

令和3年度

# 事業報告書

第32巻

令和5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	4
(2)	ニホンウナギ等の内水面魚種の分布状況及び生息環境の調査・分析 (環境収容力推定手法開発事業)	7
(3)	アユの資源増殖に効果的な放流及び資源保護手法の開発 (環境収容力推定手法開発事業)	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	19
(5)	人工種苗「土佐のあゆ」の種苗性評価事業	32
(6)	養鰻における疾病の早期検知技術の開発	42
4	参考資料	
	高知県河川漁業生産量の推移	55
	アユの市場別取扱量の推移	56



# 1 内水面漁業センターの概要

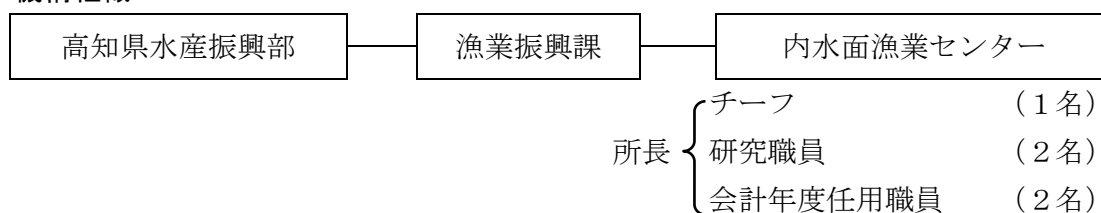
## (1) 所在地

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

## (2) 沿革

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

## (3) 機構組織



## (4) 職員名簿

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

(5) 予算（当初）

（単位：千円）

事業名	予算額	財源内訳		
		(一)	(国)	(諸・債)
内水面漁業センター管理運営費	6,890	6,890		
内水面漁業試験研究費	11,928	8,628		3,300
内水面漁業振興事業費	1,501	1,501		
養殖振興対策事業費	1,846	954	892	
合計	22,165	17,973	892	3,300

(6) 施設の概要

1) 敷地面積	9,343 m <sup>2</sup>
2) 建物	
① 本館（事務室、問診室、各検査室、研修会議室等）	365 m <sup>2</sup>
② 隔離実験棟・作業棟（0.9 t × 5 面、調餌室、工作室他）	220 m <sup>2</sup>
③ 恒温水槽棟（10 t × 5 面、1 t × 5 面）	256 m <sup>2</sup>
④ 恒温水槽棟（FRP 2 t × 10 面）	101 m <sup>2</sup>
⑤ 野外試験池（50 t × 5 面）	362 m <sup>2</sup>
⑥ 屋内試験池（30 t × 2 面）	184 m <sup>2</sup>
⑦ 管理棟	40 m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>

## 2 活動実績

### (1) 会議等への参加

開催日	会議名	開催場所	参加者
5月25日	環境収容力推定手法開発事業（ウナギ課題）計画検討会議	Web 開催	稲葉
6月8日	環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ）計画検討・中間報告会議	Web 開催	石川
7月5日	全国水産試験場長会内水面部会西日本ブロック会議	書面会議	飯田
7月21日	高知県河川魚族保護会第70回通常総会	高知市	石川
7月26日	第1回あゆ有効活用検討会議	高知市	飯田・石川
8月23日	令和3年度アユ疾病研究部会	Web 開催	石川
9月2日	全国湖沼河川養殖研究会総会	Web 開催	飯田
10月19日	津野町魚族保護会総会	津野町	石川
11月2日	高知県試験研究機関連絡会議	高知市	飯田
11月17日	第3回あゆ有効活用検討会議	高知市	飯田
11月18日	全国水産試験場長会全国大会	Web 開催	飯田
11月30日 -12月1日	魚病症例研究会	Web 開催	中城
12月10日	高知県内水面漁場管理委員会	高知市	飯田・稲葉
12月13日	梶原・津野町合同魚族保護会	津野町	飯田・石川
12月20日	内水面関係研究開発推進会議	Web 開催	飯田
1月21日 -2月10日	全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会	書面会議	石川
2月1日	全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック会議	Web 開催	石川・稲葉
2月9日 -10日	環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ課題）成果報告会議	Web 開催	石川
2月15日	環境収容力推定手法開発事業（ウナギ課題）年度末報告会議	Web 開催	稲葉
2月15日	第4回あゆ有効活用検討会議	高知市	飯田
3月1日	全国湖沼河川養殖研究会アユ疾病研究部会	Web 開催	石川・中城
3月7日	魚類防疫士連絡協議会 東海北陸ブロック会議	Web 開催	中城
3月15日	天然アユの海洋生活期の情報を取り入れた資源回復策の検討	Web 開催	石川

### (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
7月21日	高知県河川魚族保護会第70回通常総会（再掲）	高知市	高知県のアユ資源における遅生まれ群の重要性について	石川	同会会員 10名、市町村職員 2名他
10月19日	津野町魚族保護会総会（再掲）	津野町	放流種苗「土佐のあゆ」の取組について	石川	同会会員
10月28日	養鰻業者魚病講習会	当所	加温養鰻で発生しやすい疾病について	中城	養鰻業者職員 7名

### (3) 口頭発表

開催日	会議等名称	開催場所	内容	発表者
2月9日 -10日	環境収容力推定手法開発事業（アユ・溪流魚・ワカサギ）成果報告会（再掲）	Web 開催	アユの効果的な放流及び資源保護手法に係る調査報告	石川
2月15日	環境収容力推定手法開発事業（ウナギ課題）年度末報告会議（再掲）	Web 開催	ウナギの分布状況及び生息環境に係る調査報告	稲葉

## 3 事業報告





# 養殖衛生管理体制整備事業

中城 岳

近年、食の安心・安全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、医薬品の適正使用の指導、養殖場の巡回調査、医薬品の残留検査等を行う。

## 1 医薬品の適正使用に関する指導

養殖場の巡回時に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。魚病診断を実施したウナギ病魚から分離されたパラコロ病原菌 *Edwardsiella tarda* 10 株の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（表 1）。

## 2 養殖衛生管理技術の普及・啓発

### (1) 養殖衛生管理技術対策

以下の会議に出席し、知見の収集、関係者への情報提供などに努めた。

- ・中央東福祉保健所管内水質汚濁事故対策連絡会議 令和 3 年 7 月 高知県中央東福祉保健所
- ・近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会（Web 開催） 令和 3 年 9 月
- ・魚類防疫士連絡協議会近畿・中国・四国ブロック研修会（Web 開催） 令和 3 年 9 月
- ・魚病症例研究会（Web 開催） 令和 3 年 11 月
- ・魚類防疫士連絡協議会東海・北陸ブロック研修会（Web 開催） 令和 4 年 3 月

### (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、ウナギ及びアマゴの養殖業者を対象に、2020年の魚病被害及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及びスルファモノメトキシンの5種類の医薬品を対象に残留検査を実施した。検査は外部の検査機関に依頼し、公定法で実施したところ、検体から対象医薬品は検出されなかった。

### 4 疾病の発生予防・まん延防止

#### (1) 魚病診断件数

県内の天然水域等（個人池・ため池を含む）及び養殖場における魚病の発生状況を把握するとともに、予防と蔓延防止のための魚病診断を実施した。なお、診断件数には養殖業者が予防的な目的等で当センターに診断を依頼したものも含んでいる。

##### 1) 天然水域等

令和3年度の天然水域等における魚病診断件数は7件で、魚種別ではアユ3件、ニシキゴイ2件、キンギョ2件であった（表2）。アユでは冷水病が1件、不明が2件であった。ニシキゴイではデルモシスチジウム症、穴あき病及びカラムナリス病の混合感染が1件、不明が1件であり、キンギョではキンギョヘルペスウイルス性造血器壊死症が1件、白点病とカラムナリス病の混合感染が1件であった。

##### 2) 養殖場（食用）

令和3年度の養殖場における診断件数は50件で、魚種別ではアユ10件、アマゴ（サツキマス）2件、ウナギ38件であった（表3）。

アユでは冷水病が1件、冷水病とチョウチン病の混合感染が1件、ビブリオ病が2件、海水飼育中のアユにおける滑走細菌症及びビブリオ病の混合感染が2件、不明が4件であった。アマゴ（サツキマス）では保菌検査と不明が1件ずつであった。

ウナギではウイルス性血管内皮壊死症が5件、同疾病とパラコロ病、カラムナリス病、シュードダクチロギルス症等との混合感染が13件、カラムナリス病及びシュードダクチロギルス症の混合感染が14件、シュードダクチロギルス症が2件、パラコロ病を主因としたカラムナリス病、シュードダクチロギルス症との混合感染が2件、原因不明が2件であった。

また、令和3年度のウナギの主要疾病の診断件数（表4、混合感染事例含む延べ件数）は、ウイルス性血管内皮壊死症が18件、カラムナリス病が27件、パラコロ病が11件、シュードダクチロギルス症が26件であり、今年度も例年と同様に、カラムナリス病及びシュードダクチロ

ギルス症の件数が多い傾向が見られた。

表 1 養殖ウナギから分離された *Edwardsiella tarda* の薬剤感受性試験結果

業者名	分離日	感受性薬剤	耐性薬剤
A	2021/4/12	FF,OA,OTC,SO	-
A	2021/4/27	FF,OA,OTC,SO	-
A	2021/5/6	FF,OA,OTC,SO	-
A	2021/5/19	FF,OA,OTC,SO	-
A	2021/5/28	FF,OA,OTC,SO	-
A	2021/6/7	FF,OA,OTC,SO	-
B	2021/6/17	FF	OA,OTC,SO
A	2021/6/21	FF,OA,SO	OTC
A	2021/12/14	FF,OA,OTC,SO	-
A	2022/3/29	FF,OA,OTC,SO	-

表 2 天然水域での魚病診断件数

発生水域	魚種	病名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
天然水域 (個人池 含む)	アユ	冷水病									1				1	
		エドワジエラ・イクタリ感染症														0
		不明			1		1									2
	ニシキゴイ	デルモシスチジウム症+穴あき病 +カラムナリス病										1				1
		不明		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
白点病+カラムナリス病											1				1	
合計			0	1	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	7	

表 3 養殖場での魚病診断件数

発生水域	魚種	病名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
養殖	アユ	冷水病							1						1	
		チョウチン病+冷水病							1							1
		ピブリオ病						1						1		2
		滑走細菌症+ピブリオ病												1	1	2
		不明			1								1	1	1	4
	アマゴ (サツキマス)	伝染性造血器壊死症														0
		保菌検査									1					1
		不明							1							1
	ウナギ	ウイルス性血管内皮壊死症							1	2		1	1			5
		ウイルス性血管内皮壊死症+バラコ病														
		カラムナリス病+シュードダクテロギルス症	3	3	2											8
		ウイルス性血管内皮壊死症						1								1
		カラムナリス病+シュードダクテロギルス症								2		1				3
		ウイルス性血管内皮壊死症+カラムナリス病														1
		ウイルス性血管内皮壊死症+バラコ病			1											1
カラムナリス病+シュードダクテロギルス症		5	5	2								1			14	
カラムナリス病															0	
シュードダクテロギルス症										2					2	
バラコ病														0		
バラコ病+カラムナリス病											1			1		
シュードダクテロギルス症													1	2		
不明							1	1						2		
合計			8	8	6	0	3	3	6	3	4	2	3	4	50	

