

養殖環境于一ム

## 養殖衛生管理指導事業（南部水域）

### 養殖衛生管理体制の整備 （国庫交付金）

山田英俊・吉井啓亮・村瀬直哉・福田 穰

#### 事業の目的

食品の安全性に対する消費者の要求の高まりから、養殖水産物に関しては、医薬品の使用状況、飼料の給餌状況、養殖漁場環境等について関心が寄せられている。国内の魚類防疫体制は持続的養殖生産確保法に基づいて整備されているが、特定疾病（レッドマウス病等）の国内への侵入や、血清型変異（レンサ球菌症）によるワクチン効果の低下等、魚病の態様は様々に変化している。これらの状況に臨機応変に対応するため、養殖現場の巡回指導、養殖生産者に対する医薬品適正使用の指導、食品衛生等に対応する養殖衛生管理技術の普及、養殖場の調査・監視、薬剤耐性菌の実態調査等を行う必要がある。本事業の目的は、養殖生産物の安全性を確保し、健全な養殖魚の生産に寄与するため、疾病対策および食品衛生に対応した養殖衛生管理体制の整備を推進することである。

#### 事業の内容および結果

##### I 総合推進対策

1. 全国会議（表1）
2. 地域検討会（表2）
3. 県内会議（表3）

##### II 養殖衛生管理指導

1. 医薬品の適正使用の指導（表4）
2. 適正な養殖管理・ワクチン使用の指導（表5）
3. 養殖衛生管理技術の普及・啓発
  - 1) 養殖衛生管理技術講習会（表6）

##### III 養殖場の調査・監視

1. 養殖資機材の使用状況調査（表7）
2. 医薬品残留検査（表8）
3. 薬剤耐性菌の実態調査（表9）

##### IV 疾病対策

1. 疾病監視対策（表10）
2. 疾病発生対策（表11）

表1 全国会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2021年			
11月30日 ～12月1日	WEB会議※	農林水産省 (公社)日本水産資源保護協会 水産研究・教育機構、47都道府県	・ブリ類の難治癒疾病について ・環境DNA 分析の基礎と魚病を含む感染症への応用 ・魚病症例研究会
2022年			
3月4日	WEB会議※	農林水産省 (公社)日本水産資源保護協会 水産研究・教育機構 47都道府県	・水産防疫の実施状況等 ・令和3年度水産防疫対策事業の成果概要 ・養殖魚の迅速な診断体制に向けた対応について ・令和4年度予算の概要 ・その他

※新型コロナウイルス(COVID-19)感染拡大の影響によりWEB開催となった。

表2 地域検討会

実施時期	実施場所	構成員	内容
2021年	10～11月	メール会議※	山口県, 福岡県, 佐賀県, 長崎県, 熊本県, 大分県, 宮崎県, 鹿児島県, 沖縄県
			第41回 九州・山口ブロック魚病分科会 ・九州・山口ブロック各県の魚病発生状況と対応 ・その他
2022年	2月15日	WEB会議※	高知県, 愛媛県, 大分県, 熊本県, 宮崎県, 鹿児島県,
			令和3年度 南中九州・西四国水族防疫会議 ・南中九州・西四国ブロック各県の魚病発生状況と対応 ・その他

※新型コロナウイルス(COVID-19)感染拡大の影響により、メール・WEB会議方式での実施となった。

表3 県内会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2021年	6月14日	書面会議※	海産魚類養殖関係漁業協同組合支店 臼杵市, 津久見市, 佐伯市 中部振興局, 南部振興局 農林水産研究指導センター 農林水産研究指導センター水産研究部
			魚病担当者会議 ・魚病診断状況と対応 ・水産用医薬品の適正使用
2021年	7月16日	佐伯市	豊後大野家畜保健衛生所 農林水産研究指導センター水産研究部
			水産用抗菌剤使用指導体制協議

※新型コロナウイルス(COVID-19)感染拡大防止のため書面開催とした。

表4 医薬品の適正使用指導

実施時期	実施場所	対象者(人数)	内容
2021年4月1日～			
2022年3月31日	佐伯市(上浦)	管内魚類養殖漁家等(延90名)	水産用抗菌剤使用指導書の発行
		(随時)	

表5 適正な養殖管理・ワクチン使用の指導

実施時期	実施場所	対象者(人数)	内容
2021年	6月8日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(6名)
			注射ワクチン接種技術講習会
2021年4月1日～			
2022年3月31日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(延114名)	水産用ワクチン使用指導書の発行
		(随時)	

表6 養殖衛生管理技術者講習会

実施時期	実施場所	対象者(人数)	内容
2021年	4月26日	佐伯市	陸上養殖漁業者, 関係漁業協同組合支店, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(21名)
			養殖ヒラメのクドア食中毒防止対策 水産用医薬品の適正使用について
2021年	4月28日	佐伯市	陸上養殖漁業者, 関係漁業協同組合支店, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(18名)
			養殖ヒラメのクドア食中毒防止対策 水産用医薬品の適正使用について
2021年	6月	書面開催※	海産魚類養殖業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等
			最近の魚病発生状況, 薬剤耐性菌対策 水産用医薬品の適正使用について
2022年	3月	書面開催※	養殖資材販売店等
			最近の魚病発生状況, 薬剤耐性菌対策 水産用医薬品の適正使用について

※新型コロナウイルス(COVID-19)感染拡大の影響により書面開催となった。

表7 養殖資機材の使用状況調査

実施時期	実施場所	対象資機材	内容
2021年4月1日～ 2022年3月31日 (随時)	津久見市～佐伯市	水産用医薬品	水産用医薬品使用実態調査(延べ11回)

表8 医薬品残留検査

検査方法	採材時期	実施場所	対象魚	対象医薬品(成分)	結果	検体数
2021年						
簡易検査法	9月28日	佐伯市(蒲江)	ヒラメ	抗菌性物質一般	全て陰性(筋肉)	1
〃	10月28日	佐伯市(米水津)	ブリ	〃	〃	1
〃	11月22日	佐伯市(蒲江)	トラフグ	〃	〃	1
〃	11月27日	佐伯市(蒲江)	トラフグ	〃	〃	1
2022年						
〃	1月26日	佐伯市(米水津)	トラフグ	〃	〃	1
〃	2月16日	臼杵市	ブリ	〃	〃	2
〃	3月23日	臼杵市	ブリ	〃	〃	1
検体数合計						8

表9 薬剤耐性菌の実態調査

実施時期	実施場所	対象魚	内容
2021年4月1日～ 2022年3月31日	佐伯市 (上浦)	ブリ類 (調査対象地域:豊後水道沿岸)	細菌分離とディスク法による感受性測定 <i>Vibrio anguillarum</i> (7株) <i>Lactococcus garvieae</i> (63株)
		ヒラメ (調査対象地域:豊後水道沿岸)	細菌分離とディスク法による感受性測定 <i>Edwardsiella piscicida</i> (71株) <i>Streptococcus iniae</i> (5株)
		その他海産魚類 (調査対象地域:豊後水道沿岸)	細菌分離とディスク法による感受性測定 <i>Vibrio anguillarum</i> (11株) <i>Photobacterium damsela subsp. piscicida</i> (23株) <i>Streptococcus iniae</i> (5株) <i>Lactococcus garvieae</i> (71株)



表10 疾病監視対策

実施時期	実施場所	対象魚	内容	実施時期	実施場所	対象魚	内容
2021年				2021年			
4月5日	津久見市	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握	11月2日	津久見市	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握
4月5日	佐伯市(弥生)	〃	〃	11月12日	姫島村	〃	〃
4月14日	佐伯市(弥生)	〃	〃	11月29日	佐伯市(宇目)	〃	〃
4月16日	佐伯市(米水津)	〃	〃	12月16日	臼杵市	〃	〃
4月16日	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査	12月17日	佐伯市(佐伯)	〃	〃
4月20日	佐伯市(蒲江)	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握	2022年			
4月27日	佐伯市(弥生)	〃	〃	1月12日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月6日	佐伯市(弥生)	〃	〃	1月13日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月7日	佐伯市(米水津)	〃	〃	1月17日	臼杵市	〃	〃
5月12日	佐伯市(佐伯)	〃	〃	1月19日	佐伯市(佐伯)	〃	〃
5月18日	佐伯市(弥生)	〃	〃	1月21日	津久見市	〃	〃
5月19日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月21日	佐伯市(弥生)	〃	〃
5月27日	臼杵市	〃	〃	1月25日	臼杵市	〃	〃
6月8日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月28日	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査
6月10日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月28日	佐伯市(弥生)	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握
6月18日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月31日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
7月12日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	2月3日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
7月16日	佐伯市(上浦)	〃	〃	2月8日	佐伯市(佐伯)	〃	〃
8月12日	佐伯市(上浦)	〃	〃	2月9日	津久見市	〃	〃
8月17日	臼杵市	〃	〃	2月17日	佐伯市(弥生)	〃	〃
8月18日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	2月21日	臼杵市	〃	〃
8月25日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月2日	津久見市	〃	〃
9月7日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月2日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
9月8日	津久見市	〃	〃	3月10日	佐伯市(鶴見)	〃	〃
9月10日	佐伯市(鶴見)	〃	〃	3月14日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
9月16日	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査	3月17日	佐伯市(宇目)	〃	〃
10月1日	佐伯市(鶴見)	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握	3月17日	佐伯市(米水津)	〃	〃
10月4日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月23日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
10月18日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月28日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
				3月30日	佐伯市(上浦)	〃	〃

表11 疾病発生対策

実施時期	実施場所	対象魚	内容
2021年4月1日～			
2022年3月31日	佐伯市(上浦)	ブリ類, マダイ, ヒラメ他 (調査対象地域:豊後水道沿岸)	疾病検査および対策指導 ブリ類(252件), マダイ(16件), ヒラメ(103件), トラフグ(77件), シマアジ(43件), クロマグロ(6件), カワハギ(44件)

V 疾病診断状況

1. 病害相談および診断件数 相談件数は1628件(対前年度比146%)、診断件数は580件(134%)であった(表12)。疾病原因別にみると、ウイルス病が108件(全体の19%)、細菌病が215件(37%)、寄生虫病が85件(15%)、真菌病が3件(1%)、その他が16件(3%)、原因不明が129件(22%)、健康診断が24件(4%)であった。
2. 魚種別疾病診断件数 魚種別診断件数はブリ205件(全体の35%)、ヒラメ103件(18%)、トラフグ77件(13%)、カワハギ44件(8%)、シマアジ43件(7%)、カンパチ37件(6%)、マダイ16件(3%)、

- ヒラマサ10件(2%)、クロマグロ6件(1%)の順に多かった。魚種別の特記事項は以下のとおりである。
- 1) **ブリ類** 診断件数はブリとヒラマサで増加(対前年度比259%及び125%)した一方、カンパチで減少(76%)し、全体で252件と増加(185%)した(表13)。ブリおよびカンパチではマダイイリドウイルス病(63件)が最も多く、2020年度と同様に6月から見られ、2021年度はモジャコ不漁の関係でワクチン接種時期が遅れたこともあり、被害が拡大した。
  - 2) **マダイ** 診断件数は16件に増加(133%)した(表14)。マダイイリドウイルス病やエドワジエラ症が

みられた。

3) ヒラメ 診断件数は103件に増加(112%)した(表15)。エドワジエラ症(43件)、スクーチカ症(7件)、滑走細菌症(6件)がみられた。また、近年みられなかった粘液胞子虫性やせ病(2件)が確認された。

4) トラフグ 診断件数は77件に増加(110%)した(表16)。疾病別では粘液胞子虫性やせ病(12件)、ヘテロボツリウム症(11件)、白点病(4件)がみられた。また、前年度に引き続き低水温期の12月以降に膨張嚢内に海水貯留を伴う原因不明の死亡が見られた。

5) シマアジ 診断件数は43件に増加(179%)した

(表17)。*L.garvieae*によるレンサ球菌症のうちII型(20件)、I型(8件)、マダイイリドウイルス病(6件)がみられた。なお、12月に従来のPCR検査法では*L.garvieae*I型と同定されるが、抗I型血清、抗II型血清ともに非凝集のIII型(仮称)が確認された。

6) その他の海産魚類 その他の魚類ではカワハギの診断件数が44件で最も多かった(表18)。パスツレラ症(15件)、I型*L.garvieae*によるレンサ球菌症(6件)、ウイルス性神経壊死症(4件)が確認された。また、マサバおよびメジナのII型*L.garvieae*によるレンサ球菌症(各1件)を大分県で初めて確認した。なお、海産無脊椎動物の診断実績は無かった。

7) 淡水魚類 診断はアユの6件で、冷水病(1件)が確認された(表19)。

表12 病害相談件数および診断件数\*

	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計
相談件数	47	55	162	325	232	217	196	168	63	58	60	45	1628
	(29)	(64)	(148)	(180)	(180)	(110)	(107)	(72)	(61)	(70)	(38)	(57)	(1,116)
診断件数	17	22	61	112	81	87	69	55	22	18	20	16	580
	(13)	(26)	(56)	(66)	(66)	(41)	(44)	(26)	(22)	(32)	(14)	(27)	(433)

\*( )は前年度

表 13 ブリ類診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計
ブリ	マダイイリドウイルス病			3	32	11	2		6					54
	ウイルス性腹水症			10	5			1						16
	エピテリオシスチス病									1				1
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type A)	2												2
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type C)			1										1
	類結節症			1	4									5
	滑走細菌症		1								1			2
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)			2	2						1	6		11
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type II)			1		3	5	8	2		2	2	1	24
	ノカルジア症						6	3	7	2				18
	非結核性抗酸菌症						1							1
	イクチオホヌス症	1	2											3
	トリコジナ症			5										5
	ハダムシ症								1					1
	ヘテラキシネ症											1		1
	住血吸虫症									1				1
	吸虫性旋回病				3	2								5
	筋肉線虫症								1					1
	栄養性疾病				1									1
	骨折				1									1
	上湾症							1						1
	不明	2	2	6	2	7	12	8	1	1	1	1	1	44
	健康診断		1	2	2					1				6
ブリ小計		5	6	31	52	23	26	21	18	6	5	10	2	205
ヒラマサ	マダイイリドウイルス病							1						1
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)					1								1
	ノカルジア症						2							2
	非結核性抗酸菌症						1							1
	ヘテラキシネ症											1		1
	ゼウクサブタ症							1						1
	住血吸虫症											1		1
	筋肉線虫症	1												1
	健康診断				1									1
ヒラマサ小計		1	0	0	1	1	3	2	0	0	0	2	0	10
カンパチ	マダイイリドウイルス病			1	4	3	1							9
	ウイルス性腹水症				1									1
	エピテリオシスチス病							2						2
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type C)	1		1										2
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type II)			1		1		1						3
	ノカルジア症						1		2		1			4
	ハダムシ症						1							1
	ゼウクサブタ症					1	1		1					3
	吸虫性旋回病				1									1
	腎腫大症					1								1
	不明				4	3	2		1					10
カンパチ小計		1	0	3	10	9	8	1	4	0	1	0	0	37
ブリ類計		7	6	34	63	33	37	24	22	6	6	12	2	252

表14 マダイ診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計
マダイ	マダイイリドウイルス病					1		3						4
	エピテリオシスチス病					2								2
	エドワジエラ症				1	1								2
	白点病				1	1								2
	ラメロジスカス症				1									1
	不明		1										1	2
	健康診断		1			1							1	3
	マダイ計		0	2	0	3	6	0	3	0	0	0	1	1

表15 ヒラメ診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計	
ヒラメ	リンホシスチス病		1					1						2	
	エドワジエラ症		5	3	6	2	7	9	7	1	2		1	43	
	滑走細菌症	1			2			1			1		1	6	
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)			1										1	
	レンサ球菌症( <i>S. iniae</i> )					1	2							3	
	ノカルジア症					1	1							2	
	イクチオボド症								1					1	
	トリコジナ症												1	1	2
	スクーチカ症			1						2	1		2	1	7
	粘液胞子虫性やせ病									2					2
	ネオベネデニア症							2	1						3
	ネオヘテロボツリウム症						1								1
	選別不足			2							1				3
	不明		1	4	3	7	1	3	1				1		21
	健康診断	2								1			1	2	6
	ヒラメ計		3	7	11	11	11	12	16	15	3	3	5	6	103

表16 トラフグ診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計	
トラフグ	エピテリオシスチス病								1					1	
	滑走細菌症		1											1	
	白点病					1	2	1						4	
	トリコジナ症							1	1			1		3	
	粘液胞子虫性やせ病					2	2	2	5		1			12	
	心臓グドア症								1					1	
	ギロダクチルス症												1	1	
	ヘテロボツリウム症						2	4	3	1			1	11	
	皮膚カリグス症			1										1	
	栄養性疾病			1										1	
	環境性疾病								1					1	2
	歯切り損傷							1							1
	不明	2	2	2	5	3	5	1	1	7	2		2	32	
	健康診断		1						1	1	2	1		6	
	トラフグ計		2	4	4	5	6	12	11	13	10	4	1	5	77

表17 シマアジ診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計
シマアジ	マダイイリドウイルス病					1	4	1						6
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type C)												1	1
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)				1	1	3	3						8
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type II)	1		2	4	3	5	4	1					20
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type III)										2			2
	トリコジナ症				1									1
	ネオベネデニア症					2		1						3
	鰓油球栓塞	1												1
	不明					1								1
	シマアジ計		2	0	2	6	8	12	9	1	2	0	0	1

表18 その他の海産魚類診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計
マサバ	マダイイリドウイルス病				1		2							3
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)				3	1	1							5
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type II)				1									1
	ネオベネデニア症							1						1
クロマグロ	マダイイリドウイルス病						1	2						3
	住血吸虫症			1										1
	骨折				1									1
	不明								1					1
イシガキダイ	マダイイリドウイルス病			2										2
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type C)			1										1
	環境性疾病			1	2									3
メジナ	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)				1									1
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type II)						1							1
	レンサ球菌症( <i>S. iniae</i> )						1							1
タマカイ×クエ	不明		1											1
カワハギ	ウイルス性神経壊死症						2	1	1					4
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type C)				3									3
	パスツレラ症		1		5	6	1		2					15
	滑走細菌症	1												1
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)						1	2	1	1	1			6
	レンサ球菌症( <i>S. iniae</i> )				1					1				2
	アミルウージニウム症								1					1
	粘液胞子虫性やせ病							1	1					2
	不明	1	1		4	1	1	1						9
	健康診断										1			1
ウマツラハギ	ウイルス性神経壊死症						2	1						3
	ビブリオ病( <i>V.ang.</i> type C)			2								1		3
	レンサ球菌症( <i>L.g.</i> type I)				1									1
	レンサ球菌症( <i>S. iniae</i> )				1									1
	白点病								1					1
	不明				3	1								4
その他の魚類計	2	3	10	24	17	14	6	4	1	1	1	1	0	83

表19 淡水魚類診断状況

魚種名	疾病名	2021/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2022/1	2	3	計
アユ	冷水病	1												1
	不明										3		1	4
	健康診断										1			1
淡水魚類計	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	6	

## VI 水産用ワクチン使用状況

### 1. 注射ワクチン

1) 単味ワクチン ブリ属魚類の $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症ワクチンは、ブリ、カンパチ、ヒラマサで使用され、それぞれ指導書発行件数が15、6、1件、使用経営体数が12、5、1経営体、投与尾数が290,006、74,000、5,000尾、使用量が29.0、7.4、0.5Lであった。このうち、*L.garvieae* (I, II 型) の2価ワクチンの占める割合は、ブリで95%、カンパチで84%、ヒラマサで100%であった。また、 $\beta$ 溶血性レンサ球菌症ワクチン、マダイイリドウイルス病ワクチン、ウイルス性神経壊死症不活化ワクチンは使用実績がなかった。

チン、マダイイリドウイルス病ワクチン、ウイルス性神経壊死症不活化ワクチンは使用実績がなかった。

2) 二種混合ワクチン ヒラメの $\beta$ 溶血性レンサ球菌症及びビストレプトコッカス・パラウベリス感染症 (I, II 型) ワクチンは、指導書発行件数が6件、使用経営体数が5経営体、投与尾数が87,000尾、使用量が8.7Lであった。ブリ属魚類の $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症及びビブリオ病ワクチンは、ヒラマサで使用され指導書発行件数が1件、使用経営体数が1経営体、投与尾

数が20,000尾、使用量が2.0Lであった。ブリとカンパチの $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症及び類結節症ワクチン、マダイの $\beta$ 溶血性レンサ球菌症及びマダイイリドウイルス病ワクチンは使用実績がなかった。

**3) 三種混合ワクチン** ブリ属魚類の $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症、ビブリオ病及びマダイイリドウイルス病ワクチンはブリ、カンパチ、ヒラマサで使用され、それぞれ指導書発行件数が32、5、1件、使用経営体数が18、3、1経営体、投与尾数が766,600、66,000、26,000尾、使用量が76.7、6.6、2.6Lであった。このうち、*L.garvieae* (I, II 型) の2価ワクチンを含む3種混合ワクチンの占める割合は、ブリ及びヒラマサで100%、カンパチで43%であった。ブリとカンパチの $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症、ビブリオ病及び類結節症ワ

クチンはブリ類での使用実績がなかった。カンパチの $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症、ビブリオ病及びストレプトコッカス・ジスガラクチエ感染症不活化ワクチンは使用実績がなかった。

**4) 四種混合ワクチン** ブリ属魚類の $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症、ビブリオ病、類結節症及びマダイイリドウイルス病ワクチンはブリで使用され、指導書発行件数が47件、使用経営体数が27経営体、投与尾数が999,000尾、使用量が99.9Lであった。このうち、*L.garvieae* (I, II 型) の2価ワクチンを含む4種混合ワクチンの占める割合は、ブリで100%であった。

#### **5) 経口ワクチン**

経口ワクチン（ブリ属魚類の $\alpha$ 溶血性レンサ球菌症ワクチン）は、使用実績がなかった。

# ヒラメ陸上養殖生産振興事業－ 1

ヒラメ食中毒防止による安全性強化対策

吉井啓亮・山田英俊・村瀬直哉・福田 穰

## 事業の目的

大分県のヒラメ養殖業は、全国 1 位の生産量（令和 2 年農林水産統計）を誇る主要産業である。2011 年に厚生労働省からヒラメに寄生するナナホシクドア（*Kudoa septempunctata*）が食中毒の原因であることが公表され、ヒラメ消費量は激減し、養殖業は大きな打撃をうけた。大分県では全国に先駆け食中毒防止対策ガイドラインを策定して以降、県産養殖ヒラメでの食中毒事例はない。市場における県産ヒラメの安全性に対する信頼は回復基調にあるが、さらに安全性を確保するために、本事業では以下の検査・調査を行った。

### 種苗導入時抜き取り検査

2014 年度以降毎年、県内に導入された種苗を検査（種苗健全性調査）することで、防疫体制の強化を図っており、2021 年度も同様に検査を行った。

## 事業の方法

2021 年 4 月～2022 年 3 月に、養殖業者 24 経営体の池入れ直前のヒラメ種苗および種苗生産機関の出荷前のヒラメ種苗合計 1,334 検体（59 ロット分、原則 20～30 尾/ロット）を採取して検査を実施した。

検査はスイフトジーン クドア「カイノス」(株式会社カイノス)を用いた NASBA-核酸クロマトグラフィー法<sup>1)</sup>で行った。なお、ロット毎に全個体の背側側筋を各 0.5g 採材し、サンプル重と等量の DEPC 処理水を混合して 1 検体とした。

## 事業の結果

検査に供したすべての検体について、NASBA-核酸クロマトグラフィー法でナナホシクドア遺伝子は陰性であった（表 1）。

表 1 NASBA-核酸クロマトグラフィー法による種苗検査結果

対象	業者数	ロット数	検体数	陽性数	
養殖場	津久見	1	1	20	0
	佐伯	4	7	184	0
	米水津	2	8	161	0
	上入津	4	13	262	0
	下入津	11	24	535	0
	蒲江	1	1	29	0
	名護屋	1	4	83	0
種苗生産機関	1	1	60	0	
合計	25	59	1334	0	

## 今後の問題点

2021 年度に大分県内の養殖場に導入された 59 ロットのヒラメ種苗からナナホシクドアは検出されず、種苗生産場のナナホシクドア防除努力が評価された。一方で、ナナホシクドアによる食中毒を防止するために、今後も NASBA-核酸クロマトグラフィー法と同等以上の検出感度を有する方法で検査を継続することが必要である。

## 文献

- 1) Yoshiko Sugita-Konishi, Yutaka Fukuda, Koh-ichiro Mori, Toru Mekata, Toyohiko Namba, Makoto Kuroda, Akiko Yamazaki, Takahiro Ohnishi. New Validated Rapid Screening Methods for Identifying *Kudoa septempunctata* in Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*). Japanese Journal of Infectious Diseases. 2015; 68: 145-147.

