

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）

室谷冬香・吉井啓亮・原 朋之・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、疾病対策及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。

事業の内容及び結果

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
2023年			
12月13日 ～12月14日	三重県	農林水産省 (公社)日本水産資源保護協会 水産研究・教育機構, 47都道府県	・ブリ類の難治癒疾病について ・数理モデルを活用した魚病感染症疫学のデータ解析例 ・魚病症例研究会
2024年			
3月8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 47都道府県	・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6年度予算の概要 ・その他

表2 地域検討会

実施時期	実施場所	構成員	内容
2023年 11月21日 ～11月22日	福岡県	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43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
2024年 1月22日 ～1月23日	熊本県	高知県, 愛媛県, 大分県, 熊本県, 宮崎県, 鹿児島県、	令和5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

表3 県内会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2023年 5月30日	佐伯市(上浦)	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	魚病及び赤潮担当者会議 ・魚病診断状況と対応 ・水産用医薬品の適正使用

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
2023年4月1日～ 2024年3月31日 (随時)	佐伯市(上浦)	管内魚類養殖漁家等(延86名)	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
2023年 8月16日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(1名)	注射ワクチン接種技術講習会
2024年 2月21日	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(1名)	注射ワクチン接種技術講習会
2023年4月1日～ 2024年3月31日 (随時)	佐伯市(上浦)	海産魚類養殖漁家(延82名)	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
2023年 6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(20名)	養殖ヒラメのクドア食中毒防止対策 水産用医薬品の適正使用について
2023年 6月23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(17名)	養殖ヒラメのクドア食中毒防止対策 水産用医薬品の適正使用について
2023年 7月14日	佐伯市	海産魚類養殖業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等	最近の魚病発生状況, 薬剤耐性菌対策 水産用医薬品の適正使用について
2024年 3月15日	佐伯市	養殖資材販売店等(10名)	最近の魚病発生状況について
2024年 3月15日	佐伯市	海産魚類養殖業者, 関係漁業協同組合支店, 関係行政機関等(49名)	魚病対策および水産用医薬品の適正使用について IoTを用いた養殖中のブリ遊泳状況監視等 持続可能な養魚飼料開発(外部講師)
2024年 3月26日	佐伯市	海産魚介類養殖業者, 関係行政機関等(12名)	最近のアコヤガイの疾病発生状況 R5年度アコヤガイ研究会の報告

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
2023年4月1日～ 2024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19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
2023年4月1日～ 2024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>Nocardia seriolae</i> (5株) <i>Lactococcus garvieae</i> (50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> (80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>Photobacterium damsela</i> subsp. <i>piscicida</i> (13株) <i>Streptococcus iniae</i> (1株) <i>Lactococcus garvieae</i> (31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
2023年				2023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12日	佐伯市(鶴見)	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握
4月6日	佐伯市	〃	〃	9月13日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
4月7日	佐伯市	〃	〃	9月21日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
4月17日	佐伯市(弥生)	〃	〃	9月28日	佐伯市(弥生)	〃	〃
4月19日	佐伯市(蒲江)	〃	〃		佐伯市(蒲江)	〃	〃
4月24日	佐伯市(弥生)	〃	〃	10月11日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月1日	佐伯市(弥生)	〃	〃	10月13日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月9日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	10月18日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月10日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	10月24日	佐伯市(弥生)	〃	〃
5月15日	佐伯市(弥生)	〃	〃	10月25日	佐伯市(弥生)	〃	〃
	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査	11月17日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月16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	11月28日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
				11月29日	佐伯市(弥生)	〃	〃
				11月30日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
5月23日	佐伯市(鶴見)	〃	〃	12月8日	佐伯市(鶴見)	輸入エビ	着地検査
5月24日	佐伯市(弥生)	〃	〃	2024年			
5月29日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月17日	佐伯市(米水津)	ブリ類, ヒラメ, トラフグ他	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握
6月9日	佐伯市(鶴見)	〃	〃				
	佐伯市(蒲江)	〃	〃				
7月11日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	1月25日	佐伯市(佐伯)	〃	〃
7月31日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	2月8日	佐伯市(蒲江)	〃	〃
9月4日	佐伯市(蒲江)	〃	〃	3月7日	佐伯市(弥生)	〃	〃
9月11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
2023年4月1日～			
2024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(172件), マダイ(6件), ヒラメ(118件), トラフグ(97件), シマアジ(9件), カワハギ(67件)

5. 疾病診断状況

1) 病害相談及び診断件数

相談件数は 1,518 件（対前年度比 113%）、診断件数は 511 件（対前年度比 108%）であった（表 11）。疾病原因別にみると、ウイルス病が 38 件（全体の 7.4%）、細菌病が 181 件（35.4%）、寄生虫病が 74 件（14.5%）、真菌病が 1 件（0.2%）、その他が 10 件（2%）、原因不明が 180 件（35.2%）、健康診断が 27 件（5.3%）であった。

2) 魚種別疾病診断件数

魚種別診断件数はブリ 136 件（全体の 27%）、ヒラメ 118 件（23%）、トラフグ 97 件（19%）、カワハギ 67 件（13%）、カンパチ 28 件（5%）、ウマヅラハギ 15 件（3%）、アユ 10 件（2%）、シマアジ 9 件（2%）、マダイ 6 件（1%）、ヒラマサ 5 件（1%）の順に多かった。魚種別の特記事項

は以下のとおりである。

A. ブリ類

診断件数はブリで増加（対前年度比 158%）した一方、ヒラマサで増減なし、カンパチで減少（62%）し、全体で 172 件と増加（126%）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）（28 件）が最も多く、次いでノカルジア症（16 件）が多かった。また、モジャコ育成期に腹腔内の胆汁漏出がしばしば確認されたが、原因解明には至っていない。カンパチではノカルジア症（5 件）が多く見られた。

B. マダイ

診断件数は 6 件に減少（50%）した（表 13）。エドワジエラ症及びビバギナ症（共に 1 件）が見られた。

C. ヒラメ

診断件数は118件に増加（102%）した（表14）。エドワジエラ症（52件）が最も多く、次いで滑走細菌症（15件）がみられた。

D. トラフグ

診断件数は97件に増加（180%）した（表15）。疾病別ではヘテロボツリウム症（15件）が最も多く、次いで白点病（8件）、滑走細菌症（5件）がみられた。

E. シマアジ

診断件数は9件に減少（21%）した（表16）。疾病別ではⅢ型レンサ球菌症（2件）が最も多くみられた。

F. その他の海産魚類

その他の海産魚類では、カワハギの診断件数が67件と最も多かった（表17）。疾病別ではウイルス性神経壊死症（20件）が最も多く、次いでⅠ型レンサ球菌症（16件）、パスツレラ症（10件）がみられた。

G. 海産無脊椎動物

診断件数は3件で昨年度に比べ減少（75%）した（表18）。

H. 淡水魚類

診断件数は10件で昨年度に比べ減少（71%）した（表19）。

表 11 病害相談件数及び診断件数

	2023/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2024/1	2	3	計
相談件数	64 (48)	71 (54)	173 (137)	231 (178)	193 (120)	210 (185)	181 (169)	143 (114)	81 (108)	63 (67)	61 (76)	47 (88)	1518 (1,344)
診断件数	19 (18)	26 (19)	52 (44)	80 (57)	57 (63)	74 (57)	69 (65)	46 (38)	29 (36)	23 (22)	20 (22)	16 (31)	511 (472)

*()は前年度

表 12 ブリ類診断状況

動物種名	疾病名	2023/4	5	6	7	8	9	10	11	12	2024/1	2	3	計
ブリ														
	ウイルス性腹水症					3								3
	ビブリオ病(<i>V.harveyi</i>)					2								2
	類結節症					1			1					2
	滑走細菌症	1	1	1										3
	細菌性溶血性黄疸		1	1										2
	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)			3	1							1		5
	レンサ球菌症(<i>L.g. type II</i>)	1	1	1	4	3	5	4	6	2		1		28
	レンサ球菌症(<i>L.g. type III</i>)			1	1	1								3
	ノカルジア症		1		3	1	2	6	2	1				16
	非結核性抗酸菌症						2	2						4
	イクチオホモス症												1	1
	脳微孢子虫症				1									1
	トリコジナ症				1									1
	サカナヤドリヒドラ着生		1											1
	ハダムシ症				1	1								2
	ヘテラキシネ症						1	1					1	3
	住血吸虫症	1			1									2
	鰓カリグス症				1									1
	環境性疾病							1						1
	腎腫大症											1		1
	不明	2	4	11	12	1	6	4	4		2	2	1	49
	健康診断			1									4	5
ブリ小計		5	9	24	27	7	16	19	12	3	2	5	7	136

ヒラマサ														
	非結核性抗酸菌症	1												1
	ゼウクサプタ症											1		1
	不明					1				1				2
	健康診断								1					1
ヒラマサ小計		1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	5
カンパチ														
	ノカルジア症							1	1	1	1	1		5
	微胞子虫性脳脊髄炎			2	1									3
	ハダムシ症				1									1
	ヘテラキシネ症			1										1
	ゼウクサプタ症					1					1			2
	住血吸虫症				1							1		2
	環境性疾病					2								2
	不明			4	3	2	1		1		1			12
カンパチ小計		0	0	7	6	5	1	1	2	1	3	2	0	28
ブリヒラ(ブリ×ヒラマサ)														
	ノカルジア症										1			1
	微胞子虫性脳脊髄炎					2								2
ブリ類計		6	9	31	33	15	17	20	15	4	7	7	8	172

表 13 マダイ診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	1	2	3	計
マダイ																
	エドワジエラ症			1												1
	ピバギナ症				1											1
	不明	1	1			1						1				4
マダイ計		1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0		6

表 14 ヒラメ診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	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	1	1													2
	エドワジエラ症	1	4	2	7	6	11	13	4	1	2				1	52
	滑走細菌症	2	3	1	4						3	1	1			15
	ノカルジア症								1							1
	イクチオボド症	1						1								2
	スクーチカ症							1								1
	白点病							1								1
	筋肉粘液胞子虫症				1											1
	ネオベネデニア症								1	1						2
	ネオヘテロボツリウム症									1						1
	ガス病					1										1
	不明	3	2	2	10	8		2	1	6	1			1		36
	健康診断			2												2
ヒラメ計		8	10	8	22	14	14	17	7	10	4	2	2			118

表 15 トラフグ診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	1	2	3	計
トラフグ																
	エピテリオシスチス病							2						1		2
	滑走細菌症								2		2			1		5
	未同定真菌病					1										1
	アミルウージニウム症								1							1
	白点病							1	3	4						8
	トリコジナ症							1								1
	粘液胞子虫性やせ病					1	1			2		3				7
	ヘテロボツリウム症					1	1	3	2	5	3					15
	皮膚カリグス症							1								1
	栄養性疾病													1		1
	ガス病													1		1
	歯切り損傷						1	1		1						3
	不明		1	2	3		5	12	8	3	2	5	1	1		43
	健康診断						1	2	1	3				1		8
トラフグ計			1	2	3	3	9	23	17	18	7	8	5	1		97

表 16 シマアジ診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	1	2	3	計
シマアジ																
	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)							1								1
	レンサ球菌症(<i>L.g. type II</i>)				1											1
	レンサ球菌症(<i>L.g. type III</i>)				1				1							2
	ネオベネデニア症						1									1
	不明					1										1
	健康診断							2	1							3
シマアジ計			0	0	2	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	9

表 17 その他海産魚類診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	1	2	3	計
カタクチイワシ																
	吸虫性旋回病						1									1
ニジマス(海水飼育)																
	伝染性造血器壊死症													1		1
	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)							1								1
	不明											1			1	2
マサバ																
	筋肉吸虫症(ディディモゾーン科)				1											1
クロマグロ																
	不明				1											1
イシガキダイ																
	白点病										3					3
	不明							1								1
イサキ																
	不明													1		1
クエ																
	不明						1									1
マコガレイ																
	不明		1													1
カワハギ																
	ウイルス性神経壊死症					3	10	7								20
	エピテリオシスチス病								1							1
	パスツレラ症					5		1	2	1	1					10
	レンサ球菌症(<i>L.g. type I</i>)		1	2	3	1		3	3	1		1		1		16
	レンサ球菌症(<i>S. iniae</i>)					1										1
	粘液胞子虫性やせ病					1										1
	不明					4		1	6	2	2			3		18
ウマヅラハギ																
	ウイルス性神経壊死症					4	5	1	1							11
	アミルウージニウム症						1									1
	不明					1				2						3
その他の魚類計			2	2	5	20	18	15	13	6	6	2	5	2		96

表 18 海産無脊椎動物診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	1	2	3	計
マガキガイ	不明				1											1
アコヤガイ	健康診断							2								2
海産無脊椎動物計		0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3

表 19 淡水魚類診断状況

動物種名	疾病名	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24	1	2	3	計
アユ	不明			1	1										2	4
	健康診断	1									2	1	1	1	1	6
淡水魚類計		1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	3	10

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 レンサ球菌症ワクチンは、ブリ、カンパチ及びヒラマサで使用され、それぞれ指導書発行件数が 6、4 及び 2 件、使用経営体数が 2、4 及び 2 経営体、投与尾数が 224,000、55,500 及び 35,000 尾、使用量が 22.4、5.6 及び 3.5 L であった。このうち、*L. garvieae* (I、II 型) 2 価ワクチンの被接種尾数が占める割合は、ブリ及びカンパチで 100%、ヒラマサで 57.1% であった。また、 β 溶血性レンサ球菌症ワクチンは、カワハギでは使用実績はなかったが、ヒラメで指導書発行件数が 1 件、使用経営体数が 1 経営体、投与尾数が 60,000 尾、使用量が 6.0 L 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ワクチンは使用実績はなかった。

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 (I、II 型) 感染症ワクチンは、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 39,000 尾、使用量が 3.9 L であった。カワハギの α 溶血性レンサ球菌症及び β レンサ球菌症ワクチンは、指導書発行件数が 4 件、使用経営体数が 3 件、投与尾数が 156,000 尾、使用量が 15.6 L 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、ブリ及びカンパチの 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の使用実

績はなかった。

C. 三種混合ワクチン

ブリ属魚類のマダイイリドウイルス病、ビブリオ病及び α 溶血性レンサ球菌症ワクチンは、ブリ、カンパチ、ヒラマサ及びブリヒラで使用され、それぞれ指導書発行件数が 10、1、1 及び 1 件、使用経営体数が 6、1、1 及び 1 経営体、投与尾数が 490,923、5,000、18,000 及び 14,000 尾、使用量が 49.1、0.5、1.8 及び 1.4 L であった。このうち、*L. garvieae* (I、II 型) 2 価ワクチンを含む 3 種混合ワクチンの被接種尾数が占める割合は、ブリで 91.6%、カンパチ、ヒラマサ及びブリヒラで 100% であった。ブリ及びカンパチの類結節症、 α 溶血性レンサ球菌症及びビブリオ病ワクチン、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ワクチンの使用実績はなかった。

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 46 件、使用経営体数が 32 経営体、投与尾数が 1,843,000 尾、使用量が 184.3 L 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）は、使用実績はなかった。

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)

室谷冬香・吉井啓亮・福田 穰

事業の目的

本県のヒラメ養殖業は、全国1位の生産量（令和4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、2023年度も同様に検査を行った。

事業の方法

2023年4月～2024年3月に、養殖業者20経営体の池入れ直前のヒラメ種苗及び種苗生産機関の出荷前のヒラメ種苗合計1,159検体（42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^{1,2)}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NASBA-拡散クロマトグラフィー法で検査を行った結果、1ロットでナナホシクドア遺伝子が陽性となった（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	陽性ロット数
津久見	1	1	20	0
佐伯	1	2	40	0
米水津	1	4	147	0
養殖場 上入津	2	2	51	0
下入津	11	25	595	1
蒲江	2	3	92	0
名護屋	1	1	30	0
種苗生産機関	1	3	184	0
合計	20	42	1159	1

今後の課題

2023年度に県内の養殖場に導入された42ロットのヒラメ種苗のうち、1ロットからナナホシクドア遺伝子が検出された。当該種苗は「大分県ヒラメによる食中毒の防止対策ガイドライン(2018)」にしたがって適切に処分された。今後もNASBA-核酸クロマトグラフィー法等の検出感度が高い検査手法を用いてナナホシクドアの侵入を監視するとともに、現場への防疫対策の徹底が必要である。

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*
sempunctata 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)

室谷冬香・吉井啓亮

事業の目的

本県では、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

2023 年 6 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、5 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 RSIV 検査結果

検体採取日	平均体重(g)	PCR検査日	検体数	陽性数
2023/6/6	1.58	2023/6/7	12(5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.

健全な海産養殖魚を生産するための魚病対策技術開発

Lactococcus garvieae III型株のシマアジに対する病原性

吉井啓亮・福田 穰

事業の目的

L. 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 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、深刻な被害を与えている。そこで、本研究では、県内で分離された *L. garvieae* III 型株のシマアジに対する病原性を確認するとともに、不活化ワクチンを試作して有効性を検討した。

事業の方法

1. 感染実験方法の検討

大分県内の養殖シマアジから分離された、*L. garvieae* III 型株 (221411 株) を供試した。シマアジ (平均体重 21.0 g) 30 尾の腹腔内に 3.1×10^5 CFU/fish を接種し、15 尾ずつ 2 水槽に分養し、攻撃後に死亡魚が発生するまで EP (銀鱗 3 号、(株)ヒガシマル) を日間給餌率 2% で投与する給餌区、及び無給餌区を設定し、2 週間の飼育観察を行った。

2. 各型の病原性比較

L. garvieae I 型 (221561 株)、II 型 (221432 株)、III 型 (221411 株) 株を供試し、シマアジ (平均体重 36.7g) 各 10 尾にそれぞれ 10^3 、 10^4 、 10^5 CFU/fish を腹腔内に接種した。死亡魚が発生するまで EP を日間給餌率 2% で投与して 2 週間の観察を行った。

3. ワクチンの有効性

病原性比較試験の供試株を用いて試作した各型のホルマリン不活化ワクチンをそれぞれシマアジ (平均体重 52.4g) 30 尾に 0.1mL (1.2×10^{10} CFU 相当) 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。接種 2 週間後に、各区 15 尾に対して III 型株 (221411 株) を 2.7×10^5 CFU/fish 腹

腔内接種して攻撃し、死亡魚が発生するまで EP を日間給餌率 2% で投与して 3 週間の観察を行った。

事業の結果

1. 感染実験方法の検討

累積死亡率及び生残個体保菌率は、給餌区で 73.3% 及び 75.0%、無給餌区では 26.7% 及び 100% であった (表 1)。感染後の給餌が死亡を助長させることが示唆され、養殖現場の給餌状況を加味して、以降の実験では感染後の観察を給餌条件で行った。

2. 各型の病原性比較

I 型株では、接種菌量 10^3 、 10^4 、 10^5 CFU/fish に対してそれぞれ累積死亡率が 70、100、100%、生残個体保菌率が 10^3 CFU/fish の接種菌量で 33.3 % であった (表 2)。II 型株では同様の接種菌量で、累積死亡率が 50、50、80%、生残個体保菌率が 80、100、100% であった (表 3)。また、III 型株では、累積死亡率が 80、60、90%、生残個体保菌率がすべての菌量で 100% であった (表 4)。

3. ワクチンの有効性

無免疫区の累積死亡率が 93.3%、生残魚保菌率が 100%、I 型ワクチン区の死亡率が 46.7%、保菌率が 50.0%、II 型ワクチン区の死亡率が 86.7%、保菌率が 50.0% であった。これらに対して、III 型ワクチン区では死亡率が 6.7%、保菌率が 0% にとどまり、不活化ワクチンの有効性が確認された (表 5)。

今後の課題

シマアジに対する *L. garvieae* III 型株の病原性が確認されたが、無給餌条件で死亡率が低くなったことから、餌止めによる被害軽減の可能性が示唆

された。当面は制限給餌と投薬を組み合わせた対策法の検討が必要である。また、試作ワクチンの有効性が確認されたことから、将来的にはワクチンの実用化も期待される。

表 1 感染後の給餌が累積死亡率
及び生残魚保菌率に及ぼす影響

試験区	給餌区	無給餌区
累積死亡率	73.3%	26.7%
生残個体保菌率	75.0%	100%

表 2 I 型株を接種したシマアジの累積死亡率
及び生残魚保菌率

接種菌量(CFU/fish)	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
累積死亡率	70.0%	100%	100%
生残魚保菌率	33.3%	-	-

表 3 II 型株を接種したシマアジの累積死亡率
及び生残魚保菌率

接種菌量(CFU/fish)	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
累積死亡率	50.0%	50.0%	80.0%
生残魚保菌率	80.0%	100%	100%

表 4 III 型株を接種したシマアジの累積死亡率
及び生残魚保菌率

接種菌量(CFU/fish)	10 ³	10 ⁴	10 ⁵
累積死亡率	80.0%	60.0%	90.0%
生残魚保菌率	100%	100%	100%

表 5 各血清型不活化ワクチンで免疫したシマアジにおけるIII型株攻撃後の累積死亡率及び生残魚保菌率

ワクチン区	無免疫	I 型	II 型	III 型
累積死亡率	93.3%	46.7%	86.7%	6.7%
生残魚保菌率	100%	50.0%	50.0%	0%

ブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに 対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発

(国庫委託)

吉井啓亮・福田 穰

事業の目的

養殖現場における水産用医薬品の使用に関して、展着剤の選択や投薬の開始時期は各生産者の経験や直感に委ねられているのが現状である。現在市販されている水産用医薬品の剤形は、主にモイストペレット(MP)飼料向けに適化されており、エクストルーデッドペレット(EP)飼料に外部展着させた場合、水中への散逸等により投薬が非効率になる可能性がある。さらに、現行の EP を利用した投薬手法において、投薬時のブリ体内での薬物動態は不明な点が多く、効果的な投薬が行われているか検証が必要である。そこで本研究では、ブリ養殖における水産用エリスロマイシン(EM)製剤の投与方法について比較検討を行った。

後に、粉末展着試料を添加混合する調製法も試みた。

海水への散逸試験は、プラスチックビーカーにろ過海水 1000 mL を入れ、マグネチックスターラーで攪拌しながら水切りネットに入れた 50 g の EM 製剤添加飼料を 60 秒間浸漬した後に、水を切って回収する方法で実施した。各飼料につき 3 回実施し分析に供した。分析は、クエン酸アセトン緩衝液を用いて EM を抽出した後、バイオアッセイにより定量した。EM の残留率の算出は、溶出試験前後の EM 濃度を吸水率で補正し求めた。なお、バイオアッセイによる定量手法については、同一サンプルの LC/MS による定量も行っておりその正確性について検証を進めている。

