

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・室谷冬香・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

1. 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）
2. 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
 - A. 養殖衛生管理技術講習会（表6）
3. 養殖場の調査・監視
 - 1) 養殖資機材の使用状況調査（表7）
 - 2) 薬剤耐性菌の実態調査（表8）
4. 疾病対策
 - 1) 疾病監視対策（表9）
 - 2) 疾病発生対策（表10）

表1 全国会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2022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 都道府県養殖衛生管理担当者	・ブリ類の難治癒疾病について ・ブリ類のレンサ球菌症(<i>Lactococcus garvieae</i>)の知見と薬剤耐性 ・魚病症例研究会
2023年			
3月13日	東京都	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 都道府県養殖衛生管理担当者	・水産防疫の実施状況等 ・令和4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5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
2022年			
11月15～16日	佐賀県	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42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
2023年			
1～2月	WEB会議※	高知県, 愛媛県, 大分県, 熊本県, 宮崎県, 鹿児島県,	令和4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
2022年			
6月14日	佐伯市	海産魚類養殖関係漁業協同組合支店 大分市, 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
2022年			
10月17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

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
2022年4月1日～			
2023年3月31日	佐伯市(上浦)	管内魚類養殖漁家等(延90名) (随時)	水産用抗菌剤使用指導書の発行

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
2022年			
5月18日	佐伯市(鶴見)	海産魚類養殖漁家(10名)	注射ワクチン接種技術講習会
2022年			
5月20日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(4名)	注射ワクチン接種技術講習会
2022年			
5月25日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(19名)	注射ワクチン接種技術講習会
2022年4月1日～			
2023年3月31日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(延115名) (随時)	水産用ワクチン使用指導書の発行

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	
2022年	4月22日	佐伯市	陸上養殖漁業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(26名)	養殖ヒラメのグドア食中毒防止対策 水産用医薬品の適正使用について
2022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, 関係行政機関等(21名)	養殖ヒラメのグドア食中毒防止対策 水産用医薬品の適正使用について
2022年	7月7日	佐伯市	海産魚類養殖漁業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(56名)	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	7月28日	佐伯市	陸上養殖漁業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(56名)	トラフグの魚病対策について 水産用医薬品の適正使用について
2023年	3月1-2日	佐伯市	海産魚類養殖漁業関係者(3名)	海産養殖魚の魚病診断技術と疾病対策
2023年	3月24日	佐伯市	養殖資材販売店等関係者(16名)	最近の魚病発生状況について
2023年	3月24日	佐伯市	海産魚類養殖漁業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(51名)	Ⅲ型レンサ球菌症の発生実態と対策

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
2022年4月1日～ 2023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7回)

表8 薬剤耐性菌の実態調査

実施時期	実施場所	対象魚	内容
2022年4月1日～ 2023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> (16株) <i>Lactococcus garvieae</i> (66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> (78株) <i>Streptococcus iniae</i> (11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> (3株) <i>Photobacterium damsela subsp. piscicida</i> (23株) <i>Streptococcus iniae</i> (14株) <i>Lactococcus garvieae</i> (78株)

表9 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
2022年				2022年			
4月5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	9月28日	佐伯市(佐伯)	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13日	佐伯市(佐伯)	〃	〃	9月28日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
4月15日	佐伯市(佐伯)	〃	〃	10月6日	佐伯市(弥生)	〃	〃
4月15日	佐伯市(弥生)	〃	〃	10月24日	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査
4月18日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	10月27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26日	佐伯市(弥生)	〃	〃	11月7日	佐伯市(上浦)	〃	〃
5月4日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	11月9日	津久見市	〃	〃
5月6日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	11月9日	佐伯市(弥生)	〃	〃
5月9日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	11月9日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月17日	佐伯市(弥生)	〃	〃	11月10日	佐伯市(佐伯)	〃	〃
5月23日	白杵市	〃	〃	11月14日	津久見市	〃	〃
5月24日	佐伯市(弥生)	〃	〃	12月7日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月25日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	12月28日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月27日	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査	2023年			
5月27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	1月10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
5月30日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月11日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
6月9日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月19日	津久見市	〃	〃
6月13日	佐伯市(米水津)	〃	〃	2月3日	佐伯市(弥生)	〃	〃
6月15日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	2月6日	津久見市	〃	〃
6月17日	佐伯市(佐伯)	〃	〃	2月9日	津久見市	〃	〃
6月20日	佐伯市(佐伯)	〃	〃	2月13日	白杵市	〃	〃
6月23日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	2月14日	佐伯市(弥生)	〃	〃
6月27日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	2月20日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
7月4日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月2日	佐伯市(弥生)	〃	〃
7月8日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月22日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
7月12日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月23日	佐伯市(上浦)	〃	〃
8月17日	津久見市	〃	〃				
9月2日	佐伯市(米水津)	〃	〃				
9月14日	佐伯市(蒲江)	〃	〃				

表10 疾病発生対策

実施時期	実施場所	対象魚	内容
2022年4月1日～			
2023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(137件), マダイ(12件), ヒラメ(116件), トラフグ(54件), シマアジ(42件), マサバ(3件), カワハギ(69件)

5. 疾病診断状況

1) 病害相談および診断件数

相談件数は1,344件(対前年度比83%)、診断件数は472件(81%)であった(表11)。疾病原因別に見ると、ウイルス病が26件(全体の6%)、細菌病が232件(49%)、寄生虫病が61件(13%)、真菌病が3件(1%)、その他が13件(3%)、原因不明が111件(24%)、健康診断が26件(6%)であった。

2) 魚種別疾病診断件数

魚種別診断件数はヒラメ116件(全体の25%)、ブリ86件(18%)、カワハギ69件(15%)、トラフグ54件(11%)、カンパチ45件(10%)、シマアジ42件(9%)、マダイ12件

(3%)、ヒラマサ5件(1%)、クロマグロ1件(0.2%)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。

A. ブリ類

診断件数はブリとヒラマサで減少(対前年度比42%及び50%)した一方、カンパチで増加(122%)し、全体で137件と減少(54%)した(表12)。ブリでは*Lactococcus garvieae*II型によるレンサ球菌症(II型レンサ球菌症)(29件)が最も多かった。2021年度にブリ0歳魚で大流行したマダイイリドウイルス病は、モジャコ漁が好調でワクチン接種が流行期前に完了したこともあり、0件と大幅に減少した。カンパチではノカルジア症(7件)が多くみられた。なお、*L.garvieae*の新しい血清型とみられるレンサ球

菌症（仮称：III型レンサ球菌症）は、ブリでは7月と9月、カンパチでは6月と8月と1月に確認されたものの、大きな死亡被害は報告されなかった。

B. マダイ

診断件数は12件に減少（75%）した（表13）。エピテリオシスチス病（3件）が最も多かった。

C. ヒラメ

診断件数は116件に増加（113%）した（表14）。エドワジエラ症（49件）が最も多く、次いで滑走細菌症（9件）、*Streptococcus iniae*によるレンサ球菌症（7件）がみられた。

D. トラフグ

診断件数は54件に減少（70%）した（表15）。疾病別ではヘテロボトリウム症（6件）が最も多く、次いで、粘液胞子虫性やせ病（4件）がみられた。

E. シマアジ

診断件数は42件に減少（98%）した（表16）。疾病別ではIII型レンサ球菌症（25件）が最も多く、大きな被害が確認された。

F. 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69件で最も多かった（表17）。疾病別ではウイルス性神経壊死症（13件）とパスツレラ症（13件）が最も多く、他に*L. garvieae*型によるレンサ球菌症（I型レンサ球菌症）（12件）、*S. iniae*によるレンサ球菌症（9件）が目立った。

G. 海産無脊椎動物

診断件数は4件で昨年度に比べ増加した（表18）。

H. 淡水魚類

診断件数は14件に増加（233%）した（表19）。

表11 病害相談件数および診断件数*

	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
相談件数	48	54	137	178	120	185	169	114	108	67	76	88	1,344
	(47)	(55)	(162)	(325)	(232)	(217)	(196)	(168)	(63)	(58)	(60)	(45)	(1,628)
診断件数	18	19	44	57	63	57	65	38	36	22	22	31	472
	(17)	(22)	(61)	(112)	(81)	(87)	(69)	(55)	(22)	(18)	(20)	(16)	(580)

*（ ）は前年度

表 12 ブリ類診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
ブリ	ウイルス性腹水症			1									1	2
	ビブリオ病(<i>V.ang.</i> type C)		4											4
	滑走細菌症	1												1
	レンサ球菌症(<i>L.g.</i> type I)	1		1										2
	レンサ球菌症(<i>L.g.</i> type II)	1		3	3	2	7	5	1	1	3	3		29
	レンサ球菌症(<i>L.g.</i> type III)				2		1							3
	ノカルジア症							2	1	1	1	1		6
	非結核性抗酸菌症						1	1						2
	脳粘液胞子虫症									1	1			2
	ハダムシ症				1									1
	住血吸虫症												1	1
	吸虫性旋回病				1									1
	筋肉線虫症				1	1								2
	鰓カリグス症				1									1
	栄養性疾病				1	1								2
	環境性疾病	1												1
	不明	2		2	5	1		1	2	2				15
	健康診断											5	6	11
	ブリ小計	6	4	7	15	5	9	9	4	5	5	9	8	86
ヒラマサ	非結核性抗酸菌症					1								1
	ゼウクサブタ症					1								1
	住血吸虫症	1												1
	環境性疾病							1						1
	健康診断									1				1
	ヒラマサ小計	1	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	5
カンパチ	マダイイリドウイルス病					1								1
	エピテリオシスチス病							1						1
	ビブリオ病(<i>V.ang.</i> type C)		4	1										5
	滑走細菌症				2									2
	レンサ球菌症(<i>L.g.</i> type II)					1					2		1	4
	レンサ球菌症(<i>L.g.</i> type III)			1		2					1			4
	ノカルジア症							3		3			1	7
	非結核性抗酸菌症									1				1
	微胞子虫性脳脊髄炎				1									1
	ハダムシ症					1			1					2
	ゼウクサブタ症								1					1
	住血吸虫症	2												2
	ヒルディネラ類幼虫移行症					1								1
	不明		1	3				2	2	2	1		1	12
	健康診断					1								1
	カンパチ小計	2	5	6	4	5	6	4	5	2	3	1	2	45
ブリヒラ(ブリ×ヒラマサ)	不明										1			1
	ブリヒラ小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	ブリ類計	9	9	13	21	10	15	14	9	8	9	10	10	137

表 13 マダイ診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
マダイ	リンホシスチス病	2												2
	エピテリオシスチス病	1		2										3
	ビブリオ病(<i>V.harveyi</i>)			1										1
	滑走細菌症											1		1
	ラメロジスチス病			1										1
	ビバギナ症					1								1
	不明							1		1				2
	健康診断				1									1
	マダイ計	3	0	4	1	1	0	1	0	1	0	1	0	12

表14 ヒラメ診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
ヒラメ	リンホシスチス病			1										1
	ウイルス性出血性敗血症		2									2	1	5
	エドワジエラ症		1	2	6	4	10	9	7	3	2	3	2	49
	滑走細菌症	1			1			1	1	1	2		2	9
	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)					1								1
	レンサ球菌症(<i>L.g. type III</i>)						1							1
	レンサ球菌症(<i>S. iniae</i>)					1	1	3	1	1				7
	ノカルジア症					1								1
	未同定真菌病						2							2
	イクチオボド症		1		1	1				1				4
	スクーチカ症			1		1					1		3	6
	白点病							1	1					2
	ネオヘテロボツリウム症								1					1
	選別不足	1												1
	不明		1	2	3	7	1		2	4		2	2	24
	健康診断									1			1	2
ヒラメ計		2	5	6	11	16	16	14	12	11	5	7	11	116

表15 トラフグ診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	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
	イクチオボド症	1		1										2
	白点病						1							1
	トリコジナ症												1	1
	スクーチカ症		1							1	1			3
	粘液胞子虫性やせ病					1		1	1	1				4
	ネオベネデニア症								1	1				2
	ヘテロボツリウム症	1	1			1		1	1	1				6
	栄養性疾病	1	1							1	1			4
	環境性疾病					1								1
	歯切り損傷			1	1			1						3
	不明			2	1	1	3	4	3	3	2		4	23
	健康診断					1				1				2
トラフグ計		3	3	4	2	5	4	8	6	9	5	0	5	54

表16 シマアジ診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
シマアジ	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)				1	1		1						3
	レンサ球菌症(<i>L.g. type II</i>)				1	2		1		1				5
	レンサ球菌症(<i>L.g. type III</i>)			1	4	8	4	4	3	1				25
	ノカルジア症									1				1
	ネオベネデニア症				1			1						2
	皮膚カリグス症							1						1
	不明				2		1	2						5
シマアジ計		0	0	1	9	11	5	10	3	3	0	0	0	42

表17 その他の海産魚類診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
ニジマス(海水飼育)	不明												1	1
マサバ	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)			2										2
	ノカルジア症			1										1
クロマグロ	不明								1					1
イシダイ	不明			1										1
イシガキダイ	ハダムシ症						1							1
イサキ	スクーチカ症		1											1
タイリクスズキ	不明			1				1						2
カワハギ	ウイルス性神経壊死症				5	7		1						13
	エピテリオシスチス病			1										1
	ビブリオ病(<i>V.ang. type C</i>)			1	1									2
	パスツレラ症			1	4	3	3	2						13
	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)	1	2	1			3	3	1	1				12
	レンサ球菌症(<i>S. iniae</i>)					2	3	3	1					9
	未同定細菌症					2								2
	アミルウージニウム症					1								1
	粘液胞子虫性やせ病							2	1	1				4
	不明				3	1	3	2				1		10
	健康診断						1		1					2
ウマヅラハギ	ウイルス性神経壊死症				1	1								2
	パスツレラ症							1						1
	未同定細菌病			1										1
	未同定真菌病			1										1
	レンサ球菌症(<i>L.g. type III</i>)			2										2
	レンサ球菌症(<i>S. iniae</i>)					1	2							3
	不明						1	2		1				4
その他の魚類計		0	2	13	11	20	17	18	7	3	0	1	1	93

表18 海産無脊椎動物診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
ヒオウギガイ	不明			2										2
クルマエビ	不明			1										1
	健康診断								1					1
毎産無脊椎動物計		0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4

表19 淡水魚類診断状況

魚種名	疾病名	2022/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2023/1	2	3	計
ニジマス	不明												2	2
アユ	シュードモナス症										1	1		2
	不明				2							1	2	5
	健康診断	1								1	2	1		5
淡水魚類計		1	0	0	2	0	0	0	0	1	3	3	4	14

6. 水産用ワクチン使用状況

1) 注射ワクチン

A. 単味ワクチン

ブリ属魚類の α 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、5、2件、使用経営体数が7、5、2経営体、投与尾数が543,000、75,000、36,000尾、使用量が54.3、7.5、3.6L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94%、カンパチ及びヒラマサで100%であった。また、 β 溶血性レンサ球菌症ワクチンは、ヒラメで使用実績が無かったが、カワハギで指導書発行件数が2件、使用経営体数が2経営体、投与尾数が60,000尾、使用量が6.0Lであった。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。

B. 二種混合ワクチン

ヒラメの β 溶血性レンサ球菌症及び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4件、使用経営体数が4経営体、投与尾数が60,300尾、使用量が6.0Lであった。カワハギの α 溶血性レンサ球菌症及び β 溶血性レンサ球菌症ワクチンは、指導書発行件数が3件、使用経営体数が3経営体、投与尾数が117,000尾、使用量が11.7Lであった。ブリ属魚類の α 溶血性レンサ球菌症及びビブリオ病ワクチン、ブリとカンパチの α 溶血性レンサ球菌症及び類結節症ワクチン、マダイの β 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。

C. 三種混合ワクチン

ブリ属魚類の α 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、カンパチで使用され、それぞれ指導書発行件数が14、7件、使用経営体数が10、5経営体、投与尾数が631,000、89,000尾、使用量が63.1、8.9L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、ブリで97%、カンパチで58%であった。ブリとカンパチの α 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無かった。カンパチの α 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。

D. 四種混合ワクチン

ブリ属魚類の α 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62件、使用経営体数が34経営体、投与尾数が2,540,205尾、使用量が254.0L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。

E. 経口ワクチン

経口ワクチン（ブリ属魚類の α 溶血性レンサ球菌症ワクチン）は、使用実績が無かった。

安心・安全で環境に優しい養殖推進事業-1

ヒラメ食中毒防止による安全性強化対策 (県単)

吉井啓亮・山田英俊・室谷冬香・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3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確認されていない。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、2022年度も同様に検査を行った。

事業の方法

2022年4月~2023年3月に、養殖業者23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1,376検体(55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¹²⁾で行った。なお、ロット毎に全個体の背側体側筋を各0.5g採材し、サンプル重量と等量の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
津久見	1	3	80	0
佐伯	3	8	169	0
米水津	2	10	243	0
養殖場 上入津	4	7	151	0
下入津	9	20	474	0
蒲江	2	4	131	0
名護屋	2	2	62	0
種苗生産機関	1	1	66	0
合計	24	55	1376	0

今後の問題点

2022年度に大分県内の養殖場に導入された55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.
- 2) 甲斐桑梓, 西岡豊弘, 木本圭輔, 福田穰. ヒラメ養殖におけるナナホシクドア *Kudoa septempunctata* 検査キットの実用性. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編). 2019; 7: 7-10.

資源造成型栽培漁業推進事業-1

(県単)

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、マダイに感染するマダイイリドウイルス (RSIV) について PCR 法による検査を実施した。

事業の方法

2022年7月に、公益社団法人大分県漁業公社が生産したマダイ種苗1ロットから抽出した60尾について、Kuritaら¹⁾のPCR法に従って検査した。なお、10尾をプールし1検体とした。

事業の結果

検査対象としたマダイ種苗 (同一ロットから抽出した60尾) の脾臓から、RSIV 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	平均体重(g)	PCR検査日	検体数	陽性数
2022/7/7	3.7	2022/7/8	6(10尾プール)	0

文献

- 1) Jun Kurita, Kazuhiro Nakajima, Ikuo Hirono, Takashi Aoki. Polymerase Chain Reaction (PCR) Amplification of DNA of Red Sea Bream Iridovirus (RSIV). Fish Pathology. 1998.3; 33(1): 17-23.

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-1

ヒラメのリンホシスチス病の感染実験におけるウイルス濃度の検討

吉井啓亮・山田英俊・室谷冬香・福田 穰・北村真一^{*a}

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(LCC)が形成されて商品価値が低下し、養殖経営に経済被害を与える。水産研究部では昨年度、擦過処理を行ってからウイルス液に浸漬することで、特定の部位にLCCを形成させることのできる感染実験手法を開発した。

本研究では、複数のウイルス濃度でヒラメを感染させて、リンホシスチス病の感染実験において特定の部位にLCCが形成される適切なウイルス濃度を明らかにすることを目的とした。

事業の方法

水産研究部で生産された平均体重12.7gのヒラメ60尾を供した。県内養殖ヒラメから得られたLCCに、10倍量のイーグル最小必須培地を加えて磨砕し、2000g、4°Cで15分間遠心して上清を0.45 μ mフィルターでろ過したものをウイルス液として供した。

供試魚の有眼側前方背側に、綿棒を用いて鱗が綿棒に付着する程度に擦過した。1 \times 10²(低濃度区)、1 \times 10⁴(中濃度区)、または1 \times 10⁶(高濃度区)PCR titer/mLでそれぞれ20尾ずつ2時間供試ウイルスに浸漬感染させ、20°Cの流水水槽に収容した。いずれの試験区も、攻撃から2週、4週、6週後に全数を麻酔処理して、擦過部におけるLCC形成が確認された個体の割合(発症率)を算出した。

事業の結果と考察

感染実験の発症率は、表1に示したとおりである。高濃度区では、感染4週後には70%の魚で擦過部位にLCC形成が確認された。一方で、低濃度区、中濃度区では、実験期間中のLCC形成は確認されなかった。低濃度区、中濃度区では、実験期間中擦過部以外の部位でもLCC形成は確認されなかった。

以上の結果より、ヒラメのリンホシスチス病の発症には、一定以上のウイルス濃度が必要であることが示唆された。ヒラメのリンホシスチス病感染実験は、1 \times 10⁶PCR titer/mL以上のウイルス濃度で実施することが適切だと考えられる。

表1 LCC発症率の推移

	感染後日数		
	2週後	4週後	6週後
低濃度区	0.0%	0.0%	0.0%
中濃度区	0.0%	0.0%	0.0%
高濃度区	0.0%	70.0%	60.0%

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-2

*Lactococcus garvieae*Ⅲ型株のブリに対する病原性

吉井啓亮・山田英俊・室谷冬香・福田 穰

事業の目的

Lactococcus garvieae を原因とする α 溶血性レンサ球菌症は、ブリ類を中心に養殖魚に大きな被害を与えてきた。また、2021年12月以降、大分県内では *L. garvieae* 血清型Ⅲ（仮称：以下Ⅲ型）による感染症の被害が、シマアジ等の養殖海産魚に発生しており、ブリ養殖への拡大が心配される。そこで、本研究では、県内で分離されたⅢ型株のブリに対する病原性を確認するとともに、Ⅰ～Ⅲ型それぞれの不活化ワクチンを接種し、血清型を変えた攻撃に対するワクチンの有効性を検討した。

事業の方法

1. 病原性

いずれも大分県内の養殖魚から分離され、抗 *L. garvieae* Ⅲ型血清だけに凝集するブリ、シマアジ由来の2株（標準株）に、抗Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ型血清すべてに凝集するカンパチ由来株（特殊株）を加えた3株を、PCR法で *L. garvieae* Ⅲ型に同定して供試した。ブリ（平均体重 75.3 g）の腹腔内に各供試菌株をそれぞれ 10^4 、 10^5 、 10^6 CFU/fish の菌量で各 15 尾の腹腔内に接種し、無給餌で2週間飼育観察を行った（平均水温 23.9℃）。

2. ワクチン有効性

L. garvieae Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型（いずれもブリ由来株）およびⅢ型（カンパチ由来特殊株）株のホルマリン不活化菌体（ 4.7×10^9 CFU/fish 相当）をブリ（平均体重 106.8 g）へ腹腔内接種して免疫した。無免疫区には滅菌 PBS を接種した。免疫2週間後に、Ⅰ型（ 2.0×10^5 CFU/fish）、Ⅱ型（ 1.9×10^6 CFU/fish）またはⅢ型（ 3.7×10^7 CFU/fish）株を各区 15 尾に対して腹腔内接種して攻撃し、無給餌で20日間飼育観察を行った（平均水温 22.7℃）。

事業の結果

1. 病原性

ブリ由来標準株の接種では、 10^4 、 10^5 、 10^6 CFU/fish の接種菌量で、それぞれ累積死亡率は 6.7、0、26.7%、実験終了時の生残個体の保菌率が 7.1、40.0、45.5%であった（表 1）。シマアジ由来標準株では、すべての接種菌量で累積死亡率が 13.3%、生残個体保菌率が 0、23.1、23.1%であった（表 2）。また、カンパチ由来特殊株ではすべての接種菌量で死亡はなく、生残個体の保菌も認められなかった（表 3）。

2. ワクチン有効性

いずれのワクチン区においても、ワクチン株と同一の菌株で攻撃した場合、累積死亡率、生残魚保菌率が低い結果となり、Ⅰ型およびⅢ型による免疫区では無免疫区との有意差が認められた（ $p < 0.01$ ）。一方で、Ⅲ型ワクチン区は、Ⅰ型攻撃でブリ・カンパチ由来株の死亡率は 46.7%、Ⅱ型攻撃で、死亡率は低かったものの、保菌率は 69.2、53.3%であった。また、Ⅰ型ワクチン区では、Ⅲ型攻撃で死亡率 53.3%、保菌率 57.1%であり、Ⅱ型ワクチン区ではⅢ型攻撃で、死亡率 33.3%、保菌率 60.0%であった。なお、無免疫区ではⅠ型攻撃で死亡率 66.7%、保菌率 60.0%、Ⅱ型攻撃で死亡率 13.3%、保菌率 61.5%、Ⅲ型攻撃で死亡率 53.3%、保菌率 71.4%であった（表 4-6）。

今後の問題点

ブリ由来 *L. garvieae* Ⅲ型株の病原性は高くないが、宿主の免疫を回避して保菌状態になることが示唆された。したがって、強毒株の出現時に被害が拡大する恐れがあり、引き続き注意を払う必要がある。

Ⅲ型株の感染に対して、Ⅲ型不活化ワクチンは効果があることが分かったが、異なる血清型の不活化ワクチンでは感染を予防できないことが示唆された。したがって、仮にブリ養殖でⅢ型感染症の被害が拡大した場合、Ⅰ・Ⅱ型不活化ワクチンで予防することは難しい

と思われる。

表1 ブリ由来標準株を接種したブリの累積死亡率および生残魚保菌率

接種菌量(CFU/fish)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
累積死亡率	6.7%	0.0%	26.7%
生残魚保菌率	7.1%	40.0%	45.5%

表2 シマアジ由来標準株を接種したブリの累積死亡率および生残魚保菌率

接種菌量(CFU/fish)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
累積死亡率	13.3%	13.3%	13.3%
生残魚保菌率	0.0%	23.1%	23.1%

表3 カンパチ由来特殊株を接種したブリの累積死亡率および生残魚保菌率

接種菌量(CFU/fish)	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
累積死亡率	0.0%	0.0%	0.0%
生残魚保菌率	0.0%	0.0%	0.0%

表4 各血清型不活化ワクチンで免疫したブリにおけるI型株攻撃後の累積死亡率および生残魚保菌率

ワクチン区	無免疫	I型	II型	III型(ブリ)	III型(カンパチ)
累積死亡率	66.7%	0.0%	53.3%	46.7%	46.7%
生残魚保菌率	60.0%	0.0%	57.1%	25.0%	37.5%

表5 各血清型不活化ワクチンで免疫したブリにおけるII型株攻撃後の累積死亡率および生残魚保菌率

ワクチン区	無免疫	I型	II型	III型(ブリ)	III型(カンパチ)
累積死亡率	13.3%	0.0%	6.7%	13.3%	0.0%
生残魚保菌率	61.5%	66.7%	0.0%	69.2%	53.3%

表6 各血清型不活化ワクチンで免疫したブリにおけるIII型株攻撃後の累積死亡率および生残魚保菌率

ワクチン区	無免疫	I型	II型	III型(ブリ)	III型(カンパチ)
累積死亡率	53.3%	53.3%	33.3%	0.0%	0.0%
生残魚保菌率	71.4%	57.1%	60.0%	6.7%	26.7%

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-3

Lactococcus garvieae 血清型 II の感染進行が摂餌率に与える影響

室谷冬香・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 *Lactococcus garvieae* 血清型II (= *L. formosensis*) の感染症 (II型レンサ球菌症) による被害が継続している。従来の (I型) レンサ球菌症では給餌が死亡率を増加させることが知られており、昨年度の試験によって、II型レンサ球菌症においても感染直後の給餌が死亡率を高める可能性が示唆された²⁾。したがって、給餌制限による被害軽減には、漁業者による魚の感染兆候の把握が重要になる。そこで今年度は、*L. garvieae* II型に暴露した魚群の摂餌率の変化が、感染進行の指標となる可能性を検討した。

事業の方法

供試魚は2022年に採捕された天然種苗を養成したブリ0歳魚 (平均魚体重 63.4 g) を用いた。FRP 角形 2t 水槽 2 基の内部に生簀網を設置し、各網に供試魚を 25 尾ずつ収容して 2 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を行った。実験期間の水温は 21.9~23.6°C の範囲にあった。

攻撃菌は2021年に養殖ブリから分離された *L. garvieae* II型 203211 株を供試した。Todd Hewitt Broth (Difco) に供試菌を接種し、25°C で 24 時間静置培養した。FRP 水槽の水位を 70 cm から 60 cm まで下げて止水下で酸素供給を行いながら、培養した攻撃菌株を添加して菌液暴露を行った。各群の攻撃菌濃度は 1.0×10^6 CFU/ml (高濃度区) または 1.0×10^4 CFU/ml (低濃度区) である。菌液添加 30 分後に 1 回転/h の換水率で注水を再開した。

飼料はエクストルーデッドペレット (EP) のハマチスペシャル4号 (日清丸紅飼料) を用い、注水再開 2 時間半後からメーカー推奨の日間給餌率の約 80% 量を計量して週 5 日間給餌し、給餌中に試験魚の摂餌が止まった場合は残餌量を記録した。

また、生残魚 1 尾あたりの摂餌率を以下の式を使って求めた。なお、投餌量は前述にて規定した EP 量、摂餌量は投餌量より残餌量を引いた値とする。

供試魚 1 尾あたりの摂餌率 (%) = $\frac{\text{摂餌量}}{\text{投餌量} \times (\text{生残尾数} - \text{供試魚尾数})} \times 100$

死亡魚は速やかに水槽から取り除き、腎臓及び脳組織から Todd Hewitt 寒天培地を用いて菌分離を行った。

事業の結果

各試験区の摂餌率の推移は図 1 のとおりである。低濃度区、高濃度区ともに菌液暴露後 2 日目から急激に摂餌率が低下し、高濃度区では 3 日目に 28%、低濃度区では 6 日目に 33% まで低下した。その後、無給餌日を挟んでも摂餌率の回復は見られなかった。

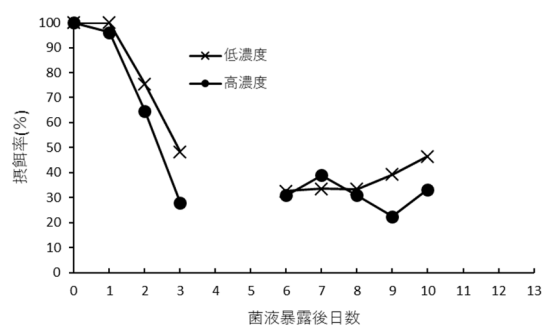


図 1 菌液暴露後における各実験区の摂餌率の推移

各実験区の累積死亡率の推移は図 2 のとおりである。高濃度区では菌液暴露後 3 日目から、低濃度区では菌液暴露後 6 日目から死亡が確認された。菌液暴露後 13 日目の累積死亡率は低濃度区で 72%、高濃度区で 92% であった。なお、実験期間中全ての死亡魚から *L. garvieae* II型が再分離された。

これらの結果から、攻撃強度に関わらず、菌液暴露後 2 日目に摂餌率が低下し、さらに摂餌率低下後に死亡が発生したことから、食欲低下は II型レンサ球菌感染進行の指標として有望であると思われる。

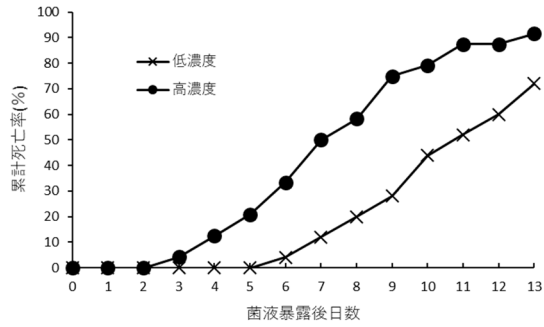


図2 菌液暴露後における累積死亡率の推移

今後の課題

本研究では感染強度にかかわらず、魚群の食欲低下がII型レンサ感染進行の指標として有望であることが示唆された。そのため、現場に対して餌食いの変化への注意や、投

薬前後に餌止めの重要性を周知すると共に、EP 飼料による養殖におけるより効率のよい投薬技術の開発等を検討する必要がある。

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. 大分県水産試験場調査研究報告. 1993; 15:46-56
- 2) 村瀬直哉, 山田英俊, 吉井啓亮, 福田穰. II型 *Lactococcus garvieae* の実験感染における給餌条件の影響. 令和3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.

