

令和4年度

事業報告書

第33巻

令和6年3月

高知県内水面漁業センター

目 次

1	内水面漁業センターの概要	1
2	活動実績	3
3	事業報告	
	(1) 養殖衛生管理体制整備事業	5
	(2) ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析 (環境収容力推定手法開発事業)	9
	(3) アユの資源増殖に効果的な放流及び資源保護手法の開発 (環境収容力推定手法開発事業)	14
	(4) 高知県のアユ資源量の維持・増大に向けた取組支援事業	26
	(5) 人工種苗「土佐のあゆ」の種苗性評価事業	39
	(6) 養鰻における疾病の早期検知技術の開発	52
	(7) シラスウナギすくい網へのアユ仔稚魚混入状況調査	62
	(8) モクズガニ種苗生産技術の再構築	65
4	参考資料	
	高知県河川漁業生産量の推移	78
	アユの市場別取扱量の推移	79

1 内水面漁業センターの概要

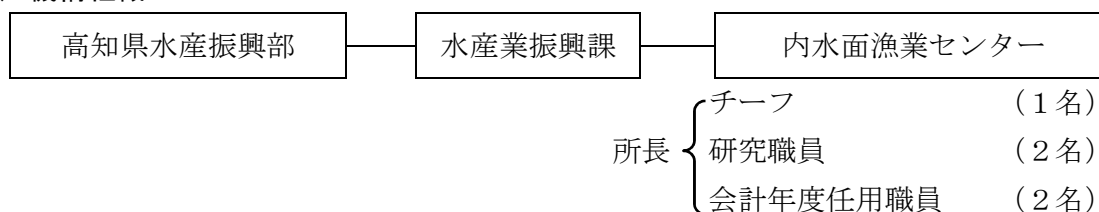
(1) 所在地

住 所 : 〒782-0016
 高知県香美市土佐山田町山田 687-4
 電話番号 : 0887-52-4231
 FAX 番号 : 0887-52-4224
 ホームページアドレス : <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/040408/>

(2) 沿革

昭和 19 年 高知県山田養鯉場を設置 (土佐山田町八王子)
 昭和 42 年 高知県内水面漁業指導所を設置 (土佐山田町八王子)
 (高知県山田養鯉場を廃止)
 昭和 55 年 高知県内水面漁業センターに改組、移転 (現所在地)
 (高知県内水面魚病指導総合センターを併設)
 平成 10 年 商工労働部産業技術委員会事務局へ移管
 平成 19 年 機構改革により、産業技術部へ移管
 平成 21 年 機構改革により、水産振興部へ移管

(3) 機構組織



(4) 職員名簿

職 名	氏 名	担 当 業 務
所 長	池 卓也	統 括
チーフ	石川 徹	研究業務総括、内水面養殖指導、魚病診断
主任研究員	稲葉 太郎	魚類資源、増殖技術、環境調査等全般
研究員	中城 岳	魚類資源、増殖技術、環境調査等全般
会計年度任用職員	隅川 和	試験研究補助
会計年度任用職員	高月 明	試験研究補助

(5) 予算 (当初)

(単位：千円)

事業名	予算額	財源内訳		
		(一)	(国)	(諸・債)
内水面漁業センター管理運営費	67,089	26,089		41,000
内水面漁業試験研究費	12,311	9,122		3,189
内水面漁業振興事業費	1,508	1,508		
養殖振興対策事業費	13,834	7,195	6,639	
合計	94,742	43,914	6,639	44,189

(6) 施設の概要

1) 敷地面積	9,343 m ²
2) 建物	
① 本館 (事務室、問診室、各検査室、研修会議室等)	365 m ²
② 隔離実験棟・作業棟 (0.9 t × 5 面、調餌室、工作室他)	220 m ²
③ 恒温水槽棟 (10 t × 5 面、1 t × 5 面)	256 m ²
④ 恒温水槽棟 (FRP 2 t × 10 面)	101 m ²
⑤ 野外試験池 (50 t × 5 面)	362 m ²
⑥ 屋内試験池 (30 t × 2 面)	184 m ²
⑦ 管理棟	40 m ²
⑧ その他 (ボイラー室、機械室、高架タンク、排水消毒槽等)	147 m ²

2 活動実績

(1) 会議等への参加

開催日	会議名	開催場所	参加者
4月26日	高知県内水面漁場管理委員会	高知市	石川・稲葉
5月13日	あゆ王国高知振興ビジョン推進協議会	高知市	池
5月24日	アメゴ養殖事業部会	梶原町	石川・中城
6月2日	津野町魚族保護会総会	津野町	石川・中城
6月21日	高知県内水面漁業協同組合連合会組合長会	高知市	石川
6月23日	高知県河川魚族保護会第71回通常総会	高知市	石川
6月下旬	全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック会議	書面会議	池
7月1日	環境収容力推定手法開発事業（ウナギ課題）計画検討会議	Web開催	稲葉
7月28日-29日	環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討・中間報告会議	Web開催	石川
7月下旬	全国水産試験場長会内水面部会西日本ブロック会議	書面会議	池
9月6日	公設試験研究機関情報交換会	Web開催	池
9月12日	高知県内水面漁業協同組合連合会組合長会	高知市	石川
9月15日	全国内水面関係研究開発推進会議	Web開催	池
9月16日	全国湖沼河川養殖研究会総会	書面会議	池
9月21日	第1回梶原町アメゴ養殖デジタル化推進協議会	梶原町	石川
9月27日-28日	第36回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会及び令和4年度魚類防疫士連絡協議会近畿中国四国ブロック研修会（内水面）	Web開催	中城
9月28日	第36回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会議	Web開催	中城
10月19日	第2回梶原町アメゴ養殖デジタル化推進協議会	梶原町	石川
10月28日	高知県内水面漁場管理委員会	高知市	石川
10月31日	高知県海区漁業調整委員会	高知市	石川
11月10日-11日	全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック研究会	岡山市	石川
11月30日 -12月1日	魚病症例研究会	Web開催	中城
2月2日	環境収容力推定手法開発事業（ウナギ課題）年度末報告会議	Web開催	稲葉
2月2日-3日	令和4年度全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会	Web開催	石川
2月3日	効果的な外来魚等抑制・生息管理技術開発事業第2回検討会	Web開催	池
2月7日	令和4年度水産関係試験研究機関長会議	Web開催	池
2月7日	第3回梶原町アメゴ養殖デジタル化推進協議会	梶原町	石川
2月13日-14日	環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会	東京都	石川
2月17日	令和4年度全国湖沼河川養殖研究会アユ疾病研究部会	Web開催	中城
3月7日	令和4年度水産動物防疫体制整備モデル事業報告会	Web開催	中城
3月13日	令和4年度全国養殖衛生管理推進会議	Web開催	中城

(2) 講師派遣

開催日	会議等名称	開催場所	講演内容	講演者	対象
6月2日	津野町魚族保護会総会 （再掲）	津野町	北川川における人工アユの定着状況調査について	石川	同会会員及び津野町職員
6月23日	高知県河川魚族保護会 第71回通常総会（再掲）	高知市	高知県におけるアユの資源量について	石川	同会会員及び関係市町村職員

(3) 口頭発表

開催日	会議等名称	開催場所	内容	発表者
11月10日-11日	全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック研究会(再掲)	岡山県	物部川河口におけるアユ小型種苗の放流について	石川
2月2日	環境収容力推定手法開発事業(ウナギ課題)年度末報告会議(再掲)	Web開催	ウナギの分布-状況及び生息環境に係る調査報告	稲葉
2月2日-3日	令和4年度全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会(再掲)	Web開催	高知県内のアユ資源量の推定	石川
2月13日-14日	環境収容力推定手法開発事業(アユ・溪流魚・ワカサギ)成果報告会(再掲)	東京都	アユの効果的な放流及び資源保護手法に係る調査報告	石川
2月17日	令和4年度全国湖沼河川養殖研究会アユ疾病研究部会(再掲)	Web開催	天然アユで発生したカラムナリス病について	中城

3 事業報告

養殖衛生管理体制整備事業

中城 岳

内水面養殖業においては魚病被害が頻発しており、養殖業者の経営悪化の大きな要因となっている。また、近年は食の安心・安全に対する消費者の関心が高まり、水産用医薬品の残留に対する懸念など、養殖魚の安全性が求められている。そのため、魚病被害の軽減を図り、水産用医薬品の適正使用を推進することによって、養殖魚の安全性を確保することが重要となっている。また、特定疾病であるコイヘルペスウイルス病のまん延防止や県内河川におけるアユ冷水病の発生动向の把握、新たな魚病の発生などに対応するため、より迅速な魚病診断体制の確立が必要となっている。こうした課題を解決するため、当事業では効率的な魚病診断体制の整備、医薬品の適正使用の指導、養殖場の巡回調査、水産用医薬品の残留検査等を行う。

1 医薬品の適正使用に関する指導

養殖場の巡回時に水産用医薬品の適正使用について指導するとともに、魚病診断において投薬治療が必要と判断された場合は、分離菌に対する薬剤感受性試験を行った。今年度は魚病診断時にウナギ病魚から分離されたパラコロ病原菌 *Edwardsiella tarda* 3株の薬剤感受性試験を行った結果、薬剤耐性株が1株確認された(表1)。

2 養殖衛生管理技術の普及・啓発

(1) 養殖衛生管理技術対策

以下の会議に出席し、知見の収集、関係者への情報提供などに努めた。

- ・中央東福祉保健所管内水質汚濁事故対策連絡会議 令和4年7月 県中央東福祉保健所
- ・近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会(Web開催) 令和4年9月
- ・魚類防疫士連絡協議会近畿・中国・四国ブロック研修会(Web開催) 令和4年9月
- ・魚病症例研究会(Web開催) 令和4年11月、12月
- ・令和4年度水産防疫対策委託事業(養殖水産動物の診療に係る技術研修及び診療の迅速化に向けた整備)における「魚病対策研修会(内水面)」 令和4年2月 岐阜県水産試験場下呂支所
- ・令和4年度アユの疾病研究部会(Web開催) 令和5年2月
(話題提供:「天然アユで発生したカラムナリス病について」)
- ・令和4年度水産動物防疫体制整備モデル事業報告会(Web開催) 令和5年3月
- ・令和4年度全国養殖衛生管理推進会議(Web開催) 令和5年3月

(2) 養殖技術指導

1) アユ

放流用種苗の保菌検査、各種疾病に対する対策（塩水浴、投薬等）指導及び助言を行った。

2) ウナギ

各種疾病に対する対策（餌止め、換水、投薬、昇温等）指導及び助言を行った。

3 養殖場の調査・監視

(1) 魚病被害・水産用医薬品使用状況調査

県内のアユ、ウナギ及びアマゴの養殖業者を対象に、令和3年1月～12月における魚病被害及び水産用医薬品の使用状況について、調査を行った。

(2) 医薬品残留検査

養殖ウナギ2検体について、トリクロロホン、オキシテトラサイクリン、オキシリン酸、フロルフェニコール及びスルファモノメトキシンの5種類の医薬品を対象に残留検査を実施した。検査は外部の検査機関に依頼し、公定法で実施したところ、検体から対象医薬品は検出されなかった。

4 疾病の発生予防・まん延防止

(1) 魚病診断件数

県内の天然水域等（個人池・ため池を含む）及び養殖場における疾病のまん延防止及び予防を目的として魚病診断を実施し、魚病の発生状況の把握に努めた。なお、診断件数には養殖業者が予防の目的で当センターに診断を依頼したものも含んでいる。

1) 天然水域等

令和4年度の天然水域等における魚病診断件数は9件で、魚種別ではアユ7件、アユ及びアカザ1件、ニシキゴイ1件であった（表2）。アユでは冷水病が2件、エドワジエラ・イクタルリ感染症が1件、カラムナリス病が2件、エドワジエラ・イクタルリ感染症及びカラムナリス病の混合感染が2件であった。アユ及びアカザ1件は原因不明であった。また、ニシキゴイ1件はキロドネラ症及びカラムナリス病の混合感染であった。

2) 養殖場（食用）

令和4年度の養殖場における診断件数は42件で、魚種別ではアユ9件、アマゴ（サツキマス）7件、ウナギ26件であった（表3）。

アユでは冷水病が2件、不明が7件であった。アマゴ（サツキマス）では伝染性造血器壊死症、細菌性鰓病、胃誇張症、滑走細菌症及びビブリオ病の混合感染、保菌検査及び原因不明が1件ずつであった。また、ウナギではウイルス性血管内皮壊死症が3件、同疾病を主因としたカラムナリス病との混合感染が4件、カラムナリス病が4件、同疾病を主因としたシュードダ

クチロギルス症等との混合感染が3件、シュードダクチロギルス症が6件、パラコロ病が2件、同疾病を主因としたカラムナリス病、シュードダクチロギルス症との混合感染が1件、ベコ病が1件、原因不明が2件であった。

なお、令和4年度のウナギの主要疾病の診断件数（表4、混合感染事例含む延べ件数）は、ウイルス性血管内皮壊死症が7件、カラムナリス病が12件、パラコロ病が3件、鰭赤病が1件、シュードダクチロギルス症が10件であった。

表1 ウナギ病魚から分離された *Edwardsiella tarda* の薬剤感受性試験結果

業者名	分離日	感受性薬剤	耐性薬剤
A	2022/6/23	-	FF,OA,OTC,SO
B	2022/12/12	FF,OA,OTC,SO	-
B	2023/1/27	FF,OA,OTC,SO	-

表2 天然水域等での魚病診断件数（令和4年度）

魚種	病名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
アユ	冷水病		2											2
	エドワジエラ・イクタルリ感染症					1								1
	エドワジエラ・イクタルリ感染症 +カラムナリス病					2								2
	カラムナリス病					2								2
	不明													0
アユ、アカザ	不明		1											1
ニシキゴイ	キロドネラ症+カラムナリス病						1							1
	不明													0
キンギョ	キンギョヘルペスウイルス性造血管壊死症													0
	不明													0
		0	3	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	9

表3 養殖場での魚病診断件数（令和4年度）

魚種	病名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
アユ	冷水病			1	1									2	
	ピブリオ病													0	
	不明	1	4								1		1	7	
アマゴ (サツキマス)	伝染性造血管壊死症		1											1	
	細菌性鰓病										1			1	
	胃誇張症				1									1	
	滑走細菌症+ピブリオ病				1									1	
	保菌検査			1										1	
	不明				1									2	
ニジマス	伝染性造血管壊死症													0	
	不明													0	
ウナギ	ウイルス性血管内皮壊死症							2		1				3	
	ウイルス性血管内皮壊死症 +カラムナリス病			4										4	
	カラムナリス病	1			2	1								4	
	カラムナリス病+シュードダクチロギルス症					1	1							2	
	カラムナリス病+シュードダクチロギルス症 +鰭赤病					1								1	
	シュードダクチロギルス症					1		2	3					6	
	パラコロ病									1	1			2	
	パラコロ病+カラムナリス病 +シュードダクチロギルス症			1										1	
	ベコ病							1						1	
	不明								1					2	
	合計		2	5	7	6	4	1	5	4	2	3	0	3	42

表 4 平成 27 年度～令和 4 年度におけるウナギ主要疾病の診断件数（延べ）の推移

疾病名	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
ウイルス性血管内皮壊死症	0	6	5	2	0	4	18	7
ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症	2	0	0	0	0	0	0	0
カラムナリス病	13	13	8	5	4	12	27	12
バラコロ病	23	15	6	0	0	8	11	3
連鎖球菌症	1	1	0	0	0	0	0	0
頭部潰瘍症	0	2	0	0	0	2	0	0
鰭赤病	0	0	0	0	0	3	0	1
シューダクテロギルス症	19	9	14	7	6	9	26	10
合 計	58	46	33	14	10	38	82	33

ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析 【環境収容力推定手法開発事業】（抄録）

稲葉太郎・石川 徹・中城 岳・隅川 和

近年、わが国のニホンウナギ資源の枯渇が懸念されている。一方で、本種の河川生態の把握や適切な保全策を講じるための知見は不十分な点が多い。そこで本事業では、環境収容力推定手法開発事業（平成 30 年度～令和 4 年度水産庁事業）を受託し、「高知県におけるニホンウナギの生息状況及び生息環境の把握」を実施した。成果の詳細は水産庁に報告書として提出しているため、ここではその概要を報告する。なお、当所では同様の調査を平成 25 年度から実施しており、平成 25 年度から令和 4 年度までの 10 年分のデータを取りまとめた。

1 目的

著しい減少傾向にあるニホンウナギ（以下「ウナギ」という。）の資源保全を行うためには、本種の河川内における生態を明らかにする必要がある。

そこで本事業では、箱漁法等で採集したウナギに標識を施して放流し、移動及び成長を把握するとともに、電撃ショッカーを用いたウナギと餌生物（小型魚類や甲殻類）の直接的な採集による生息環境の評価を行う。以上により、ウナギの河川生活の実態を総合的に把握し、生息環境の維持・改善に向けた重要な知見となる、環境収容力の推定手法について検討する。

2 材料と方法

高知県東部に位置する奈半利川の河口から上流 20 km までの範囲（図 1）において、6 月から 12 月の間に箱漁法及び石倉漁法でウナギを採捕し、全長・体重の測定、Silvering index (Okamura et al. 2007) による成熟段階の決定を行い、体表粘液の採取及びイラストマータグによる標識を施したのち、採捕場所に放流した。また、採捕されたウナギのうち、イラストマータグの有無と、体表粘液の DNA を用いた遺伝標識による個体識別の結果から、再び採捕されたものと判定した個体を再採捕個体とし、それらの採捕場所と全長・体重のデータから移動と成長を推定した。

さらに、平鍋ダムより下流に設定した 3 地点で、電撃ショッカーを用いてウナギと餌生物（20cm 以下の魚類とエビ・カニ類）を採捕し、地点別の環境との関係について検討した。

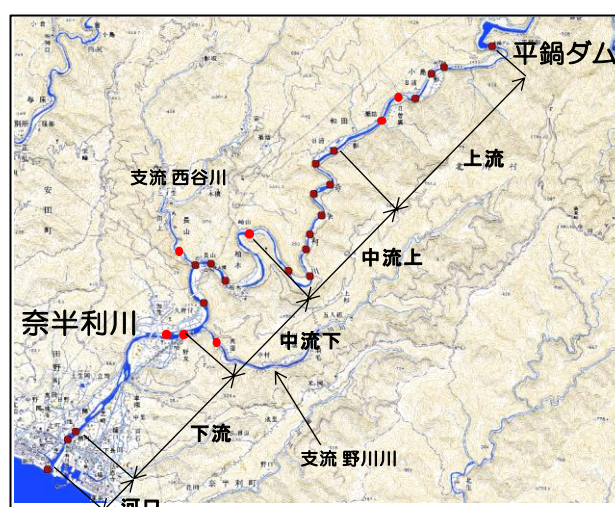


図 1 調査実施地点位置および流域区分

3 結果

奈半利川水系でウナギ 622 個体（箱漁法 611 個体、電撃ショッカー10 個体、たも網 1 個体）を採捕した。平均全長は 45.1cm（図 2）、平均体重は 115.0g（図 3）であった。成熟段階は、Y1 が 0 個体、Y2 が 620 個体、S1 が 1 個体、S2 が 1 個体であった。

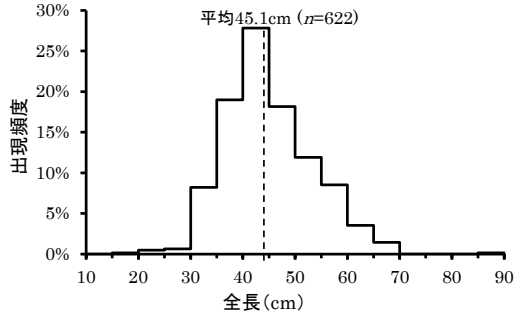


図 2 全長出現割合

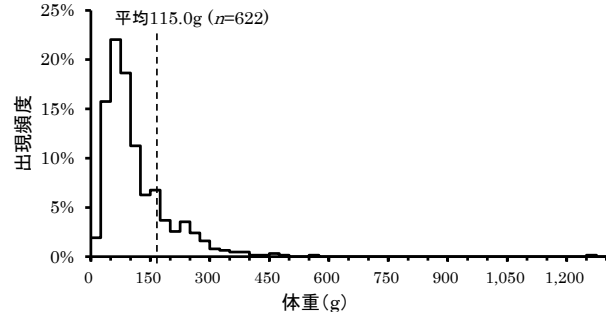


図 3 体重出現割合

採集した全個体について、標識（イラストマー）の有無を確認するとともに、体表粘液から DNA を抽出し、5 ローカスのマイクロサテライト DNA による個体識別を実施した。その結果、本年度に採集した 622 個体のうち、83 個体（再採捕の回数 1 回目：66 個体、2 回目：16 個体、3 回目：0 個体、4 回目：1 個体）が再採捕で、その割合は 13.3%であった。奈半利川で同様の調査を開始した平成 25 年度以降の採捕尾数を、年度別に表 1 に示した。全個体における再採捕の割合は、11.7%（553/4,731）であった。

表 1 採捕尾数一覧

実施年度	採捕尾数	再採捕尾数
平成25	46	1
平成26	128	8
平成27	458	45
平成28	563	54
平成29	591	58
平成30	600	72
令和元	570	70
令和2	577	87
令和3	576	75
令和4	622	83
合計	4731	553

平成 25 年度以降の標識放流の結果を用い、奈半利川のウナギの 100 m²あたりの個体数密度を年別に推定し、図 4 に示した。年間採集個体数が安定したと考えられる平成 27 年以降についてみると、0.23 個体/100 m²（平成 27 年）から 0.89 個体/100 m²（平成 30 年）の間と推定された。

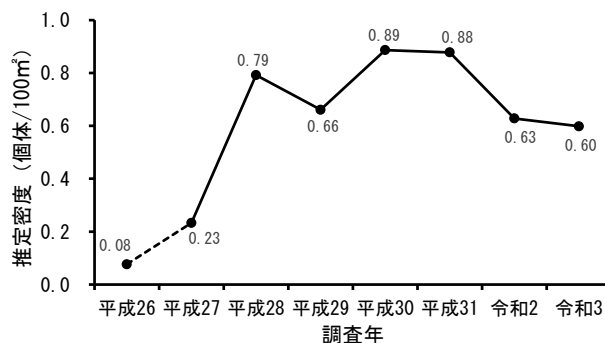


図 4 年別推定個体数密度

平成 25 年度以降の再採捕個体延べ 553 個体のうち、標識はあるものの DNA による個体識別ができなかった 1 個体を除いた、延べ 552 個体（再採捕の回数 1 回目：479 個体、2 回目：67 個体、3 回目：5 個体、4 回目：1 個体の合計）について、再採捕までの 1 期間の日数から、全長と体重の瞬間成長率（ $SGR = (\ln(\text{再採捕時の値}) - \ln(\text{放流時の値})) \div \text{再採捕までの日数} \times 100$ ）を求め、その頻度をそれぞれ図 5-1 及び 5-2 に示した。

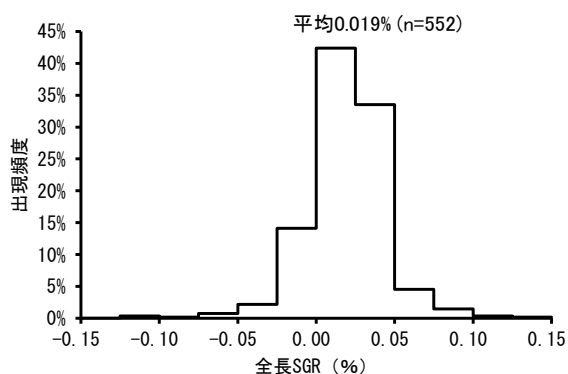


図 5-1 再採捕個体の全長 SGR

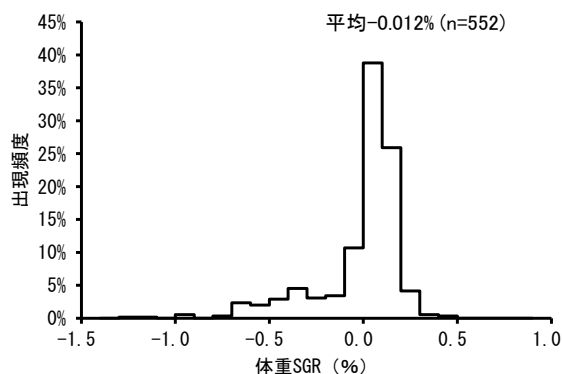


図 5-2 再採捕個体の体重 SGR

全長 SGR の最頻値は 0.00~0.025%で、全個体の平均値は 0.019%、体重 SGR の最頻値は 0.0~0.1%で、全個体の平均値は-0.012%であった。体重の SGR の平均値が負の値となったことから、実際の成長率を把握できていないと考え、異常値の影響を低減するため、日数別に確認を行った (図 6)。

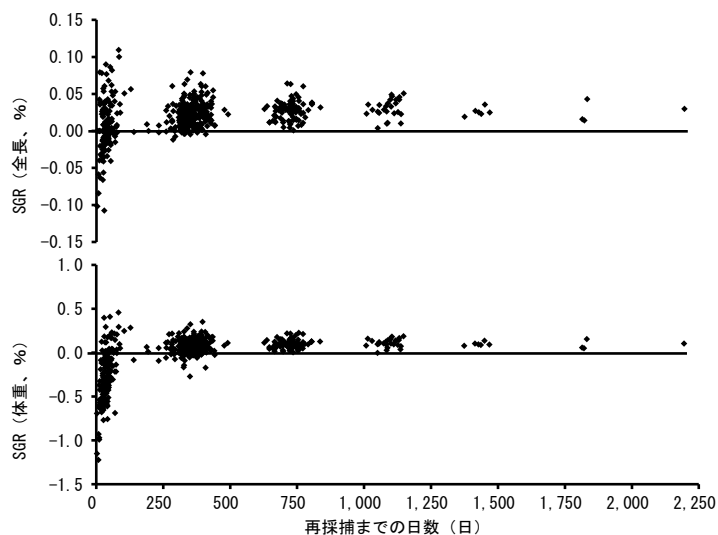


図 6 SGR と再採捕までの日数

再採捕までの日数は、主な調査時期が夏季だったため、同一年内の 150 日以下と、翌年以降 365 日ごとに集中していたことから、150 日以下、151~515 日、516~880 日及び 881 日以上 の 4 区分にグループ分けしたところ、全長、体重ともに、SGR はグループ間で有意な差が認められ (Anova, $P < 0.01$)、150 日以下と 151 日以上のグループ間で有意な差が認められた

(Tukey, $P < 0.05$)。一方、151 日以上グループでは、それぞれの間には有意な差は認められなかった ($P > 0.10$)。

150 日以下についてみると、体重の SGR と日数に相関が認められ (Spearman の順位相関係数、 $P < 0.005$ 、 $r_s = 0.5678$)、71.8 日以上で正の値となった (図 7)。一方、全長については相関が低く (Spearman の順位相関係数、 $P < 0.005$ 、 $r_s = 0.269962$)、26.8 日以上で正の値となった。養鰻業者によれば、ウナギは池替えのための取り上げのストレスで、数日から長いものでは数か月餌を食べなくなることがあるとのことで、採捕と標識放流のストレスによる影響が考えられた。

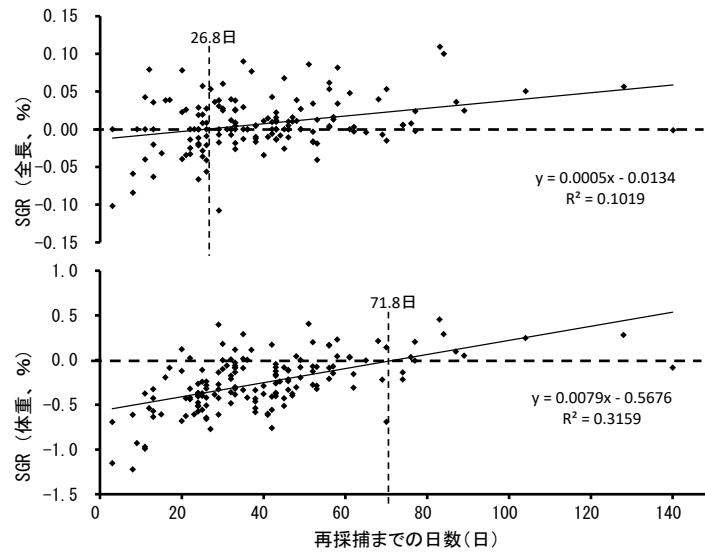


図7 SGR と再採捕までの日数 (150 日以下)

そこで、全長及び体重の SGR について、ストレスの影響が大きいと思われる 71 日以下、え影響が軽減したと思われる 72 から 150 日、影響が殆どないと思われる 151 から 515 日、516 から 880 日及び 881 日以上の 5 グループに分け、それぞれの平均値と標準偏差を図 8 に示した。全長、体重ともに、SGR はグループ間で有意な差が認められ (Anova, $P < 0.01$)、71 日以下と 72 日以上のグループ間で有意な差が認められた (Tukey, $P < 0.001$)。一方、72 日以上のグループでは、それぞれの間に有意な差は認められなかった ($P > 0.10$)。

以上より、ストレスによる摂餌不良の影響が大きいと考えられる体重については、再採捕までの期間が 71 日以下の SGR は異常値であると判断し、72 日以上の個体について再採捕までの日数から 71 を差し引き、71 日補正 SGR を算出したところ、体重 SGR の平均値は 0.099% となり、この値が奈半利川における成長率を示すと考えられた (図 9)。

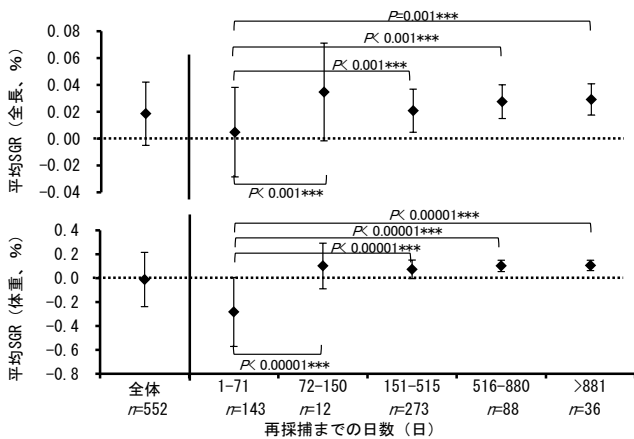


図 8 グループ別成長率 (上下線は標準偏差を示す)

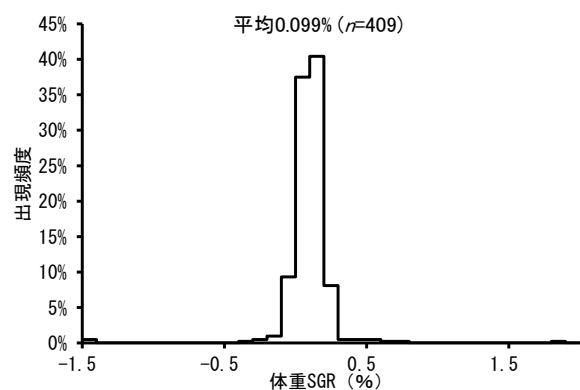


図 9 再採捕個体の補正体重 SGR

放流位置からの移動距離 (放流地点と再採捕地点の距離、定位個体を除く) を図 10 に示した。移動の範囲は-15.7km (降下) から 13.3km (遡上) で、平均は 0.042km (遡上) であり、概ね遡上と降下は均衡していると考えられた。

