

# ヒジキ完全養殖技術の開発

中野奈央

## 事業の目的

近年、漁船漁業における漁獲量が減少しており、漁業者の所得が減少している。さらに、後継者不足や高齢化、燃油の高騰等によって、漁業者は厳しい状況が続いている。このような中、給餌が不要な海藻類養殖が副収入源として注目されている。特に、褐藻類ヒジキは、国産需要の増加と健康志向の高まりによって単価が高騰しており、養殖による所得向上が期待されている。本県においても、周防灘から伊予灘の沿岸域でヒジキ養殖が行われており、今後、養殖規模の拡大が見込まれる。一方で、ヒジキ養殖の種苗には天然ヒジキが利用されていることから、規模拡大には大量の種苗を確保しなければならない。しかしながら、県内の天然ヒジキ資源は減少傾向にあるため、天然資源に頼らない人工種苗による完全養殖技術の開発が必要である。

そこで、ヒジキ人工種苗の量産化技術の確立と収穫後のヒジキ養殖ロープの再利用技術の開発に取り組んだ。

## 事業の方法

### 1. 2022年度産人工種苗を用いた現地養殖試験

2022年度に生産した人工種苗を用い、宇佐市長洲地区及び国東市富来地区で実施した現地養殖試験<sup>1)</sup>において、成長した種苗を2023年6月に収穫した。

### 2. 受精卵を用いた人工種苗量産化技術の確立

採卵は2023年5月下旬～7月中旬にかけて、国東市(国東地区)、別府市、佐伯市(上浦地区)の3地区の天然母藻及び2022年度に宇佐市(長洲地区)及び国東市(富来地区)で現地養殖試験に供した人工種苗を用いた。採取した母藻は、砂ろ過

海水を掛け流した200Lアルテミア水槽内に入れて受精卵を放卵させた。水槽の底に落ちた受精卵は、サイフォンの要領でメッシュ(目合100 $\mu$ m)に濾して回収した<sup>2)</sup>。回収した受精卵を建材ブロック(A-10型)76個、ビニロン製ロープ枠(1枠10m)3個及びポリエステル製不織布枠(1枠44cm $\times$ 20cm)4個を沈めた水槽に散布し、括着を促した。

受精卵の括着後、各基質を屋外及び屋内に用意した砂ろ過海水をかけ流しにした陸上水槽で2023年5月下旬～8月下旬にかけて育苗した。

2023年7月中旬に国東市(鶴川地区)の潮間帯に育苗したブロック21個、8月下旬にブロック55個、ロープ枠3個、不織布枠4個をそれぞれ設置し、現地中間育成を開始した。

### 3. 収穫済みロープの再利用技術の開発

2023年5月22日に国東市鶴川地区のヒジキ養殖場から収穫後の養殖ロープ計50mを譲り受け、6月中旬～7月中旬まで屋外に設置した陸上水槽で養生した。

養生後、7月中旬及び8月下旬にロープ50mを5mずつ細断し、計10個の建材ブロックに巻き付けて固定し、国東市(鶴川地区)の潮間帯で養生試験を実施した。

## 事業の結果

### 1. 2022年度産人工種苗を用いた現地養殖試験

現地養殖試験の結果を表1に示した。長洲地区では主枝長最大147.5cm(平均106.3cm)、富来地区では主枝長最大185.3cm(平均135.5cm)まで生長した。収穫量(湿重量)は長洲地区で59.7kg(6.3kg/m)、富来地区で82.3kg(6.5kg/m)であった(写真)。また、収穫した種苗の一部において生殖器床が確認された。

表1 人工種苗を用いた2022年度現地養殖試験の結果

試験地区	宇佐市長洲地区	国東市富来地区	合計
養殖方法	干潟支柱式	沖合べた流し式	
試験期間：開始日～終了日	2022/12/28～2023/6/9	2022/12/27～2023/6/28	—
日齢：開始時～終了時（日目）	219～382	218～401	—
沖出したロープの規模（m）	9.43	12.72	<b>22.15</b>
開始時の種苗数（本）	943	1,272	<b>2,215</b>
開始時の主枝長の平均（cm）	6.8	6.8	—
終了時の種苗数（本）	1,899	2,250	<b>4,149</b>
終了時の主枝長の平均（cm）	106.3	135.5	—
収穫量（湿重量kg）	59.67	82.3	<b>142.0</b>
mあたりの収穫量（湿重量kg/m）	6.3	6.5	<b>6.4</b>



写真1 収穫した人工種苗（長洲地区）



写真2 収穫した人工種苗（富来地区）

地養殖試験へ移行することを目指していたが、成長不良により現地養殖試験は実施できなかった。ブロック上には泥の堆積や、フクロノリの繁茂が確認された。次年度の養殖試験での種苗として使用することを目指し、現地中間育成を継続した(写真3)。

表3 2023年度種苗生産の結果

採卵した受精卵数（万個）		586
陸上中間育成終了時 （8月下旬）	種苗数（万本）	55
	主枝長（cm）	0.1～0.3
現地中間育成 （12月下旬）	種苗数（本）	2,400
	主枝長（cm）	0.2～17.8
（3月下旬）	種苗数（本）	3,500
	主枝長（cm）	0.2～24.0



写真3 潮間帯中間育成時のブロック上の種苗（比較的成長が良好なもの、日齢302日）

## 2. 受精卵を用いた人工種苗量産化技術の確立

採卵及び現地中間育成の結果を表3に示した。採卵では、約586万個の受精卵が得られた。この内、2022年度に作出し現地養殖試験に供した人工種苗由来の母藻から得た受精卵は約260.9万個であった。ブロック、ロープ及び不織布に散布して、陸上水槽で育苗後、肉眼視できた人工種苗約55万本を潮間帯での現地中間育成に供した。

2023年12月まで潮間帯で現地中間育成し、現

### 3. 収穫済みロープの再利用技術の開発

2023年5月に譲り受けた収穫後のヒジキ養殖ロープは陸上水槽で養生後、2023年7月中旬及び8月下旬から潮間帯で養生試験を行った(写真4)。試験を開始した8月下旬時点では481本の再生芽(主枝長0.2~1.3cm、芽付9.6本/m)があったが、徐々に減少し、2024年3月中旬時点では14本(主枝長0.6~6.9cm、芽付0.3本/m、生残率2.9%)が残存した。



写真4 潮間帯養生試験開始時の様子

れる。こちらも、潮間帯養生の設置場所や設置方法、管理頻度等の条件を検討する必要がある。

### 文献

- 1) 入江隆乃介.ヒジキ完全養殖の開発.令和4年度大分水研事業報告 2022; 225-229.
- 2) 入江隆乃介, 古川あさひ.人工種苗ロープの開発によるヒジキ養殖技術の開発.令和2年度大分水研事業報告 2020; 144-146.

### 今後の課題

2022年度に生産した人工種苗を使った現地養殖試験では、人工種苗から収穫をすることができたが、収穫量は6.4~6.5kg/m(湿重量)と一般的なヒジキ養殖における収穫量8~10kg/mには及ばなかった。本県ではヒジキ養殖生産者の多くは11月頃に養殖を開始している。今回の現地養殖試験の開始は種苗の成長の遅れから12月下旬だったため、早めることができるよう現地中間育成時の歩留向上や成長促進技術を開発する必要がある。また、収穫時には生殖器床が形成され、受精卵を採卵することもできた。

2023年度に生産した人工種苗は、現地養殖試験に供する種苗を生産することができなかった。潮間帯で育成したブロック上にフクロノリ等の海藻の繁茂や泥の堆積により成長が阻害されたと推察された。その年の天候や競合種の繁茂状況にもよるが、中間育成時の管理頻度も検討する必要がある。今後はより最適な沖出し時期や潮間帯での設置条件の再検討を行い、量産化技術を確立する必要がある。

収穫済みロープの潮間帯養生試験では、再生芽のほとんどが消滅し、再利用に見合うような健全な種苗の確保はできなかった。要因としては、再生芽上に泥が多く堆積してしまったためと推測さ

## 安心・安全で環境に優しい養殖推進事業-3

### カジメ人工種苗量産化技術の開発

中野奈央

#### 事業の目的

カジメ *Ecklonia cava* は、コンブ目に属する大型の褐藻類である。本種は藻場を形成する種であり、稚魚の生育場、環境浄化や二酸化炭素吸収等の役割を果たす有用な藻類である。また、佐賀県地区等では、味噌汁の具材としても親しまれている。近年、カジメで構成される藻場が減少傾向にあり、大分県漁業協同組合津久見支店及び保戸島支店から本種の養殖や藻場造成の技術開発について要望が挙がっている。

そこで、カジメ人工種苗を用いた増養殖手法の確立を目指し、本年度は人工種苗の量産化技術の開発に取り組んだ。

#### 事業の方法

本事業では、胞子体が基質に括着していない「フリー人工種苗」を作出した。フリー人工種苗の作出には、津久見市無垢島地先で採取したカジメを母藻に用いた。これらの母藻から子嚢斑を切り取り、90分間陰干し、滅菌海水を入れたビーカーに30分静置して遊走子を採取した。採取した遊走子液を、PESI培地を入れたシャーレに入れ、19℃恒温温室（光条件、白色LED,3,000 lux, 明期10時間：暗期14時間）で静置育成した。発芽した胞子体が肉眼視できてからは、屋内に設置したアルテミア水槽内で通気育成を行った。育成開始時は止水で育成し、日齢70日目頃からは葉長1cmに達したものから順に移槽し、砂ろ過海水掛け流しで育成した。アルテミア孵化水槽の光条件は、白色LED, 5,500 lux, 明期12時間：暗期12時間とした。

#### 事業の結果

採苗から1か月程度で人工種苗が肉眼視できた。3月末日時点でのフリー人工種苗の育成状況を表1及び写真1に示した。なお、今年度生産した人工種苗は、次年度に津久見及び保戸島の各地先において現地増殖試験に供する予定である。

表1 3月末時点の人工種苗の育成状況

採 苗 日	2023年10月26日	2023年12月7日
日 齢 ( 日 目 )	157	115
平 均 葉 長 ( cm )	6.7	4.7
種 苗 数 ( 本 )	21,572	3,222



写真1 3月末時点のフリー人工種苗  
(10月採苗)

#### 今後の課題

今年度の種苗生産では、2月下旬ごろからシオミドロや珪藻類の付着し、減耗が発生した。今後は水槽掃除の頻度を上げるなど、付着藻類の発生が起きづらい条件を検討する。

## 資源・環境に関するデータの収集・情報提供-3

### ノリ養殖安定対策推進事業（情報の提供と技術指導）

中野奈央

#### 事業の目的

ノリ養殖漁家の経営安定を図るため、気象・海況・養殖技術・病害発生状況等についての情報提供や技術指導を行った。

養殖期間において、北部振興局の普及員と協力してノリ養殖漁家から「採苗状況」「養殖及び病害状況」について聞き取りを行った。また、「乾ノリの共販結果」については、大分県漁業協同組合から情報収集した。

#### 事業の方法

##### 1. 2023 年度の気象と海況の状況

9月1日～3月31日の間、水温及び比重を高田港先端で測定した。平年値は、直近10年間（2013～2022年）の平均値を用いた。平年偏差は、平年値を基準とした差の大きさから、表1に示した階級区分に基づき評価した。

降水量については、気象庁が発表する豊後高田市における観測データを元に調査した（<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>）。平年値は直近30年間（1993～2022年）の平均値を用いた。平年偏差は、平年値を基準とした差の大きさにより、表1に示した階級区分に基づき評価した。

栄養塩量（溶存無機窒素量：DIN、溶存無機リン酸量：DIP）は、中津東浜沖、宇佐市和間漁港及び高田港先端で採水し、試料を株式会社住化分析センターに分析依頼した。採水は、中津東浜沖で10月12日～12月7日の間に計15回、和間漁港で10月15日～11月12日の間に計5回、高田港先端で9月6日～3月13日の間に計27回実施した。

表1 平年偏差の評価基準

階級	階級範囲
平年並み	平年偏差  < 0.6σ
やや〇〇	0.6σ ≤  平年偏差  < 1.3σ
〇〇	1.3σ ≤  平年偏差  < 2.0σ
かなり〇〇	2.0σ ≤  平年偏差

σは標準偏差、「〇〇」には、「高め（多め）」  
「低め（少なめ）」が入る。

##### 2. 2023 年度のノリ養殖の状況

##### 3. 検鏡観察及び情報提供

10～12月の期間に、気象・海況・養殖管理・病害発生状況や対策等の情報を大分県漁業協同組合中津支店及びノリ養殖漁家に FAX とメールで提供した。なお、各地区の種糸提供者と検査依頼者の種糸を検鏡し、芽つきの確認や病害の有無を診断するとともに、現地で幼芽の生育状況等を調査した。これらの結果はノリ養殖漁家へ速やかに連絡した。

#### 事業の結果

##### 1. 2023 年度の気象と海況の状況

###### 1) 水温

高田港先端における水温の推移と平年偏差を図1に示した。9月中旬～下旬、12月中旬及び2月中旬～下旬は「高め」～「かなり高め」の日が続いたが、その他の期間は「平年並み」～「やや高め」で推移した。

###### 2) 比重

高田港先端の比重の推移と平年偏差を図2に示した。期間を通して「やや高め」で推移したが、2月初旬と3月は「低め」の日も観測された。

###### 3) 降水量

9～3月における豊後高田市の降水量の推移と平年偏差を図3に示した。2月初旬、2月下旬、3月下旬は「多め」となったが、それ以外は「平年並み」～「やや少なめ」で推移した。

###### 4) 栄養塩量（溶存無機窒素量：DIN、溶存無機リン酸量：DIP）

中津ノリ漁場（東浜沖）、和間漁港（宇佐市）及び高田港先端における DIN の値を図 4 に示した。70 $\mu\text{g/L}$  を越える日もあったが、ほとんどは 70 $\mu\text{g/L}$  以下であった。

高田港先端の DIN と DIP の値を図 5 に示した。ノリ養殖には DIN/DIP=10:1 がよいとされるが、このラインを越える日はなかった。

高田港先端の過去 20 年間（2004～2023 年）の 10～12 月の DIN の平均値の推移を図 7 に示した。本年度は平均 41.97 $\mu\text{g/L}$  となり、昨年度（43.37 $\mu\text{g/L}$ ）と同程度であった。

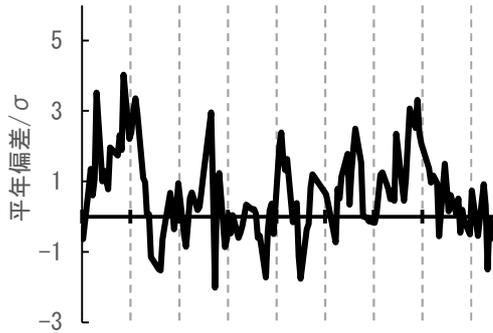
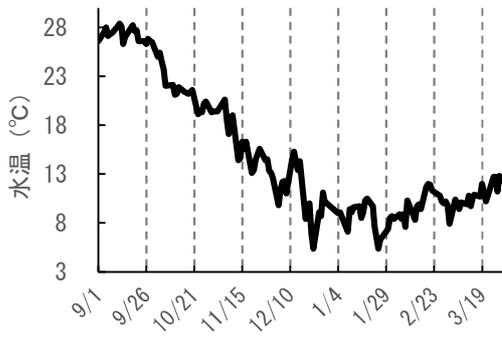


図 1 高田港先端の水温の推移

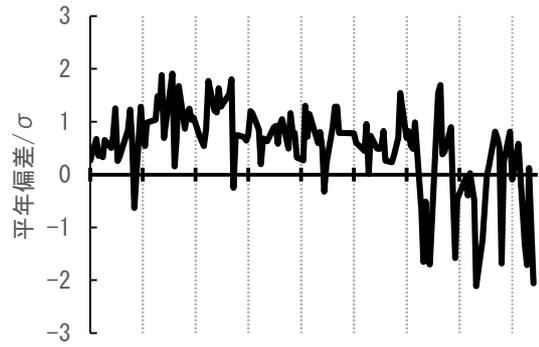


図 2 高田港先端の比重の推移

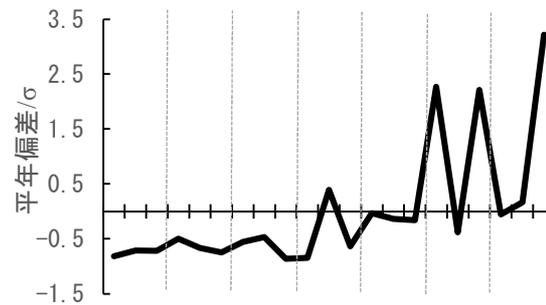
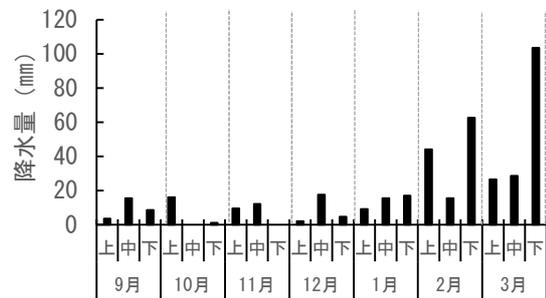
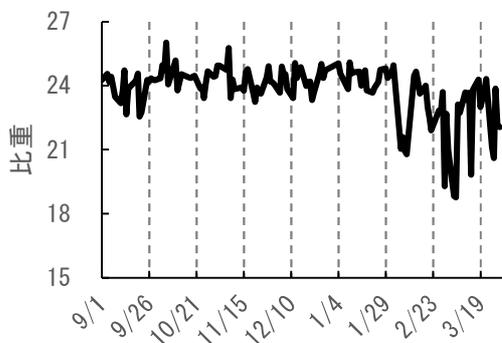


図 3 豊後高田市の降水量の推移



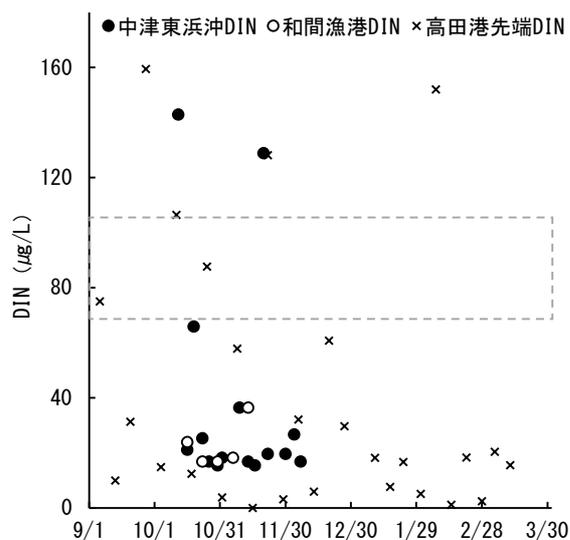


図4 各地先のDINの推移  
(点線内はノリ養殖における最低限必要なDIN<sup>1)</sup>)

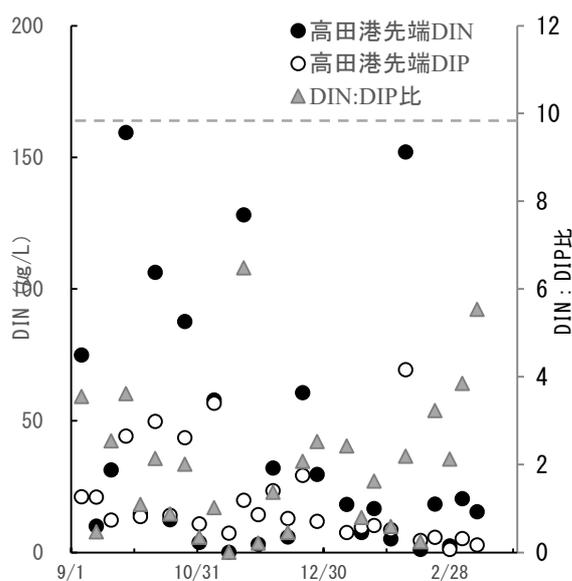


図5 高田港先端におけるDINとDIPの推移  
(点線はDIN:DIP=10:1のライン)

