TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

Construction of the Remote Monitoring System for Depth of Mainline and Water Temperature of Scallop Farming Facilities Using a Mobile Phone Network and an Ultrasonic Telemetry

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-09-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮本, 佳則, 内田, 圭一 , 浅井, 咲樹, 吉田, 達, 森, 恭子, 笹倉, 豊喜 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/1979

水産工学　Fisheries Engineering
Vol. 56　No. 3，pp. 159～164，2019

【報　　文】

音響信号と携帯電話網を用いたホタテガイ養殖施設の幹綱深度と水温の遠隔監視システムの構築

宮　本　佳　則[1]*・内　田　圭　一[1]・浅　井　咲　樹[2]・
吉　田　　達[3]・森　　恭　子[3,4]・笹　倉　豊　喜[5]

Construction of the Remote Monitoring System for Depth of Mainline and Water Temperature of Scallop Farming Facilities Using a Mobile Phone Network and an Ultrasonic Telemetry

Yoshinori Miyamoto[1]*, Keiichi Uchida[1], Saki Asai[2],
Toru Yoshida[3], Kyoko Mori[3,4] and Toyoki Sasakura[5]

Abstract

As for the scallop farming in Mutsu Bay, the scallops are cultivated in longline method cultured facilities. It is necessary to install a buoy to keep cultured facilities at the most suitable depth with the growth of the scallop. It is necessary for the fisherman to check a subsidence state of facilities every day. In addition, it is necessary much labor and expenses because the fisherman owns plural cultured facilities in the large sea area. Therefore, we built the system that remoteness watched depth and the water temperature of scallop cultured facilities with an ultrasonic telemetry system and a mobile phone network that we largely improved efficiency of the fishery work and improved productivity. The fisherman can confirm the situation of facilities at an information terminal by almost displaying a monitoring result in Web in real time. Furthermore, as for the system installed in the cultured facilities, 9-month continuation operation was confirmed in a proof examination to minimize the burden on fisherman.

1. 緒　　言

青森県陸奥湾におけるホタテガイ養殖は，５m程度の深度に設置した延縄式施設に垂下した養殖篭にホタテガイを入るか，もしくは貝殻に穴を開けてロープに吊るす方法が用いられている。そして，人為的な給餌は全く行わずに，自然環境下で育成している。養殖施設は，ホタテガイや付着生物の成長に伴い，１～２週間で施設が沈むことがある。また，一つの延縄式施設でも，垂下した場所でホタテガイ成長率は異なる[1~5]。特に冬季の波浪

2018年11月1日受付，2019年9月23日受理
キーワード：ホタテ養殖，モニタリング，超音波テレメトリー，携帯電話網
Key words：Scallop farming, Monitoring, Ultrasonic telemetry, Mobile phone network

[1] Marine Resources and Energy, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan（東京海洋大学海洋資源エネルギー学部門　〒108-8477　東京都港区港南4-5-7）
[2] Graduate school of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan（東京海洋大学大学院　〒108-8477　東京都港区港南4-5-7）
[3] Fisheries Research Institute, Aomori Prefecture Industrial Technology Research Center, 10 Tsukidomari, Hiranai-machi ohaza Moura, Higashitsugaru, Aomori 039-3381, Japan（地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所　〒039-3381　東津軽郡平内町大字茂浦字月泊10）
[4] Department of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Aomori prefecture Government, 1-1-1 Nagashima, Aomori-shi, Aomori 030-8570 Japan（青森県庁農林水産部水産局水産振興課企画・普及グループ〒030-8570青森市長島1丁目1-1）
[5] Fusion Inc., 1-1-866 Daiba, Minato-ku, Tokyo 135-0091, Japan（フュージョン有限会社　〒135-0091　東京都港区台場1-1-866）
* Tel：03-5463-0488，Fax：03-5463-0678，miyamoto@kaiyodai.ac.jp

の影響で施設が上下に振動することにより成長率が低下し，へい死率が高くなる。また，夏季の高水温が発生した際には，ホタテガイの成育に適した深度に設置させるなど，時期別の深度調整が必要である。深度調整は，各施設を漁船で巡回し，海面上の目印としている浮子（以下，「目印玉」と記す）の沈み具合を目視確認した後，養殖施設の深度調整を，浮力調整用の浮子（以下，「調整玉」と記す）を幹綱に加除することで行っている。

