

令和元年度

事業報告書

第 30 卷

令和 3 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および生息環境の調査・分析 (環境収容力推定手法開発事業)	8
(3)	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 (環境収容力推定手法開発事業)	11
(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	15
(5)	人工種苗「土佐のあゆ」の種苗性評価事業	30
4	参考資料	
	高知県河川漁業生産量の推移	43
	アユの市場別取扱量の推移	44

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高川原 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)

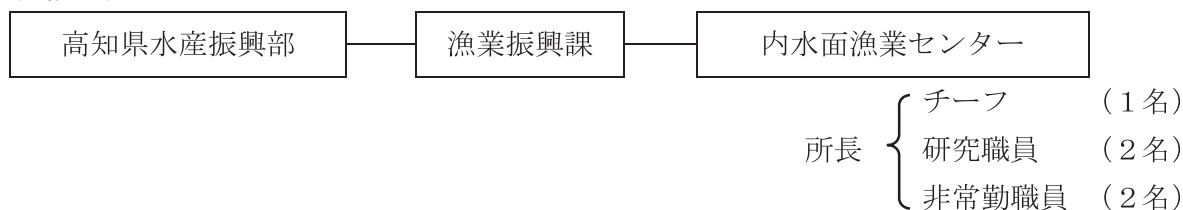
昭和 55 年 高知県内水面漁業センターに改組、移転 (現所在地)
(高知県内水面魚病指導総合センターを併設)

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	岡村 雄吾	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
主任研究員	占部 敦史	魚類資源、増殖技術、環境調査等全般
非常勤職員	田中 ひとみ	試験研究補助
非常勤職員	隅川 和	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	6,555	6,555		
内水面漁業試験研究費	10,581	6,957		3,624
内水面漁業振興事業費	1,581	1,581		
養殖振興対策事業費	2,002	1,021	981	
合計	20,719	16,114	981	3,624

(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) 会議等への出席

開催日	会議名	開催場所	出席者
5月14日	令和元年度高知県河川魚族保護会通常総会	高知市	石川・占部
6月13-14日	平成31年度水産庁委託「環境収容力推定手法開発事業」計画検討会議	東京都	占部（アユ）
6月25-26日		東京都	稲葉（ウナギ）
6月27-28日	令和元年度全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック会議・全国水産試験場長会内水面部会西日本ブロック会議	鳥取県	岡村
7月29日	中央東福祉保健所管内水質汚濁事故対策連絡会議	香美市	石川
8月25日	仁淀川の森と水を考えるシンポジウム	土佐市	占部
9月4-6日	全国湖沼河川養殖研究会 第92回大会	山梨県	占部
10月23-24日	第33回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会	岡山県	石川
12月3-4日	令和元年度内水面関係研究開発推進会議「資源・生態系部会」及び「内水面養殖部会」	東京都	稲葉
12月10日	令和元年度育種情報交換会	三重県	石川
12月11-12日	令和元年度魚病症例研究会	三重県	石川
12月11-12日	令和元年度全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック研究会	山口県	稲葉
12月17日	令和元年度禰原町・津野町合同魚族保護会総会	禰原町	石川・占部
2月3-4日	令和元年度アユ疾病研究部会	東京都	占部
2月6-7日	令和元年度アユ資源部会報告会	東京都	占部
2月19-20日	平成31年度水産庁委託「環境収容力推定手法開発事業」実績報告会議	東京都	占部
3月29日	鏡川漁業協同組合総代会	高知市	占部

(2) 講師派遣

開催日	会議等名称	開催場所	講演内容	講演者	対象者
5月14日	令和元年度高知県河川魚族保護会通常総会	高知市	河川で発生するアユの病気について	占部敦史	高知県河川魚属保護会委員
8月25日	仁淀川の森と水を考えるシンポジウム	土佐市	高知のアユをうまく活用するには	占部敦史	仁淀川漁協組合員及び一般参加者
12月17日	禰原町・津野町合同魚族保護会	禰原町	河川で発生するアユの病気について	占部敦史	禰原町・津野町合同魚族保護会理事
3月29日	鏡川漁業協同組合総代会	高知市	鏡川における鏡ダム上流域の陸封アユと放流アユの資源寄与と管理について	占部敦史	鏡川漁業協同組合総代

(3) 口頭発表

開催日	会議等名称	開催場所	内容	発表者
6月13-14日	平成31年度水産庁委託「環境収容力推定手法開発事業」計画検討会議	東京都	アユ資源に効果的な放流及び資源保護手法の開発（中間報告）	占部
6月24-26日		東京都	高知県におけるウナギ調査計画	稲葉
2月3-4日	令和元年度アユ疾病研究部会	東京都	高知県で分離された冷水病菌の遺伝子型	占部
2月6-7日	令和元年度アユ資源部会	東京都	鏡ダム湖に生息する陸封アユと放流した人工アユの混獲率	占部
2月19-20日	平成31年度水産庁委託「環境収容力推定手法開発事業」実績報告会議	東京都	アユ資源に効果的な放流及び資源保護手法の開発（実績報告）	占部

3 事業報告

養殖衛生管理体制整備事業

石川 徹・占部敦史

近年，食の安全・安心に対する消費者の関心が高まり，水産物の安全性が重要視されている。内水面養殖業においても，生産物の安全性を確保するため，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（KHVD）のまん延防止や県内河川におけるアユ冷水病の発生動向の把握，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。このため当事業では，効率的な魚病診断体制の整備を図るとともに，医薬品適正使用の指導，養殖場の巡回調査，医薬品残留検査等を行う。

1 医薬品の適正使用に関する指導

養殖場の巡回時に，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，分離細菌に対する薬剤感受性試験を行った。

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 令和元年7月 香美市
- ・第33回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会 令和元年10月 岡山県

・令和元年度魚病症例研究会 令和元年12月 三重県

・令和元年度育種情報交換会 令和元年12月 三重県

(2) 養殖技術指導

1) アユ

放流用種苗の保菌検査，養殖アユの各種疾病に対する対策（塩水浴，投薬等）指導を行った。

2) ウナギ

養殖ウナギの各種疾病に対する対策（餌止め，換水，投薬，飼育水の昇温等）指導を行った。

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・アマゴ養殖業者を対象に，平成30年の魚病被害および水産用医薬品の使用状況について，調査票に基づく調査を行った。

(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およ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）および養殖場における、魚病の発生状況を把握し、その予防と蔓延を防止するため魚病診断を実施した。なお、養殖業者が健康診断等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

平成 31・令和元年度の天然水域等における魚病診断件数は 13 件で、魚種別ではアユ 11 件、コイ 1 件、キンギョ 1 件であった（表 1）。アユでは、冷水病が 10 件発生した。コイでは、カラムナリス病及び穴あき病の混合感染が 1 件発生したが、コイヘルペスウイルス病（KHVD）の発生はなかった。その他にキンギョヘルペスウイルス性造血器壊死症が 1 件発生した。

2) 養殖場（食用）

平成 31・令和元年度の養殖場における診断件数は 15 件で、魚種別では、アユ 1 件、アマゴ 2 件、ニジマス 1 件、ウナギ 11 件であった（表 2）。

魚種ごとの内訳について見ると、アユでは、疾病の特定ができず不明としたものが 1 件であった。

アマゴでは、伝染性造血器壊死症、冷水病およびせつそう病の混合感染が 1 件、造血器壊死症およびカラムナリス病の混合感染が 1 件であった。

ニジマスでは、伝染性造血器壊死症 1 件であった。

ウナギでは、カラムナリス病およびシュ

ードダクチロギルス症の混合感染 2 件、カラムナリス病 1 件、シュードダクチロギルス症 4 件、水カビ病およびカラムナリス病の混合感染 1 件、給餌過多による障害が 1 件、疾病の特定ができず不明としたものが 2 件であった。

平成 25 年度から令和元年度のウナギの主要疾病発生件数の推移を表 3 に示した。発生頻度が最も高いのはカラムナリス病であり 7 年間で 108 件発生している、次いでシュードダクチロギルス症が高く 80 件、その次に多いのがパラコロ病で 74 件となった。年ごとに傾向も異なり平成 25～26 年度には全体の約半分をカラムナリス病が占め最も発生頻度が高かったが、平成 27～28 年度はパラコロ病の発生頻度が最も高くなり、直近 3 年では、シュードダクチロギルス症の発生頻度が最も高くなっている。特に、ここ数年のシュードダクチロギルス症の増加については、シラスウナギの不漁による、池入れ尾数の減少が原因として考えられる。すなわち、池入れ尾数の減少への対策として、養鰻業者は飼育期間を延長し大型化して出荷する傾向にあり、その長期飼育が、シュードダクチロギルス症増加の原因になっていると考えられる。シュードダクチロギルス症がひとたび発生すれば現在のところ昇温処理しか有効な手段がなく、経営方針により昇温を行わない事業者においては被害が周期的に発生し、経営に負担を与えている。

表 1. 天然水域等での魚病診断件数

発生水域	魚種	病名	H31・R1年度												計
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
天然水域 (個人池 含む)	アユ	冷水病		2	3		2							3	10
		不明			1										1
	コイ	カラムナリス病+穴あき病											1		1
	キンギョ	キンギョヘルペスウイルス性造血器壊死症		1											1
合 計			0	3	4	0	2	0	0	0	0	0	1	3	13

表 2. 養殖場での魚病診断件数

発生水域	魚種	病名	H31・R1年度												計	
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
養殖	アユ	不明			1										1	
		アマゴ	伝染性造血器壊死症+冷水病+せつそう病	1												1
		伝染性造血器壊死症+カラムナリス病											1		1	
	ニジマス	伝染性造血器壊死症			1										1	
	ウナギ	カラムナリス病+シュードダクチロギルス症												2	2	
		カラムナリス病													1	1
		シュードダクチロギルス症	1	1	1										1	4
		水カビ病+カラムナリス病												1		1
		不明							1						1	2
		給餌過多													1	1
合 計			2	1	3	0	0	1	0	0	0	0	4	4	15	

表 3. ウナギ主要疾病の魚病診断件数の推移

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	合計
ウイルス性血管内皮壊死症	7	2	0	6	5	2	0	22
ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症	0	0	2	0	0	0	0	2
カラムナリス病	32	33	13	13	8	5	4	108
パラコロ病	22	8	23	15	6	0	0	74
連鎖球菌症	2	2	1	1	0	0	0	6
頭部潰瘍症	2	1	0	2	0	0	0	5
鱗赤病	2	0	0	0	0	0	0	2
シュードダクチロギルス症	6	19	19	9	14	7	6	80
合 計	73	65	58	46	33	14	10	299

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

稲葉太郎・石川 徹・占部敦史・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（水産庁，平成 30～34 年度）を受託し，「高知県におけるニホンウナギの生息状況および生息環境の把握」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。

（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，箱漁法で採集したウナギに標識を施して放流し，移動およ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，6～12 月の間に箱およ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，体表粘液の採取および

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。

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，それらの採捕場所および全長・体重のデータから，移動と成長を推定した。

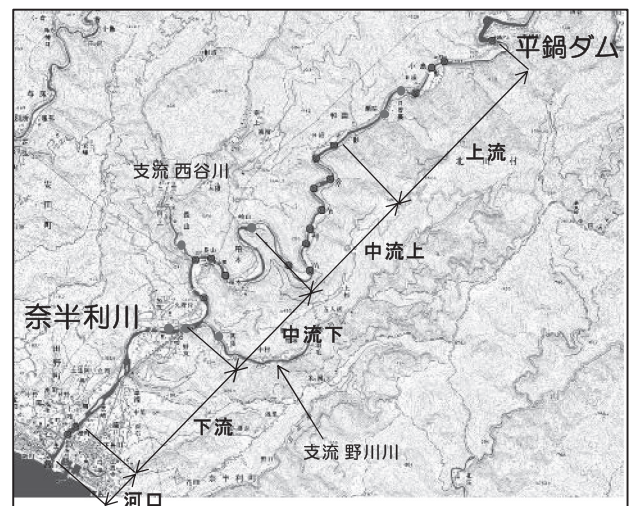


図 1. 調査実施地点位置および流域区分

（3）結果

奈半利川水系で，ウナギ 570 個体（箱漁法 546 個体，石倉漁法 12 個体，電撃ショッカー 12 個体）を採捕した。平均全長は 44.5cm（図 2），平均体重は 123.7g（図 3）であった。成熟段階は，Y1 が 4 個体，Y2 が 554 個体，S1 が 8 個体，S2 が 4 個体であった。肥満度は，成熟が進んだ個体で高くなる傾向が認められた。

本年度の再採捕数は 74 個体で，再採捕率は 12.3%であった。

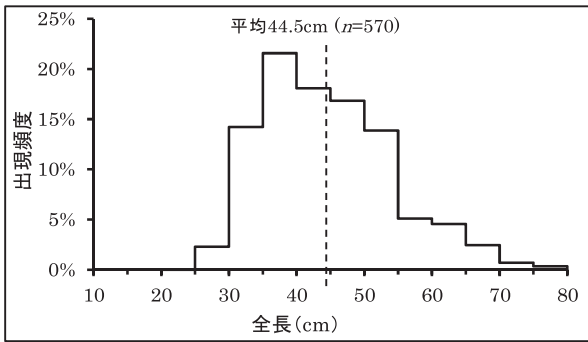


図 2. 全長出現割合

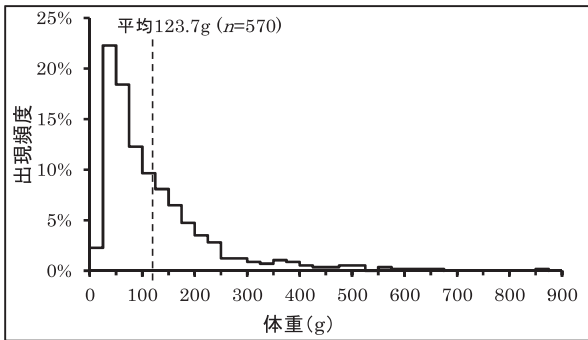


図 3. 体重出現割合

平成 25 年度から令和元年度までの調査で、累計採捕数は延べ 2,956 個体となった。このうち、イラストマータグと DNA 個体識別で再採捕と判定されたのは 307 個体で、再採捕率は 7 年間で 9.6%であった。これらの再採捕個体から得られたデータに基づいて、成長と移動に関して解析を行った。

