

## CNT/CNF 塗布膜の電気特性に及ぼす攪拌条件の影響

瀬戸口 修哉 (先進エネルギーナノ材料研究室)  
(指導教員 古田 寛 教授)

## 背景と目的:

カーボンナノチューブ (CNT) は高い導電性を持っているが、分散性に課題がある[1]。セルロースナノファイバー (CNF) は水系分散性に優れており、CNT との複合化により均一塗布膜の形成が期待される。近年、CNT を用いた材料において電圧履歴に依存したヒステリシス特性やメモリスティック挙動が報告されており、CNT 系材料は新規デバイスへの応用が期待されている[2]。本研究では、CNT/CNF 塗布膜を対象とし、CNT:CNF 混合比率および攪拌条件が電気特性およびヒステリシス挙動に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 実験方法:

CNT および CNF を水で分散し、CNT/CNF 複合分散液を作製した。CNT と CNF の混合比率は、CNT:CNF=2:1、1:1、1:2 として比較をした。分散方法は、磁気攪拌と超音波攪拌を用い、攪拌時間や攪拌を行うタイミングを変化させた。

熱酸化 Si 基板に塗布し、マスクを介して平行金電極を堆積し、0-0.5 V の横方向往復電圧を印加、I-V 特性を算出した。また、膜構造の評価として走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った。

## 実験結果:

CNT:CNF 比率の異なる塗布膜について I-V 測定を行った。その中の比率 1:2 の I-V 特性を図 1 に示す。1:2 では電流値は比較的小さいものの、0.5V における電流値の差が約 0.003mA であり、安定したヒステリシス挙動が確認された。

次に、CNT:CNF 比率を 1:2 に固定し、超音波洗浄機を用い、塗布前の超音波攪拌時間を変化させた試料を作製した。塗布前に適度な超音波攪拌 4 分を行った試料を図 2 に示す。図 2 より、0.5V における電流値の差が約 10mA で明確に現れており、特に、高電圧領域において顕著なヒステリシス挙動が観測された。

## 考察:

CNT:CNF 比率 1:2 試料では、CNF の含有量が多いことにより CNT 同士の直接的な接触が抑制され、導電パスの形成、変化が緩やかに進行していると考えられる。また、図 1 からわかるように掃引方向および掃引回数に依存した変化が観測されており、ノイズではなく内部状態の変化に起因する挙動であることが示唆される。

塗布前に適度な超音波攪拌 4 分を行った試料では、ヒステリシス挙動が現れている。特に測定回数の増加に伴い同一電圧における電流値が変化していることから、電圧印加により導電経路の状態が変化している可能性が考えられる。また、高電圧領域でヒステリシス幅が大きくなる傾向が見られ、適度な超音波攪拌により可変的な導電ネットワークが形成されたと考えられる。

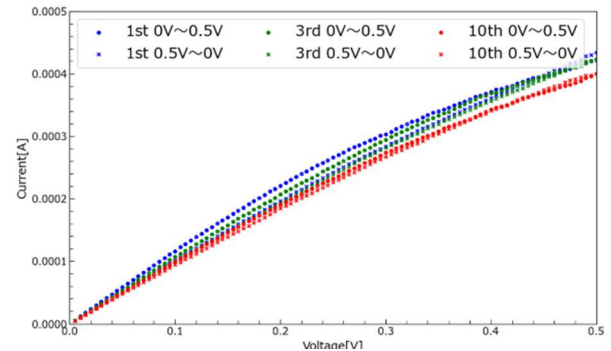


図 1 CNT:CNF=1:2 の I-V 特性

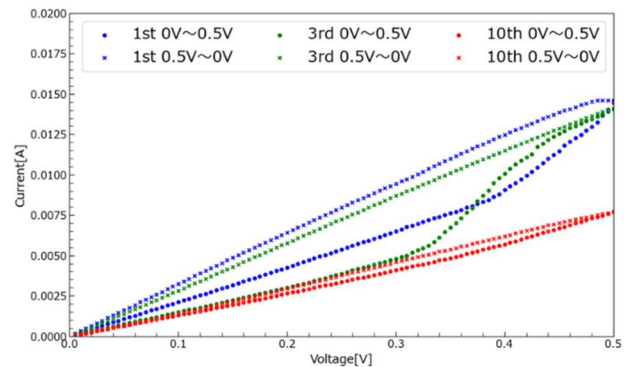


図 2 塗布前攪拌 4 分の I-V 特性

## まとめ:

CNT:CNF 比率 1:2 試料では、材料比率および攪拌条件に依存したヒステリシス挙動が確認された。特に、塗布前に適度な超音波攪拌を行った試料では、掃引回数に伴う電流値の変化が明確に現れた。また、分散状態が電気特性に影響を与えることが示唆された。本研究では、CNT/CNF 塗布膜において材料比率と分散プロセスの制御が電気特性の発現に重要であることが明らかになった。

## 参考文献:

- [1] S. Iijima, "Helical microtubules of graphitic carbon", Nature 354(1991)56-58
- [2] 佐藤佑紀, CNT フォレストフィルムの横方向電気抵抗のメモリスティック特性評価, 卒業研究報告書, 2024.2.17

謝辞: 本研究は科研費基盤 C 23K04383 (代表: 古田寛) の支援を受けて実施したので感謝申し上げます。