

生体高分子をベースとしたナノ構造体の自由な造形

Various Fabrication of nano-structures based on biopolymers

関 修平¹⁾ 麻野 敦資¹⁾ 大道 正明¹⁾ 佐伯 昭紀¹⁾ 杉本 雅樹²⁾ 佃 諭志³⁾

Shu SEKI, Atsushi ASANO, Masaaki OMICHI, Akinori SAEKI, Masaki SUGIMOTO, Satoshi TSUKUDA

¹⁾大阪大 大学院 工学研究科, ²⁾原子力機構 量子ビーム応用部門, ³⁾東北大 多元研

我々の開発した単一粒子ナノ加工法 (SPNT) では、MeV 級荷電粒子によるエネルギー付与の結果、架橋反応が支配的である高分子材料をターゲットとすることにより、イオントラック内に架橋反応点を選択的に分布させ、ナノサイズの円柱状ゲルを形成できる。本研究では、SPNT による構造制御が容易な高分子の合成技術を開発し、構造制御された合成高分子へ生体高分子材料を組み合わせることに、生体高分子の特性を保有した一次元ナノ構造体の形成に成功した。

キーワード：単一粒子ナノ加工法, 一次元ナノ構造体, 合成高分子材料, 生体高分子材料

1. 目的

単一粒子ナノ加工法 (SPNT) は収束させた光や放射線を用いる一般的な微細加工とは異なり、単一の粒子を用いて高分子鎖間の架橋反応を引き起こし、飛程に沿ってナノサイズのゲル (一次元ナノ構造体) を形成できることが最大の特徴であり、構造体の長さは高分子薄膜の膜厚、数密度は照射線量によりそれぞれ制御することが可能である[1,2]。また、構造体の断面の半径は付与エネルギーに対する材料の架橋効率 $G(x)$ に強く依存するため、構造制御を容易にするためには $G(x)$ が高いことが望まれる。一方で、SPNT により形成された構造体は、大部分が元となる高分子材料の物性を十分に保持しており、表面修飾の容易な高分子を材料に用いれば、得られた構造体に機能性高分子の修飾が期待できる。そこで、高い $G(x)$ を持つ高分子の合成技術を開発し、構造制御した合成高分子へ生体高分子を組み合わせることに、医学生物学分野への応用が期待される高付加価値な一次元ナノ構造体を形成する。

2. 方法

エチル基を 4 位に持つスチレンモノマーを重合して得られたポリスチレン誘導体(PSES)から高分子薄膜を製作した。原子力機構・TIARA のサイクロトロンを用いて、入射エネルギーが 490 MeV に加速されたオスミニウムイオンビームの均一照射を真空中で行った。SPNT により PSES から形成された一次元ナノ構造体の断面の半径を AFM により測定し、PSES の合成条件の最適化を行った。SPNT により得られた PSES からなる一次元ナノ構造体に対して銅触媒を利用したクリック反応を行い、タンパク質を構造体表面に修飾した。

3. 結果及び考察

架橋効率 $G(x) > 2.7$ を持つ PSES の合成に成功し、長さが $1.2 \mu\text{m}$ 、断面の半径が 16 nm の一次元ナノ構造体を形成できた(図 1a)。表面修飾反応を行った結果、タンパク質の構造体表面への固定化が示唆される断面の半径の増加が認められた(図 1b, c, d)。得られた結果から、SPNT を用いてタンパク質被覆型ナノ構造体の形成が可能であることが示された。

4. 引用(参照)文献等

- [1] S. Seki et al., *Phys. Rev. B*, **70** (2004) 144203.
[2] S. Tsukuda et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **43** (2004) 3810.

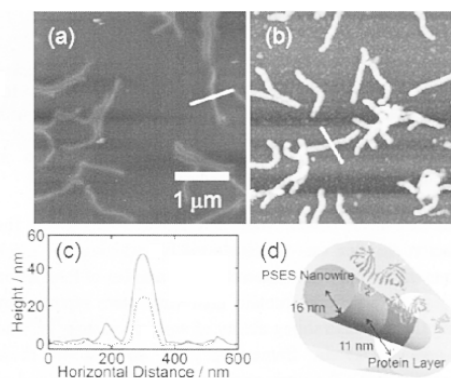


図 1. PSES 一次元ナノ構造体の AFM 観察結果。(a) 表面修飾前と(b) 修飾後の AFM 像。(c) 表面修飾前(点線)と修飾後(実線)の表面ラフネス測定結果。(d) タンパク質で修飾された構造体の断面イメージ。