全長と体重の瞬間成長率 (SGR = (LN (再採捕時の値) - LN (放流時の値) ÷ 再採捕までの日数 × 100)) と再採捕までの日数との関係を、図 4 に示した。

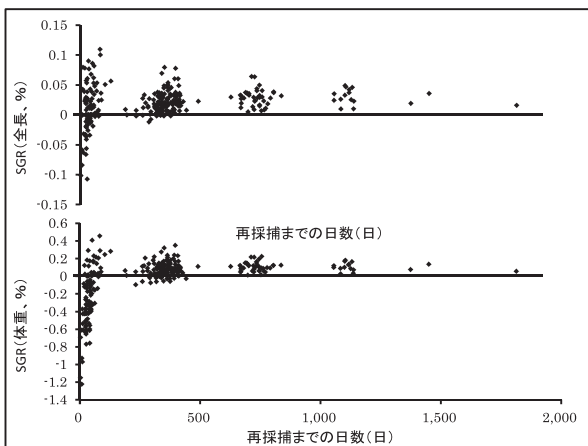


図 4. 再採捕までの日数と SGR

再採捕までの日数は、概ね 150 日以下と、それ以降 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、それぞれの平均値について比較した(図 5)。150 日以下のグループで SGR が有意に低く、体重では負の値となった (Tukey, $P < 0.05$)。一方、151 日以上グループでは、それぞれ間に有意な差は認められなかった ($P > 0.10$)。

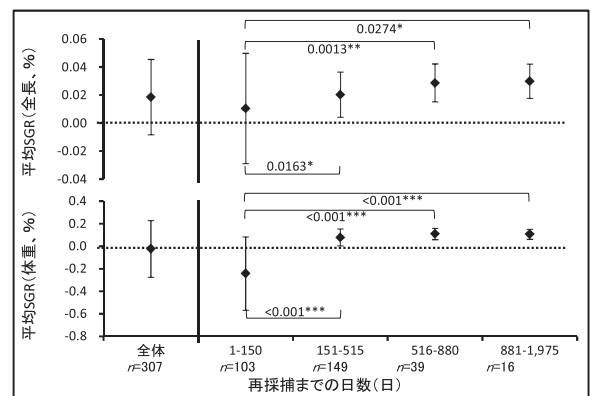


図 5. 日数区別の平均 SGR

移動について、放流地点より上流側の地点で再採捕されたものを「遡上」、同じ地点で再採捕されたものを「定位」、下流側の地点で再採捕されたものを「降下」とし、放流位置の流域区別に解析すると、それぞれ異なる傾向が認められた。全体では、放流位置から移動しない定位個体は少なかった (21.6%) が、流域別にみると、河口及び中流下部で多く (88.9% および 28.6%)、下流、中流上部及び上流で少なかった (20.0%, 15.9% および 17.1%)。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増加した (Pearson's Chi-squared test, $P < 0.001$) (図 6)。

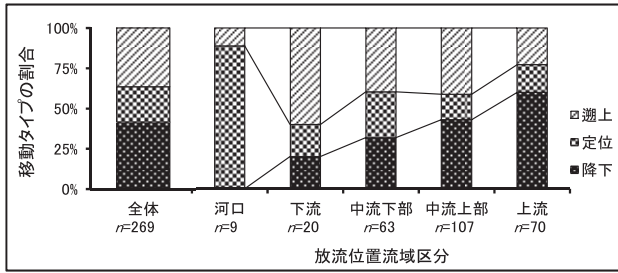


図 6. 流域区分別移動の傾向 (支流を除く)

電撃ショッカーを用いた採集を、春季 (5月)、夏季 (9月) 及び冬季 (12月) の3回実施した。その結果、調査箇所別の巨礫の割合とウナギの確認個体数 (個体/m²) の間に正の相関が認められ (Spearman の順位相関係数, $P = 0.022$, $r_s = 0.810$), 巨礫の割合が高いほど確認個体数が多くなる傾向が認められた (図 7)。

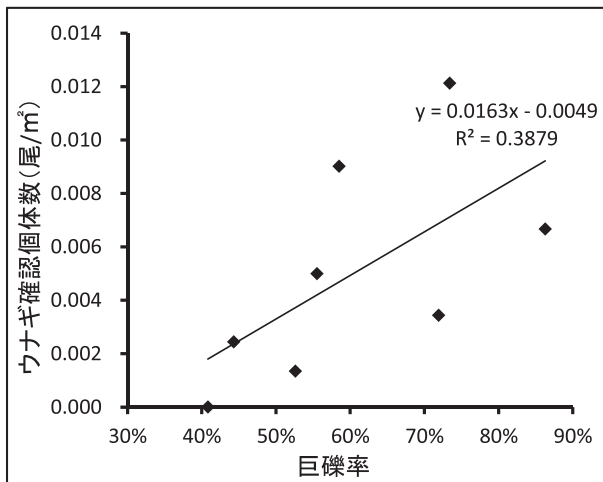


図 7. 箇所別の巨礫率とウナギ確認個体数

(4) 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 増幅およ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. 河川および海域での鰻来遊・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）

占部敦史・隅川 和

近年、わが国におけるアユの漁獲量は著しく減少しており、資源増殖の取組が必要不可欠となっている。本県においても、各内水面漁業協同組合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が、漁獲量が過去の水準に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方法を確立し、増殖活動を進める必要があるが、それに資する知見は十分でない。

そこで、「環境収容力推定手法開発事業」（水産庁、平成 30～34 年度）を受託し、「漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発（アユ）」の課題を実施した。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」および「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。

なお、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。

1 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

(1) 目的

放流事業は内水面漁業協同組合の増殖活動の中心となるものであり、放流効果の向上は内水面漁業を振興するうえで重要である。

アユの放流効果は、種苗性の良否、放流時期や場所、放流時の魚体サイズ、河川環境など、多くの条件に左右される可能性があるため、様々な状況におけるデータを収

集し、整理することが必要となる。そこで、河川への放流用アユ人工種苗（以下「人工アユ」という。）の試験放流を実施し、放流後の成長、河川環境等のデータを収集した。

(2) 材料と方法

鏡川水系高川川および仁淀川水系土居川において、人工アユの標識放流を実施した。なお、両河川に標識放流した人工アユは、高知県内水面種苗センターで生産された同一ロットのものである。

高川川は、川幅が約 5m の比較的小規模な支川で、鏡川本川との合流点から 1km 上流に堤高約 5m の堰堤（魚道なし）がある。試験放流区間（調査対象とした区間）は、この堰堤から上流約 800m までの範囲とし（図 1）、2019 年 4 月 4 日、試験放流区間の下流端から 200m 上流の地点に、脂鰭切除標識を施した人工アユ（平均魚体重：8.7g）5,057 尾を放流した（表 1）。

土居川は、川幅が約 30m の比較的大規模な支川で、二次支川の安居川を有する。また、仁淀川本川との合流点から 4km 上流に堤高約 10m の堰堤（魚道あり）がある。試験放流区間は、この堰堤から上流の延べ約 6km（土居川：4km、安居川：2km）の範囲とし（図 2）、2019 年 4 月 4 日、試験放流区間のほぼ中間にあたる安居川との合流地点において、脂鰭切除標識を施した人工アユ（平均魚体重：8.7g）13,793 尾を放流した（表 1）。なお、土居川では本試験による標識放流（4 月 4 日）の実施後の 4 月 18 日および 22 日に、仁淀川漁業協同組合

が計 76,911 尾の人工アユ（無標識）の放流を行っている。

高川川では標識放流後 42 日目、61 日目および 81 日目、土居川では標識放流後 48 日目に友釣りによる釣獲調査をそれぞれ行い、放流後の成育状況等を確認した。

(3) 結果

釣獲調査で採捕した標識放流魚の平均体重は、高川川では放流後 42 日目に 23.1g、61 日目に 29.1g、81 日目に 40.4g、土居川

では放流後 48 日目に 33.8g であった（表 2）。両河川における同時期の釣獲調査時（高川川：放流後 42 日目、土居川：放流後 48 日目）の平均体重は、土居川が高川川を上回り（ t 検定、 $P < 0.01$ ）、放流後の成長は土居川の方が優れていた。これについては、両河川の水温、川幅を含む河川環境（環境収容力）や放流密度の違いが影響した可能性がある。

表 1. アユ試験放流の概要

調査河川	川幅 (m)	標識放流						同地点の 全放流尾数	標識放流以外 の放流日	標識率
		放流日	水温 (°C)	標識方法	種苗の 系統	平均体重 (g)	標識魚の 放流尾数			
鏡川水系高川川	5	2019/4/4	9.9	脂鰭カット	奈半利川_F2	8.7	5,057	5,057	-	100%
仁淀川水系土居川	30	2019/4/4	10.4	脂鰭カット	奈半利川_F2	8.7	13,793	90,704	4/18, 4/22	15%

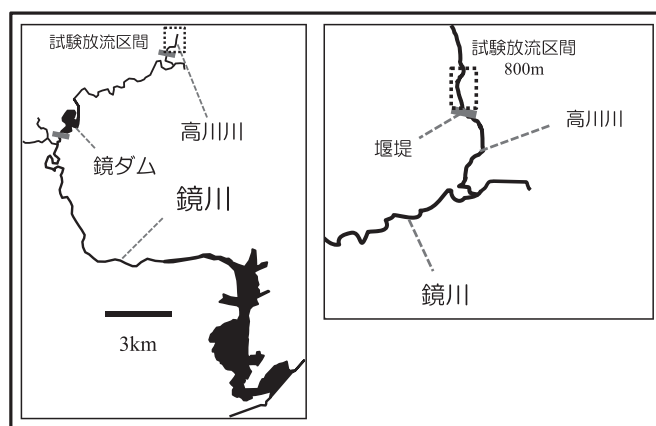


図 1. 鏡川水系高川川での試験放流区間

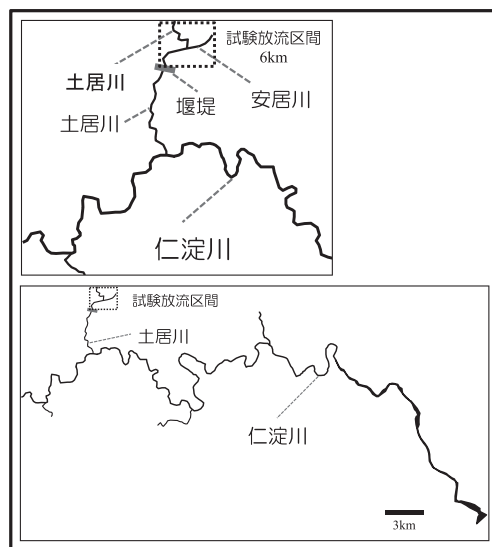


図 2. 仁淀川水系土居川での試験放流区間

表 2. アユ試験放流における釣獲調査結果

調査河川	釣獲調査日	放流後 日数	全採捕尾数		採捕した標識魚		
			<i>n</i>	<i>n</i>	採捕 割合	平均全長 (mm)	平均体重 (g)
高川川	2019/5/16	42	34	34	100%	141.1±12.9	23.1±7.7
	2019/6/4	61	23	23	100%	150.2±12.6	29.1±7.2
	2019/6/24	81	23	23	100%	167.1±12.9	40.4±9.7
土居川	2019/5/22	48	69	60	87%	154.5±17.6	33.8±7.9

土居川では前述のとおり、本試験による標識放流の後、仁淀川漁業協同組合が無標識の人工アユの放流を行ったため、放流魚全体に占める標識魚の割合は 15% となったが、釣獲調査（5 月 22 日）で採捕されたアユに占める標識魚の割合は 87% と有意に高い結果となった (χ^2 検定, $\chi^2=274.5$, $P < 0.01$)。このことから、早い時期に放流した人工アユが先に縄張りを形成し、先に釣獲される先住効果の影響が示唆された。

2 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

(1) 目的

アユの資源保護を効果的に実施するためには、次世代の再生産に寄与する産卵親魚の特性（孵化時期、遡上時期等）を明らかにする必要がある。そこで、耳石の日輪解析により、遡上魚および産卵親魚の孵化時期を調べた。

(2) 材料と方法

2018 年および 2019 年の 3～5 月、物部川においてアユの遡上魚を投網または電撃ショッカーで採捕し、耳石の日輪解析による日齢査定を行い、孵化月の組成を

調べた。

また、2018 年および 2019 年の 11～12 月、物部川の産卵場において親魚を投網で採捕し、耳石の日輪解析による日齢査定を行い、孵化時期の推定を試みた。

耳石の日輪解析は、光学顕微鏡およ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）を用いて行った。また、親魚の日齢査定については、前年の報告書（占部ら 2019）や既報（Tsukamoto and Kajihara 1987）において、耳石縁辺部の日輪が不鮮明で計数しにくく、日齢が過少評価されることが報告されている。そのため、計数した耳石の日輪数に 13 日を加算（占部ら 2019）して日齢とした。

(3) 結果

遡上魚の孵化月の組成を調べたところ、2018 年の 3 月遡上群では 11～12 月孵化、4 月遡上群では 1 月孵化、5 月遡上群では 1～2 月孵化が主体であった（図 3）。また、2019 年の 3 月遡上群では 11～12 月孵化、4 月および 5 月遡上群では 12 月孵化が主体であった（図 3）。このように、早期孵化群は早期に遡上し、晚期孵化群は晚期に遡上する傾向がみられた。

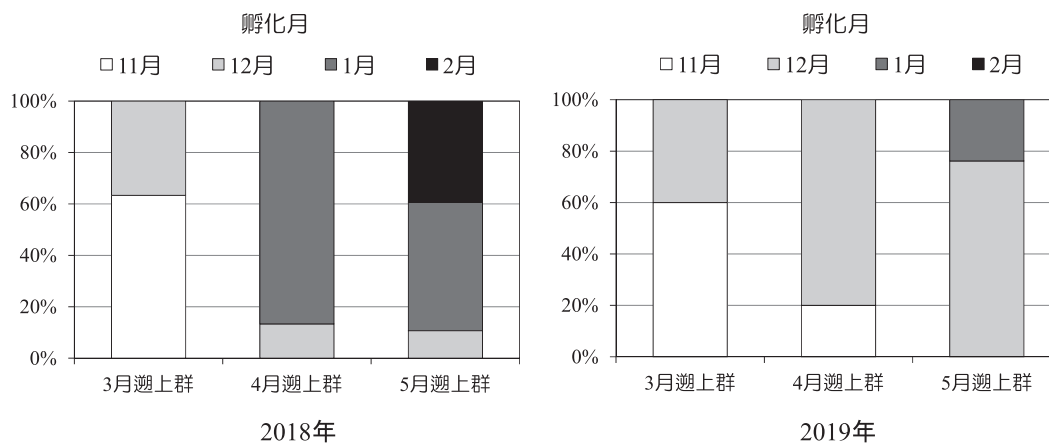


図 3. アユ遡上魚の孵化月組成

また、産卵親魚の孵化時期の推定を試みたところ、12月以降に孵化したと推定された個体が多く、晩期の孵化群が産卵に貢献していることが示唆されたが、一方で過去に事例のない3月以降の孵化と推定された個体が相当数出現し、信憑性に疑問の残る結果となった。この原因として、天然の産卵親魚では、日輪の計数時の誤差が想定以上に大きく生じ、日齢が過小評価されていた可能性が考えられる。このため、今後は調査手法を再検討したうえで、晩期孵化群の再生産への貢献度等を検証する必要がある。

文献

Tsukamoto K and Kajihara T (1987)

Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1985-1997.

