

1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定
イ．瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域

大分県農林水産研究指導センター水産研究部北部水産グループ

岡田 理，江頭潤一

大分県農林水産研究指導センター水産研究部

毛利文香，西山雅人，堀 敏宏

広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター

岡田 亮，上原達亮，戸田竜哉，相田 聡，村上倫哉

山口県水産研究センター内海研究部

馬場俊典，和西昭仁，樋上丈一郎，内田喜隆，茅野昌大

福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所

俵積田貴彦，増田浩美，恵崎 摂，的場達人

愛媛県農林水産研究所水産研究センター

水野かおり，莖田峻希，関信一郎

高知県水産試験場

上村海斗，黒原健朗

愛媛大学沿岸環境科学研究センター

郭 新宇

愛媛大学先端研究学術推進機構

吉江直樹

愛媛大学南予水産研究センター

清水園子，竹内久登

水産研究・教育機構水産技術研究所

外丸裕司，西村朋宏，占部敦史，坂本節子

1 全体計画

(1) 目的

瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域では有害赤潮プランクトンによる漁業被害が頻繁に発生しており、2012年夏季には、当該海域で広範囲に *Karenia mikimotoi* の赤潮が発生し、県によっては、十数億円の過去最大の漁業被害が発生した。赤潮による漁業被害を未然防止及び軽減するためには、赤潮発生海域を網羅した広域連携調査を実施する必要がある。本課題では、当該海域において各機関が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンの発生状況及び海洋環境を監視するとともに、PCR法を用いた高感度調査や赤潮発生期の高頻度調査を実施し、有害赤潮プランクトンの動態を解析する。さらに、赤潮発生シナリオならびに環境要因を基にした予察技術等の改良と更新によって赤潮発生予察の高度化を進めるとともに、過去の知見も踏まえて漁業被害軽減に資するため関係県が実行する「行動計画」を取りまとめることを目的とする。

2 令和7年度計画及び結果

(1) 目的

全体計画と同じ

(2) 方法

1) モニタリング調査

当該海域に計 58 点の調査定点を設置し（図 1），原則，有害赤潮が発生する 5～9 月に計 4 回以上，海洋環境（水温，塩分，栄養塩等）及びプランクトン細胞密度等のモニタリング調査を実施した（表 1，表 2）。なお調査の際，多項目 CTD にクロロフィル極大層の反応が確認された場合は，その層を採水し，プランクトン細胞密度の検鏡計数を行うこととした。広島県広島湾海域，山口県徳山湾・笠戸湾海域，福岡県・大分県周防灘海域及び高知県浦ノ内湾海域については，水塊の成層強度を示す鉛直安定度を以下の式（1）により求めた。
上層と下層の海水密度差÷水深差×10⁻³（Sverdrup et al. 1942）（1）

また，気象データとして気象庁 HP 気象統計情報から広島，豊後高田，宇和島，須崎における降水量，気温，日照時間及び風速の観測値と平年値（1992～2021 年の 30 年間の平均値）を用いた。

2) *K. mikimotoi* 高感度監視調査

① 海水中 *K. mikimotoi* 遺伝子の挙動解析

1) のモニタリング調査定点 58 点のうち 8 点を調査定点に設置し（図 1），モニタリング調査前の 4～6 月，及び冬季の 2～3 月に PCR 法による高感度調査を実施した（表 1）。各県の共同提案機関は各調査点で採水した海水 1 L を孔径 5 μm のメンブレンフィルター（Millipore）で濃縮濾過し，そのフィルターを凍結保存して愛媛大学南予水産研究センターに送付した。同センターにおいて送付された凍結試料を解凍後，DNeasy Plant Mini Kit（QIAGEN）を用いて DNA を抽出した。DNA の検出・定量は *K. mikimotoi*，*Margalefidinium polykrikoides*（旧名：*Cochlodinium polykrikoides*），*Heterocapsa circularisquama*，*Chattonella* spp.（*antiqua* + *marina* + *ovata*），*Heterosigma akashiwo* の遺伝子をそれぞれ特異的に識別するプライマーと蛍光プローブを用いたリアルタイム PCR 法により行い，解析にはマルチプレックス検出可能なリアルタイム PCR 機（BioRad, CFX Opus 96）を用いた。得られた定量値は，既知の細胞数を測定して得られた検量線を基に細胞数へと変換した（向井ら 2017，鬼塚ら 2021，清水 未発表）。

② 複数水域における海底泥からの *K. mikimotoi* DNA の検出

2022 年に高知県浦ノ内湾で採取された海底泥から *K. mikimotoi* DNA が検出され，海底泥中に *K. mikimotoi* の休眠シストが存在する可能性が示唆された（後川ら 2024）。そこで本年度は，他の水域でも同様の可能性について検討するため，2024 年 10 月～2025 年 3 月にかけて，図 2 の周防灘（F11, O13, O14, O17），大分県佐伯湾（1 地点），愛媛県宇和島湾（13 地点）及び北灘（4 地点）の計 22 地点で採取された海底泥から *K. mikimotoi* DNA の検出を試みた。底泥 0.25g（n=3/地点）から DNeasy PowerSoil Pro Kit（QIAGEN）により DNA を抽出し，2) ①と同様の方法で *K. mikimotoi* DNA の定量検出を行った。

3) 高頻度観測とデータ解析・モデル構築等

図 3 に示す宇和島湾 6 定点において，5～8 月に週 1 回の頻度で採水及び多項目水質計（JFE アドバンテック社製 AAQ-RINKO）を用いた観測を行った。重点調査定点の U6 では表層，5 m，10 m，海底上 1 m（B-1 m），クロロフィル極大層で採水を行い，海水試料は植物プランクトン種組成及び細胞密度の分析に供するとともに，オートアナライザー（ビーエルテック社製 QuAAtro）で栄養塩濃度（DIN: NO₂-N+NO₃-N+NH₄-N，DIP: PO₄-P，DSi: SiO₂-Si）を測定した。さらに，気象庁の宇和島特別地域気象観測所で観測された日照時間と降水量をそれぞれ用いた。

モデル構築では，比較的データ数が限られた条件下でも推定精度が見込まれる 9 つの統計モデル（線形回帰，ラッソ回帰，リッジ回帰，サポートベクトルマシーン（SVM），k-近傍法，ベイズ回帰，決定木回帰，ランダムフォレスト（RF）回帰，アダブースト）を用い，

前年 8 月から当年 7 月までの環境履歴を考慮した赤潮指標の予測を試みた。昨年度までは発生日及び最大細胞密度の 2 指標を対象としていたが、本年度は新たに発生・非発生及び赤潮持続期間を加え、計 4 指標を予測対象とした。なお、昨年度に使用した Deep Learning 法については、利用可能なデータ量が限られており安定した学習が困難であったため、本年度は適用を見送り、代替手法としてアダブースト法を導入した。説明変数には、従来のスコア法で用いられてきた 5 つの環境要素（林 2023 修士論文）に加え、豊後水道周辺の最大 5 地点（松山、宇和島、宿毛、大分、宮崎）における気象データ（気温、降水量、風速、風向、日照時間、日射量）の旬別平均値を使用した。赤潮発生日を 7 月と仮定し、前年 8 月から当年 7 月までの環境要素を対象とした結果、合計 1192 個の環境要素を用いた解析となった。発生・非発生年の予測には 1979 年以降の 45 年分のデータを、発生日及び持続期間の予測には赤潮発生年の 27 年分のデータを、最大細胞密度及びスコア法との比較には 2004 年以降の 20 年分のデータを使用した。これらの環境要素と 4 つの赤潮指標との関連性について、RF 法を用いて解析し、各指標と関連性の高い重要な環境要素を抽出した。抽出された環境要素を説明変数、各赤潮指標を目的変数として統計モデルを構築し、全データの 80%を学習用、20%を検証用として予測精度を評価した。精度評価指標として、発生・非発生には AUC を、発生日、最大細胞密度、持続期間には RMSE 及び CVRMSE を用い、従来のスコア法及び同一説明変数を用いた統計モデルとの比較を行った。

4) 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良及び赤潮が発生した際の一連の対策方法（行動計画）の検討

① 赤潮予察モデルの改良と検証

2017 年度までに実施した統計解析により、*K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオの構築及び判別分析による予察モデルを開発し（加川ら 2020）、2018～2022 年にかけて予察結果を検証したところ、的中率の低下が認められた（上村ら 2023）。的中率の高い予察モデルであっても、長期的な気候変動等で的中率が低下する可能性があるとの報告もある（長谷川ら 2018）ことから、予察の精度向上を目的に、2018～2022 年までのデータを追加した予察モデルを 2023 年に再構築した。予察モデルの詳細について、統計解析により赤潮発生に関与すると想定された環境因子（海象・気象）を用いて、赤潮発生年と非発生年に分けて、環境因子の組合せで判別分析により判別得点を求めた。次に赤潮の発生と非発生を目的変数、判別得点を説明変数とし、ロジスティック回帰式を作成した。最後に、本年取得したデータで求めた判別得点から本年の赤潮発生または非発生を予測し的中率を検討した。本予察モデルは的中の欄では、予測と赤潮発生状況（結果）が一致した場合を「◎」、「△」と予測して発生した場合を「○」、「△」と予測して非発生の場合を「△」、予測と結果が一致しなかった場合を「×」と表記した。本年度は 2023 年に構築した予察モデルを用いて、2025 年における *K. mikimotoi* 赤潮の発生または非発生を予測し、的中率を検討した。

② 赤潮が発生した際の一連の対策方法（行動計画）の検討

赤潮被害の軽減には、モニタリング体制の充実とともに情報発信体制や近隣県を含めた情報共有体制の構築が必要であり、漁業者が各種の具体的な赤潮被害軽減対策をとるためには、得られた情報をもとに各県が適切なタイミングで赤潮注意／警戒情報を発出し、被害軽減体制の構築を図る必要がある。当グループでは、赤潮被害軽減対策の現状把握を目的として、各県における赤潮発生時の行動計画に関するアンケート調査を 2023 年度に行い、2024 年度はフローチャートにより各県の監視体制の可視化を行った。本年度は、海域の特性に合わせて科学的知見に基づき漁業者が実施する赤潮対策を策定・改善するための理想の行動計画策定に向けて、赤潮の発生段階に応じた各県及び漁業者の対策実施状況について整理・情報共有し、一覧化に取り組んだ。

(3) 結果及び考察

1) モニタリング調査

① 気象

【概況】

本年度の梅雨入りは、中国地方（山口県を除く）、九州北部地方（山口県を含む）及び四国地方では5月16～17日頃（平年は6月4～6日頃）、梅雨明けは6月27日頃（平年は7月17～19日頃）で、梅雨入りは平年より19～20日程度早く、梅雨明けは中国地方、九州北部地方、四国地方で平年より22日早かった。

【広島、豊後高田、宇和島、須崎の観測結果】

各観測所における4～9月の降水量、平均気温、日照時間及び平均風速の旬別気象データと平年値の推移を図4～5に示す。

降水量（図4a）：期間中、4月は平年より少なく、梅雨時期の5～6月は多めで推移した。7月は宇和島、須崎で中旬に平年の約3倍の降水降水量が記録されたが、その他では極端に低くなり、広島、豊後高田では0を記録した。8～9月は概ね平年並み～平年より低めで推移した。

平均気温（図4b）：期間中、平年並みから高めで推移し、特に6月下旬～7月上旬は平年より2.3～4.6℃高かった。

日照時間（図5a）：期間中、4～5月中旬まで概ね平年より高めで推移したが、5月下旬に低めとなった。しかし、7月にかけて高めになり、特に降水降水量の少なかった7月上旬及び下旬は平年より19.5～60.2h長かった。そして、8～9月も概ね高めで推移した。

平均風速（図5b）：期間中、宇和島及び須崎は概ね平年並みで推移したが、広島は7月上旬及び下旬はかなり少なく、8月上旬はかなり高めであった。また、豊後高田は5月上旬及び7月中下旬に平年より高めであった。

② 海象

各県海域の2025年4～9月の海象データの推移を図6～9に示す（海域によっては本事業以外で得られた調査結果もデータに含む）。また、平年偏差を表3に示す。

水温（平均値；図6）：広島県広島湾海域（5m層、4～9月）は11.7～26.7℃、山口県徳山湾・笠戸湾海域（5m層、5～9月）は15.0～29.4℃、福岡県周防灘海域（5m層、5～8月）は17.0～28.7℃、大分県周防灘海域（5m層、4～9月）は12.0～30.1℃、大分県別府湾・豊後水道海域（10m層、4～8月）は13.7～24.7℃、愛媛県豊後水道海域（10m層、5～8月）は16.2～26.1℃、高知県宿毛湾海域（5m層、5～9月）は21.1～29.5℃、高知県浦ノ内湾海域（5m層、5～9月）は19.8～29.8℃で推移した。

塩分（平均値；図7）：広島県広島湾海域（5m層、4～9月）は30.78～32.17、山口県徳山湾・笠戸湾海域（5m層、5～9月）は31.64～32.99、福岡県周防灘海域（5m層、5～8月）は31.17～32.78、大分県周防灘海域（5m層、4～9月）は29.90～32.73、大分県別府湾・豊後水道海域（10m層、4～8月）は32.75～33.94、愛媛県豊後水道海域（10m層、5～8月）は33.85～34.21、高知県宿毛湾海域（5m層、5～9月）は33.12～34.54、高知県浦ノ内湾海

域（5 m 層，5～9 月）は 29.54～33.00 で推移した。

透明度（平均値；図 8）：広島県広島湾海域（4～9 月）は 2.4～6.0 m，山口県徳山湾・笠戸湾海域（5～9 月）は 4.1～8.1 m，福岡県周防灘海域（5～8 月）は 3.6～6.8 m，大分県周防灘海域（4～9 月）は 5.2～9.8 m，大分県別府湾・豊後水道海域（4～8 月）は 7.7～12.8 m，愛媛県豊後水道海域（5～8 月）は 11.7～16.6 m，高知県宿毛湾海域（5～9 月）は 5.1～14.7 m，高知県浦ノ内湾海域（5～9 月）は 3.1～5.1 m で推移した。

鉛直安定度（平均値；図 9）：広島県広島湾海域（4～9 月）は $13.2 \times 10^{-5} \sim 74.4 \times 10^{-5}$ ，山口県徳山湾・笠戸湾海域（5～9 月）は $9.5 \times 10^{-5} \sim 41.7 \times 10^{-5}$ ，福岡県周防灘海域（5～8 月）は $4.6 \times 10^{-5} \sim 29.0 \times 10^{-5}$ ，大分県周防灘海域（4～9 月）は $2.5 \times 10^{-5} \sim 36.0 \times 10^{-5}$ ，高知県浦ノ内湾海域（5～9 月）は $9.2 \times 10^{-5} \sim 41.6 \times 10^{-5}$ で推移した。

③ 水質

各県海域の 2025 年 4～9 月の水質データの推移を図 10～13 に示す（海域によっては本事業以外で得られた調査結果もデータに含む）。

クロロフィル a（平均値；図 10）：広島県広島湾海域（5 m 層，4～9 月）は 1.28～7.39 $\mu\text{g/L}$ ，山口県徳山湾・笠戸湾海域（5 m 層，5～9 月）は 1.38～5.29 $\mu\text{g/L}$ ，福岡県周防灘海域（5 m 層，4～8 月）は 0.22～0.80 $\mu\text{g/L}$ ，大分県周防灘海域（5 m 層，4～9 月）は 0.76～2.06 $\mu\text{g/L}$ ，大分県別府湾・豊後水道海域（10 m 層，4～8 月）は 1.00～1.94 $\mu\text{g/L}$ ，愛媛県豊後水道海域（10 m 層，5～8 月）は 0.76～1.89 $\mu\text{g/L}$ ，高知県宿毛湾海域（10 m 層，5～9 月）は 0.37～2.62 $\mu\text{g/L}$ ，浦ノ内湾海域（5 m 層，5～9 月）は 1.15～6.74 $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移した。

DO（溶存酸素飽和度）（最低値；図 11）：広島県広島湾海域（B-1 m 層，4～9 月）は 11.8～94.8%，山口県徳山湾・笠戸湾海域（B-1 m 層，5～9 月）は 59.5～83.5%，福岡県周防灘海域（B-1 m 層，5～8 月）は 68.7～95.8%，大分県周防灘海域（B-1 m 層，4～9 月）は 59.8～98.5%，大分県別府湾・豊後水道海域（10 m 層，4～8 月）は 66.6～101.8%，愛媛県豊後水道海域（10 m 層，5～8 月）は 67.2～93.8%，高知県宿毛湾海域（20 m 層，5～9 月）は 74.5～86.1%，浦ノ内湾海域（B-1 m 層，5～9 月）は 1.3～77.4% の範囲で推移した。

DIN（溶存無機態窒素）（平均値；図 12）：広島県広島湾海域（5 m 層，4～9 月）は Not Detected（N.D.）～3.35 μM ，山口県徳山湾・笠戸湾海域（5 m 層，5～9 月）は 0.27～0.85 μM ，福岡県周防灘海域（5 m 層，4～8 月）は 0.46～1.56 μM ，大分県周防灘海域（5 m 層，4～9 月）は 0.0024～4.27 μM ，大分県別府湾・豊後水道海域（10 m 層，4～8 月）は 0.01～1.61 μM ，愛媛県豊後水道海域（10 m 層，5～8 月）は 0.50～2.55 μM ，高知県宿毛湾海域（10 m 層，5～9 月）は 0.99～2.29 μM ，浦ノ内湾海域（5 m 層，5～9 月）は 0.35～21.02 μM の範囲で推移した。

DIP（溶存無機態リン）（平均値；図 13）：広島県広島湾海域（5 m 層，4～9 月）は N.D.～0.37 μM ，山口県徳山湾・笠戸湾海域（5 m 層，5～9 月）は 0.01～0.10 μM ，福岡県周防灘海域（5 m 層，4～8 月）は 0.02～0.15 μM ，大分県周防灘海域（5 m 層，4～9 月）は 0.04～0.15 μM ，大分県別府湾・豊後水道海域（10 m 層，4～8 月）は 0.11～0.21 μM ，愛媛県豊後水道海域（10 m 層，5～8 月）は 0.11～0.22 μM ，高知県宿毛湾海域（10 m 層，5～9 月）は 0.08～0.15 μM ，浦ノ内湾海域（5 m 層，5～9 月）は 0.12～2.60 μM の範囲で推移した。

④ プランクトン

各県海域の2025年4～9月のプランクトンの観測値（最高細胞密度、珪藻は表層平均密度）を図14、各県海域の2025年4～9月の*K. mikimotoi*及び*Chattonella* spp.の観測値（最高細胞密度）の水平分布を図15～18に示す（本事業以外の調査結果もデータとして使用）。

K. mikimotoi（最高値；図14, 15, 17）：広島県広島湾海域（全層，4～9月）ではN.D.～1 cell/mL，山口県徳山湾・笠戸湾海域（全層，5～9月）ではN.D.～427 cells/mL，福岡県周防灘海域（全層，5～8月）ではN.D.，大分県周防灘海域（全層，4～9月）ではN.D.～29 cells/mL，大分県別府湾・豊後水道海域（全層，4～8月）ではN.D.～1 cell/mL，愛媛県豊後水道海域（全層，5～8月）ではN.D.～19 cells/mL，高知県宿毛湾海域（全層，4～9月）ではN.D.～3 cells/mLで推移した。浦ノ内湾海域（全層，4～9月）では遊泳細胞は6月上旬に1 cell/mLで初認されたものの、それ以降は確認されなかった。

M. polykrikoides（旧名：*C. polykrikoides*）（最高値；図14）：山口県徳山湾・笠戸湾海域（全層，5～9月），大分県周防灘海域（全層，4～9月），大分県別府湾・豊後水道海域（全層，4～8月），浦ノ内湾海域（全層，4～9月）では検出されなかった。広島県広島湾海域（全層，4～9月）ではN.D.～16 cells/mL，福岡県周防灘海域（全層，5～8月）ではN.D.～2 cells/mL，愛媛県豊後水道海域（全層，5～8月）ではN.D.～4 cells/mL，高知県宿毛湾海域（全層，5～9月）ではN.D.～156 cells/mLで推移した。

H. circularisquama（最高値；図14）：広島県広島湾海域（全層，4～9月），山口県徳山湾・笠戸湾海域（全層，5～9月），福岡県周防灘海域（全層，5～8月），大分県周防灘海域（全層，4～9月），大分県別府湾・豊後水道海域（全層，4～8月），愛媛県豊後水道海域（全層，5～8月），高知県宿毛湾海域（全層，5～9月），浦ノ内湾海域（全層，4～9月）では確認されなかった。

Chattonella spp. (*antiqua* + *marina* + *ovata*)（最高値；図14, 16, 18）：広島県広島湾海域（全層，4～9月）ではN.D.～2 cells/mL，山口県徳山湾・笠戸湾海域（全層，5～9月）ではN.D.～1 cell/mL，福岡県周防灘海域（全層，5～8月）ではN.D.～2 cells/mL，大分県周防灘海域（全層，4～9月）ではN.D.～9 cells/mL，大分県別府湾・豊後水道海域（全層，4～8月）ではN.D.～0.01 cells/mL，愛媛県豊後水道海域（全層，5～8月）ではN.D.～0.01 cells/mL，高知県宿毛湾海域（全層，5～9月）ではN.D.～2 cells/mLの範囲で推移した。浦ノ内湾海域（全層，4～9月）では遊泳細胞は6月9日に初認（1 cell/mL）され，7月31日に100 cells/mLを超えて赤潮を形成した。その後，8月4日には10,000 cells/mLを超え，同月8日に本年度の最高細胞密度である21,500 cells/mLまで増殖した。その後，一旦減少し，9月10日に再び100 cells/mLを超えて赤潮を形成したが，1,000 cells/mLを超えることはなく比較的小規模であった。

H. akashiwo（最高値；図14）：広島県広島湾海域（全層，4～9月）ではN.D.～25 cells/mL，山口県徳山湾・笠戸湾海域（全層，5～9月）ではN.D.～525 cells/mL，大分県周防灘海域（全層，4～9月）ではN.D.～2 cells/mL，大分県別府湾・豊後水道海域（全層，4～8月）ではN.D.～25 cells/mL，愛媛県豊後水道海域（全層，5～8月）ではN.D.～1 cell/mLの範囲で推移し，福岡県周防灘海域（全層，4～8月）ではN.D.であった。高知県宿毛湾海域（全層，5～9月）では，6月16日に突発的に赤潮（5,500 cells/mL）が発生した。その後，減少に転じて8月以降は確認されなかった。高知県浦ノ内湾海域（全層，4～9月）では，5月29日に1,000 cells/mLを超えて赤潮を形成し，その後一旦減少したが，6月12日に本年度

