

(様式1)

## 東日本大震災後の水産業復興に資する環境モニタリング手法の開発と応用

水産学部 教授 西 隆一郎  
岩手県水産技術センター 主査専門研究員 加賀克昌・加賀新之助

### 1. はじめに

2011年3月11日から約4年が経過している。東北地方が津波の被災から復旧・復興するためには、今後の5年間ないしは10年間程度を見つめた継続的な技術支援が必要と思われる。そこで、東日本大震災後に生じている水圏環境の変化および水産業への影響を、地域の水産技術者や研究者が比較的簡便にモニタリングできる手法の開発を試みた。

水圏環境モニタリングで対象とする項目は多岐にわたるが、今年度は、2013年度の研究に基づいて、リアス式湾内の一次生産性や貝毒の発生に関係する鉛直混合や水温躍層を把握できる機材を開発することにした。加えて、最終的には水産養殖施設の配置、藻場の状況、および赤潮などの発生状況を可視化することを目指して、マルチコプターを各種の水圏環境下で応用し、水圏環境に対しても注意深く運用すれば有益な可視化情報が得られることが分かったので、釜石湾の津波防波堤背後海域においてモニタリング飛行も行うことにした。以下にその内容について述べる。

### 2 水温観測機材の開発

2013年度に大船渡湾で行った調査では、図-1 および図-2 に示す様に、鉛直方向の水温の変動に伴い海水の鉛直混合や水温躍層が発生していることが分かった。

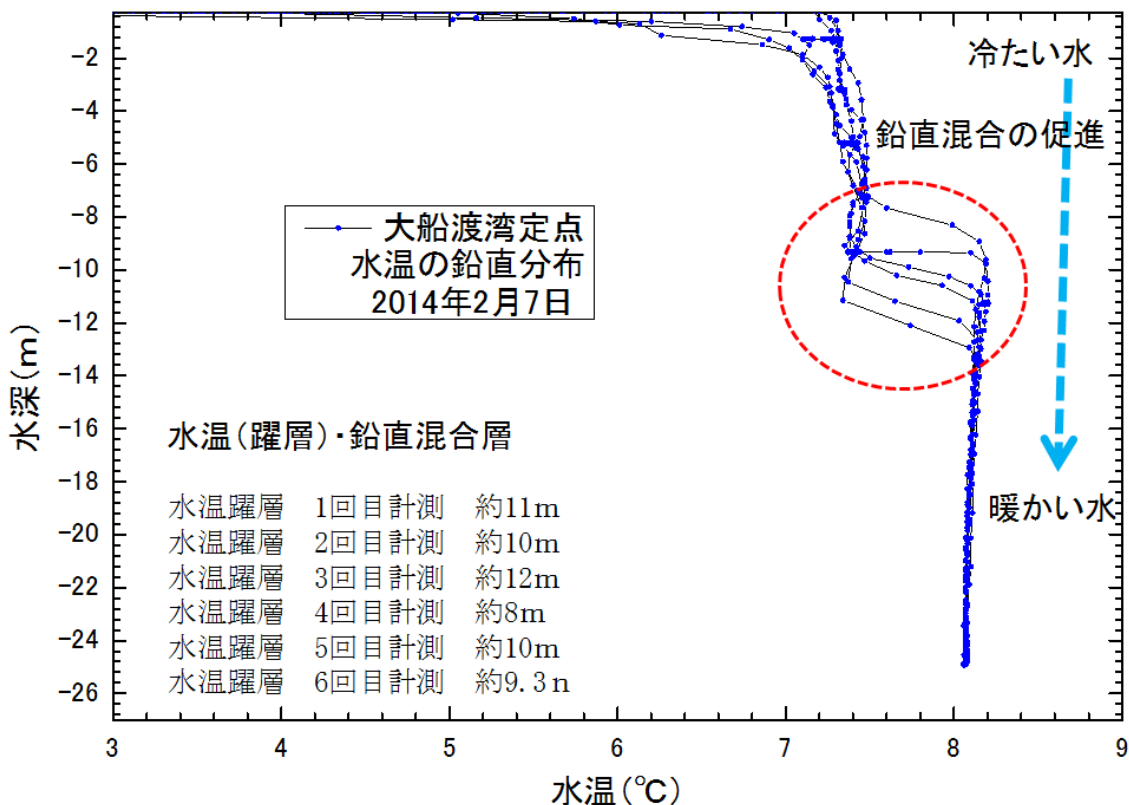


図-1 岩手県大船渡湾で2014年2月7日に計測された水温躍層の様子

(様式1)