占部敦史・隅川 和 (2019) 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「環境収容力推定手法開発事業」(抄録). 平成30年度高知県内水面漁業センター事業報告書, 10-13.

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トン前後あったが減少し、近年は100トン前後と低い水準で推移している（農林水産統計）。漁獲量の減少は、河川環境の悪化や再生産力の低下（親魚・産卵量の減少）などが原因と考えられており、加えてアユの資源量は仔稚魚期における海洋生活での生残率によっても大きく変動し、不安定である。

このような中、県内の内水面漁業協同組合（以下「組合」という。）は、再生産量の確保を目的とした産卵親魚の保護、産卵場の造成等のほか、資源量の動向に応じた漁期の短縮や禁漁区域の設定などを積極的に行っているが、これらの取組を効果的に実施するためには、各年の資源量を把握し、取組の効果を検証していくことが肝要である。そこで本事業では、組合による漁獲量の維持・回復のための取組に資することを目的として、産卵に関するデータ（産卵場所・産卵期間・産卵量）および天然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、整理・分析したうえで各組合に情報提供した。

2 調査項目

- (1) 遡上魚調査
- (2) 流下仔魚調査
- (3) 遡上量の変動要因の解明
- (4) 冷水病モニタリング調査

3 担当者

主任研究員 占部 敦史

1 遡上魚調査

占部敦史，隅川 和，石川 徹

(1) 目的

2019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およ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

2019年2～5月，県内11河川の定点（表1）において，箱メガネを用いた目視観察によって，表2の遡上スコアに基づく遡上量を評価した。また，調査を開始した2010年以降の，各年3～5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。

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	調査日			
		2月	3月	4月	5月
野根川	鴨田堰		5	16	8
奈半利川	田野井堰	25	5, 14, 27	16, 22	8
安田川	焼山堰	25	5, 14, 25	16, 22	8
伊尾木川	有井堰	25	5, 14, 25	16, 22	8
安芸川	中之橋		25		8
物部川	床止堰堤	25	5, 14, 25	11, 22	8
鏡川	トリム堰	26	6, 20	9, 23	10
仁淀川	八田堰	26	6, 20	11, 23	10
新莊川	岡本堰	21	13	5, 11, 23	10
四万十川	赤鉄橋	21	13	5	13
松田川	河戸堰	21	13	4	13

表2. 遡上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、はみ跡なし
1.0	魚影なし、はみ跡あり
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

目視以外の遡上量の評価手法として，河川中のアユの環境DNA量を測定し，目視による遡上スコアとの比較により活用できるかを検討した。測定方法は，Doi et al. (2016), Yamanaka and Minamoto (2016), 占部ら (2019) に従い，各河川での遡上調査時に河川水を1L採水し，測定に供した。

2) 遡上魚の孵化日の推定

新莊川，仁淀川，鏡川，安田川および奈半利川の遡上量調査の定点において，のぼりうえ，投網または電気ショッカーにより遡上魚を採捕した。採捕した遡上魚は，体長および体重を測定し，頭部から耳石（扁平石）を摘出し，光学顕微鏡およ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いて孵化日を推定した。

(3) 結果と考察

1) 遡上量の評価

2019年の各河川における遡上スコアを図1に示した。ほとんどの河川で2月下旬にスコア1.0~2.5に相当する遡上が確認された。各河川の遡上ピーク（その年の最大スコアを最初に示した月）は、四万十川および松田川で3月、野根川、奈半利川、安田川、伊尾木川、物部川、鏡川、仁淀川および新莊川で4月、安芸川で5月であった。これらの調査結果から、2019年は県内河川で2月には遡上が始まったものの、ほとんどの河川で4月にピークを示しており、遡上は全般に遅かったと考えられた。

2019年の遡上量指標値は、安芸川、物部川および四万十川で平年を下回り、松田川

は平年並、他の7河川では平年を上回った（表3）。県下全体の平均値（2.5）は、2018年（2.9）と比較して低く、平年値（2.4）と同程度であり、2019年の県内の遡上量は平年並であったと推察された（表3）。また、近年の遡上量指標値の動向をみると、2016年から2018年までは増加したが、2019年は前年から減少した（図2）。

遡上調査時に採取した河川水中のアユ環境DNA量については、目視による遡上スコアとの間に正の相関が認められた（ $n=55$, $r=0.27$, $r^2=0.07$, $p=0.048$, 図3）。アユ環境DNA量は生息密度と相関することが報告されており（Doi et al. 2016）、従前から行っている遡上スコアによる遡上量評価の妥当性が一定裏付けられた。

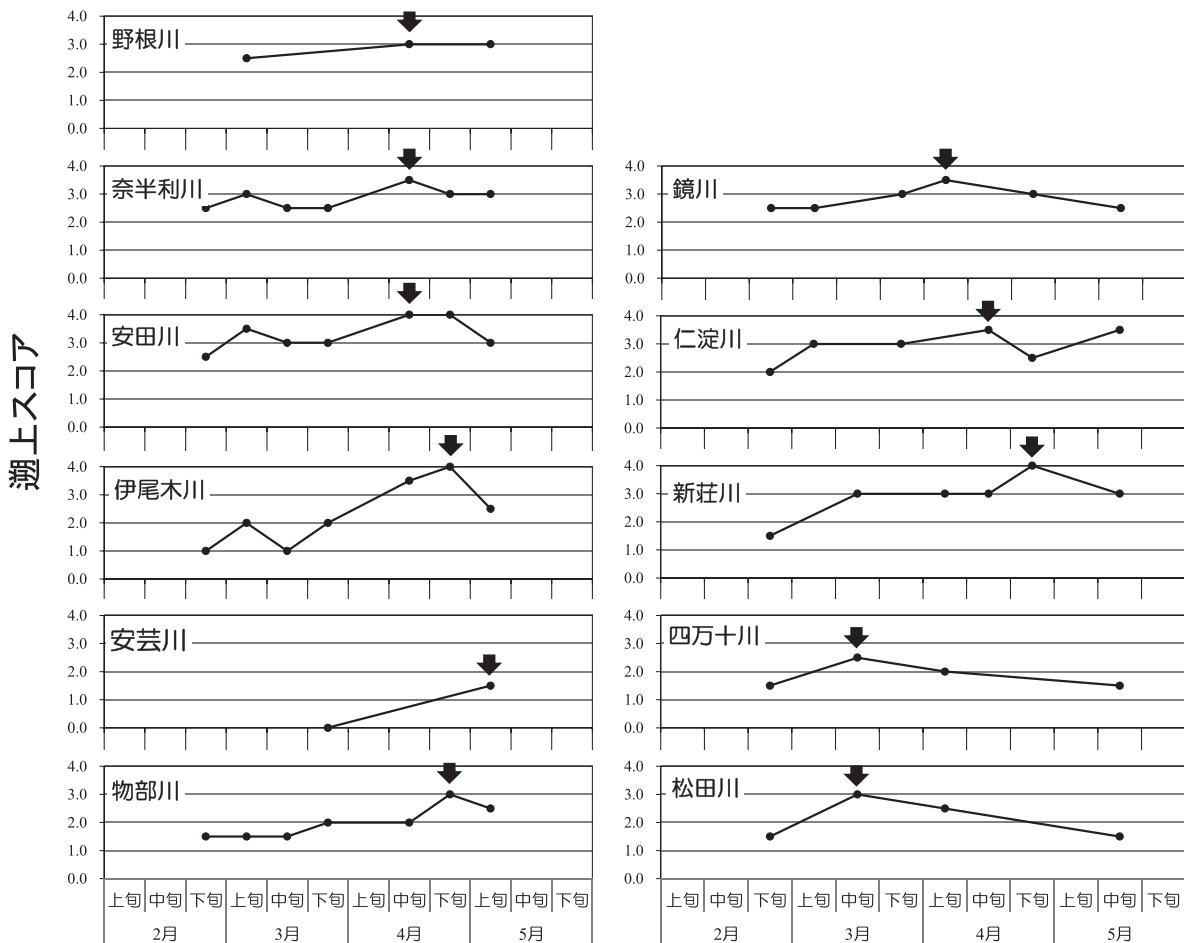


図1. 県内11河川の遡上スコア（矢印は遡上ピークを示す）

表 3. 各河川の遡上量指標値
(3～5月遡上スコア平均値)

	2018	2019	平年値 (2010-18平均)
野根川	2.3	2.8	2.4
奈半利川	3.4	3.0	2.7
安田川	3.0	3.4	2.7
伊尾木川	2.7	2.6	2.1
安芸川	2.8	0.5	2.0
物部川	3.1	2.2	2.4
鏡川	3.3	2.8	2.2
仁淀川	3.5	3.2	2.8
新莊川	3.2	3.1	2.8
四万十川	2.4	2.0	2.3
松田川	2.3	2.3	2.3
県内平均	2.9	2.5	2.4

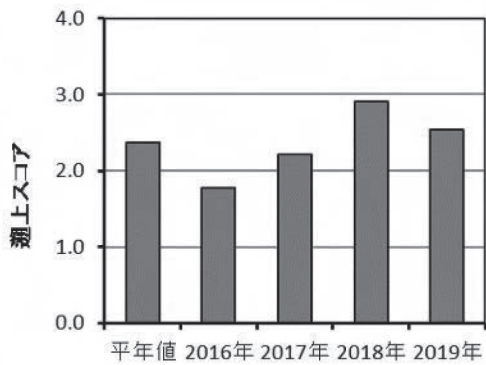


図 2. 遡上スコアの県内平均値

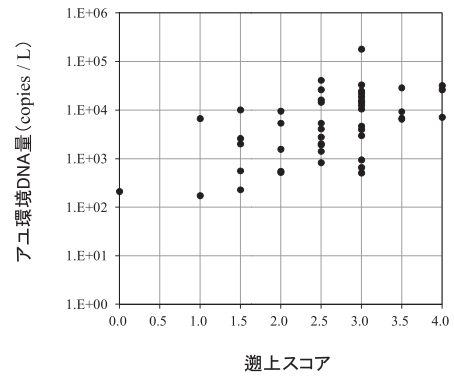


図 3. 遡上スコアとアユ環境 DNA 量との関係

2) 遡上魚の孵化日の推定

県内 5 河川における遡上魚の孵化日組成を図 4 に示した。各河川の遡上魚の孵化日は、新莊川で 3 月遡上群が 11/18～12/23、4 月遡上群が 12/8～1/14、5 月遡上群が 12/8～1/14 の範囲、仁淀川で 3 月遡上群が 11/1～12/5、4 月遡上群が 12/4～1/9、5 月遡上群が 12/7～1/10 の範囲、鏡川で 3 月遡上群が 11/11～12/7、4 月遡上群が 11/25～12/21、5 月遡上群が 11/27～1/11 の範囲、安田川で 3 月遡上群が 10/30～12/6 の範囲、奈半利川で 4 月遡上群が 11/13～12/23 の範囲とそれぞれ推定された。

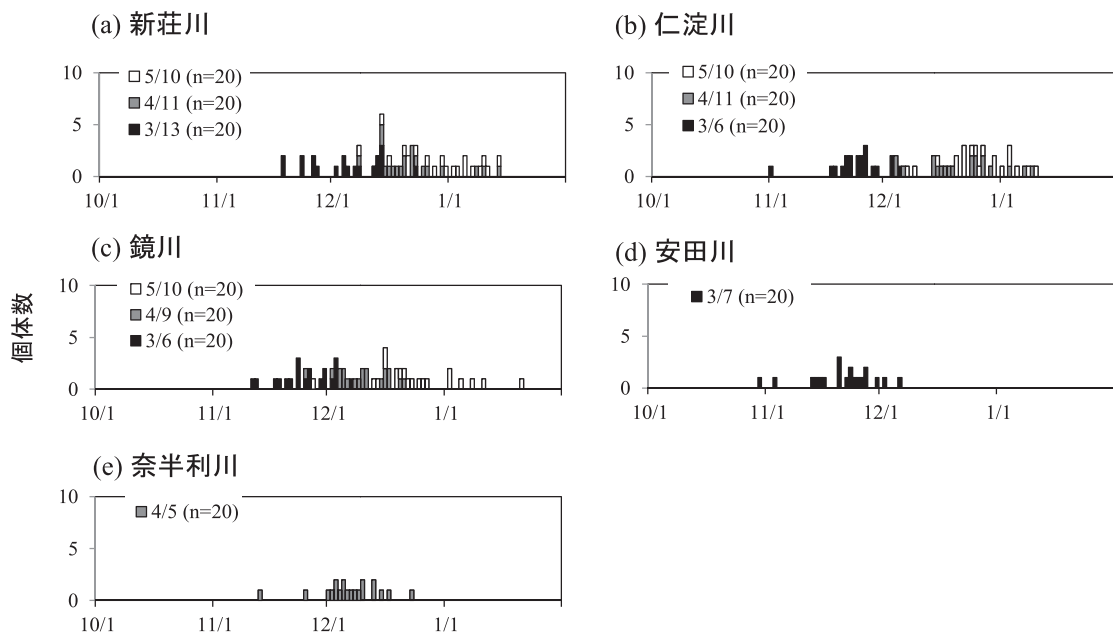


図 4. 県内 5 河川における遡上魚の孵化日組成

各月の遡上群の孵化月をみると、3月遡上群は10月孵化が0~5%、11月孵化が35~85%、12月孵化が25~65%と11月と12月の孵化群が主体、4月遡上群は11月孵化が0~20%、12月孵化が80~95%、1月孵化が0~15%と12月の孵化群が主体、5月遡上群は11月孵化が0~5%、12月孵化が55~76%、1月孵化が24~45%と12月と1月の孵化群が主体となっていた(図5)。

県内5河川における2019年の遡上スコアは、いずれの河川でも4月に高かったが、それらの河川の4月遡上群は12月の孵化群が主体であったため、12月に孵化したアユが翌年の遡上資源に大きく貢献したと考えられた。しかしながら、2019年の遡上に対応する前年度(2018年度)の3河川の流下仔魚調査結果(後述)と比較すると、仔魚の流下盛期は新莊川では1月上旬、仁淀川では11月下旬と12月中旬、鏡川では11月下旬(占部ら2020)であり、遡上ピークのアユが孵化した時期(12月)と流下盛期が一致したのは仁淀川のみであった。従って、本年は流下盛期の仔魚が翌年の資源の主体となっていない可能性が示唆された。

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.

