

## 有用海藻類の増・養殖技術の開発

### ヒジキ人工種苗生産と養殖技術の確立

伊藤龍星・中野奈央・白樫 真<sup>1</sup>

#### 事業の目的

近年、漁船漁業における漁獲量が減少し、漁業者の所得も減少している。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り、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に取り組んだ。

#### 事業の方法

##### 1. 母藻の採取と採卵

2024年5～7月にかけて、図1に示す大分県沿岸域において、ヒジキの成熟時期をみながら県南域から順次母藻を採取した。採取量は1か所1回あたり15Lバケツで2杯程度とした。実験室に持ち帰り、付着動物類除去のため1分間水道水に浸漬したのち、屋外水槽に収容し、直射日光下でろ過海水を掛け流し、通気培養とした。数日～10日間のうちに成熟を確認できたので、200Lアルテミア水槽に移して採卵を行った。1回の採卵には母藻約2.5kgを使用した。

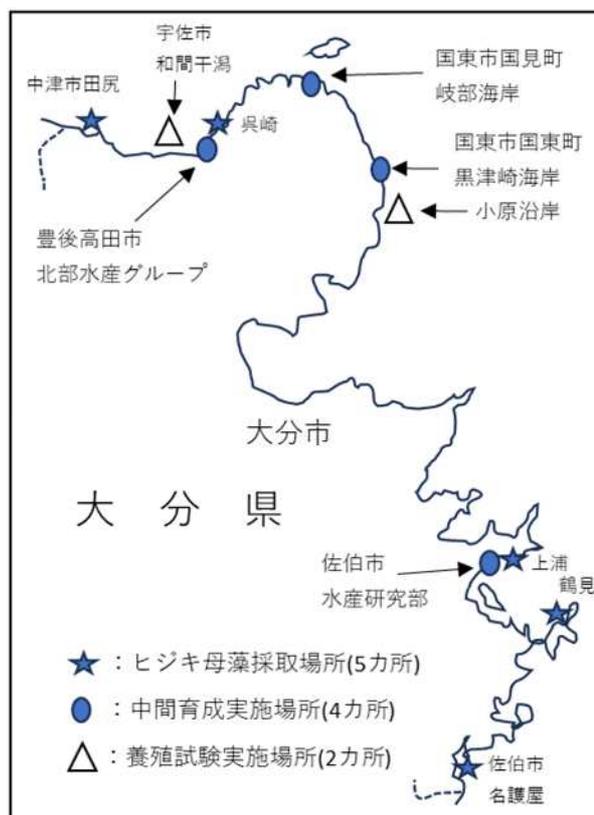


図1 ヒジキの母藻採取場所（5か所）と種苗の中間育成場所（4か所）

##### 2. 卵の適正な散布密度

種苗生産を行うにあたり、ヒジキ卵の適正な散布密度の目安を得るために以下の試験を行った。

###### 1) シャーレへの散布と培養

実験室内で12cmシャーレにヒジキ卵を密度別に散布し、その後の生長を観察した。採卵と散布は6月14日で、測定は10日後の6月24日とした。培養液はPESI液を用い、恒温室で水温23℃、照度5,000～6,000Lux、光周期12L:12Dとした。

<sup>1</sup> 水産研究部

## 2) 建材ブロックへの散布密度から

今年度はのべ12回の採苗を実施し建材ブロックへ卵を散布した(表1)。これらを育苗～中間育成し、養殖用種苗にまで育成できた例がいくつかあったので、そこから適正と思われる散布密度や種苗ブロックの中間育成場所への移動時期等を推定した。

## 3. 育苗中のメジナ幼魚による雑海藻除去

陸上水槽での育苗時には、多くの雑海藻が発生しヒジキの生長を阻害する恐れがある。このため、2週間に1回程度、ろ過海水のホースの水圧で雑海藻を除去したり、野田らの方法<sup>9)</sup>に従い、メジナ幼魚を使用した除去を試みた。メジナ幼魚は当グループ近辺の海域では見当たらないため、佐伯市上浦の水産研究部から6月末に約20尾を搬入し、7月5日から複数のヒジキ育苗水槽に入れてみた。また摂食の様子を時々、タイムラプスカメラ(1分間隔)で撮影した。

## 4. ヒジキ種苗ブロックの生長と現地中間育成場所への移動、養殖用種苗の採取

採苗後は、引き続き1)北部水産グループ内で培養を続ける分と、6月から9月にかけて時期をずらしながら、2)国東市国見町岐部、3)同市国東町黒津崎の2か所の現地海岸潮間帯に移動する分に分けた。両海岸の潮間帯には天然ヒジキが自生している。ブロック移動後は定期的に現地観察を行い、また一部にタイムラプスカメラを設置するなどして、種苗の生長やブロックの状態を調査、管理した。これらのブロックの中には11～12月に養殖用種苗として利用可能なサイズ、繁茂した事例もあったので報告する。

また4)佐伯市上浦の水産研究部においても、2024年5月からヒジキの人工種苗生産～育苗が行われ、11月には養殖種苗として利用可能なサイズに生長した事例があったので概要を記す。

## 5. 種苗の産地と外部形態

一般に佐伯など県南のヒジキの葉は幅広く偏圧し、縁辺には鋸歯が目立つ。対して国東半島など県北のヒジキの葉は細長く円柱状で鋸歯はほとんどない。このように県内でも産地によってヒジキの外部形態は異なる。そこで、県南佐伯市鶴見のヒジキを母藻として採苗したブロックを県北国東市の現地海岸に移動し中間育成したヒジキの外部形態を観察した。

## 6. 付着器(座)の再生による種苗生産

ヒジキ等のホンダワラ類の中には、付着器から新しい個体を再生する栄養繁殖機能がある。またヒジキの付着器は幼胚より高水温・貧栄養に強い<sup>2)</sup>ため、本法は温暖化に適応した種苗生産技術として注目されている<sup>2)</sup>。そこで、付着器(座)からの再生による種苗生産に取り組んだ。付着器は、母藻採取時に数株分を藻体ごと採取して実験室に持ち帰った。

## 7. 現地養殖試験

養殖試験の現地は、1)宇佐市和間干潟域の支柱式ノリ養殖漁場の沖側、2)国東市小原沿岸(水深4～5m)の2か所とした。

### 1) 宇佐市和間

ノリ養殖漁場に以前から建てられている鋼製支柱2本を利用し、12月4日に全浮動方式で、主に付着器の再生で作出された人工種苗を挟み込んだロープ約7m分を張り込みした。種苗は1か所あたり主枝5本前後とし、5cm間隔でロープに挟み込んだ。

### 2) 国東市小原沿岸

12月24日、黒津崎と岐部のブロックから生産された人工種苗、水産研究部の人工種苗、付着器(座)から作出された人工種苗を浮き流し式で張り込んだ。ここはヒジキ養殖現業者の養殖施設である。種苗の挟み込み本数や間隔は上記と同様とした。

## 事業の結果

### 1. 母藻の採取と採卵

母藻の採取は計5か所で行った(図1)。採取日と場所、採苗日、採卵数、基質への卵散布密度等を表1に示した。採苗は5～7月にかけてのべ12回実施し、計約450万個の受精卵を得た。

アルテミア水槽の底に落ちた受精卵は、サイフォン<sup>10)</sup>の要領で海水ごと吸い上げ、3段階のメッシュ網(目合200、150、100 $\mu$ m)を使用しながら回収した。回収した卵は、基質として建材ブロック(10cm厚)を敷いた複数の1t水槽(1.8m $\times$ 0.9m $\times$ 0.7mほか)にジョロを使って蒔き付けた。同水槽は屋外及び屋内に設置し、採苗から10日～2週間は止水・静置したが、その後はろ過海水かけ流しとした。

表1 ヒジキ母藻の採苗日、採取地、採卵数等

採苗回数	採苗日	母藻採取地と採取日	採卵数	採苗場所と基質	ブロック数	水槽底面積(m <sup>2</sup> )	卵の散布密度(個/cm <sup>2</sup> )
1	2024年5月5日	佐伯市名護屋、4/23	75,000	-	-	-	-
2	2024年5月24日	佐伯市鶴見、5/9	394,000	屋外水槽ブロック	16	1.62	24.3
3	2024年5月25日	佐伯市鶴見、5/9	270,000	屋内水槽ブロック	12	1.35	20.0
4	2024年5月27日	佐伯市鶴見、5/9	65,000	-	-	-	-
5	2024年6月7日	佐伯市上浦、5/29	340,000	屋外水槽ブロック	16	1.62	21.0
6	2024年6月10日	佐伯市上浦、5/29	2,100,000	屋内水槽ブロック	16	1.62	129.6
7	2024年6月11日	佐伯市上浦、5/29	353,000	屋外水槽ブロック	16	1.62	21.8
8	2024年6月14日	佐伯市上浦、5/29	237,000	-	-	-	-
9	2024年6月18日	佐伯市上浦、5/29	149,000	屋内水槽ブロック	12	1.35	11.0
10	2024年6月26日	中津市田尻、6/3	159,000	-	-	-	-
11	2024年6月29日	豊後高田市呉崎、6/17	97,000	屋外水槽ブロック	16	1.62	6.0
12	2024年7月7日	豊後高田市呉崎、6/17	240,000	-	-	-	-
計			4,479,000		104		6.0~129.6

## 2. 卵の適正な散布密度

## 1) シャーレへの散布と培養

結果を表2に示した。22.8個/cm<sup>2</sup>と散布密度が低いほど生長も良好であった。シャーレ内という狭小な環境で換水もしていないため、建材ブロックへの散布と同様の傾向になるかは不明であるが、採卵時から一貫して恒温庫等で培養する場合には参考になると思われる。

表2 ヒジキ卵の散布数と、10日後の生長

散布卵数	1cm <sup>2</sup> あたりの卵数	幼芽全長(μm)
20,600	182.2	375
12,875	113.9	500
2,575	22.8	625

## 2) 建材ブロックへの散布密度から

建材ブロックへの卵の散布密度は1cm<sup>2</sup>あたり6.0~129.6個の範囲であった(表1)。これらを現地海岸へ移動して中間育成を行ったところ、国東市岐部のブロック4個(卵散布密度24.3個/cm<sup>2</sup>)と同市黒津崎の1個(同21.0個/cm<sup>2</sup>)が12月に養殖用種苗として利用可能なサイズ、繁茂状態に生長した(「4. ヒジキ種苗ブロックの生長と現地中間育成場所への移動、養殖用種苗の採取」の表3)。これから、卵散布密度は20個/cm<sup>2</sup>程度が一つの目安になると思われる。

## 3. 育苗中のメジナ幼魚による雑海藻除去

7月の実験開始から12月下旬までのメジナの成長を図2に示した。実験開始時の全長は平均で40.9±10.2mm(±SD)、体重1.9±1.4g(同)であった。雑海藻として目立つものは、緑藻のアオサやアオノリ類、茶色い綿のように見える褐藻のシオ

ミドロ科や珪藻のメロシラ類などであった。

水槽にメジナを投入すると、当初は警戒していたが、翌日には雑海藻を食するようになった。ヒジキを摂食する様子はなく、主に摂食したのはアオノリ類で、投入翌日には見た目に減少したのがはっきりとわかった。投入時に全長5~6cm以上に達していたアオノリ類は摂食しなかった。また、シオミドロ科やメロシラ類はあまり変化がなく、好んで食さないか食していないようであった。

水槽への投与尾数はメジナが環境に慣れれば1ブロックあたり2~3尾で良いと思われたが、常に10尾かそれ以上のグループとして水槽に投入するほうが摂餌活動も活発となり効果も高いと思われた。

夏季~秋季にかけて、メジナの動きは活発で雑海藻もよく食し成長もみられたが(図2)、水温低下に従い動きも緩慢となった。12月下旬の水温11℃台でも生存していたが成長はみられず、年明け後の2月には水温も7℃台に下がり、この月までに全数が死亡した。

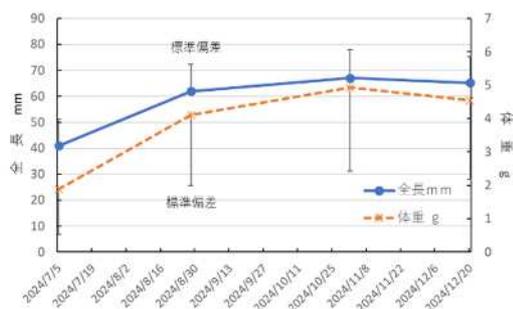


図2 雑海藻除去に使用したメジナの全長と体重の推移



写真1 2024年11月1日現在のメジナ幼魚



写真2 メジナ幼魚がヒジキ種苗ブロック上の雑海藻を摂食(2024年12月1日撮影)

#### 4. ヒジキ種苗ブロックの生長と現地中間育成場所への移動、養殖用種苗の採取

##### 1) 北部水産グループ内での培養

陸上の屋外・屋内の常温水槽で、人力やメジナ幼魚を用いて雑海藻駆除を行いながら12月まで培養を続けた。ブロック上の種苗は12月でも5mm程度までしか伸びず、養殖用種苗として利用できるサイズのヒジキはできなかった。ここで、5～9月における屋外の陸上水槽での水温と照度の推移

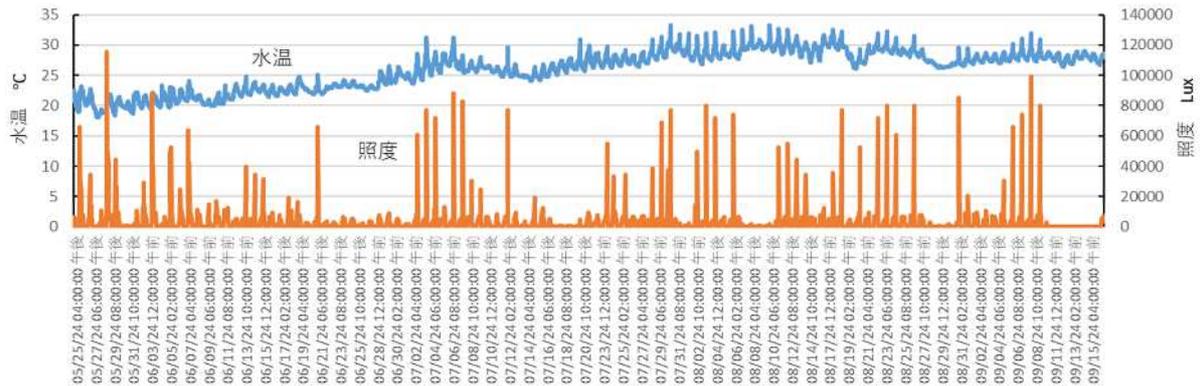


図3 北部水産グループ内で培養したヒジキ種苗ブロックの水温と照度

##### 2) 国東市岐部

種苗ブロックを6月25日に4個、7月5日に4個、9月19日に2個の計10個設置した。ここは湾内であるが港の外側のため黒津崎に比べると波あたりが強く、時化の時には設置ブロックが移動、反転することもあった。養殖用種苗として利用可能な繁茂がみられたのは、表3及び写真3の4個（第2回採苗、鶴見産5月24日採苗、卵散布密度24.3個/cm<sup>2</sup>、沖出しは6月25日に2個（写真3A、B、表3A、B）、7月5日に2個（写真3C、D、表3C、D））であった。これらは12月17日に実験室に持ち帰り、種苗の全長等を測定し、写真6のようにハサミを用いて付着器部分はブロックに残しながら種苗を採取した。各ブロックの種苗を養殖用種苗としてロープに挟み込みした場合、それぞれ0.4、0.6、1.8、1.1m分に相当した。



写真3 岐部で12月17日に回収したヒジキブロック種苗（A、B：6月25日設置、C、D：7月5日設置）

##### 3) 国東市黒津崎（昨年度事業報告<sup>4)</sup>では、国東市（鶴川地区）と記載）

種苗ブロックは6月24日に3個、25日に2個、7月23日に24個、8月20日に16個の計45個を

を図3に示した。測定した水槽は屋外だが屋根があり直射日光のあたらない水槽で、ろ過海水かけ流しであったが、水温は8月には28～31℃台で推移し、照度は日中60,000～80,000Luxであった。2024年度夏季は記録的な高水温・高気温で、当グループ内のろ過海水もこの3年で最も高く推移するなどしており<sup>3)</sup>、高水温に強いといわれるヒジキでも生長へのダメージはかなりあったと思われる。

設置した。なお、同地ではすでに昨年（2023年）7月中旬に21個、8月下旬に55個のヒジキ種苗ブロックが設置されている<sup>4)</sup>。

ブロックの設置場所は航路内の比較的穏やかな所であった。タイムラプスカメラを7月30日から1週間程度設置して、ブロックの状況を撮影したところ（写真4）、浮泥が多く濁りも強いいため画像は鮮明ではなく、撮影から3日後にはハウジング前面のガラス板の汚れも目立ちはじめた。撮影した範囲では、魚類等は確認できず、小型の巻貝類がブロック表面を這う姿がみられる程度で、特にブロック表面への多くの浮泥の堆積が目立った。



写真4 設置したタイムラプスカメラ（左）とヒジキ種苗ブロックの画像（右）

養殖用種苗として利用可能なサイズ、繁茂がみられたブロックは1個（第5回採苗、上浦産6月7日採苗、卵散布密度21.0個/cm<sup>2</sup>、設置日7月23日）であった。それとは別に昨年度の7～8月設置<sup>4)</sup>で2年目になるブロックが1個あった（履歴の詳細は不明）。両ブロックは12月20日に実験室に持ち帰り（写真5E、F、表3E、F）、種苗の全長等を測定し、写真6のようにハサミを用いて付着器部分はブロックに残しながら種苗を採取した。各ブロックの種苗を養殖用種苗としてロープに挟み込みした場合、それぞれ1.0m分と2.0m分に相当した。



写真5 黒津崎で12月20日に回収した種苗ブロック（E：7月23日設置、F：2年目（昨年7～8月設置））

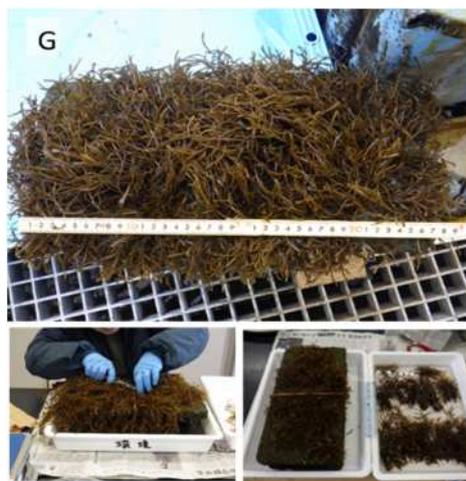


写真6 佐伯市水産研究部で培養したヒジキ種苗ブロック、ブロック表面（39×19cm）の全面に繁茂、種苗はハサミで付着器を残して採取

以上の岐部及び黒津崎の優良事例からすると、ブロックへの適当な採苗時期は5月下旬～6月上旬、卵の散布密度は20個/cm<sup>2</sup>程度、陸上水槽での培養は1～1.5か月で中間育成現地への移動は6月か7月までということになる

#### 4) 佐伯市上浦の水産研究部での事例

- ・母藻採取：5月24日、母藻は佐伯市上浦地先にて採取
- ・採苗日：5月30、6月2、3、5日に2～7万個/回採卵
- ・採苗基質：建材ブロック（10cm厚）数個
- ・管理方法：採苗当日は止水で静置、翌日から少量注水しながら肉眼で幼芽が確認されたら屋外の直射日光下へ浅いコンテナで培養した。以降、ろ過海水かけ流し、エアーを入れず、人力やメジナによる雑海藻除去を行いながら育成。
- ・最も繁茂状態の良好なブロック1つについて、11月末に北部水産グループへ搬入した。12月9日にハサミを用いて付着器部分はブロックに残しながら種苗を採取した（写真6）。採取した種苗はヒジキ1株あたり平均全長100.2mm、枝本数2.8本、重量1.4gで、計325gあり、養殖ロープ2.3m分に相当した（表3G）。

ここで、水産研究部地先の旬別の表層海水温を図4に示した。培養への注水はこの水温を上回ることはない。2024年夏は最も高い時期で9月中旬の27.0℃で、夏季の大半は高い時で25～26℃台であり、北部水産グループの夏季水温（図3）より4～5℃低かったと推定される。

表3 種苗ブロックに形成されたヒジキ種苗の詳細

事例	中間育成場所	設置日	全長 mm	株本数	重量 g	総株数	総重量 g	養殖ローブ 相当 m <sup>*</sup>	履歴
A		6月25日	133	2.8	2.67	46	50.6	0.40	第2回採苗(鶴見産 5/24採苗、卵散布)
B	国東市国見町	6月25日				59	82.8	0.60	密度24.3個/cm <sup>2</sup>
C	岐部	7月5日	193	2.5	2.79	128	257.5	1.80	第2回採苗(鶴見産 5/24採苗、卵散布)
D		7月5日				82	152.4	1.10	密度24.3個/cm <sup>2</sup>
E	国東市国東町 黒津崎	7月23日	98.1	2.5	2.27	76	138.5	1.00	第5回採苗(上浦産 6/7採苗、卵散布密 度21.0個/cm <sup>2</sup> )
F		2023年7~8月	148	2.7	3.09	119	275.9	2.00	2023年6月採苗 <sup>①</sup> (2年目)
G	水産研究部 (佐伯市上浦)	水産研究部内	100.2	2.8	1.44	270	325.4	2.30	5/30~6/5の間採苗

\*種苗の挟み込み間隔5cm、挟み込み1カ所あたり種苗7.0gで計算

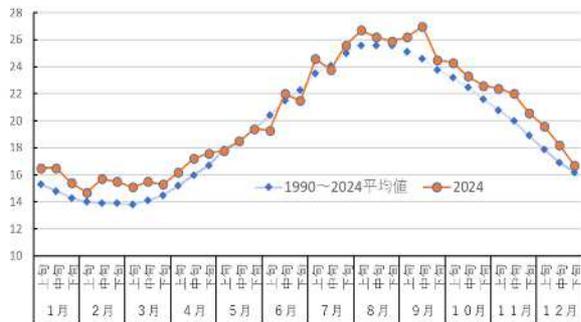


図4 水産研究部(佐伯市上浦)地先の定位置観測(表層水温の推移)

5. 種苗の産地と外部形態

県南佐伯市鶴見産のヒジキを母藻として5月にブロックに採苗し6月に県北国東市岐部へ移動した種苗の11月時点を写真7左に示した。葉は幅広く鋸歯が目立ち、県南の天然ヒジキの様相を呈していた。対して岐部に自生するヒジキの葉(写真7右)は細長く形態はかなり異なった。これらが遺伝的に固定されているものか環境で変化していくものか等は定かではないが、今後の養殖振興を考えた場合、このような特徴を把握しておくことは、加工や流通サイドからの要望やブランド化、差別化に応用できる可能性があると考えられる。



写真7 岐部の人工種苗(左、佐伯市鶴見産を母藻)と岐部の天然ヒジキ(右)

6. 付着器(座)からの再生による種苗生産

付着器ごと持ち帰った藻体は1週間程度流水で保管したのち、付着器部分を切り取り分解・洗浄してピーカーに入れ15°Cで保管した。1~2か月間保管したのち、家庭用ミキサーで細断し、12cmシャーレへ散布した<sup>5)</sup>。その後は生長段階に従い、枝付きフラスコ、屋外直射日光下でのアルテミア水槽(100L、200L)培養とし、12月までに養殖用種苗に生長させた(写真8)。表4には、使用した付着器の採取日、産地、細断時期と重量、培養約40日後に確認できた幼芽数、サイズ等を示した。付着器の散布密度は12cmシャーレ1枚あたり0.5、1.4gとした。再生した芽の数は付着器1gあたり、11.1~51.8個と幅があったが、シャーレ1枚あたり平均では33.6個、全長平均は11.5mmであった。

表4 付着器(座)の切断と幼芽再生の状況

母藻・付着器 採取日	産地	ミキサー 切断日	付着器 切断重量g	使用シャーレ 枚数	シャーレ枚あ たり重量g	回収 幼芽数	付着器1gあた りの芽数	幼芽全長 mm	幼芽主枝 長mm
1 2024年5月9日	佐伯市鶴見	6月21日	3.0	6	0.5	114	38.0	10.2	3.8
2 2024年5月29日	佐伯市上浦	7月10日	8.4	6	1.4	93	11.1	13.3	4.7
3 2024年6月17日	豊後奥田市長崎	7月1日	6.0	12	0.5	311	51.8	10.9	4.1
平均			5.8	8.0	0.8	172.7	33.6	11.5	4.2

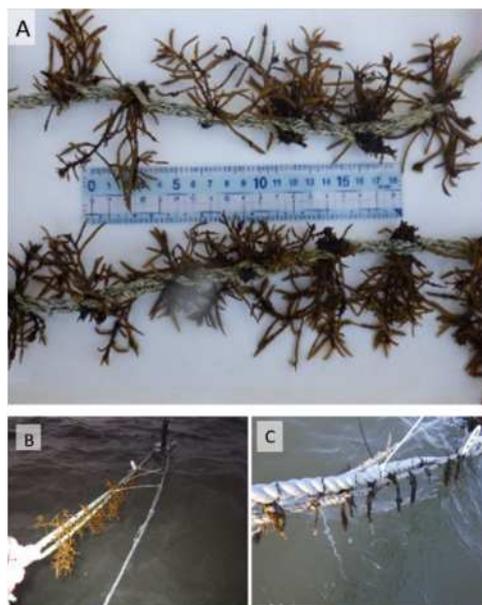


写真8 付着器(座)の再生によるヒジキ人工種の作出 A: 付着器(座)をミキサーで細断、B: 幼芽が再生(培養40日後)、C: 枝付きフラスコで培養、D: アルテミア水槽で培養

7. 現地養殖試験

1) 宇佐市和間

張り込み時の付着器再生で作出した人工種苗のサイズは、平均全長 57.8mm、同主枝数 3.5 本、同重量 1.7g であった (写真 9A、B)。設置 2 日後の観察で、浮動リングが支柱にひっかかり、養殖ロープが地面に落ちず乾燥過多ですべてのヒジキ種苗が死亡していた (写真 9C)。翌年 1 月 16 日にも新たな種苗を張り込みしたが、同様の結果とな



った。  
写真 9 宇佐市和間での人工種苗の漁場への張り込み (A: 付着器の再生で作出した人工種苗、B: 張り込み時、C: 乾燥過多で死亡した人工種苗)

2) 国東市小原沿岸

12 月 24 日、黒津崎と岐部の人工種苗、水産研究部の人工種苗、付着器 (座) の再生で作出した人工種苗を、浮き流し式で張り込んだ。種苗ロープへの挟み込みは 1 か所あたり主枝 5 本前後、5cm 間隔とした (写真 10)。



写真 10 国東市小原沿岸での人工種苗張り込み作業

張り込み時の各種苗を写真 11 に示した。張り込み後は月 1 回の観察を行い、生長を把握した。張り込み後 2 か月までの観察では、最低水温期に入ったこともあり、全体的に明確な藻体の伸長はなかったが (図 5)、各種苗とも側枝や葉の形成、増加がみられていた (写真 12)。その後 3 月上旬、台風並みの荒天の影響で、試験養殖だけではなく生産者の養殖施設までが大破し、試験を中止した。

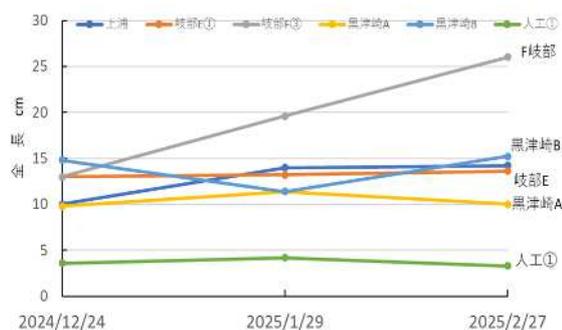


図 5 国東市小原沿岸におけるヒジキ人工種苗の生長

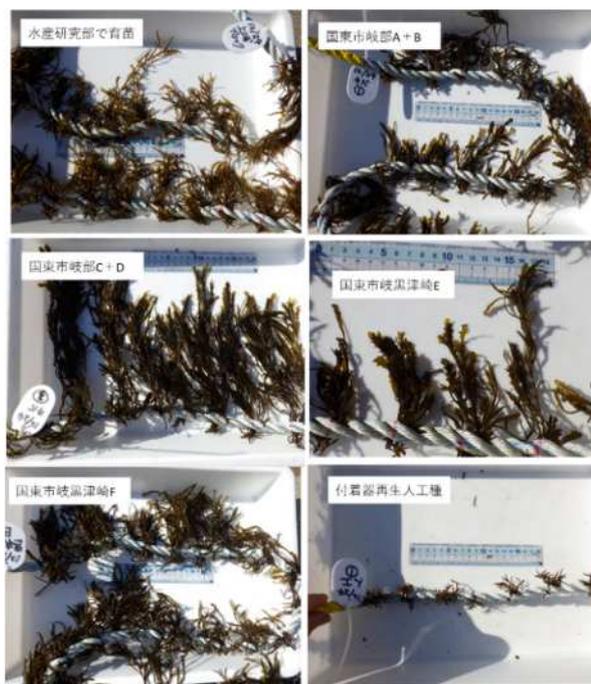


写真 11 沖出し当日のヒジキ人工種苗



写真 12 沖出し 2 か月後のヒジキ人工種苗

### 今後の課題

今回、5～7月に採苗を行い、育苗～中間育成等を経て養殖用種苗として利用できるサイズ、繁茂状態に達した種苗ブロックは計7個（うち1個は2年目）であった。これらの事例から種苗生産のスケジュールを考えると、採苗1年目で養殖用種苗の育成を行うには、建材ブロックへの採苗時期を5月下旬～6月上旬、卵の散布密度は20個/cm<sup>2</sup>程度、陸上水槽での培養は1～1.5か月で、中間育成場所への移動を6月から7月までに行うということになる。設置ブロック数に対する利用可能ブロック数の割合は、国東市黒津崎2.2%（1個/設置45個）、同市岐部40%（4個/10個）、佐伯市水産研究部50%（3個/6個）、北部水産グループは0%であった。各地で環境条件や人為的管理の頻度などが大きく異なるため比較は困難であるが、次年度は割合の高かった岐部や水産研究部を中心に育苗～中間育成を展開していきたい。

