

研究成果報告書

研 究 題 目		沿岸生態系をターゲットにした バイオアッセイ型水環境測定技術の開発	実 施 年 度
			2019 年度
代 表 研 究 者	所 属	呉工業高等専門学校	
	氏 名	外 谷 昭 洋	印

1. 研究の目的・背景

研究の背景

火力発電所や原子力発電所などから出る排水について、生態系への影響が懸念されており、その調査が種々の方法で行われている。生物の行動を観察するバイオアッセイの手法も活用されており、その際に、生物に取り付けたログで直接行動を計測するバイオリギング技術が用いられる^{[1][2]}。この技術について、センシングする項目数が多い場合、生物に取り付けるログが大型になることから、小型魚種の調査が十分にできない問題がある。

研究の目的と目標

本研究では、従来のバイオリギング技術^[3]では実現できなかった小型多機能ログについて、QFNなどの極小表面実装部品を使用し、複数のセンサを付加したものを小型魚類に装着することで新たな生態調査手法を提案する。具体的には、既存のバイオリギング用ログをさらに小型化するため、図1の構成を提案する。このデバイスは、電池からの電力により、PIC等の制御用ICやセンサ類、データを格納するメモリなどを駆動する。サイズの制約から、それぞれ、数ミリ角の表面実装部品を高密度で実装し、0.5cm×1.2cmの基板上で実現する。また、この基板を樹脂でモールドし、水密構造とすることでログの試作を行い、既存のログ以下以下のサイズを目指す。2019年度は従来型の温度/深度測定ログ(φ6.8mm×12mm)以下のサイズで、生体観測に必要なセンサとして9軸センサを付加し、測定の自由度を向上させる。また新たなセンサの小型化についても検討し、多機能化を進める。また、提案するシステムに必要な新規のセンサの構造の検討や生態調査システム(図2)の検討を行う。

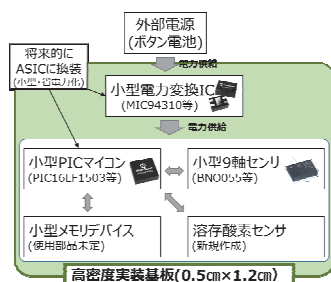


図1 提案するログ

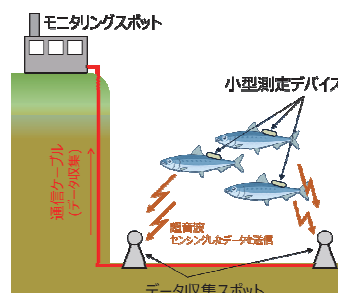


図2 生態調査システム

参考文献

- [1] 関口秀夫, “沿岸海域における海洋生態学の進展と課題: 生物多様性をめぐって,” 沿岸海洋研究, pp. 175-189, pp. 2014.
- [2] 三浦雅大, et al. “生け簀による野外実験- 大型ブリの水温に対する行動反応の解明-,” pp. 47-50, 2014.
- [3] 小泉拓也, 野田琢嗣, “日本が世界をリードするバイオリギングを目指して,” 日本水産学会, vol. 83, No. 4, pp. 723-724, 2017

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

超小型バイオリガーの試作

超小型ロギングデバイスについて、性能検証用のプロトタイプ(図 3)および実測用の小型ロガー装置(図 4)の試作を行い、性能評価を行った。測定結果を図 5 に示す。今回の試作基板には、全体を制御するためのマイコンおよび計測用の 9 軸センサ、データ蓄積用のメモリを搭載しており、加速度、角速度、地磁気の 3 種類の計測データを随時メモリに保存できる構成となっている。消費電流については、図 5(d)に示す通り、センサ動作時に平均 6.6mA の電流を消費するものの、マイコンおよび周辺回路をスリープモードで動作させることで、平常時に 135 μ A の消費電流になることから、超小型リチウム電池の使用で 最長 1 週間以上の長期間動作が実現できる見通しを得た。また、小型ロガー装置についても、書き込みピンを除く使用時のサイズにて 3.5mm $\times$ 15mm の超小型に収めることに成功している。