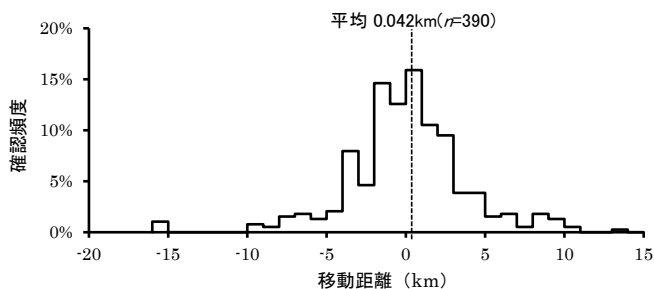


図 10 流域区分別移動の傾向（支流を除く）

放流位置からの移動の傾向（支流を除く）を図 11 に示した。全体では、遡上した個体は 34.4%、降下した個体は 37.2%とほぼ同率で、放流位置から移動しない定位個体がやや少ない 26.7%となり、移動距離の分布に近い傾向を示した。流域区分別にみると、定位個体は河口で多く（79.1%）、中流上部で特に少なかった（18.0%）。また、遡上した個体は下流で多く、降下した個体は上流にいくほど多くなった。

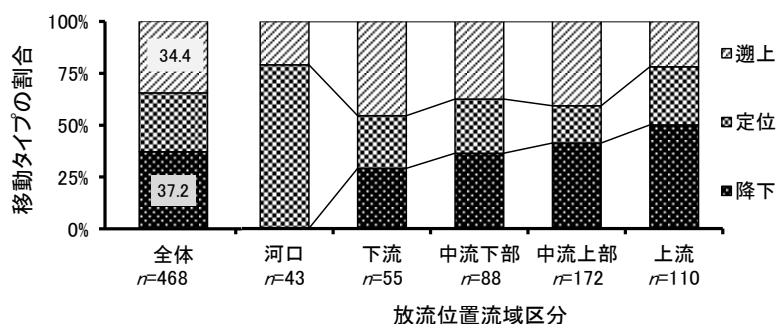


図 11 流域区分別移動の傾向（支流を除く）

河床環境とウナギの生息尾数との関係を検証するため、令和元年から本年度までの 4 年間のデータを用い、調査箇所別の河床における巨礫（直径 256mm 以上）の割合と、1 m²当たりのウナギ確認個体数との関係を、図 12 に示した。巨礫の割合とウナギの確認個体数の間には正の相関が認められ (Spearman の順位相関係数、 $P = 0.01538$ 、 $r_s = 0.833333$)、巨礫の割合が高いほど確認個体数が増える傾向が認められた。

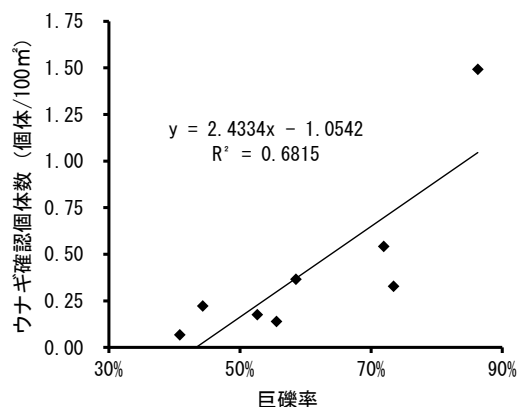


図 12 箇所別の巨礫率とウナギ確認個体数

文献

- 井上英治 (2015) 非侵襲的試料を用いた DNA 分析—試料の保存、DNA 抽出、PCR 増幅及び血縁解析の方法について—。霊長類研究 31:3-18
- 高知県内水面漁業センター (2017) 追跡調査における DNA 多型解析を用いた個体識別の有効性検証。河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業 平成 29 年度報告書: 132-143
- Okamura A, Yamada Y, Yokouchi K, Horie N, Mikawa N, Utoh T, Tanaka S, Tsukamoto K (2007) A silvering index for the Japanese eel *Anguilla japonica*. Environ Biol Fish 80:77-89

アユの資源増殖に効果的な放流及び資源保護手法の開発 【環境収容力推定手法開発事業】（抄録）

石川 徹・稲葉太郎・中城 岳・隅川 和

1 目的

近年、わが国のアユ漁獲量は著しく減少しており、アユ資源の増殖活動が必要不可欠となっている。本県においても、各内水面漁協が種苗放流や産卵場の保全等により資源増殖に努めているものの、過去の水準に漁獲量が回復するまでには至っていない。このため、今後はより効果的な増殖活動を進める必要があるが、それに資する知見はまだ十分でない。

そこで本課題では、種苗放流や資源保護を効果的に実施するための知見収集を目的として、「種苗性や河川環境に合った放流方法の開発」及び「次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護」の2項目について調査した。

2 材料と方法

(1) 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

2018年度から2022年度までの5年間に、鏡川（2018年度～2020年度 括弧内は各河川における調査期間を示す）、仁淀川（2019年度～2022年度）及び物部川（2021年度～2022年度）の天然アユの遡上がない、または少ない上流部に、それぞれ1～2km程度の試験放流区間を設定した。いずれの河川でも漁協等が増殖活動として行う通常の放流時期である4月中下旬よりも2～3週間早い4月上旬に、脂鱗切除による標識を施した高知県産の人工種苗、数千尾～1万尾程度を試験放流した。なお、脂鱗切除が遡上性の低下などの影響を魚体に及ぼさないことを、2018年に放流サイズ（平均体重8.1g）の種苗で実施した遡上性実験等により確認している（占部ほか2018）。

放流魚のサイズについては、2018年度～2020年度までの期間は、県内で放流に用いられる人工アユの標準的なサイズである平均体重10g程度のものを、2021年度については通常の7割程度（平均体重7g程度）のものを、2022年度については通常の5割程度（平均体重5g程度）のものと徐々に小型化させることで、早期放流する場合に種苗の小型化がどこまで可能か検討した。

試験放流から約2ヶ月後（当該区間のアユ漁解禁直前）に友釣りによる試験釣獲を行い、釣獲魚については、側線上方横列鱗数による由来判別及び体重等を計測した。このうち、天然遡上魚と判別されたものについては頭部から耳石（扁平石）を摘出し、光学顕微鏡及び日輪計測システム（ラトックシステムエンジニアリング社製）を用い、Tsukamoto *et al.* (1987)の方法に従って日輪を計数し、採捕日から日輪数を差し引くことにより孵化日を推定した。

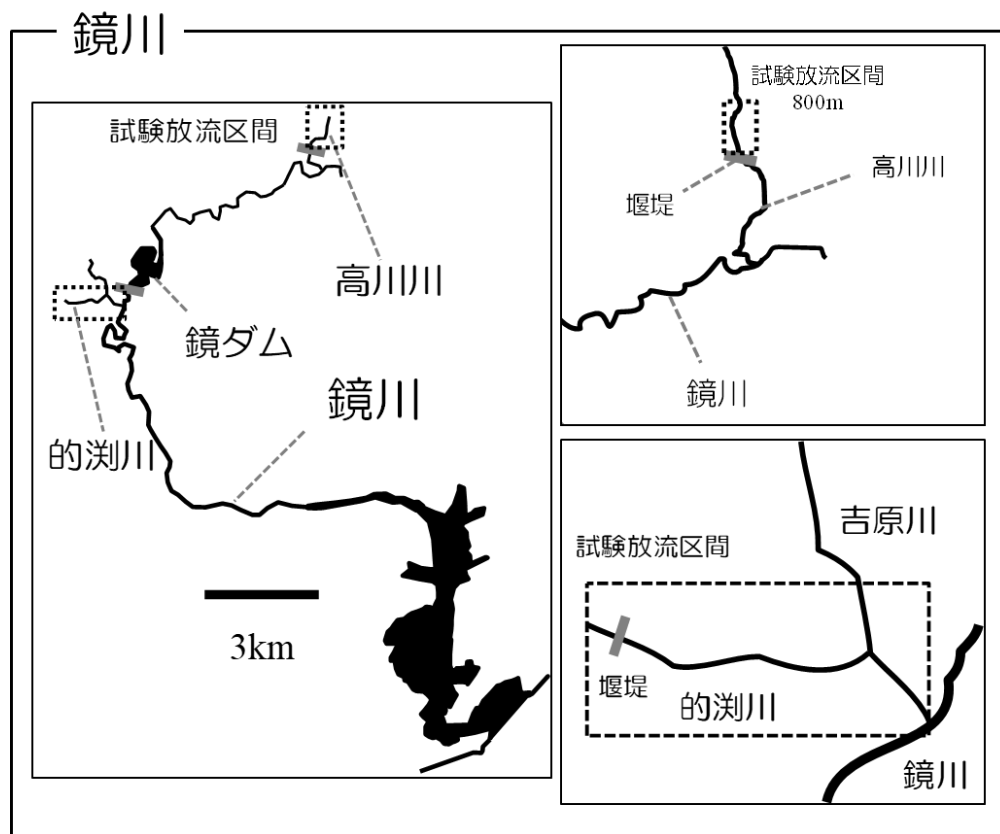


図1 鏡川水系高川川（2018～2020）及び的湊川（2020）の試験放流区間

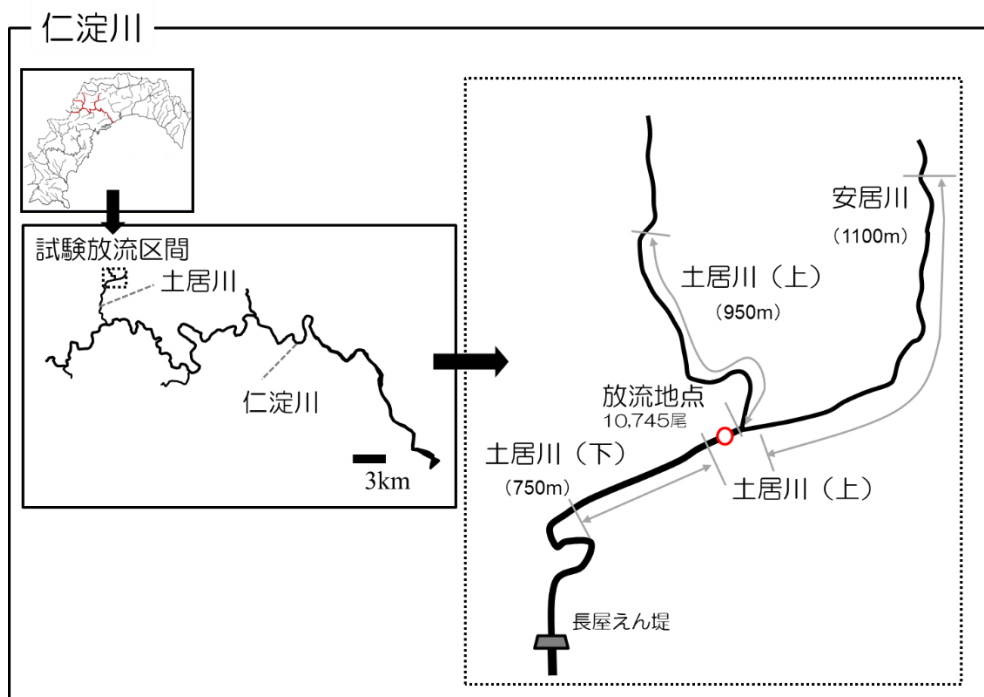


図2 仁淀川水系土居川（2019～2022）の試験放流区間

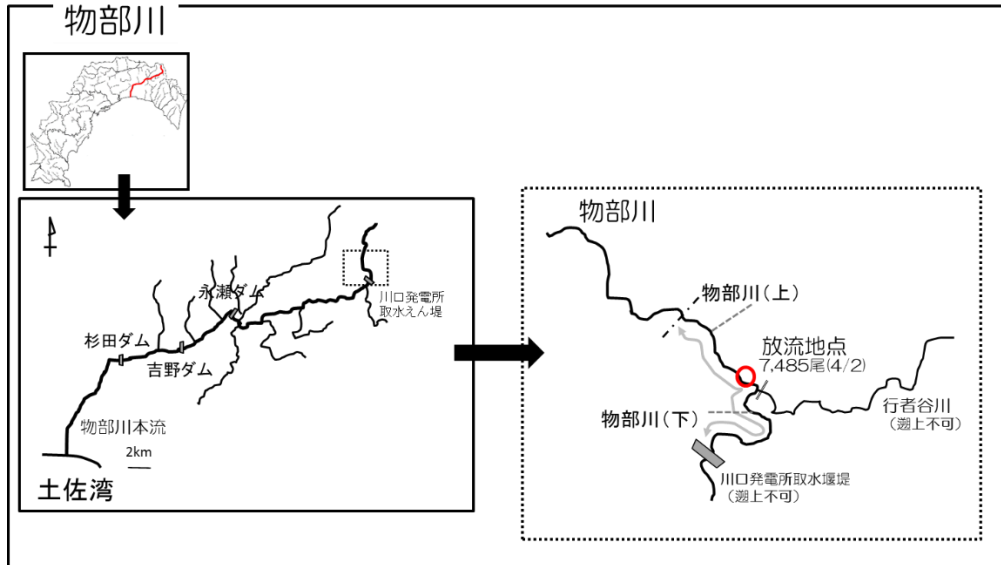


図3 物部川水系物部川（2021～2022）の試験放流区間

(2) 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

高知県では近年、天然アユ資源の保護策として親魚保護の取り組みを進めている。現在、県内の複数の河川において落ちアユ漁を全面禁漁としており、それによって守られるであろう12月以降に誕生した晩期孵化群の動向を把握することに主眼をおいた。

高知県中央部に位置する物部川は河口より13.9km上流に魚道の設置されていない杉田ダムがあり、天然アユの遡上はそれより下流の水域に限定されている（図4）。また、物部川では物部川漁協の遊漁規則において10月以降のアユ漁を全て禁止しており、産卵期の漁獲圧がないことに加え、当該水域においては同漁協が、各時期のアユの資源量調査や遊漁者数のカウントを行っており、様々なデータの蓄積がある。このような条件をふまえ、物部川の下流部を試験対象水域として、この水域に遡上する天然遡上群について、以下の調査を実施した。

1) 遡上魚の孵化日組成の把握（2018年度～2022年度）

1月から5月の間に、投網やすくい網を用いて河口に進入したばかりのアユを経時的に採捕し、その体長、体重及び孵化日を把握した（日齢の査定については（1）と同様）。

2) 晩期遡上群の標識再捕（2020年度～2022年度）

物部川で遡上アユが一時滞留する深淵床止め（河口より3km上流）周辺において、5月から6月の間に電撃ショッカー（スミスルート社製）とタモ網及び投網（26～30節）を用いて天然アユを採捕した。採捕したアユは速やかに100リットルの水槽に収容し、早期遡上群と思われる全長70mm以上の個体を除去した。そこから数十尾ずつ別水槽に移し、オイゲノール製剤（FA100）により麻酔した後、ハサミで脂鰭を切除した。脂鰭を切除したアユは別の100リットル水槽で30分間通気しながら静置したうえで、斃死したアユを除去した後、尾数を計数して放流した。また、一部は当センターに持ち帰り、無給餌で3週間飼育して生残率を把握し、放流尾数に生残率を乗じたものを標識放流尾数とした。

標識放流後は物部川漁協の協力のもと、遊漁者に標識アユの再捕に係る情報提供を依頼し、漁期中の釣獲等で減耗した標識アユの個体数を推定した。

また、11月から12月の間、産卵場（河口より約1.2km上流左岸側）において、投網（12～14節）による親魚の採捕及び潜水器具を用いた死魚の採集を行い、標識の有無を確認した。併せて、採捕又は採集した標識個体のGSIを測定した。

3) 晩期遡上群の資源量の推定（2021年度～2022年度）

物部川漁業協同組合は、例年4月期にアユ生息状況調査を実施している。当該調査の手法は以下のとおり。

河口域～物部川下流統合堰までの間に設定した区間において、潜水目視観察により一定範囲内に分布するアユの個体数を計数するとともに、その観察面積（観察幅×観察距離）から生息密度（尾/m²）を算出した。また、水面形状に関する調査も実施し、GISソフトウェアにより水面面積を算出した。このように求めた生息密度、および現状地形から概算した水面面積の双方から、各区間におけるアユの生息尾数（生息密度×水面面積）を推定した（物部川漁業協同組合 2021）。

この調査に併せ、それぞれの区間で投網を用いてアユ遡上魚 60尾程度を採捕した。採捕したアユ遡上魚は日齢査定を行い、1週間単位に区分した孵化日グループに分類し、比率を求めた（日齢の査定については（1）と同様）。この比率を各区間の稚魚遡上量に乗じたものを、各区間の総計として積算することで、物部川下流域の天然遡上群における孵化日グループごとの資源量とした。なお、人工種苗の追加放流がある場合は、側線上方横列鱗数、耳石結晶化等の異常の有無及び孵化日から総合的に判断して人工種苗とされるものを除外した。

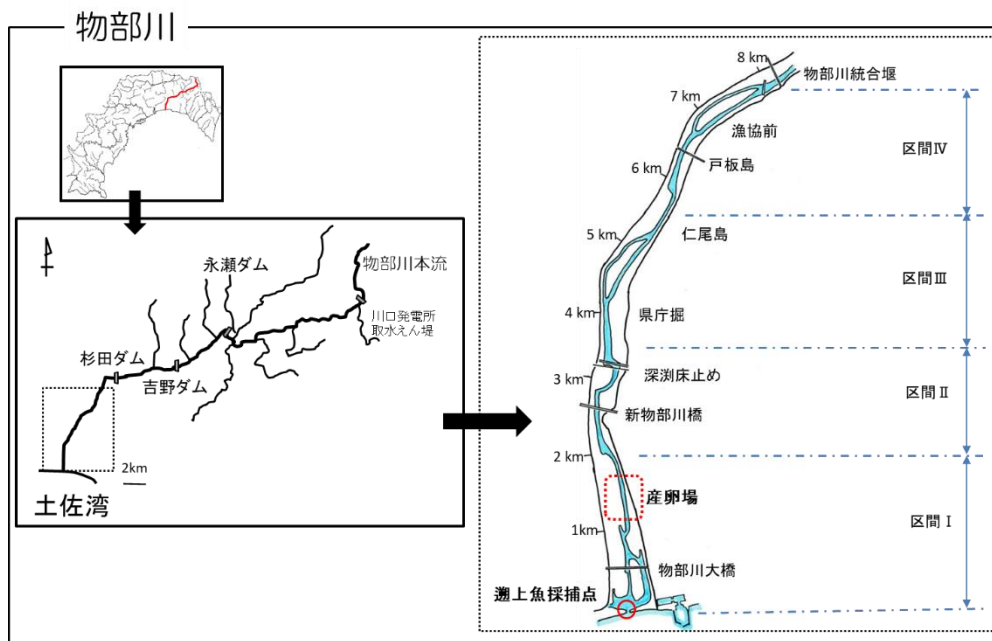


図4 物部川の標識放流地点及び産卵場

3 結果

(1) 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

最終年度 2022 年の結果として、仁淀川水系と物部川水系における人工アユの早期群と通常群の成長を比較し、どちらの群が資源添加に有利であるかを検討した。

仁淀川水系土居川における平均体重は、早期群（標識人工アユ、以下早期群と表記）が放流後

49 日目で 34.5g、通常群（非標識人工アユ、以下通常群と表記）が放流後 30 日目で 26.1g、天然アユの平均体重は 43.0g であり、天然アユが最も大きかった。混獲率は、早期群が 8%、通常群が 10%、天然アユが 73%と天然アユが最も高くなった（表 1）。

物部川における平均体重は、早期群が放流後 52 日目で 29.1g、87 日目で 53.3g、通常群が放流後 35 日目で 34.3g、放流後 70 日目で 54.3g と、放流後の経過日数が短いにもかかわらず、通常群が若干高くなった。混獲率は、早期群は放流後 52 日目で 33%、87 日目で 29%、通常群は放流後 35 日目で 67%、放流後 70 日目で 71%と、共に通常群が高くなった（表 1）。

全放流量に占める早期群の標識率と釣獲時の混獲率を比較すると、物部川においては放流時の平均体重が通常の放流サイズより 5g ほど小さい早期群の混獲率は有意に低下していた（Pearson's Chi-squared test $P=0.002$ ）が、土居川では人工アユの標識率と混獲率に差は認められなかった（Pearson's Chi-squared test $P=0.089$ ）。

一連の試験では、アユが放流される環境の要素として、主に競合するアユ群の有無について検討した。全体を通しての結果として、2018～2022 年度の早期群（標識人工アユ）及び通常群（非標識人工アユ）における放流時の標識率と釣獲時の混獲率を比較すると、有意に早期群の比率が高くなった（早期放流が優位であった）のは、天然アユの遡上がないもしくは少ない場合で、かつ、早期群のサイズが後に放流する通常群（平均体重 10g）の 7 割程度から同等の場合であった（表 1）。

天然アユと人工アユの関係について見ると、漁獲時の平均体重は、天然アユが総じて 10g 以上大きく、釣獲魚に占める比率も概ね天然アユが高くなった。天然アユの孵化日組成を見ると、10 月から 11 月生まれの早期孵化群であることが確認された（図 5）。このような個体は、2 月から 3 月頃には数 g で河川内に進入し、試験放流区間の位置する上流部に比べ水温の高い下流部から遡上する過程で、かなり大きく成長するものと考えられる。釣獲調査時に天然アユが見られた土居川や的湊川では、早期群（標識人工アユ）放流時の 4 月上旬には試験放流区間で天然アユが観察されず、まだ到達していないと推測された。天然アユは成長しながら遡上し、早期群放流の後で当該区間に加わってきたと思われる。漁獲された天然アユのサイズは、早期群、通常群いずれの人工アユよりはるかに大きかったことから、放流後に加入した天然アユがこれらの人工アユよりも大型であったと推察された。

表 1 アユ試験放流における釣獲調査結果

調査年	河川名	調査項目	日付	水温 (°C)	人工アユ (標識魚)			人工アユ (非標識魚)				天然アユ			
					放流、再捕 尾数 (尾)	平均体重 (g)	割合	日付	放流、再捕 尾数 (尾)	平均体重 (g)	割合	釣獲 尾数	平均体重 (g)	釣獲 割合	
2018年	鏡川水系 高川川	放流	4/5	12.4	4,270	8.1	100%					天然アユの遡上不可			
		釣獲調査	5/21	15.4	14	29.6±7.4	100%								
			6/8	16.7	28	42.2±8.1	100%								
			6/26	18.1	29	43.7±12.1	100%								
2019年	鏡川水系 高川川	放流	4/4	9.9	5,057	8.7	100%					天然アユの遡上不可			
		釣獲調査	5/16	15.3	34	23.1±7.7	100%								
			6/4	16.7	23	29.1±7.2	100%								
			6/24	16.2	23	40.4±9.7	100%								
	仁淀川水 系土居川	放流	4/4	10.4	13,793	8.7	15%	4/18,22	90,704	10	85%	-			
		釣獲調査	5/22	16.0	60	33.8±7.9	87%*	5/22	N.D			5/22	N.D		
2020年	鏡川水系 高川川	放流	4/2	11.2	3,575	9.8	78%	4/19	1,000	10	22%	天然アユの遡上不可			
		釣獲調査	5/18	16.6	14	24.4±7.0	78%	5/18	4	20.4±4.6	22%				
			6/4	19.5	13	30.8±7.5	81%	6/4	3	25.8±2.1	19%				
			6/24	20.0	9	39.5±6.6	82%	6/24	2	34.9±8.9	18%				
	鏡川水系 的湫川	放流	4/2	14.1	4,576	9.8	34%	4/19,21	13,576	10	66%	-			
		釣獲調査	5/18	15.4	2	36.1±0.1	12%	5/18	9	29.0±12.8	53%	5/18	6	38.8±10.7	35%
			6/4	16.7	10	42.3±3.9	26%	6/4	15	34.6±9.5	38%	6/4	14	50.5±10.9	36%
			6/24	18.8	6	62.1±9.3	14%	6/24	9	52.8±14.8	21%	6/24	28	63.5±15.6	65%
仁淀川水 系土居川	放流	4/2	10.3	12,399	9.8	23%	4/10,13	53,899	10	77%	-				
	釣獲調査	5/20	16.4	4	26.3±1.2	15%	5/20	10	17.3±7.3	38%	5/20	12	43.5±13.2	46%	
2021年	仁淀川水 系土居川	放流	4/2	12.4	10,745	6.9±2.3	35%	4/20,24,27	19,900	9	65%	-			
		釣獲調査	5/25	15.2	64	35.4±6.8	54%*	5/25	26	30.7±9.9	22%	5/25	28	44.2±9.4	24%
	物部川水 系物部川	放流	4/2	11.4	7,485	6.9±2.3	45%	4/16	9,090	10	55%	天然アユの遡上不可			
		釣獲調査	6/7	15.2	62	31.2±6.8	71%*	6/7	23	17.3±7.3	29%				
2022年	仁淀川水 系土居川	放流	4/2	10.0	11,392	4.7±2.0	25%	4/21,27	34,000	9	75%	-			
		釣獲調査	5/21	14.8	7	34.5±10.6	8%	5/21	9	26.1±9.2	10%	5/21	65	43.0±9.8	73%
	物部川水 系物部川	放流	4/2	8.5	10,891	4.7±2.0	44%	4/19	13,636	10	56%	天然アユの遡上不可			
		釣獲調査	5/24	16.3	17	29.1±7.5	33%	5/24	35	34.3±9.3	67%				
			6/28	18.7	30	53.3±11.5	29%*	6/28	73	54.3±15.3	71%				

* : P<0.05

人工アユ同士の比較においては、放流のタイミングは早期群が通常群よりも半月程度早いということ、放流量は早期群よりも通常群の方が多という条件で固定し（鏡川水系高川川の事例を除く）、早期群のサイズのみを徐々に小型化させた。通常群と同等（平均体重 10g 程度）もしくはは

7割程度（平均体重7g程度）のサイズの場合では早期群の混獲率が放流時よりも有意に高くなる結果となった。一方、通常群の5割程度（平均体重5g程度）のサイズでは、混獲率が有意に高くなることは無かった。この結果をもたらした要因について、放流群の平均瞬間成長率（LN（釣獲時の体重/放流時の平均体重）/放流から釣獲までの日数）から導いた放流群の推定サイズによって説明が可能と考えられた（図6）。物部川の水温では、半月ほどの間に3~6g程度成長していたと推定され、通常群が放流された時点で半月前に7~10gで放流された早期群は通常群以上に成長しており、優位に立てたと可能性がある。一方、半月前に5gで放流された早期群については通常群放流時点で8g程度にしか成長しておらず通常群より小型であったことから、優位に立てなかった可能性がある。

これらのことから、同一水域内で由来の異なる群（天然、早期放流、通常放流）の優位性を決定する要素の一つとして、漁場に参加した時点でのサイズ差が考えられた。

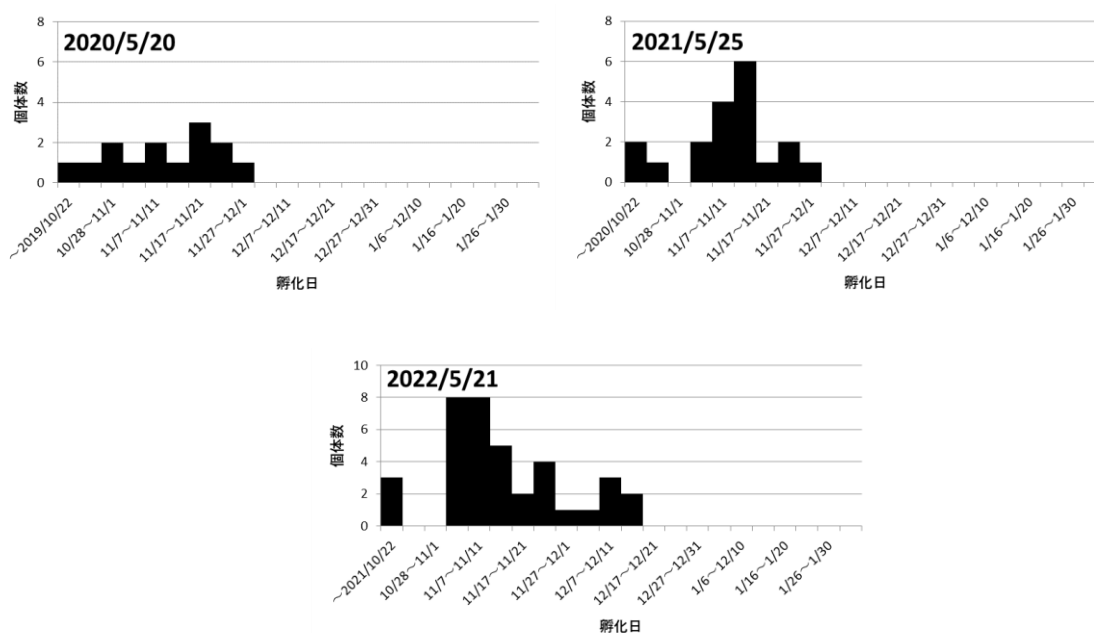


図5 仁淀川水系土居川で釣獲された天然アユの孵化日組成

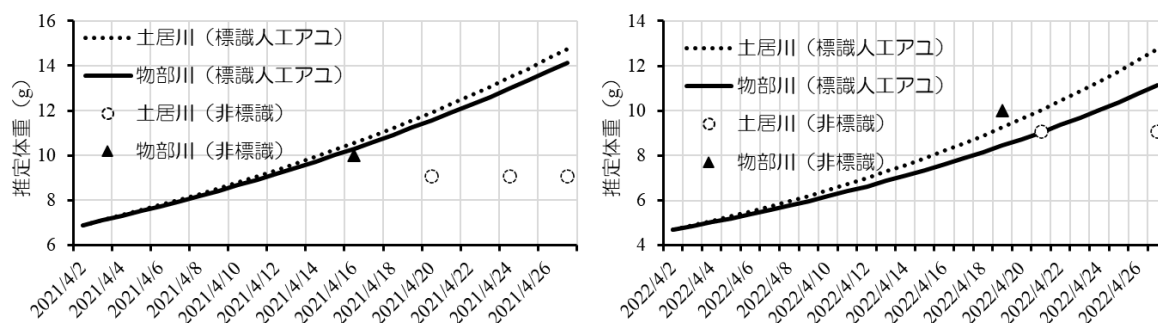


図6 早期群（標識人工アユ）の瞬間成長率から導いた推定体重曲線と通常群（非標識人工アユ）の放流時点の平均体重（2021、2022）

(2) 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

1) 遡上魚の孵化日組成の把握

2022年2月22日に物部川河口で採捕されたアユの孵化日組成は2021年10月25日から11月28

日の範囲にあり、中央値は11月18日、最頻区間は11月下旬（第4週）であった。同様に2022年3月8日に物部川河口で採捕されたアユの孵化日組成は前年の11月9日から12月11日の範囲にあり、中央値は11月24日、最頻区間は12月上旬（第1週）であった。同様に2022年4月1日に物部川河口で採捕されたアユの孵化日組成は前年の12月5日から31日の範囲にあり、中央値は12月18日、最頻区間は12月下旬（第4週）であった。3月上旬以降の遡上群では12月以降の孵化群が主体となる傾向が見られた（図7）。

