

## 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供事業－3

### 浅海定線調査等（伊予灘・別府湾）

（国庫委託金）

野田 誠・宮村和良

#### 事業の目的

本調査は、別府湾・伊予灘海域における漁場環境の実態把握及び内海漁業資源の動向予測に必要な基礎データ収集を目的とする。

#### 事業の方法

##### 1. 浅海定線調査

毎月上旬に漁業調査船「豊洋」を使用して行った。水温と塩分については STD で観測し、採水試料の栄養塩はオートアナライザー(SWAAT BLTEC 社)を用いて分析した。

##### 1) 調査月日

2011年 4月 5日～6日	10月 3日～6日
5月 24日～26日	11月 7日～6日
6月 6日～9日	12月 5日～7日
7月 4日～7日	2012年 1月 10日～12日
8月 1日～2日	2月 1日～3日
9月 6日～8日	3月 5日～7日

##### 2) 調査項目

気象、海象、水温、塩分、透明度、DO、COD、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P

##### 3) 調査定線

調査定線（ナーセー9線）は図1に示したとおりである。

##### 2. 水温の定点調査

##### 1) 調査体制

佐伯湾内に位置する水産研究部前（図2）の棧橋付近における表層海水（0m）を、午前8時30分に採水し、棒状水温計で水温を測定した。平年

値は、1990年～2010年の21年間の平均値を用いた。

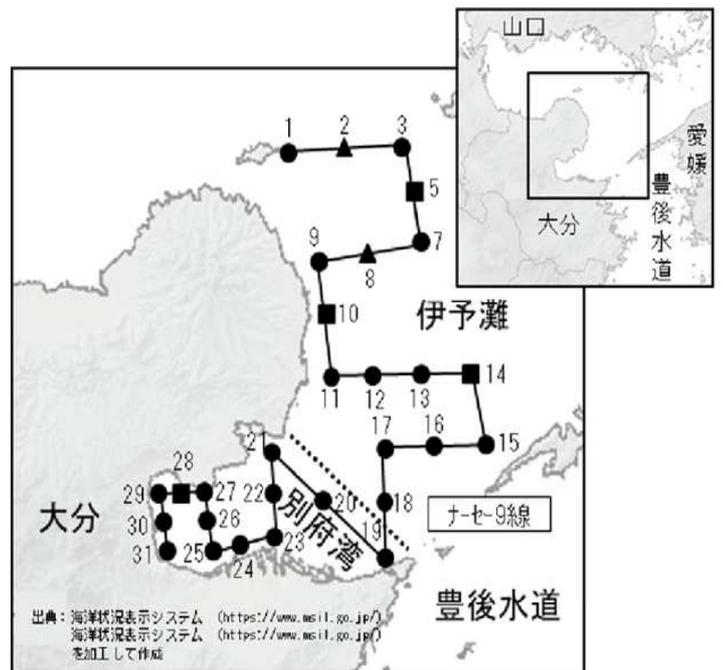


図1 浅海定線調査定線図

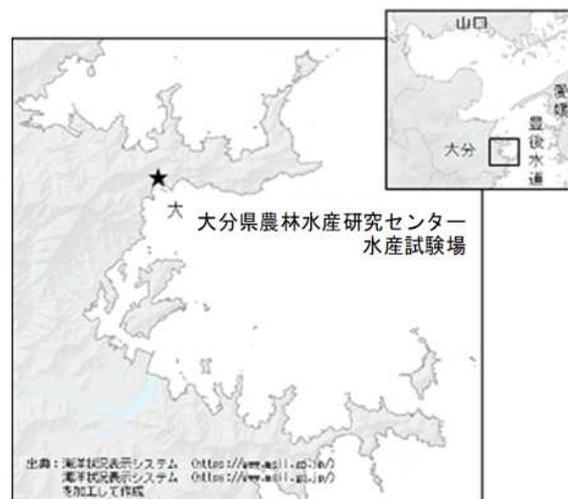


図2 水温定点観測調査点

事業の結果

1. 浅海定線調査等

1) 気象

図3は大分市における2011年度の気象の推移(大分気象台)である。

気温：6月下旬～12月上旬までは概ね高め傾向、12月中旬～2月下旬は概ね低め傾向であった。

降水量：4月から5月中旬にかけては平年より少ない降水であった。九州北部地方の梅雨入りは、5月21日で、5月下旬から6月中旬にかけては平年より多い降水があった。7月8日頃に梅雨明けしたが、7月上旬から9月上旬にかけては平年より少ない降水であった。

日照時間：7月上旬～3月上旬までは概ね少なめの傾向であった。

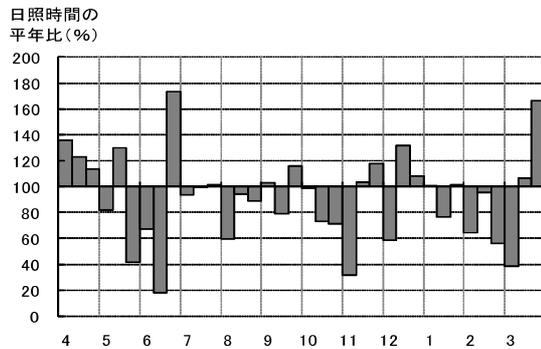
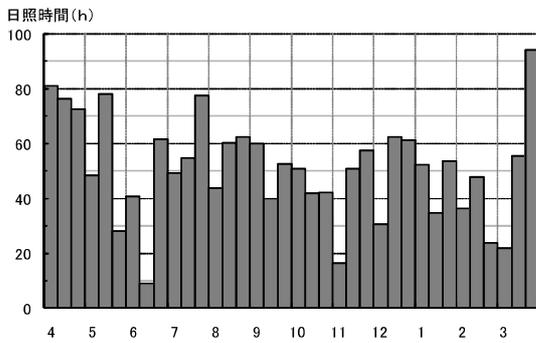
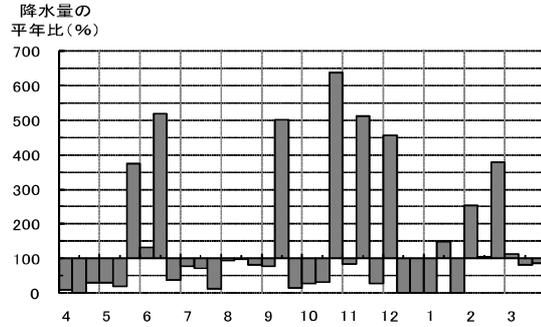
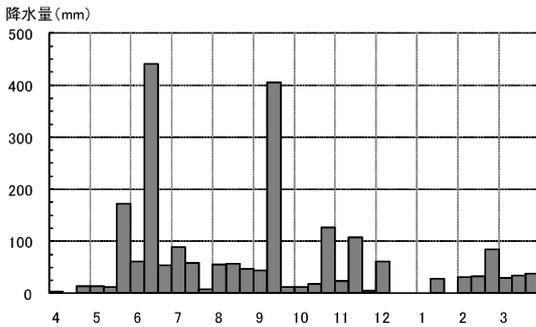
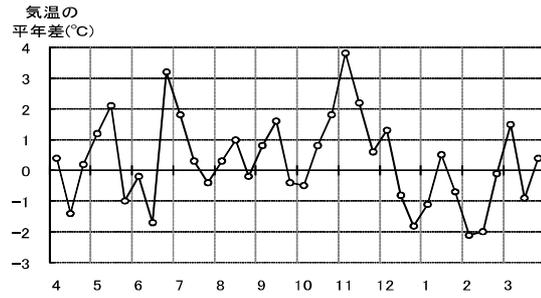
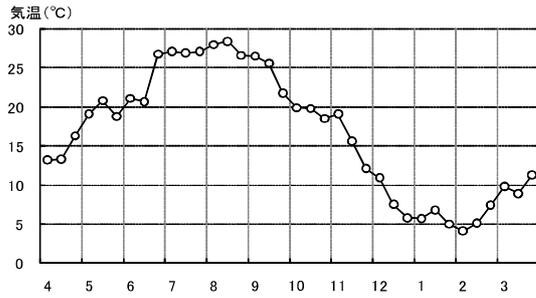


図3 2011年度大分市における気象(気象庁気象統計情報)

2) 海 象

A. 水 温

水温の観測結果は図4に示したとおりである。

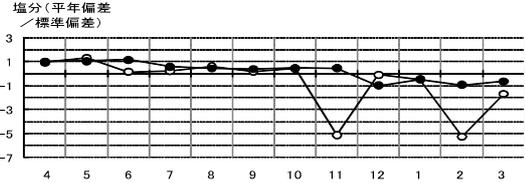
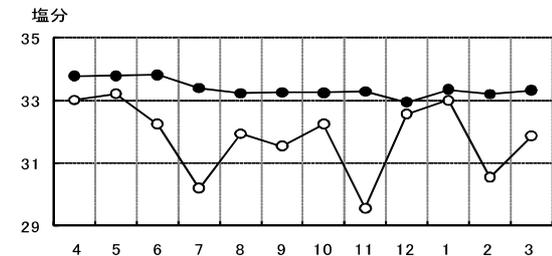
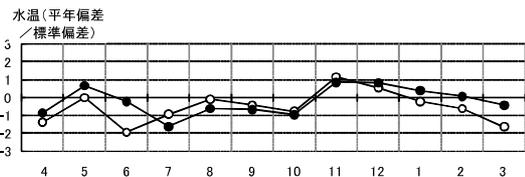
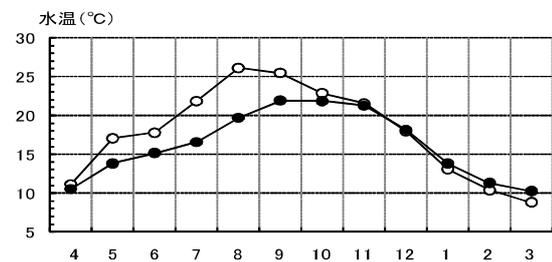
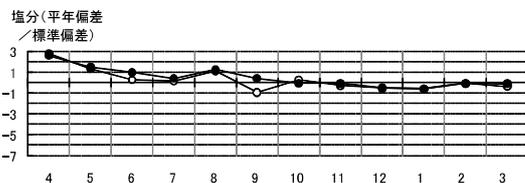
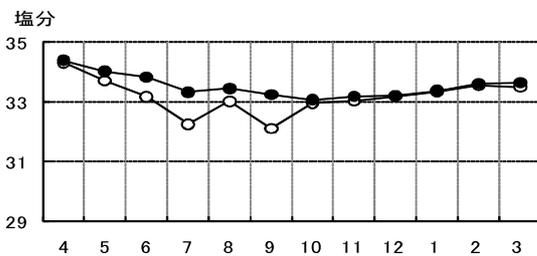
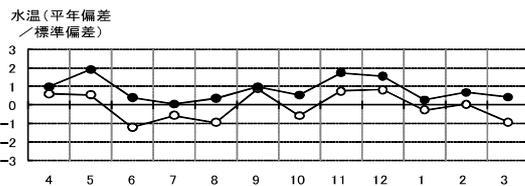
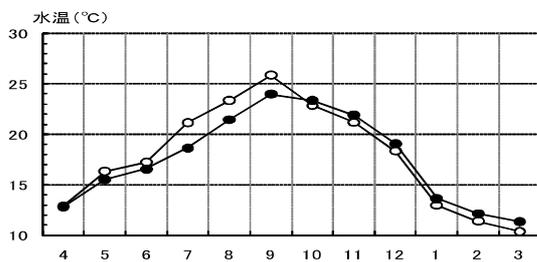
伊予灘の表層は 10.4 ~ 25.9℃で、底層は 11.4 ~ 24.0℃で推移した。表層は 9月 ~ 12月が「平年並み」 ~ 「やや高め」であった。底層は 5月と 11月 ~ 12月が「かなり高め」であり、その他の月も概ね「平年並み」 ~ 「やや高め」で推移した。

別府湾の表層は 8.8 ~ 26.1℃で、底層は 10.3 ~ 21.9℃で推移した。4、6 および 3月の表層は「かなり低め」であった。底層は 7月 ~ 10月にかけて「やや低め」 ~ 「かなり低め」であった。

B. 塩 分

塩分の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は 32.12 ~ 34.33PSU で、底層は 33.08 ~ 34.41PSU で推移した。表層、底層ともに、4月が「甚だ高め」、5月が「かなり高め」であった。別府湾の表層は、29.57 ~ 33.22PSU で、底層は 32.95 ~ 33.82PSU で推移した。5月の表層は、「かなり高め」であり、11月と2月は「甚だ低め」、3月は「かなり低め」であった。



○ : 表層 ● : 底層

図4 2011年度 水温、塩分の推移 (左:伊予灘 右:別府湾)

C. 透明度

透明度の観測結果は図 5 に示したとおりである。  
伊予灘は 7.0 ~ 11.4m で推移した。8 月は「かなり低め」であった。

別府湾は、5.17 ~ 11.67m で推移した。11 月は「甚だ高め」であった。

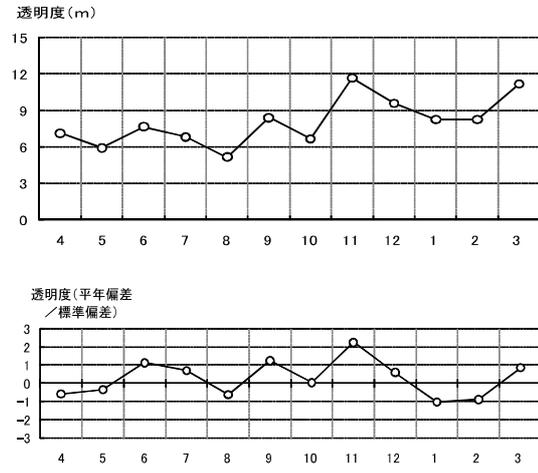
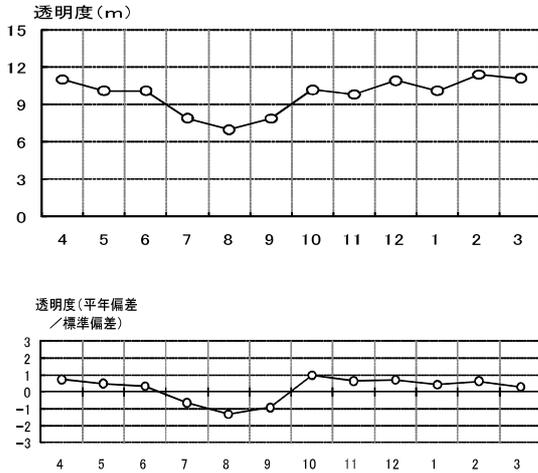


図 5 2011 年度 透明度の推移 (左: 伊予灘 右: 別府湾)

\*各項目の評価基準

評価基準 (平年偏差/標準偏差)

平年並 : -0.6 ~ 0.6

やや高め (低め) : 0.6 ~ 1.3 (-1.3 ~ -0.6)

