

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「海洋生物多様性および生態系の保全・  
再生に資する基盤技術の創出」  
研究課題「データ高回収率を実現するバイオリギング・  
システムの構築  
～魚類の個体群・群集ダイナミクス解明に挑む～」

## 研究終了報告書

研究期間 2013年10月～2019年3月

研究代表者:宮下和士  
(北海道大学 北方生物圏フィールド科学  
センター 共生生態系保全領域、教授)

---

## § 1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

本課題は、外洋域における魚類の海洋高次動物の個体群・群集ダイナミクスを解明するためのバイオリギング・システムを構築し、世界に先駆けて世の中に送り出すことを目的とした。研究前期 3.5 年間は、要素技術の開発に重点を置き、研究グループ間の情報交換を密に行いながら各グループで実施した。研究代表グループ（北大）では、研究の全体統括はもちろんのこと、課題（Ⅰ）：小型・大容量および多機能の低価格ロガーの開発を中心に進め、価格を従来の 3-5 分の 1 の価格に抑えることに成功した。これにより本課題におけるロガー大量放流による回収率の向上が可能となった。また共同研究グループ 1（東大）では、課題（Ⅱ）：振動発電システムの開発と課題（Ⅲ）：マルチ・プラットフォーム対応のデータ受信システムの開発を中心に進め、振動発電システムでは新たな発電システム（リボン型発電）で発電の効率向上が期待できる状態になり、マルチ・プラットフォームにおいては、取得したデータを地上に送るための衛星通信（イリジウム衛星）の基礎技術が完成した。また共同研究グループ 2（海洋大）では課題（Ⅲ）：マルチ・プラットフォーム対応のデータ受信システムにおけるプラットフォーム本体の開発と携帯電話網を利用したデータ転送システムを確立した。共同研究グループ 3（京大）では、課題（Ⅳ）：個体間通信システムの開発を中心にすすめ、個体間通信ロガーの基礎部分が完成した。これにより音響通信技術を駆使して個体情報に関するデータの回収率を高めることが可能となった。加えて、それらを統合した新規バイオリギング・システムの構築とその検証のために、多獲性魚類としてニシンを、高度回遊性魚類としてカツオを用いた評価を行なった。ニシンにおいては CREST 宮下チームの目的の一つである、小型の多獲性魚類におけるデータ回収率の向上を数値で示すことに成功した。また小型浮魚に対して機械標識の装着や回収に成功したことにより、様々な研究の可能性を示唆したことが挙げられる。これらの成果の一部は、Tomiyasu et al. (2018)で報告した。カツオにおいては、2017 年に予備調査を、2018 年 6 月に新バイオリギング・システムの全てを用いた検証を行ったが、天候不良のため十分な検証を行うに至らなかった。そのため、9 月に再度検証を行い、システムの運用性を確かめた。

### (2) 顕著な成果

< 優れた基礎研究としての成果 >

#### 1. 個体間通信システムの開発～双方向通信ロガーの設計と開発

概要：既存のデータロガーは、自らの計測したデータを記録するだけである。本プロジェクトでは、記録されたデータを音響通信によって近接したロガー間で双方向で共有する InterFish の開発を行った。限られた遭遇の機会に双方の ID、遊泳深度、水温を記録するとともに、特定の個体との遭遇回数を保持する仕様で、これを直径 22mm、長径は 107mm の耐水容器で製作した。

#### 2. マルチ・プラットフォーム対応のデータ受信システムの開発

概要：既存の超音波テレメリーでは、超音波発信機から送信された ID、遊泳深度と水温を受信時刻と共に記録するだけである。本プロジェクトでは、ロガーやピンガーからの超音波信号を受信して、その信号に付加されている情報を解析・記録する受信機と、その受信時刻や船位（緯度、経度）を計測する GPS 受信機、携帯電話網を利用して受信機が受信した情報を Web サーバーに送信する、“漁船搭載型マルチ・プラットフォーム”を開発した。

#### 3. 低価格ロガーの開発

課題（Ⅰ）：小型・大容量および多機能の低価格ロガーの開発における低価格ロガーの開発に成功したことが、優れた基礎研究としての成果に挙げられる。本機は、価格を従来の 3-5 分の 1 の価格に抑えた廉価タイプであり、従来のデータロガーを用いた研究のボトルネックであったコスト面を大幅に改善した。これにより、これまでと同額の予算でロガー回収数の飛躍的

向上が見込める点において先導的な成果となった。

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 低価格ロガーがもたらす海洋科学への貢献

課題 (I) における低価格ロガーは、従来のデータロガー研究のボトルネックであったコストを大幅に改善したものである。これによりこれまでデータロガーを用いた大量放流調査を行ってきた調査機関における活用はもちろんのこと、これまで予算の都合でデータロガーを扱ってこなかった小規模組織においても、データロガーを用いた調査・実験が可能となり、マーケットの拡大につながった。宮下チームが地方水産試験場等と連携して実施した研究や、一部の国立研究開発法人においても、本開発品が実際の調査で使用されており、CREST 外の研究者への実装も進みつつある。このため CREST 宮下チームで開発したデータロガーは、科学技術の進展に大きく貢献する研究基盤の創成をなしたと評価できる。

