

北部水産グループ  
養殖環境チーム

## ヒジキ完全養殖技術の開発

入江 隆乃介

### 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、漁業者は非常に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. 受精卵を用いた人工種苗量産化技術の確立

2021年5月中旬～7月初旬にかけて、受精卵を採卵するための天然母藻を豊後高田市（香々地地区）、国東市（国見地区、安岐地区）、日出町（大神地区）、別府市（亀川地区）、佐伯市（上浦地区、鶴見地区、米水津地区、名護屋地区）の9地区で、合計雌株40kg（湿重量）と雄株23kgを採取した。採取した母藻は、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>1)</sup>。回収した受精卵をビニロン製ロープ枠（1枠10m）66個、種糸枠（1枠69m）26個およびポリエステル製不織布枠（1枠44cm $\times$ 20cm）69個に装着させた。

受精卵の装着後、各基質を屋内に設置した陸上水

槽で2021年5月中旬～8月下旬にかけて中間育成した。育成水槽の光条件は、光源：白、赤および青色のLEDを単独照射、照度：5,000lux、光周期：明期12時間、暗期12時間とした。また、水槽には、砂ろ過海水を掛け流しにして通気も行った。

陸上中間育成が完了した基質から順次漁港内中間育成を開始した。中間育成は、宇佐市（長洲漁港）、豊後高田市（香々地漁港）及び国東市（来浦漁港）で2021年7月初旬～2022年1月中旬の期間に実施した。

漁港内中間育成終了後、各基質から人工種苗を剥がして $\phi$ 4～5mmのロープに差し込んで現地養殖試験に供した。現地養殖試験は2022年1月中旬から開始し、宇佐市（長洲地区の干潟）及び国東市（富来地区の沿岸域）で実施した。なお、ロープへの差し込み本数は1か所に2本または5本とし、5cm間隔で差し込んだ。

#### 2. 座（根）を用いた人工種苗量産化技術の確立

2021年5～6月に回収した収穫後のヒジキ養殖ロープからヒジキの座（根）を単離し、12 $^{\circ}$ C恒温室で8月初旬まで静置育成した（光条件：白色LED光、照度3,000lux、明期12時間、暗期12時間）。8月初旬に座121g（湿重量）をミキサーにかけて2mm前後に切断した。切断後の座は、23 $^{\circ}$ C恒温室で9月中旬までガラスシャーレに入れて静置育成した（光条件：白色蛍光灯、照度4,000～8,000lux、明期12時間、暗期12時間）。座からの再生芽の形成後、23 $^{\circ}$ C恒温室に設置した1Lマリンプラスチックに入れて止水条件で通気育成した（光条件：白色蛍光灯、照度4,000～8,000lux、明期12時間、暗期12時間）。なお、座の静置育成～通気育成において、培地にはPESI培地を使用した。

#### 3. 収穫済みロープの再利用技術の開発

2021年5～6月に宇佐市（長洲地区：5月3日、150m回収）と国東市（富来地区：6月3日150m回収）のヒジキ養殖場から収穫後のヒジキ養殖ロープ計300mを回収した。回収したロープは、8月まで屋

外に設置した陸上水槽で養生した。

陸上養生後、8~12月にかけてロープ274mを宇佐市(長洲地区)、豊後高田市(香々地地区)及び国東市(来浦地区、富来地区)で潮間帯養生試験を実施した。潮間帯養生試験後のロープ65mを12月下旬から長洲地区および富来地区で現地養殖試験に供した。

### 事業の結果

#### 1. 受精卵を用いた人工種苗量産化技術の確立

採卵および中間育成の結果を表1に示した。採卵では、約1,570万個の受精卵が得られた。受精卵はロープ、種糸および不織布に散布して、陸上中間育成と漁港内中間育成を行った。

育成終了後の歩留と全長を比較すると、陸上中間育成で歩留が良かった基質は、種糸>不織布>ロープの順となり、全長が大きかった基質は、不織布>ロープ>種糸の順となった。漁港内中間育成では、ロープの種苗は全て消失したが、不織布と種糸の種苗は残存し、不織布の方が多く残った(写真1)。また、漁港内中間育成後の種苗の全長は、不織布の方が種糸より大きかった。

なお、現地養殖試験には、647本の人工種苗を差し込んだロープ11.94mで実施した(写真2)。3月末日時点での種苗数は、1,003本に増加し主枝も伸張した。

表1 中間育成の結果及び3月末日時点の経過状況

	ロープ枠	種糸枠	不織布枠	
採卵	期間	2021/5/12~7/4		
	基質枠の数(個)	66	26	69
	散布数(個)	6,440,021	2,097,456	7,158,541
* 陸上中間育成	期間	2021/5/15~8/25		
	日齢(日目)	34~71		
	種苗数(本)	47,729	79,578	91,104
	歩留(%)	0.74	3.8	1.3
	全長(mm)	1.0~2.1	0.3~2.2	0.6~10.4
* 漁港内中間育成	期間	2021/7/7~2022/1/12		
	日齢(日目)	—	212	196~245
	種苗数(本)	0	14	629
	歩留(%)	0	0.018	0.69
	全長(mm)	—	0.85	2.3~5.8
* 現地養殖試験	期間	2022/1/19~3/31		
	日齢(日目)	338~387		
	種苗数(本)	756		
	全長(cm)	25~59		

\* 中間育成の日齢、種苗数、歩留、全長は育成終了時の値  
 \*\* 3月末日時点の現地養殖試験の値



写真1 漁港内中間育成中の不織布の人工種苗 (日齢158日目)



写真2 現地養殖試験開始時の人工種苗 (日齢262日目)

#### 2. 座(根)を用いた人工種苗量産化技術の確立

8月に切断した座を23℃恒温室で静置育成した。育成開始21日目には再生芽が形成され、32日目には474本の再生芽が得られた。しかし、その後の通気育成では、座表面に小型糸状藻類(褐藻類クロガシラ等)が繁茂して再生芽は消失した(表2)。

表2 座を用いた人工種苗の生産結果

	実施期間	日齢(日目)	主枝長(mm)	種苗数(本)	歩留(%)
静置育成	2021/8/12	—	0.9	—	—
	~	32	~	474	100
	2021/9/12	—	2.9	—	—
通気育成	2021/9/12	—	—	—	—
~	89	—	0	0	0
2021/11/8	—	—	—	—	—

#### 3. 収穫済みロープの再利用技術の開発

5~6月に回収した収穫後のヒジキ養殖ロープは陸上養生後、8~12月の期間に潮間帯で養生試験を行った(写真3)。養生後の再生芽数は減少し、再生芽が全て消失したロープもあったが、1,090本の再生芽が残存した(表3)。

なお、現地養殖試験に供することができたロープは、潮間帯養生開始時(276m)の約1/4に減少した(写真4)。3月末日時点の種苗数は879本に減少したが、主枝の伸張が認められた。

表3 潮間帯養生試験の結果および  
3月末日時点の経過状況

	潮間帯養生		現地養殖試験 (3月末日時点)
	開始時	終了時	
養生期間	2021/8/4 ～ 2021/8/24	2021/12/2 ～ 2021/12/6	2021/12/24 ～ 2022/3/31
設置規模 (m)	276	65	65
養生日数 (日)	79～114	183～218	279～320
再生芽数 (本)	8,112	1,090	879
芽付 (本/m)	27～35	13～30	20～26
主枝長 (cm)	0.25～0.77	0.64～3.64	4.6～8.1



写真3 潮間帯養生試験中の収穫済みロープ



写真4 潮間帯養生試験終了時の収穫済みロープ

## 今後の問題点

陸上および漁港内中間育成の結果、不織布の種苗が歩留と生長で良い傾向を示した。昨年度も不織布とロープで種苗の歩留と生長を比較したところ、不織布上の種苗の方が、生長が良い傾向を示したり。

以上のことから、ヒジキ人工種苗の基質に不織布が適していることが明らかとなった。しかしながら、今回得られた種苗数では、ヒジキ養殖に利用される養殖ロープ1本分(50m、種苗5,000本)にも満たなかった。今後は歩留の向上が課題であり、より最適な基質の選択や陸上・漁港内中間育成の育成条件の再検討が必要である。

座を用いた人工種苗については、種苗が付着海藻類に覆われて生産することができなかった。特に、通気育成においては、付着海藻類が急増した。したがって、今後は雑海藻類の付着防止技術や効率的な除去技術の開発が必要である。

収穫済みロープの潮間帯養生試験では、芽付きが減少したものの、再生芽が残存・生長した。また、養生終了後の再生芽には小型海藻類等の付着物が少ない傾向にあり、付着物の軽減効果もあることが推測された。なお、養生実施場所に生息する天然ヒジキよりも生長が劣っていたことから、再生芽の芽付きと生長の向上が課題である。今後は、潮間帯養生の設置時期や場所等の条件を再検討する必要がある。

## 文献

- 1) 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.

## 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

入江隆乃介

#### 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、藻場の構成種で稚魚の生育場、環境浄化や二酸化炭素吸収等の機能も持っている。また、本県佐賀関地区等では、味噌汁の具材として利用されており特産品にもなっている。

しかし、磯焼け等で藻場が減少傾向にあるため、大分県漁業協同組合佐賀関支店、津久見支店およ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ある。

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て、本年度は人工種苗の量産化技術の開発に取り組んだ。

度採取した天然母藻（佐賀関産カジメ、無垢島産カジメ）から作成したフリー配偶体を採苗に用いた。また、2005年に作成した佐賀関産カジメフリー配偶体と2020年に作成した無垢島産カジメフリー配偶体も採苗に用いた。採苗では、これらの配偶体（1g未満）をカミソリまたはミキサーで200 $\mu$ mの大きさになるまでカットしたのち、19 $^{\circ}$ C恒温室（光条件、白色LED,3,000lux,明期10時間：暗期14時間）でPESI培地を入れたシャーレ内で静置育成した。発芽した胞子体が肉眼視できてからは、既報<sup>2)</sup>の方法に従い、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、約3か月後から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,5,500lux,明期12時間：暗期12時間とした。

#### 事業の方法

##### 1. 人工種苗量産化技術の開発

人工種苗の作出は、基質を用いた方法と基質を用いない方法（フリー人工種苗）の2種類で実施した。

基質を用いた人工種苗の作出は、大分市佐賀関地先および津久見市無垢島地先で採取されたカジメを母藻に用いた。これらの母藻から子嚢斑を持つ葉だけを切り取り、90分間陰干し、海水を入れたバケツに30分静置して遊走子を採取した。得られた遊走子をクレモナ糸の枠（1枠69m） $\times$ 17枠、建材ブロック（1面19cm $\times$ 39cm） $\times$ 8個に播種した。

採苗後、各基質を19 $^{\circ}$ C恒温室（光条件、白色LED,3,000lux,明期10時間：暗期14時間）、屋内または屋外に設置した水槽で育成した。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孵化水槽（光条件、白色LED,5,500lux,明期12時間：暗期12時間）に基質を入れて、海水掛け流しで育成した。その後、12月下旬からは屋外に設置した円形パンライト水槽内で全ての基質を育成した。

フリー人工種苗の作出は、既報<sup>1)</sup>の方法で本年

#### 事業の結果

##### 1. 人工種苗量産化技術の開発

採苗から20日以内に人工種苗が肉眼視できた（写真1）。3月末日時点での各基質およびフリー人工種苗の育成状況を表1に示した。育成状況を比較すると、葉長は建材ブロックが大きく、種苗数は種糸が多い傾向にあった。また、産地ごとに基質間で人工種苗の葉長を比較すると、佐賀関産カジメ（天然母藻由来）はフリー人工種苗、無垢島産カジメ（天然母藻由来）は種糸が最も大きかった。種苗数では、すべての産地（天然母藻由来）において、種糸が最も多かった。一方で、基質を用いた種苗は珪藻類等の汚れが多く付着していたが、フリー人工種苗は基質を用いてなかったので種苗上の汚れが少なかった（写真2）。

以上の種苗生産の結果から、大きい種苗を作出する場合には建材ブロックが基質として優れており、種苗数を多く確保しよう場合は種糸が適していると推測された。しかし、これらの基質は汚れの除去等の定期的な管理が必要である。したがって、人工種苗を量産化する場合は、フリー人工種苗の作出が適

していると考えられた。

なお、今年度生産した人工種苗は、次年度に佐賀関、津久見、保戸島地区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）。



写真1 肉視できた人工種苗  
(日齢17日目)



写真2 3月時点の無垢島産人工種苗  
(日齢120日目、R2配偶体由来だけ156日目)

## 今後の問題点

本試験結果から人工種苗の量産化を行うには、フリー人工種苗の作出手法が適していると考えられた。一方で、フリー人工種苗は、建材ブロックや種糸と比べると葉長とサイズが劣る傾向にあった。今後は、フリー人工種苗の育成中の種苗密度や光条件等を検討し、生長を促進させる育成条件を調べる必要がある。なお、県下の天然カジメ資源減少の一因として、植食性魚類の食害や海域の貧栄養化等が考えられる。そのため、魚類の食害防除技術や施肥等による栄養塩供給技術の開発も必要である。

## 文献

- 1) 伊藤龍星. 浅海増養殖に関する研究(9) カジメのフリー配偶体作成. 平成17年度大分県農林水産研究指導センター水産試験場事業報告 2005: 179-180.
- 2) 徳光俊二. 地域養殖振興対策事業(海藻増養殖振興) - 1, カジメ・クロメの増養殖技術開発. 平成26年度大分県水産研究部事業報告 2014: 168-169.

表1 3月末日時点での人工種苗の育成状況

母藻産地	佐賀関産	佐賀関産	無垢島産	無垢島産	無垢島産	佐賀関産	無垢島産
母藻の種類	天然母藻	H17配偶体	天然母藻	R2配偶体	天然母藻	天然母藻	天然母藻
採苗日	10/29	10/7	11/12	10/7	11/12	10/29	11/12
基質の種類	フリー	フリー	フリー	フリー	ロープ	ロープ	ブロック
基質規模	—	—	—	—	552m	345m	8個
日齢(日目)	134	156	120	156	120	134	120
葉長(cm)	2.6	1.3	2.1	5.1	4.7	1.7	3.4
種苗数(本)	53,200	3,145	30,600	7,700	517,500	73,600	304
増殖予定地	佐賀関	佐賀関	津久見 保戸島	津久見 保戸島	津久見 保戸島	佐賀関	津久見 保戸島

## 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）

入江隆乃介

#### 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。

#### 事業の方法

##### 1. 2021年度の気象と海況の状況

9月1日～3月31日の間、水温および比重を高田港先端で測定した。平年値は、直近10年間（2011～2020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、気象庁が発表する中津市および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（1991～2020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、宇佐市柳ヶ浦漁港およ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11日～12月6日の間に計15回、柳ヶ浦漁港で10月11日～11月8日の間に計5回、高田港先端で9月3日～3月31日の間に計29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. 2021年度のノリ養殖の状況

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」「養殖および病害状況」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。

##### 3. 検鏡観察および情報提供

10～12月の期間、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およびノリ養殖漁家にFAXとメールで提供した。なお、各地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. 2021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。3月中旬の「かなり高め」の日を除き、「平年並み」～「やや低め」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示した。期間を通して「やや高め」で推移し、特に12月下旬には「かなり高め」の日も観測された。

###### 3) 降水量

9～3月における中津市および豊後高田市の降水量の推移と平年偏差を図3～4に示した。中津市においては、11月下旬と3月中旬に「かなり多め」の期間があったが、全体的には「平年並み」～「少なめ、やや少なめ」で推移した。豊後高田市においては、10月下旬や12月下旬に「かなり多め」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）、柳ヶ浦漁港（長洲）および高田港先端におけるDINの値を図5に示した。50 $\mu\text{g/L}$ を越える日もあったが、ほとんどは50 $\mu\text{g/L}$ 以下であった。

高田港先端のDINとDIPの値を図6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少なかった。

高田港先端の過去20年間のDINの推移を図7に示した。本年度は平均42.36 $\mu\text{g/L}$ となり、昨年度(81.03 $\mu\text{g/L}$ )の半分程度の値となった。

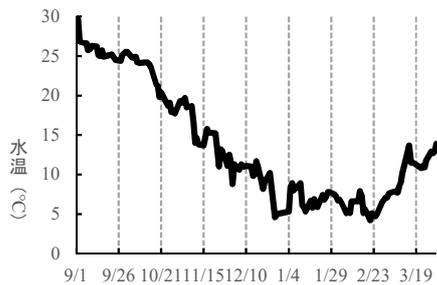


図1 高田港先端の水温の推移

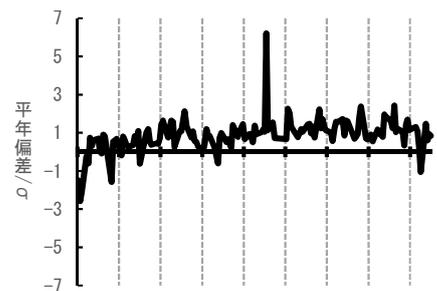
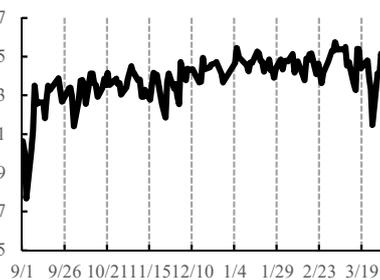
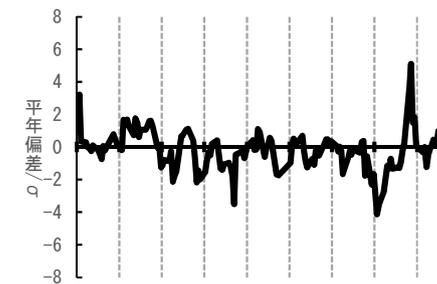


図2 高田港先端の比重の推移

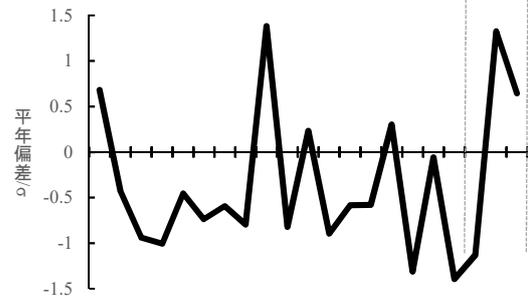
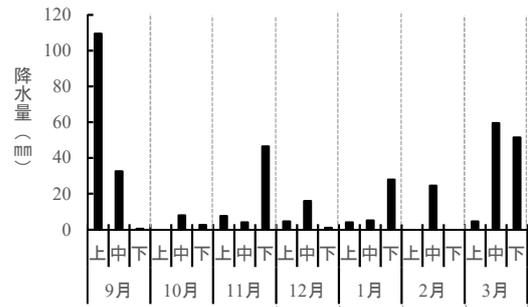


図3 中津市の降水量の推移

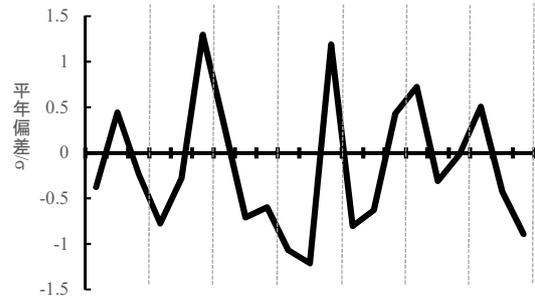
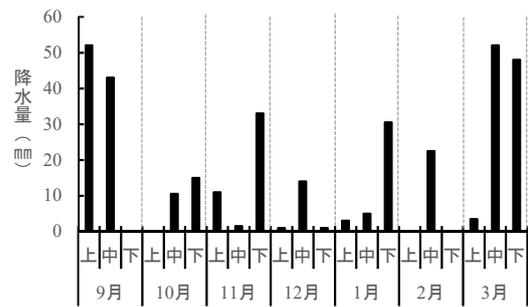


図4 豊後高田市の降水量の推移

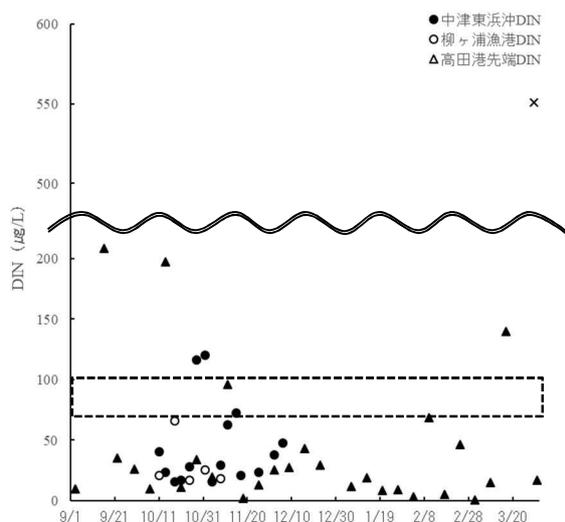


図5 各地先のDINの推移  
(点線内はノリ養殖における最低限必要なDIN<sup>1)</sup>)

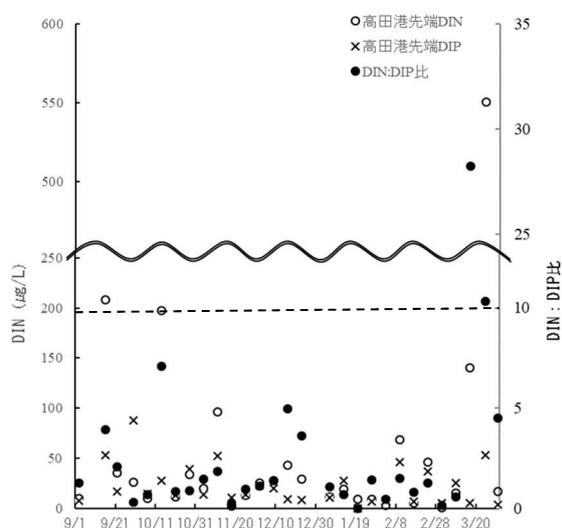


図6 高田港先端におけるDINとDIPの推移  
(点線はDIN : DIP = 10 : 1のライン)