かなり高め (低め) : 1.3 ~ 2.0 (-2.0 ~ -1.3)

甚だ高め (低め) : 2.0 ~ (~-2.0)

3) 栄養塩等

A. DIN

DIN の測定結果は図 6 に示したとおりである。

伊予灘の DIN は、表層が 0.72 ~ 5.12 $\mu\text{M}$  で、底層が 1.72 ~ 4.24 $\mu\text{M}$  で推移した。表層、底層ともにほぼ「平年並み」であったが、4 月と 2 月の表層は「やや高め」、4 月と 3 月の底層は「やや高め」であった。

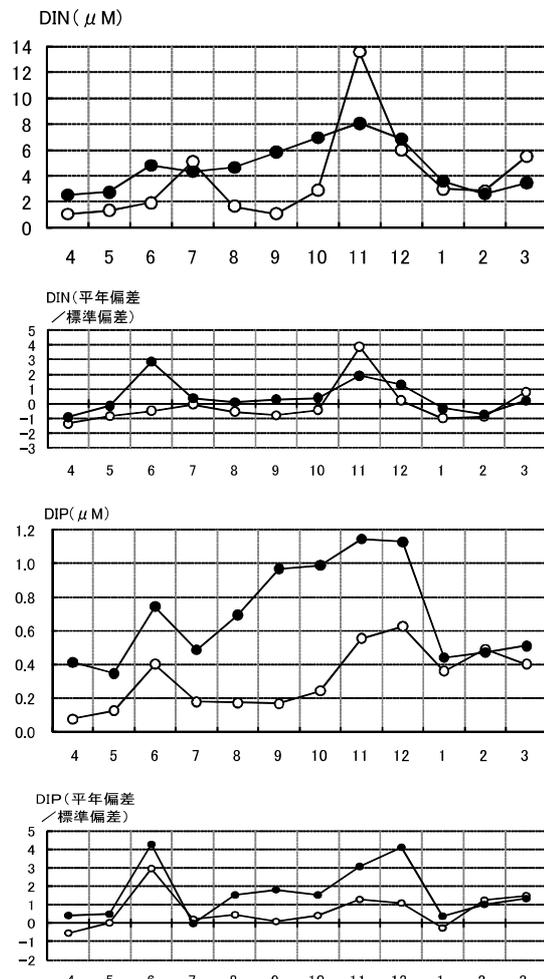
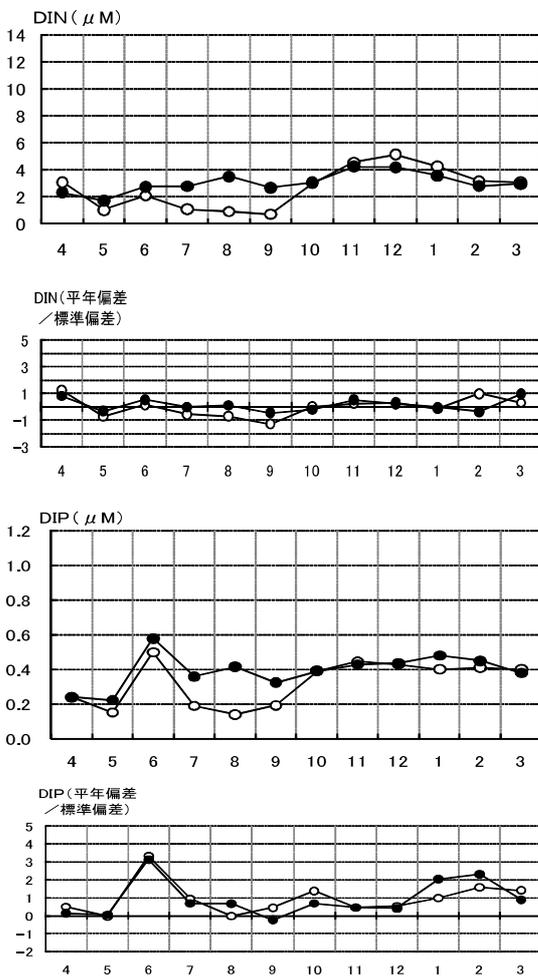
別府湾の DIN は、表層が 1.05 ~ 13.57 $\mu\text{M}$  で、底層が 2.52 ~ 8.07 $\mu\text{M}$  で推移し、表層の 4 月は「かなり低め」、11 月は「甚だ高め」であった。底層は 6 月が「甚だ高め」、11 月 ~ 12 月が「かなり高め」であった。

B. PO<sub>4</sub>-P

PO<sub>4</sub>-P の測定結果は図 6 に示したとおりである。

伊予灘は、表層が 0.14 ~ 0.50 $\mu\text{M}$  で、底層が 0.22 ~ 0.58 $\mu\text{M}$  で推移した。表層は 6 月は「甚だ高め」、11 月と 2 月 ~ 3 月は「かなり高め」であった。底層は 6 月と 1 月 ~ 2 月は「甚だ高め」であった。

別府湾は、表層が 0.08 ~ 0.63 $\mu\text{M}$  で、底層が 0.35 ~ 1.15 $\mu\text{M}$  で推移し、表層は 6 月は「甚だ高め」、11 月と 3 月は「かなり高め」であった。底層は 6 月と 11 月 ~ 12 月は「甚だ高め」、8 月 ~ 10 月、3 月は「かなり高め」であった。



○ : 表層 ● : 底層

図 6 2011 年度 DIN、PO<sub>4</sub>-P の推移 (左 : 伊予灘 右 : 別府湾)

C. DO

DOの測定結果は図7に示したとおりである。

伊予灘の表層は、4.84～6.48ml/Lで、底層は4.62～6.30ml/Lで推移し、表層の4月は「かなり高め」、底層の9月は「甚だ高め」であった。

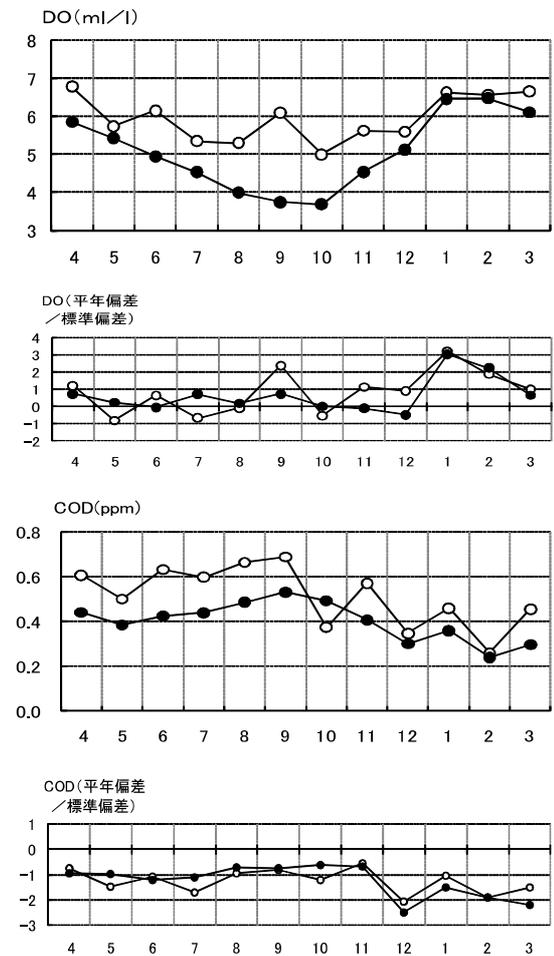
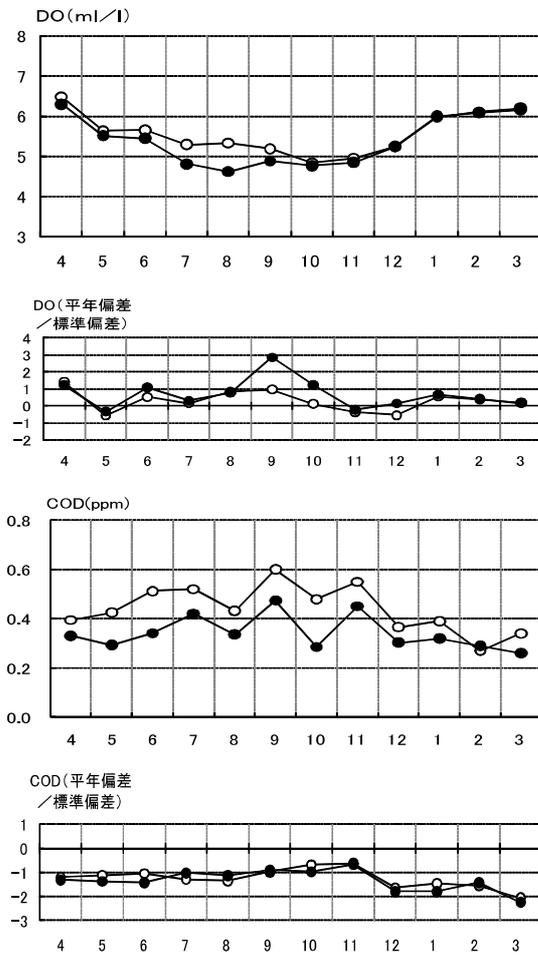
別府湾の表層は、5.00～6.78ml/Lで、底層は3.69～6.48ml/Lで推移し、表層は9月と1月が「甚だ高め」、2月が「かなり高め」であった。底層は1月～2月が「甚だ高め」であった。

D. COD

CODの測定結果は図7に示したとおりである。

伊予灘の表層は、0.27～0.60ppmで、底層は0.26～0.47ppmで推移した。表層、底層ともに「やや低め」～「甚だ低め」で推移した。

別府湾の表層は、0.26～0.69ppmで、底層は0.24～0.53ppmで推移した。表層、底層ともに概ね「やや低め」～「甚だ低め」で推移した。



○：表層 ●：底層

図7 2011年度 DO、CODの推移 (左：伊予灘 右：別府湾)

## 2. 水温の定点調査

佐伯湾内（上浦地先）の水温（0m）の定点調査結果は図8に示したとおりである。

2011年度は、8月中旬の26.4℃が最高値で、2月中旬の12.9℃が最低値であった。+1℃以上の水

温偏差が見られた期間は、5月上旬（+1.0℃）～中旬（+1.1℃）、6月下旬（+1.5℃）であった。  
-1℃以上の水温偏差は、10月上旬（-1.0℃）、1月上旬（-1.1℃）、1月下旬（-1.2℃）、2月中旬（-1.1℃）～下旬（-1.1℃）に見られた。

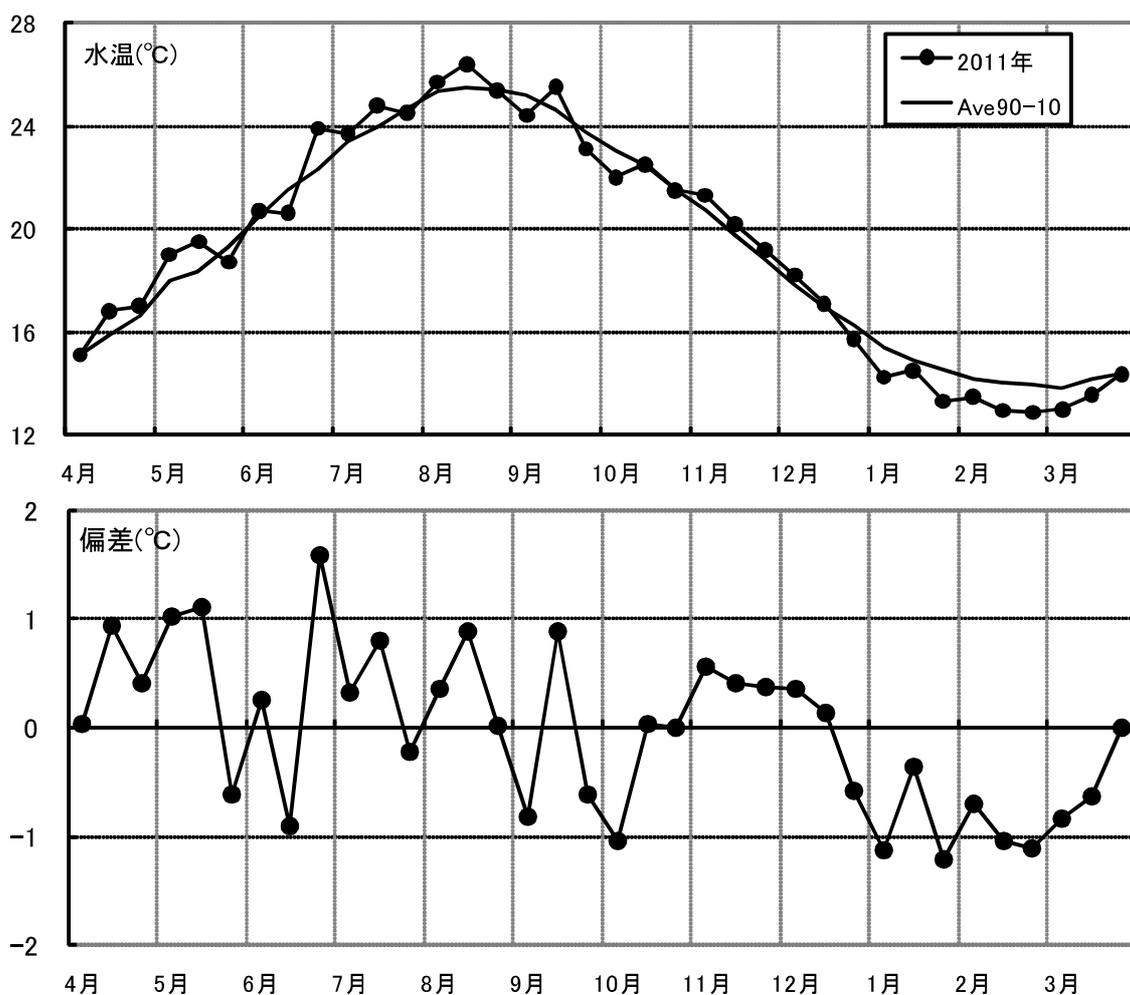


図8 2011年度 佐伯湾定点表層水温(旬平均値)の推移

## 赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－1 漁場環境保全推進事業①（赤潮防止対策）

宮村和良、野田 誠

### 事業の目的

赤潮発生予察に必要な資料を得ることを目的に、赤潮が頻繁に発生する海域において、海況、水質およびプランクトンの発生状況を定期的に調査した。

### 事業の方法

豊後水道に面する各湾について、図 1 に示した調査点で 2011 年 6～8 月に月に 1～4 回の調査を行った。各調査点は臼杵湾が三つ子島、津久見湾が赤碓内、佐伯湾が沖松浦、米水津湾が宮野浦、入津湾が湾中央である。各調査点では、表層、2m、5m、10m、底上 1m の 5 層の水温、塩分、溶存酸素、栄養塩、透明度および有害赤潮プランクトンについて観測した。水温の測定には CTD を用いた。塩分はサリノメーター (DIGI-AUTO MODEL3-G、鶴見精機)、溶存酸素はウィンクラー法を用いて測定した。栄養塩類は、オートアナライザー (SWAAT、BL-TECK 社) で分析した。試料海水は濃縮せずにプランクトンの同定、計数に供した。また各湾で確認された有害赤潮プランクトンについても種類と細胞密度をまとめた。

