

光・ラジオ波応答性カーボンナノチューブ材料の設計及び創製

佐田, 貴生

<https://hdl.handle.net/2324/1470583>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）



氏 名 : 佐田 貴生

論文題名 : 光・ラジオ波応答性カーボンナノチューブ材料の設計及び創製

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

カーボンナノチューブ (Carbon Nanotube : CNT) は、1 次元の構造、優れた電子特性、特異な分光特性などから、ナノバイオマテリアルとしても期待されている。本研究では、CNT の光学特性とラジオ波特性を生かした新規光・ラジオ波応答性 CNT 材料を開発し、その材料のナノメディシンへの応用展開について論述した。具体的には、光応答性 CNT 基板を「シングルセル解析に向けた細胞単離技術」として、ラジオ波応答 CNT 材料を「温熱治療と診断が同時に行える癌治療薬」としての応用展開を目指し、材料の設計・開発を行った。

【第 1 章】

本論文の主となる CNT についてと、その光学・ラジオ波応答特性及び、近年の CNT のバイオ分野への応用、特に、細胞足場材料についてと、癌治療薬についての応用展開についてまとめた。また本論文の構成について紹介する。

【第 2 章】

CNT は、その一次元構造及び、疎水的表面から「細胞足場材料」としても有用であると報告されている。更に、生体を透過する近赤外領域での強い光吸収と、吸収した光を刺激 (光音響効果、光熱変換効果) に変換する性質を有している。一方、細胞の光操作 (光刺激) は、その位置選択性から盛んにバイオ分野で研究されている。第 2 章では、足場として基板に固定化した CNT を光刺激の増幅剤として用い、その増幅された光刺激に対する細胞の挙動を詳細に検討した。CNT 固定化基板は、固定化する CNT 量を正確に制御できるスプレーコート法を用いて作製した。CNT 量、光の出力により、光照射時の細胞挙動が変化することが明らかとなった。また、ある閾値出力において、細胞が生きた状態で細胞膜穿孔が起きることを明らかにした。

【第 3 章】

第 2 章で作製した光応答性 CNT 足場材料を用い、「細胞の単離技術」への応用を検討した。細胞は、同じ細胞腫でも、細胞 1 個 1 個の特性はわずかに異なるため、細胞 1 個を正確に評価するシングルセル解析が注目されている。シングルセル解析を行うためには、シングルセルの単離技術が必要になる。そこで、第 2 章で明らかとなった光刺激における細胞の位置選択的挙動を利用し、CNT 量、光出力を制御することで単一細胞の剥離・除去に成功した。更に、培地を浅くした所、光刺激により細胞が培地外まで飛び出してくることがわかった。この現象を利用し、培地上部に細胞回収基板を配置することで、目的の細胞のみを簡便に単離することに成功した。この回収した細胞 1 個において、RT-PCT 反応を行った結果、目的の遺伝子のみが特異的に増幅していた。よって、この

技術で回収した単一細胞においても遺伝子解析等への応用展開が可能であることが示唆された。

【第4章】

癌治療薬などのような生体内での応用展開を考えた場合、外部刺激としての光は、その光の生体透過性から必ずしも万能ではない。そこで、生体透過性が極めて高いラジオ波に着目し、ラジオ波にも応答する新しい材料の設計・開発を行った。ラジオ波応答性を持つ材料としては、磁性ナノ粒子が知られており、既に MRI での応用展開も行われている。磁性ナノ粒子と CNT の複合法として、CNT のチューブ空間を利用した「内包」に着目した。「内包」による複合化は、CNT の外表面による機能化（生体親和性基やリガンドの修飾）を妨げずに、新たな機能を付与できるため、理想的である。CNT は、ポリマーを炭素源として AAO を用いて作製した。AAO を用いて作製される CNT は、CNT の両末端が開端しており、内表面だけが露出しているため、簡便に磁性ナノ粒子の内包ができることが明らかとなった。更に、作製された磁性ナノ粒子内包 CNT は、CNT 単体、磁性粒子単体と比較し、相乗効果でラジオ波熱変換効果を向上させていることがわかった。上述したように、磁性ナノ粒子は MRI の診断薬としても用いられるため、診断しながら同時に温熱治療が行える薬剤になることが期待できる。

【第5章】

本論文のまとめについて論述する。各章で得られた結果を踏まえた将来展望を示す。

以上、本研究では、CNT の光学特性、ラジオ波応答性を生かした CNT 材料を開発し、それぞれの材料でナノメディスンへの応用展開について論述した。本研究で作製した CNT 材料は、他のナノバイオマテリアルにはない CNT の個性を生かした新規材料であり、ナノメディスンの発展に大きく寄与していると考えられる。