

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. 研究成果の概要

液滴発電については、これまでに高抵抗な半導体 CNT を用いることによりシャント電流を低減し、出力電圧の大幅な向上を実現し $1 \mu\text{W}$ を超える出力を得ている。さらに高出力化を進める上で、液滴の移動により誘起される電流密度とシャント抵抗の制御が鍵となる。本年度は、まず、(1) より精密な発電モデルの構築を行い、高出力化のためには、液滴と超薄膜との界面に形成される電気二重層と表面被覆率の増大、およびドーピングの制御が重要であることを明らかにし、(2) 第一原理計算から電気二重層制御のための表面修飾について検討するとともに、(3) CNT に対する安定かつ制御可能なドーピング技術の開発、(4) 原子層材料の導入による表面被覆率の向上などを行なった。また、(5) 多様な流体の照射方法(波やシャワー状の流体)による発電の実証を行い、特にシャワー状流体の照射により、擬似的な直流発電も可能であることを示した。

流体発電の適応を考えると、連続流による発電も重要である。これまでに液滴発電の知見をもとに、高抵抗半導体 CNT を用いることで、 $\sim 70 \text{ mV}$ の起電力を確認しているものの、液滴発電とは発電機構は大きく異なると考えられた。本年度は、(6) 発電機構の理解を進め、発電能に対する基板表面や CNT 電極の修飾の効果等の実験結果から、流動電位と電気化学的酸化/還元により説明できることを明らかにするとともに、電極の表面修飾により電子交換速度を向上することにより、出力の大幅な向上を確認した。

【代表的な原著論文】

1. N. X. Viet, S. Kishimoto, and Y. Ohno, "Highly Uniform, Flexible Microelectrodes Based on Clean Single-walled Carbon Nanotube Thin Film with High Electrochemical Activity", ACS App. Mater. Interfaces 11, 6389 (2019).
2. K. Nishimura, T. Ushiyama, N. X. Viet, M. Inaba, S. Kishimoto, and Y. Ohno, "Enhancement of the electron transfer rate in carbon nanotube flexible electrochemical sensors by surface

functionalization”, *Electrochimica Acta* 295, 157 (2019).

3. Younghee Kim, Kirill A. Velizhanin, Xiaowei He, Ibrahim Sarpkaya, Yohei Yomogida, Takeshi Tanaka, Hiromichi Kataura, Stephen K. Doorn, and Han Htoon, “Photoluminescence Intensity Fluctuations and Temperature-Dependent Decay Dynamics of Individual Carbon Nanotube sp^3 Defects”, *J. Phys. Chem. Lett.* 10, 1423 (2019)

§ 2. 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
 - ・液滴発電
 - ・より精密な発電モデルの構築
 - ・高出力化のための表面修飾: 第一原理シミュレーションに基づく検討
 - ・半導体原子層材料の成長と発電能評価
 - ・連続流による発電現象の理解と高出力化
 - ・多様な流体の照射方法による発電の実証
 - ・連続流発電
 - ・発電原理の解明
 - ・基板表面のゼータ電位による発電制御
 - ・CNT 薄膜電極表面の電気化学的修飾による発電出力の向上

(2) 片浦グループ

- ① 主たる共同研究者: 片浦 弘道 (産業技術総合研究所 ナノ材料研究部 首席研究員)
- ② 研究項目
 - ・CNT に対する電解液中で安定かつ制御可能なドーピング技術の開発
 - ・CNT の低ダメージ分散技術の開発
 - ・CNT の欠陥密度分離技術の開発