

平成 30 年度

# 事業報告書

第 29 卷

令和 2 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)	10
(4) 高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援	14
(5) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保	26
4. 参考資料	
高知県河川漁業生産量の推移	38

## 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

TEL：0887-52-4231 FAX：0887-52-4224

ホームページ： <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）

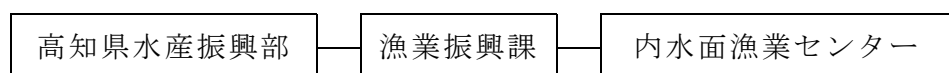
昭和55年 高知県内水面漁業センターに改組、移転（現所在地）  
（高知県内水面魚病指導総合センターを併設）

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



所長 {  
    チーフ       (1名)  
    研究職員     (2名)  
    非常勤職員   (2名)

### (4) 職員名簿

職名	氏名	担当業務
所長	岡村 雄吾	統括
チーフ	荻田 淑彦	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	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	19,014	12,014		7,000
内水面漁業試験研究費	10,340	6,714		3,626
内水面漁業振興事業費	1,581	1,581		
養殖振興対策事業費	2,006	1,022	984	
合計	32,941	21,331	984	10,626

(6) 施設の概要

- 1) 敷地面積 9,343㎡
- 2) 建物
  - ① 本館(事務室、問診室、各検査室、研修会議室等) 365㎡
  - ② 隔離実験棟・作業棟(0.9t×5面、調餌室、工作室他) 220㎡
  - ③ 恒温水槽棟(10t×5面、1t×5面) 256㎡
  - ④ 恒温水槽棟(FRP 2t×10面) 101㎡
  - ⑤ 野外試験池(50t×5面) 362㎡
  - ⑥ 屋内試験池(30t×2面) 184㎡
  - ⑦ 管理棟 40㎡
  - ⑧ その他(ボイラー室、機械室、高架タンク、排水消毒槽等) 147㎡

## 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
H30.5.9	平成30年度高知県河川魚族保護会通常総会	高知市	占部・荻田
H30.5.25	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 中央東福祉保健所	荻田
H30.6.7	平成30年度水産庁委託事業「環境収容力推定手法開発事業」計画検討会	(ウナギ) 東京都 豊海センタービル	稲葉
H30.6.11		(アユ) 東京都 豊海センタービル	占部
H30.6.14～15	平成30年度全国湖沼河川養殖研究会・全国水産試験場長会各ブロック会	和歌山県 和歌山市和歌山県JAビル	岡村
H30.7.12	高知県内水面漁業協同組合連合会組合長会	高知市	岡村
H30.8.5	鏡川友釣り甲子園	高知市	占部
H30.8.26	「仁淀川の森と水を考える」シンポジウム	土佐市 グランディール	占部
H30.9.11～12	平成30年度内水面関係研究開発推進会議	東京都 東京水産振興会館	岡村
H30.9.15～18	平成30年度日本水産学会秋季大会	広島県 広島大学	占部
H30.9.20～21	全国湖沼河川養殖研究会 第90回大会	山口県 山口市翠山荘	占部
H30.10.27～28	第38回全国豊かな海づくり大会	高知市	全員
H30.10.23	平成30年度水産用医薬品薬事監視講習会	東京都 農林水産省	稲葉
H30.10.26	新荘川漁業協同組合 理事会	須崎市	占部
H30.11.5～6	平成30年度全国水産試験場長会	山形県 鶴岡市	岡村
H30.11.15～16	平成30年度全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック研究会	福岡県 水産海洋技術センター内水面研究所	荻田
H30.11.21～22	第32回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会	和歌山県	占部
H30.11.27～28	平成30年度内水面関係研究開発推進会議・資源・生態系保全部会及び内水面養殖部会	長野県 中央水産研究所上田庁舎	荻田
H30.12.17	平成30年度榑原町・津野町合同魚族保護会総会	津野町	荻田・占部
H30.12.18～20	平成30年度魚病症例研究会及び平成30年度水産増殖関係研究開発推進会議「魚病部会」	三重県 伊勢市	荻田
H31.2.7～8	平成30年度全国湖沼河川養殖研究会アユ資源部会研究会	東京都 島しょ農林水産総合センター	占部
H31.2.19～20	平成30年度全国湖沼河川養殖研究会アユの疾病研究部会	静岡県 浜松総合庁舎	占部
H31.2.26	平成30年度「河川及び海域での鰻来遊・生息調査事業」年度末報告会議	神奈川県 中央水産研究所横浜庁舎	稲葉
H31.2.27～28	平成30年度水産庁委託事業「環境収容力推定手法開発事業」成果検討会	(アユ) 東京都 豊海センタービル	占部
H31.3.4		(ウナギ) 東京都 豊海センタービル	稲葉
H31.3.9	第68回嶺北漁業協同組合通常総代会	本山町	占部
H31.3.12	平成30年度高知県カワウ等被害対策事業検討会	高知市	岡村

## ( 2 ) 講師派遣

開催日	会議等名称	開催場所	内容	講演者	対象者
H30.5.9	平成30年度高知県河川族保護会通常総会	高知市	土佐のあゆの取組について	占部敦史	魚族保護会委員
H30.8.5	鏡川友釣り甲子園	高知市	アユについて	占部敦史	鏡川漁協組合員 中・高校生等
H30.8.26	「仁淀川の森と水を考える」シンポジウム	土佐市	高知のアユを増やすために	占部敦史	仁淀川漁協組合員 一般参加者等
H30.10.26	新荘川漁業協同組合 理事会	須崎市	新荘川におけるアユの産卵保護 に関する調査結果	占部敦史	新荘川漁協組合員
H31.3.9	第68回嶺北漁業協同組合 通常総代会	本山町	高知県のアユ人工放流種苗「土 佐のあゆ」の生涯	占部敦史	嶺北漁協組合員等

## ( 3 ) 口頭発表

開催日	会議等名称	開催場所	内容	発表者
H30.6.7	平成30年度水産庁委託事業 「環境収容力推定手法開発事業」 計画検討会	東京都	高知県の調査計画（ウナギ）	稲葉太郎
H30.6.11			アユ資源増殖に効果的な放流及び資源 保護手法の開発（中間報告）	占部敦史
H30.9.15～18	平成30年度日本水産学会秋季大会	広島県	下顎側線孔の欠損が人工アユの遡上性 に及ぼす影響	占部敦史
H30.11.21～22	第32回近畿中国四国ブロック内水 面魚類防疫検討会	和歌山県	高知県内で発生した冷水病菌の型分け (MLST)	占部敦史
H31.1.29	広島大学大学院生物圏科学研究科 博士論文公聴会	広島県	人工アユの計数形質および種苗性に関 する研究	占部敦史
H31.2.7～8	平成30年度全国湖沼河川養殖研究 会 アユ資源部会研究会	東京都	河川水中のアユ環境DNAを用いた資源 評価手法の実用化に向けた実験	占部敦史
H31.2.19～20	平成30年度全国湖沼河川養殖研究 会 アユの疾病研究部会	静岡県	高知県で発生したアユ冷水病菌の型分 け (MLST)	占部敦史
H31.2.27～28	平成30年度水産庁委託事業 「環境収容力推定手法開発事業」 成果報告会	東京都	アユ資源増殖に効果的な放流及び資源 保護手法の開発（成果報告）	占部敦史
H31.3.4		東京都	平成30年度事業に関する実績報告	稲葉太郎

## ( 4 ) 論文等

題目	著者名	所属	学会誌名
人工アユの計数形質および種苗性に関 する研究	占部敦史	高知県内水面漁業センター	博士論文 (広島大学大学院生物圏科 学研究科)

### 3. 事業報告

# 養殖衛生管理体制整備事業

荻田淑彦・占部敦史

近年、食の安全性について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、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。

## 総合推進対策

以下の会議に出席し、情報収集および関係者への情報提供に努めた。

- ・ 平成 30 年度水産用医薬品薬事監視講習会  
平成 30 年 10 月 東京都

## 養殖衛生管理指導

### 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。

平成 30 年度に 1 養鰻業者 3 飼育池のウナギから分離されたパラコロ病原菌 (*Edwardsiella tarda*) 3 株について薬剤感受性試験を行った結果、薬剤耐性菌が 2 株確認さ

れた。その 2 株は、OTC-SO の 2 剤耐性であった（表 1）。なお、表中の薬剤の略称について、OTC は塩酸オキシテトラサイクリン、SO はスルファモノメトキシシンおよびオルメトプリム配合剤を示す。

## 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 平成 30 年 5 月 香美市
- ・ 第 32 回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会 平成 30 年 11 月 和歌山県
- ・ 平成 30 年度魚病症例研究会 平成 30 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

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 29 年の魚病被害・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のものも含んでいる。

#### 1) 天然水域等

平成 30 年度の天然水域等における魚病診断件数は 21 件で、魚種別ではアユ 18 件、コイ 2 件、ナマズ・ニゴイ 1 件であった(表 2)。アユでは、冷水病が 13 件発生した。コイでは、水質事故が原因と考えられるへい死が 2 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。ナマズ・ニゴイでは原因の特定に至らなかった事例(不明)が 1 件発生した。

#### 2) 養殖場

平成 30 年度の養殖場における診断件数は 35 件で、魚種別では、アユ 16 件、アマゴ 4 件、ニジマス 1 件、ウナギ 14 件であった(表 3)。

魚種ごとの内訳について見ると、アユでは、冷水病 3 件、異形細胞性鰓病 5 件、チョウチン病 1 件、不明 1 件、その他(健康診断等) 6 件であった。アマゴでは、せつそう病 1 件、不明 1 件、その他(健康診断等) 2 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、パラコロ病 1 件、シュードダクチロギルス症 7 件、カラムナリス病 4 件、ウイルス性血管内皮壊死症 2 件であった。上記の件数については、他疾病との混合感染を含んでいる。

平成 23 年度から平成 30 年度のウナギの主要 4 疾病の推移を表 4 に示す。なお、平成 23～26 年度については過年度にもふれているため、ここでは平成 26 年度以降(直近 5 年間)の状況について記述する。

パラコロ病の診断件数は、平成 27 年度が最も多く、平成 29～30 年度には大幅に減少した。シュードダクチロギルス症の診断件数は、平成 27 年度が最も多く、それ以降は若干減少した。カラムナリス病は、平成 26 年度が最も多く、以降は大幅に減少した。ウイルス性血管内皮壊死症の診断件数は、平成 28 年度が最も多く、それ以降は減少した。

表 1. *Edwardsiella tarda* の耐性薬剤数およびパターンごとの株数

耐性薬剤数	株数	耐性薬剤パターン	株数
2剤	2	OTC, SO	2

表 2. 天然水域等での魚病診断件数

魚種	病名	月												小計	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
アユ	冷水病	6	4	1		2									13
	保菌検査		1	1											2
	不明	1	1		1										3
コイ	その他（水質等）				1			1						2	
ナマズ・ニゴイ	不明											1		1	
合計		7	6	3	1	2	0	1	0	1	0	0	0	21	

表 3. 養殖場での魚病診断件数

魚種	病名	月												小計	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
アユ	冷水病		2	1											3
	異型細胞性鰓病			4	1										5
	チョウチン病					1									1
	不明							1							1
	その他（健康診断等）				4	1	1								6
小計		0	2	5	5	2	1	1	0	0	0	0	0	16	
アマゴ	せっそう病										1			1	
	不明			1										1	
	その他（健康診断等）								2					2	
小計		0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	4	
ニジマス	伝染性造血器壊死症	1												1	
	小計	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
ウナギ	ウイルス性血管内皮壊死症			1										1	
	ウイルス性血管内皮壊死症+シュードダクテロギルス+バラコロ病	1												1	
	カラムナリス病					2			1					3	
	カラムナリス病+シュードダクテロギルス症											1		1	
	シュードダクテロギルス症	1						1	3					5	
	水カビ病												1	1	
	誤食							1						1	
不明	1												1		
小計		3	0	1	0	2	2	3	1	0	0	1	1	14	
合計		4	2	7	5	4	3	4	3	1	0	1	1	35	

表 4. ウナギ主要 4 疾病の魚病診断件数の推移

病名（混合感染を含む）	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
バラコロ病	10	34	22	8	23	15	6	1
シュードダクテロギルス症	0	0	7	19	22	9	14	7
カラムナリス病	15	18	32	33	13	13	8	4
ウイルス性血管内皮壊死症	0	9	7	2	0	6	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】(抄録)

稲葉太郎・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。

## 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

著しい減少傾向にあるニホンウナギ(以下、ウナギ)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(底生魚類や甲殻類)の直接的な採集による、ウナギの生息環境評価を行う。以上により、総合的にウナギの河川生活の実態を把握することで、ウナギが生息するために必要な環境を維持・改善するために重要な環境収容力の推定手法について検討する。

## 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

の採集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、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。