### 事業の結果

臼杵湾は 6 月、津久見湾では 6 月と 8 月の調査が欠測。米水津湾では調査定点の水深が浅いため、底層は 5m 層の値を用いた。

#### 1. 赤潮発生状況

赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－2 有害プランクトン生理・生態研究 1. 漁場監視モニタリング調査 3) 赤潮発生状況 (p148) を参照。

#### 2. 気象

赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－2 有害プランクトン生理・生態研究 1. 漁場監視モニタリング調査 1) 気象 (p148) を参照。



図 1 赤潮調査点

### 3. 海象

調査期間中における各調査点の各月平均の水温、塩分、溶存酸素および透明度の推移は図 2 に、栄養塩 (DIN、 $PO_4\text{-P}$ ) の推移は図 3 に示したとおりである。

#### 1) 水温

表層水温は 20.8～25.9℃、底層水温は 16.8～23.4℃の範囲で推移した。入津湾では表層と底層の水温差が大きく、底層水温は他の海域に比べて低めで推移した。

2) 塩 分

表層塩分は 12.87 ～ 33.70、底層塩分は 32.92 ～ 34.35 で推移した。佐伯湾では 6 ～ 7 月に、米水津湾では 6 月に表層で著しい低下がみられた。

3) 溶存酸素

溶存酸素は、表層が 6.61 ～ 9.41mg/L、底層が 0.00 ～ 7.33 mg/L で推移した。入津湾の底層では、6 月に貧酸素（魚介類に生理的变化を引き起こす値 4.3mg/L 以下）、7 ～ 8 月に無酸素状態が観測された。

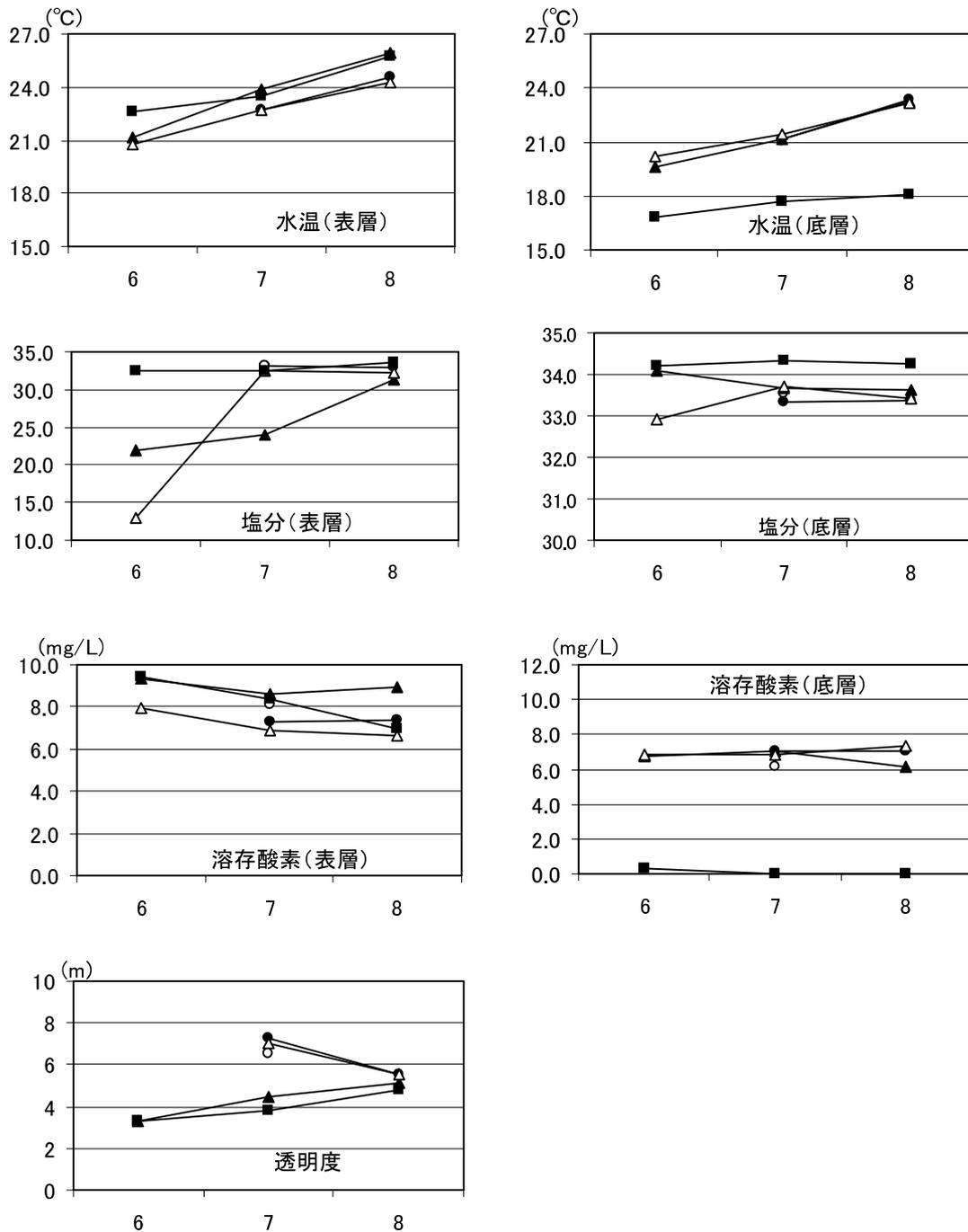


図 2 各湾における水温、塩分、溶存酸素および透明度の月別推移

●：白杵湾 ○：津久見湾 ▲：佐伯湾 △：米水津湾 ■：入津湾

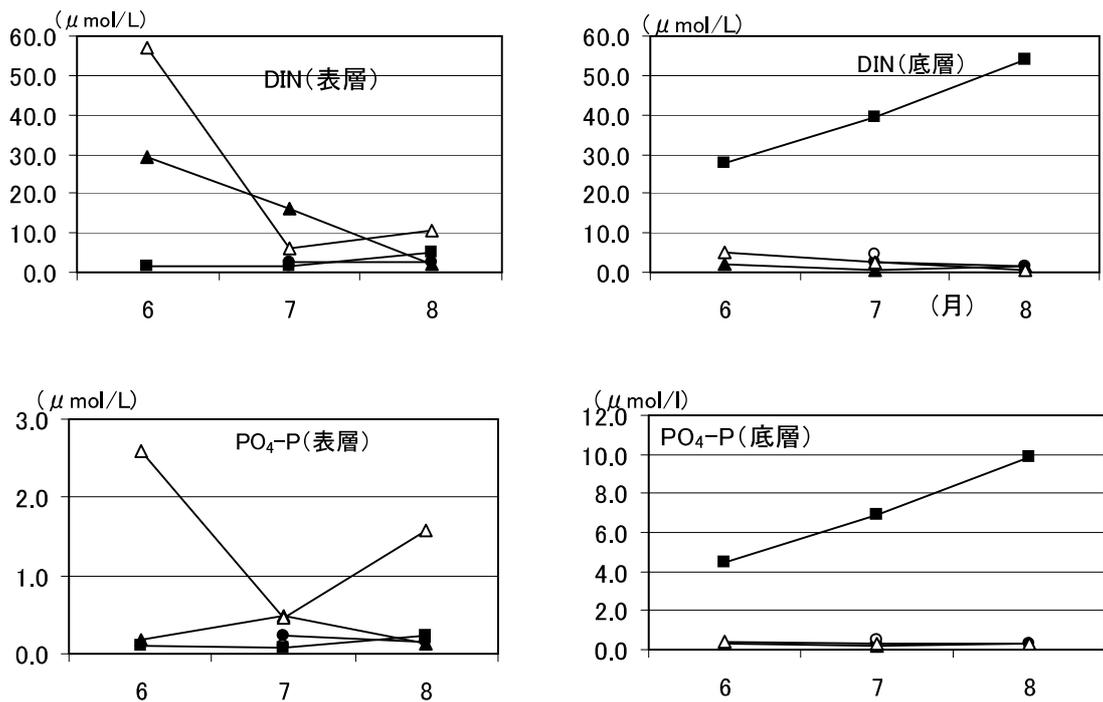


図3 各湾における栄養塩 (DIN、PO<sub>4</sub>-P) の月別推移

● : 白杵湾 ○ : 津久見湾 ▲ : 佐伯湾 △ : 米水津湾 ■ : 入津湾

#### 4) 透明度

透明度は 3.3 ~ 7.3m の範囲で推移した。

#### 5) DIN

DIN は、表層では 1.45 ~ 56.81μM、底層では 0.58 ~ 54.07μM で推移した。表層では佐伯湾の 6 ~ 7 月および米水津湾の 6 月が著しく高く、底層では全期間で入津湾が高く推移した。

#### 6) PO<sub>4</sub>-P

PO<sub>4</sub>-P は、表層では 0.08 ~ 2.59μM、底層では 0.21 ~ 9.85μM で推移した。表層では米水津湾の 6 月と 8 月が著しく高く、底層では全期間で入津湾が他の湾より高く推移した。

#### 4. プランクトン

調査期間中の各湾における *Chattonella* spp (*C. antiqua*, *C. marina*)、*Heterosigma akashiwo*、*Karenia mikimotoi*、*Cochlodinium polykrikoides* の鉛直平均 (表層、2m、5m、10m、B-1m) 細胞密度の推移を示したものが図 4 である。

#### 1) *Chattonella* spp :

*Chattonella* spp は全海域で確認されなかった。

#### 2) *Karenia mikimotoi* :

津久見湾と米水津湾では未確認、白杵湾では 8 月に 0.2 cells/ml、佐伯湾では 6 月に 0.2 cells/ml、7 月に 1.2 cells/ml、8 月に 14.4 cells/ml、入津湾では 8 月に 1.2 cells/ml が確認された。

#### 3) *Heterosigma akashiwo* :

米水津湾では未確認、白杵湾では 8 月に 0.1 cells/ml、津久見湾では 6 月に 0.25cells/ml、7 月に 0.16cells/ml、佐伯湾では 6 月に 8.3 cells/ml、7 月に 3.3 cells/ml、8 月に 0.9 cells/ml、入津湾では 7 月に 1.1cells/ml、8 月に 0.06cells/ml 確認された。

#### 4) *Cochlodinium polykrikoides* :

白杵湾、津久見湾および米水津湾では未確認、佐伯湾では 6 月 0.5 cells/ml、8 月に 0.1 cells/ml、入津湾では 8 月 2 cells/ml が確認された。

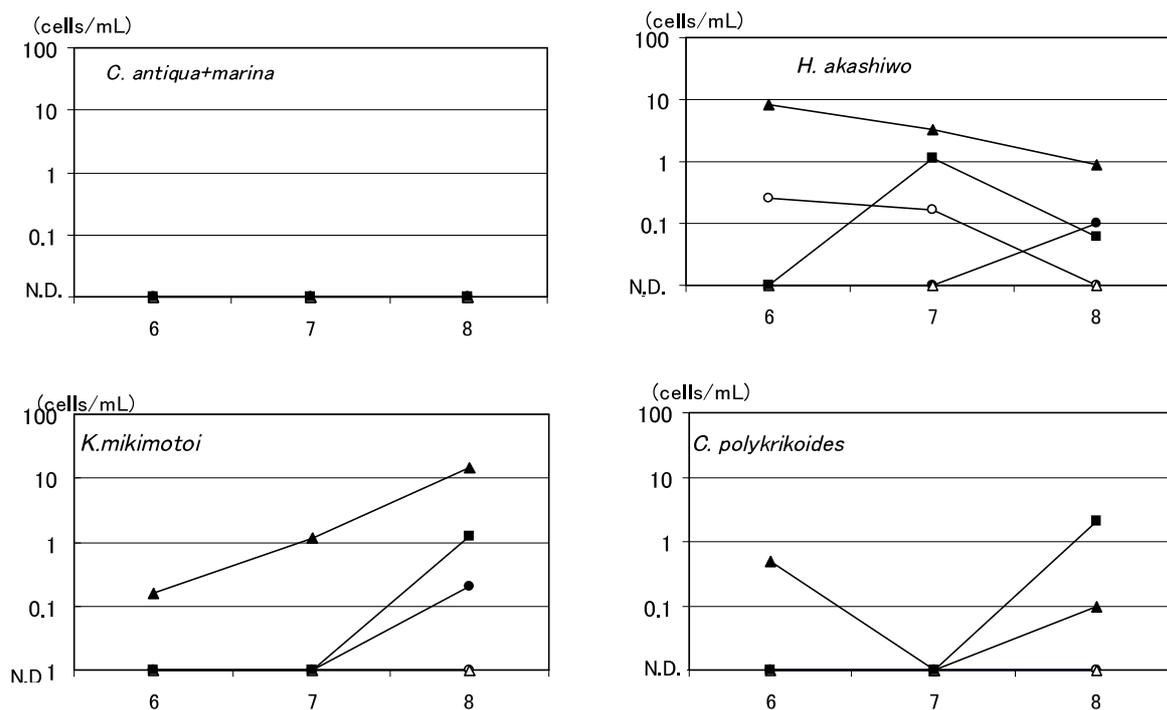


図 4 各湾における有害プランクトンの月別推移

● : 白杵湾 ○ : 津久見湾 ▲ : 佐伯湾 △ : 米水津湾 ■ : 入津湾

## 赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－1 漁場環境保全推進事業②（貝毒発生監視調査）

宮村和良・野田 誠

### 事業の目的

近年、貝毒原因プランクトンの発生や、それに伴う二枚貝の毒化がしばしば報告されている。本県佐伯市南部沿岸域においてもヒオウギガイ、アサリ、ムラサキイガイで麻痺性貝毒プランクトンによる毒化が問題となった経緯がある。本事業の目的は、貝毒原因プランクトンをモニタリングすることで二枚貝の毒化を監視し、食品としての安全性を確保することである。

