

# *CT&C*が有する連続観測機器と その活用事例

柏 俊行 (株式会社*CT&C*)

東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究集会  
連続観測機器を用いた海洋環境モニタリングと  
有効活用に関する研究会

日 時：平成27年10月22日（木）

# 1. CT&Cとは

主に海の中で光が織りなす現象を見つめて環境を把握する  
WET Labs社及びSatlantic社の計測器を扱っている。



## 2. 連続観測機器

主な機器を以下に示す。

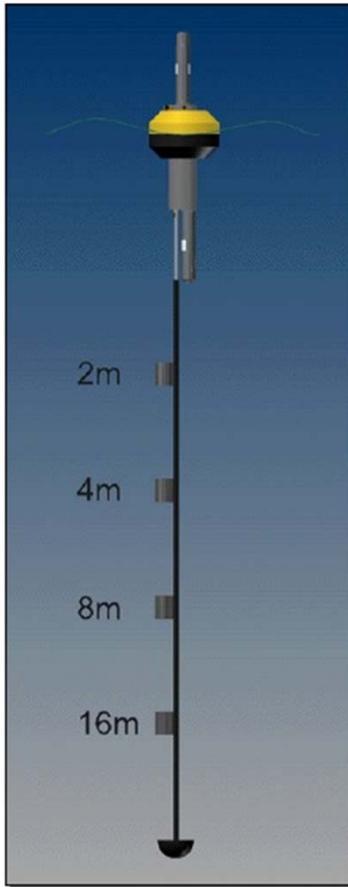
- 連続分光水中放射照度・輝度計(Hyper-spectral irradiance / radiance radiometer : Hyper OCR))
- 光量子計 (Photosynthetically Available Radiation Sensor : *ECO* - PAR)
- 生物発光評価ツール (Underwater Bioluminescence Assessment Tool : UBAT)
- 水質モニター (Water Quality Monitor: WQM(水温・塩分・DO・クロロフィル・後方散乱又は濁度))
- 蛍光光度計 (Fluorometer : *ECO*-FL ( Chlorophyll-a, CDOM, Uranine, Rhodamine, Phycoerythrin and/or Phycocyanin))
- pH計 (pH sensor :SeaFET Ocean pH Sensor)
- 硝酸塩計 (Submersible Ultraviolet Nitrate Analyzer: SUNA)
- リン酸塩計 (In Situ Dissolved Phosphate Analyzer: Cycle PO<sub>4</sub>)

# 3. 活用例

連続分光水中放射照度・輝度計(Hyper-spectral irradiance / radiance radiometer : Hyper OCR)) 及び PAR

