

北部水産グループ
養殖環境チーム

人工種苗ロープの開発によるヒジキ養殖技術の開発

入江隆乃介、古川あさひ

事業の目的

昨今、漁船漁業において漁獲量が激減しており、漁家所得が減少している。さらに、漁業者の高齢化や後継者不足、燃油の高騰も相まって非常に厳しい状況に陥っている。そのような中、冬～初夏の収入源として海藻養殖が注目されている。中でも、産地偽装表示問題以降、国産需要が高まっているヒジキは、近年の健康志向によって単価が高騰しており、養殖による所得向上が大いに期待されている。しかし、養殖では天然ヒジキを種苗に用いており、資源の減少や枯渇が危惧されている。そこで、当グループでは天然種苗に依存しない養殖技術の開発に向け、受精卵を用いた人工種苗ロープの量産化技術の開発に取り組んだ。また、収穫後のヒジキ養殖ロープの再利用化技術の開発にも取り組んだ。

事業の方法

1. ビニロン製ロープとポリエステル製不織布を用いた人工種苗ロープの作成

種苗生産～現地養殖試験までのスケジュールを表1に示した。

人工種苗を作出するために、天然母藻を採取して受精卵を採卵した。天然母藻は、佐伯市上浦（5月11日採取）と豊後高田市呉崎（6月11日採取）で採取した。採取後、翌日～9日に受精卵が放卵され、これを採集して基質に散布した。

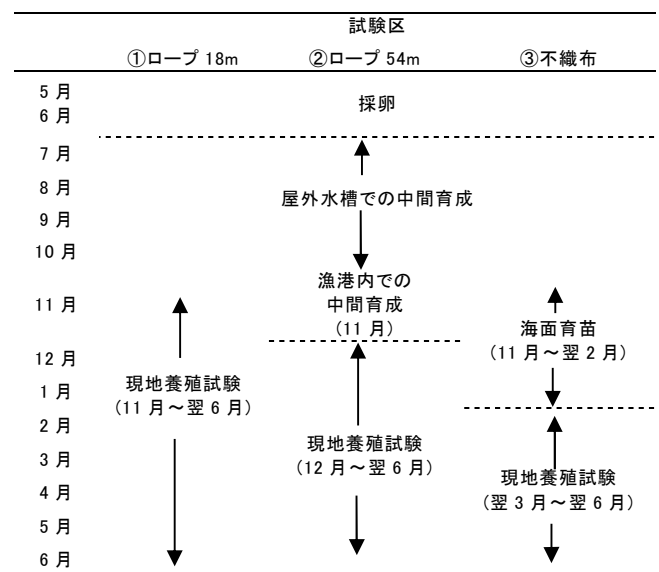
基質はビニロン製ロープ72m（φ14mm）とポリエステル製不織布（5cm×80cm）95枚を使用した。散布後の基質は屋外3t水槽で10月まで中間育成した。

その後、11月からロープ72mのうち18mを豊後高田市香々地および国東市富来の地先で9mずつ現地養殖試験に供した（試験区①）。残りのロープ54mは11月～12月まで宇佐市の長洲漁港内で中間育成を行い、12月から長洲、香々地、富來地先で18mずつ現地養殖試験に供した（試験区②）。

不織布は11月～翌年2月まで香々地と富來地先で海面育苗した後、φ14mmのポリエステル製ロープ

2.3mに不織布上の種苗を差し込んで現地養殖試験に供した。なお、差し込みは1ヶ所に種苗5本とし、これを5cm間隔で行った。

表1 種苗生産～現地養殖試験のスケジュール



2. 収穫済み養殖ロープの再利用化試験

収穫済みの養殖ロープは、長洲（4月30日回収）と富來（5月27日回収）のヒジキ養殖場から75mずつ（計150m）提供して頂いた。

これらのロープは長洲、豊後高田市高田、香々地、富來地区の各地先および津久見市大元漁港にて6～11月の期間養生した。

養生後のロープのうち、主枝の再形成が認められた長洲産ロープ30mと富來産ロープ30m（計60m）を11月から長洲、香々地および富來地区で20mずつ現地養殖試験に供した。

事業の結果

1. ビニロン製ロープとポリエステル製不織布を用いた人工種苗ロープの作成

採卵の結果、合計6,141,880個の受精卵が得られ

た。このうち、1,748,880 個をロープ 72m に、4,393,000 個を不織布 95 枚に散布した。

ロープ及び不織布に括着させた種苗の中間育成の結果を表 2～3 に示した。また、写真 1～2 に種苗を示した。

ロープにおいては、屋外水槽での中間育成終了時に種苗数が大幅に減少し、歩留は 0.06% となった。しかし、種苗に主枝の形成が認められた。なお、その後の漁港内での海面育苗終了時には、屋外水槽での中間育成終了時よりも種苗数が増加しており、歩留は 2 倍向上していた。これは、漁港内に設置する前は肉眼で確認できなかった種苗が海面育苗終了時に生長していたためと思われる。このことから、漁港内での海面育苗が種苗の生長に良いことが推察された。

不織布においては、屋外水槽での中間育成終了時にはロープよりも種苗数が大幅に減少したが、主枝長はロープ上の種苗より上回った。これについては、不織布の方がロープよりも汚れが多く付いていたことが原因と思われる、海面育苗終了時には合計 235 本の種苗が得られ、これを差し込んでロープ 2.3m を作成した。このうち 1.3m を香々地で、1m を富来で現地養殖試験に供した。なお、海面育苗終了時の主枝長は開始前の約 2 倍になっており、不織布は種苗が生長しやすい基質であることが推察された。

これらのロープは長洲、香々地、富来の 3 地区で現地養殖試験を実施しており、6 月に試験を終了する予定である。

表 2 ロープ上種苗の中間育成結果

	測定日 (育成日数)	種苗数	歩留	主枝長
採卵 試験区①・②	6/15 (0 日目)	1,748,880 本 /72m	100%	なし
屋外水槽 中間育成後 試験区①・②	11/24 (162 日目)	1,008 本 /72m	0.06%	3.4 mm
漁港内 海面育苗後 試験区②	11/17～12/7 (175 日目)	1,620 本 /54m	0.12%	4.8 mm

表 3 ポリエステル製不織布上種苗の中間育成結果

	測定日 (育成日数)	種苗数	歩留	主枝長
採卵	5/20, 6/15, 6/30 (0 日目)	4,393,000 本 /95 枚	1%	なし
屋外水槽 中間育成後	11/11, 11/24 (205～164 日目)	690 本 /95 枚	0.01%	4.1 mm
海面育苗後	2/16, 3/10 (238～337 日目)	235 本 /95 枚	0.01%	8.6 mm

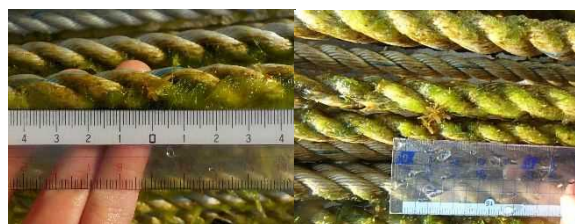


写真 1 ロープ上の種苗 (左, 屋外水槽中間育成後; 右, 漁港内中間育成後)



写真 2 不織布上の種苗 (左, 屋外水槽中間育成後; 右, 海面育苗後)

2. 収穫済み養殖ロープの再利用化試験

回収後のロープを長洲、高田、香々地、富来および津久見地区で養生させたが、富来産はすべての地区で主枝がほとんど消失した。表 4 には長洲産の結果を示した。養生終了時の全長が大きくかつ主枝数が多かったのは香々地地区のロープであった (写真 3)。他の試験区では主枝長が減少しており、主枝数も 0～9 本であった。このことから、香々地地区が養生に適していることが判明した。なお、他の地区ではイソギンチャク類等の付着生物が主枝上に多く見られ、これらが主枝の腐敗や生長阻害を招いたと思われる。また、長洲地区では干潟にロープを設置したため、干潮時には長時間ロープが干出し、これによって、ロープ上のヒジキがすべて消失した。

養生後のロープは長洲、香々地、富来の地先に 20m ずつ (合計 60m) を現地養殖試験に供しており、6 月に試験を終了する予定である。



写真 3 香々地地区における養生前の芽 (左) と 養生後の芽 (右)

表4 長洲地区で養殖された収穫済みロープを用いて各地区で養生させた結果

地区	長洲	高田	香々地	富来	津久見
試験期間	6/2~10/15	7/16~10/16	6/22~10/21	6/8~10/12	6/17~11/4
沖出し時の全長	4.6 mm	8.3 mm	5.7 mm	—	4.4 mm
管理終了時の全長	—	7 mm	7.1 mm	2 mm	2.6 mm
mあたりの主枝数(養生終了時)	0本	0.7本	13本	9本	1本

今後の問題点

ロープと不織布を用いた種苗生産の結果から、漁港内での海面育苗が種苗の生長を促すことが示唆された。また、括着基質に不織布を用いることで生長しやすいことが判明したが、汚れの防除等の管理面において改善が必要である。なお、天然ヒジキは11月時点で10 cm以上になっていることから、屋外水槽での中間育成終了時の種苗は明らかに生長が悪く、陸上での長期間の中間育成では種苗の生長は望めないと思われた。したがって、漁港内での海面育苗の早期化や種苗の生長促進技術の開発が必要である。

収穫済み養殖ロープの再利用化試験では、養生時の付着生物の防除が重要であることが判明した。今年度の管理は沖合や漁港内で行ったため、海水に常時浸った状態となり、付着生物が増殖したと思われた。さらに、長時間の干出もヒジキに悪影響であることも確かめられた。これらのことから、天然ヒジキの生息水深帯（潮間帯中部）と同様に適度に干出できる場所での養生が必要と考えられる。

安心・安全で環境に優しい養殖推進事業－2

カジメ類の種苗生産

入江隆乃介、古川あさひ

事業の目的

カジメ *Ecklonia cava* (通称クロメ) は、コンブ目に属する大型の褐藻類であり、これを味噌汁に入れたクロメ汁は本県の郷土料理として親しまれている。本種は機能性成分を多く含むことに加え、藻場の重要な構成種であり、稚魚の生育場などの機能も有している。また、近年の健康食ブームによって、本種が注目されているが、磯焼け等によって藻場が減少傾向にあり、天然資源の保護・増殖が望まれている。そこで、当グループでは、本種の増養殖技術の開発に取り組むため、基質および育成方法を比較検討した。

事業の方法

1. 天然母藻とフリー配偶体を用いた基質の比較

採苗は、天然母藻を用いた方法とフリー配偶体を用いた方法の2種類で実施した。天然母藻を用いた採苗は、令和2年11月18日に佐賀関市高島で採取したものを用いて11月19日に実施した。採苗には、ポリエステル製不織布(44 cm×20 cm)2枚とクレモナ糸の種糸(1枚45m)1枚の2種類の基質を用いた。採苗は、子嚢斑のある葉を90分間陰干ししたのち、19℃の恒温室内に設置した基質の上に3日間ほど静置して行った。

フリー配偶体を用いた採苗には、既報¹⁾の方法で平成17年に作成した高島産フリー配偶体を用いた(写真1)。この配偶体6.3gをミキサーで200μmの大きさになるまでカットし、19℃の恒温室内に設置した布枠2枚と種糸1枚に散布した。恒温室内の条件は、水温19℃、光量1,500lux、明期8時間・暗期16時間とした。

これらの種苗は採苗から12月27日まで恒温室内で育苗管理した後、12月28日～1月25日まで屋内に設置した500Lのパンライト水槽で中間育成した。

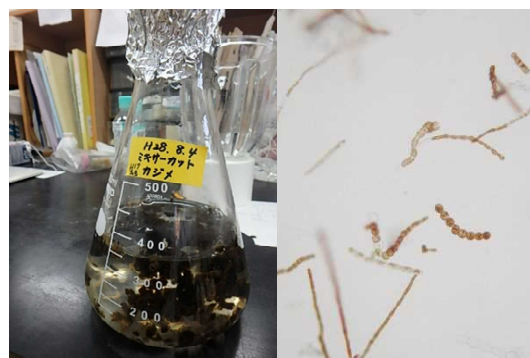


写真1 高島産フリー配偶体（左）とミキサーカット後（右）

2. 基質と基質を用いない場合の育成方法の比較

採苗には、天然母藻とフリー配偶体を用いた。天然母藻は、令和3年2月7日に津久見市無垢島で採取して2月8日に採苗し(写真2)、基質は不織布3枚と種糸7枚を用いた。採苗は、90分間陰干しした子嚢斑のある葉を基質の入った200Lのアルテミア水槽内に3日ほど入れて行った。また、採苗後の水槽壁面に付着した種苗を剥ぎ取り100Lのパンライト水槽内で基質を用いずに育成した(フリー種苗)²⁾。

フリー配偶体は、平成29年に作成した津久見市保戸島産を2.5g使用して2月22日に採苗した。基質は不織布3枚と種糸2枚を用いた。採苗方法は1.の方法と同様に行った。また、上述の方法でフリー種苗も作成した。

なお、令和2年12月23日に佐伯市上浦で採取した天然母藻を用いて12月25日に採苗を実施した。この母藻からはフリー種苗の作出だけを行った。

採苗後、肉眼で確認できるようになってから中間育成を開始した。中間育成は、屋内水槽・自然光下・止水・通期なしの条件(フリー種苗のみ通気あり)で採苗した水槽で行った。



写真2 無垢島産天然母藻（左）と子嚢斑（右）

事業の結果

1. 天然母藻とフリー配偶体を用いた基質の比較

採苗から18日後にフリー配偶体由来の種苗が全ての基質で認められ、葉長は59.4~188.1 μm であった。天然母藻由来の種苗は種糸でわずかに確認できただけであり、不織布では全く見られなかった。天然母藻由来の孢子体が全ての基質で認められたのは採苗から30日後であり、葉長は59.4~346.5 μm であった。写真3は発芽した孢子体である。

育成開始から39日後に屋内のパンライト水槽に移したが、58日目にはフリー配偶体由来の種苗が全滅し、天然母藻由来の種苗も生長が悪かったため試験を中止した。このときの葉長と種苗数の推移を図1~2に示した。フリー配偶体由来の種苗はパンライト水槽に移してから葉長と種苗数が減少し続けた。天然母藻由来の種苗は、41日目までは葉長と種苗数が増加したが、それ以降は減少に転じた。種糸の種苗だけが試験終了時まで葉長の増加が見られた。種苗の生長と芽落ちが悪化した原因として、パンライト水槽に移してから基質上の汚れが増加したことが考えられた。



写真3 発芽した孢子体

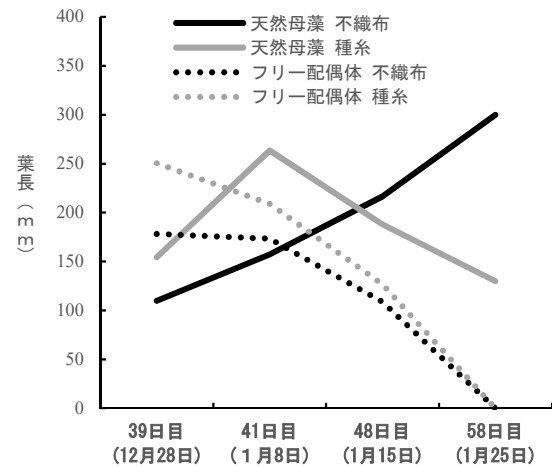


図1 葉長の推移

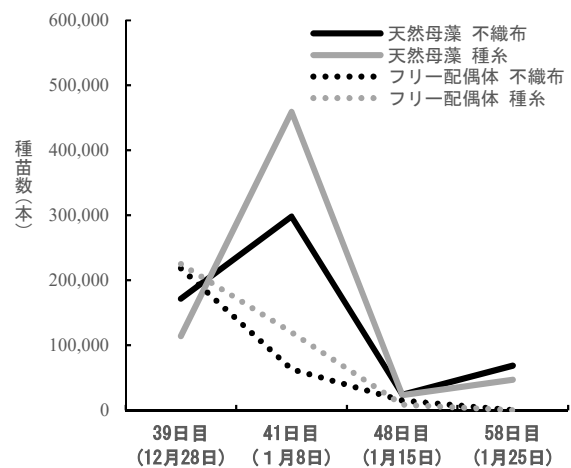


図2 種苗数の推移

2. 基質と基質を用いない場合の育成方法の比較

採苗後、45日程度で天然母藻とフリー配偶体の両試験区とも、葉長1~3mm程度に生長した。現在、屋内の陸上水槽内で中間育成中であり、5cm以上に達した段階で増殖試験等に供する予定である。

今後の問題点

基質を比較した試験では汚れの増加によって芽落ちしたが、基質と基質を用いない育成方法の比較試験では、肉眼視できるサイズに到達すれば汚れにまかれなくなることが確認できた。したがって、サイズの大きい種苗を多く作出するためには、育成条件の検討や施肥等の生長促進技術の開発が必要である。

引用文献

- 1) 伊藤龍星. 浅海増養殖に関する研究 (9) カジメのフリー配偶体作成. 平成 17 年度大分県農林水産研究指導センター水産試験場事業報告 2005: 179-180.
- 2) 菅沼倫美. 安心・安全で環境に優しい養殖推進事業, クロメ類の早期種苗生産. 平成 29 年度大分県水産研究部事業報告 2017 年: 148-150.

