

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.

研究内容

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。

2015年の研究室体制と活動

2015年4月に修士1年生の尾本洋次くん、学部3年生の香取優一くん、古賀一樹くんが新たに研究室配属され、学部4年生の黒田彬央くん、田ノ岡大貴くん、修士1年生の木村達人くん、野々村怜くん、修士2年生の駒口暁海くん、杉山将太くん、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。2015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、ゼミによる勉強会 (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カーボン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。2015年は学業・研究において幾つかの賞を受賞



Fig.1 Snapshot in front of our laboratory booth in the Open Campus 2015.



Fig.2 Poster Award on the "The 8th young research meeting of The Mining and Materials Processing Institute of Japan, Tohoku branch". (Left: Tatsuhito Kimura, Right: Koji Yokoyama)



Fig.3 Poster Award on the "The 42th Carbon Society of Japan". (Left: Tatsuhito Kimura, Right: Koji Yokoyama)

しました。田ノ岡くんが「平成26年度 東北大学工学部機械知能・航空工学科 エネルギー環境コース3年次 奨励賞」、木村くんが「第8回資源・素材学会東北支部 若手の会 ポスター賞銅賞 (Fig.2)」と「第42回炭素材料学会年会 ポスター賞 (Fig.3)」、横山くんが「第8回資源・素材学会東北支部 若手の会 ポスター賞銀賞 (Fig.2)」と「第42回炭素材料学会年会 ポスター賞 (Fig.3)」を受賞しました。

金属性、半導体性単層カーボンナノチューブの電界放出型電子源の開発

単層カーボンナノチューブ (single-walled carbon nanotube: SWCNT) は1次元物質に発現する特有な電子状態密度を持ち、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。SWCNTの直径は数ナノメートルであり、その先端に低電界が印加されると、先端から容易に電子を放出する。本研究では、高結晶性処理を施した金属性および半導体性のSWCNTを用意し、それぞれの電界放出電子特性を調べ、どちらの電子状態のSWCNTが電界放出型電子源に適しているか評価するとともに、電子源の寿命特性を調べている。

カーボンナノチューブの引張強度における表面担持物の影響

カーボンナノチューブ (carbon nanotube: CNT) は軽量かつ高強度の材料として注目を集め、金属あるいはセラミックス等との複合材料として応用が期待されている。CNT/金属複合体では、付着性の良い金属でコーティングしてCNTの界面滑りを抑制することで強度の向上



が見込まれているが、CNTと付着性の良い金属は炭素原子と相互作用を起こし、CNTの引張強度を低下させることが理論的に示されている。また、CNT/セラミックス複合体では、界面滑りを起こす前にCNTが破断するという報告から、母材中でCNTの強度が低下している可能性があり、その要因の一つに母材であるセラミックスがCNTの強度に影響を及ぼしていることが挙げられる。以上から、金属 (白金やパラジウム) やセラミックス (酸化アルミニウム) のナノサイズの表面担持物によるCNTの引張強度への影響について実験的に評価している。

国際国流

8/18にCNRSのAlberto Bianco先生のセミナーを行い、炭素ナノ材料の化学修飾およびその生体応用について、ご発表いただきました。

【講師】Dr. Alberto Bianco (Institute of Molecular and Cellular Biology, CNRS)

【講演】Chemistry on carbon nanomaterials to tailor specific properties

国際学会発表

- Yoshinori Sato, Hideaki Suzuki, Mei Zhang, Go Yamamoto, Kenichi Motomiya, Toshiyuki Hashida, Kazuyuki Tohji, "Tensile Strength of Individual Carbon Nanotubes Constituting CNT Fibers", MRS 2015 Spring Meeting & Exhibit, Poster, Boston, USA, April 8th, 2015.
- Koji Yokoyama, Yoshinori Sato, Kazutaka Hirano, Tatsuhiro Yabune, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato, "Gas-Phase Surface Modification of Fluorinated Single-walled Carbon Nanotubes Using Ammonia Gas", MRS 2015 Spring Meeting & Exhibit, Poster, Boston, USA, April 7th, 2015.