ブリ稚魚を対象としたマダイイリドウイルス感染実験系の検討

令和4年度予備試験調査（県単）

山田英俊

事業の目的

天然種苗が記録的な不漁となった2021年のブリ養殖現場では、ブリ稚魚が注射ワクチン接種可能な大きさに成長する前にマダイイリドウイルス病に罹患し、大量死亡することが大きな問題となった。ブリ類の同ウイルス病対策として注射ワクチンが認可・販売されているが、その適用魚体重の最小値は10～30gとなっており、注射接種が困難な10g以下のブリ稚魚に対しては有効な予防策が存在しない現状にある。また、体重10g以下のブリ稚魚では、同ウイルスの人為感染手法が確立されていないことが、経口ワクチン等の開発の障壁となっている。そこで、ブリ稚魚を対象としたマダイイリドウイルス感染実験系を検討する目的で、同ウイルスの経口感染実験を実施した。

事業の方法

1. 感染実験用のマダイイリドウイルス株

2022年度は県下でマダイイリドウイルス病の発生が確認出来なかったため、感染実験用のウイルス株を確保することができなかった。そのため、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所にマダイイリドウイルスKagYT-96株の提供を依頼し、実験に供試した。

2. ブリを用いた感染実験

感染実験はカンパチ・クロマグロの実験例¹⁾を参考に行った。実験には平均体重54gのブリ（天然由来）を用いた。実験区として腹腔内注射区、経口投与区、非感染対照区の3区を設定した。供試魚数は各区13尾とした。腹腔内注射区では、滅菌PBSで希釈した0.1 mLのマダイイリドウイルス液（ 10^5 TCID₅₀/mL）を実験魚の腹腔内に接種した。経口投与区では、展着材を添加した固形餌料15gに1.3～1.5 mLのマダイイリドウイルス液（ 10^6 TCID₅₀/mL）を吸収させて、3日間投与した。非感染対照区では、展着材を添加し

た固形餌料15gに1.3～1.5 mLの滅菌PBSを吸収させて、3日間投与した。実験魚は実験区毎に用意した24.9-27.5°Cの流水水槽（500 L円形FRP水槽）で飼育し、死亡の有無等を22日間観察した。

事業の結果

実験開始後11日目以降、腹腔内注射区の多数の個体で体色の白化が確認された。22日間の観察期間中、すべての試験区で死亡個体は確認されなかった。

今後の問題点

今回の実験では、注射法と経口法で死亡個体が発生する程度にマダイイリドウイルス病を発症させることができなかったものの、感染実験の一連の手順について確認することが出来た。今後は、既報¹⁾と同様にイシガキダイ魚体通過後のウイルスの使用やウイルスの投与濃度の変更等を検討して、当水産研究部におけるブリ稚魚を対象としたイリドウイルス感染実験系を確立し、注射接種が困難な体重10g以下のブリ稚魚を対象としたイリドウイルス病予防技術開発を目指す。

文献

1)Matsuura Y, Nishioka T, Satoh J, Shimahara Y, Matsuyama T, Takano T, Kiryu I, Kawato Y, Terashima S, Masuma S, Nakayasu C. Development of a method for experimental infection of Pacific bluefin tuna with red seabream iridoviral disease. *Aquaculture*. 2021.6; 539: 736627.

ブリ類養殖業生産体制強化推進事業

適正サイズに満たない天然モジャコの育成・種苗化技術の開発

山田英俊・吉井啓亮・室谷冬香・福田 穰

事業の目的

通常、ブリ養殖の種苗となる稚魚（モジャコ）は4月～5月に、5 cm程度の天然モジャコを沿岸域から採集し、湾内蓄養生費で餌付け、成長させ6月頃から種苗として出荷する。2021年は九州全域で記録的な不漁となったことから、現場では通常より遅い6月に小型モジャコ（2 cm未満）を採集し餌付けを行った。しかし、現在一般的に使用しているアミンチや稚魚用配合飼料では初期の餌付けが上手くいかず大量に斃死する事例が発生し、種苗不足が深刻化した。今後、同様な事案が発生した場合に備えて、現場からは天然小型モジャコへの餌付け技術開発が求められている。

以上のことから本事業では小型天然モジャコへの育成・種苗化技術を開発する目的で冷凍コペポータ（冷凍コペ）による摂餌促進効果について検証を行った。なお、本年度は天然小型モジャコの入手が困難であったことから、人工小型モジャコを使用して試験を実施した。

事業の方法

試験は2022年6月27日～7月1日（5日間）の期間に当研究部の海面筏に2 mm目合のイセス網（1.5 m×1.5 m×1.5 m）を4面設置し、各イセスに供試魚（平均全長20.2 mm、平均体重0.1 g）を100尾ずつ収容した。各イセスに給餌する餌は①冷凍コペを添加した稚魚用配合飼料区（冷凍コペ添加配合飼料区）②アミンチ区、③配合飼料区、④無給餌区とした。無給餌区以外は毎日日中1～2時間ごとに、飽食給餌を行い、斃死魚は適時取り上げた。試験終了後は全ての魚を取り上げ、全長および体重を測定した。

事業の結果

試験期間中の各区の生残率の推移を図1に、各区の摂餌状況および試験終了時の全長及び体重について表1に記した。

表1 各試験区の摂餌状況および試験終了時の全長及び体重

生残率は各試験区とも大きな影響は確認されなかった。摂餌状況では、冷凍コペ添加配合飼料区が他の区と比較して最も早い3日目で摂餌状況が向上し、その後も好調な摂餌が継続した。試験終了時の体長および体重においても冷凍コペ添加配合飼料区の成長が最も良かった。

以上のことから、小型モジャコを飼育する際には、餌付け初期の配合飼料に冷凍コペポータを添加すると、摂餌状況が促進し餌付けがスムーズに進むことが期待される。

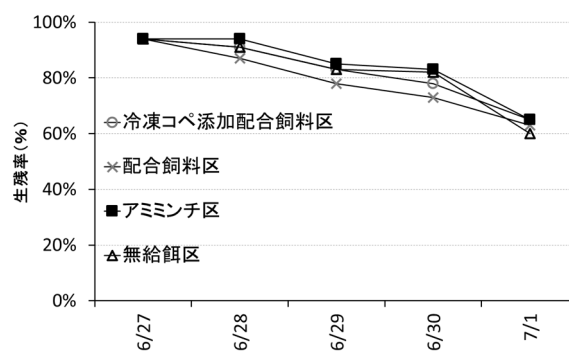


図1 各試験区の生残率の推移

今後の課題

2022年度のモジャコ漁は適正サイズ種苗を主体に沖合域で好調に推移し、2021年度のような小型天然種苗が採捕されなかったため、2 cmサイズの天然種苗を用いた飼育試験が実施できなかった。今後、モジャコ育成現場で実証試験を行う必要がある。

試験区	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	試験終了時	
	2022/6/27	2022/6/28	2022/6/29	2022/6/30	2022/7/1	全長(cm)	体重(g)
冷凍コペ添加配合飼料区*1	-	+	+++	+++	+++	22.8±2.9	0.13±0.05
配合飼料区*2	-	+	++	+++	+++	20.4±3.4	0.09±0.03
アミンチ区	-	+	++	+++	+++	21.4±2.1	0.10±0.02
無給餌区	ND	ND	ND	ND	ND	21.7±3.2	0.12±0.05

-: 食べない

+: 中層などで少数の個体が食べる

++: 表層で少数の個体が食べる

+++ : エサを撒いた直後に寄ってきて表層で積極的に食べる

ND: データなし

*1: 配合飼料は日清丸紅飼料(株)「おとひめ」を使用

*2: 配合飼料は林兼産業(株)「マリン0号」を使用

ブリ類養殖業生産体制強化推進事業

県内ブリ類養殖漁場ごとの出荷適正期間調査（ブリ3年魚品質調査）

中島智優・原 朋之

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。2022年1月から臼杵では8月まで、米水津では7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叉長及び体重を測定して肥満度（体重（g）/尾叉長（cm）³×1,000）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；生殖腺重量（g）/体重（g）×100）を算出した。また、左背部筋肉の血合部分を褐変到達時間測定に、右背部筋肉を粗脂肪定量に用いた。なお、蒲江の6月では4尾をサンプリングした。褐変到達時間測定は、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。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。

粗脂肪の定量はクロロホルム・メタノール混液抽出法によって定量し、筋肉100g中の粗脂肪含量として算出した。なお、分析は民間の分析機関に委託して実施した。

事業の結果・考察

臼杵地区、米水津地区および蒲江地区の個体データをそれぞれ表1、表2および表3、平均データを表4、月別の褐変到達時間の推移を図1、GSIの推移を図2、粗脂肪量の推移を図3に示す。褐変到達時間は、1月から4月までの間はすべての地区で早くなっていった。特に、2月は蒲江地区が42.8時間で最も早くなった。米水津地区では4月に、臼杵地区及び蒲江地区では5月に最も早くなり、その後は褐変到達時間が遅くなった。一方、GSIはいずれの地区でも3月ごろから高くなり、米水津及び蒲江地区では4月に、臼杵地区では5月にピークに達した。粗脂肪含量は、いずれの地区も2月にピークに達し、5月まで減少した。

以上の結果から、GSIが高くなるにつれて褐変到達時間は早くなり、4月から5月にかけて最も早くなる傾向が見られた。また、2月から5月にかけて粗脂肪含量も減少する傾向が見られた。また、3つの地区で最も南に位置する蒲江地区から血合筋の褐変到達時間が早くなった。これらの結果から、3年魚ブリの出

荷時期は蒲江地区では2月まで、臼杵地区及び米水津地区では3月までに出荷すれば、血合筋の早期の褐変および避けることができると示唆された。褐変到達時間が早い時期については、抗酸化物質を利用した餌による血合筋の褐変抑制や、成熟抑制や成熟時期の遅延等の工夫により身質の低下を改善できる可能性が考えられる。

表1 個体データ（臼杵地区）

採取月	尾叉長(cm)	体重(kg)	肥満度	雌雄	GSI
1月	65.5	4.84	17.2	F	0.50
	63.6	4.79	18.6	M	0.07
	64.1	4.75	18.0	F	0.61
	63.5	4.94	19.3	F	0.49
	64.4	5.07	19.0	M	0.06
2月	68.4	6.07	19.0	M	0.18
	67.6	6.01	19.5	F	0.48
	67.6	6.09	19.7	F	0.52
	67.6	6.05	19.6	M	0.18
	71.0	6.16	17.2	F	0.61
3月	65.6	5.53	19.6	F	0.85
	68.4	5.58	17.4	M	0.41
	66.5	5.54	18.8	F	1.15
	68.8	5.71	17.5	M	0.71
	66.1	5.73	19.8	M	0.83
4月	67.1	6.01	19.9	M	4.96
	70.2	7.22	20.9	F	2.68
	68.9	5.59	17.1	F	1.41
	68.3	6.05	19.0	F	1.80
	67.8	6.79	21.8	F	2.32
5月	67.1	6.48	21.4	M	3.77
	67.1	6.48	21.4	F	3.22
	66.5	5.48	18.6	F	2.41
	69.3	6.72	20.2	F	2.67
	67.9	6.1	19.5	M	5.34
6月	66.8	5.46	18.3	F	0.61
	67.1	4.8	15.9	F	0.60
	74.6	6.84	16.5	F	0.94
	66.4	5.36	18.3	M	4.27
	65.0	5.1	18.6	F	0.54
7月	67.6	5.38	17.4	F	0.58
	66.5	4.5	15.3	M	0.17
	67.6	5.1	16.5	F	0.54
	66.2	5.28	18.2	F	0.60
	67.3	4.92	16.1	F	0.73
8月	69.4	5.04	15.1	M	0.05
	68.5	5.04	15.7	M	0.13
	70.1	5.88	17.1	M	0.00
	71.5	5.94	16.3	F	0.05
	72.6	6.16	16.1	F	0.57

表2 個体データ（米水津地区）

採取月	尾叉長(cm)	体重(kg)	肥満度	雌雄	GSI
1月	65.4	5.01	17.9	M	0.07
	67.0	5.72	19.0	F	0.53
	63.9	4.63	17.7	M	0.04
	66.4	5.47	18.7	M	0.00
	66.7	5.46	18.4	F	0.56
2月	66.9	5.36	17.9	F	0.58
	66.5	5.77	19.6	F	0.58
	64.4	5.29	19.8	F	0.36
	66.0	5.66	19.7	F	0.68
	64.4	5.13	19.2	M	0.19
3月	63.5	5.40	21.1	M	2.01
	64.1	5.29	20.1	F	0.99
	68.6	5.42	16.8	M	1.56
	68.1	5.72	18.1	F	0.99
	66.7	5.03	17.0	F	1.29
4月	64.5	5.21	19.4	M	5.06
	66.8	5.23	17.5	F	2.12
	64.3	5.31	20.0	F	2.87
	64.8	5.45	20.0	F	2.58
	66.2	5.82	20.1	M	6.10
5月	66.4	5.58	19.1	F	3.14
	69.4	5.72	17.1	F	4.37
	64.2	5.08	19.2	M	4.44
	68.0	5.42	17.2	F	1.70
	66.3	5.30	18.2	F	4.52
6月	66.9	4.90	16.4	M	0.31
	68.8	5.80	17.8	F	0.62
	67.5	4.94	16.1	M	0.49
	68.3	5.34	16.8	M	0.34
	64.7	4.76	17.6	F	0.46
7月	65.7	5.22	18.4	F	0.61
	67.1	4.92	16.3	M	0.07
	67.2	5.18	17.1	F	0.61
	66.6	4.98	16.9	F	0.59
	67.8	4.90	15.7	F	0.65

表3 個体データ (蒲江地区)

採取月	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	肥満度	雌雄	GSI
1月	61.4	4.58	19.8	M	0.04
	57.2	3.63	19.4	F	0.61
	62.9	4.22	17.0	F	0.59
	62.5	4.66	19.1	F	0.53
	61.5	4.77	20.5	M	0.00
2月	63.6	4.90	19.0	F	0.66
	60.4	4.35	19.7	F	0.92
	64.2	5.54	20.9	F	0.85
	64.3	5.48	20.6	F	0.87
	63.0	5.06	20.2	M	0.38
3月	63.2	5.13	20.3	F	1.73
	64.8	5.52	20.3	F	1.47
	63.1	5.05	20.1	M	2.56
	63.9	5.28	20.2	F	1.29
	67.6	5.49	17.8	M	1.63
4月	63.2	4.71	18.7	M	8.60
	68.1	7.02	22.2	M	9.57
	64.2	5.72	21.6	F	4.18
	67.9	5.78	18.5	M	4.63
	65.4	5.32	19.0	M	9.08
5月	64.5	5.04	18.8	F	2.87
	62.0	4.78	20.1	M	5.33
	65.4	5.16	18.4	M	3.22
	63.2	4.72	18.7	M	5.55
	63.0	5.00	20.0	F	6.88
6月	67.5	6.02	19.6	F	0.63
	65.5	4.30	15.3	M	0.70
	66.5	5.28	18.0	F	0.63
	65.0	4.46	16.2	M	0.39
	7月	70.2	5.70	16.5	M
67.2		5.56	18.3	M	0.19
70.1		6.22	18.1	F	0.53
68.2		5.46	17.2	M	0.12
68.8		6.14	18.9	F	0.56
8月	71.5	6.06	16.6	F	0.61
	68.0	4.98	15.8	M	0.22
	67.1	4.38	14.5	F	0.55
	68.1	5.04	16.0	M	0.18
	69.0	5.26	16.0	M	0.27
9月	70.8	5.22	14.7	M	0.00
	69.9	5.34	15.6	M	0.02
	73.6	6.32	15.9	F	0.63
	69.0	5.14	15.6	M	0.08
	74.6	5.86	14.1	F	0.47

表4 平均データ

月	養殖地区	平均		
		肥満度	GSI	粗脂肪含量 (g/100g)
1月	白杵	18.4	0.35	13.0
	米水津	18.4	0.30	16.2
	蒲江	19.1	0.44	16.3
2月	白杵	19.0	0.39	14.6
	米水津	19.2	0.48	16.7
	蒲江	20.1	0.74	18.8
3月	白杵	18.6	0.79	11.3
	米水津	18.6	1.37	14.4
	蒲江	19.7	1.73	18.3
4月	白杵	19.7	2.63	12.1
	米水津	19.4	3.75	9.7
	蒲江	20.0	7.21	15.1
5月	白杵	20.2	3.48	9.3
	米水津	18.2	3.64	9.4
	蒲江	19.2	4.77	12.4
6月	白杵	17.5	1.39	9.2
	米水津	16.9	0.44	9.7
	蒲江	17.3	0.59	14.1
7月	白杵	16.1	0.52	9.4
	米水津	15.7	0.51	10.6
	蒲江	18.9	0.31	11.6
8月	白杵	16.0	0.16	11.4
	米水津	-	-	-
	蒲江	15.8	0.37	11.8
9月	白杵	-	-	-
	米水津	-	-	-
	蒲江	15.2	0.24	12.3

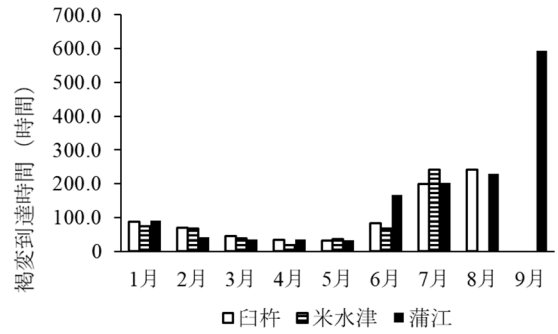


図1 2022年の月別褐変到達時間の推移

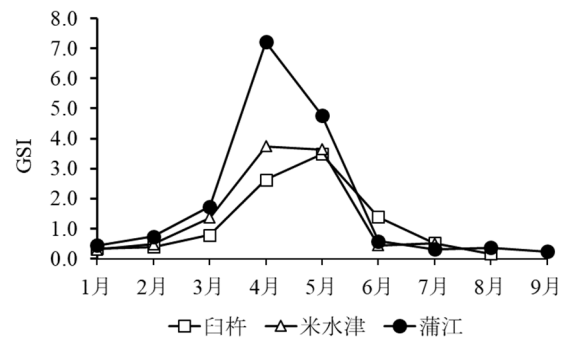


図2 2022年の月別GSIの推移

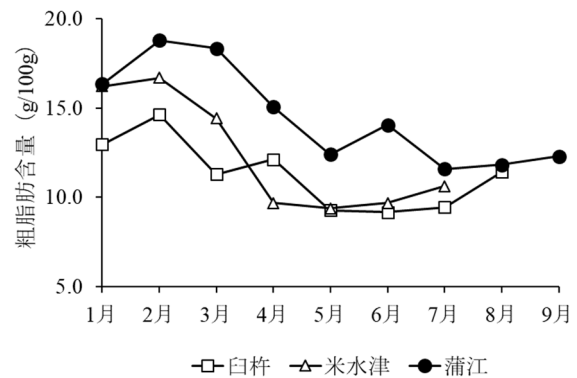


図3 2022年の月別粗脂肪含量の推移

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.

新たな養殖技術開発事業

高品質で低コストな養殖魚生産を目指して

中島智優・原 朋之

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）に添加した餌を使用しており、生産現場からは更に効率的な、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及びエクストルーデッドペレット（EP）に添加して給餌する方法について検討を行った。また、かぼすブリのブランド力維持のため市場に出荷する前のかぼすブリを対象に出荷指導を行った。

ブリ以外の魚種については、主要養殖魚種であるヒラマサ及びトラフグについて、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. ブリ

1) カボスパースト添加給餌試験

平均体重 2.4 kg のブリを水産研究部の海面小割生簀（3×3×3m）4面に12尾ずつ収容し、2022年10月24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4%を混合したMP（冷凍アジ：魚粉=8.5:1.5）に混合して給餌するペースト区、カボスパウダーをMPに混合して給餌するパウダー区、MPを給餌するMP区、ならびにカボス資材やマッシュを混合していない冷凍アジのみをペレット状にして給餌する対照区の4つに分けた。給餌は魚体重の約6%を1日1回、週5回とし、図1に示す工程表に従って給餌を行った。

ペースト区は給餌5回後及び10回後、残り3つの試験区は給餌20回後及び25回後にサンプリングを行った。サンプリング尾数は各3尾とし、クーラーボックスにて水産研究部の実験室に持込み、尾叉長及び体重を測定後、一晚冷蔵（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到達時間測定及びリモネンの定量に供した。

- A) 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¹⁾。
- B) リモネン（香り成分）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。

2. 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回以上給餌したブリ（カボス区）を各海域あたり5尾ずつ、カボス無添加の餌料を給餌したブリ（対照区）を5尾ずつとし、1.の1)で記載した方法を用いて血合筋の褐変到達時間を測定し、カボス資材の効果を確認した。

2. ヒラマサ

1) リモネン持続確認試験

平均体重 3.6 kg のヒラマサを水産研究部の海面小割生簀 (5×5×5 m) 2面に20尾ずつ収容し、2022年6月13日から給餌試験を開始した。試験区はカボス給餌15回完了後にカボス給餌の頻度を週2回に減らす試験区(残りの3回はカボスを入れていないMPを給餌)と、週5回そのままカボスを給餌する基準区の2つに分けた。給餌15回後、20回後、25回後及び30回後に両試験区から無作為に5尾ずつ取り上げて尾叉長及び体重を測定し、肥満度(体重(g)/尾叉長(cm)³×1,000)を算出した。4°Cで一晩冷蔵保存した後に、1.の1)と同様に褐変到達時間の測定及びリモネンの定量を行った。

2) 現地給餌試験

名護屋湾の養殖場において季節の異なる時期に以下の給餌試験を行った。

A. 夏期試験

試験は2つの養殖生簀(A及びB)で実施し、供試魚は平均体重3.5 kgのヒラマサを用いた。両区とも餌は、MP(魚体重に対して6%)に魚体重1 kgあたりカボスパーストが1 gとなるようにカボスパーストを混合させ、給餌頻度は週6回とした。試験期間は、生簀Aは2022年7月7日から給餌を開始し、給餌5回後、10回後、15回後にサンプリングを行った。生簀Bは7月21日から給餌を開始して16回給餌後、カボス無添加飼料と交互に給餌し、カボス添加の餌の給餌回数が合計21回になった時(カボス給餌21回後)にサンプリングを行った。サンプリング尾数は給餌5回後のみ5尾、給餌10回後、15回後及びカボス給餌21回後は4尾とし、養殖現場から1.の1)と同様にリモネンの定量を行った。

B. 冬期～春期試験

供試魚は平均体重4.2 kgのヒラマサを用いた。餌は、MP(魚体重に対して2%)に魚体重1 kgあたりカボスパーストが1 gとなるようにカボスパーストを混合させて給餌した。給餌頻度は週6回とし、試験期間は2023年2月27日から給餌を開始し、給餌6回後、11回後、15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、リモネンの定量を夏期試験と同様に行った。

3. トラフグ

佐伯市米水津のトラフグ陸上養殖業者1社で養殖中のトラフグ(平均体重1.1 kg)を用いて、給餌試験を実施した。2022年12月9日から2023年1月8日までをカボス給餌期間とし、魚体重約1%のEPに対して3%のカボスパウダーを展着したものを30回給餌した。その後、カボス資材の効果持続を確認するためにカボス資材を含まないEPを2月7日まで給餌した。カボス給餌5、10、15、19、23及び30回後、カボス給餌完了1週間、2週間、3週間及び4週間後に魚を回収して背部筋肉を採取し、3尾から等量ずつ混合してリモネンを定量した。また、カボス給餌23回後及びカボス給餌完了2週間後の精巢についても別途リモネンを定量した。

事業の結果・考察

1. ブリ

1) カボスパースト添加給餌試験

試験結果を表1に示す。対照区(給餌20回後)と比較した各試験区の褐変遅延時間は、MP区(給餌20回後)及びパウダー区(給餌20回後)ではそれぞれ38.1時間、71.3時間と遅延効果が認められた。一方、ペースト区(給餌5回後)では-11.6時間であり、遅延効果は認められなかった。

