

講演番号：4D03a09

講演日時、会場：3月30日 10:27～ D校舎03会場

酸化物半導体ナノ素材合成のための新規なタンパク質の構築

A novel protein supramolecule for metal-oxide semiconductor nanomaterials synthesis

○井之上 一平<sup>1</sup>、石河 泰明<sup>2</sup>、山下 一郎<sup>2</sup>、浦岡 行治<sup>2,3</sup>、安枝 寿<sup>1</sup> (1味の素(株)イノベーション研、<sup>2</sup>奈良先端大・物質創成、<sup>3</sup>科学技術振興機構, CREST)

○IPPEI INOUE<sup>1</sup>, YASUAKI ISHIKAWA<sup>2</sup>, ICHIRO YAMASHITA<sup>2</sup>, YUKIHARU URAOKA<sup>2,3</sup>, HISASHI YASUEDA<sup>1</sup> (1Ajinomoto Co., Inc., <sup>2</sup>NAIST, <sup>3</sup>JST, CREST)

【目的】DNA やタンパク質などの生体超分子は自己組織化能力によりナノサイズの均一な高次構造を形成できる。さらに、無機材料認識能力を持つ分子も存在し、骨や貝殻などにみられるように無機材料を用いて均一な微細構造を構築することができる。我々はこのような生体分子の持つ特に二つの能力を無機ナノ素材合成や半導体加工技術に応用することを目指している。本発表では、次世代のエレクトロニクス材料として注目され、太陽電池やトランジスタ等への応用が検討されているカーボンナノチューブ (CNT) に着目し、その周囲へタンパク質を用いて酸化物半導体の代表的な素材である酸化チタン膜の被膜を試みた。すなわち、CNT 表面を認識し、その表面に酸化チタンを特異的に析出させる触媒能を持つタンパク質を人工的にデザインし、CNT-酸化チタンのナノ複合体の合成を試みた。

【方法】12 量体を形成し内部に直径 4 nm の空洞を持つ *Listeria innocua* 由来のカゴ状蛋白質 Dps の遺伝子を改変することで、CNT 結合性ペプチドとチタン析出能力を持つペプチドを同時に表面提示した新規なカゴ状タンパク質 CDT1 を設計し、これを *Escherichia coli* で量産化した<sup>(1)</sup>。そしてその CNT 結合能やチタン化合物析出能力を、水晶発振子マイクロバランス法(QCM)や透過型電子顕微鏡(TEM)などにより解析した。

【結果】QCM によりタンパク質と CNT の結合力を計測したところ、CNT 結合性ペプチドを持つ CDT1 は、Dps と比較して CNT への結合速度が約 30 倍高かった。そして、CDT1 と CNT を混合し超音波処理することで、CNT の周囲に多数の CDT1 が吸着し CNT-CDT1 複合体を得ることができた。さらに、その複合体とチタン化合物前駆体を混合し室温で放置することで CNT の周囲にチタン化合物膜を特異的に形成させることに成功した。続いて、その複合体を加熱処理することで、CNT の周囲にタンパク質由来の空孔酸化チタン膜を持つ、新規な CNT-酸化チタン複合体を合成することができた。この素材は、従来の CNT-酸化チタン複合体よりも、3 倍大きな表面積を持っていた。このような複合素材は、例えば、色素増感太陽電池の電極特性を向上させるのに利用することができる<sup>(2)</sup>。すなわち、人工的にデザインされた無機物結合能力と無機物析出能力を持つタンパク質を利用することで、CNT などの繊維状のナノ構造体の周囲に、比較的マイルドな反応条件で、特異的なナノ構造を持つ酸化物半導体膜を形成できることが分かった。

(1) I. Inoue, et al. *Chem. Commun.*, 2011, **47**, 12649.

(2) I. Inoue, et al. 245th ACS National Meeting & Exposition, New Orleans, USA, 2013.

Biological supramolecule, Single-walled carbon nanotube, TiO<sub>2</sub>