Hyper-spectral irradiance / radiance radiometer

350- 800 nm  
3.3 nm / ピクセル  
136波長



HyperTSRB II



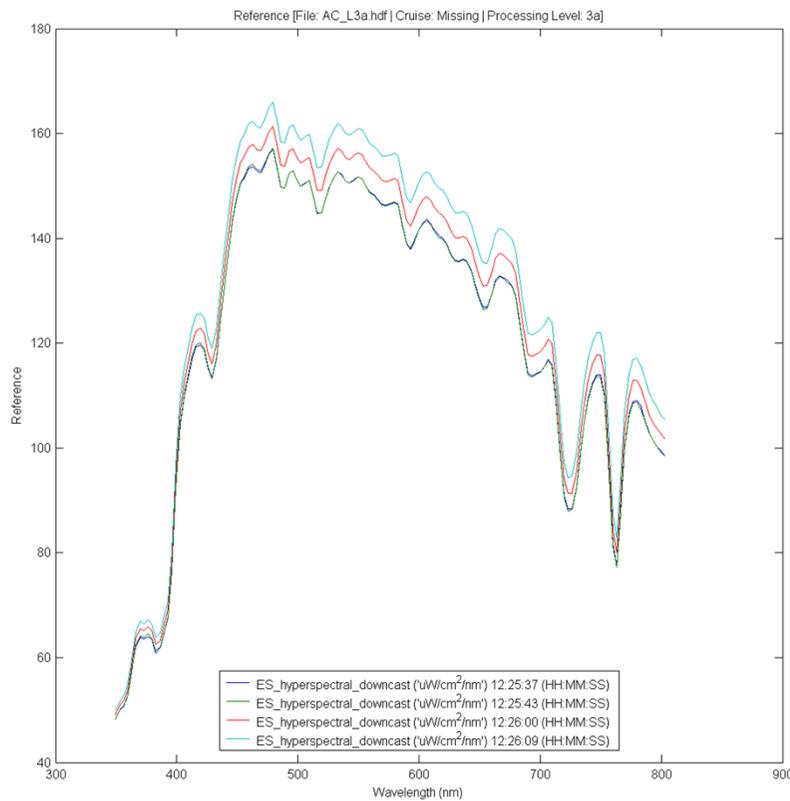
ECO PAR Sensors



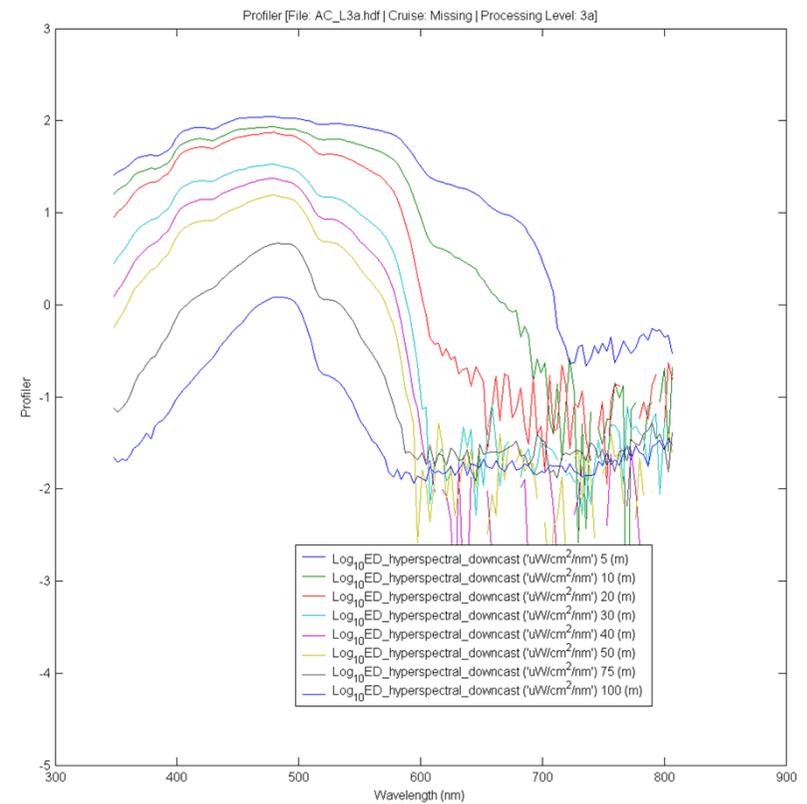
Hyper OCR with shutler

# 連続分光水中放射照度・輝度計 データ

## Hyper 天空照度データ



## Hyper 水中深度別データ



# 生物発光評価ツール (Underwater Bioluminescence Assessment Tool : UBAT)

プランクトンのコミュニティの反応、環境の変動の研究

## Optical

*Detectors* Photomultiplier Tube

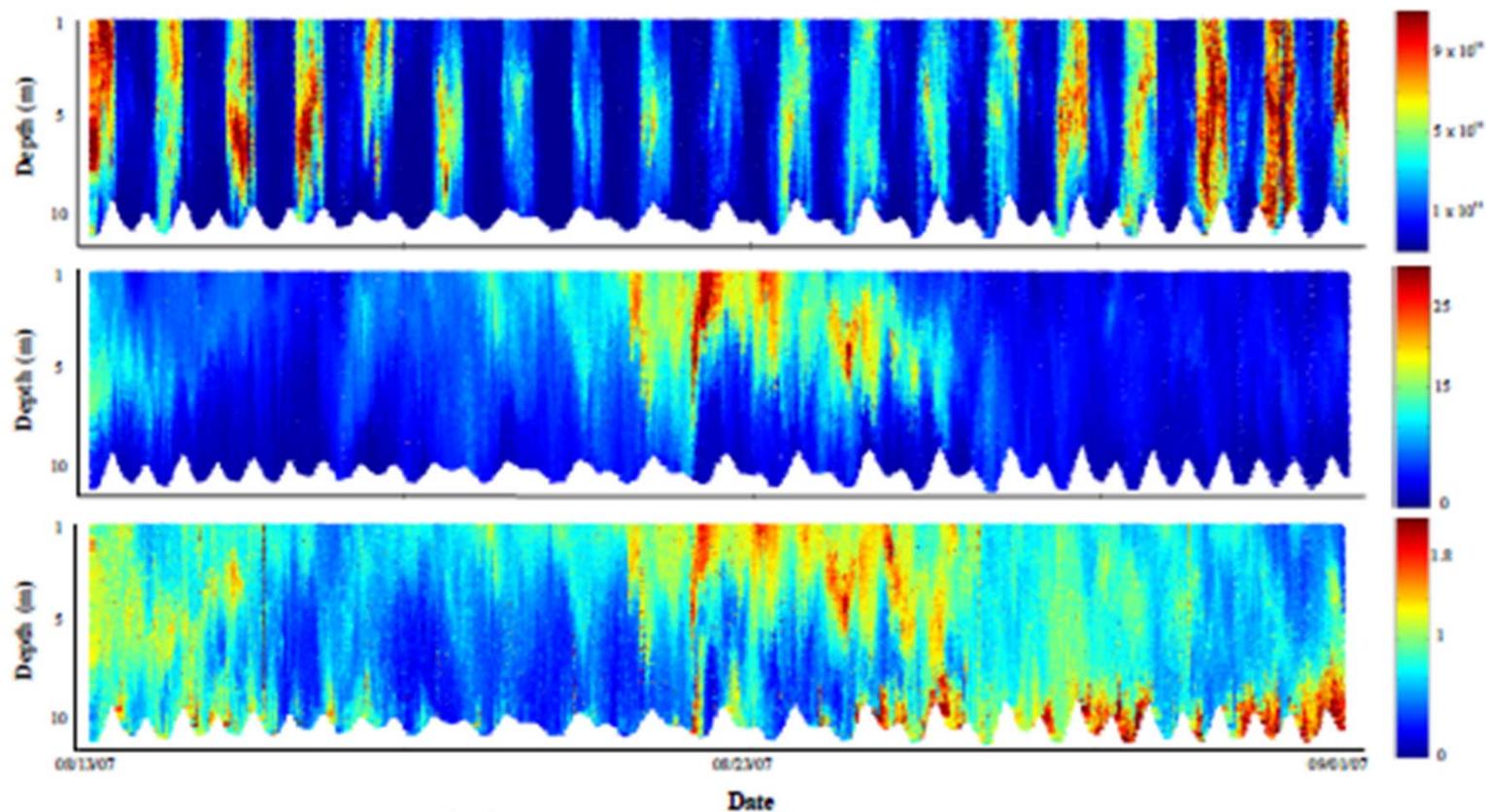
*Detection range*  $1.50e7 - 6.7e13$  Photons s<sup>-1</sup>

## Environmental

*Temperature range* 4–38 deg C

*Depth rating* 600 m





*Bioluminescence ( $\text{photons L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), chlorophyll-a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ), and turbidity (NTU) vertical time series collected with an autonomous profile mooring between August 13–31, 2007, at the California Polytechnic State University Center for Coastal Marine Sciences located in Avila Beach, CA.*

水質モニター (Water Quality Monitor: WQMx (水温・塩分・DO・クロロフィル・後方散乱又は濁度)+CDOM)

WQM Chlorophyll : 0–30, 0.015 µg/L  
WQM Turbidity 700 nm: 0–25, 0.013 NTU

WQMx CDOM : 0–375, 0.18 ppb

WQMx Scattering 700 nm: 0–3, 0.002 m<sup>-1</sup>

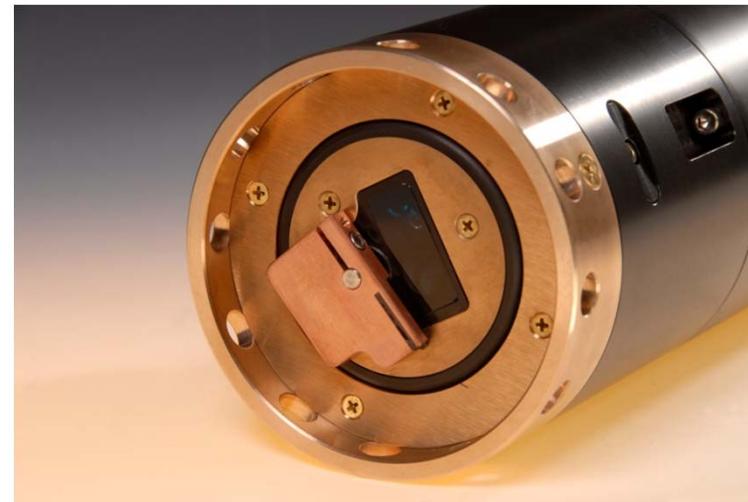
Conductivity: 0–9 S/m 0.0003 S/m

Temperature: -5–35 ° C 0.002 °

Depth (Pressure) :1–100 or –200 m

0.1% full scale 0.002% full scale

Dissolved Oxygen: 120% of saturation  
(150% on request) 2% of saturation



# 公開リアルタイムデータ 係留観測現場

Real-time data publication services in  
action:

