

令和5年度マリノフォーラム2 1 水産セミナー

火散布沼ウニ養殖場におけるAI水質予報システムの開発と
四胴型自動航行船による水質観測事例の紹介

株式会社 東京久栄

2023年9月14日

目 次

1. はじめに
2. AI水質予報システムの開発
3. 四胴型自動航行船による水質観測事例
4. 今後の展開

1. はじめに

養殖業は低塩分水や赤潮等の被害を受けている



台風の大雨でウニ100万個死ぬ
北海道・浜中

9月の台風18号による大雨の影響で、北海道浜中町にある火散布沼の養殖ウニ約100万個が死んだことが4日、地元火散布漁協への取材で分かった。真水が流入し、沼の塩分濃度が急に下がったことが原因とされ、被害金額は1億5千万円に上るといふ。

散布漁協によると、火散布沼は海とつながっていて約200万個を養殖している。台風の後、とげが抜けて死んでいる大量のウニを漁業者らが確認した。例年は9月から出荷時期を迎えるが、残ったウニも弱っているとみられ、出荷できるかは不明だといふ。

低塩分水によるエゾバフンウニの斃死

2019年5月30日 朝刊 19ページ 愛媛全県

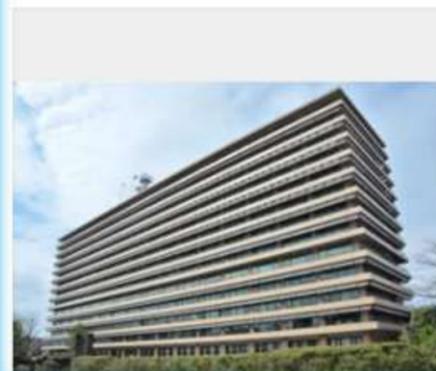
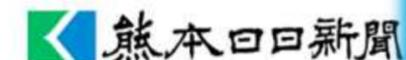
御荘湾の赤潮 養殖魚大量死
被害額3億8千万円

愛南町沿岸の御荘湾一帯で発生した赤潮で、養殖クロマグロが酸欠状態となり、大量に死んだことが分かった。県によると、養殖マダイと合わせて約4200匹が死に、合計被害額は約3億8千万円。県は29日、赤潮の終息宣言を出した。県水産課によると、2月中旬に御荘湾一帯で6年ぶりとなる赤潮の発生を確



熊本県の八代海で新たに赤潮被害、養殖魚22万匹死ぬ 県内で累計66万匹超に

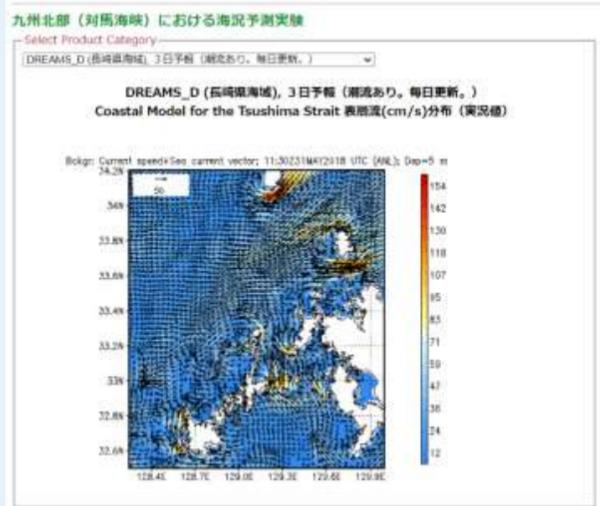
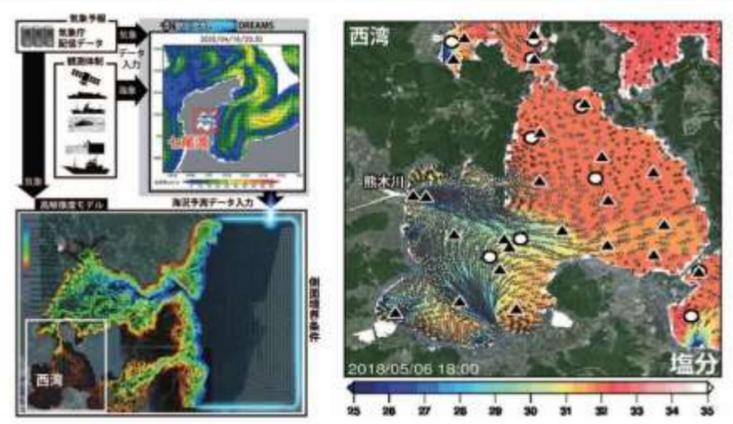
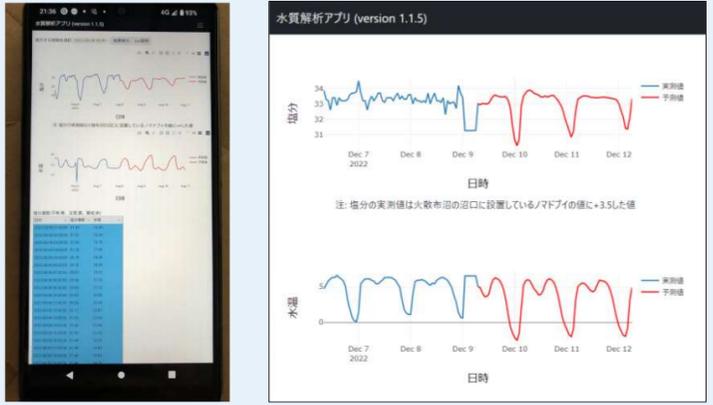
8/9(水) 17:59 配信



熊本県は9日、八代海で発生した有害プランクトンによる赤潮で新たに養殖魚計22万800匹が死んだと発表した。天草市と津奈木町から報告があり、累計は66万2950匹となった。八代海では3種のプランクトンによる警報発令が続いており、これまでに上天草市でも被害が出ている。

1. はじめに

水質予報技術は沿岸海域（浅海域）ではあまり事例がない

	既存の技術		本事業での技術
技術名	広域予報システム	超高分解能水質シミュレーション	AI水質予報システム
概要図			
範囲	①DREAMS、②JCOPE等 日本周辺	③中田ら（2021） 内湾域	④神尾（2023） 養殖場（ピンポイント）
特徴	広域での予測であり、内湾域までは予測はカバーできていない。 スパコン等の大型計算機が必要	水平格子を数m程度まで細分化し内湾域の水質を予測。 スパコン等の大型計算機が必要。	スパコン等の高度な計算機を使用することなく、養殖場のピンポイントでの予測技術。

【出典】

- ①九州大学HP (DREAMS) <https://dreams-d.riam.kyushu-u.ac.jp/>
- ②JAMSTEC HP (JCOPE) <https://www.jamstec.go.jp/jcope/htdocs/home.html>
- ③中田（2021）養殖漁場内における高頻度・高密度観測体制と高解像度海洋シミュレーションの融和, システム/制御/情報, 65(1), pp.27-32.
- ④神尾（2022）ウニ養殖が営まれる火散布沼の海水交換特性とAI水質予報システムの開発, CAINES Journal No.4.

1. はじめに

サポイン事業（令和2年度～令和4年度）

令和2年度採択 四胴型自動航行船の研究開発と、AIによる水質予報技術の確立 日本海工株式会社（兵庫県）主たる技術：情報処理

海面・内水面養殖業において水質予報が強く求められている。そこで四胴型自動航行船の付帯装備の高度化技術を開発し、ここで得た水質ビッグデータにより超高分解能水質シミュレーションを高精度化する。さらにAI技術を導入し養殖場の水質予報システムを開発する。付帯設備が高度化した四胴型自動航行船による水質ビッグデータと市販PCで実行可能な水質予報、この両者を開発することにより養殖漁業の持続可能な成長に貢献する。

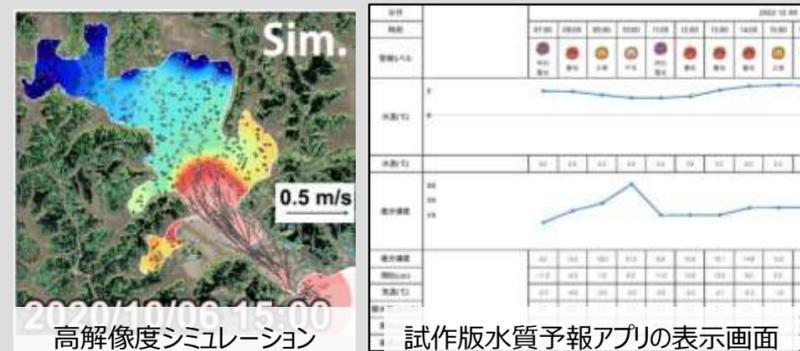
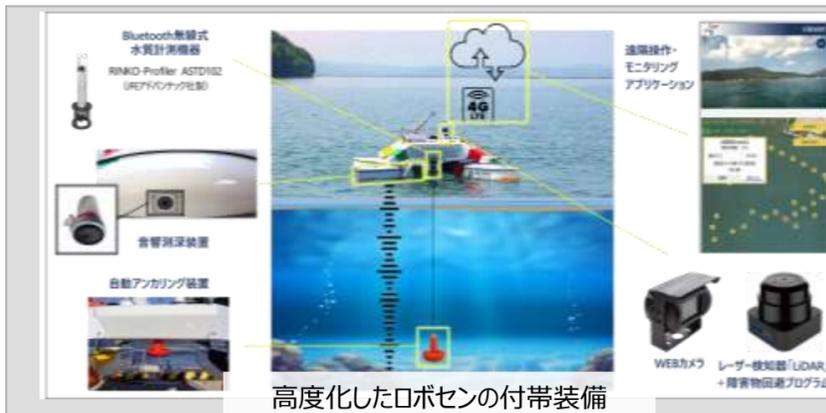
研究開発の成果

