

表 15 高知県浦ノ内湾海域における判別予察・結果

解析手法	説明変量	説明 変数 の数	判別期間 (年)	的中率	2018年		2019年		2020年		2021年		2022年	
				(%)	予察	的中	予察	的中	予察	的中	予察	的中	予察	的中
マハラノビス距離	6月下旬平均気温	2	2002～ 2017	93.8	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○
	6月降水量													
マハラノビス距離	6月下旬平均気温	2	2002～ 2017	100.0	△	○	△	○	△	○	△	○	△	○
	4月底層DIN													
マハラノビス距離	1月中旬降水量	2	2002～ 2017	87.5	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎
	3月中旬日照時間													
マハラノビス距離	1月中旬降水量	2	2002～ 2017	87.5	○	◎	○	◎	○	◎	△	○	△	○
	5月表層DO													
マハラノビス距離	4月降水量	2	2002～ 2017	81.3	△	○	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎
	3月中旬日照時間													
マハラノビス距離	6月降水量	2	2002～ 2017	87.5	○	◎	○	◎	○	◎	△	○	△	○
	4月底層DIN													
マハラノビス距離	3月中旬日照時間	2	2002～ 2017	87.5	△	○	○	◎	○	◎	○	◎	△	○
	5月10m層DO													
マハラノビス距離	3月中旬日照時間	2	2002～ 2017	93.8	△	○	○	◎	○	◎	○	◎	△	○
	5月底層DO													
マハラノビス距離	6月下旬日照時間	2	2002～ 2017	87.5	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎	○	◎
	5月表層DO													
マハラノビス距離	6月下旬日照時間	2	2002～ 2017	87.5	○	◎	○	◎	○	◎	△	○	○	◎
	4月5m層DIN													
マハラノビス距離	5月表層DO	2	2002～ 2017	87.5	△	○	○	◎	○	◎	△	○	△	○
	5月底層DO													
マハラノビス距離	5月底層DO	2	2002～ 2017	87.5	○	◎	○	◎	△	○	○	◎	○	◎
	4月底層DIN													

表 16 予察モデルによる予測・結果の的中率 (%)

県・海域	予察モデル構築に 用いたデータ (2002～2017年)	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	2018-2022年 (総合的中率)
広島県広島湾海域	89.1	72.7	18.2	18.2	9.1	9.1	25.7
山口県徳山湾	83.7	60.0	30.0	50.0	60.0	10.0	42.0
福岡県周防灘海域	87.9	28.6	57.1	23.8	57.1	42.9	41.9
大分県周防灘海域	79.1	44.4	11.1	44.4	33.3	0.0	26.7
大分県佐伯湾海域	94.5	81.8	27.3	0.0	54.5	9.1	34.5
愛媛県岩松湾海域	95.0	41.9	29.0	6.5	3.2	74.2	31.0
高知県浦ノ内湾海域	89.1	50.0	83.3	75.0	50.0	41.7	60.0

※的中率：予測と赤潮発生結果が一致した組み合わせ「◎」の割合

1) 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発 ウ. 伊勢湾・三河湾・英虞湾海域

愛知県水産試験場

二ノ方圭介, 加藤毅士, 石田俊朗, 柘植朝太郎, 大澤 博

三重県水産研究所

奥村宏征, 渥美貴史, 今井絵美, 出口竣悟, 西川次寿

三重県水産研究所鈴鹿水産研究室

館 洋

水産研究・教育機構 水産技術研究所

中山奈津子, 浜口昌己

1 全体計画

(1) 目的

近年、伊勢湾・三河湾・英虞湾海域では、ヘテロカプサ等の有害赤潮プランクトンやノリ色落ち原因珪藻による漁業被害が生じている。赤潮による漁業被害を未然に防止およ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、伊勢湾・三河湾・英虞湾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ならびにノリ色落ち原因珪藻の発生状況および海洋環境を監視するとともに、既存データも含めたデータ解析によって当該海域における有害赤潮およびノリ色落ち原因珪藻の発生シナリオを構築・改良し、赤潮発生予察により漁業被害軽減に資することを目的とする。また、貧酸素など環境要因によるヘテロカプサ等有害プランクトンの生理生態への影響を評価し、より精緻なシナリオ構築への貢献を図る。

2 令和4年度計画および結果

(1) 目的

全体計画と同じ

(2) 方法

有害赤潮および珪藻赤潮が発生する4月～翌3月に共同提案機関が有する海洋観測調査船または傭船により広域的な海洋調査を実施し、伊勢湾・三河湾・英虞湾海域における有害赤潮種の出現特性、伊勢湾・三河湾におけるノリ色落ち原因珪藻の出現特性を把握する。また、ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマの増殖に与える貧酸素の影響について知見を蓄積する。

1) モニタリング調査

有害赤潮調査として、図1に示す海域に計26点の調査定点を配置し、4月～翌3月まで月1回～週1回の頻度で、海洋環境（水温、塩分、栄養塩、クロロフィルa、溶存酸素）およ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）。

ノリ色落ち原因珪藻調査として、図2に示す海域に計31点の調査定点を配置し、10月～翌3月まで月2回～週1回の頻度で、海洋環境（水温、塩分、栄養塩、クロロフィルa、溶存酸素）およ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2）。

2) 有害赤潮およびノリ色落ち被害の発生シナリオ構築・改良

1) で取得したデータおよび既存データ等に基づいて、当該海域における有害赤潮種およびノリ色落ち原因珪藻の発生と気象条件（気象庁ホームページより「過去の気象及び潮位データ」<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>）・海洋環境との関係を解析し、有害赤潮およびノリ色落ち被害の発生シナリオを検討した。

3) ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマの増殖に与える貧酸素の影響評価

赤潮原因藻類の増殖に与える貧酸素の影響を評価するため、コクロディニウム・ポリクリコイデス (*Cochlodinium polykrikoides*) 及びヘテロシグマ・アカシオ (*Heterosigma akashiwo*)、天然の泥から発芽させた珪藻類について、異なる酸素濃度下で増殖試験を行った。試験には、1) *C. polykrikoides* 培養株、C4 及び C5 (2021 年広島湾)、2) *H. akashiwo* 培養株は、Taji1 及び Taji2 (田尻港、広島県)、3) 天然の珪藻類は、三河湾 (愛知県 2019)、根室 (北海道 2021) から採取した海底泥から栄養細胞を発芽させて用いた。酸素濃度の調整は、がん細胞の細胞培養に用いる低酸素培養キット BIONIX (株式会社スギヤマゲン) を使用して、次の通り行った。同キットに付属の透明ガスバリア性パウチ袋に、O₂ メーター、*C. polykrikoides* 培養株、*H. akashiwo* 培養株、または、珪藻類のいずれかを入れた培養プレート、ガス濃度調節剤を入れて密閉し、マニュアルに従って酸素濃度を調節した。1)2)の培養株を用いた試験では、培養容器は 24 穴プレートを用い、細胞初期密度は約 1,000 cells/mL に調製した。珪藻類は、泥 1 g を IMK 培地 10 mL 内で攪拌し、48 穴プレートを用いて段階希釈法で 2 日培養して発芽させたもののうち、10⁻¹ 及び 10⁻² 希釈段階で発芽した細胞を、試験に供試した。1)2)と同じ要領で試験を実施した。培養条件は、温度 20℃、光強度 130~150 $\mu\text{mol photons/m}^2/\text{s}$ 、明暗周期 12h:12h L:D で、パウチ袋ごとインキュベータに入れ培養した。酸素濃度は、4 mg/L 及び自然通気 (対照区) とした。培養開始から毎日パウチ袋からプレートを取り出して計数し、パウチ袋内に戻して酸素濃度を調整し培養を続けた。

(3) 結果および考察

1) モニタリング調査

a. 有害赤潮調査

①海洋環境

水温 (図 3) : 伊勢湾の表層は年間を通じて平年並から高めで推移し、平年に比べて 7 月は 5.3 °C、8 月は 2.6 °C 高くなった。底層は 12 月を除き平年並から低めで推移した。平年に比べて 9 月は 2.4 °C 低く、12 月は 2.2 °C 高くなった。三河湾の表層は 5~9 月に高めからやや高めで推移し、7 月に平年より 3.1 °C 高くなった。その後 10 月は平年より 1.3 °C 低くなった。底層では 8~10 月まで平年より低めで推移し、8 月は平年より 1.4 °C 低くなった。7 月の伊勢湾、三河湾表層は、6 月下旬から 7 月初旬にかけて気温が高かったことが影響したと考えられた。英虞湾の表層は、平年に比べ、1 月上旬から 4 月中旬まで概ね高い状態が継続し、1 月中旬には 3.4 °C、2 月上旬には 2.7 °C 高くなった。その後は 5 月上旬および 12 月下旬にやや低くなったが、概ね平年並から平年よりも高めで推移した。底層は、平年に比べ、1 月中旬から 6 月下旬まで概ね高い状態が継続し、3 月下旬には 2.7 °C 高くなった。その後は 8 月上旬および 12 月下旬にやや低くなったが、概ね平年並から平年よりも高めで推移した。黒潮は 2017 年 8 月下旬から A 型流路 (大蛇行) が継続しており、熊野灘では、1 月上旬から 4 月中旬にかけて黒潮が接近し、内側反流の影響により、水温が高くなった。また、3 月中下旬および 4 月中旬には、気温が平年を 3 °C 上回っていたことが確認された。以上のことから、英虞湾の水温が平年より高めで推移した要因として、黒潮の大蛇行に伴う暖水波及の影響が大きく、時期によっては気温も影響したと考えられた。

