

# 大型クラゲ等有害生物調査

## －ナルトビエイ出現調査－

大形 拓路・伊藤 輝昭

福岡県豊前海沿岸域は、昭和61年にアサリ漁獲量が11,000トンを超える日本有数の生産地であったが、その後、急減し、近年では30トン前後の低水準で推移している。こうした減少要因のひとつとして、春季から秋季にかけて同沿岸域に来遊し、アサリなどの二枚貝類を捕食するナルトビエイの食害が挙げられている。本事業では、豊前海におけるナルトビエイの来遊状況や食害実態等の情報収集を目的に調査を行った。

### 方 法

#### 1. 魚体測定調査

平成26年5～10月の来遊時期に、図1に示した海域で刺網によりナルトビエイの捕獲調査を行い、体盤幅長、体重、雌雄を調べた。

#### 2. 消化器官内容物調査

魚体測定調査で捕獲したナルトビエイを無作為に計20個体抽出、胃を含む消化器官を摘出し、ホルマリンによる固定を行った後、(株)日本海洋生物研究所にこれらの内容物の同定並びに湿重量の分析を委託した。

#### 3. 標識放流調査

26年7月23日の魚体測定調査において、行橋市蓑島地先で採捕されたナルトビエイ4個体に、水温および水深を記録するアーカイバルタグをバロックタイを用いて尻鰭または尾柄部に固着し、再放流した。また、10月28日に大分県の守江湾において、山口県、大分県との合同調査を行い、1個体のナルトビエイにポップアップタグ(Wildlife computers社, MiniPAT)を装着し、再放流した。

### 結果及び考察

#### 1. 魚体測定調査

魚体測定調査の期間中に雄13尾、雌111尾、計124尾のナルトビエイを採捕した(表1)。6月11日の駆除事業における測定個体を除いた今年度の捕獲個体は29個体で、昨年度と比較して僅かに増加した(25年度20個体)。調査期間全体での捕獲個体の平均体盤幅長は101.8cm、平均重量は19.7kgで、昨年の平均体盤幅長80.8cm、平均重量8.0kgと比べて大型化していた。体盤幅長および重量を雌雄別にみると、今年度は雄75.3cm、6.5kg、雌104.4cm、20.9kgに対し、昨年度は雄77.3cm、6.7kg、雌87.1cm、10.9kgであることから、雌の大型化傾向が伺えた。

#### 2. 消化器官内容物調査

測定個体の内容物のうち種の同定ができたのは、アサリ、マテガイであった(表2)。軟体部が消化されて崩壊し、種の同定までには至らなかったものは腹足綱、フネガイ科、マルスダレガイ科、二枚貝綱であった。また、消化が進み、外形を留めていない消化物のみの個体もあった。二枚貝の捕食が認められたのは、全20個体中5個体(25%)で、空胃の個体は3個体(15%)だった。内

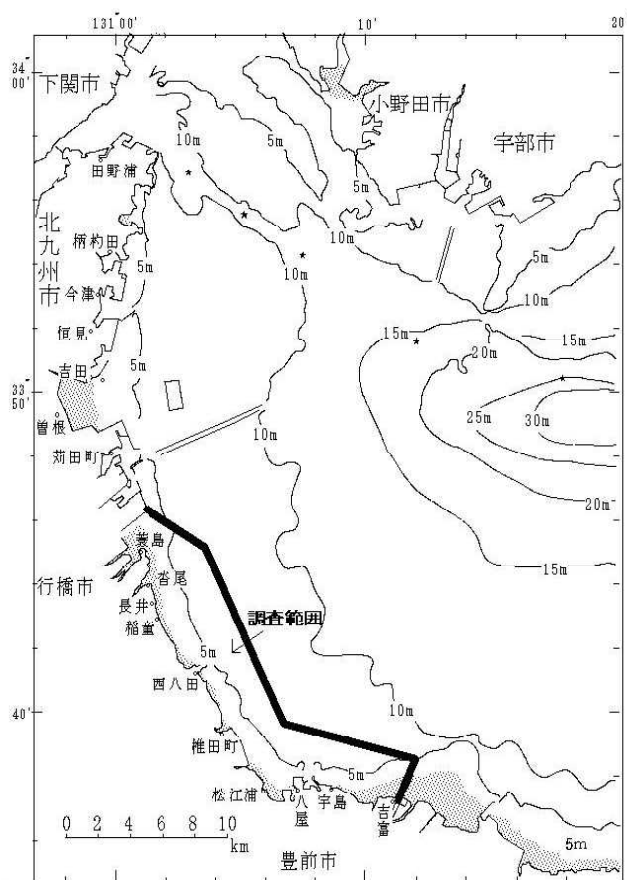


図1 ナルトビエイ捕獲調査範囲

容物の中で最も重量が多かったのは、6月10日に採捕された雌個体（体盤幅長107cm，22.6kg）で、その湿重量は67g，体重の約0.3%に相当する二枚貝類を捕食していた。例年同様、本種は有用種を含む二枚貝類を選択的に捕食し、その捕食圧も高いことから、食害の影響は極めて深刻であると推察された。

### 3. 標識放流調査

7月23日にアーカイバルタグを装着したナルトビエイ4個体の平均体盤幅長は、雄が体盤幅長77.5cm，雌が79.5cmであった（表1）。標識放流放流後、関係機関、漁協にポスターを配布し、再捕報告を依頼した。

守江湾における合同調査でポップアップタグを装着したナルトビエイは、124.0cmの雌個体であった。

表1 捕獲されたナルトビエイの平均体盤幅長および重量

	全体			♂			♀		
	匹	体盤幅長(cm)	重量(kg)	匹	体盤幅長(cm)	重量(kg)	匹	体盤幅長(cm)	重量(kg)
5月27日	1	83.0	8.2				1	83.0	8.2
6月10日	7	76.2±25.4	9.9±9.6	2	54.0±4.0	1.9±0.6	5	85.0±24.9	13.1±9.7
6月11日 *1	95	108.3±15.1	22.2±7.9	5	81.8±14.8	8.4±3.7	90	109.8±13.8	23.0±7.4
7月23日 *2	4	78.5±7.2		2	77.5±6.4		2	79.5±10.6	
8月26日	6	86.7±19.1	10.9±7.6	2	80.0±2.8	7.0±0.7	4	90.0±23.7	12.9±8.9
9月17日	5	60.6±15.6	3.7±2.0	1	71.0	5.4	4	58.0±16.8	86.7±19.1
10月3日	6	90.3±17.7	12.4±5.7	1	71.0	5.7	5	94.2±16.8	13.7±5.2
計	124	101.8±20.5	19.7±9.3	13	75.3±14.0	6.5±3.6	111	104.4±19.0	20.9±8.7

\*1; 駆除事業にて測定 \*2アーカイバルタグ装着

表2 捕獲されたナルトビエイの消化器官内容物の状況

和名	検体1			検体2			検体3			検体4			検体5		
	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況
腹足綱	5	3.35	3	3	1.75	3									
フネガイ科															
アサリ															
マルスダレガイ科				27	37.03	3									
マテガイ															
二枚貝綱	3	3.56	3	20	17.44	3									
消化物	+	11.78	4	+	9.72	4	+	66.98	4						
検体別合計	8	18.69		50	65.94		+	66.98							

和名	検体6			検体7			検体8			検体9			検体10		
	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況
腹足綱															
フネガイ科															
アサリ	2	0.33	3												
マルスダレガイ科															
マテガイ	3	2.75	3												
二枚貝綱	+	2.42	4	2	0.39	3									
消化物				+	11.04	4				+	1.85	4	+	4.46	4
検体別合計	5	7.37		2	11.43					+	1.85		+	4.46	

和名	検体11			検体12			検体13			検体14			検体15		
	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況
腹足綱							1	0.01	4	1	1.72	4	1	0.16	3
フネガイ科															
アサリ															
マルスダレガイ科															
マテガイ															
二枚貝綱															
消化物	+	16.53	4	+	14.91	4	+	26.37	4	+	4.21	4	+	2.32	4
検体別合計	+	16.53		+	14.91		1	26.38		4	5.93		1	2.48	

和名	検体16			検体17			検体18			検体19			検体20		
	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況	個体数	湿重量	消化状況
腹足綱															
フネガイ科															
アサリ															
マルスダレガイ科															
マテガイ															
二枚貝綱							5	13.65	3						
消化物	+	4.51	4	+	11.56	4	+	11.88	4	+	5.55	4	+	0.23	4
検体別合計	+	4.51		+	11.56		5	25.53		+	5.55		+	0.23	

+は測定不能

# 広域発生赤潮共同予知調査

－瀬戸内海西部広域共同調査－

俵積田 貴彦・宮内 正幸・山田 京平

周防灘西部に位置する豊前海では*Karenia mikimotoi* (以下*K. mikimotoi*) をはじめとした有害赤潮がたびたび発生し漁業被害を引き起こしており<sup>1)</sup>, 赤潮の発生過程の把握や初期発生域の特定が急務となっている。

周防灘ではこれまで、有害プランクトンの初期発生から増殖、消滅に至るまでの全容を把握することを目的とし、水産庁の委託を受け山口、福岡、大分の3県で共同調査を実施してきたところであるが、近年は周防灘で発生した*K. mikimotoi*赤潮が響灘や豊後水道周辺海域まで移流、拡散し<sup>2,3)</sup>漁業被害を引き起こす事例が発生している。このため、平成21年度より広島、愛媛、山口、福岡、大分、宮崎の6県7機関で共同調査を開始し、さらに平成25年度からは愛媛大学と瀬戸内海区水産研究所も加わり、有害種の発生状況をモニタリングするとともに、その要因についても総合的に解析することとなった。

## 方 法

### 1. モニタリング調査(各県)

調査水域は、図1に示す瀬戸内海西部海域の48点(うち周防灘の代表点3点(Stn. Y3, F11, O13)を含む)とし、平成26年6月から8月までの間に、原則として周防灘は計4回、豊後水道は計5回行った。調査は海洋観測(水温、塩分、透明度)とプランクトン細胞密度の検鏡計数、水質分析(栄養塩、クロロフィルa、溶存酸素濃度)を表1、表2のとおり実施した。なお、船上でCTD(クロロテック)に極大層の反応が確認された場合は、その層を採水し、プランクトン密度の検鏡計数を行った。調査実施日は、表3のとおりである。

広島湾と周防灘については、海洋観測結果から得られた表層とB-1m層の水温、塩分と水深データを用いて、水塊の成層強度を示す鉛直安定度を以下の式により求めた。鉛直安定度=上層と下層の海水密度差÷水深差× $10^{-3}$ <sup>4)</sup>

海象、水質項目の年偏偏差に用いた平均値と標準偏差( $\sigma$ )は、表4に示した蓄積資料から求めたが、データ期間が5年に満たない場合は、年偏偏差の判定から除外した。年偏偏差は、標準化した値( $\delta$ )を以下の基準により判定した。「年偏並み」は、 $|\delta| < 0.6\sigma$ 。「やや高め」、「やや低め」は、 $0.6\sigma \leq |\delta| < 1.3\sigma$ 。「かなり高め」、「かなり低め」は、 $1.3\sigma \leq |\delta| < 2.0\sigma$ 。「甚だ高め」、「甚だ低め」は、 $|\delta| \geq 2.0\sigma$ 。

なお、本年度は4月当初から*K. mikimotoi*の遊泳細胞が確認されたことから、これらのデータも加えて結果の解

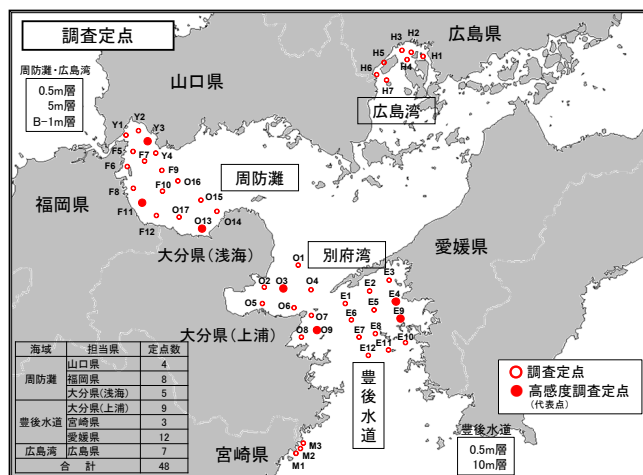


図1 調査定點

表1 モニタリング調査の観測分析項目

観測分析項目	海域	調査定點						
		広島湾	山口県	福岡県	大分県(浅海)	大分県(上浦)	愛媛県	宮崎県
観測層(m)		0, 5, B-1	0, 5, B-1	0, 5, (10) B-1	0, 5, (10) B-1	0, 10	0, 10	0, 10
観測回数		6	4	4	4	5	5	5
観測分析項目	水温	○	○	○	○	○	○	○
	塩分	○	○	○	○	○	○	○
	透明度	○	○	○	○	○	○	○
	NH4-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○
	NO2-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○
	NO3-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○
	PO4-P	○	○	○(代表点)	○	○	○	○
	クロロフィルa	○	○	○(代表点)	○	○	○	○
	溶存酸素	○	○	○	○	○	○	○
	検鏡対象プランクトン	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○
	<i>Chaetoceros antiquorum</i>	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chaetoceros marinus</i>	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chaetoceros ovatus</i>	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterosigma circularisquama</i>	○	○	○	○	○	○	○
	種属数	○(表層)	○	○	○(代表点)	○(代表点)	○(代表点)	○

表2 測定・分析方法

調査・分析項目	方法(機器)	広島県	山口県	福岡県	大分県(浅海)	大分県(上浦)	愛媛県	宮崎県
水温・塩分	多項目CTD	○	○	○	○	○	○	○
透明度	透明度板	○	○	○	○	○	○	○
NH4-N	インドフェノール青吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
NO2-N	ナフチルエチレンジアミン吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
NO3-N	銅カドミウムカラム還元ナフチルエチレンジアミン吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
PO4-P	モリブデン青(アスコルビン酸還元)吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
クロロフィルa	アセトン抽出吸光度法	○	○	○	○	○	○	○
	DMF抽出蛍光法					○	○	
溶存酸素	ウィンクラ法		○	○	○	○	○	○
	溶存酸素計	○		○				

析を行った。

また、気象データとして気象庁気象統計情報<sup>5)</sup>から広島市、豊後高田市、宇和島市における平均気温、平均風速、降水量、及び日照時間の観測値と年平均值(昭和56年ー平成22年)を結果の解析に用いた。

表3 調査実施日

調査名	海域	担当県	5月		6月		7月		8月		9月		1月	合計調査回数
			上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬		
モニタリング調査	周防灘	山口県				17	2	15	22					4
		福岡県				19	1	16	22					4
		大分県(浅海)				19	1	17	22					4
	広島湾	広島県				18		14	22	12	20	16		6
		大分県(上浦)					24		12	25	5	12		5
		豊後水道・別府湾	宮崎県				24	7	15	29	11			5
高感度監視調査	周防灘	山口県			6	17	2		5				5	5
		福岡県			9	19	1		5				7	5
		大分県(浅海)			5	19	1		4				6	5
	豊後水道・別府湾	大分県(上浦)		21		24	12		5				8	5
		宮崎県	8			17	1		7				20	5

表4 平年偏差に用いた平均値と標準偏差のデータ期間、調査点、水深

①データ期間	項目	広島湾		山口県(周防灘)		福岡県(周防灘)		大分県(周防灘)		別府湾		大分県(豊後水道)		宮崎県(豊後水道)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
①データ期間	水温	H21-H25		H16-H25		H16-H25		H16-H25		H21-H25		H21-H25		H21-H25	
	塩分	H21-H25		H16-H25		H16-H25		H16-H25		H21-H25		H21-H25		H21-H25	
	透明度	H21-H25		H16-H25		H16-H25		H16-H25		H21-H25		H21-H25		H21-H25	
	酸素飽和度	H21-H25		H16-H25		H16-H25		H16-H25		H21-H25		H21-H25		H21-H25	
	採集塩類	H21-H25		H16-H25		H16-H25		H16-H25		H21-H25		H21-H25		H21-H25	
②対象調査点	水温	全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点	
	塩分	全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点	
	透明度	全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点	
	酸素飽和度	全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点	
	採集塩類	全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点		全調査点	
③対象水深	水温	5m		5m		5m		5m		10m		10m		10m	
	塩分	5m		5m		5m		5m		10m		10m		10m	
	透明度	5m		5m		5m		5m		10m		10m		10m	
	クロロフィルa	5m		5m		5m		5m		10m		10m		10m	
	酸素飽和度	B-1m		B-1m		B-1m		B-1m		10m		10m		10m	

表5 高感度調査の観測分析項目

海域	周防灘				別府湾		豊後水道	
	担当県	山口県	福岡県	大分県(浅海)	大分県(上浦)	大分県(上浦)	愛媛県	
調査点数	1	1	1	1	1	1	2	
観測層(m)	0, 5, B-1	0, 5, B-1	0, 5, B-1	0, 5, B-1	0, 10	0, 10	0, 10	
調査回数	5	5	5	5	5	5	5	
観測分析項目	水温	○	○	○	○	○	○	
	塩分	○	○	○	○	○	○	
	透明度	○	○	○	○	○	○	
	NH4-N	○	○	○	○	○	○	
	NO2-N	○	○	○	○	○	○	
	NO3-N	○	○	○	○	○	○	
	PO4-P	○	○	○	○	○	○	
	クロロフィルa	○	○	○	○	○	○	
	溶存酸素	○	○	○	○	○	○	
	検出対象プランクトン(100倍濃縮)	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella antiqua</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Chattonella marina</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Chattonella ovata</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	○	○	○	○	○	○	
	珪藻類	○	○	○	○	○	○	
PCR解析対象プランクトン	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Chattonella spp.</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	

2. カレニア・ミキモトイ高感度調査(各県, 愛媛大学)

平成24年度夏季に当該海域で過去最大規模の甚大な漁業被害を出した原因有害プランクトンである, *K. mikimotoi*の監視体制強化のため, 遺伝子検出法(LAMP法及びリアルタイムPCR)を用いた高精度検出を実施した。図1

に示す海域の計48点の調査定点の内, 各県1~2点について, 表5に示すとおり, モニタリング調査時及びモニタリング調査に先立ち遺伝子検査用に海水1Lを5μmのメンブレフィルター(Millipore JMWPO4700)で濃縮濾過し, フィルター上に残った試料をフィルターと共に凍結保存した。その後, 愛媛大学南予水産研究センターにて, フィルター試料を解凍し, 速やかにビーズ粉砕によりホモジナイズした。さらに, DNeasy Plant Mini Kit(QIA-GEN, 69106)を用いてDNAを抽出した。DNAの検出定量は, PCR法及びLAMP法を用いて行った。PCR法には, *K. mikimotoi*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Chattonella spp.*, *Heterosigma akashiwo*の遺伝子をそれぞれ特異的に識別するプライマーと蛍光プローブ(Taq-manプローブ)を作成し, マルチプレックス検出可能なリアルタイムPCR機(バイオ・ラッド, CFX96)を用いて解析した。LAMP法も同様に前記4種の赤潮プランクトンをそれぞれ識別するプライマーを作成し, リアルタイム濁度測定装置(栄研科学, LoopampEXIA)を用いて解析した。PCR法で得られた数値は, 既知の細胞数を測定して得られた値を元に細胞数へと変換し, データとして利用した。

3. 既存データ等を用いた解析(愛媛大学, 瀬戸内水研)

豊後水道海域における有害赤潮の発生と海洋環境の関係性を明らかにするために, 宇和海沿岸の湾で取得されるようになってきている水温の鉛直分布データを用いて, *K. mikimotoi*赤潮が発生した2012年と2014年の海水交換の定量化を試みた。また, 2012年の*K. mikimotoi*赤潮時空間変化の解析を目的とする流動モデルについて, 境界条件を整備し, テストランを行った。

結果及び考察

1. モニタリング調査

(1) 気象

本年度は, 中国地方が6月4日に, 九州北部地方が6月2日に, 四国地方が6月3日に梅雨入りし, 7月20日に一斉に梅雨明けした。梅雨入り時期(平年に比べ2~3日早い), 梅雨明け時期(平年に比べ1日早い~2日遅い)ともに, 本年度は, ほぼ平年並みであった。

7~8月にかけて3個の台風が西日本に接近した。台風8号は, 7月10日に鹿児島県阿久根市付近に上陸し, 日向灘を抜けた。台風12号は, 8月1~3日にかけて東シナ海を北上して, 4日には黄海で温帯低気圧に変わった。台風11号は, 日本の南海上をゆっくり北上し10日に高知県安芸市に上陸した後, 近畿地方を通り日本海に抜け温帯低気圧に変わった。8月5~6日にかけて山口県や広島県では, 日本の南海上にある台風11号からの暖かく湿った空気の流

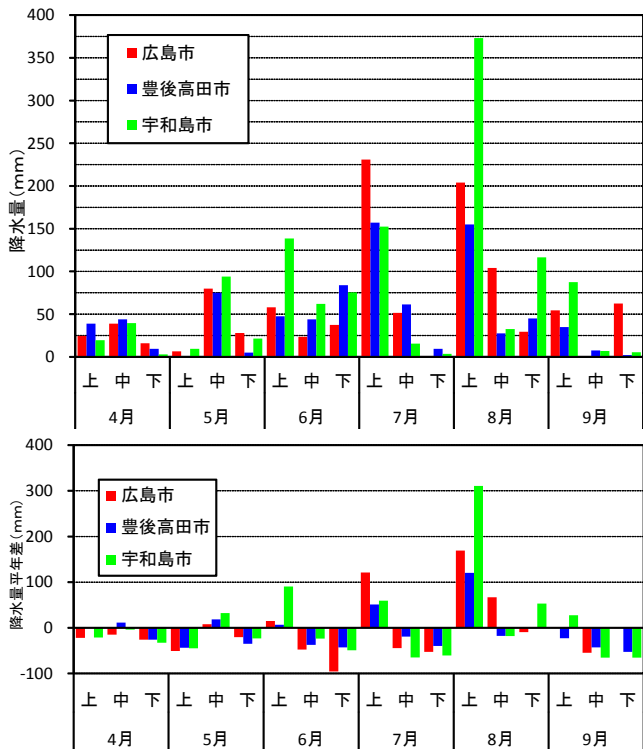


図2 旬別降水量の推移と平年差

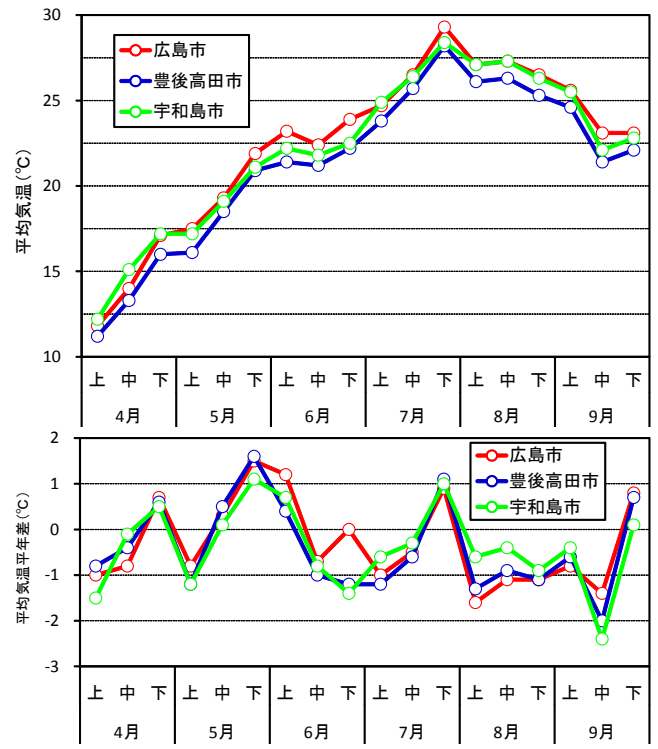


図4 旬別平均気温の推移と平年差

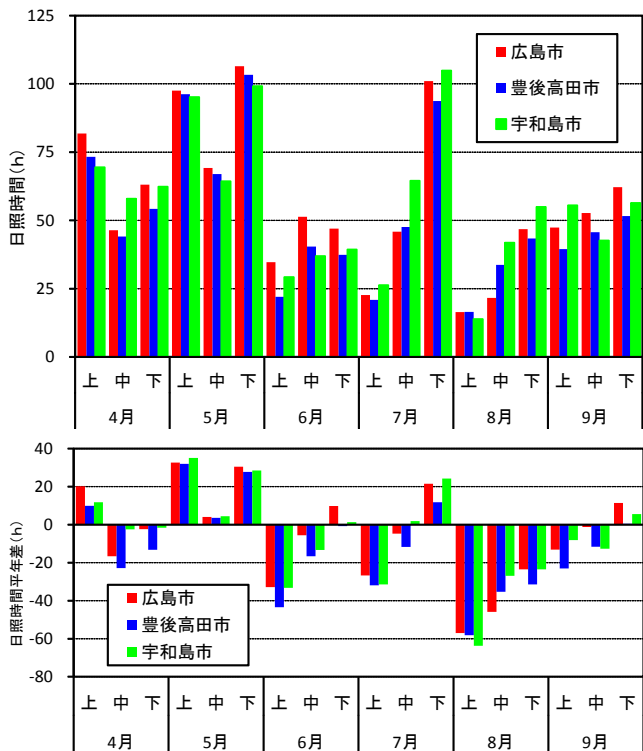


図3 旬別日照時間の推移と平年差

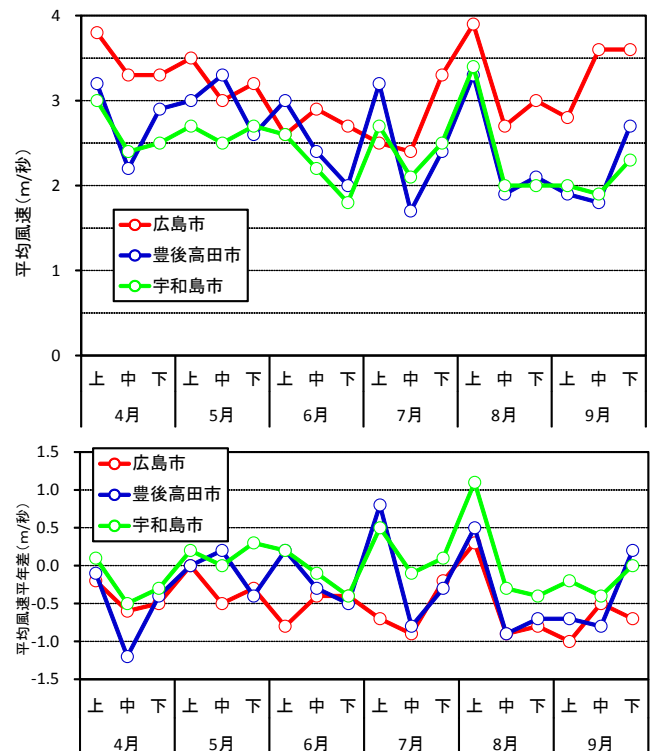


図5 旬別平均風速の推移と平年差

れ込みの影響を受けて、大気の状態が非常に不安定となり、数時間の短期間に非常に激しい降雨を記録した。

各観測所の観測結果として広島市、豊後高田市、宇和島市における降水量、日照時間、平均気温、平均風速の旬別気象データの推移と平年差を図2～図5に示した。

各観測所の降水量は、7月上旬と8月上旬にまとまった

降雨があり、平年を上回った。しかし、その他の時期は、平年を下回る旬がほとんどであった。

6～8月の日照時間は、各観測所ともに、7月下旬に平年を上回った他は、平年を下回る旬がほとんどであった。特に、8月上旬の日照時間が平年に比べて短め傾向であった。

6～8月の平均気温は、各観測所ともに6月上旬、7月下旬が平年より高めであった他は、平年より低めで推移した。

広島市の平均風速は、8月上旬を除いて、4月から平年より弱い傾向が継続した。豊後高田市と宇和島市の平均風速は、7月上旬と8月上旬を除いて、6月中旬から平年より弱い傾向が継続した。