### 事業の方法

佐伯市蒲江にある猪串湾、小蒲江湾において調査点2～3点（*G. catenatum*が増加する4～7月及び2、3月の期間は避難漁場である赤バエの1点を追加）を設置し、2011年4月から2012年3月の間に毎月1～4回の調査を行った。各調査点（図1）では表層、2m層、5m層、10m層および海底上1m層の採水を行い、0.5m層から海底までの水温、塩分をCTD（JFEアドバンテックAAQ-125）を用いて測定した。また潮干狩りシーズンにはアサリ漁場のある大分市大在と一尺屋、臼杵市下ノ江周辺および佐伯市入津湾沿岸においても表層の採水を行った。採水した海水は孔径10 $\mu$ mのプランクトンネットを用いて100倍に濃縮後、光学顕微鏡を用いて貝毒原因プランクトンの同定、計数を行った。小蒲江湾（避難漁場も含む）の養殖ヒオウギガイ、猪串湾の天然アサリ、養殖イワガキ、名護屋湾の養殖イワガキ、天然イワガキは定期的に採取しELISA法とマウスアッセイ法を用いて毒力を測定した。マウスアッセイ法は県衛生環境研究センターに依頼して行った。

### 事業の結果

#### 1. 小蒲江湾

##### 1) 海況

小蒲江湾における各層水温の推移と年平均値の比較



図1 貝毒原因プランクトン調査点

は図2に、各層塩分の推移と年平均値の比較は図3に示したとおりである。年平均値との比較には、局地的な降雨等の影響を除くために表層を除く層の値を月平均して用いた。

以下は水温と塩分の概況である。

#### A. 水温

各層水温は、0.5m層が16.2～27.3℃、2m層が16.2～25.6℃、5m層が16.2～25.4℃、10m層が16.1～25.3℃、底上-1m層が15.5～25.0℃で推移した。最高水温は0.5m層と2m層では8月に、その他の層では9月に観測された。最低水温は0.5層、2m層、5m層、10m層で3月下旬に、底上1m層で2月下旬に観測された。成層は6月から9月まで認められた。月平均水温は7月に平年より低め、12月に平年より高め、その他の月は平年並みで推移した。

#### B. 塩分

各層塩分は、0.5m層が29.58～34.71、2m層が32.31～34.76、5m層が33.32～34.78、10m層が33.55～34.79、底上-1m層が33.70～34.79で推移した。最低塩分は0.5層、2m層、5m層では6月

中旬、その他の層では9月に観測された。最高塩分は全層で4月上旬に観測された。月平均塩分は、

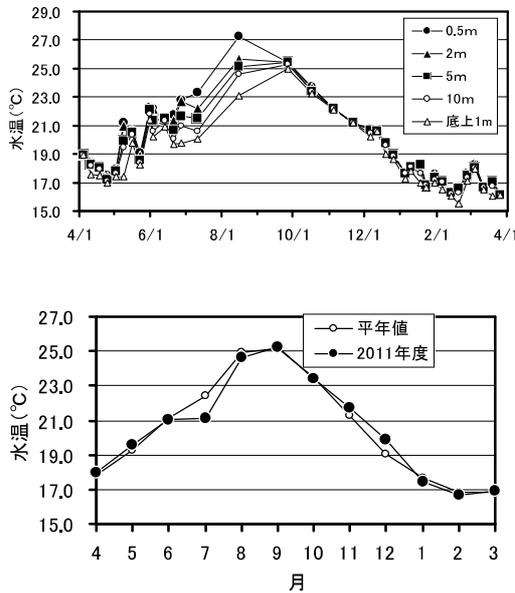


図 2 2011 年度小蒲江湾における各層水温の推移 (上段) と平年値との比較 (下段)

平年値は1989年1月～2010年3月の、2m、5m、10m、底上1mの各層の値を平均した。

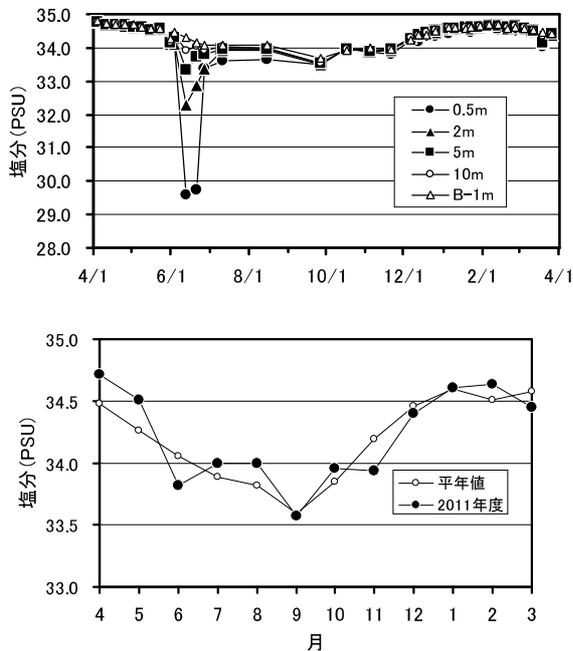


図 3 2011 年度小蒲江湾における各層塩分の推移 (上段) と平年値との比較 (下段)

平年値は1989年1月～2011年3月の期間の2m、5m、10m、底上1mの各層の値を平均した

4～5、7～8、10 および2月は平年より高め、6、11 および3月は平年より低めであった。4～5月の平均値は平年より0.24 高く推移した

2) 貝毒原因プランクトン発生状況

貝毒原因プランクトンの鉛直平均細胞密度の推移を示したものが図4である。プランクトン種毎の消長と各漁場の推移は以下のとおりである。

A. *Gymnodinium catenatum*

4月～11月中旬まで検出限界以下 (N.D.)で推移した後、12月に時折遊泳細胞の出現が低密度で確認された。2月中旬に今年度の最高細胞密度の72 cells/L が確認されたが、その後減少し3月以降はN.D.で推移した。

B. *Alexandrium catenella*

5月以降に急増し5月下旬に412cells/L に達した。その後一旦減少したが再び増加し6月下旬には804 cell/L が確認された。7月上旬-1月上旬まで N.D.で推移したが1月下旬以降、散発的に100cells/L 以下の低密度で確認された。

C. *Dinophysis spp.*

9月26日に16cells/L、2月13日に230cells/L が確認されたが、その他の期間は度々10cells/L 以下の低密度で出現が確認された。

3) 二枚貝毒化状況

赤バエおよび小蒲江における出荷用ヒオウギガイの中腸腺および可食部の毒力推移を示したものが図5である。避難漁場からの出荷期間は4月～10月中旬、1月下旬～3月である。赤バエでは昨年度から継続していた規制が4月21日に解除されたが、5月以降の *A.catenella* の出現時に毒力の急激な増加が確認され、5月16日のサンプルから可食部9.8 MU/g が検出されたため、出荷自粛が行われた。その後毒力は低下し7月以降は規制値以下で推移した (規制期間5月16日～7月21日)。

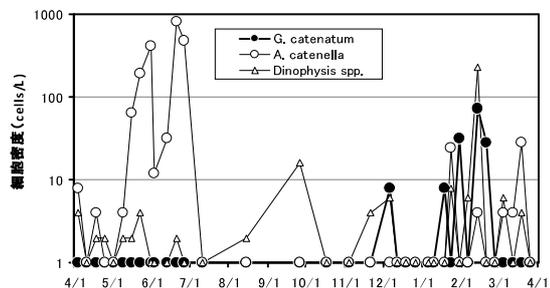


図 4 小蒲江湾での貝毒原因プランクトン細胞密度の推移

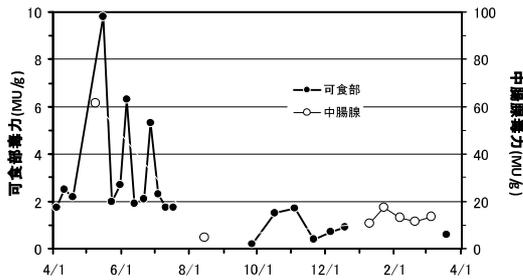


図5 出荷用ヒオウギガイの麻痺性貝毒力の推移  
(8月～12月はELISA法、その他の月はマウスアッセイによる分析)

2. 猪串湾:

1) 海況

猪串湾森崎地先における各層水温の推移と平年値の比較は図6に、各層塩分の推移と平年値の比較は図7に示したとおりである。平年値との比較には、局地的な降雨等の影響を除くために表層を除く層の値を月平均して用いた。

A. 水温

各層水温は、0.5m層が15.4～27.4℃、2m層が15.4～26.5℃、5m層が15.4～25.9℃、10m層が15.2～25.6℃、底上-1m層が15.0～25.6℃で推移した。最高水温は0.5層と2m層で8月に、その他の層で9月に観測された。最低水温は全層とも2月下旬に観測された。成層は6月上旬から発達し7～9月の期間に顕著となった。平均水温は平年より9月と11月は高め、7月と2月は低めで推移した。

B. 塩分

各層塩分は、0.5m層が22.58～34.81、2m層が32.23～34.80、5m層が33.53～34.80、10m層が33.68～34.77、底上-1m層が33.73～34.81で推移した。最低塩分は0.5m層と2m層で6月下旬、5m層で6月中旬、10m層と底上1m層で11月下旬に観測された。6月中～下旬に降雨の影響で、0.5m層の著しい塩分低下が確認された。平均塩分は4～5月と8月が高め、6、11および3月は低めで推移した。

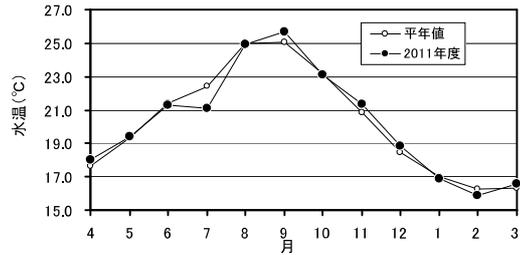
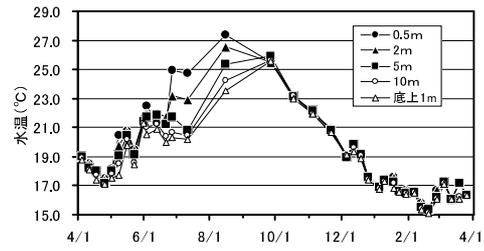


図6 2011年度猪串湾における各層水温の推移(上段)と平年値との比較(下段)  
平年値は1999年12月～2010年3月の、2m、5m、10m、底上1mの各層の値を平均した

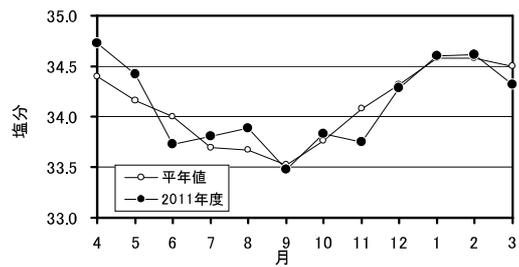
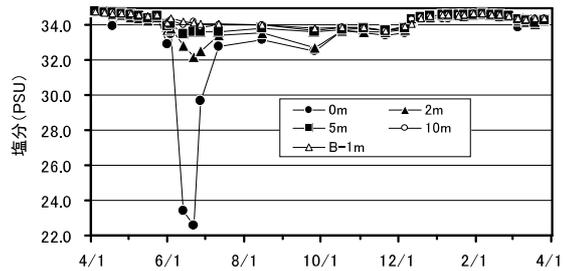


図7 2011年度猪串湾における各層塩分の推移(上段)と平年値との比較(下段)  
平年値は1999年1月～2010年3月の期間のCTDで測定した値を用い、2m、5m、10m、底上1mの各層の値を平均した

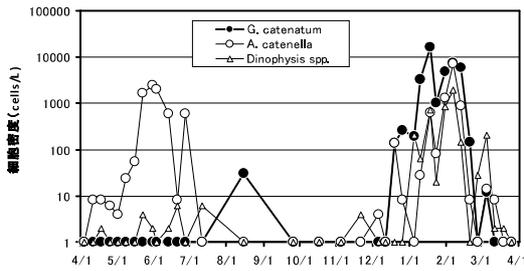


図 8 猪串湾森崎地先における貝毒原因プランクトンの推移  
(表層, 2, 5, 10, 底上 1m 層の鉛直平均細胞数)

2) 貝毒原因プランクトン

貝毒原因プランクトン鉛直平均細胞数の推移を示したものが図 8 である。プランクトン種毎の消長は以下のとおりである。

A. *Gymnodinium catenatum*

8 月中旬に突発的に 30cells/L 確認されたが、4 月上旬～12 月上旬まではほぼ N.D. で推移した。12 月中旬から増加が確認され、1 月中旬には 16,200cells/L に達した。その後一旦減少し、2 月中旬まで 1,000cells/L 以上で推移した後、2 月下旬から急減し、3 月中旬には終息した。2010 年度以降、本種の出現がやや早まる傾向がみられた。2011 年度冬季に本種が低密度に推移した要因として、2 月の降水量が多く、猪串湾内でエスチュアリー循環流が発達したため、遊泳細胞が湾外に流出し個体群密度が維持できなかったことが考えられる。

B. *Alexandrium catenella*

2 回ブルームが確認され、前期は 5 月上旬から増殖し、5 月下旬～6 月上旬には 1,000cells/L を超えて推移した(最高細胞密度 5/31 2,400 cells/L)。後期は 1 月以降に増加し 2 月上旬には 7,293 cells/L に達し、3 月下旬には終息した。

C. *Dinophysis spp.*

4 月～12 月下旬までは時折、10cells/L 以下の低密度で確認されたが、1 月上旬から増殖が認められ、2 月上旬には 1,880cells/L に達した。その後減少し 3 月下旬に終息した。

3) 二枚貝毒化状況

A. アサリ

結果は図 9 に示したとおりである。猪串湾蒲江森崎地先では 4 月上旬～5 月下旬まで 2.9～3.9MU/g で推移したが、2 月上旬の *G. catenatum* および *A. catenella* の増加が認められた時には規制値を超える毒力(可食部 5.6MU/g)が検出され、採捕規制が

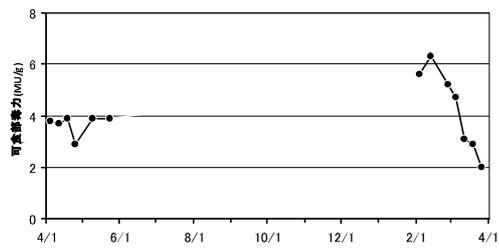


図 9 猪串湾森崎地先で採取したアサリ可食部の毒力推移(全てマウスアッセイ法による分析)

行われた。3 月中旬には規制値以下に減少し、3 月下旬には規制が解除された。

B. イワガキ

名護屋湾および猪串湾鵜の糞地先の養殖及び天然イワガキの毒力結果を示したものが表 1 である。両海域ともに麻痺性貝毒成分は検出されたが、規制値を超えることなく推移した。

C. ムラサキイガイ

ムラサキイガイは、麻痺性貝毒プランクトンの出現が断続して確認されていること等から、1999 年から採捕規制が継続されている。

表 1 二枚貝麻痺性貝毒検査結果

採集日	種類	海域	部位	MU/g	備考
2011/4/4	天然イワガキ	名護屋	可食部	2.1	マウス
2011/4/18	養殖イワガキ	名護屋	可食部	N.D.	マウス
2011/4/25	養殖イワガキ	名護屋	可食部	N.D.	マウス
2011/5/9	養殖イワガキ	名護屋	可食部	N.D.	マウス
2011/5/23	養殖イワガキ	鵜の糞	可食部	N.D.	マウス
2011/5/23	天然イワガキ	名護屋	可食部	N.D.	マウス
2011/7/11	養殖イワガキ	鵜の糞	可食部	0.7	ELISA
2011/7/11	養殖イワガキ	名護屋	可食部	0.2	ELISA
2012/3/12	養殖イワガキ	名護屋	可食部	N.D.	マウス