岐部は黒津崎に比べて波あたりが強いが、黒津崎のような浮泥の堆積はほとんどない環境である。また、水産研究部の陸上水槽は夏季でも水温25～26℃までだが、北部水産グループでは30℃を超える高水温となり、DINも決して高くない。遠藤<sup>2)</sup>によると、「夏の水温30℃・貧栄養条件下」ではヒジキ幼胚の生長率は負となることが明らかに

されており、年々進む豊前海の貧栄養化と温暖化に伴う高水温化で、当グループでの夏季常温水槽でのヒジキ種苗生産はもはや困難かもしれない。

今回の事例から、繁茂良好なブロックであればブロック1個あたり種苗約300gは生産できる。種苗1株の主枝数2.5、重さ3gとすると約100株、250本の主枝数の種苗が採取できることになる。養殖ロープへの挟み込みを5cm間隔とし、1か所に主枝を5本挟み込むとすれば、250本/5本×0.05m=2.5m、1か所に7～10g挟み込むとすれば、300g/7～10g×0.05m=2.1～1.5m分の養殖ロープの種苗をブロック1個でまかなえることになる。実際の養殖現場では、養殖ロープ1本50mとすることが多いが、このロープ1本分の人工種苗をまかなうには、ブロック約25個あれば良いことになる（ブロック1個で養殖ロープ2m分生産と仮定）。

黒津崎では、1個のみであるが2年目のブロックの繁茂が良好であった。卵から発生したヒジキの場合、通常、1年目の生長は付着器からの発生に比べると遅く、2年目以降の生長が本格的になる場合が多い。このため、種苗ブロックも2年目以降を生産の主力にする考え方もある。ただし、1年目の段階でブロックにまんべんなく幼芽発生があり付着器も繁茂させておかないと、2年目になっても十分な藻体繁茂につながらないため、1年目のブロックであっても育苗管理は重要である。1年目の繁茂が少ない場合には、2年目の春に追いつ的にブロックに卵を追加して育苗を行う方法も考えられよう。

仮根部再生による種苗生産では、仮根部1gあたり33.6個（細断40日後）の再生幼芽を得た。以前の事例<sup>6)</sup>では36.4個（細断60日後）があり、それに近い数字であった。今回はこの幼芽を恒温室内にて枝付きプラスチックで1か月程度培養したのち、屋外アルテミア水槽へ移したが、事例<sup>6)</sup>では60日間のシャーレ培養から直接、屋外アルテミア水槽へ移動させていることから、培養手順の再確認を図りたい。

さらに課題として、今夏の屋外アルテミア水槽への注水水温が9月末でも27～29℃台と高く、種苗ブロックの場合と同様、再生幼芽の伸長も不良であったことである。今夏は当グループのろ過海水水温も過去最高レベル<sup>3)</sup>となり、パイロット的に8月末～9月中旬までに屋外に出した再生幼芽は、水温30℃を超えずべて枯死した。以前の事例（15年前）<sup>6)</sup>では、9月末の屋外アルテミア水槽の水温は25℃を切っており、次年度以降もこの高水温が続くようなら、やはり当グループ内での夏季

常温でのヒジキ種苗生産は困難であろう。このため、採苗後、夏季には当グループより高水温の影響が少ない他所（例えば水産研究部等）へ種苗を移動させるや、チラー等水温低下装置を導入、今より低水温が期待できる地下水や地下海水の利用等も考えるべき段階にあると思われる。

海域での養殖試験について、国東市小原沿岸での施設破損による試験中止は、ヒジキ養殖現業者も過去に経験がない悪天候で、現業者の養殖施設が大破するほどであった。しかしながら、現業者の生産意欲は継続しているため、次年度も引き続き取り組みたい。一方、宇佐市和間の干潟域では、ノリ漁場の既存の鉄柱を使用した簡易な方法で、管理も不十分なため全浮動が機能せず人工種苗が枯死する結果となった。和間に隣接する同市長洲の干潟域では2年前まで全浮動式で、「筋肉（マッスル）ひじき」と称し宇佐市ブランド品に認定されるヒジキを生産していた実績があり<sup>7)</sup>、漁場としては問題ない。次年度も試験実施の場合には改善を図りたい。

## 文献

- 1) 野田 勉, 門田 立, 島岡啓一郎, 藤浪祐一郎. メジナ幼魚の摂餌を利用したヒジキ種苗生産における基質の雑海藻除去. 水産増殖2022; 70(1): 113-117.
- 2) 遠藤 光. ヒジキの再生・成長特性を活かした種苗生産・養殖の可能性. 日本水産学会誌 2021; 87(6): 688.
- 3) 伊藤 龍星. 2024 夏の記録的高水温と高気温で 陸上飼育のカジメ、クロメが枯れました。おおいだくアニュース2025; 60: 8-10.
- 4) 中野奈央. ヒジキ完全養殖技術の開発. 令和5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2025; 226-228.
- 5) 伊藤龍星, 寺脇利信, サトイト シリル グレン, 北村 等. ヒジキ繊維状根の保存, 細断および培養条件. 水産増殖 2009; 57(4): 579-585.
- 6) 伊藤龍星, 原 朋之. 平成21年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告2010; 183-187.
- 7) 大分県庁HP. 漁協青年部宇佐支部のヒジキ養殖取材.  
[https://www.pref.oita.jp/uploaded/life/2143812\\_3299621\\_misc.pdf](https://www.pref.oita.jp/uploaded/life/2143812_3299621_misc.pdf) (2025年10月閲覧)

## 有用海藻類の増・養殖技術の開発

### テングサ（マクサ）人工種苗生産と増殖技術の確立

伊藤 龍星・中野 奈央

#### 事業の目的

マクサ、オオブサ、オニクサ、キヌクサ等のテングサ類はトコロテンや寒天といった食品やバイオテクノロジー<sup>1)</sup>、貝類の餌やイセエビ幼生の着底場所等の役割を持つ<sup>2)</sup>有用藻類である。近年、テングサ類は全国的に減少傾向にあり、我が国主要産地の一つである東京都伊豆諸島海域の2024年のテングサ類水揚量（乾燥重量）は、2008年73tの3%程度にまで減少しており<sup>3)</sup>、本県においても同様の傾向にあると思われる。そこで、テングサ類の代表種マクサ *Gelidium elegans* の増殖技術を確立するため、人工種苗生産の技術開発及び現地増殖試験に取り組んだ。

このうち2024年11月、豊後高田市香々地産種苗の藻体の先端部に、天然に比べると形態はやや異なるが、果胞子嚢が形成していることが確認できたので（写真2）、同月10日に胞子嚢を含む先端部の藻体を切り取り、ワイパーと滅菌ろ過海水で数回洗浄したのち、PESI培地を入れた12cmシャーレに収容して胞子を放出させた。

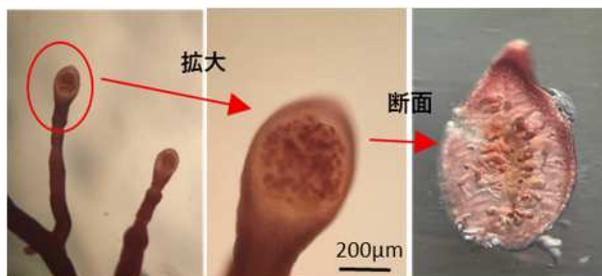


写真2 マクサ人工種苗に形成された果胞子嚢

#### 事業の方法

##### 1. 継続培養中のマクサ人工種苗からの採苗と次世代人工種苗生産

当グループでは、前任の担当らが作出した県内3つの産地のマクサ人工種苗が複数年にわたり室内常温100Lアルテミア水槽、流水かけ流しで通気培養されている（表1、写真1）<sup>4-6)</sup>。

表1 当グループがストックしているマクサ人工種苗

種苗作出年月	産地	2025年6月末現在の湿重量 (g)
2021年11月	豊後高田市香々地	297
2022年7月	別府市亀川	174
2022年7月	国東市	248



写真1 マクサ人工種苗の継続培養（左）と作出されたマクサ人工種苗（右、別府市亀川産）

##### 2. 天然のマクサからの人工種苗生産

テングサ属の藻体の寿命は3~4年で、春~夏にかけて藻体先端部小枝の頂端に多数の胞子嚢を形成するとされている<sup>7)</sup>。2024年6月24日に国東市国見町岐部沿岸で採取したマクサを観察したところ、四分胞子嚢が形成されていた。そこで、四分胞子を放出させ、人工種苗生産を試みた。

##### 3. 人工種苗の株分けによる種苗生産

2025年1月、3つの産地のマクサ人工種苗を基質の建材ブロックに括着させるため、輪ゴム（切巾6mm、折径120mm）を建材ブロックに巻き、人工種苗を輪ゴムと建材ブロックの間に挟み込んだ（写真3）。使用した種苗は建材ブロック1個あたり2~3g（湿）とし、同藻体をカミソリで50等分に切り分けたのち、ピンセットで建材ブロック片面あたり25個体を挟み、上屋付き屋外1t水槽にて、ろ過海水かけ流しで培養した。



写真3 マクサ人工種苗（左）と基質の建材ブロックへの活着作業

#### 4. マクサ人工種苗の現地増殖試験

前年度、株分け法によりすでに建材ブロックへ活着している人工種苗を用いて現地増殖試験を行った。現地への設置は2024年10月25日に潜水作業で実施した。場所は国東市国見町岐部の港の外側で、水深は満潮時3m程度、地盤高は-10cm程度で海底は砂質であった。ブロックは長さ60cmの杭（異形丸カン）で固定し、食害防御カゴ網は設置しなかった。固定後は2025年1月21日、6月26日に潜水観察を行い、ブロックの埋没やマクサの生残、生長等を観察した。

#### 5. 昨年度沖出しした人工種苗の状況

2023年度に現地へ沖出しした3か所<sup>4)</sup>について、その後の状況を2024年秋季に聞き取り調査した。聞き取りは、沖出し時に現地で立ち会いを行い、日常的にその近辺で潜水漁業を行っている漁業者とした。

## 事業の結果

#### 1. 継続培養中のマクサ人工種苗からの採苗と次世代人工種苗生産

孢子放出から約1カ月後、長さ約1mmに達した藻体を、2週間に1回、ワイパーと滅菌海水で洗浄しながら培養を続けた。2025年5月には大きさ2~3cmの球状に達したため、500ml枝付きフラスコに移して培養を続けている。

以上から、人工種苗が室内培養で成熟し次世代の種苗まで作出できることが確認できた。前年度の2023年7月には、別府市亀川産の人工種苗（表1）を用いて果孢子からの人工種苗生産にも成功している<sup>4)</sup>ことから、マクサ人工種苗は複数年の陸上での培養が可能で、次世代を得ることも比較的容易であることが判明した。

なお、2024年夏季は記録的な高水温、高気温で、当グループ内の陸上水槽で常温培養していたカジメやクロメはすべて枯死したが<sup>8)</sup>、同じ室内で水

温等の培養条件も同様であった本種は特段の影響はみられなかった。

#### 2. 天然のマクサからの人工種苗生産

藻体のうち四分孢子嚢ができた部分を含む小枝（長さ1cm程度）を切り取り、ワイパーで拭きながら滅菌海水で洗浄して雑物を除去した。小枝を、PESI培地を入れた12cmシャーレとプラスチック製細胞培養6穴プレートに収容して孢子を放出させた。放出された孢子は直径約20 $\mu$ mで濃紅色の色素体を有していた。1週間後には長さ50 $\mu$ m、幅20~25 $\mu$ mのやや細長い形状となったが、その後、雑物に覆われたため培養を中止した。次年度も試みる予定である。

#### 3. 人工種苗の株分けによる種苗生産

種苗の基質への活着率（建材ブロックに輪ゴムで活着させた種苗数に占める、活着が1か所でも認められた種苗数の割合）等を表2に示した。培養3カ月後には50~66%、5カ月後には全体で73%であった。過去の事例では、活着作業後約2~4週間でブロックへの活着が完了するとされており<sup>9)</sup>、今回の活着率はかなり低い。これは作業時期が1月の厳冬期で水温も10 $^{\circ}$ Cに満たず、マクサの生長が不良であったためと思われる。

表2 マクサ人工種苗の基質（建材ブロック）への活着率等

人工種苗産地	活着作業日	観察日と活着率(%)		2025/6/1現在 活着作業後の生長
		2025/4/3	2025/6/1	
香々地	2025/1/7	50	73.2	大きな変化なし
別府	2025/1/14	54		大きな変化なし
国東	2025/1/6	66		大きな変化なし

#### 4. マクサ人工種苗の現地増殖試験

写真4に観察の経過を示した。10月の設置から約3カ月後の2025年1月の観察では、藻体の脱落や消滅はなかったが、生長は停滞し藻体の活力も低く感じた。約8カ月後の6月、基質のブロックは下1/3が砂に埋没し、埋没部分のマクサはすべて消滅していた。残っていたマクサはブロック上部に近い部分のみで、藻体も長さ1~2cm程度となっていた。波浪等による漂砂で、ブロック表面のマクサがそぎ落とされた可能性がある。



写真4 マクサ増殖試験の経過観察

#### 5. 昨年度沖出した人工種苗の状況

各地の結果を表3に示した。国東（富来）と蒲江については、基質の建材ブロックも食害防御用に取り付けていたカゴもなくなっているとのことであった。国東（鶴川）は、基質とカゴは残っているが、基質上のマクサは消滅しているとのことであった。

表3 2023年度に増殖試験に供したマクサ人工種苗のその後の状況

	国東（富来）	国東（鶴川）	蒲江
移植設置日	2023/6/28	2023/9/13	2023/11/15
平均主枝長（cm）	6.2	5.7	6.8
種苗数（本）	400	400	400
ブロック（個）	8	8	8
設置後の状況	基質もカゴも消失	基質とカゴはあるが マクサは消滅	基質もカゴも消失

#### 今後の課題

すでに当グループでは、マクサの人工種苗を3年以上、陸上水槽の常温ろ過海水かけ流しで培養しているが、藻体は徐々に増加している。本種の生長は早くないが、2カ月に1回程度の雑物除去を行うことで継続して培養でき、2024年夏季の記録の高水温時の影響<sup>8)</sup>も受けていないことから、本種は今後のさらなる温暖化にも耐えうる有用海

藻と位置づけられる。また、人工種苗は陸上培養中に成熟し、次世代の孢子～藻体にまで生長できたことから、「完全養殖」の種苗としての利用も可能であることが判明した。

さらに本種は、「株分け」による栄養繁殖も可能であり、建材ブロックに活着させることで増殖用種苗としての利用が比較的簡単にできることも判明した。ただし、活着の程度は、水温等の季節的变化が大きく影響すると思われるため、その適期を把握するとともに活着していく過程についても解明が必要である。

増殖試験は、今回沖出した場所の海底が砂質のため、基質の建材ブロックが埋没するなど良い結果が得られなかった。昨年度、3か所に沖出した人工種苗についても聞き取りの結果、すべてのか所でマクサはなくなっていることから、沖出しの場所や手法、その後の評価の仕方については工夫と検討が必要である。

なお、近年の伊豆諸島のテングサ類の減少原因は、黒潮流路に由来する高水温や貧栄養の影響が大きいと考えられており<sup>2,10,11)</sup>、特に溶存態無機窒素とリン酸態リン濃度の多寡がマクサの豊凶に影響する可能性<sup>11)</sup>が指摘されている。マクサの最適溶存態無機窒素濃度は25 $\mu$ M以上とかなり高い値が予測されている<sup>12)</sup>ことから、本種は元来、栄養塩要求の高い藻類と思われる。しかし、本県周防灘沿岸では1980年代には平均で3 $\mu$ M程度だったDINが、2010年代には1 $\mu$ M程度に減少する<sup>13)</sup>など年々貧栄養化が進行しているため、今後は栄養塩や施肥など環境面からのアプローチも必要である。

#### 文献

- 1) 藤田大介. テングサ類. 「有用海藻誌」(大野正夫編著)内田老鶴圃, 東京, 2004, 201-225.
- 2) 尾形梨恵, 樋口 謙, 滝尾健二. 伊豆諸島における磯根資源(アワビ, サザエ, イセエビ, テングサ)の動向と変動要因. 黒潮の資源海洋研究 2025 ; 26 : 137-141.
- 3) 東京都産業労働局. [https://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/sangyo-rodo/14\\_-](https://www.sangyo-rodo.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/sangyo-rodo/14_-), 2025年6月5日.
- 4) 中野奈央. 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. 令和5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2025 ;

234-247.

5) 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確立. 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 ; 235-237.

6) 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確立. 令和3年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告2022 ; 234-236.

7) 徳田 廣, 大野正夫, 小河久朗. テングサ類. 「海藻資源養殖学」緑書房, 東京. 1987 ; 183-192.

8) 伊藤龍星. 2024 夏の記録的高水温と高気温で陸上飼育のカジメ、クロメが枯れました。おおいしたアクアニュース 2025 ; 60 : 8-10.

9) 中野奈央. テングサ人工種苗で藻場造成支援！. おおいしたアクアニュース 2024 ; 59 : 6-8.

10) 駒澤一朗, 高瀬智洋, 田中優平, 早川浩一. 八丈島におけるマクサの生長と成熟におよぼす黒潮流路変動の影響. 水産増殖 2012 ; 60(2) : 169-177.

11) 高瀬智洋, 田中優平, 黒川 信, 野原精一. 伊豆諸島八丈島におけるテングサの磯焼け. 日本水産学会誌 2008 ; 74(5) : 889-891.

12) 松村 航, 渡辺 健, 南條暢聡, 浦邊清治, 林 正敏, 池田知司, 藤田大介. 海洋深層水を用いたマクサの培養と富山湾深層水放水域での成長予測. 海洋深層水研究 2005 ; 6 : 1-8.

13) 反田 賞, 赤繁 悟, 有山啓之, 山野井英夫, 木村 博, 圃 昭紀, 坂本 久, 佐伯康明, 石田祐幸, 壽 久文, 山田卓郎. 瀬戸内海の栄養塩環境と漁業. 水産技術 2014 ; 7(1) : 37-46.

## 安心・安全で環境に優しい養殖推進事業-3 カジメ、クロメの人工種苗量産化技術開発、高水温と食害対策

伊藤龍星・中野奈央

### 事業の目的

カジメ *Ecklonia cava* やクロメ *Ecklonia kurome* は、コンブ目に属する大型の褐藻類である。本種はガラモ場を形成し、多くの生物の産卵場、稚魚の育成場、環境浄化や二酸化炭素吸収等の重要な役割を果たしている。また、佐賀関や無垢島では、古くからカジメを食用として採取している。しかし近年、これらの藻場が減少傾向にあり、大分県漁業協同組合姫島支店、佐賀関支店、津久見支店及び保戸島支店から本種の養殖や藻場造成技術開発の要望がだされている。そこで、カジメ類人工種苗を用いた増養殖手法の確立を目的とし、人工種苗量産化と現地展開に取り組んだ。

なお、2024年11月10日に大分県で開催された「第43回全国豊かな海づくり大会」において、本事業で作成したカジメ種苗を「お手渡し」や「展示」の品として提供した。

### 事業の方法

#### 1. カジメ種苗の前年度（2023）からの継続培養と現場への種苗供給

2023年10月及び12月に津久見市無垢島産のカジメ母藻から採苗しフリー配偶体にしたカジメを受精させ、屋内100、200Lアルテミア水槽で、ろ過海水かけ流しで飼育を続けた藻体を2024年4月に引き継ぎ、沖出し時の11、12月まで培養した。8月には記録の高水温で常温培養のカジメは枯死したが、別途、冷却等の措置を講じながら種苗培養を継続した。

沖出しは11月22日に津久見市高浜漁港、12月25日に同市保戸島二目漁港とした。

#### 2. 前年度（2023）、姫島へ供給したクロメ種苗の生長と魚類による食害

東国東郡姫島村では、離島漁業再生事業により

2024年2月、東国東郡姫島村大海沿岸の水深4～5mの海底に、北部水産グループが供給したクロメ種苗を取り付けて、防護カゴで覆った藻礁を複数台設置している。その経過観察を2024年7月3日に実施した。同村では近年、クロメの減少が著しく原因究明の要望もあり、経過観察と同時にタイムラプスカメラを設置して食害等を調査することとした。撮影の設定は日中1分毎とし、藻礁の防護カゴを取り除いてから実施した。この調査は県漁協姫島支店、水産振興課、東部振興局と共同で実施した。

#### 3. 新たなカジメフリー配偶体の作成

2024年12月下旬、大分市佐賀関高島と津久見市無垢島で母藻を採集し、同月24日に研究室へ持ち帰った（写真1）。母藻は葉体表面にシワがまったくないものとした。同日、これらの母藻から子嚢斑1cm四方を切り取り、30分間程度陰干したのち、滅菌海水を入れたビーカーに60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、23℃、3,000lux、13時間明期：11時間暗期で静置培養した。

写真1 佐賀関高島（左）、津久見市無垢島（右）



のカジメ

#### 4. 今年度のクロメ種苗生産と現場への種苗供給

2024年度も姫島村では離島漁業再生事業で藻礁を複数台設置するため、役場と漁協から種苗供給の依頼があった。そこで、2024年10月7日にクロメのフリー配偶体をミキサーで切断して12cmシャーレに収容し、19℃、5,000lux、10時間明期：14時間暗期で培養を開始した。

### 事業の結果

#### 1. カジメ種苗の前年度（2023）からの継続培養と現場への種苗供給

3月末～4月初めの引き継ぎ時、平均葉長5～7cm、約25,000本りだった種苗は、6月下旬には葉長15～20cm、約6,800本（葉長8cm未満は計数していない）であった（表1）。

表1 カジメ培養一覧（2024年6月下旬）

	収容水槽サイズ	葉体枚数(枚)※	カジメ湿重量(g)
1	200L	2,790	2330
2	200L	1,747	1560
3	200L	1,830	1280
4	100L	397	610
計		6,764	5,780
		葉体1枚あたり	0.85
		※葉長8cm未満は計数せず	

その後、7月に入ると全国的に記録的な暑さとなり<sup>2)</sup>、生長は停滞し葉体先端は切れやすくなった。同月下旬以降は、当グループのろ過海水の温度が度々29℃を超える高水温となり（図1）、カジメ、クロメともに葉体先端部の白化、軟化がおき（写真1）、8月中には屋内常温培養のカジメはすべて枯死した<sup>3)</sup>。これは、カジメやクロメの生育上限水温の28℃<sup>4,5)</sup>を超えたためと思われる。

図1 当施設陸上水槽に供給される海水の

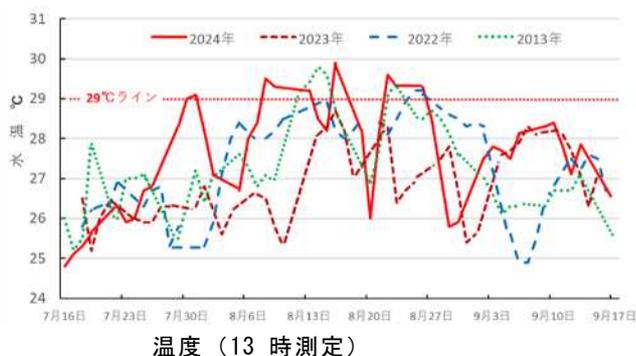


写真1 高水温で先端が白化、軟化したカジメ

一方で8月上旬以降、高水温対策として次の3つの対策を実施した。①カジメ葉体約100株（1株に葉体1～5枚あり）を12L透明バケツ5個にわ

けて収容し、19℃恒温室（約200lux、10時間明期：14時間暗期）内で通気培養しながら1週間ごとに換水した。②カジメを培養している室内常温200Lアルテミア水槽1基に、投げ込み式冷却装置（レイシー社FZ601AN）を設置し、水温26℃までに抑えるようにした（写真2）。③葉体約100株を佐伯市上浦の水産研究部へ持ち込み、屋根付き屋外水横で培養した。これら①、②、③の方法はいずれも夏季に種苗が枯死することなく培養できた。

写真2 ①19℃恒温室で培養（左）②冷却装置を使用（右）



11月の海づくり大会行事には、最も色調の良かった③を主に使用した。その後、11月22日津久見市の高島漁港内、12月25日保戸島二目漁港内の各水深2～3mの海底に、食害防止のカゴを設置した建材ブロックに付着器を活着させたカジメ幼体を設置した（写真3）。カジメの活着作業には、切巾6mm、折径120mmの輪ゴムを用いた。輪ゴムにカッターで切れ目を入れてカジメ種苗の仮根部をピンセットで挟み込み、基質の建材ブロックに設置した（写真4）。



写真3 沖出し当日のカジメ  
津久見市高浜（左）、同市保戸島（右）



写真4 カジメの基質への活着方法（切巾6mmの輪ゴムを使用）

## 2. 前年度（2023）、姫島へ供給したクロメ種苗の生長と魚類による食害

カゴを外した時、クロメは側枝を出して葉長20～30cmに生長していたが、カゴのため伸長が阻害されている印象を受けた。タイムラプスカメラを回収し画像を確認したところ、設置直後からアイゴが度々来遊しており、水温26℃となる7月下旬あたりからクロメを食害していると思われ、8月上旬には藻礁のクロメはすべて消滅した（図2、写真6）。以上から、姫島におけるクロメの減少はアイゴの食害による部分が大きいと推察された。



写真5 タイムラプスカメラを藻礁前に設置



図2 水温とアイゴの来遊回数



写真6 アイゴによるクロメの食害

（図2、写真6提供：東部振興局水産班森田将伍普及員）

## 3. 新たなカジメフリー配偶体の作成

2025年6月現在、高島産、無垢島産ともに雑物混入もなく培養を継続している。雌雄別に分けて培養はしていないが、直径2～4mmのコロニー状に生長している。今後、頃合いをみて三角プラスチック培養へ展開、ミキサーで切断しフリー配偶体の大量培養を実施する。

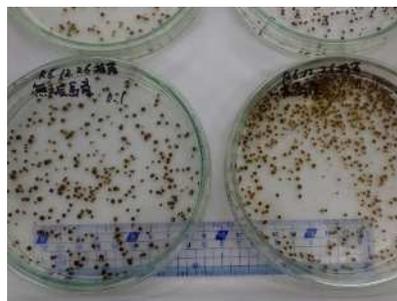


写真7 フリー配偶体（2025年6月現在、左：無垢島産、右：高島産）

## 4. 今年度のクロメ種苗生産と現場への種苗供給

フリー配偶体をミキサーで切断し約2週間後には受精卵～幼芽が確認できた。その後、数ミリになり肉眼で葉体とわかるサイズを取りあげて100Lパンライトに移して培養を続けた。2025年1月、葉長5～10cm程度の葉体を木片に輪ゴムで取り付けて屋外水槽で培養したが、1か月経過後も仮根の活着の程度は良くなかった。2025年2月27日に姫島へ木片ごと種苗を渡した。同日中に木片をコンクリートビスで藻礁上面に取り付け、大海沿岸の水深4～5mの海底に設置した（写真8）。各藻礁は食害防除カゴで覆った。



写真8 クロメを木片に活着させた藻礁（左）、船への積み込み作業（右）

## 今後の課題

カジメやクロメの人工種苗については、すでに県内の主な産地別フリー配偶体が確保され、至適な恒温室の環境下でストック培養もできている。受精のコントロールについても比較的容易であり、基質に付かないフリー状態での種苗生産で

あれば立体型水槽の収容密度を高めることで、数千～数万枚の量産化も可能と考えられる。ただし、これらの種苗は基質に付いていないため、沖出しの前には、基質への活着作業が必要になる。

カジメやクロメの基質への活着の程度は季節的变化が非常に大きく、筆者は盛夏8月や冬季1～2月に作業をしてもほとんど活着しないが、3月には10日たらずで9割の種苗が活着し始めることを経験している。今後の効率的な作業のために、活着しやすい時期を明確にしておく必要がある。また、今後の展開のためには、仮根部の伸出や活着のメカニズム等についても把握することが望ましい。

温暖化に伴う課題として、魚類等のさらなる食害増加や海藻の生育上限を超えるような高水温化があげられる。今回の姫島でのアイゴによるクロメ食害撮影をきっかけに、地元では駆除作業強化の動きがでており、今後に期待したい。ただし目下のところ効果的な食害防止策は、全国的にカゴや網等による食害防除しかないのが実情で、規模拡大には限度がある。防除以外の積極的かつ規模拡大が可能な方法の開発が望まれる。

2025年6月の日本の月平均気温は、統計を開始した1898年以降の6月として最も高くなっており<sup>6)</sup>、今後はカジメ類の常温培養での越夏はより困難となるであろう。対策として、できれば種苗は夏季前に現地への移植展開を終えることや、陸上で培養の必要があれば、低温に設定できる恒温室の利用や海水冷却装置の導入、ある程度の低水温が期待できる地下水や地下海水の利用も検討すべきである。

なお、今後もさらに温暖化が進行し、海域の水温が夜間も28～29℃を下回らない環境になれば、本県海域でのカジメ類の生育自体が不可能になる可能性がある。養殖と違って、増殖や移植の場合には、「高温耐性品種」はあまり議論されないうが、検討すべき時期にあると思う。

## 文献

- 1) 中野奈央. 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. 令和5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;228-229.
- 2) 気象庁 HP 2024年夏(6月～8月)の天候  
<https://www.data.jma.go.jp/cpd/longfcst/seasonal/202408/202408s.html>
- 3) 伊藤龍星. 2024 夏の記録的高水温と高気温で陸上飼育のカジメ、クロメが枯れました。おおいのアクアニュース 2025 ; 60 : 8-10.
- 4) 村瀬 昇. 藻場が消えた?! ～2013年、夏から秋にかけての山口県日本海沿岸の藻場の異変～. 豊かな海 2014 ; 32 : 67-70.
- 5) 馬場将輔: 温暖化による大型褐藻類の生育反応および分布変動. 海洋生物環境研究所研究報告 2021 ; 26 : 1-28.
- 6) (2025年) 6月の記録的な高温と今後の見通しについて. 気象庁 HP、  
[https://www.jma.go.jp/jma/press/2507/01d/junetemp\\_20250701.html](https://www.jma.go.jp/jma/press/2507/01d/junetemp_20250701.html)、2025年6月30日.