事業の方法

EM 製剤添加飼料からの有効成分の散逸

非吸水性 EP 飼料として、脂質含量 20%のハマチ EP フレンド 10 号(日清丸紅飼料)を供試した。供試 EM 製剤には、水産用エリスロマイシン 20% 散「KS」(共立製薬)を用いた。展着用試料には、アピファック W(コーキン科学)、グアーガム、ポリアクリル酸ナトリウム、アルギン酸ナトリウム、ナイスフィードオイル C(植田製油)、キャノーラ油、米油、99.5%エタノールを供試した。

EM 製剤に各展着試料を異なる濃度で添加して調製した計 22 種の EM 製剤添加 EP 飼料を散逸試験に供した。製剤添加 EP 飼料は、EM 製剤と展着試料を十分に混合した後、飼料に添加混合して調製した。展着試料が粉末の場合は飼料の 5%重量の蒸留水を追加混合した。また、EM 製剤を液状油脂に溶解して飼料と混合する調整法、飼料の 5% 量の 99.5%エタノールに溶解して飼料と混合した

事業の結果

EM 製剤添加飼料からの抗菌成分の散逸

海水への散逸試験に供試した EM 製剤添加飼料の EM 成分残留率を示したものが表 1 から 3 である。

養殖現場でしばしば展着剤として用いられる、アピファック W、グアーガム、ポリアクリル酸ナトリウムなどの粉末展着試料は、概ね 100%近い残留率を示し有効性が示唆された。液状油脂の展着試料では、米油が 1.0%、2.5%で残留率が高かったものの、他は 50~80%程度の残留率となった。また、エタノールを溶剤として用いた方法では、残留率が低い結果となった。

今後の課題

非吸水性 EP を用いた本試験では、市販の展着剤の使用が抗菌剤成分の海水への散逸を防ぐため

に有効であることが示唆された。抗菌剤を事前にエタノールに溶解した液状剤として用いる手法も試みたが、EM 残留率が低い結果が得られた。吸水性の高い EP であれば、エタノールの飼料への浸透が高まり、よりよい結果が得られる可能性がある。また、今後は水を加えるタイミング等の調製手法の改善についても検討する余地がある。フロルフェニコールを用いた先行研究^リでは、フィードオイル展着剤で約 70%の散逸率が報告されており、今回の結果と異なる。このことから、使

用する抗菌剤によって展着剤との相性が異なる可能性が高く、抗菌剤ごとに効率的な展着方法を検討する必要があると思われる。

抗菌剤の海中への散逸を防ぐことは、投薬の効率化だけ

ではなく、薬剤耐性菌の出現を防ぐうえでも重要であり、引き続き研究を進めていく予定である。

表 1 粉末状 EM 製剤展着試料の有効成分の残留率

粉末状展着材		
展着試料1	展着試料2	残留率(%)
アピファックW(0.4%)		≥ 100
アルギン酸ナトリウム(1%)		≥ 100
ポリアクリル酸ナトリウム(1%)		≥ 100
ポリアクリル酸ナトリウム(0.5%)	アルギン酸ナトリウム(0.5%)	≥ 100
グアーガム(0.45%)	ポリアクリル酸ナトリウム(0.55%)	≥ 100
グアーガム(0.45%)	アルギン酸ナトリウム(0.55%)	≥ 100

表 2 液状油脂溶解展着試料の有効成分の残留率

展着試料	残留率(%)
フィードオイルC(1%)	55.5
フィードオイルC(2.5%)	77.0
フィードオイルC(5%)	80.0
キャノーラ油(1%)	53.3
キャノーラ油(2.5%)	71.1
キャノーラ油(5%)	64.7
米油(1%)	98.7
米油(2.5%)	99.0
米油(5%)	71.4

表 3 エタノール溶解展着試料の有効成分の残留率

展着試料1	展着試料2	残留率(%)
なし(エタノールのみ)		13.0
アピファックW(0.4%)		19.3
アルギン酸ナトリウム(1%)		11.3
ポリアクリル酸ナトリウム(1%)		11.1
ポリアクリル酸ナトリウム(0.5%)	アルギン酸ナトリウム(0.5%)	21.1
グアーガム(0.45%)	ポリアクリル酸ナトリウム(0.55%)	32.8
グアーガム(0.45%)	アルギン酸ナトリウム(0.55%)	81.8

文献

1) 福田穰, 甲斐桑梓, 木本圭輔. ブリ類養殖業成長産業化推進事業 養殖ブリ生産手法の確立. 平成 30 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. 2019;63-65.

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「ブリ等の人工種苗の普及により顕在化する新たな疾病リスクに対応するための効果的な抗菌剤使用法の開発（JPJ23812082）」の補助を受けて行った。

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

室谷冬香

事業の目的

ブリ養殖では通常、4~5月に5~10 cm程度の天然の稚魚（モジャコ）を沿岸域から採取し、湾内蓄養生簀で餌付け・成長させ、6月頃から養殖用種苗として出荷する。しかし、2021年は九州全域で記録的な不漁となったため、例年より遅い6月に小型モジャコ（2 cm未満）を採取し、餌付けを試みたところ、通常使用しているアミミンチや稚魚用配合飼料では初期の餌付けがうまくいかず大量に斃死する事例が多発し、その結果種苗不足が深刻化した。今後、同様な事例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の開発が求められている。

昨年度の結果¹⁾より、小型モジャコを飼育する際には、配合飼料に冷凍コペポダ餌料を添加すると餌付けがスムーズに進むことが示唆された。本年度は入津湾のモジャコ蓄養業者を対象に、冷凍コペポダ餌料の現地試用試験を行った。

事業の方法

モジャコ漁を開始した4月から、冷凍コペポダ餌料を希望した入津地区のモジャコ蓄養業者に対し配布を行った。漁獲したモジャコに対して冷凍コペポダ餌料を用いた餌付けを行ってもらい、その効果について聞き取り調査を行った。聞き取り調査は、モジャコ育成中の5・6月及び育成終了後の9月の計2回行った。5・6月の聞き取り調査では冷凍コペポダの嗜好性について、9月は冷凍コペポダを使用した区のモジャコ育成についての聞き取りを行った。

事業の結果

本年度は2021年と同様に小型モジャコが多数

漁獲された年であった。

冷凍コペポダ餌料を使用した漁業者9軒に聞き取り調査を行った結果、8軒の漁業者から有効な回答が得られた。冷凍コペポダ餌料の嗜好性については、5軒の漁業者が従来の餌付け手法に用いた飼餌料より嗜好性が高いと回答した（図1）。成長については、全ての漁業者が例年並かそれ以上であった（図2）と回答した。また、全ての漁業者が冷凍コペポダ餌料を今後使用することを検討していると回答し、積極的に利用したいとの回答が多く得られた。

以上の結果より、従来の初期餌料に冷凍コペポダ餌料を添加することで、小型モジャコの餌への嗜好性が高くなり、その後の餌付けがスムーズに進み、小型モジャコの成長速度が向上することが示唆された。

本年度は2021年度と同様に小型モジャコが多数漁獲された年であったが、大量斃死の事例は確認されなかった。その要因については、モジャコ飼育時の水温等の環境の違いも考えられるが、冷凍コペポダ餌料の初期の利用が、小型モジャコの生存、成長に寄与したものと考えられる。

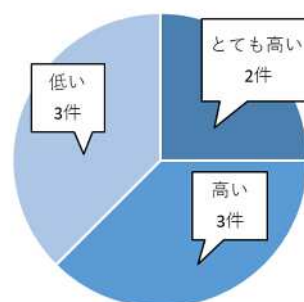


図1 冷凍コペポダの嗜好性についての聞き取り調査結果

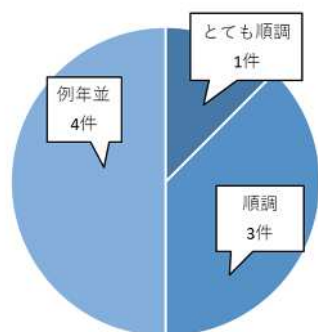


図 2 冷凍コペポーダを使用した区のモジャコ育成についての聞き取り調査結果

文献

- 1) 山田英俊, 吉井啓亮, 室谷冬香, 福田 穰. 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. 令和4年度大分水圏事業報告書: 96-97.

ブリ類養殖業生産化促進事業

ブリ3年魚品質調査

斉藤義昭・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年魚ブリの身質を月毎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

供試魚は臼杵市佐志生地区、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。2023年1月から臼杵では2月まで、米水津では5月まで、蒲江は3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℃前後になるまで冷却した後に尾叉長及び体重を測定し肥満度（肥満度＝体重(g)/尾叉長(cm)³×1000）を算出した。測定後、4℃で一晩冷蔵し、生殖腺重量を測定して生殖腺指数 GSI（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。

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¹⁾。なお、血合筋は分光測色計での測定時以外は4℃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、分析の一部は民間の分析機関に委託して実施した。

事業の結果・考察

1. 2023年度の結果

試験に供した各ブリの測定結果一覧を表1に示す。また、月別の褐変到達時間、GSI、粗脂肪含量の推移について以下に示した。

1) 月別の褐変到達時間（図1）

褐変到達時間は、臼杵地区では1月99.1時間、2月93.3時間であった。米水津地区では1月103.2時間であったが、2月から急激に低下し3月～5月の期間は27.0～51.3時間で推移した。蒲江地区では1月に102.5時間であったが、2月から急激に低下し2月53.5時間、3月21.8時間であった。臼杵地区は他の地区と違い2月でも褐変時間の低下が認められなかった。

2) 月別の GSI（図2）

臼杵地区では1月、2月とも0.3であった。米水津地区では1月0.5、2月0.6であったが、3月から上昇し4月に4.5に達した。蒲江地区で1月に0.6であったが、2月から増加し3月には1.9であった。臼杵地区では他の地区と比較して1月、2月のGSIの値が低く、成熟が他の地区より遅い傾向が認められた。

3) 月別の粗脂肪含量（図3）

臼杵地区では1月11.0 g/100g、2月10.0 g/100gであった。米水津地区では1月11.4 g/100gであったが、その後増加が認められ3月には19.4 g/100gに達した。4月以降は低下し5月には9.9 g/100gになった。蒲江地区では1月16.2 g/100gであり2月には期間中最も高い23.3 g/100gが検出され、その後も21.6 g/100gと高い値が検出された。蒲江地区は他の海域より粗脂肪量が高く推移した。

表 1 2023 年の試験結果

月	養殖地区	平均					推定褐変到達時間(時間)
		尾叉長 (cm)	体重 (kg)	肥満度	生臓重量 (g)	GSI	粗脂肪含量 (g/100g)
1月	臼杵	59.8	3.57	16.7	10.6	0.30	11.0
	米水津	63.0	4.48	17.9	24.2	0.54	11.4
	蒲江	60.1	4.15	19.1	23.3	0.56	16.2
2月	臼杵	60.6	3.67	16.5	10.1	0.28	10.0
	米水津	63.9	4.90	18.8	28.9	0.59	13.4
	蒲江	65.3	5.38	19.3	69.1	1.28	23.3
3月	臼杵	-	-	-	-	-	-
	米水津	63.4	4.94	19.4	93.4	1.89	16.1
	蒲江	61.4	5.01	21.6	94.9	1.89	17.0
4月	臼杵	-	-	-	-	-	-
	米水津	64.7	4.97	18.3	223.3	4.48	12.2
	蒲江	-	-	-	-	-	-
5月	臼杵	-	-	-	-	-	-
	米水津	62.8	4.20	16.9	148.5	3.55	14.6
	蒲江	-	-	-	-	-	-

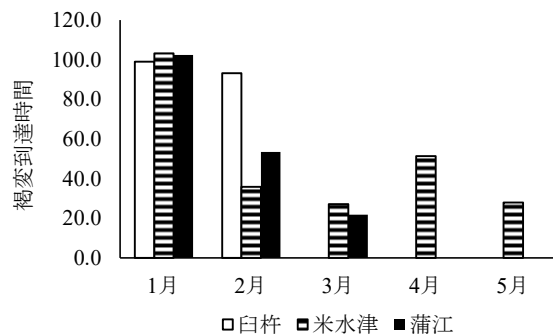


図 1 2023 年の月別褐変到達時間の推移

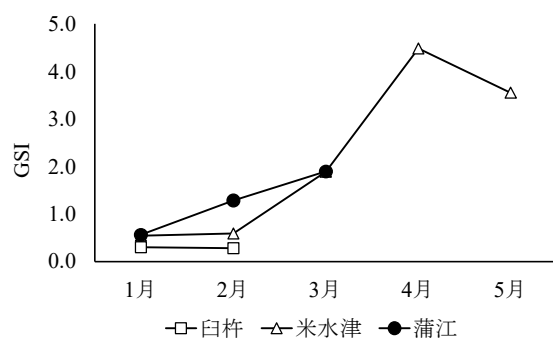


図 2 2023 年の月別 GSI の推移

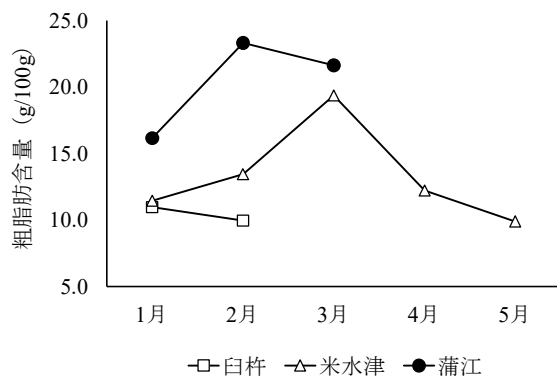


図 3 2023 年の月別粗脂肪含量の推移

2.3 か年 (2021~2023 年度) のまとめ

3 か年の月別の褐変到達時間、GSI、粗脂肪含量の推移について以下にまとめた。

1) 月別の褐変到達時間 (図 4)

各海域とも 1 月は 90 時間前後推移するが、2 月から米水津、蒲江地区で低下が確認され、3 月からは臼杵地区でも低下する。3~6 月の期間は全海域で 50 時間以下の低い値で推移し、6 月以降は全海域で回復しはじめ、7 月以降には、全海域で 150 時間を超える。褐変時間の低下は南の海域で早くはじまるが、回復は全海域で同じであった。

2) 月別の GSI (図 5)

各海域とも 1 月は低いが、2 月から蒲江地区で上昇し、3 月には米水津地区、臼杵地区で上昇する。またそのピークは蒲江地区、米水津地区では 4 月に、臼杵地区では 5 月に確認される。各海域の GSI の最大値は蒲江地区で最も高く、米水津地区、臼杵地区の順で低くなった。

3) 月別の粗脂肪含量 (図 6)

全期間を通じて、蒲江地区が最も高かった。またその推移は蒲江地区、米水津地区は 1~3 月の期間が高く、臼杵地区では 1~4 月で高い傾向が確認された。

4) 褐変到達時間と GSI、粗脂肪含量の関係

褐変到達時間と GSI 及び粗脂肪含量の関係について検討した (図 7、図 8 参照)。その結果、褐変到達時間と GSI の関係について負の相関 ($R^2=0.5445$) が確認された。一方、褐変経過時間と粗脂肪含量には相関性は認められなかった。

5) 3 年魚ブリの適正な出荷時期について

褐変到達時間、GSI 及び粗脂肪を基準にした 3 年魚ブリの適正な出荷時期を図 9 に示した。

臼杵地区では、他の地区より約 1 か月 GSI の上昇が遅いことから、褐変到達時間の顕著な低下は 4 月に確認されるため、他の地区より長い 3 月まで出荷は可能である。しかし、出荷再開については、6 月に褐変到達時間は回復するが、粗脂肪含量が低いいため同時期の出荷は難しい。

米水津地区では 3 月から GSI の上昇が始まり、同月から褐変到達時間の顕著な低下が確認されるため、3 月の出荷は難しい。その後の出荷再開についても、6 月に褐変到達時間は回復するが、粗脂肪含量が低いいため同時期の出荷は難しい。

蒲江地区は 3 月から GSI の上昇が始まり、同月から褐変到達時間の顕著な低下が確認されるため、3 月の出荷は難しい。出荷再開については 6 月に褐変到達時間が回復し、さらに粗脂肪含量も高いことから、6 月から可能である。

県全体では 4~5 月の期間がブリの出荷できない端境期となる。

ブリの周年出荷体制は、現行の飼育方法の改良 (成熟抑制や産卵後に低下する粗脂肪含有量の早

期回復)と人工種苗の複合的な利用によって構築可能であると考える。

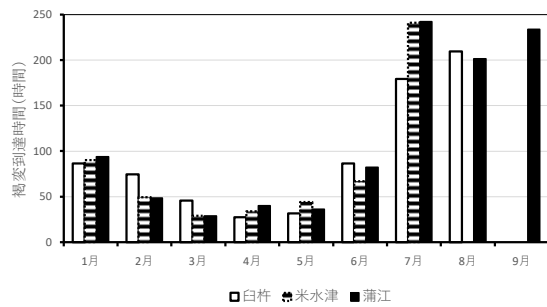


図4 3か年の平均月別褐変到達時間の推移

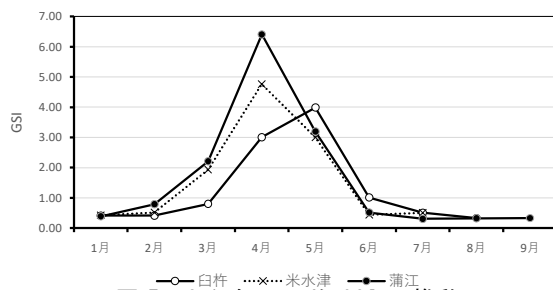


図5 3か年の平均GSIの推移

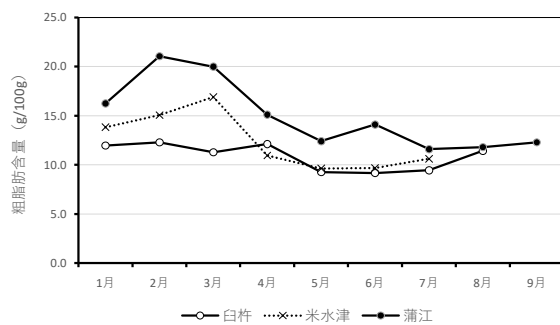


図6 3か年の平均月別粗脂肪含量の推移

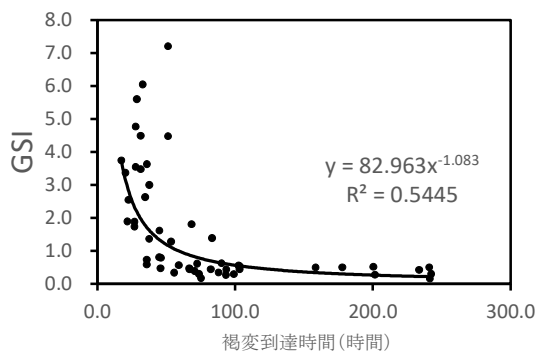


図7 褐変到達時間とGSIの関係

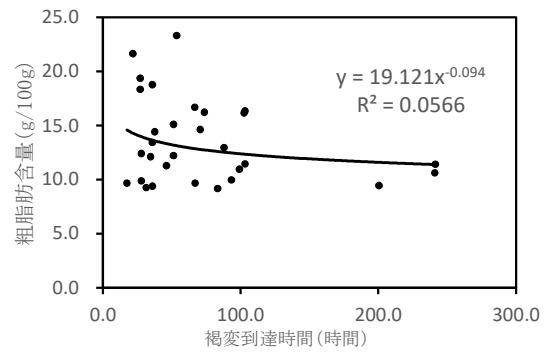


図8 褐変到達時間と粗脂肪含量の関係

地区	1月	2月	3月	4月	5月	6月
臼杵	出荷時期	出荷時期	出荷時期	県全体の 端境期	県全体の 端境期	端境期
米水津						
蒲江						

図9 地区別適正出荷時期と端境期

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.

