

## 安心・安全で環境に優しい養殖推進事業－2 環境調査

大竹周作・宮村和良

### 事業の目的

持続的な養殖漁場の保全を図るために、持続的養殖生産確保法で定められた養殖漁場改善の、自主的な取り組みのための基礎資料を得ることを目的として、県南域の養殖漁場を対象に水質・底質のモニタリング調査を行った。

### 事業の方法

#### 広域調査

2015年8月19日～9月11日に、魚類または貝類養殖場39調査点(図1)において、水質・底質のモニタリング定期調査を実施した。

水温、塩分、透明度、溶存酸素(DO)、化学的酸素要求量(COD)、溶存無機三態窒素(DIN)及びリン酸態リン(PO<sub>4</sub>-P)の水質7項目および、強熱減量(IL)、化学的酸素要求量(COD)及び酸揮発性硫化物(AVS)の底質3項目について調査した。

水質は、各調査点の4層(0、5、10、B-1m)または3層(0、5、B-1m)においてSTDを用いて水温、塩分、水深の測定を行った後、リゴ- B号採水器により採水した試料海水を実験室に持ち帰って分析した。

底質は、エクマンバージ採泥器(15×15cm)で採泥し、表層泥を試料泥として採取し実験室に持ち帰り分析した。

分析は、海洋観測指針<sup>1)</sup>、水質汚濁調査指針<sup>2)</sup>に基づき行った。なお、ILについては450℃・2時間の

強熱後の測定値と、さらに550℃・6時間強熱処理した後の測定値を得た。

### 事業の結果

広域調査の水質の観測・分析結果は表1、底質の分析結果は表2に示したとおりである。

過去10年間(1994～2003年)のデータがそろっている30定点について、夏季の底質データのうち、IL(450℃・2h)、COD、AVSを用いて主成分分析を行い合成指標の式を求めたところ、合成指標値(S) =  $0.561 \times (IL - 3.55) / 2.48 + 0.588 \times (COD - 15.05) / 14.37 + 0.582 \times (AVS - 0.28) / 0.52$  が得られた。これを用いてI(S < -0.1)は良好な底質環境、II(-0.1 ≤ S < 2)はやや悪い底質環境、III(2 ≤ S)は有機汚染が進行し悪い底質環境とし、2015年度の底質調査の結果を評価すると、データの得られた38定点の内、24点がI、9点がII、5点がIIIに分類された。

### 文 献

- 1) 気象庁：海洋観測指針, 日本海洋学会, 東京, 1990, pp.149-186.
- 2) 日本資源保護協会：新編水質汚濁調査指針, 恒星社厚生閣, 東京, 1980, pp.242-257.

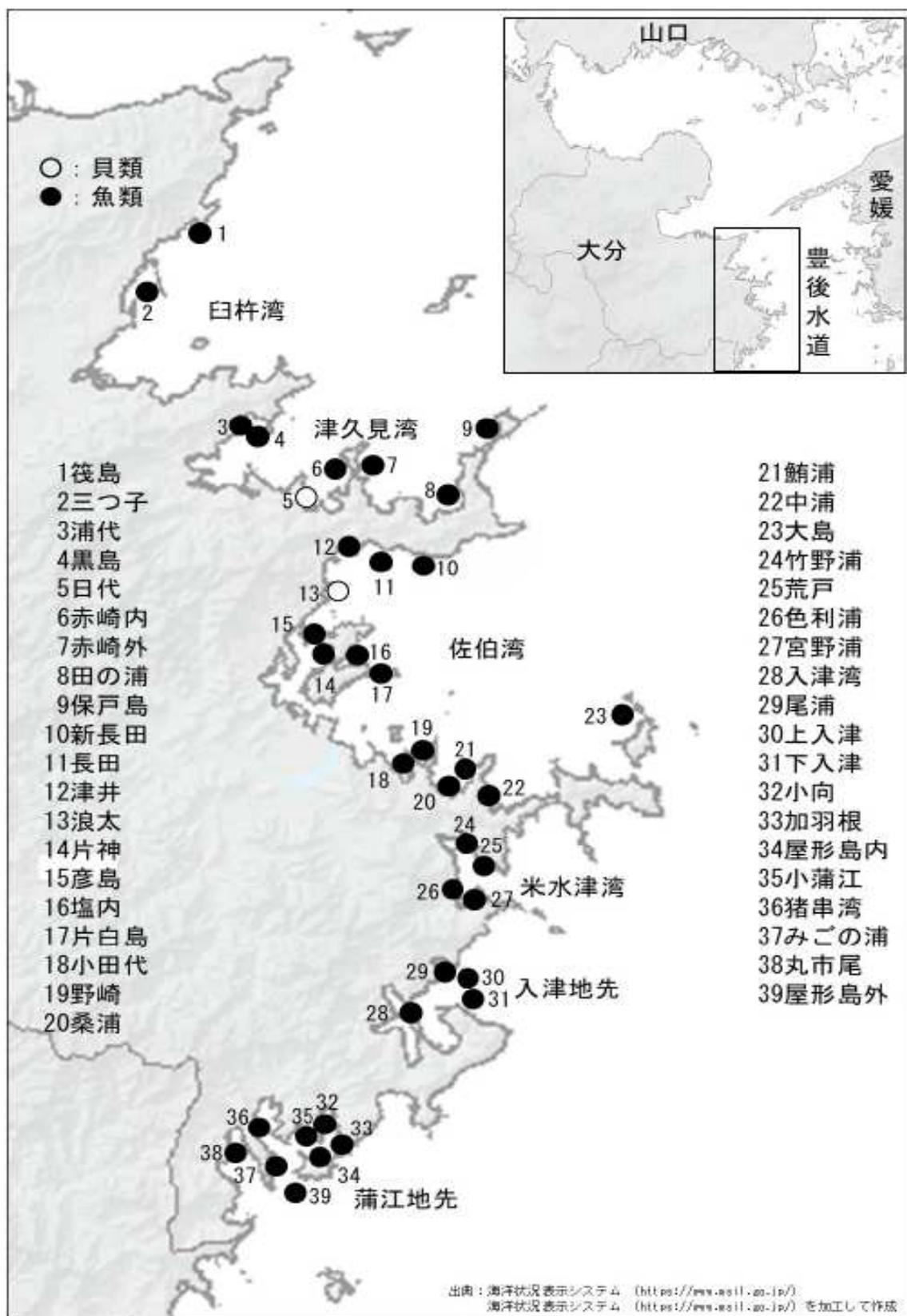


図1. 2015年度養殖漁場環境調査定点図.

項目	調査点		津久見								上浦				佐伯				鶴見		
	佐賀関	臼杵	浦代	黒島	日代	赤崎内	赤崎外	田の浦	保戸島	新長田	長田	津井	浪太	片神	彦島	塩内	片白島	小田代	野崎	桑浦	
調査月日	8/19	8/19	8/26	8/26	8/26	8/26	8/26	8/26	8/26	9/2	9/3	9/3	9/3	9/3	9/3	9/3	9/3	9/1	9/1	9/1	
水深(m)	17.3	18.4	20.4	34.2	28.4	39.6	44.7	45.0	30.9	46.4	39.8	15.8	30.0	24.3	22.8	23.7	31.5	22.3	24.4	18.3	
Tr(m)	9.0	6.0	9.0	8.0	8.0	9.0	8.0	8.0	4.0	9.5	7.5	7.5	7.0	5.5	6.0	6.5	6.5	4.0	6.0	6.5	
水温	0	23.5	23.7	24.7	24.8	25.1	24.9	24.4	24.5	24.3	24.1	23.8	23.9	23.9	24.4	24.7	23.9	24.0	24.3	24.6	
	5	23.3	23.6	24.7	24.8	24.8	24.6	24.4	24.3	23.2	23.4	23.6	23.8	23.9	23.7	23.8	23.4	24.2	24.3	23.9	
	10	23.3	23.5	24.7	24.6	24.5	24.3	24.3	24.4	24.3	23.1	23.3	23.5	23.7	23.7	23.5	23.7	23.4	24.1	24.0	
	B	23.3	23.2	24.3	23.7	23.6	23.5	23.4	23.6	24.2	22.9	22.9	23.3	23.0	23.3	23.2	23.4	22.9	23.3	23.2	23.5
塩分	0	33.51	33.38	31.93	32.63	31.95	32.40	33.01	32.95	33.05	32.37	32.77	33.19	32.27	31.65	32.56	33.38	32.56	21.95	31.52	
	5	33.49	33.39	33.06	33.01	32.78	32.81	33.03	33.01	33.07	33.60	33.57	33.70	33.68	33.65	33.63	33.58	33.63	33.65	33.61	
	10	33.52	33.44	33.15	33.21	33.24	33.17	33.11	33.04	33.10	33.67	33.71	33.7	33.76	33.76	33.78	33.69	33.66	33.73	33.73	
	B	33.53	33.54	33.33	33.53	33.53	33.60	33.65	33.57	33.29	33.82	33.80	33.76	33.78	33.83	33.82	33.77	33.80	33.84	33.83	33.81
DO	0	4.59	4.61	4.76	5.09	5.14	5.06	4.79	4.94	5.07	5.26	4.88	4.70	5.26	6.41	5.82	4.82	5.35	5.04	5.28	
	5	4.19	4.08	4.95	5.28	5.24	4.62	4.78	4.75	4.85	4.35	4.35	4.38	4.82	4.02	3.78	4.59	4.46	4.74	4.98	
	10	4.57	4.05	4.92	5.20	4.94	4.82	4.67	4.75	5.17	4.40	4.05	4.24	4.33	3.73	4.10	4.37	4.53	4.51	4.81	
	B	4.37	4.23	4.72	4.65	4.44	4.38	4.29	4.53	4.81	4.37	4.36	4.06	4.19	3.88	4.08	4.19	4.35	4.24	4.54	
DIN	0	0.47	8.45	12.27	1.09	1.32	2.39	1.22	0.85	0.73	0.24	0.82	4.31	1.22	3.08	1.97	1.00	10.93	16.83	8.97	
	5	3.37	1.89	0.59	0.21	0.21	2.06	1.11	0.94	0.61	2.72	2.09	2.33	1.67	5.02	5.00	1.56	2.56	0.32	0.10	
	10	0.97	0.90	0.45	0.18	0.06	1.13	1.54	1.40	0.70	2.52	4.42	3.6	3.18	4.98	3.37	2.55	2.57	1.45	0.58	
	B	1.57	0.88	1.79	2.40	2.17	2.63	2.87	2.51	1.25	3.09	3.52	4.94	4.01	5.42	4.92	3.82	3.34	3.83	3.23	
P04-P	0	0.25	0.96	0.63	0.08	0.07	0.08	0.16	0.13	0.13	0.05	0.08	0.31	0.02	0.05	0.04	0.14	0.17	0.27		
	5	0.61	0.10	0.13	0.07	0.06	0.11	0.17	0.13	0.13	0.29	0.28	0.28	0.19	0.61	0.68	0.21	0.26	0.14		
	10	0.13	0.14	0.18	0.11	0.10	0.14	0.20	0.14	0.14	0.27	0.52	0.4	0.41	0.61	0.38	0.27	0.27	0.22		
	B	0.32	0.06	0.27	0.33	0.32	0.33	0.35	0.31	0.19	0.36	0.43	0.53	0.40	0.76	0.64	0.44	0.36	0.43		

項目	調査点					米水津				入津地区				蒲江南部地区					
	鶴見	中浦	大島	竹野浦	荒戸	色利浦	宮野浦	入津湾	尾浦	上入津	下入津	小向	加羽根	屋形島内	小蒲江	猪串湾	みごの浦	丸市尾	屋形島外
調査月日	9/1	9/1	9/2	8/24	8/24	8/24	8/24	8/21	8/21	8/21	8/21	9/11	-	9/11	9/11	9/11	9/11	9/11	9/11
水深(m)	37.3	29.6	45.8	26.2	31.8	18.8	25.0	23.4	14.2	32.5	28.3	6.5	-	17.9	14.0	19.3	23.3	10.9	31.7
Tr(m)	8.5	8.5	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0	9.0	10.0	11.0	4.0	-	7.0	7.0	5.5	7.0	7.0	15.0
水温	0	24.1	23.8	23.6	25.6	25.3	25.8	25.5	25.7	25.2	24.2	23.9	24.0	-	24.3	24.3	23.9	24.1	23.8
	5	23.9	23.7	23.3	25.0	25.0	25.1	25.0	24.8	24.1	23.7	23.6	23.8	-	24.2	23.9	23.7	24.0	23.8
	10	23.8	23.4	23.1	24.7	24.8	24.7	24.9	24.3	23.6	23.3	23.5	-	-	24.1	23.8	23.6	23.9	-
	B	23.0	22.9	22.8	23.9	23.7	24.3	23.6	18.9	22.9	22.5	23.1	23.7	-	23.4	23.6	23.1	23.2	23.7
塩分	0	33.24	33.23	31.95	33.89	33.93	33.69	33.79	33.58	33.90	33.95	34.01	32.72	-	33.72	33.67	33.43	33.66	33.18
	5	33.57	33.60	32.76	33.92	33.94	33.84	33.85	33.77	34.00	33.92	34.01	33.56	-	33.74	33.70	33.51	33.67	33.54
	10	33.65	33.76	33.13	33.96	33.96	33.93	33.89	33.90	34.02	33.93	34.07	-	-	33.79	33.77	33.65	33.74	-
	B	33.90	33.85	33.72	34.00	34.04	33.95	34.02	34.16	34.05	34.17	34.11	33.59	-	33.84	33.78	33.89	33.86	33.73
DO	0	4.51	4.57	5.27	5.22	4.91	5.48	5.52	5.30	4.50	4.44	4.64	4.93	-	4.52	5.12	5.76	5.05	4.91
	5	4.12	4.35	5.04	5.11	4.79	5.35	4.90	5.14	3.77	3.77	3.80	-	-	4.87	5.16	5.93	5.15	4.92
	10	4.37	4.32	5.00	4.75	4.42	4.86	4.72	4.32	4.86	4.86	4.46	-	-	4.80	4.52	5.35	4.78	-
	B	4.35	4.52	4.61	4.26	4.48	4.80	4.21	0.10	4.97	4.97	4.69	5.12	-	4.01	4.60	3.57	4.10	4.67
DIN	0	1.91	11.13	1.29	3.55	0.30	0.00	0.00	1.75	0.97	0.65	2.23	3.93	-	3.88	0.24	0.08	2.89	0.71
	5	2.33	2.87	0.95	1.72	1.01	0.00	1.27	0.54	1.06	0.70	2.77	-	-	2.16	0.08	0.42	1.53	0.84
	10	2.61	2.62	1.25	0.42	1.93	0.00	2.10	1.13	1.29	1.97	2.65	-	-	1.77	1.16	0.15	0.99	-
	B	3.05	2.93	2.49	1.33	1.90	0.37	2.08	0.94	0.55	2.41	2.54	0.56	-	4.04	1.85	6.60	4.73	0.94
P04-P	0	0.47	0.87	0.14	0.65	0.06	0.09	0.10	0.05	0.25	0.02	0.21	0.29	-	0.26	0.09	0.04	0.32	0.13
	5	0.41	0.27	0.12	0.12	0.13	0.09	0.15	0.04	0.05	0.08	0.19	-	-	0.16	0.08	0.04	0.17	0.14
	10	0.34	0.25	0.14	0.11	0.22	0.10	0.51	0.07	0.06	0.02	0.21	-	-	0.18	0.22	0.09	0.19	-
	B	0.39	0.29	0.26	0.33	0.20	0.14	0.33	0.08	0.04	0.11	0.24	0.17	-	0.60	0.31	0.83	0.67	0.15

\*水温は0.5m層を示す。  
 \*DO(mL/l) ÷ 0.7 = DO(mg/l)

単位：WT(°C)、S、DO(mL/L)、DIN・P04-P(μM)

