

「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」
平成28年度採択研究代表者

H28 年度
実績報告書

大野 雄高

名古屋大学
教授

超薄膜材料を用いた電解液流体発電技術の創出

§ 1. 研究実施体制

(1)「大野」グループ

- ① 研究代表者:大野雄高 (名古屋大学未来材料・システム研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・各種薄膜材料における発電能の検証
 - ・電解液濃度依存性
 - ・電解液中のイオンと超薄膜中のキャリアの相互作用の理解

(2)「片浦」グループ

- ① 主たる共同研究者:片浦 弘道 (国立研究開発法人産業技術総合研究所ナノ材料研究部門、首席研究員)
- ② 研究項目
 - ・高純度金属型単層 CNT の分離技術開発
 - ・単層 CNT 水溶液の分散剤置換技術開発
 - ・単層 CNT の配向薄膜作製技術開発

§ 2. 研究実施の概要

本年度は、本発電現象の背景にある物理を実験とシミュレーションの両面から調べることに重点を置くとともに、高出力化のための CNT 薄膜材料技術の開発にも着手した。

様々な薄膜材料について、液滴の移動による発電現象の振る舞いを調べ、現象論的に発電原理の理解を目指した。具体的に試みた薄膜材料は CNT 薄膜(浮遊触媒 CVD 法により直接成膜した CNT、半導体 CNT 薄膜)およびグラフェン薄膜である。発電実験においては、単軸ロボットを用いて液滴を様々な速度で移動することが可能な測定系を構築し、再現性の高い実験を可能とした。発電能のイオン濃度依存性や液滴の移動速度依存性などを評価し、発電モデルを構築した。さらに、半導体 CNT 薄膜を用いることにより大幅な起電力の向上を得た。

考案した液滴の移動による発電の機構において、電解液との接触により CNT 薄膜中にキャリアが誘起されることが重要であった。そこで、CNT 薄膜と電解液の界面現象についてシミュレーションから検証を行った。第一原理計算を用いて、グラフェン上の電解質溶液の原子スケールシミュレーションを実施し、ミクロな立場からナノカーボン材料と電解質溶液の相互作用の理解を進めた。特に、酸素分子を吸着させたグラフェンにおいて、Cl イオンがグラフェンに近づく様子が見られ、その場合、グラフェン内のホールが増加しエネルギーが低くなることがわかった。このことから、電解質溶液による発電の機構の理解には、ドーピングを考慮する必要があり、またドーピングを制御することで発電性能を制御できる可能性が示唆された。

CNT 薄膜材料開発については、導電性が高く、単原子層に近い薄い膜の作製をめざし、金属 CNT 分離技術の高度化と、それを用いた配向膜形成技術の開発を重点的に行った。高純度金属 CNT 分離では、カラム温度を制御することにより、ゲルと単層 CNT との相互作用を調整し、半導体型を効率良く除去することに成功した。濾過法による配向薄膜作製では、濾紙の上で孤立分散した単層 CNT が自由に動けることが重要な要素となる。自由に動けるからこそ、隙間無く空間を埋めて、最終的に一方向に向きをそろえる事になる。この条件を実現するためのパラメータの探索を行った。しかし、自由に動けるという事は、集合状態を乱すわずかな外力が加わっただけで、たやすく動いてしまい、薄膜に厚みのムラができてしまう原因ともなることが分かった。そこで、小型のアクティブ除振台を導入することにより徹底的な振動排除を行い、薄膜の厚みムラの発生を抑える事に成功した。