資源・環境に関するデータの収集・情報提供— 3

ノリ養殖安定対策推進事業（情報の提供と技術指導）

入江隆乃介、古川あさひ

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. 令和2年度のノリ養殖の状況

養殖期間において、北部振興局の普及員と協力してノリ養殖漁家から「採苗状況」「養殖および病害状況」について聞き取りを行った。

「乾ノリの共販結果」については、大分県漁業協同組合日出共販所から情報収集した。

2. 令和2年度の気象と海況の状況

9月1日～3月31日の間、水温および比重を高田港先端で測定した。

降水量については、気象庁が発表する中津市および豊後高田市における観測データを元に調査した (<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>)。

栄養塩量（溶存無機窒素量：DIN、溶存無機リン酸量：DIP）は、中津東浜沖、宇佐市柳ヶ浦漁港および高田港先端で採水し、試料を株式会社住化分析センターに分析依頼した。採水は、中津東浜沖で10月12日～12月3日の間に計14回、柳ヶ浦漁港で10月12日～11月9日の間に計5回、高田港先端で9月3日～3月11日の間に計27回実施した。

3. 検鏡観察および情報提供

10～12月の期間、気象・海況・養殖管理・病害発生状況や対策等の情報を大分県漁業協同組合中津支店およびノリ養殖漁家に FAX とメールで提供した。

なお、各地の種糸提供者と検査依頼者の種糸を検鏡し、芽つきの確認や病害の有無を診断するとともに、現地で幼芽の生育状況などを調査した。これらの結果は生産者へ速やかに連絡した。

事業の結果

1. 令和2年度のノリ養殖の状況

1) 採苗状況

10月15日に採苗を始めた漁家もいたが、多くは10月18日に開始し、10月23日までに採苗を終えた。水温は21.4℃～18.2℃と平年並みの日が多かった。比重は17.11～24.28と平年より高い日が多かった。芽つきは標準の網が多く、顕微鏡の100倍の対物レンズにおいて1視野あたり3～6個であった。

2) 養殖および病害状況

10月：採苗後、芽は順調に生長して29日に肉眼で確認できる大きさになった地区もあった。この頃になると親芽からの単胞子の放出が確認できた。なお、採苗後は徐々に珪藻類による汚れが増加し、クダムシも発生した。

11月：初旬には中津と宇佐地区の全ての網で芽が肉眼で見えるまでに生長した。中旬に入るとクダムシが減少傾向になった。下旬からは両地区でタビユラリアが発生し、中津地区ではバリカン症による芽の短縮化も認められた。なお、26日に宇佐地区で初摘採が行われた。

12月：10日までに両地区とも初摘採が行われた。中津地区のバリカン症は中旬に収束に向かった。なお、雨が少なかったため、宇佐地区では色落ちが多く見られた。

1月以降：1月は中津地区で2～3回目の摘採が行われ、色は良いが付着珪藻が多かった。また、宇佐地区では2～4回目の摘採が行われ、やや色落ちしていた。2月中旬には中津地区で網上げが始まり、3月初旬に養殖を終えた。宇佐地区は2月下旬から網上げとなり、2月末日で養殖を終えた。なお、一部の網で赤腐れ病が発生したが、大きな被害はなかった。

3) 乾ノリ共販結果

本年度の乾ノリ共販結果（表1）と過去15年間の結果（表2）を記した。今期は福岡市で9回の共販が実施され、本県の出品回数は5回であった。共

販売枚数は 132 万枚（対前年比 89.1%）、共販金額 872 万円（同 52.5%）、平均単価 6.61 円（同 58.8%）、1 経営体あたりの生産金額 125 万円であった。本年度は全国的な不漁と昨年から続くコロナの影響もあり、共販枚数と共販金額が前年を下回った。

表 2 過去 15 年間の共販結果

年度	経営体数	共販枚数 (千枚)	共販金額 (千円)	1 経営体あたりの 生産金額 (千円)
平成 18 年	42	10,496	63,245	1,506
19	38	9,313	42,453	1,117
20	31	8,794	41,580	1,341
21	27	6,847	36,559	1,354
22	24	7,647	47,749	1,990
23	21	7,003	48,897	2,376
24	19	6,620	40,878	2,151
25	17	5,147	26,662	1,568
26	15	5,948	41,518	2,767
27	14	2,480	20,355	1,453
28	13	6,113	63,592	4,892
29	12	3,341	23,106	1,926
30	10	786	5,206	521
令和元年	10	1,480	16,627	1,663
2	7	1,318	8,723	1,246

表 1 令和 2 年度の共販の結果（上段：枚数（枚）、中段：金額（円）、下段：単価（円/枚）を示す）

地区名	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回	第 6 回	第 7 回	第 8 回	第 9 回	1~9 回 累計	前年度累計 (令和 2 年度)	対前年比 (%)
	R2.12.2	R2.12.18	R3.1.15	R3.1.29	R3.2.12	R3.2.26	R3.3.12	R3.3.26	R3.4.16			
中津市 小祝		203,700	341,200	226,300	30,200	24,800				826,200	1,297,800	63.7
		1,747,783	2,246,928	1,123,717	156,738	96,472				5,371,638	14,494,315	37.1
		8.58	6.59	4.97	5.19	3.89				6.50	11.17	58.2
中津市 中津東				179,500	45,500					225,000	124,400	180.9
				1,012,561	205,645					1,218,206	1,462,926	83.3
				5.64	4.52					5.41	11.76	46.0
宇佐市		68,200	141,900		57,600					267,700	57,600	464.8
		515,144	948,501		669,024					2,132,669	669,024	318.8
		7.55	6.68		11.62					7.97	11.62	68.6
大分県 計	0	271,900	483,100	405,800	133,300	24,800	0	0	0	1,318,900	1,479,800	89.1
	0	2,262,927	3,195,429	2,136,278	1,031,407	96,472	0	0	0	8,722,513	16,626,265	52.5
	0	8.32	6.61	5.26	7.74	3.89	0	0	0	6.61	11.24	58.8

※空欄は出品なし

2. 令和 2 年度の気象と海況の状況

1) 水温

高田港先端における水温の推移を図 1 に示した。期間を通して平年並みの日が多かった。

2) 比重

高田港先端の比重の推移を図 2 に示した。期間を通して平年値よりも 1~2 高い、やや高めの日が多かった。

3) 降水量

9~3 月における中津市および豊後高田市の降水量の推移を図 3~4 に示した。11 月中旬~12 月中旬は平年よりも降雨が少ない日が続いた。

4) 栄養塩量（溶存無機窒素量：DIN、溶存無機リン酸量：DIP）

中津ノリ漁場（東浜沖）、柳ヶ浦漁港（長洲）および高田港先端における DIN の値を図 5 に示した。10 月下旬に高い値を示したが、それ以外は 50µg/L 以下の日が多かった。

高田港先端の DIN と DIP の値を図 6 に示した。DIN は 62.0~336.3µg/L で推移し、平均で 3.1µg/L であった。また、DIP は 29.1~116.3µg/L で推移し、平均で 2.8µg/L であった。ノリ養殖には DIN/DIP=10:1 がよいとされるが、2 前後の日が多かった。

過去 20 年間の 10~12 月の高田港先端の平均 DIN の推移を図 7 に示した。本年度は 81.0µg/L となり、昨年よりも高い値となった。

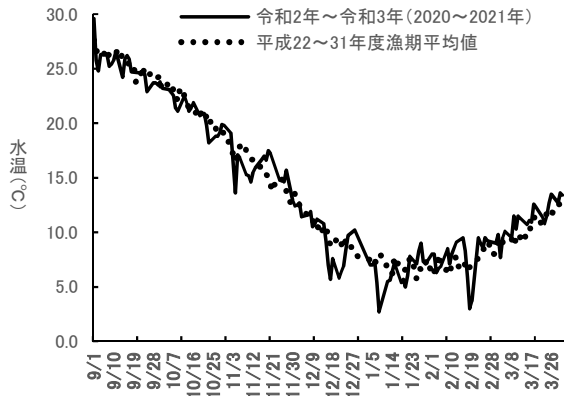


図1 高田港先端の水温の推移

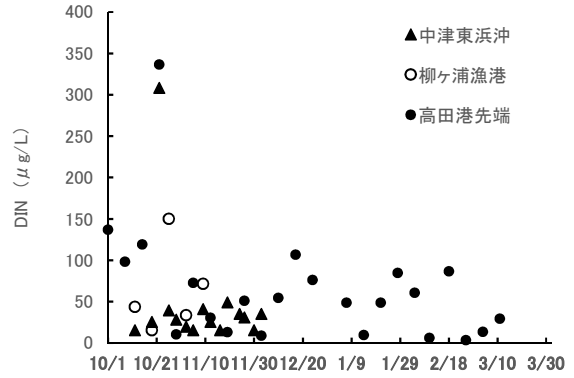


図5 各地区のDINの推移

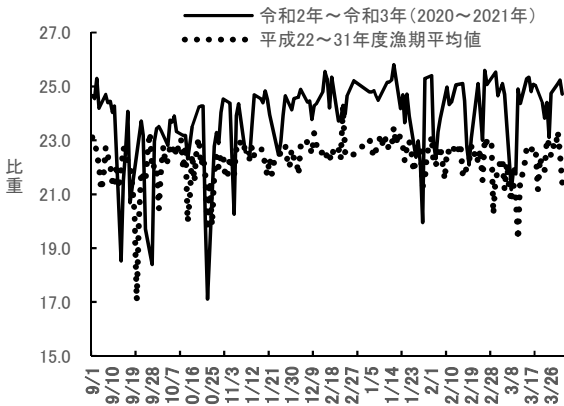


図2 高田港先端の比重の推移

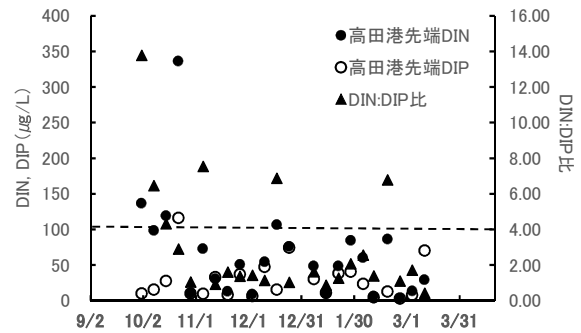


図6 高田港先端におけるDINとDIPの推移 (図中の点線はDIN:DIP=10:1のライン)

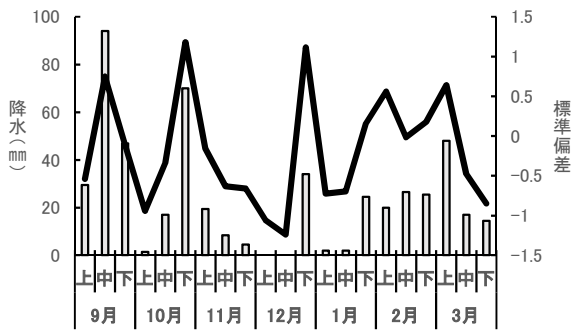


図3 中津市の降水量の推移 (折れ線は降水量、棒グラフは標準偏差)



図7 高田港先端の過去20年間のDINの推移

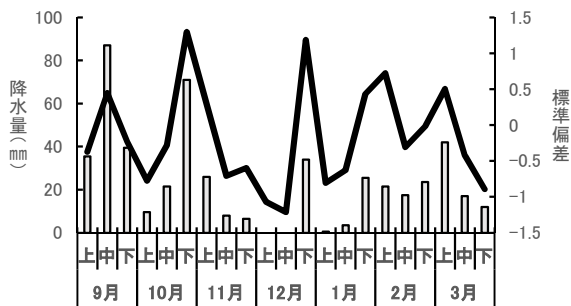


図4 豊後高田市の降水量の推移 (折れ線は降水量、棒グラフは標準偏差)

3. 検鏡観察および情報の提供

気象、海況、養殖管理、病害発生状況およびその対策等のノリ情報を 13 回発行し、ノリ養殖漁家に提供した。

芽つきや病害の診断に関する検査依頼数は 51 回であった（表 3）。

表 3 検鏡依頼回数

	10月	11月	12月	1月	2月	計
中津小祝	7	3	1	0	0	11
中津竜王	7	5	1	0	0	13
宇佐柳ヶ浦	6	7	2	0	0	15
宇佐和間	6	5	1	0	0	12
合計	26	20	5	0	0	51

今後の問題点

今年度も病害はほとんど発生しなかったが、宇佐地区ではノリの色落ち、中津地区ではバリカン症による芽の短縮化が養殖漁家の頭を悩ませた。色落ちは、近年指摘されているように沿岸域の貧栄養化が影響している可能性があり、効率的な施肥技術を速やかに導入する必要がある。また、バリカン症は全国的な問題となっており、クロダイ等の魚類による食害が報告されている。本県では過去にボラによる食害を確認しており¹⁾、今年度はノリ養殖場においてクロダイがノリ網付近を遊泳している様子が確認された。今後はこれら植食性魚類の防除技術の開発も必要である。

引用文献

- 1) 伊藤龍星. 浅海増養殖に関する研究(6) ノリ養殖安定対策推進事業. 平成 19 年度大分県農林水産研究指導センター水産試験場事業報告 2007: 159-162.

資源・環境に関するデータの収集・情報の提供－４

浅海定線調査等（周防灘）

都留勝徳・森本遼平

事業の目的

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

事業の方法

図 1 に示す本県周防灘海域に設けた 16 定点において、毎月(月上旬)1 回、漁船「武丸」と調査船「豊洋」で海洋観測を行った。調査は Stn.5、11、12、16、18、19 を「武丸」で、Stn.4、6、7、8、9、10、13、14、15、17 を「豊洋」で実施した。表 1 に調査実施日を示した。

調査項目は、気象が天候、気温、風向・風力（ただし、豊洋では風速）、雲量であり、海象が波浪・うねり、水色、透明度、水温、塩分である。また、特殊項目として、溶存態無機窒素（DIN）および溶存態無機リン（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。なお、DIN は、NH₄-N、NO₂-N および NO₃-N の分析値の合計値とし、DIP は、PO₄-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¹⁾、COD がアルカリ性過マンガン酸カリウム・ヨウ素滴定法²⁾ により行った。クロロフィル a は Jeffrey & Humphrey の式³⁾ を用いて求めた。栄養塩の分析はオートアナライザーによった。

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

なお、平年値は 1990～2019 年度の平均値を用いた。平年偏差は、平年値を基準とした差の大きさにより、表 2 に示す階級区分に基づき評価した。

また、参考資料として、巻末の関連資料に本年度の調査観測結果を収録した。



図 1 浅海定線調査定点図

表 1 2020 年度調査実施日

	武丸	豊洋
第 1 回	2020年 4月3日	2020年 4月7日
第 2 回	5月11日	5月13日
第 3 回	6月2日	6月4日
第 4 回	7月2日	7月8日
第 5 回	8月17日	欠測
第 6 回	9月14日	9月16日
第 7 回	10月6日	10月15日
第 8 回	11月11日	11月13日
第 9 回	12月2日	12月7日
第 10 回	2021年 1月5日	欠測
第 11 回	2月6日	2021年 2月4日
第 12 回	3月8日	3月10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 1990～2019 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。夏季(6~8月)は、「低め」~「やや低め」であった7月を除き、「平常並み」~「かなり高め」で推移した。冬季(1~3月)は、過去30年で最低を記録した1月上旬から一転し、1月下旬以降は「高め」~「かなり高め」で推移した。特に、3月中旬は過去30年で最高を記録した。

旬別降水量を図3に示した。過去30年で最高を記録した7月上旬を除き、少なめ基調で推移した。

旬別日照時間を図4に示した。記録的豪雨となった7月を除き、多め基調で推移した。

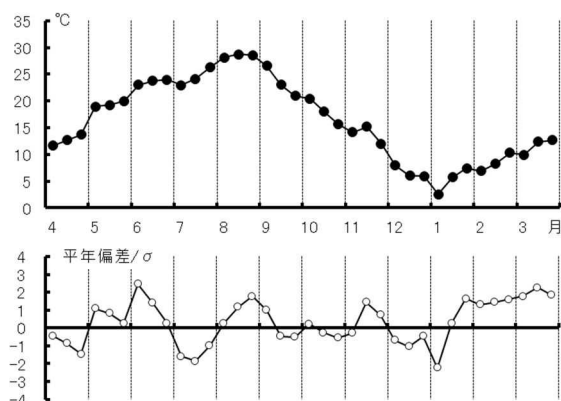


図2 豊後高田市における2020年度旬別平均気温

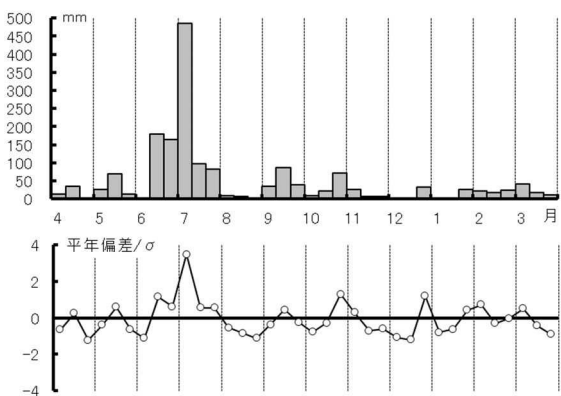


図3 豊後高田市における2020年度旬別降水量

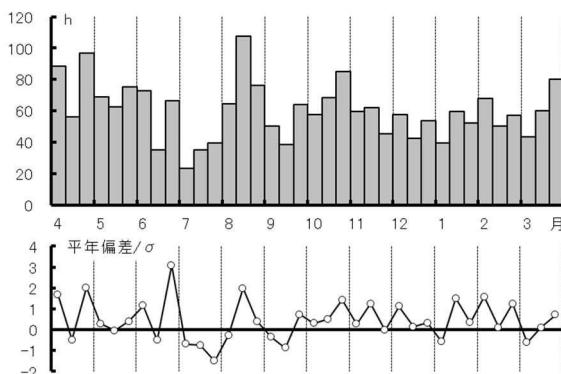


図4 豊後高田市における2020年度旬別日照時間

2. 海象

水温の推移と標準化した年偏差を図5に示した。秋季(9~11月)及び1月の「やや低め」を除き、「平常並み」~「かなり高め」で推移した。特に、3月表層および4月底層は、過去30年で最高を記録した。

塩分の推移と標準化した年偏差を図6に示した。年間を通して「かなり低め」~「平常並み」で推移した。7~8月は「かなり低め」となり、特に、8月は過去30年で最低を記録した。

透明度の推移と標準化した年偏差を図7に示した。7月の「低め」、9月の「やや低め」を除き、2020年は、「平常並み」~「高め」で推移した。2021年1月以降は、「やや低め」で推移した。