## 資源造成型栽培漁業推進事業

吉井啓亮

### 事業の目的

大分県では、水産資源の回復、増加を目的に種苗放流が実施されているが、病原体を保有した種苗が放流されると、放流効果だけでなく自然界の生物への影響等も懸念される。したがって、種苗放流の際には事前に検査を行い、健全な種苗だけを放流する必要がある。

本事業では、ヒラメに感染するヒラメアクアレオウイルス病原ウイルス (HReV-1) について PCR 法による検査を実施した。

### 事業の方法

2021年4月に公益社団法人大分県漁業公社が生産したヒラメ1ロット30尾について、国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所の推奨する方法に従って検査した。なお、5尾をプールし1検体とした。

### 事業の結果

2021年度に大分県漁業公社が生産したヒラメ種苗1ロットから抽出した30尾について、HReV-1 遺伝子は検出されなかった(表1)。

表1 PCR法によるHReV-1検査結果

検体採取日	平均全長(mm)	PCR検査日	検体数	陽性数
2021/4/20	12.4	2021/4/21	6(5尾プール)	0



# 魚類疾病に対するワクチン等の効果をも高める技術開発－1

## II型 *Lactococcus garvieae* の実験感染における給餌条件の影響

村瀬直哉・山田英俊・吉井啓亮・福田 穰

### 事業の目的

近年のブリ類養殖では *L.garvieae* II 型株によるレンサ球菌症の被害が継続しており、薬剤耐性菌の出現も問題視されている。薬剤耐性菌対策としてはワクチンによる予防が基本であるが、餌止めなどの養殖技術による被害軽減も欠かせない。そこで本研究では、本症の実験感染において給餌条件が累積死亡率に及ぼす影響を検討した。

### 事業の方法

2021 年に水産研究部で人工生産されたブリ（平均魚体重 224g）を供試した。実験期間は 2021 年 11 月 15 日～12 月 9 日で、水温は 17.9～20.6℃の範囲にあった。

FRP 角形 2t 水槽 3 基に生簀網（1.0×1.0×0.5m）を 2 枚ずつ張り、各網に供試魚を 17 尾ずつ収容して 6 群を設定した。収容後は海水および砂ろ過海水を併用して流水飼育した。収容後翌日から攻撃 2 日前までの 4 日間は飽食給餌を行い馴致させた。

2021 年に養殖ブリから分離された *L.garvieae* II 型 203211 株を 4 回魚体通過し、-80℃で凍結保存した株を攻撃に供した。Todd-Hewitt-broth (Difco) に供試菌を接種して、25℃で 24 時間静置培養した。FRP 水槽の水位を 70cm に下げ、止水下で酸素供給を行いながら、攻撃菌濃度が  $5.6 \times 10^5$  CFU/ml になるよう培養菌液を添加した 2 基（攻撃水槽）と菌液を添加しない 1 基（無攻撃水槽）を設定した。菌液添加 30 分後に注水を再開し、換水率は 1 回転/h とした。

攻撃水槽の 4 群は、攻撃日から飽食給餌（攻撃毎日給餌区）、攻撃日は無給餌で翌日から飽食給餌（攻撃翌日から給餌区）、攻撃日に飽食給餌して翌日から無給餌（攻撃日のみ給餌区）、攻撃後無給餌（攻撃絶食区）の 4 種の給餌条件で飼育観察を実施した。

また、無攻撃水槽の 2 群は飽食給餌（無攻撃毎日給餌区）および無給餌（無攻撃絶食区）とした。攻撃日の給餌は攻撃 3 時間後に行った。飼料は市販 EP（ハマチ EP ブライト）である。

攻撃後 17 日間飼育観察を行い、死亡魚および試験終了後の生残魚はトリプトソーヤ寒天培地（日水製薬）を用いた腎臓からの細菌分離を行った。得られたデータから累積死亡率または保菌率を算出し、 $\chi^2$  検定により統計的有意差の検討を行った。

### 事業の結果および考察

各試験区の累積死亡率の推移は図 1 のとおりである。無攻撃毎日給餌区と無攻撃絶食区では死亡が確認されなかったが、攻撃群の累積死亡率は攻撃毎日給餌区で 53%、攻撃翌日から給餌区で 65%、攻撃日のみ給餌区で 53%、攻撃絶食区で 41%となり、これら各区の死亡数に統計的有意差はなかった（ $\chi^2$  検定）。なお、全ての死亡魚の腎臓から攻撃菌が分離された。生残魚の保菌率は、攻撃毎日給餌区で 25%、攻撃翌日から給餌区で 40%、攻撃日のみ給餌区で 50%、攻撃絶食区は 50%となり、各区の保菌数に統計的有意差はなかった（ $\chi^2$  検定）。

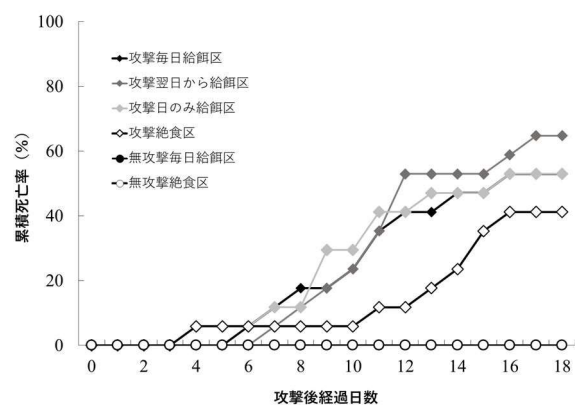


図 1 *L.garvieae* II 型攻撃後における累積死亡率の推移

本報では、*L.garvieae* II型の感染実験における給餌条件と死亡率との間に明瞭な相関は確認されなかった。本報と攻撃方法が異なるものの、福田、池田<sup>2)</sup>では*L.garvieae* I型による死亡率に給餌が影響することが示唆されている。本報の結果においても、攻撃絶食区の累積死亡率が他の攻撃給餌群と比較して低く、同様の傾向が推察される。また、攻撃日のみ給餌区の累積死亡率が攻撃絶食区と比較して高いことから、感染直後の給餌は本症の累積死亡率を高める可能性が示唆された。

## 今後の課題

本研究では実験水槽数の制限により、1水槽に複数の実験区を配置したことから、各区の死亡率等が他区の影響を受けた可能性は否定できない。水槽1基につき1実験区を設定することが望ましい。

## 文献

1)福田穰, 池田彌生. ブリ連鎖球菌症実験感染魚の発病に及ぼす給餌の影響. 大分県水試調研究報, 大分. 1993; 46-56

## 魚類疾病に対するワクチン等の効果を高める技術開発－2

### *Lactococcus garvieae* II型株の抗原性スクリーニング

村瀬直哉・嶋原佳子<sup>\*a</sup>・福田 穰・山田英俊・吉井啓亮・吉田照豊<sup>\*b</sup>

#### 事業の目的

大分県下のブリ養殖場では、ワクチンの普及が進んできたが、依然として *L.garvieae* II型 (Lg II) によるレンサ球菌症が問題になっている。そこで前年度に引き続き、県下の養殖海産魚から分離された Lg II 型株における抗原変異の監視を目的に、凝集抗体価による抗原性のスクリーニングと、ゲル内沈降反応による抗原構造の比較を行った。

#### 事業の方法

##### 1. 凝集抗体価の測定

前報<sup>1)</sup>と同様の方法で供試 17 株の凝集抗体価を測定した。由来魚種の内訳は、ブリが 9 株、カンパチが 1 株、シマアジが 4 株、メジナが 1 株、ヒラメが 1 株、マサバが 1 株である。なお、菌株はすべて PCR 法<sup>2)</sup>による血清型の判別を行って供試した。

##### 2. Oucetrlony 法によるゲル内沈降反応

前報<sup>1)</sup>と本報の供試株から Lg II 型のブリ類由来株 5 株、その他魚類由来株として、シマアジ、メジナ、ウマヅラハギ由来株を各 1 株供試した。また、Lg I 型の標準株として KG9408 株を供試した。

供試菌株を 500ml の Todd-Hewitt broth (Difco) を用いて 25℃で 24 時間培養し、終濃度 0.3%になるようにホルマリンを加え、48 時間不活化した。滅菌生理食塩水を用いて 4600×g、20 分、4℃の条件で 3 回遠心洗浄を行い、25ml の滅菌生理食塩水を加え、不活化菌液を調製した。超音波機器 (SONIFIER 250D、BRANSON) を用いて不活化菌体を破碎したのち、4600×g、20 分、4℃で遠心分離を行い、上清を超音波処理抗原とした。

パンチャーで試料孔を設けた 1%アガロース板を作製した。供試ウサギ抗血清は抗 121836 血清と抗 IJF385 血清を、抗原には超音波処理抗原を供試した。

試料孔に抗血清または供試抗原を 15μl ずつ添加して、湿潤箱中で 4℃、3 日間反応させて沈降線の形成を観察した。

#### 事業の結果および考察

##### 1. 凝集抗体価の測定

供試菌株に対する抗 121836 および IJF385 血清の凝集抗体価は表 1 のとおりである。KG9408 株に対する凝集抗体価は両抗血清ともに 1:<4 あった。Lg II 型 16 株に対する凝集抗体価は抗 121836 血清で 1:256～1024、抗 IJF385 血清で 1:32～256 の範囲にあり、由来魚種の異なる株間で凝集抗体価に大差ないことが確認された。

表 1 供試菌株に対する各抗血清の凝集抗体価

菌株	凝集抗体価 (1:)		PCR結果	由来	分離年
	抗121836血清	抗IJF385血清			
121836	512	64	II	ブリ	2012
IJF385	512	64	II	ブリ	2012
203211	256	32	II	ブリ	2020
212602	256	32	II	メジナ	2021
212831	256	64	II	ブリ	2021
212731	256	64	II	シマアジ	2021
210751	256	64	II	シマアジ	2021
170841	512	64	II	シマアジ	2017
193361	512	64	II	カンパチ	2020
181561	512	64	II	シマアジ	2018
214373	512	64	II	ヒラメ	2021
161341	512	128	II	ブリ	2016
162321	512	128	II	ブリ	2016
151753	1024	32	II	ブリ	2015
132632	1024	64	II	ブリ	2013
211132	1024	256	II	マサバ	2021
B1908011	512	256	II	ブリ	2019
B1901721	1024	128	II	ブリ	2019
171092	256	64	II	カンパチ	2017
192771	1024	128	II	シマアジ	2019
KG9408	<4	<4	I	ブリ	1994

※色つきは前報によるもの

##### 2. Oucetrlony 法によるゲル内沈降反応

抗 IJF385 血清はホモの超音波処理抗原に対しても、明瞭な沈降線を形成しなかった。抗 IJF385 血清

\*a 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 上浦庁舎

\*b 宮崎大学 農学部 海洋生物環境学科

はホモの不活化菌体に対しても凝集抗体価が低く、抗血清自体の能力が低いと推測される。

抗 121836 血清とブリ類由来供試抗原を反応させた結果は図 1 のとおりである。形成された沈降線を試料孔側から L1, L2 とした。KG9408 株 (LgI) の供試抗原では L1 のみが形成され、LgII 型の各供試抗原では L1 および L2 の 2 本が形成された。L1 は KG9408 株と LgII 型株の各供試抗原で融合し、LgI 型と LgII 型に共通な抗原による沈降線と思われる。L2 は全ての供試 LgII 型抗原で融合した。その他魚類由来の LgII 型抗原との反応では、全ての抗原で L1 および L2 が形成され、融合した (図 2)。L2 は LgII 型に共通な抗原によるもので、この抗原は LgI 型に欠落するものと思われる。抗 LgII 血清 (抗 121836 血清) による沈降反応においても、LgI 型と LgII 型では抗原構造は異なることが示され、抗 LgI 型血清を用いた Oinaka *et al.*<sup>3)</sup>の結果が支持された。また、本報で供試した LgII 型の超音波処理抗原は沈降線が全て融合し、抗原構造の違いは認められなかった。

以上のことから、大分県で流行している LgII 型株において、本症のワクチン効果に影響するような抗原変異が生じている可能性は低いと推測される。

### 今後の課題

令和 4 年度日本魚病学会春季大会では、新たな血清型の Lg が養殖カンパチやシマアジで分離されたことが報告されている。ワクチンによる疾病制御のためには、原因微生物における抗原変異の監視を継続的に行うことが重要である。

### 文献

1) 村瀬直哉, 嶋原佳子, 福田穰, *Lactococcus garvieae* II 型株の抗原性スクリーニング. 令和 2 年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告.

2) Kazuya Ohbayashi, Daisaku Oinaka, Truong Dinh Hoai, Terutoyo Yoshida and Issei Nishiki. PCR-mediated Identification of the Newly Emerging Pathogen *Lactococcus garvieae* Serotype II from *Seriola quinqueradiata* and *S. dumerili*. *Fish Pathol.* 2017; 52 (1) : 46-49

3) Daisaku Oinaka, Naoto Yhoshimura, Yutaka Fukuda,

Azumi Yamashita, Shintaro Urasaki, Yoshinobu Wada and Terutoyo Yoshida. Isolation of *Lactococcus garvieae* Showing No Agglutination with Anti-KG<sup>-</sup> Phenotype Rabbit Serum. *Fish Pathol.* 2015; 50 (2) : 37-43

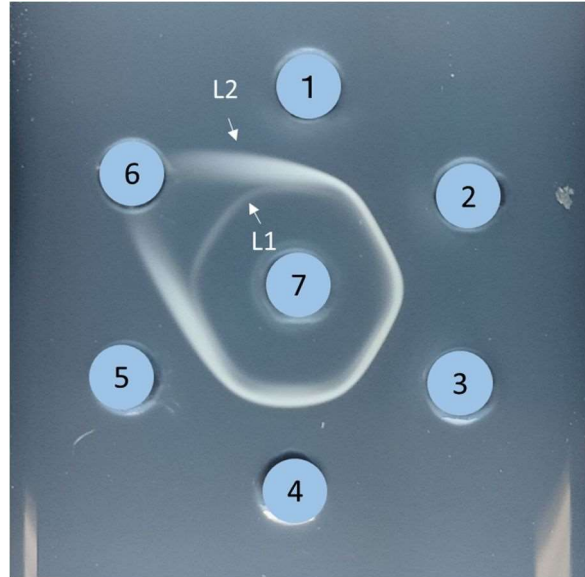


図 1 Ouchterlony 法による抗 121836 血清とブリ類由来株超音波処理抗原との反応

1 : 121836 (LgII, ブリ)、2 : IJF385 (LgII, ブリ)、3 : B1908011 (LgII, ブリ)、4 : B190172 株 (LgII, ブリ)、5 : 171092 株 (LgII, カンパチ)、6 : KG9408 株 (LgI, ブリ)、7 : 抗 121836 血清

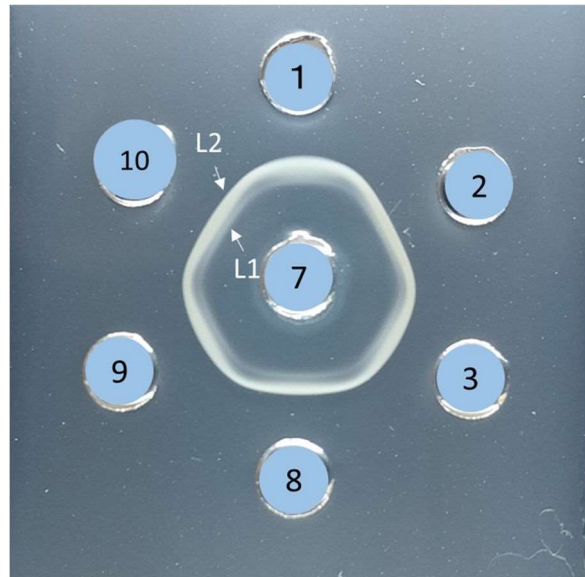


図 2 Ouchterlony 法による抗 121836 血清とその他魚類由来 LgII 株超音波処理抗原との反応.

8 : 192771 (LgII, シマアジ)、9 : 212602 (LgII, メジナ)、10 : 201111 (LgII, ウマヅラハギ)

## 魚類疾病に対するワクチン等の効果をも高める技術の開発－3

### ヒラメのリンホシスチス病の感染実験系

吉井啓亮・山田英俊・村瀬直哉・福田 穰・飯田貴次<sup>\*a</sup>・北村真一<sup>\*b</sup>

#### 事業の目的

ヒラメのリンホシスチス病は、リンホシスチスウイルスによる感染症である。本病を発症したヒラメは、死に至ることは少ないが、口唇部・鰭・体表などに醜悪な細胞塊が形成されて商品価値が低下し、養殖経営に経済的被害を与える。本病に対するワクチン開発が進まない一因として、従来の浸漬感染実験方法では、リンホシスチス細胞塊(LCC)を特定の部位に形成させることができず、ワクチン効果の評価が難しいという問題点があった。

そこで本研究では、感染実験で特定部位にLCCを形成させることを目的とした。

#### 事業の方法

##### 1. 供試魚

供試魚は、水産研究部で生産された平均体重 17.3g のヒラメを用いた。有眼側前方背側に、綿棒を用いて鱗が綿棒に付着する程度に擦過した擦過処理群と擦過処理を行わない無処理群の各 100 尾を供した。

##### 2. ウイルス攻撃

試験区として、擦過処理群は、擦過直後にリンホシスチスウイルス液(擦過浸漬区)またはイーグル最小必須培地添加海水(擦過非感染区)に浸漬した。無処理群はウイルス液添加海水に浸漬(浸漬区)またはウイルス液を腹腔内接種(注射区)した。各区 50 尾の 4 区を設定した。

ウイルス攻撃は、擦過浸漬区および浸漬区で  $1 \times 10^7$  PCR titer/mL で 2 時間浸漬し、注射区で  $5 \times 10^8$  PCR titer/fish で腹腔内攻撃とした。攻撃後、各区の水槽内は 2 分割し、発症率を観察する群(20 尾)とサンプリング群(30 尾)を同居させて水温 20℃で飼育した。

##### 3. 発症率観察および病理組織観察

発症率の観察は、攻撃開始から 14、28、42、56 日

後に各試験区の観察群の全数を麻酔処理して、擦過部、注射部、その他(口唇部・鰭・体表等)の部位における LCC 形成が確認された個体の割合(発症率)を部位別に把握した。

病理組織観察は、攻撃開始から 0、1、3、6、14、21 日後に、サンプリング群から 5 尾ずつ無作為に取り上げて、腹腔内注射部位付近、擦過した部位の表皮を Davidson 固定液で固定し、病理組織の観察を行った。

#### 事業の結果

感染実験の発症率は、図 1 に示したとおりである。擦過非感染区では、擦過部を含め、いずれの部位にも実験期間中の LCC 形成は確認されなかった。擦過浸漬区では、感染 28 日後にはすべての魚で擦過部に LCC が確認された。また、42 日後以降は擦過部以外の部位にも LCC が出現した。浸漬区では 28 日後に 15%の魚で口唇部・鰭・体表等の部位に LCC が出現し、以降の発症率は、42 日後は 65%、56 日後は 70% となった。注射区では、14 日後に 15%の魚で注射部位に LCC が出現し、28 日後にすべての魚に LCC が観察された後、LCC の脱落によって有症率は徐々に減少し、42 日後に 85%、56 日後に 65%となった。

病理組織観察では、肉眼観察で LCC が認められなかった 14 日後の擦過浸漬区の魚にもリンホシスチス細胞が観察された。なお、擦過浸漬区では体表真皮結合組織だけにリンホシスチス細胞の形成が認められたが、注射区では他区では観察されない筋肉層にリンホシスチス細胞形成が認められた(図 2)。

#### 今後の問題点

本研究により、擦過処理を行ってからウイルス液に浸漬することで、注射感染よりも自然感染に近い方法で、特定の部位に LCC を形成させることに成功

\*a 岡山理科大学 獣医学部 獣医学科

\*b 愛媛大学 沿岸環境科学研究センター



した。この方法を用いることで、ワクチン効果の評価や、発症機構の解明などが可能になると考えられる。今回の実験では、 $1 \times 10^7$  PCR titer/mL という高濃度のウイルス液を用いて攻撃を行ったが、自然感染

の条件に近づけるためには、より低濃度の攻撃を検討しなければならない。今後、リンホシスチス病ワクチンの開発にあたっては、感染実験における適切なウイルス濃度の検討を行っていく必要がある。

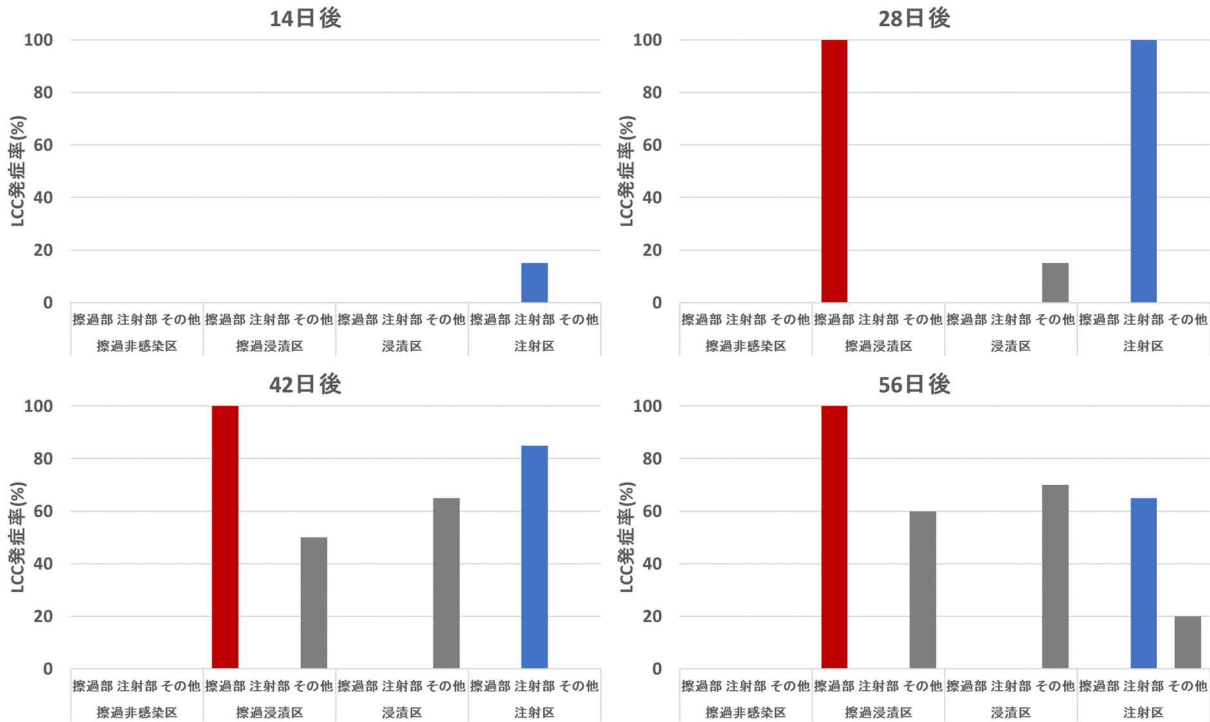


図1 LCC発症率の推移

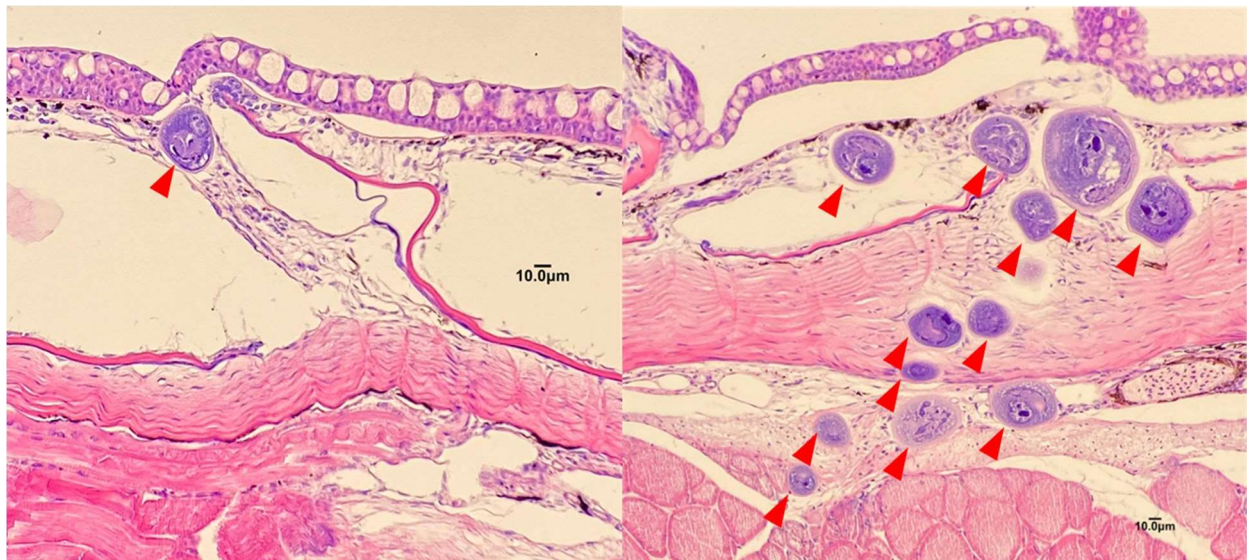


図2 感染14日後の擦過浸漬区(左)および注射区(右)の病理組織  
矢印はリンホシスチス細胞。

# アコヤガイ赤変病未発生海域の探索

令和 3 年度予備試験調査（県単）

山田英俊・白樫 真

## 事業の目的

近年、アコヤガイ（真珠貝）赤変病の PCR 検査手法が開発されたことから、本手法を用いて大分県下の天然・養殖アコヤガイの PCR 検査を実施し、アコヤガイ赤変病未発生海域を探索する。なお、アコヤガイ養殖が行われていない別府湾海域などにおいても自生する天然アコヤガイを探索して検査し、清浄な県産母貝の確保が可能か把握する。

## 事業の方法

### 1. 養殖アコヤガイの PCR 検査

2022 年 2～3 月に、アコヤガイ養殖業者 9 経営体の養殖アコヤガイ 50 検体（10 ロット分、5 個体/ロット）を採取して検査を実施した。検査は PCR 法<sup>1)</sup>で行った。個体毎に閉殻筋から注射器を用いて血リンパ液を採取し、検査に供した。なお、既報<sup>1)</sup>の 6 つプライマーセットのうち、2 つのプライマーセット（TtgA と PeptidaseM23）の両方で PCR 産物が確認された検体について、アコヤガイ赤変病病原体（スピロヘータ）陽性と判定した。

### 2. 養殖未実施海域での天然アコヤガイの探索

2021 年 7～11 月にかけて、アコヤガイ養殖未実施海域に天然アコヤガイが自生していないか、水産業普及指導員の協力を得て、県下各地の漁業関係者へ聞き取り調査を行った。

## 事業の結果

### 1. 養殖アコヤガイの PCR 検査

\*1 松山知正・米加田 徹・釜石 隆. アコヤガイの高水温期の大量死および軟体部萎縮症の原因ウイルス- 1. 令和 4 年度日本魚病学会春季大会講演要旨

\*2 松山知正・三輪 理・釜石 隆・板野公一・川上秀昌. アコヤガイの高水温期の大量死および軟体部萎縮症の原因ウイルス- 2. 令和 4 年度日本魚病学会春季大会講演要旨

PCR 検査に供したすべての検体について、アコヤガイ赤変病の病原体遺伝子は陰性であった（表 1）。

### 2. 養殖未実施海域での天然アコヤガイの探索

聞き取り調査の結果、アコヤガイ養殖未実施海域での天然貝の生息情報は得られなかった。

表 1 養殖アコヤガイの PCR 検査結果

対象海域	業者数	ロット数	検体数	陽性数
白杵	2	3	15	0
津久見	3	3	15	0
養殖場				
佐伯	1	1	5	0
鶴見	2	2	10	0
上入津	1	1	5	0
合計	9	10	50	0

## 今後の問題点

検査の結果、現行の養殖海域では赤変病が重度に蔓延している状態ではないことが推測され、種苗の導入や移動に関する養殖業者の防疫対策努力が効果を発揮しているものと考えられた。しかし、検査を実施した時期や検体数も限られているため、今後も必要に応じて検査を行い、赤変病の発生状況を把握する必要がある。また、2019 年から 3 年連続で発生しているアコヤガイの大量死の原因となる新種のウイルスが特定されたとの報告が 2022 年 3 月にあった。<sup>\*1, 2</sup> 今後、検査方法が公開され次第、本県における検査体制を確立し、感染状況の把握、病原体の侵入防止や拡散防止を図る必要がある。

## 文献

1) Matsuyama T, Matsuura Y, Inada M, Takano T, Nakayasu C, Sakai T, Terashima S, Yasuike M, Fujiwara A, Nakamura Y, Tsuchihashi Y, Odawara K, Iwanaga S, Masaoka T. An Epidemiological Study of Akoya Oyster Disease Using Polymerase Chain Reaction Targeting Spirochaetes Genes. *Fish Pathology*. 2018.6; 53(2): 63-70.



# 新たな養殖技術開発事業－1

## 高品質で低コストな養殖魚生産を目指して（LED ヒラメ養殖）

中島智優・原 朋之

### 事業の目的

既報により、緑色光（ピーク波長 522 nm）を照射することで、養殖ヒラメの成長が促進する効果を報告した。一方、生産現場では、高成長だけでなく生残率の向上も求められており、特定波長光照射が抗病性に及ぼす影響を検討する必要がある。そこで今年度は、緑色光を照射して飼育したヒラメに対して、グラム陽性細菌 *Streptococcus iniae* の攻撃試験及び末梢血貪食細胞の活性測定による抗病性への影響の確認を行った。

### 事業の方法

#### I. *S. iniae* 攻撃試験

攻撃試験は 500L 円形水槽での *S. iniae* の浸漬感染を実施した。攻撃に用いる菌の終濃度を 2 段階に設定し、濃度の高い方を高濃度水槽、低い方を低濃度水槽とした。供試魚はスタンレー電気会社の緑色 LED（ピーク波長 522nm；緑色区）あるいは白色 LED（ピーク波長 446 及び 548nm；対照区）を水面の光子束密度が  $9\text{--}10\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  となるように調整して、259 日間照射して飼育したヒラメ（平均体重 151.2g）を用いた。攻撃 5 日前に無眼側にイラストマーを導入して外見から試験区を判別できるようにした供試魚を、濾過海水 100 L 入りの高濃度水槽および低濃度水槽へ緑色区及び対照区から 15 尾ずつ、合計 30 尾/水槽となるよう混養させた。供試菌は事前に Todd Hewitt Broth (TH Broth) 培地で培養した *S. iniae* 212371 株を用いた。高濃度水槽には *S. iniae* 培養液を 100mL、低濃度水槽には Todd Hewitt Broth 培地で 10 倍希釈した *S. iniae* 培養液を 100mL 加

え、30 分間浸漬させた。浸漬終了後、濾過海水を加えて両水槽の水量を 400L までメスアップした。なお、*S. iniae* 培養液の菌数はミスラ法を用いて求めた。

攻撃試験は 14 日間（水温 22.4-24.3°C）とし、生残率を求めた。死亡魚の腎臓から 1.5%NaCl 加ブレインハートインヒュージョン (BHI) 寒天平板培地を用いて菌分離を行った。また、試験終了時の生残魚についても同様に分離し、生残魚の保菌率を求めた。生残率及び生残魚の保菌率について、カイ二乗検定 ( $p=0.05$ ) を用いて各濃度の緑色区と対照区との比較を行った。

#### II. 末梢血貪食細胞の殺菌能測定

供試魚には、当研究部で前述の緑色あるいは白色 LED を 373 及び 429 日間照射して飼育した平均体重 323.2g のヒラメ（緑色区及び白色区）を用いた。800U/mL のヘパリン溶液で前処理したシリンジを用いて、両試験区から 5 尾ずつ無麻酔で供試魚の尾部血管から血液 1mL を採取した。採血した血液は改良ポンドサイドキットマニュアル<sup>1)</sup>に従って NBT 還元能及びポテンシャルキリング (PK) 活性を測定した。なお、白血球層採取の遠心分離は 4°C で  $2,000\times g$ 、5 分間とし、吸光度 ( $OD_{540}$ ) の測定にはマイクロプレートリーダー (MULTISKAN GO、ThermoFisher) を用いた。NBT 還元能および PK 活性について、スチューデントの *t* 検定 ( $p=0.05$ ) を用いて試験区間の比較を行った。

### 事業の結果・考察

#### I. *S. iniae* 攻撃試験

浸漬攻撃時の細菌数は、高濃度水槽では

3.9×10<sup>5</sup>CFU/mL、低濃度水槽では3.9×10<sup>4</sup>CFU/mLであった。菌分離の結果、死亡魚の腎臓から *S. iniae* によって形成されたとされる白色で単一のコロニーが確認された。生残率の推移を図1、生残魚の保菌率を表1に示す。各試験区の生残率は高濃度水槽では緑色区が80.0% (12/15)、対照区が86.7% (13/15)、低濃度水槽では緑色区が53.3% (8/15)、対照区が73.3% (11/15)であった。生残率および生残魚の保菌率について、いずれの濃度においても有意な差は認められなかった。

II. 末梢血貪食細胞の殺菌能測定

NBT還元能の結果を図2、PK活性の結果を図3に示す。いずれにおいても試験区間での有意な差は認められなかった。以上の結果から、緑色LEDの照射は貪食細胞の活性に影響を及ぼさず、ヒラメの抗病性は維持される可能性が示唆された。

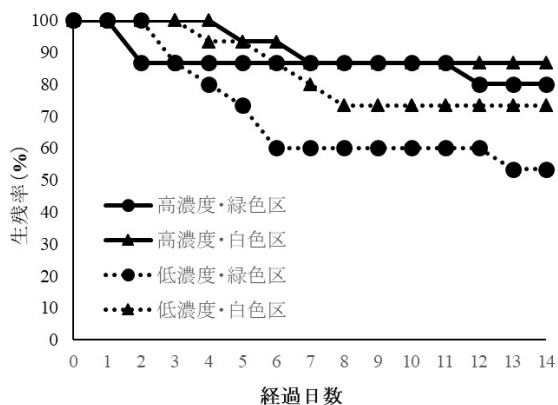


図1 *S. iniae* 攻撃試験における生残率

表1 *S. iniae* 攻撃試験における生残魚の保菌率

試験区	生残魚 (尾)	菌分離陽性生残魚 (尾)	保菌率 (%)
高濃度 緑色区	12	7	58.3
高濃度 対照区	13	6	46.2
低濃度 緑色区	8	5	62.5
低濃度 対照区	11	7	63.6

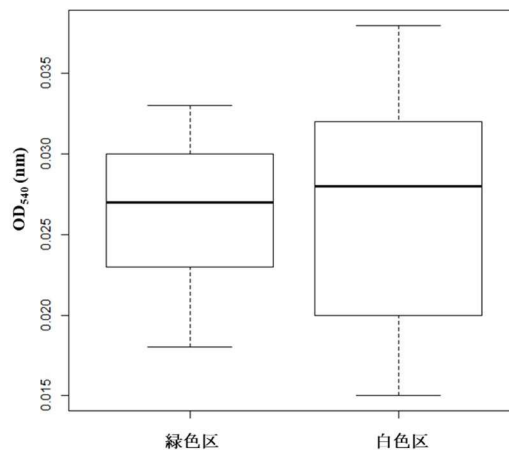


図2 NBT還元能

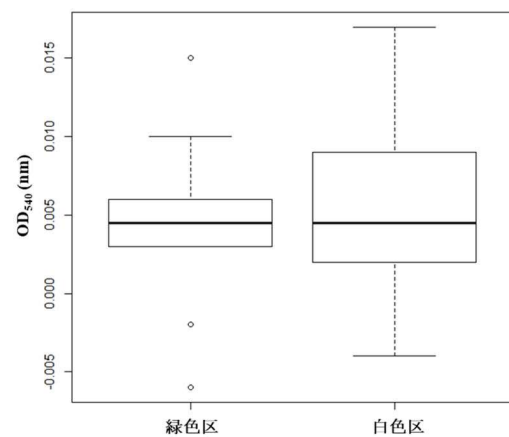


図3 PK活性

文献

- 1) 日本水産資源保護協会. 改良ポンドサイドキットマニュアル (平成9年度版).

