

# テラヘルツ分光法による脂質二重膜表面の長距離水和層の観測

(京都大学 物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS)) 菱田 真史、田中 耕一郎

## 【はじめに】

水は生命に不可欠なものであり、生体分子の自己組織化に対しても重要な役割を担っていると考えられる。しかし未だにその重要性の多くはわかっておらず、生体分子表面にどの程度バルクとは異なる水、いわゆる「水和水」、が存在しているのかについてすら十分に解明されていなかった。自己組織化に際する水和水の重要性は生体分子だけでなく、水溶液中のソフトマター全般に関する問題であるが、ソフトマター物理学においてこれまで水は均質な媒体としか扱われてこず、水和水の重要性についてはほとんど無視されてきた。この理由の一つには、これまで水和水を観測する決定的な手法が欠けていたということがある。つまりこれまでの NMR や中性子非弾性散乱では水和水のほんの一部しか観測できておらず、分子表面には水和水はごくわずかしかなないように見え、自己組織化にもそこまで大きく関与はしていないであろう、と思われてきたのである。しかし近年の技術の発展により、テラヘルツ周波数の光を用いた分光により、水和水を詳細に観測できることがわかりつつある。この方法では、溶質によってわずかに影響を受けた水まで含めて水和水として決定できる。特に本研究ではこのテラヘルツ分光法を用いることで、生体膜のモデル系であるリン脂質二重膜の水和状態を詳細に観測し、この脂質二重膜が作るラメラ構造との相関について議論を行った。

## 【結果と考察】

本実験では、サンプルとしては中性リン脂質 DMPC によって作られるマルチラメラベシクルを用い、水に対する脂質の濃度を変化させることでラメラ構造を変化させ、それによる水和水状態の変化を観測した。水和水状態の観測にはテラヘルツ時間領域分光を全反射配置にて行うことで、サンプルのテラヘルツ領域の複素誘電率を詳細に決定した。この複素誘電率を水和水のモデルを用いて解析することで、脂質一分子に対する水和水の量を決定した (図(b))。さらに X 線小角散乱によって観測されたラメラ構造 (図(a)) との比較を行った結果、この脂質二重膜表面にはこれまでに NMR などから知られていたものの 5 倍もの多くの水和水が存在することが明らかとなった[1]。これは距離にすると表面から 1nm に達するものであり、ラメラ構造中に含まれる水のほとんど (75%以上) が脂質の影響を受けた水であるということになる。ソフトマターの自己組織化に重要な相互作用が働く距離が nm オーダーであることを考えると、そういった相互作用に対して、この長距離水和水状態が何らかの影響を与えているのではないかとということが示唆される。

## 【参考文献】

[1] M. Hishida, K. Tanaka, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 158102, (2011).

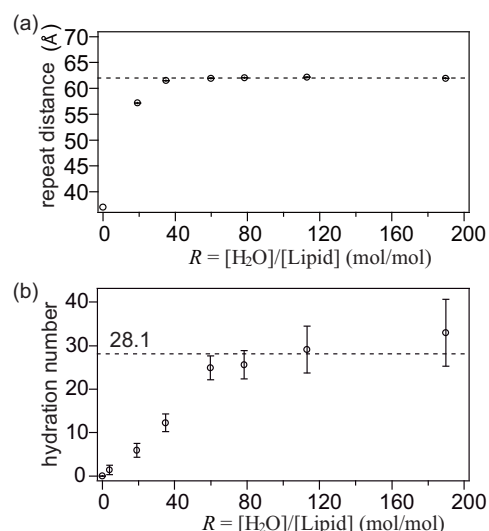


図: 脂質濃度に対するラメラ構造(a)と水和水状態(b)との比較