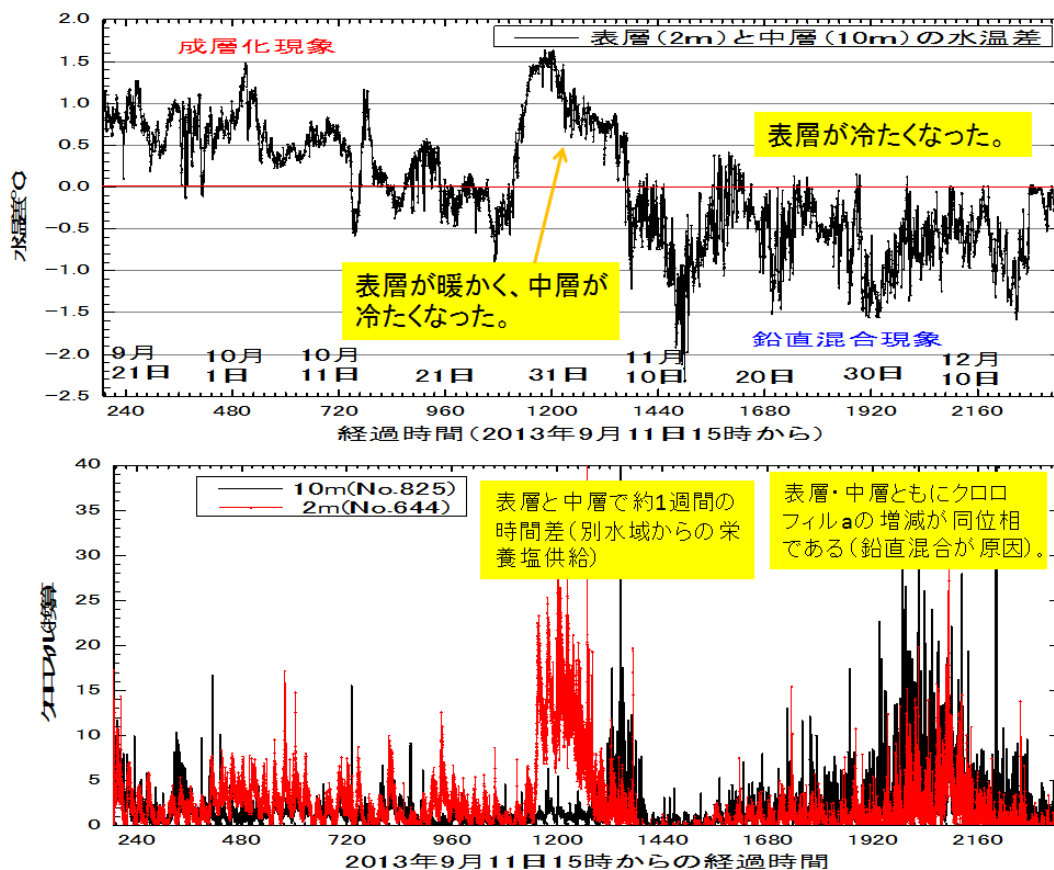


図-2 2013年の秋季から冬季にかけての表層(2m)と中層(10m)での水温差(上図)とクロロフィルaの変動状況、

図-1, 2 に示す観測では水温計測機能の付いた濁度計2台を使用した。水温躍層や鉛直混合の様子を詳細に計測するには、海面から海底に至る様々な水深で水温を密に計測することが望ましい。ただし、水温の計測機能の付いた観測機材を鉛直方向に密に配置して水温観測を続けると、観測機材の購入に多額の費用が掛かるだけでなく、調査に必要な電池等の消耗品費が積み重なったり、メンテナンスの問題が生じてしまい、現地の研究者や技術者が継続的に調査を行うことを可能にするという観点からは必ずしも好ましいことではない。そこで、本研究では、基本的に安価で使用方法が簡単な水温観測法の開発を試みた。

まず、取り扱いが簡単で、温度の自記機能が数週間以上可能で、パソコンとの連動性に優れ、小型かつ安価である温度・温湿度センサーを数種類購入した。そして、最終的に、写真-1 に示すUSB接続型温度(温湿度)センサー(型番;EL-USB-1とEL-USB-2)を使用することにした。また、防水ケースとの関係で、本温度センサーをそのまま使用することはせず、写真-2 に示す様に外側ケース部分を取り外し、センサー本体部だけを用いることにした。