## 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）

伊藤龍星・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。

#### 事業の方法

##### 1. 2024 年度の気象と海況の状況

9月2日～3月31日の平日 8:30～9:00 の間に高田港先端で測定した。平年値は、直近 10 年間（2014～2023 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利用した。

(<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>) 降水量の平年値は気象庁が現在採用している過去 30 年間（1991～2020 年）の平均値とした。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。

栄養塩量（溶存無機窒素量：DIN、溶存無機リン酸量：DIP）は、中津市東浜沖、宇佐市和間海浜公園及び高田港先端で採水して民間分析機関に委託した。高田港先端の海水は水産研究部で分析した。採水は中津市東浜沖で 10 月 7 日～11 月 25 日の間に計 15 回、宇佐市和間海浜公園前で 10 月 21 日～11 月 8 日の間に計 5 回、高田港先端で 9 月 2 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. 2024 年度のノリ養殖の状況

養殖期間中はノリ養殖漁家からの持ち込み検鏡や養殖現場調査を行い、採苗状況や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宇佐支店、ノリ養殖漁家等に FAX とメールで計 12 報を提供した。また、各地区の種糸提供者や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等へ速やかに連絡した。

### 事業の結果

##### 1. 2024 年度の気象と海況

###### 1) 水温

高田港先端における水温の推移と平年偏差/σを図 1 に示した。測定を開始した 9 月 2 日から 11 月下旬までの 3 か月間、水温は一貫して平年を上回った。特に、11 月中旬までは平年を 2～3℃上回る「かなり高め」や「高め」の高水温が続いた。11 月下旬によく「平年並み」に下がり、12 月に入るとそれまでとは一転して低め基調となり、3 月末まで「平年並み」～「やや低め」で推移した。

図 2 には 2024 年度の豊後高田市の平均気温の推移を示したが、気温と水温の推移が同調していることがわかる。特に 11 月末までの高気温と、一転して 12 月上旬以降の低気温との境界のタイミングが、気

温と水温がほぼ同時期（図 1、2 内に矢印→で示した）であることから、従来から指摘されているとおり<sup>1,2)</sup>、当該海域の水温は気温に大きく影響を受けていることがわかる。

2) 比重

高田港先端の比重の推移と平年偏差/σを図 3 に示した。年内は10月上旬と11月上旬にまとまった降雨の直後に比重の低下がみられたが、それ以外は平年並みであった。年明け後は平年並み～やや高めで推移した。

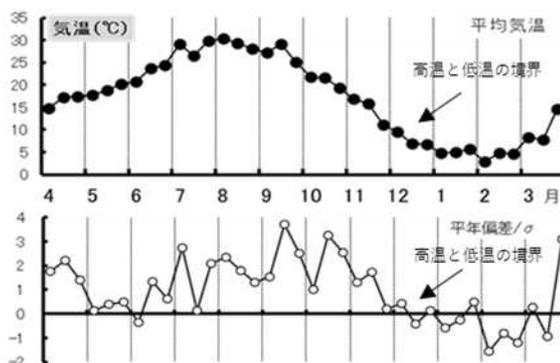


図 2 2024 年度豊後高田市の平均気温の推移

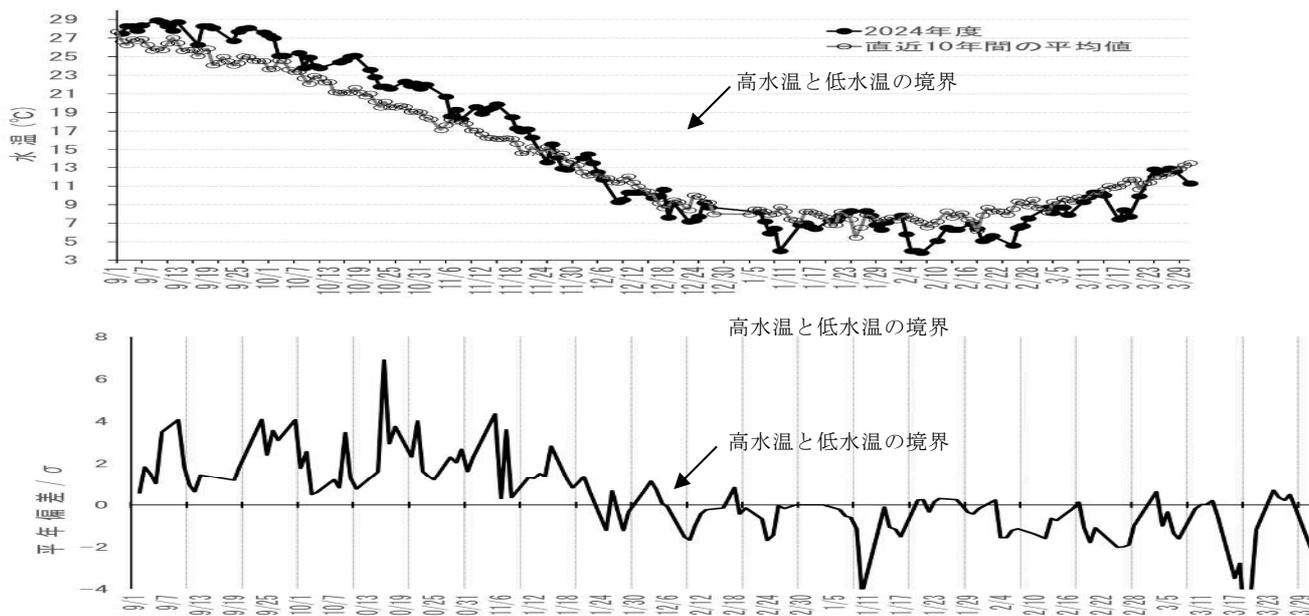


図 1 高田港先端の水温の推移（上：水温、下：平年偏差/σ）

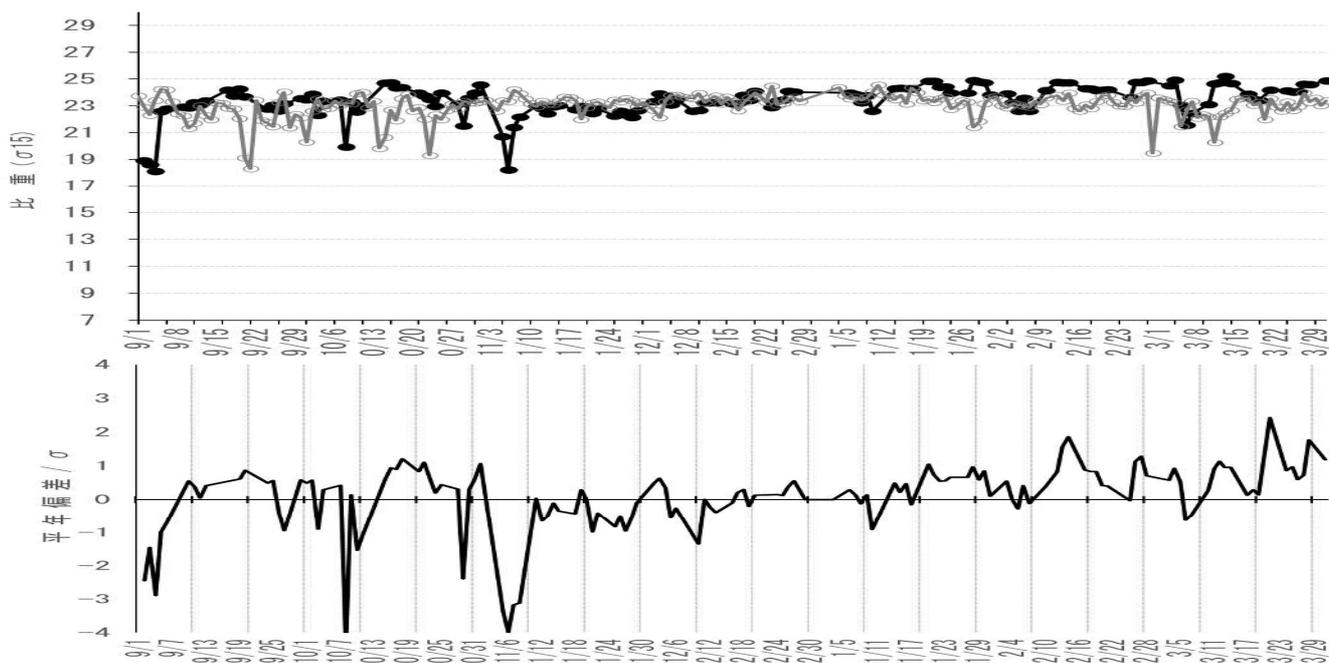


図 3 高田港先端の比重の推移（上：比重、下：平年偏差/σ）

3) 降水量

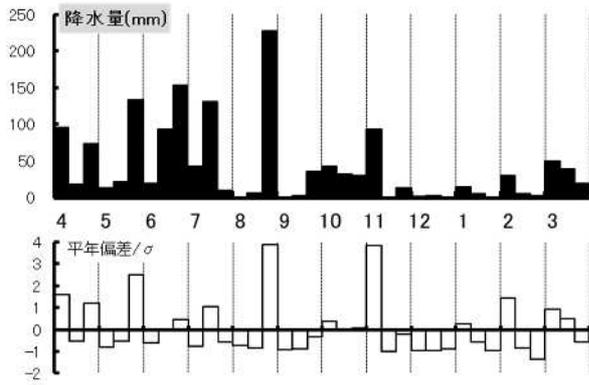


図4 2024年度の豊後高田市の旬別降水量

2024年度の豊後高田市の旬別降水量の推移と平年偏差/σを図4に示した。ノリ漁期前の8月下旬と、漁期が始まり11月上旬は「多め」、2月上旬は「やや多め」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）

中津市東浜沖、和間海浜公園及び高田港先端におけるDINの値を図5に示した。各地とも採苗開始時の10月下旬～12月中旬までは、比較的高い値で推移し、色落ち限界とされる70μg/Lを上回ることもあった。しかし、それ以降2月上旬までは50μg/Lにも満たない状況であった。2月中旬～3月上旬は10～70μg/Lの間を推移し、下旬には10μg/Lにも満たなくなった。

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ほとんどなく、相対的に窒素が少ない状態であった。

高田港先端の2002年からの10～12月のDINの推移を図7に示した。本年度は平均76.38μg/Lで、昨年度の41.97μg/L、一昨年度の43.37μg/Lよりも高めで、色落ち限界前後の値であった。

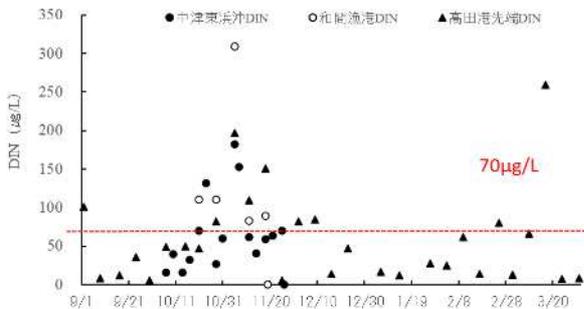


図5 各地先のDINの推移  
(点線内はノリ養殖における最低限必要なDIN<sup>3)</sup>)

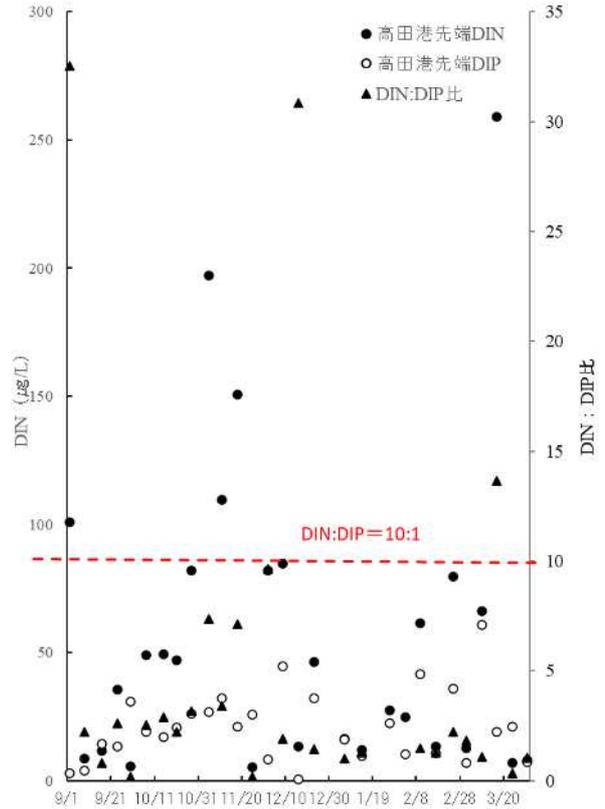


図6 高田港先端におけるDINとDIPの推移  
(点線はDIN:DIP=10:1のライン)

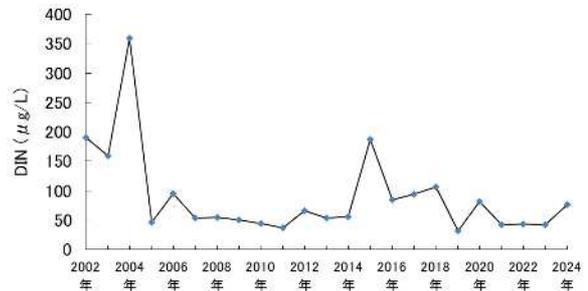


図7 高田港先端における過去20年間のDIN年平均の推移(10～12月)

2. 2024年度のノリ養殖の状況

1) 採苗状況

採苗は中津地区で10月17日、宇佐地区では10月29日から開始された。採苗結果は、中津地区では蛍光顕微鏡100倍1視野あたり殻胞子10以上の「濃いめ」が多く、宇佐地区では7～8の「やや濃いめ」であった。胞子付着後、2週間以内には肉眼視可能となり、育苗は順調であった。

2) 養殖及び病害状況

11月：中津、宇佐地区とも小潮時にはクダムシやタビュラリア等の珪藻類の付着が見られたが軽微で

あり、2次芽の放出、着生も始まるなど順調であった。中津地区では下旬からバリカン症様の発生がみられた。小祝地区は比較的軽微であったが、竜王地区では年末まで続いた。生産者への聞き取りでは、竜王地区では、かぶせ網（目合い9mmのラッセル網）を、重ね網の上下に取り付けて育苗している間は生長良好で珪藻等の付着も少ないが、単張り近くになりかぶせ網を取り外すと、バリカン症にあうとのことであった。

12月：摘採は宇佐のほうが早くなり12月上旬から、中津はバリカン症の影響で中旬から開始された。両地区ともノリの色調は比較的良好で、製品の出来もまずまずであった。

1月以降：珪藻の付着が多くなり、後半になるほど製品も「C」系統が多くなったが、色調は比較的良好なまま推移した。今漁期は一貫して高単価が続いたため生産意欲も高く、3月上旬まで摘採を続ける生産者もあった。

### 3) 乾ノリ共販結果

今漁期（表2）及び、2005年度以降の過去20年間の結果（表3）を示した。福岡市で計8回の共販が実施され、そのうち本県は6回出品した。

大分ノリの初回共販は令和7年1月22日に行われたが、平均単価24.0円と非常に高単価でスタートし、

その後も高単価を維持した。今年度の県下の共販枚数は144万枚（対前年比108.4%）、共販金額2,800万円（同140.5%）、平均単価19.43円（同129.5%）、1経営体あたりの生産金額は560万円（同140.5%）となり、平均単価及び1経営体あたり生産金額は、県下統計資料上<sup>4)</sup>、過去最高であった。

表3 過去20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)	<sup>1</sup> 経営体あたり 生産金額 (千円)	平均単価 (円)	
平成17年度	2005	50	18,963	112,070	2,241	5.91
平成18年度	2006	42	10,496	63,245	1,506	6.03
平成19年度	2007	38	9,313	42,453	1,117	4.56
平成20年度	2008	31	8,794	41,580	1,341	4.73
平成21年度	2009	27	6,847	36,559	1,354	5.34
平成22年度	2010	24	7,647	47,749	1,990	6.24
平成23年度	2011	21	7,003	48,897	2,328	6.98
平成24年度	2012	19	6,620	40,878	2,151	6.17
平成25年度	2013	17	5,147	26,662	1,568	5.18
平成26年度	2014	15	5,948	41,518	2,768	6.98
平成27年度	2015	14	2,480	20,355	1,454	8.21
平成28年度	2016	13	6,113	63,592	4,892	10.40
平成29年度	2017	12	3,341	23,106	1,926	6.92
平成30年度	2018	10	786	5,206	521	6.62
令和元年度	2019	10	1,480	16,627	1,663	11.23
令和2年度	2020	7	1,318	8,723	1,246	6.62
令和3年度	2021	7	1,208	6,543	935	5.42
令和4年度	2022	6	1,254	13,006	2,168	10.37
令和5年度	2023	5	1,330	19,949	3,990	15.00
令和6年度	2024	5	1,442	28,020	5,604	19.43

表2 2024年度の乾ノリ共販結果

	2024年度			2023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	1,181,700	23,389,975	19.79	1,130,000	17,192,302	15.21	104.6	136.0	130.1
中津東	260,600	4,630,025	17.77	200,200	2,757,118	13.77	130.2	167.9	129.0
中津計	1,442,300	28,020,000	19.43	1,330,200	19,949,420	15.00	108.4	140.5	129.5
和間		出品なし			出品なし		—	—	—
宇佐計		出品なし			出品なし		—	—	—
合計	1,442,300	28,020,000	19.43	1,330,200	19,949,420	15.00	108.4	140.5	129.5

### 3. 検鏡観察及び情報提供

気象、海況、養殖管理、病害発生状況及びノリ情報等を12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10～3月の間に35件であった（表4）。

表4 検鏡依頼回数

	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
中津小祝	5	0	1	1	0	0	7
中津竜王	4	1	1	0	0	0	6
宇佐和間	3	11	3	2	2	1	22
合計	12	12	5	3	2	1	35

### 今後の課題

今年度、全体としてはバリカン症による大きな被害はなく、赤グサレ病等の病害発生もなく、ノリの色調も例年よりは比較的良好な状況が続いた。全国的な生産減による高単価で、平均単価及び1経営体あたり生産金額も過去最高であった。一方で、中津、宇佐の両地区とも漁期後半は、色落ちや、珪藻類による汚れが多くなった。今漁期のDIN濃度は、平均では70μ/Lは超えたものの、期間中の多くは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5～7μmol/L）<sup>3)</sup>よりも低く推移し、慢性的な栄養塩不足が続いている。

このため、施肥等の積極的な栄養塩供給手段の開発が必要である。施肥や栄養塩供給に関する基礎的試験については次頁以降に述べる。

また近年、全国的にカモやクロダイによる養殖ノリの食害被害が大きな問題となっているが<sup>5-7)</sup>、本県ノリ養殖漁場においても、大分県北部振興局による2020年度<sup>8)</sup>、2021年度の中津市小祝、竜王ノリ漁場でのタイムラプスカメラによる調査で、ノリ網の下をクロダイの群れが遊泳し、時にノリを摂餌してい

るとされる画像や、カモ類がノリ網に接近している画像がとらえられている(図8)。「事業の結果」で述べたとおり、竜王地区ではかぶせ網の有無で生長に大きな違いがでていることから、食害の影響が推察される。本県では2000年度漁期以降バリカン症が発生するようになり、その影響で同症発生前より平均11.2日も摘採が遅れる実態<sup>9)</sup>にあることから、本症発生原因の解明と根本的な対策が必要である。



図8 2021年度漁期11~12月、竜王地区ノリ漁場におけるクロダイ、カモ類の出現  
(写真は 大分県北部振興局水産班 井口大輝普及員(当時。現おおいたブランド推進課)の提供)

## 文献

- 1) 伊藤龍星・菅沼倫美. ノリ養殖における温暖化による採苗日繰り下げ効果の検証. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編)2022; 8: 1-7.
- 2) 伊藤龍星. 周防灘大分県海域ノリ漁場の水温, 比重の近年の動向と病害との関係. 大分県海洋水産研究センター水産試験場調査研究報告2004; 5: 23-28.
- 3) 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.
- 4) 黒の輝き—豊前海ノリ養殖の歴史— [平成11年度伝統的漁村文化等収集伝達事業]. 大分県宇佐両院地方振興局林業水産課, 大分. 2000; 98p.
- 5) 高倉良太・谷田圭亮・梶原慧太郎・五利江重昭. 兵庫県のノリ養殖における食害実態. 水産増殖2024; 72(2): 139-149.
- 6) 手塚尚明, 梶原直人, 小栗一将, 喜安宏能, 渡部祐志, 塩田浩二. 撮影手法を用いたノリ・アオノリ養殖場における食害種の出現記録. 日本水産学会誌2023; 81(9): 34-38.
- 7) 兒玉昂幸・白石日出人・淵上哲. 有明海区河口域漁場におけるノリ葉体の消失原因について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告2014; 24:13-23.
- 8) 井口大輝. 海苔のバリカン症発生原因解明の試み. おおいたアクアニュース2021; 53: 12-13.

## 資源・環境に関するデータの収集・情報提供-4

### ノリ等海藻類や海域への栄養塩供給に関する基礎知見の収集

伊藤龍星・中野奈央・村瀬直哉

#### 事業の目的

瀬戸内海の貧栄養化に伴い2015年10月に瀬戸内法が改正されて以降、「きれいな海から豊かな海」への転換が始まっている<sup>1)</sup>。本県でも2010年度から中津市の終末処理場では季節別運転管理を行うなどして、限定的な栄養塩添加効果はみられているが<sup>2)</sup>、はなはだ不十分でありより積極的な対策が必要である。豊前海への栄養塩供給源として考えられるものは、山国川や駅館川、桂川等の河川水、ダムやため池の放水、終末処理場の放流水、雨水や地下水等の利用があり<sup>3)</sup>、さらに積極的手段としては施肥の実施が考えられる。

そこで今年度は基礎的知見として、現地の海域で試験的に使用してきた施肥剤<sup>4)</sup>や、今後利用の可能性がある施肥剤や農業用肥料の海水への栄養塩溶出の確認、水道水や雨水の栄養塩量を測定した。

#### 事業の方法

##### 1. 施肥剤 A、B

###### 1) 施肥剤 A

当グループが数年前から試験的にテングサの現地増殖試験<sup>4)</sup>や、ノリ養殖漁場等で使用しているものである。これは、市販のバーク堆肥と鶏糞ペレット各1kgをよく混ぜ合わせて不織布を2枚重ねにして包んだもので、これをさらに靱殻ネットに入れて現地海域に設置している。今回は屋外でろ過海水約1tを満たした角形水槽（縦1.8×横0.9×水深0.6m）内にこの施肥剤1袋を吊るし、弱く通気しながら2024年10月2日から経時的（24H後、48H後、96H後、11日後、約1.5か月後）に採水して栄養塩の溶出量を測定した。なお、施肥剤Aは96Hの測定後、靱殻ネットごと水槽から取り上げた。また、参考に施肥剤Aの含水率（200gを十分に乾燥させ、残った堆肥の重量との差を水分として百分率で表す）を測定した。

###### 2) 施肥剤 B

2022年9月、県内の焼酎メーカーから水産研究部へ「焼酎粕」の有効利用についての相談があった。過去に魚類養殖の餌料への添加研究例はあるが、多くの窒素分が含まれているとのことで、今回は施肥剤への利用について検討した。

事前の室内実験で、焼酎粕による養殖ノリへの栄養塩添加効果を確認できたので（下記、「4.焼酎粕を用いたノリの色落ち改善」参照）、漁業現場での使用を想定して同部養殖環境チームが試作品（施肥剤Bとする）を作成した。この施肥剤Bで重量濃度0.1%（施肥剤B 2g+ろ過海水 1,998g）溶液を作成し、24時間後に上澄みを濾紙ろ過してから栄養塩量を測定した。また、一部のノリ生産者には試験的に本品を配布した。施肥剤Bの成分と重量比（全体を1とする）は、石灰石0.25、石膏0.3、粉碎アコヤ貝殻0.25、焼酎粕0.2であった。

##### 2. 農業用肥料、水道水、海水、雨水

農業用肥料は堆肥類として市販のバーク堆肥、鶏糞ペレット、牛糞堆肥とした。各重量濃度は0.1%（各試料0.5g+ろ過海水495.5g）とした。化成肥料の硫酸は、重量濃度0.002%（堆肥類の1/50）とした。いずれも溶解24時間後に、硫酸以外は上澄みを濾紙ろ過してから栄養塩を測定した。なお、バーク堆肥と牛糞堆肥は前項1.と同様の方法で含水率も測定した。

水道水は、当グループの公共水道とした。海水も当グループが常時使用しているろ過海水とした。雨水は2025年2～6月の間に8回、当グループにて降雨の際に採取したものを冷蔵保存して翌日か翌々日に測定した。

##### 3. 栄養塩の測定方法

測定にはパックテスト（共立理化学研究所）を用いた。測定項目はアンモニウム態窒素（NH<sub>4</sub>-N）、亜硝酸態窒素（NO<sub>2</sub>-N）、硝酸態窒素（NO<sub>3</sub>-N）、リン酸態リン（PO<sub>4</sub>-P）の4つとした。同テストは

処理した試料の色と標準色とを比べて、最も色が近い標準色の数値を読み取る方式である。今回は試料の色が最も近い標準色の数値をそのまま試料の数値として示した。ただし、試料の色が二つの標準色の中間的な場合には、中間の値を試料の数値とした。以上、オートアナライザーで直接分析した数値ではないことを記しておく。なお、使用したろ過海水はその都度栄養塩量を測定したが、すべて検出下限値未満であった（表2参照）。また、パックテストの標準色の単位は mg/l で表示されているが、本稿では  $\mu\text{M}$  に換算して示した。

#### 4. 焼酎粕を用いたノリの色落ち改善

2024年3月8日、宇佐市和間地先で養殖されているササビノリを一部切り取り、以下の試験に供試した。1Lのフラスコに0.25 $\mu\text{m}$ のフィルターでろ過滅菌した海水を500ml入れて、焼酎粕を100倍、1,000倍、10,000倍希釈になるように添加した。また、ろ過滅菌海水のみを対照区とした。ノリは目視で同程度の大きさのものを選定し、各区10枚ずつ入れて培養を行った。培養は、インキュベータの温度を16 $^{\circ}\text{C}$ に設定し、明暗周期12L:12Dでエアレーションによる通気を行い7日間行った。開始前及び培養4日目、7日目で各区のノリを全て取り出し、葉長及び葉幅を測定し、色差計を用いてL値とa値を測定した。なお、L値は明度、a値は緑から赤の関係を示し、肉眼的にノリの色が薄くなるに従いL値は大きく、a値は小さくなる。L値が60以上で色落ち初期兆候、73以上で色落ちとされている<sup>5)</sup>。また、各区の培養液のDIN及びDIPを測定し、ノリが無機態栄養塩を吸収するか調べた。

