

図 15 *E. zodiacus* (左) と *Skeletonema* spp. (右) の細胞密度の推移

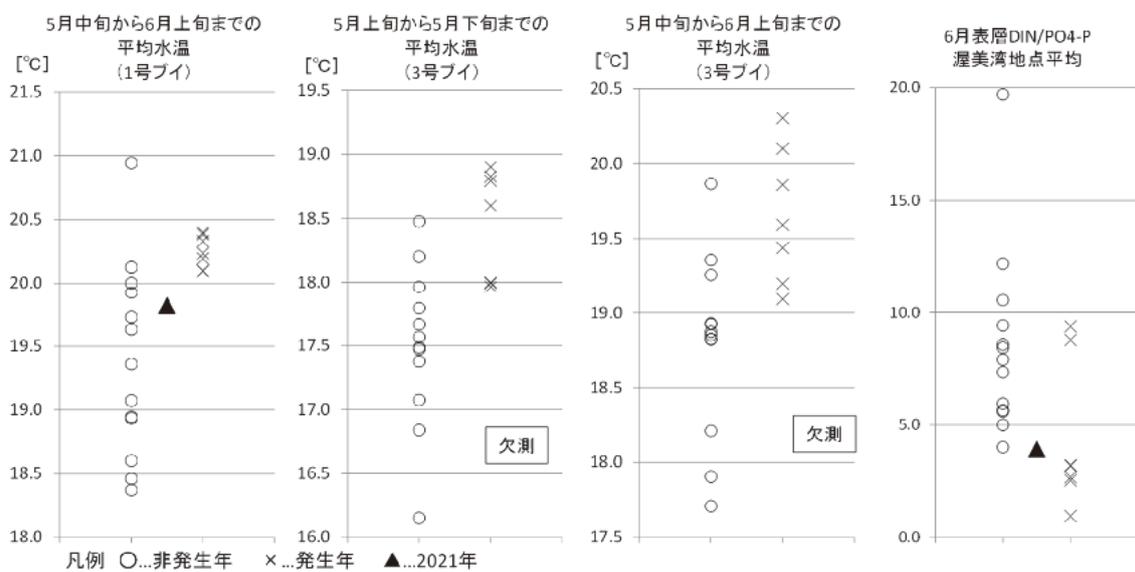


図 16 三河湾における *H. circularisquama* 発生予測指標となる項目と 2021 年の値

表4 英虞湾における *K. mikimotoi* 発生状況 (最高密度 cells/mL)

年	cells/mL	年	cells/mL	年	cells/mL	年	cells/mL
1994	90	2001	0	2008	2	2015	3,290
1995	5	2002	9	2009	25	2016	10
1996	15	2003	1	2010	3	2017	9,300
1997	10	2004	1	2011	1,170	2018	2
1998	0	2005	2	2012	1,705	2019	3
1999	1	2006	9,163	2013	205,000	2020	6
2000	125	2007	1	2014	5,025	2021	420

