

## 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業（概要）

増養殖環境課 堀田 敏弘・渡辺 貢  
宿毛漁業指導所 占部 敦史

### 1 はじめに

本事業では浦ノ内湾と宿毛湾を対象海域とした。

なお、詳細に関しては赤潮・貧酸素水塊対策事業の平成 26 年度報告書に記載しており、ここでは概要を報告する。

### 2 目的

浦ノ内湾では、*Karenia mikimotoi* と *Chattonella* spp. (*C. antiqua* + *C. marina*) を対象に構築された赤潮予察手法の検証を行うとともに有害種及び海洋環境を監視し、既存データも含めたデータ解析によって予察精度の向上及び予察手法の改良を図り、漁業被害軽減に資することを目的とした。

宿毛湾では、近年になって発生し始めた *Cochlodinium polykrikoides* を対象に、有害赤潮プランクトンの発生状況及び海洋環境を監視し、既存データも含めたデータ解析によって赤潮発生シナリオを構築し、赤潮発生予察や漁業被害軽減に資することを目的とした。

### 3 方法

浦ノ内湾では 5 定点、宿毛湾では 6 定点をそれぞれ設定し、赤潮の発生状況に応じて調査点を増設・変更した（図 1）。各調査点では、表 1 に示した項目について調査を行った。

なお、有害赤潮が発生する際、海水中には珪藻類が少ない<sup>1,2)</sup>との報告があり、本事業では有害種に加え、珪藻類の増殖動態も監視対象とした。

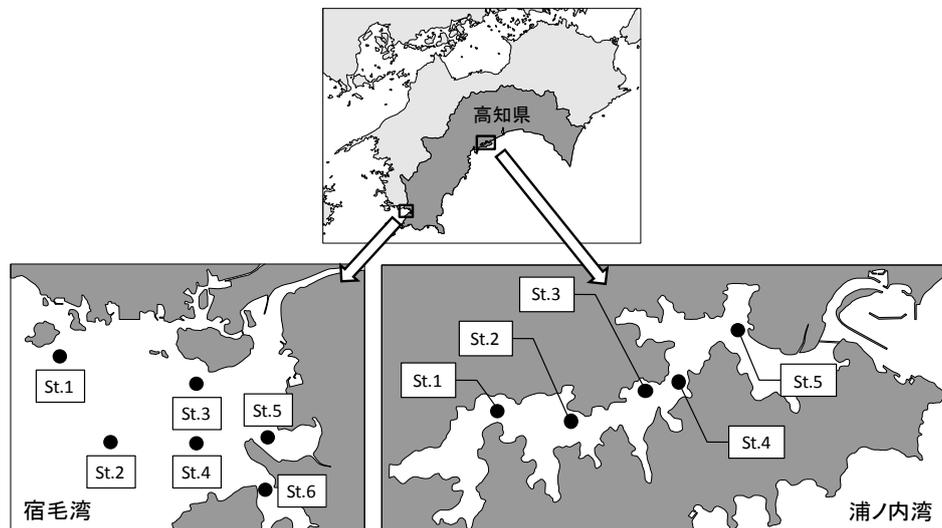


図 1 調査海域及び調査定点

表1 調査項目

		浦ノ内湾			宿毛湾	
		定期調査		赤潮調査	定期調査	赤潮調査
調査期間		5月、9~1月	6~8月	適宜	5~11月	適宜
調査定点数		5	←	適宜	6	適宜
調査回数		1回/月	4回/月	適宜	1回/月	適宜
項目・観測層	透明度	○	←	適宜	○	適宜
	水温・塩分・DO	0、2、5、10、B-1m	←	適宜	0、2、5、10、15、20m	適宜
	栄養塩	0、5、10、B-1m (St.1、St.3のみ)	←	×	2、10m	×
	Chl.a	0、5m (St.1、St.3のみ)	←	×	2、10m	×
	有害種	0、2、5m	←	適宜	0、5、10m	適宜

## 4 結果と考察

### (1) 浦ノ内湾

#### 1) 海象（湾中央 St. 3）

##### ① 水温、塩分、DO（図2）

水温は、0m層は11.6~28.2℃、5m層は12.8~27.4℃、B-1m層は12.6~27.1℃の範囲で変動した。塩分は、0m層は11.8~33.1、5m層は26.7~33.5、B-1m層は29.7~33.4の範囲で変動した。DOは、0m層は6.7~12.2mg/l、5m層は3.5~8.8mg/l、B-1m層は0.3~8.4mg/lの範囲で変動した。底層の貧酸素状態は6月から9月に確認された。

