

カーボンナノチューブ-タンパク質複合体 における相互作用の光学的解析



SATテクノロジー・ショーケース2018

■ はじめに

カーボンナノチューブ(Carbon Nanotube: CNT)は優れた機械的、光学的、化学的特性を持つことから多くの分野への応用が期待されているナノ材料である。近年、このCNTに生体高分子であるタンパク質を吸着させた複合体を用いることで、ドラッグデリバリーシステムやバイオセンサーの開発を模索する動きがある。こうした開発過程においてはCNTとタンパク質の間に様々な相互作用が存在することが考えられ、その理解が重要となる。しかし、複合体におけるCNTとタンパク質の相互作用に関する知見は未だ得られていない。

そこで、本研究では幾つかの光学的解析手法(コヒーレントフォノン分光法・吸光光度法・ラマン分光法・フォトルミネッセンス法)を用いてCNTとタンパク質の相互作用を明らかにすることを目的とした。

■ 活動内容

1. 実験方法 (コヒーレントフォノン分光法)

通常、物質中の原子は乱雑な格子振動を有しており、これをインコヒーレントフォノンと呼ぶ。一方で、物質中に瞬間的に大きなエネルギーを入力すると特定の格子振動のみが励起され、位相の揃った格子振動を発生する。これをコヒーレントフォノンと呼ぶ。コヒーレントフォノンは励起された後、数ピコ秒で減衰し元のインコヒーレントな状態になる。コヒーレント分光法とは、フェムト秒の超短パルスレーザーを用いたポンププローブ法によって物質中のコヒーレントフォノンを観察する手法である。今回の実験では、チタン・サファイアレーザーをパルス光源として採用し、パルス幅25 fs、中心波長830 nm、パルスの繰り返し周波数80 MHzの条件で測定した。

測定に使用した試料は、CNTと複合体を形成する吸着物質を質量濃度2.0 mg/mlで溶解したバッファー溶液を調整後、CNTと混合し超音波分散、超遠心分離した溶液の上清を用いた。

今回、CNT-タンパク質複合体における吸着タンパク質としてリゾチーム(Lysozyme: LYZ)を用いた。さらに、その特異性を調べるために比較対象として、似た構造を持つ生体高分子であるポリアルギニン(Poly-L-Arginine: PLA)と一般に用いられている低分子界面活性剤であるドデシル硫酸ナトリウム(Sodium Dodecyl Sulfate: SDS)をCNTへの吸着物質として使用した。

2. 結果考察

得られたCNT複合体のコヒーレントフォノンスペクトルは吸着タンパク質との全く新しい相互作用の存在を示唆するものだった。具体的には、CNT-LYZ複合体のコヒーレントフォノンの減衰時間は他の二種類の複合体に比べ短いことがわかった。これは、CNTのコヒーレントフォノンの減衰において、通常の減衰過程に加え、タンパク質との相互作用による新しい減衰過程が生じたことを示している。このような結果が得られた要因として、我々はLYZのフォノンの状態密度が重要な因子であることを明らかにした。CNTのコヒーレントフォノンの振動周波数は7.2 THzであり、先行研究によるとLYZのフォノンの状態密度も7.2 THz付近にピークを持つことがわかっている。

したがって、本研究ではCNTとLYZの間に共鳴が生じ、効率的にCNTの振動エネルギーがLYZに移動したことが示唆された。

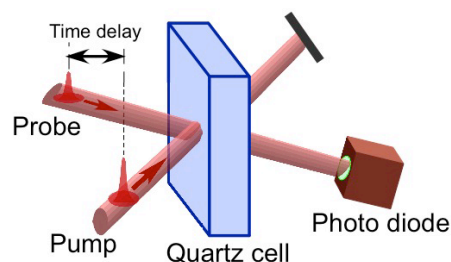


図1 フェムト秒超短パルスレーザーを用いたポンププローブ法の概略図

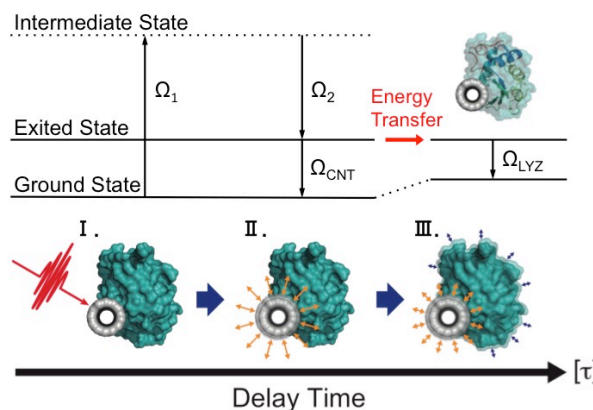


図2 CNT から LYZ への振動エネルギーの移動

代表発表者 中山 智仁(なかやま ともひと)
所属 筑波大学 大院数理物質科学研究科
電子・理工学専攻
産業技術総合研究所 ナノ材料研究部門
CNT 機能制御
問合せ先 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1
TEL029-853-5022
s1720384@u.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 超高速分光
(2) タンパク質科学
(3) カーボンナノマテリアル

■共同研究者: 長谷宗明 (筑波大院・数物科研)
平野篤 (産総研・ナノ材)