表 4 ウナギ主要疾病の診断件数（延べ）の推移

疾病名	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2	R3	合計
ウイルス性血管内皮壊死症	2	0	6	5	2	0	4	18	37
ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症	0	2	0	0	0	0	0	0	2
カラムナリス病	33	13	13	8	5	4	12	27	115
バラコ病	8	23	15	6	0	0	8	11	71
連鎖球菌症	2	1	1	0	0	0	0	0	4
頭部潰瘍症	1	0	2	0	0	0	2	0	5
鱗赤病	0	0	0	0	0	0	3	0	3
シュードダクテロギルス症	19	19	9	14	7	6	9	26	109
合計	65	58	46	33	14	10	38	82	264

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

稲葉太郎・石川 徹・中城 岳・隅川 和

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

## 1 目的

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

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

## 2 材料と方法

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

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

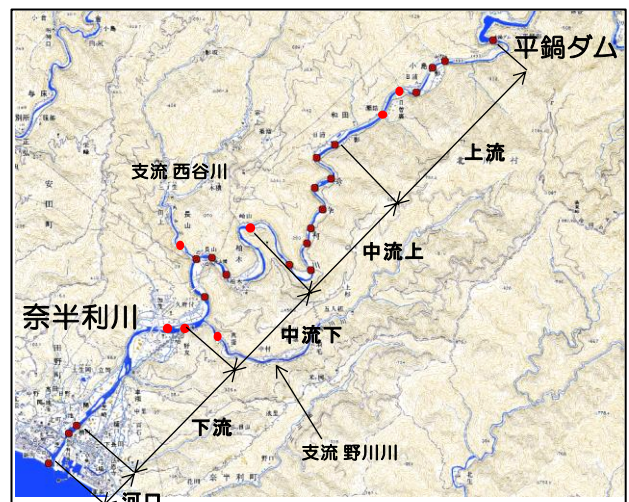


図 1 調査実施地点位置および流域区分

### 3 結果

奈半利川水系でウナギ 576 個体（箱漁法 559 個体、石倉漁法 9 個体、電撃ショッカー 8 個体）を採捕した。平均全長は 44.3cm（図 2）、平均体重は 115.9g（図 3）であった。成熟段階は、Y1 が 0 個体、Y2 が 570 個体、S1 が 3 個体、S2 が 2 個体、不明が 1 個体であった。

本年度の再採捕数は 72 個体で、再採捕率は単純計算（再採捕の回数を考慮しない）で 12.5% であった。

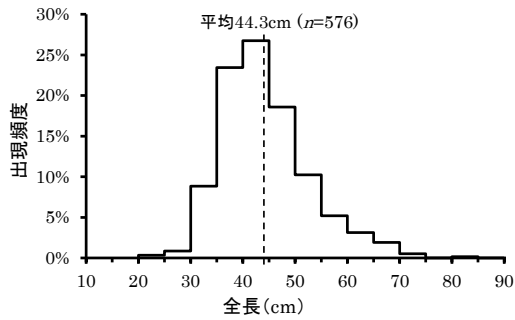


図 2 全長出現割合

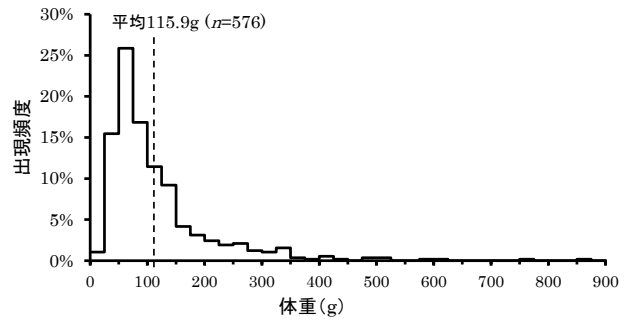


図 3 体重出現割合

採集した全個体について、過去に標識されたイラストマーの有無を確認するとともに、体表粘液から DNA を抽出し、5 ローカスのマイクロサテライト DNA による個体識別を実施した。その結果、本年度に採集した 576 個体のうち、72 個体が再採捕個体であった。再採捕個体の割合は 12.5%、平成 25 年からの累計では 11.4%（467/4,109）であった。

平成 25 年度以降の標識放流の結果を用い、奈半利川のウナギの 100 m<sup>2</sup>あたりの個体数密度を年別に推定し、図 4 に示した。年間採集個体数が平成 26 年から 400 個体以上となり、概ね数値が安定したと考えられる平成 27 年以降についてみると、0.24 個体/100 m<sup>2</sup>（平成 27 年）から 0.88 個体/100 m<sup>2</sup>（平成 30 年）の間と推定された。

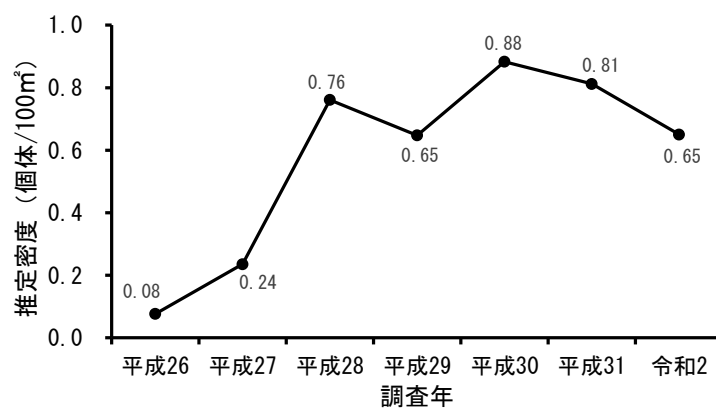


図 4 年別推定個体数密度

平成 25 年度以降に採集した延べ 4,109 個体のうち、同一個体であると確認された延べ 467 個体（2 回目：411 個体、3 回目：51 個体、4 回目：5 個体の合計）について、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）を求め、その頻度をそれぞれ図 5-1 及び 5-2 に示した。

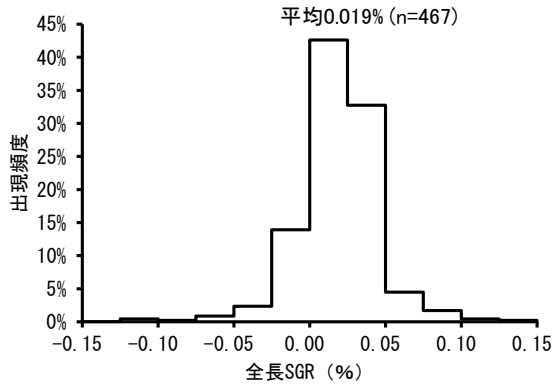


図 5-1 再採捕個体の全長 SGR

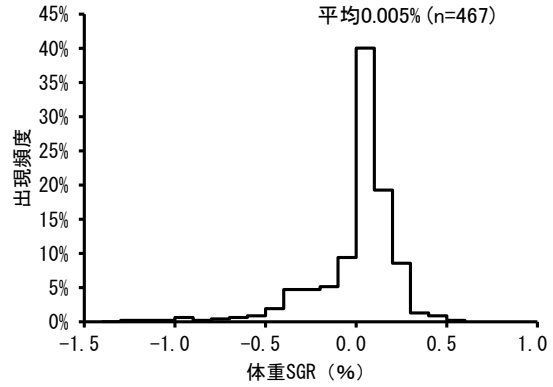


図 5-2 再採捕個体の体重 SGR

全長 SGR の最頻値は 0.00~0.025% で、全個体の平均値は 0.019%、体重 SGR の最頻値は 0.0~0.1% で、全個体の平均値は 0.005% であった。

続いて、SGR と再採捕までの日数を図 6 に示した。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 SGR の平均値と標準偏差を図 7 に示した。全体の平均値は、全長が 0.019%、体重が -0.013% であった。全長、体重ともに、SGR はグループ間で有意な差が認められ (Anova,  $P < 0.01$ )、150 日以下と 151 日以上のグループ間で有意な差が認められた (Tukey,  $P < 0.05$ )。一方、151 日以上のグループでは、それぞれの間に有意な差は認められなかった ( $P > 0.10$ )。

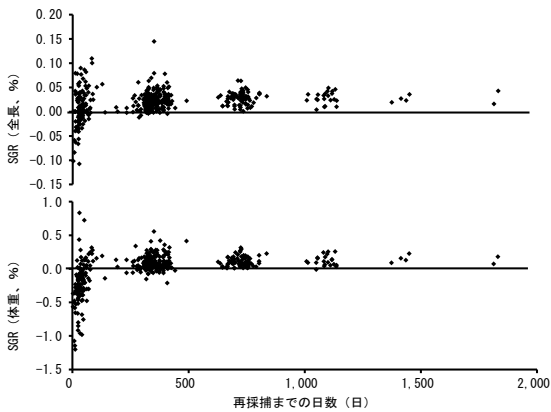


図 6 再採捕までの日数と SGR

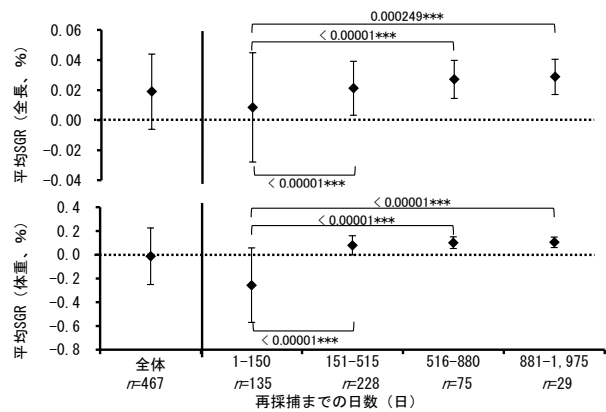


図 7 日数区別の平均 SGR

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 (26.7%) が、流域区別にみると河口で多く (78.1%)、中流上部で特に少なかった (16.6%)。また、遡上した個体は下流で多く、降下した個体は上流に行くほど多くなった (Pearson's Chi-squared test,  $P < 0.001$ ) (図 8)。

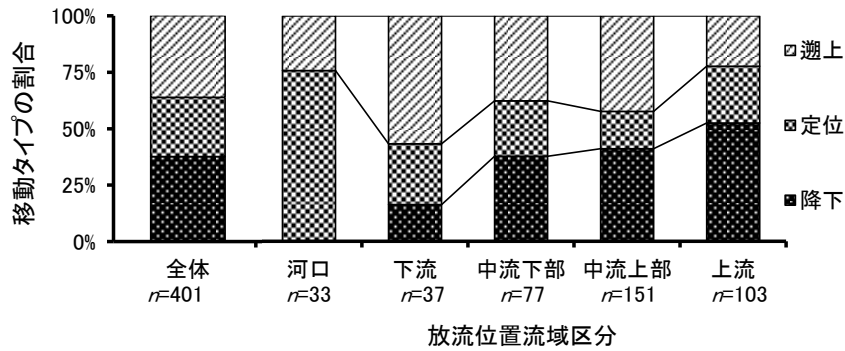


図8 流域区分別移動の傾向 (支流を除く)

