

2023 年度年次報告書

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来

2022 年度採択研究代表者

梁 逸偉

九州大学 大学院工学研究院

助教

固体ナノポアを用いた塩分濃度差発電技術の開拓

研究成果の概要

本研究では、固体ナノポアデバイスを用いてイオン輸送の検証実験を行い、海水と淡水を混合することで高性能な塩分濃度差発電技術を創出することを目指している。本年度は、ナノポアを通過するイオンの輸送特性と流体効果の評価を行い、マルチナノポアの配列と発電効果の評価した。また、研究機関の異動に伴い、デバイス作製プロセスの変更と評価システムの確立を目指した。従来のナノポアデバイス作製が可能となるとともに、3D モデルで作成したマルチフィジックスシミュレーションを用いた流体解析方法も確立した。

まず、発電効率に重要な細孔間の相互作用の評価を行った。高密度に配列化するナノポアの発電効率を低減するイオン濃度分極現象の抑制を詳細に調査した。最適な細孔密度は既に確認されていたが、細孔間の流体作用や電場の影響については不明確だった。この問題を解決するため、ポア間距離を改変してデバイスを作製した。これらのデバイスについてイオン電流－電圧特性を評価した。また、実験データとマルチフィジックスシミュレーションにより得られる電場と流体効果の解明を行い、計画当初の目標であるイオン濃度分極現象の抑制に関する知見を得た。イオン濃度分極現象に関する実験では、高いアスペクト比を有する形状の細孔の作製が既に完成した、今後は発電効率に関する検証を行う。

表面電荷効果の評価実験では、サラウンドゲート電極をナノポアに集積したデバイスを用いて、ゲート電圧で表面電荷を制御した。実験では、ゲート電圧によるナノポア内の表面電荷の変化や電気浸透流の流速の変化を確認し、これが塩分濃度差発電効率に与える影響を観察した。これらの結果から、ナノポアの上下表面に表面電荷を反転させる材料を被覆することで、塩分濃度差発電効率をさらに向上させる可能性が示唆された。ナノポアの上下表面に酸化膜を用いて修飾し、完成したデバイスでさらなる検証を行う予定である。