ヒラメ養殖業成長産業化支援事業（一部国庫補助）

他魚種の治療薬のヒラメへの承認拡大

吉井啓亮・福田 穰

事業の目的

ヒラメのエドワジエラ症は、グラム陰性細菌 *Edwardsiella piscicida*(=*E. tarda*)の感染症である。本症はヒラメ養殖業において一般的な疾病であるが、抗菌剤やワクチンが承認されておらず、多大な被害をもたらしている。そこで本研究では、他魚種で *Edwardsiella* 感染症治療薬として承認されている抗菌剤について、ヒラメへの適用拡大に取り組み、生残率の向上による安定生産と生産量増大を目指すこととした。本年度は、ヒラメのエドワジエラ症に対する使用承認に求められる各種試験の実施に向けて、感染実験方法の検討を行った。

事業の方法

感染実験方法の検討

大分県内の養殖ヒラメから分離された、*E. piscicida*(232901 株)を、1.0%NaCl に調整した heart infusion broth (Difco) で 25℃、24 時間培養して攻撃菌液を調製した。ヒラメ（平均体重 46.3 g）を 500L 円形水槽 3 基に各 15 尾収容し、攻撃菌液(Difco)をそれぞれ 6.6×10^4 CFU/ml、 6.6×10^5 CFU/ml、 6.6×10^6 CFU/ml になるように添加して 30 分間浸漬感染させた。感染後は 25℃の流水で給餌飼育を行い、2 週間観察した。死亡魚及び生残魚は腎臓からの細菌分離を行った。(令和 5 年 2 月 21 日-3 月 7 日実施)

事業の結果

感染実験方法の検討

浸漬菌量 10^4 、 10^5 、 10^6 CFU/mL においてそれぞれ累積死亡率が 21.4%、33.3%、100%であった。生残魚の保菌率は、 10^5 浸漬で 50.0%、 10^6 浸漬で 36.4%であった。

今後の課題

本感染実験の結果から、以降の試験には 10^5 CFU/ml の濃度で浸漬攻撃を実施することとした。

※本事業の詳細な研究結果は事業終了後に公開することとする。

ヒラメ養殖業成長産業化支援事業

省力化に向けたスマート技術の開発

中島智優・斉藤義昭

事業の目的

本県南部海域では陸上養殖によるヒラメ養殖が盛んであり、令和5年の養殖生産量は503t（海面漁業生産統計調査、農林水産省）で日本一である。しかし、気候変動による飼育環境の悪化や餌の高騰によるコストの増大、魚価の低迷など、厳しい経営環境に曝されており、近年の生産量は徐々に減少している。今後、生産量を維持、増加させるためには、スマート技術等の導入による更なる生産性の向上が必要となっている。

本事業では、生産現場で課題となっている給餌機の自動化及び赤潮対策について、スマート技術を取り入れた機器の開発及び現場への検証を実施する。事業初年度である令和5年度は現場ニーズの聞き取り調査を実施し、現場の意見を基にした自動給餌給餌機及び赤潮・DOセンサーを活用した揚水ポンプ等の遠隔操作システムの設計を行った。同時に、次年度から機器の検証を行うための陸上養殖研究施設を水産研究部に新設した。

事業の方法・結果

1. 聞き取り調査

令和5年9月12日に佐伯市西野浦の陸上養殖業者3経営体、同月13日に佐伯市森崎浦の陸上養殖業者1経営体を訪問し、ヒラメの給餌及び養殖場の水質管理について聞き取り調査を実施した。結果を次に示す。

1) ヒラメの給餌

手作業で給餌しており、摂餌状況を見ながら給餌量を調節している。稚魚にはエクストルーデッドペレット（EP）を1日複数回給餌し、成長するにつれてモイストペレット（MP）に切り替える。

給餌機を導入する場合は餌が自動で排出したままではなく、摂餌状況に合わせて給餌を停止することが望まれた。さらに、餌が狭い範囲に集中しているとヒラメの体表が擦れて傷つくため、餌

が広がるように撒く必要があるという見解が複数の養殖業者からあった。

2) 養殖場の水質管理

取水海域で赤潮が発生すると、泊まり込みで水質を確認するため、赤潮による被害を予防できたとしても養殖業者の負担が大きい。また、赤潮が発生した際の養殖業者の対応は主に①取水ポンプを停止させるまたは②バルブによる流路変更の2つであった。

2. 設計図の検討

聞き取り調査を基に本事業では、餌を手で撒く方法にできるだけ近い給餌機と飼育水の遠隔制御システムの開発を目標とした。令和5年10月18日、12月20日及び令和6年3月15日に検討会を実施し、設計内容について検討した。

1) 給餌機

設計図を図1に示す。専用のアプリケーションで制御できる給餌機を養殖池に設置する。使用する餌はEPを想定した。機器の制御はスマートフォンまたはタブレット端末に登録されたアプリケーションによって行う。給餌時は、一定量のEPが内蔵タンクから拡散装置に運ばれ、同装置に装着されている回転羽の力によって放射状に広く飛散される。また、給餌機にはヒラメの摂餌状況を監視できるカメラを搭載する。

本機器で撮影された映像、給餌量、時間、餌の残量等はクラウド上に保存され、アプリケーション内で確認できるようにする。

2) 飼育水の遠隔制御システム

遠隔での水質監視にはテレメーター式赤潮・DOセンサーを用い、取水の制御には遠隔で制御できる電磁開閉器あるいは電磁バルブを用いる。また得られた水質情報の確認や機器の制御は、全て前述のアプリケーション上で実施できるように設計する。

現地での使用イメージは以下のとおり。

あらかじめ養殖池の取水ポンプの電源盤に電磁

開閉器を設置、または取水管に電磁バルブを接続する。養殖池には赤潮・DO センサーを設置する。赤潮・DO センサーが異常値（赤潮・貧酸素）を検知すると自動的に池の管理者にスマートフォンまたはタブレット端末に通知される。通知を管理者は同アプリケーションを用いて電磁開閉器あるいは電磁バルブを速やかに操作し取水を止める。

3. 陸上養殖実験施設の新設

前述の給餌機及び遠隔制御システムを検証するため、飼育試験用の陸上養殖実験施設を新設した。

ヒラメの飼育水槽として 2t 容円形 FRP 水槽を 2 基設置し、そのうち 1 基は飼育水槽からの排水をバクテリアによる生物的濾過及び泡沫分離槽による物理的濾過を用いて飼育水に循環させる閉鎖循環システムを設置した。

今後の予定

新設した陸上養殖施設にてヒラメ飼育試験を実施し、給餌機及び遠隔制御システムの実用化に向けた課題等について検証を行う。また、得られた結果は、現場生産者と協議し、改良等を加え、更なる品質の向上に努める。

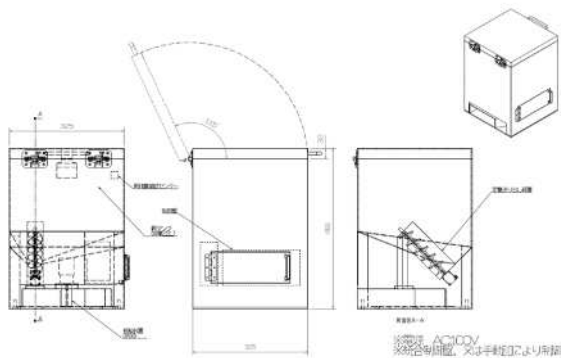


図 1 給餌機の設計図

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

斉藤義昭・中島智優

事業の目的

現在のかぼすブリの生産には、主にカボス果皮パウダー（カボスパウダー）をモイストペレット（MP）に混合させた餌を使用しており、生産現場からは「高品質かつ効率的な、かぼすブリ生産技術の開発が望まれている。そこで、エクストルーデッドペレット（EP）に使用してかぼすブリを生産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出荷する前のかぼすブリを対象に品質指導を行った。

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) EP かぼすブリ試験

平均体重 4.1 kg のブリを水産研究部の海面小割生簀（3×3×3 m）6 面に 11 尾ずつ収容し、2023 年 12 月 25 日から給餌試験を開始した。試験区は 3 試験区×2 面で、低脂質 EP（粗脂肪含有量 16%）にカボスオイルを 0.15%混合して給餌する 0.15%オイル区、カボスオイルを 0.3%混合して給餌する 0.3%オイル区、市販 EP（粗脂肪含有量 26%）を給餌する対照区の 3 つとした。給餌は 1 日 1 回、週 3 回実施した。

給餌 15 回後、21 回後、カボス資材添加停止後 2 週間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、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分析に供した。

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。

B) リモネン（香り成分）の定量分析：血合部分を除去した頭部側の左腹部の筋肉を供試魚 5 尾から等量採取して 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) かぼすブリ出荷前の現地指導

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を各海域あたり 5 尾ずつ回収し、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、カボス資材の添加効果を確認した。

2. ヒラマサ

1) 現地試験

臼杵湾の養殖場で養殖中のヒラマサを用いて、給餌試験を実施した。餌は、MP にカボスパーストを餌重量の 3～4%を混合させて飽食給餌とした。給餌頻度は週 3 回とし、試験期間は、2023 年 6 月 22 日から給餌を開始し、給餌 5 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 5 尾とし、養殖現場から 1.の 1) と同様にリモネンの定量分析を行った。

2) 持続効果確認試験

2.の 1) 試験完了後のヒラマサを 50 尾購入し、水産研究部の海面小割生簀（5×5×5 m）1 面に収容し、2023 年 7 月 24 日から 4 週間飼育試験を MP 給餌で開始した。

飼育開始から 2 週間後、4 週間後にサンプリングを行った。サンプリング尾数は 5 尾とし、1.の 1) と同様にリモネンの定量分析を行った。

3. トラフグ

佐伯市蒲江のトラフグ陸上養殖業者 A 社、B 社の 2 社で養殖中のトラフグを用いて、カボス資材を添加した EP を給餌する（カボス給餌）試験を実施した。カボス給餌期間を 2023 年 10 月から 2023 年 11 月とし、給餌量に対して 3% のカボスパウダーを展着した EP を 15 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カボス資材無添加の EP を 4 週間給餌した。サンプリングはカボス給餌 15 回後、カボス資材添加停止後 2 週間、4 週間後に各 3 尾回収して背部筋肉を採取し、混合してリモネンを定量分析した。また、A 社はカボス資材添加休止後 2 週間後、B 社はカボス資材添加停止後 4 週間後の精巢について別途リモネンを定量分析した。

事業の結果・考察

1. ブリ

1) EP かぼすブリ試験

試験結果を表 1 に示す。給餌 15 回後では対照区と比較した各試験区の褐変遅延時間は、0.15%オイル区及び 0.30%オイル区ではそれぞれ 39.3 時間、-34.7 時間であり、遅延効果は認められなかった。

給餌 21 回後では、対照区と比較した各試験区の褐変遅延時間は、0.15%オイル区で 14.1 時間となり遅延効果は認められた。一方 0.30%オイル区では 7.4 時間であり、遅延効果は認められなかった。

停止後 2 週間後では、対照区と比較した各試験区の褐変遅延時間は、0.15%オイル区及び 0.30%オイル区ではそれぞれ 6.9 時間及び -22.9 時間であり、遅延効果は認められなかった。

0.15%オイル区及び 0.30%オイル区の筋肉 100g 中のリモネン量は、0.15%オイル区では給餌 15 回後、給餌 21 回後及び停止後 2 週間ではそれぞれ 3.60 mg、4.90 mg 及び 2.70 mg となった。0.30%オイル区では給餌 15 回後、給餌 21 回後及びカボス資材添加停止後 2 週間ではそれぞれ 4.40mg、7.80 mg 及び 4.20 mg となった。

これらの結果から、カボスオイルでは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効率的に筋肉中へ蓄積させることが可能であると考えられた。

2) かぼすブリ出荷前の現地指導

2023 年 9 月 13 日に臼杵湾の養殖業者 1 件、9 月 14 日に津久見湾の養殖業者 1 件、10 月 23 日に米水津湾の養殖業者 1 件及び 12 月 11 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、褐変遅延効果が確認された。

2. ヒラマサ

1) 現地給餌試験

試験結果を表 2 に示す。筋肉 100 g 中のリモネン量は、給餌 5 回後では 0.88 mg、給餌 11 回後では 0.64 mg、給餌 15 回後では 0.60 mg であった。

カボス資材の給餌回数が少ない時期から筋肉中のリモネン量が高く確認された。カボスパーストは香り成分であるリモネンを少ない給餌回数でヒラマサの筋肉中に蓄積させることが可能であると考えられた。

2) 持続効果確認試験

試験結果を表 3 に示す。筋肉中のリモネン量は、2 週間後では 0.26 mg、4 週間後では 0.12 mg であり、カボス資材添加を停止するとリモネン量は 2 週間で半減した。

3. トラフグ

試験結果を図 1 に示す。A 社ではカボス給餌 15 回後における背部筋肉 100 g 中のリモネン量は 0.05 mg であった。カボス資材添加停止後においては、2 週間後は 0.03 mg、4 週間後には 0.03 mg であった。B 社ではカボス給餌 15 回後における背部筋肉 100g 中のリモネン量は 0.06 mg であった。カボス資材添加停止後 2 週間後は 0.03 mg、4 週間後には 0.01 mg であった。

現行のマニュアルでは EP を使用し、カボスパウダーを展着して給餌する場合、給餌は 30 回実施する必要がある。2022 年及び本年度実施した試験においてカボスパウダー展着 EP を 15 回給餌後でリモネンが検出されていることから、現行マニュアルのカボスパウダー使用時の給餌回数を減らしても同様の結果が得られると考えられる。

また、精巢 100g 中のリモネン量と同時期の背部筋肉 100 mg 中のリモネン量を表 4 に示す。精巢 100g 中のリモネン量は A 社ではカボス資材添加停止後 2 週間後で 0.08 mg であった。B 社はカボス資材添加停止後 4 週間後で 0.02 mg であった。精巢と筋肉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。昨年度実施した試験結果においても、カボス給餌 23 回後のトラフグの精巢及び筋肉におけるリモネン量は 0.09 mg 及び 0.04 mg、資材添加停止後 2 週間後のトラフグの精巢及び筋肉におけるリモネン量は 0.05mg 及び 0.03 mg となり、リモネンは精巢の方が高くなった例²⁾と同様である。以上のことから、トラフグにカボス給餌した場合、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考えられた。

表1 EP かぼすぶり試験結果

試験区	給餌回数	尾叉長 (cm)	平均 体重 (kg)	肥満度*	掲変 到達時間	掲変 遅延効果	筋肉100g中の リモネン量mg
対照区	15	62.5	3.8	15.6	125.2	-	-
0.15%オイル区	15	63.9	3.8	14.7	85.9	-39.3	3.60
0.30%オイル区	15	62.5	3.8	15.6	90.5	-34.7	4.40
対照区	21	64.9	4.4	16.0	78.1	-	-
0.15%オイル区	21	63.6	4.0	15.6	92.2	14.1	4.90
0.30%オイル区	21	63.7	4.0	15.5	70.7	-7.4	7.80
対照区	停止後2週間	64.9	4.3	15.7	121.8	-	-
0.15%オイル区	停止後2週間	64.2	4.3	16.2	114.9	-6.9	2.70
0.30%オイル区	停止後2週間	63.7	3.8	14.7	98.9	-22.9	4.20

肥満度* = 体重 (g) / 尾叉長 (cm) ³ × 1000

表2 ヒラマサ現地給餌試験結果

給餌回数	尾叉長 (cm)	平均 体重 (kg)	肥満度	筋肉100g中の リモネン量mg
5	58.9	3.2	15.5	0.88
11	60.1	3.4	15.4	0.64
15	61.3	3.5	15.2	0.60

表3 ヒラマサ持続効果確認試験結果

給餌回数	尾叉長 (cm)	平均 体重 (kg)	肥満度	筋肉100g中の リモネン量mg
停止後2週間	62.2	3.1	12.8	0.26
停止後4週間	61.6	3.0	12.8	0.12

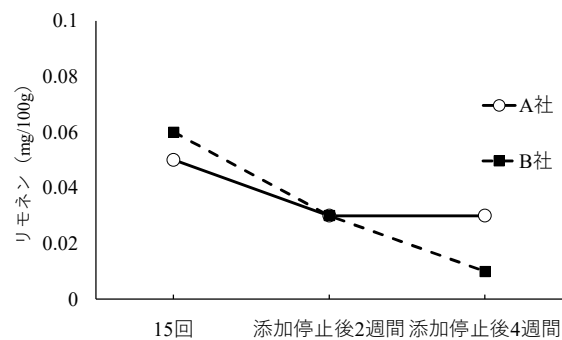


図1 トラフグのリモネン量の推移

表4 精巢と背部筋肉のリモネン量(mg/100g)

	A社		B社	
	精巢	背部筋肉	精巢	背部筋肉
2週間後	0.08	0.03		
4週間後			0.02	0.01

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. 令和4年度大分水研事業報告書: 101-104.

水産加工品等高度利用化指導

斉藤義昭・中島智優

事業の目的

近年、養殖ブリのフィレ出荷が増加しており、内臓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加工残渣を用いた出汁抽出方法の開発及び、出汁が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及び品質改良に関する相談にも対応した。

事業の方法

1. かぼすブリ加工残渣利用

1) 出汁抽出方法の検討

試験に供した加工残渣（中骨及び頭部）は、臼杵湾で養殖された2年魚かぼすブリ（平均4.4kg）と、同地区で養殖された2年魚ブリ（平均4.4kg）を用いた。2023年9月13日に、現地にて各ブリ5尾を締め、脱血した後、海水氷で冷却し、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、中骨及び頭部を冷凍保存し、後日出汁抽出の試験に用いた。出汁の抽出方法及びスープ作成方法は以下に示す通りである。なお、出汁の評価については当研究部の職員（9人）を対象に「カボスの香り」について官能試験を実施した。

- ① 加工残渣全体に均等に食塩をふりかける。
- ② 常温で5分置く。
- ③ 熱湯を試料に対し均一に回しかける。
- ④ 冷水（0℃）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を1,000g計量し、水を2,000mlとともに電気圧力鍋で1時間加熱する。（骨まで柔らかくする。）

- ⑦ 出汁がらをザルで濾し（図1）、出汁に料理酒100～120ml、食塩0.5%程度を加え調味しスープとする。

2) 出汁がら加工品開発

1)で生じた出汁がらをフードプロセッサにかけ、ミンチを作製し（図2参照）、その利用方法について検討した。

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. かぼすブリ加工残渣利用方法検討

1) かぼすブリ加工残渣の出汁抽出

官能試験の結果を図3に示す。かぼすブリを用いた加工残渣から抽出した出汁（スープ）では、9人中8人の89%がカボスの香り（さわやかな香り）が感じられるとの回答であった。本試験からかぼすブリは身（筋肉）だけで無く、その残渣にもカボスの香り成分が蓄積しており、本方法で出汁を抽出することによって、出汁成分にカボスの香りを移行させることができることが判明した。今後、出汁の有効利用について検討する必要がある。

2) 出汁がら加工品開発

つみれ入りスープ（図4参照）

出汁がらミンチと同量のブリミンチを混ぜ合わせたものに、塩を0.6%、片栗粉5%を加え、よく練り、スプーンなどで成形し、スープに落とし入れ、火を通した。

すり身揚げ団子（図5参照）

出汁がらミンチと同量のブリミンチに塩を0.6%、片栗粉5%を加え、よく練り丸くまとめ、油で揚げて火を通して完成。油で揚げるためブリミンチを加えなくても香ばしく仕上がる。豆腐や卵を入れるとふわふわ感が増す。

2. 水産物加工・流通相談

相談対応実績を表1に示す。県内の加工業者2件延べ5名からの相談に対応し、藻食性魚類などの未・低利用魚種の利活用及び養殖魚加工品の品質向上・開発について実施した。



図1 出汁と出汁がら



図2 出汁がらミンチ



図4 つみれ入りスープ



図5 すり身揚げ団子

表1 水産物加工相談対応実績

年月	相談者数	内容
2023年5月	1名	藻食性魚類(天然アイゴ)の利活用方法開発指導
2023年9月	4名	養殖魚加工品の試作

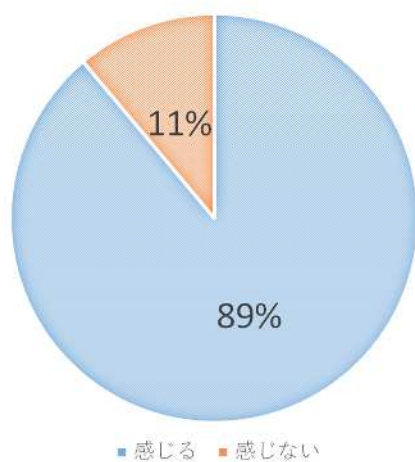


図3 官能試験「カボスの香り」

安心・安全で環境に優しい養殖推進事業-2 環境調査

毛利文香・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

広域調査

2023年9月6日～9月8日に、養殖漁場環境調査定点39点(図1)のうち、佐賀関、臼杵、津久見及び米氷津における計13定点において、水質及び底質のモニタリング調査を実施した。

調査項目は、水温、塩分、透明度、溶存酸素(DO)、化学的酸素要求量(COD)、溶存無機三態窒素(DIN)及びリン酸態リン(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-1 m)または3層(0、5、B-1 m)においてCTDを用いて水温、塩分、水深の測定を行った後、リゴ- B号採水器により採水した試料海水を実験室に持ち帰って分析した。

底質は、エクマンバ- ジ採泥器(15×15 cm)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℃・2時間の強熱後の測定値と、さらに550℃・6時間強熱処理した後の測定値を得た。

事業の結果

広域調査の水質の観測及び分析結果は表1、底質の分析結果は表2に示した通りである。保戸島の

地点では、採泥調査ができなかったため、底質分析は欠測とした。

過去10年間(1994～2003年)のデータがそろっている30定点について、夏季の底質データのうち、IL(450℃・2h)、COD、AVSを用いて主成分分析を行い合成指標の式を求めたところ、合成指標値(S) = $0.561 \times (IL - 3.55) / 2.48 + 0.588 \times (COD - 15.05) / 14.37 + 0.582 \times (AVS - 0.28) / 0.52$ が得られた。これを用いてI(S < -0.1)は良好な底質環境、II(-0.1 ≤ S < 2)はやや悪い底質環境、III(2 ≤ S)は有機汚染が進行し悪い底質環境とし、2023年度の底質調査の結果を評価すると、データの得られた12定点の内、8点がI、4点がII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.