電撃ショッカーを用いた採集の3年間(令和元年~3年)のデータの合計による、調査箇所別の河床における巨礫(直径256mm以上)の割合と、1m<sup>2</sup>当たりの餌生物の採捕重量及びウナギ確認個体数との関係を、図9に示した。巨礫の割合とウナギの確認個体数(個体/m<sup>2</sup>)の間には正の相関が認められ(Spearmanの順位相関係数、 $P = 0.004563$ 、 $r_s = 0.904762$ )、巨礫の割合が高いほど確認個体数が増える傾向が認められた。

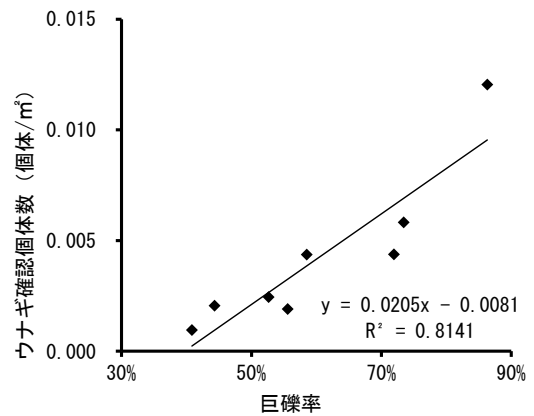


図9 箇所別の巨礫率とウナギ確認個体数

## 文献

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



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

石川 徹・稲葉太郎・中城 岳・隅川 和

## 1 目的

近年、わが国のアユ漁獲量は著しく減少しており、アユ資源の増殖活動が必要不可欠となっている。本県においても、各内水面漁協が種苗放流や産卵場の保全等により資源増殖に努めているが、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手法を確立し、増殖活動を進める必要があるが、それに資する知見はまだ十分でない。

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

## 2 材料と方法

### (1) 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

土居川は調査区間の川幅が約 30m の大規模支川で 3 次支川の安居川を有する。また、仁淀川本流との合流点から 4km 上流に堤高約 10m の堰堤（魚道あり）がある。調査区間はこの堰堤から上流域の延べ 2.8km 程度（土居川：1.7km、安居川：1.1km）とし、放流は区間の中間にあたる安居川との合流地点で行った（図 1）。物部川は調査区間の川幅が約 12m の中規模河川で、河口から 13.9km に位置する杉田ダムの上流域には、魚道のない複数のダムが設置されており、天然海産アユは遡上できない水域となっている。調査区間は、陸封アユ個体群の影響も排除するため本流側の最上流部に位置する、川口発電所取水えん堤の上流域の延べ 2km 程度とし、放流は区間のほぼ中間にあたる地点で行った（図 2）。

試験に使用した種苗は、高知県内水面種苗センターで生産された奈半利川・安田川海産系 F2 の平均体重 6.9g のもので、放流直前に脂鰭切除標識を施し、土居川で 10,745 尾を、物部川で 7,485 尾を 4 月 2 日に放流した（表 1）。また、仁淀川では 4 月 20～27 日の期間に平均体重 9.1g の非標識人工アユを 19,900 尾、物部川では 4 月 16 日に平均体重 10g の非標識人工アユを 9,090 尾、試験区間周辺に追加放流しており、調査区間の人工アユ（非標識魚含む）の推定放流密度は、土居川で 0.49 尾/m<sup>2</sup>（調査区間：推定 62 千 m<sup>2</sup>）、物部川で 0.72 尾/m<sup>2</sup>（調査区間：推定 23 千 m<sup>2</sup>）となった。

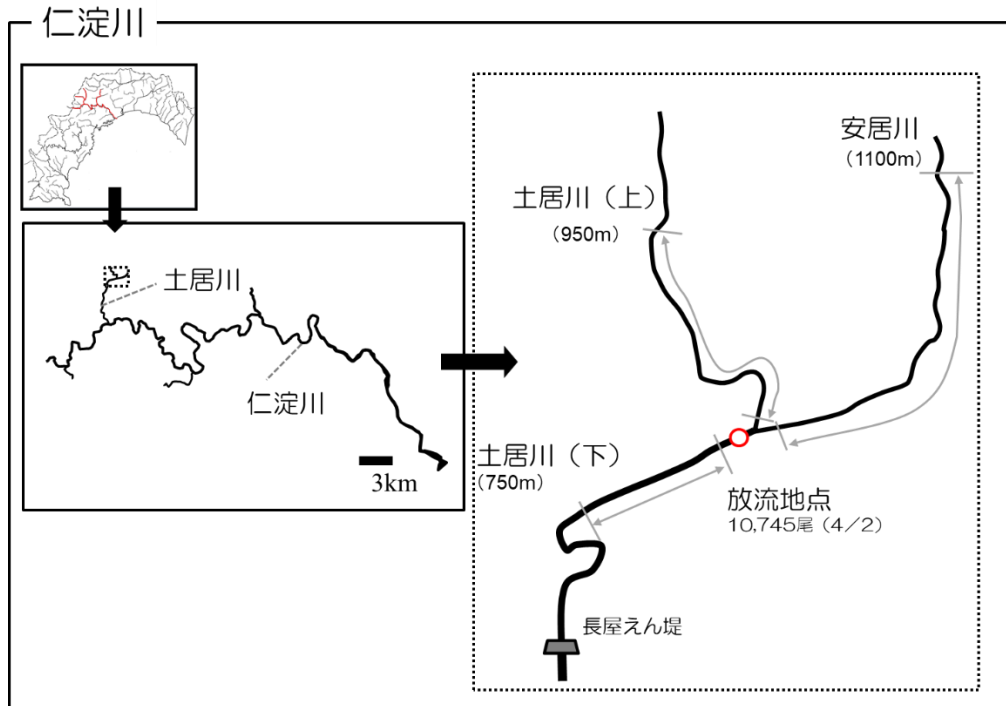


図1 仁淀川水系土居川での放流地点及び調査区間

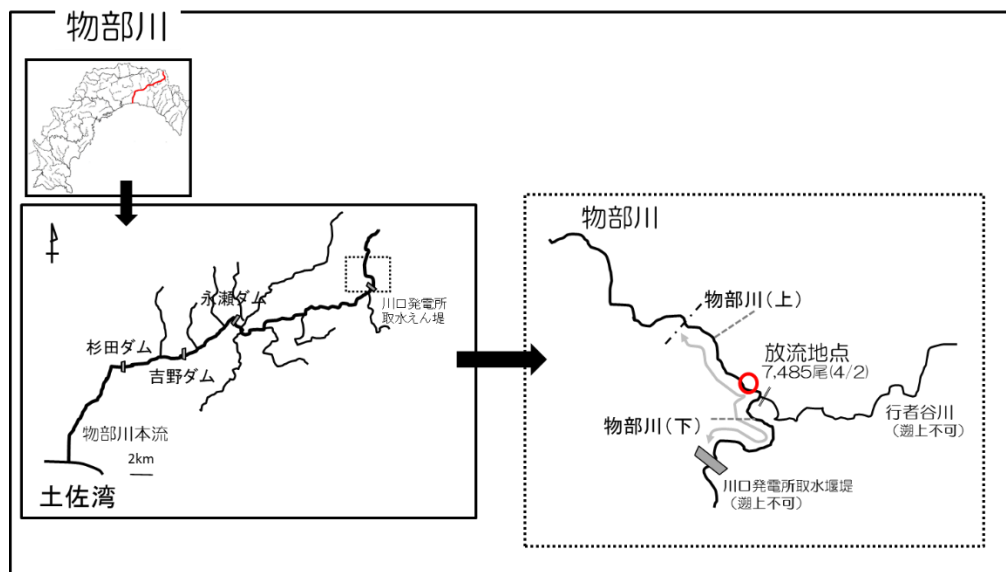


図2 物部川水系物部川での放流地点及び調査区間

表1 河川別アユ試験放流の概要

調査河川	川幅		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	
	(m)	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
仁淀川水系土居川	30	2020/4/2	12.4	脂鱗カット	奈半利川・ 安田川系F2	6.9	10,745	30,645	4/20, 4/24, 4/27	35%
物部川水系物部川	12	2020/4/2	11.4	脂鱗カット	奈半利川・ 安田川系F2	6.9	7,485	16,575	4/16	45%

## (2) 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

物部川は、河口から 13.9km 上流に魚道の設置されていない杉田ダムがあり、天然アユの遡上はそれより下流の水域に限定されている。さらに、河口から 8km 上流にある物部川統合堰は、魚道の流速が早く、一定サイズ以上のアユしか遡上することができないため、例年 5 月頃まで天然アユはその下流に滞留する。したがって、5 月頃まで当該水域においては、天然アユの河川への進入時期と遡上距離が概ね関連する傾斜的な分布になることが想定される。今回、物部川漁業協同組合（以下、物部川漁協）が実施する 4 月期のアユ生息状況調査に併せ、それぞれの調査区間でアユ遡上魚のサンプリングを実施し、サンプリング個体の日齢査定を行うことで物部川に遡上するアユの資源全体の孵化日組成を明らかにすることを試みた（図 3）。

また、昨年（2020 年）に引き続き、物部川で 5 月中に晩期孵化群と判断される遡上魚を採捕後標識し放流した。標識放流後は物部川漁協の協力のもと、遊漁者に標識アユの再捕に係る情報提供を依頼し、漁期中の釣獲等で減耗した標識アユの個体数を推定した。

さらに、産卵期においては物部川の産卵場（河口より約 1.2km 上流左岸側）で、2021 年 11 月 18 日から 12 月 14 日の間に、投網による親魚（生魚）の採捕及び潜水器具を用いた死魚の回収を行い、採捕又は回収した標識個体の全長、体重及び GSI 等を測定し、再捕率等を算定した。