■ ロボセンの付帯装備高度化技術の開発

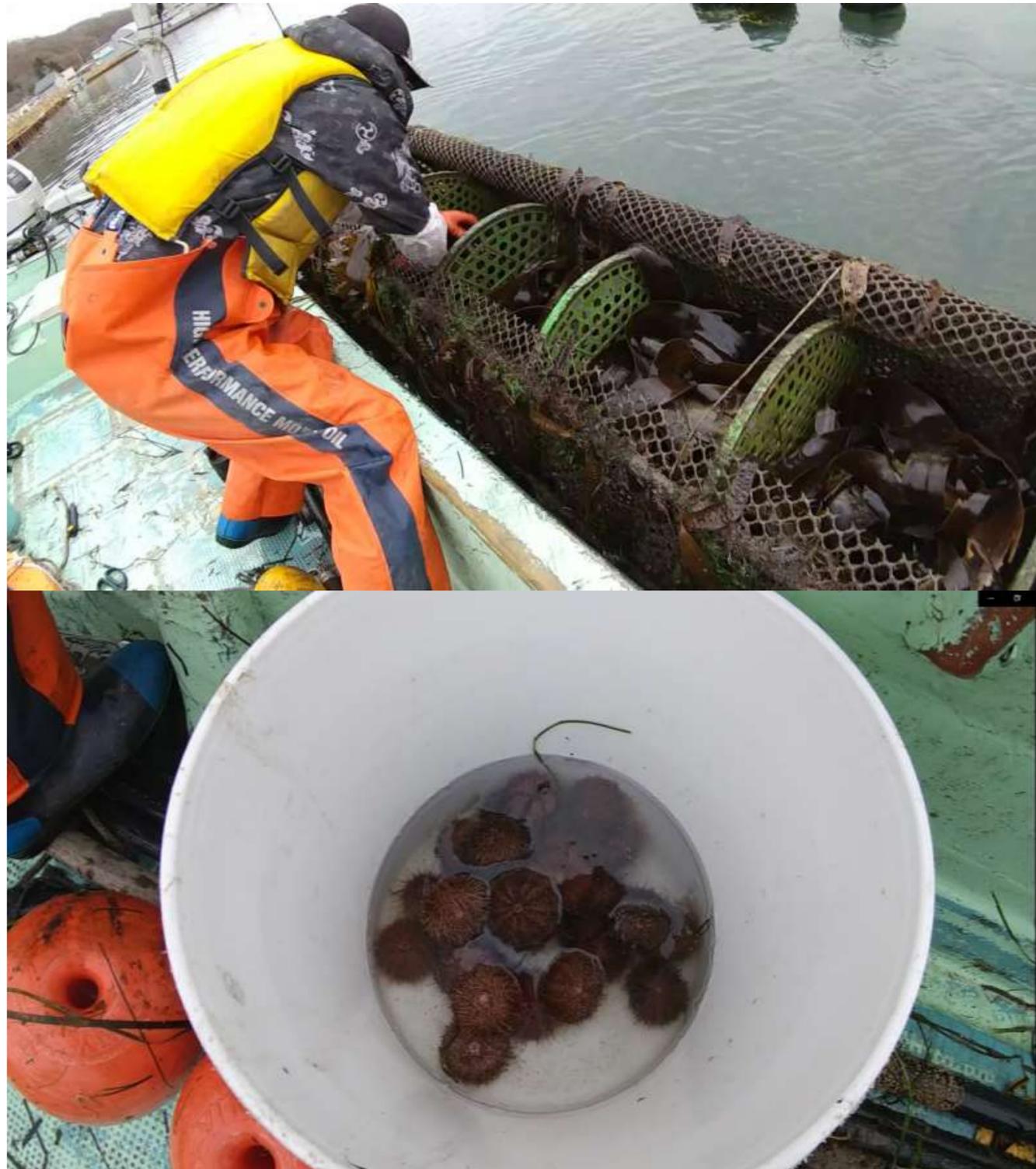
- ・陸上基地局からの遠隔操作でロボセンへの司令伝送および手動操縦、取得した水質データのクラウド化まで1人で運用することができる通信モジュールとアプリを開発。
- ・他船との衝突回避および安全対策として、昼夜問わず前方検知距離20m、ロボセンとの平均距離4m以上保って障害物を回避する障害物回避・夜間航法を開発。
- ・自動係船のための自動着岸法アルゴリズムのプログラム化および自動着岸装置を開発。
- ・緊急時対策として自動アンカリング装置および制御プログラムを開発。
- ・水質計測器降下深度の測定および座礁回避のための深浅測量システムを開発。

■ AIによる水質予報技術の開発

- ・空間解像度を目標値としての水平方向10m、鉛直方向10cmまでに向上させた超高分解能水質シミュレーションを開発。塩分の時空間変動を詳細に把握することが可能に。
- ・連続観測データを学習データとし天気予報を入力データとして組み込んだAI（人工知能）による水質予測モデルを開発。
- ・3日先の水質変動をピンポイントかつきめ細かく予報する水質予報システムを確立。
- ・水質予報をPCやタブレット、携帯端末で表示するシステムを開発。



火散布沼とウニ養殖の写真

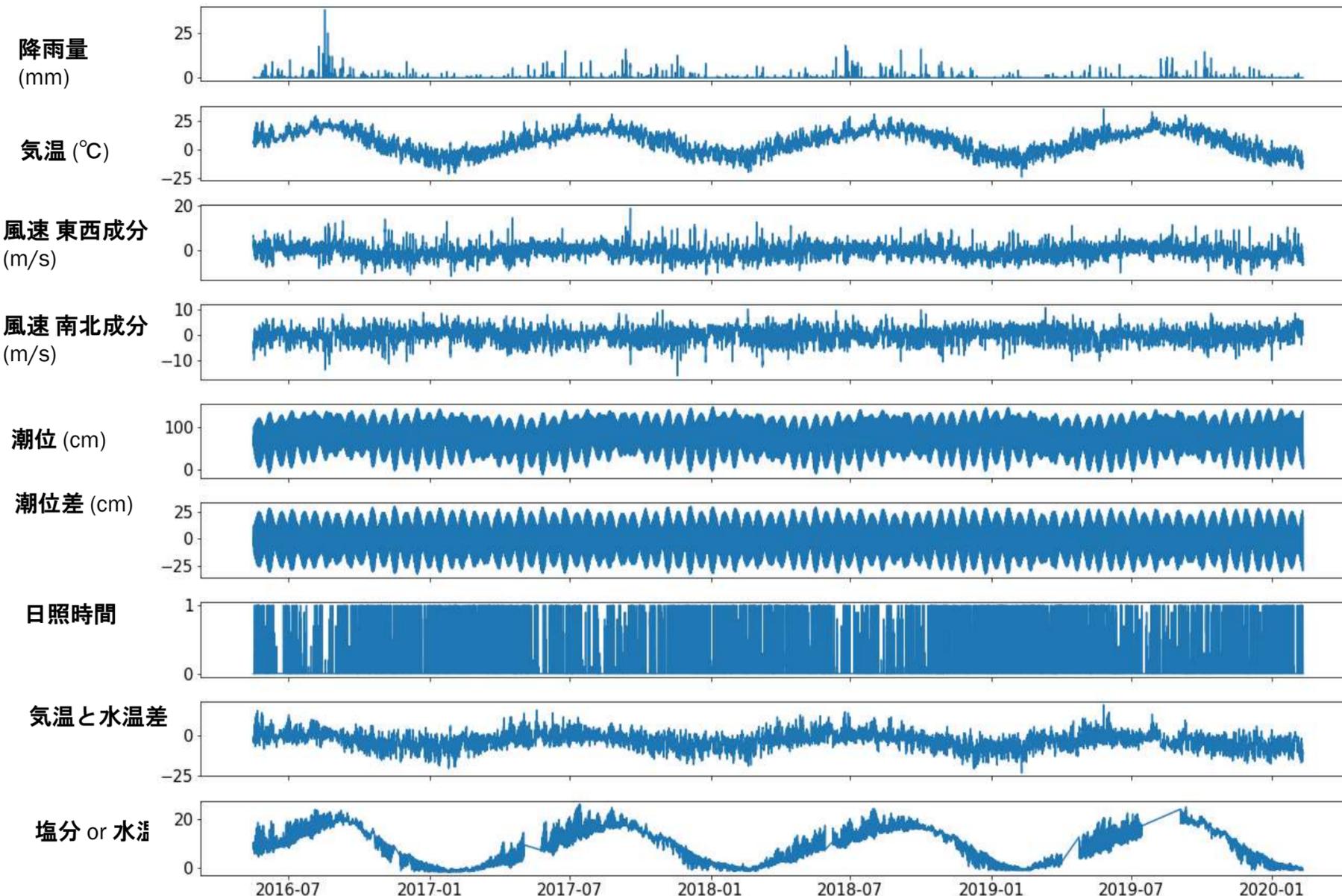
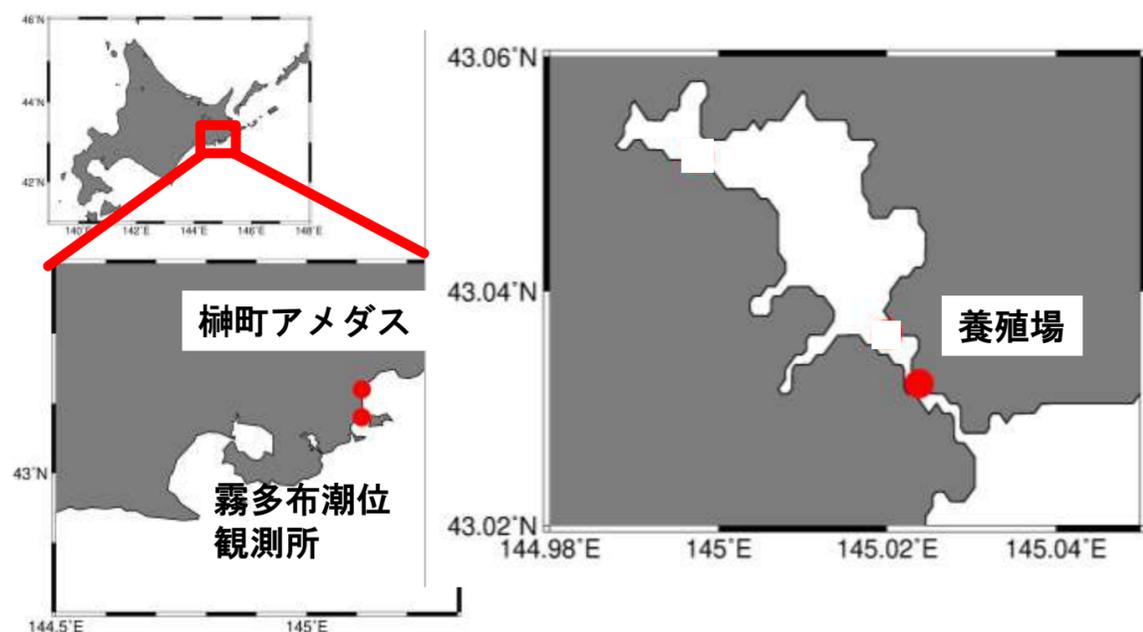