塩分 (図 4) : 表層は伊勢湾、三河湾ともに 3、4 月が高めで 5 月以降は平年並から低めで推移した。特に伊勢湾、三河湾ともに 9 月の低下が顕著で、降雨の影響と考えられた。底層は伊勢湾では 8 月にやや高めとなった以外は平年並で推移した。三河湾では 7、8 月にやや高め、10 月以降、低めで推移した。英虞湾の表層は、5 月中下旬、8 月上旬から 9 月上旬、9 月下旬および 11 月下旬に平年よりもやや低めからかなり低めで推移した。5 月、8 月、9 月および 11 月は平年よりも降水量が多く、降雨による影響が考えられた。底層は、1 月上旬および 11 月中旬にやや低め、2 月上旬から 3 月上旬、7 月上旬、8 月上旬および

10 月上旬は平年よりやや高めで推移した。

溶存酸素（図 5）：表層は伊勢湾では 3 月以降、平年並から低めで推移した。三河湾は赤潮が発生した 10 月に高めとなった以外は平年並から低めで推移した。底層は伊勢湾では 8 月は外海水の進入により平年より高くなったが、9、10 月は平年より低くなった。三河湾では 5～10 月まで平年より低く推移した。英虞湾の表層は、年間を通して平年並からやや低めで推移した。底層は、7 月中旬から 9 月上旬まで 2.4 mg/L から 3.7 mg/L で推移したが、3 mg/L を下回ったのは 7 月下旬および 8 月中旬に留まった。

クロロフィル *a*（図 6）：伊勢湾の表層は 1、2、6 月に平年よりも高くなったが、他の月は低めで推移した。底層は 1、2、12 月に高かったが、3～11 月までは低く推移した。三河湾の表層は 1、10、12 月に高くなった以外は平年並から低く推移した。底層は 1、4、12 月に高かった以外は低く推移した。三河湾表層で高くなった 1 月は *Eucampia zodiacus* と *Skeletonema* spp. の複合赤潮が発生し、10、12 月についても珪藻類の赤潮が発生しており、その影響と考えられた。英虞湾の表層は、*H. akashiwo* が多く発生した 5 月中旬を除き、平年並から低めで推移した。底層は、5 月下旬および 6 月下旬に平年よりかなり高めとなった。特に、6 月下旬は *Chaetoceros* spp. が多数確認された。

栄養塩（DIN 図 7）：DIN は伊勢湾では表層、底層ともに平年並から低めで推移した。三河湾の表層は、9 月が平年より高くなった以外は平年並から低く推移した。底層は 6、10 月に高くなった以外は平年並から低く推移した。英虞湾の表層では、年間を通して平年並、又は平年より低く推移した。底層では 8 月中旬に平年値を超える高い値が確認された。

栄養塩（PO₄-P 図 8）：PO₄-P は、伊勢湾の表層では年間を通じて平年並から低めで推移した。底層は 9、10 月に高くなった以外は平年並から低めで推移した。三河湾の表層では 9、11 月に高かった以外は平年並から低めで推移した。底層では 5、10、11 月に高く、7、8 月に低くなった。三河湾の表層で高かった 9 月は降雨の影響と考えられた。英虞湾の表層では 1 月上旬から 3 月下旬は概ね高く推移した。底層では、年間を通して平年並、又は平年より低く推移した。

栄養塩（SiO₂-Si 図 9）：SiO₂-Si は伊勢湾の表層では年間を通じて平年並から低めで推移した。底層は 8 月に低くなり、その後、9、10 月に高くなった。三河湾では、表層は 5 月以降、高めになることが多く、特に 9 月に高かった。底層は 5 月以降、平年より高く推移した。

特記事項として、7 月中旬に伊勢湾の愛知県側および三河湾で *K. mikimotoi* の赤潮が発生し、魚貝類のへい死が確認された。12 月に三河湾でハプト藻類による赤潮が発生した。前回のハプト藻類の赤潮発生は 2008 年で 14 年ぶりとなった。

伊勢湾の三重県側では、7 月中旬から 8 月初旬にかけて *K. mikimotoi* による赤潮が発生し、鈴鹿から伊勢の広範囲で *K. mikimotoi* が確認された。この赤潮により、魚介類のへい死が確認された。貧酸素水塊は 6 月から 10 月まで確認され、特に 7 月、8 月は三重県側の広い範囲で貧酸素水塊が形成された。黒ノリ養殖では、昨漁期に広範囲で色落ちが見られ、大幅な減産となったが、今漁期は現在のところ顕著な色落ちは見られていない。

英虞湾では、2019 年から発生したアコヤガイの稚貝を中心とするへい死は、年々減少傾向にあり、2022 年の稚貝のへい死率は前年を下回った。昨年度に続き、*K. mikimotoi* による赤潮が、7 月 20 日から 8 月 15 日に発生した。

②プランクトン（図 10）

Heterocapsa circularisquama

伊勢湾、伊勢湾口、三河湾、英虞湾のいずれの海域でも確認されなかった。

Chattonella spp. (*C. marina*, *C. antiqua* および *C. ovata*)

伊勢湾、伊勢湾口、三河湾の 3 海域で確認された。伊勢湾では、4 月上旬に確認され、

密度は 1 cell/mL であった。伊勢湾口では、8 月上旬に確認され、密度は 0.03 cells/mL であった。三河湾では、7 月および 9～11 月に確認され、最高密度は 2 cells/mL であった。

Karenia mikimotoi

伊勢湾、伊勢湾口、三河湾、英虞湾の 4 海域で確認された。伊勢湾では 6 月上旬から 8 月上旬まで確認され、最高密度は 13,100 cells/mL（臨時観測点）であった。伊勢湾口では 6 月上旬、7 月中旬、8 月上旬および 9 月中旬に確認され、最高密度は 379 cells/mL であった。三河湾では 6 から 12 月の上中旬に確認され、最高密度は 5,275 cells/mL であった。英虞湾では 7 月中旬から 8 月中旬、9 月上中旬および 11 月中旬に確認され、最高密度は 1,670 cells/mL であった。

Heterosigma akashiwo

伊勢湾、伊勢湾口、三河湾、英虞湾の 4 海域で確認された。伊勢湾では 7 月上旬のみ確認され、密度は 1 cell/mL であった。伊勢湾口では 5 月中旬に確認され、密度は 100 cells/mL であった。三河湾では 5 月中旬、6 月上旬、9 月下旬、10 月上旬に確認され、最高密度は 5 月中旬に 100,200 cells/mL となり赤潮が発生した。英虞湾では 5 月上中旬、8 月中下旬および 10 月上下旬に確認され、最高密度は 8,100 cells/mL であった。

Vicicitus globosus（旧種名：*Chattonella globosa*）

三河湾のみで確認された。6, 7, 8, 11, 12 月に確認され、最高密度は 9 cells/mL であった。

・三河湾における *H. circularisquama* の発生環境に関する考察

近年では、2015～2019 年に 100 cells/mL 以上の最高密度が毎年確認されていた。*H. circularisquama* の増殖は高水温、高塩分が好適条件となり 2015～2019 年の最高密度も 7, 8 月に確認されている（表 3）。しかし、今年度は昨年、一昨年度同様に 1 月まで確認されなかった。三河湾に面する蒲郡市の気象観測所（図 11）の 7, 8 月の旬別降水量をみると、7 月中旬にまとまった降雨があったほか、8 月上旬以外は平年を上回る降雨があり、塩分が影響していたと考えられた。また、三河湾では 7 月に *Skeletonema* spp. や *K. mikimotoi* などの赤潮が確認されており、珪藻類などの競合も増殖を抑制した要因と考えられた。

・英虞湾における *H. circularisquama* の発生環境に関する考察

昨年度に引き続き、本年度も *H. circularisquama* は確認されなかった。例外はあるものの、DIN および $\text{PO}_4\text{-P}$ の値が表層および底層とも平年並か下回ったこと、底層における貧酸素状態が短期間であったことなどが、同種が確認されなかった理由と考えられた。なお、英虞湾における同種の赤潮は、2016 年 9～10 月に発生して以降、確認されていない。

・広域的な有害赤潮の発生に関する考察

本年度は、*K. mikimotoi* による広域的な有害赤潮が発生した。7 月中旬に伊勢湾、三河湾、鳥羽湾、的矢湾、英虞湾で赤潮が初認され、その後、7 月下旬に志摩外海、8 月中旬に尾鷲湾、8 月下旬に阿曾浦で確認された。赤潮発生海域が徐々に南下したことや伊勢湾では 6 月初旬に *K. mikimotoi* を初認していることから、2018 年に広域発生した *H. akashiwo* 赤潮のように、赤潮発生海域から他海域へ赤潮プランクトンが拡散し広域発生したと考えられた。

b. ノリ色落ち原因珪藻調査

①海洋環境（図 12, 13）

水温：三河湾では気温の影響により 10 月上中旬、11 月中旬、1 月中旬に高めとなったが、それ以降は概ね平年並で推移した。伊勢湾の三重県側では、気温や黒潮大蛇行による

暖水の影響により 10 月上旬から 1 月下旬にかけて高めで推移した。

塩分（比重）：三河湾では 10 月上旬に降雨の影響により平年より低くなったが、その後 11 月中旬まで平年より高めとなり、11 月中旬以降、概ね平年並で推移した。伊勢湾の三重県側では、10 月中旬以降、降雨が少なく、概ね高い値で推移した。

栄養塩：三河湾では DIN は期間を通じて平年を下回った。PO₄-P は 10 月上中旬に平年を下回り、11 月上中旬に平年を上回った。12 月上旬以降は概ね平年並となった。平年を下回った 10 月はプランクトンの増殖の影響と考えられた。伊勢湾の三重県側では、DIN、PO₄-P とともに 10 月中旬以降、平年を下回る濃度で推移し、11 月下旬に降雨により一時的に回復したが、12 月以降は、再び平年を下回った。降雨が少なかったことが要因と考えられるが、今漁期は 11 月以降にプランクトンの発生が少なく、極端な貧栄養とはならなかった。

クロロフィル *a* は、三河湾では 10 月中旬および 12 月上旬に赤潮が発生し、平年を上回った以外は平年並から低めで推移した。

②プランクトン（図 14）

Skeletonema spp.