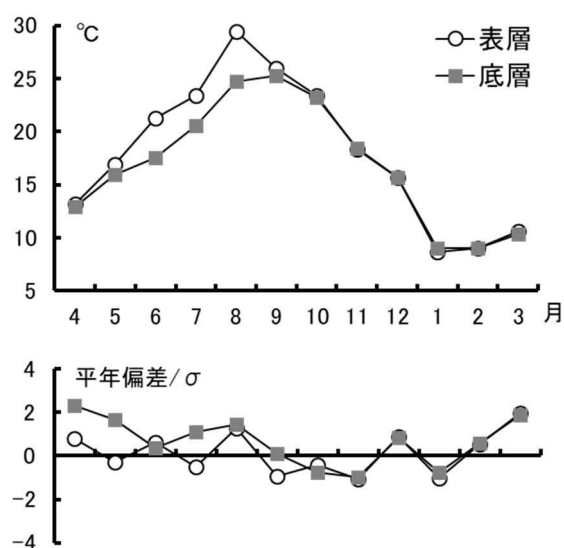


図5 水温の推移と標準化した年偏差

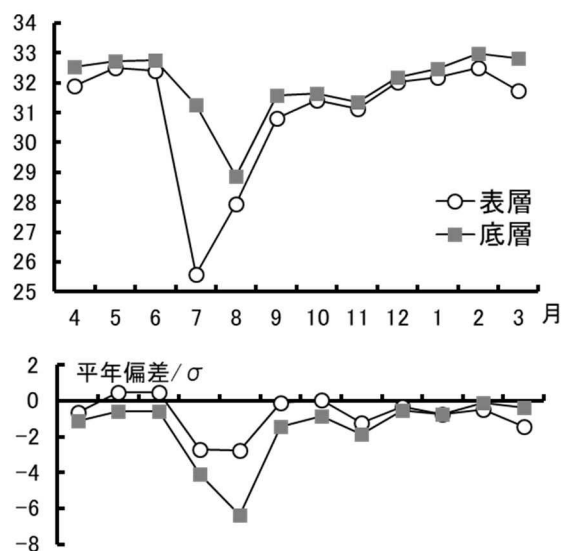


図6 塩分の推移と標準化した年偏差

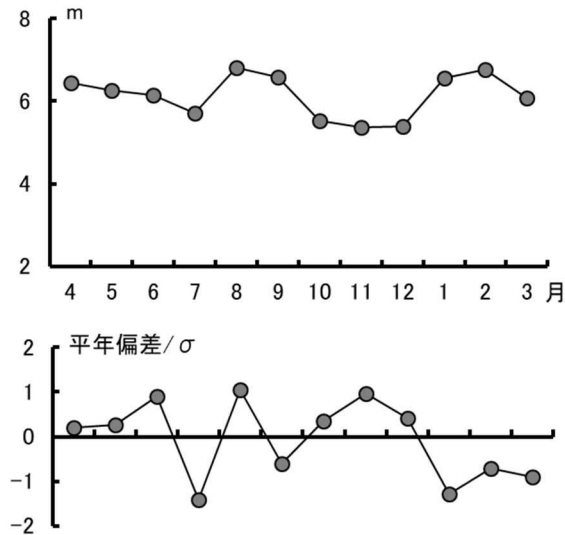


図7 透明度の推移と標準化した年平均偏差

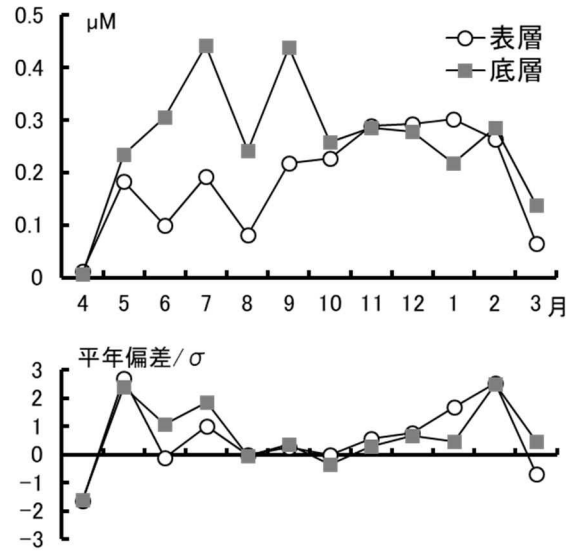


図9 DIPの推移と標準化した年平均偏差

3. 特殊項目

DIN の推移と標準化した年平均偏差を図 8 に示した。7月表層および1月表層の「やや高め」を除き、「低め」～「平常並み」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。4月の「低め」及び3月表層の「やや低め」を除き、「平常並み」～「かなり高め」で推移した。

DO の推移と標準化した年平均偏差を図 10 に示した。8～11月の底層は、「やや高め」～「高め」、これを除く表層および底層は「かなり低め」～「平常並み」で推移した。

COD の推移と標準化した年平均偏差を図 11 に示した。4月底層の「高め」及び2月表層の「やや高め」を除き、「やや低め」～「平常並み」で推移した。

クロロフィルa量の推移と標準化した年平均偏差を図 12 に示した。4月および2～3月表層の「やや高め」を除き、「かなり低め」～「平常並み」で推移した。

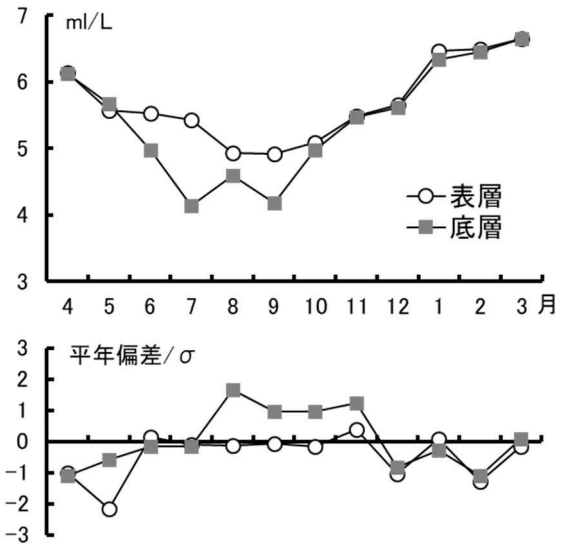


図10 DOの推移と標準化した年平均偏差

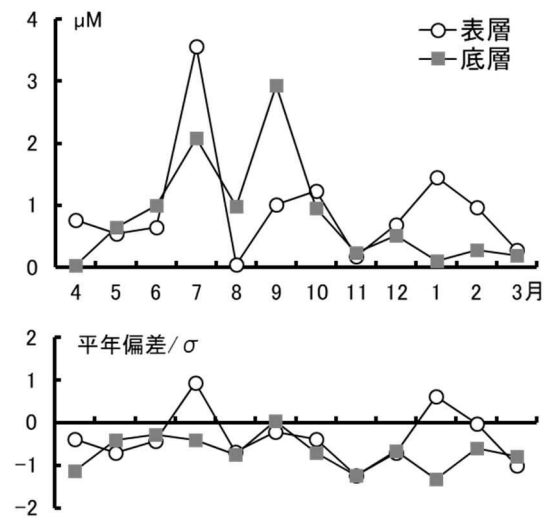


図8 DINの推移と標準化した年平均偏差

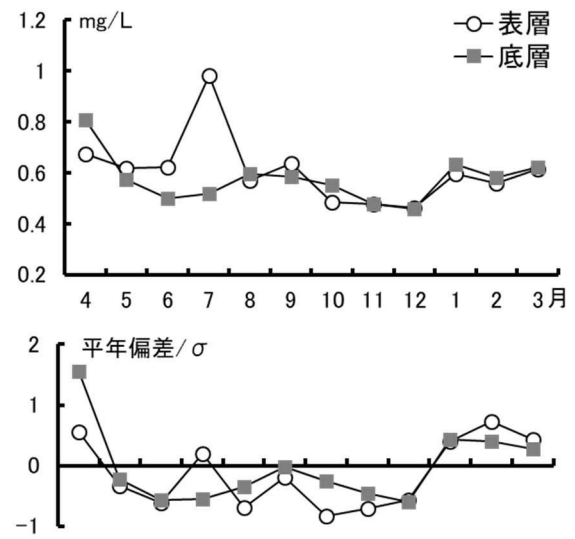


図11 CODの推移と標準化した年平均偏差

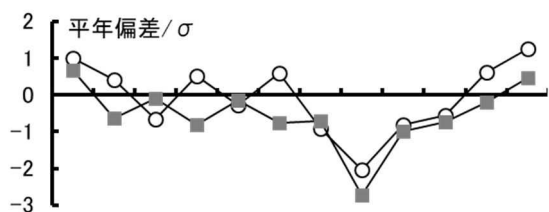
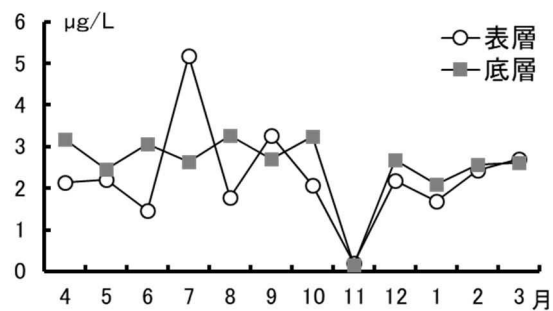


図 12 クロロフィル a 量の推移と標準化した年平均偏差

今後の問題点

本県周防灘海域における環境変動の把握や漁業資源の変動予測に資するためには、今後とも継続してデータを蓄積していく必要がある。

文 献

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

赤潮早期予測早期対策実証事業－2^{*1}

漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」 (国庫委託)

都留勝徳・徳丸泰久

事業の目的

*Karenia. Mikimotoi*をはじめとした赤潮による漁業被害の未然防止および軽減のためには、赤潮発生海域を網羅した広域連携調査を実施する必要がある。そこで、瀬戸内海西部・豊後水道海域・土佐湾海域において各機関が連携して広範な調査を実施し、有害赤潮プランクトンの発生状況および海洋環境を監視するとともに、既存のモニタリングデータの解析、数値モデルを用いた解析等によって当該海域における有害赤潮の発生シナリオを構築し、赤潮発生予察や漁業被害軽減に資することを目的とした。

事業の方法

1. モニタリング調査(*K. mikimotoi*の出現状況)

本県周防灘海域において、5～9月に4回、海洋環境(水温、塩分、栄養塩等)およびプランクトン細胞密度等のモニタリング調査を実施した。また、気象データとして気象庁HP気象統計情報から豊後高田における降水量、気温、日照時間および風速の観測値と平年値(1981～2010年の30年平均値)を解析に用いた。

2. *K. mikimotoi*高感度監視調査

本県周防灘海域のうち宇佐市沖に調査定点を設置し、モニタリング調査前の4～6月および冬季の2月に4回、PCR法による高感度調査を実施した。

調査点で採水した海水1Lを孔径5 μ mのメンブレフィルター(Millipore JMWP04700)で濃縮濾過し、凍結保存して、愛媛大学南予水産研究センターに送付した。同センターにおいて、リアルタイムPCR機(バイオ・ラッド、CFX96)を用いて、*K. Mikimotoi*、*Cochlodinium polykrikoides*、*Chattonella* spp. (*antiqua* + *marina* + *ovata*)、*Heterocapsa circularisquama*、*Heterosigma akashiwo*の遺伝子を解析した。

3. 既存データ等を用いた解析

1) *K. mikimotoi*とその他のプランクトンの動態

*K. mikimotoi*による赤潮発生以前に、*Prorocentrum* spp. および *H. akashiwo* による赤潮が発生していた割合を各々求めることで、それらによる赤潮の出現が *K. mikimotoi* による赤潮の出現に関連しているか検討した。

2) 梅雨と *K. mikimotoi* 赤潮

K. mikimotoi の 100 cells/mL および 1,000 cells/mL 以上の細胞密度の初認日と、梅雨の開始時期や期間との関連を検証した。なお、梅雨の期間は気象庁HP気象統計情報を参照した。

3) 赤潮予察技術の検証

2017年度までに実施した統計解析により、*K. mikimotoi* 赤潮の発生シナリオの構築および判別分析による予察技術を開発し、2018～2019年までの結果の検証がなされた。¹⁾ 本年度は、それに2020年の結果を追加し、再度検証を行った。

事業の結果

1. モニタリング調査(*K. mikimotoi*の出現状況)

本県周防灘海域では、9月下旬に *K. mikimotoi* 赤潮が発生した。*K. mikimotoi* は、1～6月の濃縮検鏡では検出されず、1 cell/mL以上の初認日が7月22日と遅かった。9月22日に35,000 cells/mL確認され赤潮となり、分布域は別府湾・豊後水道海域にまで拡大した。7月上旬の豪雨の後、日照時間が多く、7月中旬以降8月上旬まで珪藻類が優占したため、本種の増殖が抑制されたと思われた。これに対し、9月上旬および中旬の低日照(平年比)、9月中旬の平年を超える降水等、*K. mikimotoi* が増殖しやすい環境条件になったと考えられた。

2. *K. mikimotoi*高感度監視調査

本県周防灘海域では、発生年でも1～3月の冬季に検出されない年も見受けられた。その後、3～5月

においては、3年とも未検出になり、8月に赤潮が形成された2018年と2019年は5月から再度検出された。一方で9月に赤潮が発生した2020年は7月まで未検出であった。

3. 既存データ等を用いた解析

1) *K. mikimotoi* とその他のプランクトンの動態

Prorocentrum spp. および *H. akashiwo* が *K. mikimotoi* 赤潮初認日以前に赤潮を形成していた割合は海域により大きな差が認められた(0~86.7%)。このことから、*Prorocentrum* spp. および *H. akashiwo* 赤潮発生の有無を基準とした *K. mikimotoi* 赤潮の発生予察は、瀬戸内海西部海域・豊後水道海域・土佐湾海域の全域に当てはめるのは困難であると推察された。

2) 梅雨と *K. mikimotoi* 赤潮

梅雨明け日と100 cells/mLに達した日の間に有意な相関は認められなかった。海域によって異なる経年変化の要因は、現時点で不明であり、海洋環境のデータも含めて解析していく必要がある。

3) 赤潮予察技術の検証

2020年における本県周防灘海域では、7月上旬~8月上旬に発生する例年とは異なり、9月下旬に *K. mikimotoi* 赤潮が発生した。2020年の判別予測では、的中した組合せと的中しなかった組合せに分かれる結果となり、的中した予察モデルでは「5月の表層の水温」または「5月の5m層の水温」という項目が共通していた。

2020年は、冬季(12~2月)に越冬細胞が確認されていたこと、5月の表層水温が低かったことから、初期出現期までは発生シナリオどおりに進捗したと思われる。しかし、増殖期である7月上旬の記録的

な大雨やその後に珪藻類が優占したことが、結果として本種増殖を遅らせ、9月上中旬になって環境条件(低日照、降水多)が整ったことにより、9月下旬の赤潮発生に至ったと推察された。

以上のことから、赤潮発生には、その直前の気象条件(降水量、日照時間)とプランクトン密度(*K. mikimotoi*、珪藻類)が大きく影響していると考えられた。

今後の問題点

変化する赤潮発生時期に対応したモニタリング体制を構築し、「赤潮に関与する新たな環境項目の探索」や「環境変化と赤潮発生との関係性の解明」による精度の高い予察技術の開発と現場海域に適した赤潮発生シナリオの構築が必要である。

文献

1) 岩野英樹, 畦地和久, 井口大輝, 中里礼大, 内海訓弘, 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, 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. 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発②瀬戸内海西部・豊後水道海域・土佐湾海域. 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

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

漁場環境保全推進事業－3

赤潮発生監視調査

都留勝徳

事業の目的

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

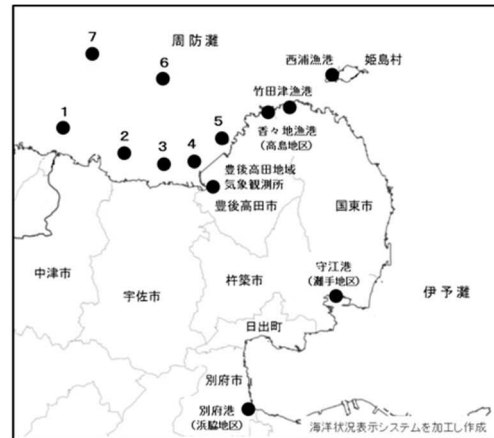
事業の方法

図1に示す本県周防灘海域の調査点において、5～8月の毎月中・下旬に、表1に示した調査を実施した。また、毎月上旬に実施する浅海定線調査時に同様の調査を4～9月に実施し、本調査結果を補完した。10～3月の期間には、本事業報告の貝毒発生監視調査に記載の図1の調査点で、*Karenia mikimotoi* のモニタリングを同時に行った。本調査の観測・分析方法は、浅海定線調査の各方法に準拠した。測定したNH₄-N、NO₂-N及びNO₃-Nの合計値を溶存態無機窒素(DIN)として、PO₄-Pを溶存態無機リン(DIP)として栄養塩類の推移を観察した。

気象データは、気象庁HP気象統計情報から豊後高田における降水量、気温、日照時間および風速の観測値と平年値(1981～2010年の30年平均値)を用いた。

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

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



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

括弧内は該当する浅海定線調査定点
緯度経度は世界測地系

図1 調査定点図

表1 調査項目及び調査実施日

調査項目	調査内容
気象・海象	天候、雲量、風向・風力 透明度、水色、水温、塩分
水質	溶存酸素、NH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -N PO ₄ -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	3日
5月	11、21日
6月	2、16日
7月	2、13、22日
8月	3、17日
9月	14日

事業の結果

1. 気象・海況等の特徴

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

1) 気象

旬平均気温は、5~6月および8月は平年よりも高かったが、曇や雨の日が多かった7月は平年を下回った。

旬降水量は、記録的な大雨となった「令和2年7月豪雨」により、7月上旬に487mmを記録し、平年値を大きく上回った(平年差+381mm)。しかし、8月は一転して平年を下回った。

旬日照時間は、梅雨前線や湿った空気の影響により、7月は平年よりかなり少なかった。梅雨明け(7月30日頃)後、8月中旬には、高気圧に覆われ平年よりかなり多かった。

旬平均風速は、台風第10号(9月6~7日)の影響に

より平年を上回った9月上旬を除き、平年よりも小さく推移した。

2) 海況

水温の鉛直差は、20℃を超えた6月上旬から見られはじめ8月上旬に最大となり、8月下旬まで続いた。その後、台風の影響もあり9月中旬には、鉛直差は解消された。

塩分は、「令和2年7月豪雨」の影響により、7月中旬に最低値(0m層24.47、5m層28.48)を示し、塩分の鉛直差が大きくなった。その後、徐々に回復し、8月中旬に鉛直差は解消された。