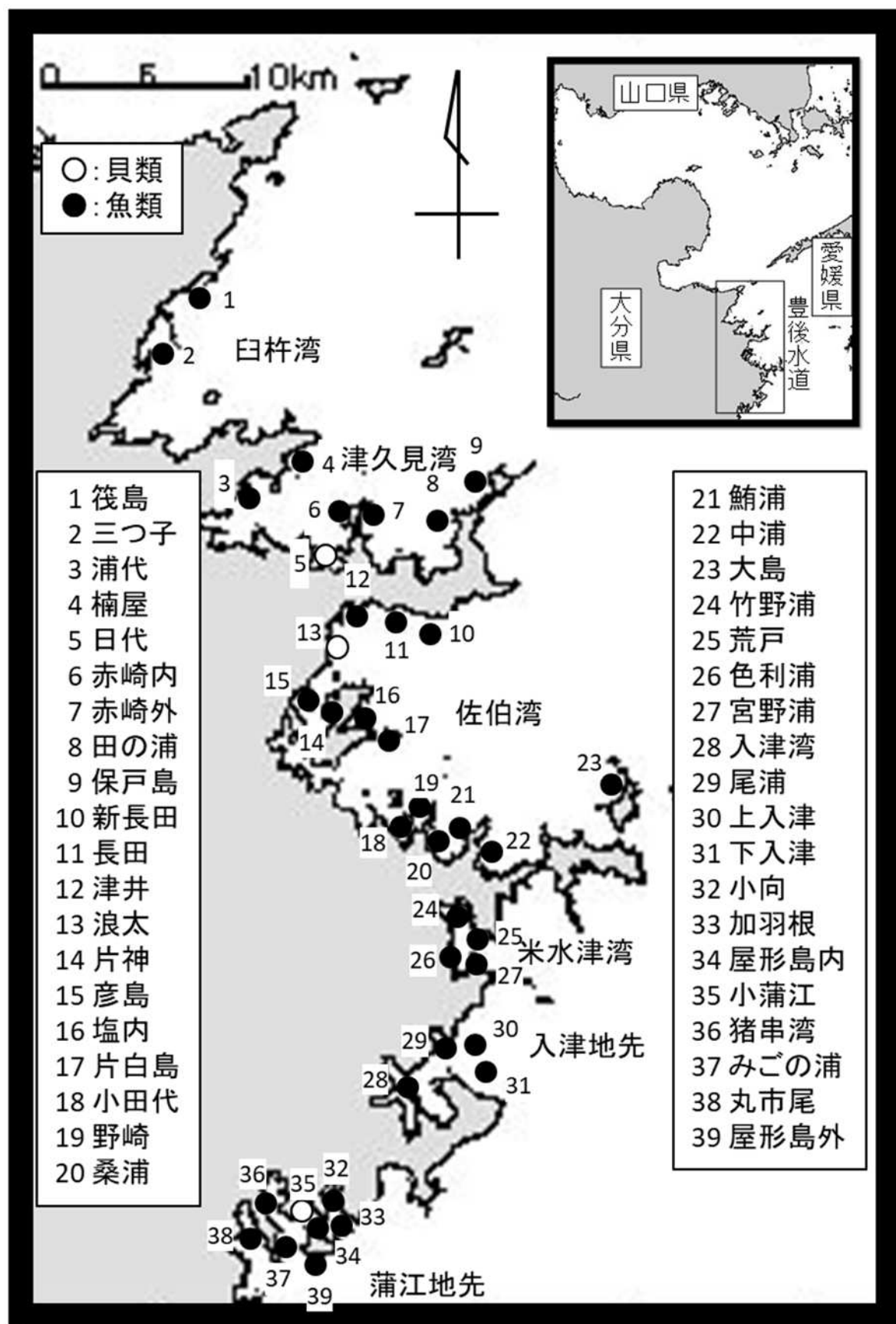


図1 養殖漁場環境調査定点図

表1 令和5年度 養殖漁場環境調査結果

調査点		佐賀関	臼杵	津久見							米水津			
項目		筏島	三つ子	蒲代	楠壁	日代	赤崎内	赤崎外	田の浦	保戸島	竹野浦	荒戸	色利浦	宮野浦
調査月日		9/6	9/6	9/7	9/7	9/7	9/7	9/7	9/7	9/7	9/8	9/8	9/8	9/8
水深(m)		21.8	22.1	21.5	42.8	29.5	40.2	47.4	49.0	23.6	25.5	32.4	19.4	24.8
T r (m)		11.0	7.0	11.0	10.0	9.0	10.0	13.0	10.0	11.0	9.0	10.0	3.0	5.0
水温	0	24.8	25.1	24.7	24.4	26.1	25.8	24.5	25.2	24.6	25.0	25.0	25.1	24.7
	5	24.3	24.5	24.4	24.4	25.9	25.3	24.5	24.7	24.6	24.9	25.0	25.0	24.7
	10	24.3	24.3	24.3	24.3	24.7	24.5	24.4	24.8	24.5	24.8	25.0	25.1	24.7
	B-1	24.2	23.8	23.8	23.5	23.6	23.4	23.8	23.6	24.2	24.7	24.5	24.8	24.6
塩分	0	33.07	32.91	33.17	33.25	32.47	32.71	33.26	33.22	33.25	33.50	33.53	31.07	32.64
	5	33.09	33.09	33.12	33.20	32.53	32.78	33.22	33.17	33.21	33.48	33.51	33.28	33.28
	10	33.10	33.11	33.16	33.18	32.84	33.05	33.21	33.17	33.22	33.49	33.51	33.41	33.25
	B-1	33.11	33.19	33.19	33.18	33.18	33.43	33.24	33.24	33.26	33.51	33.53	33.42	33.18
DO	0	9.82	9.65	9.40	9.57	欠測	9.99	10.18	9.87	9.67	8.63	9.77	11.07	9.07
	5	9.78	9.10	8.60	8.92	欠測	10.28	10.13	9.90	9.20	8.11	9.36	9.43	8.29
	10	9.73	9.08	9.3	9.98	欠測	10.39	10.12	9.53	8.94	8.11	9.37	9.92	7.55
	B-1	9.40	8.50	8.64	9.76	欠測	8.18	8.20	8.32	9.06	8.43	8.72	9.11	9.09
D I N	0	3.34	0.61	0.89	2.45	0.44	0.83	0.89	0.90	1.22	3.24	1.58	0.41	1.94
	5	0.62	0.84	0.41	0.55	0.17	0.22	0.76	1.33	1.31	1.75	0.74	1.03	4.18
	10	0.58	0.74	0.4	0.60	0.27	0.36	0.58	2.14	1.31	2.04	0.79	0.76	4.29
	B-1	0.92	0.90	1.01	0.71	1.25	1.65	1.40	1.29	1.56	2.04	1.17	1.17	4.02
P04-P	0	0.21	0.21	0.19	0.19	0.09	0.12	0.19	0.16	0.18	0.23	0.15	0.04	0.05
	5	0.18	0.23	0.12	0.13	0.05	0.09	0.19	0.16	0.32	0.31	0.14	0.19	0.25
	10	0.18	0.24	0.2	0.19	0.11	0.12	0.17	0.20	0.32	0.33	0.13	0.17	0.26
	B-1	0.18	0.34	0.30	0.19	0.31	0.39	0.29	0.27	0.32	0.35	0.16	0.19	0.22

*水温は0.5m層を示す。

単位：水温(℃)、DO(ml/L)、DIN・P04-P(μ M)*DO(ml/L) $\div$ 0.7 = DO(mg/L)

表2 令和5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	R5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
R5.9.6	1	筏島	佐賀関	魚類小割	2.20	3.80	0.00	3.10	-1.11	I
R5.9.6	2	三ツ子	臼杵湾	魚類小割	3.75	5.49	0.11	16.61	-0.08	II
R5.9.7	3	浦代	津久見湾	真珠	3.22	5.03	0.01	9.67	-0.60	I
R5.9.7	4	楠屋	津久見湾	魚類小割	3.52	5.79	0.05	11.84	-0.40	I
R5.9.7	5	日代	津久見湾	真珠	2.14	3.45	0.01	5.83	-1.00	I
R5.9.7	6	赤崎内	津久見湾	魚類小割	4.17	6.11	0.06	14.98	-0.11	I
R5.9.7	7	赤崎外	津久見湾	魚類小割	3.90	6.10	0.08	13.24	-0.22	I
R5.9.7	8	田の浦	津久見湾	魚類小割	2.42	3.62	0.10	5.91	-0.83	I
R5.9.7	9	保戸島	津久見湾	魚類小割	欠測					
R2.9.8	24	竹野浦	米水津湾	魚類小割	7.02	9.05	0.18	25.38	1.09	II
R2.9.8	25	荒戸	米水津湾	魚類小割	3.41	5.35	0.09	12.62	-0.34	I
R2.9.8	26	色利浦	米水津湾	魚類小割	5.42	7.49	0.06	21.98	0.46	II
R2.9.8	27	宮野浦	米水津湾	魚類小割	4.79	6.95	0.16	19.99	0.34	II

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)

毛利文香・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CTDで観測し、採水試料の栄養塩はオートアナライザー(QuAAtro39、BLTEC社製)を用いて分析した。

1) 調査月日

2023年	4月	11日～14日
	5月	9日～12日
	6月	1日～2日 4日～6日
	7月	3日～6日
	8月	3日～4日
	9月	4日～7日
	10月	2日～5日
	11月	7日～10日
	12月	4日～7日
2024年	1月	9日～11日
	2月	5日～7日
	3月	12日～14日

2) 調査項目

気象、海象、水温、塩分、透明度、DO、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$

(ただし、DO、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ については、定点7、9、

17、

21、22、26、27、31のみ測定した。)

3) 調査定線

調査定線（ナーセー9線）を図1に示す。

2. 水温の定点調査

1) 調査体制

佐伯湾内に位置する水産研究部前（図2）の栈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、1990～2020年の30年間の平均値を用いた。

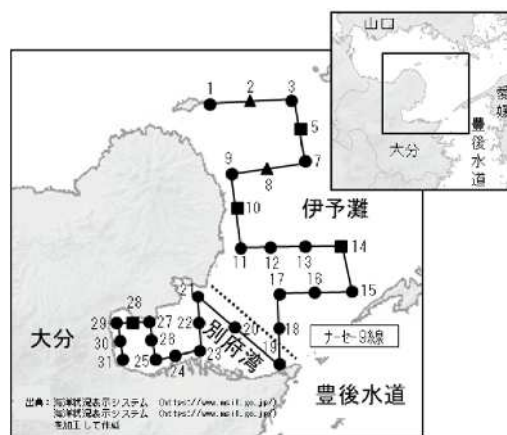


図1 浅海定線調査定線図

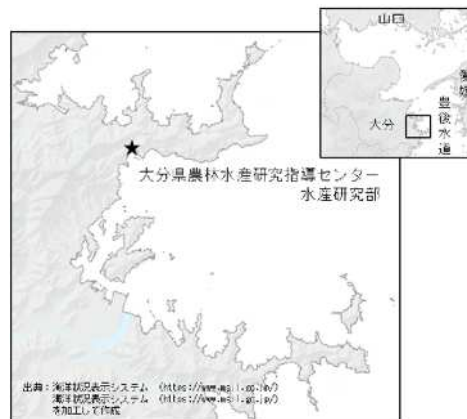


図2 水温定点観測調査点

事業の結果

1. 浅海定線調査等

1) 気象

大分市における2023年度の気象の推移(大分気象台)は図3に示すとおりである。

気温: 平年より2℃以上低い月はなく、2℃以上高かったのは、4月上旬、9月中下旬、11月上旬、12月中旬、1月中旬、2月中旬及び3月下旬であった。

降水量: 2023年度の梅雨入りは5月29日であり、平年より6日程度早かった。梅雨明けは7月25日であった。

また、5月上旬、6月上旬、8月上旬、12月中旬、2月上旬及び3月下旬では150%を超える降水量であった。

日照時間: 10月下旬では平年の150%を超え、高い値を記録した。

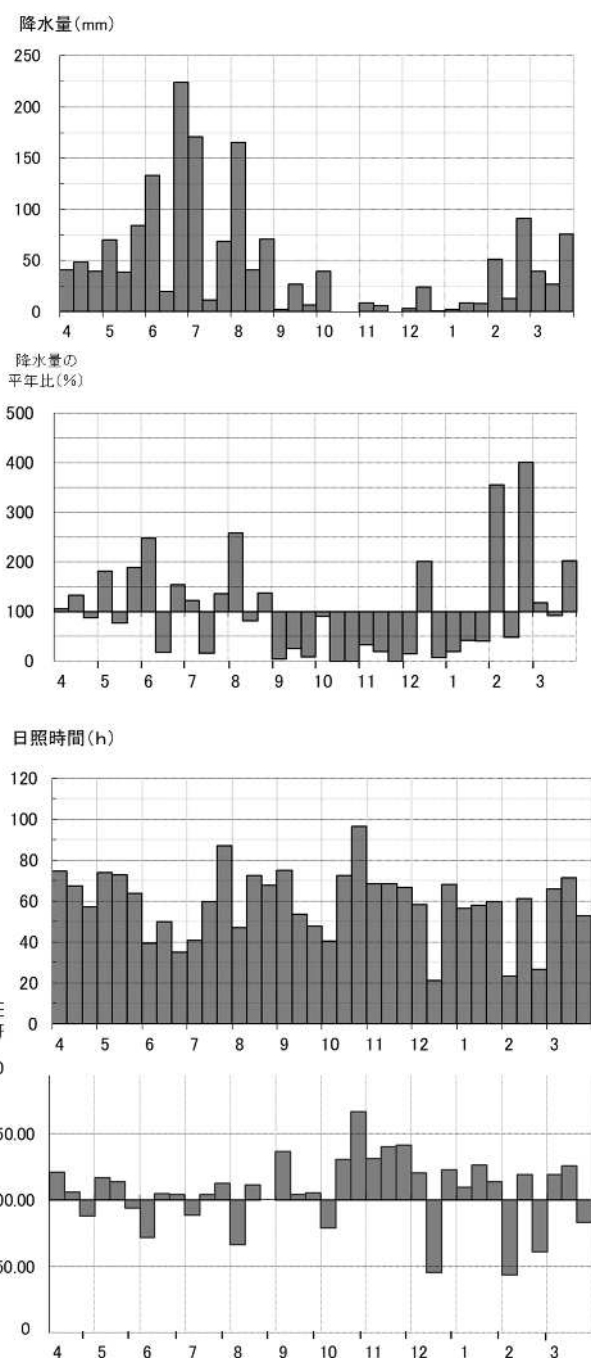
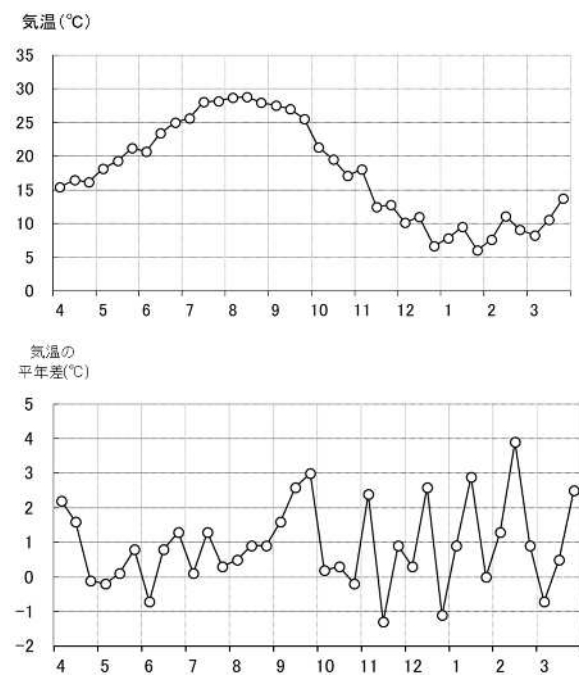


図3 2023年度大分市における気象
(気象庁気象統計情報)

2) 海象

各項目の評価基準(平年偏差/標準偏差)は、-0.6～0.6は「平年並み」、0.6～1.3 (-1.3～-0.6)は「やや高め(低め)」、1.3～2.0 (-2.0～-1.3)は「かなり高め(低め)」、2.0～(～-2.0)は「甚だ高め(低め)」とする。

水 温

水温の観測結果は図4に示すとおりである。

伊予灘の表層は12.34～25.78℃、底層は12.64～24.44℃で推移した。表層は、4月及び10月～11月は「かなり高め」、その他は「やや高め」～「平年並み」で推移した。底層は、4月は「甚だ高め」、5月、10月～11月及び2～3月は「かなり高め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。

別府湾の表層は11.75～26.65℃、底層は12.28～23.30℃で推移した。表層は、4月及び10月は「かなり高め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。底層は、3月は「かなり高め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。

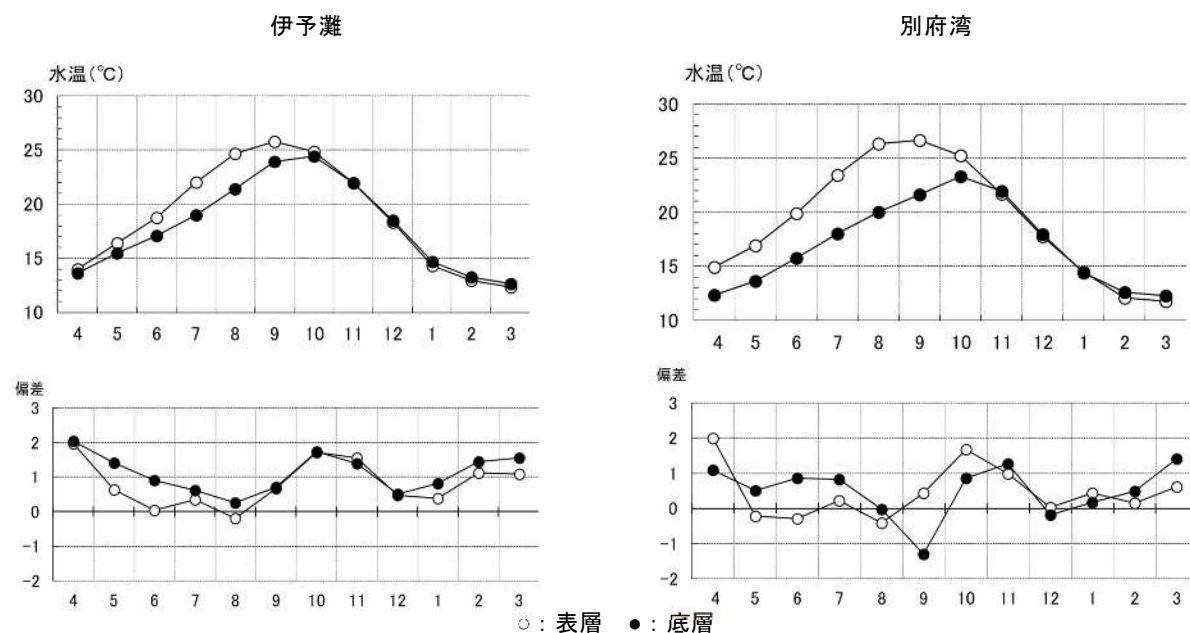


図4 2023年度の水温推移(左:伊予灘、右:別府湾)。

塩分

塩分の観測結果は図5に示すとおりである。

伊予灘の表層は31.57～33.83、底層は32.69～33.86で推移した。表層は、6月が「かなり低め」、2月が「やや高め」、その他は「やや低め」～「平年並み」で推移した。底層は、5月～7月及び9月が「かなり低め」、その他は「やや低め」～「平年並み」であった。

別府湾の表層は、30.19～33.47、底層は32.73～33.61で推移した。表層は、7月が「やや高め」、その他は「やや低め」～「平年並み」であった。底層は、8月が「かなり低め」、その他は「やや低め」～「平年並み」であった。

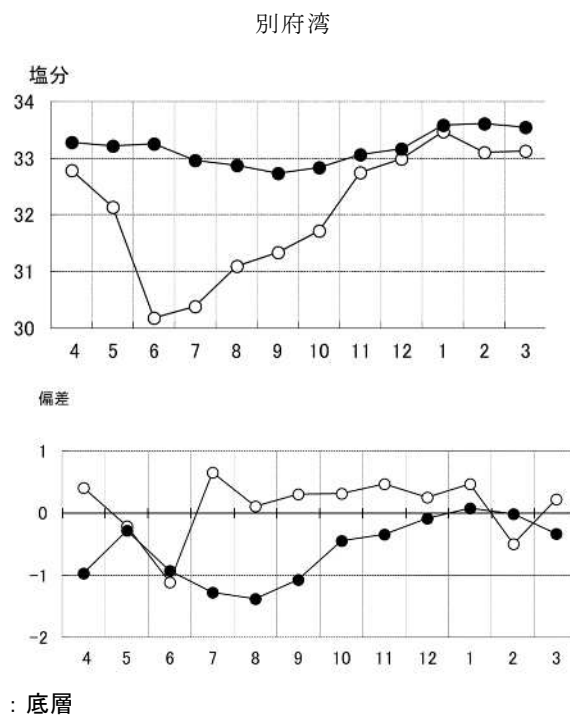
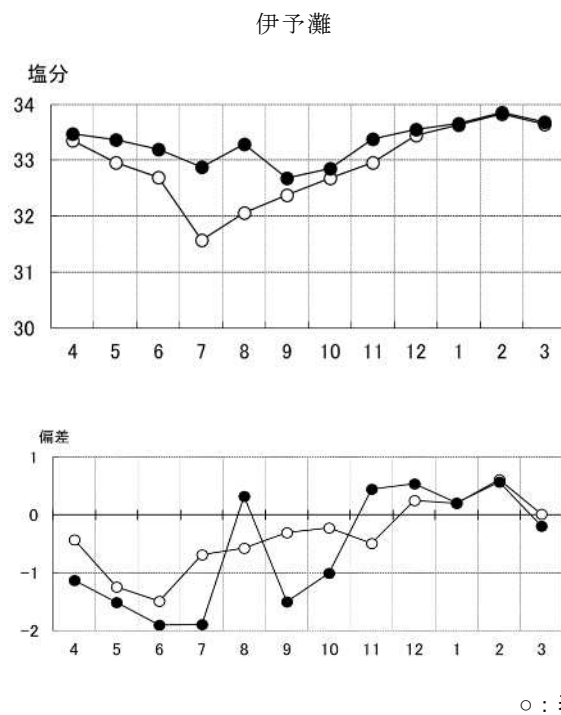


図5 2023年度の塩分の推移（左：伊予灘、右：別府湾）

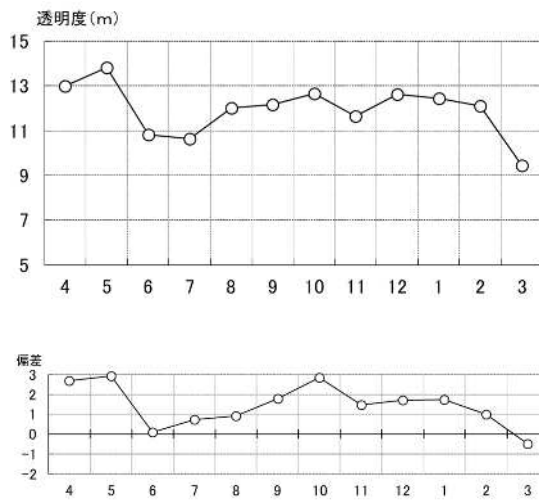
透明度

透明度の観測結果は図6に示すとおりである。

伊予灘は9.45～13.82 mで推移した。4月～5月及び10月は「甚だ高め」、9月及び11月～1月は「かなり高め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。

別府湾は、5.92～11.58 mで推移した。5月及び10月は「甚だ高め」、4月、6月及び9月は「かなり高め」、2月は「やや低め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。

伊予灘



別府湾

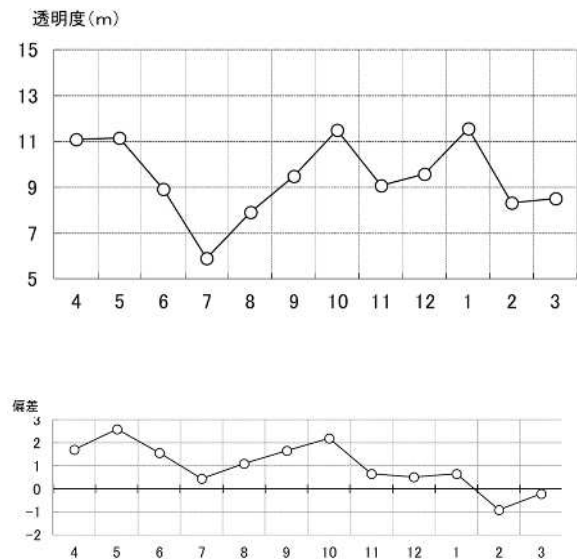


図6 2023年度の透明度の推移（左：伊予灘、右：別府湾）

*各項目の評価基準

評価基準(平年偏差/標準偏差)

平年並 : -0.6～0.6

やや高め(低め) : 0.6～1.3 (-1.3～-0.6)

かなり高め(低め) : 1.3～2.0 (-2.0～-1.3)

甚だ高め(低め) : 2.0～ (～-2.0)

