

酸化カーボンナノチューブ近赤外蛍光プローブ

SATテクノロジー・ショーケース2020

■ はじめに

最近、医療診断の分野において、自家蛍光によるバックグラウンドが低く抑えられることや生体透過性がよいなどの利点を有することから、近赤外領域の利用が大変注目されている。カーボンナノチューブ (CNT) はナノメートルオーダーの直径を持ったアスペクト比の大きな筒状物質で、グラフェンシートを丸めた構造を持つ炭素同素体である。グラフェンシート1層からなるCNTは単層CNTと呼ばれ、構造により半導体型と金属型に分類される。そして単層CNTは近赤外領域の蛍光を発することが知られている。中でも単層CNTが発光帯を有する第二近赤外領域(1000-1400 nm)は最も生体透過性が良く、生体イメージングには最適である。さらに表面に酸素原子を導入することで蛍光量子収率を大幅に増加させることができるため、酸化CNTは次世代の近赤外蛍光プローブとして期待されている。

■ 活動内容

1. 簡便な酸化CNT合成法の開発

紫外光照射によってオゾンを生ずる市販のUVオゾンクリーナーを用いて、CNT薄膜に数分間のオゾン酸化処理を行うことで、酸化CNTを合成する方法を開発した。この手法では、非常に温和な条件でオゾンとCNTが反応するため蛍光消光は起きず、効率よくCNT表面を酸化できる。また、CNT分散液を用いて数時間以上酸化反応を行う従来法に比べて、簡便に短時間で酸化処理できる利点がある。さらに、複雑な合成装置は必要としない。

2. 酸化CNT近赤外蛍光プローブによる血管造影

カイラル指数(6, 5)を持つCNTを酸化し、その表面をリン脂質ポリエチレングリコール (PLPEG) でコーティングして近赤外蛍光イメージングプローブを作製した。これを血管造影剤としてマウスの尾静脈から投与し、波長980 nmの近赤外光で励起すると1150~1400 nmの近赤外光が検出され、近赤外生体内イメージング像が得られた(図(上))。同プローブは、肝臓などの臓器に捕捉されないで血管中を循環し続けるため、約6時間にわたって血管を造影できた。また、経口投与したところ、蛍光強度が強いため、消化管の運動を直接造影できた。

3. 標的指向性を有した酸化CNTプローブの開発

抗原抗体反応を起こす免疫グロブリンG (IgG) をPLPEGに

結合した分散剤(IgG-PLPEG)を用いてがん細胞などの標的に対するターゲティング能を示す蛍光プローブを作製した。IgG-PLPEGで表面修飾した酸化CNTを分散させた水に、IgGと特異的に結合するGタンパク質で被覆した金属ビーズを混和して免疫沈降(IP)反応させた後、金属ビーズを回収した。回収した金属ビーズを溶出液に入れ蛍光スペクトルを測定したところ、酸化CNT由来の蛍光が観察された(図(下))。得られた蛍光強度は、反応前の分散液から得られたCNT蛍光強度の79.1%であった。これは、IgG-PLPEGで表面修飾した酸化CNTは、IP反応によりGタンパク質と特異的に結合したことを示しており、酸化CNTに標的指向性を付与できたことがわかる。

■ 関連情報

- ・特許第6548230号「近赤外発光する半導体単層カーボンナノチューブ」
- ・Y. Iizumi, et al., Sci. Rep., 8, 6272 (2018).
- ・T. Takeuchi et al., Bioconjugate Chem., 30, 1323 (2019).

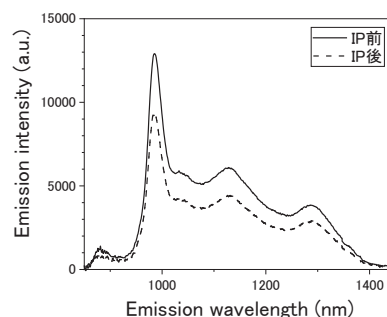
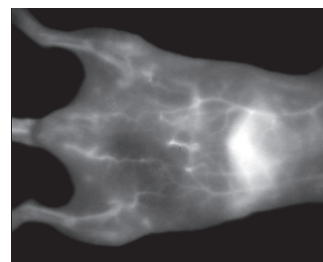


図. (上)酸化CNTをイメージングプローブとして用いたマウスの血管造影像。(下)IP前後の分散液から得られたCNT蛍光スペクトル

代表発表者 児島 敬子(こじま けいこ)
所 属 筑波大学大学院 数理物質科学研究科
(産業技術総合研究所 ナノチューブ実用化研究センター)
問合せ先 〒305-8565 つくば市東1-1-1
TEL:029-861-3738 FAX:029-861-5425
kojima-sc14335y@aist.go.jp

■キーワード: (1)カーボンナノチューブ
(2)生体イメージング
(3)近赤外蛍光
■共同研究者: 岡崎 俊也
産業技術総合研究所
ナノチューブ実用化研究センター