

「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

H29 年度  
実績報告書

大野 雄高

名古屋大学未来材料システム研究所  
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

- ・発電現象の実験的検証
  - 化学ポテンシャル依存性
  - 高抵抗半導体 CNT 薄膜による高出力化
  - 半導体原子層材料による発電実験
  - 連続流による発電の実証
- ・シミュレーション技術
  - 固液界面におけるマルチスケール・マルチフィジクスシミュレーション技術の構築
- ・高出力化のための材料創出
  - 大面積半導体 CNT 薄膜の形成と発電実験
  - 筒構造をもつカーボンフォームの創出と発電実験

### (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

- ・高出力化のための CNT 薄膜材料創出
  - 低ダメージ分散技術の開発
  - 長尺 CNT 分離技術の高度化
  - 配向膜形成技術の構築

## § 2. 研究実施の概要

本年度は、昨年度に引き続き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とともに、発電機構と材料の観点から高出力化の検討、および固液界面におけるマルチスケール・マルチフィジクスシミュレーション技術の構築も進めた。

液滴の移動による発電については、半導体 CNT 薄膜にゲート電圧を印加することによりキャリア濃度を変調し、出力の変化を調べた。その結果、キャリアを低減し高抵抗化することにより、出力が増加することを見出すとともに、その依存性から昨年度構築した発電モデルの高精度化を進めた。この知見を元に、より高抵抗な半導体 CNT を用いることにより、大幅な出力の向上を得た。

本発電デバイスにおいて、連続流により発電できればその適応範囲が広がる。本年度は、連続流による発電の可能性についても明らかにした。具体的には、プラスチックフィルム上に形成した発電デバイスをシリコンゴム製のパイプに挿入し、電解液を流した時に生ずる電圧を測定した。半導体 CNT 薄膜を用いることにより、比較的大きな起電力が再現性良く得られることを確認した。

本発電現象において鍵となる固液界面における多様な界面現象については、計算科学を用いて理解を進めている。マルチスケール・マルチフィジクスシミュレーション技術の構築を目指し、本年度はマクロスケール側から定量的な検討を行うとともに、ミクロスケールとマクロスケールを接続する手法を考案した。電解液によるキャリアの輸送は昨年度のシミュレーションから明らかにしており、マクロな流れから発電量を見積もることが可能となった。

高出力化のための材料の創出についても、1) CNT 薄膜の大面积化技術と 2) CNT 薄膜の高抵抗化と高密度化の観点から進めた。大面积化については、スプレーコート法を導入し、高速に大面积半導体 CNT 薄膜を形成する技術を構築した。15 cm 角の CNT 薄膜を用いて、電解液を噴霧することにより発電実験を行なったところ、 $\sim 130$  nW の出力を得た。さらに、雨滴からのエネルギーハーベスティングの可能性も実証した(下図)。

CNT 薄膜の高抵抗化については、小直径の半導体 CNT を超高純度で抽出する手法を確立し、大幅な高出力化に繋がった。さらに、高密度化については、CNT を配向させることにより単層の高密度薄膜を形成することを目指し、その成膜条件の検討を進めた。具体的には、細孔をもつフィルターを用いて CNT 分散液を濾過する手法を検討し、CNT の太さや長さなどのパラメータが配向性に与える影響を調べ、最終的には長尺な半導体 CNT において、良好な配向膜の形成を可能とした。

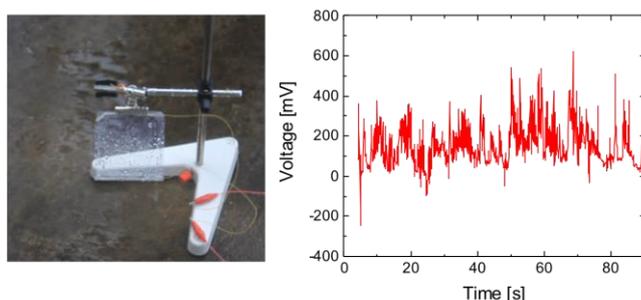


図 カーボンナノチューブ薄膜を用いた雨滴からのエネルギーハーベスティングの実証.

[1] Mari Ohfuchi, “Ab Initio Study on Electronic Sorting of Single-Wall Carbon Nanotubes Using Sodium Dodecyl Sulfate”, *Journal of Physical Chemistry C*, vol. 122, No. 8, pp.4691-5697, 2018.