬれ性は、その物質が持つ固有の表面自由エネルギーと表面形状によって決まる。表面処理/化学の分野では、固体表面のぬれ性の善し悪しは、液滴の接線が固体表面となす角度（静的接触角 (θ_s)）の大小によってこれまで判断されてきた。学術的な定義ではないが、 θ_s が 90° より大きい表面を撥水性、 90° より小さい表面を親水性という。一般的に、ガラスのような親水性表面では、表面の水酸基と水との強い相互作用（水素結合）により水滴はぬれ広がり、ピン止めされて滑落しない。これに対し、親水性表面であるにもかかわらず水滴がスムーズに滑落（以下、滑水性と記述）していくような特異な動的挙動を示す表面は、防汚性や着氷・着霜抑制効果が期待されているものの、このような相反する機能が共存する表面創製に関する報告は極めて少なく、未だチャレンジングな研究課題である。本講演では、最近、演者らが開発した、ポリエチレングリコール（PEG）を含有するオルガノシラン（以下、PEG-Si と記載）とテトラエトキシシラン（TEOS）の混合物を用いたゾルゲル反応と化学処理により得られた透明親水性皮膜の優れた滑水性と水滴除去性について紹介する。

結果と考察 得られた皮膜は平滑、透明で、最も低い水滴の θ_s は $\sim 37^\circ$ であった。上記のぬれの定義から判断すると親水性表面であるといえる。しかし、この表面は接触角ヒステリシス（前進/後退接触角の差）が極めて小さい ($\sim 4^\circ$) ため、水滴と皮膜表面との相互作用が小さく、 $10 \mu\text{L}$ の水滴はわずかな傾斜（基板の最小傾斜角 α : $\sim 10^\circ$) でピン止めされることなく、テールを引くことなくスムーズに滑水した。この透明皮膜を所定時間、アルカリ処理すると、表面の親水性がさらに高まる (θ_s : $\sim 15^\circ$) と同時に、動的なぬれ性（接触角ヒステリシス : $\sim 3^\circ$, α ($10 \mu\text{L}$) : $\sim 4^\circ$) が向上し、わずか $0.5 \mu\text{L}$ の水滴でもスムーズに滑水するようになった（図 1）。

分子スパーサーとして機能する TEOS を添加することにより、PEG 鎖の表面密度が低くなり、PEG 鎖の駆動が可能な“liquid-like（液体のような）”表面が形成されていると推測される [1-2]。アルカリ処理による加水分解により、試料表面の親水性の度合いが高まっただけでなく（Si-OH 基の生成）、PEG-Si の脱離により PEG 鎖の密度がさらに低下したため、“liquid-like”な性質が一層高まったと考えられる。加えて、PEG 鎖と水は相溶性が良いため、水と接触した PEG 鎖の膨潤による駆動性も大きくなり、結果として、水滴の三相接触線がより動きやすくなり、高い親水性を維持したまま滑水性が格段に向上したと演者らは考察している。

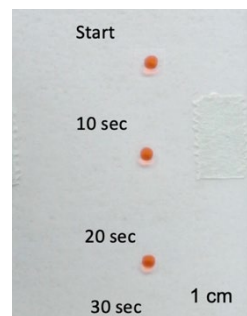


図 1. $0.5 \mu\text{L}$ の水滴が滑落していく様子 (θ_s : $\sim 15^\circ$, 90° 傾斜)

1) S. Kaneko, C. Urata, T. Sato, R. Hönes, A. Hozumi, *Langmuir* **2019**, *35*, 6822.

2) S. Nakamura, R. J. Archer, G. J. Dunderdale, A. Hozumi, *J. Hazard. Mater.* **2020**, *398*, 122625.

PROFILE

穂積篤（国研）産業技術総合研究所極限機能材料研究部門 上級主任研究員

①名古屋大学大学院工学研究科博士課程後期課程修了（博士（工学））、平成11年名古屋工業技術研究所入省、平成22年～令和4年度研究グループ長、令和5年度より現職。②表面化学、バイオミメティクス、高分子学会バイオミメティクス研究会運営委員長、③無機マテリアル学会「学術賞」（令和元年）他、④A. Hozumi *et al.* “Stimuli-Responsive Dewetting/Wetting Smart Surfaces and Interfaces” Springer Nature (2019) 他、⑤日本化学会、高分子学会、無機マテリアル学会、表面技術協会、アメリカ化学会