

# 湖沼連続水温測定のためのセンサネットワークとその動作結果

尾瀨照一, 菅原新一, 牧野秀夫

## Experimental results of continuous water temperature measurement in lake using sensor network

Teruichi Ogata, Shinichi Sugawara, Hideo Makino

**Abstract:** In general, the long term and continuousness of water temperature of lakes and marshes investigations execute human cost and time putting it so far. However, only pinpoint water temperature data can be collected in this method. Then, the water temperature was automatically recorded in the Niigata Prefecture Sado City Kamo lake by the interval of one hour by installing the sensor by the point in four places in two places where depth was different in the present study. Next, the data was constructed and the sensor network system that transmitted mail with the portable communication card was constructed. As a result, the grasp such as changes in the day of the Kamo lake became possible up to the present time on Web in August, 2010. In the announcement, it introduces the result of a measurement of the dissolved oxygen.

**Keywords:** 水温(water temperature), センサネットワーク(sensor network), 可視化(visualization), 溶存酸素(dissolved oxygen), 変動推定(change presumption)

### 1. はじめに

湖沼水温調査においては、一般的には人が船舶等を利用して現地で測定するか、採水して分析する手法がとられている。しかし、この方法では天候に左右され、かつ夜間測定が困難であるため時間と測定地域が制限される。

一方、宮崎他(1992)によると、リモートセンシングによる水質調査において、衛星や航空機からの写真や画像データを用いた分析により水温等を予測する研究を行なっている。

この方式は、広域に温度情報を取得可能であ

るが、表面温度以外への対応は困難である。そこで今回は、センサネットワークを用いた複数水深での連続水温計測と、ホームページによるデータ公開を研究目的とする。

### 2. 手法の概略

#### 2.1 システム概要

図1本研究の実験場所：新潟県佐渡市の加茂湖(汽水湖：一部で海とつながっている。また人工的に海水導入を行っている)と測定地点の地図を示す。当該4地点は過去の佐渡市水温測定データ測定地点9カ所より特徴的な地点を選定した。図1の丸印において表層と中層の各2カ所、合計8ポイントが全体の測定点である。

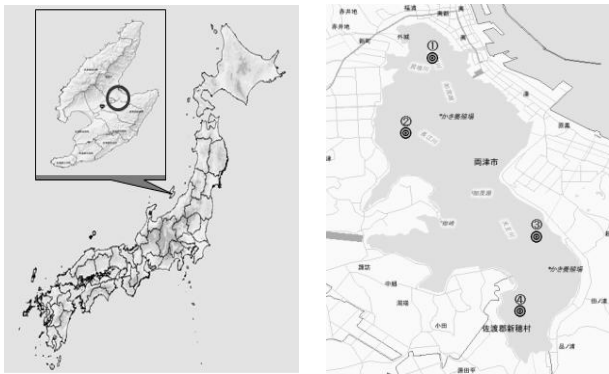


図1 実験場所と測定地点

図2に計測システム構成を示す。測定では、まず加茂湖4地点の表層(1.5m)と中層(4.5m)に防水型サーミスタ温度計(ノースワン「KDC-S01-S」)を設置した。次に、NET型データコレクタ(ノースワン、「KADEC21-UHTV-N2」3台、「KADEC21-U4-N2」1台、溶存酸素計「東亜 DKK, DO-31P」1台)を用い1時間インターバルで水温データ等を記録する。

さらに、計測装置内蔵の通信カード(KDDI, 携帯電話回線)により、計測データを24時間間隔でインターネットを経由してEメール形式で送信する。

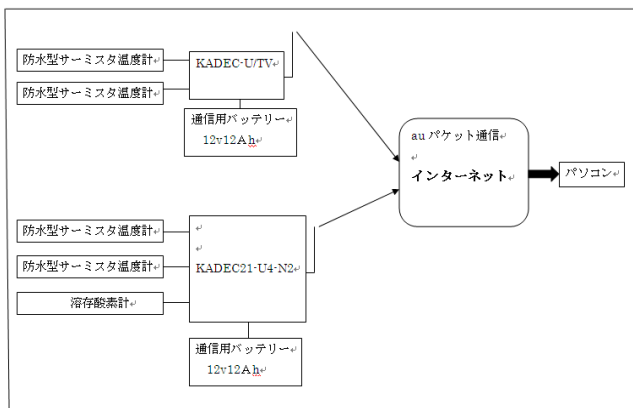


図2 計測システムの構成

## 2.2 設置概要

図3と図4に、それぞれ実験装置設置方法と測定装置一式を示す。最初に、装置を収納する為の浮き(20cm角, 中空, 長さ4.3m)を作成した。材質は繊維強化プラスチックである。その上部内側に装置収納用スペースを用意し、測定機器とバッテリーを収納した。また、浮き上部外側に携帯電話回線を利用する為の外付けアンテナを設置した。