(2) 海象

1) 水温

各海域の平均水温と平年偏差を図6に示した。広島湾の水温は、期間中(4月2日～9月16日) 11.5～24.2℃の範囲の値を示し、7～9月がやや低めであった。周防灘の水温は、山口県海域が、期間中(4月9日～9月5日) 13.4～26.5℃の範囲の値を示し、7月、8月がやや低めであった。福岡県海域は、期間中(4月22日～9月16日) 14.2～26.5℃の範囲の値を示し、7月、8月がやや低め、9月がかなり低めであった。大分県海域は、期間中(4月7日～9月1日) 12.2～26.9℃の範囲の値を示し、6～8月がやや低めであった。別府湾の水温は、期間中(5月21日～8月21日) 16.2～23.4℃の範囲の値を示し、7月、8月は低め基調の平年並みであった。豊後水道の水温は、大分県海域が、期間中(5月21日～8月21日) 16.2～23.0℃の範囲の値を示し、6～8月は低め基調の平年並みであった。愛媛県海域は、期間中(5月8日～9月10日) 16.7～24.1℃の範囲の値を示し、6月、7月がやや低めであった。宮崎県海域は、期間中(6月26日～8月11日) 20.7～24.2℃の範囲の値を示し、6月が甚だ高め、8月が低め基調の平年並みであった。海域全体では、7月以降は概ね低めで推移した。

2) 塩分

各海域の平均塩分と平年偏差を図7に示した。広島湾の塩分は、30.19～32.28の範囲にあり、8月中旬に最低値を示し、7月が、やや高め、8月、9月が、やや低めであった。周防灘の塩分は、山口県海域が、31.01～32.89の範囲にあり、8月上旬に最低値を示し、6月が、やや高め、8月が、やや低めであった。福岡県海域は、30.52～32.52の範囲にあり、7月中旬に最低値を示し、5月が、やや低め、8月が、低め基調の平年並みであった。大分県海域は、30.59～32.66の範囲にあり、7月下旬に最低値を示し、8月が、低め基調の平年並みであった。別府湾の塩分は、32.49～34.02の範囲にあり、8月下旬に最低値を示した。豊後水道の塩分は、大分県海域が、32.45～34.06の範囲にあり、8月下旬に最低値を示し、8月が、やや低めであった。愛媛県海域は、33.44～34.33の範囲にあり、9月上旬に最低値を示し、全般に高め基調の平年並みであった。宮崎県海域は、33.47～33.87の範囲にあり、8月中旬に最低値を示し、6月、8月が、かなり低めであった。海域全体では、概ね7月は高め、8月は低めであった。

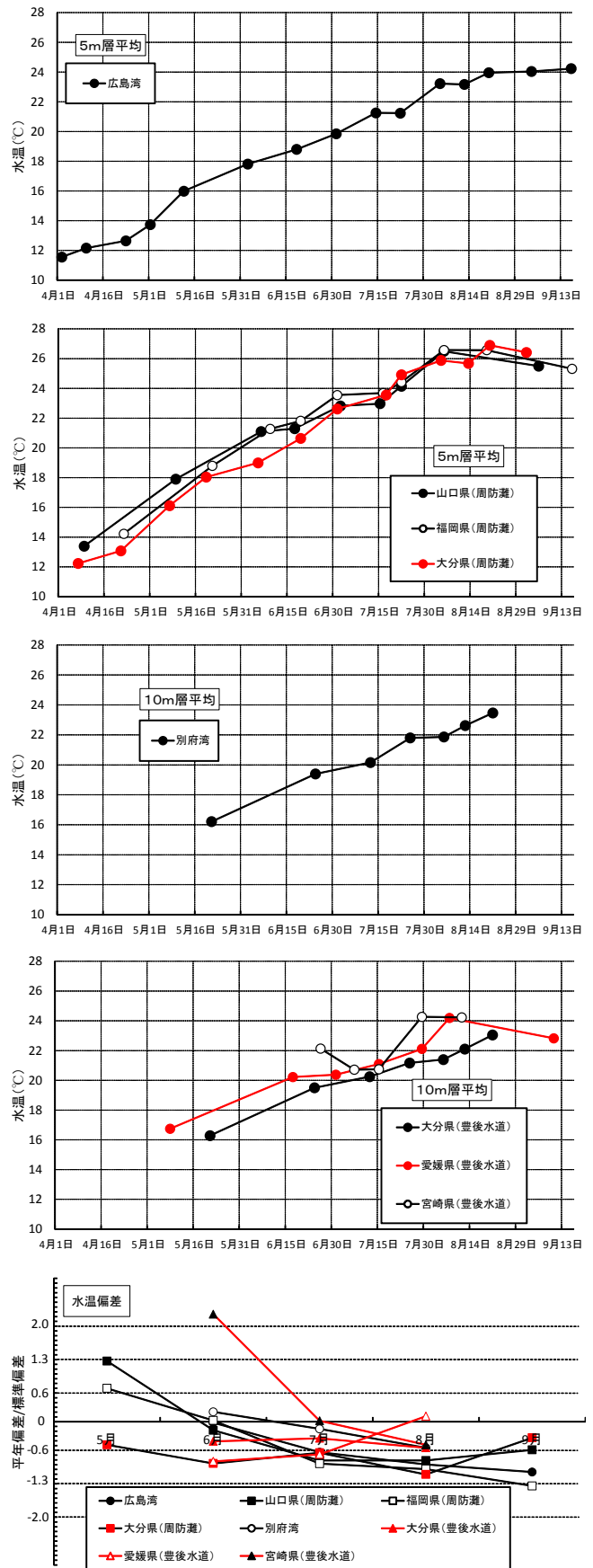


図6 各海域の平均水温と平年偏差

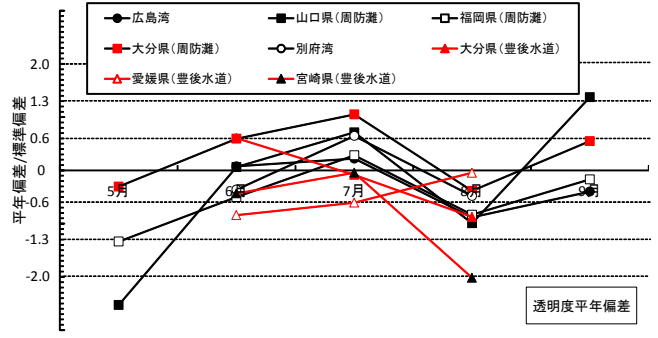
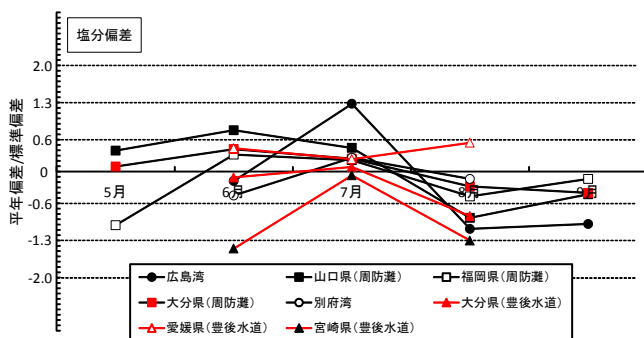
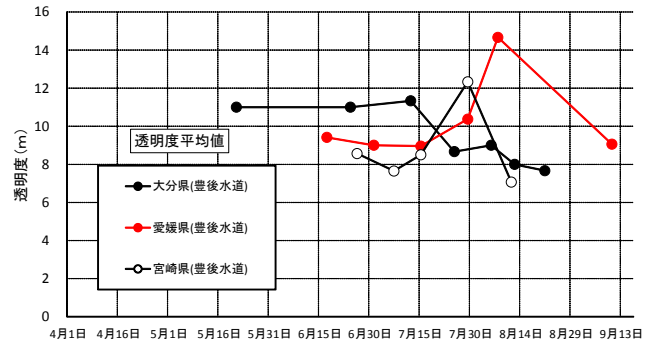
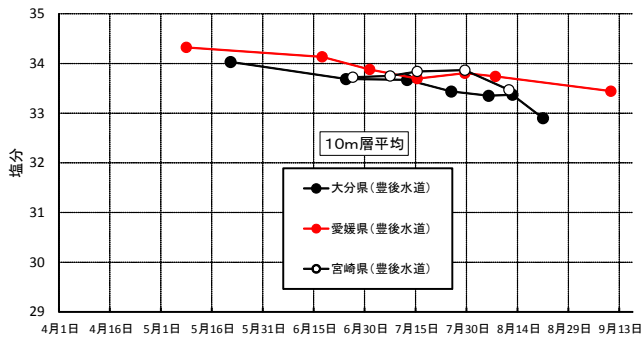
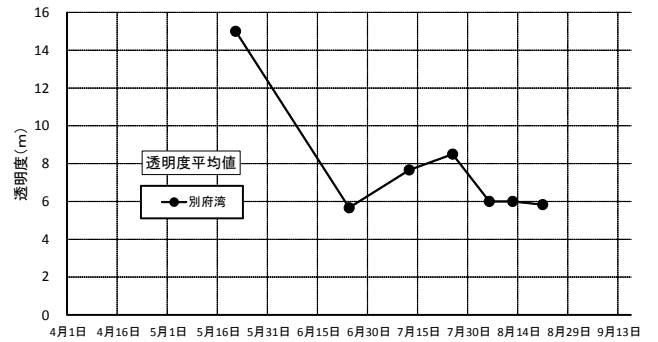
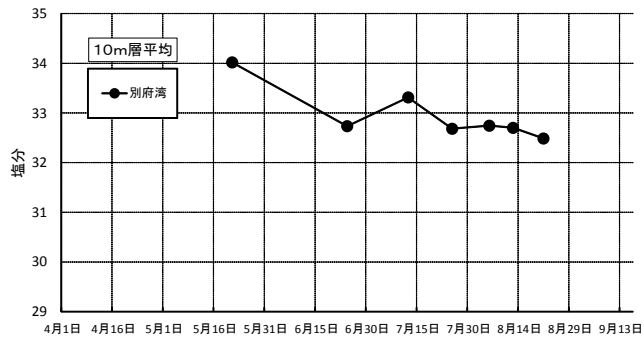
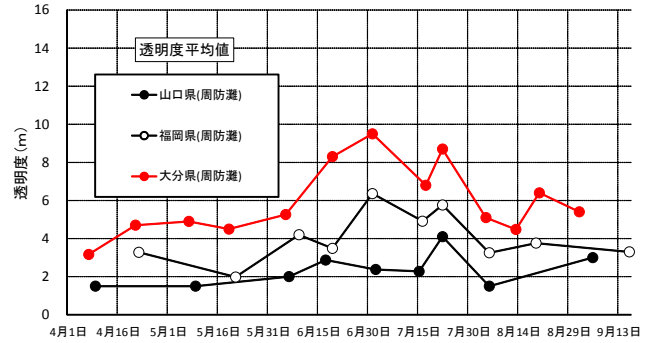
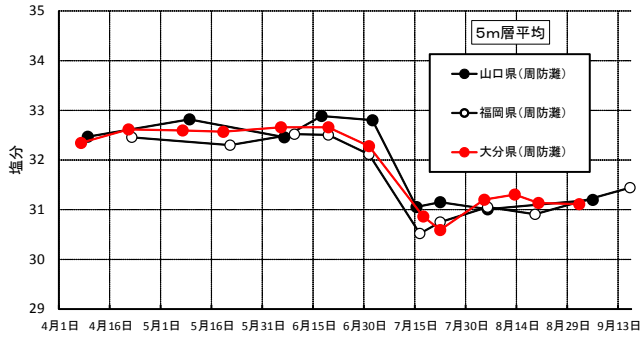
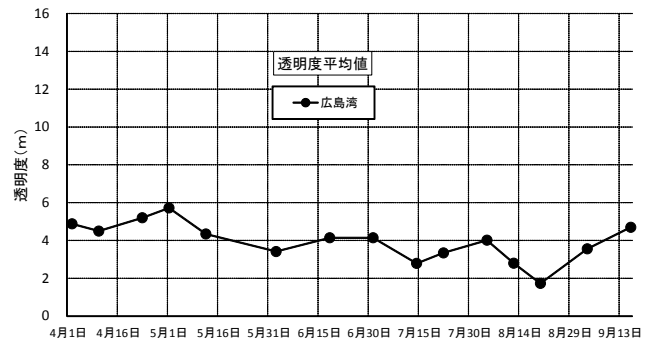
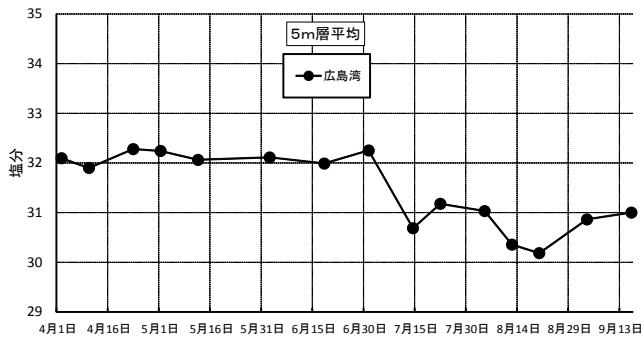


図7 各海域の平均塩分と平年偏差

図8 各海域の透明度の平均値と平年偏差

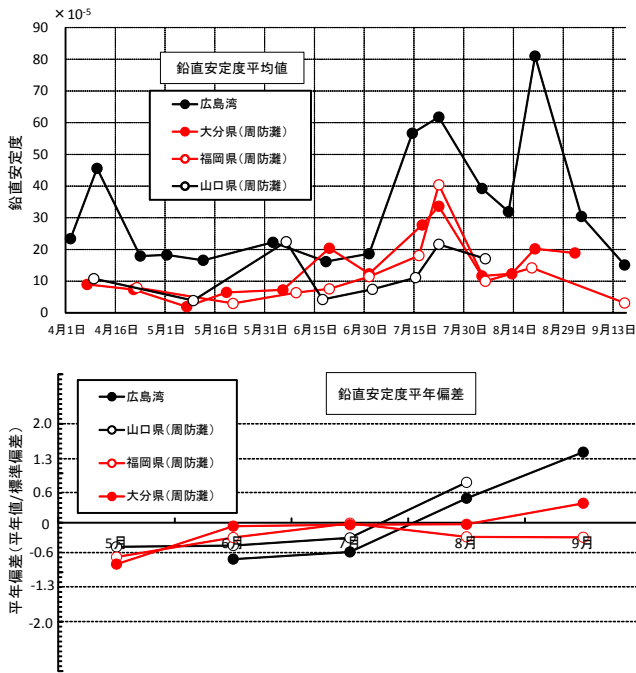


図9 鉛直安定度の平均値と年々偏差

### 3) 透明度

各海域の透明度の平均値と年々偏差を図8に示した。広島湾の透明度は、1.7～5.7mの範囲にあり、8月中旬に最低値を示した。周防灘の透明度は、山口県海域が、1.5～4.1mの範囲にあり、8月上旬に最低値を示した。福岡県海域は、2.0～6.4mの範囲にあり、5月中旬に最低値を示した。大分県海域は、3.2～9.5mの範囲にあり、5月上旬に最低値を示した。別府湾の透明度は、5.7～15.0mの範囲にあった。豊後水道の透明度は、大分県海域が7.7～11.3m、愛媛県海域が9.0～14.7m、宮崎県海域が7.1～12.3mの範囲にあった。年々偏差は、7月が、広島湾、周防灘、別府湾で高め基調の年々並み～やや高め、8月が全海域で低め基調の年々並み～甚だ低めであった。海域全体では、8月は低めであった。

### 4) 鉛直安定度

広島湾と周防灘の鉛直安定度の平均値と年々偏差を図9に示した。周防灘の鉛直安定度は、6月上旬までは、概ね $10 (\times 10^{-5})$ 以下で推移したが、6月中旬以降、上昇傾向に転じ、7月中旬に最高値に達している。各海域の最高値は、福岡県と大分県が山口県より高く、それぞれ $40 (\times 10^{-5})$ 、 $33 (\times 10^{-5})$ 、 $21 (\times 10^{-5})$ であった。8月上旬以降は、低下し、概ね $10 \sim 20 (\times 10^{-5})$ の範囲で推移している。一方、広島湾の鉛直安定度は、常に周防灘よりも高く、6月下旬まで概ね $20 (\times 10^{-5})$ 前後の値で推移している。7月上旬以降、上昇と低下を繰り返し7月中・下旬と8月中旬に $56 \sim 81 (\times 10^{-5})$ のピークを迎えている。

### (3) 水質

#### 1) 栄養塩 (DIN)

各海域のDINの平均値と年々偏差を図10に示した。広島湾のDINは、7月までは $0.43 \sim 1.47 \mu\text{M}$ の範囲で推移したが、8月以降は、7月までに比べて高く $3.22 \sim 12.80 \mu\text{M}$ の範囲で推移した。周防灘のDINは、山口県海域が $0.18 \sim 3.87$

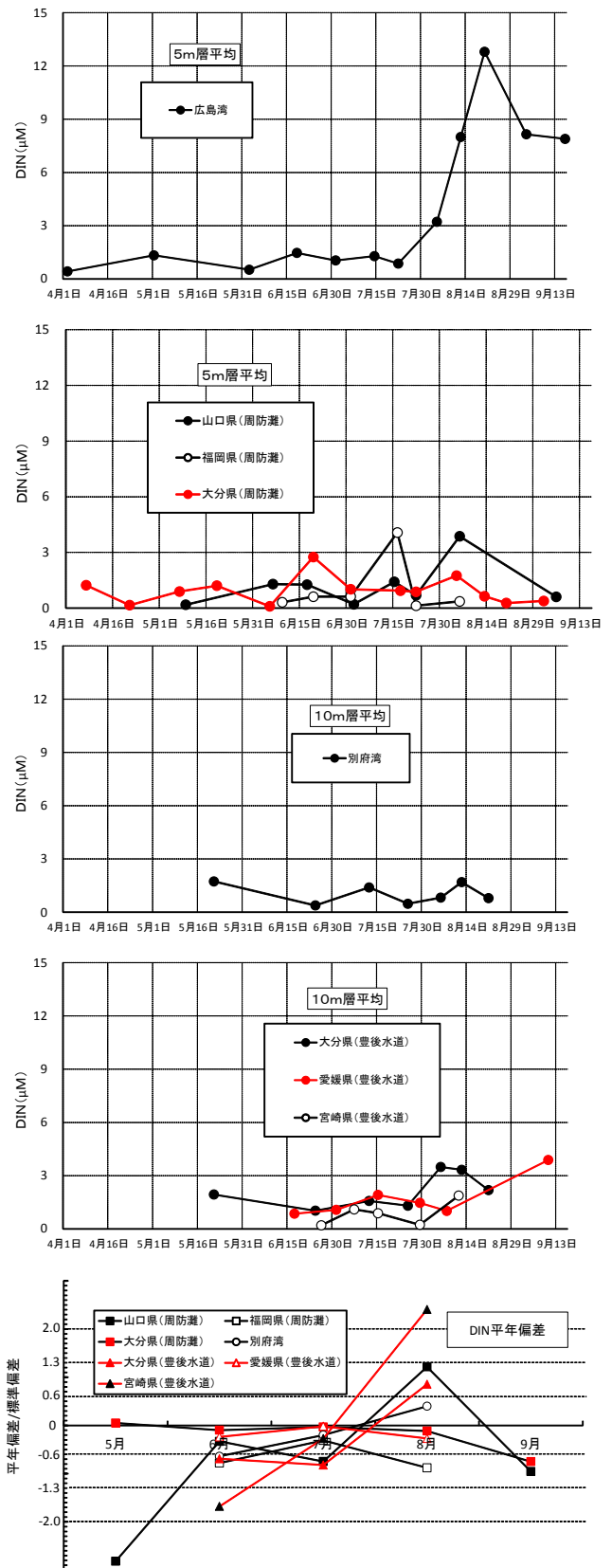


図10 各海域のDINの平均値と年々偏差

$\mu\text{M}$ 、福岡県海域が $0.13 \sim 4.07 \mu\text{M}$ 、大分県海域が $0.09 \sim 2.75 \mu\text{M}$ の範囲で推移し、6月、7月は低め基調の年々並み～やや低めであった。別府湾のDINは、 $0.38 \sim 1.73 \mu\text{M}$ の



範囲で推移し、6月、7月は低め基調の平年並み～やや低めであった。豊後水道のDINは、大分県海域が1.02～3.48  $\mu\text{M}$ 、愛媛県海域が0.86～3.88  $\mu\text{M}$ 、宮崎県海域が0.20～1.87  $\mu\text{M}$ の範囲で推移し、6月、7月は、低め基調の平年並み～かなり低めであった。

## 2) 栄養塩 (DIP)

各海域のDIPの平均値と平年偏差を図11に示した。広島湾のDIPは、0.02～0.41  $\mu\text{M}$ の範囲で推移した。周防灘のDIPは、山口県海域が、0.01～0.19  $\mu\text{M}$ 、福岡県海域が0.01～0.12  $\mu\text{M}$ 、大分県海域が0.04～0.18  $\mu\text{M}$ の範囲で推移した。別府湾のDIPは、0.12～0.26  $\mu\text{M}$ の範囲で推移した。豊後水道のDIPは、大分県海域が0.19～0.37  $\mu\text{M}$ 、愛媛県海域が0.02～0.22  $\mu\text{M}$ 、宮崎県海域が0.05～0.17  $\mu\text{M}$ の範囲で推移した。6月は、周防灘(山口県海域)、別府湾、豊後水道で、7月は、周防灘(山口県、福岡県の各海域)、豊後水道(大分県、愛媛県の各海域)で低め基調の平年並み～やや低めであった。愛媛県が期間(6～8月)を通じてやや低め～かなり低めであったことが特徴的であった。

## 3) クロロフィル a

各海域のクロロフィル a の平均値と平年偏差を図12に示した。広島湾のクロロフィル a は、2.02～16.42  $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移し、7月中旬～8月上旬まで10  $\mu\text{g/L}$ 以上の値を示した。周防灘のクロロフィル a は、山口県海域が、3.70～9.64  $\mu\text{g/L}$ 、福岡県海域が0.83～7.27  $\mu\text{g/L}$ 、大分県海域が0.59～5.11  $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移し、山口県海域では、7月下旬を除き6月中旬～9月上旬まで、福岡県、大分県海域では8月上旬に5  $\mu\text{g/L}$ 以上の値を示した。別府湾のクロロフィル a は、0.49～2.27  $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移した。豊後水道のクロロフィル a は、大分県海域が0.49～1.87  $\mu\text{g/L}$ 、愛媛県海域が0.56～1.38  $\mu\text{g/L}$ の範囲で推移した。周防灘(福岡県、大分県)の8月は、平年に比べてかなり高めで推移した。

## 4) 溶存酸素飽和度

各海域の酸素飽和度の最低値と平年偏差を図13に示した。広島湾の酸素飽和度は、20.2～91.4%の範囲で推移し、7月中旬以降50%を下回る値が継続した。周防灘の酸素飽和度は、山口県海域が81.7～108.4%、福岡県海域が32.9～104.1%、大分県海域が43.1～100.5%の範囲で推移し、8月中旬～9月上旬にかけて、福岡県海域、大分県海域で50%を下回る値が見られた。別府湾の酸素飽和度は、85.7～101.8%の範囲で推移した。豊後水道の酸素飽和度は、大分県海域が、87.1～99.9%、愛媛県海域が83.3～88.2%、宮崎県海域が86.3～100.8%の範囲で推移した。8月は、周防灘(山口県)、別府湾、豊後水道で、平年並み～甚だ低め、9月は広島湾、周防灘で低め基調の平年並み～かなり低めの値で推移した。

