

オ. 分布図蓄積機能

本機能は、ブラウザに分布図を表示させ、画像データとして処理し蓄積するクライアントアプリと、クライアントアプリからリクエストを受け取って動作するウェブ側の処理からなる（図 1-2-10）。

クライアント側のアプリケーションでは、分布図の取得、リサイズ、アップロード処理を行う。海域（有明海、橘湾、八代海）の表層（最上層）と底層（最下層）の水質（水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル、濁度）の日付ごとの分布図を作成・蓄積する。

サーバ側ではリクエストを受け取り、アップロードデータを受信し、該当のフォルダを生成し格納する。

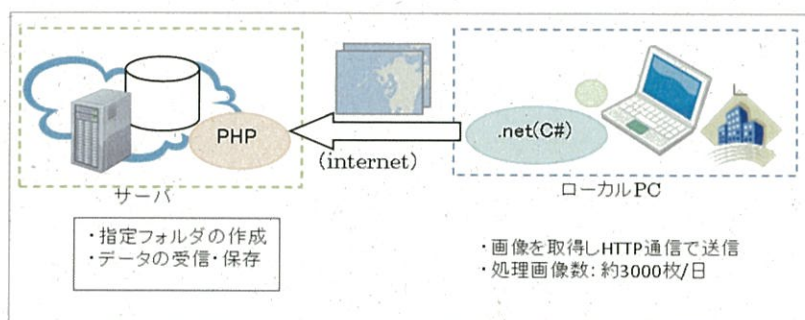


図 1-2-10. 分布図作成・蓄積機能

カ. 分布図検索機能

本機能は、利用機関がログイン認証後に利用することができる。画面で、海域、水質、開始日を選択し、表示ボタンを押下すると該当する分布図を検索し画面上に一覧表示する（図 1-2-11）。またダウンロードボタンをクリックすると検索結果を圧縮したファイルがダウンロードされる。



