シャペロニンを利用した動的機能材料

金 原 数

1. はじめに

生体内には、機械的な動きにより細胞活動を担っている「分子機械」と呼ばれるタンパク質が存在する。このような生体分子機械の動きを機能へと結びつけることができれば、新しいタイプの動的機能材料をつくることができる。本稿では、生体分子機械とナノ粒子を組み合わせたATP応答性ナノ粒子複合体について紹介する。

2. シャペロニンとCdSナノ粒子複合体

分子機械のひとつであるシャペロニン(chaperonin)は同一のサブユニットからなる円筒状の多量体で、内径4.5 nmほどの巨大な円筒状の空孔を有する(図1)¹⁾。生体内では、3次元構造の崩れたタンパク質を取り込み、アデノシン三リン酸(ATP)の加水分解により得られるエネルギーを利用して空孔の構造を変化させ、取り込んだタンパク質を正しい構造へとリフォールディングしたのち、放出する。ゲストを内包するだけでなく、ATPを加えると内包物を放出するという、「動き」を示す点は、既存の高分子材料では実現できない魅力的な特徴である。

興味深いことに、最近筆者らはシャペロニンがタンパク質にとってはまったく異物である、硫化カドミウム(CdS)ナノ粒子を取り込み、複合体を与えることを見いだした²⁾。調製法はいたって簡単で、文献に従いジメチルホルムアミド中であらかじめ調製したCdSナノ粒子(直径2~3 nm)を³⁾、トリスヒドロキシエチルアミン・塩酸塩(Tris-HCl)バッファ水溶液中のシャペロニン(GroEL, *T. th* cpn)に加え、ゲル透過型クロマトグラフィーにより精製するだけで複合体が得られた。ナノ粒子がシャペロニン内部の空孔に本当に取り込まれているか、ということが問題であったが、光散乱による分子量解析、透過型電子顕微鏡(TEM)像により確認することができた。

シャペロニン/CdSナノ粒子複合体は耐熱性が優れており、大腸菌由来のGroELとの複合体では40℃、高度好熱菌由来の*T. th* cpnとの複合体では、80℃まで加熱に耐え

上面図

側面図

図1 シャペロニン GroEL の結晶構造

図2 シャペロニンによるナノ粒子の取り込みと、ATP による放出

られることがわかった。両者の耐熱温度の違いは、シャペロニンが発現する菌の生存可能温度に相当している。

このように安定な複合体であるが、ここにATP、 Mg^{2+} イオン、 K^{+} イオンを複合体の溶液に添加したところ、たちどころに沈殿が生じ、ナノ粒子特有の蛍光が消失した。これはCdSナノ粒子がTris-HCl水溶液中で凝集したことを示す。ATPに応答してシャペロニンが内包していたCdSナノ粒子を放出したのである(図2)。

以上のように、シャペロニンとATPを用いてナノ粒子を動的に扱えることがわかった。生体機械を用いた機能材料はこれまでにない特異な機能を発揮する可能性を秘めており、今後の発展が期待される。

文 献

- 1) K. Braig, *et al.*: *Nature*, **371**, 578 (1994)
- 2) D. Ishii, K. Kinbara, *et al.*: *Nature*, **423**, 628 (2003)
- 3) K. Murakoshi, *et al.*: *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, **94**, 579 (1998)