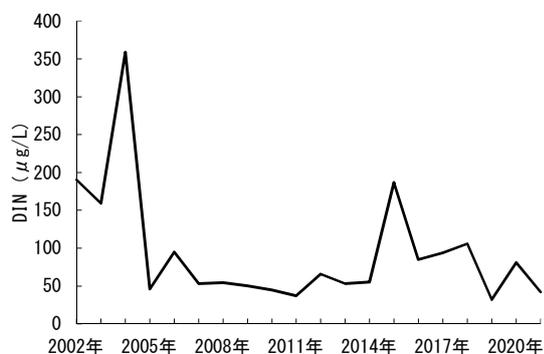


図7 高田港先端における過去20年間のDIN年平均の推移

## 2. 2021年度のノリ養殖の状況

### 1) 採苗状況

中津地区で10月19日、宇佐地区で10月21日から採苗が始まり、10月24日までに採苗を終えた。採苗期間中の水温は平年よりやや低い日が多く(19.9~21.4℃)、比重は平年よりやや高い日が多かった(23.54~24.16)。芽つきはやや濃いめの網が多く、顕微鏡の100倍の対物レンズにおいて1視野あたり6~9個であった。

### 2) 養殖および病害状況

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、クダムシが発生した地区もあった。

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。中旬から両地区でタビュラリアが発生した。

12月：中旬から両地区で初摘採が行われた(中津地区10日、宇佐地区12日)。摘採期間中もタビュラリアが付着している網が多かった。

1月以降：両地区とも3~5回の摘採を行い、3月初旬に網上げとなった。この間、色が浅く、珪藻類による汚れが多かった。本年度も病害の被害は確認されなかったが、色落ちと珪藻類の汚れが多かった。

### 3) 乾ノリ共販結果

本年度の過去15年間の結果(表2)と乾ノリ共販結果(表3)を示した。今期は福岡市で10回の共販が実施され、本県の出品回数は4回であった。共販枚数は121万枚(対前年比95.8%)、共販金額654万円(同81.2%)、平均単価5.42円(同84.8%)、1経営体あたりの生産金額109万円であった。

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)
2007	38	9,313	42,453	1,117
2008	31	8,794	41,580	1,341
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

表3 2021年度の乾ノリ共販結果

	2021年度			2020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	1,136,600	6,056,607	5.33	826,200	5,371,638	6.50	137.6	112.8	82.0
中津東	71,600	486,034	6.79	225,000	1,218,206	5.41	31.8	39.9	125.4
中津計	1,208,200	6,542,641	5.42	1,051,200	6,589,844	6.27	114.9	99.3	86.4
柳ヶ浦	出品なし			210,100	1,463,645	6.97	—	—	—
宇佐計	出品なし			210,100	1,463,645	6.97	—	—	—
合計	1,208,200	6,542,641	5.42	1,261,300	8,053,489	6.39	95.8	81.2	84.8

### 3. 検鏡観察および情報の提供

気象、海況、養殖管理、病害発生状況およびノリ情報等を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依頼は10～12月の間に45件あり、1月以降はなかった(表3)。

表4 検鏡依頼回数

	10月	11月	12月	1月	2月	計
中津小祝	8	5	0	0	0	13
中津竜王	5	5	1	0	0	11
宇佐柳ヶ浦	4	5	3	0	0	12
宇佐和間	5	4	0	0	0	9
合計	22	19	4	0	0	45

### 今後の問題点

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。一方で、両地区とも初摘採以降、色落ちや、珪藻類による汚れが多くなった。色落ちについては、DIN濃度が減少傾向にあり、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5～7μmol/L)<sup>1)</sup>を十分に満たせていないと推測された(図5)。珪藻類の繁茂も色落ちを悪化させたと考えられた。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)の繁茂抑制技術の開発が必要である。なお、ノリ網付近でクロダイが確認されており、魚や鳥による食害が発生している。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。

### 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.

# 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

入江隆乃介

### 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・増殖およ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作出に取り組んだ。

### 事業の方法

#### 1. テングサ種苗生産技術の開発

人工種苗を作出するために、6～10月に豊後高田市（香々地地区）、国東市（国見地区）、佐伯市（蒲江地区）の各地先で成熟した天然マクサ 29 kg（湿重量）を採取した。採取した母藻は、表面の付着物を取り除き、真水に30分間浸けてから胞子の採苗に用いた。採苗は計10回行った。

1～5回は、2021年6～10月に建材ブロック55個、ポリエステル製不織布枠（1枠44cm×20cm）21個、種糸枠（1枠69m）23個、小型レンガブロック9個、ロープ枠（1枠10m）1個、ガラスシャーレ6枚に胞子を活着させた（写真1）。建材ブロック、不織布、レンガブロック及びロープは、屋外に設置した水槽（砂ろ過海水掛け流し、通気なし）と、白色、赤色および青色のLED光をそれぞれ単独照射させた屋内水槽（各色の育成条件は、照度3,000lux、明期12時間：暗期12時間、砂ろ過海水掛け流し、通気無し）で育成した。ガラスシャーレは、23℃恒温室で蛍光灯（照度6,000lux、明期12時間：暗期12時間）を照射して育成した。

6～10回目は2021年11月～2022年1月に採苗し、プラスチック製細胞培養プレート（6穴）9個の底に胞子を活着させて23℃恒温室で蛍光灯（照度9,000～10,000lux、明期12時間：暗期12時間）

を照射して育成した<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種苗は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）（写真2）。なお、細胞培養プレートでの採苗・育成はPESI培地を用いた。

#### 2. オゴノリ種苗生産技術の開発

人工種苗を作出するために、6月に杵築市干潟で成熟した天然オゴノリ2.2kg（湿重量）を採取した。採取した母藻をポリエステル製不織布枠（1枠44cm×20cm）8枠と種糸枠（1枠69m）の上に静置し、胞子を放出させた。胞子を活着させた基質を白色、赤色および青色のLED光をそれぞれ単独照射した屋内水槽内で6～9月の間育成させた（照度5,000lux、明期12時間：暗期12時間、砂ろ過海水掛け流し、通気条件）。

なお、採苗後に残った母藻の再利用化についても取り組んだ。まず、9月から母藻8.6g（湿重量）を解剖メスで1～5cmに切断し、屋内に設置した200Lパンライト水槽（白色LED、8,000lux、明期12時間：暗期12時間、砂ろ過海水掛け流し、通気あり）で育成した。育成開始3週間後から屋外に設置した200Lアルテミア水槽（砂ろ過海水掛け流し、通気条件）に移して育成した。

### 事業の結果

#### 1. テングサ種苗生産技術の開発

人工種苗の生産結果を表1に示した。10回の採苗のうち、1～5回分は胞子が発芽したものの、採苗から2か月以内に消失した。消失の要因は、基質上に珪藻類が繁茂して種苗の生育が悪化したことが考えられた。6～10回分は、採苗から3週間後に発芽体が肉眼視できるまでに生長した。これらの人工種苗をフラスコ内で通気育成し、3月末日時点で葉長0.4～1.6cmに生長した人工種苗425本が生産できた（写真3）。

表1 3月末日時点における種苗生産の状況

	産地	採苗期間	基質の種類	日齢(日)	種苗数(本)	葉長(cm)
1~5回目	蒲江 国見 香々地	2021/ 6/26	建材ブロック			
		~	布枠			
6~10回目	香々地	2021/10/12	種糸枠	36~125	425	0.4~1.6
		2021/11/17	ローブ枠			
		2022/ 1/25	ガラスシャーレ			
		~	細胞培養プレート			

※日齢、種苗数、葉長は3月末日時点の値



写真1 採苗中の基質



写真2 フラスコ内での通気育成

写真3 3月末日時点のフラスコ内の  
テングサ人工種苗

## 2. オゴノリ種苗生産技術の開発

種糸に括着させた胞子は盤状体を形成したが、採苗から2週間後には珪藻類が繁茂して消失した。不織布に括着させた胞子は、白色LED照射区だけに直立体(全長0.1mm)の形成が確認できた(写真4)。このことから、白色LEDが人工種苗の育成に適していると考えられた。

白色LEDを照射した不織布は9月から豊後高田市香々地漁港(新波止)で中間育成したが、12月には種苗が消失した。消失の要因としては、基質上に堆積した泥による種苗の生育悪化が考えられた。

なお、再利用した母藻は、切断から2週間後に切断面から再生芽が形成された(写真5)。3月末日時点の主枝長は2.5~13cmに生長したが、枝の腐敗も見られた(表2及び写真6)。



写真4 白色LED照射区の不織布上の直立体



写真5 切断面からの再生芽

表2 3月末日時点の状況

	人工種苗	再利用した母藻
採苗日/切断日	2021/6/9	2021/9/16
日齢（日目）	2021/9/1から 漁港内中間育成開始 1ヶ月後に全て消失	188
種苗数（本）	0	16
主枝長（cm）	—	2.5～13



写真6 3月末日時点の再利用した母藻

## 今後の問題点

本年度は、マクサ人工種苗 425 本が生産できた。しかし、人工種苗の量産化を行うためには、中間育成時の光条件等の検討が必要である。作出した人工種苗は、2022 年 9 月以降に建材ブロックに括着させて現地増殖試験に供する予定である。

一方で、オゴノリ人工種苗は生産できなかった。今後は、採苗方法（天然採苗・人工採苗の方法や採苗する基質の種類等）や、直立体を形成させるまでの初期育成条件（光条件、水温等）の検討が必要である。なお、再利用した母藻については、2022 年 4 月以降に建材ブロックに括着させて現地増殖試験に供する予定である。

## 文献

- 1) 鈴木聡志、高木康次、長谷川雅俊、佐々木昭、飯田直樹、土田大介. テングサ増養殖技術の開発. 2020 年度静岡県水産・海洋技術研究所事業報告書. 91-94.

## 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）

都留勝徳・森本遼平

#### 事業の目的

本県周防灘海域の環境変動を把握し、漁業資源の変動予測に役立てることを目的として定線調査を行った。

#### 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、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$  及び  $\text{NO}_3\text{-N}$  の分析値の合計値とし、DIP は、 $\text{PO}_4\text{-P}$  の分析値とした。

分析は、DO がウィンクラー・窒化ナトリウム変法<sup>1)</sup>、COD が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、降水量および日照時間は、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 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、参考資料として、巻末の関連資料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 2021 年度調査実施日

	武丸		豊洋	
第 1 回	2021年	4月 6日	2021年	4月 8日
第 2 回		5月10日		欠測
第 3 回		6月 1日		6月 7日
第 4 回		7月 5日		7月 6日
第 5 回		8月 3日		8月 4日
第 6 回		9月 6日		欠測
第 7 回		10月 4日		10月 6日
第 8 回		11月15日		欠測
第 9 回		12月 6日		12月 7日
第 10 回	2022年	1月 5日	2022年	1月 6日
第 11 回		2月 4日		2月 2日
第 12 回		3月 7日		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。9月下旬～10月中旬は「高め」～「かなり高め」となり、特に、10月上旬は過去30年で最高を記録した。一方、「かなり低め」の8月中旬は過去30年で最低を記録した。

旬別降水量を図3に示した。5月中旬は「高め」となり、過去30年で最も早い梅雨入り(5月11日頃)となった。また、「かなり高め」であった8月中旬は過去30年で最高を記録した。一方、「低め」であった6月下旬は過去30年で最低を記録した。

旬別日照時間を図4に示した。「高め」となった7月下旬、「かなり高め」となった6月下旬と10月上旬は、過去30年で最高を記録した。一方、5月中旬と8月中旬は「かなり低め」となり、過去30年で最低を記録した。

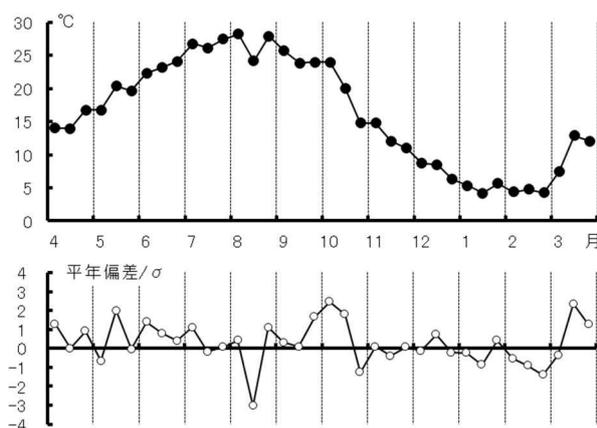


図2 豊後高田市における2020年度旬別平均気温

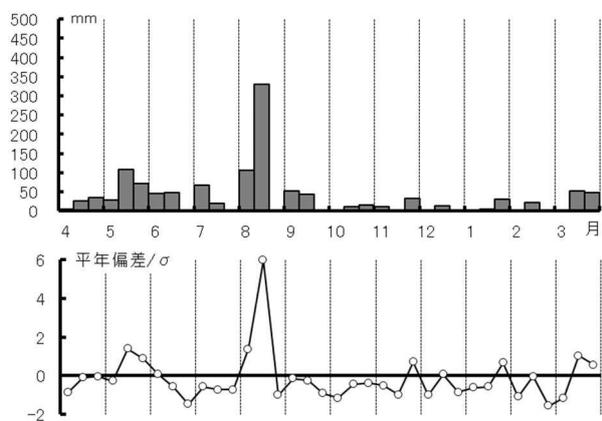


図3 豊後高田市における2020年度旬別降水量

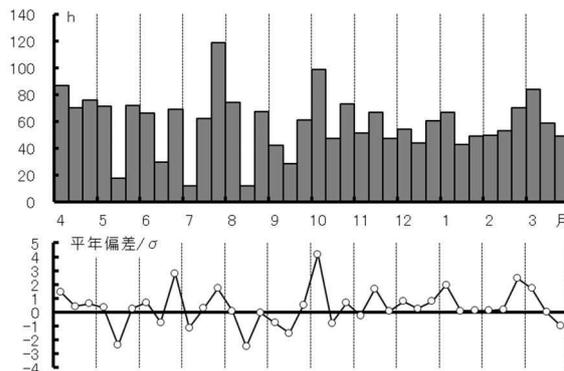


図4 豊後高田市における2020年度旬別日照時間

2. 海象

水温の推移と標準化した年偏差を図5に示した。4～10月は高め基調で推移した。特に春季(表層は4月、底層は4～5月)は、過去30年で最高を記録した。しかし、11月は急激な低下(平年に比べ表層は「かなり低め」、底層は「低め」となった。

塩分の推移と標準化した年偏差を図6に示した。9月は「かなり低め」となり、特に底層は過去30年で最低を記録した。9月を除き概ね「やや低め」～「やや高め」で推移した。

透明度の推移と標準化した年偏差を図7に示した。「かなり高め」であった7月と「高め」であった10月を除き、「やや低め」～「やや高め」で推移した。

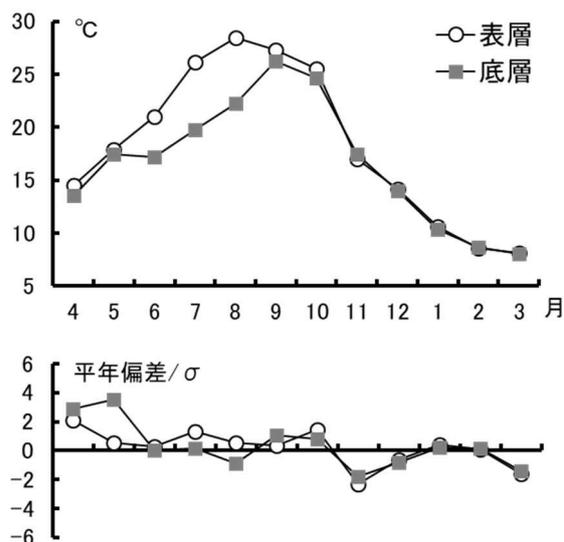


図5 水温の推移と標準化した年偏差

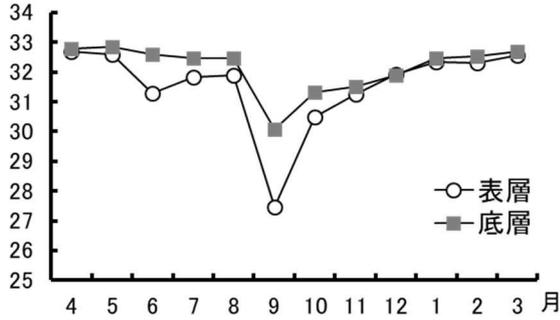


図 6 塩分の推移と標準化した年平均偏差

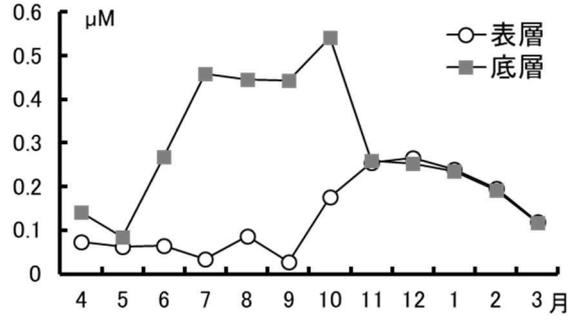
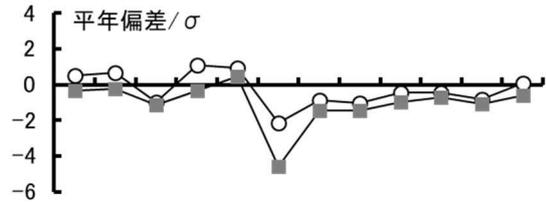


図 8 DINの推移と標準化した年平均偏差

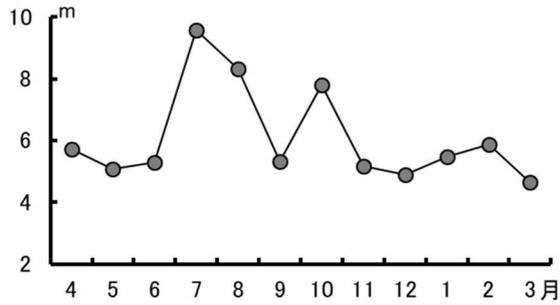
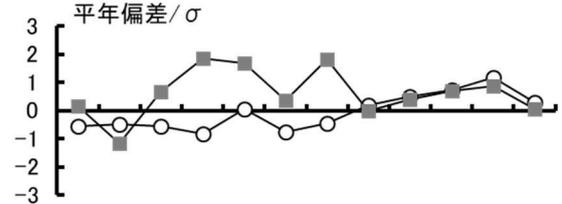


図 7 透明度の推移と標準化した年平均偏差

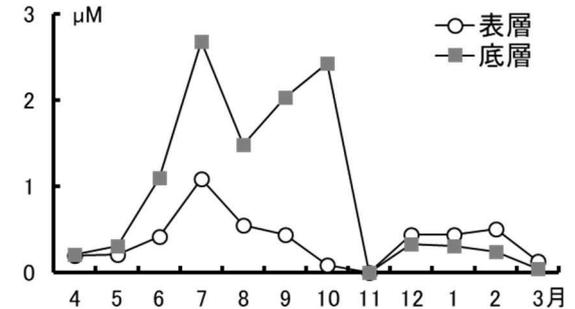
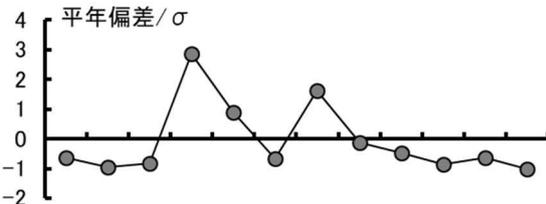
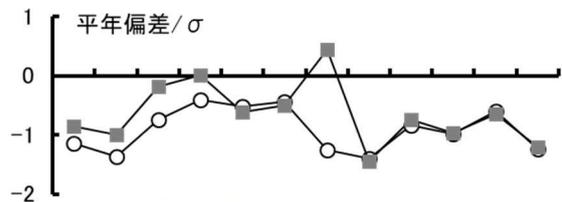


図 9 DIPの推移と標準化した年平均偏差



3. 特殊項目

DIN の推移と標準化した年平均偏差を図 8 に示した。年間を通して低め基調で推移した。

DIP の推移と標準化した年平均偏差を図 9 に示した。「やや低め」～「やや高め」で推移した表層に対し、底層は高め基調に推移した。

DO の推移と標準化した年平均偏差を図 10 に示した。年間を通して低め基調で推移した。

COD の推移と標準化した年平均偏差を図 11 に示した。年間を通して「平年並み」～「高め」で推移した。

クロロフィル a 量の推移と標準化した年平均偏差を図 12 に示した。「やや低め」～「やや高め」で推移した底層に対し、表層は高低差が大きく推移した。

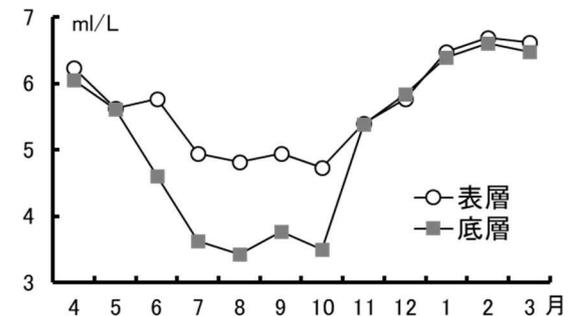
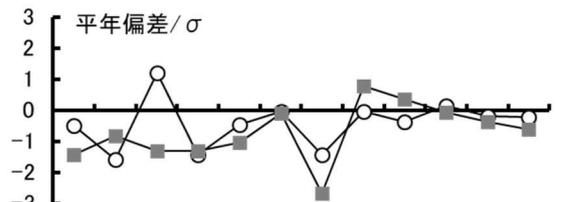