表1. 2015年度養殖漁場環境調査結果一覧

調査 年月日	No.	調査 点名	湾・海域	漁業種類	H27年度					合成指標 (S)	底質評価
					IL(%) 450℃	IL(%) 550℃	AVS (mg/g乾泥)	COD (mg/g乾泥)			
H27.8.19	1	筏島	臼杵湾	魚類小割	1.46	2.30	0.00	2.48	-1.30	I	
H27.8.19	2	三ツ子	臼杵湾	魚類小割	2.47	3.99	0.18	7.05	-0.68	I	
H27.8.26	3	浦代	津久見湾	魚類小割	2.10	3.74	0.06	6.35	-0.93	I	
H27.8.26	4	黒島	津久見湾	魚類小割	3.82	5.29	0.01	12.33	-0.35	I	
H27.8.26	5	日代	津久見湾	真珠	2.77	4.18	0.00	8.13	-0.77	I	
H27.8.26	6	赤崎内	津久見湾	魚類小割	3.72	5.65	0.11	13.93	-0.20	I	
H27.8.26	7	赤崎外	津久見湾	魚類小割	2.99	5.84	0.01	10.56	-0.61	I	
H27.8.26	8	田の浦	津久見湾	魚類小割	3.87	6.36	0.26	18.55	0.19	II	
H27.8.26	9	保戸島	津久見湾	魚類小割	1.47	2.84	0.07	6.57	-1.06	I	
H27.9.2	10	新長田	佐伯湾	魚類小割	5.68	8.64	0.13	20.01	0.51	II	
H27.9.3	11	長田	佐伯湾	魚類小割	4.30	6.90	0.21	21.25	0.35	II	
H27.9.3	12	津井	佐伯湾	魚類小割	2.50	4.70	0.01	7.82	-0.83	I	
H27.9.3	13	浪太	佐伯湾	真珠	2.57	4.20	0.01	7.58	-0.83	I	
H27.9.3	14	片神	佐伯湾	魚類小割	8.62	13.14	2.41	46.32	4.81	III	
H27.9.3	15	彦島	佐伯湾	魚類小割	3.64	5.53	0.41	16.28	0.21	II	
H27.9.3	16	塩内	佐伯湾	魚類小割	3.10	5.31	0.05	12.52	-0.46	I	
H27.9.3	17	片白島	佐伯湾	魚類小割	3.11	5.60	0.30	18.20	0.05	II	
H27.9.1	18	小田代	佐伯湾	魚類小割	8.36	11.50	0.29	40.55	2.15	III	
H27.9.1	19	野崎	佐伯湾	魚類小割	2.27	3.81	0.00	7.12	-0.93	I	
H27.9.1	20	桑浦	佐伯湾	魚類小割	2.56	4.30	0.06	6.55	-0.82	I	
H27.9.1	21	鮪浦	佐伯湾	魚類小割	6.84	8.68	1.19	32.96	2.50	III	
H27.9.1	22	中浦	佐伯湾	魚類小割	2.49	3.73	0.05	9.59	-0.72	I	
H27.9.2	23	大島	佐伯湾	魚類小割	2.50	4.55	0.03	8.80	-0.77	I	
H27.8.24	24	竹野浦	米水津湾	魚類小割	3.47	4.73	0.08	13.74	-0.30	I	
H27.8.24	25	荒戸	米水津湾	魚類小割	4.88	7.27	0.14	23.91	0.50	II	
H27.8.24	26	色利浦	米水津湾	魚類小割	5.11	7.60	0.23	18.96	0.45	II	
H27.8.24	27	宮野浦	米水津湾	魚類小割	4.43	7.06	0.22	25.84	0.57	II	
H27.8.21	28	入津湾	入津地区	湾央	7.19	11.42	1.67	59.77	4.21	III	
H27.8.21	29	尾浦	入津地区	魚類小割	2.42	3.91	0.09	8.49	-0.74	I	
H27.8.21	30	上入津	入津地区	魚類小割	1.95	3.54	0.08	9.18	-0.82	I	
H27.8.21	31	下入津	入津地区	魚類小割	1.45	2.60	0.06	1.54	-1.28	I	
H27.9.11	32	小向	蒲江南部	魚類小割	2.29	4.05	0.06	8.21	-0.81	I	
H27.9.11	33	加羽根	蒲江南部	魚類小割			筏無し				
H27.9.11	34	屋形島内	蒲江南部	魚類小割	2.05	3.67	0.04	6.73	-0.94	I	
H27.9.11	35	小蒲江	蒲江南部	ひおうぎ	2.93	5.08	0.02	9.03	-0.68	I	
H27.9.11	36	猪串湾	蒲江南部	魚類小割	7.31	11.07	0.95	32.88	2.34	III	
H27.9.11	37	みごの浦	蒲江南部	魚類小割	-1.63	0.02	0.04	4.62	-1.87	I	
H27.9.11	38	丸市尾	蒲江南部	魚類小割	6.33	9.63	0.33	31.47	1.35	II	
H27.9.11	39	屋形島外	蒲江南部	魚類小割	0.79	1.82	0.00	1.25	-1.50	I	

単位：IL(%)、AVS・COD(mg/g・dry)

表2. 2015年度底質分析結果

\* 合成指標値(S)=0.561×(IL-3.55)÷2.48+0.588×(COD-15.05)÷14.37+0.582×(AVS-0.28)÷0.52

漁場評価	I	S < -0.1	良好な底質環境
	II	-0.1 ≤ S < 2.0	やや悪い底質環境
	III	S ≥ 2.0	悪い底質環境

## 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供事業－2

### 浅海定線調査等

(国庫交付金)

大竹周作・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。水温と塩分はCTD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

2015年 4月13日～16日	10月 5日～ 8日
5月13日～15日	11月 4日～ 6日
6月 1日～ 4日	12月 1日～ 4日
7月 6日～ 9日	2016年 1月 5日～ 7日
8月 3日～ 6日	2月17日～19日
9月 7日～10日	3月 1日～ 3日

##### 2) 調査項目

気象、海象、水温、塩分、透明度、DO、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$   
(ただし、DO、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ については、定点7、9、17、21、22、26、27、31のみ測定した。)

##### 3) 調査定線

調査定線（ナーセー9線）を図1に示す。

##### 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）の桟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、1990～2010年の20年間の平均値を用いた。

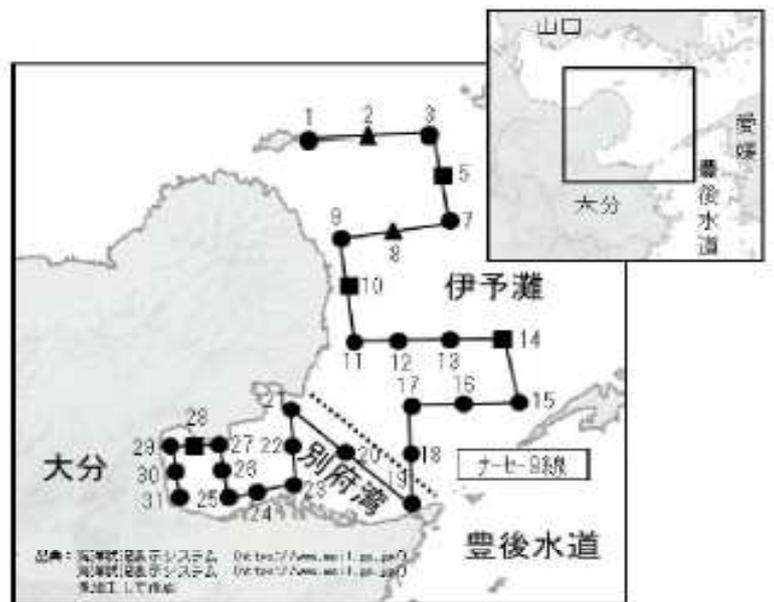


図1. 浅海定線調査定線図。

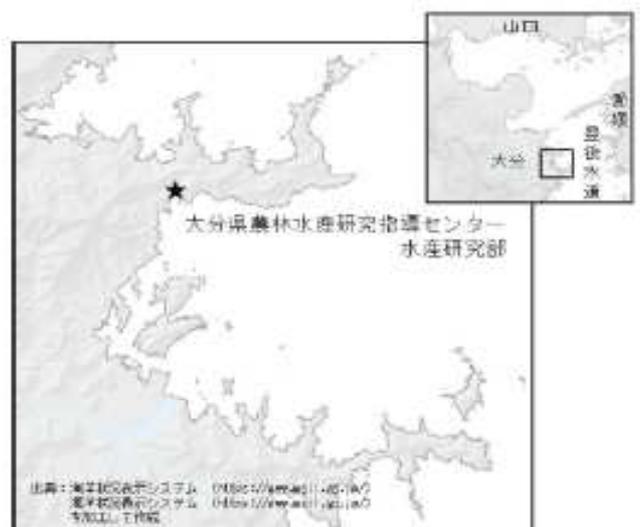


図2. 水温定点観測調査点。

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2015年度の気象の推移（大分気象台）である。

気温：4月初旬～5月下旬、10月下旬～3月下旬は概ね高め傾向であった。

降水量：6月上旬は低気圧や梅雨前線の影響で平年の3倍以上の降水があった。12月上旬寒気および低気圧や前線の影響によって平年の8倍を超える降水であった。

日照時間：6月中旬から7月中旬まで寡照傾向であった。10月は多照であり、月間日照時間の10月の極値を更新する観測箇所が多かった。11月、3月は寡照であった。

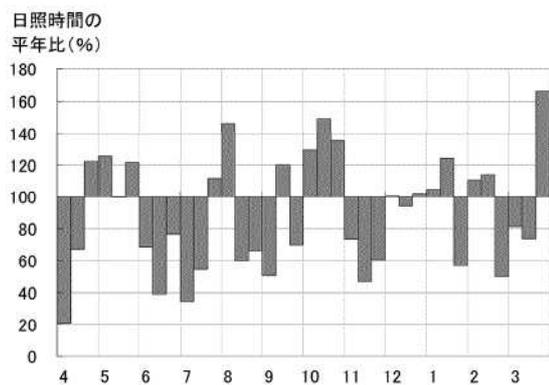
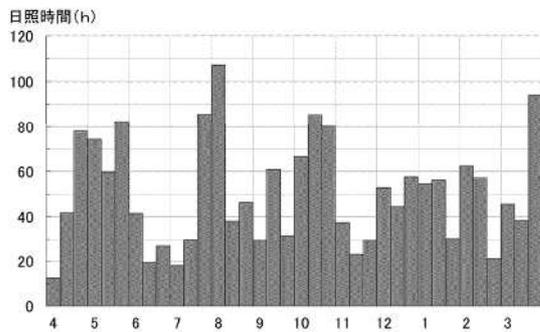
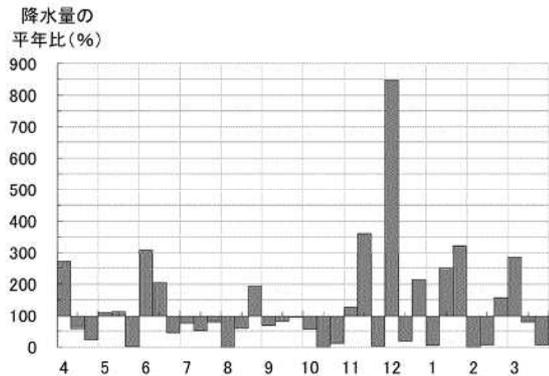
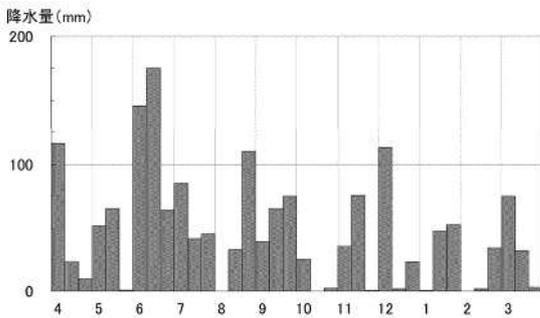
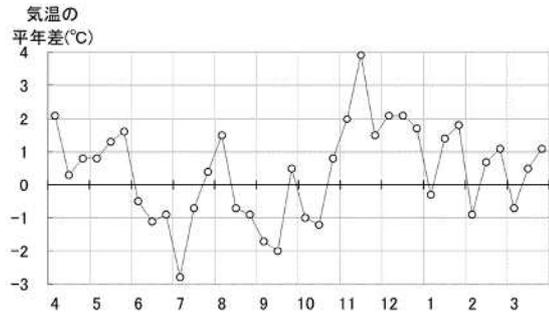
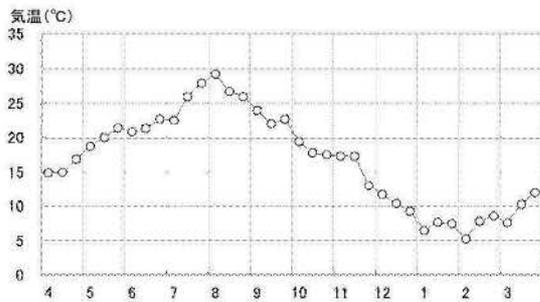


図3. 2015年度大分市における気象（気象庁気象統計情報）.

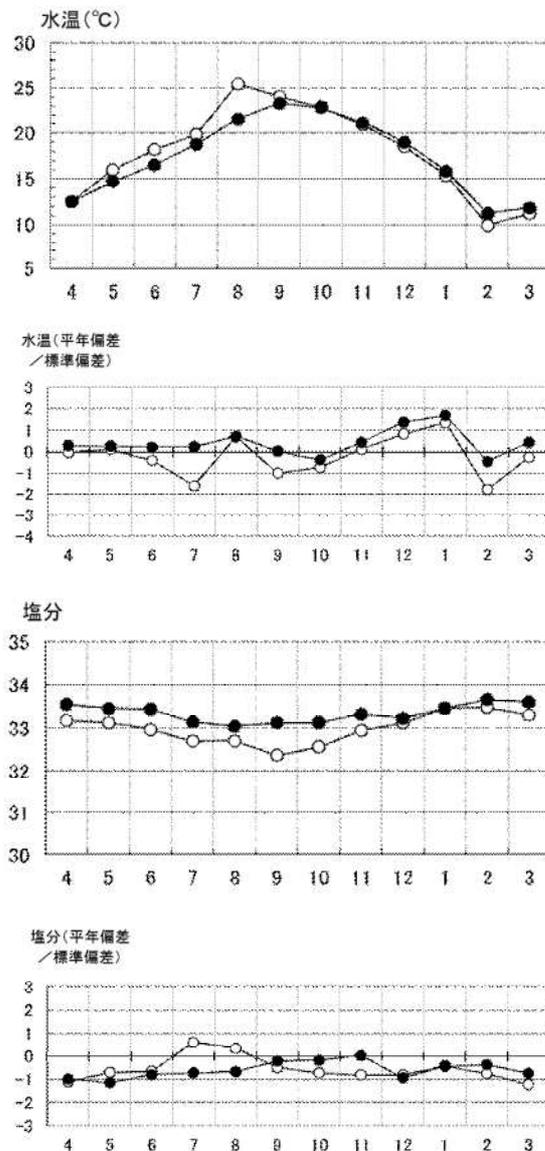
2) 海象

水温

水温の観測結果を示したものが図4である。

伊予灘の表層は9.9～25.5℃、底層は11.2～23.3℃で推移した。表層は7月が「かなり低め」、1月が「かなり高め」であった以外は「やや低め」～「やや高め」であった。一方底層は12月、1月が「かなり高め」であった以外は、「平年並」～「やや高め」であった。