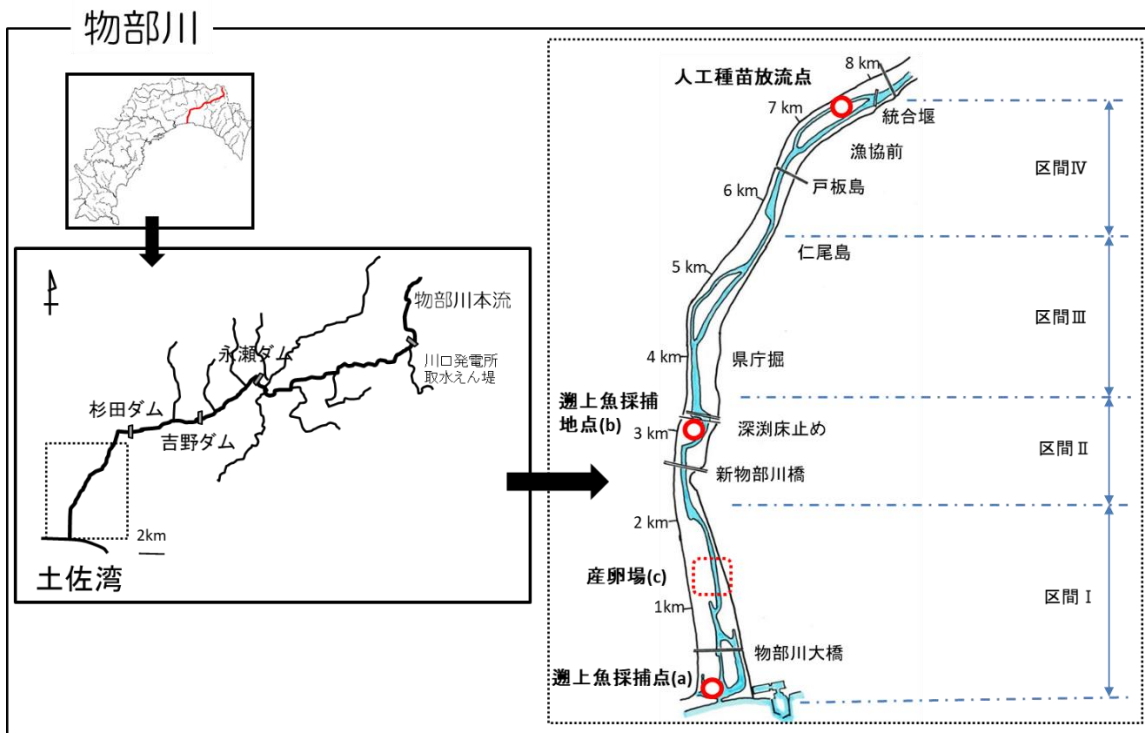


図 3 物部川の標識放流地点及び産卵場

### 3 結果及び考察

#### (1) 種苗性や河川環境に合った放流方法の開発

##### 1) 放流後の釣獲調査

##### ①成長

標識人工アユの平均体重は、土居川が放流後 53 日目に 35.4g、物部川が放流後 66 日目で 31.2g、放流後 83 日目で 41.9g であり、いずれの河川においても放流後の成長を確認することができた（表 2）。日間成長率は土居川で 3.09%（4/2～5/25）、物部川で 2.29%（4/2～6/7）と、土居川で高くなった。この要因の一つとして水温が高いことが上げられ、4 月 2 日～5 月 24 日までの日平均水温の積算値が、土居川で 710.7℃、物部川で 616.5℃と、土居川で高くなっていた。

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	CPUE (尾/時間/人)	人工（標識魚）			人工（非標識魚）			天然				
					n	混入率	平均体重 (g)	日間成長率 (%)	n	混入率	平均体重 (g)	日間増重量 (g/日)	n	混入率	平均体重 (g)
仁淀川水系土居川	2021/5/25	53	118	11.5	64	54%	35.4±6.8	3.09	26	22%	30.7±9.9	3.48	28	24%	44.2±9.4
	2021/6/7	66	85	8.9	62	73%	31.2±6.8	2.29	23	27%	17.3±7.3	2.17	0	0%	-
物部川水系物部川	2021/6/24	83	64	7.0	44	69%	41.9±9.7	1.90	20	31%	39.4±14.3	1.99	0	0%	-

##### ②標識魚等の割合

土居川では標識放流後 53 日、物部川では標識放流後 66 日及び 83 日に友釣りによる釣獲調査を行った。釣獲調査で再捕されたアユに占める標識人工アユ、非標識人工アユ及び天然アユの割合は、土居川では放流後 53 日目に 54%、22%及び 24%、物部川では放流後 66 日目に 73%、27%及び 0%、放流後 83 日目に 69%、31%及び 0%であった（表 2）。全放流量に占める標識人工アユの割合を放流時と釣獲時で比較すると、土居川（Pearson's Chi-squared test  $P=0.0001$ ）、物部川（Pearson's Chi-squared test  $P=0.0311$ ）いずれの河川でも、釣獲調査時には放流時の構成比率に反して標識人工アユの比率が有意に高く、過年度にも見られた先住効果の影響によるものと考えられた。平均体重で 3g 程度小さい種苗を 2 週間前に放流した事例でも先住効果が現れており、小型種苗の早期放流が有効であることを支持する結果となった。また、土居川では昨年度と同様に天然アユが釣獲されたが、その比率は低く標識人工アユを越えることはなかった。釣獲された天然アユの孵化日組成をみると、両年度（2020、2021）とも 10～11 月生まれの早期遡上群であった（図 4）。昨年度と同様に、今年度も放流時には天然アユが当該調査区間に加入していたと考えられるが、その数が少なく、かつ調査区間の下流側に多く分布していたために人工アユを放流しても定着する余地があったと推測された。

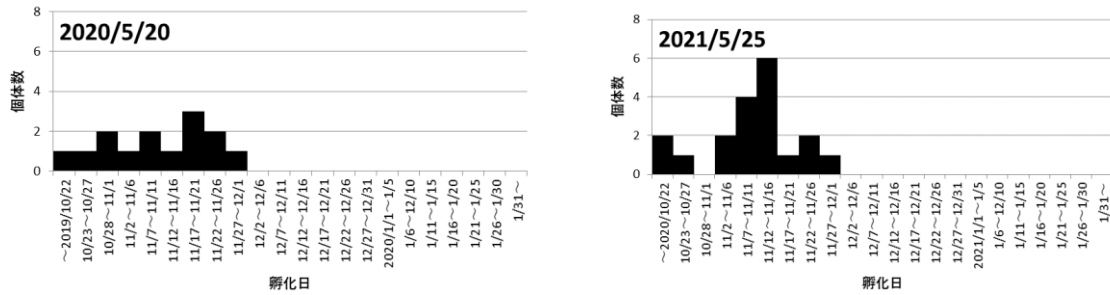


図4 釣獲された天然アユの孵化日組成（左：2020年、右：2021年）

③CPUE

釣獲時のCPUEは、土居川では放流後53日目に平均11.5尾/時間/人、物部川では放流後66日目で平均8.9尾/時間/人、放流後83日目で平均7.0尾/時間/人であり、全般的に高い傾向であった。また、釣獲魚に天然魚も含まれた土居川が高くなった（表2）。

④分布（定着状況）

地点ごとの釣獲尾数がアユの分布状況を反映しているものとして、放流地点を境として上下に区分し（仁淀川水系：安居川、土居川（上）、土居川（下））、（物部川水系：物部川（上）、物部川（下））、区域ごとのCPUEからアユの定着状況を推測した（表3）。

仁淀川水系では、標識人工アユのCPUEが安居川で10.8尾/時間/人と高く、放流地点から上流の安居川に人工アユが多く定着していたと推測される。一方、土居川（下）では、天然アユのCPUEが5.6尾/時間/人と高く、下流側には他の区域よりも多く天然アユが定着していたと推測された。人工アユが安居川に多く定着した要因は、放流時の水温差等も認められず、現在のところ不明である。天然アユが土居川の下流に多く定着した要因は、遡上の過程で調査区間下流側のなわばり形勢に有利な箇所を自由に選択できたためではないかと考えられた。

物部川では、放流地点の上流で標識人工アユが6.3尾/時間/人、放流地点の下流で6.1尾/時間/人といずれも高く、偏りなく広範囲に定着し、調査区域の全域が効果的に活用されているものと考えられた（表3）。

表3 アユ試験放流における釣獲調査結果

		川幅 (m)	区域長 (m)	面積 (m <sup>2</sup> )	区域ごとのCPUE (尾/時間/人)			
					標識	非標識	天然	合計
仁淀川水系	安居川	17	1,100	18,700	10.8	3.2	1.5	15.5
	土居川（上）	22	950	20,900	1.8	1.5	3.0	6.3
	土居川（下）	30	750	22,500	3.6	3.6	5.6	12.8
物部川水系	上	12	800	9,200	6.3	3.7	-	10.0
	下	12	1,200	13,800	6.1	1.7	-	7.9

## (2) 次世代に寄与する天然アユ親魚の特定と保護

### 1) 晩期孵化群の資源量の推定

4月11日に、物部川漁協が河口から統合堰までの28地点の潜水調査を実施し、遡上阻害のある箇所等を考慮して4つの区間に区分し、それぞれの区間におけるアユの生息尾数を算出した。当センターは、同日当該4区間において投網(30節)を用いてアユを採捕し、採捕した161個体の天然アユの耳石日周輪解析を実施した(図4)。

潜水調査の結果、河口から平松(河口から2km)までの区間Ⅰで18.9万尾、平松から深淵床止め(河口から3.5km)までの区間Ⅱで10.9万尾、深淵床止めから戸板島橋(河口から5.5km)の区間Ⅲで10.9万尾、戸板島橋から統合堰(河口から8km)までの区間Ⅳで1.3万尾の天然アユが生息していると推定された。なお、このとき統合堰上流の水域ではアユは観察されておらず、天然アユが統合堰上流に遡上していないことが確認された。

また、それぞれの区間で採捕した天然アユの孵化日は、2020年9月29日から12月28日の範囲にあり、中央値は12月9日であった。この孵化日組成を1週間単位の階級として振り分け、それぞれの階級の構成比率を算出したところ、比率の高かった階級は、12月第3週(12月15日～21日)で、全体に占める比率が30.0%、次いで12月第4週(12月22日～28日)で比率24.1%、12月第2週(12月8日～14日)で比率19.3%がこれに続いた。また、それぞれの区間ごとに孵化日組成を見ると、上流の区間ほど孵化日の早い個体の比率が高くなる傾向が見られた。この階級ごとの構成比率に各区間の生息尾数を乗じて孵化日階級ごとの尾数を推定した(表4)。その結果、2021年度遡上群の孵化日組成は12月以降に集中しており、12月1日以降に孵化した晩期孵化群は38万尾、調査時点(4月11日)で物部川に遡上している天然アユの約9割であると推定され、晩期孵化群が本年度の物部川における天然アユ資源の重要な位置を占めていることが確認できた。

表4 2021年4月11日の物部川における区間ごとの生息尾数と孵化日組成

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

※生息尾数は物部川漁協より提供されたデータを使用

## 2) 標識魚の放流

仁尾島（河口から6km）から下流で5月10日から5月14日の間に投網を用い採捕した。採捕したアユは、早期遡上群の残留個体を除く意図で全長70mm以上の個体を除去し、速やかにハサミを用いて脂鰭を切除した後放流した。5月14日までに565尾を標識放流した。4月11日に物部川漁協と共同で行った物部川下流部におけるアユ資源量調査では、天然アユの遡上可能な水域における資源量はおよそ47万尾（人工アユ約5万尾を含む）と推測され、これに対しての標識率は0.12%となった。

## 3) 漁期中の追跡調査

物部川漁協の協力のもと、漁期中に漁獲された標識天然アユについての情報提供を遊漁者に依頼し、漁期中に減耗した標識天然アユの個体数を推定した。標本遊漁者が、漁期中74日の友釣り釣行で2,460尾のアユを釣獲し、うち3尾が標識天然アユであった。今回調査対象としている杉田ダムより下流の物部川では、漁協の記録によると、漁期を通じて延べ4,045人がアユ釣り（友釣り、毛ばり）を行っていたことから、全体に引き伸ばすと134,469尾のアユが釣獲され、うち164尾の標識天然アユが含まれていたと推定された。釣獲された標識天然アユの体重は、8月27日で36.4g及び85.8g、9月1日で67.7gに成長しており、昨年に引き続き晩期遡上群が釣獲対象となりうることが確認された（表5）。

表5 2021年に物部川で再捕された標識個体

漁獲日	TL	BW	GSI	性別	釣獲場所	漁法
	(mm)	(g)				
2021/8/27	215.8	85.8	0.0	♀	仁尾島	友釣り
2021/8/27	171.6	36.4	0.0	♀	仁尾島	友釣り
2021/9/1	199.4	67.7	0.0	♀	漁協前	友釣り
2021/11/25	174.6	35.2	6.0	♂	産卵場	死魚回収
2021/11/25	194.2	44.8	4.9	♂	産卵場	死魚回収