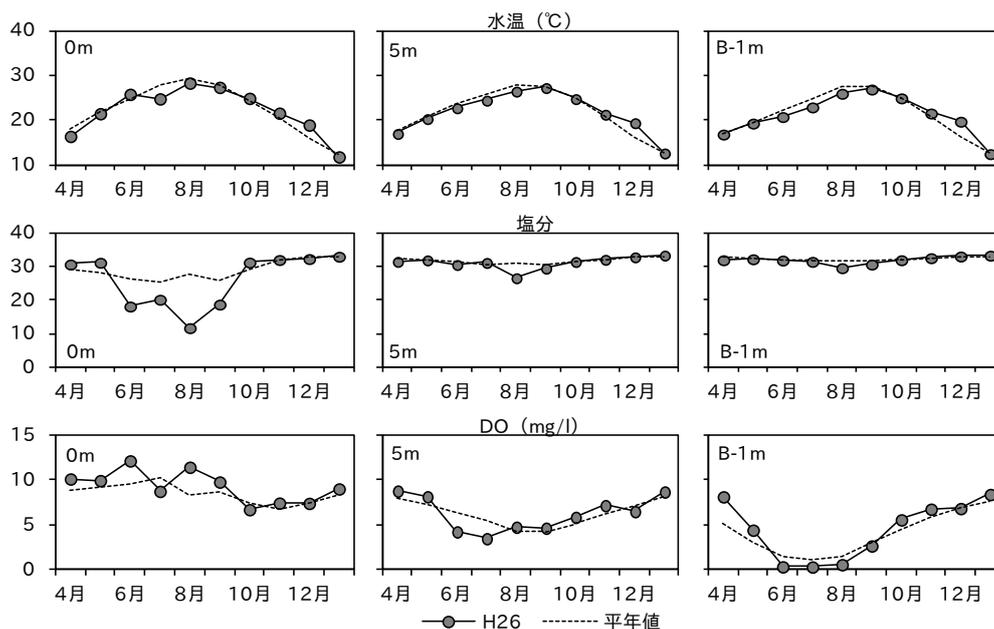


図2 湾中央 St. 3における水温、塩分及びDOの推移（平年値はS59~H25の平均）

##### ② 栄養塩類濃度・クロロフィルa量（図3）

栄養塩類の内、DINは、0m層は0.50~7.47μM、5m層は0.36~13.52μM、B-1m層は0.96~24.00μMの範囲で変動した。PO<sub>4</sub>-Pは、0m層は0.01~0.22μM、5m層は0.03~0.78μM、B-1m層は0.07~2.82μMの範囲で変動した。SiO<sub>2</sub>-Siは、0m層は2.09~108.74μM、5m層は2.21~22.79μM、B-1m層は2.58~45.60μMの範囲で変動した。クロロフィルa量は、0m層は1.38~35.80μg/l、5m層は0.86~13.55μg/lの範囲で変動した。

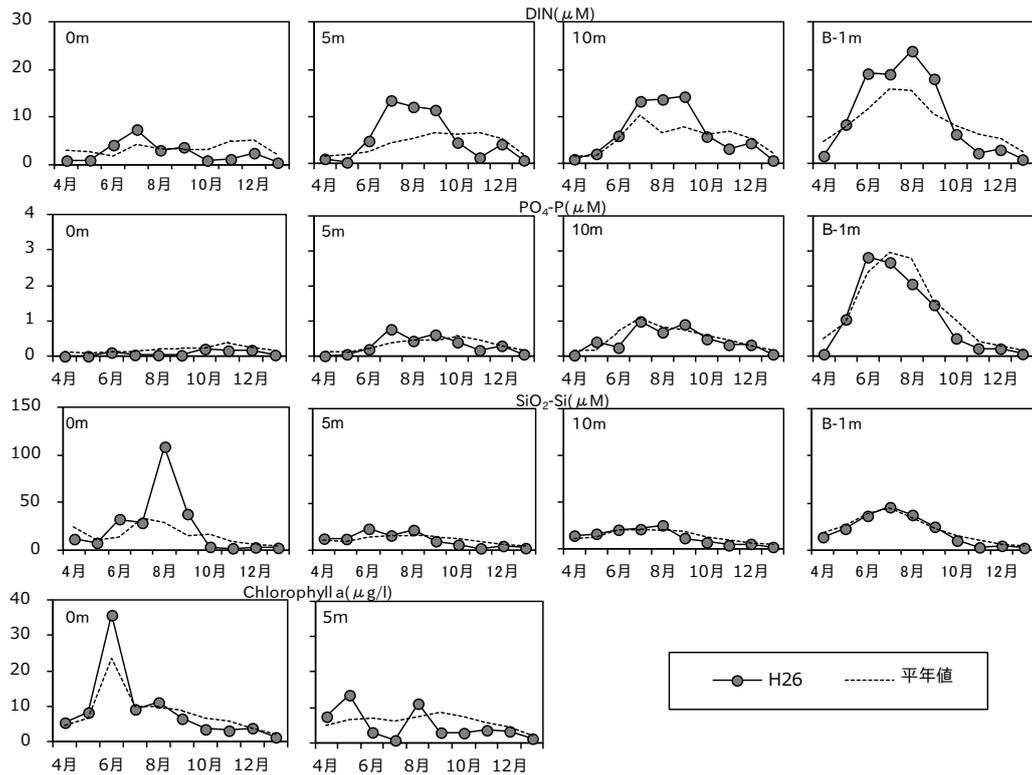


図3 湾中央部 St. 3 における栄養塩類濃度及びクロロフィル a 量の推移  
(栄養塩類の平年値は S59~H25、クロロフィル a の平年値は H7~H25 の平均)

## 2) 有害プランクトン

*Karenia mikimotoi* は3月10日から7月31日及び9月19日から12月1日にかけて確認された。本種赤潮は5月28日に湾奥部から始まり、6月2日に湾中央部、6月6日には湾口部へと拡大したが、8月上旬にあった大雨で終息した。最高細胞数は6月27日に St. 5 付近で観測された 171,200 cells/ml であった。

*Chattonella* spp. は6月2日から7月31日及び9月24日から10月20日にかけて確認された。本種赤潮は7月7日に湾奥部から始まり、7月17日に湾中央部、7月22日には湾口部へと拡大したが、8月上旬にあった大雨で終息した。最高細胞数は7月17日に St. 4 で観測された 6,800 cells/ml であった。

両種とも湾奥部で初期赤潮が発生し、その後、湾中央部、湾口部へと移動・拡大する、浦ノ内湾における典型的な赤潮発生パターンであった。

## 3) *Karenia mikimotoi* 赤潮中長期予察について

*K. mikimotoi* 赤潮の発生と、降水量、水温及び塩分との関係について再検討した結果、赤潮発生年は、赤潮発生年の少なくとも2か月前から降水量が平年値又は赤潮非発生年の値を上回る傾向があった(図4)。水温は赤潮発生年と非発生年に差はなかったが、塩分は3月を除いて赤潮発生年が低く推移していた(図5)。よって、本種赤潮の主たる発生月の2か月程度前から平年より雨の多い月が続くと湾奥部では中層、底層の塩分が低下し、中下層に分布する本種の増殖に好適な条件になり、5月以降赤潮を形成するようになるものと考えられた。

