

# 琉球弧海水温観測網整備プロジェクト

和田雅昭\*\*\* 吉田隆\*\* 畑中勝守\*\* 戸田真志\*\*

はこだて未来大<sup>†</sup> 海洋情報技術研究センター<sup>††</sup>

## 1 はじめに

平成 21 年 7 月, 国連環境計画は日本を含む各国の沿岸海域の殆どで過去 25 年ほどの間に地球温暖化による海水温度の顕著な上昇が観測されたとする調査報告書をまとめた. 気象庁によると九州・沖縄海域の平均海面水温(年平均)はこの 100 年間で約 1.3℃上昇している. 地球温暖化は海洋生態系にも大きな影響を与えており, 例えば, 死滅回遊魚の越冬や南方系魚類の北上を助長している. また, サンゴの白化現象も地球温暖化が原因のひとつと言われている. サンゴをはじめとする海洋生態系の保全のためには海水温を把握することが重要であるが, 技術的経済的課題により日本沿岸海域の海水温観測網は整備されていない. そこで, 著者らは琉球弧におけるサンゴ礁保全を目的として平成 20 年度よりユビキタスブイを用いた水温観測[1]に取り組んでいる. そして, 平成 24 年度末までに 100 基のユビキタスブイによる水温観測網を整備することを目標として“琉球弧海水温観測網整備プロジェクト”を立ち上げた. 本報では, ユビキタスブイを紹介し, これまでの成果について報告する.

## 2 ユビキタスブイ

ユビキタスブイとは北海道におけるホタテ養殖, コンブ養殖などの水産業支援を目的として著者らが開発した小型水温観測ブイ[2]であり, 水産試験場, 漁業協同組合等と連携することによりこれまでに延べ 80 基のユビキタスブイを北海道の沿岸海域に設置してきた.

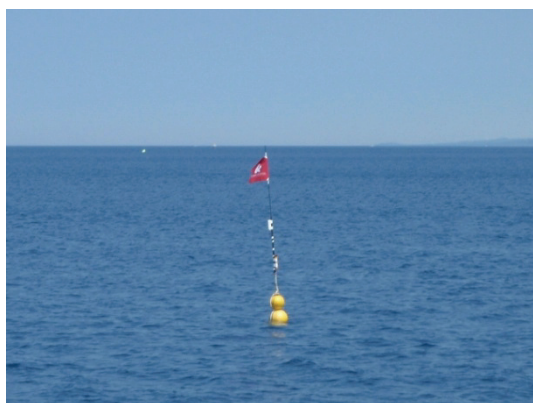


図 1 ユビキタスブイ

ユビキタスブイは従来の大型高価な海洋観測ブイとは異なり, 漁業者が個人単位で導入可能な小型安価な水温観測ブイをコンセプトとしている. そのため, 制御ボード, および, 水温計は電子回路の設計からプログラムの実装まで全ての開発を独自に行った. 表 1 に制御ボードの仕様を, 表 2 に水温計の仕様を示す. 制御ボードは省電力化のため 2CPU 構成を採用しており, 冬季には氷点下となる亜寒帯海域での利用においても単一形アルカリ乾電池 4 本で 1 年間の連続動作を実現している. また, 水温計は高精度サーミスタを温度センサに採用しており, 16 段までの多段接続による多層計測が可能である.

表 1 制御ボードの仕様

メイン CPU	HD64F3069RF (Renesas)
メインクロック	16 MHz
OS	Smalight PPP (Renesas)
サブ CPU	PIC12F683 (Microchip)
サブクロック	31 kHz
待機時電流	170 uA typ.
動作時電流	188 mA typ.
サイズ	80 mm × 50 mm
重量	22 g
バッテリー	単一形アルカリ乾電池 × 4 本
連続動作時間	約 1 年間

