

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2014

課題番号：26630134

研究課題名(和文)電界を用いた凝集体からのカーボンナノチューブ伸長とナノ複合材料作製への応用

研究課題名(英文)Electric field-induced deformation of carbon nanotube aggregation and its application to nano composite material fabrication

研究代表者

末廣 純也(Suehiro, Junya)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・教授)

研究者番号：70206382

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):カーボンナノチューブ(CNT)凝集体に高電界を印加した際の挙動を観察した結果、電界強度に応じて以下の三種類の挙動を示すことが分かった。挙動A: CNT凝集体が完全に壊裂しCNTがフィラメント状に電界方向に伸長する。挙動B: CNT凝集体の電界方向の両端からフィラメント状のCNTが伸長するが、凝集体はほぼ原型を留める。挙動C: CNT凝集体に目立った変化はない

CNT凝集体から伸長するフィラメント状CNTの長さは、挙動Aの場合が最も長く、最大で元の凝集体の10倍以上の長さに伸長することがわかった。

研究成果の概要(英文): Microscopic observation of carbon nanotube (CNT) aggregations under action of high ac electric field revealed that their behavior can be classified into three types. Type A: The aggregation is fully broken into CNT fibers, which stretch along the electric field direction. Type B: The aggregation is partially broken at both poles facing the electrodes. Type C: The aggregation keeps the initial shape without CNT elongation. The CNT elongation length becomes the longest for the type A behavior and can be as long as ten times of the original aggregation.

研究分野: 静電気応用工学

キーワード: カーボンナノチューブ 凝集体 電界 ナノ複合材料 クーロン力

1. 研究開始当初の背景

電気伝導性や熱伝導性に優れた材料として、カーボンナノチューブ(CNT)をフィラーに用いたCNT複合材料への関心が高まっている。高アスペクト比(長さ/直径)を持つCNTの優れた物性を発揮させるためには、母材中にCNTを高分散させ更に一定方向に配向させることでパーコレーションを発現させる必要があり、様々な分散・配向法が提案されている。その中の一つに、高電界中でCNTに誘起される双極子モーメントを用いてCNTを配向させる方法(静電配向法)がある。

2. 研究の目的

カーボンナノチューブ(CNT)をフィラーに用いたCNT複合材料への関心が高まっている。CNTはエポキシ樹脂などの母材中で凝集しやすいため、従来の技術は超音波などを用いてCNTを均一に分散させることに注力していた。研究代表者(末廣)は、高電界を用いて母材中のCNTを一方向に配向させる技術(静電配向)の開発を行ってきたが、その過程でCNT凝集体から電界によってCNTがフィラメント状に伸長し、これがフィラーとしての機能(電気伝導率向上)に大きく寄与していることを見出した。本研究では、従来の発想を逆転し、高電界によってCNT凝集体をフィラー供給源として積極的に利用し、CNT複合材料の性能向上とその製造プロセス革新を実現するための基盤技術を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

研究代表者は、CNT/エポキシ複合材料の研究実績を有しており、これまでに得た知見と既存の設備を活用することで早期の目標達成が見込めることから、研究期間は平成26年度の1年間のみとした。研究代表者(末廣)と連携研究者(中野)とで分担して理論的アプローチと実験的アプローチの2方向から実施し、両者の比較によって電界によるCNT凝集体からのCNT伸長メカニズムの解明とCNT凝集体をシードに用いて作製したCNT/エポキシ複合フィルムの物性評価に関する詳細な検討を行った。なお、全てのテーマに研究代表者が指導する大学院生を研究協力者として参画させた。

4. 研究成果

- (1) カーボンナノチューブ凝集体に高電界を印加した際の挙動を観察した結果、電界強度に応じて以下の三種類の挙動を示すことが分かった。
 - 挙動A: カーボンナノチューブ凝集体が完全に壊裂し、その結果カーボンナノチューブがフィラメント状に電界方向に伸長する(図1)。
 - 挙動B: カーボンナノチューブ凝集体の電界方向の両端からフィラメント状の

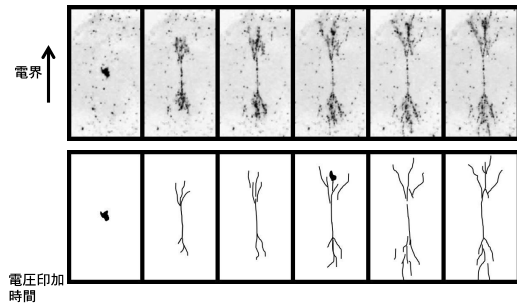


図1 挙動Aを示すカーボンナノチューブ凝集体の電界による壊裂過程(上段:写真、下段:スケッチ)

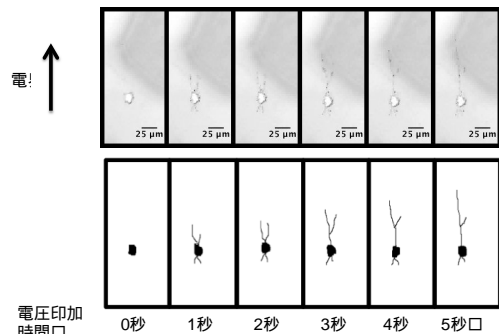


図2 挙動Bを示すカーボンナノチューブ凝集体の電界による部分的壊裂過程(上段:写真、下段:スケッチ)