図 1-2-11. 分布図検索の表示例

キ. 水温、塩分、溶存酸素（％）及び、溶存酸素（mg/L）の時系列図

海域毎の表層（最上層）もしくは底層（最下層）の水温・塩分及び溶存酸素の変動をグラフで閲覧可能である。閲覧の開始月日と終了月日は任意である（図 1-2-12）。

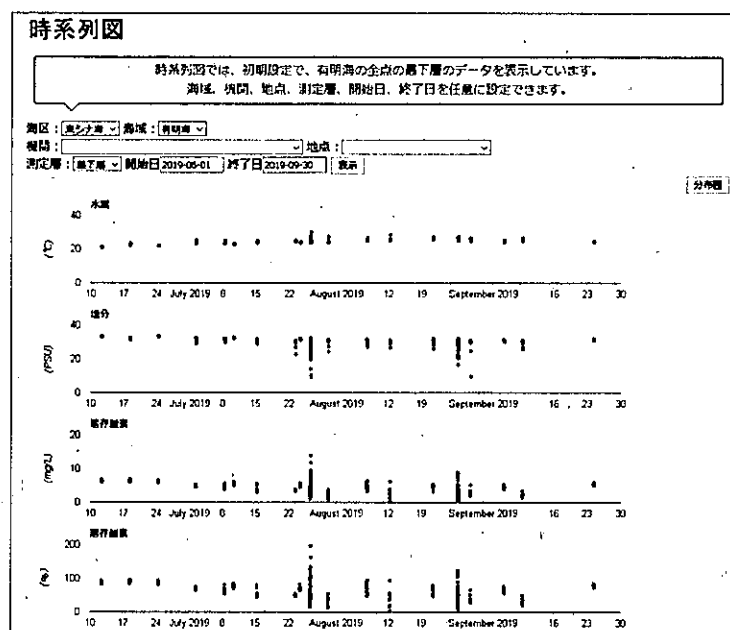


図 1-2-12. 水質の時系列図の表示例

3) 「貧酸素情報」の提供

「貧酸素情報」で収集、公表された有明海、橘湾及び、八代海における最下層の溶存酸素（&）の分布を図 1-2-13～15 に示す。

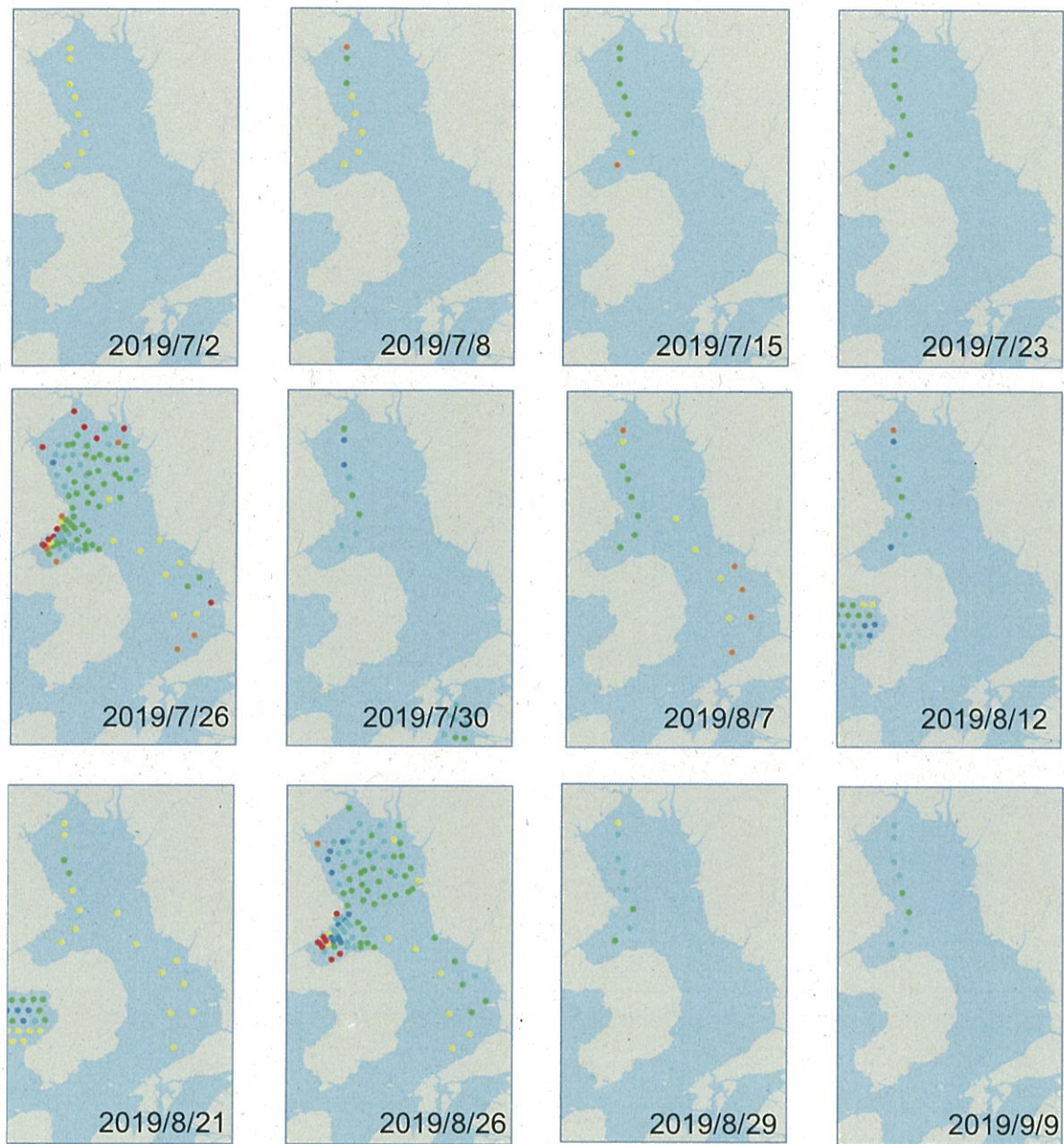


図 1-2-13. 有明海の底層の溶存酸素(%)の分布

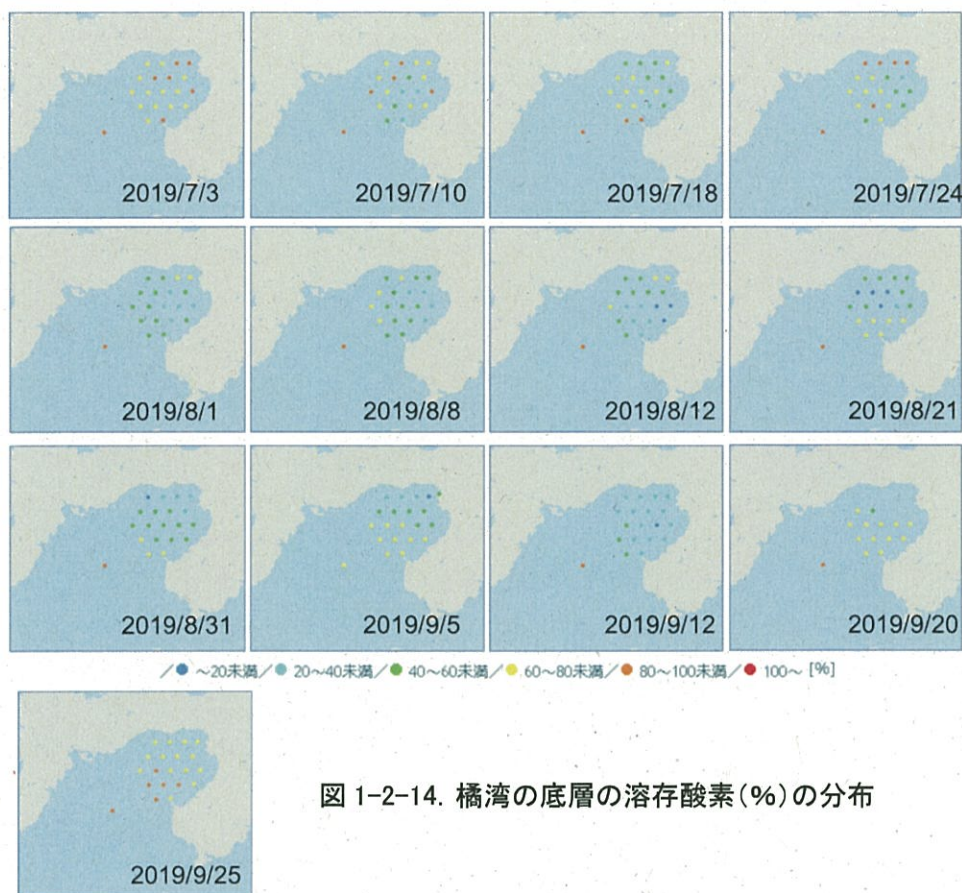


図 1-2-14. 橘湾の底層の溶存酸素(%)の分布

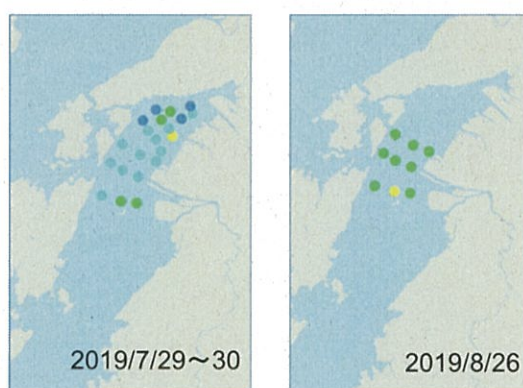


図 1-2-15. 八代海の底層の溶存酸素(%)の分布

4) 残された課題

本年度において、「貧酸素情報」の基本的なシステムを開発し、情報収集と提供を迅速に行うことができた。

来年度以降も、「貧酸素情報」により提供される情報に基づいて、漁業現場で速やかに漁業被害防止対策が講じられるように引き続きシステムを運用するとともに、スマートフォンによる利活用を推進するため、スマートフォン用の閲覧サイトを改良する計画である。

2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発

ア. 橘湾における貧酸素水塊の被害軽減技術の開発

長崎県総合水産試験場

山本佳奈、平江 想、山砥稔文

水産研究・教育機構西海区水産研究所

徳永貴久

1. 全体計画

(1) 目的

橘湾奥部の海底付近から発生する貧酸素水塊による漁業被害の軽減を図るため、夏季の橘湾奥部の貧酸素化の実態調査と漁業者への情報提供に取り組み操業の効率化を図る。

2. 平成31年度計画および結果

(1) 目的

全体計画に同じ。

(2) 試験等の方法

1) 湾奥部における水質の定期観測

ア. 調査海域及び調査点

橘湾奥部の20定点(図2-1-1)