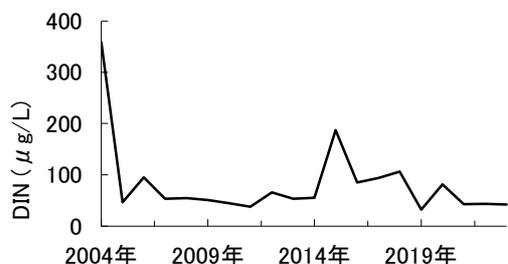


図6 高田港先端におけるDINの10~12月の平均の推移(2004~2023年)

2. 2023年度のノリ養殖の状況

1) 採苗状況

中津地区で10月24日、宇佐地区で10月13日から採苗が始まり、10月30日までに採苗を終えた。採苗期間中の水温は平年並みで推移し(19.1~21.9℃)、比重は平年よりやや高い日が多かった(23.87~24.67)。芽つきは標準~濃いめとなり、顕微鏡の100倍の対物レンズにおいて1視野あたり3~10個以上であった。

2) 養殖及び病害状況

10月:採苗後、芽は順調に生長し、月末には0.1mmになった。一方で、徐々に珪藻類による汚れが増加した。

11月:初旬には中津と宇佐地区の全ての網で芽が肉眼で見えるまでに生長し、親芽からの単胞子の放出と二次芽も確認できた。珪藻類による汚れが増加し、タビュラリアも発生した。中旬の荒天により、宇佐地区の秋芽のほとんどが消失した。

12月:13日に中津地区で初摘採が行われた。摘採期間中も珪藻類が見られたが、ノリの色は良好~やや浅めだった。宇佐地区は残存した秋芽や二次芽の生長が悪く、摘採に至らなかった。

1月以降:中津地区では3~4回の摘採が行われ、3月中旬に網上げとなった。この間、色は良好だった。宇佐地区は1月初旬に網上げを行った。本年度も病害の被害は確認されなかった。

3) 乾ノリ共販結果

本年度を含めた過去15年間の共販結果(表2)と本年度及び昨年度の詳細な乾ノリ共販結果(表3)を示した。今期は福岡市で6回の共販が実施され、本県の出品回数は5回であった。

共販枚数は133万枚(対前年比106.0%)、共販金額

1,995万円(同153.4%)、平均単価15.00円(同144.7%)、1経営体あたりの生産金額399万円であった。

表2 過去15年間の共販結果

年度	経営体数	共販枚数 (千枚)	共販金額 (千円)	1経営体あたりの 生産金額(千円)
2009	27	6,847	36,559	1,354
2010	24	7,647	47,749	1,990
2011	21	7,003	48,897	2,376
2012	19	6,620	40,878	2,151
2013	17	5,147	26,662	1,568
2014	15	5,948	41,518	2,767
2015	14	2,480	20,355	1,453
2016	13	6,113	63,592	4,892
2017	12	3,341	23,106	1,926
2018	10	786	5,206	521
2019	10	1,480	16,627	1,663
2020	7	1,318	8,723	1,246
2021	7	1,208	6,543	935
2022	6	1,254	13,006	2,168
2023	5	1,330	19,949	3,990

表 3 2023 年度の乾ノリ共販結果

	2023年度			2022年度			前年度対比(%)		
	枚数	金額	平均単価	枚数	金額	平均単価	枚数	金額	平均単価
小 祝	1,130,000	17,192,302	15.21	1,197,800	12,438,547	10.38	94.3	138.2	146.5
中 津 東	200,200	2,757,118	13.77	57,000	568,140	9.97	351.2	485.3	138.2
中 津 計	1,330,200	19,949,420	15.00	1,254,800	13,006,687	10.37	106.0	153.4	144.7
和 間	出品なし			出品なし			-	-	-
宇 佐 計	出品なし			出品なし			-	-	-
合 計	1,330,200	19,949,420	15.00	1,254,800	13,006,687	10.37	106.0	153.4	144.7

## 3. 検鏡観察及び情報の提供

気象、海況、養殖管理、病害発生状況及びノリ情報等を13回発行し、ノリ養殖漁家に提供した。

芽つきや病害の診断に関する検査は10～12月の間に23件あり、1月以降はなかった(表4)。

## 文献

- 1) 水産用水基準 第8版, 日本水産資源保護協会, 2018年8月4-5.

表 4 検鏡依頼回数

	10月	11月	12月	1月	2月	計
中津小祝	4	0	0	0	0	4
中津竜王	4	0	0	0	0	4
宇佐和間	10	1	4	0	0	15
合 計	18	1	4	0	0	23

## 今後の課題

今年度は、バリカン症による大きな被害もなく、その他病害による被害の報告もなかった。ノリの色については、例年よりも比較的保たれていた。中津地区では量、質ともに例年よりもかなり良好なノリを収穫することができた。全国的なノリの不漁も相まって、単価が上昇した。一方で、宇佐地区では荒天の影響により秋芽のほとんどが消失し、自家消費程度の収穫しかできなかった。色落ちについては、漁期を通してDIN濃度がノリ養殖に最低限必要な栄養塩濃度(無機態窒素濃度)の0.07~0.1mg/L(約5~7 $\mu$ mol/L)<sup>1)</sup>よりも低位で推移しており、十分な栄養塩が養殖場に供給されていないと推測される(図4~6)。今後は、ノリ養殖場への栄養塩供給技術や珪藻類(タビュラリア)の繁殖抑制技術の開発が必要である。今年度も被害はなかったが、ノリ網付近でクロダイやカモが確認されており、魚類等による食害防除対策についても検討が必要である。

# 無給餌養殖推進事業

## テングサ・オゴノリ増養殖技術の確立

中野奈央

### 事業の目的

食品や化粧品、医療等に使用される寒天は、テングサやオゴノリといった紅藻類等から作られる。これらの寒天原藻種は産業上重要種であるが、本県においては天然資源が減少傾向にある。また、天然資源の保護・増殖及び養殖技術の開発が必要だが、本県では未確立である。

そこで、テングサ類 マクサ *Gelidium elegans* とオゴノリ *Gracilaria verrucosa* の増養殖技術を確立するために人工種苗の量産化技術の開発及び現地増殖試験または現地養殖試験に取り組んだ。

### 事業の方法

#### 1. マクサ人工種苗の現地増殖試験

2021年度に作出した人工種苗（母藻の由来：豊後高田市香々地地区で採取した天然マクサ）を、2022年4～11月に建材ブロックに輪ゴムで固定し、砂ろ過海水を掛け流した陸上水槽内で育成した。育成から3週間以上経過した後、種苗が活着したブロックを国東市（富来地区、鶴川地区）及び佐伯市（蒲江地区）の各地先での現地増殖試験に供した。種苗が活着したブロックは、60cmのステンレス製杭を海底に打ち込んで固定した。また、魚類の食害防御カゴ及び施肥材も設置した。なお、施肥材は市販の鶏糞肥料1kgとパーク堆肥1kgを混合して2重の不織布及び粗種ネットに入れて作成した。

#### 2. マクサ種苗量産化技術の開発

2022年度に作出し、アルテミア孵化水槽で育成していた人工種苗（母藻の由来：別府市亀川地区地先で採取した天然マクサ）に7月頃から果胞子嚢の形成が確認された。これを母藻とし、2021年度と同じ要領で果胞子を採苗した<sup>1)</sup>。

すなわち、プラスチック製細胞培養プレート（6穴）9枚、計54穴に果胞子嚢が形成された藻体を分注し、蛍光灯（照度9,000～10,000lux、明期12時間：暗期12時間）を照射した23℃恒温室に静置し果胞子の放出を待ち、放出後同環境で育成した<sup>1)</sup>。育成から3週間後、細胞培養プレート内で肉眼視できた発芽体は三角フラスコ内で育成させた（白色LED、10,000lux、明期12時間：暗期12時間、止水、通気あり）。なお、細胞培養プレート及び三角フラスコでの育成時はPESI培地を用いた。三角フラスコで育成してから1～2か月後、屋内に設置した100Lのアルテミア孵化水槽で止水・通気条件下（白色LED、10,000lux、明期12時間：暗期12時間）で育成した。止水通気育成開始から1～2か月後には、止水から砂ろ過海水掛け流しに変更した。

#### 3. 2022年度産オゴノリ種苗の現地養殖試験

2022年に天然採苗及び人工採苗で得た種苗を用い、宇佐市和間地区で実施した現地養殖試験<sup>2)</sup>において、成長した種苗を2023年6月に収穫した。

#### 4. 2023年度産オゴノリ種苗の現地養殖試験

オゴノリ胞子の天然採苗及び人工採苗を行った。採苗にはホームセンターで購入した中古のノリ網を加工した再生網（以下、ノリ網と記載）を使用した。天然採苗では、2023年7月に宇佐市（和間地区）の干潟に2重にした1.5×9mのノリ網×1枚を干潟の沖側に、1.5×4.5mのノリ網1枚を干潟の岸側の場所に、いずれも長さ1mのステンレス製杭を用いて固定した。これらのノリ網は2021年の試験で使用したものを再利用した。

人工採苗は、2022年度の試験<sup>2)</sup>で生産した人工種苗由来のオゴノリのうち、2023年5月に成熟した藻体137.7g（湿重量）を採取し、2重にした1.5×9mのノリ網×2枚と一緒に砂ろ過海水を張った

コンテナ水槽に 7 日間入れて孢子の着生を待った。採苗後のノリ網は陸上水槽内で育成し、直立体が確認できた 7 月に同地区の干潟に設置した。こちらも天然採苗と同様に干潟の沖側と岸側の場所に分けて、天然採苗網に隣接して同様に固定した。沖側と岸側の場所は農業用水の排水口から干潟の上を流れる水流に概ね沿った場所である。

天然採苗網、人工採苗網のいずれも適宜、飼育管理や観察等を行い 2024 年 5 月に収穫した。

## 事業の結果

### 1. マクサ人工種苗の現地増殖試験

現地増殖試験の詳細を表 1 に示した。合計 1,200 本（ブロック 24 個分）の種苗を設置した（主枝長 5.3~7.8 cm）（写真 1~2）。また、これらの種苗設置時の日齢は 590~728 日目（採苗日：2021 年 11 月 17 日）であった。

表 1 現地増殖試験の詳細

設置場所	国東(富来)	国東(鶴川)	蒲江	合計
設置日	2023年6月28日	2023年9月13日	2023年11月15日	-
日齢(日目)	590	665	728	-
平均主枝長(cm)	6.2	5.7	6.8	-
種苗数(本)	400	400	400	1,200
ブロック(個)	8	8	8	24

### 2. マクサ種苗量産化技術の開発

種苗生産の結果を表 2 に示した。2024 年 3 月時点までに 2,072 本の種苗を作出した（主枝長 0.4~3.5 cm）（写真 3~5）。また、2021 年度及び 2022 年度に作出した人工種苗の育成状況を表 3 に示した。同じ年度に採苗した人工種苗であっても産地によって果孢子囊の形成の有無に差があった。



写真 1 建材ブロックに括着した種苗



写真 2 海底に固定した種苗ブロック



写真 3 成熟した 2022 年作出人工種苗  
(別府産)



写真 4 採苗の様子



写真 5 本年度作出した人工種苗

表 2 2023 年の種苗生産結果

採 苗 日	8月8日	8月10日	8月16日	合計
日 齢 ( 日 目 )	236	234	228	-
種 苗 数 ( 本 )	1,336	431	305	2,072
主 枝 長 の 平 均 (cm)	1.9	1.8	1.2	-

表 3 人工種苗の育成状況 (2024 年 3 月時点)

	作出年月	母藻の由来	育成数 (本)	果胞子嚢の形成 (確認月)
①	2021年11月	香々地	9,400	有り (6~7月)
②	2022年11月	人工種苗 (①)		
③	2022年7月	別府	2,700	有り (7~8月)
④	2022年7月	国東	280	無し
⑤	2022年7月	蒲江	2,600	無し
⑥	2023年8月	人工種苗 (③)	2,072	-

①②は同一の水槽で育成中。②の2023年1月末時点の種苗数は176本。

3. 2022 年度産オゴノリ種苗の現地養殖試験

現地養殖試験において成長した種苗の内、成熟した藻体 137.7g を 2023 年 5 月に収穫し 2023 年度の人工採苗の母藻とした。残りの種苗を 2023 年 6 月に収穫した (表 4)。収穫量 (湿重量) は天然採苗区 15.4kg (0.57kg/m<sup>2</sup>、平均主枝長 26.3cm)、人工採苗区 18.6kg (0.69kg/m<sup>2</sup>、平均主枝長 28.2cm) であった。2023 年 3 月に測定した平均主枝長<sup>2)</sup> (天然採苗区 35.2cm、人工採苗区 43.2cm) よりも短くなっていた。

表 4 2022 年度現地養殖試験の結果

	天 然 採 苗	人 工 採 苗
期 間	2022年6月2日	2022年6月2日~7日
採 苗 母 藻	-	316.6
基 質	ノリ網 (1.5×9m) ×2枚	ノリ網 (1.5×9m) ×2枚
陸上中間育成	-	6月7日~7月14日
日 齢 ( 日 目 )	-	41
期 間	2022年6月2日~2023年6月7日	2022年7月12日~2023年6月7日
現 地 養 殖 試 験 (3月末時点)		
日 齢 ( 日 目 )	370	370
主 枝 長 の 平 均 ( cm )	26.3	28.2
収 穫 量 ( 湿 重 量 kg )	15.4	18.6
( kg / m <sup>2</sup> )	0.57	0.69

4. 2023 年度産オゴノリ種苗の現地養殖試験

天然採苗及び人工採苗の 2024 年 5 月に収穫した結果を表 5 に示した。現地養殖試験開始後、天然採苗、人工採苗ともに 8 月中旬にオゴノリが肉眼視できた。9 月上旬に経過調査を行ったところ、岸側に設置した人工採苗網に砂が被っており、他

の試験区と比べて成長が悪かった。3 月末時点には岸側人工採苗区以外の 3 試験区はノリ網全体にオゴノリが繁茂し、主枝長 5~70 cm に成長した (写真 6~7)。

2024 年 5 月に収穫を行い (写真 8)、収穫量 (湿重量) は天然採苗区計 6.3kg (沖側: 3.0kg、0.23kg/m<sup>2</sup>、平均主枝長 24.6cm、岸側: 3.3kg、0.49kg/m<sup>2</sup>、平均主枝長 33.6cm)、人工採苗区計 6.2kg (沖側: 6.0kg、0.45kg/m<sup>2</sup>、平均主枝長 37.2cm、岸側: 0.2kg、0.01kg/m<sup>2</sup>、平均主枝長 19.4cm) であった。

1 m<sup>2</sup>あたりの湿重量でみると、天然採苗区の岸側が最も多く、次いで人工採苗区の沖側となったが、その差はわずかである。ただ、いずれの試験区も 1 m<sup>2</sup>あたりの収穫量は 2022 年度の現地養殖試験よりも少なかった。



写真 6 現地養殖試験開始時のノリ網



写真 7 2024 年 3 月末時点の試験区 (沖側)



写真 8 収穫時のオゴノリ (2024 年 5 月)

表 5 2023 年度現地養殖試験の結果

採苗方法	天然採苗		人工採苗	
採苗	期 間 母 藻 基 質	2023年7月14日～ - ノリ網 (1.5×9m) ×1枚、ノリ網 (1.5×4.5m) ×1枚	2023年5月31日～6月6日 137.7g ノリ網 (1.5×9m) ×2枚	
陸上中間育成	期 間 日 齢 (日 目)	- -	6月6日～7月14日 44	
現地養殖試験	期 間 日 齢 (日 目)	2023年7月14日～2024年5月13日 304	2023年7月14日～2024年5月13日 348	
	設 置 場 所 網 の 大 き さ 主 枝 長 の 平 均 ( cm ) 収 穫 量 ( 湿 重 量 kg ) ( kg/ m <sup>2</sup> )	沖 側 1.5×9m 24.6 3.0 0.23	岸 側 1.5×4.5m 33.6 3.3 0.48	沖 側 1.5×9m 37.2 6.0 0.45
			岸 側 1.5×9m 19.4 0.2 0.02	

### 今後の課題

本年度は、マクサ人工種苗 1,200 本を現地増殖試験に供した。しかし、その後の経過観察が実施できていないため、食害防御や施肥の効果調査が必要である。また、2,072 本の人工種苗を作出したが、肉眼視ができるサイズになった種苗を移す労力が大きく、現在の手法での量産化は現実的ではない。手法の簡便化、株分けによる増産の検討や、アルテミア孵化水槽への収容時の最適な種苗密度を把握する必要がある。

オゴノリについては、天然採苗及び人工採苗で種苗を生産し、現地養殖試験を行い収穫することができた。1 m<sup>2</sup>あたりの収穫量は 2022 年度試験では人工採苗区の方が多かったが、2023 年度試験では岸側に設置した天然採苗区、次いで沖側に設置した人工採苗区の順で収穫量が多かったが、その差はわずかであった。ただ同じ手法で採苗した人工採苗網では岸側より沖側の漁場が成長がすぐれ、岸側の収穫量はごくわずかであったことから、漁場としては沖側の漁場の方が良かったといえる。天然採苗で岸側の収穫量がよかったのは芽付きの数が違った可能性があるが、今回は測定していない。

天然採苗については、地先に自生する天然個体では 5 月上旬頃から成熟個体が確認されたことから、採苗時期やその盛期を特定する必要がある。人工採苗については胞子の括着密度や陸上中間育成中の網の管理を検討する必要がある。また、養殖期間中、網にアオサやウミトラノオ等の海藻の付着があり、網重量増加による網の破損が発生した。荒天後、一部の網が砂に埋没しており、成長不良の一因になったと思われる。2023 年度は 2022 年度と比べて 1 m<sup>2</sup>あたりの収穫量が少なかった

が、その要因は付着物の除去等の網の管理頻度が減少したことが大きい可能性がある。種苗の生長が阻害された可能性もあり、網の管理についても検討する必要がある。

### 文献

- 1) 入江隆乃介.無給餌養殖推進事業 テングサ・オゴノリ増養殖技術の開発.2021年度大分水研事業報告 2021 ; 234-236.
- 2) 入江隆乃介.無給餌養殖推進事業 テングサ・オゴノリ増養殖技術の開発.2022年度大分水研事業報告 2022 ; 235-237.