の最高細胞密度である 5,500 cells/mL まで増殖した。7 月 28 日に再び 620 cells/mL が確認されたが、その後は 0～数百 cells/mL の増減を繰り返し、赤潮形成には至らなかった。

珪藻類（平均値；図 14）：広島県広島湾海域（表層，6～9 月）では 89～11,797 cells/mL，山口県徳山湾・笠戸湾海域（表層，5～9 月）では 52～4,795 cells/mL，福岡県周防灘海域（表層，5～8 月）では 199～529 cells/mL，大分県周防灘海域（表層，4～9 月）では 2～1,268 cells/mL，大分県別府湾・豊後水道海域（表層，4～8 月）では 2～7,002 cells/mL，愛媛県豊後水道海域（表層，5～8 月）では 1～326 cells/mL，高知県宿毛湾海域（表層，5～9 月）では 20～41 cells/mL，浦ノ内湾海域（表層，4～9 月）では N.D.～37,000 cells/mL で推移した。

⑤ まとめ

2025 年 4～12 月の赤潮発生状況を表 4 に示す。*K. mikimotoi* 赤潮は山口県周防灘海域，愛媛県豊後水道海域で計 3 件発生し，前年の 14 件から 11 件減少した。山口県周防灘海域では 8 月中旬～9 月中旬に 2 件，愛媛県豊後水道海域では 7 月中旬～10 月上旬に 1 件発生した。*K. mikimotoi* 赤潮による漁業被害は愛媛県豊後水道海域で 1 件発生した。*Chattonella* 赤潮は広島県燧灘海域，高知県浦ノ内湾海域で計 3 件発生し，前年の 7 件より 4 件減少した。*Chattonella* 赤潮による漁業被害は確認されなかった。

本年度は 2 つの海域で *K. mikimotoi* 赤潮が発生した。主要海域において本種赤潮が発生及び非発生に至った経過及び要因を以下のように整理した。

広島県広島湾海域：当該海域において，*K. mikimotoi* は 9 月中旬に 1 cell/mL のみ確認され，高感度調査においても 2 月，4 月の底層でわずかに確認されたのみであり，冬季のシードポピュレーションが少なかったうえに，夏季にも増殖には至らなかった。本年度は 6 月中旬以降の気温が平年よりもかなり高めであり，それに伴い水温も高い値で推移した。DIN も夏季のまとまった降水時以外は低調で推移し，DIP についても同様であった。競合種である珪藻類も 9 月中旬以外は 10,000 cells/mL を超えない値で推移し，*Chattonella* 属についても期間中はほとんど確認されなかったことから，夏季の当該海域は高水温と貧栄養によりプランクトンの増殖に適さない環境であったと考えられる。これらのことから，冬季における本種の初期個体群の数が少なかったことに加え，夏季の高水温，貧栄養の環境が要因となり，本種が増殖に至らなかったと考えられる。

山口県徳山湾・笠戸湾海域：当該海域では，*K. mikimotoi* による赤潮が 8 月上旬～9 月中旬に徳山湾で，8 月中旬～9 月中旬に防府市沿岸域で発生した（最高細胞密度は，山口県の注意報（100 cells/mL 以上）基準を超え，それぞれ 1,425 cells/mL，4,185 cells/mL）。2～7 月の高感度監視調査の期間中，濃縮検鏡では 7 月上旬に 0.001 cells/mL 観察され，PCR 法では 5 月上旬に <0.001 cells/mL，7 月上旬に 0.131～1.695 cells/mL 検出された。初期出現が例年より遅く（7 月上旬），8 月上旬にまとまった降水があり増殖したが，警報（5,000 cells/mL 以上）基準を超えるほど増殖しなかった。

福岡県周防灘海域：当該海域では，本事業の調査において *K. mikimotoi* は確認されなかったが，本事業以外の調査では，中部沿岸域で 7 月中旬に最大 22 cells/mL 確認された。その後，増殖は確認されず赤潮化しなかった。赤潮発生に至らなかった要因として，本年度は，4 月の降水量が少なく日照時間がかなり多かったため，*K. mikimotoi* の初期個体群の増殖に至らなかったと考えられる。さらに，6 月以降の日照時間もやや多め～甚だ多めで推移し，7 月以降の塩分は高めであったことから，*K. mikimotoi* は弱い光強度及び低塩分が好適増殖条件下とされるため，赤潮を形成できなかったと推測される。

大分県周防灘海域：当該海域では、調査定点において赤潮の発生は確認されなかった。非発生であった要因としては、底層が低水温であったことが考えられる。昨年の7月における平均底層水温は22.0℃であったが、本年度は6月上旬から底層水温が上昇せず、18.2～19.5℃で推移した。その結果、*Chattonella* 属はシストからの発芽が、*K. mikimotoi* は増殖が抑制されたと考えられる。また、本年度は7月上旬及び下旬の降水量が0であり、6月下旬～7月下旬の降水量が非常に少なかったため、栄養塩の供給が不十分であった可能性もある。

大分県別府湾・豊後水道海域：当該海域において、本調査の検鏡では *K. mikimotoi* は低密度であった。qPCR による *K. mikimotoi* の高感度調査でも5～6月は未検出であり、検出された場合でも0.1 cells/mL以下と低かった。これらのことから、本年度は *K. mikimotoi* の遊泳細胞が少なかったと考えられる。他の大分県南部海域の調査においても、*K. mikimotoi* は注意密度（200 cells/mL）まで増殖せず、最大で6 cells/mL（佐伯湾）であった。

K. mikimotoi の増殖が抑制された要因としては、本種が増殖する6～8月までの降水量が平年より少ないことが考えられる。例えば、大分市の降水量は6月上旬と8月上旬を除いて平年より低く推移していた。

愛媛県豊後水道海域：当該海域において *K. mikimotoi* は、本事業の調査では最大19 cells/mLであったが、本事業以外の調査では沿岸域で7月中旬に赤潮の発生（1,000 cells/mL以上）が確認された。本種は6月下旬に宇和島市沿岸で初認された後、沿岸域において徐々に細胞密度が増加し、7月中旬から赤潮状態となった。

宇和島市沿岸域の水温は、6月中旬から上昇し、平年より3～4℃程度高めに推移した。また、6月下旬と7月中旬にはまとまった降水もあり、7月中旬は平年の降水量より多かった。加えて、宇和島市沿岸域では珪藻類が7月上旬から減少し、同時に *K. mikimotoi* の密度上昇が見られた。以上より、本年度は6月中旬からの水温上昇や、6月下旬及び7月中旬の降水によって、*K. mikimotoi* の増殖に適した環境となり、同時に競合種である珪藻類の増殖が鈍化したことで、本種が赤潮発生に至ったと考えられる。

高知県宿毛湾海域：当該海域において、問題となっている *M. polykrikoides* は5月8日に初認（5 cells/mL）され、同月13日に10 cells/mLを超え、同月19日には156 cells/mLが確認された。また、本種は高感度調査（qPCR）において2月中旬及び4月上旬には検出されておらず、5月及び6月にのみ検出された。このことから、5月以降の海洋環境が本種の増殖に適した環境であったと推察された。

高知県浦ノ内湾海域：本年度は、例年と比較して6月中旬から気温が1℃以上高く、それに伴い同時期における水温も高い値で推移した。2008年から2023年まで *K. mikimotoi* の赤潮（1,000 cells/mL以上）は毎年発生していたが、本年度は昨年に引き続き非発生年となった。例年4～5月頃には、本種が遊泳細胞として普通に確認されるが、本年度は調査期間を通してほとんど確認されておらず、高感度調査（qPCR）においても1～4月の本種遺伝子量はごくわずかであった。このことから、冬季における *K. mikimotoi* のシードボピュレーションが少なかったことが、本年度の本種赤潮が非発生であった要因の一つであると推察された。

Chattonella spp.は例年、6月に赤潮を形成する傾向にあるが、本年度は7～9月と遅い時期に赤潮を2度形成した。赤潮発生が遅かった要因の一つとして、*H. akashiwo*, *Ceratium* spp.及び *Dictyocha* spp.の混合赤潮が5～6月に発生していたことがあげられる。一方、昨年

は *Chattonella* spp.赤潮の発生が 5 月と例年より早く、同時期に他種赤潮の発生は認められなかった。これらのことから、本年度は多数の競合種の存在により *Chattonella* spp.の増殖が阻害され、本藻の赤潮発生が遅れたものと推察された。

2) *K. mikimotoi* 高感度監視調査

① 海水中 *K. mikimotoi* 遺伝子の挙動解析

2025 年 1～10 月の期間における各海域の本種遺伝子測定を実施した。各海域における 2025 年の推定細胞密度を表 5 及び図 19～21 に示している。

本年度の瀬戸内海西部海域における *K. mikimotoi* 赤潮の発生は周防灘海域では山口県、豊後水道海域では愛媛県で発生した。まず、山口県においては、8～9 月にかけて本種赤潮が発生した。また、愛媛県においては、本種赤潮の発生は 7～9 月の長期間となった。その他の海域では本種赤潮は未発生となった。

2025 年における各県海域の *K. mikimotoi* 遺伝子水柱平均を図 21 に示す。周防灘海域においては、本種赤潮が発生した山口県海域では 6 月までは未検出であったが、赤潮発生 1 か月前の 7 月に検出された（水柱平均値 Y4 : N.D.～0.675 cells/mL）。一方、福岡県では、2 月と 4 月は検出限界以下であったが、5 月と 6 月に低濃度で検出された（F11 : N.D.～0.062 cells/mL）。一方、大分県北部海域については、5 月上旬までは検出限界以下であったが 5 月中旬から検出されその後増加した。本海域では赤潮発生は見られなかったが、7 月中旬には推定細胞数で 93.0 cells/mL まで増加した（O13 : N.D.～404 cells/mL）。

豊後水道海域においては、大分県海域では 2 月と 4 月に遺伝子量が低濃度（0.01～0.03 cells/mL）で検出されたが、5 月と 6 月上旬には未検出となった。6 月中旬以降から再び検出されたが、最も高濃度であった 8 月でも推定 1 cell/mL 以下の遺伝子濃度であった。

（O9 : N.D.～0.407 cells/mL）。赤潮が発生した愛媛県海域では、1 月から 6 月まで断続的に遺伝子が低濃度で検出されていたが、本海域で赤潮発生前の 6 月末から検出量が増加し、8 月にはピークとなった（E4 : N.D.～30 cells/mL, E9 : N.D.～14 cells/mL）。一方、同じ豊後水道海域の高知県宿毛湾海域においては、赤潮は発生しなかったが 2 月～6 月にかけて本種遺伝子が検出された（KS : 0.010 ～0.700 cells/mL）。

広島湾、大分県別府湾及び高知県浦ノ内湾においては、今年は *K. mikimotoi* 赤潮は発生しなかった。遺伝子の検出状況については、大分県別府湾海域は 1 月に低濃度で検出した後 5 月と 6 月に未検出となり、6 月中旬～7 月にかけて再度低濃度で検出された。（O3 : N.D.～0.009 cells/mL）。一方、広島湾と高知県浦ノ内湾については、調査期間中は未検出であった。

瀬戸内海西部海域において 2018～2025 年に実施した *K. mikimotoi* 遺伝子モニタリングの連続データを図 22 に示す。本種赤潮が発生した周防灘海域での今年の検出状況は、他の赤潮発生年と比較して冬季の検出量が低い傾向であったが、赤潮発生前から海域全体で増加する傾向が見られた。本海域では 8 月に赤潮が発生したことから、7 月に発生した年と比較して本種の増加が遅れた可能性が考えられた。また、別府湾については、これまでの年と比較して、検出量は低い傾向であった。一方、豊後水道海域においては、冬季から検出されるものの、春季に減少し、初夏から再び増加する傾向が見られた。この検出パターンはこれまでも見られており、本海域での特徴的な挙動であると考えられる。広島湾海域と浦ノ内湾海域においては、いずれの海域も本年度は調査期間中は未検出であり、これらの海域では、本種赤潮は発生しなかった。これまで、両湾とも冬季の検出が多い年に赤潮が発生する傾向がみられることから、本年度はこれらの湾のシードポピュレーションが低濃度であった可能性が考えられた。

これまでに実施した遺伝子モニタリングにより、各海域で特徴的な検出パターンが見ら

れ、本種の出現に海象や天候などの環境条件が関与している可能性が考えられた（後川ら 2024）。そこで昨年度より本種遺伝子の動態と環境データの比較検証を行っている。図 23 に周防灘 2 地点（福岡県の F11, 大分県北部の O13）、別府湾海域（O3）及び豊後水道 2 地点（愛媛県の E4, 大分県南部の O9）の 2018～2023 年度における *K. mikimotoi* 検出量と DIN 濃度、図 24 に同地点の *K. mikimotoi* 検出量と DIP 濃度との関係を示す。昨年度の水温との相関では、水温の上昇にともない、*K. mikimotoi* 遺伝子量が増加する傾向が見られた（岡田ら 2025）。一方で、今回解析した栄養塩濃度については、豊後水道海域において赤潮発生年に DIN または DIP が高濃度となる場合が見られたが、DIN 及び DIP 濃度と本種遺伝子量との間には相関は認められなかった。今後は他の環境要因との検討や、各種環境要因の複合的な影響を解析する必要があると考えられる。

② 複数水域における海底泥からの *K. mikimotoi* DNA の検出

海底泥からの *K. mikimotoi* DNA 検出結果を図 25 に示す。F11（2025 年 2 月）では 205.55～537.55 copies/g の範囲で検出された。O13, O14, 及び O17（2024 年 11 月～2025 年 3 月）では 2024 年 11 月及び 12 月では全て未検出であったが、2025 年 1～3 月では O13 及び O14 で継続して検出された（検出サンプルの遺伝子量: 49.89～522.63 copies/g）。佐伯湾（2024 年 10 月, 2025 年 2 月）では 31.92～461.65 copies/g で検出された。宇和島湾（2024 年 11 月）では 13 地点中 8 地点で検出され、51.31～1165.24 copies/g の範囲であった。北灘湾（2025 年 3 月）では全地点で検出され、180.61～4,398.35 copies/g の範囲であった。多くの地点で 2022 年 12 月の浦ノ内湾における検出値（後川ら 2024）を下回ったものの、北灘湾の一部地点（地点 4 及び 5）では浦ノ内湾より高値を示した。以上のように、*K. mikimotoi* DNA が海底泥から継続して検出される、または比較的高濃度で検出される地点が見出され、休眠シストが存在する可能性が示唆されたが、一方で堆積した死細胞、または浮泥に含まれる遊泳細胞を検出した可能性も否定できない。ゆえに今後は、2022 年に浦ノ内湾において採取された海底泥を対象として、層別に海底泥からの RNA 検出を行い、RNA がシスト等のシードポピュレーションとして機能する細胞群に由来するかどうかを検証する予定である。

3) 高頻度観測とデータ解析・モデル構築等

図 26 に 2025 年 5 月から 9 月にかけての気象条件と宇和島湾の重点調査定点 U6 におけるクロフィル極大層のプランクトン細胞密度の推移を示す。本年度は、6 月下旬と 7 月中旬にまとまった降水があり、7 月中旬については平年の 4 倍程度の降水があった。珪藻類は 6 月中旬から 7 月初旬にかけて 4,000 cells/mL 程度まで増加したが、7 月上旬から減少に転じた。一方、*K. mikimotoi* は 6 月 24 日に初認されてから、徐々に細胞密度が増加し、7 月 23 日には本定点における最高細胞密度 10,600 cells/mL が確認された。図 27 に U6 における水質と植物プランクトン細胞密度の鉛直分布の推移を示す。6 月上旬には、降水やダムからの放流による表層塩分の低下と DSi の上昇が認められ、6 月下旬の日照回復に伴い、珪藻類が高密度に分布した。7 月上旬には、表層の DSi が低下した一方で、中底層において DIN 及び DIP の上昇が見られ、7 月中旬からは珪藻類が急激に減少し、同時期に *K. mikimotoi* が高密度に分布した。以上より、中底層への栄養塩供給と競合する珪藻類の衰退が、本種の増殖に寄与したものと考えられる。また、その後は、8 月中旬に *K. mikimotoi* は急激に減少したが、同時期に中底層の水温低下が見られていることから、中底層に冷水が流入し、湾内の海水交換が行われたことで、*K. mikimotoi* は湾外に拡散し、赤潮は終息したものと推察される。

本研究で構築した統計モデルについて、赤潮指標ごとに使用期間、抽出された環境要素、最も高い精度を示した統計モデル手法及び予測精度を整理した（表 6）。その結果、赤潮の

発生・非発生年については、2004 年以降の期間においてすべての年を誤判別なく判別することができ、1979 年以降の長期データにおいても同様の結果が得られた。発生日の予測では、本研究で抽出した環境要素と RF 法を用いることで、従来のスコア法と比較して約 5 日程度の予測誤差の低減が認められた。これは、赤潮発生前の注意喚起や事前対応期間の確保に資する成果であると考えられる。最大細胞密度についても、決定木法を用いることで、スコア法に比べて約 3 万 cells/mL 程度予測誤差を低減することができ、赤潮規模評価の高度化に寄与する結果が得られた。さらに、これまで予測が困難であった赤潮持続期間についても、本研究では k 近傍法を用いることで、推定誤差約 11 日という精度で予測できる可能性が示された。これは、赤潮終息過程に関する予測研究として新たな知見を提供するものである。以上より、本研究では、機械学習を用いた統計的手法により、*K. mikimotoi* 赤潮の発生・非発生、発生日、最大細胞密度、持続期間のすべてについて、従来法以上の予測精度を達成した。特に、前年秋季から冬季にかけての気象条件が重要な説明因子として抽出された点は、赤潮が直前の環境条件のみならず、長期的な環境履歴の影響を受けている可能性を示唆するものである。本手法は、今後の赤潮対策における予察・意思決定を補完する有効な技術として活用が期待される。

4) 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良及び赤潮が発生した際の一連の対策方法（行動計画）の検討

① 赤潮予察モデルの改良と検証

各海域において実施した予察の結果について、*K. mikimoto* の予察結果を表 7～13 に示した。また各海域の解析結果の特徴を以下に記載した。

広島県広島湾海域（表 7）：広島湾では *K. mikimotoi* の最高細胞密度 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。本年度は赤潮非発生年となったが、予察モデルでは 24 通りのうち、8 通りで「発生」、11 通りで「どちらでもない」、5 通りで「非発生」となった。「非発生」と予察できた 5 通りについては的中しており、2 月表層水温と 3 月 5 m 層 DO、3 月表層水温と 3 月表層 DO、3 月表層 DO と 4 月底層 DO、3 月表層 DO と 4 月底層 DIP、3 月 5 m 層 DO と 6 月底層クロロフィル a の組み合わせが抽出された。春先の環境項目が多く抽出され、2 月から 4 月の高めの水温と低めの DO により競合種に有利な環境となったことで初期発生が抑制されたと考えられる。このような春先の環境が本年度の非発生に寄与したものと推察される。一方、昨年度と共通して的中した環境項目はなかったことから、精度の向上が必要であると考えられる。

山口県徳山湾海域（表 8）：徳山湾では、*K. mikimotoi* 最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。2002～2022 年の解析期間で抽出された徳山湾の赤潮発生に関する環境項目は 7 項目で、これらの項目をもとに抽出した的中率の高い組み合わせ（7 通り）を表 8 に示した。

環境項目を用いた本年度の判別分析結果も表 8 に示した。本年度は、*K. mikimotoi* 赤潮の発生年となった。今回作成した予察モデル 7 通りのうち 4 通りでは「発生年：○」、3 通りでは「非発生年：×」と予察された。

福岡県周防灘海域（表 9）：福岡県周防灘海域では、*K. mikimotoi* では最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。

令和 5 年度に抽出した福岡県周防灘海域の赤潮発生に関係する項目（解析期間：2002～2022）のうち、的中率の高い組み合わせを用い、本年度の *K. mikimotoi* の判別分析を行った結果を表 9 に示した。本年度は *K. mikimotoi* 赤潮の非発生年であったが、作成した予察

モデル 13 通りのうち 6 通りで「非発生」の予察となった。

福岡県周防灘海域の赤潮発生に関する環境項目は、「4 月日照時間・降水量」、「5 月 5 m・底層塩分」、「6 月日照時間・気温・DIP」、「7 月の底層水温・降水量」が抽出されているが、本年度は 4 月の日照時間が多く（＝降水量が少なく）、5 月の 5 m 以深の塩分が高いこと、6 月の日照時間が多く気温が高い点において、福岡県周防灘海域の *K. mikimotoi* の不適条件に合致しており、4～6 月の環境項目（特に気象項目）にて赤潮非発生シナリオに当てはまる結果となった。一方、非発生年では、従来 6 月 DIP は少なく、7 月底層水温が高めの傾向であるものの、本年度では当てはまらなかった。よって、本年度の結果から、*K. mikimotoi* の赤潮化には、春～初夏の気象条件が、6～7 月の海象条件以上に強く起因する可能性が伺えた。

大分県周防灘海域（表 10）：周防灘大分県海域では、2025 年における *K. mikimotoi* 赤潮の判別分析を行った。

当該海域では、*K. mikimotoi* の最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。本年度は本種赤潮の非発生年で、5 通りの予察モデルの組み合わせのうち 1 通りで「非発生」と予察し的中した。残りの 4 通りのうち 2 通りで「発生」と予察し非的中、2 通りで「発生・非発生のどちらとも区別できない」と予察した。昨年度は「5 月表層水温」を含む組み合わせで高い的中率であったが、本年度は非的中であった。

本年度の予察において的中した組み合わせは「7 月分布指標（10 cells/mL）」と「7 月 5 m 水温」であった。しかしながら、周防灘大分県海域では 7～8 月頃に赤潮が発生するため、7 月の項目を使用した予察は遅く適切ではないと考えられる。また、的中した組み合わせが非発生と予察したのは、7 月の細胞分布密度が低かったことが影響しているからと考える。つまり、赤潮発生時期である 7 月に遊泳細胞が少ないことから非発生と予察していると考えられるための中したとは言い難い。

大分県佐伯湾海域（表 11）：大分県佐伯湾海域では、*K. mikimotoi* 最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。