図 10 DOの推移と標準化した年平均偏差



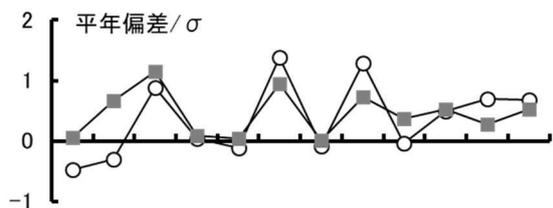
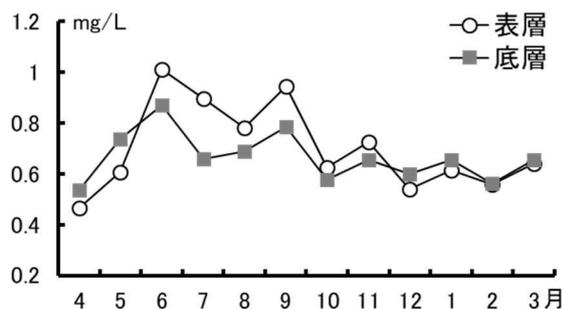


図11 CODの推移と標準化した年偏差

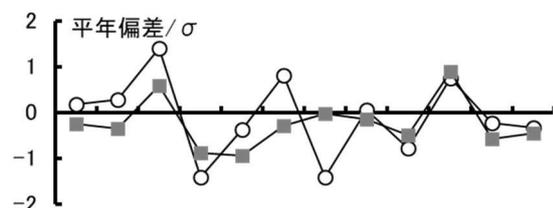
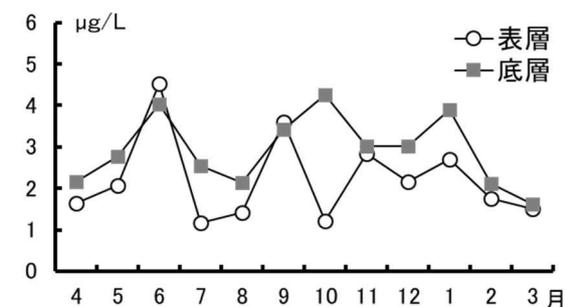


図12 クロロフィル a 量の推移と標準化した年偏差

### 今後の問題点

本県周防灘海域における環境変動の把握や漁業資源の変動予測に資するためには、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 ; 324-3

## 赤潮早期予測早期対策実証事業－2<sup>\*1</sup>

### 漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」 (国庫委託)

都留勝徳・徳丸泰久

#### 事業の目的

*Karenia. Mikimotoi*をはじめとした赤潮による漁業被害の未然防止および軽減のためには、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およ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における降水量、気温、日照時間およ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、モニタリング調査前の4～6月および冬季の2月に4回、PCR法による高感度調査を実施した。

調査点で採水した海水1Lを孔径5 $\mu$ mのメンブレフィルター(Millipore JMWP04700)で濃縮濾過し、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*、*Cochlodinium polykrikoides*、*Chattonella* spp. (*antiqua* + *marina* + *ovata*)、*Heterocapsa circularisquama*、*Heterosigma akashiwo*の遺伝子を解析した。

##### 3. 既存データ等を用いた解析

###### 1) *K. mikimotoi*赤潮発生に至る初期細胞密度

これまで*K. mikimotoi*が赤潮発生に至る初期細胞密度については検討がなされていないため、初期細胞密度(100 cells/mL)から赤潮発生(1,000 cells/mL)に至った確率および日数について検証した。

###### 2) *K. mikimotoi*赤潮の終息要因について

赤潮終息時期について照会されることがあるが、これまで*K. mikimotoi*赤潮の終息要因については、何ら検討されてこなかった。そこで、赤潮発生パターンと気象・海象との関連性について解析した。

###### 3) 赤潮予察技術の検証

2017年度までに実施した統計解析により、*K. mikimotoi*赤潮の発生シナリオの構築および判別分析による予察技術を開発し、2018～2020年までの結果の検証がなされた。<sup>1)</sup>本年度は2021年の結果を追加し、再度検証を行った。

#### 事業の結果

##### 1. モニタリング調査(*K. mikimotoi*の出現状況)

本県周防灘海域では、*K. mikimotoi*による赤潮形成は確認されなかった。1 cell/mL以上の初認日が4月6日と早かったが、早い梅雨入り(5月15日)、その後の安定した天候、8月中旬の大雨といった例年とは大きく異なる気象状況の影響を受けて、赤潮形成に至る条件が整わなかったと考えられる。

##### 2. *K. mikimotoi*高感度監視調査

本県周防灘海域においては、過去3年間と比較して今年度は冬季から本種遺伝子が高濃度で検出され、春～夏季にかけて増加する傾向がみられた。このことから、今年度の冬季はシードポピュレーションが多い年であった可能性が示唆された。一方で、過去3年間と比較して、周防灘海域での赤潮発生期間が短かったことから、本海域での*K. mikimotoi*大規模増殖には気象や海象などの環境条件が関与している可能

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

性が考えられた。

### 3. 既存データ等を用いた解析

#### 1) *K. mikimotoi* 赤潮発生に至る初期細胞密度

本県周防灘海域では、過去 27 年間 (1995~2021 年) のうち 100 cells/mL に到達した年数は 20 年、1,000 cells/mL に到達した年数は 17 年であった。そのうち初認日に 1,000 cells/mL に到達した 4 年を除くと、100 cells/mL 確認後に 1,000 cells/mL に到達した年数は 20 年のうち 13 年であり、その確率は 65% となった。また 100 cells/mL から 1,000 cells/mL に到達するまでの日数は平均 29.6 日 (2~64 日) であった。大分県では *K. mikimotoi* 細胞密度の注意基準は 200 cells/mL であるが、本海域で 100 cells/mL を確認した場合、概ね 1 月後には 65% の確率で赤潮化の危険性があることが確認できた。

#### 2) *K. mikimotoi* 赤潮の終息要因について

過去 27 年間 (1995~2021 年) について、6~9 月の最高細胞密度を基に赤潮発生をパターン 1 (1,000 cells/mL 以上) とパターン 2 (10,000 cells/mL 以上) に区分した。赤潮発生年について、*K. mikimotoi* 細胞密度のピークとなる日 (最高細胞密度が確認された日以降で、初めて 1 日当たり 500 cells/mL 以上の減少速度が確認され始めた日) を求め、ピーク前後の 7 日間の気象庁気象統計情報による豊後高田の降水量、最大風速、日照時間、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所観測による宇島漁港の水温、一般財団法人日本気象協会九州支社監修「大分の暦」による中津港の潮位差の計 6 要素のデータを整備した。

各要素のピーク前とピーク後のそれぞれで Shapiro-Wilk 検定により正規性を確認した上で、正規分布である場合 ( $p \geq 0.05$ ) は Welch の t 検定、正規分布でない場合 ( $p < 0.05$ ) は Mann-Whitney の U 検定によって統計処理した。パターン 1、パターン 2 ともに潮位差 ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ) において有意な差が認められた。両パターンともに、潮位差ではピーク後はピーク前に比べて小さい傾向があった。

これらのことから、潮位差が小さくなることで海水交換による栄養塩の補給が十分に行われなくなることが、*K. mikimotoi* の増殖に必要な栄養塩の不足に繋がり、*K. mikimotoi* 赤潮の終息に影響していた可能性が考えられた。

#### 3) 赤潮予察技術の検証

大分県周防灘海域では、*K. mikimotoi* の最高細胞密度が 2,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。2021 年は非発生年となったが、これまで作成した予察モデルでは、「発生年」と「非発生年」で分かれる結果となった。予察モデル構築に用いた

2002~2017 年おいて的中率が最も高かった「5 月表層水温」と「7 月分布指標 (10 cells/mL 以上)」の組み合わせは、2018 年と 2020 年を的中させたが、発生年であった 2019 年と非発生年となった 2021 年については予測することができなかった。2021 年における予察モデルの多くで「7 月分布指標 (10 cells/mL 以上)」という項目が共通していた。

2021 年は、1 cell/mL 以上の初認日が 4 月 6 日と早くから初期個体群が確認された。また、早期に梅雨入りし、5 月の降水量は多く塩分が低下した。しかし、例年梅雨空となる 6~7 月は好天に恵まれた。更に、8 月中旬は前線に伴う大雨の日が多く、その後に塩分が大きく低下した。このように、例年とは大きく異なる気象状況により、初期個体群が優占して増殖する環境条件が整わなかったと推察された。

### 今後の問題点

赤潮発生・非発生には、赤潮発生直前の環境条件が強く関与している可能性があり、中長期予察に加えて、赤潮発生直前の気象条件や競合種である珪藻類等の動態監視が必要であることが本年度の調査結果からも再確認された。今後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。

なお、近年は *Chattonella* spp. 赤潮による漁業被害が増加しており、高感度調査やモニタリングを活用し、環境項目と赤潮発生との関係性を解明するとともに、*Chattonella* spp. における予察技術の開発と赤潮発生シナリオの構築も検討していく必要がある。

### 文献

- 1) 平井真紀子, 三門哲也, 渡邊昭生, 加川真行, 黒田麻美, 村田憲一, 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, 徳丸泰久, 都留勝則, 占部敦史, 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. 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発②瀬戸内海西部・豊後水道海域・土佐湾海域. 令和 2 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書, 水産庁, 東京. 2021 ; 59-117.

## 漁場環境保全推進事業－3

### 赤潮発生監視調査

都留勝徳

#### 事業の目的

赤潮による漁業被害の軽減およ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。

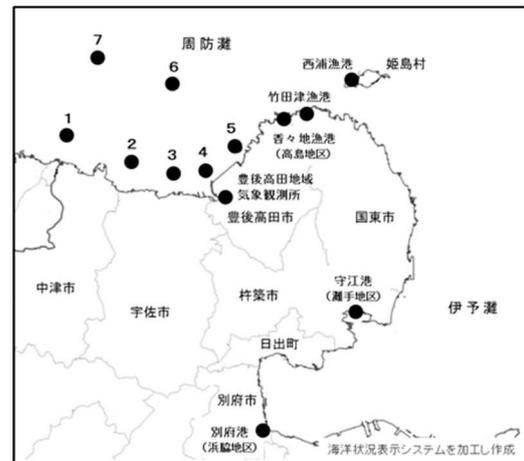
#### 事業の方法

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* 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の合計値を溶存態無機窒素(DIN)として、PO<sub>4</sub>-Pを溶存態無機リン(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における降水量、気温、日照時間およ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  
緯度経度は世界測地系

図1 調査定点図

表1 調査項目および調査実施日

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	6日
5月	10、25日
6月	1、7、22日
7月	6、14、26日
8月	4、25日
9月	6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(山口県含む)は、5月11日頃(平年は6月4日頃)に梅雨入りし、7月13日頃(平年は7月19日頃)に梅雨明けした。

旬平均気温は、8月中旬を除き、平年並みか高めに推移した。

旬降水量は、5月、8月が多く、特に8月中旬は、前線が九州付近に停滞し大雨の日が多く、331mmを記録し、平年値を大きく上回った(平年差+285mm)。一方、6月中旬~7月下旬は平年値を下回った。

旬日照時間は、梅雨明けした7月下旬には平年値

を上回ったが、大雨となった8月中旬以降は平年値を下回った。

#### 2) 海況

表層水温は6月上旬に20℃、7月上旬に25℃を超えた。表層と底層の較差は、6月上旬から見られはじめ8月上旬に最大となった。

塩分は、まとまった降雨に伴う表層と底層の較差が見られ、特に8月中旬の大雨による低下の影響が調査終了まで及んだ。

鉛直安定度は、6月上旬以降大きくなり、8月中旬の大雨の影響の影響を受け、9月上旬には $20 \times 10^{-5}$ を超えた。

クロロフィルaは、表層および5m層では6月上旬に、底層では6月上旬と7月中旬に見られた上昇を除き、概ね $3 \mu\text{g/L}$ 以下で推移した。

透明度は、期間中は3.3~10.2mで推移し、特に好天が続いた6~7月にかけて上昇した。

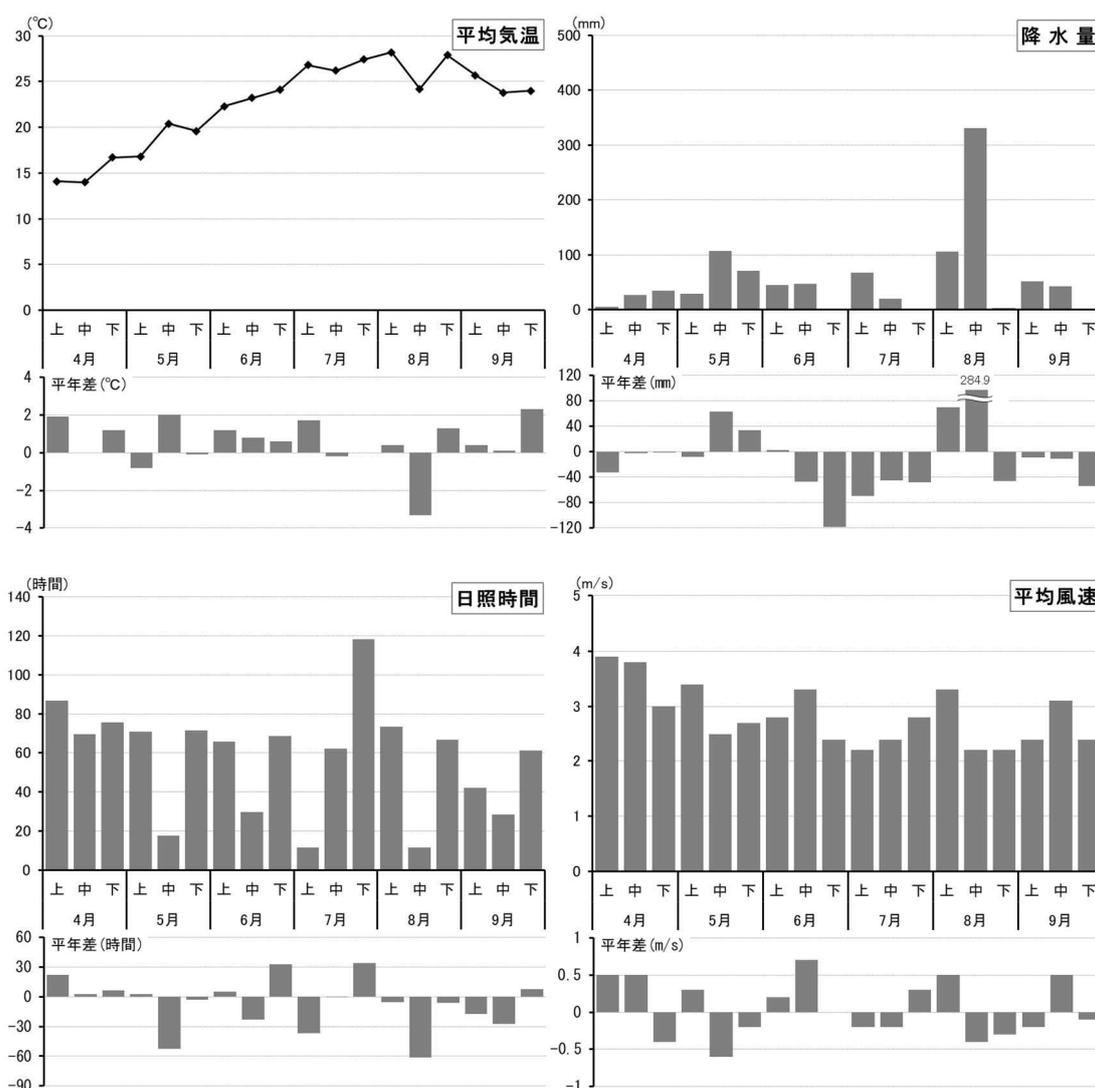


図2 2021年の豊後高田市における旬別気象データの推移

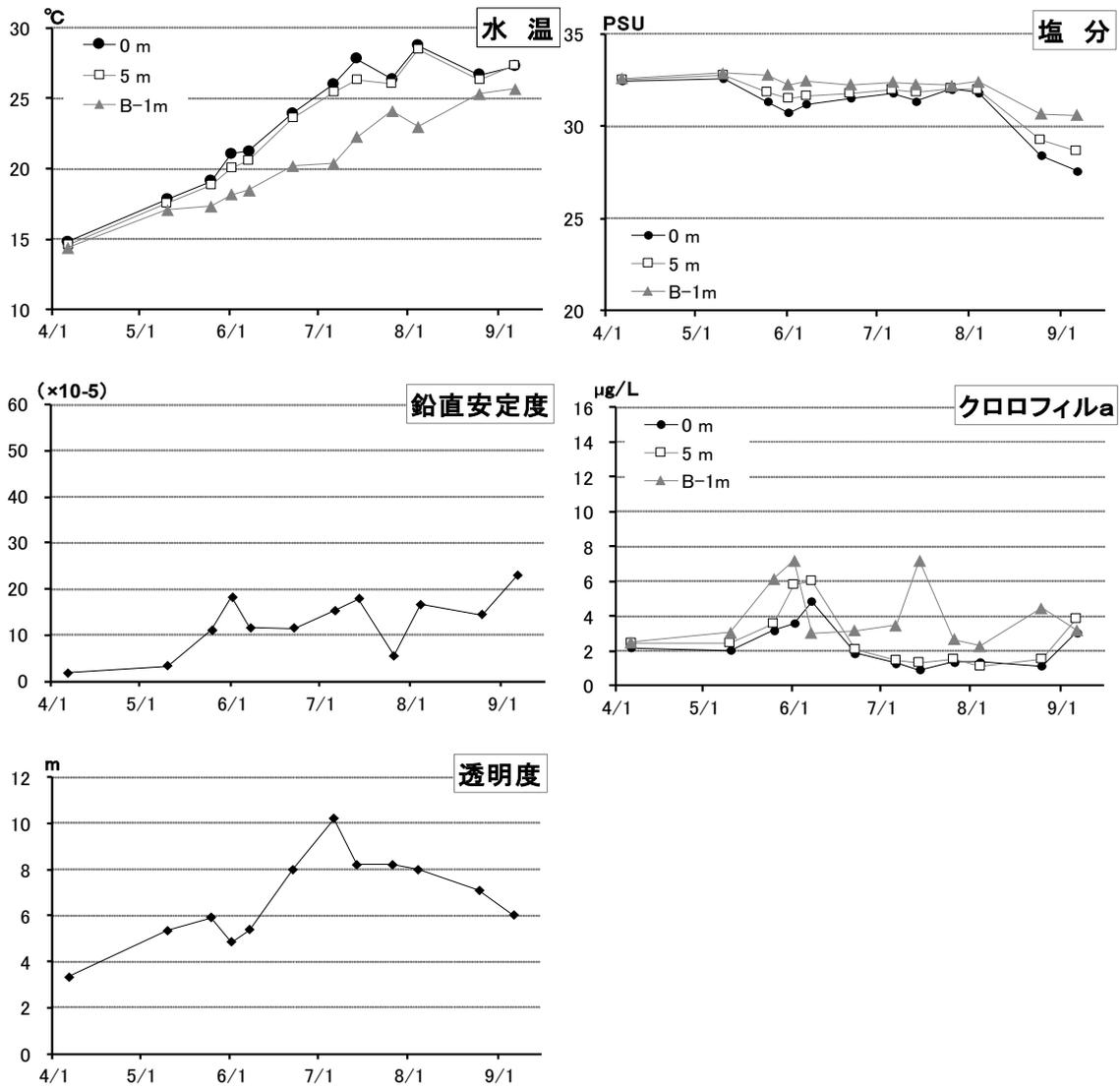


図3 2021年の周防灘における海況の推移

3) 栄養塩類 (DIN, DIP)

DINは、6月下旬に表層と底層で $5\mu\text{M}$ を超える増加が見られたが、これを除くと、各層のDINは $2\mu\text{M}$ 以下で推移した。

DIPは、5月下旬以降、 $0.15\mu\text{M}$ 以上で推移する底層に対し、表層および5m層は $0.12\mu\text{M}$ 以下で推移した。

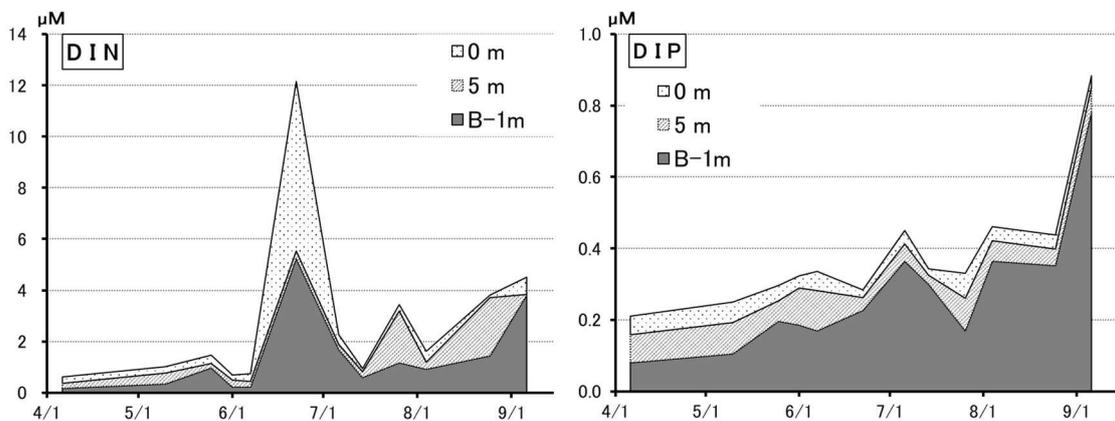


図4 2021年の周防灘における栄養塩類の推移

表 2 2021 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	6月5日	～	9月6日	94	周防灘	豊後高田市、周防灘全域	<i>Chattonella</i> spp.	5,000	無
2	6月7日	～	9月30日	116	伊予灘	姫島村、国東市、別府湾	<i>Chattonella</i> spp.	1,850	無
3	6月9日	～	6月17日	9	伊予灘	別府湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	45,000	無
4	7月19日	～	7月29日	11	伊予灘	国東市	<i>Heterosigma akashiwo</i>	15,450	無

2. 赤潮発生状況

2021年に発生した赤潮は、表2のとおり4件であった。その内訳は、*Chattonella* 属が2件、*Heterosigma akashiwo* が2件であり、漁業被害はなかった。

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*

本県周防灘海域においては、1cells/mL以上の初認日は4月6日で、調査期間中は51cells/mL以下で推移した。本種による赤潮の形成は確認されなかった。

2) *Chattonella* 属

本県周防灘海域においては、1cells/mL以上の初認日は5月25日であった。その後、6月5日に香々地漁港(高島地区)で最高密度5,000cells/mLを確認した。分布域は伊予灘(別府湾を含む)に拡大し、姫島港で最高密度1,850cells/mLを確認した。

3) *Heterosigma akashiwo*

本県周防灘海域においては、1cells/mL以上の初認日は5月25日で、調査期間中は10cells/mL以下で推移した。伊予灘では、6月11日に豊岡漁港で最高密度45,000cells/mL、7月19日に国東港(国東地区)で最高密度15,450cells/mLを確認した。

4) 珪藻類

調査期間中、表層の平均密度は50~350cells/mLで推移した。

5) *K. mikimotoi* の赤潮形成と気象・海況等との関係

本年度は、1cells/mL以上の初認日が4月6日と早かったが、早い梅雨入り、その後の安定した天候、8月中旬の大雨といった例年とは異なる気象状況の影響を受け、*K. mikimotoi* 赤潮の形成に至る条件が整わなかったと思われる。

4. 冬季の *K. mikimotoi* の出現状況

2021年11月は出現が確認されなかったが、2021年12月~2022年3月の間は、低密度(0.01~0.07cells/mL)の出現が確認された。

今後の問題点

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赤潮形成に至る夏季の増殖細胞との関係について、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. 1942.