## 新たな養殖技術開発事業－2

### 高品質で低コストな養殖魚生産を目指して（かぼす魚開発）

原 朋之・中島智優

#### 事業の目的

現在のかぼすブリの生産には、主にカボス果皮パウダー（カボスパウダー）をモイストペレット（MP）に混合させた餌を使用しており、生産現場からは、更なる効率的な、かぼすブリ生産技術の向上が望まれている。そこで、短期間でリモネンの蓄積が見込めるカボス生果皮ペースト（カボスパースト）を MP およびエクストルーデッドペレット（EP）に使用して給餌する方法について検討を行った。また、市場に集荷する前にかぼすブリのブランド力維持のため出荷指導を行った。

ブリ以外の魚種については、主要養殖魚種であるトラフグについて、カボス資材の添加給餌効果について検討を行った。

#### 事業の方法

##### 1. カボスパーストを使用した MP 給餌試験

臼杵湾、津久見湾の各養殖場において給餌試験を行った。臼杵湾では2021年9月4日から給餌を開始、給餌回数は週6回とし、給餌3回後、10回後にサンプリングを行った。津久見湾では2021年8月30日から給餌を開始し、給餌回数は週4回とし、給餌6回後、10回後にサンプリングを行った。サンプリング尾数は各5尾とし、生産現場からクーラーボックスにて水産研究部に持込み、尾叉長及び体重を測定後、一晩冷蔵（4℃）保存した後、三枚におろし、皮を削除した切り身をナイロン袋に封印し、4℃で冷蔵保管したものを褐変時間測定、リモネンの定量及び食味試験の各試験

に供した。なお、カボス添加効果を検討するため、カボスパーストが含まれていない通常の MP を給餌したブリについても対照区とし、同様に回収・処理を行い各試験に用いた。なお各試験方法は以下に示すとおりとした。

- 1) 褐変時間測定：左背部の筋肉中央から血合筋を採取し、分光測色計（CM-700d、コニカミノルタ株式会社）で赤色の程度を示す  $a^*$  及び黄色の程度を示す  $b^*$  を 1 日 1 回測定した。得られた数値を Hiraoka *et al.* (2004) に従って  $b^*/a^*$  値が 0.8 に達した推定時間を褐変到達時間とした。
- 2) リモネンの定量：血合部分を除去した頭部側の左腹部の筋肉を供試魚 5 尾から等量採材して 1 検体にプールし、リモネンの分析を実施した。なお、分析は民間検査機関に委託して実施した。
- 3) 食味試験：被験者 19 人に対して給餌 10 回後の臼杵及び津久見のカボスパースト区及び対照区を明記せずブリの切り身を喫食させ、カボスパースト区を判別できるかを調べた。

##### 2. カボスパーストを使用した EP 給餌試験

平均体重 5.65kg のブリを水産研究部の海面小割生簀 (5×5×5m) 3 面に 11 尾あるいは 12 尾を収容し、2022 年 1 月 5 日から給餌試験を開始した。試験区はカボスパーストを餌料重量の 3% あるいは 5% 展着させた EP を給餌する区（ペースト 3% 区及びペースト 5% 区）、ならびにカボスパーストを展着させていない EP を給餌する対照区の 3 つに分けた。EP へのカボスパーストの展着は、まず魚体重の 0.8% 量の EP（ハマチフレンド 12、日清丸紅飼料株式会社）と餌料重量 0.2% の展着材（アピファック W、コーキン化学）をポリ袋内で

混合した後、餌料重量の3%あるいは5%のカボスペーストを袋内に加えて混合した。給餌は1日1回、週5回の計20回を実施してカボス給餌を終了した。給餌0（給餌開始直前）、10及び20回後の供試魚を各試験区から無作為に3尾ずつ取り上げて尾叉長及び体重を測定し、肥満度を算出した。4°Cで一晩冷蔵保存した後に、1.の1)と同様に褐変時間を測定した。なお、給餌0回後の対照区からのみ2尾取り上げて測定に供試した。またカボス給餌終了後のカボスペースト効果を把握するため、2022年2月2日から全ての試験区にカボスペーストを展着させていないEPを1日1回、週5回給餌を行った。その後、前述と同様に血合筋を採取し、褐変到達時間を求めた。

### 3. かぼすブリ出荷の現地指導

供試魚は臼杵湾、津久見湾及び米水津湾沖合で養殖されたカボスパウダーを20-25回給餌したブリを各海域あたり5尾ずつ回収し、褐変時間を測定した。

### 4. 養殖トラフグへのカボスペースト給餌試験

佐伯市蒲江のトラフグ陸上養殖業者2社（A社、B社）で養殖中のトラフグ（A社 平均体重1.19kg、B社 平均体重1.00kg）を用いて、給餌試験を実施した。A社は2021年10月14日から12月2日までの給餌期間とし、魚体重1.8%のMPに対して5%のカボスペーストを混合したものを20回給餌した（MP5%区）。B社は、2021年10月3日から11月22日までの試験期間とし、魚体重1.5%のMPに対して7%のカボスペーストを混合したものを20回給餌した（MP7%区）。両試験区ともカボス給餌を20回で終了とし、給餌15及び20回後の供試魚をその翌日に3尾ずつ取り上げ、背部筋肉を3尾から等量ずつ混合してリモネン（香り成分）を定量した。

カボス給餌終了15日および30日後の翌日に供試魚を前述と同様の背部筋肉に加えて、精巣についても別途リモネンを定量した。

## 事業の結果・考察

### 1. カボスペーストを使用したMP給餌試験

試験結果を表1に示す。褐変時間測定では、臼杵では給餌3回後には褐変遅延効果が認められた。また、津久見では給餌6回後には褐変遅延効果が認められなかったが、給餌10回後には認められた。なお、臼杵の給餌10回後では、供試魚の冷却が不十分であったため欠測とした。

筋肉100gあたりのリモネン量は、臼杵では給餌3回後は0.20mg/100g、給餌10回後では0.94mg/100gであった。津久見では、給餌6回後では0.75mg/100g、給餌10回後では1.10mg/100gであった。

食味試験の結果、臼杵のカボスペースト区は被験者の57.9%（11人）が、津久見のカボスペースト区は73.7%（14人）が判別できた。

血合の褐変結果では、臼杵の給餌3回後及び津久見の給餌10回後において褐変遅延効果が認められたが、津久見の給餌6回後では認められなかった。また、リモネンにおいては、臼杵及び津久見の給餌10回後では、いずれもリモネンのさらなる蓄積が認められた。以上の結果から、餌量の4%を混合させたMPを用いてかぼすブリを生産する際は、10回以上の給餌が必要であると考えられる。

### 2. カボスペーストを使用したEP給餌試験

試験結果を表2に示す。褐変遅延効果は給餌20回後のペースト5%区のみで確認された。また、対照区を除くカボス給餌終了後に通常のEPを10回給餌した供試魚の血合筋では、褐変到達時間が早くなる傾向がみられた。

カボスペーストによるブリの血合筋の褐変遅延効果は、給餌20回後のペースト5%区でのみ確認された。一方で、カボス給餌を終了後に通常のEP給餌を10回行った供試魚では、血合筋の褐変到達時間が早くなる傾向が認められた。血合筋の褐変遅延効果を維持するために必要なカボスペーストを摂取あるいは貯蔵できていなかった可能性が考えられる。十分なカボスペーストを摂取できるように給餌率などを検討し再試行す

る必要があると考えられる。

### 3. かぼすブリ出荷の現地指導

2021年10月6日に臼杵湾の養殖業者1件及び米水津湾の養殖業者1件、10月7日に臼杵湾の養殖業者1件及び津久見湾の養殖業者1件、計4業者のべ20尾の検査を実施した結果、カボスパウダーを与えた効果によって、褐変遅延効果が確認された。

### 4. 養殖トラフグへのカボスパースト給餌試験

試験結果を図1に示す。カボス給餌15及び20回後における背部筋肉100g中のリモネン量は、MP5%区ではそれぞれ0.09mg、0.13mgであり、MP7%区ではいずれも0.07mgであった。カボス給餌終了15及び30日後においてはMP5%区ではそれぞれ0.07mg、0.04mgであり、MP7%区ではそれぞれ0.03mg、0.01mgであった。また、精巢100g中のリモネン量は、MP5%区ではそれぞれ0.14mg、0.09mgであり、MP7%区ではそれぞれ0.07mg、0.02mgであった。

供試魚の背部筋肉及び精巢中のリモネン量は、MP7%区よりもMP5%区の方が高く、混合するカボスパーストの割合に比例しなかった。MP5%区のリモネン量はカボス給餌終了15日後には0.07mg/100gまで減少するが、30日後まで0.04mg/100gで維持された。これは既報でミンチ状にしたカボス生果皮を用いた試験において、MP7%15回給餌時に0.08mg/100gであったリモネン量が25日後にも0.05mg/100g検出された例<sup>2)</sup>、またMP10%16回給餌時に0.20mg/100gであったリモネン量が30日後に0.04mg/100g検出された例<sup>3)</sup>と同様であり、トラフグの背部筋肉中に蓄積されたリモネンは、容易に排出されない傾向が再度確認された。また、背部筋肉と精巢と比較すると、精巢中のリモネン量が高くなる傾向が認められた。

表1 カボスパースト混合MP給餌試験結果

養殖地区	給餌回数 (回後)	推定地変到達時間(時間)		遅延効果 (時間)	カボスパースト区のリモネン量 (mg/100g)
		カボスパースト区	対照区		
臼杵	3	138.8	95.1	43.7	0.20
	10 <sup>2)</sup>	-	-	-	0.94
津久見	6	110.6	130.5	-19.9	0.75
	10	138.4	128.2	10.2	1.10

表2 カボスパースト展着EP給餌試験結果

給餌回数	試験区	平均体重 (kg)	平均 肥満度	褐変到達時間 (時間)	遅延時間 (時間)
10回	対照区	5.39	16.0	99.8	-
	ペースト3%区	5.74	16.4	90.8	-9.0
	ペースト5%区	5.69	16.9	90.1	-9.7
20回 (カボス給餌終了)	対照区	5.18	15.8	122.5	-
	ペースト3%区	5.95	17.3	82.6	-39.9
	ペースト5%区	5.69	16.7	130.6	8.1
カボス給餌終了後 通常EP10回	対照区	5.95	16.7	129.7	-
	ペースト3%区	6.06	16.7	74.3	-55.4
	ペースト5%区	5.30	15.9	74.7	-55.0

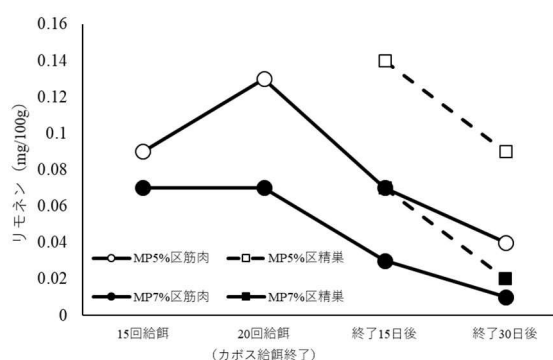


図1 トラフグのリモネン量の推移

### 文献

- 1) Hiraoka Y, Ohsaka E, Narita K, Yamabe K, Seki N. Preventive method of color determination of yellowtail dark muscle during frozen storage and post thawing. *Fish. Sci.* 2004; **70**: 1130-1136.
- 2) 木藪仁和, 都留久美子. カボスがつなぐブランド魚創出事業. 平成28年度大分水研事業報告書: 102-105.
- 3) 安原翔太, 都留久美子. 高品質かぼす養殖魚創出事業. 令和2年度大分水研事業報告書: 25-29.

## 新たな養殖技術開発事業－3

### ブリ類養殖業生産化促進事業（ブリ3年魚品質調査）

原 朋之・中島智優

#### 事業の目的

県南部では魚類養殖が盛んに行われており、身の変色による品質低下が大きな課題となっている。特にブリは春先に性成熟して身質が低下（褐変）すると言われており、ブリの褐変対策への要望が大きい。本事業では、県南部における異なる養殖海域での3年魚ブリの身質を経月的に分析して身質低下が発生する時期を明らかにし、海域ごとの3年魚ブリの適正な出荷期間を判断するための情報を収集した。

#### 事業の方法

供試魚は臼杵地区、佐伯市米水津地区及び佐伯市蒲江地区の養殖ブリを用いた。2021年1月から臼杵では8月まで、米水津では5月まで、蒲江は9月まで毎月1回3年魚のブリ5尾をサンプリングし、芯温が4°C前後になるまで冷却した後に尾又長及び体重を測定して肥満度を算出した。測定後、4°Cで一晩冷蔵し、生殖腺重量を測定して生殖腺指数(GSI)を算出した。また、左背部筋肉の血合部分を褐変時間測定に用いた。

褐変時間測定は、左背部の筋肉中央から血合筋を採取し、分光測色計(CM-700d、コニカミノルタ株式会社)で赤色の程度を示すa\*及び黄色の程度を示すb\*を1日1回測定した。得られた数値をHiraoka *et al.* (2004)に従ってb\*/a\*値が0.8に達した推定時間を褐変到達時間とした<sup>1)</sup>。なお、血合筋は分光測色計での測定時以外は4°Cで冷蔵保存した。

#### 事業の結果・考察

2021年の試験結果を表1、月別の褐変到達時間の推移を図1、生殖腺重量の推移を図2に示す。生殖腺重量が増加する初期の段階で褐変到達時間が早くなり、蒲江では生殖腺重量がピークに達した2ヶ月後の6月から褐変到達時間が遅くなり、臼杵ではピークに達した翌月の6月から褐変到達時間が遅くなった。

褐変到達時間と生殖腺重量のプロット図を図3に示す。生殖腺重量の増加に伴い急激に褐変到達時間が減少し、生殖腺重量が100g以上になると褐変到達時間が40時間以下となった。生殖腺の発達と褐変到達時間には負の相関関係があると考えられた。

表1 2021年の試験結果

月	養殖地区	平均					推定褐変到達時間(時間)
		尾又長(cm)	体重(kg)	肥満度	生殖腺重量(g)	GSI	
1月	臼杵	65.2	5.16	18.6	31.5	0.61	72.4
	米水津	65.0	4.73	17.3	21.4	0.44	93.5
	蒲江	60.9	4.32	19.1	7.5	0.18	75.3
2月	臼杵	66.8	6.18	20.7	35.0	0.57	59.1
	米水津	63.6	4.49	17.5	21.6	0.48	45.9
	蒲江	65.0	5.46	19.9	18.7	0.34	55.8
3月	臼杵	68.3	6.50	20.3	52.8	0.81	45.0
	米水津	65.2	5.25	19.0	133.2	2.55	22.6
	蒲江	63.0	5.19	20.6	155.5	3.01	37.8
4月	臼杵	67.6	6.26	20.3	211.6	3.38	20.4
	米水津	64.0	4.72	18.0	287.5	6.05	32.8
	蒲江	65.6	5.53	19.6	303.9	5.60	28.6
5月	臼杵	69.7	6.61	19.5	301.0	4.50	31.5
	米水津	61.5	3.79	16.1	67.4	1.81	68.4
	蒲江	64.9	4.97	18.1	77.4	1.62	45.0
6月	臼杵	65.7	4.40	15.5	26.9	0.63	90.1
	米水津	-	-	-	-	-	-
	蒲江	67.0	4.95	16.4	22.4	0.45	82.3
7月	臼杵	71.5	5.78	15.8	29.4	0.50	158.4
	米水津	-	-	-	-	-	-
	蒲江	69.3	5.12	15.4	15.7	0.31	242.3
8月	臼杵	71.7	5.85	15.8	29.5	0.50	177.8
	米水津	-	-	-	-	-	-
	蒲江	70.1	5.52	16.0	15.3	0.28	201.5
9月	臼杵	-	-	-	-	-	-
	米水津	-	-	-	-	-	-
	蒲江	70.5	5.48	15.6	25.3	0.43	233.6

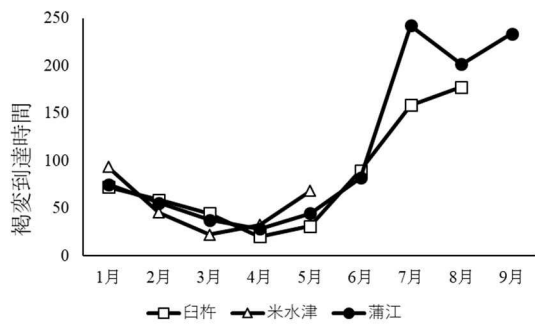


図1 2021年の月別褐変到達時間の推移

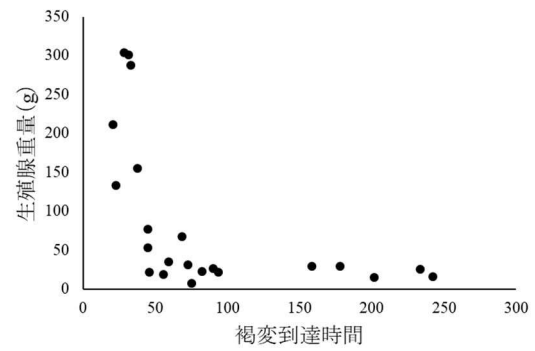


図3 褐変到達時間と生殖腺重量のプロット図

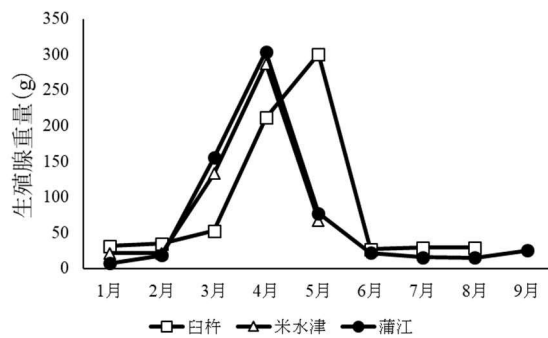


図2 2021年の月別生殖腺重量の推移

### 文献

- 1) Hiraoka Y, Ohsaka E, Narita K, Yamabe K, Seki N. Preventive method of color determination of yellowtail dark muscle during frozen storage and post thawing. *Fish. Sci.* 2004; **70**: 1130-1136.

## 水産加工品等高度利用化指導

原 朋之・中島 智優

### 事業の目的

近年、養殖ブリのフィレ出荷が増加傾向あり、それに伴って内蔵等の廃棄物も増加している。当部では、これまで未利用部位である胃袋の加工品製造について技術開発を行っているが、工程中最も課題となるのが、原料の前処理である粘液等のぬめり除去である。今年度は効率的なぬめり除去方法の開発および、それらを用いた商品化の可能性について検討した。また、水産加工を営む沿岸漁業者や漁協女性部などの加工技術の向上ならびに未利用・低利用資源、安価な魚介類などを用いた加工品の開発・改良の支援、流通改善を目的に、加工相談の対応などを実施した。

### 事業の内容及び方法

#### 1. 養殖ブリ内蔵の前処理（ぬめり除去）方法の開発

実験には大分県内で養殖されたブリの内蔵（胃袋、心臓、卵巣、皮）を用い、得られた材料を一旦、 $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存し、処理前に解凍後、非可食部の除去や血抜きを十分に行い、沸騰させた水に5～10分程度湯通しを行った。

#### 2. 養殖ブリ内蔵を用いた商品開発

冬期に1で処理した材料を、燻製液（※）に48時間漬け込んだのち、燻製機で桜のチップを用いて、48～72時間燻製を行った。

#### 3. 加工・流通相談

漁業者などに当研究部内の加工施設の情報等を提供し、技術指導を行った。3回延べ3人に対して、加工相談や情報提供、当施設活用した技術指導等を行った。また1団体の視察受入れを行った。

### 結果

#### 1. 養殖ブリ内蔵の前処理（ぬめり除去）方法の開発

燻製加工用の材料として品質に問題のない程度までぬめりを除去することができ、食感や味にも影響はなかった。

#### 2. 養殖ブリ内蔵を用いた商品開発

燻製にしたブリ内蔵の各材料は以下のとおり処理し、官能試験を行った結果、皮については食感や味に課題が残り今後の改良が必要であったが、その他の部位は概ね好評であった。

胃袋：さきイカ状にカット

心臓：現状のまま

卵巣：現状のまま

皮：現状のまま

#### 3. 加工・流通相談

未利用資源やエソ等の低価格水産物の有効利用、水産物や加工品の品質向上などについて、3件延べ3人の相談に対応した。



図1 燻製中の胃袋



①胃袋 ②卵巣 ③心臓 ④皮

図2 燻製後の内蔵

（※）燻製液組成 ・塩 282g ・酒 705cc ・水 137cc  
・しょうゆ加工品 1,800cc ・にんにく 7g ・しょうが 42g



## 安心・安全で環境に優しい養殖推進事業-2 環境調査

野田誠・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、持続的養殖生産確保法で養殖漁場の改善が定められている。本事業は、同法に基づく生産者の自主的な取り組みを行うための基礎資料を得ることを目的として、水質及び底質のモニタリング調査を行った。

### 事業の方法

#### 広域調査

2021年8月25日～9月1日に、養殖漁場環境調査定点39点(図1)のうち、佐伯および鶴見における計14定点において、水質及び底質のモニタリング調査を実施した。

調査項目は、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項目及び、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CTD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及び分析結果は表1、底質の分析結果は表2に示した通りである。

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、2021年度の底質調査の結果を評価すると、データの得られた14定点の内、6点がI、6点がII、2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.

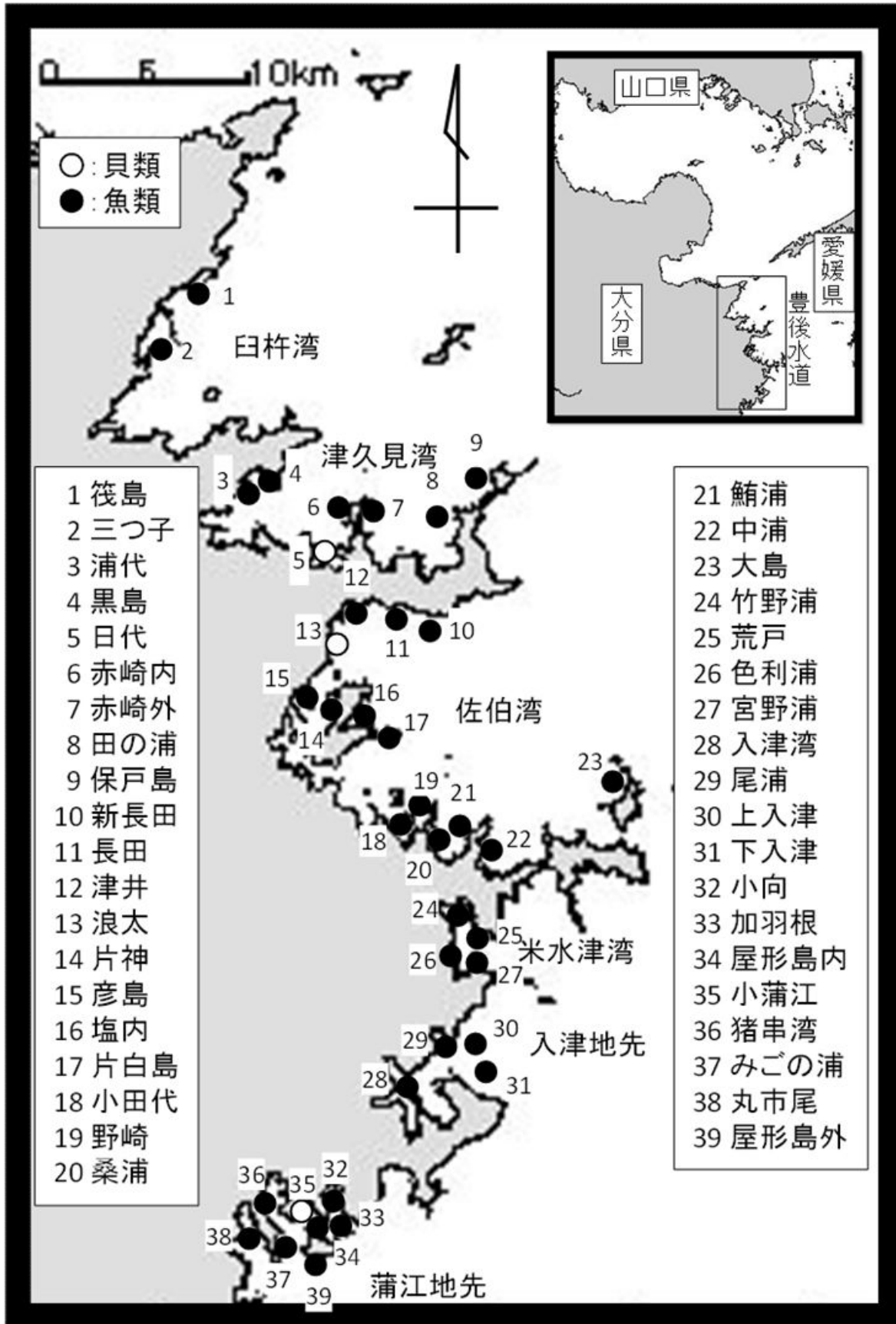


図1. 養殖漁場環境調査定点図

表1. 令和3年度 養殖漁場環境調査結果

調査点 項目	上 浦				佐 伯				鶴 見			鶴 見			
	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	鮪浦	中浦	大島	
調査月日	8/25	8/30	8/30	8/30	8/30	8/30	8/30	8/30	9/1	9/1	9/1	9/1	9/1	8/25	
水深(m)	50.7	40.3	10.1	26.4	25.0	20.6	24.8	28.2	22.5	21.6	18.0	37.7	33.3	62.4	
Tr (m)	7.0	7.5	8.5	7.0	6.5	8.0	9.0	6.5	9.5	12.0	12.0	9.0	9.5	7.0	
水温	0	25.2	25.1	25.2	26.5	27.4	26.6	25.7	25.2	26.9	26.6	26.4	26.3	26.1	23.4
	5	23.2	24.1	24.4	24.5	24.5	24.7	24.4	23.9	24.8	25.4	25.0	24.9	25.6	23.2
	10	23.0	23.9	-	24.2	23.8	23.9	23.8	23.7	24.9	24.6	24.8	24.7	24.7	23.1
	B-1	22.8	22.9	24.0	23.7	23.0	23.1	23.3	22.9	23.4	24.1	23.9	22.9	23.2	22.8
塩分	0	32.38	33.24	33.11	32.90	32.15	32.70	33.04	32.58	32.57	32.70	32.59	32.54	32.81	33.33
	5	33.37	33.28	33.32	33.28	33.19	33.29	33.26	33.28	33.16	33.10	33.04	33.02	32.86	33.38
	10	33.41	33.35	-	33.32	33.44	33.35	33.31	33.31	33.17	33.25	33.08	33.09	33.21	33.44
	B-1	33.53	33.47	33.32	33.10	33.42	33.39	33.39	33.48	33.34	33.33	33.32	33.47	33.42	33.56
DO	0	5.33	5.79	5.59	5.69	6.17	5.99	5.60	5.70	5.41	5.44	5.38	5.57	5.58	4.76
	5	4.40	5.55	5.87	5.91	6.02	6.15	5.61	5.62	5.46	5.81	5.34	5.19	5.38	4.70
	10	4.36	5.23	-	5.89	5.96	6.16	5.58	5.54	5.30	5.70	5.37	5.21	5.57	4.82
	B-1	4.25	4.11	5.77	4.75	3.43	3.86	5.10	4.07	5.18	5.48	5.61	4.37	4.85	4.51
DIN	0	0.83	2.28	2.52	1.04	0.92	0.94	1.23	1.14	4.73	1.11	1.59	1.02	1.14	4.19
	5	2.96	0.71	0.78	1.04	0.98	0.64	1.32	0.81	2.45	0.98	1.75	3.24	24.15	3.14
	10	3.57	0.73	-	1.20	0.77	0.65	0.84	0.75	2.73	0.78	1.88	2.20	1.21	2.78
	B-1	0.58	4.68	1.08	1.21	6.04	3.75	0.79	4.76	0.86	1.08	1.56	2.18	1.44	4.37
P04-P	0	0.00	0.01	0.19	0.05	0.02	0.02	0.09	0.03	0.25	0.08	0.11	0.04	0.08	0.22
	5	0.23	0.02	0.05	0.02	0.04	0.01	0.05	0.03	0.15	0.09	0.13	0.32	0.19	0.26
	10	0.23	0.04	-	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.16	0.06	0.15	0.15	0.08	0.25
	B-1	0.00	0.48	0.08	0.18	0.58	0.45	0.14	0.47	0.17	0.14	0.09	0.64	0.25	0.32

