

赤潮・貝毒調査事業

増養殖環境部 林 芳弘

赤潮調査

1 序論

内湾域では、養殖をはじめとした様々な漁業が営まれているが、毎年のように赤潮による被害が発生している。また、湾内の水質悪化等の問題も見られる。そこで、プランクトン及び環境を調査し、関連データの蓄積を図るとともに、プランクトンデータ等を漁業者等に提供することで漁業被害の軽減をはかることを目的とした。

本調査は、平成 16 年度までは国庫補助事業として実施してきたが、平成 17 年度の交付金化を経て、平成 18 年度からは税源移譲により県単事業となった。

2 方法

(1) 調査定点

浦ノ内湾で 4 箇所、野見湾（須崎湾も含む）で 5 箇所の定点を設定した。定点の番号は、浦ノ内では昨年度までと変更していない。すなわち、St. 1 が水産試験場前、St. 3 が光松漁場、St. 5 が目ノクソ周辺、St. 6 が浦ノ内中学前とした。野見湾では今年度から中央漁業指導所が実施している環境調査における番号に変更した。すなわち、St. 1 が湾奥観測ブイ周辺、St. 2 が馬の背漁場、St. 3 がガラク漁場、St. 4 が津波防波堤内側とした。加えて、須崎市市場前を St. 5 とした（図 1）。調査は基本的に定点で実施したが、赤潮発生時等には任意の地点でも調査した。

水温や塩分、溶存酸素などは、水深によって変化するため、調査時ごとに水深を統一しておかないと、B-1m 層の調査結果の比較ができなくなる。そのため、調査時ごとに水深をできるだけ統一するよう努めた。各定点の水深は概ね以下のとおりである。浦ノ内湾：St. 1：9.9m、St. 3：17.3m、St. 5：15.8m、St. 6：12.6m。野見湾：St. 1：17.2m、St. 2：23.2m、St. 3：16.5m、St. 4：16.8m。ただし、野見湾の St. 5 では、底層の調査をしていない。

(2) 環境調査

浦ノ内湾では、2006 年 4～2007 年 3 月に、月 1 回の頻度で定期的に調査した。調査日は、各月の月上旬に設定した。また、4～10 月は、月の中旬にも、水温、塩分、溶存酸素とプランクトンに関する調査をした。野見湾では、2006 年 4～9 月及び 2007 年 3 月に月 1 回の頻度で定期的に調査した。調査日はやはり各月の月上旬に設定した。野見湾では、各月の中旬頃に、中央漁業指導所が毎月 1 回の頻度で水温、塩分、溶存酸素の調査をしており、本報告において、2006 年 10 月～2007 年 2 月は、そのデータを用いた。また、状況に応じて臨時調査を実施した。

水温、塩分、溶存酸素は、YSI 社製の MODEL85 あるいは 650MDS で計測した。観測水深は 0 m、2 m、5 m、10m、B-1m とした。透明度は、セッキ盤により測定した。

栄養塩類及びクロロフィル a は、前年度まで 4～10 月に月 1 回調査していたため、冬季の状況や季節変動が不明であった。そこで、今年度から、偶数月に調査することとした。調査定点は、St. 3、St. 6 とした。調査水深は、栄養塩は 0 m、5 m、10m、B-1m、クロロフィル a は、0 m、5 m とした。栄養塩はブランルーベ社のトラックス 800TM により分析した。クロロ

フィル a は、TURNER DESIGNS 社製の蛍光光度計 10-AU Fluorometer で測定した。

2006 年 4 月、9 月、2007 年 3 月に浦ノ内湾の St. 3 で、また 2006 年 4 月、9 月に野見湾の St. 2 において底泥を採取し、強熱減量 (IL)、酸揮発性硫化物量 (AVS)、化学的酸素要求量 (COD)、全窒素量 (T-N) を測定した。IL、AVS、COD の分析方法は、漁場保全対策推進事業調査指針 (水産庁研究部漁場保全課 1997) に従った。T-N は、Yanaco 社製の CN CORDER MT-700 型を用いて分析した。

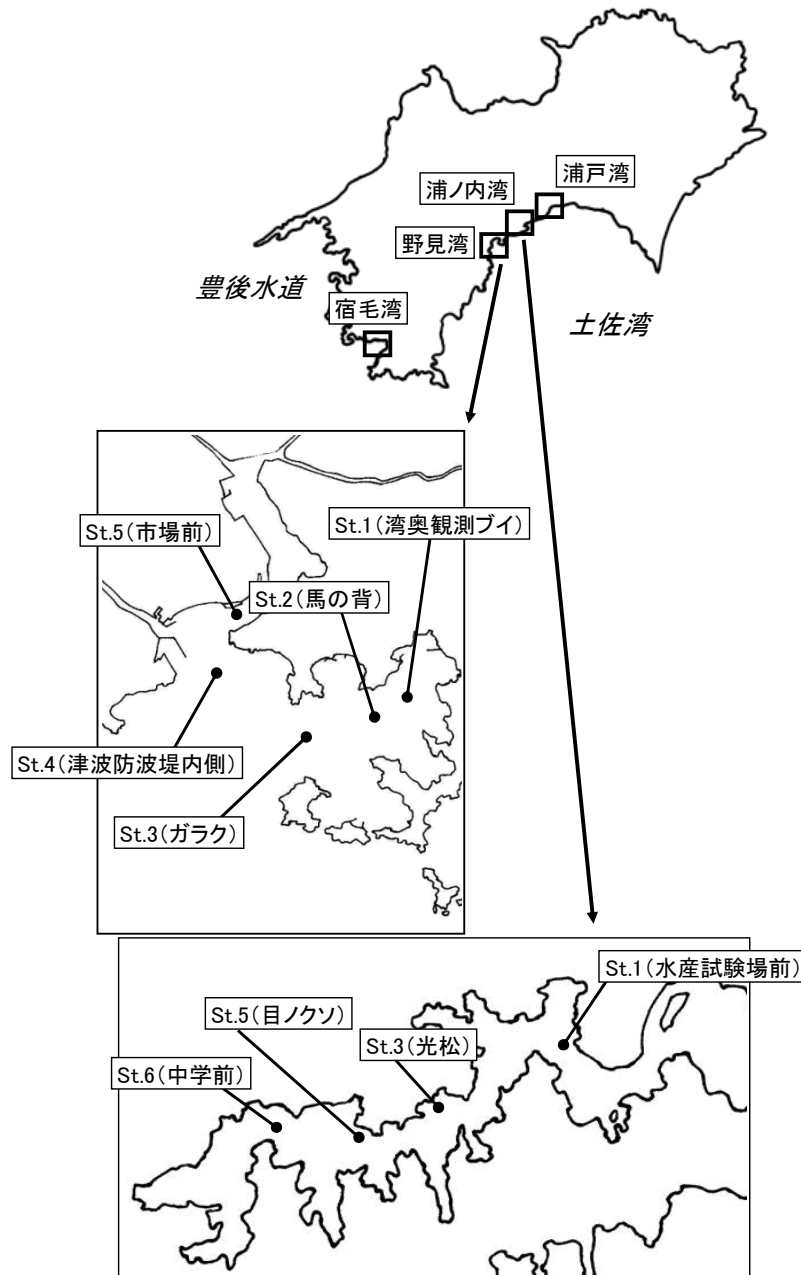


図 1 調査地点

(3) プランクトン調査

定期調査として、浦ノ内湾では、St. 1、3、5、6 (図 1) において、2006 年 4～10 月は月に 2 回、2006 年 11 月～2007 年 3 月は月に 1 回の頻度で調査した。野見湾では、4 個所の St.

1、2、3、4及び5（図1）において、2006年4～9月及び2007年2～3月に月1回の頻度で定期的に調査した。

調査水深は、基本的に0m、2m、5mとした。

各St.で採水した海水1mlを光学顕微鏡で観察し、出現した植物性プランクトンのうち、原則として有害種について細胞数を計数した。倍率は原則として40倍とした。珪藻類については、100倍の倍率で、スライドガラス上の10分の1の範囲を観察し、1ml当たりの細胞数に換算した。

(4) 赤潮対応

赤潮発生時等は、必要に応じて、臨時調査を実施した。また、漁業者等から持ち込まれた海水サンプルを検鏡し、有害種の出現状況の把握に努めた。

調査結果はFAX等で地元漁協に連絡するとともに、水産試験場ホームページに掲載した。

3 結果

(1) 浦ノ内湾

1) 環境調査

① 水温・塩分

湾中央部の光松漁場(St. 3)における、水深5m層の水温と塩分の経月変化を示した(図2)。ここでは、各月1回ずつの定期調査の結果を示した。2006年2～8月は、平年よりもかなり低めに推移した。一転し、9月以降2月までは平年よりかなり高めに推移した。塩分は、概ね平年並みに推移した。

St. 3における2006年4～9月の水深0m、2m、5mの塩分の推移を、臨時調査によるデータも含めて示した(図3)。水深2mでは、4月中旬及び6月中旬～8月初旬には、30.0を下回って推移した。4月13日には27.0、7月12日には26.7まで低下した。水深5mでも、7月初旬から中旬にかけて30.0を下回って推移した。7月12日には28.1まで低下した。

