

カーボンナノチューブ静電配向法によって作製したエポキシ複合材料の導電率等方性の向上

尾花 佳彦* 中野 道彦** 末廣 純也**
(九州大学大学院 *システム情報科学府 **システム情報科学研究院)

1 はじめに

エポキシ樹脂等の絶縁性高分子材料にカーボンナノチューブ (CNT) などのナノ材料をフィラーとして添加させたナノコンポジットフィルムに関する研究が各所で行われている。その一つとして電界印加により CNT を配向させることで、エポキシ複合材料の電気導電率を向上させる研究が活発に行われている⁽¹⁾。一般に、CNT を静電配向させると、電界と平行な方向の導電率が大きく向上した異方性コンポジットフィルムが形成されることが知られている⁽¹⁾。この際、導電率を大きく向上させるために CNT の充填率を増大させると、CNT 同士の距離が近くなり、電界印加時に CNT が凝集しやすくなるという問題が生じる。そこで筆者らは高充填率 CNT/エポキシナノコンポジットフィルムの作製を目的とした新たなナノコンポジットフィルムの作製方法を考案した。

本研究では、新しく考案した方法とこれまでのナノコンポジットフィルム作製方法⁽²⁾(本研究では単純配向法と呼ぶ)とで等方的な導電率について比較、検討した。

2 実験方法

直径 9.5 nm、長さ 1.5 μm の多層カーボンナノチューブ、アセトン、母材にエポキシモノマー (日本化薬、KAYARAD R-712) を用いた。CNT、アセトン (終濃度 38%) をエポキシモノマーに添加し、超音波分散機で 6 時間分散した。

次に、考案した新しい配向方法について説明する。この手法 (集積配向法と呼ぶ) は、CNT の高充填化を実現するために、低 CNT 充填材料を用いて、電極上で CNT を連続的に捕集・配向を行う。

アレイ電極上にポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムを置き、その電極を 1° 傾けた (図 1)。PET フィルム上に数回に分け低 CNT 充填混合樹脂 (充填率 0.1 wt%) を流した。こうすることで、PET フィルム上には CNT が静電力によって捕集・配向する一方でエポキシ樹脂はそのまま流れて除去される。連続的に低 CNT 充填材を供給することで、PET フィルム上の CNT 濃度は元の混合材よりも高くなる。

印加電圧は、正弦波 4.0 kV、4 kHz とした。また、エポキシ樹脂の流動性を高めるため、加熱して粘度を下げた。規定量の混合樹脂を供給し終わった後、アレイ電極を水平にし、電界平均化法⁽³⁾のため PET フィルムを電界方向に往復移動させた。この時、アセトンを除去するため 80°C に加熱した。加熱後、電圧を印加しながら紫外線を照射した。作製したナノコンポジットフィルムの CNT 充填率を、元の混合樹脂と作製したナノコンポジットフィルムの重さを比較して算出した。その結果、CNT 充填率は 2 倍に増加し 0.2 wt% になっていた。対照実験として、単純配向法⁽²⁾により充填率 0.1 wt%、0.2 wt% ナノコンポジットフィルムを作製した。作製したナノコンポジットフィルムの導電率を二端子法により測定し、導電率を算出した。

3 実験結果

作製したナノコンポジットフィルムの導電率を図 2、CNT 配向の様子を図 3 に示す。各フィルムの垂直方向と平行方

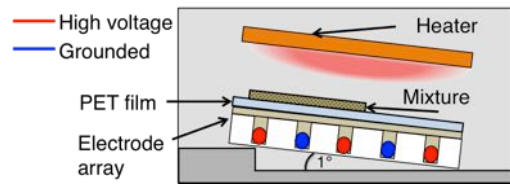


図 1. 集積配向法の模式図

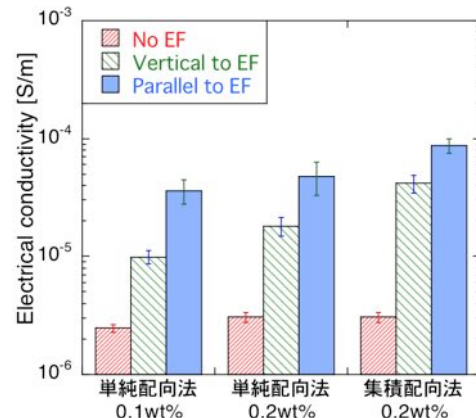
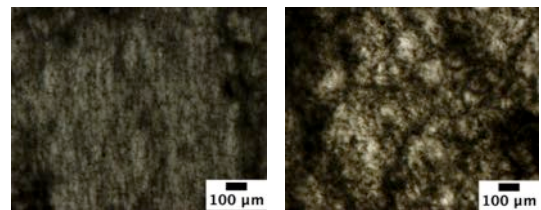


図 2. 各作製法がナノコンポジットフィルムの導電率に及ぼす影響



(a) 単純配向法 (0.2 wt%) (b) 集積配向法 (0.2 wt%)

図 3. 各作製法がナノコンポジットフィルムの CNT 配向に及ぼす影響

向の導電率の比は、単純配向法 (0.1 wt%):0.26、単純配向法 (0.2 wt%):0.37、集積配向法:0.47 であった。この比が 1 に近いほど等方的である。充填率が増加すると等方性が向上した。また図 3 から、単純配向法は電界方向に配向した CNT 同士が繋がりに配向ネットワークを形成し、集積配向法は CNT が重なり密集した配向ネットワークを形成していた。

4 まとめ

高充填ナノコンポジットを作製するための新しい手法を考案した。これで作製したものは、従来の手法によるものに比べて高い導電率の等方性を示した。

本研究の一部は JST マッチングプランナープログラムの援助により行われた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Y. F. Zhu, *et al.*, Journal of Applied Physics, Vol.105, p.054319 (2009)
- [2] 尾花 佳彦, 他, 平成 28 年電気学会全国大会, 第 2 分冊, pp.26-27 (2016)
- [3] W. Sun, *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys., Vol.44, p.445303 (2011)