## 4) 産卵場における追跡調査

採捕または回収した571尾（生魚：19尾、死魚：552尾）のうち、標識天然アユは2尾（死魚：2尾）であった（表6）（写真1）。標識天然アユが回収されたのは11月25日であり、今期の物部川における産卵ピーク時期（11月中下旬）であった。回収された標識天然アユは雌雄各1尾で、GSIは雄4.5、雌6.0であり（表5）、その外観から産卵後に斃死したものと判断された。これらのことから当該標識天然アユが11月中旬から下旬の間に産卵に関与したと考えられた。

物部川漁協が11月中旬に実施した産卵期のアユ生息状況調査では、アユ親魚の現存量を約19.6万尾と推定しているが、渇水の影響で深淵床止めから上流にこの半数以上が取り残されていたことを報告している。一方、11月末には物部川上流で200mmを超える降雨があり、それによる出水で大量の親アユと産卵場に産み付けられた受精卵が流された。この出水による濁りが消えた12

月中旬に調査を再開したが、この時には産卵は終盤でアユ親魚は数百尾程度を確認するのみと激減していた。このように、2021年の物部川におけるアユ産卵状況は特殊な事例となったため、標識アユの混入率から晩期遡上群の資源量を推定することはできなかったが、晩期遡上群が産卵に関与していることは確認できた。

表6 2021年に物部川で採捕もしくは回収されたアユ

	非標識魚（個体数）					標識魚（個体数）				合計
	生魚		死魚			生魚		死魚		
	♂	♀	♂	♀	性別不明	♂	♀	♂	♀	
2021/11/18	0	0	32	16	5	0	0	0	0	53
2021/11/25	11	8	278	139	0	0	0	1	1	438
2021/12/14	0	0	38	40	2	0	0	0	0	80
合計	11	8	348	195	7	0	0	1	1	571

写真1 産卵期に再捕された標識個体数（上：雌、下：雄）





# 高知県のアユ資源量の維持・増大に向けた取組支援事業

## 1 目的

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

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

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

## 2 調査項目

- (1) 遡上魚調査
- (2) 流下仔魚調査

## 3 担当者

チーフ 石川 徹

# 1 遡上魚調査

石川 徹・隅川 和

## (1) 目的

2021年におけるアユの天然遡上に関するデータを収集するため、遡上量のスコア評価及び遡上魚の孵化日組成の推定を実施した。

## (2) 材料と方法

### 1) 遡上量の評価

2021年2月から4月、県内11河川の定点(図1、表1)において箱メガネを用いた目視観察を行い、表2の遡上スコアに基づき遡上量の評価した。また、各年の3から4月の遡上スコアの平均値をその年の遡上量指標値として、各河川の遡上量の年比較を行った。

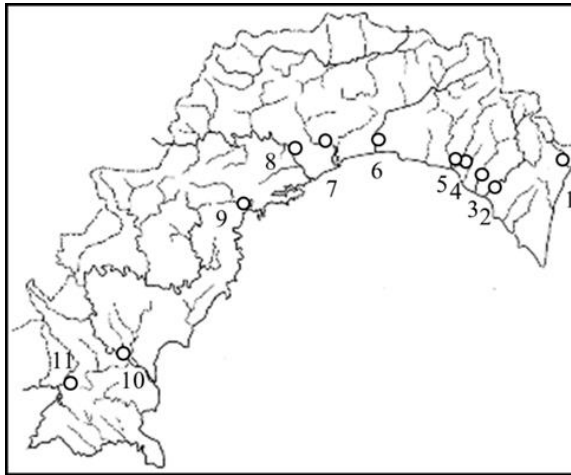


図1 遡上調査定点図

表1 遡上状況調査の調査地点および調査日

調査河川	調査地点	No.	調査日		
			2月	3月	4月
野根川	鴨田堰	1	22	3,24	6,19
奈半利川	田野井堰	2	22	3,24	6,19
安田川	焼山堰	3	22	3,24	6,19
伊尾木川	有井堰	4	22	3,24	6,19
安芸川	中之橋	5	22	3,24	6,19
物部川	床止堰堤	6	24	10,24	11
鏡川	トリム堰	7	24	10,18	
仁淀川	八田堰	8	24	10,18	7,20
新荘川	岡本堰	9	24	9,18	7,20
四万十川	赤鉄橋	10	10,28	9	20
松田川	河戸堰	11	28	9	20

注) No. は図1中の位置を示す

表2 遡上量の評価に用いたスコアとその基準

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

### 2) 遡上魚の孵化日の推定

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

ことにより孵化日を推定した。

### (3) 結果と考察

#### 1) 遡上量の評価

2021年の各河川における遡上スコアの推移を図2に示した。

2月下旬の初回調査時に野根川、奈半利川及び仁淀川で、3月上旬には、新莊川、四万十川及び松田川で、3月中旬に鏡川で、3月下旬には、安田川、安芸川及び物部川で遡上が確認され、3月までに伊尾木川を除く河川で遡上が認められた。伊尾木川では渇水と河川工事の影響で遡上が遅れたと考えられ、初遡上が確認されたのは4月中旬であった。

全体的な傾向をみると、スコア3以上の遡上ピークは、概ね3月下旬から4月中旬に多く出現しており、その期間が県内におけるアユの遡上ピークであったと考えられる。また、ピーク以降の5月は調査ができておらず、遡上の終期については不明である。

また、2021年の遡上量指標値(表3)を河川別にみると、野根川、安田川、伊尾木川、安芸川及び物部川で平年より低く、平年より高い河川は認められなかった。遡上スコアの県内平均値(図3)も平年よりやや低く、2016～2020年の6年間のうち2016年に次ぐ低さであった。これらから2021年の天然アユの遡上量は全体として平年より少なかったと推察された。

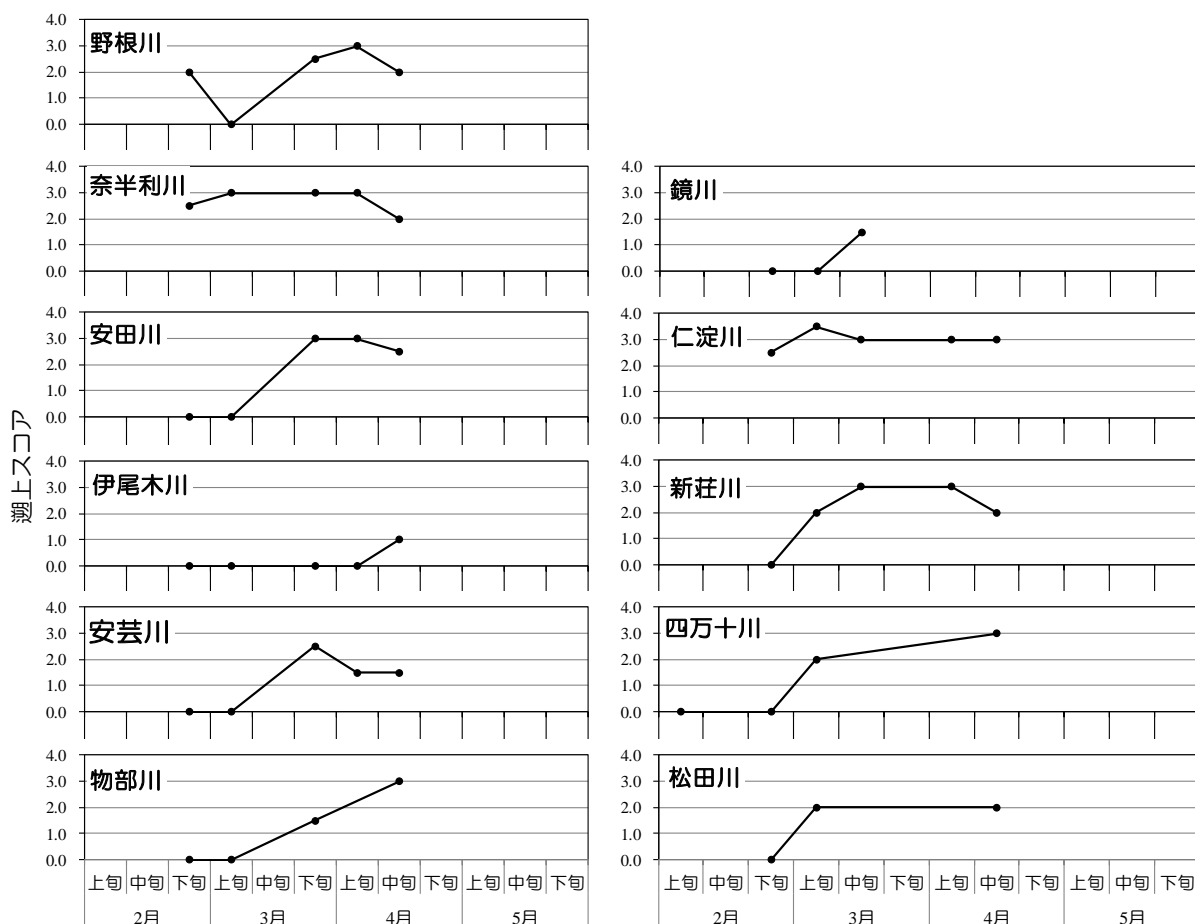


図2 県内11河川の遡上スコアの推移

表3 各河川の遡上量指標値（3～5月遡上スコア平均値）

	2020	2021	平年値 (2010-20平均)
野根川	2.3	1.9	2.5
奈半利川	2.7	2.8	2.7
安田川	3.0	2.1	2.8
伊尾木川	0.8	0.5	2.1
安芸川	0.8	1.4	1.8
物部川	2.2	1.5	2.4
鏡川	2.3	0.8	2.3
仁淀川	2.3	3.1	2.8
新莊川	3.0	2.5	2.9
四万十川	2.5	2.5	2.3
松田川	1.8	2.0	2.3
県内平均	2.1	1.9	2.4

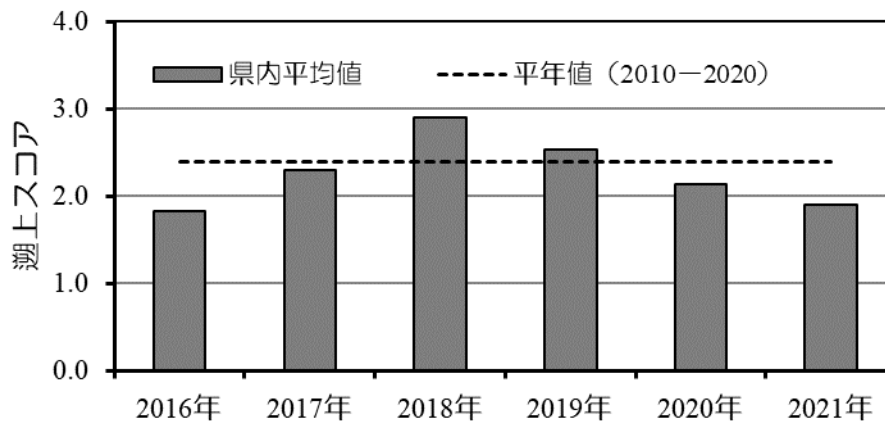


図3 遡上スコアの県内平均値

## 2) 遡上魚の孵化日の推定

2021年の県内4河川における遡上時期別の孵化日組成を図4に示した。

各河川の遡上魚の孵化日は、物部川で3月上旬遡上群（2021年3月9日採捕）が2020年11月11日～12月8日（中央値2020年11月30日）の範囲、3月下旬遡上群（2021年3月23日採捕）が2020年11月28日～2021年1月5日（中央値2020年12月16日）の範囲、4月遡上群（2021年4月5日採捕）が2020年12月9日～2021年1月13日（中央値2020年12月28日）の範囲、鏡川では3月中旬遡上群（2021年3月18日採捕）が2020年10月20日～12月2日（中央値2020年11月10日）の範囲、仁淀川では3月中旬遡上群（2021年3月18日採捕）が2020年10月27日～12年1日（中央値2020年11月14日）の範囲、新莊川では3月中旬遡上群（2021年3月18日採捕）が2020年10月25日～12月11日（中央値2020年11月16日）の範囲であったと推定された。

