

平成 29 年度

事業報告書

第 28 卷

平成 31 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) 高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援	9
(3) 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	17
(4) ウナギ養殖における生産効率向上化試験	25
(5) ウナギ生息状況等緊急調査事業	27
4. 参考資料	
高知県河川漁業生産量の推移	31

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

T E L：0887-52-4231 F A X：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）

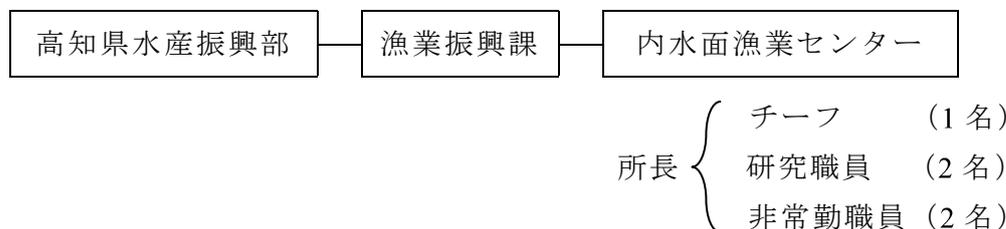
昭和55年 高知県内水面漁業センターに改組、移転（現所在地）
（高知県内水面魚病指導総合センターを併設）

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



(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	長岩 理央	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	70,949	25,949		45,000
内水面漁業試験研究費	11,120	9,054		2,066
内水面漁業振興事業費	1,581	1,581		
養殖振興対策事業費	2,215	1,126	1,089	
合計	85,865	37,710	1,089	47,066

(6) 施設の概要

1) 敷地面積 9,343 m²

2) 建物

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

2. 活動実績

(1) 会議への出席 (養殖衛生管理体制整備事業関連については本文中に記載)

開催日	会議名	開催場所	出席者
平成29年5月9日	平成29年度鰻来遊・生息状況調査事業 計画検討会	東京都	長岩
5月23日	平成29年度梶原町魚族保護会総会	梶原町	長岩・占部
5月25日	中央東福祉保健所管内水質汚濁事故対策連 絡会議	中央東福祉保 健所	荻田
6月6-7日	平成29年度全国湖沼河川養殖研究会西日本 ブロック会議 平成29年度全国場長会内水面部会	奈良県	岡村
9月7-8日	全国湖沼河川養殖研究会大会 第90回大会	和歌山県	岡村・占部
9月20-21日	平成29年度内水面関係研究開発推進会議	東京都	岡村
9月20-21日	平成29年度近畿中国四国ブロック内水面魚 類防疫検討会	鳥取県	荻田
10月24日	平成29年度水産用医薬品薬事講習会	東京都	荻田
11月7-8日	平成29年度全国水産試験場長会	静岡県	岡村
11月11日	豊かな海づくり高知県大会 1年前プレイ ベント	土佐市	全員
11月21-22日	平成29年度全国湖沼河川養殖研究会西日本 ブロック研究会	宮崎県	荻田
11月25日	水産用医薬品の使用に関する記録および水 産用抗菌剤の取り扱いに係る説明会 (ウナ ギ養殖業者)	南国市	荻田
11月28-29日	平成29年度内水面関係研究開発推進会議・ 資源生態系保全部会および内水面養殖部会	東京都	荻田
12月8日	水産用医薬品の使用に関する記録および水 産用抗菌剤の取り扱いに係る説明会 (ます 類養殖業者)	南国市	荻田
12月11日	水産用医薬品の使用に関する記録および水 産用抗菌剤の取り扱いに係る説明会 (動物 用医薬品販売業者)	高知市	荻田
12月15日	平成29年度梶原町・津野町合同魚族保護会 総会	梶原町	長岩・占部
平成30年2月2日	平成29年度高知県水産振興部水産技術研究 報告会	須崎市	占部
2月8-9日	平成29年度全国湖沼河川養殖研究会アユ資 源部会 総会および報告会	東京都	占部
2月21日	平成29年度全国湖沼河川養殖研究会アユ疾 病部会 総会および報告会	岐阜県	占部
2月22日	平成29年度鰻来遊・生息状況調査事業 年度末報告会	神奈川県	長岩
3月2日	平成29年度全国養殖衛生管理推進会議	東京都	荻田

(2) 講師派遣

	内容	講演者	会議等名称	開催場所	対象者
平成29年5月23日	平成29年度放流アユの追跡調査の結果 河川水中の冷水病菌モニタリング技術の開発	占部敦史 長岩理央	平成29年度梶原町 魚族保護会総会	梶原町役場	梶原町、魚族保護会委員
8月27日	高知のアユを増やすために ～仁淀川での取組事例～	占部敦史	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」	内水面漁業関係者
8月31日	人工および天然アユにおける計数形質の比較	占部敦史	平成29年度全国アユ種苗生産連絡会議	石川県金沢市	全国アユ種苗生産担当者
10月23日	新荘川におけるアユの産卵保護に必要な調査結果	占部敦史	新荘川漁業協同組合理事会	須崎市	漁協関係者
10月29日	うなぎを守るためにアユを知ろう	長岩理央 占部敦史	川の生物探検隊(鏡川)	鏡川漁業協同組合	小学生
平成30年2月22日	高知県のアユ人工種苗生産における防疫体制 県内河川から分離された冷水病菌の特徴	(代理講演) 田井野清也 (代理講演) 荻田叔彦	高知県内水面漁業研修会	高知県共済会館	漁協関係者
3月11日	ダム上流域のアユ資源を守るために 鏡川のアユの現状と今後について	長岩理央 占部敦史	鏡川漁業協同組合総代会	中山間地域構造改善センター	漁協関係者

(3) 口頭発表

開催日	内容	講演者	名称	開催場所
平成29年5月9日	高知県におけるシラスウナギ来遊状況とニホンウナギの移動状況等の把握 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	長岩理央	平成29年度鰻来遊・生息状況調査事業 計画検討会	東京都
11月21日 -22日	養殖ウナギの疾病発生予防に向けた取組について	荻田叔彦	平成29年度全国湖沼河川研究会西日本ブロック研究会	宮崎県
平成30年2月2日	河川中のアユ環境DNAを用いて遡上量及び生息密度を推定できるか	占部敦史	平成29年度高知県水産振興部水産技術研究報告会	高知県
2月8日 -9日	河川中のアユ環境DNAを用いて遡上量及び生息密度を推定できるか	占部敦史	平成29年度全国湖沼河川養殖研究会 アユ資源部会総会および報告会	東京都
2月22日	高知県におけるシラスウナギ来遊状況とニホンウナギの移動状況等の把握 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	長岩理央	平成29年度鰻来遊・生息状況調査事業 年度末報告会	神奈川県

(4) 論文等

題目	著者名	所属	学会誌名
人工および天然アユにおける計数形質の比較	占部敦史, 海野徹也	高知県内水面漁業センター, 広島大学大学院生物圏科学研究科	日本水産学会誌, 84(1), 70-80. (2018)

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・長岩理央（現漁業振興課）

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 29 年度水産用医薬品薬事監視講習会
平成 29 年 10 月 東京都
- ・ 平成 29 年度全国養殖衛生管理推進会議
平成 30 年 3 月 東京都

養殖衛生管理指導

1. 医薬品の適正使用指導

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 29 年 4 月から平成 30 年 3 月に 4 養鰻業者 7 飼育池のウナギから分離されたパラコロ病原菌

(*Edwardsiella tarda*) 10 株について薬剤感受性試験を行った結果、薬剤耐性菌が 5 株確認された。内訳は、OTC の 1 剤耐性が 1 株、OTC-SO の 2 剤耐性が 4 株であった（表 1）。なお、表中の薬剤の略称について、OTC が塩酸オキシテトラサイクリン、SO がスルファモノメトキ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 29 年 5 月 香美市
- ・ 第 31 回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会 平成 29 年 9 月 鳥取県
- ・ 平成 29 年度魚病症例研究会 平成 29 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（塩水浴等）指導

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

3) コイ、キンギョ等の観賞魚

各種疾病に対する対策（塩水浴）指導

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 28 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

1) 天然水域等での診断件数

平成 29 年度の天然水域等（個人池・ため池を含む）における魚病診断件数は 26 件で、魚種別ではアユ 12 件、アユ・ウグイ 1 件、アユ・ウナギ 1 件、コイ 1 件、コイ・フナ・ナマズ 1 件、カワムツ 1 件、ボラ 1 件、ニゴイ・ゲンゴロウブナ 1 件、オイカワ 2 件、タイガーレッドテールキャットフィッシュ 1 件、キングョ 4 件であった（表 2）。アユでは、冷水病が 8 件、異形細胞性鰓病が 1 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 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。コイ・フナ・ナマズでは穴あき病が 1 件発生した。アユ、ウグイ、ウナギ、カワムツおよびオイカワでは、水質事故が原因と考えられるへい死が計 6 件発生した。キングョでは、キングョヘルペスウイルス性造血器壊死症が 2 件、ギロダクチルス症とカラムナリス病の混

合感染が 1 件発生した。その他、原因の特定に至らなかった事例（不明）が 4 件発生した。

2) 養殖場での診断件数

平成 29 年度における養殖場での診断件数は 45 件で、魚種別では、アユ 5 件、アマゴ 6 件、ニジマス 2 件、ウナギ 32 件であった（表 3）。

アマゴでは、冷水病が 1 件、細菌性鰓病と冷水病の混合感染が 1 件、伝染性造血器壊死症と冷水病の混合感染が 3 件、伝染性造血器壊死症と細菌性腎臓病の混合感染が 1 件発生した。アユでは、不明 3 件、健康診断 2 件であった。ニジマスでは、伝染性造血器壊死症と冷水病の混合感染が 1 件発生した。ウナギでは、パラコロ病が 6 件、シュードダクチロギルス症が 14 件、カラムナリス病が 8 件、ウイルス性血管内皮壊死症が 5 件発生した。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 29 年度の主要 4 疾病（パラコロ病、シュードダクチロギルス症、カラムナリス病およびウイルス性血管内皮壊死症）の推移については、平成 24 年から 27 年にかけて減少傾向にあったウイルス性血管内皮壊死症は平成 27 年で増加し、平成 28 年も同程度（表 4）であった。