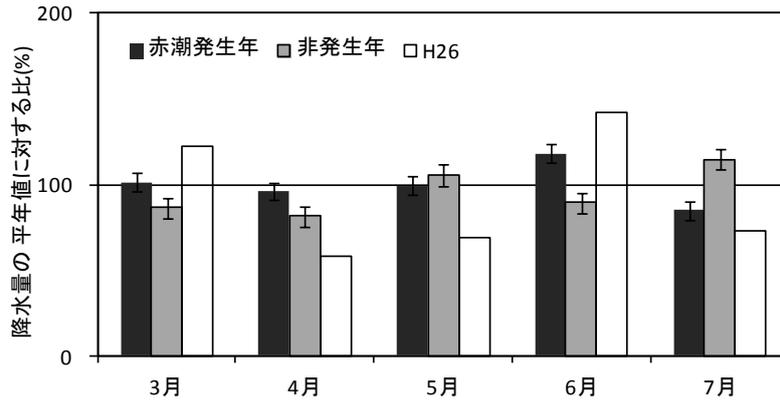


図4 平成26年、赤潮発生年及び非発生年における須崎市の降水量の平年値比（アメダス（観測所：須崎）のデータより）

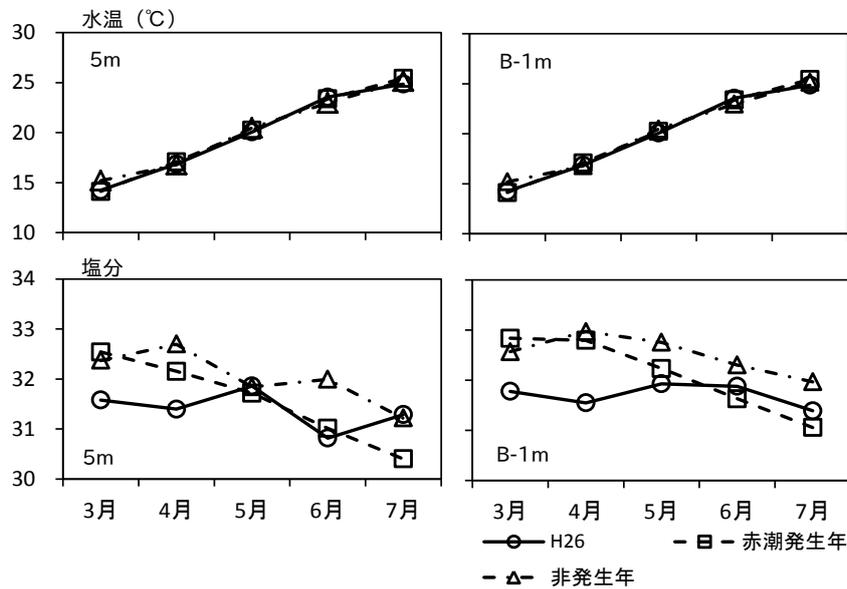


図5 平成26年、赤潮発生年及び非発生年における浦ノ内湾湾奥部 St. 1 における水温、塩分

#### 4) 赤潮短期予察について

##### ①珪藻類と *Karenia mikimotoi* 及び *Chattonella* spp. の関係

今年度の浦ノ内湾における珪藻類と有害種 *K. mikimotoi* 及び *Chattonella* spp. の最高細胞数の推移を見ると、珪藻類が減少した時には有害種が増殖する傾向があった（図6）。しかし、栄養塩類（図7）を見ると、表層 DIN、SiO<sub>2</sub>-Si とも珪藻類増殖の制限とされる値<sup>3,4)</sup>を上回っていた。PO<sub>4</sub>-P も7月に表層で最低値を計測した時も珪藻類は約4,000~5,000cells/ml 存在していた。よって、珪藻類は栄養塩類の枯渇で減少したのではないと考えられた。

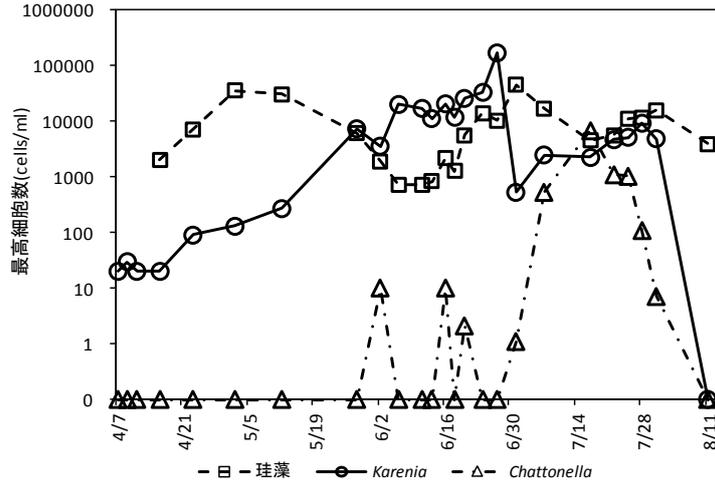


図6 浦ノ内湾全調査定点における珪藻類、*Karenia mikimotoi* 及び *Chattonella* spp. の最高細胞数の推移（平成26年4～8月）