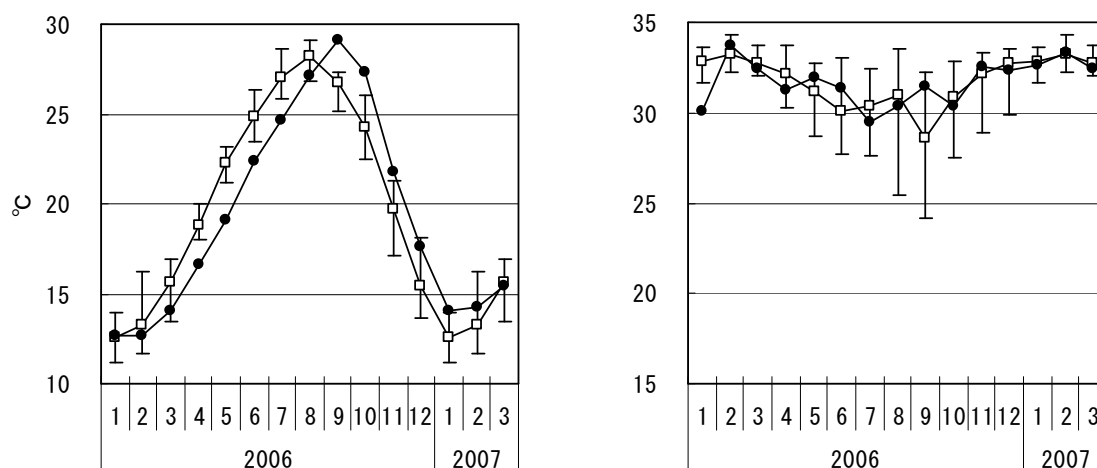


図2 浦ノ内湾 St. 3 の水深5mにおける水温（左）と塩分（右）の経月変化

●：2006年1月～2007年3月の各月の値 □：1997～2005年の各月の平均値（平年値）、最大値、最小値

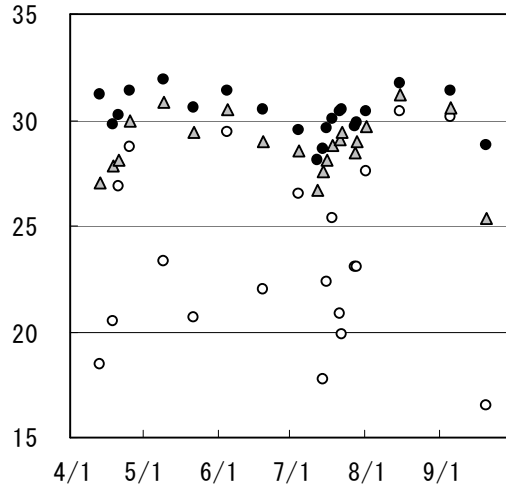


図3 浦ノ内湾 St. 3 における、2006 年 4 月～9 月の塩分の推移
 ○：水深 0 m ▲：水深 2 m ●：水深 5 m

②溶存酸素

St. 3 における B-1m 層の溶存酸素量の変化を示した (図 4)。ここでは、各月 1 回ずつの定期調査の結果を示した。2006 年 1 月は欠測した。概ね平年並みに推移した。6～8 月は 0.17～0.24mg/l となった。

St. 3 における 2004 年、2005 年、2006 年 4～9 月の水深 0 m、2 m、5 m の溶存酸素の推移を、臨時調査で得られたデータも含めて示した (図 5)。2006 年 7 月 21 日、7 月 22 日には水深 2 m の溶存酸素が著しく低下し、それぞれ 2.2、2.8mg/l だった。水深 5 m では、各年とも 4 月以降溶存酸素が徐々に低下し、8～9 月に最低値を記録した。2006 年の最低値は 9 月 5 日の 2.6mg/l だった。なお、図 5 中には示していないが、7 月 8 日には、St. 3 付近で調査した際に、水深 5 m で 1.8～2.9mg/l の低い溶存酸素が記録された。

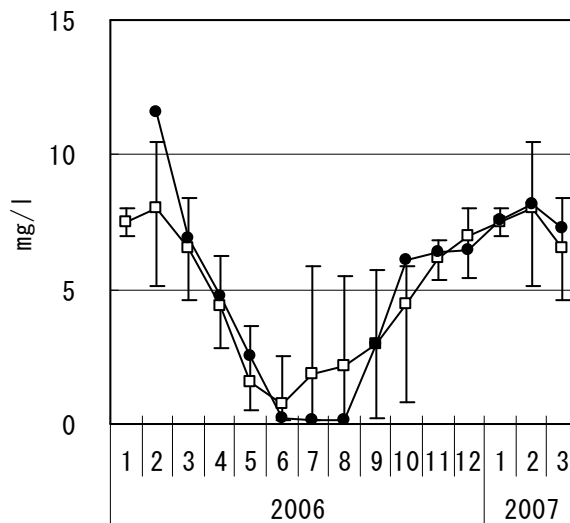


図 4 浦ノ内湾 St. 3 の B-1m における溶存酸素の経月変化

●：2006 年 1 月～2007 年 3 月の各月の値
 □：1997～2005 年の各月の平均値 (平年値)、最大値、最小値

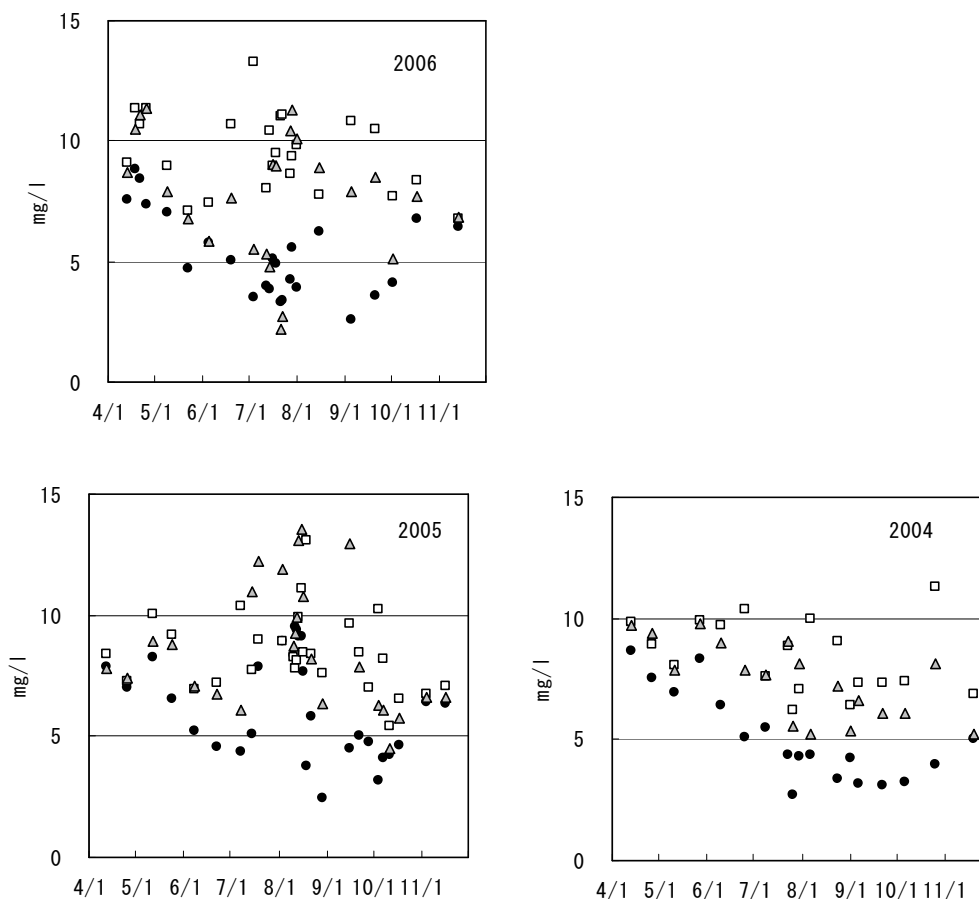


図5 浦ノ内湾 St. 3 における、2006 年（上）、2005 年（下左）、2004 年（下右）の、4 月～9 月の溶存酸素の推移

□ : 水深 0 m ▲ : 水深 2 m ● : 水深 5 m

③透明度

St. 3 における透明度の経月変化を示した（図 6）。7 月以降は、概ね平年より低めに推移した。

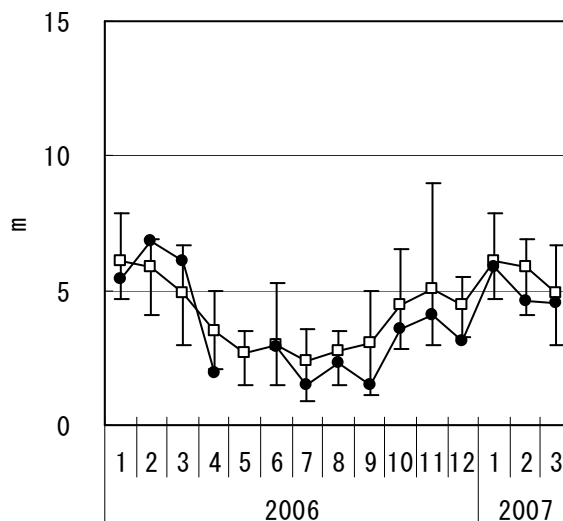


図 6 浦ノ内湾 St. 3 における透明度の経月変化

● : 2006 年 1 月～2007 年 3 月の各月の値
 □ : 1997～2005 年の各月の平均値（平年値）、
 最大値、最小値

④クロロフィル a

St. 3における、水深0m のクロロフィル濃度の経月変化を示した(図7)。4月は平年並みだったが、全体的に平年値より低めに推移した。調査期間中は4月と8月の値が高く、12月と2月は低かった。

St. 3における、水深0m、5mのクロロフィル濃度の4~10月の平均値の経年変化を示した(図8)。0mでは、1995~2002年は、2001年に極端に高い値が記録された以外は7.0~13.8 $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移した。2004~2006年は2.4~4.5 $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移し、やや低い値を示した。5mも同様に2004~2006年は低い値を示した。