## 資源・環境に関するデータの収集・情報の提供-4

### 浅海定線調査等（周防灘）

岡田 理・堀切保志

#### 事業の目的

本県周防灘海域の水温や栄養塩等の漁場環境を長期的に把握し、水産資源への影響を検討するための基礎的な知見を得るために浅海定線調査を実施した。

#### 事業の方法

図1に示す本県周防灘海域に設けた16定点において、毎月（月上旬）1回、漁船「武丸」と調査船「豊洋」で海洋観測を行った。調査月のうち4～12月はSt.No.5、11、12、16、18、19を「武丸」で、St.No.4、6、7、8、9、10、13、14、15、17を「豊洋」で、1～3月はSt.No.5、7、10、11、12、16、18、19を「武丸」で、St.No.4、6、8、9、13、14、15、17を「豊洋」で実施した。表1に調査実施日を示した。

調査項目は、気象が天候、気温、風向・風力（ただし、豊洋では風速）、雲量であり、海象が波浪・うねり、水色、透明度、水温、塩分である。また、特殊項目として、溶存態無機窒素（DIN）及び溶存態無機リン（DIP）の栄養塩、溶存酸素量（DO）、化学的酸素要求量（COD）、クロロフィルa量を分析した。また、DINは、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-Nの分析値の合計値とし、DIPは、PO<sub>4</sub>-Pの分析値とした。

分析は、DOはウィンクラー・窒化ナトリウム変法<sup>1)</sup>、CODはアルカリ性過マンガン酸カリウム・ヨウ素滴定法<sup>2)</sup>により行った。クロロフィルaはJeffrey & Humphreyの式<sup>3)</sup>を用いて求めた。栄養塩の分析はオートアナライザーによった。

旬別の平均気温、降水量及び日照時間は、大分地方気象台の地域気象観測（豊後高田市）のデータを用いた。

なお、平年値は気象庁に準じ、1991～2020年度の平均値を用いた。平年偏差は、平年値を基準とした差の大きさにより、表2に示す階級区分に基

づき評価した。

また、巻末に本年度の調査観測結果を収録した。



図1 浅海定線調査定点図

表1 2023年度調査実施日

	武丸		豊洋	
	第1回	2023年	4月10日	2023年
第2回		5月15日		5月12日
第3回		6月8日		6月5日
第4回		7月3日		7月5日
第5回		8月1日		欠測
第6回		9月4日		9月6日
第7回		10月2日		10月5日
第8回		11月1日		11月9日
第9回		12月13日 <sup>*1</sup>		12月6日
第10回	2024年	1月9日	2024年	1月10日
第11回		2月8日		2月6日
第12回		3月11日		3月13日

\*1 St. No. 5欠測

表2 平年偏差の評価基準

階級	階級範囲
「平年並み」	平年偏差  < 0.6σ
「やや〇〇」	0.6σ ≤  平年偏差  < 1.3σ
「〇〇」	1.3σ ≤  平年偏差  < 2.0σ
「かなり〇〇」	2.0σ ≤  平年偏差

σは1991～2020年度の標準偏差

「〇〇」には、「高(多)め」、「低(少)め」が入る。

### 事業の結果

#### 1. 気象

旬別平均気温を図 2 に示した。10 月は「平年並み」であったが、ほかの月では「やや高め」～「かなり高め」が多く、「高め」基調であった。特に、9 月中旬は「かなり高め」となり、過去 30 年間で最高を記録した。

旬別降水量を図 3 に示した。九州北部地方（山口県を含む）は、5 月 29 日頃に梅雨入りし、7 月 25 日頃に梅雨明けした。4 月中旬～8 月上旬及び 1 月下旬～3 月下旬は「少なめ」～「かなり多め」の範囲で平年偏差が大きく変動し、7 月中旬と 8 月中旬～12 月上旬は「やや少なめ」～「少なめ」で推移した。また、5 月上旬、2 月上旬及び 3 月下旬は「かなり多め」となり、過去 30 年間で最高を記録した。なお、7 月上旬及び 2 月下旬も「かなり多め」となり、過去 30 年間で 2 番目を記録した。

旬別日照時間を図 4 に示した。概ね「平年並み」～「多め」で推移したが、「かなり少なめ」であった 12 月中旬は、過去 30 年で最低を記録した。

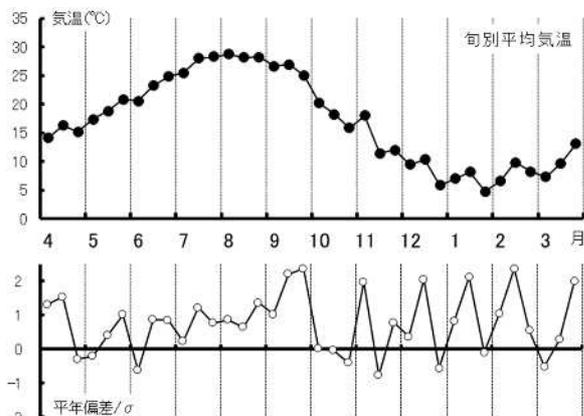


図 2 豊後高田市の 2023 年度旬別平均気温

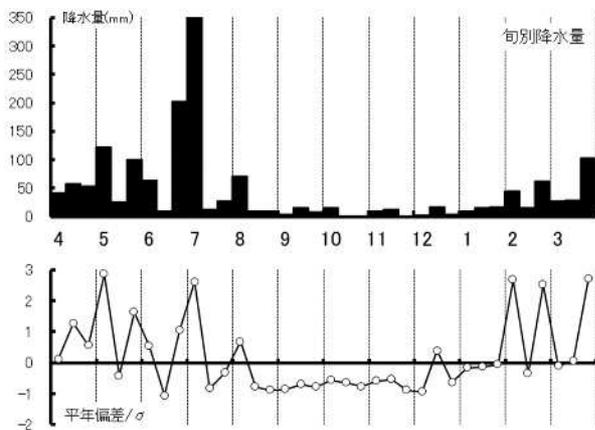


図 3 豊後高田市の 2023 年度旬別降水量

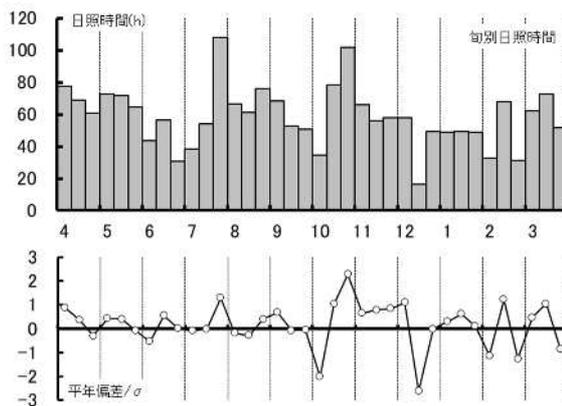


図 4 豊後高田市の 2023 年度旬別日照時間

#### 2. 海象

水温の推移と標準化した平年偏差を図 5 に示した。2023 年 4 月～2024 年 3 月は表層・底層ともに「高め」基調で推移した。特に 4 月の表層の 15.0℃及び底層の 13.9℃は、過去 30 年間で最高を記録した。

塩分の推移と標準化した平年偏差を図 6 に示した。「低め」基調であり、「やや低め」～「低め」が多かった。

透明度の推移と標準化した平年偏差を図 7 に示した。透明度は「平年並み」～「やや高め」で推移した。特に 8 月の 11.4 m は、過去 30 年間で最高を記録した。

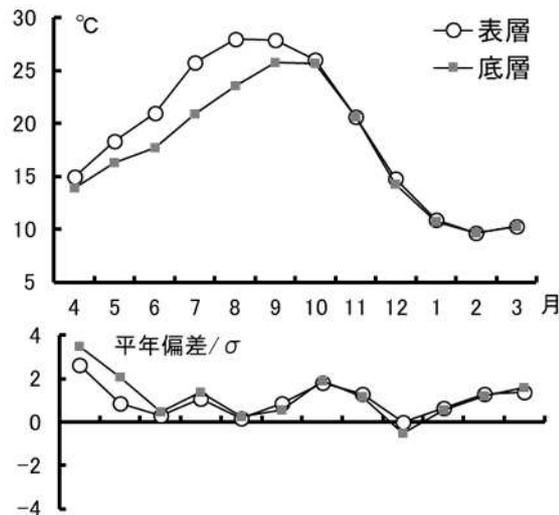


図 5 水温の推移と標準化した平年偏差

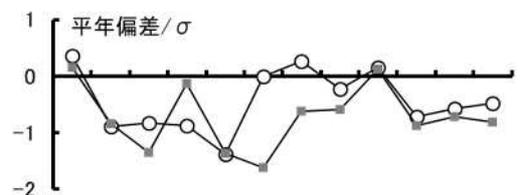
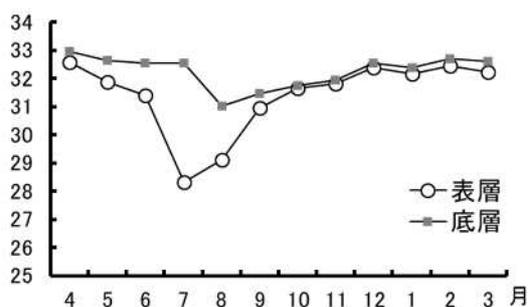


図6 塩分の推移と標準化した年偏差

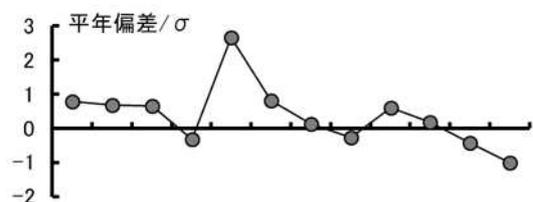
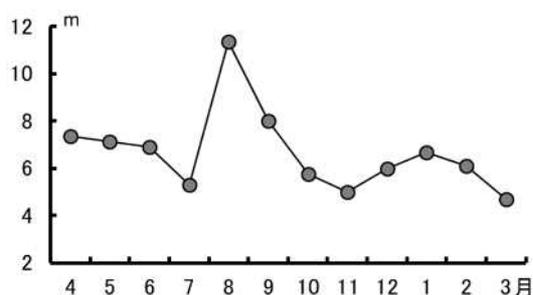


図7 透明度の推移と標準化した年偏差

3. 特殊項目

DIN の推移と標準化した年偏差を図8に示した。おおむね「やや低め」～「年並み」で推移したが、5月の底層は「高め」であった。

DIP の推移と標準化した年偏差を図9に示した。「年並み」～「やや高め」で推移したが、5月の表層と底層は「かなり高め」となり、過去30年で最高を記録した。

DO の推移と標準化した年偏差を図10に示した。概ね「年並み」で推移したが、4月は表層 5.6 ml/L、底層 5.7 ml/L となり、過去30年で最低を記録した。

COD の推移と標準化した年偏差を図11に示した。6月表層、8月表層と2月底層の「やや低め」、7月表層の「やや高め」を除き、「年並み」で推移した。

クロロフィル a 量の推移と標準化した年偏差を図12に示した。表層・底層ともに概ね「やや低め」～「年並み」で推移したが、調査定点にて赤潮が発生した8月は「かなり高め」となった。また、4月の表層は、過去30年で最低の 0.82 μg/L を記録した。

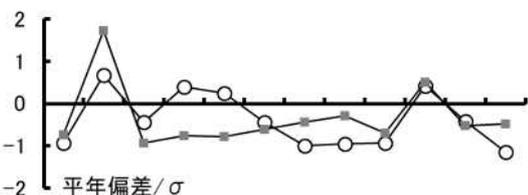
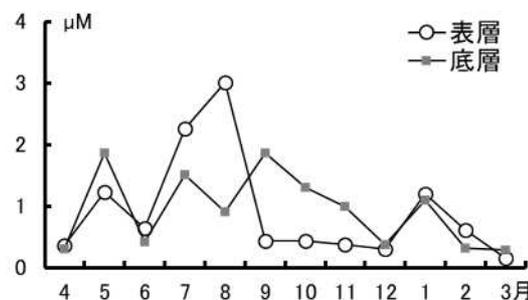


図8 DINの推移と標準化した年偏差

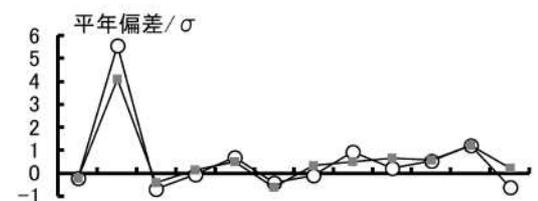
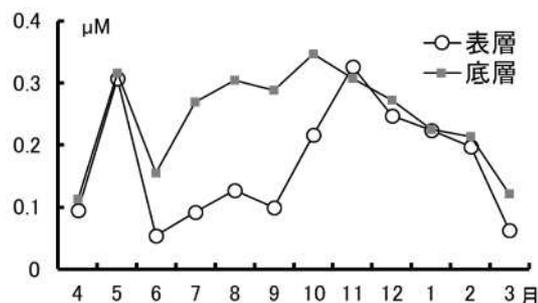


図9 DIPの推移と標準化した年偏差

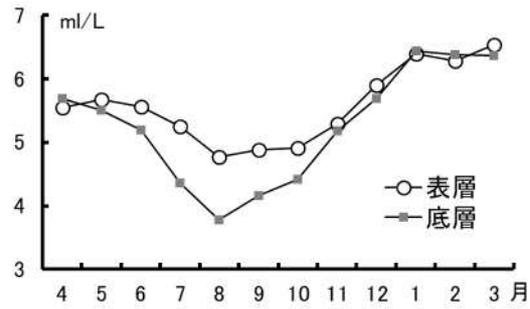


図 10 DO の推移と標準化した年平均偏差

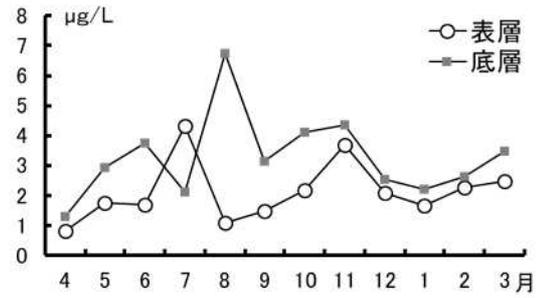
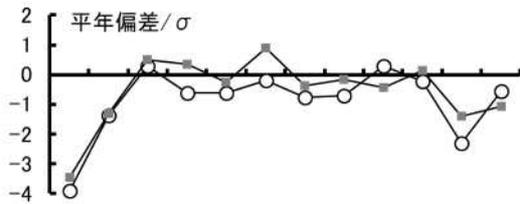
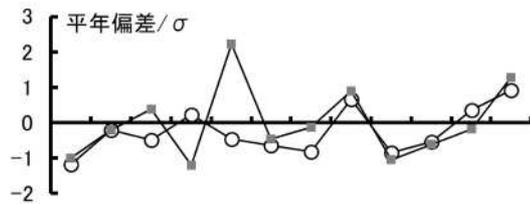


図 12 クロロフィル a 量の推移と標準化した年平均偏差



今後の課題

本県周防灘海域における環境変動や水産資源への影響を把握するために、今後とも継続してデータを蓄積していく必要がある。

文献

- 1) 日本水産資源保護協会. 「水質汚濁調査指針」 恒星社厚生閣, 東京. 1980 ; 154-159.
- 2) 日本水産資源保護協会. 「水質汚濁調査指針」 恒星社厚生閣, 東京. 1980 ; 160-162.
- 3) 日本水産資源保護協会. 「水質汚濁調査指針」 恒星社厚生閣, 東京. 1980 ; 324-326

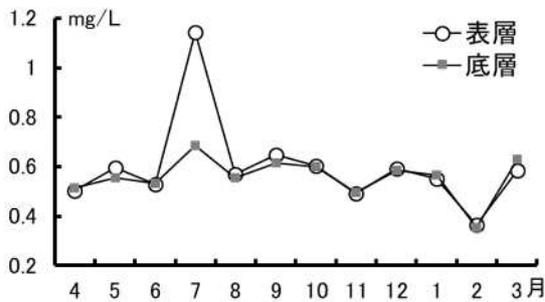
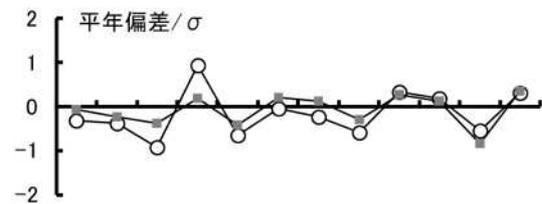


図 11 COD の推移と標準化した年平均偏差



## 赤潮早期予測早期対策実証事業-2<sup>\*1</sup>

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)

岡田 理・徳丸泰久

### 事業の目的

*Karenia mikimotoi* (以下「*K.mikimotoi*」という。)をはじめとした赤潮による漁業被害の未然防止及び軽減のためには、赤潮発生海域を網羅した広域連携調査を実施する必要がある。

そこで、瀬戸内海西部・豊後水道海域・土佐湾海域において各機関が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンの発生状況及び海洋環境を監視するとともに、既存のモニタリングデータの解析、数値モデルを用いた解析等によって当該海域における有害赤潮の発生シナリオを構築し、赤潮発生予察や漁業被害軽減に資することを目的とした。

### 事業の方法

#### 1. モニタリング調査(*K.mikimotoi*の出現状況)

本県周防灘海域において、5~9月に4回、海洋環境(水温、塩分、栄養塩等)及びプランクトン細胞密度等のモニタリング調査を実施した。また、気象データとして気象庁HP気象統計情報から豊後高田市における降水量、気温、日照時間及び風速の観測値と平年値(1991~2020年の30年平均値)を解析に用いた。

#### 2. *K.mikimotoi*高感度監視調査

本県周防灘海域のうち宇佐市沖に調査定点を設置し、2~6月に、PCR法による高感度調査のサンプルを採水した。

調査点で採水した海水1Lを孔径5 $\mu$ mのメンブレンフィルター(Millipore JMWP04700)で濃縮濾過し、そのフィルターを凍結保存して、愛媛大学南予水産研究センターに送付した。同センターにおいて、リアルタイムPCR機(バイオ・ラッド、CFX96)を用いて、*K.mikimotoi*の遺伝子を定量し、既知の検量線に基づき、細胞数を推定した。

#### 3. 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

2017年度までの統計解析から*K.mikimotoi*赤潮の発生シナリオの構築及び予察モデルを開発し<sup>1)</sup>、2018~2022年までの結果を用いて赤潮予察を試みたところ、的中率が低下した<sup>2)</sup>。そのため予察精度向上を目的として、2018~2022年の環境データを追加して予察モデルを再構築した。さらに、再構築した予察モデルを用いて、2023年の予察結果を検討した。

### 事業の結果

#### 1. モニタリング調査(*K.mikimotoi*の出現状況)

本県周防灘海域では、*K.mikimotoi*は1~4月まで検出されず、1 cell/mL以上の初認日は5月15日であった。本事業の調査期間中、8月上旬に本県周防灘海域調査定点で本種の赤潮が確認されたが、漁業被害の報告はなかった。

今年度は、*K.mikimotoi*の赤潮の直前に*Chattonella*属による赤潮が発生した。*Chattonella*属が増加したのは7月の大雨後であったことから、降雨による栄養塩供給及び低日照による珪藻の減少が要因であると推察する。その後、*Chattonella*属が減少したことで、*K.mikimotoi*が優位となり、赤潮を形成したと考える。

#### 2. *K.mikimotoi*高感度監視調査

2023年は*K.mikimotoi*赤潮が本県周防灘海域にて、8月上旬から9月上旬にかけて発生した。

愛媛大学南予水産研究センターが*K.mikimotoi*遺伝子の挙動を解析した結果、本県周防灘海域における調査期間中の細胞密度はN.D.~88.1 cells/mLだと推定された。

今年度も周防灘、豊後水道等の海域において1~4月に本種の遺伝子が海水中から検出されており、瀬戸内海西部海域には継続的に遊泳細胞がシ

ードポピュレーションとして存在していることが示唆された。また、周防灘海域においては、冬季～春季の遺伝子検出量の多寡に関わらず、赤潮が発生する年があるため、本海域にはシードポピュレーションが常に分布しており、気象や海象が赤潮発生及びその規模に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

### 3. 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

本県周防灘海域では、*K.mikimotoi* の最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。2002～2022 年のデータを解析した結果、改良前の予察モデルと比較すると、7 月最大風速、1 月表層塩分の項目が除外され、1 月気温、7 月 5 m 水温及び 7 月表層 DIN が項目に加わった。改良前と共通で抽出された環境項目は、5 月表層水温、5 月 5 m 水温及び 7 月分布指標 (10 cells/mL) であった。これらの項目からの的中率の高い組合せを求めた。

今回抽出された環境項目のうち 5 月表層水温及び 7 月分布指標 (10 cells/mL) は、5 月の表層水温が低く、7 月分布指標 (10 cells/mL) が高いと *K.mikimotoi* の赤潮が発生しやすいという周防灘大分県海域での赤潮発生シナリオにおおむね合致した。また、改良前の予察モデルと同様に、5 月表層水温と 7 月分布指標 (10 cells/mL) の組合せが抽出された。しかし、的中率は 94% から 85.7% に低下した。低下要因は、追加データ (2018～2022 年) の 7 月分布指標 (10 cells/mL) の値が 2002～2017 年と比較して、非常に低い値であることに加えて、追加データ (2018～2022 年) の発生年 (35,000～36,800 cells/mL) と非発生年 (26～89 cells/mL) の間で 7 月分布指標 (10 cells/mL) の値の差が小さいため、的中率が低下した可能性がある。なお、全体的に的中率は高くなっており、データの追加により予察精度は向上したと考えられる。