## (4) プランクトン

### 1) *K. mikimotoi*

各海域の*K. mikimotoi*の最高細胞密度を図14に、細胞密度の水平分布を図15に示した。広島湾は、6月上旬に1 cell/mlが初確認された後、7月上旬に18 cells/mlまで増加し、7月中旬に1,620 cells/mlに達し、赤潮を形成した。広島湾では、10<sup>3</sup> cells/ml以上の細胞密度が8月下旬まで長期間継続し、9月中旬に1 cell/mlまで減少した。

周防灘は、4月には10 cells/mlを超えて確認されたが、その後7月上旬まで減少傾向を示し、10 cells/ml未満で推

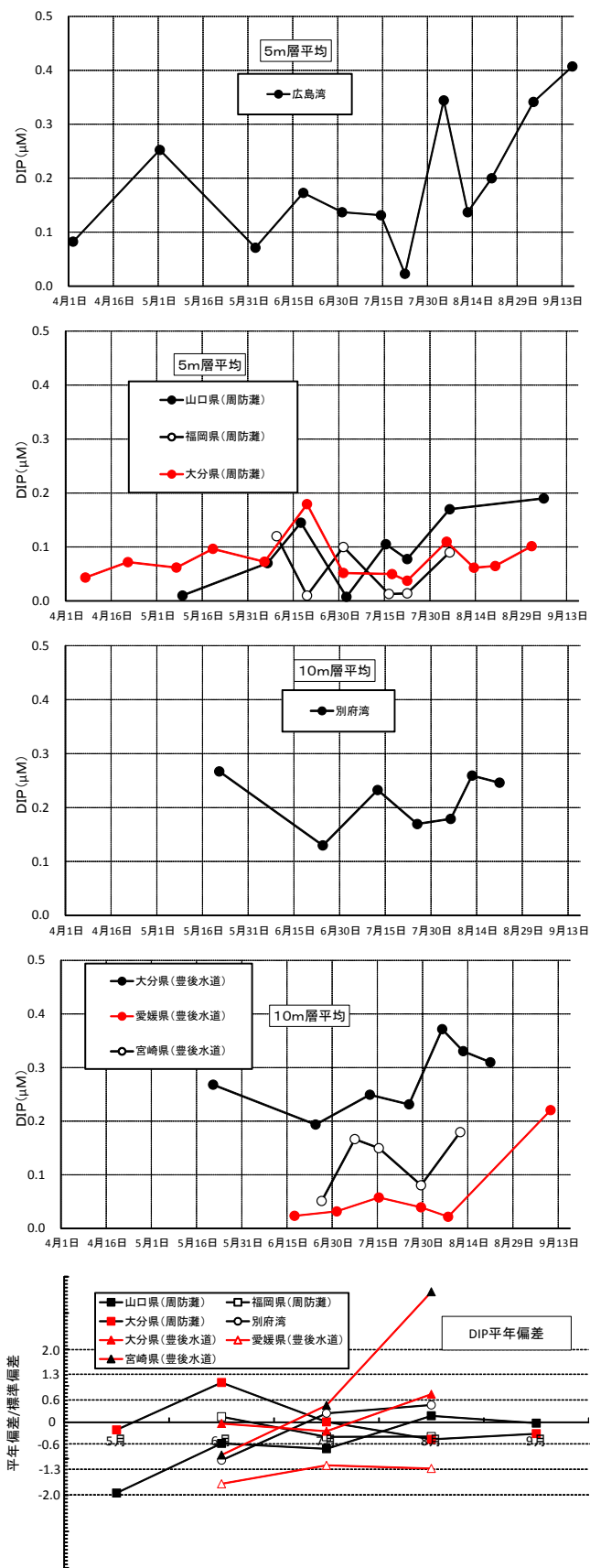


図11 各海域のDIPの平均値と平年偏差

移した。福岡県海域、大分県海域では、7月中旬以降、

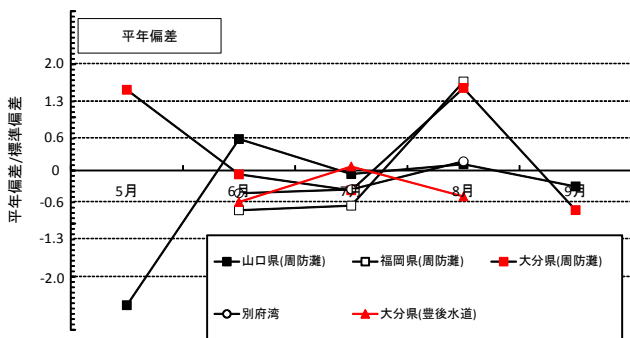
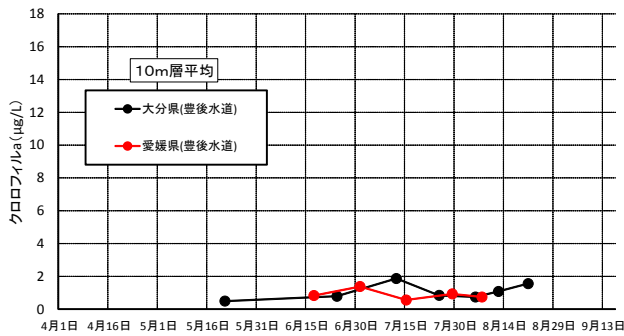
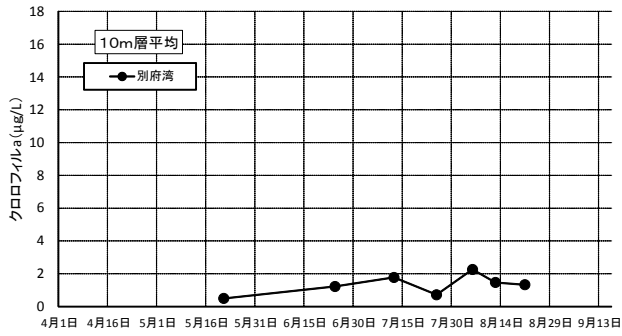
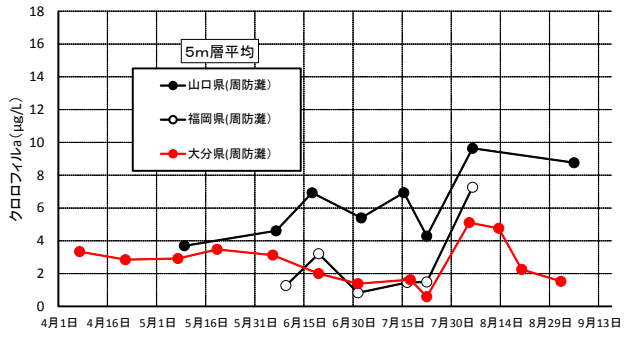
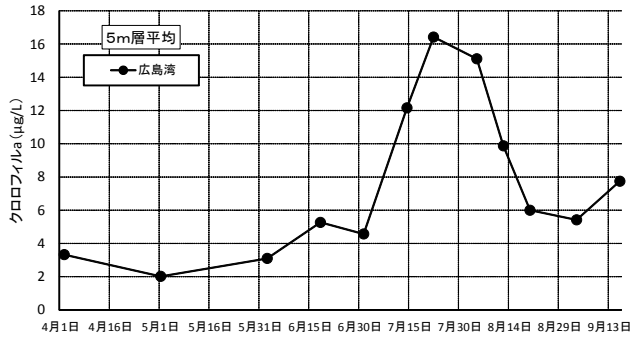


図12 各海域のクロロフィルaの平均値と平年偏差

増加傾向に転じ、7月下旬には、再び10cells/mlを超え、8月上旬に $10^3$ cells/mlに達して、赤潮を形成した。8月

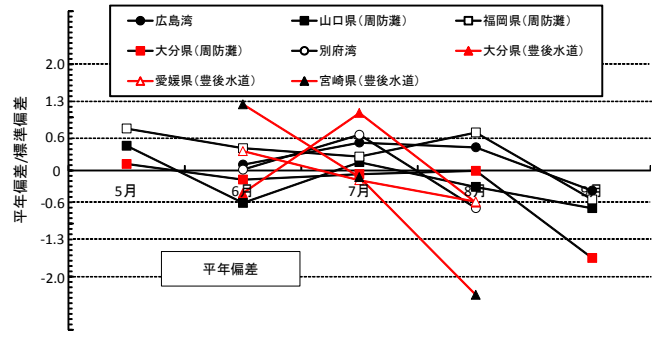
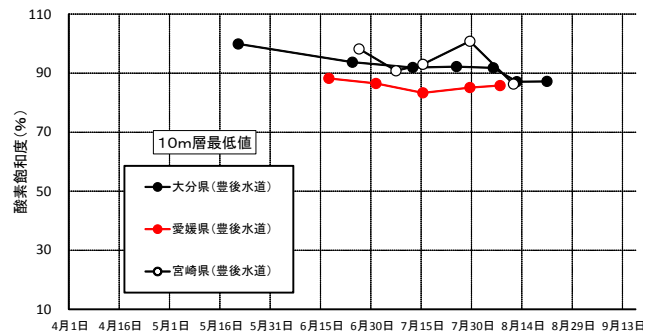
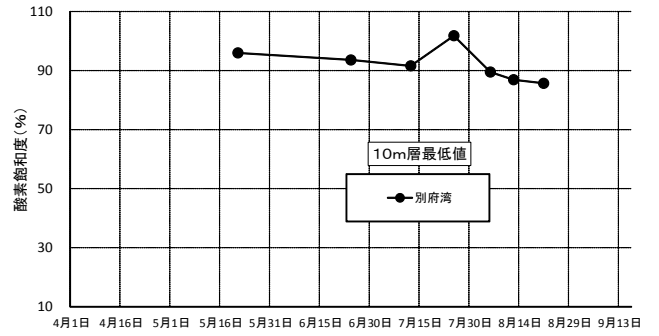
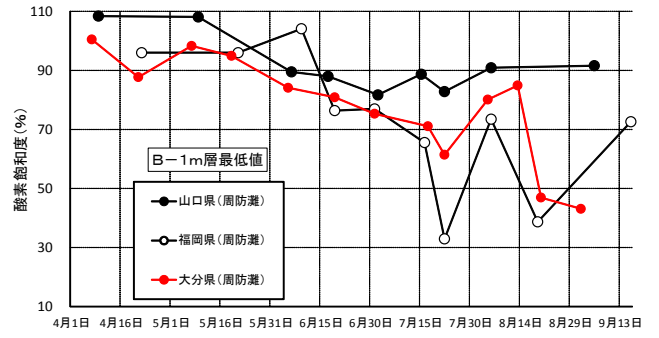
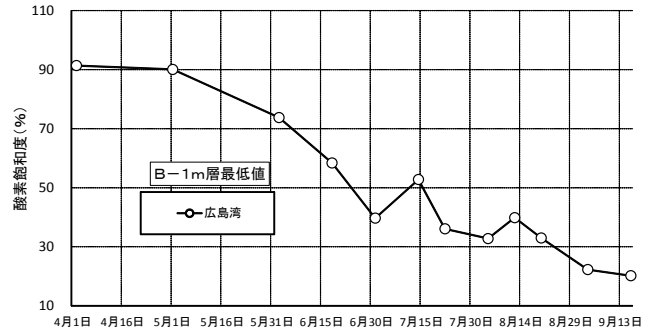


図13 各海域の溶存酸素飽和度最低値と平均値の平年偏差

中旬には、大分県海域で27,830cells/mlの最高密度を確認した後、9月には、遊泳細胞が確認されなくなった。

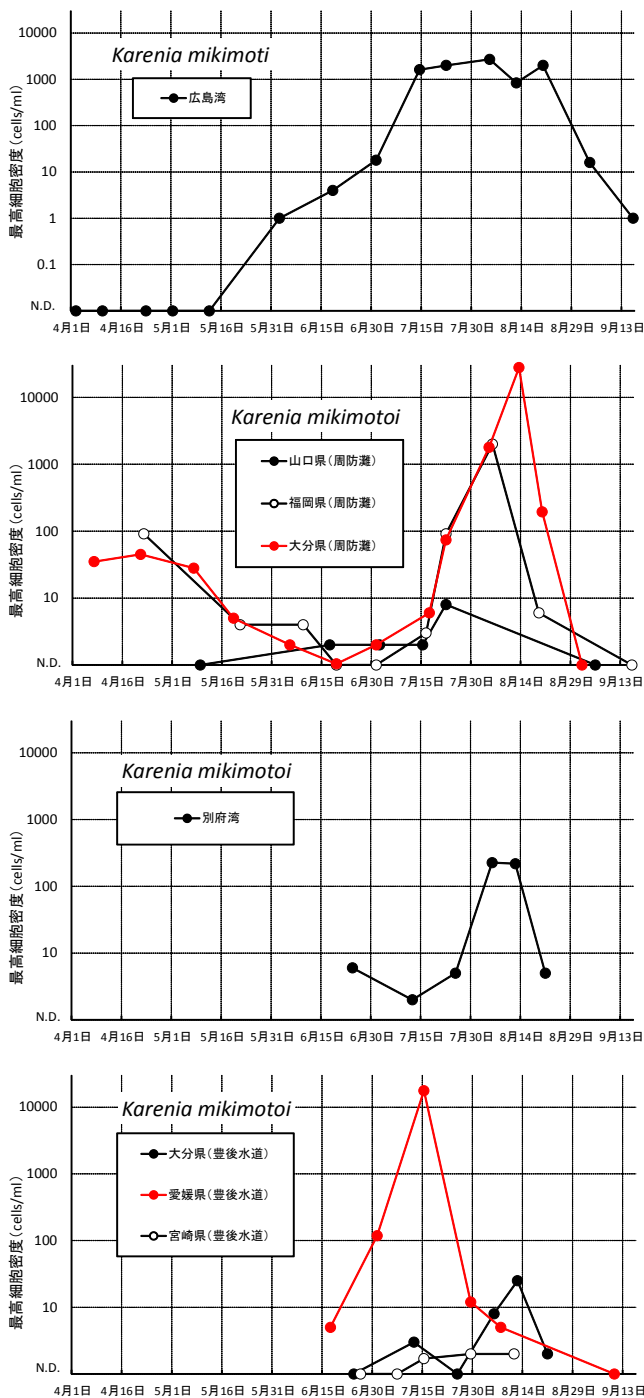


図14 各海域の*K. mikimotoi*の最高密度推移

山口県海域は、夏季に赤潮を形成することなく、7月中旬の7cells/mlが最高であった。

別府湾は、7月下旬に増加傾向に転じ、10cells/ml未満の密度で推移した。8月上中旬にピークを示し、 $10^2$ cells/mlを超えて218~226cells/mlとなった。別府湾の増減は、周防灘と連動して変化しており、周防灘からの流れ込みが示唆された。

豊後水道は、愛媛県海域で、6月中旬から増加傾向を示し、10cells/ml未満から7月上旬には $10^2$ cells/ml以上まで増加した。さらに、7月中旬には、17,701cells/mlの最高密度に達し、赤潮を形成した。7月下旬以降減少傾向を

示し、9月上旬には遊泳細胞は、確認されなくなった。大分県海域は、8月上旬から増加傾向を示し、8月中旬に25cells/mlの最高密度を示した。宮崎県海域は、調査期間を通じて10cells/ml未満で推移した。

本年度は、広範囲（広島湾、周防灘、豊後水道（愛媛県））にわたって*K. mikimotoi*が $10^3$ cells/mlを超えて赤潮化したことが特徴であった。

図16に平成18~26年度の周防灘における*K. mikimotoi*の出現最高細胞密度と分布指標（遊泳細胞が出現した定点数/全調査点数×100）を示した。

出現最高密度は、6月中・下旬、7月上旬が1cell/ml、7月中・下旬が $10^2$ cells/ml、8月上旬が2,000cells/ml、8月中・下旬が27,830cells/mlであった。

また、分布指標は、6月上旬の89%から6月中・下旬、7月上旬に11%まで低下した。その後、7月中・下旬に53%まで上昇し、8月上旬に100%、8月中・下旬に84%となった。

## 2) *C. polykrikoides*

各海域の*C. polykrikoides*の最高細胞密度を図17に示した。*C. polykrikoides*は、周防灘（大分県海域）、豊後水道（愛媛県、宮崎県海域）で確認され、最高密度はそれぞれ4, 4, 2cells/mlであった。

## 3) *Chattonella* spp. (*antiqua* + *marina*)

各海域の*Chattonella* spp. (*antiqua* + *marina*)の最高細胞密度を図18に示した。広島湾では、6月上旬に38cells/mlの最高密度を示し、7月以降、10cells/ml以下の密度が継続して確認された。周防灘では、各県海域で1cell/mlの遊泳細胞が散発的に確認された。別府湾、豊後水道では、愛媛県海域で1cell/mlが確認された。また、*Chattonella ovata*は、広島湾で8月12日、20日に1~2cells/ml、周防灘（山口県、大分県）で7月22日に1cell/ml確認された。

## 4) *H. akashiwo*

各海域の*H. akashiwo*の最高細胞密度を図19に示した。広島湾では、6月中旬に1,098cells/mlの最高密度を示した後、10cells/ml以上の密度が8月中旬まで断続的に確認された。周防灘では、大分県海域で5月上旬~6月中旬まで10cells/ml以上の密度が継続して確認された。山口県と福岡県は、1~2cells/mlの遊泳細胞が6月中旬~7月上旬に確認された。別府湾も同様に、6月下旬に6cells/mlが確認された。豊後水道では、愛媛県海域で1~3cells/mlの密度が、調査期間中8月まで継続して確認された。大分県海域と宮崎県海域では、1~2cells/mlの遊泳細胞が6月下旬~7月中旬に確認された。

## 5) 珪藻類

各海域の全層平均値を図20に示した。広島湾は、7月中旬~8月中旬にかけて $10^3$ cells/mlを越えて1,300~8,600cells/mlの範囲で推移した。周防灘は、山口県海域で、7月上・中旬、8月上旬、9月上旬に $10^3$ cells/mlを越えて1,385~2,619cells/mlの範囲で推移した。大分県海域では、7月上旬、8月中旬に $10^3$ cells/mlを越えて1,055cells/ml、5,175cells/mlが確認された。福岡県海域では、 $10^3$ cells/ml以下の2~400cells/mlの範囲で推移した。別府湾は、6月下旬、8月上旬に $10^3$ cells/mlを越えて1,638cells/ml、1,699cells/mlが確認された。豊後水道では、大分県海域が15~124cells/ml、愛媛県海域が2~67cells/ml、宮崎県海域が260~1,813cells/mlの範囲で推移した。

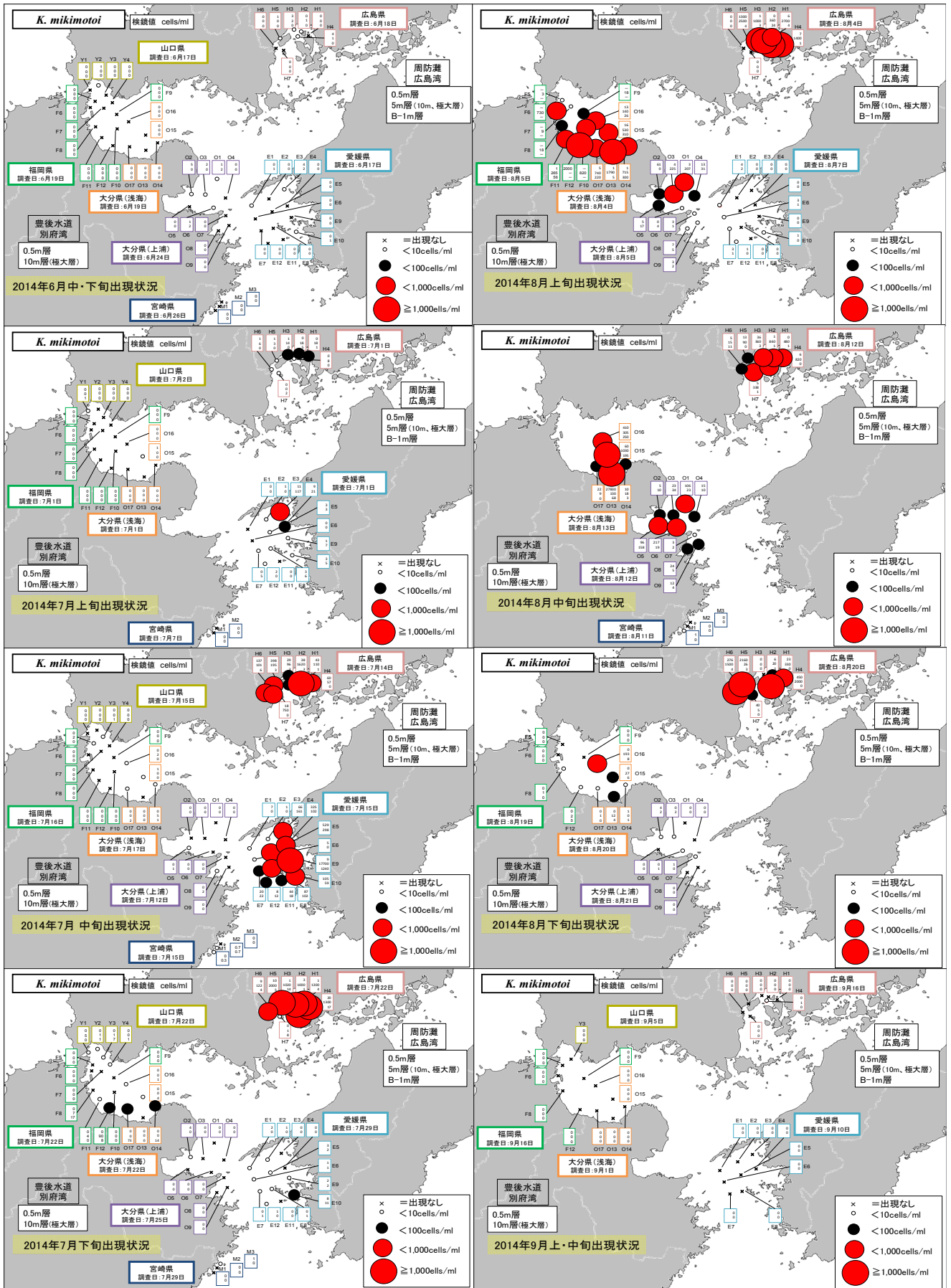


図15 *K. mikimotoi*の水平分布

(5) モニタリング調査結果まとめ

平成26年度夏季の西部瀬戸内海の気象、海況の特徴として以下のことが挙げられる。気象面では7月上旬、8月上旬の両期間の大量降雨、6~8月の期間の低日照傾向、また広島市では4~9月の期間、弱風傾向であった。海況は7~9月の低水温、8月の低塩分の各傾向があり、海域別では8月の宮崎県(豊後水道)のDIN, DIPの各濃度が高く、広島湾の8月、9月の鉛直安定度が高かったことが特徴であった。

有害プランクトンでは*K. mikimotoi*が調査当初から低密度で広範囲に確認され、その後広島湾、周防灘、豊後水道(愛媛県)で大規模な赤潮を形成したのが特徴であった。他の有害種は*H. akashiwo*が広島湾で1,000cells/mlを超えた以外、低密度で推移し大規模な赤潮の形成は観測されなかった。

次に*K. mikimotoi*が赤潮に至った要因について検討した。*K. mikimotoi*が赤潮を形成するには、赤潮形成時にシードポピュレーションとして機能する遊泳細胞の存在とその細胞が増殖する好適環境条件が必要である。平成26年1月に本事業で実施した遺伝子を用いた高感度検出において、周防灘、豊後水道の広域な海域で本種の遺伝子が検出され、徳山湾では1~3月に赤潮(最高細胞密度9,917cells/ml)が確認されるなど、平成26年冬季の西部瀬戸内海は例年より広範囲、高密度に遊泳細胞が分布していたと推察された。さらに4~6月上旬には顕微鏡観察によって広範囲に遊泳細胞が観測され、一部海域では濃密度分布も確認された(徳山湾1,880cells/ml, 秋穂湾から防府市牟礼沖4,940cells/ml, 周防灘荊田南港 1,030 cells/ml)。周防灘の本種の6月の分布指標(図16)においても過去9年間で最も高い値が確認されている。以上の結果から、今年度は遊泳細胞が例年より高密度、広範囲に越冬し、それらが大規模な赤潮形成前には広範囲に分布していたと示唆された。

続いて赤潮を引き起こす好適環境について検討した。本種は非常に弱い光強度下で増殖することが可能であり<sup>6)</sup>、低日射量の年は他種に比べて相対的に増殖に有利であると考えられる。既往知見においても周防灘、豊後水道で大規模に本種の赤潮が発生した年には赤潮発生前に低日射量の期間が続くことが報告されている<sup>7)</sup>。今年度は先述したとおり赤潮発生前の6月から長期間、西部瀬戸内海全域で例年に比べて日照時間が短かく既往知見と一致していたことから、6月以降の低日照傾向が本種の増殖を促進させたと考えられた。なお、各海域による発生時期・期間の違いについては、各海域における各種の環境条件の違いによって生じたと推測され、今後海域別の赤潮形成と環境特性について検討する必要がある。以上をまとめると、平成26年度の夏季に出現した*K. mikimotoi*赤潮はシードポピュレーションとなる遊泳細胞が例年より広範囲に分布し、それらが低日照の環境下で他種より効率的に増殖したことによって形成されたと考えられた。