Columbia River, Oregon

Yaquina Bay, Oregon

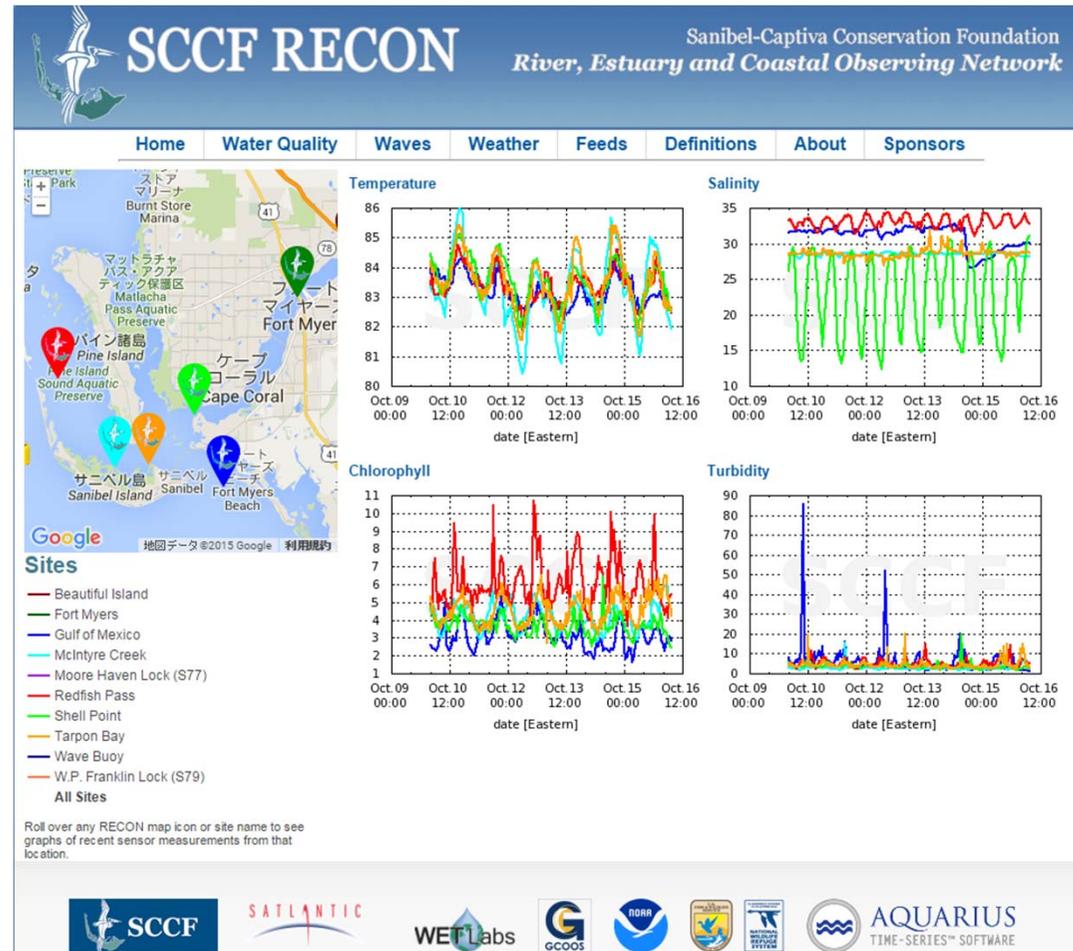
Chesapeake Bay

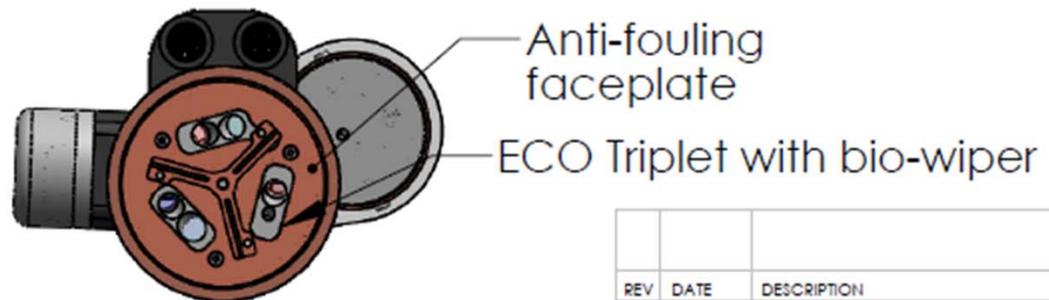
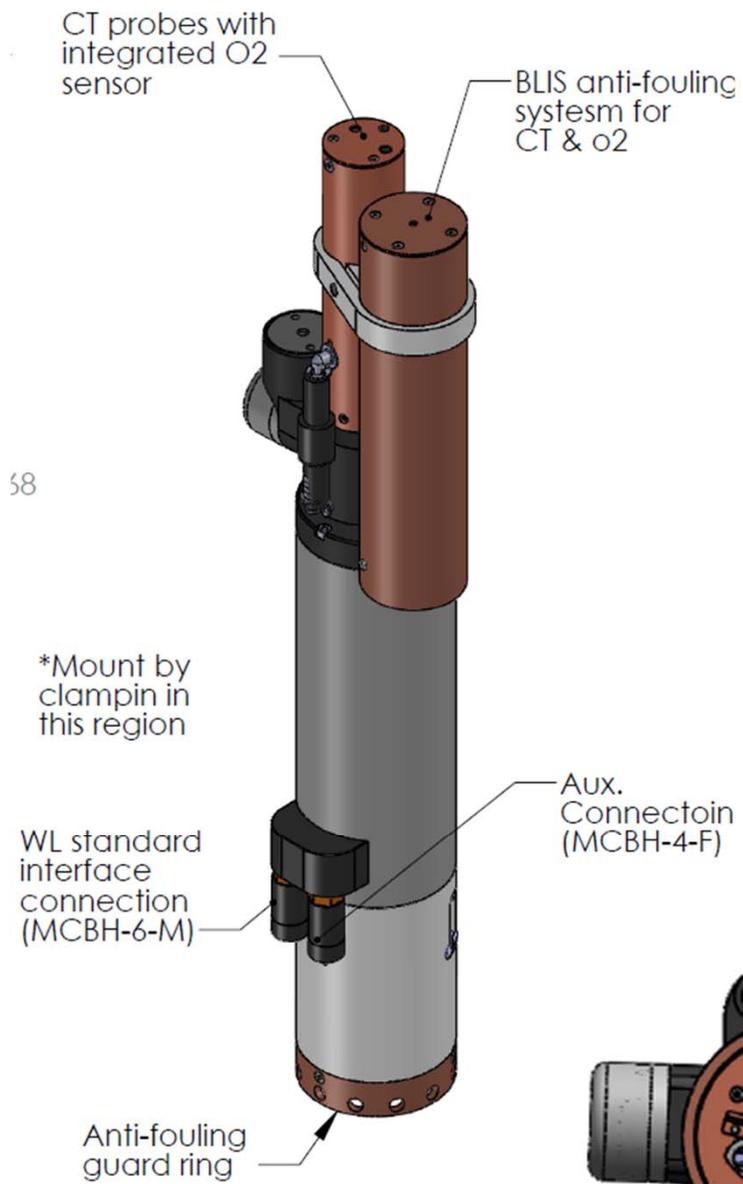
SCCF RECON, Florida

Northwest Arm, Nova Scotia

Storestrømmen, Denmark

Western Channel Observatory, UK





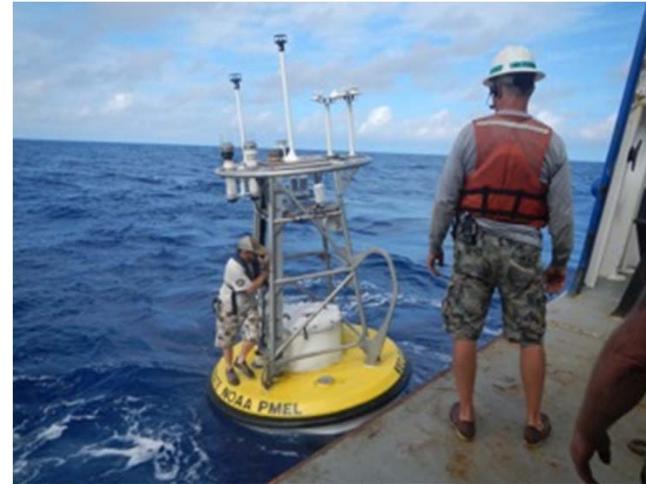
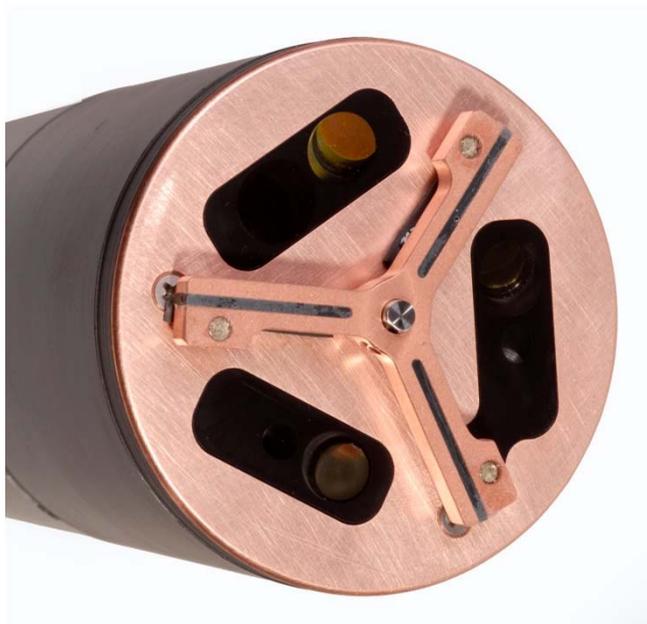
REV	DATE	DESCRIPTION