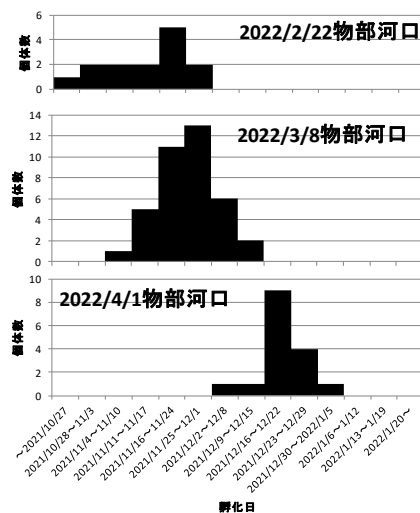


図7 採捕日ごとの孵化日組成

全体を通しての結果として、2018～2022年度に物部川河口で採捕されたアユの日齢は、74日齢から123日齢の範囲で、平均99日齢であった。年や遡上時期によって多少の差異はあったものの、概ね100日齢程度で河川に遡上している（図8）。便宜上、晩期孵化群として設定している12月以降の孵化群は、早くても3月中旬以降に遡上することとなり、概ね、晩期遡上群（便宜上、4月以降の遡上群と設定）になると考えられた。

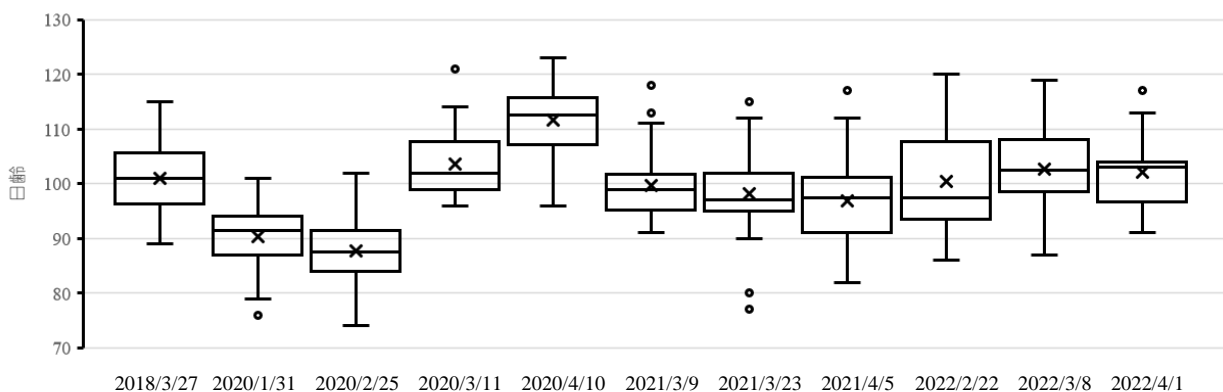


図8 採捕日ごとの日齢の構成

2) 晩期遡上群の標識再捕

2022年5月上旬から中旬に、物部川下流部で全長70mm以下のアユ1,035尾を投網で採捕し、脂鱭切除による標識を行った後、放流した。4月17日に物部川漁業協同組合と共同で行った物部

川下流部におけるアユ資源量調査では、天然アユの遡上可能な水域における資源量はおよそ 66.9 万尾（人工アユ約 4 万尾を含む）と推測され、これに対するの標識率は 0.15% となった。物部川漁業協同組合の協力のもと、漁期中に漁獲された標識天然アユについての情報提供を遊漁者に依頼し、漁期中に減耗した標識天然アユの個体数を推定した。標本遊漁者が、漁期中 82 日の友釣り釣行で 2,093 尾のアユを釣獲し、うち 3 尾が標識天然アユであり標識魚の率は 0.14% であった。再捕された標識天然アユのうち 8 月中旬に再捕された 2 尾は体重 49.8g 及び 67.6g、9 月上旬に再捕された 1 尾は体重 166.6g と、当該時期に漁獲されるアユのサイズと同等かそれ以上であった（表 2）。

全体を通しての結果は、漁期中の標本遊漁者の釣獲データ及び産卵場で採集されたアユの混獲率から見ると、標識された晚期遡上群は、標識率と概ね同率で再捕されており、大きな減耗等はなく量的な面から見ても晚期遡上群が有効な釣獲対象となっていると考えられた（表 3）。また、釣獲魚のサイズについても、漁期の後半（8 月以降）に再捕されたものは、当該時期に採捕されるアユ（およそ 60~70g）と同程度のサイズであり、この面からも有効な漁獲対象となっていることが確認できた（表 2）。産卵への貢献については、2020 及び 2021 年に、産卵場で産卵後の斃死個体（写真 1）が採集されており、晚期遡上群が産卵に参加していることも確認できた。産卵場で確認された時期は、投網で採捕された産卵前のものを除き 11 月下旬から 12 月中旬であり、孵化までの期間を考慮すると、概ね晚期遡上群は、晚期産卵群となり、晚期孵化群の産卵に親魚として関与している可能性が高いと考えられた。

表 2 物部川で再捕された標識個体（2020~2022 年）

調査年	日付	釣獲場所	漁法	TL	BW	性別	GSI
				(mm)	(g)		
2020年	6/20	漁協前	友釣り	149.5	30.8	♀	-
	9/20	柳ノ	友釣り	221.6	89.2	♀	1.1
	9/28	戸板島	友釣り	197.9	77.0	♂	5.1
	11/5	産卵場	投網	243.6	116.4	♂	5.8
	12/2	産卵場	死魚採集	196.6	58.9	♂	4.6
	12/2	産卵場	死魚採集	214.2	54.6	♀	4.9
	12/10	産卵場	死魚採集	231.1	76.2	♀	7.1
2021年	8/27	仁尾島	友釣り	215.8	85.8	♀	-
	8/27	仁尾島	友釣り	171.6	36.4	♀	-
	9/1	漁協前	友釣り	199.4	67.7	♀	-
	11/25	産卵場	死魚採集	174.6	35.2	♀	6.0
	11/25	産卵場	死魚採集	194.2	44.8	♂	4.9
2022年	8/13	戸板島上	友釣り	194.6	67.6	不明	不明
	8/13	戸板島上	友釣り	176.3	49.8	不明	不明
	9/10	町田堰上	友釣り	215.6	166.6	♂	3.1

※2022 年は産卵場での採集を行わなかった。

表3 物部川下流域における晩期遡上群の標識率及び混獲率

	遡上時期の標識率	漁期中の混獲率	産卵期の混獲率
	5月	6～9月	10～12月
2020年	0.36%	0.17%	0.43%
2021年	0.12%	0.12%	0.35%
2022年	0.15%	0.14%	—



写真1 再捕された産卵後の標識個体（上：雌、下：雄）

3) 晩期遡上群の資源量の推定

2022年の物部川における区間ごとの遡上量と孵化日組成を表4-2に示した。

それぞれの区間で採捕した天然アユの孵化日は、2021年10月27日から2022年1月6日の範囲にあり、中央値は12月7日であった。この孵化日組成を1週間単位の階級として振り分け、それぞれの階級の構成比率を算出したところ、比率の高かった階級は、12月第2週（12月8日～14日）で全体に占める比率が27.1%、次いで12月第1週（12月1日～7日）で比率17.9%、12月第4週（12月22日～28日）で比率17.1%がこれに続いた。また、それぞれの区間ごとに孵化日組成を見ると、昨年と同様に上流の区間ほど孵化日の早い個体の比率が高くなる傾向が見られた。この階級ごとの構成比率に各区間の生息尾数を乗じて孵化日階級ごとの尾数を推定した（表4）。その結果、2022年度遡上群の孵化日組成は12月以降に集中しており、12月1日以降に孵化した晩期孵化群は60万尾、調査時点（4月17日）で物部川に遡上している天然アユの約9割であると推定され、晩期孵化群が2022年度の物部川における天然アユ資源の重要な位置を占めていることが確認できた。

当初、耳石解析により産卵群の日齢組成を把握することで、次世代に寄与する群を明らかにすることを試みたが、200輪を超える耳石の解析は、誤差が大きいもので1ヶ月以上あり断念した。そのため、逆に耳石解析が比較的容易な遡上魚について、遡上終期における河川内の立体的な分布と、それぞれの区間における孵化日組成を明らかにすることで、孵化日を基準とした遡上に貢献している群を定量的に求めることとした。調査を実施した2021年（表4-1）と2022年（表4-2）の結果では、双方とも12月以降に孵化した晩期孵化群の構成比率が全体の9割以上と物部川に遡上する天然アユの主群となっていることが確認できた。

表 4-1 2021 年 4 月の物部川における区間ごとの遡上量と孵化日組成

孵化日	区間Ⅰ (河口～平松)		区間Ⅱ (平松～深淵床止)		区間Ⅲ (深淵床止～戸板島橋)		区間Ⅳ (戸板島橋～統合堰)		合計	
	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率
～2020/10/27	0	0.0%	0	0.0%	1,761	1.6%	840	6.7%	2,601	0.6%
11/3～11/9	0	0.0%	0	0.0%	1,761	1.6%	840	6.7%	2,601	0.6%
11/10～11/16	0	0.0%	0	0.0%	1,761	1.6%	1,680	13.3%	3,441	0.8%
11/17～11/23	4,295	2.3%	0	0.0%	12,329	11.3%	840	6.7%	17,464	4.2%
11/24～11/30	0	0.0%	5,460	5.0%	7,045	6.5%	840	6.7%	13,345	3.2%
12/1～12/7	12,886	6.8%	19,110	17.5%	14,090	12.9%	1,680	13.3%	47,767	11.4%
12/8～12/14	30,068	15.9%	24,570	22.5%	24,658	22.6%	1,680	13.3%	80,976	19.3%
12/15～12/21	68,727	36.4%	27,300	25.0%	28,181	25.8%	1,680	13.3%	125,888	30.0%
12/22～12/28	60,136	31.8%	24,570	22.5%	14,090	12.9%	2,520	20.0%	101,317	24.1%
12/29～	12,886	6.8%	8,190	7.5%	3,523	3.2%	0	0.0%	24,599	5.9%
合計	189,000	100.0%	109,200	100.0%	109,200	100.0%	12,600	100.0%	420,000	100.0%
うち晩期遡上群の合計	184,705	97.7%	103,740	95.0%	84,542	77.4%	7,560	60.0%	380,546	90.6%

表 4-2 2022 年 4 月の物部川における区間ごとの遡上量と孵化日組成

孵化日	区間Ⅰ (河口～平松)		区間Ⅱ (平松～深淵床止)		区間Ⅲ (深淵床止～戸板島橋)		区間Ⅳ (戸板島橋～町田堰)		合計	
	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率	稚魚遡上量 (尾)	構成 比率
～2021/10/27	0	0.0%	3,741	1.8%	13,733	11.3%	2,027	7.5%	19,500	2.9%
11/3～11/9	0	0.0%	11,222	5.4%	3,924	3.2%	0	0.0%	15,146	2.3%
11/10～11/16	0	0.0%	0	0.0%	1,962	1.6%	1,351	5.0%	3,313	0.5%
11/17～11/23	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2,027	7.5%	2,027	0.3%
11/24～11/30	10,361	3.3%	7,481	3.6%	5,885	4.8%	3,379	12.5%	27,107	4.1%
12/1～12/7	51,806	16.7%	33,666	16.1%	25,503	21.0%	8,784	32.5%	119,760	17.9%
12/8～12/14	77,709	25.0%	52,369	25.0%	45,121	37.1%	6,082	22.5%	181,281	27.1%
12/15～12/21	56,987	18.3%	26,185	12.5%	5,885	4.8%	2,703	10.0%	91,759	13.7%
12/22～12/28	77,709	25.0%	26,185	12.5%	9,809	8.1%	676	2.5%	114,378	17.1%
12/29～	36,264	11.7%	48,628	23.2%	9,809	8.1%	0	0.0%	94,702	14.2%
合計	310,836	100.0%	209,476	100.0%	121,631	100.0%	27,029	100.0%	668,973	100.0%
うち晩期遡上群の合計	300,475	96.7%	187,032	89.3%	96,128	79.0%	18,245	67.5%	601,880	90.0%

※表 4-1、表 4-2 とともに稚魚遡上量は物部川漁業協同組合より提供されたデータを使用

4 考察

(1) 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

本試験により、小型種苗の早期放流に関する有効性がフィールドで一定確認できた。天然アユ及び人工アユの早期放流群や通常放流群など複数の群の釣獲データから比較を行う中で、任意の群が放流水域内に加入した時点での大きさが当該水域内における群間の優位性を決定する要素になると考えられた。県内の実際の放流においては、各漁協が例年、同じ時期に10g程度の種苗を放流しているが、上流域であっても、当該水域の水温がアユの生残に悪影響を与えない8℃を安定して超えるところから放流は可能である。その場合、現状放流を行っている時期から遡行可能な期間（安定し

て水温が8℃を超える時期まで)と当該水域の水温によって、現状の放流効果を損なわずに種苗のサイズがどこまで小型化できるかの推定が可能になり、種苗育成に係るコストの低減が期待できる。

(2) 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

本試験により、2021年と2022年の高知県中央部の物部川においては、晩期孵化群、晩期遡上群、晩期産卵群が次世代に寄与する群となっていることが確認できた。これらの群は、当該年の気象や環境条件に左右され、産卵・孵化・遡上の時期は若干ずれるものの、概ね、相互に関連していることが確認された。さらに、12月以降に孵化した晩期孵化群の構成比率が非常に高いことが判明し、当該群は海域生活期の生残率が高いものと推測された。これらのことから、晩期孵化群の産卵に関与する晩期産卵群はできるだけ多く残すことがアユ資源保護として望ましく、高知県内で一般的に落ち鮎漁が解禁となる12月以降にあっても産卵群を守ることの重要性が示唆された。

ただし、今回確認された現象は、物部川の地理的要因に起因する可能性がある。物部川を含む本県の中部から東部に位置する河川は、概ね急峻で、河口域は内湾等に面しておらず、汽水域の規模も小さい。このような河川では、降下したアユ仔魚がそのまま海に到達すると考えられ、水温の高い11月頃の孵化群の生残を悪くしている可能性がある。広大な汽水域を有する河川や河口が内湾に接続する河川などでは、結果が異なる可能性がある。

参考文献

占部敦史・隅川和 (2018) アユの資源増殖に効果的な放流および資源保護手法の開発,高知県内水面漁業センター事業報告書,10-13

Tsukamoto K and Kajihara T (1987) Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi. 53: 1985-1997.

占部敦史・海野徹也 (2018) 人工および天然アユにおける計量形質の比較. Nippon Suisan Gakkaishi, 84, 70-80.

物部川漁業協同組合 (2022) 2022年4月期物部川アユ生息状況調査

水産庁 (2018) 赤字にならないアユ放流マニュアル

高知県のアユ資源量の維持・増大に向けた取組支援事業

1 目的

高知県のアユの漁獲量は 1990 年以前に 1,000 トンあったが、近年は 100 トンと低い水準で推移している（農林水産統計）。漁獲量減少の原因は河川環境の悪化、再生産力の低下（親魚・産卵量の減少）などに加えて、海洋生活期におけるアユ仔稚魚の減耗の変動が大きいことから、年ごとの資源の加入状況が非常に不安定であることが挙げられる。

このような中、県内の内水面漁業協同組合（以下、内水面漁協）は資源の維持・回復のための取組として、再生産量の確保に向けた産卵親魚の保護、産卵場の造成等に加え、近年の資源動向に応じた禁漁期・禁漁区の設定等を積極的に実施しているが、これらの取組を効果的に実施するためには各年の資源量を的確に把握し、効果を検証していくことが重要である。

そこで本事業では、資源量の維持・増大に向けた取組をより効果的なものにするを目的として、産卵に関するデータ（産卵場所・期間・量）及び遡上に関するデータ（遡上時期・遡上量・遡上魚の孵化日組成）を収集し、それらを整理・分析して内水面漁協に情報提供した。

2 調査項目

- (1) 遡上魚調査
- (2) 流下仔魚調査

3 担当者

チーフ 石川 徹

1 遡上魚調査

石川 徹・稲葉太郎・隅川 和

(1) 目的

2022年におけるアユの天然遡上に関するデータを収集するため、遡上量のスコア評価及び遡上魚の孵化日組成の推定を実施した。

(2) 材料と方法

1) 遡上量の評価

2022年2～4月、県内11河川の定点(図1、表1)において箱メガネを用いた目視観察を行い、表2の遡上スコアに基づき遡上量を評価した。また、各年の3～4月の遡上スコアの平均値をその年の遡上量指標値として、各河川の遡上量の年比較を行った。

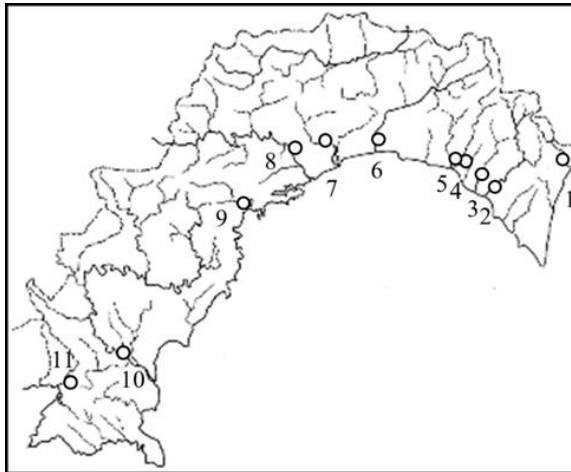


図1 遡上調査定点図

表1 遡上状況調査の調査地点および調査日

調査河川	調査地点	No.	2月	3月	4月	5月
野根川	鴨田堰	1	14	10,28	19	
奈半利川	田野井堰	2	14	10,28	19	
安田川	焼山堰	3	14	10,28	19	
伊尾木川	有井堰	4	14	28	19	
安芸川	中之橋	5	14	28	19	
物部川	床止堰堤	6	28	16,29	17	
鏡川	トリム堰	7	17	16,29	12	10
仁淀川	八田堰	8	17	16,29	12	10
新荘川	岡本堰	9	17	9,16,29	12	10
四万十川	赤鉄橋	10	22	9	5	
松田川	河戸堰	11	22	9	5	

注) No. は図1中の位置を示す

表2 遡上量の評価に用いたスコアとその基準

スコア	基準
0.0	魚影なし、食み跡なし
1.0	魚影なし、食み跡あり
1.5	観察された一群が1尾以上～10尾未満
2.0	観察された一群が10尾以上～50尾未満
2.5	観察された一群が50尾以上～100尾未満
3.0	観察された一群が100尾以上～500尾未満
3.5	観察された一群が500尾以上～1,000尾未満
4.0	観察された一群が1,000尾以上

2) 遡上魚の孵化日の推定

物部川、鏡川、仁淀川及び新荘川の遡上量調査の定点において、のぼりうえ、投網又は電撃ショックにより遡上魚を採捕した。採捕した遡上魚は体長及び体重を測定し、頭部から耳石(扁平石)を摘出した。摘出した耳石は光学顕微鏡及び日輪計測システム(ラトックシステムエンジニアリング社製)を用い、Tsukamoto et al. (1987)の方法に従って日輪を計数し、採捕日から日輪数を差し引くことにより孵化日を推定した。

(3) 結果と考察

1) 遡上量の評価

2022年の各河川における遡上スコアの推移を図2に示した。

2月中旬の初回調査時には、県中央部の仁淀川及び新荘川で遡上が確認された。2月上旬には、県東部の野根川、奈半利川、安田川及び県西部の四万十川、松田川で遡上が確認された。2月下旬には物部川で、3月中旬に鏡川で遡上が確認され、3月中旬までに県東部の安芸川を除く全ての河川で遡上が確認された。安芸川では渇水の影響で瀬切れが発生しており、これにより遡上が遅れたと考えられ、初遡上が確認されたのは4月中旬であった。

全体的な傾向をみると、スコア3以上の遡上ピークは、県中央部の新荘川で2月中旬に、その他の河川でも概ね3月上旬から下旬に多く出現しており、このピーク時期は例年より比較的早めであったといえる。一方、2022年は例年より渇水傾向が強く、小規模な河川では瀬切れや堰堤下流部における遡上アユの滞留が認められ、上流部への到達は遅れる傾向であったが、大規模河川では遡上できる水量が維持されており、早期に上流へ到達できていたなど、河川間の遡上の進行度合いに差が生じた。また、ピーク以降は、5月上旬でも遡上魚が少数確認されており、小規模な遡上が続いていたことから遡上終期は平年並みであったと考えられる。

また、2022年の遡上量指標値（表3）を河川別にみると、県東部の野根川、安田川、安芸川及び中央部の仁淀川で平年より低く、県西部の四万十川及び松田川で平年より高い、西高東低の状態となっていた。遡上スコアの県内平均値（図2、3）は平年並みであり、2022年の天然アユの遡上量も概ね平年並みであったと推察された（図3）。

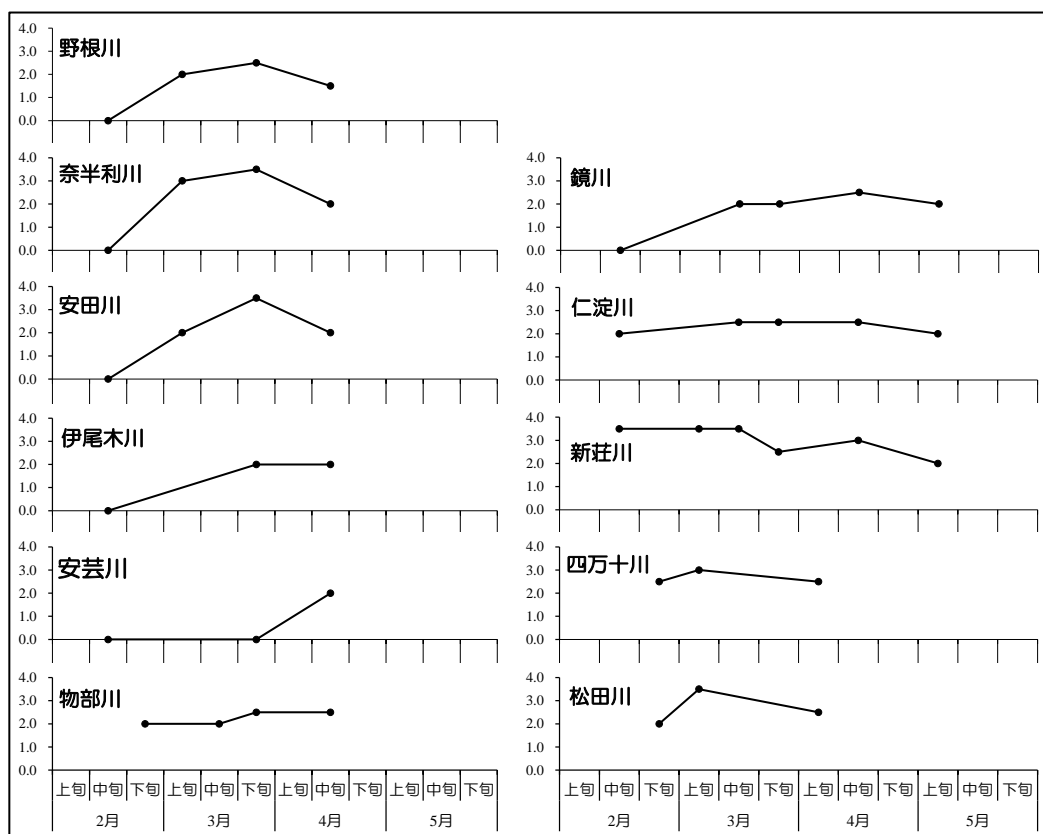


図2 県内11河川の遡上スコアの推移

表3 各河川の遡上量指標値（3～5月遡上スコア平均値）

	2021	2022	平年値 (2010-21平均)
野根川	1.9	2.0	2.4
奈半利川	2.8	2.8	2.7
安田川	2.1	2.5	2.7
伊尾木川	0.5	2.0	1.9
安芸川	1.4	1.0	1.7
物部川	1.5	2.3	2.3
鏡川	0.8	2.1	2.1
仁淀川	3.1	2.4	2.8
新莊川	2.5	2.9	2.9
四万十川	2.5	2.8	2.3
松田川	2.0	3.0	2.2
県内平均	1.9	2.3	2.4

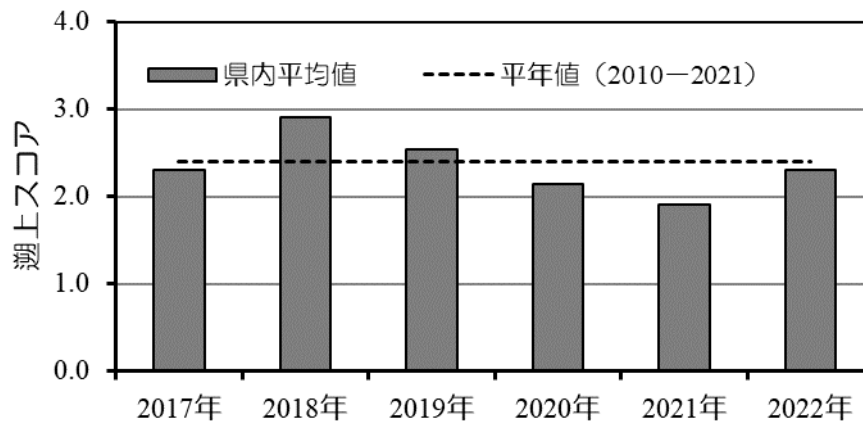


図3 遡上スコアの県内平均値

2) 遡上魚の孵化日の推定

2022年の県内4河川における遡上時期別の孵化日組成（5日区分）を図4に示した。各河川の遡上魚の孵化日は、物部川で2月下旬遡上群（2022年2月22日採捕）が2021年10月25日～11月28日（最頻区間11月17日～21日）の範囲、3月上旬遡上群（2022年3月8日採捕）が2021年11月9日～12月11日（最頻区間11月22日～26日）の範囲、4月上旬遡上群（2022年4月1日採捕）が2021年12月5日～12月31日（最頻区間12月17日～21日）の範囲にあり、全体を通してみると11月22日～26日の区間に孵化したものが多かった（ただし、他の3河川と比較して、採捕時期が全て4月上旬以前と早めに偏っている）。

鏡川では3月中旬遡上群（2022年3月16日採捕）が2021年11月6日～12月7日（最頻区間11月22日～26日）の範囲、4月中旬遡上群（2022年4月12日採捕）が2021年11月27日～12月26日（最頻区間12月12日～16日）の範囲、5月上旬遡上群（2022年5月10日採捕）が2021年11月3日～2022年1月1日（最頻区間12月22日～26日）の範囲にあり、全体を通してみると11月22日～26日及び11月27日～12月1日の区間に孵化したものが多かった。

仁淀川では3月中旬遡上群（2022年3月16日採捕）が2021年11月10日～12月11日（最頻区間11月27日～12月1日）の範囲、4月中旬遡上群（2022年4月12日採捕）が2021年11月16日

～12月27日（最頻区間12月12日～16日）の範囲、5月上旬遡上群（2022年5月10日採捕）が2021年11月9日～2022年1月5日（最頻区間2022年1月1日～5日）の範囲にあり、全体を通してみると11月27日～12月1日の区間に孵化したものが多かった。

新莊川では2月下旬遡上群（2022年2月22日採捕）が2021年11月1日～12月6日（最頻区間11月17日～21日）の範囲、3月中旬遡上群（2022年3月16日採捕）が2021年11月4日～12月9日（最頻区間11月22日～26日）の範囲、4月中旬遡上群（2022年4月12日採捕）が2021年11月11日～12月8日（最頻区間11月22日～26日）の範囲、5月上旬遡上群（2022年5月10日採捕）が2021年11月15日～12月26日（最頻区間11月22日～26日及び12月7日～11日）の範囲にあり、全体を通してみると11月22日～11月26日の区間に孵化したものが多かった。

県中央部のいずれの河川でも、最も遡上が多かったのは11月下旬の孵化群であり、これは例年（12月上旬から中旬）よりも早いといえる。2022年度のアユの遡上が例年よりも早めに推移したのは、こういった早期の孵化群の生残が例年よりも良かったことによると考えられた。

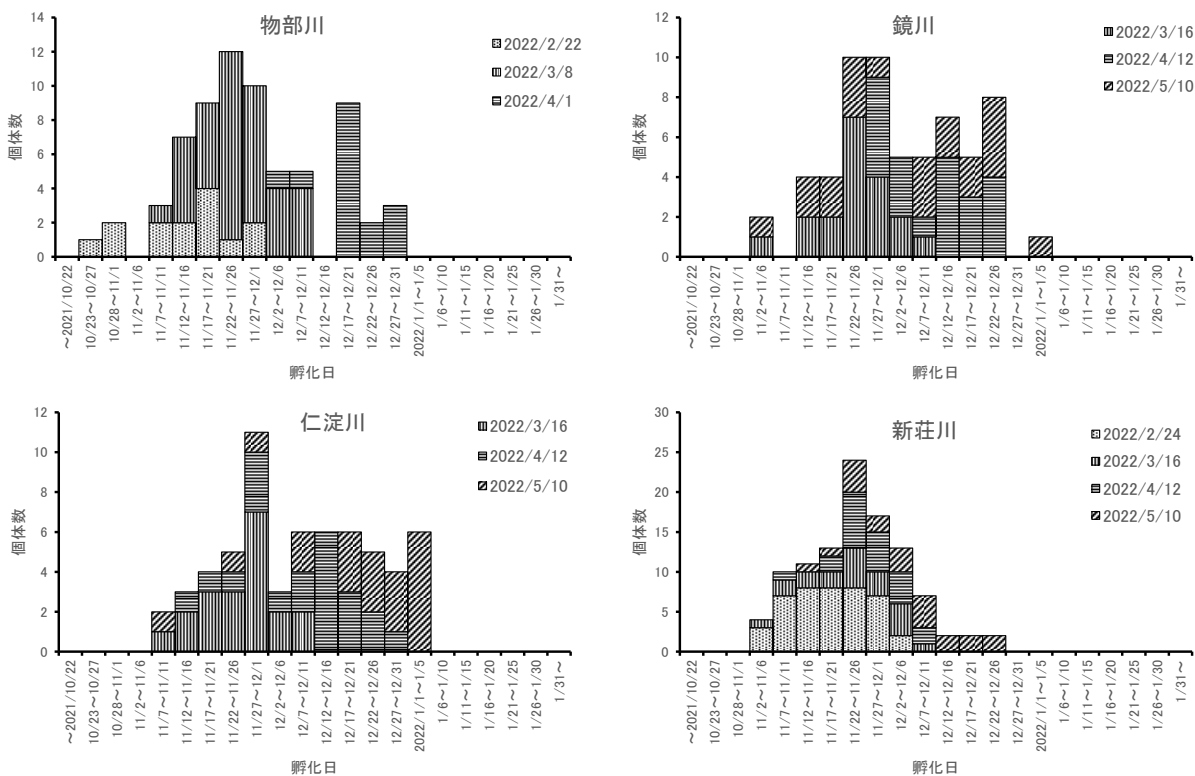


図4 県内4河川における遡上時期別の孵化日組成

文献

占部敦史・隅川 和・長岩理央（2019）高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援. 平成29年度高知県内水面漁業センター事業報告書、9-12.

占部敦史・稲葉太郎・荻田淑彦・田中ひとみ・隅川 和（2020）高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援. 平成30年度高知県内水面漁業センター事業報告書、14-25.