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
1 剤	1	OTC	1
2 剤	4	OTC, SO	4

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		2	5	1										8
	異型細胞性鰓病				1										1
	不明							1						1	2
	その他（水質等）					1									1
アユ・ウグイ	その他（水質等）					1									1
アユ・ウナギ	その他（水質等）		1												1
コイ	その他（水質等）				1										1
コイ・フナ・ナマズ	穴あき病			1											1
カワムツ	その他（水質等）										1				1
ボラ	不明													1	1
ニゴイ・ゲンゴロウブナ	不明					1									1
オイカワ	その他（水質等）		1	1											2
タイガーレッドテールキャットフィッシュ	白点病												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				2
	ギロダクチルス症+カラムナリス病									1					1
	不明							1							1
合計		0	4	10	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	26

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	不明													1	1	1	3
	その他（健康診断等）				1	1											2
	小計	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5
アマゴ	冷水病				1												1
	細菌性鰓病+冷水病				1												1
	伝染性造血器壊死症+冷水病		1	1							1						3
	伝染性造血器壊死症+細菌性腎臓病														1		1
小計	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6	
ニジマス	伝染性造血器壊死症+冷水病													1			1
	その他（健康診断等）															1	1
	小計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
ウナギ	ウイルス性血管内皮壊死症							1				2					3
	ウイルス性血管内皮壊死症+カラムナリス病				1												1
	ウイルス性血管内皮壊死症+パラコロ病											1					1
	パラコロ病							1									1
	パラコロ病+シュードダクチロギルス症		1										2				3
	カラムナリス病		2					2									5
	カラムナリス病+シュードダクチロギルス症				1												1
	カラムナリス病+パラコロ病			1													1
	シュードダクチロギルス症						2	1	2	2	2					1	10
	水カビ病															1	1
	不明												1	1	1		3
その他（水質、健康診断等）		1		1													2
小計	4	1	4	0	2	5	2	2	2	6	3	1	2	2		32	
合計		5	2	6	1	3	5	2	2	7	5	3	4	4		45	

表 4. 養鰻場での主要 4 疾病の魚病診断件数

病名 (混合感染を含む)	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
パラコロ病	10	34	22	8	23	15	6
シュードダクチロギルス症	0	0	7	19	22	9	14
カラムナリス病	15	18	32	33	13	13	8
ウイルス性血管内皮壊死症	0	9	7	2	0	6	5

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・隅川 和・長岩理央（現漁業振興課）

高知県のアユ資源は、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。アユ資源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協に提供することで、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する。

材料と方法

遡上量の評価 2017年（H29）2～5月に、県内11河川の定点（表1）において、箱メガネまたは潜水目視によって、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た。

遡上魚の孵化日の推定 松田川、新荘川、仁淀川、鏡川および奈半利川においては、遡上量調査を実施した定点で、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 et al.（1987）に従い日輪を計数し、採捕日から日輪数を差し引いたものを孵化日

とした。

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	27	27	13	15
奈半利川	田野井堰	27	16, 27	13	15
安田川	焼山堰	27	16, 27	13	15
伊尾木川	有井堰	-	16, 27	13	15
安芸川	中之橋	27	-	13	15
物部川	物部川橋	27	16, 28	14	15
鏡川	トリム堰	15	8, 23	5, 24	1, 19
仁淀川	八田堰	15	8, 23	5, 24	19
新荘川	岡本堰	15, 28	8, 29	25	19
四万十川	赤鉄橋	-	9, 29	25	29
松田川	河戸堰	-	9, 15	-	29

表2. 遡上評価に用いるスコアとその基準

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

流下・産卵ピークおよび流下仔魚量の評価 新莊川、仁淀川および鏡川において、表3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/m³）に換算し、その経月変化を見ることで流下ピークを推定した。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、流下ピークから産卵ピークを推定した。

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 1 月 20 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。また、四万十川、物部川、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。

遡上量と流下仔魚量との関係性 遡上量指標値（平成 22～29 年）と、それに対応する流下仔魚量指標値（平成 21～28 年）との関係性を調べるために、相関分析を実施した。

新たな資源量評価手法の開発 近年、Doi et al. (2016) は、河川中のアユの環境 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、河川中のアユの環境 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る。そこで、水槽実験による生息密度とアユ環境 DNA の量的変化との関連性、ならびに県内各河川の遡上量および鏡川における生息密度とそれらの河川中のアユ環境 DNA 量との関連性を解析し、県内におけるアユ資源量評価手法として実用可能かを検討した。

河川中のアユ環境 DNA の抽出方法や解析方法は、Doi et al. (2016) に従って、河川水 1L を濾過したフィルターから DNA を抽出した後、リアルタイム PCR により 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 プローブ法で行い、プライマーとプローブはそれぞれ Yamanaka and Minamoto (2016) が設計したものをを用いた。

1. 水槽実験 アユ環境 DNA がアユの尾数（生息密度）によってどのように変化するかを水槽内で確認した。実験は、縦 7.50m×横 0.65m×水位 0.25m の長方形の水槽（4.9m²）にそれぞれ 1 尾、10 尾、61 尾、100 尾を収容し、毎秒 1.5L の井戸水（約 19℃）を注水した。収容 24 時間後に排水された水を回収し、排水 1L 中のアユ環境 DNA 量を測定した。

表3. 流下仔魚調査を行った河川

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	-	9, 22	6, 18	10	19:00
仁淀川	行当、中島	-	8, 15, 22, 29	6, 13, 20, 28	10, 24	20:00
鏡川	トリム堰下	31	7, 14, 21, 28	5, 12, 19, 26	9, 23	19:00
四万十川 [*]	平元、小畑	-	6, 13, 20, 27	4, 11, 18, 25	8, 15, 22, 29	19:00
伊尾木川 [*]	鉄道橋下	-	9, 16, 23, 30	7, 14, 21, 28	4, 11, 18, 25	19:00
安芸川 [*]	国道橋下	-	9, 16, 23, 30	7, 14, 21, 28	4, 11, 18, 25	19:30

^{*}、各漁協からデータ提供を受けた河川

2. **水槽実験** 遡上量調査は表 1 のとおり実施し、遡上量は遡上スコア（表 2）で評価した。また、鏡川ダム上流域において、アユの生息密度調査を 5 月～9 月に 4 定点（上流部，中上流部，中下流部，下流部）で実施した。生息密度（尾/m²）は、潜水した調査範囲とその範囲内の目視で観察された尾数から算出した。県内各河川の遡上量および鏡川における生息密度における各調査時に 1L 河川水を採水し、アユ環境 DNA 量の測定に供した。測定したアユ環境 DNA 量は、遡上量のスコアおよび推定した生息密度と比較した。

結果と考察

遡上スコア 2017 年（H29）の各河川の遡上スコアを図 1 に示した。遡上開始時期はほとんどの河川が 3 月中であった。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）は松田川が 3 月中旬，四万十川および伊尾木川が 3 月下旬，野根川，奈半利川，安田川および安芸川が 4 月中旬，仁淀川が 4 月下旬，鏡川が 5 月上旬ならびに物部川および新莊川が 5 月中旬であった。平成 29 年は遡上開始時期や遡上ピークが遅い傾向にあり，特に中央部の河川で顕著であった。

各河川の遡上量指標値についてみると，平成 29 年は中央部の河川では平年値を下回っていたが，東部の河川では平年値を上回った。平成 29 年の県内平均値（2.3）は，平成 28 年と比べ増加し，平年値と同等であった。したがって，本年の県内アユ遡上量は平年並であったことが推察された（表 4）。これについて，平成 28 年は資源が低水準であったが，平成 29 年は資源が回復に向かったものと考えられた。

遡上魚の孵化日組成 遡上魚の孵化日組成は，松田川の 3 月遡上群で 11 月中旬～12 月中旬，新莊川の 3 月，4 月および 5 月遡上群で 11 月下旬～2 月上旬，仁淀川の 3 月，4 月および 5 月遡上群で 11 月中旬～2 月上旬，鏡川の 3 月および 5 月遡上群で 11 月中旬～2 月中旬，奈半利川の 3 月遡上群は 11 月上旬～12 月上旬の範囲にあった（図 2）。

平成 29 年の遡上スコアが高かった月は，松田川で 3 月，新莊川で 3 月～5 月，仁淀川で 4 月，鏡川で 5 月，奈半利川で 3 月～5 月であった。その月の遡上魚の孵化日組成は，松田川が 11 月生まれ，新莊川が 12 月～1 月生まれ，仁淀川は 12 月～1 月生まれ，鏡川は 12 月～1 月生まれ，奈半利川は 11 月～12 月生まれが主体であり，それらが翌年の遡上資源に大きく貢献したと考えられた。

また，平成 28 年の流下仔魚の盛期は，新莊川で 12 月上旬，仁淀川で 12 月下旬，鏡川で 12 月上旬と 1 月中旬にあった（占部ら 2017）。その 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。