2. AI水質予測システムの開発

AIモデル (LSTM) の概要

- LSTM (Long Short Term Memory) は、時系列データの予測に使用するモデル

株価予測・音声認識・文章生成など

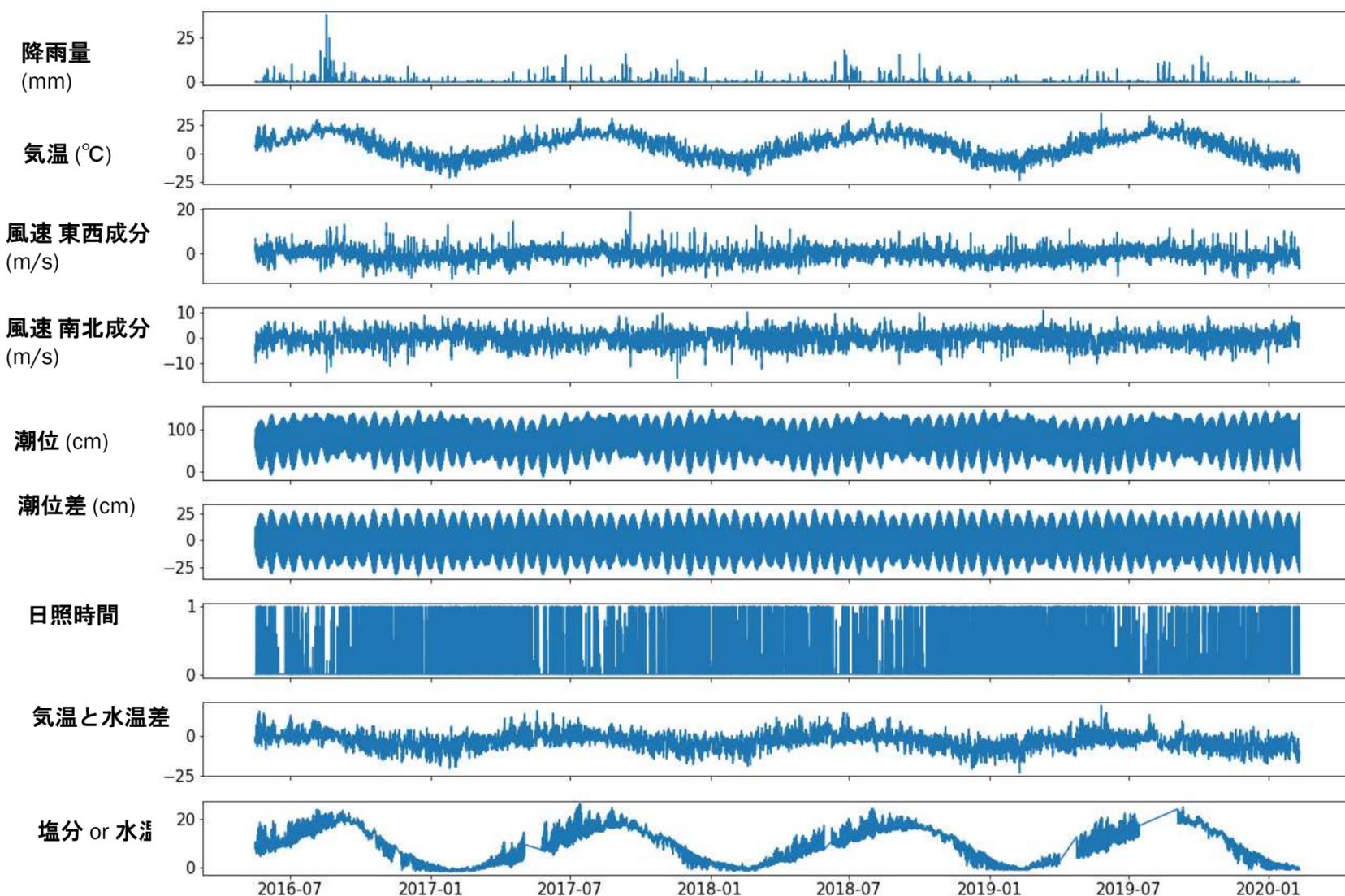
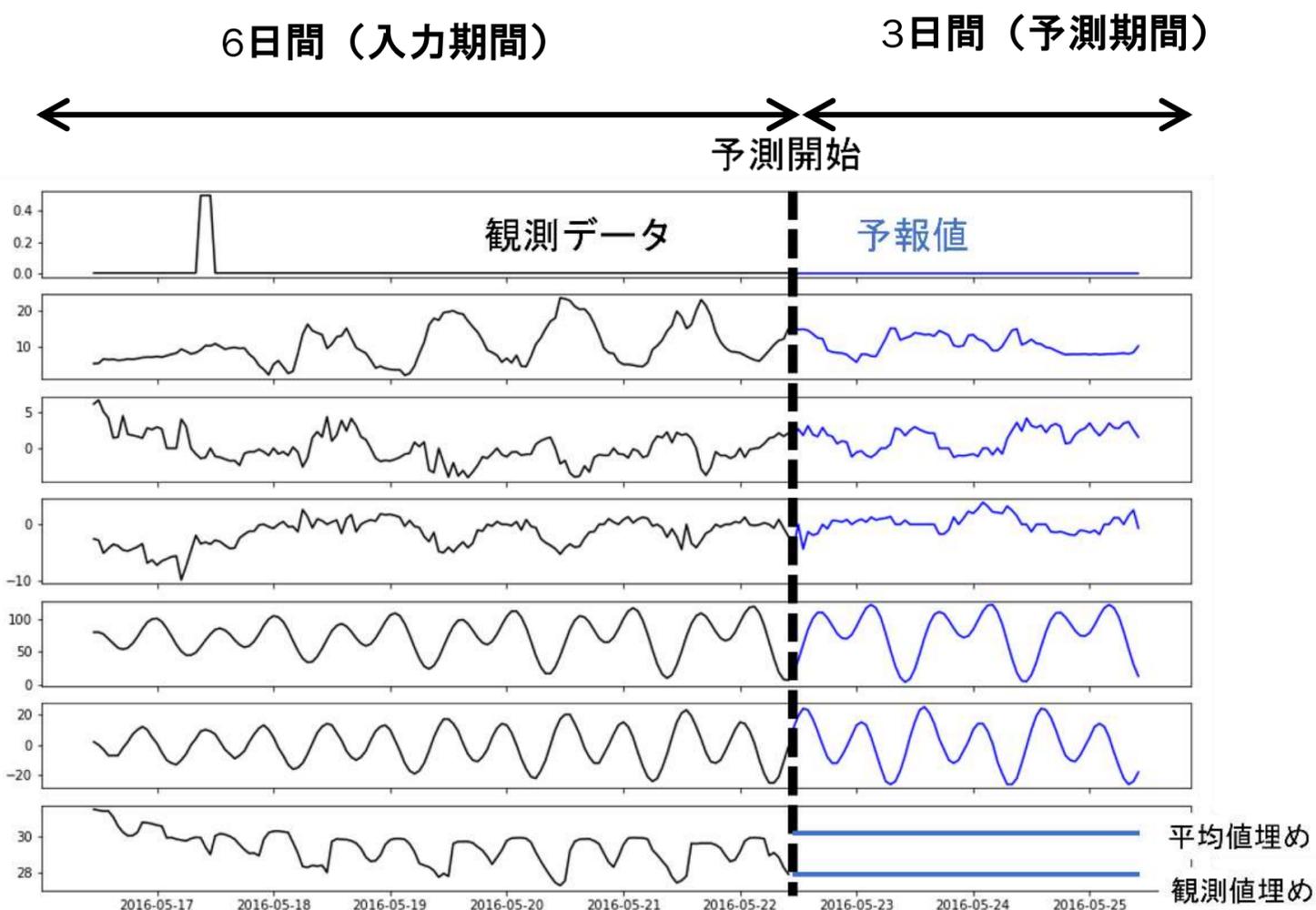