2. 音響通信技術を駆使したデータの回収率の向上がもたらす海洋科学への貢献

海洋生物の動態を把握する上で、対象生物を個体としてではなく、群れとして捉えるのが理想的である。従来のデータロガーは個体情報を詳細に捉えるのに適している反面、群れの行動を定量化することはできなかった。しかしながら課題 (IV) における音響通信技術を駆使した個体情報に関するデータの回収は、データ回収率を向上させることだけでなく、これまで捉えることが困難であった魚類の群れ行動を可視化できると期待される。これにより、海洋科学への貢献とともに、水産漁業においても極めて有効な施策等を提案できるようになる点が、科学技術イノベーションの貢献として評価できる。

3. データ回収率の向上がもたらす海洋科学への貢献

海洋生物の研究は、その大前提として個体からデータを得る必要がある。しかしながらバイオリギングにおいてはその回収率の低さから、調査船などを用いたネットサンプリングなどと比べてデータを取りにくいという構造的欠陥があった。しかしながら新たに構築したバイオリギング・システムにより回収率が高まったことで、これまで調査不能であったり、巨額の調査費用が必要であった個体あるいは群れのデータが得られるようになった。このため、CREST 宮下チームで構築した新バイオリギング・システムは、データを得るという基本要素の大幅な底上げにより、科学技術イノベーションに大きく寄与したと評価できる。

< 代表的な論文 >

- 1: Makoto Tomiyasu, Hokuto Shirakawa, Yuki Iino and Kazushi Miyashita. Tracking the migration of Pacific herring *Clupea pallasii* in a coastal spawning ground using acoustic telemetry. *Fisheries Science*, 84, 79-89, 2018.
  - 2: Junichi Takagi, Kotaro Ichikawa, Nobuaki Arai, Yoshinori Miyamoto, Keiichi Uchida, Jun Shoji, Hiromichi Mitamura. Simultaneous observation of intermittent locomotion of multiple fish by fine-scale spatiotemporal three-dimensional positioning. *PLOS ONE*, July 19, 2018.
  - 3: Takuji Noda, Junichi Okuyama, Yuuki Kawabata, Hiromichi Mitamura, Nobuaki Arai. Harvesting energy from the oscillation of aquatic animals: testing a vibration-powered generator for bio-logging data logger systems *Journal of Advance Marine Science and Technology Society*, 20, 37-43, 2014.
-

## § 2. 研究実施体制

### (1) 研究チームの体制について

#### ① 研究代表者グループ

- ・ 研究代表者: 宮下 和士 (北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター、教授)
- ・ 研究項目
  - － 全体総括
  - － 群集サイズの大きい魚類への搭載及び各センサーのカスタマイズ等を目指すロガー開発 (課題Ⅰ.以後、小型・大容量、多機能の低価格ロガー開発)
  - － 筐体開発 (課題Ⅱ.以後、振動発電システムの開発)

#### ② 共同研究グループ 1

- ・ 主たる共同研究者: 北川 貴士 (東京大学 大気海洋研究所、准教授)
- ・ 研究項目
  - － データの大容量化及びバッテリー高寿命化等を目指すロガー開発 (課題Ⅰ.以後、小型・大容量、多機能の低価格ロガーの開発)
  - － 発電効率向上のための発電システム開発 (課題Ⅱ.以後、振動発電システムの開発)
  - － 衛星を活用した受信システム開発 (課題Ⅲ.以後、マルチ・プラットフォーム対応のデータ受信システムの開発)

#### ③ 共同研究グループ 2

- ・ 主たる共同研究者: 宮本 佳則 (東京海洋大学大学院、教授)
- ・ 研究項目
  - － ロガー未回収を想定したデータ回収システムの構築 (課題Ⅲ.以後、マルチ・プラットフォーム対応のデータ受信システムの開発)
  - － データ相互共有のプロトコル開発 (課題Ⅳ.以後、個体間通信システムの開発)

#### ④ 共同研究グループ 3

- ・ 主たる共同研究者: 荒井 修亮 (京都大学フィールド科学教育研究センター、教授)
- ・ 研究項目
  - － 通信タイプと記憶タイプを組み合わせたデータ受信プラットフォームの開発 (課題Ⅲ.以後、マルチ・プラットフォーム対応のデータ受信システムの開発)
  - － 個体の遊泳記録統計量の同時共有技術 (課題Ⅳ.以後、個体間通信システムの開発)

### (2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

#### ・ 研究代表グループ (北大)

課題(Ⅰ)において開発した廉価ロガーは、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 開発調査センターが沿岸調査において20機購入し、調査で使用している。また、平成27年度にサケマス・内水面水産試験場、北海道立総合研究機構 稚内水産試験場、長崎県総合水産試験場と連携して、廉価ロガーと高機能ロガーを使用した研究を実施した。

#### ・ 共同研究グループ 1 (東大)

該当なし

---

- 共同研究グループ2 (海洋大)

製作したマルチ・プラットフォームを活用して、与那国島や宮古島において、回遊性の魚類であるカツオの生態調査を株式会社味の素と共同研究を進めている。また、味の素のカウンターパートとしてカツオ生態調査を進めている国立研究開発法人 水産研究・教育機構 国際水産資源研究所とも連携を図っている。また、沖縄県立宮古総合実業高等学校との共同調査を試みている。加えて、Taiwan Fisheries Research Institute とも共同研究を進めている。

- 共同研究グループ3 (京大)

該当なし

---