対照区(給餌25回後)と比較した各試験区の褐変遅延時間は、MP区(給餌25回後)では24.9時間となり遅延効果が認められた。一方、パウダー区(給餌25回後)及びペースト区ではそれぞれ-25.6時間及び-24.9時間であり、遅延効果は認められなかった。給餌25回後のパウダー区および給餌10回後のペースト区において褐変遅延効果がみられなかった要因については、摂餌量に個体差があり、カボス資材の効果が得られなかったことが考えられた。

ペースト区及びパウダー区の筋肉100 g中のリモネン含量は、ペースト区では給餌5回後及び給餌10回後ではそれぞれ0.18 mg及び0.27 mg、パウダー区では給餌20回後及び給餌25回後でいずれも0.18 mgとなった。

これらの結果から、カボスパーストはカボスパウダーと比べて褐変遅延効果は望めないが、香り成分であるリモネンは少ない給餌回数で筋肉中に蓄積させることが可能であると考えられた。

2) かぼすブリ出荷の現地指導

結果を表2に示す。2022年10月4日に臼杵湾の養殖業者1件、10月11日に津久見湾の養殖業者1件、10月17日に米水津湾の養殖業者1件及び12月7日に臼杵湾の養殖業者1件の計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ことによって、10.8-38.7時間の褐変遅延効果が確認された。

2. ヒラマサ

1) リモネン持続確認試験

試験結果を表3に示す。褐変到達時間は、基準区では給餌15回後は65.9時間、給餌20回後は87.5時間、給餌25回後は65.9時間、給餌30回後は43.7時間となり、給餌20回以降は早くなった。試験区では給餌15回後は54.9時間、給餌20回後は50.6時間、給餌25回後は30.1時間、給餌30回後は31.1時間となり、給餌15回以降は徐々に短くなった。筋肉100g中のリモネン含量は、基準区では給餌20回及び給餌30回後に0.08mg、試験区では給餌15回後に0.11mgとなり、大きな差は見られなかった。

2) 現地給餌試験

A. 夏期試験

試験結果を表4に示す。筋肉100g中のリモネン含量は、生簀Aでは給餌5回後では検出されず、給餌10回後では0.19mg、給餌15回後では0.24mgであった。生簀Bではカボス給餌21回後では0.05mgであった。

B. 冬期～春期試験

試験結果を表5に示す。筋肉100g中のリモネン含量は給餌6回後では0.16mg、給餌11回後では0.34mg、給餌15回後では0.44mgであった。以上のA.及びBの試験から、魚体重1kgあたり1gのカボスペーストという同じ添加条件でも、MPの量を減らして相対的にMPにおけるカボスペーストの割合を増加させることで、ヒラマサの筋肉にリモネンをより多く蓄積させることができると考えられる。

3. トラフグ

試験結果を図2に示す。カボス給餌を完了とする給餌30回後における背部筋肉100g中のリモネン量は0.04mgであった。カボス給餌完了後においては、給餌完了2週間後から徐々に減少し、カボス給餌完了4週間後には0.02mgであった。また、精巢100g中のリモネン量は、給餌23回後では0.09mg、給餌完了2週間後では0.05mgであった。

カボス給餌完了後における筋肉中のリモネン量は減少したが、カボス給餌完了4週間後においても0.02mg保持された。また、給餌23回後及び給餌完了2週間後における筋肉と精巢のリモネン量を比較すると、いずれも精巢の方が高かった。これらの傾向は、既報でカボス生果皮を用いた試験において、餌重量5%のカボス生果皮を混合したMPを20回給餌した後、15日経過したトラフグの筋肉及び精巢におけるリモネン量は0.07mg及び0.14mgとなり、リモネンの量は精巢の方が高くなった例²⁾と同様であり、精巢の方が筋肉よりもリモネンが蓄積されやすいことが再度確認された。また、EPにおいても、カボスパウダーを展着させてトラフグに給餌することでリモネンが検出されることが認められた。

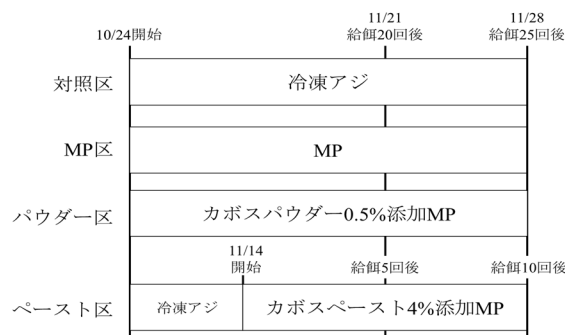


図1 給餌工程表

表1 カボスペースト添加給餌試験結果

試験区	給餌回数	平均			褐変到達時間(時間)	褐変遅延時間(時間)	筋肉100g中のリモネン量(mg)
		尾叉長(cm)	体重(kg)	肥満度			
対照区	20	56.2	2.3	12.8	104.0	-	-
MPI区	20	57.0	2.5	13.7	142.1	38.1	-
パウダー区	20	57.1	2.4	13.0	175.3	71.3	0.18
ベースト区	5	56.8	2.4	13.3	92.4	-11.6	0.18
対照区	25	55.8	2.2	12.7	134.5	-	-
MPI区	25	56.3	2.5	13.8	159.4	24.9	-
パウダー区	25	56.9	2.5	13.8	108.9	-25.6	0.18
ベースト区	10	57.6	2.5	13.2	109.6	-24.9	0.27

表2 かぼすブリ出荷前指導

受入れ日	養殖海域	試験区	平均			褐変	
			尾叉長 (cm)	体重 (kg)	肥満度	到達時間 (時間)	遅延時間 (時間)
2022年10月4日	白杵湾	カボス区	56.2	4.3	17.4	187.5	10.8
		対照区	57.0	4.1	16.6	176.7	-
2022年10月11日	津久見湾	カボス区	57.1	4.5	17.3	174.8	32.5
		対照区	56.8	4.1	16.6	142.3	-
2022年10月17日	米水津湾	カボス区	55.8	4.0	16.5	169.7	27.2
		対照区	56.3	3.9	16.9	142.5	-
2022年12月7日	白杵湾	カボス区	56.9	5.0	18.4	103.5	38.7
		対照区	57.6	4.7	18.6	64.8	-

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)中島智優, 原 朋之. 新たな養殖技術開発事業 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). 令和3年度大分水研事業報告書: 97-99.

表3 ヒラマサ持続効果確認試験結果

試験区	給餌回数	平均			褐変		筋肉100g中のリモネン量 (mg)
		尾叉長 (cm)	体重 (kg)	肥満度	到達時間 (時間)	遅延時間 (時間)	
試験区	15	65.8	3.5	12.4	54.9	0.11	
	20	68.0	3.8	12.1	50.6	0.08	
	25	64.5	3.3	12.4	30.1	0.07	
	30	66.0	3.6	12.5	31.1	0.08	
基準区	15	65.8	3.6	12.5	65.9	0.07	
	20	66.0	3.5	11.9	87.5	0.08	
	25	66.4	3.5	11.8	65.9	0.06	
	30	66.7	3.7	12.5	43.7	0.08	

表4 ヒラマサ現地給餌試験結果 (夏期試験)

生簀名	給餌回数	平均			筋肉100g中のリモネン量 (mg)
		尾叉長 (cm)	体重 (kg)	肥満度	
生簀	5	58.0	2.8	14.1	<0.01
生簀A	10	67.3	4.3	14.3	0.19
	15	65.1	3.8	13.7	0.24
生簀B	21	65.6	3.9	13.7	0.05

表5 ヒラマサ現地給餌試験結果 (冬期~春期試験)

給餌回数	平均			筋肉100g中のリモネン量 (mg)
	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	肥満度	
5	63.9	4.3	16.6	0.16
10	64.5	4.0	15.2	0.34
15	66.4	4.4	15.0	

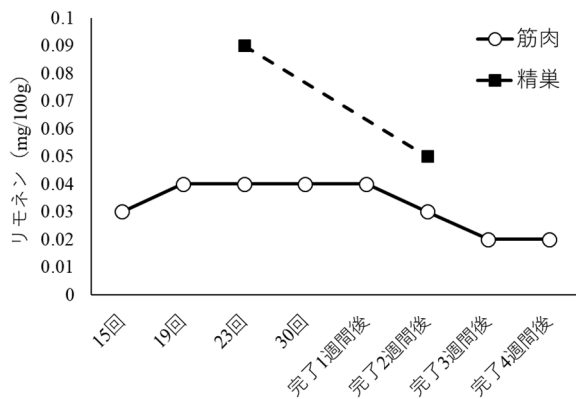


図2 トラフグのリモネン量の推移

新たな養殖技術開発事業

エトキシキン規制強化対策 (委託事業)

中島智優・原 朋之

事業の目的

本県では、県南部を中心にブリ養殖が盛んであり、韓国に向けての輸出も行っている。現在のブリ養殖では餌としてモイストペレット (MP) やエクストルーデッドペレット (EP) が使用されており、これらに含まれる魚粉には抗酸化剤の一種であるエトキシキンが使用されていることがほとんどである。エトキシキンの日本国内での許容量は 1 mg/kg とされているが、韓国では 2022 年 7 月からエトキシキン及びその代謝物であるエトキシキンダイマーの合計が 1 mg/kg 未満と規制が強化された。これらの残留状況及び水産物内の残留量の推移については知見が乏しいのが現状である。

本事業では、養殖ブリ及びマダイに対してエトキシキンを含まない餌を用いて飼育し、エトキシキン及びエトキシキンダイマーの魚体内残留量の推移を調査した。

事業の方法

供試魚は佐伯市上浦で養殖されたブリ (平均体重 2.4 kg) 及び佐伯市蒲江で養殖されたマダイ (平均体重 0.8 kg) を用いた。ブリは水産研究部の海面小割生簀 (5×5×5 m) 2 面に 107 尾あるいは 113 尾収容した。マダイは、海面小割生簀 (3×3×3 m) 2 面に 50 尾ずつ収容した。餌には冷凍アジから作成したシングルモイストペレットを供試魚すべてに使用して 2022 年 8 月 29 日から開始し、週 3 日の頻度でブリは魚体重の 1.0-1.5%、マダイは魚体重の 2.0%

を給餌量とした。

供試魚を試験開始日の 8 月 29 日から 4 週間おきに 10 尾ずつサンプリングし、尾叉長及び体重を測定し、肥満度 (体重 (g) / 尾叉長 (cm)³ × 1,000) を算出した。その後、スキンスロインにした左半身の筋肉 (肥満度の高い 3-5 尾) 及び肝臓 (ブリ: 肥満度の高い 5 尾、マダイ: 10 尾全て) を採取し、エトキシキン、エトキシキンダイマー及び脂質の定量に供した。なお、脂質分析はブリ及びマダイの筋肉を対象とし、筋肉は個体ごと、肝臓はプールして 1 検体として分析に供した。また、試験前に養殖場で用いられていた餌 (ブリ: EP、マダイ: MP) 及び試験中の給餌に使用したシングルモイストペレットについてもエトキシキン及びエトキシキンダイマーの分析に供した。分析は民間の分析機関に委託した。

事業の結果

ブリ試験結果を表 1、マダイ試験結果を表 2、餌の分析結果を表 3 に示す。ブリは、試験開始から最終サンプリングの 2 月 13 日まで筋肉及び肝臓からエトキシキンは検出されなかった。エトキシキンダイマーは、筋肉では 8 月 29 日は 0.64 ppm、9 月 28 日は 0.38 ppm、10 月 24 日は 0.09 ppm と減少し、11 月 21 日には 5 尾中 4 尾が検出限界以下となり、2 月 13 日には 5 尾すべてが検出限界以下となった。肝臓では、8 月 29 日は 0.57 ppm、9 月 28 日は 0.44 ppm、10 月 24 日は 0.19 ppm、11 月 21 日は 0.05 ppm、2 月 13 日には検出限界以下となった。マダイは、

8月29日及び9月28日に採取した筋肉及び肝臓いずれからもエトキシキン及びエトキシキンダイマーは検出されなかった。そのため、9月28日のサンプリングをもってマダイの試験を終了した。

ブリ筋肉中の脂肪含量とエトキシキンダイマーのプロット図を図1に示す。ブリ筋肉中の脂肪含量が減少するとエトキシキンダイマーの量も減少した。エトキシキンダ

イマーは脂溶性であるため、脂肪含量が低下することで体外へのエトキシキンダイマーの排出が進行すると考えられる。マダイは、養殖場で使用しているMPのエトキシキン及びエトキシキンダイマーの含量がそれぞれ1.3 ppm及び1.9 ppmと低く、マダイ体内に残留しにくいことが考えられた。

表1 ブリ試験結果

取上げ日	尾叉長(cm)	体重(kg)	肥満度	サンプル部位	平均		
					エトキシキン(ppm)	エトキシキンダイマー(ppm)	脂質(g/100g)
2022年8月29日	53.8	2.4	15.7	筋肉	<0.01	0.63	9.2
	54.6	2.5	15.4		<0.01	0.63	8.8
	55.8	2.7	15.5		<0.01	0.65	9.8
	平均	54.7	2.5		15.5	<0.01	0.64
2022年9月28日				肝臓	<0.01	0.57	-
	57.8	2.4	12.6	筋肉	<0.01	0.18	1.1
	56.8	2.3	12.6		<0.01	0.50	4.0
	55.3	2.1	12.2		<0.01	0.40	2.0
	57.2	2.4	12.7		<0.01	0.60	4.5
	56.7	2.3	12.7		<0.01	0.22	1.2
平均	56.8	2.3	12.6	<0.01	0.38	2.6	
2022年10月24日				肝臓	<0.01	0.44	-
	54.5	2.1	13.2	筋肉	<0.01	0.03	0.6
	57.8	2.5	12.7		<0.01	0.08	0.8
	52.3	1.8	12.7		<0.01	0.08	1.1
	54.5	2.1	12.8		<0.01	0.04	0.6
	55.8	2.2	12.5		<0.01	0.23	1.8
平均	55.0	2.1	12.8	<0.01	0.09	1.0	
2022年11月21日				肝臓	<0.01	0.19	-
	54.7	2.0	12.3	筋肉	<0.01	<0.01	0.4
	56.6	2.1	11.8		<0.01	<0.01	0.5
	54.5	1.9	11.7		<0.01	<0.01	0.3
	56.1	2.1	12.1		<0.01	0.03	0.6
	54.7	1.6	10.1		<0.01	<0.01	0.5
平均	55.3	1.9	11.6	<0.01	0.01	0.5	
2023年2月13日				肝臓	<0.01	0.05	-
	57.5	2.5	13.2	筋肉	<0.01	<0.01	0.4
	59.5	2.7	12.7		<0.01	<0.01	0.3
	56.2	2.4	13.3		<0.01	<0.01	0.4
	55.5	2.3	13.6		<0.01	<0.01	0.4
	59.6	2.8	13.4		<0.01	<0.01	0.4
平均	57.7	2.5	13.2	<0.01	<0.01	0.4	
				肝臓	<0.01	<0.01	-

表2 マダイ試験結果

取上げ日	尾叉長(cm)	体重(kg)	肥満度	サンプル部位	平均		
					エトキシキン(ppm)	エトキシキンダイマー(ppm)	脂質(g/100g)
2022年8月29日	33.1	0.8	21.5	筋肉	<0.01	<0.01	0.4
	35.9	1.0	21.2		<0.01	<0.01	0.4
	34.6	0.9	21.7		<0.01	<0.01	0.4
	平均	34.5	0.9		21.5	<0.01	<0.01
2022年9月28日				肝臓	<0.01	<0.01	-
	34.4	0.9	21.1	筋肉	<0.01	<0.01	0.8
	37.0	1.0	20.5		<0.01	<0.01	1.3
	35.7	0.9	20.7		<0.01	<0.01	0.6
	平均	35.7	0.9		20.8	<0.01	<0.01
				肝臓	<0.01	<0.01	-

表3 餌の分析結果

餌	餌の形状	平均	
		エトキシキン(ppm)	エトキシキンダイマー(ppm)
養殖場(ブリ)	EP	14.0	2.0
養殖場(マダイ)	MP	1.3	1.9
試験餌	シングルモイスト	<0.01	<0.01

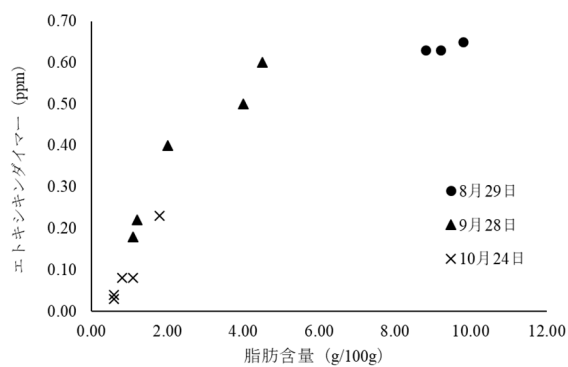


図1 ブリ筋肉中の脂肪含量とエトキシキンダイマーのプロット図

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にあり、それに伴って内蔵等の廃棄物も増加している。当研究部では、廃棄されている未利用部位の加工利用に関する技術開発を行っている。今年度はかぼすブリ中骨を利用した出汁抽出方法の開発および、それらを用いた商品化の可能性について検討した。

また、水産物加工の技術向上ならびに低・未利用資源などを用いた加工品の開発および品質改良に関する相談に対応した。

事業の方法

1. かぼすブリ中骨の出汁開発

1) 出汁成分の抽出

試験に用いた中骨は、大分県佐伯市米水津湾で養殖された2年魚かぼすブリ(平均4.4kg)およびEPまたはMPで通常に養殖された2年魚ブリ(平均5.0kg)から採取した。2023年2月13日に、現地にて締め、脱血した後、海水水で冷却クーラーボックスに収容した魚体を速やかに研究室に持ち込んだ。その後、実験室で三枚に下ろし、中骨から出汁成分の抽出を行った。また、抽出に使用しなかった残りをポリエチレン製袋に収容後、脱気し、冷凍(-50°C)保管を行い、後述の試験に用いた。

保管期間の違いによる出汁成分への影響を検討するため、当日に加えて7日後および15日後の各試料から出汁成分の抽出を行った。なお、出汁成分の抽出方法は以下のとおりである。

- ① 中骨約300gに対し全体に均等に食塩をふりかける。
- ② 常温で15分置く。
- ③ 熱湯を試料に対し均一に回しかける。
- ④ 冷水(0°C)に浸す。
- ⑤ 血合い等を除去し、水道水で洗い流して水気をきる。
- ⑥ ⑤に食塩水(塩分濃度0.7%に調整)を加えて火に

かけ、沸騰したらアクを除去し、弱火で約10分煮る。

- ⑦ プラスチック容器に収容後、冷凍保管する。

2) 出汁成分の分析

抽出した出汁成分は、リモネン含量およびアミノ酸成分18種類(イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、シスチン、フェニルアラニン、チロシン、スレオニン、トリプトファン、バリン、ヒスチジン、アルギニン、アラニン、アスパラギン酸、グルタミン酸、グリシン、プロリン、セリン)について分析した。

各分析について、リモネンはガスクロマトグラフィー質量分析法を用い、アミノ酸成分はアミノ酸自動分析計および高速液体クロマトグラフ法を用いて行った。なお、分析は民間分析機関に依頼して行った。

3) 官能検査

各出汁成分について当研究部の職員(当日:6人、7日後:9人、15日後:10人)を対象に評点法による官能試験を実施した。「臭み」、「カボスの香り」、および「うまみ」について被験者が強く感じた場合4点とし、4段階で評価した。

2. 水産物加工・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、加工相談や情報提供、当施設を活用した技術指導等を行った。

事業の結果・考察

1. かぼすブリ中骨の出汁開発

リモネンおよびアミノ酸成分の分析結果について表1に示す。リモネンはカボス区および対照区のどちらも検出限界以下であった。アミノ酸については、ヒスチジンはカボス区では77mg/100g、対照区では63mg/100g検出された。その他のアミノ酸は検出限界以下であった。また、カボス区においては、7日後では55mg/100gに減少したが、15日後では67mg/100gであった。

官能検査結果について、「臭み」の結果を図1、「カボスの香り」の結果を図2、「カボスの香り」の結果を図2、および「うまみ」の結果を図3に示す。「臭み」の平均点数は、カボス区において当日で2.6点であり、冷凍保管の日数ともなって平均点数が減少し、冷凍15日後には1.7点であった。一方、対照区では点数が増加し、当日では1.6点、冷凍15日後では2.2点であった。「カボスの香り」および「うまみ」では、カボス区と対照区との間で明確な差は見られず、冷凍保管による影響も見られなかった。

官能試験では、いずれの区においても「カボスの香り」の平均点数が低かった。また、ガスクロマトグラフィーでリモネンが検出されなかった。リモネンは脂溶性であり揮発しやすいため、中骨にあまり蓄積していないか、出汁成分の抽出過程で加熱した際にリモネンが揮発して減少した可能性が考えられる。また、15日後のカボス区では官能試験の平均点は「臭み」については当日よりも減少し、「うまみ」については当日と同等であった。これより、かぼすブリ中骨は通常ブリ中骨と比較して冷凍保管によって出汁成分のうまみには影響せず、「臭み」を軽減できる可能性が考えられた。

2. 水産物加工・流通相談

相談対応実績を表2に示す。県内の加工業者3件延べ3名からの相談に対応し、底曳漁業や藻食性魚類などの未・低利用魚種の利活用および養殖ヒラメ加工品の品質向上について実施した。また、1団体の視察受入れを行った。

表1 リモネンおよびアミノ酸の分析結果

	当日		7日後		15日後	
	カボス区	対照区	カボス区	対照区	カボス区	対照区
イソロイシン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ロイシン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
リジン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
メチオニン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
シスチン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
フェニルアラニン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
チロシン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
スレオニン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
トリプトファン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
バリン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ヒスチジン	77	63	55	56	67	57
アルギニン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
アラニン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
アスパラギン酸	<5	<5	<5	<5	<5	<5
グルタミン酸	<5	<5	<5	<5	<5	<5
グリシン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
プロリン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
セリン	<5	<5	<5	<5	<5	<5
リモネン	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

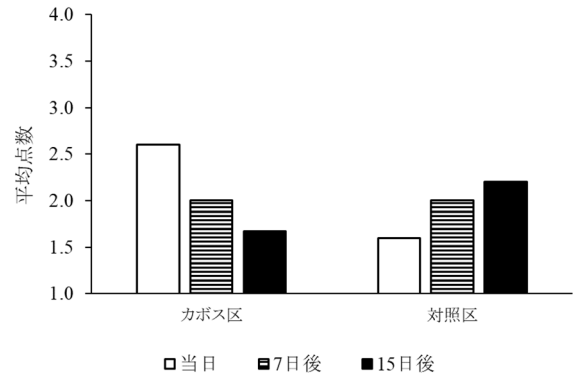


図1 官能試験「臭み」結果

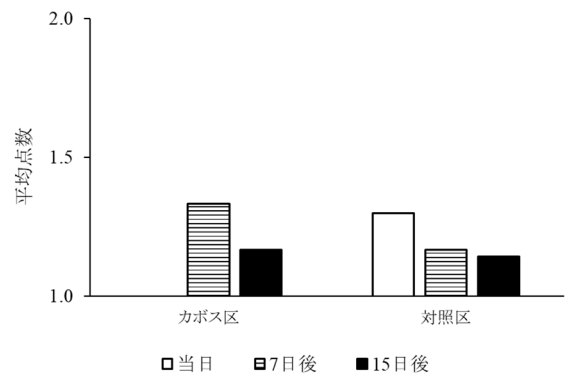


図2 官能試験「カボスの香り」結果

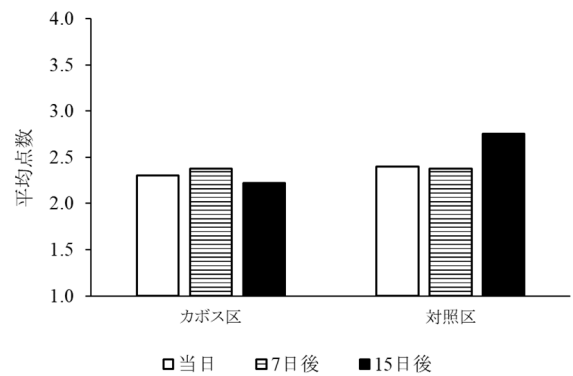


図3 官能試験「うまみ」結果

表2 水産物加工相談対応実績

年月	相談者数	内容
2022年5月	1名	未利用漁獲物を活用したすり身加工研修
2022年6月	1名	養殖ヒラメ冷凍加工品の品質向上指導
2022年12月	1名	藻食性魚類(天然アイゴ)の利活用方法開発指導

安心・安全で環境に優しい養殖推進事業-2 環境調査

齊藤義昭・野田 誠

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

2022年8月29日～10月5日に、養殖漁場環境調査定点39点(図1)のうち、佐伯市蒲江における定点28入津湾～定点39屋形島外の計12定点のうち養殖筏が撤去されている定点33加羽根を除いた計11定点(定点39屋形島外の底質は採泥できず欠測)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(PO₄-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、リコー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¹⁾、水質汚濁調査指針²⁾に基づき行った。なお、ILについては450°C・2時間の強熱後の測定値と、さらに550°C・6時間強熱処理した後の測定値を得た。

事業の結果

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°C・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(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、2022年度の底質調査の結果を評価すると、データの得られた10定点の内、8点がI、1点がII、1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.