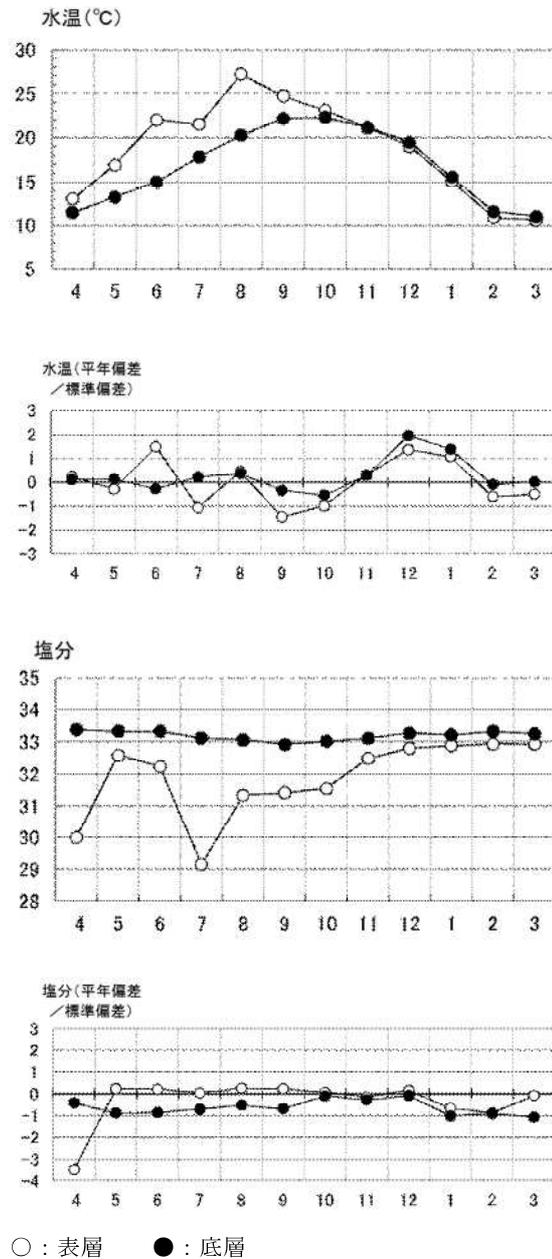
別府湾の表層は10.6～27.2℃、底層は11.0～22.3℃で推移した。表層は6月、12月、1月が「かなり高め」、9月が「かなり低め」であった以外は「やや低め」～「やや高め」であった。一方底層は12月、1月が「かなり高め」であった以外は「平年並」であった。



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32.36～33.48PSUで、底層は33.05～33.67PSUで推移した。表層、底層とも「やや低め」～「平年並み」で推移した。別府湾の表層は29.16～32.95 PSUで、底層は32.93～33.33PSUで推移した。表層の4月で「甚だ低め」であった以外は、表層、底層とも「やや低め」～「平年並み」で推移した。



○：表層 ●：底層

図4. 2015年度の水温および塩分の推移 (左：伊予灘、右：別府湾)。

透明度

図5は透明度の観測結果である。

伊予灘は8.2~12.6mで推移した。10月が「かなり高め」、4月と6月が「やや低め」であった以外は「平年並み」~「やや高め」であった。

別府湾は、5.0~11.2mで推移した。4月は「甚だ低め」、1月は「かなり低め」であった以外は「やや低め」~「やや高め」であった。

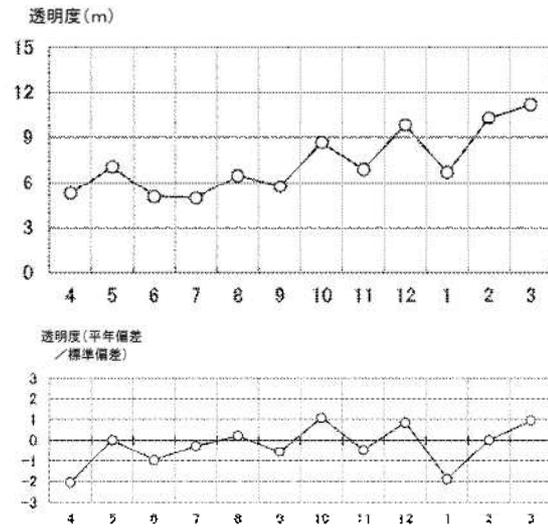
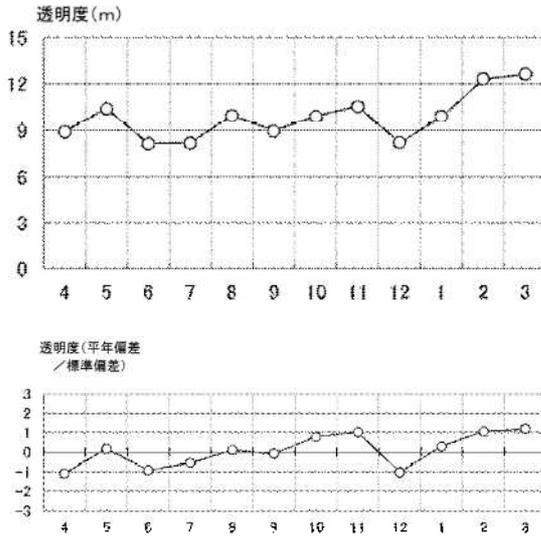


図5. 2015年度の透明度の推移 (左：伊予灘、右：別府湾).

\*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)

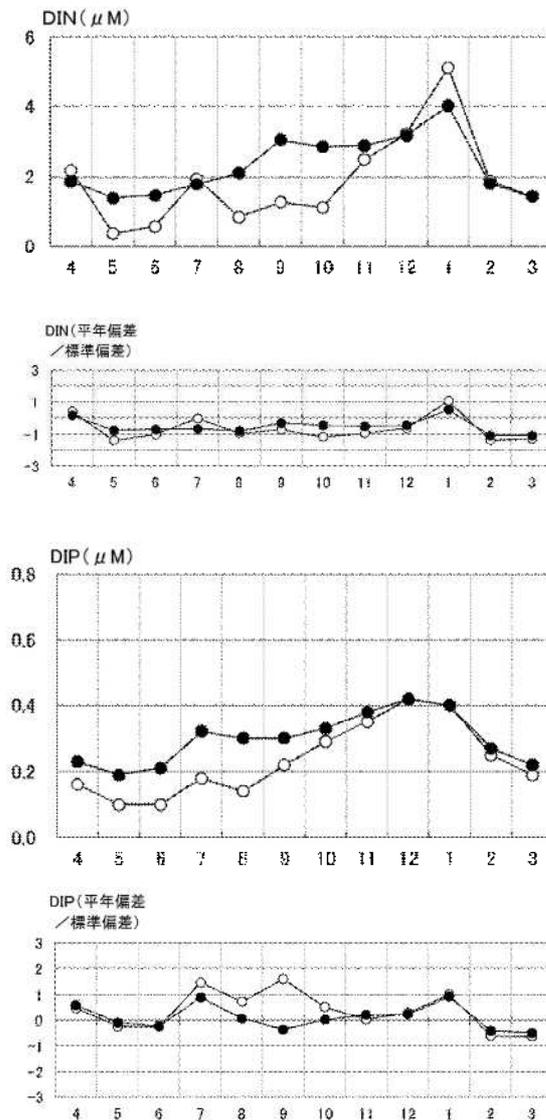
3) 栄養塩等

DINおよびPO4-P

DINおよびPO4-P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0.36~5.12  $\mu\text{M}$ で、底層は1.38~4.02  $\mu\text{M}$ で推移した。表層は1月が「やや高め」であった以外は、「かなり低め」~「平常並み」であった。底層は3月が「甚だ低め」であった。

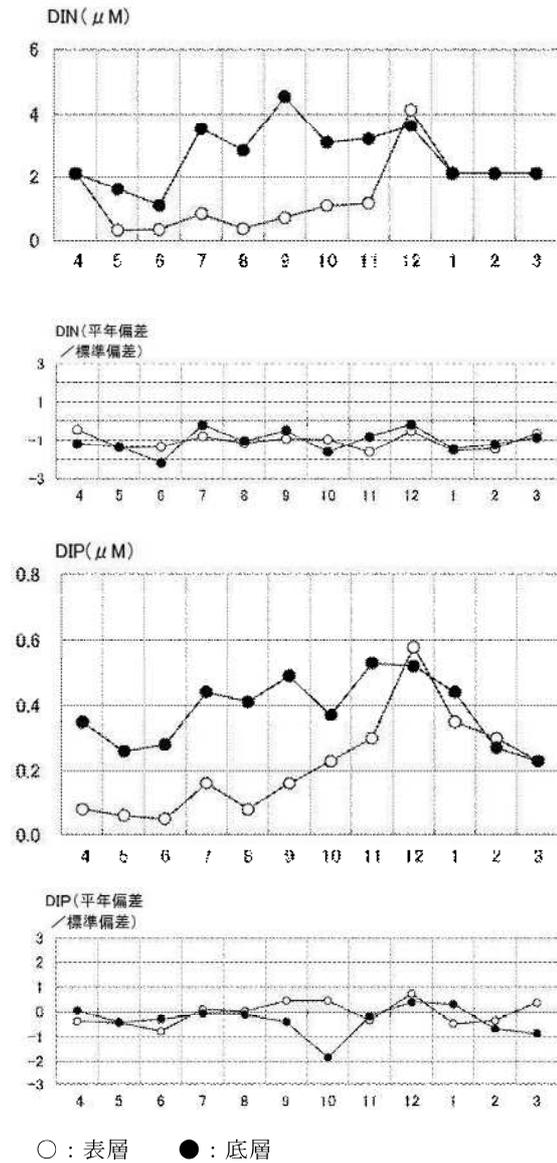
別府湾のDINは、表層は0.30~4.12  $\mu\text{M}$ で、底層は1.08~4.52  $\mu\text{M}$ で推移した。表層・底層ともに年間を通して平年を下回って推移した。



伊予灘のPO4-Pは、表層が0.10~0.42  $\mu\text{M}$ で、底層が0.19~0.42  $\mu\text{M}$ で推移した。表層は2月、3月が「やや

低め」であった以外は、「平常並み」~「やや高め」であった。底層は「平常並み」~「やや高め」で推移した。

別府湾のPO4-Pは、表層が0.05~0.58  $\mu\text{M}$ で、底層が0.23~0.53  $\mu\text{M}$ で推移した。表層は6月が「やや低め」、12月が「やや高め」であった以外は「平常並み」であった。底層は「かなり低め」~「平常並み」と年間を通して低めの傾向であった。



○ : 表層 ● : 底層

図6. 2015年度のDINおよびPO4-Pの推移 (左: 伊予灘、右: 別府湾).

DOおよびCOD

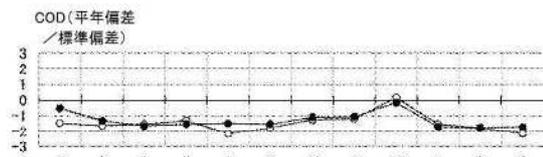
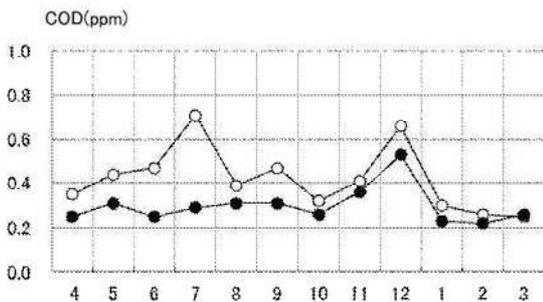
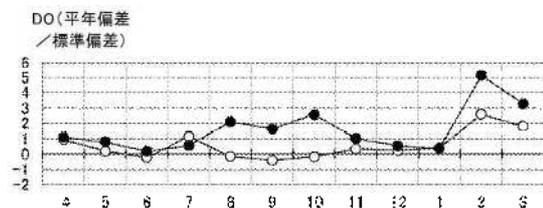
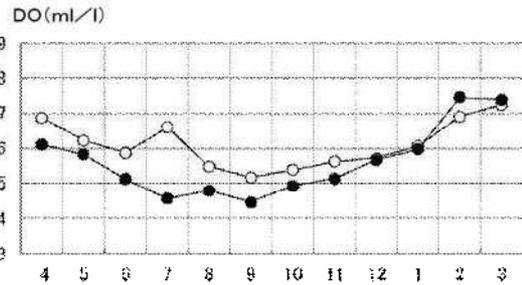
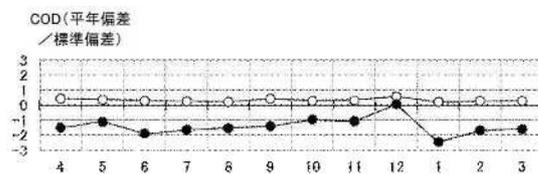
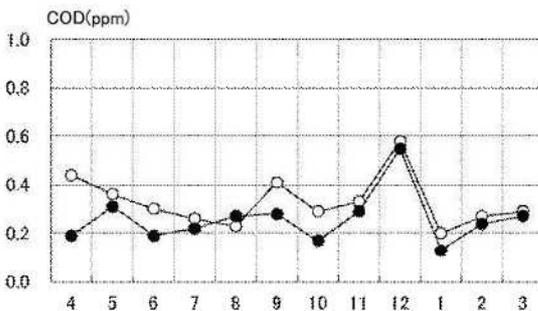
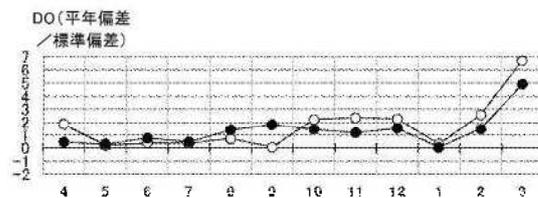
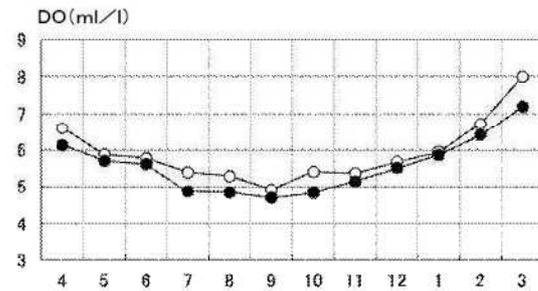
DOおよびCODの測定結果は図7に示したとおりである。

伊予灘のDOは、表層が4.92～8.01 ml/Lで、底層が4.70～7.19 ml/Lで推移し、表層は10～12月、2～3月が「甚だ高め」で、その他の月も平年を上回って推移した。底層も平年を上回って推移した。

別府湾のDOは、表層が5.17～7.24 ml/Lで、底層が4.47～7.45 ml/Lで推移し、表層は「平年並み」～「甚だ高め」であった。底層は8～10月、2～3月が「かなり高め」～「甚だ高め」で、その他の月も平年を上回って推移した。

0.13～0.55 ppmで推移した。表層、底層ともに12月を除いて平年より低く推移した。

別府湾のDOは、表層が0.25～0.71ppmで、底層が0.22～0.53 ppmで推移した。表層の12月を除いて、表層、底層ともに平年より低く推移した。



○：表層 ●：底層

伊予灘のDOは、表層が0.20～0.58 ppmで、底層が

図7. 2015年度のDOおよび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）の定点調査結果を示したものが図8である。

2015年度は、8月上旬の26.4℃が最高値で、2月下旬の13.4℃が最低値であった。年間を通じて平年値

との偏差が大きかったのは、3月上旬（-1.82℃）、3月中旬（-1.06℃）、7月上旬（-1.28℃）、8月上旬（+1.05℃）、9月中旬（-1.21℃）、10月上旬（-1.04℃）であった。