3) 栄養塩等

DIN及びPO₄-P

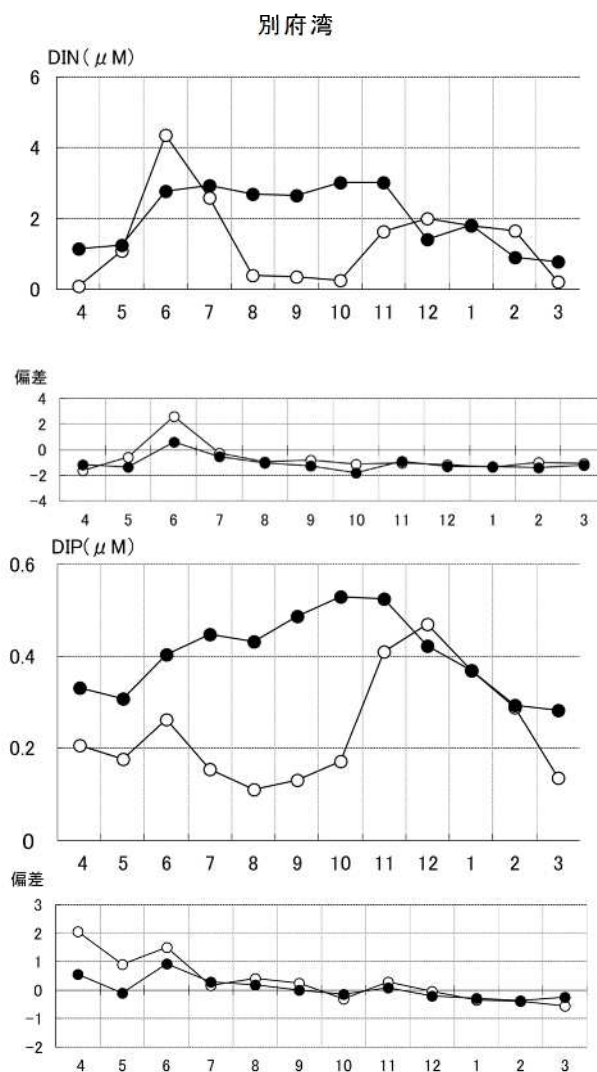
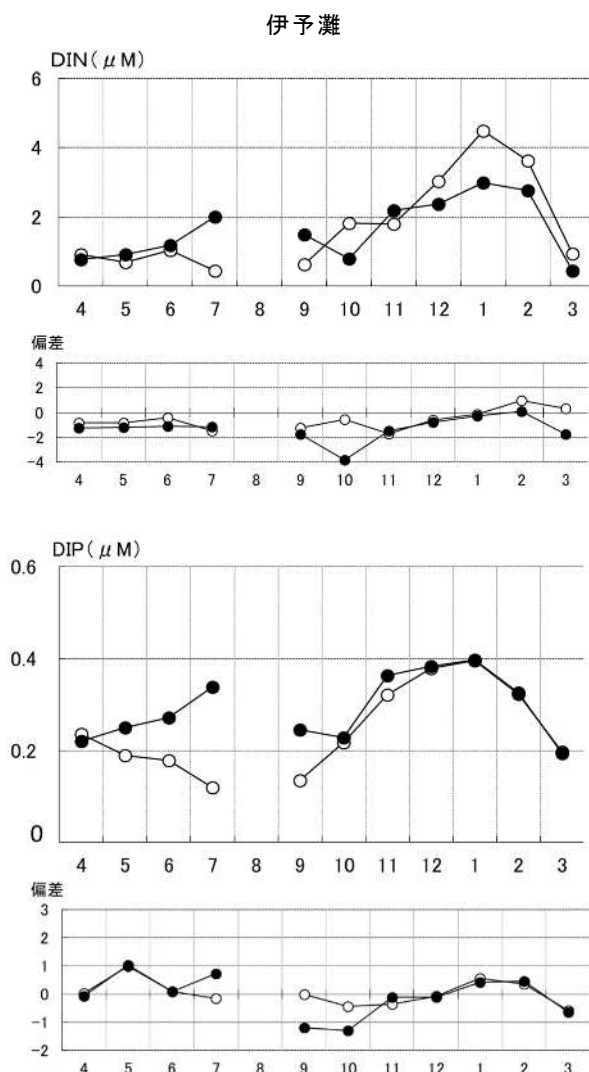
DIN及びPO₄-Pの測定結果は図7に示すとおりである。

伊予灘のDINは、表層は0.44~4.49 μM 、底層は0.46~3.00 μM で推移した。表層は、7月、11月及び3月が「かなり低め」、1月が「やや高め」、その他は「やや低め」~「平年並み」であった。底層は10月が「甚だ低め」、9月、11月及び3月は「かなり低め」、その他は「やや低め」~「平年並み」であった。

PO₄-Pは、表層は0.12~0.40 μM 、底層は0.19~0.40 μM で推移した。表層は、8月は「かなり低め」、その他は「やや高め」~「平年並み」であった。底層は、9月~10月及び3月は「やや低め」、その他は「やや高め」~「平年並み」であった。

別府湾のDINは、表層は0.09~4.37 μM で、底層は0.79~3.02 μM で推移した。表層は、6月は「甚だ高め」、4月及び1月は「かなり低め」、その他は「やや低め」~「平年並み」であった。底層は、5月、10月及び2月は「かなり低め」、6月は「やや高め」、その他は「やや低め」~「平年並み」であった。

PO₄-Pは、表層は0.11~0.47 μM 、底層は0.28~0.53 μM で推移した。表層は、4月は「甚だ高め」、6月は「かなり高め」、その他は「やや高め」~「平年並み」であった。底層は、すべての月で「平年並み」~「やや低め」であった。



○：表層 ●：底層

図7 2023年度のDIN及びPO₄-Pの推移 (左：伊予灘、右：別府湾)

DO及びCOD

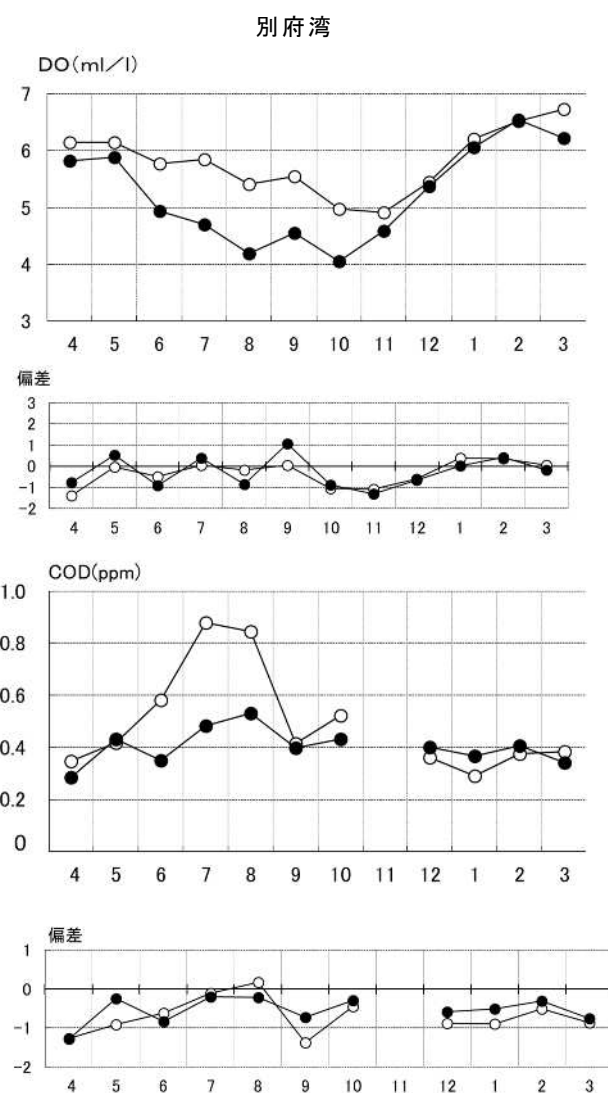
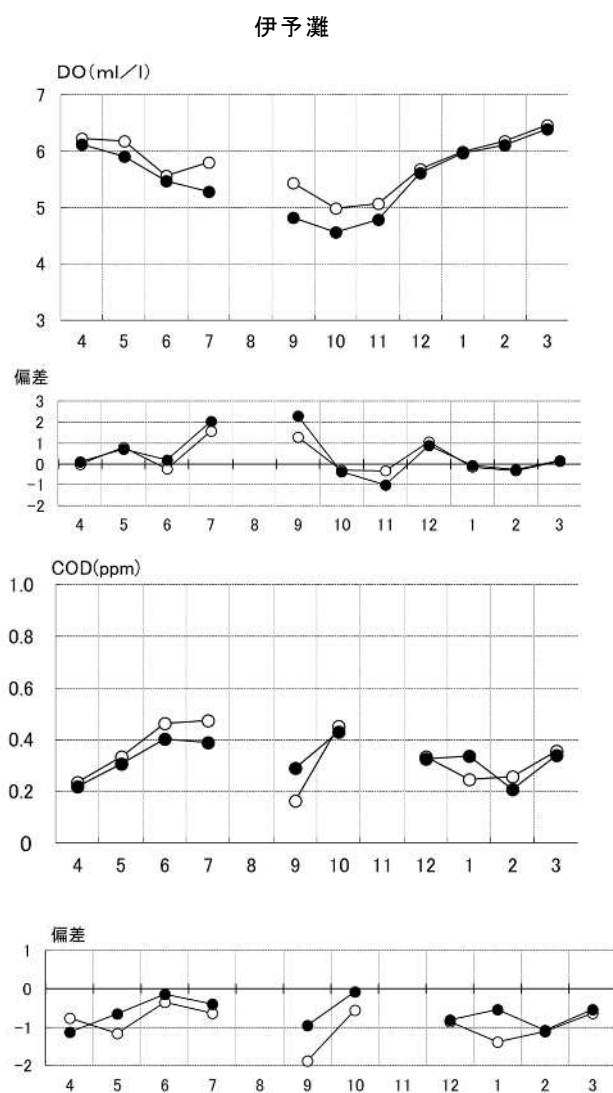
DO及びCODの測定結果は図8に示すとおりである。

伊予灘のDOは、表層が4.98～6.46 ml/L、底層が4.56～6.39 ml/Lであった。表層は、7月及び9月は「かなり高め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。底層は、7月及び9月は「甚だ高め」、11月は「やや低め」、その他は「やや高め」～「平年並み」であった。

CODは、表層が0.16 ppm～0.47 ppm、底層が0.21 ppm～0.43 ppmであった。表層は、9月及び1月は「かなり低め」、その他は「やや低め」～「平年並み」であった。底層は、すべての月で「やや低め」～「平年並み」であった。

別府湾のDOは、表層が4.91～6.73 ml/L、底層が4.06～6.54 ml/Lであった。表層は、4月は「かなり低め」、他は「やや低め」～「平年並み」であった。底層は、11月は「かなり低め」、9月は「やや高め」、その他は「やや低め」～「平年並み」であった。

CODは、表層が0.29 ppm～0.88 ppm、底層が0.29～0.53 ppmで推移した。表層は、9月は「かなり低め」、その他は「平年並み」～「やや低め」であった。底層は、すべての月で「やや低め」～「平年並み」であった。



○：表層 ●：底層

図8 2023年度のDO及び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9に示すとおりである。

2023年度における旬別平均水温は、8月下旬の26.8℃が最高値で、2月上旬の14.7℃が最低値であり、4月9月、11月及び1月～3月は高め傾向であった。他は、概ね平年並みであった。

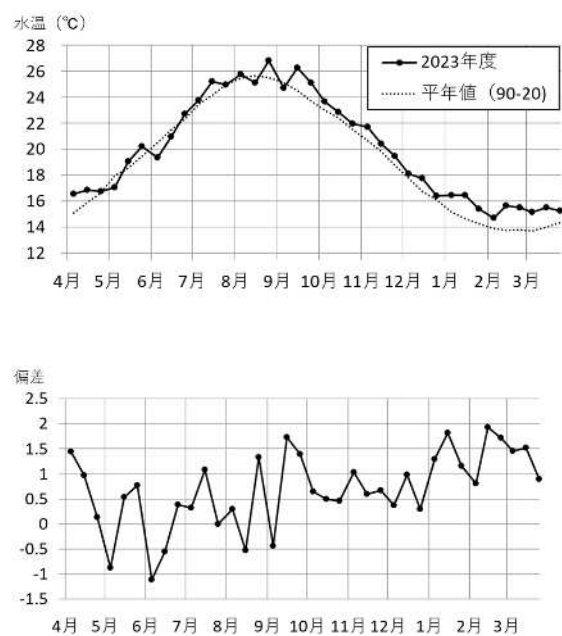


図9 2023年度の佐伯湾定点における表層水温(旬平均値)の推移

漁場環境保全事業（赤潮）

野田 誠・毛利文香

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、主な被害として*Coccolodinium polykrikoides* 赤潮（2000年熊本県35億円）、*Chattonella spp.* 赤潮（2009年鹿児島県20億円、熊本県8.7億円、長崎県4.3億円、2010年鹿児島県36.8億円、熊本県16億円、長崎県1.6億円）、*Karenia mikimotoi* 赤潮（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、被害拡大が危惧される。漁業被害防止には、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より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及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）、6～9月の期間に調査を行った。ただし、調査期間外においても有害プランクトンが確認されたときには、適宜、調査を行った。各調査は岸壁または海上から実施し、岸壁からはリゴ－B号採水器を用いて表層の採水及び水温の測定を行った。海上ではCTD（JFEアドバンテック社製AAQ-RINKO）を用いて水温、塩分、クロロフィル蛍光値の各値を表層から海底まで水深10 cm毎に測定し、採水はバケ

ツによる表層採水及び採水器（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）で行った。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・計数を行った。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、底層の採水も行い、栄養塩（DIN、PO4-P）の試料とした。

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、2023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）による水温、塩分、クロロフィル蛍光値の鉛直分布の測定及び表層の採水を行った。CTD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。採水した海水はクーラボックスに入れ室温で保管した後、翌日に光学顕微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数を行った。

3. 指導事業

例年大きな被害を出しているカレニア赤潮シーズン前に、佐賀関以南の振興局、市町村、漁協、養殖業者を対象に赤潮担当者会議を開催し、最近の赤潮発生状況や被害についての説明を行った。また、漁業者から赤潮講習会の要望があった場合には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、周知徹底を図った。）

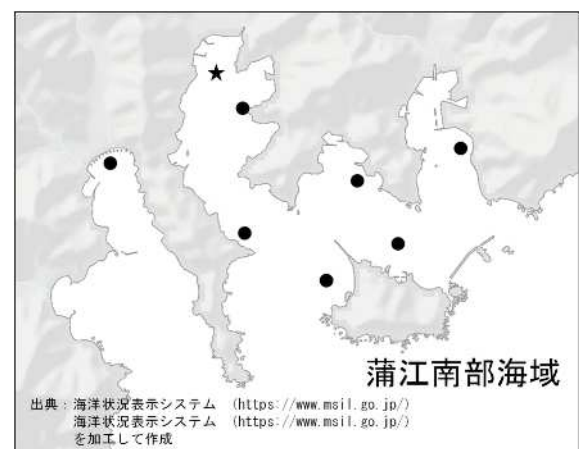
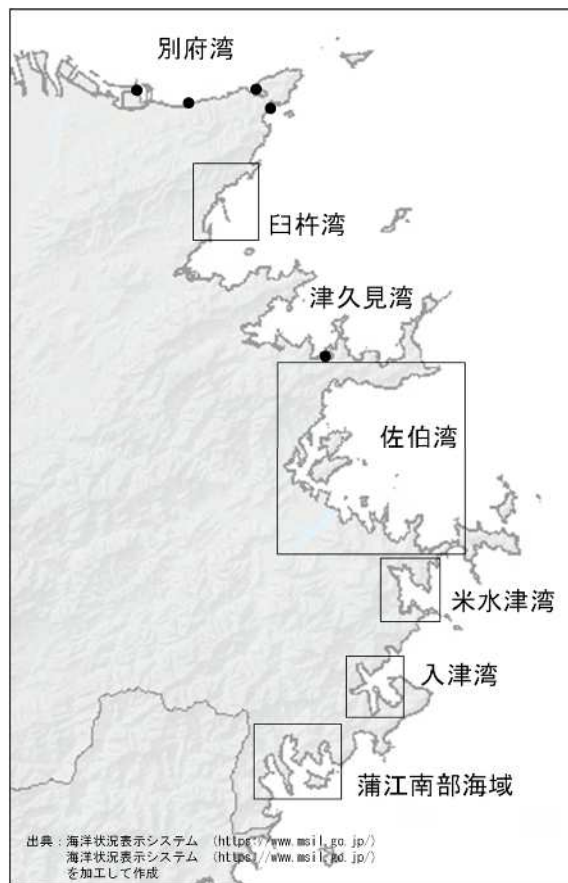


図1 漁場監視モニタリング定点

(●：通常調査点、★：精密調査点)

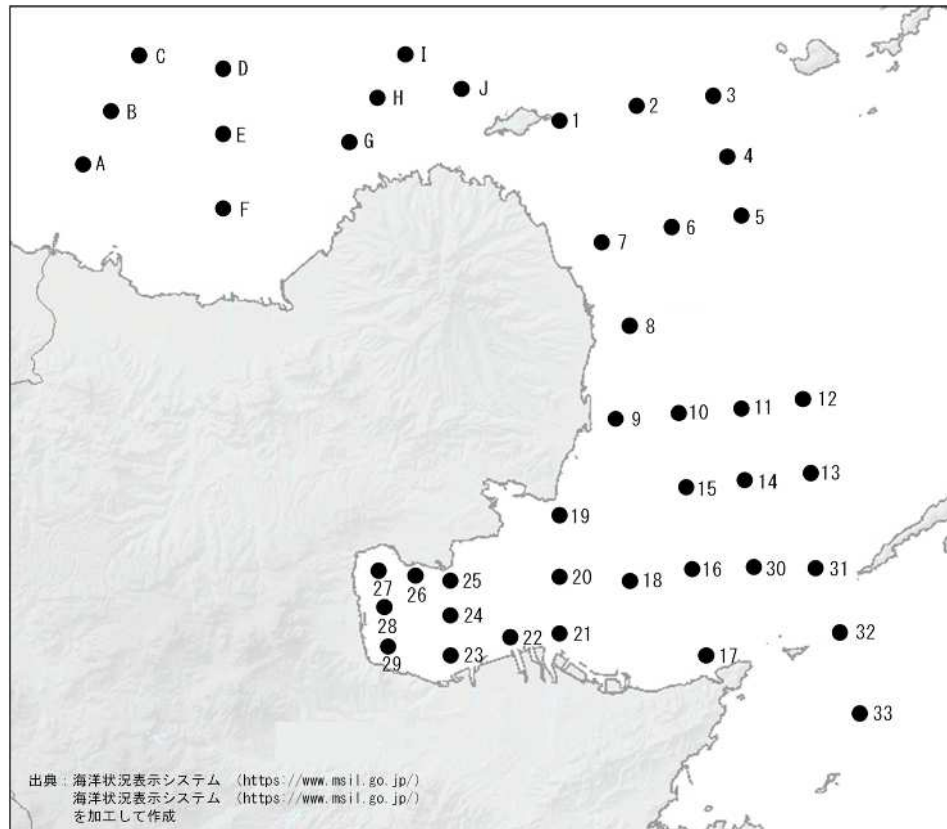


図2 広域赤潮監視調査定点

事業の結果

1. 現場監視モニタリング調査

1) 気象

概要（気象月報より一部改変）

6月は、高気圧に覆われて晴れる日もあったが、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、大雨となった日もあった。気温は平年より高いか平年並み、降水量は平年より多いか、平年並み、日照時間は平年より少ないか、平年並みであった。九州北部地方は、5月29日ごろに梅雨入り、7月25日ごろに梅雨明けしたと見られ、平年よりも2週間程度梅雨の期間が長かった。7月の天気は、上旬と中旬は梅雨前線、気圧の谷や湿った空気の影響で曇りや雨の日が多かったが、下旬は高気圧に覆われて晴れる日が多かった。気温は、平年より高いか、平年並み、降水量は北部、西部で平年より多いか、かなり多い点が多く、中部は平年並みの地点が多かった。日照時間は平年並みだった。8月の天気は、上旬は台風第6号の影響

で大雨となる日があり、10日は大分県南部に線状降水帯が発生した。中旬以降は湿った空気や日射などの影響で曇りや雷雨となる日もあったが、高気圧に覆われて晴れる日が多かった。気温は平年より高いか、平年並み、降水量は平年より多いまたはかなり多いか平年並み、日照時間は平年より少ないか平年並みだった。

9月の天気は、前線や気圧の谷、湿った空気や日射などの影響で曇りや雷雨となる日もあったが、高気圧に覆われて晴れる日が多かった。気温は平年よりかなり高かった。降水量は平年より少ないか、かなり少なく、日照時間は平年より多いか平年並みであった。

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、日照時間の推移及び平年偏差は図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、特に9月は平年よりも2.1℃も高かった。降水量は8月に平年の2倍以上の降雨があった他は、平年より少なく推移した。

日照時間は8月は平年の78%と平年より少なく、9月は平年の120%と平年より多かった他は、概ね平年並みであった。

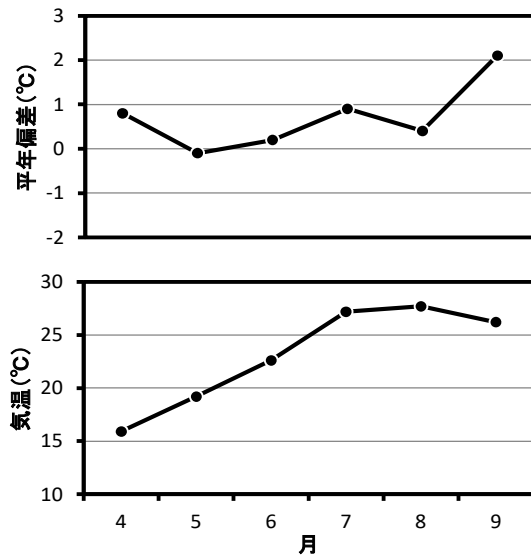


図3 月平均気温の推移と年平均偏差（上段：年平均偏差、下段：月平均気温 アメダス 佐伯）

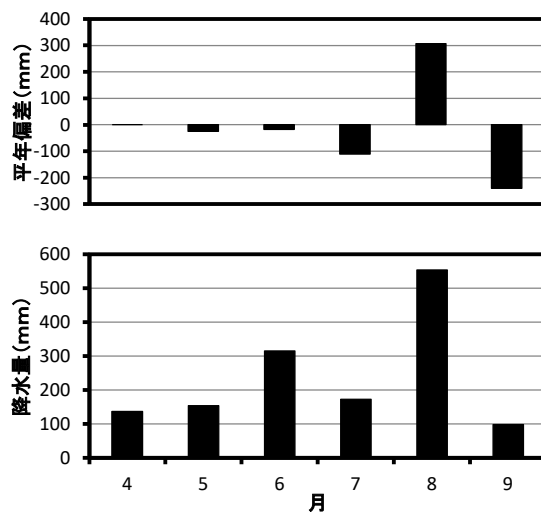


図4 月降水量の推移と年平均偏差（上段：年平均偏差、下段：月降水量 アメダス 佐伯）

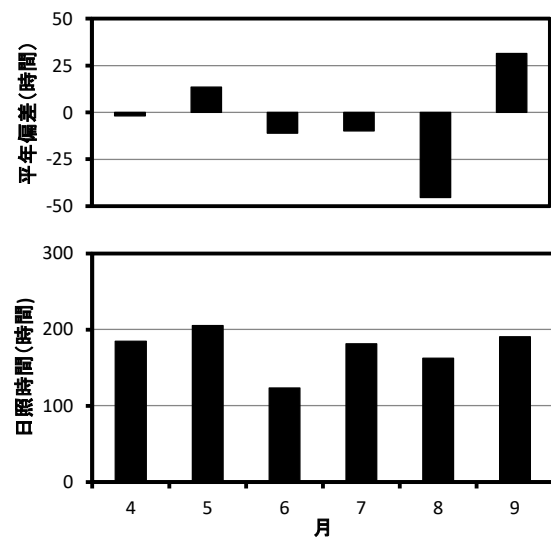


図5 月日照時間の推移と年平均偏差（上段：年平均偏差、下段：月平均日照時間 アメダス 佐伯）

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 18.5～25.0℃、佐伯湾 18.8～25.4℃、入津湾 21.6～25.8℃、蒲江南部海域 19.9～26.7℃で推移した。塩分は臼杵湾 32.34～33.58、佐伯湾 31.93～33.71、入津湾 31.75～33.58、蒲江南部海域 31.89～33.63で推移した。DINは臼杵湾 0.58～1.60 μM 、佐伯湾 0.41～3.80 μM 、入津湾 0.04～2.00 μM 、蒲江南部海域 0.03～3.80 μM で推移した。PO4-Pは臼杵湾 0.18～0.26 μM 、佐伯湾 0.06～0.36 μM 、入津湾 0.12～0.53 μM 、蒲江南部海域 0.01～0.39 μM で推移した。