Tsukamoto, K. and Kajihara, T. (1987) Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1985-1997.

2 流下仔魚調査

石川 徹・隅川 和・高月 明・稲葉太郎・中城 岳

(1) 目的

2022 年度におけるアユの産卵に関するデータを収集するため、各内水面漁協と連携し、流下仔魚の状況を調査した。

(2) 材料と方法

伊尾木川、安芸川、鏡川、仁淀川、新莊川及び四万十川で、表 1 に示す定点及び日時において、網口に濾水計を取り付けた仔魚ネット（口径 50 cm、側長 150 cm、目合い 335 μ m）を流心近くに 3 分間設置して流下仔魚及び流下卵を採集するとともに、濾水計の値をもとに流下仔魚及び卵の密度（尾/ m^3 及び粒/ m^3 ）を算出し、その経月変化から流下及び産卵の盛期を推定した。

また、流下仔魚密度と時系列（10 月 15 日と 2 月 1 日を 0 と仮定して作成）による積分値を LOG^2 変換した値を流下仔魚量指標値とした。

さらに今回は、流下仔魚量指標値では加味されない河川流量に関するファクターを加え、河川ごとの流下仔魚の総量を推定することを試みた。国土交通省の流量計が設置されている、仁淀川及び四万十川では流下仔魚密度（尾/ m^3 ）に、日平均流量（ m^3 /時間）を乗じて調査時の時間流下量を算出し、これを過去の 24 時間調査における時間流下量の比率で除することで 1 日当たりの流下量としてその積算値を流下仔魚の総数とした。流量計の設置されていない、伊尾木川、安芸川、鏡川及び新莊川では流下仔魚ネット開口部の面積に対する調査時の河川断面比率を求め、これに 1 時間に仔魚ネットに入る尾数を乗じて調査時の時間流下量を算出し、これを過去の 24 時間調査における時間流下量の比率で除することで 1 日当たりの流下量としてその積算値を流下仔魚の総数とした。

表 1 各河川における流下仔魚調査の定点および日時

調査河川	調査定点	調査日				調査時刻
		10月	11月	12月	1月	
伊尾木川	国道橋上	-	3,10,17,24	1,8,15,22	5,12,19,26	19:00～19:30
安芸川	国道橋上	-	3,10,17,24	1,8,15,22	5,12,19,26	19:00～19:30
鏡川	トリム堰上下・紅葉橋上	25	1,8,15,22,29	6,13,20,27	10,17	19:00～20:00
仁淀川	行当下	26	2,9,16,23,30	7,14,22,28	4,18	19:30～20:00
新莊川	長竹橋下	26	2,9,16,23,30	7,14,22,28	5,11,18	18:30～19:00
四万十川	平元・小畑	-	7,14,21,28	5,12,19,26	9,16,23,30	18:20～19:00

(3) 結果と考察

1) 伊尾木川及び安芸川

調査期間中（11 月 3 日～1 月 26 日）の 19 時～19 時 30 分の河川水温は、伊尾木川で 5.5～18.0℃、安芸川で 8.1～20.0℃であり、伊尾木川では概ね平年並であったが、安芸川では平年

より高い状態が続いた（図1）。

流下仔魚密度の推移を見ると、伊尾木川では11月17日に73.0尾/m³の1回目のピークがみられた後、1月5日に249.9尾/m³（最大値）の2回目のピークがみられた。安芸川では11月17日に115.2尾/m³の1回目のピークがみられた後、12月22日に1,500.4尾/m³（最大値）の2回目のピークがみられた（図2）。

流下卵密度は、伊尾木川では12月1日（0.7粒/m³）、安芸川では12月22日（0.3粒/m³）に最大値となったが、いずれも量は少なかった（図3）。

これらのことから、2022年度における産卵盛期は伊尾木川で11月上中旬及び12月下旬から1月上旬にかけての2回、安芸川で11月上中旬及び12月中下旬の2回あったものと考えられた。

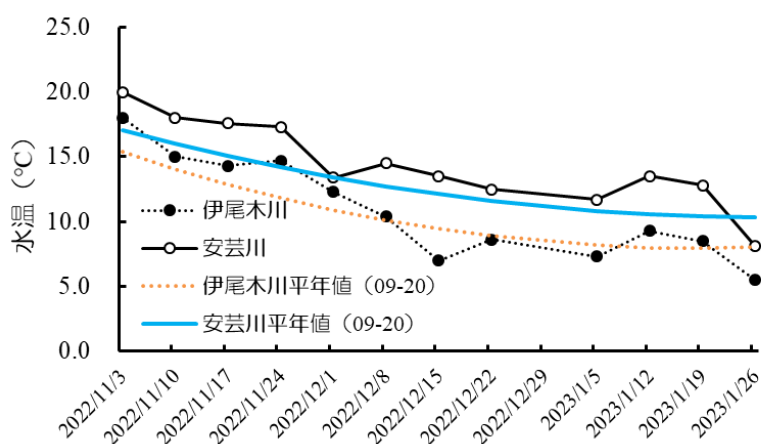


図1 伊尾木川及び安芸川の水温の推移

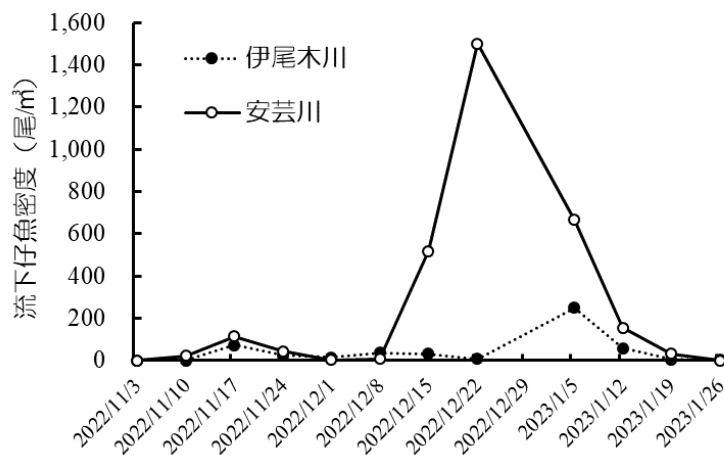


図2 伊尾木川及び安芸川の調査定点における流下仔魚密度（尾/m³）の推移

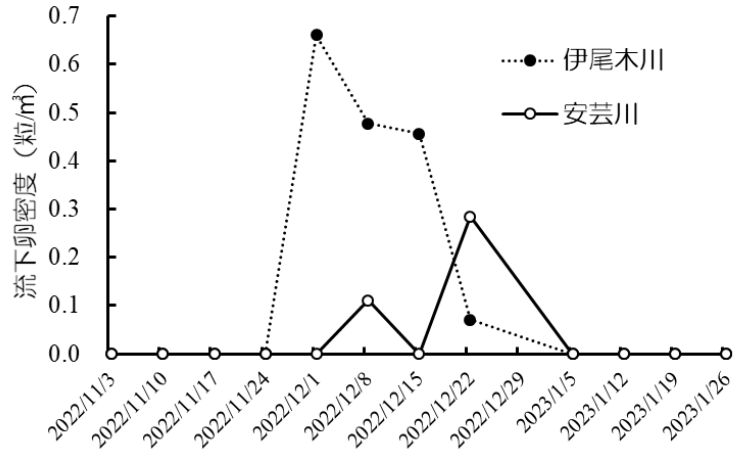


図3 伊尾木川及び安芸川の調査地点における流下卵密度 (粒/m³) の推移

2) 鏡川

調査期間中(10月25日～1月17日)の19～20時の河川水温は、紅葉橋上流で10.0～19.0℃、トリム堰上流で10.5～18.8℃、トリム堰下流で11.0～18.6℃であり、11月の水温が平年より高く、その他の時期は概ね平年並みであった(図4)。

流下仔魚密度は紅葉橋上で0.0～21.6尾/m³、トリム堰上で0.0～575.7尾/m³、トリム堰下で0.0～1,338.7尾/m³、流下卵密度は、トリム堰上で0.0～0.8粒/m³、トリム堰下では0.0～197.2粒/m³であり、紅葉橋上では卵の流下が認められなかった。流下仔魚密度、流下卵密度の双方とも調査期間を通じてトリム堰下で高く、2022年度の主産卵場はトリム堰の下流部に形成されたと考えられた。

主産卵場であるトリム堰下の流下仔魚密度の推移を見ると、12月13日に1,338.7尾/m³(最大値)の1回目のピークがみられた後、1月10日に1,323.0尾/m³と2回目のピークがみられた(図5)。

また、流下卵密度は11月29日に197.2粒/m³(最大値)の1回のピークがみられた(図6)。

これらのことから、鏡川における2022年度におけるアユの産卵盛期は11月下旬から12月中旬にかけてと、12月下旬から1月上旬にかけての2回あったと考えられた。

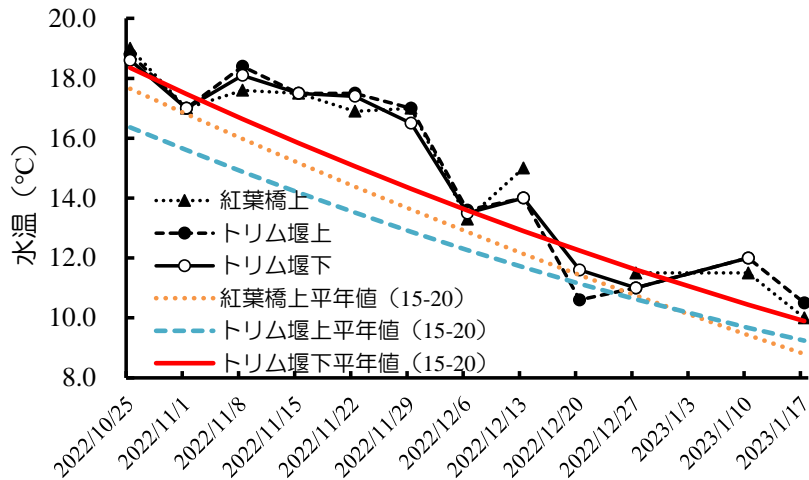


図4 鏡川の水温の推移

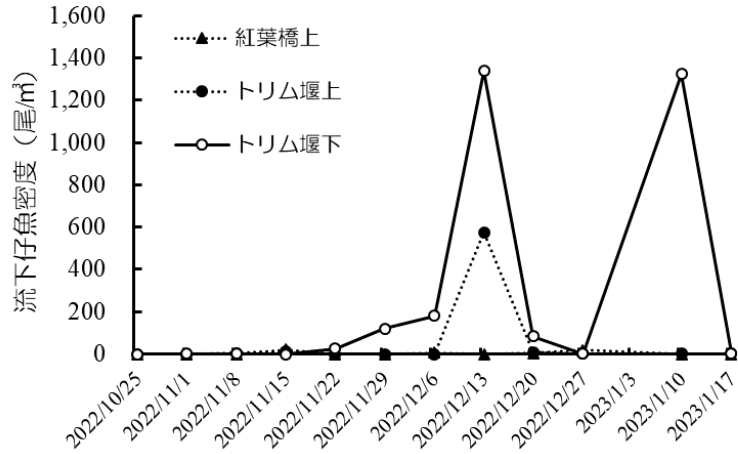


図5 鏡川の調査定点における流下仔魚密度 (尾/m³) の推移

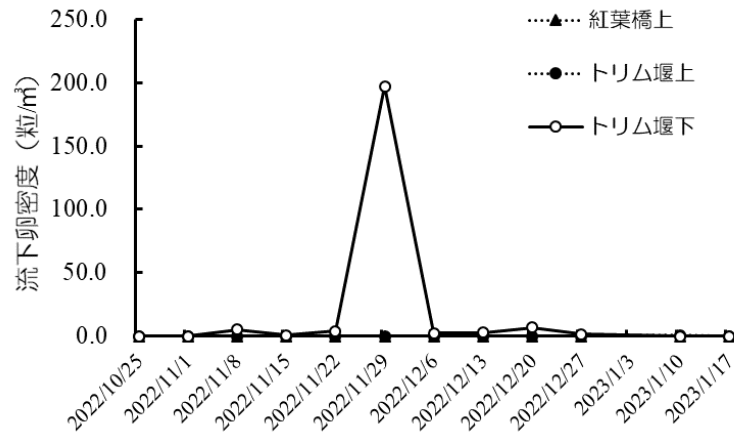


図6 鏡川の調査定点における流下卵密度 (粒/m³) の推移

3) 仁淀川

調査期間中（10月26日～1月18日）の19時30分～20時の河川水温は行当下（今年の定点より約500m下流）で8.0～17.8℃であり、概ね平年並であった（図7）。

流下仔魚密度は0.3～304.3尾/m³の範囲で推移し、11月30日に304.3尾/m³（最大値）の1回目のピークがみられた後、12月22日に249.8尾/m³の2回目のピークがみられた（図8）。流下卵密度は、0.0～64.3粒/m³の範囲で推移し、12月7日に64.3粒/m³（最大値）の1回のピークがみられた（図8）。これらのことから、仁淀川における2022年度のアユの産卵盛期は11月中下旬及び12月上旬から下旬にかけての2回あったと考えられた。

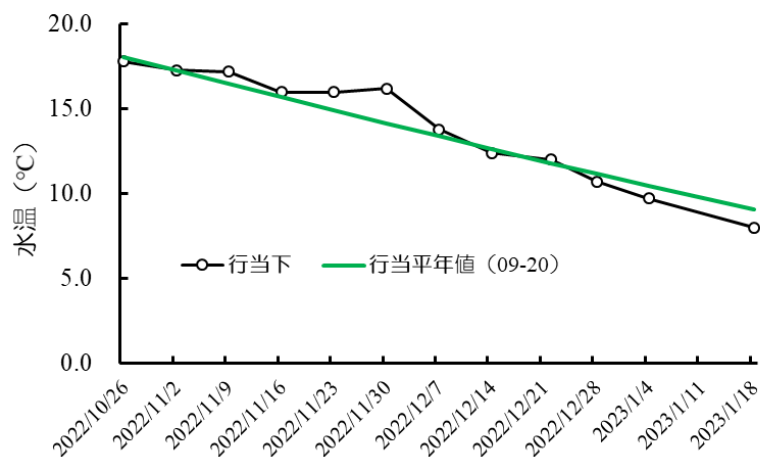


図7 仁淀川の水温の推移

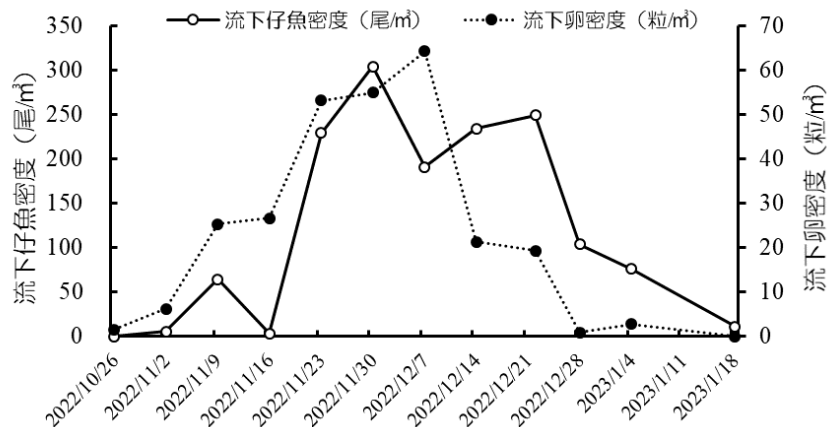


図8 仁淀川の調査定点における流下仔魚密度（尾/m³）及び流下卵密度（粒/m³）の推移

4) 新莊川

調査期間中（10月26日～1月18日）の18時30分～19時の河川水温は、長竹橋下流で16.3～20.3℃であり、概ね平年より高かった（図9）。

流下仔魚密度は0.0～493.5尾/m³の範囲で推移し、11月16日に66.4尾/m³の1回目のピークがみられた後、12月14日に493.5尾/m³（最大値）の2回のピークがみられた（図10）。また、流下卵密度は0.0～22.8粒/m³の範囲で推移し、11月16日に10.2粒/m³の1回目のピーク

がみられた後、12月7日に22.8粒/m³（最大値）の2回目のピークがみられた（図10）。

これらのことから、新莊川における2022年度のアユの産卵ピークは、11月上中旬及び12月上中旬の2回あったものと考えられた。

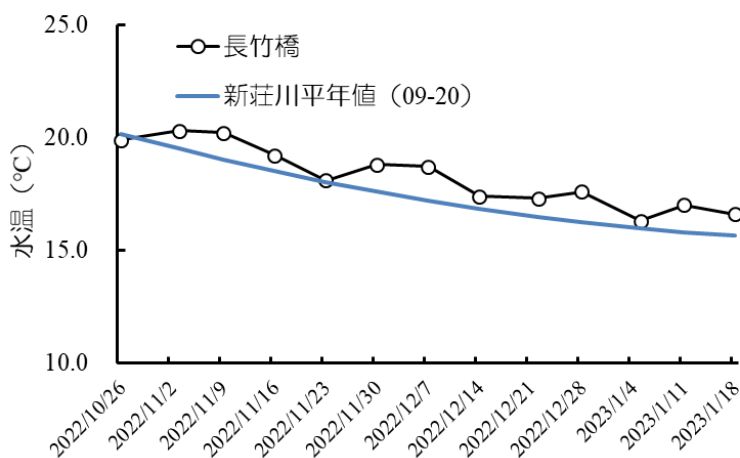


図9 新莊川の調査定点における調査時の水温の推移

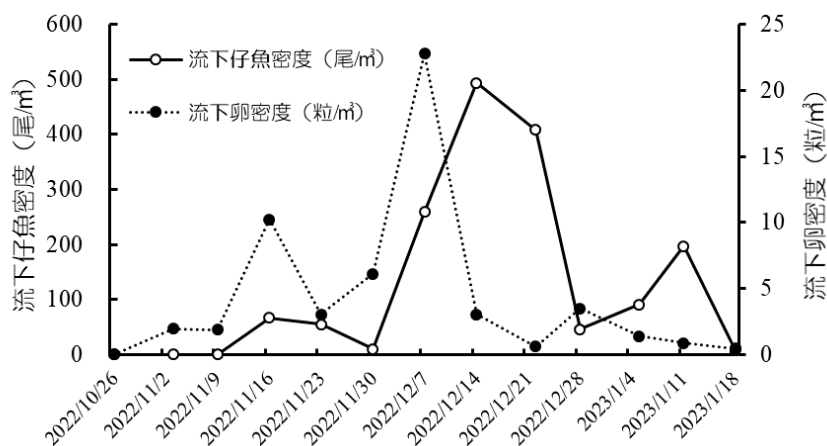


図10 新莊川の調査定点における流下仔魚密度（尾/m³）及び流下卵密度（粒/m³）の推移

5) 四万十川

調査期間中（11月7日から1月30日）の18時20分～19時の河川水温は、小畑で7.5～19.2℃、平元で7.6～18.7℃であり、概ね平年より高かった（図11）。

調査定点別にみると流下仔魚密度は平元で0.5～527.9尾/m³、小畑で6.1～5,213.2尾/m³の範囲で推移し（図12）、流下卵密度は平元で0.0～66.9粒/m³、小畑で0.0～177.6粒/m³（図13）であり、仔魚流下数が多い小畑周辺に大きな卵場が形成されていたものと考えられた。また、上流側の平元でも平年より多くの仔魚の流下が確認されており、広範にアユの産卵場が形成された可能性がある。

主産卵場における流下仔魚密度の推移を見ると11月14日に776.4尾/m³の1回目のピークがみられた後、12月26日に5,213.2尾/m³の2回目のピークがみられた（図12）。流下卵密度は11月14日にかけて177.6粒/m³（最大値）の1回のピークがみられた（図13）。

これらのことから、四万十川における 2022 年度のアユの産卵盛期は 11 月上中旬及び 12 月中下旬の 2 回であったと考えられた。

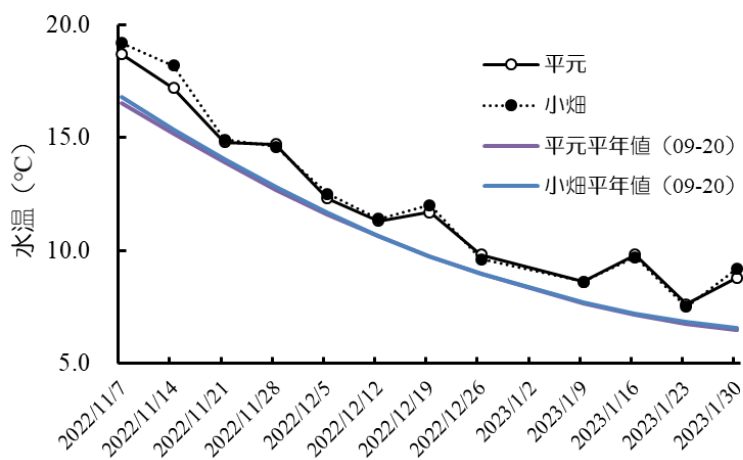


図 11 四万十川の定点における水温の推移

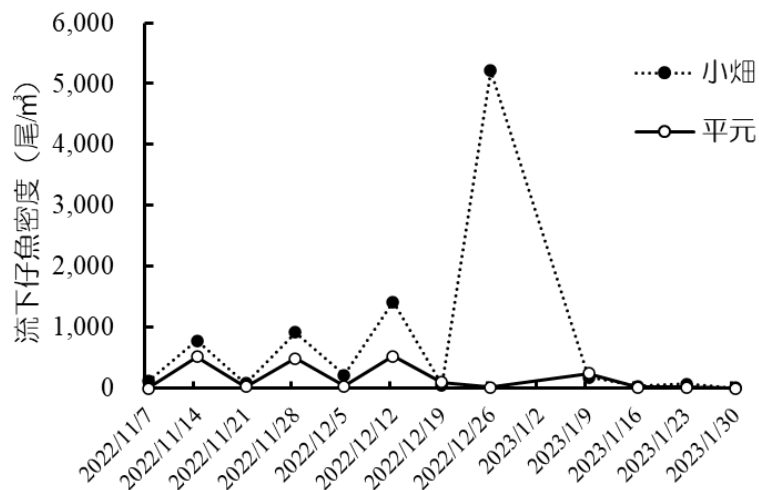


図 12 四万十川の調査定点における流下仔魚密度 (尾/m³) の推移

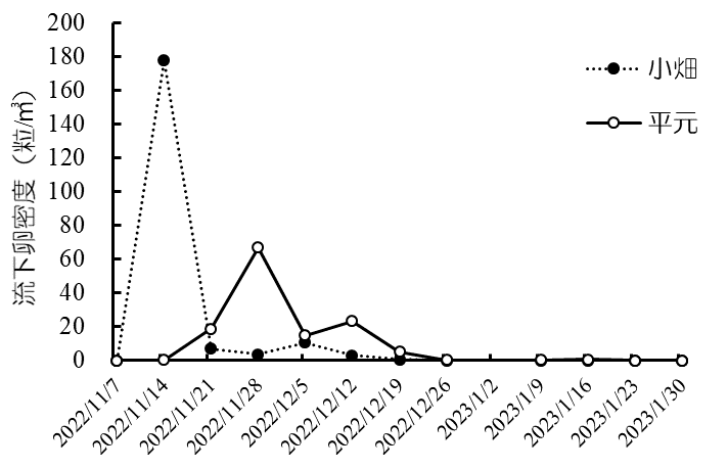


図 13 四万十川の調査定点における流下卵密度 (粒/m³) の推移

6) 流下仔魚量指標値及び流下仔魚の総数

2022年度の流下仔魚量指標値は、全ての河川で平年値より高かった（表2）。

また、2022年度のアユ産卵期を通して、流下したアユ仔魚の総数は、伊尾木川で0.8億尾、安芸川で3.6億尾、鏡川で1.1億尾、仁淀川で30.6億尾、四万十川で290億尾と推定された（表3）。

表2 各河川における流下仔魚量指標値

	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	平年値 (2009-21年平均)
伊尾木川	10.6	11.5	11.3	8.6	12.2	12.1	0.9
安芸川	14.4	13.2	12.9	16.1	15.9	14.8	1.2
鏡川	12.8	14.2	14.6	11.0	13.9	14.7	1.1
仁淀川	13.2	12.3	14.2	13.0	8.6	13.4	0.7
新莊川	13.5	13.0	13.0	14.9	13.9	13.5	1.1
四万十川	12.8	16.5	14.9	15.7	16.0	16.3	1.2

表3 各河川における推定流下仔魚尾数（通期）

	総流下尾数 (億尾)
伊尾木川	0.8
安芸川	3.6
鏡川	1.1
仁淀川	30.6
新莊川	1.1
四万十川	290

人工種苗「土佐のあゆ」の種苗性評価事業

1 目的

近年、県内のアユ漁獲量は河川環境の悪化などによって減少している。このため各河川では、内水面漁協等が中心となり、アユ資源の保全・回復を目的とした種苗放流が行われている。その放流種苗には、天然アユ資源に大きなダメージを与える冷水病やエドワジエラ・イクタルリ感染症等の原因菌を持たないことや、生態系を攪乱しないよう天然アユと同等の遺伝的多様性を持つことが求められる。

そこで本県では、高知県内水面漁業協同組合連合会（以下、内漁連）と連携し、県内河川に遡上した天然魚を親魚とする、安全性（病原菌を持たない）及び遺伝的多様性の高い県産人工種苗「土佐のあゆ」の生産・放流に取り組んでいる。

本事業では、県産人工種苗の安定的な生産・放流体制の確立を目的として、天然親魚の採捕と養成、並びに人工種苗の疾病の検査及び遺伝的多様性の評価を行った。加えて、放流技術の改善の一助とするため、放流後の人工種苗の河川への定着状況を調査した。

2 調査項目

- (1) 放流用人工種苗の生産に用いる親魚の採捕、養成及び保菌検査
- (2) 放流用人工種苗の遺伝的多様性の評価
- (3) 放流用人工種苗の保菌検査
- (4) 人工種苗の放流効果の把握

3 担当者

チーフ	石川 撤	(遺伝的多様性の評価、放流効果の把握)
主任研究員	稲葉太郎	(種苗生産に用いる親魚の採捕と養成)
研究員	中城 岳	(親魚及び放流用人工種苗の保菌検査)

1 放流用人工種苗の生産に用いる親魚の採捕、養成および保菌検査

稲葉太郎・中城 岳

(1) 目的

遺伝的多様性の高い県産人工種苗「土佐のあゆ」を生産、放流するため、県内の河川に遡上した天然アユを採捕し、種苗生産用親魚として養成する。また、人工種苗の安全性を確保するため親魚の保菌検査を実施する。

(2) 材料と方法

2022年2月24日に新荘川の岡本堰下流域において、投網、すくい網及び電撃ショッカー（スミスルート社製）、3月16日に奈半利川水系の丈丈川において、すくい網及び電撃ショッカー（同上）を用いて、親魚候補となる天然アユを採捕した。電撃ショッカーの設定は、直流間欠通電、電圧350V、通電時間（Duty Cycle）15%、周波数（Frequency）30Hzに設定した。

採捕したアユは、活魚車で高知県内水面漁業センター（以下「当センター」という。）に輸送し、採捕した河川別、採捕方法別に屋外の50トン水槽に収容して約半年間養成した。また、輸送時の死魚の体重を測定、平均し、飼育開始時の平均体重とした。

養成した天然親魚（2022年F0群）は、10月上旬に1池当たり10尾を目安に保菌検査を実施した後、10月17日に当センターから種苗生産施設である高知県内水面種苗センター（以下「種苗センター」という。）へ活魚車で移送し、種苗生産用親魚とした。

採卵は、雄10尾程度及び雌15～20程度の親魚を1ロットとして実施した。卵は乾導法により受精させ、採卵マット（120cm×80cm程度）の両面に付着させた後、卵管理水槽に収容し、ふ化直前まで管理した。

また、種苗生産に供した全ての親魚について、1尾当たり数十mgの腎臓片を採取し、採卵ロットごとにまとめたものを1検体として、冷水病及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の保菌検査を実施した。検査手法はアユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会、平成23年12月）に従った。

(3) 結果と考察

1) 採捕及び輸送

新荘川で2,731尾、丈丈川で2,042尾の天然アユをそれぞれ採捕した。採捕直後の死魚数は、新荘川が207尾、丈丈川が15尾、活魚車による輸送時の死魚数は、新荘川が58尾、丈丈川が44尾であった。新荘川では投網による採捕を実施したが、鱗がはがれる等魚体への負担が大きかったため、死魚数が多くなったと考えられた。

2) 養成

冷水病対策として、養成開始時（新荘川産のみ）、5月に1回、8月に2回の塩水浴を実施した。1回3日間を基本とし、塩分濃度は1.2%程度とした。塩水浴中の水温は、5月に24.6℃、8月上旬に29.1℃、8月下旬に27.4℃まで上昇した。飼育期間中、魚病の発生は認められなかった。

推定魚体重別の給餌率を表 1 に示した。市販のアユ用飼料を 2 社分混合し、出荷時のサイズが同程度になるよう、飼育開始時の魚体サイズが大きい池では低め、小さい池では高めの給餌率とした。推定体重 40g までは、3.3~4.0%、60g までは 4.0~3.0%、その後出荷までは 2.2~0.8% を与え、雨天時には 2 割程度減量、塩水浴時は半量とした。また、9 月からは卵質の向上を目的として、スピルリナが配合されたディスク型飼料を 50% 程度混合して給餌した。給餌率は既往の文献と比較して低めであるが、消化不良に起因すると思われる粘便が散見された。これは、当施設の飼育池は屋外であり、池に生える藻類や飛来する昆虫類を盛んに摂餌する様子が認められることから、給餌以上の摂餌や、昆虫類の消化不良に起因すると考えられる。

表 1 給餌率表

推定体重	新莊川 (電撃主体)	新莊川 (投網主体)	丈丈川 (電撃)
5g未満	4.8~3.8	3.5	4.0
5~10g	3.8	3.5	4.0
10~20g	3.6	3.3	4.0
20~30g	3.4	3.3	4.0
30~40g	3.4~3.0	3.3~2.6	4.4~3.3
40~60g	3.0~2.0	2.6~2.0	3.3~2.2
60~80g	2.0	2.0	2.2~2.0
80~100g	2.0~1.4	2.0~1.4	2.0~1.4
100g 超	1.0~0.8	1.0~0.8	1.0~0.8

10 月中旬を採卵予定時期とし、5 月 30 日から 8 月 10 日の期間に、明期 18 時間、暗期 6 時間で長日処理を行い、成熟を調整した。

各河川で採捕した天然アユの養成結果を表 2 に、親魚養成水槽（丈丈川産の収容水槽）の水温の経過を図 1 に示した。

電撃ショッカーで採捕した新莊川産の親魚は、1,191 尾を取り上げた。収容からの生残率は 89.7%（死魚には測定用サンプル 40 尾を含む）で、収容後 10 日間の死魚は 85 尾であった。餌料効率は 0.67、出荷時の平均体重は 102.8g、10 月 3 日時点における GSI は、雄 12.3、雌 23.1 であった。

投網で採捕した新莊川産の親魚は、892 尾を取り上げた。収容からの生残率は 78.4%（死魚には測定用サンプル 40 尾を含む）で、収容後 10 日間で 184 尾が死亡しており、採集方法による負担が大きかったと考えられた。餌料効率は 0.65、出荷時の平均体重は 100.7g、10 月 3 日時点における GSI は、雄 11.7、雌 23.3 であった。