2. カレニア・ミキモトイ高感度監視調査

*K. mikimotoi*, *C. polykrikoides*, *Chattonella* spp. (*antiqua* + *marina*), *H. akashiwo* 遊泳細胞のPCR法と100倍濃縮海水直接検鏡計数法による細胞密度の対応関係を図21に示した。*K. mikimotoi* など4種のプランクトンで100倍濃縮海水直接検鏡では検出が出来ない低密度の遊

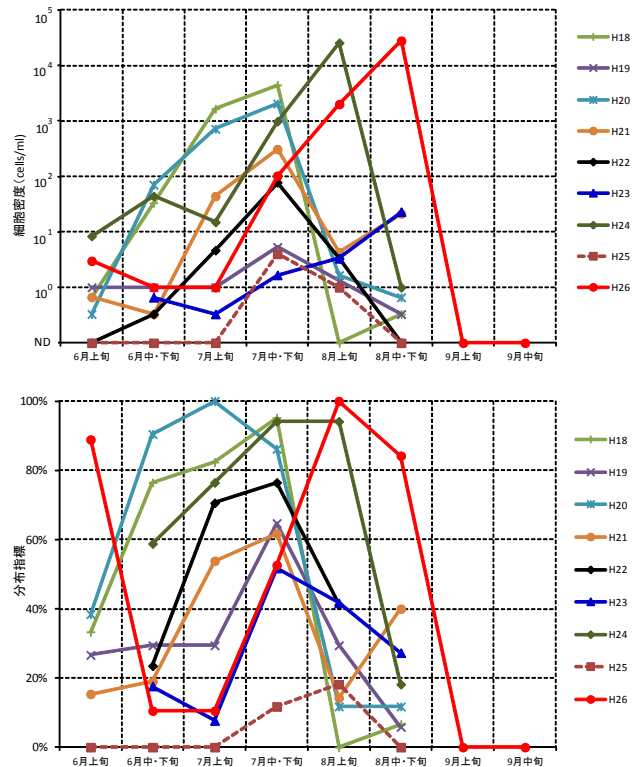


図16 周防灘における*K. mikimotoi*の出現最高密度と分布指標の推移

泳細胞をPCR法により高感度に検出できることが確認された。

また、顕微鏡観測では未確認である海水から、*K. mikimotoi*遺伝子の検出が多数確認できた。従来の顕微鏡による観測と併用することによって、早期に赤潮の発生予察に必要なシードポピュレーションの把握を迅速かつ効果的に行うことが可能であることが示唆された。

3. 既存データ等を用いた解析

平成24年夏季に西日本の広範囲で発生した*K. mikimotoi*赤潮は、光合成有効放射照度(PAR)の低下が原因の一つであると考えられるが、豊後水道沿岸においては、この海域に夏季に発生する急潮や底入り潮がこの年に弱かったことが被害を増加させた可能性がある。しかしながら、急潮などの強弱に関しては、「急潮強度」が指標として用いられた例はあるが<sup>8)</sup>、この指標は特定の深さ(例えば5m)における水温変動の激しさを定量化したもので、湾の海水交換の指標としては定量化に乏しい。そこで、近年宇和海沿岸の湾で取得されるようになってきている水温の鉛直分布データを用いて湾の海水交換を定量化することを試みた。

この方法は、ある日の日平均水温の鉛直分布と翌日の日平均水温の鉛直分布から、1日の間の湾の海水交換率を求めようとするもので、原理は以下のようなものであ

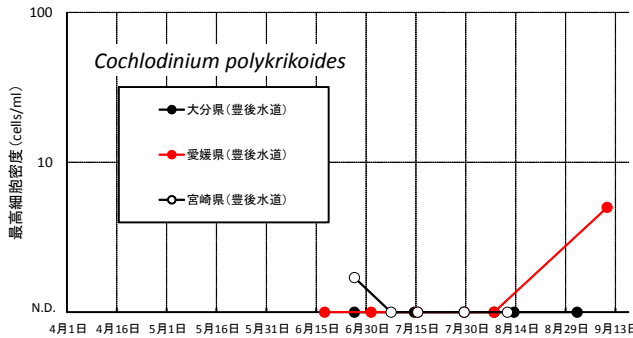
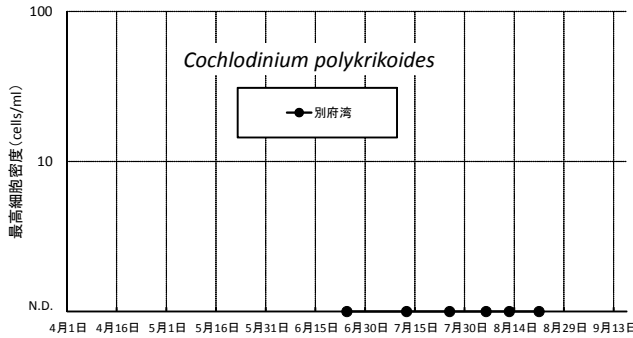
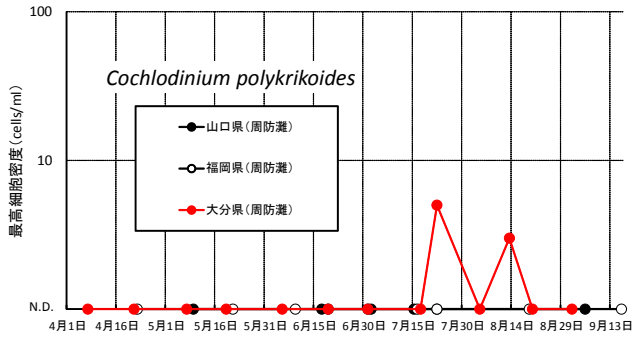
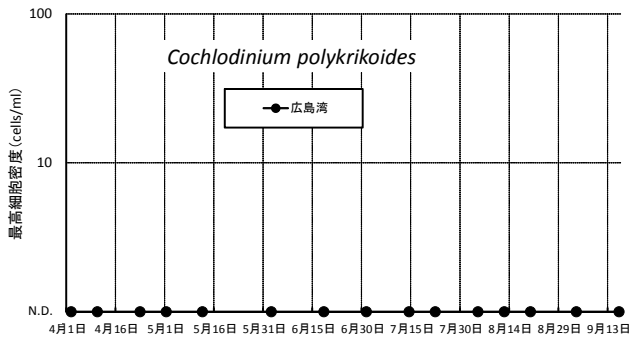


図17 各海域の*C. polykrikoides*の最高密度の推移

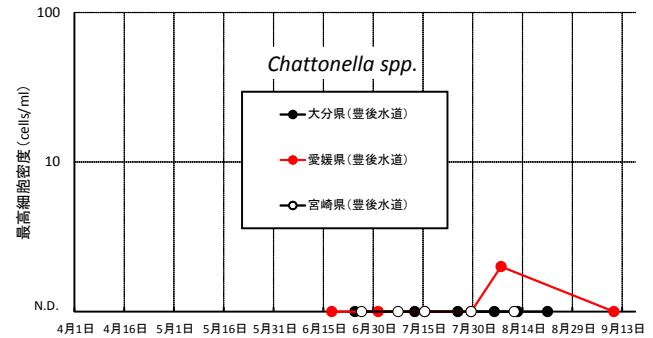
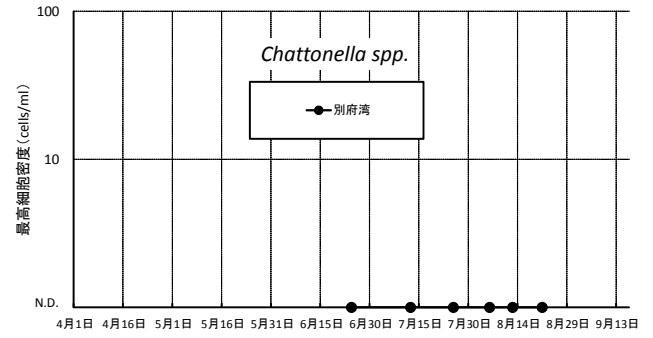
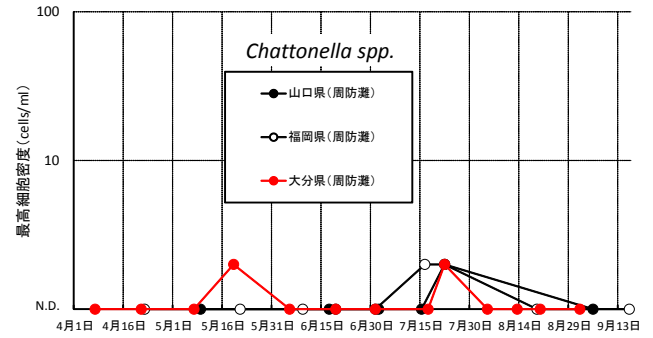
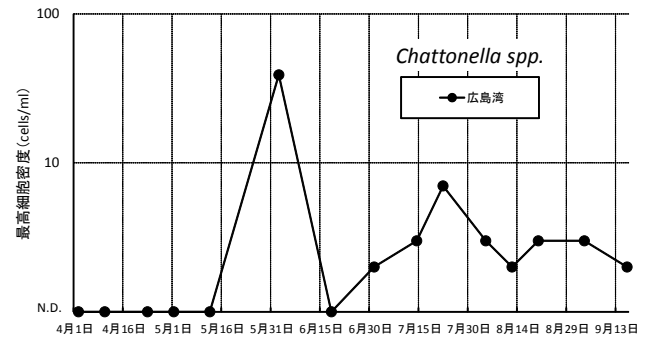


図18 各海域の*Chattonella*属の最高密度の推移

る。まず、ある測点での1日の間の鉛直混合による水温変化と海面を通しての加熱・冷却による水温変化はいずれも無視できるほど小さいと仮定すると、水温変化は水平的な海水の入れ替わりによるもののみとなる。そこで、ある日に $T_1 \sim T_{1+1}$  ( $T_{1+1} = T_1 + \Delta T$ ) の水温範囲にある海水の厚さが $h_{11}$ であったとし、翌日には同じ水温範囲の海水の厚さが $h_{12}$ になったとすると、1日の間に $\Delta h_1 = h_{12} - h_{11}$ の厚さに相当する海水が流入 ( $\Delta h_1$ が負の場合には流出) したことになる (図22)。この計算を、1日目と2日

目ともに出現した水温の全範囲 ( $T_1 \sim T_n$ ) を $\Delta T$ で区分した範囲毎に行くと、各水温範囲での流出・流入量が求められる。さらに、1日目に出現して翌日には出現しなかった水温範囲 (図22の場合は $<T_1$ ) の水は流出し、1日目には出現しなかったが翌日出現した水温範囲 (図22の場合は $>T_n$ ) の水は流入したと見なすことができる。このようにして、ある測点に1日の間に流入した海水の厚さ (= 流出した海水の厚さ) が計算できる。さらに、湾内での水温の鉛直分布は一樣 (等温線が水平) であり、

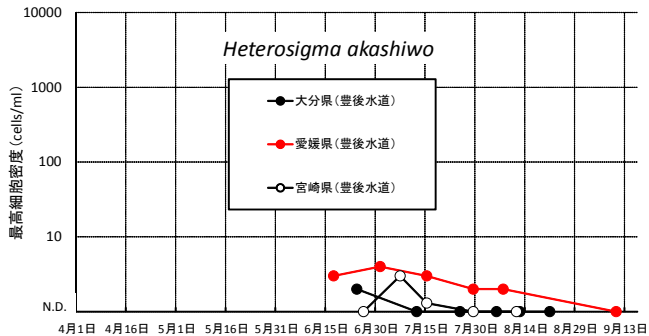
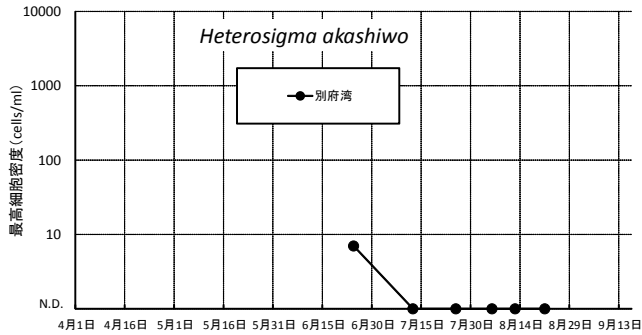
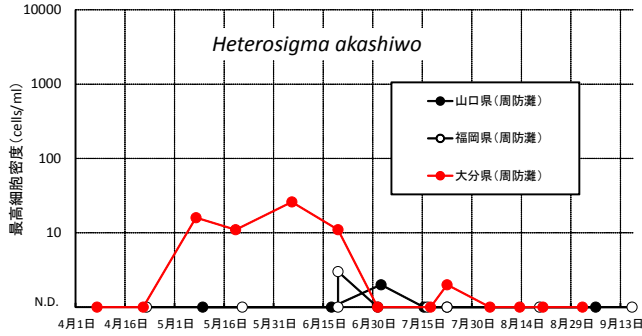
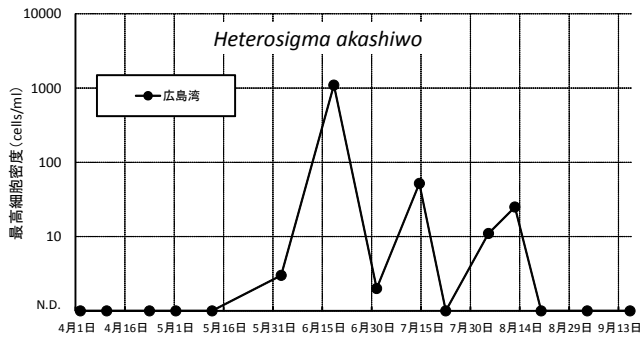


図19 各海域の*H. akashiwo*の最高密度の推移

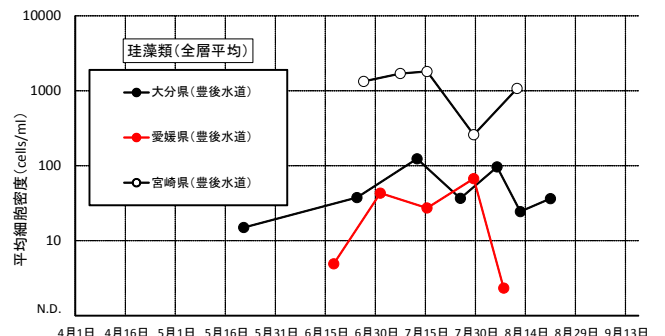
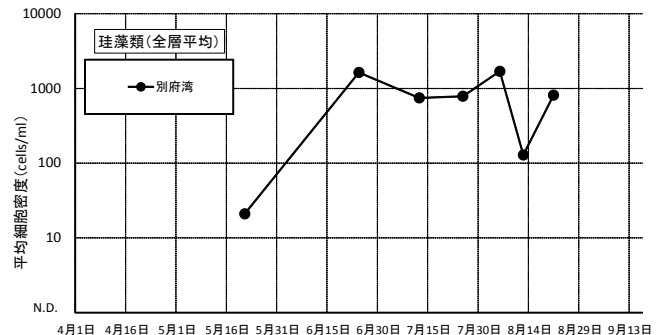
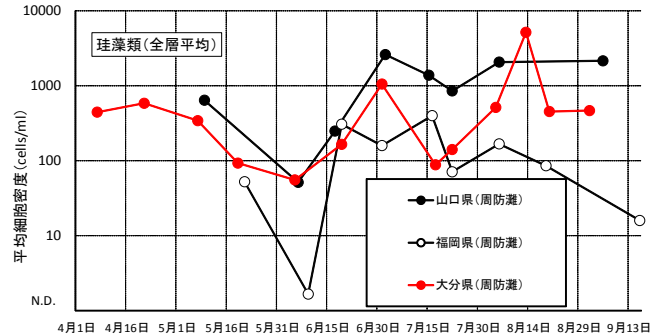
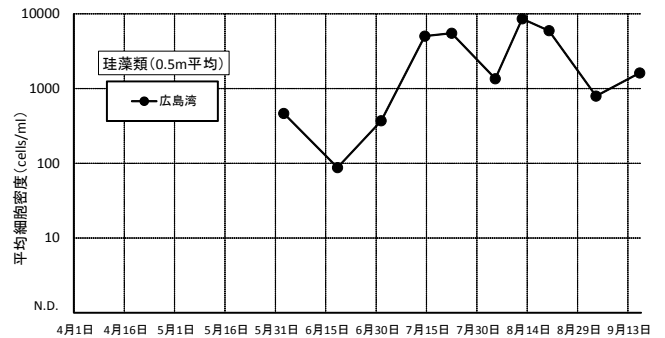


図20 各海域の珪藻類の平均密度の推移

湾内の水深分布も同様として近似できるとすると、この測点で流出入した海水の厚さは湾内全体に適用できるとことになるので、流入水の厚さ（または流出水の厚さ）を全水深で割ったものをこの間の日交換率とすることができる。

上記の方法を、愛媛大学沿岸環境科学研究センターで取得した宇和島市遊子および同下波における多層水温データに適用してみた。両海域では、平成18年から海面下1~50mの11層で水温を測定している。図23は、遊子にお

ける平成24年および平成26年の5~10月の日平均水温、急潮強度、日交換率、積算日交換率、*K. mikimotoi*の最高細胞密度を示している。日交換率の計算では、 $\Delta T=0.1$ ℃とした。急潮強度は、ある深さにおける日平均水温の日々の変化量を一定期間積算（水温変化が負の場合にも正にして加える）したものある。図では5mと10mの2つの深さの水温を用い、積算期間としては座標軸の日から5, 10, 15日遡る3通りで計算している。また、積算日交換率も急潮強度と同様な3つの期間で求めている。

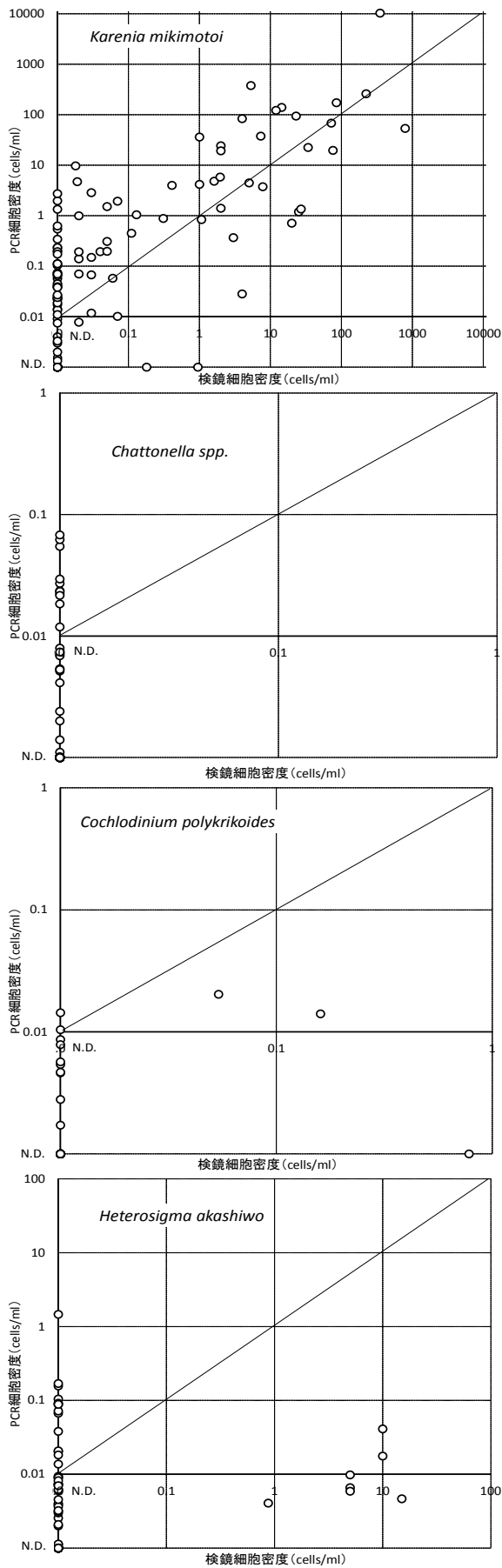


図21 PCR法と100倍濃縮海水検鏡による対比

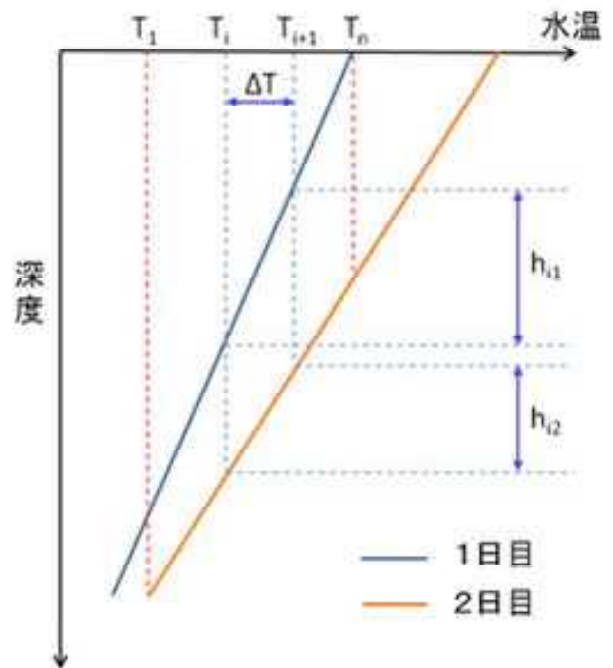


図22 海水交換の計算過程の模式図

図23の急潮強度と日交換率には、急潮強度が水温変動の激しい7~8月に大きくなっているのに対し、日交換率はこれとは逆に7~8月頃に小さくなっているという著しい違いが見られる。このように、5、6月や9、10月に急潮強度が小さい（すなわち水温変動が小さい）にもかかわらず大きな日交換率が現れる理由は図24の模式図から容易に推察できる。図の左のように成層が弱い時期にはわずかの水温上昇でも大量の海水が交換したことになるのに対し（図の場合には、1日目の水温の水は2日目には全くなくなっている）、右のように成層が強い場合には左の2倍水温が上昇しても交換量は左の1/2である。したがって、図23のような日交換率の経月変動は成層の変化と水温変動の実態から見れば自然なものであり、前提条件による誤差はある程度あるとしても、実際に日交換率がこのように変動していることは確かであろう。

図23の日交換率と*K. mikimotoi*赤潮の関係を見てみると、6月末の数日間日交換率が大きくなったときに赤潮が出現をはじめ、7月に入ってからの日交換率の低下時に密度が増していることがわかる。平成24年の宇和海における*K. mikimotoi*赤潮は、沖合から流れてきたといわれているが、この間の日交換率の変化はこの考えを裏付けるものと思われる。一方、平成26年の遊子における赤潮の発生は、低い日交換率が続いている時期に始まっているので、地場発生型といえるのかもしれない。また、



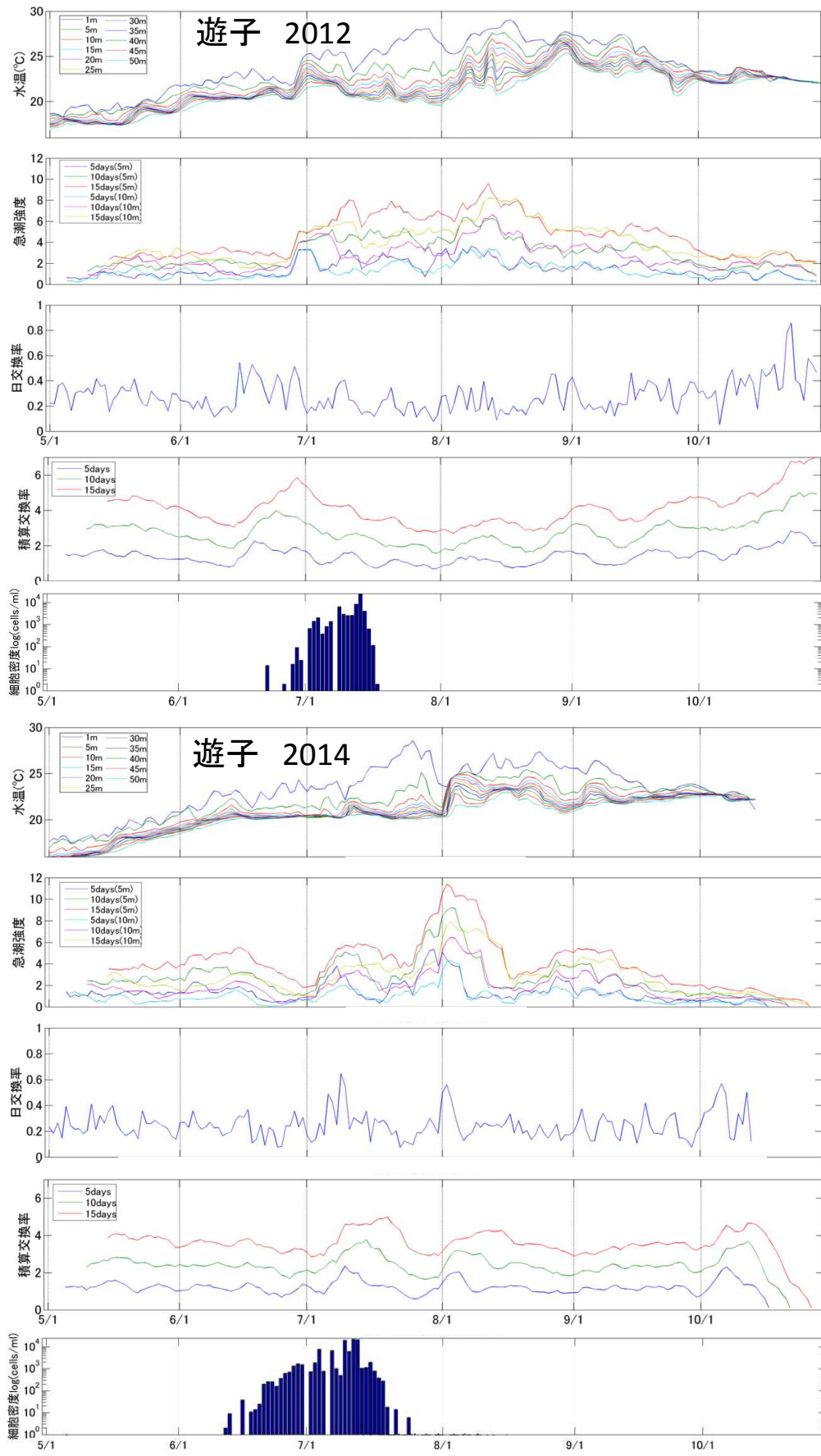


図23 宇和島市遊子における5月～9月の多層日平均水温，急潮強度，日交換率，積算交換率，*K. mikimotoi*の最高細胞密度（上：平成24年，下：平成26年）