今回抽出された環境項目を用いて、2023 年度の判別分析を行った。今回の予察モデル 4 通りのうち、「5 月表層水温 と 7 月分布指標 (10 cells/mL)」、「1 月気温と 5 月 5 m 水温」の 2 通りで「非発生」と予測し、今年度の非発生 (1,000 cells/mL 未満) を的中した。特に、前者の組合せは改良前と共通の組合せであり、予測において重要な項目であることが考えられる。残りの 2 通りは、「発生」、「中間」と予測し非的中となった。なお、2023 年は 5 月の表層水温が平年よりも高めであったこと、7 月分布指標 (10 cells/mL) の値が低かったことか

ら、赤潮発生年にならなかったと考えられる。

### 今後の課題

赤潮盛期より数か月以上前の環境因子を用いた長期予察では、予察対象海域で「地場発生型」の赤潮に対して予察を行っている可能性が高い。このため、赤潮非発生と予察された場合でも、隣接海域から移送されたシードポピュレーションによる赤潮が発生すれば的中率が下がることが想定される。本年度とりまとめたデータを元に、自県海域へのシードポピュレーションの供給源となり得る隣接海域の長期予察結果の活用や隣接海域のデータ等を用いた長期予察の実施、短期的な予察の検討等、予察精度の向上及び被害軽減につながる取組を今後は検討していく必要がある。

そのためにもモニタリングを継続し、環境の変化と赤潮発生との関係性を注視していく必要がある。

### 文献

- 1) 加川真行, 黒田麻美, 村田憲一, 工藤孝也, 本田宇聖, 吉村栄一, 馬場俊典, 國森拓也, 後川龍男, 恵崎 撰, 井口大輝, 中里礼大, 内海訓弘, 岩野英樹, 畔地和久, 竹中彰一, 平井真紀子, 鈴川健二, 谷口越則, 吉江直樹, 郭 新宇, 清水園子, 松原孝博, 武岡英隆, 山口晴生, 外丸裕司, 坂本節子, 鬼塚 剛, 山口 聖. 1) 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 イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域. 平成 31 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書, 水産庁, 東京. 2020; 57-116.
- 2) 上村海斗, 占部敦史, 山下慶太郎, 加川真行, 上原達亮, 相田 聡, 馬場俊典, 茅野昌大, 内田喜隆, 畑間俊弘, 後川龍男, 恵崎 撰, 鹿島祥平, 斉藤義昭, 野田 誠, 宮村和良, 平野莊太郎, 徳丸泰久, 三門哲也, 神野 智, 関信一郎, 吉江直樹, 郭 新宇, 清水園子, 松原孝博, 竹内久登, 山口晴生, 外丸裕司, 三宅陽一, 坂本節子, 鬼塚剛. 1) 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 イ. 瀬戸内海西部・豊後水道・土佐湾海域. 令和 4 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書, 水産庁, 東京. 2023; 55-118.

## 漁場環境保全推進事業-3 赤潮発生監視調査

岡田 理

### 事業の目的

赤潮による漁業被害の軽減及び被害の未然防止を図ることを目的に、本県周防灘海域を対象として赤潮調査を実施し、調査結果を関係機関に情報提供した。また、赤潮発生機構の解明と予察手法の確立に資する基礎資料収集のために、気象や海象、水質調査も併せて実施した。

### 事業の方法

図1に示す本県周防灘海域の調査点において、5～8月の毎月中・下旬に、表1に示した調査を実施した。また、毎月上旬に実施する浅海定線調査時に同様の調査を4～9月に実施し、本調査結果を補完した。10～3月の期間には、本事業報告の貝毒発生監視調査に記載の図1の調査点で、*Karenia mikimotoi* (以下「*K.mikimotoi*」という。)のモニタリングを同時に行った。本調査の観測・分析方法は、浅海定線調査の各方法に準拠した。測定したNH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-Nの合計値を溶存無機態窒素(DIN)として、PO<sub>4</sub>-Pを溶存無機態リン(DIP)として栄養塩類の推移を観察した。

気象データは、気象庁HP気象統計情報から豊後高田市における降水量、気温、日照時間及び風速の観測値と平年値(1991～2020年の30年平均値)を用いた。

なお、解析にあたり、水塊の成層強度を示す鉛直安定度は、以下の式により求めた。

$$\text{上層と下層の海水密度差} \div \text{水深差} \times 10^{-3} \text{ } ^{1)}$$



定点	緯度(北緯)	経度(東経)	観測層
St. 1 (St. 5)	33° 39.2'	131° 11.9'	0.5m
St. 2 (St. 16)	33° 37.2'	131° 17.9'	
St. 3 (St. 11)	33° 36.2'	131° 21.9'	
St. 4 (St. 19)	33° 36.2'	131° 24.9'	5m
St. 5 (St. 12)	33° 38.2'	131° 27.9'	底上1m
St. 6 (St. 9)	33° 43.2'	131° 21.9'	
St. 7 (St. 15)	33° 45.2'	131° 14.9'	

括弧内は該当する浅海定線調査定点  
緯度経度は世界測地系

図1 調査定点図

表1 調査項目及び調査実施日

調査項目	調査内容
気象・海象	天候、雲量、風向・風力 透明度、水色、水温、塩分
水質	溶存酸素、NH <sub>4</sub> -N、NO <sub>2</sub> -N、NO <sub>3</sub> -N PO <sub>4</sub> -P、クロロフィル-a
プランクトン出現量	採水し光学顕微鏡による形態観察

#### 調査実施日

4月	10日
5月	15、22日
6月	8、19日
7月	3、11、19日
8月	1、21日
9月	4日

事業の結果

1. 気象・海況等の特徴

豊後高田市における旬別気象データの推移を図2に、周防灘における水温、塩分、鉛直安定度、クロロフィル a、透明度の推移を図3に、栄養塩類 (DIN、DIP) の推移を図4に示した。

1) 気象

九州北部地方 (山口県を含む) は、5月29日頃に梅雨入りし、7月25日頃に梅雨明けした (平年は6月4日頃梅雨入りし、7月19日頃梅雨明け)。

旬平均気温は、4月下旬、5月上旬、6月上旬を除き、平年値より高めで推移した

旬降水量は、6月中旬、7月中旬～下旬、8月中旬～9月下旬が平年値より少なく、7月上旬に平年よりかなり多い降水量を記録した。

旬日照時間は、4月上旬と7月下旬が平年より

多めであったが、概ね平年を下回って推移した。

旬平均風速は、4月中旬及び9月中旬を除き、平年より高めで推移した。

2) 海況

表層水温は、6月上旬に 20°C に達し、7月上旬には 25°C を超えた。表層と底層の水温差は5月中旬から見られはじめ、7月中旬に最大となった。

塩分は、6月上旬、7月上旬～8月下旬に表層と底層の差が見られ、特に7月上旬のまとまった雨により、表層と底層の差が最大となった。

鉛直安定度は、4月から上昇をはじめ、7月上旬に急上昇し、7月中旬に調査期間中で最も高い  $62.7 \times 10^{-5}$  まで上昇した。

クロロフィル a は期間中、概ね 1~5  $\mu\text{g/L}$  で推移した。5  $\mu\text{g/L}$  を超えたのは、5月下旬の底層、7月中旬の表層と 5 m 層、7月下旬の底層であった。

透明度は期間中、2.0~11.4 m で推移した。

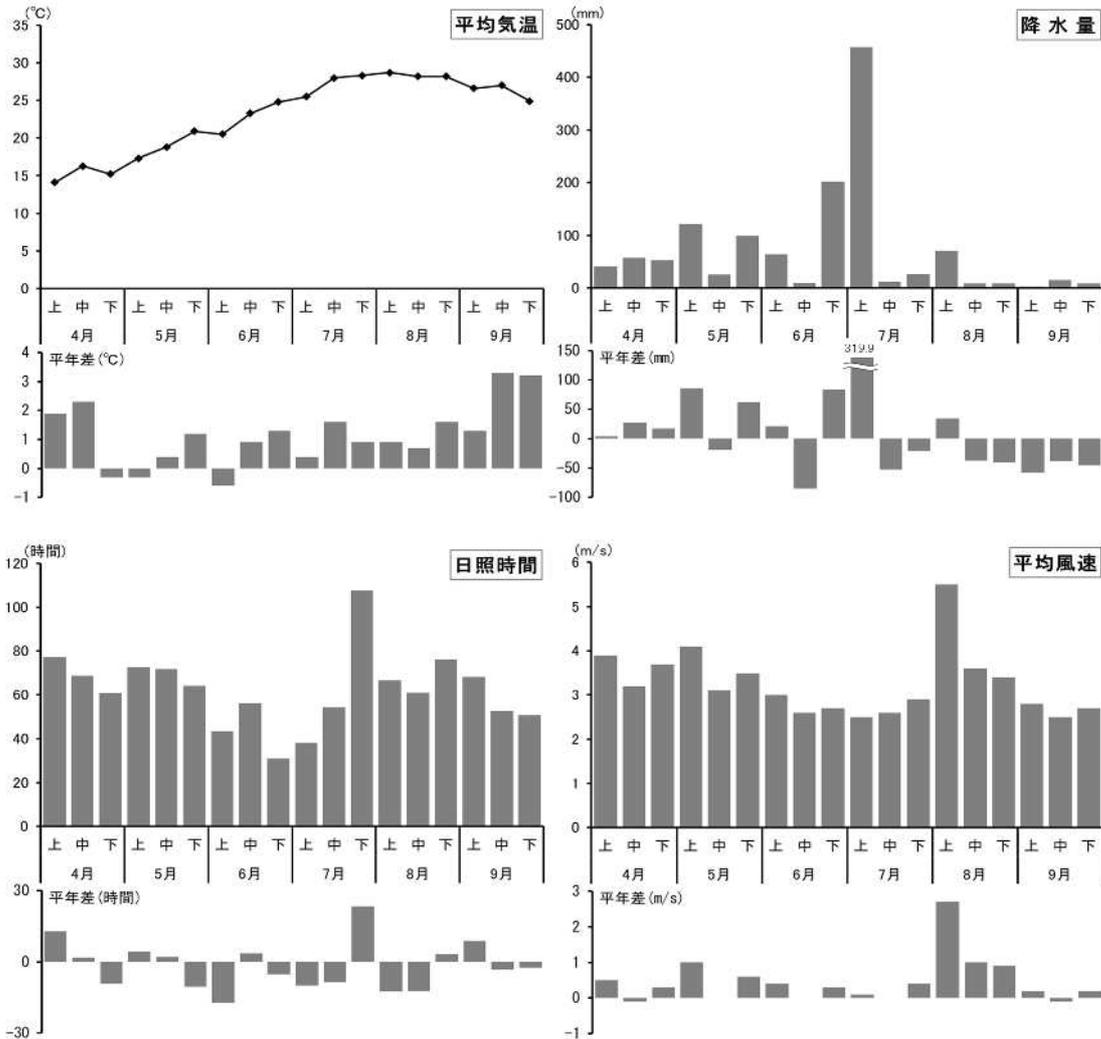


図2 2023年の豊後高田市における旬別気象データの推移

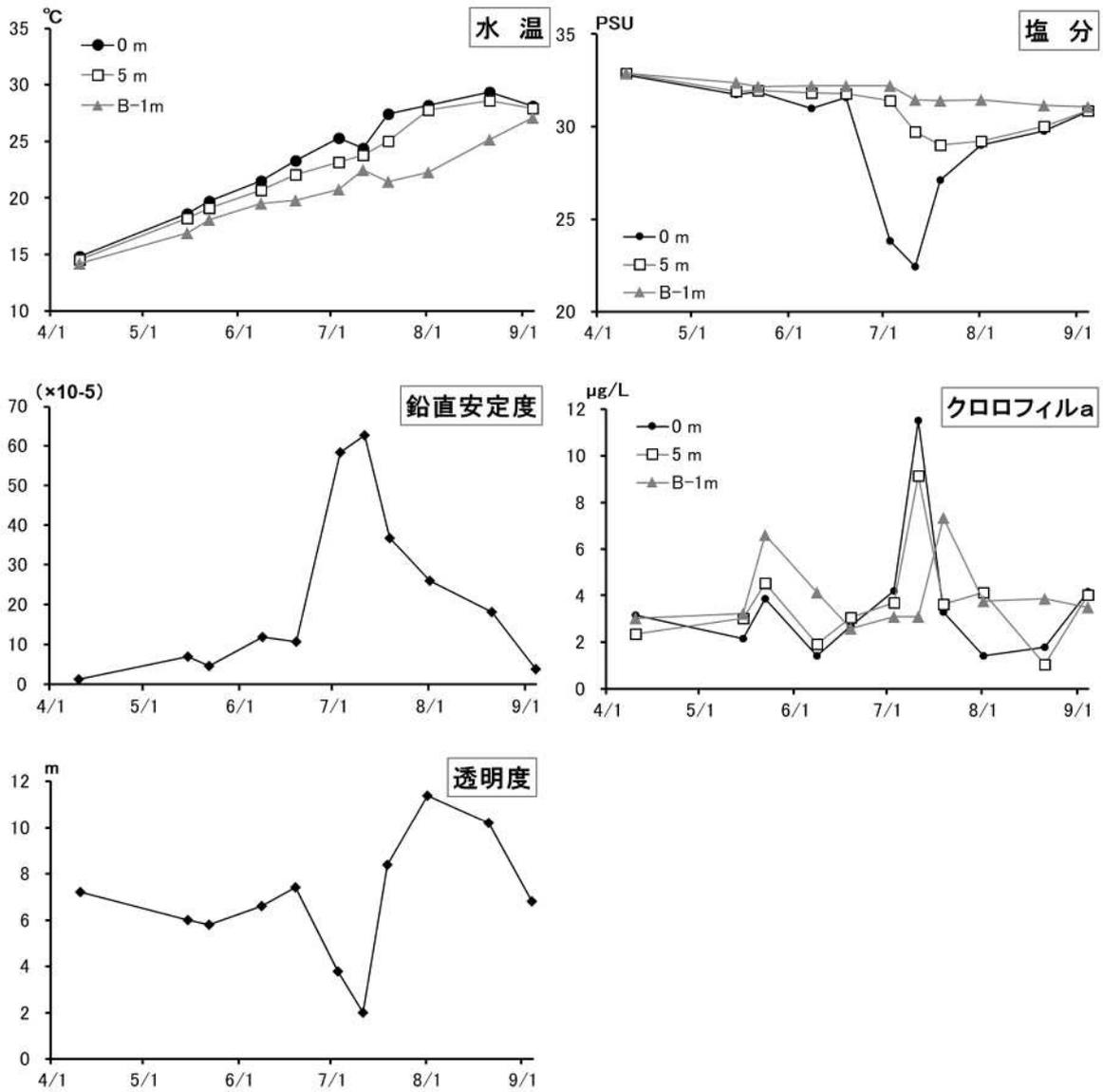


図3 2023年の周防灘における海況の推移

3) 栄養塩類 (DIN、DIP)

DIN は、7月中旬に大きな増加が確認され、表層と底層は12.0 µMを超えた。その他は0.04~4.7 µMで推移した。

DIP は、7月中旬頃に表層、5 m 層及び底層で0.75 µMを超える上昇が確認されたが、その他は0.34 µM以下で推移した。

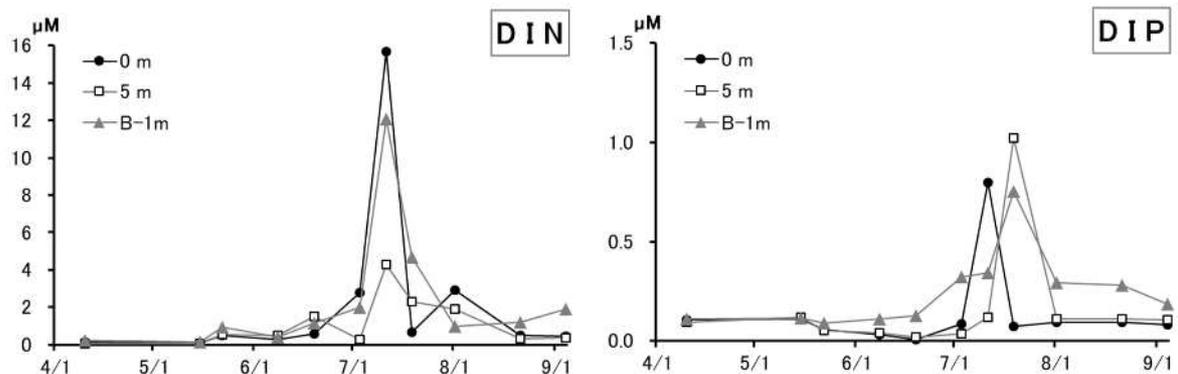


図4 2023年の周防灘における栄養塩類の推移

表 2 2023 年の赤潮発生状況

整理番号	発生期間			発生場所		発生赤潮		漁業被害
	発生日	～ 終息日	日数	海域	地名等	構成プランクトン	最高密度 (cells/mL)	
1	7月19日	～ 8月30日	43	周防灘～伊予灘	宇佐市長洲漁港、長洲沖、 国東市小野田漁港、竹田津漁港、 国東港熊毛地区	<i>Chattonella</i> spp.	208	無
2	7月20日	～ 8月30日	42	別府湾	大分市住吉泊地	<i>Chattonella</i> spp.	20	無
3	8月1日	～ 9月4日	35	周防灘	宇佐市長洲沖	<i>Karenia mikimotoi</i>	213	無

## 2. 赤潮発生状況

2023年に発生した赤潮は、表2に示すとおり3件であった。その内訳は、*Chattonella* spp.が2件、*K.mikimotoi*が1件であり、漁業被害の報告はなかった。

## 3. 有害赤潮プランクトン等の出現状況

有害赤潮プランクトン等の出現状況を図5に示した。

### 1) *K.mikimotoi*

本県周防灘海域の浅海定線調査における1 cell/mL以上の初認日は、5月15日であった。7月中旬から多数確認されるようになり、8月1日に周防灘海域調査定点において赤潮を形成した（最高密度213 cells/mL）。

### 2) *Chattonella* 属

本県周防灘海域の浅海定線調査における1 cell/mL以上の初認日は、5月15日で、7月上旬頃までは低密度で推移した。しかし、7月中旬頃に急激に増殖し、7月19日に周防灘から伊予灘にかけて赤潮が発生した（最高密度208 cells/mL）。また、7月20日に別府湾でも発生が確認された（最高密度20 cells/mL）。

### 3) *Heterosigma akashiwo*

本県周防灘海域において、本種による赤潮の形成は確認されなかった。

### 4) 珪藻類

調査期間中、表層の平均密度は15～459 cells/mLで推移した。

## 4. *K.mikimotoi*の赤潮形成要因及び冬季出現状況

### 1) *K.mikimotoi*赤潮形成と気象・海況等の関係

本年度は、8月上旬に*K.mikimotoi*による赤潮が発生し、その直前の7月下旬ごろに*Chattonella*属の赤潮が発生した。この2種は6月下旬まで低密度で推移していたが7月上旬から増加し、7月19日に*Chattonella*属による赤潮が発生した。その後、*Chattonella*属の減少に伴って*K.mikimotoi*が増加し、8月1日に赤潮を形成した。今年度の細胞

密度の推移を考察すると、まず7月上旬に一度、*K.mikimotoi*の細胞密度が上昇した。これは豪雨で低日照となり、競合種である珪藻が減少し、低日照下でも増殖が可能な*K.mikimotoi*が増加したためと考えられる<sup>2)</sup>。しかし、7月上旬以降*K.mikimotoi*は減少し、7月下旬ごろに*Chattonella*属の赤潮が発生した。*Chattonella*属は初夏に底層水温が22.0℃または25.0℃でシストからの発芽率が最高になると報告されており<sup>3)</sup>、今年度の*Chattonella*属の赤潮発生前の底層水温は22.5℃であった。さらに豪雨による栄養塩供給後であり、珪藻も低密度であったことで*Chattonella*属の好適な環境となったためと考える。その後、*Chattonella*属が栄養塩を消費し、細胞密度が低下したタイミングで、低栄養塩下でも日周鉛直移動を行い底泥の栄養塩を利用して増殖可能な*K.mikimotoi*が赤潮を形成したと考える<sup>4)</sup>。

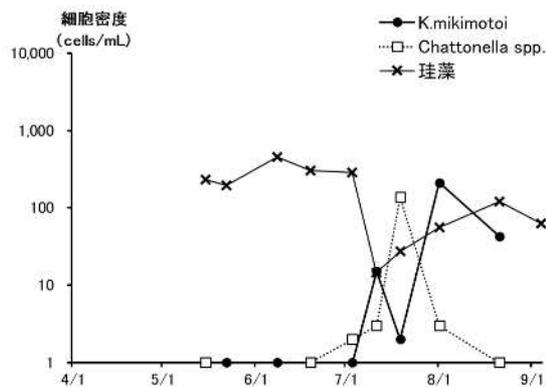


図5 有害赤潮プランクトン等の出現状況

### 2) 冬季の*K.mikimotoi*の出現状況

2023年10月～2024年3月の間においては、*K.mikimotoi*が低密度(0.00038～0.3181cells/mL)で出現した。

### 今後の課題

本県周防灘海域における赤潮発生機構の解明と予察手法を確立するためには、*K.mikimotoi* の越冬細胞密度と環境諸因子との関係や夏季の増殖過程と競合種や環境諸因子について、今後もモニタリングを継続する必要がある。

### 文献

- 1) Sverdrup HU, Johnson MW, Fleming RH. *The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology*. Prentice-Hall, New York. 1
- 2) 山口峰生, 本城凡夫. 有害渦鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖におよぼす水温, 塩分及び光強度の影響, 日本水産学会誌, 1989; 55(11): 2029-2036.
- 3) 今井一郎. 有害赤潮ラフィド藻 *Chattonella* のシストに関する生理生態学的研究, 南西海区水産研究所研究報告, 1990; 23: 63-166.
- 4) 本城凡夫. 赤潮被害軽減策と発生のシナリオ, 環境管理, 一般財団法人九州環境管理協会, 2015; 44: 4-15.