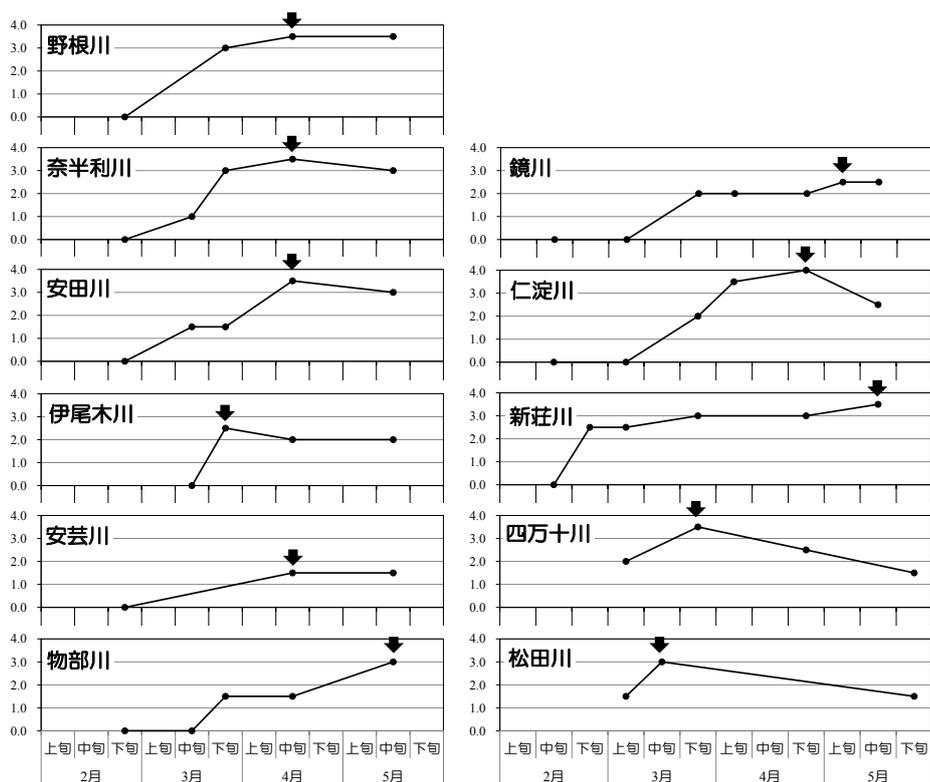


図1. 県内11河川におけるH29遡上状況調査の結果

矢印は遡上ピークを示す

表4. 平成28-29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)

	H28	H29	平年値 (H22-28平均)
野根川	1.6	3.3	2.3
奈半利川	1.7	2.8	2.5
安田川	2.3	2.7	2.6
伊尾木川	1.5	1.8	2.1
安芸川	1.7	1.5	2.0
物部川	1.9	1.8	2.4
鏡川	1.8	1.8	1.9
仁淀川	2.3	2.4	2.7
新莊川	2.2	3.1	2.8
四万十川	1.0	2.3	2.3
松田川	2.2	1.9	2.4
県内平均	1.8	2.3	2.4

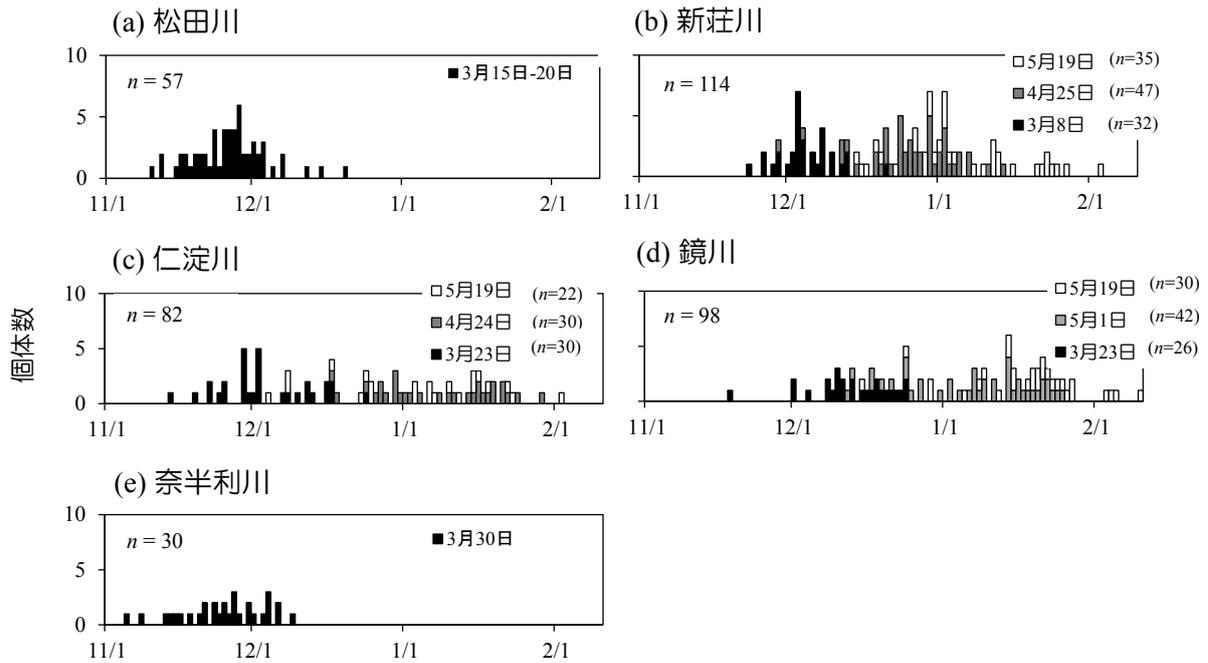


図2. 県内5河川におけるH29遡上魚の孵化日組成

流下ピークおよび流下量の評価 各河川における平成29年の流下仔魚密度の推移を図3に示した。四万十川では12月下旬に、新荘川では11月下旬および12月中旬、仁淀川では11月下旬、鏡川では11月下旬および12月中旬、安芸川では12月下旬、伊尾木川では11月下旬に流下仔魚のピークが確認された。平成29年の流下仔魚量指標値は、全ての河川で前年(平成28年)を上回り、四万十川、仁淀川、鏡川および安芸川で平年より高かった(表5)。これらから、平成29年の県内アユの産卵量は平年より多めであったことが示唆された。

遡上量の変動要因 四万十川、新荘川、仁淀川、鏡川、物部川、安芸川および伊尾木川の7河川について、平成22年から平成29年までの遡上量指標値とそれに対応する平成21年から平成28年までの流下仔魚量指標値をプロットしたところ(図4)、有意な正の相関($n=46, R=0.37, p=0.01$)が認められ、流下仔魚量と翌年の遡上量には関連があることが示された。

表5. 各河川におけるH28-29流下仔魚量指標値

	H28	H29	平年値 (H21-28平均)
四万十川	10.4	12.8	11.6
新荘川	13.0	13.5	14.1
仁淀川	10.8	13.2	12.8
鏡川	10.4	12.8	11.2
伊尾木川	9.7	10.6	12.5
安芸川	12.3	14.4	13.2