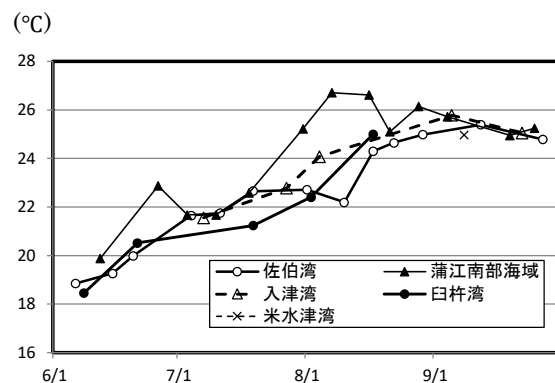


図6 豊後水道各湾の5m層水温の推移

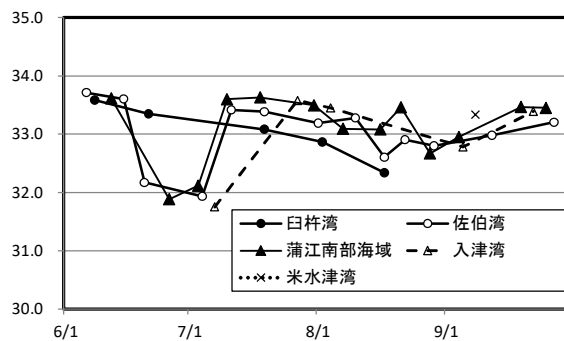


図7 豊後水道各湾の5 m層塩分の推移

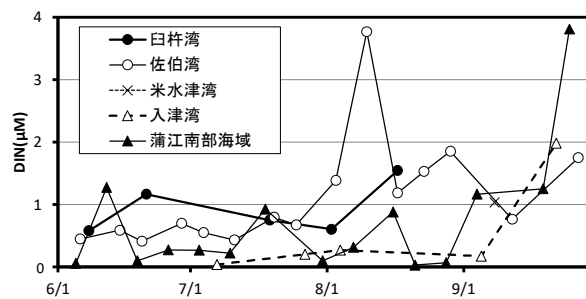


図8 豊後水道各湾の5 m層DINの推移

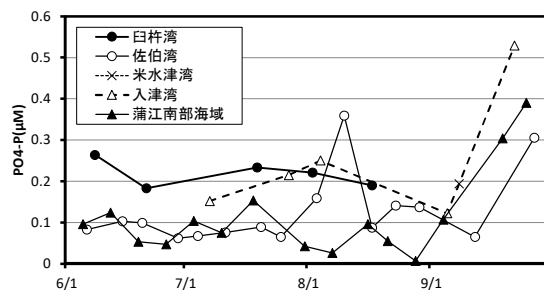


図9 豊後水道各湾の5 m層P04-Pの推移

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 2023年度豊後水道西岸域および別府湾における赤潮発生状況

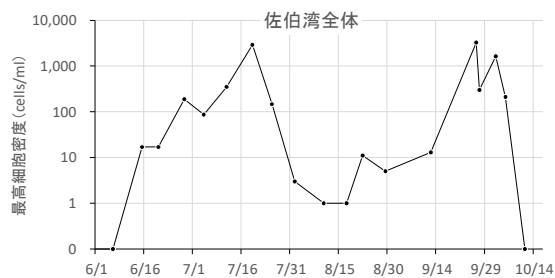
整理番号	発 生 期 間				発 生 域	赤 潮 構 成 プ ラ ン ク ト ン		漁業被害 の有無	最高細胞数 (cells/ml)
	発生日	～	終息日	日 数		属	種		
1	4月20日	～	5月2日	(13日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	無	56
2	6月27日	～	7月25日	(29日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	66,000
3	6月30日	～	8月4日	(36日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Heterosigma</i>	<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

例年、*K. mikimotoi*は豊後水道沿岸の各湾中層で増殖し赤潮（地場発生型赤潮）を形成させ、その後赤潮高密度水塊が拡大することで大きな漁業被害を発生させる。先行研究によって本種の赤潮は、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。

今年度の佐伯湾では本種の遊泳細胞は例年なみの6月15日に初認された。その後増殖が確認され7月19日には鶴見地区松浦港奥で2,900 cells/ml、大入島西側片神沖で2,900 cells/mlが観測されたが、その後高密度域が拡大することなく一時的に終息した。9月中旬以降に再び本種の増殖が確認され、9月26日には大入島西側の彦島周辺で最高細胞密度3,275 cells/mlが検出された。その後は速やかに終息し10月11日以降は検出限界以下となった（図10）。2023年夏季の佐伯湾における*K. mikimotoi*は一時的な増殖が確認されたが、1,000 cells/mlを超える高密度域は局所的であることから、小規模な赤潮発生であった。この要因とし

て、本種の増殖期である6月中旬～7月の降水量が少なかったことに加え（図11）、同時期に競合種（小型渦鞭毛藻）が優占することによって本種が増殖しにくい環境であったと推測された。9月中旬以降の再増殖の要因については、通常のモニタリング調査期間（6月～8月）外に発生したため、明確な要因は不明であるが、風による吹き寄せによる集積や、8月下旬以降、平年より高い水温が継続し、*K. mikimotoi*の増殖に適した環境が形成されたことが要因の一つと考えられる。

図10 佐伯湾における*K. mikimotoi*の細胞密度の推移

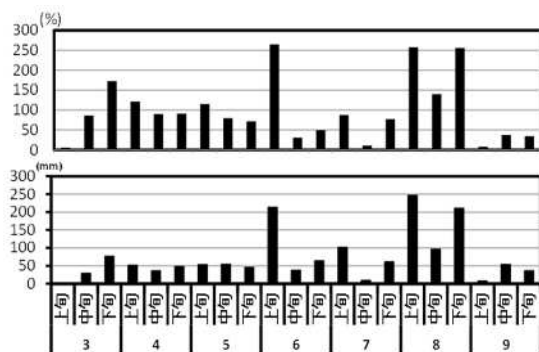


図11 アメダス（佐伯市佐伯）による降水量の
年偏差（上）と推移（下）

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333 cells/ml（8月7日 三つ子養殖場）、*H. akashiwo*は25 cells/ml（6月21日 下の江）、*Chattonella spp*は224 cells/ml（7月26日 古宮）、*C. polykrikoides*は126 cells/ml（8月10日 一尺屋）であった。

津久見湾：*K. mikimotoi*は5 cells/ml（8月2日 日代）、*Chattonella spp*は1 cells/ml（7月19日 日代）、*C. polykrikoides*は5 cells/ml（8月2日 日代）であり、*H. akashiwo*は確認されなかった。

佐伯湾：*K. mikimotoi*は3,275 cells/ml（9月26日 彦島 北東）、*H. akashiwo*は100 cells/ml（6月6日 鶴見ポンツーン）、*Chattonella spp*は40 cells/ml（8月1日 沖松浦）、*C. polykrikoides*は26 cells/ml（8月10日 水試前）であった。

入津湾：*K. mikimotoi*は6,075 cells/ml（9月13日 久保浦）、*H. akashiwo*は48,500 cells/ml（7月12日 畑野浦）、*Chattonella spp*は11 cells/ml（8月7日 洲の本）、*C. polykrikoides*は8 cells/ml（8月4日 入津湾中央）であった。

蒲江南部海域：*K. mikimotoi*は80 cells/ml（7月24日 丸市尾）、*H. akashiwo*は21,000 cells/ml（6月26日 弁天島）、*C. polykrikoides*は25 cells/ml（4月24日 越田尾）、*Chattonella spp*は2 cells/ml（7月31日 みごの浦他）であった。

2. 広域赤潮監視調査

2023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）：*K. mikimotoi*は検出限界未満～1 cells/ml確認されたが、*Chattonella spp*、*H. a*

*kashiwo*及び*C. polykrikoides*は検出限界未満であった。

6月（6月1～6日）：*K. mikimotoi*は検出限界未満～3 cells/ml確認されたが、*Chattonella spp*、*H. akashiwo*及び*C. polykrikoides*は検出限界未満であった。

7月（7月3～6日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～8 cells/ml、*K. mikimotoi*は検出限界未満～1 cells/ml、*H. akashiwo*は検出限界未満～2,525 cells/ml、*C. polykrikoides*は検出限界未満～4 cells/ml確認された。

8月（8月3～4日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～1 cells/ml、*K. mikimotoi*は検出限界未満～16 cells/ml、*C. polykrikoides*は検出限界未満～46 cells/ml確認されたが、*H. akashiwo*は検出限界未満であった。

3. 指導事業

1) 赤潮担当者会議

開催日：2023年5月30日

開催場所：水産研究部 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：2023年6月22日

出席者：漁業者、漁協

講師：野田誠

大分県漁業学校

漁場環境調査・赤潮診断技術

開催日：2023年7月6日

出席者：漁業者

講師：野田 誠

開催日：2023年7月19日

出席者：漁業者

講師：毛利文香

3) 赤潮情報・緊急赤潮情報の発行回数

・赤潮情報：6回

・緊急赤潮情報：12回

・マクロ版緊急赤潮情報：1回

漁場環境保全事業（貝毒）

毛利文香・野田 誠

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）、佐伯湾に計4点（図2）の調査点を設け、2023年4月から2024年3月の期間に、蒲江南部海域は毎月4～5回、佐伯湾は毎月2回の貝毒原因プランクトン調査を行った。

調査内容は、小蒲江湾、猪串湾及び佐伯湾は採水、環境測定及び二枚貝の採取を行い、蒲江湾及び名護屋湾は採水のみを行った。各調査点の採水層は表層及び蛍光クロロフィル極大層（極大層が検出されないときは水深2 mとした）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、水深2 m、水深5 m、水深10 m及び底上1 mの各層とした。環境測定は多項目水質計（AAQ-RINKO® JFEアドバンテック社製）を使用して水深0.5 m層～海底まで0.1 m毎に水温、塩分等の鉛直測定を行った。二枚貝について、猪串湾では森崎の天然ムラサキイガイ、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、二枚貝の種類及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、1Lから10 mlへ100倍濃縮し、貝毒原因プランクトンの試料とした。なお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。

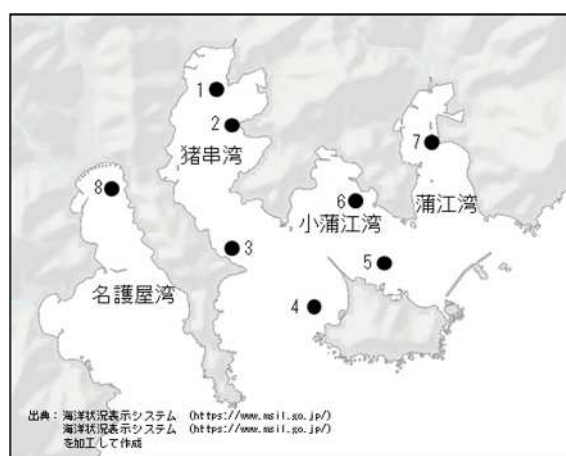


図1 調査点（蒲江南部海域）

（1 森崎、2 猪串、3 鶉の糞、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※～16,004 cells/L（※N.Dは検出限界以下を示す。検出限界以下は4 cells/L未満を示す。）、猪串はN.D～1,010 cells/L、鵜の糞はN.D～80 cells/L、赤バエと屋形島、小蒲江はN.Dであった。猪串湾では、5月中旬～7月上旬、12月中旬に、警戒密度（100 cells/L）を超える細胞が確認されたが、小蒲江湾では、警戒密度を超える細胞は確認されなかった（図3）。森崎における本種の出現時期を平年（2011～2022年度）と旬別に比較すると、6月上旬と12月中旬に平年を上回った以外は平年より少なく推移した。

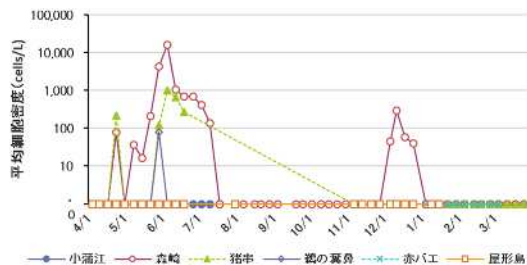


図3 猪串湾、小蒲江湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

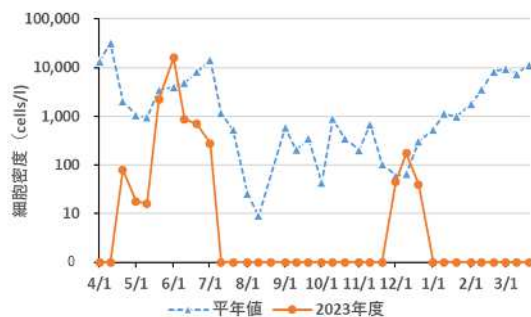
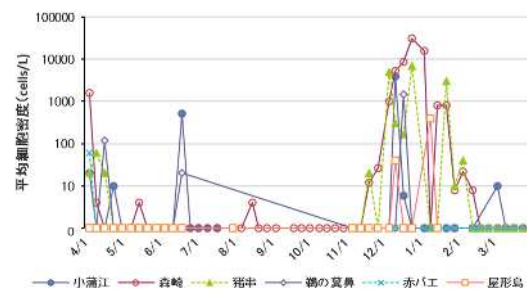


図4 猪串湾森崎における平年値及び2023年度の*G. catenatum*細胞密度（5層平均）推移

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～30,800 cells/L（※N.Dは検出限界以下を示す。検出限界以下は4 cells/L未満を示す。）、猪串はN.D～7,000 cells/L、鵜の糞はN.D～1,500 cells/L、小蒲江はN.D～4,000 cells/Lで推移し、屋形島はN.D～400 cells/L、赤バエはN.D～60 cells/Lで推移した。猪串湾では、4月上旬、12月上旬～1月下旬に警戒密度（1,000 cells/L）を超える細胞が確認さ

れた。

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～4,024 cells/L（※N.Dは検出限界以下を示す。検出限界以下は2 cells/L未満を示す。）、猪串はN.D～2,000 cells/L、鵜の糞はN.D～50 cells/L、赤バエはN.D～30 cells/L、屋形島はN.D～1,000 cells/L、小蒲江はN.D～1,110 cells/Lで推移した。

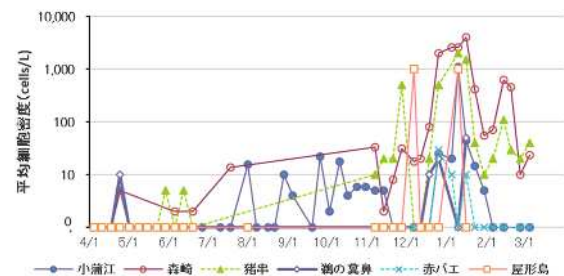


図6 猪串湾、小蒲江湾における*Dinophysis* spp.細胞密度の推移

1) 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～80 cells/Lで推移し、名護屋湾はN.Dであった。両海域とも警戒密度（1,000 cells/L）を超える細胞は確認されなかった。

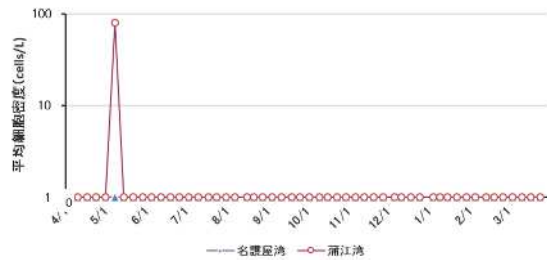


図7 蒲江湾、名護屋湾における *G. catenatum* 細胞密度の推移

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、名護屋湾はN.D～400 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されなかった。

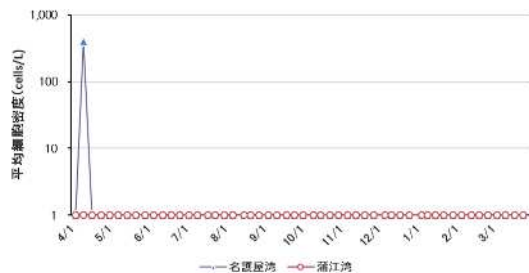


図8 蒲江湾、名護屋湾における *A. pacificum* 細胞密度の推移

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～20 cells/L、名護屋湾はN.D～230 cells/Lで推移した（図9）。



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～740 cells/L、鶴見ポンツーンはN.D～4,000 cells/L、霞ヶ浦はN.D～2,070 cells/L、で推移し、有明漁港では確認されなかった。片神では、11月下旬、1月上旬～下旬及び3月上旬、鶴見ポンツーンでは、5月下旬、8月下旬及び2月上旬、霞ヶ浦では、8月下旬、11月上旬及び1月上旬～3月上旬に警戒密度（100 cells/L）を超える細胞が確認された。

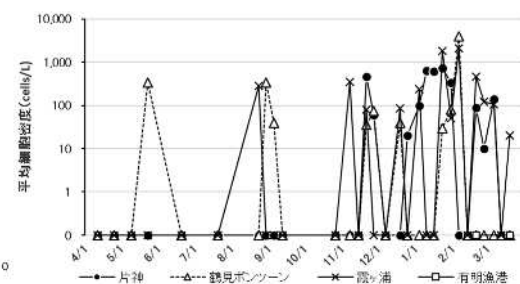


図10 佐伯湾における *G. catenatum* 細胞密度の推移

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～6,105 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～334 cells/L、霞ヶ浦はN.D～3,500 cells/Lで推移し、有明漁港では確認されなかった。片神では、12月中旬、霞ヶ浦では6月下旬及び12月中旬に警戒密度（1,000 cells/L）を超える細胞が確認された。鶴見ポンツーンでは、警戒密度（1,000 cells/L）を超える細胞は確認されなかった。

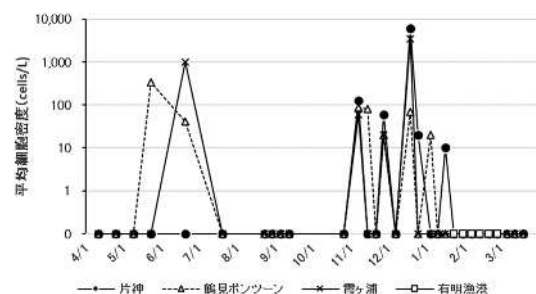


図11 佐伯湾における *A. pacificum* 細胞密度の推移

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～155 cells/L

11s/L、鶴見ボンツーンはN.D～500 cells/L、霞ヶ浦はN.D～510 cells/Lで推移し、有明漁港はN.Dであった。

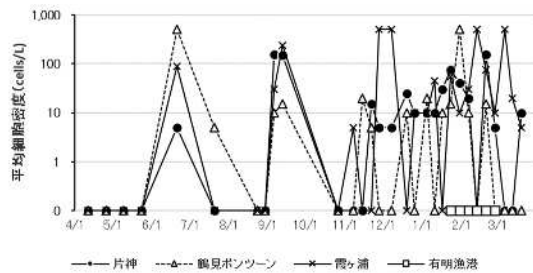


図12 佐伯湾における*Dinophysis spp*細胞密度の推移

2. 環境

1) 水温

森崎における各層水温の推移及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2m、5m、10m、底上1mの各層の鉛直平均値を月平均して用いた。平年値は2000年1月～2023年3月の期間の値を使用した。

2023年度における各層水温は、0.5 m層が16.1℃～28.4℃、2 m層が16.5℃～27.1℃、5 m層が16.4℃～26.7℃、10 m層が16.2℃～25.5℃、底上1 m層が16.2℃～24.8℃で推移した。最高水温については、0.5 m層は8月下旬、5 m層は8月上旬、2 m層、10 m層及び底上1 m層は8月中旬に認められた。一方、最低水温については、5m 層は2月上旬、その他の全ての層で3月上旬に観測された。成層は5月上旬から9月中旬まで認められた。月平均水温について、4月下旬～6月中旬及び10月は概ね平年より低めで推移し、7月中旬～9月上旬及び1月上旬～3月下旬は概ね平年より高めで推移した。

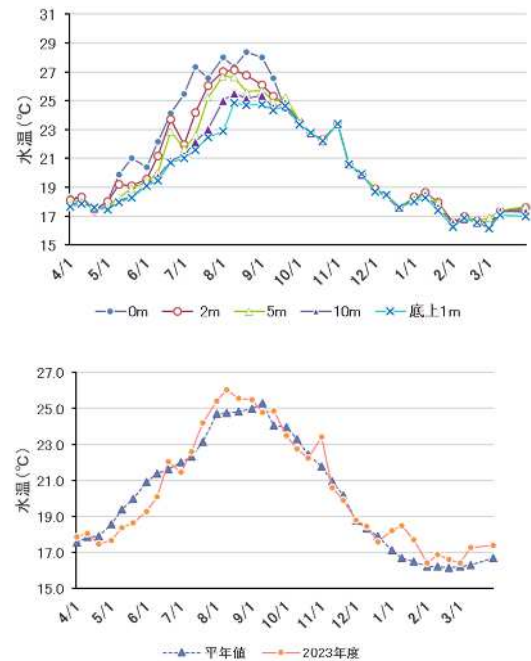


図13 2023年度における森崎各層水温の推移（上段）と平年値との比較（下段）

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14.8℃～26.1℃、鶴見ボンツーンは14.3℃～25.9℃、霞ヶ浦は14.7℃～27.4℃で推移した。