国内学会発表

- 第42回炭素材料学会年会 (木村くん、横山くんがポスター発表)、吹田市、大阪府、2015年12月2日 (水)
- 平成27年度 資源・素材学会東北支部 秋季大会 (木村くん、横山くんが口頭発表)、仙台市、宮城県、2015年11月16日 (月)
- 第8回 資源・素材学会東北支部 若手の会 (黒田くん、田ノ岡くん、尾本くん、木村くん、野々村くん、駒口くん、横山くんがポスター発表)、秋保町、宮城県、2015年11月15日 (日)
- 平成27年度 資源・素材学会東北支部 春季大会 (木村くん、野々村くん、横山くんがポスター発表)、仙台市、宮城県、2015年6月17日 (水)

依頼講演

佐藤 義倫、"フッ素化単層カーボンナノチューブの脱フッ素化による機能性材料の合成"、平成27年度化学系学会東北大会、青森県、弘前市、2015年9月13日 (日)

特筆すべき業績

- Koji Yokoyama, Yoshinori Sato, Kazutaka Hirano, Hiromichi Ohta, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato, "Defluorination-assisted nanotube-substitution reaction with ammonia gas for synthesis of nitrogen-doped single-walled carbon nanotubes", *Carbon*, **94**, 1052-1060 (2015).
- Sangita Karanjit, Atchaleeya Jinasan, Ekasith Samsook, Raghu N. Dhital, Kenichi Motomiya, Yoshinori Sato, Kazuyuki Tohji, Hidehiro Sakurai, "Significant Stabilization of Palladium by Gold in the Bimetallic Nanocatalyst Leading to an Enhanced Activity in the Hydrodechlorination of Aryl Chlorides", *Chem. Comm.*, **51**, 12724-12727 (2015).
- Hajime Sakakibara, Koji Yokoyama, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, Yoshinori Sato, "Enhancement of photovoltaic power of single-walled carbon nanotube films by interface structures of different film thickness", *Materials Today (web version: Materials Comment)*, (2015). (招待論文)
- Yoshinori Sato, Mei Zhang, Kazuyuki Tohji, "Mechanical Properties of Boron-added Carbon Nanotube Yarns", in *Handbook of Polymernanocomposites. Processing, Performance and Application Volume B: Carbon Nanotube Based Polymer Composites*, K. K. Kar, S. K. Rana, and J. K. Pandey editors, Springer, Germany, **Chapter 39**, 61-73 (2015). (招待論文)

受賞

- 横山 幸司、"第42回炭素材料学会年会 ポスター賞" (受賞日2015. 12. 3)
- 木村 達人、"第42回炭素材料学会年会 ポスター賞" (受賞日2015. 12. 3)
- 横山 幸司、"第8回資源・素材学会 東北支部若手の会 ポスター賞銀賞" (受賞日2015. 11. 15)
- 木村 達人、"第8回資源・素材学会 東北支部若手の会 ポスター賞銅賞" (受賞日2015. 11. 15)
- 田ノ岡 大貴、"平成26年度 東北大学工学部機械知能・航空工学科 エネルギー環境コース3年次 奨励賞" (受賞日2015. 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27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)
- 日本学術振興会科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究 平成27年度「熱電能アシスト型 pn 接合界面を持つ炭素ナノ材料で構成された近赤外光発電セルの創製」 (代表研究者)
- 日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (S) 平成27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)
- 日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (B) 平成27年度「ナノ物質を用いたハイブリッド型口腔領域用生体材料の創製と安全性の検討」 (分担研究者)
- 日本学術振興会科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究 平成27年度「多層カーボンナノチューブブロックを用いた in vitro での骨形成再現実験」 (分担研究者)
- 平成27年度 物質・デバイス領域共同研究拠点 共同研究 (一般研究: 北海道大学電子科学研究所 太田裕道 教授)
- 平成27年度 東北大学金属材料研究所 共同利用研究 (研究部: 東北大学金属材料研究所 後藤 崇 教授)
- 平成27年度 ステラ ケミファ株式会社 共同研究