本年度の判別分析結果を表 11 に示した。本年度、佐伯湾では、*K. mikimotoi* は最高細胞密度が 18 cells/mL で、赤潮が発生しなかったため、「非発生年」となった。2002～2022 年の解析期間で抽出された佐伯湾海域の赤潮発生に関する環境項目の組み合わせ 10 通りのうち、1 通りで「発生」、8 通りで「非発生」、1 通りで「発生・非発生のどちらとも区別できない」と予測され、的中率は高かった。

本年度について、佐伯湾では *K. mikimotoi* が増殖する 6～8 月は降水量が少なく、珪藻類が増殖していたことがあげられ、これらを含む夏季の環境要因が本種赤潮の非発生に関係していたと考えられる。しかしながら、本解析では 1～3 月の環境項目を使用したものが多く、その的中率も高かった。そのため、*K. mikimotoi* の増殖シーズンである夏季の環境だけでなく、冬季の環境も赤潮非発生の要因として検討する必要がある。2002～2022 年の的中率が 90%以上の組み合わせには、2 月表層水温が含まれており、この環境項目は *K. mikimotoi* の赤潮の「非発生」に大きく関与している可能性があった。本年度は 2 月表層水温は平年並みであった。今後もデータを蓄積し、解析の精度をあげることを検討する必要がある。

愛媛県岩松湾海域（表 12）：岩松湾海域では、*K. mikimotoi* の最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。本年度は、*K. mikimotoi* 赤潮の発生年であり、予察モデルでは 14 通りの組み合わせのうち 13 通りで「発生」、1 通りで「非発生」と予察され、昨年度よりも的中率が高かった。この原因として、説明変量として用いた 2 月の気温及び水温が、昨年度よりも低かったことが考えられる。冬季水温が高いほど越冬細胞の

生存率が高まり、赤潮が発生しやすくなるというこれまでの赤潮発生シナリオとは異なる結果となったが、本年度は黒潮からの暖水が岩松湾に波及せず、海水交換が起こらなかったことで、冬季水温は低かったものの、越冬細胞が拡散されず湾内に留まり、赤潮化しやすかった可能性がある。

高知県浦ノ内湾海域（表 13）：浦ノ内湾では、*K. mikimotoi* を対象として解析を実施した。

K. mikimotoi は、最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を赤潮の「発生年」として解析を行い、今期（2002～2022 年）の解析期間で抽出された海域の赤潮発生・非発生に関する環境項目を用いた。2025 年は、昨年に引き続き本種赤潮が非発生年であったが、予察モデル 10 通りのうち 6 通りは「発生」、4 通りは「発生・非発生のどちらとも区別できない」と予察し、「非発生」と予察する組み合わせはなかった。さらに、前期事業（2018～2022 年）及び今期事業（2023 年）においても「非発生」と予察した事例は皆無であった。これは、当該予察モデルに供したデータの多くが「発生年」（発生年；18 年，非発生年；3 年）であり、赤潮発生に偏った予察手法になっているためと推察される。一方で、2024，2025 年は 2 年連続で本種赤潮が発生しておらず、非発生となる環境条件のデータも蓄積されつつある。これらの新たに取得された環境データも含めて、赤潮発生・非発生を左右する環境項目を改めて精査することで、精度向上を図ることができるものと期待される。

② 赤潮が発生した際の一連の対策方法（行動計画）の検討

各県及び漁業者が実施している赤潮対策を、発生段階別に整理した（表 14）。その結果、各県共通で「増殖期」以降における餌止めの徹底、早期出荷、及び生簀の移動が実施項目に記載されており、赤潮対策にはこれらが極めて重要な対策であることが明確となった。

一方、赤潮対策に関する漁業者への聞き取り調査から、ヒトデの混獲減少、たこ類の漁獲減少、魚礁におけるメバルの漁獲量増加など、漁模様の変化を赤潮発生の前兆として経験的に捉えている実態が確認された。これは、漁業者が日常的な漁模様を注視することで、その変化から赤潮の早期察知を実現している可能性を示唆している。

今後は、本年度策定した発生段階別の対策一覧表を基盤とし、「理想の行動計画」の策定に向けた検討を進める予定である。

引用文献

Sverdrup HU, Johnson MW, Fleming RH. The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall, New York. 1942.

向井幸樹，太田耕平，島崎洋平，鶴木陽子，大嶋雄治. 定量 PCR を用いた有害ラフィド藻 *Chattonella marina* 及び *Heterosigma akashiwo* 定量法の検討. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, 2017 ; 72 : 39-46.

鬼塚 剛，鈴川健二，吉江直樹，平井真紀子，竹中彰一，吉原勇作，大西秀次郎，清水園子，竹内久登，太田耕平，外丸裕司，坂本節子，阿部和雄，山口 聖，紫加田知幸，山口一岩，武岡英隆. 宇和島湾及びその周辺海域における有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* の出現特性：赤潮発生年と非発生年の比較. 日本水産学会誌, 2021 ; 87 : 144-159.

後川龍男，金澤孝弘，恵崎 撰，加川真行，上原達亮，戸田竜哉，相田 聡，永井崇裕，茅野昌大，渡邊俊輝，馬場俊典，内田喜隆，畑間俊弘，毛利文香，野田 誠，宮村和良，岡田 理，三門哲也，神野 智，関信一郎，上村海斗，黒原健朗，岡部正也，吉江直樹，郭新宇，清水園子，竹内久登，外丸裕司，三宅陽一，坂本節子. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定 イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域. 令和 5 年度豊かな漁場環境推進事業「赤潮等による漁業被害対策技術の開発・実証・高度化」報告書，水産庁，東

京. 2024 ; 51-100.

林 由真. 瀬戸内海豊後水道東部における環境要因によるカレニア赤潮発生日予測とカレニア数値モデルを用いた数値実験について. 愛媛大学理工学研究科修士論文, 2023 ; 1-60.

加川真行, 黒田麻美, 村田憲一, 工藤孝也, 本田宇聖, 吉村栄一, 馬場俊典, 國森拓也, 後川龍男, 恵崎 撰, 井口大輝, 中里礼大, 内海訓弘, 岩野英樹, 畦地和久, 竹中彰一, 平井真紀子, 鈴川健二, 谷口越則, 吉江直樹, 郭 新宇, 清水園子, 松原孝博, 武岡英隆, 山口晴生, 外丸裕司, 坂本節子, 鬼塚 剛, 山口 聖. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発 イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域. 平成 31 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書, 水産庁, 東京. 2020 ; 57-116.

上村海斗, 占部敦史, 山下慶太郎, 加川真行, 上原達亮, 相田 聡, 馬場俊典, 茅野昌大, 内田喜隆, 畑間俊弘, 後川龍男, 恵崎 撰, 鹿島祥平, 斉藤義昭, 野田 誠, 宮村和良, 平野莊太郎, 徳丸泰久, 三門哲也, 神野 智, 関信一郎, 吉江直樹, 郭 新宇, 清水園子, 松原孝博, 竹内久登, 山口晴生, 外丸裕司, 三宅陽一, 坂本節子, 鬼塚 剛. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発 イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域. 令和 4 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書, 水産庁, 東京. 2023 ; 55-108.

長谷川尋士, 本田恵二, 山下泰司, 濱崎正明, 宮原一隆, 原田和弘, 秋山諭, 山本圭吾, 田中咲絵, 住友寿明, 池脇義弘. 1) 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築 ①瀬戸内海東部海域. 平成 29 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」報告書, 水産庁, 東京. 2018 ; 9-38.

岡田 亮, 村上倫哉, 上原達亮, 戸田竜哉, 相田 聡, 馬場俊典, 和西昭仁, 茅野昌大, 渡邊俊輝, 内田喜隆, 増田浩美, 佐藤利幸, 恵崎 撰, 毛利文香, 西山雅人, 宮村和良, 岡田 理, 江頭潤一, 神野 智, 莚田峻希, 関信一郎, 上村海斗, 黒原健朗, 郭新宇, 吉江直樹, 清水園子, 竹内久登, 外丸裕司, 西村朋宏, 三宅陽一, 坂本節子. 1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策（行動計画）の検討・策定 イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域 . 令和 6 年度豊かな漁場環境推進事業「赤潮等による漁業被害対策技術の開発・実証・高度化」報告書, 水産庁, 東京. 2025 ; 54-105.

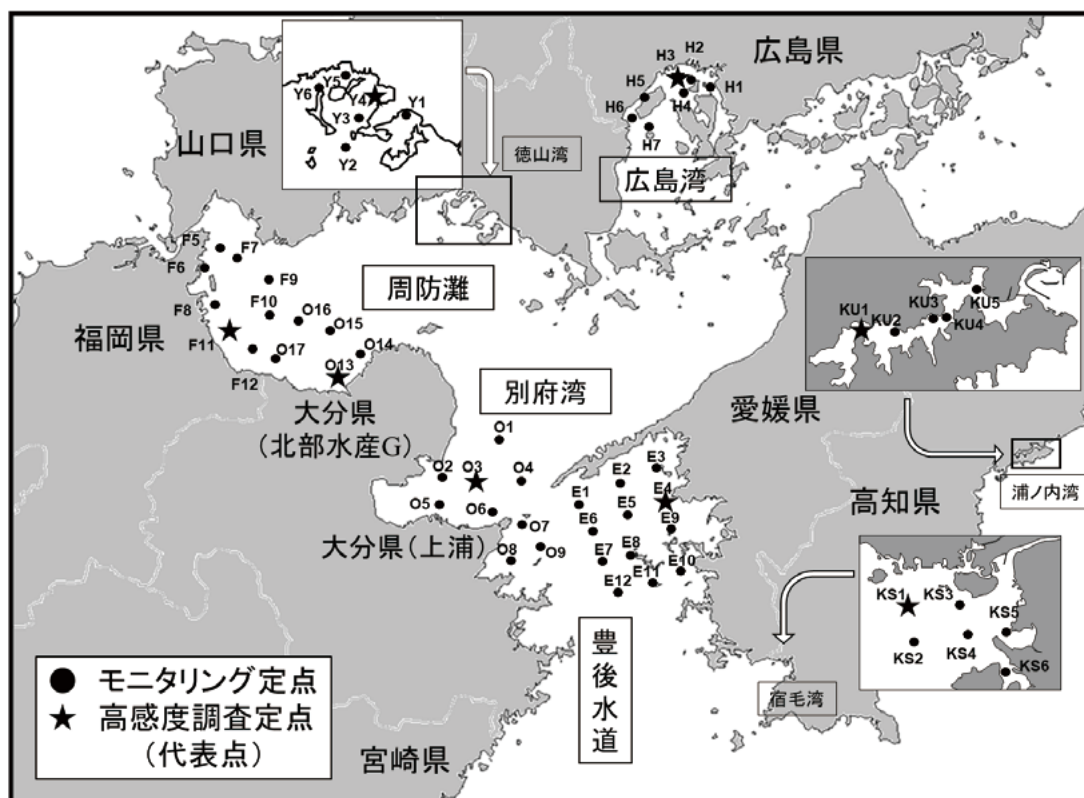


図1 モニタリング調査，高感度調査の定点

表1 モニタリング調査，高感度監視調査の観測分析項目と対象プランクトン

海域		広島湾	周防灘・徳山湾			豊後水道・別府湾・宿毛湾			浦ノ内湾
担当県		広島県	山口県	福岡県	大分県 (北部)	大分県 (上浦)	愛媛県	高知県	高知県
調査点数	モニタリング調査	7	6	8	5	9	12	6	5
	高感度監視調査	1	1	1	1	1	1	1	1
観測層 (m)	モニタリング調査	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 10	0.5, 10	0.5, 10	0.5, 10
	高感度監視調査	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, (10,) B-1	0.5, 10	0.5, 10	0.5, 2, 5, 10	0.5, 2, 5, 10, B-1
調査回数	モニタリング調査	6	4	4	4	7	5	5	5
	高感度監視調査	4	4	4	4	7	4	4	4
観測分析 項目	水温	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩分	○	○	○	○	○	○	○	○
	透明度	○	○	○	○	○	○	○	○
	NH4-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○(代表点)
	NO2-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○(代表点)
	NO3-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○(代表点)
	PO4-P	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○(代表点)
	クロロフィルa	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○(代表点)
検鏡対象 プランクトン	DO	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella antiqua</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella marina</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella ovata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
PCR解析 対象 プランクトン	珪藻類	○(表層のみ)	○(代表点)	○	○(代表点)	○(代表点)	○	○(代表点)	○
	<i>Karenia mikimotoi</i>	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)
	<i>Chattonella</i> spp.	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)
	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)

表 2 測定・分析方法

調査・分析 項目	方法(機器)	広島湾	周防灘・徳山湾			豊後水道・別府湾・宿毛湾・浦ノ内湾		
		広島県	山口県	福岡県	大分県 (北部)	大分県 (上浦)	愛媛県	高知県
水温・塩分	多項目CTD	○	○	○	○	○	○	○
透明度	透明度板	○	○	○	○	○	○	○
NH4-N	インドフェノール青吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
NO2-N	ナフチルエチレンジアミン吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
NO3-N	銅カドミウムカラム還元 ナフチルエチレンジアミン吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
PO4-P	モリブデン青(アスコルビン酸還元) 吸光光度法	○	○	○	○	○	○	○
クロロフィルa	アセトン抽出吸光度法	○ (アセトン抽出吸光度法)	○	○	○			○
	DMF抽出蛍光法					○	○	
DO	ウィンクラー法				○	○	○	
	溶存酸素計	○	○	○				○

