

次世代型ライフスタイルの創成を担う 高機能軽元素複合材料の開発

Development of High-Functional Light-Element Composites for Creating a Next Generation Life Style



准教授 佐藤 義倫
Associate Professor
Yoshinori Sato

ナノ物質は小さいながらも、優れた特性を持っている。しかし、ナノ物質の特性を生かした複合材料の設計・合成は、ランダムに配置された個々のナノ物質の特性が打ち消されるため、極めて難しくなる。そこで、ナノ物質の特性を最大限に活かしたナノ複合界面設計に基づいた高次機能性複合材料が必要である。本研究室では、材料科学分野における課題である「ナノ物質の特性をバルクまで引き伸ばすための軽元素複合材料設計と材料開発およびその複合界面に関する研究」を目指している。研究を遂行するにあたり、軽元素のホウ素、炭素、窒素を用いた高機能な表界面を持つ軽元素複合材料の開発を行っている。

In the past, a number of composites consisting of nanomaterials that possess excellent features of their own, have been produced in basic studies. However, it is hard to design and produce composites in which the properties of nanomaterials are reflected because each nanomaterial in the composite assembles at random, not to enhance the features of the nanomaterials. In this laboratory, the purpose of the research is to study and develop high-functional composites with high-performance surfaces and interfaces using boron, carbon, and nitrogen, in an effort to expand the properties of nanomaterials to those of bulky composites.

脱フッ素化による窒素ドーピング炭素材料を合成するためのポストドーピング法の開発

固体高分子形燃料電池 (PEFCs) では、白金担持カーボンブラック (Pt-C) が空気極の酸素還元反応 (oxygen reduction reaction: ORR) の触媒として使われている。しかし、白金の高コスト・低耐久性が PEFCs のコスト増大および短寿命を引き起こしている。窒素ドーピング炭素材料は ORR 触媒として作用することが知られており、我々の研究室では、脱フッ素化による窒素ドーピング炭素材料を合成するための新しい簡易なポストドーピング法を提案している。具体的には、フッ素化炭素材料をアンモニアガス中で 25-1000 °C で反応することによって窒素ドーピング炭素材料を合成している。

1本の多層カーボンナノチューブの引張強度に関する担持された金属ナノ粒子の影響

丈夫な CNT/ 金属複合体を作製するために、デザインされた複合体中の CNT と金属間の界面強度は、これらの物質間に作用する荷重伝達に耐えうるくらいに十分強くなければならない。そこで、走査型電子顕微鏡内でのその場観察による 1本の多層カーボンナノチューブ

Development of a post-doping method to synthesize nitrogen-doped carbon materials by defluorination

In polymer electrolyte fuel cells (PEFCs), platinum nanoparticles supported on carbon black (Pt-C) have been used as a standard catalyst for oxygen reduction reactions (ORRs) on the cathode. However, the high price and poor durability of Pt has led to an increase in the cost of PEFCs and shorter cell lifetime. Nitrogen-doped carbon materials are known to act as electrocatalysts for the ORR. In our laboratory, we suggest a new and facile post-doping method for synthesizing nitrogen-doped carbon materials by defluorination. In particular, nitrogen-doped carbon materials have been synthesized by reacting fluorinated carbon materials with ammonia gas at 25-1000 °C.

Influence of supported metal nanoparticles on the tensile strength of individual multi-walled carbon nanotubes

In an effort to fabricate durable carbon nanotube (CNT)/metal composites, the interfacial strength between the CNTs and the matrix in the designed composites must be strong enough to endure the load transfer between these two components. We have investigated the influence of supported metal nanoparticles on the tensile strength of individual multi-walled

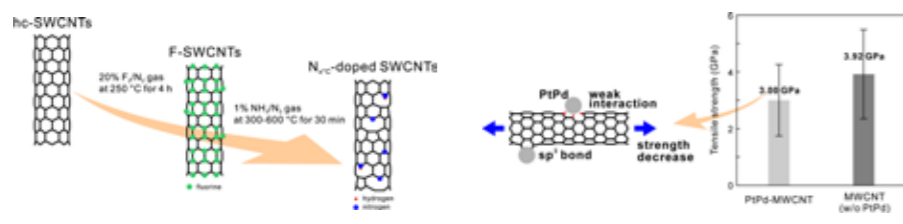


Fig.1 Schematic illustration of the defluorination-assisted nanotube-substitution reaction for the synthesis of nitrogen-doped single-walled carbon nanotubes.

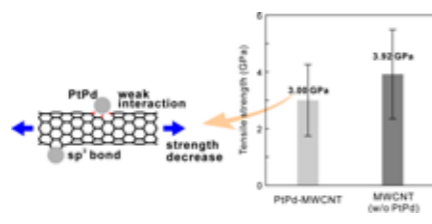


Fig.2 Schematic illustration of the interactions between the MWCNTs and PtPd nanoparticles. Tensile strengths of MWCNTs with and without PtPd nanoparticles.



Fig.3 "Student Travel Award" at the 5th Nano Today Conference. (Koji Yokoyama)



Fig.S1 New crews. Minori Kokubo (left) and Shota Taira (right).

