

次世代型ライフスタイルの創成を担う 高機能複合材料の開発

Development of High-Functional Composites for Constructing
a Future Foundation to Create a Next Generation Life Style



准教授 佐藤 義倫
Associate Professor
Yoshinori Sato

In the past, many composites consisted of nanomaterials that possess excellent features in their own, have produced in basic researches. However, it is hard to design and produce composites of which the properties of nanomaterials are reflected to those. Because each nanomaterial in the composite assembles at random not to enhance the features of the nanomaterials. In this laboratory, the purpose of researches is to study and develop high-functional composites in an effort to expand the properties of nanomaterials to those of bulky composites.

研究概要

個々の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、新素材である炭素ナノ材料・ナノ粒子材料の単体特性や複合特性、あるいは自然の高次循環システムやメカニズムから学ぶ複合特性を利用し、「高機能性界面を持つ複合材料の開発を行っている。

ナノチューブの生体材料に関する共同研究を行いました。また、カーボンナノチューブのフッ素化に関しては、ステラケミファ株式会社と共同研究を行いました。2016年は学業・研究において幾つかの賞を受賞しました。田ノ岡くんが「平成27年度 東北大学 工学部長賞(Fig.2)」、尾本くんが「第43回炭素材料学会年会 ポスター賞 (Fig.3)」、横山くんが「平成28年度 東北大学 大学院環境科学研究科 奨学賞」「第25回日本MRS年次大会 奨励賞 (Fig.4)」、「第43回炭素材料学会年会 ポスター賞」を受賞しました。

脱フッ素化を経由した欠陥再配列による 単層カーボンナノチューブの電気特性

単層カーボンナノチューブ (single-walled carbon nanotube: SWCNT) は1次元物質に由来する特有な電子状態密度を持つ。ナノチューブの軸に対する6員環の配置(カイラリティ)によって、金属性あるいは半導体性を示すが、すべてのカイラリティのうちの3分の2は半導体性を示す。本研究では、フッ素化SWCNTを高真空下で高温加熱し、炭素原子を伴った脱フッ素化によるナノチューブ骨格構造改質を行うことで、非6員環構造(5員環や7員環)を導入し、半導体性SWCNTの電子状態を金属性SWCNTの電子状態に変化させる研究を行っている。

2016年の研究室体制と活動

2016年4月に学部3年生の細見奨太くん、間宮一誠くんが新たに研究室配属され、学部4年生の香取優一くん、古賀一樹くん、修士1年生の黒田彬央くん、田ノ岡大貴くん、修士2年生の尾本洋次くん、木村達人くん、野々村怜くん、博士1年生の横山幸司くんを含め、学生10名、教員1名の研究室体制となりました。2016年も工明会運動会、オープンキャンパス (Fig.1)、飲み会などのイベントに研究室全体で積極的に参加しました。学業面では、ゼミ(週1回)、学会への参加を積極的に行いました。研究面では、信州大学 先鋭領域融合研究群 バイオメディカル研究所の齋藤直人研究室と引き続き、カーボン



Fig.1 Snapshot in front of our laboratory booth in the Open Campus 2016.

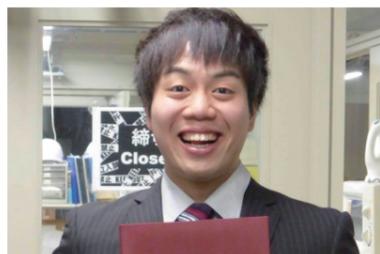


Fig.2 Deans' award for academic achievement of the School of Engineering, Tohoku University. (Taiki Tano-oka)

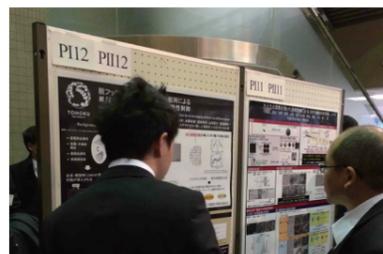


Fig.3 Poster presentation at the "The 43th Carbon Society of Japan". (Yoji Omoto)



Fig.4 Award on the "The 25th Annual Meeting of MRS-J". (Koji Yokoyama)