AI手法の一つであるLSTMを用いて、火散布沼で過去に取得された水温・塩分のデータを学習させ、AI水質予測モデルを構築。

2. AI水質予測システムの開発

LSTMの過去データからの学習方法

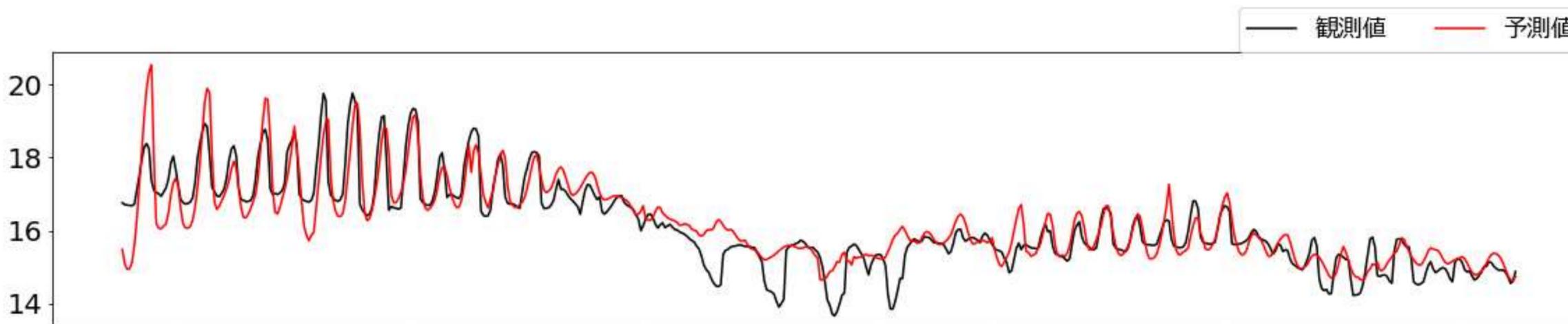
- ✓ 過去6日までの情報（気象・潮位・水温・塩分データ）と3日間の予報値（気象・潮位）を入力データとして、3日先までの水温と塩分の予測を行い、過去データとの学習を行う。
- ✓ この入力データを72時間ずつずらしながら、全期間の予測とする。



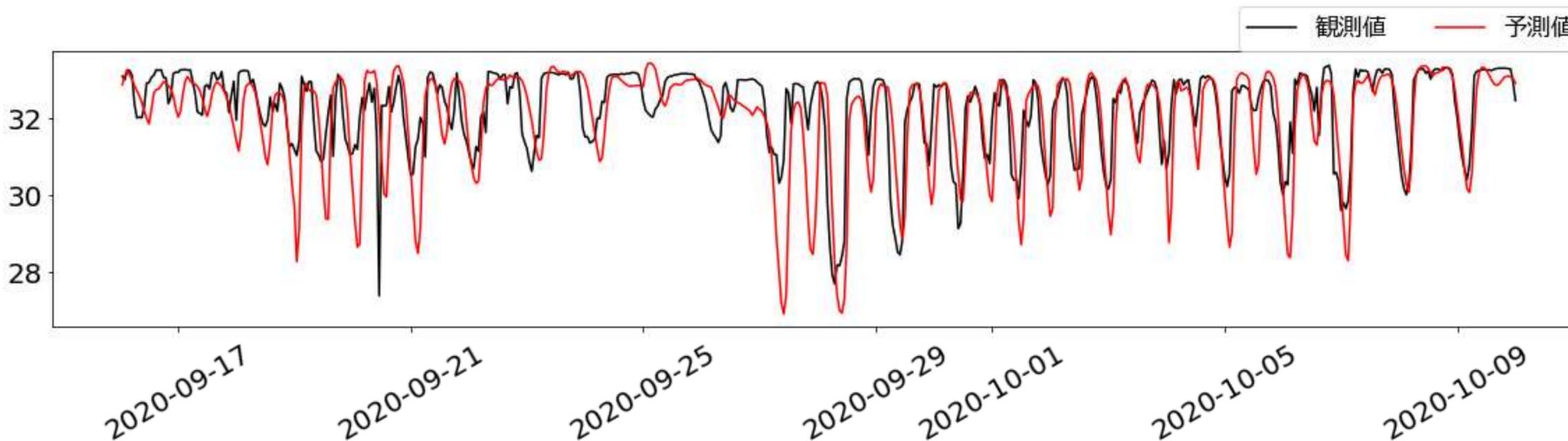
2. AI水質予報システムの開発

水温と塩分の予測結果と観測結果の比較

水温 (°C)
RMSE : 0.58



塩分
RMSE : 1.04



AIにより養殖箇所のピンポイントでの水質の時系列を再現し、定点バイデータとの比較により精度誤差を水温±1.5°C、塩分±5以内を達成

2. AI水質予報システムの開発

水質予報システムの構築

データ入力



気象データ



養殖場のリアルタイム観測ブイ

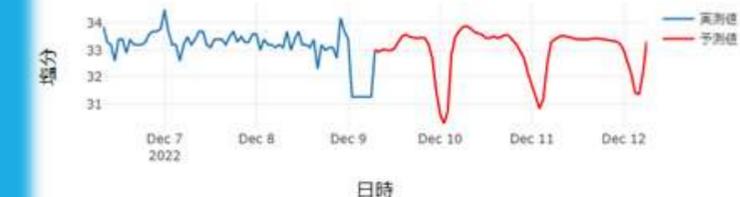
クラウド（AWS）上でAI予測



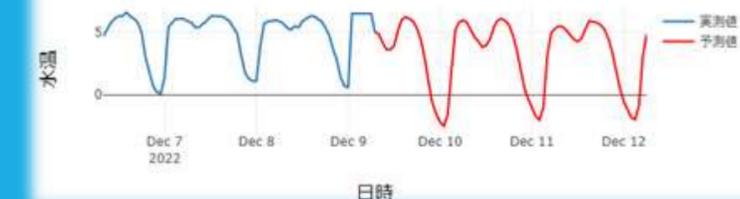
携帯端末・タブレットから閲覧

水質解析アプリ (version 1.1.5)

