

養殖環境于一ム

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・村瀬直哉・福田 穰

事業の目的

大分県のヒラメ養殖業は、全国1位の生産量(平成30年農林水産統計)を誇る主要産業である。2011年に厚生労働省からヒラメに寄生するナナホシクドア(*Kudoa septempunctata*)が食中毒の原因であることが公表され、ヒラメ消費量は激減し、養殖業は大きな打撃をうけた。大分県では全国に先駆け食中毒防止対策ガイドラインを策定して以降、県産養殖ヒラメでの食中毒事例はない。市場における県産ヒラメの安全性に対する信頼は回復基調にあるが、さらに安全性を確保するために、本事業では以下の検査・調査を行った。

種苗導入時抜き取り検査

2014年度以降毎年、県内に導入された種苗を検査(種苗健全性調査)することで、防疫体制の強化を図っており、2020年度も同様に検査を行った。

事業の方法

2020年4月～2021年3月に、養殖業者23経営体の池入れ直前のヒラメ種苗1,360検体(59ロット分、原則20～30尾/ロット)を採取して検査を実施した。

検査はスイフトジーンクドア「カイノス」(株式会社カイノス)を用いたNASBA-核酸クロマトグラフィー法¹⁾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	1	21	0
佐伯	4	6	130	0
米水津	2	7	152	0
上入津	4	8	173	0
下入津	14	30	649	0
蒲江	1	5	153	0
名護屋	1	1	20	0
種苗生産機関	1	1	62	0
合計	28	59	1360	0

今後の問題点

2020年度に大分県内の養殖場に導入された59ロットのヒラメ種苗からナナホシクドアは検出されず、種苗生産場のナナホシクドア防除努力が評価された。一方で、ナナホシクドアによる食中毒を防止するために、今後もNASBA-核酸クロマトグラフィー法と同等以上の検出感度を有する方法で検査を継続することが必要である。

文献

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

資源造成型栽培漁業推進事業

吉井啓亮

事業の目的

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

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

事業の方法

2020 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 1 ロット 60 尾について、Kurita ら¹⁾の方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

2020 年度に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、RSIV 遺伝子は検出されなかった（表 1）。

表 1 RSIV 検査結果

検体採取日	平均体重(g)	検体数	陽性数
2020/6/23	1.2	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つ技術の開発ー 1

サルファ剤・ピリミジン系抗菌剤の配合剤の投与がブリに与える影響

村瀬直哉・山田英俊・吉井啓亮・福田 穰

事業の目的

ブリ類のノカルジア症対策として、獣医師の指示のもとに動物用医薬品の ST 合剤(スルファメトキサゾールとトリメトプリムの配合剤)が使用される事例があるが、ST 合剤の魚類に対する安全性等に関する科学的知見はない。また、現在認可されている水産用医薬品に SO 合剤(スルファモノメトキシンとオルメトプリムの配合剤=水産用エクテシン:アユとウナギに使用可)がある。現状では水産用エクテシンがブリ類に使用される可能性は低いが、SO 合剤のブリに対する安全性等に関する科学的知見は得られていない。そこで、両製剤をブリに投与して魚体に与える影響を調べた

事業の方法

平均魚体重 166g のブリ当歳魚を実験に供した。試験は 2020 年 11 月 20 日~12 月 17 日の期間(28 日間)に行い、水産研究部地先 1.5×1.5×1.0 m³ の網生簀 3 面に供試魚を 43 尾ずつ収容した。試験区はエス・テー散「4M」KS(共立製薬)を有効成分量で 43.8mg/kg・day を 5 日間経口投与した ST 区、水産用エクテシン(Meiji Seika ファルマ)を有効成分量で 50mg/kg・day を 5 日間経口投与した SO 区、対照区を設定した。

投薬用飼料は、市販 EP に各製剤を飼料重量の 10% の蒸留水に懸濁したものを混合させ、展着剤を 0.4% 外添して調製した。対照区の EP には蒸留水と展着剤だけを添加した。投薬開始日を試験開始日とし、投薬期間は各投薬用飼料を、投薬後の観察期間は市販 EP を、いずれも給餌率 3.5% を目標に給餌した。

試験開始後 7、14、21、28 日目に各区 6 尾ずつ取り上げ、尾部穿刺により採血した。血液は 4℃ に一夜

静置した後、3000×g、10 分、4℃ の遠心分離で血清を採取し、成分分析まで -80℃ で保存した。また、各個体の魚体重および尾叉長、肝重量を測定し、肥満度および比肝重値を算出した。さらに、病理組織検査用に肝臓および腎臓を採材し、10% リン酸緩衝ホルマリン液で固定した。死亡魚は TSAgar(1.5%NaCl)を用いて腎臓または脳からの細菌分離を行った。魚体重、肥満度、比肝重値について、統計的有意差の検定を Tukey-Kramer 法で行った。

事業の結果および考察

試験期間中の水温は 17.4~20.8℃ であった。試験期間中、対照区および ST 区では摂餌低下や死亡はみられなかった。SO 区では試験開始後 5 日目に摂餌低下がみられ、計画した 89% の投薬にとどまった。その後も SO 区では実験終了時まで摂餌低下が継続し、平均日間給餌率は他区の 58% であった。また、SO 区では試験開始後 9~14 日目に死亡がみられ、その期間の累積死亡率は 51% に達した。すべての死亡魚から病原細菌は分離されなかった。

SO 区は日間給餌率が低いことにより、実験終了時(試験開始後 28 日目)の魚体重および肥満度も、他区より低くなった ($P<0.05$, 図 1 および図 2)。また、SO 区の比肝重値は他区と比較して、試験開始後 14 日目に高く、28 日目に低くなった ($P<0.05$, 図 3)。

血清性状の分析は東京海洋大学で、病理組織検査は日本獣医生命科学大学で分析中である。

今回の結果から、ST 製剤投与がブリの死亡や成長に与える影響は確認できなかったが、現在分析中の血清性状や病理組織検査の結果と併せて最終的な評価を行う予定である。また、ブリにおける SO 製剤の使用は重篤な致死的副作用を与えることが示唆された。

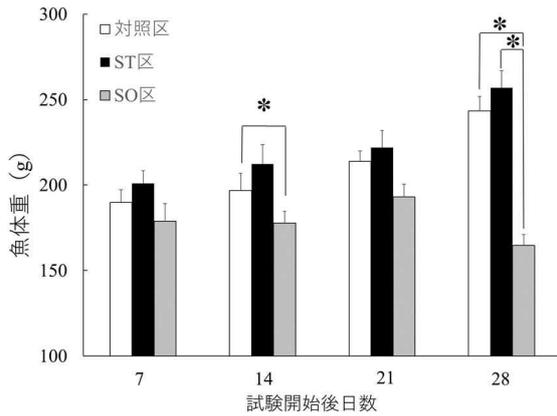


図 1 魚体重の推移

*は統計的有意差 (P<0.05) があることを示す。

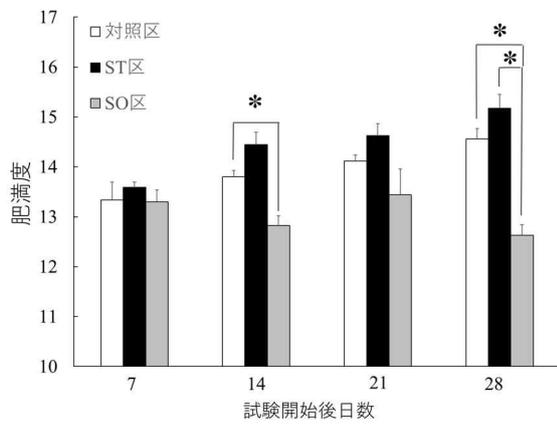


図 2 肥満度の推移

*は統計的有意差 (P<0.05) があることを示す。

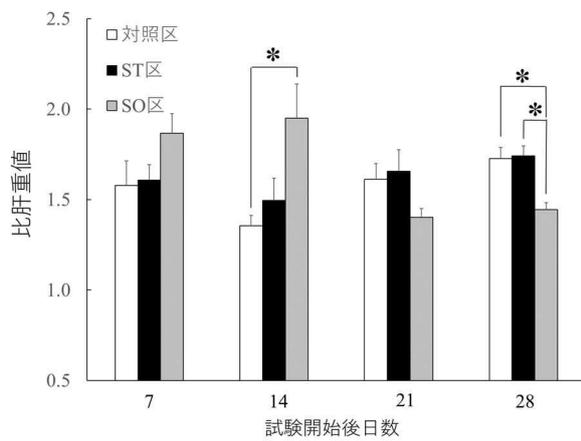


図 2 比肝重値の推移

*は統計的有意差 (P<0.05) があることを示す。

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 II型株の抗原性スクリーニング

村瀬直哉・嶋原佳子*^a・福田 穰

事業の目的

近年、ブリ類養殖では *L.garvieae* II型によるレンサ球菌症が問題になっている。本症に対して I型とII型の抗原を含む2価ワクチンが2016年に発売され、ブリ類で使用されるようになった。しかしながら、本ワクチンの発売から4年を経過した現在においても、本症の継続的な発症がみられ、ワクチン効果を阻害する要因の存在が疑われる。そこで本事業では、近年のII型流行株における抗原変異の可能性について、大分県下で分離された株の抗原性スクリーニングを実施した。

事業の方法

2016～2020年に大分県内の養殖場で分離された *L.garvieae* I型1株とII型33株を供試した(表1)。由来魚種の内訳は、I型はブリ由来、II型の由来は23株がブリ、5株がカンパチ、4株がシマアジ、1株がウマヅラハギである。なお、供試菌株はすべてPCR法²⁾による血清型の判別が行われている。

菌体抗原の調製は、供試菌株を Todd-Hewitt agar で培養し、以降の操作は福田ら(2015)³⁾に従った。

供試抗血清はII型の121836株およびIJF385株を免疫抗原として得られたウサギ抗血清で、56℃で30分非働化して使用した。

凝集抗体価はマイクロタイター法により測定した。37℃で2時間反応させた後、4℃で一晩静置して、結果を判定した。

事業の結果および考察

各供試菌株に対する抗121836およびIJF385血清の凝集抗体価は表1のとおりである。200751株(I型)に対する抗121836およびIJF385血清の凝集抗

体価は1: <4であった。II型株に対する凝集抗体価は抗121836血清で1:256～1024、抗IJF385血清で1:64～256であり、由来魚種の異なる株間で凝集抗体価に大差ないことが確認された。凝集反応の結果だけであるが、現在、大分県内の養殖場で流行しているII型株における抗原性の顕著な変異はないことが示唆された。したがって、本症のワクチン効果を阻害する要因として、流行株に抗原変異が生じている可能性は低いと推測される。

表1 各菌株に対する供試抗血清の凝集抗体価

菌株	凝集抗体価(1:)		血清型	由来	分離年
	抗121836血清	抗IJF385血清			
121836	512	64	II	ブリ	2012
IJF385	512	64	II	ブリ	2012
171092	256	64	II	カンパチ	2017
182161	256	128	II	ブリ	2018
203024	256	128	II	ブリ	2020
A1909111	512	64	II	ブリ	2019
170841	512	64	II	シマアジ	2017
193361	512	64	II	カンパチ	2020
181561	512	64	II	シマアジ	2018
161341	512	128	II	ブリ	2016
202829	512	128	II	シマアジ	2020
162111	512	128	II	ブリ	2016
162321	512	128	II	ブリ	2016
171261	512	128	II	ブリ	2017
171471	512	128	II	ブリ	2017
171832	512	128	II	ブリ	2017
171883	512	128	II	ブリ	2017
181242	512	128	II	ブリ	2018
181673	512	128	II	ブリ	2018
192661	512	128	II	ブリ	2019
202681	512	128	II	ブリ	2020
A1910281	512	128	II	ブリ	2019
C1908021	512	128	II	ブリ	2019
C1909061	512	128	II	ブリ	2019
181171	512	128	II	カンパチ	2018
192981	512	128	II	カンパチ	2019
201111	512	128	II	ウマヅラハギ	2020
161911	512	256	II	ブリ	2016
B1908011	512	256	II	ブリ	2019
181802	1024	128	II	ブリ	2018
B1910172	1024	128	II	ブリ	2019
192771	1024	128	II	シマアジ	2019
172222	1024	128	II	カンパチ	2018
200751	4<	4<	I	ブリ	2020

今後の課題

2020年に本症に対して新たに2種類のワクチンが承認され、ブリ類に接種可能になった。しかし、本症の発生は継続していることから、抗原変異の監視とともに、より詳細な抗原構造の解析が必要である。

文献

- 1) 村瀬直哉, 木本圭輔, 魚病リスク回避型養殖技術開発研究. 平成31年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告.
- 2) Ohbayashi K, Oinaka D, Hoai. T.D, Yoshida T and Nishiki I. PCR-mediated Identification of the Newly Emerging Pathogen *Lactococcus garvieae* Serotype II from *Seriola quiqueradiata* and *S. dumerili*. *Fish Pathol.* 2017; 52: 46-49.
- 3) 福田穰, 津江佑哉, 追中大作, 和田善信, 山下亜純, 浦崎慎太郎, 吉岡宗祐, 木本圭輔, 吉田輝豊. 抗KG型血清非凝集性 *Lactococcus garvieae* のブリ類に対する病原性と免疫原性. 魚病研究 2015; 50: 200-206.

魚類疾病に対するワクチン等の効果をもつめる技術の開発ー3

ヒラメのエドワジエラ症ワクチン用免疫補助剤の検討

吉井啓亮・山田英俊・村瀬直哉・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 tarda* (= *E. piscicida*) 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。効果的なワクチンの開発が進まない要因の一つに、原因細菌が細胞内寄生性を持つことが挙げられる。そこで本研究では、細胞内寄生細菌の排除に必要な細胞性免疫の誘導を目的に、エドワジエラ症ワクチンと免疫補助剤の併用によるワクチン効果向上の可能性について検討した。

事業の結果

攻撃における生残率は、無投与区の 65%に対して、ワクチン単体区および PG 添加区が 50%、PolyI:C 添加区が 80%であった（期間を通して有意差なし）。また、実験終了時の *E.tarda* 保菌生残魚を死亡魚として加えると、無投与区が 45%、ワクチン単体区と PG 添加区が 35%、PolyI:C 添加区が 75%であった。なお、高菌量の攻撃では、全ての試験区が生残率が 10%以下であった。

※詳細な研究内容は、魚病研究に投稿中。

事業の方法

実験にあたり、*E.tarda* のグリセルアルデヒド-3-リン酸脱水素酵素の組替えタンパク質ワクチン（ワクチン単体区）、組替えワクチンにペプチドグリカン（PG）またはポリイノシン酸-ポリシチジル酸（Poly I:C）を免疫補助剤として添加したワクチン（PG 添加区および Poly I:C 添加区）の 3 種ワクチンを試作した。

平均体重 25g のヒラメに、3 種ワクチンおよび PBS を腹腔内接種した。接種 4 週間後に各区 20 尾を、低菌量 (1.1×10^6 CFU/ml) または高菌量 (1.2×10^7 CFU/ml) の *E.tarda* (192571 株) で 30 分間浸漬感染させ、25℃の調温流水水槽で給餌飼育（日間給餌率 1.0%）して、3 週間の飼育観察を行った。

高品質かぼす養殖魚創出事業

安原 翔太・都留 久美子

事業の目的

本県では、抗酸化物質を含む特産のかぼすを給餌して品質を改善した「かぼすブリ」が養殖されており、生産が伸張している。

本事業では、この技術を応用展開し、カボス給餌で優位性が得られる新たな魚種（ヒラマサ、トラフグ）を開発するとともに、既存魚種（ブリ、ヒラメ）の養殖技術について生産現場の要望に即した改良を行うことを目的とした。

ブリ及びヒラマサについては、既存の給餌基準より短期間で生産できる技術が望まれており、カボス生果皮ペーストの短期給餌による品質改良効果を検証した。

また、既存のカボス資材であるカボス果皮パウダーは、粉碎工程において香り成分であるリモネンの大幅な減少が確認されていることから、カボス果皮を乾燥後、粉碎する前の、チップ状の資材（カボス果皮チップ）をブリに給餌した際の効果を検証した。

またヒラメについては、これまでモイストペレット（以下、MP）のみで使用可能であったカボス生果皮を、ミンチ状に加工することにより、エクストルーデッドペレット（以下、EP）に展着することが可能となったことから、EP によるかぼすヒラメの給餌基準を設定するための試験を行った。

さらに、トラフグについても生果皮ミンチを用いた給餌試験を行い、給餌基準について検討した。

事業の方法

1. ブリ

1) カボス生果皮ペースト給餌試験

当研究部沖の海面小割生簀（3×3×3m）4面に、平均体重2,731gのブリを12尾ずつ収容し、2020年10月13日に試験を開始した。アジ主体のMPを給餌した区を対照区とし、上記MPにカボス生果皮ペースト（以下、ペースト）を飼料重量の3%または4%、

またカボス果皮パウダー（以下、パウダー）を飼料重量の0.5%添加した飼料を給餌した区をそれぞれペースト3%区、ペースト4%区、パウダー0.5%区とした。給餌は1日1回、5～6回/週行い、1回の給餌量は魚体重の約6%とした。試験期間中の水温は20.4～23.1℃であった。

対照区及びパウダー0.5%区は20回及び25回給餌後に、ペースト3%区及び4%区は5回及び10回給餌後に各区5尾を取り上げ体重、尾叉長を測定し肥満度を求めた。また、血合筋を採取し、4℃で保存したものを、分光測色計（CM-700d、コニカミノルタ株式会社）で1日1回測定し、 b^*/a^* 値が0.8に達した時間を褐変到達時間とした。

香り成分（リモネン）の定量は、5尾分の腹部体側筋を等量ずつ混合して分析した。この事業におけるリモネン定量は、すべて民間検査機関に委託して実施した。

また、味覚認識装置（SA402B、インテリジェントセンサーテクノロジー）による味覚分析を、10回給餌後に実施した。分析は別府大学に委託して行った。

2) カボス果皮チップ給餌試験

当研究部沖の海面小割生簀（3×3×3m）3面に、平均体重3,261gのブリを10～11尾ずつ収容し、2020年11月25日に試験を開始した。アジ主体のMPを給餌した区を対照区とし、上記MPにパウダーを飼料重量の0.5%添加した飼料を給餌した区をパウダー0.5%区、カボス果皮チップ（以下、チップ）を飼料重量の0.5%添加した飼料を給餌した区をチップ0.5%区とした。給餌は1日1回、5～6回/週行い、1回の給餌量は魚体重の約5%とした。試験期間中の水温は17.2～20.2℃であった。

17回及び25回給餌後に各区5尾を取り上げ、体重、尾叉長を測定し肥満度を求めた。また、血合筋を採取し、色彩色差計（CR-13型、コニカミノルタ株式会社）で測定し、 b^*/a^* 値が0.8に達した時間を褐変到達時間とした。リモネンの定量は、5尾分の腹部体側筋を等量ずつ混合して分析した。

3) カボス生果皮ペースト給餌現地試験

試験は養殖業者に委託して行った。供試魚は佐伯

市蒲江の養殖業者が生産した平均体重 3,747g のブリを使用し、2 イクスで試験を行った（1 イクスの収容尾数は約 4,000 尾）。試験期間は 2020 年 7 月 16 日から 8 月 27 日で、養殖業者が使用している MP に飼料重量の 4% のペーストを添加した飼料を給餌した。また、出荷が始まったタイミングで飼料重量の 0.5% のパウダー添加に切り替えた。給餌は 1 日 1 回、6 回/週行った。