脱フッ素化処理を経由したホウ素ドーピング単層 カーボンナノチューブの合成に関する研究

燃料電池の酸素還元反応を促進する触媒として使用されている白金は希少金属であるため、白金代替触媒の研究が盛んに行われている。その1つに「ホウ素ドーピング炭素材料」があり、グラフェン骨格の炭素原子にホウ素原子が置換されると白金と同様な触媒効果が現れると言われている。しかし、グラフェン骨格にホウ素を骨格置換ドーピングできる手法はイオン注入法に限られており、効率の良いホウ素ドーピング法はないため、ホウ素ドーピング炭素材料の触媒効果は詳しく行われていない。本研究では、ホウ酸が担持されたフッ素化SWCNTをアルゴン雰囲気下で高温処理することで、脱フッ素化を利用した骨格置換型ホウ素SWCNTの合成を行い、その物性・電気化学特性について研究をしている。

国際学会発表

- ・MRS 2016 Fall Meeting & Exhibit (木村くん、横山くん、佐藤准教授がポスター発表)、Boston, USA, 11/26 - 12/1 (2016)
- ・AEM2016 (佐藤准教授がポスター発表)、Guildford, UK, 9/12 - 9/14 (2016)
- ・MRS 2016 Spring Meeting & Exhibit (横山くん、佐藤准教授がポスター発表)、Phoenix, USA, 3/28 - 4/1 (2016)

国内学会発表

- ・第26回日本MRS年次大会 (横山くんが口頭発表)、横浜市、神奈川県、2016. 12. 21
- ・第43回炭素材料学会年会 (尾本くん、木村くん、横山くんがポスター発表)、千葉市、千葉県、2016. 12. 7

シンポジウム運営

- ・平成28年度カーボンバイオナノ、実行委員 (佐藤 義倫 准教授)

受賞

- ・横山 幸司、"第43回炭素材料学会年会 ポスター賞" (受賞日 2016. 12. 8)
- ・尾本 洋次、"第43回炭素材料学会年会 ポスター賞" (受賞日 2016. 12. 8)
- ・横山 幸司、"第25回日本MRS年次大会 奨励賞" (受賞日 2016. 1. 29)
- ・横山 幸司、"平成28年度 東北大学 大学院環境科学研究科 奨学賞" (受賞日 2016. 10. 1)
- ・田ノ岡 大貴、"平成27年度 東北大学 工学部長賞" (受賞日 2016. 3. 25)

研究プロジェクト

- ・日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B) 平成28年度「脱フッ素による高結晶垂直配向カーボンナノチューブの表面制御改質とその電気化学特性」(代表研究者: 佐藤 義倫)
- ・日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(S) 平成28年度「低炭素社会をもたらす単層カーボンナノチューブを利用した平面発光デバイスの開発」(分担研究者: 佐藤 義倫)
- ・日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B) 平成28年度「スマートナノバイオマテリアルの開発と口腔領域における臨床応用への展開」(分担研究者: 佐藤 義倫)
- ・物質・デバイス領域共同研究拠点 平成28年度 次世代若手共同研究 (北海道大学 電子科学研究所 太田裕道 教授) (代表研究者: 横山 幸司)
- ・信州大学 先鋭領域融合研究群 バイオメディカル研究所 共同研究 (代表研究者: 佐藤 義倫)
- ・平成28年度 ステラ ケミファ株式会社 共同研究 (代表研究者: 佐藤 義倫)

特筆すべき業績

- ・Koji Yokoyama, Shun Yokoyama, Yoshinori Sato, Kazutaka Hirano, Shinji Hashiguchi, Kenichi Motomiya, Hiromichi Ohta, Hideyuki Takahashi, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato, "Efficiency and long-term durability of nitrogen-doped single-walled carbon nanotube electrocatalyst synthesized by defluorination-assisted nanotube-substitution for oxygen reduction reaction", *J. Mater. Chem. A* **4**, 9184-9195 (2016).
- ・Shin-ichi Ogino, Takashi Itoh, Daiki Mabuchi, Koji Yokoyama, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato, "In Situ Electrochemical Raman Spectroscopy of Air-Oxidized Semiconducting Single-Walled Carbon Nanotube Bundles in Aqueous Sulfuric Acid Solution", *J. Phys. Chem. C* **120**, 7133-7143 (2016).
- ・Koichiro Yamakawa, Yoshinori Sato, Katsuyuki Fukutani, "Asymmetric and symmetric absorption peaks observed in infrared spectra of CO₂ adsorbed on TiO₂ nanotubes", *J. Chem. Phys.* **144**, 154703 (2016).