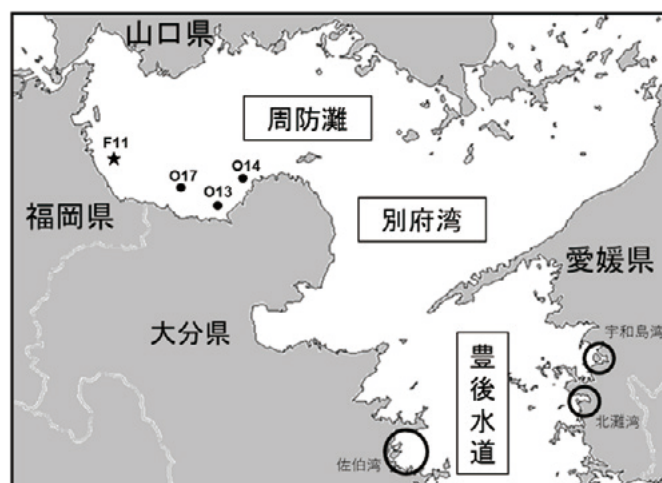


図 2 浦ノ内湾における底質調査地点



図 3 宇和島湾内の調査定点（◆は通常調査定点，◇は重点調査定点 U6）及び気象観測所（○は気象庁宇和島特別地域気象観測所）

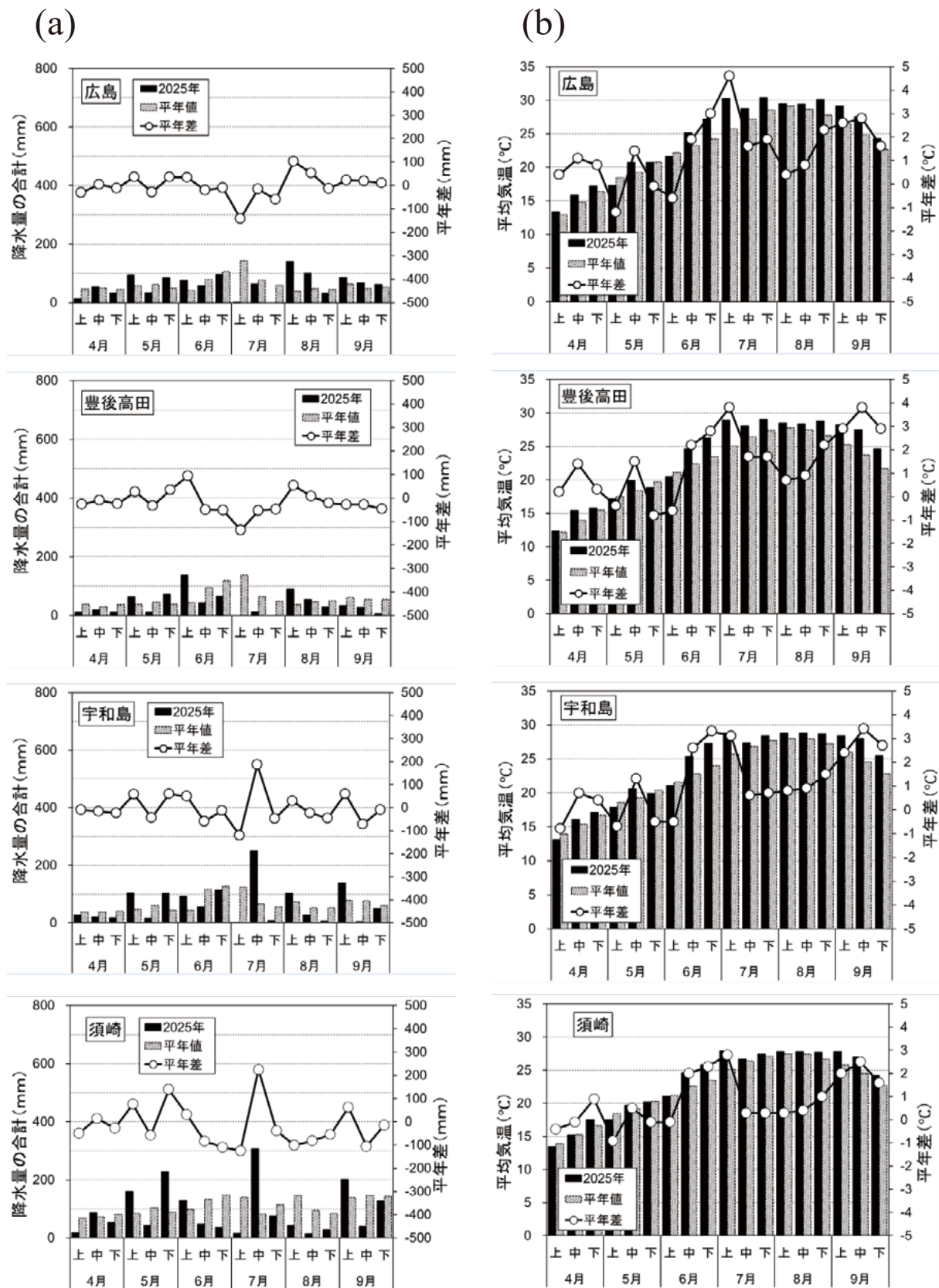


図4 旬別の(a)合計降水量，(b)平均気温，各項目の平年値及び平年差の推移

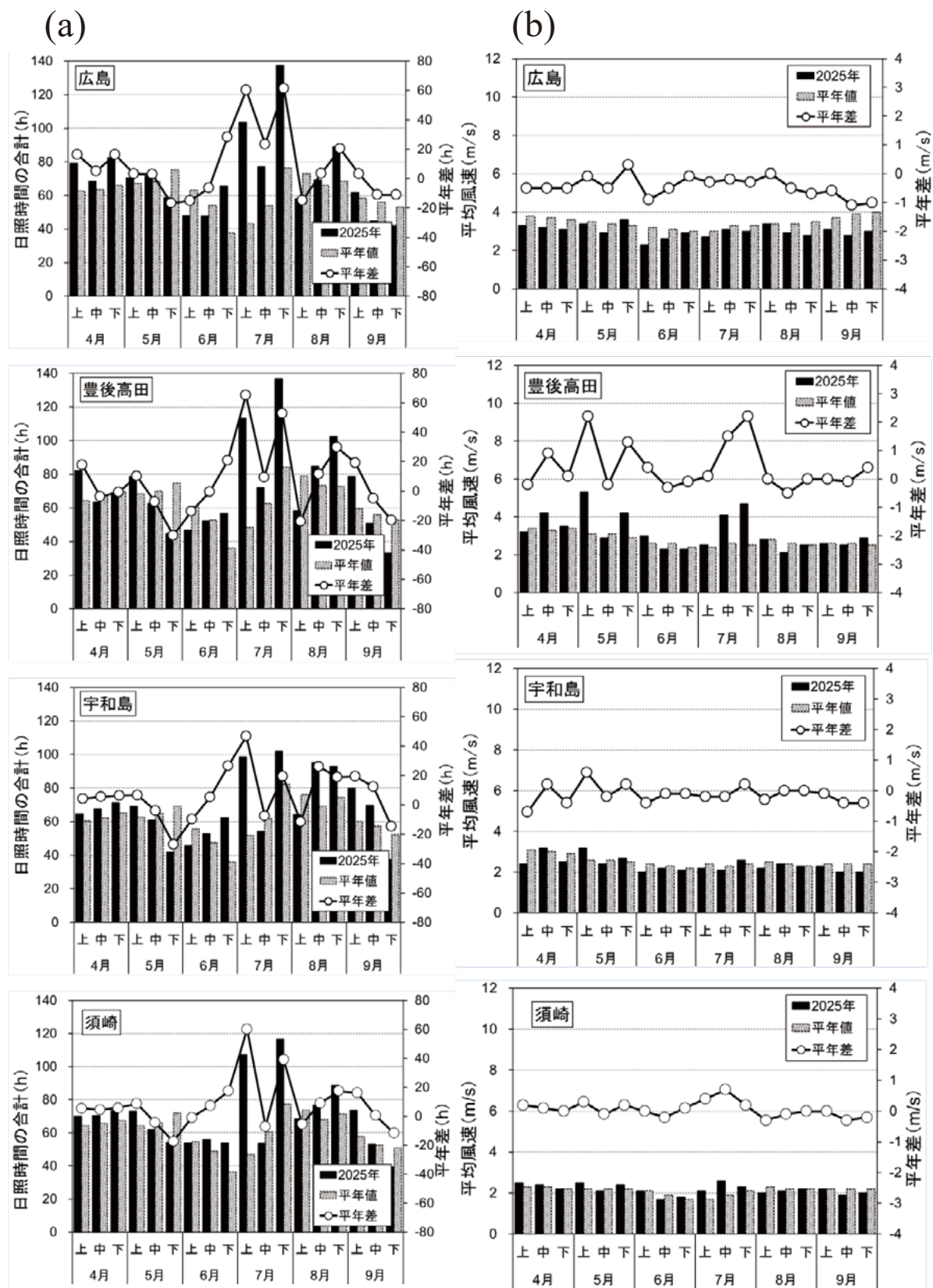


図5 旬別の(a)合計日照時間, (b)平均風速, 各項目の平年値及び平年差の推移

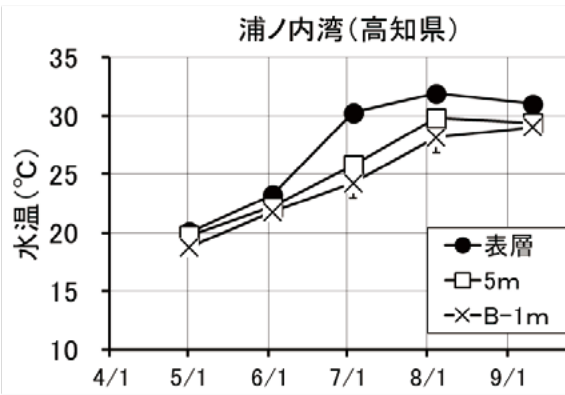
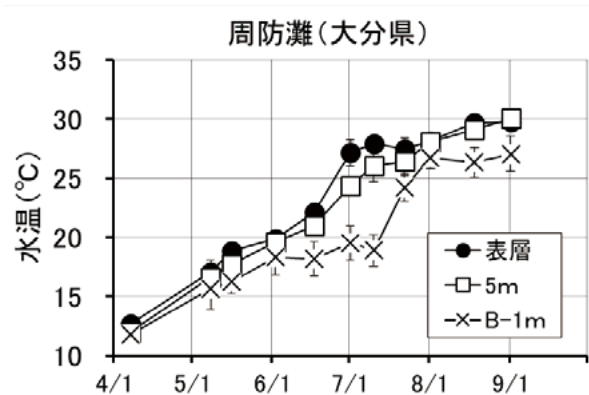
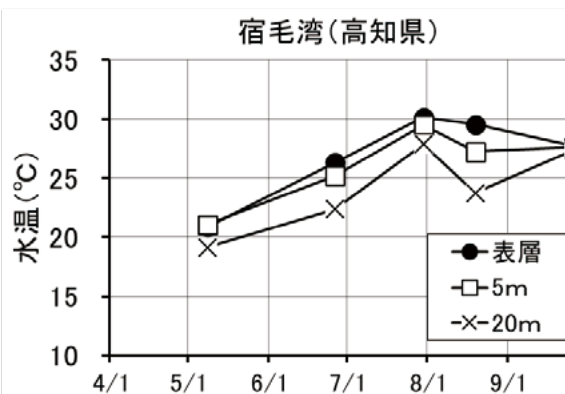
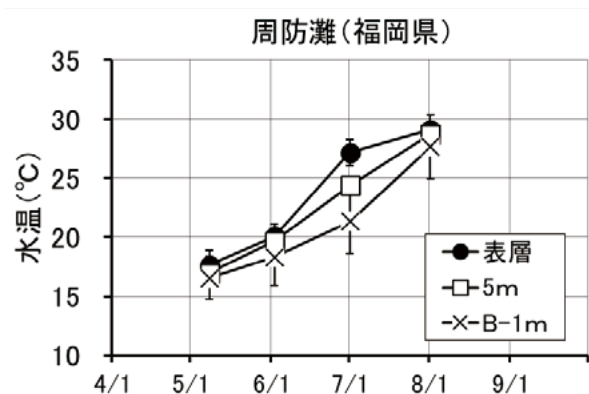
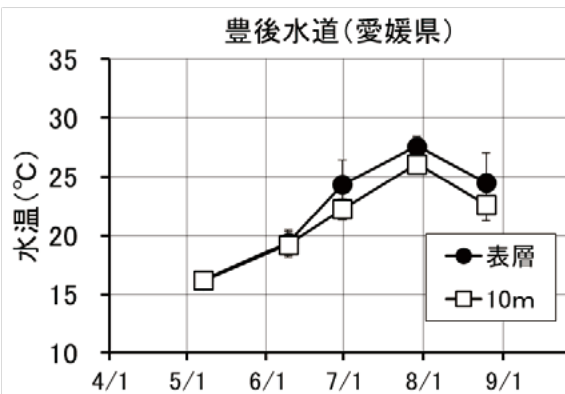
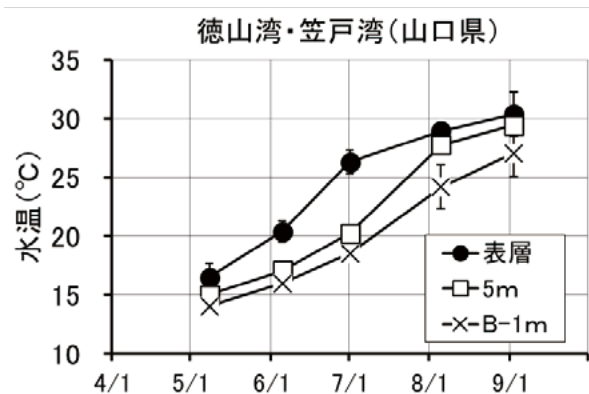
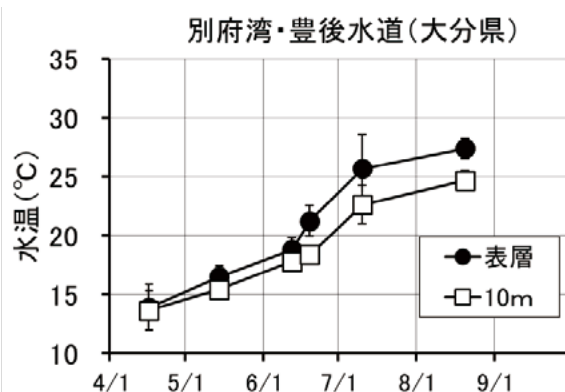
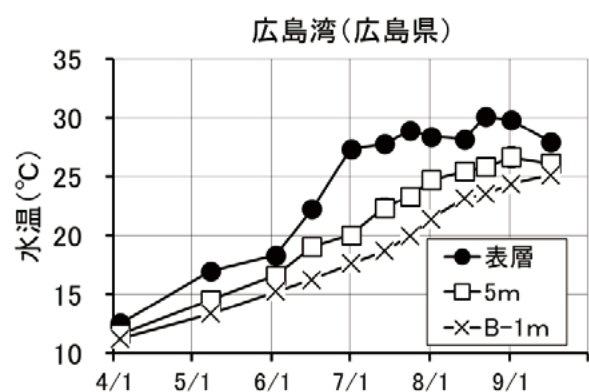


図6 各県海域における水温(平均値)の推移
(縦バーは標準偏差)

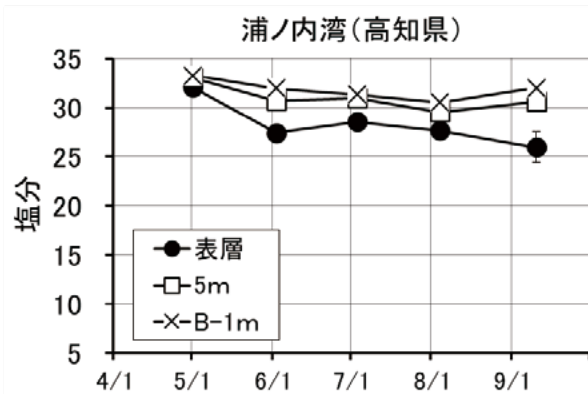
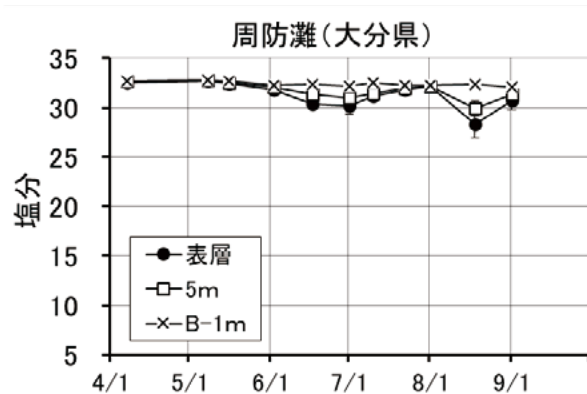
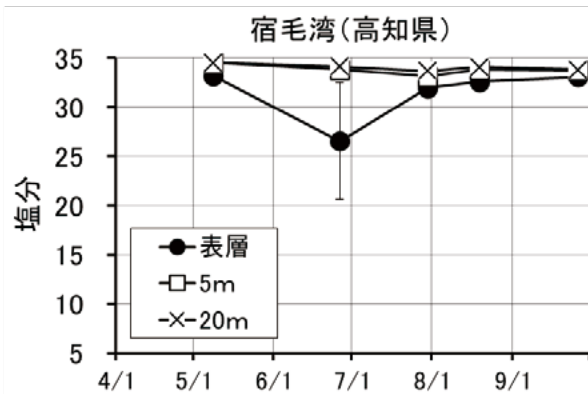
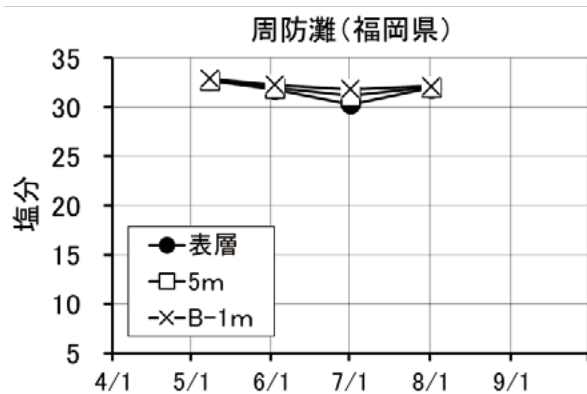
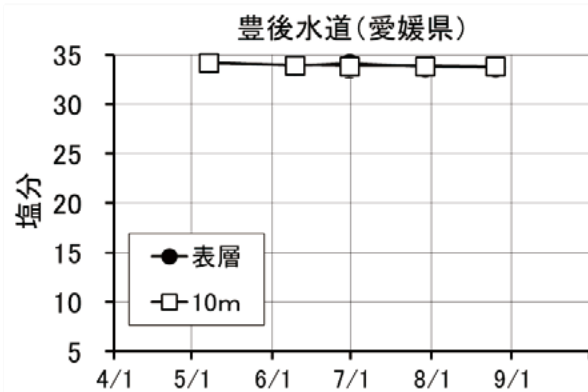
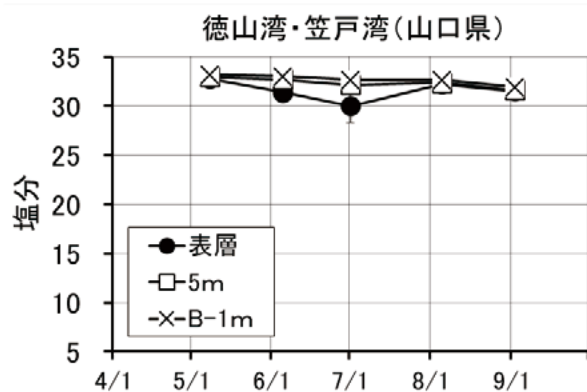
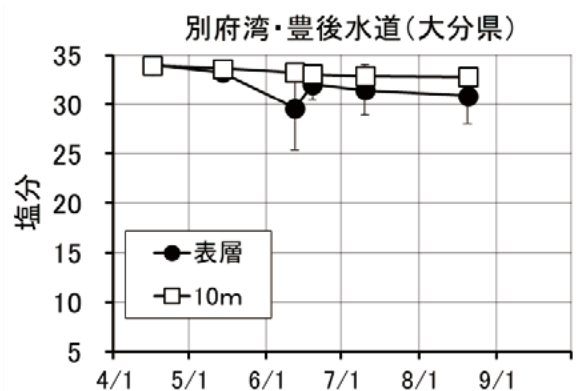
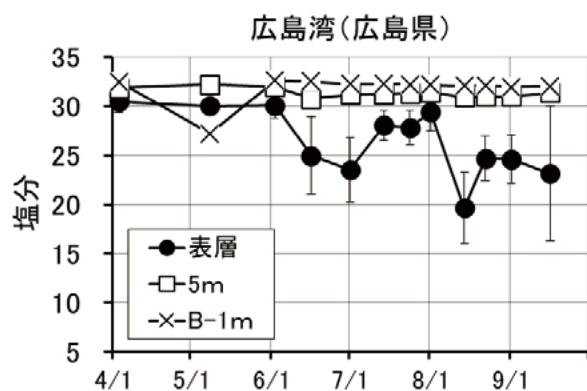


図7 各県海域における塩分(平均値)の推移
(縦バーは標準偏差)

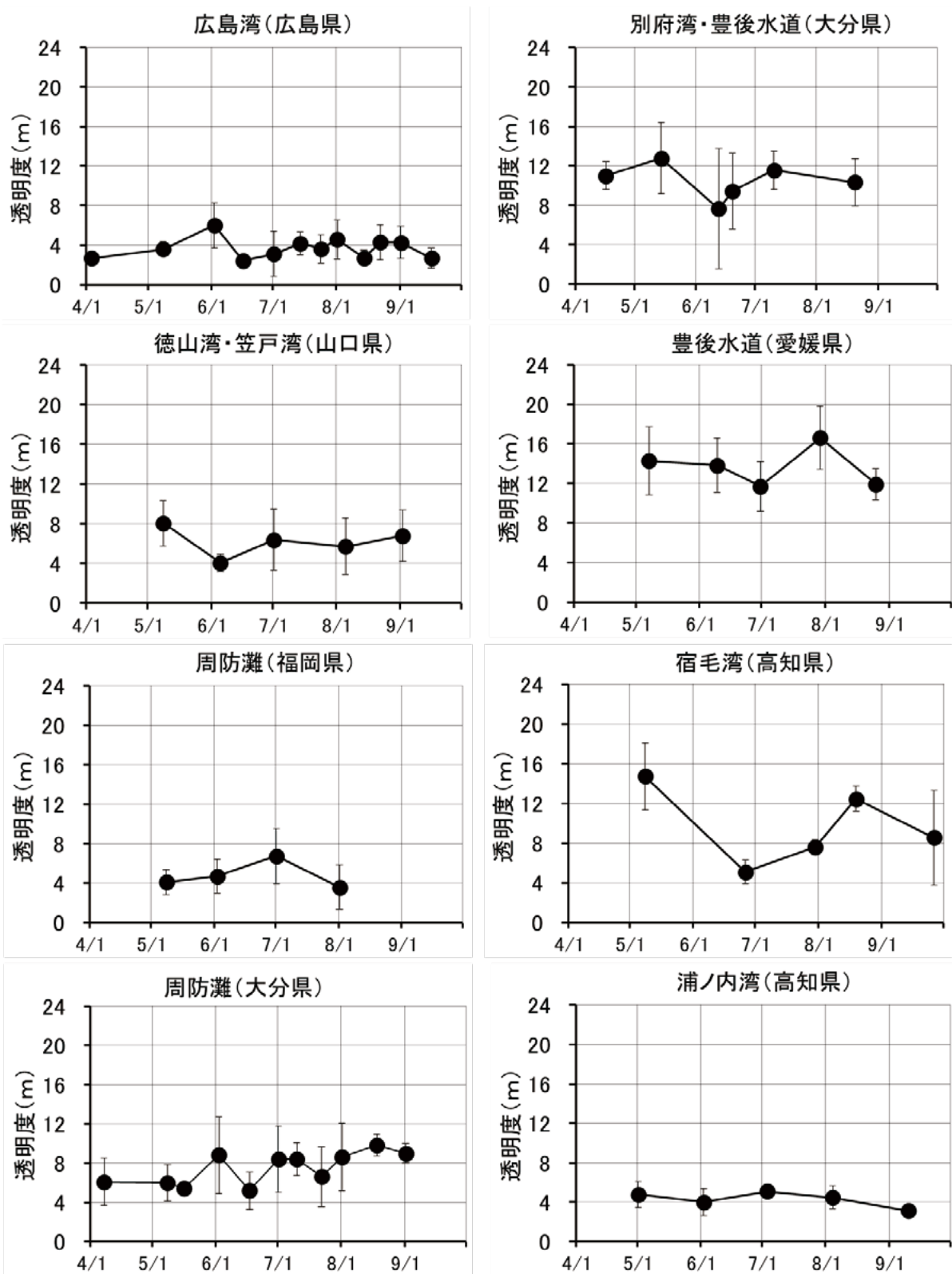


図8 各県海域における透明度（平均値）の推移
(縦バーは標準偏差)

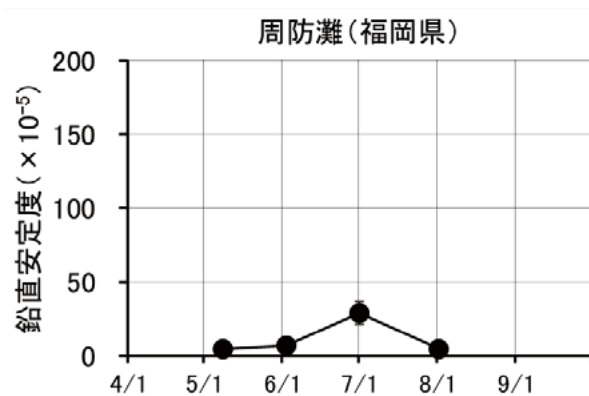
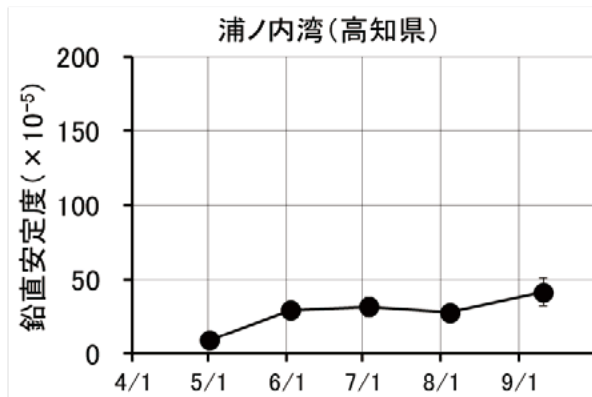
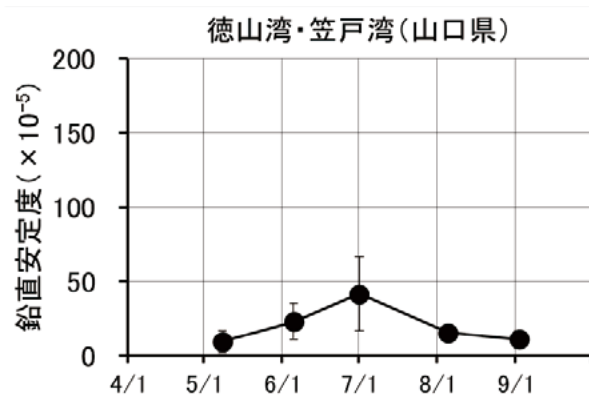
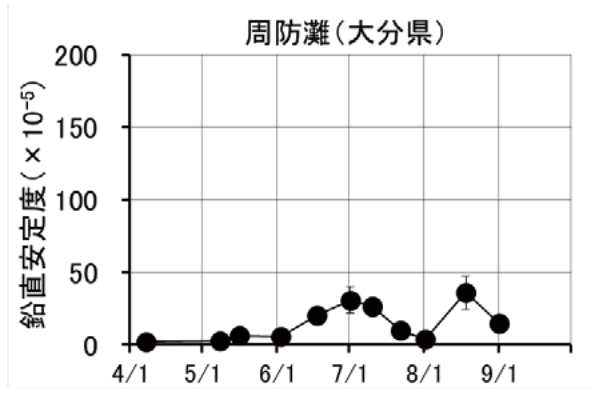
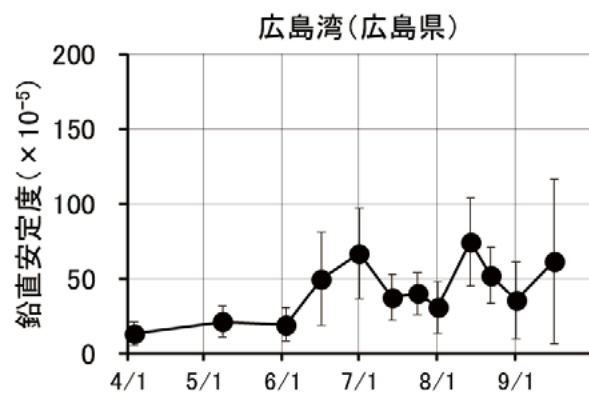


図9 広島湾，徳山湾・笠戸湾，周防灘，浦ノ内湾における鉛直安定度（平均値）の推移（縦バーは標準偏差）

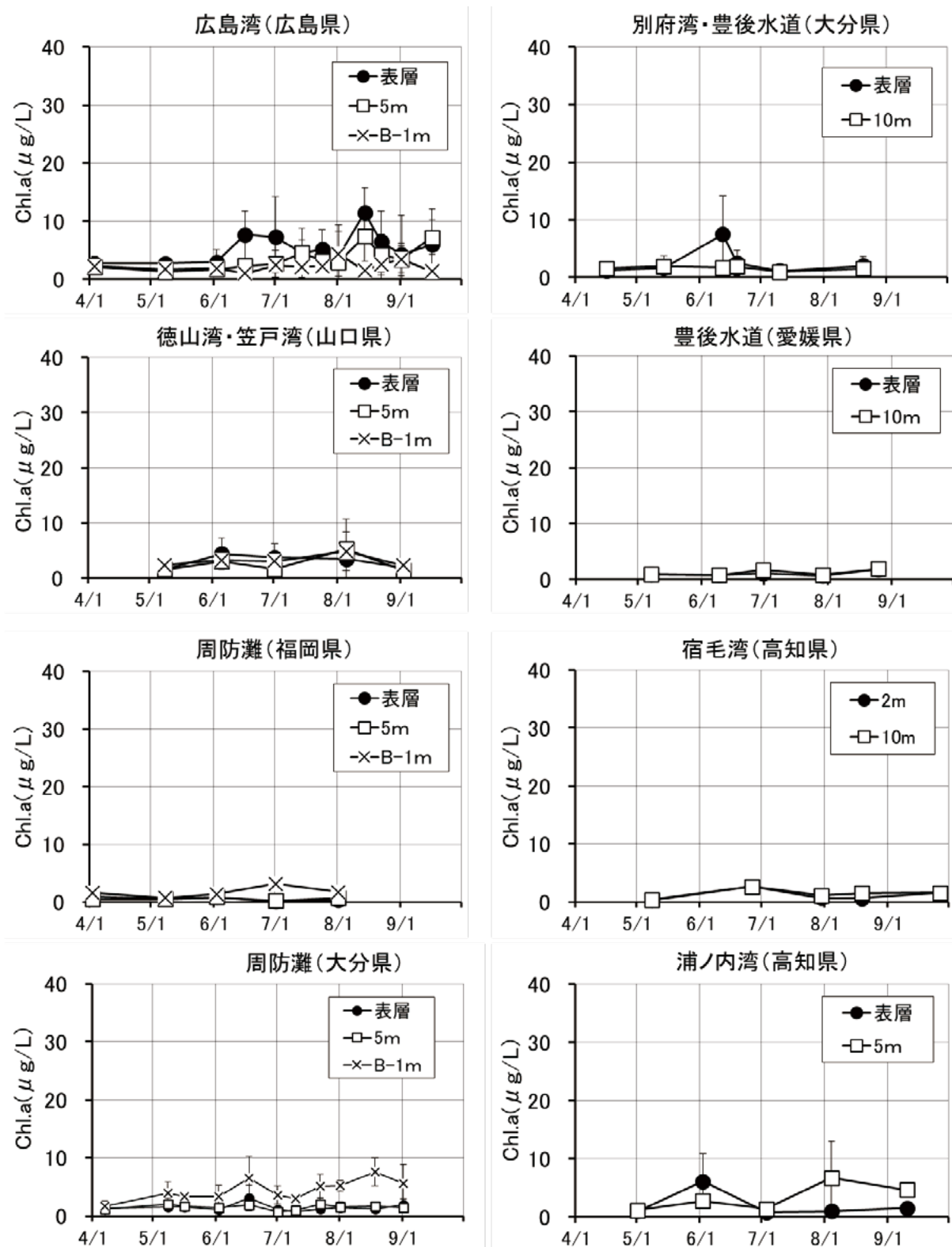


図 10 各県海域におけるクロロフィル *a* (平均値) の推移
(縦バーは標準偏差)