また、遡上スコアが最大値を示した時期を遡上ピークとして、その時期に最も個体数の多い孵化群が遡上の主体となったと考え、最も遡上に貢献した孵化群を推定した。物部川では遡上スコアのピークは3月下旬から4月中旬であり、この時期の遡上群で最も多かったのは12月中下旬の孵化群（2020年12月17日～26日孵化）であった。鏡川では遡上スコアのピークが3月中旬であり、この遡上群で最も多かったのは11月上旬の孵化群（2020年11月7日～11日孵化）であった。仁淀

川の遡上ピークは3月上旬から4月中旬であり、これらの遡上群で最も多かったのは11月中旬の孵化群（2020年11月12日～16日）であった。新莊川の遡上ピークは3月中旬から4月上旬であり、この遡上群で最も多かったのは11月中下旬の孵化群（2020年11月17日～26日）であった。これらのことから、4河川が位置する高知県中央部では、遡上群の主体となる孵化時期は11月上旬から12月下旬の範囲であり、河川によって大きな差があると考えられた。特に、東部に位置する物部川で孵化時期が遅い傾向が認められた。物部川は、他の3河川と異なり河口域が外洋に直結している（河口に静穏な内湾域がない）ことが、早期の孵化群の生残に悪影響を及ぼしている可能性が考えられる。

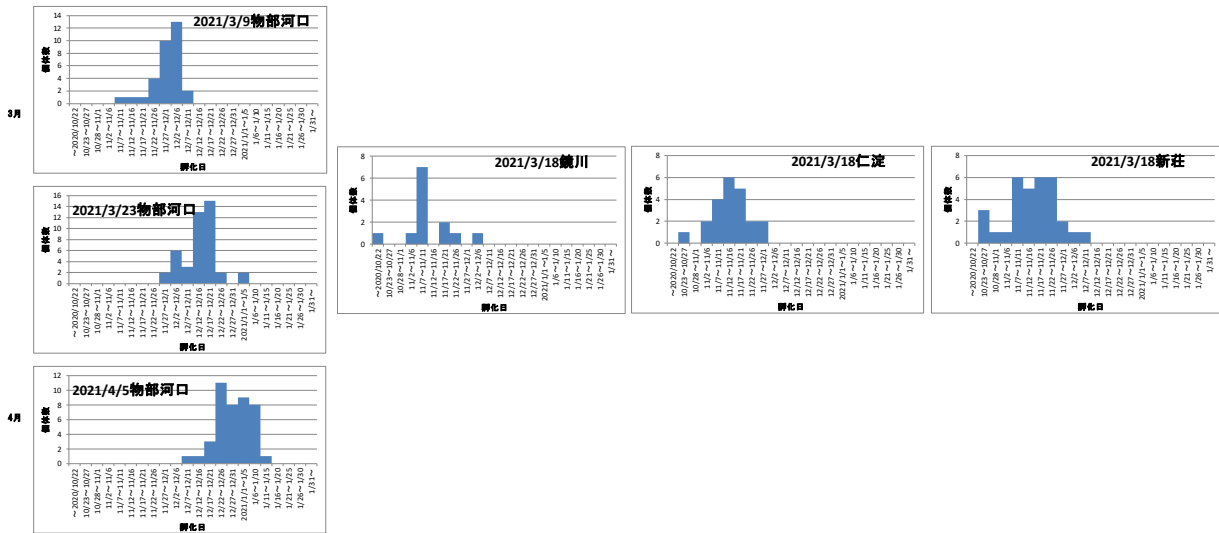


図4 県内4河川における遡上時期別の孵化日組成

## 文献

- 占部敦史・隅川 和・長岩理央（2019）高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援．平成29年度高知県内水面漁業センター事業報告書、9-12.
- 占部敦史・稲葉太郎・荻田淑彦・田中ひとみ・隅川 和（2020）高知県の天然アユ資源を回復させるための取組支援．平成30年度高知県内水面漁業センター事業報告書、14-25.
- Tsukamoto, K. and Kajihara, T. (1987) Age determination of ayu with otolith. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1985-1997.

## 2 流下仔魚調査

石川 徹・隅川 和・高月 明・稲葉太郎・中城 岳

### (1) 目的

2021 年度におけるアユの産卵に関するデータを収集するため、各内水面漁協と連携し、流下仔魚の状況を調査した。

### (2) 材料と方法

伊尾木川、安芸川、鏡川、仁淀川、新莊川及び四万十川で、表 1 に示す定点及び日時において、網口に濾水計を取り付けた仔魚ネット（口径 50 cm、側長 150 cm、目合い 335  $\mu$ m）を流心近くに 3 分間設置して流下仔魚及び流下卵を採集するとともに、濾水計の値をもとに流下仔魚及び卵の密度（尾/ $m^3$  及び粒/ $m^3$ ）を算出し、その経月変化から流下及び産卵の盛期を推定した。さらに、流下仔魚密度と時系列（10 月 15 日と 2 月 1 日を 0 と仮定して作成）による積分値を  $LOG^2$  変換した値を流下仔魚量指標値とした。

表 1 各河川における流下仔魚調査の定点および日時

調査河川	調査定点	調査日				調査時刻
		10月	11月	12月	1月	
伊尾木川	鉄道橋下	-	4,11,18,25	2,9,16,23	6,13	19:00
安芸川	国道橋下	-	4,11,18,25	2,9,16,23	6,13	19:30
鏡川	トリム堰上下・紅葉橋上	25	1,9,15,22,29	6,13,20,27	4,11,17	19:00
仁淀川	行当・中島	27	3,17,24	2,9,16,23,30	5	20:00
新莊川	長竹橋下	27	4,10,17,24	1,8,15,22,29	5,12,19	18:30
四万十川	平元・小畑	-	1,8,15,22,29	6,13,20,27	10,17,24,31	18:30

### (3) 結果と考察

#### 1) 伊尾木川及び安芸川

調査期間中（11 月 4 日から 1 月 13 日）の 19 時の河川水温は、伊尾木川で 6.5~16.2°C、安芸川で 11.5~18.4°C であり、伊尾木川では概ね平年並であったが、安芸川では 12 月上旬を除き平年より高い状態が続いた（図 1）。

流下仔魚密度の推移を見ると、伊尾木川では 1 月 6 日に 302 尾/ $m^3$ （最大値）の 1 回のピークがみられた。安芸川では 11 月 25 日に 967 尾/ $m^3$ 、1 月 6 日に 3,685 尾/ $m^3$ （最大値）の 2 回のピークがみられた（図 2）。

流下卵密度は、伊尾木川では 12 月 2 日（2.3 粒/ $m^3$ ）、安芸川では 12 月 2 日（4.5 粒/ $m^3$ ）と同時期に 1 回のピークがみられた（図 3）。

これらのことから、2021 年度における産卵盛期は伊尾木川で 12 月上旬から下旬にかけて、安芸川で 11 月中旬及び 12 月上旬から下旬にかけての 2 回あったものと考えられた。

調査時の河川流量の指標として、調査時の濾水量の推移（図 4）を見ると、1 月上旬以降は

両河川とも濾水量が低下しており（1.4～4.8m<sup>3</sup>/分）、当該時期の流量も減衰していたと考えられ、仔魚の流下における最大ピークを観測した1月上旬の流下仔魚密度が過大評価となっているおそれがある。一方、12月上旬は濾水量が一時的に増えており（24.7～29.4m<sup>3</sup>/分）、当該時期の流量も増加していたものと考えられ、これにより付着卵の剥離が促進され過大評価となった可能性がある。

アユ仔魚の流下量の水準を過年度と比較するため、主産卵場における流下仔魚密度の最大値を見ると、伊尾木川の2021年度においては、302尾/m<sup>3</sup>と、過年度（2015年度：最大303尾/m<sup>3</sup>、2016年度：最大32.1尾/m<sup>3</sup>、2017年度：最大41.0尾/m<sup>3</sup>、2018年度：最大117尾/m<sup>3</sup>、2019年度：最大83.4尾/m<sup>3</sup>、2020年度：最大21.8尾/m<sup>3</sup>）と比較しても高く、流下量は高い水準であったと考えられた。

安芸川の2021年度においては、3,685尾/m<sup>3</sup>と過年度（2015年度：153尾/m<sup>3</sup>、2016年度：196尾/m<sup>3</sup>、2017年度：1,182尾/m<sup>3</sup>、2018年度：417尾/m<sup>3</sup>、2019年度：250尾/m<sup>3</sup>、2020年度：5,370尾/m<sup>3</sup>）の結果と比較すると、直近7年の中では2番目に高く、流下量は高い水準であったと考えられた（ただし、両河川とも前述のとおり水量の減少による過大評価となっている可能性がある）。