イクス A はペースト 3 回、7 回、13 回、16 回 + パウダー 2 回、16 回 + パウダー 5 回給餌後に、イクス B ではペースト 10 回 + パウダー 1 回、ペースト 11 回 + パウダー 6 回給餌後に 5 尾ずつ取り上げ、体重、尾叉長を測定し肥満度を求めた。また、血合筋を採取し、上記色彩色差計で測定し、 b^*/a^* 値が 0.8 に達した時間を褐変到達時間とした¹⁾。リモネンの定量はイクス A のみで行い、5 尾分の腹部体側筋を等量ずつ混合して分析した。

2. ヒラマサ

1) カボス生果皮ペースト給餌試験

当研究部沖の海面小割生簀 (3×3×3m) 4 面に、平均体重 3,820g のヒラマサを 12~13 尾ずつ収容し、2020 年 8 月 22 日に試験を開始した。アジ主体の MP を給餌した区を対照区とし、上記 MP にペーストを飼料重量の 1% または 2%、またカボス生果皮を飼料重量の 2% 添加した飼料を給餌した区をそれぞれペースト 1% 区、ペースト 2% 区、生果皮 2% 区とした。給餌は 1 日 1 回、5~6 回/週行い、1 回の給餌量は魚体重の約 6% とした。試験期間中の水温は 23.1~28.5°C であった。

11 回及び 19 回給餌後に各区 5 尾を取り上げ、体重、尾叉長を測定し肥満度を求めた。また、血合筋を採取し、上記色彩色差計で測定し、 b^*/a^* 値が 0.8 に達した時間を褐変到達時間とした¹⁾。リモネンの定量は、5 尾分の腹部体側筋を等量ずつ混合して分析した。

2) カボス生果皮ペースト給餌現地試験

試験は養殖業者に委託して行った。供試魚は白杵市佐志生の養殖業者が生産した平均体重 4,746g のヒラマサを使用した。試験期間は 2020 年 2 月 1 日から 4 月 2 日で、養殖業者が使用している MP に飼料重量の 1% のペーストを添加した飼料を給餌した。給餌は 1 日 1 回、2~3 回/週行った。

11 回、15 回、20 回給餌後に 5 尾ずつ取り上げ、体重、尾叉長を測定し肥満度を求めた。また、血合筋を採取し、上記色彩色差計で測定し、 b^*/a^* 値が 0.8 に達した時間を褐変到達時間とした¹⁾。リモネンの定量は、5 尾分の腹部体側筋を等量ずつ混合して分析

した。

3. ヒラメ

カボス資材は県内で有機栽培により生産されたカボスの搾汁かす、をミートチョッパー (OMC-22、(株)大道産業) でミンチ状にしたもの (以下、生果皮ミンチ) を使用した。

供試魚は佐伯市蒲江の A 社が養殖中の平均体重 953.0g のヒラメを用いた。試験期間は 2020 年 11 月 23 日~12 月 11 日 (19 日間) であり、魚体重の 1.3% 量の EP (黒潮フロート、(株)ヒガシマル) に EP 重量の 4% の生果皮ミンチを、常温で解凍後、等量の水に溶かし、コンクリートミキサー内で展着して給餌した。給餌は 1 日 1 回、週 5 回給餌で計 15 回行った。最終給餌日の 3 日後に 3 尾を採取し、有眼側の背筋 3 尾分を等量ずつ混合してリモネンを定量した。

また、カボス給餌終了後の給餌基準を検討するため、2020 年 12 月 14 日~2021 年 1 月 24 日 (42 日間) にかけて、通常の EP と 4% 生果皮ミンチ展着した EP を 1 週間ずつ交互に 6 週間給餌し、最終給餌日の 1 日後に 3 尾を採取し同様にリモネンを定量した。

4. トラフグ

カボス資材及び EP は、上記「3.ヒラメ」と同様のものを使用した。

1) MP 混合給餌試験

供試魚は佐伯市蒲江の B 社が養殖中の平均体重 1,278g のトラフグを用いた。試験期間は 2020 年 9 月 14 日~9 月 28 日 (15 日間) であり、魚体重の 2.0% 量の MP に MP 重量の 5% の生果皮ミンチを混合して給餌した。給餌は 1 日 1 回、週 7 回給餌で計 15 回行った。最終給餌日の 1 日後に 3 尾を採取し、背筋 3 尾分を等量ずつ混合してリモネンを定量した。

また、再試験として、同年 10 月 14 日~10 月 31 日 (18 日間) に魚体重の 2.5% 量の MP に MP 重量の 10% 重量の生果皮ミンチを混合して上記と同様に給餌し、リモネンの定量を行った。

再試験終了時の 14 日後、30 日後、60 日後に同様に採取し背筋中のリモネンを定量した。また、60 日後は雄 2 尾の精巣についてもリモネンを定量した。

2) EP 展着給餌試験

供試魚は佐伯市蒲江の C 社が養殖中の平均体重 843.0g のトラフグを用いた。試験期間は 2020 年 9 月 9 日~9 月 26 日 (18 日間) であり、魚体重の 0.8% 量の EP に、EP 重量の 10% の生果皮ミンチを、常

温で解凍後、等量の水に溶かし、コンクリートミキサー内で展着して給餌した。給餌は1日1回、週6回給餌で計15回行った。最終給餌日の1日後に3尾を採取し、背筋3尾分を等量ずつ混合してリモネンを定量した。

また、再試験として、同年10月12日～11月1日(21日間)にかけて、魚体重の0.6%量のEPにEP重量の10%の生果皮ミンチを展着し、毎日1回給餌した後、上記と同様の方法でリモネンを定量した。再試験終了時の14日後、30日後にも同様に採取し、背筋中のリモネンを定量した。

事業の結果

1. ブリ

1) カボス生果皮ペースト給餌試験

試験結果は表1及び図1のとおりである。血合筋の褐変については、対照区と比較してペースト4%の5回給餌後のみ遅延効果が確認された。リモネン定量値はいずれもペースト4%区が3%区よりも高い値となった。味覚分析では、旨味コクがペースト4%区で高い傾向があった(図2)。

2) カボス果皮チップ給餌試験

試験結果は表2及び図3のとおりである。血合筋の褐変については、対照区と比較してパウダー0.5%の17回給餌後、チップ0.5%の17回及び25回給餌後に遅延効果が確認された。リモネン定量値はいずれもパウダー0.5%区がチップ0.5%区よりも高い値となった。

3) カボス生果皮ペースト給餌現地試験

試験結果は表3及び図4のとおりである。血合筋の褐変については、対照区と比較してペースト7回、13回、ペースト16回+パウダー2回及びペースト16回+パウダー5回で遅延効果が確認された。リモネン定量値はペースト7回給餌後に最大値(0.91mg/100g)となった。

2. ヒラマサ

1) カボス生果皮ペースト給餌試験

試験結果は表4及び図5のとおりである。血合筋の褐変については、対照区と比較していずれも遅延効果が確認されなかった。リモネン定量値はペースト2%区が他の区よりも高い値となった。

2) カボス生果皮ペースト給餌現地試験

試験結果は表5及び図6のとおりである。血合筋の褐変については、対照区と比較していずれも遅延効果が確認された。リモネン定量値は20回給餌後に

最大値(0.22mg/100g)となった。

3. ヒラメ

EP重量の4%量の生果皮ミンチを15回給餌後の背筋のリモネン量は0.15mg/100gであった。試験期間中の生果皮ミンチ給与量は合計で魚体重1kg当たり8.0gであった。また、その後6週間にかけて隔週でカボス給餌した際の背筋のリモネン量は0.07mg/100gであった。

EPに生果皮ミンチを展着した給餌試験におけるリモネン量は、これまで2019年夏季に実施した試験(生果皮ミンチ2%隔日給餌16回)での、筋肉で検出限界以下(えんがわ0.17mg/100g、肝臓0.07mg/100g)、2019年冬季に実施した試験の筋肉で0.04(同5%隔日8回給餌時)～0.09(同7%隔日8回給餌時)mg/100gとなっており²⁾、今回の0.15mg/100gは、これまでで最高値であった。さらに、4%15回給餌終了後は、隔週でカボス給餌をすることにより、一定のリモネン量が維持できることが判明した。

また、2019年度冬季の給餌方法である5%隔日8回と7%隔日8回では、給餌した生果皮ミンチの合計は魚体重1kg当たりそれぞれ6.7g、9.1gであったのに対し、今回の4%15回給餌では8.0gであり、生果皮ミンチの使用量は同等であるため、給餌を隔日ではなく連続して行うことにより、リモネンの蓄積を促進する効果があると考えられた。

4. トラフグ

1) MP混合給餌試験

背筋中のリモネン量は、5%15回給餌後で検出限界以下であり、再試験(10%16回給餌)後は0.20mg/100gであった。再試験終了時の14日後、30日後、60日後のリモネンはそれぞれ0.11、0.04、0.03mg/100gであり、60日後の精巢では0.06mg/100gであった(図7)。

2) EP展着給餌試験

背筋中のリモネン量は、10%15回給餌後で0.02mg/100g、再試験(10%20回給餌)後は0.04mg/100gであった。再試験終了時の14日後、30日後はそれぞれ0.04、0.03mg/100gであった(図7)。

今年度の再試験の結果から、MPでは給餌率2.5%の時に生果皮ミンチ10%添加で16回給餌することにより、高濃度のリモネンが筋肉中から検出された。このときの魚体重1kg値当たりの合計投与ミンチ量は39.4gであった。これに対し、EPでは給餌率は0.6%前後であり、また展着量も10%程度が現状では物理的に限界であるため、20回給餌時において

も魚体重 1kg 当たりの合計投与ミンチ量は 12.6g であり、リモネン量も 0.04mg/100g に止まった。

一方、再試験終了後のリモネン残留は、MP の背筋については 30 日後までに 0.04mg/100g まで減少するものの、60 日後まで 0.03mg/100g で維持された。精巢はカボス給餌終了時のリモネン量が不明で

あるが、60 日後でも 0.06mg/100g のリモネンが検出された。対して EP では、試験終了後の 0.04mg/100g が 30 日後までほぼ維持された。

以上から、MP と EP による給餌基準は、EP のカボス資材展着の物理的な限界を考慮した上で設定する必要があるが、一旦基準となる給餌量を投与すれば、少なくとも 1 か月は筋肉中にリモネンが残留することが明らかとなった。これは 2016 年度に生果皮ミンチを用いて実施された試験において、MP 7%15 回の終了時に筋肉で 0.08mg/100g であったリモネン量が 25 日後にも 0.05mg/100g 検出された例³⁾と同様であり、トラフグが筋肉中に蓄積したリモネンは、容易に排出されない傾向が再現された。

表 1 ペースト給餌試験結果 (ブリ)

給餌回数	試験区	平均体重 (g)	平均肥満度	褐変到達時間(時間)	遅延時間(時間)
5回 (パウダー-0.5%区は20回)	対照区	2,758	14.4	39	-
	ペースト3%区	2,958	14.4	44	-2
	ペースト4%区	2,822	14.5	29	5
	パウダー-0.5%区	2,932	14.9	37	-11
10回 (パウダー-0.5%区は25回)	対照区	2,968	14.3	51	-
	ペースト3%区	2,932	14.6	51	-1
	ペースト4%区	3,096	14.8	46	-5
	パウダー-0.5%区	2,746	14.2	33	-18

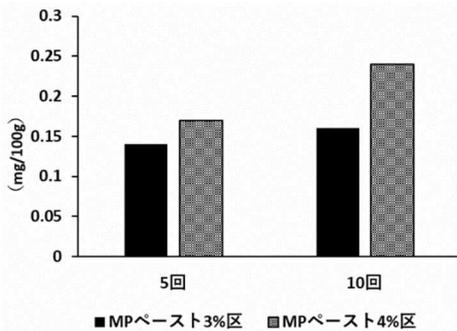


図 1 ペースト給餌時のリモネン定量値 (ブリ)

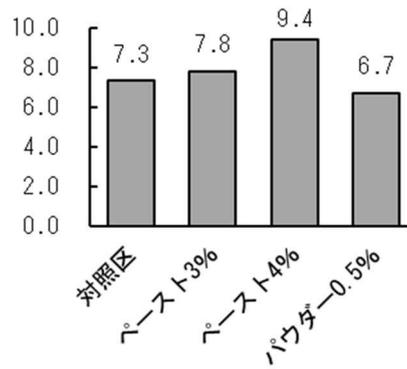


図 2 ペースト給餌時の味覚分析 旨味コク結果 (ブリ)

表 2 チップ給餌試験結果 (ブリ)

給餌回数	試験区	平均体重 (g)	平均肥満度	褐変到達時間(時間)	遅延時間(時間)
17回	対照区	3,540	15.8	11	-
	パウダー-0.5%区	3,426	16.7	13	2
	チップ0.5%区	3,356	15.6	24	12
25回	対照区	3,316	16	18	-
	パウダー-0.5%区	3,296	16	7	-11
	チップ0.5%区	3,322	15.7	19	1

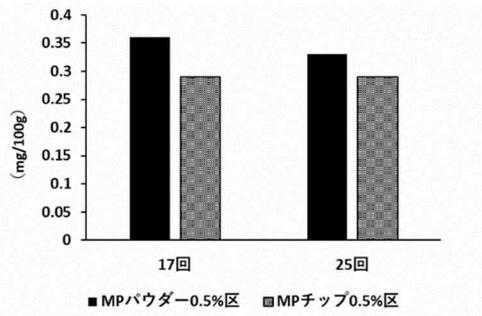


図 3 パウダー及びチップ給餌時のリモネン定量値 (ブリ)

表 3 ペースト給餌現地試験結果 (ブリ)

OイクセA					
給餌回数	試験区	平均体重 (g)	平均肥満度	褐変到達時間(時間)	遅延時間(時間)
ペースト3回	対照区	3,690	18.6	90	-
	ペースト4%区	3,642	18.1	87	-3
ペースト7回	対照区	3,536	18.1	80	-
	ペースト4%区	3,720	17.9	96	16
ペースト13回	対照区	3,450	17.3	94	-
	ペースト4%区	3,678	17.6	95	2
ペースト16回 +パウダー2回	対照区	3,326	16.7	82	-
	ペースト4%+パウダー-0.5%区	3,748	17.8	85	3
ペースト16回 +パウダー5回	対照区	3,792	17.1	91	-
	ペースト4%+パウダー-0.5%区	4,042	17.3	103	12

OイクセB					
給餌回数	試験区	平均体重 (g)	平均肥満度	褐変到達時間(時間)	遅延時間(時間)
ペースト10回 +パウダー1回	対照区	3,792	17.1	91	-
	ペースト4%+パウダー-0.5%区	4,020	17.0	81	-10
ペースト11回 +パウダー6回	対照区	4,074	17.4	167	-
	ペースト4%+パウダー-0.5%区	3,994	17.4	99	-68

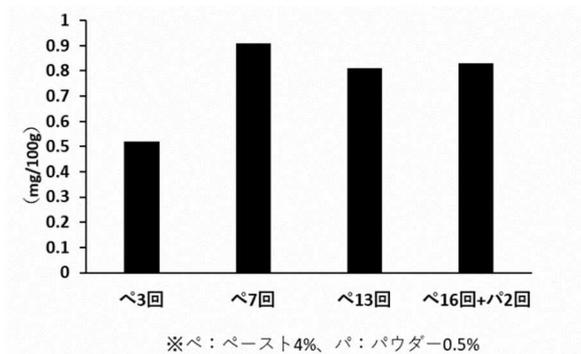


図 4 ペースト及びパウダー給餌時のリモン定量値 (ブリ)
 ※べ：ペースト4%、パ：パウダー0.5%

表 4 ペースト給餌試験結果 (ヒラマサ)

給餌回数	試験区	平均体重 (g)	平均肥満度	褐変到達時間 (時間)	遅延時間 (時間)
11回	対照区	4,188	13.4	104	-
	ペースト1%区	3,968	13.2	59	-45
	ペースト2%区	3,906	13.5	59	-45
	生果皮2%	3,920	13.2	83	-21
19回	対照区	4,210	13.3	135	-
	ペースト1%区	3,840	13.1	117	-18
	ペースト2%区	3,840	13.1	101	-34
	生果皮2%	3,992	13.2	128	-7

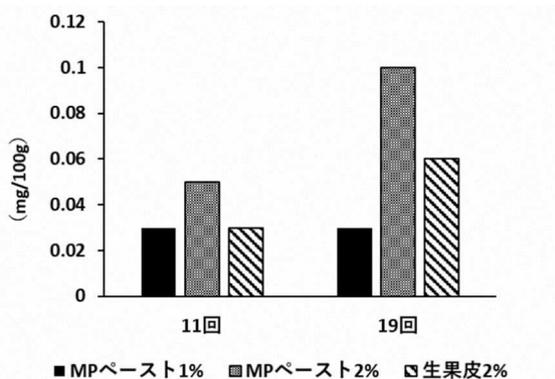


図 5 ペースト及び生果皮給餌時のリモン定量値 (ヒラマサ)
 ■MPペースト1% ■MPペースト2% ▨生果皮2%

表 5 ペースト給餌現地試験結果 (ヒラマサ)

給餌回数	試験区	平均体重 (g)	平均肥満度	褐変到達時間 (時間)	遅延時間 (時間)
11回	対照区	4,888	15.2	107	-
	ペースト1%区	4,996	15.7	110	3
15回	対照区	4,440	15.2	94	-
	ペースト1%区	4,460	15.2	98	4
20回	対照区	4,546	15.7	93	-
	ペースト1%区	5,146	15.3	107	13

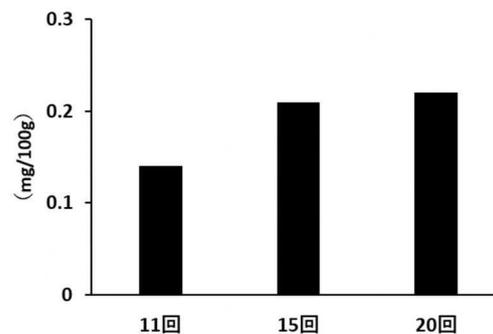


図 6 ペースト給餌時のリモン定量値 (ヒラマサ)

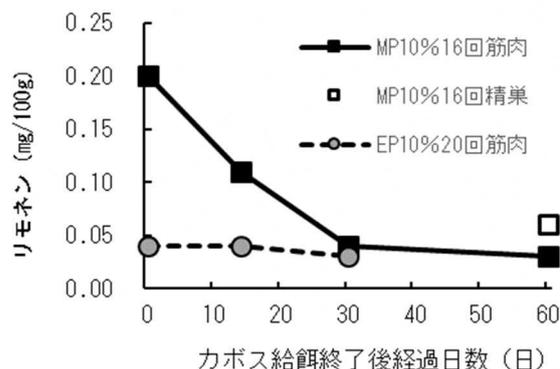


図 7 トラフグ筋肉及び精巢中のリモン含量

文献

- 1)Hiraoka et.al(2004). Preventive method of color deterioration of yellowtail dark muscle during frozen storage and post thawing. *Fisheries Science*;70:1130-1136.
- 2) 安原翔太,都留久美子. 高品質かぼす養殖魚創出事業. 令和元年度大分水研事業報告書 (準備中)
- 3) 木藪仁和,都留久美子(2018). カボスがつなぐブランド魚創出事業. 平成 28 年度大分水研事業報告書 : 102-105.