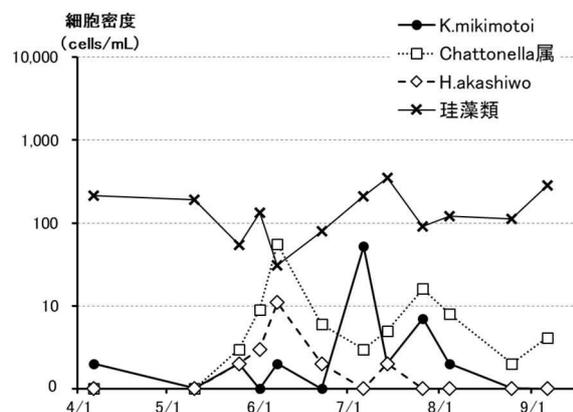


図5 有害赤潮プランクトン等の出現状況

## 漁場環境保全推進事業－4

### 貝毒発生監視調査

都留勝徳

#### 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。また、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業が行われている。さらに近年、国東半島周辺においても、新たにマガキ養殖が行われるようになった。

本事業では、これら有用貝類の食品としての安全性の確保と、水産業の経営安定を図るため、貝毒発生を監視調査した。

#### 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。

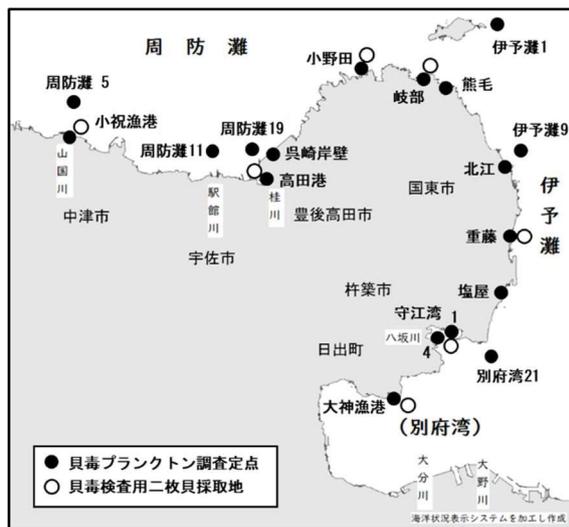


図1 貝毒発生監視調査の定点

##### 2. 貝毒検査

麻痺性貝毒の検査は、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、可食部位を検査対象とした。

#### 事業の結果

##### 1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

2021年4月～2022年3月までの間、62回のモニタリングにおいて、麻痺性貝毒原因プランクトンである *Alexandrium tamarense species complex* (旧) *A. tamarense* が2022年3月22日に高田港0mで10細胞/L確認された。

##### 2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒の検査結果を表1に示した。麻痺性貝毒は検出されなかった。

表1 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	4月12日	4月14日	N.D.	9.5
マガキ	岐部	4月12日	4月14日	N.D.	10.8
マガキ	守江	9月27日	10月11日	N.D.	10.7
マガキ	大神	9月27日	10月11日	N.D.	6.8
マガキ	小野田	11月1日	11月8日	N.D.	23.6
マガキ	岐部	11月1日	11月8日	N.D.	6.1
ムラサキイガイ	高田	11月5日	11月8日	N.D.	5.1
マガキ	小祝	11月5日	11月8日	N.D.	4.0
マガキ	小野田	1月24日	1月28日	N.D.	15.1
マガキ	岐部	1月24日	1月28日	N.D.	8.5
マガキ	小野田	2月26日	3月11日	N.D.	18.5
マガキ	岐部	2月28日	3月11日	N.D.	12.6
アサリ	中津	3月2日	3月11日	N.D.	2.3
マガキ	小野田	3月22日	3月23日	N.D.	20.7
マガキ	岐部	3月22日	3月23日	N.D.	13.8

### 今後の問題点

本県周防灘海域では、2000年度に At complex (旧) *A. catenella* によって養殖マガキが毒化し、麻痺性貝毒が検出され、28日間(2000年12月15日～2001年1月11日)の出荷自主規制がとられた。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、2014年4月には養殖ムラサキガイで、2015年3月には天然アサリで ELISA 法により 0.1～0.2MU/g の麻痺性貝毒が検出された。

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貝毒検査を実施することにより、食品としての安全性を確保していく必要がある。

## 中津干潟における栄養塩拡散試験

都留勝徳・西陽平・入江隆乃介

### 事業の目的

中津市地先の干潟域は、ノリやアサリ等の漁場となっている。近年、色調の浅い養殖ノリが多く見られ、二枚貝や小型魚類等の漁獲量も減少しており、栄養塩類の減少による生態系への影響が指摘されている。そのような中、大分県漁業協同組合中津支店の要望を受け、中津終末処理場では、栄養塩類増加運転（季節別運転）を2010年から行っている。

そこで、蛸瀬川河口に放出された処理水が、海域においてどのように拡散・希釈されるのかを明らかにし、栄養塩類増加運転による効果範囲を推定することを目的に、蛸瀬川河口からノリ漁場までの1km<sup>2</sup>において、高濃度試料に含まれる栄養塩類の希釈・拡散の態様を示すコンター図（等濃度線図）を作成した。

### 事業の方法

中津グリーンプラザ（中津市大字蛸瀬 1336 番地 3）後背の防潮堤階段を基点とし、基点からノリ漁場南西端を見通した線を基線として、基点を端点とする1辺1,000mの範囲を四等分した図1の25交点を調査点とした。

2021年9月13日（小潮）と9月22日（大潮）との満潮時に、現場海水に溶解させた硫酸アンモニウム（日本製鉄株式会社 粒状硫酸 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 300kgを基点から投入し、自然拡散させた。

試料投入開始時（満潮時）、1.5時間経過後、3時間経過後、6時間経過後（干潮時）の4回、干出した調査点を除く各調査点の表層を100mL採水した。また、調査点での採水時には、測深機（HONDEX PS-7）により水深を測定した。

採水した海水は、研究室に持ち帰り、塩分濃度計（MotherTool YK-31SA）により塩分測定後、濾過（Whatman GF/F47mm）し濾液を冷凍保管した。後日、冷凍した濾液を水産研究部へ送付し、オートアナライザーで栄養塩類（DIN、DIP）を測定した。

得られた各調査点の塩分、栄養塩類の値をもとに、

統計解析ソフト R（version 4.0.2）を用いて、それぞれ調査回次ごとにコンター図（等濃度線図）を作成した。なお、測定した時刻と水深、気象庁海洋観測・解析データ（毎時潮位 苅田）を用いて、次の手順で調査海域の地盤高を推計した。

- ①一般財団法人日本気象協会九州支社監修「大分の暦」に基づき、苅田の毎時潮位から中津港の毎時潮位を推計した。
- ②中津港の毎時潮位から時刻間における一分あたりの潮位増減量を算出し、測定時刻における潮位を推計した。
- ③推計潮位から測定水深を差し引き、四捨五入して10cm単位とした地盤高を求めた。地盤高は、標準海面（MSL）からの高さとして潮位基準面（DL）からの高さの2通りで求めた。



図1 調査定点図

### 事業の結果

#### 1. 調査状況

9月13日は、小雨を伴う曇天で風速1.1~2.0m/sの東寄りの風（北東~東南東）があった。基点での溶解投入作業が難航したため、調査は、開始時、3時間経過後、6時間経過後の3回だけとなった。なお、

投入前の硫酸アンモニウム溶液の DIN は  $2.88 \times 10^6 \mu\text{M}^{\ast 1}$  であった。

9月22日は、晴天で風速3.4~4.8 m/sの北寄りの風(西北西~北)があった。6時間経過後(干潮時)にはほとんどの調査点が干出したため、コンター図の作成は、開始時、1.5時間経過後、3時間経過後の調査3回分とした。なお、投入前の硫酸アンモニウム溶液の DIN は  $4.84 \times 10^6 \mu\text{M}$  であった。

2. 調査海域環境

測定水深から求めた調査海域の地盤高を図2に示した。基点のMSL0(DL200) cmから中津ノリ漁場南端のMSL-130(DL70) cmに向い漸深していた。また、調査海域の西側よりも東側の方が深い傾向にあった。

9月13日の各調査時における塩分を図3に示した。開始時(満潮)15.1~31.0であった塩分は、潮位低下に伴い低下し、6時間経過後(干潮時)には12.9~29.9と等深線に沿うような分布となった。

9月22日の各調査時における塩分を図4に示した。開始時(満潮)30.6~32.4であった塩分は、小潮調査と同様に、潮位低下に伴い低下し、3時間経過後には20.9~31.4となった。

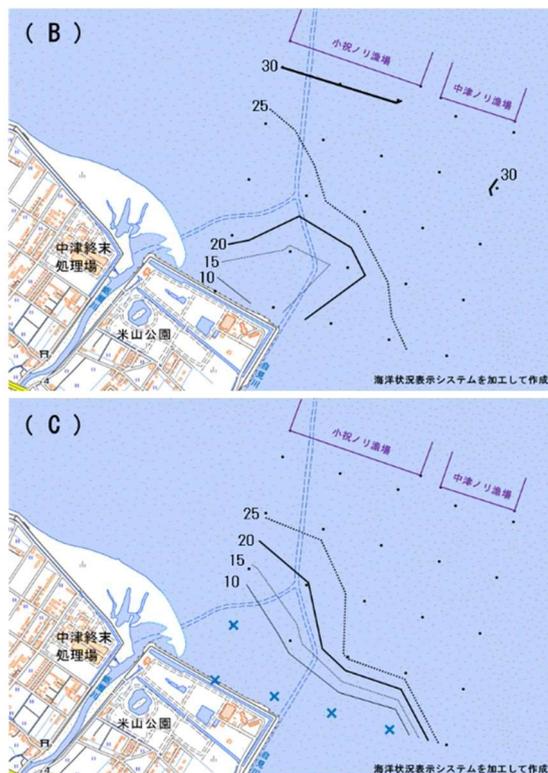


図3 9月13日(小潮)調査での塩分分布  
(A) 開始時(満潮)  
(B) 3時間経過後  
(C) 6時間経過後(×は干出による欠測)

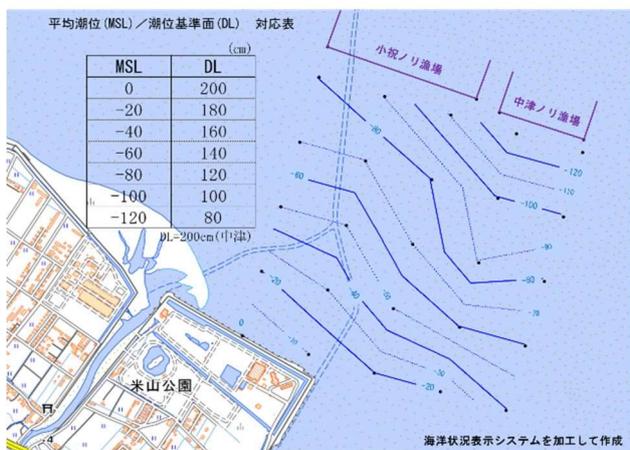
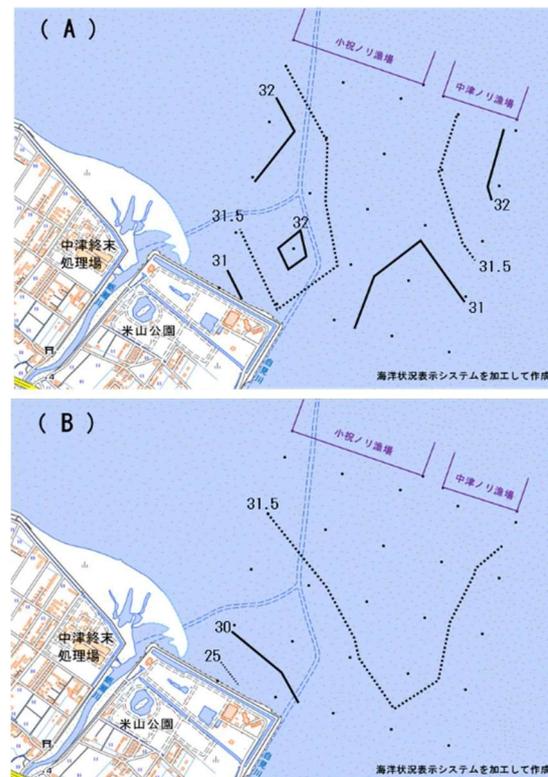


図2 平均潮位に対する地盤高



\*1  $\mu\text{M}$  : モル濃度(= $\mu\text{mol/L}$ )を示す。本文中で用いたモル濃度は“M”で表記した。



図 4 9月22日(大潮)調査での塩分分布

- (A) 開始時(満潮)
- (B) 1.5時間経過後
- (C) 3時間経過後



図 5 9月13日(小潮)調査でのDIP分布

- (A) 開始時、(B) 3時間後、(C) 6時間後

### 3. 栄養塩の状況

#### 1) 溶存態無機リン (DIP)

9月13日の各調査時におけるDIPを図5に示した。開始時(満潮)、基点(2.40 $\mu$ M)を除き、多くの調査点は1 $\mu$ M未満であり、特に、距岸500m以遠は0.5 $\mu$ M未満であった。潮位低下に伴い、徐々に0.5 $\mu$ M及び1 $\mu$ M境界線は沖へ拡大し、6時間経過後には全点で0.5 $\mu$ Mを超えた。

9月22日各調査時におけるDIPを図6に示した。開始時(満潮)、調査海域は全体的に低かった(0.12~0.36 $\mu$ M)。3時間後には潮位低下に伴い等深的な分布となったが、1 $\mu$ Mを超えたのは基点だけであり、距岸250m以遠は0.6 $\mu$ M以下であった。

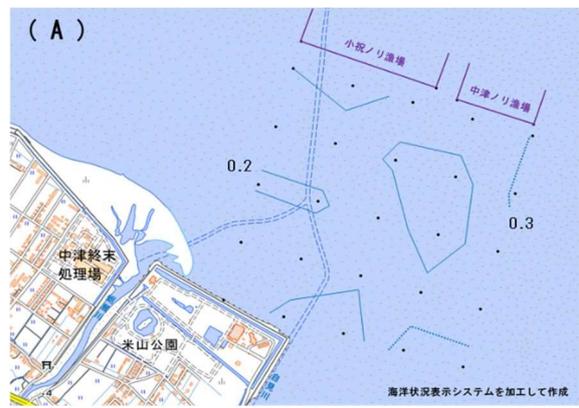


図 6 9月22日(大潮)調査でのDIP分布

- (A) 開始時、(B) 1.5時間後、(C) 3時間後



2) 溶存態無機窒素 (DIN)

9月13日の各調査時におけるDINを図7に示した。投入した硫酸アンモニウム溶液による基点でのDINは、 $2.90 \times 10^3 \mu\text{M}$ であった。また、最も遠い中津ノリ漁場付近のDINは2~3 $\mu\text{M}$ であった。基点から約250mで100 $\mu\text{M}$ 、約500mで10 $\mu\text{M}$ の境界線が確認された。その後、100 $\mu\text{M}$ の高濃度範囲は東方へ距岸250mに拡大し、3時間経過後には基点から約750mの範囲が、6時間経過後には、ほとんどの調査点で10 $\mu\text{M}$ 以上となった。

9月22日の各調査時におけるDINを図8に示した。投入した硫酸アンモニウム溶液による基点でのDINは、 $4.03 \times 10^3 \mu\text{M}$ であった。また、距岸250m以内は10 $\mu\text{M}$ 以上、以遠は5 $\mu\text{M}$ 未満の分布となった。その後、100 $\mu\text{M}$ を超える高濃度範囲は確認されず、10 $\mu\text{M}$ 及び5 $\mu\text{M}$ の境界線は沖へと拡大した。3時間経過後、10 $\mu\text{M}$ 境界線は、地盤高MSL-70~-80(DL130~120)cmの位置まで拡大した。なお、6時間経過後に観測できた中津ノリ漁場南端の調査点2か所のDINは、10 $\mu\text{M}$ 以上(21.4、17.9)であった。



図7 9月13日(小潮)調査でのDIN分布 (A)開始時、(B)3時間後、(C)6時間後

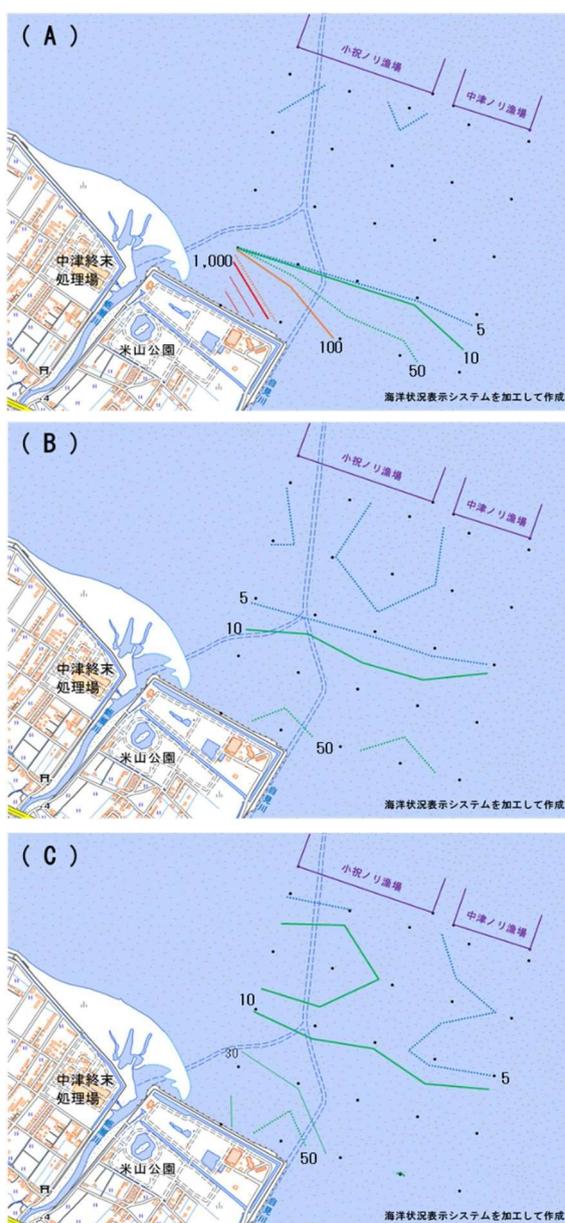
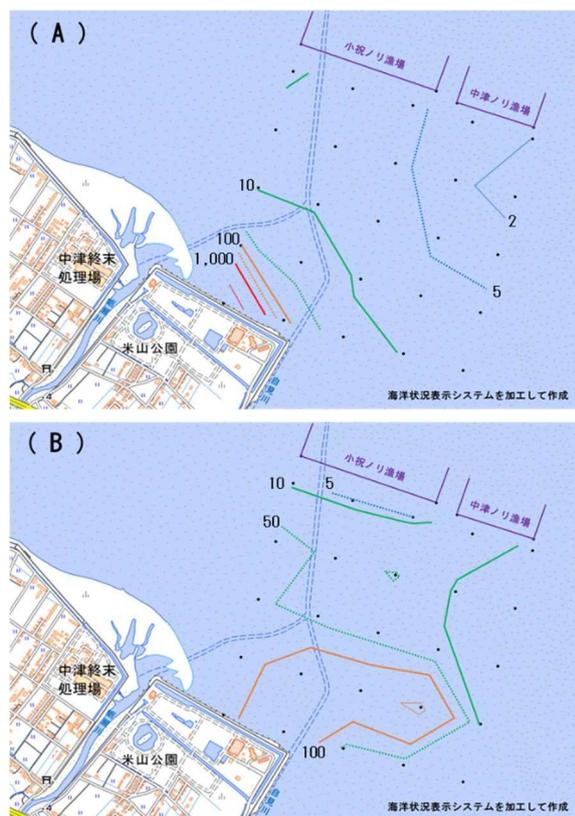


図8 9月22日(大潮)調査でのDIN分布 (A)開始時、(B)1.5時間後、(C)3時間後

#### 4. 効果推定

満潮時に投入した硫酸アンモニウム溶液は、小潮および大潮ともに、基点に投入した時点で約 1,000 倍に希釈された。

小潮調査におけるノリ漁場南端（距岸 1,000m）の平均濃度は、開始時 5.70 $\mu$ M から 6 時間後には 17.6 $\mu$ M に上昇した（11.9 $\mu$ M 増加）。つまり、投入した試料（ $2.90 \times 10^3 \mu$ M）は、243 倍に希釈されてノリ漁場に到達すると推計された。同様に大潮調査においても、中津ノリ漁場南端 2 点の平均濃度は、開始時 2.97 $\mu$ M から 6 時間後には 19.7 $\mu$ M に上昇した（16.7 $\mu$ M 増加）。つまり、投入した試料（ $4.03 \times 10^3 \mu$ M）は、242 倍に希釈されてノリ漁場に到達すると推計された。よって、満潮時に基点付近の高濃度 DIN は、蛸瀬川の水流に押し流されながら東方へ拡散しながら、干潮時にはノリ漁場南端に約 240 倍に希釈されて到達すると推測された。

中津終末処理場での栄養塩類増加運転における処理水の全窒素濃度の管理目標値（T-N）15～18mg/L<sup>1)</sup>を全て DIN と仮定すると最大  $1.29 \times 10^3 \mu$ M となり、満潮時の処理水は、6 時間後に最大  $5.35 \times 10^3 \mu$ M の DIN がノリ漁場に供給されると推計された。

#### 今後の問題点

今回の高濃度試料の拡散態様を基にした試算では、非常に小さな効果となった。しかし、実際の中津終末処理場での栄養塩類増加運転による処理水は、低濃度で連続的大量に排出されているため、異なる拡散態様が予想される。効果推定方法については、今後の更なる検討が必要である。

また一方で、ノリ養殖に最低限必要な DIN は、0.07～0.1mg/L（約 5～7 $\mu$ M）<sup>2)</sup>とされており、現状のノリ漁場における DIN は、これを十分満たしていない。<sup>3)</sup>

豊かな周防灘を取り戻すために、いかにして不足する窒素を供給するのかを積極的かつ喫緊に検討する必要がある。

#### 文献

- 1) 下水放流水に含まれる栄養塩類の能動的管理のための運転方法に係る手順書(案). 国土交通省水管理・国土保全局下水道部, 東京. 2015 ; 37.
- 2) 水産用水基準第 8 版 (2018 年版). 公益社団法人日本水産資源保護協会, 東京. 2018 ; 5.
- 3) 入江隆乃介, 古川あさひ. 資源・環境に関するデータの収集・情報提供-3. 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;150-153.