表 2 水温計の仕様

CPU	PIC12F683 (Microchip)
クロック	4 MHz
インターフェース	RS-485
待機時電流	1 uA typ.
動作時電流	390 uA typ.
計測範囲	-9.9 °C ~ 25.0 °C
計測精度	0.2 °C
サイズ	70 mm × 12 mm
重量	5 g
バッテリー	CR1220 リチウムバッテリー × 1 個
連続動作時間	約 2 年間

\* wada@fun.ac.jp

\*\* <http://www.mict.or.jp/>

また、ユビキタスブイは小型計量であることから特殊な浮体を用いることなく、日常的に利用されている漁具を用いて設置することができ、漁業用の標識竿が一般的に利用されている。係留に関しても、土俵や小型船舶用のアンカーが利用されており、数名の漁業者により手作業で容易に設置することができる。このように低コストで導入、設置ができることから、ユビキタスブイは多点観測に適しており、多層計測と合わせて三次元の水温観測が可能となる点が最大の特徴である。

図2にシステム構成図を示す。ユビキタスブイは1時間毎に水温を計測し、携帯電話のポケット網を用いてインターネットに接続した後、電子メールで水温データを送信する。インターネット上にはWebDBサーバを構築しており、WebDBサーバは水温データを受信し、蓄積すると同時に水温データに異常を検出すると登録先の電子メールアドレスに警告メールを送信する。漁業者は携帯電話やパソコンからWebDBサーバにアクセスすることによってテキストやグラフとしてリアルタイムで水温を把握することができる。



図2 システム構成図

### 3 亜熱帯海域における評価と開発

#### 3.1 ユビキタスブイの評価

ユビキタスブイは亜寒帯海域における気象条件、海象条件を前提として開発していることから、最初に亜熱帯海域での実用性を評価する必要がある。そこで、平成20年4月7日、1基のユビキタスブイを知念岬沖に設置し実用性の評価を行った。設置したユビキタスブイは約3ヶ月間、水温の計測を続けた後流出した。その結果、亜熱帯海域に適用させるためには高波浪に耐える浮体の

形状を検討する必要があること、ならびに、水温計の計測範囲の上限を拡張する必要があることがわかった。

#### 3.2 石西礁湖での水温観測

次に、日本サンゴ礁学会保全委員会からの要請により、石西礁湖において多層計測の実験を行った。石西礁湖は日本最大のサンゴ礁海域であり、平成20年度には環境省が常時モニタリングシステム[3]を導入している。平成20年5月28日、1基の多層計測式ユビキタスブイを石西礁湖に設置した(図3)。設置海域の水深は約20mであり、表層から水深5m以浅は1m毎に、水深5m以深は5m毎に水温計を設置し計8層の水温観測を実施した。なお、水温の計測範囲は-9.9°C~40.0°Cとなるよう水温計の改良を行っている。



図3 石西礁湖での多層計測実験

実験開始から約1ヶ月経過した低気圧の通過後、15m層、および、10m層の水温データが取得できなくなったことから通信ケーブルの断線を確認した。その後、5m層、4m層の水温データも取得できなくなり7月上旬に知念岬沖と同様に流出した。しかしながら9月、10月の台風シーズンにおける水温データの蓄積を行うことを目的に、同タイプのユビキタスブイを平成20年7月21日に同海域に設置した。設置後約2ヶ月間は順調に水温データの取得を行うことができたが、その後通信ケーブルの断線が確認された。さらに、漂流しているとの連絡を受けたことから回収を行った。回収直前の水面下の状態を図4に示す。回収したユビキタスブイは係留索が破断しており、通信ケーブルは複数箇所で切断していた。漂流の原因は係留索に16mmのクレモナロープを用いていたことから、低気圧の通過に伴う擾乱により係留索が岩礁に繰り返し擦れることで破断したものと推測される。



図4 切断した通信ケーブル

平成 20 年 10 月 29 日、これらの結果を受け、設置海域を水深約 5m の浅海域に移動し表層のみの単層計測としたユビキタスブイを設置した。また、係留索にはクレモナロープではなく 6mm のワイヤロープを用いることにより流出防止を図った。これらの対策により設置から 10 ヶ月を経過した現在も石西礁湖のユビキタスブイは順調に稼働している。