\*水温は0.5m層を示す。

単位：WT(°C)、S、DO(mL/L)、DIN・P04-P(μM)

\*DO(mL/L)÷0.7=DO(mg/L)

表2. 令和3年度 底質分析結果

調査 年月日	No.	調査 点名	湾・海域	漁業種類	R3年度					
					IL(%) 450℃	IL(%) 550℃	AVS (mg/g乾泥)	COD (mg/g乾泥)	合成指標 (S)	底質評価
R3.8.25	10	新長田	佐伯湾	魚類小割	5.16	8.84	0.13	17.18	0.28	II
R3.8.30	11	長田	佐伯湾	魚類小割	6.87	9.45	0.42	29.83	1.51	II
R3.8.30	12	津井	佐伯湾	魚類小割	2.47	4.00	0.00	7.78	-0.85	I
R3.8.30	13	浪太	佐伯湾	真珠	2.56	4.23	0.01	9.59	-0.75	I
R3.8.30	14	片神	佐伯湾	魚類小割	6.54	10.12	0.89	32.53	2.07	III
R3.8.30	15	彦島	佐伯湾	魚類小割	6.13	9.65	0.46	26.21	1.24	II
R3.8.30	16	塩内	佐伯湾	魚類小割	3.22	5.24	0.40	17.24	0.15	II
R3.8.30	17	片白島	佐伯湾	魚類小割	2.27	4.03	0.20	9.02	-0.62	I
R3.9.1	18	小田代	佐伯湾	魚類小割	8.68	12.65	1.01	52.75	3.52	III
R3.9.1	19	野崎	佐伯湾	魚類小割	2.99	5.26	0.00	10.60	-0.62	I
R3.9.1	20	桑浦	佐伯湾	魚類小割	3.78	6.37	0.26	18.48	0.17	II
R3.9.1	21	鮪浦	佐伯湾	魚類小割	3.81	5.92	0.34	23.69	0.48	II
R3.9.1	22	中浦	佐伯湾	魚類小割	2.73	5.11	0.09	13.76	-0.45	I
R3.8.25	23	大島	佐伯湾	魚類小割	2.78	4.51	0.01	8.65	-0.74	I
		平均			4.29	6.81	0.30	19.81	0.38	

単位:IL(%), AVS・COD(mg/g・dry)

\*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)

野田誠・宮村和良

### 事業の目的

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

### 事業の方法

#### 1. 浅海定線調査

毎月上旬に漁業調査船「豊洋」を使用して行った。水温と塩分は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社製)を用いて分析した。

##### 1) 調査月日

2021年 4月 6日～ 9日	10月 4日～ 7日
5月 10日～ 13日	11月 9日～ 12日
6月 1、2、7、8日	12月 6日～ 9日
7月 5日～ 8日	2022年 1月 5日～ 7日
8月 2日～ 5日	2月 1日～ 3日
9月 欠測	3月 欠測

##### 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。

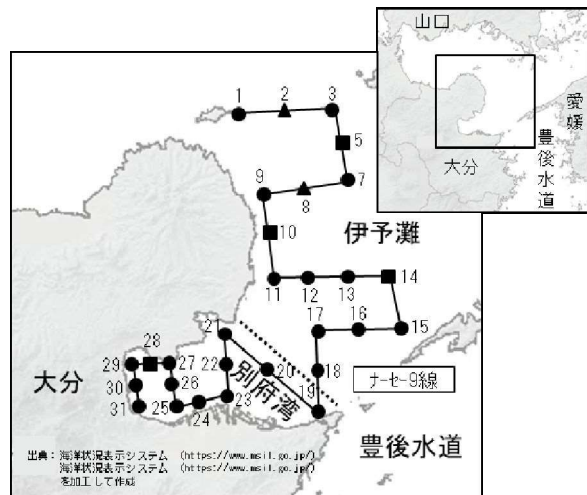


図1. 浅海定線調査定線図

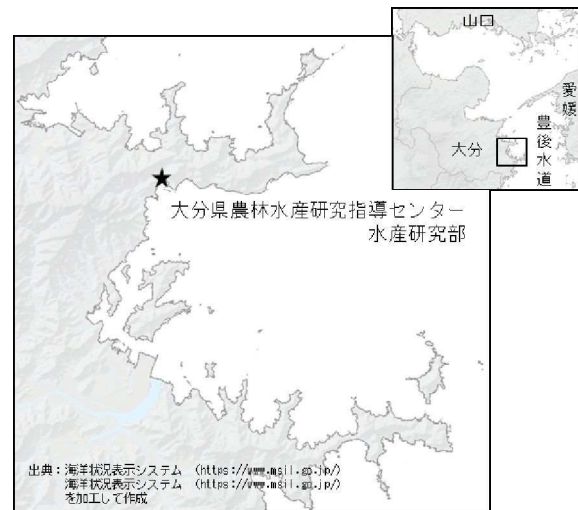


図2 水温定点観測調査点

#### 2. 水温の定点調査

##### 1) 調査体制

佐伯湾内に位置する水産研究部前（図2）の棧橋付近における表層海水（0m）を、午前8時30分に採水し、棒状水温計で水温を測定した。平年値は、1990～2010年の20年間の平均値を用いた。

事業の結果

1. 浅海定線調査等

1) 気象

大分市における2021年度の気象の推移(大分気象台)は図3に示したとおりである。

気温: 平年より2℃以上低かったのは、8月中旬、2月下旬、2℃以上高かったのは、10月上旬と3月中旬であった。

降水量: 令和3年の梅雨入りは5月15日であり、平年より20日早く、統計開始以来2番目に早かった一方で、例年降水量の多い6月、7月の降水量は平年の39%と空梅雨であった。また、8月は平年の300%を超える降水量であった

日照時間: 4月上旬~下旬、11月中旬~1月中旬、2月下旬~3月上旬は平年より高めで推移し、その他の月は概ね低めで推移した。

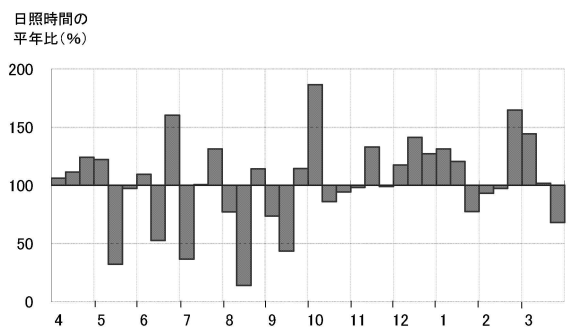
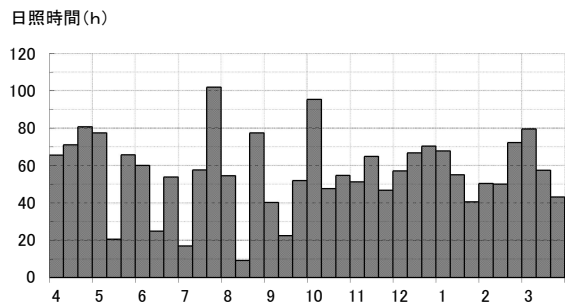
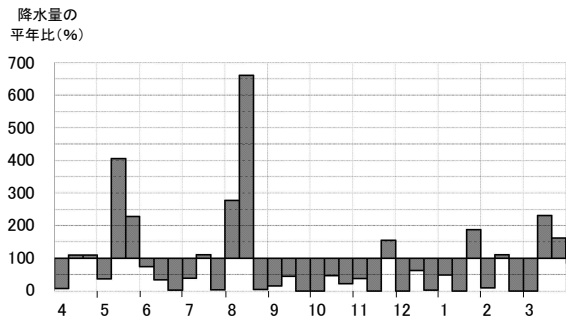
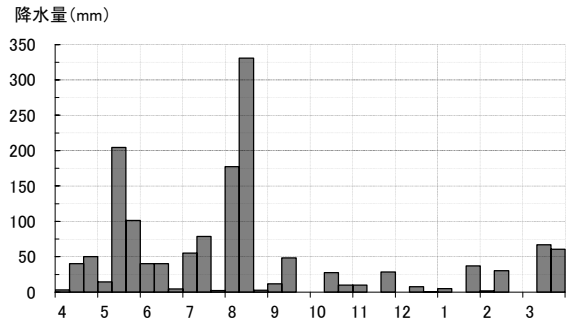
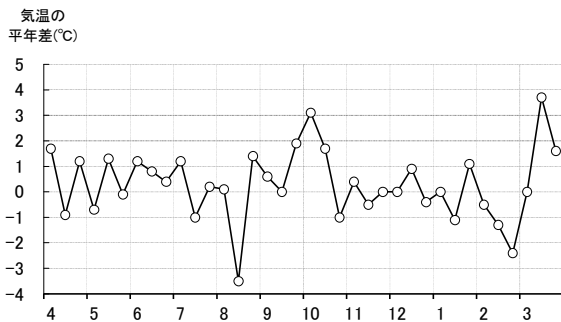
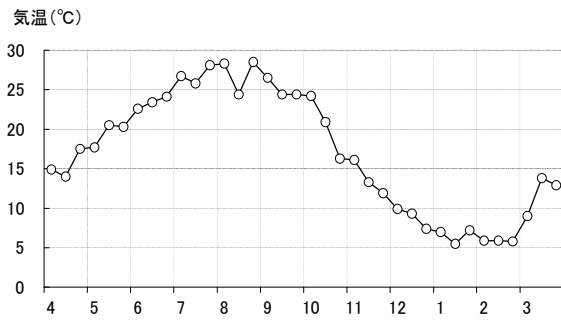


図3. 2021年度大分市における気象  
(気象庁気象統計情報)

2) 海象

水温

水温の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は12.09～26.94℃、底層は12.41～23.76℃で推移した。表層は、4月と10月が「かなり高め」であった他は「平常並み」～「やや高め」であった。底層は、4月が「甚だ高め」であった他は「平常並み」～「やや高め」であった。

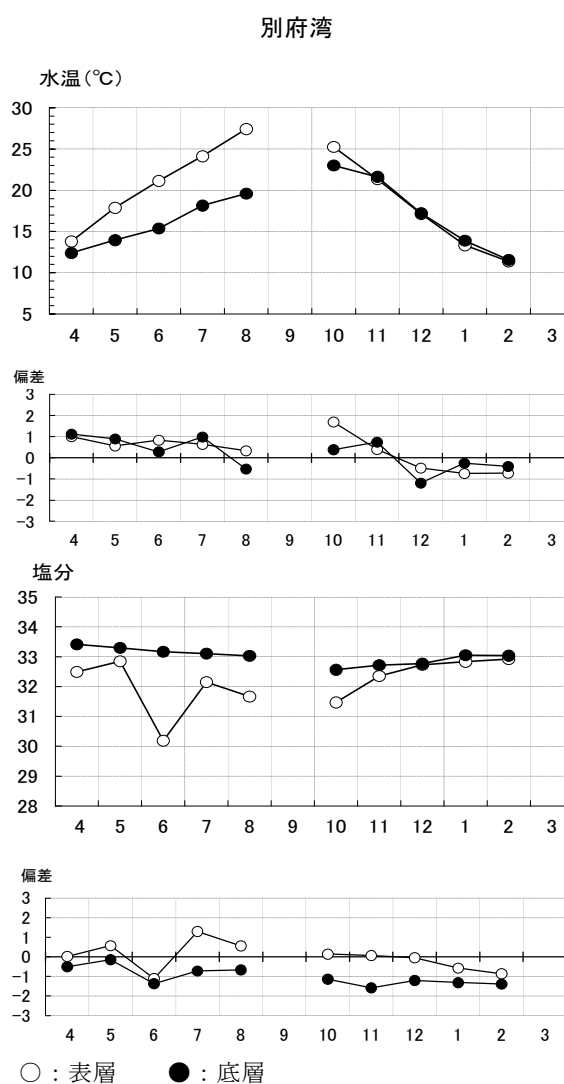
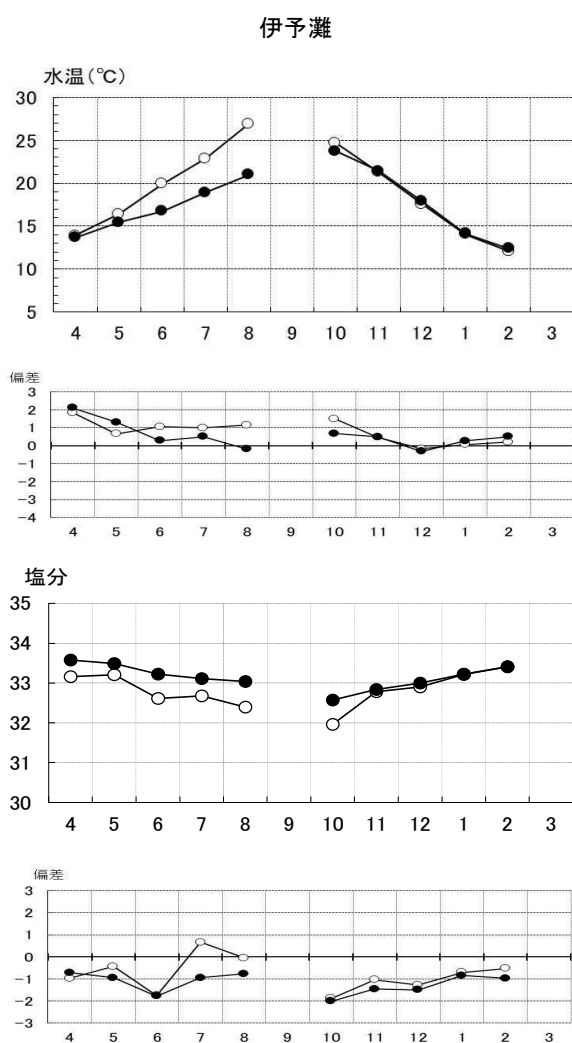
別府湾の表層は11.38～27.43℃、底層は11.55～23.01℃で推移した。表層は、10月が「かなり高め」であった他は「やや低め」～「やや高め」であった。底層は、12月が「やや低め」であった他は「平常並み」～「やや高め」であった。

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31.96～33.41、底層は32.57～33.58で推移した。表層は、6月と10月が「かなり低め」であった他は「やや低め」～「平常並み」であった。底層は、10月が「甚だ低め」、6月、11月、12月が「かなり低め」であった他は「やや低め」～「平常並み」であった。

別府湾の表層は、30.19～32.92、底層は32.56～33.41で推移した。表層は、7月が「やや高め」であった他は「やや低め」～「平常並み」であった。底層は、4月、5月が「平常並み」であった他は、「かなり低め」～「やや低め」であった。



○：表層 ●：底層

図4. 2021年度の水温および塩分の推移(左：伊予灘、右：別府湾)。

透明度

透明度の観測結果は図5に示したとおりである。

伊予灘は8.45～13.00mで推移した。5月は「甚だ高め」、7月は「かなり高め」であった他は「やや低め」～「やや高め」であった。

別府湾は、7.25～9.67mで推移した。7月は「甚だ高め」、5月は「かなり高め」であった他は「やや低め」～「やや高め」であった。

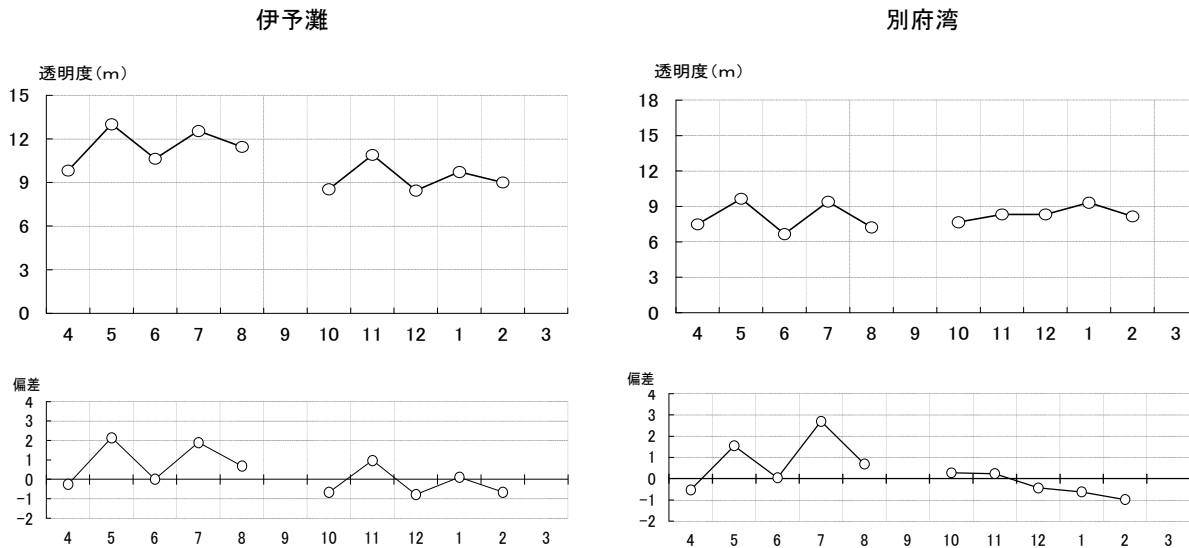


図5. 2021年度の透明度の推移（左：伊予灘、右：別府湾）。

\*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、表層は0.59~3.34  $\mu\text{M}$ 、底層は1.01~2.95  $\mu\text{M}$ で推移した。表層、底層ともに、2月の表層をのぞき、周年をとおして、「やや低め」~「平常並み」であった。

別府湾のDINは、表層は0.12~2.47  $\mu\text{M}$ で、底層は0.79~6.13  $\mu\text{M}$ で推移した。表層は、1月は「かなり低め」、4月、11月は「平常並み」であった他は「やや低め」であった。底層は、7月、10月は「かなり高め」、1月は「甚だ低め」であった他は、「やや低め」~「平常並み」であった。

伊予灘のPO4-Pは、表層は0.09~0.42  $\mu\text{M}$ 、底層は0.21~0.44  $\mu\text{M}$ で推移した。2月は「やや高め」であった他は「平常並み」であった。底層は、5月、2月は「やや高め」であった他は「平常並み」であった。

別府湾のPO4-Pは、表層は0.04~0.44  $\mu\text{M}$ 、底層は0.32~0.88  $\mu\text{M}$ で推移した。表層は、6月、8月、1月は「やや低め」であった他は「平常並み」であった。底層は、10月は「甚だ高め」、1月は「やや低め」であった他は「平常並み」~「やや高め」であった。

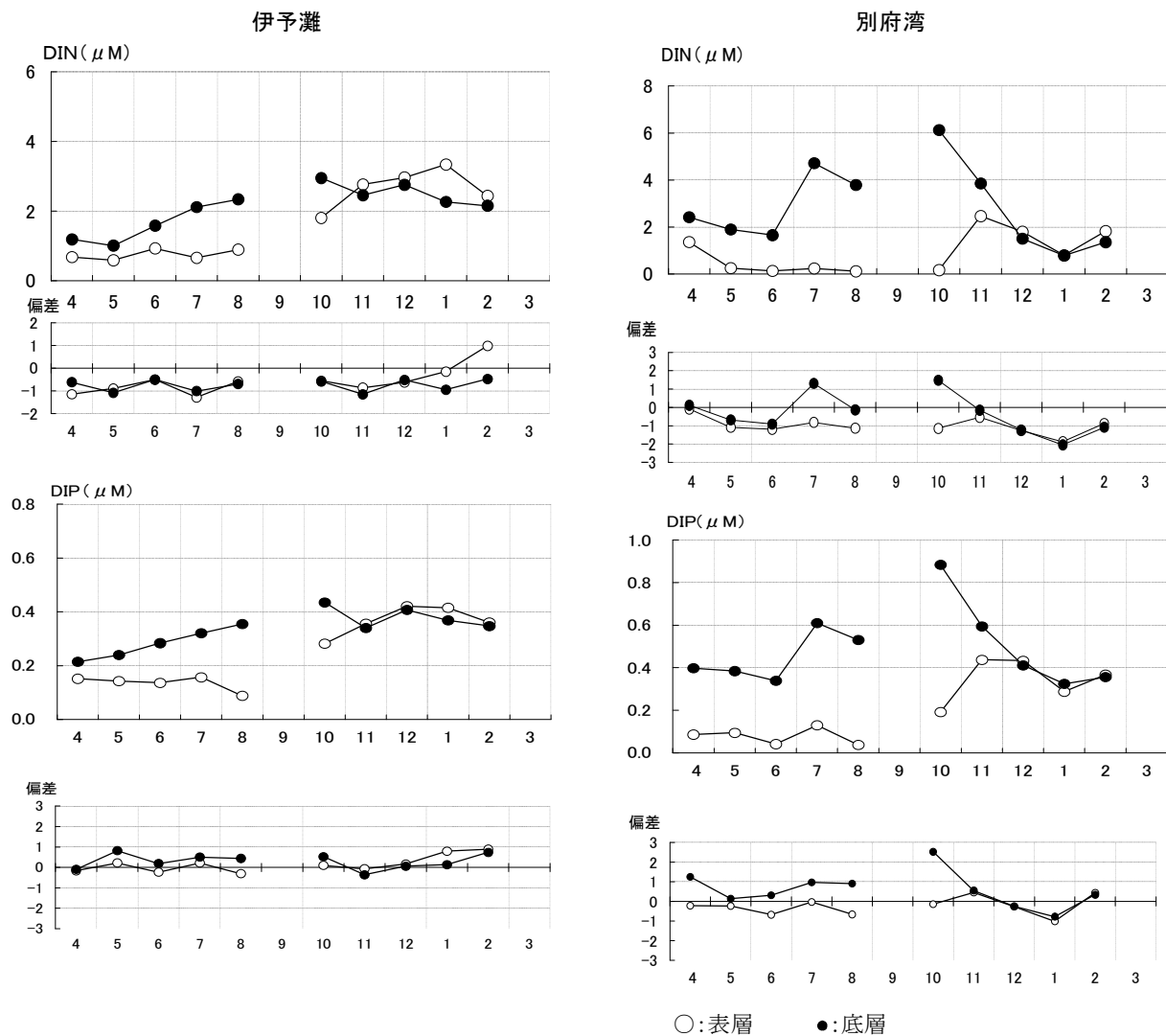


図6. 2021年度のDINおよびPO<sub>4</sub>-Pの推移 (左: 伊予灘、右: 別府湾)。

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5.11～6.34 ml/L、底層が4.47～6.28 ml/Lであった。表層は、12月は「甚だ高め」であった他は、「平常並み」～「やや高め」であった。底層は、12月は「甚だ高め」であった他は「平常並み」～「やや高め」であった。

CODは、表層が0.24ppm～0.61ppm、底層が0.22ppm～0.45ppmであった。表層は、11月は「かなり低め」であった他は「やや低め」～「平常並み」であった。底層は周年をとおして、「やや低め」～「平常並み」であった。

別府湾のDOは、表層が5.25～6.73ml/L、底層が4.01～6.34ml/Lであった。表層は、7月は「やや低め」であった他は「平常並み」であった。底層は、7月、10月、11月は「やや低め」であった他は「平常並み」であった。

CODは、表層が0.33ppm～0.73ppm、底層が0.27～0.54ppmで推移した。表層は、7月、11月は「かなり低め」であった他は「やや低め」～「平常並み」であった。底層は、10月～12月、2月は「やや低め」であった他は、「平常並み」であった。

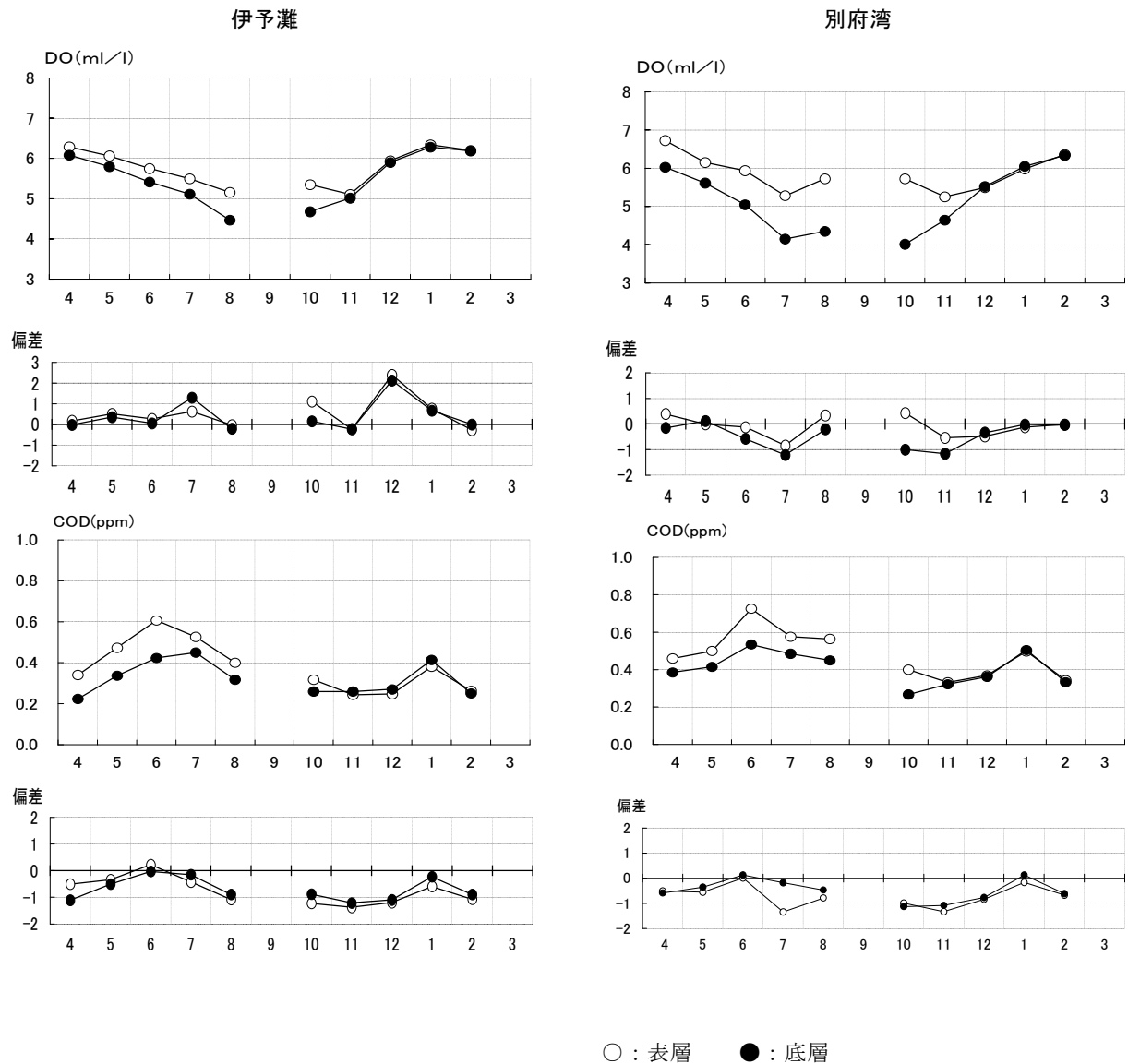


図7. 2021年度のDOおよびCODの推移（左：伊予灘、右：別府湾）。

## 2. 水温の定点調査

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

2021年度における旬別平均水温は、8月上旬の26.2℃が最高値で、2月下旬の13.3℃が最低値であり、10月～12月は高め傾向であった他は、概ね平年並みであった。

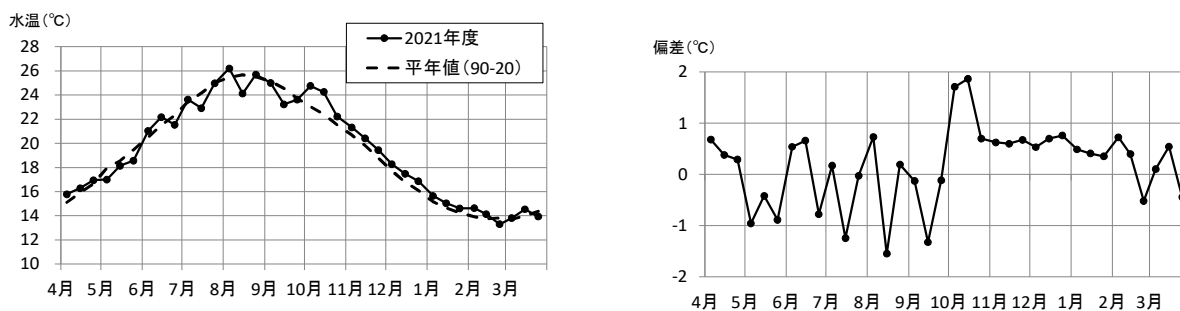


図8. 2021年度の佐伯湾定点における表層水温(旬平均値)の推移.

