

単一粒子ナノ加工法による金属粒子内包架橋高分子ナノワイヤーの形成と制御

Formation and control of crosslinked polymer nanowire including metal particles by single particle nanofabrication technique

佃 諭志¹⁾ 田中 俊一郎¹⁾ 関 修平²⁾ 杉本 雅樹³⁾ 吉川 正人³⁾

Satoshi TSUKUDA Shun-Ichiro TANAKA Shu SEKI Masaki SUGIMOTO Masahito YOSHIKAWA

¹⁾東北大学多元研 ²⁾大阪大学大学院工学研究科 ³⁾原子力機構高崎量子応用研究所

高エネルギーイオンビーム、特に単一のイオンを利用した「単一粒子ナノ加工法」は、高分子のナノワイヤー、ナノロッドなどの1次元ナノ構造体を形成するのに非常に特化した技術である。申請者らは、近年の施設利用課題において、上記手法を利用し、有機無機ハイブリッドナノワイヤー形成を試み、金のナノ粒子を内包した polyvinylphenol (PHS)ナノワイヤーの形成例など、いくつかのハイブリッド化に関する成果をすでに報告している。この他にも高分子と金属ナノ粒子の組み合わせは多種多様であるため、本研究では、Poly(vinylpyrrolidone) (PVP) と Pt の組み合わせを検討し、Pt ナノ粒子内包型 PVP ナノワイヤーの形成を試みた。

キーワード：ナノワイヤー、ハイブリッド、ポリビニルピロリドン、Ptナノ粒子

1. 目的

放射線によってもたらされる微小領域内での反応場を新しい現象の誘起や材料開発に用いるための基礎研究は極めて少ない。一方、「単一粒子ナノ加工法」は、単一イオン飛跡に沿って形成されるイオントラック内での高分子架橋反応を利用し、ナノワイヤーを直接形成できる手法である。対象とした高分子材料及び無機粒子を内包したハイブリッド材料を任意のサイズ・数だけ均一にナノ構造化できる、極めて汎用性の高い手法である。本研究では、上記手法を PVP と H_2PtCl_6 の共溶解溶液から形成した有機無機複合膜へ適用することにより、Pt 粒子内包 PVP ナノワイヤーの作製を試み、環境適用型触媒材料としての展開を目指した。また、 H_2PtCl_6 の添加量に対するワイヤーのサイズ依存性について反応機構の観点から解析を行った。

2. 方法

PVP と H_2PtCl_6 を各混合比で 2-propanol に溶解させた混合溶液を調製し、スピコート法を用いて Si 基板上に薄膜を形成した。この薄膜に 490 MeV Os イオンビームを真空中で均一照射した。照射後の溶媒処理は 2-propanol で行い、SPI-4000 型原子間力顕微鏡(AFM)によりナノ構造体の直接観察を行った。

3. 結果及び考察

照射、溶媒処理後、AFM を利用し Si 基板上を観察した結果、安定に分離された Pt を内包した PVP のナノワイヤーが観察されことから、PVP と Pt のハイブリッド化が確認できた。また、AFM を用いたナノワイヤーの径サイズを測定した結果、 H_2PtCl_6 添加量の増加に伴い、ワイヤー径は減少し、形状も連続的な形状から部分的に切断された形状になることが観察された。また、径の減少と共に理論式から導出した高分子架橋効率 $G(x)$ も減少傾向であることが判明した。これらのことからイオントラック内で生じた活性種が架橋点形成を行う際に、添加した無機粒子によりその反応が阻害されるため、架橋効率が低下したと推測された。さらに、架橋効率の低下は H_2PtCl_6 が高濃度 (10 wt%) の場合に顕著に現れ、このためナノワイヤーは観察されなかった。この結果は、 H_2PtCl_6 添加による架橋効率低下が大きいこと、ナノワイヤー内部に十分な架橋点が形成されず、溶媒中で分解したことを示唆している。

4. 引用(参照)文献等

S. Tsukuda, S. Seki, S. Tagawa, and M. Sugimoto, *Appl. Phys. Lett.* **87** (2005) 233119-1-3.

S. Seki, S. Tsukuda, S. Tagawa, and M. Sugimoto, *Macromolecules*, **39** (2006) 7446-7450.

S. Tsukuda, S. Seki, M. Sugimoto, S. Tagawa, and S.-I. Tanaka, *J. Ceram. Proc. Res.*, **9** (2008) 466-469.