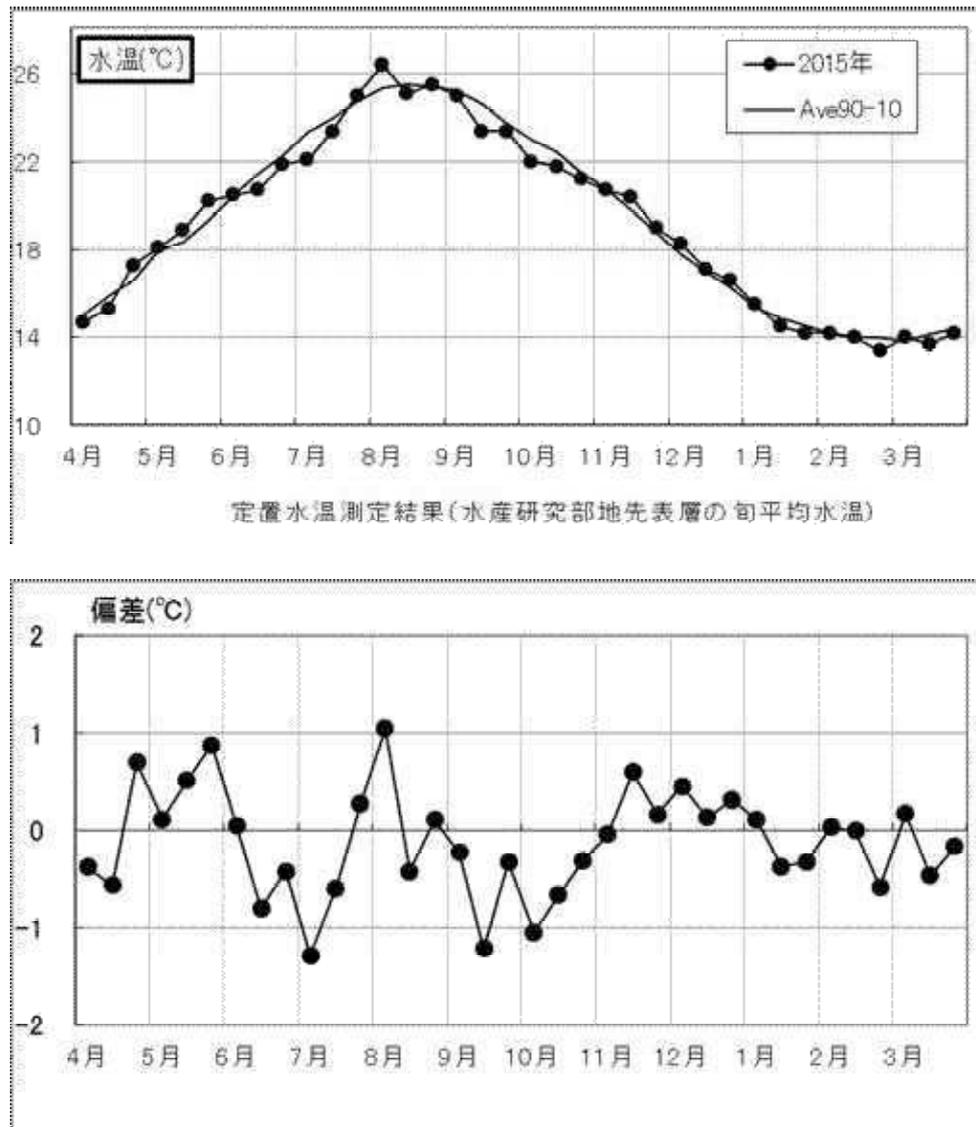


図8. 2015年度の佐伯湾定点表層水温(旬平均値)の推移.

## 漁場環境保全事業（赤潮）

大竹周作・宮村和良

### 事業の目的

近年、西日本では有害プランクトンの発生拡大による甚大な被害が発生し、代表的な被害として *Coccolodinium polykrikoides* 赤潮（2000年熊本県35億円）、*Chattonella spp.* 赤潮（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）、*Karenia mikimotoi* 赤潮（愛媛県13億円）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、今後の被害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。

### 事業の方法

#### I. 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に調査点40点（精密調査点5点を含む）を設定し（図1）、6～8月に調査を行った。各調査は岸壁または海上から行った。岸壁からの採水は採水器（リゴ- B号）を用いて表層および水深2m層で実施し、同時に水温計を用いて水温の測定を行った。船舶調査では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表層から海底までの鉛直測定を実施した後、バケツによる表層採水および採水器（リゴ- B号）によるクロロフィル極大層（確認されない時は5m層）の採水を行った。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、5m層、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

試料とした。定期調査および海水持ち込み時の際の有害プランクトンが高密度に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。

#### II. 広域赤潮監視調査

周防灘、伊予灘、別府湾に調査点44点（図2参照）を設け、2014年5月～7月の期間に毎月1回、計3回の調査を行った。各調査点ではCTD（JFEアドバンテック社製）による鉛直水温、塩分、クロロフィル蛍光値の測定および表層の採水を行った。観測時にクロロフィル極大層が観測された際には、採水器を用いてその層の採水を行った。採水した海水は翌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・計数を行った。

#### III. 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。

赤潮発生時や有害プランクトン発生時及び赤潮になる危険がある場合には、緊急赤潮情報、赤潮情報を発行し、周知徹底を図った。

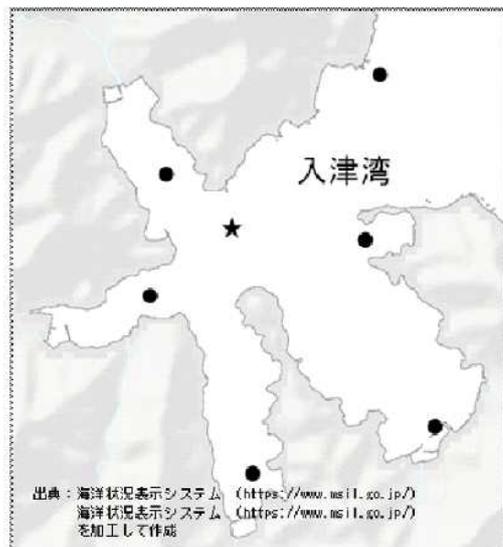
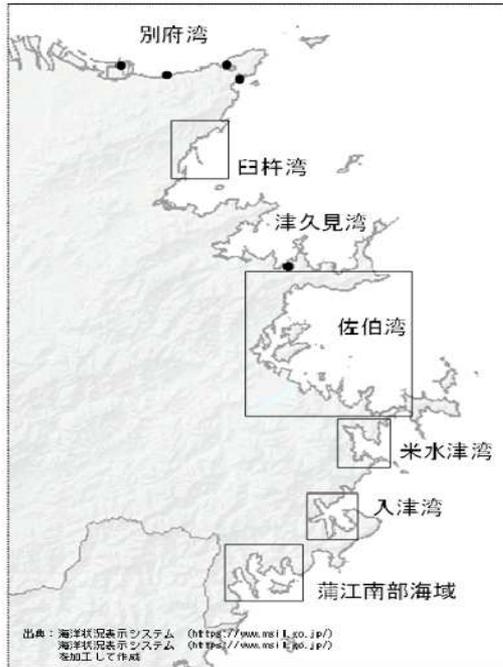


図1

漁場監視モニタリング定点 (●：通常調査点、★：精密調査点)

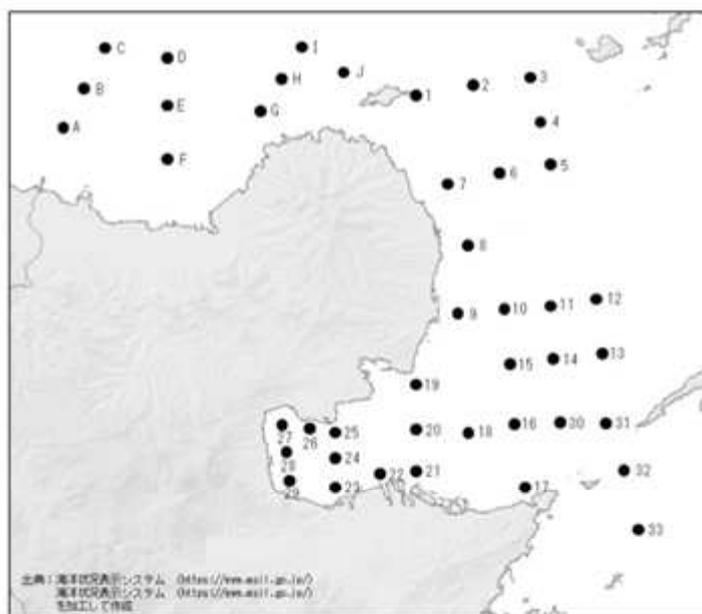


図2 広域赤潮監視調査定点

## 事業の結果

### I. 現場監視モニタリング調査

#### 1) 気象

概要（気象月報抜粋）

6月は曇りや雨の日が多く、平均気温が低く日照時間が少なかった。県内アメダスの月降水量は 270.0～732.0 ミリ（平年比 115～164%）で、国見・豊後高田・耶馬溪・院内・杵築・日田・玖珠で平年並の他は多いかかなり多かった。月間日照時間は 58.6～107.7 時間（平年比 50～68%）でかなり少なかった。月平均気温は 19.5～22.3℃（平年差-1.3～0.0℃）で、杵築で平年並の他は低いかなり低かった。7月は、下旬前半までは梅雨前線や湿った空気、台風第 11 号、第 12 号の影響で曇りや雨の日が多く、下旬後半からは晴れの日が多かった。県内アメダスの月降水量は平年比 56～119%で、佐賀関・宇目が多く湯布院で少ない他は平年並だった。月間日照時間は平年比 62～81%で少ないかなり少なかった。月平均気温は平年差-1.3～-0.4℃で、杵築で平年並の他は低かった。8月は、上旬は晴れの日が多く、中旬や下旬は前線や低気圧、台風第 15 号の影響を受け曇りや雨の日が多かった。県内アメダスの月降水量は 144.0～553.5 ミリ（平年比 81～213%）で、大分・佐賀関・臼杵・犬飼・竹田・宇目で平年並の他は多いかなり多かった。月間日照時間は 143.9～203.0 時間（平年比 90～101%）で、日田・犬飼で少なかった他は平年並だった。月平均気温は 24.0～27.2℃（平年差-1.0～+0.2℃）で、豊後高田・日田・玖珠・佐伯で低い他は平年並だった。

#### 気温・降水量

4～9月の佐伯市アメダスの各月の平均気温、降水量、日照時間の推移および平年偏差は図3～5に示したとおりである。平均気温は6～9月の期間に継続して気温が低い傾向であった。降水量は6月は平年より多いが7月は低かった。日照時間は概ね低く推移した。佐伯市の2015年夏期は梅雨時の6月に降雨が多かったものの7月は平年並みであり、気温、日照は概ね低温、低日照であったと考えられた。

#### 2) 海象

各海域の代表点の5m層の水温、塩分、DIN、PO4-Pの推移は図6～8に示したとおりである。

水温は臼杵湾 20.0～23.7℃、佐伯湾 19.4～23.9℃、米水津湾 19.8～25.0℃、入津湾 19.9～24.8℃、蒲江南部海域 20.4～25.2℃で推移した。塩分は臼杵湾 33.36～33.59、佐伯湾 33.42～34.01、米水津湾 33.65～33.95、入津湾 33.26～33.79、蒲江南部海域 33.13～34.30で推移した。DINは臼杵湾 0.01～0.20 μM、佐伯湾 0.07～0.73 μM、米水津湾 0.03～2.66 μM、入津湾 0.06～4.35 μM、蒲江南部海域 0.00～1.98 μMで推移した。PO4-Pは臼杵湾 0.06～0.12 μM、佐伯湾 0.06～0.15 μM、米水津湾 0.12～0.32 μM、入津湾 0.09～0.42 μM、蒲江南部海域 0.01～0.34 μMで推移した。

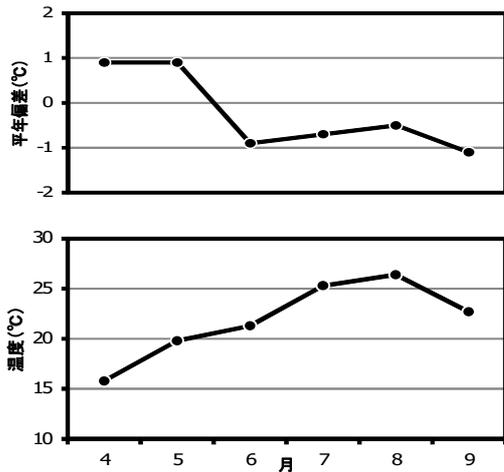


図3 月平均気温の推移と年平均偏差（上段：年平均偏差、下段：月平均気温 アメダス 佐伯）

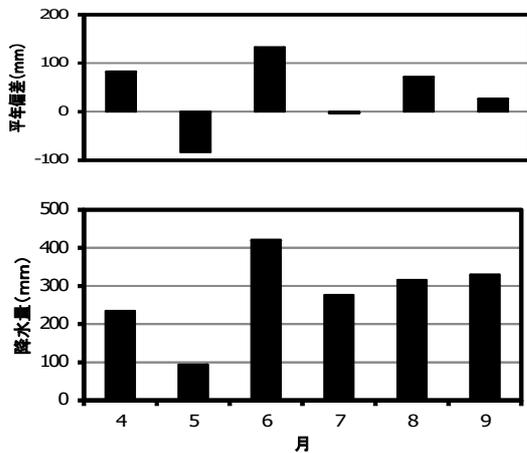


図4 月降水量の推移と年平均偏差（上段：年平均偏差、下段：月降水量 アメダス 佐伯）

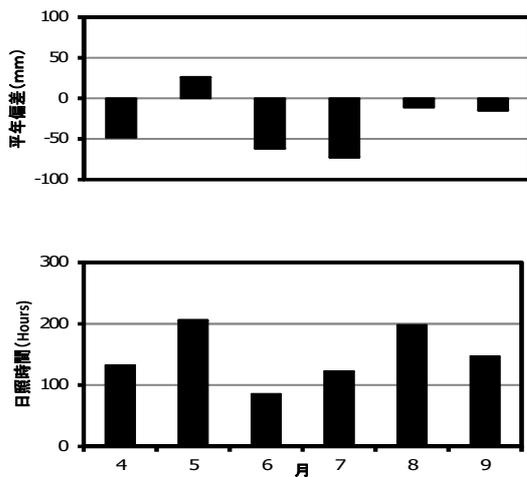


図5 月日照時間の推移と年平均偏差（上段：年平均偏差、下段：月平均気温 アメダス 佐伯）

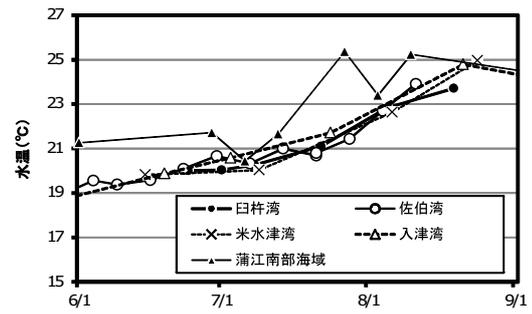


図6 豊後水道各湾の5m層水温の推移

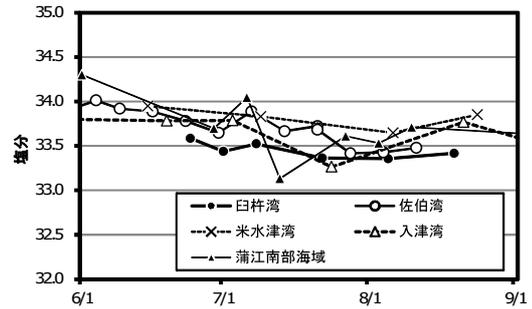


図7 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

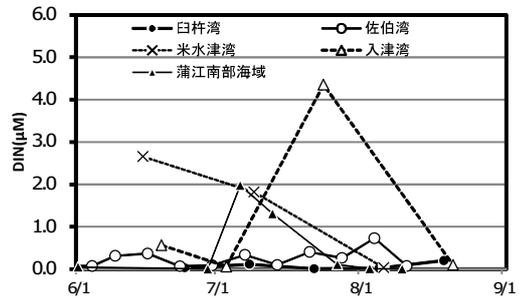


図8 豊後水道各湾の5m層DINの推移

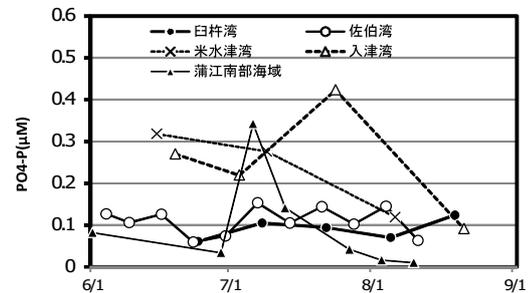


図9 豊後水道各湾の5m層PO4-Pの推移

表1 2015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	赤潮構成プランクトン		漁業被害の有無	最高細胞数 (cells/ml)
	発生日	～	終息日 (日数)		属	種		
1	1月5日	～	5月11日 (127日間)	猪串湾、名護屋湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	有	7,100
2	5月24日	～	8月6日 (75日間)	別府湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有	2,550
3	6月2日	～	8月19日 (79日間)	臼杵湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	3,200
4	6月4日	～	7月14日 (41日間)	佐伯湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	45,000
5	6月11日	～	7月10日 (30日間)	別府湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	220,000
6	6月19日	～	7月31日 (43日間)	入津湾	<i>Ceratium</i>	<i>furca</i>	無	1,000
7	6月21日	～	7月15日 (25日間)	津久見湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	3,750
8	6月29日	～	8月17日 (50日間)	猪串湾、名護屋湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有	19,100
9	7月6日	～	8月3日 (29日間)	猪串湾	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	49,000
10	7月7日	～	8月24日 (49日間)	米水津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	1,400
11	7月9日	～	8月11日 (34日間)	佐伯湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有	2,400
12	7月15日	～	8月18日 (35日間)	津久見湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有	2,800
13	8月18日	～	9月4日 (18日間)	米水津湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	無	1,660
14	8月26日	～	10月1日 (37日間)	入津湾	<i>Prorocentrum</i>	<i>sigmoides</i>	無	10,000
15	9月30日	～	10月13日 (14日間)	入津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	2,550
16	10月23日	～	12月4日 (43日間)	入津湾	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	無	2,500
17	11月16日	～	12月7日 (22日間)	猪串湾	<i>Akashiwo</i> <i>Ceratium</i>	<i>sanguinea</i> <i>furca</i>	無	240 110
18	1月12日	～	5月18日 (128日間)	猪串湾、名護屋湾	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	有	2,500
19	3月29日	～	継続中	入津湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有	28,300

