

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  
2019 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書
------------------

鈴木 雄二

東京大学 大学院工学系研究科  
教授

ウェアラブルデバイスのための高出力エレクトレット発電の創成

## § 1. 研究成果の概要

有機無機ハイブリッド・ポリマーエレクトレットについては、アミノ基を末端に持つ CYTOP エレクトレットについて引き続き検討し、適切な熱処理を施すことで正負荷電ともに極めて高い表面電位と熱的安定性が得られることを明らかにした。このエレクトレット材料を用いた回転型エレクトレット発電機により、発電器構造の改良の効果もあって、研究開始時の約10倍の発電出力が得られることを示した。また、量子化学計算と機械学習を用いて高い荷電性能の実現に有効な官能基を抽出し、高い表面電位が得られることを明らかにし、機械学習が有効であることを示した。さらに、固相イオン化ポテンシャル (IP) の計算値と荷電性能が非常に良い相関があることを見だし、固相IPを Graph Convolution Network を用いた機械学習により、データベースから候補分子を抽出する手法を構築した。

エレクトレットに特化したSECE非線形電源回路のIC化を試み、回路の大幅なコンパクト化に成功した。また、回転型エレクトレット発電機、SECE回路、無線回路などからなる手首装着型ソーシャルディスタンス・アドバイザーを試作し、初期的な動作を確認した。さらに、IECにおいて、人体運動を用いた環境振動発電デバイスの国際標準策定を進めた。

セラミックス・エレクトレットについては、巨視的なc軸配向性を有するHA複合体薄膜に対して、熱処理を行うことによってHA薄膜を得た。そして、c軸の配向を保ったままOHAエレクトレットが得られることを明らかにし、その誘電特性評価を行った。OHAエレクトレットで見出した「電荷湧出」現象の発現に、湿度が大きく影響していることを明らかにした。また、 $\text{La}^{3+}$ を0.5~1% $\text{Ca}^{2+}$ で置換したランタンアルミネート( $\text{LaAlO}_3$ )が、約4kVの表面電位を発現する優れたエレクトレット基材となることを見出した。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 鈴木グループ

① 研究代表者: 鈴木 雄二 (東京大学・大学院工学系研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・ 高性能エレクトレット材料の開発
- ・ 発電用液晶の開発
- ・ デバイス製作技術の開発
- ・ 高出力エレクトレット発電デバイスの開発
- ・ ソーシャルディスタンス・アドバイザーの試作
- ・ 発電デバイスの特性評価方法の標準化

### (2) 加藤グループ

① 研究代表者: 加藤 隆史 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

#### ② 研究項目

- ・ 発電用液晶の開発と物性制御および安定な液晶性薄膜の構築
- ・ c軸配向制御を行った薄膜OHAエレクトレットの開発

(3) 田中グループ

- ① 主たる共同研究者: 田中 優実 (東京理科大学 工学部 准教授)
- ② 研究項目
  - ・ 高性能セラミックス・エレクトレット材料の開発
  - ・ 薄膜エレクトレットの開発
  - ・ 高出力発電デバイスに向けたセラミックス・エレクトレット素子の設計
  - ・ セラミックス・エレクトレットの特長を活かした新規発電デバイスの提案

(4) 吉田グループ

- ① 主たる共同研究者: 吉田 真史 (東京都市大学 知識工学部 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 粗視化シミュレーションを用いた発電用液晶の評価

【代表的な原著論文情報】

- 1) Yasuno, Y., Itoga, C., and Tanaka, Y., “Charge Storage Observation in Corona-charged Oxy-hydroxyapatite Ceramics”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 27, No. 5, pp. 1415-1421, (2020).
- 2) Kim, S., Melnyk, A., Andrienko, D., and Suzuki, Y., “Solid-state Electron Affinity Analysis of Amorphous Fluorinated Polymer Electret,” The Journal of Physical Chemistry B, Vol. 124, No. 46, pp. 10507-10513 (2020).