## 漁場環境保全推進事業-4

### 貝毒発生監視調査

岡田 理

#### 事業の目的

広大な干潟を有する本県周防灘海域では、アサリ等の二枚貝を対象にした採貝漁業やマガキ等の貝類養殖業が行われている。別府湾北部の杵築市守江地先では、1953年頃からマガキ養殖が行われている。さらに近年、国東半島周辺においても、マガキ養殖が行われるようになってきている。

本事業では、貝毒原因プランクトンをモニタリングすることで、これら有用二枚貝の毒化を監視し、食品としての安全性を確保した。

#### 事業の方法

##### 1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

プランクトンのモニタリングは、図1に示す18調査定点で1~2回/月程度の頻度で実施した。

各調査点の所定層で海水1Lを採水し、研究室に持ち帰り、目合10 $\mu$ mの濾布を用いて500mlの生海水を5mlまで濃縮し、そのうちの1ml中のプランクトンを1回計数した。

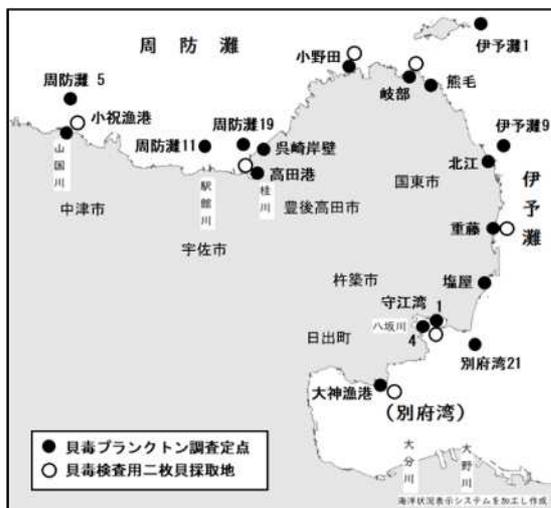


図1 貝毒発生監視調査の定点

##### 2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒の検査は、一般財団法人新日本検定協会製の麻痺性貝毒検出用分析キット(Skit)を用いELISA法により実施した。対象二枚貝は、養殖マガキ、養殖ムラサキイガイ、天然アサリとし、可食部を検査対象部位とした。

#### 事業の結果

##### 1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

2023年4月~2024年3月に64回のモニタリング調査を行った。麻痺性貝毒原因プランクトンである*Alexandrium* sp.の検鏡結果を表1に示した。

表1 麻痺性貝毒検鏡結果

調査日	調査定点	採水層(m)	細胞密度(cells/L)
5月15日	周防灘st.11	5	20
6月22日	守江湾st.4	0	20
		B-1	10
7月19日	周防灘st.11	5	160
		B-1	40
	周防灘st.19	0	20
	小野田	0	20
9月13日	呉崎岸壁	0	20
9月25日	守江湾st.1	0	20
9月28日	小祝漁港	0	20

##### 2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒の検査結果を表2に示した。麻痺性貝毒は検出されなかった。

表2 麻痺性貝毒検査結果

検体	採取地	採取日	検査日	毒力(MU/g)	可食部平均重量(g/個)
マガキ	小野田	9月26日	9月29日	N.D.	6.3
マガキ	岐部	9月26日	9月29日	N.D.	8.5
マガキ	守江湾	10月10日	10月20日	N.D.	8.0
マガキ	大神漁港	10月11日	10月20日	N.D.	6.3
マガキ	小祝漁港	12月25日	12月26日	N.D.	2.9
アサリ	小祝漁港	3月12日	3月12日	N.D.	1.3

## 今後の課題

本県周防灘海域では、2000年に *Alexandrium tamarense species complex* (旧 *A. catenella*)による養殖マガキの貝毒が検出され、出荷自主規制(28日間継続)がとられた。さらに、2014年4月には養殖ムラサキガイ、2015年3月には天然アサリで0.1~0.2MU/gの麻痺性貝毒(ELISA法)が検出された。また、近年(2014~2020年)、At complex (旧 *A. tamarense*)が春季に7年連続して出現していたが、2021年に麻痺性貝毒プランクトンは、確認されなかった。ところが、2022年は秋季に *Alexandrium spp.*が確認され、2023年では5~9月に確認された。2022年と比較すると、出現期間、細胞密度ともに増加していた。

今後も、貝毒監視体制を継続し、貝毒原因プランクトンの定期的なモニタリング調査と二枚貝の出荷前の貝毒検査により、食品としての安全性を確保していく必要がある。

# 養殖衛生管理指導事業（北部水域）-1

## 養殖衛生管理体制の整備 （国庫交付金）

朝井隆元・徳丸泰久

### 事業の目的

北部水域における養殖衛生管理への恒常的な対応により、養殖経営の安定と、安全・安心な養殖生産物の生産及び特定疾病のまん延防止を図る。

### 事業の方法

農林水産省消費・安全局長及び生産局長が定めた消費・安全対策交付金のガイドライン（平成17年4月1日制定の消費・安全対策交付金実施要領別添1）に基づき実施した。

### 事業の結果

#### 1. 総合推進対策

- 1) 全国会議 (表1)
- 2) 地域合同検討会議 (表2)
- 3) 県内養殖衛生対策会議 (該当なし)

#### 2. 養殖衛生管理指導

- 1) 医薬品の適正使用の指導 (表3)
- 2) 適正な養殖管理・ワクチン使用の指導 (該当なし)

### 3) 養殖衛生管理技術の普及・啓発

- A. 養殖衛生管理技術対策 (該当なし)
- B. 養殖衛生管理技術講習会 (該当なし)

### 3. 養殖場の調査・監視

- 1) 養殖資機材の使用状況調査 (該当なし)
- 2) 医薬品残留検査 (該当なし)
- 3) 薬剤耐性菌の実態調査 (表4)
- 4) 輸出錦鯉対応 (表5)

### 4. 養殖衛生管理機器の整備

該当なし

### 5. 疾病の発生予防・まん延防止

- 1) 疾病監視対策 (表6、表7)
- 2) 疾病発生対策 (表8、表9)
- 3) 特定疾病まん延防止措置  
1)、2)の実施によって、まん延防止を図った。

### 今後の課題

魚病の発生、伝播の防止、魚病被害の軽減を図り、養殖生産物の食品としての安全性を確保するために、今後も継続して事業を実施する必要がある。

表1 全国会議

実施日	実施場所	構成員	内容
2024年3月8日	東京都	農林水産省 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 公益社団法人 日本水産資源保護協会 都道府県養殖衛生管理担当者	養殖衛生管理推進会議 ・水産防疫の実施状況 ・ブリの疾病、投薬方法に関する報告 ・養殖魚の迅速な診断体制に向けた対応

表 2 地域合同検討会議

実施日	実施場所	構成員	内容
2023年9月7日～ 9月8日	愛媛県	(幹事県)愛媛県 三重県、和歌山県、大阪府、兵庫県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、高知県、福岡県、大分県	瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会 ・各府県報告(魚病診断状況、魚病関連試験) ・症例報告・話題提供 ・総合討議
2024年2月13日～ 2月14日	大分県	(幹事県)大分県 栃木県、神奈川県、山梨県、静岡県、岐阜県、富山県、滋賀県、和歌山県、高知県、福岡県	全国湖沼河川養殖研究会 アユの疾病研究部会 ・アユの不明病の症例報告および話題提供 ・アユの魚病診断および連絡試験に関する報告

表 3 医薬品の適正使用の指導

実施時期	対象者	内容
2023年4月1日～ 2024年3月31日	海面(北部水域)養殖業者および 内水面養殖業者 (延べ9名)	水産用抗菌剤使用指導書の発行

表 4 薬剤耐性菌の実態調査

実施時期	対象種	内容
2023年4月1日～ 2024年3月31日	アユ、マコガレイ	細菌分離とディスク法による感受性測定 <i>Aeromonas hydrophila</i> (1株) <i>Pseudomonas anguilliseptica</i> (1株) <i>Vibrio.sp</i> (1株)

表 5 輸出錦鯉対応

実施日	実施場所	対象種	内容
2023年 9月6日	豊後大野市	ニシキゴイ	外部検査機関検査前の臨床症状観察

表 6 疾病監視対策(養殖漁家の巡回指導)

実施日	実施場所	対象種	内容
2023年 4月3日	宇佐市	ドジョウ	養殖場の疾病調査 および魚病被害状 況の把握
4月11日	由布市	アユ	〃
5月10日	姫島村	ニジマス	〃
5月11日	中津市	アユ	〃
6月13日	日田市	アユ	〃
6月21日	国東市	クルマエビ	〃
6月29日	国東市	クルマエビ	〃
7月5日	国東市	クルマエビ	〃
7月11日	国東市	クルマエビ	〃
7月31日	日田市	コイ	〃
8月2日	国東市	クルマエビ	〃
8月22日	日出町	マコガレイ	〃
9月27日	国東市	ヒラメ	〃
10月10日	国東市	クルマエビ	〃
10月12日	国東市	クルマエビ	〃
11月6日	国東市	クルマエビ	〃
2024年 1月10日	別府市	バナメイエビ	〃
2月20日	中津市	アユ	〃
3月8日	宇佐市	ドジョウ	〃
3月13日	宇佐市	ドジョウ	〃
3月27日	中津市	ヤマメ、アユ	〃

表 7 疾病監視対策（輸入水産物防疫対策）

実施日	実施場所	対象種	内容
2023年			
4月11日	日田市	ニジマス	着地検査
8月4日	九重町	ニジマス	〃
8月24日	別府市	バナメイエビ	〃
9月26日	日田市	ニジマス	〃
11月8日	別府市(電話)	バナメイエビ	〃
2024年			
1月11日	別府市	バナメイエビ	〃
1月30日	日田市	ニジマス	〃

表 8 疾病発生対策（海面養殖における疾病の検査・診断）

魚種名	疾病名	2023年										2024年			計		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
キジハタ	不明				1	1											2
キジハタ計		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ヒラメ	白点病				2	1											3
	健康診断		1	1													2
ヒラメ計		0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
マコガレイ	滑走細菌症		1														1
	イクチオボド症	1															1
	混合感染（滑走細菌+ビブリオ+イクチオボド）		1														1
マコガレイ計		1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ニジマス	不明													1			1
ニジマス計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
海産魚類計		1	3	1	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9
クルマエビ	健康診断			2	2	1		2	1								8
クルマエビ計		0	0	2	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	8
バナメイエビ	不明													1			1
バナメイエビ計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
海面計		1	3	3	4	1	1	2	1	0	2	0	0	2	0	0	18

表 9 疾病発生対策（内水面における疾病の検査・診断）

魚種名	疾病名	2023年										2024年			計		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
アユ	異形細胞性鰓病	1															1
	細菌性冷水病	1				1										1	3
	シュードモナス症													1			1
	混合感染（エロモナス+シュードモナス）	1															1
	不明	1												1			2
アユ計		4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	8
アマゴ	キロドネラ症					1											1
アマゴ計		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ヤマメ	IHN		2														2
	細菌性冷水病					1											1
	カラムナリス病	1															1
	混合感染（IHN+冷水病）					1											1
	混合感染（IHN+トリコジナ）	1															1
ヤマメ計		2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
コイ	ウイルス性コイ浮腫症								1								1
	健康診断							1									1
コイ計		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
ドジョウ	不明	1															1
ドジョウ計		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
内水面計		7	2	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	17

## 養殖衛生管理指導事業（北部水域）-2

### クルマエビ交配試験 （県単事業分）

朝井隆元

#### 事業の目的

クルマエビは養殖生産が国内供給の多くを支えており、安定供給の観点から養殖生産力の強化が求められている。生産力強化の障害となるホワイトスポット病（WSD）は、疾病防疫技術の開発により種苗期の大量死亡はほぼ克服したものの、育成期や収穫期での発病により未だ甚大な経済的損失をもたらしている。そこで、耐病性品種の育成と管理に関する技術を開発するため、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 養殖部門 生産技術部を研究代表機関として、令和2年度～4年度に「クルマエビの耐病性品種の育成と管理に関する技術開発」（以下「育種事業」という。）が実施され、本県は「耐病性家系を用いた養殖生産試験」を担当した。その結果、耐病性家系が開発された一方で、その家系を維持するために、安定的にクルマエビを交配させるための飼育技術の改善が求められている。このため、本事業では、クルマエビの交配試験を行うことにより、飼育手法の改善点を検討することを目的とした。

#### 事業の方法

育種事業において作出された家系#15（平均体重17.3g）を供試個体として用い、屋外に設置した容量4kLの角形FRP水槽に雌雄9尾ずつ収容して、交配を試みた。飼育は2023年4月6日～6月27日に行い、水槽内の水温は13.3～23.9℃で推移した。交配の確認は、5月29日及び飼育終了時の6月27日に行った。

#### 事業の結果

供試個体の飼育については、交配確認作業を行うまでは特に異常は認められなかったが、交配確認作業を行った5月29日以降は、約2週間程度、残餌が多い状況が続いた。また、残餌が増えたことに起因した水槽内の掃除作業中に、驚いた個体が逃避行動をとって水槽壁面に衝突し、そのことが起因と疑われる損傷痕が供試個体に認められるケースもあった。このことが原因とは断定できないものの、6月20日には2尾の死亡が確認された。

供試個体の交配については、5月29日は雌9尾中1尾、飼育終了時の6月27日には雌8尾中2尾確認された。

#### 今後の課題

耐病性家系の維持等には、親エビの交配率を高めることが望まれる。しかし、本事業においても思うように交配は進まなかった。その原因の一つとして、飼育開始時の水温が低かったことが挙げられるものの、やはりハンドリングの影響が最も大きいと思われる。

クルマエビは成長すれば成長するほど、何らかの要因で逃避行動を起こし、水槽壁面に衝突することによって死亡するリスクが高まる。このため、水槽壁面に緩衝材等を設置するといったような改善が必要と思われる。

## 資源造成型栽培漁業推進事業-2

### 放流用クルマエビ種苗の検査

朝井隆元

#### 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。しかしながら、病原体を保有した種苗が放流された場合、資源量やその他生物への影響等が懸念される。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ため、例年、公益社団法人大分県漁業公社国東事業場（以下、「国東事業場」という。）が生産したクルマエビ種苗について、ホワイトスポット病の検査を実施している。

ところで、当グループでは現在、クルマエビのウイルス検査時の DNA 抽出試薬として、キアゲン社の QIAamp DNA Mini Kit（以下、「QIA」という。）を用いている。QIA は、魚の臓器等から DNA を抽出する場合は特に問題はない。しかし、クルマエビの場合は、魚類とは体組成が異なることが起因となって、その作業により時間を要するだけでなく、収集した DNA の量が安定しない事例もある。

このため、本事業ではウイルス検査体制を整備することに加えて、放流用クルマエビのウイルス検査を開始した当初、DNA の抽出に用いられていたニッポンジーン社の ISOGEN を用いた場合と QIA の検査結果を比較することで、今後の検査方法の改善を図ることを目的とした。

#### 事業の方法

##### 1. 種苗のウイルス検査

検体に必要な資材等を購入することで、ウイルス検査体制の整備を図った。

##### 2. 検査方法の比較

検体として、県内の養殖場で飼育されたクルマエビを用いた。検査部位として、胃上皮及び遊泳脚を用いた。検体数は 6 とし、検体重量は 0.02 g を目安に調整した。

DNA の抽出は、後述のとおり行った。

抽出した DNA は、0.2 ml のバッファーに溶解させたのち、超微量分光光度計を用いて、DNA の濃度を測定した。併せて、順位と検定を用いて抽出試薬の違いによる DNA 濃

度の有意差の有無を求めた。

原因ウイルス（WSSV）の検出には、リアルタイム PCR 法を用いた。プライマー及びプローブは OIE マニュアルに記載されている配列、反応条件は米加田の方法（OIE マニュアルの条件を改変、未報告）に従い行った<sup>1)</sup>。

##### 1) QIA を用いた DNA 抽出

キアゲン社のマニュアルに準じて行った。ただし、クルマエビ（甲殻類）は DNA 抽出用の試薬に難溶であることから、作業工程のうち、Proteinase K 添加後に 56°C でインキュベートする時間を 4 時間とした。

##### 2) ISOGEN を用いた DNA 抽出

ニッポンジーン社のマニュアルに準じて行った。ただし、本試薬を利用していた当時は、リアルタイム PCR 法が用いられておらず、同じ作業工程では DNA の精製（混入したタンパク質等の除去）が不十分となり、その結果、ウイルスの検出感度の低下を引き起こす可能性が否定できない。このため、FAVORGEN 社のカラムを併用することで、DNA の精製を図った。

#### 事業の結果

##### 1. 種苗のウイルス検査

今年度は国東事業場の施設の建替え工事が予定より遅れたため、国東事業場では、クルマエビの種苗生産が行われず、当グループへの検査依頼がなかった。

##### 2. 検査方法の比較

検査部位として、胃上皮を用いた場合に抽出された DNA 濃度の平均値及びウイルスの陽性数を表 1 に、遊泳脚を用いた場合を表 2 に示した。いずれの検体からもウイルスは検出されなかった。ただし、検査部位として遊泳脚を用いた場合に抽出された DNA の濃度は、QIA の方が ISOGEN よりも有意に低かった ( $p < 0.05$ )。

表1 胃上皮から抽出された DNA 濃度の平均値  
及びウイルスの陽性数

抽出試薬	DNA濃度 (ng/μl)	ウイルス検査 (陽性数/検体数)
QIA	42.0	0/6
ISOGEN	36.2	0/6

表2 遊泳脚から抽出された DNA 濃度の平均値  
及びウイルスの陽性数

抽出試薬	DNA濃度 (ng/μl)	ウイルス検査 (陽性数/検体数)
QIA	32.3 <sup>a</sup>	0/6
ISOGEN	53.3 <sup>b</sup>	0/6

注) 順位と検定により、異記号(aとb)間で有意差があることを示す ( $p < 0.05$ )。

#### 今後の課題

QIA を用いてクルマエビから DNA の抽出を試みた際に、その収集量が安定しない原因の一つとして、DNA 抽出試薬に溶解しなかった外骨格(殻)が、DNA の抽出を阻害している可能性を疑っている。

その可能性を裏付けるように、今回の検査でも外骨格を含まない胃上皮を検体として用いた場合は、抽出された DNA 濃度に有意差が認められなかったのに対し、外骨格を含む遊泳脚を検体とした場合の DNA 濃度は、QIA の方が ISOGEN よりも有意に低かった(なお、ISOGEN については、DNA 抽出試薬に溶解しなかった残渣を除去する作業工程がある)。

ところで、病原体の検査ではなく、DNA による甲殻類の同定を行う際にキアゲン社の試薬を用いる場合は、QIA ではなく、Dneasy Blood & Tissue Kit (以下、「Dneasy」という。)が使用されるケースが多い。この Dneasy のマニュアルには、試薬に難溶なサンプルについては、Proteinase K 添加後に 56°C でインキュベートする工程を 6~8 時間で行うといった趣旨の記載がある。今回の検査では、インキュベートの時間を 4 時間としたが、この時間は今後検討する必要がある。

種苗放流による病原体の蔓延を防止するためには、できるだけ検出感度を向上させる必要がある。また、DNA 抽出試薬として市販されているものの中には、甲殻類用として販売されているものもある。しかし、ウイルス検査に使用できるかは不明であるだけでなく、高額であったり、専用の機械が必要であったりするため、その試薬導入には課題も多い。一方、ISOGEN については今回の検査で QIA よりも劣る点は確認できず、DNA の抽出時間も短縮できるため、再度の活用を検討する余地はあると思われる。

#### 文献

- 1) S V Durand, D V Lightner. *Quantitative real time PCR for the measurement of white spot syndrome virus in shrimp. Journal of Fish Diseases* 2002;25(7): 381-389.

