

# 海洋環境ワイヤレスモニタリングのための微生物燃料電池の開発

令和3-5年度シーズ創出研究委託事業



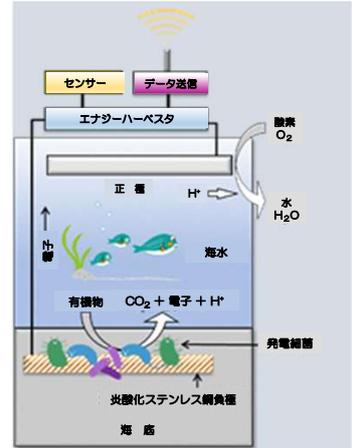
東京科学大学 生命理工学院  
陳 馨玥、梶原将

## 1. 研究概要・背景

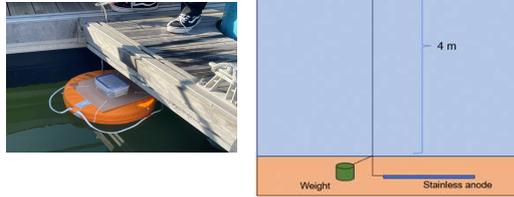
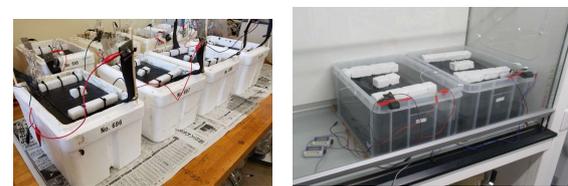
気候変動への関心の高まりから、海洋環境の詳細なモニタリングが注目を集めている。現在、海洋モニタリングでは、様々なセンサーが海中に設置され、水温、塩分濃度、濁度、pH、酸素濃度といったデータが収集され、IoT技術で海洋環境ビッグデータとして収集されている。これらの活用方法としては、気候調査のほかにも、漁業、海洋汚染の検出などへの応用も期待されている。一方、海洋環境に耐え、継続的なモニタリングを行うには幾つかの課題が存在している。その1つがセンサー等の駆動電源である。海洋に設置されたセンサーは固定電源なしで長期間無人で稼働する必要があるが、バッテリー駆動の場合はバッテリーの交換といった定期的なメンテナンスが必要となり、モニタリングのコストが増加する。よって、太陽光発電および風力発電などの自然エネルギーが利用されているが、これらは天候などによる影響を受け易いので、より効果的な再生可能エネルギー利用が課題である。

そこで、天候などの環境変化による影響を受けにくく、土壌中に有機物と発電細菌が存在する限り、半永久的に発電可能である微生物燃料電池（MFC）を開発し、MFC電源による海洋環境モニタリングシステムを構築を目指した。

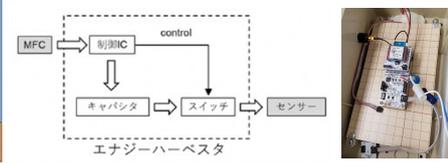
## 2. 方法



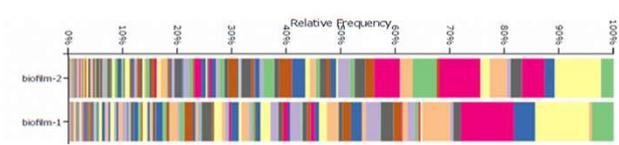
①海水と海底土壌を使用した閉鎖系MFCの③開放系MFCの発電実験  
閉鎖系MFCの発電実験