### 事業の結果

#### 1. 施肥剤 A、B

##### 1) 施肥剤 A

測定結果を表1に示した。また写真1には、開始24時間後の施肥剤Aとパックテストの状況を示した。開始24時間後、窒素ではアンモニアが107 $\mu\text{M}$ と高い値を示した。さらに48時間後には535.7 $\mu\text{M}$ 、96時間後には、パックテスト測定上限の714.3 $\mu\text{M}$ を超えるまでに上昇したが、NO<sub>2</sub>-NやNO<sub>3</sub>-Nは低いままであった。96時間の測定後はすぐに施肥剤Aを水槽から取り上げた。その後、約1.5か月後測定時にはNH<sub>4</sub>-Nは減少し、かわりにNO<sub>3</sub>-Nが大きく上昇していた。PO<sub>4</sub>-Pは、24時間後には11.3 $\mu\text{M}$ 、48時間後には48.4 $\mu\text{M}$ となり、約1.5か月後には24.2 $\mu\text{M}$

であった。施肥剤Aの含水率は35.6%であった。

表1 施肥剤Aの栄養塩量の経時変化

栄養塩 ( $\mu\text{M}$ )	2024/10/2 13:00	10/3,13:00 (24H後)	10/4,13:00 (48H後)	10/6,13:00 (96H後)※	10/13,10:30 (11日後)	11/20,15:30 (約1.5か月後)
NH <sub>4</sub> -N		107.2	535.7	714.3<	714.3<	25
NO <sub>2</sub> -N	実験開始	<0.36	0.535	0.535	0.535	35.7<
NO <sub>3</sub> -N		<14.3	<14.3	<14.3	<14.3	714.3<
PO <sub>4</sub> -P		11.3	48.35	48.35	48.35	24.2

※測定後、施肥剤Aを水槽から取り上げ

写真1 実験開始24時間後の施肥剤A（左、水槽か



ら上げて示す)とパックテスト実施例(右)

#### 2) 施肥剤 B

測定結果を表2に示した。また写真2には、施肥剤Bと、試験的にノリ生産者へ配布した際の姿（施肥剤Aと同じ袋を使用）を示した。開始24時間後にはNH<sub>4</sub>-Nで14.3 $\mu\text{M}$ 、PO<sub>4</sub>-Pで4.85 $\mu\text{M}$ が確認された。これらの値は表3に示すパーク堆肥（施肥剤Bと同じく重量濃度0.1%、24H後）の栄養塩量と類似していた。試験的に本品を配布した生産者からは、「海水に入れるとすぐに白濁し溶けてしまう。肥効が長く持続するような工夫を」等の意見が出た。

表2 施肥剤Bの栄養塩量

栄養塩 ( $\mu\text{M}$ )	施肥剤B 重量比0.1% 2024/12/6
NH <sub>4</sub> -N	14.3
NO <sub>2</sub> -N	<0.36
NO <sub>3</sub> -N	<14.3
PO <sub>4</sub> -P	4.85



写真 2 施肥剤 B (左) と試験配布の袋に詰めた施肥剤 B (右)

2. 農業用肥料、水道水、海水

測定結果を表 3 に示した。パーク堆肥は、窒素成分は低かったが、PO4-P は 4.85μM と窒素より高くなった。鶏糞ペレットは NH4-N と PO4-P が高く、

それぞれ 535.7μM、112.9μM であった。牛糞堆肥は NH4-N が 25μM、NO3-N が 53.6μM であったが、PO4-P が 112.9μM と高かった。硫安は圧倒的に NH4-N が高かった。また、含水率はパーク堆肥で 59.3~61.0%、牛糞堆肥は 51.9~55.1% であった。

水道水は 2025 年 2 月、7 月ともに NO3-N が 25.0μM、PO4-P が 4.85μM と一定量の栄養塩が含まれていた。ろ過海水はいずれも、バックテストでは検出下限値に満たなかった。

3. 雨水

測定結果を表 4 及び図 1 に示した。2~4 月の間、NH4-N や NO3-N はともに 25~107.15μM を示すなど窒素濃度は高く推移した。しかし、6 月に入ると全項目とも低下し測定下限値に満たなくなった。

表 3 農業用肥料、水道水、海水の測定結果

検査項目 単位: μM	パーク堆肥	鶏糞ペレット	牛糞堆肥	硫安 同0.002%	水道水	水道水	海水	海水
	重量濃度0.1% 2025/4/14	同0.1% 2025/4/14	同0.1% 2025/4/14	2025/6/28	2025/2/18	2025/7/2	2025/6/18	2025/7/2
NH4-N	<14.3	535.7	25	535.7	<14.3	<14.3	<14.3	<14.3
NO2-N	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36
NO3-N	<14.3	<14.3	53.55	<14.3	25.0	25.0	<14.3	<14.3
PO4-P	4.85	112.9	112.9	<3.2	4.85	4.85	<3.2	<3.2
主な溶出成分	PO4	NH4、PO4-P	PO4、NO3、NH4	NH4-N	NO3、PO4		検出下限値に満たず	

表 4 雨水の測定結果

降雨日	NH4-N	NO2-N	NO3-N	DIN ※	PO4-P
2025/2/3	25	<0.36	25	50	<3.2
2/15~16	107.15	2.5	53.55	160.7	4.85
2025/3/4	25	<0.36	25	50	<3.2
2025/3/10	53.55	<0.36	53.55	107.1	<3.2
2025/3/27	53.55	0.535	25	79.085	<3.2
2025/4/14	107.15	0.535	107.15	214.835	<3.2
2025/6/9	<14.3	<0.36	<14.3	—	<3.2
6/24~25	<14.3	<0.36	<14.3	—	<3.2

※ NH4-N+NO3-Nとした

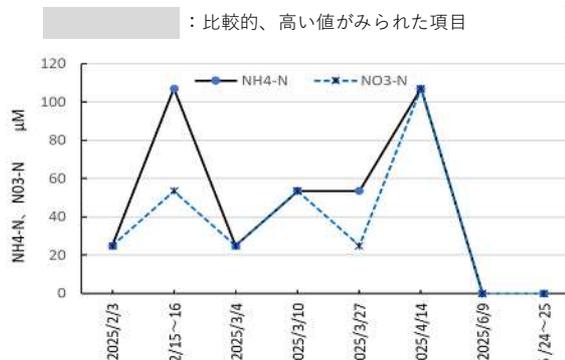


図 1 雨水の栄養塩 (NH4-N、NO3-N) の推移

4. 焼酎粕を用いたノリの色落ち改善

各試験区におけるノリ葉長及び葉幅、L 値、a 値の平均値を表 4 及び図 2 に示した。ノリの葉長及び葉幅は全ての試験区で培養日数の経過とともに生長していることを確認した。L 値について、100 倍希釈区において開始前の 58 から培養 7 日目には 46 と小さくなったが、他の試験区ではいずれも開始前より大きくなり、色落ち初期兆候とされる 60 を<sup>5)</sup> 超えていた。a 値について、100 倍希釈区において開始前の-0.6 から培養 7 日目には 4.9 と大幅に大きく

なり、他の試験区では培養 4 日目に低下した後に培養 7 日目で大きくなったが、正の値に到達しなかった。

培養開始直前、培養 4 日目、培養 7 日目のノリ葉体を写真 3 に示した。培養 4 日目で早くも 100 倍希釈区では葉体の色彩が濃くなっており、培養 7 日目、他区との差はさらに鮮明となった。

各試験区における DIN 及び DIP の結果を表 5 に示した。DIN は試験開始前において 100 倍希釈区では 237.0μM と最も高く、培養 7 日目には 19.3μM

まで低下した。DIPについても試験開始前に100倍希釈区で175.5μMと最も高く培養7日目には68.2μMまで低下した。他の試験区もDIN、DIP同様培養日数経過とともに低下した。

表4. ノリ葉長及び葉幅、L値、a値の測定結果

ノリ葉長(cm)	対照区	100倍希釈	1,000倍希釈	10,000倍希釈
開始前	9.0	10.0	8.4	8.7
培養4日	11.5	10.8	10.8	10.5
培養7日	12.4	11.5	12.4	11.6

ノリ幅(cm)	対照区	100倍希釈	1,000倍希釈	10,000倍希釈
開始前	1.2	1.4	1.3	1.4
培養4日	1.5	1.6	1.8	1.8
培養7日	1.8	1.8	1.8	1.9

L値	対照区	100倍希釈	1,000倍希釈	10,000倍希釈
開始前	58	58	58	58
培養4日	64	54	59	63
培養7日	70	46	68	64

■:比較的、低い値がみられた項目

a値	対照区	100倍希釈	1,000倍希釈	10,000倍希釈
開始前	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
培養4日	-7.1	-0.9	-5.1	-5.8
培養7日	-3.5	4.9	-1.9	-3.4

■:比較的、高い値がみられた項目

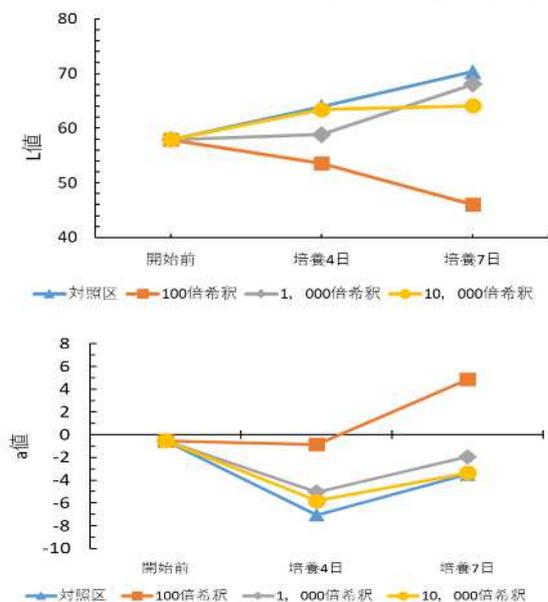


図2. L値及びa値の推移

表5. DIN、DIPの測定結果

試験区	日数	DIN(μM)	DIP(μM)
対照区	開始前	3.9	0.2
	培養4日	0.5	0.1
	培養7日	0.6	0.1
100倍希釈	開始前	237.0	175.5
	培養4日	11.7	21.7
	培養7日	19.3	68.2
1,000倍希釈	開始前	26.1	15.9
	培養4日	1.3	0.4
	培養7日	0.5	0.1
10,000倍希釈	開始前	4.7	1.4
	培養4日	0.4	0.1
	培養7日	0.3	0.1



写真3 培養開始直前、4日目、7日目のノリ葉体

### 今後の課題

試験的に使用してきた施肥剤Aだが、今回の実験から、開始翌日にはNH<sub>4</sub>-NとPO<sub>4</sub>-Pの海水への溶出があり、時間経過とともに濃度も上昇していくことが確認できた。施肥剤Bは事前の実験で、焼酎粕から溶出したDIN及びDIPをノリが吸収し、わずか4日の培養で見た目にもノリの色彩が濃くなるなど色落ち回復にも効果があることが確認され、試作品からも焼酎粕由来の栄養塩の溶出を確認できた。し

かし、新年度に入り同メーカーから「焼酎粕利用に  
目途がついた。」との連絡があったため、研究継続  
は見合わせることにした。

農業用肥料の堆肥類では、鶏糞ペレットのNH<sub>4</sub>-N  
とPO<sub>4</sub>-Pの海水への溶出が大きいことや、牛糞堆肥  
では窒素成分以上にPO<sub>4</sub>-Pの溶出が大きいことな  
どが把握できた。海面で利用できそうな堆肥や肥料  
については、今後もこのような基礎知見から収集し  
ていきたい。

また、水道水や雨水にも一定量の窒素やリンが  
含まれていることがわかった。水道水は今後、海  
藻類の陸上養殖で使用する人工海水の溶媒として  
使用する可能性もあり<sup>6)</sup>、窒素やリンが含まれてい  
ることは望ましいとも言える。雨水については、  
他県での事例でノリ漁場における降雨で海面近く  
の栄養塩が上昇する現象がとらえられていること  
から<sup>7)</sup>、例えば雨水を貯めておき、施肥剂的に使用  
する方法も考えられよう。

ただし、今回の結果から、6月にはいと急激に  
窒素成分の減少がみられており、季節的な変化があ  
るのかもしれない。引き続きの調査でこの動向を把  
握したい。

## 文献

- 1) 山本民治. 「きれいな海」から「豊かな海」へ.  
豊かな海2015 ; 37 : 50-54.
- 2) 菅沼倫美, 山田英俊, 岩野英樹, 伊藤龍星. 下水  
処理管理運転が二枚貝生産に及ぼす影響調査 赤  
潮・貧酸素水塊対策推進事業. 平成28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2018 ;  
230.
- 3) 伊藤龍星. 1990年代前半の中津干潟における水  
温, 塩分, 栄養塩等の水質環境. 大分県農林水産研  
究指導センター研究報告(水産研究部編) 2023 ; 9 :  
19-25.
- 4) 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確立. 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 ; 235-  
237.
- 5) 小谷正幸. ノリ葉体の色落ちの数値化. 福岡県水  
産海洋技術センター研究報告2000 ; 10 : 49-50.
- 6) 伊藤龍星, 中野奈央. 資源・環境に関するデータ  
の収集・情報提供—4ノリ養殖等海藻類の陸上養殖  
に関する基礎知見の収集. 令和6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2025 ; 256-  
260.
- 7) 龍満直起ほか. 香川方式ノリスカートによるノ  
リ養殖漁場への新施肥技術. 日本水産学会誌  
2021 ; 87(1) : 23-30.

## 資源・環境に関するデータの収集・情報提供-5

### ノリ養殖等海藻類の陸上養殖に関する基礎知見の収集

伊藤龍星・中野奈央

#### 事業の目的

近年、技術の進歩にともない、魚類や甲殻類では新たな魚種や手法で陸上養殖が展開されている<sup>1)</sup>。海藻類でも海ぶどう(クビレズタ)やアオノリ類を皮切りに取り組みが行われている<sup>2)</sup>。特に近年は、国内ノリ養殖の不振もあって、ノリも陸上で養殖しようとする動きがみられる。そこで、ノリ等海藻類の陸上養殖に関する知見を得るため、基礎的な試験をおこなった。

#### 事業の方法

現在、産業的に海藻の陸上養殖を行っているところでは、養殖用海水は、海から採取してかけ流しもしくは循環ろ過をしているものが多い。今回は将来時なことを考えて人工海水の利用を検討した。

##### 1. 人工海水の「素」の選択と培養

いわゆる、人工海水の「素」として、多くの商品が販売されている。今回、大手ネット販売サイトに掲載されているものから、数種類の商品の概要、価格等を比較してみた(表1)。このうち人工海水 1L あたり 8.1 円と最も単価が安い A を用いて、養殖ノリの培養を試みた。

表1 市販の人工海水数種の概要

品名	A	B	C	D
作れる人工海水の量(L)	800	210	25	714
価格(税込、円)	6,480	5,610	650	6,950
対象生物	甲殻類、無脊椎動物、魚	サンゴ	一般海水魚用	魚
人工海水1Lあたりの単価(円)	8.1	26.7	26	9.7

使用した養殖ノリはスサビノリである。2023年度漁期、大分県中津市のノリ漁場で実際に養殖されたノリ網の一部を2024年3月に入手し冷凍保存していたものから、葉長10~15cmの部分

を糸ごと切断して実験に供した。実験は2024年5月5~19日の14日間とした。培養容器は500ml枝付きフラスコとした。人工海水は説明書記載どおりの用法で水道水に溶解した。

参考に今回作成した人工海水と、同日の当グループのろ過海水の塩分、比重を示した(表2)。両者に大きな差異はなかった。

表2 人工海水と(天然)ろ過海水の塩分等

	水温℃	塩分	比重( $\sigma_{15}$ )
人工海水	24.1	27.3	1.0221
ろ過海水	23.9	28.8	1.0246

作成した人工海水に栄養塩として、所定量のPESIを加えた区と市販の藻類用栄養剤(KW21)を加えた区の2つとし、各区500ml枝付きフラスコ1本に平均葉長14mm前後のノリ葉体各5枚を入れて通気培養とした。水温19℃、10時間明期:14時間暗期で14日間培養し葉長を比較した。

##### 2. 農業施設で使用した液肥(栄養塩)の再利用

陸上養殖の場合、使用できる海水は無尽蔵ではない。特に人工海水を使用する場合、海水は必ず循環させることになるため、人為的な栄養塩供給が一つのポイントになる。県内の農業関係の施設では以前から、いわゆる「植物工場」で作物に液肥として栄養塩を供給するシステムがある。今回、同施設で使用済みとなった液肥を入手し、ノリの培養に利用できるか検討してみた。同液肥は葉菜類の栽培に使用され、窒素、リン酸、カリウムのほか微量元素が含まれている。実験はA(予備実験)、B(本実験)の2回行った。

##### 1) 実験A(予備実験)

使用した人工海水、ノリ葉体や容器、培養環境

は前記 1.とすべて同様とした。期間は 2024 年 5 月 25 日～6 月 1 日の 7 日間とした。実験区は次の 4 区とした。

- ①液肥 10 倍希釈区      ②液肥 100 倍希釈区  
③液肥 1000 倍希釈区    ④対照区（人工海水のみ）

## 2) 実験 B（本実験）

使用した人工海水、ノリ葉体や容器、培養環境は前記 1.とすべて同様とした。期間は 2024 年 6 月 7 日～6 月 14 日の 8 日間で、実験区は次の 6 区とした。

- ①液肥 50 倍希釈区      ②液肥 100 倍希釈区  
③液肥 200 倍希釈区    ④液肥 500 倍希釈区  
⑤対照区（人工海水のみ）  
⑥市販の藻類用栄養剤（所定の 1ml/L（1000 倍）を投与）

## 事業の結果

### 1. 人工海水の「素」の選択と培養

結果を表 2 に示した。両区とも生長したが、市販の栄養剤を添加したほうが生長率は良好であった。以上から、今回選定した人工海水はノリの培養に使用してもマイナスの影響は与えないと思われた。

表 2 人工海水によるノリの培養 葉長(mm)と生長率

	開始時mm	終了時mm	生長率
	5月5日	5月19日	
人工海水+PESI	14.14	16.14	1.14
人工海水+市販栄養剤※	13.66	25.24	1.85

※KW21

### 2. 農業施設で使用した液肥（栄養塩）の再利用

#### 1) 実験 A

実験終了時の各区のノリ葉体を写真 1 に示した。各区ともノリの伸長に大差はなかったが、色彩には差が生じた。開始当初はどの区も葉体は緑がかったが、①10 倍希釈区と②100 倍希釈区では全体的に黒みが出ていた。対して、③1000 倍希釈区と④対照区は、開始時の緑の部分がかなり残っていた。

以上から、今回入手した液肥は、使用済みながらノリの色調を回復させる効果があること、その効果の有無の境界は 100 倍～1000 倍の範囲にある

ことがわかった。



写真1 実験Aの培養に使用した枝付きフラスコ（左）と実験終了時のノリ葉体（右）

#### 2) 実験 B

実験終了時のノリ葉体を写真 2 に示した。培養中に裂けて細かくちぎれた葉体があったため、長さの測定は控えたが、色調には差が生じた。肉眼の判定で以下のとおりであった。

色調良好 ← ① 50 倍希釈区 ≒ ⑥市販施肥剤区 > ②100 倍希釈区 > ③200 倍希釈区 > ④500 倍希釈区 > ⑤対照区 → 色調不良

①50 倍希釈区と⑥市販施肥剤区は同程度の色調があり、④500 倍希釈区でも対照区より色調は良好であった。

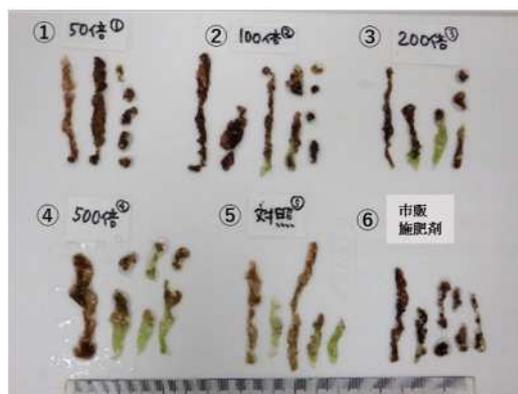


写真2 実験B終了時の各区のノリ葉体

## 今後の課題

実験に使用した人工海水は、8.1 円/L であったが、溶媒に水道水を使用すればさらに上乘せとなる。また今回、基本的な天然の海水との生長比較を行っておらず、次年度実施の必要がある。さらに使用した養殖ノリは漁期終盤の「あがりノリ」であったため、漁期初めのノリに比べると生長や色調等のレスポンス（特に生長差）は良くなかったと思われる。次年度は胞子や幼芽等で生長初期からの培養実験が必要である。

「植物工場」で使用済みとなった液肥は、海藻にも使用できることが判明した。濃度や栄養成分の詳細等はこれからであるが、海藻陸上養殖の進

化形として「海藻工場」を考えた場合、今回の液肥に限らず、植物工場の技術や経験を応用できる部分は多いと考えられる。今後も参考にしていきたい。

### 文献

- 1) 陸上養殖のはじめかた. 月刊 養殖ビジネス 2023、6月号 ; 761 : 8-41.
- 2) 陸上海藻養殖の将来性. 月刊 養殖ビジネス 2022、7月号 ; 749 : 6-42.

# 豊かな海を活用したカキ類等養殖拡大推進事業

## オゴノリ養殖技術の確立

伊藤龍星・中野奈央

### 事業の目的

漁船漁業の低迷に伴い新たな養殖業が求められている。特に豊前海ではノリ養殖業の衰退もあり、これにかわる藻類養殖業の振興が望まれている。本県豊前海ではオゴノリ類 *Gracilaria spp.* が 1990 年代には年間 2 千トン前後（湿）漁獲され<sup>1)</sup>、同じ頃、有明海でも大繁殖の事例があるが<sup>2)</sup>、その後は両地区ともほとんど漁獲されなくなった。しかし近年の本県における研究<sup>3-5)</sup>で、ノリ網を用いて養殖の可能性があることがわかってきた。藻類養殖は、魚類や甲殻類のように餌を投与する必要もなく、コスト的にも環境にもやさしい養殖業といえる。そこで、オゴノリ類の養殖技術を確立するため養殖試験に取り組んだ。

### 事業の方法

#### 1. 養殖試験地と養殖網の配置

図 1 に示す大分県宇佐市和間地先干潟域の岸側、沖側の 2 カ所で実施した。両地点は前年度の試験地と同一とした<sup>5)</sup>。岸側は陸の護岸から 30m 程度沖（北）側で、沖側はそこから北西に約 150m の場所である。地盤高は、岸側で 200cm 以上、沖側で 130cm 程度であった。また、各試験地における養殖網の配置を図 2 に、沖側の網の配置を写真 1 に示した。

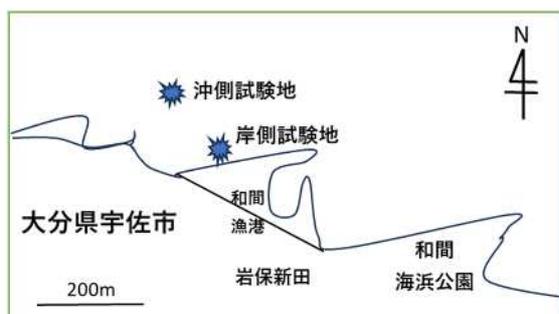


図 1 オゴノリ類養殖試験地

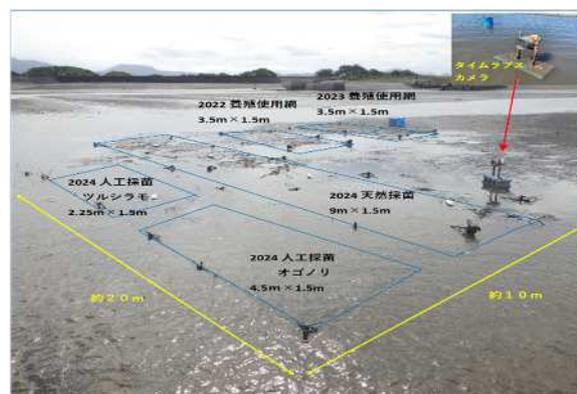


写真 1 沖側試験地での網の配置 (2024 年 10 月、沖から岸に向かって撮影)

#### 2. 使用した養殖網や資材等

すべての網はホームセンターで購入したノリ網の「再生網」（18m×約 1.5m）とした。本品は「万能網」と称して販売されている。これはノリ養殖に使用した網を洗浄し着色後、破損部分を補修したもので、価格は新品ノリ網の 2~3 割と安い。すべての網は 2 つ折りにしてから使用した。例えばこの再生網 1 枚をそのまま 2 つ折りにすると大きさは 9m×約 1.5m となる。

網の周囲には鋼製の杭（丸カン、長さ 60cm と 1m）を約 2~2.5m 間隔で海底に差し込み、太さ 6mm の KP ロープで網と杭を固定した。また、試験中、網が砂へ埋没することがあったため、網にフロート（長さ 20cm×幅 6cm×高さ 3.5cm）を約 1.5m 四方に 1 つ装置した。

#### 3. 過年度使用網の再利用

養殖網の複数年利用が可能か検討するため、昨年度（2023）使用した網と、一昨年度（2022）か月昨年度の 2 年間連続して使用した網を今年度も張り込んだ。これらの網は各年の春季 5~6 月の収穫後に洗浄や乾燥をせず、そのまま漁場へ張り込んでいる。2024 年は 5 月 13 日に実験室に持ち帰り収穫した後、同月 28 日に再び 2 カ所の試験地に張り込んだ。

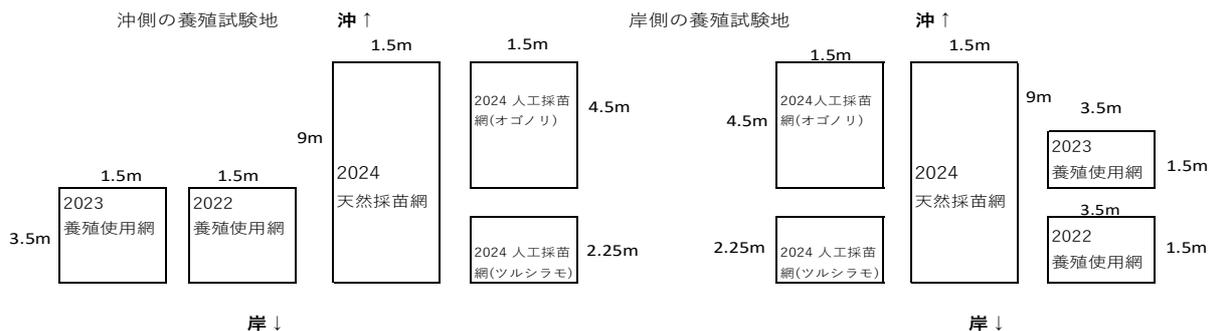


図2 養殖試験地での養殖網の配置

#### 4. 天然採苗

天然でのオゴノリ胞子の採苗の可能性を検討するため、2024年6月4日に新品の再生網を2つ折りにして2カ所の試験地に張り込んだ。

#### 5. 人工採苗

原則、前年度の当養殖試験で得られたオゴノリを母藻として使用した。2024年5月に収穫したオゴノリ<sup>5)</sup>のうち、肉眼で嚢果が確認できる藻体のみを選び、母藻約200g(湿)とした。採苗方法は母藻を約30分間陰干ししたのち、母藻を養殖網の上に置くズボ漬け採苗法で(写真2)、5月20日~6月10日まで行い、その後は屋外水槽へ移した。胞子の芽付きは6月10日で3.9個/cm(網糸両面を×100倍の蛍光顕微鏡で検鏡、以下同様)であった。6月21日に網を洗浄し2時間程度天日乾燥したところ、乾燥過多で幼芽がすべて枯死した。そこで、7月10日に再度採苗(7月4日中間地先で嚢果形成体を採取し10日に109.7gを約1時間陰干しして使用)を行った。芽付きは7月14日の検鏡で136個/cmあり、すぐに屋外水槽へ移した。試験地への沖出しは8月21日で、沖出し時の芽付きは、40.3個/cm、直立体の長さは100~150 $\mu$ mで、肉眼では確認不可であった。

一方、オゴノリの近縁種ツルシラモと思われる藻体が養殖場近辺でみられたため、採取して採苗した(写真2)。本種は小枝が多く、主枝はやや緑がかり、低塩分の砂泥質の干潟での繁茂が多い等が特徴で、以前はセイヨウオゴノリとされていたが<sup>6)</sup>、現在はツルシラモに分類されている<sup>6)</sup>。採苗はオゴノリと同じ方法とし、期間もオゴノリ同様5月20日~6月10日とした。母藻は四分孢子体約200gを用いた。芽付きは6月10日に71.4個/cmであった。すぐに屋外水槽に移して培養を行い、オゴノリと同様に8月21日に沖出ししたが、培養中に芽落ちが多く、沖出し時の芽付きは4.4個/cm、直立体の長さは200~900 $\mu$ mで、大きい芽は肉眼でようやく見える程度であった。