陸奥湾では，養殖海域毎に１基程度の水温モニター用ブイを設置し，海域の水温変化をリモートモニタリングして，漁業者へ情報配信を行っている。漁業者は，稚貝の分散や収穫以外の時期は，ホタテガイの生育状況に応じてそのデータを基に養殖深度を決定し，経験から浮力調整をして養殖深度を決定している。この方法では，養殖施設を漁業者が想定している深度と，ホタテガイの成育に適した水温に設置できているのかが手探りである。さらに１人の漁業者は数十本の養殖施設を保有しており，それらはへい死などのリスクを分散するために，漁業権のある海域に分散して設置されている。養殖施設の深度は養殖現場に行って初めて確認できるので，調整する必要のない養殖施設も，定期的に巡回した上で適宜深度調整を行なわなければならず，多大な労力とコストを要している。本研究では，この様な現状を改善するために，養殖作業の大幅な効率化と生産性の向上を目的としたリモート監視システムを構築したので報告する。このシステムでは，海洋生物の行動・生態を遠隔モニタリングする超音波テレメトリー技術を応用し，ホタテガイ養殖施設の幹綱深度と水温を音響信号と携帯電話通信網を用いてリモートで監視する。

2．材料と方法

構築したホタテガイ養殖施設モニタリングシステムは，養殖施設側システムと利用者側システムに大別することができる。

養殖施設側システムは，ホタテガイ養殖延縄式施設に垂下した幹綱の設置深度とその深度の水温を計測し，その情報を超音波信号で水中伝送する深度・水温センサ付電池交換型超音波発信器（フュージョン社製・FRDT-2413-50PT，以下「ピンガー」と記す）と，その超音波信号を受信し，携帯電話網を通じてデータサーバーに転送するモニタリングブイ（フュージョン社製特注品）で構成される。(**Table 1**)

ピンガーは，設定された送信周期で超音波パルスを一度に３つ送信する。その３つのパルスの間隔に深度と水温の情報が付加される。このピンガーの実用的な識別可能IDは最大で100通りあり，モニタリングブイとのピンガーの最大受信範囲は約500mである[6]。

平成29年10月５日から平成30年７月20日までの間，モニタリングブイ1機とピンガー11本を蟹田の漁業者が操業している養殖施設に設置した。この間の機器類の引き上げなどは，ホタテの育成や操業に影響を及ぼすので行わなかった。この養殖施設は，幹綱長が150mで目印玉が５つの仕立てである。そこで幹綱深度モニタ用のピンガーは，養殖施設の目印玉の直下とその間で９本とした。さらに施設設置海域の水深24mに対して，幹綱端の深度５mと10m，20mにピンガーを設置し，水温の鉛直分布をモニタリングした。これにより養殖施設に設置したピンガーは合計で11本となった。(**Fig. 1**)

モニタリングブイはピンガーからの超音波信号を受信し，受信時刻，ピンガーのID，深度，水温の情報に変換する。そして，それらの情報を携帯電話端末により電子メール形式でデータサーバーに転送する。

養殖施設に設置するピンガーの送信周期は30秒，モニタリングブイからサーバーに送信する周期は２時間に１回とした。この設定であれば計算上，１年間電池交換が不要となる。また，ブイの受波部やピンガーの送波部に船底汚染防止塗料（日本ペイント社製防汚塗料“うなぎ塗料一番”：自己研磨型，加水分解型コポリマー／ポリッシング型[7]）を塗布し，汚損生物の付着を防いだ。これらによって，漁業者が養殖施設側システムの電池交換や施設のメンテナンスの負担を極力無くすことを目指した。

データサーバーでは，各ピンガーの情報を蓄積すると共に，可視化情報として各ピンガーの深度と水温，鉛直３点の水温をWebにてグラフィック表示を行う。さらに，漁業者が様々な情報端末からアクセスに対応する漁業者用表示システムを運用するWebサーバーと兼用とした。また，ユーザーIDとパスワードを用いてログインするホームページを製作した。

3．結果と考察

システムの動作を検証した結果，ピンガーやモニタリングブイの電池交換を行わなくても９ヶ月間動作することが確認された。また，船底汚染防止塗料を塗布した結果，超音波送信部や受波部には付着生物の付着は見られなかった。(**Fig. 2**) この結果より，養殖施設が密集する環境下における超音波テレメトリーシステムの有効性と，長期間海中に設置するセンサー類の安定動作が確認された。

また漁業者は，船上や陸上に居ながら養殖施設の現状(**Fig. 3(a)**) や経時変化 (**Fig. 3(b)**)，深度別水温 (**Fig. 3(c)**) をほぼリアルタイムで見ることが可能になった。

次に，漁具深度変化の特徴的な一例として，漁具中央のピンガーの深度変化時系列グラフを**Fig. 4**に示す。図で示した期間（３月から６月）はホタテの成長が進む時期であり，漁業者の作業状況などが明確に現れている。

Table 1　Specification of equipments.

