

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
2021 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

小野 新平

(一財)電力中央研究所エネルギー変換技術研究本部
上席研究員

スマートメカトロニクスを基盤とした振動発電素子の開発

§ 1. 研究成果の概要

微小エネルギー領域さきがけ研究で開発した基盤技術(電気二重層エレクトレット材料・有機圧電材料、振動発電素子の構造最適化、ニューロン回路を用いた蓄電回路)を融合し、社会インフラから発生する様々な振動から発電・蓄電までを一体化して行う振動発電素子の作製を行った。また、振動発電素子の社会実装を目指して、インフラ監視を目的とした異常診断アルゴリズム構築を行なった。

電気二重層エレクトレットの材料開発では、電気二重層エレクトレットが形成した後に、形成時と逆バイアスの電圧を印加することで、電気二重層エレクトレットの作製時の電荷量低下を抑えられることを明らかにした。また、独自に開発したケルビンプローブを用いて、電気二重層エレクトレット表面電荷量密度の測定にも成功した。

電気二重層エレクトレットを利用した振動発電素子は、従来は電極と電気二重層エレクトレットが接触することで発電していたが、耐久性に問題があった。そこで、有限要素法により共振周波数を調整した稼働部の設計、および精密機械加工技術により非接触型の振動発電素子を作製した。共振周波数の振動を印加すると、設計通り静電誘導による電流が発生することを実証した。

また、エレクトレット振動発電素子から電力を効率よく回収・蓄電するために、生物の神経細胞を模擬し、振動発電素子から電力が入力された時のみ蓄電回路が動作する独自の Electric Charge Extraction (ECE) 回路を設計した。その結果、振動発電素子から発生するスパイク状の電力からも蓄電することができるようになった。

インフラ監視を目的とした異常診断は、一般的に振動センサからの振動データより判定を行うことが多い。今回は、振動センサとして振動発電素子を用いて、通信に必要な電力が蓄電できた段階で振動データの無線通信を行うことで、振動データと通信間隔の両方を異常判断の判定基準として利用する異常診断アルゴリズムの構築をおこなった。

§ 2. 研究実施体制

(1) 小野グループ

① 研究代表者: 小野 新平 (電力中央研究所エネルギー変換技術研究本部 上席研究員)

② 研究項目

- ・エレクトレットを用いた振動発電素子開発

(2) 中嶋グループ

① 主たる共同研究者: 中嶋 宇史 (東京理科大学理学部第一部 准教授)

② 研究項目

- ・低周波振動モニタリングシステムの開発

(3) 山根グループ

① 主たる共同研究者: 山根 大輔 (立命館大学工学部 准教授)

② 研究項目

- ・振動発電素子構造の最適化

(4) 矢嶋グループ

① 主たる共同研究者: 矢嶋 起彬 (九州大学大学院システム情報科学研究院 准教授)

② 研究項目

- ・振動発電用蓄電回路の開発

(5) 田中グループ

① 主たる共同研究者: 田中 有弥 (千葉大学先進科学センター 助教)

② 研究項目

- ・エレクトレット材料の評価技術の開発

【代表的な原著論文情報】

- 1) [Takeaki Yajima](#), “Ultra-low-power switching circuits based on a binary pattern generator with spiking neurons”, *Scientific Reports*, **12**, 1150 (2022)
- 2) [Daisuke Yamane](#), Hideyuki Kayaguchi, Kosuke Kawashima, Hisao Ishii, and [Yuya Tanaka](#), “MEMS post-processed self-assembled electret for vibratory energy harvesters”, *Applied Physics Letters*, **119**, 254102 (2021)