三河湾では 10 月上旬と 10 月中旬にそれぞれ最高密度 1,233 cells/mL, 2,070 cells/mL となったが、他の期間は 1,000 cells/mL 以下の密度で推移した。伊勢湾における三重県側のノリ漁場では、10 月上旬に最高密度 15,190 cells/mL を、10 月中旬に最高密度 9,950 cells/mL を確認した。その後は減少し、11 月下旬から 1 月中旬までは、低密度で推移した。

Chaetoceros spp.

三河湾では 10 月上旬と 10 月中旬にそれぞれ最高密度 4,636 cells/mL, 4,849 cells/mL となったが、他の期間は 1,000 cells/mL 以下の密度で推移した。伊勢湾における三重県側のノリ漁場では、10 月中旬に最高密度 1,630 cells/mL となったが、その後は数十から数百 cells/mL 程度で推移した。

Eucampia zodiacus

三河湾では 10 月上旬以降に確認されており、1 月上旬に最高密度が 429 cells/mL となった。伊勢湾における三重県側のノリ漁場では、12 月月中旬から 1 月中旬に松阪、および桑名地区で 10~20 cells/mL が確認されたのみであった。

・伊勢湾におけるノリ色落ち原因珪藻の発生に関する考察

伊勢湾における三重県側のノリ漁場では、DIN、PO₄-P とともに 10 月中旬以降、平年を下回る濃度で推移し、11 月下旬に降雨により一時的に回復したが、12 月以降は、再び平年を下回った。10 月上旬から中旬にかけては、*Skeletonema* spp. が高密度で増殖し、栄養塩の減少がみられたが、11 月以降は *Skeletonema* spp. は減少し、他の珪藻類の増殖も見られなかったことから顕著な貧栄養とはならなかった。昨漁期は 12 月以降、多くの漁場で色落ちが発生したが、今漁期は現在のところ顕著な色落ちは確認されていない（1 月末時点）。

・三河湾におけるノリ色落ち原因珪藻の発生に関する考察

DIN は期間を通じて平年を下回っており、PO₄-P は 10 月上中旬が平年を下回った。10 月中旬に *Pseudo-nitzschia* spp. などの珪藻類の赤潮が発生した。ノリの色落ちの一部の海域で確認されたが、赤潮を形成するほどの細胞密度ではなかった。10~12 月は 11 月下旬を除き、平年より降雨が少なかったことから栄養塩の供給が少なく、珪藻類の増殖が抑制されたと考えられた。

2) 有害赤潮およびノリ色落ち被害の発生シナリオ構築

a. 有害赤潮の発生シナリオ構築

- ・三河湾（散発的に発生する *H. circularisquama* の発生シナリオ構築）

これまでの三河湾における *H. circularisquama* の発生状況を表 3 に示した。三河湾における *H. circularisquama* の細胞密度が 100 cells/mL 以上となる場合を *H. circularisquama* 発生年として、その年の海象および気象等について解析を行った結果、発生年は 5 月上旬～下旬、5 月中旬～6 月上旬の 3 号ブイの表層平均水温、5 月中旬～6 月上旬の 1 号ブイの表層平均水温が高く、6 月の渥美湾の DIN/PO₄-P の値が低い傾向がみられ（湯口ら 2019）、2017 年度から上記の項目を用いて発生予察を行っている。

2022 年度の予測結果は図 15 のとおりであった。表層平均水温に関する項目については、水温が高く発生条件にあてはまっていた。また、DIN/PO₄-P の値も低く発生条件にあてはまっていたことから、2022 年は夏季に *H. circularisquama* の細胞密度が 100 cells/mL 以上になると予測したが、期間を通じて *H. circularisquama* は確認されなかった。7 月の各旬とも平年より降水量が多く、増殖を抑制した要因のひとつとして考えられた。

過去の発生状況をみると（表 3）、細胞密度のピークが夏季と秋季に分かれており、夏季にピークとなる年は秋季にピークとなる年よりも最高細胞密度が高くなる傾向がみられた。*H. circularisquama* は、高水温、高塩分が増殖の好条件であり、夏季に細胞密度が高くなりやすい。広島湾や英虞湾では *H. circularisquama* の晩秋型赤潮が確認されており（松山 2003）、三河湾でも赤潮には至らないが細胞密度のピークが秋季に遅れる年がある。この要因を検討するため、*H. circularisquama* が確認された年について、最高細胞密度が 100 cells/mL 以上（以下、高密度年）と 100 cells/mL 未満（以下、低密度年）での *H. circularisquama* の初認日について整理した。その結果、初認日は高密度年のほうが低密度年より早い傾向があった（図 16）。このため、高密度年では夏季に増殖が促進され、一方、低密度年では増殖が抑制される要因があったと推定された。

H. circularisquama は貧酸素水塊が発達する夏季を中心に増殖がみられる。このため貧酸素水塊と増殖の関連をみるために、三河湾内に設置されている海況自動観測ブイ（1 号ブイ）で観測された溶存酸素飽和度と高密度年、低密度年との関連をみた。1 号ブイでの観測で、下層（海底直上 2 m）の溶存酸素飽和度が日平均で 30% 以下となった日を貧酸素水塊の形成開始日として、高密度年と低密度年と照合した。その結果、高密度年のほうが低密度年よりも貧酸素水塊の形成開始が遅い傾向がみられた（図 17）。英虞湾および広島湾では *H. circularisquama* の大規模な赤潮は夏季の鉛直混合後に発生し、これは貧酸素化した底層からの栄養塩供給や一時性シストの供給、表層海水の高塩分化が増殖に不可欠であるためと考えられている（松山 2003）。三河湾においても水深が浅いこともあり、強風による貧酸素水塊の解消がたびたびみられる。

貧酸素水塊の形成開始日は早いと 5 月からみられる。貧酸素水塊の形成開始が遅い傾向のある高密度年は、強風による上下混合により、貧酸素水塊が形成されない、もしくは解消されることが繰り返し起こり、大規模な貧酸素水塊の解消時ほどの効果ではないものの、増殖に有利に働いた可能性が考えられる。一方、貧酸素水塊の形成開始が早い年は、増殖に不利な環境になることが多く、夏季を迎えても高密度になりにくかったと考えられた。

以上から、貧酸素水塊の形成開始時期についても、細胞密度のピーク時期や細胞密度の高低の予測に活用できる可能性が示唆された。

・英虞湾（*K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオの構築）

英虞湾における *K. mikimotoi* の発生状況を表 4 に示した。三重県では、*K. mikimotoi* の細胞密度が 100 cells/mL を超えた場合を赤潮発生年としている。*K. mikimotoi* 赤潮は 2018 年以降 3 年続けて確認されなかったが、2022 年は 7 月 20 日～8 月 15 日に *K. mikimotoi* 赤潮が確認され、最高密度が 1,670 cells/mL となり、昨年度以降、2 年続けて赤潮発生年となった。そこで、昨年に引き続き、*K. mikimotoi* の赤潮発生期間を含む 2022 年 7 月 1 日～8 月 31 日の、英虞湾の水温や栄養塩等の海況についてデータを収集し、整理した（図 18, 19）。

K. mikimotoi は 7 月 11 日に湾奥の大明神前の水深 0.5 m で 2 cells/mL, 5.5m で 16 cells/mL が初認され, 7 月 20 日には間崎から立神で 267 cells/mL が確認され, その後も細胞数は増加し, 8 月 5 日には立神で, 今期の最多細胞数となる 1,670 cells/mL が確認された。その後, 8 月 15 日に立神での 1 cell/mL を最後に確認されなくなった。