丈丈川産の親魚は 1,925 尾を取り上げた。収容後の生残率は 97.1%（死亡魚には測定用にサンプリングした 41 尾を含む）で、収容後 10 日間の死魚は 9 尾であった。餌料効率は 0.73、出荷時の平均体重は 113.6g、10 月 3 日時点における GSI は、雄 11.2、雌 20.3 であった。

全ての親魚を 10 月 17 日に種苗センターへ移送し、10 月 20 日及び 21 日に採卵に供した。

本年は、親魚候補を早い時期に確保することができたことから、低めの給餌率で出荷時魚体重を計算しながら飼育することができた。一方、餌料効率は、高めの給餌率で推移した池で平均（過去 5 年平均 0.75）程度、低めの給餌率で推移した池で低い値となった。飼育密度や生残率等の条件に大きな違いがあるものの、本施設における至適給餌率については、引き続き検討を要する。

表 2 親魚養成結果の概要

採捕河川	新荘川 (電撃主体)	新荘川 (投網主体)	丈丈川 (電撃)	
採捕日	2月24日	2月24日	3月16日	
採捕尾数	計2,731		2,042	
移送尾数	1,374	1,150	2,027	
収容尾数	1,328	1,138	1,983	
収容時の平均体重(g)	1.00	1.50	1.41	
出荷尾数	1,191	892	1,925	
出荷時の平均体重(g)	102.8	100.7	113.6	
GSI	オス平均	12.3	11.7	11.2
	メス平均	23.1	23.3	20.3
収容後の生残率	89.7%	78.4%	97.1%	

(死魚にはサンプリング分含む)

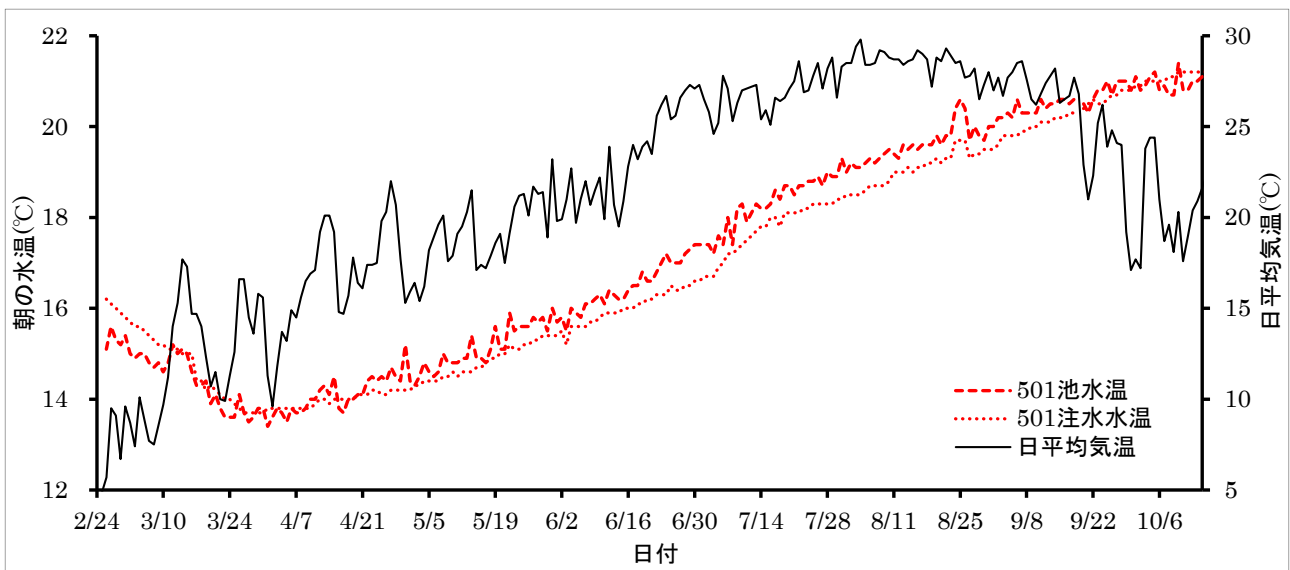


図 1 親魚養成水槽の水温経過

3) 親魚の保菌検査

10月上旬に種苗センターへの出荷前に実施した PCR 検査では、いずれの親魚群からも冷水病及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌は検出されなかった。

採卵は10月20日及び21日に実施し、採卵に供した全ての親魚について冷水病及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌の保菌検査を実施した。検査の結果、全てのロットでいずれも陰性であった。

(4) 参考文献

河合俊輔 (2022) アユ. 養殖ビジネス 2022 年臨時増刊号 : 96-100

近藤優、大上皓久、五十嵐保正 (1991) 給餌回数、給餌率がアユの成長、エネルギー収支に及ぼす影響. 静岡県水産試験場研究報告 26 号 : 65~73

古橋真、海野徹也、渡辺崇司、中川平介、坂本秀一 (2004) アユの成長に与える飼料タンパク質含量の影響. 水産増殖 52 巻 2 号 : 153~158

2 放流用人工種苗の遺伝的多様性の評価

石川 徹・隅川 和

(1) 目的

放流種苗には、遺伝的攪乱を生じさせないように、天然アユと同等の遺伝的多様性を持つことが求められる。そこで、県産人工種苗「土佐のあゆ」の遺伝的多様性を評価した。

(2) 材料と方法

2022 年度に放流した F1 種苗（2021 年度に養成した天然アユを親とする種苗で、親魚数は約 300 尾。以下「2022F1」という。）と F2 種苗（2021 年度に生産した F1 種苗を親とする種苗で、親魚数は約 1,000 尾。以下「2022F2」という。）の 2 集団 96 個体（各 48 個体）を用いて、Takagi et al. (1999) の 7 遺伝子座 (Pal 1~7) および Hara et al. (2006) の 2 遺伝子座 (Palayu194 および 199) の計 9 遺伝子座について、マイクロサテライト DNA 多型解析を行った。

得られたデータをもとに、各遺伝子座におけるアリル数 (N_A) 及びヘテロ接合体率の観察値 (H_o) の平均値を算出し、2022F1 及び 2022F2 の遺伝的多様性について評価した。

(3) 結果と考察

2022 年に放流した県産人工種苗（2022F1 及び 2022F2）の各遺伝子座のアリル数及びヘテロ接合体率を表 1 に示した。また、上記 2 群を含む県産人工種苗 14 集団（2016~2021F1, F2）及び土佐湾産天然海産アユ 7 集団（占部ら 2018）のアリル数及びヘテロ接合体率の各遺伝子座における平均値を表 2 に示した。

アリル数の各遺伝子座の平均は、2022F1 及び 2022F2 でそれぞれ 11.9 及び 10.8 であり、過去に放流した人工種苗の F1 種苗（11.2~14.3）及び F2 種苗（10.4~12.2）と比較すると中間的な数値であり、天然海産アユ（11.6~12.7）と比較しても遜色ないものであった。また、ヘテロ接合体率の観測値の各遺伝子座の平均は、2022F1 及び 2022F2 でそれぞれ 0.70 及び 0.76 であり、過去に放流した県産人工種苗の F1 種苗（0.69~0.73）、F2 種苗（0.68~0.76）及び天然海産アユ（0.68~0.73）と同等であった。

県産人工種苗「土佐のあゆ」では遺伝的多様性を有することの指標として、アリル数は各遺伝子座の平均で 10 以上、ヘテロ接合体率の観察値は各遺伝子座の平均で 0.7 程度を目安としている。2022 年に放流した人工種苗についてはアリル数及びヘテロ接合体率がいずれも目安とする値を満たしており、天然海産アユと同等の遺伝的多様性が保持されていたことが確認された。

表1 2022年に放流した人工種苗2集団(2022F1, 2022F2)のアリル数 (*NA*) 及びヘテロ接合体率 (*Ho*)

	2022F1		2022F2	
	<i>NA</i>	<i>Ho</i>	<i>NA</i>	<i>Ho</i>
Pal1	14	0.92	12	0.90
Pal2	15	0.83	16	0.83
Pal3	16	0.69	18	0.75
Pal4	23	0.92	21	0.94
Pal5	4	0.46	3	0.63
Pal6	10	0.77	7	0.81
Pal7	8	0.65	6	0.88
Pal194	13	0.56	11	0.67
Pal199	4	0.50	3	0.46
Average	11.9	0.70	10.8	0.76

表2 2022年に放流した人工種苗2集団(2022F1, 2022F2)を含むアユ21集団のアリル数 (*NA*) 及びヘテロ接合体率 (*Ho*) の各遺伝子座の平均値

		<i>NA</i>	<i>Ho</i>	
人工	F1	2022	11.9	0.70
		2021	11.4	0.72
		2020	13.1	0.72
		2019	-	0.69
		2018	11.9	0.69
		2017	11.2	0.70
	F2	2016	14.3	0.73
		2022	10.8	0.76
		2021	10.8	0.68
		2020	12.2	0.71
		2019	-	0.70
		2018	10.4	0.69
	天然	2017	11.3	0.71
		2016	10.8	0.71
2016松田川		11.7	0.70	
2016新荘川		12.3	0.68	
2016仁淀川		11.6	0.70	
2016鏡川		12.3	0.72	
2016物部川		12.4	0.72	
2016伊尾木川	12.7	0.71		
2016奈半利川	12.2	0.73		

文献

- Takagi, M., Shoji, E. and Taniguchi, N. (1999) Microsatellite DNA polymorphism to reveal genetic divergence in ayu, *Plecoglossus altivelis*. Fish. Sci., 65 (4), 507-512.
- Hara, M., Sakamoto, T., Sekino, M., Ohara, K., Matsuda, H., Kobayashi, M. and Taniguchi, N. (2006) Characterization of novel microsatellite DNA markers in ayu *Plecoglossus altivelis*. Fish. Sci., 72, 208-210.
- 占部敦史, 隅川和 (2019) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立及び種苗性の確保, 高知県内水面漁業センター事業報告書, 第30巻, 26-28.

3 放流用人工種苗の保菌検査

中城 岳・石川 徹

(1) 目的

アユの放流用人工種苗には、天然アユ資源のへい死被害防止のため、疾病の原因菌を保菌していないことが求められる。そこで、県産人工種苗「土佐のあゆ」の安全性を確保するため、細菌性冷水病（以下、冷水病）及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌の保菌検査を実施した。

(2) 材料と方法

全生産群 8 池について、放流前に 1 池あたり 60 尾を無作為抽出し、10 尾ずつを 1 ロットとして 1 池あたり 6 ロット、合計 48 ロットについて、冷水病及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌の保菌検査を実施した。なお、検査手法は「アユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会，平成 23 年 12 月）」に従った。

(3) 結果と考察

保菌検査を実施したロットのいずれからも、冷水病菌及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌は検出されなかった。

文献

アユ疾病に関する防疫指針. アユ疾病対策協議会 2011

4 人工種苗の放流効果の把握

石川 徹・中城 岳・隅川 和

(1) 目的

放流効果の高い人工種苗の生産および放流技術の開発には、放流後の河川への定着状況の把握が不可欠である。そこで、令和4年に放流したアユ人工種苗が河川でどのように定着し、成長しているのか調査した。

なお、今回調査した3河川については、下流部に魚道のないダムが存在し、天然アユの遡上がない河川となっている（陸封群については不明）。そのため、当該水域におけるアユ資源は、ほぼ人工種苗の放流に依存している。

(2) 材料と方法

1) 四万十川水系北川川

令和4年5月25日10:00から14:00の間に、四万十川水系北川川の芳生野から大野地までの22kmの区間について潜水観察を行った（図1）。潜水観察は、①～⑥の各調査点で100mの区間を調査員が流下し、その間に観察されるアユの個体数を把握した。観察範囲は、実施時の透視度が2mであったことから、両側4m（片側2m）の範囲とした。区間長及び川幅については、計測アプリ AREA CALCULATOR FOR LAND を使用して計測した（以下、同様）。なお、北川川については、放流区間内（22kmの範囲）におけるアユ人工種苗放流後の定着に関する推定も行った。



図1 四万十川水系北川川における調査区間

2) 吉野川水系地藏寺川

令和4年8月9日10:00から12:00の間に、吉野川水系地藏寺川の土佐町立境浄水場前から椀大橋までの1,150mの区間について潜水観察を行った（図2）。潜水観察は、調査区間を調査員が流

下し、その間に観察されるアユの個体数を把握した。観察範囲は、調査時の透視度が 2m であったことから、両側 4m (片側 2m) の範囲とした。



図 2 吉野川水系地藏寺川における調査区間

3) 奈半利川水系小川川

令和 4 年 8 月 10 日 11:00 から 13:00 の間に、奈半利川水系小川川の弘瀬橋から二股橋までの 1,600m の区間について潜水観察を行った (図 3)。潜水観察は、調査区間を調査員が流下し、その間に観察されるアユの個体数を把握した。観察範囲は、調査時の透視度が 5m であったことから、両側 10m (片側 5m) の範囲とした。



図 3 奈半利川水系小川川における調査区間

(3) 結果と考察

1) 四万十川水系北川川

定着状況調査 (潜水観察) の結果を表 1 に示した。

四万十川水系北川川の調査点①郷内大橋では、観察面積 400 m²に対し、90 尾のアユが観察され生息密度は 0.23 尾/m²であった。全長は 10~17 cm 程度で、縄張りアユが散見された。調査点②

長沢橋では、観察面積 400 m²に対し、78 尾のアユが観察され生息密度は 0.20 尾/m²であった。全長は 10～17 cm程度で、全体にアユは少なく、アユ及びアカザが各 1 尾斃死していた。調査点③下野では、観察面積 400 m²に対し、71 尾のアユが観察され生息密度は 0.18 尾/m²であった。全長は 10～17 cm程度で、全体にアユは少なかった。調査点④役場前では、観察面積 400 m²に対し、153 尾のアユが観察され生息密度は 0.38 尾/m²であった。全長は 10～20 cm程度で、他の調査点よりも縄張りアユが多かった。調査点⑤役場前では、観察面積 400 m²に対し、110 尾のアユが観察され生息密度は 0.28 尾/m²であった。全長は 10～20 cm程度で、調査点⑤と同様に他の調査点よりも縄張りアユが多かった。調査点⑥観音前では、観察面積 400 m²に対し、255 尾のアユが観察され生息密度は 0.64 尾/m²であった。全長は 10～17 cm程度で、他の調査点よりもアユが多かったが群れアユであった。また、当該調査点では、河床にカワシオグサが繁茂していた。

当該調査区間の総延長 22 kmの範囲には、令和 4 年 4 月 8 日に高知県産種苗 4.5 万尾、令和 4 年 4 月 28 日に高知県産種苗 5 万尾、令和 4 年 5 月 13 日に他県産種苗 5 万尾の合計 14.5 万尾のアユ人工種苗が放流されている（平均サイズは概ね 10g 程度）。定着状況調査時に観察されたアユの平均生息密度は 0.32 尾/m²であり、調査区間の総水面積を 396,000 m²（平均川幅 18m×22 km）とするとおおよそ 12.5 万尾が定着していることとなり、大きな減耗・散逸は生じていないと考えられた。

表 1 定着状況調査（潜水観察）結果

調査点	水温 (°C)	川幅 (m)	区間面積 (m ²)	観察面積 (m ²)	観察尾数 (尾)	全長 (cm)	生息密度 (尾/m ²)	区間尾数 (尾)	備考
① 郷内大橋	14.4	12	1,200	400	90	10 ~ 17	0.23	270	縄張りアユも散見される
② 長沢橋	15.5	15	1,500	400	78	10 ~ 17	0.20	293	全体的にアユは少ない 斃死魚 アユ：1尾、アカザ：1尾
③ 下野	15.1	13	1,300	400	71	10 ~ 17	0.18	231	全体的にアユは少ない
④ 役場前	15.6	13	1,300	400	153	10 ~ 20	0.38	497	他地点に比べて縄張りアユが多め
⑤ 新大古見橋	18.4	22	2,200	400	110	10 ~ 20	0.28	605	他地点に比べて縄張りアユが多め
⑥ 観音前	18.6	33	3,300	400	255	10 ~ 17	0.64	2,104	数が多いが群れアユ カワシオグサが繁茂
平均	16.3	18			126	10 ~ 18	0.32	667	

2) 吉野川水系地藏寺川

定着状況調査（潜水観察）の結果を表 2 に示した。

吉野川水系地藏寺川の境浄水場前から栴大橋までは調査区間長 1,150m で平均的な川幅は 10.1m、水面積は 11,615 m²と算出された。観察されたアユは合計 520 尾で、観察面積 4,600 m²に対する生息密度は、0.11 尾/m²と算出された（群れアユが多く分布に偏りがあるため精度は低い）。一般的に友釣りも多くアユが釣れる密度は 1 尾/m²とされており、それと比較すると算出された生息密度は低いといえる。全長はおおよそ 15～25cm の範囲にあり、同時期の天然遡上のある他河川と同程度であったため、成長は概ね順調と考えられた。また、多くのアユは 100 尾程度の大きな群れで行動しており、瀬の落ち込みなどの隠れやすい箇所に蟠集していた。

表 2 定着状況調査（潜水観察）結果

調査区間	水温 (°C)	区間長 (m)	川幅 (m)	区間面積 (m ²)	観察面積 (m ²)	観察尾数 (尾)	全長 (cm)	生息密度 (尾/m ²)	区間尾数 (尾)	備考
吉野川水系 地藏寺川 境浄水場前～栴大橋	22.2	1,150	10.1	11,615	4,600	520	15～25	0.11	1,313	・全体的に群れアユが多い (1群100尾程度)

3) 奈半利川水系小川川

定着状況調査（潜水観察）の結果を表3に示した。

奈半利川水系小川川の弘瀬橋から二股橋までは調査区間長 1,600m で平均的な川幅は 25.5m、水面積は 40,800 m²と算出された。観察されたアユは合計 1,700 尾で、観察面積 16,000 m²に対する生息密度は、0.11 尾/m²と算出された（群れアユが多く分布に偏りがあるため精度は低い）。生息密度は前出の地蔵寺川と同様に低いといえる。全長もおよそ 15~25cm の範囲にあり、地蔵寺川と同等であった。また、多くのアユは 20 尾程度の群れで行動しており、流れの強い瀬の中では無く、瀬尻の緩流域で多く観察された。

表3 定着状況調査（潜水観察）結果

調査区間	水温 (℃)	区間長 (m)	川幅 (m)	区間面積 (m ²)	観察面積 (m ²)	観察尾数 (尾)	全長 (cm)	生息密度 (尾/m ²)	区間尾数 (尾)	備考
奈半利川水系 小川川 弘瀬橋～二股橋	22	1,600	25.5	40,800	16,000	1,700	15~25	0.11	4,335	・全体的に群れアユが多い (一群20尾程度)

5 河川における人工種苗放流前後の細菌性冷水病原因菌の動態把握

中城 岳・石川 徹・隅川 和

(1) 目的

アユの主要疾病である細菌性冷水病（以下、冷水病）の原因菌 *Flavobacterium psychrophilum* は、過去の研究によって河川に周年定着している可能性が高いと考えられている。そのため、冷水病への感染経験のない人工種苗を放流した場合、環境水中の冷水病菌に感染し、大量斃死が発生する恐れがある。

こうした懸念を明らかにするため、人工種苗放流前後の河川水をサンプリングし、環境 DNA を分析することにより、冷水病菌が人工種苗放流を起因として河川内で増殖するか否かを調べた。

(2) 材料と方法

令和 4 年 3 月 23 日（放流前）、4 月 27 日（本県産人工種苗放流後 19 日経過）及び 5 月 25 日（他県産人工種苗放流後 12 日経過）の計 3 日、四万十川水系北川川の芳生野から大野地までの 22km の区間のうち、調査点①（郷内大橋）、②（役場前）、③（新大古味橋）の計 3 地点を調査定点とし（図 1）、各地点で河川水 1L を 2 本ずつ採取した。採取した河川水サンプルは当センターまで約 4℃で持ち帰り、-20℃で 24 時間以上凍結保存した。河川水サンプルは解凍後、全量を孔径 0.1mm の GF/F ガラスフィルター（Cytiva）及び孔径 0.2µm のサイクロポアメンブレンフィルター（Cytiva）でろ過し、これらのフィルターから嶋原ら（2015）に従い DNA を抽出し、今城ら（2017）が設計した TaqMan 蛍光プローブを用いたリアルタイム PCR（以下、qPCR）法に供し、冷水病菌に特異的な PPIC 遺伝子のコピー数を算出した。なお、2 サンプル分の平均コピー数を各調査点のコピー数とした。また、qPCR 反応液の組成は、テンプレート DNA 2.0µL、Probe qPCR Mix（タカラバイオ）5.0µL、フォワード及びリバースプライマー各 0.25µL（最終濃度各 0.25µM）、プローブ 0.2µL（最終濃度 0.2µM）を混合し、超純水で最終液量 10.0µL に調整した。qPCR 反応は Light Cycler 96（Roche）を用い、初期熱変性を 95℃30 秒、続いて 2 ステップサイクル（95℃5 秒、60℃30 秒）を 50 サイクル行った。

(3) 結果と考察

調査地点における PPIC 遺伝子のコピー数の推移は図 2 の通りであった。放流前の 3 月 23 日から全 3 地点で PPIC 遺伝子が検出され、3 地点の平均コピー数は 3.4×10^2 copies/L であった。また、放流後の 4 月 27 日及び 5 月 25 日も同様に PPIC 遺伝子が検出されたが、平均コピー数はそれぞれ 3.0×10^2 copies/L 及び 3.5×10^2 copies/L であり、増減は見られなかった。

以上の結果より、人工種苗の放流直後には、河川内で冷水病菌は増殖していないことが分かった。ただし、河川水温と飼育水温が大きく異なる地点への放流などによって、放流種苗に大きなストレスがかかった場合、アユ自体の免疫力が低下することで、冷水病を含む疾病への感染及び発症の危険性が高まるため、放流場所や放流方法を事前に十分検討する必要があると考えられる。

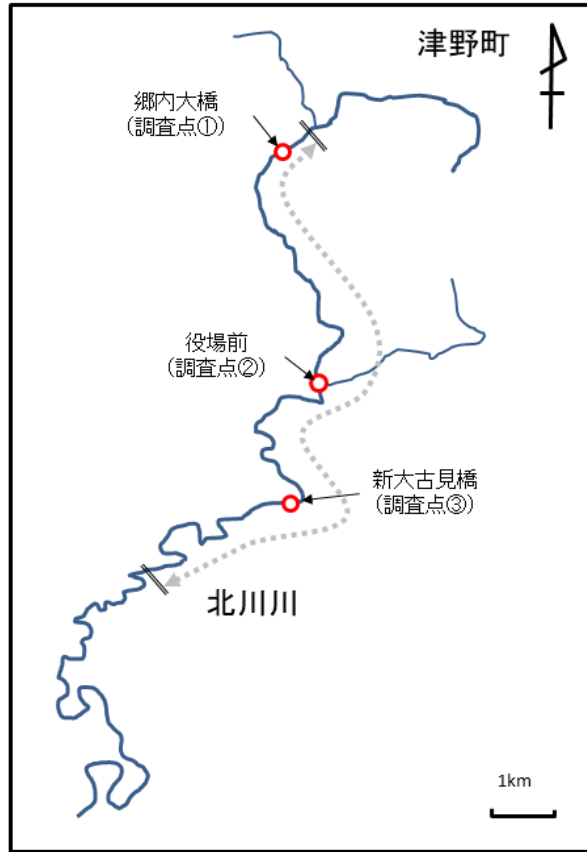


図1 四万十川水系北川川における調査区間及び調査点

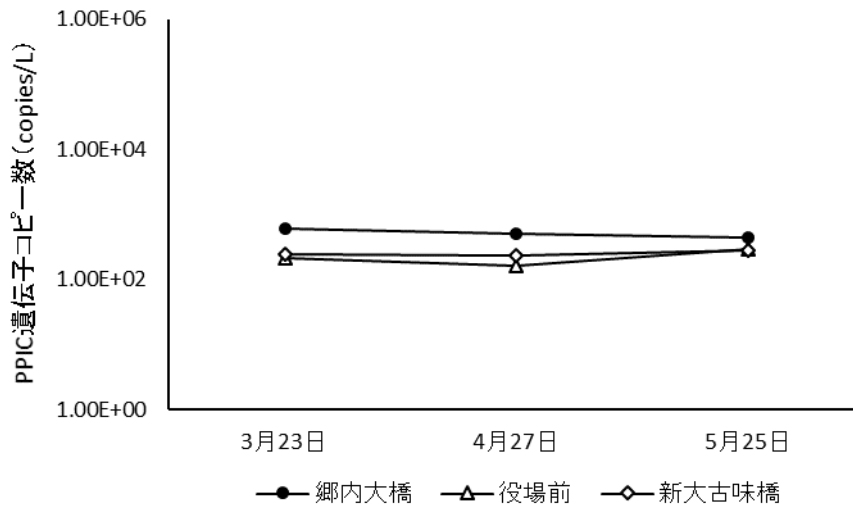


図2 各地点におけるPPIC遺伝子のコピー数の推移

【引用文献】

今城雅之・山崎憲一・山下はづき・門野真弥・片岡榮彦・大崎靖夫・高橋 徹 (2017) 高知県鏡川におけるアユ細菌性冷水病の疫学調査. 魚病研究, 52, 141-151

嶋原佳子、河東康彦、柳宗悦、前野幸二、釜石隆 (2015) 養殖場における *Nocardia seriolae* の分布に関する研究. 平成 27 年度日本魚病学会春季大会.

養鰻における疾病の早期検知技術の開発

中城 岳

1 目的

県内ではウナギ養殖が盛んに行われているが、疾病によるへい死被害が大きな問題となっており、年間被害金額は約9千万円にもものぼる。

本研究では、本県のウナギ養殖において最もへい死被害の大きい「パラコロ病」の早期検知技術の開発を目的として、①qPCRを用いた環境水からの *E. anguillarum* 細菌量の定量検出手法の確立、②当該手法を用いた感染試験による *E. anguillarum* の細菌量動態のモニタリング、③養鰻池における *E. anguillarum* の細菌量動態及び水質のモニタリングを行う。なお、本事業は令和3年度から5年度までの3カ年事業であり、令和4年度については、②及び③を実施した。

2 材料と方法

(1) 水槽での感染試験による *E. anguillarum* の細菌量動態のモニタリング

パラコロ病に感染したウナギから飼育水中に排出される原因菌の細菌量をモニタリングするため、令和3年度に実施した浸漬法に加え、腹腔内注射法を用いて感染試験を実施した。

供試魚及び供試菌株

供試魚は過去5年間でパラコロ病の発生歴のない養殖場を営んでいる県内養鰻業者から入手した、魚体重約50~100g/尾のニホンウナギを用いた。供試菌株は当所保有のKFCB-617株とし、病原性を高めるため以下の手法で魚体通過させた後、攻撃用菌株として使用した。

- ・ハートインフュージョン液体培地（以下、HI液体培地）5.0mLに接種後、30℃、24時間静置培養
- ・培養液を供試魚1尾の腹腔内に接種し、死亡魚の腎臓からSS寒天培地で分離した菌株を、HI液体培地で30℃、24時間静置培養後、80%グリセロールと混和し、-80℃で冷凍保存

飼育水槽の環境条件

30Lアクリル水槽に1尾を収容した。飼育水の水温はヒーターで30℃に維持した。また、十分なエアレーションを行い、一定の溶存酸素量が保持されるようにした。なお、飼育水の換水は1回転/5時間の微換水とし、飼育期間中は無給餌とした。

供試魚及び飼育水の分析

供試魚については、死亡個体は取り上げ後、症状の確認、肝臓及び腎臓組織の塗抹標本の観察、サルモネラ・シゲラ寒天培地（以下、SS寒天培地）による菌分離を行い、肝臓及び腎臓組織からDNeasy Blood & Tissue Kit (Quiagen) を用いて抽出したDNAサンプルをqPCRに供し、陽性が確認されたサンプルについては、Qubit fluorometer (invitrogen) を

用いて、各抽出 DNA1.0ng あたりの原因菌 DNA コピー数を算出した。なお、生存魚は試験終了日に全て取り上げ、同様の検査を実施した。また、飼育水については、試験開始 0 日目から試験終了日まで、オーバーフロー排水を毎日 50mL 採水し、中城 (2021) の手法に従い、飼育水中の細菌量 (CFU/L) を推定した。また、ガラス電極式水素イオン濃度指示計 HM-30P (東亜 DKK) を用いて飼育水の pH を測定した。

感染試験

①浸漬感染法

第 1 回から第 4 回の計 4 回、浸漬感染法による感染試験を実施した。攻撃用菌株を HI 液体培地 200mL に接種後、30°C で 24 時間静置培養し、この培養液を地下水 1.8L と混合し、浸漬攻撃液 2L とした。浸漬時間は 15 分から 1 時間とし、対照区については、地下水 2L へ 30 分から 1 時間浸漬した。また、攻撃用菌株の培養液を超純水で 10^0 - 10^{-9} の 9 段階に希釈後、各希釈系列 10 μ L を SS 寒天培地に塗布し、30°C で 24 時間培養後、培地上のコロニー数を計数し、1 尾あたりに投与した生菌数 (CFU/尾) を算出した。なお、供試魚は攻撃区及び対照区の計 2 区で各 2 尾ずつ、計 4 尾とした。

②腹腔内注射法

第 5 回から第 6 回の計 2 回、注射法による感染試験を実施した。攻撃用菌株を HI 液体培地 5.0mL に接種後、30°C で 24 時間静置培養し、培養液を 1 尾あたり 0.1mL ウナギの腹腔内へ注射した。対照区については、同量の滅菌 PBS を腹腔内へ注射した。また、①と同様の手法で攻撃用菌株の培養液の生菌数 (CFU/尾) を算出した。なお、供試魚は攻撃区及び対照区の計 2 区で各 2 尾ずつ、計 4 尾とした。

(2) 養鰻池における *E.anguillarum* の細菌量動態及び水質のモニタリング

県内養鰻業者のうち、パラコロ病の発生歴と飼育水の加温状況を基準として、4 者をモニタリング対象とした (表 1)。各業者の 2 池をモニタリング対象池として、毎月 1 回、投げ込み式多項目水質測定器 HI-9828 (HANNA instruments) を用い、水温、pH、溶存酸素量 (DO)、塩分及びアンモニア態窒素量を、ポータブル亜硝酸態窒素測定器 HI 97707 (HANNA instruments) を用い、亜硝酸態窒素量を測定した。また、飼育水 1L を採水し、当所へ持ち帰った後、中城 (2021) の手法に従い、飼育水中の *E.anguillarum* 細菌量 (CFU/L) を推定した。得られた水質及び細菌量の相関については、統計解析ソフト「EZR (ver. 1.61)」(Kaneda, 2013) を用いて検定を行った。

さらに、モニタリング対象以外の飼育池でパラコロ病が発生した場合は、不定期のモニタリングとして、判明日から約 30 日間、2 日に 1 回の頻度で飼育水 1L を採水し、同様の手法で飼育水中の細菌量 (CFU/L) を推定した。