水産加工品等高度利用化指導

安原 翔太・都留 久美子

事業の目的

水産加工を営む沿岸漁業者や漁協女性部などの加工技術の向上ならびに未利用・低利用資源、安価な魚介類などを用いた加工品の開発・改良の支援、流通改善を目的に、加工相談の対応などを実施した。また、近年、養殖クロマグロの養殖が盛んに行われており、それに伴って内臓等の廃棄物も増加している。当部では、未利用部位である胃袋の加工品製造について技術開発を行っているが、工程中最も課題となるのが粘液等のぬめり除去であり、ブリと同様に酵素を利用した手法を試みた。

事業の内容及び方法

1. オープンラボ

漁業者などに当研究部内の加工施設の活用機会を提供し、技術指導を行った。2回延べ2人が当施設活用して、マダイやハモを使った加工食品（鯛味噌、すり身など）の開発・改良を行った。

2. 加工流通相談などへの対応

未利用資源や低価格水産物の有効利用、加工品の品質向上などについて、5件延べ8人の相談に対応した（表1）。

表1 加工相談の対応

相談件数	5
相談人数	8
対象水産物	養殖ヒラメ、ハモ、カタクチイワシ、クロダイ

3. 養殖クロマグロ内臓利用技術開発

大分県佐伯市のクロマグロ養殖業者から排出された内臓を用いた。内臓1尾分ずつをビニル袋に入れ-20℃で一旦冷凍させた後、冷蔵庫で24時間かけて緩慢解凍した。解凍後、内臓から胃袋を取り出した。

酵素はサモアーゼ[®]PC10F(天野エンザイム株式会社

製)を使用し、酵素濃度が0.1%になるように70℃の水道水に溶かした。上述の酵素水溶液に2個体分の胃袋（一方は未処理のもの、もう一方は縦方向に分割したもの（図1））を入れ、70℃の恒温機で酵素反応を促進した。胃袋重量は未処理のものが526g、分割したものが608gであった。1時間後に胃袋を取り出し、100℃の水道水に約1分間浸漬し酵素反応を停止させた後、水洗いした。その後、ぬめりの除去具合の確認と重量を測定した。

事業の結果

pH値は7.1であり酵素の至適範囲であった。そのままの胃袋と分割した胃袋どちらも1時間でぬめりの除去が可能であった（図2）。

ぬめり除去済みの胃袋の平均重量は、未処理のものが352g、分割したものが388gで、歩留まりは前者が66.9%、後者が63.8%であった。

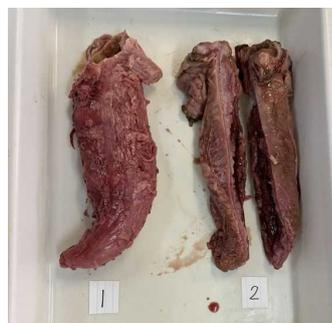


図1 酵素処理前の胃袋



図2 酵素処理後の胃袋

酸素充填解凍を用いた生鮮用冷凍水産物の 高品質化技術開発*

(水産庁委託事業)

都留 久美子

事業の目的

本県においてブリ類養殖は県南地域での主要な水産業であり、近年はフィレやロインなどの加工形態での出荷が増加している。さらには、輸出、フードロス等の観点から冷凍加工の技術開発が望まれているが、ブリ類の血合筋は冷凍処理により褐変しやすいため、これを抑制する技術が必要である。

一方、マグロでは解凍時に酸素充填処理することにより褐変が抑制される技術が確立されている。¹⁾ また、本県では特産の香酸柑橘であるカボスをブリ類の餌に混合して投与することにより、生鮮状態における血合筋の褐変を抑制する技術を確立していることから、酸素充填処理冷凍との相乗効果について検証する。

事業の方法

1. 酸素充填条件の検討

7 m³の酸素ポンベを使用し、体重 4kg 程度のブリに対して酸素充填を行う場合の諸条件について検討した。

2. 給餌条件の異なるブリに対する酸素充填処理の効果

給餌条件は MP、MP+カボスの 2 区とし、25 回給餌後、活け締め、冷却した後、酸素充填処理を行った。その後、厚さ約 2 cm の切り身状にし、真空包装し-30℃のアルコールブライン凍結を施した後、半身ずつ-20℃と-50℃で保存した。

凍結 3 週間後と 6 週間後に真空包装のまま水道水流水に 5 分間浸漬して解凍し、血合筋の写真撮影、色差測定、メト化率の測定を行った。

事業の結果

1. 酸素充填条件の検討

0.2Mpa (18~20L/min) で 30 分間の処理により、効率的に実施できることが判明した。このときの酸素使用量は 1 尾当たり 0.95 m³であり、コストは約 720 円/尾と試算された。

2. 給餌条件の異なるブリに対する酸素充填処理の効果

-20℃ではカボスの有無、酸素充填処理の有無にかかわらず、メト化率が凍結 3 週間後で 80%前後、凍結 6 週間後には 90%前後まで進行しており、いずれの処理の効果も確認されなかった (図 1)。今回使用した-20℃冷凍庫の温度を測定したところ、デフロストが頻繁に行われ室温が一定でなく、このような条件での保存は品質に著しい影響を及ぼす可能性が示された。

-50℃では MP 区、カボス区とも酸素充填処理の顕著な効果が確認された。凍結 3 週間後の解凍直後では非酸素充填区が 40%程度までメト化しているのに対し、酸素充填区は 10%程度にとどまり有意に低かった。また解凍 4 時間後では酸素充填区で若干の a*値の低下、メト化率の上昇がみられたが、いずれもカボス区は MP 区より傾きが小さく、解凍後の経時的品質劣化がカボス給餌により抑制される傾向があった (図 2)。

凍結 6 週間後については、解凍直後の品質は凍結 3 週間後と同様に酸素充填区の評価が高い傾向にあったが、解凍 4 時間後には酸素処理区で a*値の低下、メト化率の上昇が見られた。特に MP 区で著しく、非酸素処理区より品質が低下する傾向にあった。カボス区は個体差が激しく、解凍 4 時間後の 3 個体のメト化率はそれぞれ 20.2%、25.1%、55.5%であり、品質が良好に保たれた個体とメト化が進行した個体が存在したため、品質の均質化が課題である。

*詳細は水産庁委託事業「令和 2 年度酸素充填解凍を用いた生鮮用冷凍水産物の高品質化技術開発」令和 2 年度実施報告書に記載。

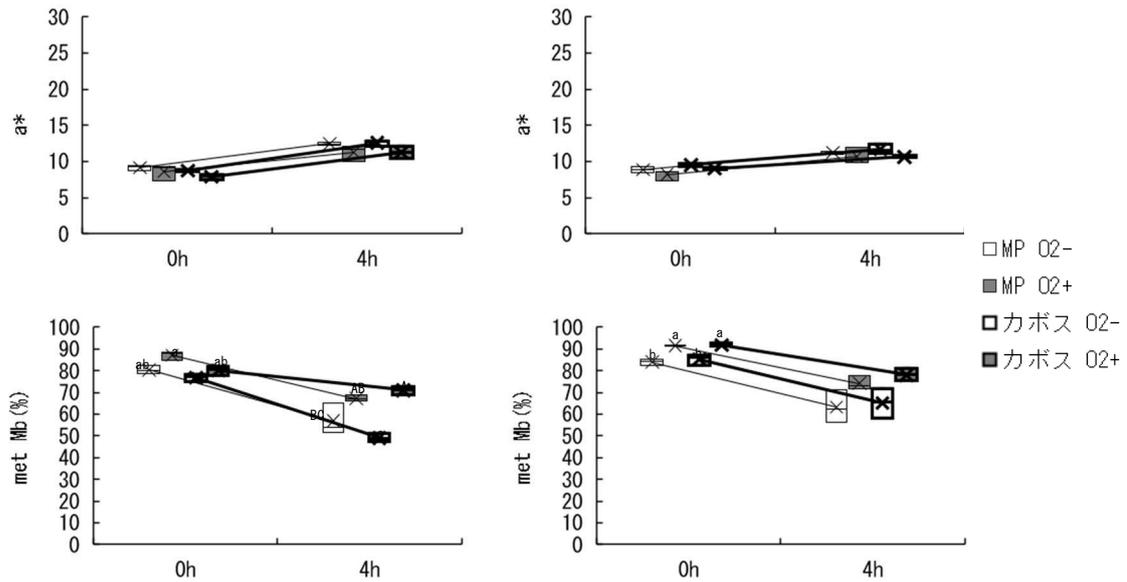


図1 -20°C 保存による凍結3週間後(左列), 6週間後(右列)の a^* 値(上段), 及びメト化率(下段). それぞれのグラフにおける異なるアルファベットは有意差があることを示す(Tukey-Kramer, $P < 0.01$).

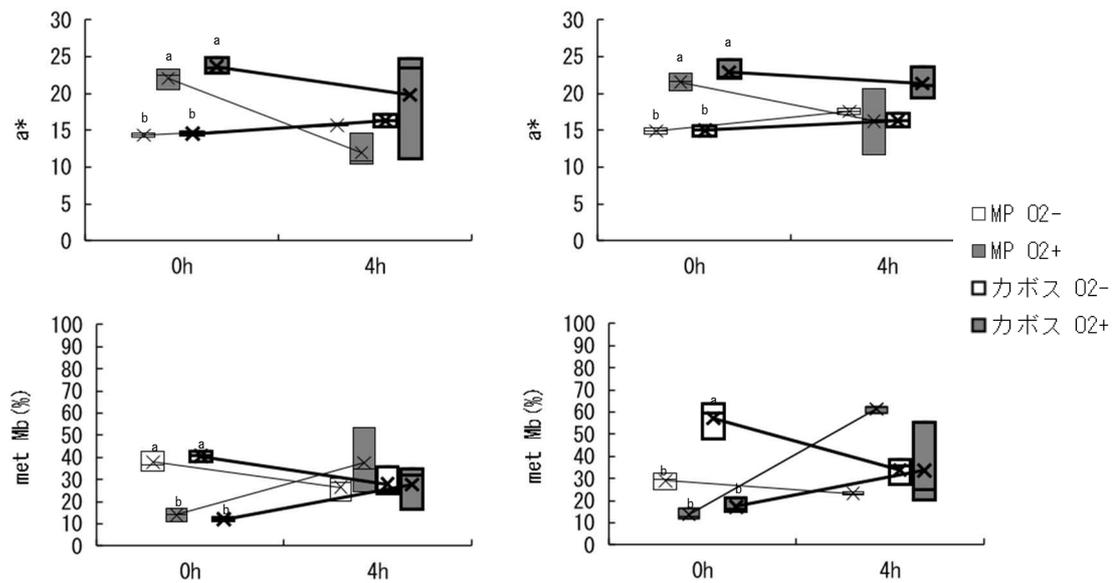


図2 -50°C 保存による凍結3週間後(左列), 6週間後(右列)の a^* 値(上段), 及びメト化率(下段). それぞれのグラフにおける異なるアルファベットは有意差があることを示す(Tukey-Kramer, $P < 0.01$).

特定波長光照射による養殖対象種の成長等に関する予備試験 令和 2 年度予備試験調査 (県単)

都留久美子

事業の目的

大分県は、2017 年度からヒラメ養殖における特定波長光照射の成長促進効果の実証試験を行っている。養殖において生産者が求めるものは、高成長に加えて高生残であり、特定波長光照射の抗病性への影響を検討する必要がある。そこで今年度は予備試験として、改良ポンドサイドキットマニュアル¹⁾を用い、緑色光照射で育成したヒラメについて、生体防御能の指標として末梢血貪食細胞の殺菌能等を測定した。

また、特定波長光照射技術の対象養殖種拡大を目的に、トラフグの成長、行動(攻撃性)や性分化への影響を調査するとともに、ブリ類のハダムシ対策への利用の可能性について検討した。

事業の方法

1. 緑色光照射ヒラメの貪食細胞殺菌能と血漿リゾチーム活性

県内ヒラメ陸上養殖業者が 2020 年 8 月に民間種苗生産会社から導入した種苗を、緑色光(ピーク波長 522nm)照射水槽(LED 区)または自然光下水槽(対照区)で約 7 か月間飼育したヒラメを供試魚とした。供試魚の平均体重はそれぞれ 382.5g, 372.2g であった。

2021 年 3 月 4 日に、800u/mL のヘパリン溶液で前処理した注射器を用い、無麻酔で各区 6 尾の尾部血管から血液 1mL を採取した。採取した血液は冷蔵で実験室に持ち帰り、改良ポンドサイドキットマニュアル¹⁾に従って貪食細胞殺菌能と血漿リゾチーム活性を測定した。

NBT 還元能及びポテンシャルキリング活性(PK 活性)は採血 2 時間以内に測定し、白血球層採取の遠心分離は 2,000×G, 4°C, 5 分間、NBT 溶液等との反応は 20°C, 1 時間の条件で行った。

血漿リゾチーム活性は、貪食細胞殺菌能測定後の

供試血液から遠心分離(3000×G, 4°C, 15 分間)で得られた血漿を-80°Cで保存し、後日解凍して原液と 10 倍希釈血漿を測定に供した。血漿試料と *Micrococcus* 浮遊液の反応は 37°Cで行った。なお、食細胞殺菌能、血漿リゾチーム活性ともに、吸光度(OD₅₄₀)の測定にはマイクロプレートリーダー MULTISKAN GO (ThermoFisher Scientific)を用いた。

2. トラフグにおける特定波長光照射の影響

県内の養殖業者から 2020 年 5 月 7 日に購入したトラフグ(平均体重±SD: 19.0±3.8g)。を水産研究部の 500L(水量 450L)黒色ポリエチレン円形水槽に各区 52 尾収容し、5 月 12 日から特定波長光照射を開始した。なお、飼育はろ過海水を用いた流水(約 15 回転/日)で行った。

試験区は橙色光(ピーク波長 603nm)照射区(橙区)、緑色光(ピーク波長 522nm)照射区(緑区)、青色光(ピーク波長 469nm)照射区(青区)、白色光(ピーク波長 446 及び 548nm)照射区(白区)の 4 区とし、灯具 LLF0110A(スタンレー電気)1 個を各水槽上部に垂下して、水面の光量子束密度が 9~10μmol/m²・s となるよう距離を調整した。市販 EP(黒潮フロート、ヒガシマル)に 60%(w/v)の水道水を添加して毎日 8:30 と 14:30 の 2 回、飽食給餌させ、給餌量を記録した。

毎月、全個体を 400ppm2-フェノキシエタノール(和光純薬)で麻酔し、全長、体長、体重を測定した。また、尾鰭の欠損程度を 4 段階で評価した。すなわち、目視観察により、欠損度が 0~20%を I、30~50%を II、60~80%を III、90~100%を IV とした。8 月 26 日の飼育終了時に全個体を取上げ、上記項目に加え肝臓重量、生殖腺重量を測定するとともに、生殖腺の目視で雌雄を判別した。また、5 月 25 日から 8 月 26 日にかけて給餌開始から終了までの時間を測定し、単位時間あたりの摂餌量(平均給餌速度)を算出した。飼育期間中の水温は 17.0~24.5°Cであった。

3. ハダムシふ化幼生の特定波長光に対する走性

ブリハダムシが体表に寄生したブリ幼魚約 70 尾を 500L 透明ポリカーボネイト円形水槽で保持し、2020 年 12 月 7~11 日にかけて飼育水に生み出されたハダムシ卵を採集した。採集卵は 11°C の暗黒インキュベータで約 2 週間保持した後、12 月 22 日に光刺激と昇温によりふ化させ、ふ化直後の幼生を特定波長光照射試験に供した。

試験に用いた水槽は神保ら²⁾を参考に、幅 13cm、深さ 10cm、長さ 120cm で、上面中央に 13×10cm の入り口のあるアクリル製容器を作成した。机上に設置した水槽の両端直上にそれぞれ異なる波長の灯具 (LLF0110A、スタンレー電気) を 1 個ずつ設置した。使用した灯具の光色は赤、緑、青で、それぞれのピーク波長は 613nm、522nm、469nm である。水槽上面の光量子束密度が $10\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ となるよう距離で調節した。ろ過海水を満たした水槽の入り口から供試幼生を注入すると同時に灯具を点灯し、10 分後に幼生の移動傾向を確認した。注入した幼生数は赤対緑が 15,900、赤対青が 3,960、緑対青が 2,860 であった。

事業の結果

1. 緑色光照射ヒラメの貪食細胞殺菌能と血漿リゾチーム活性

貪食細胞の NBT 還元能及び PK 活性の値を示したものがそれぞれ図 1、2 である。NBT 還元能、PK 活性とも対照区と LED 区間に有意な差はなかったが (t-test)、LED 区でいずれの値も分散が少ない傾向があった。

また、血漿リゾチーム活性についても、図 3 に示したとおり、2 区間に有意な差はなかった (t-test)。

2. トラフグにおける特定波長光照射の影響

測定結果のうち体重の推移を示したものが図 4、飼育試験終了時における各区の平均体重、総給餌量、平均給餌速度、増肉係数を示したものが表 1 である。

平均体重は飼育試験開始 1 か月後から白区で大きい傾向が見られ、試験終了時は他区と比較して有意に (Steel-Dwass test, $p < 0.01$) 大きくなった (図 4)。

また、白区は平均給餌速度が他区より速く、総給餌量も多いが、増肉係数は他区より低かった (表 1)。一般的なトラフグ陸上養殖施設では、天井の一部から自然光を取り入れることが多い。今回供試した灯具では白色光が最も自然光に近い波形であり、養殖

場の光環境は今回供試したいずれの特定波長光より、トラフグ養殖に適していることが示唆された。ただし、今回は水面における光量子束密度を、ヒラメで成長促進効果が得られている $10\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ³⁾ に設定したことから、光量によっては異なる結果が得られる可能性もあり、今後の検討が必要であろう。

また、尾鰭欠損度は橙区と青区で低く、緑区と白区で高い傾向が見られた (図 5)。特に白区は欠損度の高い個体が最も多く見られ、飼育開始 2 か月後の体測時に腹部に穴が空いている個体が生じるなど、他個体に対する攻撃の強さが認められた。

性比については、有意に (χ^2 -test, $p < 0.05$) 雄が多い青区を除いて、雌雄の偏りはなかった。

生残率は橙区 96.2%、緑区 100%、青区 98.1%、白区 96.2% であった。

3. ハダムシふ化幼生の特定波長光に対する走性

ハダムシのふ化幼生は特定波長光への明確な指向を示し、赤対緑では緑側に、赤対青では青側に、緑対青では青側にほぼ全数が移動した。これらのことから、ハダムシ幼生は短波長光への正の走性あるいは長波長光への負の走性を持つことが示唆された。

文献

- 1) 日本水産資源保護協会(1998):改良ポンドサイドキットマニュアル (平成 9 年度版) .
- 2) 神保忠雄,水本泰,村上恵祐,浜崎活幸(2018)イセエビフィロゾーマ幼生の成長に伴う走行性の変化. 日本水産学会誌 84(3):361-368.
- 3) Shimizu et.al(2019).Effects of green light on the growth of spotted halibut, *Verasper variegatus*, and Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, and on the endocrine system of spotted halibut at different water temperatures. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 271:82-90.