3) 赤潮発生状況

表1は赤潮発生状況の一覧を示したものである。赤潮発生件数19件のうち7件で漁業被害が発生した。赤潮構成プランクトンは*K. mikimotoi* 8件 (内1件は継続中 2015.4.17現在)、*H. akashiwo* 4件、*C. polykrikoides* 3件 (内1件は継続中 2015.4.17現在)、*C. furca*、*P. sigmoides*、*A. sanguinea*、*A. sanguinea*と*C. furca*の混合赤潮が各1件であった。漁業被害を伴った赤潮の構成プランクトンは*K. mikimotoi* 5件、*C. polykrikoides* 2件であった。なお、整理番号18,19については、年度をまたいで赤潮の発生が継続している。

4) 特記事項

*C. polykrikoides* (整理番号1) は猪串湾において2014年秋期の水温低下および成層の崩壊以降に遊泳細胞の検出および増加が認められ、2015年1月にブルームを形成した。その後水温16℃以下に低下した際は一時的に細胞密度の低下が認められたが、その後の水温上昇に伴い再び遊泳細胞が増加し4月に赤潮が形成された (図10)。

*K. mikimotoi*は5月の広域監視赤潮調査において、周防灘から豊後水道沿岸にかけて例年と比較して広域かつ高密度に確認された。その後6月中旬～7月中旬期間に大分県豊後水道沿岸の複数の湾奥で遊泳細胞が増加し赤潮を形成した。いずれの赤潮も大規模化することなく終息した。各湾で遊泳細胞が増殖した6月中旬～7月中旬の期間は日照時間が平年よりかなり少ないことから、低日照下で増殖できる本種にとって、今年度の夏期は増殖に適した環境であったと推測された。また夏期に本種の増殖が認められな

かった入津湾では、9月下旬～10月中旬、3月下旬～継続中：2015.4.17現在、増殖確認

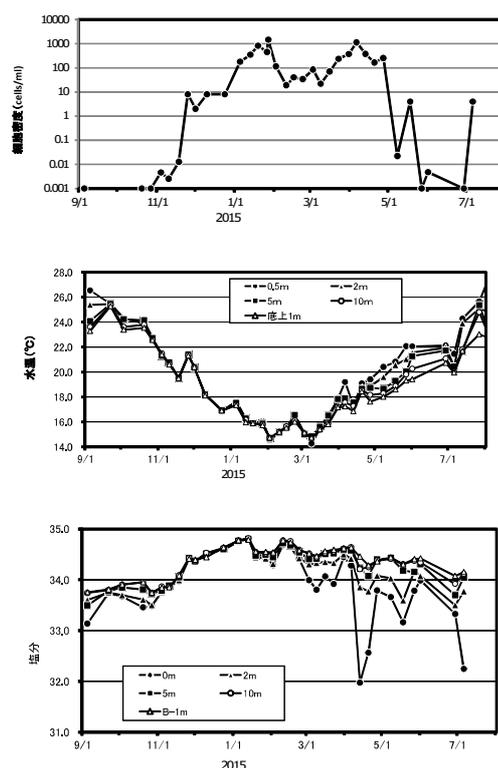


図10 2014年9月～2015年7月の期間における猪串湾奥の*C. polykrikoides*最高細胞密度 (上段) および各層水温 (中段)、各層塩分の推移 (下段)

(*C.p*細胞密度が 1 cells/ml未満の時はReal-time PCR検出値を用いた。)

### 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。

別府湾（大在～佐賀関沿岸）、臼杵湾：*K. mikimotoi*は3,200 cells/ml（7月22日 下ノ江奥）、*H. akashiwo*は475 cells/ml（6月24日 神崎）、*C. polykrikoides*は2 cells/ml（6月11日 古宮、8月5日 下ノ江、）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（8月5日 下ノ江）であった。

津久見湾：*K. mikimotoi*は2,800 cells/ml（7月17日 赤崎）、*H. akashiwo*は3750 cells/ml（6月21日 日代）、*Chattonella spp*、*C. polykrikoides*は確認されなかった。

佐伯湾：*K. mikimotoi*は2,400 cells/ml（7月14日 霞ヶ浦）、3,350 cells/ml（7月29日 二股 ＊南部振興局調べ）、*H. akashiwo*は45,000 cells/ml（7月7日 片白島～塩内）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（8月4日 彦島）、*C. polykrikoides*は確認されなかった。

米水津湾：*K. mikimotoi*は1,400 cells/ml（7月15日 久保浦）、21,600（7月13日 向陽小前＊南部振興局調べ）、*H. akashiwo*は300 cells/ml（6月15日 浦代浦）で、*C. polykrikoides*は1,660 cells/ml（8月18日 浦代浦）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（7月9日 小浦、8月6日 大小島）であった。

入津湾：*K. mikimotoi*は2,550 cells/ml（9月30日 畑野浦）、*H. akashiwo*は1 cells/ml（10月6日 河内湾奥）、*C. polykrikoides*は8 cells/ml（6月8日 畑野浦）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（10月6日 湾中央、10月13日 洲の本）であった。

蒲江南部海域：*K. mikimotoi*は19,100 cells/ml（7月27日 弁天島前）、*H. akashiwo*は49,000 cells/ml（7月6日 弁天島前）、*C. polykrikoides*は7,100 cells/ml（4月16日 森崎 ＊南部振興局調べ）で、*Chattonella spp*は確認されなかった。

### II. 広域赤潮監視調査

2015年5～8月に行った有害プランクトンの調査結果は以下に示したとおりである。検出限界値は1 cell/s/ml未満を示す。

5月（5月13～15日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*は検出されなかった。*K. mikimotoi*は検出限界値～51 cells/mlで、ほぼ全域で遊泳細胞確認され、周防灘（St.A～J）、大野川河口付近（St.20～25）で細胞密度が高かった。

6月（6月1～4日）：*Chattonella spp*は検出されなかった。*H. akashiwo*は検出限界未満～8 cells/mlで散

発的に遊泳細胞が確認された。*K. mikimotoi*は検出限界未満～10 cells/mlで過半数の点で遊泳細胞が検出された

7月（7月6～9日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*は検出されなかった。*K. mikimotoi*は検出限界未満～340 cells/mlで大部分の調査点で遊泳細胞が検出され、St.Eでは中層で濃密度層が確認された。

8月（8月3～6日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*ともに1点で1 cells/ml 検出された。*K. mikimotoi*は検出限界未満～41 cells/mlで大部分の調査点で遊泳細胞が検出された。

### III. 指導事業

#### 1) 赤潮担当者会議

開催日：2015年6月3日

開催場所：水産研究部大会議室

出席者：27名（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27年度赤潮講習会（JF大分佐伯支店）

開催日：2015年6月4日

出席者：7名 漁業者（5人）、市役所（1人）、県振興局（1人）

講師：宮村和良

魚類養殖講習会（大分県水産養殖協議会）

開催日：2015年7月10日

出席者：50名 漁業者

講師：宮村和良

第12回シャットネラ等赤潮対策協議会

（国立研究開発法人水産総合研究センター西海区水産研究所）

開催日：2015年10月14日

出席者：45名 水産庁、大学、水研、九州管内水産試験場職員

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：4回

・緊急赤潮情報：25回

## 漁場環境保全事業（貝毒）

大竹周作・宮村和良

### 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

#### 1) 猪串湾、小蒲江湾

佐伯市蒲江の猪串湾と小蒲江湾に5定点を設置し（図1）、2015年4月から2016年3月の間に毎月1回～4回の採水および環境調査、さらに二枚貝の採取を行った。森崎では表層、2m層、5m層、10m層および海底上1m層を採水し、その他の点では表層および3m層を採水した。水温、塩分の測定は猪串湾0.5m層から海底まで0.1m毎にCTD（JFEアドバンテックAAQ-125）を用いて行った。二枚貝は小蒲江および赤バエ（避難漁場）では養殖ヒオウギガイを、森崎では天然ムラサキイガイ、天然アサリを、鶉の糞では養殖イワガキ、飼育アサリを採取した。採水した海水は直ちに実験室に持ち帰り、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、固定せずに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。採取した二枚貝は、既報に従い貝毒成分を抽出後、ELISA法で分析を行った。また、ELISA法で得られた毒量(nmol/g)をマウスアッセイ法による毒力(MU/g)へ換算するために用いた係数は、既報に基づき*Alexandrium catenella*が確認された期間(2015年11月4日～2015年12月7日)は0.9、それ以外の期間は0.3を用いた。

#### 2) 名護屋湾、蒲江湾

各湾の調査点（図1）で、養殖イワガキの出荷時期に表層および3m層の採水を行った（水深の浅い海域では表層のみ）。採水した海水は、1)と同様の方法で、貝毒原因プランクトンの同定、計数を行った。採水は水産業普及指導員が行った。

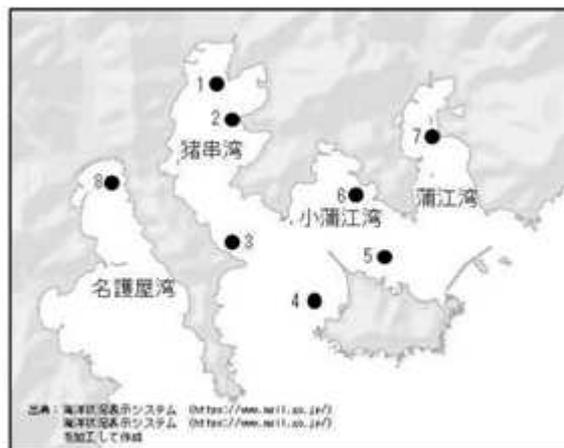


図1 調査点

(1 森崎、2 猪串、3 鶉の糞、4 赤バエ、5 屋形島、6 小蒲江、7 蒲江、8 名護屋)

### 事業の結果

#### I. 貝毒原因プランクトン出現状況

##### 1. 猪串湾、小蒲江湾

##### 1) *Gymnodinium catenatum*

各調査点の*G. catenatum*の鉛直平均細胞密度の推移は図2に示した通りである。森崎はN.D.(4cells/ml以下)～24,800 cells/L、猪串はN.D.(10cells/L以下)～168,000 cells/L、鶉の糞はN.D.(10cells/L以下)～14,000 cells/L、赤バエはN.D.(10cells/L以下)～2300 cells/L、屋形島はN.D.(10 cells/L)～895 cells/L、小蒲江はN.D.(10 cells/L以下)～800 cells/Lで推移した。猪串湾内では、5月、7月および1月～4月の間に細胞密度の高い期間が認められた。本種の出現時期を例年（2009～2014年）と比較すると、今年度は例年より早い1～3月の期間にピークがあり、5、7、11月に例年より細胞密度が高かった。（図3）。

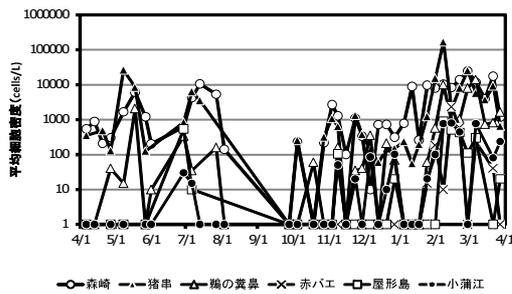


図2 猪串湾、小蒲江湾における各調査点の *G. catenatum* 細胞密度の推移

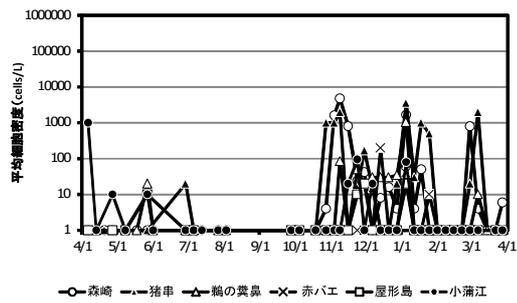


図4 猪串湾、小蒲江湾における各調査点の *A. catenella* 細胞密度の推移

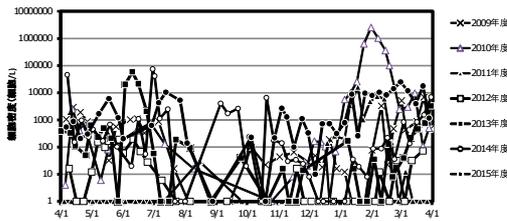


図3 2009年～2014年の猪串湾森崎地区における *G. catenatum* 細胞密度（5層平均）の推移

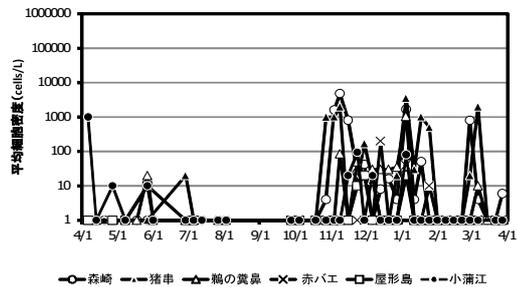


図5 猪串湾、小蒲江湾における各調査点の *Dinophysis spp* 細胞密度の推移

2) *Alexandrium catenella*

各調査点の *A. catenella* の鉛直平均細胞密度の推移は図4に示した通りである。森崎はN.D.(4 cells/L以下)～48,000 cells/L、猪串はN.D.(10 cells/L以下)～3,555 cells/L、鵜の糞はN.D.(10 cells/L以下)～1,040 cells/L、赤バエはN.D.(10 cells/L以下)～200 cells/L、屋形島はN.D.(10 cells/L以下)～20 cells/L、小蒲江はN.D.(10 cells/L以下)～1,000 cells/Lで推移した。11月、1月、3月に計3回の細胞密度のピークが確認された。