付表1 中津市大字蛸瀬地先25調査点の平均潮位(MSL)に対する地盤高 (cm)

	1	2	3	4	5
V	-80	-90	-110	-130	-130
IV	-70	-70	-80	-100	-100
III	-50	-50	-70	-90	-80
II	-20	-30	-50	-60	-60
I	0	-10	-20	-20	-40

付表2 2021年9月13日（小潮）の25調査点における調査時間ごとの表層塩分（PSU）

(A) 開始時（満潮）

	1	2	3	4	5
V	30.1	30.0	30.1	30.8	31.0
IV	30.2	29.7	30.0	30.8	31.0
III	29.5	29.6	29.7	30.4	30.8
II	19.8	29.0	29.0	29.8	30.6
I	15.1	25.5	28.2	28.2	29.3

(B) 3時間経過後

	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
V	30.3	30.3	30.0	29.7	29.9
IV	23.4	26.4	29.6	29.6	30.0
III	21.7	23.5	27.6	29.3	29.8
II	22.6	13.9	15.4	28.3	28.7
I	5.7	12.2	25.1	22.3	29.2

(C) 6時間経過後

	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
V	27.4	27.4	27.6	28.6	29.3
IV	26.6	26.6	26.8	28.0	29.3
III	14.5	20.1	27.6	29.5	29.9
II	—	12.9	26.3	28.4	29.7
I	—	—	—	—	29.1

“—” は干出による欠測

付表3 2021年9月22日（大潮）の25調査点における調査時間ごとの表層塩分（PSU）

(A) 開始時（満潮）

	1	2	3	4	5
V	31.5	31.0	31.2	31.5	32.1
IV	32.4	31.5	31.2	31.5	32.1
III	32.0	31.7	31.0	31.1	31.7
II	31.4	32.2	31.3	30.6	31.0
I	30.7	31.5	31.2	30.6	30.7

(B) 1.5時間経過後

	1	2	3	4	5
V	31.7	31.6	31.7	31.6	31.7
IV	31.5	31.8	31.9	31.9	31.3
III	30.9	31.4	31.7	31.9	31.1
II	31.1	31.0	31.4	31.9	31.2
I	22.3	29.3	31.0	31.3	30.2

(C) 3時間経過後

	1	2	3	4	5
V	31.4	31.1	31.2	31.2	31.4
IV	30.3	30.8	30.9	31.0	31.2
III	30.4	30.7	30.9	30.8	30.8
II	30.7	30.6	27.8	26.8	27.9
I	20.9	23.6	27.8	28.3	28.5

付表4 2021年9月13日（小潮）の25調査点における調査時間ごとのDIP（ $\mu\text{M}$ ）

(A) 開始時（満潮）

	1	2	3	4	5
V	0.18	0.33	0.31	0.32	0.28
IV	0.16	0.39	0.34	0.25	0.20
III	0.26	0.39	0.24	0.30	0.28
II	1.71	0.50	0.54	0.42	0.40
I	2.40	0.95	0.67	0.64	0.69

(B) 3時間経過後

	1	2	3	4	5
V	0.16	0.18	0.26	0.41	0.37
IV	1.01	0.61	0.44	0.42	0.32
III	1.32	0.96	0.46	0.33	0.24
II	1.22	1.99	2.24	0.39	0.42
I	2.62	2.60	0.61	1.79	0.56

(C) 6時間経過後

	1	2	3	4	5
V	0.80	0.81	0.73	0.60	0.53
IV	0.83	0.91	0.86	0.79	0.63
III	2.47	2.02	1.13	0.93	0.80
II	—	2.47	0.94	1.14	0.85
I	—	—	—	—	0.46

“—” は干出による欠測

付表5 2021年9月22日（大潮）の25調査点における調査時間ごとのDIP（ $\mu\text{M}$ ）

(A) 開始時（満潮）

	1	2	3	4	5
V	0.20	0.17	0.22	0.28	0.30
IV	0.23	0.24	0.19	0.15	0.31
III	0.19	0.19	0.25	0.15	0.26
II	0.29	0.24	0.22	0.23	0.21
I	0.25	0.18	0.12	0.36	0.36

(B) 1.5時間経過後

	1	2	3	4	5
V	0.21	0.20	0.22	0.18	0.17
IV	0.21	0.19	0.20	0.19	0.18
III	0.26	0.24	0.21	0.16	0.24
II	0.34	0.30	0.28	0.23	0.24
I	1.13	0.23	0.57	0.18	0.38

(C) 3時間経過後

	1	2	3	4	5
V	0.29	0.26	0.23	0.23	0.24
IV	0.29	0.27	0.27	0.24	0.26
III	0.33	0.30	0.28	0.27	0.34
II	0.34	0.36	0.55	0.64	0.60
I	1.07	0.90	0.78	0.70	0.84

付表6 2021年9月13日（小潮）の25調査点における調査時間ごとのDIN（ $\mu\text{M}$ ）

## (A) 開始時（満潮）

	1	2	3	4	5
V	11.48	5.67	5.70	3.53	2.10
IV	6.86	8.48	6.12	2.60	1.02
III	6.58	8.89	7.16	4.53	3.57
II	63.71	15.90	9.03	6.01	6.07
I	2,896.90	110.74	12.19	9.79	7.04

## (B) 3時間経過後

	1	2	3	4	5
V	5.07	4.95	4.56	21.79	6.94
IV	65.65	41.11	52.12	7.02	6.45
III	54.93	35.47	25.79	12.07	5.27
II	67.60	158.00	165.33	217.82	9.48
I	81.62	177.36	38.10	22.54	12.79

## (C) 6時間経過後

	1	2	3	4	5
V	31.46	26.06	13.42	9.53	7.65
IV	37.38	14.58	11.81	12.47	8.89
III	49.85	42.29	33.53	93.59	8.87
II	—	81.61	76.61	103.48	9.24
I	—	—	—	—	1,130.08

“—” は干出による欠測

付表7 2021年9月22日（大潮）の25調査点における調査時間ごとのDIN（ $\mu\text{M}$ ）

## (A) 開始時（満潮）

	1	2	3	4	5
V	10.14	2.15	6.41	2.59	3.35
IV	2.77	3.33	2.81	2.39	2.79
III	2.87	2.52	2.15	2.90	2.70
II	3.86	2.37	4.06	3.17	3.05
I	4,028.21	259.31	82.05	68.34	14.72

## (B) 1.5時間経過後

	1	2	3	4	5
V	4.97	4.03	6.40	4.26	2.73
IV	5.19	4.69	7.97	4.18	4.34
III	3.54	2.60	3.75	3.16	4.07
II	14.63	22.52	14.53	15.01	36.45
I	33.75	66.23	37.75	77.03	35.83

## (C) 3時間経過後

	1	2	3	4	5
V	4.01	4.82	8.36	2.47	4.20
IV	14.87	22.53	6.65	6.53	4.52
III	7.77	4.72	7.86	2.85	4.47
II	36.84	27.12	26.44	19.04	26.60
I	23.09	74.59	15.19	9.75	12.51

## (D) 6時間経過後（干潮）

	1	2	3	4	5
V	—	—	—	21.41	17.87
IV	—	—	—	—	—
III	—	—	—	—	—
II	—	—	—	—	—
I	—	—	—	—	—

“—” は干出による欠測

# 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事業 (国庫委託)

吉岡宗祐・森本遼平・都留勝徳・徳丸泰久

## 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、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「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」（イノベーション創出強化研究推進事業 応用研究ステージ課題）が実施され、本県は中課題1「耐病性家系の育成と養殖生産試験」のうち、小課題2「耐病性家系を用いた養殖生産試験」を担当した。

## 事業の方法

### 1. 養殖生産試験

2021年6月11日に株式会社拓水から SPF 雄を 50 尾入手し、2020 年度に育成した家系#7 の雌とともに 6 月 14 日から交配試験に供した。また、2021 年 8 月 19 日に株式会社拓水から SPF 雌を 60 尾入手し、家系#7 の雄とともに 8 月 20 日から交配試験に供した。交配試験には屋外に設置した 2 kIFRP 水槽 2 面と屋内に設置した 1 kl パンライト水槽 2 面を用い、2kl 水槽では雌雄 10 尾ずつ、1 kl 水槽では雌雄 5 尾ずつを収容した。得られた交配雌には眼柄処理（眼柄への焼き入れ）を行い、ゴカイ給餌によって成熟を促し、採卵、種苗生産を行った。得られた種苗は、株式会社拓水において 9 月から養殖継代群の SPF 種苗約 60 万尾と混合して実証試験に供した。2022 年 2 月に WSD のウイルス検査とマイクロサテライト DNA 分析による由来判別を行うためにサンプルを採集した。

### 2. 耐病性家系を用いた親エビの育成

次年度に向け、別課題において選抜された耐病性家系#12 を用いた親エビの育成を行った。

## 事業の結果

### 1. 養殖生産試験

株式会社拓水由来の SPF 雄と家系#7 の雌との交配試験では、7 月 12 日と 26 日および 8 月 16 日に交配状況を確認した結果、それぞれ 5、7 及び 1 尾の交配雌が認められた（表 1）。なお、8 月 20 日から実施した株式会社拓水由来の SPF 雌と家系#7 の雄との交配試験では、交配雌は確認できなかった。

交配雌への眼柄処理と、ゴカイ給餌により成熟を促した結果、7 月 26 日と 8 月 16 日に確認された交配個体のうち各 1 尾からそれぞれ 7 月 31 日に 3.8 万粒、8 月 21 及び 24 日に計 10.5 万粒の卵が得られた。その後、それぞれから 4,000 及び 8,640 尾のノープリウス幼生が得られ、400 及び 3,160 尾の養殖用種苗（交雑群）が育成できた（表 2）。株式会社拓水において 9 月から実施した養殖生産試験には、後者の種苗 2,860 尾を用いた。2022 年 2 月に WSD のウイルス検査とマイクロサテライト DNA 分析による由来判別のため 4,000 尾のサンプルを採集した。

なお、試験期間中には WSD による被害は発生せず、その他の疾病についても被害は確認されなかった。

### 2. 耐病性家系を用いた親エビの育成

6 kl 水槽を用いて約 300 尾の育成を行った。2020 年 6 月 30 日の育成開始時に  $3.5 \pm 1.7$  g（平均値 ± 標準偏差）であった種苗は、2022 年 1 月 21 日には雄が  $21.6 \pm 3.2$  g、雌が  $25.8 \pm 4.7$  g となった（図 1）。なお、育成期間中、定期的に測定した飼育水中の DO 値は 8.28～10.60 mg/L の範囲であった。

## 今後の問題

2020年度に親エビとして養成した家系#7について、親エビ養成と交雑は順調に進んだものの、採卵できた親エビが少なく、養殖生産試験に供するために目標としていた10万尾を生産することはできなかった。また、8月以降は、交配水槽で水質悪化が確認され、飼育密度や飼育水管理等の環境改善が課題となり、将来的な系統維持体制を見据える上での問

題が明らかとなった。

2021年度のサンプルについては、来年度以降にウイルス検査およびマイクロサテライトDNA分析を行い、由来別の成長を比較し、交雑させた種苗の養殖用としての有効性を評価する予定である。

事業の目的を達成するためには、来年度以降も、選抜された耐病性種苗について、養殖生産試験を継続し、成長等の種苗性を評価確認する必要がある。

表1 家系#7 雌と拓水雄の交配試験結果

交配水槽	収容尾数(6月14日)		交配した雌を確認した日付と尾数			
	家系#7雌	拓水雄	7月12日	7月26日	8月16日	計
屋外2kl水槽 2面	20 (10尾/水槽)	20 (10尾/水槽)	1	3	0	4
屋内1kl水槽 2面	10 (5尾/水槽)	10 (5尾/水槽)	4	4	1	9
合計	30	30	5	7	1	13

表2 産卵および種苗生産試験の結果

採卵	掛け合わせ	交配雌 (尾)	抱卵数 (尾)	卵 (万粒)	ノープリウス (尾)	種苗取上げ数 (尾)
1回目 7/13~	家系#7雌 × 拓水雄	5	0	-	-	-
2回目 7/26~	家系#7雌 × 拓水雄	7	1	3.8	4,000	400 (PL37)
3回目 8/17~	家系#7雌 × 拓水雄	1	1	10.5	8,640	3,160 (PL23)
1回目 9/10~	拓水雌 × 家系#7雄	0	-	-	-	-
1回目 10/1~	拓水雌 × 家系#7雄	0	-	-	-	-

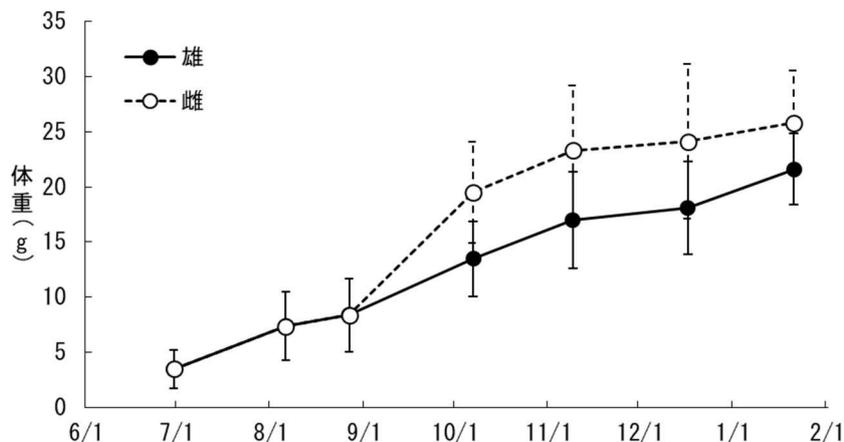


図1 親エビ養成試験における家系#12の体重(平均値±標準偏差)の推移

n=20、エラーバーは標準偏差を表す。

育成開始時(2021年6月30日)~8月末までは雌雄判別が困難であったため、無作為に選別した20尾を計測した。

## 養殖衛生管理指導事業（北部水域）

### 養殖衛生管理体制の整備 （国庫交付金）

吉岡宗祐・古川あさひ・西陽平

#### 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およ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 (表3)

##### 2. 養殖衛生管理指導

- 1) 医薬品の適正使用の指導 (表4)
- 2) 適正な養殖管理・ワクチン使用の指導 (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

新型コロナウイルスまん延防止のため開催を中止した。

##### 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5)
- 4) 輸出錦鯉対応 (表6)

##### 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7、表8)
- 2) 疾病発生対策 (表9、表10)
- 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。

#### 今後の問題点

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

実施時期	実施場所	構成員	内容
2021年11月30日	Web会議	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 埼玉県、長野県、福岡県、大分県、鹿児島県	コイ放流試験技術連絡協議会 ・各県のコイ放流の現状 ・試験計画あるいは実施済み試験についての情報交換 ・再放流に向けての議論 ・その他
2021年11月30日～ 12月1日	Web会議	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 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	魚病症例研究会 ・講演 ・症例報告、話題提供 ・総合討論
2022年3月4日	Web会議	農林水産省 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 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	全国養殖衛生管理推進会議 ・水産防疫の実施状況 ・水産防疫対策事業の成果概要 ・養殖魚の迅速な診断体制に向けた対応について

表2 地域合同検討会議

実施時期	幹事県	構成員	内容
2021年11月9～10日	大分県	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、愛媛県、高知県、福岡県、大分県	令和3度瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会 ・各府県の魚病発生状況と対策 ・症例検討、話題提供 ・その他
2022年1月28日～ 3月7日 メール会議	山口県	山口県、福岡県、佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県	令和3年度九州・山口ブロック内水面分科会 ・各県の生産概要、魚病発生状況等 ・研究発表、話題提供 ・共通課題討論 ・その他
2022年3月1日 Web会議	栃木県	栃木県、神奈川県、山梨県、静岡県、富山県、岐阜県、滋賀県、和歌山県、高知県、福岡県、大分県	全国湖沼河川養殖研究会 アユの疾病研究部会 ・講演 ・症例報告、話題提供 ・アユの魚病診断状況、連絡試験に関する報告

表3 県内養殖衛生対策会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2021年12月22日 2022年1月13日	国東市	水産研究部 北部水産グループ 公益社団法人 大分県漁業公社 アユ中間育成実施の内水面漁業協同組合	アユ疾病対策協議

表4 医薬品の適正使用の指導

実施時期	実施場所	対象者	内容
2021年4月1日～ 2022年3月31日 (随時)	豊後高田市 呉崎	北部水域魚類養殖漁家(延べ10名)	水産用抗菌剤使用指導書の発行

表5 薬剤耐性菌の実態調査

実施時期	実施場所	対象種	内容
2021年4月1日～ 2022年3月31日	豊後高田市 呉崎	ウナギ、スッポン、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>Edwardsiella tarda</i> (6株)、 <i>Aeromonas.sp</i> (1株)、 <i>Vibrio.sp</i> (1株)

表6 輸出錦鯉対応

実施時期	実施場所	実施内容
2021年4月1日～ 2022年3月31日	豊後大野市	・外部検査機関送付のための臨床症状観察(2回)

表7 疾病監視対策（養殖漁家の巡回指導）

実施時期	実施場所	対象種	内容	実施時期	実施場所	対象種	内容
2021年				2021年			
4月2日	由布市	ウナギ	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握	10月15日	日田市	アユ、エノハ	養殖場の疾病調査および魚病被害状況の把握
4月5日	日田市	アユ	"	10月19日	竹田市	エノハ	"
4月7日	日田市	アユ、エノハ	"	10月20日	九重町、竹田市	エノハ	"
4月13日	日田市	アユ、エノハ	"	10月25日	由布市	ウナギ	"
4月21日	日田市	アユ、エノハ	"	10月26日	九重町、竹田市	エノハ	"
4月30日	日田市	アユ	"	10月29日	日田市	アユ、エノハ	"
5月10日	竹田市、宇佐市	エノハ、スッポン、ティラピア	"	11月2日	九重町、竹田市	エノハ	"
5月18日	豊後大野市	ニシキゴイ	"	11月4日	中津市、日田市	エノハ	"
5月26日	日田市	アユ	"	11月5日	九重町	エノハ	"
6月1日	宇佐市	ドジョウ	"	11月7日	竹田市	エノハ	"
6月2日	由布市、九重町	エノハ	"	11月9日	九重町、竹田市	エノハ	"
6月3日	豊後大野市	アユ	"	11月11日	日田市	アユ、エノハ	"
6月7日	由布市、竹田市、宇佐市	ウナギ、エノハ、スッポン	"	11月12日	姫島村	クルマエビ	"
6月9日	宇佐市	スッポン	"	11月18日	九重町、日田市	エノハ	"
6月11日	国東市	クルマエビ等	"	11月22日	日田市、竹田市	エノハ	"
6月14日	国東市	クルマエビ等	"	11月26日	豊後大野市	ニシキゴイ	"
6月15日	宇佐市	スッポン、ドジョウ	"	11月29日	竹田市、佐伯市	エノハ	"
6月18日	国東市、日出町	クルマエビ、マコガレイ	"	12月3日	姫島村	クルマエビ	"
6月22日	姫島村	クルマエビ	"	12月15日	九重町	エノハ	"
6月24日	宇佐市	スッポン、ドジョウ	"	12月20日	竹田市	エノハ	"
7月1日	国東市	クルマエビ等	"	2022年			
7月13日	日田市	アユ、エノハ	"	1月6日	由布市	ウナギ	"
7月19日	中津市	エノハ	"	1月7日	宇佐市	ドジョウ	"
7月20日	姫島村	クルマエビ	"	1月11日	日田市	アユ	"
7月29日	日田市	アユ、エノハ	"	1月12日	竹田市	エノハ	"
8月3日	中津市、日田市	アユ、エノハ	"	1月17日	豊後高田市	ガザミ	"
8月11日	中津市	スッポン	"	1月19日	中津市	アユ	"
8月24日	国東市	クルマエビ等	"	1月27日	中津市、日田市	アユ	"
8月25日	竹田市	エノハ	"	2月2日	中津市、日田市	アユ	"
8月27日	日田市	アユ、エノハ	"	2月15日	豊後高田市、宇佐市	スッポン	"
8月31日	九重町、竹田市	エノハ	"	3月25日	大分市、豊後大野市	アユ	"
9月10日	姫島村	クルマエビ	"	3月28日	日田市	アユ、エノハ	"
10月6日	九重町、竹田市	エノハ	"	3月29日	姫島村、国東市	クルマエビ等	"
10月12日	姫島村	クルマエビ	"				

