

脂肪酸を含む脂質二重膜での相分離ドメインの硬化とマイクロ相分離

(北陸先端大・マテリアル) 下川 直史

【はじめに】

多成分脂質二重膜では低温において相分離が観察される。不飽和脂質と飽和脂質の二成分系では飽和脂質に富む固体秩序(S_0)相と不飽和脂質に富む液体無秩序(L_d)相の相分離、コレステロールを含む三成分系では飽和脂質とコレステロールに富む液体秩序(L_o)相と不飽和脂質に富む L_d 相の相分離が形成される。細胞膜・生体膜でもラフトドメインと呼ばれる相分離構造が形成されていると考えられており、そのため脂質膜の相分離は生物学からも注目されている。

相分離は脂質組成に強く影響を受けるが、生体膜の脂質組成は摂取する食品により変化する。特に、脂肪酸は生活習慣病などの疾病との関連性が議論されているが、相分離における脂肪酸の寄与については十分に理解されていない。

そこで、不飽和脂質 DOPC、飽和脂質 DPPC、コレステロール(Chol)から成る系に飽和脂肪酸パルミチン酸(PA)、不飽和脂肪酸オレイン酸(OA)、トランス脂肪酸エライジン酸(EA)、疎水部に枝分かれ構造を有する分枝脂肪酸フィタン酸(PhA)をそれぞれ添加した際の相挙動を蛍光顕微鏡・共焦点レーザー顕微鏡により観察した⁽¹⁾。

【結果と考察】

L_o/L_d 相分離が観察される DOPC/DPPC/Chol=40:40:20 に対して、DPPC を PA または EA に置換していった。その結果、 L_o 相が S_0 相へと転移していく様子が見られた。これは相分離ドメインが硬化したことに対応する。DPPC と PA または EA の間の強い引力が DPPC 領域に含まれる Chol を排除したため L_o 相から S_0 相への転移が起きたと考えられる。

一方、同じ脂質組成に対して DOPC を OA または PhA に置換していったところ、ストライプ・ヘキサゴナル・多角形といった様々な相分離パターンが観察された(Fig.1)。相分離ドメインの形状揺らぎからドメイン界面にかかる線張力を測定したところ、OA と PhA の添加により線張力が下がっていることがわかった。また、ドメインのブラウン運動の解析よりドメイン間相互作用を測定したところ、大きなドメイン間斥力が生じていることもわかった。

曲率エネルギー・ドメイン界面エネルギー・ベシクル面積エネルギーの釣り合いからベシクル形状を計算したところ、ドメインの硬化や線張力の低下によりベシクルが自発的に変形することが示された。

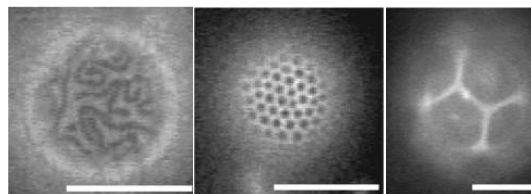


Fig.1 OA 添加によるマイクロ相分離構造。スケールバーは 10 μ m。

【参考文献】

(1) N. Shimokawa, R. Mukai, M. Nagata, M. Takagi, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **19**, 13252-13263 (2017).