温度センサーが直接海水に接触して水温を計測することが望ましいが、比較的安価に水温を計測できる機材を開発するために、水中に沈めた防水ケースの中に温度センサーを封入し、防水ケース内部の温度を計測することにした。できるだけ真値に近い水温をリアルタイムで計測するためには防水ケース内部の気体(空気)容量ができるだけ小さく、かつ、数十m以上の防水性能が確保される小型防水ケースを使用する必要がある。そこで、まずは写真-3 に示す防水ケースの特注や市販の防水ケース購入を行ったが、防水性能やケース内部の気体容量が大きすぎるなどの

(様式1)

難点があった。リアス式湾内などの沿岸域で使用することを考えて、40m～60m程度の防水性能が確保されることと小型化という制約条件下で防水ケースを再度探すことになった。そして、結局は、アクションカメラ付属の防水ケース（写真-5、6 参照、）が最適と思われたので、アクションカメラを購入して、その防水ケースを海水温計測機材用に使用することにした。なお、購入したアクションカメラ（GoPro と Action x）に関しては数日間のインターバル撮影が可能なので、場合によっては、短期間のモニタリング用として併用することも可能である。試行錯誤を繰り返し、最終的には写真-7 のような形で鉛直方向の海水温計測が数週間以上可能な計測システムが作成された。ただし、できるだけ安価な機材となることを目標としたが、現状では、自記式の温度センサーが1台あたり2万円弱（通販価格で変動あり）、アクションカメラに付属する防水ケースはカメラ込の価格で2万円弱程度（Action x 用 60m防水性能）から3万円～7万円程度（GoPro, 30m防水性能）となるので、安い方で積算しても機材1台あたり4万円弱程度の費用となる。ただし、GoPro の場合には数千円程度で防水ケース（30m耐圧）だけの購入も可能である。今回提案する手法では水深40m以上を目標としたために、鉛直方向に10台程度吊り下げて水温記録を行う場合に40万円弱の費用となる。決して格安とは言えないが、大まかには、海水温計測用のメーカー機材1台分程度の値段と考え、かつ、将来はより安価で利用しやすいセンサーと防水ケースで置換可能と考えれば、当初の開発目的に合うものと言えよう。本観測機材に関しては、試行錯誤に時間を要したために、岩手沿岸域での実際の観測への応用は、2015年3月中旬からとなくなってしまったので、観測および記録の解析は次年度への持ち越しとなった。



写真-1 使用した温度自記ロガー

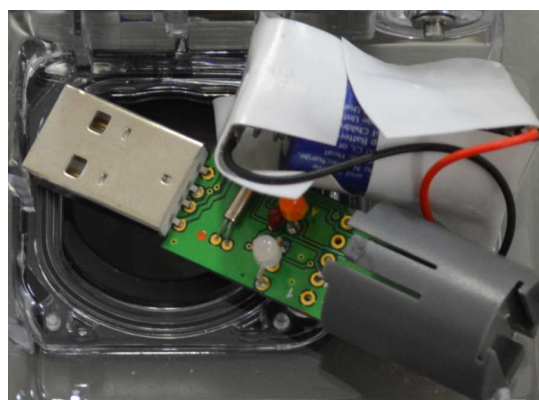


写真-2 分解後に使用した温度センサー部



写真-3 最初に特注したアクリル防水ケース



写真-4 アクションカメラの防水ケース

(様式1)