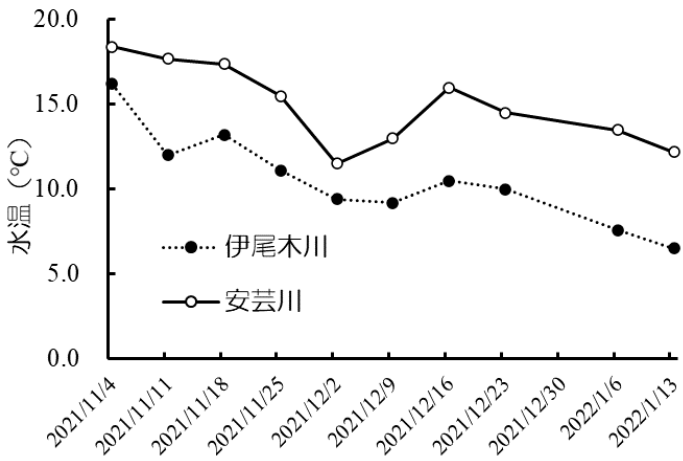


図1 伊尾木川及び安芸川の水温の推移

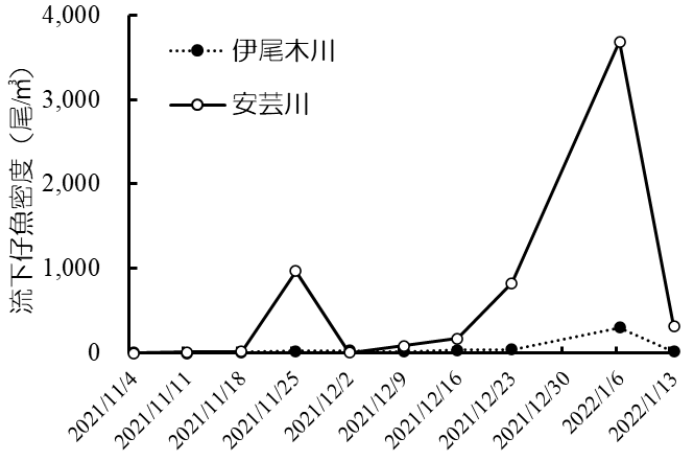


図2 伊尾木川及び安芸川の流下仔魚密度（尾/m<sup>3</sup>）の推移

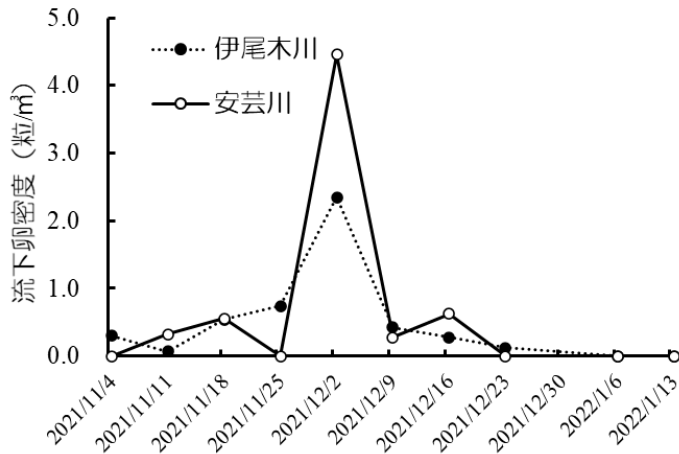


図3 伊尾木川及び安芸川の流下卵密度（粒/m<sup>3</sup>）の推移

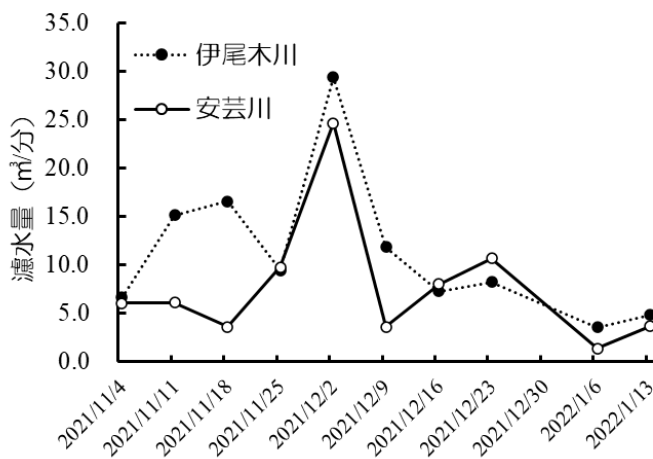


図4 伊尾木川及び安芸川の濾水量（m<sup>3</sup>/分）の推移

## 2) 鏡川

調査期間中（10月25日から1月17日）の19～20時の河川水温は、紅葉橋上流で8.5～18.9℃、トリム堰上流で8.2～19.7℃、トリム堰下流で8.1～19.6℃であり、11月中旬以前の水温が平年より高く、11月下旬以降は平年より低くなった（図5）。

流下仔魚密度は紅葉橋上で0.0～62.5尾/m<sup>3</sup>、トリム堰上で0.0～3.6尾/m<sup>3</sup>、トリム堰下で0.0～800尾/m<sup>3</sup>、流下卵密度は、トリム堰下では0.0～27.8粒/m<sup>3</sup>であり、紅葉橋上とトリム堰上では卵の流下が認められなかった。流下仔魚密度、流下卵密度の双方とも調査期間を通じてトリム堰下で高く2021年度の主産卵場はトリム堰の下流部に形成されたと考えられた。

主産卵場であるトリム堰下の流下仔魚密度の推移を見ると、11月19日に671尾/m<sup>3</sup>、12月13日に505尾/m<sup>3</sup>及び1月4日に800尾/m<sup>3</sup>（最大値）と3回のピークがみられた（図6）。

また、流下卵密度は11月29日に3.8粒/m<sup>3</sup>、12月13日に27.8粒/m<sup>3</sup>（最大値）及び12月20日に3.4粒/m<sup>3</sup>と3回のピークがみられた（図7）。

これらのことから、鏡川における2021年度におけるアユの産卵盛期は11月中下旬と、12月中下旬の2回あったと推察された。



アユ仔魚の流下量の水準を過年度と比較するため、主産卵場における流下仔魚密度の最大値を見ると2021年度は800尾/m<sup>3</sup>と、過年度（2015年度：132尾/m<sup>3</sup>、2016年度：35.5尾/m<sup>3</sup>、2017年度：429尾/m<sup>3</sup>、2018年度：1,997尾/m<sup>3</sup>、2019年度733尾/m<sup>3</sup>、2020年度：403尾/m<sup>3</sup>）の結果と比較すると、直近7年の中では2番目に高く、流下量は高い水準であったと考えられた。

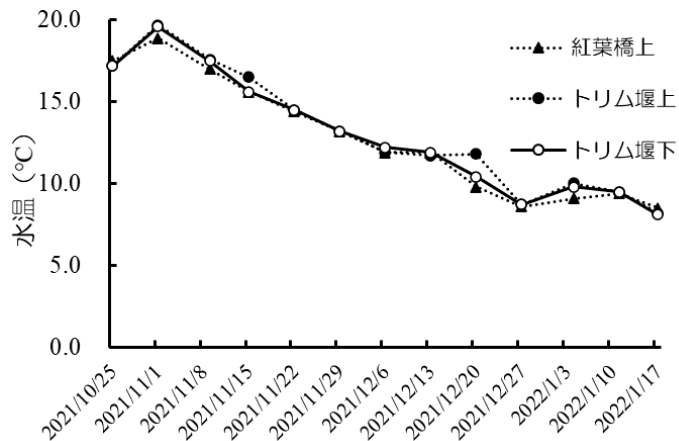


図5 鏡川の水温の推移

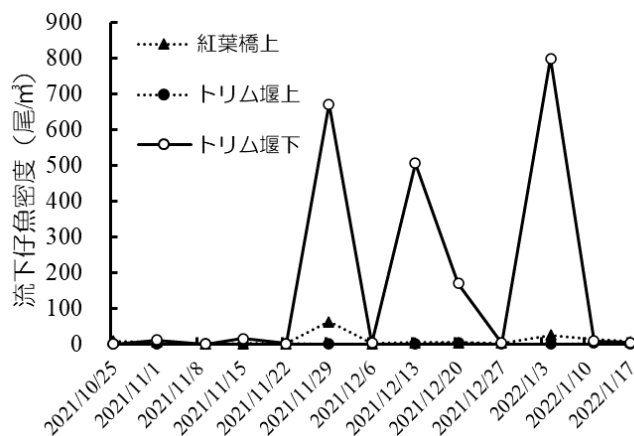


図6 鏡川の流下仔魚密度（尾/m<sup>3</sup>）の推移

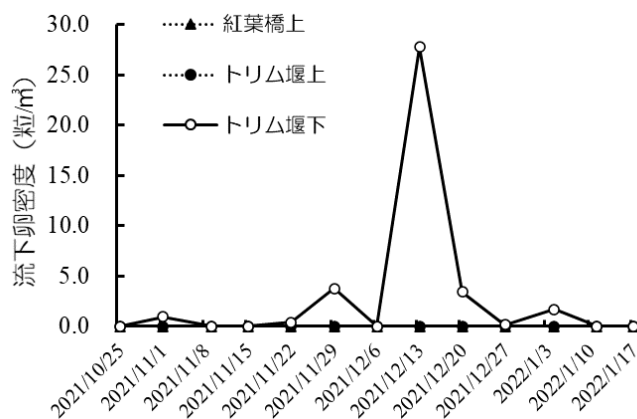


図7 鏡川の流下卵密度（粒/m<sup>3</sup>）の推移

### 3) 仁淀川

調査期間中の 20 時の河川水温は行当（10 月 27 日から 1 月 5 日）で 9.3～18.3℃、中島（11 月 3 日から 1 月 5 日）で 9.6～14.7℃と 12 月上旬及び下旬が平年より低いほかは概ね平年並であった（図 8）。

流下仔魚密度は行当で 0.0～33.2 尾/m<sup>3</sup>、中島で 0.0～4.1 尾/m<sup>3</sup>（図 9）、流下卵密度は行当で 0.0～5.3 粒/m<sup>3</sup>、中島で 0.0～0.7 粒/m<sup>3</sup>（図 10）と、いずれも期間を通じて行当が高く、主産卵場は行当周辺に形成されたと考えられた。

主産卵場における流下仔魚密度の推移をみると、11 月 24 日に 33.2 尾/m<sup>3</sup>のピークがみられた（図 9）。また、同様に流下卵密度は 11 月 17 日から 11 月 24 日までの間に 1.9～5.3 粒/m<sup>3</sup>のピークがみられた（図 10）。これらのことから、仁淀川における 2021 年度のアユの産卵盛期は 11 月中下旬であったと考えられた。

アユ仔魚の流下量の水準を過年度と比較するため、主産卵場における流下仔魚密度の最大値を見ると 2021 年度は 33.2 尾/m<sup>3</sup>と過年度（2015 年度：112 尾/m<sup>3</sup>、2016 年度：64.3 尾/m<sup>3</sup>、2017 年度：442 尾/m<sup>3</sup>、2018 年度：116 尾/m<sup>3</sup>、2019 年度：618 尾/m<sup>3</sup>、2020 年度：477 尾/m<sup>3</sup>）の結果と比較すると、直近 7 年の中では最も低く、仔魚の流下量は低い水準であったと考えられた。