N.D.はマウスアッセイ法による分析で1.75MU/g以下を示す。

3. 入津湾、米水津湾、一尺屋、下ノ江

貝毒プランクトン出現状況は以下に示したとおりである。

1) 入津湾

4 月 28 日と 2 月 3 日の採水のうち、2 月 3 日のサンプルから *Dinophysis spp.* 50cells/L 確認された。

2) 米水津湾

3 月 13 日の採水では貝毒原因プランクトンは確認されなかった。

3) 一尺屋、下ノ江

4 月 27 日と 2 月 7 日の両採水サンプルともに貝毒原因プランクトンは確認されなかった。

## 赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－2

### 有害プランクトン生理・生態研究

宮村和良 野田 誠

#### 事業の目的

近年、西日本では従来種に加え新奇有害プランクトンの蔓延等による甚大な被害【*Cochlodinium polykrikoides* 赤潮（被害額：1999年長崎県7.6億円、2000年熊本県35億円）、*Heterocapsa circularisquama* 赤潮（1998年広島県38億円）、*Chattonella* spp. (*Chattonella antiqua* 及び *Ch. marina*) 赤潮（2003年徳島県6.6億円、香川県4.9億円、熊本県3.3億円、鹿児島県1.6億円、2009年鹿児島県20億円、熊本県8.7億円、長崎県4.3億円、2010年鹿児島県36.8億円、熊本県16億円、長崎県1.6億円）】が報告されている。大分県内においても毎年、有害赤潮による漁業被害が報告され、今後被害の拡大が危惧されるとともに、監視強化の必要な有害プランクトン種が増大する傾向にある。

漁業被害を防止するためには、プランクトンの生理生態研究で予察技術を確立し、定期的なモニタリング調査で赤潮発生を早期に予知して、適切な被害防止策を講じることが、現状における最善策である。しかし、漁業協同組合職員や漁業者による初期のモニタリングは技術面において困難であることから、業界からは有害プランクトンの監視について一層の強化が望まれている。

本事業の目的は、魚介類を致死させる有害プランクトンの発生および養殖被害を伴う環境悪化等を予察することによって漁業被害を軽減することである。また、被害防止対策の一助とするために、これまで解明されていない赤潮プランクトンの生態研究に取り組み、赤潮予察精度向上のための基礎資料を得ることも目的である。

#### 事業の方法

##### 1. 漁場監視モニタリング調査

豊後水道に接する佐賀関以南の各湾（図1）に調査点4～7点（精密調査点1～2点を含む）を設定し、5～9月に調査を行った。各調査点ではCTD（JFEアドバンテック社製AAQ-RINKO）による水温、塩分、クロロフィル蛍光値の測定および、採水器（リゴ－B号）による、表層、2m層、5m層の採水を行った（大分市沿岸は表層、2m層の採水のみ）。得られた試料海水は有害プランクトンの同定・計数に用いた。精密調査点では上記の採水層、調査項目に加え、10m層、底上1m層の採水も行い、各層の溶存酸素（ウインクラー法）、栄養塩（DIN、PO<sub>4</sub>-P）の測定を行った。

また、鉛直クロロフィルの測定の際、極大値が確認された層については採水を行い、試水中の有害プランクトンの同定及び計数を行った。定期調査および海水持ち込み時の際に有害プランクトンが確認された湾及び赤潮多発期の7～8月には、調査回数、調査点を増やした。

##### 2. 有害プランクトン生理・生態調査

###### （*Karenia mikimotoi*赤潮発生機構の解明）

これまで（2007～2012年）に得られた佐伯湾の*K. mikimotoi*に関するデータをとりまとめ、赤潮形成時期と冬季水温との関係について検討した。

##### 3. 指導事業

赤潮シーズン前に、佐賀関以南の振興局、市町村、漁協、養殖業者を対象に赤潮担当者会議を開催し、最近の赤潮発生状況や被害についての説明を行った。また、漁業者から赤潮講習会の要望があった場合には現場に赴き講師を務めた。

赤潮発生時や、赤潮になる危険性がある有害プランクトン発生時には、緊急赤潮情報、赤潮情報を発行し、周知徹底を図った。

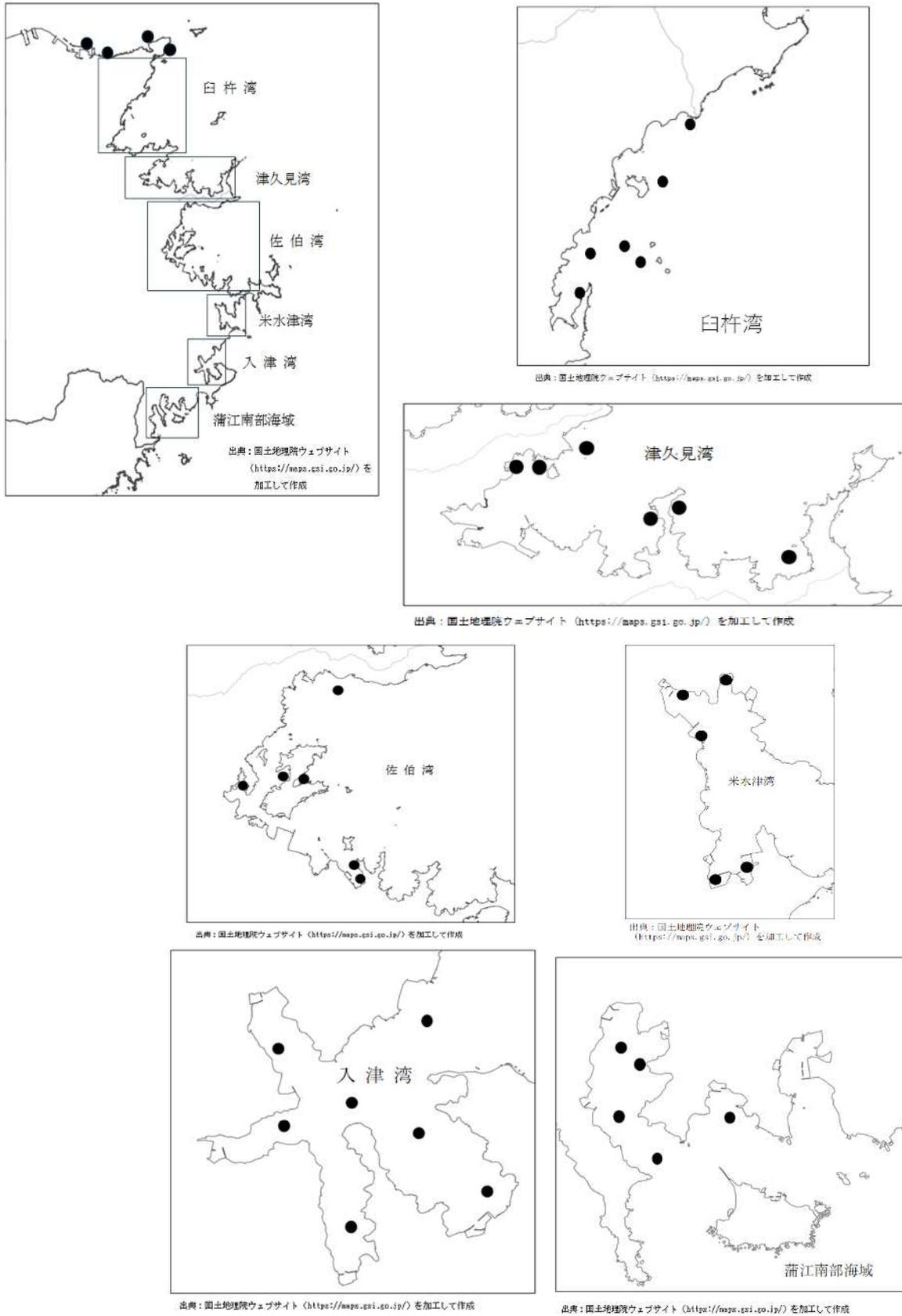


図1 赤潮調査定点

## 事業の結果

### 1. 漁場監視モニタリング調査

#### 1) 気象

##### A. 概要（気象月報抜粋）

6月の上、中旬は寡照であったが、下旬は多照となった。また、中旬は県内各地で降水量が平年よりかなり多くなり、杵築、犬飼、竹田、佐伯、宇目では月降水量の最大値を更新した。県内アメダスの月降水量は平年比 151～262%で平年よりかなり多い所が多かった。6月5日梅雨入り。

7月9日ごろに九州北部地方（山口県を含む）は梅雨明けした。18～19日は台風第6号の影響を受け風雨が強まり、19日は犬飼で北の風 10.1m、竹田で北東の風 8.7mを観測し、7月の日最大風速を更新した。県内アメダスの月降水量は平年比 37～146%で平年並の所が多かった。月平均気温は平年差-0.2～+1.0℃で平年並の所が多く、月間日照時間は平年比 78～99%で平年並の所が多かった。

8月は高気圧に覆われて概ね晴れる日が多かったが、湿った空気や前線の影響を受ける日もあった。17日は杵築で 36.2℃の日最高気温を観測し、8月の日最高気温を更新した。県内アメダスの月降水量は平年比 55～217%で平年並の所が多かった。月平均気温は平年差-0.1～+0.9℃で平年並の所が多く、月間日照時間は平年比 80～94%で平年より少ない所が多かった。

9月は台風第12号や15号の影響を受け、大雨の日があった。佐賀関で 568.5mm、佐伯で 759.0mmの月降水量を観測し、9月の月降水量の最大値を更新した。県内アメダスの月降水量は平年比 61～301%で、平年よりかなり多い所が多かった。

##### B. 気温・降水量

4～9月の佐伯市アメダス月降水量及び月平均気温の推移は図2に示したとおりである。平均気温は、4月が平年より 0.7℃低め、5～7および9月が平年より 0.4～0.8℃高め、8月は平年並みであった。降水量は、4月と8月が平年より少なめ(-120mm、-85mm)、6月と9月が平年より多め(+289mm、+456mm) その他の月は平年よりやや多めであった。

#### 2) 海象

詳細は、赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－1 漁場環境保全推進事業位置①（赤潮防止対策）に記述したとおりである（p138参照）。

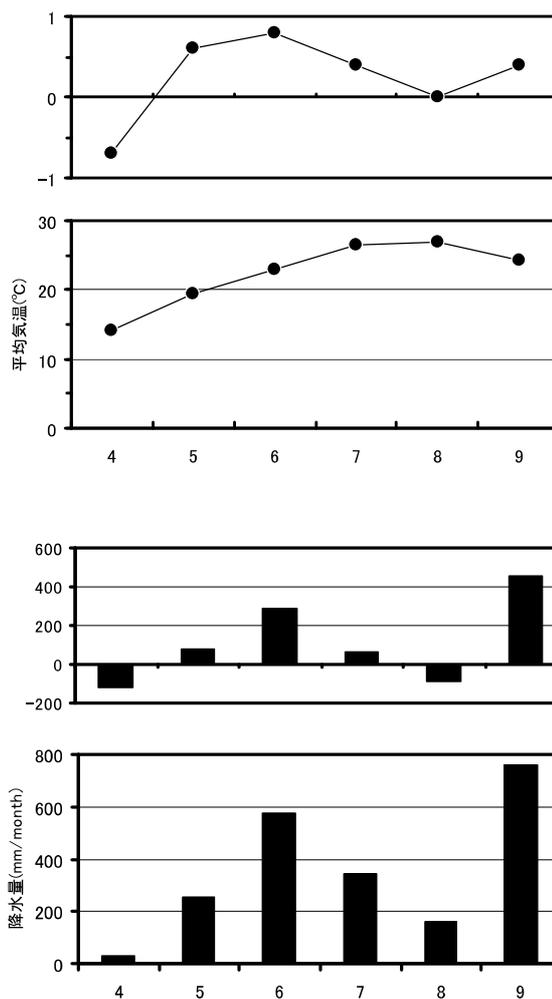


図2 アメダスによる佐伯市の月平均気温、月降水量の推移と平年偏差

（上段：1979～2000年平均値、下段：2011年実測値）

#### 3) 赤潮発生状況

赤潮発生状況は表1に示したとおりである。赤潮は21件発生し、内4件で漁業被害が報告された。構成プランクトンは *Heterosigma.akashiwo* 7件（内1件は混合赤潮）、*Mesodinium. rubrum* 5件、*Noctiluca. scintillans* 5件、*Karenia.mikimotoi* 3件（内1件は混合赤潮）であった。漁業被害を伴った赤潮構成プランクトンは *K.mikimotoi* 3件、*H.akashiwo* 3件であった。

#### 4) 特記事項

豊後水道沿岸で *H. akashiwo*、*M. rubrum* を原因とする赤潮が例年より多数発生し、*M. rubrum* による赤潮は広範囲に確認された。県内で初めて冬季に *K.mikimotoi*（整理番号 21）による赤潮が確認された。

表1 2011年度豊後水道西岸域および別府湾における赤潮発生状況

整理番号	発生期間				発生海域		構成プランクトン		最高密度 (細胞/ml)	漁業被害
	発生日	～	終息日	日数	灘・水道	湾等	属	種		
1	5月23日	～	8月15日	84	豊後水道	猪串湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	340	無
2	6月3日	～	6月8日	5	別府湾	別府湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	5,367	無
3	6月8日	～	6月17日	9	別府湾	別府観光港	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	1,550	無
4	6月13日	～	8月30日	78	豊後水道	佐伯湾	<i>Skeletonema</i>	sp.	8,000	無
5	6月15日	～	7月13日	28	別府湾	大分市古宮	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	26,500	無
6	7月13日	～	8月5日	23	豊後水道	入津湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	10,000	無
7	7月26日	～	9月14日	50	豊後水道	佐伯湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	6,375	有
							<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	99,000	
							<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i>	550	
							ハフト藻類の一種		6,000	
8	7月28日	～	8月30日	33	別府湾	北浜沖	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	1,260	無
9	8月22日	～	8月30日	8	豊後水道	臼杵湾	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	15,000	無
10	8月23日	～	8月31日	8	豊後水道	津久見湾(保戸島周辺)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	925	無
11	8月23日	～	8月31日	8	豊後水道	津久見湾	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	2,500	無
12	8月24日	～	9月14日	21	豊後水道	佐伯湾	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	8,500	無
13	8月26日	～	9月1日	6	豊後水道	米水津湾	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	1,000	無
14	8月28日	～	9月22日	25	豊後水道	入津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	22,000	有
15	8月31日	～	9月7日	7	豊後水道	津久見湾(千怒崎)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	700	無
16	9月13日	～	9月22日	9	豊後水道	入津湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	45,000	無
17	10月14日	～	10月18日	4	豊後水道	入津湾	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	444	無
18	10月31日	～	11月2日	2	豊後水道	入津湾	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	4,000	無
19	11月15日	～	11月22日	7	豊後水道	入津湾	<i>Prorocentrum</i>	sp.	2,400	無
							<i>Nitschia</i>	sp.	5,150	無
20	11月28日	～	12月5日	7	別府湾	西大分沿岸	<i>Noctiluca</i>	<i>scintillans</i>	不明	無
21	1月19日	～	2月2日	14	豊後水道	入津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	400	有
							<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	2,950	

