T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	水中からの有機汚染物質除去を目的としたカーボンナノチューブの持続可能な活用
Title(English)	Sustainable Application of Carbon Nanotubes to Remove Organic Pollutants from Water
著者(和文)	
Author(English)	Mohamed Ateia Ibrahim
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10681号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉村 千洋,鼎 信次郎,竹村 次朗,藤井 学,日野出 洋文,鎌田 素之
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10681号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		Mohamed Ateia Ibrahim	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	吉村千洋	准教授	審査員	日野出洋文	教授
	審査員	鼎信次郎	教授		鎌田素之	准教授
		竹村次朗	准教授			
		藤井学	特任准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Sustainable Application of Carbon Nanotubes to Remove Organic Pollutants from Water（水中からの有機汚染物質除去を目的としたカーボンナノチューブの持続可能な活用）」と題し、英文により 6 章で構成されている。1990 年代にカーボンナノチューブ（CNT）の合成法が開発され以来、2000 年以降、工業、医療、環境など多くの分野でその活用方法の開発が進められており、水処理分野でも吸着剤としての活用事例が研究機関から報告されている。このような中、帯磁性カーボンナノチューブ（MCNT）を用いた水処理の効率化が期待されているものの、その合成法や再生手法、そして、有機汚染物質との相互作用などに関して課題が多いため水処理プラントへの適用には至っていない。本論文では、CNT の水処理への適用を目指し、水中での CNT による有機汚染物質の除去プロセスの詳細を解明し、その上で、CNT の水処理への適用性を向上する環境負荷の小さい手法を提示することを目的としている。

1 章「Introduction（序論）」では、種々の水環境中における有機汚染物質の問題を整理し、水環境保全に関連する CNT の開発状況および課題をまとめた上で、本論文の目的、意義、構成を述べている。

2 章「Removal of Pesticides from Aqueous Solutions by Carbon Nanotubes: A Review（カーボンナノチューブによる水溶液からの農薬の除去：レビュー）」では、水環境中における農薬汚染の実態をまとめた上で、環境水中の農薬のモニタリング手法ならびに既存の農薬の除去技術を広くレビューしている。また、それらの知見を踏まえて、農薬除去を目的とした CNT の適用可能性を現在の課題と共に整理している。

3 章「Preparation of Magnetic Carbon Nanotubes for Pesticides Removal（農薬を除去するための帯磁性カーボンナノチューブの精製）」では、CNT の合成過程で残留する CNT 中の金属の特性を調べ、永久磁石による CNT の簡易精製方法を提示している。金属分析の結果から、ナノチューブの内部に残留している鉄およびニッケルの金属ナノクラスターが CNT に磁性を与えていることを示している。また、本手法で精製された MCNT は、生物毒性の高い農薬の1つであるアトラジンに対して高い吸着容量（> 40mg/g）を示すこと、また、エタノールによる再生が複数回（10回以上）可能であることを報告している。

4 章「Interactions between Natural Organic Matter and Carbon Nanotubes（天然有機物とカーボンナノチューブとの相互作用）」では、様々な起源から得られた 11 の標準天然有機物（NOM）を用いて、4 種類の CNT に対する吸着特性を、複数の分析手法を適用することで包括的に評価している。その結果、NOM の吸着は、NOM の芳香族性、酸度、カルボン酸などの官能基の割合などの化学的性質と密接な関係にあること、またフミン酸では 0.5～2kDa、フルボ酸および逆浸透膜分離 NOM では 1～3kDa の分子を特異的に吸着することを示している。なお、NOM に含まれる最小の画分（MW <0.4kDa）は CNT に吸着されにくいことも示している。

5 章「Ozone-assisted Regeneration of Magnetic Carbon Nanotubes（帯磁性カーボンナノチューブのオゾンによる再生）」では、オゾン酸化処理を利用した MCNT の再生可能性について検討している。実験結果として、オゾン酸化とエタノール洗浄を組み合わせた方法では、アトラジンの除去率を 85～93％に維持しながら、10 回以上の連続再生が可能であることを示している。また、MCNT 表面での $\pi-\pi$ 相互作用がオゾンの影響を受けにくく、エタノールが MCNT 表面に吸着した分解産物を除去できることも新たな知見として示している。このようなオゾンによる MCNT の再生手法は、エタノールの処理については課題が残るものの、効率的かつ容易であり有効性が高いことを報告している。

6 章「Conclusions and recommendations（結論および提言）」では、本研究の総括を行うとともに今後の研究における方向性を示している。

以上を要するに、本研究は CNT の水処理への適用性を高める新たな手法として、MCNT の簡易的な精製手法およびオゾン酸化処理による吸着処理後の MCNT の再生手法を提示しており、さらに、農薬および天然有機物の吸着特性を解明している。これらの内容は CNT を水処理に応用するために必要な知見を提供していると同時に、上下水等における効率的な有機汚染物質の除去プロセスの導入につながる有用な工学的知見を提示している。したがって、本論文は博士（学術）論文として十分に価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。