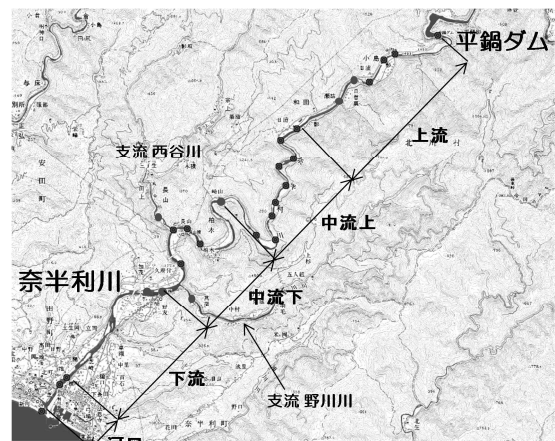


図1. 調査実施地点位置および流域区分

## 結果

奈半利川水系で、ウナギ600個体(箱漁法594個体、石倉漁法6個体)を採捕した。平均全長は44.0cm(図2)、平均体重は115.0g(図3)であった。成熟段階は、Y1が46個体、Y2が521個体、S1が29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。

本年度の再採捕個体数は74で、再採捕率は12.3%であった。

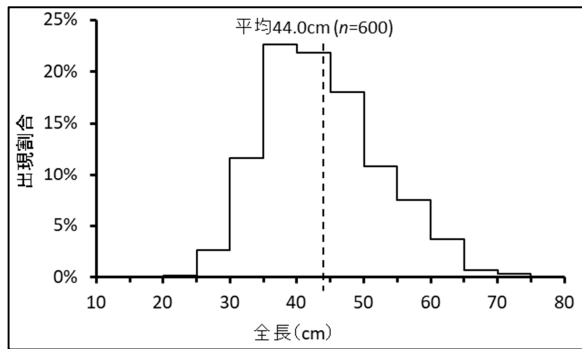


図 2. 全長出現割合

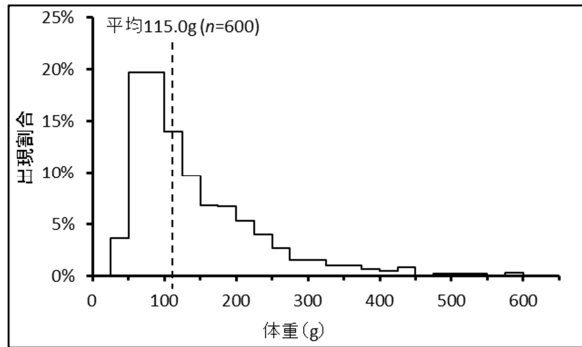


図 3. 体重出現割合

平成 25 年度から 30 年度までの調査で、累計採捕個体数は延べ 2,386 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 237 で、再採捕率は 6 年間で 9.9%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。

体重の増加率について、放流から再採捕までの期間との間に有意差があり、期間が 1 年未満の場合、日間増重率は有意に低く、負の値となる場合もあった (Wilcoxon rank sum test, Bonferroni 調整,  $x = 6$ ,  $P < 0.008$ )。一方、1 年以上ではそれぞれの間で有意な差は認められなかった ( $P > 0.008$ ; 図 4)。

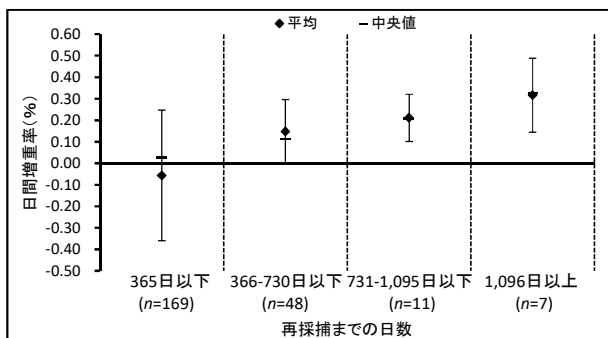


図 4. 再採捕までの日数と成長量 (体重)

移動について、放流地点より上流側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」、下流側で再採捕されたものを「降下」とし、放流位置の流域区分別に解析すると、それぞれ異なる傾向が認められた。放流位置から移動しない定位個体は、全体では 18.4%であったが、流域別にみると、下流および中流下部で多く (33.3%および 34.9%)、中流上部および上流で少なかった (13.8%および 10.0%)。また、遡上した個体は下流と中流上部で多く、降下した個体は上流ほど多かった (Pearson's Chi-squared test,  $P < 0.001$ ; 図 5)。

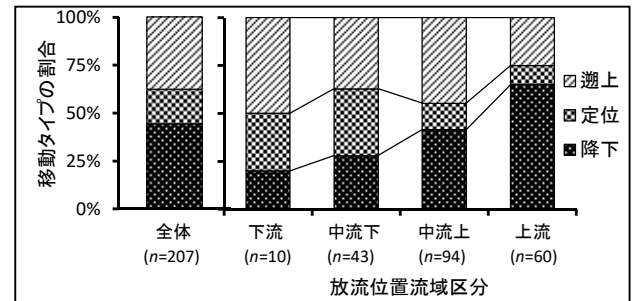


図 5. 流域区分別移動の傾向 (支流を除く)

電撃ショッカーを用いた採集を実施する地点を 3 か所設定し、河床材の大きさや分布状況を評価した。

## 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）

占部敦史・隅川 和

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。そのため、高知県では各内水面漁業協同組合がアユ資源の増殖活動として種苗放流や資源保護に努めている。しかしながら、漁獲量は過去の水準まで回復しておらず、種苗放流や資源保護を効果的な手法で実施することが必要であるが、その最適な条件が明らかとなっていない。

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、そのうち「漁場環境に応じた資源増殖等の手法開発（アユ）」の課題に取り組んだ。また、本課題では、種苗放流や資源保護を効果的な手法で実施するための知見収集を目的とし、「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、当該事業の成果は水産庁に報告しており、成果の詳細は水産庁の報告書に記載しているため、本事業報告書には概要のみを記載する。

## 1. 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

内水面漁業協同組合が実施する放流事業は組合の事業支出の多くを占め、その事業効果は組合の経営状況に直結する。よって、内水面漁業の振興には、放流事業の効果を向上させることが必要である。

放流事業の効果は放流魚の種苗性、放流時期や場所、放流時の体サイズ、放流した河川環境などに左右される可能性がある。そのため、放

流事業の効果を向上させるためには、様々な状況においての放流データを収集し、整理することが必要となっている。そこで、放流後の成長、河川環境等のデータを収集することを目的とし、試験放流を実施した。

## 材料と方法

**脂鰭切除標識による魚体影響評価** 放流試験で施す脂鰭切除標識が人工アユの魚体に与える影響について、遡上実験および飼育実験で明らかにした。遡上実験では、Tsukamoto and Uchida (1990)、田中ら (2014) の方法を参考にし、5つの水槽（底面積：1m<sup>2</sup>）を連続に並べて、それぞれの水深が水槽間で5cmの水位差が生じる装置を作成した（上部水槽から水深：35, 30, 25, 20, 15cm；図1）。次に、2番目に水位が低い水槽（水深：20cm）に供試魚（標識群：85個体、無標識群：83個体）を収容し、収容24時間後に全て取り上げて、各水槽の個体数を確認した。遡上行動の評価には、とびはね率および水槽移動比率を用いた。とびはね率は、収容した水槽より上部に移動したものととびはね個体とし、定位もしくは下部の水槽に移動したものを非とびはね個体として算出した。水槽移動比率は、各水槽の個体数から全体に対する割合を算出したものである。

飼育実験では、標識群（20尾）と無標識群（19尾）を500L円形水槽で混合飼育（3%給餌）し、両群の平均魚体重を比較することで成長差を明らかにし、摂餌行動の優劣を確認した。

**放流試験** 高知県鏡川水系高川川において、標識放流により、人工アユの成長、移動等についての調査を行った。放流試験では、脂鰭切除した人工アユ（平均魚体重：8.1g）4,270尾を放流した。当該河川は川幅が5mで、下流側には高さ5m程度の堰堤があるため、放流は堰堤より上流側で実施し、堰堤から上流800mを試験放流区間とした（図2）。標識放流後46日、64日および82日に友釣りにより漁獲調査を行い、標識魚の成長を確認した。

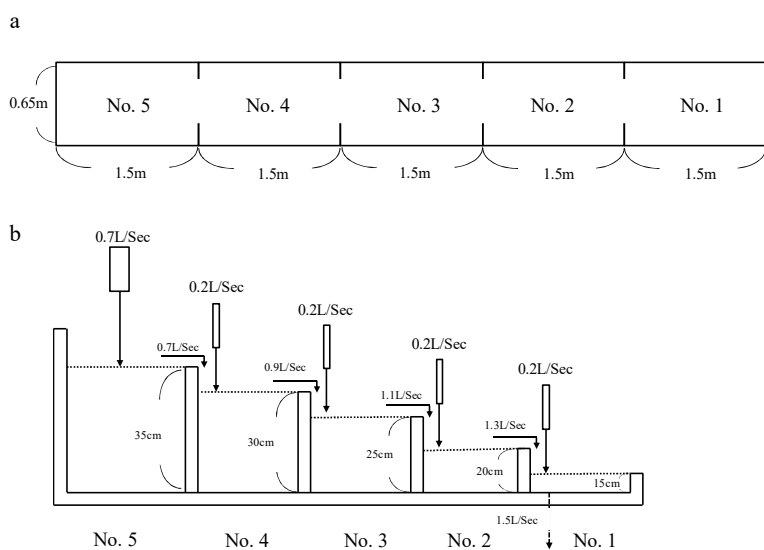


図1. 遡上実験の水槽（a：平面図，b：断面図）

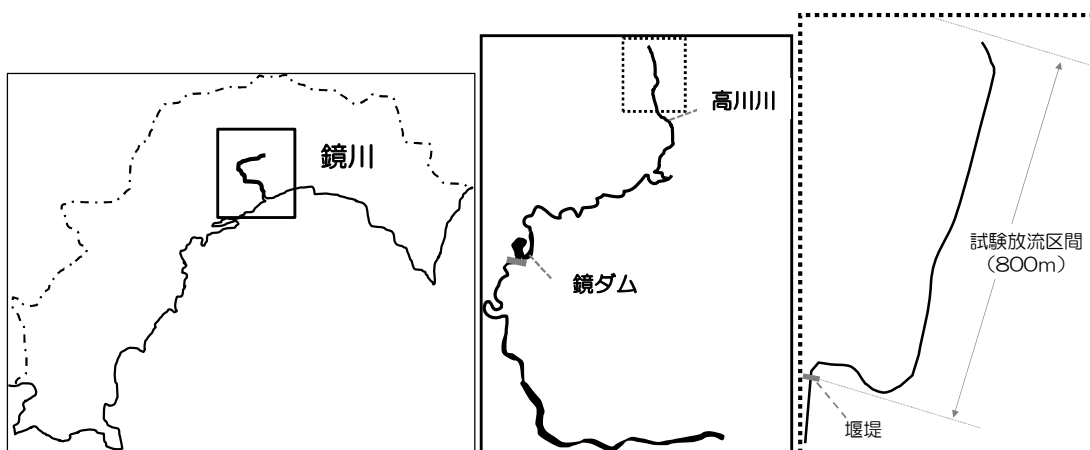


図2. 試験放流区間

## 結果

**脂鰭切除標識による魚体影響評価** 人工アユにおいて脂鰭切除の標識群と無標識群で遡上実験および飼育実験を行ったところ、遡上実験のとびはね率では、標識群と無標識群で有意な差がなかった（データ省略）。また、水槽移動比率でも両群で有意な差がなかった（データ省略）。これらの結果から、脂鰭切除標識による遡上行動への影響は極めて低いことが示唆された。

次に、飼育実験では、飼育開始前のサンプリングでは標識群と無標識群の平均魚体重に有意な差が認められたが（データ省略）、飼育 25 日、40 日および 68 日では両群で有意な差が認められなかった（データ省略）。なお、飼育中に無標識群で 2 尾が死亡したため、それらについては分析から除外した。両群の成長には有意な差が認められなかったことから、脂鰭切除標識による摂餌行動への影響は極めて低いことが示唆された。遡上実験および飼育実験から、脂鰭切除標識は放流後の河川定着に必要な遡上行動および摂餌行動に影響を及ぼしている可能性は極めて低く、魚体に与える影響は極めて小さいと考えられた。

**放流試験** 標識放流調査において、平均魚体重がそれぞれ 46 日で 29.6g、64 日で 42.2g、82 日で 43.7g となり、放流後の順調な成育を確認した。今後は、同一河川での同様な試験を継続的に実施し、成長率の年比較を行う必要がある。また、高川川は小規模河川であり、比較対象として、大規模河川でも同様な試験を実施し、河川環境の違いによる成長率の比較を行う必要がある。

## 2. 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

資源保護を効果的に実施するためには、次世代に寄与するアユ親魚の特性を明らかにする必要がある。そのため、産卵に貢献した親魚の孵化時期や遡上時期などの特性を明らかにすることを目的にした。産卵への貢献度が高い親魚の孵化月を明らかにするためには、産卵場で採集した親魚を耳石日輪解析で日齢査定する必要がある。また、その親魚の遡上時期を特定するためには、各月の遡上魚の孵化月組成を明らかにする必要がある。本年は、耳石解析による産卵親魚の日齢査定手法について検討した。

### 材料と方法

産卵親魚では、耳石縁辺部の日輪が密になることで計数が難しいため、査定された推定日齢に誤差が生じる可能性があった。そこで、親魚の耳石日輪解析手法について検討するために、放流種苗生産用の人工アユ親魚 4 個体を用いて既知の日齢（日齢：358 日、孵化日：2017 年 10 月 23 日、取上げ日：2018 年 10 月 16 日）と日齢査定による推定日齢を比較することで誤差を確認した。親魚から摘出した耳石は、スライドグラスに耳石溝が上側になるようにエポキシ系樹脂で包埋し、乾燥させた後、耳石核が確認できるまで研磨機（Struers S5629）と耐水研磨紙（#1200-2400）を用いて研磨した。研磨した耳石は、粒径 1 $\mu$ m のダイヤモンドペーストで研磨面を鏡面仕上げし、0.2N 塩酸で 30 秒間エッチング処理を行い、透明マニキュアで研磨面をコーティングした。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）を用いて、Tsukamoto and Kajihara (1987) に従い日輪を計数した。日齢査定は、各個体で日輪計数を 3 回実

施し、3回の計数結果の平均値を推定日齢とした。

## 結果

人工アユにおける親魚の推定日齢は既知の日齢358日より短く査定された(データ省略)。既知の日齢と推定日齢との誤差は、範囲が5-31日で、平均値が13日となった。なお、4個体中3個体では誤差が5-9日と小さかった。そのため、親魚の日齢査定は上記の日齢解析手法で得られた推定日齢に誤差を補正すれば、十分可能であることが示唆された。今後は、親魚の推定日齢に誤差平均の13日を加算し、親魚の孵化日を推定することにした。

## 引用文献

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

Tsukamoto K, Uchida K (1990) Spacing and jumping behavior of the ayu *Plecoglossus altivelis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1383-1392.