有害種は、注意密度を超えた場合に赤潮として記載した。  
*Akashiwo sanguinea* は旧 *Gymnodinium sanguineum* を示す

#### 5) 各湾における有害プランクトン発生状況

各湾の有害赤潮プランクトンの出現の概況については、以下にまとめたとおりである。なお細胞密度は全調査点の最高細胞密度である。

##### A. 別府湾

*K. mikimotoi* は6月29日に2cells/ml、7月6日に1cells/ml、7月13日に2cells/ml、7月27日に2cells/ml、8月10日に1cells/mlが確認された。*Chattonella* spp.および*C. polykrikoides*は未確認であった。*H. akashiwo*は6月中旬に大在公共埠頭で赤潮を形成した。細胞密度の推移は5月30日に85cells/ml、6月8日に8cells/ml、6月15日10,000cells/ml(大在)、6月22日25cells/ml、6月29日1cells/ml、7月6日6cells/ml、7月13日1cells/ml、8月10日1cells/mlであった。

##### B. 臼杵湾

*K. mikimotoi* は7月13日に1cells/ml、8月10日に2cells/ml確認された。*Chattonella* spp.は未確認であった。*C. polykrikoides*は、7月27日に2cells/mlが確認された。*H. akashiwo*は6月29日に2cells/ml、7月13日に1cells/ml、8月10日に2cells/mlが確認された。

##### C. 津久見湾

*K. mikimotoi* は7月29日に2cells/ml確認された。*Chattonella* spp.および*C. polykrikoides*は未確認であ

った。*H. akashiwo*は、6月29日に1cells/ml、7月13日に1cells/ml確認された。

##### D. 佐伯湾

*K. mikimotoi* は8月中～下旬に増殖が確認された。遊泳細胞分布の推移は図3に示したとおりである。6月下旬から7月上旬に低密度で所々に確認された遊泳細胞は、7月下旬には湾全域に分布し、霞ヶ浦の中層で増殖(145cells/ml)が確認された。その後一旦減少したが、8月中旬には鶴見地区地先、および大入島周辺の中層で増殖が確認され、8月下旬には鶴見小田代を中心に更に増殖し、同海域では目視で赤潮が観測できた。その後急減し9月中旬には確認されなくなった。細胞密度の推移は6月30日に2cells/ml、7月12日に1cells/ml、7月26日に145cells/ml、7月29日に25cells/ml、8月9日に55cells/ml、8月11日に750cells/ml、8月12日に210cells/ml、8月17日に1,300cells/ml、8月18日に850cells/ml、8月23日に99,000cells/ml、8月26日に1,000cells/ml、8月30日に40cells/mlであった。*Chattonella* spp.は未確認であった。*C. polykrikoides*は6月21日に6cells/ml、8月9日に14cells/ml、8月11日に6cells/ml、8月12日に8cells/ml、8月17日に24cells/ml、8月18日に6cells/ml、8月22日に6cells/mlが確認された。*H. akashiwo*は6月2日に10cells/ml、6月14日に1,500cell/ml(JF 鶴見支店前)、

6月17日に200cells/ml、6月30日に50cells/ml、7月12日に100cells/ml、7月26日に50cells/ml、7月29日に25cells/ml、8月2日に1cells/ml、8月9日に10cells/ml、8月12日に1cells/mlが確認された。6月中旬に鶴見地先沿岸で増殖が確認され、その後佐伯湾全域に分布域が拡大した。

#### E. 米水津湾

*K. mikimotoi* は8月25日に1cell/ml、8月26日に3cells/ml 確認された。*Chattonella spp.* は8月25日に1cell/ml、9月1日に1cell/ml が確認された。*C. polykrikoides* は8月3日に2cells/ml、8月25日に8cells/ml、8月26日に24cells/ml が確認された。*H. akashiwo* は6月22日に1cells/ml、7月15日に25cells/ml、8月3日に5cells/ml が確認された。

#### F. 入津湾

*K. mikimotoi* は4月14日に1cells/ml が確認された。6～7月には確認できなかったが、8月22日に13cells/ml、8月29日には河内湾久保浦で22,000cells/ml（赤潮）が確認された。9月5日に277cells/ml、9月12日に3cells/ml、11月15日に11cells/ml、1月20日に河内湾久保浦で400cells/ml（*Akashiwo sanguinea* 2,950cells/mlとの混合赤潮）が確認された。1月27日には62cells/mlになった。*K. mikimotoi* は夏季と冬季に2回赤潮を形成した。各赤潮発生時の水温は25.9℃、13.9℃であった。*Chattonella spp.* は確認されなかった。*C. polykrikoides* は8月22日に13cells/ml、11月25日に8cells/ml、1月27日に4cells/ml が確認された。*H. akashiwo* は4月14日に1cells/ml、6月23日に1cells/ml、7月8日に21cells/ml、7月21日に10cells/ml、8月22日に1cells/ml、8月29日に1cells/ml が確認された。9月から増加が確認され、9月12日に525cells/ml、9月15日に畑野浦で50,000 cells/ml になり赤潮が形成された。11月15日にも100cells/ml が確認された。

#### G. 蒲江南部海域

*K. mikimotoi* は5月31日に2cells/ml、7月4日に2cells/ml、7月25日に1cells/ml、8月12日2cells/ml、8月15日に1cells/ml、9月1日に1cells/ml が確認された。*Chattonella spp.* は確認されなかった。*Co. polykrikoides* は4月18日に5cells/ml、4月22日に3cells/ml、5月11日に2cells/ml、5月23日に62cells/ml、5月25日に108cells/ml、5月27日に108cells/ml、5月31日に49cells/ml、6月6日に126cells/ml、6月13日に60cells/ml、6月15日に340cells/ml、7月4日に8cells/ml、7月6日に81cells/ml、8月8日に10cells/ml が確認された。5月下旬～6月中旬に細胞密度の増加が確認された。*H. akashiwo* は4月11日に1cells/ml、5月25日に15cells/ml、5月31日8cells/ml、6月23日に38cells/ml、7月25日に25cells/ml、8月12日に8cells/ml、8月15日に5

cells/ml、9月1日に4cells/ml、9月26日に1cells/ml、10月17日に1cells/ml が確認された。

## 2. 有害プランクトン生理・生態調査

### (佐伯湾における*K. mikimotoi*赤潮発生機構の解明)

#### *K. mikimotoi* ブルーム形成と冬季水温の関係

佐伯湾における2006～2011年の*K. mikimotoi* 最高細胞密度の推移は図4に示したとおりである。2010年を除き、全ての期間で1,000cells/mlを超えるブルームが認められた。ブルーム形成時期は2007年が最も早く、2011年が最も遅かった。*K. mikimotoi* はシストを形成せず、遊泳細胞で越冬するため、冬季水温の変動が翌年度のブルーム形成に影響すると考えられる。そこで佐伯湾の2006～2011年の冬季水温について検討した。その結果(図5)、2007年の冬季水温が最も高く、2011年が最も低い傾向が認められた。*K. mikimotoi* のブルームの形成時期と、冬季水温変動の違いが一致することから、佐伯湾の*K. mikimotoi* のブルームの時期は冬季の水温が影響していることが確認された。

## 3. 指導事業

### 1) 赤潮担当者会議

開催日：2011年6月3日

場所：水産研究部大会議室

出席者：19人（佐賀関以南の漁協各支店、市役所、振興局、県庁）

### 2) 講師派遣

平成22年度第4回赤潮講習会

開催日：2011年6月7日

場所：JF大分佐伯支店

出席者：13人 漁業者、市役所

講師：宮村和良

豊後水道北部海域赤潮研究会

開催日：2011年6月22日

場所：臼杵土木事務所会議室

出席者：20人 漁業者、管内漁協各支店、市役所

講師：宮村和良

### 3) 赤潮情報・緊急赤潮情報の発行回数

・赤潮情報：12回

・緊急赤潮情報：16回

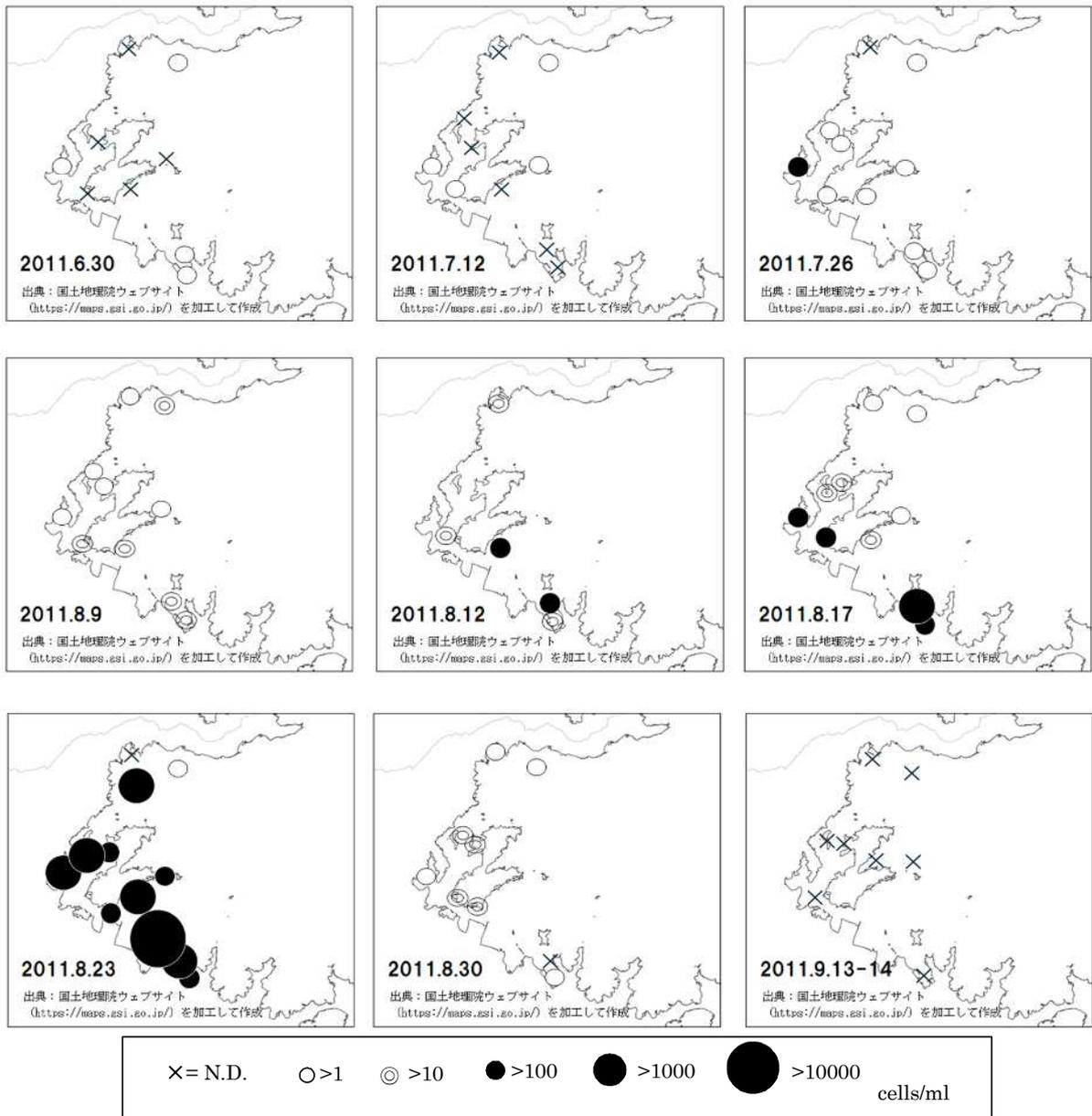


図3 佐伯湾における有害赤潮プランクトン細胞密度の推移  
(数値は各層の最高細胞密度を示す)

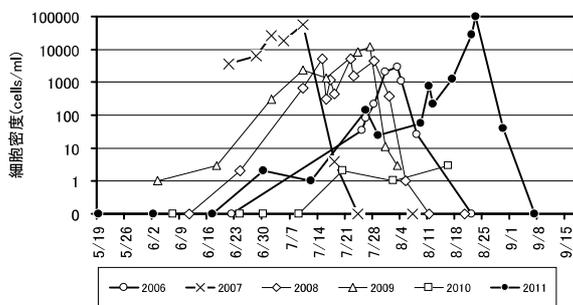


図4 2006～2011年における佐伯湾で出現した *K. mikimotoi* 最高細胞密度の推移

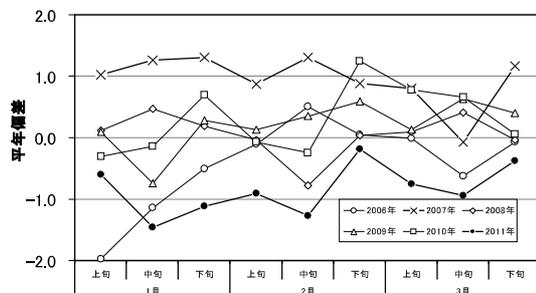


図5 旬平均水温（表層）の年々偏差の推移  
(水産研究部地先平年値1990-2006の平均)

## 赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－3

### 赤潮等養殖被害防止対策事業

宮村和良・野田 誠

#### 事業の目的

大分県佐伯市蒲江地区沿岸では、貝毒原因プランクトン (*Gymnodinium catenatum*, *Alexandrium catenella*) 等の出現により二枚貝の毒化が問題になっている。これまで、原因プランクトン出現メカニズムの解明と避難漁場の設置等により、発生予察に基づいた避難漁場の利用によって毒化軽減が可能になっている。しかしながら、監視体制の維持には高額な検査費用がかかることや、新規の二枚貝(イワガキ)養殖場の増加への対応は、従来の監視体制だけでは不十分であることから、効率的な監視体制の新たな構築が必要である。今年度は、貝毒原因プランクトンの初期発生海域に自生している二枚貝の毒力の推移から、周辺の養殖二枚貝の毒化予測を試み、より効率的な貝毒監視体制構築の可能性を検討した。