# 蛍光光度計/後方 散乱計 ECO Triplet-w

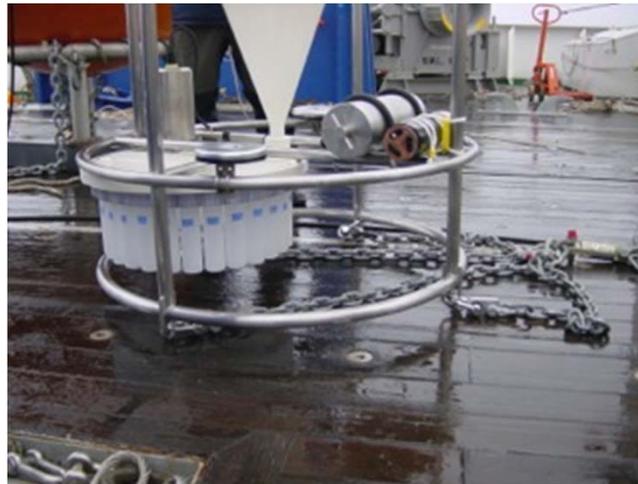
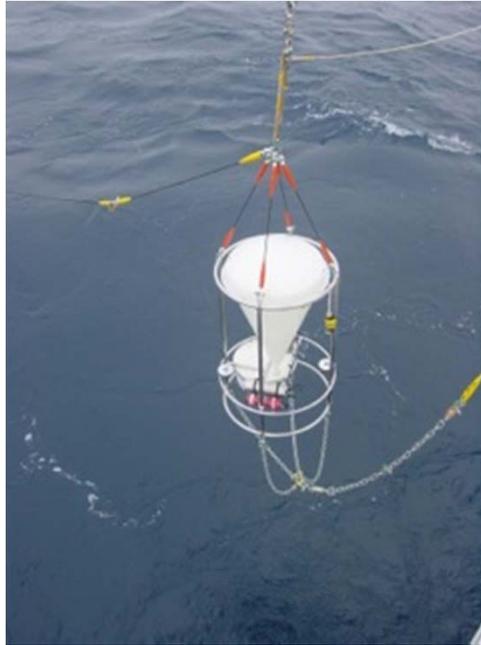
Scattering wavelengths: 470, 532, 650,  
or 700 nm

Chlorophyll EX/EM: 470/695 nm

CDOM EX/EM: 370/460 nm



NOAA buoyに搭載  
水深20m、係留期間:2015年9月10日  
~2016年9月予定  
写真提供:JAMSTEC 本多 牧生氏



Sediment Trapに搭載  
写真提供：JAMSTEC 本多 牧生氏

## pH計 (pH sensor :SeaFET Ocean pH Sensor)

海洋の酸性化研究・珊瑚礁の生理学  
と感度解析・沿岸部の生物学的研究・  
環境モニタリング

Measurement Range	6.5 - 9.0 pH
Initial Accuracy	0.02 pH
Typical Stability pH/month	0.003
Precision	0.004 pH
Internal Memory	4 GB
Supply Voltage Range	6 - 18 VDC
Communication	RS-232, USB
Weight (with batteries)	5.4 kg in air; 0.1 kg in water
Maximum Depth	50 m
Temperature Range	0 to 50 deg C



## 現場用硝酸塩センサー

### ISUS V3

### 硝酸塩計 (Submersible Ultraviolet Nitrate Analyzer: SUNA V2)

ISUS（現場用硝酸塩計）は  
MBARI（モンレー湾水族館研究  
所）で開発された紫外線の吸光度  
から硝酸塩値を導き出す測器で多  
くの信頼できる実績をもっています。  
SUNAはISUSの原理と精度を其のま  
ま継承して小型軽量を計った機器  
です。

検出レンジ: 3000  $\mu\text{M}$ （光路長  
10mm）、4000  $\mu\text{M}$ （光路長5mm）  
精度:  $\pm 2 \mu\text{M}$ （ $\pm 0.028 \text{ mg/l-N}$ ）、  
または読取値の $\pm 10\%$ のいずれか  
良くない方  
ランプの寿命: 900 時間



ISUS V3



SUNA V2



Biofouling guard



SUNA V2 with biofouling wiper

# 公開リアルタイムデータ係留観測現場

## ◆ 東京大学海洋研究所 大槌湾環境モニタリング

機種: SUNA V2 with biofouling wiper 係留水深: 3 m深および 35m深

データ転送: イリジウム衛星電話端末

## ◆ 宮城県気仙沼水産試験場 気仙沼湾テレメータ水質情報 (気仙沼湾内ニツ根)

機種: ISUS V3 with Cu Biofouling guard 係留水深: 3 m深

データ転送: FOMA電話端末

## ◆ 岡山県農林水産総合センター 水産研究所 児島湾沖の硝酸塩連続観測

機種: SUNA V2 with Cu Biofouling guard 係留水深: 3 m深

データ転送: FOMA電話端末

# リン酸塩計 (In Situ Dissolved Phosphate Analyzer: **Cycle PO<sub>4</sub>**)

Rated Depth: 200 m

Input : 10.5 -18 VDC

Current: 30 uA

Communication : RS 232、SDI-12

Data memory: 1 GB CF Card Type II

## 光学系

Wavelength: 870 nm

Path length: 5 cm

Linearity: > 95% R2

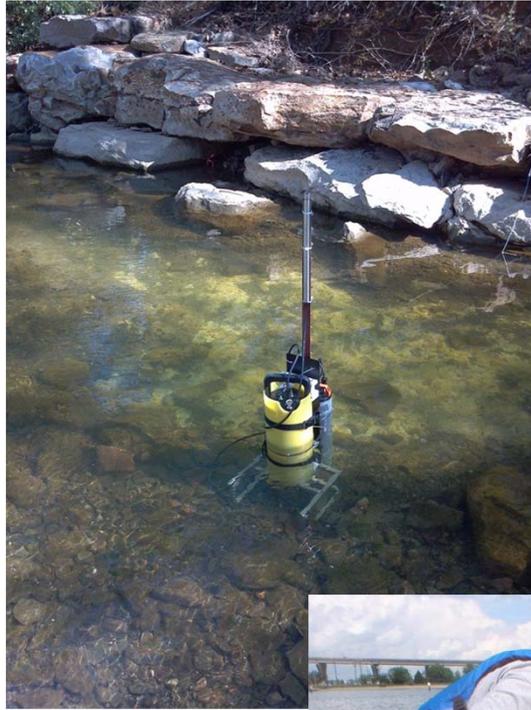
## 精度・測定範囲

Standard deviation of standard  
solution of 2.6 μM:

equal to or less than 0.0015 mg/L  
PO4-P

Rangel: 0-0.3 mg/L PO4-P





**LOBO**

**Land/Ocean Biogeochemical Observatory**



**Latest.** *Click site name for data.*

**Weather**

IRL-LP Indian River Lagoon - Link Port  
2015-10-19 22:00:00 EST [Q](#)