Battery exchange type ultrasonic transmitter with depth / water temperature sensor	Fusion Inc.・FRDT-2413-50PT
Diameter	27 mm
Length	130 mm
Underwater weight	17 g
Transmission frequency	62.5 kHz
Transmission sound pressure	160dB re 1 μPa at 1m
ID transmission method	Phase modulation（Gold Code）
Maximum measurement depth	50 m
Depth measurement accuracy	1% full scale
Water temperature measurement range	−5〜35℃
Water temperature measurement accuracy	±0.2℃
Power supply	CR2（Lithium Inorganic battery, 3V）

Monitoring buoy	Custom order by Fusion Inc.
Diameter	140 mm （Except for the floating body）
Length	820 mm
Hydrophone depth	500 mm
Aerial weight	About 10 kg
Receive frequency	62.5 kHz
data communication	docomo data communication network
Transmission information	Received time, Ultrasonic transmitter ID, Correlation value, GPS information
GPS information	World standard time, Latitude and Longitude
Power supply	Size D Lithium Lithium Inorganic battery, 3.6V,24 use

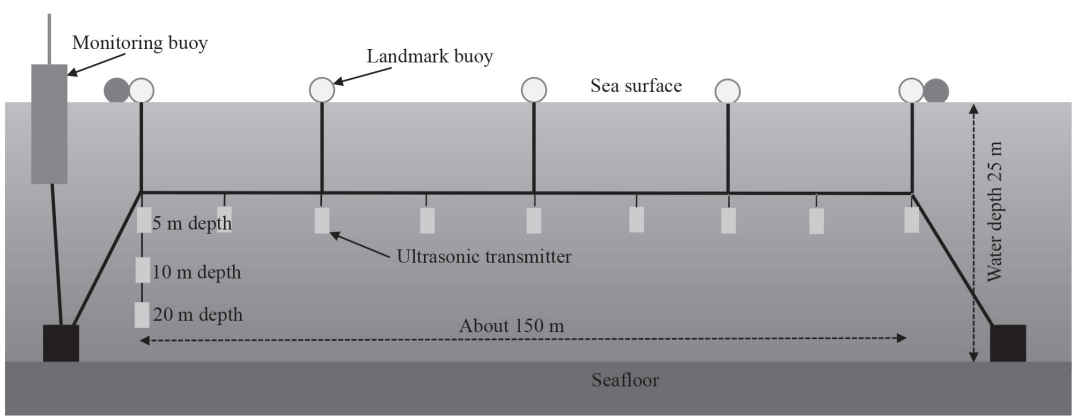


Fig. 1　Setting of the remote monitoring system for depth of mainline and water temperature of scallop farming facilities using a mobile phone network and an ultrasonic telemetry