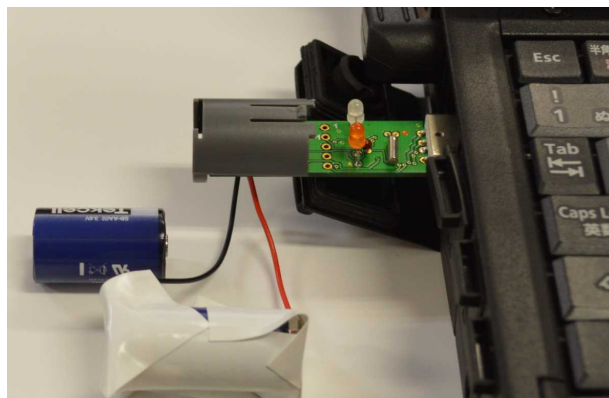


写真-5 パソコンとの接続（データ通信）



写真-6 防水ケースへの封入状況

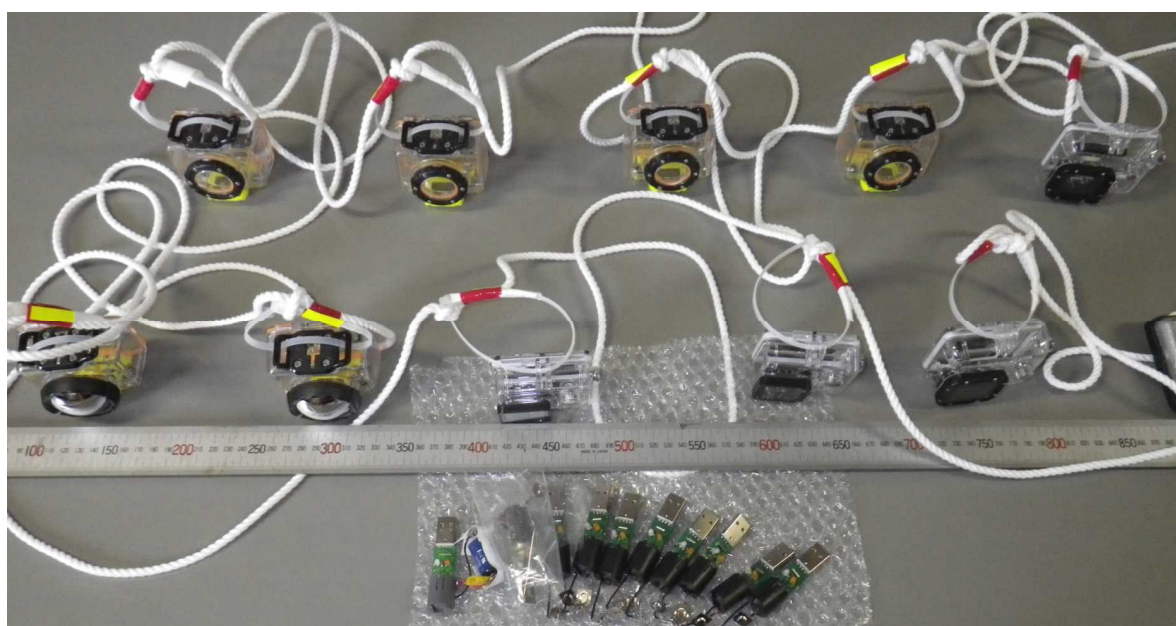


写真-7 水温の鉛直分布を計測するための観測ユニット（10個の水温観測機材を連結した状態で、端部に錘を付けてある）

### 3 マルチコプターによる海域調査手法の開発

前述の水温観測用機材の開発と並行して、沿岸域の面的なモニタリングを安価かつ簡便に行う手法を検討した。昨年度までは、ボートに多項目水質計や音響測深器を取り付けて、GPS で位置を記録しながら面的な観測を行う手法を開発・応用したが、本年度は、空中から海域情報を迅速かつ安価・簡便に取得する手法を検討・試行することにした。本目的に適うものとしては、近年、陸域では急速に利用が進められているマルチコプターを海岸・沿岸域観測に応用することにした。また、現場の水産研究者や水産技術者が常時使用可能な環境を提供することを念頭に、比較的安価なマルチコプター（DJI Phantom）を使用し、主に可視化作業（空撮）を行うことで、現地調査におけるマルチコプターの汎用性に関する検討を行うことにした。可視画像の撮影に加えて当然ながら赤外面像に対する要望もあるが、赤外面像あるいは面的な温度観測に関しては、次年度

(様式1)

以降に技術開発することにした。なお、具体的には、使用の異なる複数のマルチコプター・ヘリコプターモデルを購入し、操作性、操作環境、可視化画像の画像確認や処理方法等の確認作業を行い、加えて、様々な沿岸環境に対して試行を行った。