IRL-JB Indian River Lagoon-Jensen Beach  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

IRL-SLE Indian River Lagoon-St. Lucie Estuary  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

SLE-ME St. Lucie Estuary-Middle Estuary  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

SLE-NF St. Lucie Estuary-North Fork  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

SLE-SF St. Lucie Estuary-South Fork  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

**Water Quality**

IRL-LP Indian River Lagoon - Link Port  
2015-10-19 22:00:00 EST [Q](#)

IRL-FP Indian River Lagoon - Fort Pierce  
2015-10-19 22:00:00 EST [Q](#)

IRL-VB Indian River Lagoon - Vero Beach  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

IRL-SB Indian River Lagoon - Sebastian  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

IRL-JB Indian River Lagoon-Jensen Beach  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

IRL-SLE Indian River Lagoon-St. Lucie Estuary  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

SLE-ME St. Lucie Estuary-Middle Estuary  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

SLE-NF St. Lucie Estuary-North Fork  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

SLE-SF St. Lucie Estuary-South Fork  
2015-10-19 23:00:00 EST [Q](#)

[Google Earth](#) [iHP Device](#)

**FAU Harbor Branch Indian River Lagoon Observatory**

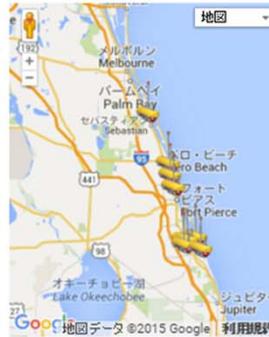


**The Indian River Lagoon Observatory Network of Environmental Sensors**

The Indian River Lagoon (IRL) is situated along 156 miles of Florida's east coast. Urbanization, excessive freshwater releases, degradation of water quality, contaminant loading, loss of habitat (e.g., seagrasses, mangroves), harmful algal blooms, decline of fisheries, and emerging diseases in marine mammals and other biota are increasingly important issues in the IRL, as they are throughout the world's estuaries and coastal waters. The Indian River Lagoon Observatory (IRLO), based at Florida Atlantic University's Harbor Branch Oceanographic Institute, is conducting long-term, multi-disciplinary, ecosystem-based research on this nationally significant estuary.

IRLO research and education activities are being enhanced by the deployment of an estuarine observation network of land/ocean biogeochemical observatory (LOBO) units and weather sensors to provide real-time, high-accuracy and high-resolution water quality/weather data through this dedicated interactive website. The LOBO network enables researchers to follow environmental changes in the IRL, assist resource and planning managers to make informed decisions, model and correlate environmental data to biological, chemical and physical phenomena, and contribute to education and public outreach on the lagoon.

Currently LOBOs are deployed at nine sites in the IRL and St. Lucie Estuary (SLE). Four sites in Indian River County and St. Lucie County are made possible by funding from FAU Harbor Branch, a grant from the Harbor Branch Oceanographic Institute Foundation, and grants from Florida's Save Our Seas specialty license plate. Five sites in the St. Lucie Estuary (SLE) and nearby IRL are funded the 2014 State Legislative Budget through the Florida Department of Environmental Protection (FDEP). A tenth site, made possible by the South Florida Water Management District and located in the SLE, will be deployed by the end of 2015. All of these sites are ecologically important because of the dynamic interface between oceanic water from the inlets with freshwater inputs from the river, canals, and Lake Okeechobee.



**Archived Data**

Use **LOBOviz** to graph and download archived data from this LOBO node.

**Configuration**

Manufacturer	Instrument	Measurements
Satlantic	LOBO	Power distribution Sensor control Wireless communication Data management
Satlantic	SeaFET pH	pH
Satlantic	SUNA Nitrate	Nitrate Concentration
WET Labs	WQMX Water Quality Monitor	Salinity, Temperature, Dissolved Oxygen, Turbidity, Chlorophyll Concentration, CDOM (Water Color), Depth (Pressure)
WET Labs	Cycle PO4 Meter	Phosphate
Nortek	Aquadopp	Current Speed, Current Direction

**Water Quality**  
IRL-LP Indian River Lagoon - Link Port  
2015-10-19 23:00:00 EST ✕

Temperature	23.29 °C 73.92 °F
Salinity	28.47 PSU
Dissolved Oxygen	6.84 mg/l
O2 % Saturation	94.72 %
Turbidity	17.52 NTU
CDOM (Water Color)	37.43 QSDE
Chlorophyll a	9.43 µg/L
Nitrate Concentration	4.7 µM 0.066 mg/L
Phosphate Concentration	14.96 µM 0.463 mg/l
Depth (Instrument)	2.120 m 6.96 ft
Current Direction	19.7 ° NNE
Current Speed	334.7 mm/s 1.10 ft/s

environmental changes in the IRL, assist resource

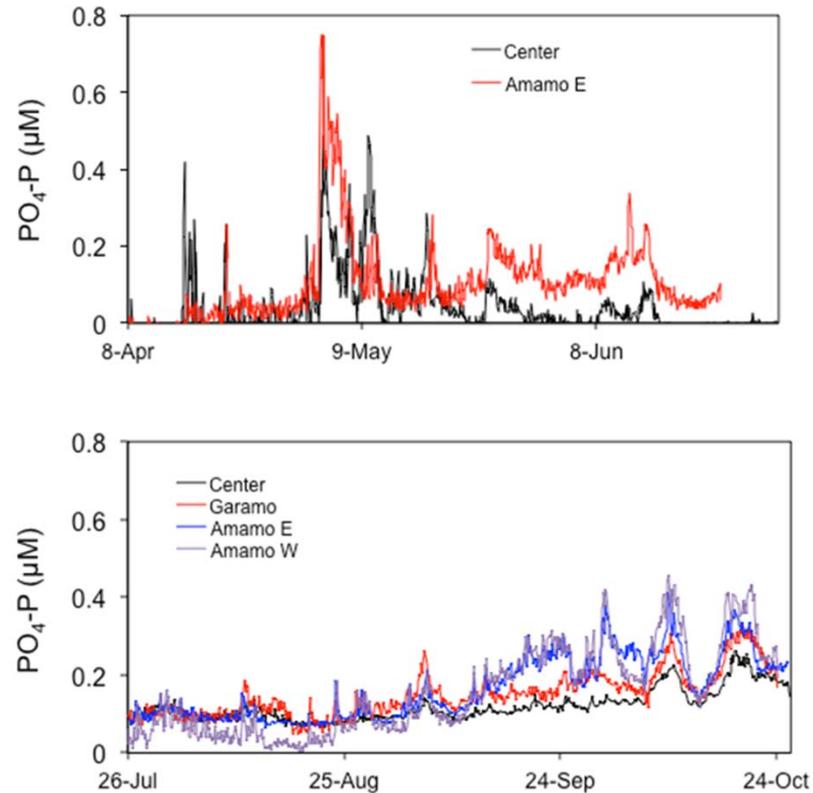
## 国内におけるリン酸塩計係留例

課題名:「海洋広域連続モニタリングシステムと海洋分析セクションの構築」  
報告書より抜粋

資料提供: 東京大学大気海洋研究所  
津田 敦教授・西部 裕一郎特任  
准教授

大槌湾におけるセンサー群を用いた海洋環境モニタリング  
2013年11月から2014年11月までの  
データ

「海洋環境の年間の変化が明らかになり、リン酸塩濃度が夏場に低下し冬場に上昇する様子や、植物プランクトンの春季ブルームが捉えられた (Appendix図2、3)。」と述べられている。