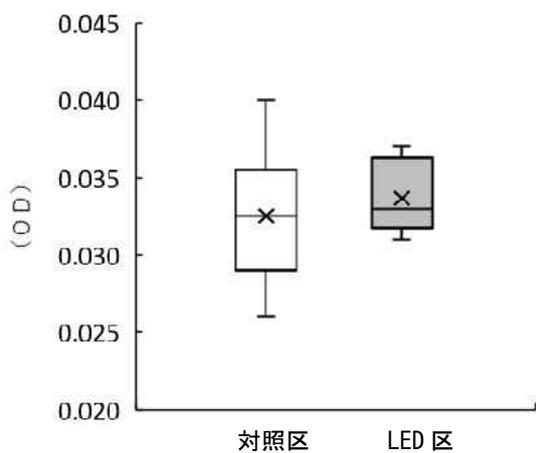


図 1 ヒラメのNBT還元能

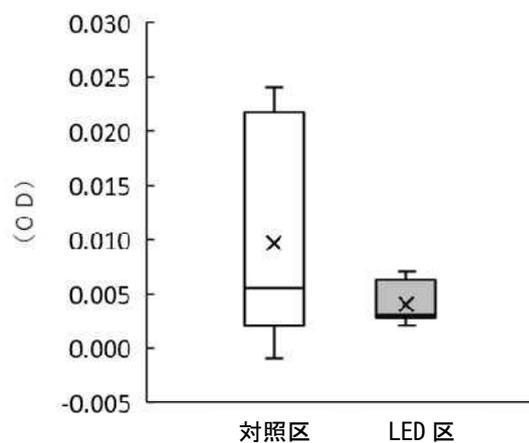


図 2 ヒラメのPK活性

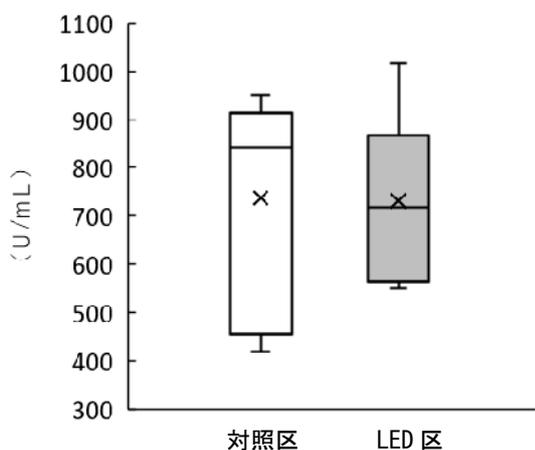


図 3 ヒラメ血漿のリゾチーム活性

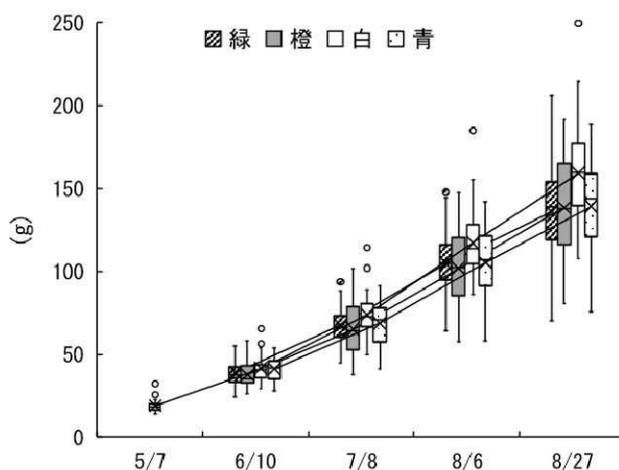


図 4 トラフグ平均体重の推移

表 1 特定波長光を照射したトラフグの飼育成績

	橙区	緑区	青区	白区
平均体重±SD(g)	138.4±28.9	136.2±29.5	139.4±25.6	159.3±28.2
総給餌量(g)	6,319	6,529	6,360	7,093
平均給餌速度(g/s)	68.1	70.7	71.8	102.1
増肉係数	1.02	1.07	1.03	0.98

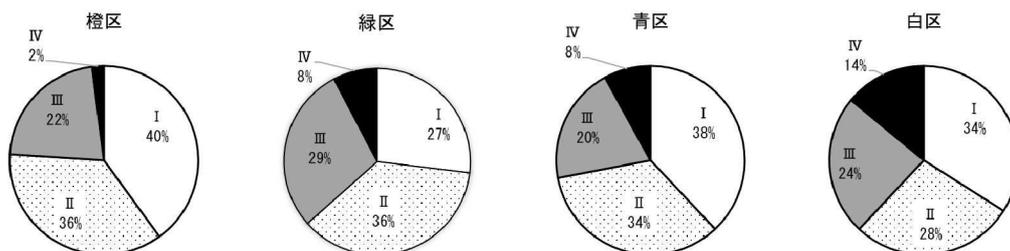


図 5 異なる波長を照射して飼育したトラフグの尾緒欠損度

安心・安全で環境に優しい養殖推進事業－2 環境調査

中里礼大・井口大輝

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

20120年9月9日～9月18日に、養殖漁場環境調査定点39点(図1)のうち、佐賀関、白杵、津久見および米水津における黒島を除く計12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-1m)または3層(0、5、B-1m)においてCTDを用いて水温、塩分、水深の測定を行った後、リゴ- B号採水器により採水した試料海水を実験室に持ち帰って分析した。

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

事業の結果

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

過去10年間(1994～2003年)のデータがそろって

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、2020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.

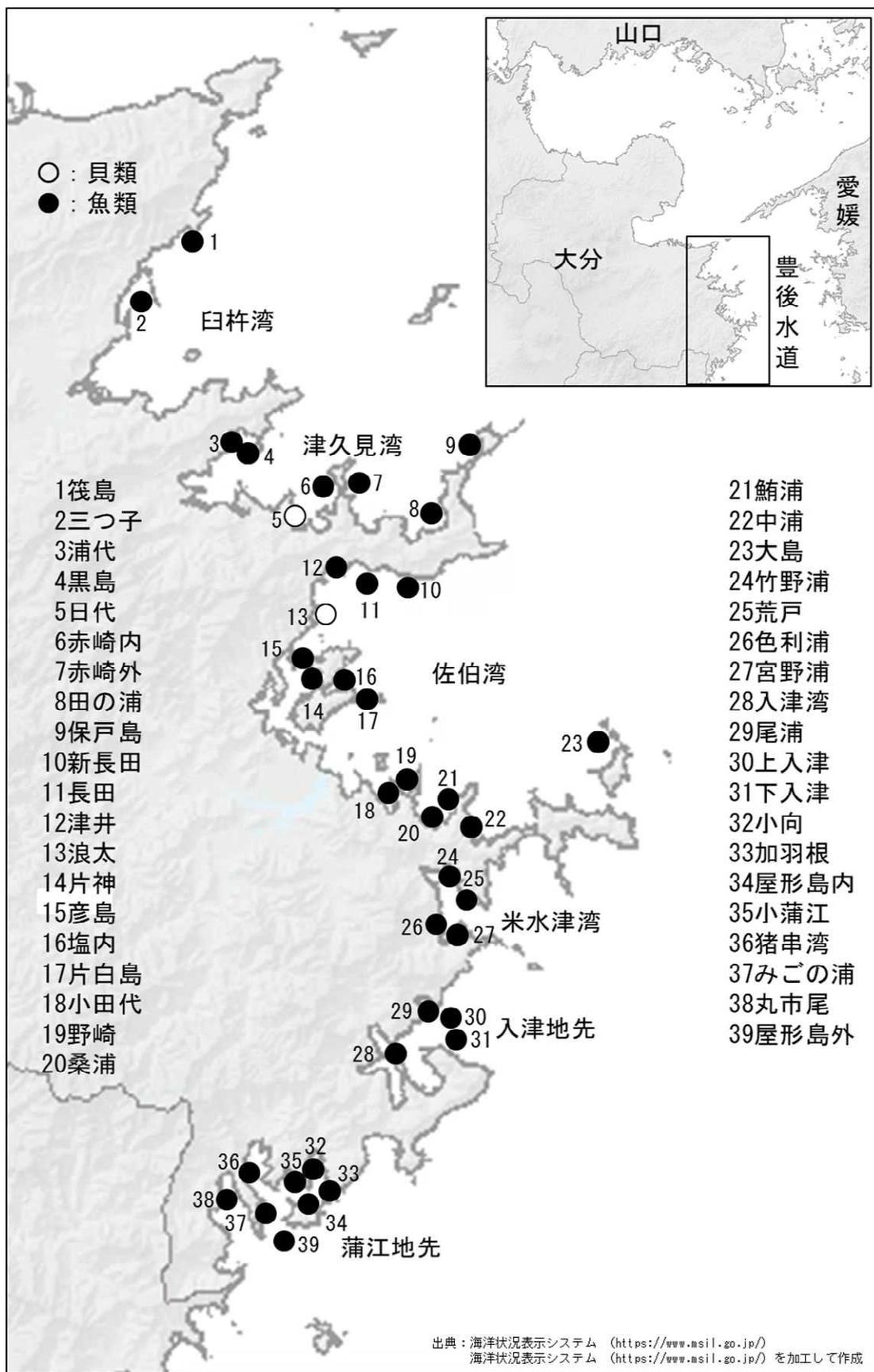


図1. 養殖漁場環境調査定点図

表1. 令和2年度 養殖漁場環境調査結果

項目	調査点		津久見							米水津				
	佐賀関 筏島	臼杵 三つ子	浦代	黒島	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	9/9	9/9	9/18	-	9/18	9/18	9/18	9/18	9/18	9/17	9/17	9/17	9/17	
水深(m)	19.7	16.6	21.9	-	7.5	38.8	45.0	50.0	33.2	25.3	33.2	19.6	24.7	
Tr (m)	5.0	5.0	5.0	-	7.0	6.0	8.0	7.0	8.0	8.0	6.0	8.0	7.0	
水温	0	23.8	23.6	24.7	-	24.3	24.4	23.7	23.6	23.3	24.9	24.7	24.5	24.5
	5	23.8	23.5	23.6	-	24.2	23.9	23.3	23.5	23.2	24.7	24.2	24.6	24.3
	10	23.8	22.3	23.3	-	23.7	23.5	23.1	23.5	23.1	24.0	24.1	24.0	24.2
	B-1	23.5	21.5	22.9	-	22.9	22.8	22.8	22.9	22.7	22.4	21.2	23.4	22.9
塩分	0	32.48	33.64	32.44	-	32.73	32.68	32.99	33.00	33.14	33.04	33.38	33.37	33.41
	5	32.52	33.66	33.01	-	32.77	32.87	33.10	33.02	33.20	33.49	33.52	33.49	33.46
	10	32.62	33.72	33.11	-	33.03	33.08	33.19	33.05	33.25	33.61	33.58	33.60	33.51
	B-1	32.96	33.83	33.32	-	33.34	33.40	33.39	33.32	33.43	33.84	34.03	33.71	33.78
DO	0	4.89	4.88	6.31	-	4.71	5.03	4.70	4.65	4.64	4.77	4.70	4.03	3.83
	5	4.94	4.45	4.30	-	4.60	4.27	4.49	4.41	4.59	4.28	4.41	4.09	3.66
	10	4.75	4.56	4.4	-	4.34	4.27	4.42	4.41	4.57	4.23	4.29	4.24	3.72
	B-1	4.60	4.52	4.47	-	4.30	4.30	4.43	4.40	4.56	4.30	4.17	4.11	4.10
DIN	0	2.65	2.24	0.69	-	0.39	0.73	2.10	2.32	2.56	3.16	1.77	1.35	1.50
	5	1.69	3.01	1.07	-	0.42	3.33	3.17	3.29	2.55	2.44	2.39	0.44	1.59
	10	1.94	2.36	2.1	-	2.04	3.30	3.13	3.26	2.83	2.33	2.39	0.71	1.33
	B-1	2.85	2.77	3.33	-	3.55	3.57	3.26	3.56	3.14	2.89	4.24	1.35	2.76
PO4-P	0	0.35	0.32	0.08	-	0.20	0.23	0.36	0.34	0.37	0.40	0.31	0.19	0.30
	5	0.32	0.39	0.26	-	0.22	0.47	0.42	0.37	0.37	0.41	0.55	0.16	0.30
	10	0.30	0.33	0.4	-	0.34	0.50	0.43	0.37	0.37	0.33	0.64	0.22	0.32
	B-1	0.37	0.43	0.49	-	0.44	0.50	0.44	0.43	0.39	0.38	0.56	0.25	0.50

*水温は0.5m層を示す。

単位：水温(°C)、DO(ml/L)、DIN・PO4-P(μM)

*DO(ml/L)÷0.7⇒DO(mg/l)

表2. 令和2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	R2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
R2.9.9	1	筏島	佐賀関	魚類小割	3.11	5.01	0.01	8.57	-0.66	I
R2.9.9	2	三ツ子	白杵湾	魚類小割	2.31	3.91	0.11	7.16	-0.79	I
R2.9.18	3	浦代	津久見湾	真珠	2.77	4.98	0.02	9.54	-0.69	I
R2.9.18	4	黒島	津久見湾	-	欠測					
R2.9.18	5	日代	津久見湾	真珠	1.76	3.23	0.01	5.55	-1.10	I
R2.9.18	6	赤崎内	津久見湾	魚類小割	3.43	5.31	0.04	10.81	-0.47	I
R2.9.18	7	赤崎外	津久見湾	魚類小割	4.22	6.86	0.04	14.74	-0.13	I
R2.9.18	8	田の浦	津久見湾	魚類小割	3.39	5.22	0.13	15.09	-0.21	I
R2.9.18	9	保戸島	津久見湾	魚類小割	3.65	6.06	0.01	14.06	-0.32	I
R2.9.17	24	竹野浦	米水津湾	魚類小割	3.96	6.13	0.14	14.38	-0.09	II
R2.9.17	25	荒戸	米水津湾	魚類小割	4.90	7.26	0.20	19.58	0.40	II
R2.9.17	26	色利浦	米水津湾	魚類小割	4.44	6.73	0.15	23.89	0.42	II
R2.9.17	27	宮野浦	米水津湾	魚類小割	5.57	8.29	0.40	25.10	1.00	II
		平均			3.63	5.75	0.11	14.04	-0.22	

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)

中里礼大・井口大輝

事業の目的

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

事業の方法

1. 浅海定線調査

毎月上旬に漁業調査船「豊洋」を使用して行った。水温と塩分はCTDで観測し、採水試料の栄養塩はオートアナライザー(SWAAT、BLTEC社製)を用いて分析した。

1) 調査月日

2020年 4月 3日、6～8日	10月 13日～ 16日
5月 11日～ 14日	11月 9日～ 12日
6月 2日～ 4日	12月 1日～ 3日
7月 6日～ 9日	2021年 1月 5日～ 6日
8月 17日～ 18日	2月 3日～ 5日
9月 14日～ 17日	3月 9日～ 11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（0m）を、午前8時30分に採水し、棒状水温計で水温を測定した。平年値は、1990～2010年の20年間の平均値を用いた。

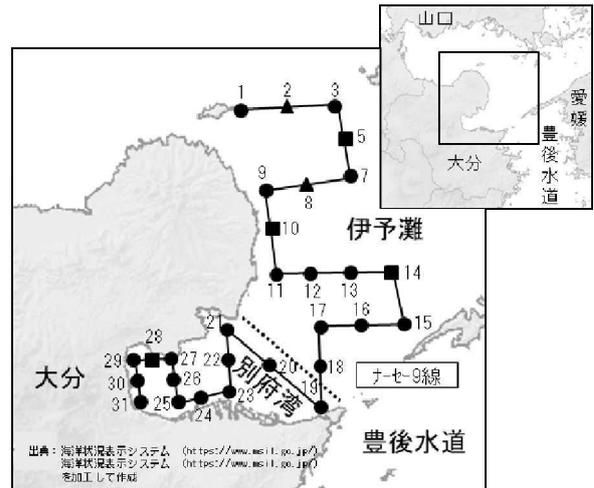


図1. 浅海定線調査定線図

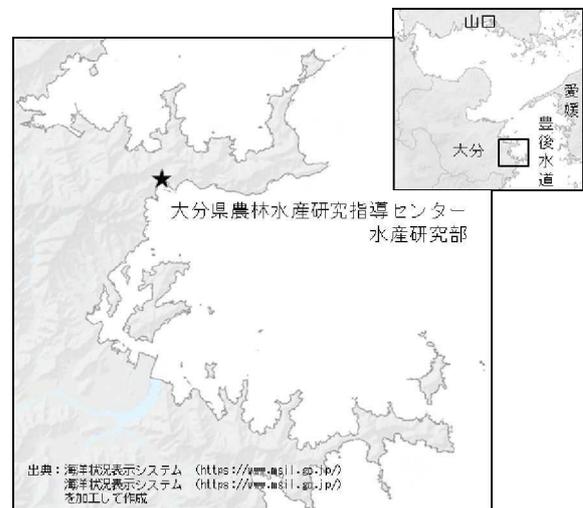


図2. 水温定点観測調査点

事業の結果

1. 浅海定線調査等

1) 気象

大分市における2020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：4月上旬～下旬、7月上旬～下旬、12月中旬～1月上旬は平年より低めであったが、その他の月は平年より高めで推移した。8月の月平均気温は29.3℃であり、観測史上最高値を記録した。

日照時間：6月中旬、7月上旬～下旬、3月上旬は平年より低めで推移し、その他の月は概ね高めで推移した。

降水量：おおむね平年より低めで推移したが、7月6日7月6日から8日にかけて梅雨前線が九州付近に停滞し、太平洋高気圧の周辺から梅雨前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、記録的な大雨となり7月7日の日降水量は252.5mmとなり、観測史上最高値を記録した。

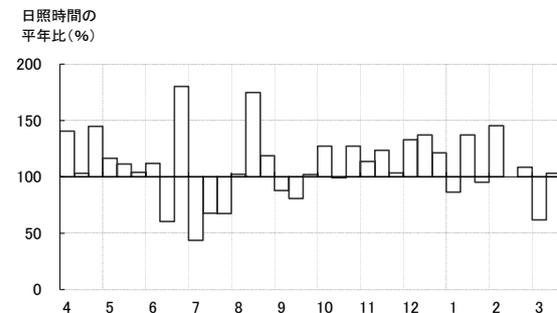
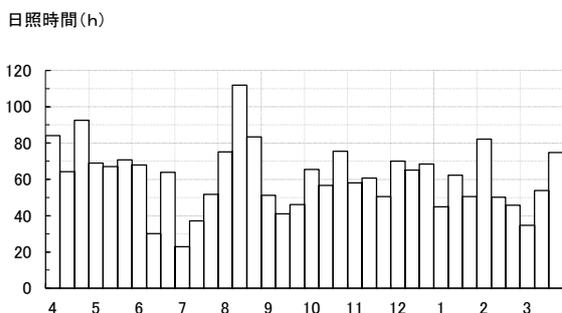
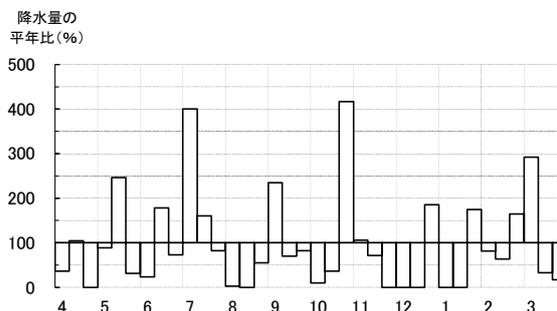
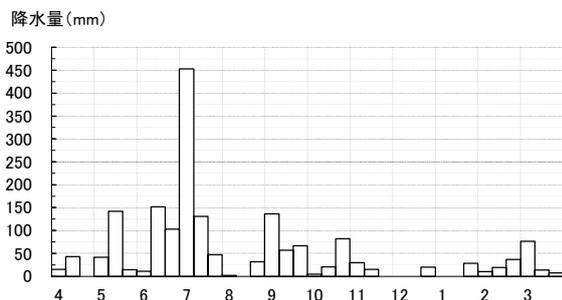
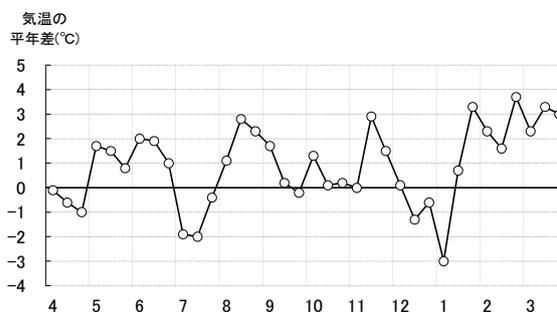
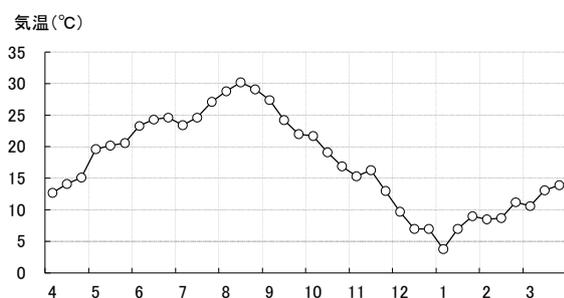