田中秀樹, 鈴木究真, 星野勝弘, 松岡栄一 (2014) アユの冷水と濁水に対する移動性とストレス反応. 神奈川県水産技術センター研究報告書, 21, 1-6



# 高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援

占部敦史・稲葉太郎・荻田淑彦・田中ひとみ・隅川 和

高知県のアユ資源量は河川環境の悪化などによって低い水準にあり、維持・回復のための対策が強く求められている。まず、アユ資源量を回復させるためには、産卵親魚を保護し、産卵量を確保することが必要である。そこで本事業では、産卵に関するデータ（産卵場所・期間・量）および遡上に関するデータ（遡上時期・量や遡上魚の孵化日組成）を収集し、それらを整理・分析した資料を各内水面漁業協同組合に提供することで、各漁協が取り組む親魚保護事業（産卵場の造成、親魚保護期間・区域の設定など）をより効果的なものにするを目的とした。

## 1. 遡上魚に関する調査

2018年の遡上に関するデータを収集するために、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行った。

## 材料と方法

**遡上量の評価** 2018年（H30）2～5月に、県内11河川の定点（表1）において、箱メガネによる目視観察によって、表2の遡上スコアに基づいて遡上量を評価した。また、各河川の遡上量の年比較を行う際には、各年の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使用した。

各河川で判定した遡上スコア値が遡上量の多寡を反映しているかを検証するため、河川中のアユ環境DNA量を測定した。アユ環境DNA量は各河川の遡上調査時に河川水を1L採水し、ろ過およびDNA抽出を行い、リアルタイムPCR

で測定した。アユ環境DNA量の測定方法は、Doi et al. (2016), Yamanaka and Minamoto (2016), 占部ら (2018) に従った。各河川で測定したアユ環境DNA量は、採水時に評価した遡上スコア値と比較することで、両者の関係性を確認した。

表1. 2018年の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	26	12	10	17
奈半利川	田野井堰	26	2, 12, 22	10, 23	17
安田川	焼山堰	26	12, 22	10, 23	17
伊尾木川	有井堰	26	12, 27	9, 23	17
安芸川	中之橋	26	12, 27	9, 23	17
物部川	物部川橋	26	12, 27	9, 23	17
鏡川	トリム堰	28	12, 28	12	18
仁淀川	八田堰	28	13, 29	12	18
新荘川	岡本堰	27	13, 29	12	16
四万十川	赤鉄橋	27	13, 30	19	16
松田川	河戸堰	27	7, 13, 30	19	16

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	影なし、食み跡なし
1.0	魚影なし、食み跡あり
1.5	観察される一群が1尾以上～10尾未満
2.0	観察される一群が10尾以上～50尾未満
2.5	観察される一群が50尾以上～100尾未満
3.0	観察される一群が100尾以上～500尾未満
3.5	観察される一群が500尾以上～1,000尾未満
4.0	観察される一群が1,000尾以上

**遡上魚の孵化日の推定** 県内 6 河川（松田川，新莊川，仁淀川，鏡川および奈半利川）において，遡上量調査を実施した定点で，のぼりうえ，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た。取り出した耳石は，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）を用いて Tsukamoto and Kajihara（1987）に従い日輪を計数した。さらに，採捕日から日輪数を差し引いたものを推定孵化日として，各月の遡上群の孵化日組成を確認した。

## 結果と考察

**遡上量の評価** 2018 年（H30）の各河川の遡上スコアを図 1 に示した。全ての河川で 2 月下旬にスコア 1.5～4.0 の遡上が確認された。各河川の遡上ピーク（その年の最大スコアを一番初めに示した月）は，安田川が 2 月，松田川，四万十川，仁淀川，鏡川，物部川，安芸川，伊尾木川および奈半利川が 3 月，新莊川および野根川が 4 月であった。前年（2017 年）は遡上開始時期と遡上ピークが遅い傾向であったが，2018 年は遡上開始時期が早く，多くの河川で遡上ピークが 3 月と早い傾向にあり，2～4 月までの遡上量が多かった。

2018 年の各河川の遡上量指標値は，1 河川以外で全て平年値を上回った。また，2018 年の県内全体の平均値（2.9）は，2016 年と 2017 年に比べて増加し，平年値より高かった。したがって，本年の県内アユ遡上量は平年より多かったことが推察された（表 3）。近年のアユの資源量を遡上量から推察すると，2016 年は低水準であったが，2017 年は平年並みに回復し，2018 年は高水準となったものと考えられた。

表3. 2018年における各河川の遡上量指標値（3～5月遡上スコア平均値）

	2016	2017	2018	平年値 (2010-17平均)
野根川	1.6	3.3	2.3	2.5
奈半利川	1.7	2.8	3.4	2.6
安田川	2.3	2.7	3.0	2.6
伊尾木川	1.5	1.8	2.7	2.1
安芸川	1.7	1.5	2.8	1.9
物部川	1.9	1.8	3.1	2.3
鏡川	1.8	1.8	3.3	1.9
仁淀川	2.3	2.4	3.5	2.7
新莊川	2.2	3.1	3.2	2.8
四万十川	1.0	2.3	2.4	2.3
松田川	2.2	1.9	2.3	2.3
県内平均	1.8	2.3	2.9	2.4

各河川で実施した遡上調査において，遡上スコアが遡上量の多寡を反映しているかを検証するために，遡上調査時に採水した河川水からアユ環境 DNA 量を測定した。その結果，遡上スコアが高いとアユ環境 DNA 量も高いといった正の相関が認められた（ $n=55$ ,  $R=0.48$ ,  $R^2=0.23$ ,  $p<0.01$ , 図 2）。また，Doi et al.（2016）はアユ環境 DNA 量が生息密度と関係することを報告している。これらのことから，遡上スコアは遡上量の多寡を反映しているものと考えられる。

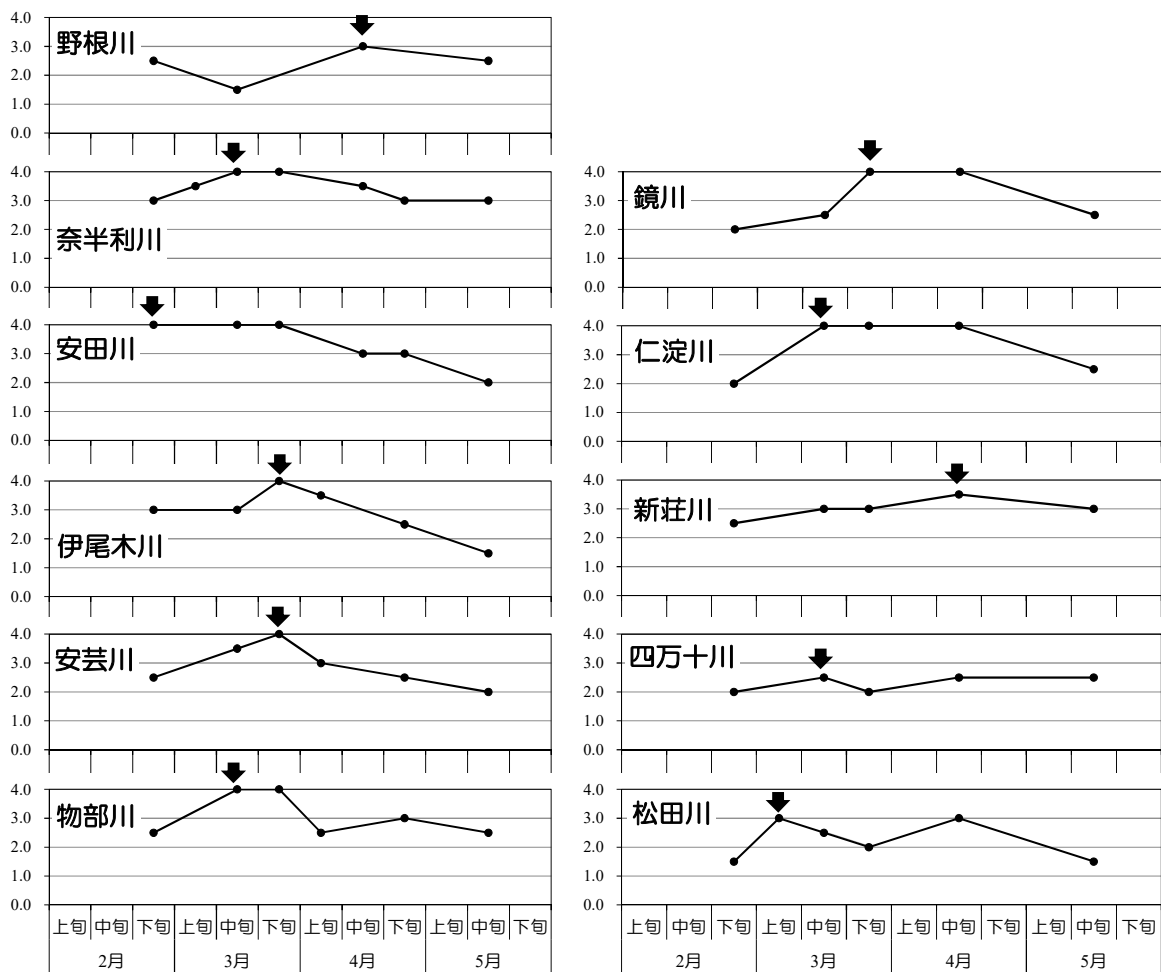


図 1. 県内 11 河川における 2018 年遡上状況調査の結果

矢印は遡上ピークを示す

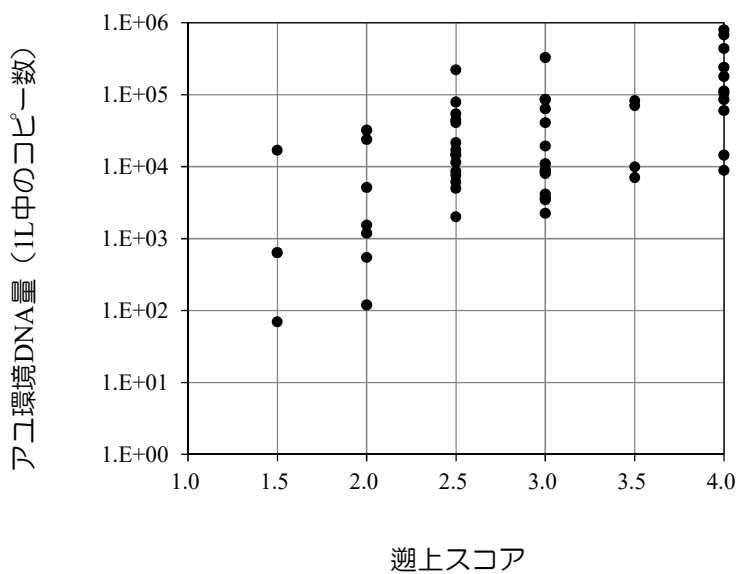


図 2. 遡上スコアとアユ環境 DNA の散布図

**遡上魚の孵化日組成** 県内6河川における遡上魚の孵化日組成を図3に示した。各河川の遡上魚の孵化日について、松田川は3月遡上群が11/18～12/13であった。新莊川は3月遡上群が11/21～12/11、4月遡上群が12/14～1/2、5月遡上群が1/2～1/29であった。仁淀川は3月遡上群が11/8～12/11、4月遡上群が12/11～1/17、5月遡上群が12/13～1/3であった。鏡川は3月遡上群が11/22～12/31、4月遡上群が12/5～1/9、5月遡上群が12/14～1/21であった。伊尾木川は4月遡上群が11/28～12/27であった。奈半利川は3月遡上群が11/7～12/3であった。

また、各月の遡上群の孵化月をみると、3月遡上群は11月孵化が28～97%、12月孵化が3～73%であり、11～12月の孵化群が主体となっていた。4月遡上群は11月孵化が0～7%、12月孵化が50～93%、1月孵化が10～50%であり、12～1月の孵化群が主体となっていた。5月遡上群は12月孵化が0～80%、1月孵化が20～100%であり、12～1月の孵化群が主体となっていた(図4)。