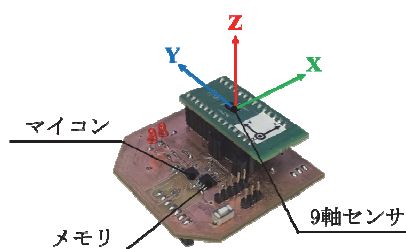


図 3 プロトタイプ

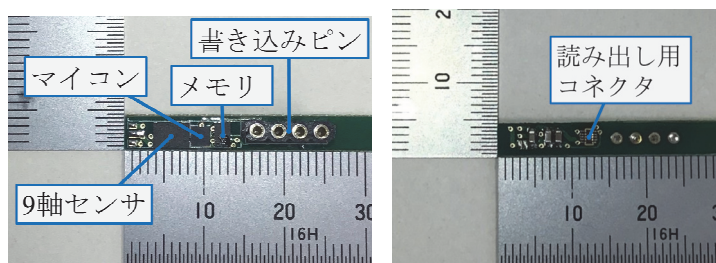
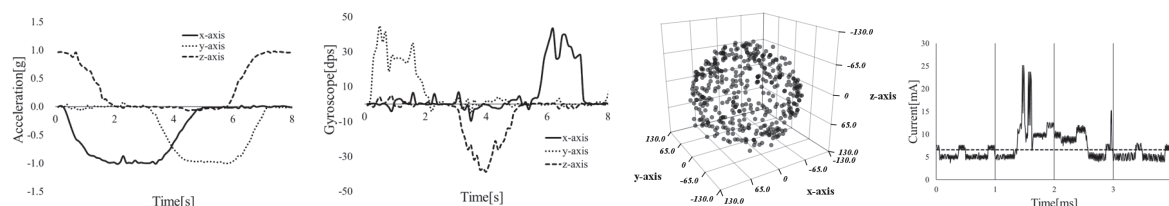


図 4 試作した小型ロガー装置 左:表面 右:裏面



(a) 加速度センサ出力 (b) 角速度センサ出力 (c) 地磁気センサ出力 (d) 全センサ駆動時の電流
図 5 ロガー装置の各種測定結果

センサ類の試作

本期間では、溶存酸素センサのプロトタイプの試作検証を行った。プロトタイプの概略図を図 6 に示す。今回試作したプロトタイプは、基板上に設置する赤色 LED と青色 LED から交互に照射した光を酸素パッチに当て、それにより得られる反射波を光センサで計測する構成になっている。今回の試作では、本体を 3D プリンタで試作を行い構造の検討から行った。試作結果を図 7 に、特性評価結果を図 8 に示す。この結果、反射光の取得について確認をすることができた。

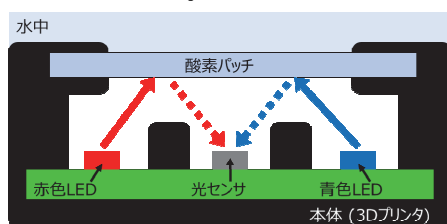


図 6 溶存酸素センサの構成

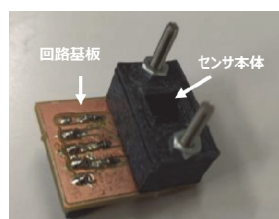


図 7 試作したセンサ

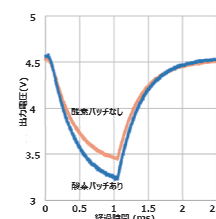


図 8 センサの特性評価

システム全体の検討

遠隔のデータ取得が必要であることから、水中用の超音波通信と陸上用の長距離無線(LPWA)を組み合わせた遠隔のデータ通信システムの検討を行った。全体のイメージ図を図9に、システム図を図10に示す。発信機については図11に示すデバイスを試作し、センサ部分については樹脂でモールドし、防水加工を行っている。この発信機については、消費電流の測定結果から10か月以上の使用が可能であることを確認した。また、長距離通信を担うLPWAについても性能評価を行い、本校近隣の3か所から通信実験を行った。測定箇所を図12に、実験結果を表1に示す。拡散率の増加にともない通信レートが落ちることから、データの取得率が減少しているものの7km以上離れた地点Cでも通信ができることを確認した。地点Bについては、データが全く取得できていない。これは、途中にある山が遮蔽物になっており、通信がさえぎられているものと推測している。