#### 事業の方法

##### 1. ムラサキイガイ毒化検出におけるELISA法の有用性

ELISA 法を利用したムラサキイガイ毒力分析の有用性を検討するため、猪串湾内の Sta.2 に無毒を確認したムラサキイガイを垂下飼育し(図1)、2012年1～3月に供試貝の採集および採水を毎週行った。供試貝は当日中に解体し、軟体部の毒力をマウスアッセイ法およびELISA法で分析した。ELISA法は水産研究部で行い、マウスアッセイ法は福岡県冷凍食品検査協会福岡検査所に委託して行った。採水した海水は当日中に孔径10 $\mu$ のプランクトンネットを用いて1,000mlから10mlに100倍濃縮し、検鏡に供した。貝毒原因プランクトンの検鏡は未濃縮海水と濃縮海水について各1回、光学顕微鏡下で行った。

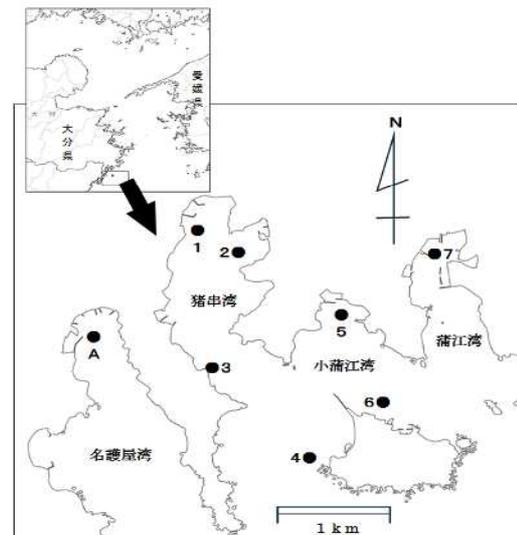
##### 2. 貝毒原因プランクトンの出現と二枚貝毒力の推移

###### 1) 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾

調査点7点を設置(図1)し2011年4月～2012年3月に、二枚貝の採集および採水を行った。Sta.6と7では貝毒プランクトンの増殖時に臨時的に調査を行った。各調査点で採集した二枚貝はSta.1が天然ムラサキイガイ、Sta.4と5が養殖ヒオウギガイ、Sta.3が養殖イワガキである。各調査点の採水は、Sta.1、4および5は5層(表層、2m、5m、10m、底上1m)、Sta.2は4層(表層、2m層、5m層、10m層)、Sta.3、6および7は2層(表層、3m層)で行った。Sta.1～6では採水時にCTDによる水温、塩分およびクロロフィル蛍光値の各測定を0.5m層～海底まで0.1mごとに行った。採集した貝および採水した海水は、1と同じ方法で処理して各検査に供した。毒力検査はすべてELISA法で行い、ヒオウギガイは中腸腺、ムラサキイガイとイワガキは軟体部分を検査に供した。

###### 2) 名護屋湾

名護屋湾奥に調査点1点(図1)を設置し2011年12月～2012年3月の期間に、天然ムラサキイガイの採集および採水を行った。また、貝毒原因プランクトンが増加した際には、周辺の養殖イワガキの採集も行った。採集した貝および海水は、(2-1)と同じ方法で処理と測定を行った。



出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>) を加工して作成

図1 調査定点

事業の結果、考察

1. ムラサキガイ 毒化検出におけるELISA法の有用性

Sta.2 における毒化原因プランクトンの推移を示したものが図2である。*G. catenatum* と *A. catenella* とも調査開始時から確認され、*G. catenatum* は N.D. ~ 3,083cells/L、*A. catenella* は N.D. ~ 4,285cells/L で推移した。1月下旬から2月中旬にかけては両種とも高密度に出現した。ELISA 法およびマウスアッセイ法による毒力の推移は図3に示したとおりである。ELISA 法では 2.9 ~ 12.4MU/g、マウスアッセイ法では 2.5 ~ 14.7MU/g で推移した。両者の変動傾向は概ね同様であったが、毒化初期の調査開始時から2月上旬までは ELISA 法で高く、貝毒プランクトンが高密度に推移した2月上~中旬はマウスアッセイ法での値が高かった。ELISA 法とマウスアッセイ法による測定値の相関を示したものが図4である。両者には正の相関が認められた。以上の結果から、ムラサキガイの毒化の推移をモニターする場合、ELISA 法が有用であると思われる。ただし、貝毒原因プランクトンが高密度に出現した際には、ELISA 法では毒力を過小評価する可能性があることから、高密度発生時にはマウスアッセイ法の併用が必要であると考えられる。

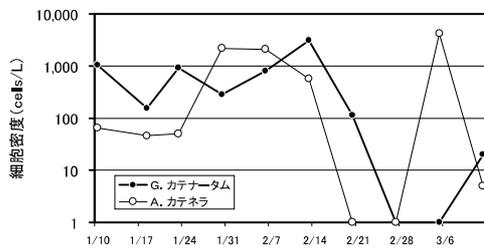


図2 猪串湾 (Sta. 2) における麻痺性貝毒プランクトン出現推移 (鉛直平均細胞密度)

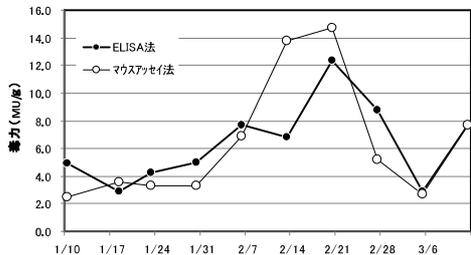


図3 猪串湾 (Sta. 2) におけるヒオウギガイ可食部毒力の推移

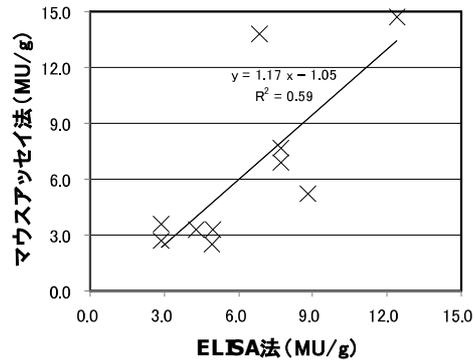


図4 マウスアッセイ法とELISA法で得られた毒力値の相関 (猪串湾Sta. 2に垂下したヒオウギガイ可食部)

2. 貝毒原因プランクトンの出現と二枚貝毒力の推移

1) 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾

A. *Gymnodinium catenatum*

各調査点の鉛直細胞密度の推移は図5に示したとおりである。各調査点の細胞密度は Sta.1 が N.D. ~ 16,200cells/L、Sta.2 が N.D. ~ 3,083cells/L、Sta.3 が N.D. ~ 323cells/L、Sta.4 が N.D. ~ 44cells/L、Sta.5 が N.D. ~ 72cells/L、Sta.6 が N.D. ~ 133cells/L、Sta.7 が N.D. ~ 60cells/L で推移した。本種は 4 ~ 11月に 100cells/L 以下で散発的に出現したが、12月以降は猪串湾奥の Sta.1 で細胞密度が急増したのち、他の調査点で増加する傾向がみられた。そこで12月中旬から3月中旬の本種の分布密度の推移を示したものが図6で、分布域が猪串湾奥から拡大する傾向が確認された。同様の出現パターンは過去の調査でも観測されていることから、本海域に特徴的な出現パターンであると考えられる。

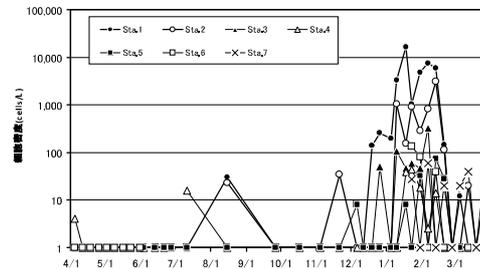


図5 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾の各調査点における *Gymnodinium catenatum* 細胞密度の推移

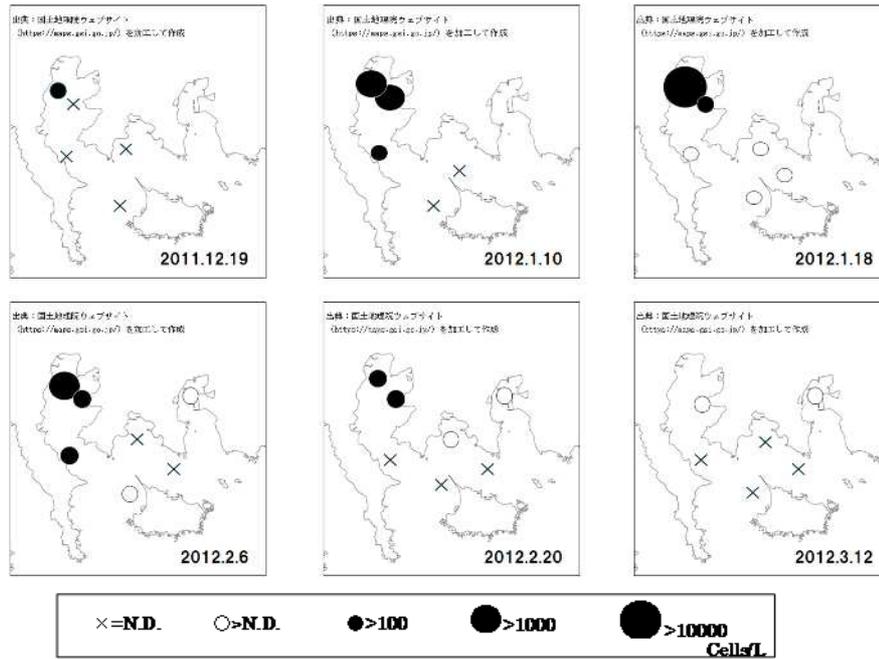


図6 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾の*Gymnodinium catenatum* 細胞密度分布の推移

**B. *Alexandrium catenella***

調査点の鉛直細胞密度の推移は図7に示したとおりである。各調査点の細胞密度は Sta.1 が N.D.～7,293cells/L、Sta.2 が N.D.～4,285cells/L、Sta.3 が N.D.～217cells/L、Sta.4 が N.D.～1,204cells/L、Sta.5 が N.D.～804cells/L、Sta.6 が N.D.～2,000cells/L、Sta.7 が N.D.～40cells/L で推移した。5月上旬～6月下旬、1月中旬～2月下旬の各期間にブルームが確認された。各ブルームの細胞密度分布の推移を示したものが図8および9である。両ブルームは初期の遊泳細胞の分布に若干の違いがあるが、両期間とも猪串湾奥付近で初めに遊泳細胞が分布し、高密度に達したことが共通していた。

**C. 二枚貝の毒化状況と原因プランクトン**

二枚貝の毒力の推移示したものが図10である。ヒオウギガイ中腸腺の毒力は軟体部(可食部)に換算して示した。二枚貝(軟体部)毒力のピークは4～8月、1～3月の2回確認された。4～8月の調査点別の最高毒力は高い順に、Sta.5のヒオウギガイで298MU/g、Sta.4のヒオウギガイで66MU/g、Sta.1のムラサキガイとアサリでそれぞれ11.6MU/gと10.3MU/g、Sta.3のイワガキで3.0MU/gであった。Sta.3のイワガキを除き、全ての二枚貝で規制値を超える毒力が検出された。特にヒオウギガイでは他の二枚貝より高い値が検出された。毒化原因として、同時期に出現していた*A. catenella*が疑われるが、*A. catenella*の細胞密度の推移および分布と各調査点の二枚貝の毒力の推移が一致しないこと、本海域では調査開始前の2011年1～3月に*G. catenatum*が高密度に発生し、Sta.5のヒオウギガイを含む周辺二

枚貝が高毒化していたことから、4～8月の二枚貝の毒力は調査開始前の*G. catenatum* 摂取によって蓄積した毒が残存していたことが主な原因と推定される。後期ピークの調査点別の最高毒力は高い順に、Sta.1のムラサキガイで29.9MU/g(1/30)、同地点のアサリで8.2 MU/g(2/13)、Sta.3のイワガキで3.3 MU/g(2/13)、Sta.5のヒオウギガイで3.0MU/g(3/12)、Sta.4のヒオウギガイで2.1 MU/g(2/27)であった。Sta.1のムラサキガイは他の地点より先行して急激に毒化が進行したが、アサリはやや遅れて毒化した。他の調査点の二枚貝は2～4週間遅れて毒化が進行したが、最大毒力はSta.1のムラサキガイやアサリより低かった。毒化時期には*G. catenatum*、*A. catenella*共に高密度に出現し、その密度の分布及び出現分布が各調査点別の二枚貝の毒力とほぼ一致することから、1～3月の二枚貝の毒化は、同海域で出現した*G. catenatum*、*A. catenella*の両プランクトンを取り込んだことが原因と考えられる。

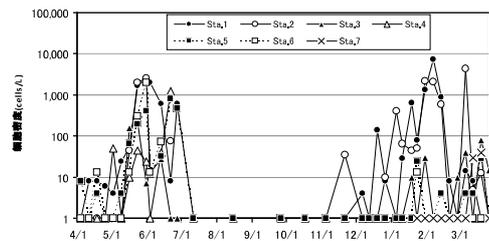


図7 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾の各調査点における*Alexandrium catenella*細胞密度の推移

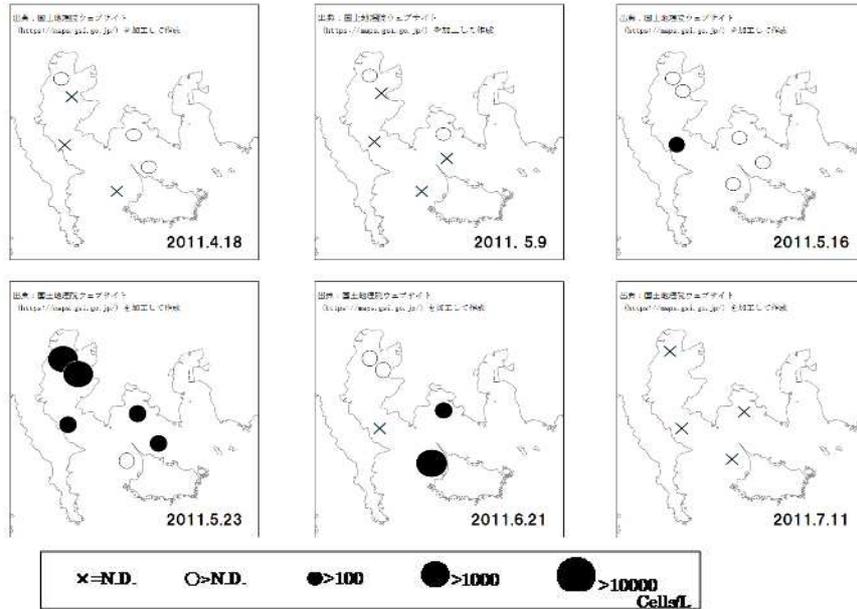


図8 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾の*Alexandrium catenella* 細胞密度分布の推移 (2011.4.18 - 7.11)