### 3.3 亜熱帯海域用ユビキタスブイの開発

知念岬沖、および、石西礁湖での評価、実験の結果、ユビキタスブイのシステム面での実用性を確認することができた。一方、海象条件の違いにより擾乱に耐える構造を検討する必要があることがわかった。そこで、図 5 に示す亜熱帯海域用ユビキタスブイを設計した。

漁具であるフロートを浮体とし、その上に電源を含む制御部を積み重ねた一体構造としている。さらに、表層のみの単層計測の場合には浮体の中心を貫通したパイプの中に水温計を配置することで通信ケーブルの露出をなくし、断線を回避している。一方、多層計測の場合には表層の水温計のみをパイプの中に配置し、パイプの中心から通信ケーブルを引き出し、係留索に添わせて通信ケーブル、および、水温計を固定する設計とした。

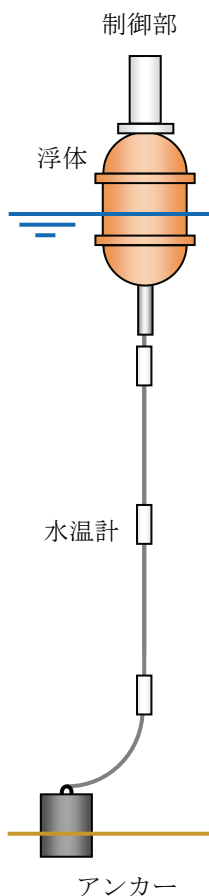


図5 亜熱帯海域用ユビキタスブイ

## 4 慶良間海域における水温観測網の構築

慶良間海域は日本有数のサンゴ礁海域であり、日本政府が取り組む沖ノ鳥島のサンゴ増養殖の試験海域となっている。そこで、開発した亜熱帯海域用ユビキタスブイを用いて慶良間海域の水温観測に取り組んでいる。平成 21 年 2 月 5 日、渡嘉敷の阿波連沖に単層計測式ユビキタスブイを設置した。また、平成 21 年 3 月 12 日には座間味の安慶名敷沖に単層計測式ユビキタスブイを設置した。いずれのユビキタスブイも順調に稼働した。

平成 21 年 7 月 23 日、メンテナンスのため阿波連沖、および、安慶名敷沖のユビキタスブイの入れ替えを行った。このとき、阿波連沖については表層に加え水深 3m 層の水温も計測する多層計測としている。図 6 に阿波連沖の多層計測式ユビキタスブイを示す。また、図 7 に水面下から見た多層計測式ユビキタスブイの設置状況を示す。



図6 多層計測式ユビキタスブイ

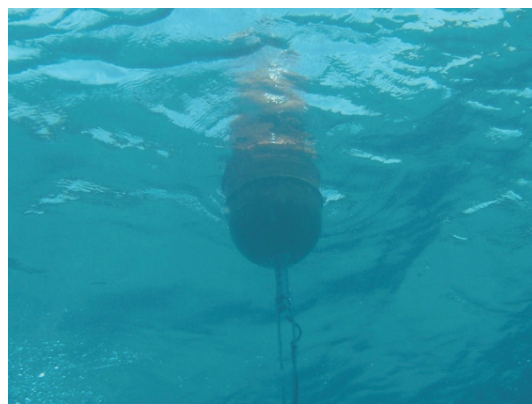


図7 多層計測式ユビキタスブイの設置状況

なお、平成 21 年 9 月中旬に阿嘉に単層計測式ユビキタスブイを設置する計画であり、これにより 3 基のユビ



キタスブイによる慶良間海域の水温観測網が構築される。表3に慶良間海域の水温観測網を構築するユビキタスブイの仕様を示す。

表3 ユビキタスブイの仕様

	渡嘉 敷1	渡嘉 敷2	座間 味1	座間 味2	阿嘉 1
ワイヤ径	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	5 mm
浮力	20 kg	30 kg	30 kg	30 kg	30kg
ウェイト	6 kg	6 kg	7 kg	6 kg	7kg
計測層	単層	多層	単層	単層	単層
アンカー	C/B	C/B	岩礁	岩礁	未定