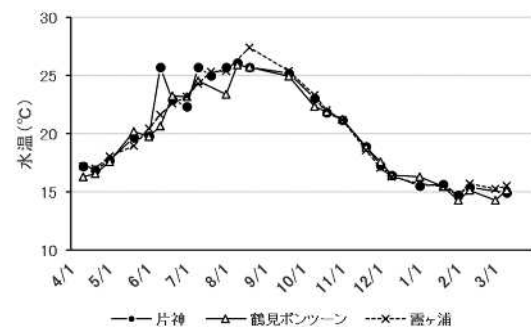


図14 2023年度における佐伯湾の各地点における鉛直平均水温の推移

2) 塩分

森崎における各層塩分の推移及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～2023年3月の期間の値を使用した。各層塩分は、0.5 m層が29.52～34.62、2 m層が31.90～34.64、5 m層が31.89～34.62、10 m層が32.10～34.63、底上1 m層が32.16～34.62で推移した。最高塩分については、0 m層、5 m層及び底上1 m層は1月中旬、

2 m層、10 m層は1月下旬に観測された。一方、最低塩分については、0.5 m層は7月上旬、その他の全ての層は6月下旬に観測された。

月平均塩分について、7月中旬及び10月下旬～12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。

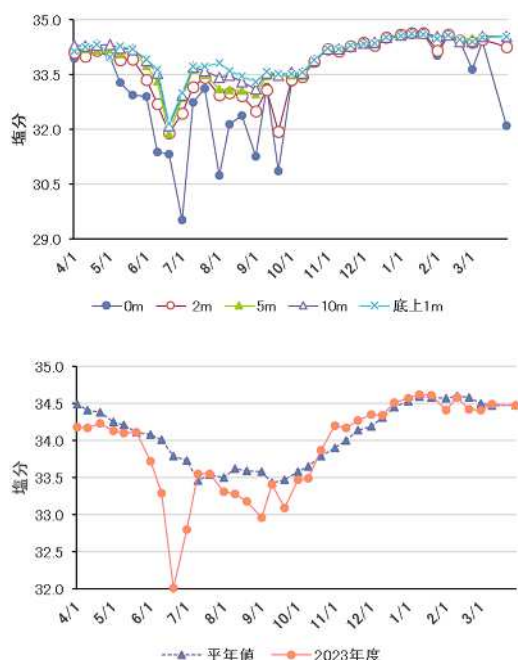


図15 2023年度における森崎各層塩分の推移（上段）と平年値との比較（下段）

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30.29～34.41、鶴見ポンツーンは29.16～34.40、霞ヶ浦は25.89～34.43で推移した。

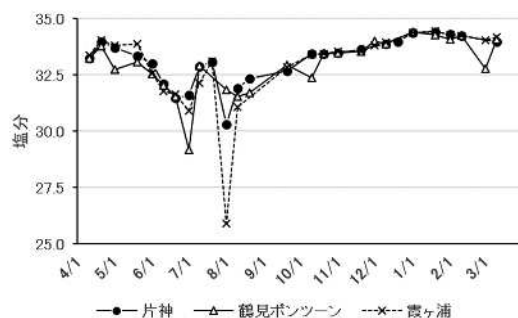


図16 2023年度における佐伯湾の各地点における鉛直平均塩分の推移

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*～514.7 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。）。2023年3月から発生していた*A. pacificum*の影響によって、4月4日には103.4 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11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1月上旬には最高514.7 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。

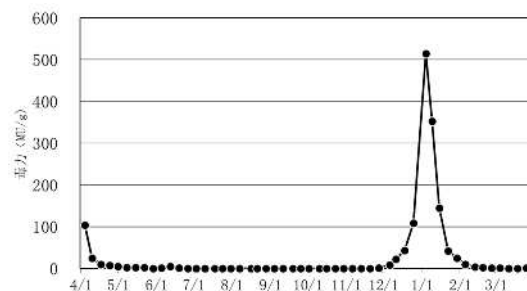


図17 森崎における天然ムラサキガイ毒力の推移

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～40.4 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、2023年3月に発生した*A. pacificum*の増殖に伴い、毒力が上昇し、4月4日には40.4 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11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、1月4日には、小蒲江で5.9 MU/g、赤バエで2.7 MU/gとなった。

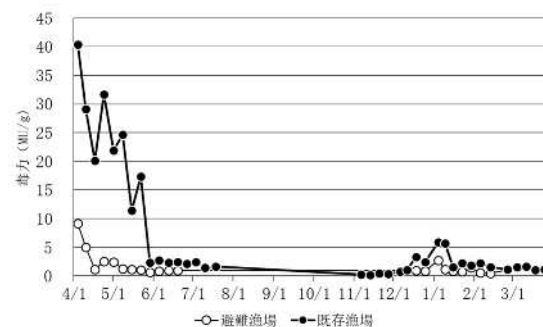


図18 小蒲江及び赤バエにおける養殖ヒオウギガイの毒力の推移

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～3.8 MU/g、鶴見ボンツーンではN.D～0.8 MU/g、有明漁港では、N.D～0.3 MU/gで推移した。11月から大入島周辺及び鶴見ボンツーン周辺で増加した*G.catenatum*と*A.pacificum*の影響によって、毒力が増加し、1月には*A.pacificum*は衰退したが、その後も*G.catenatum*は増殖し続け、このため毒力についても、片神は1月23日に3.8 MU/gまで増加した。その後、2月6日に鶴見ボンツーンは0.8 MU/g、有明漁港は0.3 MU/gまで増加した。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ボ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

野田 誠・毛利文香

事業の目的

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

事業の方法

1. 赤潮カメラを用いた赤潮監視

1) 水色測定条件の検討

外部の環境に左右されずに水色を撮影するため、黒色の活魚タンクの蓋の部分にカメラレンズが設置できる大きさに切り取り、内部を監視できるように赤潮カメラ（株式会社 西村商会製）を取り付けた（図 1）。活魚タンク内には、白色の亚克力板を用いて作成した 12.5 cm 角、高さ 33cm の細長い撮影用容器を設置するとともに（図 1）、その四方に白色の LED ライトを 4 つ設置した（図 1）。また、赤潮カメラが適切に水色の映像を取得できるかを確認するため、食紅を用いて赤・青・緑・黄色等各種の色で海水を着色させ、画像を取得した。取得した画像は、底面部分を解析範囲とし、Image J を用いて RGB 値を取得した。解析にあたっては、得られた RGB 値を合計し、R、G、B それぞれの値を合計値で除した値を用いた。

2) 定点調査

入津湾内に 8 点を設置し（図 2）、10 月 4 日、11 月 2 日、12 月 12 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、表層及び 水深 5m 層又はクロロフィル蛍光値の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。

3) 陸上養殖場における現場検証

令和 5 年 10 月 18 日から令和 5 年 12 月 14 日にかけて、佐伯市蒲江西野浦の陸上養殖施設に作成した赤潮カメラ装置を設置し、実際に赤潮カメラで現場の赤潮の確認が可能か検証を行なった（図 3）。

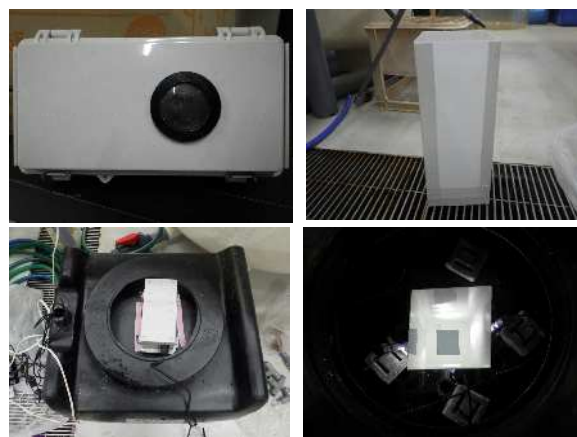


図 1 水色測定条件の検討

（左上：赤潮カメラ 右上：撮影用容器
左下：全景 右下：活魚タンク内の状況）

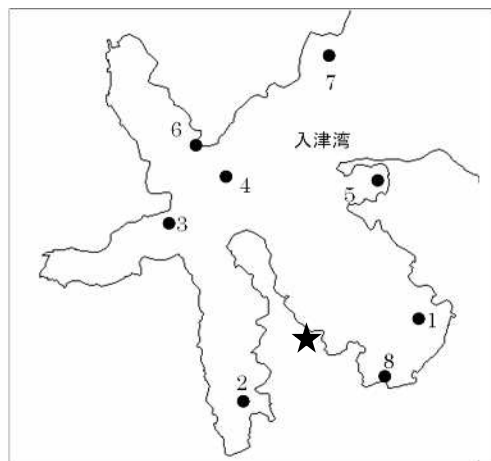


図 2 調査位置図

●：定点調査地点、★：赤潮カメラ設置地点



図 3 陸上養殖場への設置状況

事業の結果

1) 水色測定条件の検討

水色測定条件の試験結果は図 4 に示したとおりである。プランクトンの含まれていないろ過海水の場合、R、G、B 値はそれぞれおよそ 33% ずつであったが、赤、青、緑で着色した場合は、それぞれ 9 割以上の R 値、B 値、G 値を示した。また、黄色に着色した場合は R 値、G 値が概ね 50% ずつとなり、B 値はほとんど確認されなかった。また、天然の赤潮の色に近いと考えられる茶色に着色した場合は、R 値は 32%、G 値は 27%、B 値は 41% であった。

2) 定点調査

赤潮プランクトン発生状況

10 月から 12 月の期間、赤潮は確認されなかった。また、赤潮カメラ設置地点に最も近い st.8 の各水質項目は以下のとおりであった。

溶存酸素：0.5 m 層 5.2－6.8 mg/L、5m 層 4.5－6.3 mg/L、10 m 層 3.6－6.2 mg/L で推移した。

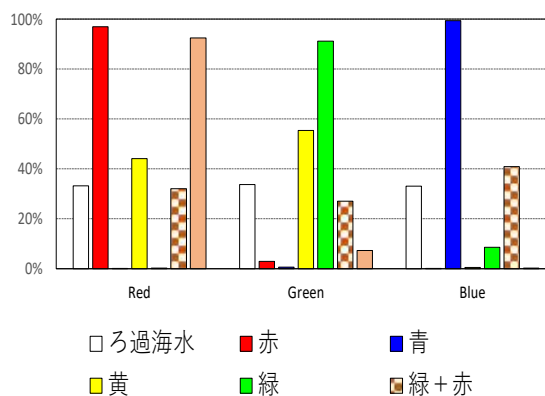


図 4 水色測定条件の検討（上：食紅による着色状況、下：解析結果）

3) メソディニウム・ルブラン赤潮等による検証

令和 5 年 8 月 31 日に佐伯市上浦地先において、メソディニウム・ルブランによる赤潮（最高細胞密度 18,250 cells/ml）が確認されたことから、赤潮海水を採取し赤潮カメラによる撮影を行った（図 5）。現場赤潮の投入前はろ過海水を注水していたが、15:00 にろ過海水の注水を止め、現場で採取した赤潮海水を投入した。投入後は R 値が大きく上昇し、G、B 値は低下した。その後時間の経過とともに R、G 値は低下し、B 値は増加した。

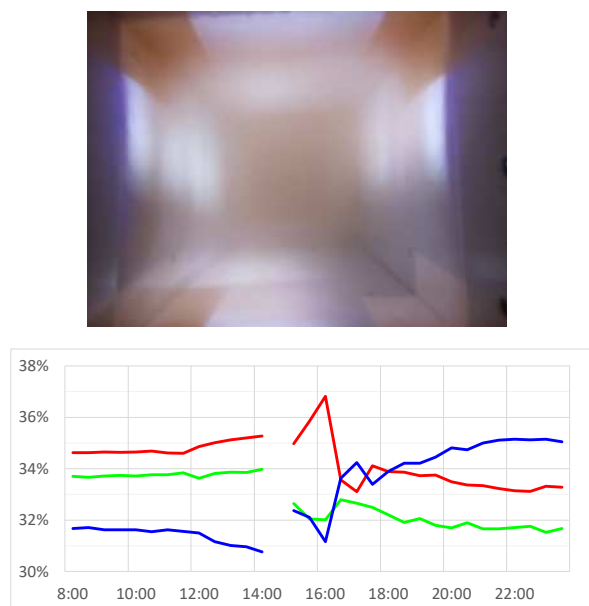


図5 メソディニウム・ルブラン赤潮による
水色測定結果

(上：赤潮カメラに画像、下：RGB 解析結

果、

4) 陸上養殖場における現場検証

陸上養殖施設に設置した赤潮カメラの画像とRGB値の推移は図6に示したとおりである。赤潮カメラの設置期間、赤潮は発生せず、水色の変化も確認されなかったものの、時間の経過とともに白色の四角柱の亚克力板に大量の付着物が発生し、その影響でRGB値が変化した。10月27日に清掃、11月11日にシリコン製の付着防止剤の塗布、11月30日に清掃を実施したが、清掃後は一時的にRGB値が回復するものの、その後速やかに付着物の発生に伴ってR、G値は上昇し、B値は減少した。

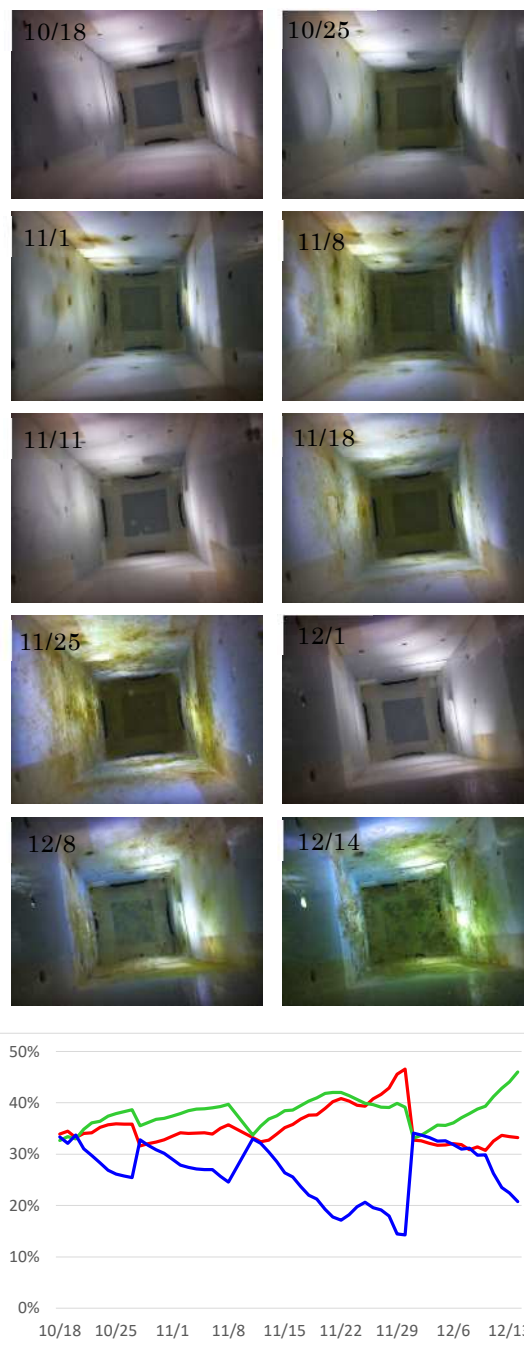


図6 陸上養殖場による現場検証結果
(上：赤潮カメラ画像、下：RGB 解析結果)

今後の課題

本事業により、赤潮カメラ及び白色の四角柱容器等を用いて水色を撮影するシステムを構築し、安価に現場海水の状況把握が可能となった。一方、実際の陸上養殖場において天然の赤潮海水を吸い込んだ場合の検証をできなかったため、実装化にあたっては、更なる検証が必要である。特に本技術を現場で応用するには、効率的な容器の交換方法や付着物除去技術の開発が急務である。さらに、漁業者の負担軽減のためには、赤潮カメラによって水色の変化が確認された際に、アラートメール等を発出させることや、将来的には電磁弁等を用いて、リモートで注水の停止や酸素の注入を行えるシステムの導入なども必要と考えられる。

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

野田 誠・斉藤義昭・毛利文香

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余儀なくされている。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。現在、当研究部では、二枚貝貝毒検査の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しているが、本手法のみでは、今後増加する養殖マガキ検体への対応は困難であり、より効率的なスクリーニング手法の導入が不可欠である。

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（日水製薬株式会社 MT テストイムノクロマト-PSP「ニッスイ」、以下「キット」という）を検証し、現行のスクリーニング手法に導入することで、より効率的な貝毒検査体制を確立するものである。

事業の方法

1. 検出限界値の推定

濃度既知のサンプルは、豊後水道域で採取したヒオウギガイ及びムラサキイガイの公定法検査で毒が検出された検体を 0.25 MU/g、0.5 MU/g 及び 1MU/g 相当となるよう適宜希釈し、毒力調整サンプルとした。なお、希釈には ELISA 法で毒が検出されなかったサンプル（以下「無毒サンプル」という）を用いた。また、毒力調整サンプルは、本県で発生する主な貝毒原因プランクトンである *G.catenatum* と *A.pacificum* について作

成した。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4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、貝毒成分が検出されるとバンドが出現しない。

2. 現場サンプルでの検証

県内で採取したアサリ(n=2)、マガキ(n=19)、ムラサキイガイ(n=16)及びヒオウギガイ(n=13)について、キットによる毒の判定を行い、ELISA 法の結果と比較した。さらに、養殖マガキサンプルについては、国立研究開発法人水産研究・教育機構において、LS/MS/MS 法による分析を実施し、毒の組成を確認するとともに、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

1. 検出限界値の推定

ヒオウギガイ及びムラサキイガイの無毒サンプルでは、濃いバンドが検出され、T/C 値の平均は、ヒオウギガイは 0.37、ムラサキイガイは 0.36 であった。一方、0.25 MU/g 相当の毒力を有するヒオウギガイでは、無毒サンプルに比べ、薄いバンドしか形成されず、T/C 値の平均は *A.pacificum* が原因種の場合は 0.19、*G.catenatum* が原因種の場合は、0.12 であった。また、0.25MU/g 相当の毒力を有するムラサキイガイでも同様に無毒サンプルに比べ薄いバンドしか形成されず、T/C 値の平均は *A.pacificum* が原因種の場合は 0.12、*G.catenatum* が原因種の場合は、0.15 であった。

以上の結果により検出限界値は、貝やプランクトンの種類によらず 0.25 MU/g 未満であることが明らか

となったため、検出限界値を 0.25MU/g と設定した。

表 1 *A. pacificum* によって毒化したムラサキイガイの検査結果（イムノクロマト法）

毒量	判定基準	①	②	平均
1.0 MU/g	目視	+-	+-	
相当	T/C値	0.05	0.17	0.11
0.5 MU/g	目視	+-	+	
相当	T/C値	0.10	0.24	0.17
0.25 MU/g	目視	+	+	
相当	T/C値	0.10	0.26	0.18
無毒試料	目視	++	++	
	T/C値	0.46	0.31	0.38

表 2 *G. catenatum* によって毒化したムラサキイガイの検査結果（イムノクロマト法）

毒量	判定基準	①	②	③	平均
1.0 MU/g	目視	+-	+-	+-	
相当	T/C値	0.15	0.09	0.17	0.14
0.5 MU/g	目視	+-	+-	+-	
相当	T/C値	0.11	0.14	0.14	0.13
0.25 MU/g	目視	-	+	+-	
相当	T/C値	0.08	0.23	0.13	0.15
無毒試料	目視	++	++	++	
	T/C値	0.38	0.34	0.32	0.35

表 3 *A. pacificum* によって毒化したヒオウギガイの検査結果（イムノクロマト法）

毒量	判定基準	①	②	③	平均
1.0 MU/g	目視	-	-	+-	
相当	T/C値	0.15	0.07	0.16	0.13
0.5 MU/g	目視	-	-	+	
相当	T/C値	0.12	0.09	0.21	0.14
0.25 MU/g	目視	-	+	+	
相当	T/C値	0.05	0.27	0.24	0.19
無毒試料	目視	++	++	++	
	T/C値	0.35	0.34	0.43	0.37

表 4 *G. catenatum* によって毒化したヒオウギガイの検査結果（イムノクロマト法）

毒量	判定基準	①	②	③	平均
1.0 MU/g	目視	-	-	+-	
相当	T/C値	0.09	0.11	0.18	0.13
0.5 MU/g	目視	-	-	+	
相当	T/C値	0.08	0.16	0.25	0.16
0.25 MU/g	目視	-	+	+	
相当	T/C値	0.06	0.14	0.18	0.12
無毒試料	目視	++	++	++	
	T/C値	0.38	0.32	0.41	0.37

2. 現場サンプルでの検証

1.の結果により、貝種によらず無毒検体の T/C 値を 0.36 と設定したところ、アサリ及びヒオウギガイで偽陽性が 1 検体ずつ発生し（表 5、表 6）、ムラサキイガイでは偽陽性は発生せず（表 7）、偽陰性は発生しなかった。一方、マガキでは偽陽性が 1 検体、偽陰性が 3 検体発生した（表 8）。偽陰性が発生した 3 検体

について、LC/MS/MS 法による結果を確認したところ（表 9）、いずれの毒力も 0.02 MU/g 以下であり、ELISA 法による推定毒力の値が高かったことが、偽陰性と判断された主因であると考えられた。実際、マガキの ELISA 法による推定毒力は、N.D～9.3 MU/g であったのに対し、LC/MS/MS 法による推定毒力は、0.00～1.66 MU/g であり、ELISA 法の方が高い推定毒力となっていた。LC/MS/MS 法は麻痺性貝毒の各成分を直接測定しているのに対し、ELISA 法は LC/MS/MS 法に比較して、簡易な測定方法であることから、LC/MS/MS 法の方が公定法検査の結果により近い値であると考えられる。

以上の結果から、希釈倍率を 40 倍とすることで、貝やプランクトンの種類によらず 0.25 MU/g 以上の毒をキットによって判別可能であると考えられた。

表 5 イムノクロマト法と ELISA 法の貝毒検査結果の比較（アサリ）

No.	採取日	採取地点	ELISA法 (MU/g)	T/C値
1	2020/3/10	小祝	N.D	0.51
2	2021/3/1	小祝	N.D	0.31

表 6 イムノクロマト法と ELISA 法の貝毒検査結果の比較（ヒオウギガイ）

No.	採取日	採取地点	ELISA法 (MU/g)	T/C値
1	2018/12/14	一尺屋	N.D	0.38
2	2018/2/27	一尺屋	N.D	0.45
3	2018/1/9	小蒲江	2.43	0.07
4	2020/11/2	小蒲江	0.85	0.09
5	2021/1/4	小蒲江	5.24	0.14
6	2019/11/5	小蒲江	N.D	0.21
7	2017/5/15	赤バエ	4.27	0.09
8	2017/7/3	赤バエ	0.15	0.18
9	2017/9/11	赤バエ	1.36	0.20
10	2018/4/23	赤バエ	1.82	0.13
11	2018/11/19	赤バエ	1.85	0.12
12	2020/1/27	赤バエ	2.18	0.09
13	2020/11/9	赤バエ	1.04	0.21