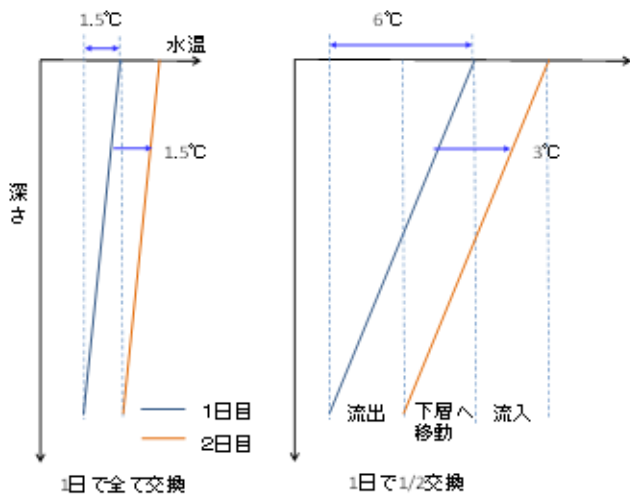


図24 成層が弱い時期（左）と強い時期（右）の水温変化と海水交換の関係

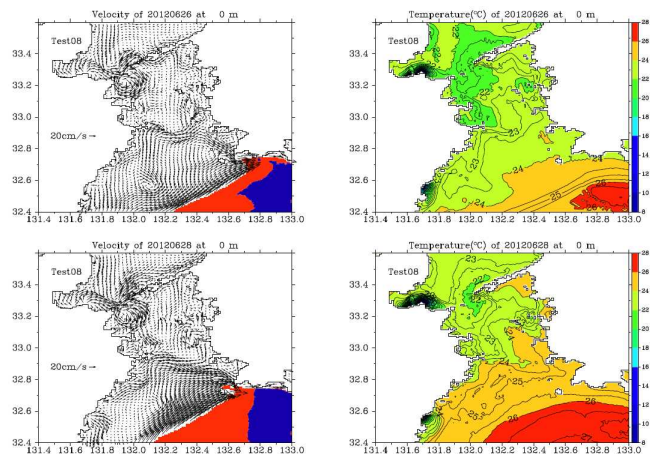


図25 数値モデルによって得られた平成24年6月26日（上）及び6月28日（下）の表層流速ベクトル（左）と表層水温（右）

両年とも赤潮の消滅時期は必ずしも日交換率の増大と連動しているようには見えないが、*K. mikimotoi* は中層に生息する傾向があるといわれているので、全層を対象とした交換率では*K. mikimotoi* の移動を見るには十分ではない可能性がある。今後は、例えば5m毎の層における海水の流出入や他層への移動などを定量化し、消滅過程のみではなく、発生、維持、増加等の各過程に対する海水流動の果たす役割を明確にしていきたい。また、赤潮発生の環境条件を解明するためには年による違いを分析することが必要であるが、これまでは日射量に対しての定量的指標はあったものの、海水交換に関しては明確な指標がなかった。このため、これらの複合的な効果の分析は難しかったが、今回の手法開発により海水交換に関し

て定量化ができるようになった。今後は、日射と海水交換に加え、この海域の栄養塩濃度の指標となる底層水温も含めた分析を進めていきたい。

一方、本課題では赤潮の移動を再現する数値流動モデルの開発を進めている。主な対象は、上記のように宇和海に沖合から流れてきたとされる平成24年の*K. mikimotoi* 赤潮である。モデルはChang et al. (2009)<sup>9)</sup>による瀬戸内海の流動モデルを黒潮域に拡大するとともに鉛直の解像度を高めたもので、駆動力としては、気象庁の再解析から求めた3時間毎の風応力と熱フラックス、1日ごとの河川流量を与え、さらに外洋側の境界条件としてJCOP E2による流速、水温、塩分、水位と潮汐（主要4分潮）を与えている。現在までに再現された豊後水道域の流動と水温の例として、平成24年6月26日と28日のものを図25に示す。この図の水温に見られるように、この2日間で豊後水道東部で水温が上昇しているが、この上昇が図23の水温記録に見られる6月末の急潮による水温上昇に対応しているものと思われる。今後はさらにモデルの再現性の検証を進め、パラメータ調整等により精度を高めた上で、粒子追跡実験を行って赤潮の移動を再現していきたい。

## 文 献

- 1) 江藤拓也, 俵積田貴彦. 2006年夏季に周防灘西部海域で発生した*Karenia mikimotoi*赤潮. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2008 ; 18 : 107-112.
- 2) 小泉喜嗣他. 西部瀬戸内海における*Gymnodinium nagasakiense*の増殖域の環境特性と分布拡大機構. 海の研究 1991 ; 3 : 2179-2186.
- 3) 宮村和良他. リモートセンシング技術を用いた赤潮監視の試み. 水産海洋研究2009 ; 73(4) : 291-294.
- 4) Sverdrup et al. Their physics, chemistry, and general biology. *The Oceans*, PrenticeHall, New York. 1942.
- 5) 気象庁気象統計情報電子閲覧サイト (<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/prefecture/index82.html>)
- 6) 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. 南西海区水産研究所研究報告 1994 ; 27 : 251-394.
- 7) 西川智ら. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築②瀬戸内海西部・豊後水道海域. 平成25年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業赤潮・

- 貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」, 水産庁, 東京. 2014 ; 23-44.
- 8) Takeoka *et al.* Year-to-year variation of a *kyucho* and a bottom intrusion in the Bungo Channel, Japan. Interactions between Estuaries, Coastal Seas and Shelf Seas. 2000 ; 197-215.
- 9) Chang *et al.* A numerical Study on the Seasonal Circulation in the Seto Inland Sea, Japan. *Journal of Oceanography* 2009 ; **65** : 721-736.

# 地先型増殖場造成事業

## －効果調査－

俵積田 貴彦・宮内 正幸・大形 拓路・山田 京平

豊前海は海底が平坦で軟泥質のため、岩礁域に生息するメバル、カサゴ等の根魚に適した漁場が少ない。メバルやカサゴは定着性が強く、比較的高価格で取引され値崩れも起こりにくいため、件では豊前海区において根魚増殖場の造成事業を実施している。

平成19年度から今年度までに継続している北部増殖場造成事業の効果調査を実施したのでここに報告する。

### 方 法

平成26年5月から11月に、北九州市門司区柄杓田地先において、図1に示す増殖場を調査海域とし、さし網による漁獲調査と潜水目視による生物増集状況を調査した。

さし網調査は平成26年5月、7月、9月、11月の計4回実施し、高さ1.5m、目合い約5.5cmの魚建網を用い、5反(100m)分を夕方に設置し、翌朝回収した。

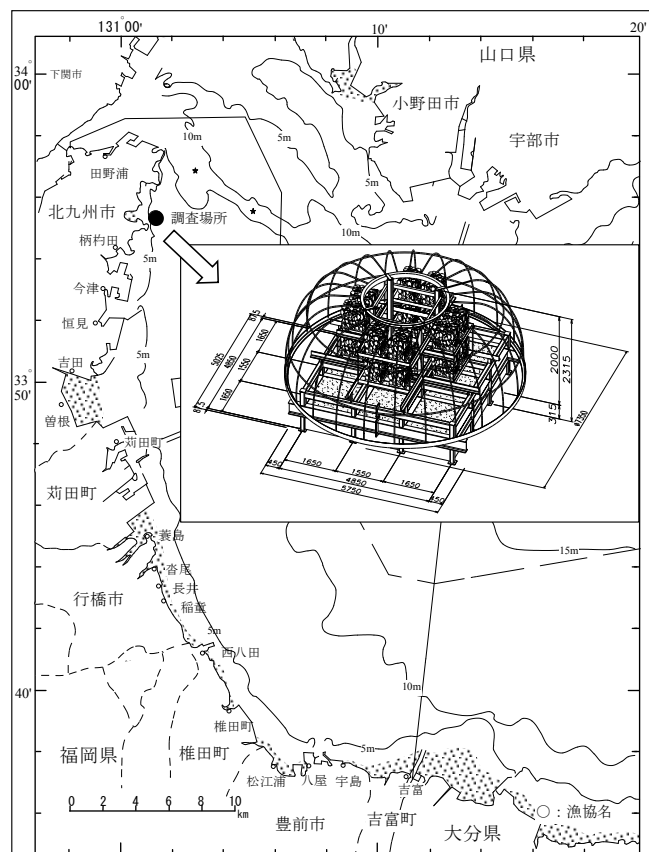


図1 調査海域及び増殖魚礁概要

また、潜水目視による増殖礁の魚類の増集状況や破損や埋没の有無を確認した。

### 結果及び考察

4回の調査結果を表1及び図2～5に示す。魚類18種115個体、甲殻類1種17個体、軟体動物3種4個体、棘皮動物1種1個体の計23種137個体が採捕された。月別にみると5月にはカサゴ類、メバル、ムラソイ、ヒラメ、7月にはシログチ、ウシノシタ類、カサゴ類、キジハタ、ハモ、9月にはカサゴ類、ウシノシタ類、キジハタ、11月にはメバル、カサゴ類、キジハタ、クロソイ、スズキ等が主に漁獲された。このように、いずれの調査においても根魚類やヒラメ、ハモ、スズキ等の有用水産物の漁獲が確認された。

潜水目視観察を、透明度が高かった平成26年11月に実施した。その結果を図6～9に示す。魚礁のカキ殻表面はホヤ類、ワレカラ等の付着生物で覆われていることが確認された。また、カキ殻基質の周辺及び内部にはイシダイ、メバル等の増集がみられ、継続して増殖礁や魚礁としての機能を果たしていることが確認できた。基底を観察したところ、埋没、破損や海底面との間隙は確認されず、魚礁が安定して設置されていることが確認された。

昨年度の調査においては、魚類20種144個体、甲殻類3種15個体、軟体動物(アカニシ)1種3個体、棘皮動物1種類5個体の計25種167個体が採捕されたのに対し、今年度は魚類18種115個体、甲殻類1種17個体、軟体動物3種4個体、棘皮動物1種1個体の計23種137個体が採捕された。調査時期等の違いはあるものの、ほぼ同様の魚種が採捕され、メバル・カサゴ等の根魚類が継続して採捕された。

以上のことから、設置した増殖礁の破損や埋没等は確認されず、継続して安定している事が確認できた。さらに、メバル・カサゴ等の有用魚種を対象とした魚礁としての機能を備えていることも確認できた。

表1 さし網調査結果

調査日	漁法	魚種名	採捕 個体数	平均 測定長(mm)	平均 体重(g)	さし網1反あたり換算	
						採捕個体数	合計体重(g)
5月23日	魚建網 5反	アカシ	2	98.5	420.2	0.40	84.03
		ウシノタ類	6	302.2	150.6	1.20	30.11
		オコゼ	1	274.0	472.4	0.20	94.48
		カサゴ類	4	212.3	164.9	0.80	32.99
		コウイ	1	142.0	212.6	0.20	42.52
		シログチ	12	214.0	116.3	2.40	23.25
		ハモ	1	720.0	456.3	0.20	91.26
		ヒラメ	1	352.0	485.2	0.20	97.04
		マゴチ	1	286.0	140.3	0.20	28.06
		マダコ	1		460.4	0.20	92.08
		ムラソイ	2	346.0	769.9	0.40	153.97
		メイカシ	2	214.5	145.3	0.40	29.05
		メバル	1	286.0	418.6	0.20	83.72
7月24日	魚建網 5反	イガニ	16	71.3	74.6	3.20	14.92
		ウシノタ類	11	257.8	102.8	2.20	20.56
		カサゴ類	7	175.3	99.7	1.40	19.94
		キジハタ	3	263.7	612.6	0.60	122.51
		シログチ	1	244.0	163.8	0.20	32.76
9月26日	魚建網 5反	イガニ	1	62.0	34.1	0.20	6.82
		ウシノタ類	10	284.2	118.6	2.00	23.71
		カサゴ類	6	182.7	110.6	1.20	22.13
11月28日	魚建網 5反	キジハタ	1	200.0	140.8	0.20	28.16
		イシダイ	1	179.0	128.2	0.20	25.64
		ウシノタ類	1	279.0	101.7	0.20	20.34
		エソ	1	400.0	387.8	0.20	77.56
		オコゼ	1	188.0	125.7	0.20	25.14
		カサゴ類	14	174.2	96.8	2.80	19.36
		カワハギ	1	162.0	89.8	0.20	17.96
		キジハタ	1	205.0	113.4	0.20	22.68
		クロイ	5	215.8	227.6	1.00	45.51
		クロナマコ	1		238.7	0.20	47.74
		スズキ	2	381.0	544.9	0.40	108.98
		タノコメバル	1	200.0	148.8	0.20	29.76
		メバル	16	174.3	77.5	3.20	15.51
ワゴチ	1	230.0	63.6	0.20	12.72		



図4 さし網調査漁獲物 (9月)



図5 さし網調査漁獲物 (11月)



図2 さし網調査漁獲物 (5月)



図3 さし網調査漁獲物 (7月)



図6 増殖礁上部の状況

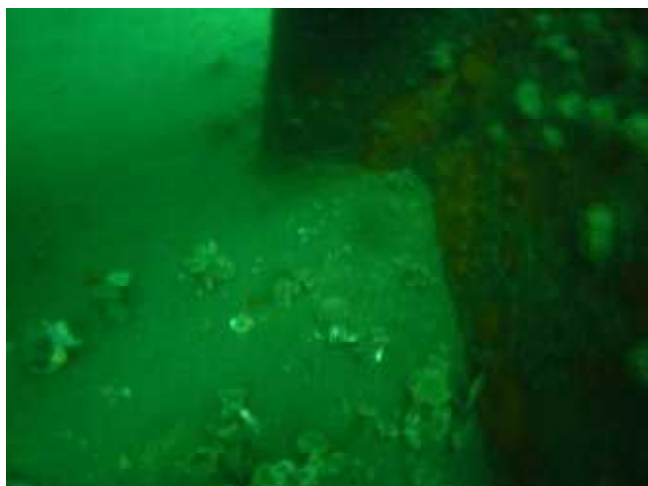


図7 増殖礁下部の状況



図9 増殖礁に蛸集するメバル



図8 増殖礁カキ殻基質の付着物の状況

# 漁場環境改善事業

## (1) 豊前海南部湧昇流の効果調査

俵積田 貴彦・宮内 正幸・大形 拓路・山田 京平

豊前海の干潟域よりも沖合は、平坦で軟泥質であり有機汚染の進行した海域で、有害赤潮や貧酸素水塊もしばしば発生漁業被害の原因となっている。このため、漁場環境の改善を目的とした覆砂や湧昇流発生構造物の設置等の事業を実施するとともに、その効果調査も実施している。

当海区の南部域では、覆砂の上に湧昇流発生構造物を設置し漁場環境改善を目的とした豊前海南部湧昇流発生構造物設置事業を平成22年度から実施しており、今年度の効果調査について報告する。

### 方 法

#### 1. 環境調査

調査は平成26年7月18日、8月12日、11月26日及び平成27年2月4日に、図1に示す施工区内と非施工区（以下「対照区」とする）の2定点で実施した。試験方法はいずれも水質汚濁調査指針<sup>1)</sup>及び海洋観測指針<sup>2)</sup>に準じて行った。なお、施工区における底層水の採水と採泥については、確実に施工区内で行うため状況に応じて潜水による補助も行った。

##### (1) 水質

測定項目は、水温、塩分、透明度、酸素飽和度(%)で、水温、塩分はJFEアドバンテック社製のクロロテックACL-220PDKで、酸素飽和度(%)はHACH社製のHD30dで測定した。

##### (2) 底質

採泥は調査船上からスミス・マッキンタイヤー採泥器（採泥面積0.05㎡）を用い、施工区と対照区でそれぞれ1回ずつ行った。こうして採泥した試料は、速やかに冷蔵保存し、そのまま研究所に持ち帰り、強熱減量、全硫化物及び含泥率を分析した。全硫化物量の分析は検知管法で行った。

##### (3) 底生生物（マクロベントス）

調査船上からスミス・マッキンタイヤー採泥器（採泥面積0.05㎡）を用いて施工区で1回、対照区で1回採泥し、1mmメッシュのふるいにかけて、10%濃度になるようホルマリン固定し、底生生物の分析に供した。

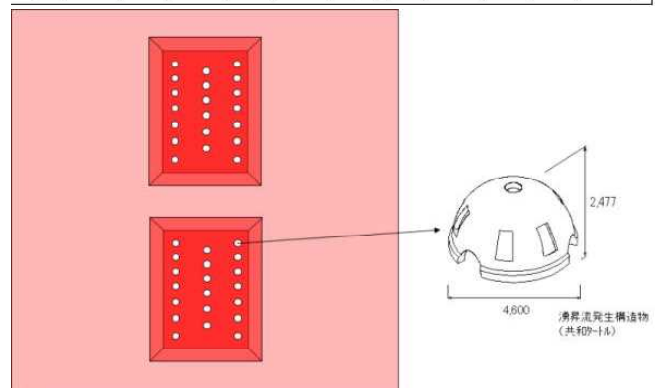
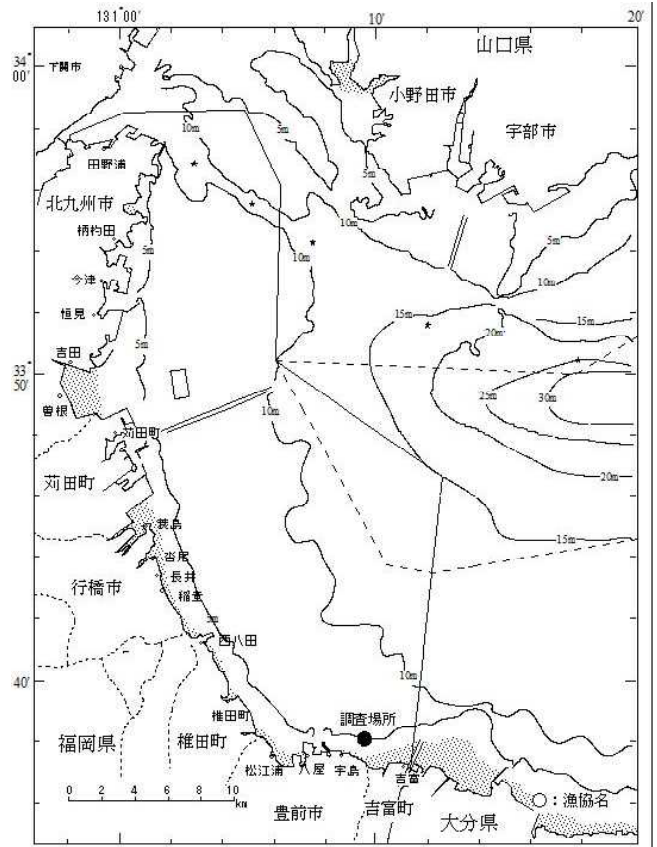


図1 湧昇流構造物調査海域と拡大図

#### 2. 有用水産生物調査

調査はさし網を用いて5月13日～14日、6月25日～26日、7月17日～18日、9月8日～9日、10月16日～17日、3月11日～12日に、魚かごを用いて6月19日～26日、7月18日～25日、9月5日～12日に行い、延べ9回の漁獲調査を行った。さし網については、高さ0.7m目合い約3.5cmのえび

建網5反（100m）もしくは、高さ1.5m目合い約5.5cmの魚網を用い、5反（約200m）を湧昇流発生構造物周辺に夕方設置し翌朝回収した。さし網での調査においては対照区を設けた。魚かごについては長さ約110cm、幅約55cm、高さ約52cmのかまぼこ型1個を、同構造物周辺に設置し約1週間後回収した。こうして採捕した生物は、持ち帰って種類別の尾数、全長及び総重量を測定した。

### 3. 潜水目視調査

潜水による湧昇流発生構造物周辺の魚介類の蟻集状況の観察を随時実施した。併せて同構造物への付着生物の付着状況、破損や埋没等の設置状況等も観察した。

## 結 果

### 1. 環境調査

#### (1) 水質

調査結果を表1に示す。水温は、7月に施工区の表層（0.5m層）で26.6℃、底層（B-1m）で24.0℃、対照区の表層で26.2℃、底層で23.4℃、8月に施工区の表層で26.8℃、底層で26.1℃、対照区の表層で26.8℃、底層で26.2℃、11月に施工区の表層で15.9℃、底層で15.7℃、対照区の表層で15.6℃、底層で15.7℃、2月に施工区の表層で8.8℃、底層で8.8℃、対照区の表層で8.7℃、底層で8.7℃であった。7、8、11月に施工区、対照区ともに表層の方が高く、2月に施工区、対照区とも表層と底層で同程度だった。

塩分は、7月に施工区の表層で29.0、底層で30.8、対照区の表層で29.0、底層で31.1、8月に施工区の表層で29.5、底層で30.8、対照区の表層で29.4、底層で31.0、11月に施工区の表層で31.6、底層で32.0、対照区の表層で32.0、底層で32.1、2月に施工区の表層で32.5、底層で32.7、対照区の表層で32.4、底層で32.7であった。7月と8月に施工区、対照区ともに表層の方が低かった。

酸素飽和度は、7月に施工区の表層で126.9%、底層で66.5%、対照区の表層で131.5%、底層で68.3%、8月に施工区の表層で111.1%、底層で92.6%、対照区の表層で139.2%、底層で98.4%、11月に施工区の表層で97.0%、底層で95.3%、対照区の表層で97.5%、底層で94.8%、2月に施工区の表層で102.9%、底層で99.1%、対照区の表層で103.8%、底層で98.9%であった。7月と8月に施工区、対照区ともに底層で低めだった。

#### (2) 底質

表1 水質底質調査結果

調査日	採水場所	水深 (m)	透明度 (m)	採水層 (m)	水質			底質			
					水温 (℃)	塩分 (PSU)	酸素濃度 (mg/L)	酸素濃度 (%)	強熱減量 (%)	全硫化物 (mg/dry-g)	含泥率 (%)
7月18日	施工区	7.5	5.9	0.5	26.6	29.0	8.6	126.9	4.1	0.01	5.4
				B-1	24.0	30.8	4.7	66.5			
	対照区	10.4	6.5	0.5	26.2	29.0	9.0	131.5	21.4	0.72	95.8
				B-1	23.4	31.1	4.8	68.3			
8月12日	施工区	8.0	3.0	0.5	26.8	29.5	7.1	111.1	5.9	0.26	34.8
				B-1	26.1	30.8	6.1	92.6			
	対照区	10.5	3.0	0.5	26.8	29.4	9.1	139.2	11.9	0.78	65.2
				B-1	26.2	31.0	6.5	98.4			
11月26日	施工区	8.9	4.0	0.5	15.9	31.6	9.7	97.0	3.7	0.01	4.7
				B-1	15.7	32.0	9.5	95.3			
	対照区	11.4	5.5	0.5	15.6	32.0	9.8	97.5	12.0	0.65	57.6
				B-1	15.7	32.1	9.5	94.8			
2月4日	施工区	8.1	3.8	0.5	8.8	32.5	12.3	102.9	2.3	N.D.	2.4
				B-1	8.8	32.7	11.7	99.1			
	対照区	10.4	4.2	0.5	8.7	32.4	12.4	103.8	8.4	0.26	62.3
				B-1	8.7	32.7	11.7	98.9			

調査結果を表1に示す。強熱減量は7月に施工区で4.1%、対照区で21.4%、8月に施工区で5.9%、対照区で11.9%、11月に施工区で3.7%、対照区で12.0%、2月に施工区で2.3%、対照区で8.4%。全硫化物は、7月に施工区で0.01mg/dry-g、対照区で0.72mg/dry-g、8月に施工区で0.26mg/dry-g、対照区で0.78mg/dry-g、11月に施工区で0.01mg/dry-g、対照区で0.65mg/dry-g、2月に施工区でN.D.（未検出）、対照区で0.26mg/dry-gであった。含泥率は、7月に施工区で5.4%、対照区で95.8%、8月に施工区で34.8%、対照区で65.2%、11月に施工区で4.7%、対照区で57.6%、2月に施工区で2.4%、対照区で62.3%であった。全調査月ともに全ての項目において施工区の方が対照区よりも低い値を示した。

#### (3) 底生生物(マクロベントス)

調査結果を表2～5に示す。出現した1個体1g未満（0.05m<sup>2</sup>当たり）のマクロベントスの合計個体数は7月施工区で25個体、対照区で6個体、8月施工区で82個体、対照区で7個体、11月施工区で114個体、対照区で3個体、2月施工区で36個体、対照区で12個体であった。湿重量は7月施工区で0.23g、対照区で0.05g、8月施工区で0.75g、対照区で0.14g、11月施工区で1.08g、対照区で0.16g、2月施工区で0.44g、対照区で0.21gであった。1個体1g以上のマクロベントスは2月対照区で1個体（3.68g）認められたのみであった。1個体1g未満及び1g以上を合わせた多様度指数H'は7月施工区で3.40、対照区で2.25、8月施工区で3.45、対照区で2.52、11月施工区で1.78、対照区で0.92、2月施工区で2.47、対照区で3.39であり、2月を除いて施工区で高い値を示し、施工区には多くの底生生物の蟻集が認められた。汚染指標種はシズクガイが施工区内で8月及び2月で1個体/0.05m<sup>2</sup>認められたのみであった。