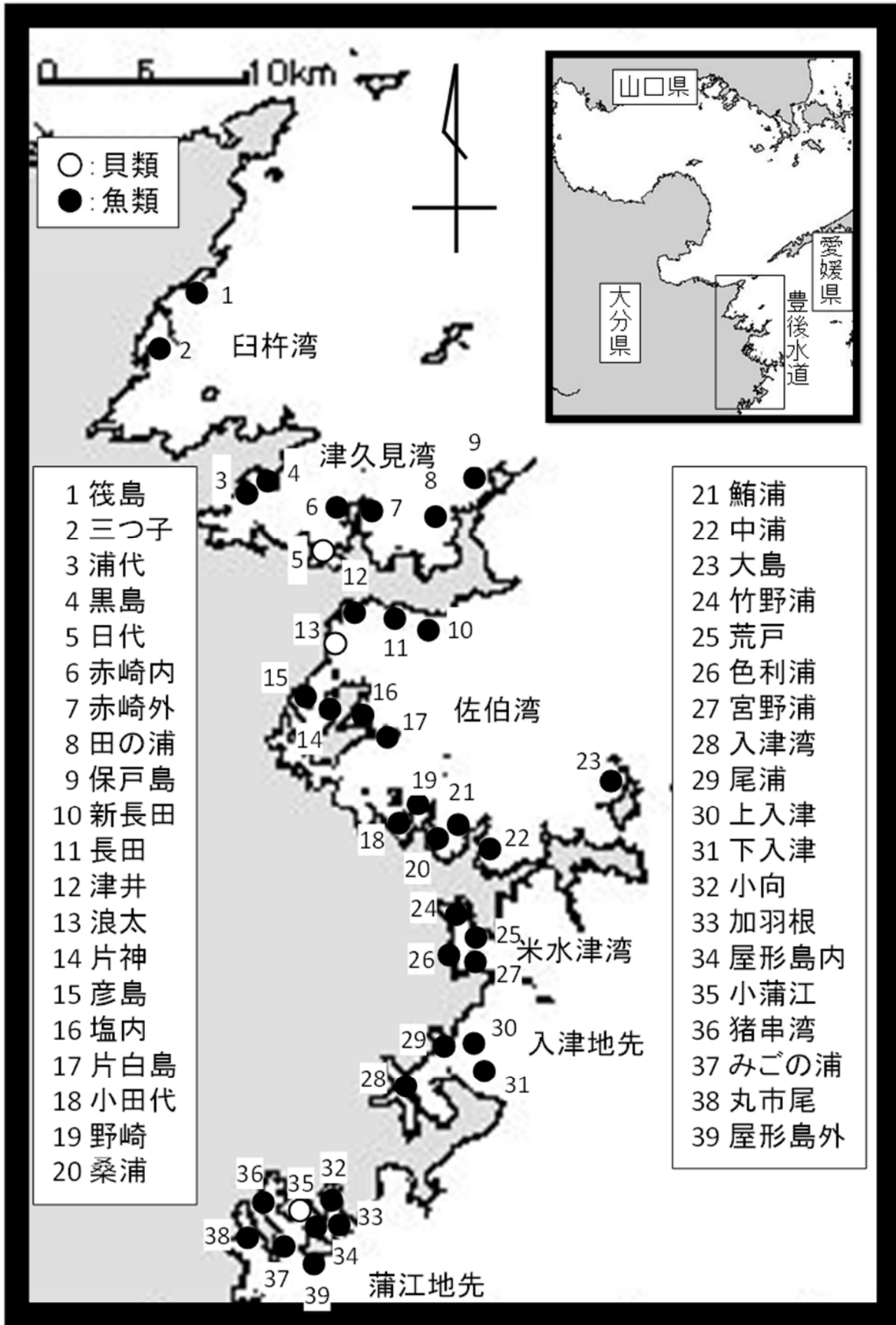


図1 養殖漁場環境調査定点図

表1 令和4年度 養殖漁場環境調査結果

調査点 項目	入津地先				蒲江地先								
	入津湾	尾浦	上入津	下入津	小向	加羽根	屋形島内	小蒲江	猪串浦	みごの浦	丸市尾	屋形島外	
調査月日	10/5	10/5	10/5	10/5	9/9	—	8/29	8/29	8/29	8/29	9/9	9/9	
水深(m)	22.1	10.7	19.2	15.1	7.9	—	18.9	19.7	19.7	19.1	10.9	30.5	
T r (m)	5.0	6.0	6.0	6.5	6.3	—	10.5	9.5	11.0	11.5	10.0	15.0	
水温	0	25.7	25.5	25.5	25.5	26.2	—	26.0	25.6	26.4	25.4	25.9	26.7
	5	25.5	25.3	25.4	25.5	25.8	—	25.8	25.2	25.7	24.6	26.0	26.6
	10	25.3	—	25.4	25.4	—	—	24.5	24.3	25.1	24.0	—	26.5
	B-1	20.9	25.2	25.2	25.4	25.6	—	23.1	22.9	22.4	23.5	25.6	24.3
塩分	0	33.15	33.49	33.44	33.42	33.04	—	33.77	33.77	33.81	33.75	32.43	33.44
	5	33.32	33.61	33.56	33.57	33.36	—	33.73	33.72	33.73	33.72	33.17	33.50
	10	33.49	—	33.66	33.65	—	—	33.70	33.75	33.72	33.78	—	33.55
	B-1	33.92	33.65	33.69	33.68	33.38	—	33.79	33.85	33.88	33.81	33.45	33.70
DO	0	4.44	4.83	4.69	4.92	5.01	—	4.86	4.80	4.65	5.17	5.07	4.92
	5	4.13	4.80	4.96	4.67	5.11	—	4.83	4.75	4.86	4.76	4.73	4.89
	10	3.92	4.52	4.52	4.50	—	—	4.37	4.69	4.63	4.81	—	4.85
	B-1	0.00	4.15	4.58	4.64	4.87	—	4.31	4.31	3.73	4.50	4.94	4.05
D I N	0	1.04	1.36	0.61	2.78	1.36	—	3.83	0.53	1.67	0.88	5.99	1.13
	5	1.53	0.78	1.53	2.54	0.52	—	0.64	0.44	0.39	0.51	0.38	0.10
	10	3.95	—	1.80	2.59	—	—	0.67	0.84	1.55	1.28	—	0.30
	B-1	79.69	3.15	1.48	1.86	0.41	—	2.67	3.64	6.10	2.67	0.54	4.70
P04-P	0	0.28	0.10	0.12	0.14	0.12	—	0.12	0.10	0.12	0.16	0.17	0.05
	5	0.40	0.14	0.12	0.14	0.08	—	0.12	0.11	0.10	0.09	0.03	0.03
	10	0.61	—	0.14	0.20	—	—	0.16	0.17	0.15	0.16	—	0.02
	B-1	10.32	0.49	0.13	0.25	0.09	—	0.36	0.45	0.81	0.37	0.04	0.51

*水温は0.5m層を示す。

単位：WT(°C)、S、DO(mL/L)、DIN・P04-P(μ M)*DO(mL/L) \div 0.7 = DO(mg/L)

表2 令和4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	R4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
R4.10.5	28	入津湾	佐伯湾	湾央	11.32	15.63	2.46	74.14	6.62	Ⅲ
R4.10.5	29	尾浦	佐伯湾	魚類小割	1.24	2.87	0.01	3.76	-1.29	I
R4.10.5	30	上入津	佐伯湾	魚類小割	0.97	2.68	0.01	2.63	-1.39	I
R4.10.5	31	下入津	佐伯湾	魚類小割	1.12	2.91	0.05	3.73	-1.27	I
R4.9.9	32	小向	佐伯湾	魚類小割	4.16	6.77	0.03	15.63	-0.22	I
—	33	加羽根	佐伯湾	魚類小割	—	—	—	—	—	—
R4.8.29	34	屋形島内	佐伯湾	魚類小割	3.01	5.33	0.01	9.61	-0.65	I
R4.8.29	35	小蒲江	佐伯湾	ひおうぎ	3.05	5.63	0.01	9.57	-0.64	I
R4.8.29	36	猪串浦	佐伯湾	魚類小割	6.09	9.90	0.11	29.46	0.98	Ⅱ
R4.8.29	37	みごの浦	佐伯湾	魚類小割	1.76	3.46	0.01	3.66	-1.17	I
R4.9.9	38	丸市尾	佐伯湾	魚類小割	4.06	6.75	0.02	13.78	-0.22	I
—	39	屋形島外	佐伯湾	魚類小割	—	—	—	—	—	—
平均					3.68	6.19	0.27	16.60	0.07	

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)

斉藤義昭・野田 誠

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CID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

2022年 4月 4日～ 7日	10月 3日～ 7日
5月 9日～ 12日	11月 8日～ 10日
6月 1日～ 3日	12月 5日～ 9日
9日～ 10日	2023年 1月11日～ 13日
7月 6日～ 8日	2月 5日～ 7日
8月 2日～ 5日	3月 1日～ 4日
9月 7日～ 10日	

2) 調査項目

気象、海象、水温、塩分、透明度、DO、COD、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P
(ただし、DO、COD、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-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）の棧橋付近における表層海水（0 m）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。

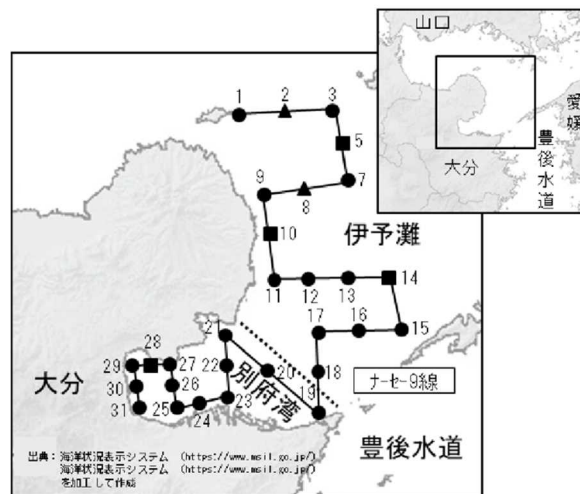


図1 浅海定線調査定線図

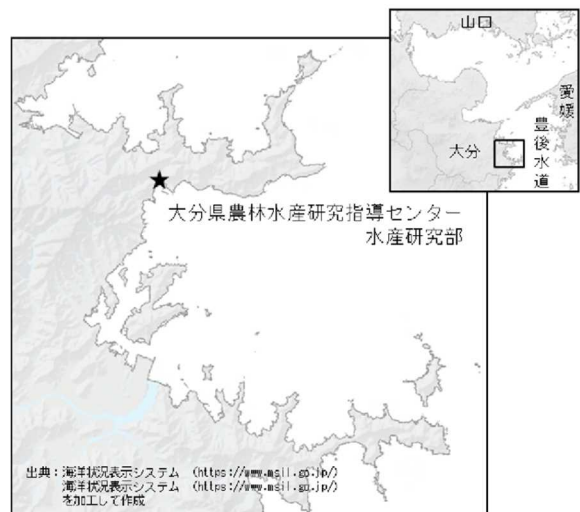


図2 水温定点観測調査点

事業の結果

1. 浅海定線調査等

1) 気象

大分市における2022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、1月下旬、2℃以上高かったのは、6月下旬、11月中下旬、1月中旬、2月中旬、3月中下旬であった。

降水量：2022年度の梅雨入りは6月11日であり、平年より7日遅かった。また、梅雨明けは一度6月28日に発表されたが、後に7月22日に訂正された。梅雨入り前後と梅雨末期には平年より高めとなったが6月中旬以降は平年より低めであった。

また、平年より低めで推移するなか4月下旬、7月中旬、9月中旬、2月上旬、3月下旬は平年の150%を超える降水量であった。

日照時間：4月上旬、6月下旬で平年の150%を超え高めで推移し、その他の月は概ね低めで推移した。

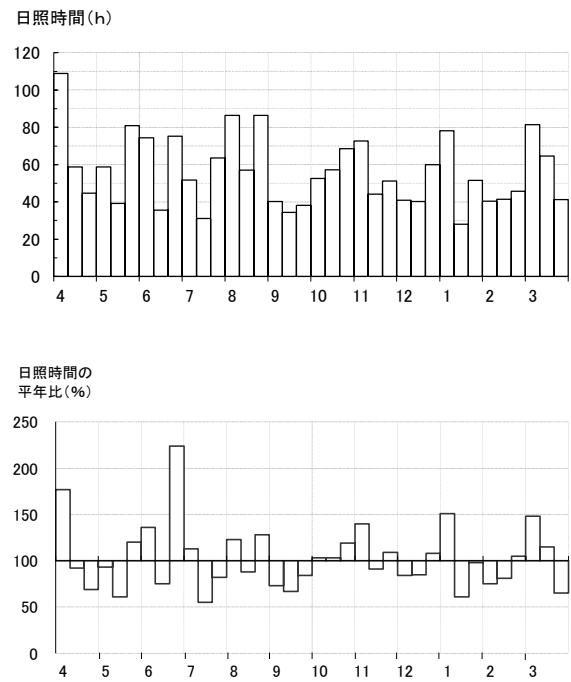
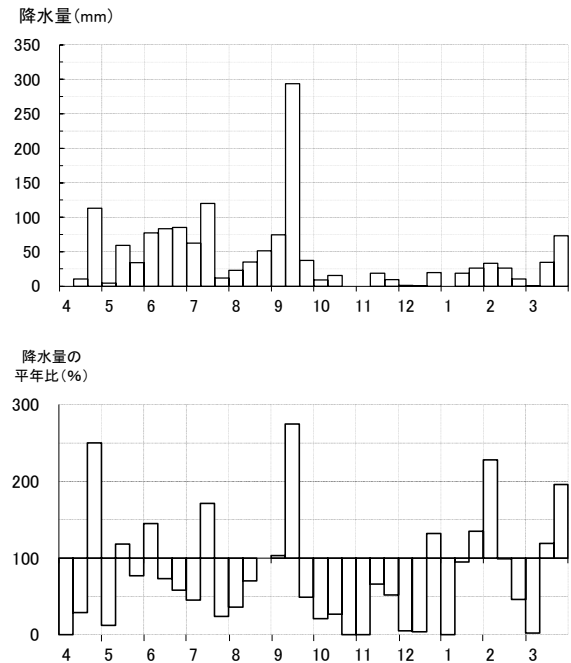
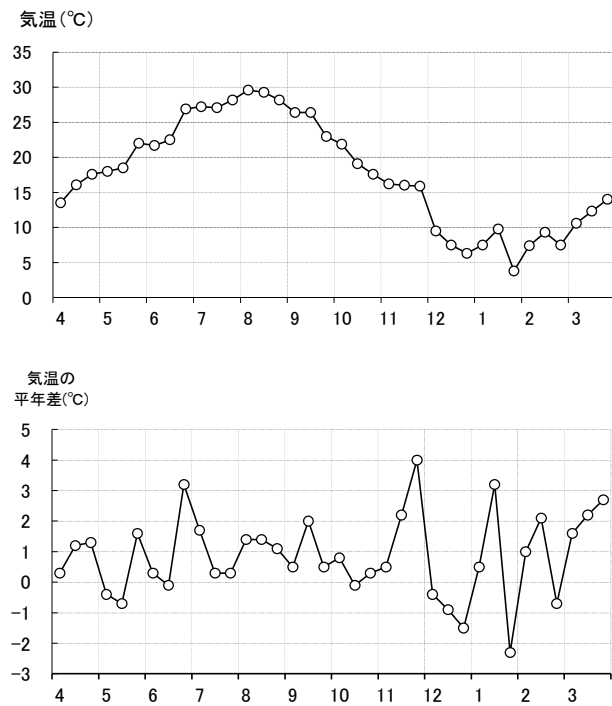


図3 2022年度大分市における気象
(気象庁気象統計情報)

2) 海象

A. 水温

水温の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は11.37~25.23°C、底層は11.64~24.57°Cで推移した。表層は、7月、10月が「かなり高め」、9月が「やや低め」であった他は「平常並み」~「やや高め」であった。底層は、10月と12月が「かなり高め」、6月が「やや低め」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11.82~27.08°C、底層は10.79~23.94°C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。

B. 塩分

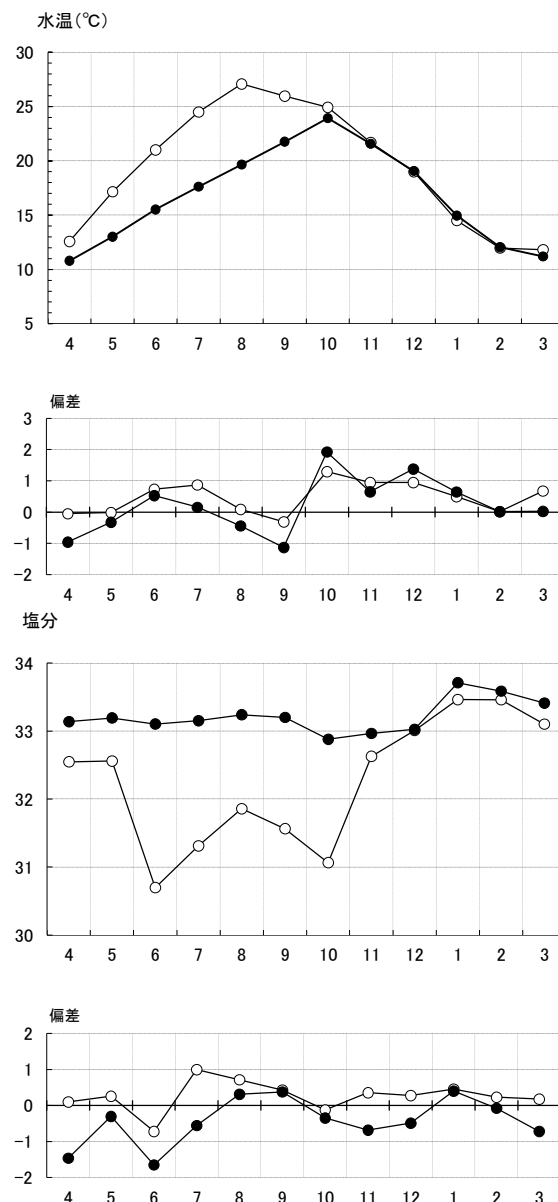
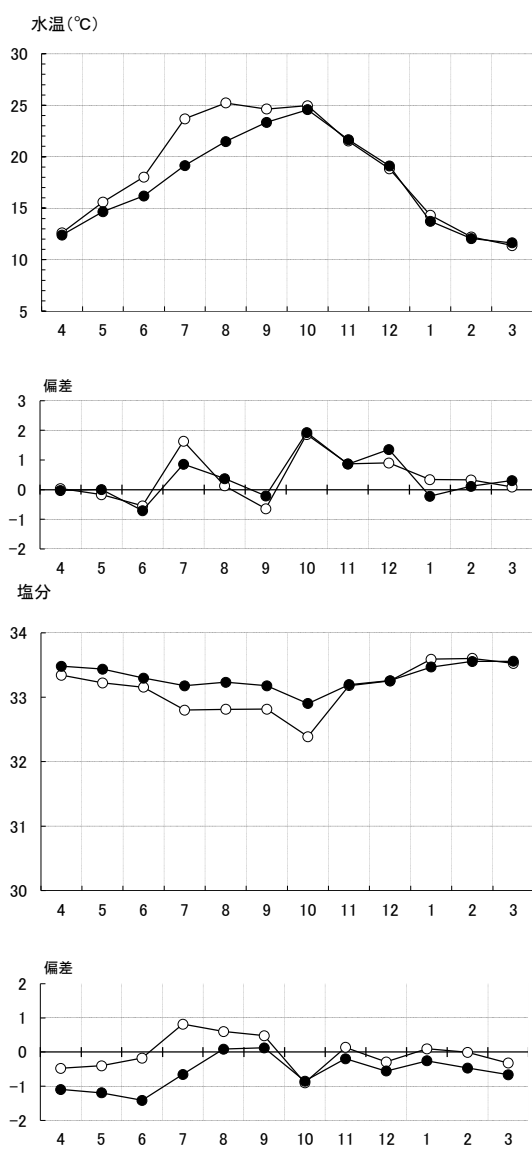
塩分の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は32.39~33.60、底層は32.90~33.56で推移した。表層は、7月と8月が「やや高め」、10月が「やや低め」であった他は「平常並み」であった。底層は、6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、30.70~33.46、底層は32.88~33.71で推移した。表層は、6月が「やや低め」、7月、8月が「やや高め」であった他は「平常並み」であった。底層は、4月、6月は「かなり低め」、11月、3月が「やや低め」であった他は、「平常並み」であった。

伊予灘

別府湾



○：表層 ●：底層

図4 2022年度の水温および塩分の推移（左：伊予灘、右：別府湾）

C. 透明度

透明度の観測結果は図5に示したとおりである。

伊予灘は8.36～15.45 mで推移した。5月、1月、3月は「甚だ高め」、8月は「やや低め」であった他は「平年並み」～「やや高め」であった。

別府湾は、7.75～15.83 mで推移した。6月、3月は「甚だ高め」、7月は「かなり高め」であった他は「平年並み」～「やや高め」であった。

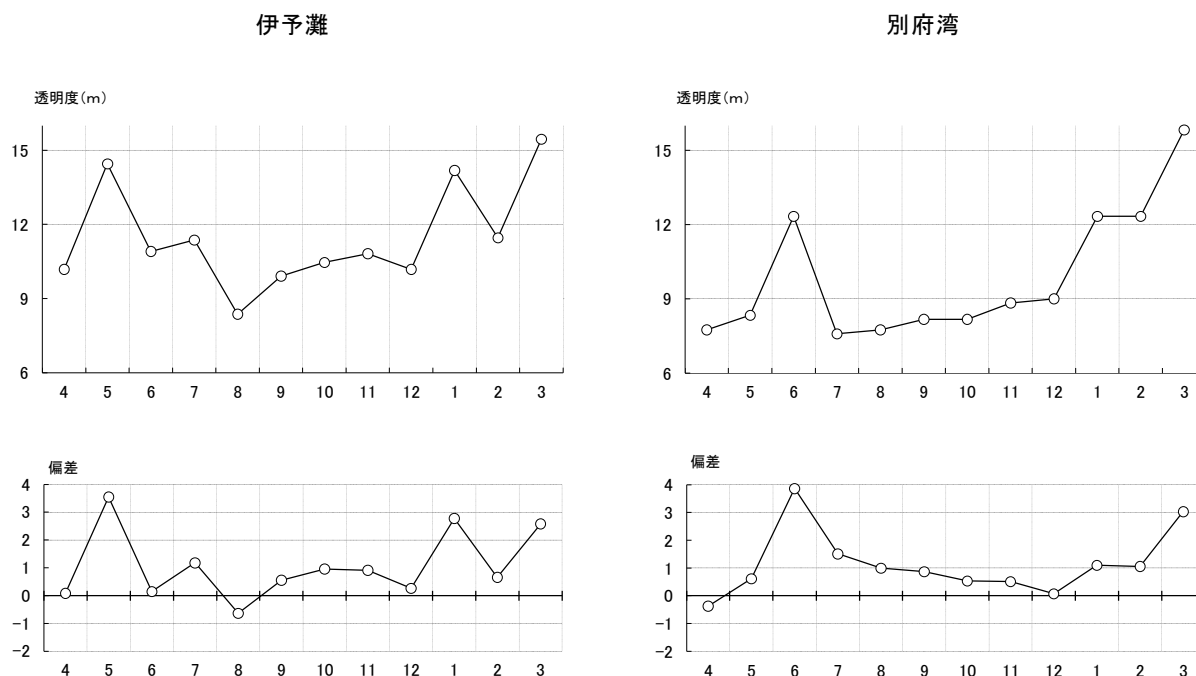


図5 2022年度の透明度の推移 (左：伊予灘、右：別府湾)

*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

A. 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0.15~3.49 μM、底層は0.65~3.56 μMで推移した。表層は、8月が「やや高め」、11月、1月が「かなり低め」であった他は「やや低め」~「平年並み」であった。底層は6月、7月、11月が「かなり低め」であった他は「やや低め」~「平年並み」であった。

PO4-Pは、表層は0.07~0.46 μM、底層は0.20~0.40 μMで推移した。表層は、5月、9月、2月は「やや高め」であった他は「平年並み」であった。底層は、5月、2月、3月は「やや高め」であった他は「平

年並み」であった。

別府湾のDINは、表層は0.12~3.27 μMで、底層は1.29~5.92 μMで推移した。表層は、4月、1月は「かなり低め」、12月、2月、3月は「平年並み」であった他は「やや低め」であった。底層は、7月は「かなり低め」、11月は「甚だ低め」であった他は、「やや低め」~「平年並み」であった。

PO4-Pは、表層は0.00~0.53 μM、底層は0.34~0.64 μMで推移した。表層は、6月は「やや低め」、3月は「やや高め」であった他は「平年並み」であった。底層は、4月は「かなり高め」、11月は「やや低め」であった他は「平年並み」~「やや高め」であった。

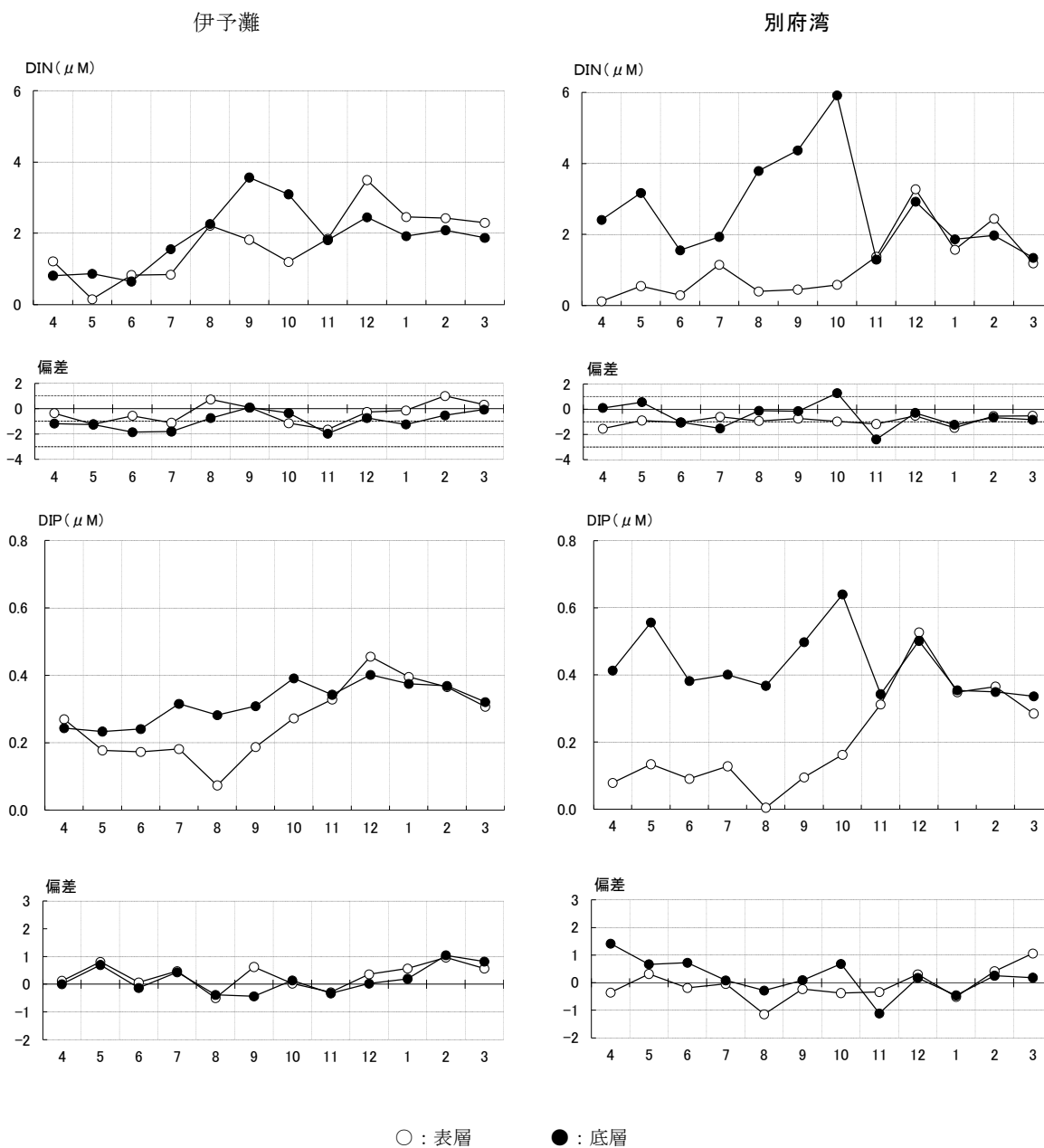


図6 2022年度のDINおよびPO4-Pの推移 (左: 伊予灘、右: 別府湾)

B. 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5.29~6.72 ml/L、底層が4.62~6.72 ml/Lであった。表層は、9月は「甚だ高め」、10月、2月は「かなり高め」であった他は、「平年並み」~「やや高め」であった。底層は、9月、10月は「甚だ高め」、2月は「かなり高め」であった他は「平年並み」~「やや高め」であった。

CODは、表層が0.27 ppm~0.53 ppm、底層が0.27 ppm~0.50 ppmであった。表層は、8月、9月は「かなり低め」であった他は「やや低め」~「平年並み」であった。底層は周年を通して、「やや低め」~「平年並み」であった。

別府湾のDOは、表層が5.02~6.64 ml/L、底層が3.81~6.40 ml/Lであった。表層は、12月は「かなり低め」、1月は「やや高め」であった他は「やや低め」~「平年並み」であった。底層は、10月は「かなり低め」、12月は「やや低め」であった他は「平年並み」であった。

CODは、表層が0.31 ppm~0.62 ppm、底層が0.30~0.57 ppmで推移した。表層は、7月、3月は「かなり低め」であった他は「やや低め」~「平年並み」であった。底層は、周年を通して「やや低め」~「平年並み」であった。