海況については, 昨年度は, 三重県がタコノボリに設置した ICT ブイによる水深 2m と 26m の水温および塩分データを用い, 外洋水の湾内への流入について解析したが, 今年度は当該 ICT ブイが修理中のため, 三重県真珠養殖連絡協議会 (以下, 三真協) が, 湾奥のタコノボリと湾奥の立神に設置している自動観測ブイ (水深 0.5m, 2m, 5m および 8m の水温を 1 時間間隔で測定) のデータを用いた。赤潮発生期間の水温は, タコノボリの水深 2m で 26.5~29.5 °C, 立神の水深 2m では 26.3~30.5 °C であり, *K. mikimotoi* の増殖に好適な環境であった (飯塚・入江 1966, 本城 1997)。アメダス阿児の天候データでは, 7 月 1 日~8 月 31 日の降水量は 606mm であったが, 降雨後に *K. mikimotoi* の顕著な細胞数増加は見られず, 昨年度に続き, 赤潮の発生と降雨との関連は明確には確認されなかった。週 1 回の頻度で実施した定期観測において, タコノボリ, 間崎, 立神および檜扇荘前で採取した海水の栄養塩濃度を計測した。DIN および PO₄-P とともに, タコノボリと間崎の B-1m (海底直上 1m) で, 7 月 4 日~7 月 11 日にタコノボリで DIN が 0.47μM~3.67μM, PO₄-P が 0.04μM~0.36μM 増加し, 間崎では DIN が 0.94μM~4.07μM, PO₄-P が 0.10μM~0.42μM 増加した。立神や檜扇荘前の B-1m では少し遅れて, 7 月 11 日~7 月 20 日に立神で DIN が 1.42μM~7.00μM, PO₄-P が 0.07μM~0.79μM 増加し, 檜扇荘前では DIN が 1.51μM~4.90μM, PO₄-P が 0.08μM~0.70μM への増加が確認された。栄養塩濃度の増加は, タコノボリや間崎など湾奥やそれに近い地点で先に確認され, 湾奥の立神や檜扇荘前などでは, 1 週間程度遅れて確認された。7 月 5 日~7 月 7 日にタコノボリの水深 8m において水温が 2°C 程度の比較的大きな上下動が確認されており, その 1 日後には立神でも同様の水温の上下動が確認されていること, 湾奥のタコノボリで栄養塩濃度が増加し, その後, 遅れて湾奥の立神や檜扇荘前でも栄養塩濃度の増加が確認されていることなどから, 昨年度と同様に, 外洋水流入と栄養塩濃度の増加には一定の関係があるものと考えられた。

2017 年 8 月下旬に始まった黒潮大蛇行は, 2023 年 1 月時点で 5 年 6 ヶ月となり, 観測史上最長を更新し, 現在も継続している。熊野灘と英虞湾における黒潮の影響については, 昨年度に整理を試みた。熊野灘では, 黒潮大蛇行流路である A 型流路の場合は, 内側反流により黒潮系外洋水が波及し, その影響を強く受ける。一方, 英虞湾では黒潮等の外洋水が湾内に侵入した際にだけ, その影響が見られる。閉鎖性内湾である英虞湾は, 湾口部が狭く, また, 湾口の水深が浅く湾奥の水深が深いことから, 海水が交換しにくい。昨年度は, 湾内の底層における栄養塩増加の要因として, 塩分濃度の高い黒潮系外洋水が湾内の底層から侵入し, 海底付近の攪拌や栄養塩濃度の高い水塊を中層に供給した可能性について検討した。

今年度は, 英虞湾における珪藻類の発生状況と *K. mikimotoi* 赤潮の発生との関連についても検討した。珪藻類は, タコノボリでは 8 月 1 日に, 立神では 7 月 20 日と 8 月 1 日に増加したが, 1~2 週間程度で減少しており, 栄養塩濃度の増加に伴って細胞数が増加し, 降雨時の日照時間減少に伴って細胞数が減少したことが考えられた (図 20)。英虞湾は, 河川からの流れ込みが少なく, 降雨後の栄養塩濃度の顕著な増加は見られず, 近年, 海水の栄養塩濃度は低い傾向にある。英虞湾において珪藻類は, 夏季, 黒潮系外洋水の湾内への侵入時 (一時的な栄養塩濃度の増加後) に, 栄養塩をめぐる競合を制して優占種となるが, 日照時間が短くなったら衰退し, *K. mikimotoi* が優占種に交代するのではないかと考えられた。

b. ノリ色落ち被害の発生シナリオ構築

・伊勢湾ノリ漁場

これまでの解析により、伊勢湾北中部に位置する鈴鹿地先においては、珪藻密度が 9,000 cells/mL 以上の場合や *Eucampia* spp. が 500 cells/mL 以上の場合には、すべての事例において DIN が 7.1 μ M 以下となることが確認されている。今年度はこれらの条件に合致した状況が、10 月 18 日に確認され (*Skeletonema* spp. 主体に最高密度 9,950 cells/mL)、栄養塩濃度の低下がみられた (DIN は 1.2 μ M)、それ以外の発生は見られなかった。今漁期については、降雨が少なく、栄養塩濃度が平年値を下回って推移しているが、11 月以降は、プランクトンの顕著な増殖は見られず、現在のところ顕著な色落ちは発生していない (1 月末時点)。昨漁期は 1 月中旬以降に大型珪藻の *Rhizosolenia* spp. が発生、最高密度は 200 cells/mL 程度であったが、広範囲で色落ちは発生しており、今漁期も低密度ながら *Rhizosolenia* spp. の発生がみられていることから、今後の動向を注視していく必要がある。近年、漁場の栄養塩濃度が低下傾向にあり、プランクトンの増殖が、即、色落ちにつながる状況にある。プランクトンの増減要因の解析とともに、増殖傾向をいち早くモニタリングする手法についても検討を行っていく必要がある。

・三河湾

これまでの解析結果から、三河湾における主要なノリ色落ち原因珪藻類である *E. zodiacus* 赤潮の発生条件について、11 月の南知多の気温および 11 月の水温が高く、12 月上旬の *Chaetoceros* spp. と *Skeletonema* spp. の細胞密度の合計が少ない場合、1 月以降に *E. zodiacus* による赤潮発生の可能性が高くなることが明らかになっている (柴田・中嶋 2016)。この 3 条件を *E. zodiacus* 赤潮発生予測の指標とし、2015 年度から赤潮発生予測を行っている。そこで、観測結果からこれら 3 つの指標による *E. zodiacus* 赤潮の発生予測手法を検証した。

2022 年度は 11 月の気温および水温が高く条件に当てはまったが、12 月の *Skeletonema* spp. と *Chaetoceros* spp. の細胞密度の合計はやや高くなり条件から外れた。このため、予測に使用する 1 つの項目が発生年の値の範囲から外れたことから、1 月以降 *E. zodiacus* 赤潮によるノリの色落ち被害が発生する可能性は低いと予測した。*E. zodiacus* の最高細胞密度は、429 cells/mL でノリの色落ち被害は発生しておらず (1 月末現在)、予測通りとなっている。

3) ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマの増殖に与える貧酸素の影響評価

これまで英虞湾や三河湾、加茂湖において、海水中の溶存酸素濃度が減少傾向にある際、*H. circularisquama* の増殖が認められてきたため、本事業において、溶存酸素濃度が *H. circularisquama* など有害藻類の増殖に与える影響について評価してきた。これまでの試験では、*H. circularisquama* や *Chattonella* 属は、海水培地中の溶存酸素濃度 (以下、酸素濃度) が低いところで増殖速度が高くなり、酸素濃度が高いところでは増殖速度が低くなるという結果が出られた。一方、*K. mikimotoi* は逆の傾向を示した。具体的には、*H. circularisquama* 培養株 (HCKam06) は 0, 2, 4, 6 mg/L の低酸素濃度下に 5 日間置かれた場合でも生残し、*K. mikimotoi* 培養株 (KmUW3) は、6 mg/L 以下では 24 時間以内に死滅することが明らかになった。これらのことは、いくつかの培養株や天然海水においても同様の結果が得られた。

今年度は、*C. polykrikoides* や *H. akashiwo* の培養株で同様の試験を実施したところ、溶存酸素濃度 4mg/L 下に置かれた *C. polykrikoides* 培養株は、試験開始から徐々に細胞密度が低くなり、2 日後には死滅した。*H. akashiwo* 培養株は、試験区で 1 日目に細胞密度が低くなったが、2 日後から増殖した。珪藻類は、三河湾の泥からは、主に *Skeletonema* spp. や *Chaetoceros* spp.、根室の海底泥からは、*Skeletonema* spp. や *Thalassiosira* spp. が発芽した細胞を供試したが、一日以内に死滅した。

形態については、*C. polykrikoides* は、試験開始から死滅するまでの 2 日間以内に、細胞

が膨張して変形し、運動性がなくなるなどの変化が認められた。*H. akashiwo* 培養株は変化が認められず、通常溶存酸素濃度下に置かれたものと同様であった。珪藻類は形態に変化が認められず破裂した。

以上より、これまでの結果を統合すると、*H. circularisquama*, *Chattonella* spp., *H. akashiwo* は、溶存酸素濃度が低い条件下で生残が可能であり、*K. mikimotoi* や *C. polykrikoides*, 珪藻類の主要種は、生残できないという結果が得られた。*H. circularisquama* や *K. mikimotoi* については、天然の同種赤潮海水を用いた試験で、同様の結果が得られている。興味深いことは、*H. circularisquama* は、低濃度下の方が増殖速度が速く、*K. mikimotoi* は低濃度環境に極めて弱いという結果である。したがって、自然環境中では、*H. circularisquama*, *Chattonella* 属、*H. akashiwo* は貧酸素状況下でも生残し、鉛直運動によって至適溶存酸素濃度の深度で酸素を得ることができれば、増殖可能あるいは増殖が活発になると推察できる。一方、酸素濃度の低下に伴い、貧酸素下では増殖困難な渦鞭毛藻類や珪藻類など競合種の増殖は抑制され、低酸素下で生残または増殖できる種が優占すると考えられる。