鉛直安定度は、7月中旬の塩分低下や水温の鉛直差の拡大により大きくなった。その後、塩分回復と水温鉛直差の縮小により、徐々に鉛直安定度は小さくなった。

クロロフィル a は、珪藻類の密度が高かった7月中旬に0m層で11.5µg/Lの高い値を示した。

透明度は、7月中旬と9月中旬に「令和2年7月豪雨」および台風の影響と思われる急激な低下が見られた。

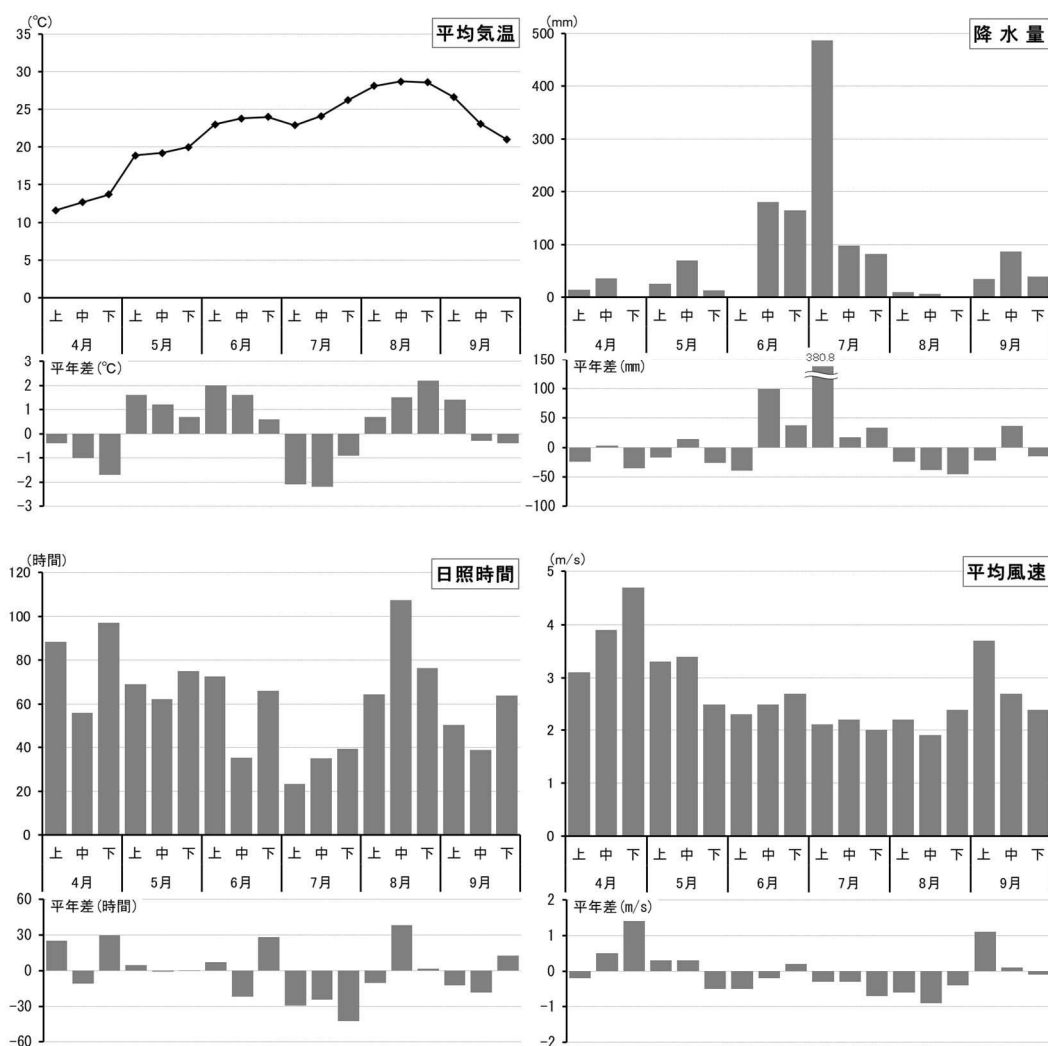


図 2 2020 年の豊後高田市における旬別気象データの推移

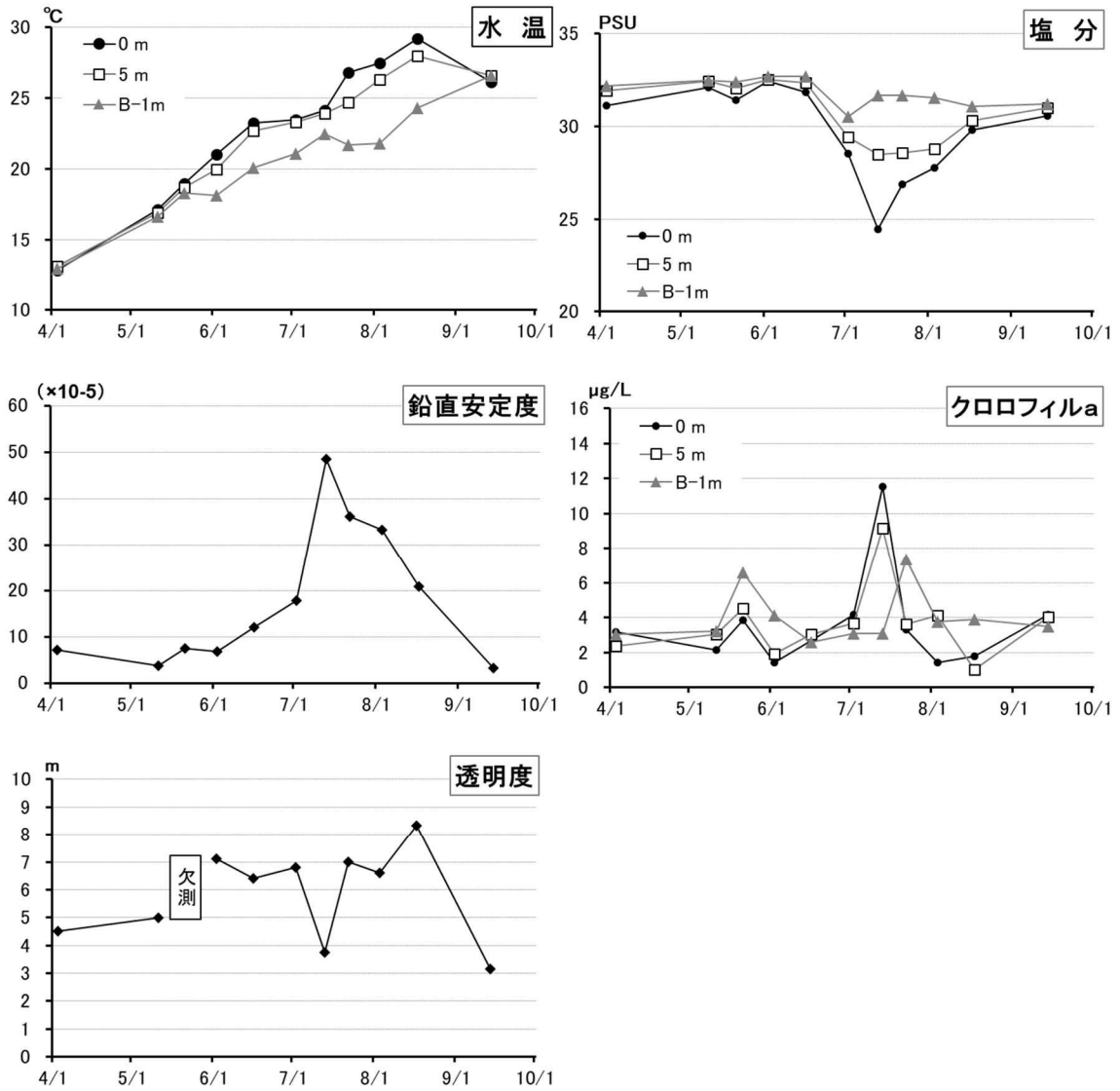


図3 2020年の周防灘における海況の推移

3) 栄養塩類 (DIN, DIP)

DINは、「令和2年7月豪雨」の影響を受け、7月中旬～8月上旬にかけて高い値を示した。これを除くと、各層のDINは $2\mu\text{M}$ 未満で推移した。

DIPは、降水の影響による増加が見られたが、0m層および5m層は $0.2\mu\text{M}$ 以下で推移した。B-1m層は、7月中旬に「令和2年7月豪雨」の影響と思われる高い値($0.8\mu\text{M}$)を示した。

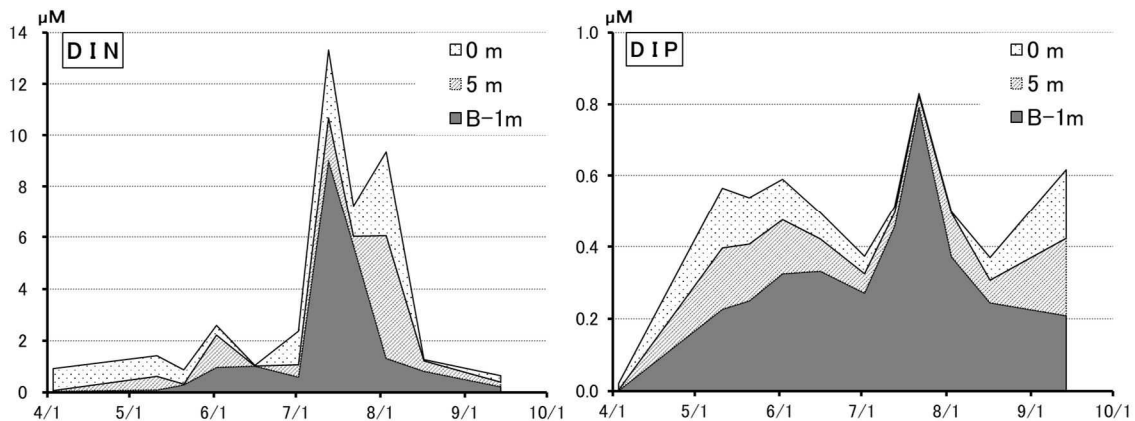


図4 2020年の周防灘における栄養塩類の推移

表 2 2020 年の赤潮発生状況

整理番号	発生期間			発生場所		発生赤潮		漁業被害
	発生日	～ 終息日	日数	海域	地名等	構成プランクトン	最高密度 (cells/mL)	
1	6月12日	～ 6月16日	5	周防灘	小祝漁港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	5,880	無
2	6月29日	～ 9月4日	68	周防灘 伊予灘	周防灘沿岸、姫島村、 国東市、別府湾	<i>Chattonella</i> spp.	28,800	無
3	8月31日	～ 9月14日	15	周防灘	長洲漁港	<i>Gonyaulax polygramma</i>	4,170	無
4	9月22日	～ 10月13日	22	周防灘 伊予灘	香々地漁港、姫島村、 国東市、別府湾	<i>Karenia mikimotoi</i>	35,000	無
5	11月5日	～ 11月13日	9	周防灘	高田港	<i>Heterosigma akashiwo</i>	208,000	無

2. 赤潮発生状況

2020年に発生した赤潮は、表2のとおり5件であった。その内訳は、*Heterosigma akashiwo*が2件、*Chattonella* spp.が1件、*Gonyaulax polygramma*が1件、*K.mikimotoi*が1件であり、漁業被害はなかった。

3. 有害赤潮プランクトン等の出現状況

有害赤潮プランクトン等の出現状況を図5に示した。

1) *K. mikimotoi*

本県周防灘海域においては、7月13日に初めて低密度(0.07cells/mL)で確認され、1cells/mL以上の初認日は7月22日であった。これは、過去5ヶ年(2015年は4月13日、2016年は5月10日、2017年は5月29日、2018年は5月25日、2019年は7月1日)に比べて遅かった。その後、調査期間終了の9月14日までは、2cells/mL以下で推移した。しかし、9月下旬に港湾または漁港内で警戒密度を超える赤潮の発生を確認した。

周防灘では、9月22日に香々地漁港(高島地区)で最高密度35,000cells/mLを確認した。伊予灘では、9月23日に守江港(灘手地区)で最高密度5,900cells/mLを、9月24日に姫島西浦漁港で最高密度8,700cells/mLを確認した。

2) *Chattonella* 属

本県周防灘海域においては、6月16日に低密度(0.07cells/mL)で確認され、1cells/mL以上の初認日は7月2日であった。7月22日に最高密度9cells/mLを確認した後は減少し、9月14日に消失を確認した。しかしこの間に、港湾または漁港内で警戒密度または注意密度を超える赤潮の発生を確認した。

周防灘では、6月29日に香々地漁港(高島地区)で最高密度28,800cells/mLを確認した。また、伊予灘では、6月30日に竹田津漁港で最高密度380cells/mLを、7月1日に別府港浜脇地区で最高密度44cells/mLを確認した。

3) 珪藻類

本県周防灘海域における表層の平均密度は、6月

中旬まで20~200cells/mLで推移したが、7月以降増加し8月上旬まで1,000cells/mLを超えて推移した。特に、7月の細胞密度は高く、13日には7,000cells/mL、22日には3,000cells/mLを超える調査点が出現した。しかし、8月中旬以降は、再び100cells/mL以下で推移した。

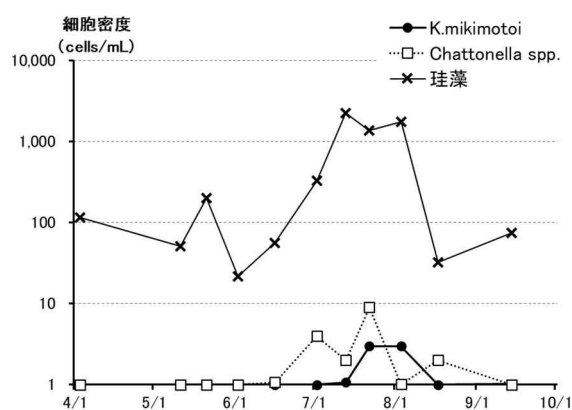


図5 有害赤潮プランクトン等の出現状況

4) *K.mikimotoi*の赤潮形成と気象・海況等との関係

今年度は、例年7月上旬~8月上旬に発生が見られる*K.mikimotoi*赤潮が、9月下旬に確認されたことが特徴的であった。7月上旬の旬降水量が487mmを記録した「令和2年7月豪雨」の後、珪藻類が8月上旬まで1,000cells/mLを超え優占して推移したのに対し、*K.mikimotoi*は、1cells/mL以上の初認日が7月22日と遅く、夏季に増殖しやすい環境が整わなかった。しかしその後、9月上中旬は低日照となり、競合種の珪藻類が減少、弱い光強度下でも増殖することが可能な*K. mikimotoi*にとって相対的に増殖しやすい環境が整い、赤潮形成に至ったと考えられた。

4. 冬季の*K. mikimotoi*の出現状況

2020年10月~2021年1月の間においては、*K.mikimotoi*が低密度(0.01~0.03cells/mL)で出現したが、2021年2~3月には確認されなかった。

今後の問題点

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

文献

1) Sverdrup HU, Johnson MW, Fleming RH. *The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology*. Prentice-Hall, New York. 1942.

漁場環境保全推進事業－4

貝毒発生監視調査

都留勝徳

事業の目的

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

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

事業の方法

1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

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

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

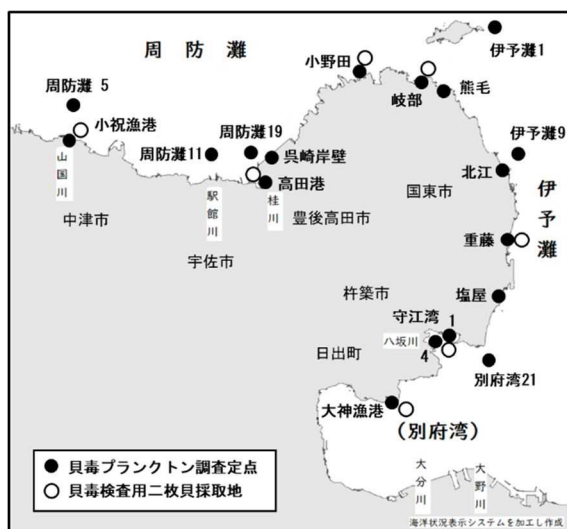


図1 貝毒発生監視調査の定点

2. 貝毒検査

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

事業の結果

1. 貝毒原因プランクトンのモニタリング

2020年4月～2021年3月までの間、62回のモニタリングにおいて、麻痺性貝毒原因プランクトンは確認されなかった。

2. 麻痺性貝毒検査

麻痺性貝毒の検査結果は表1に示したとおりである。ELISA検査の結果、麻痺性貝毒は検出されなかった。

表1 麻痺性貝毒検査結果

検体	採取地	採取日	検査日	毒力 (MU/g)	可食部平均重量 (g/個)
マガキ	守江湾	10月21日	11月2日	N. D.	8.3
マガキ	大神漁港	10月21日	11月2日	N. D.	8.1
マガキ	小祝漁港	11月13日	11月19日	N. D.	7.7
ムラサキイガイ	高田港	11月24日	12月9日	N. D.	3.3
マガキ	小野田	11月24日	12月9日	N. D.	5.7
マガキ	岐部	11月24日	12月9日	N. D.	11.7
マガキ	重藤	11月24日	12月9日	N. D.	10.6
アサリ	小祝漁港	3月1日	3月3日	N. D.	2.4

今後の問題点

本県周防灘海域では、2000年度に *Alexandrium tamarense species complex* (旧) *A. catenella* によって養殖マガキが毒化し、麻痺性貝毒が検出され、28日間(2000年12月15日～2001年1月11日)の出荷自主規制がとられた。また、近年(2014～2020年)、*At complex* (旧) *A. tamarense* が春季に7年連続して出現し、2014年4月には養殖ムラサキイガイで、2015年

3月には天然アサリでELISA法により0.1~0.2MU/gの麻痺性貝毒が検出された。今後も、貝毒監視体制を継続し、貝毒原因プランクトンの定期的なモニタ

リング調査と二枚貝の貝毒検査を実施することにより、食品としての安全性を確保していく必要がある。

養殖・種苗生産に関する技術指導－ 4

クルマエビ養殖生産向上を目指した環境モニタリング

都留勝徳

事業の目的

1994年に姫島でホワイトスポット病（急性ウィルス血症）が初めて確認されて以降、養殖クルマエビの生産は安定していない。クルマエビ養殖池の環境と疾病の発生との因果関係を明らかにするため、環境調査を行った。

事業の方法

1 水質連続記録計を用いた環境計測

クルマエビ養殖池の水質環境を詳細に把握するため、大分県東国東郡姫島村の中央部に位置するA池において水面下1mにワイパー式メモリー水温塩分計・ワイパー式メモリーDO計・ワイパー式メモリークロロフィル濁度計（JFEアドバンテック社製）を設置し、水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル蛍光値・濁度を計測した。計測は2020年8月7日～11月30日の間、5分毎に行った。