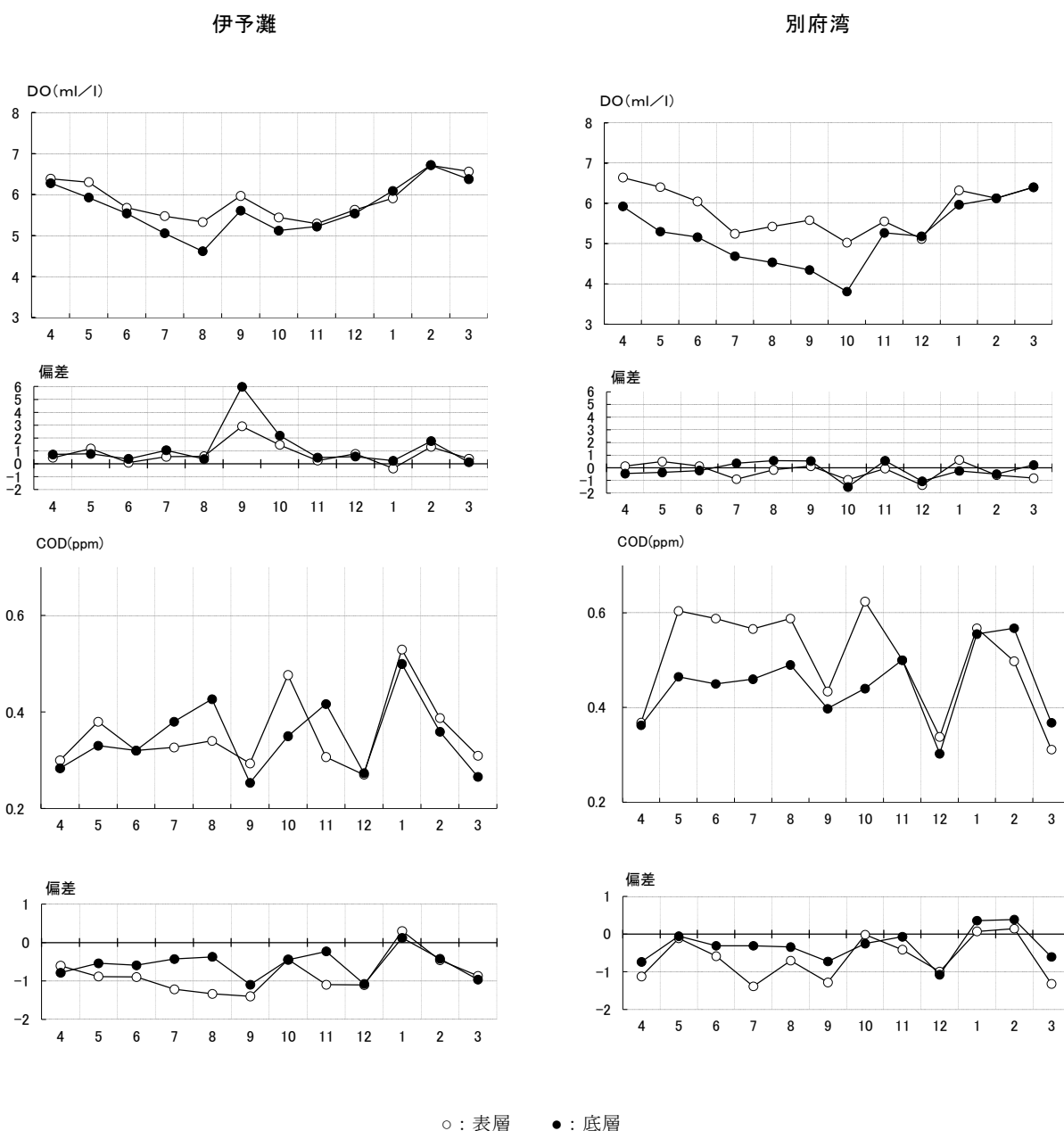


図7 2022年度のDOおよびCODの推移 (左:伊予灘、右:別府湾)

2. 水温の定点調査

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

2022年度における旬別平均水温は、8月上旬の26.6°Cが最高値で、2月下旬の13.4°Cが最低値であり、8月、10月～12月、3月は高め傾向であった他は、概ね平年並みであった。

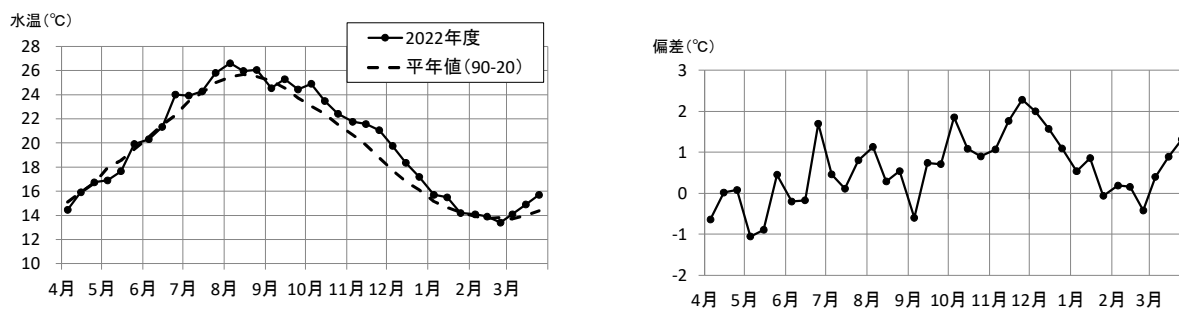


図8 2022年度の佐伯湾定点における表層水温(旬平均値)の推移

漁場環境保全事業（赤潮）

野田 誠・斉藤義昭・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*Cochlodinium polykrikoides* 赤潮（2000年熊本県35億円）、*Chattonella sp.* 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、2022年熊本県19億円）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2 m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5 m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、5 m層、10 m層、底上1 m層の採水も行い、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。

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、2022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ンシ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現場に赴き講師を務め、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、周知徹底を図る。

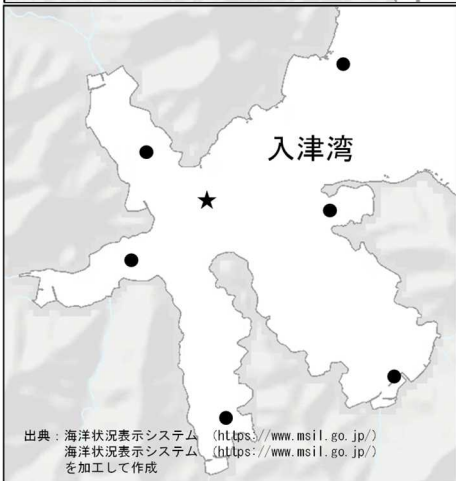
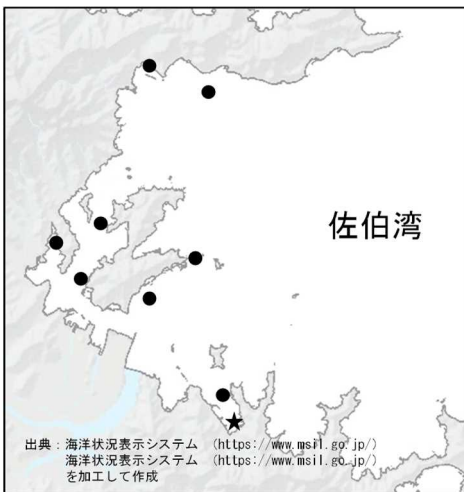
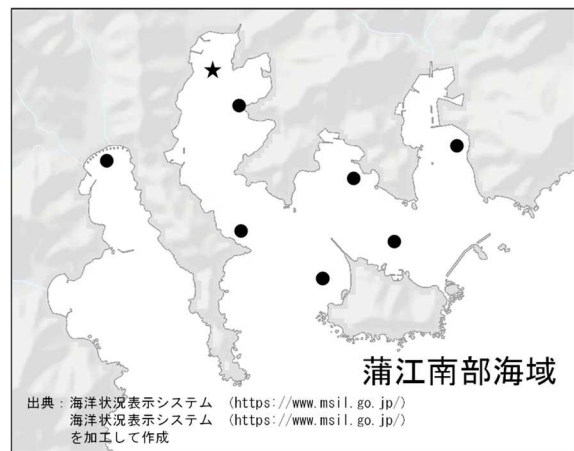
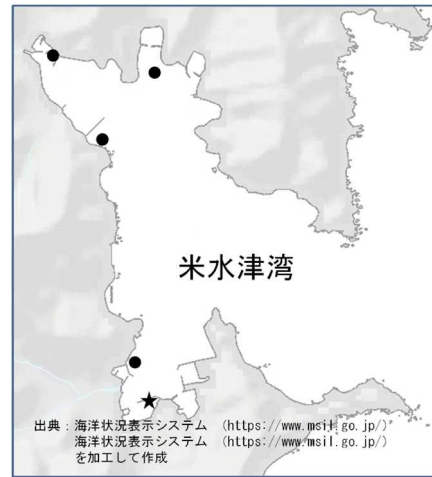
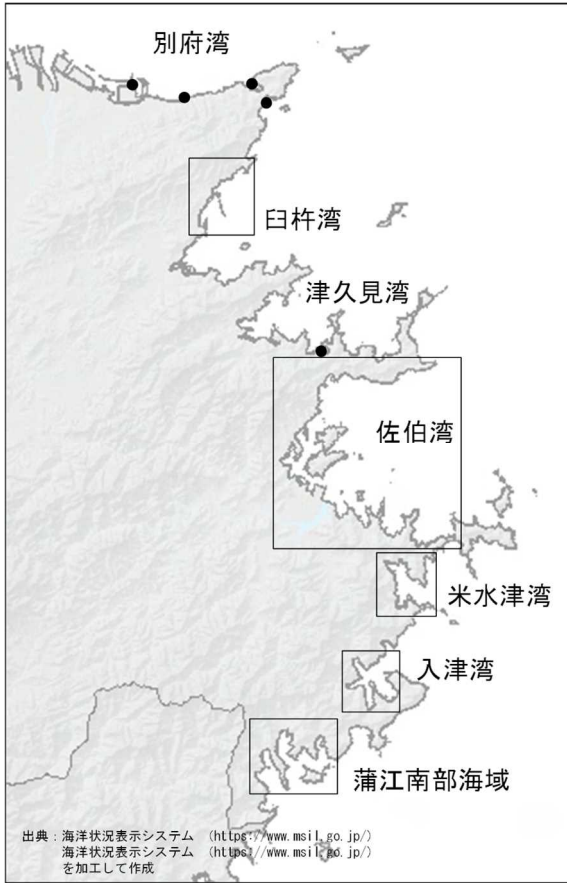
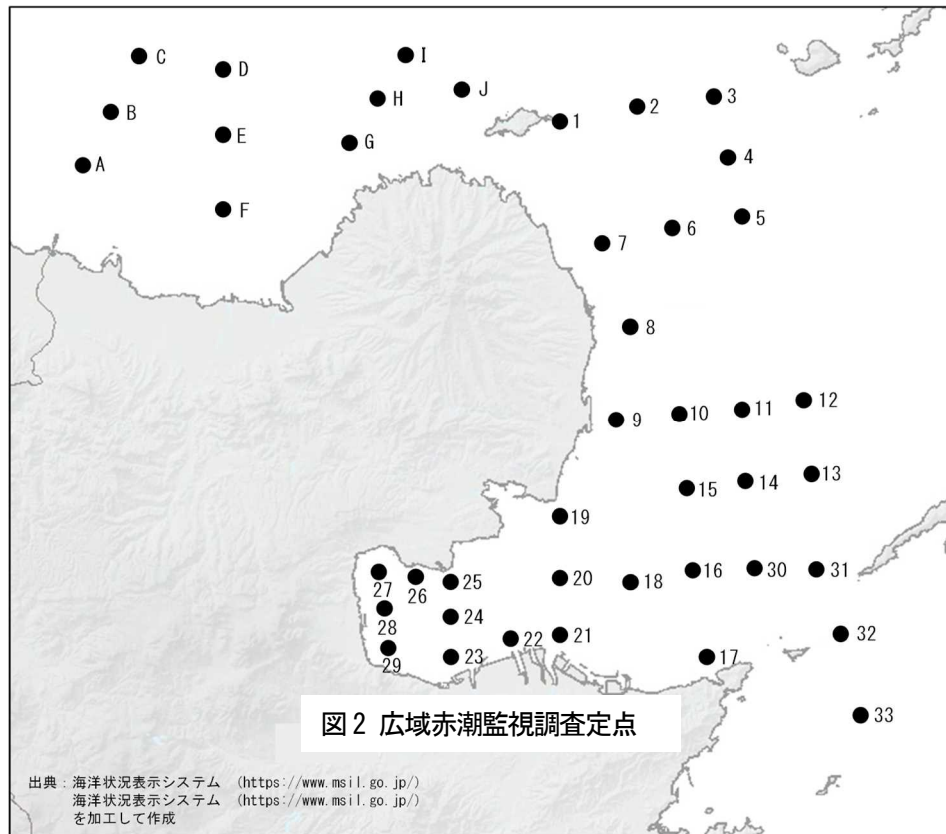


図1 漁場監視モニタリング定点

(●：通常調査点、★：精密調査点)



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、上旬は高気圧に覆われて晴れる日が多かったが、中旬以降は低気圧や梅雨前線、気圧の谷や湿った空気の影響で曇りや雨の日が多く、大雨となったところもあった。九州北部地方は、11日ごろに梅雨入り、28日ごろに梅雨明けしたと見られ、最も早い梅雨明け、最も短い梅雨となった。気温は、玖珠で平年並の他は、平年より高いかなり高かった。降水量は、平年より少ないか、平年並だった。日照時間は平年より多いか、かなり多かった。7月の天気は、高気圧に覆われて晴れる日もあったが、台風第4号や低気圧、前線や湿った空気などの影響で曇りや雨の日が多く、大雨となった所もあった。気温は、玖珠、湯布院、蒲江で平年並の他は、平年より高かった。降水量は、佐伯、宇目、蒲江で平年より多い他は、平年より少ないか、平年並だった。日照時間は、平年より少ないか、平年並だった。8月の天気は、気圧の谷、湿った空気や日射の影響で曇りや雨、雷雨となる日もあり、大雨となった所も

あったが、高気圧に覆われて晴れる日が多かった。気温は、竹田で平年よりかなり高く、武蔵で平年並高かった。降水量は、日田で平年よりかなり多く、中津で多く、宇目、蒲江でかなり少ない他は、少ないか、平年並だった。日照時間は、日田で平年より少ない他は、多いか、平年並だった。9月の天気は、台風第11号や第14号、気圧の谷や湿った空気の影響で曇りや雨の日が多く、大雨となった所もあった。気温は中津、蒲江で平年よりかなり高い他は、高かった。降水量は、佐賀関、蒲江で平年並みの他は、平年より多いか、かなり多かった。日照時間は、玖珠で平年並の他は、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5月を除き、平年より高く推移した。降水量は5・6・8月は平年より少ない傾向であり、4・7・9月は平年より多い傾向であった。日照時間は4・6・8月は平年より多い傾向であり、5・7・9月は平年より少ない傾向であった。

2) 海象

6月～9月（臼杵湾は6月～8月）における各海域の代表点の5 m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 17.9~22.8°C、佐伯湾 19.0~25.5°C、入津湾 20.1~25.1°C、蒲江南部海域 20.9~27.6°Cで推移した。塩分は臼杵湾 33.07~33.77、佐伯湾 32.89~33.86、入津湾 33.32~33.69、蒲江南部海域33.00~33.85で推移した。

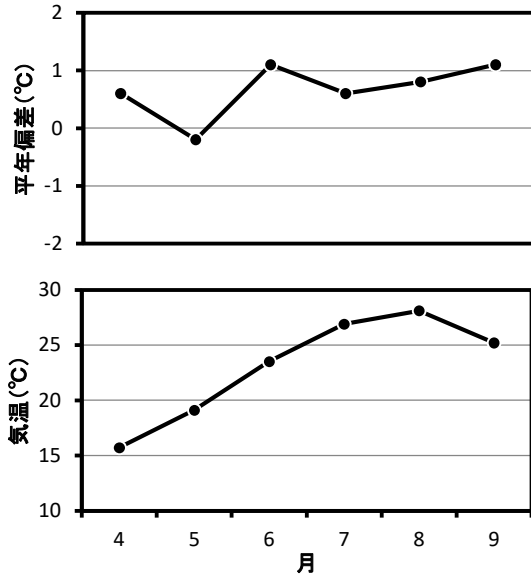


図3 月平均気温の推移と年平均偏差 (上段: 年平均偏差、下段: 月平均気温 アメダス 佐伯)

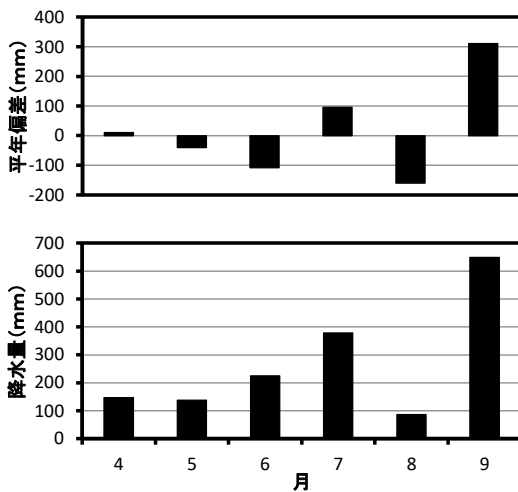


図4 月降水量の推移と年平均偏差 (上段: 年平均偏差、下段: 月降水量 アメダス 佐伯)

DINは臼杵湾 0.01~0.22 μM、佐伯湾 0.33~4.5 μM、入津湾 0.01~0.61 μM、蒲江南部海域 0.00~0.44 μMで推移した。PO4-Pは臼杵湾 0.1~0.21 μM、佐伯湾 0.01~0.3

0 μM、入津湾 0.09~0.32 μM、蒲江南部海域 0.01~0.14 μMで推移した。

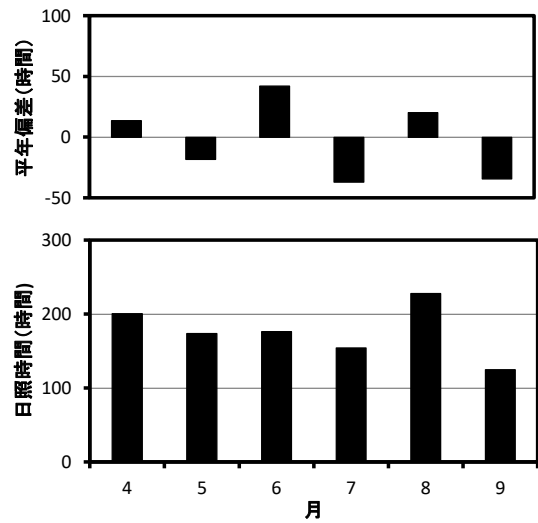


図5 月日照時間の推移と年平均偏差 (上段: 年平均偏差、下段: 月平均日照時間 アメダス 佐伯)

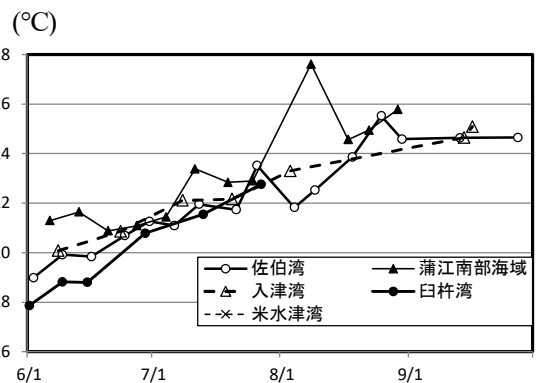


図6 豊後水道各湾の5m層水温の推移

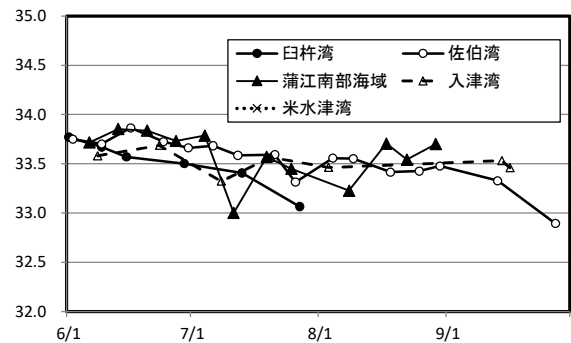


図7 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

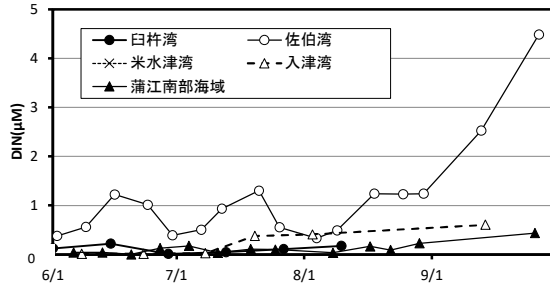


図8 豊後水道各湾の5m層DINの推移

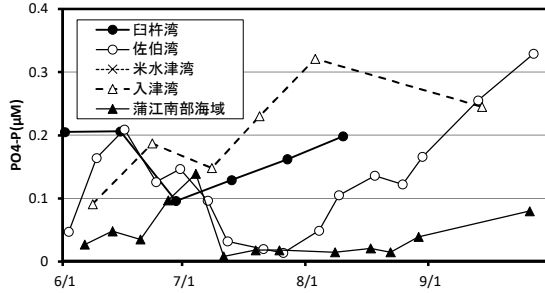


図9 豊後水道各湾の5m層P04-Pの推移

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18件で、うち2件で漁業被害が発生した。赤潮構成プランクトンは*M. rubrum* 7件、*K. mikimotoi* 4件、*H. akashiwo* 3件、*Cochlodinium polykrikoides* 1件、*Chattonella spp.* 1件、*Eutreptia spp.* 1件、*Nitzschia + Skeletonema costatum* (混合赤潮) 1件であった。

表 1 2022 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	最 高 細 胞 数 (cells/ml)
	発生日	～ 終息日	日 数		属	種		
1	4月20日	～ 5月2日	(13日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	無	56
2	6月27日	～ 7月25日	(29日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	66,000
3	6月30日	～ 8月4日	(36日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	有	54,000
4	7月6日	～ 7月20日	(15日間)	豊後水道	<i>Chattonella</i>	<i>spp.</i>	無	108
5	7月22日	～ 8月8日	(18日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Eutreptia</i>	<i>spp.</i>	無	48,500
6	7月29日	～ 8月10日	(13日間)	豊後水道	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	2,400
7	8月4日	～ 8月25日	(22日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	355
8	8月18日	～ 9月5日	(19日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	50,000
9	8月22日	～ 9月5日	(15日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	513
10	8月25日	～ 8月31日	(7日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	5,000
11	9月1日	～ 10月5日	(35日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	有	100,000
12	9月8日	～ 9月29日	(22日間)	豊後水道 (津久見湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	5,000
13	9月22日	～ 10月13日	(22日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Nitzschia</i> <i>Skeletonema</i>	<i>spp.</i> <i>Costatum</i>	無	21,000 13,000
14	10月19日	～ 12月16日	(59日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	4,000
15	11月17日	～ 11月21日	(5日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	17,200
16	11月24日	～ 12月8日	(15日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	4,100
17	11月29日	～ 12月2日	(4日間)	豊後水道 (津久見湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	2,600
18	12月26日	～ 2月6日	(43日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	2,200

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（地場発生源型赤潮）を形成し、大きな漁業被害を発生させる。ここ数年、同種は高密度化しなかったものの、今年度は例年よりも遅い8月上旬から下旬にかけて、各湾で赤潮を形成し、特に入津湾では高密度化した。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、顕微鏡で5月24日に初認されたものの、その後大幅な増殖はみられず、8月4日の355 cells/mlが最高細胞密度であった（図10）。今年の3月は、降水量が多かったこと、例年本種が増殖する6月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。

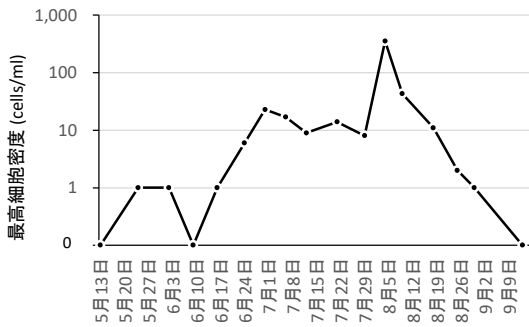


図10 佐伯湾における*K. mikimotoi*の細胞密度の推移

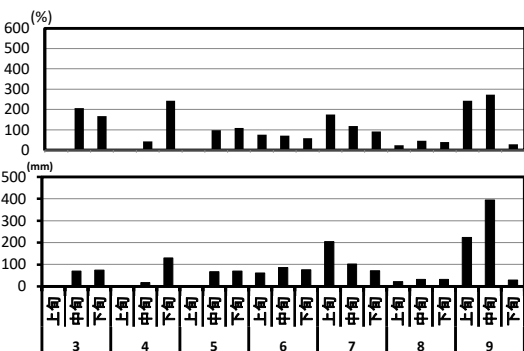


図11 アメダス（佐伯市佐伯）による降水量の平年偏差と推移

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2,400 cells/ml（7月29日 下の江（奥））、*H. akashiwo*は2,850 cells/ml（6月22日 下の江（奥））、*Chattonella spp*は108 cells/ml（7月6日 古宮）、*C. polykrikoides*は4 cells/ml（8月10日 日ノ浦）であった。

津久見湾：*K. mikimotoi*は70 cells/ml（7月27日 日代）、*H. akashiwo*は54,000 cells/ml（7月6日 日代）、*Chattonella spp*は3 cells/ml（7月6日 日代）、*C. polykrikoides*は8 cells/ml（8月5日 赤崎外）であった。

佐伯湾：*K. mikimotoi*は355 cells/ml（8月4日 鶴見振興局裏）、*H. akashiwo*は54,000 cells/ml（6月30日 水試前）、*Chattonella spp*は2 cells/ml（8月18日 鶴見ポンツーン他）、*C. polykrikoides*は14 cells/ml（6月24日 鶴見ポンツーン）であった。

入津湾：*K. mikimotoi*は100,000 cells/ml（9月11日 河内）、*H. akashiwo*は325 cells/ml（7月8日 洲の本）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（7月20日 尾浦他）、*C. polykrikoides*は56 cells/ml（4月20日 入津湾中央）であった。

蒲江南部海域：*K. mikimotoi*は513 cells/ml（8月22日 蒲江赤灯台）、*H. akashiwo*は66,000 cells/ml（6月27日 弁天島）、*C. polykrikoides*は193 cells/ml（4月25日 蒲江赤灯台）、*Chattonella spp*は4 cells/ml（8月17日 みごの浦他）であった。

2. 広域赤潮監視調査

2022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9～12日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～1 cells/ml確認されたが、*H. akashiwo*、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

6月（6月1～3日、9日、8日）：*Chattonella spp*は検出限界未満、*H. akashiwo*は検出限界未満～125 cells/ml、*K. mikimotoi*は検出限界未満～4 cells/ml確認された。

7月（7月6～8日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～9 cells/ml、*K. mikimotoi*は検出限界未満～3 cells/ml確認されたが、*H. akashiwo*は検出されなかった。

8月（8月2～5日）：*K. mikimotoi*は検出限界未満～2 cells/ml確認されたが、*Chattonella spp*及び*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：2022年6月14日
 開催場所：水産研究部2階 大会議室
 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

赤潮研修会

開催日：2022年6月23日

出席者：漁業者、漁協

講師：斉藤 義昭

養殖技術・経営向上対策講習会

開催日：2023年3月24日

出席者：漁業者、県振興局

講師：斉藤 義昭

第22期大分海区漁業調整委員研修会

開催日：2022年8月26日

出席者：大分海区漁業調整委員

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：9回

・緊急赤潮情報：12回

・マグロ版緊急赤潮情報：10回

大分県水産養殖協議会青年部会

漁場環境保全事業（貝毒）

野田 誠・斉藤義昭

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（図1）、及び佐伯湾に計4点（図2）の調査点を設け、貝毒原因プランクトンの出現状況に応じて、2022年4月から2023年3月の期間中、蒲江南部海域においては毎月4～5回、佐伯湾においては、2回/月の頻度で調査を実施した。