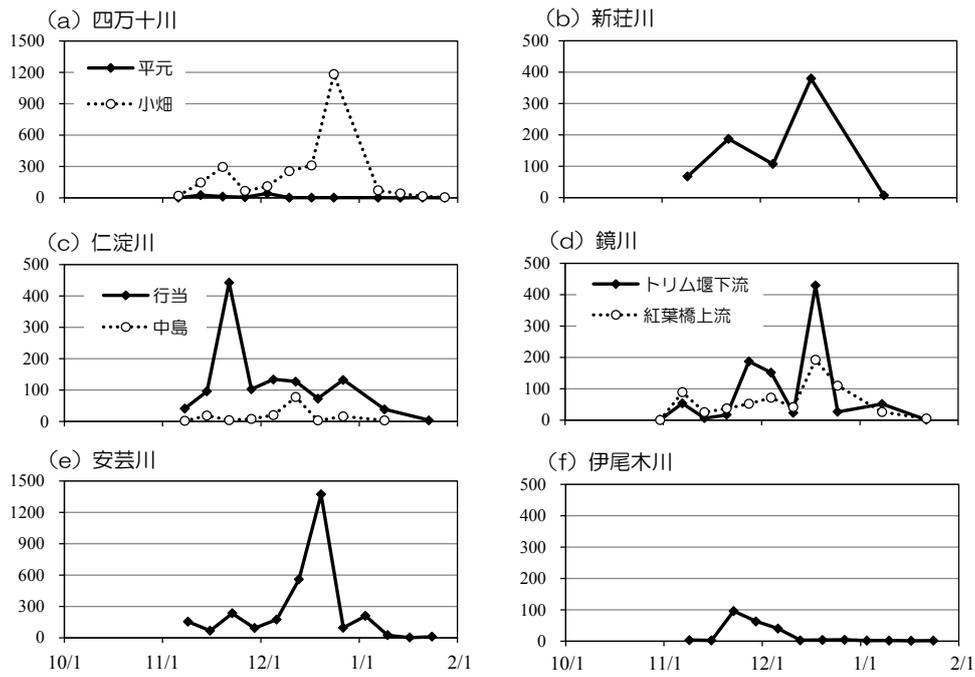


図3. 県内6河川におけるH29流下仔魚密度の推移

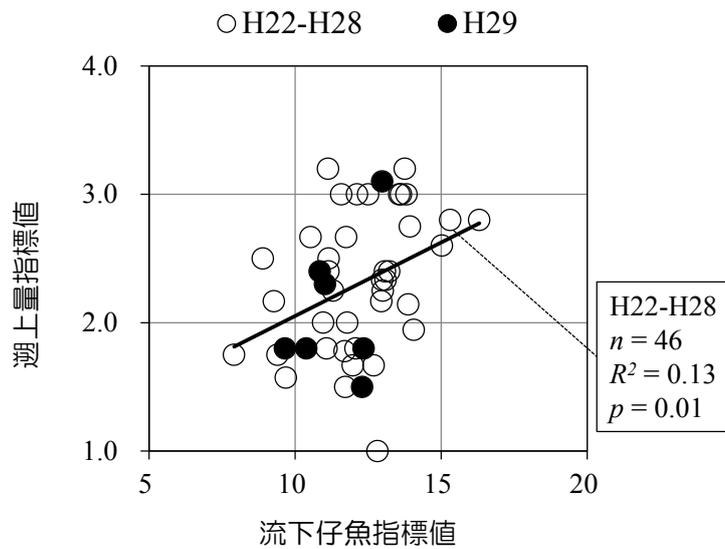


図4. 流下仔魚量指標値と遡上量指標値の散布図

遡上調査及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、親魚保護の重要性の普及に努めた。

新たな資源量評価手法の開発

1. **水槽実験** 飼育水 1L あたりのアユの環境 DNA 量は、それぞれ 1 尾（密度：0.2 尾/m²）で 2.2E+3 copies, 10 尾（密度：2.1 尾/m²）で 3.1E+4 copies, 61 尾（密度：12.7 尾/m²）で 8.8E+5 copies, 100 尾（密度：20.5 尾/m²）で 6.2E+5 copies であった。アユ環境 DNA 量は、飼育密度が高くなるにつれて増加したものの、密度が 12.7 尾/m² 以上になると頭打ちとなった（表 6）。

2. **野外調査** 遡上調査では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（ $n=50, R=0.48, R^2=0.23, p<0.01$, 図 5）。

ただし、遡上調査ではアユが全く確認されなかった場合（遡上スコア：0）でも、アユ環境 DNA が河川水から検出された。また、遡上スコア 1.5 と評価した時の河川水は、アユ環境 DNA 量が 1.9E+1~3.1E+4 copies の範囲にあり、最大 10³ 倍の差が確認された。また、そのスコア内のアユ環境 DNA 量は、遡上開始時期の 3 月に低く、盛期及び終期に高くなる傾向にあった。

表6. 実験水槽内の生息密度とアユ環境DNA

収容尾数	面積 (m ²)	密度 (尾/m ²)	1Lあたりの DNA量 (copies)
1	4.9	0.2	2.2.E+03
10	4.9	2.1	3.1.E+04
62	4.9	12.7	8.8.E+05
100	4.9	20.5	6.2.E+05

この結果から、遡上したアユが調査定点の上流部で定着することにより、アユ環境 DNA 量は下流部地点における遡上状況（遡上スコア）とは関係なく増加する可能性があった。

鏡川の野外調査では、アユの生息密度と環境 DNA 量に有意な相関は認められなかった（ $n=20, R=0.27, R^2=0.07, p=0.25$ ）。しかしながら、水槽実験の結果と照らし合わせてみると、生息密度と環境 DNA 量の変化はどちらも似たような傾向を示し、生息密度 5.5 尾/m² 未満では、生息密度が高くなると DNA 量も増加し、5.5 尾/m² 以上では生息密度が高くても DNA 量が頭打ちとなった（図 6）。

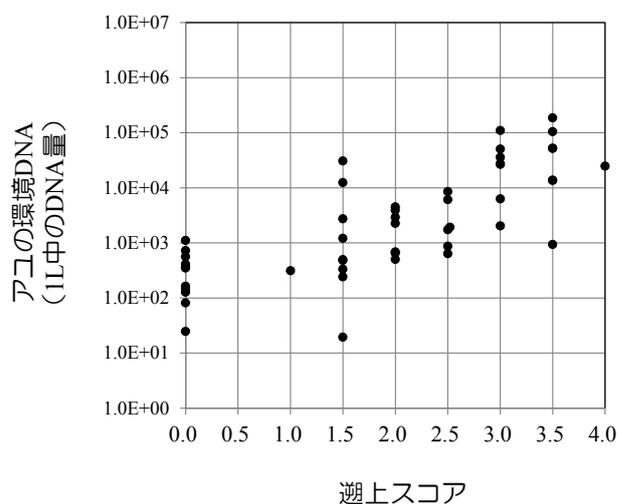


図5. 遡上スコアとアユ環境DNAの散布図

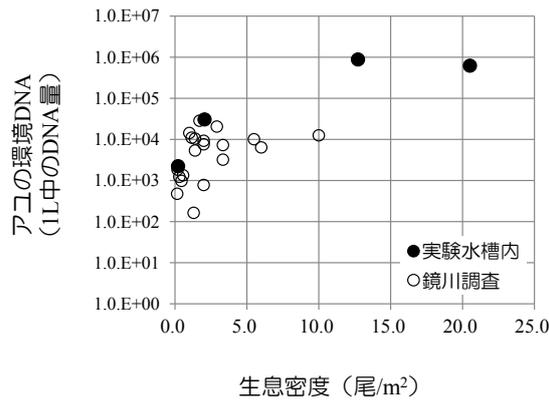


図6. 鏡川の生息密度とアユ環境DNAの散布図

3. まとめ 水槽実験および野外調査で、アユの環境DNAを用いた資源量推定手法について検討した結果、遡上調査では遡上スコアとアユ環境DNA量に有意な相関があったことから、この手法は遡上量が多い又は少ないといった判定に利用できるものと考えられた。また、目視調査でアユが観察できなかった場合でも、河川水からアユ環境DNAが検出され、アユの生息を確認することができた。そのため、この手法はアユの生息有無の判定にも十分活用できる。

しかしながら、鏡川の野外調査では、生息密度が5.5尾/m²未満で生息密度が高くなると環境DNA量も増加したものの、有意な相関は認められなかった。これは、生息密度を平米で算出していることから、調査日時及び定点によって異なる水深や河川流量が1L中の環境DNA量にバラツキを生じさせたためと推測される。今後はこれらを補正する方法を検討する必要がある。一方、水槽実験では生息密度が一定よりも高くなる(12.7尾/m²以上)とDNA量が頭打ちとなり、鏡川の野外調査(5.5尾/m²以上)でも同様となったことから、現在の解析手法では検出上限というものが存在する可能性がある。今後は、アユの生息密度が高い場合での環境DNAの検出方法についても検討する必要がある。

るかもしれない。

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・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.
- 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, アユの人工養殖研究, 1, 57-98.
- 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.

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・荻田淑彦・長岩理央（現漁業振興課）

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として、アユ資源の保全・回復を目的とした種苗放流を行っているが、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、天然アユの遺伝的多様性を攪乱しないよう天然魚と同等の遺伝的多様性を持つことが求められている。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、高い遺伝的多様性と安全性（病原菌を持たない）を持つ県産人工種苗「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、天然親魚の採捕と養成、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ている。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。

材料と方法

天然親魚の採捕と養成 親魚候補となる天然遡上魚は、平成 29 年 3 月 15-20 日に松田川河戸堰で、平成 29 年 3 月 30 日に奈半利川田野井堰で、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。

人工種苗の疾病に対する安全性検査 平成 29 年度に放流した人工種苗（放流時期：平成 29 年 3 月～5 月）については放流前、平成 30 年度に放流する人工種苗の生産に供した親魚（採卵時期：平成 29 年 10 月）については採卵後（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。放流前種苗は全ての生産池（8 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 114 サンプル）、親魚は全数（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 60 サンプル）を検査ロットに供した。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。

人工種苗の遺伝的多様性評価 平成 29 年度に放流した F1 種苗（平成 28 年度に養成した天然親魚から生産した種苗。以下、H29F1 とする）と F2 種苗（平成 28 年度に生産した F1 種苗から生産した種苗。以下、H29F2）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 ($n = 48$) で採捕した天然遡上魚 6 集団についても同様の解析を行った。さらに、平成 28 年度に生産された F1 種苗および F2 種苗、平成 18 年度に生産された 5 回継代を重ねた H18F5 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リルリッチネス (*Arich*), 固定指数 (*Fis*), 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, H29F1 および H29F2 の遺伝的多様性について評価した。

人工種苗に発生する耳石結晶化と下顎側線孔の欠損について 全国のアユ人工種苗で耳石結晶化や下顎側線孔欠損の発生が報告されており (占部ら 2018), アユ種苗生産における課題となっているが, これらの変異が生じる原因は現在のところ不明である。そこで, 人工種苗に発生する耳石結晶化と下顎側線孔の欠損の原因を明らかにするため, 平成 29 年度放流用人工種苗 (F1) について, 種苗ロットごとの耳石結晶化率と下顎側線孔の欠損率を調査した。

人工種苗の資源添加効果の把握 人工種苗の放流後の定着状況を明らかにするため, 栲原川で調査を行った。栲原川は, 四万十川の支流であり, 四万十川本流との合流点上流に津賀ダムがあるため, アユの天然遡上がない河川である。この河川では栲原町津野山魚族保護会によって人工種苗を用いたアユの放流事業が行われており, 当該河川に生息しているアユは全てが放流した人工種苗である。人工種苗の放流後の定着状況を明らかにするために, 当該河川で潜水調査及び漁獲調査を行った。潜水調査については, 5 月～8 月の各月で栲原川本流の上流域 (越知面) 及び下流域 (川口合流点), 栲原川支流四万川川の上流域 (上成橋), 中流域 (宮野々橋) 及び下流域 (川口合流点), 栲原川支流北川川 (明野地橋) の計 6 地点で行った (図 1)。生息密度は, 1 m^2 ($1\text{m} \times 1\text{m}$) 当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), 栲原川上流 (川口合流点より上流), 栲原川下流 (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 (図 2) で漁獲されたアユの体長および体重を測定し, 肥満度も算出した。