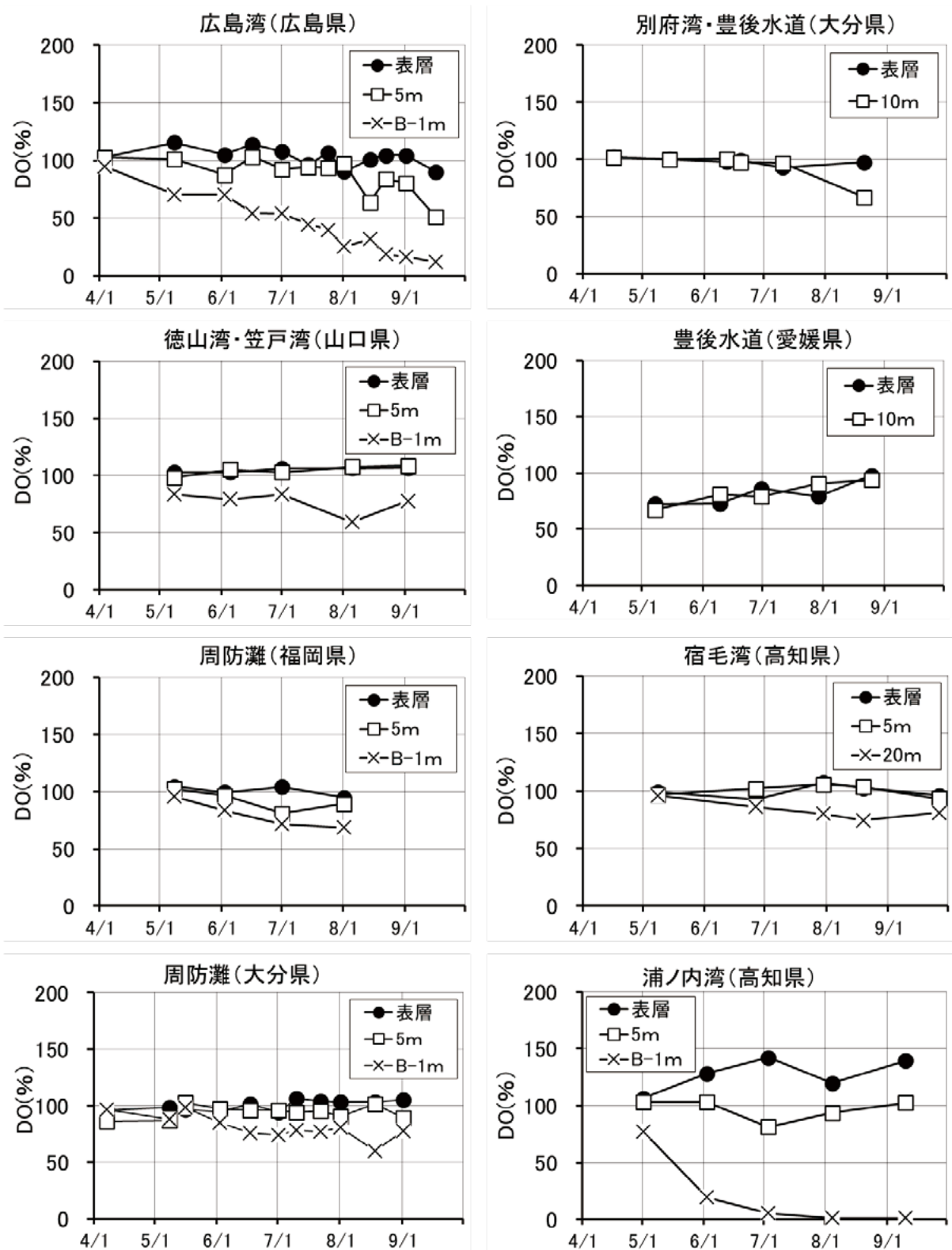


図 11 各県海域における DO (最低値) の推移
(縦バーは標準偏差)

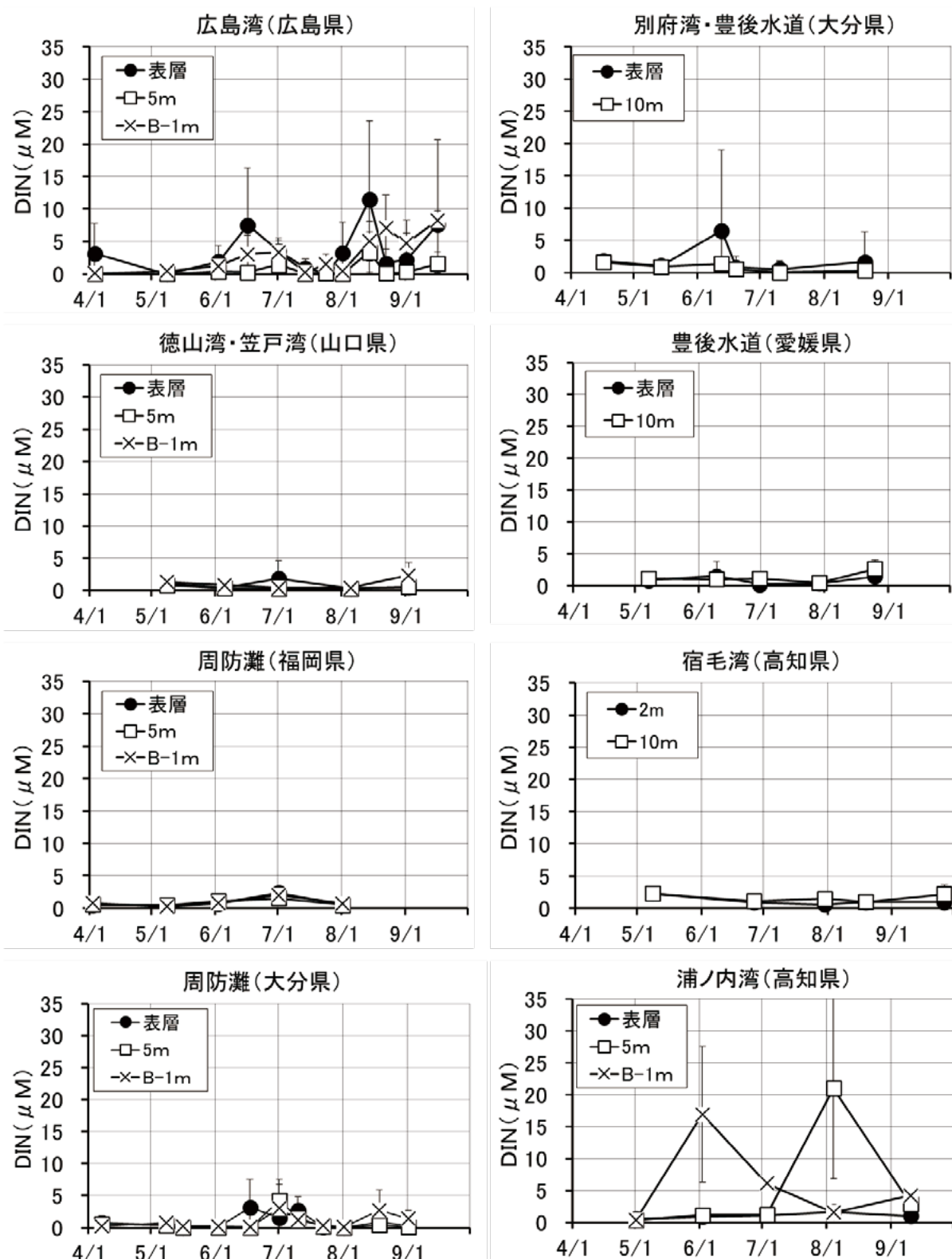


図 12 各県海域における DIN (平均値) の推移
(縦バーは標準偏差)

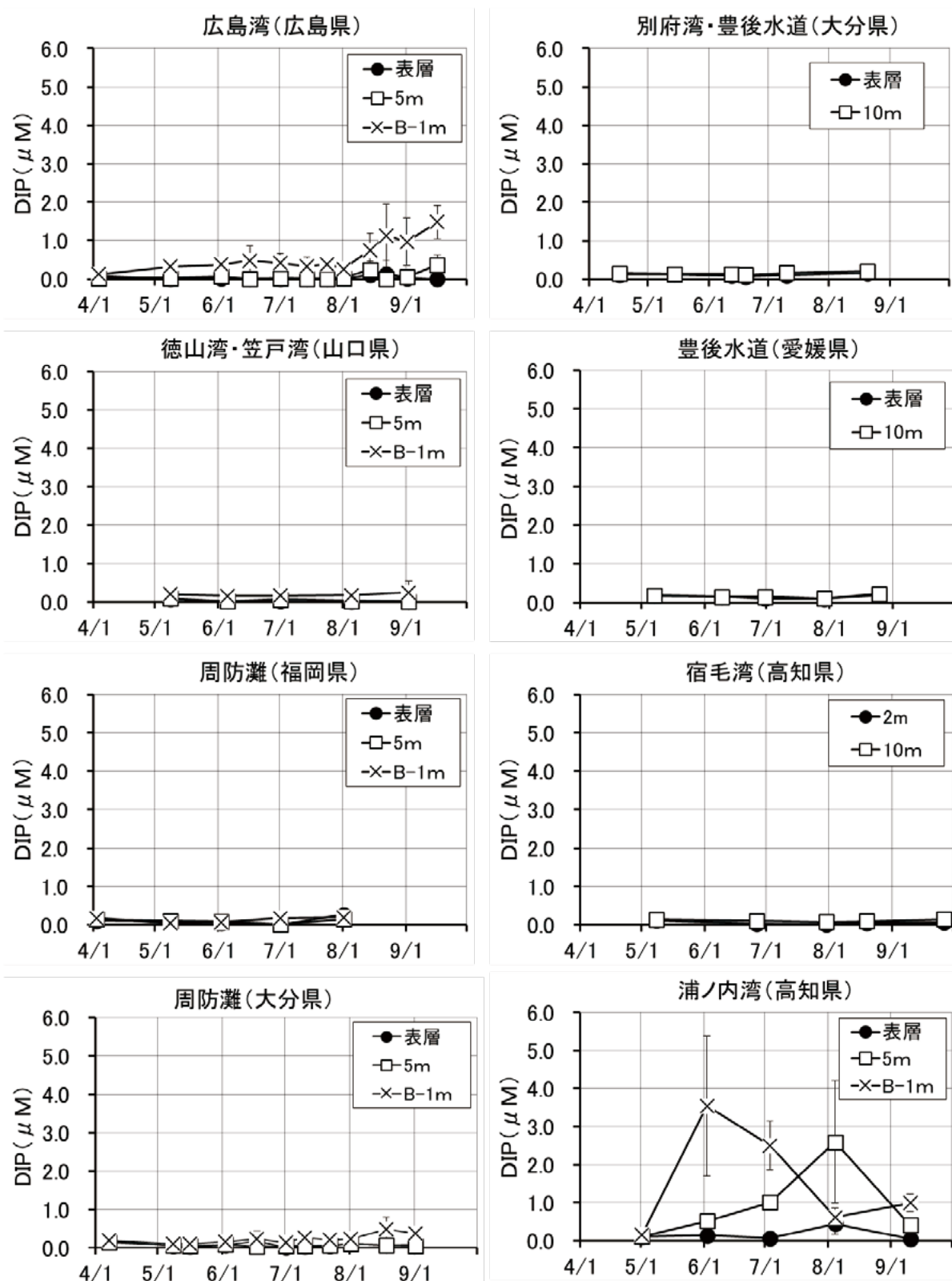


図 13 各県海域における DIP (平均値) の推移
(縦バーは標準偏差)

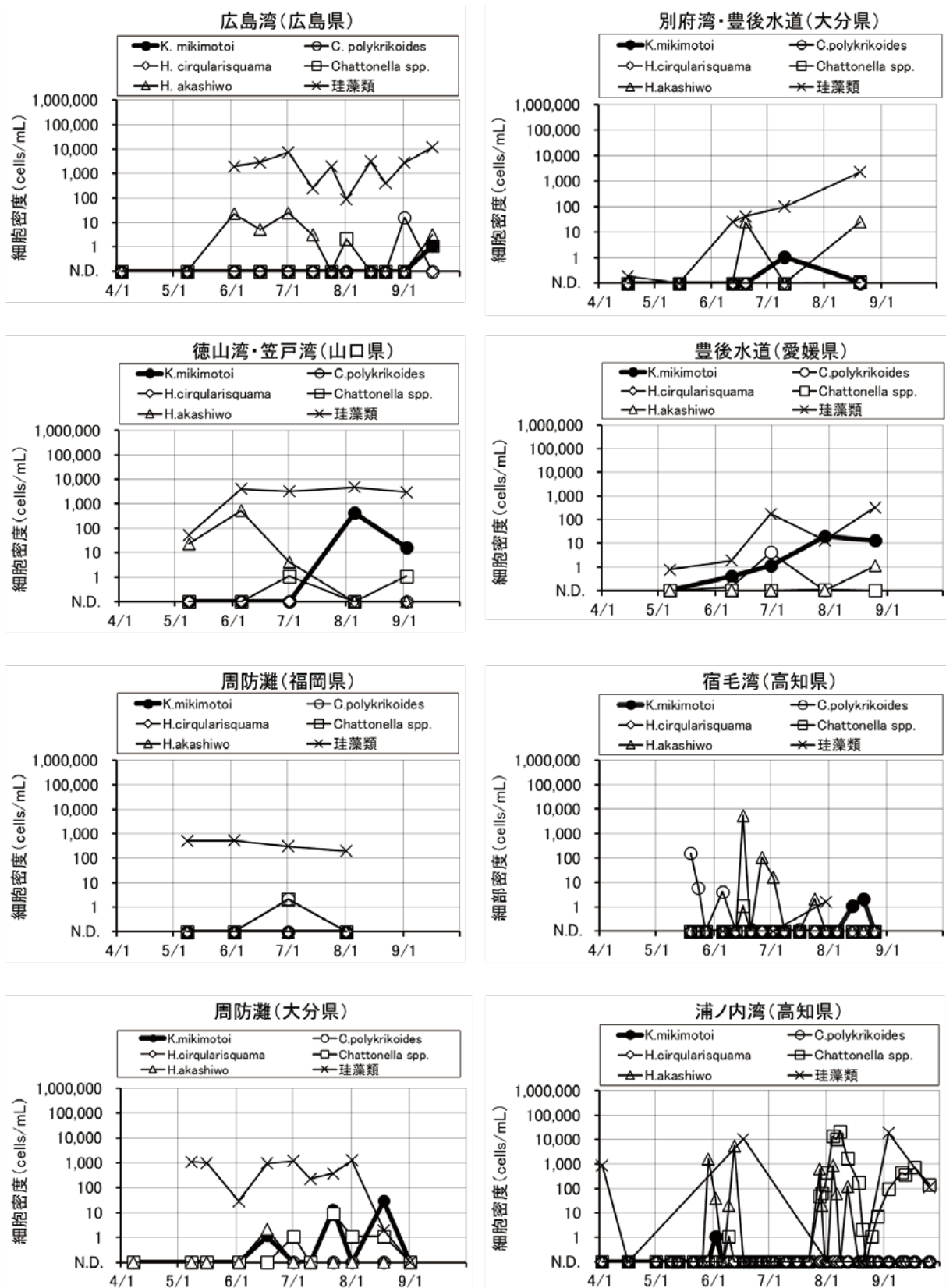


図 14 各県海域におけるプランクトン密度の推移
(有害種は最高密度, 珥藻類は平均密度)

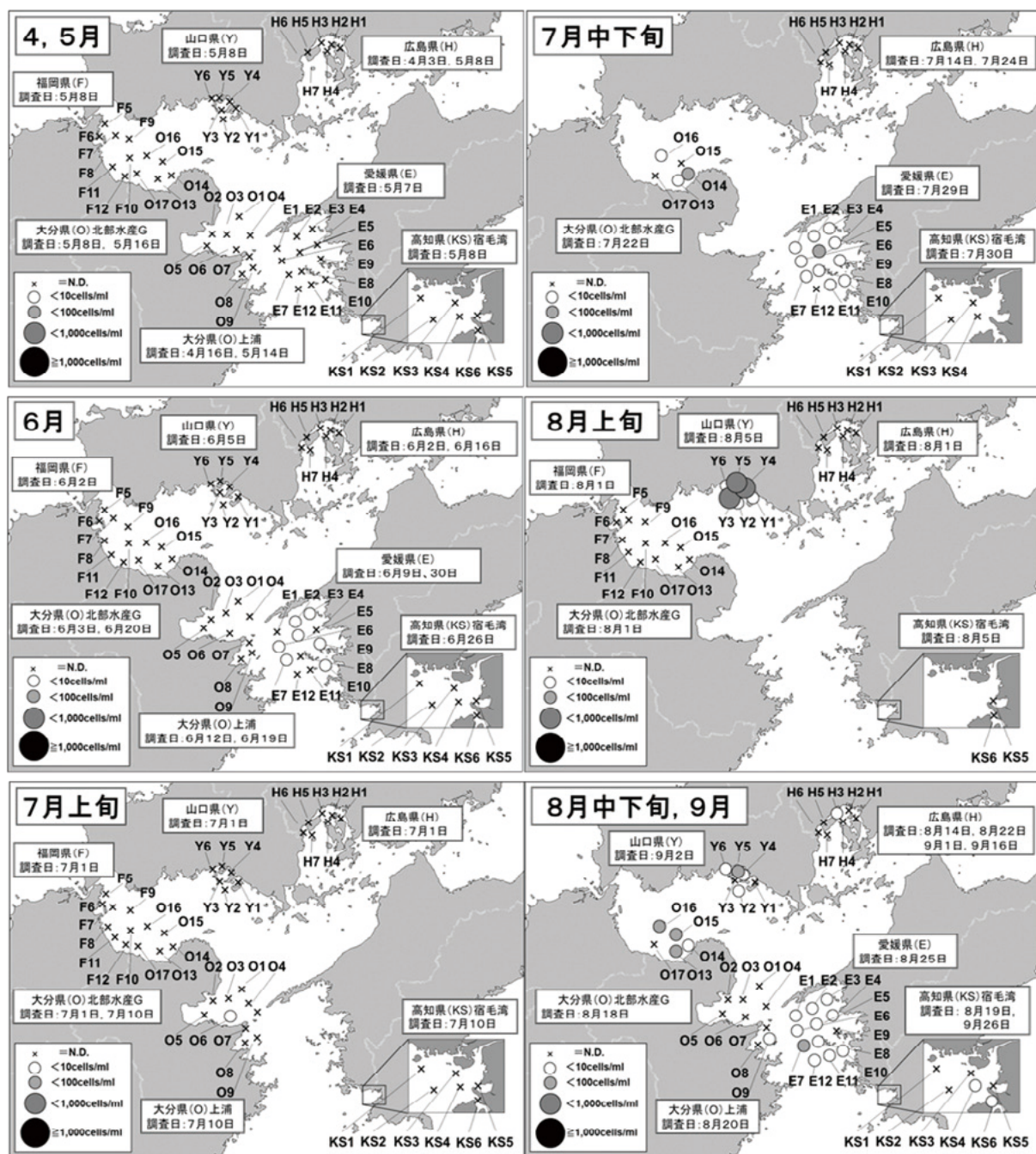


図15 *Karenia mikimotoi* 細胞密度の水平分布
(広島湾, 徳山湾・笠戸湾, 周防灘, 別府湾, 豊後水道, 宿毛湾)