遡上魚を採集した6河川において、2018年の遡上スコアは3～4月で高かった。3～4月遡上群の孵化月組成は松田川で11～12月、新莊川で11～12月、仁淀川で11～1月、鏡川で12月、伊尾木川で12月、奈半利川で11月が高かったことから、その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。

また、2018年の遡上に対応する前年度(2017年度)の4河川の流下仔魚調査結果をみると、仔魚の流下盛期は新莊川では11月下旬と12月中旬、仁淀川では11月下旬、鏡川では11月下旬と12月中旬、伊尾木川では11月下旬であった(占部ら2018)。伊尾木川を除く3河川では、遡上資源に貢献した遡上魚の孵化月と流下盛期の月がほぼ一致しており、流下盛期の仔魚が翌年の資源の主体となったものと考えられた。ただし、伊尾木川に隣接する安芸川では仔魚の流下盛期が12月下旬にあり、それら仔魚が伊尾木川の4月遡上に貢献した可能性があった。

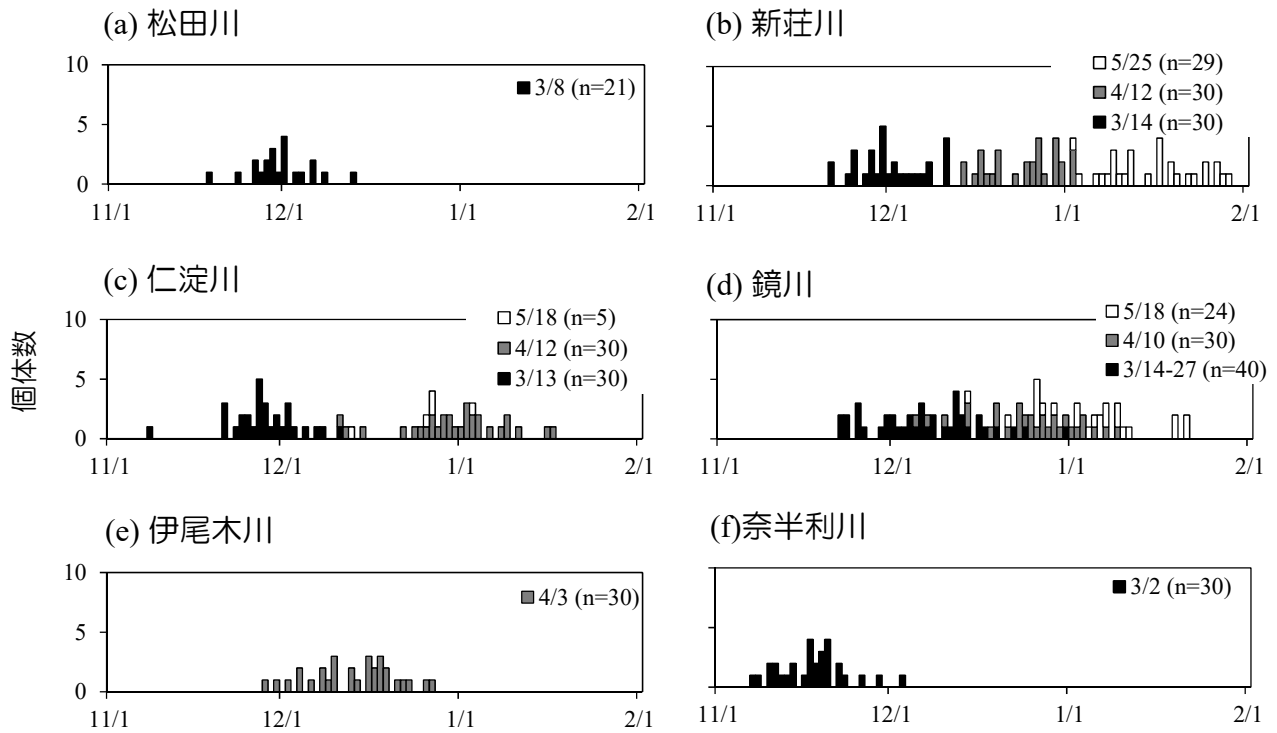


図 3. 県内 6 河川における 2018 年遡上魚の孵化日組成

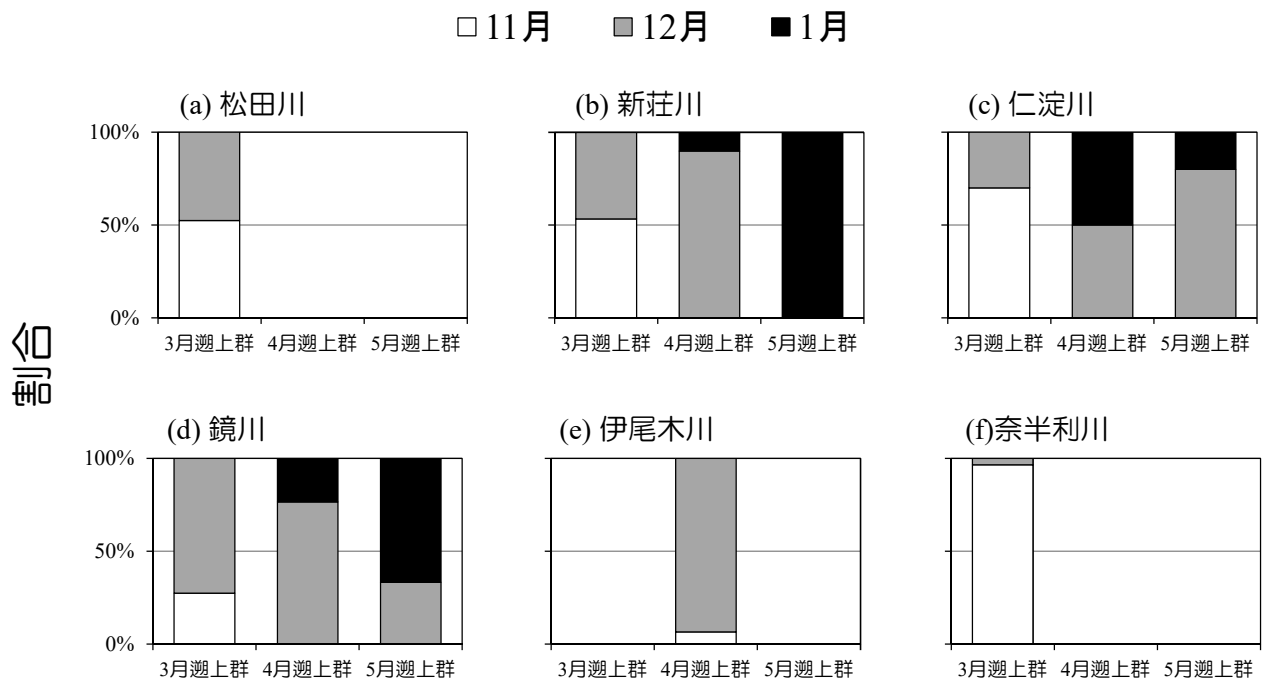


図 4. 県内 6 河川における 2018 年遡上魚の孵化月組成

## 2. 流下仔魚に関する調査

2018 年度の産卵に関するデータを収集するために、各内水面漁業協同組合と連携し、流下仔魚に関する調査を実施した。

### 材料と方法

新莊川、仁淀川および鏡川において、表 4 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  $\mu\text{m}$ ）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。採集した流下仔魚数を、濾水計の値をもとに流下仔魚密度（尾/ $\text{m}^3$ ）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。なお、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。また、 $X$  軸に月日、 $Y$  軸に流下仔魚密度をとった折れ線グラフ（10 月 30 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 LOG2 変換した値を流下仔魚量指標値として、その年、その河川の流下仔魚量を評価した。四万十川、伊尾木川および安芸川については、四万十中央および芸陽漁業協同組合が調査した結果の提供を受け、データの解析に供した。

### 結果と考察

各河川における 2018 年度（2018 年 10 月～2019 年 1 月）の流下仔魚密度の推移を図 5 に示した。仔魚の流下盛期は、流下仔魚密度が高かった時期とし、四万十川では平元で 12 月中旬（8,544 尾/ $\text{m}^3$ ）、小畑で 12 月下旬（731 尾/ $\text{m}^3$ ）、新莊川では 1 月上旬（308 尾/ $\text{m}^3$ ）、仁淀川では行当で 11 月下旬（116 尾/ $\text{m}^3$ ）と 12 月中旬（105

尾/ $\text{m}^3$ ）、中島で 11 月下旬（177 尾/ $\text{m}^3$ ）、鏡川ではトリム堰下流で 11 月下旬（1,997 尾/ $\text{m}^3$ ）、紅葉橋上流で 11 月下旬（31 尾/ $\text{m}^3$ ）、安芸川では 12 月上旬（417 尾/ $\text{m}^3$ ）、伊尾木川では 11 月下旬（118 尾/ $\text{m}^3$ ）であったと推測された。

2018 年度の流下仔魚量指標値は、四万十川、鏡川および伊尾木川で前年度（2017 年度）より高く、新莊川、仁淀川および安芸川で前年度（2017 年度）より低かった（表 5）。ただし、伊尾木川を除く 5 河川では平年値よりも高く、2018 年度の県内アユの産卵量は平年より多かったことが示唆された。

表4. 各河川における2018年度の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	24	7, 14, 28	12, 26	9	19:00
仁淀川	行当、中島	24, 31	7, 14, 21, 28	5, 12, 19, 26	9, 23	20:00
鏡川	トリム堰下・紅葉橋上	23, 30	6, 13, 20, 27	4, 11, 18, 25	8, 22	19:00
四万十川*	平元、小畑	29	5, 12, 19, 26	3, 10, 17, 24	7, 14, 21, 28	19:00
伊尾木川*	鉄道橋下	-	8, 15, 22, 29	6, 13, 20, 27	10, 17, 24, 31	19:00
安芸川*	国道橋下	-	8, 15, 22, 29	6, 13, 20, 27	10, 17, 24, 31	19:30

※, 各漁協からデータ提供を受けた河川

表5. 各河川における流下仔魚量指標値

	2016年度	2017年度	2018年度	平年値 (2009-17年度の平均)
四万十川	10.4	12.8	16.5	11.2
新莊川	13.0	13.5	13.0	12.8
仁淀川	10.8	13.2	12.3	12.3
鏡川	10.4	12.8	14.2	11.6
伊尾木川	9.7	10.6	11.5	11.6
安芸川	12.3	14.4	13.2	12.1

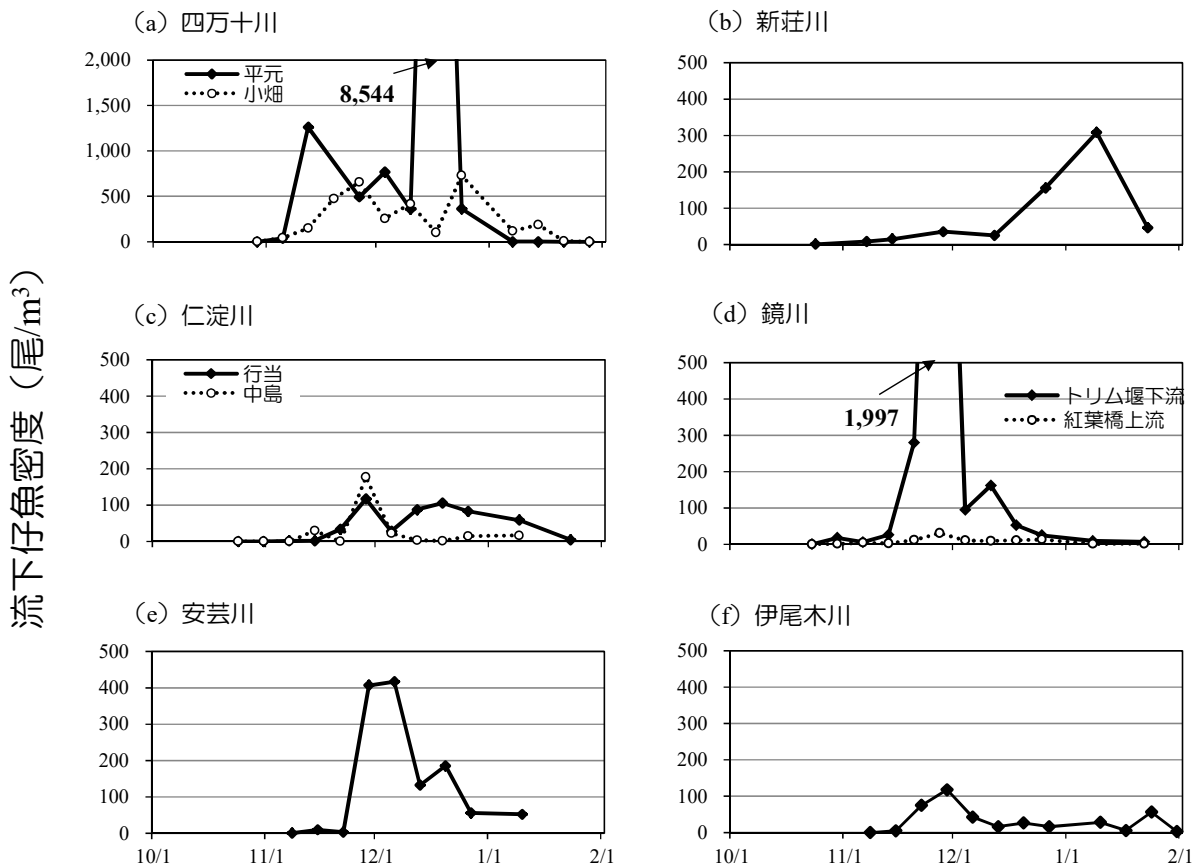


図5. 県内6河川における2018年度の流下仔魚密度の推移

### 3. 遡上量の変動要因の解明

近年、アユ資源量の変動が激しく、資源の維持や回復が課題となっている。アユの資源変動は主に産卵量と仔魚期における海域での生残によって左右されるものと考えられるが、不明な部分が多い。そこで、アユ資源量の多寡を示す遡上量について、その変動がどのような要因によって影響されるのかを分析した。