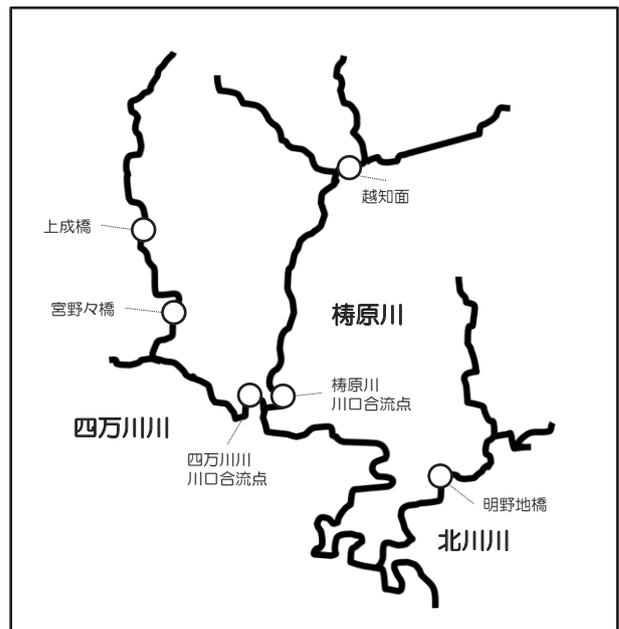


図1. 栲原川における潜水調査点

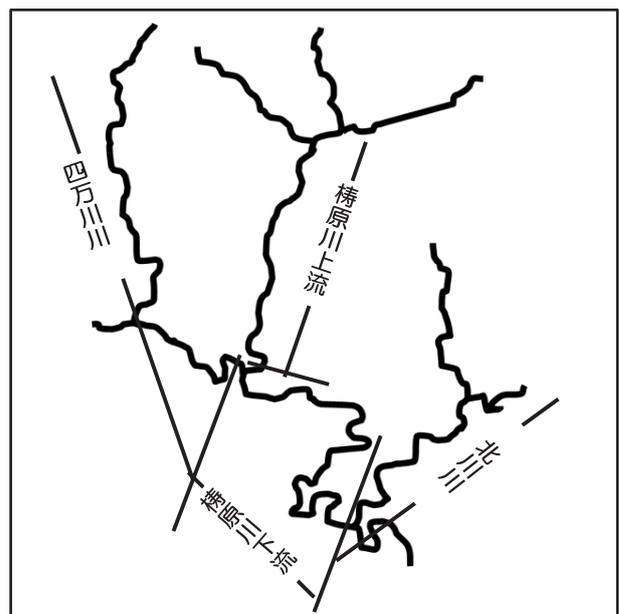


図2. 栲原川における漁獲採捕区域

結果と考察

天然親魚の採捕と養成 松田川で 2,945 尾、奈半利川で 1,689 尾を採捕し、それぞれ 50 トン水槽に収容した。採捕時のスレや輸送中のストレスによって、収容直後にそれぞれ松田川親魚で 74 尾および奈半利川親魚で 46 尾が死亡したが、親魚養成中のへい死はほとんどなかった。また、松田川親魚は飼育密度が高かったため、5 月 10 日に 2 池に分養した（以下、501 松田川、502 松田川とする）。成熟を調整するため、501 松田川親魚は 5 月 15 日～7 月 20 日、502 松田川親魚と奈半利川親魚は 5 月 29 日～8 月 3 日の間、明期 18 時間、暗期 6 時間のサイクルで長日処理を行った。

松田川親魚は、9 月 24 日にグルゲアの感染が確認されたことから、全て処分した。残った奈半利川親魚は 193 日間飼育し、10 月 7 日に種苗生産を行う内漁連に移送（出荷）した後、順次、採卵・種苗生産に供した。奈半利川親魚の出荷尾数は 1,628 尾で、生残率は 96.3%であった。出荷時の魚体重は 59.7g で、飼料効率率は 0.73、雌の GSI は 25.2 であった（表 1）。なお、松田川親魚についても処分までの生残率、魚体重、飼料効率および雌の GSI を表 1 に示した。

人工種苗の疾病に対する安全性検査 平成 29 年度の県産放流用人工種苗は、仔魚期の生産不調により県内に必要な放流量を生産できなかった。平成 29 年度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。平成 30 年度に放流する県産人工種苗の生産に供した親魚も両疾病が陰性であった。

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 2 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 H29F1 および H29F2 がそれぞれ 10.7 および 10.9、H28F1 および H28F2 がそれぞれ 11.9 および 10.4 で、継代を重ねた H18F5 が 8.5、天然遡上魚 6 集団が 11.1～11.7 であった。Hardy-Weinberg 平衡から有意に逸脱した遺伝子座数は、H29F1 および H29F2 がそれぞれ 0 および 1 座、H28F1 および H28F2 がそれぞれ 2 および 0 座、H18F5 が 1 座、天然遡上魚 6 集団が 0～1 座であった。遺伝的多様性の減少は、ヘテロ接合体率よりもアレル数に大きな影響を与えることが知られており（Allendorf 1986, 原・関野 2006）、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）。

表 1. 天然親魚の養成結果

	松田川		奈半利川	
	501	502		
収容尾数	2,945		1,689	
分養尾数	1,575	1,287	—	
出荷尾数	1,566	1,276		
生残率	0		1,628	
	96.5%		96.3%	
魚体重 (g)	43.5	42.7	59.7	
飼料効率	0.79		0.73	
GSI	オス	12.1	11.6	12.3
	メス	25.2	26.2	25.2
排卵・放卵済み個体割合	2/22	3/20	0/20	

表2. 平成29年度に生産した人工種苗2集団 (H29F1,H29F2) を含むアユ9集団の遺伝的多様性

遺伝子座	人工種苗					
	H29F1	H29F2	H28F1	H28F2	H18F5	
Pal1	<i>Arich</i>	15.4	14.2	16.3	14.6	11.0
	<i>Ho/He</i>	0.935/0.916	0.83/0.896	0.917/0.922	0.933/0.911	0.563/0.864
	<i>HWE-P</i>	0.411	0.839	0.045*	0.669	0.000 *
Pal2	<i>Arich</i>	13.8	13.3	15.2	14.8	10.0
	<i>Ho/He</i>	0.804/0.916	0.809/0.877	0.854/0.884	0.778/0.892	0.896/0.832
	<i>HWE-P</i>	0.195	0.551	0.226	0.240	0.624
Pal3	<i>Arich</i>	16.1	17.5	17.7	14.4	13.0
	<i>Ho/He</i>	0.872/0.871	0.957/0.922	0.894/0.919	0.851/0.910	0.813/0.889
	<i>HWE-P</i>	0.148	0.006*	0.202	0.585	0.077
Pal4	<i>Arich</i>	18.8	19.2	21.5	19.2	13.0
	<i>Ho/He</i>	0.936/0.922	0.872/0.940	0.936/0.931	0.936/0.927	0.958/0.895
	<i>HWE-P</i>	0.276	0.254	0.471	0.723	0.145
Pal5	<i>Arich</i>	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0
	<i>Ho/He</i>	0.396/0.405	0.356/0.396	0.479/0.414	0.391/0.368	0.188/0.237
	<i>HWE-P</i>	1.000	0.703	0.381	1.000	0.187
Pal6	<i>Arich</i>	7.7	6.8	7.0	7.0	5.0
	<i>Ho/He</i>	0.761/0.766	0.766/0.749	0.851/0.773	0.711/0.749	0.646/0.677
	<i>HWE-P</i>	0.656	0.914	0.594	0.301	0.092
Pal7	<i>Arich</i>	6.4	6.0	9.1	6.6	6.0
	<i>Ho/He</i>	0.500/0.668	0.689/0.670	0.750/0.755	0.587/0.700	0.604/0.605
	<i>HWE-P</i>	0.063	0.332	0.698	0.616	0.243
Palayu194	<i>Arich</i>	12.1	14.2	12.0	9.2	-
	<i>Ho/He</i>	0.638/0.571	0.617/0.649	0.574/0.568	0.660/0.610	-
	<i>HWE-P</i>	0.905	0.37	0.087	0.084	-
Palayu199	<i>Arich</i>	3.8	4.8	5.6	5.8	-
	<i>Ho/He</i>	0.479/0.557	0.533/0.494	0.521/0.607	0.565/0.560	-
	<i>HWE-P</i>	0.409	0.072	0.043*	0.528	-
平均	<i>Arich</i>	10.7	10.9	11.9	10.4	8.5