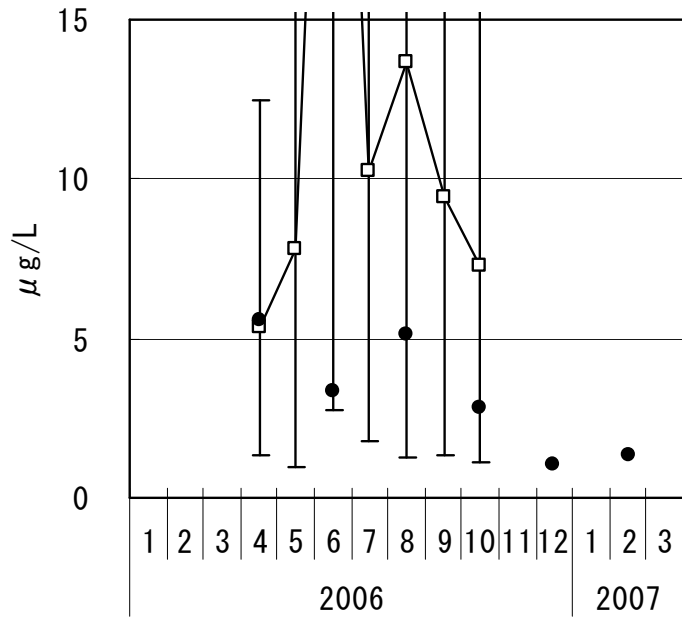


図7 浦ノ内湾 St. 3 における水深0mのクロロフィル a の経月変化

● : 2006年3月~2007年3月の各月の値
 □ : 1995~2005年の各月の平均値(平年値)、最大値、最小値。ただし、最大値の極端に高いものは、図中からはみ出している。

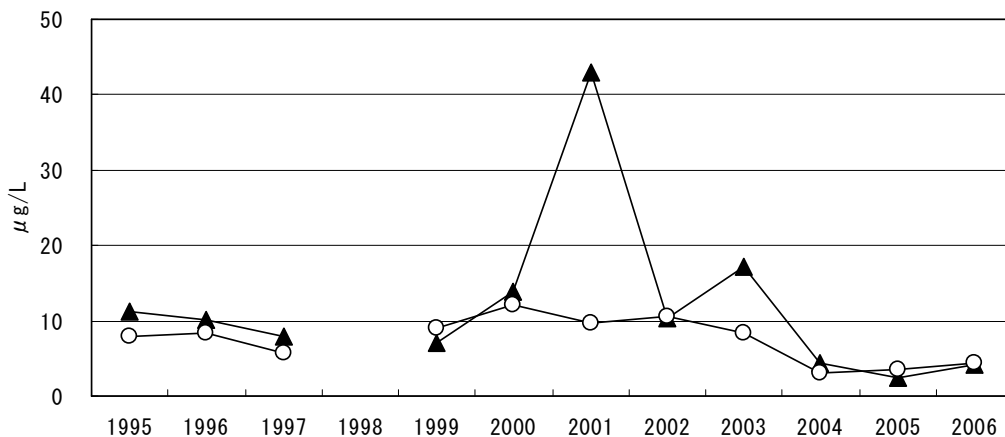


図8 浦ノ内湾 St. 3 における、クロロフィル a の経年変化

▲ : 水深0m ○ : 水深5m

(2)野見湾

1)環境調査

①水温・塩分

湾中央部の馬の背漁場(St. 2)における、水深5m層の水温と塩分の経月変化を示した(図

9)。ここでは、各月1回ずつの定期調査の結果のみ示した。2006年4～7月の水温は、平年よりもかなり低めに推移した。8月以降は一転して2月まで平年よりもかなり高めに推移した。塩分は、8月にやや低い値を示したのを除き、概ね平年並みに推移した。

St. 2における2006年4～9月の水深0 m、2 m、5 mの塩分の推移を、臨時調査によるデータも含めて示した(図10)。水深2 m以深では、8月22日に27.0まで低下したのを除いて、30.0以上で推移した。

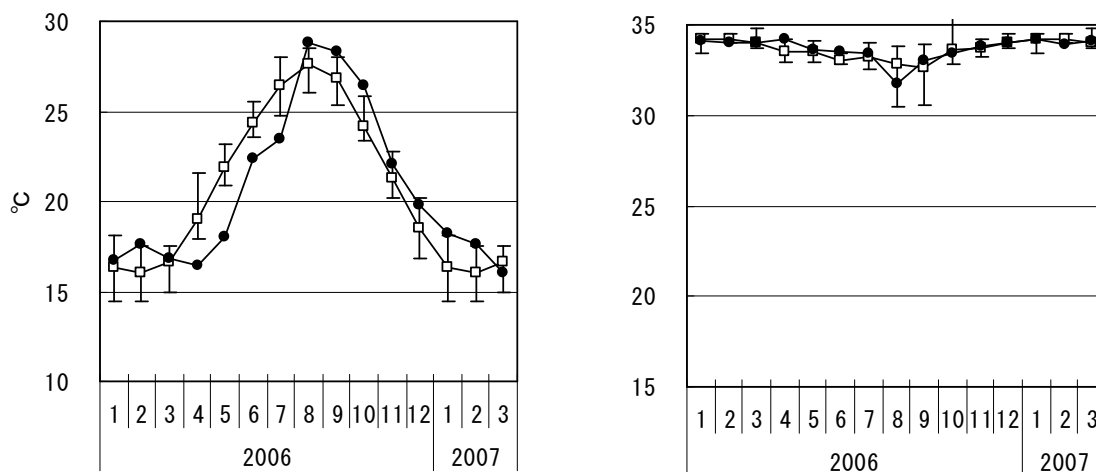


図9 野見湾 St. 2 の水深5 mにおける水温(左)と塩分(右)の経月変化

●: 2006年1月～2007年3月の各月の値 □: 1997～2005年の各月の平均値(平年値)、
 最大値、最小値。ただし、最大値の極端に高いものは、図中からはみ出している。

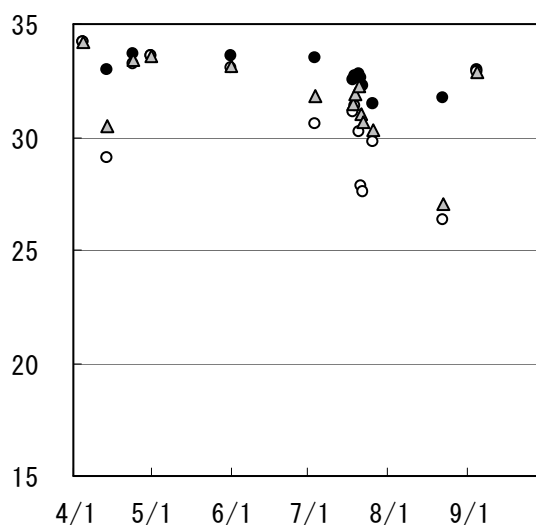


図10 野見湾 St. 2 における、2006年4月～9月の塩分の推移

○: 水深0 m ▲: 水深2 m ●: 水深5 m

②溶存酸素

St. 2における水深5 m及び B-1m 層の溶存酸素量の変化を示した (図 11)。概ね平年並みに推移した。5 mでは11月に4.7mg/l、B-1mでは8月に4.6mg/lまで低下した。

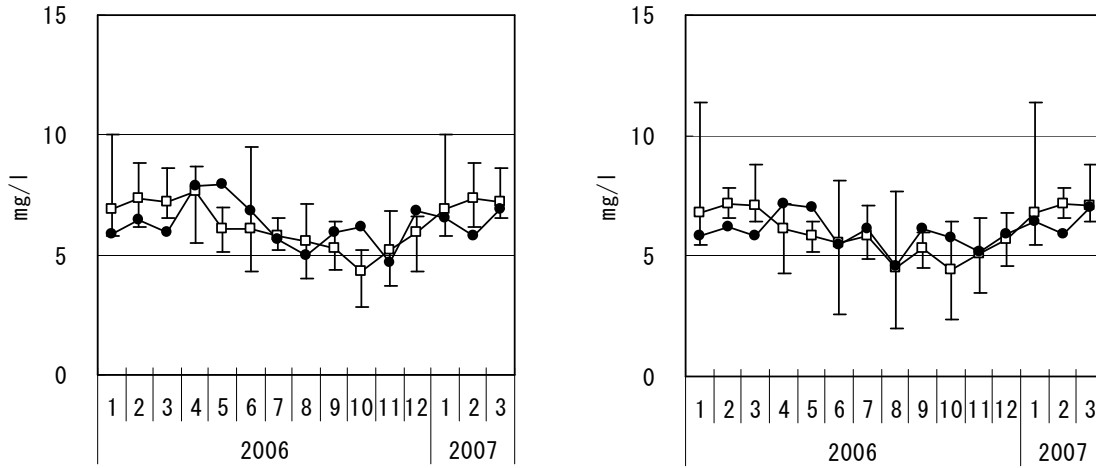


図 11 野見湾 St. 2における水深5 m (左)、B-1m (右) の溶存酸素の経月変化

● : 2006年1月～2007年3月の各月の値
 □ : 1998～2005年の各月の平均値 (平年値)、最大値、最小値

③透明度

St. 2及び3における透明度を示した (図 12)。湾中央部の St. 2では、概ね平年並みに推移したが、2006年1月の値は、これまで観測された最高値に並んだ。また、湾口部に位置する St. 3では、2006年1月、2月、8月、11月、2007年1月は、過去最高値を記録した。

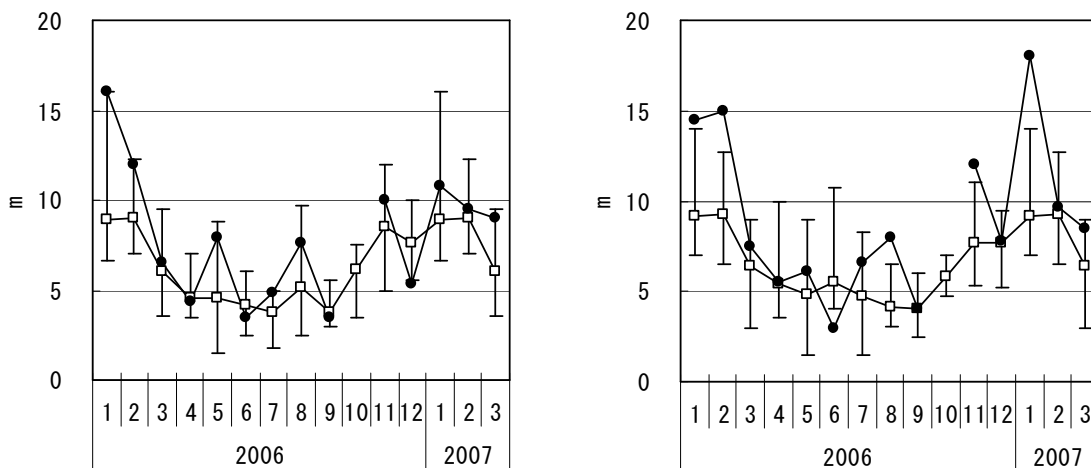


図 12 野見湾 St. 2 (左)、St. 3 (右)における透明度の経月変化

● : 2006年1月～2007年3月の各月の値
 □ : 1998～2005年の各月の平均値 (平年値)、最大値、最小値

④クロロフィル a

St. 2における水深0 mのクロロフィル濃度の経月変化を示した（図 13）。4月と6月は平年並みだったが、8月は平年より低くなった。

St. 2における、水深0 m、5 mのクロロフィル濃度の4～10月の平均値の経年変化を示した（図 14）。0 m、5 mとも似た傾向を示し、2001～2004年にかけて、次第に濃度低下が見られたが、2006年はやや上昇した。