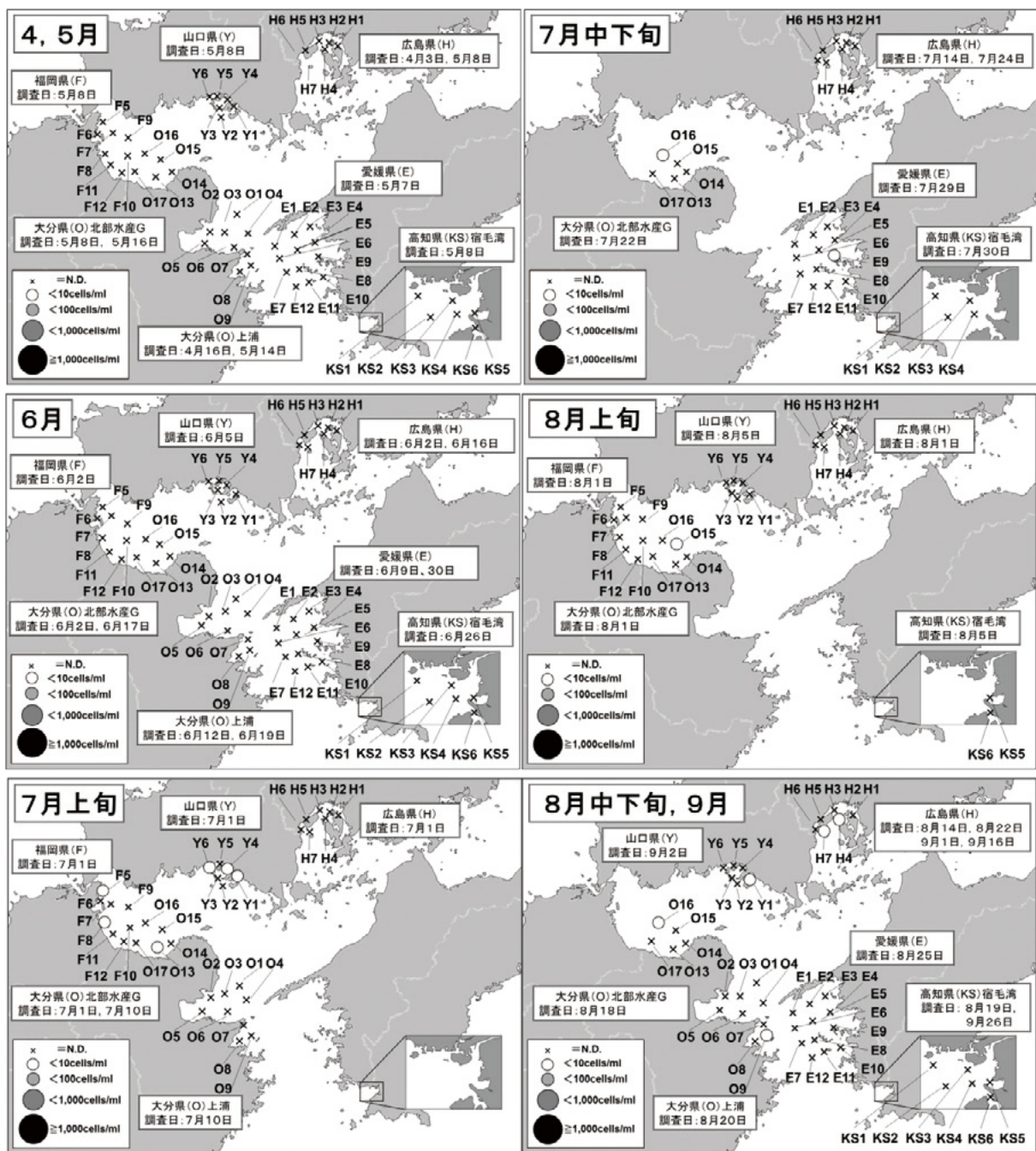


図 16 *Chattonella* spp.細胞密度の水平分布
(広島湾, 徳山湾・笠戸湾, 周防灘, 別府湾, 豊後水道, 宿毛湾)



図 17 *Karenia mikimotoi* 細胞密度の水平分布（浦ノ内湾）

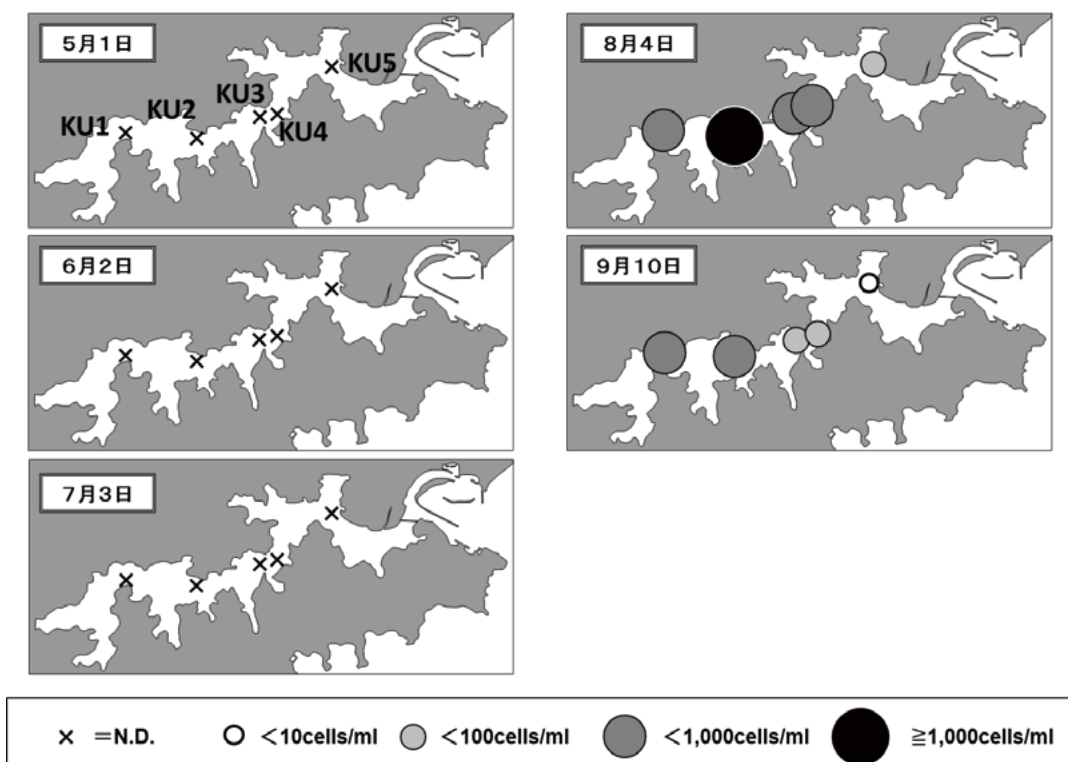


図 18 *Chattonella* spp.細胞密度の水平分布（浦ノ内湾）

表 3 各県海域における水質データの平年偏差（標準化）

海域	担当県	月	水温	塩分	DIN (μM)	DIP (μM)	クロロフィルa (μg/L)	透明度	DO (%)	鉛直安定度	珪藻類	
広島湾	広島県	5	-1.0	0.9	-1.1	-0.9	-0.9	-0.2	-8.0	-0.3		
		6	-1.4	0.4	-0.3	-0.4	-1.0	1.1	-5.8	-0.4		-0.4
		7	-1.3	0.4	0.1	-0.8	-0.8	0.4	-4.7	0.0		-0.2
		8	0.3	0.9	-0.7	-1.0	-0.5	0.8	-6.4	-0.6		-0.8
		9	1.0	0.4	-0.6	-1.4	-0.5	0.3	-8.2	0.0		-0.5
徳山湾	山口県	5	0.0	0.0	2.9	2.0	-0.8	7.0	-0.9	-1.1	-0.9	
		6	-1.8	-0.1	-0.4	-0.5	0.0	-0.7	-0.5	1.3	1.8	
		7	-0.5	0.1	-0.7	-0.4	-1.3	0.9	1.7	-0.1	-0.4	
		8	1.9	0.8	-0.3	1.9	1.2	1.9	0.7	-0.9	-0.1	
		9	6.3	-0.9	0.8	-1.2	-1.3	2.5	2.1	0.6	0.1	
周防灘	福岡県	5	0.2	0.5	-0.7	0.5	-1.1	0.1	212.4	0.0	3.5	
		6	-0.5	-1.2	0.2	0.0	-0.7	0.3	145.2	0.0	1.0	
		7	0.8	-0.1	-0.1	-0.9	-1.2	0.9	91.3	1.0	0.2	
		8	0.7	0.9	-0.9	0.3	-0.4	-0.7	62.2	-1.0	-0.3	
		9	3.2	0.2	-0.2	-0.3	-0.6	0.8	86.1	2.0		
	大分県 北部水産G	5	-0.8	1.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.1	49.4	-0.9		0.4
		6	-1.3	-0.6	-0.6	0.4	-0.5	1.1	43.5	-0.5		-0.5
		7	3.4	-0.3	1.6	-0.1	-0.6	0.6	26.0	0.5		0.1
		8	0.2	1.1	-0.5	0.7	0.2	0.0	33.4	-0.8		0.4
		9	0.0	0.1	-0.6	-1.2	-0.8	1.0	28.1	-0.1		
別府湾	大分県 水産研究部	5	-2.4	0.4	0.3	0.3	1.7	-0.1	-0.7			-3.2
		6	-1.1	-0.2	0.2	0.5	0.4	-1.3	0.2			16.4
		7	2.2	-0.2	-0.9	-0.6	-0.7	1.1	15.6			-2.0
		8	1.1	0.1	-0.5	-0.4	-0.6	0.8	-0.2			-1.4
豊後水道		5	-1.6	0.4	0.7	1.1	-0.1	1.1	-0.4			6.3
		6	-1.3	-0.5	1.4	1.0	-0.7	0.4	0.5			-0.5
		7	0.9	0.4	-0.8	-0.6	-0.7	0.6	0.5			-0.7
		8	1.9	-0.7	-2.2	-1.5	0.2	-0.5	-1.5			7.0
	愛媛県	5	-1.8	1.0	0.3	3.2	-0.3	-0.3	-2.9			-1.1
		6	-0.4	-0.2	-0.3	1.4	-0.5	-0.2	-0.8			-0.8
7		4.2	1.4	-1.3	0.1	-0.9	2.4	1.1	-0.8			
8		-1.0	2.1	1.2	2.1	0.7	-1.2	0.8	0.4			
宿毛湾	高知県	5	-0.4	1.0	-0.8	0.1	-1.1	2.1	1.6			
		6	1.8	0.4	-0.6	-0.4	0.7	-0.6	0.7			
		7	2.6	0.1	-0.8	-0.6	-0.4	0.4	1.7			
		8	-1.7	1.3	-0.6	-0.4	-1.2	1.4	-0.4			
		9	0.4	1.0	-1.0	-0.5	0.8	-0.6	0.0			
浦ノ内湾		5	-0.8	1.0	-0.5	-0.4	-0.8	4.7	1.0	-0.7	-0.6	
		6	-0.5	-0.4	-0.5	0.1	-1.2	1.5	1.2	-0.6	-1.0	
		7	-0.1	0.3	-0.9	0.8	-1.3	2.5	8.4	-0.8	1.4	
		8	1.3	-0.8	-0.8	-0.5	-0.4	1.9	-0.4	-1.2	-0.2	
		9	1.5	0.3	-0.5	-0.3	0.6	0.6	0.5	-0.6	6.2	

表 4 西部瀬戸内海における赤潮発生状況（2025 年 4～12 月）

番号	発生期間		灘名	県名	発生水域	構成プランクトン	最高密度 (cells/mL)	漁業 被害
1	4月18日～	4月21日	宿毛湾	高知県	宿毛市	<i>Prorocentrum</i> sp. <i>Mesodinium rubrum</i> 未同定の渦鞭毛藻	1,860 730 1200	無し
2	4月21日～	4月21日	宿毛湾	高知県	宿毛市	<i>Noctiluca scintillans</i>	9	無し
3	4月21日～	調査中	宿毛湾	高知県	宿毛市	<i>Dictyocha</i> sp.	880	無し
4	5月8日～	10月7日	豊後水道	愛媛県	宇和海南部	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	3,000	無し
5	5月21日～	6月25日	別府湾	大分県	日出、大神、豊岡、 亀川、浜脇	<i>Heterosigma akashiwo</i>	310,000	無し
6	5月29日～	6月2日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Heterosigma akashiwo</i>	1,641	無し
7	5月29日～	6月17日	浦ノ内湾	高知県	須崎市	<i>Heterosigma akashiwo</i> <i>Ceratium</i> spp.	5,500 1,800	無し
8	6月2日～	6月23日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Ceratium</i> sp.	153	無し
9	6月5日～	7月4日	周防灘	山口県	徳山湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	44,400	無し
10	6月12日～	6月17日	浦ノ内湾	高知県	須崎市	<i>Dictyocha</i> spp.	2,350	無し
11	6月18日～	7月4日	周防灘	山口県	防府市沿岸	<i>Heterosigma akashiwo</i>	9,500	無し
12	6月27日～	7月1日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Noctiluca scintillans</i>	925	無し
13	7月8日～	7月22日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Heterosigma akashiwo</i>	2,624	無し
14	7月8日～	7月25日	周防灘	山口県	防府市沿岸	<i>Heterosigma akashiwo</i>	12,233	無し
15	7月11日～	10月7日	豊後水道	愛媛県	宇和海全域	<i>Karenia mikimotoi</i>	80,000	有り
16	7月22日～	11月6日	燧灘	広島県	東部海域	<i>Chattonella</i> spp.	155	無し
17	7月26日～	7月31日	安満地	高知県	大月町	<i>Mesodinium rubrum</i>	625	無し
18	7月29日～	8月22日	浦ノ内湾	高知県	須崎市	<i>Takayama</i> spp.	11,400	無し
19	7月31日～	8月20日	浦ノ内湾	高知県	須崎市	<i>Chattonella</i> spp.	21,500	無し
20	8月5日～	9月19日	周防灘	山口県	徳山湾	<i>Karenia mikimotoi</i>	1,425	無し
21	8月7日～	9月17日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Ceratium</i> sp.	300	無し
22	8月12日～	9月19日	周防灘	山口県	防府市沿岸	<i>Karenia mikimotoi</i>	4,185	無し
23	9月1日～	9月10日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Mesodinium rubrum</i>	900	無し
24	9月3日～	11月6日	燧灘	広島県	東部海域	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	440	無し
25	9月8日～	9月22日	豊後水道	大分県	佐伯市	小型渦鞭毛藻類	23,000	無し
26	9月9日～	12月1日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	20,000	無し
27	9月10日～	10月14日	浦ノ内湾	高知県	須崎市	<i>Chattonella</i> spp.	720	無し
28	9月10日～	不明	宿毛湾	高知県	宿毛市	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1,000	無し
29	9月17日～	10月2日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Eutreptiella</i> sp.	6,000	無し
30	10月17日～	10月21日	豊後水道	大分県	津久見市	<i>Noctiluca scintillans</i>	1,800	無し
31	12月1日～	12月17日	豊後水道	大分県	佐伯市	<i>Mesodinium rubrum</i>	2,500	無し
32	12月10日～	12月17日	宿毛湾	高知県	宿毛市	<i>Mesodinium rubrum</i>	1,700	無し

K. mikimotoi

C. polykrikoides

H. circularisquama

Chattonella spp.

H. akashiwo

— 89 —

表 5 - 2 real-time PCR による高感度監視調査（6～9 月）（cells/mL）

海域	県名	定点	採水層	6月			7月			8月			9月		
				上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
広島湾	広島県	H3	0.5m	N.D.											
			5m	N.D.											
			B-1m	0.001											
徳山湾	山口県	Y4	0.5m	N.D.			1.695								
			5m	N.D.			0.131								
			B-1m	N.D.			0.198								
周防灘	福岡県	F11	0.5m	0.027											
			5m	0.107											
			B-1m	0.032											
	大分県 (北部)	O13	0.5m	0.017	0.074		0.089	0.314	0.407	0.437	0.490		0.002		
			5m	0.078	0.107		0.045	0.272	12.737	0.480	0.057		0.063		
			B-1m	0.006	0.004		0.014	2.667	265.864	19.575	100.368		42.900		
別府湾	大分県	O3	0.5m		N.D.	0.003	0.009				0.010				
			10m		N.D.	0.013	0.008				0.001				
豊後水道	愛媛県	E4	0.5m	0.001		0.165									
			10m	0.002		0.043									
宿毛湾	高知県	KS1	0.5m			1.378									
			10m			0.023									
浦ノ内湾		KU1	0.5m												
			10m												

海域	県名	定点	採水層	6月			7月			8月			9月		
				上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
広島湾	広島県	H3	0.5m	N.D.											
			5m	N.D.											
			B-1m	N.D.											
徳山湾	山口県	Y4	0.5m	0.002			0.041								
			5m	N.D.			0.054								
			B-1m	N.D.			0.003								
周防灘	福岡県	F11	0.5m	N.D.											
			5m	N.D.											
			B-1m	<0.001											
	大分県 (北部)	O13	0.5m	N.D.	<0.001		N.D.	<0.001	<0.001	0.003	N.D.		N.D.		
			5m	N.D.	N.D.		N.D.	0.007	0.022	0.004	N.D.		N.D.		
			B-1m	N.D.	N.D.		N.D.	<0.001	0.002	0.039	0.063		N.D.		
別府湾	大分県	O3	0.5m		<0.001	0.001	<0.001				<0.001				
			10m		<0.001	0.003	0.008				<0.001				
豊後水道	愛媛県	E4	0.5m	0.002		0.049									
			10m	0.014		0.003									
宿毛湾	高知県	KS1	0.5m			0.018									
			10m			ND									
浦ノ内湾		KU1	0.5m												
			10m												

海域	県名	定点	採水層	6月			7月			8月			9月		
				上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
広島湾	広島県	H3	0.5m	N.D.											
			5m	N.D.											
			B-1m	N.D.											
徳山湾	山口県	Y4	0.5m	N.D.			N.D.								
			5m	N.D.			N.D.								
			B-1m	N.D.			N.D.								
周防灘	福岡県	F11	0.5m	N.D.											
			5m	N.D.											
			B-1m	N.D.											
	大分県 (北部)	O13	0.5m	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		
			5m	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		
			B-1m	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		
別府湾	大分県	O3	0.5m		N.D.	N.D.	N.D.				N.D.				
			10m		N.D.	N.D.	N.D.				N.D.				
豊後水道	愛媛県	E4	0.5m	N.D.		N.D.									
			10m	N.D.		N.D.									
宿毛湾	高知県	KS1	0.5m			ND									
			10m			ND									
浦ノ内湾		KU1	0.5m												
			10m												

海域	県名	定点	採水層	6月			7月			8月			9月		
				上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
広島湾	広島県	H3	0.5m	0.001											
			5m	0.049											
			B-1m	N.D.											
徳山湾	山口県	Y4	0.5m	0.093			2.436								
			5m	0.051			9.679								
			B-1m	0.156			20.539								
周防灘	福岡県	F11	0.5m	0.018											
			5m	0.211											
			B-1m	0.771											
	大分県 (北部)	O13	0.5m	0.175	0.001		N.D.	0.328	1.122	1.211	0.220		1.920		
			5m	0.787	0.020		13.702	2.509	1.869	1.371	63.634		4.823		
			B-1m	4.150	0.253		4.219	16.430	12.414	8.127	8.930		2.061		
別府湾	大分県	O3	0.5m		0.004	<0.001	0.007				0.308				
			10m		0.008	0.040	0.448				2.568				
豊後水道	愛媛県	E4	0.5m	N.D.		0.018									
			10m	N.D.		0.051									
宿毛湾	高知県	KS1	0.5m			0.115									
			10m			0.058									
浦ノ内湾		KU1	0.5m												
			10m												

H. akashiwo

海域	県名	定点	採水層	6月			7月			8月			9月		
				上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
広島湾	広島県	H3	0.5m	60.798											
			5m	1.277											
			B-1m	1.413											
徳山湾	山口県	Y4	0.5m	24.098			2.357								
			5m	240.039			0.709								
			B-1m	148.798			2.152								
周防灘	福岡県	F11	0.5m	0.864											
			5m	1.830											
			B-1m	3.074											
	大分県 (北部)	O13	0.5m	0.241	1.504		0.020	0.012	0.681	0.177	0.115		<0.001		
			5m	1.693	0.569		0.038	0.013	0.114	0.080	6.858		0.009		
			B-1m	7.405	1.551		0.049	0.445	0.741	0.302	0.442		0.011		
別府湾	大分県	O3	0.5m		0.123	0.008	0.018				0.034				
			10m		0.058	0.068	0.062				0.032				
豊後水道	愛媛県	E4	0.5m	0.007		1.697									
			10m	0.011		0.409									
宿毛湾	高知県	KS1	0.5m			219.095									
10m					6.033										
浦ノ内湾			KU1	0.5m											
	10m														

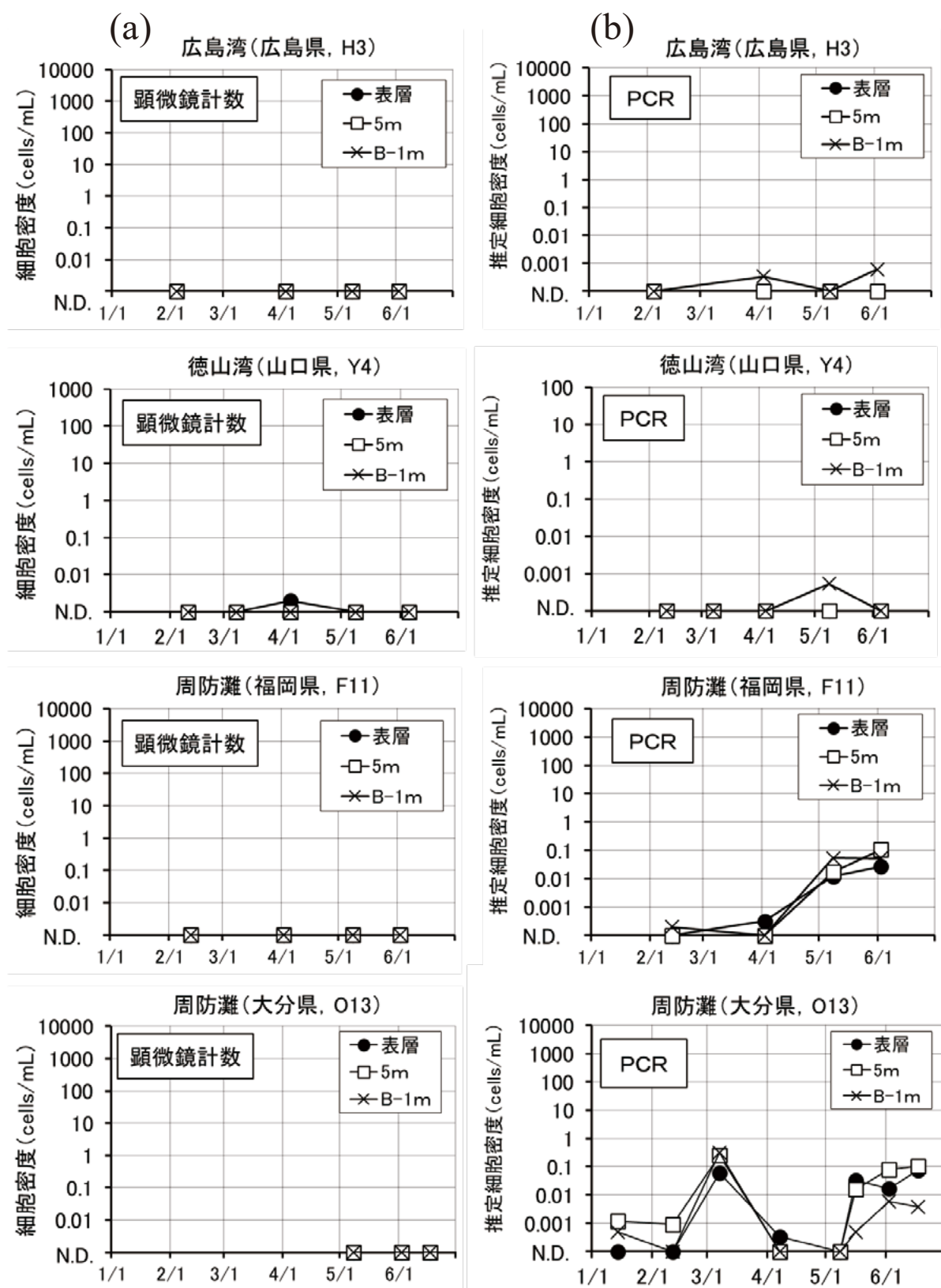


図 19 (a) 顕微鏡計数と(b) real-time PCR 法による *Karenia mikimotoi* の検出密度
(広島湾, 徳山湾, 周防灘)