表2 底生生物調査結果 (7月18日)

	施工区			対照区			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g未満	7	0.04	7	3	0.03	3
	1g以上	0	0	0	0	0	0
甲殻類	1g未満	7	0.09	1	3	0.02	2
	1g以上	0	0	0	0	0	0
棘皮類	1g未満	3	0.01	1	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
軟体類	1g未満	8	0.09	5	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
その他	1g未満	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
計	1g未満	25	0.23	14	6	0.05	5
	1g以上	0	0	0	0	0	0
多様度指数H'	1g未満	3.4		2.25			
	1g以上	-		-			

表3 底生生物調査結果 (8月12日)

	施工区			対照区			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g未満	73	0.55	16	6	0.1	5
	1g以上	0	0	0	0	0	0
甲殻類	1g未満	1	0.01	1	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
棘皮類	1g未満	2	0.09	2	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
軟体類	1g未満	6	0.1	5	1	0.04	1
	1g以上	(1)	(+)				
その他	1g未満	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
計	1g未満	82	0.75	24	7	0.14	6
	1g以上	0	0	0	0	0	0
多様度指数H'	1g未満	3.45		2.52			
	1g以上	-		-			

表4 底生生物調査結果 (11月26日)

	施工区			対照区			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g未満	22	0.1	7	3	0.16	2
	1g以上	0	0	0	0	0	0
甲殻類	1g未満	2	0.04	1	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
棘皮類	1g未満	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
軟体類	1g未満	82	0.72	2	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
その他	1g未満	8	0.22	1	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
計	1g未満	114	1.08	11	3	0.16	2
	1g以上	0	0	0	0	0	0
多様度指数H'	1g未満	1.78		0.92			
	1g以上	-		-			

表5 底生生物調査結果 (2月4日)

	施工区			対照区			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g未満	6	0.18	2	8	0.06	7
	1g以上	0	0	0	0	0	0
甲殻類	1g未満	4	0	2	1	0.14	1
	1g以上	0	0	0	0	0	0
棘皮類	1g未満	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0
軟体類	1g未満	22	0.24	3	3	0.01	2
	1g以上	(2)	(+)				
その他	1g未満	4	0.02	2	0	0	0
	1g以上	0	0	0	1	3.68	1
計	1g未満	36	0.44	9	12	0.21	10
	1g以上	0	0	0	1	3.68	1
多様度指数H'	1g未満	2.47		3.25			
	1g以上	-		0			

表6 有用水産生物調査結果

調査月	使用漁具	魚種名	採捕個体数		平均測定長(mm)		合計重量(g)		平均重量(g)			
			施工区	対照区	施工区	対照区	施工区	対照区	施工区	対照区		
5月	えび建網 5反	アオナマコ	1				82.3		82.3			
		イシガニ	10		59.6		443.5		44.4			
		カサゴ	5		168.0		530.8		106.2			
		コウイカ	1		166.0		52.3		52.3			
		シヤコ	9		133.3		1684.3		187.1			
		シヤコ	1	3	100.0	68.3	17.5	16.3	17.5	5.4		
		スズキ	2		296.0		472.2		236.1			
		メバル	1		206.0		32.4		32.4			
		ハモ	1	1	960.0	918.0	1085.1	928.8	1085.1	928.8		
		ミミ	1		35.0		35.0		35.0	13.5		
		シシエビ	2		108.0		29.7		14.9			
		アカコ	3				286.5		95.5			
		アソ	1		246.0		135.0		135.0			
		イシガニ	29	2	61.4	64.0	1405.0	111.9	48.4	56.0		
		ウシノシタ類	3		316.7		520.3		173.4			
エビ	1		173.0		24.8		24.8					
6月①	えび建網 5反	カサゴ	4		182.0		451.0		112.8			
		クルマエビ	2		131.5		50.2		25.1			
		コウイカ	2	3	122.5	134.3	328.6	658.6	164.3	219.5		
		マゴチ	1		322.0		197.0		197.0			
		シヤコ	5		89.4		58.0		11.6			
		シロキス	1		153.0		22.3		22.3			
		シロウチ	5		203.2		457.8		91.6			
		スズキ	1	1	250.0	259.0	117.0	126.6	117.0	126.6		
		ハモ	2	2	903.5	903.5	1738.4		869.2			
		マゴチ	2		371.5		618.8		309.4			
		スズキ	3		247.7		643.0		214.3			
		メバル	1		349.9		349.9		349.9			
		アサギ	1		161.0		49.6		49.6			
		カサゴ	1		203.0		126.0		126.0			
		メバル	1		244.0		225.6		225.6			
メバル	3		159.3		64.1		64.1					
7月①	えび建網 5反	イシガニ	6	9	58.2	62.6	254.8	443.9	42.5	49.3		
		ウシノシタ類	2		233.5		176.5		88.3			
		クルマエビ	13		127.4		306.7		23.6			
		シヤコ	8	4	85.9	85.0	84.2	35.0	10.5	8.8		
		シロキス	1		168.0		30.2		30.2			
		イシガニ	2		100.0		20.3		10.2			
		メバル	2		96.5		31.8		15.9			
		マゴチ	3		332.3		741.1		247.0			
		シシエビ	6		100.3		67.5		11.3			
		7月②	魚かご 1個	メバル	3		328.3		2774.9		925.0	
				メバル	2				3209.8		1604.9	
		9月①	魚建網 5反	イシガニ	3	1	45	213.6	127.2	2404.7	42.4	218.6
				ウシノシタ類	1		115.0		76.4		76.4	
				ガザミ	1		395.0		1156.5		1156.5	
				コウイカ	2	2	185.0	187.5	204.1	141.7	102.1	70.9
シロウチ	2				275.0		337.4		168.7			
スズキ	5			4	352.0	331.3	1320.6	876.9	264.1	219.2		
マゴチ	1				123.0		27.6		27.6			
9月②	魚かご 1個			メバル	4		350.5		3872.6		968.15	
				イシガニ	1	1	155.0	155.0	53.3	53.3	53.3	53.3
ウシノシタ類	1			5	278.6	75.8	646.2	75.8	646.2	75.8		
エビ	1				353.0		266.9		266.9			
ガザミ	3				154.0		617.0		205.7			
メバル	2			2	90.0	90.0	7.1	7.1	7.1	7.1		
メバル	1			1	185.0	185.0	118.8	118.8	118.8	118.8		
メバル	1				370.0		303.2		303.2			
メバル	3		45.2		45.2		45.2					
ハモ	1		861.3		2414.3		804.8					
メバル	2		145.0		66.2		33.1					
3月	魚建網 5反	カサゴ	4		193.0		476.0		119.0			
		コウイカ	3		248.0		757.8		252.6			
		メバル	1		270.0		285.1		285.1			
		メバル	3		187.0		330.4		110.1			

2. 有用水産生物調査

さし網及びかごによる漁獲調査の結果を表6に、漁獲物を図2に示した。また、施工区と対照区の漁獲物の尾数及び総重量の比較を表7に示した。

施工区におけるさし網による採捕尾数の上位種は、5月にイシガニ、コウイカ、カサゴ、6月にイシガニ、シヤコ、カサゴ、スズキ、7月にクルマエビ、シヤコ、イシガニ、9月にマゴチ、ウシノシタ類、10月にハモ、ガザミ、3月にカサゴ、クロソイ、メバル等が認められた。かごによる採捕はカサゴ、メバル、キジハタ等の根魚類が多かった。

施工区の総重量は対照区に比べ、スズキで12.4倍、ガ

表7 有用水産生物の施工区と対照区の比較

	漁獲尾数			総重量(g)		
	施工区:A	対照区:B	A/B	施工区:A	対照区:B	A/B
カサゴ	14	0		1583.8	0	
キジハタ	8	0		6873.1	0	
キュウセン	1	0		52.3	0	
クサフグ	1	0		118.8	0	
クロソイ	3	0		757.8	0	
シロギス	2	0		52.5	0	
タケノコメバル	4	0		477.5	0	
ネスミゴチ類	1	0		32.4	0	
メイタガレイ	2	0		66.2	0	
メバル	3	0		330.4	0	
アイナメ	1	0		49.6	0	
ススキ	8	1	8.0	1569.6	126.6	12.4
マゴチ	10	5	2.0	2680.5	1073.9	2.5
ハモ	4	3	1.3	3499.4	2667.2	1.3
シログチ	2	7	0.3	204.1	599.5	0.3
ウシナンタ類	4	55	0.1	203	3747.7	0.1
アジ	0	1	0.0	0	135	0.0
イホダイ	0	1	0.0	0	53.3	0.0
エソ	0	2	0.0	0	291.7	0.0
カクチウシ	0	2	0.0	0	7.1	0.0
クロダイ	0	1	0.0	0	1156.5	0.0
コチ	0	1	0.0	0	303.2	0.0
ヒラキ	0	2	0.0	0	20.3	0.0
ヒメオコゼ	0	2	0.0	0	31.8	0.0
クルマエビ	15	0		356.9	0	
ガザミ	4	1	4.0	693.4	76	9.1
イシガニ	45	12	3.8	2103.3	572.8	3.7
シャコ	14	7	2.0	159.7	51.3	3.1
ヨシエビ	0	9	0.0	0	124.8	0.0
アオナマコ	1	0		82.3	0	
マダコ	3	0		3559.7	0	
コウイカ	11	3	3.7	2012.9	658.6	3.1
ミミカ	0	1	0.0	0	13.5	0.0
アカニシ	3	0		286.5	0	
ハイガイ	1	0		45.2	0	



図2 有用水産生物調査結果  
(H26.7月 上：施工区，下：対照区)



図3 潜水目視調査結果①  
(湧昇流構造物上方からの状況及びカサゴ蛸集状況)



図4 潜水目視調査結果②  
(湧昇流構造物周辺に蛸集するクルマエビ)



図5 潜水目視調査結果③  
(湧昇流構造物に蛸集するイシダイ)

ザミで9.1倍，コウイカで3.1倍であった。また，施工区でのみ，カサゴ，タケノコメバル，メバル，キジハタ，メイタガレイ，クルマエビ等が採捕された。

### 3. 潜水目視調査

潜水目視調査の結果を図3～5に示す。湧昇流構造物に若干の浮泥の堆積が認められたものの、構造物の表面には藻類やホヤ類等の付着生物が確認され、周辺の覆砂域ではクルマエビの蛸集が目視で確認された。また構造物周辺ではメバルやカサゴ等の根魚類も目視で確認された。

## 考 察

覆砂を実施し、その上に湧昇流発生構造物を設置することによる漁場環境改善効果を評価するため、豊築沖地区の施工区と、比較対照として設定した非施工区において、水質環境と底質、およびさし網と魚かごを用いた有用水産生物の蛸集状況を調査した。

水質環境については施工区と対照区で大きな差は確認されなかったものの、底質分析結果をみると、対照区よりも施工区の強熱減量や全硫化物値が低く、さらに、底生生物の多様度では2月を除いて施工区の方が高かったことから底質環境が改善されている傾向が確認できた。

さし網や魚かごを用いた有用水産生物調査では、カサゴ、メバル、キジハタ等の根魚類が昨年度よりも多く認

められた。また、夏季には砂質を好むクルマエビが採捕され、これらの蛸集が確認された。

潜水目視調査で若干の浮泥の堆積が認められたものの、構造物には藻類やホヤ類等の付着生物が確認され、構造物周辺の覆砂域ではクルマエビの蛸集が目視で確認された。また構造物周辺ではメバルやカサゴといった根魚類も目視で確認された。

なお、今回の調査では、浮泥の堆積状況による環境への影響は認められなかったが、降雨や時化等の影響により季節的に変動しているとも考えられ、中長期的な観点から今後も調査を継続していく必要がある。

以上のことから、軟泥質で平坦な豊築沖漁場に覆砂を行い湧昇流発生構造物を設置することで底質環境の改善が認められ、有用水産生物も増加していることが確認された。

## 文 献

- 1) 日本水産資源保護協会. 新編水質汚濁調査指針 (第1版). 恒星社厚生閣, 東京; 237-256.
- 2) 日本気象協会. 海洋観測指針. 1990.

# 漁場環境改善事業

## (2) 豊前中部沿岸覆砂の効果調査

俵積田 貴彦・宮内 正幸・大形 拓路・山田 京平

豊前海の干潟域よりも沖合は、平坦で軟泥質であり有機汚染の進行した海域で、有害赤潮や貧酸素水塊もしばしば発生漁業被害の原因となっている。このため、漁場環境の改善を目的とした覆砂や湧昇流発生構造物の設置等の漁場環境改善事業を実施するとともに、その効果調査も実施している。

当海区の中部沿岸域では、漁場環境改善を目的とした豊前中部沿岸地区水産環境整備事業による覆砂を今年度から実施しており、これに併せて効果調査を実施したのでここに報告する。なお、今年度は事業初年度であったことから覆砂を予定している海域での調査を実施した。

### 方 法

#### 1. 環境調査

調査は平成26年6月26日、8月12日、11月26日及び平成27年2月4日に、図1に示す覆砂予定区(1.76ha)の調査点で行った。測定方法はいずれも水質汚濁調査指針<sup>1)</sup>及び海洋観測指針<sup>2)</sup>に準じた。なお、底層水の採水と採泥については、状況に応じて潜水による補助を行った。

##### (1) 水質

JFEアドバンテック社製のクロロテックACL-220PDKで水温及び塩分を、HACH社製のHD30dで溶存酸素を、透明度板により透明度を測定した。

##### (2) 底質

採泥は調査船上からスミス・マッキンタイヤー採泥器(採泥面積0.05m<sup>2</sup>)を用い、調査時に1回ずつ行った。こうして採泥した試料は、速やかに冷蔵保存し、そのまま研究所に持ち帰り、強熱減量、全硫化物及び含泥率を分析した。全硫化物量の分析は検知管法で行った。

##### (3) 底生生物(マクロベントス)

調査船上からスミス・マッキンタイヤー採泥器(採泥面積0.05m<sup>2</sup>)を用いて調査時に1回ずつ行った。採泥した試料は船上で、1mmメッシュのふるいにかけて後、残ったものについて10%ホルマリンで固定し、底生生物の同定・計数に供した。

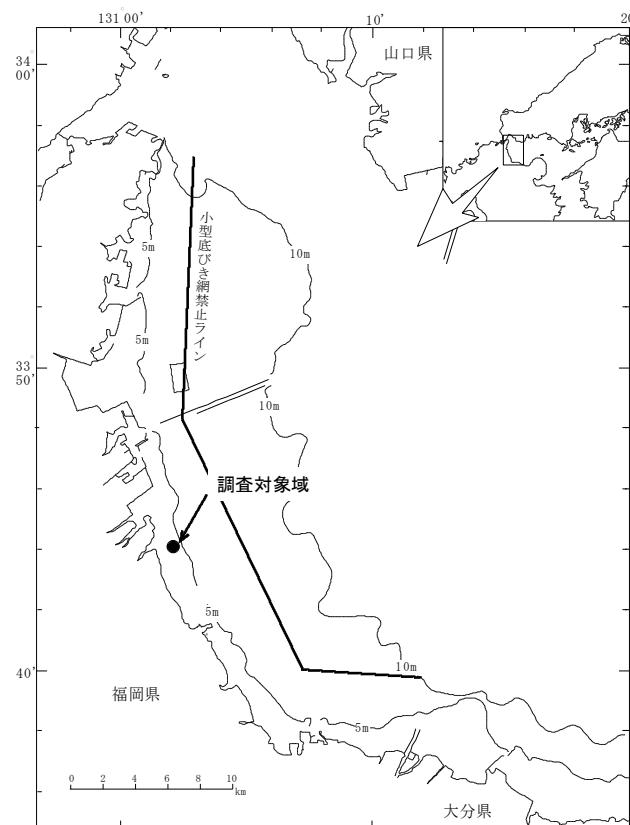


図1 調査対象海域

#### 2. 有用水産生物調査

平成26年6月28日～29日、10月16日～17日、平成27年1月15日～16日にさし網による漁獲調査を実施した。さし網については、高さ1.5m目合い約5.5cmの魚網を用い、5反(約200m)を用い夕方に設置し翌朝回収した。こうして採捕した生物は、持ち帰って種類別の尾数、全長及び総重量を測定した。

### 結 果

#### 1. 環境調査

##### (1) 水質

調査結果を表1に示す。水温は、6月に覆砂予定区の表層(0.5m層)で24.4℃、底層(B-1m)で23.5℃、8月に表層で26.8℃、底層で26.2℃、11月に表層で16.2℃、底層で16.7℃、2月に表層で8.7℃、底層で8.9℃であっ

表1 水質底質調査結果

調査日	採水場所	水深 (m)	透明度 (m)	採水層 (m)	水質				底質		
					水温 (°C)	塩分 (PSU)	酸素濃度 (mg/L)	(%)	強熱減量 (%)	全硫化物 (mg/dry-g)	含泥率 (%)
6月26日	覆砂予定区	4.7	4.1	0.5	24.4	30.5	7.8	112.3	8.1	0.37	54.4
				B-1	23.5	32.0	6.1	86.6			
8月12日	覆砂予定区	8.0	2.8	0.5	26.8	29.7	8.4	128.1	8.8	0.15	52.0
				B-1	26.2	30.5	4.0	60.9			
11月26日	覆砂予定区	7.2	3.8	0.5	16.2	31.8	9.8	98.7	5.9	0.12	27.3
				B-1	16.7	32.8	9.7	98.8			
2月4日	覆砂予定区	7.5	3.8	0.5	8.7	32.4	12.0	101.1	6.5	0.76	33.7
				B-1	8.9	32.8	11.1	94.1			

表2 底生生物調査結果

	H26.6.26			H26.8.12			H26.11.26			H27.2.4			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g未満	15	0.22	4	45	0.69	9	14	0.44	7	21	0.64	8
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
甲殻類	1g未満	0	0	0	0	0	1	+	1	1	+	1	
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
棘皮類	1g未満	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
軟体類 (シズクガイ) (チヨノハナガイ)	1g未満	4	0.08	3	0	0	0	9	0.02	3	38	0.38	4
	1g以上	(1)	(+)							(31)	(0.26)		
その他	1g未満	1	2.72	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1g以上	1	0.24	1	0	0	0	1	0.01	1	1	0.01	1
計	1g未満	20	0.54	8	45	0.69	9	25	0.47	12	61	1.03	14
	1g以上	1	2.72	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多様度指数H'	1g未満	2.57		2.34			3.22			2.63			
	1g以上	0		-			-			-			

表3 有用水産生物調査結果

調査月	調査区	魚種	採捕個体数	平均測定長(mm)	総重量(g)	平均重量(g)
6月	覆砂予定区	アカシ	1		293.3	293.3
		イガニ	7	69.7	475.9	68.0
		ガザミ	6	128.3	711.2	118.5
		シヤコ	6	94.5	80.2	13.4
		ヨシエビ	2	103.0	25.0	12.5
		イダコ	1		64.0	64.0
10月	覆砂予定区	イガニ	1	79.0	82.5	82.5
		ウシバザメ類	4	271.5	405.8	101.5
		カサチウソ	9	75.3	22.6	2.5
		マコチ	2	321.0	525.9	263.0
1月	覆砂予定区	マコチ	1	290.0	127.4	127.4



図3 有用水産生物調査結果 (10月)



図4 有用水産生物調査結果 (1月)

た。6月に表層の方が約1°C高かったほかは、表層と底層の水温に大きな差は確認されなかった。

塩分は、6月に覆砂予定区の表層(0.5m層)で30.5、底層(B-1m)で32.0、8月に表層で29.7、底層で30.5、11月に表層で31.8、底層で32.8、2月に表層で32.4、底層で32.8であった。総じて表層の塩分が高い傾向であった。

酸素飽和度は、6月に覆砂予定区の表層で112.3%、底層で86.6%、8月に表層で128.1%、底層で60.9%、11月に表層で98.7%、底層で98.8%、2月に表層で101.1%、底層で94.1%であった。いずれの調査においても貧酸素化は確認されなかったものの、8月の底層で低い傾向を示した。

(2) 底質

調査結果を表1に示す。強熱減量は6月に8.1%、8月に8.8%、11月に5.9%、2月に6.5%であった。全硫化物は、6月に0.37mg/dry-g、8月に0.15mg/dry-g、11月に0.12mg



図2 有用水産生物調査結果 (6月)

/dry-g, 2月に0.76mg/dry-gであった。含泥率は、6月に54.4%, 8月に52.0%, 11月に27.3%, 3月に33.7%であった。

### (3) 底生生物(マクロベントス)

調査結果を表2に示す。出現した1個体1g未満(0.05m<sup>2</sup>当たり)のマクロベントスの合計個体数は6月に20個体, 8月に45個体, 11月に25個体, 2月に61個体, 湿重量は6月に0.54g, 8月に0.69g, 11月に0.47g, 2月に1.03gであった。また, 1個体1g以上のマクロベントスの合計個体数は6月に1個体/0.05m<sup>2</sup>(2.72g)認められたが, その他の調査月では確認されなかった。1個体1g未満及び1g以上を合わせた多様度指数H'は6月は2.72, 8月に2.34, 11月に3.22, 2月に2.63であった。なお, 汚染指標種であるシズクガイが6月及び2月で1及び31個体, チヨノハナガイが2月に2個体認められた。

### (2) 有用水産生物調査

漁獲調査の結果を表3に, 漁獲物の写真を図2~4に示した。

覆砂予定区における採捕された魚種は, 6月にアカニシ, イシガニ, ガザミ, シャコ, ヨシエビ, 10月にイイダコ, イシガニ, ウシノシタ類, カタクチイワシ, マゴチ, 1月にマゴチであった。調査期間を通してまとまった漁獲は確認されなかった。

## 考 察

覆砂による底質環境改善効果の評価に際して覆砂前の

漁場における水質環境と底質調査, 同漁場でのさしを用いた有用水産生物調査を実施した。

覆砂予定区における調査月では底層の貧酸素化は認められなかったものの, 今後, 覆砂を実施した箇所での環境改善効果の評価にあたって調査の継続は必要であると考えられた。底質についてはH25年度の豊前海南部沖での調査<sup>3)</sup>における非覆砂の漁場と同等の強熱減量, 全硫化物であった。今後, 調査を継続したうえで覆砂による底質の環境改善効果の評価をすることとしたい。

また, 水産有用生物調査において調査期間を通して採捕個体数が少なかった。今後, 漁場改善効果の評価するうえで調査を継続し水産有用生物の蝟集を確認することが必要であると考えられた。

以上のことから, 今年度の調査においては覆砂前の調査を実施することで, 当該漁場での覆砂による漁場環境改善効果の評価を行うために必要な事前の環境状況を把握することができた。

## 文 献

- 1) 日本水産資源保護協会. 新編水質汚濁調査指針(第1版). 恒星社厚生閣, 東京; 237-256.
- 2) 日本気象協会. 海洋観測指針. 1990.
- 3) 尾田成幸, 宮内正幸, 大形拓路, 山田京平. 漁場環境改善事業. 平成25年度福岡県水産海洋技術センター事業報告 2015; 366-374.

