

## 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 Assuming Creation of 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2011年4月に環境科学研究科に新設された研究室であり、「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く。

### 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複合材料の革新的アプローチによる、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おける必要不可欠な高次機能性複合材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」を行う。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」を行う。

### グラフィン結合助剤の創製とその複合界面に関する研究

輸送手段である航空機、自動車、電車などの構造材料の軽量化は省エネルギー化をもたらす。炭素ナノ材料の1つであるカー

ボンナノチューブ (carbon nanotube: CNT) は軽量なグラフィン・グラファイトのチューブ状物質であり、その1本の機械強度特性は炭素繊維を凌ぐ。しかし、CNT複合体においては、母材に対するCNTの低分散性および滑りにより、CNTの機械強度が母材に伝達せず、複合体の機械強度は低下する。本研究では、CNTを使用したフレキシブル・軽量・高強度特性を持つ材料の創製を目的とする。特にCNT表面でのCNT-CNT間、CNT-母材間を結合・融合させる「グラフィン界面の接合・融合技術」の開発を目指す(図1)。

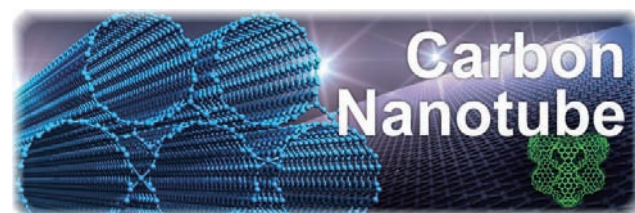


Fig.1 Carbon nanomaterials and their high-functional composites.

### 高性能蓄電池複合材料に関する研究

CNT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」や「リチウムイオン2次電池」の電極として期待されている。化学修飾されていない、欠陥のないCNTはイオン吸着しにくい状態にあり、静電容量も高くはない。一方、カルボキシル基などの官能基修飾により、静電容量が増加する半面、バリスティック伝導性の低下を引き起こし、応答性を低下させる。本研究では、CNTをモデル材料として、このトレードオフ関係を調べながら、適した炭素ナノ構造を探索し、高効率動作電気二重層キャパシタおよびリチウムイオン2次電池の炭素系複合材料の開発を目指す(図2)。



Fig.2 High-performance battery using nanomaterials.

### ネイチャー・テクノロジーに適合する 「自然に学ぶ機能性複合構造」の探索

自然は完璧な循環を最も小さなエネルギーで駆動している。この自然のすごさを学んで、ライフスタイルに取り入れるテクノロジー(ネイチャー・テクノロジー)が望まれている。例えば、エアコンは電気、装置の作製に資源とエネルギーが必要であるが、改めて自然を見ると、エアコンに替わるものとして「シロアリの巣」がある。サバンナのシロアリの巣は、昼間50℃、夜間0℃の厳しい外気においても30℃に保たれ、巣の素材と構造により、温度が精密に制御されている。本研究では、ネイチャー・テクノロジーに適合する「自然に学ぶ機能性複合構造」の探索を行う(図3)。



Fig.3 Seeking of multi-functional natural composites for "Nature technology".

### ☆国際交流

「カーボンナノチューブ繊維の作製」に関する研究において、2011年6月19日～7月9日の期間にFlorida A & M University-Florida State University、College of EngineeringのMei Zhang先生をお招きし、共同研究を行った(図4)。



Fig.4 Professor Mei Zhang.

### ☆招待論文・招待講演

・佐藤義倫, “カーボンナノチューブ固化体の高機能高強度特性”, セラミックスデータブック2011, 39, 143 - 147 (2011).  
Yoshinori Sato, Kazuyuki Tohji, “New Carbon Materials: Fullerenes, Carbon Nanotubes, and Graphenes”, 8th International Workshop “WATER DYNAMICS”: “Water Pollution in Asia” and “Deep Carbon Cycle”, Abstract P5, Sendai, Japan, 2011. 3. 9.

### ☆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23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23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)
- ・日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B)  
平成23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 ステラケミア株式会社  
平成23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)
- ・共同研究 NEC-TOKIN  
平成23年度  
「電気化学キャパシタの充放電メカニズムに関する研究」(分担研究者)
- ・受託研究 JST 戦略的創造研究推進 さきがけ研究  
平成23年度  
「グラフィン融合助剤を用いた高強度軽量カーボンワイヤーの創製」(代表研究者)