

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム  
2020 年度採択研究者

|                  |
|------------------|
| 2021 年度<br>年次報告書 |
|------------------|

三宅 丈雄

早稲田大学 大学院情報生産システム研究科  
教授

電子・イオン制御型バイオイオン트로ニクス

## § 1. 研究成果の概要

本研究課題「電子・イオン制御型バイオイオン트로ニクス」は、初年度(2020年度)においては、生体とのイオン導通を実現する生体穿刺用複合ナノチューブ(項目1:イオン配線)の開発に取り組む。これは、皮膚や細胞膜のように生体素材特有の絶縁膜(脂質二分子膜)にプラグを挿すため(物質輸送を実現するため)の技術開発である。2020-2021年度においては、生体からデバイスに輸送された生化学燃料から電気を創る酵素発電、また、ケミカル入力信号から出力信号を導き出す演算素子(酵素ロジック)を開発する(項目2:イオン発電・論理ゲート素子)。2021-2022年度においては、電気エネルギーから生化学物質の分布を制御し、生体(特に細胞内)に調節因子を輸送するイオン変換・伝達素子を開発する(項目3)。2022-2023年度においては、これら素子を統合することで、生体からデバイスへの情報物質の取り込みに応じて、デバイスから生体へのケミカル情報伝達が決まる新しい原理の電子・イオン制御型バイオデバイスを実現することで(項目4)、本研究課題を完成させる予定である。

今年度は、昨年度に開発した項目1に関する成果を論文としてまとめ、さらに、プレス報告を行った。また上記項目2「イオン発電・論理ゲート素子」にも取り組んだ。具体的には、スルホン化ポリアニリン上に脂質二分子膜を成膜し、そこへATP合成酵素およびルシフェラーゼタンパク質を組み込むことで、2つの入力信号(電気とケミカル)に応じて、生体内エネルギー源”ATP”の合成を制御し、最終的には、その活性を燐光として検出することに成功した。

### 【代表的な原著論文情報】

1. Bowen Zhang, Dinuo Zheng, Shi Yiming, Kazuhiro Oyama, Masahiro Ito, Masaomi Ikari, Takanori Kigawa, Tsutomu Mikawa, **Takeo Miyake**. "High-Efficient and Dosage-Controllable Intracellular Cargo Delivery through Electrochemical Metal-Organic Hybrid Nanogates", *Small Science*, 1, 2100069, 2021
2. Yukun Chen, Mingyin Cui, Chenliang Lin, Bingfu Liu, Noriyo Mitome, **Takeo Miyake**, "Enzymatic Bioluminescence Modulation with an ATP Synthase Integrated Biotransducer", *Advanced Materials Technologies*, 7, 2100729, 2022.