## 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-2

### 大分川・大野川におけるアユの放流効果

平野 莊太郎

#### 事業の目的

アユは本県内水面漁獲量の3分の1以上を占める最も重要な魚種であるが、2012年7月の九州北部豪雨後、漁獲量が減少し、内水面漁協は厳しい経営状況が続いている。さらに、アユ漁獲量の減少に伴い遊漁者も減少し、地域経済に悪影響を及ぼしている。各漁協は対策として、アユの種苗放流等を行って増殖に努めている。本年度は大分川水系及び大野川水系で漁獲されたアユの由来判別と放流効果の推定を行った。

#### 事業の方法

##### 1. 由来判別調査

###### 1) 大分川水系

2023年に大分川水系で漁獲されたアユにおける放流アユの混入割合を把握するため、2023年4～11月に漁獲されたアユ340尾を用いて、天然魚か放流魚かの由来判別を行った。漁獲アユについては、全長、体長及び体重を測定後、側線上方横列鱗数を計数した。なお、側線上方横列鱗数の計数は、岐阜県河川研究所の「アユの側線上方横列鱗数の計数マニュアル Ver.1」<sup>1)</sup>に準じた。

また、2023年3～5月に大分川漁業協同組合（以下、「大分川漁協」という）が放流した大分県漁業公社産（以下、「公社産」という）のアユ57尾、宮崎県の民間業者から購入したアユ（以下、「宮崎産」という）94尾及び大分川水系の遡上調査で採捕したアユ24尾の側線上方横列鱗数を計数し、各種苗の側線上方横列鱗数の違いを用いて由来判別keyを作成した。なお、由来別漁獲尾数は、漁獲アユの側線上方横列鱗数ごとの尾数に由来判別keyを乗じて求めた。

###### 2) 大野川水系

大分川水系の調査方法に準じて由来判別調査を実施した。漁獲アユは、2023年7～10月に大野川

水系で漁獲されたアユ153尾を用いた。また、由来判別keyの作成には、大野川漁業協同組合（以下、「大野川漁協」という）が放流した公社産のアユ34尾、宮崎産のアユ94尾及び大野川水系の遡上調査で採捕したアユ68尾を用いた。

#### 2. 放流効果調査

##### 1) 大分川水系

由来判別調査結果と大分川漁協から得られた放流実績及び漁獲実績を用いて、放流アユの漁獲尾数と漁獲金額を推定し、放流アユの回収率と費用対効果を算出した。

##### 2) 大野川水系

大分川水系の調査方法に準じて放流効果を推定した。

#### 事業の結果

##### 1. 由来判別調査

###### 1) 大分川水系

2023年に大分川水系で採捕した遡上アユ及び大分川漁協が放流した公社産アユと宮崎産アユの側線上方横列鱗を図1～3に示した。この鱗数の違いから算出した由来判別keyを表1に、由来判別調査結果を表2に示した。なお、大分川漁協が放流した公社産アユは入手できなかったため日田漁業協同組合（以下、「日田漁協」という）が三隈川水系に放流した公社産アユの側線上方横列鱗数の調査結果を代用した（図2）。

遡上アユと放流アユの側線上方横列鱗数は、宮崎産、公社産、遡上アユの順に多くなっていた（図1～3）。由来別漁獲尾数及び混入割合は、遡上アユが281尾で82.6%、公社産が57尾で16.8%、宮崎産が2尾で0.6%であり、放流アユは全体の17.4%であった（表4）。

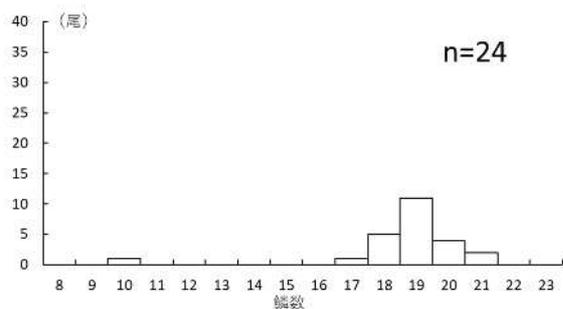


図1 2023年に大分川水系に遡上したアユの側線上方横列数

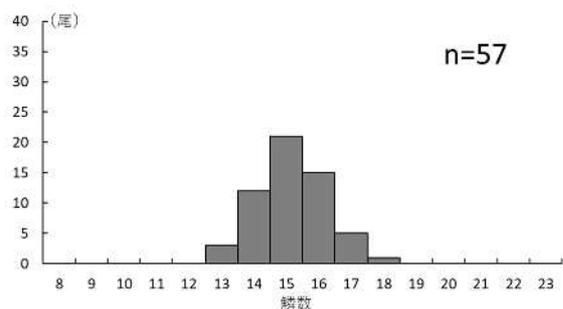


図2 2023年に日田漁協が中間育成し、三隈川水系に放流した公社産アユの側線上方横列鱗数

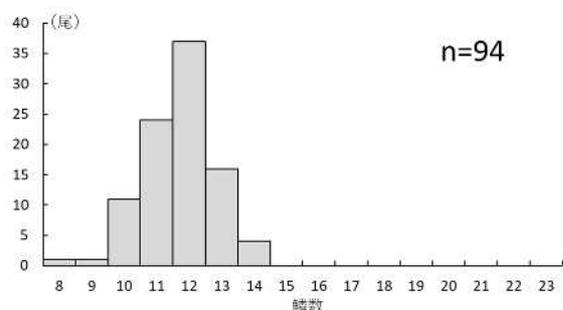


図3 2023年に大分川漁協が大分川水系に放流した宮崎産アユの側線上方横列鱗数

表1 大分川水系の由来判別 key (%)

鱗数	遡上アユ	公社産	宮崎産
8	0	0	100
9	0	0	100
10	26	0	74
11	0	0	100
12	0	0	100
13	0	24	76
14	0	83	17
15	0	100	0
16	0	100	0
17	32	68	0
18	92	8	0
19	100	0	0
20	100	0	0
21	100	0	0
22	100	0	0
23	100	0	0

表2 2023年に大分川水系で漁獲されたアユの由来別漁獲尾数及び混入割合 (%)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計	混入割合
遡上アユ	21	28	2	12	104	59	18	37	281	82.6
公社産	3	8		2	20	12	2	10	57	16.8
宮崎産	2								2	0.6
	26	36	2	14	124	71	20	47	340	100

2) 大野川水系

大野川水系で採捕した遡上アユ及び大野川漁協が放流した公社産アユと宮崎産アユの側線上方横列鱗を図3～5に示した。また、この鱗数の違いから算出した由来判別 key を表3に、由来判別調査結果を表4に示した。なお、大野川漁協が放流した宮崎産アユは入手できなかったため大分川漁協が大分川水系に放流した宮崎産アユの側線上方横列鱗数の調査結果を代用した(図3)。

遡上アユと放流アユ側線上方横列鱗数は宮崎産、公社産、遡上アユの順に多くなっていた(図3～5)。由来別漁獲尾数と混入割合は、遡上アユが131尾で85.6%、公社産が22尾で14.4%、宮崎産は漁獲されなかった(表4)。

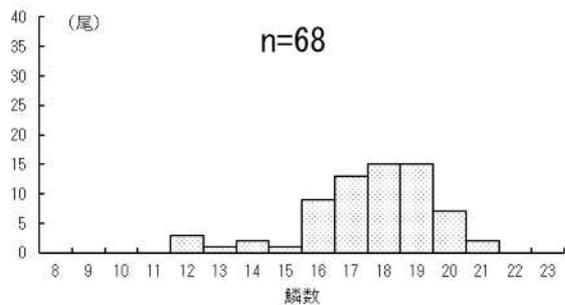


図 4 2023 年に大野川水系に遡上したアユの側線上方横列鱗数

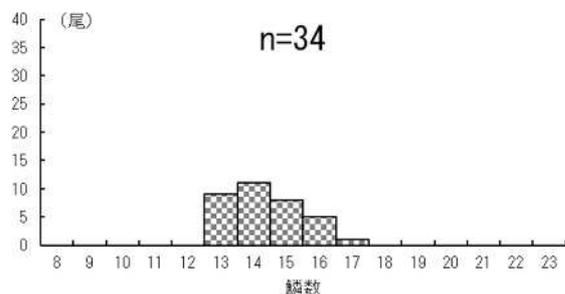


図 5 2023 年に大野川漁協が放流した公社産アユの側線上方横列鱗数

表 3 大野川水系の由来判別 key (%)

鱗数	遡上アユ	公社産	宮崎産
8	0	0	100
9	0	0	100
10	0	0	100
11	0	0	100
12	10	0	90
13	3	59	38
14	7	82	11
15	6	94	0
16	47	53	0
17	87	13	0
18	100	0	0
19	100	0	0
20	100	0	0
21	100	0	0
22	100	0	0
23	100	0	0

表 4 2023 年に大野川水系で漁獲されたアユの由来別漁獲尾数及び混入割合 (%)

	7月	8月	9月	10月	合計	混入割合
遡上アユ	37	34	26	34	131	85.6
公社産	1	0	7	14	22	14.4
宮崎産	0	0	0	0	0	0
合計	38	34	33	48	153	100

## 2. 放流効果調査

### 1) 大分川水系

2023 年に大分川水系に放流された人工種苗アユの推定漁獲尾数等を表 5 に示した。漁獲実績は 2023 年の結果が公表されていないので、2022 年の漁獲実績を代用した。放流アユの回収率は 12.6%、費用対効果は 0.6 と試算された。

### 大野川水系

2023 年に大野川水系に放流された人工種苗アユの推定漁獲尾数等を表 6 に示した。漁獲実績は 2023 年の結果が公表されていないので、2022 年の漁獲実績を代用した。放流アユの回収率は 6.9%、費用対効果は 0.5 と試算された。

## 今後の課題

本調査結果は、各漁協に報告した。由来判別調査では、大分川、大野川ともに天然アユが 80%を超えており、天然アユが漁獲に大きく貢献していることが示唆された。

放流効果については、2022 年の漁獲量を代用しているため、2023 年の漁獲量公表後、再度漁協に報告する必要がある。

今後も本調査を継続し、データを蓄積するとともに、調査結果を漁協と共有し、放流手法等の改良に取り組みアユ資源の増殖に努めたい。

## 文献

- 1) 岐阜県河川環境研究所. アユの側線上方横列鱗数の計数マニュアル Ver.1. 2011.

表 5 2023 年に大分川水系に放流されたアユの推定漁獲尾数等

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	年計
漁獲量（2022年の数値を使用）（kg）									7,830
漁獲尾数									169,869
漁獲金額（2022年の数値を使用）（千円）									31,320
漁獲単価（2022年の数値を使用）（円/kg）									4,000
放流量（公社産1,100kg、宮崎産900kg）（kg）									2,000
公社産放流サイズ（9.52cm） 推定平均体重（g）									7.4
宮崎産放流サイズ（10.44cm） 推定平均体重（g）									9.4
推定放流尾数（尾）									233,548
放流金額（千円）									9,009
月別調査尾数	26	36	2	14	124	71	20	47	340
月別調査重量(g)	391.5	617.1	15.4	785.2	5150.3	3449.3	2037.2	3226.2	15,672
月別平均体重(g)	15.1	17.1	7.7	56.1	41.5	48.6	101.9	68.6	46.09
月別標本抽出率									0.2%
月別 天然群尾数	21	28	2	12	104	59	18	37	281
月別 天然群 漁獲重量(g)	312.0	447.5	15.4	639.0	4585.5	3090.6	1893.1	2622.3	13,605
月別 放流群尾数	5	8		2	20	12	2	10	59
月別 放流群 漁獲重量(g)	79.5	169.6	0.0	146.2	564.8	358.7	144.1	603.9	2,067
放流群の混獲率（放流魚尾数/調査尾数）	19.2%	22.2%	0%	14.3%	16.1%	16.9%	10.0%	21.3%	17.4%
天然群の推定漁獲尾数									140,392
放流群の推定漁獲尾数									29,477
放流群の推定漁獲重量(kg)									1359
放流群の推定漁獲金額(千円)									5,435
回収率（放流魚の漁獲尾数/放流尾数）									12.6%
費用対効果（放流魚の漁獲金額/放流金額）									0.6

表 6 2023 年に大野川水系に放流されたアユの推定漁獲尾数等

	7月	8月	9月	10月	年計
漁獲量（2022年の数値を使用）（kg）					8,116
漁獲尾数					76,833
漁獲金額（2022年の数値を使用）（千円）					32,464
漁獲単価（2022年の数値を使用）（円/kg）					4,000
放流量（公社産1,200kg、宮崎産1,200kg）（kg）					2,400
公社産放流サイズ（12.6cm） 推定平均体重（g）					18.7
宮崎産放流サイズ（10.44cm） 推定平均体重（g）					9.4
推定放流尾数（尾）					159,678
放流金額（千円）					9,070
月別調査尾数	38	34	33	48	153
月別調査重量(g)	2,755	2,741	4,542	6,125	16,162
月別平均体重(g)	72.5	80.6	137.6	127.6	105.6
月別標本抽出率					0.2%
月別 天然群尾数	37	34	26	34	131
月別 天然群 漁獲重量(g)	2,684	2,741	3,293	3,986	12,703
月別 放流群尾数	1	0	7	14	22
月別 放流群 漁獲重量(g)	71	0	1,249	2,139	3,458
放流群の混獲率（放流魚尾数/調査尾数）	2.6%	0.0%	21.2%	29.2%	14.4%
天然群の推定漁獲尾数					65,785
放流群の推定漁獲尾数					11,048
放流群の推定漁獲重量(kg)					1,167
放流群の推定漁獲金額(千円)					4,668
回収率（放流魚の漁獲尾数/放流尾数）					6.9%
費用対効果（放流魚の漁獲金額/放流金額）					0.5

## 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-3 アユの遡上、産卵及び流下状況

平野 莊太郎

### 事業の目的

アユは本県内水面漁獲量の3分の1以上を占める最も重要な魚種である。アユは春に海から遡上し、秋に河川で産卵し、ふ化した後、海に流下することで知られている。本調査では、アユの遡上、産卵及び流下状況について調査した。

### 事業の方法

#### 1. 遡上調査

大分川水系、大野川水系で2023年2月20日～5月9日に網目が26節及び30節の投網を用いて遡上アユを採捕した。採捕場所は、大分川は図1に示す府内大橋から下流200mにある古国府取水堤の下流で、大野川は図2に示す舟本大橋から上流500mにある取水堰の下流で行った。採捕したアユは研究室に持ち帰り全長、体長及び体重を測定した。



図1 大分川における遡上アユの採捕場所



図2 大野川における遡上アユの採捕場所

#### 2. 産卵場調査

大分川水系、大野川水系で2023年10月16日～12月13日に、産卵場の特定と推定総産着卵数を調べた。大分川は図3で示す本流の明礮橋から保護水面の間及び支流の七瀬川では田尻橋から本流の合流点で調査を行った。大野川は図4に示す舟本大橋から白滝橋上流600mで行った。

河床の砂礫や石を持ち上げて産着卵の有無を目視で確認した。産卵場の推定産着卵数は、確認範囲から10cmずつサンプリングを行い、1㎡あたりの平均産着卵数を算出後、産卵場の面積を乗じて求めた。産卵場の面積は産着卵を確認した地点に目印を付けて確認範囲を決定し、ハンディGPSを用いて計算した。

推定総産着卵数は、推定産着卵数を未確認日翌日から初確認日までの日数で除して、1日あたりの産着卵数を算出し、産卵期間を乗ずることで求めた。なお、産卵期間は、未確認日翌日から産卵を確認した最終日までの期間とした。

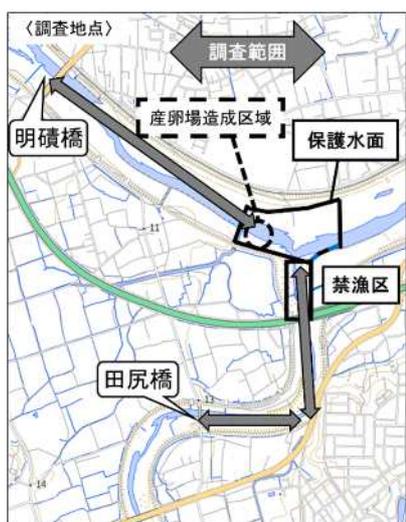


図3 大分川の産卵場調査地点

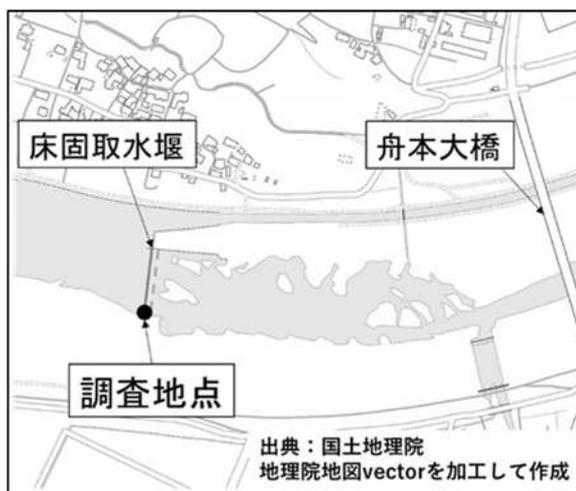


図5 大野川におけるアユの流下仔魚調査場所



図4 大野川の産卵場調査地点

### 3. 流下仔魚調査

アユ流下仔魚の出現状況を把握するために、採集時間帯ごとの仔魚数を調べた。

アユ流下仔魚の調査場所は図5に示す舟本大橋上流端から上流 500 m にある取水堰右岸側とした。調査は2023年10月26日～12月18日で、5回実施した。流下仔魚は仔魚ネット（口径45cm）を取水堰右岸側に設置し、毎時5分間ろ水をしながらか集した。採集は17時から23時にかけて行い、採集時間帯ごとの採集仔魚数を計数した。採集仔魚数、ろ水量、河川流量を用いて、1時間あたりの流下仔魚量を推定した。なお、河川流量は国土交通省水文水質データベースの白滝橋観測所のデータを用いた。