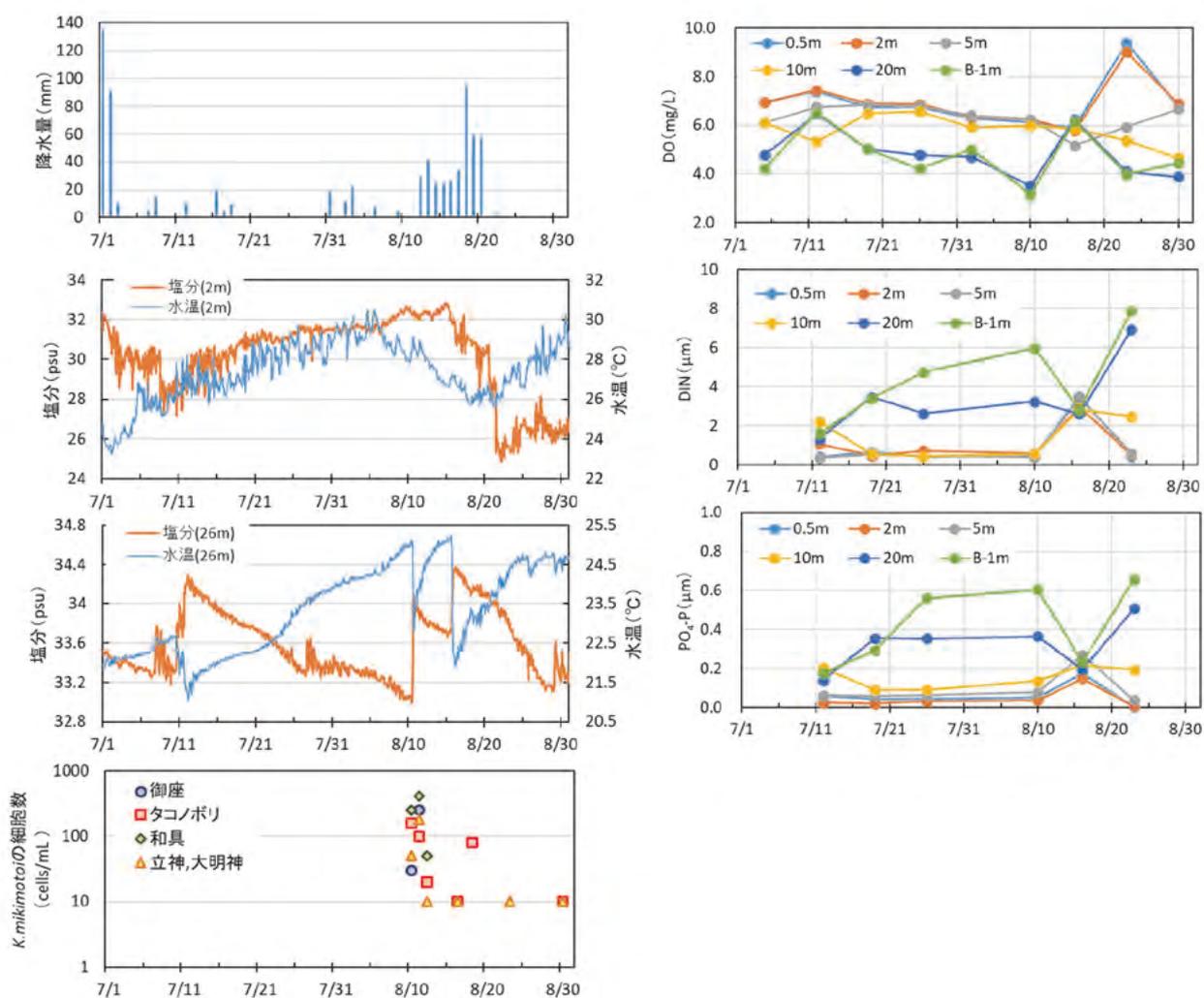


図 17 2021年7月1日～8月31日の *K. mikimotoi* 赤潮発生状況および海況

(左上から降水量 (阿児), 水温・塩分 (タコノボリ 2m, 26m), *K. mikimotoi* 細胞数, 溶存酸素量 (タコノボリ), DIN (タコノボリ), PO<sub>4</sub>-P (タコノボリ))