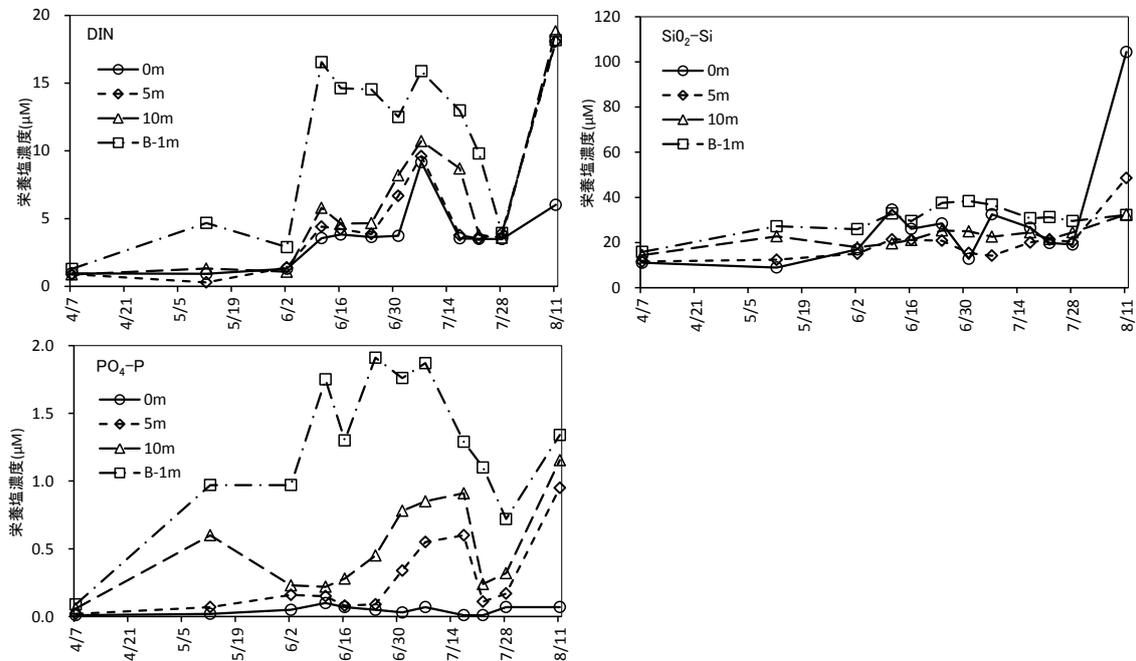


図7 浦ノ内湾内における栄養塩類濃度の推移（平均値、平成26年4～8月）

## ②赤潮短期予察結果

### a 1回目

3月から4月中旬にかけて *K. mikimotoi* と珪藻類の細胞数はともに少なく、*Chattonella* spp. は出現していなかった。しかし、*Pseudochattonella verruculosa* は湾内全体で増殖していた（図8）。St. 1の5m層の水温は14.2～17.2℃で *K. mikimotoi* の増殖には低めであり、加えて4月の降雨量は少なめで推移していたので、すぐに本種が赤潮を形成することはないと判断した。

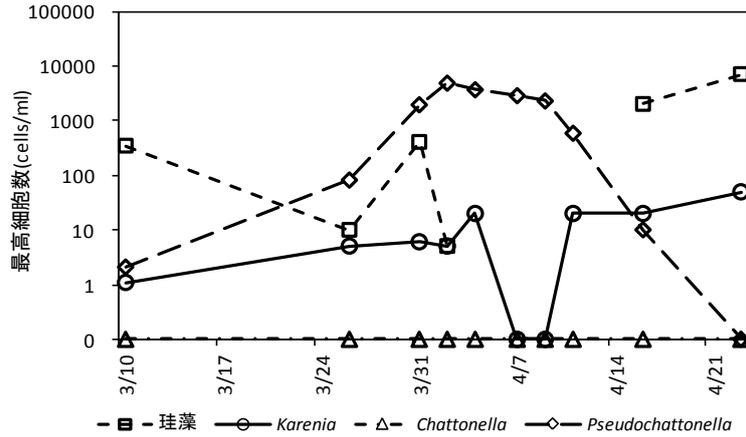


図 8 浦ノ内湾湾奥部 St.1 におけるプランクトン細胞数の推移（平成 26 年 3～4 月）

5 月当初、珪藻類は増殖したが、*K. mikimotoi* の細胞数は少ないままだった。中旬になって珪藻類が減少し始めると、*K. mikimotoi* は徐々に増殖し始めた（図 9）が、依然として珪藻類が数多く確認されていたこと、5 月に入っても降水量は少なめで推移していたこともあり、まだ *K. mikimotoi* が赤潮を形成することはないと判断した。しかし、5 月 28 日には湾奥で *K. mikimotoi* が赤潮を形成し、赤潮発生前に注意喚起を行うことができなかった（図 10）。

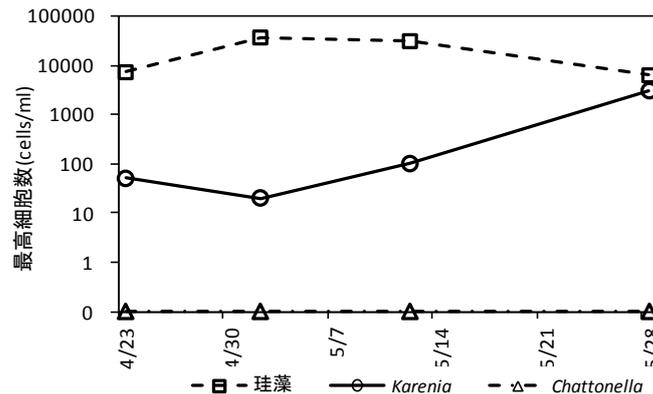


図 9 浦ノ内湾湾奥部 St.1 におけるプランクトン細胞数の推移（平成 26 年 4～5 月）

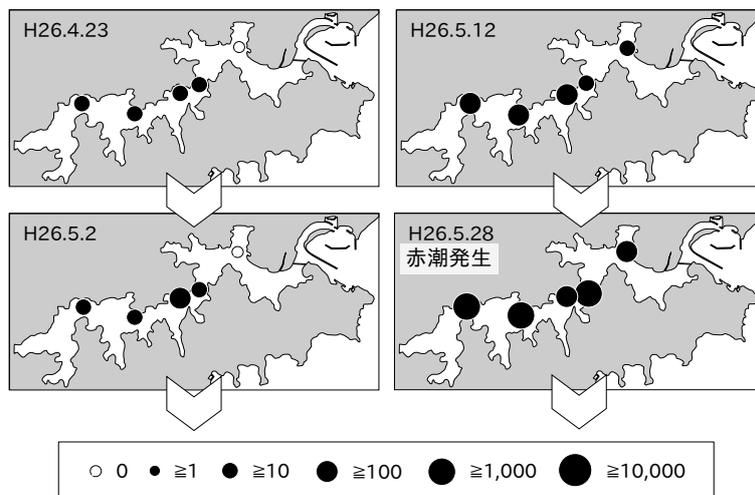


図 10 浦ノ内湾内における *Karenia mikimotoi* 細胞数の推移（平成 26 年 4 月 23 日～5 月 28 日）

## b 2回目

7月に入り、*K. mikimotoi*が減少し、*Chattonella* spp.が徐々に増殖したが、湾奥部は依然*K. mikimotoi*が赤潮を形成していたので、7月7日に「湾奥部で*K. mikimotoi*と*Chattonella* spp.が増殖、湾口まで拡散するおそれあり」と注意喚起を行った。注意喚起後10日目に*Chattonella* spp.が湾全体に増殖・拡散し、赤潮の優占種となっていた（図11）。当初は水温、塩分の条件が*K. mikimotoi*の増殖に良い条件だったのが、その後に*Chattonella* spp.に好適な条件に変化したため*Chattonella* spp.が赤潮の優占種となったと思われる（図12）。