写真2 オゴノリ類のズボ漬け採苗(左)、ツルシラモとオゴノリ(右)

#### 6. 養殖管理の改善

現地で養殖試験を行うなか、養殖方法の改善や、より安価な資材、道具等について検討した。また、海中での網の動きや蛸集生物等観察のため、2024年8~10月にタイムラプスカメラを沖側養殖試験地の2024天然採苗網の脇に設置し、1分間隔で撮影した(写真1)。

#### 7. 乾燥歩留まり

オゴノリは通常、乾燥したのちに出荷されるが<sup>7)</sup>、収穫時期で品質や歩留まりに違いがあることが推察される。そこで、収穫時期による乾燥歩留まりについて検討した。

#### 8. 収穫量の推定(二期作を含む)

これまでの試験から<sup>3-5)</sup>、オゴノリ繁茂の季節的変化として、春季のオゴノリ採苗後、夏季には繁茂が肉眼でも見え始め、冬季にはある程度の繁茂量となり、春季に最大を迎えると考えられる。そこで、冬季以降の推定収穫量の把握を行った。養殖網はノリ網のため、1辺約15cmのひし形の目合いが多数並んだ作りとなっており、ノリ網1 $m^2$ 内には約80辺ある。そこで、現地で数辺分のオゴノリを採取して持ち帰り、長さ重量を測定して平均した。重量は80倍して網1 $m^2$ あたりとし、さらに網1枚あたりに換算した。また、ある程度の繁茂がある冬季と最も繁茂する春季のそれぞれで収穫する、「二期作」の可能性についても検討した。

## 9. 企業との情報交換

県外の大手海藻加工会社と 2024 年 10 月 8 日に Web で、11 月 26 日には来所、2025 年 6 月 5 日に Web での会議を行い、オゴノリ類需給の状況や試験の進捗状況等について意見交換した。また、養殖生産品のサンプルを送付し品質評価等の情報を得た。

## 事業の結果

### 1. 養殖適地

岸側と沖側の 2 カ所で試験を行ったが、岸側では 2024 年 4 月以降年度末まで、シケやまとまった降雨の後に木の枝やビニール類、プラスチック容器などのゴミの漂着が非常に多く網に絡まる(写真3)などして管理に時間を要した。さらに梅雨のあとは底質がヘドロ化してぬかるみ(写真3)、網が泥に埋没して黒く着色し硫化水素臭がするなどした。このため、どの網においてもオゴノリの繁茂量が沖側に比べて極端に少なく、養殖場所としては不適であった。

以上から、以下のオゴノリの生長や収穫等に関する記載はすべて沖側試験地についてとした。



写真3 陸側のノリ網に絡まったゴミ類（左）、ヘドロに埋没した養殖網（右）

### 2. 過年度使用網の再利用

2022 年度養殖開始網、2023 年度養殖開始網ともに、網の破損があり度々補修が必要であった。特に 2022 年度の網では、大きく穴があくなど補修困難な場合もあり(写真4)、再生網は原則、単年度使用が妥当であると思われた。また、両網ともオゴノリの繁茂は期待したほどではなかった。これは、各年度の網とも春の収穫後、洗浄せずにそのまま張り込んでいるため、網糸上の多くの付着物で新たな胞子の着生が妨げられることや、オゴノリは 1 年生藻類と推定されるため、収穫後も残った座からの次世代の旺盛な繁茂が期待できないなどが理由と考えられる。



写真4 2022 年度開始網の破損状況

### 3. 人工採苗

オゴノリ、ツルシラモともに 8 月 21 日の張り込み以降、繁茂は天然採苗網に比べてかなり少なかった。これは、陸上水槽での管理が長すぎて芽落ちしたこと(ツルシラモ)や、沖出しが 8 月の最高水温期で環境的に厳しかったこと、この時期すでに天然胞子の放出が終了している可能性があり(次項 4.を参照)、新たな胞子の着生がほとんどなかったことなどが理由と考えられる。

### 4. 天然採苗とその生長、推定収穫量の推移

6 月 4 日の張り込みから 2 週間後の 6 月 19 日には、網糸 1cm あたり 1.6 個の盤状付着器の着生(直径 70~280 $\mu$ m、直立体最大 160 $\mu$ m)がみられた(表 1)。1 か月後の 7 月 9 日には、特に芽付きの多い部分では、肉眼で数ミリ~最大 10mm の幼芽が養殖網 1 目(長さ 15cm)に 25 個確認できた。反対に肉眼では全く確認できない部分もあった。現地で網を切断して持ち帰り検鏡した結果、網糸 1cm あたり 1.9 個(付着器直径 60~320 $\mu$ m)、芽の長さ平均 0.7mm であった(表 1)。6~7 月の 1 か月間に 0.3 しか増加していないことから、胞子の放出は 7 月にはピークを過ぎている可能性もある。

表 1 沖側試験地における天然採苗網の芽付き

日付	沖側試験地	
	芽付き 個/cm	芽の長さ mm
2024/6/4 (設置日)	0	—
2024/6/19	1.6	—
2024/7/9	1.9	0.7 (最大10) mm

その後、8 月にはまばらではあるがオゴノリは網全面に繁茂するようになった。8 月以降の天然採苗網の生長の経過を写真 5 に示した。また、10 月以降のオゴノリ 1 株あたりの長さ重量を図 3 に示した。

10 月には長い藻体は 20cm 近くになり、12 月には

網の目合いがみえなくなるくらいオゴノリで覆われるようになった。2~3月は最低水温期でもあり生長は比較的停滞気味だったが、4月中旬には長さ、重量ともに急激に増大した。しかし、5月中旬には長さ、重量ともに大きく減少した。

2024年12月以降の養殖網1m<sup>2</sup>あたり、か月網1枚あたりの推定収穫量を図4と表2に示した。12月には370g/m<sup>2</sup>（湿）、網1枚あたり4,989gだったが、その後急激に上昇し2月には3,056g/m<sup>2</sup>、3月には6,360g/m<sup>2</sup>、4月上旬3,464g/m<sup>2</sup>、中旬16日には8,000g/m<sup>2</sup>と最大となり、網1枚あたり108kgと推定された。しかし翌5月19日の網回収時には94.6g/m<sup>2</sup>、1.28kgに激減しており、藻体の多くは網からはがれて流失していた。この時のオゴノリは4月16日の藻体よりも短く重さは半減、黒みも薄く先端は白く退色したものが多かった。弾力もなく折れやすくなり、この1か月の間に一気に老成した印象であった。

図3 オゴノリ1株あたりの長さ重量

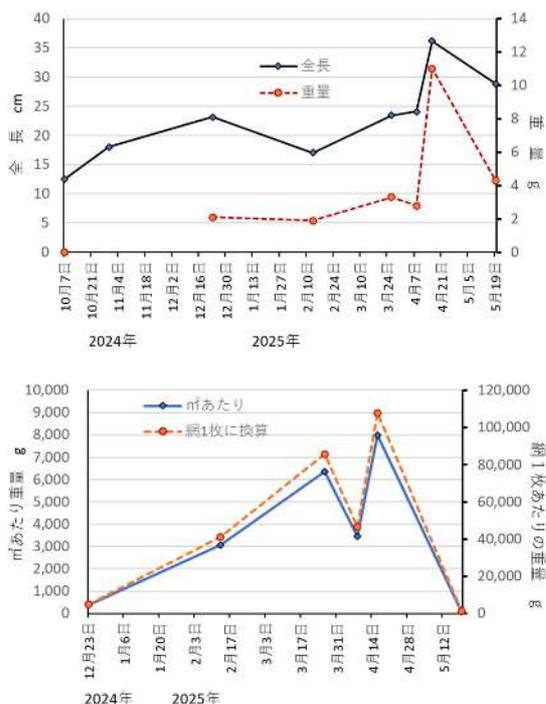


図4 養殖網1m<sup>2</sup>あたりのオゴノリ推定収穫量と養殖網1枚あたりの同推定収穫量

表2 天然採苗網の推定収穫量の推移

調査日	推定収穫量	
	1m <sup>2</sup> あたり g	網1枚に換算 g
2024年12月23日	369.5	4,988.7
2025年2月13日	3,056.0	41,256.0
2025年3月26日	6,360.0	85,860.0
2025年4月8日	3,464.0	46,764.0
2025年4月16日	8,000.0	108,000.0
2025年5月19日	94.6	1,277.5

参考に5月19日の沖側全試験区網回収時のオゴノ

リの全長と重量を示した。オゴノリはすべてが網から発生しているわけではなく、網にからまっているだけの藻体もあり両者はわけて示した。

表3 2025年5月19日、全試験区の網回収後のオゴノリの重量

試験区	網から発生したオゴノリ			網にからまったオゴノリ			合計	
	長さ mm	全重 g	網面積 m <sup>2</sup> あたり g	長さ mm	全重 g	網面積 m <sup>2</sup> あたり g		
令和4年度養殖網	173.0	21.2	5.3	4.0	598.0	36.6	7.0	11.0
令和5年度養殖網	269.0	1,025.3	5.3	195.3	302.0	474.8	5.3	90.4
人工採苗網オゴノリ	234.0	1,272.0	6.8	188.4	285.0	130.3	6.8	19.3
人工採苗網ソシラモ	90.0	7.4	3.4	2.2	332.6	120.0	3.4	35.6
天然採苗網	289.0	1,277.5	13.5	94.6	329.0	223.3	13.5	16.5



写真5 2024年度天然採苗網の生長の経過

5. 二期作の可能性

沖側試験区において、2024天然採苗網の一部(1m×1.5m)を12月に根部から収穫し翌4月まで観察した。収穫後の網にはアオノリ類が繁茂し、オゴノリの再繁茂は少なかった(写真6)。

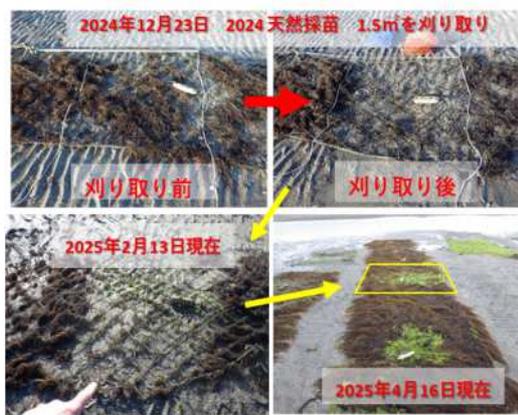


写真6 二期作の試み 12月収穫後の経過

### 6. 養殖管理の改善

張り込み開始から度々、養殖網の砂への埋没がみられた。観察した範囲では、オゴノリはアオノリ類に比べると砂への埋没には強いと思われたが、長期に及ぶと芽落ちの危険があるため改善が必要である。そこで、写真7のようにフロートを装着したところ改善された。タイムラプスカメラによる撮影でもフロートによる効果が確認できた。同時にクロダイの来遊も確認されたが(写真8)、本種はアサリやノリの食害種とされており注意が必要である。

また、2025年2月の観察時、2024年度天然採苗網では網の東側の5本の杭と網とを固定していた6mmKPロープがすべて切れていた(写真9)。これは、冬季の季節風やオゴノリ繁茂による波浪等への抵抗増大、杭に付着したフジツボやカキによるロープのスレが原因と思われる。なお、上記の網は新網の再生網であったにもかかわらず、端網の一部が切断された部分もあり、再生網の強度不足も懸念された。また、杭については、以前から1mを使用しているが、波浪で抜けることもないので60cm以下で対応できると考えられた。



写真7 フロートの装着で砂の堆積を防止



写真8 タイムラプスカメラで撮影した海中での養殖網の動き(上)、クロダイの来遊(下)



写真9 2025年2月、オゴノリが繁茂した網の東側の杭と網固定ロープがすべて切断

### 7. 乾燥歩留まり

オゴノリを収穫した時期と乾燥歩留まりを表4に示した。年内12月や翌年4月は15~17%であったが、5月には大きくなった。ただし、この時のオゴノリは老成し色も浅く付着物も多い状態で、歩留まり増加は付着物の影響と思われた。

表4 オゴノリの収穫時期と乾燥歩留まり

収穫年月	湿重量(g)	乾燥重量(g)	歩留まり(%)
2024年12月	553.0	96.0	17.4
2025年4月	2721.3	410.8	15.1
2025年5月	3367.8	662.5	19.7

### 8. 企業との情報交換

かつては大分県産に限らず日本全国から乾燥オゴノリを購入していたが、近年は国内が不漁のため外国から輸入していること、国産オゴノリには外国産にはない有効な成分が含まれており一定の需要があること、産業レベルとして望ましい養殖規模等の情報を得た。当方から送付したオゴノリの品質については、2024年12月と2025年4月収穫のものは、ゼリー強度が基準品に近く寒天原藻として品質良好であったが、5月収穫のものは数値も著しく低く不良とのことであった(表5)。

表5 乾燥オゴノリの品質など

収穫年月日	送付重量g	収穫時の生藻体の状況	ゼリー強度(JS)
2024/12/23	100	付着物等なし、弾力あり、細い	580
2025/4/17	100	付着物等なし、弾力あり、中間的	480
2025/5/19	300	付着物多い、老成して折れる、太い	190
基準品	-	-	550

### 今後の課題

養殖適地については、岸側(地盤高200cm以上)ではゴミの漂着や網のヘドロへの埋没等で不適であり、沖側(地盤高130cm程度)のほうが適していた。

オゴノリはさらに沖側のノリ漁場周辺にも自生しており、繁茂密度は下がるが藻体は大きくなる傾向にあるので、次年度は今より沖のノリ漁場近辺（地盤高100cm以下）に試験地を設けたい。

人工採苗自体は比較的簡単であることがわかったが、陸上培養管理中に干出過多で死亡（オゴノリ）や、芽落ち（ツルシラモ）があり、しかも沖出し時の直立体が1mmにも満たず、同時期の天然採苗網から発生した幼芽より明らかに生長が遅いなど、現状では人工採苗のメリットは少ない。天然採苗が安定して毎年実施できるなら、まずは天然採苗である程度まとまった収量を得ることに重点をおくべきである。なお、天然採苗を安定させるためには採苗可能な期間や孢子放出のピーク等の把握は必須であり、次年度調査を試みたい。

網の再利用はコスト面からも気になる部分ではあるが、再生網自体が1年程度しかもたないことや、オゴノリが1年生藻類であることを考えると、同じ網を複数年使用するよりは毎年春季に新しい網を張り込むのが妥当と思われる。なお、高価にはなるが新品ノリ網との耐久性や採苗時の芽付きの比較なども検討すべきである。

推定収量は、2024年6月4日、沖側に設置した天然採苗網では翌2025年4月16日には1m<sup>2</sup>あたり8.0kg、網1枚では108kgもの収穫が見込まれた。過去、2024年は5月13日、2023年は6月7日に最終の収穫をしており、両年通した最大の収量は0.69kg/m<sup>2</sup>（2022年度人工種苗）であることから<sup>5)</sup>、今回の推定収量は過去最大となった。しかし、翌月5月19日の全網回収時には、一気に藻体は老成し、全面に繁茂していたオゴノリの多くは流失していた。2023年6月や2024年5月の収穫時、また、今回の2025年4月16日の時点のオゴノリはまだ老成には至っておらず、2025年は4月中旬～5月中旬

までの1か月の間に一気に老成が進んだ可能性がある。図5には、2025年4月16日～5月19日までの2024天然採苗網に取り付けた温度データロガーの値を示した。現地は干潟域で日常的に潮汐があるが、30℃を超える日が23日間で14日間記録されている。これらは潮汐表から大潮で網が空中にろ出していた時間帯と考えられ、高気温の影響を受けた可能性がある。これが直接藻体の老成～流失につながったかは定かではないが、1か月の違いで収穫量に格段の差ができてしまう恐れがあるため、今後は収穫日の正確な見極めも重要である。

## 文献

- 1) 伊藤龍星. 日本の採取・増養殖の現状. 「水産学シリーズ オゴノリの利用と展望」(寺田竜太, 能登谷正浩, 大野正夫編) 恒星社厚生閣, 東京. 2001; 58-74.
- 2) 右田清治, 中島信次, 林江崑, 玉置昭夫. 紅藻ツルシラモの有明海熊本沿岸での大繁殖. 水産増殖1993; 41(2): 149-154.
- 3) 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確立. 令和3年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告2022; 234-236.
- 4) 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確立. 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; 235-237.
- 5) 中野奈央. 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. 令和5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2025; 234-237.
- 6) 吉田忠生, 鈴木雅大, 吉永一男. 日本産海藻目録(2015年改訂版). 藻類2015; 63:129-189.

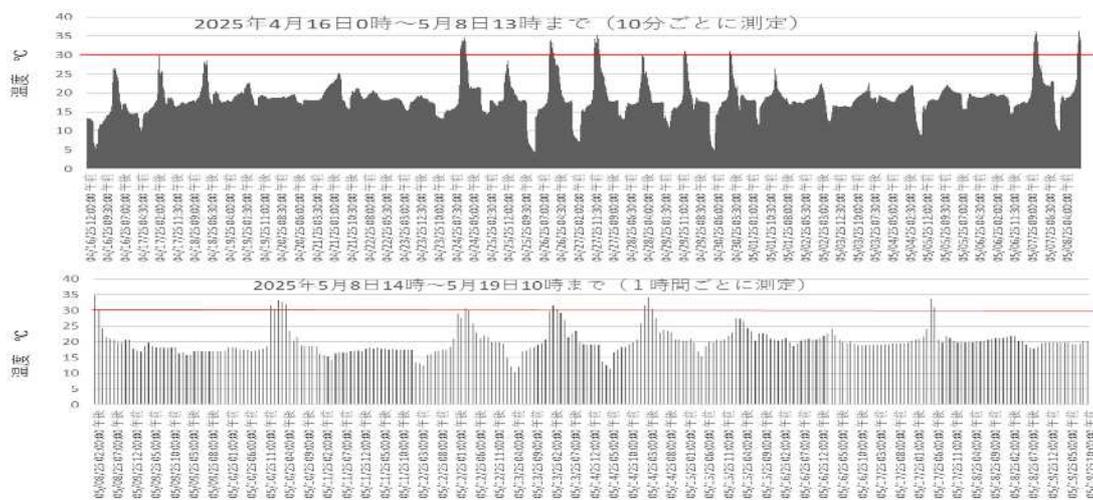


図5 沖側養殖試験地における温度の推移（2025年4月16日～5月19日）

## 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、翌年の1～2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、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。栄養塩はオートアナライザー（QuAAtro39）を用いて分析した。

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 2024年度調査実施日

	武丸		豊洋	
	第1回	2024年	4月8日	2024年
第2回		5月14日		5月9日
第3回		6月3日		6月4日
第4回		7月1日		欠測
第5回		8月6日		欠測
第6回		9月2日		9月4日
第7回		10月1日		欠測
第8回		11月1日		11月7日
第9回		12月11日		12月4日
第10回	2025年	1月14日	2025年	1月10日
第11回		2月11日		欠測
第12回		3月7日		3月5日

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。4月、6～11月は高め基調で、概ね「高め」～「かなり高め」であった。また、4月中旬、7月上下旬、8月上中旬、9月中旬、10月中下旬、3月下旬は過去30年間で最高値を記録した。なお、最高日平均気温は8月2日の31.4℃であった。

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、6月17日頃に梅雨入りし、7月22日頃に梅雨明けした。今年度は、概ね「やや低め」～「やや高め」で推移したが、「やや低め」が多く、低め基調であった。しかし、5月下旬、8月下旬、11月上旬は「かなり高め」となり、8月下旬及び11月下旬は過去30年間で最高値を記録した。

旬別日照時間を図4に示した。4月、10月、3月は低め基調で、4月下旬及び10月下旬は「かなり低め」となった。一方で、6～9月、1～2月は高め基調となり、9月上中旬は「かなり高め」となった。その他の月は、概ね平常並みであった。

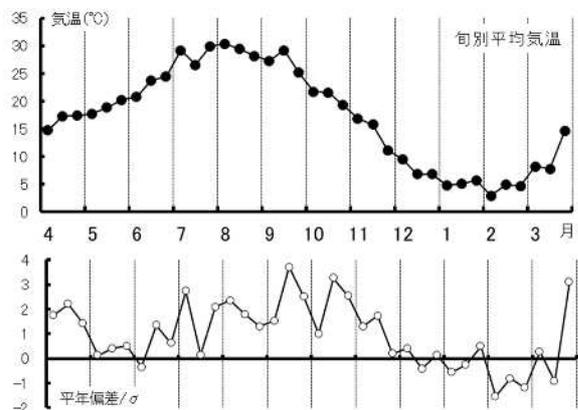


図2 豊後高田市の2024年度旬別平均気温

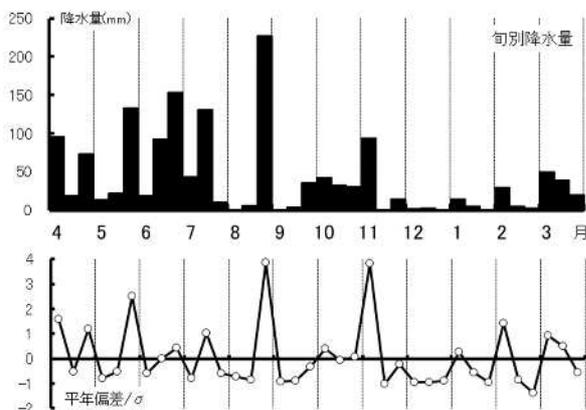


図3 豊後高田市の2024年度旬別降水量

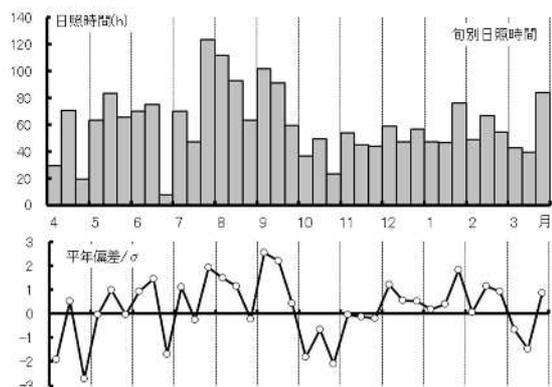


図4 豊後高田市の2024年度旬別日照時間

## 2. 海象

水温の推移と標準化した年平均偏差を図5に示した。4月、10～11月は表層、底層ともに高めであったが、5～6月は底層が「高め」、8～9月は表層が「高め」で推移した。一方で、2～3月は「やや低め」で推移し、その他の月は「平常並み」であった。

塩分の推移と標準化した年平均偏差を図6に示した。塩分は「やや低め」～「平常並み」で推移し、特に4月表層は「かなり低め」となり、過去30年で最低値を記録した。

透明度の推移と標準化した年平均偏差を図7に示した。透明度は概ね「平常並み」で推移したが、4月は「低め」、8月は「高め」、10月は「かなり高め」となった。

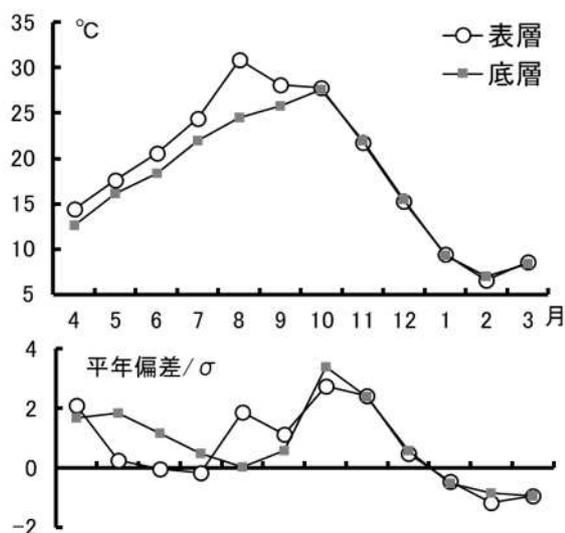


図5 水温の推移と標準化した年平均偏差

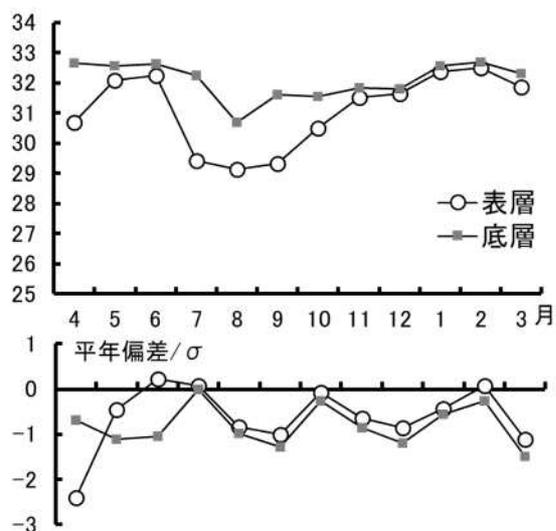


図6 塩分の推移と標準化した年平均偏差

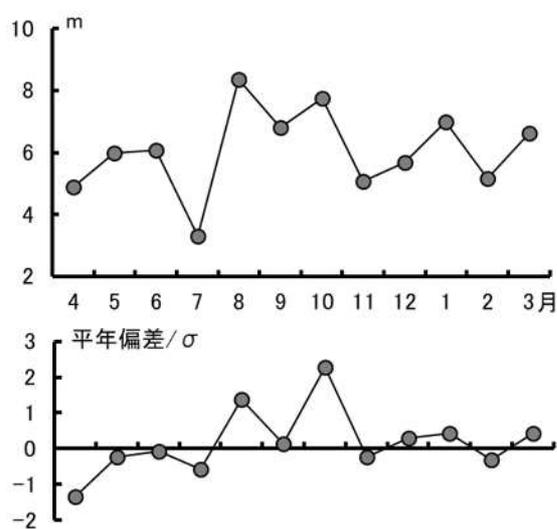


図7 透明度の推移と標準化した年平均偏差

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。DINは概ね「平年並み」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。DIPは4月表層で「低め」となった以降は「平年並み」～「高め」で推移した。特に、5月底層は「かなり高め」となり、過去30年で最高値を記録した。

DOの推移と標準化した年平均偏差を図10に示した。DOは低め基調で、特に4～5月は「かなり低め」となった。しかし、9月のみ平年より高く、表層で「高め」、底層で「やや高め」となった。

CODの推移と標準化した年平均偏差を図11に示した。CODは概ね「平年並み」であったが、6月、8月、11月は「やや低め」、7月、9月は「やや高め」となった。

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。クロロフィル a は4月及び9月の表層で「かなり高め」となり、9月表層は過去30年で最高値を記録した。その他は「やや低め」～「やや高め」で推移した。

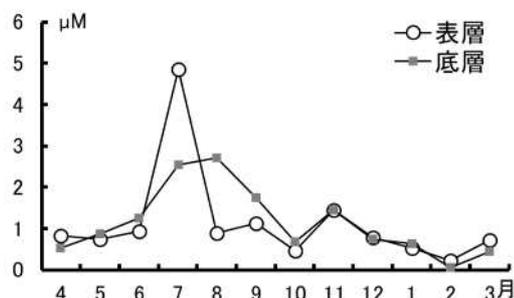


図8 DINの推移と標準化した年平均偏差

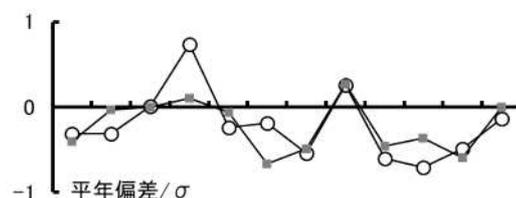
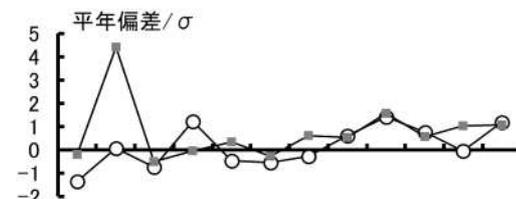
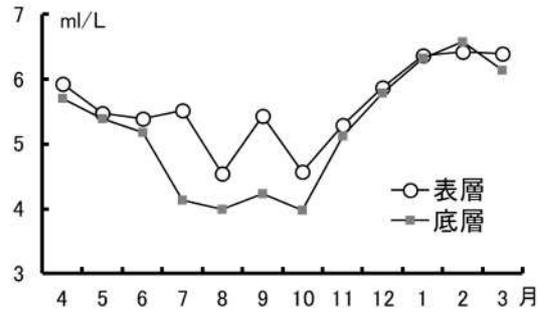