#### 材料と方法

遡上量の変動要因を明らかにするために、以下の分析を行った。回帰分析では、目的変数をアユ遡上量指標値 ( $Y1$ ) とし、説明変数をアユ流下仔魚量指標値 ( $X1$ , LOG2 変換), 産卵期 ( $X2$ ) および海洋生活期 ( $X3$ ) の降水量 (mm), 海水温 ( $X4$ , °C), シラスイワシ漁獲量 ( $X5$ , t) および黒潮離岸距離 ( $X6$ , 流軸距離 NM) の 6 項目とした。

アユ遡上量指標値は遡上量の多寡を表すもので (表 3), 高知県内の 11 河川における指標値の平均値 (2010~2018 年) を分析に使用した。アユ流下仔魚量指標値は、流下仔魚量の多寡を表すもので (表 5), 各年 (2010~2018 年) に 4~7 河川で流下仔魚調査を実施しており、その全河川の指標値を平均したものを分析に使用した。降水量は産卵期にあたる 10~12 月の合計値および仔魚の海域生活期にあたる 11~2 月の合計値 (気象庁: <https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>), 海水温は 11~2 月の土佐湾における表層の平均値 (観測地点: 黒牧 13 号 (足摺沖), 12 号 (高知沖), 10 号 (室戸沖)), シラスイワシ漁獲量は土佐湾パッチ網の 11~2 月の合計水揚げ量 (高知県魚海況情報システム: <http://www.suisan.tosa.pref.kochi.lg.jp/>), 黒潮離岸距離は 11~2 月の室戸岬から黒潮流軸までの距離の平均値 (海上保安庁: <https://www1.aiho>

[mlit.go.jp/jhd.html](https://www1.aiho)) を分析に用いた。

回帰分析において、目的変数は遡上量指標値 ( $Y1$ ), 説明変数は上記の 6 項目 ( $X1\sim6$ ) とし、重回帰分析を実施した。なお、各説明変数間で有意な相関はなく、重回帰分析を行う上で問題となる多重共線性は認められなかった。また、目的変数を遡上量指標値とし、説明変数をそれぞれの 6 項目とし、単回帰分析による相関関係も確認した。重回帰および単回帰分析は統計ソフト R (Ver.3.1.2) で行った。

#### 結果と考察

遡上量指標値を目的変数、6 項目を説明変数とする重回帰分析では、回帰式は決定係数が 0.93 であったが、 $F$  検定で有意とならなかった ( $F=4.24$ ,  $p=0.203$ ; 表 6)。次に、単回帰分析を行ったところ、遡上量指標値は海洋生活期の降水量と海水温に有意な負の相関があった ( $p<0.05$ ; 表 7)。そこで、海洋生活期の降水量と海水温を説明変数とする重回帰分析を行ったところ、決定係数が 0.77 で、 $Y1=-0.002X3-0.136X4+6.066$  の回帰式が得られた ( $F=10.10$ ,  $p=0.012$ ; 表 7)。

全ての項目を説明変数とする重回帰分析では有意な回帰式を得ることができなかった。しかし、単回帰分析では遡上量とアユの海洋生活期にあたる 11~2 月の降水量および海水温で有意な負の相関があり (図 6), その 2 項目を説明変数とする重回帰分析では有意な回帰式を得ることができた。つまり、11~2 月の降水量が多くなることや海水温が高くなることで、県内のアユ遡上量は少なくなる傾向があるといえる。一方、単回帰分析において、遡上量は初期資源量となる流下仔魚量と有意な相関が得られなかった。これは、遡上量が初期資源量より海洋生活期の減耗率に大きく左右されたこと



によるものと考えられる。ただし、今後も継続的な調査と解析を継続すれば、遡上量と流下仔魚量に有意な関係性が表れる可能性がある。

なお、遡上調査および流下仔魚調査の結果は、報告書として各漁協に提供するとともに、いくつかの漁協については、理事会、シンポジウム、広報誌などで結果を紹介し、親魚保護の重要性などについての普及を行った。

表6. 遡上量指標値との重回帰分析 (X1~6)

説明変数	係数	t value
X1 流下仔魚量指標値 (LOG2)	0.039	0.26
X2 産卵期の降水量 (mm)	0.000	0.06
X3 海洋生活期の降水量 (mm)	-0.002	-2.96
X4 海水温 (°C)	-0.026	-0.12
X5 シラスイワシ漁獲量 (t)	0.001	1.32
X6 黒潮離岸距離 (流軸距離NM)	-0.005	-0.29
切片	3.097	
$F$		4.24
$R^2$		0.93

\*, 有意水準5%未満

表7. 遡上量指標値との単回帰分析

説明変数	n	r	p
X1 流下仔魚量指標値 (LOG2)	9	0.28	0.47
X2 産卵期の降水量 (mm)	9	0.22	0.56
X3 海洋生活期の降水量 (mm)	9	-0.85	0.00*
X4 海水温 (°C)	9	-0.67	0.05*
X5 シラスイワシ漁獲量 (t)	9	0.25	0.51
X6 黒潮離岸距離 (流軸距離NM)	9	0.31	0.42

\*,  $P < 0.05$

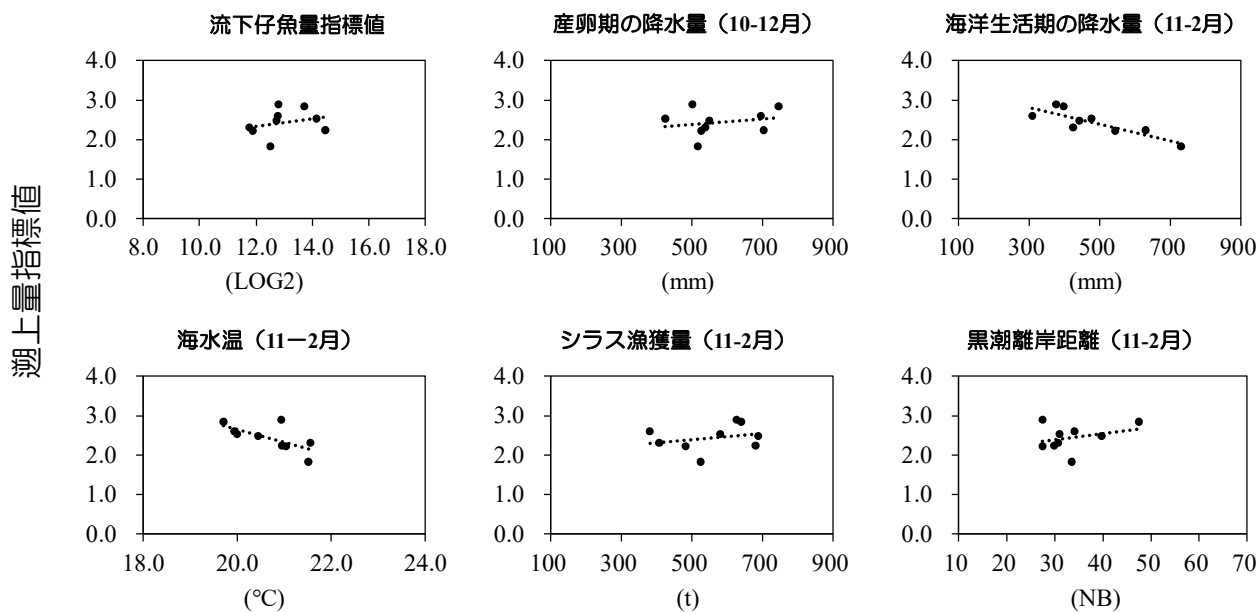


図6. 遡上量指標値との散布図

表8. 遡上量指標値との重回帰分析 (X3, 4)

説明変数	係数	t value
X3 海洋生活期の降水量 (mm)	-0.002	-2.88*
X4 海水温 (°C)	-0.136	-1.18
切片	6.066	
$F$		10.10*
$R^2$		0.77

\*, 有意水準5%未満

#### 4. 環境 DNA を用いた資源評価手法の開発

近年, Doi et al. (2016) は, 河川中のアユ環境 DNA 量とそれらの生息数に相関があることを報告しており, 河川中のアユ環境 DNA 量を測定することは生息数を評価する有効な手法になると考えられている。そこで, 水槽実験によるアユ環境 DNA の量的変化を解析し, 県内におけるアユ資源量評価手法として実用できるかを検討した。

#### 材料と方法

**尾数, 注水量および水深実験** アユ環境 DNA の量的変化を確認するため, 尾数実験, 注水量実験および水深実験の計 3 つの実験を行った。実験は, 円形水槽 (直径: 1.00m, 容量: 500L) を用いて, 井戸水で行った。各実験の飼育条件については表 9 に示した。実験ではそれぞれの収容尾数, 注水量および水深を調整し, その飼育環境を 24 時間維持した後, 飼育水を回収した。回収した飼育水は 1L をフィルターでろ過し, DNA 抽出後, リアルタイム PCR によりアユ環境 DNA 量を測定した。測定した DNA 量は, 収容尾数 (密度), 注水量および水深ごとで比較した。

**環境 DNA 消失実験** 実験は, 円形水槽 (直径: 1.00m, 容量: 500L) にアユ 4 尾を収容し, 注水量 1.0L/10s (井戸水: 17~18°C) および水深 0.30 m で 24 時間維持した後, 全てのアユを取り上げて行った。取上げ後は止水にし, 経時的 (0~168 時間) に水槽内の水を回収し, 1L 水中のアユ環境 DNA 量を測定した。測定したアユ環境 DNA 量は取り上げ直後 (0 時間) の DNA 量と比較することで, DNA 消失率を確認した。

表9. 尾数、注水量および水深実験の飼育条件

実験	収容尾数 (尾)	注水量 (L/10s)	水深 (m)	水温 (°C)
尾数実験	1~49	1.5	0.50	20
注水量実験	5	0.5~2.5	0.60	16~17
水深実験	4	1.0	0.30~0.60	17

#### 結果と考察

**尾数, 注水量および水深実験** 尾数実験について, DNA 量は, 収容尾数がそれぞれ 1 尾 (密度: 1.3 尾/m<sup>2</sup>) で 6.9 copies mL<sup>-1</sup>, 5 尾 (密度: 6.4 尾/m<sup>2</sup>) で 22.1 copies mL<sup>-1</sup>, 10 尾 (密度: 12.7 尾/m<sup>2</sup>) で 53.2 copies mL<sup>-1</sup>, 20 尾 (密度: 25.5 尾/m<sup>2</sup>) で 113.5 copies mL<sup>-1</sup>, 49 尾 (密度: 62.4 尾/m<sup>2</sup>) で 201.1 copies mL<sup>-1</sup> となった。収容尾数と密度が高くなるにつれて, DNA 量も高くなり, 有意な相関があった ( $R^2=0.973, p<0.01$ , 図 7)。また, 収容した総魚体重と飼育水の容量からバイオマス (mg/L) を換算し, アユ 1mg/L あたりの DNA 量を算出したところ, 平均値は 0.2 copies mL<sup>-1</sup> (範囲: 0.1~0.2 copies mL<sup>-1</sup>) であった。これらの結果から, 河川 1m<sup>3</sup> にアユ 1 尾 (10g) が生息している場合には, アユ環境 DNA 量が 2.0 copies mL<sup>-1</sup> 程度検出されるものと考えられる。

注水量実験について, アユ DNA 量は注水量 0.5~2.5L/10s で 23.6~167.6 copies mL<sup>-1</sup> となり, 注水量が増加すると DNA 量は少なくなった (図 8)。

水深実験について, アユ DNA 量は水深 0.30~0.60m で 12.3~68.6 copies mL<sup>-1</sup> となり, 水深 0.60m が他より突出して DNA 量が多くなった (図 8)。