今回は、養殖漁場で赤潮が発生する少なくとも1週間前に注意喚起を行うことができた。

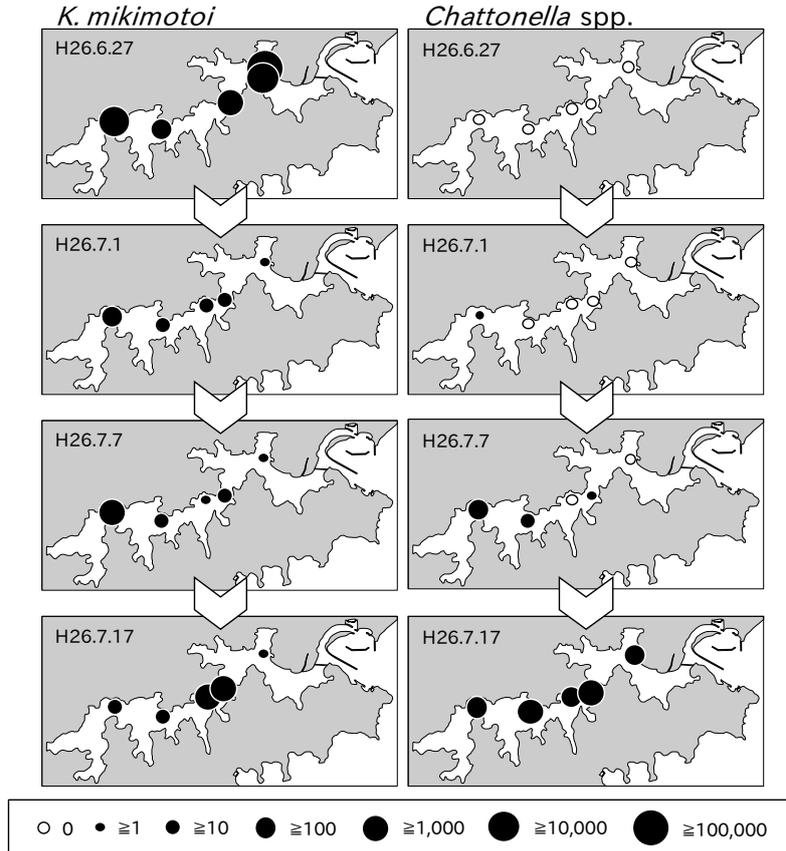


図11 浦ノ内湾内における *K. mikimotoi* 及び *Chattonella* spp. 細胞数の推移（平成26年6月27日～7月17日）

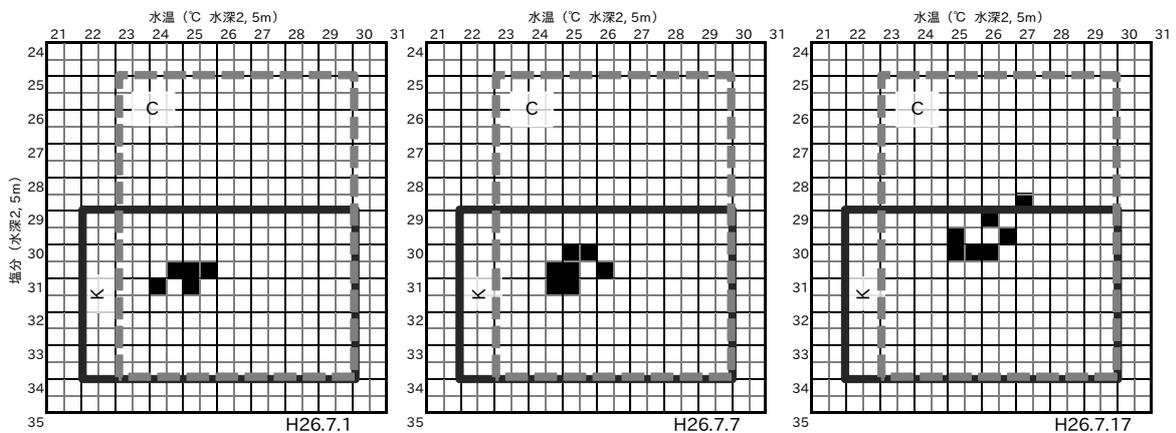


図12 浦ノ内湾における水温・塩分の分布（黒色部、平成26年7月1日～17日）

C : *Chattonella* spp. 赤潮が発生しやすい環境  
K : *Karenia mikimotoi* 赤潮が発生しやすい環境

（2）宿毛湾

1）海象

①水温、塩分、D0（各調査定点の平均、図13）

水温は、0m層は20.9～27.5℃、5m層は20.5～27.6℃、20m層は20.0～26.8℃の範囲で変動した。塩分は、0m層は22.3～33.8、5m層は32.4～33.8、20m層は33.1～33.8の範囲で変動した。D0は、0m層は6.5～8.1mg/l、5m層は6.3～7.7mg/l、20m層は5.9～7.6mg/lの範囲で変動した。