図9 DIPの推移と標準化した年平均偏差





### 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

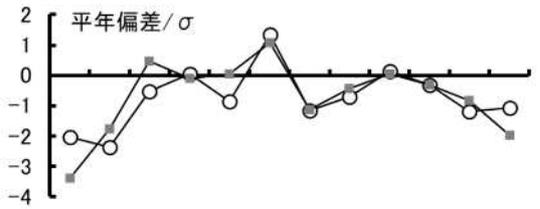


図10 DOの推移と標準化した年偏差

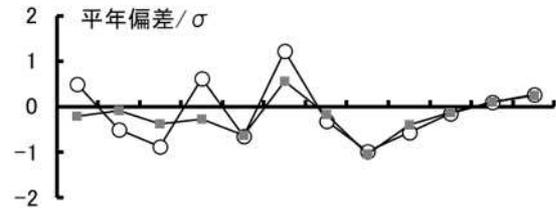
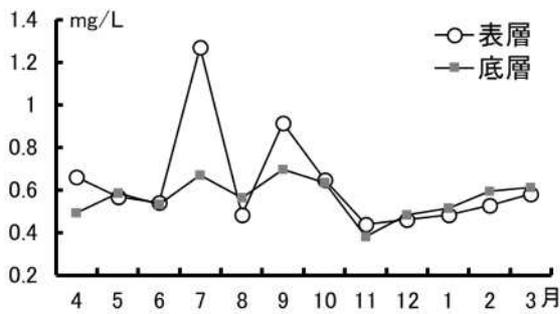


図11 CODの推移と標準化した年偏差

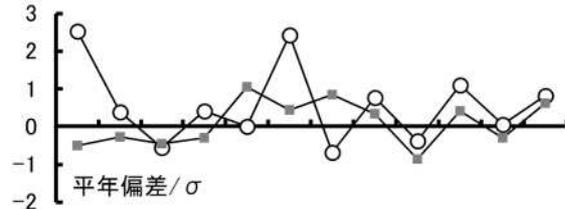
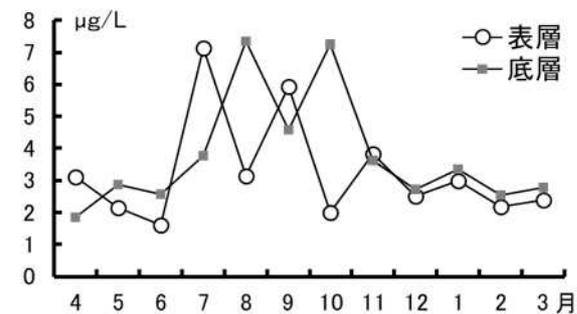


図12 クロロフィル a 量の推移と標準化した年偏差

## 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・江頭潤一

### 事業の目的

渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* 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、赤潮発生予測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(以下「対象海域」という。)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

対象海域のうち宇佐市沖に1点の調査定点を設け、4～6月及び翌年の2～3月に毎月1回、PCR法に資す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-30 $^{\circ}$ Cで凍結保存して、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測技術の検証と改良

前身の事業において *K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオ及び予測モデルを2017年度に開発した<sup>1)</sup>。その予測モデルで2018～2022年の対象海域における赤潮発生の的中率を検証したところ、低下が確認された。そこで2023年度は予測精度の向上を目的として、環境データを追加して予測モデルを再構築した<sup>2)</sup>。そして、2024年度は再構築した予測モデルを用いて、2024年度における *K. mikimotoi* 赤潮の予測及び結果の検討を行った。

さらに *K. mikimotoi* に次いで問題となっている *Chattonella* 属についても予測モデルの開発を行った。

### 事業の結果

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

対象海域では、*K. mikimotoi* は1～4月まで確認されず、1 cell/mL以上の初認日は5月14日であった。本事業の調査期間中、7月中旬に本種の赤潮が確認され、国東市国見地先にて、天然のサザエ、アワビの斃死がみられた。

*K. mikimotoi* の赤潮形成の直前に *Chattonella* 属による赤潮が発生した。*Chattonella* 属は7月上旬に赤潮を形成したが、栄養塩の低下及び7月中旬の低日照により減少に転じたことに加え、珪藻も減少傾向にあったことから、低栄養塩及び低日照に強い *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

2024年は *K. mikimotoi* 赤潮が周防灘及び伊予灘にて、7月中旬から9月中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、対象海域における

調査期間中の細胞密度は N.D.~1189 cells/mL の範囲だと推定された。

周防灘、豊後水道等の海域において 2024 年 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の主要因と考えられた。

### 3. 赤潮発生シナリオと予察技術の検証と改良

対象海域では、2024 年における *K. mikimotoi* 赤潮の判別分析に加えて、*Chattonella* 属の予察モデル作成及び 2023 年、2024 年の赤潮判別分析を行った。

*K. mikimotoi* の予察では、最高細胞密度が 1,000 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。2024 年は本種赤潮の発生年であり、5 通りの予察モデルの組み合わせのうち 2 通りで「発生」と予測的中した。残りの 3 通りは「発生・非発生のどちらとも区別できない」であった。的中した 2 通りの項目には「5 月表層水温」が共通しており、対象海域の本種赤潮予察において重要な項目であることが示唆された。また、「7 月分布指標」と「5 月表層水温」は昨年も的中した組み合わせであり、対象海域のカレニア赤潮発生シナリオすなわち、5 月の表層水温が低く、7 月分布指標 (10 cells/mL) が高いと発生しやすい、に合致しているものであった。しかし、今年度の赤潮が発生したのは 7 月であり、7 月分布指標が高値になるのは当然である。結果として、赤潮発生月のデータを使用した予察であるため、予察とは言い難い。

*Chattonella* 属の予察解析では、最高細胞密度が 100 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、的中率の高い組み合わせ予察解析に使用した。抽出された項目のうち「6 月の細胞分布指標」及び「3 月の 5m 層水温、底層水温」が多く抽出されていることから、重要な項目であることが考えられる。本種は底泥内のシストから発芽するが、3 月の底層付近の水温が春先の発芽に関係しているのかもしれない。

次に、作成した予察モデルを使用して、2023 年 (発生年) 及び 2024 年 (非発生年) の本種赤潮の判別分析を行った。その結果、予察と結果が一致したのは、両年とも 2 通りずつであった。さらに、

両年ともに的中した組み合わせはなく、予察精度は低かった。また、対象海域では 6~7 月に本種赤潮が発生することが多い。そのため 6~7 月の項目を使用する予察は不適と考えられ、今後検討が必要である。

### 今後の課題

現行の予察モデルは赤潮発生時期と重なる 7 月のデータが使用されており、発生時の細胞密度や分布を元としているため、予察とは言い難い。また、近年、夏季の高水温や集中的な降水量の増加など、短期的な気象変化が大きく長期予察が困難になっている。そのため今後は、予察モデルの検証を重ね、環境項目について検討する必要がある。さらに、自県海域で非発生であっても隣接海域から海流などで移送されたシードポピュレーションによる赤潮の発生によりの中率が下がることが想定される。自県海域だけでなく、隣接海域の予察結果の活用も重要である。これからも赤潮被害軽減のために、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するとともに、予察精度の向上に努める必要がある。

### 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および予察技術開発 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) 後川龍男, 金澤孝弘, 恵崎 撰, 加川真行, 上原達亮, 戸田竜哉, 相田 聡, 永井崇裕, 茅野昌大, 渡邊俊輝, 内田喜隆, 畑間俊弘, 馬場俊典, 毛利文香, 野田 誠, 宮村和良, 岡田 理, 三門哲也, 神野 智, 関信一郎, 上村海斗, 黒原健朗, 岡部正也, 吉江直樹, 郭 新宇, 清水園子, 竹内久登, 外丸裕司, 三宅陽一, 坂本節子. 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並びに赤潮の発生段階に応じた一連の対策 (行動計画) の検討・策定 イ. 瀬戸内海西部・豊後水

道・土佐湾海域. 令和5年度豊かな漁場環境推進事業「赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化」報告書, 水産庁, 東京. 2024; 51-100.

## 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

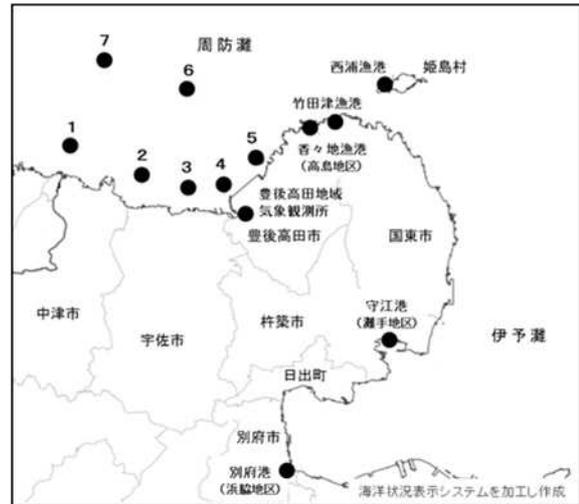
赤潮による漁業被害の軽減及び被害の未然防止を図ることを目的に、本県周防灘海域を対象として赤潮調査を実施し、調査結果を関係機関に情報提供した。また、赤潮発生機構の解明と予察手法の確立に資する基礎資料収集のために、気象や海象、水質調査も併せて実施した。

### 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。栄養塩類は測定した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、PO<sub>4</sub>-Pを溶存無機態リン(DIP)とした。

気象データは、気象庁HP気象統計情報から観測点「豊後高田」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、測定した水深、水温、塩分から、水塊の成層強度を示す鉛直安定度を算出した。



定点	緯度(北緯)	経度(東経)	観測層
St. 1 (St. 5)	33° 39.2′	131° 11.9′	
St. 2 (St. 16)	33° 37.2′	131° 17.9′	0.5m
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′	
St. 6 (St. 9)	33° 43.2′	131° 21.9′	底上1m
St. 7 (St. 15)	33° 45.2′	131° 14.9′	

括弧内は該当する浅海定線調査点  
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	8日
5月	14、20日
6月	3、20日
7月	1、10、20日
8月	6、20日
9月	2日

## 事業の結果

### 1. 気象・海況等の特徴

豊後高田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、6 月 17 日頃に梅雨入りし、7 月 22 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 6 月上旬を除き、平年値より高めで推移した。なお、9 月中旬は平年値より 5.5℃高かった。

旬降水量は、全体的に平年値より少なめで推移したが、8 月下旬は台風の影響によりかなり多めとなった。

旬日照時間は、4 月で低め基調、5 月平年並み、6～9 月で高め基調であった。

旬平均風速は、概ね平年値より高めで推移した。

### 2) 海況

表層水温は、6 月上旬に 20℃に達し、7 月上旬には 25℃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、一度は 6 月上旬に差が小さくなったものの、6 月中旬からは再度、差が拡大し 8 月上旬に最大となった。

塩分は 28.7～32.7 で推移し、4 月上旬、6 月中旬～8 月上旬、9 月上旬に顕著な表層と底層の差が見られた。

鉛直安定度は、6 月中旬から上昇をはじめ、7 月中旬に最も高まり、9 月下旬まで高い傾向が続いた。

クロロフィル a は 4 月上旬～6 月上旬まで 1.41～3.69 μg/L で推移したが、6 月中旬から上昇し、調査時に赤潮が発生していた 7 月下旬には 14.0 μg/L を記録した。

透明度は期間中、4.2～9.6m で推移した。7 月上旬及び下旬は、調査時に赤潮が発生していたため、透明度が低下した。

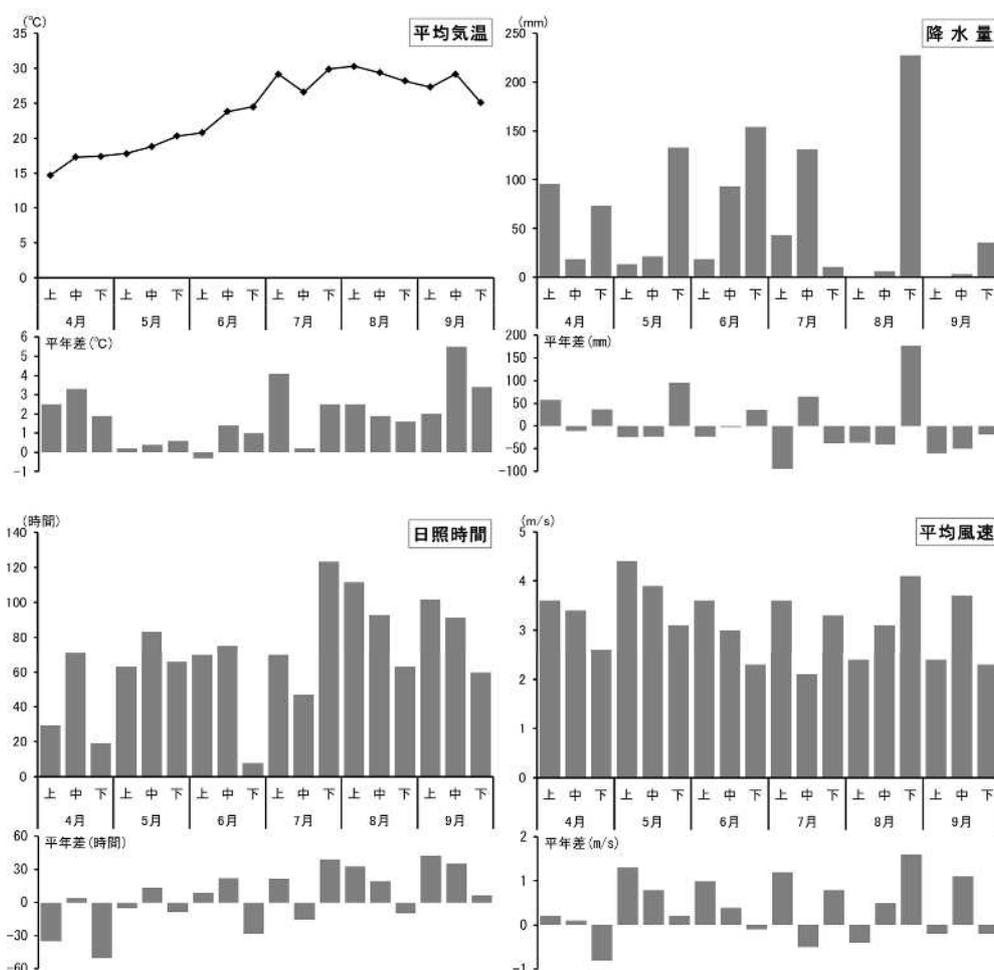


図 2 2024 年の豊後高田における旬別気象データの推移

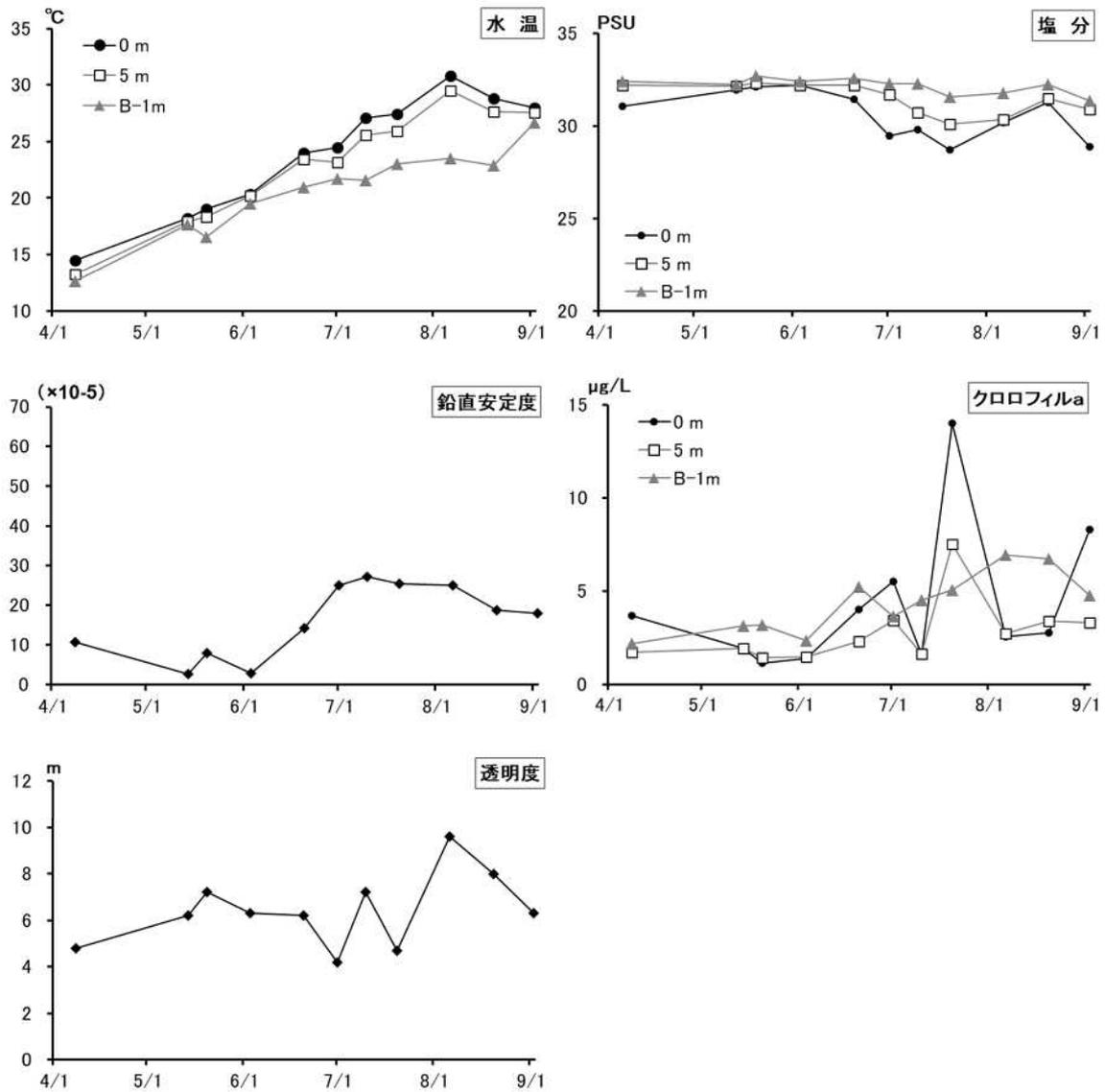


図3 2024年の周防灘における海況の推移

### 3) 栄養塩類 (DIN、DIP)

DIN は概ね  $0.17 \sim 1.67 \mu\text{M}$  で推移したが、7月上旬の表層、底層及び8月上旬の底層では  $2.7 \mu\text{M}$  を超える上昇が確認された。

DIP は、5月中旬に表層  $1.33 \mu\text{M}$ 、5m層  $1.67 \mu\text{M}$  及び底層  $0.74 \mu\text{M}$  の上昇が確認されたが、その他は  $0.38 \mu\text{M}$  以下で推移した。

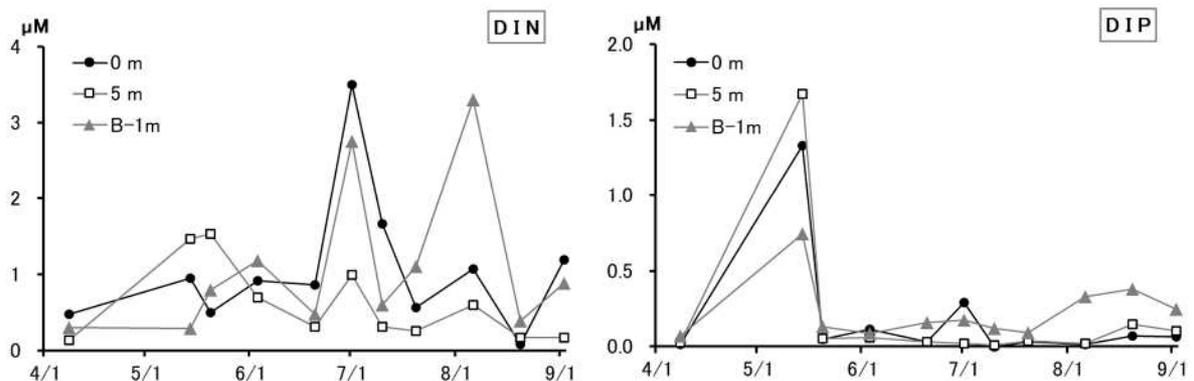


図4 2024年の周防灘における栄養塩類の推移

表 2 2024 年の赤潮発生状況

発生場所		発生赤潮		漁業被害
海域	地名等	構成プランクトン	最高密度 (cells/mL)	
別府湾	別府市亀川漁港	<i>Noctiluca scintillans</i>	8,000	無
周防灘～伊予灘	中津市、宇佐市、豊後高田市、 国東市小野田～熊毛	<i>Chattonella</i> spp.	94	無
周防灘～伊予灘	中津市、宇佐市、豊後高田市、 国東市来浦～国東港	<i>Karenia mikimotoi</i>	40,500	有
伊予灘	国東市岐部	<i>Leptocylindrus</i> sp.	38,000	無

## 2. 赤潮発生状況

表 2 に示す 2024 年に発生した赤潮は、4 件であった。その内訳は、*Noctiluca scintillans* が 1 件、*Chattonella* 属が 1 件、*K. mikimotoi* が 1 件、*Leptocylindrus* sp. が 1 件であった。漁業被害は *K. mikimotoi* で確認され、国東市国見で天然のアワビ及びサザエが斃死した。

## 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 1cell/mL 以上の初認日は、5 月 14 日であった。調査定点では 7 月中旬から多数確認されるようになり、7 月 20 日に周防灘調査定点において赤潮を確認した（調査時最高密度 5,400 cells/mL）。なお、沿岸では 7 月 18 日に国東市（伊予灘）で赤潮を確認、次いで周防灘沿岸でも確認され、7 月 24 日に長洲漁港沖で最高密度 40,500 cells/mL を確認した。

### 2) *Chattonella* 属

本県周防灘海域の浅海定線調査における 1cell/mL 以上の初認日は 5 月 14 日であった。6 月中旬まで低密度で推移したが、7 月上旬に赤潮を形成した（調査時最高密度 94 cells/mL）。なお、沿岸では 6 月 20 日に国東市（周防灘）で赤潮を確認、その後、中津市、宇佐市、豊後高田市の沿岸でも確認された。

### 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、表層の平均細胞密度は 8～9,623 cells/mL の範囲で推移した。

## 5) *K. mikimotoi* の赤潮形成と気象・海況等の関係

本年度は、周防灘調査定点において、*Chattonella* 属及び *K. mikimotoi* による赤潮が発生した。両種は 6 月中旬まで低密度で推移していたが、6 月下旬ごろに *Chattonella* 属が増加し、7 月上旬に赤潮を形成した。これは 6 月中旬に底層水温がシストの発芽が活発になる 20°C に達したことに加え<sup>2)</sup>、6 月下旬の日照時間が少なく競合する珪藻が減少したためと考えられる（6/20～7/1 の日照時間、合計 7.8 時間）。また、7 月 1 日調査時の溶存態窒素 (DIN) は表層と底層で高値となっている。*Chattonella* 属の増殖における第一制限栄養塩種は窒素との報告があることから<sup>3)</sup>、DIN が多かったことも要因となった可能性がある。その後、*Chattonella* 属は減少し、7 月中旬に *K. mikimotoi* が替わって赤潮を形成した。これは栄養塩の消費及び 7 月中旬の低日照により *Chattonella* 属が減少に転じたことに加え、珪藻がさらに減少したことで、低栄養塩及び低日照に強い *K. mikimotoi* が優位になったため赤潮を形成したと考える<sup>4), 5)</sup>。

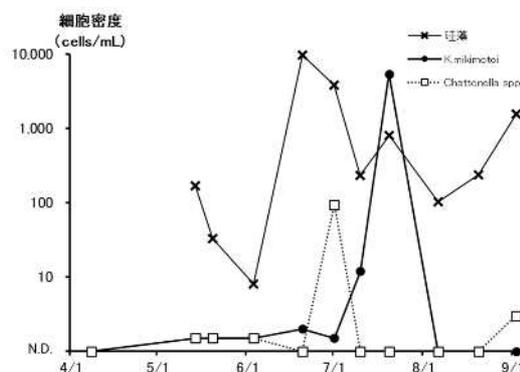


図 5 周防灘赤潮調査定点における有害赤潮プランクトン等の出現状況

#### 4. 冬季の *K. mikimotoi* の出現状況

2024年10月～2025年3月は、*K. mikimotoi* が低密度 (0.00023～0.021 cells/mL) で検出された。

#### 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のデータ蓄積が必要であり、今後もモニタリングの継続が必要である。

#### 文献

- 1) Sverdrup HU、Johnson MW、Fleming RH. *The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology*. Prentice-Hall、New York. 1
- 2) 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.
- 3) 紫加田知幸、櫻田清成、城本祐助、小山長久、生地 暢、吉田 誠、大和田紘一. 八代海におけるラフィド藻 *Chattonella antiqua* の増殖および栄養塩との関係. 日本水産学会誌、2011; 77(1): 40-52.
- 4) 山口峰生、本城凡夫. 有害赤潮鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖におよぼす水温、塩分および光強度の影響. 日本水産学会誌、1989; 55(11): 2029-2036.
- 5) 鬼塚 剛. 瀬戸内海における赤潮の変遷. 水環境学会誌、2021; 44: 132-136.