図3. 2020年度大分市における気象
(気象庁気象統計情報)。

2) 海象

水温

水温の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は11.89~27.32°C、底層は12.22~23.55°Cで推移した。表層は、4月「かなり高め」、8月「甚だ高め」であった他は「やや低め」~「やや高め」であった。底層は、4月「かなり高め」であった他は「やや低め」~「やや高め」であった。

別府湾の表層は11.32~28.74°C、底層は11.54~22.50°Cで推移した。表層は、8月「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、4月「甚だ高め」、5月「かなり高め」であった他は「平常並み」~「やや高め」であった。

塩分

塩分の観測結果は図4に示したとおりである。

伊予灘の表層は30.9~33.54PSU、底層は32.8~33.64PSUで推移した。表層は、7月「かなり低め」、8月「甚だ低め」であった他は「やや低め」~「平常並み」であった。底層は、4月、11~12月「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、24.86~33.31PSU、底層は32.61~33.51PSUで推移した。表層は、2月「かなり低め」であった他は「やや低め」~「平常並み」であった。底層は、9月、11~12月「かなり低め」であった他は、「やや低め」~「平常並み」であった。

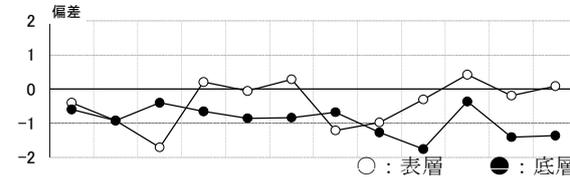
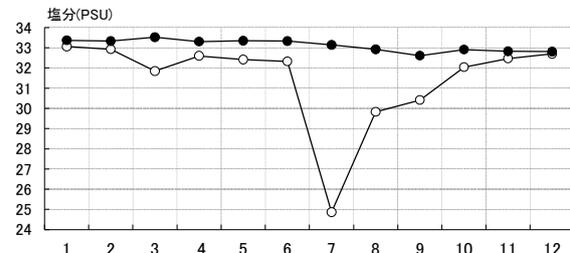
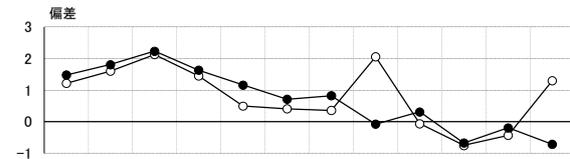
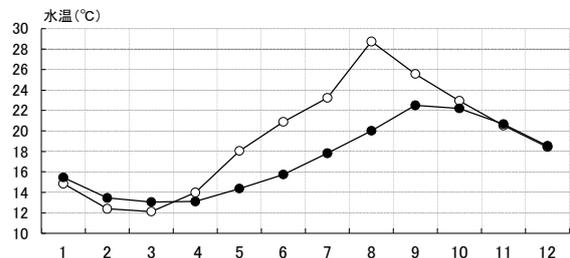
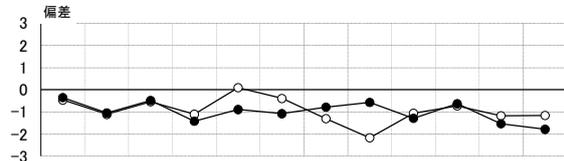
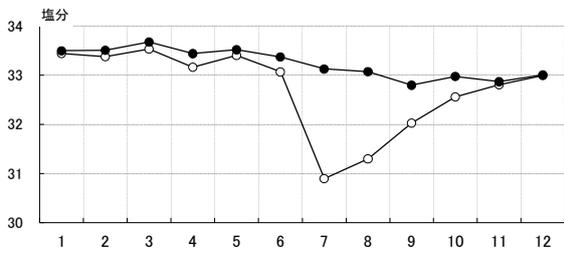
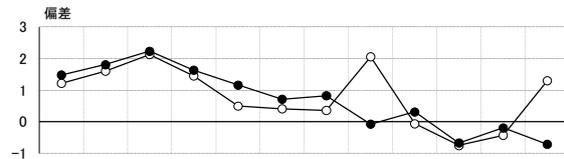
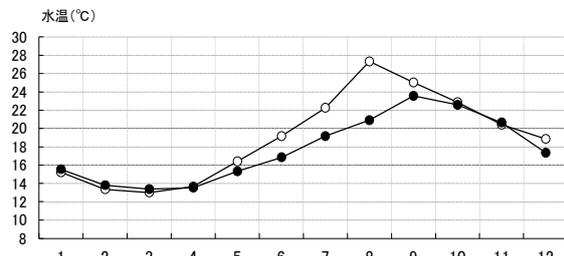


図4. 2020年度の水温および塩分の推移（左：伊予灘、右：別府湾）。

透明度

透明度の観測結果は図5に示したとおりである。

伊予灘は7.91～13.36mで推移した。4、11月「甚だ高め」、5月「かなり高め」であった他は「やや低め」～「やや高め」であった。

別府湾は、5.08～12.25mで推移した。4月「甚だ高め」、11月「かなり高め」であった他は「やや低め」～「やや高め」であった。

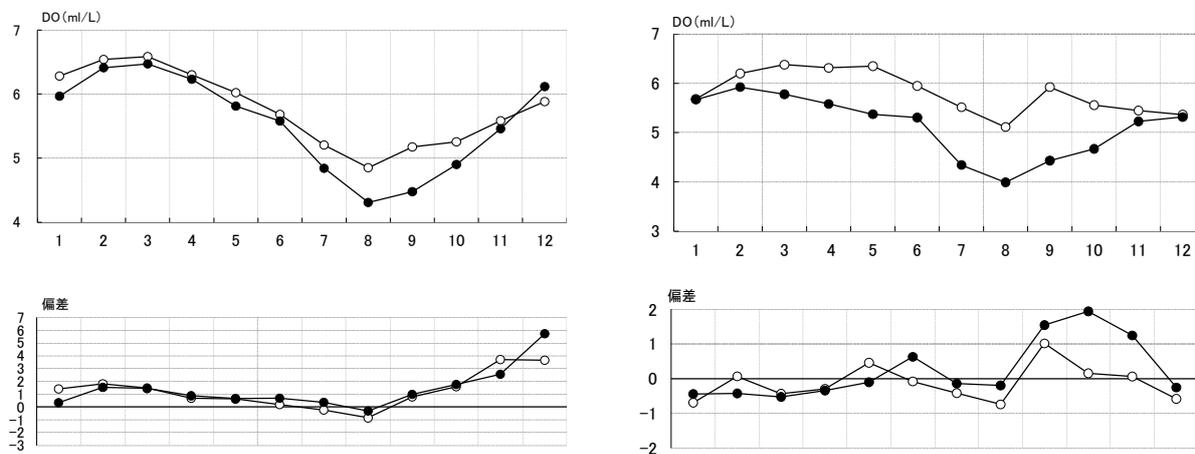


図5. 2020年度の透明度の推移（左：伊予灘、右：別府湾）。

*各項目の評価基準

評価基準(平年偏差/標準偏差)

平年並 : -0.6～0.6

やや高め(低め) : 0.6～1.3 (-1.3～-0.6)

かなり高め(低め) : 1.3～2.0 (-2.0～-1.3)

甚だ高め(低め) : 2.0～ (～-2.0)

3) 栄養塩等

DINおよびPO4-P

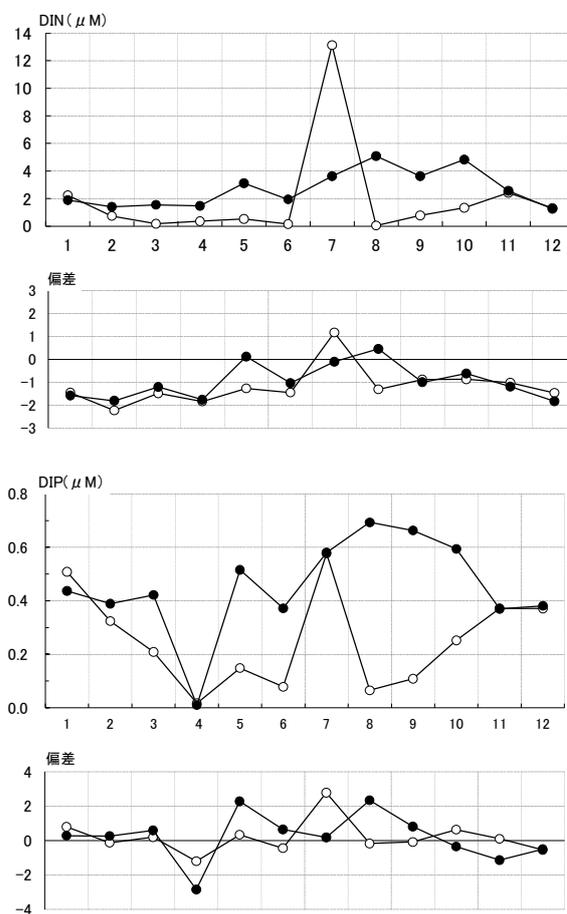
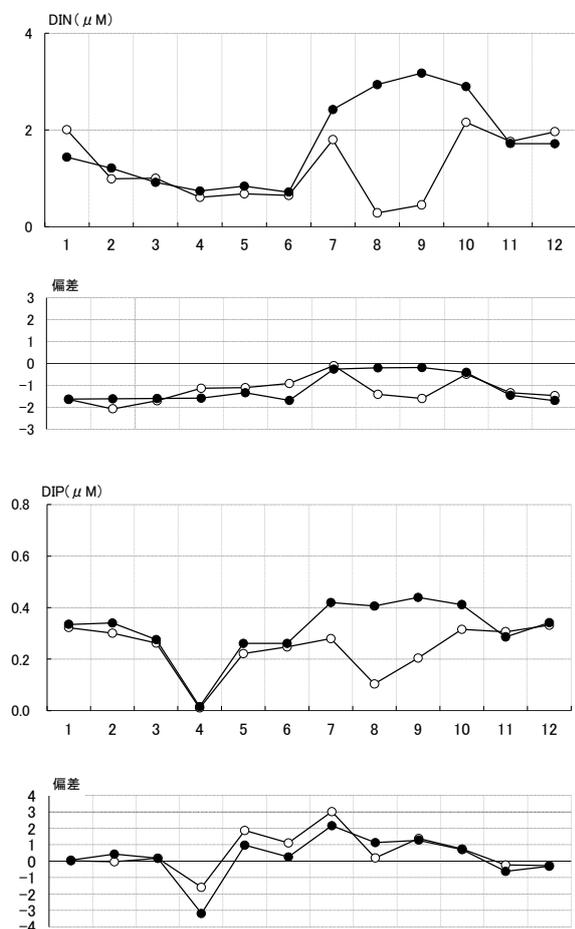
DINおよびPO4-Pの測定結果は図6に示したとおりである。

伊予灘のDINは、表層は0.29~2.22 μ M、底層は0.72~3.18 μ Mで推移した。表層は、8~9月、11~12月「かなり低め」、3月「甚だ低め」であった他は、「やや低め」~「平年並み」であった。底層は、4~6月、11~1月「かなり低め」であった他は、「やや低め」~「平年並み」であった。

別府湾のDINは、表層は0.05~13.13 μ Mで、底層は1.26~5.08 μ Mで推移した。表層は、4月、6月、8月、12~3月「かなり低め」であった他は「やや低め」~「やや高め」であった。底層は、4月、12月、2~3月「かなり低め」であった他は、「やや低め」~「平年並み」であった。

伊予灘のPO4-Pは、表層は0.01~0.34 μ M、底層は0.02~0.44 μ Mで推移した。4月「かなり低め」、5月、9月「かなり高め」、7月「甚だ高め」だった他は、「やや低め」~「やや高め」であった。底層は、4月「甚だ低め」、7月「甚だ高め」であった他は「やや低め」~「やや高め」であった。

別府湾のPO4-Pは、表層は0.02~0.58 μ M、底層は0.01~0.65 μ Mで推移した。表層は、7月「甚だ高め」であった他は「やや低め」~「やや高め」であった。底層は、4月「甚だ低め」、5月、8月「甚だ高め」であった他は、「やや低め」~「やや高め」であった。



○：表層 ●：底層

図6. 2020年度のDINおよびPO₄-Pの推移 (左：伊予灘、右：別府湾)。

DOおよびCOD

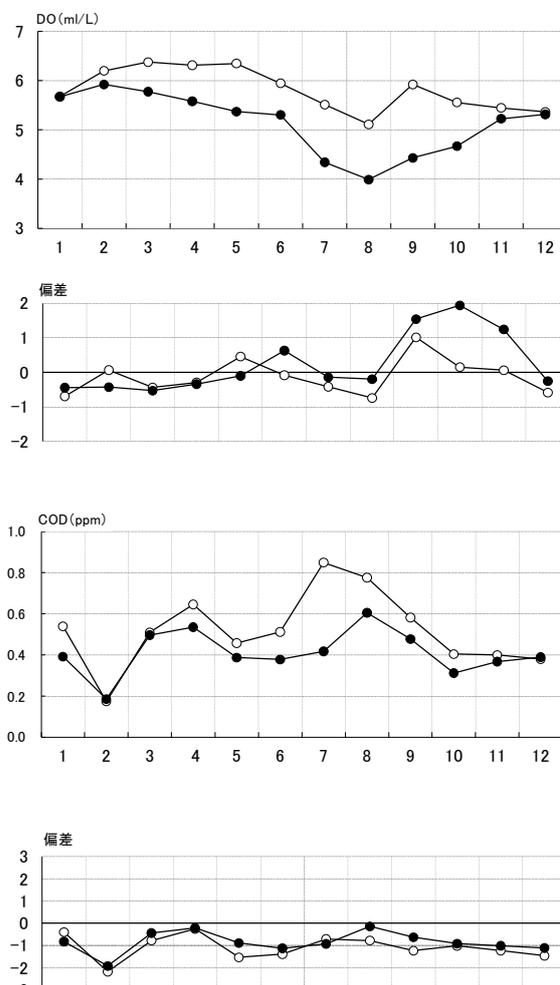
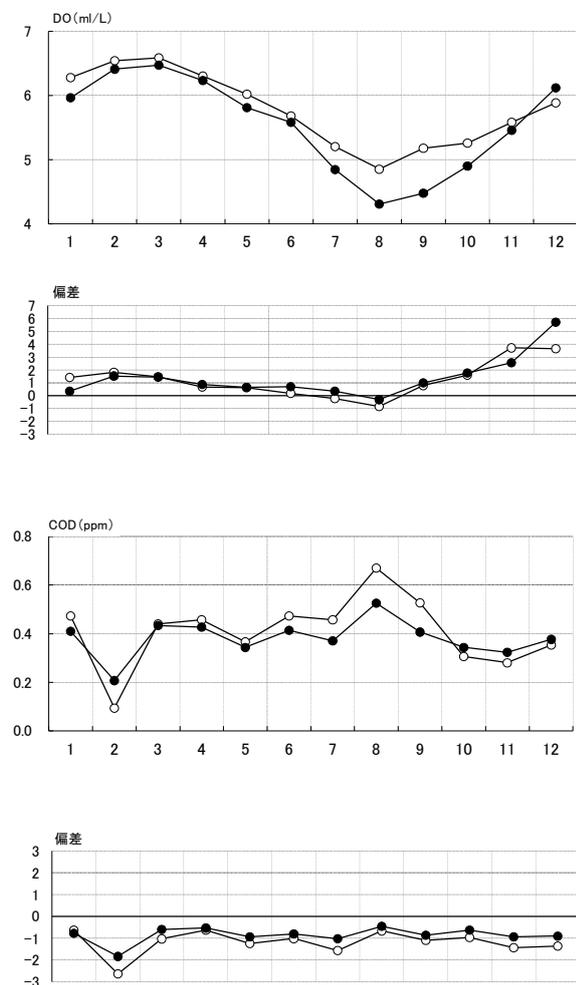
DOおよびCODの測定結果は図7に示したとおりである。

伊予灘のDOは、表層が4.85～6.95 ml/L、底層が4.31～6.67 ml/Lであった。表層は、10月、1～2月「かなり高め」、11～12月、3月「甚だ高め」であった他は、「やや低め」～「やや高め」で推移した。底層は、10月、2月「かなり高め」、11～12月、3月「甚だ高め」であった他は「平年並み」～「やや高め」で推移した。

CODは、表層が0.24ppm～0.67ppm、底層が0.12ppm～0.53ppmであった。表層は、7月、11～2月「かなり低め」、3月「甚だ低め」であった他は「やや低め」傾向で推移した。底層は、1～2月「かなり低め」、3月「甚だ低め」であった他は、「やや低め」～「平年並み」で推移した。

別府湾のDOは、表層が5.11～6.76ml/L、底層が3.99～6.16ml/Lで推移した。表層は周年をとおして「やや低め」～「やや高め」で推移した。底層は、9月～10月「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0.27ppm～0.85ppm、底層が0.30～0.61ppmで推移した。表層は、5～6月、12～3月「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、1月「かなり低め」であった他は、「やや低め」～「平年並み」で推移した。



○：表層 ●：底層

図7. 2020年度のDOおよびCODの推移（左：伊予灘、右：別府湾）。

2. 水温の定点調査

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

2020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月上旬の14.1°Cが最低値であり、年間を通じて概ね平年と比べ高め傾向で推移した。

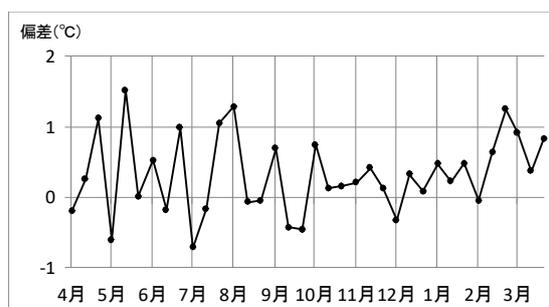


図8. 2020年度の佐伯湾定点における表層水温(旬平均値)の推移.