今回、珪藻類は培養株を準備できなかったため、次年度は培養株についても試験を行う予定である。また、*H. circularisquama* には、至適酸素濃度の存在が予想されることから、分子技術を用いた原因解明のアプローチも今後は必要と考えている。さらに、*K. mikimotoi* や *C. polykrikoides* は、溶存酸素濃度の低い環境下では生残できないと推察されたが、*K. mikimotoi* は特に低酸素に弱かった。この要因については現在のところ不明であり、原因究明もさることながら、貧酸素状況下における *K. mikimotoi* の現場海中での生残や増殖について知見を得ることは、今後の課題であると考えている。

3 5 年間のまとめ

1) 有害赤潮の発生シナリオ構築

- ・三河湾（散発的に発生する *H. circularisquama* の発生シナリオ構築）

H. circularisquama が確認された年の発生状況をみると、夏季に細胞密度のピークになる年と秋季にピークになる年がみられ、細胞密度は夏季で高く、秋季で低かった。貧酸素水塊の形成開始時期と *H. circularisquama* の発生状況の関連をみたところ、貧酸素水塊の形成開始が遅い年は夏季に高密度でピークがみられ、形成開始が早い年は、低密度で秋季にピークがみられた（表 5）。このことから、貧酸素水塊の形成開始時期についても、発生予測に活用できる可能性が示唆された。

- ・英虞湾（*K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオの構築）

英虞湾における 2021 年および 2022 年の *K. mikimotoi* 赤潮発生状況から、湾内の栄養塩濃度が増加したタイミングで *K. mikimotoi* 赤潮が発生しており、黒潮と沿岸海況の解析から、塩分濃度の高い黒潮系外洋水が湾内の底層から侵入し、海底付近の攪拌などが起こり、栄養塩濃度の増加が発生したと考えられた。また、黒潮大蛇行流路である A 型流路の場合は、非大蛇行流路である N 型流路や C, B 型流路に比べ、英虞湾内への外洋水流入頻度がやや高い傾向であった（図 21）。

2017 年 8 月下旬に始まった黒潮大蛇行（A 型流路）は、2023 年 2 月の時点で継続中であり、今後、大蛇行が解消する兆しは確認されていない（図 22）。英虞湾では、2021 年から 2 年続けて夏季を中心に *K. mikimotoi* 赤潮が発生した。2022 年は、英虞湾だけでなく、伊勢湾、鳥羽湾、的矢湾および阿曾浦など、県内の他海域でも赤潮が確認され、一部の漁場では漁業被害も発生した（図 23）。近年、*K. mikimotoi* 赤潮は増加傾向であり、発生範囲の拡大や漁業被害の発生増加も危惧されるため、英虞湾に加え、県内他海域における *K. mikimotoi* 赤潮の発生状況についても情報を収集し、発生要因の検討を行うことが重要と考えられる。

2) ノリ色落ち被害の発生シナリオ構築

・伊勢湾漁場

伊勢湾の三重県側漁場においては、DIN が $7.1 \mu\text{M}$ ($100 \mu\text{g/L}$) 未満になるとノリの色落ちの可能性が高まり、 $3.5 \mu\text{M}$ ($50 \mu\text{g/L}$) 未満で色落ちすることが知られている。これまでの解析により、伊勢湾北中部に位置する鈴鹿地先において、珪藻密度が $9,000 \text{ cells/mL}$ 以上の場合や *Eucampia* spp. が 500 cells/mL 以上の場合には、すべての事例において DIN が $7.1 \mu\text{M}$ 以下となることが判明した。

この5か年で、*Eucampia* spp. が 500 cells/mL 以上発生した事例はなかったが、珪藻密度が 9000 cells/mL 以上となる事例は、いずれも *Skeletonema* spp. 主体として4件発生し、4件とも DIN は、色落ちラインの $3.5 \mu\text{M}$ を下回った。伊勢湾の三重県側漁場においては、*Eucampia* spp. などの大型珪藻だけでなく、最も一般的にみられる *Skeletonema* spp. が色落ちの発生要因となり得ることが確認された。これら、本事業で得られた研究成果を取り入れ、現在、県単事業において、県内ノリ漁場に簡易型観測ブイを設置し、リアルタイムでクロロフィル値を確認することにより、いち早くプランクトンの増殖傾向を捉え、注意喚起を行うシステムの構築を進めている。

・三河湾漁場

三河湾における主要なノリ色落ち原因珪藻類である *E. zodiacus* 赤潮の発生条件について、11月の南知多の気温および11月の水温が高く、12月上旬の *Chaetoceros* spp. と *Skeletonema* spp. の細胞密度の合計が少ない場合、1月以降に *E. zodiacus* による赤潮発生の可能性が高まるということが明らかになっている(柴田・中嶋 2016)。この3条件を *E. zodiacus* 赤潮発生予測の指標とし、2018~2022年度の *E. zodiacus* 赤潮によるノリの色落ち被害の発生予察手法を検証した(表6)。

2019年度は赤潮発生による被害の可能性あり、他の年度は、被害なしと予測し、被害発生年が2019年度の1例のみであるものの、予測通りとなり、上記3条件による予測手法が活用できる可能性が示唆された。

3) ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマの増殖に与える貧酸素の影響評価

これまでの英虞湾や三河湾、加茂湖におけるモニタリング結果より、海水中の溶存酸素濃度が低い時に *H. circularisquama* の増殖が認められてきたため、本事業において、日本における有害藻類主要5種(*H. circularisquama*, *Chattonella* spp., *H. akashiwo*, *K. mikimotoi*, *C. polykrikoides*) 及び珪藻類について、それらの増殖に与える溶存酸素濃度の影響を評価し表7にまとめた。

これまでの結果を統合すると、*H. circularisquama*, *Chattonella* spp., *H. akashiwo* は、低酸素下でも生残が可能であり、*K. mikimotoi* や *C. polykrikoides* は、低酸素下では生残できないという結果が得られた。*H. circularisquama* や *K. mikimotoi* については、天然の同種赤潮海水においても同様の結果が得られた。*H. circularisquama* については、低酸素濃度下で増殖速度が高く、通常酸素濃度下では増殖速度が低くなり、*K. mikimotoi* は極めて低酸素濃度に弱い傾向が顕著に認められた。これらのことは、*H. circularisquama* や *K. mikimotoi* に至適酸素濃度が存在することが推測される。

以上のことから、自然環境中では、*H. circularisquama*, *Chattonella* spp., *H. akashiwo* は貧酸素状況下でも生残し、鉛直運動によって至適溶存酸素濃度の深度で酸素を得ることができれば増殖可能と推察できる。すなわち、酸素濃度の低下に伴い、貧酸素下では増殖困難な渦鞭毛藻類や珪藻類など競合種の増殖は抑制され、低酸素下で生残または増殖できる種が優占すると考えられる。しかしながら、*K. mikimotoi* や *C. polykrikoides* など運動性を

有する藻類は、至適溶存酸素濃度の環境に移動することも考えられ、環境中における動態を含めたさらなる知見の収集が必要である。

引用文献

- 本城凡夫. ギムノディニウム. 「赤潮の科学第二版」(岡市友利編) 恒星社厚生閣, 東京. 1997 ; 264-273.
- 湯口真実, 蒲原聡, 高須雄二, 美馬紀子, 天野禎也. 三河湾における有害渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* の発生状況及び予察技術の開発に向けて. 愛知県水産試験場研究報告, 2019 ; 24 : 14-21.
- 松山幸彦. 有害渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* に関する生理生態学的研究－Ⅰ : *H. circularisquama* 赤潮の発生および分布拡大機構に影響する環境要因等の解明. 水研センター研報. 7 : 24-105.
- 飯塚昭二, 入江春彦. 1965 年夏季大村湾赤潮時の海況とその被害－Ⅱ. 後期赤潮とその生物学的特徴について. 長崎大学水産学部研究報告, 1966 ; 21, 61-101.
- 柴田晋作, 中嶋康夫. 三河湾における養殖ノリ色落ち原因珪藻 *Eucampia zodiacus* 赤潮の発生予察. 愛知県水産試験場研究報告, 2016 ; 21 : 1-3.