調査内容は、小蒲江湾、猪串湾及び佐伯湾では採水、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、2 m層、5 m層、10 m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0.5 m層～海底まで0.1 m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、佐伯湾では養殖マガキを採取した。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 μmのプランクトンネットを用い、1 Lから10 ml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*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。

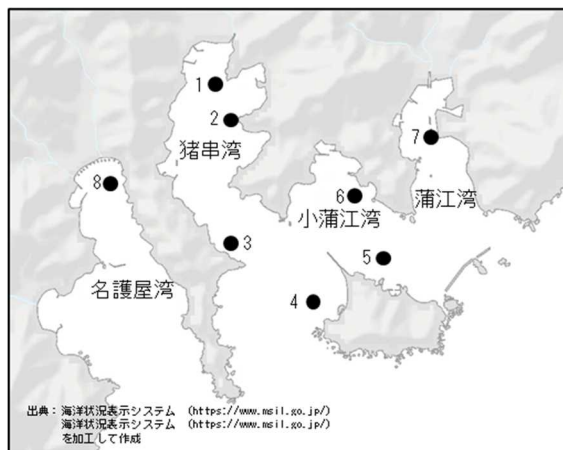


図1. 調査点（蒲江南部海域）

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



図2. 調査点（佐伯湾）

(1 片神、2 鶴見ポンツーン、3 霞ヶ浦、4 有明漁港)

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3に示したとおりである。森崎はN.D.*~8,394 cells/L (* N.D)は検出限界以下を示す。検出限界以下は4 cells/L未満。

以下*G.catenatum*の細胞数について同様。) 、猪串はN.D～11,940 cells/L、鵜の糞はN.D～380 cells/L、赤バエはN.D～280 cells/L、屋形島はN.D～400 cells/L、小蒲江はN.D～200 cells/Lで推移した。猪串湾では、4月上旬～7月上旬、1月下旬～3月上旬、小蒲江湾では、4月中旬に警戒密度 (100 cells/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 (2011～2021年度) と旬別に比較すると、8月に平年を上回った以外は平年より少なく推移した (図4)。

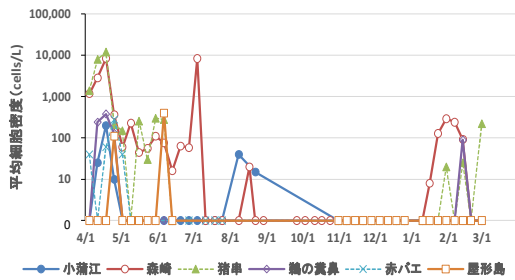


図3. 猪串湾、小蒲江湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

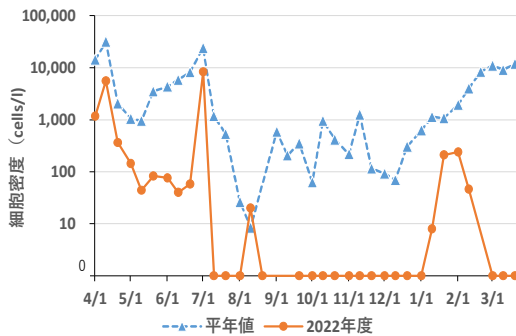


図4 森崎における平年値及び2022年度の*G.catenatum*細胞密度 (5層平均) 推移

B. *Alexandrium pacificum*

各調査点の*A.pacificum*の鉛直平均細胞密度の推移は図5に示したとおりである。森崎はN.D～13,814 cells/L (N.Dは検出限界以下を示す。検出限界以下は4 cells/L未満。以下*A.pacificum*の細胞数について同様。) 、猪串はN.D～25,000 cells/L、鵜の糞はN.D～2,000 cells/L、小蒲江はN.D～1,030 cells/Lで推移し、屋形島はN.D～2,000 cells/L、赤バエはN.D～20 cells/Lで推移した。猪串湾では、4月中旬、2月中旬～3月下旬に警戒密度 (1,000 cells/L) を超える細胞が確認された。

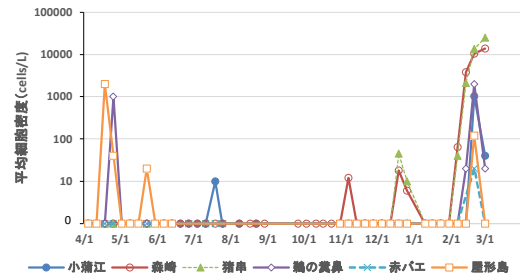


図5 猪串湾、小蒲江湾における*A. pacificum*細胞密度の推移

C. *Dinophysis spp.*

各調査点の*Dinophysis spp.*の鉛直平均細胞密度の推移は図6に示したとおりである。森崎はN.D～684 cells/L (N.Dは検出限界以下を示す。検出限界以下は2 cells/L未満。以下*Dinophysis spp.*の細胞数について同様。) 、猪串はN.D～505 cells/L、鵜の糞はN.D～90 cells/L、赤バエはN.D～30 cells/L、屋形島はN.D～60 cells/L、小蒲江はN.D～55 cells/Lで推移した。

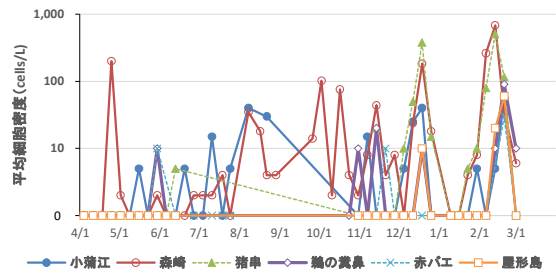


図6 猪串湾、小蒲江湾における*Dinophysis spp.*細胞密度の推移

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7に示したとおりである。蒲江湾はN.D～2,000 cells/L、名護屋湾はN.D～12,000 cells/Lで推移した。蒲江湾では、4月上旬～5月上旬及び3月上旬、名護屋湾では、4月上旬～中旬に警戒密度 (100 cells/L) を超える細胞が確認された。

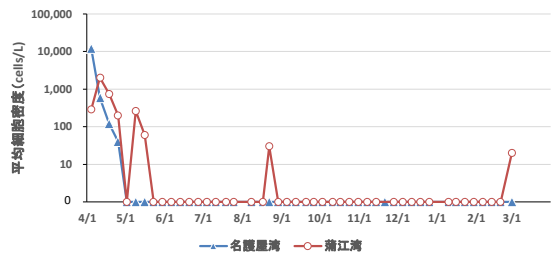


図7 蒲江湾、名護屋湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

B. *Alexandrium pacificum*

*A.pacificum*の鉛直平均細胞密度の推移は図8に示したとおりである。蒲江湾はN.D~180cells/L、名護屋湾はN.D~100 cells/Lで推移し、両海域とも警戒密度 (1,000 cells/L) を超える細胞は確認できなかった。

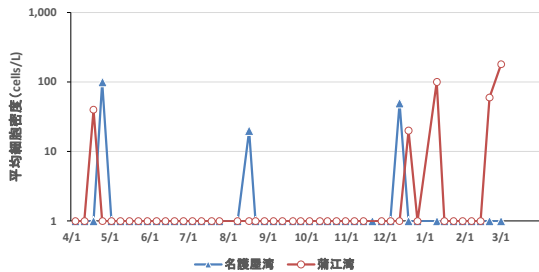


図8 蒲江湾、名護屋湾における*A. pacificum*細胞密度の推移

C. *Dinophysis spp.*

*Dinophysis spp.*の鉛直平均細胞密度の推移は図9に示したとおりである。蒲江湾はN.D~110 cells/L、名護屋湾はN.D~160 cells/Lで推移した。

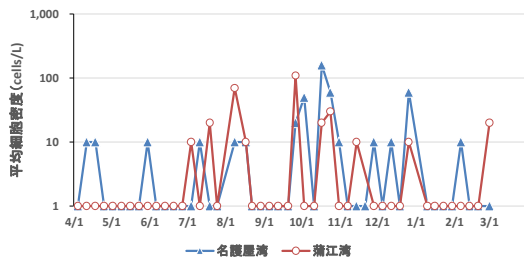


図9 蒲江湾、名護屋湾における*Dinophysis spp.*細胞密度の推移

3) 佐伯湾

A. *Gymnodinium catenatum*

*G.catenatum*の鉛直平均細胞密度の推移は図10に示したとおりである。片神はN.D~445 cells/L、鶴見ポンツーンはN.D~175 cells/L、霞ヶ浦はN.D~1,170 cells/L、で推移し、有明漁港では確認されなかった。片神では、8月中旬~9月中旬、鶴見ポンツーン及び霞ヶ浦では、9月中旬に警戒密度 (100 cells/L) を超える細胞が確認された。

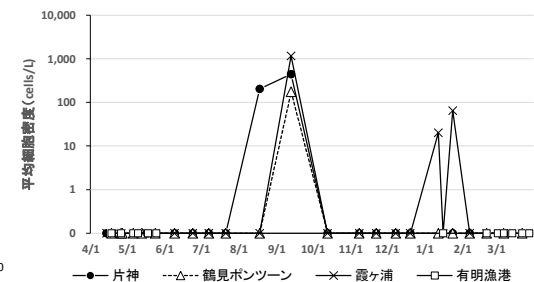


図10 佐伯湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

B. *Alexandrium pacificum*

*A.pacificum*の鉛直平均細胞密度の推移は図11に示したとおりである。片神はN.D~9,620 cells/L、鶴見ポンツーン (一部周辺海域の数値も含む。以下本項目について同じ) はN.D~7,500 cells/L、霞ヶ浦はN.D~29,000 cells/Lで推移し、有明漁港では確認されなかった。片神では、4月中旬~下旬、2月下旬、鶴見ポンツーンでは4月下旬、霞ヶ浦では4月中旬~下旬及び1月中旬~3月上旬に警戒密度 (1,000 cells/L) を超える細胞が確認された。

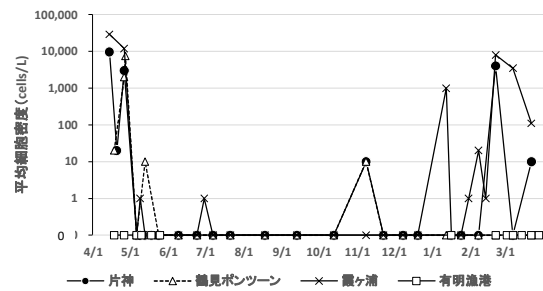


図11 佐伯湾における*A.pacificum*細胞密度の推移

C. *Dinophysis spp.*

*Dinophysis spp.*の鉛直平均細胞密度の推移は図12に示したとおりである。片神はN.D~390 cells/L、鶴見ポンツーンはN.D~280 cells/L、霞ヶ浦はN.D~510 cells/L、有明漁港はN.D~10 cells/Lで推移した。

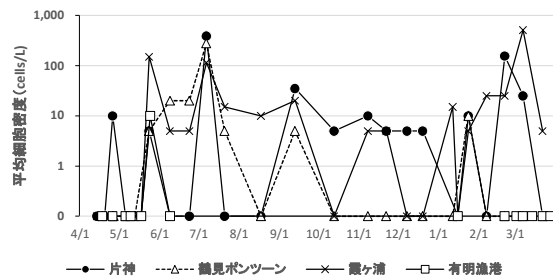


図12 佐伯湾における*Dinophysis spp.*細胞密度の推移

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13に示したとおりである。平年値比較には2 m、5 m、10 m、底上1 m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~2022年3月の期間の値を使用した。

2022年度における各層水温は、0.5 m層が15.6°C~27.3°C、2 m層が15.6°C~28.0°C、5m層が15.6°C~27.6°C、10 m層が15.6°C~26.4°C、底上1m層が15.4°C~25.9°Cで推移した。最高水温については、0.5 m層、2 m層、5 m層は8月上旬、10m層及び底上1 m層は9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月中旬に観測された。成層は5月下旬から8月下旬まで認められた。月平均

水温について、4月上旬～7月中旬及び12月中旬～3月上旬は概ね平年より低めで推移し、9月下旬～12月上旬は概ね平年より高めで推移した。

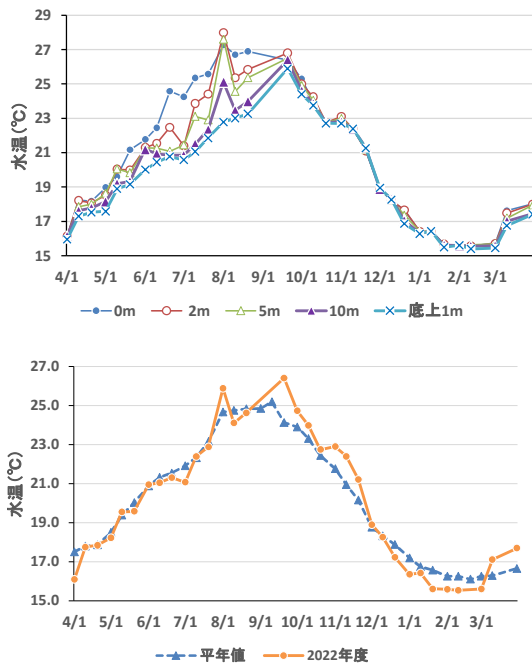


図13 2022年度における森崎各層水温の推移（上段）と平年値との比較（下段）

佐伯湾における鉛直平均水温（表層及び2m層の2層平均）の推移は、図14に示したとおりである。片神は13.3℃～26.3℃、鶴見ポンツーンは13.2℃～25.8℃、霞ヶ浦は13.0℃～28.6℃で推移した。

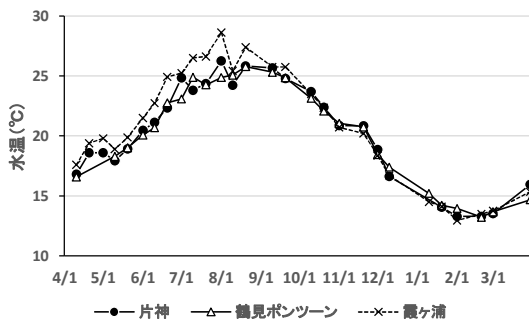


図14 2022年度における佐伯湾の各地点における鉛直平均水温の推移

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15に示したとおりである。平年値比較には2 m、5 m、10 m、底上1 m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～2022年3月の期間の値を使用した。各層塩分は、0.5 m層が32.10～34.49、2 m層が32.73～34.50、5 m層が33.00～34.52、10m層が33.27～34.54、底上1

m層が33.54～34.53で推移した。最高塩分については、0m層は3月中旬、2 m層、5 m層、10 m層及び底上1 m層は2月上旬に観測された。一方、最低塩分については、0.5 m層及び2 m層は7月中旬、5 m層は9月下旬、10 m層は8月上旬、底上1 m層は10月上旬に観測された。

月平均塩分について、6月下旬、7月上旬、7月中旬～8月下旬、10月下旬～11月下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。

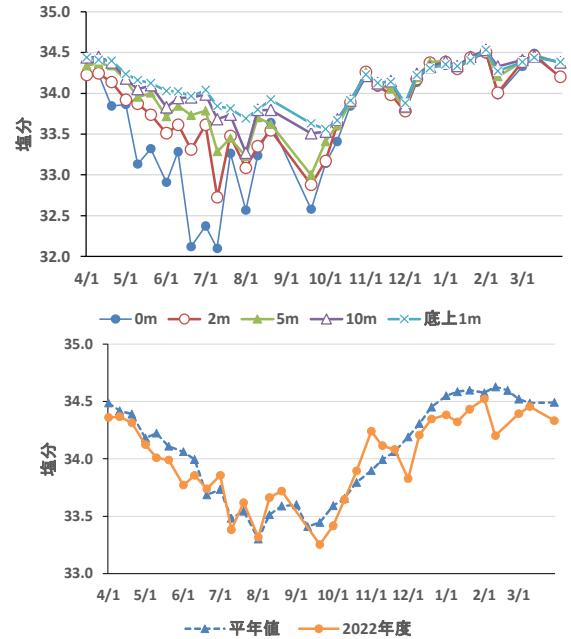


図15 2022年度における森崎各層塩分の推移（上段）と平年値との比較（下段）

佐伯湾における鉛直平均塩分（表層及び2 m層の2層平均）の推移は、図16に示したとおりである。片神は30.45～34.00、鶴見ポンツーンは31.12～34.13、霞ヶ浦は29.03～34.05で推移した。

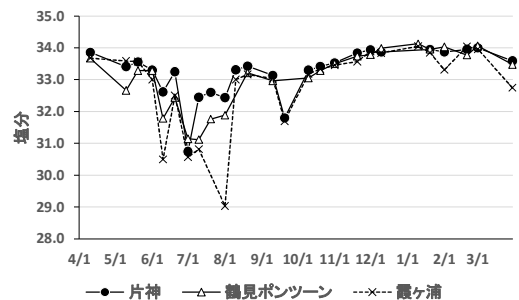


図16 2022年度における佐伯湾の各地点における鉛直平均塩分の推移

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17に示したとおりである。毒力はN.D*~292.3 MU/gで推移した（*N.Dは検出限界以下を示す。検出限界は0.1 MU/g未満。以下同様。）。2022年3月から発生していた*G.catenatum*の影響によって、4月18日には30.0 MU/gまで毒力が増加したが、細胞密度の低下に伴い、毒力も低下した。また、2023年2月から*A.pacificum*が急激に増加したことに伴い毒力が増加し、2023年3月中旬には最高292.3 MU/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。

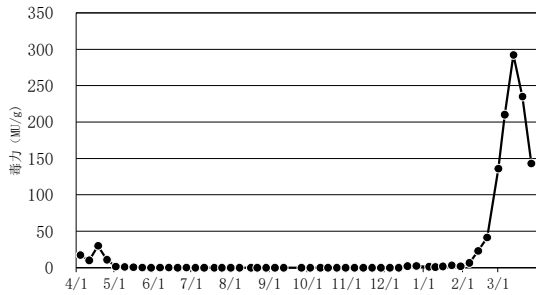


図17 森崎における天然ムラサキガイ毒力の推移

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18に示したとおりである。毒力はN.D~31.4 MU/gで推移した。小蒲江における養殖ヒオウギガイは、森崎の天然ムラサキガイと同様に、2022年3月に発生した*G.catenatum*の増殖に伴い、毒力が上昇し、5月2日には16.4 MU/gとなった。その後、細胞密度の低下に伴い毒力も低下した。また、2023年2月から猪串湾内で高密度化した*A.pacificum*が湾外に流出したことに伴い、小蒲江及び赤バエの養殖ヒオウギガイの毒化も進行し、3月27日には、小蒲江で最高31.4 MU/gまで上昇した。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。

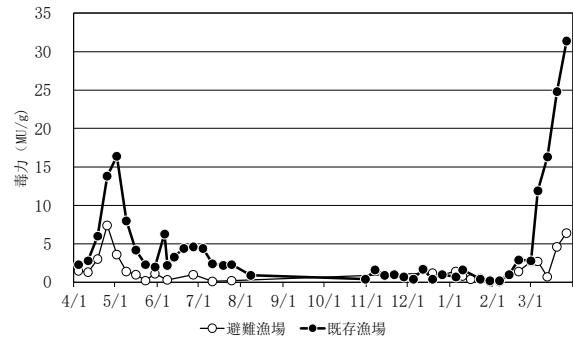


図18 小蒲江及び赤バエにおける養殖ヒオウギガイの毒力の推移

3)佐伯湾

佐伯湾における養殖マガキのELISA法による麻痺性貝毒毒力の推移は図19に示したとおりである。毒力は、片神ではN.D~9.3 MU/g、鶴見ポンツーンではN.D~12.4 MU/g、有明漁港では、N.D~1.2 MU/gで推移した。4月に大入島周辺及び鶴見ポンツーン周辺で増加した*A.pacificum*の影響によって、毒力が増加し、片神では9.3 MU/g、鶴見ポンツーンでは12.4 MU/g、有明漁港では1.2 MU/gとなった。一方、2月には*A.pacificum*は大入島周辺でのみ増加し、鶴見ポンツーンや有明漁港では増加しなかった。このため毒力についても、片神は3月1日に8.6 MU/gまで増加したものの、鶴見ポンツーンは1.6 MU/g、有明漁港は0.8 MU/gまでしか増加せず、大入島周辺に比べ、鶴見ポンツーン周辺での毒力の増加は限定的であった。有明漁港では、貝毒原因プランクトンの細胞密度及び毒力共に片神や鶴見ポンツーンよりも概ね低く推移した。

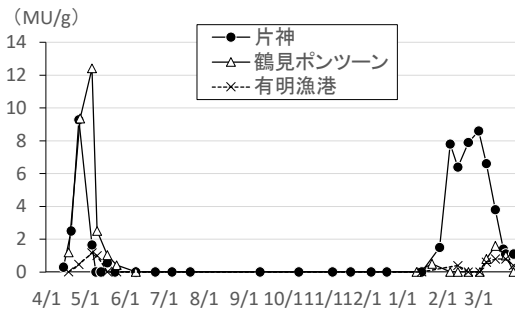


図19 佐伯湾における養殖マガキの毒力の推移

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

斉藤義昭・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。

R3年度は赤潮監視として自動観測装置のクロロフィル蛍光値を使用した。計測が不安定であり、異常値が検出されることから、今年度はカメラ映像での監視について検討する。

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

多項目水質計（In-Situ社製 Level Troll 500）を佐伯市蒲江大字久保浦の菅谷水産陸上養殖施設の水槽内に設置し（図1参照）、2022年6月1日～10月5日の期間に、15分毎（8月29日以降は60分毎）に水温、溶存酸素濃度を測定した（8月21日～8月29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、カメラ映像による水色（赤潮）監視は、株式会社西村商会製の撮影装置（Raspberry Pi搭載）を使用し生簀内の様子を15分毎に撮影した。

2) 定点調査

入津湾内に8点を設置し（図1参照）、6月8日、6月23日、7月8日、7月20日、8月3日、9月14日9月22日、10月5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。

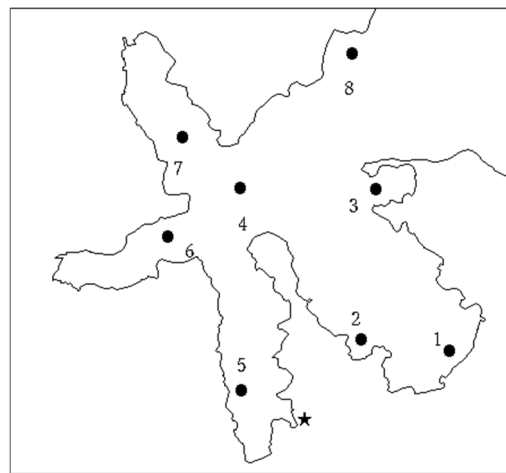


図1 調査位置

●：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とおり（図2参照）

水温：19.0～25.7℃で推移した。8月下旬以降25℃を超える水温が確認された。

溶存酸素：4.0～30.4 mg/Lで推移した。8月下旬には4以下に低下した。また9月上旬から9月中旬にかけて湾内の赤潮発生や台風の接近により高濃度酸素を添加したため高めの値が確認された。

水色（赤潮）監視：6月30日～10月5日の期間の14時に撮影した映像は図3のとおりである。各映像は同時刻に撮影されたものであるが、自然光下では光量が不安定であること、背景の池底の色が映像に反映されるなど水色の安定した撮影はできなかった。また電場障害によってアップロードできない期間も確認された

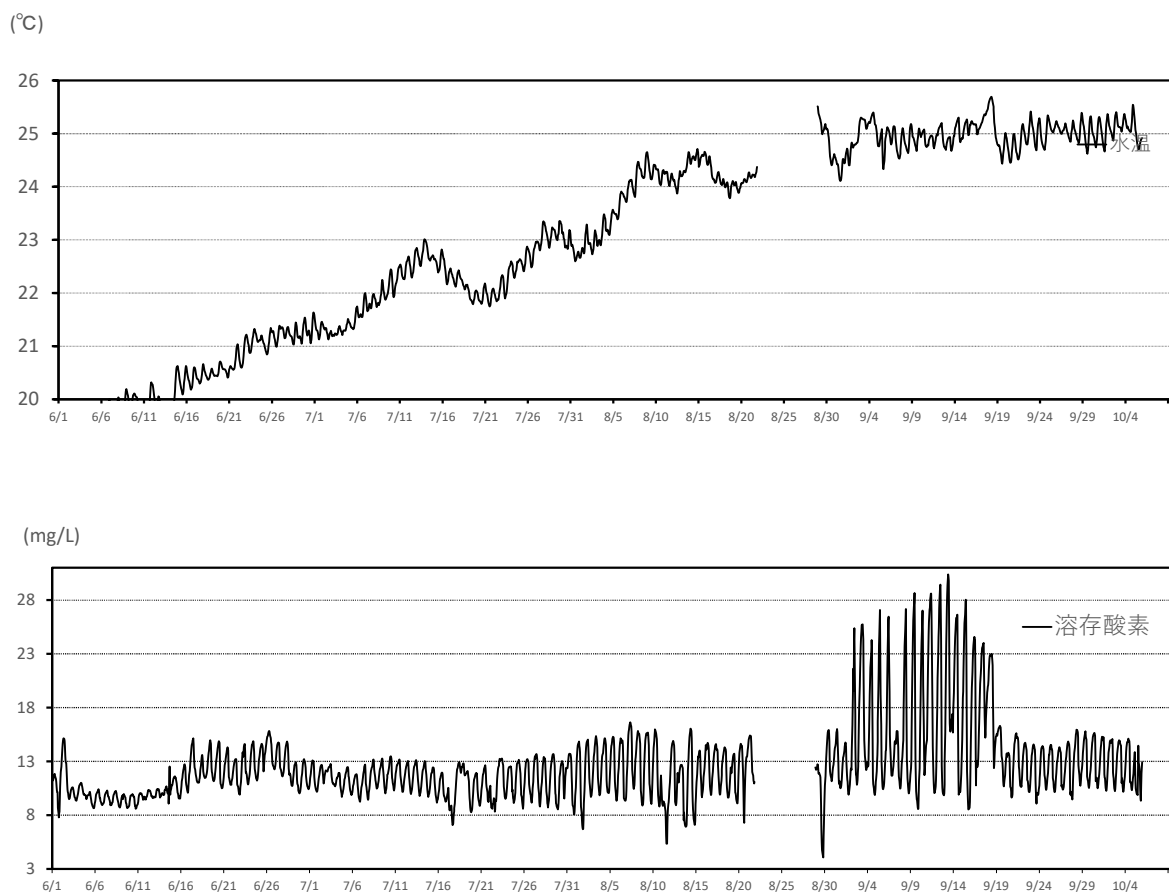


図2 24時間自動観測で連続測定した各測定項目の推移
各測定項目は1時間平均値で記した。

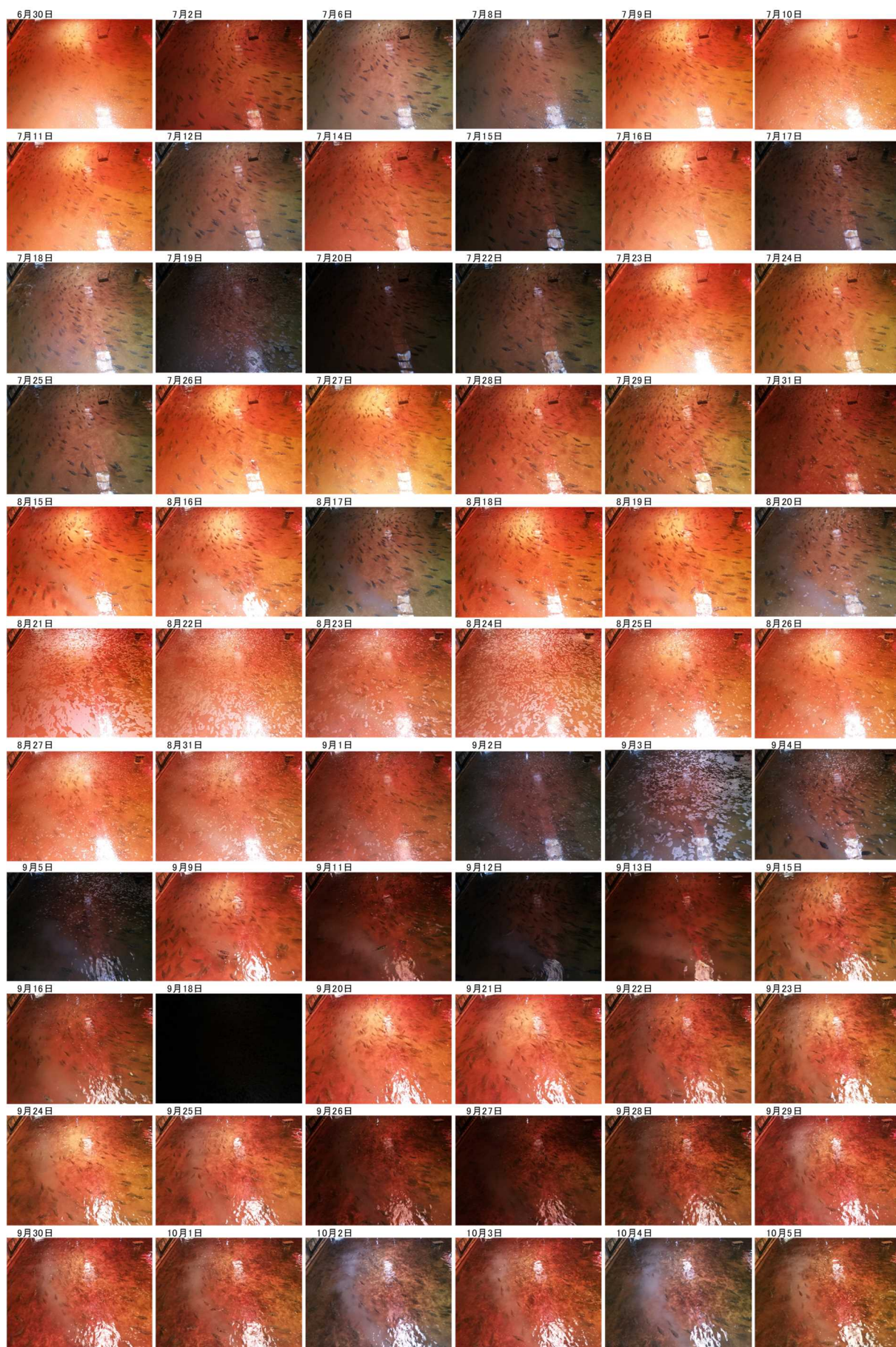


図 3 赤潮カメラの映像

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4件であった。

○ 内は最高細胞密度を示す。

Karenia mikimotoi 9/1-10/5 (100,000 cells/ml)