遺伝子座	天然遡上魚						
	H28松田川	H28新莊川	H28仁淀川	H28鏡川	H28物部川	H28奈半利川	
Pal1	<i>Arich</i>	16.4	15.0	14.3	14.8	14.5	18.7
	<i>Ho/He</i>	0.875/0.910	0.868/0.919	0.938/0.901	0.915/0.925	0.917/0.918	0.935/0.919
	<i>HWE-P</i>	0.433	0.389	0.463	0.836	0.697	0.962
Pal2	<i>Arich</i>	15.3	16.0	13.9	17.8	16.8	16.0
	<i>Ho/He</i>	0.660/0.903	0.868/0.904	0.750/0.898	0.896/0.907	0.833/0.900	0.915/0.914
	<i>HWE-P</i>	0.000*	0.665	0.024 *	0.792	0.339	0.333
Pal3	<i>Arich</i>	17.4	19.3	17.6	19.0	18.0	17.5
	<i>Ho/He</i>	0.958/0.896	0.818/0.943	0.911/0.933	0.896/0.940	0.875/0.911	0.913/0.913
	<i>HWE-P</i>	0.639	0.008*	0.115	0.406	0.564	0.584
Pal4	<i>Arich</i>	18.4	23.4	20.1	20.9	21.7	21.5
	<i>Ho/He</i>	0.854/0.927	0.851/0.936	0.978/0.920	0.854/0.920	0.917/0.923	0.933/0.917
	<i>HWE-P</i>	0.407	0.051	0.722	0.353	0.638	0.160
Pal5	<i>Arich</i>	3.0	2.8	2.8	2.0	2.8	3.6
	<i>Ho/He</i>	0.479/0.389	0.396/0.393	0.313/0.370	0.396/0.362	0.458/0.400	0.250/0.378
	<i>HWE-P</i>	0.100	1.000	0.527	0.416	0.422	0.022 *
Pal6	<i>Arich</i>	7.7	7.0	8.7	7.6	8.7	7.0
	<i>Ho/He</i>	0.625/0.698	0.605/0.665	0.667/0.759	0.667/0.704	0.729/0.765	0.708/0.709
	<i>HWE-P</i>	0.430	0.329	0.448	0.873	0.811	0.211
Pal7	<i>Arich</i>	6.7	6.0	5.8	6.4	7.3	6.6
	<i>Ho/He</i>	0.708/0.707	0.729/0.751	0.596/0.692	0.729/0.723	0.729/0.675	0.771/0.712
	<i>HWE-P</i>	0.497	0.939	0.530	0.443	0.689	0.360
Palayu194	<i>Arich</i>	10.5	10.6	11.3	10.7	10.7	8.2
	<i>Ho/He</i>	0.438/0.447	0.489/0.514	0.543/0.566	0.521/0.562	0.521/0.545	0.522/0.477
	<i>HWE-P</i>	0.794	0.329	0.671	0.755	0.219	1.000
Palayu199	<i>Arich</i>	4.8	5.4	5.7	5.5	4.7	4.8
	<i>Ho/He</i>	0.681/0.617	0.521/0.569	0.630/0.587	0.646/0.535	0.542/0.528	0.596/0.565
	<i>HWE-P</i>	0.275	0.576	0.623	0.040 *	0.501	0.612
平均		11.1	11.7	11.1	11.6	11.7	11.5

Arich, 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;

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

今回、平成 29 年度に放流した人工種苗 (H29F1 および H29F2) 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ほとんど同等で、遺伝的多様性が維持されていた。また、長期継代種苗の H18F5 より明らかに高かったことから、近親交配が進んでいないものと判断された。

人工種苗に発生する耳石結晶化と下顎側線孔の欠損について 耳石結晶化率および下顎側線孔の欠損率を 4 つの種苗ロットで調べた。種苗ロットごとの耳石結晶化率は、左右いずれかが結晶化していた割合が 46.7 - 58.6 % であり、有意な差が確認されなかった (フィッシャーの正確確率検定, $p=0.79$; 表 3)。種苗ロットごとの下顎側線孔の欠損率は、左右いずれかが欠損していた割合が 73.3 - 100.0% であり、有意な差が確認された (フィッシャーの正確確率検定, $p=0.01$; 表 3)。下顎側線孔の欠損率は、種苗ロットにより変わることが明らかとなり、それら種苗の飼育条件によって変化したものと考えられた。

人工種苗の資源添加効果の把握 各月、各地点の生息密度 (尾/m²) を図 3 に示した。生息密度は 6 月に上流域で高くなったが、7 月に上流域で低くなった後、8 月に下流域で高くなった。

漁獲されたアユの平均体長および平均体重を表 4 に示した。平均体長は、全ての区域において、月を追うごとに徐々に増加する傾向にあったが、梶原川上流は 6 月に減少し、北川川は 7 月に減少した。平均体重も体長と同様な傾向にあった。また、各月、各区域の平均体重を比べると、5 月は梶原川上流、6 月および 7 月は四万川川、8 月は梶原川下流で最も高かった。体重組成について、どの河川も 5 月、6 月および 7 月の主体は 20~60 g であったのに対し、8 月は 70 g 以上に成長したものが多く出現し (70 g 以上の割合, 5 月:0%, 6 月:10%, 7 月:11%, 8 月:44%), 全個体の 1 割 (8 尾/79 尾) が 100 g 以上に成長していた (図 4)。肥満度について、四万川川では 5 月および 6 月は高かったのに対し、7 月に減少し、その後、8 月に増加した。梶原川下流では 7 月から 8 月にかけて徐々に増加し、梶原川上流では 5 月から 8 月にかけて徐々に減少した。北川川では 6 月に減少し、それ以降に徐々に増加した。

表 3. 耳石結晶化率および下顎側線孔の欠損率

種苗ロット	魚体重 (g)	n	耳石結晶化率 (%)			下顎側線孔の欠損率 (%)		
			左	右	全体	左	右	全体
F1-1	9.8±3.0	30	36.7	30.0	46.7	66.7	53.3	73.3
F1-2	9.0±3.1	30	41.4	44.8	58.6	75.9	69.0	93.1
F1-3	8.5±2.1	30	55.2	51.7	55.2	79.3	75.9	86.2
F1-4	5.9±3.1	27	46.2	48.1	57.7	88.9	96.3	100.0
フィッシャーの正確確率検定			$p = 0.54$	$p = 0.35$	$p = 0.79$	$p = 0.25$	$p < 0.01^*$	$p = 0.01^*$

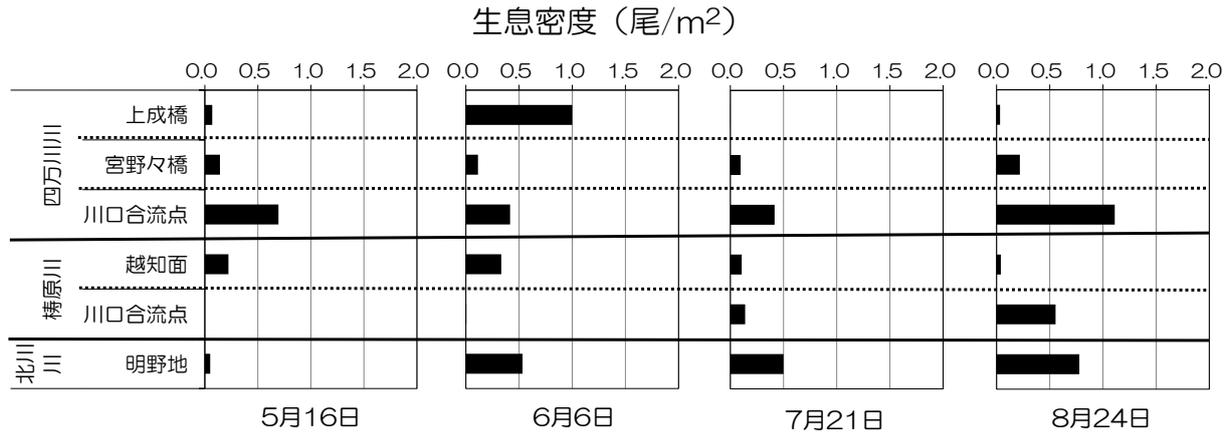


図3. 栲原川における生息密度

表4. 漁獲されたアユの平均体長 (SL) および平均魚体重 (BW)

SL(mm)				
	5月	6月	7月	8月
四万川川	125.7	142.3	147.1	148.3
栲原川上流	133.3	121.7	146.2	158.8
栲原川下流	57.8	-	143.8	165.1
北川川	136.6	149.7	137.9	151.6

BW(g)				
	5月	6月	7月	8月
四万川川	36.9	54.2	54.5	59.1
栲原川上流	41.6	33.7	52.2	64.2
栲原川下流	2.7	-	49.7	80.3
北川川	39.5	49.1	45.0	59.3

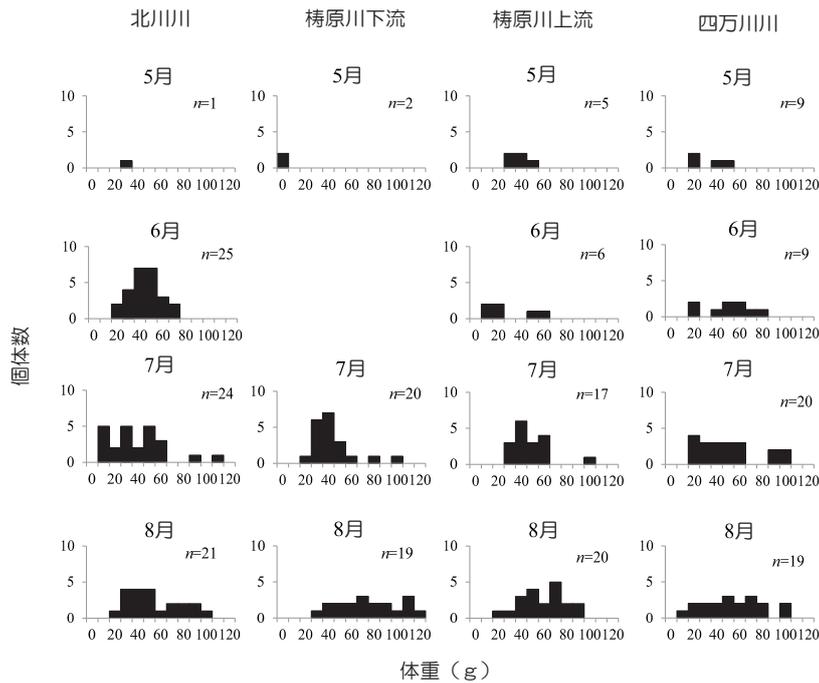


図4. 栲原川における漁獲採捕したアユの体重組成

4月に放流した人工種苗(5~10g)は5月時点で四万川川, 栲原川上流および北川川で平均体重 36.9~41.6gに成長していた。しかし, 生息密度が低かったことは, 全体的に人工種苗の定着が十分でなかったと考えられた。6月は生息密度が高くなり, 人工種苗が定着し, 順調に漁獲加入していたことがうかがえた。しかしながら, 6月に栲原川下流および北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(図5)。冷水病により, 7月の四万川川および栲原川の上流域の生息密度の低下と, 両河川の肥満度の低下を引き起こした可能性があった。北川川では6月に低かった肥満度が7月に増加しており, それについては冷水病が6月に終息し, アユの摂餌等の活性が回復したことによるものと考えられた(図6)。一方, 四万川川および栲原川では6月~7月にかけて冷水病が発生したが, 水温の低い上流域で冷水病が終息しきれなかったため, 生息密度の低下が継続された