## 漁場環境保全事業－1

### 赤潮発生監視調査

野田誠・宮村和良・内海訓弘

#### 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 *Cochlodinium 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(2012年愛媛県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

##### 1. 漁場監視モニタリング調査

豊後水道に接する佐賀関以南に調査点40点(精密調査点5点を含む)を設定し(図1)、4～3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当日中に光学顕微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数に用いた。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－法)、栄養塩(DIN、PO4-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6～8月には、調査回数、調査点を増やした。なお、米水津湾については、漁協等が実施した調査で有害プランクトンが確認されなかったことから、水産研究部の調査は実施しなかった。

##### 2. 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、2021年5月～8月の期間に毎月1回、計4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。

##### 3. 指導事業

例年大きな被害を出しているカレニア赤潮シーズン前に、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例年、現場に赴き講師を務めていたが、今年度はコロナ禍の影響により、試料配布および普及員による説明により、赤潮に対する注意喚起等を行った。

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、赤潮情報(有害プランクトンが注意密度を超えた場合は緊急赤潮情報またはマグロ版緊急赤潮情報を発行し、周知徹底を図った。

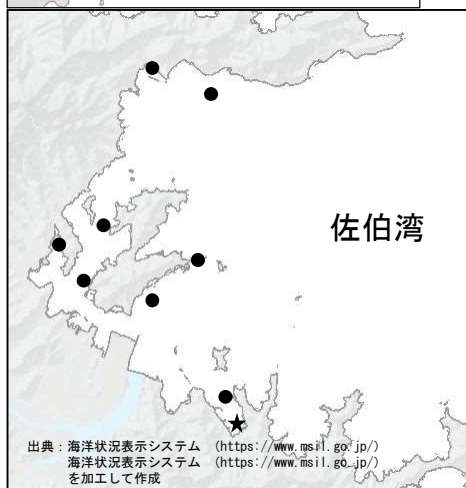
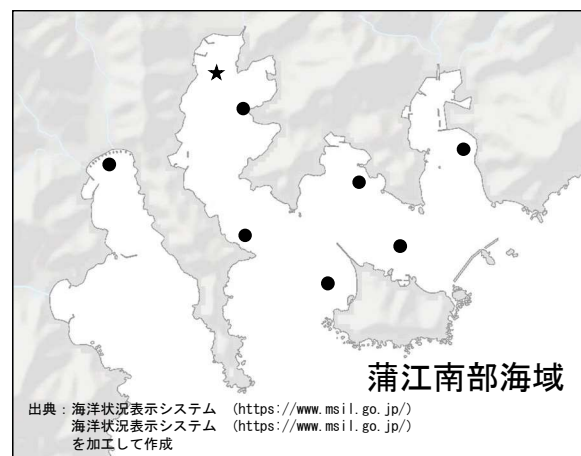
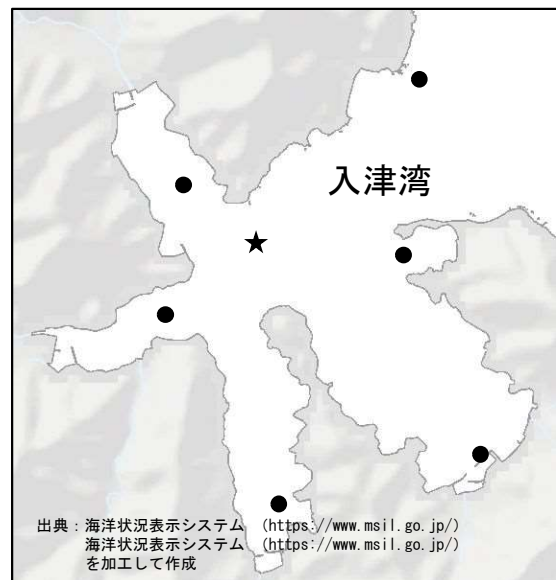
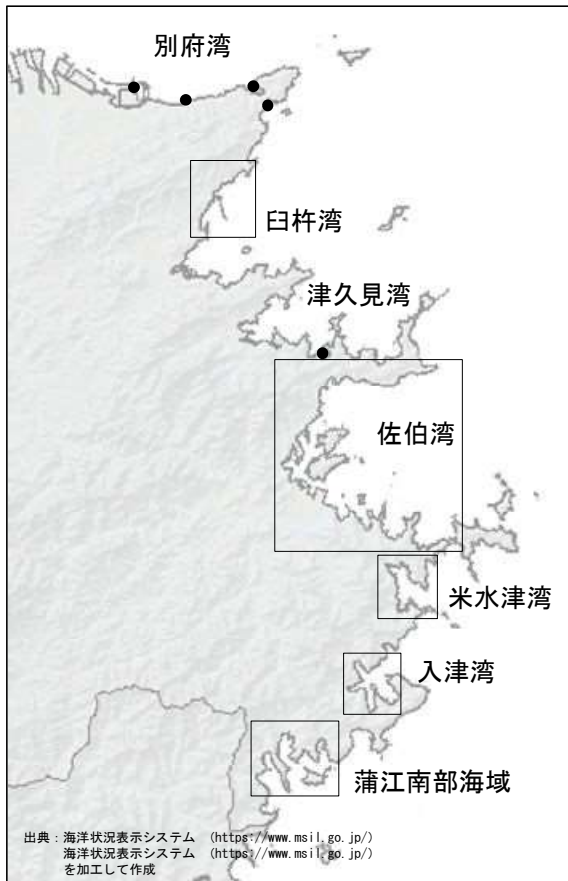


図1 漁場監視モニタリング定点  
(●：通常調査点、★：精密調査点)

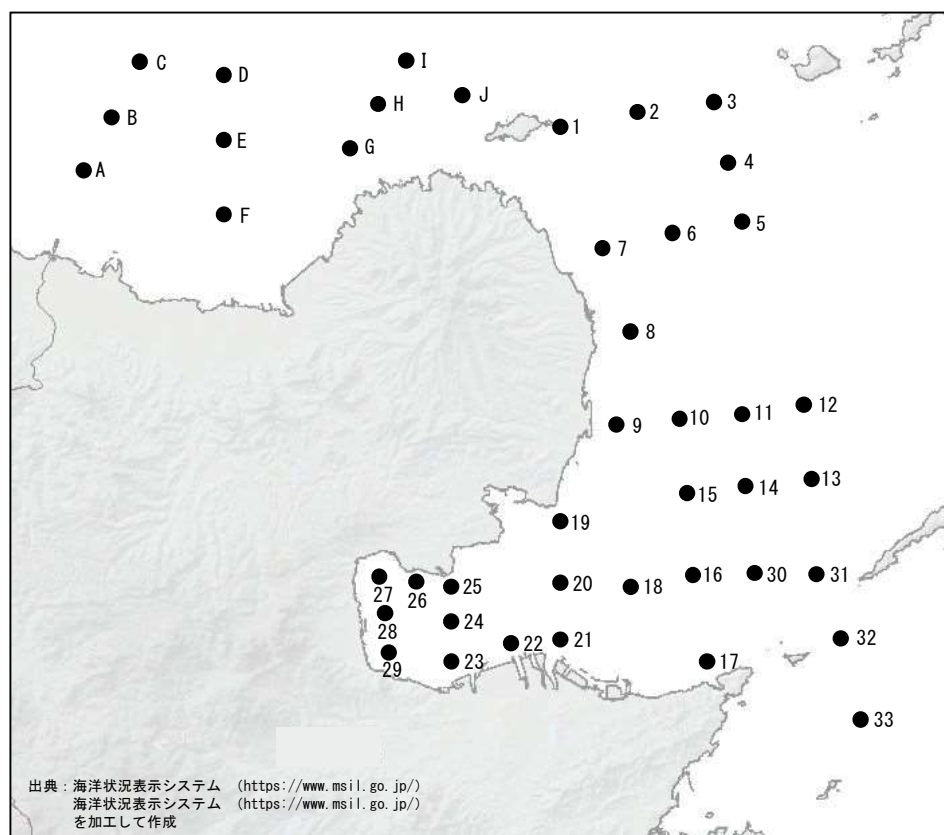


図2 広域赤潮監視調査定点

## 事業の結果

### 1. 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、梅雨前線、気圧の谷や湿った空気の影響で曇りや雨の日が多かったが、下旬は高気圧に覆われて晴れる日が多かった。気温は、国見、中津、豊後高田、日田で平年よりかなり高い他は、高いか平年並だった。降水量は、蒲江で平年並みの他は、平年より少ないか、かなり少なかった。日照時間は平年より多いか、平年並だった。7月は、上旬は梅雨前線や湿った空気の影響で曇りや雨の日が多かった。中旬以降は高気圧に覆われて晴れる日が多かったが、上空の寒気や日射などの影響で待機の状態が非常に不安定となる日があった。吸収北部地方(山口県を含む)は、13日ごろに梅雨明けしたと見られる。気温は、国見、日田で平年より高く、竹田、宇目で低い他は、平年並みだった。中津では、7月の月降水量の少ない方からの極値を更新した。8月は、曇りや雨の日が多く、上旬は台風9号の影響で大雨となり、中旬は前線や湿った空気の影響で大雨となった。気温は、平年より低いか、かなり低かった。降水量は、平年より多いか、かなり多かった(多雨)。日照時間は、平年より少ないか、かなり少なかった。県内の8地点で8月の月降水量の多い方から、

日田で8月の月最大24時間降水量の極値を更新した。9月は、上旬から中旬は曇りや雨の日が多く、上旬は北部を中心に、中旬は南部を中心に大雨となる日があった。気温は、中津で平年よりかなり高く、武蔵、蒲江で平年並の他は、平年より高かった。降水量は、湯布院、大分で平年よりかなり少なく、国見、中津、佐伯、蒲江で平年並の他は、平年より少なかった。日照時間は、日田で平年並の他は、平年より少なかった。

#### 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4・6・9月は平年より高い傾向であり、5・8月は平年より低いもしくはかなり低い傾向であった。降水量は5・8月は平年よりかなり多い傾向であり、6月はかなり少ない傾向であった。日照時間は4月は平年より多い傾向であり、5・8・9月は平年より少ない傾向であった。九州北部地方の2021年の梅雨入りは、平年よりも20日早い5月15日頃であったが、6月の降水量はかなり少なかったのが特徴であり、8月は、前線が九州付近に停滞し、前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだことや台風9号の影響で大雨となった日が多く、低温で降水量が多く、日照時間が少ない傾向であったと考えられた。

2) 海象(5m層)

6月～9月(臼杵湾及び入津湾は6月～8月)における各海域の代表点の5m層の水温、塩分、DIN、PO4-Pの推移は図6～9に示したとおりである。

水温は臼杵湾 18.8～23.6℃、佐伯湾 18.6～25.0℃、入津湾 21.1～25.8℃、蒲江南部海域 20.6～26.4℃で推移した。塩分は臼杵湾 33.16～33.64、佐伯湾 32.84～33.79、入津湾 33.16～33.81、蒲江南部海域33.08～33.77で推移した。

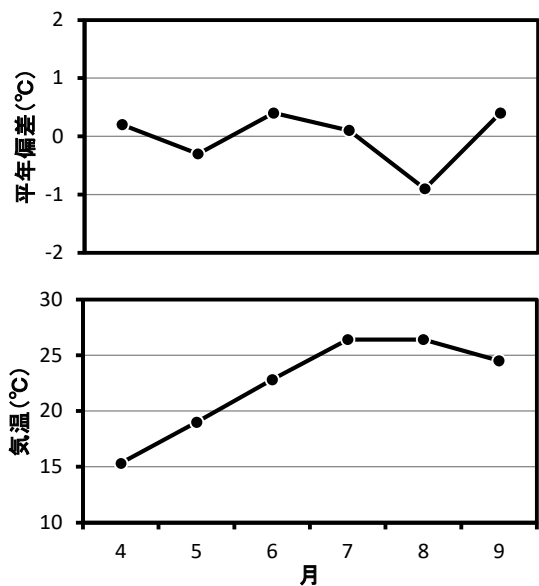


図3 月平均気温の推移と年平均偏差 (上段: 年平均偏差、下段: 月平均気温 アメダス 佐伯)

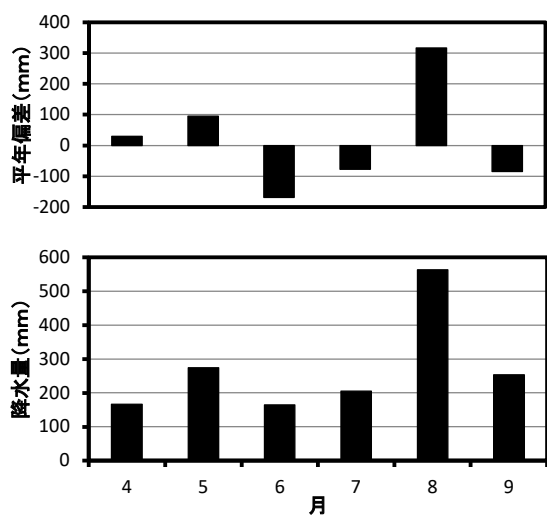


図4 月降水量の推移と年平均偏差 (上段: 年平均偏差、下段: 月降水量 アメダス 佐伯)

DINは臼杵湾 0.01～0.78 μM、佐伯湾 0.00～4.1 μM、入津湾 0.03～6.22 μM、蒲江南部海域 0.00～7.00 μMで推移した。PO4-Pは臼杵湾 0.04～0.14 μM、佐伯湾 0.02～0.9 μM、入津湾 0.03～0.56 μM、蒲江南部海域 0.01～0.70 μMで推移した。

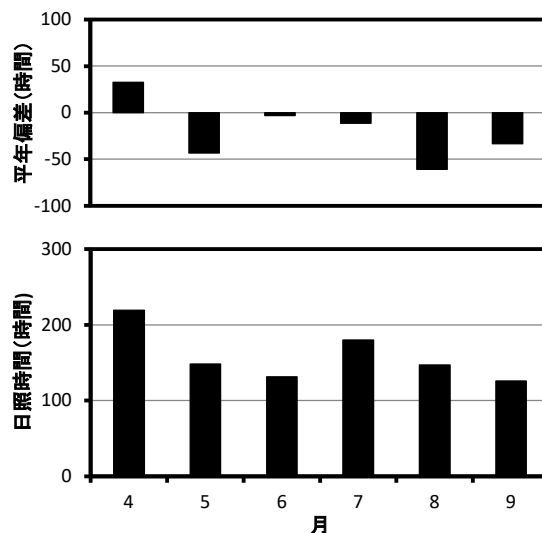


図5 月日照時間の推移と年平均偏差 (上段: 年平均偏差、下段: 月平均日照時間 アメダス 佐伯)

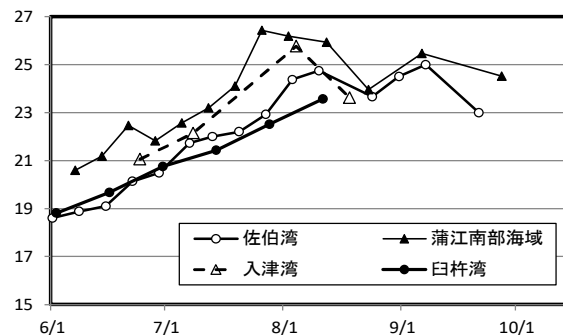


図6 豊後水道各湾の5m層水温の推移

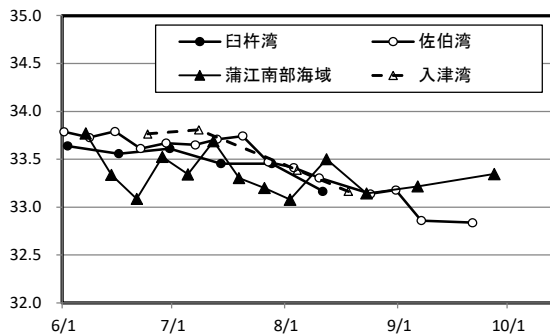


図7 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

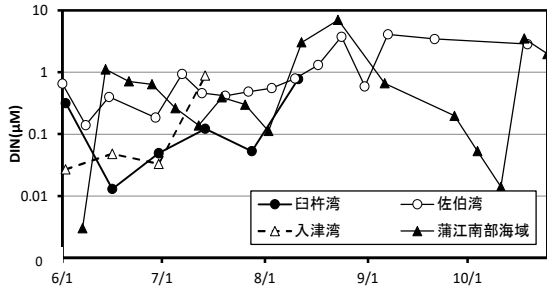


図8 豊後水道各湾の5m層DINの推移

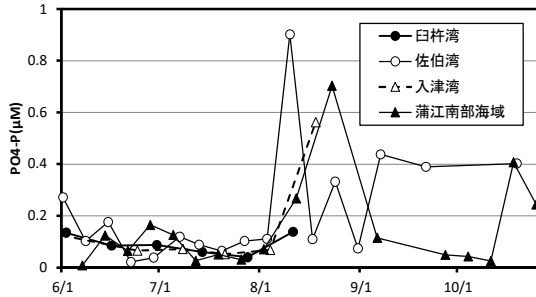


図9 豊後水道各湾の5m層PO4-Pの推移

3) 赤潮発生状況

表1は赤潮発生状況を示したものである。別府湾、豊後水道沿岸の赤潮発生件数は14件で、うち1件で漁業被害が発生した。赤潮構成プランクトンは *Cochlodinium polykrikoides* 2件、*Chattonella spp.* 4件、*H. akashiwo* 2件、*M. rubrum* 1件、*Ceratium sp.* 1件、*P. dentatum* 1件、*P. sigmoides* 1件、*Dictyocha spp.* 1件、*G. polygramma* 4件であった。

表1 2021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 域 詳細	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	5月31日	～	6月14日	(15日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	無	87
2	6月7日	～	9月30日	(116日間)	伊予灘	<i>Chattonella</i>	<i>spp.</i>	無	1,850
3	6月16日	～	8月11日	(57日間)	豊後水道 (臼杵湾)	<i>Chattonella</i>	<i>spp.</i>	無	30
4	6月28日	～	7月13日	(16日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	5,500
5	6月29日	～	8月3日	(36日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Chattonella</i>	<i>spp.</i>	無	13
6	7月2日	～	7月14日	(13日間)	豊後水道 (臼杵湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	10,000
7	7月8日	～	8月4日	(28日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Ceratium</i>	<i>spp.</i>	無	200
8	7月13日	～	7月26日	(14日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	41,000
9	7月14日	～	8月11日	(29日間)	豊後水道 (臼杵湾)	<i>Chattonella</i>	<i>spp.</i>	無	220
10	8月17日	～	8月31日	(15日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i>	無	15,000
11	8月18日	～	8月31日	(14日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Prorocentrum</i>	<i>sigmoides</i>	無	180
12	8月31日	～	9月27日	(28日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Dictyocha</i>	<i>spp.</i>	無	1,200
13	11月29日	～	継続中	継続中	豊後水道 (猪串湾)	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	有	1,400
14	3月11日	～	3月31日	(21日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	無	3,375



4) 特記事項

特記事項として、例年、*K. mikimotoi*が豊後水道沿岸の各湾中層で増殖し赤潮（地場発生型赤潮）を形成し、大きな漁業被害を発生させるが、今年度は地場発生型の赤潮は確認されなかった。

本種の赤潮は、越冬した遊泳細胞がシードポピュレーションとして機能し、その後の好適環境下で赤潮化することが知られている。既往研究によると大分県佐伯湾では、3月降水量が少ない気象条件下では、赤潮のシードポピュレーションとなる遊泳細胞が維持されやすい環境であると考えられている。

今年の佐伯湾では、遊泳細胞が顕微鏡で6月1日に初認されたものの、8月17日の15cells/mlが最高細胞密度となり、赤潮は形成されなかった（図10）。また、qPCRによる高感度調査で本種遺伝子は検出されていたため、シードそのものは存在していたと考えられるが、今年3月は、降水量が多かったこと、例年本種が増殖する梅雨時期の降水量が少なかったことなどの気象・海況状況に加え（図11）、競合種（*prorocentrum dentatum*）の存在によって本種の遊泳細胞が増殖しにくい環境であったため、増殖が抑制されたものと推測された。

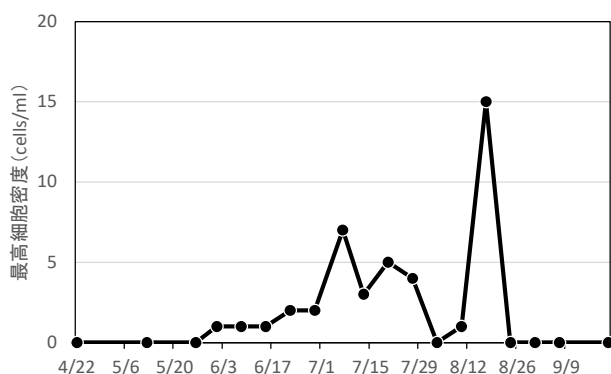


図10 佐伯湾における*K.mikimotoi*の細胞密度の推移

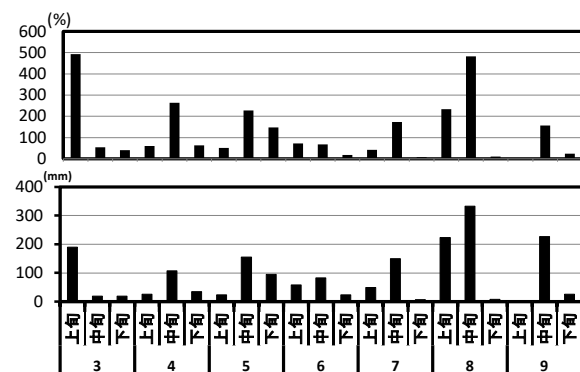


図11 アメダス（佐伯市佐伯）による降水量の年平均偏差と推移

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1 cells/ml（6月2日 下の江他）、*H. akashiwo*は40 cells/ml（7月14日 下の江（奥））、*Chattonella spp*は220 cells/ml（7月14日 古宮）、*C.polykrikoides*は12 cells/ml（8月11日 大在）であった。

佐伯湾：*K. mikimotoi*は15 cells/ml（8月17日 沖松浦漁港）、*H. akashiwo*は2,900 cells/ml（6月29日 沖松浦漁港）、*Chattonella spp*は13 cells/ml（6月29日 片神）、*C.polykrikoides*は18 cells/ml（8月10日 鶴見振興局裏）であった。

入津湾：*K. mikimotoi*は1 cells/ml（8月18日 楠本）、*H. akashiwo*は75 cells/ml（7月21日 湾中央）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（7月8日 尾浦他）、*C. polykrikoides*は確認されなかった。

蒲江南部海域：*K. mikimotoi*は1 cells/ml（6月21日 森崎他）、*H. akashiwo*は300 cells/ml（6月7日 森崎）、*C.polykrikoides*は1,000 cells/ml（2月28日 森崎）、*Chattonella spp*は3 cells/ml（8月12日 越田尾）であった。

2. 広域赤潮監視調査

2021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 cells/ml未満を示す。

5月（5月10～13日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

6月（6月1、2、7、8日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～60 cells/ml、*H. akashiwo*は検出限界未満～25 cells/ml確認されたが、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

7月（7月5～8日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～2 cells/ml確認されたが、*H. akashiwo*及び*K. mikimotoi*は検出されなかった。

8月（8月2～5日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～16 cells/ml、*K. mikimotoi*は検出限界未満～1 cells/ml確認されたが、*H. akashiwo*は検出されなかった。

3. 指導事業

1) 赤潮担当者会議

開催日：2021年6月14日

開催方法：関係者に資料送付

対象者：佐賀関以南の漁協各支店、市役所、振興局、県庁

**2) 講師派遣**

豊後水道北部海区漁協支店・沿海3市との連絡  
会議（大分県臼杵土木事務所）  
開催日：2021年7月20日  
出席者：漁業者、市役所、県振興局  
講師：野田 誠

**3) 赤潮情報・緊急赤潮情報の発行回数**

- ・赤潮情報：6回
- ・緊急赤潮情報：11回
- ・マグロ版緊急赤潮情報：3回

## 漁場環境保全事業－2

### 貝毒発生監視調査

野田誠・宮村和良

#### 事業の目的

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。

#### 事業の方法

佐伯市蒲江南部海域沿岸の蒲江湾、小蒲江湾、猪串湾及び名護屋湾内に計8点の調査点を設け(図1)、貝毒原因プランクトンの出現状況に応じて、2021年4月から2022年3月の期間中、毎月4～5回の頻度で調査を実施した。

調査内容は、小蒲江湾及び猪串湾では採水、環境測定及び二枚貝の採取を行い、蒲江湾及び名護屋湾では採水のみを行った。各調査点の採水層は表層及びChl-a極大層とし、貝毒原因プランクトンが例年高密度に発生する猪串湾の森崎では、表層、2m層、5m層、10m層及び底上1m層とした。環境測定は多項目水質計(AAQ-RINKO® JFEアドバンテック社製)を使用して0.5m層～海底まで0.1m毎に水温、塩分等の測定を行った。採取した二枚貝は、猪串湾では森崎の天然ムラサキガイ、小蒲江湾では小蒲江及び赤バエの養殖ヒオウギガイを採取した。貝毒原因プランクトンの増加が確認された際は、二枚貝の種類および採取点を増やして検査体制を強化した。採水した海水は、実験室に持ち帰った後、直ちに孔径10 $\mu$ mのプランクトンネットを用い、1Lから10mlへ100倍濃縮し、貝毒原因プランクトン検査用の試料とした。貝毒原因プランクトンは固定を行わずに光学顕微鏡を用いて種の同定、計数等を行った。採取した二枚貝は公定法に準拠した手法により貝毒成分を抽出し、ELISA法または公定法により毒力を測定した。ELISA法による毒力(MU/g)については、各種原因プランクトンに応じた変換計数により測定を行っており、*Alexandrium pacificum* (旧 *A. catenella*) が1,000 cells/L以上検出された期間は0.9、その他は0.3を用いている。

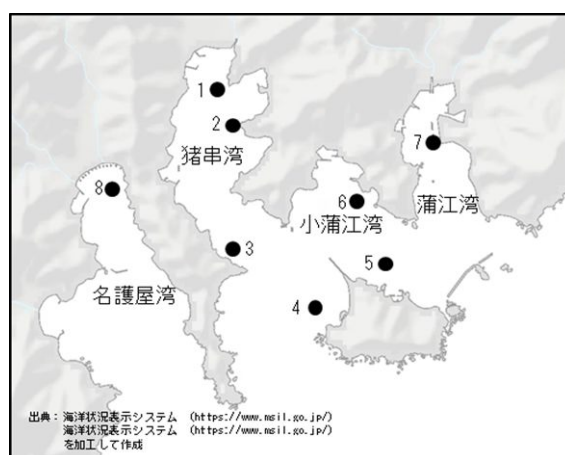


図1. 調査点

- (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

##### 1. 貝毒原因プランクトン出現状況

##### 1) 猪串湾、小蒲江湾

##### A. *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0～28,560cells/L、猪串は0～10,000cells/L、鶉の糞は0～180cells/L、赤バエは0～220cells/L、屋形島は0～120cells/L、小蒲江は0～530cells/Lで推移した。猪串湾では、4月中旬～7月中旬、3月中旬～下旬、小蒲江湾では、3月上旬～中旬に警戒密度(100cells/l)を超える細胞が確認された。森崎における本種の出現時期を平年(2011～2020年度)と旬別に比較すると、5月に平年を上回った以外は平年より少なく推移した(図3)。