これらの実験結果から, アユ環境 DNA 量は, 密度以外にも, 注水量 (流量) や水深によっても変動することが明らかとなった。

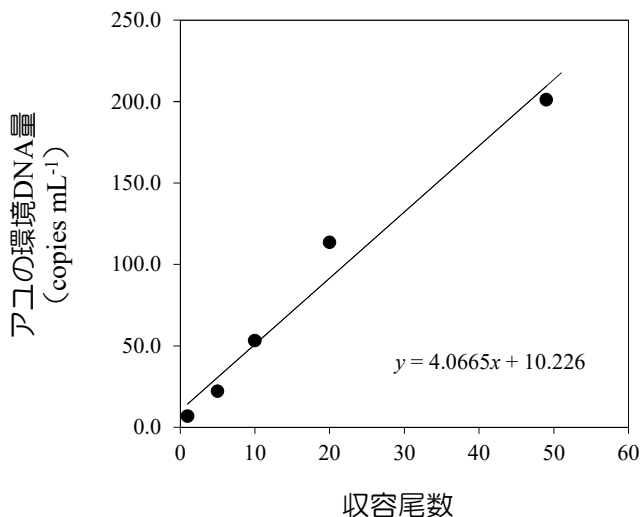


図 7. 收容尾数と環境 DNA 量の関係

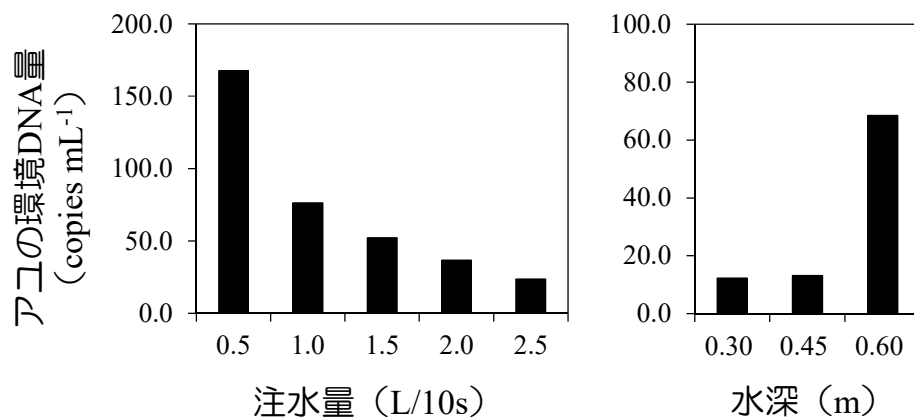


図 8. 注水量, 水深と環境 DNA 量の関係

**DNA 消失実験** アユ DNA 量は、取上げ後 0 時間で 114.0 copies mL<sup>-1</sup>, 1~168 時間で 0.0~88.4 copies mL<sup>-1</sup>であった。DNA 消失率は 1~7 時間で 22.5~75.9%, 24~168 時間で 97.5~100.0%となった(表 10)。魚体から放出された環境 DNA は、7 時間で約 76%, 24 時間で約 98%以上が分解され、検出されなくなった。この結果から、ある地点におけるアユ環境 DNA 量は、採水地点から上流部の一定の区間・期間現存したアユ生物量が反映されていることが分かった。

**資源量評価手法としての活用** アユ環境 DNA 量を用いて生息密度やバイオマスなどを算出するためには、環境 DNA 量を変動させる要因となる流量、水深などを現場で測定することが必要である。また、アユ環境 DNA 量で資源量を評価する場合には、採水地点より上流部から流れてきた環境 DNA 量が反映されていることを考慮しなければならない。これらのことから、アユ環境 DNA 量を用いてバイオマス等の生息量を表す数値に変換することは難しいが、アユの生息が在不在かを判定する、または生息量の多寡をある程度予測することは可能であると考えられた。今後は、アユ資源量を評価するための活用方法について検討していく。

表10. 経過時間ごとの環境DNA量の消失率

時間	DNA量 (copies mL <sup>-1</sup> )	DNA 消失率 (%)	DNA 残存率 (%)
0	114.0	0	100
1	88.4	22.5	77.5
3	83.3	26.9	73.1
5	58.0	49.1	50.9
7	27.5	75.9	24.1
24 (1日)	2.8	97.5	2.5
48 (2日)	0.2	99.8	0.2
120 (5日)	0.1	100.0	0.0
168 (7日)	0.3	99.7	0.3

引用文献

- 伊藤 隆, 富田 達也, 岩井寿夫 (1971). アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXI (アユの人工受精卵のふ化に対する水温の影響). アユの人工養殖研究, 11, 57-98.
- 占部敦史・隅川和・長岩理央 (2018) 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 27 年度高知県内水面漁業センター事業報告書, 9-12.
- 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.
- Tsukamoto K, Kajihara T (1987) Age determination of ayu with otolith. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1985-1997.
- 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.

# 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保

占部敦史・隅川 和・稲葉太郎・荻田淑彦

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。そのため、各河川では、内水面漁業協同組合を中心にして、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。その放流事業においては、天然魚への魚病感染および遺伝的攪乱に配慮する必要がある。そのため、県内へ放流する人工アユについては、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、天然アユへの遺伝的な攪乱がないように天然魚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、遺伝的多様性および安全性（病原菌を持たない）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。本課題では、安定的な生産・放流体制を確立することを目的として、天然親魚の養成、人工種苗の疾病に対する安全性検査、人工種苗の遺伝的多様性評価を行った。また、種苗性を向上させるための取組として、人工種苗に発生する形態形質の変異についての解明に取り組んだので、それらの結果を報告する。

## 1. 人工種苗における遺伝的多様性の確認 および疾病に対する安全性検査

県産人工種苗「土佐のあゆ」が、放流を介して天然アユ資源に魚病感染および遺伝的攪乱を発生させないように、冷水病等の保菌検査および遺伝的多様性の評価を実施した。

## 材料と方法

**人工種苗の疾病に対する安全性検査** 2018年に放流した人工種苗（放流時期：2018年3月～5月）については、放流前に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。検査対象は、全ての生産池（9池）からそれぞれ無作為抽出した60尾（10尾ずつを1サンプルとして54サンプル）とした。検査はアユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会2011）に従って実施した。

**人工種苗の遺伝的多様性評価** 2018年に放流したF1種苗（2017年に養成した天然親魚から生産した種苗。以下、2018F1とする）とF2種苗（2017年に生産したF1種苗から生産した種苗。以下、2018F2）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、対照集団として、2016年に松田川（ $n=48$ ）、新荘川（ $n=48$ ）、仁淀川（ $n=48$ ）、鏡川（ $n=48$ ）、物部川（ $n=48$ ）および奈半利川（ $n=48$ ）、2018年に伊尾木川（ $n=48$ ）で採捕した天然遡上魚7集団についても同様の解析を行った。さらに、2017年および2016年に生産されたF1種苗（2017F1, 2016F1）およびF2種苗（2017F2, 2016F2）、他県で生産された人工種苗（HM1種苗およびHM2種苗）も比較対照にした。

得られたデータを基に、各集団の各座におけるアリルリッチネス（*Arich*）、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、2018F1 および 2018F2 の遺伝的多様性を評価した。

多様性が低いことが分かる。それに比べて、県産人工種苗は遺伝的多様性が明らかに高く、親魚数が十分に確保されているとともに、継代による近親交配が起きていないものと判断された。

## 結果と考察

**人工種苗の疾病に対する安全性検査** 2018 年の県産放流用人工種苗は、仔魚期の生産不調により県内の必要放流量を生産できなかった。2018 年に放流した県産人工種苗は、全ての池において冷水病およびエドワジエラ イクタルリ感染症とも陰性であった。

**人工種苗の遺伝的多様性評価** 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リルリッチネスの各遺伝子座の平均は 2018F1 および 2018F2 がそれぞれ 11.7 および 10.2, 過去に生産した人工種苗の F1 種苗および F2 種苗がそれぞれ 11.1~12.4 および 10.7~11.2, 他県産種苗 2 集団が 4.9~6.1, 天然遡上魚 7 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、2018F1 および 2018F2 がそれぞれ 3 座および 1 座, 過去に生産した人工種苗の F1 種苗および F2 種苗がそれぞれ 0~1 座および 0~1 座, 他県産種苗 2 集団が 1 座, 天然遡上魚 7 集団が 0~1 座であった。人工種苗における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推察されている (Allendorf and Phelps 1980)。今回、2018 年に放流した人工種苗は、F2 種苗ではアリルリッチネスが天然遡上魚と比べてやや低いものの、F1 種苗では同等であり、県産人工種苗の遺伝的多様性は維持されていた。また、他県産種苗ではアリルリッチネスが低く、遺伝的

表1. 2018年に生産した人工種苗2集団（2018F1,2018F2）を含むアユ15集団の遺伝的多様性

遺伝子座		人工種苗							
		2018F1	2018F2	2017F1	2017F2	2016F1	2016F2	HM1	HM2
Pal1	<i>Arich</i>	17.5	15.6	15.9	14.7	17.3	15.0	6.0	10.9
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.16	0.37	0.77	0.08	0.64	0.04*	0.01*
Pal2	<i>Arich</i>	14.8	14.8	14.0	13.8	16.9	15.0	6.0	6.8
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.00*	0.16	0.54	0.07	0.11	0.19	0.86
Pal3	<i>Arich</i>	16.7	13.8	16.7	17.9	18.7	14.8	8.0	8.8
	<i>HWE-P</i>	0.64	0.55	0.12	0.01*	0.27	0.58	0.52	0.51
Pal4	<i>Arich</i>	22.7	15.7	19.6	19.8	22.2	19.8	8.0	9.0
	<i>HWE-P</i>	0.48	0.71	0.19	0.22	0.19	0.70	0.07	0.08
Pal5	<i>Arich</i>	3.0	2.9	2.0	2.0	2.8	2.0	2.0	2.0
	<i>HWE-P</i>	0.69	0.76	1.00	0.70	0.91	1.00	1.00	0.76
Pal6	<i>Arich</i>	7.0	5.9	7.9	6.9	7.6	7.0	3.0	3.0
	<i>HWE-P</i>	0.69	0.37	0.62	0.92	0.49	0.51	0.51	0.06
Pal7	<i>Arich</i>	7.9	4.9	6.8	6.0	7.7	6.9	4.0	4.0
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.50	0.05*	0.34	0.72	0.63	0.63	0.46
Palayu194	<i>Arich</i>	11.6	12.6	12.7	14.7	12.6	9.7	5.0	6.8
	<i>HWE-P</i>	0.53	0.29	0.91	0.16	0.88	0.07	0.07	0.54
Palayu199	<i>Arich</i>	4.0	5.8	3.9	5.0	6.1	6.0	2.0	3.9
	<i>HWE-P</i>	0.23	0.77	0.40	0.08	0.15	0.08	0.08	0.60
平均	<i>Arich</i>	<b>11.7</b>	<b>10.2</b>	<b>11.1</b>	<b>11.2</b>	<b>12.4</b>	<b>10.7</b>	<b>4.9</b>	<b>6.1</b>
	<i>H<sub>o</sub></i>	<b>0.694</b>	<b>0.690</b>	<b>0.702</b>	<b>0.714</b>	<b>0.732</b>	<b>0.713</b>	<b>0.577</b>	<b>0.601</b>
	<i>H<sub>e</sub></i>	<b>0.750</b>	<b>0.720</b>	<b>0.730</b>	<b>0.730</b>	<b>0.740</b>	<b>0.740</b>	<b>0.610</b>	<b>0.600</b>

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	奈半利川
Pal1	<i>Arich</i>	16.8	14.8	14.7	14.9	14.8	15.8	19.7
	<i>HWE-P</i>	0.57	0.19	0.41	0.77	0.65	0.75	0.94
Pal2	<i>Arich</i>	15.8	15.9	14.0	18.6	17.6	16.7	16.7
	<i>HWE-P</i>	0.00*	0.81	0.04*	0.73	0.35	0.59	0.29
Pal3	<i>Arich</i>	17.8	20.0	18.0	19.6	18.6	17.9	17.9
	<i>HWE-P</i>	0.61	0.01*	0.15	0.49	0.53	0.49	0.58
Pal4	<i>Arich</i>	18.8	25.2	20.9	21.6	22.6	26.3	22.8
	<i>HWE-P</i>	0.44	0.14	0.69	0.33	0.65	0.08	0.07
Pal5	<i>Arich</i>	3.0	2.9	2.9	2.0	2.9	3.0	3.8
	<i>HWE-P</i>	0.09	1.00	0.53	0.41	0.42	0.38	0.02*
Pal6	<i>Arich</i>	7.9	7.0	8.9	7.8	8.9	8.9	7.0
	<i>HWE-P</i>	0.43	0.10	0.48	0.85	0.84	0.21	0.20
Pal7	<i>Arich</i>	6.9	6.0	5.9	6.8	7.7	7.0	6.8
	<i>HWE-P</i>	0.51	0.94	0.53	0.44	0.69	0.86	0.35
Palayu194	<i>Arich</i>	11.4	11.5	11.8	11.5	11.5	10.8	8.8
	<i>HWE-P</i>	0.78	0.30	0.57	0.74	0.26	0.02*	1.00
Palayu199	<i>Arich</i>	4.9	5.8	5.9	5.8	4.9	6.0	4.9
	<i>HWE-P</i>	0.27	0.55	0.61	0.02*	0.46	0.16	0.63
平均	<i>Arich</i>	<b>11.5</b>	<b>12.1</b>	<b>11.5</b>	<b>12.1</b>	<b>12.2</b>	<b>12.5</b>	<b>12.1</b>
	<i>H<sub>o</sub></i>	<b>0.698</b>	<b>0.678</b>	<b>0.703</b>	<b>0.724</b>	<b>0.725</b>	<b>0.711</b>	<b>0.727</b>
	<i>H<sub>e</sub></i>	<b>0.720</b>	<b>0.730</b>	<b>0.740</b>	<b>0.730</b>	<b>0.730</b>	<b>0.740</b>	<b>0.720</b>