ものと考えられた。8月には, どの河川においても生息密度が上昇し, 肥満度及び体重も増加に転じていることから, 水温の上昇に伴って, 冷水病が終息したことを示すものと考えられた。

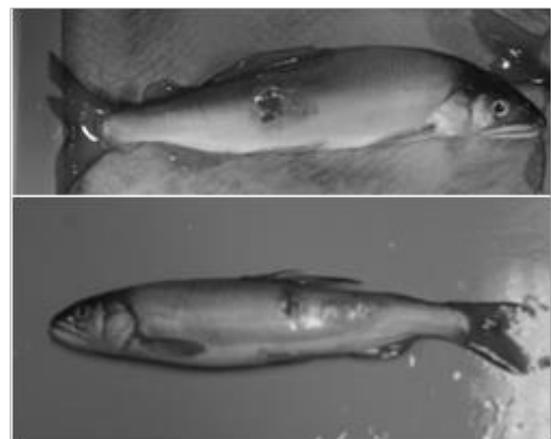


図5. 栲原川で確認された冷水病の罹患魚および死亡魚

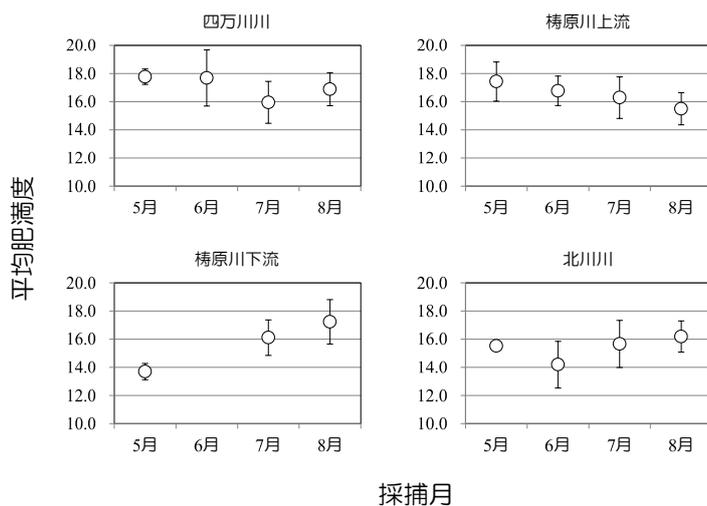


図6. 梶原川における漁獲採捕個体の肥満度

文献

- Allendorf, F. W. (1986) Genetic drift and the loss of alleles versus heterozygosity. *Zoo Biol.*, 5, 181-190.
- 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.
- 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.
- 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-statistics. *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.
- 原 素之・関野正志 (2006) マイクロサテライト DNA マーカーからみたアワビ人工種苗の遺伝的変異性. *水産総合研究センター研究報告*, 別冊 5, 127-135.

ウナギ養殖における生産効率向上化試験

荻田淑彦

ウナギ養殖は高知県の主要産業の一つであるが、近年、シラスウナギの不漁や資材の高騰に加え、魚病被害の深刻化が経営を圧迫している。なかでも、「えら病」による被害は大きく、被害額は県全体で数千万円に及ぶと推定されており、生産効率を損なう大きな要因となっている。

「えら病」とは、鰻に障害を起こす疾病の総称である。その原因には、ウイルス性疾病であるウイルス性血管内皮壊死症（原因ウイルス：JEECV）、ヘルペスウイルス性鰻弁壊死症（原因ウイルス：HVA）、細菌性疾病であるカラムナリス病（原因細菌：*Flavobacterium columnare*）および寄生虫疾病であるシュードダクチロギルス症（原因寄生虫：*Pseudodactylogyrus* spp.）がある。

「えら病」のうち、最近ではカラムナリス病が県内養殖場で頻発しており（診断件数 H25：32 件，H26：33 件，H27：13 件，H28：12 件，H29：8 件），治療方法がないことから治療および予防方法の確立が求められている。

当事業におけるこれまでの研究によると、魚病の発生は、養殖池の水質や細菌群集組成と関係すること（長岩ら 2015，長岩ら 2016），リアルタイム PCR（以下，qPCR）を用いて *F. columnare* の細菌数モニタリングができることが報告されている（占部ら 2017）。

本事業では、水質のモニタリング時に採水した飼育水中の *F. columnare* を qPCR で検出し、疾病発生状況との関係について検討を行い、本

県のウナギ養殖における生産性の向上に資することを目的とした。

材料と方法

平成 28 年度に A～C の 3 養殖業者で、1～2 か月に 1 回程度採水した飼育水を、*F. columnare* 検出用のサンプルとして使用した。飼育水中の *F. columnare* の DNA 検出方法は占部ら（2017）に従った。

結果と考察

飼育水 186 サンプルのうち 5 サンプルから qPCR により *F. columnare* が検出された（コピー数 1.6～54.2/ml）が、他の 181 サンプルからは検出されなかった。また、A 養殖業者ではカラムナリス病発生時の飼育水 4 サンプルについて *F. columnare* は 1 サンプルのみ検出された（表 1）。

A 養殖業者では、シュードダクチロギルス症およびカラムナリス病の発生が疑われる場合には飼育池の注水量を増やし換水率を上げる対策を実施するため、飼育水中の *F. columnare* の DNA 濃度が低かったと考えられた。しかしながら B 養殖業者は、A 業者のような対策をとっておらず換水率が低いため、カラムナリス病が発生した際の *F. columnare* の DNA 濃度が高かったと考えられた。また、*F. columnare* が検出された前月や翌月でのサンプルからは *F. columnare* が検出されなかったことから、月 1 回程度のサンプリングではカラムナリス病の

発生予測は難しいと考えられた。

表 1. カラムナリス病発生状況および飼育中の *Flavobacterium columnare* のコピー濃度

養殖場	池番号	発生月	水温 (°C)	DO (mg/L)	pH	塩分 (ppt)	アンモニ ア態窒素 (mg/L)	亜硝酸 態窒素 (mg/L)	飼育水中の <i>F. Columnare</i> コピー濃度 (コピー数/mL)	疾病等
A	10池	8月	25.4	7.70	7.18	0.1	0.10	0.035	未検出	カラムナリス病+ダクチロギルス症
	7池	9月	25.8	7.44	7.05	0.5	0.24	0.298	3.8	カラムナリス病
	3池	10月	-	-	-	-	-	-	未検出	ダクチロギルス症+カラムナリス病
	13池	2月	-	-	-	-	-	-	未検出	カラムナリス病+ダクチロギルス症
B	1池	5月	26.2	6.91	7.90	0.4	0.14	0.058	1.7	未検査 (へい死無)
	7池	6月	25.9	5.75	6.33	0.2	0.59	0.364	1.6	未検査 (へい死有)
	6池	12月	27.5	6.30	6.71	0.4	0.60	0.280	54.2	頭部潰瘍症+カラムナリス病
C	7池	4月	29.9	7.04	7.40	0.3	0.60	0.400	3.8	カラムナリス病

文献

長岩理央・岡部正也 (2015) 高知県内の養殖場における飼育環境の比較と魚病発生状況の把握. 平成 25 年度事業報告書 (調査研究報告), 24, 37 - 43.

長岩理央・岡部正也 (2016) ウナギ養殖における生産効率向上化試験. 平成 26 年度事業報告書 (事業報告), 25, 21 - 23.

占部敦史・長岩理央 (2017) ウナギ養殖における生産効率向上化試験. 平成 27 年度事業報告書 (事業報告), 26, 16 - 20.