Skeletonema costatum 及び *Nitzschia* 類

9/22-10/13

(13,000cells/ml 及び 21,000cells/ml)

Mesodinium rubrum 10/19-12/16(4,000 cells/ml)

Mesodinium rubrum 12/26-2/5 (2,200 cells/ml)

水質結果

自動観測地点に最も近い St.5 の各水質項目は以下のとおりであった。

水温 : 0.5m 層 22.2-28.7°C、2m 層 21.2-25.9°C、5m 層 19.8-25.8°C、10m 層 19.0-25.2°C で推移した。

塩分 : 0.5m 層 30.24-33.00、2m 層 30.81-33.35、5m 層 30.81-33.69、10m 層 30.81-33.97 で推移した。

クロロフィル蛍光値 : 0.5m 層 1.5-50.3 µg/L、2m 層 1.8-17.4µg/L、5m 層 1.0-5.4µg/L、10m 層 0.9-2.7µg/L で推移した。

酸素濃度 : 0.5m 層 7.2-10.5 mg/L、2m 層 0.2-10.1 mg/L、5m 層 1.3-5.4 mg/L、10m 層 2.0-9.2 mg/L で推移した。

3) 陸上養殖場における赤潮自動観測の課題

定点調査では有害種の *Karenia mikimotoi* による赤潮が確認され、同湾西野浦の蓄養魚において被害が確認されたが、当調査地点の陸上養殖水槽内では赤潮発生はなく、カメラの映像でも水槽内のトラフグに異常は確認されなかった。池内の撮影については、現状では魚の状態は確認されるが、水色の変化については観測できないことから、今後は照明や背景の色などの諸条件を検討する等、改善の必要がある。また、安定した監視には、地区や地理的状況を考慮したデータ配信システムの検討が必要であった。

IoT等の新技術を活用した有害・有毒プランクトン対策

イムノクロマトを用いた新たな貝毒監視体制

野田 誠・斉藤義昭

事業の目的

佐伯市周辺海域では、麻痺性貝毒プランクトン種 *Gymnodinium catenatum* (以下、「*G.catenatum*」という) 及び *Alexandrium pacificum* (旧名 *Alexandrium catenella*, 以下「*A.pacificum*」という) の発生により、貝類の出荷自主規制を実施している。また近年、大分県内の各海域において、プラスチック製のカゴを用いたマガキ養殖が、盛んに行われ始め、現場からの貝毒モニタリングに関する要望が強くなっている。当研究部では、スクリーニング法としてELISA法を用いたモニタリングを実施することにより、貝毒の監視を行ってきた。しかし、ELISA法のみで増加するマガキ養殖に対応するためのモニタリング体制を維持するには限界があり、より効率的な検査体制の構築が必要である。

本事業では、ELISA法と比べ、迅速かつ簡便に毒力を検出できるイムノクロマト法を用いた簡易分析キット(日本製薬株式会社 MTテスト イムノクロマト—PSP「ニッスイ」、以下「キット」という)による新たな貝毒検査体制の構築を目的とする。

事業の方法

令和4年春期に佐伯湾で発生した *A.pacificum* によって毒化した養殖マガキについて、キットにより、毒の有無を判定した。サンプルをキットに使用する際の希釈倍率は、キット上で許容された最小の希釈倍率の2倍となる40倍とした。毒の判定は、目視による判定(Tバンドの強弱に応じて+、±、-の3段階)及び画像解析ソフトウェア(JustTLC、Sweday社製)を用いてTバンドとCバンドの強弱を数値化し、その比(T/C値)を用いて行った。なお、本キットは、無毒の場合にバンドが出現し、貝毒を有すればバンドが出現しない。

さらに上記のサンプルについて、ELISA法によって推定毒力を算出した。推定毒力の算出にあたっては、毒化原因プランクトンの種類によって係数を0.3又は0.9とした。また、国立研究開発法人水産研究・教育機構において、L/S/MS/MS法による分析を実施し、毒の組成を確認すると共に、各毒成分に変換係数を掛けて推定毒量を算出した。

事業の結果

キット及びELISA法による検査結果は表1、LC/MS/MSによる検査結果は表2に示したとおりである。昨年度、0.25 MU/g未満の毒(以下無毒試料という)の場合のT/C値を0.36以上と設定したが、今年度の結果に同条件を適用すると、サンプル⑥、⑫、⑯では、偽陰性、すなわち毒があるにも関わらず、無毒試料と判定される結果となった。これらは、ELISA法の推定毒力を過大評価したためと考えられる。実際、LC/MS/MSによる推定毒力は、サンプル⑥、⑫、⑯でそれぞれ、0.01 MU/g、0.02 MU/g、0.01 MU/gであった一方で、ELISA法による推定毒力はそれぞれ、0.4 MU/g、0.8 MU/g、0.4 MU/gと、推定毒力はLC/MS/MSよりもELISA法が大幅に上回っていた。

一方、キットによる目視での毒量の判定では、ELISA法で検出限界値(0.1 MU/g)以上の毒が検出された場合は、バンドの希薄化(T/C値の減少)を確認できた。このため、キットを用いることで簡便に貝毒の有無を判定することが出来たと考えられる。

表1 キット及びELISA法による検査結果

サンプル名	目視	T/C値	ELISA法 (MU/g)
①	+-	0.52	0.2
②	+-	0.26	0.3
③	-	0.14	1.2
④	+	0.64	N.D.
⑤	-	0.11	9.3
⑥	+-	0.47	0.4
⑦	-	0.18	1.7
⑧	-	0.15	2.2
⑨	+-	0.26	N.D.
⑩	+-	0.24	0.9
⑪	+	0.55	N.D.
⑫	+-	0.38	0.8
⑬	+-	0.26	0.6
⑭	+	0.48	N.D.
⑮	+	0.65	N.D.
⑯	+-	0.37	0.4
⑰	+	0.69	N.D.
⑱	+	0.81	N.D.
⑲	+	0.76	N.D.

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)

斉藤義昭・野田 誠

本事業の詳細は、令和4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5~8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) 赤潮発生の短期的動態について

*K. mikimotoi*が初期細胞密度(100 cells/mL)から赤潮発生(1,000 cells/mL)に至るまでの環境要因を検証した。

2) 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2022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(山口県を含む)では6月11日頃(平年は6月4日頃)、梅雨明けは一度6月28日に発表されたが7月22日頃(平年は7月19日頃)に訂正された。梅雨入りは平年より7日程度遅く、梅雨明けは平年より3日程度遅かった。梅雨入り後は平年より降水量は少なかったが7月中旬は台風4号や前線の影響で平年より多く梅雨明けが変更される原因となった。7月に台風4号、台風5号が、9月に台風11号、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。

*¹ 令和4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

水温：16.0～24.3°Cで推移した。
 塩分：32.65～33.42で推移した。
 透明度：8.2～9.3 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1.59～2.29 $\mu\text{g/L}$ で推移した。

DO（溶存酸素飽和度）：82.5～101.1%で推移した。

DIN：0.41～1.61 μM で推移した。

DIP：0.16～0.21 μM 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.～108 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.～100 cells/mLで推移した。

5) まとめ

*Karenia mikimotoi*赤潮は、昨年度別府湾、豊後水道西岸沿での発生は確認されなかったが今年度は確認され、例年より遅い7月下旬以降各湾で赤潮を形成した。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月上中旬にかけて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) 2022年出現状況

冬季（2022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。その後増加する傾向がみられた。

2) 2018年～2021年（5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年と2022年であったが、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赤潮発生が遅かった2020年を除いて、発生・非発生に関わらず、冬季に検出されたのち春季に減少し、その後夏季に向かって増加する傾向が見られた。これらのことから、大分県豊後水道海域においてはシードポピュレーションが継

続的に存在しており、赤潮形成は環境要因に依存するものと考えられた。

3. 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

1) 赤潮発生の短期的動態について

平均気温、合計降水量、最大瞬間風速、他種赤潮の有無の4項目用いて解析した結果、最も赤池情報量基準（以下、AIC）が低かったベストモデル（AIC：35.9）は全ての項目を含むものが選択された。

100cells/mL到達日以降、気温および最大瞬間風速が高い場合は赤潮発生までの期間が長くなり、降水量が多く、他種赤潮が発生している場合は期間が短くなる傾向があった（ $P < 0.05$ ）。

2) 赤潮予察技術の検証

佐伯湾では、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通りのうち1通りで「非発生年」、6通りで「発生年」、4通りで「区別できない」であったが、実際は「非発生年」であった。本年の解析において3月降水量を説明変数に用いた組み合わせは、「非発生年」もしくは「区別できない」を予測し、全体的中しており、当海域において3月の降水量が赤潮発生に寄与していると考えられた。なかでも3月降水量と2月表層塩分を説明変数に用いた組み合わせのみが「非発生年」を予測した

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、本年度は佐伯湾では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、5月下旬に初認されたが、その後、顕著に増殖することなく、8月4日に325 cells/mLが確認されたのが最高であり、9月上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、4月以降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。さらに、2022年は、本種が増殖する梅雨時期の降水量が後半には多く（佐伯市7月降水量342 mm 平年の121%）、海域の栄養塩の供給が多かったため、2021年に比べ本種が増殖に適する気象、海況環境であったと推測されたが、本種が増殖する頃に*Prorocentrum* spp等の他のプランクトンが優占していたこともあり本種が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・斉藤義昭・宮村和良

本事業の詳細は、令和4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*Karenia mikimotoi*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。2022年6月~8月、佐伯湾の鶴見ポンツーン(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(AWQ P13_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、鶴見ポンツーンにて、週1回、表層、2 m層、5 m層、B-1 m層、B 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)。フジツボや藻などの生物の付着状況や付着物によるファスナーの開閉への影響を調べるため、8月1日から1か月間、モジャコ1,000尾(池入れ時の平均重量:77.5 g)を同生簀内で飼育し、平日に体重の3%を目安に給餌を行った。モジャコを取り上げた後、さらに約2ヶ月間海中に設置し続けた。設置1か月後および3か月後にファスナーの開閉能を確認した。

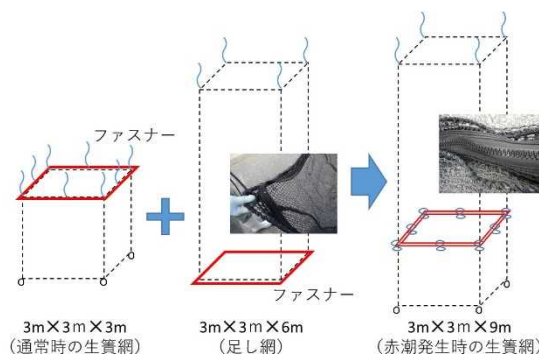


図1ファスナー式足し網のデザイン

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

2022年度は、佐伯湾において*K.mikimotoi*赤潮は発生し

なかった。なお、2022年の佐伯湾における赤潮の発生状況測結果の詳細については、海洋環境保全養殖推進事業及び漁場環境保全事業（赤潮）の項目を参照のこと。

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2）。手順は以下のとおりである。

- 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5.5 kgの漬物石を沈め、網を整形



通常生簀網
(3m×3m×3m)



足し網の追加

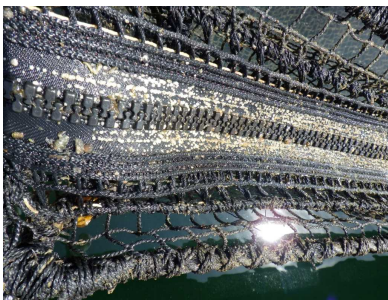


赤潮発生時の生簀網
(3m×3m×9m)

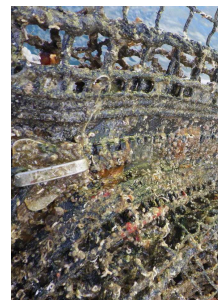
図2 ファスナー式足し網の作業性調査



開始前(8/1)



1か月後(8/31)



約3か月後(10/25)

図3 ファスナー式足し網の付着物の推移

連結作業については、4名で実施した結果、所要時間はおよそ10分であった。海中に設置した生簀網の生物付着状況の推移を図3に示す。フジツボやカサネカンザシなどの動物や藻類の付着が確認され、設置後1か月に比べ設置後3か月の方が付着量は明確に増加した。しかしながら、1か月後および3か月後ともにファスナーはスムーズに開閉可能であり、破損等も確認されなかった。

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-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)

斉藤義昭・野田 誠

本事業の詳細は、令和4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、*Kmikimotoi*) 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、昨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12m)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

エゾアワビ稚貝、メガイ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エゾアワビ稚貝(平均殻長21.0mm)とメガイアワビ稚貝(平均殻長22.7mm)をそれぞれ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、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。

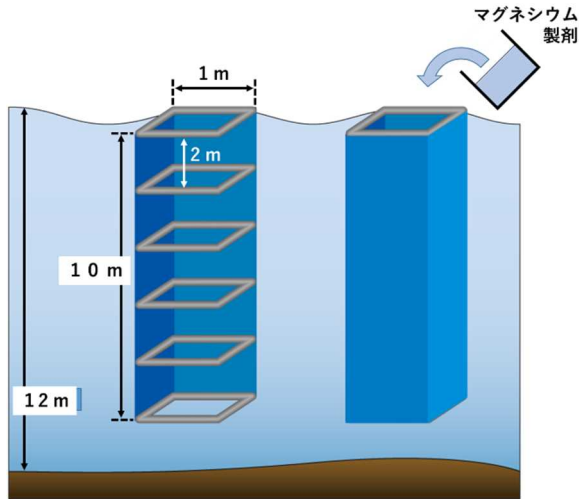


図 1 マグネシウム製剤散布試験の概要

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 4 年度）も赤潮非発生となり、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。

1) 濁度（図 2 参照）

濁度に関して、散布直後に最大で 65 FTU 付近まで上昇する水深帯が観測されたが、その後 30 min 後までに極大値が 10.1 FTU 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。

2) クロロフィル a 濃度

今年度は同一の測定器を用いて実施したこともあり試験開始前において、対照区と散布区で大きな違いは確認されなかった。しかし、散布直後から 30 min 後まで散布区で開始前より数値が上昇する状況が今年度も観測された。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 1h 以降には顕著な差は見られなかった。

3) 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。

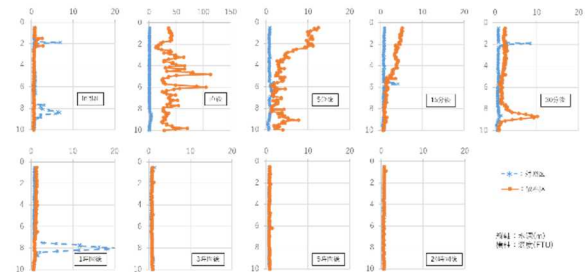


図 2 R3 改良型マグネシウム製剤を投入後のメソコズム内濁度の経時変化

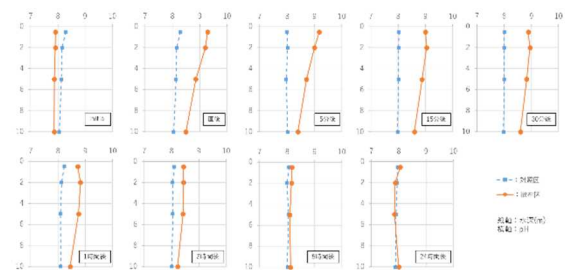


図 3 R3 改良型マグネシウム製剤を投入後のメソコズム内 pH の経時変化

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 および 5 に示す。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、その作業中に逃がしてしまった 300 ppm 試験区のエゾアワビー個体以外は、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。

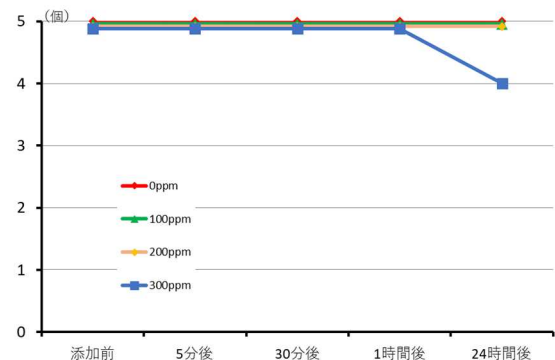


図 4 R3 改良型マグネシウム製剤のエゾアワビに対する曝露試験

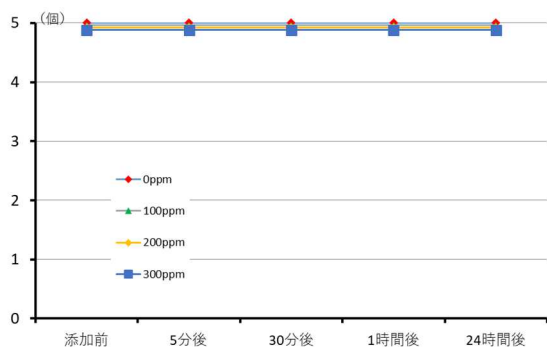


図 5 R3 改良型マグネシウム製剤のメガイアワビに対する曝露試験

文献

1)松山幸彦,長副 聡,中里礼大,井口大輝,都留久美子,宮村和良,斉藤義昭,野田誠,山砥稔文,平江想,山本佳奈,中島吉洋,

赤塚麻美,今吉雄二,吉満敏,高杉朋孝,東條智仁,宮田翔也,森島義明,西広海,田中俊也,小田康太,渡辺国男. 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、対策マニュアルの作成. 令和4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、2023;278-299.

2)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. 改良粘土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

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 (国庫補助)

野田 誠・斉藤義昭・宮村和良

本事業は、令和4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4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。

事業の目的

平成29、30年夏季、佐伯湾においてカレニア・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。

事業の方法

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）を設置した。

大分県佐伯湾の養殖業者が所有するマグロ養殖生簀（1辺40mの正方形浮子式生簀、網の深さ25m、以下「浮子式生簀」）で試験を実施した。試験開始時、試験用生簀には1歳魚マグロ1,197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、2022年6月10日より周波数50/200kHz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3、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、栄養塩濃度（DIN、DIP、DSi、TN、TP）の試料とした。

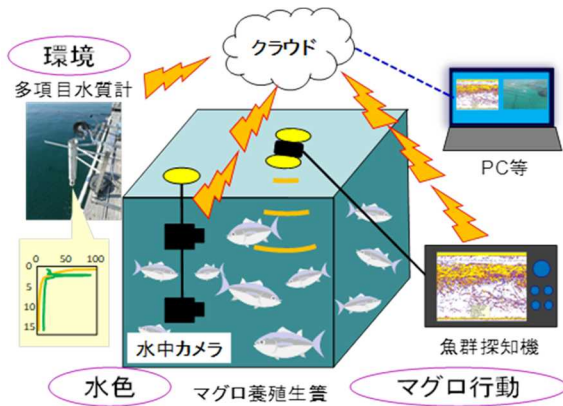


図1 「マグロ養殖場赤潮監視システム」の構想



図2 観測筏及びテレメーター式魚群探知機

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4)。

また、過年度に本事業で観測した結果、赤潮発生時にマグロが着色域から逃げる様子が観測された。そのため、令和2年度及び令和4年度に観測された魚探データを解析し、アラートメールを送信する機能を付与するための条件を設定した。アラートメールは、一定期間、対象となる色の割合が指定の値を超えると発出される仕組みとした。

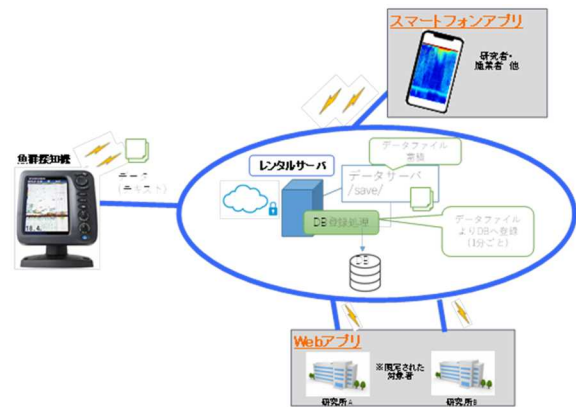


図4 魚探データ蓄積・閲覧システム

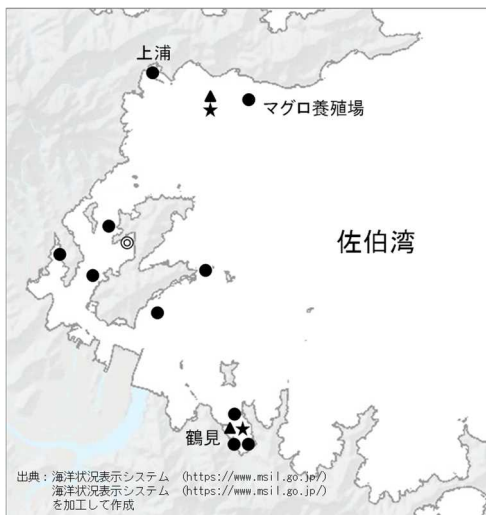


図3 佐伯湾調査定点および自動昇降式観測機

(●：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)

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

2022年6月～8月、浮子式生簀より西に1 km程の距離にある自動昇降式観測装置を設置した筏(以下「自動昇降式筏」)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、パ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。

2022年6月～8月の多項目水質計による観測結果を図5に示す。水温は17.8℃～26.1℃で推移した。塩分は28.92～34.07で推移したが、表層付近では降雨による低塩分化が断続的に観測された。DOは4.3～8.4 mg/Lで推移し、6月中旬以降、水温の上昇とともに成層が発達するにつれて、底層付近は低酸素化する傾向がみられた。クロロフ

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、過年度開発した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、

イルa濃度は、0.39~6.1 μg/Lで推移し、珪藻が増殖した時期においては、クロロフィル蛍光値の増大が観測された。2022年度のプランクトンの推移を図6に示す。2022年度は、8月下旬に珪藻の増加が確認されたものの、着色することはなく、*K.mikimotoi*など渦鞭毛藻の増殖も確認されなかった。

栄養塩濃度の推移を図7に示す。2022年6月~8月において、DIN濃度は0.32~8.6 μM（平均2.7 μM）、DIP濃度は0.00~1.2 μM（平均0.25 μM）、DSi濃度は0.97~25.4 μM（平均7.9 μM）の範囲で推移した。過年度と同様に、海底付近に高い濃度のDIN、DIP及びDSiが連続的に確認されたため、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。

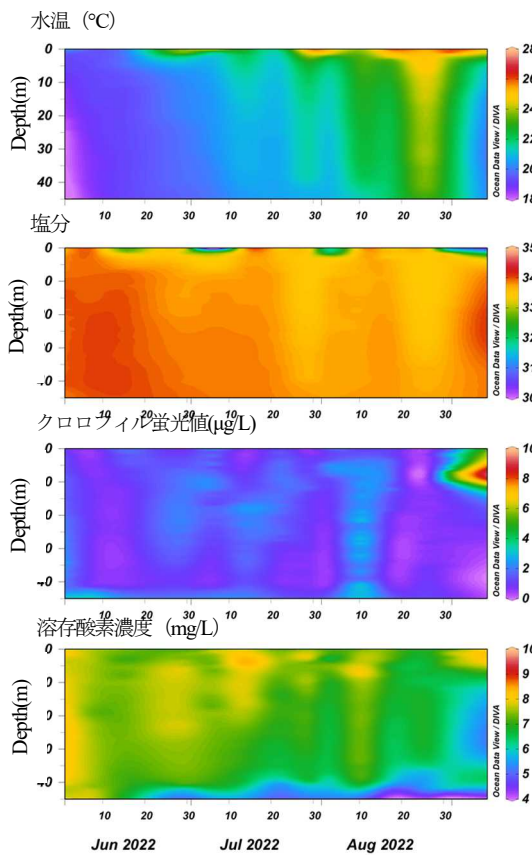


図5 佐伯湾自動昇降式筏における多項目水質計の観測結果

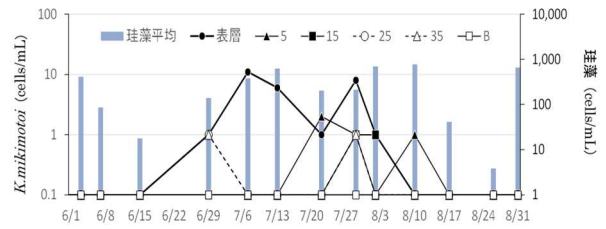


図6 佐伯湾自動昇降式筏における*K. mikimotoi*と珪藻の細胞密度の推移

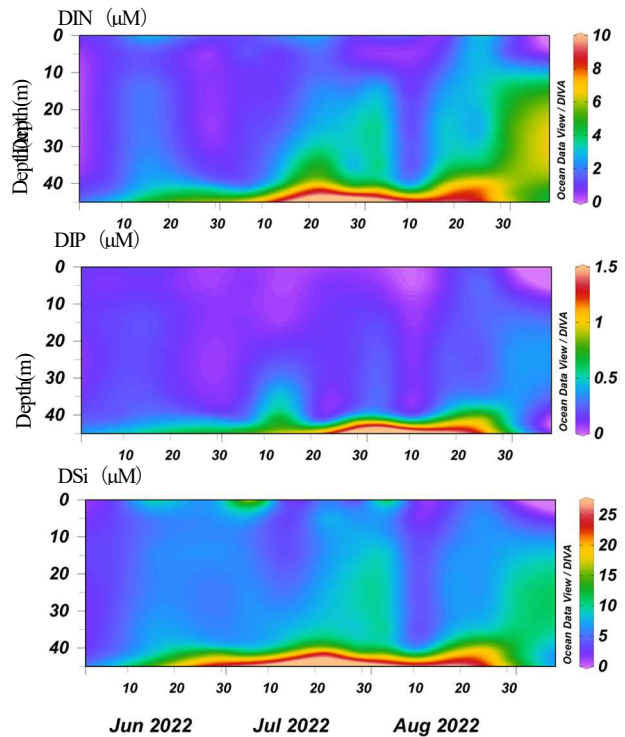


図7 佐伯湾自動昇降式筏における栄養塩濃度の推移

2) 魚群探知機を用いたマグロの行動監視

2022年6月10日から7月2日にかけてマグロ養殖生簀内において魚群探知機による連続観測を行った。(図8)。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、成魚と同様の結果が得られた(紫加田ら 2020)。