表8 疾病監視対策（輸入水産物防疫対策）

実施時期	実施場所	対象種	内容
2021年10月4日			
2021年11月22日	九重町	ニジマス	着地検査
2022年2月1日			

表9 淡水魚類等の疾病発生対策（疾病の検査・診断）

種名	疾病名	2021年										2022年			計
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
アユ															
	異形細胞性鰓病(ACGD)	4													4
	混合感染症(ACGD・冷水病)	2									1				3
	細菌性冷水病	1											2		3
	ビブリオ病													1	1
	運動性エロモナス症					1									1
	不明			1	1	1	2							4	9
	冷水+E.ict検査(陰性)												2		2
	冷水病保菌検査(陰性)		1	1									1		3
アユ小計		7	1	2	2	1	2	0	0	1	3	6	1	26	
アマゴ・ヤマメ															
	混合感染症(IHN・冷水病)									1					1
	細菌性鰓病													1	1
	細菌性冷水病										1	1			2
	テトラオックス症					1									1
	不明		1												1
	IPNV+IHNV保菌検査												2		2
	健康診断			1											1
アマゴ・ヤマメ小計		0	1	1	1	0	0	0	1	1	3	0	1	9	
ウナギ															
	パラコロ病	2		1					1						4
	シュードダクチロギルス症											1			1
	カラムナリス病	1													1
	不明	1													1
ウナギ小計		4	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	7	
スッポン															
	エドワジエラ症			2											2
	不明						1								1
スッポン小計		0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
コイ															
	KHV保菌検査								1						1
	外部機関検査のための現地確認		1							1					2
コイ小計		0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	
合計		11	3	6	3	2	2	2	2	2	7	6	2	48	



## 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

吉岡宗祐

#### 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。

本事業では、放流前のクルマエビ種苗について検査を行った。

#### 事業の結果

生産中の2ロットについて検査を行った。1ロット目は生産中に死亡が確認されたため4検体について検査を実施し、4検体すべてにおいてWSSVの遺伝子が検出された。2ロット目は不調の確認はされなかったが、1ロット目と同じ受精卵に由来するため4検体について検査を実施し、頭胸部1検体、腹部2検体についてWSSVの遺伝子が検出された(表1)。両ロットとも処分し、原因ウイルスの天然資源への拡散を未然に防いだ。

#### 事業の方法

公益社団法人大分県漁業公社国東事業所が生産したクルマエビ種苗をホワイトスポット病の検査に供した。検査は、原因ウイルス(WSSV)についてリアルタイムPCR法による検出を実施した。なお、3個体をプールし1検体とした。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)に従った<sup>1)</sup>。

#### 今後の問題点

天然親エビが、原因ウイルスを保有していたと考えられた。今後は親エビや受精卵等について、原因ウイルス保有検査を種苗生産前に実施する必要がある。

#### 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.

表1 WSSV 検査結果

ロットNo.	検体採取日	検体数	平均体重(mg)	検査部位	検査日	陽性数
1	2021/7/8	4	7.5	全身	2021/7/8	4
2	2021/7/9	4	9.2	頭胸部	2022/7/9	1
				腹部		2

## 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・山国川における遡上アユの産卵時期

西 陽平

#### 事業の目的

大分川、大野川および山国川にはアユの繁殖保護を目的に、保護区域と禁止期間が設定されている。そこで、2021年春に遡上したアユの産卵時期を推定し、禁止期間の妥当性を検証した。

#### 事業の方法

遡上アユは、2021年3月9日～5月10日にかけて、網目が26節および30節の投網を用いて採捕した。採捕は、大分川は図1に示す府内大橋から下流200mにある古国府取水堰の下流で、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、山国川は図3に示す中津市下宮永の堰直下で行った。

遡上時期（3/18～5/10）に採捕したアユから耳石を摘出し、Tsukamoto and Kajihara<sup>1)</sup>に準じて、耳石に形成された日周輪を顕微鏡で計数、その数を日齢とし、採捕日から逆算して各個体のふ化日を推定した。さらに、ふ化日からふ化日数を逆算して各個体の産卵日を推定した。なお、ふ化日数は、積算水温との関係式（ふ化日数＝102.8623/水温 1.4068）<sup>2)</sup>を用いて推定した。水温は、調査場所付近に設置した水温データロガー（onset社製 TidviTv2）から得た。なお、大野川のデータロガーは干出により、2020年10月2日～12月31日までの水温データが取得できなかったため、大分川の水温を使用してふ化日数を推定した。また、山国川の水温は2019年3月～2021年3月までの間にデータロガーを設置していなかったため、水温データが取得できなかった。そのため、今回は2021年10～12月の山国川の水温から、2020年10～12月の山国川の水温を推定し、ふ化日数を求める積算水温の関係式に使用した。



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



図3 山国川における遡上アユの採捕場所

### 事業の結果

2021年遡上アユの採捕結果を表1に示した。調査期間中に合計371尾を採捕した。採捕したアユの内、大分川で79尾、大野川で178尾、山国川で32尾、合計289尾から耳石を摘出した。なお、耳石が損傷した個体があり、日齢を計数できた個体は大分川で64尾、大野川で152尾、山国川で32尾、合計248尾であった。

表1 2021年遡上アユの採捕結果

河川名	採捕月日	調査時刻 (開始時)	水温 (°C)	投網の 投数	採捕尾数	平均全長 (mm)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)
大分川	3月9日	12:30	12.6	5	0			
	3月18日	14:22	15.7	7	4	73.4	64.2	2.6
	3月25日	15:00	14.9	8	41	79.1	67.9	3.1
	◆4月6日	15:11	17.5	4	◆58	79.2	67.6	3.2
	4月20日	15:00	18.2	3	1	82.0	72.4	3.4
	4月27日	15:00	20.0	4	6	74.2	63.2	3.1
	5月6日	15:10	20.9	4	8	71.7	61.2	2.2
合計					129			
大野川	3月9日	10:30	12.8	17	21	79.3	68.4	2.9
	3月18日	11:20	15.5	7	40	79.9	68.7	3.2
	◆3月25日	12:00	16.6	3	◆37	76.4	65.7	2.7
	4月6日	11:06	15.7	16	20	84.3	71.8	5.2
	4月20日	11:00	17.6	7	33	78.4	66.5	4.5
	4月27日	10:48	18.8	7	30	63.9	54.2	1.9
	5月6日	10:48	18.8	6	14	70.2	60.0	3.1
合計					195			
山国川	3月10日	10:30	11.4	7	5	80.4	69.4	3.1
	3月17日	10:49	12.9	7	6	79.3	68.7	2.8
	◆3月24日	10:04	14.0	6	◆21	76.1	66.0	2.7
	4月7日	10:00	16.8	6	6	70.7	60.5	2.0
	4月19日	10:00	16.9	7	2	73.3	62.9	2.2
	5月10日	10:30	19.8	4	7	63.0	53.8	1.4
合計					47			

◆:遡上盛期を表す

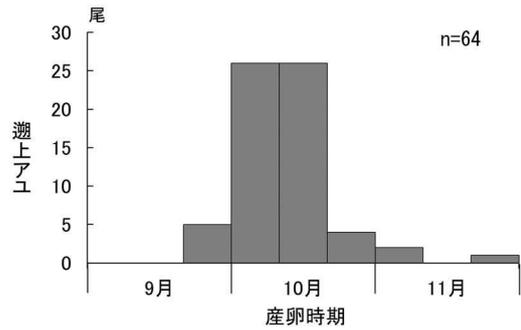


図5 大分川に遡上したアユの推定産卵時期

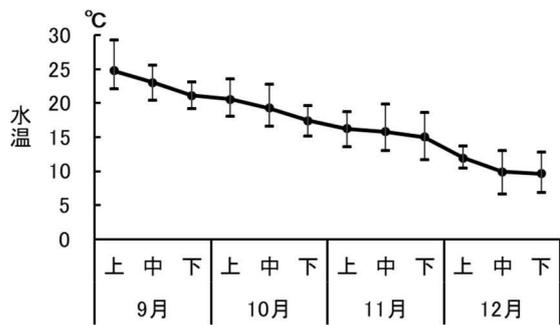


図6 大分川の府内大橋付近における2020年9~12月の旬平均水温

#### 1. 大分川

大分川に遡上したアユの推定ふ化時期を図4に示した。大分川のふ化時期は10月上旬~11月下旬、ふ化盛期は10月下旬であった。

大分川に遡上したアユの推定産卵時期を図5に示した。産卵時期は9月下旬~11月下旬、産卵盛期は10月上旬~中旬であった。つまり、遡上アユ64尾中63尾が禁止期間内(9月20日~11月20日)に産卵されたものであると推定された。

なお、2020年9~12月の大分川における旬別平均水温を図6に示した。大分川の旬平均水温は24.7~9.6°Cで推移し、期間の平均水温は17.1°Cであった。

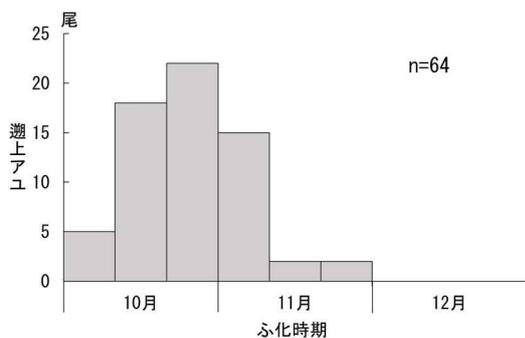


図4 大分川に遡上したアユの推定ふ化時期

#### 2. 大野川

大野川に遡上したアユの推定ふ化時期を図7に示した。大野川のふ化時期は10月上旬~12月下旬、ふ化盛期は11月上旬であった。

大野川に遡上したアユの推定産卵時期を図8に示した。産卵時期は9月下旬~12月上旬、産卵盛期は10月中旬であった。つまり、遡上アユの152尾中118尾が禁止期間内(9月1日~10月31日)に産卵されたものであると推定された。

なお、2020年9~12月の大野川における旬別平均水温を図9に示した。大野川の旬平均水温は24.2~20.1°Cで推移し、期間の平均水温は21.8°Cであった。

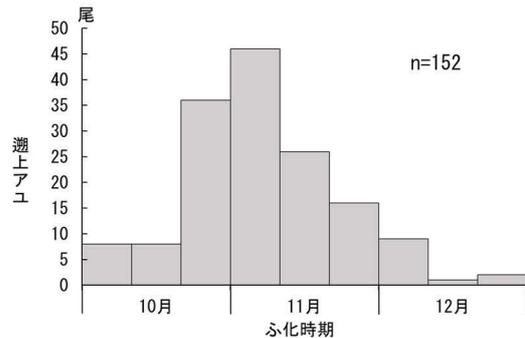


図7 大野川に遡上したアユの推定ふ化時期

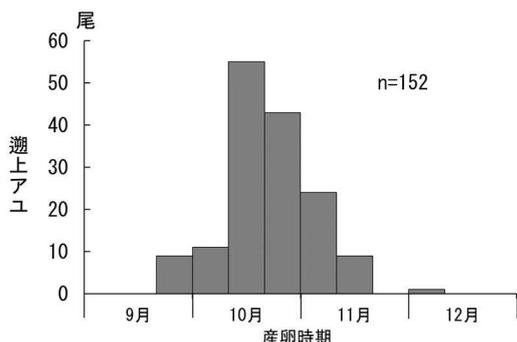


図8 大野川に遡上したアユの推定産卵時期

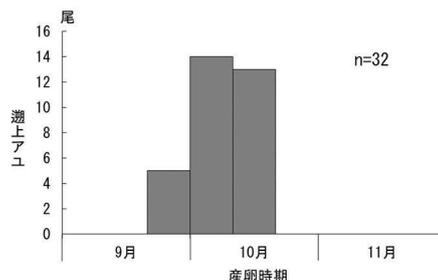


図11 山国川に遡上したアユの推定産卵時期

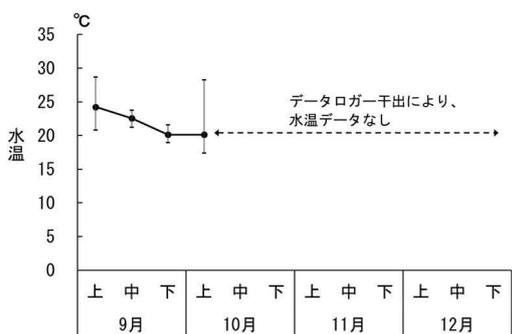


図9 大野川犬飼久原付近における2020年9月～12月の旬平均水温

### 3. 山国川

山国川に遡上したアユの推定ふ化時期を図10に示した。ふ化時期は10月上旬～11月上旬、ふ化盛期は10月下旬であった。

山国川に遡上したアユの推定産卵時期を図11に示した。産卵時期は9月下旬～10月中旬、産卵盛期は10月上旬であった。つまり遡上アユの32尾中32尾が禁止期間内（9月10日～11月10日）に産卵されたものと推定された。

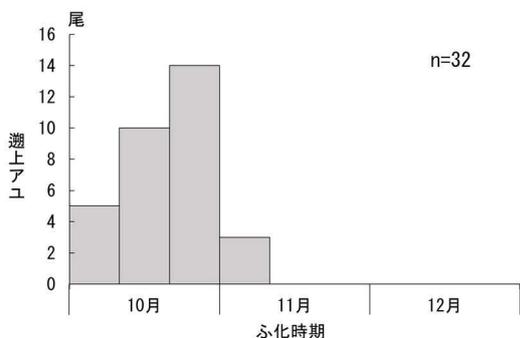


図10 山国川に遡上したアユの推定ふ化時期

### 今後の問題点

1999年以降、大分川に遡上したアユのふ化盛期は、10月から11月へと遅れる傾向が確認されている<sup>3)</sup>。

2020年に遡上した大分川のアユのふ化時期は9月下旬～11月下旬、ふ化盛期は11月中旬であった。また、産卵時期は9月中旬～11月上旬、産卵盛期は10月下旬であった<sup>4)</sup>。今回調査した2021年に遡上したアユと比較すると、ふ化開始時期は遅くなっていたが、ふ化盛期は早まっていた。また、産卵開始時期は遅くなっていたが、産卵盛期は早まっていた。

2020年に遡上した大野川のアユのふ化時期は11月上旬～11月下旬、ふ化盛期は11月下旬であった。また、産卵時期は10月中旬～11月上旬、産卵盛期は10月下旬であった<sup>4)</sup>。今回調査した2021年に遡上したアユと比較すると、ふ化開始時期とふ化盛期並びに産卵開始時期と産卵盛期は早まっていた。

今後も本調査を継続し、データを蓄積すると共に、産卵時期と禁止期間にずれがないか注視していきたい。

### 文献

- 1) Tsukamoto K, Kajihara T. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi 1987; 53: 1985-1997.
- 2) 伊藤隆、岩井寿夫、古市達也、堀木信男. アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXI. アユの人工受精卵のふ化に対する水温の影響. 「アユの人工養殖研究」, 三重県立大学水産学部淡水増殖学研究室, 1971; 57-98.
- 3) 朝井隆元. 大分県内のアユの遡上動向とふ化時期. アクアニュース 40. 大分県農林水産研究指導センター水産研究部 2015; 8-9.
- 4) 西陽平. 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-1. 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; 178-180.

## 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査－3

### 主要河川の水温モニタリング調査

(漁場環境保全推進事業)

西 陽平

#### 事業の目的

アユ等の水産資源の生息状況や繁殖時期の推定には、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、2021年4月1日～2022年3月31日までの水温を毎時記録して収集した。データロガーは、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、大山川は図4に示す日田市高瀬のしずみ橋直下に設置した。

取得したデータから、大分川、大野川、山国川および大山川の最高水温と最低水温を求めた。また、大分川と大野川の最高水温、最低水温を2020年度の調査結果<sup>1)</sup>と比較した。



図1 大分川の水データロガー設置場所



図2 大野川の水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 大山川のデータロガー設置場所

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2021年7月30日16時の30.1℃、最低水温は2022年2月21日8時の6.3℃であった。大野川の最高水温は2021年8月1日5時の28.1℃、最低水温は2021年12月28日9時の6.2℃であった。山国川の最高水温は2021年8月31日16時の31.1℃、最低水温は2022年2月17日20時の4.3℃であった。大山川の最高水温は2021年8月30日18時の24.3℃、最低水温は2022年2月21日8時の6.6℃であった。

2020年度の大分川の最高水温は2020年8月17日17時の30.5℃、最低水温は2021年1月7日23時の5.0℃であり<sup>1)</sup>、2021年度と比較して最高水温は0.4℃低く、最低水温は1.3℃高かった。

2020年度の大野川の最高水温は2020年8月17日20時の29.1℃、最低水温は2020年4月14日8時の12.1℃であり<sup>1)</sup>、2021年度と比較して最高水温は1.0℃低く、最低水温は5.9℃低かった。

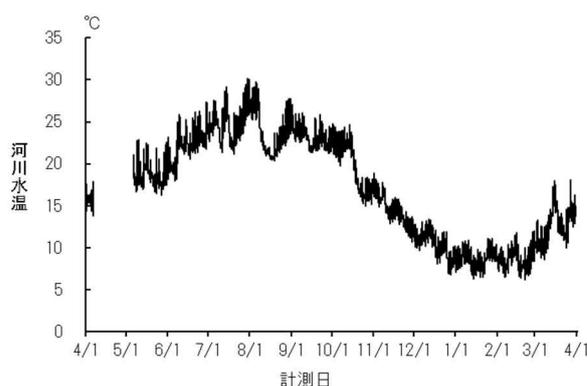


図5 大分川における2021年4月1日～2022年3月31日の水温変化

### 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、2021年4月6日16時～5月6日16時までの大分川の水温は、データロガーの故障によりデータを取得できなかった。また、4月1日～27日13時までの大野川の水温は、データロガーの干出によりデータを取得できなかった。さらに、2021年5月10日12時～8月30日12時までの山国川の水温は、データロガーが流失によりデータを取得できなかった。また、3月8日～18日の間は、データロガーの干出により水温データが正確に取れなかった。最後に、大山川は2019年5月にデータロガーが流失し、データロガーの設置が8月30日17時に行ったため、4月1日～8月30日16時までデータを取得できなかった。したがって、それぞれの河川で、取得できた期間の水温データについて述べる。

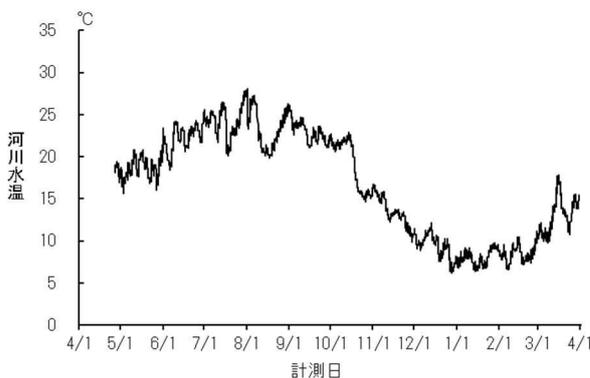


図6 大野川における2021年4月27日～2022年3月31日の水温変化

## 今後の問題点

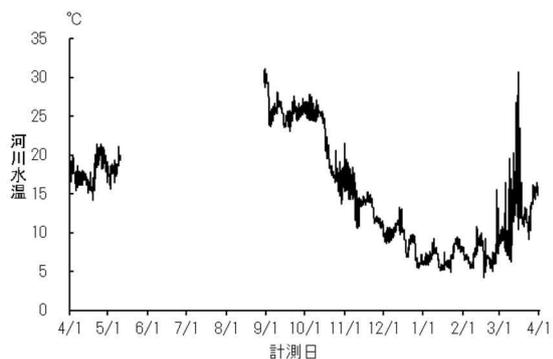


図7 山国川における2021年4月1日～  
2022年3月31日の水温変化

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、今年度は多くの河川で水温データに欠測が生じた。欠測が生じた原因として、自動で水温データが測定できることに甘んじたことや、データロガーの定期的な管理を怠ったことが考えられる。今後、水温データを欠測なく取得するために、データロガーの固定器具をワイヤーから金属チェーンに変更し、データロガーの周囲をペットボトルで包むことで、データロガーの流失や故障のリスクを下げる。また、大雨が予想される前にデータロガーを回収する等の対策を図りたい。

## 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-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 ; 181-182.