また、2018～2020年の3か年で得た水質連続記録を日平均し、養殖期間中の環境要因の変動傾向を整理した。分析にあたり、気象データとして気象庁HP気象統計情報から国見における日照時間の観測値を用いた。

2 水質調査

2020年7月31日～11月30日の間に、およそ10日に1回の頻度で計12回、A池および隣接するD池並びに北浦漁港の表層海水を採水し、水質調査した。採水した海水は、栄養塩類である溶存態無機窒素（DIN）、溶存態無機リン（DIP）および溶存態ケイ素（DSi）とクロロフィルaを分析した。分析方法は、栄養塩類がオートアナライザー、クロロフィルaがアセトン抽出・吸光度法により行った。なお、栄養塩類の分析は水産研究部（佐伯市上浦）にて実施した。

事業の結果

1 水質連続記録計を用いた環境計測

1) 水温

3か年における各年の日平均水温は、日平均気温と同調し推移する傾向がみられ¹⁾²⁾、30℃を上回る8月上旬の生産開始時期から徐々に低下し、出荷が始まる11月下旬には15℃を下回った（図1）。養殖期間中は、7日間で1.1℃の低下がみられ、彼岸の頃（秋分（9月23日頃）の前後3日間）、はじめて25℃を下回る傾向がみられた。



図1 養殖池（A池）における3か年の水温の推移

2) 塩分

3か年における各年の日平均塩分は、降雨による塩分低下と海水換水および蒸発による塩分回復を繰り返しながら、およそ30.5の生産開始からおよそ32.5の出荷開始まで緩やかに増加した（図2）。台風第24号（2018年）や令和2年7月豪雨の後は、塩分低下も大きく、回復に時間を要した。

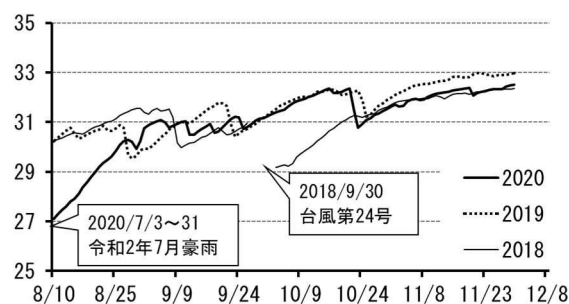


図2 養殖池（A池）における3か年の塩分の推移

3) 溶存酸素

2020年の日平均溶存酸素は、日照時間といった日照条件の悪化により低下する傾向がみられた(図3)。

3か年における各年の日平均溶存酸素は、養殖期間中、およそ6.6mg/Lの生産開始からおよそ9.3mg/Lの出荷開始まで緩やかに増加した(図4)。

これは、内湾漁場の夏季底層において最低限維持しなくてはならない基準4.3mg/Lを超え、海域での基準である6mg/Lをも概ね超えていた。³⁾

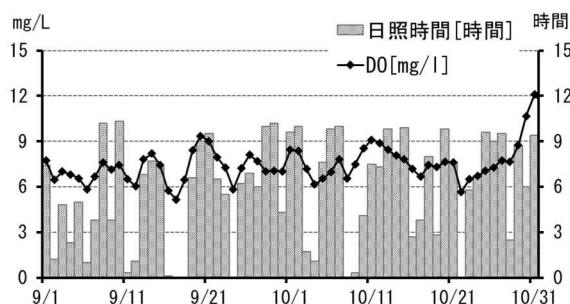


図3 養殖池(A池)における2020年の溶存酸素と日照時間の推移

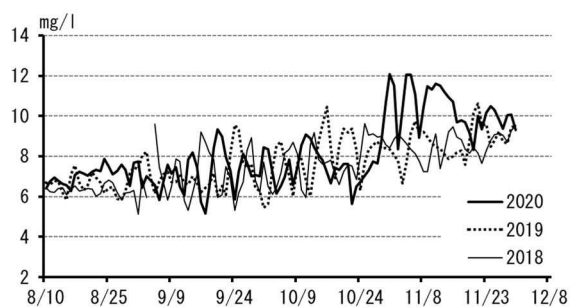


図4 養殖池(A池)における3か年の溶存酸素の推移

4) クロロフィル a

クロロフィル a の3か年における各年の日平均量は、生産開始間もない8月は低調に推移し、9月下旬にかけ急激な増加がみられた。その後は、増減を繰り返しながら養殖期間中を推移した(図5)。この増減は、日照などの環境条件が増殖に影響を与え、優占植物プランクトンの種類と量とを変化させることに起因すると考えられた。

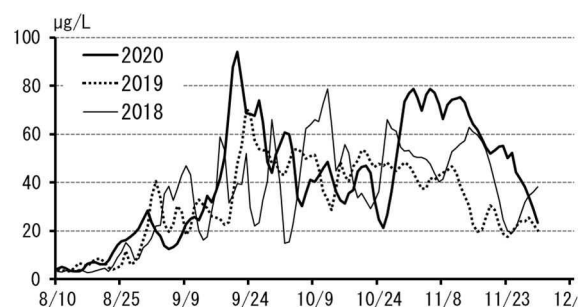


図5 養殖池(A池)における3か年のクロロフィル a の推移

2 水質調査

2019年度の調査では、A池と隣接するC池のDIPとDSiは、ほぼ同じ増減傾向で推移した²⁾。しかし、2020年度の調査において隣接するA池とD池では、栄養塩類(DIN、DIP、DSi)の量やそれらの比率は、異なる推移を示した(図6~8)。

2020年のA池では、9月下旬と11月上旬にクロロフィル a がピークを示したが、DINは減少した。さらに、クロロフィル a のピークの前後には、DSiが増加し、その後減少した。また、9月中旬以降には、窒素に対するケイ素の割合(DSi/DIN)が1.1以上となる頻度が多く、珪藻類が優占しやすい環境条件にあったと思われる。よって、2018年、2019年と同様に2020年のA池でも、ブラウンウォーターの状態が継続し、良好な養殖環境が維持されたと考えられた。

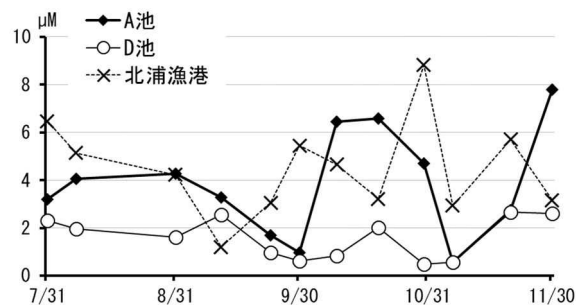


図6 DINの推移

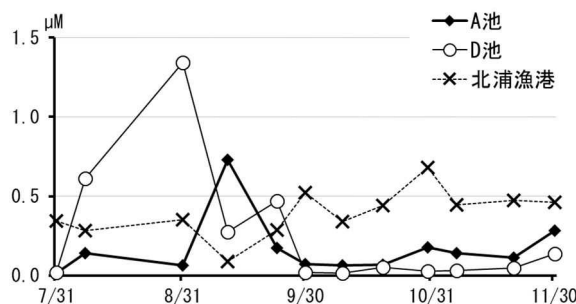


図7 DIPの推移

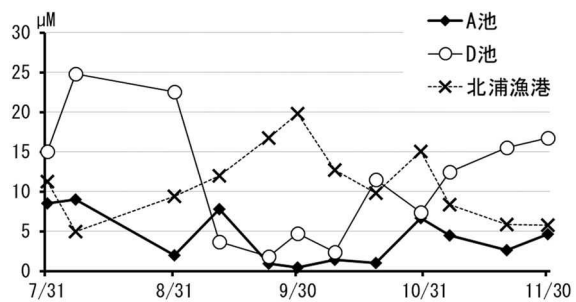


図8 DSiの推移

今後の問題点

2018～2020年における姫島村のクルマエビ養殖池では、ホワイトスポット病をはじめとした疾病の発生は確認されず、クルマエビの生産成績は安定していた。そのため、生産成績を左右するような大量へい死の発生と養殖池の環境変化との因果関係は把握できなかった。本事業は終了するが、クルマエビ養殖の生産安定化のため、今後も養殖環境のモニタリングを継続する必要がある。

文献

- 1) 岩野英樹,山田英俊. 養殖・種苗生産に関する技術指導-1 クルマエビ養殖生産向上を目指した環境モニタリング.平成30年度大分水研事業報告, 2019年;
- 2) 岩野英樹,山田英俊. 養殖・種苗生産に関する技術指導-1 クルマエビ養殖生産向上を目指した環境モニタリング.令和元年度大分水研事業報告,2020年;224-225.
- 3) 日本水産資源保護協会.「水産用水基準 第8版」, 東京. 2020;5.

クルマエビの耐病性品種の育成と管理に関する技術開発事業

(国庫委託)

吉岡宗祐・森本遼平・木村聡一郎・都留勝徳・徳丸泰久

事業の目的

クルマエビは養殖生産が国内供給の多くを支えており、生産力の強化が求められている。生産力強化の障害となるホワイトスポット病（WSD）は、疾病防疫技術の開発により種苗期の大量死亡はほぼ克服したものの、育成期や収穫期での発病により未だ甚大な経済的損失をもたらしている。そこで、耐病性品種の育成と管理に関する技術を開発するため、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 養殖部門 生産技術部を研究代表機関として「クルマエビの耐病性品種の育成と管理に関する技術開発」（イノベーション創出強化研究推進事業 応用研究ステージ課題）が実施され、本県は中課題1「耐病性家系の育成と養殖生産試験」のうち、小課題2「耐病性家系を用いた養殖生産試験」を担当した。

事業の方法

1. 養殖生産試験

別課題において選抜された耐病性家系#4の親エビを姫島車えび養殖株式会社の親エビと交配し、得られた種苗（交雑群）を養殖試験に供した。養殖試験は2020年8月～2021年1月まで養殖池2面（7,700㎡、10,300㎡）で行い、定期的にサンプリングして成長とPCR法によるホワイトスポット病原ウイルス（WSSV）の感染の有無を確認した（交雑群A、交雑群B）。また、対照として姫島車えび養殖株式会社で通常養殖されている群（継代群）を調査し、交雑群の養殖用種苗としての有効性を把握した。

2. 耐病性家系を用いた親の育成

次年度に向け、別課題において選抜された耐病性家系#7を用いた親の育成を行った。

事業の結果

1. 養殖生産試験

耐病性家系#4の雄と姫島車えび養殖株式会社で継代されていた雌を交配させ、当該の養殖場で人工種苗生産により約40万尾の種苗が得られた。

試験期間中には、交雑群と継代群合わせて489尾のサンプルを調査した。交雑群と継代群に成長差はみられなかった（図1）。また試験期間中にWSDによる被害は生じず、PCR法によるWSSV検査でも交雑群から陽性反応はなかった。

2. 耐病性家系を用いた親の育成

6k1水槽を用いて205尾の育成を行った。2020年7月上旬の育成開始時に 3.4 ± 0.9 g（平均値±標準偏差）であった種苗は、2021年3月中旬には雄が 17.2 ± 2.9 g、雌が 19.4 ± 2.7 gとなった（図2）。なお、育成期間中、定期的に測定した飼育水中のDO値は8.28～10.60 mg/Lの範囲であった。

今後の問題

今回の結果から、交雑群は養殖用種苗としての有効性が高いことが示唆された。来年度以降も、選抜された耐病性種苗について、現地での養殖生産試験により有効性を確認する必要がある。

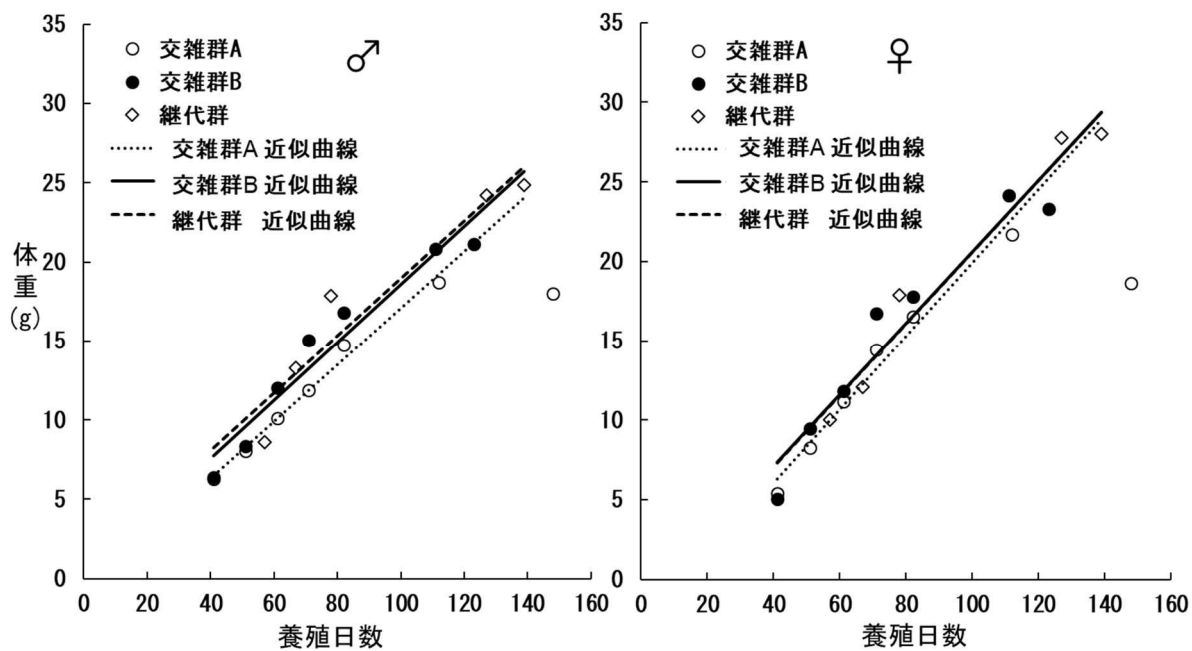


図1 養殖試験における交雑群と継代群の平均体重の推移

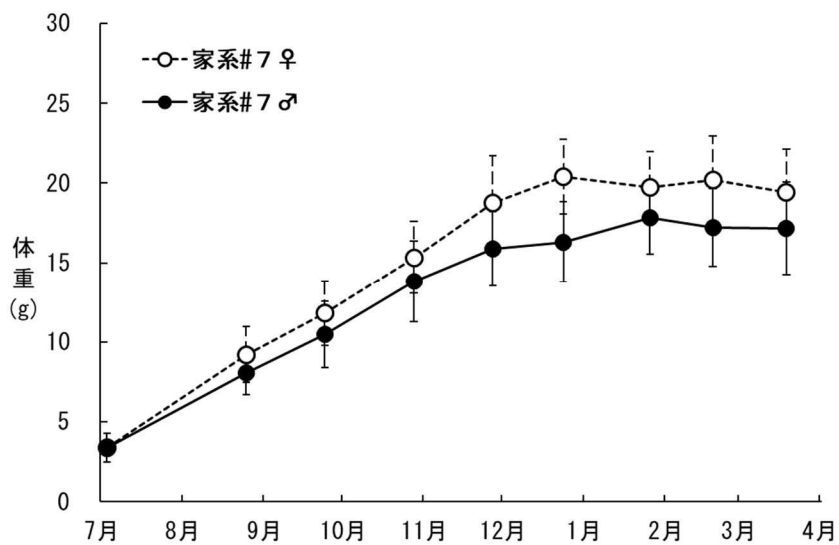


図2 親エビ育成における家系#7の平均体重の推移

n=20、エラーバーは標準偏差を表す。

育成開始時は雌雄判別が困難であったため、無作為に選別した20尾を計測した。

養殖衛生管理指導事業（北部水域）

養殖衛生管理体制の整備 （国庫交付金）

吉岡宗祐・古川あさひ・西陽平

事業の目的

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

事業の方法

農林水産省消費・安全局長及び生産局長が定めた消費・安全対策交付金のガイドラインに基づき実施した。

事業の結果

1. 総合推進対策

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

2. 養殖衛生管理指導

- 1) 医薬品の適正使用の指導 (表4)
- 2) 適正な養殖管理・ワクチン使用の指導 (該当なし)
- 3) 養殖衛生管理技術の普及・啓発
 - A. 養殖衛生管理技術対策 (該当なし)

B. 養殖衛生管理技術講習会

新型コロナウイルスのため開催を中止した。

3. 養殖場の調査・監視

- 1) 養殖資機材の使用状況調査 (該当なし)
- 2) 医薬品残留検査 (該当なし)
- 3) 薬剤耐性菌の実態調査 (表5)
- 4) 輸出錦鯉対応 (表6)

4. 養殖衛生管理機器の整備

該当なし

5. 疾病の発生予防・まん延防止

- 1) 疾病監視対策 (表7、表8)
- 2) 疾病発生対策 (表9、表10)
- 3) 特定疾病まん延防止措置
 - 1)、2)の実施によって、まん延防止を図った。

今後の問題点

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

表1 全国会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2020年12月1日	三重県	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 埼玉県、長野県、福岡県、大分県、鹿児島県	コイ放流試験技術連絡協議会 ・各県のコイ放流の現状 ・試験計画あるいは実施済み試験についての情報交換 ・再放流に向けての議論 ・その他
2020年12月1～2日	三重県	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 公益社団法人日本水産資源保護協会 都道府県養殖衛生管理担当者	魚病症例研究会 ・講演 ・症例報告、話題提供 ・総合討論

表 2 地域合同検討会議

実施時期	幹事県	構成員	内容
2020年8月28日～ 9月23日 メール会議	和歌山県	三重県、和歌山県、大阪府、兵庫県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県	令和元2度瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会 ・各府県の魚病発生状況と対策 ・症例検討、話題提供 ・その他
2021年1月13～3月4日 メール会議	福岡県	山口県、福岡県、佐賀県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県	令和2年度九州・山口ブロック内水面分科会 ・各県の生産概要、魚病発生状況等 ・研究発表、話題提供 ・共通課題討論 ・その他
2021年2月8～19日 メール会議	和歌山県	栃木県、神奈川県、山梨県、静岡県、富山県、岐阜県、滋賀県、和歌山県、高知県、福岡県、大分県	全国湖沼河川養殖研究会 アユの疾病研究部会 ・講演 ・症例報告、話題提供 ・アユの魚病診断状況、連絡試験に関する報告

