

高度撥水表面上での冷却過程における水滴の自発跳躍 Spontaneous jumping of water droplet during dew condensation on the superhydrophobic coatings

○柳澤 光亮¹, 磯部 敏宏¹ 松下 祥子¹, 中島 章¹

Department of Metallurgy & Ceramics Science, Tokyo Tech.¹

E-mail: nakajima.a.aa@m.titech.ac.jp

【緒言】

水接触角が 150° を超えるような高度撥水表面は固体の表面エネルギーを低下させるだけでは作製することができず、低エネルギー表面に表面粗さを付与することにより実現する。高度撥水表面上での水滴の挙動に関する従来の研究は、ほぼ全て水滴を表面に直接設置する形で行われており、結露等の微小水滴形成過程とそれによる水滴の挙動を検討した研究はほとんどない。ごく最近、ナノレベルの粗さを有する撥水表面において、結露した微小水滴が自発的に跳躍する現象が報告され[1-3]、従来の濡れにはないサイエンスが存在する可能性が示唆されている。このことは水滴の除去性能を高めるため、学術的な視点だけでなく、冷却器等の結露や氷結の防止や、熱交換効率の向上等、エネルギー効率を高める工学上の表面設計技術に繋がる。本研究ではこの現象を直接観察し、理論的な考察を試みた。

【実験方法】

Fig .1.に示したランダムな構造の粗さ($R_a=46$ nm 程度)を持つ表面をペーマイト(AlOOH)ナノ粒子を用いて作製し、各種撥水性シランを化学蒸着法(CVD 法)によりコーティングして超撥水性表面を作製した。この試料をペルチェ素子により冷却し、Top および Side の2 方向から高速度カメラを用いて水滴の撮影を行った。

【実験結果】

表面が露点以下に冷却されると結露が進行し、Fig .2.に示したような水滴の自発跳躍現象が観察された。2.5 ms までの Top view と Side view の観察から、大きな二つの液滴が合体、変形し、形状回復した後、自発跳躍が生じていることが判った。

液滴同士の合体について、基板の表面粗さを考慮した界面エネルギー変化の理論計算を行い、超撥水表面への結露の進行とともに、複数の水滴が合体して一つの液滴になる時の界面減少に伴う安定化エネルギーが水滴の自発跳躍の運動エネルギーに変換され、跳躍することが明らかになった。この時、跳躍速度は合体前の水滴径の組み合わせに依存して変化することが分かった。また、傾斜表面における観察から、跳躍頻度が一定周期で低下・回復を繰り返し、水滴除去性能が維持されることが明らかになった。さらに、表面の帯電処理によって跳躍頻度が増加、水滴除去性能が向上することが分かった。

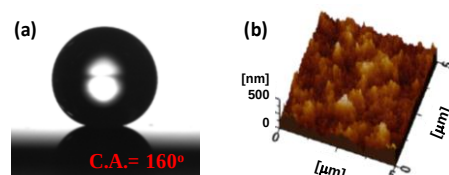


Fig. 1. (a) water droplet (3 μL) shape on the coating, (b)AFM image of the coating

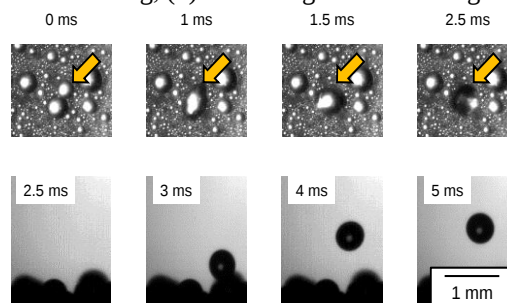


Fig. 2. Sequential images of spontaneous jumping of water droplet (top line: top-view; bottom line: side-view)

- [1] J. Boreyko, C.-H. Chen, *Phy. Rev. Lett.*, 103[18], 2-5 (2009).
- [2] F.-C. Wang, F. Yang, Y.-P. Zhao, *Appl. Phys. Lett.*, 98[5], 053112 (2011).
- [3] T. Q. Liu, W. Sun, X. Y. Sun, H. R. Ai, *Coll. Surf. A*: 414, 366-374 (2012).