漁場環境保全事業— 1

赤潮発生監視調査

井口大輝・中里礼大・内海訓弘

事業の目的

近年、西日本では有害プランクトンの発生拡大による甚大な被害が発生し、代表的な被害として *Cochlodinium polykrikoides* 赤潮（2000年熊本県35億円）、*Chattonella spp.*赤潮（2009年鹿児島県20億円、熊本県8.7億円、長崎県4.3億円、2010年鹿児島県36.8億円、熊本県16億円、長崎県1.6億円）、*Karenia mikimotoi* 赤潮（2012年愛媛県13億円）が報告されている。大分県内においても毎年、有害赤潮による漁業被害が報告され、今後の被害拡大が危惧されるとともに、監視強化の必要な有害プランクトン種が増大する傾向にある。漁業被害を防止するためには、プランクトンの生理生態研究で予察技術を確立し、定期的なモニタリング調査で赤潮発生を早期に予知して、適切な被害防止策を講じることが、現状における最善策である。しかし、漁業協同組合職員や漁業者による初期のモニタリングは技術面において困難であることから、業界からは有害プランクトンの監視について一層の強化が望まれている。

本事業の目的は、魚介類を致死させる有害プランクトンの発生および養殖被害を伴う環境悪化等を予察することによって漁業被害を軽減することである。

事業の方法

I. 漁場監視モニタリング調査

豊後水道に接する佐賀関以南に調査点40点（精密調査点5点を含む）を設定し（図1）、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（リゴーB号）を用いて表層および水深2m層で実施し、同時に水温計を用いて水温の測定を行った。船舶調査ではCTD（JFEアドバンテック社製AAQ-RINKO）による水温、塩分、クロロフィル蛍光値の表層から海底までの鉛直測定を実施した後、バケツによる表層採水および採水器（リゴーB号）によるクロロフィル極大層（確認されない時は5m層）の採水を行った。得られた試料

海水は当日中に光学顕微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数に用いた。精密調査点では上記の採水層、調査項目に加え、5m層、10m層、底上1m層の採水も行い、各層の溶存酸素（ウインクラ法）、栄養塩（DIN、 $PO_4\text{-P}$ ）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。

II. 広域赤潮監視調査

周防灘、伊予灘、別府湾に調査点44点（図2参照）を設け、2020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。

III. 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た。今年度はコロナ禍の影響により、一部地域では会議形式ではなく、試料配布および普及指導員等による説明により、赤潮に対する注意喚起等を行った。

赤潮発生時や有害プランクトン発生時及び赤潮になる危険がある場合には、赤潮情報（有害プランクトンが注意密度を超えた場合は緊急赤潮情報またはマグロ版緊急赤潮情報を発行し、周知徹底を図った。

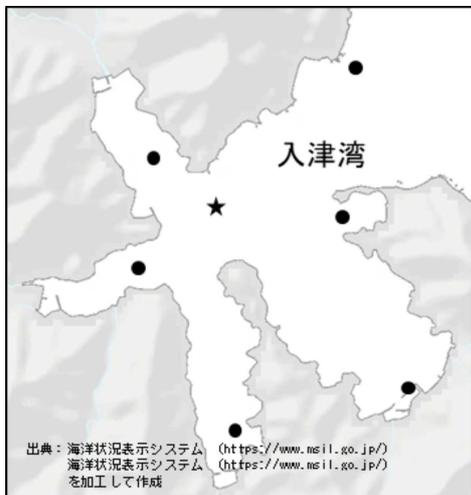
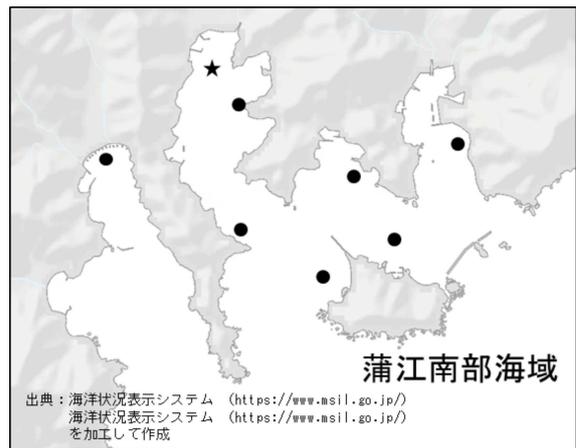
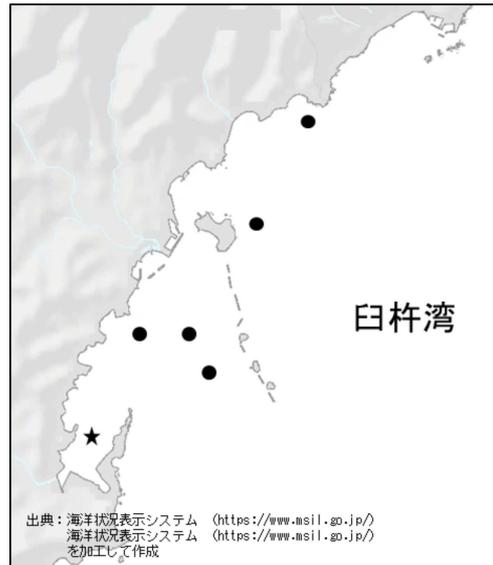
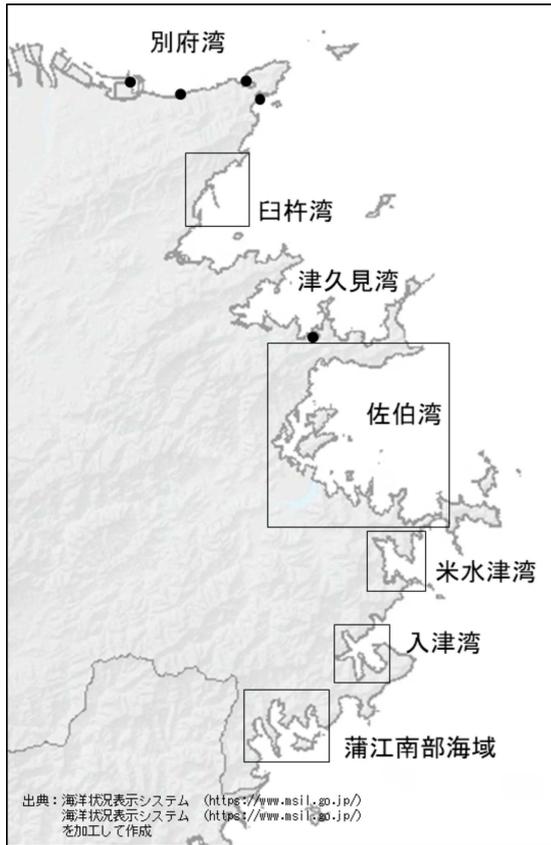


図1 漁場監視モニタリング定点
(●：通常調査点、★：精密調査点)

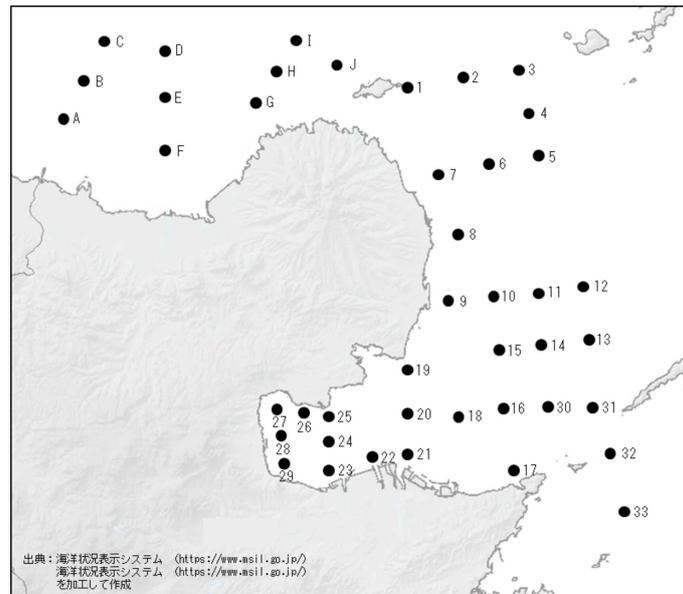


図2 広域赤潮監視調査定点

事業の結果

I. 現場監視モニタリング調査

1) 気象

概要（気象月報抜粋）

6月は、高気圧に覆われ晴れる日もあったが、梅雨前線や湿った空気の影響により、曇りや雨の日が多かった。気温は多くの観測地点で平年よりかなり高い傾向であった。降水量は西部の日田、玖珠や北部の国見、豊後高田、耶馬溪、院内で多い他は、少ないか平年並であった。日照時間は佐伯で少ない他は、多いか平年並であった。7月は、梅雨前線や湿った空気の影響により、曇りや雨の日が多かった。気温は平年より低いか、かなり低かった。降水量は平年より多いか、かなり多かった。日照時間は平年より少ないか、かなり少なかった。九州北部地方は、7月30日頃に梅雨明けした。8月は、気圧の谷や上空の寒気、台風第5号・第8号や湿った空気の影響により、曇りや雷を伴った雨の日もあったが、高気圧に覆われ晴れた日が多かった。気温は蒲江で平年より高い他は、かなり高かった。降水量は平年より少ないか、かなり少なかった。日照時間は豊後高田、杵築で平年より多い他は、かなり多かった。9月は、台風第9号、台風第10号や低気圧、気圧の谷、前線や湿った空気の影響を受け曇りや雨の日が多かった。気温は、杵築、大分で平年より高く、他は平年並であった。降水量は平年より多いか、平年並であった。日照時間は、豊後高田、宇目で平年並、他は平年より少なかった。

気温・降水量

4～9月の佐伯市アメダスの各月の平均気温、降水量、日照時間の推移および平年偏差は図3～5に示したとおりである。平均気温は4・7月は平年よりかなり低いもしくは低く傾向にあり、5・6・8月はかなり高い傾向であった。降水量は4・6・8月は平年よりかなり少ないもしくは少ない傾向であった。日照時間は4・8月はかなり多い傾向であったが、その他は少ないもしくは平年並であった。佐伯市の2020年の春季は気温がかなり低かったのが特徴であり、夏期は、梅雨前線や湿った空気の影響により6・7月は曇りや雨の日が多かったが、8月は高気圧に覆われる日が多かった影響により、降水量は少なく・日照時間が多い傾向であったと考えられた。

2) 海象

6月～9月における各海域の代表点の5m層の水温、塩分、DIN、PO₄-Pの推移は図6～9に示したとおりである。

水温は白杵湾 18.7～24.1℃、佐伯湾 18.9～24.5℃、入津湾 15.9～24.2℃、蒲江南部海域 19.5～25.3℃で推移した。塩分は白杵湾 32.66～33.88、佐伯湾 32.55～33.97、入津湾 33.25～34.13、蒲江南部海域 32.83～34.27で推移した。DINは白杵湾 0.04～2.82 μM、佐伯湾 0.08～5.7 μM、入津湾 0.01～3.54 μM、蒲江南部海域 0.01～9.60 μMで推移した。PO₄-Pは白杵湾 0.06～0.39 μM、佐伯湾 0.01～0.49 μM、入津湾 0.03～0.47 μM、蒲江南部海域 0.02～0.84 μMで推移した。

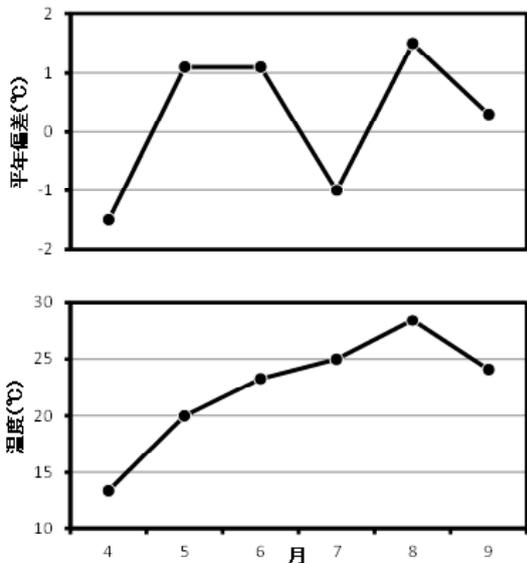


図3 月平均気温の推移と年平均偏差 (上段：年平均偏差、下段：月平均気温 アメダス 佐伯)

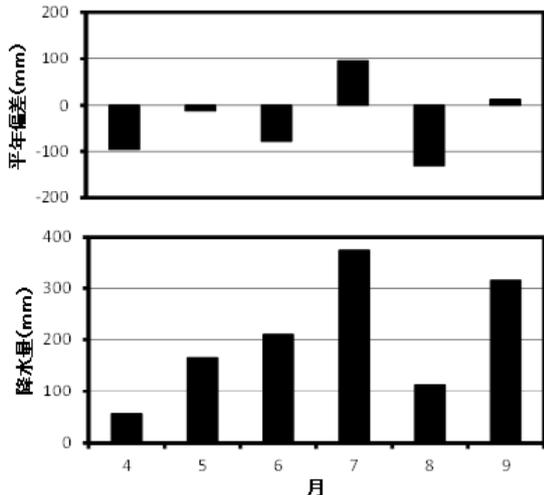


図4 月降水量の推移と年平均偏差 (上段：年平均偏差、下段：月降水量 アメダス 佐伯)

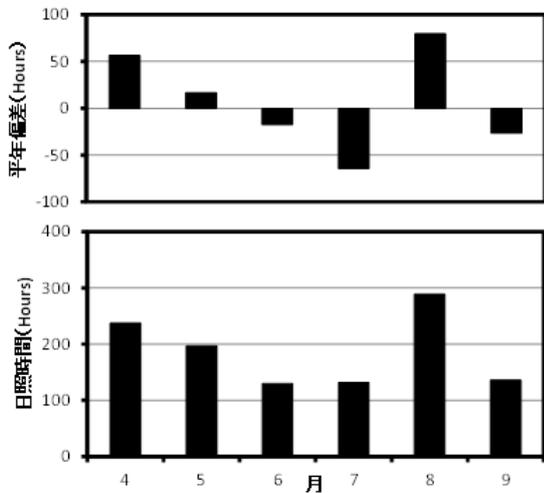


図5 月日照時間の推移と年平均偏差 (上段：年平均偏差、下段：月平均日照時間 アメダス 佐伯)

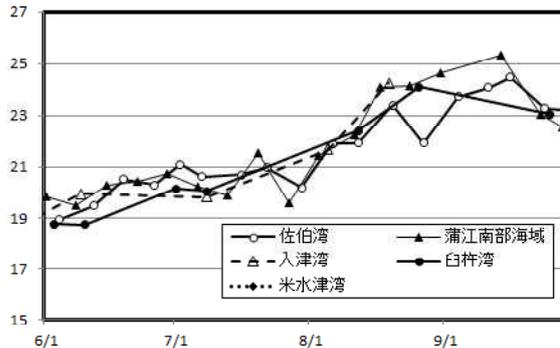


図6 豊後水道各湾の5m層水温の推移

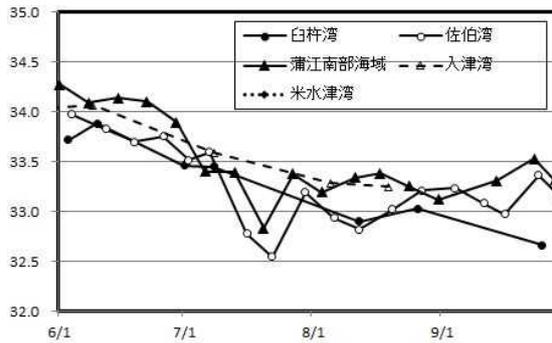


図7 豊後水道各湾の5m層塩分の推移

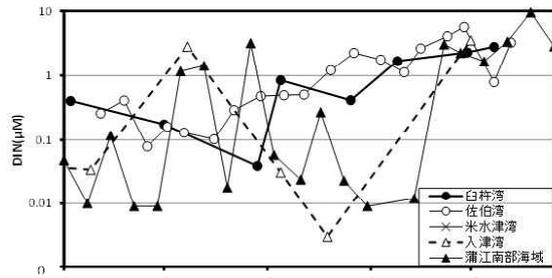


図8 豊後水道各湾の5m層DINの推移

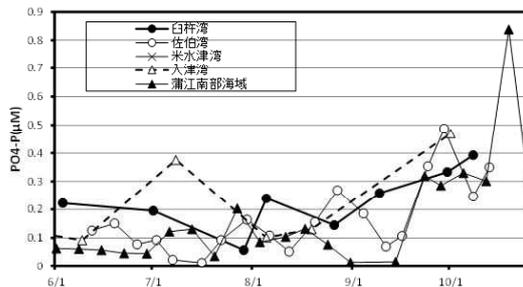


図9 豊後水道各湾の5m層PO₄-Pの推移

表1 2020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 詳細	赤潮構成プランクトン		漁業被害 の有無	最高細胞数 (cells/ml)
	発生日	～	終息日	日数		属	種		
1	5月21日	～	5月28日	(8日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	5,000
2	5月26日	～	6月9日	(15日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Ceratium</i>	<i>sp.</i>	無	10,000
3	6月22日	～	7月2日	(11日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	54,000
4	6月29日	～	9月4日	(68日間)	周防灘 伊予灘 別府湾	<i>Chattonella</i>	<i>spp.</i>	無	28,800
5	7月7日	～	7月30日	(24日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Prorocentrum</i>	<i>dentatum</i>	無	31,000
6	7月8日	～	8月5日	(29日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Ceratium</i>	<i>sp.</i>	無	1,510
7	7月13日	～	8月3日	(22日間)	豊後水道 (米水津湾)	<i>Ceratium</i>	<i>sp.</i>	無	1,000
8	7月30日	～	8月6日	(8日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	17,000
9	8月6日	～	8月24日	(19日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Heterosigma</i>	<i>akashiwo</i>	無	5,000
10	8月6日	～	9月29日	(55日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	無	2,300
11	8月17日	～	9月17日	(32日間)	豊後水道 (米水津湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	5,500
12	8月17日	～	9月4日	(19日間)	豊後水道 (佐伯湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	7,000
13	8月18日	～	8月31日	(14日間)	豊後水道 (猪串湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	6,750
14	8月19日	～	9月11日	(24日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Prorocentrum</i>	<i>sigmoides</i>	無	3,200
15	8月20日	～	9月9日	(21日間)	豊後水道 (臼杵湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	10,000
16	8月21日	～	9月18日	(29日間)	豊後水道 (津久見湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	5,300
17	9月15日	～	9月30日	(16日間)	豊後水道 (津久見湾)	<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	無	7,333
18	9月17日	～	10月5日	(19日間)	豊後水道 (米水津湾)	<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	無	375
19	9月17日	～	9月30日	(14日間)	豊後水道 (臼杵湾)	<i>Gonyaulax</i>	<i>polygramma</i>	無	15,000
20	9月22日	～	10月13日	(22日間)	周防灘・別府湾 臼杵湾	<i>Karenia</i>	<i>mikimotoi</i>	無	35,000
21	12月8日	～	継続中	継続中	豊後水道 (猪串湾)	<i>Cochlodinium</i>	<i>polykrikoides</i>	有	950
22	1月15日	～	1月18日	(4日間)	豊後水道 (米水津湾)	<i>Mesodinium</i>	<i>rubrum</i>	無	2,500
23	1月18日	～	1月28日	(11日間)	豊後水道 (入津湾)	<i>Akashiwo</i>	<i>sanguinea</i>	無	400

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23件で、漁業被害は発生しなかった。赤潮構成プランクトンは*K. mikimotoi* 1件、*Chattonella spp.* 1件、*H. akashiwo* 4件、*Cochlodinium polykrikoides* 1件、*M. rubrum* 5件、*G. polygramma* 4件、*Ceratium sp.* 3件、*P. dentatum* 1件、*P. sigmoides* 1件であった。いずれの赤潮発生時でも、漁業被害は発生しなかった。

4) 特記事項

特記事項として、例年、*K. mikimotoi*が豊後水道沿岸の各湾中層で増殖し赤潮（地場発生型赤潮）を形成し、大きな漁業被害を発生させるが、今年度は地場発生型の赤潮は確認されなかった（図 11）。