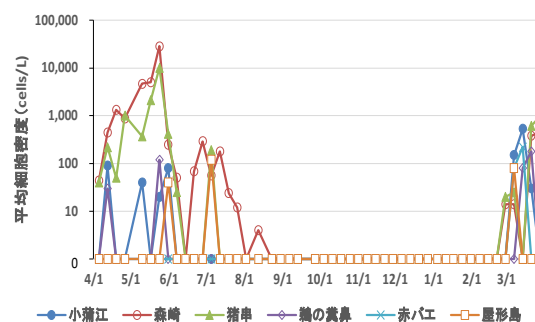


図2. 猪串湾、小蒲江湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

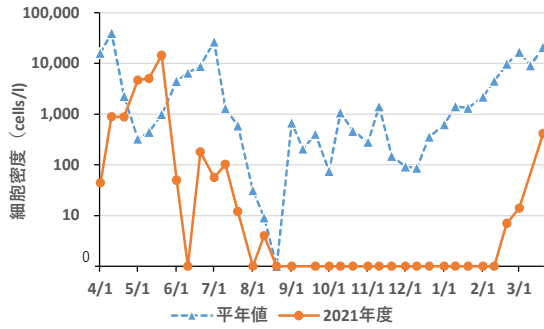


図3. 森崎における平年値及び2021年度の *G. catenatum*細胞密度（5層平均）推移

B. *Alexandrium pacificum* (旧 *A. catenella*)

各調査点の*A. pacificum*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0～2,304cells/L、猪串は0～40cells/L、鵜の糞は0～50cells/L、小蒲江は0～10cells/Lで推移し、屋形島及び赤バエでは確認されなかった。猪串湾では、12月中旬～下旬に警戒密度(1,000cells/L)を超える細胞が確認された。

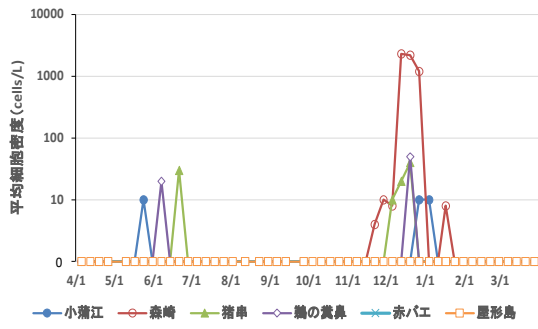


図4. 猪串湾、小蒲江湾における*A. pacificum*細胞密度の推移

C. *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0～1,200cells/L、猪串は0～75cells/L、鵜の糞は0～1,000cells/L、赤バエは0～30cells/L、屋形島は0～50cells/L、小蒲江は0～35cells/Lで推移した。

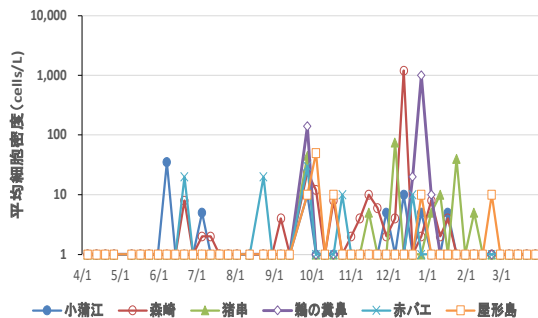


図5. 猪串湾、小蒲江湾における*Dinophysis spp.*細胞密度の推移

2) 蒲江湾、名護屋湾

A. *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。蒲江湾は0～770cells/L、名護屋湾は0～1,570cells/Lで推移した。蒲江湾では、5月中旬～6月下旬、名護屋湾では、4月下旬、6月上旬、2月中旬～3月下旬に警戒密度(100cells/L)を超える細胞が確認された。

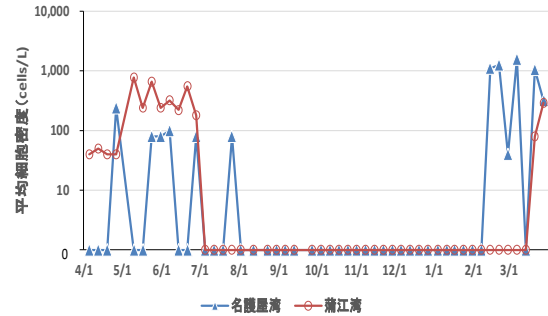


図6. 蒲江湾、名護屋湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

B. *Alexandrium pacificum* (旧 *A. catenella*)

*A. pacificum*の鉛直平均細胞密度の推移は図7に示した通りである。蒲江湾は0～80cells/L、名護屋湾は0～4,000cells/Lで推移した。名護屋湾では、7月上旬、11月下旬に警戒密度(1,000cells/L)を超える細胞が確認された。

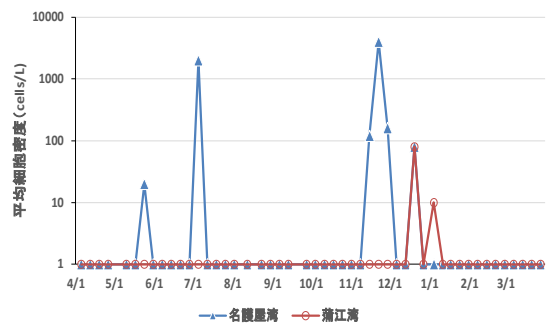


図7. 蒲江湾、名護屋湾における*A. pacificum*細胞密度の推移

C. *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。蒲江湾は0~1,000cells/L、名護屋湾は0~160cells/Lで推移した。

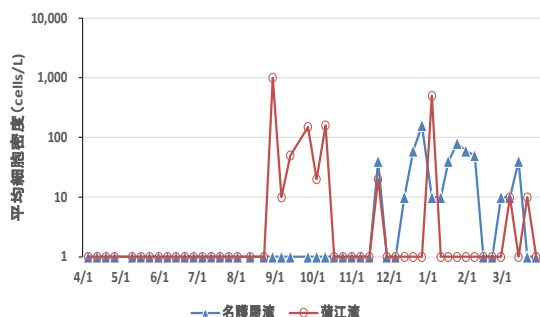


図8. 蒲江湾、名護屋湾における*Dinophysis* spp細胞密度の推移

2. 環境

1) 水温

森崎における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。平年値比較には2m、5m、10m、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4月~2021年3月の期間の値を使用した。

2021年度における各層水温は、0.5m層が15.2℃~28.0℃、2m層が15.2℃~27.2℃、5m層が15.2℃~26.4℃、10m層が15.2℃~26.3℃、底上1m層が15.1℃~25.7℃で推移した。最高水温については、0.5m層、2m層、10m層及び底上1m層は8月上旬、5m層は7月下旬に認められた。一方、最低水温については、全ての層で2月下旬に観測された。成層は5月上旬から8月下旬まで認められた。月平均水温について、5月下旬~6月中旬及び2月上旬~3月下旬は概ね平年より低めで推移し、6月下旬~10月中旬は概ね平年より高めで推移した。

2) 塩分

森崎における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。平年値比較には2m、5m、10m、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4月~2021年3月の期間の値を使用した。各層塩分は、0.5m層が28.08~34.61、2m層が32.64~34.62、5m層が33.08~34.62、10m層が33.16~34.64、底上1m層が33.40~34.65で推移した。最高塩分については、0m層、2m層、5m層及び底上1m層は3月上旬、10m層は3月中旬に観測された。一方、最低塩分については、0m層は8月中旬、2m層は8月下旬、5m層は8月上旬、10m層は7月下旬、底上1m層は10月上旬に観測された。

月平均塩分について、7月中旬、9月下旬、12月上旬、2月上旬、3月上旬~中旬は平年より高めで推移した以外は、平年より低めで推移した。

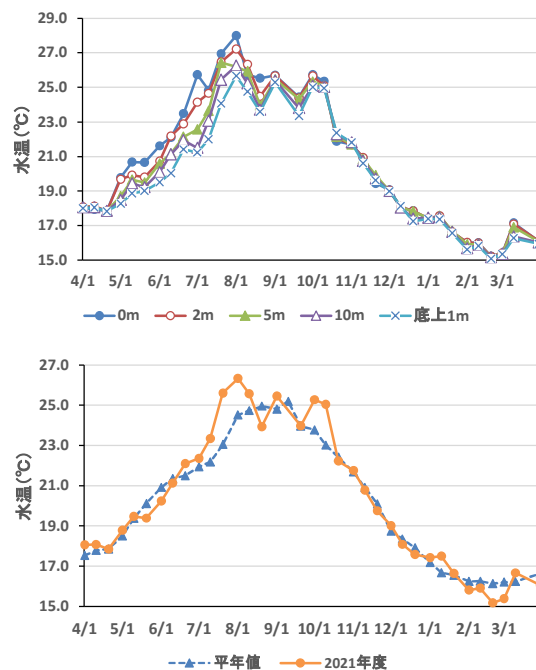


図9. 2021年度における森崎各層水温の推移（上段）と平年値との比較（下段）

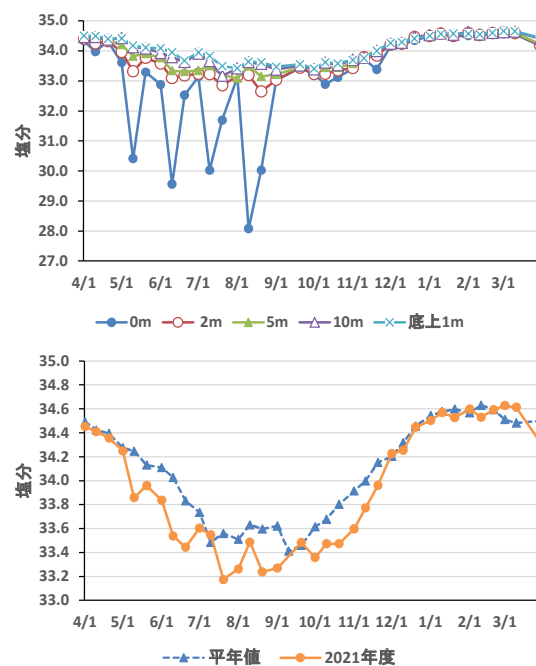


図10. 2021年度における森崎各層塩分の推移（上段）と平年値との比較（下段）

3. 二枚貝毒化状況

1) 猪串湾

森崎における天然ムラサキイガイのELISA法による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)~7.9MU/gで推移した。2021年春から*G.catenatum*の増殖が確認されたことに伴い毒力が増加し、2021年5月中旬には最高7.9MU/gまで

上昇した。その後細胞密度の低下に伴い毒力も低下した。11月下旬から*A.pacificum*の増殖が確認され、12月中旬に増殖ピークに達した際には3.5MU/gの毒力が検出された。以降、細胞数の低下に伴い、毒力は低下したが、2月下旬から*G.catenatum*の増殖が確認され、3月下旬には、3.1MU/gの毒力が検出された。

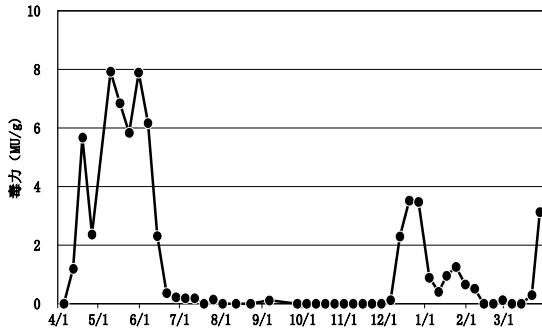


図11. 森崎における天然ムラサキガイ毒力の推移

2) 小蒲江湾

小蒲江及び赤バエにおける養殖ヒオウギガイのELISA法による麻痺性貝毒毒力の推移は図12に示した通りである。毒力はN.D(0.1MU/g未満)~5.4MU/gで推移

した。小蒲江における養殖ヒオウギガイは前年度に毒化した毒力が維持されたまま、4月上旬以降の*G.catenatum*の増殖に伴い、毒力が上昇し、5月下旬に最高5.4MU/gまで毒力が増加した。赤バエでは、貝毒原因プランクトンの細胞密度及び毒力共に小蒲江よりも概ね低く推移した。3月上旬から、小蒲江、赤バエ共に名護屋湾から流入したと考えられる*G.catenatum*の増殖に伴い、毒力の増加が確認された。

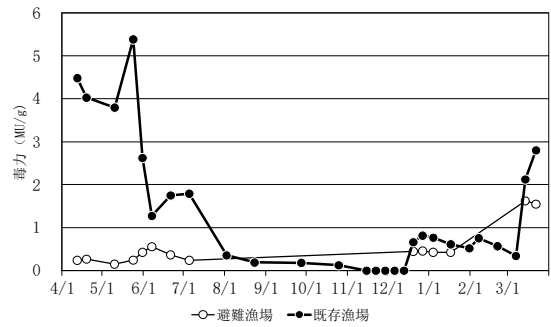


図12. 小蒲江及び赤バエにおける養殖ヒオウギガイの毒力の推移

# IoT 等の新技術を活用した有害・有毒プランクトン対策

## 自動観測装置を用いた陸上養殖における赤潮監視

宮村 和良・野田 誠

### 事業の目的

近年、IT 技術の進歩によって赤潮の自動観測が可能となり、その有効性も検証されつつある。県内のヒラメ等の陸上養殖では夜間に有害プランクトンが水槽内に侵入するため、人海戦術により夜通しの監視を強いられており、生産現場からは自動監視技術の導入が求められている。そこで、IoT 技術を用いた赤潮自動監視システムについて検証を行った。

### 事業の方法

#### 1. 自動観測装置を用いた赤潮監視

##### 1) 24 時間自動観測

In-Situ®社製の多項目水質計を佐伯市蒲江大字西野浦の森岡水産陸上養殖施設の水槽内に設置し(図 1 参照)、2021 年 6 月 24 日～11 月 2 日の期間に、5 分毎に水温、塩分、クロロフィル蛍光値、溶存酸素濃度を測定した(8 月 25 日～9 月 11 日は欠測)。測定結果は、HP 上で準リアルタイムに確認した。また、各測定項目で異常値が確認された際には、関係者に E-mail で連絡し、現場の状況を確認した。

##### 2) 定点調査

入津湾内に 8 点を設置し(図 1 参照)、6 月 24 日、7 月 8 日、8 月 4 日、8 月 18 日に多項目水質計(JFE アドバンテック社製 AAQ-RINKO)による環境測定と赤潮調査を行った。環境測定は表層～水深約 10m 層の水温、塩分、クロロフィル蛍光値、溶存酸素濃度について 0.1m 毎に測定し鉛直プロファイルを得た。また赤潮調査は、表層および水深 5m 層又はクロロフィル極大層の採水を行い、得られた海水は実験室に持ち帰り、顕微鏡を用いて有害プランクトンの計数及び優占種の同定を行った。

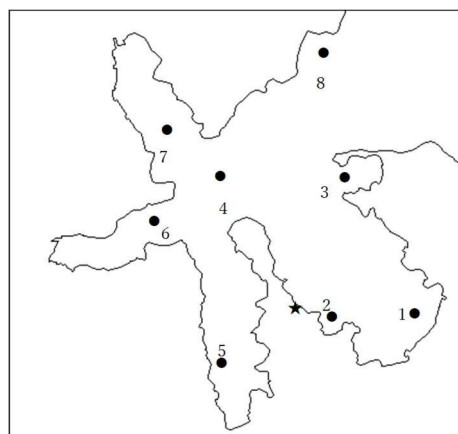


図 1 調査位置

● : 定点調査地点、★ : 24 時間自動観測地点

### 事業の結果

#### 1. 自動観測装置を用いた赤潮監視

##### 1) 24 時間自動観測

各測定値については以下の通り(図 2 参照)

水温: 20.5～26.0℃で推移した。8 月上旬と 10 月中旬に 25℃を越える水温が確認された。

塩分: 6.4～35.9 で推移した。センサー付近の付着物の影響により数値が安定しなかった。

クロロフィル蛍光値: 0～55.3 μg/L で推移した。スパイク状の数値の増加が確認された後、7 月下旬以降、断続的に増加した。現場生産者の報告では赤潮等の発生は確認されなかったことから、センサー付近の付着物影響によって増加していると考えられた。

溶存酸素: 0.9～10.0 mg/L で推移した。7 月中旬、7 月下旬～8 月上旬、8 月下旬には 4 以下に低下した。また 10 月中旬以降の水温が急激に低下する時期には、最低値が確認され、貧酸素揚水が確認された。酸素の低下時期には魚の状態の異常等が確認された。

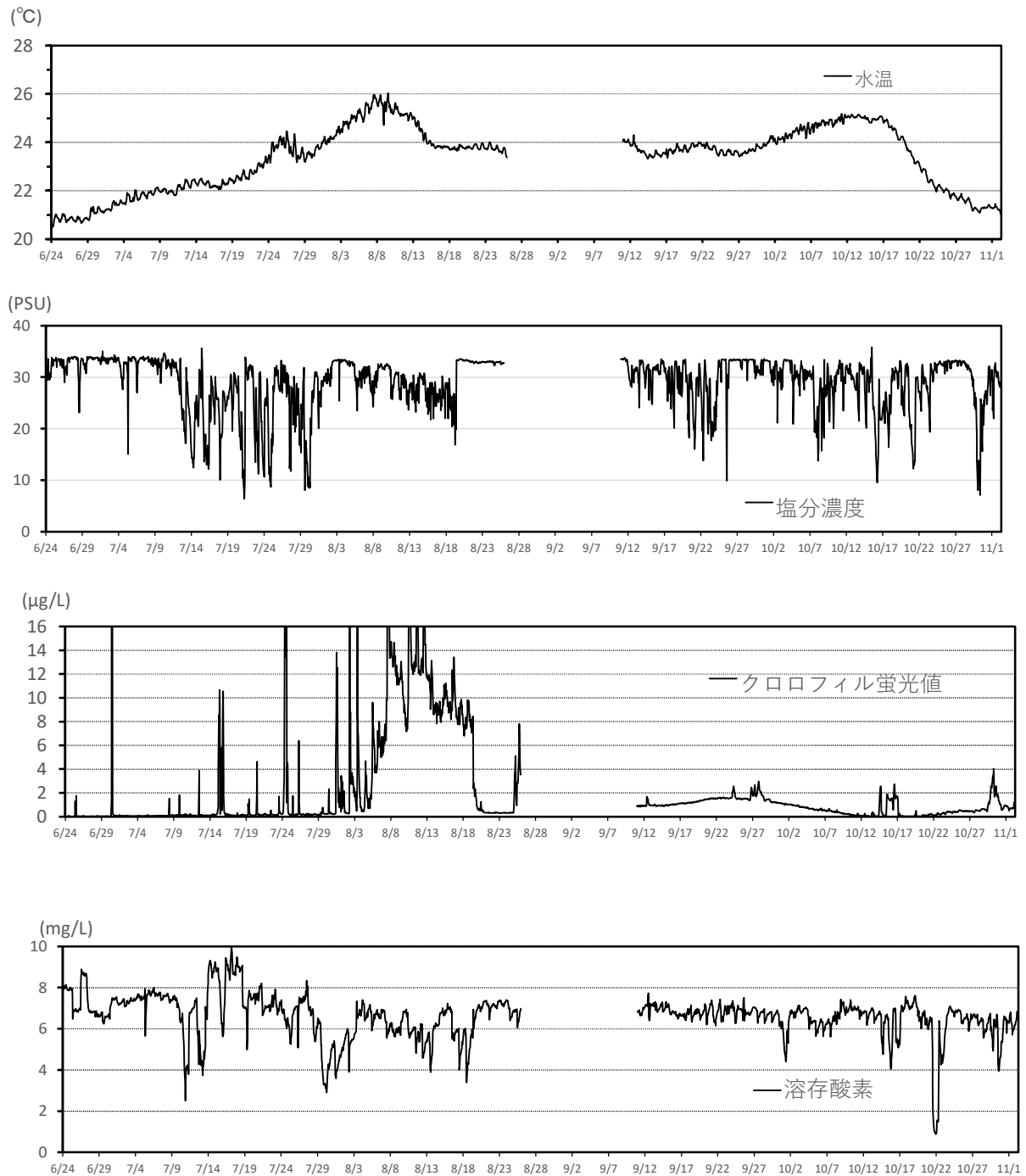


図2 24時間自動観測で連続測定した各測定項目の推移

各測定項目は1時間平均値で記した。



## 2) 定点調査

赤潮プランクトン発生状況

本湾で発生した赤潮は以下の3件であった。

( ) 内は最高細胞密度を示す。

*Ceratium* spp. 7/8-8/4 (200cells/ml)

*Prorocentrum sigmoides* 8/18-31  
(180 cells/ml)

*Dictyocha* spp 8/31-9-27 (1,200 cells/ml)

水質結果

自動観測地点に最も近い St.2 の各水質項目は以下の通りであった。

水温：0.5m層 22.7-27.0℃、2m層 21.9-26.7℃、  
5m層 21.0-25.5℃、10m層 20.1-23.4℃で推移した。

塩分：0.5m層 31.77-33.12、2m層 33.07-33.63、5m  
層 33.27-33.82、10m層 33.55-33.87で推移した。

クロロフィル蛍光値：0.5m層 1.5-4.3 μg/L、2m層

1.5-4.2μg/L、5m層 1.1-3.5μg/L、10m層 0.4-1.2μg/L  
で推移した。

酸素濃度：0.5m層 5.6-9.2 mg/L、2m層 5.6-9.0 mg/L、  
5m層 5.2-7.8 mg/L、10m層 3.8-7.0 mg/Lで推移し  
た。

## 3) 陸上養殖場における赤潮自動観測

定点調査では赤潮の発生は確認されたが、高濃度に発生することはなかったこと、現場生産者の目視観察でも赤潮の発生が報告されなかった。以上のことから、7月下旬以降に自動観測機で得られたクロロフィル蛍光値は、異常値であると考えられる。陸上養殖場では残餌や糞等でセンサー部分が汚れやすいことから、それら付着物によってセンサーが異常値を検出したと考えられる。今後、高頻度に清掃するなど対策を講じる必要がある。また、監視カメラ等による画像監視等を併用し、映像等で監視する方法についても検討する必要がある。

# 赤潮早期予測早期対策実証事業— 1 \*1

## 漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」 (国庫委託)

宮村和良・野田誠

本事業の詳細は、令和3年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発(2)赤潮被害防止対策技術の開発 報告書 2.-1)-イ.有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発(瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域)(以後、赤潮モニタリング)に記載し、本報告はその概要である。

### 事業の目的

大分県沿岸では有害プランクトンによる赤潮が度々発生し、水産業に与える被害が問題となっている。赤潮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の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ため、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、赤潮中長期予測の現場導入を図ることが目的である。

### 事業の方法

#### 1. モニタリング調査

別府湾、豊後水道に計9点の調査定点を設置し有害赤潮が発生する5~9月に計5回、海洋環境(水温、塩分、栄養塩等)およびプランクトン細胞密度等のモニタリング調査を実施した。なお、調査時に多項目CTDにクロロフィル極大層の反応が確認さ

れた場合は、その層を採水し、プランクトン細胞密度の検鏡計数を行った。

#### 2. *Karenia mikimotoi* 高感度監視調査

瀬戸内海西部、豊後水道、土佐湾海域において、4~6月および冬季の2~3月に、関係する6県が共同で有害プランクトンのモニタリングや、海況、水質調査等を実施するとともに、当該海域での有害プランクトンの監視体制強化のため、遺伝子検出法を用いた高感度監視調査を実施した。

#### 3. 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

佐伯湾で発生する*K. mikimotoi*について既存データを用いて以下について検証した。

##### 1) 赤潮発生に至る初期細胞密度について

*K. mikimotoi* が初期細胞密度(100 cells/mL)から赤潮発生(1,000 cells/mL)に至った確率および日数を算出した。

##### 2) 赤潮の終息要因について

*K. mikimotoi* 赤潮の短期的な動態予測として、連続観測データを用いて、終息要因について検討した。

##### 3) 赤潮予察技術の検証

2017年度までに実施した統計解析により、*K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオの構築および判別分析による予察技術を開発し、2018年から2020年までの結果の検証がなされている(平井ら2021)。本年度はそれに2021年の結果を追加し、再度検証を行った。

### 事業の結果

#### 1. モニタリング調査

##### 1) 気象概況

本年度の梅雨入りは、九州北部地方(山口県を

\*1 令和3年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発  
(2)赤潮被害防止対策技術の開発 報告書

む)では5月11日頃(平年は6月4日頃),梅雨明けは7月13日頃(平年は7月19日頃)で,梅雨入りは平年より24日程度早く,梅雨明けは平年より6日程度早かった。6月に台風3号,8月に台風9号,台風12号,9月に台風14号が接近または上陸した。

## 2) 海象

水温、塩分は各調査点10 m層の平均値を、透明度は各調査点の平均値を以下に記す。

水温: 14.5~23.0 °Cで推移した。8月中旬のまとまった降雨,短い日照時間の影響を受けて,8月中下旬に表層付近で水温の低下がみられた。

塩分: 32.59~33.78で推移した。8月中旬のまとまった降雨の影響を受けて,8月中下旬に表層付近で塩分の低下がみられた。

透明度: 5.6~14.3 mで推移した。

## 3) 水質

Chl.a、DO(溶存酸素飽和度)、DIN、DIPの各調査点10 m層の平均値を以下に記す。

Chl.a: は0.81~4.50  $\mu\text{g/L}$ で推移した。

DO(溶存酸素飽和度): 84.1~101.9 %で推移した。

DIN: 0.45~3.07  $\mu\text{M}$ で推移した。

DIP: 0.14~0.37  $\mu\text{M}$ で推移した。

## 4) 有害プランクトン

全調査点、全層の最高細胞密度の推移を以下に記す。

*K. mikimotoi*: N.D.~1 cells/mLで推移した。

*C. polykrikoides*: 検出されなかった。

*H. circularisquama*: 検出されなかった。

*Chattonella spp. (antiqua + marina + ovata)*: N.D.~2 cells/mLで推移した。

*H. akashiwo*: N.D.~10 cells/mLで推移した。

## 5) まとめ

大分県別府湾・豊後水道海域では*K. mikimotoi*赤潮の発生は確認されなかった。その原因として,例年,本種が増殖する梅雨時期の降水量が少なく,海域の栄養塩の供給が少なかったことから,本種が増殖に適さない気象,海況環境であったと推測される。また佐伯湾では本種が増殖する7~8月にかけて*Proocentrum dentatum*が赤潮化する等,他の渦鞭毛藻の増殖が確認された。

## 2. *Karenia mikimotoi* 高感度監視調査

### 1) 2021年出現状況

冬季(2021年2月)~夏季における*K. mikimotoi*遺伝子の挙動を解析した結果,大分県豊後水道海域については,2月から本種遺伝子が検出されていたが,6月中旬まで検出量はほぼ一定であった。その後,7,9月に増加する傾向がみられた。

### 2) 2018年~2021年(4年間)の*K. mikimotoi* 遺伝子の挙動

別府湾海域においては,本種赤潮の発生は2020年のみであったが,遺伝子の挙動は周防灘海域の調査地点と類似した挙動を示していたことから,別府湾海域と周防灘海域の関係性については,本種遺伝子の挙動について今後も比較・検討を進める必要がある。豊後水道海域においては2018年と2019年の赤潮発生時には冬季~春季に遺伝子が検出,増加する傾向がみられ,2020年の非発生年ではほとんど検出限界以下であった。しかしながら,2021年は冬季~春季に増加する傾向がみられたが,赤潮形成に至らなかったことから,赤潮形成には冬季~春季の本種の存在および,その後の環境条件が関与している可能性が考えられた。

## 3. 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

### 1) 赤潮発生に至る初期細胞密度について

解析対象期間を2005~2021年とした。この過去17年間のうち100 cells/mLに到達した年数は13年,1,000 cells/mLに到達した年数は11年であった。そのうち初認日に1,000 cells/mLに到達した2年を除くと,100 cells/mL確認後に1,000 cells/mLに到達した年数は11年のうち11年であり,その確率は100%となった。また100 cells/mLから1,000 cells/mLに到達するまでの日数は平均8.8日(3~22日)であった。大分県では*K. mikimotoi*細胞密度の注意基準は200 cells/mLであるが,本海域で100 cells/mLを確認した場合,概ね1週間には100%の確率で赤潮化の危険性があることが確認された。

### 2) 赤潮の終息要因について

2005~2021年(過去17年間)について,4~9月の最高細胞密度を基に赤潮発生年(1,000 cells/mL以上)を抽出した。赤潮発生年の*K. mikimotoi*細胞密度のピークとなる日(ピークは最高細胞密度が1,000 cells/mLを2週連続して下回る前の調査日)を求め,ピーク前後の7日間の気象庁気象統計情報による佐伯の気温,最高気温,最低気温,降水量,風速,最大風速,風向,最大風向,日照時間,日本気象協会「大分の暦」による佐伯港の潮位差および大分県農林水産研究指導センター地先筏観測による上浦津井漁港内の表層水温・塩分の計12要素のデータを整備した。各要素のピーク前とピーク後のそれぞれでShapiro-Wilk検定により正規性を確認した上で,正規分布である場合( $p \geq 0.05$ )はWelchのt検定,正規分布でない場合( $p < 0.05$ )はMann-WhitneyのU検定によって統