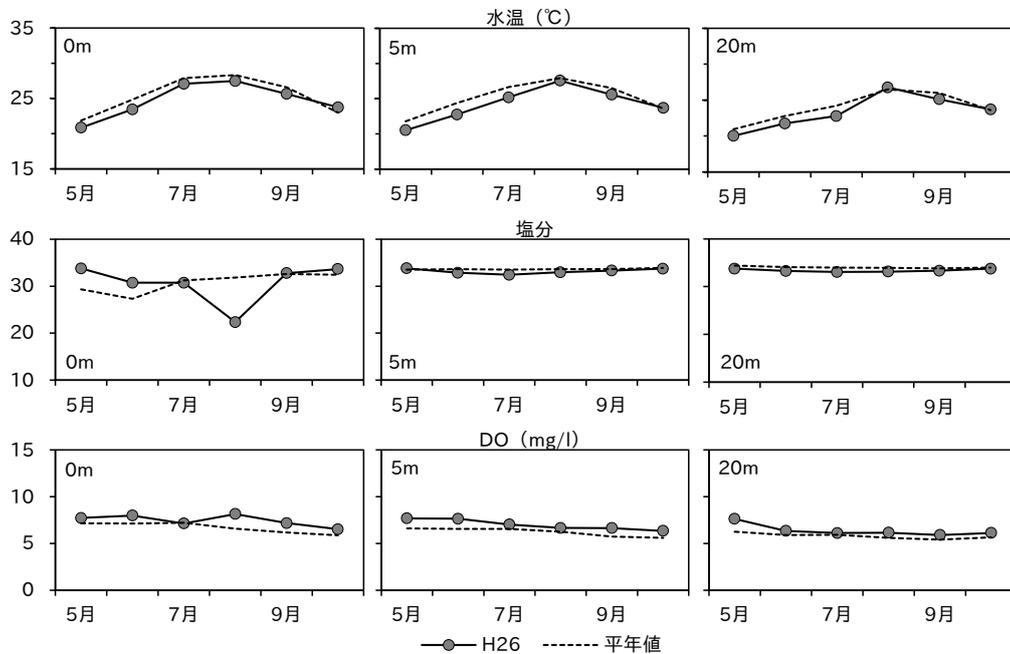


図13 宿毛湾における水温、塩分及びD0（全調査定点の平均）の推移（平年値はH10～H25の平均）

②栄養塩類濃度・クロロフィルa量（各定点の平均、図14）

栄養塩の内、DINは、2m層は0.90～2.86μM、10m層は0.87～3.55μMの範囲で変動した。PO<sub>4</sub>-Pは、2m層は0.01～0.23μM、10m層は0.03～0.27μMの範囲で変動した。SiO<sub>2</sub>-Siは、2m層は3.31～19.41μM、10m層は1.24～4.37μMの範囲で変動した。クロロフィルa量は、2m層は2.97～4.53μg/l、10m層は3.51～4.64μg/lの範囲で変動した。

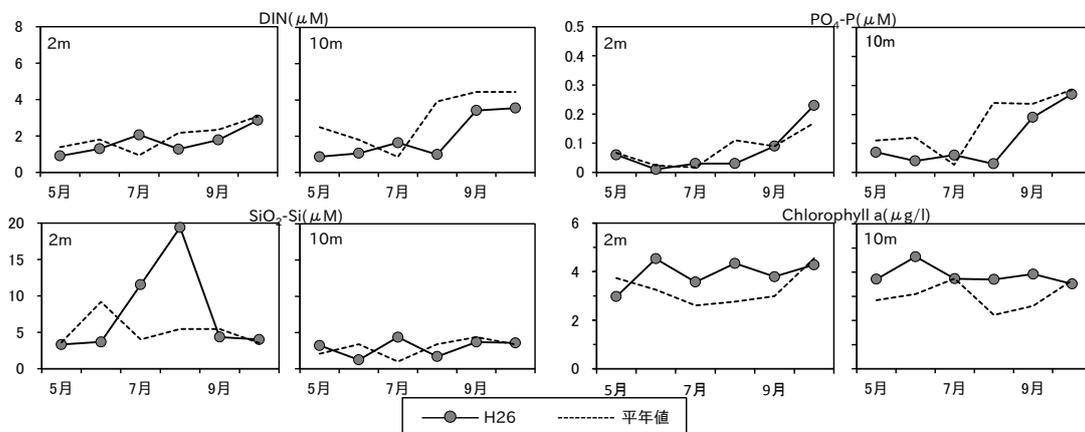


図14 宿毛湾における栄養塩類及びクロロフィルa濃度（全調査定点の平均）の推移（平年値はH23～H25の平均）

## 2) *Cochlodinium polykrikoides* 赤潮発生状況

*C. polykrikoides* は2月19日から3月19日及び5月21日から7月18日にかけて採水サンプル中に確認されたが、赤潮を形成するには至らなかった。最高細胞数は5月26日に観測された37cells/mlであった。

## 3) 今年度 *Cochlodinium polykrikoides* 赤潮が発生しなかった原因について

平成21年～平成25年の調査結果から *C. polykrikoides* 赤潮は、調査海域南東部（図1、St. 5及びSt. 6）で発生し、その後湾全体に増殖、拡大すると推測している。しかし今年度は、本種は主に調査海域南東部に留まり、その後湾全体へと増殖・拡大することなく低密度で推移し、終息した（図15）。

その要因を解明するため、調査海域南東部で発生した本種赤潮が宿毛湾全体に拡大した年（表2、以下「赤潮発生年」）と、今年度の水温、塩分、透明度（図16）及び栄養塩類（図17）を比較した。今年度の水温は赤潮発生年と比べて0m層、5m層及び20m層とも低めで推移したが、本種増殖の至適条件である17.5～30℃<sup>5)</sup>のほぼ範囲内であった。同様に塩分は、0m層は7月まで高め、5m層と20m層は全期間低めに推移したが、本種増殖の至適条件である塩分16～36<sup>5)</sup>の範囲内であった。透明度は、St. 5、St. 6とも一部の月を除いて赤潮発生年と同様な値で推移した。栄養塩類は、全体的には赤潮発生年と大きな差は見られなかった。また、5月から7月の「リアルタイム海洋情報収集解析システム」の水温データでは、今年度は赤潮発生年より5月はやや高めで推移したが、それ以降は低めで推移した。さらに気象庁のデータによると、4月から7月の宿毛における日照時間平年値比は、赤潮発生年と比べて4月は少なめ、5月は多めであったが、以後は大きな差がないと思われた。また、月別最多風向及び風速は赤潮発生年とほぼ同様であると思われた。よって、今年度の宿毛湾において本種が赤潮形成に至らなかったのは、本種赤潮が発生する調査海域南東部の水温が赤潮発生年より低めに推移したことで本種が十分に増殖できず、そのまま東北東の風で赤潮発生年より水温が低めの湾内に拡散したことによるものと思われた。