写真-8には、最終的に本研究目的に適合したモデルと考えられるマルチコプターの外観を示す。本機材を使用する場合には、当初は単機・単バッテリーで使用したが、使用を重ねるうちに複数バッテリーおよび予備機を携帯して空撮作業を行うことようになった。岩手県沿岸域での実際の応用前に行った空撮作業例として、砂質性海浜での空撮画像を示す。空撮を行うことで、沿岸域の地形や流況の把握が面的に行えることが分かる。なお、この砂質性海浜での空撮作業の場合には降雨と風および飛沫の影響を受けて、マルチコプターが一時使用不能になった。また、別の岩礁海岸（サンゴ礁海岸）での空撮作業の場合には強風のためにマルチコプターを離陸位置に帰還させることがかなり困難であった。このように、砂質性海浜や岩礁地帯に立ち、マルチコプターをその場で飛行させ、操縦・空撮（静止画および動画）作業を行うことで操縦技能の習熟を図り、操縦環境の限界などを把握したうえで、最終的に、より操縦が困難と言える小型ボートで空撮海域に移動し船上から飛行を開始し、操縦を行い、小型船上に帰還させる空撮調査を、岩手県釜石湾の津波防波堤背後に設置された水産養殖施設付近で行った。その時の空撮画像を写真-10に示す。本空撮写真から分かるように、水産試験場等の工学系でない現場技術者であっても、写真に示す様に養殖筏の配置状況がある程度簡単に可視化できる。加えて、画質は、漁業者への俯瞰的な分かりやすい説明資料として応用できる程度のものが確保されていることが分かった。

総論としては、沿岸域調査を目的とした本マルチコプターシステムは風雨の影響を受けやすく、また、塩分を含む飛沫による塩害等のメンテナンス上の若干の問題はあるが、新たな沿岸域調査手法として、非常にポテンシャルが高いことが分かった。現在、本マルチコプターシステムは、岩手県水産技術センターに常駐し、センター職員が必要に応じて利用できるような体制を整備中である。なお、本研究で初めに用いたマルチコプターモデルは、空撮している画像・動画をフライト中に確認することはできないが、その後、フライト中にWiFi機能を使用して空撮作業が行えるVersion Up機体が発売されたので、別途、その機材も購入した。しかし、一般的にはWiFi通信距離が200m程度しかなく、通信状況（環境）によって100m程度しかない場合もあり、現場の空撮作業中に手元で空撮画像が常時確認できるわけでもないことなどが分かった。



写真-8 使用したマルチコプター  
(DJI Phantom)

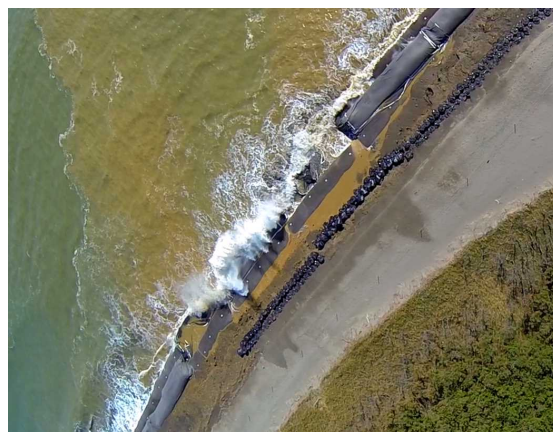


写真-9 砂質性海岸の地形・波浪・流況

(様式1)



写真-10 小型船上での洋上調査(釜石湾)。写真中央奥の被災した津波防波堤と手前側の延縄養殖筏配置状況(釜石湾東部)

#### 4 あとがき

津波被災後の水圏環境およびその変化を、地元の水産研究者や技術者が継続的に安価で、かつ簡便に計測できる手法の開発を行った。技術開発に試行錯誤を重ね、時間を要したために、岩手県沿岸域での応用そのものは、年度末の3月になってから開始されることとなり、観測データの蓄積と解析は次年度に持ち越しとなった。ただし、ここで提案される技術的な手法は、岩手県沿岸域だけでなく、被災地の宮城県や福島県においても応用できるものであるため、今後は、これらの地域における水圏環境モニタリングに資することも期待している。

#### 謝辞：

東北の被災地の一日も早い復旧・復興と、被災地の皆様の心の安らぎに少しでも資することを願って本研究を行いました。研究の機会を与えていただいた、岩手県水産技術センター職員の皆様に紙面を借りて感謝させていただきます。また、本研究に関し貴重なご助言をいただき、一緒に研究を行う約束をされながらも、平成26年11月16日に他界された、(元)岩手大学学長(故)塚 茂樹教授のご冥福を願うことになり、ご遺族の皆様方には謹んでお悔やみを述べさせていただきます。なお、本研究の実施に当たり、一部、鹿児島大学地域防災教育研究センターの特別経費補助を受け、本研究の進展に寄与することとなりました。紙面を借りて、謝意を表させていただきます。