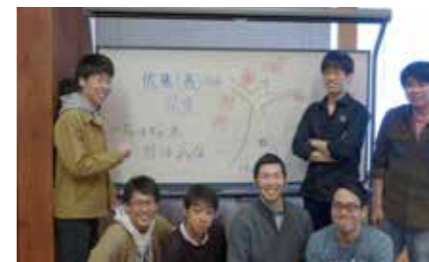


Fig.S2 Cherry-blossom viewing.



Fig.S3 Oktoberfest in our laboratory.

の引張強度に関する担持された金属ナノ粒子の影響を調べた。PtPd ナノ粒子を担持した場合には、担持された MWCNT の 1 本の平均引張強度は未担持の MWCNT のそれよりも僅かに減少した。XPS およびラマン分光分析データは PtPd ナノ粒子と MWCNT 間の結合の関与を示唆したことから、引張強度の僅かな減少は、ナノ粒子と CNT のペーサル面間の共有結合により生じたナノチューブ構造の局所的な歪みの誘導によるものが寄与していると考えている。

受賞

- ・横山 幸司、“5th Nano Today Conference Student Travel Award”
- ・黒田 彬央 “第 44 回炭素材料学会年会 ポスター賞”
- ・間宮 一誠 “第 10 回資源・素材学会東北支部 若手の会 ポスター賞”
- ・横山 幸司 “第 55 回炭素材料夏季セミナー ポスター賞”
- ・細見 奨太 “平成 28 年度 東北大学 3 年次エネルギー環境奨学賞”
- ・横山 幸司 “第 8 回環境エネルギー技術研究所 奨学賞”

研究費

- ・JSPS 科学研究費補助金 15H04131 (基盤研究 (B)/ 代表)
- ・17H01584 (基盤研究 (A)/ 分担)
- ・16H05518 (基盤研究 (B)/ 分担)
- ・26220104 (基盤研究 (S)/ 分担)
- ・共同研究費 (ステラケミファ株式会社 / 代表)

共同研究

- ・信州大学先鋭領域融合研究群 バイオメディカル研究所 (齋藤直人教授)
- ・ステラケミファ株式会社 (研究部)

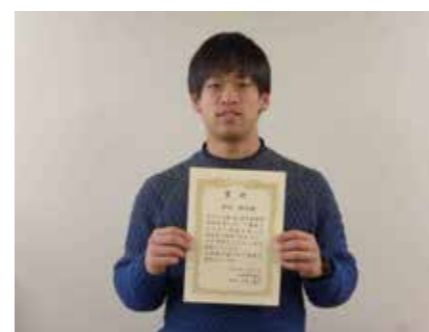


Fig.4 "Poster Award" in the 44th Annual Meeting of the Carbon Society of Japan. (Akihisa Kuroda)



Fig.5 "Poster Award" at the 10th Young Meeting of the MMIJ Tohoku Branch. (Issei Mamiya)

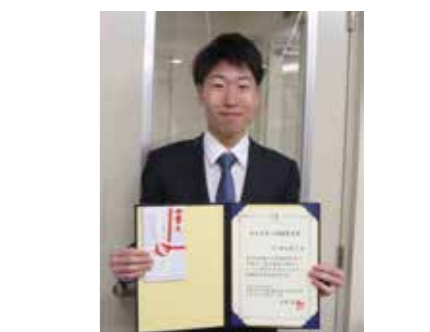


Fig.6 "Scholarship (Third year student)" of the Environment and Energy Engineering, School of Engineering, Tohoku University. (Shota Hosomi)

CNTs (MWCNTs) using in situ scanning electron microscopy. In the case of the deposition of PtPd nanoparticles, the average tensile strength of individual deposited MWCNTs was slightly lower than that of the as-grown MWCNTs. Since X-ray photoelectron and Raman scattering spectroscopic data showed bonds between the PtPd nanoparticles and the MWCNTs, the slight strength decrease can be attributed to the induction of local distortions in the nanotube structure caused by the covalent bonds between the nanoparticles and the CNT basal plane.

Awards

- ・Koji Yokoyama, "Student Travel Award" at the 5th Nano Today Conference
- ・Akihisa Kuroda, "Poster Award" at the 44th Annual Meeting of the Carbon Society of Japan
- ・Issei Mamiya, "Poster Award" at the 10th Young Meeting of the MMIJ Tohoku Branch
- ・Koji Yokoyama, "Poster Award" at the 55th Annual Carbon Summer Seminar for Young Researchers and Students of the Carbon Society of Japan
- ・Shota Hosomi, "Scholarship (Third year student)" of the Environment and Energy Engineering, School of Engineering, Tohoku University
- ・Koji Yokoyama, "Scholarship Award" of the 8th Scholarship Award of the Shaping the Future Technology for the Environment and Energy

Grants

- ・JSPS KAKENHI 15H04131 (Scientific Research (B)/PI)
- ・JSPS KAKENHI 17H01584 (Scientific Research (A)/Co-I)
- ・JSPS KAKENHI 16H05518 (Scientific Research (B)/Co-I)
- ・JSPS KAKENHI 26220104 (Scientific Research (S)/Co-I)
- ・Collaboration grant (Stella Chemifa Corporation/PI)

Collaborations

- ・Institute for Biomedical Sciences, Interdisciplinary Cluster for Cutting Edge Research, Shinshu University (Prof. Naoto Saito)
- ・Stella Chemifa Corporation (Research Division)