

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 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 which possess excellent features in their own, have produced in basic research. However, it is hard to design and produce composites to which the properties of nanomaterials are reflected. Because each nanomaterial in the composite assembles at random not to enhance the features of 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 that of bulky composites.

研究室のコンセプト

近代テクノロジーの発展が発散的地下資源消費を生み出した結果、気候変動、エネルギー・資源の枯渇、食料問題、人口増大、生物多様性の危機などの深刻なリスクが現ライフスタイルの課題となっている。そこで、生活の豊かさを保ちながら、物質消費を抑えた「持続可能な社会」の構築が次世代のライフスタイルとして要求されている。求められているライフスタイルでは、豊かさを担保しながら、物質消費を最小とするテクノロジーのパラダイムシフトが不可避である。この新しいライフスタイルを創成するために、本研究室は「物の複合化」を利用した「次世代型ライフスタイル創成に貢献できる機能性複合材料の開発」を行いながら、「物の在り方」の基盤について考えている。

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次世代のエネルギー環境分野に必要な高次機能性複合材



Fig. 1 Snapshot at the ceremony of F. Ishida Memorial Foundation Research Grant.

料を創製する必要がある。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」を行っている。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、「次世代型ライフスタイル創成に貢献できる機能性複合材料の開発」を行っている。

単層カーボンナノチューブ膜における光熱起電力に関する研究

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つ。特に金属性の SWCNTs は可視光領域に、半導体性 SWCNTs は近赤外光領域に吸収特性を示す。この SWCNT 膜に太陽光照射を行うことにより、光照射位置に依存した光熱起電力が発生することを見出した。本研究は環境発電素子として有望であり、平成24年度 石田(實)記念財団研究奨励賞を受賞した(図1)。

アミン修飾単層カーボンナノチューブの電気二重層キャパシタ電極に関する研究

SWCNT は高比表面積・バリスティック伝導性を持つため、「電気二重層キャパシタ」の電極として期待されている。アミン基を適切な化学修飾で表面改質すると、カルボキシル基、アミド基で化学修飾されたものより、静電容量・出力密度が数倍向上することを明らかにした。

ラット軟組織内の貪食細胞内外での多層カーボンナノチューブの構造安定性に関する研究

カーボンナノチューブは細胞増殖のための足場(スカフォールド)、人工骨などの生体材料として注目されている。一方、カーボンナノチューブの生体的持続性(生体内での構造安定性)も重要となる。本研究では、2年間によるラット胸部軟組に埋入された親水性多層カーボンナノ

チューブを埋入した結果、貪食細胞内では一部のナノチューブの外層が分解され、細胞外では全く分解されないことがわかった。貪食細胞にナノチューブが貪食されない限り、ナノチューブ構造は安定であることを示した。本研究は Wiley-VCH 出版 (Germany) と Nanyang Technological University (Republic of Singapore) が共催した「small sciences symposium: Frontier in Nanomedicine」において、Best Poster Awards を受賞した(図2)。



Fig. 2 Best Poster Awards on "small sciences symposium: Frontier on Nanomedicine".

☆国際交流

平成24年度日本学術振興会 外国人招へい研究短期事業により、2012年7月8日～8月29日の期間に CNRS の Alberto Bianco 先生をお招きし、国内招待講演(北海道大学、東北大学、東京工業大学、信州大学、名古屋大学、滋賀医科大学、京都大学、産総研主催シンポジウム)、また本研究との共同研究を行った(図3)。共同研究では、炭素材料表面をアミン修飾するプラトー反応の手順を教授いただいた。



Fig. 3 Meeting with Professor Alberto Bianco. Discussion about Prato reaction of single-walled carbon nanotubes.

☆業績

・ S. -K. Lee, S. Iwata, S. Ogura, Y. Sato, K. Tohji, K.

Fukutani, "Nitrogen physisorption and site blocking on single-walled carbon nanotubes", Surface Science, 606, 293-296 (2012).

・ Yoshinori Sato, Hikaru Nishizaka, Shunichi Sawano, Atsushi Yoshinaka, Kazutaka Hirano, Shinji Hashiguchi, Takayuki Arie, Seiji Akita, Go Yamamoto, Toshiyuki Hashida, Hisamichi Kimura, Kenichi Motomiya, Kazuyuki Tohji, "Influence of the structure of the nanotube on the mechanical properties of binder-free multi-walled carbon nanotube solids", Carbon, 50, 34-39 (2012).

・ 特許4961561「有機ケイ素化合物とカーボンナノチューブの複合材及びその製造方法」、赤坂 健、若原 孝次、前田 優、加藤 昌寛、田路 和幸、佐藤 義倫

・ 特許5014786「カーボンナノチューブの集合体及びその形成方法並びに生体適合性材料」、佐藤 義倫、田路 和幸、菊山 裕久、脇 雅秀、橋口 慎二、田代 康貴

☆受賞

・ 平成24年度 石田(實)記念財団研究奨励賞
・ Best Poster Awards in *small sciences symposium 2012: "Frontier on Nanomedicine"*

☆研究プロジェクト

・ 日本学術振興会科学研究費補助金・若手研究(A) 平成24年度「単層カーボンナノチューブ薄膜を使用した高性能リチウムイオンキャパシタ正極の開発」(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24年度「単層カーボンナノチューブのみで構成される薄膜/バルク界面構造での熱起電力の探索」(代表研究者)

・ 日本学術振興会 外国人招へい研究短期事業 平成24年度「ハイドロキシアパタイト/リン酸修飾カーボンナノチューブ複合体の調製とその特性」(代表研究者)

・ 日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B) 平成24年度「カーボンナノチューブを三次元スキャホールド及び表面修飾として用いた口腔組織の再建」(分担研究者)

・ 共同研究 ステラケミファ株式会社 平成24年度「フッ素化カーボンナノチューブ繊維を用いた高強度繊維の作製」(代表研究者)