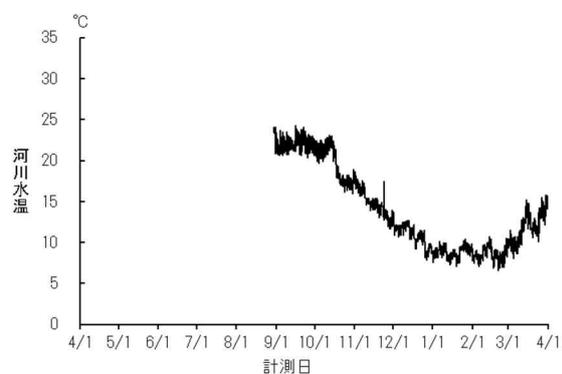


図8 大山川における2021年8月30日～  
2022年3月31日の水温変化

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	日時	水温
大分川	2021年7月30日 16時	30.1℃	2022年 2月21日 8時	6.3℃
大野川	2021年8月 1日 5時	28.1℃	2021年12月28日 9時	6.2℃
山国川	2021年8月31日 16時	31.1℃	2022年 2月17日 20時	4.3℃
大山川	2021年8月30日 18時	24.3℃	2022年 2月21日 8時	6.6℃

# 放流魚等食害対策事業－1

## 遮光カゴ網を用いた外来魚駆除方法の検討

西 陽平

### 事業の目的

オオクチバスやブルーギル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。

ドーム型のカゴ網（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カゴ網は餌を入れなくてもブルーギル等の外来魚を効率的に捕獲できることが知られている<sup>1)</sup>。そこで、遮光カゴ網を用いて、外来魚の駆除効果を調査した。

### 事業の方法

2021年7月16～20日に大野川漁協が大野川水系の師田原ダム湖（図1）で遮光カゴ網を使用した外来魚駆除を実施した。

遮光カゴ網の設置場所を図2に示した。また、駆除試験に用いた遮光カゴ網の概要を図3に示した。カゴ網の目合は1.7 cm×1.7 cm、カゴ網の誘導口は1か所である。遮光カゴ網は、7月16日午後に設置し、7月20日に取り上げた。カゴ網を設置した3地点の水深は70～100 cmであった。捕獲した全ての外来魚は、氷蔵して研究室に持ち帰り、全長、体長および体重を測定した。



図1 師田原ダムの位置



図2 師田原ダム湖の遮光カゴ網調査場所

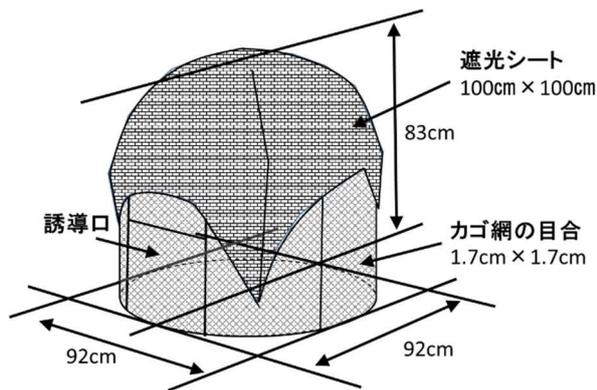


図3 遮光カゴ網の概要

## 事業の結果

師田原ダム湖で捕獲した外来魚の個体数、合計重量および平均体長を表1に示した。捕獲した外来魚はブルーギルだけで、44尾を捕獲した。なお、オオクチバスは捕獲できなかった。

師田原ダム湖で捕獲したブルーギルの体長組成を図4に示した。体長は4.2~9.6cmであった。これらのことから、目合1.7cm x 1.7cmの遮光カゴ網は体長10cm程度の比較的小型の外来魚を捕獲するには適していると考えられた。

表1 師田原ダム湖で捕獲した外来魚の  
個体数、合計重量

地点	捕獲尾数		合計重量 (g)	平均体長 (mm)
	ブルーギル	オオクチバス		
1	20	0	168	61.3
2	7	0	33	53.3
3	17	0	58	49.6
計	44	0	258	54.7

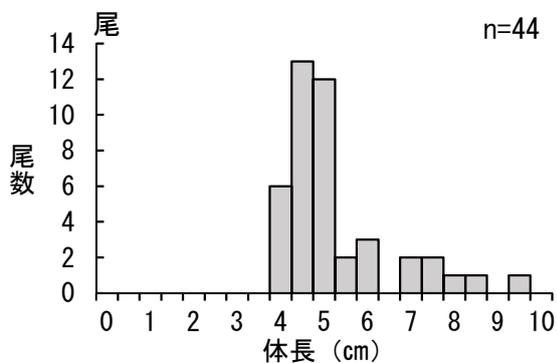


図4 師田原ダム湖で捕獲したブルーギルの  
体長組成

## 今後の問題点

2020年9月15~18日に駅館川水系の香下ダム湖では、目合0.9cm x 0.9cmの遮光カゴ網を用いて、体長4.6~11.0cmのブルーギルを合計218尾捕獲した<sup>2)</sup>。今回も目合1.7cm x 1.7cmの遮光カゴ網を用いて、体長4.2~9.6cmのブルーギルを捕獲することができた。遮光カゴ網によって、体長4~11cm程度のブルーギルを捕獲できることが判明した。

しかし、今回使用した遮光カゴ網を取り上げる時に、体長4cmより小さい多くの個体が遮光カゴ網の網目をすり抜けたことを確認した。

今後は遮光カゴ網の網を2重網にするなど、カゴ網に入網した外来魚が容易に出られない方法を模索し、体長3cm以下の個体、稚魚を簡易かつ安価で捕獲できる方法を開発する必要がある。

## 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 ; 183-184

## 放流魚等食害対策事業－２

### カワウの生息状況の把握

西 陽平

#### 事業の目的

カワウは、かつて全国の内湾や河川などに生息していたが、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。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。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などが考えられている<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、悪臭など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、今年度はカワウの生息状況を把握した。

#### 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、2011～2021年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。

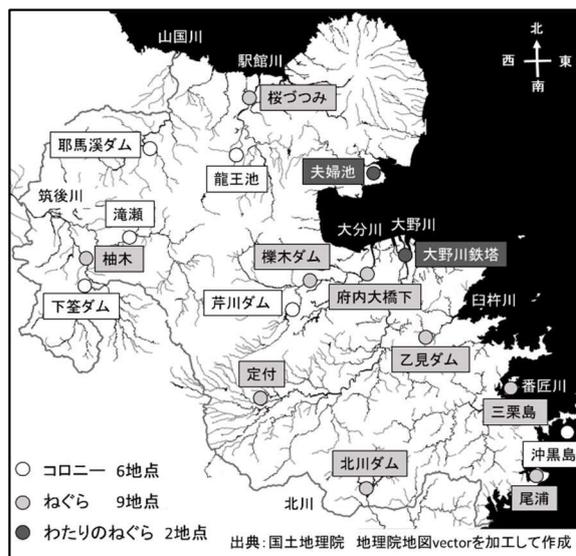


図1 大分県内で確認されたカワウのねぐら・コロニーの位置

#### 事業の結果

##### カワウの個体数調査

2011～2021年における第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。2021年の生息個体数は221羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向は2015年度以降減少傾向で、2020年は増加したが、2021年は2019年と同レベルの生息数であった。

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。2021年の生息個体数は73羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向は2016年以降減少傾向にある。

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。2021年の生息個体数は411羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向は2017年以降低位で推移し、2021年は2020年に比べやや増加した。

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。2021年の生息個

294羽、生息水準は低位であった。また、個体数の動向は2015年以降中位で推移していたが、2020年に大きく減少し、2021年は2020年と同レベルで推移した。

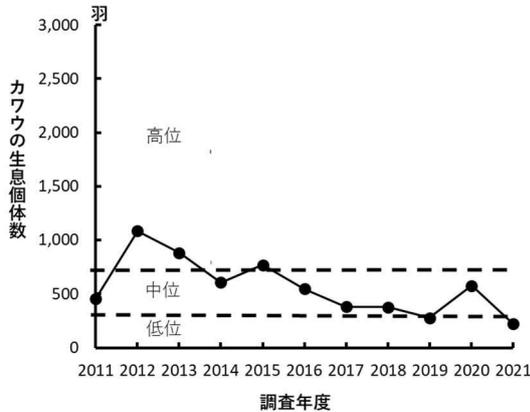


図2 第1四半期（4～6月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

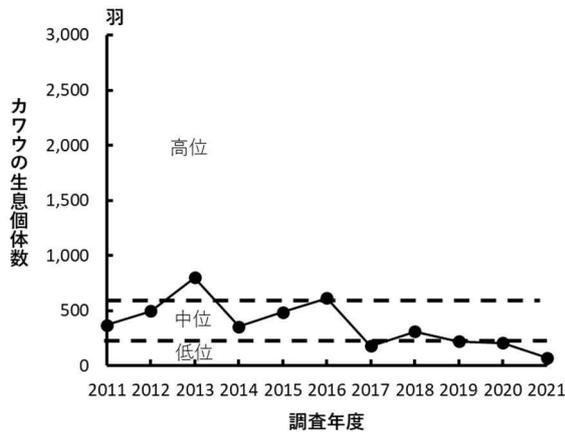


図3 第2四半期（7～9月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

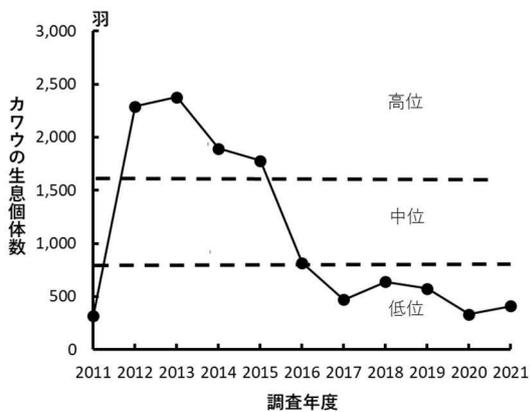


図4 第3四半期（10～12月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

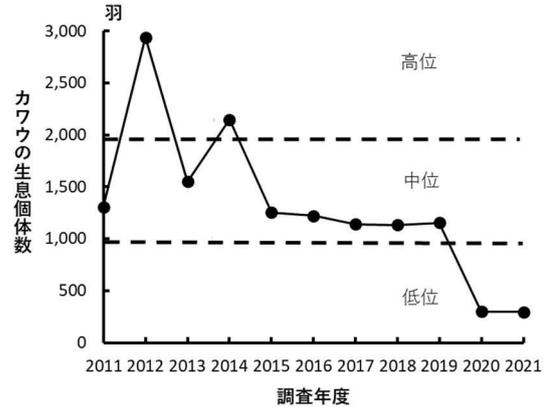


図5 第4四半期（1～3月）におけるカワウの生息個体数（羽）の経年変化

今後の問題点

2021年度調査では第1（4～6月）、第2（7～9月）、第4（1～3月）四半期におけるカワウ生息個体数は減少傾向であった。特に第2四半期（7～9月）におけるカワウの生息個体数は大幅に減少した。しかし、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.

# 主要河川におけるアユ資源の有効利用手法の開発

## 山国川におけるアユ資源維持増大策の検討

西 陽平

### 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が減少し、地域経済にも悪影響を及ぼしている。これらのことから、アユの生息環境の把握や効果的な増殖手法を検討し、アユ資源の有効利用手法の開発が強く求められている。そこで、主要河川におけるアユ資源の効果的な利用・増殖手法を検討し、内水面漁協に資源の有効利用手法を提言した。

本年度は山国川水系において、漁獲アユのふ化時期から推定した産卵時期、主な産卵場の位置および漁獲アユにおける放流魚の占める割合等を調査し、アユ資源維持増大策を山国川漁協に提言した。

### 事業の方法

#### 1. アユの産卵時期の推定

山国川水系のアユのふ化時期や産卵時期を推定するために、2021年6～10月にかけて山国川本流または支流である津民川で釣り、刺網およびちょん掛け漁で漁獲されたアユ173尾を標本として用いた。

標本から耳石を摘出し、Tsukamoto and Kajihara<sup>1)</sup>に準じて、耳石に形成された日周輪を顕微鏡で計数、その数を日齢とし、漁獲日から逆算して各個体のふ化日を推定した。さらに、ふ化日からふ化日数を逆算して各個体の産卵日を推定した。なお、ふ化日数は積算水温との関係式(ふ化日数 $=10^{2.8623/\text{水温} - 1.4068}$ )<sup>2)</sup>を用いて推定した。水温は中津市下宮永の堰直下に水温データロガー(onset社製TidviTv2)を設置し、データを得た。

#### 2. アユの産卵状況の把握

山国川水系の主な産卵場の位置および推定産着卵数を調べた。

調査は2021年10月20～28日の期間に5日間実

施した。産卵場の探索場所は、山国川本流にかかる新山国川大橋上流端から上流1.5km地点～平成大堰から下流450mまでの範囲5kmと、耶馬溪ダム湖に流入する山移川にかかる竹ノ弦橋下流端から下流150～800mまでの範囲650mの2つのエリアで行った。産着卵の確認は、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、ハンディーGPSを用いて算定した。

産卵場の推定産着卵数は、確認できた範囲から3点をサンプリングし、1m<sup>2</sup>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。

#### 3. 漁獲アユの由来判別

漁獲されたアユにおける放流アユの割合を把握するために、2021年6～10月にかけて山国川本流または支流である津民川で釣り、刺網およびちょん掛け漁で漁獲されたアユ173尾を標本に用いて、天然魚か放流魚かの由来判別を行った。判別方法は、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>3)</sup>に準じて行った。

#### 4. アユ漁場の環境把握

山国川におけるアユ漁場の実態を把握するため、漁場環境調査を2021年7月27日～10月14日にかけて、8漁場で行った。

調査を行った8漁場の位置を図1に示した。

調査項目は川幅、流速、水深、巨石率、浮き石率、ハミアト率とした。

調査区は連続する淵と瀬を1組に設定し、その区域を上流、中流、下流に3分割し、それぞれで調査した。

川幅(m)は、上流、中流、下流の両岸間に調査ラインを設定し、その長さを計測した。また、その平均値を調査区の代表値とした。

流速(cm/s)及び水深(cm)は調査ラインを3分割し、左岸側、中央、右岸側で各1地点、計3地点で計測を行った。

巨石率（長径 25cm 以上の石）及び浮き石率（他の石に載って動かせる石）は上流、中流、下流それぞれで、両岸間の調査ライン上で、最も流速の速い点を中心に 15 cm 間隔で 25 地点を目視により調査し、各地点における巨石および浮き石の占める比率を調べた。

ハマアト率（アユがコケを食べた跡）も巨石率と同様に、上流、中流、下流それぞれで、両岸間の調査ライン上で、最も流速の速い点で目視により調査し、90cm×90cm の枠内にハマアトが占める面積の割合を調べた。

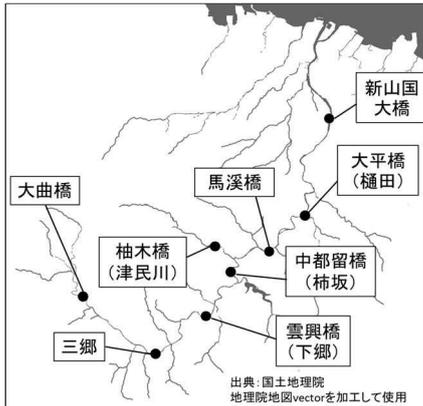


図 1 アユ漁場の環境調査場所 (●)

### 事業の結果

#### 1. アユの産卵時期の推定

漁獲アユの耳石に形成された日周輪から推定したふ化時期を図 2 に示した。なお、標本数 173 尾のうち、耳石が破損・紛失した 18 尾は除いた。ふ化時期は 9 月中旬～1 月上旬、ふ化盛期は 11 月上旬～11 月下旬であった。

漁獲アユのふ化時期から推定した産卵時期を図 3 に示した。産卵時期は 9 月上旬～12 月上旬、産卵盛期は 10 月中旬～11 月上旬であった。

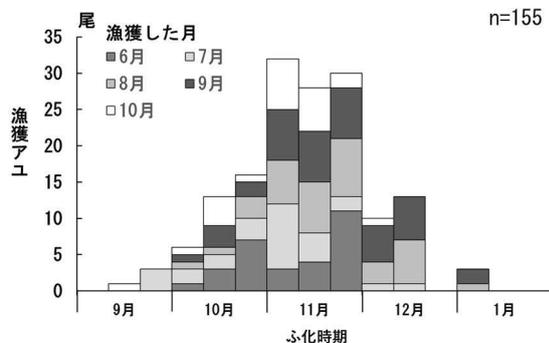


図 2 漁獲アユの耳石に形成された日周輪から推定したふ化時期

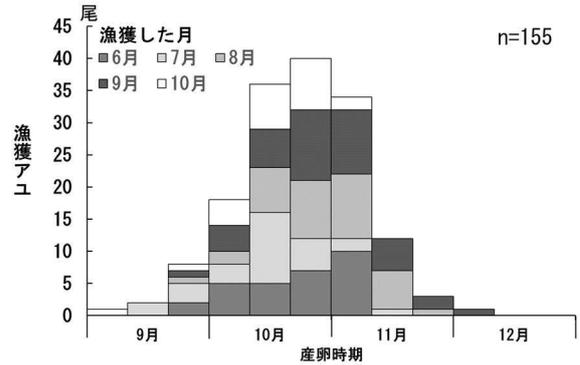


図 3 漁獲アユのふ化時期から推定した産卵時期

#### 2. アユの産卵状況の把握

産着卵が確認できた位置を図 4、5 に示した。山国川本流では、恒久橋下流端から下流 40～80m の間 (35.2m<sup>2</sup>)、恒久橋上流端から上流 100～130m (8.7m<sup>2</sup>) で産着卵が確認できた。山移川では竹ノ弦橋下流端から下流 700～800m の間 (108.4m<sup>2</sup>) と竹ノ弦橋下流端から下流 280m 地点 (25 m<sup>2</sup>) で産着卵が確認できた。

確認できた産卵場での推定産着卵数を図 6 に示した。恒久橋下流端から下流 40～80m の間の推定産着卵数は、10 月 21 日に 56.3 万粒であった。恒久橋上流端から上流 100～130m の間では、10 月 21 日に 1.3 万粒、10 月 27 日に 2.3 万粒であった。竹ノ弦橋下流端から下流 700～800m の間では 10 月 22 日に 384.7 万粒、10 月 27 日に 390.1 万粒であった。また、竹ノ弦橋下流端から下流 280m 地点で、10 月 27 日に 7,500 粒確認できた。

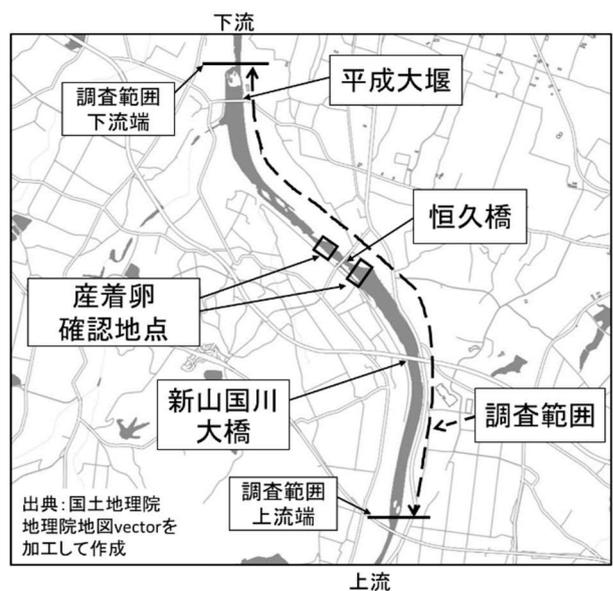


図 4 恒久橋周辺で確認できたアユの産卵場

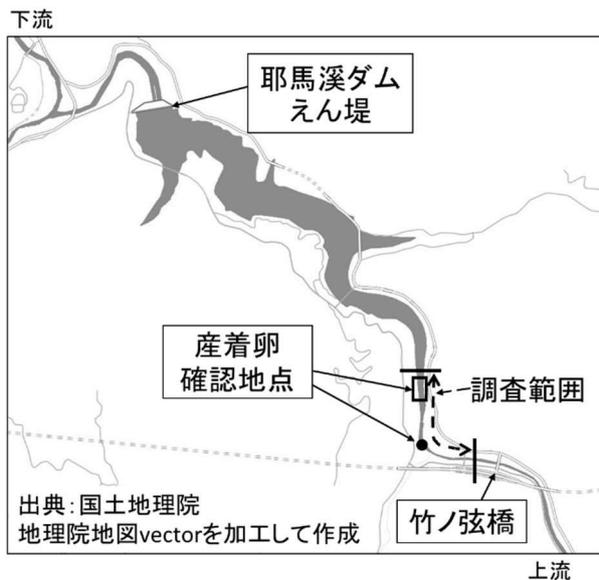


図5 耶馬溪ダム上流で確認できたアユの産卵場

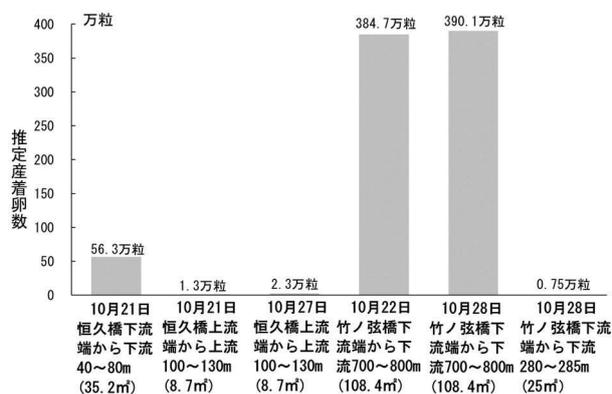


図6 各産卵場での推定産着卵数

### 3. 漁獲アユの由来判別

山国川漁協が3月30日、4月13日と4月23日に放流した人工種苗の側線上方横列鱗数を図7に示した。放流されたアユの側線上方横列鱗数は12~17枚であったので、16枚以下を放流魚、17枚以上を天然魚とした。

標本購入したアユの漁獲地点を図8に示した。また、計測したアユの側線上方横列鱗数を図9に示した。漁獲アユの鱗数の範囲は11~20枚で、16枚以下の放流アユは103尾、17枚以上の天然アユは70尾であった。

漁獲地点毎の放流アユの採捕割合を図10に示した。漁獲アユに占める放流アユの割合は、津民川、山国地区、平田地区、下郷地区の順に高かった。

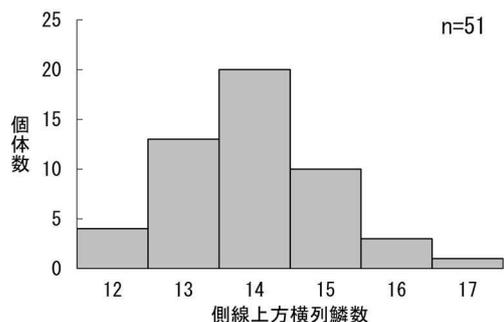


図7 山国川で放流された人工種苗アユの側線上方横列鱗数

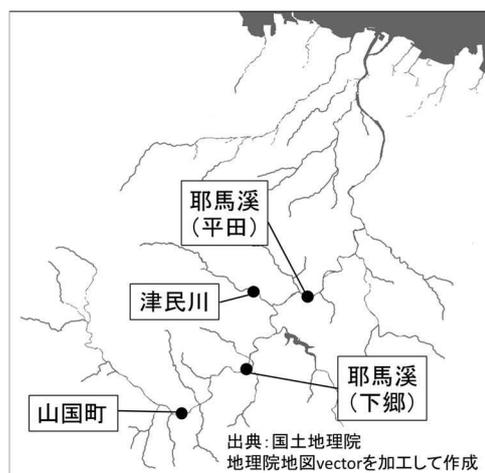


図8 標本購入したアユの漁獲地点 (●)