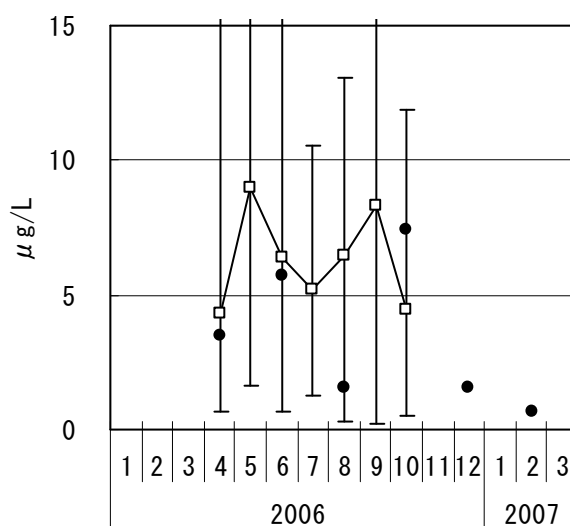


図 13 野見湾 St. 2における水深0 mのクロロフィル a の経月変化

- : 2006年3月～2007年3月の各月の値
- : 1995～2005年の各月の平均値（平年値）、最大値、最小値。ただし、最大値の極端に高いものは、図中からはみ出している。

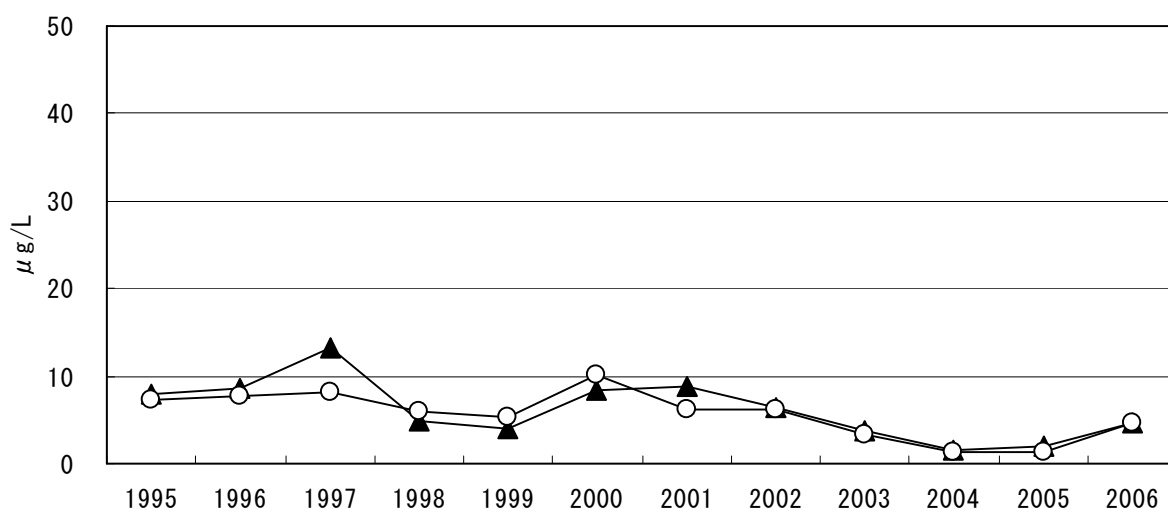


図 14 野見湾 St. 2における、クロロフィル a の経年変化

- ▲ : 水深0 m
- : 水深5 m

(3) 赤潮発生状況

1) 発生状況

表1に赤潮発生状況を示した。浦ノ内湾で3回、野見湾で5回、浦戸湾で1回、宿毛で1回、上ノ加江で1回発生した。

2) 対応

海水の検査依頼は26件だった(表2)。年度ごとの海水検査依頼件数の推移を2004年から示した(図15)。依頼件数は2004年以降増加し続けているが、漁業者による依頼件数は2004年度の6件から3件に減少した。大部分を漁業指導所による依頼が占めた。

FAXによる漁協等への情報提供を68回実施した。内訳は、浦ノ内湾で40回、野見湾で25回、浦戸湾2回、上ノ加江1回だった。1997年からの年度ごとのFAX送信件数の推移を示した(図16)。2006年度は、著しく多かった。

検鏡に供したサンプル(濃縮サンプルは除く)の本数の推移を2004年から示した(図17)。

2006年度は過去2年間と比較して極端に多くなった。

表1 平成18年度の赤潮発生状況

赤潮発生月	海域	赤潮構成種	最高細胞密度 (cells/ml)	漁業被害の有無
4	浦ノ内	<i>Heterosigma akashiwo</i>	189,500	あり
6~8	浦ノ内	<i>Karenia mikimotoi</i>	52,200	あり
		<i>Chattonella marina</i>	402	
7	野見	<i>Karenia mikimotoi</i>	36,800	あり
		<i>Chattonella marina</i>	4	
7	上ノ加江	<i>Karenia mikimotoi</i>	4,100	なし
		<i>Chattonella marina</i>	2	
8	野見	<i>Heterosigma akashiwo</i>	28,600	なし
9	浦ノ内	<i>Prorocentrum balticum</i>	18,200	なし
11	野見	<i>Mesodinium rubrum</i>	345	なし
12	宿毛	<i>Mesodinium rubrum</i>	1,180	なし
1	浦戸	<i>Heterosigma akashiwo</i>	3,940	なし
1	野見	<i>Mesodinium rubrum</i>	?	なし
3	野見	<i>Akashiwo sanguinea</i>	2,125	なし

表2 平成18年度の海水サンプル検査依頼件数

	浦戸	浦ノ内・宇佐	野見	その他	計
持込者					
漁協					0
漁業者		1	2		3
指導所	4		18	1	23
その他					0
計	4	1	20	1	26