# 漁場環境改善事業

## (3) 豊前中南部覆砂の効果調査

俵積田 貴彦・宮内 正幸・大形 拓路・山田 京平

豊前海の干潟域よりも沖合は、平坦で軟泥質であり有機汚染の進行した海域で、有害赤潮や貧酸素水塊もしばしば発生漁業被害の原因となっている。このため、漁場環境の改善を目的とした覆砂や湧昇流発生構造物の設置等の漁場造成事業を実施するとともに、その効果調査も実施している。

当海区の中南部域では、漁場環境改善を目的とした豊前中南部地区水産基盤整備事業による覆砂を今年度から実施しており、これに併せて効果調査を実施したのでここに報告する。なお、今年度は事業初年度であったことから覆砂を予定している海域を中心に調査を実施した。

### 方 法

#### 1. 環境調査

調査は平成26年6月26日、8月12日、11月26日及び平成27年2月4日に、図1及び図2に示す調査海域で行った。測定方法はいずれも水質汚濁調査指針<sup>1)</sup>及び海洋観測指針<sup>2)</sup>に準じた。

##### (1) 水質

JFEアドバンテック社製のクロロテックACL-220PDKで水温及び塩分を、HACH社製のHD30dで溶存酸素を、透明度板により透明度を測定した。

##### (2) 底質

採泥は調査船上からスミス・マッキンタイヤー採泥器(採泥面積0.05m<sup>2</sup>)を用い、調査時に1回ずつ行った。こうして採泥した試料は、速やかに冷蔵保存し、そのまま研究所に持ち帰り、強熱減量、全硫化物及び含泥率を分析した。全硫化物量の分析は検管法で行った。

##### (3) 底生生物 (マクロベントス)

調査船上からスミス・マッキンタイヤー採泥器(採泥面積0.05m<sup>2</sup>)を用いて調査時に1回ずつ行った。採泥した試料は船上で、1mmメッシュのふるいにかけて後、残ったものについて10%ホルマリンで固定し、底生生物の同定・計数に供した。

#### 2. 有用水産生物調査

平成26年8月27日、10月28日、平成27年3月13日に小型

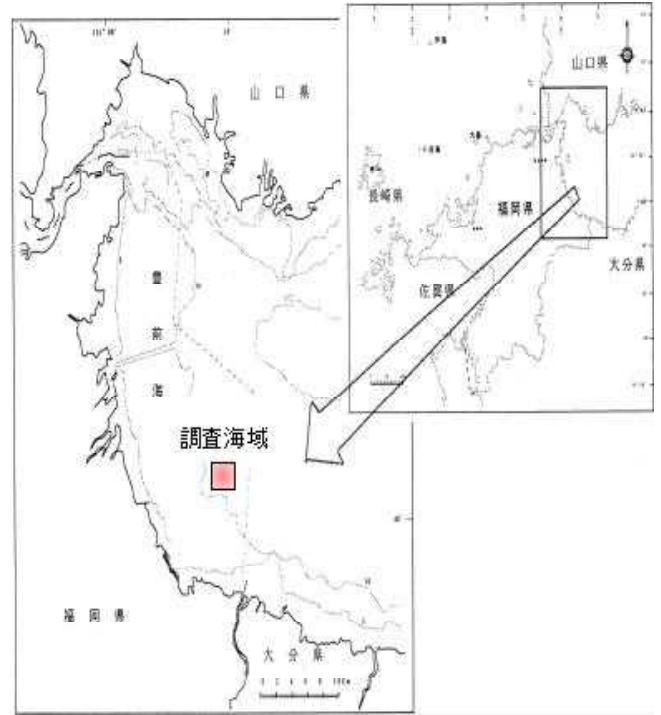


図1 調査海域

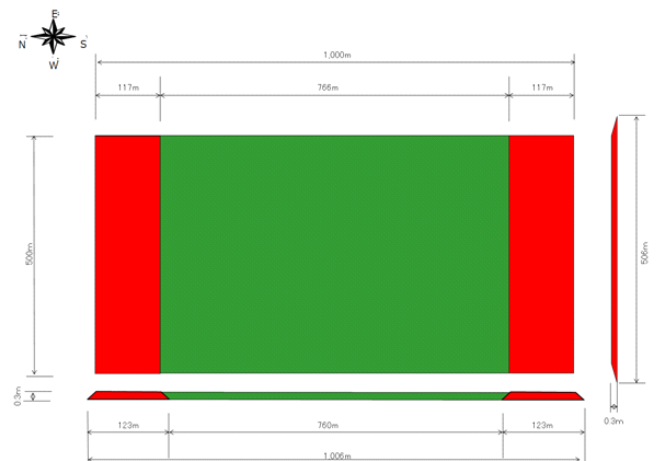


図2 覆砂域の構造図及び展開図

(赤色：今年度実施場所、緑色：次年度以降実施場所)

底びき網による漁獲調査を実施した。用いた漁具は、手繰第2種えびこぎ網(8月)と手繰第3種けた網(10, 3月)で、いずれも曳網速度は2~3ノット曳網時間は20分間とした。調査点は8、10月の調査は覆砂予定区を1回ずつ、覆砂実施後の3月の調査では施工区と対照区で実施した。このようにして採捕した生物は、持ち帰って種類別の尾

数、全長及び重量を測定した。

## 結 果

### 1. 環境調査

#### (1) 水質

調査結果を表1に示す。水温は、6月に覆砂予定区の表層(0.5m層)で23.4℃、底層(B-1m)で21.7℃、8月に表層で26.5℃、底層で26.1℃、11月に表層で15.9℃、底層で16.1℃、2月に表層で8.7℃、底層で8.9℃であった。6月に表層と底層の差が大きく成層化が認められたほか、表層と底層の水温に大きな差は確認されなかった。

塩分は、6月に覆砂予定区の表層(0.5m層)で31.8、底層(B-1m)で32.6、8月に表層で30.8、底層で31.1、11月に表層で32.3、底層で32.5、2月に表層で32.4、底層で32.8であった。いずれの調査においても、表層と底層の差はあまり認められなかった。

溶存酸素飽和度は、6月に覆砂予定区の表層で107.6%、底層で84.4%、8月に表層で109.5%、底層で99.7%、11月に表層で97.7%、底層で94.9%、2月に表層で99.4%、底層で97.3%であった。いずれの調査においても貧酸素化は確認されなかった。

#### (2) 底質

調査結果を表1に示す。強熱減量は6月に覆砂予定区で11.1%、8月に12.4%、11月に12.6%、2月に8.8%であった。全硫化物は、6月に覆砂予定区で0.73mg/dry-g、8月に0.43mg/dry-g、11月に0.89mg/dry-g、2月に0.27mg/dry-gであった。含泥率は、6月に覆砂予定区で57.6%、8月に84.5%、11月に64.9%、3月に60.7%であった。

#### (3) 底生生物(マクロベントス)

調査結果を表2に示す。出現した1個体1g未満のマクロベントスの合計個体数(0.05㎡当たり)は6月に5個体、8月に3個体、11月に1個体、2月に5個体、湿重量は6月に1.25g、8月に0.05g、11月に0.16g、2月に0.22gであった。1g未満の多様度指数H'は6月に2.25、8月に1.58、11月に0、2月に1.37であった。また、1g以上のマクロベントスは調査期間を通して確認されなかった。なお、汚染指標種であるシズクガイが6月及び2月で1個体認められた。

### 2. 有用水産生物調査

漁獲調査の結果を覆砂予定区については表3に覆砂工区と対照区については表4に、漁獲物の写真を図3に示した。また、施工区と対照区の漁獲物の尾数及び総重量の

表1 水質底質調査結果

調査日	採水場所	水深(m)	透明度(m)	採水層(m)	水質					底質		
					水温(℃)	塩分(PSU)	酸素濃度(mg/L)	(%)	強熱減量(%)	全硫化物(mg/dry-g)	含泥率(%)	
6月26日	覆砂予定区	10.2	8.8	0.5	23.4	31.8	7.6	107.6	11.1	0.73	57.6	
				B-1	21.7	32.6	6.1	84.4				
8月12日	覆砂予定区	13.2	4.3	0.5	26.5	30.8	7.1	109.5	12.4	0.43	84.5	
				B-1	26.1	31.1	6.6	99.7				
11月26日	覆砂予定区	13.4	7.0	0.5	15.9	32.3	9.8	97.7	12.6	0.89	64.9	
				B-1	16.1	32.5	9.4	94.9				
2月4日	覆砂予定区	13.1	7.2	0.5	8.7	32.4	11.8	99.4	8.8	0.27	60.7	
				B-1	8.9	32.8	11.5	97.3				

表2 底生生物調査結果

	H26.6.26			H26.8.12			H26.11.26			H27.2.4			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g未満	2	0.61	1	2	+	2	1	0.16	1	3	0.2	1
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
甲殻類	1g未満	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮類	1g未満	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
軟体類 *(0)内はシズクガイ	1g未満	3	0.02	3	1	0.05	1	0	0	0	2	0.02	2
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	1g未満	1	0.62	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	1g未満	6	1.25	5	3	0.05	3	1	0.16	1	5	0.22	3
	1g以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多様度指数H'	1g未満	2.25			1.58			0.00			1.37		

比較を表5に示した。

覆砂予定区における採捕尾数の上位5種は、6月にシログチ、トラエビ、カタクチイワシ、シャコ、ネズミゴチ類、10月にジンドウイカ、サルエビ、トラエビ、シログチ、エソであった。3月の施工区における採捕尾数の上位5種はトラエビ、エビジャコ、サルエビ、シバエビ、ネズミゴチ類、対照区ではトラエビ、エビジャコ、シバエビ、ウシノシタ類、テナガテッポウエビであった。

また、小型底びき網調査による水産有用生物漁獲物の総重量は施工区が対照区に比べ、サルエビで約6.9倍、トラエビで約2倍採捕されており、マコガレイ及びメイタガレイは施工区でのみ確認された。

## 考 察

覆砂による底質環境改善効果の評価に際して覆砂前の漁場における水質環境と底質調査、同漁場での小型底びき網を用いた有用水産生物調査を実施した。また、覆砂後の3月は施工区及び対照区として設定した非覆砂の漁場において小型底びき網を用いた有用水産生物調査を実施した。



表3 有用水産生物調査結果（覆砂予定区）

調査月	調査区	魚種名	採捕個体数		平均測定長(mm)		平均重量(g)		総重量(g)	
8月	覆砂予定区	イシガニ	1		47.0		23.3		23.3	
		ウシナンタ類	4		163.3		24.5		98.0	
		オキヒイナギ	1		75.0		5.1		5.1	
		カサチウシ	74		103.5		36.3		399.7	
		クログイ	1		419.0		1204.5		1204.5	
		コウイ	1		36.0		5.2		5.2	
		サルエビ	3		45.3		1.7		5.2	
		シヤコ	53		59.1		3.8		199.3	
		シログチ	221		86.0		112.4		1236.8	
		ジントウイ	2		45.0		5.1		10.1	
		スベスベエビ	10		48.1		1.9		19.1	
		テンジクダイ	10		64.2		3.9		39.1	
		トラエビ	87		46.1		7.8		85.3	
		トガイ	9		27.2		2.6		23.5	
		ネズミコチ類	38		60.9		4.5		49.7	
		ハゼ類	4		59.5		1.5		5.8	
		ハモ	1		619.0		251.3		251.3	
		ヒイナギ	3		90.0		8.7		26.1	
		マアジ	1		93.0		7.7		7.7	
		ヨシエビ	1		74.0		4.5		4.5	
		アカエビ	30		57.1		3.4		70.7	
		アカハゼ	2		87.5		3.4		6.8	
		エソ	46		136.3		36.3		762.8	
		オキヒイナギ	21		44.3		0.9		18.9	
		ガサミ	1		170.0		211.9		211.9	
		カリハギ	1		62.0		5.4		5.4	
		ガンゾウビシラメ	1		77.0		2.1		2.1	
		コウイ	15		45.6		7.7		115.0	
		サルエビ	172		54.0		23.4		515.7	
		シハエビ	21		84.8		6.6		139.5	
シログチ	63		102.1		29.2		613.6			
シロサハフグ	5		86.6		13.6		68.0			
ジントウイ	212				507.2		1014.4			
スジハゼ	1		70.0		2.1		2.1			
テンジクダイ	5		47.6		1.8		9.0			
トラエビ	126		47.2		8.8		185.8			
ネズミコチ類	6		71.7		1.7		10.2			
ヒメオコゼ	2		56.5		1.7		3.3			
ミイカ	9				45.8		45.8			

表4 有用水産生物調査結果（施工区及び対照区）

調査月	魚種名	採捕個体数		平均測定長(mm)		平均重量(g)		合計重量(g)	
		施工区	対照区	施工区	対照区	施工区	対照区	施工区	対照区
3月	アカエビ	1	1	32.0	45.0	0.3	0.9	0.3	0.9
	アカガイ	1	1	56.4	58.2	50.6	60.9	50.6	60.9
	イダコ		2				127.2		254.3
	ウシナンタ類		14		248.6		90.4		1265.1
	エビシヤコ	20	56	43.1	41.8	1.3	2.1	25.6	72.8
	オコゼ		1		190.0		156.3		156.3
	コチ		2		416.0		524.2		1048.4
	サルエビ	18	2	57.7	65.0	3.8	4.9	67.8	9.8
	シハエビ	10	36	79.5	82.4	5.6	6.3	55.7	227.2
	スベスベエビ	1	1	33.0	29.0	0.3	0.2	0.3	0.2
	テナガテッポウエビ	3	6	45.3	40.2	2.5	2.1	7.4	12.3
	トラエビ	356	169	48.7	50.5	16.2	6.7	519.8	262.5
	トガイ	2	3	53.6	77.8	42.5	96.2	84.9	288.6
	ネズミコチ類	5		97.6		5.0		24.8	
	マコガレイ	1		220.0		154.0		154.0	
ミイカ	1	1			19.0	26.9	19.0	26.9	
メイカレイ	1		60.0		2.0		2.0		

覆砂予定区における底層の貧酸素化は認められなかったものの、今後、覆砂を実施した箇所での環境改善効果の評価するにあたって調査の継続は必要であると考えられた。底質については平成25年度の豊前海南部沖での調査<sup>3)</sup>における非覆砂の漁場と同等の強熱減量、全硫化物であった。なお、今後、調査を継続したうえで覆砂による底質の環境改善効果の評価をすることとしたい。

表5 有用水産生物の施工区と対照区の比較

魚種名	採捕個体数			合計重量(g)		
	施工区:A	対照区:B	A/B	施工区:A	対照区:B	A/B
メイカレイ	1			2.0		
マコガレイ	1			154.0		
ネズミコチ類	5			24.8		
コチ		2	0		1048.4	0
オコゼ		1	0		156.3	0
ウシナンタ類		14	0		1265.1	0
トラエビ	356	169	2.1	519.8	262.5	2.0
テナガテッポウエビ	3	6	0.5	7.4	12.3	0.6
スベスベエビ	1	1	1.0	0.3	0.2	1.5
シハエビ	10	36	0.3	55.7	227.2	0.2
サルエビ	18	2	9.0	67.8	9.8	6.9
エビシヤコ	20	56	0.4	25.6	72.8	0.4
アカエビ	1	1	1.0	0.3	0.9	0.3
アカガイ	1	1	1.0	50.6	60.9	0.8
イダコ		2	0.0		254.3	0.0
トガイ	2	3	0.7	84.9	288.6	0.3
ミイカ	1	1	1.0	19.0	26.9	0.7



図3 有用水産生物調査結果  
(3月, 上: 施工区, 下: 対照区)

また、水産有用生物の採捕状況から、覆砂予定区ではトラエビ、サルエビ等の小型エビ類が多く採捕された。3月の施工区と対照区を設定した調査ではマコガレイ、

メイタガレイは施工区のみを確認され、またサルエビ及びトラエビの合計重量は対照区より施工区で多く確認された。

以上のことから、今年度の調査においては覆砂前の調査を実施することで、当該漁場での覆砂による漁場環境改善効果の評価を行うために必要な事前の環境状況を把握することができた。有用水産生物については、覆砂実施後、砂質を好む有用水産生物が蝟集していることが確認された。

## 文 献

- 1) 日本水産資源保護協会．新編水質汚濁調査指針（第1版）．恒星社厚生閣，東京；237-256.
- 2) 日本気象協会．海洋観測指針．1990.
- 3) 尾田成幸，宮内正幸，大形拓路，山田京平．漁場環境改善事業．平成25年度福岡県水産海洋技術センター事業報告 2015；366-374.

# 漁場環境保全対策事業

## (1) 水質・生物モニタリング調査

山田 京平・俵積田 貴彦

本事業は福岡県豊前海における漁場環境の保全を図るため、水質及び生物モニタリング調査を実施し、水質基準及び底生動物を指標に監視を行うものである。

び強熱減量（I L）を測定した。また、底生生物については、1mm目合のネットでふるいにかけて残留物を10%ホルマリンで固定し、種の同定、計測、及び測定を行った。

### 方 法

### 結果及び考察

#### 1. 水質調査

調査は、平成26年4月から27年3月までの毎月1回、上旬に図1に示した12定点で実施した。調査項目は水温、塩分、透明度及び溶存酸素で、観測層は表層、2.5m、5m、10m、及びB-1m層とし、クロロテック及び溶存酸素計によって観測した。

#### 2. 生物モニタリング調査

調査は、26年5月及び26年8月の年2回、図1に示した5定点で実施した。

採泥は、各点でスミス・マッキンタイア型採泥器(22cm×22cm)を用いて各2回ずつ行い、その泥温を速やかに測定した後、一部を冷蔵して研究所に持ち帰り、含泥率及

#### 1. 水質調査

各月の表層と底層（B-1m層）において、各測定項目の全調査点平均値をそれぞれ計算し、その推移を図2～5に示した。

##### (1) 水温

表層の水温は8.9～26.9℃の範囲で推移した。最大値は8月、最小値は1,3月であった。

底層の水温は8.8～25.8℃の範囲で推移した。最大値は8月、最小値は3月であった。

##### (2) 塩分

表層の塩分は30.55～32.99の範囲で推移した。最大値は1月、最小値は9月であった。

底層の塩分は31.32～33.09の範囲で推移した。最大値は1月、最小値は8月であった。

##### (3) 透明度

透明度は3.2～6.8mの範囲で推移した。

##### (4) 溶存酸素

表層の溶存酸素は7.68～11.42mg/lの範囲で推移した。最大値は1月、最小値は8月であった。

底層の溶存酸素は5.21～11.16mg/lの範囲で推移した。最大値は1月、最小値は9月であった。

#### 2. 生物モニタリング調査

##### (1) 底質環境

含泥率、全硫化物及びI Lの分析結果を表1に示した。

含泥率は全域で90%以上と高く、泥質であった。硫化物量は5月に0.09～0.41mg/g乾泥、8月に0.13～0.65mg/g乾泥の範囲、I Lは5月に7.9～11.7%、8月に6.4～14.2%の範囲であった。

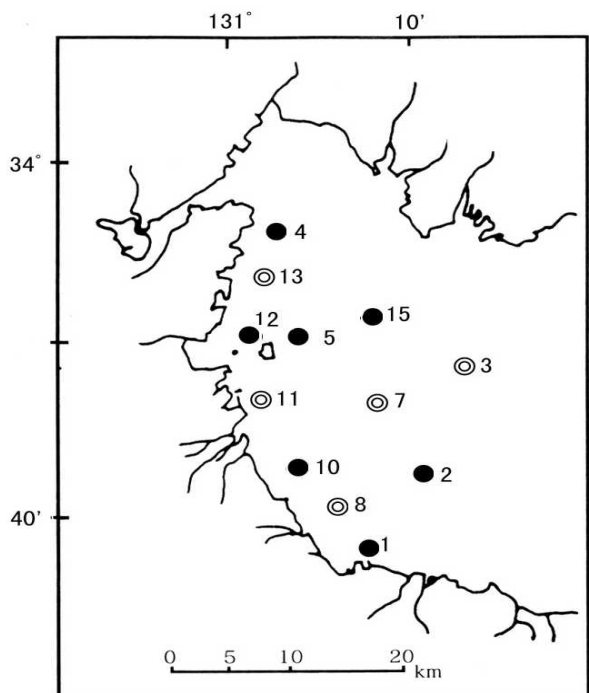


図1 調査定点

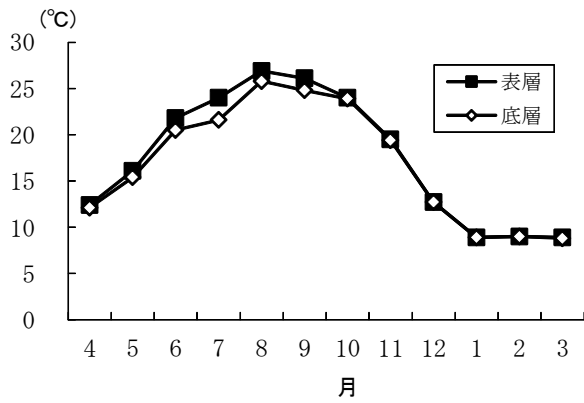


図2 水温の推移

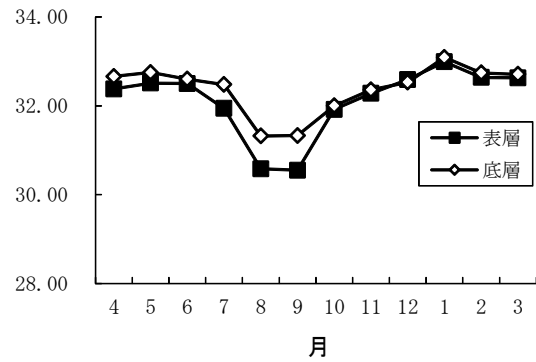


図3 塩分の推移

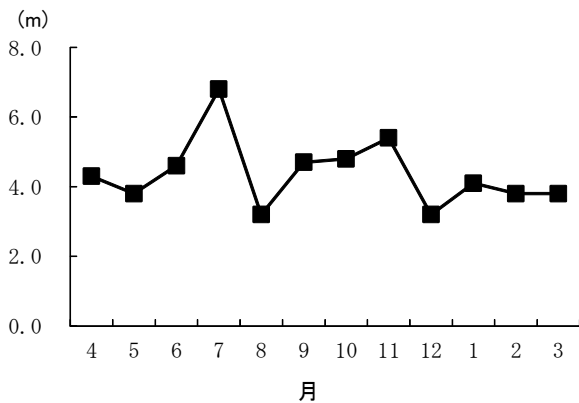


図4 透明度の推移

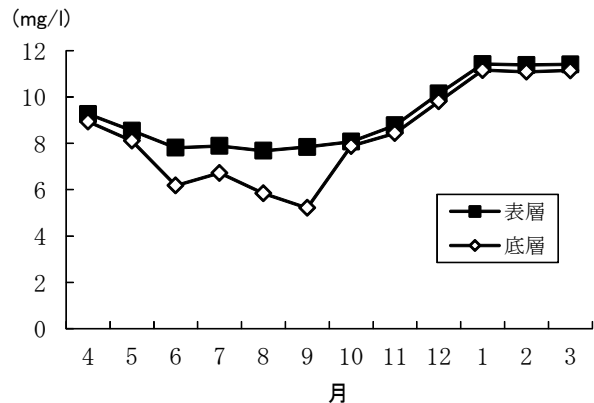


図5 溶存酸素の推移

表1 底質分析結果

St.	IL (%)		全硫化物 (mg/g乾泥)		含泥率 (%)	
	5月	8月	5月	8月	5月	8月
3	10.6	13.8	0.41	0.65	96.8	94.9
7	8.6	10.2	0.26	0.15	95.0	96.7
8	7.9	6.4	0.09	0.13	97.7	95.7
11	11.7	14.2	0.35	0.51	97.6	98.2
13	10.4	13.0	0.14	0.48	97.5	97.9

(2) 底生生物の出現状況

底生生物調査結果を表2～表5に示した。出現した底生

生物は1g未満の固体が多く、ほとんどの定点では、出現密度、出現種類数ともに5月が8月を上回った。

多様度指数H'についてみると、5月にStn.3で最も高く、Stn.11で最も低かった。8月にはStn.8で最も高く、Stn.11で最も低かった。

汚染指標種は、5月にはチヨノハナガイがStn.11及びStn.13で、シズクガイがStn.8, 11及び13で、ヨツバネスピオがStn.3, 8及び13で出現が確認され、8月にはシズクガイがStn.3, 7及び8で、ヨツバネスピオがStn.7, 8及び13で出現が確認された。

表2 底生生物調査結果 (5月期個体密度, 個体数/m<sup>2</sup>)

分類	種名	Stn. 3		Stn. 7		Stn. 8		Stn. 11		Stn. 13	
		1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上
多毛類	Sigalionidae										10
	Phyllodoce sp.			21							10
	Podarkeopsis sp.					10			10		10
	Sigambra sp.	10				10			21		21
	Leonnates sp.										
	Nectoneanthes latipoda										
	Micronephthys sphaerocirrata orientalis					21					
	Nephtys oligobranchia	31				31			31		72
	Glycera sp.					31			21		10
	Glycinde sp.	10				21			10		31
	Scoletoma longifolia					10			21		62
	Orbinia sp.					72					
	Phylo sp.										
	Paraprionospio cordifolia	10				31					21
	Prionospio ehlersi										
	Scolelepis sp.										
	Magelona sp.										
	Poecilochaetus sp.								52		93
	Spiochaetopterus sp.								21		21
	Tharyx sp.										
Sternaspis scutata								475			
Capitellidae										21	
Polycirrinae									21	41	
甲殻類	Ampelisca brevicornis										
	Listriella sp.	10									
	Synchelidium sp.					10					
	Athanas sp.										
	Philyra heterograna										10
	Hexapodidae										10
	Asthenognathus inaequipes										10
棘皮類	Ophiura kinbergi								31		
	Synaptidae										10
軟体類	Ringiculina doliaris										10
	Philinidae	31		21		21					
	Philine argentata										10
	Anodontia stearnsiana										
	Pillucina pisidium								10		
	Lucinidae	10									
	Veremolpa micra				10					10	
	Paphia undulata										
	Raetellops pulchellus									41	21
	Theora fragilis							1736	4174		2448
その他	Edwardsiidae										
	Polycladida										10
	NEMERTINEA							31	72		52

表3 底生生物調査結果 (5月期湿重量, g/m<sup>2</sup>)

分類群	Stn. 3			Stn. 7			Stn. 8			Stn. 11			Stn. 13			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上															
	1g未満	72	0.41	5	21	0.62	1	289	2	12	702	35	11	424	3.7	13
甲殻類	1g以上															
	1g未満	10	+	1	10	0.21	1	10	+	1				31	7.0	3
棘皮類	1g以上															
	1g未満										31	1	1	10	0.1	1
軟体類	1g以上													10	10.5	1
	1g未満	41	0.10	2	31	0.21	2	1767	18	3	4225	48	3	2479	33.2	3
その他	1g以上															
	1g未満							31	1	1	72	1	1	62	6.9	2
合計	1g以上													10	11	1
	1g未満	124	0.52	8	62	1.03	4	2097	21.5	17	5031	85.0	16	3006	50.9	22
多様度 H' (bit)		2.79			1.92			1.30			1.10			1.42		
1g未満																

表4 底生生物調査結果 (8月期個体密度, 個体数/m<sup>2</sup>)