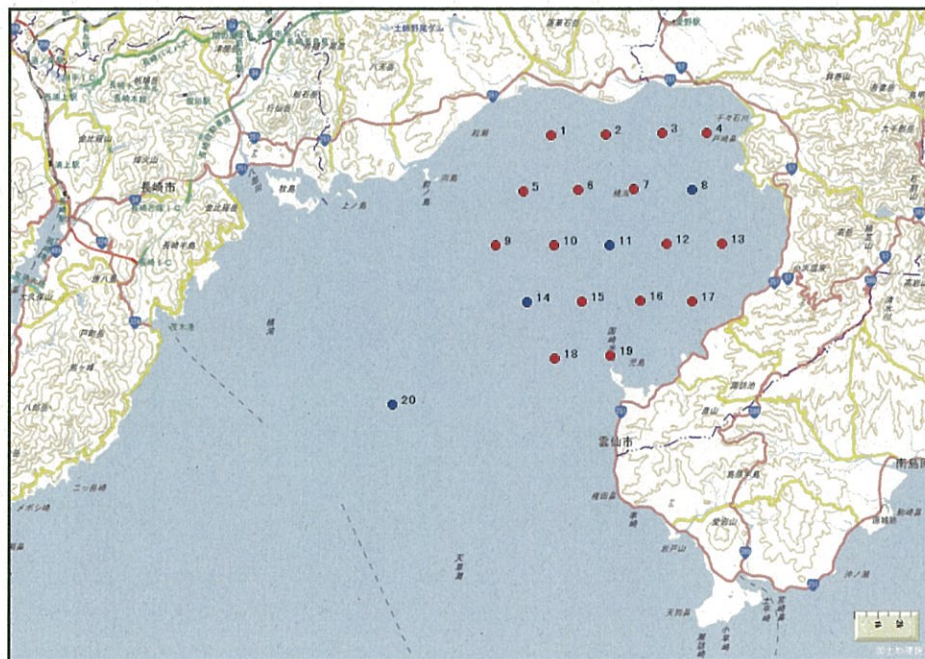


図 2-1-1. 橘湾奥部における調査点

イ. 調査期間と調査頻度

令和元年 7 月～令和元年 9 月

2 週間に 1 回の頻度で小潮期に 7 回程度、貧酸素水塊発生時は 1 週間に 1 回程度の観測を行う。

表 2-1-1. 調査定点の緯度経度と調査実施状況

調査定点	北緯	東経	調査の実施予定 (観測+採水● 観測のみ○ 欠測-)												
			7/3	7/10	7/18	7/24	8/1	8/8	8/12	8/21	8/31	9/5	9/12	9/20	9/25
1	32度46.573分	130度05.900分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○
2	32度46.583分	130度07.450分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○
3	32度46.625分	130度09.033分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○
4	32度46.628分	130度10.300分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	○
5	32度45.307分	130度05.133分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	32度45.328分	130度06.667分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	32度45.348分	130度08.233分	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	-	○
8	32度45.338分	130度09.883分	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	●
9	32度44.675分	130度04.333分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	32度44.082分	130度05.983分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	32度44.092分	130度07.550分	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	32度44.112分	130度09.150分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	32度42.122分	130度10.733分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14	32度42.803分	130度05.217分	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
15	32度42.815分	130度06.767分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16	32度42.825分	130度08.417分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	32度42.415分	130度09.883分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18	32度41.527分	130度06.000分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19	32度41.595分	130度07.567分	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	32度40.490分	130度01.417分	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

ウ. 調査項目

全調査点において、多項目水質計 (JFE アドバンテック社製: AAQ 及び ASTD) により、水温、塩分、溶存酸素飽和度 (以下 DO)、クロロフィル蛍光及び濁度の鉛直観測を 0.1 m 間隔で行う。

観測点のうち、4 点 (調査点 8、11、14、20) では、表層 (0.5 m)、5 m、底層 (海底上 1 m) の各層から採水し、栄養塩濃度 (NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、PO₄-P) の分析と植物プランクトンの細胞密度の計数 (表層、5 m) を行う。