表示する時間を選択 2022/12/09 00:00 結果表示 csv取得

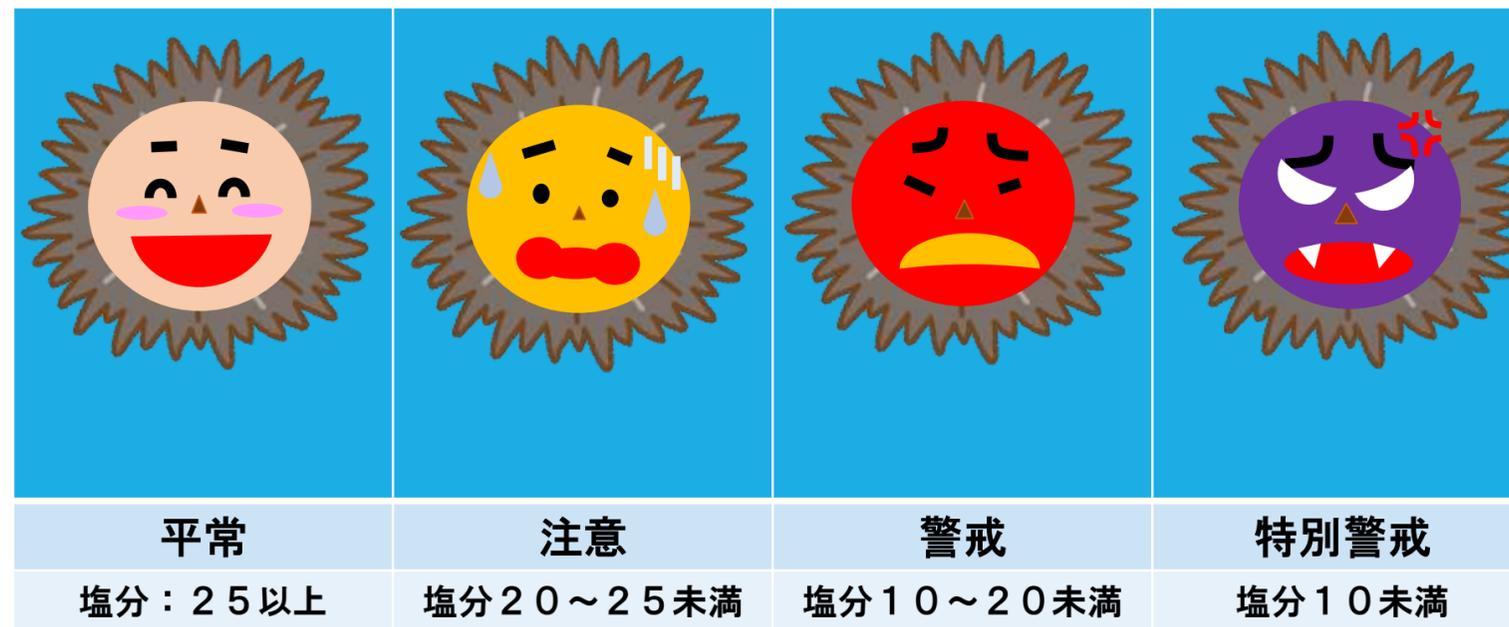
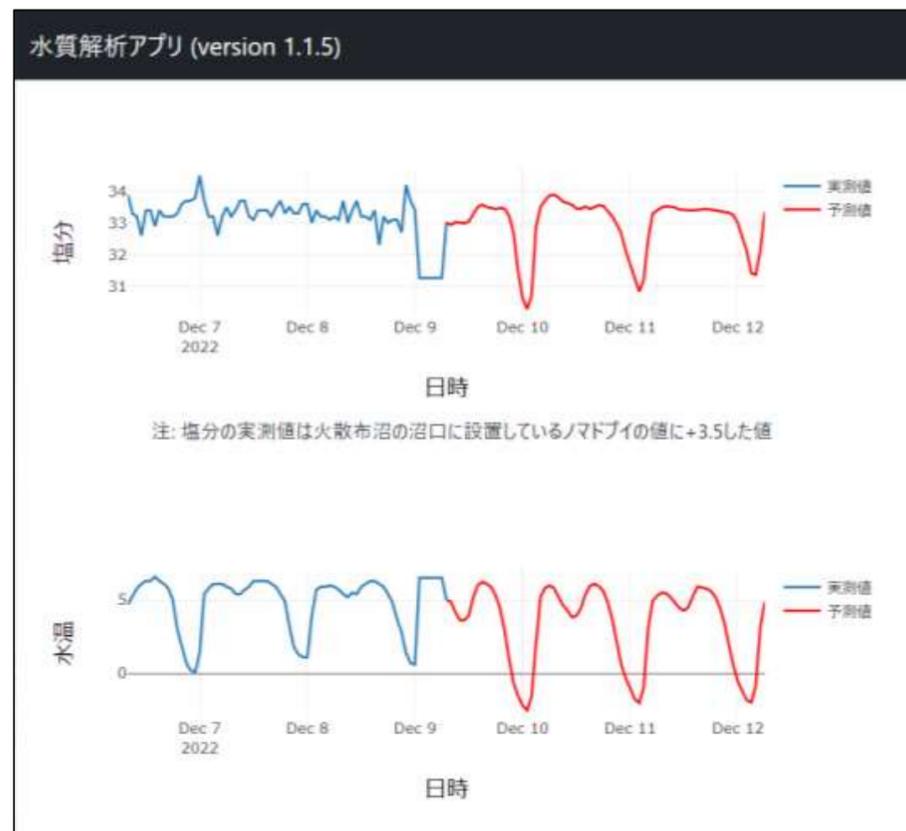


注: 塩分の実測値は火敷布沼の沼口に設置しているノマドブイの値に+3.5した値



2. AI水質予報システムの開発

火散布沼ウニ養殖場での水質予報システムの運用



塩分濃度を平常、注意、警戒、特別警戒でそれぞれの閾値を設定

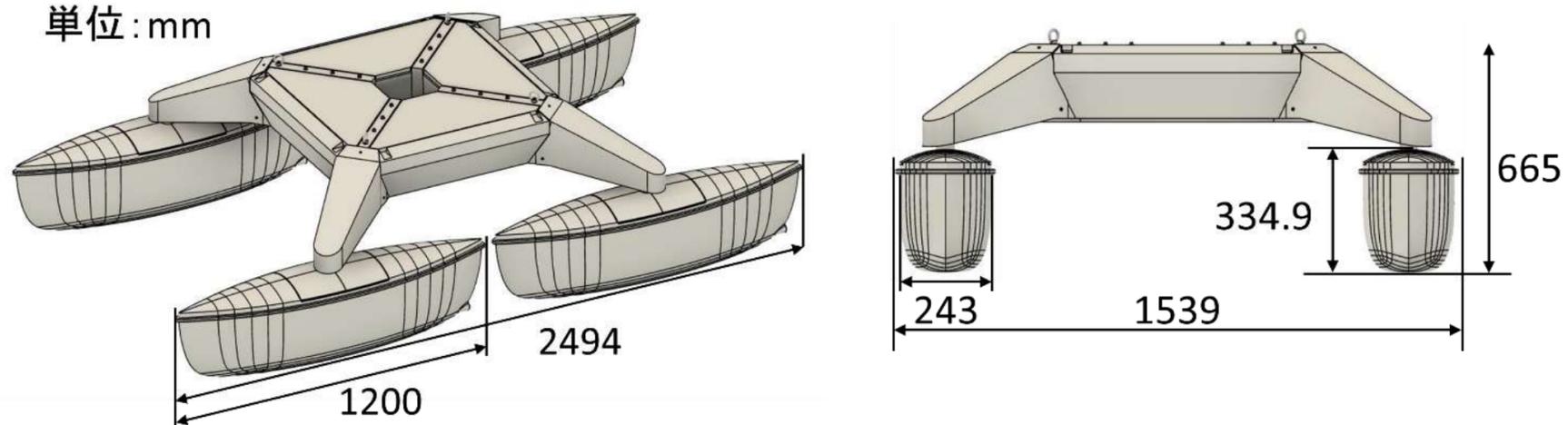
- 予報システムはクラウド上（AWS）で稼働
- PC、タブレット、携帯端末でwebブラウザ上で閲覧可能
- 1日1回の自動更新により漁業者の操作は不要