Appendix図2. 大槌湾におけるリン酸塩濃度の季節変化(2014年4月~10月)



# リン酸塩計 Cycle PO<sub>4</sub>のデータ

使用機器：現場用溶存リン酸塩分析器  
Cycle PO4 (WET Labs社)

係留期間：2011年7月26日～9月13日

係留場所：東京湾羽田沖

係留状態：水深12m、海底直上0.5m係留

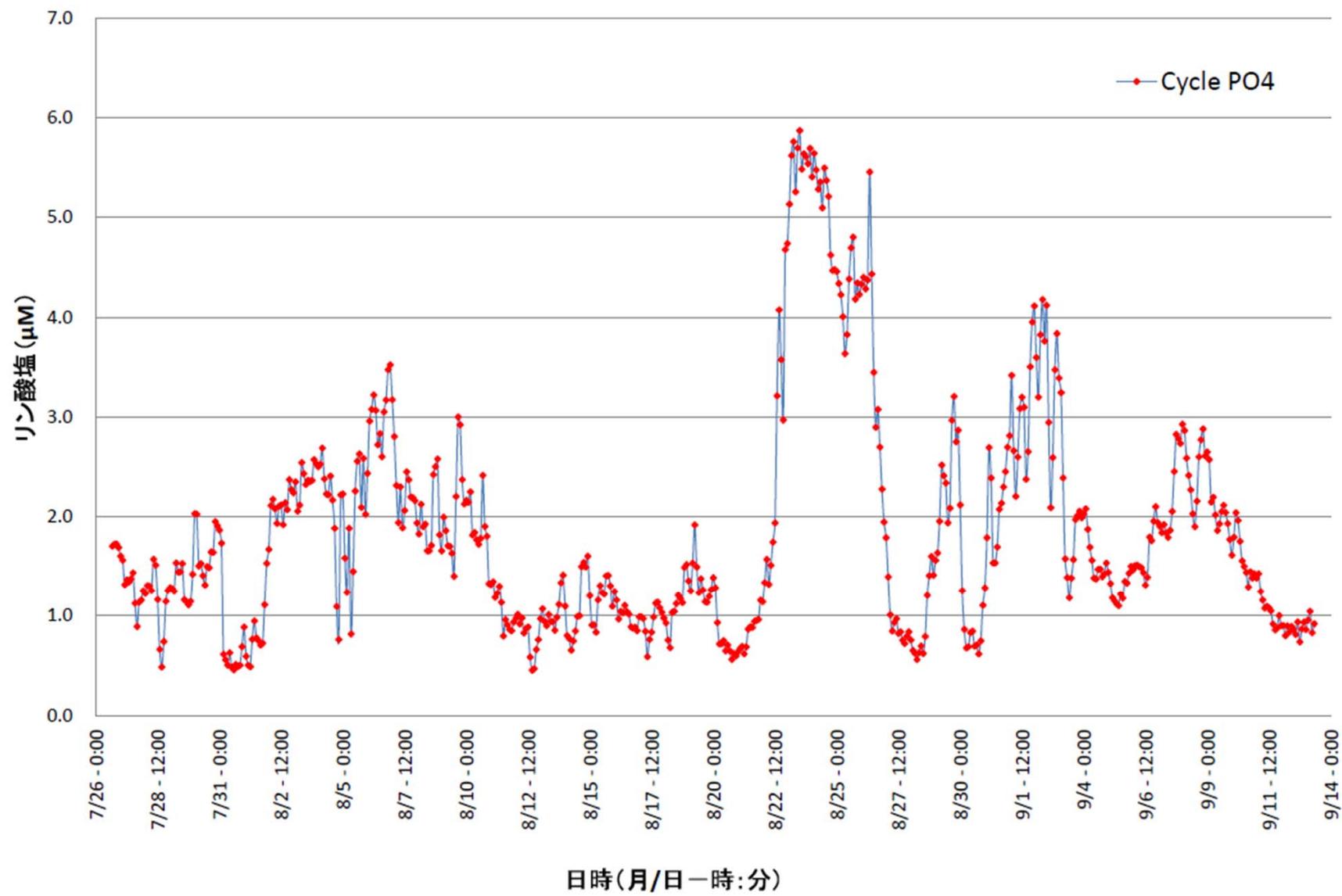
御協力機関：  
・東京海洋大学(神田穰太様)  
・羽田周辺水域環境調査研究委員会

発注者：関東地方整備局

横浜港湾空港技術調査事務所

受注者：三洋テクノマリン株式会社

# 現場用リン酸塩計データ\_2011年



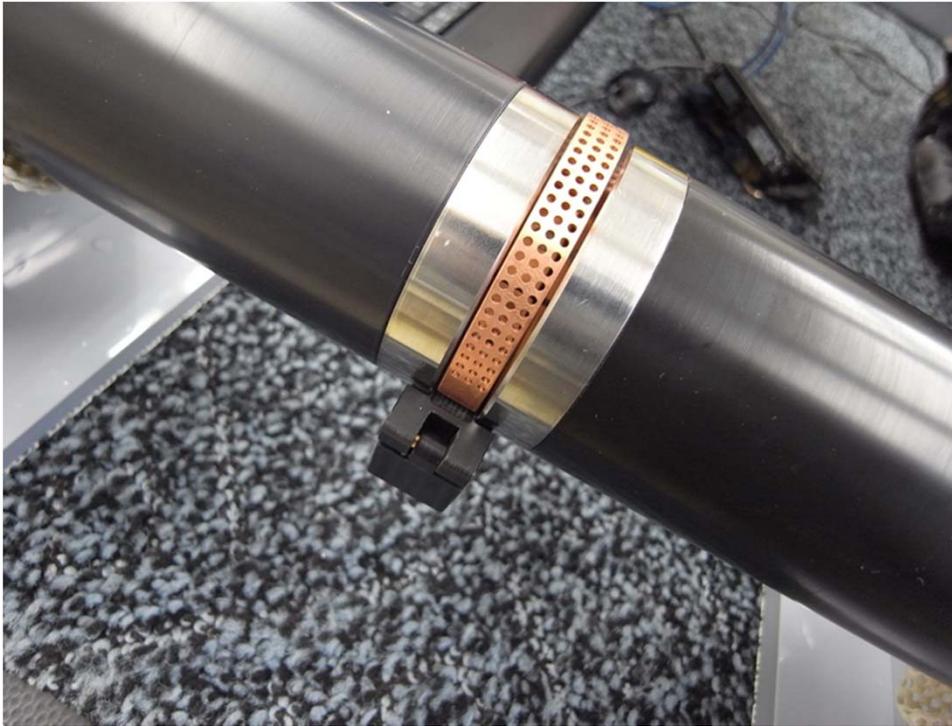
## 4. 問題点(精度維持と連続観測の持続)