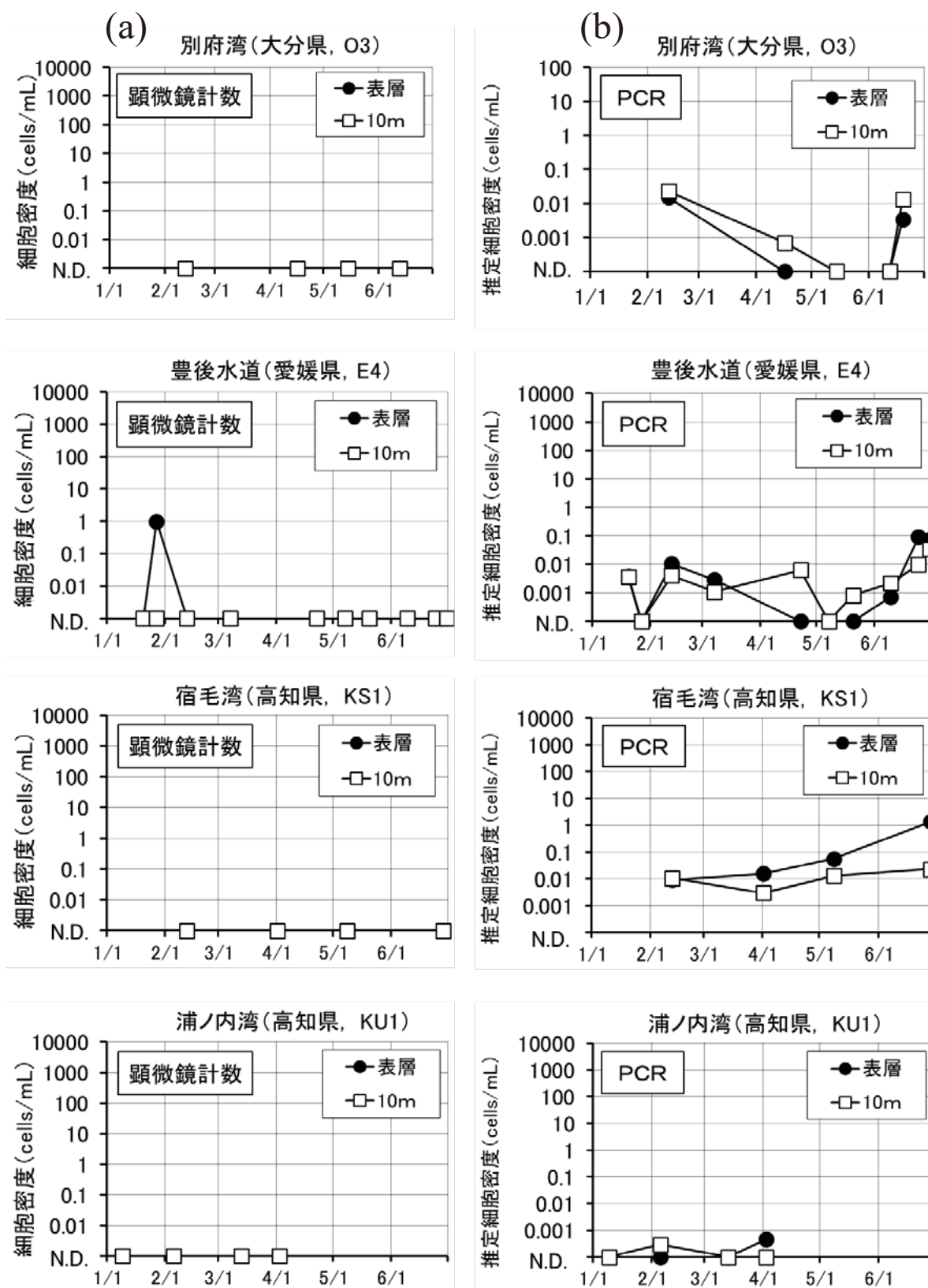


図 20 (a) 顕微鏡計数と(b) real-time PCR 法による *Karenia mikimotoi* の検出密度 (別府湾, 豊後水道, 宿毛湾, 浦ノ内湾)

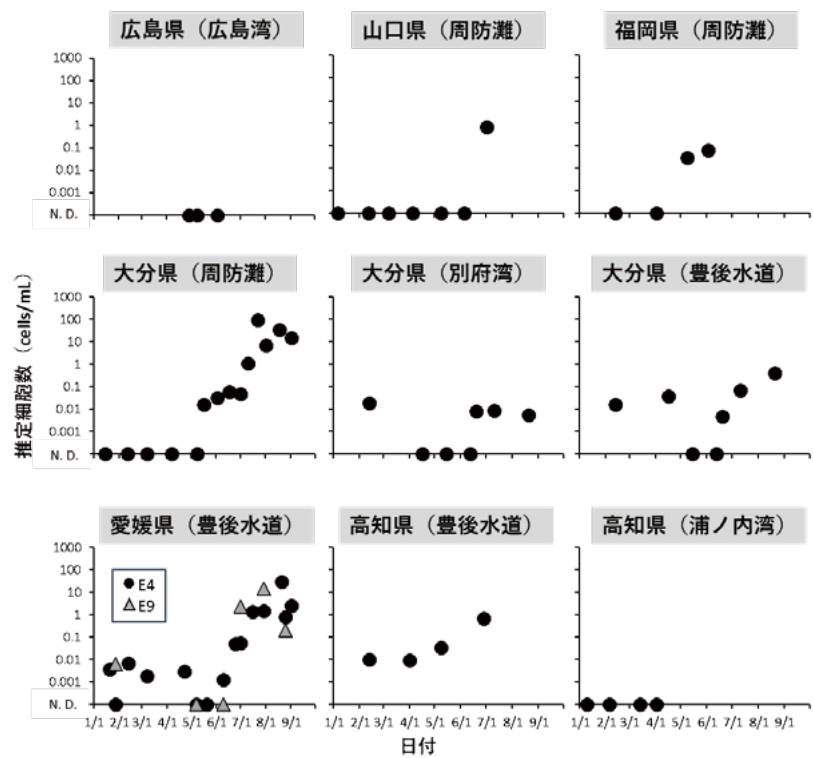


図 21 瀬戸内海西部海域における 2025 年 1～10 月までの *K. mikimotoi* 遺伝子検出状況（一部本事業以外の各県調査データを含む：愛媛県 [E9]）。

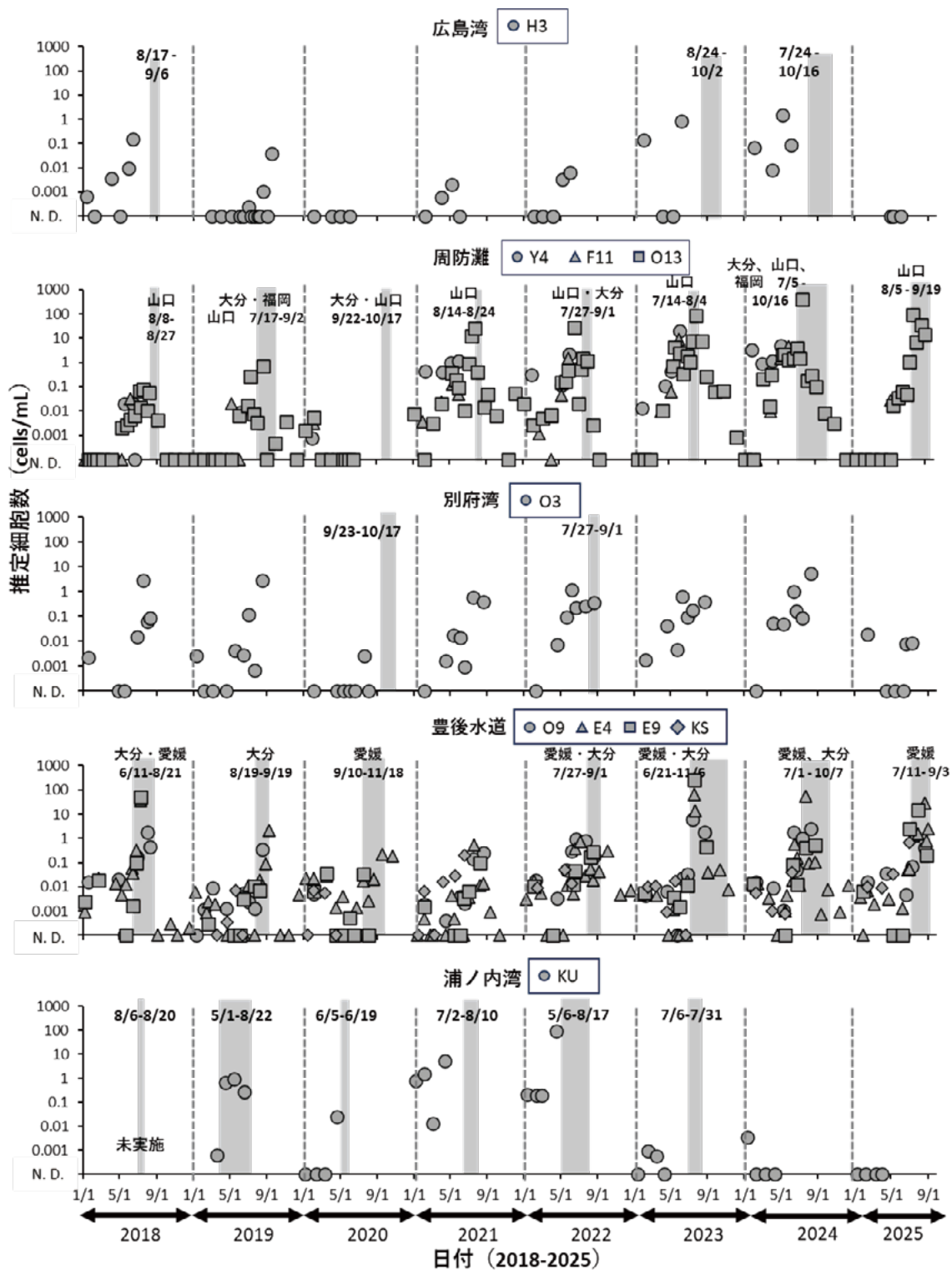


図 22 高頻度調査海域における 2018 年～2025 年の *K. mikimotoi* 推定細胞数の推移.

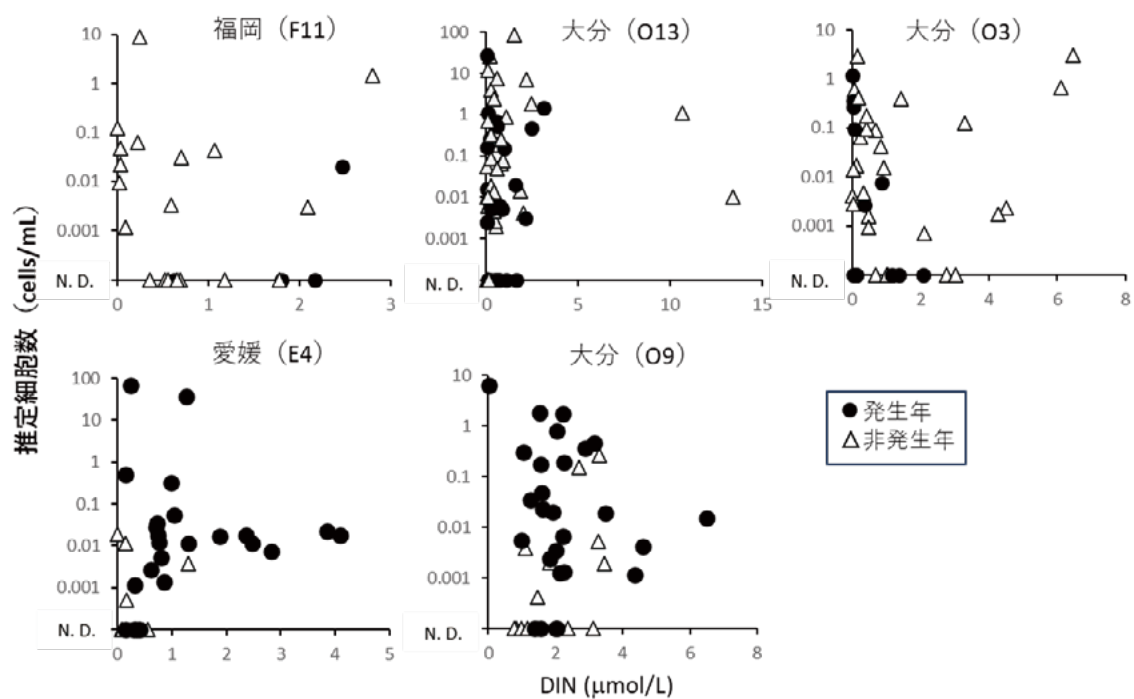


図 23 周防灘および豊後水道における *K. mikimotoi* 推定細胞数と DIN の関係.

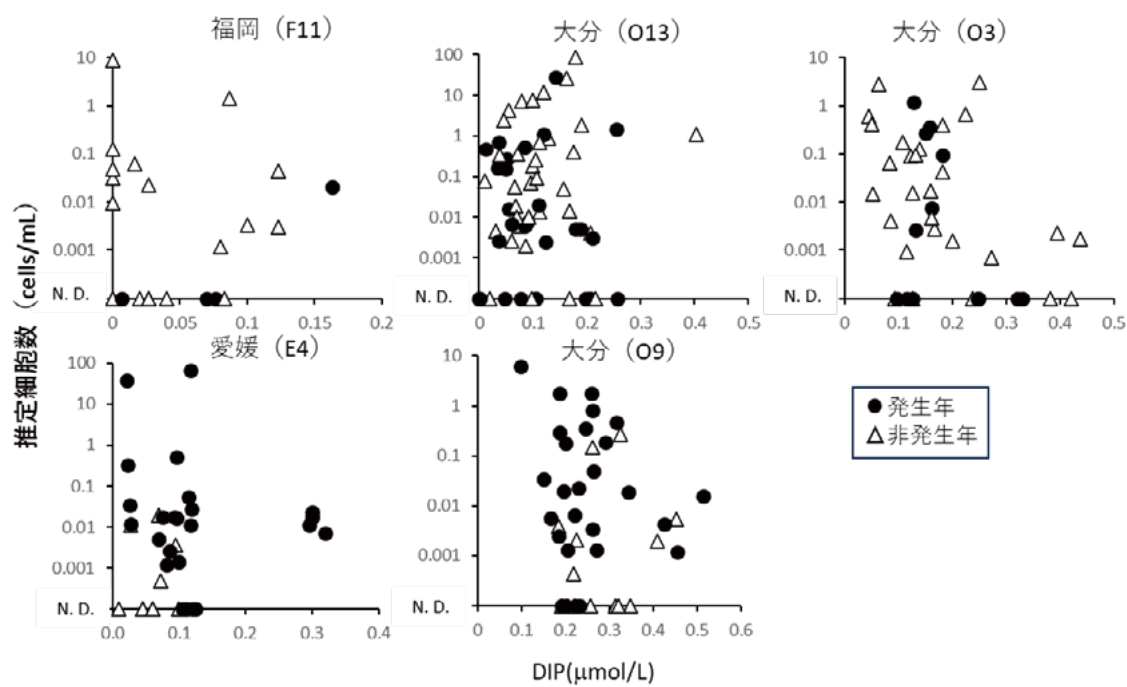


図 24 周防灘および豊後水道における *K. mikimotoi* 推定細胞数と DIP の関係

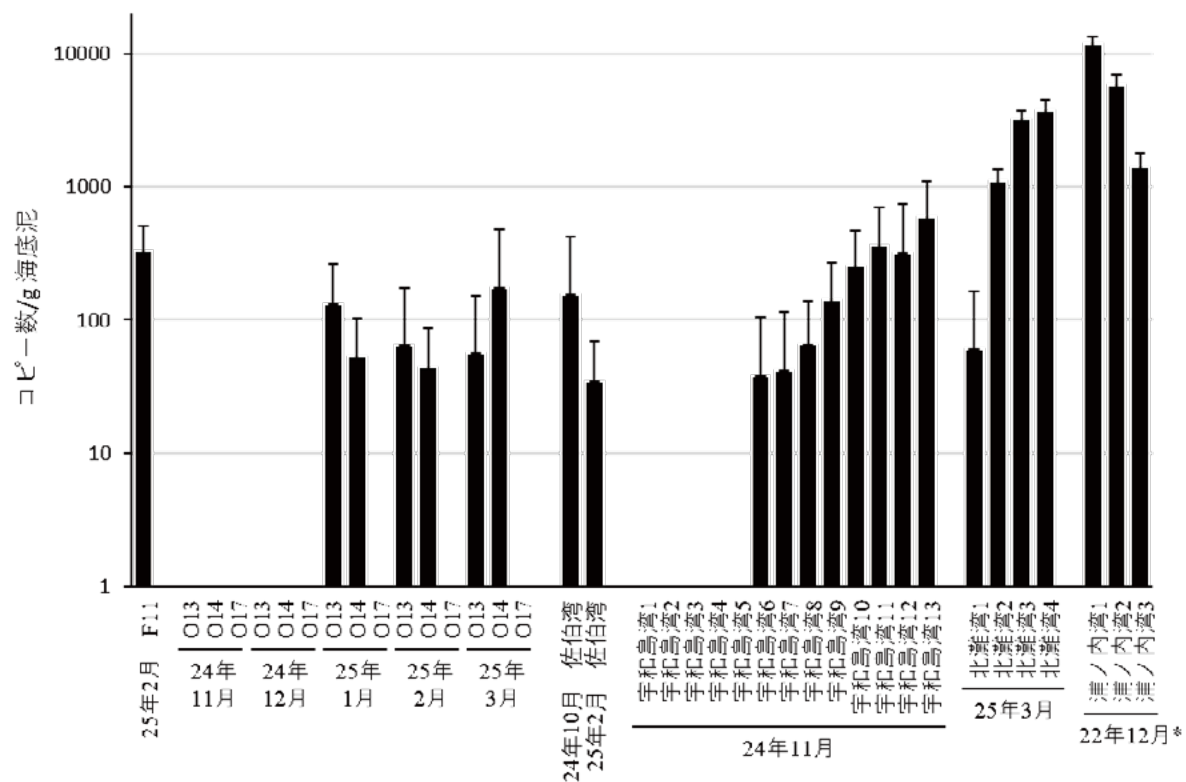


図 25 海底泥からの *K. mikimotoi* 遺伝子検出結果. エラーバーは標準偏差を示す.