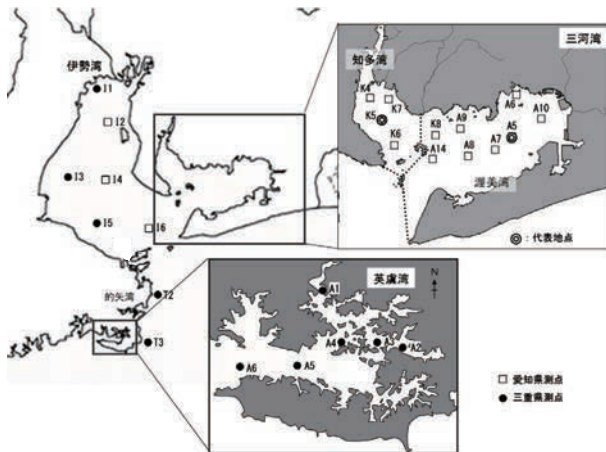


図 1 有害赤潮 調査地点図

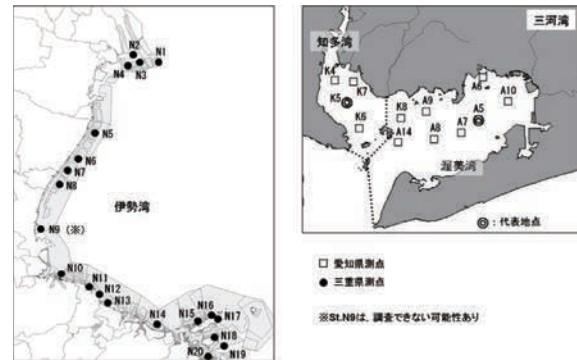


図 2 ノリ色落ち原因珪藻 調査地点図

表 1 有害赤潮 調査項目

		三重県	愛知県
調査点数		伊勢湾(St.I1,I3,I5) : 3 点 伊勢湾口(St. T2,T3) : 2 点 英虞湾(St.A1~A6) : 6 点	伊勢湾(St.I2,I4,I6) : 3 点 三河湾(St.A5~A10,A14,K4~K8) : 12 点
調査期間		4 月～翌 3 月	4 月～翌 3 月
調査頻度		月 1 回～週 1 回	月 2 回
観測層		伊勢湾 : 0m 伊勢湾口 : 0m 英虞湾 : 0, 5, 10, 20, B-1m	伊勢湾 : 0m,B-1m(I2 のみ) 三河湾 : 0m, 5m(A5,K5 のみ), B-1m(A5,K5 のみ)
調査項目	水温	○	○
	塩分	○	○
	DIN	△ (英虞湾のみ)	○
	PO ₄ -P	△ (英虞湾のみ)	○
	SiO ₂ -Si	—	○
	クロロフィル a	△ (英虞湾のみ)	○
	溶存酸素	△ (英虞湾のみ)	○
有害種細胞密度		○	○

表 2 ノリ色落ち原因珪藻 調査項目

		三重県	愛知県
調査点数		伊勢湾ノリ漁場(St.N1~N6,N8~N20) : 19 点	三河湾(St.A5~A10,A14,K4~K8) : 12 点
調査期間		10 月～翌 3 月	10 月～翌 2 月
調査頻度		週 1 回	月 2 回
観測層		0m	0m, 5m(A5,K5 のみ), B-1m(A5,K5 のみ)
調査項目	水温	○	○
	塩分	○	○
	DIN	○	○
	PO ₄ -P	○	○
	SiO ₂ -Si	—	○
	クロロフィル a	—	○
	溶存酸素	—	○
珪藻細胞密度		○	○

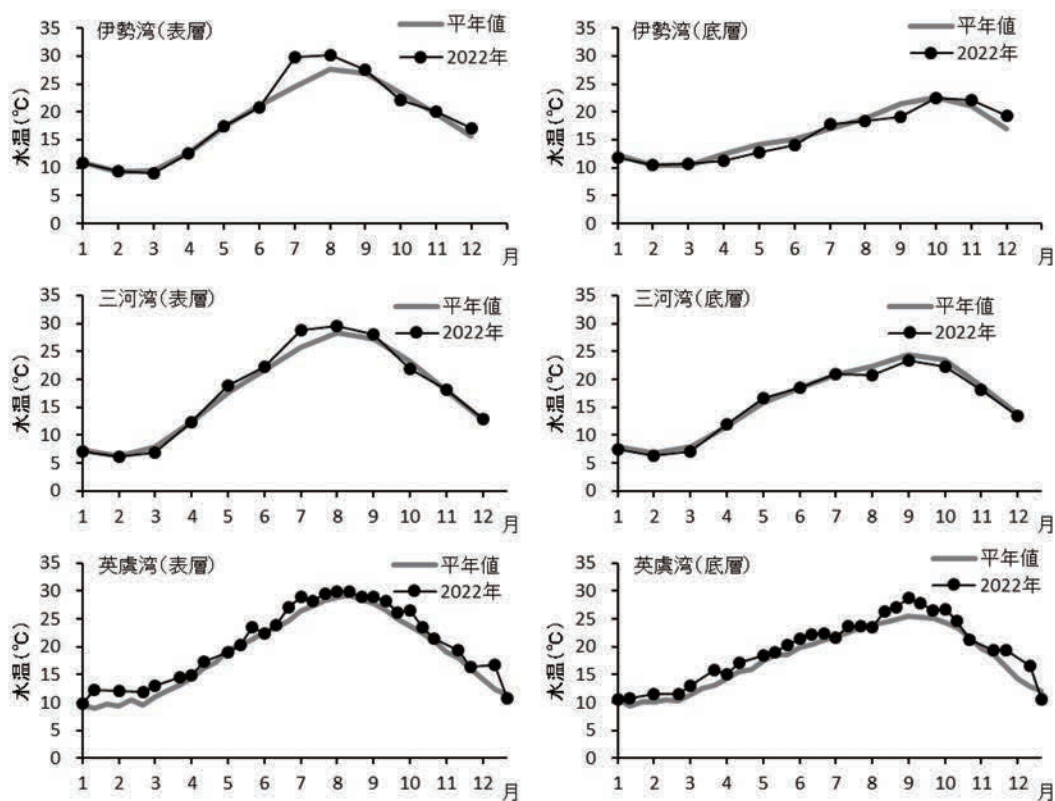


図 3 表層と底層における水温の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5, 英虞湾 St.A3)

※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度)，三河湾 (2001～2021 年度)，英虞湾 (2001～2021 年度)

※1～3 月は前年度の値。以下同様。

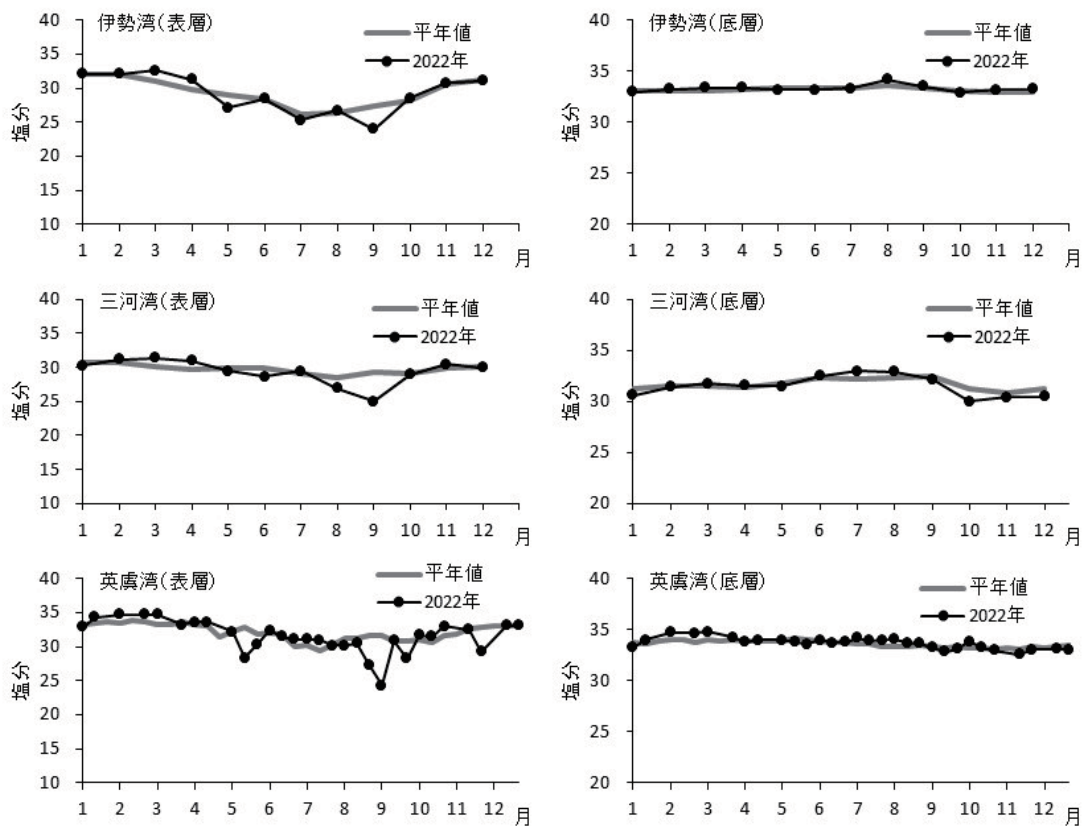


図 4 表層と底層における塩分の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5, 英虞湾 St.A3)

※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度)，三河湾 (2001～2021 年度)，英虞湾 (2001～2021 年度)