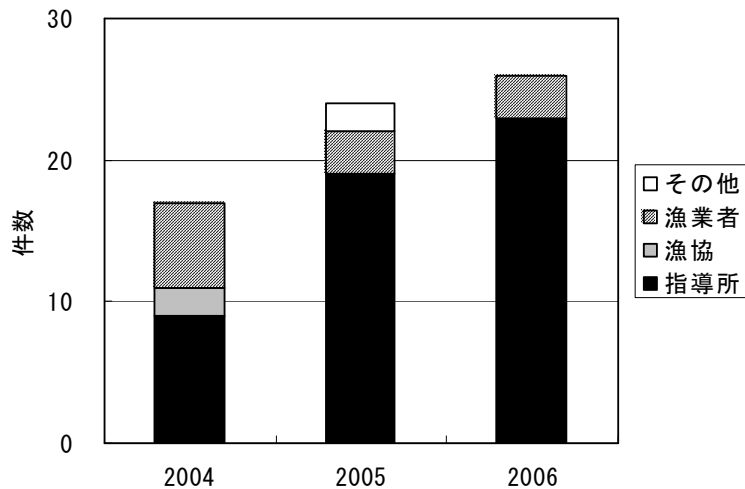


図15 年度ごとの海水サンプル検査依頼件数の推移

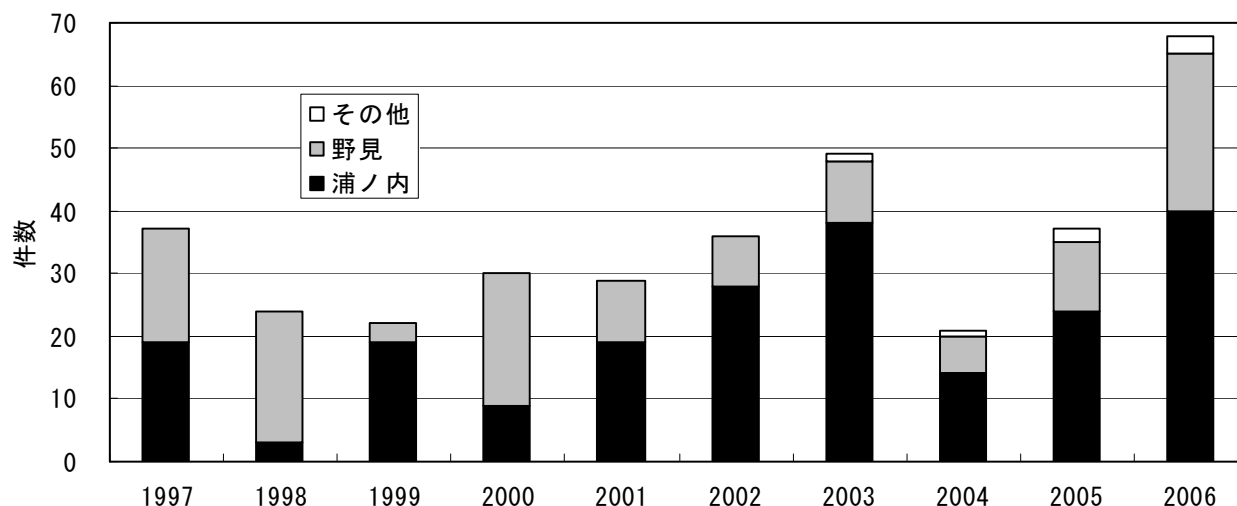


図 16 年度ごとの FAX 送信件数の推移

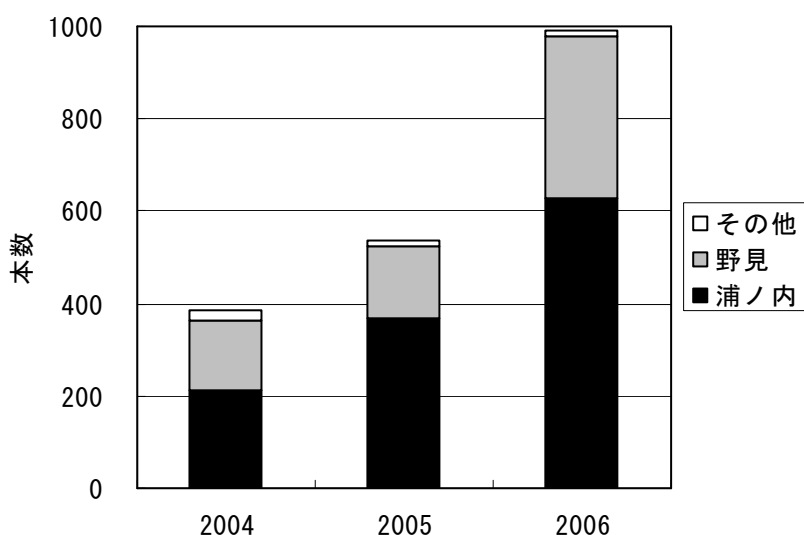


図 17 年度ごとの海水サンプル本数の推移

3) 有害プランクトン等の動向

① *Karenia mikimotoi*

浦ノ内と野見における調査日ごとの最高密度の推移を図 18 に示した。浦ノ内では、2006 年は、5 月 22 日に湾中央部の St. 3 と St. 5 で最高 2 cells/ml 出現した。6 月 5 日の調査では湾口から湾奥までの全ての調査定点で出現し、St. 5 で 54 cells/ml に増加しているのが観察された。6 月 19 日には 14 cells/ml、6 月 22 日には 79 cells/ml 出現した。6 月 27 日の調査では、急激な密度の増加が見られ、St. 3 で 11,700 cells/ml 観察された。その後、7 月 28 日まで概ね 1 万 cells/ml 以上の密度で推移した。7 月 10 日には 52,200 cells/ml、7 月 27 日には 32,200 cells/ml となり、著しい高密度となっていた。8 月 1 日の調査では急激な密度の低下が見られ、最大 16 cells/ml となった。それ以降は、8 月 15 日に一時的な密度の増加が見られ、58 cells/ml 出現したのを除くと、全く出現しなかった。

野見では、4月から7月初旬にかけては、5月11日に1 cells/ml 出現したのを除き、全く観察されなかった。7月18日には29,400 cells/ml の高密度で出現した。7月19日には、36,200 cells/ml 出現し、7月21日までは1万 cells/ml を越えていた。7月22日には急激に密度が低下し、28 cells/ml となった。8月2日に13 cells/ml 出現した後は、2007年2月23日に1 cells/ml 出現したのを除き、出現しなかった。

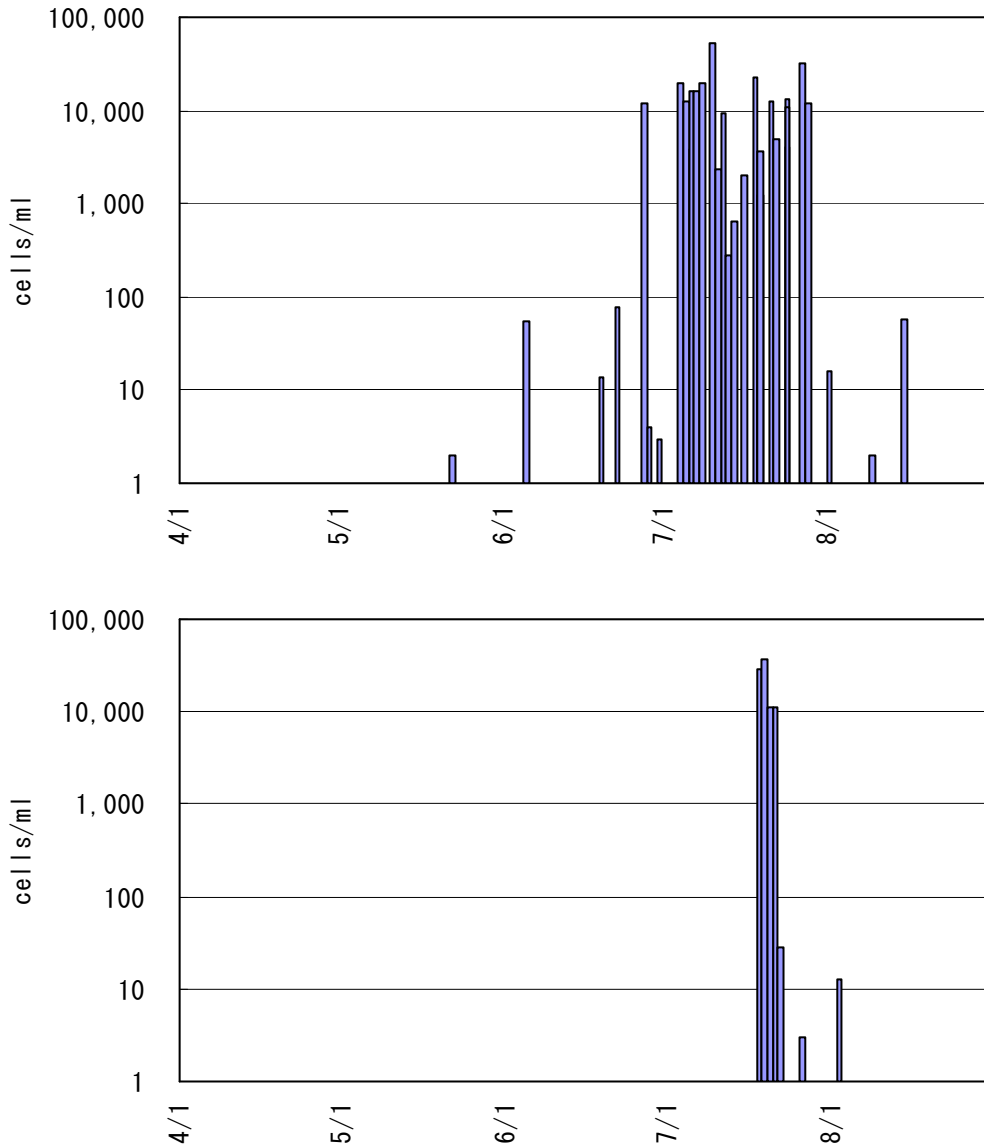


図 18 浦ノ内（上）、野見（下）における *Karenia mikimotoi* の密度の推移

② *Heterosigma akashiwo*

浦ノ内では、4月18日の調査では、湾中央の St. 3 や湾奥の St. 5 で密度が高く、St. 3 で4,640 cells/ml、St. 5 で2,500 cells/ml 出現した。翌日の19日には湾口部寄りの St. 1 が着色し、密度も189,500 cells/ml まで急速に増加した。その後、4月20日から5月2日までは、2,400~27,800 cells/ml 出現したが、5月9日には270 cells/ml となり、その後は高い密度になることはなかった。

③ *Cochlodinium polykrikoides*

野見湾では、2006年3月27日から出現が確認され、5月24日を最後に、以降2007年3月まで出現はなかった。最高密度は、5月1日の41cells/mlだった。浦ノ内では、2006年4月28日に、St. 1で4cells/ml出現した。

④ *Chattonella* 属

今年度出現した種は *C. marina* とと思われる。

浦ノ内では、2006年は、6月5日に1cells/ml出現し、6月19日に246cells/mlまで増加した。その後一旦減少し、6月27日には全く出現しなかった。7月14日に2cells/ml出現した後は再び増加し、8月9日には、St. 3で108cells/ml、福良の枝湾では今年の最高値となる402cells/ml出現した。8月15日には1cells/mlとなり、その後は出現しなかった。

野見では、7月を中心に出現が見られたが、最高密度は4cells/mlにとどまった。上ノ加江でも、*K. mikimotoi*の赤潮が発生した際に、2cells/ml出現した。

⑤ *Heterocapsa circularisquama*

2006年は全く出現しなかった。

4) その他

4月20日、大谷漁協タイ部会にて、赤潮の研修会を中央漁業指導所と実施した。

4 考察

(1) 18年度の環境の特徴

水温は、浦ノ内では2006年2～8月、野見では4～7月は平年より低く推移し、その後2007年2月までは平年より高めに推移した(図2)。浦ノ内、野見ともに、2006年冬季から夏季までの水温は、過去(1998～2005年)に記録されている値より低い値が記録されることが多かった(図2、9)。一転して、2006年夏季以降2007年冬季は、過去記録されている中で最も高い値やそれに近い値を記録することが多かった。

月1回の定期調査の結果をもとに塩分の経月変化を示したところ、浦ノ内、野見ともに、全体的には平年と大きな差はなかった(図2、9)。しかしながら、浦ノ内の4～7月の塩分の推移を詳細に検討すると、2006年は2005年や2004年より塩分が低めに推移していた(表3)。春から夏にかけて水温や塩分が低下した要因は、4～7月、特に4月と5月の須崎市降水量が平年より多めに推移したこと(気象庁ホームページ)が関係していると思われる。

浦ノ内中央部の光松における底層の溶存酸素は、5～9月は0.2～3.0mg/lの低い値となった(図4)。特に6～8月は0.2mg/l前後で推移し、恒常的な貧酸素状態となっていた。夏季に浦ノ内の底層が貧酸素化することは以前から指摘されている(大野ほか 1971)が、2006年においても大きな変化は見られなかった。