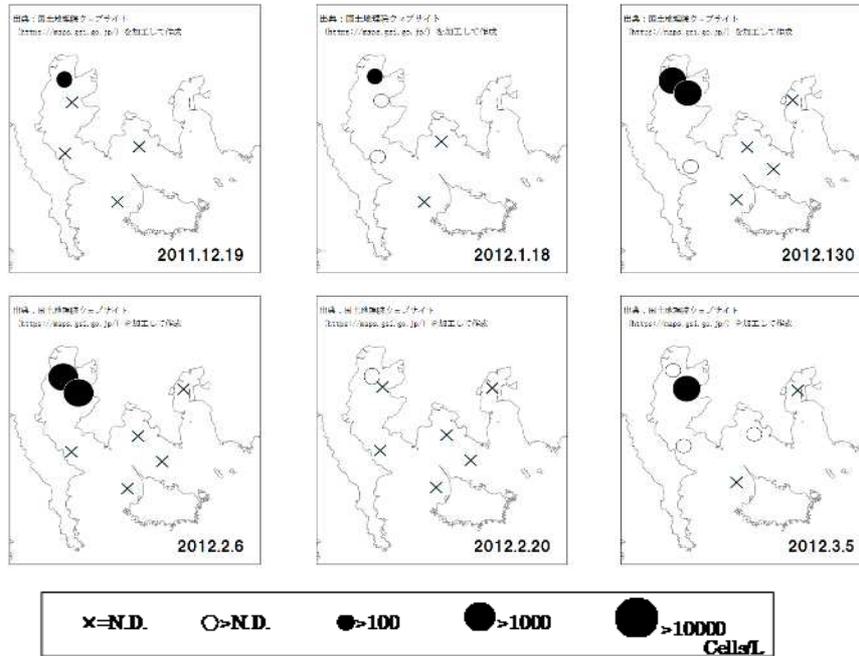


図9 猪串湾、小蒲江湾および蒲江湾の*Alexandrium catenella* 細胞密度分布の推移 (2011.12.19 - 2012.3.5)

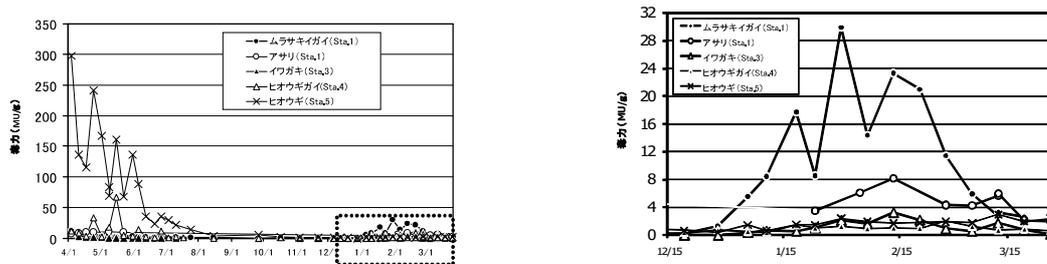


図10 猪串湾、小蒲江湾の各調査点における二枚貝毒力の推移  
 左：2011.4-2012.3、右：2011.12-2012.3 (左図四角部分の拡大)

## 2) 名護屋湾

### A. 貝毒原因プランクトンの推移

*G. catenatum* と *A. catenella* の Sta.A における細胞密度の推移は図 11 に示したとおりである。*G. catenatum* は N.D ~ 2,830cells/L、*A. catenella* は N.D. ~ 60cells/L で推移した。*G. catenatum* は 1 月以降継続して出現し、3 月上旬には最高細胞密度に達した後も 1,000cells/L 前後の高密度で推移した。*A. catenella* は突発的に低密度で確認された。

### B. 二枚貝の毒化状況と原因プランクトン

ムラサキガイとイワガキの軟体部の毒力の推移を示したものが図 12 である。ムラサキガイの毒力は 2 月上旬まではやや微増傾向で推移していたが、2 月中旬に急増して下旬には規制値を超える 7.4MU/g (2/20) が検出された。その後一時的に低下したが、3 月中旬に再び増加し最高毒力 22.1MU/g (3/19) が検出された。イワガキは 3 月上旬に規制値を超える 8.7U/g (3/5) が検出され、その後一旦減少したが、同月下旬には 4.1U/g (3/26) が検出された。ムラサキガイおよびイワガキの毒化時期と *G. catenatum* の出現時期および変動が一致することから、ムラサキガイ及びイワガキは *G. catenatum* によって毒化したと考えられる。

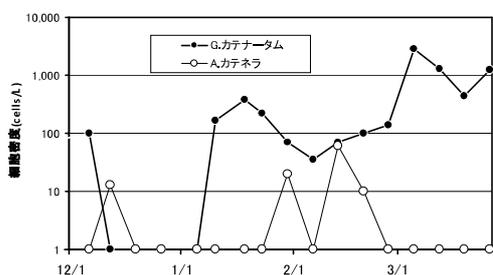


図11 名護屋湾の各調査点における *Gymnodinium catenatum*、*Alexandrium catenella* 細胞密度の推移

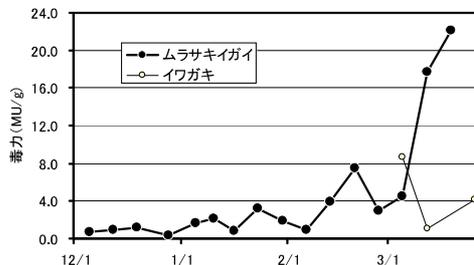


図12 名護屋湾の各調査点における二枚貝毒力の推移

## 3. 貝毒モニタリング体制の効率化

貝毒モニタリングを実施する上で重要なことは、毒化原因プランクトンの初期発生・増殖海域を特定すること、そして初期発生・増殖海域のプランクトンの出現と二枚貝の毒化を定期的に監視することである。効率化や費用の軽減を考える上で、監視に供する二枚貝は採集が容易であり、海域のプランクトンの出現を反映しやすい種類（毒化しやすく、毒の減衰が早い）が適当である。毒力分析については、少量の試料で高感度かつ安価に分析できることが望ましい。本事業では ELISA 法を用いたムラサキガイの毒力分析の有用性について検討した結果、ELISA 法は毒化の初期にマウスアッセイ法より高感度に毒力を検出でき、両法の測定値に相関が確認できたことから、ムラサキガイの毒力を ELISA 法で測定することによって、従来より容易かつ安価に監視が可能になることが示唆された。

次に、毒化原因プランクトンの初期発生海域である猪串湾奥に自生しているムラサキガイの毒化状況から周辺二枚貝の毒化について検討した。ムラサキガイは *G. catenatum* と *A. catenella* が同時に高密度に出現した際には、周辺の養殖二枚貝や天然アサリに先行して毒化が進行し、その毒力も高く推移したことから、猪串湾奥のムラサキガイを用いて、周辺の二枚貝の毒化を予測できるものと考えられる。すなわち、猪串湾や小蒲江湾周辺では初期発生海域のムラサキガイを ELISA 法で監視することで、より効率良い毒化監視が可能になることが期待される。

名護屋湾では、ムラサキガイの毒化時にイワガキも毒化していることが確認されたが、イワガキの毒化初期の検体が得られなかったことから、ムラサキガイを用いた監視体制の構築には、今後の検討が必要である。

## 赤潮・貝毒被害軽減システムの開発－4

### 赤潮被害軽減のための衛星データ利用実証試験\*

(委託研究)

宮村和良・野田 誠

#### 事業の目的

大分県沿岸域で赤潮監視に向けた衛星データ利用の実証試験を行い、従来の海洋観測による赤潮監視技術との融合によって、高精度で広範囲を網羅できる新たな赤潮監視体制を実用化して、全国規模の赤潮監視体制を構築することが最終目的である。今年年度は高精度中層採水システムを整備し、従来よりも高精度な現場海域の有害プランクトン細胞密度分布および海洋環境の把握をおこなう。得られた現場データおよび衛星データは解析し赤潮情報として漁業関係者へ配信し、赤潮被害軽減への指導に用いる。これらを通じて、衛星情報と組み合わせる現場データの取得方法、被害軽減のための情報発信方法のまとめを行う。

#### 事業の方法

##### 1. 有害プランクトン細胞密度分布および海洋環境調査

###### 1) 定点調査

周防灘、伊予灘、別府湾に調査点 44 点を設け、2011 年 6 月～9 月の期間に各月 1 回、計 4 回の調査を行った。各調査点では C-CTD (JFE アドバンテック社製) による 0.5m 層から海底までの 0.1m 毎の水温、塩分、chl. 蛍光値の各測定および表層、10m 層の採水を行った。観測時に chl. 蛍光値で極大値(極大層)が観測された際には、高精度中層採水器を用いて極大層の採水を行った。採水は表層をバケツ、10m 層は採水器(リゴー B 号透明採水器 離合社製)で行い、100ml を船上にてガラス繊維フィルター(GF/F Whatman)で濾過し、フィルターを DMF に浸漬後、遮光密閉して冷凍保存し Chl.a 測定試料に供した。表層と極大層の海水は調査当日に光学顕

微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数に用いた。Chl.a 濃度は調査終了後、研究室に持ち帰り蛍光光度計(10-AU Turner Designs 社)を用いて測定した。

###### 2) 連続採水調査

調査船の船底(水深 3m)から現場海水を水中ポンプによって連続採水し、遮光したポリ容器に注水後、多項目水質計(DS5X Hydrolab 社製)を用いて 1 秒毎に水温、塩分、chl. 蛍光値の測定を行った。さらに海水中のプランクトン組成を調査するため、ポリ容器からチュービングポンプで海水を移送し、イメージングフローサイトメーター(Flow-CAM Fluid Imaging Technology 社製)でプランクトン(5～100 $\mu$ m)の撮影を行った。

##### 2. 有害プランクトン情報の配信

各月の調査終了後、直ちに有害プランクトンの出現状況について、周辺の漁協支店、周辺県水産試験場、県関係機関に FAX で情報を提供した。また有害プランクトンが赤潮を形成する危険がある場合には、FAX、ホームページを用いて緊急赤潮情報を発行し情報提供を行った。

#### 事業の結果

##### 1. 有害プランクトン細胞密度分布および海洋環境調査

###### 1) 6月

水温(0.5m 層)は 16.4～21.3℃の範囲で観測され、伊予灘の国東半島沿岸域で低くなっていた。塩分(0.5m 層)は 31.23～34.15 の範囲であり別府湾奥および周防灘で比較的低かった。Chl.a 濃度(表層)は 0.4～10.3 $\mu$ g/L で分布し、別府湾大分川河口および周防灘姫島西岸域で高い傾向が窺われた。別府湾奥では *Heterosigma akashiwo* と *Skeletonema* spp. が

\*詳細は平成 23 年度赤潮被害軽減のための衛星データ利用実証実験報告書に報告した。

比較的多く確認された。伊予灘沿岸では *Skeletonema* spp.、渦鞭毛藻類が確認された。周防灘では大型珪藻の *Rhizosolenia* spp. および *Dictyocha* sp. (脱殻個体が多い) が多く確認された。周防灘の *Dictyocha* sp. が高密度で確認された海域では海色が黒かった。

## 2) 7月

水温(0.5m層)は 19.7 ~ 24.5 °C の範囲であり、周防灘で比較的高かった。塩分(0.5m層)は 29.18 ~ 33.41 の範囲であり、別府湾大野川河口付近および周防灘 Sta.C 付近で 30.00 以下の低塩分の水塊が分布していた。Chl.a 濃度(表層)は 0.6 ~ 8.4 µg/L で分布し、別府湾佐賀関沿岸で *Chaetoceros* spp. の優占によって 8.0 µg/L 以上の高い海域が確認された。別府湾奥では *Chaetoceros* spp.、*Nitzschia* spp. が確認された。別府湾中央付近では小型のプランクトンが優占していた。国東沿岸、周防灘では *Chaetoceros* spp. が比較的多く確認された。

## 3) 8月 (台風接近により2日間で調査を中止し 周防灘、伊予灘の観測は欠側)

水温(0.5m層)は 22.1 ~ 27.4 °C の範囲であり、別府湾奥で高い傾向が観測された。塩分(0.5m層)は 30.37 ~ 33.47 の範囲であり、大野川河口付近でやや低塩分であった。Chl.a 濃度(表層)は 0.8 ~ 7.1 µg/L で分布し、大野川河口付近でやや高濃度に観測された。別府湾奥および別府湾中央は小型のプランクトンが多数検出された。大野川河口付近では *Skeletonema* spp.、*Nitzschia* spp. が優占していた。

## 4) 9月 (台風接近により3日間で調査を中止し 伊予灘沖側の観測は欠側)

水温(0.5m層)は 25.1 ~ 27.4 °C の範囲であり、大部分が 25.5 ~ 26.5 °C で分布していた。塩分(0.5m層)は 30.46 ~ 32.55 の範囲で、伊予灘国東半島沿岸でやや塩分が低いが、全域で高塩分であった。Chl.a 濃度(表層)は 0.4 ~ 18.6 µg/L で分布し、別府湾大野川河口域で珪藻類による赤潮が観測された。別府湾

奥では *Mesodinium rubrum* が多数確認された。大野川河口周辺では *Chaetoceros* spp.、*Skeletonema* spp. が優占していた。周防灘では小型プランクトンと *Chaetoceros* spp. が確認された。

## 2. 有害プランクトン情報の配信

表 1 のとおり、調査結果および緊急赤潮情報を関係機関に提供した。

表1 赤潮調査報告結果一覧

調査回	結果	発行日
第1回	広域赤潮調査速報(6月) 赤潮情報 H23-1	6月9日 6月8日
第2回	広域赤潮調査速報(7月)	7月7日
第3回	広域赤潮調査速報(8月)	8月3日
第4回	広域赤潮調査速報(9月)	9月9日

## 3. 衛星情報と組み合わせる現場データの取得方法、 被害軽減のための情報発信方法

衛星情報と現場データを組み合わせるには、衛星が捕捉する現場海域の広域な表層付近の Chl. 蛍光値およびその原因種である植物プランクトンについてデータ収集する必要がある。本事業において Chl. 蛍光値は水質環境調査自動化システムで、植物プランクトンについては自動プランクトン観測器を用いて、連続した表層付近の各項目のデータを取得可能にした。その結果、現場海域の広域かつ高精度な Chl. 蛍光値および植物プランクトン種の情報をリアルタイムに得ることが可能になり、衛星情報と現場データの効率的なマッチングによって、衛星情報を効果的に利用できる広域赤潮監視が可能になった。衛星および現場調査によって得られた情報は、既存の赤潮情報配信システムを活用し、現場関係者に情報を発信する体制を整えた。赤潮調査から情報発信までの円滑な体制が整うことによって、迅速な赤潮対応が可能になり漁業被害軽減に貢献できると期待される。