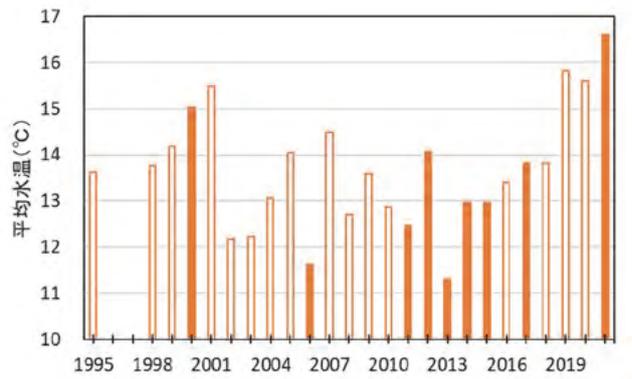


図 18 タコノボリ（水深 5m）における前年 12 月から 3 月の平均水温（濃色は英虞湾における *K. mikimotoi* 赤潮発生年）

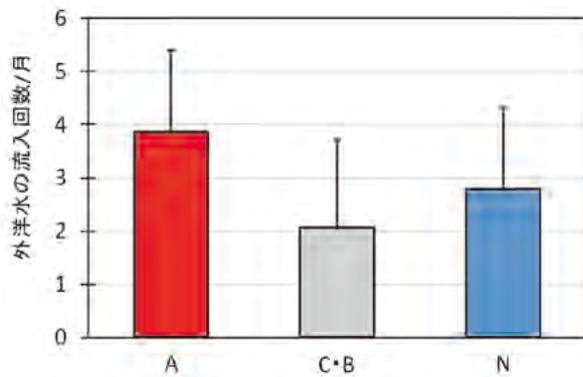


図 19 黒潮流型別の英虞湾への外洋水流入回数（タコノボリにおける 2003 年 10 月～2007 年 9 月および 2020 年 3 月～12 月の水温・塩分観測結果から算出した 1 か月平均値）

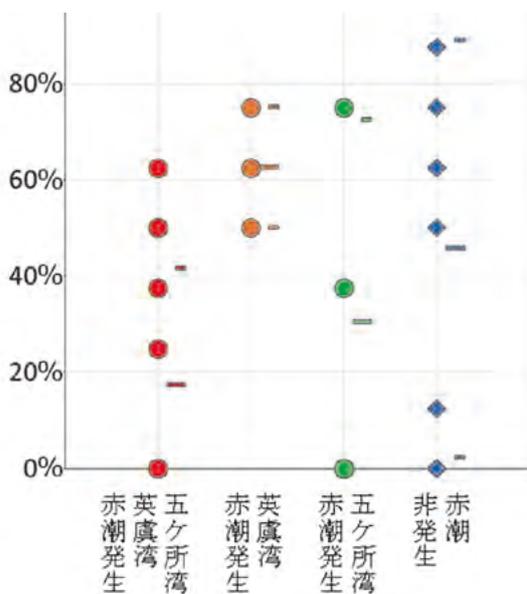


図 20 1981 年から 2021 年までの英虞湾および五ヶ所湾における *K. mikimotoi* 赤潮発生状況別の前年 12 月から 3 月の黒潮流型に占める N 型流型の割合

表 5 2018～2021 年度の *E. zodiacus* 赤潮による被害発生予測と結果

年度	【条件】			【検証】	
	A.気温(高)	B.水温(高)	C.珪藻(少)	予測	結果
2018	○	○	×	—	—
2019	○	○	○	●	●
2020	○	×	×	—	—
2021	○	×	×	—	△

A:11月の南知多町平均気温 B:11月の2号ブイ底層水温平均

C:12月の *Skeletonema* spp. と *Chaetoceros* spp. 細胞密度の合計(cells/mL)