3 結果及び考察

(1) 水槽での感染試験による *E.anguillarum* の細菌量動態のモニタリング

①浸漬感染法

攻撃用菌株培養液の細菌量は $2.0 \times 10^8 \sim 5.0 \times 10^8$ CFU/mL であり、浸漬攻撃液の細菌量は $2.0 \times 10^7 \sim 5.0 \times 10^7$ CFU/mL であった。

4 回の感染試験の結果、いずれの供試魚も死亡しなかった（表 2）。試験区の供試魚に症状が見られず、SS 寒天培地上に細菌コロニーが出現せず、さらに、肝臓及び腎臓の抽出 DNA サンプルから原因菌の DNA が検出されなかったことから、いずれの試験についても感染が成立していなかったと考えられた。そのため、飼育水の分析は実施しなかった。

②腹腔内注射法

攻撃用菌株培養液の細菌量は 3.6×10^5 CFU/mL \sim 4.4×10^6 CFU/mL であり、1 尾あたりの投与細菌量は $3.6 \times 10^4 \sim 4.4 \times 10^5$ CFU/尾であった。

2 回の感染試験の結果、試験区の供試魚は 7～14 日で死亡した（表 3）。これらの供試魚には肛門や臀鰭の発赤症状が見られ、塗抹標本の観察で肝臓及び腎臓に短桿菌の増殖が見られ、肝臓及び腎臓の抽出 DNA サンプルが qPCR 陽性であったことから、供試魚はパラコロ病を発症し死亡したと考えられた。当該手法による死亡までの日数は自然感染による死亡までの日数（約 10 日間）に近似していることから、自然感染に近いパラコロ病の発症を再現することができたと考えられた。

また、試験期間中の飼育水中の *E. anguillarum* 細菌量の推移は図 1 及び 2 の通りであった。特に第 5 回試験においては、試験区のいずれの水槽でも、感染後 2, 3 日で飼育水中の細菌量が急増し、その後横ばい傾向を経て死亡することが確認され、細菌量のモニタリングによって疾病発生前の兆候を検知できる可能性があると考えられた。また、本病に感染したウナギ 1 尾から飼育水中に排出される細菌量は、1 日あたり最大 2.9×10^3 CFU/L \sim 9.8×10^3 CFU/L であった。さらに試験区 (1) においては、供試魚の回収後、飼育水中の細菌量が緩やかに減少する傾向が見られた。一方、第 6 回試験においては、供試魚の死亡は確認されたが、死亡数日前に細菌量の大幅な減少が見られていたことから、今後、当該手法の再現性を改めて確認する必要があると考えられた。

なお、試験期間中の飼育水の pH の推移は図 3 及び 4 の通りであり、細菌量の増減との関連性は見られなかった。

(2) 養鰻池における *E. anguillarum* の細菌量動態及び水質のモニタリング

モニタリングを実施した 4 業者の養鰻池の pH、D0、水温、塩分、アンモニア態窒素量、亜硝酸態窒素量、*E. anguillarum* 細菌量の推移は図 5～11 の通りであった。

細菌量については、1～3 月に A 業者の 2 池で 3.20×10^1 CFU/L \sim 7.31×10^1 CFU/L の *E. anguillarum* が検出され、qPCR によって養鰻池の飼育水中の *E. anguillarum* を検出できることが分かった。一方、その他の 3 業者では調査期間中を通じて *E. anguillarum* は検出されなかった。また、EZR を用いた Spearman の順位相関係数による統計解析の結果、細菌量といずれの水質にも相関は見られなかった。ただし、今回のモニタリング調査において、細菌量の増加が見られたのは A 業者の飼育池で延べ 3 回のみであったことから、水質との関連性を正確に把握できていない可能性が高いと考えられた。そのため、来年度の養鰻池のモニタリング調査については、調査対象をパラコロ病が頻発する業者の飼

育池のみとし、水質との関連性について、さらに検証を行う必要があると考えられた。

また、12月12日にA業者のモニタリング対象以外の飼育池2箇所（3番及び4番池）でパラコロ病が発生したため、3番池は12月12日から翌年1月3日まで、4番池は12月14日から翌年1月7日まで飼育水の採水を実施した。当該期間中の3番及び4番池における、飼育水中の細菌量及び死亡尾数の推移は図12及び図13の通りである。

まず、3番池については、疾病発生日の12月12日に 8.16×10^3 CFU/Lの細菌量が検出された。その後、急激な減少傾向が見られ、12月20日は 1.27×10^1 CFU/Lまで減少した。しかし、12月20日を境に増加傾向が見られ、12月28日には 1.68×10^2 CFU/Lまで増加した。1月1日に 1.46×10^1 CFU/Lまで減少したが、1月3日には再び増加傾向となった。一方、死亡尾数については1日ごとの増減があるものの、全体を通して見ると、12月12日から26日にかけて減少し、その後、増加傾向となった。また、4番池についても同様の傾向が見られ、細菌量については、疾病発生日の翌々日である12月14日に 5.58×10^3 CFU/Lが検出された。その後、急激な減少傾向が見られ、12月22日は 4.31×10^1 CFU/Lまで減少した。しかし、12月20日を境に増加傾向が見られ、1月5日には 3.89×10^3 CFU/Lまで増加した。一方、死亡尾数については全体を通して見ると、12月14日から20日にかけて減少し、その後、増加傾向となったが、1月1日から7日にかけては緩やかな減少傾向となった。なお、両池において、12月14日から20日頃にかけて、細菌量の急激な減少が見られていたが、A業者は12月14日から18日までの5日間、パラコロ病対策として水産用抗菌剤（フロルフェニコール製剤）の経口投与を行っており、この処置に伴い、罹患魚の排出菌量が減少したと考えられた。しかし、その後、細菌量及び死亡尾数が増加しており、パラコロ病が再発したと考えられた。*E. anguillarum* 含むエドワジエラ症の原因菌は宿主の食細胞（マクロファージ）内で生存、増殖することが知られており（飯田ら、2016）、水産用抗菌剤の投与効果が十分得られない可能性が指摘されている。そのため、投薬処置後に魚体内に残存した原因菌から再発した可能性が高いと考えられた。こうした事態の防止策として、早期の投薬処置の実施が考えられるが、本手法は薬剤耐性菌の発生に十分注意する必要がある。

以上の結果から、パラコロ病発生時の飼育水中の細菌量のオーダーは $10^3 \sim 10^4$ CFU/L程度であると考えられた。また、3番池については、死亡尾数が12月26日から増加していたが、飼育水中の細菌量は20日から増加しており、細菌量のモニタリングによって疾病発生前の兆候を検知できる可能性があると考えられた。しかし、4番池ではそういった傾向は明確には見られていなかったことから、前述の通り、来年度はパラコロ病が頻発する業者の飼育池を対象に細菌量のモニタリングを行い、細菌量と死亡尾数の増減について、さらに検証する必要があると考えられた。

【引用文献】

Kanda, Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 48. 452-458.

中城岳（2021）養鰻における疾病の早期検知技術の開発. 令和3年度事業報告書（事業報

告). 32.42-54.

飯田貴次、坂井貴光、高野倫一 (2016) : エドワジエラ症. 魚病研究, 51(3), 87-91.

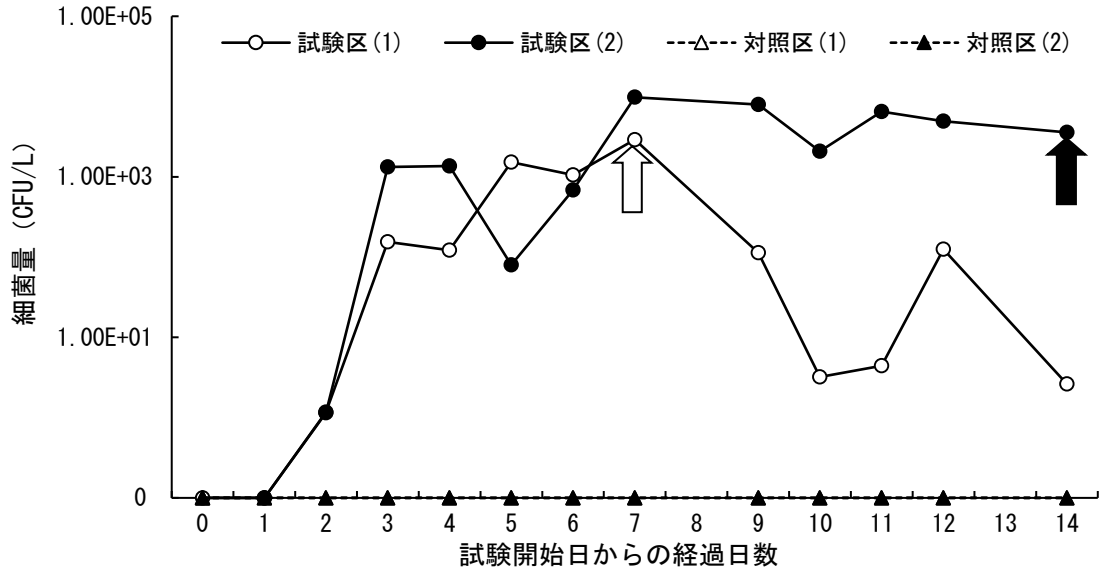


図1 第5回試験における試験期間中の飼育水中の *E. anguillarum* 細菌量の推移
(試験区の供試魚の死亡日を矢印で図示した。)

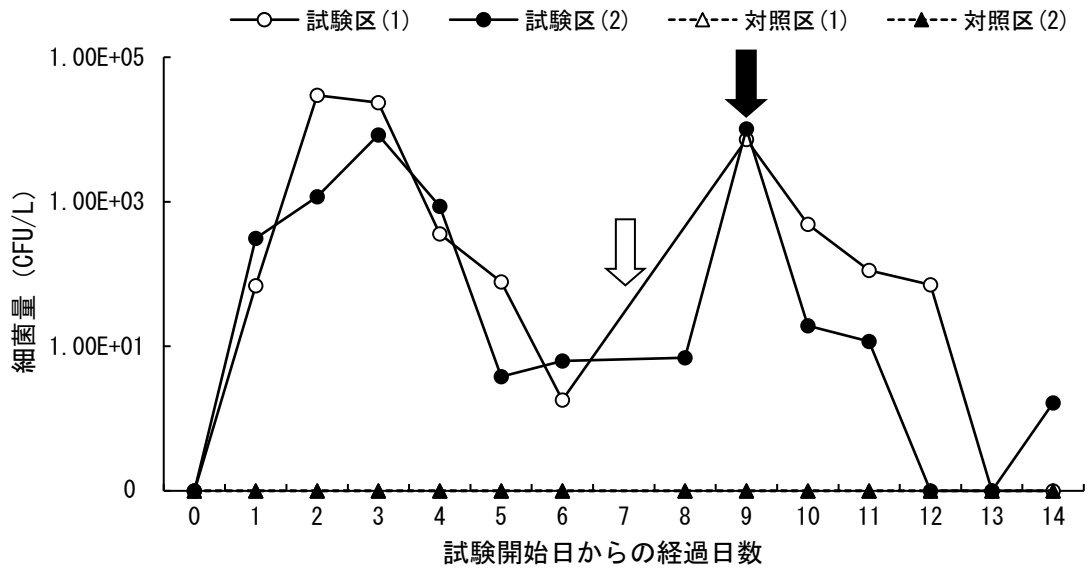


図2 第6回試験における試験期間中の飼育水中の *E. anguillarum* 細菌量の推移
(試験区の供試魚の死亡日を矢印で図示した。)

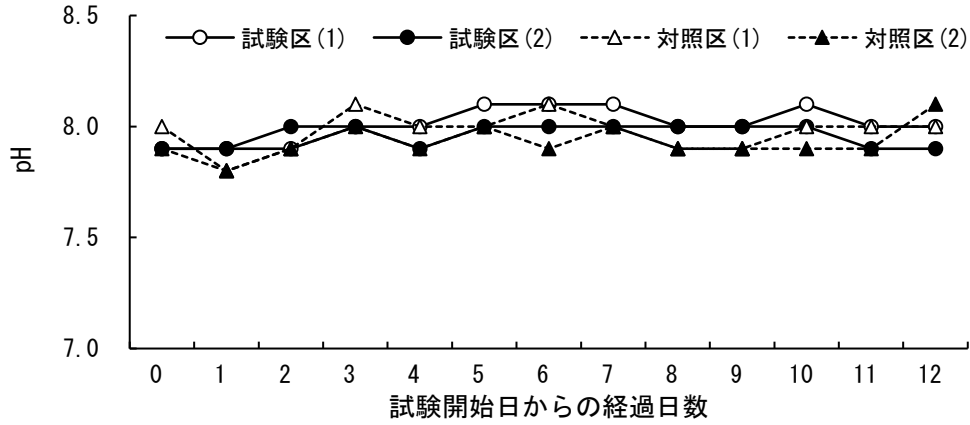


図3 第5回試験における試験期間中の飼育水中のpHの推移

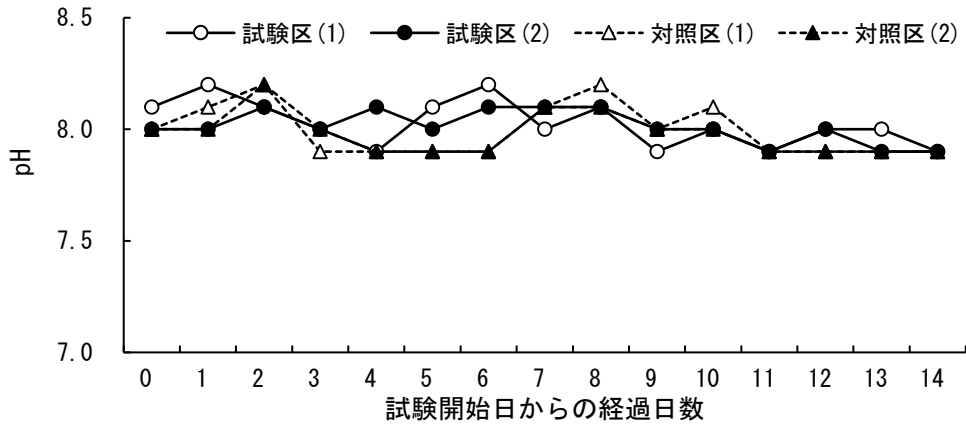


図4 第6回試験における試験期間中の飼育水中のpHの推移

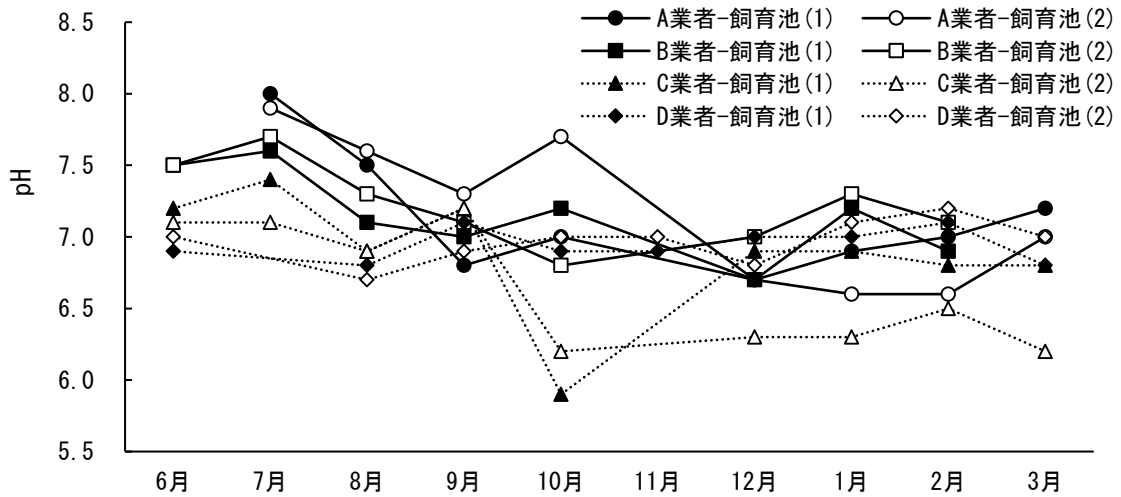


図5 モニタリング対象池におけるpHの推移

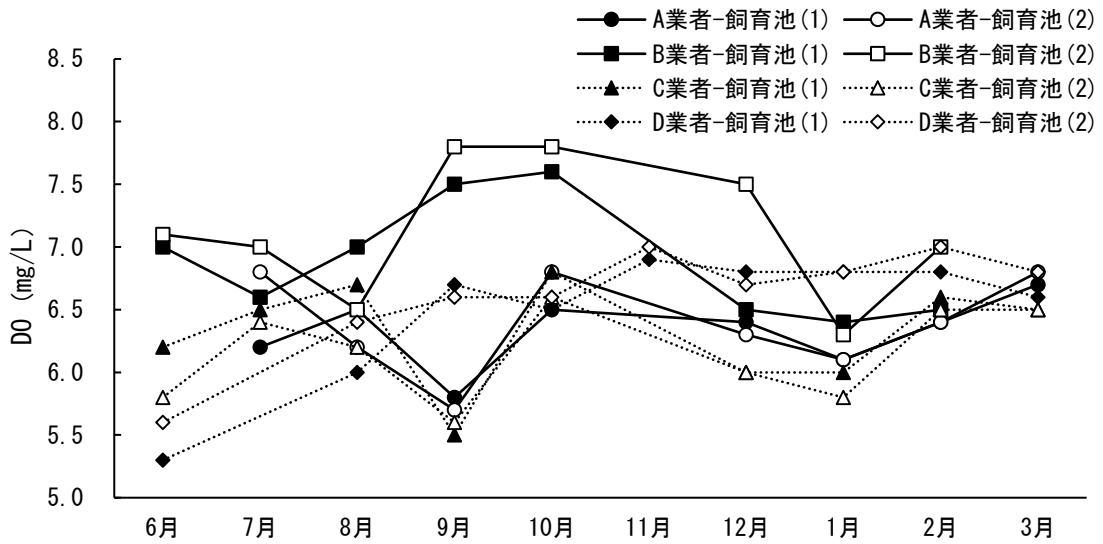


図6 モニタリング対象池におけるDOの推移

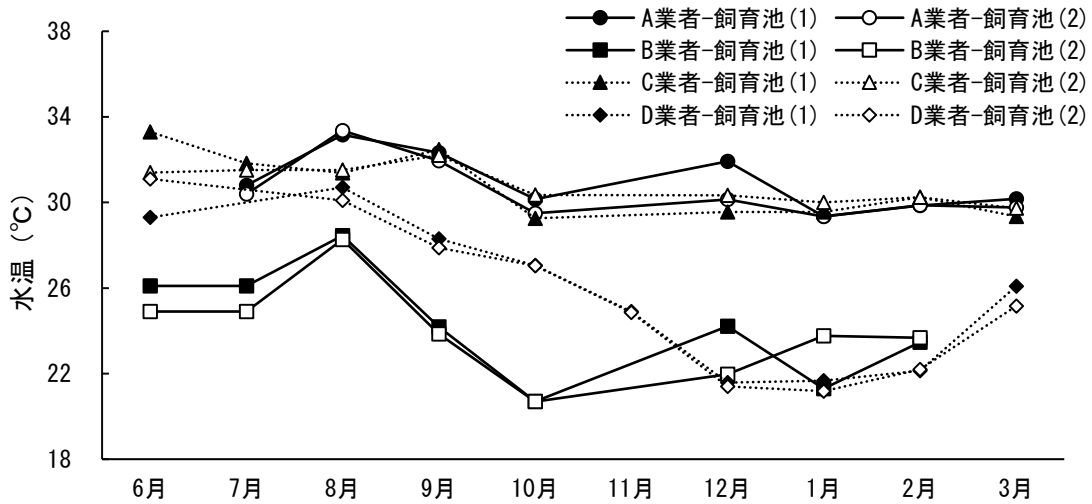


図7 モニタリング対象池における水温の推移

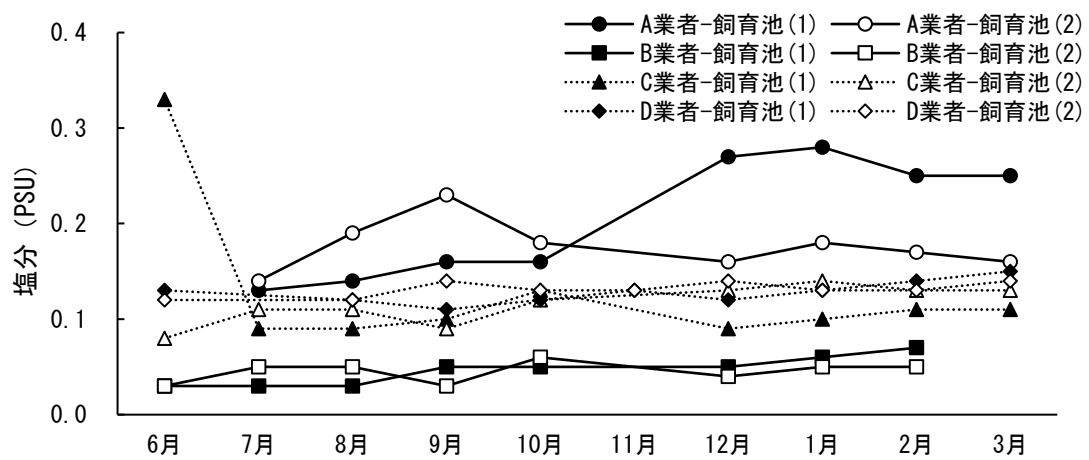


図8 モニタリング対象池における塩分の推移

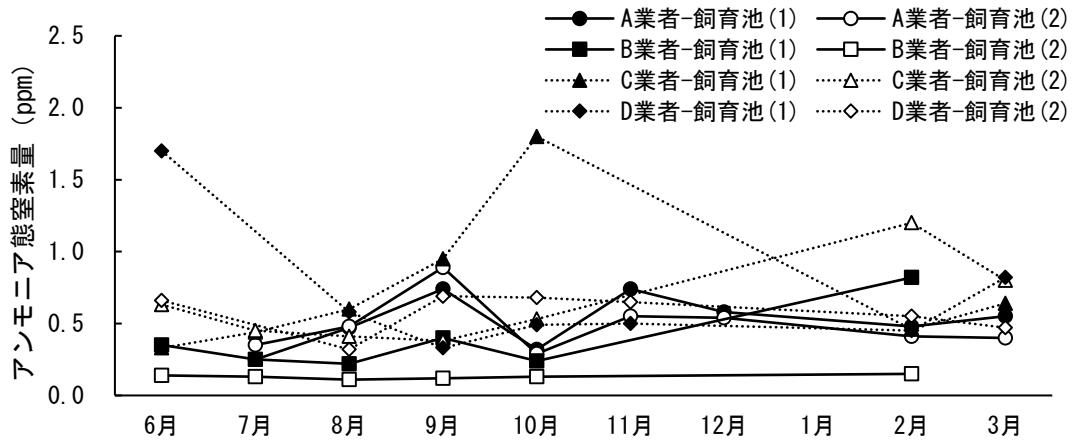


図9 モニタリング対象池におけるアンモニア態窒素量の推移

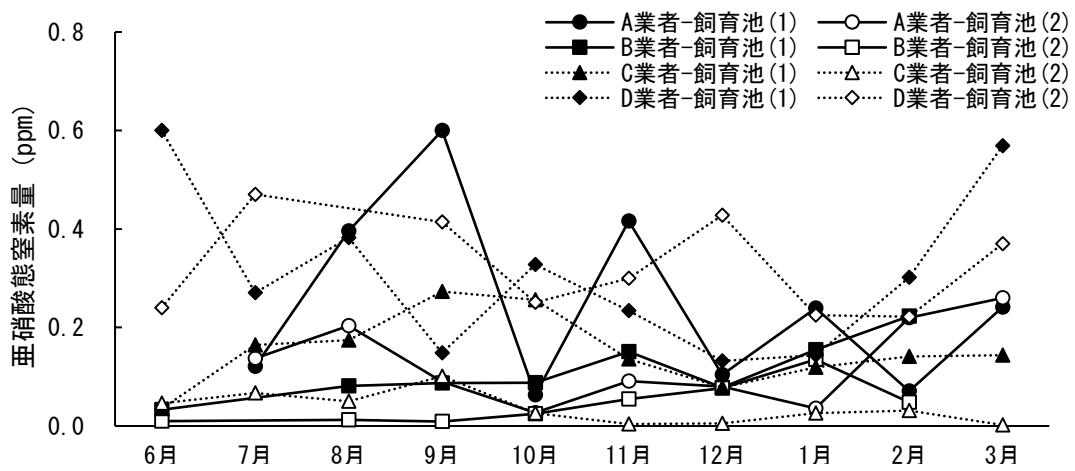


図10 モニタリング対象池における亜硝酸態窒素量の推移

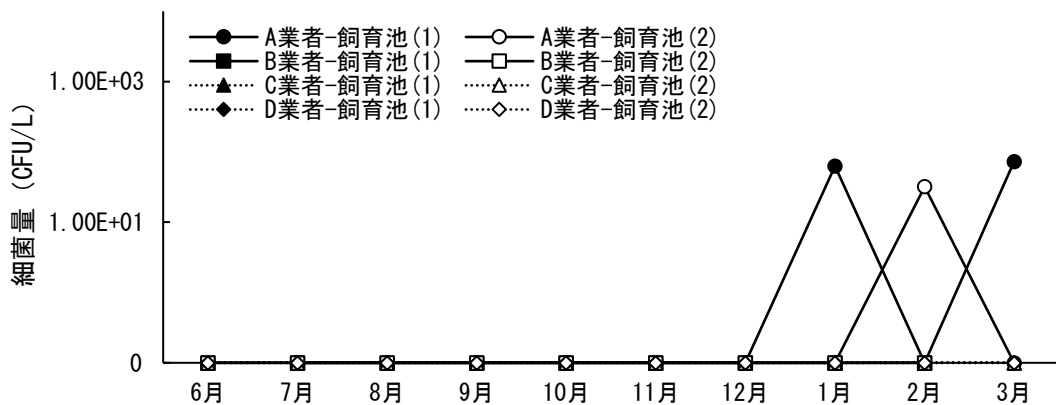


図11 モニタリング対象池における *E. anguillarum* 細菌量の推移

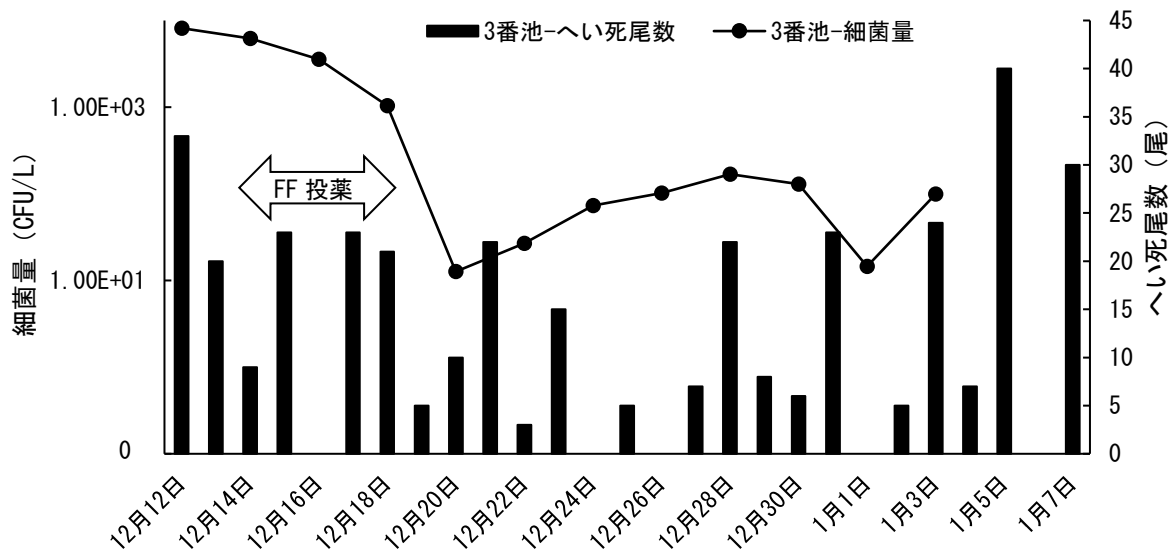


図 12 A 業者のパラコロ病発生飼育池（3 番池）における *E. anguillarum* 細菌量及びへい死尾数の推移

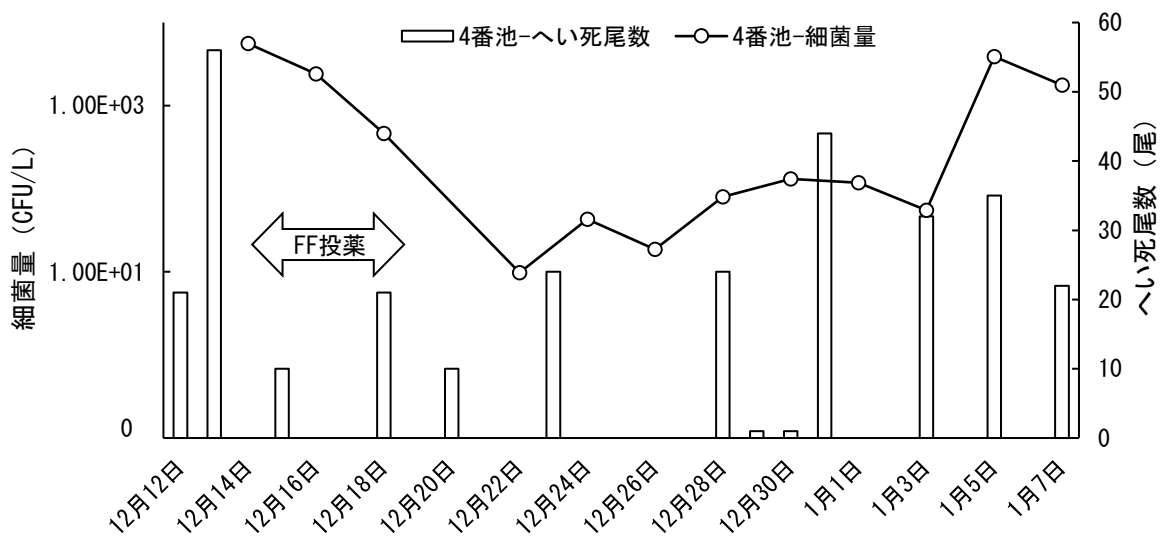


図 13 A 業者のパラコロ病発生飼育池（4 番池）における *E. anguillarum* 細菌量及びへい死尾数の推移

表 1 モニタリング対象業者の概要

業者名	パラコロ病発生歴	加温状況
A	有	加温（周年）
B	有	非加温（周年）
C	無	加温（周年）
D	無	非加温（冬期のみ加温）

表 2 浸漬感染法による感染試験結果概要

手法及び試験期間	試験回及び試験期間	試験区	供試魚No.	魚体重 (g)	死亡日 (経過日数)	症状	部位別検査結果			
							肝臓:L 腎臓:K	塗抹標本 観察結果	SS寒天培地による 菌分離結果	qPCR結果 (○:陽性、 ×:陰性)
浸漬感染法	第1回 令和4年11月10日 ～11月8日	試験区	①試験区(1)	83.0	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			①試験区(2)	78.2	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
		対照区	①対照区(1)	101.5	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			①対照区(2)	110.0	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
	第2回 令和4年12月5日 ～12月13日	試験区	②試験区(1)	38.2	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			②試験区(2)	36.5	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
		対照区	②対照区(1)	31.9	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			②対照区(2)	35.4	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
	第3回 令和4年12月21日 ～12月30日	試験区	③試験区(1)	54.3	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			③試験区(2)	47.8	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
		対照区	③対照区(1)	43.2	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			③対照区(2)	43.5	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
	第4回 令和5年1月12日 ～1月20日	試験区	④試験区(1)	114.2	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			④試験区(2)	91.5	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
		対照区	④対照区(1)	107.4	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			④対照区(2)	95.1	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-