Doi H., Inui R., Akamatsu Y., Kanno K., Yamanaka H., Takahara T., Minamoto T. (2016). Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish. Freshwater Biology, 62, 147-153.

Yamanaka H., Minamoto T. (2016). The use of environmental DNA of fishes as an efficient method of determining habitat connectivity. Ecological Indicators, 62, 147-153

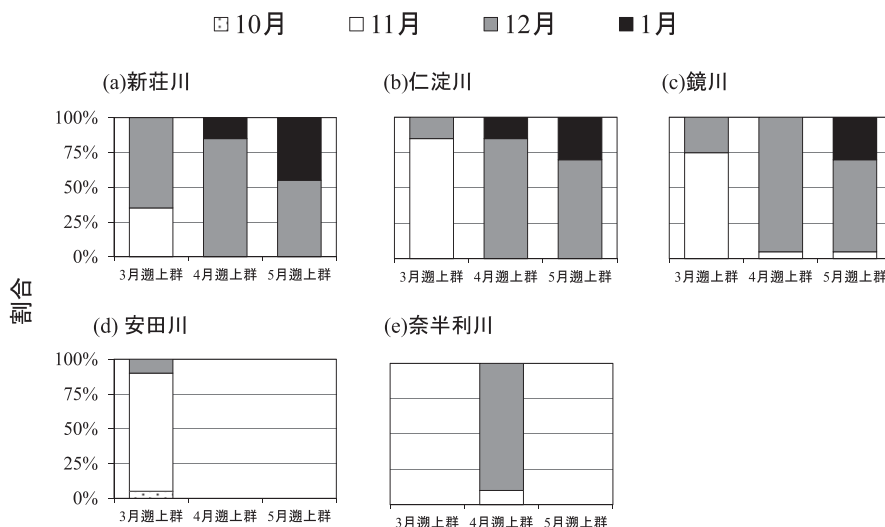


図5. 県内5河川における遡上魚の孵化月組成

2 流下仔魚調査

占部敦史, 隅川 和, 田中ひとみ, 稲葉太郎, 石川 徹

(1) 目的

2019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、各内水面漁業協同組合と連携し、流下仔魚の状況を調査した。

(2) 材料と方法

新莊川, 仁淀川および鏡川において, 表 1 に示す定点, 日時に, 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を採集し, 計数した。得られた流下仔魚数を, 濾水計の値をもとに流下仔魚密度(尾/ m^3)に換算し, その経月変化をみることで流下の盛期を推定した。また, 既報(伊藤ら 1971)の孵化日数と水温との関係式($\text{Log}(y) = 2.8623 - 1.4068 \text{Log}(x)$, y : 孵化日数, x : 水温)から孵化までに要した日数を算出し, 流下盛期から産卵盛期を推定した。さらに, X軸を月日, Y軸を流下仔魚密度とした折れ線グラフ(10月15日と2月1日を0と仮定して作成)とX軸で囲まれる部分を積分し, その値を LOG^2 変換

した値を流下仔魚量指標値として, 各河川における各年の流下仔魚量を評価した。なお, 四万十川, 伊尾木川および安芸川については, 四万十川中央漁業協同組合および芸陽漁業協同組合が調査した結果の提供を受け, データを解析に供した。

(3) 結果と考察

各河川における 2019 年度の流下仔魚密度の推移を図 1 に示した。流下の盛期(流下仔魚密度が高かった時期)は, 四万十川では平元で 11 月中旬(118.6 尾/ m^3), 小畑で 11 月下旬(1936.6 尾/ m^3), 新莊川では 12 月下旬(434.2 尾/ m^3), 仁淀川では行当で 12 月中旬(618.2 尾/ m^3), 中島で 11 月下旬(3.4 尾/ m^3), 鏡川ではトリム堰下流で 11 月中旬(773.3 尾/ m^3)と 12 月中旬(756.0 尾/ m^3), トリム堰上流で 12 月中旬(57.1 尾/ m^3), 紅葉橋上流で 11 月中旬(65.3 尾/ m^3), 安芸川では 12 月下旬(250.4 尾/ m^3), 伊尾木川では 11 月下旬(83.4 尾/ m^3)と 12 月中旬(73.4 尾/ m^3)であった。

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	
新莊川	長竹橋下	23	6, 20	9, 25	8, 22	18:30
仁淀川	行当・中島	23, 30	6, 13, 20, 27	4, 11, 18, 25	8, 22	20:00
鏡川	トリム堰上下・紅葉橋上	21, 29	5, 12, 19, 26	3, 10, 17, 24	7, 21	19:00
四万十川 [※]	平元・小畑	-	4, 11, 18, 25	9, 16, 23, 30	6, 13, 20	18:30
伊尾木川 [※]	鉄道橋下	-	7, 14, 21, 28	5, 12, 19, 26	9, 16, 23, 30	19:00
安芸川 [※]	国道橋下	-	7, 14, 21, 28	5, 12, 19, 26	9, 16, 23, 30	19:30

※, 各漁協からデータ提供を受けた河川

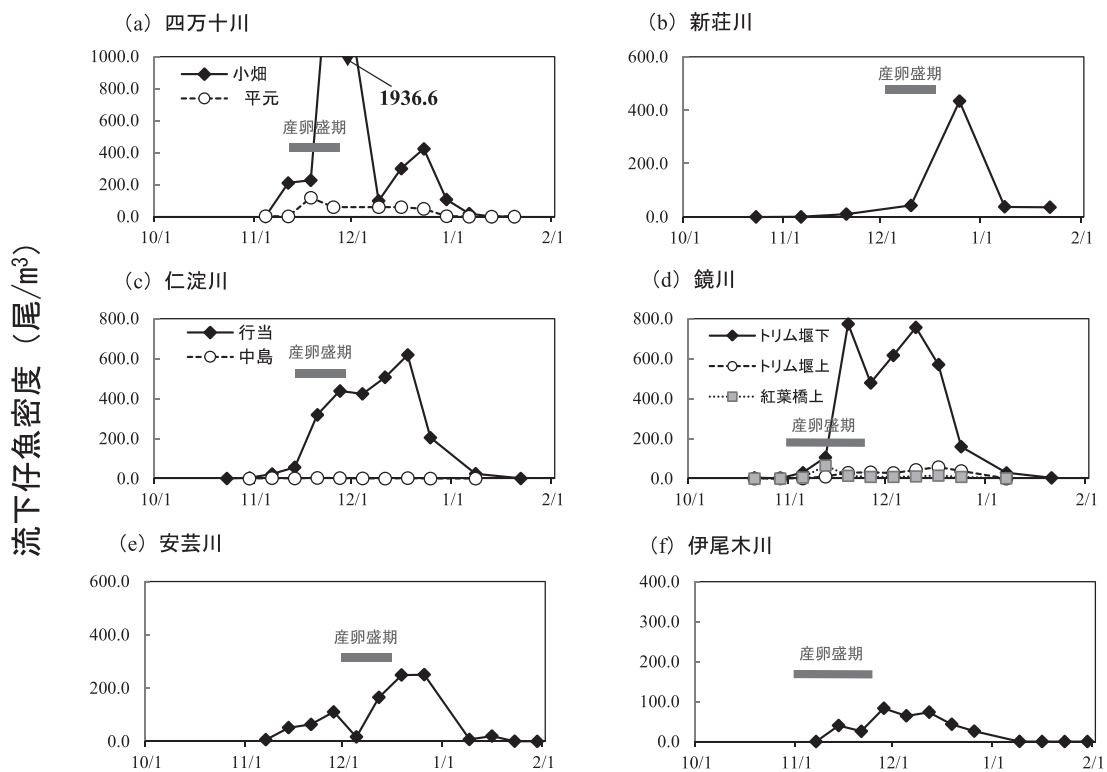


図 1. 県内 6 河川における流下仔魚密度の推移

また、2019 年度における各河川の主産卵場を流下仔魚密度から推定すると、四万十川では小畑（主産卵場、2017 年度：小畑、2018 年度：平元）、仁淀川では行当（主産卵場、2017 年度：行当、2018 年度：行当）、鏡川ではトリム堰下で、それぞれ形成されていたと考えられる。

2019 年度の産卵盛期については、四万十川では 11 月中旬、新荘川では 12 月中旬、仁淀川では 11 月下旬、鏡川では 11 月上旬および中旬、安芸川では 12 月上旬、伊尾木川では 11 月上旬および中旬であったと推

定された。何れの調査河川でも、産卵盛期が 11 月上旬から 12 月中旬の範囲にみられたことから、高知県の河川ではこの時期が産卵盛期であった可能性が高いと考えられた。

2019 年度の流下仔魚量指標値は、四万十川、伊尾木川および安芸川で前年(2018 年)より低く、新荘川で前年と同程度、仁淀川および鏡川で前年より高かった(表 2)。なお、平年値との比較では、四万十川、仁淀川および鏡川では平年より高く、新荘川、伊尾木川および安芸川では平年より低かった。

表 2. 各河川における流下仔魚量指標値

	2016年	2017年	2018年	2019年	平年値 (2009-18年平均)
四万十川	10.4	12.8	16.5	14.9	13.4
新荘川	13.0	13.5	13.0	13.0	13.9
仁淀川	10.8	13.2	12.3	14.2	12.8
鏡川	10.4	12.8	14.2	14.6	12.9
伊尾木川	9.7	10.6	11.5	11.3	12.3
安芸川	12.3	14.4	13.2	12.9	13.3

文献

伊藤 隆, 富田 達也, 岩井寿夫 (2018). アユ種苗の人工生産に関する研究—LXX I. アユの人工受精卵のふ化に対する水温の影響, 11, 57-98.

3 遡上量の変動要因の解明

占部敦史, 隅川 和

(1) 目的

アユの遡上量は、産卵量・流下仔魚量および海域での生残率に影響されると考えられるが不明な部分が多く、遡上量を予測することは難しいのが現状である。高知県の河川においても、遡上量がどの要因によって左右されるのかほとんど分かっていないが、占部ら(2020)は海域生残率と関係する海洋生活期(11~2月)の海水温や降水量が、前年の流下仔魚量よりも強く遡上量の多寡に影響することを報告している。このため、アユの遡上量の予測に向けては、海域での資源量の評価が必要と考えられる。

Doi et al. (2016)は河川中のアユの環境DNA量とその生息数に相関があることを報告しており、環境DNA量の測定は生息数を評価する有効な手法の一つとしてあげられる。また、占部ら(2020)は、河川水中のアユの環境DNA量をバイオマスに変換することは難しいが、資源量の多寡をある程度評価することは可能であると報告している。

そこで、海水中におけるアユの環境DNA量を測定し、海域でのアユ資源量を評価できるかを検討した。

(2) 材料と方法

2019年12月から2020年2月にかけて、奈半利川の遡上量に関連すると考えられる奈半利港内、物部川の遡上量に関連すると考えられる吉川漁港内、赤岡漁港内および夜須防波堤周辺の表層海水をそれぞれ1L採水した。採水地点および採水日を図1および表1に示した。採水した海水は、Doi et al. (2016), Yamanaka and Minamoto (2016), 占部ら(2019)の方法に従い、GF/Fフィルターで濾過した後、DNAを抽出し、リアルタイムPCRによりアユの環境DNA量を測定した。リアルタイムPCRは、アユのミトコンドリアDNA領域を標的にしたTaqManプローブ法を行い、プライマーとプローブはそれぞれYamanaka and Minamoto (2016)が設計したものを用いた。

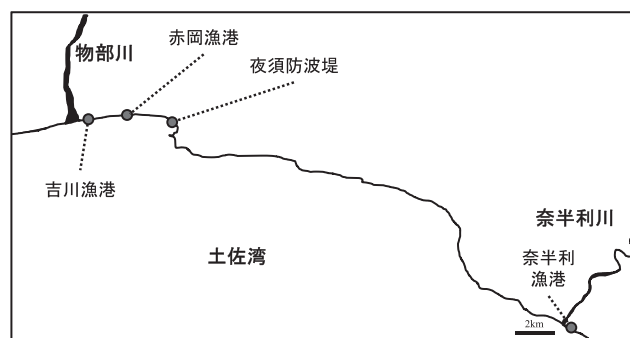


図1. 採水地点

表1. 採水日

年	月	奈半利川		物部川	
		奈半利漁港	吉川漁港	赤岡漁港	夜須防波堤
2019年	12月	10日, 18日	11日, 24日	11日, 24日	11日, 24日
	1月	10日, 29日	10日, 29日	10日, 29日	10日, 29日
2020年	2月	13日, 27日	13日, 27日	13日, 27日	13日, 27日