また、水深5mの溶存酸素は、4月から徐々に下降し続け、9月に2.6mg/lまで低下した(図5)。2004年、2005年にも同様な現象が見られ、浦ノ内では水深5mの溶存酸素が9月頃に低い値を示す傾向があることが明らかになった。

2006年には、水深2mの溶存酸素が、7月に一時的ではあるものの、2.2mg/lまで低下した(図5)。こうした現象は2004年や2005年には観察されておらず、今回どのような機構で発生したか不明である。なお、後述するように、7月には、*Karenia mikimotoi*の赤潮が発生しており、養殖魚に被害も発生した。今回の溶存酸素の低下は、赤潮による養殖魚の被害が発生

した後に発生しており、今回の事例に関しては低酸素による漁業被害はなかったようである。しかし、水深2mの溶存酸素としては著しく低い値であり、漁業被害のおそれは十分にあり得たと思われ、今後も十分な警戒が必要である。

透明度については、野見の湾口部で冬季に高い値を示した(図12)。原因についてははっきりしないが、外洋の海水の影響が強かったのかも知れない。

クロロフィルaの経年変化について、図8と図14に示した。今回は、4月から10月に得られたデータの平均値をその年の値として用いた。しかし、こうした解析を行うには、まず季節変動を把握しておく必要があるが、浦ノ内、野見ともに、これまで周年を通じた調査が行われておらず、季節変動は明らかにされていない。また、図を見た限りでは、近年、クロロフィルaの値が低めであるように思われるが、これについては分析手法に問題がある可能性も考えられ、検討を要する。こうした事情もあるため、今回の経年変化の解析は暫定的に扱う方が望ましい。今年度から、隔月ながら周年を通じた季節変化の調査を開始しており、数年間データを蓄積することで、長期的な変動の解析にも寄与できるものと思われる。今後、諸々の問題点を解決した上で、より正確な解析がなされるべきである。

(2)有害プランクトン等の動向

1) *Karenia mikimotoi*

2006年は、7月に浦ノ内、野見、上ノ加江で赤潮を形成し、被害も発生した。浦ノ内ではマダイ300個体、カンパチ2,000個体、野見ではカンパチ7,500個体が被害を受けた(中央漁業指導所調べ)。

野見では、漁業者の話によると、7月17日に湾奥部で赤潮が発生して漁業被害が発生したとのことである。赤潮発生直前に行われた7月3日の調査では、本種は全く出現しなかった。7月17日までの14日間の間に、急速に密度を増加させたものと考えられる。浦ノ内で1ヶ月ほどの間に徐々に密度が増加していく様子が観察されたのとは差異がみられる(図18)。野見における今回の赤潮は、湾奥部で突然発生したとの証言から、ある程度深い層で密度が増加した後に海面へ移動したものと推測される。本種は、中層で増加して突然赤潮を形成することが知られており(松山2003)、今回はそうした典型だと言える。

上ノ加江では、7月22日に4,100cells/ml出現したが、赤潮はほぼ1日で終息したようである。

赤潮発生期間はそれぞれ異なるが、発生時期については、浦ノ内、野見、上ノ加江の3地点でほぼ重複していた。2004年の浦ノ内と宿毛の赤潮も、同時期に発生した(林・田井野、2006)。

本種は、2005年には、浦ノ内で最高2cells/ml出現したのみだった(林・田井野、2007)が、その前年である2004年には浦ノ内と宿毛で本種の赤潮が発生し、被害も報告された(林・田井野、2006)。この年、浦ノ内で大規模な赤潮が発生した要因の一つとして、塩分が低かったことが指摘されている(林・田井野、2006)。

本種の赤潮は、降雨による塩分低下や栄養塩の補給、日照不足による競合種の脱落、梅雨後の水温や日射量の増大、鉛直安定度の増加、捕食圧の低下などの条件下で発生すると推測されている(山口2000)。今年度、浦ノ内で春から夏にかけて、塩分が2005年と比較して低下していた(図3、表3)。このことは、本種の増殖に有利に働いたと推測される。野見でも、6~7月の0mの塩分は30を下回っており、やや低い塩分となっていた。

しかし、野見の塩分は2005年の浦ノ内と比較しても高く(表3)、塩分環境だけでは本種の

同時多発的な増殖を説明できない。2004 年は浦ノ内と宿毛、2006 年は浦ノ内、野見、上ノ加江という異なった地点で同時期に赤潮が発生したことを考えると、日射量などの気象条件が強く影響していた可能性が示唆される。

本県においては、近年、本種の赤潮の発生件数が増加傾向にあると指摘されている（林・田井野、2006）。2004 年には、宿毛で 1990 年以降報告のなかった本種の赤潮が発生した。2006 年にも、これまで報告がなかった上ノ加江で赤潮が発生した。発生地点についても拡大傾向にあり、十分な警戒が必要である。

2) *Heterosigma akashiwo*

漁業者からの聞き取りによると、今回の赤潮では、浦ノ内湾口にあたる宇佐でシマアジの被害が発生したとのことである。4月28日の宇佐の調査では、1,725~3,950/ml 出現したが、被害が発生した際にはより高密度であったことが推測できる。2004 年の *K. mikimotoi* の赤潮の際にも、宇佐にも影響が及んでいた可能性が指摘されている（林・田井野、2006）。これらの事例から、今後、大規模な赤潮が発生した際は湾口部も警戒する必要がある。

2004 年には、333,000cells/ml の極めて高密度の赤潮が発生したが、被害は発生しなかった。今回は4月19日に10万cells/mlを越えた以外は、数千cells/ml程度で推移し、極端な高密度の赤潮は見られなかった。しかしながら、2004 年はほぼ1日で赤潮が消滅したのに対し、2006 年は15日程度継続していた。長期間赤潮が継続したことが被害に繋がった可能性がある。

2005 年にも本種の赤潮は発生したが、密度はそれほど高くならず、28,200cells/ml だった（林・田井野、2007）。本種も低塩分環境下で増殖しやすいとされており（今井 2000）、*K. mikimotoi* 同様、2006 年のように塩分が低下（表3）している年は注意が必要である。

表3 浦ノ内 St. 3 及び野見 St. 2 における、4~5月、6~7月の平均塩分

浦ノ内 St. 3(光松)				野見 St. 2(湾奥ブイ)	
4~5月				4~5月	
年	2006	2005	2004	年	2006
水深(m)				水深(m)	
0	23.1	30.7	29.2	0	31.3
2	28.9	31.0	29.9	2	31.9
5	30.8	31.7	30.9	5	33.4
調査回数				調査回数	
6				4	
4				2	
6~7月				6~7月	
年	2006	2005	2004	年	2006
水深(m)				水深(m)	
0	22.1	25.8	28.1	0	29.8
2	28.6	29.3	28.7	2	31.7
5	29.8	30.8	29.7	5	32.6
調査回数				調査回数	
11				5	
6				8	

野見では、8月22～25日にかけて赤潮が発生した。野見における本種の赤潮は、1984年以降では、2～7月に記録されており、5月に集中する傾向がある（高知県 未発表）。8月の発生は今回が初めてである。密度が高かったのは、中ノ島や須崎湾津波防波堤周辺など、湾口部寄りであった。

3) *Cochlodinium polykrikoides*

野見では、2006年3月27日から出現が確認され、5月24日を最後に、以降2007年3月まで出現はなかった。最高密度は、5月1日の41cells/mlだった。2004年は、3～4月にかけて野見で赤潮を形成したが、2006年は高密度に出現することはなかった。

浦ノ内では、2006年4月28日に、St. 1で4cells/ml出現した。2004年、2005年は、浦ノ内で本種の出現は確認されていない。なお、浦ノ内においては、本種の赤潮が1996年8月に一度記録されている（織田ほか 1998）。

4) *Chattonella* 属

今年度出現した種は *C. marina* と思われる。

浦ノ内では、7月28日に、養殖漁場である St. 3 及び大鹿漁場で、それぞれ 338cells/ml、380cells/ml 出現した。前述のように、6月から7月にかけては *K. mikimotoi* の赤潮により既に被害が発生していた状況だったが、*C. marina* による被害はなかったものと思われる。浦ノ内では、前年に引き続き、本種が高密度に出現したことになる。浦ノ内については本種の赤潮は、依然として脅威である。

2005年の調査において本種は水深2mで高密度に出現することが明らかになっている（林ほか 2005）が、2006年も水深1～2mで密度が高かった。2004年度以前の赤潮調査では水深0mを重点的に監視していたが、水深2m前後の調査は本種の監視において不可欠である。

浦ノ内における本種の赤潮は、最初、湾奥で密度が高くなった後、湾全域に拡散する傾向がみられる（林ほか 2005）。2006年も、6月に増殖した際には、最初に湾奥で密度が高くなった。一方、7月から8月にかけて増殖した際には、最初に湾奥で密度が高くなる傾向は明瞭ではなかった。これは、当時、*K. mikimotoi* の赤潮対応として湾中央部で重点的に調査をしており、湾奥での調査が不十分であったためであると考えられる。ただし、枝湾である福良で高い密度が記録されていることから、枝湾内で増殖した本種が湾中央部に移動した可能性もある。2005年には、須の浦の枝湾で本種が高密度に増殖していることが観察されており（林ほか 2005）、枝湾部の監視も重要ではないかと思われる。

野見では、7月を中心に出現が見られたが、最高密度は4cells/mlにとどまった。野見では、本種はあまり出現せず、2004年及び2005年の2年間では、2005年9月に1cells/ml出現したのみである。なお、1992年に1回だけ赤潮が発生した記録がある。上ノ加江でも、*K. mikimotoi* の赤潮が発生した際に、2cells/ml出現した。

5) *Heterocapsa circularisquama*

2005年は本種の赤潮が発生した（林・田井野 2007）が、2006年は全く出現しなかった。

（3）赤潮対応の課題1（データの管理と活用）

前述したように、本調査は、平成17年度までは、国庫補助事業あるいは交付金事業として実施してきた。そのため、毎年、国の定める様式によって生データを報告しており、水試でも、その様式の形でこれまでのデータを保存している。しかしながら、様式そのままでは、データ解析が困難である。漁場では、しばしば通常とは異なる現象が発生することがあり、そうした