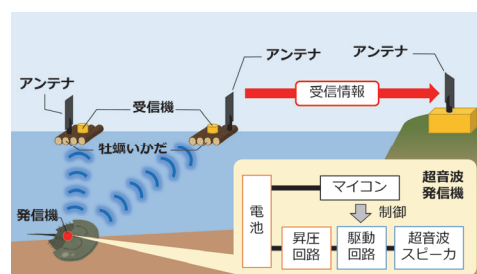


図9 通信システムのイメージ図

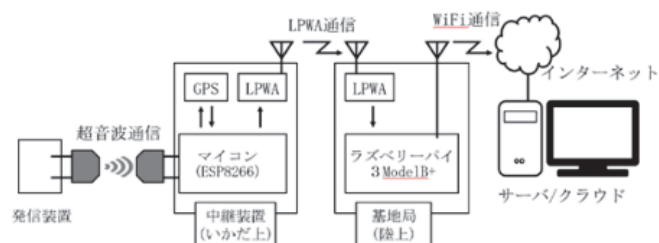


図10 通信システムの構成図

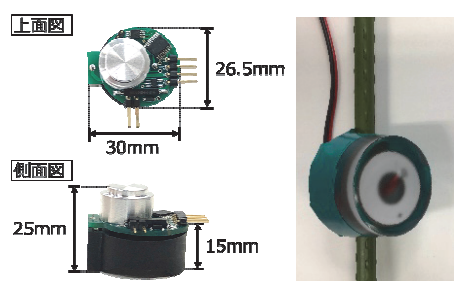


図11 発信機(左)と防水センサ(右)

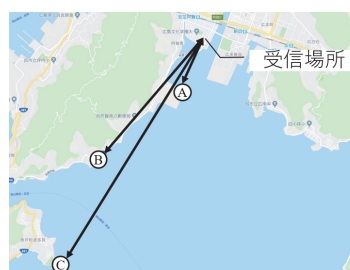


図12 通信実験測定箇所

表1 LPWA 実験結果

拡散率	7	6	12
地点A (距離1.7km)	100%	50%	20%
地点B (距離3.7km)	0%	0%	0%
地点C (距離7.6km)	6%	23%	20%

まとめ

本研究期間において、「沿岸生態系をターゲットにしたバイオアッセイ型水環境測定技術」について、小型バイオロガー、溶存酸素センサ、遠距離水中通信システムの検討を行った。小型バイオロガーについては、当初の目標であった直径5mm、長さ12mmを下回るサイズで試作をすることができた。また、溶存酸素センサについては3Dプリンタを用いて構造の検討を行い、酸素パッチからの反射波の取得に成功している。遠距離水中通信システムについては、システムの構成を申請時の水中ケーブルを使用する方式から長距離無線を使用する方法に変更を行ったが、通信実験等の結果から7km程度離れた海域までは実用化可能であることが明らかになった。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

消耗品費

ロガー用部品費用について、通信システムの検討を含めて行ったことから増加しております。基板試作費用および、新規センサデバイスについては、おおよそ計画通りの執行となっております。水密カプセルの試作費用については、安価な樹脂材料で試作できることが分かったため、当初の予算より減額になっております。

旅費

学会出張用に計上しておりました。新型コロナウイルスの影響により出張取りやめとなりました。

学生謝金

本研究機関において、卒業研究の一環として実施したため、謝金は発生しておりません。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

「沿岸生態系をターゲットにしたバイオアッセイ型水環境測定技術」について、要素技術である小型バイオロガー、溶存酸素センサ、遠距離水中通信システムの開発を行った。

小型バイオロガーについては、現在、表面実装部品を使用しているため、ASIC などのカスタム LSI と時間管理用のリアルタイムクロック(RTC)を組み合わせることで、小型化や低消費電力化が見込めると考えている。溶存酸素センサについては、今回プロトタイプの試作を行った。現在、反射光をセンシングする仕組みについては完成させることができたが、酸素濃度に対する変化量の検知について精度上の問題があり課題となっている。この課題については、受光部分の感度向上などが必須と考えている。遠隔のデータ取得については、7km 以上離れた地点であっても 1 対 1 で通信できることを確認した。今後は、複数台での通信など、システム全体の検討が必要であると考えている。

提案するバイオアッセイシステムについて、要素技術について検討を行った。上記の改善等を行ったのち、技術の融合により実用化が可能であると考えている。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

以下の通り学会での発表を行った

- [1] 川崎真太郎, 外谷昭洋, "小型の蛍光式溶存酸素計の開発", 2020 年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集 学生ポスターセッション,ISS-P-002, 2020 年 3 月 17 日-20 日, 広島大学 東広島キャンパス
- [2] 築山大輔, 岡部蓮也, 外谷昭洋, "LPWA と超音波を用いた海中移動体用ロギングシステムの検討", 2020 年 電子情報通信学会総合大会 講演論文集 学生ポスターセッション,ISS-P-020, 2020 年 3 月 17 日-20 日, 広島大学 東広島キャンパス
- [3] 福永隼人, 外谷昭洋, "超小型バイオロガー実現に向けたデバイス開発と評価," 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会,投稿中.

その他、小型バイオロガーの成果を電気学会論文誌に投稿予定。