# 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おり、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、中津市沿岸や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の黒丸で示した16か所の調査定点で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。

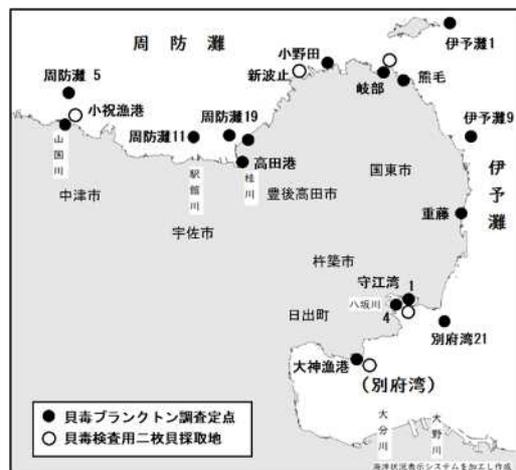


図1 貝毒発生監視調査の定点

#### 2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒の検査は図1の白丸で示した5地点で採取した養殖マガキまたは天然アサリの可食部を、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)を用いてELISA法により実施した。

### 事業の結果

#### 1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

2024年4月～2025年3月に67回のモニタリングを行い、このうち麻痺性貝毒原因プランクトンの *Alexandrium* spp. が確認された検鏡結果を表1に示した。

表1 麻痺性貝毒原因プランクトン検鏡結果

調査日	調査定点	採水層 (m)	細胞密度 (cells/L)
8月20日	別府湾st. 21	0	130
		5	150
9月4日	別府湾st. 21	0	40
		5	10
11月1日	周防灘st. 5	0	150
11月11日	小野田	0	110
11月14日	呉崎岸壁	0	40

#### 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。

令和6年度は6検体の検査を行ったが、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	岐部	10月 3日	10月 4日	N. D.	3.1
マガキ	杵築	10月28日	10月29日	N. D.	10.5
マガキ	小祝漁港	11月15日	11月15日	N. D.	7.7
マガキ	新波止	12月11日	12月12日	N. D.	26.3
マガキ	大神	1月29日	1月29日	N. D.	14.5
アサリ	小祝漁港	3月 3日	3月 6日	N. D.	2.7

### 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イガイ、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年には確認されなかった。ところが、2022年は秋期に、2023年は5～9月に *Alexandrium* spp. が確認された。そして、2024年は8～11月に確認され、再び確認される年が続いている。

今後も、貝毒監視体制を継続し、貝毒原因プラントンの定期的なモニタリング調査と二枚貝の出荷前の毒力検査により、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）

村瀬直哉・岡田 理

### 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 (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 (表5)

#### 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6)
- 4) 輸出錦鯉対応 (表7)

#### 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8、表9)
- 2) 疾病発生対策 (表10、表11)
- 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

実施時期	実施場所	構成員	内容
2024年12月4日	三重県	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 農林水産省消費・安全局 栃木県、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
2024年12月4日～5日	三重県	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 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
2025年3月19日	web参加	農林水産省消費・安全局 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 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、話題提供 ・プリのレンサ球菌症への対応について ・遠隔診療の積極的活用 ・ミズカビ防除法及び効果等の公表情報の取りまとめ など

表2 地域合同検討会議

実施時期	幹事県	構成員	内容
2025年2月3～4日	福岡県	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 ・その他

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
2024年12月12日	佐伯市	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 アユ中間育成関係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
2024年4月1日～ 2025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 養殖衛生管理技術講習会

実施時期	実施場所	対象者	内容
2024年12月11日	別府市	アユ、マス類生産者、飼料メーカー等(延べ32名)	魚病診断状況、水産用医薬品の使用について 黄銅ファイバーを用いたエノハ受精卵のミズカビ病対策 サケ科魚類の疾病について

表6 薬剤耐性菌実態調査

実施時期	実施場所	対象種	内容
2024年4月1日～ 2025年3月31日	豊後高田市呉崎	アユ、ヤマメ、マコガレイ、ウナギ	細菌分離とディスク法による感受性測定 <i>Pseudomonas plecoglossicida</i> (2株) <i>Edwardsiella ictaluri</i> (5株) <i>Aeromonas salmonicida</i> (6株) <i>Pseudomonas anguilliseptica</i> (1株) <i>Vibrio anguillarum</i> (2株) <i>Edwardsiella piscicida</i> (4株)

表7 輸出錦鯉対応

実施時期	実施場所	実施内容
2024年10月29日	豊後大野市	輸出錦鯉養殖施設リスト登録基準の現地確認(1回)

表 8 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
2024年							
4月17日	宇佐市、中津市	マス類、アユ他	養殖場の疾病調査 および魚病被害状況の把握	10月15日	玖珠郡	マス類、アユ他	養殖場の疾病調査 および魚病被害状況の把握
4月26日	日田市	〃	〃	10月16日	日田市	〃	〃
5月15日	中津市、宇佐市	〃	〃	10月18日	由布市、宇佐市	〃	〃
5月24日	竹田市	〃	〃	10月23日	竹田市	〃	〃
5月27日	由布市	〃	〃	10月25日	玖珠郡、由布市	〃	〃
5月29日	姫島村	クルマエビ	〃	10月28日	玖珠郡、由布市	〃	〃
6月6日	日田市	マス類、アユ他	〃	10月30日	中津市	〃	〃
6月10日	由布市	〃	〃	11月1日	玖珠郡	〃	〃
6月12日	竹田市、玖珠郡、由布市	〃	〃	11月5日	日田市	〃	〃
6月14日	中津市	〃	〃	11月12日	玖珠郡、竹田市	〃	〃
6月21日	由布市	〃	〃	11月14日	竹田市	〃	〃
6月27日	日田市	〃	〃	11月18日	国東市	〃	〃
7月2日	中津市	〃	〃	11月19日	由布市	〃	〃
7月3日	姫島村	クルマエビ	〃	12月12日	佐伯市	〃	〃
7月10日	由布市、宇佐市	マス類、アユ他	〃	12月20日	玖珠郡、日田市	〃	〃
7月12日	宇佐市、日田市	〃	〃	2025年			
7月16日	由布市	〃	〃	1月20日	中津市	〃	〃
7月18日	竹田市	〃	〃	1月24日	国東市	〃	〃
7月19日	宇佐市	〃	〃	2月5日	杵築市	〃	〃
7月30日	宇佐市	〃	〃	2月10日	日田市	〃	〃
7月31日	由布市	〃	〃	2月14日	玖珠郡、由布市	〃	〃
8月7日	宇佐市	〃	〃	2月18日	姫島村	クルマエビ	〃
8月9日	姫島村、国東市	クルマエビ	〃	2月26日	玖珠郡、由布市	マス類、アユ他	〃
8月16日	佐伯市	マス類、アユ他	〃	2月28日	中津市	〃	〃
8月27日	日田市、玖珠郡	〃	〃	3月4日	日田市、中津市	〃	〃
8月28日	姫島村	クルマエビ	〃	3月5日	宇佐市	〃	〃
9月13日	由布市、中津市	マス類、アユ他	〃	3月7日	中津市	〃	〃
9月24日	日田市	〃	〃	3月12日	中津市	〃	〃
9月25日	玖珠郡	〃	〃	3月14日	日田市	〃	〃
9月27日	国東市	〃	〃	3月21日	由布市	〃	〃
10月2日	姫島村	クルマエビ	〃	3月26日	中津市	〃	〃
10月3日	日田市	マス類、アユ他	〃	3月27日	中津市、豊後高田市	〃	〃

表 9 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
2024年4月26日	日田市	ニジマス	
2024年6月12日	玖珠郡	ニジマス	
2024年8月27日	玖珠郡	ニジマス	
2024年10月1日	日田市、玖珠郡	ニジマス	着地検査
2024年11月1日	玖珠郡	ニジマス	
2024年12月20日	日田市	ニジマス、アトランティックサーモン	
2025年2月14日	玖珠郡	ニジマス	

表10 疾病発生対策（海面養殖における疾病の検査・診断）

種名	疾病名	2024年										2025年			計		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
ヒラメ	滑走細菌症			1													1
	健康診断										1						1
	ヒラメ小計	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
マコガレイ	シュードモナス症			1													
	滑走細菌症			1													1
	混合感染 (スクーチカ+イクチオボド)		1														1
	不明			1													1
	マコガレイ小計	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
キジハタ	ハダムシ症			1													1
	不明				1												1
	キジハタ小計	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
クルマエビ	健康診断										1						1
	クルマエビ小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
合計		0	1	5	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	9

表11 疾病発生対策（内水面における疾病の検査・診断）

種名	疾病名	2024年										2025年			計		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
アユ	異形細胞性鰓病(ACGD)	1			2	1											4
	ビブリオ病(Vibrio ang-typeE)															1	1
	細菌性出血性腹水症			2													2
	エドワジエラ症( <i>E.ictaluri</i> )											2				1	3
	非感染症(コツキ)			2												1	3
	環境要因															1	1
	その他										1			1			2
	不明			1				1							2	1	5
	健康診断	1	2	2	2												7
	アユ計	2	2	7	4	1	1	0	0	1	2	3	5	28			
ヤマメ・ニジマス	IHN			2					1								3
	混合感染(IHN・せっそう)								1								1
	細菌性鰓病								1								1
	せっそう病						1	3	3						1		8
	非定型エロモナス感染症						1										1
	混合感染症 (せっそう+非定型エロモナス)						1										1
	不明						1		1						1		3
	ヤマメ・ニジマス小計	0	0	2	0	0	4	6	4	0	0	0	0	0	0	2	18
ウナギ	パラコロ病														2		2
	不明	1														1	2
	ウナギ小計	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4
スッポン	環境性疾病				1												
	その他															1	1
	スッポン小計	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
コイ	不明				1												1
	外部機関検査のための現地確認								1								1
	コイ小計	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
その他	オイカワ																
	不明	1															1
	カワムツ																
	テトラヒメナ症								2								2
	その他小計	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
合計		4	2	9	6	1	5	7	6	1	2	5	9	57			

## 資源造成型栽培推進事業－2

### イシゴカイからのDNA抽出試薬の検討

村瀬直哉

#### 事業の目的

例年、公益社団法人大分県漁業公社国東事業場が生産した放流用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が、今年度は施設の建替え工事により、種苗生産が行われなかった。

ところで、クルマエビの種苗生産において、親エビの催熟のために餌としてイシゴカイ（以下、「ゴカイ」という。）を用いるが、これらは放流用クルマエビ種苗の検査対象疾病である WSSV のベクターとして知られている<sup>1)</sup>。そのため、ウイルスフリーのゴカイを親エビに与えることが極めて重要である。ゴカイ類は、多糖類を多く含むため、PCR 反応を阻害することが知られており、DNA の抽出試薬によっては、病原体の検出感度が劣ることが想定される。今回は、一般的にクルマエビの催熟に使用されるゴカイを標的として、DNA 抽出試薬の検討を行った。

#### 事業の方法

ゴカイは、令和 6 年 12 月に県内の卸売業者から生きた個体を購入し、DNA 抽出まで -30℃ で保存した。ゴカイを流水解凍して、5 尾を磨砕し、得られた磨砕液を 1 サンプル 25mg を秤量し、1 試薬につき 3 サンプル準備した。

試薬は通常の疾病診断で用いる試薬①または②の 2 種類に加え、試薬③と④計 4 種類について検討した。DNA 抽出方法は各試薬の説明書に従って実施した。抽出直後に Nanodrop One (ThermoFisher science 社製) を用いて、核酸濃度 (ng/μl) 及び、A260/A280、A260/A230 を測定し、試薬毎の平均値を算出した。

#### 事業の結果

試薬毎の核酸濃度、A260/A280 等の平均値は表 1 のとおりである。核酸濃度は高い順に試薬③ 1344.0ng/μl、②63.5、①43.3、④2.5 であった。

A260/A280 の比は、タンパク質の混入度合いを示し、1.8～2.0 程度であると試料中の核酸純度が高いことが知られている。今回の結果では試薬①と②が 2.0、③と④が 1.5、を示し、試薬①と②が推奨される範囲に収まった。

A260/A230 の比は DNA であれば 1.8～2.2 程度であることが望ましく、この値より低いと試薬残留等によって純度が低下するとされており、試薬①と②が 1.6、④が 0.9、③が 0.6 であり、どの試薬も 1.8～2.2 の範囲に収まらなかったが、①と②では比較的近い値であった。

これらの結果から、試薬①及び②ではある程度の核酸濃度が得られ、良質な核酸純度が得られることを確認できた。

表 1 各試薬の核酸濃度等の測定結果

試薬	核酸濃度	
	(ng/μl)	A260/A280 A260/A230
①	43.3	2.0 1.6
②	63.5	2.0 1.6
③	1344.0	1.5 0.6
④	2.5	1.5 0.9

#### 文献

- 1) Desrina et al. The White Spot Syndrome Virus (WSSV) Load in Dendronereis spp. Journal of Coastal Development, 2012; 15: 270-275

## 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由来判別の試行と産卵場調査

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、内水面漁業協同組合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の試行を行った。また、アユの産卵状況を把握するため産卵場調査を実施した。

#### 事業の方法

##### 1. 由来判別調査

###### 1) 大分川水系

2024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が生産したアユ（以下、「公社産」という。）38尾、大分県外の民間業者から購入したアユ（以下、「県外産」という。）17尾及び大野川水系の遡上調査で採捕したアユ79尾の側線上方横列鱗数を計数し種苗間での側線上方横列鱗数の違いから由来判別ができるか検討した。なお、大分川水系の遡上アユは側線上方横列鱗数が測定できた個体が少なかったため、大野川水系の遡上アユの測定結果を用いた。

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。

###### 2) 大野川水系

2024年3月～5月に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140尾、県外産のアユ158尾（以下、「県外産1」という。）、同じく県外産1とは別の県外産のアユ68尾（以下、「県外産2」という。）及び大野川水系の遡上調査で採捕したアユ79尾を用いて、大分川水系の調査方法に準じて由来判別ができるか検討した。

#### 2. 産卵場調査

##### 1) 大分川水系

大分川水系で2024年9月30日～12月17日に5回産卵場調査を実施した。調査地点は図1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漁協が設定した禁漁区である本流の合流点の間で、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、産卵期間を推定した。

##### 2) 大野川水系

大野川水系で2024年10月11日～12月20日に5回産卵場調査を実施した。調査地点は図2に示す舟本大橋から白滝橋上流600mの間で、調査方法は大分川水系に準じた。

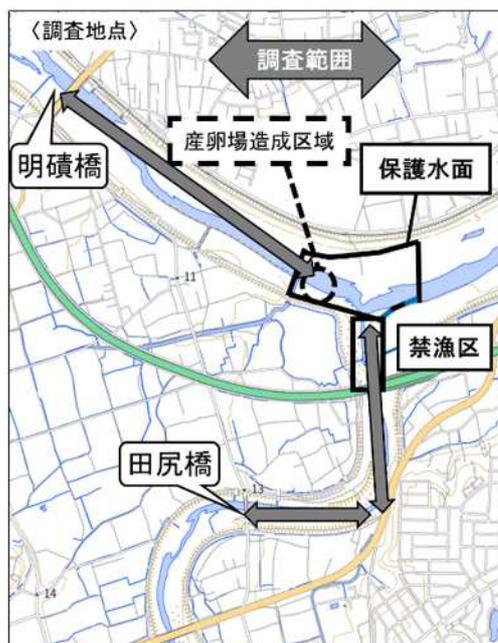


図1 大分川の産卵場調査地点

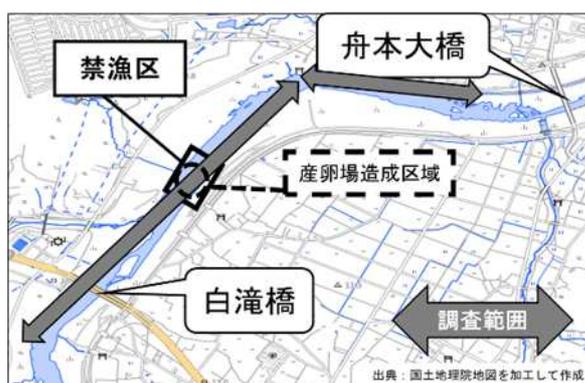


図2 大野川の産卵場調査地点

事業の結果

1. 由来判別調査

1) 大分川水系

2024年に大野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県外産アユの側線上方横列鱗を図3に示した。

本年度の大野川遡上アユの側線上方横列鱗数は11～19枚で最頻値は15枚、公社産は12～17枚で最頻値は14枚、県外産は11～15枚で最頻値は12枚となり、出現範囲の重複が確認されたため2024年は側線上方横列鱗数による由来判別はできなかった。

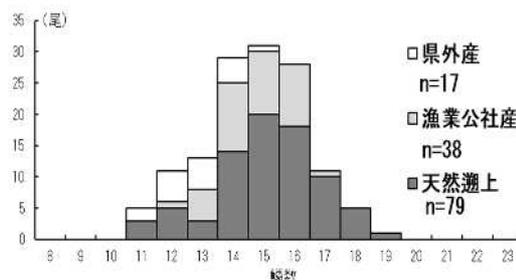


図3 2024年に大分川放流アユ及び大野川遡上アユの側線上方横列鱗数

2) 大野川水系

2024年に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県外産の2つの由来のアユの側線上方横列鱗を図4に示した。

本年度の大野川遡上アユの側線上方横列鱗数は11～19枚で最頻値は15枚、公社産は12～17枚で最頻値は15枚、県外産1は10～15枚で最頻値は12枚、県外産2は11～16枚で最頻値は15枚となり、出現範囲の重複が確認されたため2024年は側線上方横列鱗数による由来判別はできなかった。

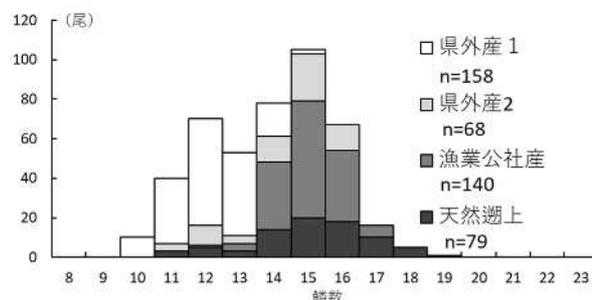


図4 2024年に大野川水系に放流及び遡上したアユの側線上方横列鱗数

2. 産卵場調査

1) 大分川水系

大分川水系の産卵場調査結果を表1に示す。大分川では9月30日の調査では、いずれの地点でも産着卵が確認されなかった。10月22日以降から産着卵が確認され、支流の七瀬川では田尻橋から禁漁区までの瀬で7地点、本流では保護水面で2地点、明礮橋下流で1地点産着卵が確認されたが、2023年に産着卵が確認された七瀬川の禁漁区では調査期間を通じて確認できなかった<sup>2)</sup>。

表 1 大分川における産卵地点ごとの産着卵の有無

	9月30日	10月22日	11月14日	11月21日	12月17日
田尻橋1	×	○	○	-	×
田尻橋2	×	○	○	-	×
田尻橋3	×	×	○	-	×
田尻橋4	×	○	○	-	×
田尻橋5	×	○	○	-	×
田尻橋6	×	×	○	-	×
田尻橋7	×	×	×	-	○
禁漁区1	×	×	-	×	×
禁漁区2	×	×	-	×	×
保護水面1	×	○	-	○	×
保護水面2	×	×	-	○	×
明礪橋	×	×	-	○	×

○：卵あり ×：卵なし -：未調査

## 今後の課題

2024年度は遡上アユの由来判別ができなかった。今後由来判別を行う際は、下顎側線孔や遺伝子マーカールなど別の由来判別方法も用いながら調査を実施する必要がある。産卵場調査については、大分川では10～12月にかけて、大野川では11月に産着卵が確認され、産卵盛期は11月と思われる。

今後も本調査を継続し、データを蓄積するとともに、調査結果を漁協とも共有していく。

## 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.
- 2) 平野 荘太郎. 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-2. 令和5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 2025 ; 257-260

## 2) 大野川水系

大野川水系の産卵場調査結果を表2に示す。大野川では10月11日、同月30日、12月20日の調査では、いずれの地点でも産着卵が確認されず、産着卵が確認できたのは11月8日と同月20日のみであった。なお、白滝橋下流の調査点は10月の2回の調査とも遊漁者がいたため調査できなかった。舟本大橋の調査点では2023年度は産着卵が確認されたが、本年度は調査期間を通じて確認されなかった<sup>2)</sup>。

表 2 大野川における産卵地点ごとの産着卵の有無

	10月11日	10月30日	11月8日	11月20日	12月20日
白滝橋下流	遊漁者がいたため調査できなかった		○	○	×
禁漁区	×	×	○	○	×
舟本大橋	×	×	×	×	×

○：卵あり ×：卵なし -：未調査

## 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

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を推定するうえで、河川水温の環境データは重要である。

そこで、本県主要河川のアユ生息域で水温を把握した。

#### 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、2024年4月1日～2025年3月31日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。

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2023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 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、大野川の 2024 年 4 月 1 日 0 時～7 月 3 日 11 時及び三隈川の 2024 年 4 月 1 日 0 時～7 月 26 日 8 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。また、山国川については、潮汐の影響で干出あるいは潮だまりとなり、非常に高温になっていることがわかったため、以下の式で外れ値を計算し、それ以上の数値は除外した。

第 3 四分位数+四分位範囲×1.5

2024 年度及び 2023 年度<sup>1)</sup>の各河川の最高水温と最低水温を表 1～2 に示す。

大分川の最高水温は、2024 年 8 月 4 日 17 時の 31.9℃、最低水温は 2025 年 2 月 8 日 7 時の 4.4℃であった。また、2024 年度は 2023 年度に比べ最高水温が 3.1℃高く、最低水温は 1.8℃低かった。

大野川の最高水温は 2024 年 8 月 4 日 14 時の 29.2℃、最低水温は 2025 年 2 月 8 日 20 時の 5.5℃であった。また、2024 年度は 2023 年度に比べ最高水温が 1.5℃高く、最低水温が 0.2℃低かった。

山国川の最高水温は 2024 年 9 月 13 日 16 時の 45.7℃、最低水温は 2025 年 2 月 24 日 4 時の 3.0℃であった。また、2024 年度は 2023 年度に比べ最高水温が 11.9℃高く、最低水温が 1.9℃低かった。

三隈川の最高水温は 2024 年 8 月 15 日 12 時の 29.4℃、最低水温は 2025 年 2 月 8 日 6 時の 5.1℃であった。また、2024 年度は 2023 年度に比べ最高水温が 2.7℃高く、最低水温が 2.4℃低かった。

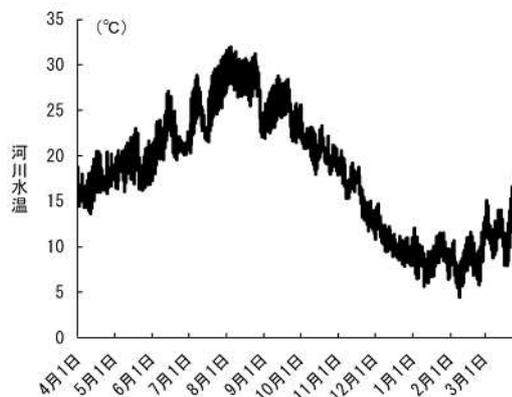


図 5 大分川における 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日の水温変化

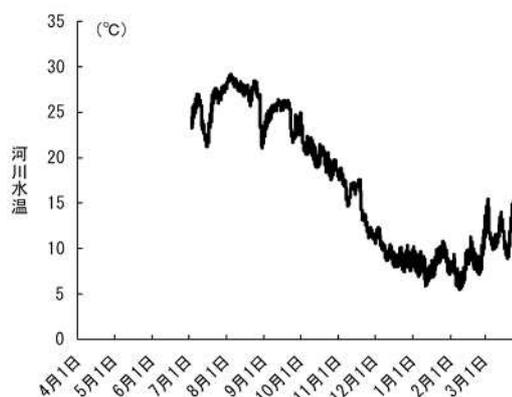


図 6 大野川における 2024 年 7 月 3 日～2025 年 3 月 31 日の水温変化

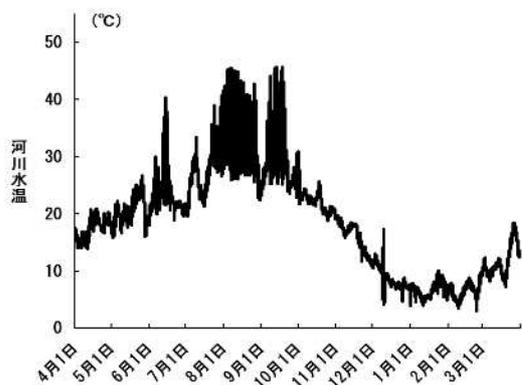


図7 山国川における2024年4月1日～2025年3月31日の水温変化

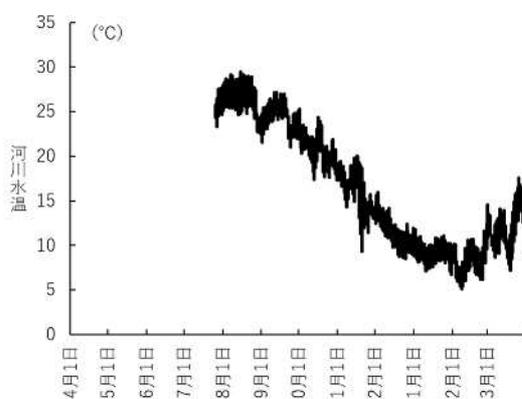


図8 三隈川における2024年7月26日～2025年3月31日の水温変化

### 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、今年度は大野川及び三隈川でデータロガーの故障や干出等によって水温を継続して測定できなかった。また、山国川は設置地点の水深が浅く、潮汐による水位の低下でデータロガーが露出した可能性があり、夏場の水温が正確に測定できなかった。

計測の不備はあったものの、いずれの河川とも、昨年度と比べて最高水温は上昇し、最低水温は低下しており、水温の変動幅は大きくなった。今後は、このような水温の変化がアユにどのような影響を与えるか注視していく必要がある。

### 文献

- 1) 平野 莊太郎. 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-3. 令和5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 2024年度の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	2024年 8月4日17時	31.9	2025年 2月8日7時	4.4
大野川	2024年 8月4日14時	29.2	2025年 2月8日20時	5.5
山国川	2024年 9月13日16時	45.7	2025年 2月24日4時	3.0
三隈川	2024年 8月15日12時	29.4	2025年 2月8日6時	5.1

表2 2023年度の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、県内の内水面漁業協同組合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、簡易で効果的な駆除を継続する必要がある。

2023 年は遮光かごのほかにも小型定置網（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<sup>1)</sup>。

2024 年は、2023 年の結果から最も駆除数が多かった投網を用いて、外来魚の駆除を実施した。



図1 師田原ダムの位置

### 事業の方法

2024 年 6 月 8 日、6 月 16 日及び 8 月 17 日に師田原ダム湖で投網 2 帖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 投程度行った。また、駆除した全ての外来魚は、氷蔵して研究室に持ち帰り、全長、体長及び体重を測定した。



図2 外来魚駆除の実施場所

### 事業の結果

師田原ダム湖で駆除したオオクチバスの調査日ごとの駆除結果を表 1 に、全長組成を図 3 に示した。ブルーギルの調査日ごとの駆除結果を表 2 に、全長組成を図 4 に、調査日ごとの全長の比較を図 5 に、調査日ごとの体重の比較を図 6 に示した。本年の調査では、オオクチバスを 10 尾、ブルーギルを 583 尾駆除することができた。オオクチバスの平均全長は 111.15 mm、平均体長は 92.37 mm、平均体重は 19.17 g であった。ブルーギルの平均全長は 69.59 mm、平均体長は 54.09 mm、平均体重は 5.94 g であった。またブルーギルは調査日の経過

とともに魚体が大きくなっており、成長によるものと思われる。

表 1 調査日ごとのオオクチバスの駆除結果

オオクチバス	平均全長 (mm)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	駆除尾数
2024年6月8日	156.45	131.36	44.50	2
2024年6月16日				0
2024年8月17日	99.83	82.62	13.51	8
計	111.15	92.37	19.71	10

表 2 調査日ごとのブルーギルの駆除結果

ブルーギル	平均全長 (mm)	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	駆除尾数
2024年6月8日	62.92	48.79	3.98	88
2024年6月16日	68.17	53.22	5.58	273
2024年8月17日	73.98	57.26	7.15	222
計	69.59	54.09	5.94	583

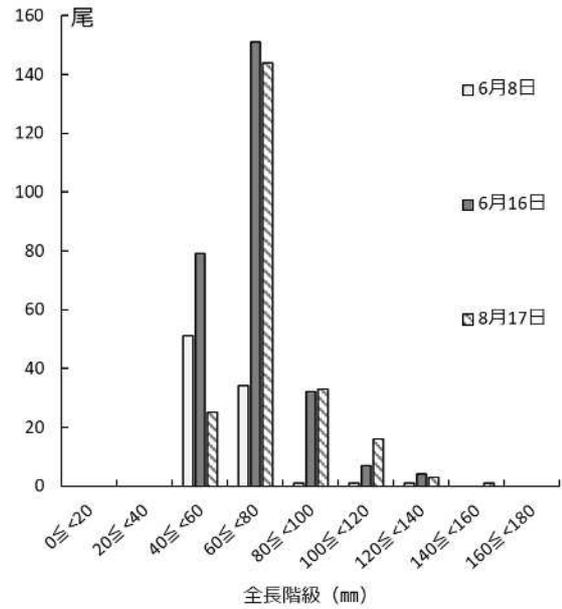


図 4 駆除されたブルーギルの全長組成

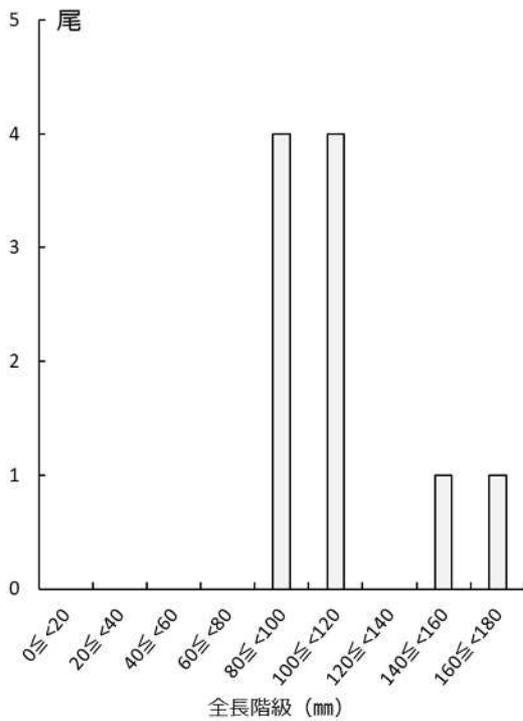


図 3 駆除されたオオクチバスの全長組成

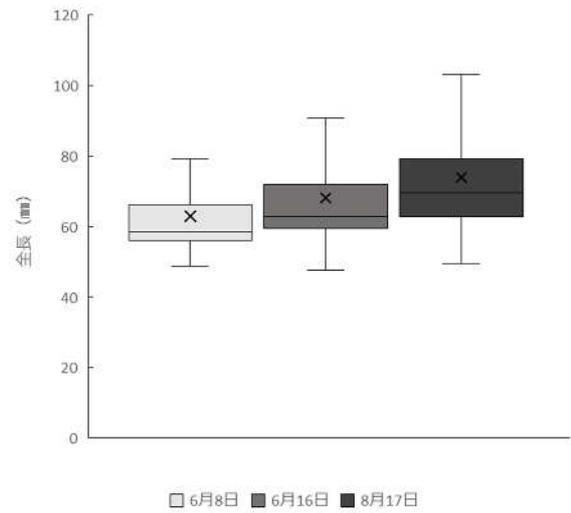


図 5 調査日ごとのブルーギルの全長の比較

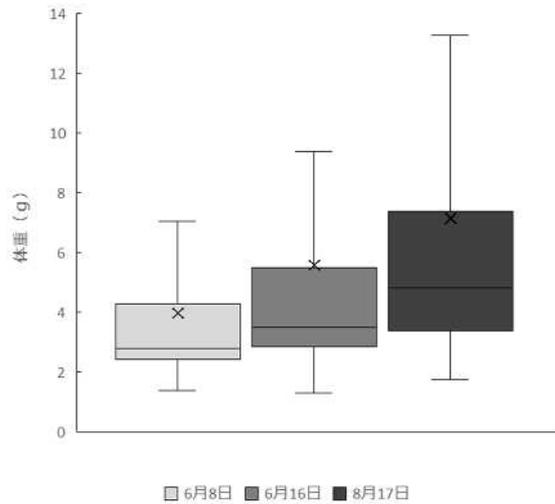


図6 調査日ごとのブルーギルの体重の比較

## 文献

- 1) 平野 莊太郎. 放流魚等食害対策事業-1. 令和5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 2025 ; 267-268
- 2) 北野大輔, 曾我部共生, 佐竹祐亮, 高倉耕一, 琵琶湖につながる小規模水域におけるオオクチバス *Micropterus salmoides* 小型個体の性成熟保全生態学研究 (Japanese Journal of Conservation Ecology) 22 2017 ; 345-349