1日1回の自動更新による予報を行い、適中率70%以上を達成

3. 四胴型自動航行船による水質観測事例

四胴型自動航行船（ロボセン）の概要

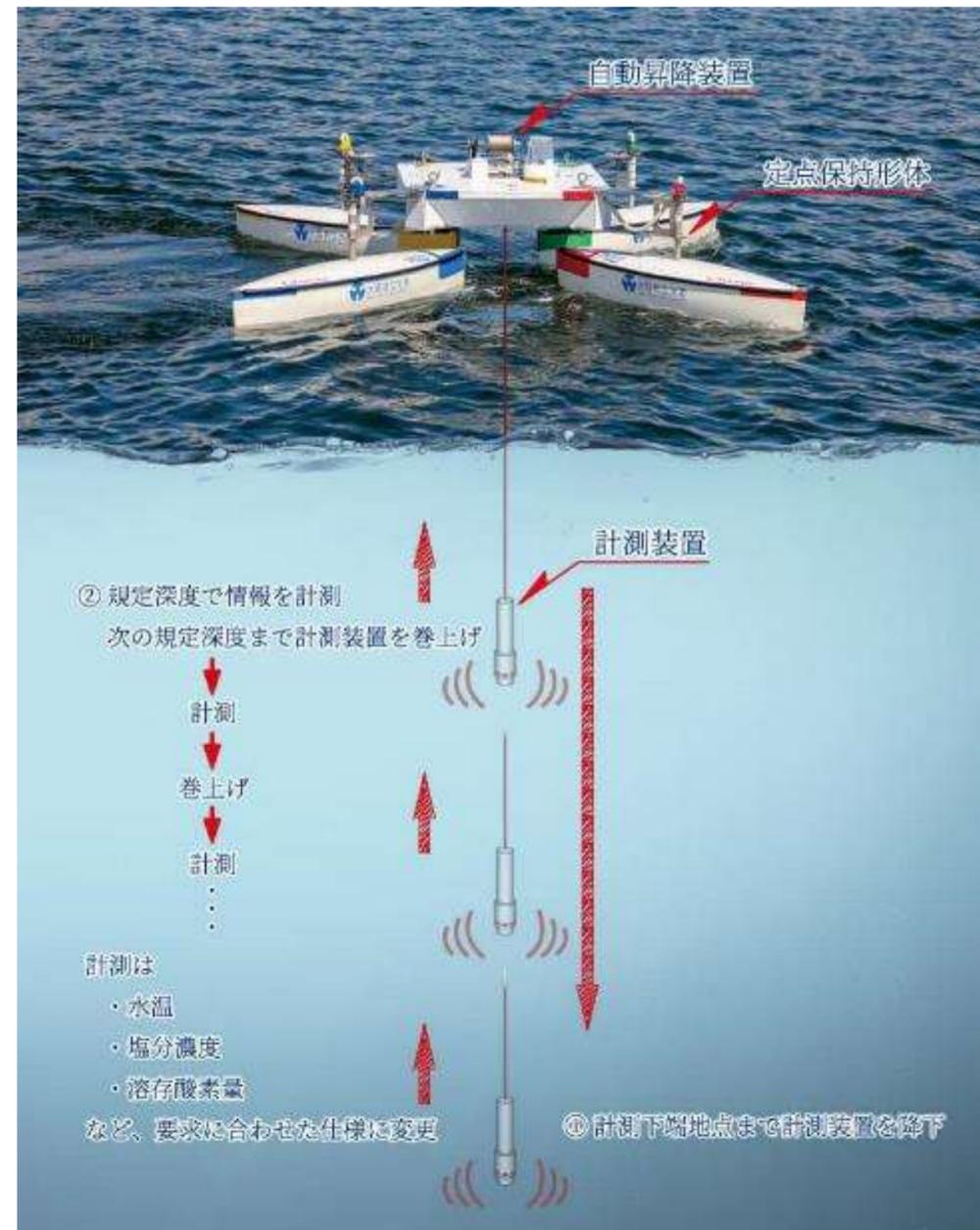
単位: mm



様々な計測機器が設置可能



分解して輸送可能

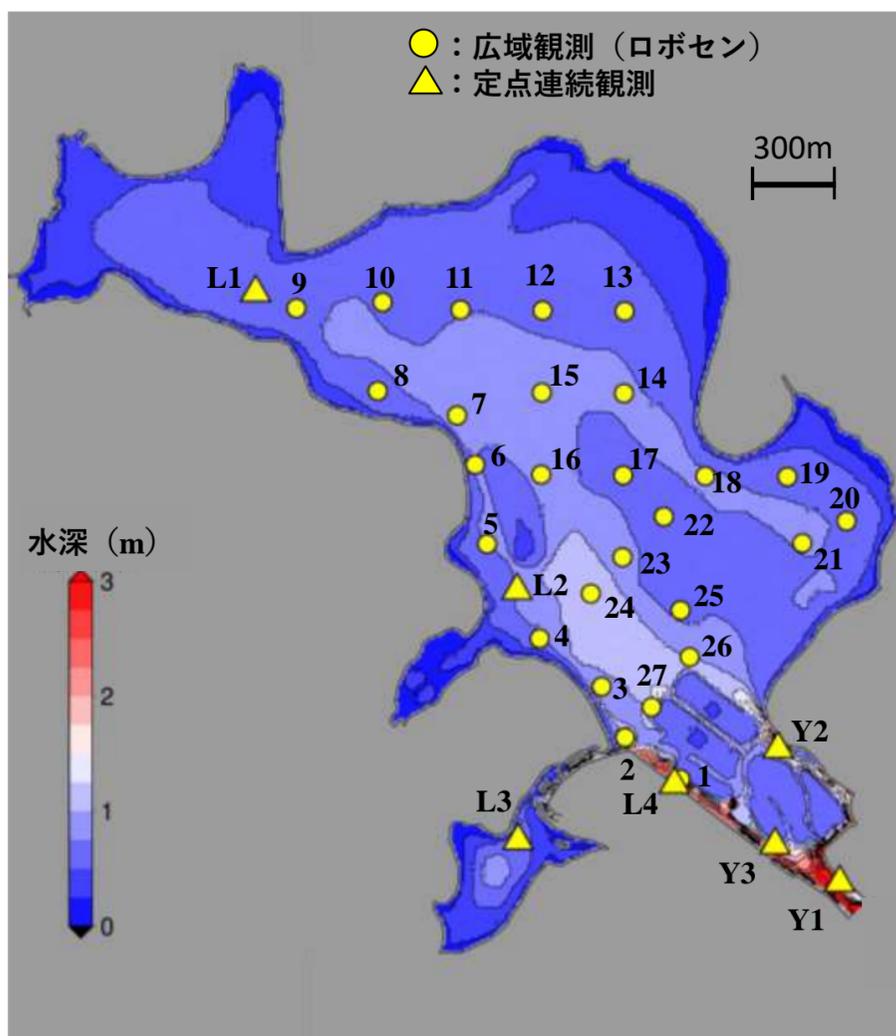


1) Komizo, Hara, Nihei et al., Sea testing of automatic motion control system for a quad-maran unmanned vessel, 2019.

3. 四胴型自動航行船（ロボセン）による水質観測事例

火散布沼における水質観測（2020～2022年度）

出典：神尾ら(2021)：四胴型自動航行船を用いた浅海水域における水質観測システムの開発,土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, I_883-I_888.



■ 広域観測（ロボセン）

- ・ 多項目水質計（水温、塩分など）



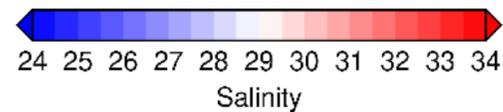
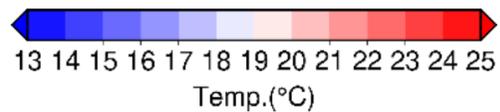
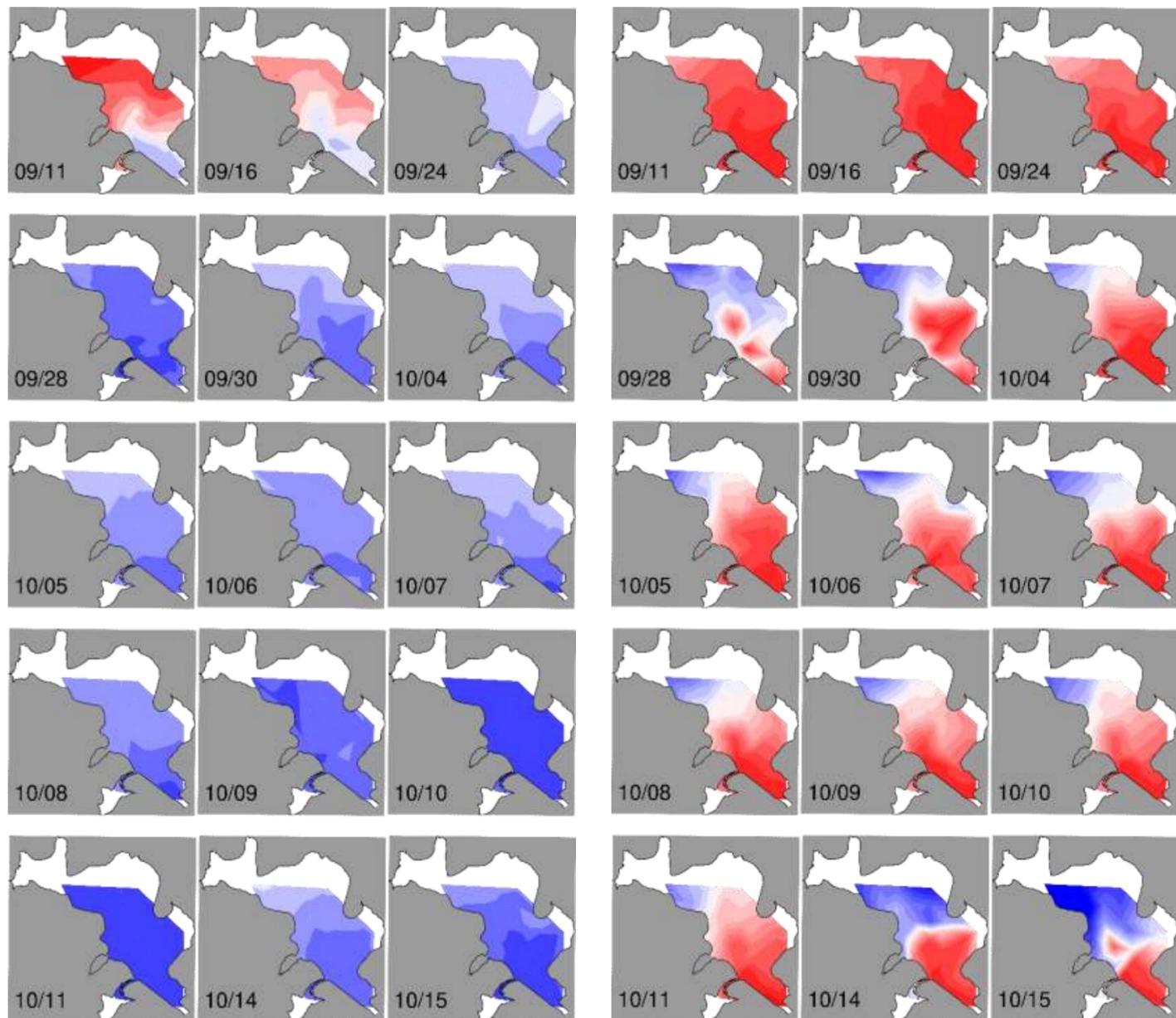
■ 定点連続観測