表 3 県内養殖衛生対策会議

実施時期	実施場所	構成員	内容
2020年12月16日	国東市	水産研究部 北部水産グループ 公益社団法人 大分県漁業公社 アユ中間育成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
2020年4月1日～ 2021年3月31日 (随時)	豊後高田市 呉崎	北部水域魚類養殖漁家(延べ10名)	水産用抗菌剤使用指導書の発行

表 5 薬剤耐性菌の実態調査

表5 薬剤耐性菌実態調査

実施時期	実施場所	対象種	内容
2020年4月1日～ 2021年3月31日	豊後高田市 呉崎	ウナギ	細菌分離とディスク法による感受性測定 <i>Edwardsiella tarda</i> (5株)

表 6 輸出錦鯉対応

実施時期	実施場所	実施内容
2020年4月1日～ 2021年3月31日	豊後大野市	・外部検査機関送付のための臨床症状観察(3回) ・輸出錦鯉養殖施設リスト登録基準の現地確認(1回) ・輸出錦鯉衛生証明書発行のための臨床症状観察(1回)

表7 疾病監視対策（養殖漁家の巡回指導）

実施時期	実施場所	対象種	内容	実施時期	実施場所	対象種	内容
2020年				2020年			
4月3日	中津市、日田市	アユ、エノハ	養殖場の疾病調査及び魚病被害状況の把握	10月15日	日田市、竹田市	エノハ	養殖場の疾病調査及び魚病被害状況の把握
4月7日	竹田市、豊後大野市、大分市	アユ、エノハ	"	10月16日	日田市、竹田市	エノハ	"
4月8日	豊後大野市	アユ、ウナギ	"	10月20日	日田市	ホンモロコ、ウナギ	"
4月10日	中津市、日田市	エノハ、アユ	"	10月21日	日田市	エノハ	"
4月14日	日出町	マコガレイ	"	10月22日	日田市、竹田市	エノハ	"
4月27日	大分市	アユ	"	10月28日	九重町	エノハ	"
5月7日	日田市	エノハ、アユ、ホンモロコ	"	10月29日	日田市、竹田市	エノハ	"
5月11日	日田市	アユ	"	11月5日	日田市、竹田市	エノハ	"
5月18日	宇佐市、竹田市	スッポン、エノハ	"	11月6日	竹田市	エノハ	"
5月26日	日田市	アユ	"	11月8日	日田市	エノハ	"
6月2日	日田市	アユ	"	11月10日	九重町	エノハ	"
6月4日	日出町	マコガレイ	"	11月11日	宇佐市	ティラピア、ドジョウ	"
6月5日	日田市	エノハ、アユ	"	11月12日	由布市	ウナギ	"
6月19日	日田市	エノハ、アユ	"	11月18日	竹田市	エノハ	"
6月24日	竹田市、宇佐市	エノハ、スッポン	"	11月25日	日田市	エノハ	"
6月29日	日田市、中津市	アユ	"	12月3日	豊後大野市	コイ	"
6月30日	日出町	マコガレイ	"	12月8日	九重町	エノハ	"
7月1日	日田市	エノハ、アユ	"	12月15日	竹田市	エノハ	"
7月3日	日田市	コイ	"	12月23日	九重町、日田市	エノハ、ウナギ	"
7月9日	日田市	エノハ、アユ、ホンモロコ、ウナギ、コイ	"	2021年			
7月10日	玖珠町	コイ	"	1月5日	竹田市	エノハ	"
7月15日	豊後高田市	ウナギ	"	1月5日	豊後大野市	コイ	"
7月15日	姫島村	クルマエビ	"	1月6日	姫島村	クルマエビ	"
7月16日	日田市、九重町	エノハ、アユ、ホンモロコ、ウナギ、コイ	"	1月14日	由布市	ウナギ	"
7月17日	九重町、由布市	エノハ	"	1月14日	中津市、日田市	アユ、ウナギ	"
7月22日	豊後大野市、竹田市	コイ、エノハ	"	1月19日	竹田市	エノハ	"
7月30日	日田市	アユ、ホンモロコ、ウナギ、エノハ	"	1月27日	中津市	アユ	"
8月4日	竹田市	エノハ	"	1月28日	由布市	ウナギ	"
8月7日	豊後大野市	コイ	"	2月1日	姫島村	クルマエビ	"
9月1日	大分市	ドジョウ	"	2月4日	中津市、日田市	アユ	"
9月4日	大分市	アユ	"	2月16日	中津市、宇佐市	アユ、スッポン、ティラピア	"
9月9日	日田市	アユ、ホンモロコ、ウナギ、エノハ	"	2月19日	日田市	アユ	"
9月17日	由布市	エノハ	"	2月22日	中津市	アユ	"
9月24日	竹田市	エノハ	"	2月25日	由布市	ウナギ	"
9月28日	豊後大野市	アユ	"	3月1日	日田市	アユ	"
9月30日	竹田市	エノハ	"	3月4日	由布市	ウナギ	"
10月2日	日田市	ホンモロコ、ウナギ、エノハ	"	3月9日	中津市	アユ	"
10月8日	竹田市	エノハ	"	3月31日	日田市	アユ、エノハ	"

表8 疾病監視対策（輸入水産物防疫対策）

実施時期	実施場所	対象種	内容
2021年3月19日	九重町	ニジマス	着地検査

表 9 淡水魚類の疾病発生対策（疾病の検査・診断）

種名	疾病名	2020年										2021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													1
	細菌性冷水病	1													1	1	3
	環境要因	1															1
	不明	1		2	1									1	2	1	8
	冷水+E.ict検査(陰性)												1		1		2
アユ小計		3	1	2	1	0	0	0	0	0	1	1	4	2			15
アマゴ・ヤマメ																	
	IPN													2			2
	IHN	2														1	3
	混合感染症(IHN・冷水病)				1												1
	細菌性鰓病	2	1	1													4
	細菌性冷水病		1	1													2
	トリコジナ症	1															1
	不明		1												1	1	3
	IPNV+IHNV保菌検査							1									1
アマゴ・ヤマメ小計		5	3	3	0	0	1	0	0	0	0	2	1	2			17
ウナギ																	
	パラコロ病								1	1		2					4
	カラムナリス病								1	1						1	3
	ミズカビ病	1															1
	不明	1			1							1					3
ウナギ小計		2	0	0	1	0	0	2	2	1	2	0	1				11
コイ																	
	チョウ症			1													1
	不明						1										1
	KHV保菌検査				1			1									2
	外部機関検査のための現地確認				1	1					1						3
コイ小計		0	0	1	2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	7
ホンモロコ																	
	抗酸菌症		1														1
	ダクチロギルス症			1													1
ホンモロコ小計		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
キンギョ																	
	不明									1							1
ホンモロコ小計		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
合 計		10	5	7	4	2	1	3	3	3	3	5	5	5	5		53

表 10 海産魚介類の疾病発生対策（疾病の検査・診断）

種名	疾病名	2020年										2021年			計		
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
ヒラメ	健康診断			1													1
ヒラメ小計		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
マコガレイ	滑走細菌症			2													2
	イクチオボド症									1							1
	不明			2													2
マコガレイ小計		0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
キジハタ	白点病						1										1
	不明				2	1						1					4
	健康診断		2	2					1								5
キジハタ小計		0	2	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	10
クルマエビ	不明											1					1
	健康診断		1		5												6
クルマエビ小計		0	1	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7
合計		0	3	7	7	2	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	23

資源造成型栽培漁業推進事業

放流用クルマエビ種苗の検査

吉岡宗祐・古川あさひ

事業の目的

本県では水産資源の回復、増加を目的に種苗放流が実施されている。しかしながら、病原体を保菌した種苗が放流された場合、資源量やその他生物への影響等が懸念される。したがって、種苗放流の際には事前に検査を行い、健全な種苗だけを放流する必要がある。

本事業では、放流前のクルマエビ種苗について検査を行った。

事業の方法

公益社団法人大分県漁業公社国東事業所が生産したクルマエビ種苗をホワイトスポット病の検査に供した。検査は1ロットにつき60個体とし、原因ウイルス(WSSV)についてリアルタイムPCR法による検出を実施した。なお、5個体をプールし1検体とした。プライマー及びプローブはOIEマニュアルに記載されている配列、反応条件は米加田の方法(OIEマニュアルの条件を改変、未報告)に従った¹⁾。

事業の結果

検査を実施した2ロット24検体(120個体)については、全てWSSVの遺伝子は検出されなかった(表1)。

今後の問題点

原因ウイルスの天然資源への拡散防止のために、今後も継続して検査を実施する必要がある。

文献

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

表1 放流種苗のWSSV検査結果

ロットNo.	検体採取日	検体数	平均体重(mg)	検査部位	検査日	陽性数
1	2020/5/18	12	9.2	全身	2020/5/20	0
2	2020/7/16	12	5.2	全身	2020/7/20	0

漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査－1

大分川・大野川における遡上アユの産卵時期

西 陽平

事業の目的

大分川および大野川には自然産卵を助長させるため、産卵場が集まるアユを保護する区域と禁止期間が設定されている。

そこで、2020年春に遡上したアユの産卵時期を推定し、禁止期間の妥当性を検証した。

事業の方法

遡上アユは、2020年2月20日～5月17日にかけて、網目が26節および30節の投網を用いて採捕した。採捕場所は、大分川では、図1に示す府内大橋から下流200mにある古国府取水堤の下流で、大野川では、図2に示す舟本大橋から上流500mにある取水堰の下流で採捕した。

遡上盛期に採捕したアユ（大分川：4/16、大野川：4/16）30尾から耳石を摘出し、Tsukamoto and Kajihara¹⁾に準じて、耳石に形成された日周輪を顕微鏡で計数、その数を日齢とし、採捕日から逆算して各個体のふ化日を推定した。さらに、ふ化日からふ化日数を逆算して各個体の産卵日を推定した。なお、ふ化日数は、積算水温との関係式（ふ化日数＝102.8623/水温1.4068）²⁾を用いて推定した。水温は、調査場所付近に設置した水温データロガー（onset社製 TidviTv2）から得た。

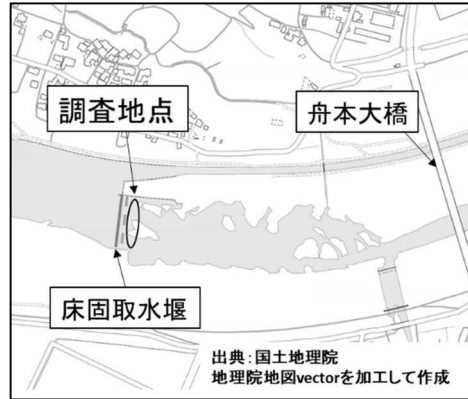


図2 大野川における遡上アユの採捕場所

事業の結果

2020年遡上アユの採捕結果を表1に示した。調査した2河川で合計389尾を採捕した。

表1 2020年遡上アユの採捕結果

河川名	採捕月日	調査時刻 (開始時)	水温 (°C)	投網の 投数	採捕尾数
大分川	2月20日	14:26	10.9	3	0
	2月27日	10:40	11.5	3	0
	3月3日	10:25	10.9	3	0
	3月16日	11:35	11	3	1
	3月25日	14:37	18.3	4	11
	4月6日	10:21	13	1	28
	◆4月16日	10:04	14.5	3	◆91
	4月22日	10:20	13.6	3	31
	5月8日	13:58	19.3	3	3
	5月19日	15:21	20.2	2	6
5月28日	10:25	21.1	5	3	
合計					174
大野川	2月20日	10:38	9.1	6	0
	2月27日	11:29	12.3	4	8
	3月3日	10:25	10.9	2	10
	3月16日	11:35	13.6	12	3
	3月25日	10:39	17.8	10	34
	4月6日	12:43	15.7	7	45
	◆4月16日	10:56	15.9	4	◆51
	4月22日	13:01	16.6	7	42
	5月8日	10:49	20.8	8	19
	5月19日	12:57	19.4	6	3
5月28日	11:54	22.1	6	0	
合計					215

◆: 遡上盛期を表す



図1 大分川における遡上アユの採捕場所

1. 大分川

大分川における遡上盛期アユ(4月16日)のふ化時期の分布を図3に示した。大分川のふ化時期は9月下旬~11月下旬、ふ化盛期は11月中旬であった。

2019年9~12月の大分川における旬別平均水温を図4に示した。大分川の旬平均水温は22.9~11.1°Cで推移し、期間の平均水温は17.1°Cであった。

大分川に遡上したアユ(4月16日)の推定産卵時期の分布を図5に示した。産卵時期は9月中旬~11月上旬、産卵盛期は10月下旬であった。つまり、遡上盛期のアユの30尾中29尾が禁止期間内(9月20日~11月20日)に産卵されたものと推定された。

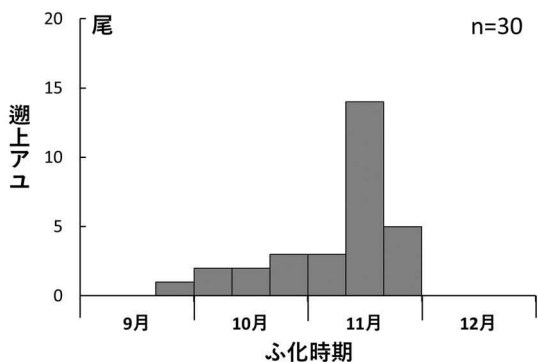


図3 大分川に遡上したアユの推定ふ化時期

2. 大野川

大野川における遡上盛期アユ(4月16日)のふ化時期の分布を図6に示した。大野川のふ化時期は11月上旬~11月下旬、ふ化盛期は11月下旬であった。

2019年9~12月の大野川における旬別平均水温を図7に示した。大野川の旬平均水温は23.2~10.2°Cで推移し、期間の平均水温は16.5°Cであった。

大野川に遡上したアユ(4月16日)の推定産卵時期の分布を図8に示した。産卵時期は10月中旬~11月上旬、産卵盛期は10月下旬であった。つまり、遡上盛期のアユの29尾中17尾が禁止期間内(9月1日~10月31日)に産卵されたものと推定された。

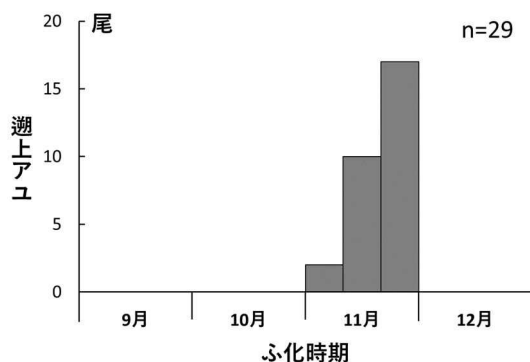


図6 大野川に遡上したアユの推定ふ化時期

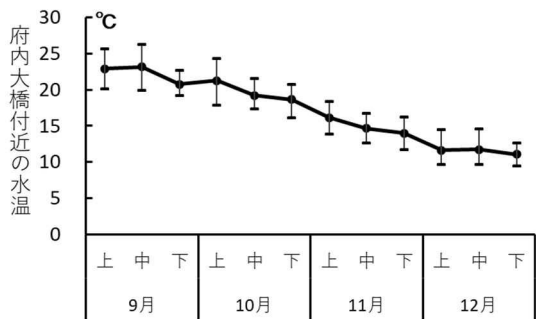


図4 大分川の府内大橋付近における2019年9~12月の旬平均水温

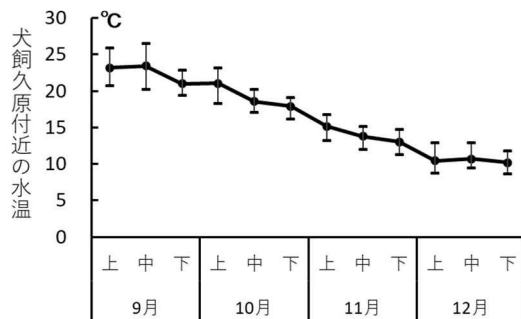


図7 大野川の犬飼久原付近における2019年9~12月の旬平均水温

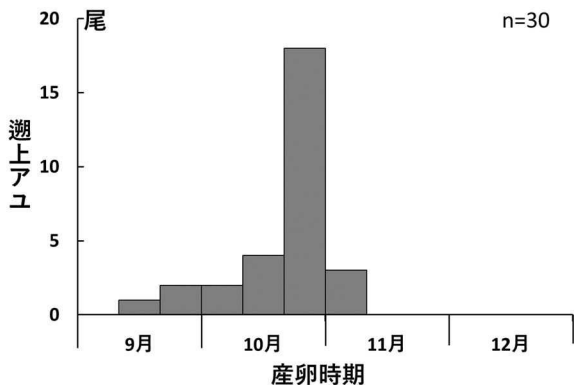


図5 大分川に遡上したアユの推定産卵時期

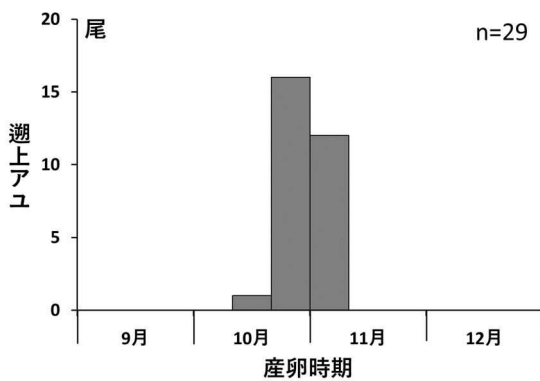


図8 大野川に遡上したアユの推定産卵時期

今後の問題点

1999年以降、大分川と大野川における遡上アユのふ化盛期は、10月から11月へと遅れる傾向が確認されている。³⁾

2019年の調査結果では、大分川で採集した遡上アユのふ化時期は12月上旬～12月下旬、ふ化盛期は12月中旬であった。また、産卵時期は11月中旬～12月上旬、産卵盛期は11月中旬であった⁴⁾。2019年の結果と比較すると、2020年の遡上アユのふ化時期、ふ化盛期はともに早まった。また、産卵時期、産卵盛期も早まった。

2019年の大野川で採集した遡上アユのふ化時期は10月中旬～12月中旬、ふ化盛期は11月中旬であった。また、産卵時期は10月上旬～11月中旬、産卵盛期は10月下旬であった⁴⁾。2019年の結果と比較すると、2020年の遡上アユのふ化時期は遅れ、ふ化盛期もやや遅れていた。また、産卵時期はやや遅れ、産卵盛期は変わらなかった。

今後も本調査を継続し、データを蓄積すると共に、産卵時期と禁止期間にずれがないか注視する必要がある。

文献

- 1) Tsukamoto K, Kajihara T. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi 1987 ; 53: 1985-1997.
- 2) 伊藤隆, 岩井寿夫, 古市達也, 堀木信男. アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXI アユの人工精卵のふ化に対する水温の影響. アユの人工養殖研究1 1971 ; 57-98.
- 3) 朝井隆元. 大分県内のアユの遡上動向とふ化時期. アクアニュース 40. 大分県農林水産研究指導センター水産研究部 2015 ; 8-9.
- 4) 西陽平. 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-1. 平成31(令和元)年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告 2020 ; 232-235.

漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査－２

主要河川の水温モニタリング調査

(漁場環境保全推進事業)

西 陽平

事業の目的

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

事業の方法

主要河川の水温変化を把握するために、調査定点にデータロガー（onset 社製 TidbiTv2）を設置し、2020年4月1日～2021年3月31日までの毎時記録した水温データを収集した。データロガーは、大分川は図1に示す府内大橋下流端から下流200mにある古国府取水堰に、大野川は図2に示す犬飼大橋上流端から上流500mにある大野川漁協事務所直下の舟着場に設置した。

取得したデータから、大分川と大野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2019年の調査結果¹⁾と比較した。



図2 大野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3、4に示した。なお、2020年10月1日8時～2021年3月31日23時までの大野川の水温は、河川増水によりデータロガーが流失したため、データを取得できなかった。したがって、データを取得できた4月1日～10月1日7時までの水温について述べる。

大分川の最高水温は2020年8月17日17時の30.5℃、最低水温は2021年1月7日23時の5.5℃であった。また、大野川の最高水温は2020年8月17日20時の29.1℃、最低水温は2020年4月14日8時の12.1℃であった。

2019年の大分川の最高水温は28.3℃、最低水温は8.0℃であった¹⁾。2020年と比較して、最高水温は+2.2℃、最低水温は-2.5℃であった。

2019年の大野川の最高水温は29.6℃、最低水温は7.9℃であった¹⁾。2020年と比較して、最高水温は-0.5℃、最低水温は+4.2℃であった。



図1 大分川のデータロガー設置場所

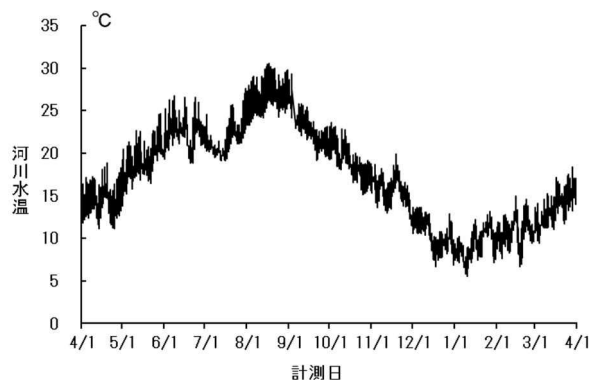


図3 大分川における2020年4月1日～
2021年3月31日の水温変化

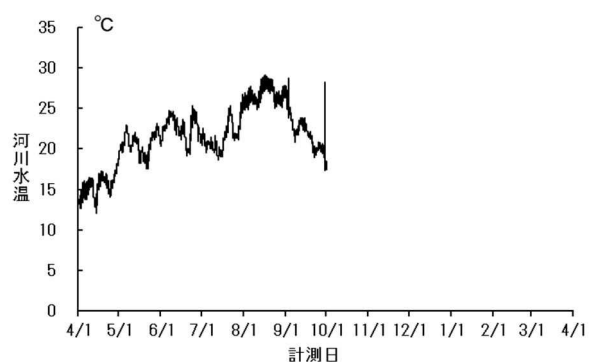


図4 大野川における2020年4月1日～
2021年9月30日の水温変化

今後の問題点

河川の水温データは、河川状況を把握するだけでなく、アユ漁の禁止期間の妥当性を検証するために必要な、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、現状では全ての河川の水温データを把握できていない。今後は、管内主要河川で未計測の山国川と三隈川でも観測を行い、河川水温の継続把握に努めたい。

文献

- 1) 西陽平. 漁場環境・水生生物に関するモニタリング調査-2. 平成31(令和元)年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告 2020 ; 236.

放流魚等食害対策事業－ 1

遮光カゴ網を用いた外来魚駆除方法の検討

西 陽平

事業の目的

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

ドーム型のカゴ網（商品名：アイカゴ）を改良して、上部を遮光シートで覆った遮光カゴ網は餌を入れなくてもブルーギル等の外来魚を効率的に捕獲できることが知られている。そこで、遮光カゴ網を用いて、外来魚の駆除効果を調査した。

事業の方法

2020年9月15～18日に駅館川漁協が駅館川水系の香下ダム湖（図1）で遮光カゴ網を使用した外来魚駆除を実施した。

駆除試験に用いた遮光カゴ網の概要を図2に示した。遮光カゴ網は、午前中に設置し、24時間後にカゴ網を取り上げた。カゴ網を設置した4地点の水深は70～100cmであった。捕獲した全ての外来魚は、氷蔵にて北部水産グループに持ち帰り、全長、体長および体重を測定した。

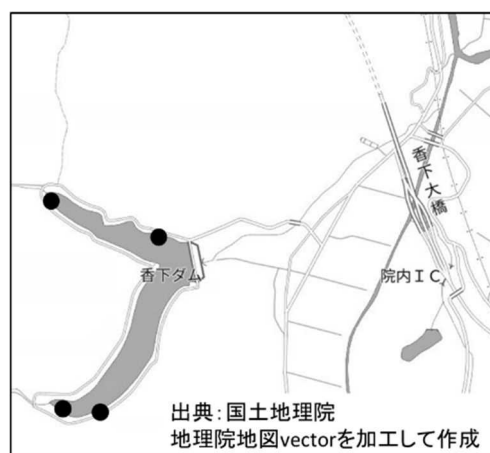


図1 香下ダム湖の遮光カゴ網調査場所

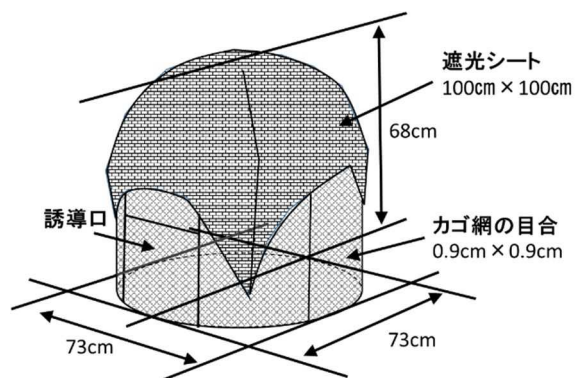


図2 遮光カゴ網の概要

事業の結果

香下ダム湖で捕獲した外来魚の個体数、合計重量を表1に示した。捕獲した外来魚は、ブルーギルが多く、平均55尾/日を捕獲した。また、オオクチバスは9月18日に1尾を捕獲した。

香下ダム湖で捕獲した外来魚の体長組成を図3に示した。香下ダム湖では遮光カゴ網を用いて、46～110mmの外来魚が捕獲された。これらのことから、遮光カゴ網は体長10cm程度の比較的小型の外来魚を捕獲するには適していると考えられた。

表1 香下ダム湖で捕獲した外来魚の
個体数、合計重量

調査日	捕獲尾数		合計重量 (g)
	ブルーギル	オオクチバス	
9月15日	71	0	585
9月16日	59	0	560
9月17日	51	0	593
9月18日	37	1	435
計	218	1	2,173

今後の問題点

今回の遮光カゴ網では、少ない労力で外来魚を捕獲することができたが、体長4 cm以下と11 cm以上の個体は捕獲できなかった。より効果的な外来魚駆除を行うためには、稚魚や産卵前の親魚を捕獲する必要がある。今後は、稚魚や親魚を簡易かつ安価で捕獲できる方法を模索する必要がある。

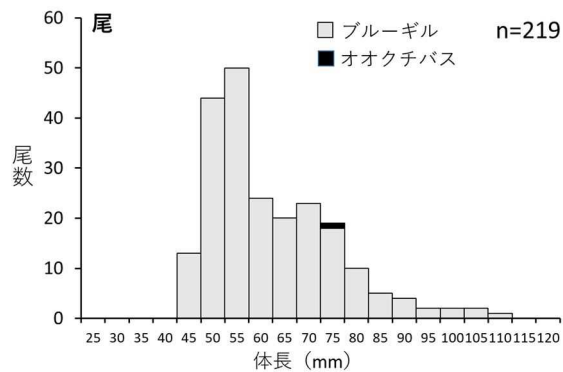


図3 香下ダム湖で捕獲した外来魚の体長組成

文献

- 1) 井出允彦, 大山明彦. 改良カゴ網によるブルーギルの捕獲効率の比較. 滋賀県水産試験場研究報告 2010 ; 53 : 1-9.

放流魚等食害対策事業－ 2

カワウの生息状況の把握

西 陽平

事業の目的

カワウは、かつて全国の内湾や河川などに生息していたが、河川改修や干潟・浅海域の埋め立て、水質汚染などによって、各地のコロニー・ねぐらが消失し、生息域が分断化した。その結果、1971年には全国で総数が3,000羽以下に減少したと考えられている¹⁾。その後、禁猟制限による保護や水質改善などにより、1980年代以降急速にカワウの生息域が拡大し、個体数が急増した。それに伴い、漁業被害や樹木枯死被害、悪臭などの生活被害が全国的に問題になっている²⁾。本県でもカワウによる深刻な被害が問題になっており、被害軽減のための効果的な対策が求められている。

そこで、今年度はカワウの生息状況を把握した。

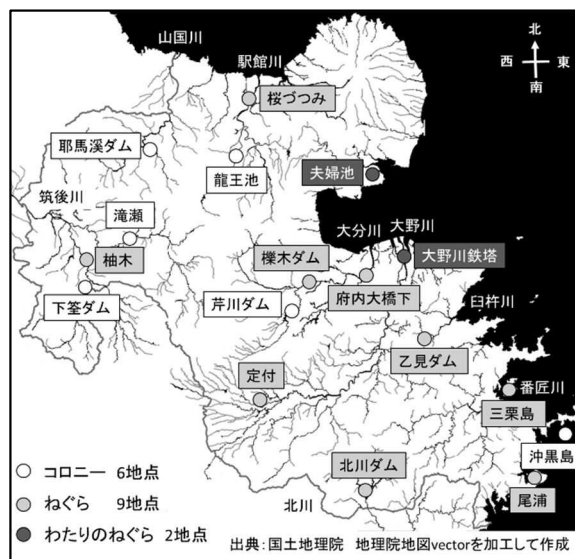


図1 大分県内で確認されたカワウの
ねぐら・コロニーの位置

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。

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

なお、2011～2020年の調査期間での最大値から0を3分割し、各年度の最大生息個体数を「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

2011～2020年における第1四半期（4～6月）のカワウの最大生息個体数の経年変化を図2に示した。最大生息個体数は2019年の278羽～2012年の1,085羽の範囲にあり、2020年は576羽、評価水準は中位であった。また、個体数の動向は2015～2019年度まで減少傾向であったが、2020年は増加した。

第2四半期（7～9月）におけるカワウの最大生息個体数の経年変化を図3に示した。最大生息個体数は2017年の180羽～2013年の800羽の範囲にあり、2020年は207羽、評価水準は低位であった。また、個体数の動向は2016年以降減少傾向であった。

第3四半期（10～12月）におけるカワウの最大生息個体数の経年変化を図4に示した。最大生息個体数は2011年の319羽～2013年の2,379羽の範囲にあり、2020年は334羽、評価水準は低位であった。また、個体数の動向は2013年以降減少傾向であった。

第4四半期（1～3月）におけるカワウの最大生息個体数の経年変化を図5に示した。最大生息個体数は2020年の298羽～2012年の2,940羽の範囲にあり、2020年は298羽、評価水準は低位であった。また、個体数の動向は2015年以降横ばいであったが、2020年は大きく減少した。

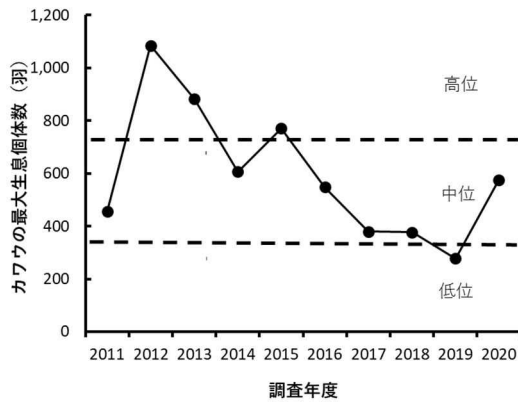


図2 第1四半期（4～6月）におけるカワウの最大生息個体数（羽）の経年変化

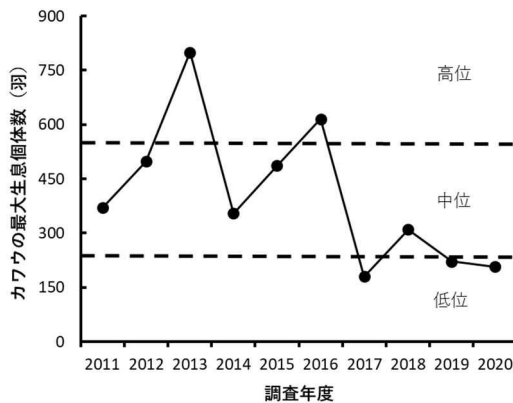


図3 第2四半期（7～9月）におけるカワウの最大生息個体数（羽）の経年変化

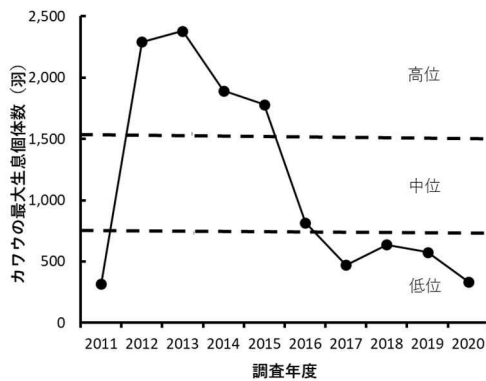


図4 第3四半期（10～12月）におけるカワウの最大生息個体数（羽）の経年変化

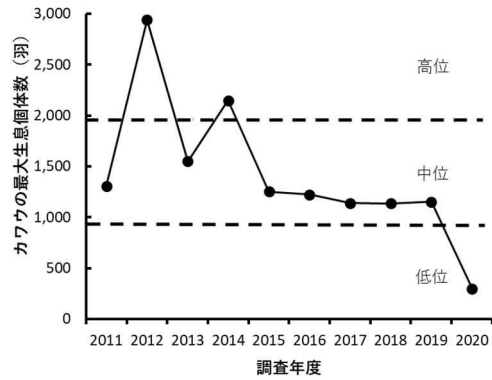


図5 第4四半期（1～3月）におけるカワウの最大生息個体数（羽）の経年変化

今後の問題点

2020年調査では第2（7～9月）、第3（10～12月）、第4（1～3月）四半期におけるカワウ最大生息個体数は減少傾向であった。特に第4四半期（1～3月）におけるカワウの最大生息個体数は大幅に減少した。しかし、本県の内水面漁協からは、今なおカワウ被害の報告がある。漁協等が行う駆除によりコロニー・ねぐらから追い払われたカワウが、新たなコロニー・ねぐらを作り生息域を拡大し¹⁾、生息数の減少につながっていない。2020年調査においては、新しいコロニー・ねぐらが確認されているほか、場所の特定ができていない「ねぐら」があるとの報告もある。今後もより正確な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) 環境省. 歴史的経緯. 特定鳥獣保護管理計画作成のためのガイドライン及び保護管理の手引き (カワウ編). 2013; 3. 141-151.