際には、最初に水温や塩分等の環境に異変がないか確認するのが基本である。そのため、過去の平年値や経年変化を迅速に解析できる形式でのデータ管理が望ましい。

そこで、2004年以降、Excelファイルに時系列でデータを入力し、新たなデータベースの作成を続けている。現在のところ未入力的项目も多く、今後も作業を継続する必要があるものの、主要調査項目については一応の目途がついた。これにより、データが活用できる体制が整備されつつある。

実際の例として、2006年夏には、野見で養殖魚の体表が白濁する現象が発生し、原因の究明の一環で、魚病担当者に野見の水温データを提供した。また、2007年1月に浦ノ内でミズクラゲが大量に目撃された際には、中央漁業指導所に浦ノ内の水温データを提供するなどした。また、経年変化の解析も進められており、浦ノ内と野見の湾中央部の定点における栄養塩や底質（林・田井野 2006）、クロロフィル（本報告）の長期的な動態がある程度明らかになった。

ただし、前述したように未入力的项目が残っていることから、現在の解析は不十分なものである。例えば、溶存態窒素の動態においては、DINの解析がなされたのみ（林・田井野 2006）で、アンモニアや硝酸、亜硝酸については未だデータベースに入力されていない。さらに、湾口部や湾奥部における定点のデータも詳しく解析されておらず、湾全体の環境変動については未解明な部分が多い。

近年、浦ノ内ではアサリ資源が激減するなどの問題も生じており、環境変動の解明に対する必要性が非常に高まってきている（上野ほか 2007）。そのため、早急にデータベースを完成させ、集中的に解析を行うことが急務となってきている。

なお、平成18年度からの県単独事業化に伴い、国への報告義務がなくなった。そのため、今後は、県独自で生データをしっかりと管理する必要がある。そのため、基本的には、パソコン内のハードディスク内の専用フォルダに保存することとし、予備にバックアップをとることとした。それを確実に引き継いでいくことが重要である。

（4）赤潮対応の課題2（調査体制の見直し）

プランクトン検鏡依頼を目的とした海水サンプルの持込は、記録が残っている2004年以降、上昇し続けている（図15）。持込件数全体に占める漁業指導所の持込件数は年々増加しており、2004年には53%だったのが、2006年には92%となった。2006年には漁業者による持込が3件あった。このうち2件は、野見湾の大谷漁協タイ部会が、*Cochlodinium polykrikoides*の発生しやすい春季に採水し、医薬品販売業者の営業車が水試前を通るのを利用して運搬するという方法で持ち込まれたものであるが、この方法の実現には中央漁業指導所が指導に深く関わっている。すなわち、漁業者の海水サンプルの持込は、実質上、漁業指導所の存在がなければ、ほぼあり得なかったものである。漁業指導所の赤潮監視における役割は、非常に大きいものになっている。反面、漁業者自身の認識はあまり高いとは言えない。

FAXの送信件数及びサンプルの検鏡本数は、2006年に急激に増加した（図16、17）。高知県では、県の方針として県庁業務の外部委託が進められており、予算や人員、業務の削減が避けられない事態となっているため、本事業においても、以前から漁業者参加の必要性が指摘されてきた（林・田井野 2006）。しかし、現実には、その流れとは逆行していると言える。業務量が増加しているため弊害も発生しており、分析業務に費やす時間的余裕がなくなってきたことから、水質監視の定点や頻度を削減せざるを得なかった。長期的な漁場環境の監視という観点からは、こうした削減は大きな痛手であり、できるだけ早い時期に復活させるべきである。

さらには、データ解析にも支障が発生しており、前章で触れたように、未解析のデータも多く残されたままとなっている。それにより、これまでの調査努力が充分活用されず、浦ノ内や野見の環境変動も十分に明らかにされていない現状にある。よって、今後、調査体制の抜本的な見直しは避けられないが、見直しのためには、まず赤潮監視の役割分担を整理することが必要となる。

表4に、県と漁協・漁業者の役割分担の案を提唱した。まず、赤潮が発生していない平常時においては、県は、物理化学環境を含めた定期的なモニタリングにより、漁場環境の変動を長期的な視点で監視する。また漁協や漁業者は、漁場に異変がないか日常的な監視を担う。

赤潮が発生した際には、県は臨時に調査を行い、赤潮発生時の環境やプランクトンの動態、被害状況について把握する。こうした赤潮発生事例ごとのデータを蓄積することで、今後の赤潮対策に寄与できるものと思われる。臨時調査の頻度は、人員削減の現状を考慮し、ここでは週に1回程度とした。また、県が行う湾内の調査定点は、赤潮発生時においても4点程度とし、必ずしも漁場にこだわらず、できるだけ広い範囲の状況を把握することが望ましい。

漁業者が赤潮発生時に求めるデータとは、自分の養殖小割付近での毎日の有害プランクトンデータであると思われる。現在はそうした調査も県が担っているが、有害プランクトンの判別や計数は慣れれば誰でもできるものであり、表4に示したように、漁業者自身が行うことが適切である。漁業者自身がこまめな調査を行うことで、より詳細なプランクトン情報を得ることも可能となる。この際、県、特に水産試験場は、プランクトン同定の補助などで漁業者の支援にまわるのが望ましい。農家が自らの畑の害虫を監視するのと同様、自らの養殖小割の監視は、漁業者自身が担うべきものであると考えられる。

役割分担の基本的な考え方として、県は広く公益性の認められる役割を重点的に担うことが求められ、受益者が一部漁業者のみに偏るような調査は漁協や漁業者自身が実施することが適切であると思われる。例えば、プランクトン調査においては、漁業者は自らの養殖小割り周辺の有害プランクトンの監視に重点を置く一方、県は漁場以外の海域でも調査し、貝毒プランクトンやその他無害種も含めた監視をする、という具合である。

しかし、理屈ではそうでも、現在県が行っているプランクトンの計数等の役割を漁業者に移行することは、現実には容易ではない。漁協に顕微鏡を設置するなどの環境整備の問題もあるが、それ以上に、漁業者の意識を変えることが困難であると思われる。一部の漁業者からは、県に自分の養殖小割の前で調査して欲しいという要望が強く、赤潮発生時には毎日のように水試や漁業指導所が現場に出向いて、多くの小割を回って採水しているのが現状である。サンプル検鏡本数急増の原因は、そうした漁業者の声にこたえようとしたものに他ならない。

要は、県の業務の削減を求める県庁全体の方針と、より多くの行政サービスを県に求める漁業者との間で現場が板ばさみになっていると言える。早急にこの事態を打開しないと、この先、大きなひずみが発生する恐れがある。そこで、まず求められるのは、行政・指導所・水試が十分に協議し、赤潮調査における県の方針を明確にすることである。人員の削減が避けられないのであれば漁業者の意向がどうあれ業務量の削減は避けられないし、漁業者により多くの行政サービスを提供するのが適切であると考えるのであれば人員を増加させざるを得ない。県がどの程度の役割を担うべきか、県全体で共通認識を得ておく必要がある。その上で、実際に漁業者に役割を移行するための具体的な行動計画を策定し、実行することが必要であると思われる。

表 4 赤潮対応における県と漁協・漁業者との役割分担の案

	県の役割	漁協・漁業者の役割
平常時 (赤潮非発生時)	定期調査: 月1~2回程度 (環境・プランクトン) データ解析 統計情報の整理・提供 (赤潮発生件数等)	日常的な監視
赤潮発生時	臨時調査: 週1回 4定点程度 (環境・プランクトン・被害状況) FAX・インターネット等による情報提供 プランクトン同定補助	プランクトン調査 検鏡・プランクトン計数

貝毒調査

1 序論

貝毒被害を防止するため、貝毒プランクトンの監視及び貝毒検査を実施することを目的とした。

2 方法

(1) プランクトン調査

基本的には、赤潮調査で採水した際に、同時に貝毒プランクトンについても調査した。貝毒が発生しやすいと思われる春季には、野見、浦ノ内、浦戸で、20 μ m目合いのプランクトンネットを用いて海水を濾過濃縮し、プランクトンを調べた。

(2) 貝毒検査

浦ノ内では、アサリの麻痺性貝毒検査を8回、下痢性貝毒検査を6回実施した。また、浦戸で、5月16日にアサリを採集し、麻痺性貝毒検査、下痢性貝毒検査を実施した。検査は、衛生研究所に依頼した。

3 結果

(1) プランクトンの動向

1) *Alexandrium catenella* (麻痺性貝毒種)

浦ノ内及び野見における *A. catenella* の密度の推移を示した (図 19)。

浦ノ内では、2006年4月13日から5月9日に出現し、最高細胞密度は、4月13日の540cells/ml だった。

野見では、2006年3月19日から5月9日に出現し、最高細胞密度は4月19日の74cells/ml だった。

浦戸では本種を含め、貝毒種は出現しなかった。

2) *Dinophysis* 属 (下痢性貝毒種)

浦ノ内における *D. acuminata* の、2006年4月~2007年3月の1年間の密度の推移を示した (図 20)。7月中旬から下旬にかけて密度が高くなり、7月22日に最高24cells/ml 出現した。他の時期も、しばしば数 cells/ml の密度で出現し、2月8日には7 cells/ml となった。

野見では、2006年6月~8月及び2007年2月~3月に *D. acuminata* が、2006年9月に *D.*

caudata が散発的に出現した。いずれも密度は最高で 1 cells/ml だった。

(2) 貝毒検査

平成 18 年度の貝毒検査結果を表 5 に示した。表 5 では、水産試験場が衛生研究所に依頼したもの以外の結果もまとめて示した。浦ノ内では、2006 年度には貝毒は発生しなかった。野見、浦戸についても 2006 年 4 月、5 月に、衛生研究所において貝毒検査が実施されているが、貝毒は検出されなかった。