表 3 腹腔内注射法による感染試験結果概要

手法及び試験期間	試験回及び試験期間	試験区	供試魚No.	魚体重 (g)	死亡日 (経過日数)	症状	部位別検査結果			
							肝臓:L 腎臓:K	塗抹標本 観察結果	SS寒天培地による 菌分離結果	qPCR結果 (○:陽性、 ×:陰性)
腹腔内注射法	第5回 令和5年2月20日 ～3月6日	試験区	⑤試験区(1)	78.5	2月27日 (7日目)	肛門の拡張及び発赤 肝臓の出血点	L 短桿菌及び雑菌	中心黒コロニー出現	○	8.87E+01
			⑤試験区(2)	79.2	3月6日 (14日目)	肛門の拡張及び発赤 肝臓褐色	K 短桿菌	中心黒コロニー出現	○	1.35E+01
		対照区	⑤対照区(1)	76.1	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			⑤対照区(2)	79.0	生存	症状なし	K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
	第6回 令和5年3月16日 ～3月30日	試験区	⑥試験区(1)	65.4	3月23日 (7日目)	肛門の拡張及び発赤 肝臓褐色	L 短桿菌	中心黒コロニー出現	○	2.59E+02
			⑥試験区(2)	77.8	3月25日 (9日目)	肛門突出、腎腫大	K 短桿菌及び雑菌	中心黒コロニー出現	○	1.49E+02
		対照区	⑥対照区(1)	66.2	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
			⑥対照区(2)	82.1	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-
							K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	×	-

シラスウナギすくい網へのアユ仔稚魚混入状況調査

1 目的

シラスウナギ採捕時のアユ仔稚魚の混獲状況、灯火への蟻集状況を調査したうえで、シラスウナギ採捕従事者が取組可能なアユ仔稚魚保護策を、収容方法を視点に検証する。

2 調査方法

(1) 調査回数

令和3年11月に1回、12月に4回、令和4年2月に1回、3月に2回、4月に2回の、計10回実施した。なお、調査時期は、11月から12月を「アユ流下期」、2月以降を「アユ遡上期」として扱うこととした。

(2) 調査場所

調査は、浦戸湾内の次の3地点（図1）で行った。

A：南新田町（鏡川河口部）

B：瀬戸船溜り（A及びCの中間点）

※11月22日の調査は横浜地区で実施

C：種崎灯台突堤（浦戸湾湾口部）

※11月22日の調査は貴船地区で実施

(3) 調査員

調査は、1地点あたり3名（採捕1名、作業補助1名、警戒1名）の合計9名で行った。

（内水面漁業センター3名、漁業管理課6名）

(4) 調査用具

水中灯（自動車用バッテリー、12V60W電球）、すくい網（直径220mmの円錐形、ポリプロピレン製網地）、バケツ、電池式エアポンプ

(5) 調査内容

①シラスウナギ採捕時のアユ仔稚魚の混獲調査

すくい網で採捕した全てのサンプルを、エアレーション（通気）を行ったバケツ（容量5L、水量3L）に収容した（図2-左）。

調査終了後、採捕したサンプルを内水面漁業センターへ持ち帰り、すくい網終了後1時間が経過した時点で、生残しているものと死亡しているものに分けてアルコール固定し、双方のサンプルに含まれるアユ仔稚魚を計数することで、アユ仔稚魚の混獲数と生残率を確認した。

②アユ仔稚魚の生残率の調査（エアレーションの有無による比較）

水中灯に集まったアユ仔稚魚と思われる魚類をすくい網で採捕し、エアレーションのあるバケツ（容量10L、水量5L）とエアレーションのないバケツ（同）それぞれに、できる限り均等に収容し、内水面漁業センターへ持ち帰った（図2-右）。

すくい網終了後1時間が経過した時点で、生残しているものと死亡しているものに分けてアル

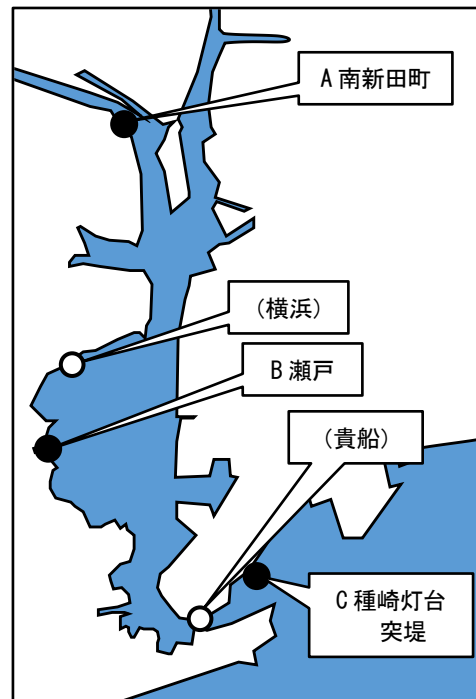


図1 調査地点の位置

コール固定し、アユ仔稚魚の混獲数の計数とエアレーションの有無による生残率の比較を行った。

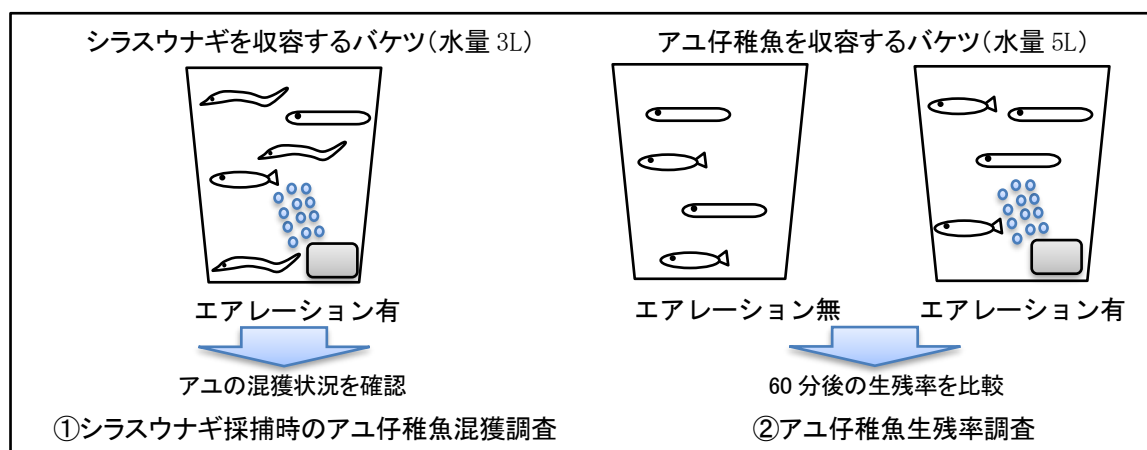


図2 採集物の收容イメージ

3 結果

(1) シラスウナギの採捕状況とアユの混獲状況

シラスウナギ及び混獲物の採捕結果（調査①）を表1に示した。シラスウナギは、アユ流下期に種崎地点で2尾、アユ遡上期に南新田町地点で15尾、瀬戸船だまり地点で9尾、種崎地点で100尾が採捕された。

表1 シラスウナギ採捕数及び混獲数一覧

調査地点	種名	アユ流下期						アユ遡上期					合計	
		11/22	12/1	12/7	12/14	12/21	小計	2/18	3/7	3/22	4/4	4/18		小計
A 南新田町	シラスウナギ	-	-	-	-	-	0	-	1	8	6	-	15	15
	アユ	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-	0	0
	大型レプトセファルス幼生	-	-	-	-	-	0	-	0	0	1	-	1	1
B 瀬戸 (初回は横浜)	シラスウナギ	-	-	-	-	-	0	-	-	9	-	-	9	9
	アユ	-	-	-	-	-	0	-	-	0	-	-	0	0
	その他魚類12	-	-	-	-	-	0	-	-	1	-	-	1	1
C 種崎 (初回は貴船)	シラスウナギ	-	-	2	-	-	2	10	-	88	2	-	100	102
	アユ	-	-	6	-	-	6	2	-	4	0	-	6	12
	カライワシ目	-	-	1	-	-	1	0	-	3	0	-	3	4
	マイワシ	-	-	0	-	-	0	0	-	2	0	-	2	2
	ウルメイワシ	-	-	0	-	-	0	0	-	7	0	-	7	7
	スズキ目的一種2	-	-	2	-	-	2	0	-	0	0	-	0	2
	ボラ科的一種	-	-	0	-	-	0	1	-	16	1	-	18	18
	その他魚類10	-	-	0	-	-	0	0	-	1	0	-	1	1
	その他魚類11	-	-	0	-	-	0	0	-	1	0	-	1	1
	その他魚類13	-	-	0	-	-	0	0	-	1	0	-	1	1
	アミ又はエビ類	-	-	5	-	-	5	0	-	11	1	-	12	17
	アナジャコ又はヤドカリ類の幼生	-	-	0	-	-	0	0	-	17	0	-	17	17
	カニ類の幼生	-	-	6	-	-	6	0	-	52	2	-	54	60

※「-」は、当該調査回次に採捕されなかったことを示す

調査②で採捕したアユ仔稚魚の地点別採捕尾数を表2に示した。採捕尾数は、流下期と比較して遡上期は少なかった。調査中の蛸集状況も、概ね採捕結果と一致しており、調査日が遅くなるにつれて減少する傾向であった。アユの成長に伴い、走光性の減退や、遊泳能力の向上による逃避等により、採捕尾数が減少したものと考えられた。

表2 アユの地点別採捕尾数（調査②）

調査地点	アユ流下期						アユ遡上期					合計	
	11/22	12/1	12/7	12/14	12/21	小計	2/18	3/7	3/22	4/4	4/18		小計
A 南新田町	0	0	6	93	3	102	0	9	0	0	0	9	111
B 瀬戸(初回は横浜)	2	5	4	5	95	111	0	0	0	0	1	1	112
C 種崎(初回は貴船)	319	32	159	72	25	607	20	0	2	1	5	28	635
合計	321	37	169	170	123	820	20	9	2	1	6	38	858



写真1 12月に採捕したアユ仔稚魚



写真2 2月に採捕したアユ仔稚魚



写真3 3月に採捕したアユ稚魚

いずれの写真も、シラスウナギに混獲（調査①）されたものではなく、生残率試験（調査②）で採捕したものの。

(2) エアレーションによるアユ仔稚魚の生残率への影響

5Lの水に収容したアユの生残率と収容尾数の関係を、エアレーションを行ったバケツと行わなかったバケツに分けて図3に示した。

アユの収容尾数と生残率には相関は得られなかった。一方、エアレーションの有無に係わらず収容数が多くなると生残率が低くなる傾向が見られた。このことから、混獲されたアユのエアレーションによる生残向上の効果は認められなかったが、採集物を収容する容器内の収容密度を低く保つことで、アユの生残率が高くなる可能性がある。従って、シラスウナギの採捕時に混獲されたアユを、生きたまま放流するためには、アユの収容尾数が少ない段階で、元の水域に戻す工夫が必要であることが示唆された。

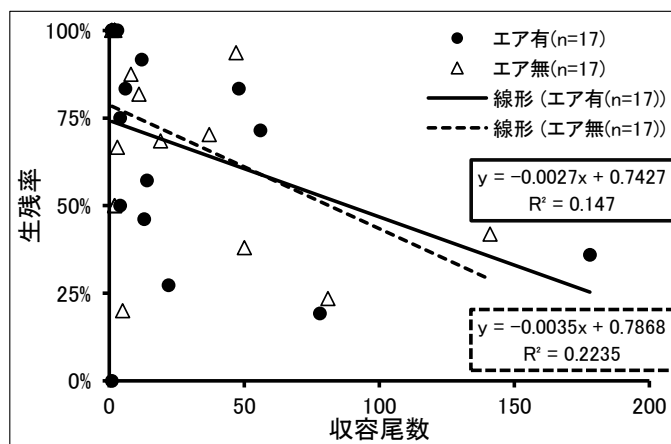


図3 エアレーションの有無による生残率と収容尾数の関係

モクズガニ種苗生産技術の再構築

石川 徹・稲葉太郎・中城 岳・高月 明・渡辺 貢（高知県内水面漁業協同組合連合会）

1 目的

高知県では、高知県内水面漁業協同組合連合会の努力により、平成10年代にモクズガニの種苗生産技術が定着し、県内に安定的にモクズガニ人工種苗の供給ができるようになった。

一方、近年は親ガニの確保など採苗に関するコスト高や、同一施設内で種苗生産を行うアユの防疫管理に支障が出るといった懸念など、複数の問題が指摘されていた。そのため、このような問題点に対処するための新しい手法の導入等を検討し、同連合会におけるモクズガニ種苗生産技術の再構築を支援する。

2 材料と方法

1) 未成熟及び成熟親ガニの確保及び管理

(1) 未成熟及び成熟親ガニの採捕

従前、河川中上流域で採捕された未成熟の雌雄の親ガニ候補（以下、未成熟親ガニと表記）を10～11月頃に採捕し、暫く淡水で飼育した後、12月以降に海水馴致して交尾させ、種苗生産用の親ガニとしていた。しかし、飼育期間が長いことや、カニ同士が傷つけあうため生残が悪く、多くの未成熟親ガニを必要とするうえ（1シーズン雌雄併せて500尾程度）、10月から2月頃までの親ガニの飼育に関する管理コストも大きかった。今回は、従前の未成熟親ガニを仕立てる手法の他に、成熟した親ガニ（1月から3月に、汽水から海水域で採捕された、交尾後と考えられるモクズガニ、以下、成熟親ガニと表記）を入手することを試みた。

未成熟親ガニは、令和4年11月に高知県東部の奈半利川の中流域及び支流（柏木（本流）、西谷川）で、奈半利川淡水漁業協同組合の組合員がカニ籠を用いて採捕したモクズガニを購入した（図1）。

成熟親ガニは、令和5年1月～3月に高知県中央部の浦戸湾で高知県漁協の組合員がカニ籠及び刺し網でモクズガニを採捕したモクズガニを購入した（図1）。さらに、令和5年3月に高知県西部の四万十川水系の支流（中筋川、竹島川）の合流点から上流に2km以内の範囲で、高知県内水面漁業センター（以下、当所と表記）がカニ籠を用いてモクズガニを採捕した（図1）。

採捕したモクズガニは、性別及び個体数を把握し、特に成熟親ガニについては採捕時期別の抱卵個体の割合を把握した。

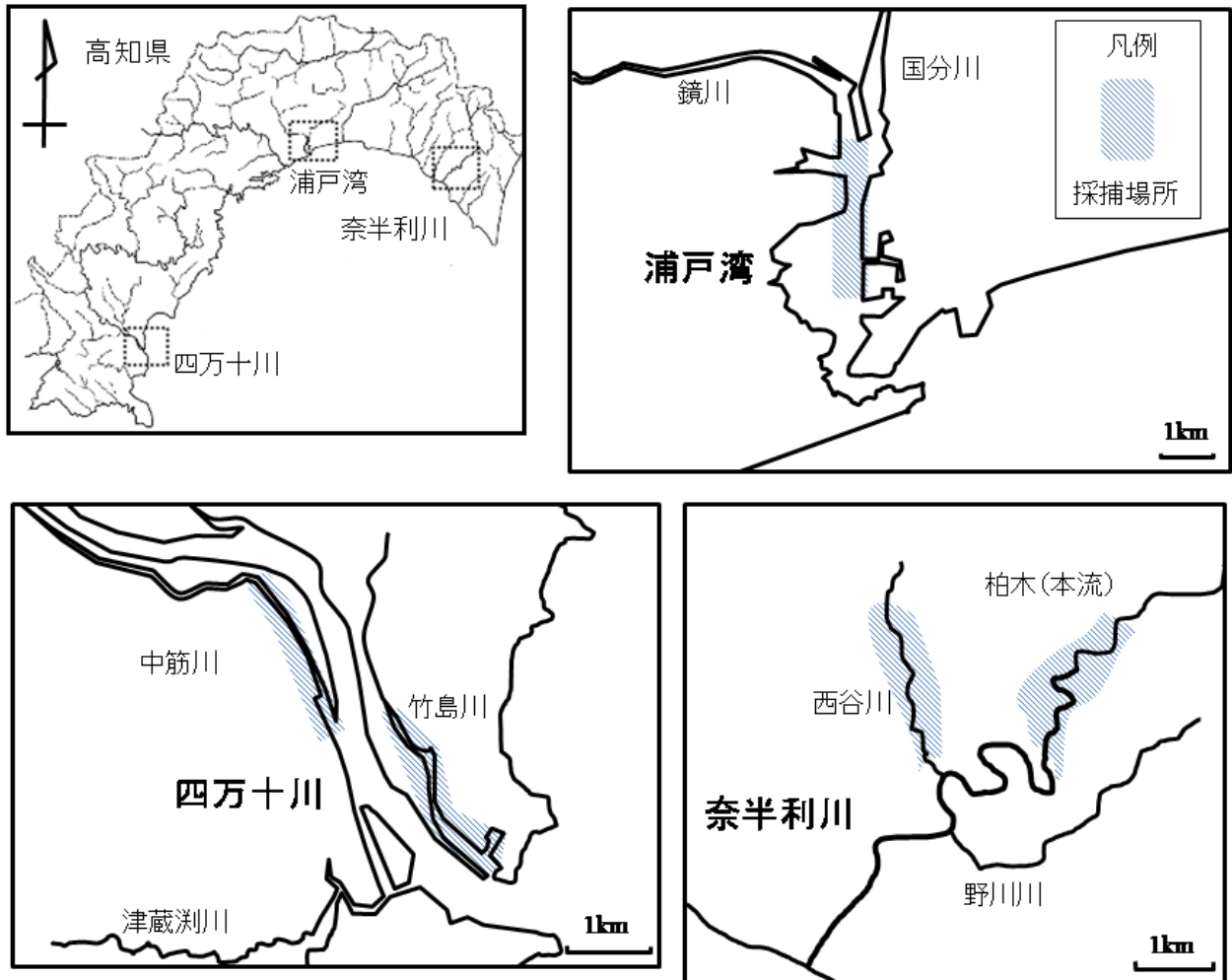


図1 モクスガニの採捕場所

(2) 親ガニの飼育

購入した未成熟親ガニは当所に移送し、雌雄に分け 10 尾程度ごとにプラスチック製の蓋付き籠（758mm×508mm×400mm）に収容した。籠には、シェルターとして厚さ 150mm の穴あき建築ブロック 2 個を設置した。これらの籠 12 基を、当所の 30t の円形水槽内に円を描くように放射状に配置した。水槽内の水量は 5t 程度で、水深 5～10cm 程度を維持するようにし、注水には当所の地下からくみ上げた井水（淡水、飼育期間内の水温 19～20℃）を用いた。換水率は、令和 4 年 11 月 25 日から 12 月 16 日の間は時間 5～6 回転程度、12 月 16 日から 12 月 21 日までの間は 10 回転程度とした。餌は、煮干しや当所の水路に自生していたミズゴケ類を週 1 回程度与えた。飼育期間中の雌雄別生残率の推移及び斃死個体の個体重を把握した。

12 月 21 日時点で生残していた未成熟親ガニは、高知県内水面種苗センター（以下、種苗センターと表記）に移送し、ナンバリングした後、雌雄をまとめてシェルターとなる穴あき建築ブロックを多数配置した、種苗センター屋外の 4t 円形水槽 1 基に収容し、4 日間かけて海水馴致を行った。その後、抱卵個体が現れ、受精卵の発生が進んだ段階で、種苗

センター屋内に設置した仮設ビニールハウス内の水槽に移した。なお、海水馴致後の交尾を経た個体は成熟親ガニとした。

浦戸湾及び四万十川で採捕された成熟親ガニは、種苗センターに移送し、採捕水域ごとに別の4t円形水槽にナンバリングして収容した。成熟親ガニも、受精卵の発生が進んだ段階で種苗センターの屋内水槽に移した。

4t円形水槽での飼育における水量は500L(水深15cm)程度とし、換水量は海水で1t/h(時間2回転程度)とした。餌は、アユの稚魚(0.5g前後、種苗センターで発生する選別後の不要アユを冷凍したもの)をカニ1尾あたり2~3尾を午前中に1回給餌した。翌日に残餌を回収した後、新しい餌を給餌した。

(3) 親ガニの保菌検査

種苗センターでは、モクズガニの生産時期にアユの種苗生産も行っているため、アユに対する疾病の持ち込みを防ぐ必要がある。特に、未成熟親ガニを採捕する10~11月頃はアユの産卵期にあたり、免疫力の低下したアユの冷水病発症も多いうえに、産卵後に斃死したアユを捕食しているモクズガニが散見される時期でもある。このため、種苗生産施設内に冷水病菌等の疾病の持ち込みを危惧する声もあることから、その対策として親ガニを屋内水槽に持ち込む前の、4t円形水槽での飼育段階における排水の検査を行うこととした。

排水の検査は、飼育排水1Lを採水し、孔径0.1mmのGF/Fガラスフィルター(cytiva)で濾過した。濾過した排水をさらに孔径0.2 μ mのメンブレンフィルター(cytiva)で濾過し、2つのフィルターの残留物からQUIGEN社製のキットを用いてDNAを抽出し、AEバッファーで100 μ Lに溶解した。その後、リアルタイムPCRにより、冷水病菌(フラボバクテリウム・サイクロフィラム)及びエドワジェラ・イクタルリのDNAが含まれていないか確認した。

冷水病のリアルタイムPCRは、今城ら(2017)のプライマー及びプローブ(PPIC131-QT-f, PPIC131-QT-r, PPIC131-QT-p)を用いて行った。PCR反応液の調整は、2 \times Probe qPCR Mix(TAKARA社)5 μ L、10 μ Mプライマー(f,rとも)0.25 μ L、10 μ Mプローブ0.2 μ Lを合わせ、これに精製水を加えて8 μ Lとし、DNA抽出物2 μ Lを加えた。リアルタイムPCRの反応は、Light Cycler 96 System(Roche)を用いて行い、反応条件は95 $^{\circ}$ Cで30秒の熱変性を行った後、95 $^{\circ}$ Cで5秒、60 $^{\circ}$ Cで30秒の温度変化を50回繰り返した。一方、エドワジェラ・イクタルリのリアルタイムPCRは、Bilodeau et al., (2005)のプライマー及びプローブを用いて行った。PCR反応液の調整は、2 \times Probe qPCR Mix(TAKARA社)10 μ L、10 μ Mプライマー(f,rとも)0.4 μ L、10 μ Mプローブ0.8 μ Lを合わせ、これに精製水を加えて18 μ Lとし、DNA抽出物2 μ Lを加えた。リアルタイムPCRの反応は、冷水病と同様の手法で実施した。

2) 種苗生産

(1) 孵化及び収容尾数

前出の排水検査の結果が陰性であった抱卵個体を種苗センターの屋内水槽に移し、抱卵量や受精卵の発生状況を確認した。抱卵量が多く、受精卵の発生が順調に進んでいる個体を選定し、1個体ずつ200Lの孵化水槽に収容した。孵化開始から24時間以上経過させて親ガニを取り上げ、攪拌しながら容量法で孵化槽内の全幼生の密度を計数した。また、これらの幼生の中には、孵化後すぐに斃死した幼生も含まれるため、幼生計数時に動く個体と（活性個体）動かない個体（非活性個体）に分けてカウントし、全幼生に占める活性個体率（活性個多数 / (活性個体数 + 非活性個体数)）とした。全幼生密度に孵化水槽内の水量を乗じて孵化尾数、全幼生密度に活性個体率と飼育水槽内に孵化水槽から移した水量を乗じて収容尾数（池入れ尾数）とした。

(2) 飼育条件等

モクズガニ人工種苗の到達ステージはCIからC2程度を目安とし、約1月間の飼育を行った。飼育水槽は2tの角形水槽を用い、ヒーターを用いて23～25℃を維持した。飼育水は、内水面種苗センターの紫外線殺菌済み地下海水（塩分濃度18‰程度）を用い、飼育終盤には淡水に切り替えた。換水率は、生育状況を見ながらゾエア期は1日あたり10～30%程度（減水及び継ぎ足し）、メガロパ期以降は1日あたり240～500%程度（連続換水）とした。

(3) 餌料系列

①ワムシ

栄養強化は行わず、1日齢の朝に（3回目以降は、池入れ前に）、1mlあたり10個体以上の密度となるよう1,500～2,000万個体を給餌した。その後は、ワムシの在池個体数を見ながら淡水生クロレラを1日あたり40～100mを添加した。14日齢までは、在池個体数が10個体を切らないよう管理し、その後は換水により流失させた。

②アルテミア

栄養強化は行わず、幼生のステージを見つつ6～8日齢程度から給餌を開始し、21～23日齢頃まで1日あたり40～160万個体を2回に分けて給餌した。

③冷凍コペポーダ

幼生のステージを見つつワムシの給餌が終了する14日齢頃から取り上げまで1日あたり20～220gを2回に分けて給餌した。

④配合飼料

1回目及び2回目では、3～4日齢から取り上げまで、3回目では11日齢から取り上げまで、1日あたり2～10gを2回に分けて給餌した。

4) 取り上げ

飼育水中の種苗を手網で掬うほか、排水溝に手網を設置して種苗を回収した。回収した

種苗は全個体アルコール固定し、その後、全ての種苗の数を直接計数した。

3 結果及び考察

1) 未成熟及び成熟親ガニの確保及び管理

(1) 未成熟及び成熟親ガニの採捕

入手または採捕した未成熟及び成熟親ガニの性別個体数を表 1 に示した。未成熟親ガニは、雄 55 尾、雌 82 尾（雌雄 55 尾は令和 4 年 11 月 25 日、雌のみ 27 尾を令和 4 年 12 月 5 日に追加）を入手した。なお、これらは奈半利川淡水漁業協同組合の蓄養水槽に収容されていたカニ籠から抽出したため、漁獲状況を反映していない。

浦戸湾では、雌の成熟親ガニ 58 尾（うち抱卵個体 36 尾）を入手した。なお、浦戸湾では漁業者が雄を採捕時に除去しており、漁獲状況を反映していない。

四万十川水系の中筋川下流では雄 25 尾、雌 44 尾（うち抱卵個体 18 尾）を採捕し、四万十川水系の竹島川下流では雄 14 尾、雌 19 尾（うち抱卵個体 10 尾）を採捕した。

成熟親ガニの採捕水域別の抱卵個体率を表 2 に示した。浦戸湾では、1 月下旬から 3 月中旬まで、四万十川水系（中筋川、竹島川）では 3 月上旬から下旬まで採捕をおこなったが、いずれも採捕したモクズガニは雌が多く、開始当初から抱卵個体が概ね 50% 以上の高い比率で採捕された。一方、外観での判断になるが、抱卵個体のもつ抱卵量は時期が遅くなるにつれて少なくなる印象であった。採捕された場所は、浦戸湾では水深 10m 程度の航路沿いの斜面、四万十川水系では河口感潮域の水深 2m 以深の場所であり、いずれも底質は砂泥、塩分濃度は 30‰程度で安定した箇所だと思われる。

表 1 入手又は採捕した未成熟及び成熟親ガニの性別個体数

個体数	未成熟		成熟					
	奈半利川		浦戸湾		中筋川		竹島川	
	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌
	55	82	0	58	25	44	14	19

表 2 採捕水域別の成熟親ガニの抱卵個体率（抱卵個体数/全雌個体数）

	浦戸湾	中筋川	竹島川
1月下旬	100%		
2月上旬	50%		
2月中旬	100%		
2月下旬	100%		
3月上旬	58%	100%	-
3月中旬	75%	0%	-
3月下旬		48%	52%

(- : 出漁したが漁獲なし、0% : 抱卵個体の漁獲なし)

(2) 未成熟及び成熟親ガニの飼育

奈半利川産の未成熟親ガニの淡水飼育期間における生残率の推移を図 2 に示した。令和 5 年 11 月 25 日に収容した未成熟の親ガニは、収容直後から雌雄ともに 1 日数尾程度が斃

死し、期間を通しての日間斃死率は雄で3.2%、雌で2.8%であった。12月21日までの飼育で、雄では7尾(13%)、雌では21尾(27%)が生残した。いずれの個体も斃死する際は自切している場合が多く、個体間闘争やストレスがあったものと思われる。

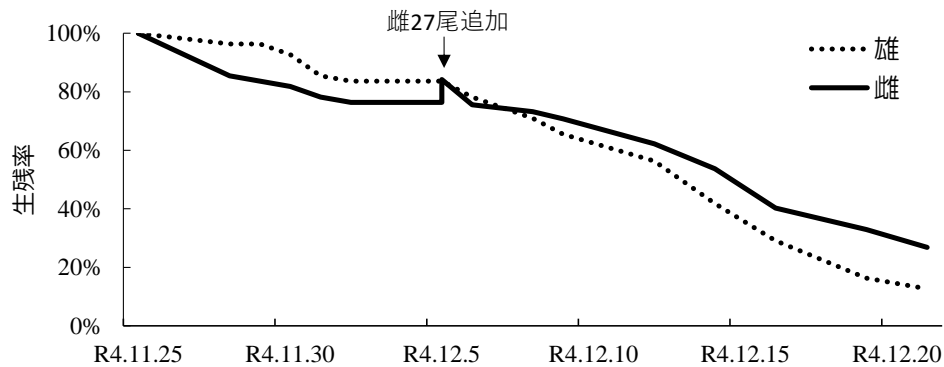


図2 奈半利川産親ガニ(未成熟)の淡水飼育期間における生残率の推移

淡水飼育期間中に斃死した未成熟親ガニの雌雄別体重組成を図3に示した。雄の斃死個体の体重は56~363gで、中央値は137g、最頻区間は100g以上150g未満の区間であった。雌の斃死個体の体重は82~156gで、中央値は106g、最頻区間は100g以上150g未満の区間であり、雄よりもやや小型であった。また、斃死個体の体重に偏りは見られず、斃死個体の体重が、生残個体を含む親ガニ全体の体重をある程度反映しているものと思われる。

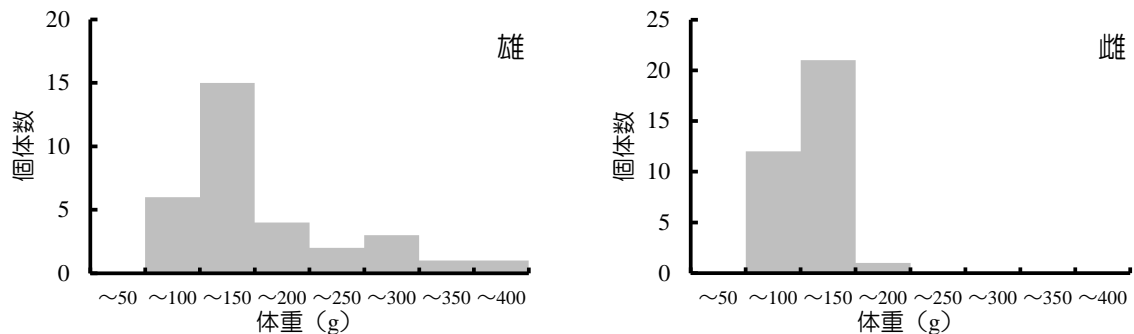


図3 斃死した未成熟親ガニの体重組成(左:雄、右:雌)