3) *Dinophysis spp.*

各調査点の *Dinophysis spp.* の鉛直平均細胞密度の推移は図5に示した通りである。森崎はN.D.(2 cells/L以下)～400 cells/L、猪串はN.D.(5 cells/L以下)～525 cells/L、鵜の糞はN.D.(5 cells/L以下)～500 cells/L、赤バエはN.D.(5 cells/L以下)～10 cells/L、屋形島はN.D.(10 cells/L以下)～500 cells/L、小蒲江はN.D.(10 cells/L以下)～500 cells/Lで推移した。

2.その他の海域

1) *Gymnodinium catenatum*

*G. catenatum* の鉛直平均細胞密度の推移は図6に示した通りである。名護屋湾ではN.D.(10 cells/L以下)～30,000 cells/Lで推移した。蒲江湾ではN.D.(10 cells/L以下)～1,130 cells/Lで推移した。

2) *Alexandrium catenella*

*A. catenella* の鉛直平均細胞密度の推移は図7に示した通りである。名護屋湾ではN.D.(10 cells/L以下)～2,216 cells/Lで推移し、12～1月の期間に1,000 cells/L以上のピークが確認された。蒲江湾ではN.D.(10 cells/L以下)～40 cells/Lで推移した。

3) *Dinophysis spp.*

*Dinophysis spp.* の鉛直平均細胞密度の推移は図8に示した通りである。名護屋湾ではN.D.(5 cells/L以下)～400 cells/Lで推移した。蒲江湾はN.D.(5 cells/L以下)～10 cells/Lで推移した。

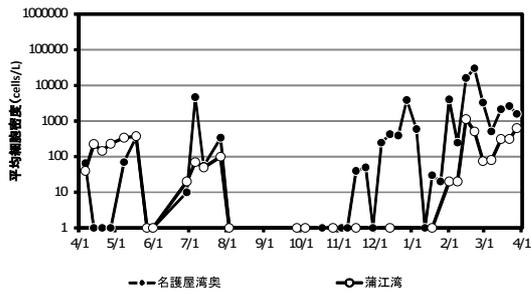


図6 名護屋湾、蒲江湾における *G. catenatum* 細胞密度の推移

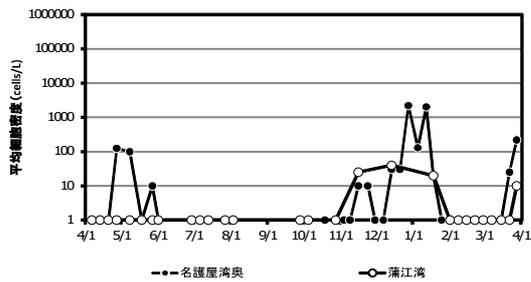


図7 名護屋湾、蒲江湾における *A. catenella* 細胞密度の推移

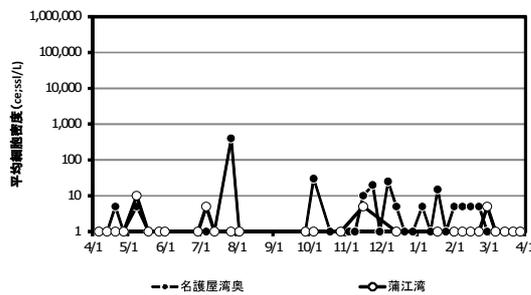


図8 名護屋湾、蒲江湾における *Dinophysis spp* 細胞密度の推移

II. 環境

1) 水温

各層水温の推移および平年値との比較は図9に示した通りである。各層水温は、0.5m層が15.0℃～27.3℃、2m層が15.0℃～25.1℃、5m層が15.0℃～25.4℃、10m層が15.0℃～24.8℃、底上-1m層が15.0℃～24.8℃で推移した。最高水温は8月に、最低水温は3月に観測された。成層4月下旬から9月まで認められた。月平均水温は6月～10月、12月、3月の期間は平年より低めで推移し、1～2月は平年より高めで推移した。

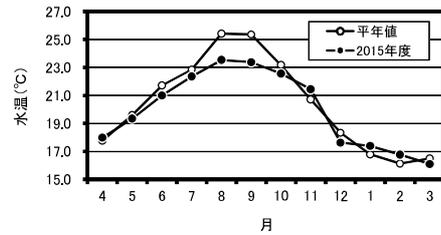
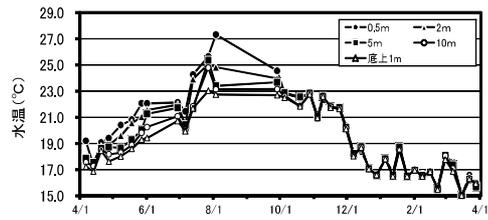


図9 2015年度猪串湾における各層水温の推移（上段）と平年値との比較（下段）。平年比較には2m、5m、底上1mの各層の鉛直平均値を月平均して用いた。平年値は2000年1月～2015年3月の期間の値を使用した。

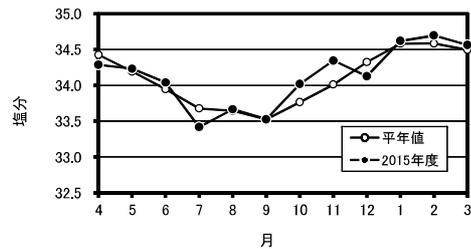
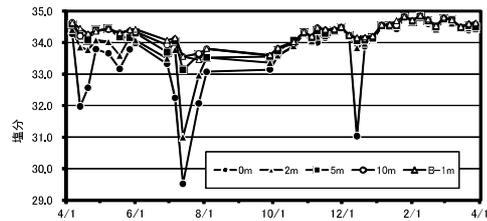


図10 2015年度猪串湾における各層塩分の推移（上段）と平年値との比較（下段）。平年比較には2m、5m、底上1mの各層の鉛直平均値を月平均して用いた。平年値は2000年1月～2015年3月の期間の値を使用した。

## 2) 塩分

各層塩分の推移および平年値との比較は図10に示した通りである。各層塩分は、0.5m層が29.52～34.79、2m層が31.00～34.83、5m層が33.13～34.84、10m層が33.56～34.84、底上-1m層が33.46～34.86で推移した。最低塩分は0.5m層～10m層で7月中旬、底上-1m層で7月下旬に観測された。最高塩分は0.5m層で1月下旬、その他の層で2月上旬に観測された。月平均塩分は4月、7月、12月は平年より低め、10月、11月、2月は平年より高めで推移した。

## Ⅲ. 二枚貝毒化状況

### 1. 猪串湾

ムラサキガイの麻痺性貝毒毒力の推移は図11に示した通りである。毒力はN.D. (0.1 MU/g未満)～68.0 MU/gで推移した。5月、11月、2月に毒力の増加がみられた。各毒力の増加時には、*G.catenatum* (5月、2月) および *A.catenella* (11月) が増殖、優占していたことから、各毒力の増加は各時期に増殖した優占種が主要因と考えられた。また7月に *G.catenatum* の増殖が確認されたが、毒力の増加は確認されなかった。アサリは2014年12月11日に採捕の自主規制が行われ翌年6月4日に規制が解除された。

### 2. 小蒲江湾、赤バエ

小蒲江および赤バエの各漁場の養殖ヒオウギガイ可食部の毒力の推移は図12に示した通りである。但し、小蒲江 (2015年5月25日、2016年2月15日)、赤バエ (2016年2月15日) は中腸腺の毒力を測定し、換算係数 (0.1) を乗じて可食部毒力に換算した。各漁場のヒオウギガイの毒力は、小蒲江は0.4～25.6 MU/g、赤バエは0.6～5.8 MU/gで推移した。なお *G.catenatum* の増殖に伴い、ヒオウギガイの毒力が増加した2月以降の期間は、避難漁場の赤バエから出荷した。避難漁場で毒力が4MU/gを超えた際には、県衛生環境研究センターにてマウスアッセイ法による毒力測定を行い、規制値以下であることを確認した。

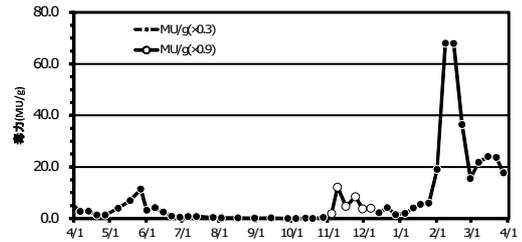


図11 猪串湾森崎の天然ムラサキガイの毒力の推移 (11月4日～12月7日の期間は係数0.9)

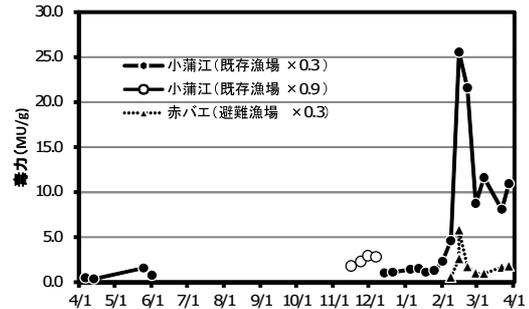


図12 小蒲江および赤バエの養殖ヒオウギガイの毒力の推移

## 赤潮早期予測早期対策実証事業－1

宮村和良・大竹周作

本事業の一部は水産庁委託事業平成27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「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」(2)－③－イ 現場マイクロコズムを用いたカレニア等有害赤潮鞭毛藻の動態と環境条件との関係の解明（以後、マイクロコズム）および(2)－④－イ 有害赤潮鞭毛藻の遊泳特性を利用した新規赤潮防除技術の開発（以後、赤潮防除）で実施した。各研究の詳細は平成27年度「赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「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」報告書に記載した。

### 事業の目的

大分県沿岸では有害プランクトンが原因とされる赤潮や二枚貝の毒化（貝毒）が度々発生し、水産業に与える被害が問題となっている。両問題とも、有害プランクトンの現場監視による発生予報、現地指導によって、迅速な対応（給餌制限や避難など）が可能になっている。しかしながら近年の環境変化によって、発生件数、出現密度とも増加傾向にあり、より中長期の発生予測体制構築や赤潮プランクトン増殖抑制装置の開発、導入が現場生産者から望まれている。このような要望に対応する為、これまで定量PCR法を用いた赤潮高感度監視技術の実用化および赤潮増殖抑制装置の開発が行われてきた。本課題では、これまで検討、開発された技術を利用し、赤潮中長期予測および赤潮抑制の現場導入を図ることが目的である。さらに赤潮の発生を防止するため、カレニア赤潮の発生を軽減する技術の開発および生理生態研究も継続した。

### 事業の方法

#### I. 中長期カレニア赤潮予察

（カレニア赤潮発生前の環境特性）

2000～2015年の16年間に佐伯湾で出現した*Karenia a. mikimotoi*の赤潮発生を発生規模に応じて、表1の基準に従い5段階に分類し、それぞれの発生規模と各環境項目との相関を求めた。相関（ $\rho < 0.05$ ）が認められた環境項目については、各赤潮発生規模における有無をWelchの*t*検定（ $\rho < 0.05$ ）またはMann-

Whitneyの*U*検定（ $\rho < 0.05$ ）で検討（危険率5%）した。環境項目はアメダスによる各月の気温（日平均）、降水量、日照時間および水産研究部地先での各月の水温、塩分の55項目を用いた。

（初期遊泳細胞の動態）

赤潮の初期発生海域である佐伯湾沖松浦漁港（図1 Sta.3）においてカレニア赤潮が発生する前の2015年4月～2015年7月の期間に調査を行った。採水は表層、2m層、5m層、底上1m層の各層採水を行い、得られた海水はガラスフィルター（47mm GF-F）で濾過後、濾紙冷凍保存しPCR用の試料とした。試料は既報に従いDNAを抽出した後、Real-time PCRを用いて*K. mikimotoi*遺伝子を定量した。なおDNAの抽出、定量は愛媛大学に委託した。

表1 佐伯湾で発生したカレニア赤潮の規模

区分	状況	該当年
特大	全域で赤潮発生	2007, 2012
大	赤潮海域3ヶ所	2005, 2009
中	赤潮海域2ヶ所	2008, 2011, 2013, 2015
小	赤潮海域1ヶ所	2000, 2001, 2002, 2006, 2014
無し	赤潮発生無し	2010

2006年は沖から赤潮水塊が流れてきたと推測された。

#### II 赤潮増殖抑制装置を用いた効率的な赤潮抑制技術の開発（委託事業 赤潮防除）

2015年6月18日～8月11日の期間に佐伯湾松浦漁港奥（図1 Sta.A）に赤潮浮上装置（図2）を設置し水深5mの中層海水を期間中連続（推定250トン/時間）して揚水した。中層海水揚水による*K. mikimotoi*個体群への影響を調査するため、装置設置場所およびその周辺3点の計4調査点を設定し、毎週、表層、クロロフィル極大層（極大層が未確認時は水深5m層）および揚水直後の海水の採水とCTDによる鉛直の水温、塩分、クロロフィルの分布を観測した。採水した海水は有害プランクトン検鏡計数に供した。

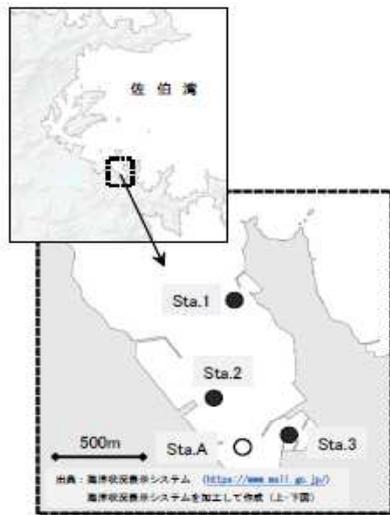


図1 赤潮浮上装置設置場所と調査点の位置 (Sta.Aに赤潮浮上装置を設置)

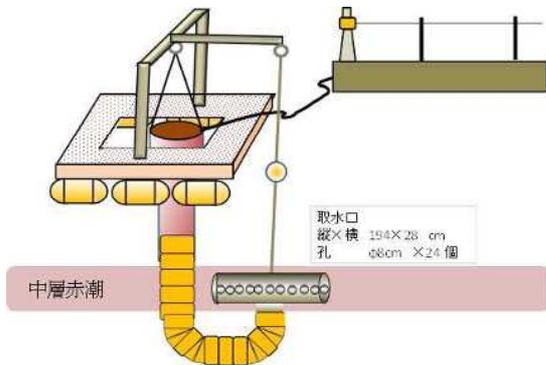


図2 赤潮浮上装置

Ⅲ. カレニア赤潮発生防止技術の開発 (栄養塩吸収メカニズム調査) (委託事業 ミクロコズム)

夜間の*K. mikimotoi*遊泳細胞の栄養塩取り込みを観察するために、佐伯湾松浦漁港 (図1 Sta.2) においてミクロコズム実験を実施した。本種の濃密度層が形成された2015年7月21日21:30に海底直上の海水を採水して、1 L容のポリカーネート製透明ボトル (ミクロコズム装置) 8本に海水を封入した。それらのうち、4本は硝酸ナトリウム溶液を添加した。ミクロコズム装置は同日22:00~翌日7:15に海底に係留し1時間半~2時間おきに装置3本からそれぞれ30mL採水した後、海水を補充して再び海底に戻した。海水試料は栄養塩分析と細胞密度の計数に供した。栄養塩分析用の試料は0.45 μm目合いのフィルターでろ過後、分析まで冷凍保存した。

結果

I. 中長期カレニア赤潮予察

(カレニア赤潮発生前の環境特性)

赤潮の発生年と非発生年の環境項目で統計的に有意な差が認められたのは、小規模以上の赤潮発生においては、Welchの*t*検定 ( $p < 0.05$ ) で3要素 (図3)、中規模以上の赤潮発生においては、Mann-Whitneyの*U*検定 ( $p < 0.05$ ) で1要素であった (図4)。大規模以上では統計的な差は検出されなかった。小規模以上の赤潮発生年は、2月塩分が低め、3月降水量が少なめ、3月日照時間が多い年であり、また中規模以上の赤潮は5月の日照時間が多い年に発生する傾向認められた。