計処理したところ、有意差が認められた要素は、水温 ( $p < 0.05$ )、気温 ( $p < 0.05$ )、最高気温 ( $p < 0.01$ )、降水量 ( $p < 0.05$ )、日照時間 ( $p < 0.05$ ) の5要素であった。有意差が認められた各要素を検討すると、ピーク後はピーク前に比べて、水温、気温、最高気温では高く、降水量では少なく、日照時間では長い傾向が認められた。これらは夏期に晴天が続き、降雨が少なく、日照時間が長い状況を示すものであり、高密度に達した*K.mikimotoi* にとって個体群を維持するに十分な栄養塩の供給がなく、かつ貧栄養条件下で強光に曝されることで、増殖が阻害され個体群密度が低下したと推測された。これらのことから、本湾における*K. mikimotoi* 赤潮の終息条件として夏期の晴天が継続し、降水量の低下と日照時間の増加が深く関係していると考えられた。

### 3) 赤潮予察技術の検証

最高細胞密度が1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。本年の*K. mikimotoi* 赤潮予察は、これまでに作成した予察モデルの11区分のうち6区分で「非発生年」、4区分で「発生年」、1区分で「区別できない」であったが、実際は非発生であった。一部では的中したが十分な的中とは言えなかった。ただし、「3月降水量」または「3月日

照時間」を説明変数に用いた区分では、7区分中6区分で「非発生」を予察しており、的中率が高くなることから、本海域において3月の気象条件が赤潮に深く寄与していることが考えられた。例年、*K. mikimotoi* が豊後水道沿岸の各湾の中層で増殖し、赤潮に至る地場発生型赤潮により漁業被害を発生させるが、本年度は佐伯湾以外でも地場発生型の赤潮は確認されなかった。佐伯湾において*K. mikimotoi* は、6月上旬に初認されたが、その後、顕著に増殖することなく、8月中旬に*P. dentatum* が赤潮を形成した際に15 cells/mL が確認されたのが最高であり、8月下旬には本種の遊泳細胞は確認されなくなった。2月、4~8月の豊後水道沖合調査では、顕微鏡観察では本種の遊泳細胞は確認されなかったが、PCR法による遺伝子検査では、本種の遺伝子が少量であるものの検出された。本年度は暖冬の影響もあり、冬季水温は高めであったため、冬季はシードポピュレーションとなる遊泳細胞が生存しやすい環境であったと推察される。しかし、2021年は、本種が増殖する梅雨時期の降水量が少なく(佐伯市7月降水量49 mm 平年比42%)、海域の栄養塩の供給が少なかつたことから、本種が増殖に適さない気象、海況環境であったと推測される。また、本種が増殖する頃には*P. dentatum* 等の他のプランクトンが優占していたことも本種を増殖を制限した可能性がある。

# 赤潮防除・被害軽減手法の開発— 1

## 漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」

(国庫委託)

野田誠・宮村和良・内海訓弘

本事業の詳細は、令和3年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発(2)赤潮被害防止対策技術の開発 報告書 2.-2)-イ.-② 既存の赤潮防除技術の高度化とマニュアル作成に記載し、本報告はその概要である。なお本事業は国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所(瀬水研)、東町漁業協同組合との共同調査として実施した。以下に概要のみを記載した。

### 事業の目的

近年、豊後水道など西日本の沿岸域においてカレニア等鞭毛藻による有害赤潮が頻発しており、その対策が強く求められている。一方で、各現場では長年の経験に基づいて構築された被害軽減技術(餌止め、生簀避難など)が実用されている。本課題では、既存の技術を対象として科学的な検証と基礎情報の収集を行い、高度化を図ること、そして技術普及を円滑に推進するためのマニュアルを作成することを目的とする。まずは、海面養殖における足し網および生簀浮沈法について検討する。

### 事業の方法

#### 1. 赤潮鞭毛藻類の日周鉛直移動の現場観測

K. mikimotoiなどの有害赤潮鞭毛藻類において、環境条件や発達段階によって鉛直移動パターンが変わることが知られている(Shikata et al. 2017、Shikata et al. 2020)。そのため、現場データを蓄積して鉛直移動パターンを環境条件等と関連づけて体系化する必要がある。2021年6月1日～8月31日、佐伯湾の鶴見ボンツーン(32° 57' 3'' N, 131° 57' 28'' E、水深:約12 m)で、自動昇降式多項目水質計(AWQP13\_30、環境システム社製)を用いて、水温、塩分、溶存酸素濃度(DO)、クロロフィル蛍光値を約30分～1時間に一

回の頻度で連続観測した。また、観測期間中、週1回、多項目水質計による水温、塩分、DO、クロロフィル蛍光値および光量子量の観測を行うとともに、表層、5m層、およびクロロフィル蛍光値の極大層より採水を行った。海水試料については、当日中に検鏡を行い(ECLIPSE Ni、Nikon社製)、K. mikimotoiを含む有害赤潮鞭毛藻類の細胞密度を算出した。また、鶴見ボンツーンのすぐ近隣の沖松浦(32° 56' 54'' N, 131° 57' 47'' E、水深:約10 m)にて、週1回、表層、2 m層、5 m層、B-1 m層より採取した海水について、有害赤潮鞭毛藻類、珪藻類およびその他の優占種の細胞密度を算出し、栄養塩分析を行った。

#### 2. ファスナー式足し網の検討

足し網は着脱に労力と時間を要することが難点である。そこで、生簀網に予めファスナーを装備することで、より迅速にかつ簡便に着脱できないかとの着想に至った。(株)日東製網の協力下で、3 m×3 m×3 m及び3 m×3 m×6 mの網のうち、前者の網の上部と後者の網の下部にファスナーを装着した(図1)。その後、実際に網の連結を行って、その作業性を検討した。

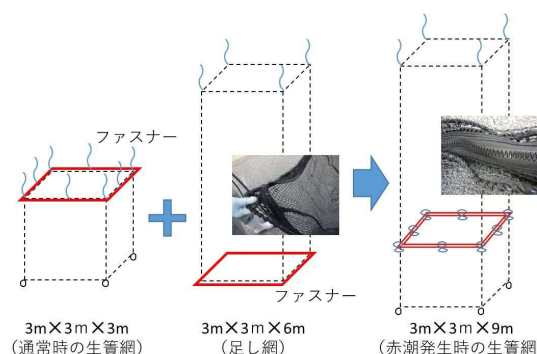


図1. ファスナー式足し網のデザイン。

### 事業の結果・考察

#### 1. 赤潮鞭毛藻類の日周鉛直移動の現場観測

2021年の佐伯湾における自動昇降式多項目水質

計による観測結果を図2に示す。観測期間中、水温、塩分およびDOはそれぞれ18.2~29.4℃、18.2~34.5および4.5~10.9 mg L<sup>-1</sup>の範囲で推移した。2021年6月29日~8月17日にかけて*Prorocentrum dentatum*の赤潮が確認された。6月29日に*P. dentatum*が4 m層で1,600 cells mL<sup>-1</sup>の細胞密度で確認され、その後、増減を繰り返しながら8月17日には表層で15,000 cells mL<sup>-1</sup>の最高細胞密度が記録された。また、同時期に自動昇降式多項目水質計は、クロロフィル蛍光値のピーク深度が時間変化する様子を明確に捉えており、そのクロロフィル蛍光値のピークは*P. dentatum*によるものと推察された(図3)。そこで、クロロフィル蛍光値から*P. dentatum*の鉛直移動パラメータ(上昇・下降開始時刻、最高・最低到達深度およびそれらが記録された時刻)を抽出した。多くの場合、上昇開始は夜半過ぎ~夜明け前、下降開始は夕方に観察された。本種はほぼ毎日夜間海底まで下降したが、昼間の最高到達深度は日ごとに変化した。いくつかの渦鞭毛藻類で知られているように(Shikata et al. 2017)、*P. dentatum*も昼間の最高到達深度と日照間で有意な正の相関が認められ、本種は高日照の日は深い層に、低日照の日は浅い層に集積した。採水調査日の水中光量子量から消散係数と海面光量子量を算出し、日照時間と採水調査日の海面光量子量との関係式から各日の海面光量子量を推算した。その後、それらのパラメータを用いて最高到達深度における光量子量を推定したところ、8月中旬までは概ね100~400 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>であったが、以降衰退するまで概ね100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>未満で推移した。8月下旬には本種の鉛直分布は不明瞭になり、日周鉛直移動が不明瞭になった。K. mikimotoiでは栄養塩欠乏状態になると日周鉛直移動能が低下することが知られている(Yuasa et al. 2018)。8月中旬は降雨により一時的に栄養塩濃度が上昇したが、それ以降は低濃度で推移し、それにより鉛直移動能が低下した可能性が示唆された。また、8月中から赤潮衰退まで曇天が続いた。そのため、*P. dentatum*において受光量不足が生じ、鉛直移動能を低下させた可能性も考えられた。



①足し網前  
(3m×3m×3m)



②網の追加



③足し網後  
(3m×3m×9m)

図6 ファスナー式足し網の作業性調査.

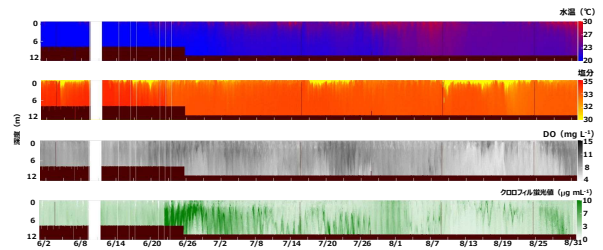


図2 2021年佐伯湾(鶴見ポイント)における自動昇降式多項目水質計による観測結果.

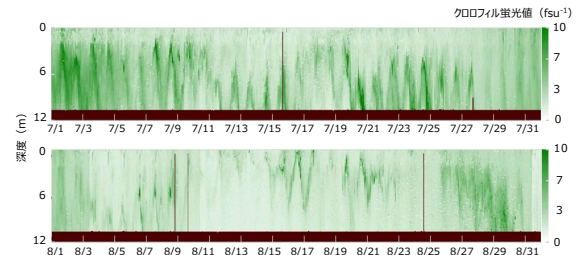


図3 2021年佐伯湾におけるクロロフィル蛍光値の経時変化. 日付の表記箇所は午前0時.

## 2. ファスナー式足し網の検討

網の連結作業は、大分県農林水産研究指導センター水産研究部の試験用生簀で実施した(図6)。手順は以下の通りである。

①筏に設置済みの網の上部に装備されているファスナーにもう一方の網の下部に装備されているファスナーを連結

②ファスナーのみに負荷がかからないよう、ファスナーの上部は各角と各面の中央部分の合計8か所をロープで固定

③四隅に土嚢を沈め、網を整形

これらの作業を4名で実施した結果、所要時間はおおよそ10分であった。今後、沖の海面生簀での作業性確認、長期設置によるファスナー部分の耐久性の確認とファスナー部分への生物付着量の把握、足した網の撤収作業の難易度確認などについて検討する必要がある。

## 文献

- 1) Shikata T, Kitatsuji S, Abe K, Onitsuka G, Matsubara T, Nakayama N, Yuasa K, Nishiyama Y, Mizuno K, Masuda K, Nagai K. Vertical distribution of a harmful red-tide dinoflagellate, *Karenia mikimotoi*, at the decline stage of blooms. *J. Sea Res.* 2020; 165: 101960.
- 2) Shikata T, Onitsuka G, Abe K, Kitatsuji S, Yufu K, Yoshikawa Y, Honjo T, Miyamura, K. Relationships between light environment and subsurface accumulation during the daytime in the red-tide dinoflagellate *Karenia mikimotoi*. *Mar. Biol.* 2017; 164: 18.
- 3) Yuasa K, Shikata T, Kuwahara Y, Nishiyama Y. Adverse effects of strong light and nitrogen deficiency on cell viability, photosynthesis, and motility of the red-tide dinoflagellate *Karenia mikimotoi*. *Phycologia* 2018; 57: 525-533.

## 赤潮防除・被害軽減手法の開発一 2

### 漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」

(国庫委託)

野田誠・宮村和良

本事業の詳細は、令和3年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発(2)赤潮被害防止対策技術の開発報告書2-2)-イ.③改良粘土散布の実証試験および新たなマグネシウム製剤の開発、対策実施マニュアルの作成に記載し、本報告はその概要である。なお本事業は国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所(西水研)、長崎県総合水産試験場、鹿児島県水産技術開発センター、宇部マテリアルズ株式会社との共同調査として実施した。以下に概要のみを記載した。

#### 事業の目的

近年駆除が困難だった *Karenia mikimotoi* (以下、*K.mikimotoi*) に対して、5分間で100%の駆除効果を示すマグネシウム剤(以下、改良マグネシウム剤)が開発された。この新規防除剤について、室内試験で効果を検証し、高い駆除効果と安全性が確認され次第、改良マグネシウム剤を用いた現場実証試験を実施し、その結果、経済性についても検証したうえで対策実施マニュアルを作成することを目的とする。

#### 事業の方法

過年度までの成果に基づくと、既存のマグネシウム製剤を改良した数種類の試作製剤の中から、H30改良型マグネシウム製剤が赤潮生物への効果およびコストの両面から、有用であると判断された。しかしながら、同時に100L容の小型水槽を用いた魚毒性試験において、赤潮生物殺滅有効濃度(200ppm)付近で供試魚が3時間以内に全滅する結果となった(松山ら2019, 2020)。この魚毒性の原因として、マグネシウム製剤の粒子が供試魚の鰓を物

理的に閉塞することが考えられた。それ故、飼育水槽のような閉鎖的な空間内では、底に沈降したマグネシウム製剤がエアレーションなどの攪拌によって再懸濁し、粒子が水中に浮遊する状態が長く継続するため、現場海域での状況と比較して魚類への影響が過大に評価される可能性があるかと推察された。こうした課題を踏まえて、今年度新たに開発された魚毒性を軽減するために粒径を大きくしたR3改良型マグネシウム製剤を用いて、現場環境に近い状況での散布を実施し、R3改良型マグネシウム製剤散布後の水質環境の調査およびアワビへの影響について調べた。

#### 1. 水質環境調査

試験海域は大分県農林水産研究指導センター水産研究部地先の筏(水深15m)において図1に示す試験を実施した。試験海域にポリエチレン製のブルーシートと1m四方の硬質ポリ塩化ビニル管で作製した枠を2m間隔で6個配置したメソコズム(縦×横×高さ、1m×1m×10m)を2基配置し、1基はマグネシウム製剤を溶解した海水を散布した試験区、もう1基は散布なしの対照区とした。マグネシウム製剤の散布量については、メソコズム内全体が有効濃度200ppmになるように計算した量2kgを100L容器内にて海水とよく攪拌後、2時間静置したのち投入した。

水質環境(濁度、クロロフィルa濃度およびpH)の観測は、試験区および対照区ともに散布前、散布直後、5min、15min、30min、1h、3h、5h、24h後に実施した。水質環境の観測項目について、濁度とクロロフィルa濃度は各試験区のメソコズム内に多項目水質計(AAQ RINKO、JFEアドバンテック社製)を投下して観測し、pHは各メソコズム内の一定水深帯(0、2、5および10m)の海水を採水し、研究室に持ち帰り測定を行った。

#### 2. R3改良型マグネシウム製剤の毒性の評価

アワビ稚貝への影響を調べるために、1日間の馴致を行ったアワビ稚貝(平均殻長21.0mm)を30L



容器へ5個ずつ収容し、そこに改良型マグネシウム製剤添加なし、100ppm、200ppmおよび300ppmの4試験区を準備し、それぞれ約2Lの海水が入ったビーカーで約5分間攪拌後に水槽に散布し、止水・通気条件下で1時間曝露した。曝露5分後、15分後、30分後、1時間後に水質環境（水温、DO等）や生存状況を観察した。曝露後は速やかに清浄海水に移し、止水・通気条件下で24時間後まで経過観察を行った。

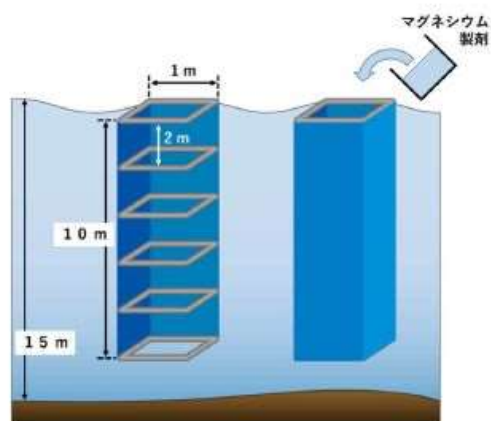


図 1 マグネシウム製剤散布試験の概要

### 事業の結果・考察

まず、本課題では、天然の赤潮生物、特に *Karenia mikimotoi* に対する効果についても調べる計画であったが、残念ながら、本年度（令和3年度）は赤潮非発生となり、その評価はできなかった。

#### 1. 水質環境調査

マグネシウム製剤散布直後から24h後までの水質環境に関する鉛直プロファイルの経時変化を図2および3に示す。各環境項目に関し以下に説明する。

##### ・濁度（図2参照）

濁度に関して、散布直後に最大で65FTU付近まで上昇する水深帯が観測されたが、その後30min後までに極大値が9.8FTUまで減少した。散布1h以降、水深2mまでの散布区の濁度は、散布後5hまで対照区と比較して高い状況が確認されたが、24h後には、対照区と散布区で顕著な差は認められなかった。

##### ・クロロフィル a 濃度

試験開始前において、対照区に比べ散布区の方が低いクロロフィル値であった。これはメソコズムを前日に設置したことや対照区と散布区で異なる測器を用いた影響と考えられた。また、散布直後から30min後まで散布区で開始前より数値が上昇する

状況が観測されたが、マグネシウム製剤散布後に、植物プランクトンが急激に増殖することは考えにくい。そのため、この数値の上昇は、マグネシウム製剤の懸濁粒子が強く影響していると考えられ、クロロフィル a を正確に測定できていないと判断された。

散布後3h以降、水深6m以浅のクロロフィル a に関して、対照区・散布区共に上昇が認められた。これは、メソコズムの高さが10mに対し、海域の水深は16mほどあるため、潮汐によって、メソコズムの底から周囲の海水が流入したためと考えられる。なお、今回の試験では、海水の顕微鏡観察は行っておらず、クロロフィル a に由来する植物プランクトン種組成については不明である。

##### ・pH（図3参照）

マグネシウム製剤散布直後に最大で9.3付近まで上昇する水深帯が観測された。また、散布後5hまでは表層から底層まで散布区のpHが高く、底層よりも表層付近でその差が顕著であった。散布後1日経過後には、顕著な差は見られなくなったものの、散布区のpHが高い状況は継続していた。

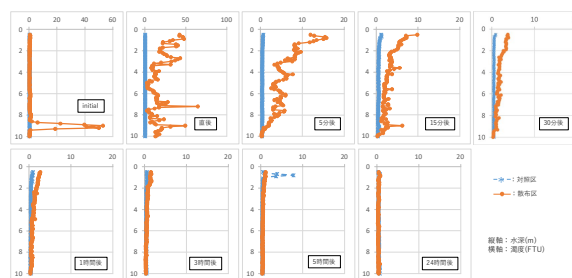


図 2 R3 改良型マグネシウム製剤を投入後のメソコズム内濁度の経時変化

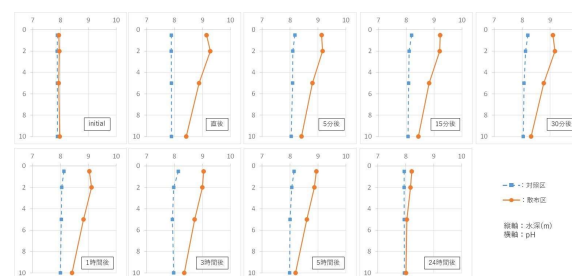


図 3 R3 改良型マグネシウム製剤を投入後のメソコズム内 pH の経時変化

#### 2. R3 改良型マグネシウム製剤の毒性の評価

R3 改良型マグネシウム製剤を3段階の濃度でアワビ稚貝へ曝露した時の生存匹数を図4に示した。300ppmでは曝露開始直後より水面まで上がってくる個体が確認されたものの、その後は水中に戻った。曝露60分後に清浄海水に戻し24時間後の生存

を確認したが、いずれの濃度でも斃死は確認されず、弱った個体も確認されなかった。

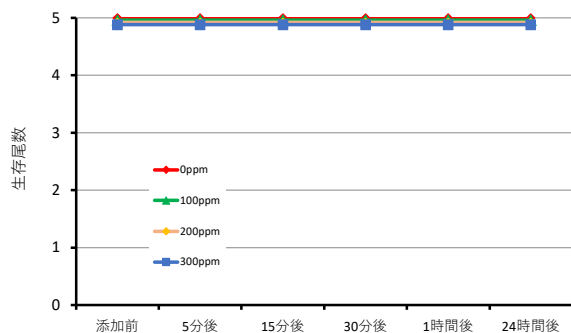


図 4 R3 改良型マグネシウム製剤のクロアワビに対する曝露試験

### 引用文献

松山幸彦、長副 聡、中里礼大、井口大輝、山砥稔文、山本佳奈、中島吉洋、東條智仁、高杉朋孝、吉

満敏、渡辺国男、田中俊也. 2) 赤潮の防除・被害軽減手法の開発 イ. 生け簀の魚介類を守る技術の開発・実証 ③改良年度散布の実証試験および新たなマグネシウム製剤の開発、対策マニュアルの作成. 令和 2 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書、赤潮共同研究機関、2021; 278-297.

松山幸彦、長副 聡、井口大輝、中里礼大、都留久美子、山本佳奈、平江 想、山砥稔文、宮田翔也、高杉朋孝、森島義明、西 広海、田中俊也、渡辺国男. 2) 有害赤潮の防除および漁業被害軽減のための技術開発 ②生簀等の魚介類を守る技術開発と実証 ウ. 改良年度散布の実証試験および新たなマグネシウム剤の開発、対策マニュアルの作成. 平成 30 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書、赤潮共同研究機関、2021;285-303.

## 養殖マグロ成長産業化推進事業

### 漁場環境改善推進事業「赤潮・貧酸素水塊の広域自動モニタリング技術の開発」

#### 九州東部海域のマグロ漁場における有害赤潮監視システムの開発

##### (一部国庫補助)

野田誠・宮村和良・内海訓弘

本事業の一部は、令和3年度漁場環境改善推進事業のうち赤潮・貧酸素水塊の広域自動モニタリング技術の開発（赤潮・貧酸素観測技術開発共同研究機関）Ⅱ.-2）赤潮・貧酸素等による被害防止のための広域観測・監視ネットワークシステムの構築 ③九州東部海域のマグロ漁場における有害赤潮監視システムの開発で実施した。なお本事業は国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所、古野電気株式会社、株式会社アイコックとの共同調査として実施した。各研究の詳細は、令和2年度漁場環境改善推進事業のうち赤潮・貧酸素水塊の広域自動モニタリング技術の開発報告書に記載した。

有害プランクトンを含む植物プランクトンを摂餌するとともに、バスケットを用いた養殖方法となることから、へい死したカキ等が海底に脱落することがなく、最終的に大部分のカキが海域から水揚げされることで、魚類養殖に比べ窒素・リンの海域への負荷が少ないと考えられる。

そこで、佐伯湾におけるカキ類養殖によってどの程度、有害プランクトンが除去可能かを試算すると共に、魚類とカキの各養殖場の赤潮増殖要因とされる総窒素（TN）及び総リン（TP）の推移について調査し、赤潮発生抑制シミュレーションに資する基礎データの収集を行った。

### 事業の方法

#### 事業の目的

平成29、30年夏季、佐伯湾においてカレンニア・ミキモトイ赤潮が発生し、養殖マグロに甚大な漁業被害が発生した。他の魚種と比べて養殖マグロに対する赤潮被害は大きい傾向にあると言われているが、その原因の一つはマグロ養殖に対して餌止めや生簀避難といった既存の赤潮防除技術を適用できないことにある。また、マグロは物理的な刺激にきわめて敏感であるため、赤潮発生時に生簀へ近付くことができないので、へい死状況やへい死時の赤潮の状況を調査することが困難である。そのため、マグロの赤潮に対する応答や感受性など基本的な情報が少なく、対策を考案することすら難しい状況にある。そこで、本課題では、有害赤潮による被害軽減技術の開発を目指し、マグロ養殖場における赤潮の初期発生及び状況、赤潮に対するマグロの行動パターンを自動監視するシステムの構築に資する技術基盤を確立することを目的とする。

また、近年世界的な牡蠣需要の高まりに伴い、大分県内でもシングルシード方式のカキ養殖が盛んに行われており、更なる生産拡大を目指した地域振興が取り組まれている。カキ類は主に浮遊している

#### 1. 魚群探知機による赤潮モニタリング技術の開発

赤潮に対するマグロの行動パターン及び有害赤潮プランクトンの発生状況を自動監視するシステム（図1）の構築を目指し、大分県佐伯湾のマグロ養殖漁場において、魚群探知機（図2）及び自動昇降式多項目水質計（図3）を設置した。

大分県佐伯湾のマグロ養殖用深層型生簀（直径40mの円形PEパイプ生簀、網の深さ40m、以下試験用生簀）で試験を実施した。試験開始時、試験用生簀には3歳魚マグロ1、760尾が収容されていた。試験生簀内に、観測筏を設置し、その上に太陽光パネルと接続したテレメーター式魚群探知機及びトランスデューサーを設置した（図2）。それらを用いて、2021年6月1日より周波数50/200 kHzで24時間連続観測を行い、得られた観測データはメール形式により観測データ収集局に送信した。取得したデータは、オフライン処理で可視化（画像化）し、魚群の鉛直分布を抽出した。

また、赤潮の発生状況を把握するため、佐伯湾内に調査点11点（精密調査点2点を含む）を設定し（図4）、4月～3月に調査を行った。赤潮発生時期である

6月～8月の期間は週1回、それ以外は月1回以上調査を行った。各調査では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(確認されない場合は5m層)の採水を行った。得られた試料海水は当日中に光学顕微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数に用いた。精密調査点では上記の採水層、調査項目に加え、2m層、5m層、10m層、15m層、25m層、35m層、底上1m層、底上層の採水も行い、各層の溶存酸素(ウインクラー法)、栄養塩濃度(DIN、DIP、DSi、TN、TP)の試料とした。

また、マグロ試験生簀において植物プランクトンの発生状況を把握する目的で、5m層、15m層、25m層、35m層にクロロフィル濁度計(JFEアドバンテック社製INFINITY-CLW)を設置し、クロロフィル濃度を測定した。

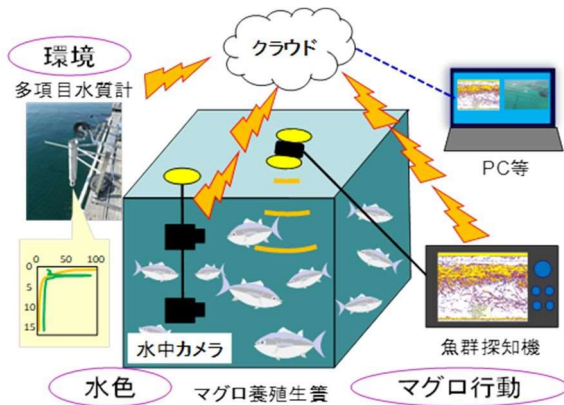


図1 「マグロ養殖場赤潮監視システム」の構想

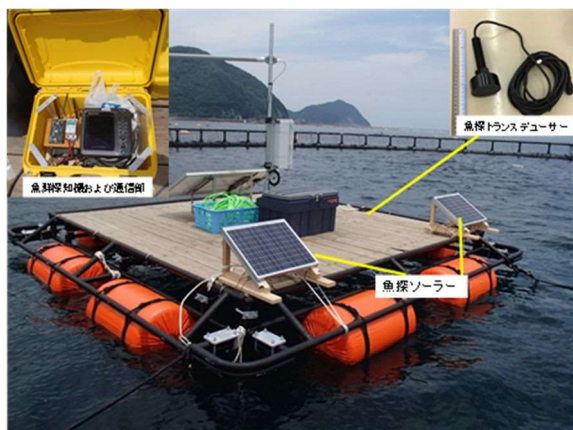


図2 観測筏及びテレメーター式魚群探知機

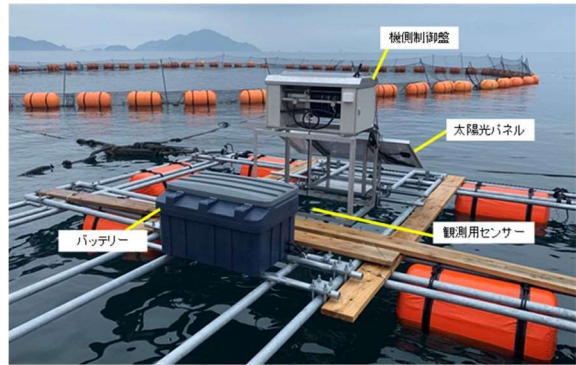


図3 自動昇降式多項目水質計

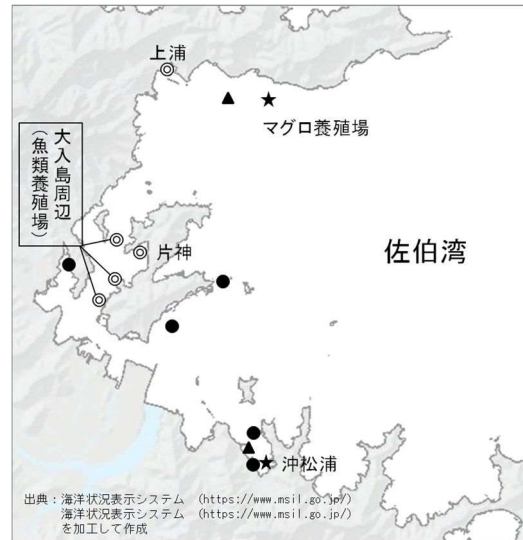


図4 佐伯湾調査地点および自動昇降式観測機(●:通常調査点、◎:栄養塩測定地点、★:精密調査点、▲:自動昇降式観測機)