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

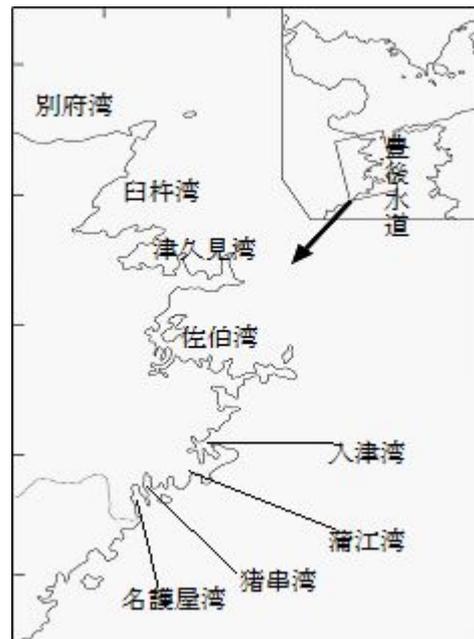


図10 モニタリング対象海域

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されている。

今年3月は、降水量は少なく本種にとって好適環境であり、qPCRによる高感度調査で本種遺伝子が検出されていることから、シードポピュレーションとなる遊泳細胞が存在していたと考えられた。しかし4月以降、本種の遺伝子が検出されなくなり、その後の検鏡でも遊泳細胞がほぼ検出されなかった。これらのことから4月以降、本種の遊泳細胞が増殖しにくい環境であったと推測された。4月は例年と比較して低気温・低水温であり（図 12、13）、これらの気象・海況条件が本種の遊泳細胞の増殖を抑制し、その後の本種の増殖に影響したと考えられた。

また梅雨入り後は、本海域は他種の渦鞭毛藻等が常に優先していたことから、断続的に本種が増殖しにくい環境であったとも思われる。以上、今年春期の気象・海況状況に加え、夏期の競合種の存在によって、発生初期から断続的に本種の増殖が抑制されたものと推測された。

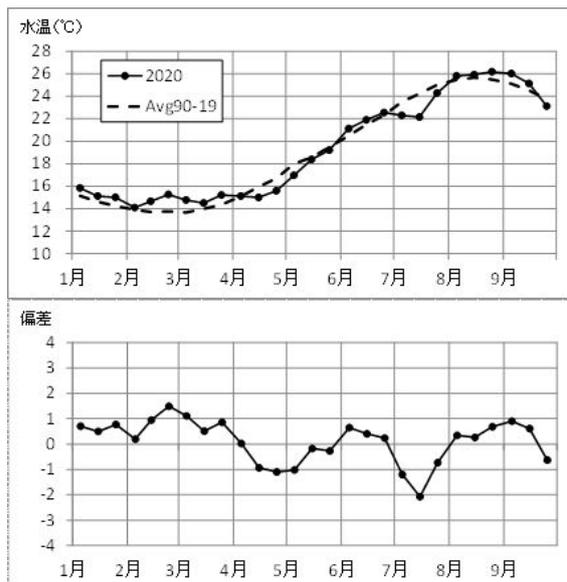


図13 水産研究部前の（佐伯市上浦）における表層水温と旬別平均値と平年偏差

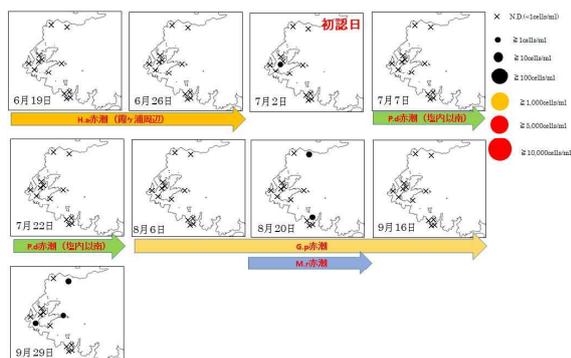


図11 2020年6月～9月の期間における佐伯湾の *K.mikimotoi*遊泳細胞密度の推移

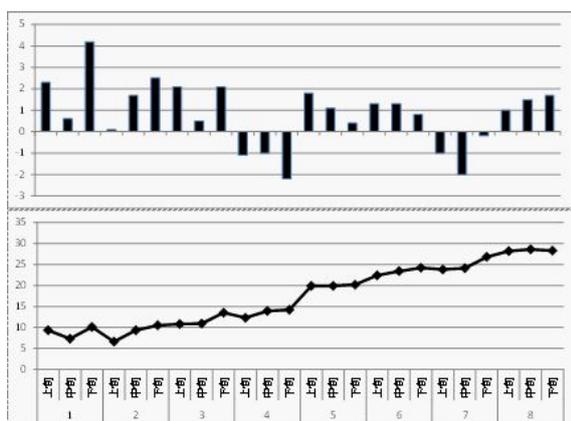


図12 アメダス（佐伯市佐伯）による気温の平年偏差と推移

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）、白杵湾：*K. mikimotoi*は13,000 cells/ml（9月25日 神崎 *中部振興局調べ）、*H. akashiwo*は100 cells/ml（9月28日 大在）、*Chattonella spp*は12 cells/ml（7月1日 古宮）、*C.polykrikoides*は確認されなかった。

佐伯湾：*K. mikimotoi*は3 cells/ml（9月29日 長田沖マグロ試験生簀横）、*H. akashiwo*は54,000 cells/ml（6月22日 霞ヶ浦）、*Chattonella spp*は2 cells/ml（7月30日 小田代）、*C.polykrikoides*は確認されなかった。

入津湾：*K. mikimotoi*は1 cells/ml（10月1日 河内（奥））、*H. akashiwo*、*C.polykrikoides*及び*Chattonella spp*は確認されなかった。

蒲江南部海域：*K. mikimotoi*は17 cells/ml（10月5日 森崎）、*H. akashiwo*は900 cells/ml（8月11日 森崎）、*C.polykrikoides*は950 cells/ml（2月15日 森崎）で、*Chattonella spp*は1 cells/ml（5月18日 鶴の糞）であった。

II. 広域赤潮監視調査

2020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1cells/ml未満を示す。

5月（5月11～14日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

6月（6月2～5日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

7月（7月6～9日）：*Chattonella spp*は検出限界未満～7 cells/mlの遊泳細胞が検出された。*H. akashiwo*、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

8月（8月17～18日）：*Chattonella spp*、*H. akashiwo*、*K. mikimotoi*は検出されなかった。

Ⅲ. 指導事業

1) 赤潮担当学会議

開催日：2020年5月19日

開催方法：関係者に資料送付

対象者：佐賀県以南の漁協各支店、市役所、
振興局、県庁

令和2年度臼杵・津久見赤潮勉強会

開催方法：関係者に資料送付および普及員
による説明

対象者：関係漁業者、漁協臼杵・津久見支店、
市役所、振興局

2) 講師派遣

令和2年度赤潮講習会（JF大分佐伯支店）

開催日：2020年5月27日

出席者：漁業者、市役所、県振興局

講師：井口大輝

3) 赤潮情報・緊急赤潮情報の発行回数

- ・赤潮情報：17回
- ・緊急赤潮情報：9回
- ・マグロ版緊急赤潮情報：6回

漁場環境保全事業－2

(貝毒発生監視調査)

中里礼大・井口大輝

事業の目的

貝毒原因プランクトンをモニタリングすることで二枚貝の毒化を監視し、食品としての安全性を確保する。

事業の方法

佐伯市蒲江南部海域沿岸の蒲江湾、小蒲江湾、猪串湾及び名護屋湾内に計8点の調査点を設け(図1)、貝毒原因プランクトンの出現状況に応じて、2020年4月から2021年3月の期間中、毎月4～5回の頻度で調査を実施した。

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

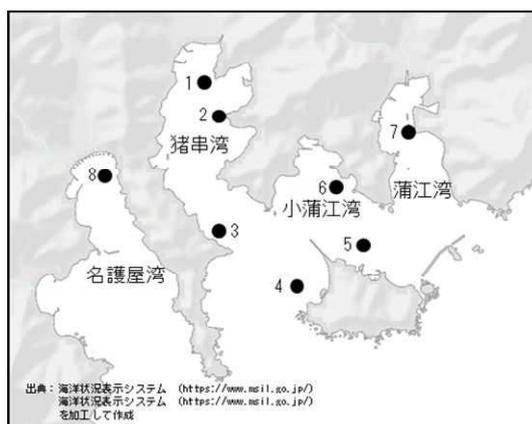


図1. 調査点(1 森崎、2 猪串、3 鶉の糞、4 赤バエ、5 屋形島、6 小蒲江、7 蒲江、8 名護屋)

事業の結果

I. 貝毒原因プランクトン出現状況

1. 猪串湾、小蒲江湾

1) *Gymnodinium catenatum*

各調査点の*G. catenatum*の鉛直平均細胞密度の推移は図2に示した通りである。森崎は0～22,032cells/L、猪串は0～13,130cells/L、鶉の糞は0～573cells/L、赤バエは0～10cells/L、屋形島は0～240cells/L、小蒲江は0～170cells/Lで推移した。猪串湾では、4月上旬～6月下旬、1月下旬～3月中旬、小蒲江湾では、4月上旬～6月下旬に警戒密度(100cells/l)を超える細胞が確認された。森崎における本種の出現時期を平年(2011～2019年度)と旬別に比較すると、4～6月は平年並み、以降は概ね低め傾向で推移した(図3)。

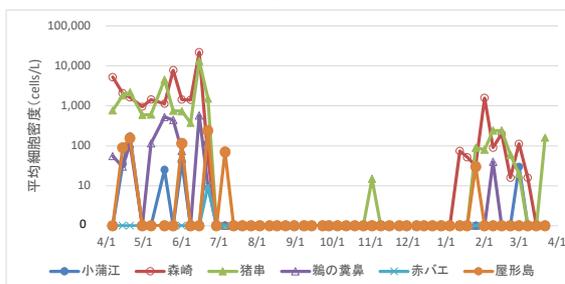


図2. 猪串湾、小蒲江湾における*G. catenatum*細胞密度の推移

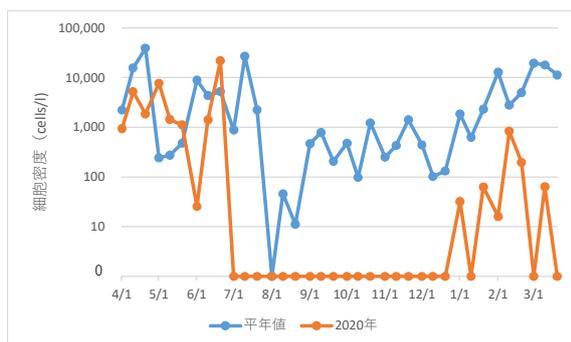


図3. 森崎における平年値及び2020年度の *G. catenatum*細胞密度 (5層平均) 推移

2) *Alexandrium pacificum*

各調査点の*A. pacificum*の鉛直平均細胞密度の推移は図4に示した通りである。森崎は0~205,400cells/L、猪串は0~71,500cells/L、鶺の糞は0~29,500cells/L、赤バエは0~440cells/L、屋形島は0~5,000cells/L、小蒲江は0~4,000cells/Lで推移した。猪串湾では、11月上旬~1月上旬、小蒲江湾では11月中旬~下旬に警戒密度(1,000cells/L)を超える細胞が確認された。

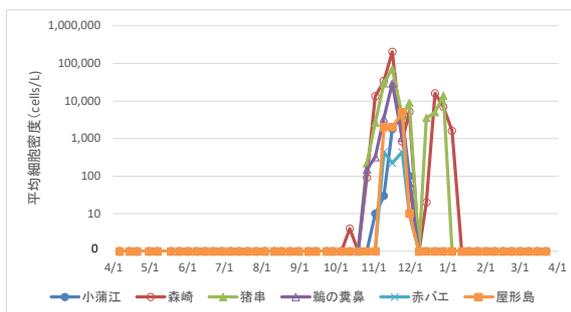


図4. 猪串湾、小蒲江湾における *A. pacificum*細胞密度の推移

3) *Dinophysis spp.*

各調査点の*Dinophysis spp.*の鉛直平均細胞密度の推移は図5に示した通りである。森崎は0~13,000cells/L、猪串は0~8,500cells/L、鶺の糞は0~1,000cells/L、赤バエは0~500cells/L、屋形島は0~500cells/L、小蒲江は0~500cells/Lで推移した。

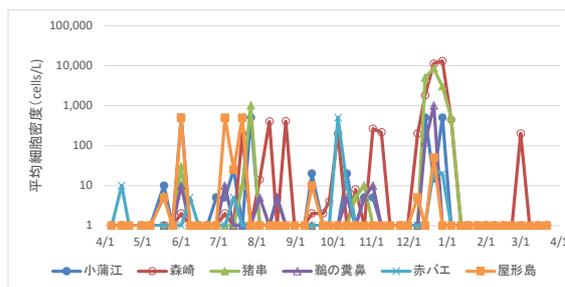


図5. 猪串湾、小蒲江湾における *Dinophysis spp*細胞密度の推移

2. 蒲江湾、名護屋湾

1) *Gymnodinium catenatum*

*G. catenatum*の鉛直平均細胞密度の推移は図6に示した通りである。蒲江湾は0~4,000cells/L、名護屋湾は0~835cells/Lで推移した。蒲江湾では、4月上旬~6月下旬、名護屋湾では、6月中旬、11月下旬、1月下旬~3月中旬に警戒密度(100cells/L)を超える細胞が確認された。

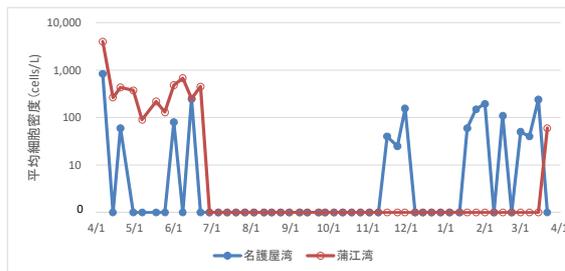


図6. 蒲江湾、名護屋湾における *G. catenatum*細胞密度の推移

2) *Alexandrium pacificum*

*A. pacificum*の鉛直平均細胞密度の推移は図7に示した通りである。蒲江湾は0~2,000cells/L、名護屋湾は0~16,500cells/Lで推移した。蒲江湾では、11月上旬~中旬、名護屋湾では、11月上旬~12月上旬に警戒密度(1,000cells/L)を超える細胞が確認された。

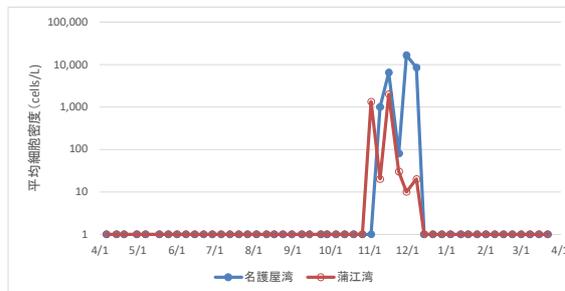


図7. 蒲江湾、名護屋湾における *A. pacificum*細胞密度の推移

3) *Dinophysis* spp.

Dinophysis spp.の鉛直平均細胞密度の推移は図8に示した通りである。蒲江湾は0~500cells/L名護屋湾は0~2,000cells/Lで推移した。

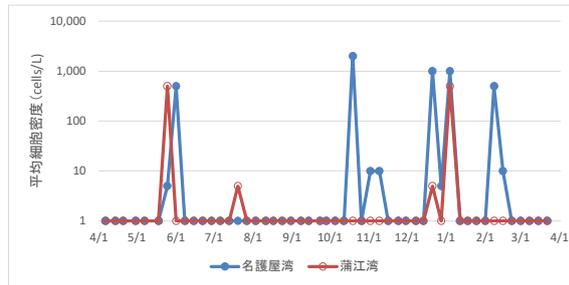


図8. 蒲江湾、名護屋湾における*Dinophysis* spp細胞密度の推移

II. 環境

1) 水温

森崎における各層水温の推移および平年値との比較は図9に示した通りである。平年値比較には2m、5m、10m、底上1mの各層の鉛直平均値を月平均して用いた。平年値は2000年1月~2019年12月の期間の値を使用した。

2020年度における各層水温は、0.5m層が16.7°C~27.3°C、2m層が16.7°C~26.0°C、5m層が16.6°C~25.3°C、10m層が16.6°C~25.0°C、底上1m層が16.6°C~24.8°Cで推移した。最高水温については、0.5m層及び2m層は8月下旬、5m層、10m層及び底上1m層は9月中旬に認められた。一方、最低水温については、0.5m層は2月上旬~中旬、その他の層は2月中旬に観測された。成層は5月中旬から8月下旬まで認められた。月平均水温について、5月中旬、8月上旬、9月中旬、12月上旬~中旬は平年より低めで推移したがその他の月は平年並み~高めで推移した。

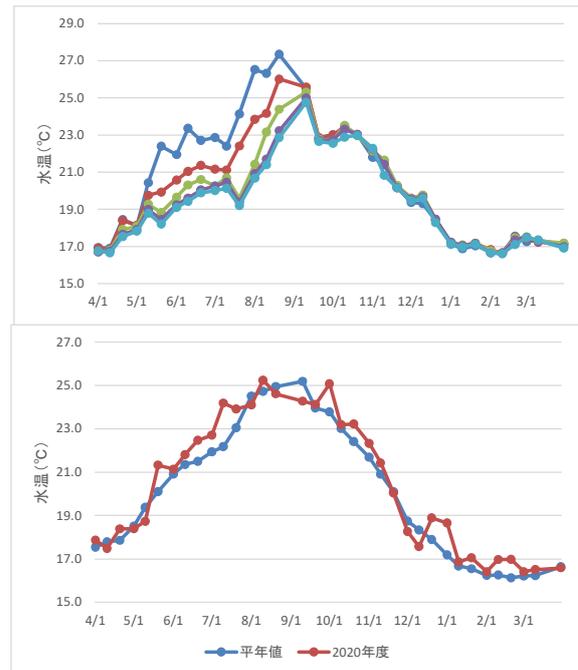


図9. 2020年度における森崎各層水温の推移（上段）と平年値との比較（下段）

2) 塩分

森崎における各層塩分の推移および平年値との比較は図10に示した通りである。平年値比較には2m、5m、10m、底上1mの各層の鉛直平均値を月平均して用いた。平年値は2000年1月~2019年12月の期間の値を使用した。各層塩分は、0.5m層が21.21~34.61、2m層が31.87~34.70、5m層が33.11~34.72、10m層が34.75~33.33、底上1m層が33.41~34.73で推移した。最高塩分については、0m層は2月下旬、2m層は1月中旬~下旬、5m層及び10m層は1月中旬、底上1m層は1月上旬及び下旬に観測された。一方、最低塩分については、0m層は7月上旬、2m層は7月下旬、5m層及び10m層は7月中旬、底上1m層は8月下旬に観測された。

月平均塩分について、7月上旬~8月下旬は平年より低め、12月上旬~1月上旬は平年より高めで推移した。

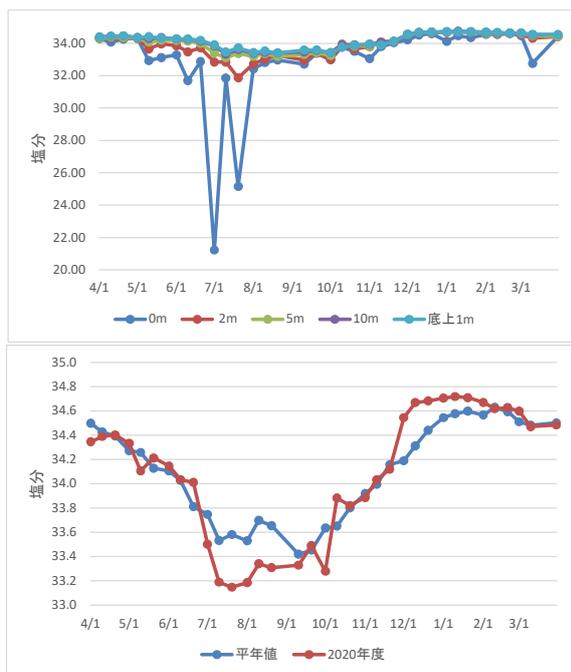


図10. 2020年度における森崎各層塩分の推移(上段)と平年値との比較(下段)