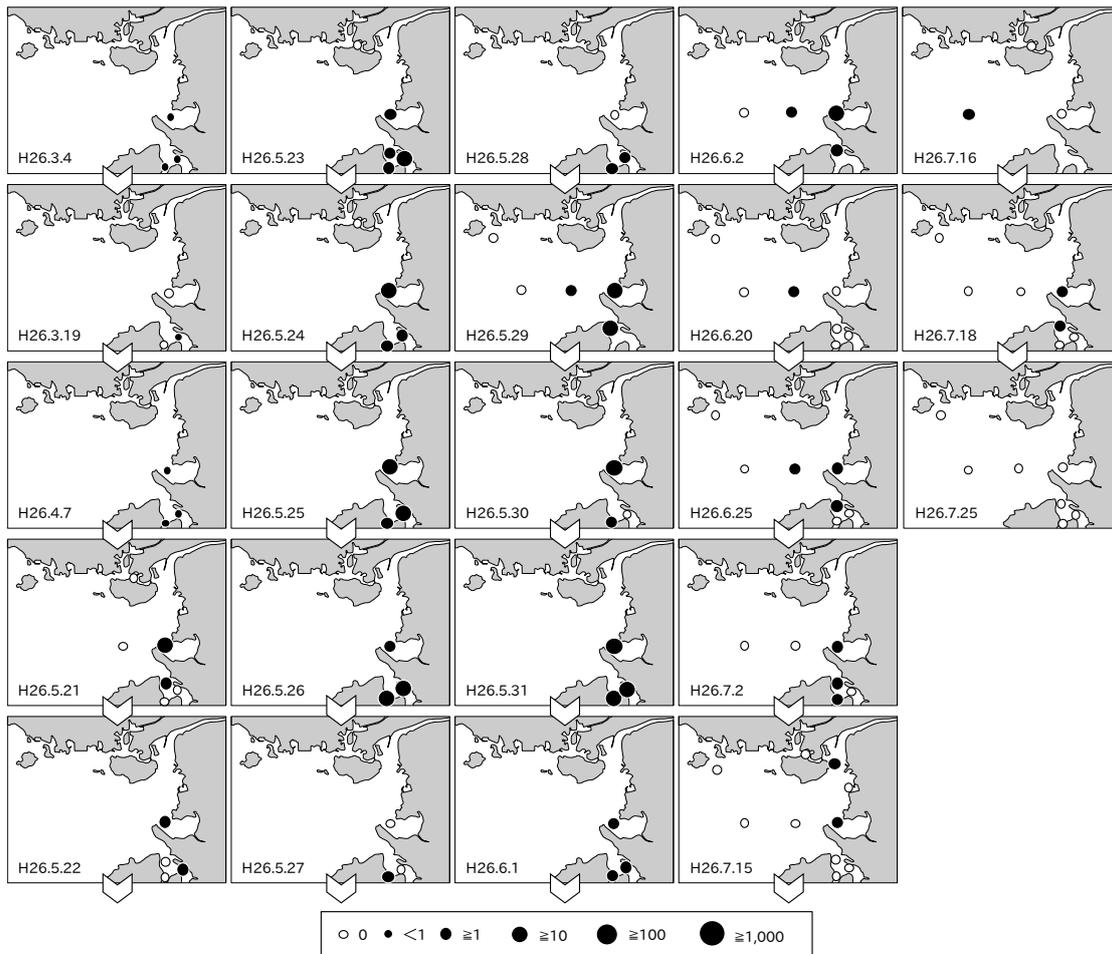


図 15 宿毛湾における *Cochlodinium polykrikoides* 細胞数の推移（平成 26 年度）

表 2 宿毛湾における *Cochlodinium polykrikoides* 赤潮の年度別発生期間

年度	赤潮発生期間
平成21年度	6月5日～6月18日
平成22年度	6月1日～6月25日、8月20日～8月26日
平成23年度	5月23日～5月25日、6月1日～6月11日
平成24年度	7月19日～8月2日
平成25年度	5月9日～5月15日
平成26年度	赤潮発生無し