分類	種名	Stn. 3		Stn. 7		Stn. 8		Stn. 11		Stn. 13	
		1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上
多毛類	Sigalionidae										
	Phyllococe sp.										
	Podarkeopsis sp.										
	Sigambra sp.				10		93		21		21
	Leonnates sp.										10
	Nectoneanthes latipoda	10									
	Micronephthys sphaerocirrata orientalis										
	Nephtys oligobranchia	10		10			72		21		10
	Glycera sp.						21				
	Glycinde sp.						10				
	Scoletoma longifolia						31		31		
	Orbinia sp.										
	Phylo sp.						21				
	Paraprionospio cordifolia			10			31				10
	Prionospio ehlersi						10				
	Scolelepis sp.						10		10		
	Magelona sp.			10			62		72		41
	Poecilochaetus sp.										
	Spiochaetopterus sp.								10		31
	Tharyx sp.										
	Sternaspis scutata						72				
	Capitellidae								10		41
	Polycirrinae								21		
甲殻類	Ampelisca brevicornis						10				
	Listriella sp.										
	Synchelidium sp.										
	Athanas sp.										
	Philyra heterograna										
	Hexapodidae										
	Asthenognathus inaequipes										
棘皮類	Ophiura kinbergi										
	Synaptidae										
軟体類	Ringiculina doliaris										
	Philinidae										
	Anodontia stearnsiana							10			
	Pillucina pisidium										
	Lucinidae										
	Veremolpa micra				10						
	Paphia undulata				10			31		83	
	Raetellops pulchellus										
	Theora fragilis	10		10			10				
その他	Edwardsiidae									10	
	Polycladida										
	NEMERTINEA							21			10

表5 底生生物調査結果 (8月期湿重量, g/m<sup>2</sup>)

分類群	Stn. 3			Stn. 7			Stn. 8			Stn. 11			Stn. 13			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上															
	1g未満	21	0.10	2	41	0.21	4	444	4.9	12	1136	51.4	8	165	0.6	7
甲殻類	1g以上															
	1g未満						10	+	1							
棘皮類	1g以上															
	1g未満															
軟体類	1g以上															
	1g未満	10	0.21	1	31	2.89	3	52	8.8	3	83	28.9	1			
その他	1g以上															
	1g未満							21	2.2	1	10	0.10	1	10	+	1
合計	1g以上															
	1g未満	31	0.31	3	72	3.10	7	527	16	17	1229	80.5	10	176	1	8
多様度 H' (bit)	1g未満	1.58			2.81			3.64			1.39			2.75		

# 漁場環境保全対策事業

## (2) 貝毒・赤潮発生監視調査

俵積田 貴彦・山田 京平・大形 拓路

### I. 貝毒発生監視調査

本調査は、福岡県豊前海における貝類の毒化原因プランクトンの出現動向を把握するとともに、貝類の毒化を監視することにより、本県産貝類の食品としての安全性を確保することを目的として実施した。

#### 方 法

##### 1. 毒化原因プランクトンの出現状況調査

麻痺性貝毒の原因種である *Gymnodinium* 属および *Alexandrium* 属、下痢性貝毒の原因種である *Dinophysis* 属を対象として出現状況調査を行った。調査は図1に示した定点のうち、平成26年4月～10月にはStn. 1で、26年11月～27年3月にはStn. 12で毎月1回行った。定点で採集した海水1Lは濃縮し、その全量を検鏡により計数した。

##### 2. 毒化状況調査

図1に示したアサリ採取点のアサリを対象として26年4～7月及び9月に計5回、カキ採取点のカキを対象として26年11～12月および27年1～3月の計5回、貝可食部における麻痺性毒のマウス検査を実施した。また、下痢性毒の検査については、26年4月、5月にアサリ、11月にカキで同様に実施した。なお、これらの検査は、(財)食品環境検査協会福岡営業所に委託した。

#### 結果及び考察

##### 1. 毒化原因プランクトンの出現状況調査

###### (1) 麻痺性貝毒原因種

採集した海水の検鏡結果を表1に示した。年間を通じて、*Alexandrium. spp*及び*Gymnodinium catenatum* は確認されなかった。

###### (2) 下痢性貝毒原因種

調査期間中、*Dinophysis acuminata*が8～60cells/L、*D. fortii*が8～28cells/L確認された。出現細胞数が多かった月は*D. acuminata*及び*D. fortii*ともに7月であった。

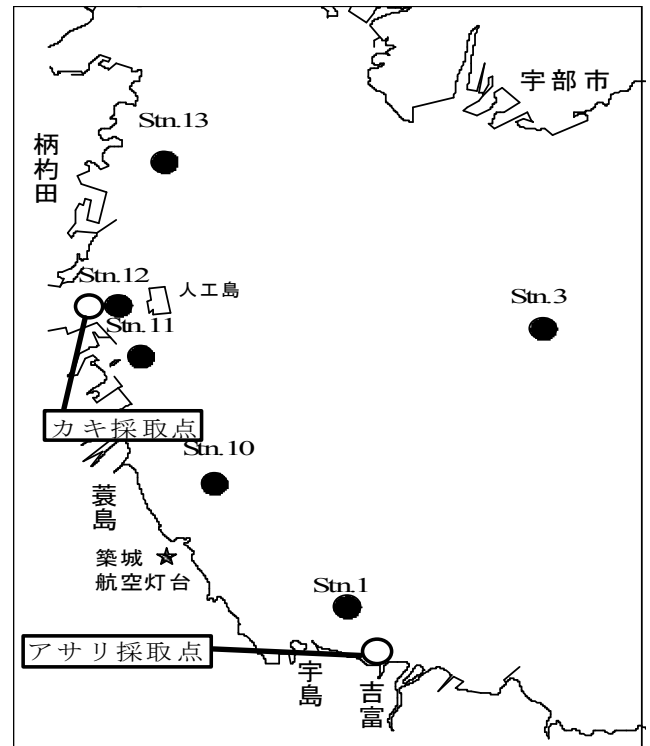


図1 調査定点

##### 2. 毒化状況調査

マウス検査の結果を表2に示した。本年度、麻痺性貝毒および下痢性貝毒は検出されなかった。

### II. 赤潮発生監視調査

本調査は赤潮の発生状況を把握し、関係漁協および関係機関に速報として報告するとともに、隣接県の赤潮に関する情報の収集、交換を行うことにより、本県沿岸域における漁場の保全及び漁業被害の防止・軽減を目的として実施した。

#### 方 法

図1に示す6定点において、平成26年4月から27年3月まで月1回、海象、水質、プランクトン調査を実施した。なお、赤潮が発生した際には関係漁港内を適宜調査した。赤潮の発生状況は、本事業での調査や他事業での海洋観測、および漁業者からの通報による情報も加味して整理

し、FAXと水産海洋技術センターホームページ上  
(http://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/gyogyo/gyogyo.  
htm)で速報として情報発信し、注意喚起を促した。

## 結果及び考察

### 1. 赤潮発生状況

赤潮の発生状況を表3に示した。発生件数は5件で、前年の1件よりも4件多かった。原因種は*K. mikimotoi*, *H. akashiwo*および*Noctiluca scintillans*であった。

*K. mikimotoi*については5月7日から12日までの6日間、苅田南港で確認され、最高細胞密度は表層で1,030cells/mlとなり、蓄養中のコウイカ等がへい死した。また、7月22日から8月19日までの29日間、北九州空港付近、柄杓田漁港、恒見漁港、松山漁港、稲童漁港、宇島漁港および宇島港で確認され、期間中の最高細胞密度は柄杓田漁港表層で3,700cells/mlとなり、蓄養中のコショウダイ等がへい死した。

*H. akashiwo*については6月11日から16日までの5日間、

吉富漁港で確認され、最高細胞密度は表層で46,500 cells/mlとなり、蓄養中のコショウダイ等がへい死した。また、7月28日から8月4日までの8日間、稲童漁港で確認され、最高細胞密度は表層で50,000cells/mlとなり、漁業被害は不明だった。

*N. scintillans*については6月18日から19日までの2日間、柄杓田漁港で確認され、最高細胞密度は表層で221 cells/mlとなり、漁業被害は確認されなかった。

### 2. 水質環境

調査日別の水質測定結果は表4に示したとおりである。

### 3. プランクトン

調査期間中に出現した主な有害プランクトンは、赤潮を形成した*K. mikimotoi*, *H. akashiwo*, *Noctiluca scintillans*の他、*Chattonella* spp. が低密度で認められた。珪藻類では、*Chaetoceros*属や*Leptocyrrindrus danicus*, *Eucampia*属等が多く出現した。

表1 貝毒原因種出現状況

調査月日	調査点	観測層	麻痺性貝毒原因種			下痢性貝毒原因種		水温 (°C)	塩分
			<i>A. tamarense</i> (cells/l)	<i>A. catenella</i> (cells/l)	<i>G. catenatum</i> (cells/l)	<i>D. fortii</i> (cells/l)	<i>D. acuminata</i> (cells/l)		
平成26年									
4月7日	Stn. 1	表層	-	-	-	-	-	-	-
		5m層	-	-	-	-	-	-	-
5月1日	"	表層	-	-	-	-	-	32	-
		5m層	-	-	-	-	-	24	-
6月9日	"	表層	-	-	-	-	-	8	-
		5m層	-	-	-	-	-	16	-
7月1日	"	表層	-	-	-	-	-	32	-
		5m層	-	-	-	28	-	60	-
8月5日	"	表層	-	-	-	-	-	-	-
		5m層	-	-	-	-	-	-	-
9月1日	"	表層	-	-	-	-	-	-	-
		5m層	-	-	-	8	-	20	-
10月2日	"	表層	-	-	-	-	-	16	-
		5m層	-	-	-	-	-	12	-
11月4日	Stn. 12	表層	-	-	-	-	-	12	-
		5m層	-	-	-	-	-	4	-
12月9日	"	表層	-	-	-	-	-	-	-
		5m層	-	-	-	-	-	-	-
平成27年									
1月9日	"	表層	-	-	-	-	-	8	-
		5m層	-	-	-	-	-	4	-
2月2日	"	表層	-	-	-	-	-	12	-
		5m層	-	-	-	-	-	-	-
3月3日	"	表層	-	-	-	-	-	-	-
		5m層	-	-	-	-	-	-	-

- : 出現なし



表2 貝毒検査結果

貝の種類 (生産地)				採取月日	検査月日	麻痺性毒力 (MU/g)	下痢性毒力 (MU/g)
アサリ (吉富町)	殻長平均	36.3	mm	4月18日	4月22日	ND	ND
	重量平均	10.3	g				
アサリ (吉富町)	殻長平均	38.4	mm	5月21日	5月23日	ND	ND
	重量平均	11.8	g				
アサリ (吉富町)	殻長平均	38.0	mm	6月13日	6月16日	ND	
	重量平均	11.2	g				
アサリ (吉富町)	殻長平均	38.0	mm	7月4日	7月7日	ND	
	重量平均	11.2	g				
アサリ (吉富町)	殻長平均	38.6	mm	9月17日	9月18日	ND	
	重量平均	12.3	g				
カキ (北九州市)	殻高平均	92.4	mm	11月10日	11月12日	ND	ND
	重量平均	54.4	g				
カキ (北九州市)	殻高平均	102.5	mm	12月15日	12月16日	ND	
	重量平均	77.8	g				
カキ (北九州市)	殻高平均	102.7	mm	1月9日	1月13日	ND	
	重量平均	87.1	g				
カキ (北九州市)	殻高平均	106.5	mm	2月13日	2月16日	ND	
	重量平均	93.2	g				
カキ (北九州市)	殻高平均	110.5	mm	3月2日	3月3日	ND	
	重量平均	123.0	g				

ND:検出限界値以下

表3 赤潮発生状況

発生番号	発生期間	日数	海域	種類	最高細胞密度 (cells/ml)	水色 (1~108)	漁業被害
1	5月7日 ~ 5月12日	6	苅田南港	<i>Karenia mikimotoi</i>	1,030	6	蓄養中のコウイカへい死
2	6月11日 ~ 6月16日	6	吉富漁港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	46,500	15	蓄養中のコショウダイ等へい死
3	6月18日 ~ 6月19日	2	柄杓田漁港	<i>Noctiluca scintillans</i>	221	4	なし
4	7月22日 ~ 8月19日	29	北九州空港付近	<i>Karenia mikimotoi</i>	540 (7/22)	6	蓄養中のコショウダイ等へい死
			柄杓田漁港		3,700 (7/24)		
			恒見漁港		1,360 (7/28)		
			松山漁港		1,440 (7/28)		
			稲童漁港		450 (8/11)		
			宇島漁港		2,320 (8/4)		
宇島港	2,000 (8/5)						
5	7月28日 ~ 8月4日	8	稲童漁港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	50,000	15	不明

表4 水質測定結果

調査月日	地点	水温 (°C)		塩分		酸素飽和度 (%)		DIN ( $\mu\text{g-at/l}$ )		PO4-P ( $\mu\text{g-at/l}$ )		窒素 $\text{N}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	
		表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層	表層	底層
平成26年 4月22日	1	15.76	13.65	31.61	32.31	112.7	97.0	0.26	0.21	0.13	0.14	3.18	6.18
	3	13.83	11.91	32.72	33.10	109.0	96.0	0.05	0.22	0.14	0.12	1.88	2.10
	10	14.97	13.89	31.89	32.41	114.0	103.0	0.43	0.36	0.11	0.12	3.18	4.68
	11	14.91	14.06	32.03	32.49	114.0	103.0	0.67	0.40	0.11	0.12	3.63	3.82
	12	14.72	14.31	32.33	32.52	111.0	106.0	0.65	0.43	0.11	0.11	3.63	4.46
	13	14.65	14.34	32.65	32.65	109.0	107.0	0.43	0.44	0.11	0.11	4.27	4.91
平均	14.81	13.69	32.21	32.58	111.6	102.0	0.42	0.34	0.12	0.12	3.30	4.36	
平成26年 5月21日	1	19.63	19.16	31.58	32.15	103.0	100.0	0.62	0.46	0.15	0.13	3.85	4.49
	3	17.22	15.01	32.66	33.00	110.0	97.0	0.05	0.20	0.11	0.13	3.41	3.39
	10	19.78	19.09	31.29	32.31	105.0	100.0	0.95	0.76	0.16	0.15	4.68	5.10
	11	19.51	19.26	32.15	32.20	102.0	100.0	0.30	0.24	0.18	0.16	5.10	4.91
	12	19.39	19.24	32.35	32.33	103.0	100.0	0.11	0.09	0.12	0.14	4.68	5.13
	13	18.83	18.73	32.36	32.39	104.0	100.0	0.09	0.11	0.14	0.13	3.82	3.41
平均	19.06	18.42	32.07	32.40	104.5	99.5	0.35	0.31	0.14	0.14	4.26	4.41	
平成26年 6月19日	1	21.60	21.30	32.02	32.51	100.0	91.0	1.34	1.29	0.12	0.19	3.22	2.16
	3	21.84	17.03	32.50	33.02	101.0	76.0	0.48	0.67	0.16	0.19	1.30	1.08
	10	22.73	21.78	32.19	32.58	102.0	92.0	0.96	1.15	0.17	0.18	2.13	1.49
	11	23.55	22.16	31.98	32.49	98.0	92.0	2.81	2.13	0.30	0.24	1.94	2.58
	12	22.53	22.45	31.66	32.33	98.0	90.0	3.16	2.76	0.21	0.26	2.36	2.13
	13	22.56	21.81	32.52	32.60	97.0	87.0	1.61	1.61	0.18	0.20	1.72	1.91
平均	22.47	21.09	32.15	32.59	99.3	88.0	1.73	1.60	0.19	0.21	2.11	1.89	
平成26年 7月22日	1	28.48	23.61	28.60	31.28	143.0	51.0	0.20	0.46	0.09	0.08	3.41	4.71
	3	26.13	19.18	29.77	32.87	134.0	73.0	0.17	0.35	0.10	0.10	0.41	0.41
	10	28.74	23.36	28.48	31.34	138.0	43.0	0.26	0.55	0.05	0.13	2.10	2.13
	11	26.52	23.87	29.79	30.87	142.0	33.0	0.19	0.43	0.09	0.11	1.05	2.77
	12	28.01	23.64	28.71	30.77	135.0	35.0	0.25	0.37	0.09	0.12	2.35	2.99
	13	25.14	23.69	30.52	31.31	118.0	86.0	0.68	0.66	0.10	0.11	2.35	3.60
平均	27.17	22.89	29.31	31.41	135.0	53.5	0.29	0.47	0.09	0.11	1.95	2.77	
平成26年 8月19日	1	28.21	26.76	30.45	30.95	95.0	39.0	1.93	1.47	0.18	0.16	2.99	3.44
	3	26.81	22.23	31.33	32.38	115.0	59.0	0.23	0.31	0.07	0.13	1.05	1.30
	10	27.37	26.17	30.44	31.12	117.0	43.0	0.08	1.48	0.11	0.19	2.55	2.99
	11	27.87	26.66	30.32	30.82	114.0	66.0	0.31	1.35	0.09	0.15	9.18	5.96
	12	27.74	26.75	30.01	30.64	127.0	65.0	0.83	4.77	0.09	0.37	4.68	4.05
	13	27.18	25.99	30.16	31.13	117.0	79.0	0.32	2.32	0.09	0.16	4.49	5.13
平均	27.53	25.76	30.45	31.17	114.2	58.5	0.62	1.95	0.11	0.19	4.16	3.81	
平成26年 9月16日	1	26.62	25.94	30.73	30.92	105.0	74.0	0.49	0.59	0.12	0.09	1.49	1.72
	3	25.01	24.63	32.11	32.17	109.0	73.0	0.04	0.21	0.14	0.16	1.49	1.46
	10	25.87	25.35	31.22	31.51	114.0	107.0	0.31	0.32	0.14	0.15	1.05	1.46
	11	25.89	25.26	31.22	31.49	111.0	101.0	0.28	0.23	0.16	0.14	1.88	2.77
	12	25.36	25.25	31.28	31.30	110.0	96.0	0.25	0.35	0.14	0.14	1.69	2.10
	13	25.41	25.13	31.69	31.70	109.0	104.0	0.31	0.37	0.16	0.16	2.74	3.18
平均	25.69	25.26	31.38	31.52	109.7	92.5	0.28	0.35	0.14	0.14	1.72	2.12	
平成26年 10月22日	1	21.04	20.87	31.26	31.69	123.0	105.0	0.50	0.45	0.15	0.18	0.86	0.86
	3	21.58	21.46	32.26	32.28	118.0	109.0	0.71	0.45	0.40	0.41	1.49	1.69
	10	21.12	21.19	31.88	32.12	119.0	110.0	0.37	0.25	0.24	0.26	1.05	1.91
	11	21.02	21.01	31.92	31.93	116.0	109.0	0.66	0.69	0.32	0.32	1.49	2.99
	12	21.15	21.17	31.92	32.01	116.0	113.0	0.95	1.10	0.33	0.34	1.49	1.49
	13	21.12	21.18	32.13	32.26	119.0	115.0	0.87	0.93	0.31	0.30	1.69	1.49
平均	21.17	21.15	31.90	32.05	118.5	110.2	0.68	0.65	0.29	0.30	1.35	1.74	
平成26年 11月12日	1	18.12	18.32	31.91	32.01	116.0	112.0	0.78	0.66	0.17	0.21	2.99	2.77
	3	19.45	19.45	32.30	32.31	114.0	111.0	0.41	0.39	0.36	0.34	2.55	2.35
	10	18.49	18.48	32.37	32.36	118.0	116.0	0.11	0.29	0.24	0.28	1.91	2.10
	11	18.17	18.17	32.30	32.30	120.0	118.0	0.85	0.89	0.21	0.20	4.49	5.13
	12	18.07	18.06	32.47	32.46	122.0	120.0	0.54	0.70	0.21	0.20	3.19	3.21
	13	18.51	18.51	32.81	32.82	117.0	113.0	0.60	3.13	0.24	0.28	3.21	3.21
平均	18.47	18.50	32.36	32.38	117.8	115.0	0.55	1.01	0.24	0.25	3.06	3.13	
平成26年 12月15日	1	11.82	11.53	32.42	32.64	117.0	116.0	1.19	1.08	0.25	0.20	1.72	1.91
	3	12.35	11.62	32.55	32.42	116.0	113.0	1.59	1.23	0.37	0.29	3.21	3.66
	10	10.82	10.75	32.54	32.54	117.0	115.0	0.24	0.30	0.27	0.25	1.94	2.16
	11	10.44	10.36	32.16	32.17	122.0	120.0	0.29	0.59	0.17	0.17	6.88	9.47
	12	10.22	10.44	32.21	32.37	121.0	117.0	0.34	0.29	0.19	0.17	7.10	6.24
	13	10.31	10.29	32.83	32.82	122.0	120.0	1.18	0.36	0.10	0.10	10.52	10.93
平均	10.99	10.83	32.45	32.49	119.2	116.8	0.81	0.64	0.23	0.20	5.23	5.73	
平成27年 1月14日	1	8.20	7.68	32.50	32.75	122.0	119.0	0.60	0.34	0.14	0.26	2.36	2.36
	3	9.75	9.23	32.85	32.88	119.0	112.0	0.55	0.50	0.28	0.25	1.72	1.75
	10	7.41	7.45	32.81	32.89	124.0	122.0	0.40	0.30	0.13	0.14	2.36	2.99
	11	8.10	8.08	33.19	33.23	122.0	117.0	0.21	0.32	0.15	0.13	3.66	4.52
	12	8.24	8.15	33.36	33.40	119.0	118.0	0.31	0.38	0.17	0.16	1.50	1.52
	13	8.64	8.67	33.19	33.19	119.0	118.0	0.24	0.27	0.15	0.18	1.30	1.49
平均	8.39	8.21	32.98	33.06	120.8	117.7	0.39	0.35	0.17	0.19	2.15	2.44	
平成27年 2月12日	1	7.78	7.57	32.08	32.66	121.0	118.0	0.18	0.42	0.11	0.12	1.69	1.72
	3	9.35	9.34	32.94	32.94	121.0	119.0	0.36	0.41	0.25	0.24	1.05	1.88
	10	7.61	7.60	32.51	32.52	120.0	119.0	0.33	0.15	0.15	0.15	1.91	2.13
	11	7.48	7.47	32.34	32.36	119.0	109.0	0.46	1.47	0.13	0.13	1.05	3.19
	12	7.41	7.41	32.48	32.49	120.0	119.0	0.74	1.02	0.11	0.13	1.49	1.27
	13	7.95	7.90	32.77	32.75	120.0	120.0	0.53	0.55	0.11	0.09	3.85	0.60
平均	7.93	7.88	32.52	32.62	120.2	117.3	0.43	0.67	0.14	0.14	1.84	1.80	
平成27年 3月16日	1	10.45	9.18	31.86	32.52	126.0	110.0	1.28	0.26	0.14	0.11	0.63	1.72
	3	9.13	9.03	32.71	32.87	123.0	120.0	0.10	0.18	0.20	0.20	0.44	0.86
	10	9.30	8.99	32.42	32.61	126.0	116.0	0.18	0.15	0.12	0.11	0.66	0.86
	11	9.48	8.93	32.49	32.57	128.0	120.0	0.07	0.18	0.11	0.11	1.72	2.13
	12	9.37	9.11	32.53	32.62	127.0	120.0	0.19	0.32	0.12	0.12	1.49	1.69
	13	9.43	10.12	32.76	33.45	126.0	121.0	0.19	0.24	0.13	0.12	1.27	4.08
平均	9.53	9.23	32.46	32.77	126.0	117.8	0.34	0.22	0.14	0.13	1.04	1.89	

# 有明海漁場再生対策事業

## －アサリ種苗生産－

大形 拓路・伊藤 輝昭

有明海漁場再生対策の一環として、アサリ種苗（殻長0.3mm，1～2mm）の生産を行ったので、その概要について報告する。

### 方 法

#### 1. 採卵

採卵は、豊前海域におけるアサリ成熟期の春（4～5月）および秋（10月）に行った。産卵誘発は、昇温刺激法（飼育水温より5℃程度昇温した紫外線滅菌海水に浸漬する）により行い、春は4月30日，5月1日および5月12日に，秋は9月13日および9月30日に採卵した。

産卵の兆候がある雌の個体は0.5トンの黒色ポリエチレン水槽に収容し，複数の雄から採取した精子の懸濁液を薄く混入した。

#### 2. 浮遊幼生飼育

孵化した浮遊幼生は，0.5トンの黒色ポリエチレン水槽に約2～3個体/mlの密度で収容し，着底稚貝に変態するまで飼育した。餌料は，研究所で継代飼育した*Chaetoceros gracilis*（以下，「キート」という）と*Pavloba lutheri*（以下，「パプロバ」という）を与えた。糞や残餌は毎日取り除き，適宜，換水した。

#### 3. 稚貝飼育

着底稚貝は，図1に示したアップウェリング水槽に収容し，紫外線滅菌海水を掛け流して飼育した。毎朝，キートとパプロバを循環環境下で給餌した。また，秋の飼育では成長が鈍化するため，平成25年度秋期に採卵した個体を26年4月16日まで継続飼育した。

### 結果及び考察

#### 1. 採卵

5回の採卵で約3,000万粒を確保し，うち孵化した約2,700万個体の浮遊幼生を水槽に収容した。全生産回次における孵化率は約89.7%であった。



図1 ウェリング水槽（上）と飼育中のアサリ（下）

#### 2. 浮遊幼生飼育

採卵から約3週間後に水槽に細砂を投入し，着底稚貝に変態させた。着底後は，春に飼育した約270万個体，秋に飼育した約330万個体を黒色ポリエチレン水槽からウェリング装置に移行し，飼育した。着底期までの生残率は，春が36.0%，秋が52.5%であった。

#### 3. 稚貝飼育

26年4月16日に，昨年度秋に生産した平均殻長1.3mmの稚貝約50万個体を有明海研究所に移送した。26年7月8日には，春に生産した個体のうち，平均殻長1.2mmの稚貝約50万個体を有明海研究所に移送した。また，秋に生産した個体は，26年12月8日に，殻長0.3～0.5mmの稚貝250万個体を取り上げ，有明海研究所に移送した。稚貝の移送は，すべてBSTバッグに収容し，行った。

なお，残った個体については殻長1～2mmまでウェリング装置にて継続飼育した後，有明海研究所に移送予定である。