※C/B コンクリートブロック

図8に阿波連沖の多層計測式ユビキタスブイにより計測した水温グラフを示す。上段から月変動グラフ、週変動グラフ、日変動グラフを表している。月変動グラフからは発達した低気圧の通過により攪拌が生じ、表層と水深3m層の水温が一定期間ほぼ等しい値を示していることがわかる。週変動グラフからは表層の水温が太陽光による影響を大きく受け変動している様子が見受けられる。また、1時間で水温が±2℃以上変化する状態も観測されている。さらに、阿波連沖と安慶名敷沖では水温変化の傾向が異なることが確認された。

## 5 おわりに

ユビキタスブイにより計測した全ての水温データはホームページ (<http://www.buoy.jp/>) で公開している。ユビキタスブイは従来の大型高価な海洋観測ブイによる1点観測ではなく、水温観測網の構築による三次元の水温観測に適している点が大きな特徴である。また、リアルタイムで水温データがサーバに蓄積されることから、回収後に水温データをダウンロードするデータロガーとは異なり、万一の流出の際にも計測した水温データの紛失が生じないという点で優れている。

琉球弧海水温観測網整備プロジェクトは100基のユビキタスブイによる水温観測網の構築を目標としていることから、現在、より容易に製作することができ、より容易に設置することのできる量産型ユビキタスブイの開発に取り組んでいる。

今後は関係機関との連携を図り、サンゴ礁保全のための水温データを提供していきたいと考えている。

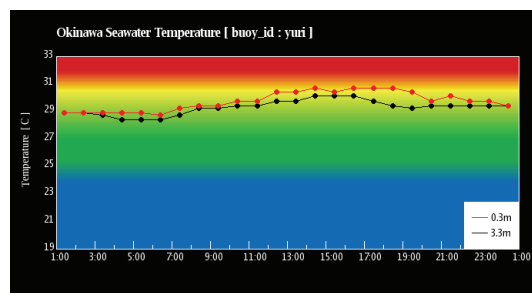
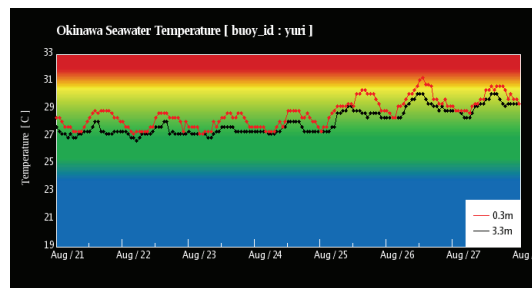
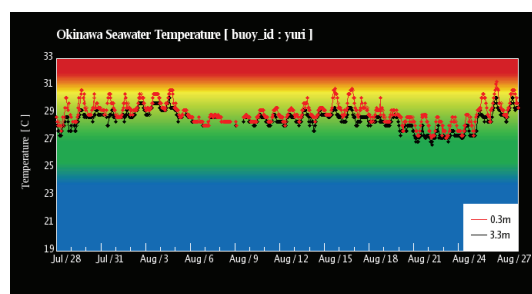


図8 水温グラフ

## 謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構「シーズ発掘試験(発展型)」, および、公立はこだて未来大学「戦略研究費」の支援により実施しています。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 吉田隆, 和田雅昭, 戸田真志, 畑中勝守, “琉球弧における水温観測網の構築”, 日本海洋学会春季大会講演要旨集, pp.240, 2009.4
- [2] Masaaki Wada, Katsumori Hatanaka and Masashi Toda, “Developing a Water Temperature Observation Network based on a Ubiquitous Buoy System to Support Aquacultures,” Journal of Communications, Vol.3, No.5, pp.2-11, 2008.11
- [3] 環境省, 石西礁湖常時モニタリングシステム, <http://www.e-monitoring.jp/>