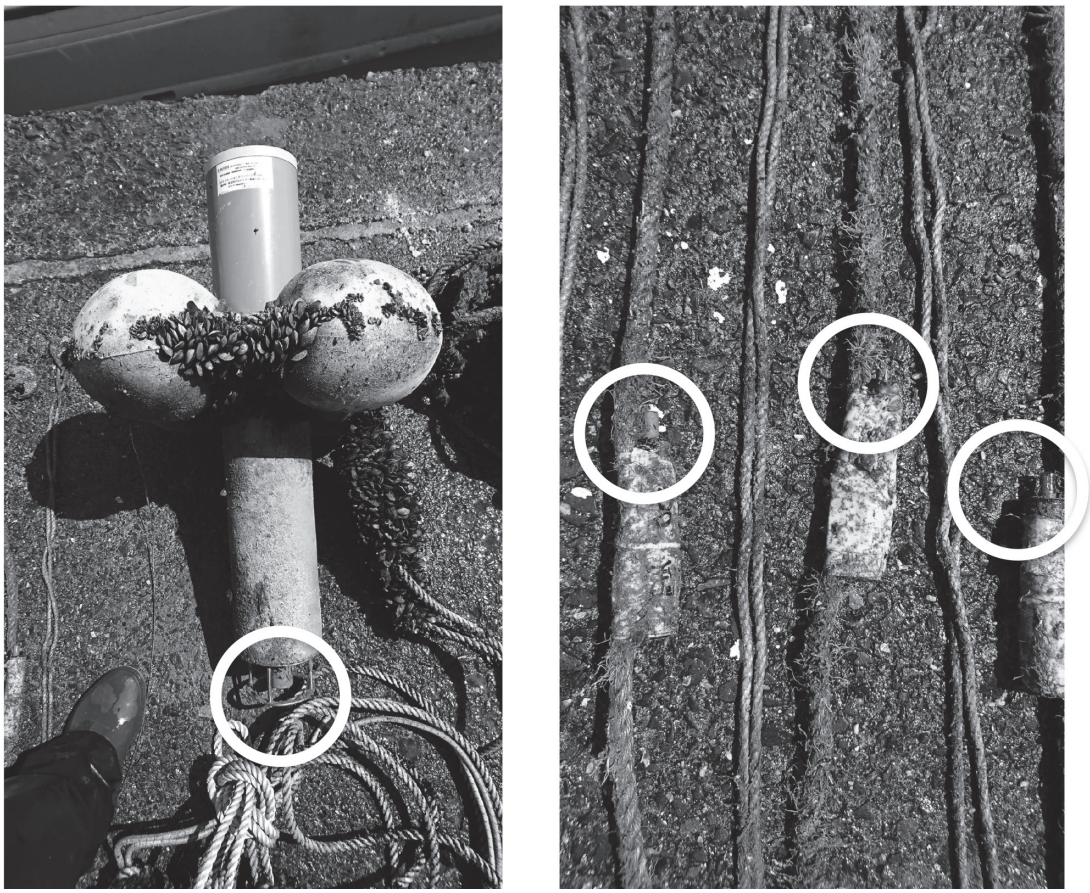


Fig. 2 Adhesion of organisms to the equipment. The white ring in the figure indicates the transducer.

深度が急に浅くなっている箇所は，漁業者が深度調整用ブイを装着した日時と一致している。また，急激に深度が深くなっているところは，潮流により漁具が沈み込んでいると考えられる。

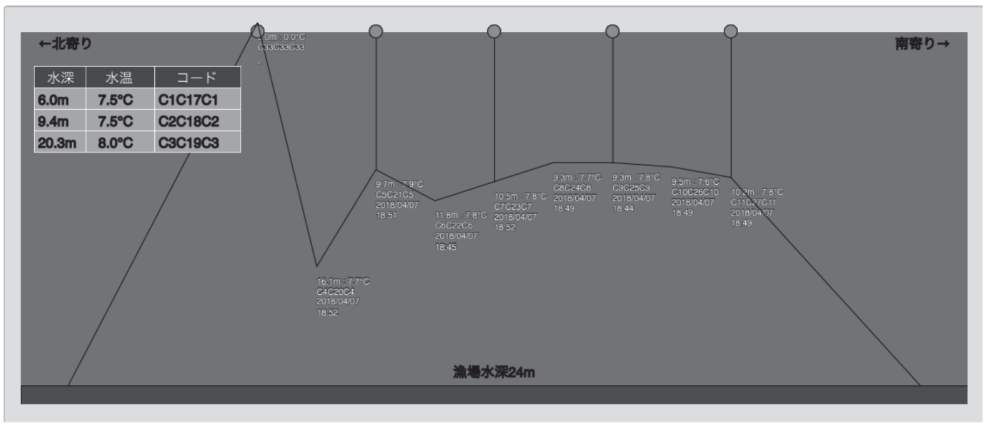
しかしながら一方で，深度や水温が正しく表示されていない場合があった。(**Fig. 3(b), (c)**) 特に水温情報の時系列グラフ（**Fig. 3(c)**）では，スパイク状の水温変化が表示されている。これは，ピンガーからの信号が海面反射により，正しく受信できなかったことが考えられる。今後，モニタリングブイの受波部をブイから伸ばして，設置深度を深くすることや，サーバー側でマルチパス除去を試みる必要がある[8]。