*Arich*, アリルリッチネス; *H<sub>o</sub>*, ヘテロ接合体率の観察値; *H<sub>e</sub>*, ヘテロ接合体率の期待値;

*HWE-P*, 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

## 2. 人工種苗に発生する形態異常に関する研究

人工種苗では、下顎側線孔の欠損と耳石結晶化の形態異常が全国的に発生することが報告されている（占部・海野 2018）。人工種苗の種苗性を向上させるためには、これら形態異常の発生について解明することが必要となっている。しかしながら、これら形態異常が遺伝的要因ではなく、飼育条件である環境要因によって発生することまでは明らかにしたが（占部ら 2018, 占部ら 2019）、この形態異常が種苗性に及ぼす影響や形態異常を防除する方法についてはまだ明らかとなっていない。そこで、本年は形態異常である下顎側線孔の欠損が種苗性の低下を引き起こすかを検討した。

### 材料と方法

アユ稚魚のとびはね行動と河川放流後の遡上性との間には正の相関があり、とびはね率が高いほど上流へ遡上すると報告されている（内田 1990）。また、既報（Tsukamoto et al. 1990）でもとびはね行動を示し遡上性が強い種苗ほど放流後の成長が良く、なわばりを作る性質が強く、採捕率が高いと報告されている。そのため、種苗性の評価はとびはね検定を改良した遡上試験で行うことにした。遡上試験は、アユのとびはね検定実施要領（全国湖沼河川養殖研究会 1992）および、とびはね実験の先行研究（Tsukamoto and Uchida 1990, 田中ら 2007, 相川 2008, 田中ら 2014, 千葉県 2015）を参考に改良した。

遡上試験の概要について、5つの水槽（底面積：1m<sup>2</sup>）を連続に並べて、それぞれの水深が水槽間で5cmの水位差が生じる装置を作成した。各水槽の水深は上部から35、30、25、20および15cmとなっている（図1）。2番目に水

位が低い水槽（水槽番号：No.2, 水深：20cm）に供試魚を收容し、收容24時間後に全て取り上げて、水槽別個体数と下顎側線孔欠損の有無を確認した。評価には、下顎側線孔の正常群および欠損群におけるとびはね率および水槽移動比率を用いた。收容した水槽より上部に移動したもの（水槽番号No.5~3に移動したもの）をとびはね個体とし、定位もしくは下部の水槽に移動したもの（水槽番号No.2~1に定位・移動したもの）を非とびはね個体として、とびはね率を算出した。水槽移動比率は、正常群と欠損群の水槽別の個体数で算出した。実験は人工アユ50-100尾（人工区1-4）を用いて4回実施し、対照として天然アユ29尾（天然区）を用いた実験も1回実施した（表2）。

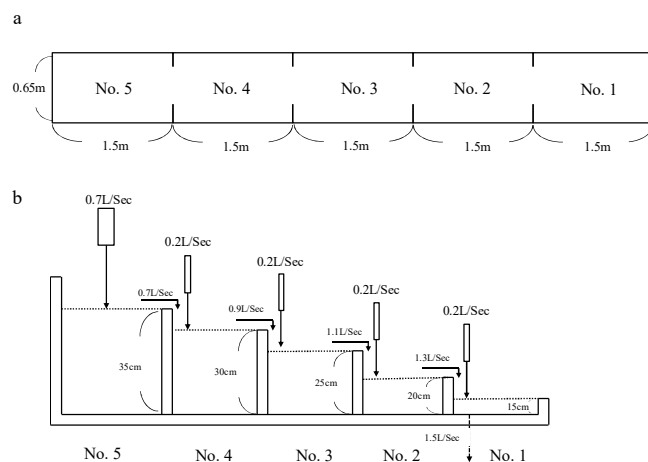


図1. 遡上試験の水槽（a：平図面，b：断図面）



## 結果と考察

とびはね率は人工区が 95-98%で、天然区が 100%で、有意な差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定,  $p=0.78$ ; 表 2）。また、人工区のうち下顎側線孔の正常群のとびはね率は 89-100%, 欠損群は 97-100%で、いずれの人工区においても両群で有意な差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定,  $p>0.05$ ; 表 3）。

水槽移動比率においても、人工区の下顎側線孔の正常群と欠損群で有意な差は認められなかった（フィッシャーの正確確率検定,  $p>0.05$ ; 表 3）。これらのことから、人工アユで生じる下顎側線孔の欠損は遡上性に及ぼす影響が低いと推測された。しかしながら、今後は縄張り試験等により他の種苗性についても評価をしていく必要があるだろう。

表2. 遡上試験

試験区	由来	尾数	体長 (mm)	体重 (g)	とびはね率	水温 (°C)	
人工区 1	人工アユ	F1	50	93.6±13.5	10.7±4.8	98%	19.0 - 19.4
人工区 2	人工アユ	F1	61	94.9±13.0	10.3±4.8	95%	18.2 - 19.1
人工区 3	人工アユ	F2	62	92.8±8.5	11.4±3.3	98%	18.0 - 18.3
人工区 4	人工アユ	F2	100	92.5±9.7	11.1±3.9	97%	18.1 - 19.3
天然区	天然アユ	F0	29	107.7±8.7	16.0±4.0	100%	19.0 - 19.7

表3. 下顎側線孔の正常および欠損群の遡上試験結果

試験区	下顎側線孔	尾数	とびはね率 (%)	Fisher's exact test	水槽移動比率					Fisher's exact test
					No.5*	No.4*	No.3*	No.2*	No.1*	
人工区 1	正常群	15	93	$p = 0.30$	60	27	7	7	0	$p = 0.20$
	欠損群	35	100		43	34	23	0	0	
人工区 2	正常群	9	89	$p = 0.15$	67	22	0	11	0	$p = 0.43$
	欠損群	50	100		75	12	10	2	2	
人工区 3	正常群	31	100	$p = 1.00$	68	23	10	0	0	$p = 0.41$
	欠損群	31	97		52	26	19	0	3	
人工区 4	正常群	28	96	$p = 1.00$	79	14	4	4	0	$p = 0.57$
	欠損群	72	97		74	22	1	1	1	
天然区	正常群	27	100	$p = 1.00$	78	22	0	0	0	$p = 1.00$
	欠損群	2	100		100	0	0	0	0	

\*、水槽番号

### 3. 人工種苗の資源添加効果の把握

県産人工種苗において、より資源添加効果の高い種苗の生産・放流技術の開発につなげていくためには、河川での放流後の定着状況を明らかにする必要がある。そこで、人工種苗が河川でどのように成長し、どのように漁獲に貢献しているのかを調査した。

#### 材料と方法

四万十川の支流である梶原川で、アユ放流後の定着状況を明らかにするために潜水調査および漁獲調査を実施した。本河川は、四万十川本流との合流点上流に津賀ダム（魚道はない）があるため、アユの天然遡上がなく、梶原町津野山魚族保護会によってアユ人工種苗を用いた放流事業が行われている。さらに、当該河川においては、陸封アユの生息は確認されていないことから、生息しているアユは全て放流された人工種苗である。

潜水調査については、5月、7月および8月で梶原川本流の上流域（越知面）および下流域（川口合流点）、梶原川支流四万川川の上流域（上成橋）、中流域（宮野々橋）および下流域（川口合流点）ならびに梶原川支流北川川（明野地橋）の計6地点で行った（図2）。生息密度は、 $1\text{ m}^2$  ( $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ ) あたりのアユの尾数を目視によって算出した。漁獲調査については、四万川川（川口合流点より上流）、梶原川上流（川口合流点より上流）、梶原川下流（北川川までの中平合流点～川口合流点まで）、北川川（中平合流点より上流）の計4区間で漁獲されたアユを購入し、魚体重を測定した。

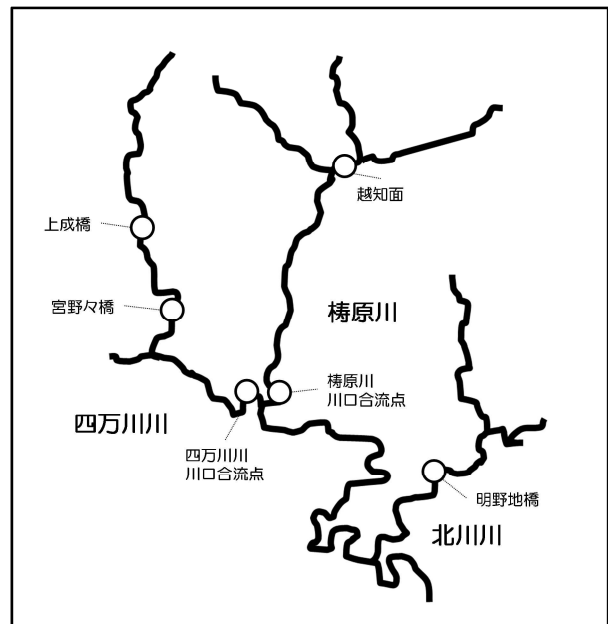


図2. 潜水調査の定点

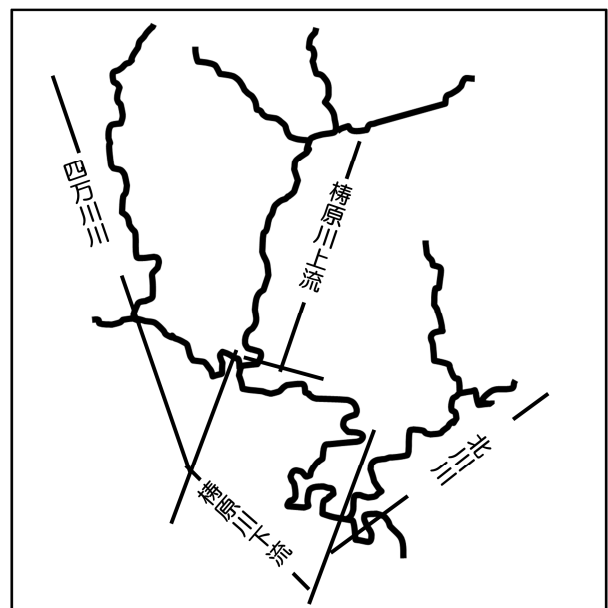


図3. 漁獲魚の採集場所

## 結果と考察

2018年における各月、各地点の生息密度（尾/m<sup>2</sup>）を図4に示した。5月の生息密度は四万川川の中流地点（1.8尾/m<sup>2</sup>）で高かったが、他の地点で0.2～0.4尾/m<sup>2</sup>と低く、7月以降はどの地点も0.0～0.4尾/m<sup>2</sup>と低かった。前年（2017年）の調査と比較すると、2018年の生息密度は5月で高かったものの（2018年5月：0.2～1.8尾/m<sup>2</sup>，2017年5月：0.0～0.7尾/m<sup>2</sup>），7月以降で低かった（2018年7～8月：0.0～0.4尾/m<sup>2</sup>，2017年7～8月：0.0～1.1尾/m<sup>2</sup>）。

漁獲されたアユの平均体重を図5に示した。平均体長は全ての区域で、8月または9月で最大となった。四万川川、梶原川上流および梶原川下流では、平均体重が6～7月にかけて停滞した。体重組成について、どの区域も6～7月の主体は60g未満であったのに対し（6～7月の60g未満の割合：67～100%），8～9月は70g以上に成長したものが多く出現し（8～9月の70g以上の割合：32～90%），全体の0～30%が100g以上に成長していた（図6）。

4～5月に放流した人工種苗（体重：約10g）は6月時点で四万川川、梶原川上流および北川川で平均体重36.8～47.2gに成長していた。しかし、5～8月の生息密度は全体的に低く、人工種苗の定着が十分でなかったか、または放流密度が低かったことがうかがえた。特に、7月以降で生息密度が低くなった。一方、6～7月に梶原川上流および四万川川で冷水病の罹患魚、または死亡魚が確認されはじめた。5～6月の平均体重の停滞および7月以降の生息密度の低下は冷水病の発生による影響が考えられた。その後、7月以降に平均体重が増加したことは、冷水病が7月頃に終息し、アユの摂餌等の活性が回復した可能性がある。河川放流後の人工種苗の定着状況について、冷水病等の河川条件に影響す

