

放射光 X 線回折測定によるナノ閉じ込め液体の構造

(東北大学 NICHe¹・JASRI/SPring-8²) ○水上 雅史¹・柳町 拓哉¹・太田 昇²・渋谷 裕太¹・八木 直人²・栗原 和枝¹

Structures of Nano-Confined Liquids Determined by Synchrotron X-Ray Diffraction

(¹New Industry Creation Hatchery Center(NICHe), Tohoku University, ²Japan Synchrotron Radiation Research Institute(JASRI)/SPring-8) ○Masashi Mizukami,¹ Takuya Yanagimachi,¹ Noboru Ohta,² Yuuta Shibuya,¹ Naoto Yagi,² Kazue Kurihara¹

The properties of nano-confined liquids between plates are known to be quite different from those of the bulk liquids due to the restriction of their motions and interactions with solid surfaces. It has also been recognized that the nano-confined liquids play a crucial role in developing technologies such as tribology. In this study, X-ray diffraction measurement was successfully performed to investigate the structure of nano-confined liquids (octamethylcyclotetrasiloxane (OMCTS) and *n*-hexadecane). The diffraction peak intensities normalized by the thickness of the liquids (D), $I_{\text{normalized}}$, significantly increased at D 's below ca. 50 nm, and finally reached the values more than 100 times of that of bulk at the hard wall (1.9 ± 0.5 nm for OMCTS and 1.0 ± 0.4 nm for hexadecane). These results clearly demonstrated the increase in the structural order of liquids under nano-confinement.

Keywords : Confined-liquids; Structure; X-ray diffraction; Resonance shear measurement

ナノレベルの空間中の液体(ナノ閉じ込め液体)は、規則的な構造形成や著しい粘度増大などバルクと異なる性質を示す。ナノ閉じ込め液体の特性は複雑系として興味深い対象であり、様々な先端技術(摩擦・潤滑、ナノインプリントなど)で重要な役割を担っているが、分子構造、分子間相互作用、表面との相互作用などに複雑に依存し、その理解は進んでいない。本研究では放射光 X 線を用いてナノ閉じ込め液体(図 1, オクタメチルシクロテトラシロキサン(OMCTS), *n*-ヘキサデカン)の X 線散回折による構造評価を行った(図 2)¹。

表面間距離(D)=500 nm から hard wall (OMCTS: 1.9 ± 0.5 nm, *n*-hexadecane: 1.0 ± 0.4 nm)まで、それぞれの分子間距離に対応する回折ピークが観測された。表面間距離(D)で規格化した回折ピーク強度($I_{\text{normalized}}$)は、 $D < 100$ nm で著しく増大し、hard wall でバルク($D = 500$ nm)の $I_{\text{normalized}}$ の 100 倍以上まで増大した。これより、 $D < 100$ nm において OMCTS, *n*-hexadecane の構造規則性が著しく向上することが実証された。また、回折ピーク幅に大きな変化は見られなかったことから、結晶化の様な転移は起こっていないことも明らかとなった。

(1) S. Nakano, M. Mizukami, N. Ohta, N. Yagi, I. Hatta, K. Kurihara, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **52**, 035002 (2013).

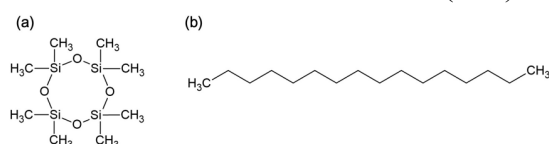


図 1 分子構造模式図 (a) OMCTS, (b) *n*-hexadecane

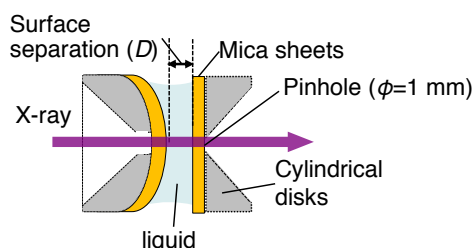


図 2 ナノ閉じ込め液体の X 線回折測定模式図