- ・ 水温、塩分計（L1、L2、L3、L4、Y1、Y2、Y3）
- ・ 水位計（L4）
- ・ 流速計（Y1）



3. 四胴型自動航行船（ロボセン）による水質観測事例

火散布沼における水質観測（2020～2022年度）



■海水交換率の算定※

$$rG = (S_F - S_E) / (S_0 - S_B)$$

rG : 1潮汐間での海水交換率

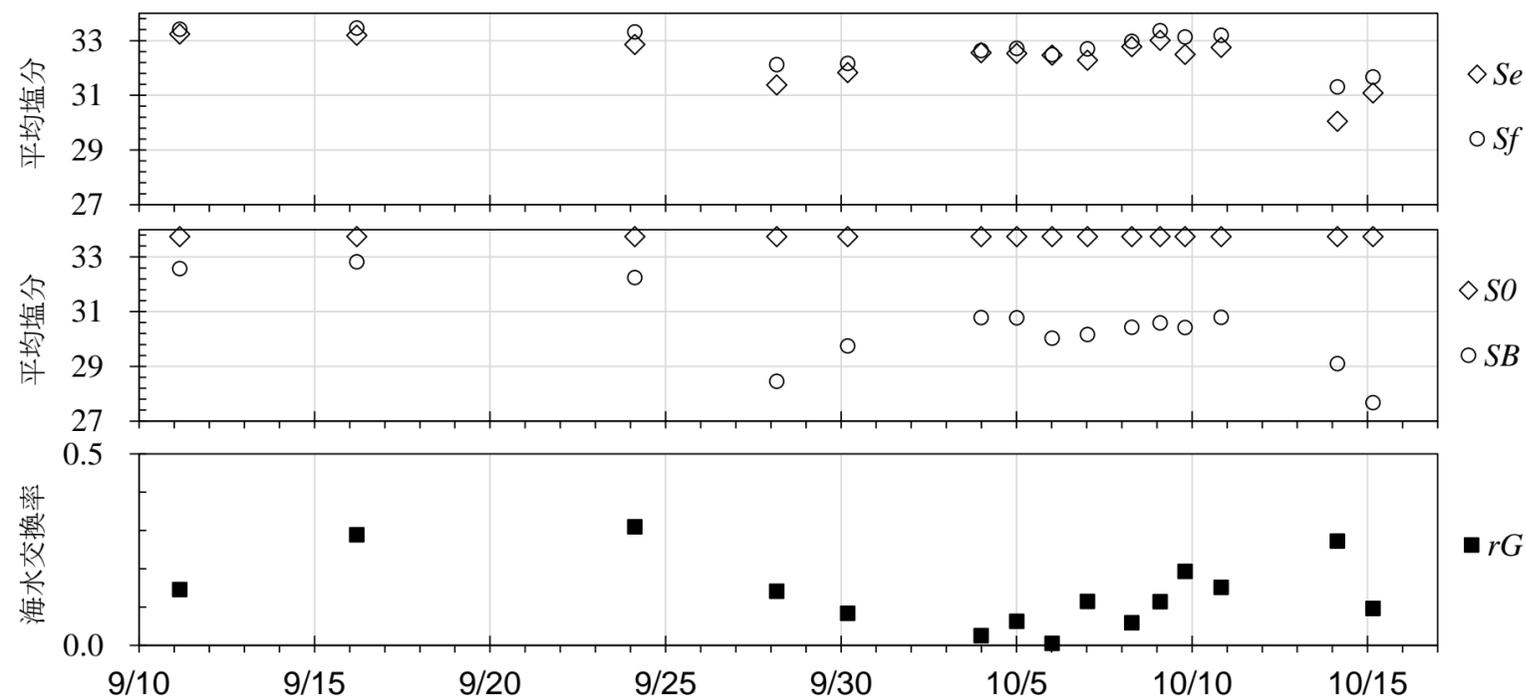
S_F : 上げ潮時の平均塩分 (≒沼口 (Y1) の流入時の平均塩分)

S_E : 下げ潮時の平均塩分 (≒沼口 (Y1) の流出時の平均塩分)

S_0 : 外海水の塩分 (≒観測期間中のY1の塩分の
最大値)

S_B : 沼内の平均塩分 (≒塩分の水平分布の空間平均値)

※柏井 (1984) の方法による



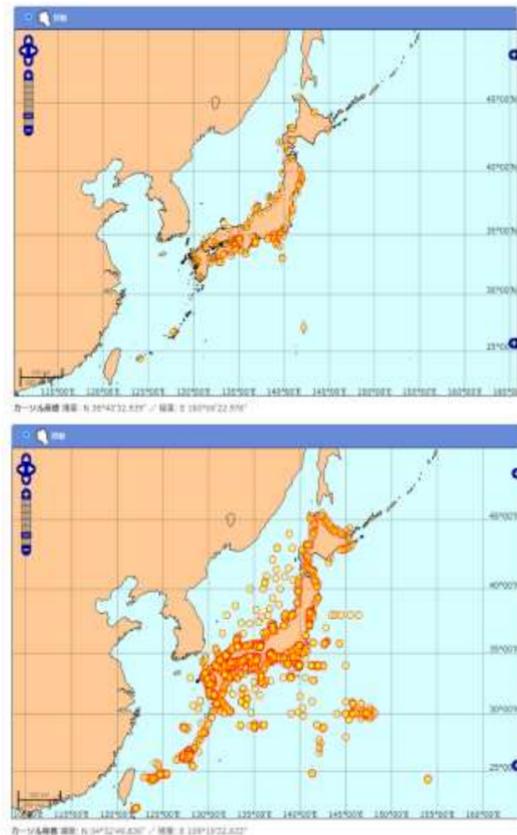
海水交換率は0.00～0.31（平均0.14）
⇒菅ら（2011）の結果（0.15）とほぼ同様

出典：神尾ら(2021)：四胴型自動航行船を用いた浅海水域における水質観測システムの開発,土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, I_883-I_888.

4. 今後の展開

各都道府県等の機関での未活用データの活用

- ✓ 各都道府県で水産試験場や環境関係機関が過去に取得したデータのうち未活用データが多く存在（ダークデータ）
- ✓ これらの未活用データをAI解析の学習データとして活用する



日本海洋データセンター（JODC）

東京湾水質連続観測

地図上の●をクリックするとグラフやデータを見ることができます。

更新状況

全田湾・水質計データ
更新されていません。
富浦湾・水質計データ
更新されていません。

観測地点情報

浦安沖
検見川沖
川崎人工島
千葉港第一号灯標
中ノ瀬航路
金田湾
富浦湾

利用規約

[利用規約](#)

あなたは 0002331938 番目の訪問者です。

東京都 千葉県 神奈川県

東京港 浦安沖 千葉市 検見川沖
川崎市 千葉港第一号灯標
横浜市 川崎人工島
東京湾 中ノ瀬航路 木更津市
相模湾 金田湾 富浦湾

東京湾水質連続観測の観測項目一覧

観測地点	気象		水質							
	気温	平均風況	水温	塩分	pH	DO(%)	DO(mg/L)	クロロフィルa	濁度	流況
浦安沖	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
検見川沖(※)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
千葉港第一号灯標	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
川崎人工島	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
中ノ瀬航路			●							
金田湾			●							
富浦湾			●							

※千葉港浪浪観測場より名称を検見川沖に変更します。
表示上の名称は変更しますがダウンロードデータファイルの名称は「chihahar_～」のままとします。

東京湾環境情報センター

水質定点観測リアルタイム情報

本コンテンツでは伊勢湾内で常時観測されている気象や海象の情報をリアルタイムに提供するページです。

地図上の●をクリックするとグラフやデータを見ることができます。

観測状況

中山水道・気象計: 更新されていません。
伊勢湾湾央・気象計: 更新されていません。
伊勢湾湾央・流向流速計: 更新されていません。
伊勢湾湾西・気象計: 更新されていません。

全地点の深度別データ

観測項目を選択し、各地点での値を観測深度別に把握することができます。

データについて

各観測所で観測している気象海象データの項目について見ることができます。

最新観測報告

2023年08月25日 2022年7月 伊勢湾水質
日 点モニタリング速報
[過去の観測報告](#)

リアルタイム情報表示 地点選択 たいまの最新情報: 2023/08/09 19:00

過去のデータ

場所の選択: 中山水道

選択期間は6ヶ月(180日)間までです。
選択期間が長い場合、読み込みに時間がかかります。

年 月 日 から 年 月 日 まで [表示](#)

データのダウンロード

場所の選択: 中山水道 [表示](#)