### 4-1. 精度維持

4-1-1. 硝酸塩計に関する防汚: 現行の方法を紹介し長短所を示す。係留海域と季節に因って実証の必要性がある。



ISUS東京湾係留前と  
揚収後  
Cu Biofouling guard使  
用

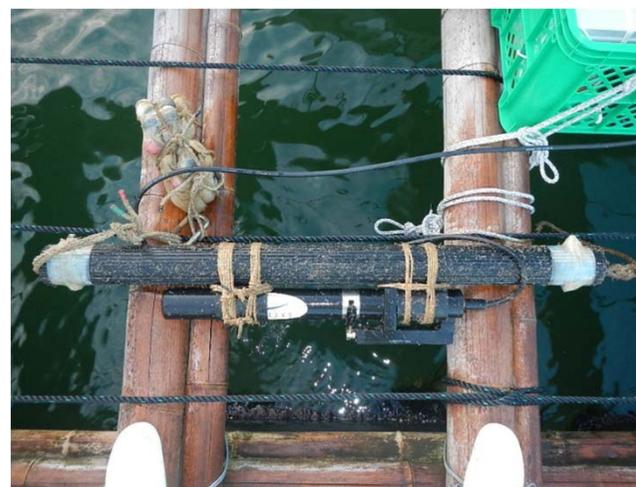


SUNAに装着したCu  
Biofouling guard

Cu Biofouling guardを使用した場合は生物体の付着は防げるがシルトの様なものは光学窓に付着する。  
また、筐体とBiofouling guardの隙間が比較的大きな浮遊物も光路に入り込む可能性がある。



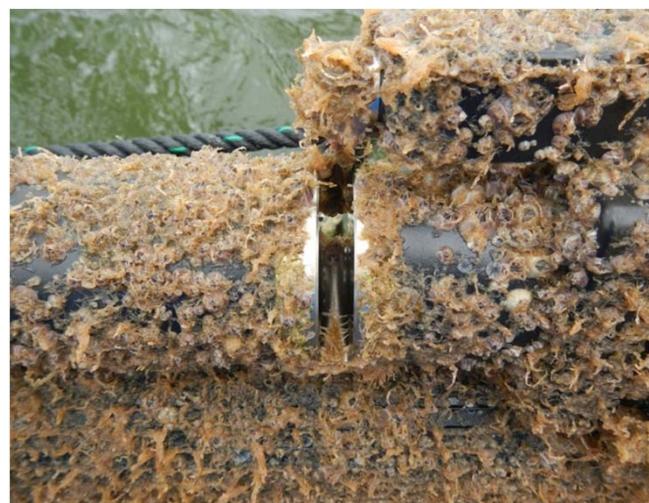
係留前



係留7日目



係留17日目揚収



「水中紫外線硝酸塩センサの設置テスト報告書」

御協力機関：株式会社 西村商会

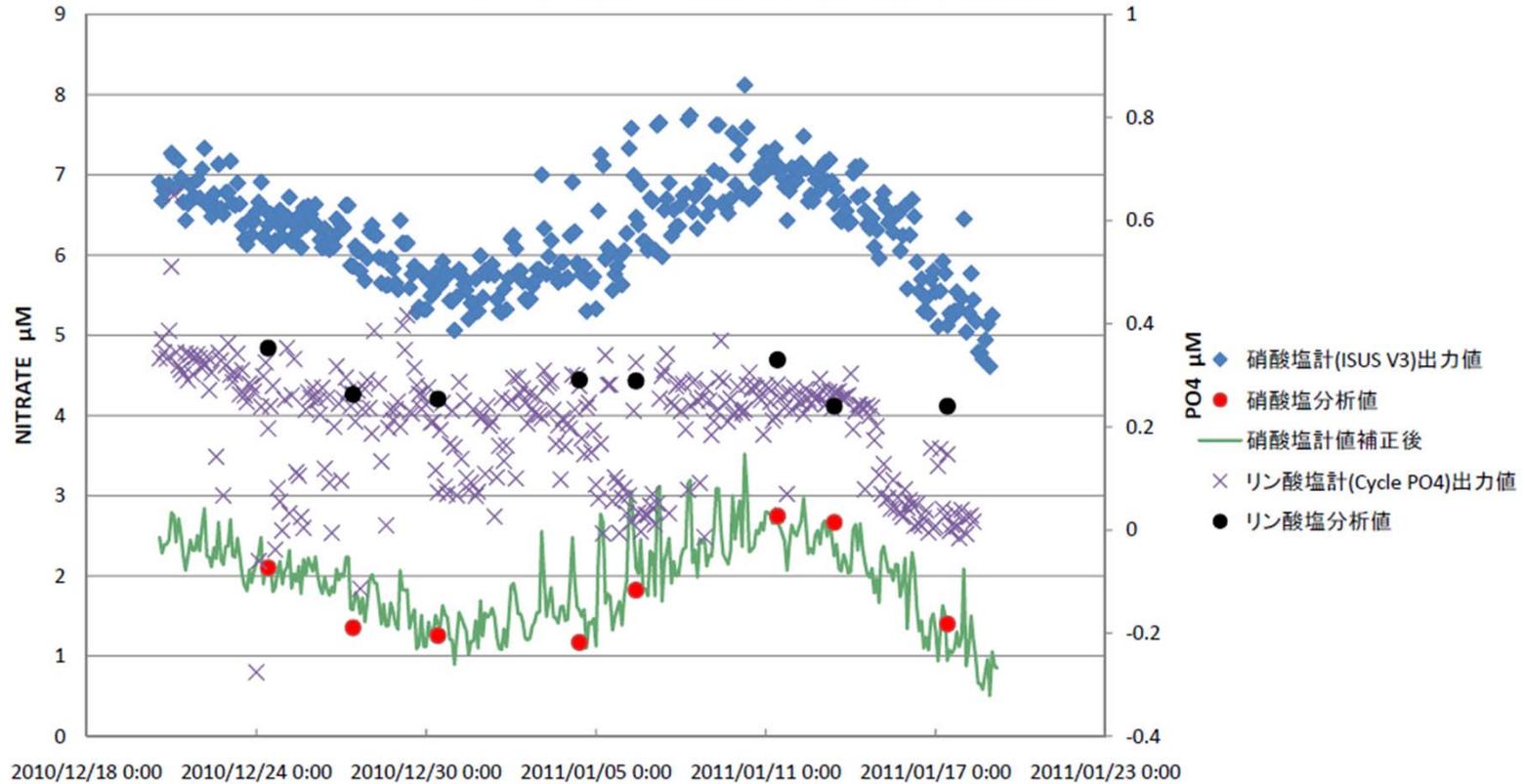


- Biofouling wiperはモーター駆動であるので故障の確率は高くなる。また、本写真は「大槌湾環境モニタリング」で使用しているSUNAであるがWiperが曲がっている。原因は不明である。
- WiperにするかCu Biofouling guardを用いるかは現場の状況により選択すべきであるが、購入時に長期間試すことが難しい。また、現行の方法を独自に改良して用いることも必要である。

#### 4-1-2. データ照合 (Cross-check):

測器で得られる値は絶対値ではない。Cross-checkの重要性を示す。

### 瀬戸内海黒島ノリ漁場の栄養塩2時間毎のモニタリング 2010/12/20 - 2011/01/19 (1ヶ月間)



ご協力: 岡山県農林水産総合センター水産研究所殿  
独立行政法人 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所殿