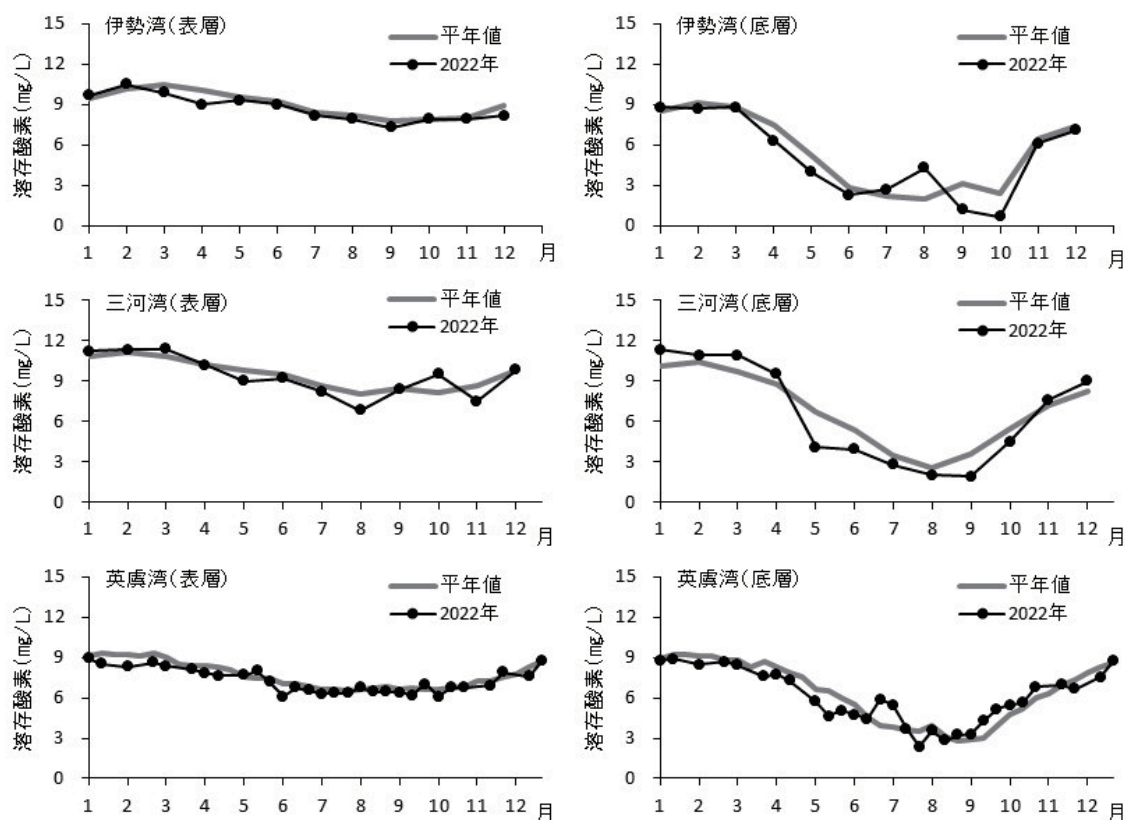


図 5 表層と底層における溶存酸素の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5, 英虞湾 St.A3)
 ※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度), 三河湾 (2001～2021 年度), 英虞湾 (2001～2021 年度)

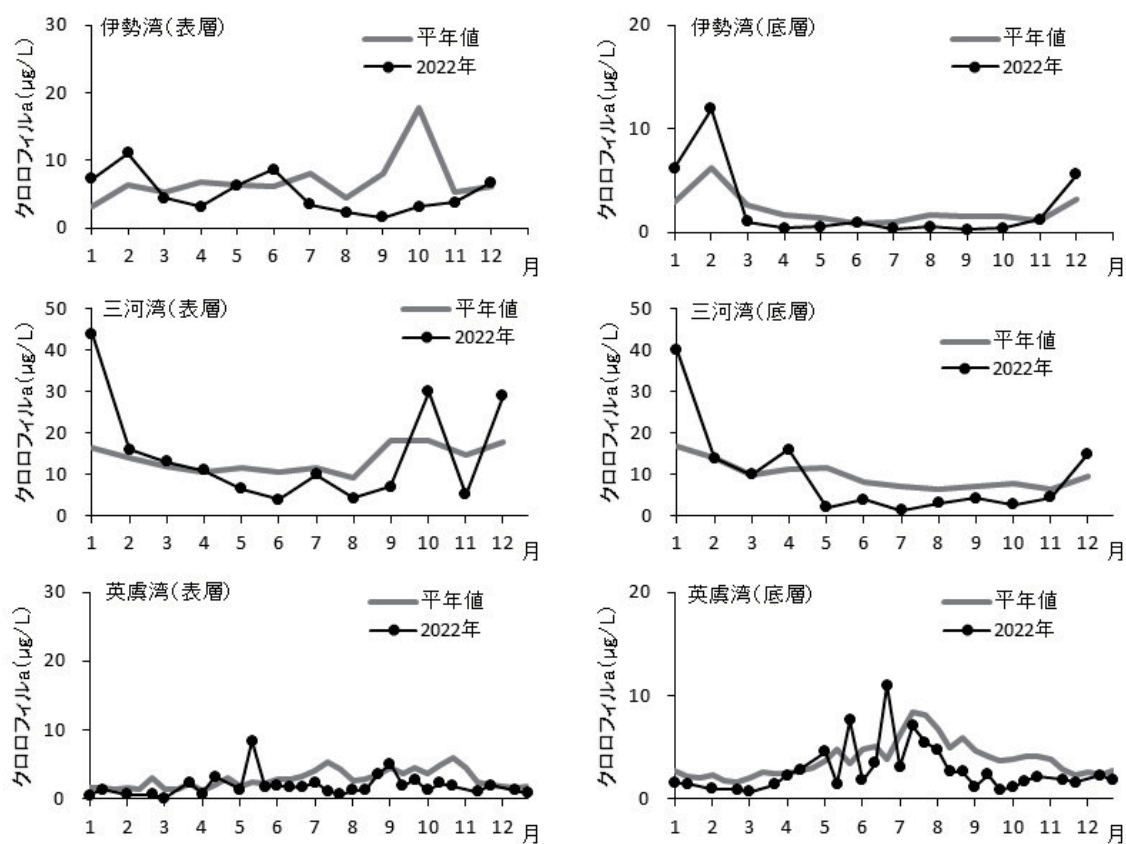


図 6 表層と底層におけるクロロフィル a の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5, 英虞湾 St.A3)
 ※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度), 三河湾 (2001～2021 年度), 英虞湾 (2001～2021 年度)

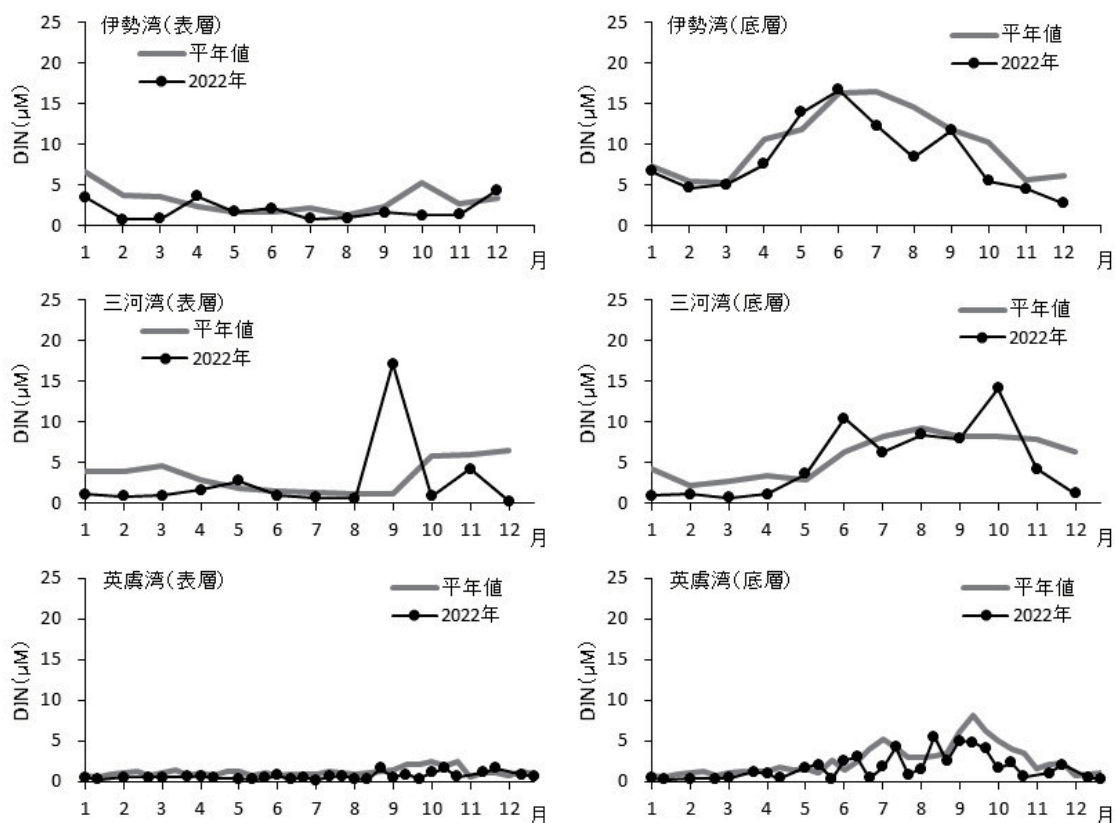


図 7 表層と底層における DIN の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5, 英虞湾 St.A3)
 ※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度), 三河湾 (2001～2021 年度), 英虞湾 (2001～2021 年度)

