

脂質膜の膜融合に際する水の協同性

(¹筑波大数物、²京大 iCeMS)

○菱田 真史¹・田中 耕一郎²・山村 泰久¹・齋藤 一弥¹

ソフトマターや生体分子の自己組織化に際し周囲の水は積極的な役割もつのか？それともただの均質な溶媒であるだけなのか？この問題は生命に対する水の重要性にも結びつくが現在のところよく分かっていない。そこで本研究では、脂質膜の膜融合を題材に、膜の構造変化と水和状態の相関をテラヘルツ分光および各種 X 線小角散乱法を用いて調べた。

テラヘルツ領域には水分子の回転緩和運動が存在することを利用し、テラヘルツ分光によって分子周囲の水和水のダイナミクスを詳細に明らかにしようという研究が近年盛んに進んでいる。我々はこれをリン脂質二重膜や界面活性剤といったソフトマターに応用し、それらの詳細な水和状態を示してきた[1,2]。本研究ではこの手法を用い、生体膜融合の過程において重要であると考えられているラメラ逆ヘキサゴナル相転移を誘起する PE 脂質と誘起しない PC 脂質の両方において水和状態の違いを調べた。その結果、脂質分子の化学構造の違いはわずかながら、水和状態は nm スケールで大きく異なることが分かった。そこで次に、その水和状態の違いとラメラ逆ヘキサゴナル相転移という構造変化の関係を調べるため、微小角入射 X 線散乱 (GISAXS) 法を用いて、周囲の湿度変化に伴う脂質膜フィルムの構造変化を観測した。その結果、どちらの脂質でもラメラ逆ヘキサゴナル相転移は観測されたものの、その際の周囲の湿度は大きく異なることがわかった。一方で、その転移の際のラメラ構造はほとんど同じであることがわかった(Fig.1)。このことは、この構造変化を支配しているのが膜間に入った水の化学ポテンシャルであることを示している。これらの結果を集約すると、ラメラ逆ヘキサゴナル相転移という構造変化と脂質分子の水和状態の間には強い相関があることが結論でき、膜融合に際して水が重要な役割を果たしていることが示唆される。またこの結果は脂質膜にとどまらず、ソフトマターの構造変化や相互作用を考える際に水和状態を考慮する必要性を示唆している。

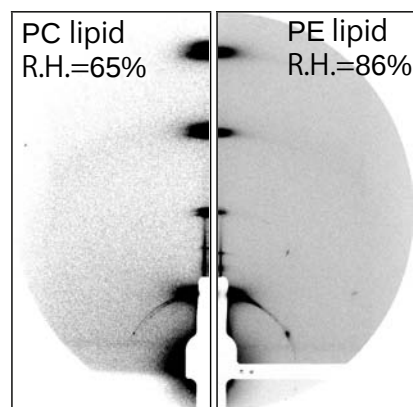


Fig.1: GISAXS profiles of PE and PC lipids at each phase transition point.

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

[2] M. Hishida, K. Tanaka, *J. Phys.: Condens. Matter*, **24**, 284113 (2012).

Cooperativity between water and lipid upon lipid membrane fusion

M. HISHIDA^{1*}, K. TANAKA², Y. YAMAMURA¹, K. SAITO¹,

(¹Univ. Tsukuba, ²Kyoto Univ, *hishida@chem.tsukuba.ac.jp)

Is the role of water in the self-assembly of soft materials influential or is it just a background medium? Here we reveal that water and lipid membranes work cooperatively during an intermediate lipid membrane fusion process by using the complementary techniques of X-ray scattering and terahertz (THz) spectroscopy. By comparing two lipid species (lipids with PC and PE head groups), our results indicate that the structural changes of the lipid membrane, i.e., the phase transition between lamellar and inverted-hexagonal phases, depend on the behavior of the surrounding water. This clarification of the role of water in self-assembly will also be instrumental in manufacturing various soft materials and understanding the importance of water in living systems.