今後の課題

今後は本結果を踏まえ、新たな貝毒検査体制の構築にむけ、現場へイムノクロマト法の普及を行う予定である。

表 8 イムノクロマト法と ELISA 法の貝毒検査結果の比較 (マガキ) (太字は偽陰性と判断されたサンプル)

No.	採取日	採取地点	ELISA法 (MU/g)	T/C値
1	2019/11/7	高田	N.D	0.42
2	2020/11/16	高田	N.D	0.54
3	2020/11/24	高田	N.D	0.57
4	2019/1/7	上浦	N.D	0.73
5	2019/3/12	猪串	1.15	0.13
6	2016/1/5	森崎	1.96	0.13
7	2016/6/7	森崎	2.27	0.11
8	2017/11/6	森崎	0.36	0.22
9	2018/6/4	森崎	1.54	0.11
10	2018/11/5	森崎	1.51	0.10
11	2019/3/18	森崎	4.48	0.09
12	2020/10/26	森崎	0.70	0.23
13	2020/12/14	森崎	5.05	0.09
14	2021/2/15	森崎	0.56	0.17
15	2020/10/5	森崎	N.D	0.71
16	2021/10/25	森崎	N.D	0.37

No.	採取日	採取地点	ELISA法 (MU/g)	T/C値
1	2022/3/15	片神	0.24	0.52
2	2022/4/14	片神	0.29	0.26
3	2022/4/18	大崎	1.20	0.14
4	2022/4/18	桑の浦	N.D	0.64
5	2022/4/26	片神	9.29	0.11
6	2022/4/26	桑の浦	0.38	0.47
7	2022/5/6	片神	1.65	0.18
8	2022/5/6	桑の浦	2.23	0.15
9	2022/5/9	片神	N.D	0.26
10	2022/5/10	桑の浦	0.93	0.24
11	2022/5/13	片神	N.D	0.55
12	2022/5/18	大崎	0.83	0.38
13	2022/5/18	片神	0.57	0.26
14	2022/5/18	桑の浦	N.D	0.48
15	2022/5/24	片神	N.D	0.65
16	2022/5/25	大崎	0.38	0.37
17	2022/5/25	桑の浦	N.D	0.69
18	2022/6/9	大崎	N.D	0.81
19	2022/6/9	片神	N.D	0.76

表 9 LC/MS/MS による貝毒成分の検査結果
(太枠は偽陰性と判断されたサンプル)

[illegible]

赤潮早期予測早期対策実証事業-1^{*1}

豊かな漁場環境推進事業「赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化」
(国庫委託)

毛利文香・野田 誠

本事業の詳細は、令和5年度豊かな漁場環境推進事業のうち海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策推進事業(1)赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化報告書 2.1) -イ. 有害赤潮プランクトンの出現動態監視及び予察技術開発並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策(行動計画)の計画・策定等(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。

は平年より6日程度遅かった。大分県(大分市)の降水量は、2月～6月と8月で平年より多い値を記録しており、特に8月は台風6号の影響で平年よりも著しく高い値を記録した。大分県(大分市)の平均気温は、すべての月で平年よりも高い値であった。

2) 海象

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

水温：16.0～24.0℃で推移した。

塩分：31.37～33.93‰で推移した。

透明度：8.7～15.3mで推移した。

3) 水質

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

Chl.a：0.96～2.29 µg/Lで推移した。

DO(溶存酸素飽和度)：81.3～100.4%で推移した。

DIN：0.52～1.25 µMで推移した。

DIP：0.14～0.20 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.～11 cells/mLで推移した。

C. polykrikoides: N.D.～0.08 cells/mLで推移した。

H. circularisquama: 検出されなかった。

Chattonella spp. (*antiqua* + *marina* + *ovata*): N.D.～3 cells/mLで推移した。

H. akashiwo: N.D.～1 cells/mLで推移した。

5) まとめ

大分県別府湾・豊後水道海域において、6月後半の調査では、降水量が約40 mm/dayの雨天後に調査を行ったため、他の月と比べて、表層のDINは高い値、透明度は低い値が記録された。本調査では、有害プランクトンは低密度で確認されたものの、別府湾奥や佐賀関沿岸では、*C. polykrikoides*と*Chattonella* spp.が7～8月に高密度で確認された。豊後水道沿岸域では、赤潮発生件数は、*K. mikimotoi*が4件、*C. polykrikoides*が2件、*Chattonella* spp.が4件、*H. akashiwo*が3件であった。

2. *Karenia mikimotoi* 高感度監視調査

顕微鏡観察では、6月～8月に表層で*K. mikimotoi*が確認され、7月の10m層で最高細胞密度の11 cells/mlが確認された。冬季(2023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、表層と10m層ともに2月から本種遺伝子が検出されていた。また、顕微鏡で*K. mikimotoi*が確認された6月～8月の表層では、高感度調査で*K. mikimotoi*の推定細胞が0.1 cells/ml以上で検出された。

3. 予察技術の検証と改良

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。前回の解析では2002年～2017年のデータを使用したのが、的中率の低下がみられたため、今回の解析では、新たに2018年～2022年のデータを加え、予察精

^{*1} 令和5年度豊かな漁場環境推進事業のうち海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策推進事業(1)赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化 報告書

度の向上を試みた。その結果、新たに 2 月表層水温と 3 月表層水温、8 月表層塩分が赤潮発生と有意差ある環境項目として抽出された。これらの環境項目を用いて、発生的中率の高い組み合わせを出した。

今年度、佐伯湾では 9 月下旬に最高密度 3,275 cell/ml の *K. mikimotoi* の赤潮が発生したため、「発生年」とした。抽出された環境項目の組み合わせ 15 通りのうち、3 通りで「非発生」、9 通りで「発生・非発生のどちらとも区別できない」、3 通りで「発生」と予測された。的中した 3 通りの

組み合わせの環境項目は、「3 月の降水量」と「2 月の表層水温」、「3 月の表層水温」、「3 月の日照時間」であり、2 月と 3 月の環境項目が赤潮発生に関与していると考えられた。また、「3 月の降水量」は、的中した 3 通りの項目うち、2 通りに含まれており、かつ、前回の抽出項目にも含まれていたことから、赤潮発生予察のデータとして有意であると考えられる。今回の解析では的中率が低かったため、今後は環境項目を増やして解析することを検討する必要がある。

赤潮被害軽減手法の開発-1

豊かな漁場環境推進事業「赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化」
(国庫委託)

毛利文香・野田 誠

本事業の詳細は、令和 5 年度豊かな漁場環境推進事業のうち海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策推進事業 (2) 赤潮の被害軽減手法の開発に記載されており、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・教育機構水産研究所と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、日本沿岸域では *Karenia mikimotoi* 等の赤潮による漁業被害が多数発生している。赤潮プランクトンの魚毒性は生理状態等によって大きく変動することが知られている。よって、魚毒性が高い時に餌止め等の赤潮対策を行えば、効率的な被害軽減につながると考えられる。本課題では、現場での魚毒性診断技術の実用化を目的として、実際の赤潮発生時現場での技術検証を行った。

事業の方法

2023 年 7 月 25 日 9 時～26 日 9 時の期間に、*K. mikimotoi* の赤潮が衰退傾向であった佐伯市鶴見ポイントで試験を行った。水深 0,5,12 m 層ごとにメガイアワビの稚貝を 10 個体ずつ入れた虫籠を 4 個ずつ吊るし、曝露実験を行った。6 時間ごとに、各層 1 籠のメガイアワビを回収して、状態及びへい死数を確認し、また、そのメガイアワビの組織解析を行った。3 時間ごとに、0,2,4,5,6,8,10,12 m 層の採水を行い、*K. mikimotoi* の細胞数を計数した。6 時間ごとの採水試料については、ワムシに曝露し、2 時間後のへい死率を確認した。開始時と 24 時間後の採水試料については、栄養塩分析を行った。

事業の結果・考察

試験期間中は、*K. mikimotoi* は約 5 m 以深に分布しており、最高細胞密度は 25 日の 15 時で 702 cells/mL (12 m 層) であり、その後は衰退傾向だった。栄養塩分析の結果については、25 日と 26 日ともに、溶存無機態窒素濃度は、全層で半飽和定数 (0.78 μmol) 以上の値であった。しかし、溶存無機態リン濃度は、25 日の 2,4,6,8,10 m、26 日の 0,2,4,6,8 m 層で半飽和定数 (0.14 μmol) 以下の値であった。メガイアワビの曝露実験については、0 m 層では衰弱及びへい死は確認されなかったが、5 m と 12 m 層では約 40% の衰弱及びへい死が確認された。また、12 m 層の 24 時間曝露したメガイアワビのへい死個体では鰓組織の組織崩壊が確認された。ワムシの曝露実験でも、0 m 層では、ほとんどへい死は確認されず、5 m と 12 m 層で 50~70% 程度のへい死が確認された。今回の *K. mikimotoi* 赤潮の衰退傾向は、リン欠乏が一つの要因であると考えられる。また、この期間の試験現場海水は、メガイアワビをへい死させる毒性が含まれており、ワムシの曝露実験においても、その毒性を検出することができた。

今後の予定

今年度は *K. mikimotoi* の増殖期に試験を実施出来なかったため、来年度は増殖期と衰退期の両方で試験を実施し、それぞれの期間の魚毒性を確認する予定である。

赤潮防除・被害軽減手法の開発-2

豊かな漁場環境推進事業「海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策推進事業」
(国庫委託)

野田 誠・毛利文香

本事業の詳細は、令和5年度豊かな漁場環境推進事業のうち海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策水院事業(2)赤潮の被害軽減手法の開発に記載し、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と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、養殖魚類の有害赤潮プランクトンに対する新たな救命技術の開発を目的として、高濃度酸素を活用した養殖魚類の救命技術試験を実施した。

事業の方法

過年度に水産技術研究所等で開発した高濃度酸素供給装置を活用し、1m×1m×1mの試験生簀を設置し、多項目水質計(AAQ-RINKO JFEアドバンテック株式会社製)を用いて、溶存酸素濃度を測定した。対照区では目合い3cmの化繊網

を設置し、実験区①には目合い3cmの化繊網の周りに5mmの化繊網も設置した。実験区②では遮蔽幕で四面を密閉した状態で酸素濃度上昇効果を検証した(図1)。

事業の結果・考察

それぞれの試験区において、試験開始前の養鯽酸素量は7.1 mg/L程度であった。対照区では、高濃度酸素を供給しても最大の溶存酸素濃度は10mg/L程度であり、生簀内部の溶存酸素濃度の変動も激しかった。実験区①では溶存酸素濃度が10~13 mg/Lで推移し、魚類の救命に必要と考えられている15 mg/Lの溶存酸素量にわずかに達しなかったものの、生簀網を二重にする効果は確認された。一方、実験区②では、試験開始後から溶存酸素濃度は急上昇し、5分後には15 mg/Lを超えた。その後、生簀内部の溶存酸素濃度は最大30mg/Lに達し、運転を停止しても12 mg/Lを下回ることにはなかった。

今後の予定

今年度は高密度の赤潮が発生しなかったが、次年度は赤潮発生時にもじゃこ等を用いて、実際に高濃度酸素によって救命可能かについて検証予定である。

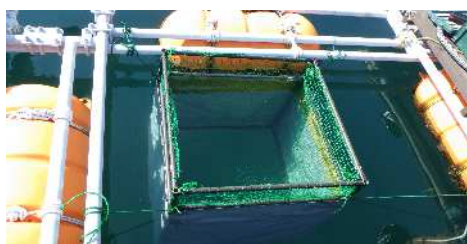


図1 高濃度酸素発生装置による試験の様子

海洋環境保全型養殖推進事業

野田 誠・毛利文香・宮村和良

事業の目的

本県では、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体制の整備、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の実装化によって、リアルタイム赤潮監視が可能になっている。その結果、現場漁業者の迅速な赤潮対応（養殖筏の避難、餌止め、早期出荷など）によって、従来のような養殖魚の斃死による被害は軽減してきたが、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、新たな問題が顕在化している。さらに、社会的な取組として SDGs への対応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と環境保全を図るため、銅合金網を利用した浮沈式養殖生簀（15m×15m、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。

なお、本事業では漁場環境、生簀の形状変化、魚病への影響及び赤潮発生時のブリの遊泳行動については、それぞれ関係する専門機関へ観測データ・サンプル等を提供し、各種分析等を委託（漁

業管理課が実施）している。本報告ではその結果概要のみを示す。

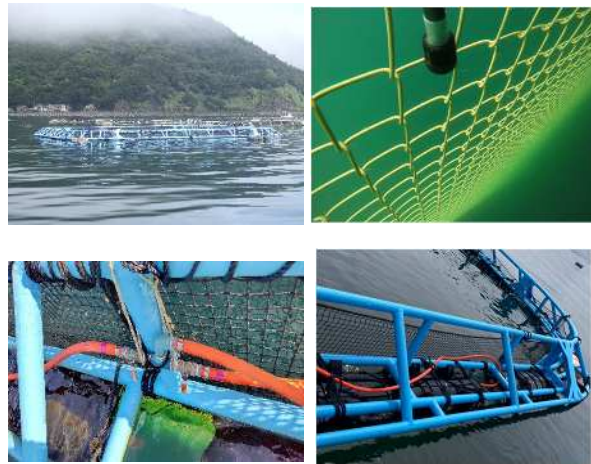


図 1 銅合金生簀（上左：全景、上右：生簀部分、左下：空気バルブ、右下：浮沈ブイ）

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

1) ブリの行動パターンの監視

赤潮に対するブリの行動パターンを監視するため、銅合金生簀に、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）、DO メーター（JFE アドバンテック株式会社製 EPSA-RINKO）を装置し観測を行った。

2) 有害赤潮プランクトンの発生監視

佐伯湾内の有害赤潮プランクトンの発生状況を自動監視するため、6 月～8 月に、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」）と佐伯市地松浦のポンツーンに各 1 台設置し観測した。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 センサーテレメーター装置（西村商会社製）を、同期間設置し観測した。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 6）、4 月～翌年 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及び採水器（リゴー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、2 m 層、5 m 層、10 m 層、15 m 層、25 m 層、35 m 層、底上層の採水も行い、各層の栄養塩濃度（DIN、DIP、TN、TP）の試料とした。



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（計 4 台）の設置状況（設置場所：生簀角の水深 1 m 層と水深 7 m 層に各 1 台、底網から真上に向けて 1 台、海面の天井網に 1 台）



図 4 ソナーの設置状況（生簀網角の外側に設置し 3 台のソナーから表層・中層・底層に音波を照射）



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）

2. 底質環境調査及び底質改良材の開発

ブリ養殖場の底質環境を把握するため、8 月にコア採泥器を用いて底質環境の調査を行った。また、底質改良材として、石灰岩を粉砕した端材の有効性を検証するため、栄養塩類の溶出試験を実施し、分析等については、水産技術研究所五島庁舎へ委託した。



図 6 佐伯湾調査地点及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）

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魚病の低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設置し、1 回/月の頻度で一定量のサンプリングを行い、DNA の保存液に浸漬した後、宮崎大学へ委託し PCR 等を用いて付着している病原菌の分析を実施した。

4. 銅合金製金網による生簀形状の評価試験

銅合金生簀について、沈下時の生簀形状の変化について検討を行なうため、水圧計（JFE アドバンテック株式会社製 DEFI2-D）及び流向・流速計（JFE アドバンテック株式会社製 INFINITY-EM）を設置した。データ解析及び生簀形状の評価については、水産大学校へ委託した。

5. 銅合金生簀内の赤潮発生時におけるブリの遊泳行動監視

赤潮発生時におけるブリの遊泳行動の変化を検証するため、ソナーや水中カメラの映像等を水産技術研究所へ提供し、解析を委託した。

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

1) ブリの行動パターンの監視

水中カメラの映像を解析したところ、給餌日は養殖業者が給餌作業を行う前から、生簀内のブリは反時計回りに活発に遊泳する状況が確認された。一方、餌止め日は、ブリの遊泳は緩慢で、遊泳方向も一定でなかった。

銅合金生簀に設置した DO メーターの結果は図 9 に示したとおりである。給餌日では、概ね 6～8 時頃を中心に表層の溶存酸素濃度(DO 濃度)が変動し始め、給餌直前に最も低下し、最大 2 mg/L 程度低下した。給餌後は DO 濃度が変動しながら回復し、概ね 15:00 頃から変動も少なくなった。8m 層の DO 濃度は表層に比べると低く、安定していたが、給餌前後に最も低下し、最大 1mg/L 程度低下した。一方、餌止り日は、給餌日のような極端な DO 濃度の低下は確認されず、一日を通じて DO 濃度の変動も少なかった。

ブリの給餌日の遊泳行動と DO 濃度の推移について解析した結果、給餌日の生簀内のブリは養

殖業者が港内にて給餌準備作業時から遊泳量が増し、生簀内の DO 濃度が徐々に減少することが判明した。また、DO 濃度が最も低下していた時は給餌直前の遊泳速度が最大になっている時であった。さらに給餌後は、遊泳状況はやや緩慢になるものの、比較的活発に遊泳しており、その状況下では DO 濃度は徐々に回復していた。以上、養殖ブリの給餌（給餌準備作業を含む）は生簀内の DO 濃度を急激に低下させる作業であり、有害赤潮発生時で養殖魚の鰓組織が損傷し、酸素交換能力が低下している状況においては、給餌作業（準備も含む）が養殖魚の斃死を招く大きな要因となると考えられた。

2) 有害赤潮プランクトンの発生監視

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、塩分及び DO は鶴見ポンツーンでは、それぞれ 18.6～27.5℃、27.47～33.83 及び 6.0～11.4 mg/L の範囲で推移した。鶴見ポンツーンでは、7 月から 8 月にかけて表層から 5 m 層では珪藻が、5 m 以深では微細藻類や *prorocentrum* spp. が高密度に確認された。（図 10）。

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 6 月 15 日に初認されて以降増殖し、7 月 19 日には 2,650 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 17 日から 7 月 25 日にかけてであり、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。

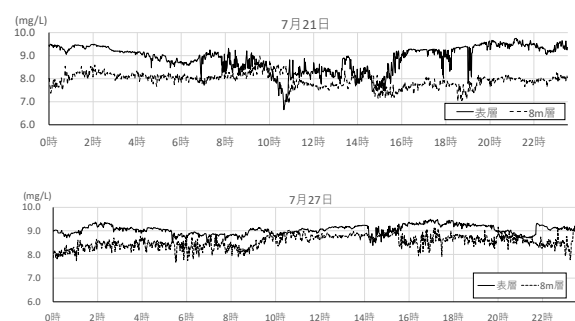


図 9 DO メーターによる観測結果

（上：給餌日（⇔は給餌時間を示す）、下：餌止

日)

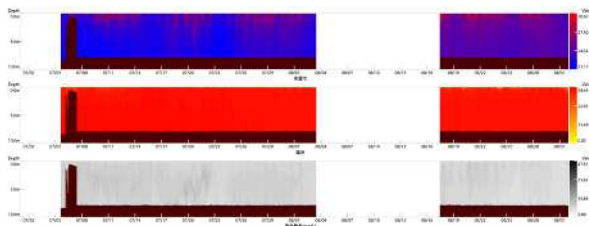


図 10 自動昇降式多項目水質計の観測結果（鶴見ポンツーン、8月上旬～中旬は台風接近のため欠測）

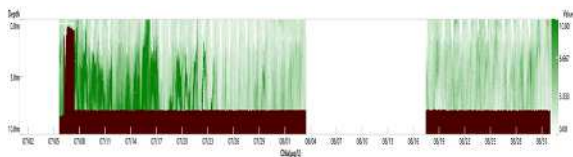


図 11 自動昇降式多項目水質計（鶴見ポンツーン、8月上旬～中旬は台風接近のため欠測）におけるクロロフィルの観測結果

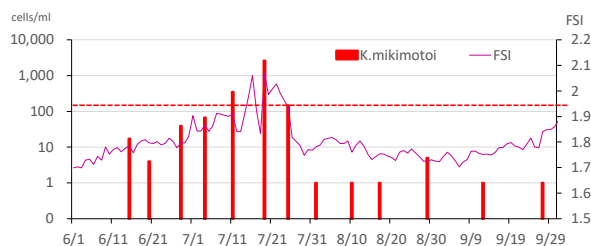


図 12 HAI センサー及び検鏡による *K. mikimotoi* の観測結果

2. 底質環境調査及び底質改良材の開発

石灰石端材を用いた養殖場底泥からの栄養塩類溶出抑制試験の結果、アンモニア及びシリカについては、溶出の抑制効果が確認された。詳しいメカニズムは不明であるが、今後は現場散布等による実証と更なる分析を実施予定である。

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病原菌等の PCR 検査の結果、レンサ球菌症 *S. iniae*、滑走細菌症、マダイイリドウイルスについて、鉄製網の方が銅製網よりも多くの月で付着が確認され、銅製網の魚病に対する有効性が示唆された。一方、ブリ類・類結節症原因菌 *Pdp* 及びヒラメのエドワジェラ症原因菌 *E. piscicida* については、鉄製網と銅製網で検出に差はみられなかった。

4. 銅合金製金網による生簀形状の評価試験

流向流速計の観測の結果、平均 5.3 cm/sec の流れが生じ、最大でも 30 cm/sec 程度であった。主に南西方向の流れであった。水圧計と水中カメラ等によるデータ解析により、降雨により海面付近の流速が速くなること、生簀を水深 10 m 程度沈降させた場合に検出された突発的な深度低下は、ブリが天井網に衝突した反動であることが推察された。また、生簀の動揺により、ブリの遊泳速度の低下や斃死が確認され、生簀の動揺を抑制することがブリの安定的な飼育に重要であることが示唆された。

5. 銅合金生簀内の赤潮発生時におけるブリの遊泳行動監視

ソナーによる観測の結果、6月は日ごとの明瞭なパターンは認められなかったものの、7月中旬以降は昼間は表層、夜間は網底というパターンが確認された。また、パターンの乱れが認められる日があったものの、気象等との関連は確認出来なかった。また、期間中赤潮等は発生しなかったため、赤潮発生時のブリの遊泳行動の変化については、次年度以降確認する予定である。

6. 水中給餌試験

養殖業者へ委託し、水中給餌システムを構築するための試験を実施した。