漁業者は，ホタテガイ成育期間となる11月から５月頃までの約半年間，毎日，全ての養殖施設（25から40の養殖施設）を点検していた。今後このシステムが導入されれば，陸上から深度調整が必要な養殖施設だけを抽出することができるので，不要な作業の削減と，これに伴う漁船の燃料消費の減少が図れると考える。これは，今後の実証実験により検証する。

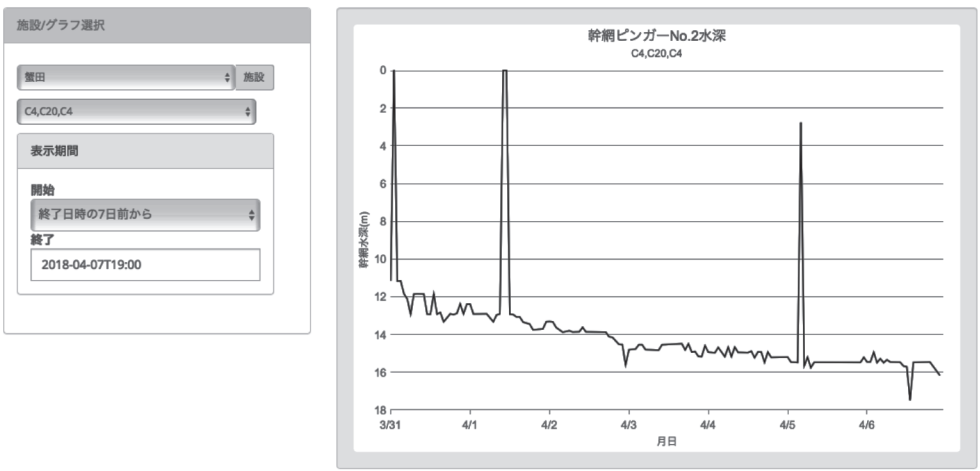
本研究では，一つの養殖施設にだけしか本システムを導入できなかった。しかし漁業者からは，これまでの調整玉から得られていた漁具の変化が，システムにより視覚化されることで，自らの経験が裏付けられることとなり，かつ数値化されるので今後の資料として活用したいとの感想があった。

これまで，貝類の養殖モニタリングでは，二枚貝の殻体運動を測定し，その開閉運動の変化により赤潮や貧酸素などの海の環境異常をいち早くキャッチし，無線により警報として通知する「貝リンガル」二枚貝殻体運動測定装置がある[9]。本研究で開発したシステムは，貝類の異常を通知するのではなく，養殖施設の深度変化から漁具の状況をリモートで把握できる。また，水温の変化を養殖施設ごとに計測できることから，成育環境をより詳細にリモートモニタリングすることが可能となる。

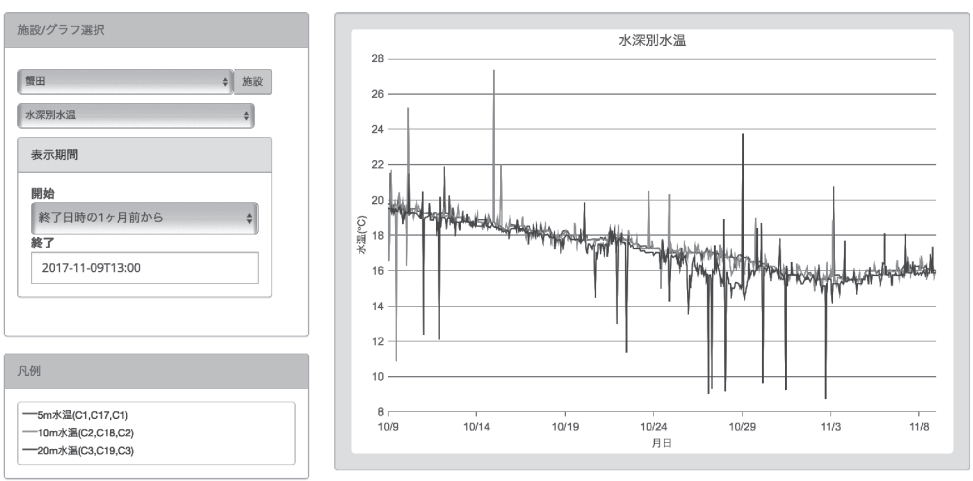
仮に，本システムが普及した場合，各地区における養殖施設が近接して設置されているので，ピンガーの音響信号の混信が想定される。しかしピンガーのIDは最大100通り可能であり，同じ海域内であれば，混信が生じ