### 事業の結果

#### 1. 遡上調査

調査結果を表1～2に示す。大分川、大野川ともに10回調査を実施した。大分川は、32尾採捕し、1投あたりの採捕尾数は0.2尾であった。1投あたりの採捕尾数が多かったのは3月16日であった。大野川は、220尾採捕し、1投あたりの採捕尾数は1.3尾であった。1投あたりの採捕尾数が多かったのは4月4日であった。

表1 大分川における遡上調査結果

日付	水温(°C)	投網回数(投)	採捕尾数	1投あたりの		全長平均(mm)
				採捕尾数	全長平均(mm)	
2/20	11.7	9	0	0		
2/28	10.0	7	0	0		
3/9	12.9	15	0	0		
3/16	13.7	15	13	0.9		91.8
3/28	15.3	20	14	0.7		89.1
4/4	15.3	20	1	0.1		90.6
4/18	14.1	16	0	0		
4/24	15.3	11	0	0		
5/2	16.0	10	4	0.4		80.9
5/9	15.4	7	0	0		
計		130	32	0.2		75.4

表2 大野川における遡上調査結果

日付	水温(°C)	投網回数(投)	採捕尾数	1投あたりの		全長平均(mm)
				採捕尾数	全長平均(mm)	
2/20	10.7	15	0	0		
2/28	9.4	8	2	0.3		76.2
3/9	11.2	22	19	0.9		79.9
3/16	13.4	25	32	1.3		79.9
3/28	14.6	35	14	0.4		80.4
4/4	15.5	5	40	8.0		79.7
4/18	17.3	13	53	4.1		70.9
4/24	17.3	11	10	0.9		66.1
5/2	16.9	12	20	1.7		68.4
5/9	17.4	20	30	1.5		76.2
計		166	220	1.3		75.4

2. 産卵場調査

産卵場調査の結果を表3～6に示す。大分川水系では、七瀬川で10月25日～12月13日に5地点、本流で10月31日～11月20日に2地点で産着卵を確認した。推定総産卵数は9,844万粒で、調査地点ごとでは、禁漁区が最も多かった。大野川では、11月2日～12月15日に白滝橋周辺で4地点、禁漁区で1地点、舟本大橋上流で2地点の産着卵を確認した。推定総産卵数は82,682万粒で、調査地点ごとでは、白滝橋周辺が最も多かった。

表3 大分川における産卵地点ごとの卵の有無

	10月16日	10月25日	10月31日	11月9日	11月20日	12月6日	12月13日
田尻橋1	×	○	○	-	○	○	×
田尻橋2	×	○	○	-	○	×	×
田尻橋3	-	-	×	-	○	○	○
禁漁区1	×	×	○	○	○	○	×
禁漁区2	×	×	○	○	○	○	○
保護水面1	×	×	○	○	×	×	×
保護水面2	×	×	×	○	○	×	×
明礮橋	×	×	×	×	×	×	×

○：卵あり ×：卵なし -：未調査

表4 大野川における産卵地点ごとの卵の有無

	10月17日	10月23日	10月26日	11月2日	11月9日	11月14日	11月21日	12月1日	12月15日	12月18日
白滝橋上流	遊漁者がいたため調査できなかった			○	○	○	○	○	○	-
白滝橋下流1	遊漁者がいたため調査できなかった			○	○	○	○	○	○	-
白滝橋下流2	遊漁者がいたため調査できなかった			-	○	○	○	○	○	-
白滝橋下流3	遊漁者がいたため調査できなかった			-	○	○	○	○	○	-
禁漁区	×	×	×	-	×	○	○	○	○	-
舟本1	-	-	×	-	○	-	○	○	○	×
舟本2	-	-	×	-	○	-	○	○	○	×

○：卵あり ×：卵なし -：未調査

表5 大分川の産着卵数

	調査日 (万粒)	未確認日翌日 から初確認日 (日)	1日あたりの 推定産着卵数 (万粒)	推定産卵期間 (日)	推定総産着卵数 (万粒)
田尻橋1	119.9	9	13	51	679
田尻橋2	87.7	9	10	35	341
禁漁区1	605.9	6	101	34	3,433
禁漁区2	325.5	6	54	42	2,278
保護水面1	131.6	6	22	49	1,075
保護水面2 (卵場造成区)	820.9	9	91	15	1,368
田尻橋3	368.3	11	33	20	670
合計	2,460		325		9,844

表6 大野川の産着卵数

	調査日 (万粒)	未確認日翌日 から初確認日 (日)	1日あたりの 推定産着卵数 (万粒)	推定産卵期間 (日)	推定総産着卵数 (万粒)
白滝橋上流	2,592	6	432	50	21,599
白滝橋下流1	5,823	6	970	50	48,523
白滝橋下流2	457	7	65	43	2,807
白滝橋下流3	28	7	4	43	174
禁漁区	1,199	5	240	36	8,634
舟本1	95	7	14	43	584
舟本2	59	7	8	43	361
合計	10,253		1,734		82,682

3. 流下仔魚調査

流下仔魚調査の結果を図6に示す。2023年は10月26日の21時に初確認し、流下量が多かったのは11月21日の21時であった。また、流下盛期は11月中旬と考えられ、流下盛期の水温は12～14℃であった。

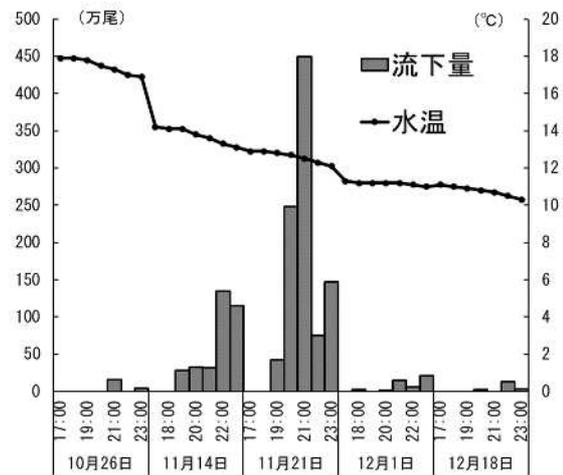


図6 流下仔魚調査結果

今後の課題

本調査で得られた結果については、それぞれの漁協に報告した。この結果を基に、産卵場造成の時期や場所選定及び禁漁区域の場所や期間の設定に活用してもらいたい。

今後同様の調査を実施し、アユ資源の維持増大の一助としていきたい。

## 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査－4 主要河川の水温モニタリング調査

平野 莊太郎

### 事業の目的

アユ等の水産資源の生息状況や産卵時期の推定等には、河川水温のデータが必要である。そこで、本県主要河川の水温を把握した。

### 事業の方法

主要河川の水温変化を把握するために、調査定点にデータロガー（onset社製 TidbiTv2）を設置し、2023年4月1日～2024年3月31日までの水温を毎時記録して収集した。大分川は図1に示す府内大橋下流端から下流200mにある古国府取水堰に、大野川は図2に示す犬飼大橋上流端から上流500mにある大野川漁協事務所直下の舟着場に、山国川は図3に示す中津市下宮永の堰直下に、三隈川は図4に示す三隈川上流の波止下流部にデータロガーを設置した。なお、昨年度は三隈川ではなく上流650mの大山川の高瀬のしずみ橋直下で調査をしていたが、流失の恐れがあるため設置場所を変更した。

取得したデータから、大分川、大野川、山国川及び三隈川の最高水温と最低水温を求めた。また、最高水温、最低水温を2022年度の調査結果<sup>1)</sup>と比較した。



図1 大分川のデータロガー設置場所



図2 大野川のデータロガー設置場所



図 3 山国川のデータロガー設置場所



図 4 三隈川のデータロガー設置場所

## 事業の結果

各調査定点における河川水温の変化を図 5～8 に示した。なお、山国川の 2023 年 4 月 1 日 0 時～2023 年 6 月 22 日 15 時及び三隈川の 2023 年 4 月 1 日 0 時～2023 年 6 月 16 日 17 時の水温は、データロガーの流失によりデータを取得できなかった。また、三隈川の 2023 年 7 月 23 日 9 時～7 月 28 日 11 時の水温は、データロガーが干出していたため、データを取得することができなかった。さらに、大野川の 2024 年 3 月 1 日 15 時～3 月 31 日 23 時及び三隈川の 2024 年 3 月 11 日 15 時～3 月 31 日 23 時の水温は、データロガーの故障によりデータを取得することができなかった。

各河川の最高水温と最低水温を表 1 に示す。

大分川の最高水温は、2023 年 8 月 11 日 16 時の 28.8℃、最低水温は 2024 年 2 月 17 日 7 時の 6.2℃であった。

大野川の最高水温は 2023 年 8 月 6 日 15 時の 27.7℃、最低水温は 2023 年 12 月 24 日 6 時の 5.7℃であった。

山国川の最高水温は 2023 年 8 月 4 日 13 時の 33.8℃、最低水温は 2024 年 1 月 29 日 7 時の 4.9℃であった。

三隈川の最高水温は 2023 年 8 月 4 日 16 時の 26.7℃、最低水温は 2024 年 1 月 24 日 7 時の 7.5℃であった。

2022 年度の大分川の最高水温は 2022 年 8 月 11 日 16 時の 30.7℃、最低水温は 2022 年 2 月 17 日 7 時の 7.4℃であり<sup>1)</sup>、2023 年度は最高水温が 1.9℃低く、最低水温も 1.2℃低かった。

2022 年度の大野川の最高水温は 2022 年 8 月 11 日 15 時の 29.4℃、最低水温は 2023 年 1 月 30 日 6 時の 5.3℃であり<sup>1)</sup>、2023 年度は最高水温が 1.7℃低く、最低水温が 0.4℃高かった。

2022 年度の山国川は、夏場の高水温期にデータロガーを流失しデータを取得できなかったため、最高水温で比較できない。最低水温は 2023 年 1 月 29 日 2 時の 3.6℃であり<sup>1)</sup>、2023 年度は最低水温が 1.3℃高かった。

2022 年度の大山川の最高水温は 2022 年 8 月 8 日 19 時の 26.5℃、最低水温は 2022 年 4 月 3 日 8 時の 11.6℃であり<sup>1)</sup>、2023 年度は下流の三隈川ではあるが最高水温が 0.2℃高く、最低水温が 4.1℃低かった。

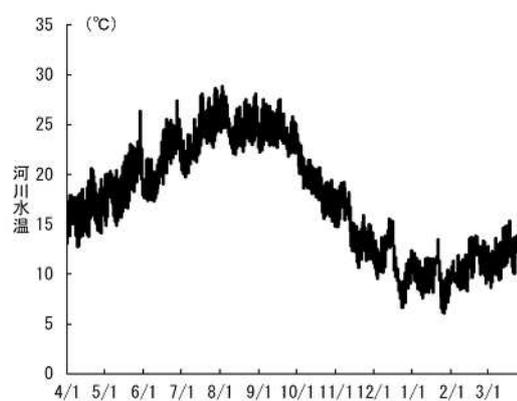


図 5 大分川における 2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日の水温変化

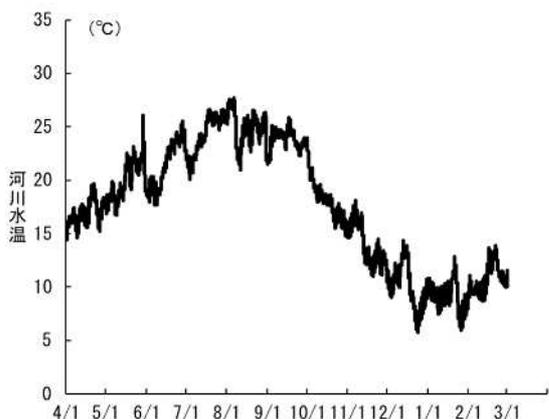


図6 大野川における2023年4月1日～2024年3月1日の水温変化

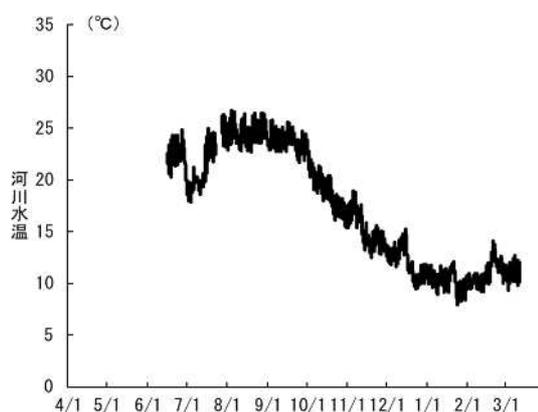


図8 三隈川における2023年6月16日～2024年3月11日の水温変化

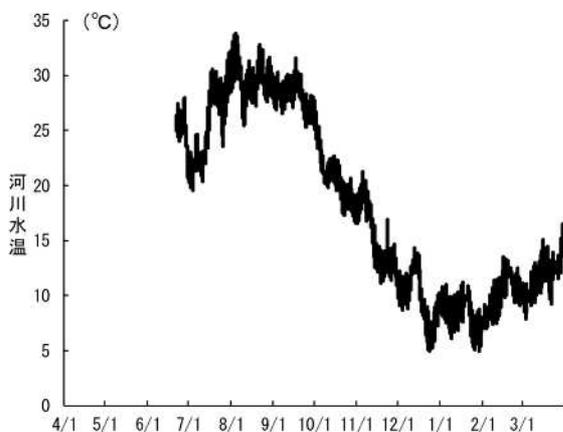


図7 山国川における2023年6月22日～2024年3月31日の水温変化

### 今後の課題

河川の水温データは、河川状況を把握するだけでなく、アユのふ化日数の算出等に用いられる重要なデータである。しかし、今年度はデータロガーの流失や故障等によって水温を継続して測定できなかった。大野川はデータロガーの故障、山国川はデータロガーを固定していた金属チェーンの流失、三隈川はデータロガーを固定していたワイヤーの流失、データロガーの干出及びデータロガーの故障によるものであった。

今後は、データロガーの保守点検頻度を高めるとともに予備のデータロガーを設置する等の対策を施して、欠測や異常値がないようにする必要がある。

### 文献

- 1) 西陽平. 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-3. 令和4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 2024 ; 261-263.

表1 各主要河川の最高水温と最低水温

調査河川	最高水温		最低水温	
	日時	水温 (°C)	日時	水温 (°C)
大分川	2023年 8月11日16時	28.8	2024年 2月17日7時	6.2
大野川	2023年 8月 6日15時	27.7	2023年12月24日6時	5.7
山国川	2023年 8月 4日13時	33.8	2024年 1月29日7時	4.9
三隈川	2023年 8月 4日16時	26.7	2024年 1月24日7時	7.5

## 内水面漁業振興事業-1

### 外来魚駆除方法の検討

平野 莊太郎

#### 事業の目的

ブルーギルやオオクチバス等の外来魚は全国の湖沼や河川で増殖し、生態系に大きな影響と内水面漁業に甚大な被害を与えている。本県でも外来魚による被害が拡大しているため、県内の内水面漁協は外来魚駆除に取り組んでいる。しかし、これらの外来魚は繁殖力が強く、根絶することは困難なため、簡易かつ安価で継続して効果的に駆除できる方法の開発が求められている。

2022 年は、大野川水系の師田原ダム(図 1)で、ドーム型のかご網(商品名:アイカゴ)を改良して、上部を遮光シートで覆った遮光かご網(以下、斜光かご)<sup>1)</sup>を用いて外来魚の駆除を実施した<sup>2)</sup>。

2023 年は斜光かごのほか小型定置網(以下、「定置網」という)、固定式刺網(以下、「建網」という)、投網及びカニかごを用いて、外来魚の駆除効果を調査した。



図 1 師田原ダムの位置

2023 年 5 月 16 日、5 月 22 日、6 月 29 日、6 月 30 日及び 9 月 16 日に師田原ダム湖で遮光かご網 2~4 個、カニかご 6~10 個、投網 2 帖、建網 1 張及び定置網 2 統を使用して外来魚駆除を実施した。

外来魚駆除の実施場所を図 2 に示した。投網は調査日に 30 投程度行い、その他の漁具は調査日の前日またはそれ以前に漁具の設置を行った。また、採捕した全ての外来魚は、氷蔵して研究室に持ち帰り、全長、体重を測定した。



図 2 外来魚駆除の実施場所

#### 事業の結果

師田原ダム湖で採捕した外来魚の調査日ごとの漁具別及び魚種別の採捕尾数と採捕重量を表 1、2 に示した。漁具別では、遮光かごは 4 回調査を実施し 45 尾、カニかごは 3 回調査を実施し 11 尾、投網は 3 回調査を実施し 474 尾、建網は 1 回調査を実施し 5 尾、定置網は 1 回調査を実施し 33 尾採捕することができた。魚種別では、ブルーギルを 513 尾、オオクチバスを 54 尾、ハゼ類を 1 尾採捕した。

師田原ダム湖で採捕したブルーギルとオオクチバスの漁具別の体長組成を図 3、4 に示した。

#### 事業の方法

採捕された個体の全長はブルーギルが 29~126 mm で、オオクチバスが 37~425 mm であった。

表 1 調査日ごとの漁具別採捕尾数

	漁具別尾数					合計尾数
	遮光かご	定置網	建網	投網	カニかご	
2023/5/16	34	×	×	×	×	34
2023/5/22	9	×	×	×		15
2023/6/29	0	×	×	132	1	133
2023/6/30	2	33	5	215	4	259
2023/9/16	×	×	×	127	×	127
計	45	33	5	474	11	568

※×は未使用

表 2 調査日ごとの魚種別採捕尾数及び採捕重量 (g)

	魚種別尾数			合計尾数	合計体重 (g)
	ブルーギル	オオクチバス	ハゼ類		
2023/5/16	33		1	34	26
2023/5/22	13	2		15	1,698
2023/6/29	125	8		133	3,165
2023/6/30	230	29		259	8,611
2023/9/16	112	15		127	1,447
計	513	54	1	568	14,947

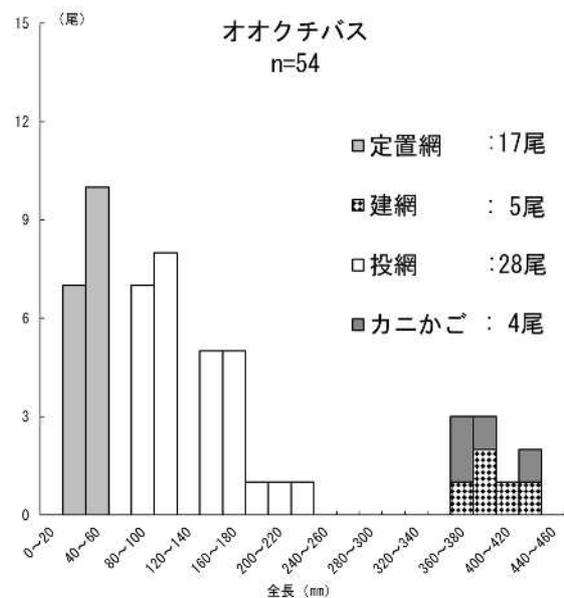


図 4 採捕されたオオクチバスの全長組成

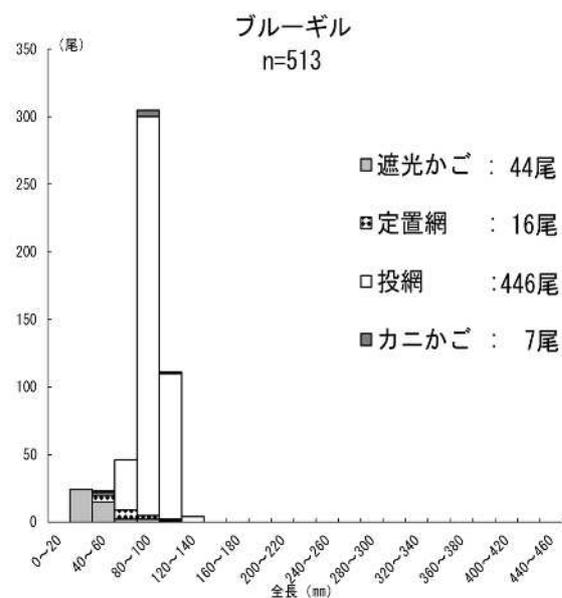


図 3 採捕されたブルーギルの全長組成

### 今後の課題

2023 年は 5 回の調査で計 567 尾の外来魚を駆除することができた。2022 年に実施した調査は 2 回の調査で 76 尾であったため、2023 年は 2022 年に比べ 7 倍程度増加した。