エ. データの公表

多項目水質計による観測データのうち、溶存酸素濃度の底層付近のデータを速やかにまとめ、観測翌日までに関係漁協等に FAX により伝える。併せて、観測データは貧酸素情報にて公開する。

2) 貧酸素水塊の発生情報の伝達による操業の効率化

貧酸素水塊発生を迅速に捉え、その分布範囲を示すことで操業の効率化を図る。

(3) 結果および考察

1) 気象

調査期間中の野母崎の気温、久留米の日降水量及び貧酸素水塊発生時の野母崎の風向風速図を図 2-1-2 に示す。降水量については、橘湾は付近に大きな河川が無く、有明海からの淡水の流入に影響を受けるとの報告があるため、有明海に注ぐ筑後川流域に位置する久留米市の降水

量を利用した。

気温については、調査期間中を通じて例年並みからやや低め推移したが、7月末から8月中旬及び9月上旬から中旬に高い時期があった。

降水量については、7月下旬と8月下旬に200 mm/日を超える降水があった。

風向風速については、台風の影響により7月18～20日、9月3日～8日及び9月の22～24日にかけては南寄り、8月14～15日には北寄りの風速8 m/sを超える風が吹いた。

2) 表層水温、塩分、溶存酸素飽和度、クロロフィル蛍光

湾口 St.20、湾央 St.11、14 及び湾奥 St.8 における表層 (0.5 m) の水温、塩分、溶存酸素飽和度を図 2-1-3 に示す。

水温は 23～31 °C の範囲で推移し、St.8 及び St.11、14 で高く、St.20 で低い傾向があった。塩分は 30.6～33.3 の範囲で推移し、St.8 及び St.11、14 で低く、St.20 で高い傾向があった。溶存酸素飽和度は 90～116% の範囲で推移した。クロロフィル蛍光は 0.2～5.37 の範囲で推移した。

3) 栄養塩

図 2-1-4 に St.8、11、14、20 の表層、5 m、底層 (海底上 1 m) ごとの栄養塩濃度 DIN (NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N) 及び PO₄-P を示す。

DIN は 0.01～9.7 µM、PO₄-P は 0.00～1.22 µM の範囲で推移した。DIN 及び PO₄-P は、鉛直混合がみられた 9 月下旬に全層で高い値を示した。

4) 植物プランクトン

有害プランクトンは 8 月 31 日に St.11 で *Chattonella* spp. が 0.5 cell/mL、9 月 12 日に St.20 で *Chattonella* spp. が 0.1 cell/mL、8 月 21 日に St.8 で *Heterosigma akashiwo* が 1 cell/mL 出現したが、赤潮化することは無かった。*Cochlodinium polykrikoides* は出現しなかった。その他の植物プランクトンとしては珪藻類が全ての調査を通じて 2～292 cells/mL の範囲 (全点全層平均) で出現した (図 2-1-5)。

5) 橘湾湾奥における貧酸素水塊の発生

橘湾は、早崎瀬戸を通じて有明海と外海域を連結する海域であり、加津佐から茂木を結ぶ線を境に湾口部は水深 40 m から 80 m へと落ち込み、湾奥部は 30 m から 40 m と平坦な海底となっており、貧酸素水塊は湾奥部で夏季に発生する。湾奥部で貧酸素化が進行する仕組みとして 2 つの機序が確認されている。ひとつは、有明海の海水が橘湾に流出する際に早崎瀬戸において、表層の軽い海水と底層の重い海水が混合して湾奥部に運ばれ、湾奥部の底層上部に第 2 躍層が形成されるために、海底付近から貧酸素化する場合である。もうひとつは、有明海で発生したシャットネラ等の赤潮が大雨等により低塩分水とともに有明海奥部から橘湾に向けて流されるか、湾奥部で発生した赤潮が湾全体に広がり、酸素を消費することで貧酸素化する場合である。

貧酸素化の定義は水産用水基準 (日本資源保護協会, 2000) に示された底生生物が生存可能な最低濃度 2.0 ml/L を参考に、水温 25 °C 塩分 30 のときの DO に換算すると約 40% となるため、溶存酸素飽和度 40% 以下を貧酸素化とした。