【条件】 ○：該当 ×：非該当

【検証】 ●：赤潮発生，色落ち被害あり △：赤潮発生，被害なし —：発生なし

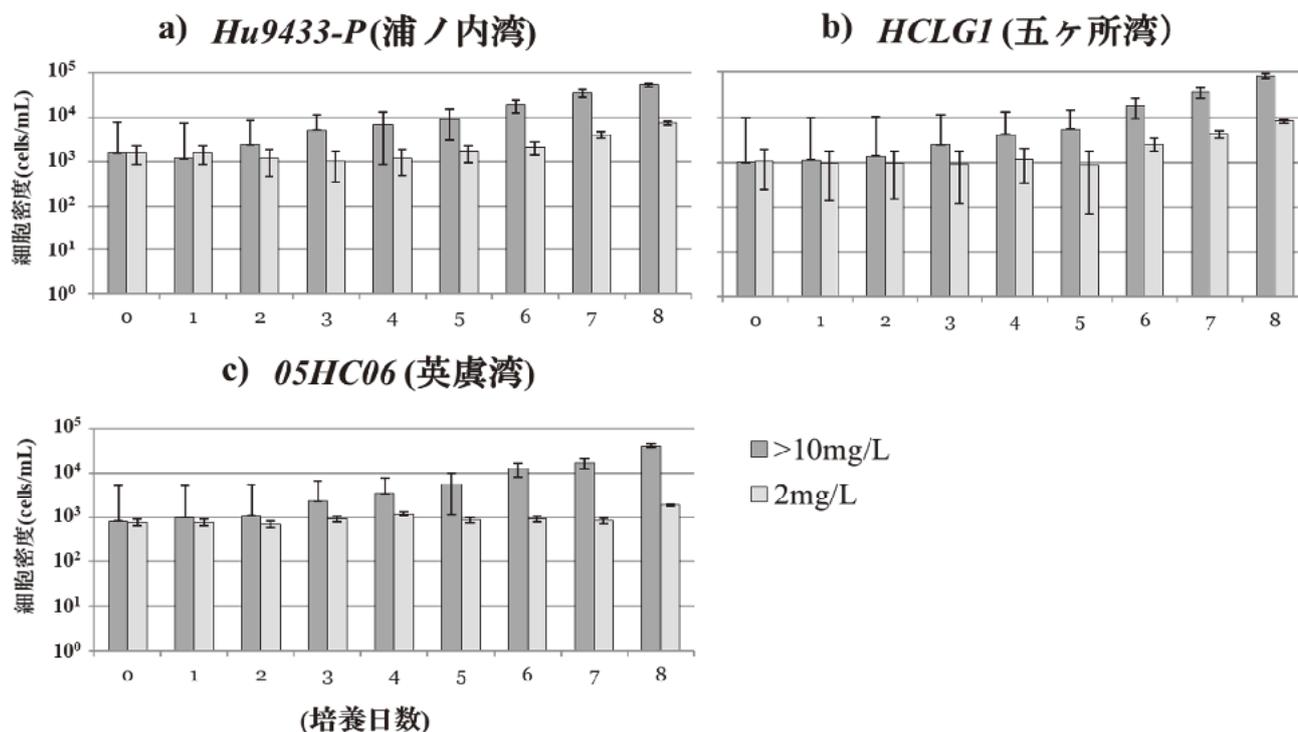


図 21 *H. circularisquama* 分離株の増殖に与える貧酸素の影響評価試験

0~5日目；2mg/L，>10mg/L下で培養，6~8日目；全て>10mg/L下で培養

a) Hu9433-P(浦ノ内湾，高知県)，b) HCLG1(五ヶ所湾，三重県)，c) 05HC06(英虞湾，三重県)