(初期遊泳細胞の動態) Real-time PCRおよび顕微鏡観察 (以後検鏡とする。) による*K. mikimotoi*の細胞密度の推移は表2に示した通りである。両者の変動は概ね一致していた。また、PCRでは検鏡より1か月早く4月に遊泳細胞の出現が検出できること、6月に検鏡では未検出であった期間においても検出されるなど、早期の遊泳細胞の動態把握や低密度時の監視等に有効であることが確認された。

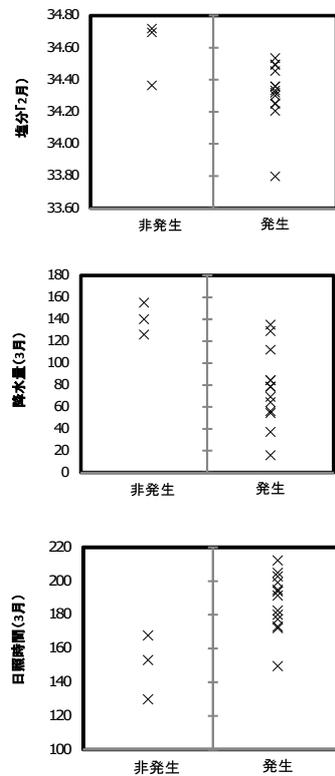


図3 Welchの*t*検定で小規模以上の赤潮が認められた環境項目 (上段: 2月塩分、中段: 3月降水量、下段: 3月日照時間)

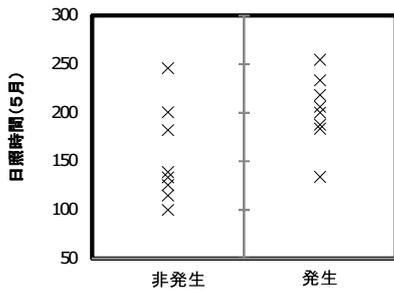


図4 Mann-WhitneyのU検定で中規模以上の赤潮が認められた環境（3月日照時間）

表2 沖松浦地区におけるReal-time PCRおよび顕微鏡観察による各層最高細胞密度

採水日	Real-time PCR検出	顕微鏡観察
4月14日	0.187	検出限界以下
5月11日	1.016	1
5月19日	0.028	1
6月4日	0.373	検出限界以下
6月9日	8.894	12
6月16日	0.059	検出限界以下
6月23日	0.338	5
6月30日	1.467	18

検出限界値はReal time PCR検出は0.001cell/ml未満  
単位: cells/ml

II 赤潮増殖抑制装置を用いた効率的な赤潮抑制技術の開発（委託事業 赤潮防除）

調査期間中、赤潮浮上装置の連続運転に異常はなかった。浮上装置の排水口付近（表層）の海水中の *K. mikimotoi* 細胞密度と Stn. A（浮上装置から数m離れた地点）における *K. mikimotoi* の定位深度の細胞密度は同調的に変動したことから、浮上装置直下の中層に存在した *K. mikimotoi* のパッチは揚水されていたと推察される（図5）。さらに、各定点の最高細胞密度は Stn. A では N.D. (<1 cells/mL) ~ 270 cells/mL, Stn. 1 では N.D. ~ 850 cells/mL, Stn. 2 では N.D. ~ 2,130 cells/mL, Stn. 3 では N.D. ~ 420 cells/mL で推移し、赤潮浮上装置を設置した Stn. A で最も出現プランクトンが少なかった（図6）。

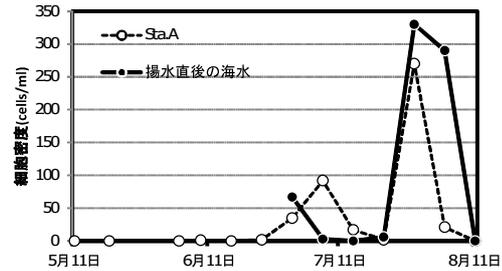


図5 揚水直後の海水中の *K. mikimotoi* 細胞密度と Sta. A の最高 *K. mikimotoi* 細胞密度の推移

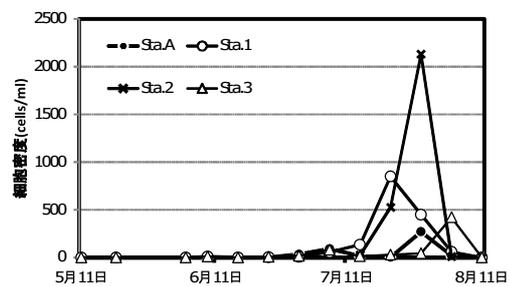


図6 佐伯湾沖松浦漁港周辺の各調査点の *K. mikimotoi* 最高細胞密度推移

III. カレニア赤潮発生防止技術の開発（栄養塩吸収メカニズム調査）（委託事業 ミクロコズム）

調査期間中、ミクロコズム装置中の *K. mikimotoi* の細胞密度はほとんど変化せず、平均で 780 cells/mL であった（図7）。調査開始時、海底水の DIN および DIP 濃度はそれぞれ 1 μM および 0.3 μM 程度であった。海底水をそのままミクロコズムに封入した場合、DIN および DIP とともに明確な減少は認められなかった。一方で、硝酸ナトリウムを添加した場合、DIN および DIP とともに直線的に減少し、それぞれの減少速度は 0.71 μM/h および 0.012 μM/h であった。以上の結果は海底の DIN 濃度が低いと DIP もほとんど取り込まれないが、十分に DIN が存在すれば、夜間、*K. mikimotoi* は一定速度で DIN および DIP を取り込むことが示唆された。なお次年度は、*K. mikimotoi* の光利用特性の解明を目的とした調査を実施予定である。

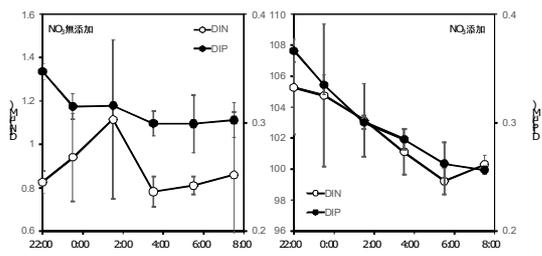


図7 ミクロコスム装置中の栄養塩濃度の変化

赤潮早期予測・早期対策実証事業－2  
有害プランクトンによる貝類への影響評価  
赤潮・貧酸素水塊対策推進事業  
(国庫委託)

大竹周作・宮村和良

本事業の詳細は、平成27年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業報告書の「九州海域での有害赤潮・貧酸素水塊発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」のうち「シャットネラ等の魚介類への影響評価、毒性発現機構の解明」－4－2有害プランクトンによる貝類への影響評価に記載した。本報告はその概要である。

### 事業の目的

近年、有明海、八代海などの九州西岸域、豊後水道など九州東岸域において、有害ラフィド藻 *Chattonella* 属や渦鞭毛藻 *Karenia* 属による大規模な赤潮が頻発し、二枚貝養殖業や干潟域、磯根に生息する貝類に対して甚大な被害をもたらしている。しかし、現状では *Chattonella* 属や *Karenia* 属赤潮による貝類の致死機構は不明な点が多く、養殖魚類で行われている餌止めなどの被害軽減策がない。有害プランクトンが貝類に与える影響は複雑で多岐に亘ることが推定されるため、集約的な調査研究により影響解明を進める必要がある。そこで、貝類に最も悪影響を与えることが知られている *Karenia* 属を中心とした有害プランクトンが、有用貝類に与える影響を特定し、死亡に至るメカニズムを解明することを目的とする。

### 事業の方法

各実験に用いた供試海水は大分県佐伯湾で増殖が確認された天然の *K. mikimotoi* を用い、各曝露実験に供したアワビは(社)大分県漁業公社で飼育されたクロアワビ(殻長18 mm～23 mm)を用いた。

(酸素供給試験)：試験は酸素供給を行った実験

区と、通常のエアレーションを施した対照区を設置した。試験に用いた水槽は40 Lポリ塩化ビニール製容器を使用し、対照区、実験区ともに赤潮海水を各30 L入れ、実験区では高圧酸素による酸素供給、対照区ではエアレーションを行った。これらをウォーターバスに入れて海水を掛け流して水温変化を極力抑えて試験を行った。試験に用いた海水は *K. mikimotoi* が中層で赤潮の形成が確認された2015年7月29日の早朝に佐伯湾霞ヶ浦地先の水深5 m層 (*K. mikimotoi* 細胞密度9,067 cells/mL) から水中ポンプ(32PN2.15S、(株)鶴見製作所製)を用いて採水し20Lポリタンク(WASH-N20L、(株)岩谷マテリアル)に収容後、水温変化を極力避け実験室まで持ち込み、希釈および静置することなく直ちに実験に供した。試験に供したアワビは孔径5 mmのメッシュ袋(50 cm×40 cm)に各50個を収容したものを8つ用意し、各4袋ずつを各区に浸漬し赤潮に曝露した。試験は海水持込直後の同日9:15から開始し24時間曝露を行った。曝露後4、6、8、24時間経過した後、各メッシュ袋を回収し、アワビの状態を確認した後、正常個体とマヒ個体の一部をDavidson液で固定した後、死亡個体を除くすべての個体を清浄海水に戻した。アワビの状態は、ピンセットによる触診で固着して動かない個体を「正常」、固着せずひっくり返しても起き上がらない個体を「マヒ」、触診で反応が認められない個体を「死亡」の3つに分けた。アワビの生存率は各赤潮曝露後時間後に清浄海水に24時間経過後の生存数から算出した。また、アワビを回収した際には溶存酸素(DO)を測定するとともに曝露海水を一部採水し、光学顕微鏡を用いて *K. mikimotoi* の状態を観察後、3回計数し細胞密度を算出した。

(生理コントロール試験)：予め試験に用いるアワビの昼夜生理リズムを安定させるため1週間以上の馴致飼育を行った。馴致飼育は容量100 Lの黒色パンライト水槽を2つ用意し、各天井部分に白色LEDライト (DN-103、(株)富士倉)を設置し、水槽間をベニア合板で仕切り、水槽全体を遮光シートで覆った後、明暗条件が相反するようにライトを12時間明暗周期で交互に点灯させて行った。試験は2015年7月15日8:30~16:30で行った。供試赤潮海水(*K. mikimotoi* 988 cells/mL)は前日に佐伯湾霞ヶ浦地先の水深5.8 mから水中ポンプで採水し、常温で一晩静置したものを使用した。供試アワビは各50個とし、孔径5 mmのメッシュ袋(50 cm×40 cm)に付着板とともに赤潮海水に浸漬し4、8時間経過した後回収した。回収後の作業は酸素供給試験と同様の方法で行った。

### 事業の結果および考察

#### (酸素供給試験)

各区の*K. mikimotoi*の細胞密度は、対照区では実験開始時より減少することなく推移し、開始後24時間では10,033 cells/mLであった。一方、実験区では24時間後には約半数の5,500 cells/mLまで減少した。実験区の*K. mikimotoi*は時間の経過に伴い蛸集が確認され、遊泳も異常である個体が多数確認された。溶存酸素(DO)は対照区で6.75~7.09 mg/L、実験区では20.31~30.57 mg/Lで推移し、実験区で常時高い値が維持された。これらの結果から、高濃度の酸素供給は*K. mikimotoi*の生存に対して細胞密度の低下および蛸集、遊泳異常など、負の影響を及ぼすと考えられる。

赤潮曝露直後のアワビの状態は、対照区で時間経過とともにマヒ個体が徐々に増え、24時間曝露で

はすべての個体の死亡が確認された。一方、実験区では、4時間、6時間の曝露で死亡が無く、8時間では2個体の死亡、24時間では2個体のマヒ、2個体の死亡が確認された。赤潮曝露24時間後の生存率は対照区では4時間曝露の4%を除き、全ての曝露時間で0%であった。実験区では全ての曝露時間で生存率が対照区より高く、曝露時間が4、6時間よりも長い8、24時間で生残率が高く、24時間曝露で最も高い生残率(85%)であった。実験区の赤潮曝露24時間後のアワビ鰓組織像では鰓組織の損傷が確認されたことから、高濃度の酸素供給区での赤潮曝露直後の死亡個体の軽減および24時間後の生存率の増加は、赤潮によるアワビの酸素摂取能の低下を、高濃度の酸素供給が補ったものと考えられる。

以上のように、高濃度の酸素供給は*K. mikimotoi*細胞の活性を低下させるとともに、鰓損傷アワビの酸素摂取に補助的に作用すると考えられ、アワビの*K. mikimotoi*赤潮対策への応用が期待される。

(生理コントロール試験)：*K. mikimotoi*の細胞密度は、両区とも大きな変動はなく1000 cells/ml前後で推移した(図4-2-9)。曝露実験による生残率は9割以上であり、両区とも高い生存率でその差は確認されなかった(表4-2-8)。本実験ではアワビの死亡個体が少なかったことから、昼夜逆転による生理コントロールの影響は検証できなかった。2014年度のアワビへの*K. mikimotoi*曝露試験で得られた半致死密度は150cells/L以上である。本実験での細胞密度は十分にこの値を超えていること、赤潮海水の取り扱いも同様な方法で行っていることから、使用した*K. mikimotoi*細胞の毒性が低かったことが死亡個体が少なかった原因と考えられる。今後、供試*K. mikimotoi*の毒性を考慮に入れた試験方法を確立し検討する必要がある。

## 水産物輸出拡大対策

木藪 仁和・川上 恵

### 事業の目的

近年の日本食ブームで、養殖ブリの輸出、とりわけ保存性、コストに優れた冷凍フィレーが伸張している。しかしながら、冷凍フィレーは生鮮フィレーに比べ、血合の変色が進みやすく、品質が低下するという欠点がある。

本事業では、海外輸出に向けた養殖ブリの冷凍フィレーにおける血合筋の変色防止技術の開発を行った。

### 事業の方法

#### 1. 浸漬条件の検討

ナノバブル水利用時の最適条件を検討した。体重 5 ～ 7kg の養殖ブリから血合筋を 2.5cm × 2.5cm、厚さ 5 mm に切り出し、以下の諸条件の処理を施したのち、3 °C の冷蔵庫に保管して、色彩色差計を用いた褐変時間の比較を行った。

##### 1) 塩分濃度

実験は 2015 年 12 月 3 日に行った。浸漬に用いた塩水は、市販塩を 0.1、0.5、1、2 および 5 % の濃度で水道水に溶解させたもので、供試筋を水温 4 °C で 5 分浸漬した。塩水に浸漬しない供試筋を対照とした。

##### 2) 浸漬時間

実験は 2015 年 12 月 22 日に行った。市販塩を 2 % 溶解させた水道水を用い、供試筋を水温 4 °C で 30 秒、5 分、20 分、1 時間および 2 時間、浸漬した。塩水に浸漬しない供試筋を対照とした。

##### 3) 浸漬温度

実験は平成 2016 年 2 月 2 日に行った。市販塩を 2 % 溶解させた水道水を用い、供試筋を 0、5、10 および 20 °C の水温で 20 分間浸漬した。塩水に浸漬しない供試筋を対照とした。

#### 2. ナノバブル水による冷凍試験

浸漬条件の検討と同様に、体重 4 ～ 5kg の養殖ブリから血合筋を切り出して試験に供した。ナノバブル（以下 NB）を発生させた試験水に浸漬したのち、生鮮の場合は 3 °C の冷蔵庫に、冷凍の場合は -30 °C で 30 分のアルコールブライン凍結後、-20 °C およ