図 2-1-6 のとおり、6 月下旬～7 月上旬には、底層（海底上 1 m）で溶存酸素飽和度が 40%未満の貧酸素水塊は確認されなかったが、7 月中旬には、昨年と同様に St.12 の底層で DO が低下し始め、8 月中旬までは湾の北東を中心に局所的に貧酸素化した。8 月下旬以降は湾の北を中心として広く貧酸素化した。また、昨年と同様に 7～8 月中旬及び 9 月 12 日の貧酸素化した海域の底層水温はその他の海域に比べやや低い値を示す傾向が見られた（図 2-1-7）。しかしながら、8 月 31 日及び 9 月 5 日については貧酸素化していない湾中央部の水温が低かった。

7 月 10 日、8 月 1 日、9 月 12 日は表層で塩分低下が観察された。（図 2-1-8 参照）。昨年は西日本豪雨による有明海からの低塩分水の流入が原因で表層が低塩分化していた。今年も同様に塩分の低下が観察される 1～2 週間程度前には筑後川流量が増加しており（<http://www.qsr.mlit.go.jp/chikugo/gaiyou/suishitsu/index.html>）、筑後川から有明海を経て橘湾表層に低塩分水が流入したものと考えられる。昨年と同様に表層塩分低下時は貧酸素化が進行しているため、有明海からの淡水の流入が貧酸素化の進行に関係している可能性がある。

6) 貧酸素水塊の解消

平成 31 年は台風の接近が多く、7 月 19 日、8 月 6 日、9 月 8 日、9 月 22 日に橘湾周辺に台風が接近した。7 月 18 日と 8 月 8 日は一時的な貧酸素化の解消がみられており、台風の接近による海水の攪拌が影響した可能性がある。特に 7 月 19 日に接近した台風では、野母崎で風速 10 m/s 近い風が吹き続けており、さらにこの時は大潮であった。

今年度特異的な現象として 8 月 21 日～9 月 5 日にかけての貧酸素水塊の浮上があげられる（図 2-1-8）。9 月 5 日に貧酸素水塊が浮上している際には St.14、20 に水温 22℃程度の比較的冷たい水塊があった。また伊勢湾では底層への外洋水の流入により貧酸素化が解消するという報告がある。本湾においても密度流が底層に流入すると貧酸素化が解消するという報告もあり、外洋から底層に流入した水によって貧酸素水塊が押し上げられた可能性がある。

この後 8 月末の豪雨による有明海からの流入により成層が強化され、強く貧酸素化した。9 月下旬には昨年と同様に水温の低下により鉛直混合が起こり、貧酸素が解消したと考えられる（図 2-1-8）。

7) 操業の効率化

貧酸素調査後は速報（図 2-1-9）を取りまとめ当日中に関係漁協宛送付し、「赤潮ネット（沿岸海域水質・赤潮観測情報）」内の「貧酸素情報」にて公開した（図 2-1-10）。

橘湾で営まれている漁業は、中・小型まき網、小型底びき網、刺網漁業であるが、海底付近から発生する貧酸素水塊が広域化・長期化する場合は、漁獲量が減少する。特に、刺網漁業では、網に掛かった漁獲物が海水中で死亡して商品価値が低下する。

今年度の調査終了後に地元漁業者への聞き取りを行った結果、速報を活用し、貧酸素化した沖合での刺網漁業から貧酸素化していない沿岸（図 2-2-4 に示す黒線より沿岸共同漁業権内）での雑魚刺網・かご・釣り漁業に一時転換した者がおり、その他の漁業者も速報を参考にして漁場の選択を行い、操業の効率化を図ったとのことであった。

参考文献

岡山紘介（2007）夏季の橘湾底層における低酸素水塊の発達・消滅機構。長崎大学修士論文

木元克則・西内耕・岡村和磨（2003）有明海における溶存酸素分布. 月刊 海洋, 35, 4, 261-265.

Kazuhiro Aoki, Manabu Shimizu, Hiroshi Kuroda, Toshifumi Yamatogi, Naoya Ishida, Shigeru Kitahara, Keiji Hirano (2016) : Numerical study for specifying the major origin of low salinity water associated with *Chattonella* (Raphidophyceae) blooms in Tachibana Bay, Japan. Journal of Oceanography, 72 : 811-816.