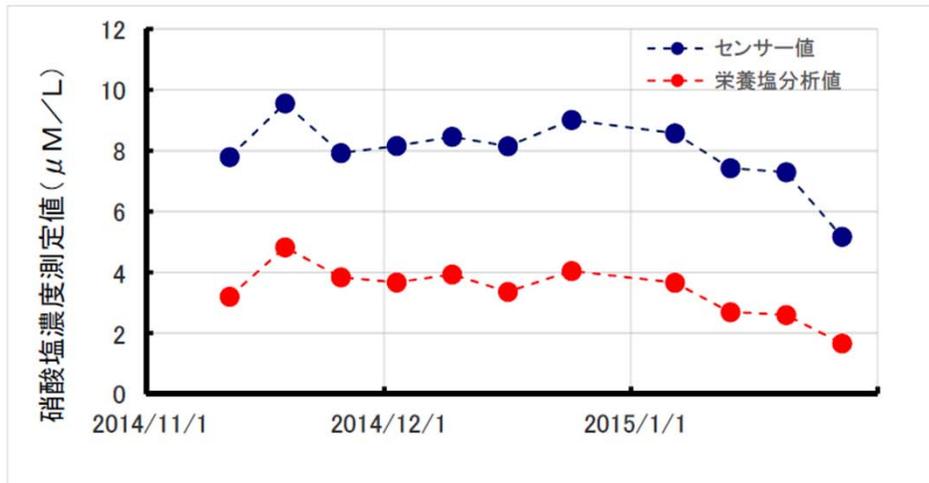


図2. 硝酸塩センサーの測定値(センサー値)と連続流れ分析装置での硝酸塩濃度測定値(栄養塩分析値)の比較。

徳島水研だより 第93号  
 (2015年3月掲載)  
 硝酸塩センサーの導入について  
 環境増養殖担当 池脇義弘

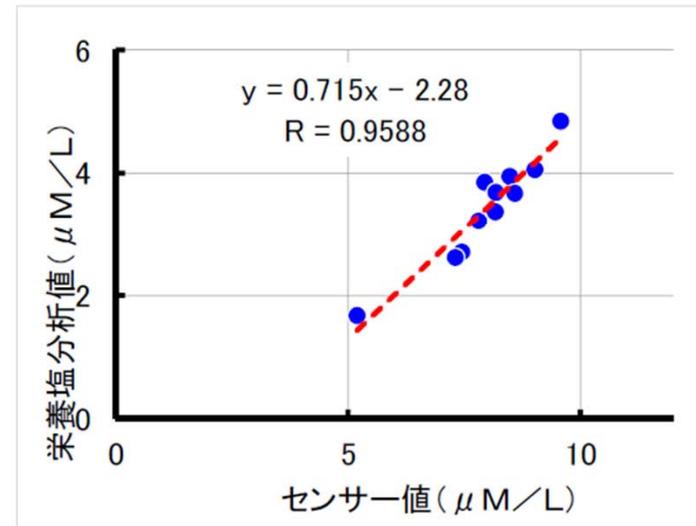
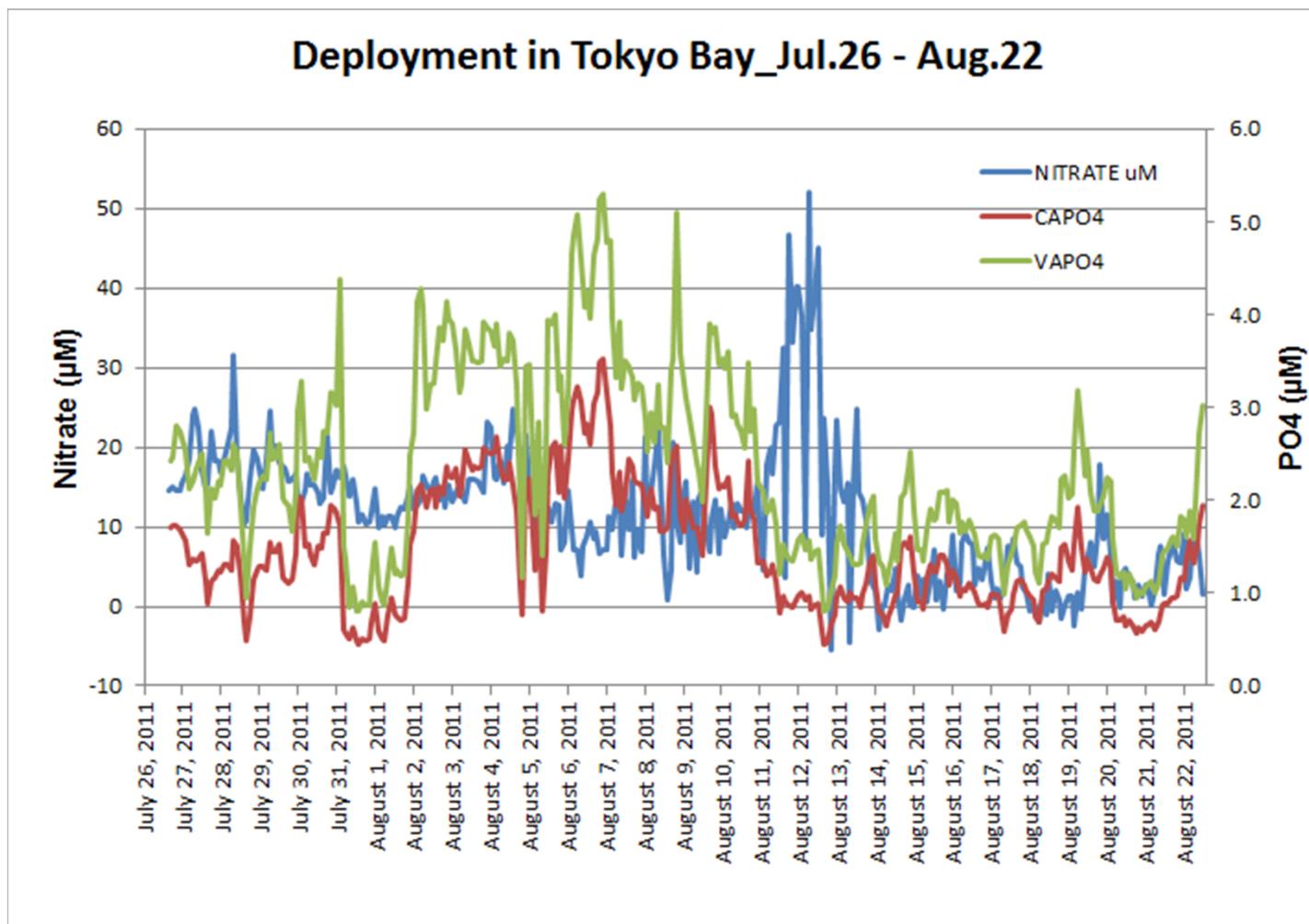


図3. 硝酸塩センサーの測定値(センサー値)と連続流れ分析装置での硝酸塩濃度測定値(栄養塩分析値)の関係。図中の式は、相関関係式。

# リン酸塩東京湾データ (Constant a\* と Variable a\* による値の違い)



センサーから出力される硝酸塩値とオートアナライザーによる値の相違  
および実験室で得られた $a^*$ を使用した場合と現場で得られる  
Reference(Standard)を測定して求めた $a^*$ を用いて計算されるリン酸塩値  
が相当ことなることからCross-checkは重要である。

## 4-2. 観測の持続

連続観測を長期間持続出来ないのは、海象の悪化により止むを得ず断念する他には機器のトラブルが多くの原因である。それを極力防ぐには、何をなすべきかを考える。観測機器を提供する会社が願うこと。それは、

- ①年一度のメンテナンス・サービス(校正を含む)を受ける。
- ②代替え器を保有すること。
- ③経験的にトラブルが起こりやすい部分のパーツを保有する。

ご清聴ありがとうございました。  
うございました。