ウナギ生息状況等緊急調査事業

長岩理央（現漁業振興課）・占部敦史・隅川 和

近年、わが国の沿岸に來遊するシラスウナギは著しく減少しており、ニホンウナギ資源の枯渇が懸念される。

そこで本事業では、鰻供給安定化事業（水産庁、平成 27～29 年度）のうち「河川及び海域での鰻來遊・生息調査事業」を受託し、「高知県におけるシラスウナギの來遊状況とニホンウナギの移動状況等の把握」と「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」の 2 課題に取り組んだ。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. 高知県におけるシラスウナギの來遊状況とニホンウナギの移動状況等の把握

ニホンウナギ（以下、ウナギ）資源の枯渇が懸念される一方で、ウナギ資源保護の検討に不可欠なシラスウナギ（以下、シラス）の來遊状況や河川内でのウナギの生態などに関する知見は極めて不足している。そこで本課題では、高知県におけるシラス來遊状況とウナギ成魚の河川内での移動状況に関する知見の収集を目的とした。

材料と方法

シラス來遊状況調査 高知県中央部に位置する夜須川の河口において、新月を基準に、月 1 回、日没・干潮後の上げ潮時に、調査員 3 名で 2 時間のすくい網採捕を行った。採捕したシラスは生かしたまま全長・体重の測定を行い、Fukuda et al. (2013) に従って、黒色素胞の発現

状態に基づく発育段階を決定した。

ウナギ成魚移動状況調査 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、5～10 月の間に箱、石倉およびエレクトリックショッカーでウナギ成魚を採捕し、全長・体重の測定、Silvering index（以下、S.I.）(Okamura et al. 2007)による成熟段階の決定を行った。

採捕した個体にイラストマータグと DNA を用いた遺伝標識による個体識別を施したのち、採捕場所に放流した。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、移動と成長の推定を行った。



図1. ウナギ成魚移動状況調査の採捕定点および流域区分

結果

シラス来遊状況調査 平成 29 年漁期（当年 11 月～翌年 10 月までを当年漁期とする）の 11～3 月の総採捕個体数は、平成 24 年漁期と並び、過去 6 年間で最も少なかった（図 2）。平成 24～28 年漁期それぞれの 12～3 月までの県内シラスウナギ集荷量の合計とそれに対応した各年漁期 1 月に採捕された VIA0 以上の個体の割合には高い負の相関 ($r=-0.84$) が認められ（図 3）、夜須川で 1 月に採捕したシラスウナギの発育段階を調べることで、その年のシラスウナギ集荷量の多寡を予測できる可能性があることが示唆された。ただし、本事業では 5 漁期分のデータでしか解析を行っていないため、今後、さらにデータを積み重ねて、予測精度の向上に努める必要があると考えられた。

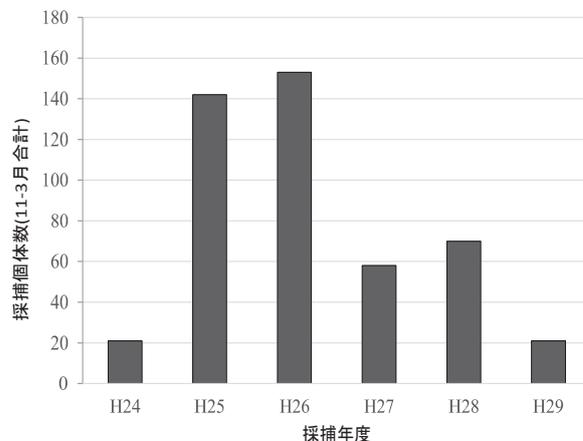


図2. 各漁期の11月～3月までの合計採捕個体数

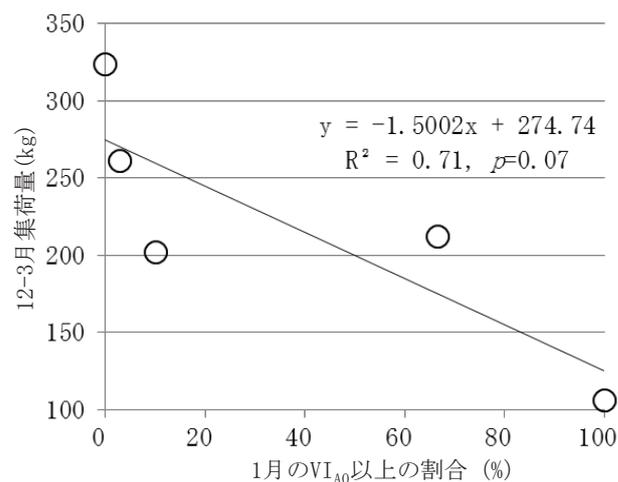


図3. 平成24～28年漁期における12～3月の高知県内集荷量と1月の採捕個体数に占めるVIA0以上の割合との関係

ウナギ成魚移動状況調査 箱、石倉及びエレクトリックショッカーでウナギ採捕を行ったところ、漁法によって採捕される魚体サイズと成熟段階に違いがあった(図4)。そのため、河川内でのウナギの移動状況等を明らかにするためには、複数の漁法を組み合わせる調査を実施する必要があると考えられた。

平成25年度から29年度までの調査で、1,785個体(箱:1,755個体;石倉:17個体;ショッカー:13個体)を採捕した。採捕された1,785個体のうち、イラストマー標識と遺伝標識で再採捕個体と判別されたのは162個体で、再採捕

率は9.1%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、移動と成長に関して解析を行った。その結果、低水温期(11~5月)と高水温期(6~10月)で移動の傾向に違いが認められ(図5)、低水温期に入ると黄ウナギの活性が下がり、移動性が低くなることが示唆された。また、移動タイプ(遡上、降下、定位)ごとの全長、体重、肥満度には差がなかったことから(データ省略)、移動の傾向と体サイズおよび肥満度に関連性はないことが示唆された。

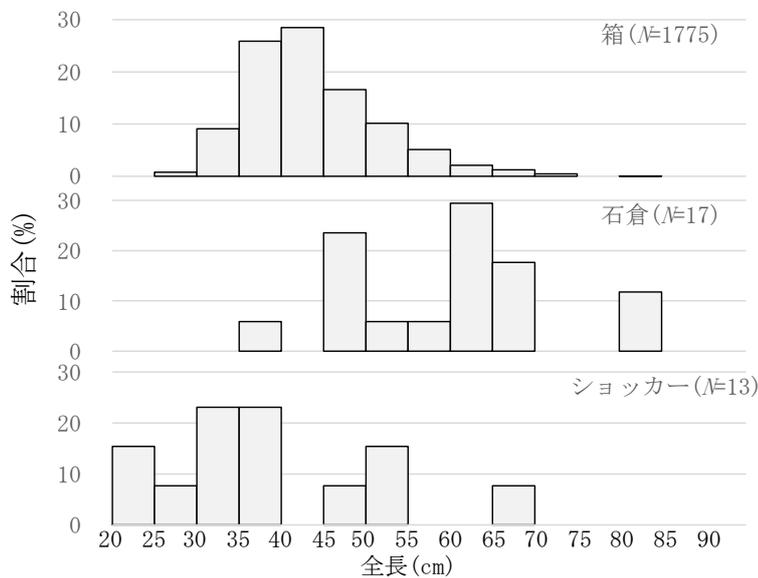


図4. 奈半利川で採捕されたウナギの漁法別全長組成

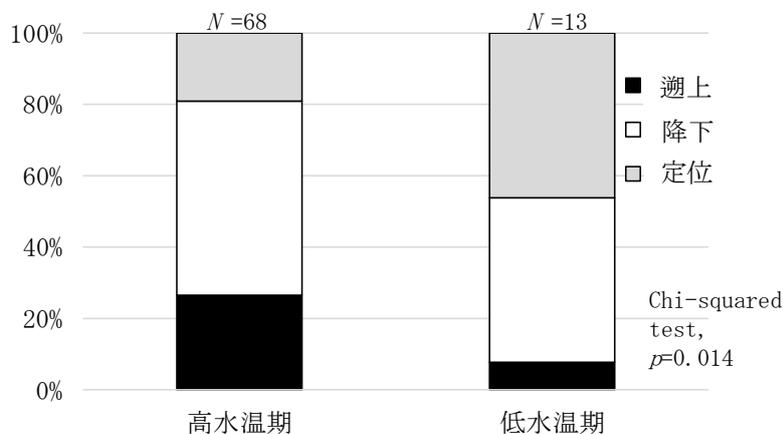


図5. 水温期別の移動タイプの割合

上流、中流上部、中流下部それぞれの区間に留まっていた個体 (=放流地点と再採捕地点が同一の区間であった個体) の成長量 (cm/年) を区間ごとに比較したところ、中流上部に比べて中流下部で低かった (データ省略)。成長量の違いは生息密度や餌環境等に起因すると考えられることから、今後、そのようなデータを収集して検討する必要があると考えられた。

2. 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

ウナギ保護策の検討に必要な、個体ごとの移動や成長を把握するためには、標識放流による追跡調査が必須である。しかしながら、これまでに用いられてきた標識は、魚体への影響や標識の持続性などに問題のある場合があり、精度の高い個体追跡データを収集する障壁となっていた。

そこで本課題では、ウナギに極力負担をかけずに、河川遡上直後から長期間にわたって個体追跡ができる標識技術の確立を目的として、DNA 多型解析による個体識別の有効性の検証と非侵襲的な DNA サンプルの採取法の開発に取り組んだ。

材料と方法

平成 29 年度は、異なる発育段階のウナギ (シラス、クロコ、黄・銀ウナギ) を用いて、各発育段階に適しており、かつ、ウナギを傷つけずに粘液から DNA を採取する方法のうち、特に黄・銀ウナギについて、簡便で、フィールドでも実施できる手法の検討を行った。

結果

ウナギを傷つけない DNA サンプル採取法として、体表粘液からの DNA 採取法の開発に取り組み、シラス〜クロコ (全長 150 mm 未満) については、ポリエチレンバッグに魚体を封入して揉むことで袋内に体表粘液を分泌させて回収するポリエチレンバッグ法、黄・銀ウナギ (全長 150 mm 以上) については、綿棒で体表粘液をこすり取るスワブ法を確立し、これらの手法で採取した DNA (シラスウナギ: 24 個体; 黄・銀ウナギ: 570 個体) を用いた MS DNA 多型解析を行い、良好な結果が得られることを確認した。

文献

- Fukuda N., Miller M. J., Aoyama J., Shinoda A., Tukamoto K. (2013) Evaluation of the pigmentation stages and body proportions from the glass eel to yellow eel in *Anguilla japonica*. *Fish Sci*, 79, 425-438.
- Okamura A., Yamada Y., Yokouchi K., Horie N., Mikawa N., Utoh T., Tanaka S. and Tsukamoto K. (2007) A silvering index for the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Environ. Biol. Fishes.*, 80, 77-89.

4. 參考資料

(1) 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

その他魚類には、うぐい・おいかわを含む

※農林水産省 農林水産統計より集計