高橋鉄哉, 藤原建紀, 久野正博, 杉山陽一（2000）伊勢湾における外洋水系の進入深度と貧酸素水塊の季節変動. 海の研究, 5, 265-271

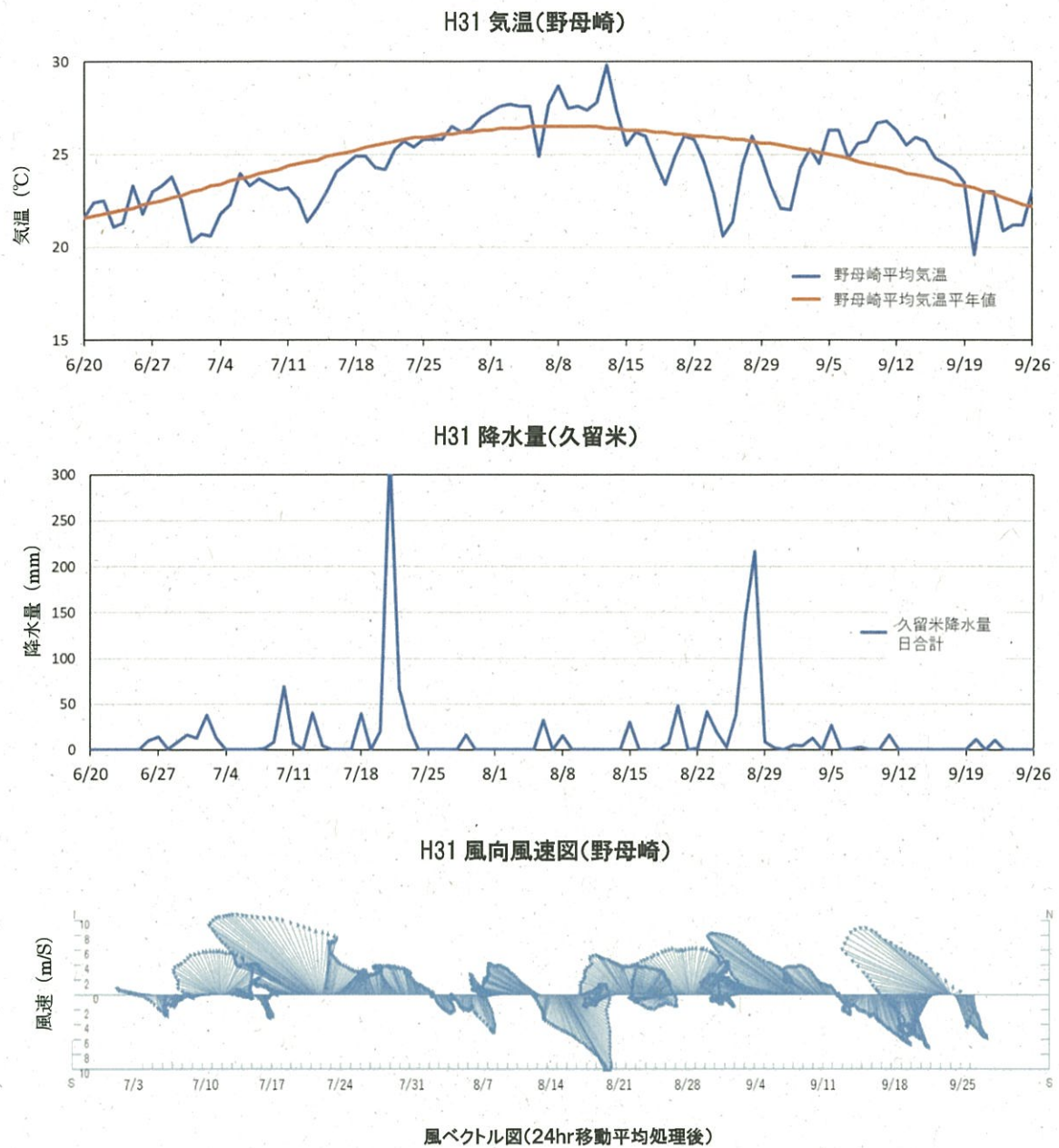


図 2-1-2. 調査期間中の気温、降水量及び風向風速