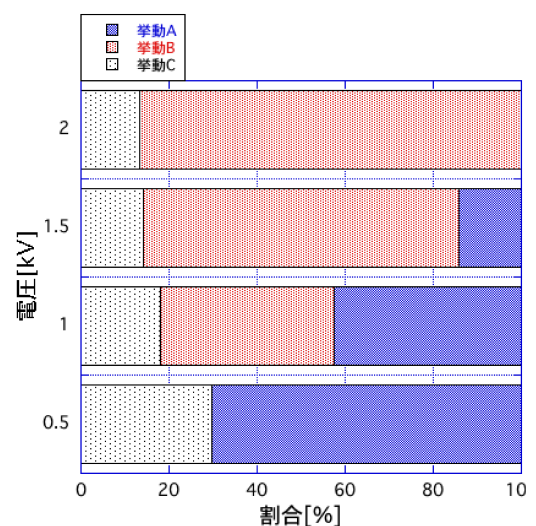


図3 印加電圧が三種類の挙動発生割合に及ぼす影響

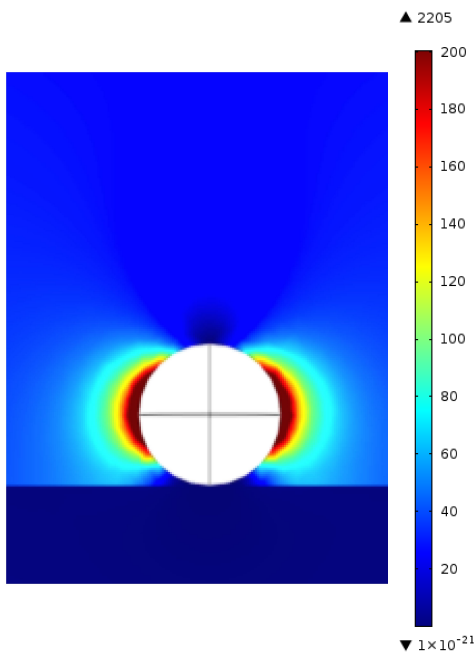


図4 カーボンナノチューブ凝集体表面に作用するクーロン力の数値計算結果

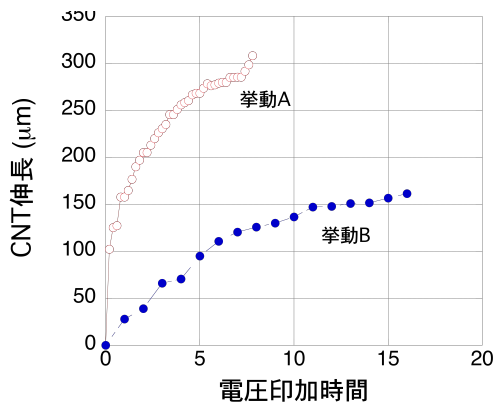


図5 凝集体から伸長したフィラメント状カーボンナノチューブの長さの経時変化

カーボンナノチューブが伸長するが、凝集体はほぼ原型を留める(図2)。挙動C:カーボンナノチューブ凝集体に目立った変化はない。

- (2) 上記三種類のカーボンナノチューブ凝集体挙動の出現割合は印加する電界強度に依存し、電界強度が高いほど挙動A、B、Cの順に出現割合は高くなる(図3)。

- (3) カーボンナノチューブ凝集体表面に作用するクーロン力を数値解析した結果、クーロン力は電界方向の両端で最も強くなることがわかった(図4)。上記の挙動Bでこの部分からのみCNTが伸長したのはこのためであると考えられる。
- (4) カーボンナノチューブ凝集体から伸長するフィラメント状カーボンナノチューブの長さは、挙動Aの場合が最も長く、最大で元の凝集体の10倍以上の長さに伸長することがわかった(図5)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 3件)

濱田貴之、中野道彦、末廣純也: 「ガラスキャピラリーで固定したカーボンナノチューブ凝集体への高電界印加とフィラメント伸長」, 平成26年電気学会基礎・材料・共通(A)部門大会, 2014年8月21日, 信州大学

濱田貴之、中野道彦、末廣純也: 「高電界中にガラスキャピラリーで固定したカーボンナノチューブ凝集体からのフィラメント伸長」, 第67回電気関係学会九州支部連合大会, 2014年9月18日, 鹿児島大学

濱田貴之、尾花佳彦、中野道彦、末廣純也: 「エポキシ樹脂中にアセトンにより分散したカーボンナノチューブの再凝集と電界伸長」, 電気学会放電/誘電体・絶縁材料/高圧合同研究会, 2015年1月29日, 九州大学

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://hv.ees.kyushu-u.ac.jp/Lab-j/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

末廣 純也 (SUEHIRO, Junya)

九州大学・大学院システム情報科学研究所・教授

研究者番号: 70206382

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

中野 道彦 (Nakano, Michihiko)

九州大学・大学院システム情報科学研究所・
准教授
研究者番号：00447856