(a)

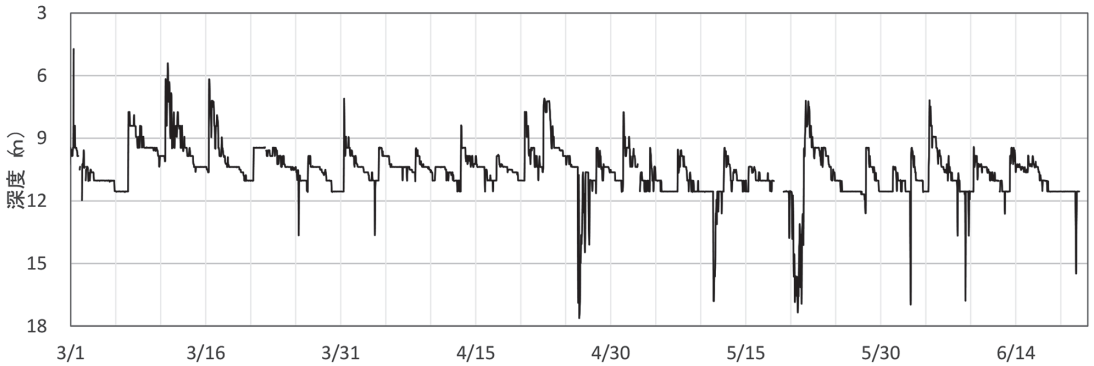


(b)



(c)

Fig. 3　Example of the monitoring results on the Web.
(a) The graphic display of the facility on web. (b) The time-series data display screen of depth change.
(c) The time series data display screen of water temperature change.



蟹田漁場における既存施設幹綱深度の推移（平成30年3月～6月）

Fig. 4　Example of the longline depth change during March to June 2018.

る可能性は極めて低い。本システムのピンガーとモニタリングブイ間の最大受信距離は約500mであるため，逆に養殖施設間の距離が長い場合，モニタリングブイを多く設置しなければならない可能性があり，初期費用などが懸念される。

本研究は，「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち地域戦略プロジェクト：国立研究開発法人農業・食品産技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター）の事業で実施した。

謝　辞

本システムの導入実験にあたり，多大なるご協力をいただいた，青森県外ヶ浜漁業協同組合蟹田支所の髙森優氏に感謝する。

参 考 文 献

1）吉田達・吉田雅範・小坂善信・佐々木克之：養殖海域の環境収容力（陸奥湾におけるホタテガイ適正収容量）．水産学シリーズ，**150**：65-79，2006.

2）矢幅寛・磯田豊・磯貝安洋・吉田達・小坂善信・山内弘子：非成層期における陸奥湾の吹送流．北大水産彙報，**59**(**2**)：47-57，2009.

3）矢幅寛・磯田豊・吉田達・小坂善信：陸奥湾における表層水平循環流の季節変化．北大水産彙報，**59**(**3**)：59-65，2009.

4）矢幅寛・磯田豊・吉田達・小坂善信：陸奥湾湾口を通過する交換密度流の季節変化．海と空，**85**(**4**)：115-129，2010.

5）河野航平・磯田豊・吉田達・扇田いずみ・田中淳也：2010年夏季に発生した陸奥湾の異常高水温現象．海と空，**89**(**3**)：87-98，2014.

6）宮本佳則・内田圭一・高尾芳三・笹倉豊喜：M系列信号を用いた新型超音波バイオテレメトリーシステムの開発，海洋音響学会誌，**38**(**3**)：119-127，2011.

7）Kouhei Hasegawa・Yoshinori Miyamoto and Keiichi Uchida：Evaluation of reflection error using ultrasonic telemetry system，海洋音響学会誌，**44**(**1**)：p.1-12，2017.

8）日本ペイントマリン株式会社“うなぎ塗料一番”ホームページhttp：//www.nippe-marine.co.jp/products/pdf/unagi.pdf

9）Kiyohito Nagai・Tsuneo Honjo・Jyoji Go・Hiroyasu Yamashita・Seok Jin Oh：Detecting the shellfish killer *Heterocapsa circularisquama*（Dinophyceae）by measuring bivalve valve activity with a Hall element sensor，Aquaculture，**255**：395–401，2006