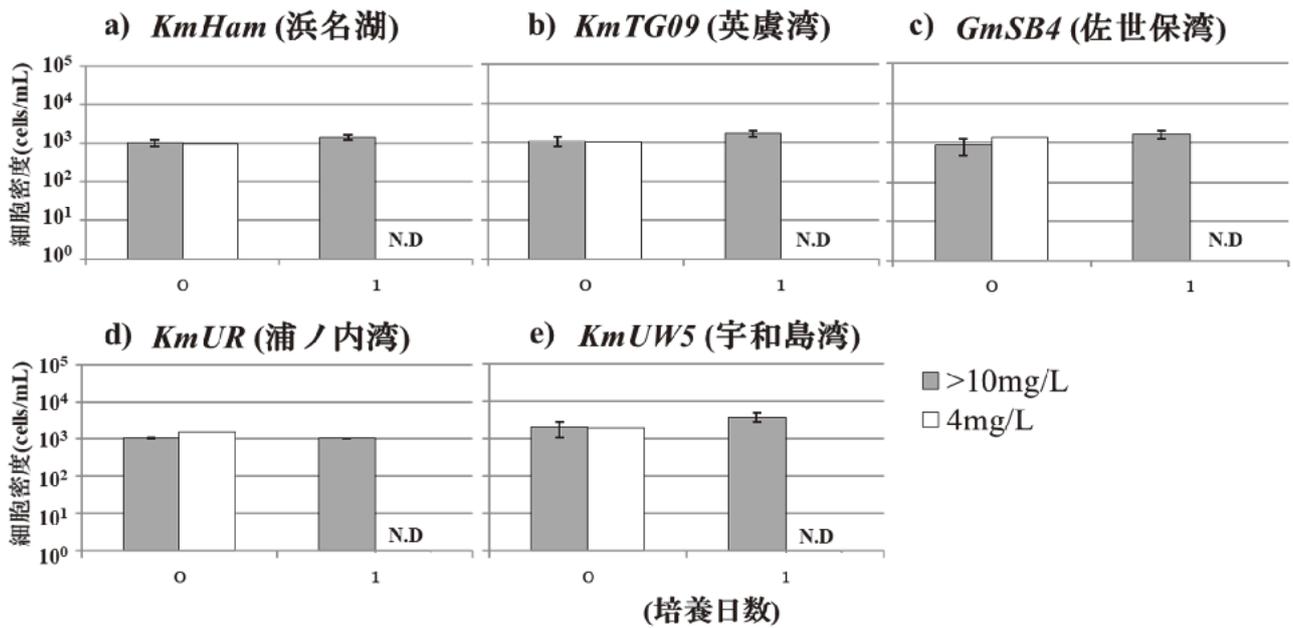


図 22 *K. mikimotoi* 分離株の増殖に与える貧酸素の影響評価試験

4mg/L, >10mg/L 下で培養

- a) KmHam (浜名湖, 静岡県), b) KmTG09 (英虞湾, 三重県), c) GmSB4 (佐世保湾, 長崎県),  
 d) KmUR (浦ノ内湾, 高知県), e) KmUW5 (宇和島湾, 愛媛県) N.D 未検出

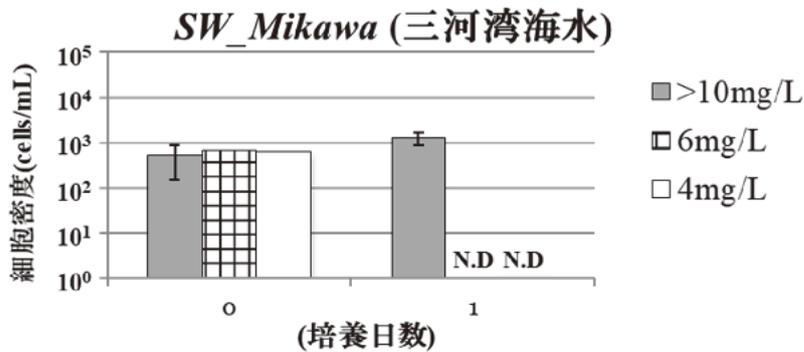


図 23 天然赤潮海水を用いた *K. mikimotoi* の増殖に与える貧酸素の影響評価試験

4mg/L, 6mg/L, >10mg/L 下で培養 N.D 未検出

## 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

### エ. 日本海西部海域

鳥取県栽培漁業センター

武坂亮, 大里純

鳥取県水産試験場

渡辺秀洋

山口県水産研究センター外海研究部

柿並宏明, 白木信彦

島根県水産技術センター内水面浅海部

清川智之

島根県水産技術センター漁業生産部

谷口祐介

兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター

鈴木雅巳

水産研究・教育機構水産技術研究所

鬼塚 剛, 坂本節子

#### 1 全体計画

2000年代以降, 日本海西部海域では有害赤潮プランクトン *Cochlodinium polykrikoides* による赤潮がたびたび発生しており, 本種による赤潮は魚類に加えて貝類などの磯根資源にも被害が及ぶため, その発生状況の監視と予察の精度向上が求められている。対馬暖流上流部に位置する中国や韓国沿岸では, 1990年代以降, *C. polykrikoides* を含む有害渦鞭毛藻による赤潮が頻発しており, 今後もそれら有害赤潮の山陰沿岸への漂着や将来的には新奇有害赤潮種の定着が懸念される。2015年には北海道函館湾で *Karenia mikimotoi* による漁業被害を伴う赤潮が発生し, この由来として対馬暖流上流域が推察されるなど, 我が国沿岸域における有害赤潮プランクトンの広域化も懸念されている。このような赤潮による漁業被害を軽減するために, 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, 日本海西部海域において各機関が連携して広範な海域を調査し, 有害赤潮プランクトンの発生状況および海洋環境を監視するとともに, 衛星データや数値モデル等を用いた解析を組み合わせることによって, 当該海域における有害赤潮発生シナリオの検証および赤潮発生予察の高精度化を進め, 漁業被害軽減に資することを目的とする。