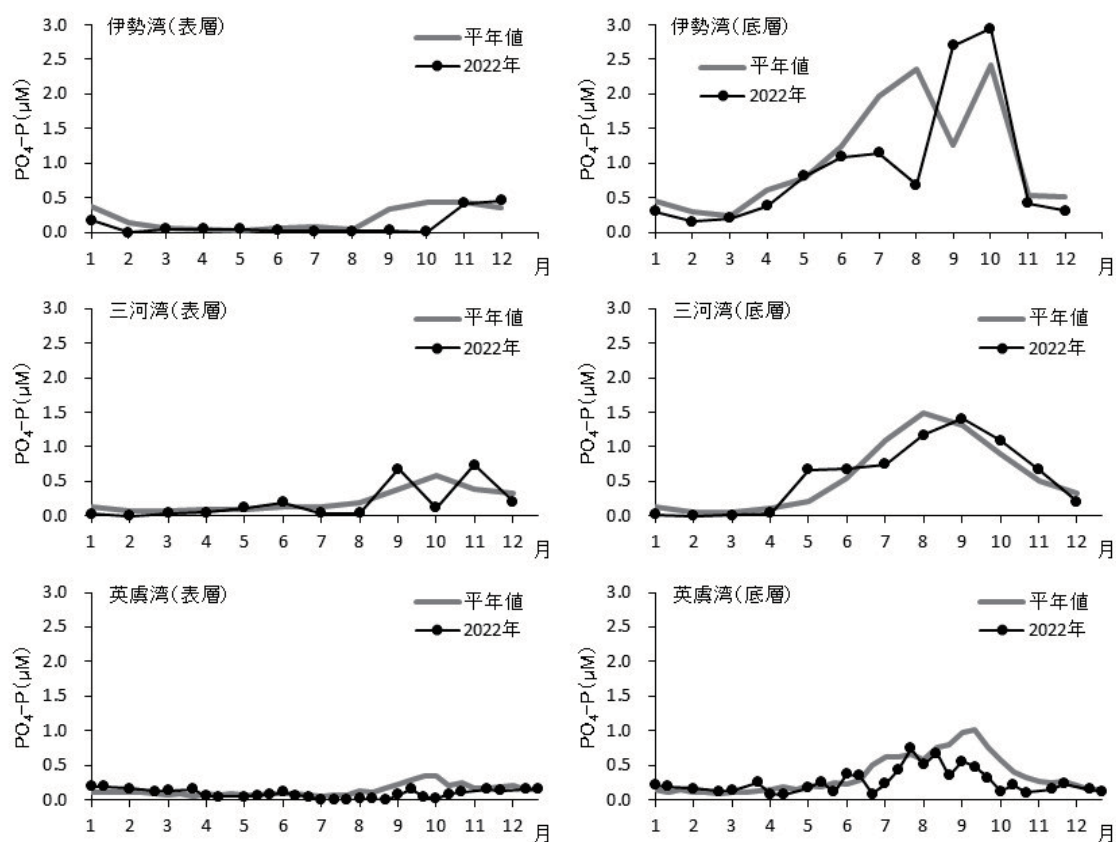


図 8 表層と底層における $\text{PO}_4\text{-P}$ の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5, 英虞湾 St.A3)
 ※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度), 三河湾 (2001～2021 年度), 英虞湾 (2001～2021 年度)

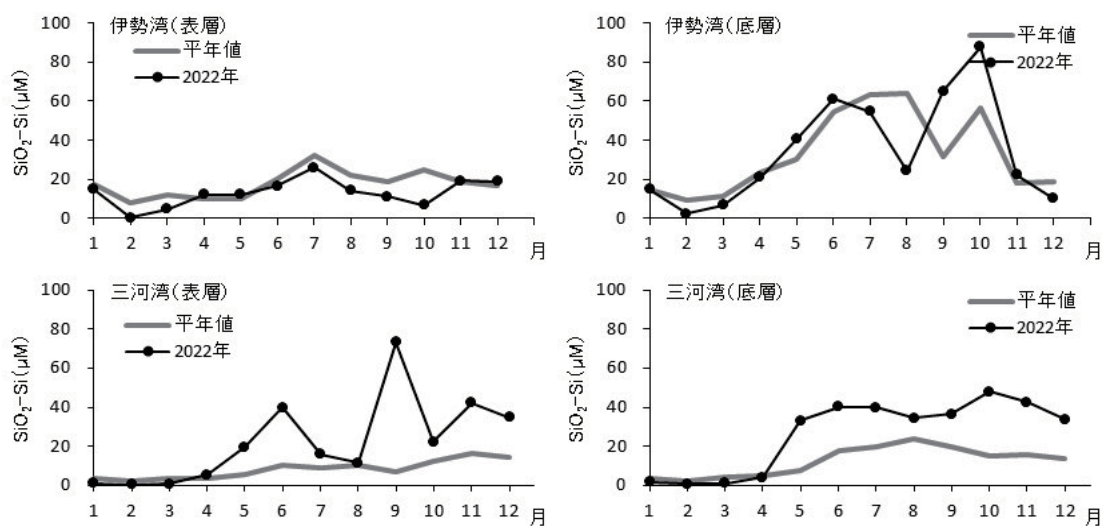


図 9 表層と底層における $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の変化 (伊勢湾 St.I4, 三河湾 St.A5)

※平年値：伊勢湾 (2001～2021 年度)，三河湾 (2001～2021 年度)

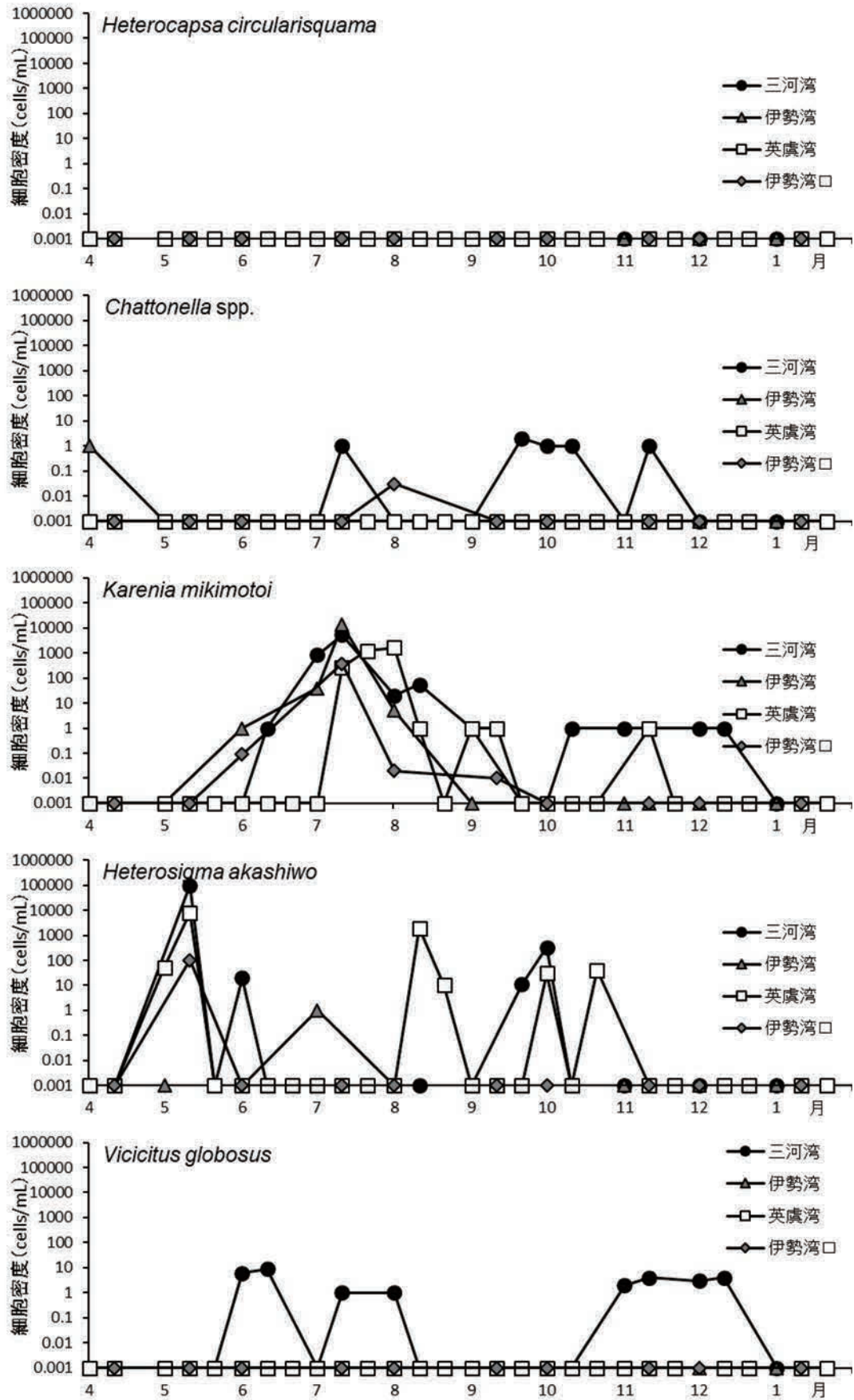


図 10 伊勢湾，三河湾，伊勢湾口，英虞湾（調査点）における有害赤潮種の最高密度の変化