## 今後の課題

2024年は3回の調査で計593尾の外來魚を駆除することができた。

2023年に実施した調査は5回の調査で563尾であったため、2024年は2023年に比べ少ない回数で駆除数を増加させることができた。

また投網だけでも、全長40.4~169.2mmの範囲の個体を駆除することができた。しかし、オオクチバスの成熟サイズは200mm前後<sup>2)</sup>であることから、オオクチバスに関しては、より大型の個体も駆除できるよう、駆除時期や場所などを検討していく必要がある。

## 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、ねぐら・コロニーがある内水面漁業協同組合（山国川、駅館川、玖珠郡、日田、津江、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、2012～2024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、各四半期の生息個体数を「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

2012～2024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。2024年度の生息個体数は290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年以降低位で推移しており、2024年度は2023年度と同水準であった。

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。2024年度の生息個体数は155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おり、2023年度に比べ減少した。

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。2024年度の生息個体数は255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るが、2022 年度以降は増加傾向である。

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。2024 年度の生息個体数は 107 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、2022 年度以降減少傾向である。

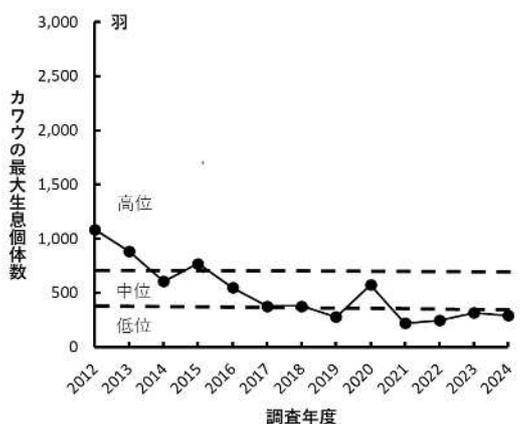


図 2 第 1 四半期（4～6 月）におけるカワウの生息個体（羽）数の経年変化

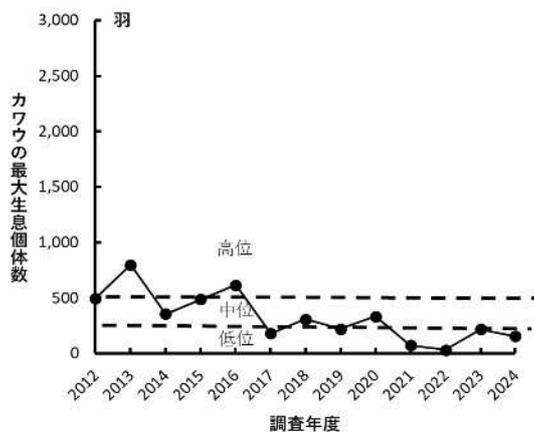


図 3 第 2 四半期（7～9 月）におけるカワウの生息個体（羽）数の経年変化

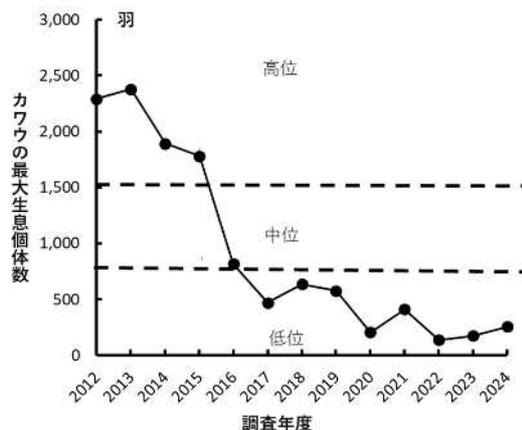


図 4 第 3 四半期（10～12 月）におけるカワウの生息個体（羽）数の経年変化

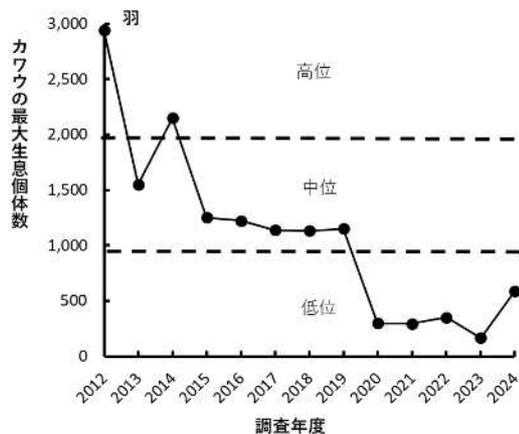


図 5 第 4 四半期（1～3 月）におけるカワウの生息個体（羽）数の経年変化

## 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おり、2024 年度は、第 1～2 四半期は低下したものの、第 3～4 四半期は増加した。特に第 4 四半期の増加が顕著であるが、これは 2020～2023 年度の飛来数調査が十分でなかった可能性があり実際はそこまで低位ではなかったと思われる。実際に、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が変化している可能性がある。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業協同組合（以下、「漁協」という。）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ことから、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、本年度も本システムを導入している筑後川水系の日田漁業協同組合（以下、「日田漁協」という。）と大野川水系の大野川漁業協同組合（以下、「大野川漁協」という。）において、本システムで得られた遊漁者の位置情報から漁場利用の状況を把握するとともに、遊漁者へのアンケート調査により漁場の満足度、釣行で消費する金額などを聞き取り、内水面漁業の振興に向けた基礎資料とするとともに本システムが資源管理に活用できないかを検討した。

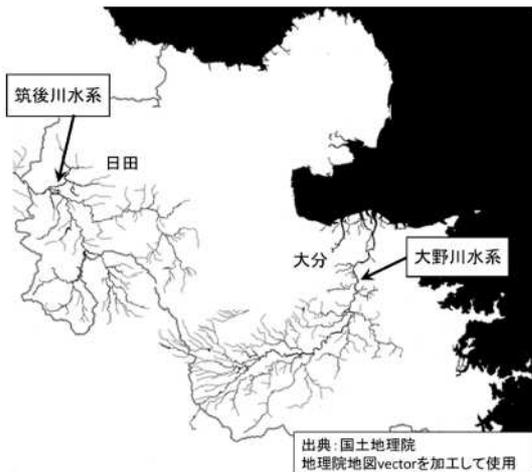


図1 筑後川水系と大野川水系の位置

## 事業の方法

### 1. アンケート調査

遊漁者の地域への経済波及効果を把握するため、日田漁協管内及び大野川漁協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。

アンケートの内容は釣行に際し、何にどのくらい消費したかや河川に対する満足度で図2のとおりである。

**紙遊漁券 遊漁者の皆様へのアンケート調査** 20230406

【調査にご協力ください】ご記入後、本用紙は、日田漁協が釣り具店種に台渡し下さい  
本県における遊漁の発展、遊漁者の意識やニーズ、経費、経済波及効果等を明らかにします

【質問事項】

- 年代 ( ) (歳代)
- ご住所 ( ) (県) (市町村)
- 組合員の有無 ( ) (組合員) (非組合員)
- 専業 ( )
- 日田漁協管内で釣りを行う年間回数(予定) ( ) (回)
- 1日あたりの釣り時間 ( ) (時間)
- 日田漁協管内で釣りを行う時期 ( ) (解禁初期) (真期) (晩期) (その他( ) (月))
- 今回の漁場 ( ) (河川名) ( ) (上流) (中流) (下流)
- 今回の交通手段 ( ) (自家用車) (電車) (バス) (自転車) (徒歩)
- 今回の宿泊代 ( ) (円)
- 今回、県内で購入したエサ代 ( ) (円)
- 今回、県内で購入したおとり代 ( ) (円)
- 今回、県内で購入したおとり具 (仕掛け等) 費用 ( ) (円)
- 今回、県内で購入した水代 ( ) (円)
- 今回、県内での飲食費 ( ) (円)
- 今回、県内で購入したお土産代 ( ) (円)
- 今回、県内で購入した物品とその金額 (物品) ( ) (円)
- 今回、県外で購入した物品とその金額 (物品) ( ) (円)
- 筑後川水系の魅力 (◎として下さい、複数回答可)  
①水質が良い ②魚種が多い ③釣行しやすい ④釣り場へのアクセスしやすい  
⑤他の川の歴史が長い ⑥景観が良い ⑦その他 ( ) ( )
- ⑧魚が美味しい ⑨魚が多い ⑩魚種がキレイ ⑪釣れる ⑫遊漁者が多い ⑬その他 ( ) ( )
- 筑後川水系の満足度 (◎として下さい)  
①距離: 満足 ( ) やや満足 ( ) 普通 ( ) やや不満 ( ) 不満 ( )  
②大きさ: 満足 ( ) やや満足 ( ) 普通 ( ) やや不満 ( ) 不満 ( )  
③形状: 満足 ( ) やや満足 ( ) 普通 ( ) やや不満 ( ) 不満 ( )  
④水質: 満足 ( ) やや満足 ( ) 普通 ( ) やや不満 ( ) 不満 ( )  
⑤その他: ( ) ( )
- 皆様が求めるモノ(筑後川水系に欲しいモノ) ( ) ( )
- 日田漁協に対してのご意見・ご要望

図2 紙遊漁券利用者用アンケート様式

### 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、電子遊漁券を購入した遊漁者の位置情報を本システムで収集し、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. 電子遊漁券等販売件数

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

日田漁協及び大野川漁協における消費額、満足度について表1～5に示した。遊漁者一人当たりの消費額は日田漁協管内の電子遊漁券利用者が33,622円及び紙遊漁券利用者が11,630円、大野川の電子遊漁券利用者が4,218円と日田漁協の電

子遊漁券利用者の消費額が最も多かった。

その内訳をみると、いずれの遊漁者も釣り具の購入費用が最も多く、支出に占める割合は、日田漁協の電子遊漁券利用者が51%、同じく日田漁協の紙遊漁券利用者が44%、大野川の電子遊漁券利用者が58%であった。

満足度は詳細な内容までは把握できていないが、日田漁協管内では、アユの大きさに不満はなかったものの、それ以外の項目では不満との意見が聞かれた。一方、大野川では水質が不満との意見があった。

表2 日田漁協管内における電子遊漁券使用者の消費額

	アンケート回答者(31人)			フィッシュパス利用者の総消費額(円)
	回答者の割合(%)	平均消費額(円)	消費総額(円)	
宿泊代	9.7	1,161	36,000	152,129
県内で購入したエサ代	6.5	30	920	3,888
県内で購入したおとり代	35.5	1,102	34,150	144,311
県内で購入した釣り具(仕掛け等)費用	45.2	17,032	528,000	2,231,226
県内で購入した氷代	12.9	171	5,300	22,397
県内での飲食費	90.3	7,026	217,800	920,381
県内で購入したお土産代	32.3	2,194	68,000	287,355
県内で購入した物品の金額	38.7	2,923	90,600	382,858
県外で購入した物品の金額	12.9	1,984	61,500	259,887
県内合計				4,144,544
合計				4,404,431
一人当たりの消費額				34,410

※R5年度フィッシュパス利用者：131人

表2 日田漁協管内における紙遊漁券使用者の消費額

	アンケート回答者(44人)			券利用者の総消費額(円)
	回答者の割合(%)	平均消費額(円)	消費総額(円)	
宿泊代	4.5	545	24,000	1,107,818
県内で購入したエサ代	2.3	23	1,000	46,159
県内で購入したおとり代	63.6	3,094	136,150	6,284,560
県内で購入した釣り具(仕掛け等)費用	36.4	5,168	227,370	10,495,193
県内で購入した氷代	34.1	178	7,850	362,349
県内での飲食費	61.4	1,940	85,370	3,940,602
県内で購入したお土産代	15.9	545	24,000	1,107,818
県内で購入した物品の金額	2.3	136	6,000	276,955
県外で購入した物品の金額	9.1	155	6,800	313,882
県内合計				18,296,079
合計				22,236,680
一人当たりの消費額				11,630

※R5年度紙券販売枚数：2031枚→遊漁者2031人とする

表3 大野川漁協における電子遊漁券使用者の消費額

	アンケート回答者 (31人)			フィッシュパス利用者の総消費額 (円)
	回答者の割合 (%)	平均消費額 (円)	消費総額 (円)	
宿泊代	7.7	615	8,000	50,462
県内で購入したエサ代	7.7	231	3,000	18,923
県内で購入したおとり代	7.7	77	1,000	6,308
県内で購入した釣り具 (仕掛け等) 費用	23.1	2462	32,000	201,846
県内で購入した氷代	7.7	38	500	3,154
県内での飲食費	53.8	2085	27,100	170,938
県内で購入したお土産代	15.4	538	7,000	44,154
県内で購入した物品の金額	15.4	308	4,000	25,231
県外で購入した物品の金額	7.7	231	3,000	18,923
県内合計				521,015
合計				539,938
一人当たりの消費額				4,218

※R5年度フィッシュパス利用者：82人

表4 日田漁協管内に対する電子遊漁券使用者の満足度

	尾数	大きさ	姿形	水質
満足	1	6	3	1
やや満足	10	7	10	12
普通	8	11	13	11
やや不満	11	7	4	5
不満	1	0	1	2

単位：人

表5 日田漁協管内に対する紙遊漁券使用者の満足度

	尾数	大きさ	姿形	水質
満足	7	14	6	3
やや満足	8	17	15	9
普通	14	11	18	13
やや不満	9	0	1	13
不満	4	0	1	4

単位：人

表6 大野川に対する紙遊漁券使用者の満足度

	尾数	大きさ	姿形	水質
満足	0	2	1	0
やや満足	5	2	3	6
普通	3	6	8	5
やや不満	5	3	1	1
不満	0	0	0	1

単位：人

## 2. 遊漁者の漁場利用状況

筑後川水系日田漁協管内のそれを図3に、大野川水系のアユの放流場所と放流量を図4に示した。

日田漁協管内では放流場所と遊漁者の分布が筑後川水系の大山川、三隈川概及び玖珠川で概ね一致していた。大野川では放流場所と遊漁者の分布が犬飼、上尾・川原及び大南大橋で概ね一致していた。しかし、筑後川水系の花月川や高瀬川、大野川上流部のように放流したにもかかわらず、遊漁者がみられないところもあった。放流場所の情報が遊漁者に伝わっていないのか、あるいは電子遊漁券利用者が少なかったのか、遊漁者がGPS機能を使用していなかったか、現時点ではこの理由は不明である。



図3 筑後川水系におけるアユ放流場所と放流量（左）遊漁者の漁場利用状況（右）

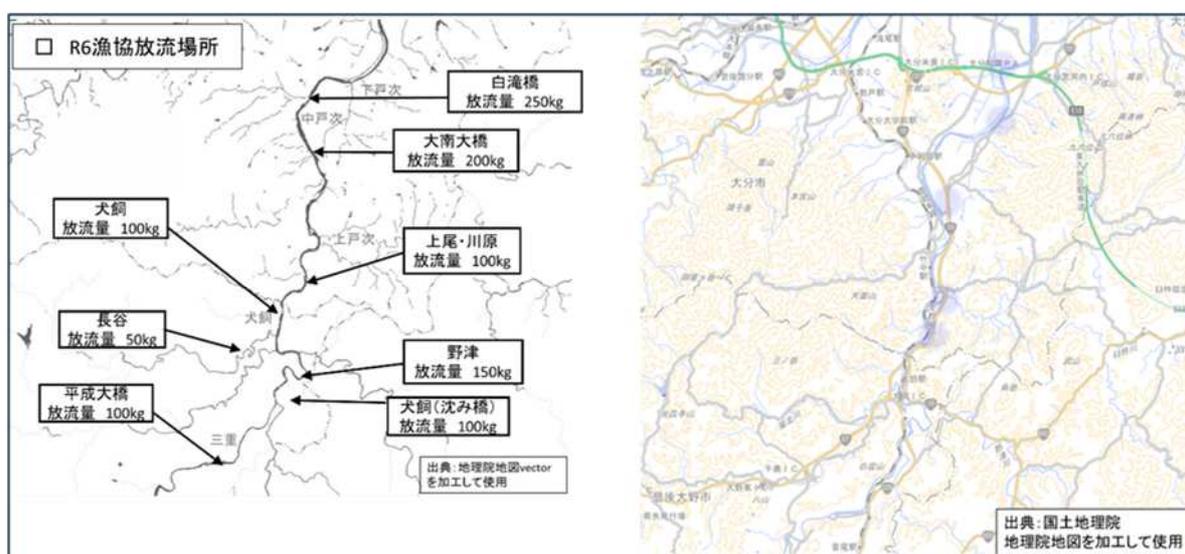


図4 大野川水系におけるアユ放流場所と放流量（左）遊漁者の漁場利用状況（右）

### 3. 電子遊漁券等販売件数

両漁協において2024年4月1日～2025年3月31日の間に販売された遊漁券の件数を表7に示した。

日田漁協では電子遊漁券の販売件数が222件だったのに対し、紙の遊漁券は1,897件であり、電子遊漁券の販売数は10.5%を占め、大野川漁協

では、電子遊漁券の販売件数は78件、紙の遊漁券は1,384件であり、電子遊漁券の占める割合は5.3%であった。また、日田漁協については毎年販売数が増加していた。一方、大野川漁協については、2022年度（初年度）よりは増加しているが、2023年と2024年は同水準であった。

表 7 遊漁券の販売件数

遊漁券種類		2022年度 販売券数	2023年度 販売券数	2024年度 販売券数	2024年度 紙遊漁券実績	2024年度 合計
日田漁協	年券 ウナギを除く全魚種	8	13	32	594	626
	日券 ウナギを除く全魚種	1	21	12	310	322
	年券 コイ・エノハ・ワカサギ	35	63	43	465	508
	日券 コイ・エノハ・ワカサギ	39	89	90	191	281
	年券 オイカワ・ウグイ・雑魚	3	1	2	168	170
	日券 オイカワ・ウグイ・雑魚	17	12	41	126	167
	年券 スッポン	0	0	0	10	10
	年券 ウナギ	0	0	0	7	7
	日券 ワカサギ	1	0	2	26	28
	計		104	199	222	1,897
大野川漁協	年券 ウナギを除く全魚種	27	21	25	443	468
	日券 ウナギを除く全魚種	4	23	17	133	150
	年券 ウナギ	1	5	2	91	93
	年券 アユ・エノハ・ウナギを除く全	4	6	6	237	243
	日券 アユ・エノハ・ウナギを除く全	6	27	28	480	508
	計		42	82	78	1,384

### 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3年以上経過するが、電子遊漁券の販売数は2022年から2023年にかけて倍増し、その後は日田漁協では微増、大野川漁協では横ばいである。スマートフォンで購入できる利便性はあるものの、この水準で推移するかは今後の状況をみていく必要がある。一方で紙遊漁券の購入者数は電子遊漁券購入者数の8倍以上であり、紙遊漁券の主な入手先となる地元の釣具店で釣り具の購入や情報交換で立ち寄った際に購入するケースが多いのではと考えられた。実際に遊漁者が釣行に際して消費する額の多くは釣り具の購入費用に充てられていた。

本年度は本事業の終了年度となるが、遊漁が地域に貢献する経済効果は一定程度あると考えられることから、定期的な遊漁者のニーズ把握調査は必要と思われる。

また、本システムで得られた遊漁者の位置情報にその日の釣果などがわかるようになれば、遊漁者への情報発信にも使え、集客にも活用できると思われる。

今回得られたアンケート調査結果を今後の漁協経営に生かしてもらいたい。

## ワカサギ種苗生産試験

### 令和6年度予備試験調査

平野 莊太郎

#### 事業の目的

ワカサギは本県内水面漁獲量においてアユに次いで多く、また遊漁も人気の魚種である。しかし、漁獲量は2013年をピークに下降傾向である。各漁協は対策として、ワカサギの受精卵または発眼卵を他県から購入しふ化放流を行っているが、近年全国的にワカサギが不漁で受精卵の流通が不安定となり、希望した量を確保することが難しい状況である。

本事業ではワカサギ種苗の安定供給のため、ワカサギのふ化育成試験を行った。

#### 事業の方法

2025年3月5日に日田漁業協同組合が県外より購入したワカサギ受精卵の一部を譲り受け、200Lアルテミア孵化槽に投入した。受精卵は止水でエアレーションによる通気を行いながらふ化を待った。ふ化後、開口を待って1トン水槽に移送し、SS型ワムシの給餌を開始した。ワカサギ仔魚の状態を顕微鏡により観察し、全長を測定した。餌料であるSS型ワムシは、200Lアルテミア孵化槽にて50～80%海水で培養を行った。ワカサギ飼育槽の塩分濃度に近づけるため、徐々に海水濃度を下げていった。ワムシには生クロレラ（太平洋貿易社製；スーパー生クロレラV12）を100万個体につき1ccとなる量を1日に2回与えた。培養槽は1000Wチタンヒーターで28℃に設定した。

#### 事業の結果

ワカサギ受精卵は3月12日に発眼が確認され、3月14日にふ化が確認された（図1～2）。その後、1トン水槽に移送し、3月18日からSS型ワムシの給餌を開始し、図3に示すようにSS型ワムシの摂餌が確認された。3月19日～4月6日までの平均全長の推移は図4のとおりである。

4月6日以降は、仔魚の様子が不調となり、飼育継続は困難となった。



図1 ワカサギ発眼卵



図2 ワカサギふ化仔魚

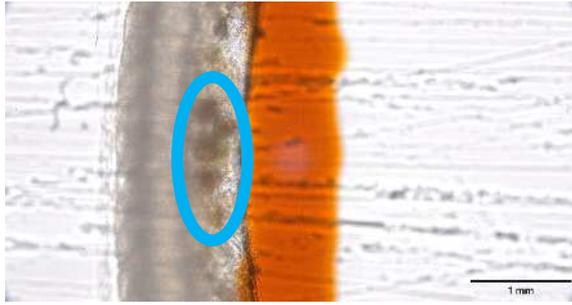


図 3 ワカサギ仔魚消化管内の SS 型ワムシ

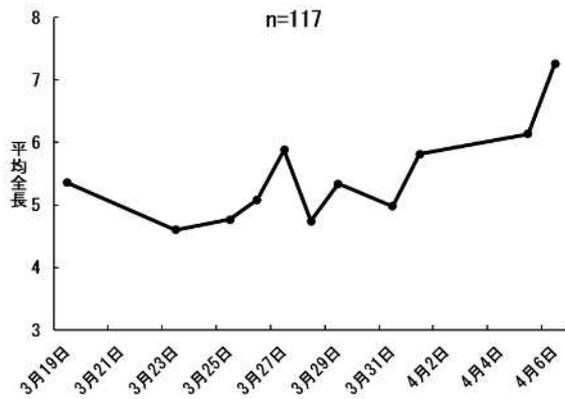


図 4 ワカサギ仔魚の平均全長の推移

## 今後の課題

本試験ではワカサギを受精卵からふ化させることができ、ふ化仔魚が SS 型ワムシを摂餌していることが確認された。しかし、サンプリングした個体の中に死亡個体も多く、明確な成長も認められなかった。死亡の原因としては、止水環境での飼育による水質悪化や餌不足による餓死の可能性が考えられた。

実際、観察個体の中には、消化管の中にワムシが認められない個体が増えだし、その後、飼育の継続が困難となった。

今後試験をする際は、これらのことに留意し飼育を行う必要がある。

## 文献

- 1) 齋藤哲. 初期餌料に海産小型ワムシ (SS 型ワムシ) を用いたワカサギ種苗生産.

<https://www.pref.yamagata.jp/documents/6277/2021seika07.pdf>

## 夏季から秋季における「かぼすサーモン」の現地養殖試験

村瀬直哉・鈴木翔太<sup>\*a</sup>・都留久美子<sup>\*b</sup>

### 事業の目的

近年、国内のサーモン需要の高まりを受け、民間企業がサーモン養殖に参入するなど、生産拡大の動きが活発化するとともに、全国各地で養殖されたサーモンが「ご当地サーモン」としてブランド化されている。大分県内においても、ヒラメやトラフグ等の陸上養殖業者が、海水を利用したニジマス等のサーモン養殖に挑戦しており、産地間の競争に勝ち抜くため新たなブランド魚の開発を養殖業者から要望された。これを受けて、令和4年度からマス類にカボスの加工残渣を餌に混ぜて投与した「かぼすサーモン」の開発試験に取り組み<sup>1) 2)</sup>、低水温期である冬季から春季の出荷についてはマニュアル化ができた。しかし、養殖業者からは夏季から秋季にかけての出荷の要望もあるため、本研究では夏季から秋季出荷のマニュアル策定に向けて、現地養殖試験を行った。

### 事業の方法

供試魚は、大分県佐伯市蒲江地区のA社が海水掛け流し式の陸上養殖水槽(8m×9m)で養殖したニジマスを用いた。なお、6月以降は、飼育水温の上昇を抑えるため地下水と海水を併用した。令和6年3月11日～3月22日までは、自社製造したモイストペレット(MP)の重量に対して、カボス果皮ペーストを4%添加した飼料(カボスMP)を12回給餌し、以降10月15日まではMP給餌とカボスMP給餌を一週間おきとする間欠給餌を行った。

7月から10月にかけて、月に1回の頻度で無作為に5個体を取り上げ、野締めをしたのち、氷冷しながら水産研究部へ持ち込んだ。各個体の魚体重、尾叉長、及び生殖腺重量を測定し、肥満度及び生殖腺体指数(GSI)を下記式から算出した。

$$\text{肥満度} = \text{魚体重(kg)} \times 1000 / [\text{尾叉長(cm)}]^3 \times 100$$

$$\text{GSI} = \text{生殖腺重量(g)} / [\text{魚体重(kg)} \times 1000] \times 100$$

測定後に直ちに体側筋の腹側を20g採取し、リモネンの定量分析まで $-50^{\circ}\text{C}$ で保存した。分析は、5個体をプールして1検体とし、一般財団法人日本食品検査福岡検査所に委託した。

また、8月以降の測定から、肉色を調べるためにSalmoFan<sup>TM</sup>を背側尾部に当てて、目視で最も近い番号を記録した。

### 事業の結果及び考察

サンプリングを実施した7月18日から10月15日までの塩分濃度は0.2～1.5%の範囲にあった。また、平均水温は $19.4^{\circ}\text{C}$ であった。

供試魚の魚体重、GSI等の平均値±標準偏差は表1のとおりである。平均魚体重は $1.2 \pm 0.3 \sim 2.1 \pm 0.3 \text{kg}$ 、肥満度は $14.1 \pm 1.8 \sim 19.1 \pm 2.9$ の範囲であった。GSIは、7～9月は1.0未満であったのが、10月には $1.3 \pm 0.7$ まで上昇した。試験期間中のリモネン含有量は $0.21 \sim 0.94 \text{mg}/100 \text{g}$ の範囲にあり、8月を除いて既報<sup>2)</sup>と遜色ない数値であった。このようにGSI増加に伴い、リモネン含有量が低下しなかったことから、ニジマスにおいてリモネンの蓄積は成熟の影響を受けないことが示唆された。

8月から10月にかけてのSalmoFan<sup>TM</sup>の番号は $27.0 \pm 1.0 \sim 31.0 \pm 0.7$ であり、成熟の影響を受けて肉色が低下するとの報告<sup>3)</sup>とは異なり、高い値を維持した。

表1 「かぼすサーモン」の測定結果

測定日	魚体重(kg)	GSI	肥満度	リモネン含有量(mg/100g)	SalmoFan <sup>TM</sup> (番号)
令和6年7月18日	$1.4 \pm 0.2$	$0.3 \pm 0.2$	$15.7 \pm 1.2$	0.80	未実施
8月16日	$1.2 \pm 0.3$	$0.1 \pm 0.1$	$14.9 \pm 2.2$	0.21	$27.0 \pm 1.0$
9月18日	$1.5 \pm 0.2$	$0.7 \pm 0.4$	$14.1 \pm 1.8$	0.94	$29.4 \pm 1.9$
10月15日	$2.1 \pm 0.3$	$1.3 \pm 0.7$	$19.1 \pm 2.9$	0.92	$31.0 \pm 0.7$

## 今後の課題

8月のリモネン含有量が顕著に低かった理由について、サンプル5個体のうち2個体で肝臓の褪色、眼球突出及び尾柄部と背側の膨隆症状が見られた。疾病が疑われる個体を含めてリモネン定量分析に供した結果、リモネン含有量が低下したと考えられる。今後は異常個体が見られた場合はサンプルから除外した方が望ましい。

## 文献

- 1) 古川あさひ. かぼすサーモンの作出. 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.
- 2) 徳丸泰久. かぼすサーモン現地養殖試験. 令和5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.
- 3) 松原ら. ニジマス の電照による肉質低下抑制試験. 群馬県水産試験場研究報告 2008 ; 第14号: 22-25.

\*<sup>a</sup> 大分県南部振興局農山漁村振興部水産班

\*<sup>b</sup> 現所属：大分県農林水産研究指導センター水産研究部北部水産グループ