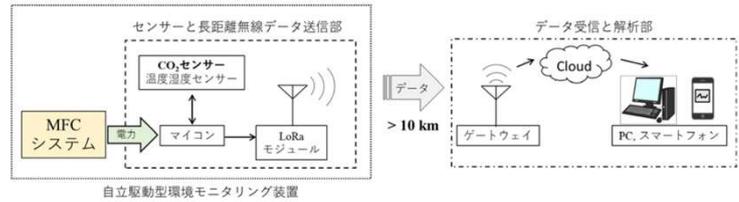
⑤MFCを利用した電力蓄電可能なエネルギーハーベスタの作製の検討



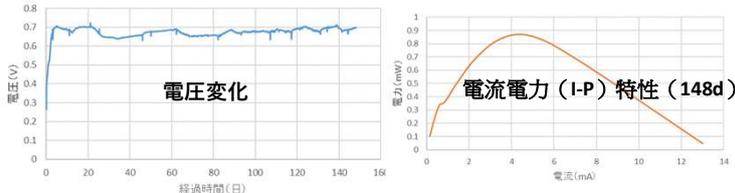
④海洋での閉鎖系MFC負極におけるバイオフィルムの細菌叢解析



⑥スケールアップした閉鎖系モデルMFCによるモニタリングシステム駆動実験



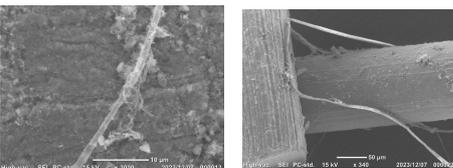
## 3. これまでの成果



海水・海底土壌を利用した閉鎖系MFCでは150日以上での発電が可能で、電圧は0.7~0.8 Vであり、電力は0.6~0.9 mWとなることが分かった。また、0.5 mA付近で最大電力が0.8 mWであった。

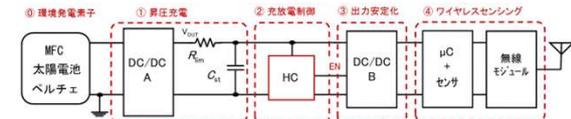
細菌 (科)	海底土内の割合	MFC1負極の割合	MFC2負極の割合
<i>Desulfobulbaceae</i>	2.52%	11.6%	22.7%
<i>Rhodobacteraceae</i>	1.22%	4.46%	2.49%
<i>Piscirickettsia</i>	1.23%	6.97%	0.421%

主要発電細菌が*Desulfobulbaceae*科細菌であることが確かめられた。また、その細菌の付着量がMFCの稼働期間に影響を与えることが示唆された。



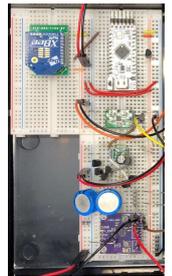
負極バイオフィルムの*Desulfobulbaceae*科細菌特有の細胞形態がSEMで観察でき、MFCの主発電細菌であることが確かめられた。

左のMFCの結果をもとに、環境発電に対応したDC/DCコンバータとヒステリシスコンバータ、そしてワイヤレスセンシングによる回路を設計した。

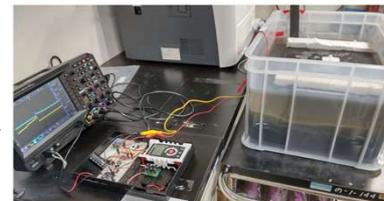


この回路をMFCに接続し、MFCの電力で実験室の室温を測定し、その情報を無線にてPCに送る実験を行った。キャパシタ ( $C_{eq}$ ) は500 mFを使用した。

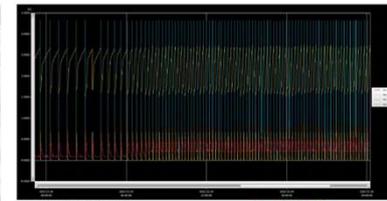
その結果、最初は2時間強の間隔で充電し、電力を送る動作が行われていたが、ある程度経つと1時間間隔となり、その後また間隔が短くなり、最終的には15分間隔で充電を繰り返すことが分かった。これより、構築したMFCがワイヤレスセンシングの電源として十分に機能することを示すことができた。



実際のMFC電源用ワイヤレスセンシング回路



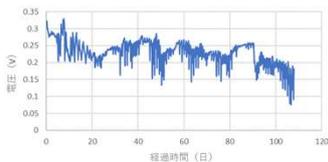
MFCによるワイヤレスセンシング実験



MFCの充電状況のモニタリング結果

## 4. 今後の展望 (研究成果の利用や継続する研究内容等)

開放系MFCの電圧変化



海洋での実証では電圧が大きく変動するもののMFCの負極の構造を改良することで3か月以上電圧をある程度保持することができ、0.4 V程度まで上昇させることができた。しかし、WSを起動できる電力は得られなかった。

海洋に設置したMFCでのワイヤレスセンシングは実証できなかったので、今後は左のMFCをスケールアップし、負電極をさらに2倍程度に拡大することで、本研究で設計したワイヤレスセンシングシステムによりを海洋モニタリングを実現できると考えられた。