び -50 °C の冷凍庫に保管した。冷凍の場合は氷水解凍を 30 分間行い、色彩色差計を用いて褐変状況を経時的に測定した。

##### 1) 酸素、窒素 NB 水の密度別試験

実験は 2015 年 11 月 25 日に行った。酸素 NB を発生させた 2 % 塩水に供試筋を 30 分間浸漬し、NB の密度別に低密度（酸素 L 区）、高密度（酸素 H 区）とした。同様に窒素 NB を発生させた 2 % 塩水に浸漬し、NB の密度別に低密度（窒素 L 区）、高密度（窒素 H 区）とした。塩水に浸漬しない供試筋を無処理対照区、2 % 塩水に浸漬した供試筋を塩水対照区とした。NB 水および対照塩水は試験前日に製造され、宅配便で到着直後に試験を開始した。試験時の水温は 10 °C であった。

##### 2) 窒素 NB 水の浸漬時間の検討

実験は 2016 年 2 月 23 日に行った。密度別試験と同様の低密度窒素 NB 水を用い、供試筋を 20 分浸漬したもの（20M 区）と 1 時間浸漬したもの（1H 区）、20 分浸漬後に窒素 NB 水とともに冷凍したものを（NB 区）とした。塩水に浸漬しない供試筋を無処理対照区、2 % 塩水に浸漬した供試筋を塩水対照区とした。塩水対照及びナノバブル処理水は試験直前に製造されたもので、水温は 1 °C であった。

### 事業の結果及び考察

#### 1. 浸漬条件の検討

##### 1) 塩分濃度

結果は図 1 および 2 に示したとおりである。刺身の限界とされる血合筋褐変の指標  $b/a$  値 0.8 に達する時間は、対照区と比較して、0.5 % 区以外の全ての区で延長がみられ、2 % 区で最も長かった。赤みを示す  $a$  値は 18 時間経過以降、対照区と比較して全ての区で高い値を示した。特に高かったのは 2 % 区であった。

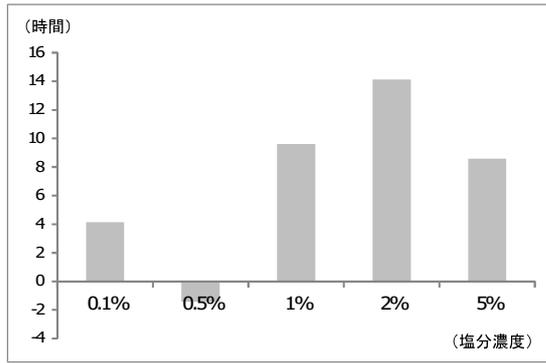


図1 血合筋の褐変遅延時間（塩分濃度）

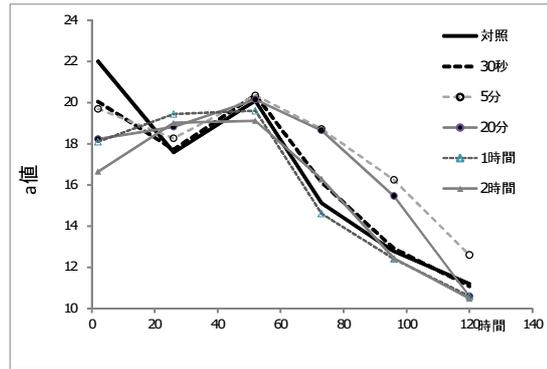


図4 a値と時間経過（浸漬時間）

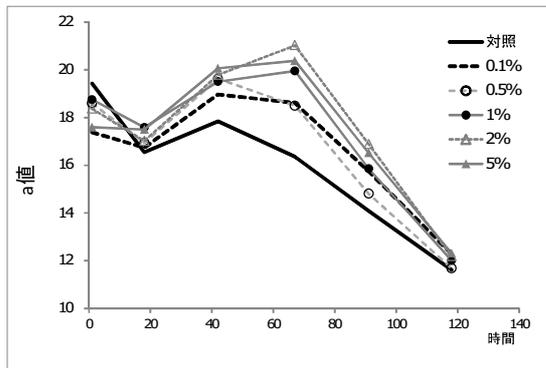


図2 a値と時間経過（塩分濃度）

2) 浸漬時間

結果は図 3 および 4 に示したとおりである。b/a 値 0.8 に達する時間は、対照区と比較して、30 秒、5 分、20 分の浸漬で延長がみられ、5 分が最も長かった。1 時間以上の浸漬では時間が長くなるにつれ短縮した。a 値は 52 時間経過以降、5 分及び 20 分浸漬区で高い値を示した。

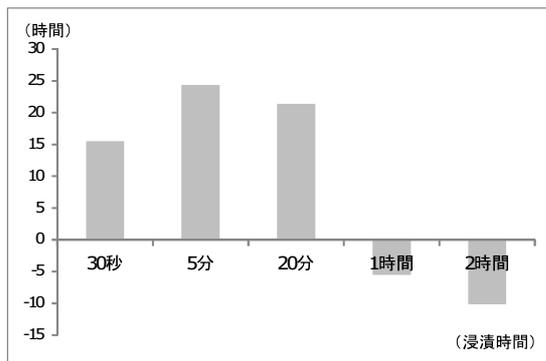


図3 血合筋の褐変遅延時間（浸漬時間）

3) 浸漬温度

結果は図 5 および 6 に示したとおりである。b/a 値 0.8 に達する時間は、対照区と比較して、5 °C 以下で延長し、0 °C で最も長かった。10 °C 以上の浸漬では温度が高くなるにつれ短縮した。a 値は 25 時間経過以降、5 °C 以下で高い値を示し、特に 0 °C で高かった。

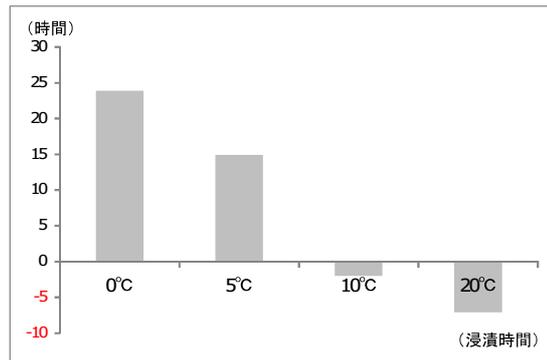


図5 血合筋の褐変遅延時間（浸漬温度）

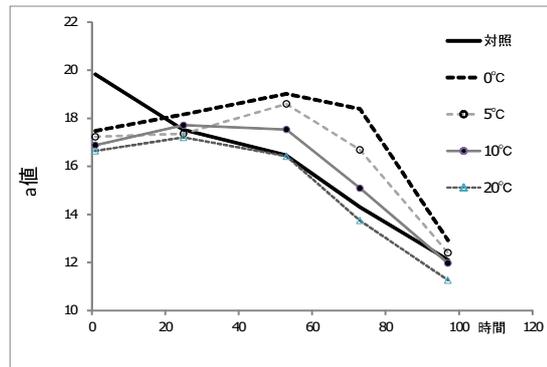


図6 a値と時間経過（浸漬温度）

2. ナノバブル水による冷凍試験

1) 酸素、窒素 NB 水の密度別試験

NB 水と対照塩水の発送前の NB 密度及び DO は表 1 に示したとおりである。NB 密度は酸素・窒素 NB 水とも低濃度と高濃度の差は約 40 倍あった。DO は窒素 NB 水、塩水対照、酸素 NB 水の順に高かった。酸素・窒素 NB 水とも NB 濃度の違いによる DO の差はほとんどなかった。

生鮮での結果は図 7 および 8 に示したとおりである。b/a 値 0.8 に達する時間は、無処理対照区と比較して全ての区で短く、特に塩水対照で短かった。浸漬温度の高さが悪影響を与えた可能性がある。NB 水では無処理対照と比較すると効果は認められないものの、塩水の悪影響を緩和する効果があり、NB 水の利用条件の検討が必要である。酸素 NB 水では高濃度の方が、窒素 NB 水では低濃度の方が褐変到達時間が長かった。a 値は 21 時間経過以降、全ての NB 水で高く、特に窒素 NB 水で高く推移した。

-20℃保存 1 か月後に解凍したものについて、全ての試験区で解凍直後に b/a 値は 0.8 を超え (1.29 ~ 1.90)、a 値も 7 ~ 12 と低い値を示し、刺身として不適な状態となった。

-50℃保存 1 か月後に解凍したものについての結果は図 9 および 10 に示したとおりである。

b/a 値 0.8 に達する時間は無処理対照で約 10 時間、窒素 L 区で約 8 時間、窒素 H 区で約 1 時間であった。他の区は 1 時間未満であった。a 値は解凍 1 時間以内に 18 を下回り、無処理対照に比べ窒素 L 区は低い値を示した。

表 1 NB密度とDO

試験区	NB密度 (億個/ml)	DO (mg/l)
塩水対照	0.8	8.50
酸素L	2.4	35.62
酸素H	81.0	38.51
窒素L	2.0	0.31
窒素H	75.5	0.29

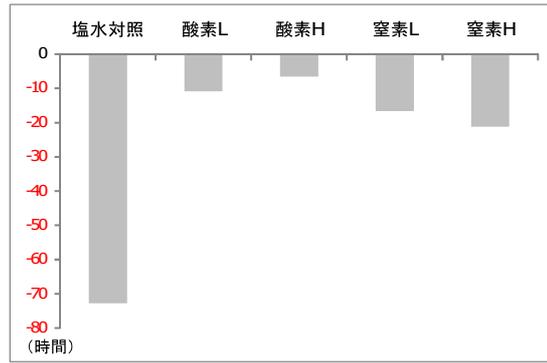


図 7 血合筋の褐変遅延時間 (生鮮)

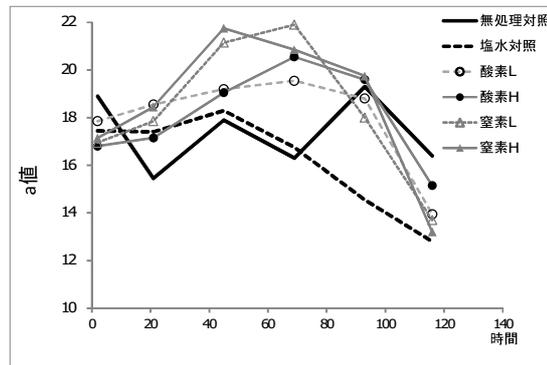


図 8 a値と時間経過 (生鮮)

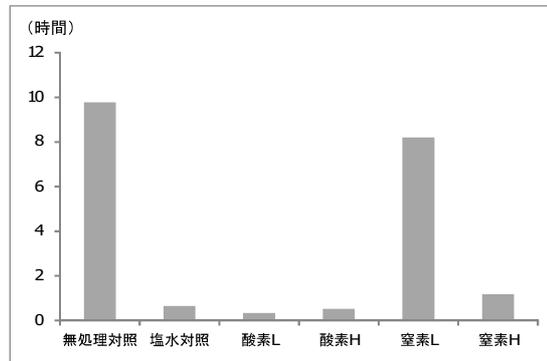


図 9 b/a値0.8の到達時間 (-50℃保管解凍後)

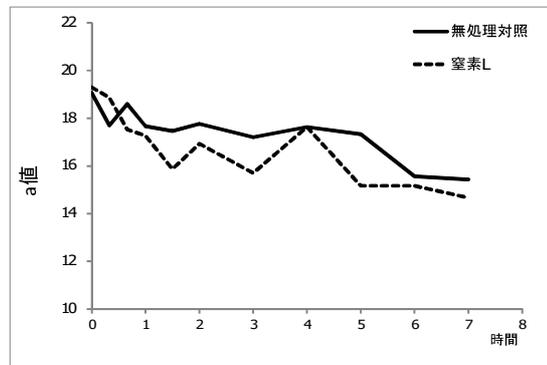


図 10 a値と時間経過 (-50℃保管解凍後)

2) 窒素 NB 水の浸漬時間の検討

実験直前の塩水対照と NB 水の DO はそれぞれ 10.30mg/l と 0.60mg/l であった。

生鮮での結果は図 11 および 12 に示したとおりである。b/a 値 0.8 に達する時間は、無処理対照区と比較して、塩水対照及び 20M 区ともに延長し、20M 区では 17 時間延長した。密度別試験と比較して、水温、浸漬時間の条件が改良されたことが要因と考えられる。a 値は 20 時間経過以降、塩水対照、20M 区で高く推移した。

-20 °C 保存 10 日後、無処理対照、20M 区を解凍したが、両区とも解凍直後に b/a 値は 0.8 を超え (0.86 ~ 0.87)、a 値も 12 と低い値を示し、刺身として不適な状態となった。

-50 °C 保存 1 か月後に解凍したものについての結果は図 13 および 14 に示したとおりである。b/a 値 0.8 に達する時間は無処理対照と塩水対照で約 2 時間でほぼ同じであった。20M 区では無処理対照より 30 分延長した。1H 区、NB 区では無処理対照より短かった。密度別の試験と比較して、無処理対照の到達時間が短い、ブリは春の産卵期に近づくると血合筋の変色が早まる傾向にあり、供試筋の品質の違いが原因と考えられた。a 値は解凍 1 時間以内に全ての区で 18 を下回った。試験時期を早め、再度検討が必要である。

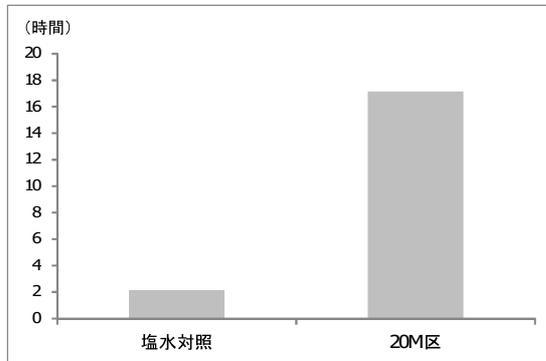


図 11 血合筋の褐変遅延時間 (生鮮)

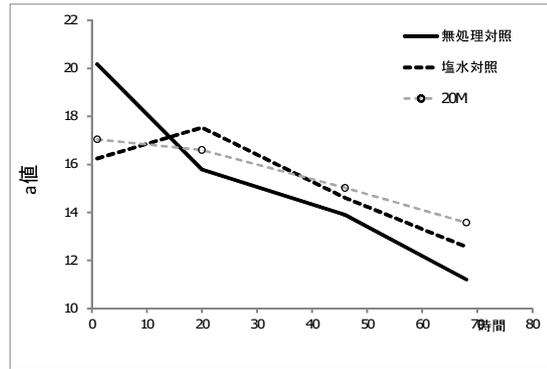


図 12 a値と時間経過 (生鮮)

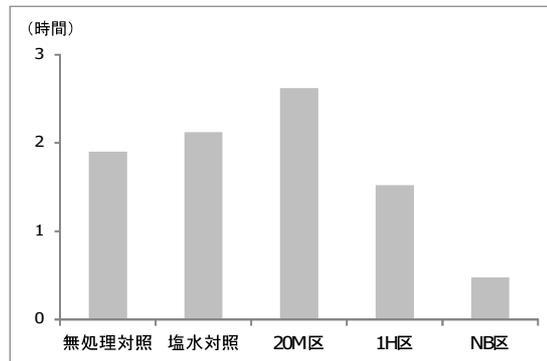


図 13 b/a値0.8の到達時間 (-50°C保管解凍後)

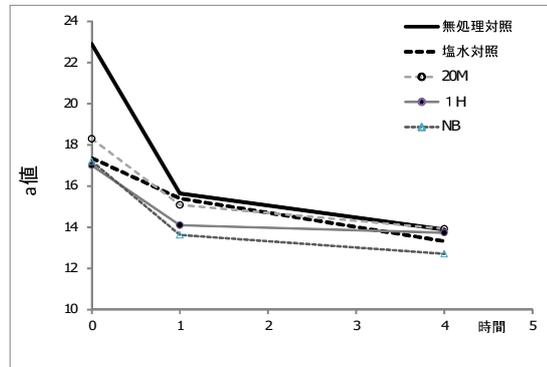


図 14 a値と時間経過 (-50°C保管解凍後)