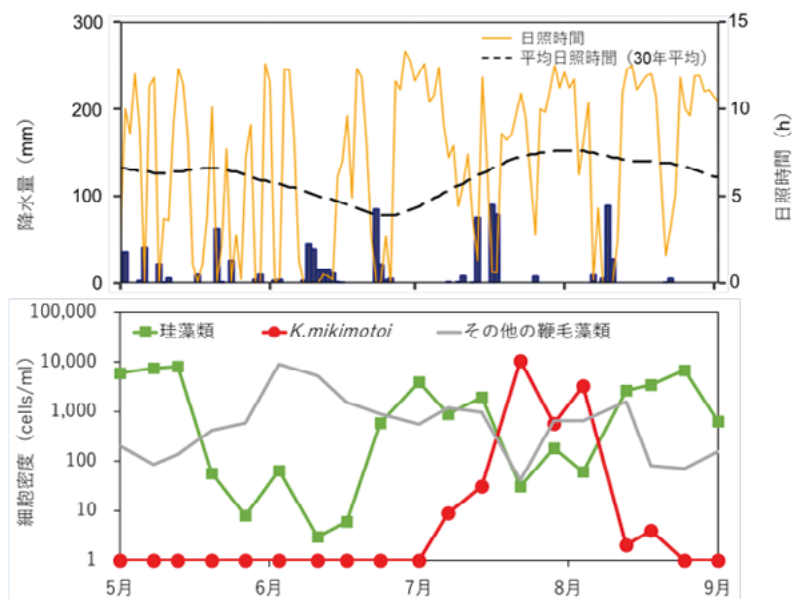


図 26 2025 年 5～9 月の宇和島市における日照時間（3 日間移動平均）と重点調査定点 U6 のクロロフィル極大層における植物プランクトン細胞密度の推移

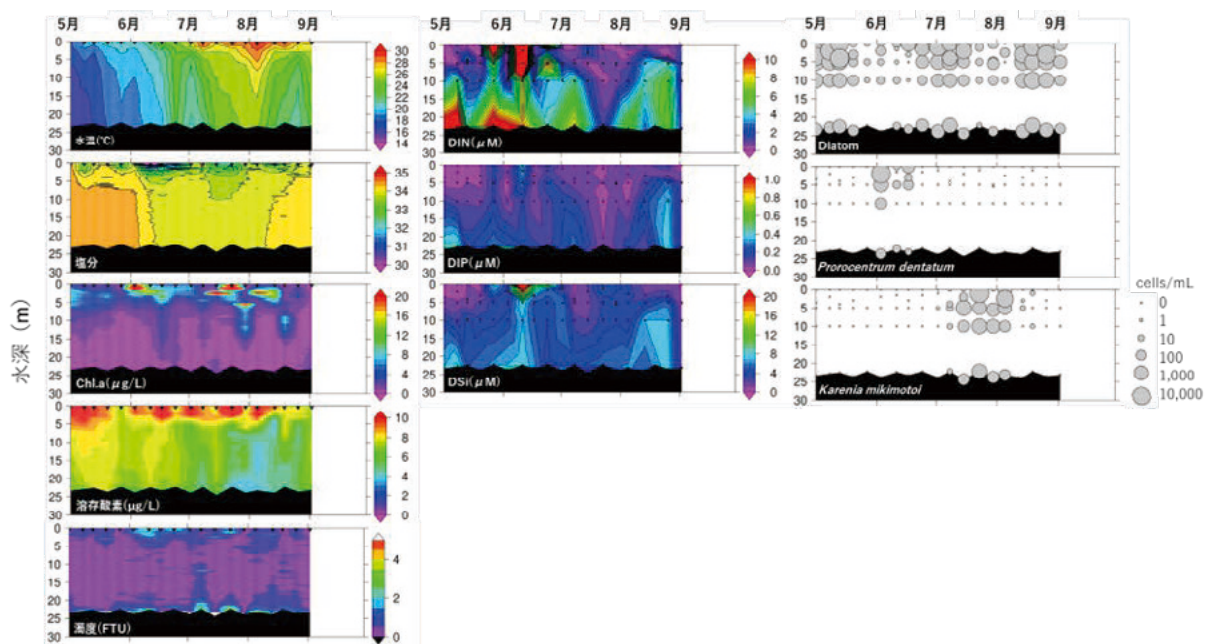


図 27 宇和島湾の重点調査定点 U6 における 2025 年 5～9 月の水質および植物プランクトン細胞密度の鉛直分布の推移

表 6 4つの赤潮指標（発生非発生，発生日，最大細胞密度，持続期間）の予測のために，説明変数として抽出された環境要素とその期間，および9つの統計モデルのうち最も高精度な手法とそれらの予測精度の一覧

発生非発生の予測に用いた説明変数と予測精度

期間	使う説明変数	高精度な統計モデル	AUC
04~24	スコア法の気象1+海象4の5要素	アダブースト，決定木，RF	1.00
04~24	本研究の気象の6要素	アダブースト，決定木，リッジ回帰，RF，SVM	1.00
79~24	本研究の気象の5要素	決定木，RF	1.00
	スコア法の気象1+海象4の5要素 4月17℃以上積算値	本研究の04-24の気象6要素 松山日照時間8月下	本研究の79-24の気象5要素 松山降水9月下
	4月下旬平均水温	宿毛平均気温2月下	宿毛平均気温10月中
	5月上旬急潮	宿毛平均気温5月下	宿毛平均風速1月下
	水温20℃到達日	大分平均気温5月中	宿毛平均風速4月下
	宇和島降水6月上	大分平均風速1月中	宮崎東西風向11月下
		大分南北風向8月上	

最初の発生日の予測に用いた説明変数と予測精度

期間	使う説明変数	一番高精度なモデル	RMSE(日)	CVRMSE(%)
04~24	スコア法の気象1+海象4の5要素	スコア法	16.8	9.1
04~24	スコア法の気象1+海象4の5要素	決定木	12.9	7.0
04~24	本研究の気象4+海象2の6要素	RF	12.3	6.6
	スコア法の気象1+海象4の5要素 4月17℃以上積算値	本研究の04-24の気象4+海象2の6要素 5月上旬急潮		
	4月下旬平均水温	宇和島平均気温9月下		
	5月上旬急潮	松山平均風速9月上		
	水温20℃到達日	宮崎日照時間1月下		
	宇和島降水6月上	大分平均風速12月中		
		4月17℃以上積算値		

最大細胞密度の予測に用いた説明変数と予測精度

期間	使う説明変数	一番高精度なモデル	RMSE (cells/ml)	CVRMSE (%)
04~24	スコア法の気象1+海象4の5要素	スコア法	80026	72
04~24	スコア法の気象1+海象4の5要素	RF	77045	81
04~24	本研究の気象2の2要素	決定木	48081	50
	スコア法の気象1+海象4の5要素 4月17℃以上積算値	本研究の04-24の気象2の2要素 大分平均風速9月上		
	4月下旬平均水温	宮崎平均気温6月上		
	5月上旬急潮			
	水温20℃到達日			
	宇和島降水6月上			

赤潮持続期間の予測に用いた説明変数と予測精度

期間	使う説明変数	一番高精度なモデル	RMSE(日)	CVRMSE(%)
04~24	スコア法の気象1+海象4の5要素	RF	31.5	53
04~24	本研究の気象7の7要素	K近傍法	11.4	19
	スコア法の気象1+海象4の5要素 4月17℃以上積算値	本研究の04-24の気象7の7要素 松山日照時間10月中		
	4月下旬平均水温	松山南北風向9月上		
	5月上旬急潮	松山南北風向10月上		
	水温20℃到達日	松山東西風向9月上		
	宇和島降水6月上	宿毛平均風速8月下 宿毛平均風速6月上 宮崎平均風速5月中		

表7 広島県広島湾海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～22年の 的中率(%)	2025年の 値	2025年（非発生）	
					予察	的中
3月	マハラノビス	3月表層DO (10.61/9.97 mg/L)	90.5	9.37	△	△
		2月気温 (5.8/7.1 °C)		4.10		
	マハラノビス	2月表層水温 (10.3/11.3 °C)	90.5	11.20	×	◎
		3月5m層DO (10.29/9.83 mg/L)		9.25		
	マハラノビス	3月表層水温 (10.5/11.4 °C)	85.7	10.60	×	◎
		3月表層DO (10.61/9.97 mg/L)		9.37		
	マハラノビス	3月表層水温 (10.5/11.4 °C)	85.7	10.60	△	△
		3月5m層DO (10.29/9.83 mg/L)		9.25		
4月	マハラノビス	4月底層DO (8.83/8.34 mg/L)	85.7	8.59	△	△
		1月底層クロロフィルa (2.5/4.0 μg/L)		0.99		
	マハラノビス	3月表層DO (10.61/9.97 mg/L)	90.5	9.37	×	◎
		4月底層DO (8.83/8.34 mg/L)		8.59		
	マハラノビス	3月表層水温 (10.5/11.4 °C)	90.5	10.60	○	×
		4月底層DIP (0.25/0.41 μM)		0.20		
	マハラノビス	3月表層DO (10.61/9.97 mg/L)	85.7	9.37	×	◎
		4月底層DIP (0.25/0.41 μM)		0.20		
	マハラノビス	2月表層水温 (10.3/11.3 °C)	85.7	11.20	△	△
		4月気温 (15.3/14.3 °C)		15.50		
	マハラノビス	4月底層DO (8.83/8.34 mg/L)	85.7	8.59	△	△
		4月底層DIP (0.25/0.41 μM)		0.20		
5月	マハラノビス	5月表層DIP (0.03/0.16 μM)	85.7	0.00	○	×
		2月気温 (5.8/7.1 °C)		4.10		
	マハラノビス	3月表層水温 (10.5/11.4 °C)	85.7	10.60	△	△
		5月表層DIP (0.03/0.16 μM)		0.00		
	マハラノビス	5月底層DO (8.25/7.70 mg/L)	85.7	7.37	△	△
		4月気温 (15.3/14.3 °C)		15.50		
	マハラノビス	5月表層DIP (0.03/0.16 μM)	90.5	0.00	○	×
		4月底層DIP (0.25/0.41 μM)		0.20		
	マハラノビス	4月底層DO (8.83/8.34 mg/L)	90.5	8.59	△	△
		5月表層DIP (0.03/0.16 μM)		0.00		
6月	マハラノビス	6月底層クロロフィルa (2.2/1.5 mg/L)	85.7	1.72	○	×
		2月気温 (5.8/7.1 °C)		4.10		
	マハラノビス	3月5m層DO (10.29/9.83 mg/L)	85.7	9.25	×	◎
		6月底層クロロフィルa (2.2/1.5 mg/L)		1.72		
	マハラノビス	3月表層水温 (10.5/11.4 °C)	90.5	10.60	○	×
		6月底層クロロフィルa (2.2/1.5 mg/L)		1.72		
	マハラノビス	4月底層DIP (0.25/0.41 μM)	85.7	0.20	○	×
		6月底層クロロフィルa (2.2/1.5 mg/L)		1.72		
	マハラノビス	4月底層DO (8.83/8.34 mg/L)	85.7	8.59	△	△
		6月底層クロロフィルa (2.2/1.5 mg/L)		1.72		
	マハラノビス	5月表層DIP (0.03/0.16 μM)	85.7	0.00	△	△
		6月底層クロロフィルa (2.2/1.5 mg/L)		1.72		
7月	マハラノビス	3月5m層DO (10.29/9.83 mg/L)	85.7	9.25	△	△
		7月5m層DIN (2.58/0.67 μM)		0.85		
	マハラノビス	7月5m層DIN (2.58/0.67 μM)	85.7	0.85	○	×
		4月底層DIP (0.25/0.41 μM)		0.20		
	マハラノビス	7月5m層DIN (2.58/0.67 μM)	85.7	0.85	○	×
		5月表層DIP (0.03/0.16 μM)		0.00		

表 8 山口県徳山湾海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～22年の 的中率(%)	2025年の 値	2025年（発生）	
					予察	的中
前年11月	線形判別	前年10月中層水温 (24.5/23.7 °C)	85.7%	27.1	○	◎
		前年11月表層塩分 (32.50/32.17)		31.74		
	線形判別	前年10月中層水温 (24.5/23.7 °C)	85.7%	27.1	○	◎
		前年11月中層塩分 (32.55/32.27)		31.76		
	線形判別	前年10月中層水温 (24.5/23.7 °C)	90.5%	27.1	○	◎
		前年11月上旬日照時間 (50.0/63.3)		61.6		
	線形判別	前年10月中層水温 (24.5/23.7 °C)	81.0%	27.1	○	◎
		前年11月下旬日照時間 (56.7/46.4)		50.2		
	線形判別	前年10月表層塩分 (32.33/31.92)	81.0%	31.76	×	×
		前年11月表層塩分 (32.50/32.17)		31.74		
	線形判別	前年11月上旬日照時間 (50.0/63.3)	85.7%	61.6	×	×
		前年11月下旬日照時間 (56.7/46.4)		50.2		
1月	線形判別	前年11月下旬日照時間 (56.7/46.4)	90.5%	50.2	×	×
		1月中旬日照時間 (42.2/53.3)		57.1		

表 9 福岡県周防灘海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～ 2022年の 的中率	2025年の 値	2025年 (非発生)	
					予察	的中
5月	線形判別	5月5m層塩分(32.4/32.9)	90.5	32.85	×	◎
		4月上旬日照時間(55.4/79.3)		79		
6月	マハラノビス距離	6月0m層DIP(0.08/0.04)	90.5	0.08	×	◎
		4月上旬降水量(57.1/17.1)		8		
	線形判別	6月0m層DIP(0.08/0.04)	90.5	0.08	○	×
		6月下旬気温(23.2/24.7)		26.8		
	マハラノビス距離	6月0m層DIP(0.08/0.04)	90.5	0.08	×	◎
		6月下旬日照時間(29.1/49.6)		54.2		
	マハラノビス距離	6月5m層DIP(0.10/0.03)	90.5	0.07	○	×
		4月上旬降水量(57.1/17.1)		8		
	マハラノビス距離	6月5m層DIP(0.10/0.03)	90.5	0.07	×	◎
		6月下旬日照時間(29.1/49.6)		54.2		
	マハラノビス距離	6月底層DIP(0.13/0.06)	90.5	0.12	○	×
		4月上旬降水量(57.1/17.1)		8		
	マハラノビス距離	6月底層DIP(0.13/0.06)	90.5	0.12	○	×
		4月上旬日照時間(55.4/79.3)		79		
	マハラノビス距離	6月底層DIP(0.13/0.06)	90.5	0.12	○	×
		6月下旬気温(23.2/24.7)		26.8		
7月	マハラノビス距離	6月底層DIP(0.13/0.06)	95.2	0.12	×	◎
		6月下旬日照時間(29.1/49.6)		54.2		
		7月中旬降水量(168.3/45.8)	90.5	79.5	×	◎
		4月上旬日照時間(55.4/79.3)		79		
	線形判別	7月底層水温(21.8/23.2)	95.2	21.2	○	×
		5月5m層塩分(32.4/32.9)		32.85		
	線形判別	7月底層水温(21.8/23.2)	95.2	21.2	○	×
		5月底層塩分(32.6/33.0)		32.95		

表 10 大分県周防灘海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～ 2022年の 的中率 (%)	2025年の値	2025年 (非発生)	
					予察	的中
5月	線形判別	5月5m水温(17.4/18.2℃)	95.2	17.4	○	×
		1月気温(5.8/4.8℃)		5.2		
	線形判別	5月表層水温(18.2/19.0℃)	85.7	18.1	○	×
		1月気温(5.8/4.8℃)		5.2		
7月	マハラノビス	7月分布指標 (10cells/mL) (43.0/19.3)	85.7	4.4	△	△
		5月表層水温(18.2/19.0℃)		18.1		
	マハラノビス	7月分布指標 (10cells/mL) (43.0/19.3)	85.7	4.4	×	◎
		7月5m水温(24.2/25.1℃)		25.6		
	マハラノビス (欠測あり)	7月表層DIN(2.0/0.8 μM)	88.9	1.2	△	△
		1月気温(5.8/4.8℃)		5.2		

表 11 大分県佐伯湾海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～ 2022年の 的中率	2025年の 値	2025年 (非発生)	
					予察	的中
2月	線形判別	1月表層水温 (14.2/15.0℃)	71.4%	14.9	×	◎
		2月表層水温 (13.5/14.3℃)		13.8		
3月	線形判別	3月降水量 (158.6/249.5 mm)	81.0%	80.0	×	◎
		3月日照時間 (186.5/162.7 h)		153.6		
	線形判別	3月降水量 (158.6/249.5 mm)	76.2%	80.0	×	◎
		1月表層水温 (14.2/15.0℃)		14.9		
	線形判別	3月降水量 (158.6/249.5 mm)	90.5%	80.0	×	◎
		2月表層水温 (13.5/14.3℃)		13.8		
	線形判別	3月降水量 (158.6/249.5 mm)	76.2%	80.0	×	◎
		3月表層水温 (13.9/14.4℃)		14.0		
	線形判別	3月日照時間 (186.5/162.7 h)	85.7%	153.6	△	△
		1月表層水温 (14.2/15.0℃)		14.0		
	線形判別	3月日照時間 (186.5/162.7 h)	90.5%	153.6	×	◎
		2月表層水温 (13.5/14.3℃)		13.8		
	線形判別	3月日照時間 (186.5/162.7 h)	85.7%	153.6	○	×
		3月表層水温 (13.9/14.4℃)		14.0		
	マハラノビス	1月表層水温 (14.2/15.0℃)	76.2%	14.9	×	◎
		3月表層水温 (13.9/14.4℃)		14.0		
	マハラノビス	2月表層水温 (13.5/14.3℃)	81.0%	13.8	×	◎
		3月表層水温 (13.9/14.4℃)		14.0		

表 12 愛媛県岩松湾海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～ 2022年の 的中率(%)	2025年の値	2025年 (発生)	
					予察	的中
3月	マハラノビス	3月上旬クロロフィルa濃度(0.9/0.5μg/L)	90.5	1.4	○	◎
		2月平均気温(7.4/8.8℃)		5.6		
	マハラノビス	3月クロロフィルa濃度(1.0/0.6μg/L)	95.2	1.2	○	◎
		2月中旬5m層水温(14.9/16.0℃)		13.3		
	マハラノビス	3月クロロフィルa濃度(1.0/0.6μg/L)	90.5	1.2	○	◎
		2月平均気温(7.4/8.8℃)		5.6		
4月	線形判別	4月下旬5m層水温(17.5/16.8℃)	90.5	17.0	○	◎
		3月上旬クロロフィルa濃度(0.9/0.5μg/L)		1.4		
7月	線形判別	7月中旬平均気温(27.4/25.8℃)	90.5	27.4	○	◎
		2月中旬5m層水温(14.9/16.0℃)		13.3		
	線形判別	7月中旬平均気温(27.4/25.8℃)	95.2	27.4	○	◎
		2月下旬平均気温(8.6/11.1℃)		6.2		
	線形判別	7月中旬平均気温(27.4/25.8℃)	90.5	27.4	○	◎
		2月平均気温(7.4/8.8℃)		5.6		
	マハラノビス	7月中旬平均気温(27.4/25.8℃)	95.2	27.4	×	×
		7月中旬降水量(58.0/128.7mm)		251.5		
	マハラノビス	7月中旬降水量(58.0/128.7mm)	95.2	251.5	○	◎
		2月中旬5m層水温(14.9/16.0℃)		13.3		
	マハラノビス	7月中旬降水量(58.0/128.7mm)	90.5	251.5	○	◎
		2月平均気温(7.4/8.8℃)		5.6		
	マハラノビス	7月中旬降水量(58.0/128.7mm)	90.5	251.5	○	◎
		2月上旬日照時間(38.9/51.2h)		22.0		
	マハラノビス	7月中旬降水量(58.0/128.7mm)	95.2	251.5	○	◎
		3月上旬クロロフィルa濃度(0.9/0.5μg/L)		1.4		
	マハラノビス	7月中旬降水量(58.0/128.7mm)	90.5	251.5	○	◎
		3月クロロフィルa濃度(1.0/0.6μg/L)		1.2		
	線形判別	7月下旬クロロフィルa濃度(1.8/0.9μg/L)	90.5	0.9	○	◎
		2月下旬平均気温(8.6/11.1℃)		6.2		

表 13 高知県浦ノ内湾海域における *Karenia mikimotoi* の予察結果

判別時期	解析手法	説明変量 (平均値：発生年/非発生年)	2002～ 2022年の 的中率 (%)	2025年の値	2025年（非発生）	
					予察	的中
4月下旬	マハラノビス距離	4月下旬降水量 (87.8/26.3 mm)	95.0	53.5	△	△
		3月中旬気温 (11.4 /9.1 ℃)		10.0		
6月下旬	マハラノビス距離	6月下旬降水量 (153.4/40.3 mm)	95.0	37.5	○	×
		3月中旬気温 (11.4 /9.1 ℃)		10.0		
	マハラノビス距離	6月下旬降水量 (153.4/40.3 mm)	95.0	37.5	△	△
		4月下旬降水量 (87.8/26.3 mm)		53.5		
7月	マハラノビス距離	7月5m層水温 (25.2/25.8 ℃)	95.0	24.9	○	×
		3月中旬気温 (11.4 /9.1 ℃)		10.0		
	マハラノビス距離	7月5m層水温 (25.2/25.8 ℃)	90.0	24.9	○	×
		4月下旬降水量 (87.8/26.3 mm)		53.5		
	マハラノビス距離	7月5m層水温 (25.2/25.8 ℃)	95.0	24.9	○	×
		6月下旬降水量 (153.4/40.3 mm)		37.5		
	マハラノビス距離	7月5m層DO (3.5 /4.8mg/L)	90.0	5.7	△	△
		3月中旬気温 (11.4 /9.1 ℃)		10.0		
	マハラノビス距離	7月5m層DO (3.5 /4.8mg/L)	95.0	5.7	△	△
		4月下旬降水量 (87.8/26.3 mm)		53.5		
	マハラノビス距離	7月5m層DO (3.5 /4.8mg/L)	90.0	5.7	○	×
		6月下旬降水量 (153.4/40.3 mm)		37.5		
	マハラノビス距離	7月5m層DO (3.5 /4.8mg/L)	95.0	5.7	○	×
		7月5m層水温 (25.2/25.8 ℃)		24.9		

表 14 赤潮の発生段階に応じた各県および漁業者の対策一覧

発生段階	密度基準	頻度	検出方法	対応	
				【調査】	【漁業者】
低密度期	～9 細胞/mL	1回/月 (10～3月) 1回/週 (4～9月)	検鏡： 1～1,000mL リアルタイムPCR： 1,000mL	・水温、DOの数値変化に注意	・養殖または畜養魚の早期出荷 ・給餌量の低減（ハマチ） ・海面畜養の中止または移動 ・魚、海面の着色、活魚水槽等に用いる海水の注視 ・漁模様の変化に注意
増殖期	10～99 細胞数/mL	1回/週	検鏡：1mL	・調査定点を増やす ・漁業者等の海水持ち込み ・近隣県との情報共有	・養殖または畜養魚の早期出荷 ・給餌量の低減（ハマチ） ・海面畜養の中止または移動 ・魚、海面の着色、活魚水槽等の使用海水の注視 ・漁模様の変化に注意 ・養殖業の深網、餌止めの準備
最盛期 (注意基準)	100～4999 細胞数/mL	1～2回/週	検鏡：1mL	・調査定点および調査頻度を増やす ・漁業者等の海水持ち込み ・海象、天気の変化に気をつける ・餌止めの喚起 ・近隣県との情報共有	・養殖または畜養魚の早期出荷 ・給餌量の低減（ハマチ） ・海面畜養の中止または移動 ・魚、海面の着色、活魚水槽等の使用海水の注視 ・漁模様の変化に注意 ・養殖業の餌止めまたは制限給餌 ・養殖作業の中止 （生け簀に近づかない、魚に触らない） ・養殖筏の避難
最盛期 (警戒基準)	5000～ 細胞数/mL	1～2回/週	検鏡：1mL	・調査定点および調査頻度を増やす ・漁業者等の海水持ち込み ・海象、天気の変化に気をつける ・餌止めの喚起 ・近隣県との情報共有	・養殖または畜養魚の早期出荷 ・海面畜養の中止または移動 ・魚、海面の着色、活魚水槽等使用海水の注視 ・養殖業の餌止め ・養殖作業の中止 （生け簀に近づかない、魚に触らない） ・養殖筏の避難
終息期	～99 細胞数/mL	1回/月 (10～3月) 1回/週 (4～9月)	検鏡： 1～1,000mL	・調査定点および調査頻度を減らす ・海象、天気の変化に気をつける ・近隣県との情報共有	・避難した養殖筏をもどす ・餌止めの解除 （給餌量は通常の半分から再開するよう指導） ・養殖作業の再開・養殖魚の変化に気をつける