#### 2 令和3年度計画及び結果

(1) 目的「全体計画と同じ」

(2) 方法

1) 海洋観測調査・サンプル分析・当該年度調査結果の解析および考察, 分子同定技術の効率化

*C. polykrikoides* および *Karenia* 属等の有害赤潮が発生する主に7月から9月まで, 共同提案

機関がそれぞれに有する調査船（または傭船）、陸上からの採水調査等により、広域的な海洋調査を実施した。図 1-1 および図 1-2 に示す海域にそれぞれ計 20 点程度の調査定点を配置し、主に 7 月から 9 月までに、沖合調査定点では計 8 回程度、そして沿岸調査定点では、計 30 回程度、海洋環境（水温、塩分、水色、透明度等）および有害赤潮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。プランクトン細胞密度は、フィルター（Whatman Track-Etch Nuclepore Membrane φ47 mm 以上 孔径 3 μm）を使用して 1 L の海水を 10 ml に濃縮し、濃縮サンプルを 1 ml ずつ 3 回以上、もしくは 3 ml 以下に濃縮した場合は全量を検鏡した。また、有害赤潮の発生状況に応じて、臨時調査を実施した。

日本海西部海域におけるモニタリングの高度化として、①低密度な場合や生海水での検鏡の際にコンディションが劣化した細胞があった場合への対応、②形態のよく似た類似種との判別が難しい場合への対応、として検鏡観察の補完として迅速かつ正確な種判別を行うために分子生物学的手法（LAMP 法）を導入し、モニタリング精度の向上を図った。検鏡に比べてより高い精度で対象プランクトンの有無を検出することで、日本海西部海域における有害プランクトンの広域化の実態をより詳細に把握した。

過去に検鏡による形態的な特徴と LAMP 法の結果が一致しない事例があった。その原因として、*C. polykrikoides* には異なるリボタイプが存在しているが、現在行っている LAMP 法では東アジアタイプのみを検出し、他のリボタイプは検出されないことが考えられた。対馬暖流上流部の韓国や長崎県沿岸ではフィリピンタイプや笠沙型と呼ばれるリボタイプの出現が報告されていることから、結果の解釈と対処法については次年度のとりまとめに向け検討する。

## 2) 衛星データや数値モデル等を用いた解析による発生シナリオの検証と予察技術の高度化

対馬暖流上流域である韓国沿岸域や九州北部海域における有害赤潮発生情報（韓国水産科学院赤潮情報 <http://www.nifs.go.kr/redtideInfo>, 赤潮ネット <https://akashiwo.jp>, 各県赤潮情報等）、対馬海峡での風向・風速（気象庁メソ数値モデル GPV-MSM）、日本海西部海域の水温分布（日本海漁場海況速報 <http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/Physical/sokuho.html>）、衛星画像によるクロロフィル高濃度水塊（GCOM-C/SGLI: [https://www.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/jasmes/sgli\\_nrt/index.cgi](https://www.eorc.jaxa.jp/cgi-bin/jasmes/sgli_nrt/index.cgi)）の監視、拡張版日本海海況予測システム（JADE2: <http://jade2.dc.affrc.go.jp/jade2/>）の流動場を用いた赤潮輸送シミュレーション等から、日本海西部海域における有害赤潮分布を推定し、山陰沿岸への赤潮到達可能性を検討した。また、1) で取得したデータや上記解析データをもとに赤潮発生シナリオの検証と予察技術の高度化を行った。

## (3) 結果及び考察

本海域では、これまでに得られた成果から、*Cochlodinium polykrikoides* が山陰沿岸域および隠岐諸島周辺海域で赤潮を形成するシナリオを策定し、それをもとに、①長期予測（～1 ヶ月程度）：7 月以降の韓国沿岸域での *C. polykrikoides* の発生状況とその際の風向風速（特に南西寄りの風）の監視、②中期予察（～1 週間程度）：対馬暖流流路の検討、衛星画像によるクロロフィル高濃度域の時空間変動の監視と赤潮輸送シミュレーションによる赤潮の到達可能性の検討、③短期予察（～数日程度）：調査船等による現場調査（赤潮プランクトン細胞密度等）、衛星画像によるクロロフィル高濃度域の監視、山陰周辺海域の気象・海象条件の検討、とい