2. 魚群探知機観測データの閲覧ソフトウェアの開発

赤潮に対するマグロの行動パターンをリアルタイムで自動監視するシステム構築を目的とし、昨年度開発したア)のテレメーター式魚群探知機で得られたデータを画像化し、Web及びスマートフォンで閲覧できるアプリを改良した(図5)。

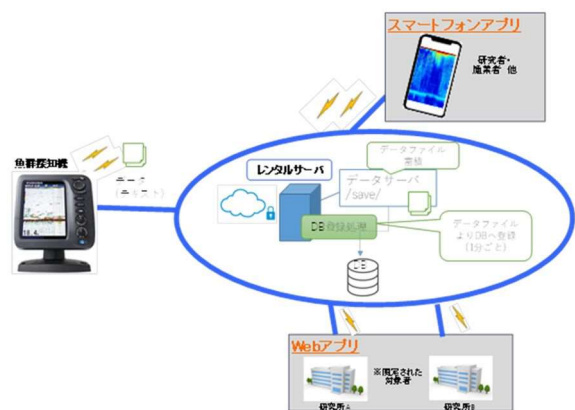


図5 魚探データ蓄積・閲覧システム

### 3. 牡蠣によるプランクトン除去実験

牡蠣に天然赤潮海水を曝露し、プランクトンの除去効果や牡蠣への影響を明らかにするため、天然赤潮海水を、採取後すぐに実験室内に搬入し、1時間静置したのち、試験に供した。30 L容パンライト水槽もしくは1Lビーカーに赤潮海水を500mL～20Lを注入し、マガキ（約60～80 g）を1匹～10匹ずつ収容し、エアレーションより通気した。また、赤潮海水のみの区を対照区とした。曝露時間は最大24時間とし、経時的に水温の測定、牡蠣の行動や生死の観察および採水・検鏡によるプランクトン細胞密度の計測を行った。

### 4. TN及びTPの季節変動

佐伯湾に計5点の調査点を設け（図4）、4月から3月の期間中、毎月1回以上の頻度で調査を実施した。

調査内容は、表層、2m、5m、10m、底上1mの5層を採水し、QuAAtro39（ビーエルテック株式会社製）により分析を行った。

なお、今回は各定点に共通する表層、5m層、底上1m層の3層において比較を行った。

## 事業の結果・考察

### 1. 魚群探知機による赤潮モニタリング技術の開発

#### 1) 自動昇降式多項目水質計を用いた赤潮監視

2021年4月から佐伯湾マグロ養殖漁場内で自動昇降式多項目水質計による水質の監視を行った。また、2021年6月～8月、生簀横に船を係留し、週1回の赤潮調査を行った。赤潮調査では多項目水質計（AAQ-RINKO、JFEアドバンテック社製）による水温、塩分、クロロフィル蛍光値について表層から海底までの鉛直プロファイルを観測した後、バケツによる表層採水及び採水器（リゴ-B号）による5 m、15 m、25 m、35 m、B-1 m、B m及びクロロフィル極大層の採水を行った。得られた海水試料は、各種赤潮プランクトンの同定・計数及び栄養塩分析（DIN、DIP、DSi、TN、TP）に供した。赤潮プランクトンの検鏡は採水当日に実施した。

2021年6月～8月の自動昇降式多項目水質計による観測結果を図6に示す。水温は18.2～28.5℃で推移した。塩分は概ね33.0～35.0で推移したが、表層付近では降雨による低塩分画が断続的に観測された（図6）。DOは5.05～10.5 mg/Lで推移したが、7月下旬及び8月下旬等珪藻類が増加した際には、高いDO値が観測された。一方で、別途試験用生簀に設置していたワイパー式メモリーDO計の観測結果

によると、DOは5 m層において6.12～10.8 mg/L、35 m層においては6.3～10.0 mg/Lで推移し、自動昇降式多項目水質計と同様に、クロロフィル蛍光値が高い時期に上昇傾向が確認された（図 6、7、8）。2021年度は、佐伯湾において*K. mikimotoi*赤潮は発生せず、マグロ試験生簀での最高細胞密度は7月29日の1 cells/mLであった。また、昨年度発生した、*Mesodinium rubrum* や*Gonyaulax polygramma*といった渦鞭毛藻類もほとんど増加しなかった。他方、珪藻類が7月下旬及び8月下旬に高密度化し（最高細胞密度3,600 cells/mL、図 9）、自動昇降式多項目水質計及びワイパー式クロロフィル濁度計で、高濃度のクロロフィル蛍光値が観測された（図6、8）。珪藻が高密度化した時期、光合成によるものと思われるDOの上昇が確認され、8月24日には最高10.5 mg/Lに達した。

栄養塩濃度の推移を図10に示す。2021年6月～8月において、DIN 濃度は0.03～9.5 μM（平均1.6 μM）、DIP濃度は0.0～1.7 μM（平均0.2 μM）、DSi濃度は0.0～18.2 μM（平均3.7 μM）の範囲で推移した。DIN及びDIPの濃度は、*K. mikimotoi*が活発に増殖するために必要な濃度（半飽和定数、DIN：0.78 μM、DIP：0.14 μM、山口 1994）以下であった時期や深度層があり、6月は比較的低濃度であった。また、調査期間中、海底付近に比較的高い濃度のDINやDIPが連続的に検出されたため、本海域において海底は栄養塩の供給源の一つである可能性が示唆された。また、DSi濃度は一部期間を除き、調査期間中一貫して珪藻の増殖を制限しないレベル（>2 μM）で推移した。7月中旬及び8月中旬には、降雨によると思われる栄養塩類の増加が観測されており、その後の日照の増加により、珪藻類の急増につながったと考えられた。



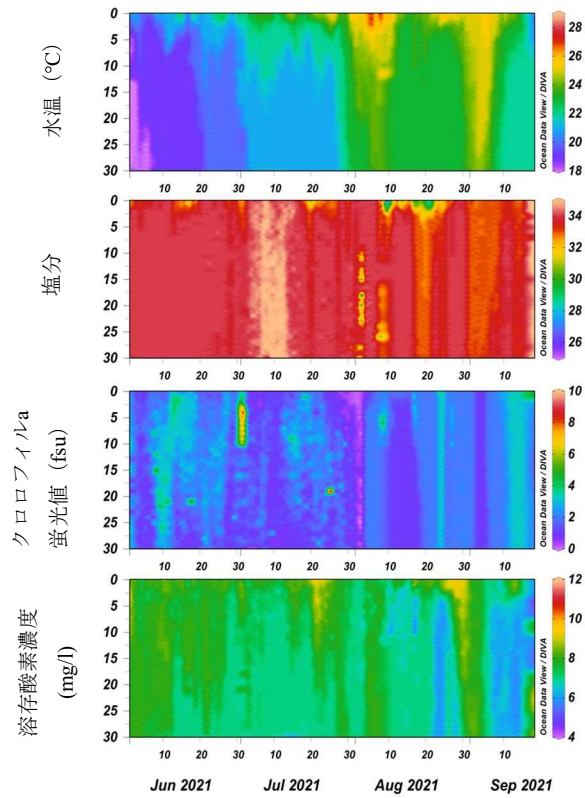


図 6 上浦沖合に設置した自動昇降式多項目水質計の観測結果。

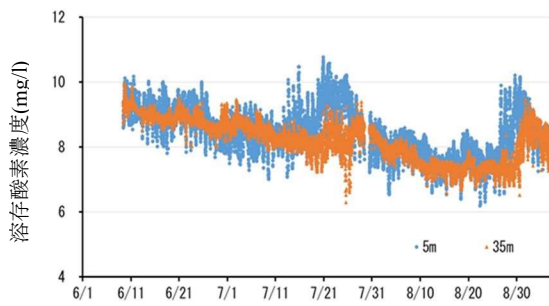


図 7 マグロ試験生簀内におけるワイパー式メモリーDO計の観測結果。

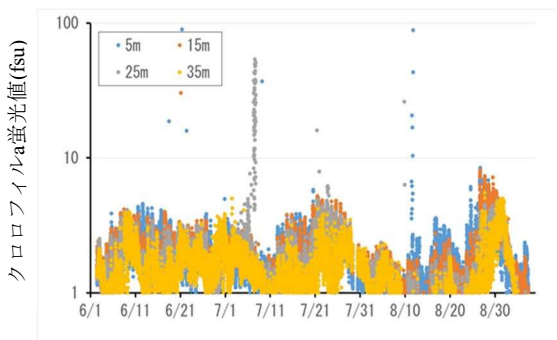


図 8 マグロ試験生簀内におけるワイパー式クロロフィル濁度計の観測結果。

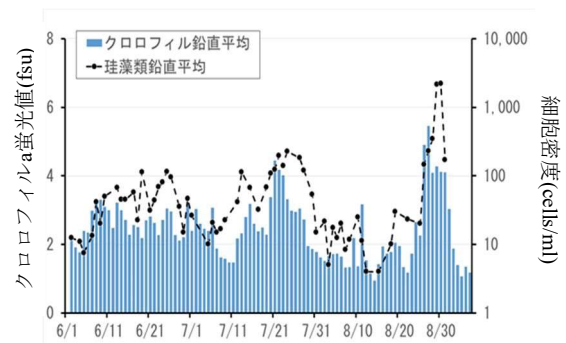


図 9 佐伯湾クロマグロ試験生簀横における珪藻類とワイパー式クロロフィル濁度計の観測結果。

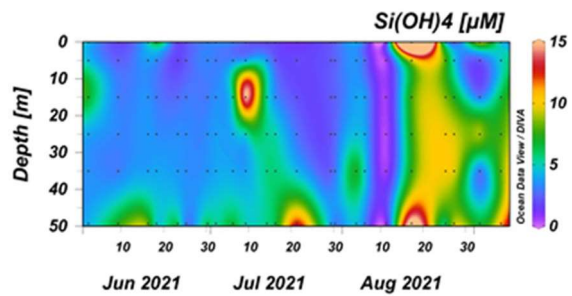
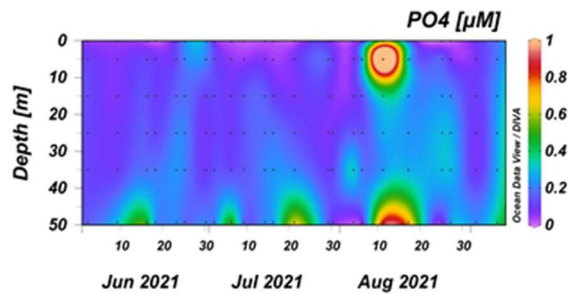
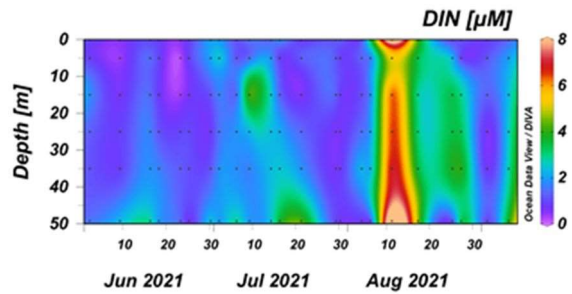


図 10 佐伯湾マグロ試験生簀における栄養塩濃度の推移。

2) 魚群探知機を用いたマグロの行動監視

2021年6月から8月にかけて佐伯湾マグロ試験生簀内に魚群探知機による連続観測を行った。一部システム側のエラー等によりデータの欠損が2日間のみ生じたが、それ以外は連続運転ができた(図 11～13)。調査期間中、多くの場合、クロマグロ魚群は給餌中ごく表層に集積するほか、日中は上層から下

層まで幅広く分布し、夜間は上層に多く分布する行動パターンが観察され、昨年度と同様の結果が得られた（紫加田ら 2020）。

今年度、*K. mikimotoi*を含む有害種及び渦鞭毛藻の赤潮は発生しなかったが、珪藻類の赤潮が発生したため、珪藻赤潮とクロマグロの鉛直分布の関係について解析した。8月下旬の珪藻赤潮発生時と非発生時のクロマグロ鉛直分布を図14に示す。赤潮発生時期には、夕方から明け方にかけてエコーグラムに特徴的な縞模様が確認された。また、夜間に認められる縞模様は、赤潮非発生時のうち、新月や曇天時にも認められることが分かった。水中の視認性の悪さが一因となってクロマグロの遊泳が不安定になっていたと考えられる（図14）。

8月の透明度と珪藻類の細胞密度の推移を図15に示す。透明度は5～15mで推移し、珪藻類の細胞数の挙動と逆相関の関係であった。特に珪藻赤潮発生時の8月下旬には、透明度が5m程度の日が続いていた。珪藻赤潮発生時の月齢は16.5日～22.5日で、天候も良かったため、昼夜を通して、水中に入射する光は強かったが、珪藻赤潮の発生によって、透過性が低下していたと考えられる。

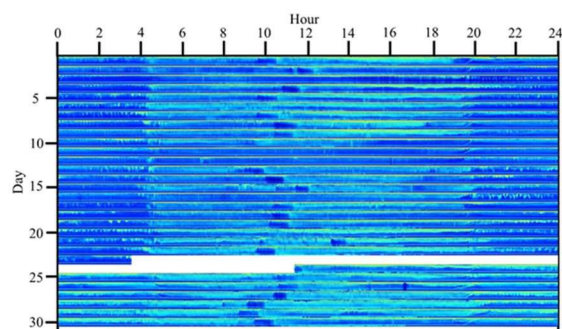


図 11 佐伯湾マグロ試験生簀における魚群鉛直分布の経時変化（2021年6月）。暖色になる程反射強度が高いことを示す。

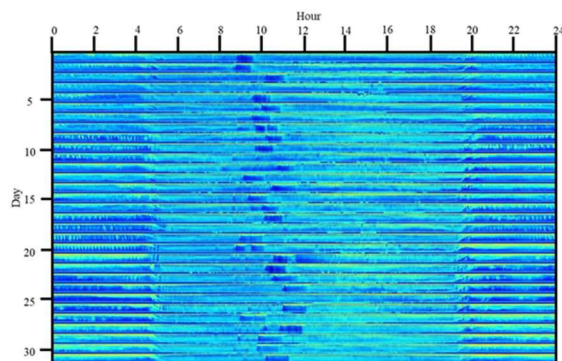


図 12 佐伯湾マグロ試験生簀における魚群鉛直分布の経時変化（2021年7月）。暖色になる程反射強度が高いことを示す。

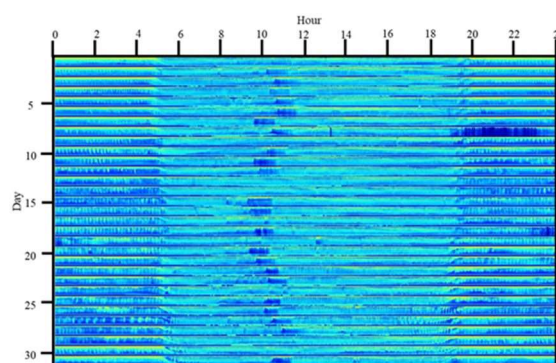


図 13 佐伯湾マグロ試験生簀における魚群鉛直分布の経時変化（2021年8月）。暖色になる程反射強度が高いことを示す。

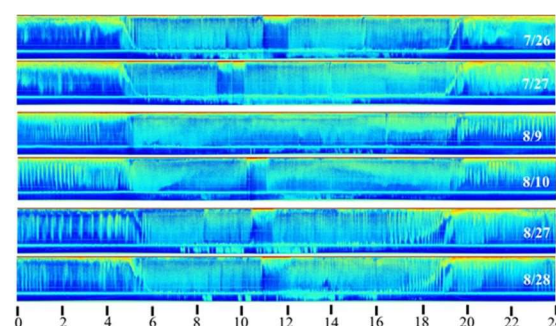


図 14 赤潮非発生時の満月時（7/26～7/27）と新月時（8/9～8/10）及び珪藻赤潮発生時（8/27～8/28）の佐伯湾クロマグロ試験生簀における魚群鉛直分布の変化。暖色になる程反射強度が高いことを示す。



図 15 佐伯湾クロマグロ試験生簀における珪藻赤潮発生時の透明度と珪藻類の細胞密度の推移。

## 2. 魚群探知機観測データの閲覧ソフトウェアの開発

試験は6月1日から2月28日の期間に行い、魚群探知機から送信されたファイルを定期的にデータベースに登録処理した後、昨年度作成した閲覧アプリを、佐伯湾の養殖業者、大分県や佐伯市などの関係者にユーザー名及びパスワードを配布し、実際に使用してもらった。関係者から出された意見



を随時反映させ、閲覧アプリの改良版を作成した。具体的には、Web及びスマートフォンにて、最大7日間以内の魚群データを検索・閲覧する機能に加え、初期表示を1分間隔で8時間前～最新データとし、スマートフォンのアプリでは、スクロールの有無や時間軸の調整など画面表示の調整を行った(図16)。

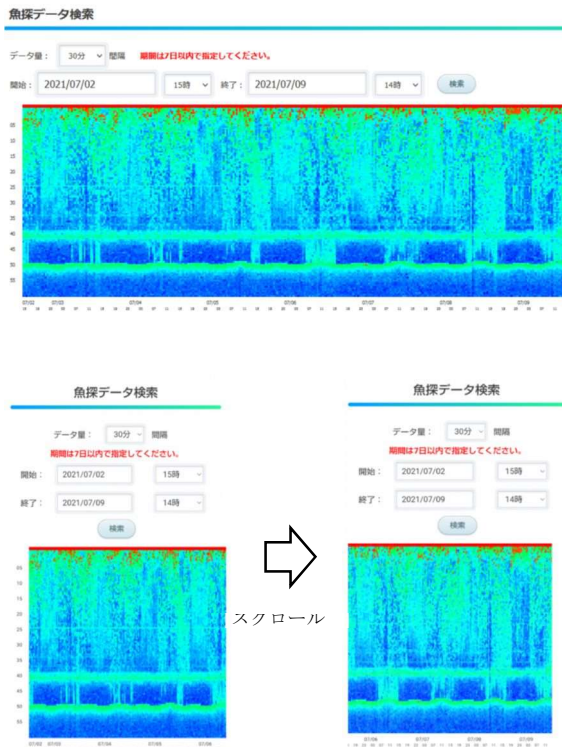


図16 Web(上)及びスマートフォン(下)での魚探データ表示画面。7月2日～7月9日の魚探データの例。暖色になる程魚群が濃いことを示す。

### 3. 牡蠣によるプランクトン除去実験

マガキによる天然赤潮海水の除去効果を図17に示す。現場海域において、有害種である *Cochlodinium polykrikoides* による赤潮が発生したため、1月17日に採取し、実験に供した(最高細胞密度 443 細胞/ml)。その結果、マガキを入れた試験区では、時間の経過と共に遊泳細胞の減少が確認され、10個入れた試験区では観測終了の24時間後には遊泳細胞がほとんど見られなくなり、牡蠣による赤潮除去効果が確認された(図17)。また、マガキも斃死することはなく、異常行動も確認されなかった。

以上のことより、マガキによる *Cochlodinium polykrikoides* の除去効果があることが確認された。

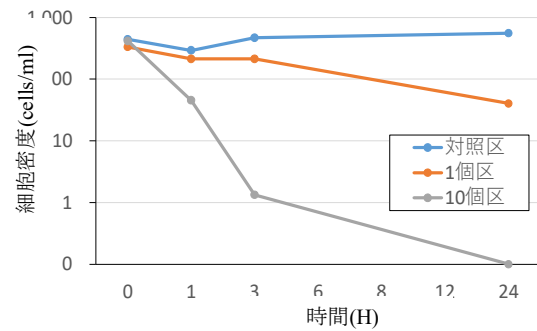


図17 *Cochlodinium polykrikoides* をマガキに曝露した際の細胞密度の推移。

## 4. TN及びTPの季節変動

### 1) 総窒素(TN)の推移

各層における総窒素の推移は図18～20に示したとおりである。表層については、上浦では0.07～0.17mg/L、沖松浦では0.13～0.41mg/L、大入島3地点(久保浦、守後、彦島をいう。以下同様)の平均値は、0.10～0.24mg/L、片神では0.10～0.16mg/Lで推移した。5m層については、上浦では0.07～0.19mg/L、沖松浦では0.08～0.15mg/L、大入島3地点の平均値は、0.08～0.15mg/L、片神では0.07～0.15mg/Lで推移した。底上1m層については、上浦では0.08～0.15mg/L、沖松浦では0.09～0.22mg/L、大入島3地点の平均値は、0.08～0.20mg/L、片神では0.07～0.21mg/Lで推移した。

表層については、上浦では6月下旬、沖松浦、大入島3地点の平均値は8月上旬、片神では5月上旬に最も高い濃度となり、概ね沖松浦、大入島3地点の平均値、片神、上浦の順で濃度が高かった。5m層については、全ての地点で8月下旬に最も高い濃度となり、概ね上浦、沖松浦、大入島3地点の平均値、片神の順で濃度が高かった。底上1m層については、上浦で7月中旬、沖松浦で8月中旬、大入島3地点の平均値及び片神で8月下旬に最も高い濃度となり、5m層と同様に概ね上浦、沖松浦、大入島3地点の平均値、片神の順で濃度が高かった。

### 2) 総リン(TP)の推移

各層における総リンの推移は図21～23に示したとおりである。表層については、上浦では0.008～0.021mg/L、沖松浦では0.14～0.046mg/L、大入島3地点の平均値は0.12～0.027mg/L、片神では0.13～0.025mg/Lで推移した。5m層については、上浦では0.008～0.019mg/L、沖松浦では0.013～0.025mg/L、大入島3地点の平均値は、0.01～0.02mg/L、片神では0.009～0.022mg/Lで推移した。底上1m層については、上浦では0.012～0.031mg/L、沖松浦では0.013～0.051mg/L、大入島3地点の平均値は0.014～



0.026mg/L、片神は0.01~0.029mg/Lで推移した。

表層については、上浦、沖松浦では8月中旬、大入島3地点の平均値では7月中旬、片神では5月中旬に最も高い濃度となり、概ね沖松浦、大入島3地点の平均値、片神、上浦の順で濃度が高かった。5m層については、上浦では7月下旬、沖松浦、片神では6月下旬、大入島3地点の平均値は8月下旬に最も高い濃度となり、概ね沖松浦が最も高く、その他の地点は同程度であった。底上1m層については、上浦、沖松浦で8月中旬、大入島3地点の平均値と片神で8月下旬に最も高い濃度となり、概ね沖松浦、上浦、大入島3地点の平均値、片神の順で濃度が高かった。

以上の結果から、マガキの主な養殖場がある片神については、総窒素、総リン共に周辺の魚類養殖場の大入島3地点の濃度よりも概ね低かったことから、カキ養殖は窒素、リンの排出を魚類養殖より低減出来る可能性が示唆された。今後は、シミュレーション等を行い、赤潮の発生が抑制されるカキ類養殖数量等について、試算する予定である。

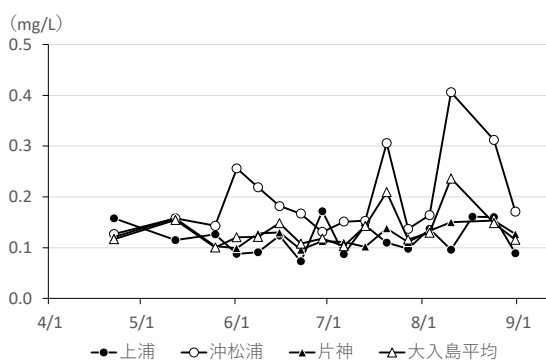


図18 表層における総窒素 (TN) の推移

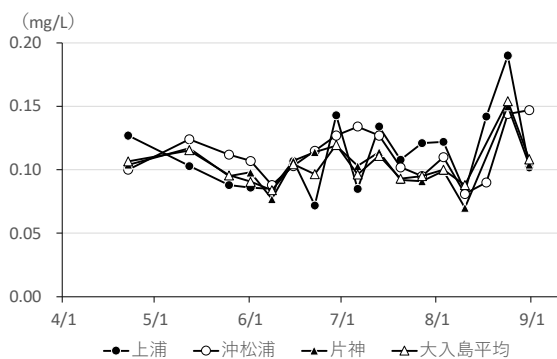


図19 5m層における総窒素 (TN) の推移

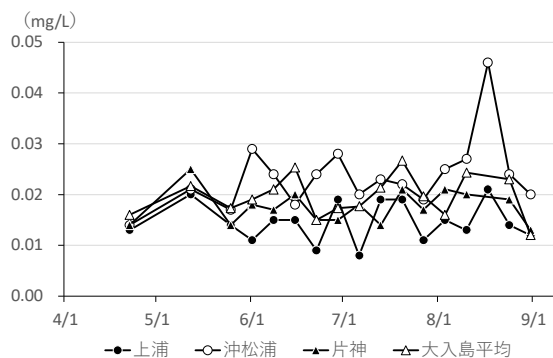


図20 底上1m層における総窒素 (TN) の推移

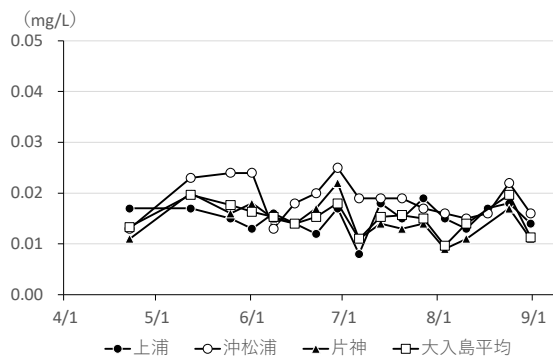


図21 表層における総リン (TP) の推移

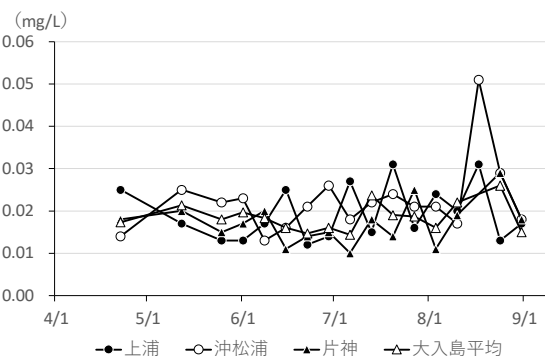


図22 5m層における総リン (TP) の推移

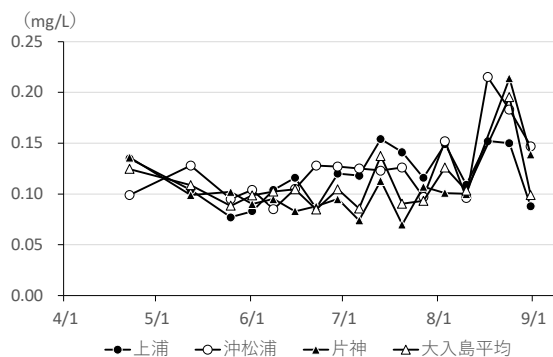


図23 底上1m層における総リン (TP) の推移

引用文献

紫加田知幸、鬼塚剛、中野善、井口大輝、中里礼大、内海訓弘、今坂尚志. 平成31年度漁場環境改善推進事業のうち赤潮及び貧酸素水塊の広域自動モニタリング技術の開発. 「九州東部海域のマグロ漁場における有害赤潮監視システムの開発」報告書、赤潮・貧酸素観測技術開発共同研究機関、2020 ; 53-62.

水産庁. 鹿児島湾赤潮発生原因調査研究報告書-昭和52年6月発生のHornellia赤潮、1978; 81p.

U Passow. Vertical migration of *Gonyaulax catenata* and *Mesodinium rubrum*. *Marine Biology*. 1991; 110: 455-463.

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的研究. 南西海区水産研究所研究報告 1994 ; 27 : 251-394.