(3) 結果と考察

各調査地点および調査時期における海水中的のアユの環境 DNA 量を図 2 に示した。

奈半利川河口に近接する奈半利港内のアユの環境 DNA 量は $0.08 - 1.04 \text{ copies mL}^{-1}$ と比較的 low, 調査時期による変化が少なかった。一方, 物部川周辺の調査地点については, 夜須防波堤周辺で環境 DNA 量が $0.19 - 1.76 \text{ copies mL}^{-1}$ と全般に低く推移したが, 吉川漁港内では $0.84 - 64.85 \text{ copies mL}^{-1}$ で 2 月にピークが出現し, 赤岡漁港内では $0.02 - 522.80 \text{ copies mL}^{-1}$ で 12~1 月に高い値を示した。

今回の調査では, 環境 DNA が比較的滞留しやすいと考えられる漁港内や防波堤周辺の海水を分析に供したところ, 全ての調査地点および調査時期の海水から, 量的な比較が可能なレベルのアユ環境 DNA を検出することができた。また, その量が調査地点や調査時期で異なっていたことから, 環境 DNA を量的な評価に用いることができる可能性が示された。

海水中の環境 DNA 量とアユの海域生残率との関連性を検証するには, さらに調査が必要と考えられるが, この手法が確立されれば遡上量の予測に向けた一助になると考えられる。遡上量の予測によって, 例えば, その年の天然遡上が少ないと早い段階で知

ることができれば, 内水面漁業協同組合は種苗放流量を増やす, または漁獲規制等で親魚を確保するなど, 漁獲・再生産資源のマネジメントが効率的にできるものと期待される。

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.

Yamanaka H., Minamoto T. (2016). The use of environmental DNA of fishes as an efficient method of determining habitat connectivity. *Ecological Indicators*, 62, 147-153.

Doi H., Inui R., Akamatsu Y., Kanno K., Yamanaka H., Takahara T., Minamoto T. (2016). Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish. *Freshwater Biology*, 62, 147-153

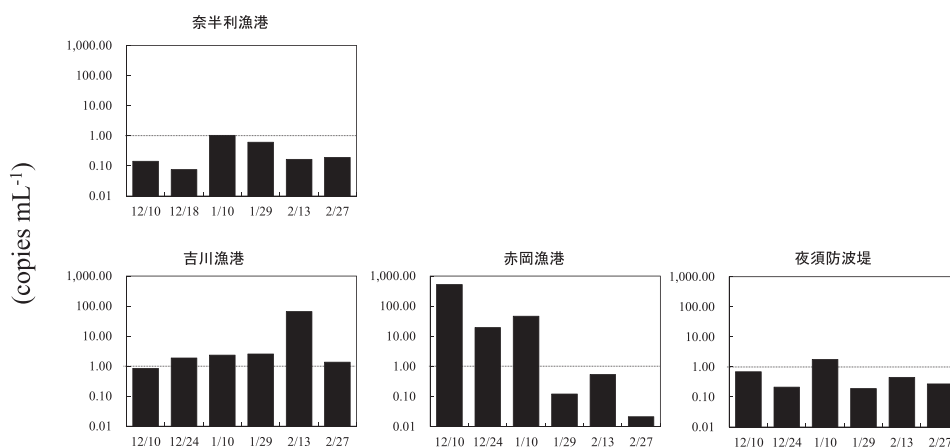


図 2. 海水中的のアユ環境 DNA 量

4 冷水病モニタリング調査

占部敦史, 長岩理央 (漁業振興課), 荻田淑彦 (水産試験場), 石川 徹, 隅川 和

(1) 目的

内水面漁業協同組合 (以下, 「組合」という。) は, アユの資源量を維持・回復するため, 種苗放流や産卵場造成等の増殖活動を積極的に実施しているが, 冷水病の蔓延により, 漁獲対象または再生産資源になる前に減耗するため, 組合はその対応に苦慮している。現状では, 無病種苗の放流や漁具の消毒等の予防的な処置しかなく, 有効な防疫対策の確立が喫緊の課題となっており, 近年, 河川中のアユ冷水病菌の動態を把握するための研究 (今城ら 2017) が行われているほか, 冷水病で死亡したアユから相当量の冷水病菌が排出されることも報告されている (大原ら 2010)。

そこで, 冷水病対策の確立に向けた知見を得るため, 四万十川水系の梶原川, 四万川川および北川川において, リアルタイム PCR による河川中の冷水病菌量のモニタリング調査を行った。

(2) 材料と方法

1) リアルタイム PCR による分析

冷水病菌のリアルタイム PCR は, ロタマーズ遺伝子群の 1 つである PPIC 遺伝子領域を標的とし, 今城ら (2017) のフォワードプライマー (PPIC131-QT-f), リバースプライマー (PPIC131-QT-r) およびプローブ (PPIC131-QT-p) を用いて行った。プローブは 5' 末端に FAM, 3' 末端に BHQ1-3 を付加した。PCR 反応液の組成は, 2×Probe qPCR Mix (TaKaRa 社) 5 μ L, 20 μ M 各プライマー 0.25 μ L, 10 μ M プローブ 0.2 μ L とし, これに DNA 溶液 2.0 μ L を加えて, 超純水で全量

10 μ L にした。リアルタイム PCR の反応は, LightCycler 96 System (日本ジェネティクス社) を用いて行い, 反応条件は 95 $^{\circ}$ C で 30 秒間の初期熱変性を行った後, 95 $^{\circ}$ C で 5 秒, 60 $^{\circ}$ C で 30 秒の温度変化を 40 サイクルとした。

スタンダードは, 冷水病菌の KFCB-449 株 (2017 年・鏡川・アユから分離) から前述のプライマーセットで増幅・精製した後, その濃度と分子量からアボガドロ定数によりコピー数を算出し (2.43×10^9 copies/ μ L), 10 倍段階希釈した系列を作製した。また, スタンダードから検量線を作製し, その検量線を用いて Ct 値から遺伝子量 (copies/ μ L) を算出できるようにした。

次に, リアルタイム PCR で算出した遺伝子量が, 冷水病生菌の量を反映しているかを確認した。KFCB-449 株 (2017 年・鏡川のアユから分離) を MCYT 液体培地で振とう培養し, 希釈系列を作成した後, ミスラ法 (平板培地: MCYT) で各希釈系列の CFU/ μ L を算出した。さらに, 各希釈系列の菌液から DNA を抽出し, 前述のリアルタイム PCR 手法で遺伝子量 (copies/ μ L) を算出した。各希釈系列の CFU/ μ L と copies/ μ L を確認し, 生菌数と遺伝子量を比較した。

2) 河川水の冷水病菌量のモニタリング

2017 年 5 月から 2019 年 9 月に, 梶原川 3 地点 (Y1, Y2, Y3), 四万川川 2 地点 (S1, S2) および北川川 3 地点 (K1, K2, K3) の計 8 地点 (図 1) で, 1L の河川水を毎月採水した。採水した河川水を GF/F フィルターで濾過した後, 濾過した河川水をさらに孔径 0.45 μ m のメンブレンフィルターで濾過

し、2つのフィルターの残存物から QIGEN 社製のキットを用いて DNA を抽出し、AE バッファーで 100 μL に溶解した。その後、リアルタイム PCR により、河川水 1L あたりの遺伝子量 (copies L^{-1}) を算出した。

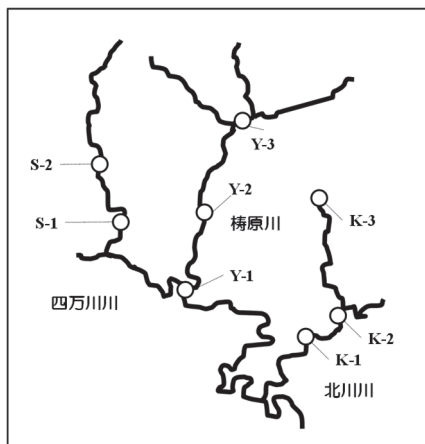


図 1. 採水地点

(3) 結果と考察

1) リアルタイム PCR による分析

作成した検量線を図 2 に示した。冷水病菌の遺伝子量 ($\text{copies}/\mu\text{L}$) と生菌数 ($\text{CFU}/\mu\text{L}$) には有意な正の相関が確認され (図 3, $p < 0.01$)、遺伝子量から生菌数のオーダーを推定できる可能性が示された。

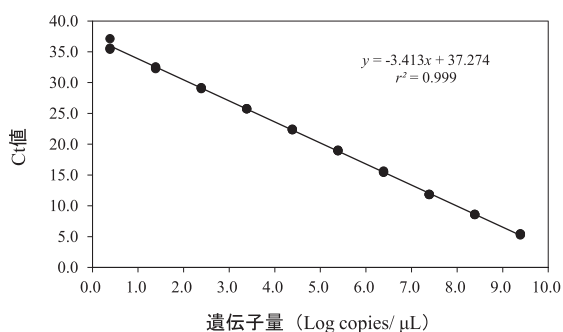


図 2. リアルタイム PCR の検量線

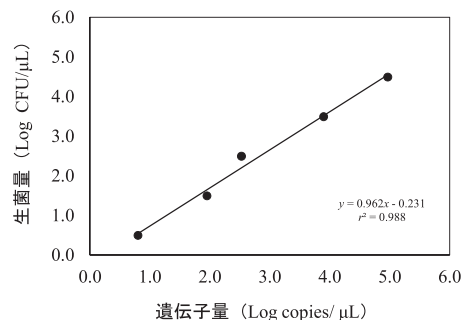


図 3. 遺伝子量と生菌量との関係

2) 河川水の冷水病菌量のモニタリング

2017 年 5 月から 2019 年 9 月の、各河川における各地点別の冷水病菌の遺伝子量を図 4 - 6 に示した。冷水病菌の遺伝子は全ての地点で検出され、その遺伝子量は地点や採水月によって変動した。河川水中の遺伝子量をみると、2017 年は四万川川で 7 月、栲原川で 6 月、北川川で 7 月に、2018 年は四万川川で 6 月、栲原川で 10 月、北川川で 3 月、5 月、10 月に、2019 年は四万川川で 3 月、栲原川で 7 月、北川川で 8 月にそれぞれ高かった。遺伝子量が高い時期は河川水中の冷水病菌が多かったと考えられ、その時期に冷水病菌が多量に水中に放出される状態、すなわち冷水病が発生していたと推測される。なお、これらの河川の下流には津賀ダムがあるため、天然アユの遡上がなく、毎年 4 月以降のアユ放流事業によって漁獲資源が維持されている。そのため、12~3 月はごく少数の越年アユを除いて 3 河川にアユが生息していることはないと考えられ、その時期の冷水病菌の遺伝子はアユ以外の魚種に由来する可能性が高い。