図5に計測現場での装置設置状況を示す。

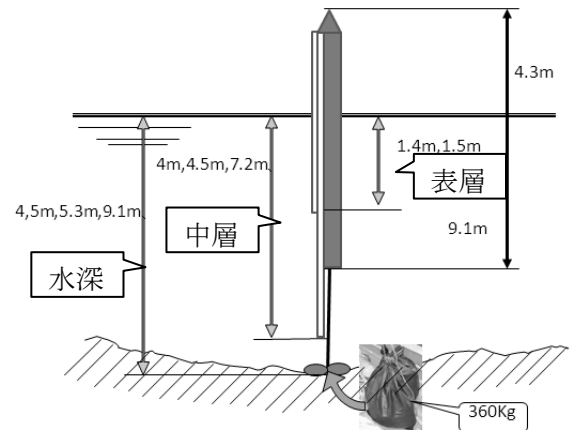
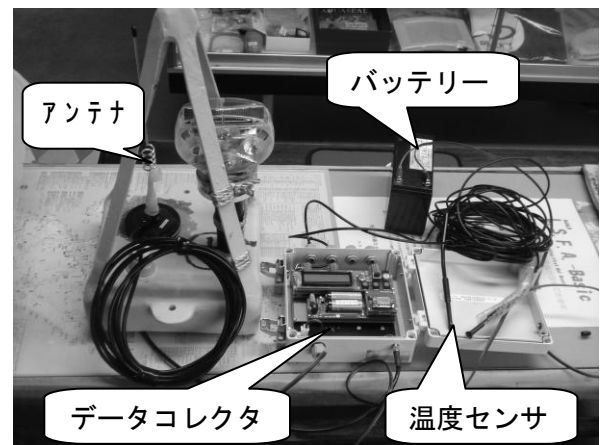


図3 実験装置設置方法



製品名	ポータブル溶存酸素計
型名	DO-31P
測定方式	隔膜式ガルバニ電池法
表示	デジタル 溶存酸素/飽和率、温度、時刻(月日、時分) 同時表示
温度補償範囲	自動温度補償:0~50℃
溶存酸素測定範囲	標準電極使用時:0~20.00mg/L
本体寸法	約35(高)×68(幅)×173(奥)mm
本体質量	約280g



図4 測定装置

## 3. 結果

本システムによる測定結果を図6に示す。ここでは、Eメールにより新潟大学に送信された水温データ(4地点各2ポイント)と気象庁により公開さ

れている両津（測定地区）の気温データを併記したものである。これらの結果より、平成 22 年 4 月上旬には、表層と中層の水温が逆転する状況が観測された。

また台風が通過した平成 22 年 8 月 13 日近傍では、風による水位変動により気温の上昇にも関わらず表層と中層の温度差が縮小した。一方、これらのデータを 2 種類の表示形式（測定ポイント単位、月単位）で、ほぼ 1 日から 2 日の間隔で、ホームページ上で公開することができた。



図 5 加茂湖現場状況

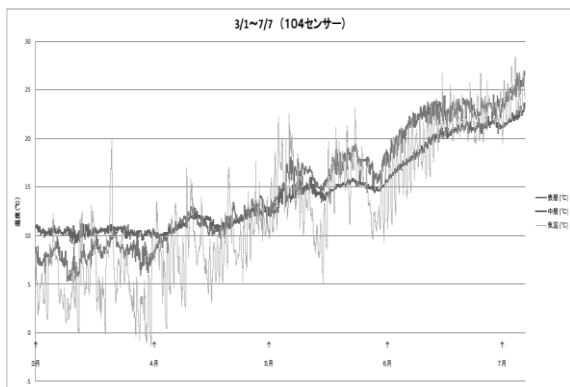


図 6 水温測定結果(平成 22 年 2 月より)

次に、平成 22 年 8 月 7 日より 6 日間、④番の測定地点の水深 5.4m に前述の溶存酸素測定センサーを設置し、1 時間間隔で溶存酸素を測定した。また、同 8 月 23 日より 4 日間、同地点の表層における溶存酸素を測定した。それぞれの結果を図 7 に示す。

以上の測定結果より、以下の動作を確認した。

①順次記録された水温データを通信カードにより

E メール送信する機能。

②ホームページを利用した水温変化の提示機能（現時点では、画面表示は手動） URL :

[www.gis.ie.niigata-u.ac.jp/kamoko/kamoko.html](http://www.gis.ie.niigata-u.ac.jp/kamoko/kamoko.html)

