

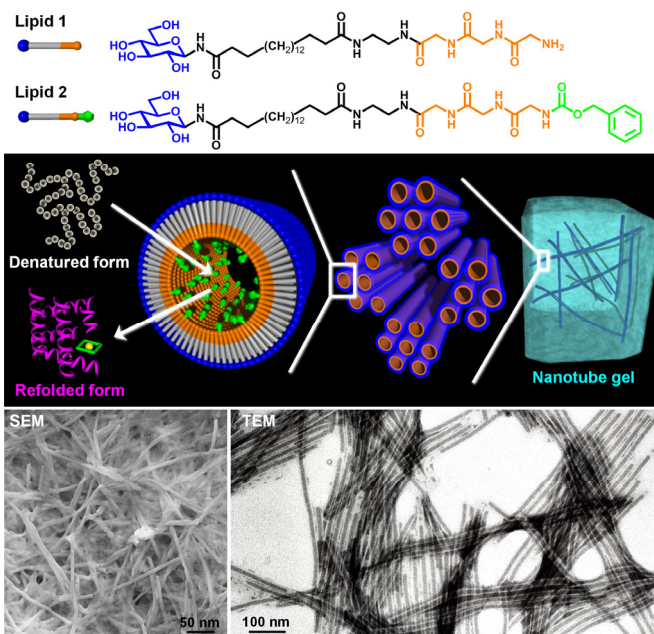
人工脂質膜が形成するソフトナノチューブゲルのシャペロン機能

(産総研ナノシステム¹) ○亀田直弘¹・増田光俊¹・清水敏美¹

<緒言>我々はこれまでに、的確な分子設計を施した合成脂質分子の水中での自己組織化により、サイズ及び表面構造が精密に制御されたナノチューブの構築に成功している[1,2]。ナノチューブは、その口径 10–100 nm の親水性チャンネルに、正常タンパク質や酵素を包接するだけでなく、熱や化学物質から保護できることも見出している[1,3]。本研究では、変性タンパク質の包接⇒正常タンパク質へのリフォールディング促進⇒正常タンパク質の放出を可能とするナノチューブゲルの開発に成功したので、これについて報告する[4, 5, 6]。

<実験>脂質分子 **1** と末端にベンジル基を持つ **2** (~50 mol%) の二成分系自己組織化を行った。各種電子顕微鏡観察、分光測定により、形態及び分子配列を解析し、ゲル内では口径 10 nm の単分子膜ナノチューブが生成していることを確認した。塩酸グアニジンによって変性させた炭酸脱水酵素、クエン酸合成酵素をナノチューブのチャンネルに包接後、水洗浄した。

<結果と考察>Z 基を導入したナノチューブゲルは、変性酵素を効率的に捕捉するだけでなく、リフォールディングを強くアシストすることが明らかとなった。それらの捕捉率及びリフォールディング率は、**1** のみから成るナノチューブの系と比較して著しく高く、ベンジル基と変性酵素の部分的に露出した疎水性残基との疎水性相互作用が要因であると考えられる。pH 調節により、チャンネル表面を覆うアミノ基の脱プロトン化を行うことで、リフォールディングした酵素との静電相互作用が消失、当該酵素を簡便に純度高く放出回収することができた。また、リフォールディング率がナノチューブの口径とタンパク質のサイズバランスに強く依存することも突き止めた。



<参考文献> [1] N. Kameta et al., *Soft Matter (Review)*, **7**, 4539 (2011). [2] 亀田直弘ほか, *高分子論文集 (総説)*, **67**, 560 (2010). [3] 亀田直弘, *分析化学 (総説)*, **60**, 713 (2011). [4] N. Kameta et al., *ACS Nano*, **6**, 5249 (2012). [5] 亀田直弘, *バイオインダストリー*, **30**, 40 (2013). [6] 亀田直弘, *高分子*, 9 月号掲載.

Chaperone Functions of Soft-Nanotube Gels Consisting of Artificial Lipid Membranes

N. Kameta, M. Masuda, T. Shimizu (Nanosystem Research Institute, AIST, n-kameta@aist.go.jp)

Self-organization of synthetic lipids in water produced nanotube gels in the presence of chemically denatured enzymes, which were able to encapsulate the enzymes in the nanotube channel. Decreasing the concentrations of the denaturants induced refolding of part of the encapsulated enzymes in the channel. Changing the pH in the absence of specific additive agents enabled the refolded enzymes in the nanotube channel to be smoothly released into the bulk solution. This recovery procedure also transformed the encapsulated enzymes from an intermediately refolding state to a completely refolded state. Thus, the nanotube gels assisted the refolding of the denatured enzymes and acted as artificial chaperones. Introduction of hydrophobic groups onto the inner surface of the nanotube channel remarkably enhanced the refolding efficiency. Refolding was also strongly dependent on the inner diameters of the nanotube channels.