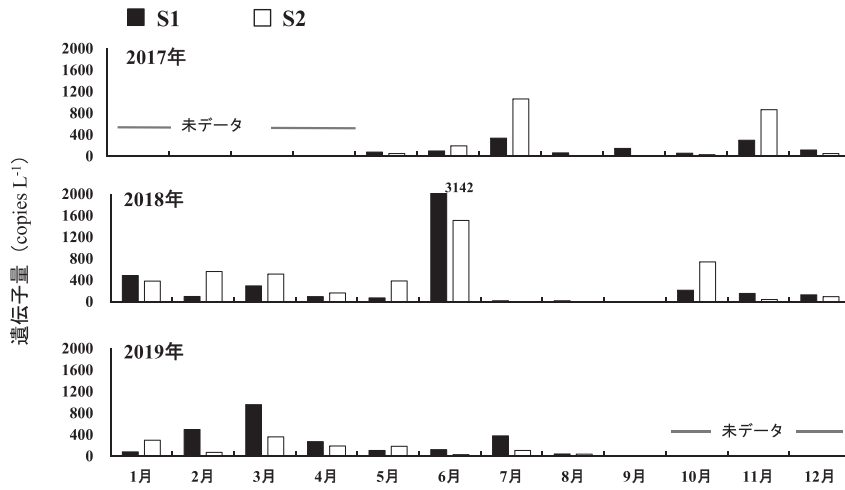


図 4. 四万川における月別の遺伝子量

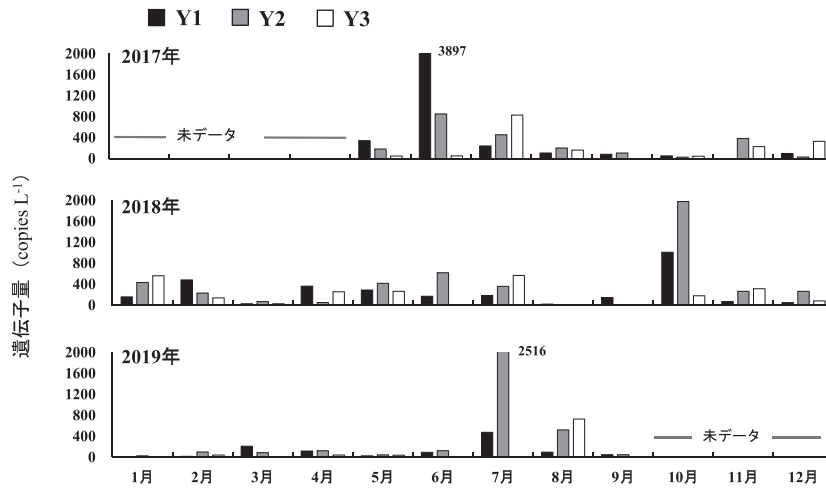


図 5. 栲原川における月別の遺伝子量

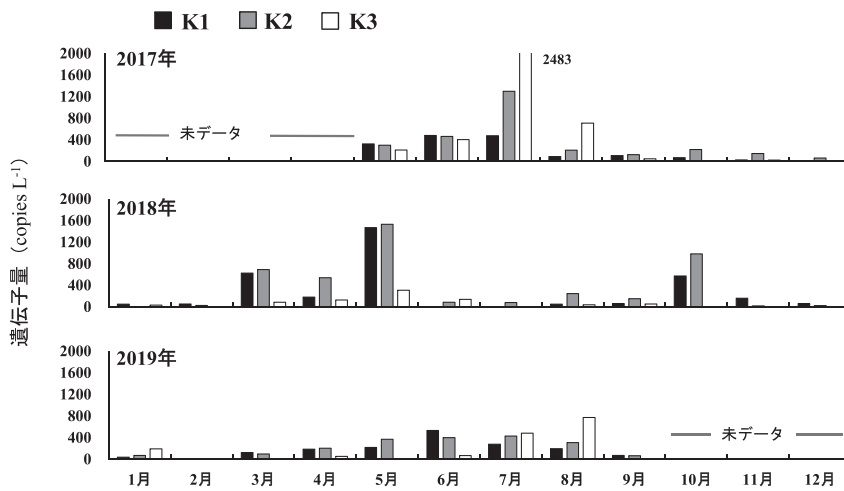


図 6. 北川川における月別の遺伝子量

次に、全体の遺伝子量の増減の傾向をみるため、2017年5月から2019年9月までの全8地点の平均の遺伝子量を月別に算出したところ、2017年は6月および7月に、2018年は5月、6月および10月に、2019年が7月および8月にそれぞれ高かった（図7）。遺伝子量が高い時期は冷水病が流行しやすい時期と一致し、2017年および2018年は、2019年と比べて平均遺伝子量が高かったことから、河川での冷水病の罹患魚が多かったと考えられた。また、2017年と2018年は遺伝子量が5～7月にピークとなったが、2019年は7～8月と遅かった。なお、2018年10月の遺伝子量の増加は、アユが成熟し免疫力が低下したことで、冷水病に感染しやすい状況になったことによるものと推察される。一方で、各年、各河川での冷水病菌の遺伝子量と、各河川の水温（図8）、

梶原町の月別降水量（図9）および月平均気温（図10）との対比を行ったが、関連性を見出すことはできなかった。

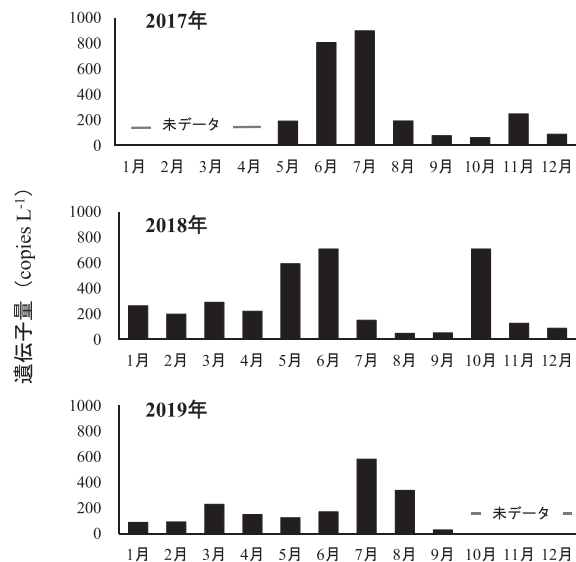


図7. 月別の遺伝子量の平均値（全地点）

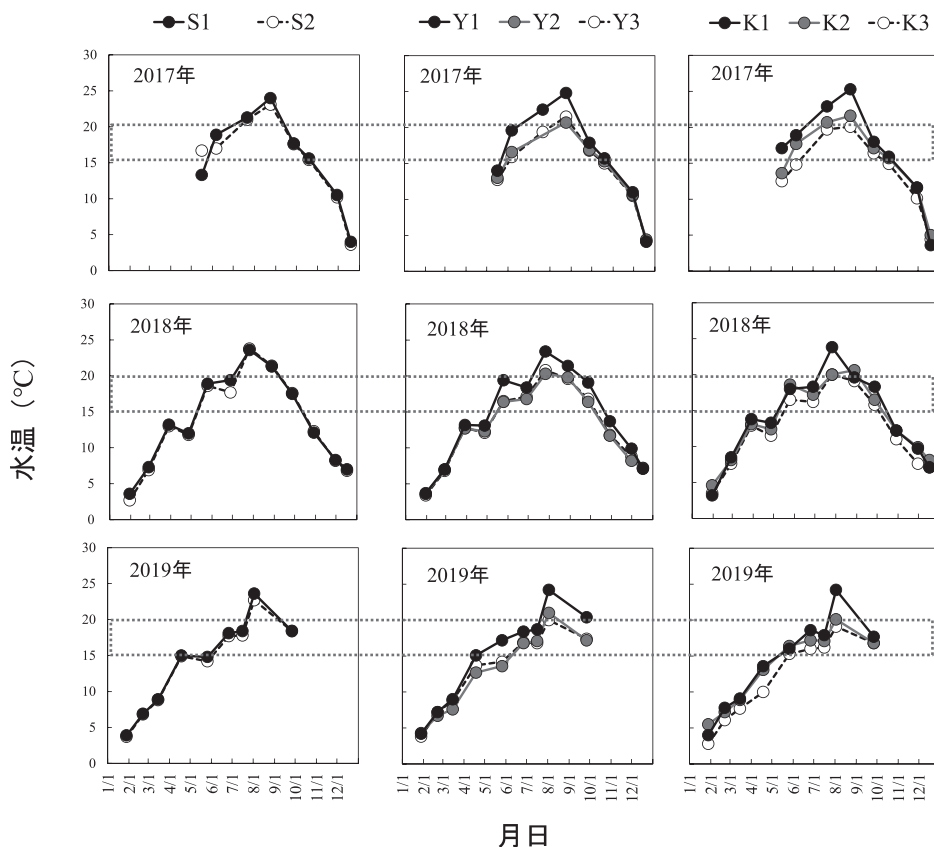


図8. 各河川の水温（点線：冷水病の発生が多い15～20°Cの水温帯）

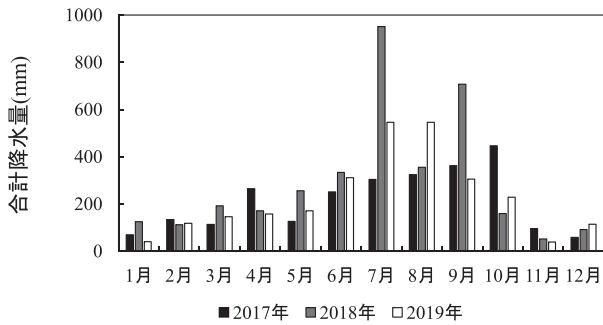


図 9. 梶原町の月別降水量（気象庁 H. P.）

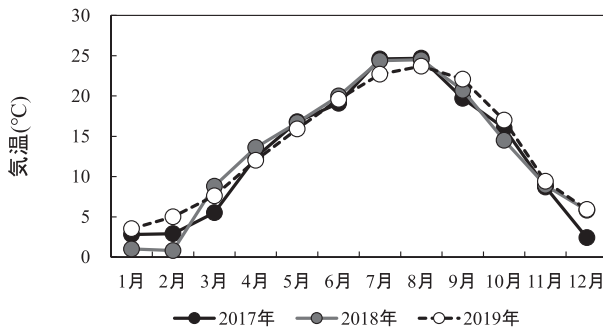


図 10. 梶原町の月平均気温（気象庁 H. P.）

以上のように、河川水中における冷水病菌の遺伝子量の多寡を把握することで、冷水病の流行時期や蔓延状況などを推察することができた。さらに、冷水病菌の遺伝子量は生菌数を反映しており、流行時期には1Lの河川水中に数千の菌がいることも分かった。しかしながら、河川水中の冷水病菌の遺伝子にはアユ以外のものも混在していると推測され、アユ由来の遺伝子のみを検出・定量できる手法の確立が必要と考えられた。

今後さらに調査データを蓄積し、河川水中の冷水病菌の遺伝子量と、アユの生息数、冷水病罹患状況、環境条件などの関連性を明らかにすることにより、冷水病の発生・蔓延メカニズムの解明に向けた一助になるものと期待される。

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.

大原健一・景山哲史・桑田知宜・海野徹也・古澤修一 (2010) リアルタイム PCR を用いた実験感染アユにおける *Flavobacterium psychrophilum* の排菌量の推定. 日本水産学会誌, 52, 705-707.

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、内水面漁業協同組合が中心となって、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・イクタルリ感染症の原因菌を持たないことや、遺伝的多様性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。

このため本県では、高知県内水面漁業協同組合連合会（以下、「内漁連」という。）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）およ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、人工種苗の疾病に対する安全性の検査、人工種苗の遺伝的多様性の評価を行った。加えて、種苗性の向上と放流技術の改善の一助とするため、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、養成および保菌検査
- (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 徹
主任研究員	占部 敦史

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

石川 徹

(1) 目的

遺伝的多様性の高い県産人工種苗「土佐のあゆ」の生産・放流に取り組むため、県内河川に遡上した天然魚を採捕し、採卵用親魚として養成した。また、安全性の高い人工種苗の生産・放流を行うため、種苗生産に供した親魚について病原細菌の保菌検査を実施した。

(2) 材料と方法

平成 31 年 3 月 7 日～8 日に安田川焼山堰、平成 31 年 3 月 27 日に奈半利川田野井堰、平成 31 年 4 月 8 日に奈半利川支流において、のぼりうえ、すくい網及び電撃ショッカー（スミスルート社製）を用い、親魚候補となる天然遡上アユを採捕した。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。）へ輸送し、屋外の 50 トン水槽に収容して、約半年間養成した。

養成した天然親魚（令和元年 F0 群）は、令和元年 10 月に活魚車で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。）へ輸送し、内水面種苗センターで養成した人工親魚（H30 年 F1 群）と併せて人工種苗生産の採卵用親魚とした。

採卵用親魚は、雄 10 尾程度、雌 15～20 程度の組み合わせを 1 ロットとし、乾導法を用いて受精させ、採卵マット（120cm×80cm 程度）の両面に受精卵を付着させた後、卵管理水槽に収容し、ふ化直前まで卵管理を行った。

また、採卵後の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、採卵ロット毎にプールしたものを検体として、冷水病およびエドワジエラ・イクタルリ感染症の保菌検査を実施した。なお、検査方法については、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

前出の採捕方法により、安田川で 1,501 尾、奈半利川で 1,682 尾の天然遡上アユを採捕した。本年度は遡上量が少なく、河口堰での滞留が少なかったため、小河川において初めて電撃ショッカーを用いた採捕を実施した（4 月 8 日、奈半利川支流）。電撃ショッカーによる採捕水域は川幅 5m、水深 0.1m、流速 0.1m/sec 程度の 3 面張りコンクリート護岸であり、動きの速いアユ遡上魚をすくい網のみで採捕するのは難しい状況であった。電撃ショッカーの出力は、骨折を防ぐため低め（電圧 300～400V、デューティサイクル 12%、周波数 30Hz）に設定した。採捕水域の水深が 0.1m と浅かったこともありアノードポールとカソードワイヤーの間及びその周辺 0.5m 程度の範囲内を通過するアユ遡上魚は、ほとんどが数秒間麻痺状態となり、容易にすくい網で掬うことができた。採捕魚 1,615 尾のうち、127 尾が採捕直後に斃死したが、へい死魚のほとんどが網ズレや踏みつけによる外傷を伴っており、死因は外傷によるものと考えられた。すくい網を用いた採捕でも通常、同様の外傷により同等かそれ以上のへい死が発

生しているため、へい死原因は電撃ショッカーの使用に起因するものではないと推測される。また、採捕後の親魚養成においても期間を通じて、確認された変形魚は短軀個体 1 尾のみであり、電撃による影響は些少とみられ、電撃ショッカーを用いた採捕は有効な手法と考えられた。

2) 養成

安田川系および奈半利川系の天然親魚の養成結果を表 1 に示した。

安田川系の親魚群は、3 月 7 日～10 月 7 日までの養成の結果、1,457 尾を取り上げ、生残率は 97.1%であった。期間を通じて 44 尾がへい死したが、そのほとんどが池入れ直後のものであり、疾病に起因する大量へい死はみられなかった。6 月 10 日のへい死個体 1 尾から、冷水病菌が検出されたため、6 月 20 日～26 日の期間にスルフィソゾールナトリウムを有効成分とする抗菌剤（商品名イスランソーダ）を投与した。また、期間を通じて 12 日間の塩水浴（1～1.5%）を実施したが、7 月以降の高水温期には止水下の塩水浴中に水温が 28℃を上回り、このことも冷水病の防除に有効であったと考えられた。その結果、養成終了時の検査では冷水病菌は検出されなかった。

奈半利川系の親魚群では 3 月 27 日～10 月 7 日までの養成の結果、1,507 尾を取り上げ、生残率は 89.6%であった。期間を通じて 175 尾がへい死し、特に、冷水病によるへい死個体が目立った。4 月 3 日のへい死を皮切りに、下顎の欠損や貧血といった冷水病に典型的な症状を呈したへい死個体が散見され、魚体からは冷水病菌が検出された。冷水病の発生期間中、フロルフエニコールを有効成分とする抗菌剤（商品名アクアフェン）の 5 日間連続投与を 4 回、スルフィソゾールナトリウムを有効成分とす

る抗菌剤（商品名イスランソーダ）の 7 日間連続投与を 2 回実施したが、冷水病が発生しやすい水温帯（14～19℃）の時期においては、投薬後、一時的に症状がおさまり、へい死も止まるものの 1～2 週間経過すると再発するという状況が続き、最終的に飼育水温が 20℃を越える 7 月下旬（梅雨明け）に終息した。また、期間を通じて 26 日間の塩水浴（1～1.5%）を実施し、上記の投薬と併せて冷水病対策とし、その結果、養成終了時の検査では冷水病菌は検出されなかった。