るが、4～5月に放流した人工種苗（体重：約10g）は6～7月に40g、8～9月に70g以上に成長していた。

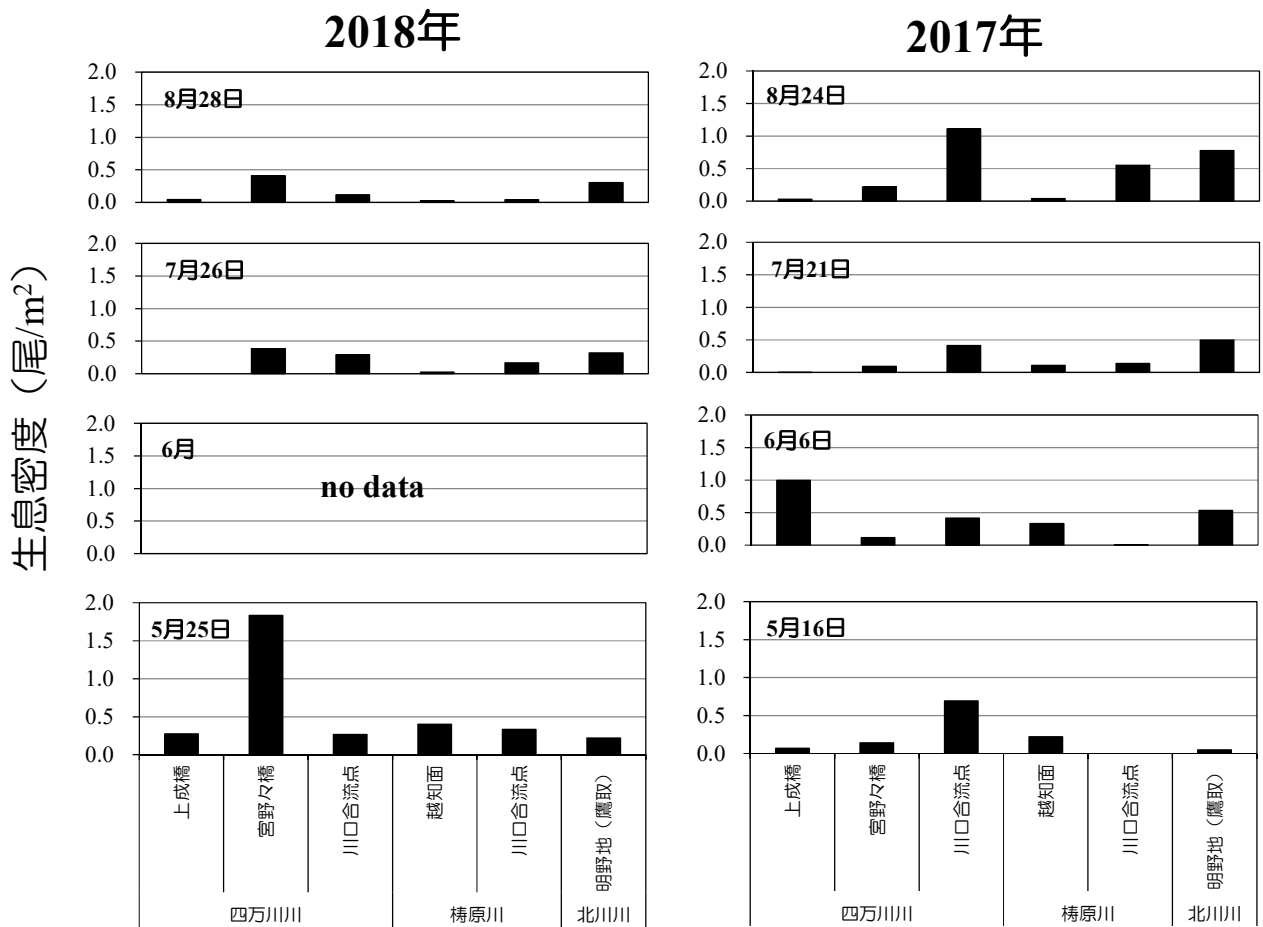


図 4. 潜水調査による生息密度

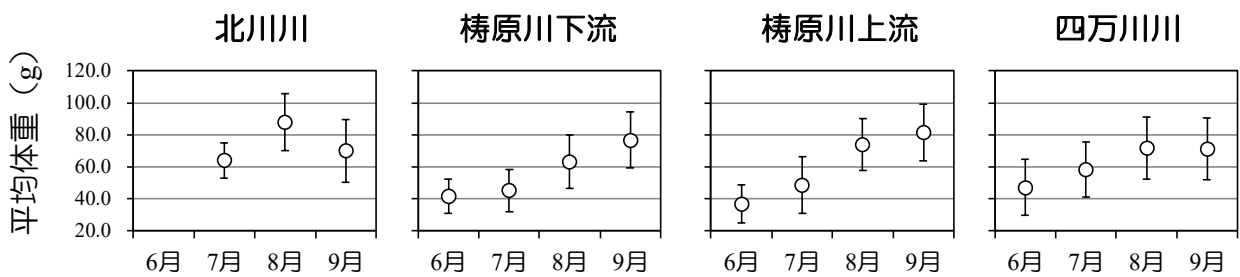


図 5. 漁獲魚の平均体重

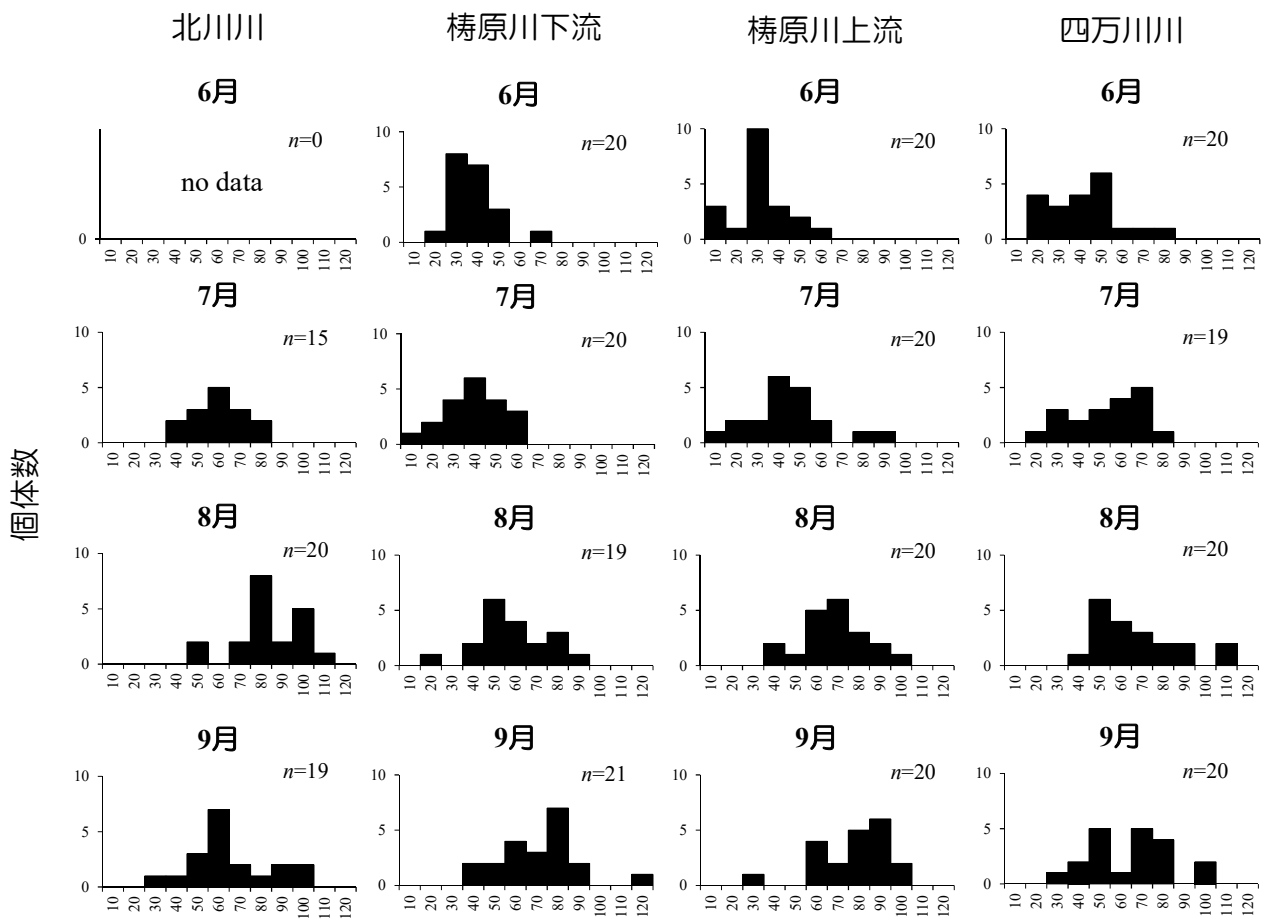


図 6. 漁獲魚の体重組成

#### 4. 親魚における採捕・養成および保菌検査

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

#### 材料と方法

親魚候補となる天然遡上魚は、2018年3月2日に奈半利川田野井堰で、2018年3月7～8日に松田川河戸堰で、2018年3月14～18日に新莊川岡本堰で、のぼりうえおよびすくい網を用いて採捕した。採捕したアユは、内漁連所有の活魚車で当センターまで輸送し、直ちに屋外の50トン水槽に収容し、養成を開始した。養成した天然親魚は、内漁連に移送し、2019年に放流する人工種苗の生産に供した。また、内漁連で養成した人工親魚（系統：F1，採卵時期：2017年10月）も種苗の生産に供した。いずれの親魚も、採卵後（人工授精した卵から仔魚が孵化する前まで）に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。検査対象は人工授精に使用した全数（1回の人工授精に供した雌雄数十尾の全てを1サンプルとして58サンプル）とした。検査はアユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会 2011）に従って実施した。

#### 結果と考察

新莊川で1,424尾、松田川で1,701尾、奈半利川で1,730尾を採捕し、それぞれ50トン水槽に収容した。新莊川の親魚では2018年4月27日～5月23日および6月3日～6月22日、奈

半利川の親魚では3月18日～4月12日に冷水病が発生し、累積死亡数は新莊川で104尾および奈半利川で74尾であった。疾病が発生した池では、スルフィソゾールナトリウム又はフロルフエニコールを有効成分とする水産用抗菌剤を投薬したところ、冷水病が徐々に治まった。また、全ての親魚において成熟を調整するため、2018年5月29日～8月20日に、明期18時間、暗期6時間のサイクルで電照による長日処理を行った。親魚は2018年10月5～19日に内漁連へ移送した後、順次、採卵・種苗生産に供した。新莊川、松田川および奈半利川の親魚について、移送尾数、生残率、移送時の魚体重、飼料効率、GSIなどを表4に示した。前年と比べて、本年は電照期間を17日間長く行ったところ、成熟が1週間程度遅くなった。

2019年に放流する県産人工種苗の生産に供した親魚について、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ところ、全て陰性であった。新莊川および奈半利川の親魚では3～6月に冷水病が発生したが、採卵時の10月時点で保菌は確認されなかった。

表4. 天然親魚の養成結果

採捕河川		新荘川	松田川	奈半利川
池番号		501	502	503
収容尾数		1,424	1,701	1,730
収容時の平均魚体重 (g)		2.3	1.6	3.1
移送尾数		1,207	1,656	1,590
生残率		84.8%	97.4%	91.9%
移送時の魚体重 (g)		39.1	46.8	60.2
飼料効率		0.76	0.84	0.77
GSI	オス	12.3	10.7	11.2
	メス	19.6	23.6	19.5
排卵・放卵済み個体割合		0/4	0/4	0/3

## 引用文献

相川英明 (2008) 海産アユとアユ人工種苗の行動特性. 神奈川県水産技術センター研究報告書, 3, 59-63.

アユ疾病対策協議会 (2011) アユ疾病に関する防疫指針.

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.

内田和男 (1990) アユの種苗性と遡河行動. 水産増殖, 38, 210-211.

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. 日本水産学会誌, 84, 70-80.

占部敦史, 隅川 和, 荻田淑彦, 長岩理央 (2018) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保. 高知県内水面漁業センター平成 28 年度事業報告書 13-17.

占部敦史, 隅川 和, 荻田淑彦, 長岩理央 (2019) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立および種苗性の確保. 高知県内水面漁業センター平成 29 年度事業報告書 17-24.

Excoffier L, Laval G, Schneider S (2005) AREQUIN (version3.0) : An integrated software package for population genetics data analysis1. *Evol. Bioi.*, 1, 47-50.

Goudet J (1995) FSTAT ( Version 1.2) : A computer program to calculate F-statistics. *J. Hered.*, 86, 485-486.

全国湖沼河川養殖研究会 (1992) とびはね検定実施要領. 「アユの放流研究 (アユ放流研究部会 昭和 63 年~平成 2 年度のとりまとめ)」全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会, 2-5.

Takagi M, Shoji E, Taniguchi N (1999) Microsatellite DNA polymorphism to reveal genetic divergence in ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Fish. Sci.*, 65, 507-512.

田中英樹, 松岡栄一, 星野勝弘, 清水延浩, 鈴木究真, 佐藤敦彦 (2007) 人工産アユの種苗性に関する諸特性. 群馬県水産試験場研究報告, 13, 22-26.

田中秀樹, 鈴木究真, 星野勝弘, 松岡栄一 (2014) アユの冷水と濁水に対する移動性とストレス反応. 神奈川県水産技術センター研究報告

書, 21: 1-6

千葉県水産総合研究センター (2015) 人工産種  
苗 2 系統の遡上性について. 「アユ資源研究  
部会報告書 (平成 26 年度)」 全国湖沼河川  
養殖研究会アユ資源研究部会, 11-12.

Tsukamoto K, Uchida K (1990) Spacing and  
jumping behavior of the ayu *Plecoglossus  
altivelis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56,  
1383-1392.

Tsukamoto K, Masuda S, Endo M, Otake T (1990)  
Behavioural characteristics of ayu, *plecoglossus  
altivelis*, as predictive indices stocking  
effectiveness in river. *Nippon Suisan Gakkaishi*  
56, 1177-1186.

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.



## 4. 參考資料

## 高知県河川漁業生産量の推移

(単位：トン)

年	アユ	ウナギ	コイ	マス類	その他魚類	貝類	エビ	その他動物	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

その他魚類にはウグイ、オイカワを含む

※農林水産省 農林水産統計より集計