今年度、*K. mikimotoi*を含む渦鞭毛藻及び珪藻の赤潮は発生しなかった。一方で令和3年度はマグロ養殖用深層型生簀(直径40 mの円形PEパイプ生簀、網の深さ40 m、以下「試験用生簀」と今年度の浮子式生簀では魚群探知機によって、生簀の形状の変化が捉えられた。令和3年7月23日から7月25日及び令和4年6月13日から6月15日における魚群探知機の観測結果を図9に示す。試験用生簀では、底網の変化はほとんど確認されなかったが、浮子式生簀では底網が定期的に大きく浮上し、生簀形状が大きく変形

していることが明らかとなった。生簀形状の変化はマグロの衝突死の要因の一つであることが示唆された。

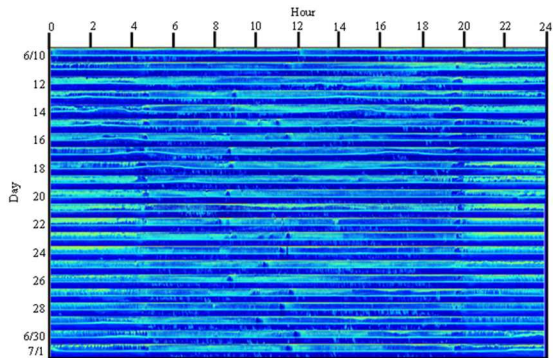


図8 2022年6月10日～7月1日における佐伯湾浮子式生簀における魚群鉛直分布の経時変化 暖色になる程反射強度が高いことを示す

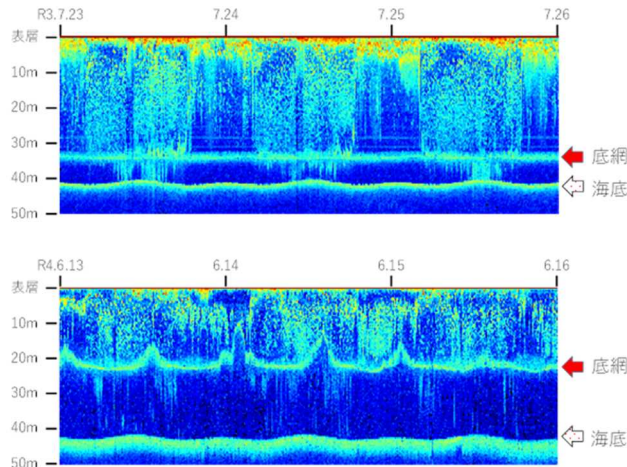


図9 生簀構造の違いによる底網の形状変化
(上：2021年7月23日～25日（試験用生簀）、下：2022年6月13日～15日（浮子式生簀）)

2. 魚群探知機観測データの閲覧アプリの現場実証試験

試験は令和4年6月10日から令和5年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、過年度に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。

今年度はアプリにアラート機能を付与するため、和2年度に*Mesodinium rubrum*赤潮が発生した際の水中カメラと魚群探知機データを解析し、各種条件の検討を行った。着色の様子を数値化するため、令和2年8月3日～8月31日のうち、水中カメラの映像が取得出来た日時におい

て、AM6:00からPM7:00までの期間、10分間隔で水中カメラの映像からRBGの値を取り出し、R/G値を算出した（図10）*M.rubrum*赤潮発生時は、マグロが着色層を避けて遊泳している様子が確認されていたことから、着色の状況（R/G値）と魚群探知機の結果を元に、アラートが発出される条件を下記のとおり設定した。

定期チェックタイミング：10分

対象期間：10分

対象深度：2m～8m

対象となる色※：45（6:00～10:00）

50（10:00～19:00）

アラート対象となる割合：20%

※図11に示す配色バーに0～255の数値を割り振り、対象となる色の数値を設定する。設定した色よりも濃い青色が含まれる割合が条件を満たすと、アラートが発出される。

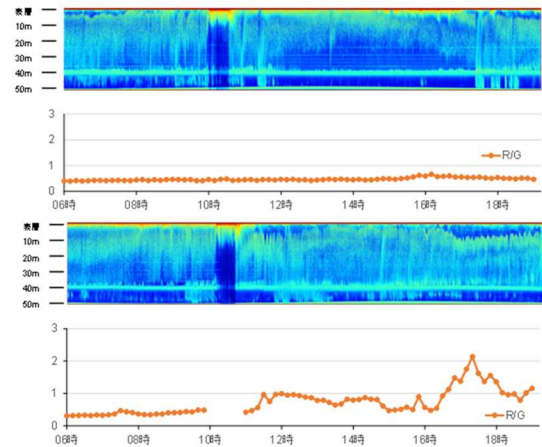


図10 水中カメラの映像とR/G値の例。暖色になる程魚群が濃いことを示す

(上：2020年8月3日 [赤潮非発生日]、下：2020年8月22日 [赤潮発生日])



図11 配色バー

令和2年8月11日から8月31日の赤潮の状況とアラートの発出状況を魚群探知機データに重ね合わせたものを図12に示す。令和2年8月14日に*M.rubrum*赤潮が初めて確認され、同時刻にアラートも発出された。その後、8月15日～8月27日にかけて断続的に*M.rubrum*赤潮が確認されたが、概ね同時刻にアラートも発出された。一方で8月16日は*M.rubrum*赤潮が確認されたものの、アラートは発出されなかった。これは、*M.rubrum*赤潮の着色が弱く、マグロの忌避行動が確認されなかったことが要因と考えられる。また、8月11日や8月28日～31日には、*M.rubrum*

赤潮は発生していないものの、アラートが発出されていた。更に令和2年度の設定条件下で、令和4年度の観測結果にアラート発出の有無を確認したところ、赤潮が発生していないにもかかわらず、多数のアラートが発出される結果となった。この要因としては、令和2年度の試験用生簀で飼育していたマグロ（40kg程度）と比べて、令和4年度の浮子式生簀で飼育していたマグロ（4.5kg程度）が小さかったことにより、令和4年度の方が通常時の反射強度が弱かったと考えられる。

以上のことから、アラート機能の設定値は、サイズや尾数など飼育条件毎に検討する必要があると考えられる。また、有害赤潮の監視にあたっては、周囲の赤潮発生状況と本事業で開発したアラート機能を組み合わせて活用することが、漁業被害軽減につながると考えられる。

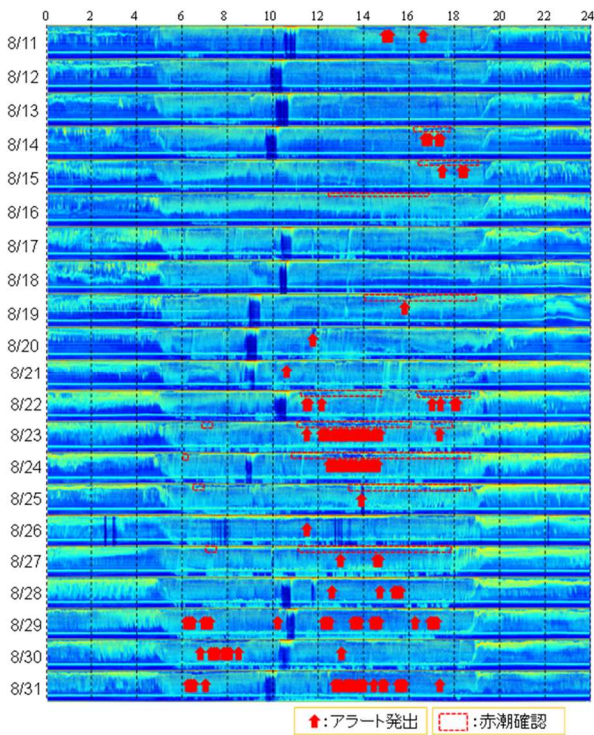


図12 令和2年8月11日～8月31日の赤潮とアラートの発出の状況 暖色になる程魚群が濃いことを示す

文献

- 1)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.
- 2)紫加田知幸, 北辻さほ, 一橋和子, 前田亜貴子, 今坂尚志, 井口大輝, 内海訓弘, 中里礼大. 令和2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, 2022 ; 49-62.
- 3)紫加田知幸, 北辻さほ, 一橋和子, 前田亜貴子, 今坂尚志, 野田誠, 宮村和良, 内海訓弘. 令和3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, 2023 ; 49-60.

海洋環境保全型養殖推進事業

野田 誠・斉藤義昭・宮村和良

事業の目的

大分県では、魚類養殖が盛んに行われており、令和3年の海面養殖業の生産量は、23,336トンであった（令和3年農林水産統計）。一方、長年の魚類養殖の行使によって養殖場周辺では富栄養化が進行し、さらに近年の海水温の上昇によって、赤潮の発生は年々深刻化する傾向がある。これまで当研究部では、漁業関係者と連携した広域赤潮モニタリング態勢の整備、有害赤潮プランクトン種（カレニア・ミキモトイ）の短期赤潮予察の実施、さらに近年ではIoT技術を取り入れた自動観測体制の実装化によって、リアルタイム赤潮監視を行っている。その結果、現場漁業者は迅速な赤潮対応（養殖筏の避難、餌止め、早期出荷など）によって、従来のような直接的な魚の斃死による漁業被害は軽減してきた。

最近の赤潮対応の課題として、養殖筏の避難によるストレスや餌止めによって、養殖魚の品質が低下し、出荷停止や遅延が発生している等、新たな課題が発生している。また、SDGsの観点から赤潮発生軽減に向けた環境負荷の削減や、持続可能な養殖生産体制が社会的な課題として求められている。

このような状況下において、生産現場では赤潮の影響を極力軽減しながら、かつ環境に優しい新たな養殖ブリ生産システムの構築が望まれている。

本事業では、養殖ブリ類の安定生産を図るため、銅合金生簀網を利用した浮沈式養殖生簀（15 m×15 m、深さ9 m、以下「銅合金生簀」という。）を上浦地先の魚類養殖場へ設置し（図1）、生簀浮沈技術を用いた赤潮被害軽減技術の開発、環境負荷を軽減した持続可能な養殖手法の実証及び、海底環境の改善による赤潮発生の抑止技術を確立することを目的とした。

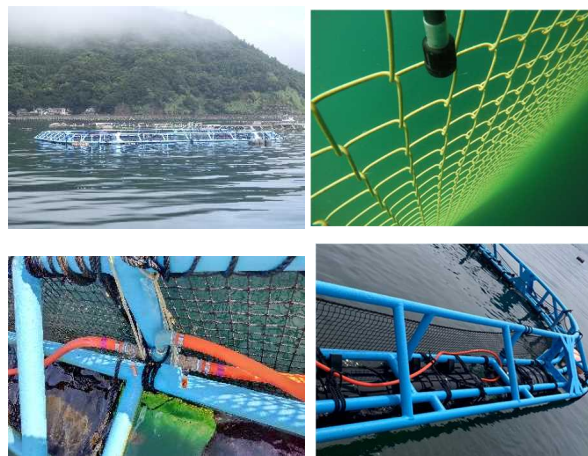


図1 銅合金生簀（上左：全景、上右：生簀部分、左下：空気バルブ、右下：浮沈ブイ）

事業の方法

1. 水中カメラ等による赤潮モニタリング技術の開発

赤潮に対するブリ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ため、銅合金生簀の隣に電源筏を設置し（図2）、水中カメラ4台（広和株式会社製、図3）、ソナー（パシフィックソフトウェア開発株式会社製、図4）と自動昇降式多項目水質計（環境システム株式会社製、図5）を銅合金生簀の南200m付近に浮かべた筏（以下「自動昇降筏」）及び佐伯市地松浦に1台ずつ設置した。更に佐伯市地松浦には、有害プランクトンを特異的に検出可能なHAIセンサー（JFEアドバンテック社製）及びテレメーター装置（西村商会社製）を設置した。



図2 電源筏（筏：畑野製作所製、電源部分一式：環境システム株式会社製）



図3 水中カメラの設置状況（生簀北西角の上下に1台ずつ及び南東角の上下に1台ずつ設置）



図4 ソナーの設置状況（3つのソナーを生簀の表層・中層・底層の3方向に設置）



図5 自動昇降式多項目水質計（左：鶴見ポンツーン、右：上浦夏井沖）

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6）、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5 m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、2 m層、5 m層、10 m層、15 m層、25 m層、35 m層、底上1 m層、底上層の採水も行い、各層の溶存酸素（ウインクラ一法）、栄養塩濃度（DIN、DIP、DSi、TN、TP）の試料とした。

2. 底質環境調査及び二枚貝貝殻による底質改良材の開発

ブリ養殖場の底質環境を把握するため、4月及び9月にコア採泥器を用いて底質環境の調査を行った。また、底質改良材を作成するため、真珠養殖で廃棄されているアコヤガイ貝殻を一定期間陸揚げし、付着物等を乾燥させた後、5mm以下に粉碎した。粉碎したアコヤガイ貝殻は、重金属及び全窒素等の栄養分の分析を実施し、底質改良材や堆肥等としての活用について検討を行った。

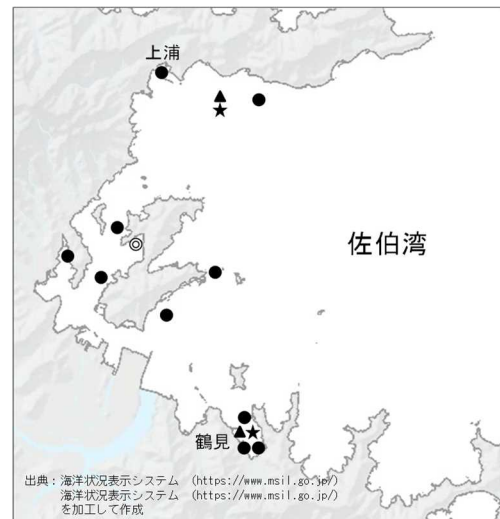


図6 佐伯湾調査定点および自動昇降式観測機（●：通常調査点、◎：栄養塩測定地点、★：精密調査点、▲：自動昇降式観測機）

なお、重金属の分析項目については、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第5条第1項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令（昭和48年総理府令第6号）の別表第1に基づいて実施した。

3. 銅合金製金網による付着物軽減効果試験

銅合金生簀の付着物低減による環境負荷軽減効果について検討するため、銅合金網及び鉄製網（通常のブリ類養殖に活用されているもの）を用い、1m×1mのテストピースを作成した。テストピースは、自動昇降筏の表層に2022年7月21日から2023年1月25日にかけて設置し、1回/月の頻度で重量の測定を行った。

4. 水中給餌試験

有害赤潮発生時、魚類養殖現場では、赤潮被害を防止するため、餌止めや生簀の沈下などの対応をとっている。これらの対応によって、有害赤潮によるブリ類のへい死は抑制出来るものの、ブリ類に対する水中給餌技術は確立されていないため、生簀の沈下時には給餌が出来ず、養殖ブリが痩せ、安定生産の課題となっている。

そこで、赤潮発生期間中でも生簀を沈下させたまま給餌可能となる水中給餌技術を開発するため、塩ビ管や水中ポンプ（株式会社 工進社製、MODEL:PGM-50G、吐出量：540L/min）等を用いた試験を実施した。塩ビ管の接続方法、口径、ポンプの圧力等を検討し、投入したEPが吐出口から水中に吐出される様子を水中ドローン（CHASING M2）で確認した。

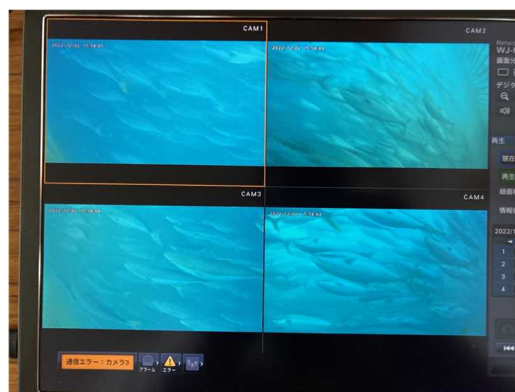


図7 水中カメラの映像（令和4年12月2日）

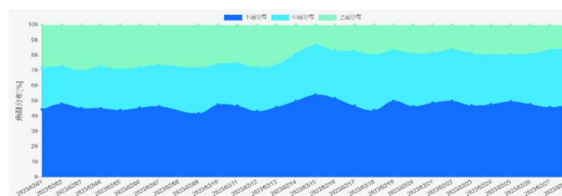


図8 ソナーの観測結果

事業の結果・考察

1. 水中カメラ等による赤潮モニタリング技術の開発

水中カメラは12月2日に設置した。4台の水中カメラの映像は日中の光があたる5:00～17:00の時間帯に撮影し、約2か月間録画可能であった（図7）。夜間を除き、給餌時や網に接触している様子などブリの遊泳を鮮明に捉えられていた。また、指定した日時を閲覧することも可能であり、今後赤潮発生時等にブリがどのような遊泳行動を起こすのか等、これまで得られなかった貴重な情報を取得出来る可能性がある。

ソナーは1月23日に設置した。設置したソナーは3つのビームを出し、ブリが銅合金生簀内の上層、中層、下層のいずれの層にどの程度の割合で遊泳しているかを把握することが可能であった（図8）。ソナーは、水中カメラでは捉えることが難しい、夜間の養殖ブリの遊泳状況を捉えられるため、赤潮が夜間に生簀内に流入した際、遊泳行動にどのように変化するか等の情報を得られる可能性がある。

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9に示す。観測期間中、水温、塩分およびDOは鶴見ポンツーンでは、それぞれ19.4～29.0℃、22.19～34.46および5.4～11.0 mg/L、上浦ではそれぞれ17.9～28.5℃、22.90～34.54および5.3～9.9 mg/Lの範囲で推移した。鶴見ポンツーンでは、7月上旬から8月下旬にかけて表層から5m層にかけて珪藻が高密度に確認され、561 cells/ml～10,850 cells/mlで推移した（図10）。また、7月上旬には、*Prorocentrum* spp.が60 cells/ml（底上1 m）確認され、7月26日には、525 cells/ml（10 m層）まで増加したが、8月25日には、150 cells/ml（底層）まで減少した。*Prorocentrum* spp.が確認された時期においては、日周鉛直移動を繰り返しながら徐々に増加する様子が確認された。一方、上浦沖では、表層～5m層を中心に1,000 cells/ml以上の珪藻が断続的に確認されたものの、その他のプランクトンの増殖は確認されなかった。

佐伯湾におけるHAIセンサーの観測結果及び*Karenia mikimotoi*の各層における最高細胞密度の推移は、図11に示したとおりである。検鏡による観測結果では、*K.mikimotoi*は7月4日以降増殖し、8月4日には64 cells/mlまで増加した。一方、HAIセンサーは、*K.mikimotoi*等の有害プランクトンが増殖すると、観測値（FSI値）が1.95を超えるが、FSI値が1.95を超えたのは、7月31日、8月4日、8月7日及び8月19日であり、概ね検鏡による*K.mikimotoi*の発生状況と一致していた。また、FSI値が1.95を超えた際には、アラートメールが発出され、リモートで*K.mikimotoi*の発生監視が可

能であった。

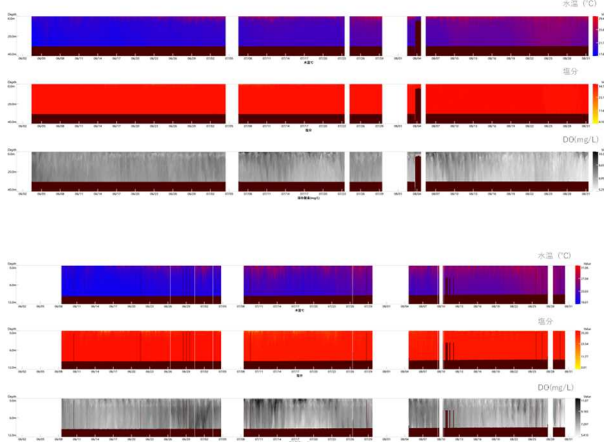


図9 自動昇降式多項目水質計の観測結果（上：上浦、下：鶴見ポンツーン）

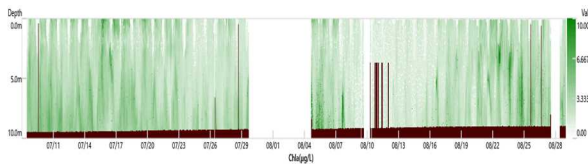


図10 自動昇降式多項目水質計（鶴見ポンツーン）におけるクロロフィルの観測結果

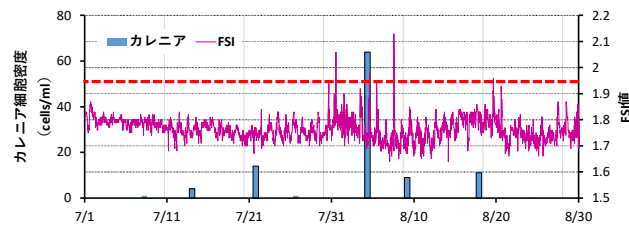


図11 HAIセンサー及び検鏡による*K. mikimotoi*の観測結果

2. 底質環境調査及び二枚貝貝殻による底質改良材の開発

コア採泥器によるAVSの測定結果は、4月は0.16 mg/g、9月は0.13 mg/gであった（4月は養殖場内25点、9月は15点の平均値）。4月に比べ、9月の方が底質環境の改善が確認された。これは、台風14号による影響で底質が大きく攪拌されたことによるものと考えられた。

粉砕したアコヤガイ貝殻の堆肥関係の分析結果は表1に、重金属の分析結果は、表2に示したとおりである。その結果、重金属等の有害な物質は確認されなかった一方で、石灰成分が18.9%と多く含まれ、全窒素・全炭素などの有機物も含まれることが明らかとなった。そのため、アコヤガイ貝殻については、底質改良剤ではなく、農業用資材としての活用を進める予定である。

表1 堆肥の分析結果

分析項目	分析値	単位
全窒素	0.7	%
全炭素	0.6	%
C/N比	0.8	
全リン酸	0.1	%
全カリ	検出限界以下	
全石灰	18.9	%
全亜鉛	16.0	ppm
全銅	8.74	ppm

表2 重金属の分析結果

分析項目	定量限界値	単位
アルキル水銀化合物	0.0005	mg/L
水銀又はその化合物	0.0005	mg/L
カドミウム又はその化合物	0.001	mg/L
鉛又はその化合物	0.005	mg/L
有機りん化合物	0.1	mg/L
六価クロム化合物	0.01	mg/L
ひ素又はその化合物	0.005	mg/L
シアン化合物	0.1	mg/L
ポリ塩化ビフェニル	0.0005	mg/L
銅又はその化合物	0.01	mg/L
亜鉛又はその化合物	0.01	mg/L
ふっ化物	0.2	mg/L
トリクロロエチレン	0.002	mg/L
テトラクロロエチレン	0.0005	mg/L
ベリリウム又はその化合物	0.1	mg/L
クロム又はその化合物	0.1	mg/L
ニッケル又はその化合物	0.1	mg/L
バナジウム又はその化合物	0.1	mg/L
有機塩素化合物	1	mg/kg
ジクロロメタン	0.002	mg/L
四塩化炭素	0.0002	mg/L
1,2-ジクロロエタン	0.0004	mg/L
1,1-ジクロロエチレン	0.002	mg/L
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.004	mg/L
1,1,1-トリクロロエタン	0.0005	mg/L
1,1,2-トリクロロエタン	0.0006	mg/L
1,3-ジクロロプロペン	0.0002	mg/L
チウラム	0.0006	mg/L
シマジン	0.0003	mg/L
チオベンカルブ	0.002	mg/L
ベンゼン	0.001	mg/L
セレン又はその化合物	0.002	mg/L
1,4-ジオキサン	0.05	mg/L

3. 銅合金製金網による付着物軽減効果試験

テストピースを用いた付着物の重量の推移は図12、図13に示したとおりである。鉄製網は、設置後3か月まで付着物が増加し、最大1.3 kg程度の付着物が確認された後、高止まりして推移した。一方銅合金網では、約6か月の試験期間中、当初の重量から一度も増加することなく推移し、鉄製網に比べ、銅合金製網の環境負荷軽減効果が大きいことが明らかとなった。

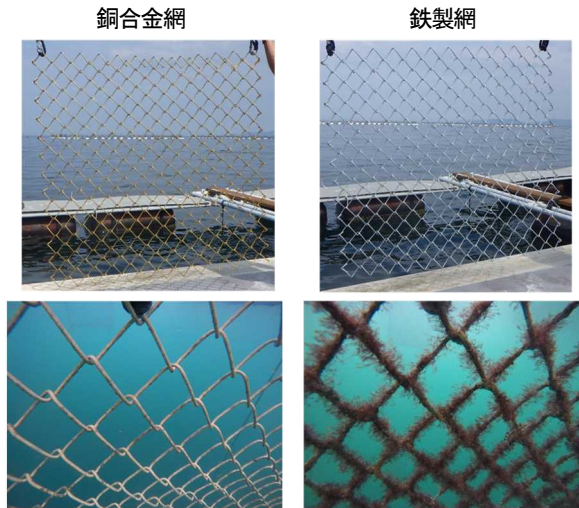
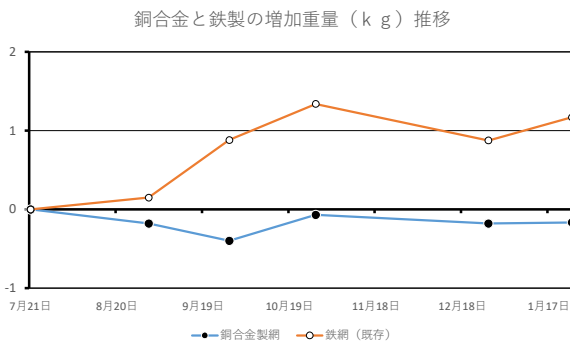


図12 テストピースを用いた付着物の付着状況
(上：試験開始前、下：設置3か月後)



4. 水中給餌試験

水中給餌試験の様子は、図14に示したとおりである。EPの投入口の位置・高さ等を検討したところ、図15のように、餌投入口を水中に沈下させる方法で、上手く水中給餌が可能であることが明らかとなった。今後は、実際の養殖場において水中給餌の試験を実施予定である。



図14 水中給餌試験の様子（海中の映像は水中ドローンにて撮影）

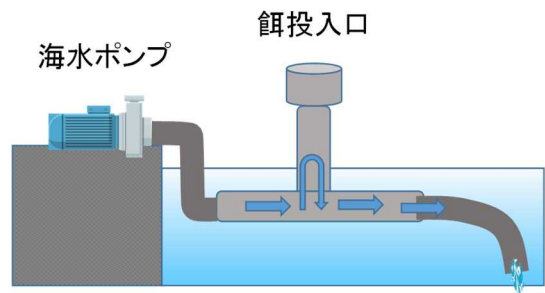


図15 完成した水中給餌システムの模式図