成熟の調整については、10 月中旬の採卵を企図して 5 月 29 日～8 月 11 日の期間に、明期 18 時間、暗期 6 時間のサイクルで長日処理を行った。養成終盤（10 月 1 日時点）における GSI は、安田川系親魚群で雄 11.6、雌 23.0、奈半利川系親魚群で雄 11.5、雌 21.3 親魚と十分な成熟が認められ、10 月 7 日に種苗センターへ移送した後、10 月 11 日～12 日に採卵に供した。

成長については、養成終盤（10 月 1 日）における平均体重で、安田川系親魚群で 39.5g、奈半利川系親魚群で 24.2g となった。奈半利川系親魚群の平均体重が小さいのは、梅雨明けまでの冷水病対策による給餌機会の減少が原因と考えられる。飼料効率については、安田川系親魚群で 0.73、奈半利川系親魚群で 0.80 となり、例年と同程度であった。

3) 親魚の保菌検査

人工種苗（令和2年放流）の生産に供した親魚の全数について、採卵後の魚体で冷水病およびエドワジエラ・イクタルリ感染症の保菌検査を実施したところ、冷水病菌については全てのロットで検出されなかったが、エドワジエラ・イクタルリ感染症原因菌が安田川系の1ロットで検出された。このため、種苗センターでは該当ロットの受精卵を廃棄した。

表1 天然親魚の採捕および養成

採捕河川 池番号	安田川 501	奈半利川 502
開始時の尾数	1,501	1,682
開始時の平均魚体重 (g)	1.2	1.5
終了時の尾数	1,457	1,507
生残率	97.1%	89.6%
終了時の魚体重 (g)	39.5	24.2
飼料効率	0.73	0.80
終了時のGSI	オス	11.6
	メス	23.0
排卵・放卵済み個体割合	0/10	0/13

2 放流用人工種苗の遺伝的多様性の評価

占部敦史, 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」の遺伝的多様性の評価を実施した。

(2) 材料と方法

令和元年（平成 31 年）に放流した F1 種苗（平成 30 年度に養成した天然親魚から生産した種苗。以下、R1F1 とする。）と F2 種苗（平成 30 年度に生産した F1 種苗から生産した種苗。以下、R1F2 とする。）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。また、対照群として、平成 28 年に松田川 ($n = 48$)、新莊川 ($n = 48$)、仁淀川 ($n = 48$)、鏡川 ($n = 48$)、物部川 ($n = 48$) および奈半利川 ($n = 48$)、平成 30 年に伊尾木川 ($n = 47$)、令和元年（平成 31 年）に安田川 ($n = 48$) で採捕した天然遡上魚 8 集団についても同様の解析を行った。さらに、平成 30 年、29 年および 28 年に放流した F1 種苗および F2 種苗、他県の人工種苗 (HM1 種苗および HM2 種苗) も比較対象にした。

得られたデータをもとに、各集団の各座におけるアレルリッチネス (A_r)、ヘテロ接合体率の観察値 (H_o) と期待値 (H_e) ならびに Hardy-Weinberg 平衡からの逸脱の有無を FSTAT (Goudet 2001) および ARLEQUIN (Excoffier et al. 2007) で算出し、R1F1 および R1F2 の遺伝的多様性について評価した。

(3) 結果と考察

各集団の遺伝的多様性を表 1 に示す。遺伝的多様性の指標となるアレルリッチネスの各遺伝子座の平均は、R1F1 および R1F2 がそれぞれ 12.0 および 11.0、過去に放流した人工種苗の F1 種苗および F2 種苗がそれぞれ 11.1~12.4 および 10.2~11.2、他県産種苗 2 集団が 4.9~6.1、天然遡上魚 8 集団が 11.5~12.5 であった。Hardy-Weinberg 平衡から有意に逸脱した遺伝子座数は、R1F1 および R1F2 が 2 座、過去に放流した人工種苗の F1 種苗および F2 種苗がそれぞれ 0~3 座および 0~1 座、他県産種苗 2 集団が 0~1 座、天然遡上魚 8 集団が 0~1 座であった。人工種苗の遺伝的多様性の減少は、限られた親のみが生産に関与することによるボトルネック効果が大きな原因になると考えられている (Allendorf and Phelps 1980)。令和元年（平成 31 年）に放流した人工種苗のアレルリッチネスは、天然遡上魚と同等であり、県産人工種苗の遺伝的多様性は保持されていた。以上より、県産人工種苗は遺伝的多様性が高く、近親交配も進んでいないと判断された。

文献

- Allendorf, F. W. and Phelps, S. R. (1980)
Loss of genetic variation in hatchery
stock of cutthroat trout. *Trans. Am.
Fish. Soc.*, 109, 537-543.
- Excoffier, L., Laval, G. and Schneider,
S. (2005) AREQUIN (version3.0) : An
integrated software package for
population genetics data analysis1.
Evol. Bioi. Online, 1, 47-50.
- Goudet, J. (1995) FSTAT (Version 1.2) :
A computer program to calculate F-
statics. *J. Hered.*, 86, 485-486.
- 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.

表 1. 令和元年（平成 31 年）に放流した人工種苗 2 集団（R1F1, R1F2）を含むアユ 18 集団の遺伝的多様性

遺伝子座	人工種苗										
	R1F1	R1F2	H30F1	H30F2	H29F1	H29F2	H28F1	H28F2	HM1	HM2	
Pal1	Ar	16.7	15.6	17.5	15.6	15.9	14.7	17.3	15.0	6.0	10.9
	HW	0.92	0.01*	0.00*	0.17	0.43	0.79	0.04*	0.64	0.05	0.01*
Pal2	Ar	18.7	14.6	14.8	14.8	14.0	13.8	16.9	15.0	6.0	6.8
	HW	0.10	0.00*	0.00*	0.00*	0.16	0.58	0.03*	0.16	0.19	0.85
Pal3	Ar	16.7	16.7	16.7	13.8	16.7	17.9	18.7	14.8	8.0	8.8
	HW	0.31	0.17	0.57	0.54	0.14	0.01*	0.28	0.61	0.55	0.54
Pal4	Ar	24.2	20.6	22.7	15.7	19.6	19.8	22.2	19.8	8.0	9.0
	HW	0.03*	0.47	0.65	0.73	0.21	0.22	0.15	0.68	0.06	0.07
Pal5	Ar	2.9	3.0	3.0	2.9	2.0	2.0	2.8	2.0	2.0	2.0
	HW	1.00	0.95	0.70	0.76	1.00	0.70	0.90	1.00	1.00	0.76
Pal6	Ar	6.0	6.8	7.0	5.9	7.9	6.9	7.6	7.0	3.0	3.0
	HW	0.18	0.28	0.66	0.37	0.61	0.93	0.51	0.28	0.52	0.06
Pal7	Ar	7.8	5.9	7.9	4.9	6.8	6.0	7.7	6.9	4.0	4.0
	HW	0.05	0.34	0.01*	0.49	0.05	0.33	0.74	0.60	0.62	0.47
Palayu194	Ar	12.4	11.8	11.6	12.6	12.7	14.7	12.6	9.7	5.0	6.8
	HW	0.91	0.41	0.53	0.27	0.96	0.25	0.91	0.09	0.06	0.55
Palayu199	Ar	3.0	4.0	4.0	5.8	3.9	5.0	6.1	6.0	2.0	3.9
	HW	0.04*	0.35	0.24	0.77	0.40	0.08	0.13	0.51	0.07	0.59
平均	Ar	12.0	11.0	11.7	10.2	11.1	11.2	12.4	10.7	4.9	6.1
	Ho	0.69	0.70	0.69	0.69	0.70	0.71	0.73	0.71	0.58	0.60
	He	0.74	0.76	0.74	0.72	0.73	0.73	0.74	0.73	0.60	0.60

遺伝子座	天然遡上魚								
	松田川	新莊川	仁淀川	鏡川	物部川	伊尾木川	安田川	奈半利川	
Pal1	Ar	16.8	14.8	14.7	14.9	14.8	15.8	18.5	19.7
	HW	0.44	0.21	0.42	0.80	0.66	0.74	0.06	0.96
Pal2	Ar	15.8	15.9	14.0	18.6	17.6	16.7	14.8	16.7
	HW	0.00*	0.85	0.04*	0.78	0.33	0.61	0.01*	0.29
Pal3	Ar	17.8	20.0	18.0	19.6	18.6	17.9	17.7	17.9
	HW	0.65	0.01*	0.11	0.50	0.61	0.56	0.33	0.64
Pal4	Ar	18.8	25.2	20.9	21.6	22.6	26.3	25.1	22.8
	HW	0.46	0.07	0.59	0.43	0.56	0.13	0.31	0.14
Pal5	Ar	3.0	2.9	2.9	2.0	2.9	3.0	3.0	3.8
	HW	0.10	1.00	0.53	0.42	0.43	0.38	0.80	0.02*
Pal6	Ar	7.9	7.0	8.9	7.8	8.9	8.9	7.8	7.0
	HW	0.42	0.13	0.48	0.85	0.82	0.22	0.34	0.20
Pal7	Ar	6.9	6.0	5.9	6.8	7.7	7.0	6.9	6.8
	HW	0.53	0.94	0.52	0.41	0.70	0.86	0.45	0.35
Palayu194	Ar	11.4	11.5	11.8	11.5	11.5	10.8	11.5	8.8
	HW	0.74	0.24	0.66	0.72	0.19	0.03*	0.16	1.00
Palayu199	Ar	4.9	5.8	5.9	5.8	4.9	6.0	5.9	4.9
	HW	0.28	0.55	0.62	0.03*	0.49	0.16	0.10	0.62
平均	Ar	11.5	12.1	11.5	12.1	12.2	12.5	12.4	12.1
	Ho	0.70	0.68	0.70	0.72	0.72	0.71	0.72	0.73
	He	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.75	0.72

Ar, アリルリッチネス; H_o , ヘテロ接合体率の観察値; H_e , ヘテロ接合体率の期待値;
HW, Hardy-Weinberg平衡の p 値; *, 有意水準 ($p < 0.05$) で有意と判定されたもの

3 放流用人工種苗の保菌検査

石川 徹

(1) 目的

アユの放流用人工種苗には、天然アユ資源に大きなダメージを与える疾病の原因菌を持たないことが求められる。本項では、県産人工種苗「土佐のあゆ」の安全性確保のために実施した、冷水病およびエドワジェラ・イクタルリ感染症の保菌検査の結果について報告する。

(2) 材料と方法

令和元年放流分の人工種苗（放流時期：平成31年3月～令和元年5月）の全生産群12池（分槽先の池は同系統群として除く）について、冷水病およびエドワジェラ・イクタルリ感染症の保菌検査を実施した。1池あたり60尾を無作為に抽出し、供試魚とした（10尾ずつを1検査ロット（以下「ロット」という。）として、1池6ロット、合計12池72ロット）。これらの保菌検査は、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）に従って実施した。

(3) 結果と考察

保菌検査を実施した12池72ロットのうち、冷水病菌が1池1ロット（No.15池-1）で、エドワジェラ・イクタルリ感染症原因菌が2池3ロット（No.14池-5, No.20池-3, No.20池-4）で検出された。

病原菌が検出された3池の生産群について、コンタミネーション等の可能性を払拭するため、検査工程ごとの明確なゾーニングや機器の洗浄消毒を行った後、供試魚を増やして（60尾→120尾）再検査を行った。

その結果、冷水病菌は検出されなかったがエドワジェラ・イクタルリ感染症の原因菌が1池1ロット（No.20池-3）で再び検出された。また、1回目の検査で病原菌が検出された生産群の全ての分槽先の池（5池30ロット）についても追加の検査を行ったところ、全てのロットで病原菌は検出されなかった。

対策として、冷水病菌が検出されたNo.15池、エドワジェラ・イクタルリ感染症原因菌が検出されたNo.14池、No.20池の生産群について、フロルフェニコール（10mg/魚体kg/日）を5日間連続投与した。その後、それらの生産群について再度検査を行ったところ、全てのロットで病原菌は検出されなかった。

引用文献

アユ疾病に関する防疫指針．アユ疾病対策協議会 2011
魚病診断マニュアル．養殖研究所魚病診断・研修センター 2008

4 人工種苗の放流効果の把握

占部敦史, 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向けては、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、人工種苗が河川でどのように成長し、漁獲に貢献しているのか調査した。

(2) 材料と方法

県産人工アユ種苗（以下「人工アユ」という。）の放流後の定着状況を把握するため、鏡川の鏡ダム上流域および奈半利川の平鍋ダム下流域で調査を実施した。調査は、2019年6～9月に鏡川の4地点（下弘瀬、弘瀬、桑尾、土佐山庁舎前；図1）および奈半利川の3地点（田野、柏木、小島；図1）で友釣りにより採捕したアユについて、由来判別を行い人工アユの混獲率を調べるとともに、体重を測定して成長を把握した。

鏡川の鏡ダム上流域では陸封された天然アユと放流された人工アユが、奈半利川の平鍋ダム下流では海から遡上してきた天然アユと放流された人工アユが生息している。天然アユと人工アユの判別は側線上方横列鱗数の計数（占部ら 2018）により行い、人工アユの混獲率を把握した。側線上方横列鱗数による判別においては、背鰭第5基条から側線までの鱗数を計数し、15枚以下は人工アユ、17枚以上は天然アユとした。なお、2019年に放流された人工アユの側線上方横列鱗数は12～16枚の範囲にあることを確認しており（図2）、また、天然アユは16枚以上のものが多いことが既報（占部ら 2018）で報告されている。このため、16枚のアユはいずれかに判別することができないため不明とし、判別対象から除外した。