CSVデータのフォーマットおよび観測データの説明については「データについて」をご覧ください。

伊勢湾環境データベース

4. 今後の展開

リアルタイムモニタリングシステムとの協業

- ✓ 海ログ（（株）アイエスイー）は、三重県等の沿岸の養殖場に多数展開、リアルタイム観測を実施
- ✓ 海ログのリアルタイム観測システムにAI予報システムを追加する
- ✓ 今年度において火散布沼で海ログによるリアルタイム観測を実施し、AI予報システムによる運用も実施

海ログ

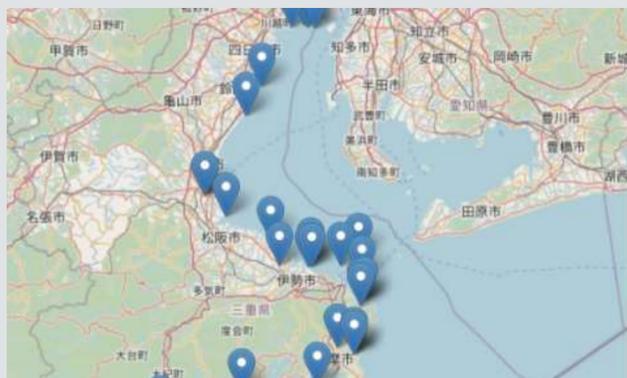


うみログ観測装置 海象データを30分間隔で自動収集

オプション機能

- 水温
- 水圧
- フロート
- クロロフィル
- 溶存酸素
- 濁度
- 塩分濃度
- 流速

※その他センサーも搭載可能



スマホでいつでも
どこでもモニタリング!

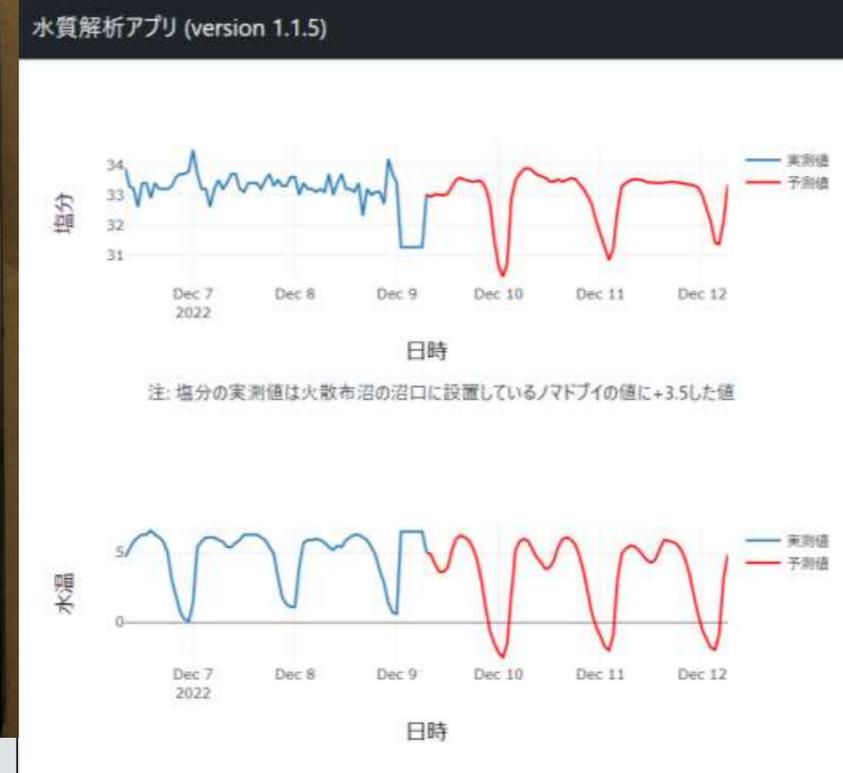
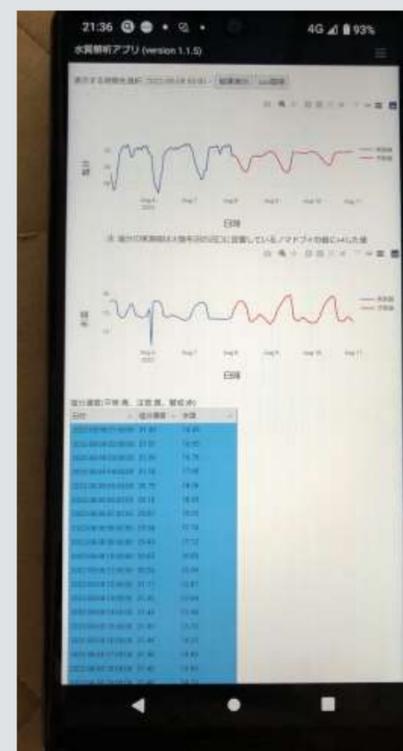
水温 水位 画像

データの
分析にも!

パソコンでの詳細な閲覧が可能で、データをCSV形式でダウンロードできます



AI予報システム



4. 今後の展開

赤潮予報への展開

- ✓ 大分県豊後水道沿岸は、リアス式海岸であり魚類等の養殖が盛んである一方、赤潮による漁業被害も多い。
- ✓ 大分県では赤潮モニタリング体制が充実しており、過去のデータも数十年にわたって取得されている。

大分県の位置と環境特性

豊後水道沿岸の特徴

- リアス式海岸 (静穏・急深)
- 黒潮流入 (温暖)

養殖業発達

養殖漁業の問題 (赤潮による漁業被害)

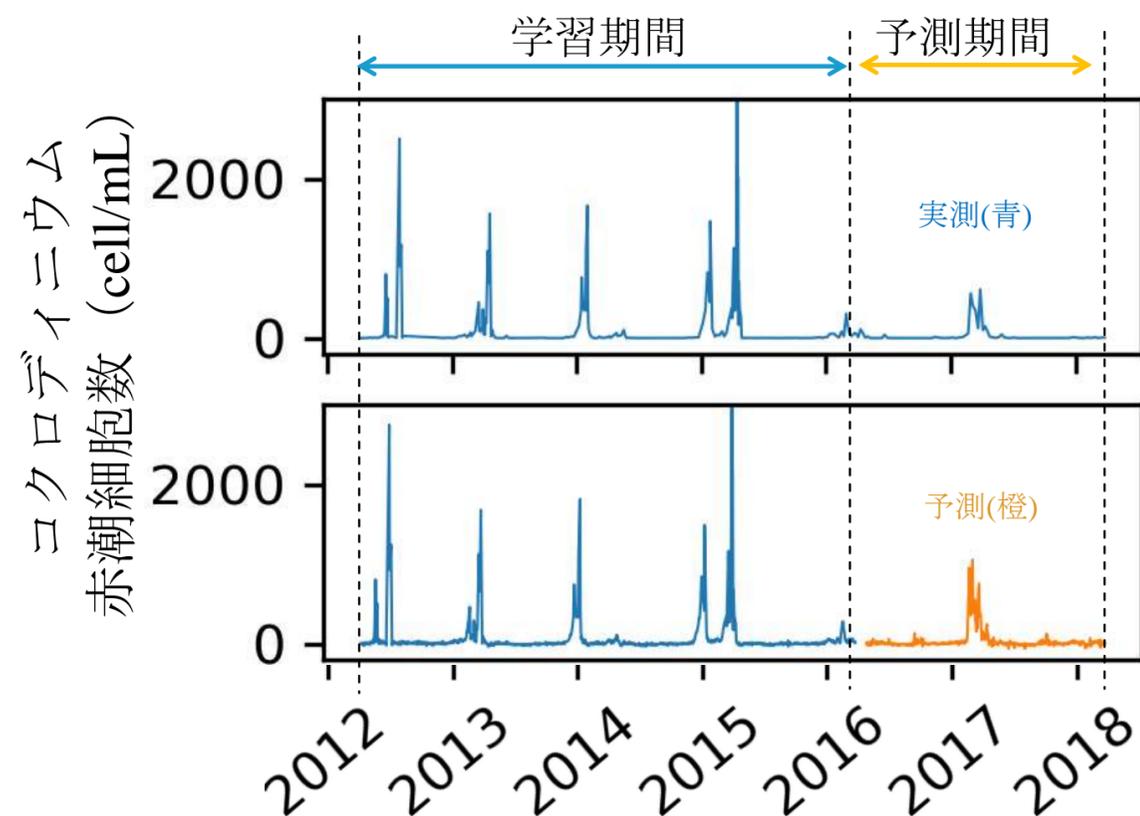
赤潮の発生

漁業被害

4. 今後の展開

赤潮予報への展開

- ✓ 大分県は赤潮モニタリングによる過去のデータが多く蓄積されておりAI学習データが豊富
- ✓ 大分県水産研究センターのリアルタイムモニタリングシステムにAI予報システムを追加
- ✓ 大分県の赤潮モニタリング観測の省力化のためロボセンによる自動観測を導入
- ✓ 次世代型赤潮モニタリングシステムの展開



LSTMによる赤潮細胞数の予測（令和元年度猪串湾漁場改善事業事前調査業務委託報告書）

次世代型赤潮モニタリングシステムの展開

ご清聴有難うございました。