※自切個体の場合、欠損部位も含めた体重

奈半利川産の未成熟及び成熟親ガニの海水飼育期間における生残率の推移を図4に示した。令和5年12月21日に雄7尾、雌21尾を収容した後、海水馴致を開始した。

雌は、1月19日まで2日で1尾程度が斃死し(期間平均日間斃死率2.6%)、それ以降は斃死数は少なくなったが、4月1日までに全てが斃死した(同0.2%)。

雄は、初期の収容尾数が7尾と少なかったこともあるが、2~3週間に1尾程度の斃死があり、5月1日までに全てが斃死した(期間平均日間斃死率0.8%)。

海水飼育期間の初期に雌の斃死率が高かった理由として、雄の交尾前後のしがみつきの影響が考えられる。大きい雄個体に拘束されたメスが脚を自切し、その後斃死する事例が散見された。

交尾は1月中旬から下旬にかけて散発的に観察されたが、先述の理由で交尾後に斃死した個体も多く、最終的に抱卵が確認されたのは2尾のみであった。

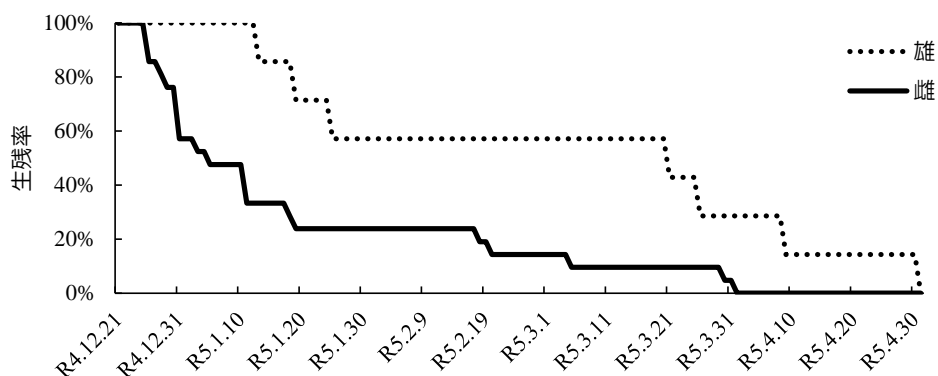


図4 奈半利川産親ガニ（未成熟→成熟）の海水飼育期間中における生残率の推移

浦戸湾産の成熟親ガニの海水飼育期間における生残率の推移を図5に示した。令和5年1月23日に收容した後、2月20日まではほぼ斃死がなく（期間平均日間斃死率0.1%）、その後4月28日まで1日あたり1尾程度の斃死が続き（同1.3%）、その後斃死尾数は減ったものの6月4日までに全ての個体が斃死した（同0.3%）。

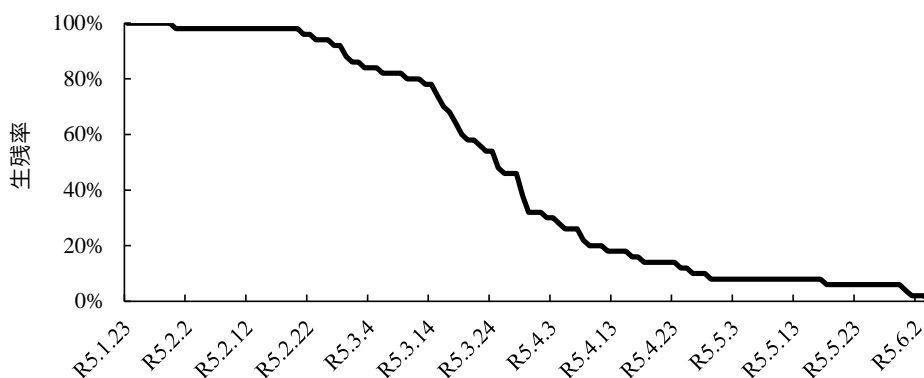


図5 浦戸湾産成熟親ガニの海水飼育期間中における生残率

四万十川水系産の成熟親ガニの海水飼育期間における生残率の推移を図6に示した。令和5年3月14日に收容した後、3月29日までは斃死がなかったが、その後、飼育終了した6月4日まで1日あたり1尾程度の斃死が続き（期間平均日間斃死率1.3%）、最終的に6尾が生残した。

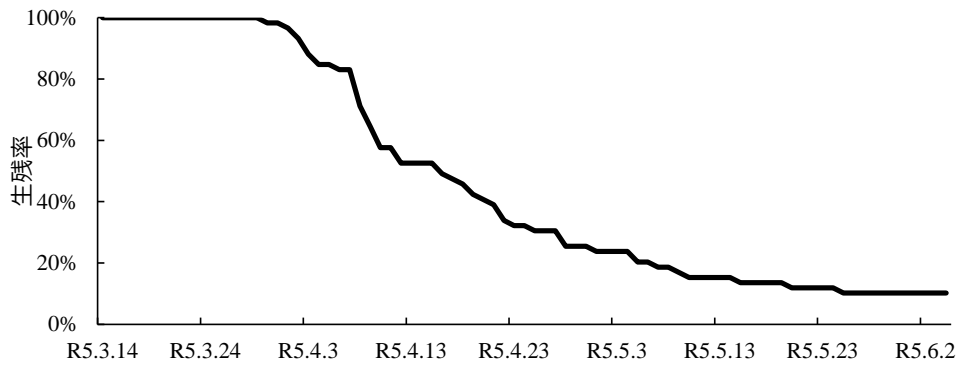


図6 四万十川水系（中筋川、竹島川）産成熟親ガニの海水飼育期間中における生残率

浦戸湾産、四万十川産の成熟親ガニでは、ともに抱卵個体が途中で卵を脱落させる事例が散見された。一方で、再度抱卵する個体も見られ、最終的には10個体以上が孵化までたどり着いた。本試験における種苗生産4回分の孵化幼生は、全て浦戸湾又は四万十川産の成熟親ガニ由来であり、抱卵個体を採捕する方法で種苗生産できることが確認できた。

(3) 親ガニの保菌検査

未成熟及び成熟親ガニの飼育排水等（輸送後排水、淡水飼育排水、海水飼育排水）における病原菌（冷水病菌、エドワジェラ・イクタルリ）の検出結果を表3に示した。

令和4年11月25日に、奈半利川で入手した未成熟親ガニを輸送した4個のクーラーボックス（柏木雄、柏木雌、西谷川雄、西谷川雌）の排水全てから冷水病菌が検出された。その後、当所の30t水槽にこれらの未成熟親ガニを収容して淡水飼育を行い、12月16日に検査を行ったところ、再び冷水病菌が検出された。そのため、12月16日以降、換水量を約2倍に増やし、12月20日に再度検査を行ったところ、冷水病菌は検出されなかったため、種苗センターの5t水槽②に移送し、海水馴致を行った。その後、令和5年1月30日、2月8日にも排水検査を行ったが冷水病菌は検出されなかった。また、エドワジェラ・イクタルリは全ての検査で検出されなかった。

令和5年1月23日に浦戸湾で入手した成熟親ガニを種苗センターの5t水槽①及び③に収容した。1月30日、2月8日、2月13日、2月20日に排水検査を行ったところ全ての検査で冷水病菌及びエドワジェラ・イクタルリともに検出されなかった。

今回の結果から、秋に河川で採捕される未成熟親ガニは冷水病菌を保菌（感染するかは不明）又は付着させている可能性が高いといえる。淡水飼育期間中に高換水による菌の除去を試みたが、最終的に排水から菌が検出されなくなるまでには1月近い期間を要した。除去に関しては、換水量や流速などが影響を及ぼすと考えられるが、未成熟親ガニを雌雄別に管理するための籠への収容やシェルター等の設置は、水の交換の妨げとなるため負の要因として働く可能性があると考えられた。

表3 未成熟及び成熟親ガニの飼育排水等における病原菌の検出結果

採捕水域	採捕場所	サンプル採取日	採水種別	その他	qPCR結果	
					PPIC131	Edi (qPCR)
	柏木	令和4年11月25日	輸送後排水 (60LクーラーBOX)	雄	(+)	(-)
				雌	(+)	(-)
	西谷川	令和4年11月25日	輸送後排水 (60LクーラーBOX)	雄	(+)	(-)
				雌	(+)	(-)
奈半利川		令和4年12月16日	淡水飼育排水 30t水槽	1回目	(+)	(-)
				2回目	(-)	(-)
	柏木 +	令和4年12月20日	淡水飼育排水 30t水槽	1回目	(-)	(-)
				2回目	(-)	(-)
	西谷川	令和5年1月30日	海水飼育排水 5t水槽-②	1回目	(-)	(-)
				2回目	(-)	(-)
	令和5年2月8日	海水飼育排水 5t水槽-②	1回目	(-)	(-)	
			2回目	(-)	(-)	
浦戸湾		令和5年1月30日	海水飼育排水 5t水槽-①	1回目	(-)	(-)
				2回目	(-)	(-)
	令和5年2月8日	海水飼育排水 5t水槽-①	1回目	(-)	(-)	
			2回目	(-)	(-)	
	令和5年2月13日	海水飼育排水 5t水槽-①	1回目	(-)	(-)	
			2回目	(-)	(-)	
令和5年2月20日	海水飼育排水 5t水槽-③	1回目	(-)	(-)		
		2回目	(-)	(-)		

河川で未成熟親ガニを採捕して交尾させる方法では、11月下旬に奈半利川で137尾（雄55尾、雌82尾）を入手したものの、飼育後交尾し、受精卵が得られたのは雌2尾のみと非常に効率が悪かった。この原因として、海水飼育期間に比べ淡水飼育期間の斃死率が高いことが挙げられる。種苗生産施設の予定に合わせ、雌雄隔離と淡水飼育で交尾の時期を調整することを目的に、採捕後一定期間の淡水飼育を行うが、この行為自体が親ガニに負担をかけている可能性がある。飼育方法については、收容容器の数や容積を増やし、親ガニの收容密度を低下させることや、シェルターを増やすなどいくつかの改善点も考えられるが、飼育期間が長くなることから不確定要素も多く、これらの対処だけで生残率が向上するかは不明である。また、防疫的見地から見ても、河川採捕の親ガニの飼育排水から、アユ等の魚類に影響を及ぼす冷水病菌が検出されたこともあり、現時点では、採苗方法として適切ではないといえる。

一方、成熟親ガニを採捕する方法では、1月から3月の期間に汽水域から海水域で比較的高い確率で抱卵個体を確保することができた。飼育期間も前者に比べ2か月から3か月ほど短く、飼育尾数も抑えられることに加え、冷水病菌等の疾病原因菌も検出されなかったことから、淡水の疾病に関するリスクも低減でき、現時点での採苗方法として適していると思われる。改善点としては、輸送した後で海水飼育に移るとすぐに卵塊を脱落させる個体が確認され、採捕後のストック期間や輸送時間をできるだけ短くするなど、親ガニに対するストレス軽減策を講じることや、今回は検証できなかったビブリオ属細菌等、海水の疾病の防疫に関する検討が必要と思われる。

2) 種苗生産

計4回の種苗生産を試みたが、採卵時期が遅くなるほど孵化幼生数が減る傾向が見られた。

(1) 1回目

生産概要を表4に示した。浦戸湾産の親ガニ（No.23）を用い、孵化尾数は158,400尾、収容尾数は110,900尾であった。令和5年3月3日に幼生を収容し、種苗生産を開始した。1日齢の幼生の収容密度は74尾/Lであり、ワムシ密度は11個体/mlであった。幼生の捕食量をワムシの増殖量が上回り、10日齢頃にはワムシ密度は41個体/mlを超えるほどになったが、15日齢以降には捕食、流失して（連続換水による）見えなくなった。配合飼料は3日齢から給餌開始し、1日あたり2~6gを取り上げ当日まで給餌した。アルテミアは8日齢から給餌開始し、1日あたり40~160万個体（密度は0.2~1.1個体/ml程度）を給餌した。幼生のアルテミアへの嗜好性は高く、比較的短時間に捕食され見えなくなった。飼育終盤にC1への変態が始まるとアルテミアが残り始めたので、22日齢には給餌を終了した。冷凍コペポーダは、ワムシと置き換えるように14日齢から給餌開始し、1日あたり15~80gを25日齢まで給餌した。なお、14日齢頃に大量減耗があり、観察される幼生の数が少なくなったため全ての餌の給餌量も減少させた。

3月27日（25日齢）に取り上げ、回収時に一部逃亡したものがあつたが、合計236尾（C1：225尾、C2：11尾）を回収し、生産期間を通しての生残率は0.2%であった。

表4 1回目生産の概要

日齢	日付	尾数 (尾)	水温 (°C)	注水量 (L)	換水率	ワムシ		クロレラ (ml)	アルテミア (万個体)	冷凍コペポーダ (g)	配合飼料 (g)	備考
						(万個体)	(個体/ml)					
1	R5.3.3	110,880				2,166	11.4	40				
2	R5.3.4		25.1				17.6	70				
3	R5.3.5		25.0	200	13%		30.2	80			2	
4	R5.3.6		25.1	100	7%		29.6	40			4	
5	R5.3.7		25.1		0%		27.6	100			6	
6	R5.3.8		24.9	200	13%		28.8	50			6	底掃除
7	R5.3.9		25.1	400	27%		26.8	100			6	換水ネット40目
8	R5.3.10		24.8	300	20%		26.4	100	90		6	
9	R5.3.11		24.7	500	33%		37.4	100	100		6	
10	R5.3.12		25.1	400	27%		41.0	100	160		6	
11	R5.3.13		24.8	500	33%		38.6	100	80		6	アルテミア残有り
12	R5.3.14		24.9	500	33%		33.8	50	60		6	
13	R5.3.15		24.7	700	47%		30.0	0	90		4	
14	R5.3.16		25.1	500	33%		12.8	0	70	30	3	幼生が半分程度しか見えなくなった
15	R5.3.17		25.1	500	28%		4.6	0	70	40	4	水量1.8lに増加
16	R5.3.18		25.2	500	28%			0	60	80	4	
17	R5.3.19		23.8	4,320	332%			0	60	80	2	連続注水開始（3L/min）、水量1.3lに減少
18	R5.3.20		23.6	4,320	332%			0	70	70	4	
19	R5.3.21		24.0	4,320	332%			0	80	80	4	
20	R5.3.22		23.4	4,320	332%			0	80	80	3	
21	R5.3.23		24.1	4,320	332%			0	80	80	3	
22	R5.3.24		24.4	4,320	332%			0	60	60	4	
23	R5.3.25		24.7	4,320	332%			0	40	30	4	
24	R5.3.26		23.9	4,320	360%			0	0	70	4	M見えなくなる、水量1.2lに減少
25	R5.3.27	236	23.2	1,440	120%			0	0	15	4	

(2) 2回目

生産概要を表5に示した。浦戸湾産の親ガニ（No.29）を用い、孵化尾数は145,440尾、収容尾数は101,800尾であった。令和5年3月5日に幼生を収容し、種苗生産を開始した。1日齢の幼生の収容密度は68尾/Lであり、ワムシ密度は11個体/mlであった。幼生の捕食量をワムシの増殖量が上回り10日齢頃には、ワムシ密度は47個体/mlを超えるほどになったが、15日齢以降には捕食、流失して見えなくなった。配合飼料は4日齢から給

餌開始し、1日あたり2~6gを23日齢まで給餌した。アルテミアは8日齢から給餌開始し、1日あたり70~160万個体（密度は0.4~1.1個体/ml程度）を21日齢まで給餌した。冷凍コペポダは、12日齢から給餌開始し、1日あたり20~100gを23日齢まで給餌した。なお、1回目と同様に飼育中盤に大量減耗があり、観察される幼生の数が少なくなったため全ての餌の給餌量を減少させた。

3月29日（25日齢）に取り上げ合計1,241尾（M：4尾、C1：494尾、C2：743尾）を回収し、生産期間を通しての生残率は1.2%であった。

表5 2回目生産の概要

日齢	日付	尾数 (尾)	水温 (°C)	注水量 (L)	換水率	ワムシ		クロレラ (ml)	アルテミア (万個体)	冷凍コペポダ (g)	配合飼料 (g)	備考
						(万個体)	(個体/ml)					
1	R5.3.5	101,808	22.3	0		2000		80				
2	R5.3.6		22.1	0		800	10.6	40				
3	R5.3.7			0	0%		20.0	80				
4	R5.3.8		25.4	200	13%		20.4	40			2	
5	R5.3.9		25.6	100	7%		25.2	90			2	
6	R5.3.10		25.8	300	20%		24.2	100			2	底掃除
7	R5.3.11		25.5	400	27%		25.6	100			4	
8	R5.3.12		25.8	400	27%		18.2	100	120		4	
9	R5.3.13		25.3	500	33%		32.2	100	120		4	
10	R5.3.14		25.3	600	40%		47.4	100	100		6	
11	R5.3.15		25.3	500	33%		29.0	100	160		6	
12	R5.3.16		25.3	500	33%		19.6	50	140	20	6	
13	R5.3.17		25.8	500	28%		13.4	0	140	30	6	水量1.8tに増加
14	R5.3.18		25.7	500	28%	1500	14.0	0	110	90	6	
15	R5.3.19		25.5	500	28%		12.8	0	110	100	3	
16	R5.3.20		25.7	4,320	240%			0	110	100	6	連続注水開始(3L/min)
17	R5.3.21		24.3	4,320	288%			0	120	100	6	水量1.5tに減少(換水率UP)
18	R5.3.22		23.6	4,320	288%			0	120	100	5	
19	R5.3.23		24.2	4,320	288%			0	120	100	5	
20	R5.3.24		24.6	4,320	288%			0	100	100	6	
21	R5.3.25		25.0	4,320	288%			0	70	90	6	
22	R5.3.26		24.2	4,320	288%			0	0	90	6	
23	R5.3.27		23.4	4,320	288%			0	0	50	6	
24	R5.3.28			4,320	288%			0	0	0	0	
25	R5.3.29	1,241			0%							

(3) 3回目

生産概要を表6に示した。四万十川産の親ガニ（No.24）を用い、孵化尾数は18,000尾、收容尾数は9,000尾であった。4月16日に幼生を收容し、種苗生産を開始した。3回目では、池入れ当初の餌不足を防ぐため、池入れ前からあらかじめワムシを投与した。初期の幼生の收容密度は6尾/Lであり、初期のワムシ密度は14.2個体/mlであった。先の2例よりも幼生の收容尾数が少なかったこともあり、ワムシ密度は、6日齢頃には64個体/mlを超えたが、15日齢以降は、捕食、流失してほぼ見えなくなった。配合飼料の給餌は、先の2例よりも7日間遅らせた11日齢から給餌開始し、1日あたり4~10gを29日齢まで給餌した。アルテミアは6日齢から給餌開始し、1日あたり50~160万個体（密度は0.3~0.9個体/ml程度）を23日齢まで給餌した。冷凍コペポダは、12日齢から給餌開始し、1日あたり30~220gを29日齢まで給餌した。

5月15日（30日齢）に取り上げ、合計2,476尾（C2主体）を回収し、期間を通しての生残率は27.5%であった。

表6 3回目生産の概要

日齢	日付	尾数 (尾)	水温 (°C)	注水量 (L)	換水率	ワムシ		クロレラ (ml)	アルテミア (万個体)	冷凍コペポータ (g)	配合飼料 (g)	備考
						(万個体)	(個体/ml)					
1	R5.4.16	9,000	24.8	0		1,500	14.2	80				水量1.4t
2	R5.4.17		24.8	0			17.2	80				
3	R5.4.18		25.0	0	0%		32.6	90				
4	R5.4.19		25.3	300	18%		58.0	100				水量1.7tに増加
5	R5.4.20		25.3	200	11%		57.6	100				水量1.9tに増加
6	R5.4.21		25.1	400	27%		64.4	100	100			水量1.5tに減少
7	R5.4.22		25.0	300	20%		50.4	100	80			
8	R5.4.23		24.8	300	20%		32.8	100	50			
9	R5.4.24		25.1	300	20%		25.8	100	50			
10	R5.4.25		24.9	300	20%		26.0	100	50			
11	R5.4.26		25.2	300	20%			100	50		4	
12	R5.4.27		24.8	300	20%		34.2	100	60	30	4	
13	R5.4.28		25.2	400	27%		24.2	100	100	0	4	
14	R5.4.29		25.1	400	22%		17.0	100	90	30	4	水量1.8tに増加
15	R5.4.30		24.9	4,320	240%		7.2	0	120	100	4	連続注水開始 (3L/min)
16	R5.5.1		23.9	4,320	240%		0.4	0	100	70	5	
17	R5.5.2		24.1	4,320	240%		0.0	0	130	80	6	
18	R5.5.3		24.1	4,320	240%		0.4	0	130	160	6	
19	R5.5.4		24.9	4,320	240%		0.0	0	150	150	8	
20	R5.5.5		24.7	4,320	240%		0.4	0	160	160	8	
21	R5.5.6		25.3	4,320	240%		0.8	0	160	180	8	
22	R5.5.7		25.2	4,320	240%		0.0	0	160	190	8	
23	R5.5.8		24.5	4,320	240%		0.6	0	160	180	8	
24	R5.5.9		25.0	4,320	288%			0	0	180	8	水量1.5tに減少
25	R5.5.10		24.0	4,320	288%			0	0	180	8	ヒーター温度下げる24→22
26	R5.5.11		21.1	4,320	288%			0	0	190	8	
27	R5.5.12		20.1	7,776	518%			0	0	200	8	淡水馴致開始
28	R5.5.13		20.3	5,760	384%			0	0	200	8	
29	R5.5.14		19.3	5,760	384%			0	0	220	10	
30	R5.5.15	2,476						0	0			

(4) 4回目

生産概要を表7に示した。四万十川産の親ガニ (No.28) を用い、孵化尾数 8,226 尾、収容尾数は 5,000 尾であった。4月26日に幼生を収容し、種苗生産を開始した。4回目でも3回目と同様に、池入れ当初の餌不足を防ぐため、池入れ前からあらかじめワムシを投与した。初期の幼生の収容密度は4尾/Lであり、初期のワムシ密度は23個体/mlであった。5月1日(6日齢)に大量減耗があり、幼生がほとんど見えなくなったため生産を中止した。

表7 4回目生産の概要

日齢	日付	尾数 (尾)	水温 (°C)	注水量 (L)	換水率	ワムシ		クロレラ (ml)	アルテミア (万個体)	冷凍コペポータ (g)	配合飼料 (g)	備考
						(万個体)	(個体/ml)					
1	R5.4.26	5,000	24.8	0	0	2,000	22.6	80				水量1.3t
2	R5.4.27		27.1	0	0		29.8	80				
3	R5.4.28		26.9	0	0%		40.4	80				
4	R5.4.29		27.3	200	13%		49.8	80				水量1.5tに増加
5	R5.4.30		27.0	300	17%		44.6	100				水量1.8tに増加
6	R5.5.1		24.6		0%							大量減耗につき廃棄

全ての回次をとおして、餌料系列に大きな変更はなかったが、生産結果としては3回目が最も良く、取り上げまでに27.5%が生残した。1,2回目と3回目の大きな違いは収容密度であり、1回目で74尾/L、2回目で68尾/L、一方3回目では6尾/Lと両者には10倍ほどの差があった。事例数が少なく、最適な収容密度には言及できないが、現状では6尾/L程度に抑えることが望ましいと思われた。また、ワムシ給餌のタイミングも、3回目

は孵化幼生の池入れ前にワムシの投与を行っており、飼育開始とのタイムラグをなくすことで良い影響を与えた可能性がある。さらに、1, 2回目では、飼育初期から微量ながら配合飼料を給餌したが、やや水の汚れや匂いがあり、水質の悪化に繋がっていると感じたため、3回目では配合飼料の給餌時期を10日齢頃まで遅らせるようにしたことも良い影響を与えた可能性がある。10日齢までの飼育初期はワムシの増殖速度が勝っており、ワムシのみでも十分に成長できると思われ、環境負荷を抑える方向性が望ましいと思われた。

4回目は、生産初期で大量減耗があり生産を中止したが、当初から遊泳力が弱いなど活力不足が確認されており、種苗性の低さが大きな要因となっていると考えられた。遡上稚ガニが春に多く確認されることから、高知県におけるモクズガニの主な産卵期は、冬から春（1～4月頃）にかけてと推測され、採苗した4月下旬頃は終盤であったといえる。

今回、複数の親ガニを孵化まで観察したが、時期が遅くなるにつれて抱卵、孵化数が減り孵化幼生の質も低下したことから、種苗生産の適期は1～3月頃と思われた。

参考文献

今城雅之・山崎憲一・山下はづき・門野真弥・片岡榮彦・大崎靖夫・高橋 徹（2017）高知県鏡川におけるアユ細菌性冷水病の疫学調査. 魚病研究, 52, 141-151.

占部敦史・長岩理央・荻田淑彦・石川徹・隅川和（2021）高知県のアユ資源の維持・増大に向けた取組支援事業. 令和元年度高知県内水面漁業センター事業報告書, 15-29.

Bilodeau et al., Real-time PCR assay of the bacterium *Edwardsiella ictaluri* in channel catfish. US 6,951,726 B2, United States Department of Agriculture patents. 4, October 2005.

4 參考資料

高知県河川漁業生産量の推移

(単位:t)

年	アユ	ウナギ	コイ	マス類	その他魚類	貝類	エビ	その他動植物	合計
1971	603	145	122	10	444	15	113	186	1,638
1972	429	84	39	2	342	7	60	167	1,130
1973	795	80	42	4	365	6	61	349	1,702
1974	1,558	136	58	53	423	9	103	253	2,593
1975	2,257	193	116	68	514	8	131	304	3,591
1976	1,807	168	88	75	405	7	101	323	2,974
1977	1,340	163	69	20	353	7	72	241	2,265
1978	1,402	166	72	21	341	7	58	227	2,294
1979	1,052	168	75	21	372	17	58	205	1,968
1980	1,479	181	75	26	362	11	70	444	2,648
1981	1,837	177	76	32	346	9	103	208	2,788
1982	1,754	184	74	37	359	31	103	438	2,980
1983	1,630	157	66	36	307	40	129	542	2,907
1984	1,290	106	54	36	233	37	149	177	2,082
1985	1,270	122	59	44	212	37	155	253	2,152
1986	1,153	129	60	40	184	26	111	279	1,982
1987	1,053	124	67	37	198	25	114	248	1,866
1988	1,369	127	65	40	196	14	108	282	2,201
1989	1,422	131	66	66	194	14	106	224	2,223
1990	1,368	117	59	62	194	13	104	281	2,198
1991	1,430	101	47	69	187	10	109	258	2,211
1992	1,283	112	48	64	184	6	103	230	2,030
1993	1,195	111	47	67	182	6	105	60	1,773
1994	1,115	112	52	69	181	6	104	202	1,841
1995	821	59	35	66	127	5	64	136	1,313
1996	849	59	34	65	125	5	60	123	1,320
1997	721	51	32	43	118	4	50	141	1,160
1998	591	63	28	42	104	3	52	30	913
1999	559	64	21	40	74	2	52	37	849
2000	564	74	17	39	54	2	56	97	903
2001	492	67	13	36	50	2	56	98	814
2002	453	56	13	34	49	2	62	92	761
2003	262	60	10	34	36	2	55	54	513
2004	134	36	5	18	21	0	55	90	359
2005	333	57	5	18	25	0	56	98	592
2006	140	*	3	2	*	0	*	*	145
2007	97	*	3	1	*	0	*	*	101
2008	106	21	3	1	18	-	33	45	227
2009	139	*	3	1	*	-	34	151	328
2010	100	*	2	1	*	-	8	54	165
2011	112	7	2	1	8	-	6	36	172
2012	100	8	2	1	9	-	8	36	164
2013	103	3	1	1	8	-	3	26	146
2014	106	4	1	1	5	-	1	17	135
2015	105	3	1	1	5	-	1	18	134
2016	91	3	1	1	7	-	0	11	114
2017	105	3	1	1	7	-	1	10	128
2018	94	3	1	1	5	-	-	11	115
2019	91	3	0	1	7	-	1	9	111
2020	98	3	0	1	6	-	1	9	117
2021	106	3	0	1	6	-	1	9	126
2022	102	3	0	1	6	-	1	10	122

出典:「内水面漁業漁獲量」(政府統計の総合窓口(e-Stat)) (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei/index.html)

アユの市場別取扱量の推移

(単位：kg)

年	西土佐鮎市場	四万十川上流 淡水漁協	仁淀川漁協	芸陽漁協 (2021年度まで)	幡多公設 卸売市場※	計
1977					14,812	14,812
1978					18,368	18,368
1979					7,681	7,681
1980	4,870				17,636	22,506
1981	6,500				27,559	34,059
1982	3,400				15,227	18,627
1983	1,700				11,806	13,506
1984	5,183				17,912	23,095
1985	1,425		4,445		15,526	21,396
1986	1,409		6,546		9,582	17,537
1987	1,299		4,814		7,704	13,817
1988	3,112	1,614	5,050		17,508	27,284
1989	1,513	1,613			10,356	13,482
1990	1,523	1,944			8,991	12,458
1991	4,788	3,970	3,537		11,887	24,182
1992	1,527	3,524	4,043		7,680	16,774
1993	2,855	3,720	1,573		8,134	16,282
1994	2,040	2,129	2,674		6,379	13,222
1995	2,194	2,621	3,308	299	7,871	16,293
1996	3,326	4,101	2,821		7,490	17,738
1997	2,121	3,231	2,991	234	7,365	15,942
1998	1,059	2,850	2,882	150	2,738	9,679
1999	2,144	3,370	1,948	177	5,211	12,850
2000	2,984	2,819	1,527	297	5,774	13,401
2001	3,188	3,632	2,459	231	7,174	16,684
2002	3,650	2,695	2,469	343	6,739	15,896
2003	1,049	785	2,034	168	2,380	6,416
2004	384	1,257	1,033	338	2,487	5,499
2005	1,055	2,761	1,648	326	5,202	10,992
2006	1,550	1,040	2,137	126	2,659	7,512
2007	1,039	1,080	1,453	116	3,879	7,567
2008	665	1,693	2,476	165	3,912	8,911
2009	2,730	1,583	1,626	302	4,228	10,469
2010	1,708	1,122	1,626	127	2,977	7,560
2011	2,606	1,412	1,024	97	3,919	9,058
2012	2,390	796	1,065	73	6,144	10,468
2013	1,884	1,346	1,328	175	2,159	6,892
2014	2,116	1,296	1,554	178	3,067	8,211
2015	5,328	1,556	613	82	5,970	13,549
2016	1,327	1,708	1,056	165	2,461	6,717
2017	7,108	1,972	1,404	38	4,623	15,145
2018	5,529	1,815	417	95	4,517	12,373
2019	1,914	756	680	87	2,055	5,491
2020	6,568	2,102	1,176	52	2,349	12,247
2021	8,682	1,462	1,643	93	2,825	14,704
2022	6,958	2,296	1,201	買取終了	2,906	13,361

※内水面漁業センター調べ

※幡多公設卸売市場の取扱量は、2005年以前と2006年以降で集計方法が異なる