主要河川におけるアユ資源の有効利用手法の開発

大野川におけるアユ資源維持増大策の検討

西 陽平

事業の目的

アユは本県内水面漁獲量の 3 分の 1 以上を占める最も重要な魚種であるが、2012 年 7 月の九州北部豪雨後、漁獲量が減少し、内水面漁協は厳しい経営状況が続いている。さらに、アユ漁獲量の減少に伴い遊漁者が減少し、地域経済にも悪影響を及ぼしている。これらのことから、アユの生息環境の把握や効果的な増殖手法を検討し、アユ資源の有効利用手法を開発することが強く求められている。

そこで、アユ漁獲量を増大させるために、主要河川におけるアユ資源の効果的な利用・増殖手法を検討し、内水面漁協に資源の有効利用手法を提言する。

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

事業の方法

1. 産卵親魚の保護期間および産卵場造成適期の検討

産卵親魚の保護期間および産卵場造成時期を検討するために、漁獲アユのふ化時期や産卵時期を推定した。

2020 年 6～10 月にかけて、大野川本流で釣りによって漁獲されたアユ 167 尾を標本に用いた。

標本から耳石を摘出し、Tsukamoto and Kajihara¹⁾に準じて、耳石に形成された日周輪を顕微鏡で計数、その数を日齢とし、漁獲日から逆算して各個体のふ化日を推定した。さらに、ふ化日からふ化日数を逆算して各個体の産卵日を推定した。なお、ふ化日数は積算水温との関係式（ふ化日数＝ $10^{2.8623}$ /水温^{1.4068}）²⁾を用いて推定した。水温は大野川久原（大野川漁協事務所直下の舟着場）に水温データロガー（onset 社製 TidviTv2）を設置し、データを得た。

2. 産卵親魚の保護区域の検討

産卵親魚の保護区域を検討するために、大野川水系の主な産卵場の位置および推定産着卵数を調べた。

調査は 2020 年 10 月 27 日～11 月 25 日の期間に 5 日間実施した。産卵場の探索場所は白滝橋上流端から舟本大橋上流端までの範囲 2.7km で行い、河床の砂礫や石を持ち上げて産着卵の有無を目視で確認した。

産卵場の面積は、産着卵を確認した地点に目印を付けて確認範囲を決定し、ハンディーGPS を用いて計算した。

産卵場の推定産着卵数は、確認範囲からサンプリングを行い、1m²あたりの平均産着卵数を算出後、産卵場の面積を乗じて求めた。

3. 漁獲アユの由来判別

漁獲されたアユにおける放流アユの割合を把握するため、2020 年 6～10 月にかけて大野川本流で釣りによって漁獲されたアユ 167 尾を用いて由来判別を行った。

漁獲アユが天然魚か放流魚かを判別する方法は、岐阜県河川研究所の「アユの側線上方横列鱗数の計数マニュアル Ver1」³⁾ に準じて行った。

4. アユ流下仔魚の出現状況

アユ流下仔魚の出現状況を把握するために、採集時間帯ごとの仔魚数を調べた。

アユ流下仔魚の調査場所は舟本大橋上流端から上流 500m にある取水堰右岸側とした（図 1）。調査は 2020 年 10 月 27 日～12 月 21 日の間で、約 10 日間隔で 7 回実施した。流下仔魚は、17～23 時の間毎時 5 分間、取水堰直下に仔魚ネット（口径 45cm）を設置して採集した。採集仔魚数、ろ水量、河川流量を用いて、1 時間あたりの流下仔魚量を推定した。河川流量は国土交通省水文水質データベースの白滝橋観測所のデータを用いた。

また、採集した流下仔魚の卵黄状態を顕微鏡観察し、ふ化後の経過日数を推定した。そして、ふ化後

の経過日数から逆算して各個体のふ化日を推定した。さらに、ふ化日からふ化日数を逆算して各個体の産卵日を推定した。なお、卵黄の状態を示す卵黄指数は塚本らに準じた⁴⁾。ふ化日数は積算水温との関係式(ふ化日数=10^{2.8623}/水温^{1.4068})²⁾を用いて推定した。水温は、調査地点の水温をデジタル水温計で計測し、データを得た。

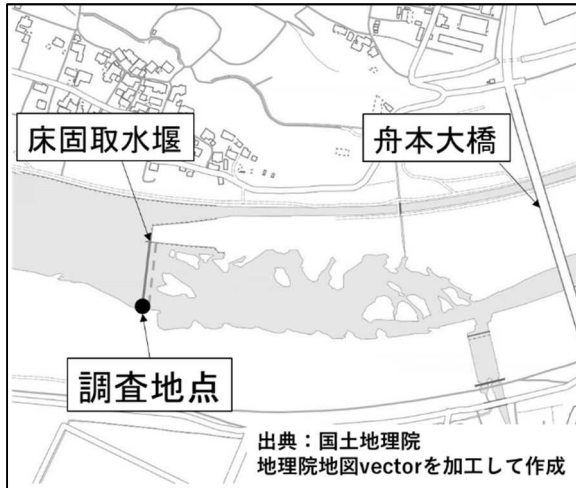


図1 アユ流下仔魚の調査場所 (●)

5. アユ漁場の環境把握

大野川におけるアユ漁場の環境状況を把握するため、漁場環境調査を2020年8月4日～9月15日にかけて、9漁場で行った。

調査を行った9漁場の位置を図2に示した。

調査項目は川幅、流速、水深、巨石率、浮き石率、ハミアト率とした。川幅(m)は連続する淵と瀬を調査区とし、縦断方向に4分割した3点(上流、中流、下流)で測定し、その平均値を調査漁場の代表値とした。流速(cm/s)及び水深(cm)は調査区を縦横に4分割してできた9つの交点で測定し、その平均値を調査漁場の代表値とした。巨石率(長径25cm以上の石)及び浮き石率(他の石に載って動かせる石)は上流、中流、下流の流芯(河川の横断方向に15cm間隔で25点、計75点)で目視により調査し、各地点における巨石および浮き石の占める比率を調べた。ハミアト率(アユがコケを食べた跡)も巨石率と同様に、上流、中流、下流の流芯で目視により調査し、90cm×90cmの枠内にハミアトが占める面積の割合を調べた。

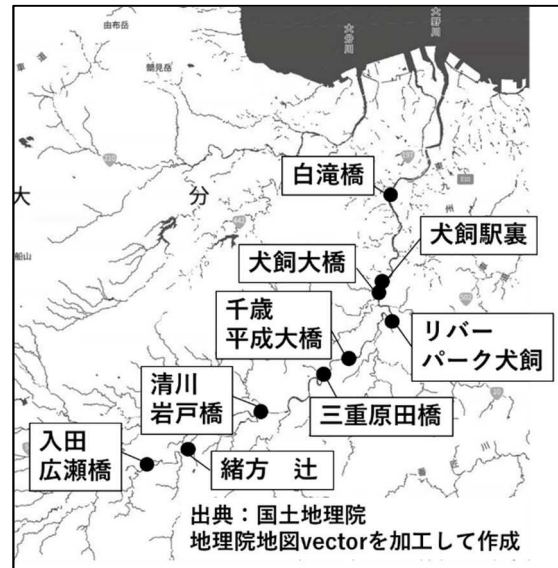


図2 アユ漁場の環境調査場所 (●)

事業の結果

1. 産卵親魚の保護期間および産卵場造成適期の検討

漁獲アユの耳石に形成された日周輪から推定したふ化時期を図3に示した。なお、標本数167尾のうち、耳石が破損・紛失した13尾は除いた。ふ化時期は10月中旬～1月中旬、ふ化盛期は11月下旬～12月上旬であった。

漁獲アユのふ化時期から推定した産卵時期を図4に示した。産卵時期は10月上旬～12月中旬、産卵盛期は10月下旬～11月下旬であった。

以上の結果から、産卵親魚の保護期間は10月上旬～12月中旬が望ましいと考えられた。

また、アユ産卵場の造成効果は1週間～2か月程度で消失するため⁹⁾、産卵場造成適期は産卵盛期直前の10月中旬が望ましいと考えられた。

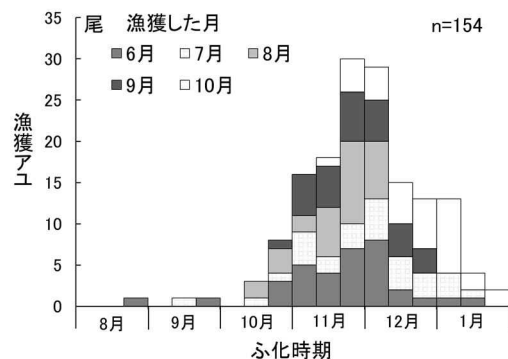


図3 漁獲アユの耳石に形成された日周輪から推定したふ化時期

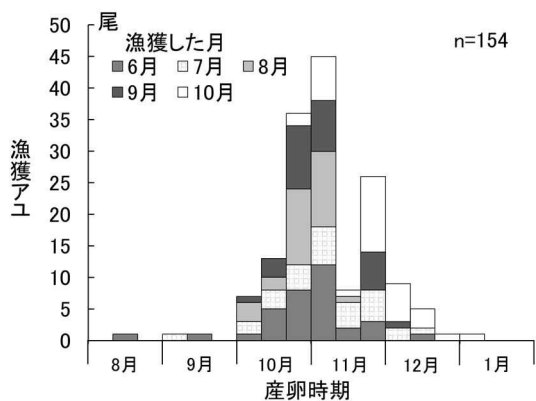


図4 漁獲アユのふ化時期から推定した産卵時期

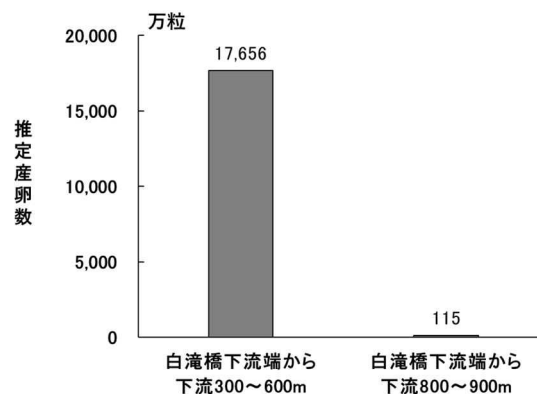


図6 各産卵場での推定産着卵数

2. 産卵親魚の保護区域の検討

産着卵が確認できた位置を図5に示した。白滝橋下流端から下流300~650mの間(1249m²)と、大野川漁協が10月15日に産卵場の造成を行った白滝橋下流端から下流800~900mの間(135m²)で産着卵が確認できた。

確認できた産卵場での推定産着卵数を図6に示した。推定産着卵数は白滝橋下流端から下流300~650mの間(1249m²)で17,656万粒、白滝橋下流端から下流800~900mの間(135m²)で115万粒であった。

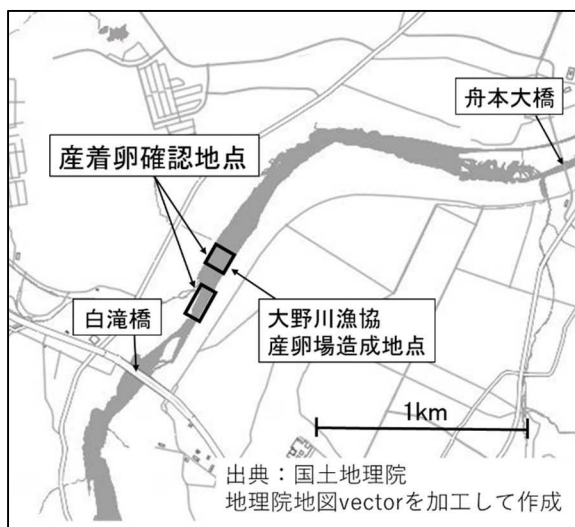


図5 確認できたアユの産卵場

3. 漁獲アユの由来判別

大野川漁協が3月25日と4月7日に放流した人工種苗の側線上方横列鱗数を図7に示した。放流されたアユの側線上方横列鱗数は10~16枚であったので、16枚以下を放流魚、17枚以上を天然魚とした。

標本購入したアユの漁獲地点を図8に示した。また、計測したアユの側線上方横列鱗数を図9に示した。漁獲アユの鱗数の範囲は13~22枚で、16枚以下の放流アユは64尾、17枚以上の天然アユは103尾であった。

漁獲地点毎の放流アユの採捕割合を図10に示した。漁獲アユに占める放流アユの割合は、清川地区、犬飼地区、千歳地区の順に高かった。

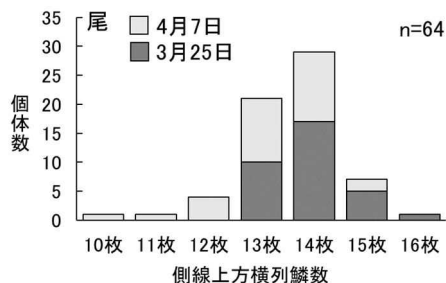


図7 大野川で放流されたアユの側線上方横列鱗数

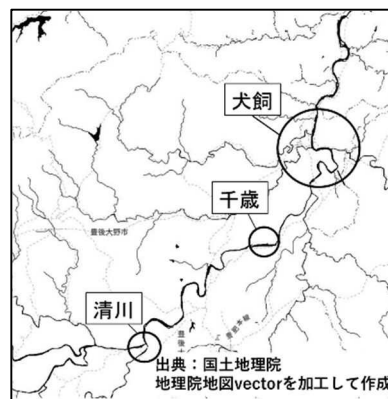


図8 標本購入したアユの漁獲地点

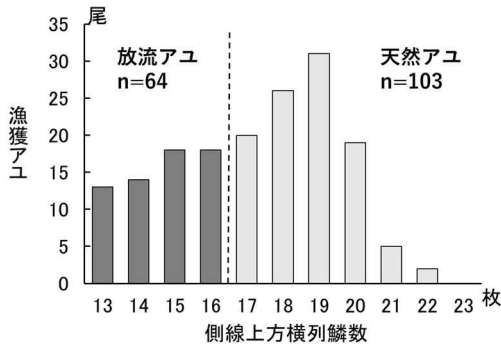


図9 大野川で漁獲されたアユの側線上方横列鱗数

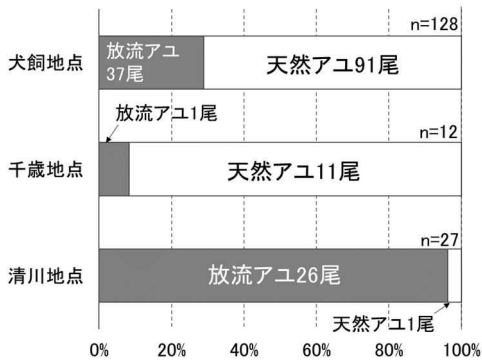


図10 大野川における地区別放流アユの割合

4. アユ流下仔魚の出現状況

各採取日における推定流下仔魚量を図11に示した。推定流下仔魚量は11月6日が最も多く、12月4日以降は少なかった。よって、流下盛期は11月上旬と推定された。

流下仔アユのふ化後経過日数を表1に示した。ふ化後0~3日がほとんどを占めた。流下盛期の11月6日は、ふ化後2日以内の割合が84%であった。

採取できた97尾の仔アユの推定産卵時期を図12に示した。推定産卵時期は10月中旬~11月中旬であった。

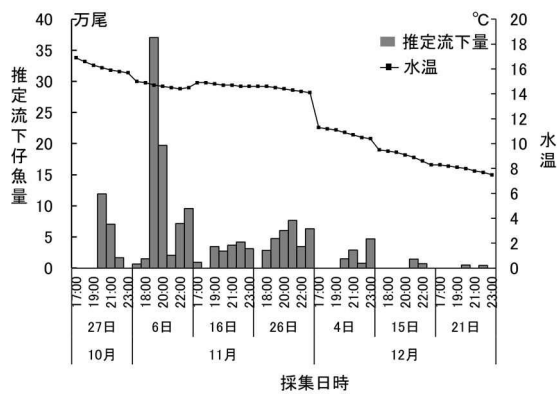


図11 各採取日におけるアユ仔魚の推定流下量の推移

表1 流下仔アユのふ化後経過日数

	ふ化0日	ふ化1日	ふ化2日	ふ化3日	ふ化4日	計
10月27日	0	1	0	0	0	1
11月6日	11	11	9	3	3	37
11月16日	0	1	1	8	0	10
11月26日	9	8	9	6	0	32
12月4日	3	4	4	1	0	12
12月15日	1	0	0	1	1	3
12月21日	0	1	0	1	0	2
計	24	26	23	20	4	97

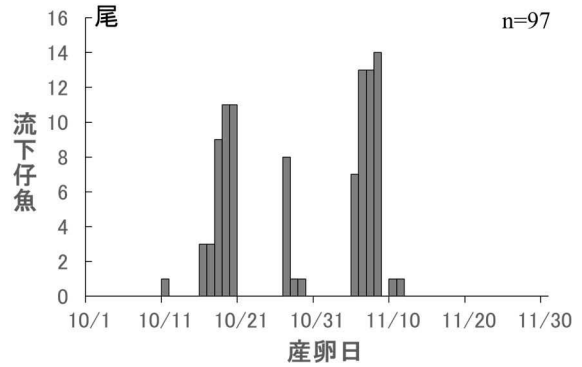


図12 流下仔アユの推定産卵時期

5. アユ漁場の環境把握

調査を行った9漁場の水温、透明度を表2に、大野川水系におけるアユ漁場別の川幅、流速、水深、巨石率、浮き石率、ハミアト率を表3に示した。川幅は範囲が22.6~78.3m、流速は範囲が18.7~82.6cm/s、水深は範囲が53.0~107.8cm、巨石率は範囲が1.3~50.7%、浮き石率は範囲が28.0~70.2%、ハミアトは範囲が1.9~19.4%であった。

表2 アユ漁場環境調査日における漁場別水温・透明度

調査日	調査漁場	時間	水温(°C)	透明度(cm)
8月4日	白滝橋	13:00	27.7	1.86
8月11日	清川岩戸橋	12:00	25.9	4.73
8月18日	緒方 辻	10:00	24.3	2.57
8月18日	入田 広瀬橋	14:00	23.2	1.85
8月19日	三重町 原田橋	10:00	27.2	18.0
9月1日	犬飼町 犬飼大橋	11:30	26.7	1.43
9月10日	犬飼駅裏	10:30	23.0	1.51
9月15日	リバーパーク犬飼	10:30	23.9	1.37
9月15日	千歳 平成大橋	13:00	23.4	1.20

今後の課題

大分川⁶⁾と大野川での調査で得られたアユ資源の有効利用手法については、それぞれの漁協に提言した。各漁協は提言を参考に漁場管理、生息環境の改善、稚魚の放流や移植を組み合わせアユ資源の増殖を図っている。

今後も他の主要河川において同様の調査を実施し、アユ資源の維持増大の一助となる提案を行っていききたい。

文献

- 1) Tsukamoto K, Kajihara T. Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi 1987 ; 53: 1985-1997.
- 2) 伊藤隆, 岩井寿夫, 古市達也, 堀木信男. アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXI アユの人工精卵のふ化に対する水温の影響. アユの人工養殖研究 1971 ; 57-98.
- 3) 岐阜県河川環境研究所. アユの側線上方横列鱗数の計数マニュアル. 2011.
- 4) 塚本勝巳. 長良川・木曾川・利根川を流下する仔アユの日齢. 日本水産学会誌 1991 ; 57 (11) : 2013-2022.
- 5) 中西一. 河川における産卵場造成事例. アユの産卵場づくりの手引. 全国内水面漁業協同組合連合会 1993 ; 2 : 67-76.
- 6) 西陽平. 主要河川におけるアユ資源の有効利用手法の開発. 平成 31 (令和元) 年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告 2020 ; 243-246.

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

調査漁場	川幅(m)	流速(cm/s)	水深(cm)	巨石率(%)	浮き石率(%)	ハミアト率(%)
白滝橋	72.3	63.3	70.3	1.3	70.2	11.5
清川岩戸橋	29.7	50.9	53.0	21.3	68.0	3.2
緒方 辻	23.1	36.0	53.2	26.7	42.7	1.9
入田 広瀬橋	22.6	18.7	54.9	16.0	50.0	2.5
三重町 原田橋	78.3	38.6	79.6	42.7	38.7	8.2
犬飼町 犬飼大橋	51.3	40.3	107.8	50.7	33.3	19.4
犬飼駅裏	68.3	55.3	46.8	33.3	61.3	-
リバーパーク犬飼	-	34.4	67.3	33.3	53.3	8.6
千歳 平成大橋	61.3	82.6	56.8	52.0	28.0	7.5
平均	49.4	46.7	68.8	30.8	49.5	7.9