採捕された 567 尾のうち 474 尾が投網によるものであり、投網を用いた外来魚駆除が有効であることが示唆された。また、遮光かごだけでなく他の漁具を用いることで、大型のブルーギルやオオクチバスを採捕することができた。

今後は本調査結果を基に、より効率的で効果的な外来魚の駆除方法を確立したい。

### 文献

- 1) 井出允彦, 大山明彦. 改良カゴ網によるブルーギルの捕獲効率の比較. 滋賀県水産試験場研究報告 2010 ; 53 : 1-9.
- 2) 西陽平. 放流魚等食害対策事業-1. 令和 4 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 2024 ; 264-266

## 内水面漁業振興事業-2

### カワウの生息状況の把握

平野 莊太郎

#### 事業の目的

カワウは、かつて全国の内湾や河川等に生息していたが、河川改修や干潟・浅海域の埋め立て、水質汚染等によって、各地のコロニー・ねぐらが消失し、1971年には全国で総数が3,000羽以下に減少したとの報告がある<sup>1)</sup>。その後、既存のコロニーが拡大し、派生コロニーの形成や新コロニーの出現により、生息個体数が増加した<sup>1)</sup>。個体数が増加した主な理由は、水辺の水質浄化が進み生息環境が改善したこと、人間によるカワウの追い払いが減少したこと、姿を消した場所で食料資源の魚類が回復したこと等が考えられている<sup>1)</sup>。

カワウ個体数の増加に伴い、漁業被害や樹木枯死被害、悪臭等の生活被害が全国的に問題になっている<sup>2)</sup>。本県でもカワウによる水産資源への被害が問題になっており、被害軽減のための効果的な対策が求められている。

そこで、今年度もカワウの生息状況を把握した。



図1 大分県内で確認されたカワウのねぐら・コロニーの位置

#### 事業の方法

##### カワウの個体数調査

本県でこれまでに確認されているカワウのねぐら・コロニーの位置を図1に示した。

カワウは季節移動するので、今年度はねぐら・コロニーがある内水面漁協(山国川、駅館川、玖珠郡、日田、津江、大分、大野川)に対して、季節(3か月)ごとに年4回、カワウの個体数を聴取し、集計した。

なお、2012～2023年度の調査期間において、最大個体数と個体数0羽の差を3等分し、各年度の生息個体数を「高位・中位・低位」の3段階で評価した。

#### 事業の結果

##### カワウの個体数調査

2012～2023年度における第1四半期(4～6月)のカワウの生息個体数の経年変化を図2に示した。2023年度の生息個体数は316羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向については、2021年度以降増加している。

第2四半期(7～9月)におけるカワウの生息個体数の経年変化を図3に示した。2023年度の生息個体数は217羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向については、2021年度以降低位で推移していたが、2023年度は増加した。

第3四半期(10～12月)におけるカワウの生息個体数の経年変化を図4に示した。2023年度の生息個体数は174羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向については、2016年度以降低位で推移していたが、2023年度は増加した。

第4四半期(1～3月)におけるカワウの生息

個体数の経年変化を図5に示した。2023年度の生息個体数は166羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向については、2020年度に大きく減少し、2023年度は2022年度に比べ減少した。

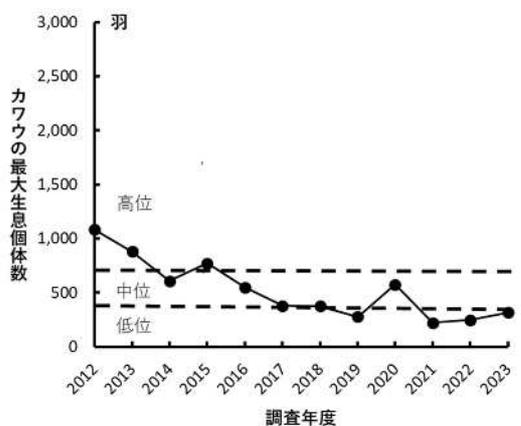


図2 第1四半期（4～6月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

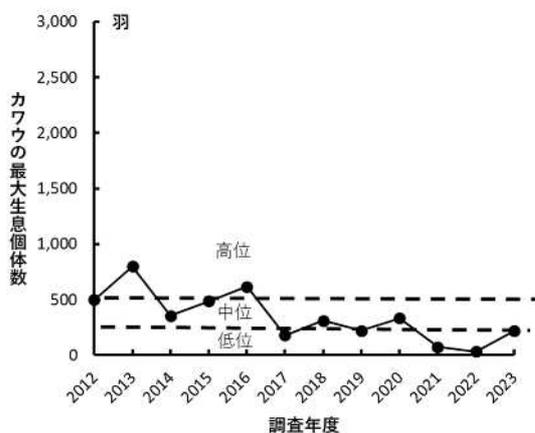


図3 第2四半期（7～9月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

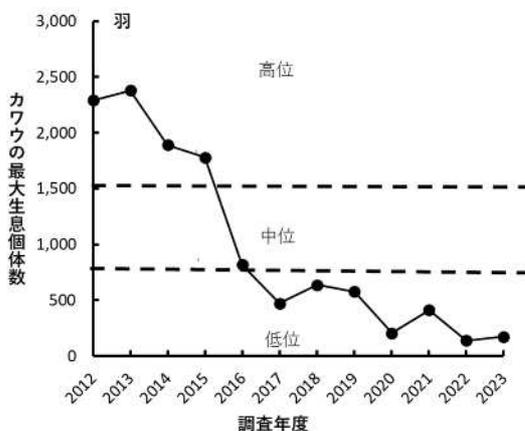


図4 第3四半期（10～12月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

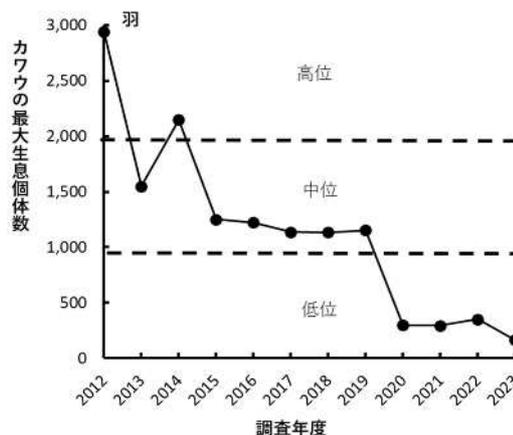


図5 第4四半期（1～3月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

### 今後の課題

2021年度以降、第1～4四半期の生息水準は低位で推移しているが、2023年度は、第4四半期を除き増加した。本県の内水面漁協からは、今なおカワウ被害の報告がある。漁協等が行う駆除によりコロニー・ねぐらから追い払われたカワウが、新たなコロニー・ねぐらを作り生息域を拡大している。2020年度調査<sup>3)</sup>では、新たなコロニー・ねぐらが確認されており、引き続きカワウの生息状況を把握し、漁協の駆除活動の一助としたい。

### 文献

- 1) 福田道雄, 成末雅恵, 加藤七枝. 日本におけるカワウの生息状況の変遷. 日本鳥学会誌 2002; 51: 4-11.
- 2) 石田朗, 松沢友紀, 亀田佳代子, 成末雅恵. 日本におけるカワウの増加と被害—地域別・問題別の概況と今後の課題—. 日本野鳥の会野外鳥類学論文集. 2000; 18: 1-28.
- 3) 西陽平. 放流魚等食害対策事業—2. 令和2年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告. 2021; 185-186.

# 電子遊漁券システムを活用した内水面漁業の資源管理の実証

平野 莊太郎

## 事業の目的

近年、漁獲量や遊漁券収入の減少による内水面漁協の経営悪化は全国的な問題となっている。この問題を解決すべく開発された遊漁券オンライン販売アプリでは、遊漁者がスマートフォンで遊漁券を手軽に購入できるようになった。更に、遊漁者の位置情報も把握できるため、漁協が執り行う監視業務や資源管理等に活用することが期待できる。本県でも電子遊漁券システムを導入している漁協がある。

そこで、本事業では既存の電子遊漁券システムをブラッシュアップし、内水面資源の管理手法の拡充に活用できないかを実証する。

本年度は電子遊漁券システムを導入している日田漁協と大野川漁協の管内で、経済波及効果を把握するためにアンケート調査を実施した。また、本システムを活用して遊漁者の漁場利用状況、日田漁協及び大野川漁協における電子遊漁券販売件数も把握した。

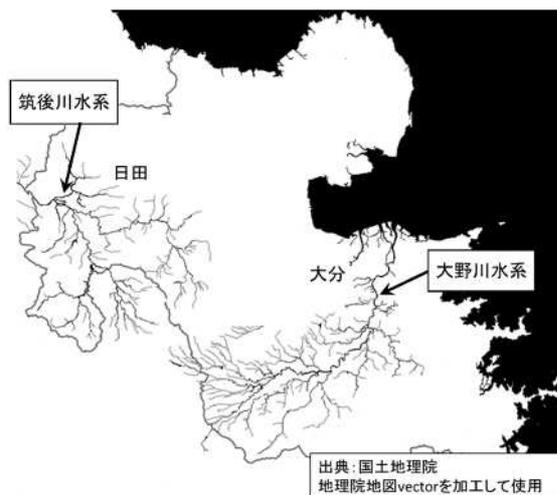


図1 筑後川水系と大野川水系の位置

## 事業の方法

### 1. アンケート調査

遊漁者の経済波及効果を把握するため、大野川漁協及び日田漁協管内で電子遊漁券を利用している遊漁者にアンケート調査を実施した。なお、日田漁協管内では、紙遊漁券利用者にもアンケート調査を実施した。

### 2. 遊漁者の漁場利用状況

遊漁者の漁場利用状況を把握するため、遊漁券オンライン販売アプリで購入した遊漁者の位置情報を電子遊漁券システムで収集し、ヒートマップを作成した。また、アユの放流場所や放流量は日田漁協及び大野川漁協から聴取した。

### 3. 電子遊漁券販売件数

日田漁協及び大野川漁協において、電子遊漁券システムを活用して電子遊漁券販売件数を把握した。また、紙の遊漁券販売件数は、両漁協から聴取した。

## 事業の結果

### 1. アンケート調査

大野川漁協では電子遊漁券利用者 43 人中 13 人の回答を得た。回答率は 30%であった。日田漁協では電子遊漁券利用者 128 人中 31 人の回答を得た。回答率は 24%であった。また、紙券利用者の回答者は 44 人であった。なお、経済波及効果については、現在解析中である。

### 2. 遊漁者の漁場利用状況

アユの放流場所と放流量を図 2、3 に示した。また、遊漁者の漁場利用状況を図 4、5 に示した。遊漁者の位置情報データを収集した期間は、日田漁協では 5 月 20 日～12 月 31 日、大野川漁協では 6 月 1 日～10 月 31 日であった。

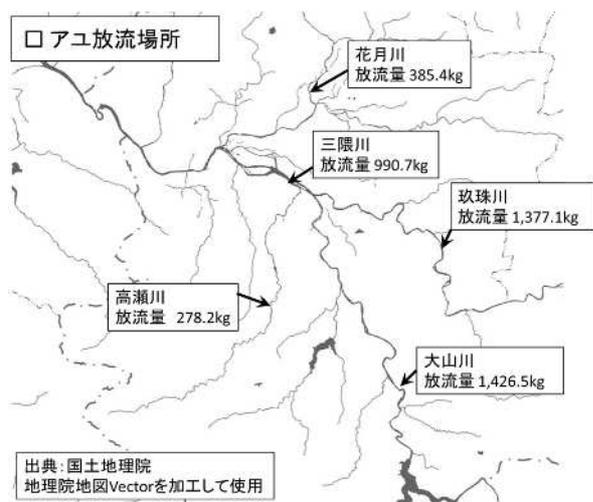


図2 筑後川水系におけるアユ放流場所と放流量



図5 大野川水系における遊漁者の漁場利用状況

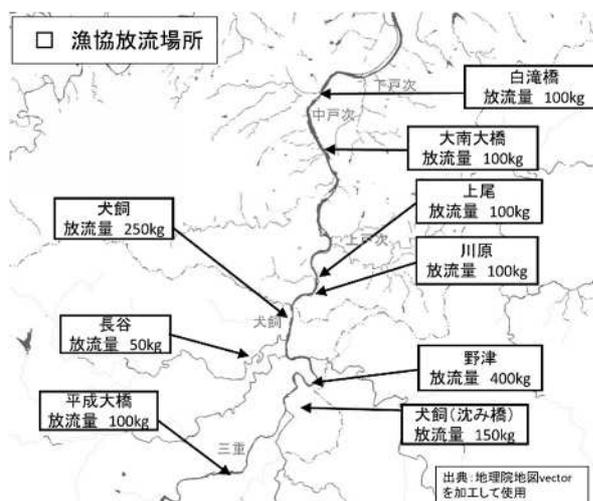


図3 大野川水系におけるアユ放流場所と放流量



図4 筑後川水系における遊漁者の漁場利用状況

### 3. 電子遊漁券販売件数

各漁協の電子遊漁券販売件数を表1に示した。日田漁協、大野川漁協ともに2023年4月1日～2024年3月31日に販売された件数を集計した。日田漁協における電子遊漁券の販売件数は199件、紙の遊漁券は2,031件であった。大野川漁協における電子遊漁券の販売件数は82件、紙の遊漁券は1,496件であった。

表1 遊漁券の販売件数

遊漁券種類	2022年度	2023年度	2023年度	2023年度
	電子遊漁券	電子遊漁券	紙遊漁券実績	合計
年券 ウナギを除く全魚種	8	13	583	596
日券 ウナギを除く全魚種	1	21	283	304
年券 コイ・エノハ・ワカサギ	35	63	522	585
日券 コイ・エノハ・ワカサギ	39	89	233	322
年券 オイカワ・ウグイ・雑魚	3	1	188	189
日券 オイカワ・ウグイ・雑魚	17	12	187	199
年券 スッポン	0	0	9	9
年券 ウナギ	0	0	7	7
日券 ワカサギ	1	0	19	19
計	104	199	2,031	2,230
年券 ウナギを除く全魚種	27	21	517	538
日券 ウナギを除く全魚種	4	23	126	149
年券 ウナギ	1	5	74	79
年券 アユ・エノハ・ウナギを除く全魚種	4	6	238	244
日券 アユ・エノハ・ウナギを除く全魚種	6	27	541	568
計	42	82	1,496	1,578

### 今後の課題

本県の内水面漁協に電子遊漁券システムが導入されてから1年以上経過するが、2023年度の紙遊漁券購入者数に比べ電子遊漁券を購入する遊漁者は少なかった。今後も調査を継続することで遊漁者の動向等を把握したい。

なお、次年度はアンケート調査結果を解析し、遊漁者が地域に訪れたことによる経済波及効果を把握したい。

# かぼすサーモン現地養殖試験

## 令和 5 年度予備試験調査

徳丸泰久

### 事業の目的

近年、漁獲量の激減や燃油価格の高騰等により本県北部海域の漁家経営は非常に厳しい状況が続いている。このような中、資源管理や海藻養殖など新たな漁業形態を模索し、漁業収入の維持・向上を試みているところであるが、更なる取り組みが必要な状況にある。そこで、近年需要が急拡大している「サーモン養殖」に着目し、本県北部海域においてサーモン養殖が可能であるかを検討した。さらに、乱立するサーモンブランドとの差別化を図るため、餌にかぼす資材を添加した飼料(以下、「かぼす添加飼料」という)を給餌し、「かぼすサーモン」の作出を試みた。

### 事業の方法

#### 1. 姫島村での現地養殖試験（陸上養殖）

大分県漁業協同組合姫島支店の 2.5kL 直方形陸上水槽 1 面にて養殖試験を行った。2022 年 12 月 8 日に長野県の生産者から購入した淡水産ニジマス 115 尾を供試魚とし、2022 年 12 月 9 日に淡水を張った水槽に収容し、徐々に 100%海水となるよう海水馴致を行った。海水馴致後は、100%海水を掛け流しで 2023 年 5 月 10 日まで飼育を行った。給餌は、日曜日を除く週 6 回の頻度で行った。

かぼす添加飼料を 2023 年 4 月 10 日～4 月 18 日に 9 回給餌した。かぼす添加飼料を 4 回、9 回給餌後及びかぼす添加飼料の給餌を終了してから 7 日後の計 3 回サンプリングを行い、供試魚の筋肉を背側と腹側に分けて冷凍保存したのち、一般財団法人日本食品検査福岡検査所に筋肉中のリモネン量の測定を依頼した。

#### 2. 姫島村での現地養殖試験（海面養殖）

2024 年 1 月 16 日に広島県の生産者から購入した淡水産ニジマス 529 尾を供試魚とし、2024 年 1

月 16 日に淡水を張った陸上水槽に収容し、徐々に 100%海水となるよう海水馴致を行った。馴致後は、1 月 18 日に姫島港内に設置した 3m×3m×3m の小割イケス 2 面（1 区 338 尾収容、2 区 180 尾収容）にて養殖試験を開始し、5 月 31 日まで飼育した。なお、かぼす添加飼料を 2024 年 4 月 12～21 日に 10 回給餌した。かぼす添加飼料を 10 回給餌後及びかぼす添加飼料の給餌を終了してから 14 日後の計 2 回サンプリングを行い、供試魚の筋肉を背側と腹側に分けて冷凍保存したのち、一般財団法人日本食品検査福岡検査所に筋肉中のリモネン量の測定を依頼した。

### 事業の結果

#### 1. 姫島村での現地養殖試験（陸上養殖）

海水馴致を原因とする死亡はなかった。水槽からの飛び出しや水槽側面への衝突死等があり、試験終了時の歩留は 95.7%であった。導入時の供試魚は平均体重 451g で、試験終了時（飼育 153 日目）には平均体重 1,027g まで成長した。なお、リモネン量の測定結果を表 1 に示した。

表 1 かぼす添加飼料給餌回数毎のリモネン検出量

	部位	リモネン検出量 (mg/100g)
添加4回目	背側	0.75
	腹側	1.10
添加9回目	背側	1.20
	腹側	1.60
添加休止7日経過	背側	0.47
	腹側	0.42

#### 2. 姫島村での現地養殖試験（海面養殖）

海水馴致を原因とする死亡はなかったが、馴致水槽からイケス網に移動させるときのハンドリングや水温変化のストレス等により、海面飼育 30 日目までに 184 尾が死亡した（歩留 63.1%）。試験終

了時の歩留は 59.1%であった。導入時の供試魚は平均体重 566 g で、試験終了時（飼育 135 日目）には平均体重 1.53 kg（最小 1.3～最大 1.8 kg）に成長した。なお、リモネン量の測定結果を表 2 に示した。

表 2 かぼす添加飼料給餌回数毎のリモネン検出量

	部位	リモネン検出量 (mg/100g)
添加10回目	背側	0.57
	腹側	0.91
添加休止2週間経過	背側	0.13
	腹側	0.30

## 今後の課題

今回の試験で、ニジマスの海水馴致技術を確立することができた。また、サーモンにかぼす資材を添加した飼料を給餌することで、リモネンが魚体内に蓄積されることも判明した。なお、受入時のハンドリングや水温格差を軽減する方策を検討する必要がある。今後は、規模を拡大する事業化に向けた支援を行いたい。