4 考察

(1) プランクトンの動向

1) *Alexandrium catenella*

浦ノ内では、2004 年と 2005 年の最高密度は、それぞれ 130cells/l、40cells/l であり、2006 年は過去 3 年の中では高密度になったが、1 cells/ml を越えることはなかった。貝毒の発生はなかった。

野見では、2004 年、2005 年ともに最高細胞数は 14cells/ml であったが、2006 年は 74cells/ml となり比較的密度は高かった。2002 年には 71cells/ml の密度で出現した際に、4.2MU の貝毒が発生した（高知県 未発表）。2006 年の密度は 2002 年と同程度であり、貝毒が発生する危険は充分にあったが、貝毒検査の結果は全て検出限界以下だった。

2002 年は、少なくとも 2 月 28 日には 51cells/ml の密度で出現しており、5 月 9 日までは数～数十 cells/ml の密度で推移した（高知県 未発表）。*A. catenella* は、10cells/ml 以上の密度が数週間続くとアサリ可食部で毒化する可能性がある（馬場ほか 2006）。それと比較すると、2006 年は 10cells/ml を超えたのは 4 月中旬の一時期に限られていた。2006 年は、密度が高くなった時期が短期間であったために貝毒が発生しなかった可能性が考えられた。

なお、2006 年の調査では、10cells/ml を超える密度は全て水深 2 m 以深で記録されている。本種は、水深 0 m で 10,000cells/ml 以上の高密度で出現することがある（高知県 未発表）が、それほど高密度にならない場合には、水深 2 m 以深で密度が高くなる傾向があると思われる。2002 年のデータでは、調査水深は詳しく記録されていないが、水深 0 m を中心に調査されたのであれば、密度が過小評価されており、2006 年よりも高密度に出現していた可能性もある。

2) *Dinophysis acuminata*

2004 年～2005 年の浦ノ内における *D. acuminata* の密度は、最高で 2 cells/ml であった。それと比較すると、2006 年 7 月下旬に記録された密度は極めて高いといえる。本種の増殖を受けて、8 月上旬に実施する予定であった下痢性貝毒検査を前倒しし、7 月 24 日に採集したアサリを検査したが、貝毒は検出されなかった。

高知県では、2005 年まで、沈殿濃縮法により、本属のモニタリングを実施してきた。このモニタリングは、本来、*Alexandrium* 属の出現時期に合わせたものだと思われ、2 月～7 月に行われてきた。しかしながら、2006 年には 7 月下旬に密度が高くなっており、従来のモニタリングの時期は本種の出現時期に合致していない可能性がある。本種の周年を通じた出現動向についてはデータの蓄積が不十分であり、今後より詳細な研究が必要である。

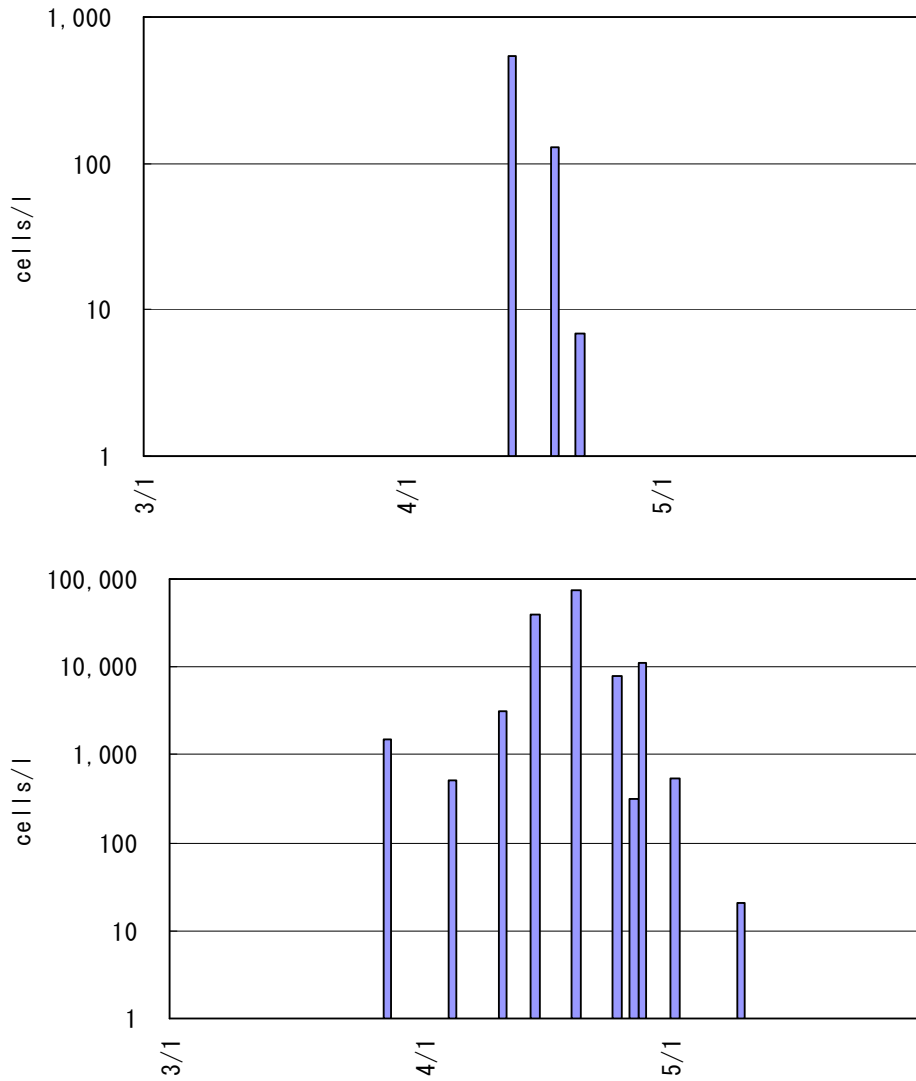


図 19 浦ノ内 (上)、野見 (下) における *Alexandrium catenella* の密度の推移

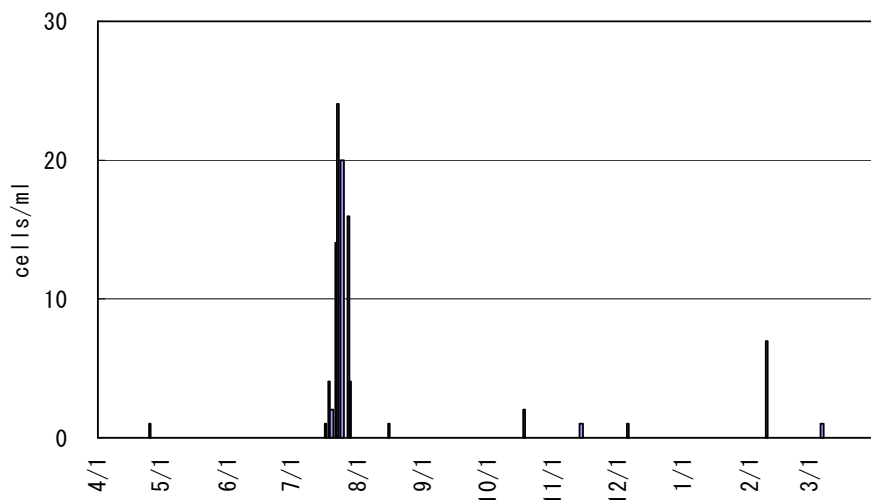


図 20 浦ノ内における *Dinophysis acuminata* の密度の推移

表5 貝毒検査結果

採集日	麻痺性						下痢性				
	大谷	中ノ島	野見	桜川河口	浦ノ内	浦戸	大谷	中ノ島	野見	浦ノ内	浦戸
2006/4/5	N.D.	N.D.	N.D.								
2006/4/13					N.D.					N.D.	
2006/4/21						N.D.					N.D.
2006/4/25	N.D.	N.D.		N.D.	N.D.						
2006/5/9					N.D.					N.D.	
2006/5/16						N.D.					N.D.
2006/5/22					N.D.						
2006/6/5					N.D.					N.D.	
2006/7/4					N.D.						
2006/7/24										N.D.	
2006/9/5										N.D.	
2006/10/2										N.D.	
2007/2/8					N.D.						
2007/2/22	N.D.	N.D.	N.D.				N.D.	N.D.	N.D.		
2007/3/13					N.D.						

(MU/g)

参考文献

- 馬場俊典・内田喜隆・繁永裕司（2006）徳山湾における貝毒原因プランクトンの出現とアサリ毒化：発生期の環境特性と出現細胞密度による毒化予察の試み Bull. Yamaguchi Pref. Fish. Res. Ctr. 4, 171-176
- 林 芳弘・田井野清也（2006）平成 16 年度高知県水産試験場事業報告 45-62
- 林 芳弘・田井野清也（2007）平成 17 年度高知県水産試験場事業報告 59-68
- 林 芳弘・田井野清也・安藤裕章・石川 徹（2005）高知県浦ノ内湾における *Chattonella* 赤潮出現の特徴 平成 18 年度日本水産学会大会講演要旨集
- 今井一郎（2000）ラフィド藻赤潮の発生機構と予知 水産研究叢書 48 29-70
- 松山幸彦（2003）ギムノディニウム・ミキモトイ赤潮の概要と二枚貝への影響について 平成 14 年瀬戸内海の赤潮 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所 35-40
- 織田純生・村上幸二・田島健司（1998）平成 8 年度高知県水産試験場事業報告 238-302
- 大野正夫・井本成彬・八塚 剛（1971）浦ノ内湾の海洋学的調査（1968-1969）宇佐臨海実験所研報 18 1-41
- 水産庁研究部漁場保全課（1997）漁場保全対策推進事業調査指針
- 上野幸徳・安藤裕章・林 芳弘・田井野清也・大河俊之（2007）平成 17 年度高知県水産試験場事業報告 129-147
- 山口峰生（2000）有害赤潮渦鞭毛藻 *Gymnodinium mikimotoi* の生理生態学的特性と赤潮発生機構及び発生予察の現状 水産研究叢書 48 101-136