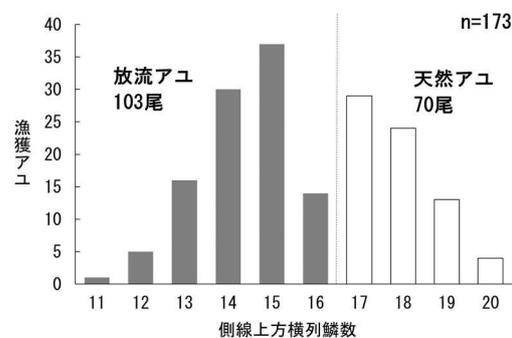


図9 山国川で漁獲されたアユの側線上方横列鱗数

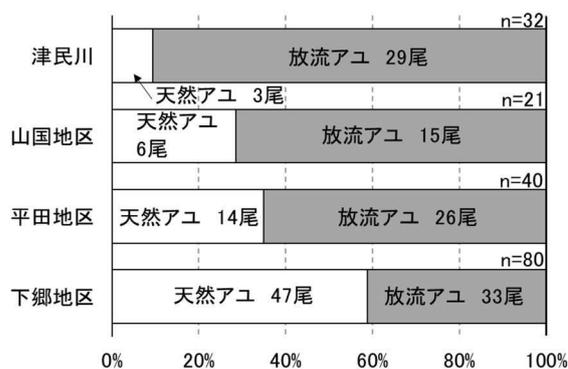


図10 山国川における地区別放流アユの割合

4. アユ漁場の環境把握

調査を行った 8 漁場の水温、透明度を表 2 に、山国川水系におけるアユ漁場別の川幅、流速、水深、巨石率、浮き石率、ハミアト率を表 3 に示した。川幅は範囲が 14.7~55.3m、流速は範囲が 14.7~51.2cm/s、水深は範囲が 40.6~78.2 cm、巨石率は範囲が 28.0~52.0%、浮き石率は範囲が 28.0~56.0%、ハミアトは範囲が 0.0~6.0%であった。なお、中津留橋、雲興橋、馬溪橋、大平橋では測定機器が故障したため、流速データの欠測が生じた。

調査を行った 8 漁場の上流、中流、下流の巨石率、浮き石率、ハミアト率を図 11~13 に示した。巨石率は範囲が 16~72%、浮き石率は範囲が 16~88%、ハミアト率は範囲が 0~9.5%であった。

表 2 アユ漁場環境調査日における  
漁場別水温・透明度

調査日	調査漁場	時間	水温(°C)	透明度(cm)
7月27日	新山国大橋	12:00	29.5	1.68
7月29日	柚木橋	10:00	25.6	5.03
8月 4日	大曲橋	11:00	22.4	5.83
10月 6日	三郷	11:00	20.7	2.55
10月13日	中津留橋	10:15	23.8	3.60
10月13日	雲興橋	11:50	24.0	3.49
10月14日	馬溪橋	10:30	23.7	4.07
10月14日	大平橋	11:30	24.7	1.95

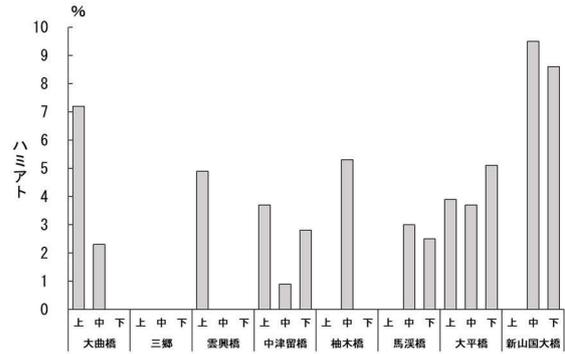


図 13 全調査地点のハミアト率

今後の課題

2019~2021 年度の 3 年間で大分川<sup>4)</sup>、大野川<sup>5)</sup> および山国川の各河川で調査を行い、アユ資源の有効利用手法について、それぞれの漁協に提言した。各漁協は提言した維持増大策に取り組んでいるが、アユ漁獲量は回復していない。今後は各河川の付着藻類調査、遡上量調査、放流効果調査、外来魚・カワウ等による食害被害軽減対策等に取り組み、内水面漁協が実施する事業をバックアップする必要がある。

文献

- 1) Tsukamoto K, Kajihara T. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi 1987 ; 53: 1985-1997.
- 2) 伊藤隆, 岩井寿夫, 古市達也, 堀木信男. アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXI. アユの人工受精卵のふ化に対する水温の影響. 「アユの人工養殖研究」三重県立大学水産学部淡水増殖学研究室, 1971 ; 57-98.
- 3) 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.
- 4) 西陽平. 主要河川におけるアユ資源の有効利用手法の開発. 平成 31 (令和元) 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 2020 ; 243-246.
- 5) 西陽平. 主要河川におけるアユ資源の有効利用手法の開発. 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 ; 187-191.

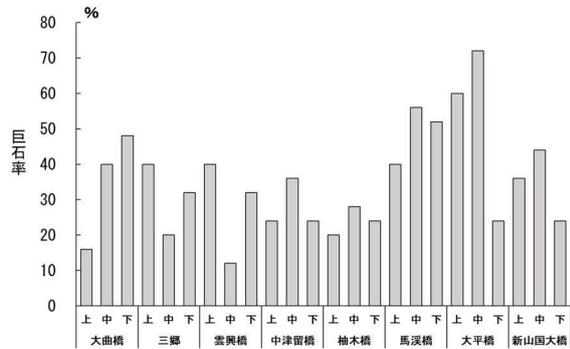


図 11 全調査地点の巨石率

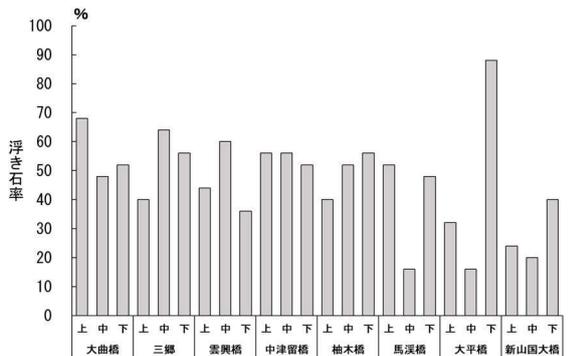


図 12 全調査地点の浮き石率

表3 山国川水系におけるアユ漁場別の川幅、流速、水深、巨石率、浮き石率、ハミアト率

調査日	調査漁場	川幅(m)	流速(cm/s)	水深(cm)	巨石率(%)	浮き石率(%)	ハミアト率(%)
7月27日	新山国大橋	55.3	38.5	78.2	34.7	28.0	6.0
7月29日	柚木橋	19.9	14.7	48.2	24.0	49.3	1.8
8月4日	大曲橋	21.0	51.2	49.0	34.7	56.0	3.2
10月6日	三郷	27.2	17.6	40.9	30.7	53.3	0.0
10月13日	中津留橋	14.7	-	51.6	28.0	54.7	2.5
10月13日	雲興橋	31.5	-	52.9	28.0	46.7	1.6
10月14日	馬溪橋	40.0	-	54.1	49.3	38.7	1.8
10月14日	大平橋	23.8	-	40.6	52.0	45.3	4.2
	平均	29.2	30.5	51.9	35.2	46.5	2.6

# エノハ受精卵のミズカビ防除試験

## 令和3年度予備試験調査

吉岡宗祐

### 事業の目的

本県では多くのエノハ（アマゴ、ヤマメの総称）養殖業者が自家採卵を行っており、受精卵の管理中に発生するミズカビ対策には水産用医薬品を用いている。しかし、その水産用医薬品の入手が不安定な状況にあり、代替手法の開発が喫緊の課題である。そこで、ニジマス受精卵において有効性が示されている黄銅ファイバー（日本スチールウール社製）を用いて<sup>1)2)</sup>、エノハ受精卵での有効性を検討した。また、銅ファイバーは水質によって溶出量が異なる<sup>3)</sup>ことから、黄銅ファイバーでも同様の事象が起こることが考えられる。そこで、県内の養殖場の水質調査も実施した。

### 事業の方法

#### 1. 黄銅ファイバーによるミズカビ防除試験

九重町野上のA養殖場、竹田市直入町のB養殖場、日田市前津江町のC養殖場で試験を行った。試験期間は、A養殖場は2021年10月19日～11月5日まで、B養殖場は2021年10月19日～11月7日まで、C養殖場は2021年10月29日～11月22日までとし、供試卵は各養殖場で採卵、受精、吸水させた受精卵とした。

受精卵をふ化槽に収容し、水産用医薬品パイセス（以下、対照区）及び黄銅ファイバー（以下、黄銅区）を用いて発眼卵まで掛け流しによる卵管理を行った。パイセスは用法用量どおりに使用し、黄銅ファイバーは、野菜ネットに収容した状態でふ化槽の上流にある注水箇所<sup>4)</sup>に浸漬した。なお、黄銅ファイバーの浸漬量は1分間の注水量（L）に対し、A養殖場では10倍重量（g）、B、C養殖場では5倍重量（g）とした。B養殖場では試験開始18日後、C養殖場では12日後に、新たに5倍重量（g）の黄銅ファイバーを追加した。

卵管理中は、試験開始1、7、14、21日後に黄銅区

の飼育水の水温、pH、銅濃度を測定した。銅濃度の測定には、排水箇所から採水した飼育水を用い、大分県衛生環境研究センターに測定を依頼した。

発眼後、手作業での検卵により死卵を取り除き、収容卵数に占める発眼卵数の割合から発眼率（発眼卵数／受精卵数×100）を求めた。また、発眼卵、死卵それぞれ100粒ずつを無作為に抽出して、実体顕微鏡を用いてミズカビ菌糸を観察し、菌糸の付着している卵の割合からミズカビ付着率（ミズカビ付着卵数／観察卵数×100）を求めた。

#### 2. 県内養殖場の水質調査

2021年10月20日～11月29日に、県内10か所の養殖場の用水および当グループのカルキ抜きした水道水を採水し、クーラーボックスに収納して大分県薬剤師検査センターに持ち込み、総アルカリ度、pH、全硬度、銅含有量、亜鉛含有量を測定した。

### 事業の結果

#### 1. 黄銅ファイバーによるミズカビ防除試験

各養殖場の水の種類、注水量、浸漬した黄銅ファイバー量、供試卵数は表1のとおりであった。

卵管理中の水温は、A養殖場、B養殖場では期間中に大きな変化はみられなかったが、C養殖場では、季節の移り変わりに伴い水温低下がみられた。pHはすべての養殖場で大きな変化はなかった（表2）。

銅濃度は、A養殖場では1日後は2.0ppbであった。B養殖場では、1日後は1.5ppb、黄銅ファイバーを追加した後の21日後は2.4ppbであった。C養殖場では、1日後は0.8ppb、黄銅ファイバーを追加した後の14日後は1.0ppbであった。すべての養殖場で、銅濃度は経時的に減少した（図1）。

発眼率は、A養殖場では、対照区88.7%、黄銅区92.3%、B養殖場では、対照区94.4%、黄銅区94.7%、C養殖場では、対照区93.8%、黄銅区70.2%であった。河川水で管理したC養殖場では、黄銅区で発眼

率が低かった（図2）。

ミズカビ付着率は、A 養殖場では、発眼卵の対照区 2.9%、黄銅区 8.3%、死卵の対照区 40.2%、黄銅区 30.4%であった。B 養殖場では、発眼卵の対照区 30.1%、黄銅区 31.0%、死卵の対照区 88.8%、黄銅区 86.9%であった。C 養殖場では、発眼卵の対照区 66.3%、黄銅区 69.3%、死卵は対照区、黄銅区ともに 100%であった。すべての養殖場において、発眼卵、死卵ともに両区に有意差はなかった（図3）。

## 2. 県内養殖場の水質調査

測定結果を表3に記す。今後、各養殖場の卵管理において、黄銅ファイバーを用いる時の参考値となる。

た。期間中、大雨による堆積物の流入が確認され、ミズカビを含む水生菌が多く付着したことにより、受精卵が団子状になったと考えられ、死卵が多かったと推察された。C 養殖場の河川水は銅イオンの溶出量が他の2養殖場と比べて低いこともミズカビの付着が多くみられた要因であると考えられた。C 養殖場では、卵管理に河川水を用いる場合、黄銅ファイバー浸漬量の増を検討する必要がある。

今回試験を行っていない養殖場で、卵管理中に黄銅ファイバーを使用する場合、今回の試験結果をもとに浸漬量を推考することになる。養殖場ごとに、まずは小規模な試験を行い、ミズカビ防御効果を把握すべきであろう。

## 文献

- 1) 三浦正之. 銅ファイバー浸漬によるニジマス卵のミズカビ病の防除. 魚病研究 2005; 40(2): 81-86.
- 2) 小出展久・畑山誠. マス類養殖安定生産技術開発 (2) 養鱒業における黄銅ファイバーの利用. アクアネット 2012; 9: 46-49.
- 3) 山梨県水産技術センター. 銅ファイバーで、水カビ病からニジマスの卵を救え. 銅誌 2009; 168: 4-5.

## 今後の問題点

エノハの卵管理で黄銅ファイバーを用いることでミズカビ付着率は、すべての養殖場において対照区と同等の効果を確認できた。湧水を使用したA養殖場、B養殖場では、発眼率、ミズカビ付着率ともに対照区と同等の結果であった。一方、河川水を使用したC養殖場では、対照区と比較して発眼率が低かつ

表1 各養殖場の試験内容

	水の種類	注水量 (L/分)	浸漬した 黄銅ファイバー量(g)	供試卵数	
				対照区	黄銅区
A養殖場	湧水	23	230	65,800	87,133
B養殖場	湧水	24	120	12,500	12,500
C養殖場	河川水	13	65	6,500	14,100

表2 卵管理中の水温とPH

	項目	1日目	7日目	14日目	21日目
A養殖場	水温(°C)	14.9	15.0	15.0	14.8
	pH	7.7	7.9	7.9	7.9
B養殖場	水温(°C)	14.1	14.2	14.2	14.0
	pH	7.3	7.5	7.4	7.3
C養殖場	水温(°C)	11.2	12.0	10.7	10.5
	pH	7.5	7.6	7.6	7.5

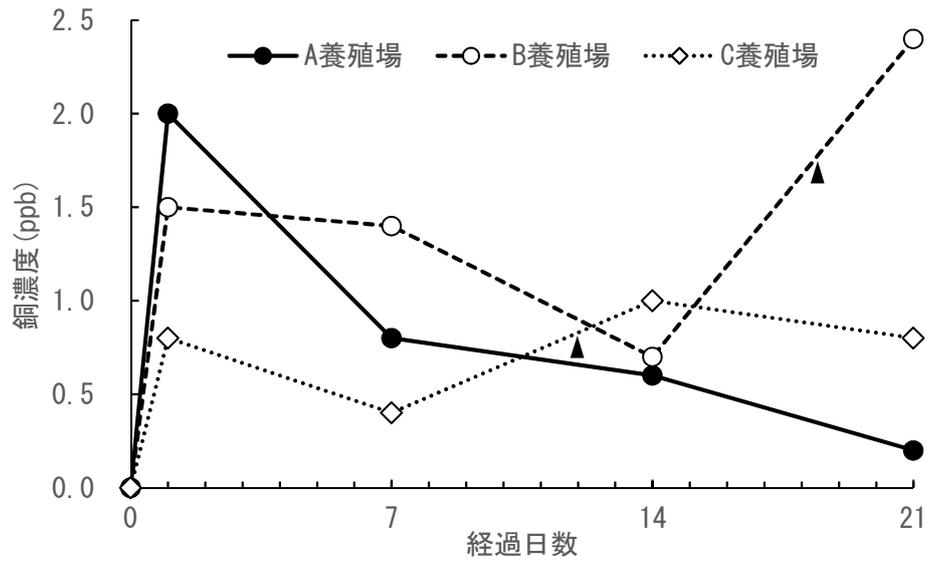


図1 銅濃度の推移

0日目は、0.1未満であった。

▲は黄銅ファイバーを追加したことを表す。

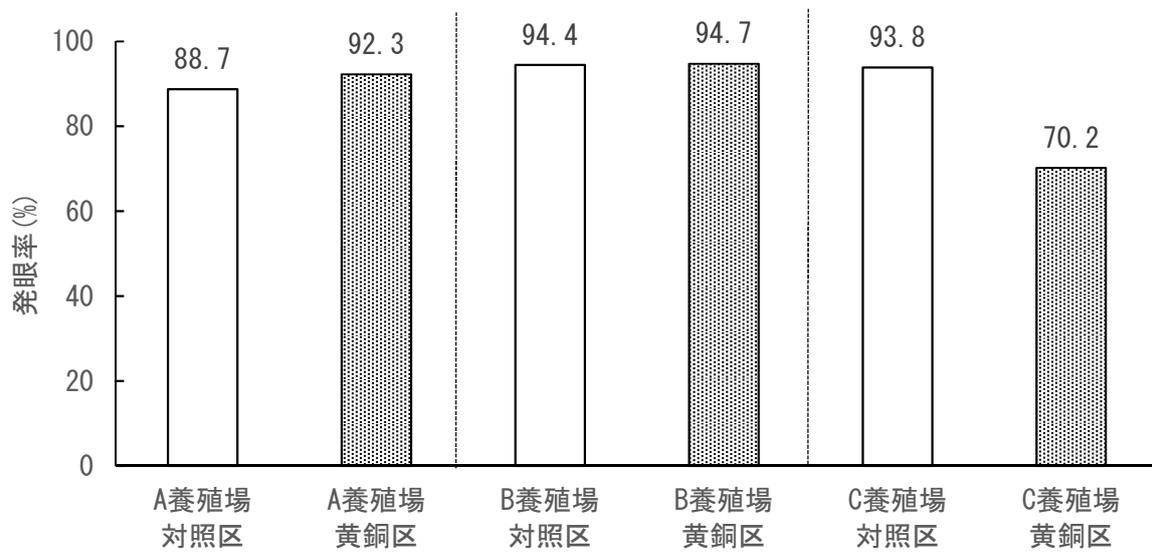


図2 各養殖場の発眼率

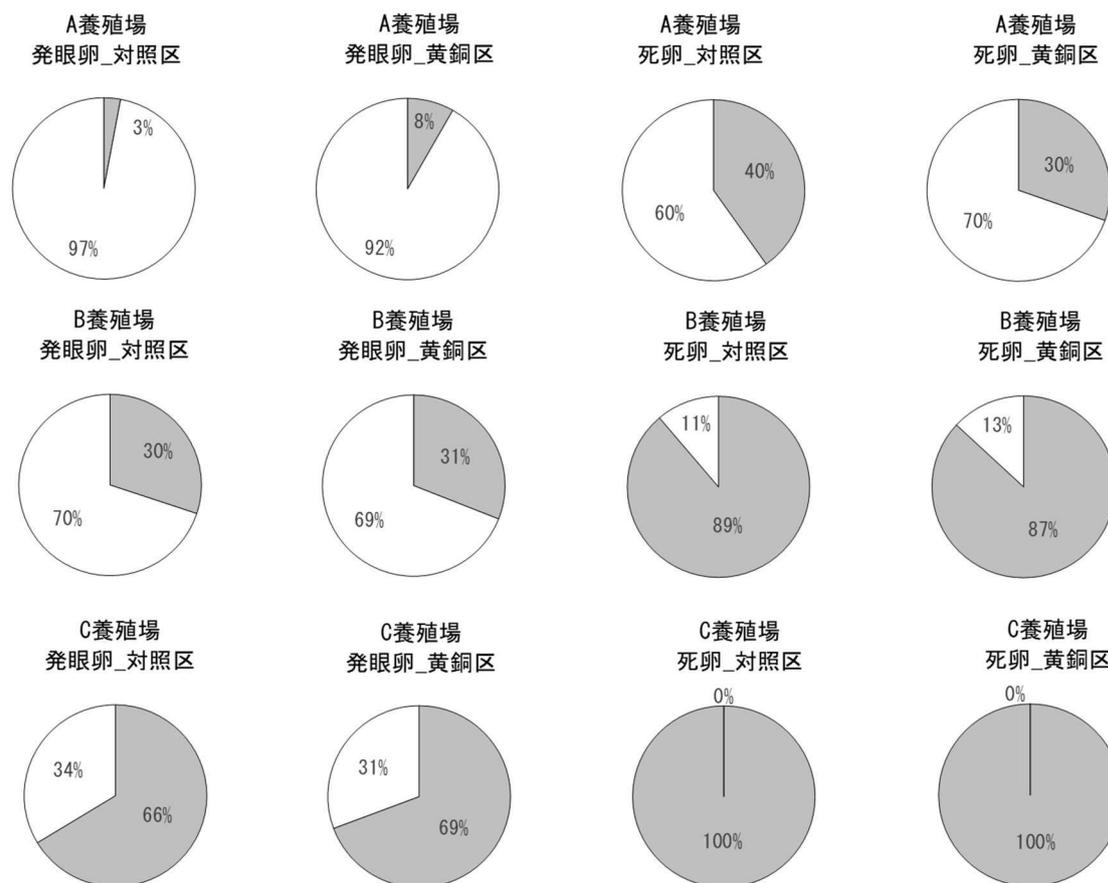


図3 各養殖場のミズカビ付着率  
 □付着なし、■付着あり

表3 県内の養殖場の水質検査結果

採水場所	水の種類	総アルカリ度 (mg/L)	pH	全硬度 (mg/L)	銅 (mg/L)	亜鉛 (mg/L)
A養殖場	湧水	42	7.8	33	<0.02	<0.05
B養殖場		41	7.5	32	<0.02	<0.05
C養殖場		16	7.5	16	<0.02	<0.05
D養殖場		29	7.3	21	<0.02	<0.05
E養殖場		35	7.4	25	<0.02	<0.05
F養殖場		44	7.6	41	<0.02	<0.05
G養殖場		69	6.8	69	<0.02	<0.05
C養殖場	河川水	17	7.6	18	<0.02	<0.05
H養殖場		21	7.6	83	<0.02	<0.05
I養殖場		24	7.5	23	<0.02	<0.05
J養殖場		40	7.8	29	<0.02	<0.05
北部水産グループ	水道水	110	7.7	80	<0.02	<0.05