③表層と中層で、4 月と 5 月の間、水温の逆転状況を確認した。また台風通過により表層と中層の水温差が減少した。

④溶存酸素について、平成 22 年 8 月 8 日から 8 月 12 日まで測定を行った。（台風通過後は水面変動により内部配線が影響を受け測定を中断）

⑤表層(1m)と中層(5.4m)の水温と溶存酸素値について、参考として相関を求めた。

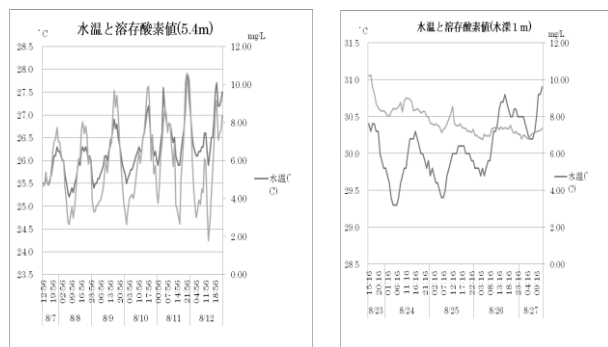


図 7 水温と溶存酸素値のグラフ

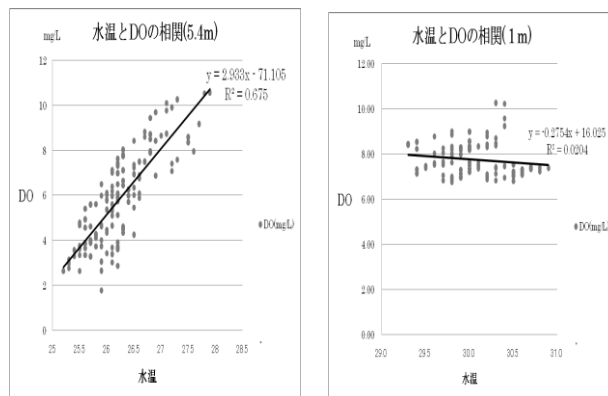


図 8 水温と溶存酸素相関図

#### 4. 考察

自然環境計測におけるセンサネットワークの応用として、湖沼の全天候型連続水温測定システムの基本動作を確認した。以下、通信方式と水温計測結果について考察する。

今回は、データ通信の信頼性、可搬性、電波利

用の許可、今後の双方向通信の可能性等を考慮して、携帯電話回線を利用する通信カードを使用した。その結果、現在まで6カ月にわたり特別な保守も必要とせず電池交換のみで安定したデータを取得することができた。また、測定器を他の地域に移動する場合にも、受信局自体はKDDIの携帯電話網を経由するため設置不要であり、測定装置本体の移設のみで測定を開始することができる。

次に、通信インターバルは今回24時間に設定したが、設定を短くすれば、リアルタイムに近い水温データを把握することもできる。従って、通信料金との兼ね合いも含め最適な間隔が設定可能である。

また、一部①番の地点において、電波の状況が不良で数日間分のメールがまとめて後日配信される場合があった。この点は受信局の位置関係も含めメーカーと検討する予定である。また、電源に用いたバッテリーは3ヶ月に1回交換した。当初、太陽電池の利用も検討したが、鳥類による被害なども考慮して、今回は電池交換方法を採用した。

次に、水温データそのものについては、4地点水深2カ所の水温変化を日内変動、月毎変化を把握できた。このことは加茂湖の養殖牡蠣の成長との関連において有意義なデータであり、さらに将来の養殖方法の改善に向けた一助となることが期待される。今後は、従来の発表の延長として加茂湖全域における水温分布をより分かり易く動的に可視化する手法を検討する予定である(尾瀨ほか, 2007, 2009)。

#### 4. おわりに

平成21年、佐渡島加茂湖に赤潮プランクトンが発生し牡蠣養殖に甚大な被害が発生した(新潟日報, 2010)。そこで、本研究では加茂湖の環境改善を目的に、携帯電話用通信カードによるEメール送信方式を用いて水温ならびに溶存酸素の連続記録と実時間提示方式の開発を試みた。その結果、加茂湖の4地点において表層と中層の連続した水

温変化を把握することができた。また短期間ではあるが、溶存酸素値の日内変動の様子を観測・提示することが可能となった。

一方、ホームページ上に水温データを逐次掲載することにより、関連の団体、研究機関に対し広く情報提供を行うことができた。今後は、溶存酸素測定については長期の安定した電極のメンテナンスと浸漬連続測定システムの構築方法を検討する予定である。また、塩分濃度などを含めた赤潮プランクトンとの時系列的な関係を調査する必要があると考えている。通信ネットワークとホームページ上での情報提供については、計測データ表示のオンライン化によるWeb-GISでの提供方法を検討する予定である。

#### 謝辞

本研究にあたり、データ計測にご協力いただいた加茂湖漁業協同組合、(株)エスワールド藤井徳三氏に深く感謝する。また、計測装置提案については、金井度量衡株式会社(新潟市)のご協力をいただいた。本研究の一部は、新潟大学災害復興科学センターの支援によるものである。

#### 参考文献

宮崎俊哉・仲川ゆり・剣持一・梅千野晃・紀谷文樹(1992):「4707リモートセンシングデータを用いた多摩川流域の水温形成に関する研究:その1. 画像による代表水温の抽出」日本建築学会学術講演梗概集. D, 環境工学 Vol.1992(199208)

尾瀨照一・牧野秀夫(2007) 湖沼水温分析センサネットワークを用いたGISの基礎研究,「地理情報システム学会講演論文集」vol.16,pp.123-126

尾瀨照一・牧野秀夫(2009) センサネットワークを前提とした湖沼水温分布のIDWによる可視化,「地理情報システム学会講演論文集」vol.18, pp. 399 -402

赤潮プランクトン水面で新たに確認,  
新潟日報記事, 2010.8.11