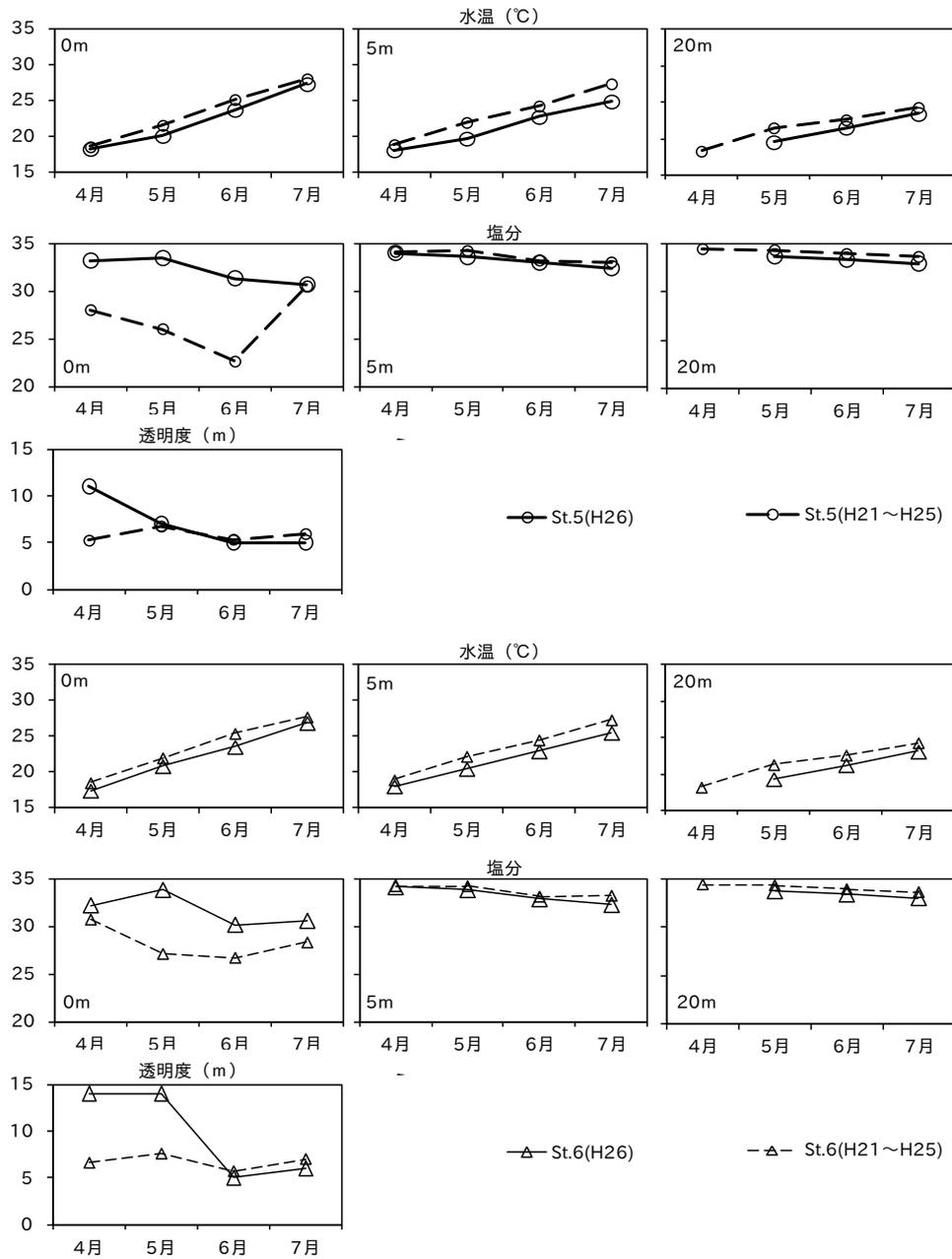


図 16 宿毛湾における赤潮発生源の水温、塩分、透明度の比較 (St. 5、St. 6、平成 21～26 年度)

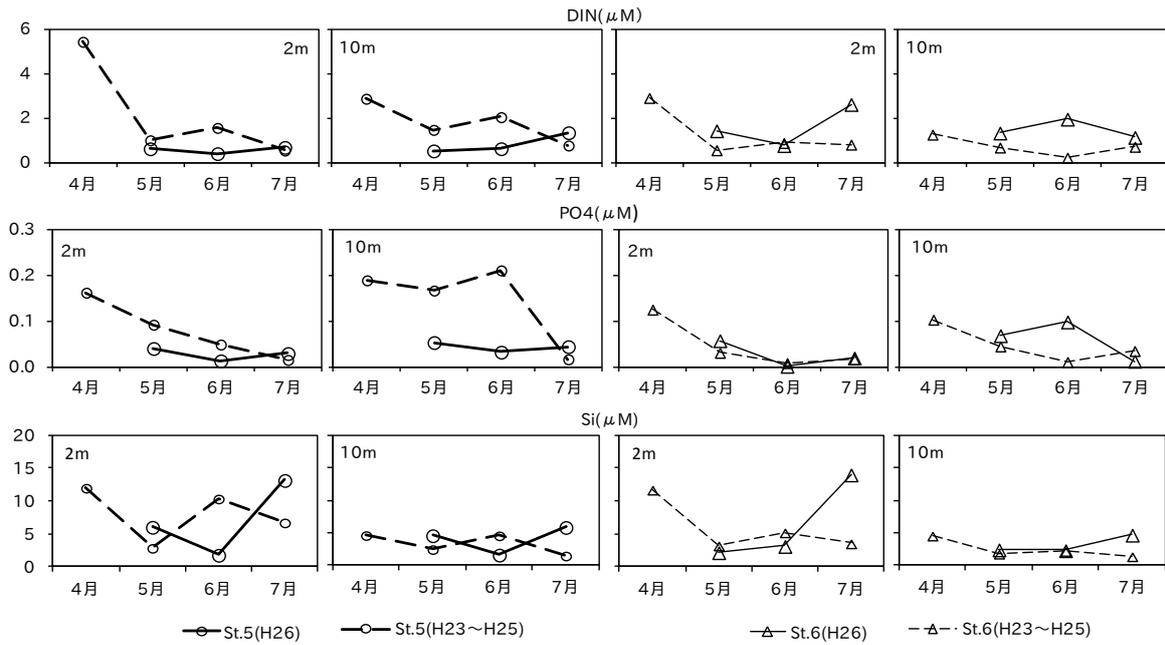


図 17 宿毛湾における赤潮発生源の栄養塩の比較  
(St. 5、St. 6、平成 21～26 年度)

## 5 謝辞

宿毛湾における調査に関しては、すくも湾漁業協同組合に協力して頂いた。厚く御礼申し上げます。

## 6 参考文献

- 1) 山口峰生. *Gymnodinium nagasakiense* の赤潮発生機構と発生予知に関する生理生態学的研究. 南西水研研報 1994; 27: 251-394.
- 2) 今井一郎. 「シャットネラ赤潮の生物学」生物研究社, 東京. 2012.
- 3) 板倉 茂. 沿岸性浮遊珪藻類の休眠期細胞に関する生理生態学的研究. 瀬戸内水研報, 2, 67-130, 2000.
- 4) Parsons T R, Harrison P J, Waters R. An experimental simulation of changes in diatom and flagellant blooms. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 32, 285-294, 1978.
- 5) 山砥稔文, 坂口昌生, 高木信夫, 岩滝光儀, 松岡數充. 西九州沿岸に分布する有害鞭毛藻 *Cochlodinium polykrikoides* Margalef の増殖に及ぼす水温, 塩分および光強度の影響. Bull. Plankton. Soc. Japan 52(1):4-10, 2005.