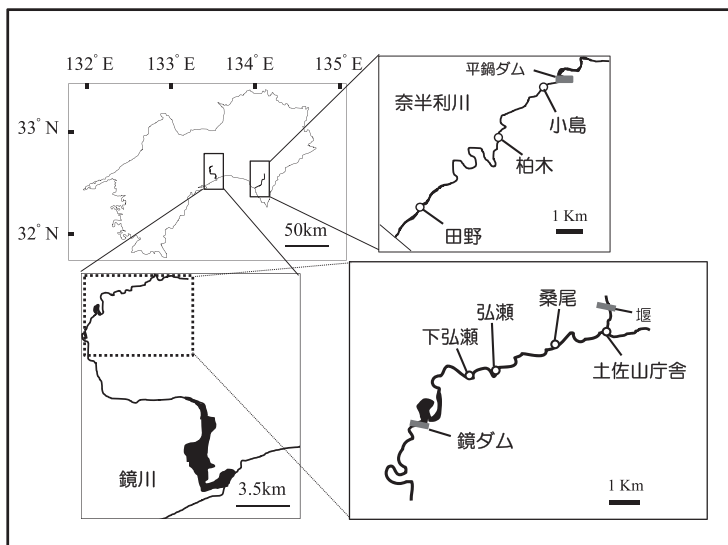


図1. 鏡川および奈半利川の調査地点

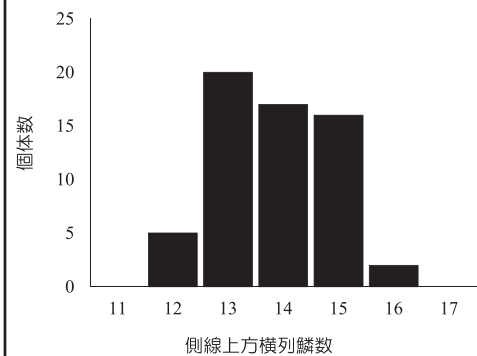


図2. 2019年に放流された人工アユの側線上方横列鱗数（第5基条）

(3) 結果と考察

鏡川における 2019 年の各月、各地点の人工アユの混獲率を図 3 に示した。各地点の混獲率は下弘瀬で 10.0~29.4%，弘瀬で 4.8~25.0%，桑尾で 11.1~40.0%，土佐山庁舎前で 58.8~80.0% であり（図 3），最上流の土佐山庁舎前が他地点と比べて高かった。各地点別に月別の混獲率を比較したところ，有意な差はみられなかったが（ χ^2 検定，下弘瀬： $\chi^2 = 2.91$ ， $P = 0.41$ ，弘瀬： $\chi^2 = 5.91$ ， $P = 0.12$ ，桑尾： $\chi^2 = 4.08$ ， $P = 0.25$ ，土佐山庁舎： $\chi^2 = 2.49$ ， $P = 0.48$ ），地点間の比較では全ての月で有意な差が確認された（ χ^2 検定，6 月： $\chi^2 = 31.80$ ， $P < 0.01$ ，7 月： $\chi^2 = 14.24$ ， $P < 0.01$ ，8 月： $\chi^2 = 19.34$ ， $P < 0.01$ ，9 月： $\chi^2 = 13.41$ ， $P < 0.01$ ）。また，全地点を合計した混獲率は 28.2~36.6%（6 月：36.6%，7 月：34.5%，8 月：28.2%，9 月：28.8%）であり（図 4），月によって有意な差はみられなかった（ χ^2 検定， $\chi^2 = 1.90$ ， $P = 0.60$ ）。

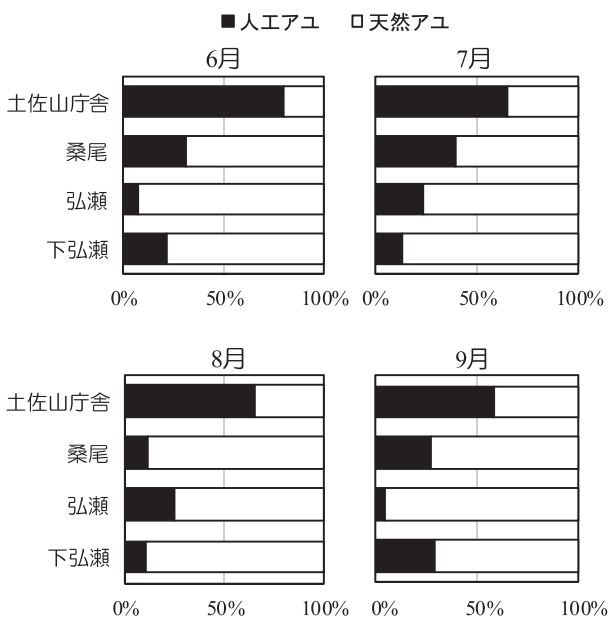


図 3. 鏡川の各月・各地点における人工アユの混獲率

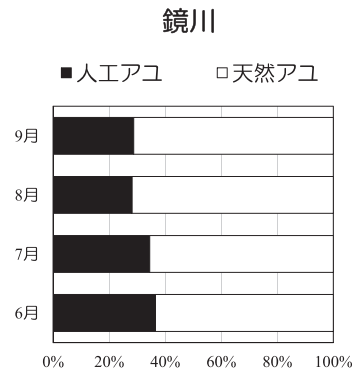


図 4. 鏡川における全地点合計の人工アユの混獲率

各月に採捕したアユの平均体重は，下弘瀬で 35.6~45.8g，弘瀬で 35.6~46.5g，桑尾で 41.5~49.1g，土佐山庁舎で 39.8~50.4g であり（図 5），8 月に地点間での有意差がみられ（ANOVA， $F_{3,74} = 5.36$ ， $P < 0.01$ ），より上流の桑尾と土佐山庁舎前が他の 2 地点より体重が大きかった（Tukey， $P < 0.05$ ）。また，由来別の平均体重は，天然アユで 39.4~46.5g，人工アユで 40.0~46.7g であった（図 6）。人工アユの体重は，6 月，7 月および 9 月は天然アユと有意な差がなく（ t 検定， $P > 0.05$ ），8 月は天然アユより有意に大きかった（ t 検定， $P = 0.03$ ）。これは，鏡ダム上流に放流された人工アユの成長が天然アユと遜色なかったことを示している。

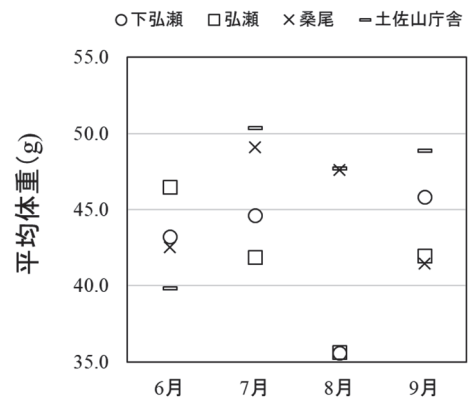


図 5. 鏡川の各地点における平均体重

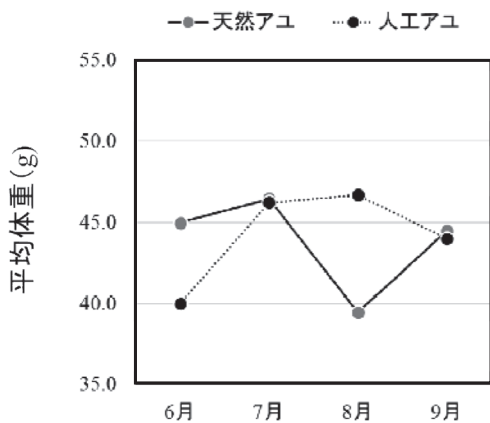


図 6. 鏡川における由来別の平均体重

奈半利川における 2019 年の各月、各地点の人工アユの混獲率を図 7 に示した。各地点の混獲率は、田野で 6.7~15.4%、柏木で 6.7~28.6%、小島で 7.1~42.9%であった。

地点ごとに月別の混獲率を比較したところ、田野および柏木では有意な変化はみられなかったが、最上流の小島で 8 月以降に有意に高くなった (χ^2 検定, 田野: $\chi^2 = 0.87$, $P = 0.83$, 柏木: $\chi^2 = 2.74$, $P = 0.43$, 小島: $\chi^2 = 8.72$, $P < 0.01$)。一方、月ごとに地点間を比較したところ、全ての月で有意な差はみられなかった (χ^2 検定, 6 月: $\chi^2 = 0.75$, $P = 0.69$, 7 月: $\chi^2 = 0.56$, $P = 0.76$, 8 月: $\chi^2 = 4.08$, $P = 0.13$, 9 月: $\chi^2 = 4.34$, $P = 0.11$)。また、全地点を合計した混獲率は 9.5~26.2% (6 月: 9.5%, 7 月: 9.5%, 8 月: 26.2%, 9 月: 23.1%) で (図 8), 月別の混獲率に有意差はなかったが (χ^2 検定, $\chi^2 = 6.87$, $P = 0.08$), 8 月以降にやや高くなる傾向がみられた。

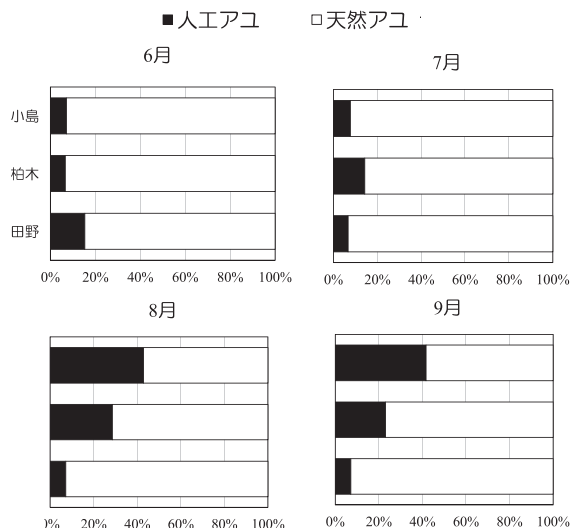


図 7. 奈半利川の各月・各地点における人工アユの混獲率

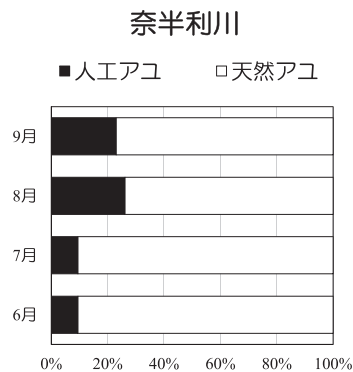


図 8. 奈半利川の全地点合計の人工アユの混獲率

このように、奈半利川の平鍋ダム下流では、最上流の小島においてのみ人工アユの混獲率が 8 月以降に有意に高くなった。また、地点間で混獲率に有意差はなかったが、8 月以降には上流ほど高く、下流ほど低くなる傾向がみられた。

採捕したアユの平均体重は、田野で 50.9~71.0g、柏木で 43.9~53.0g、小島で 41.6~58.6g であり (図 9), 月ごとの地点間の比較で 9 月に有意な差がみられ (ANOVA, $F_{2, 36} = 14.08$, $P < 0.01$), 最下流の田野で他の 2 地点を上回った (Tukey, $P < 0.05$)。また、由来別の平均体重は、天然アユが 53.1~59.5g、人工アユが 41.4~47.5g で (図 10), 6~8 月

に人工アユの体重が天然アユを有意に下回った (t 検定, $P < 0.05$)。これは, 平鍋ダム下流に放流された人工アユの成長が, 天然アユより劣っていたことを示している。

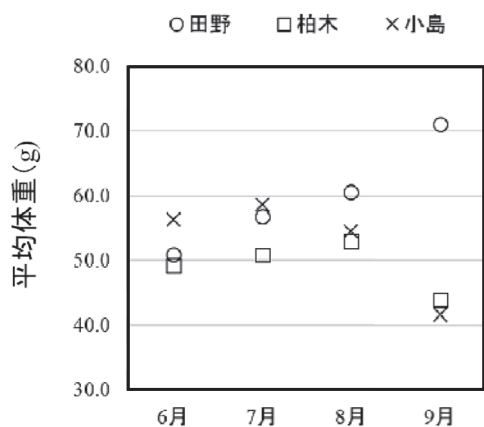


図 9. 奈半利川の各地点における平均体重

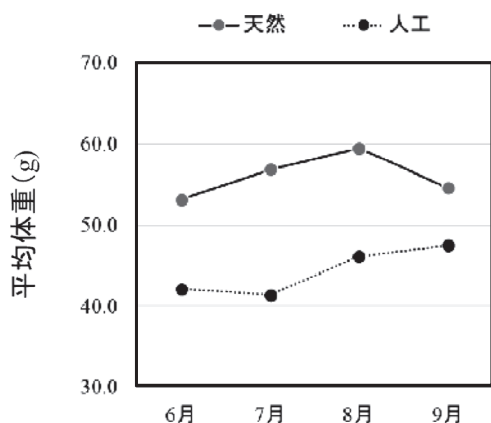


図 10. 奈半利川における由来別の平均体重

鏡川の鏡ダム上流では, 全地点を合計した混獲率が 28.2~36.6%あったのに対し, 奈半利川の平鍋ダム下流では 9.5~26.2%で, 両河川の混獲率は 6~7 月に差がみられたが, 8 月以降には同程度となった (χ^2 検定, 6 月: $\chi^2 = 10.22$, $P < 0.01$, 7 月: $\chi^2 = 9.05$, $P < 0.01$, 8 月: $\chi^2 = 0.06$, $P = 0.81$, 9 月: $\chi^2 = 0.42$, $P = 0.52$)。人工アユの混獲率は, 天然アユの資源量や人工アユの放流量や種苗性等によって大きく左右される。

本調査で把握された 2019 年放流分の人工アユの混獲率は, 河川によって異なるものの

概ね 10~40%の範囲であった。また, 放流後の成長度合も河川により差がみられたが, 鏡川では天然アユ (陸封) と遜色なかった。今後も, 放流後の定着状況 (人工アユの混獲率) 等を継続的に調査することで, 人工アユの種苗性を評価し, それを踏まえて種苗生産技術の向上や放流方法の改善を図っていくことが重要と考えられる。

文献

占部 敦史・海野 徹也 (2018) 人工および天然アユにおける計数形質の比較. 水産学会誌, 84, 70-80

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

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	仁 淀 川	芸 陽	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

※幡多公設卸売市場の取扱量は、2006年以降集計方法が異なる