Ⅲ. 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11に示した通りである。毒力はN.D.(0.1 MU/g未満)～77.4MU/gで推移した。2020年冬場から*G. catenatum*の増殖が確認されたことに伴い毒力が増加し、2020年1月下旬には最高120.9MU/gまで上昇した。その後細胞密度の低下に伴い毒力も低下した。10月下旬から*A. pacificum*の増殖が確認され、11月中旬に増殖ピークに達した際には77.4MU/gの毒力が検出された。以降、細胞数の低下がみられるものの1月上旬まで警戒密度を維持していたことから、同時期まで毒の蓄積が確認された。

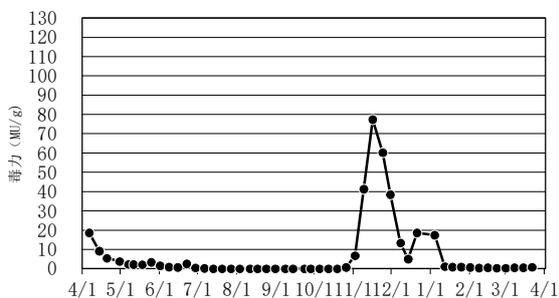


図11. 森崎における天然ムラサキガイ毒力の推移

2. 小蒲江湾

小蒲江及び赤バエにおける養殖ヒオウギガイのELISA法による麻痺性貝毒毒力の推移は図12に示した通り

である。毒力はN.D.(0.1MU/g未満)～58.2MU/gで推移した。小蒲江における養殖ヒオウギガイは*A. pacificum*の増殖が確認された11月上旬から毒化し始め、11月中旬に最高58.2MU/gまで毒力が増加した。赤バエでは、小蒲江に比べると*A. pacificum*の細胞密度は低いものの、11月上旬から警戒密度を超える細胞が確認されたことから毒化が進行し、最大4.5MU/gまで毒力が増加した。そのため県貝毒被害防止対策防止マニュアルに基づき公定法による検査を実施したところ4MU/gを超える毒力が確認されたことから2020年12月2日付けで出荷自主規制措置をとった。その後、細胞数の低下に伴い、毒力も低下し、同年12月22日付けで自主規制解除となった。

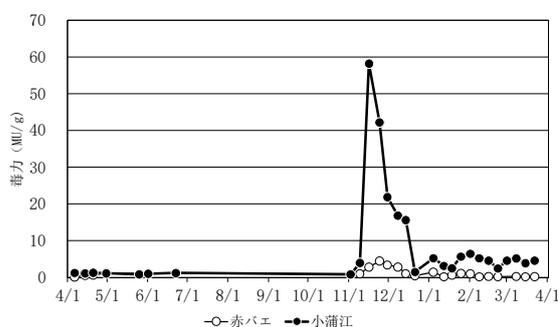


図12. 小蒲江及び赤バエにおける養殖ヒオウギガイの毒力の推移

ICTの活用と農水連携による赤潮対策技術の開発

井口大輝・中里礼大

事業の目的

大分県沿岸では有害プランクトンが原因とされる赤潮や二枚貝の毒化（貝毒）が度々発生し、水産業に与える被害が問題となっている。両問題とも、現場での赤潮監視体制が整備され、赤潮の早期発見・早期対応が可能となってきている。しかしながら、その監視は人海戦術による監視であり、現場が要望する高精度化には自動観測技術の導入が必要である。現在、IT技術の進歩によって赤潮の自動観測が可能になり、その有効性も検証されていることから、同技術を利用した豊後水道沿岸域における赤潮監視について検証する。また、これまでの研究によって、本県で発生する赤潮被害の大部分をしめる *Karenia mikimotoi* は、夜間に海底付近の栄養塩を利用することで、効率的に増殖することが分かった。そこで底層で腐敗して海域中に栄養を溶出するアオサを海から回収し、堆肥として新たな付加価値をつけることで有機農業等に有効的に利用できる仕組みを構築する。また、今年度回収したアオサ重量から栄養塩回収効果を試算することを目的とする。

また、自動昇降式赤潮観測機により、有害赤潮プランクトンが監視できるかを検証するため、猪串湾および佐伯湾に調査点21点（精密調査点2点を含む）を設定し（図1）、週1回調査を行った。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（リゴーB号）によるクロロフィル極大層（確認されない時は5m層）の採水を行った。得られた試料海水は当日中に光学顕微鏡を用いて、濃縮せずに有害プランクトンの同定・計数に用いた。精密調査点では上記の採水層、調査項目に加え、5m層、10m層、底上1m層、底層の採水も行った。

事業の方法

I. ICT技術を用いた赤潮監視

①自動昇降式赤潮観測機を用いた赤潮監視技術の検証

自動昇降式赤潮観測機により、有害赤潮プランクトンが監視できるかを検証するため、本機器を *Cochlodinium polykrikoides* 赤潮および貝毒プランクトンが発生する春季および冬季は蒲江南部海域猪串湾猪串に設置し、*K.mikimotoi* 赤潮が発生する夏季は佐伯湾鶴見に設置した（図1）。設置期間中、約30分～1時間に一回、表層から底層までの水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル・濁度を鉛直的に測定し、得られた観測データについてはHP（<http://hydro.browse.jp/hydrolift/20-Oita/oitatop.html>）上でリアルタイムで配信した。得られた結果より有害プランクトンが増殖している危険性が考えられた場合、臨時の赤潮調査や関係者への注意喚起を行った。

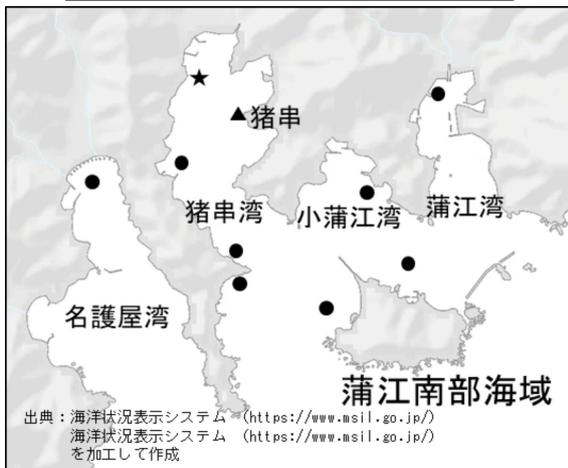


図1 赤潮監視モニタリング定点および自動昇降式赤潮観測機の設置場所 (●：通常調査点、★：精密調査点、▲：自動昇降式赤潮観測機)

②次世代型赤潮監視センサーを用いた赤潮監視技術の検証

次世代型赤潮観測機は、九州大学およびJFEアドバンテック株式会社との共同研究により開発された。本機器は、二つの異なる波長における蛍光値の比で表した蛍光スペクトル移動量 (Fluorescence spectral Shift Index: FSI) が有害プランクトン *Karenia mikimotoi* 及び *Chattonella sp.* の場合、他種藻類と比べて高い数値 (閾値1.9以上) を表すことから、FSI 値により上記2種を検出するものである。本機器について、現場海域にて実際に赤潮プランクトンを観測できるかを検証するため、2020年5月～11月の期間、大分県佐伯湾沖松浦および鶴見ポイントにおいて本機を用いた観測および、CTD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2m層、5m層、10m層、底上1m層、クロロフィル極大層の採水を行った。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および珪藻を含むその他優占種の同定・計数に用いた。

また、本機器のワイパー付次世代型赤潮観測センサー (図 2) を鶴見ポイントの6m層および底上1.5m層に設置し、テレメーターによるデータ配信により24時間リアルタイム観測が可能か検討した (図 3)。同時に、1週間に1回、センサーの写真を撮影し、付着物の状況を確認を行った。



図2 ワイパー付次世代型赤潮観測センサー

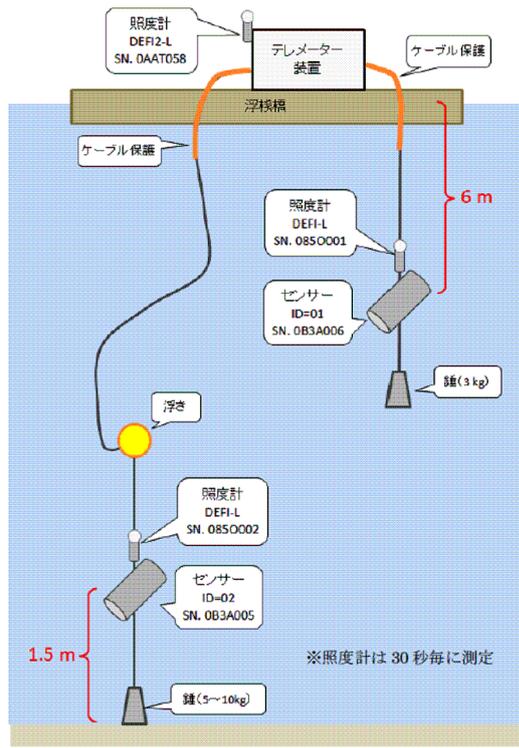


図3 各種観測センサー設置状況

II. 産業連携による漁場改善の技術開発

①アオサ堆肥化の肥料としての有効性検証試験

猪串湾において大量に発生するアオサ堆肥の農作物への有効性を検証することを目的に、キクを対象として土壌診断及び生育試験によりアオサ堆肥の肥料としての有効性の検証を行った。なお、施肥量については、過年度実施したコマツナを用いた幼植物試験で最も生育成績が良かった10aあたり500kgの施肥量とした。

・土壌診断

施肥による影響について、pH、EC及び硝酸態窒素の3項目について影響を把握した。施肥は5月6日に実施し、施肥前の土壌を4月14日、施肥後の土壌を5月8日採取した。なお、定植は5月7日に実施した。

なお、測定に用いた機器は、pHについてはLAQU Atwin-pH-22B (HORIBA社製)、ECについてはCM-4 0S (東亜ディーケーケー株式会社製)、硝酸態窒素についてはLAQUAtwin-NO₃ (HORIBA社製) を使用した。

・生育調査

採花時の8月14日に地上から10cm上の茎を切断し、切花長、重量、節数、茎径(図4)について測定した。試験区、対照区それぞれサンプル数は10本とし、2群間の比較にはMann-WhitneyのU検定を用い、危険率5%未満を有意とした。

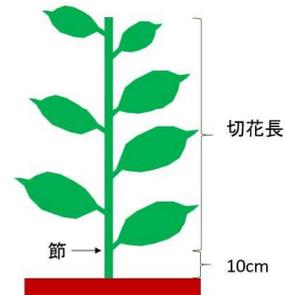


図4 切花形質の測定部位

②栄養塩回収効果について

2020年11月28日及び2021年3月7日にタモ網によりアオサの回収を実施した。回収効果については、アオサに含まれる栄養素のうち窒素(N)の重量割合使用して試算した。

結果

I. ICT技術を用いた赤潮監視

①自動昇降式赤潮観測機を用いた赤潮監視技術の検証

2020年4月および2021年2月～3月の期間において猪串湾猪串に、2020年5月～2021年1月の期間において佐伯湾鶴見に自動昇降式赤潮観測機を設置し、観測およびリアルタイムで情報を発信した。観測期間中、台風や長期間の雨天の影響によるバッテリー切れを起こした期間を除いて正常に稼働した。

猪串湾において、本機設置期間中に観測地点である猪串において大規模な貝毒原因プランクトンの発生はなかったが、*Cochlodinium polykrikoides*による赤潮が2月上旬頃に発生し、最高細胞密度470 cells/mlが確認された(図5)。赤潮が発生した際には、自動昇降式観測機において、比較的高いクロロフィル反応が確認され、特に最高細胞密度を記録した2月14日～15日にかけては、昼間は表層に、夜間は中層～底層に集積する日周鉛直移動の様子が確認された(図6)。しかし、その前後では、検鏡により数百細胞確認されていたが、一定層に分布するような明確な日周鉛直移動は確認されず、全層まばらに分布する傾向が確認された(図6)。これは、赤潮発生時期が冬季であったため、鉛直混合により一定層に集積できなかったものと推察された。

佐伯湾において、本機設置期間中に*K.mikimotoi*赤潮を含む有害赤潮は発生しなかった(図7、8)。し

かし、佐伯湾において、*G. polygramma*、*P. dentatum* 及び *M. rubrum* による赤潮が発生し、その鉛直移動パターンを本機により観察できた（詳細は別紙報告書参照）。また過去に発生した *K. mikimotoi* 赤潮の鉛直移動パターンを解析したところ、種によって鉛直移動パターンが異なることが明らかとなった。

これまでの調査・研究により、自動昇降式観測機により、鉛直クロロフィル濃度を観察することにより、*K. mikimotoi* 赤潮の監視が可能であることが示唆された。さらにこれまでは、珪藻等の鉛直移動を行わない種と、*K. mikimotoi* のように鉛直移動を行う渦鞭毛藻類（無害種を含む）の識別は可能であったが、今後さらにデータを取得することにより、鉛直移動パターンの解析により、本機により種同定が可能となることが期待される。

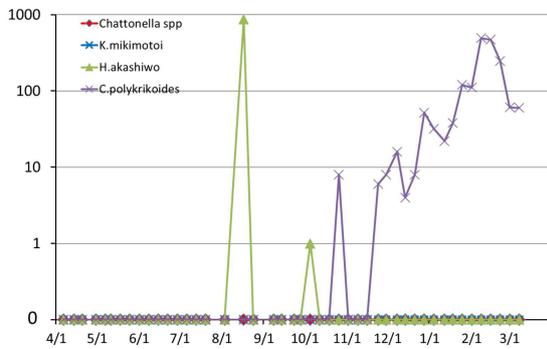


図 5 猪串湾における有害プランクトンの最高細胞密度の推移（自動昇降式赤潮観測機は4月および2月～3月に設置、単位：cells/ml）

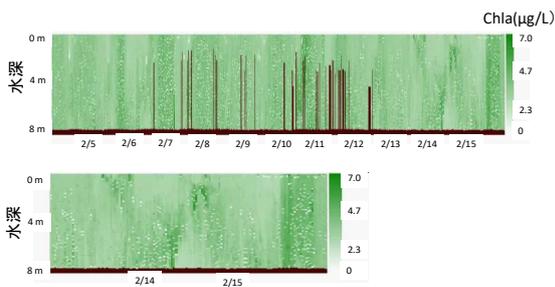


図 6 猪串湾における自動昇降式観測機のクロロフィル観測結果（上：2月5～15日、下：2月14～15日の拡大画像）

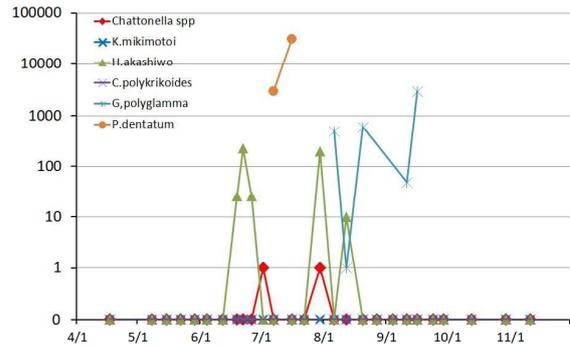


図 7 佐伯湾におけるプランクトンの最高細胞密度の推移（自動昇降式赤潮観測機は5月～1月に設置、単位：cells/ml）

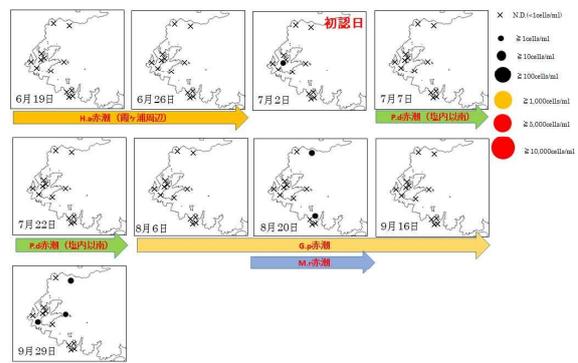


図 8 佐伯湾における *K. mikimotoi* 遊泳細胞密度の推移

②次世代型赤潮監視センサーを用いた赤潮監視技術の検証

K. mikimotoi 赤潮が発生する5～9月の期間において佐伯湾にて本機を用い観測を行った。本期間中、佐伯湾において *K. mikimotoi* による赤潮は発生しなかった（図 7、8）。本年度は他種赤潮が断続的に発生・優先しており、設置海域において調査期間中 *K. mikimotoi* 遊泳細胞は確認されなかった。しかし、他種赤潮が発生したため、本機に反応するか検証を行った。本年度は、*P. dentatum*、*G. polygramma* 及び *M. rubrum* の赤潮が発生したため、本機により FSI 値の測定を行ったところ、*P. dentatum* 及び *G. polygramma* 赤潮については FSI 値 1.9 以下だったのに対して、*M. rubrum* は 2.1 を超える反応が確認された。九州大学の調査・研究により、*M. rubrum* の共生藻に反応している可能性が示唆された。

また、ワイパーの効果を図 9 に示す。観測センサー部分は常にワイパーの効果により付着物が付いておらず、佐伯湾では1週間に1回程度の清掃で十分稼働することが明らかとなった。

以上の結果より、種によっては *K. mikimotoi* 及び *Chattonella* sp. 以外の種でも高い FSI 値を示す可能性が示唆された。しかし、今回 FSI が高かった *M. rubrum* は、発生する時期および着色状況から有害種と区別することが可能だと推察される。このように、本機の特性を明らかにするため、今後引き続き調査を行

い、本機の問題点を洗い出すことにより、普及を進める際に混乱も少なく、赤潮監視強化に繋がると考えられた。



図 9 佐伯湾鶴見ポンツーンに設置したセンサーのワイパー効果

II. 産業連携による漁場改善の技術開発

①アオサ堆肥化の肥料としての有効性検証試験

・土壌診断

結果は表 1のとおり。pHについては、アオサ堆肥のpHは中性であることから大きな変化は見られなかったものの、EC及び硝酸態窒素については、堆肥を施肥した分だけ対照区と比べ増加した。キク栽培土壌の基準として、pHについては6.0～6.5、ECについては0.5mS/cm¹⁾となっていることから、アオサ堆肥を施肥したことによりさらに基準値から外れる結果となり、次の生育試験において対照区と比べて重量について有意に低い結果となったことが示唆された。

表 1 土壌診断結果

採取日	pH	EC (mS/cm)	硝酸態窒素 (mg/100g)
4月14日	6.99	0.11	7.75
5月8日	6.87	0.13	8.25

・生育試験

結果は表 2のとおり。重量について対照区で有意

に高い結果となったが、その他の項目では有意差はなかった。

堆肥は肥料と比べ肥効率は低いことから単年度の結果だけでは効果を判定することは難しく、今後も継続した調査が必要である。

表 2 各項目の測定結果 (N=10)

	切花長 (mm)	重量 (g)*	節数	茎径 (mm)
アオサ区	90.4	68.5	46.0	6.5
対照区	91.2	91.8	47.9	6.6

*有意差あり (Mann-WhitneyのU検定)

②栄養塩回収効果について

今年度におけるアオサ総回収量は600kgであった。アオサに含まれる水分は83.3%であることがわかっていることから、乾燥重量は100.2kgと見積もることが出来る。次に、アオサに含まれる窒素 (N) の重量割合は0.39%であることがわかっていることから海域から回収した窒素 (N) 量は0.39kgと試算できる。回収したアオサについて、窒素 (N) 処理あたり下水道処理費用からの便益を試算²⁾したところ、2,478円の効果であった。

今後の課題は、効率的なアオサ回収方法の確立に加え、アオサの有効活用策について検討をすることである。

参考文献

- 1) 土づくりの手引き (改訂版) (2008年) 農林水産省
- 2) 水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン (2020年5月改訂) 水産庁漁港漁場整備部