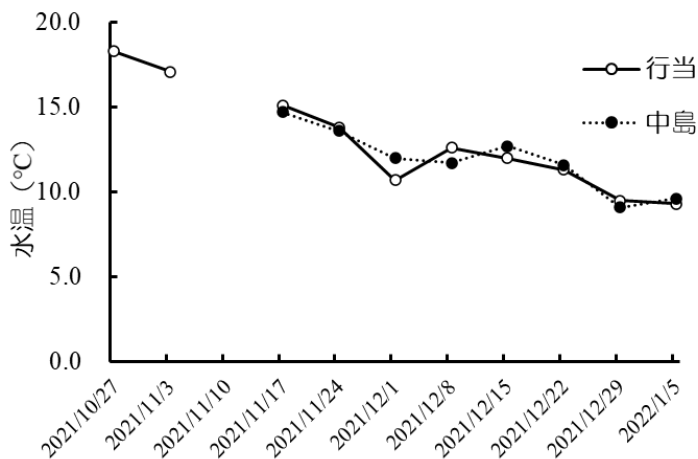


図 8 仁淀川の水温の推移

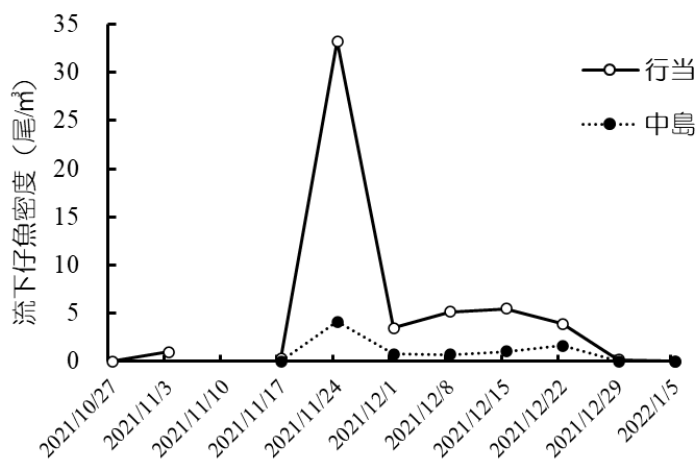


図 9 仁淀川の流下仔魚密度（尾/m<sup>3</sup>）の推移

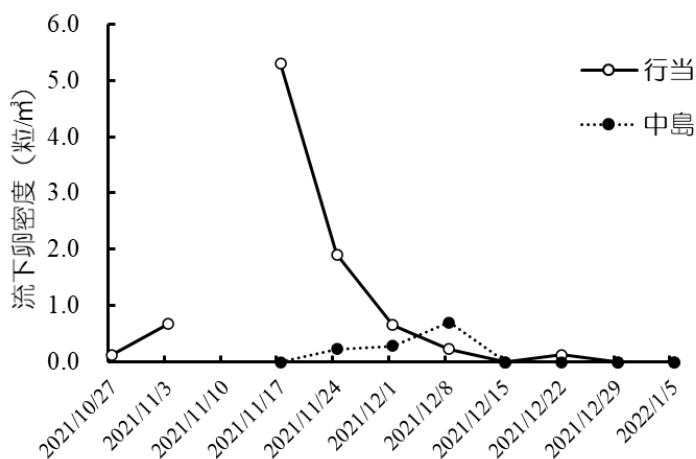


図 10 仁淀川の流下卵密度 (粒/m³) の推移

#### 4) 新莊川

調査期間中 (10 月 27 日から 1 月 19 日) の 18 時 30 分の河川水温は、長竹橋下流で 15.0～20.1℃であり、12 月中旬から 1 月上旬の間が平年より高いほかは概ね平年並であった (図 11)。

流下仔魚密度は 11 月 24 日に 1,508 尾/m³ (最大値)、12 月 15 日に 253 尾/m³ 及び 12 月 29 日に 227 尾/m³ と 3 回のピークがみられた (図 12)。また、流下卵密度は 11 月 10 日に 58.1 粒/m³ (最大値) 及び 11 月 24 日に 30.9 粒/m³ と 2 回のピークが観察された (図 12)。

これらのことから、新莊川における 2021 年度のアユの産卵ピークは、11 月中下旬及び 12 月上旬中旬の 2 回あったものと考えられた。

アユ仔魚の流下量の水準を過年度と比較するため、主産卵場における流下仔魚密度の最大値を見ると 2021 年度は 1,508 尾/m³ と、過年度 (2015 年度 : 23.9 尾/m³、2016 年度 : 261 尾/m³、2017 年度 : 379 尾/m³、2018 年度 : 308 尾/m³、2019 年度 434 尾/m³、2020 年度 : 1,652 尾/m³) の結果と比較すると、直近 7 年の中では 2 番目に高く、流下量は高い水準であったと考えられた。

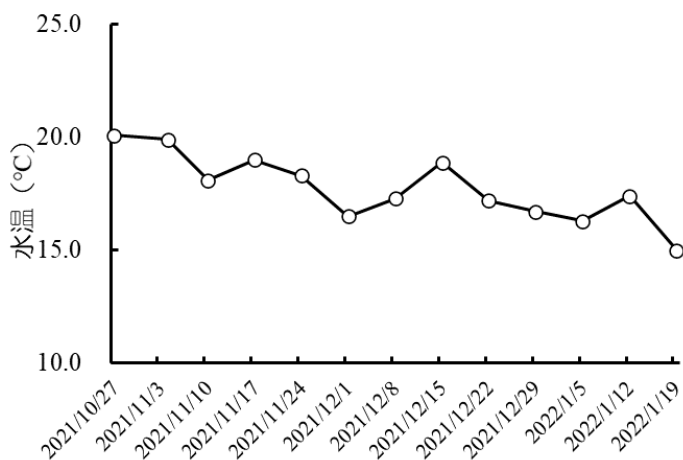


図 11 新莊川の調査定点における調査時の水温の推移

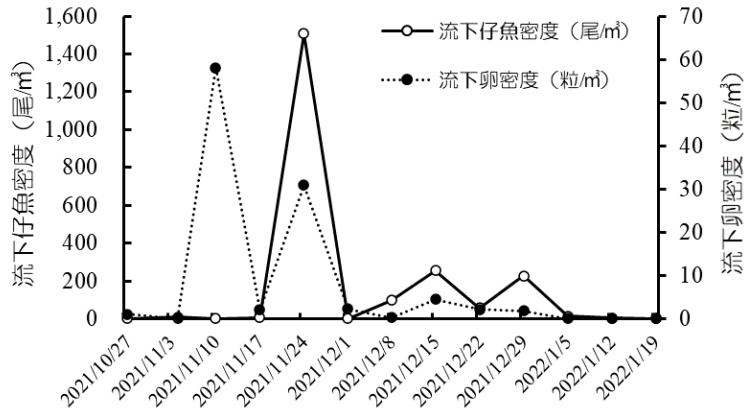


図 12 新莊川の流下仔魚密度（尾/m<sup>3</sup>）及び流下卵密度（粒/m<sup>3</sup>）の推移

### 5) 四万十川

調査期間中（11月1日から1月31日）の18時30分の河川水温は、小畑で7.5～19.2℃、平元で7.6～18.7℃であり、概ね平年並であったが1月上旬以降は平年より高くなった（図13）。

調査定点別にみると流下仔魚密度は平元で0.0～291尾/m<sup>3</sup>、小畑で0.2～3,735尾/m<sup>3</sup>、流下卵密度は平元で0.0～17.5粒/m<sup>3</sup>、小畑で0.0～4.0粒/m<sup>3</sup>（小畑では流下ピーク時のサンプルについては仔魚を希釈して計数したため卵の計数はできていない）であり、仔魚数が著しく高い小畑周辺で主産卵場が形成されていたものと考えられた（図14、図15）。

主産卵場における流下仔魚密度の推移を見ると11月22日から12月20日にかけて213～3,735尾/m<sup>3</sup>（最大値：12月6日）と、長期にわたる1回のピークがみられた（図14）。また、流下卵密度は11月15日から11月22日にかけて2.3～4.0粒/m<sup>3</sup>と1回のピークが見られた（図15）。

これらのことから、四万十川における2021年度のアユの産卵ピークは11月中旬から12月中旬にかけての1回であったと考えられた。

アユ仔魚の流下量の水準を過年度と比較するため、主産卵場における流下仔魚密度の最大値を見ると2021年度は3,735尾/m<sup>3</sup>と、過年度（2015年度：934尾/m<sup>3</sup>、2016年度：51.2尾/m<sup>3</sup>、2017年度：1,182尾/m<sup>3</sup>、2018年度：731尾/m<sup>3</sup>、2019年度1,937尾/m<sup>3</sup>、2020年度：2,164尾/m<sup>3</sup>）の結果と比較すると、直近7年の中では最も高く、流下量は高い水準であったと考えられた。

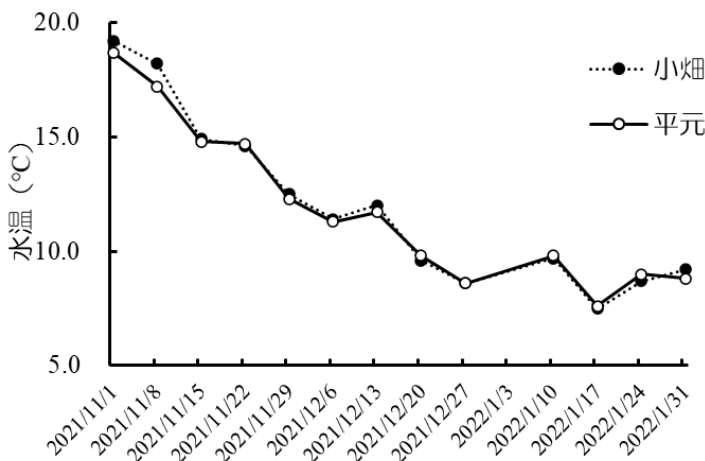


図 13 四万十川の定点における水温の推移

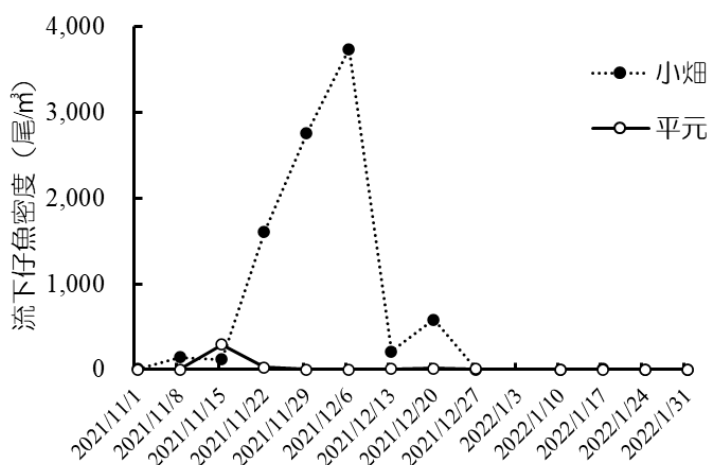


図 14 四万十川の流下仔魚密度（尾/m<sup>3</sup>）の推移

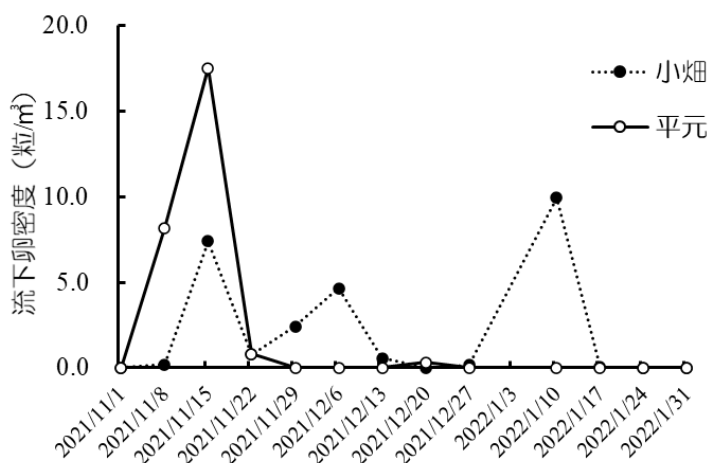


図 15 四万十川の流下卵密度（粒/m<sup>3</sup>）の推移

#### 6) 流下仔魚量指標値

2021年度の流下仔魚量指標値は、仁淀川を除き平年値より高かった（表2）。

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	2020年	2021年	平年値 (2009-20年平均)
伊尾木川	9.7	10.6	11.5	11.3	8.6	12.2	11.0
安芸川	12.3	14.4	13.2	12.9	16.1	15.9	12.6
鏡川	10.4	12.8	14.2	14.6	11.0	13.9	12.5
仁淀川	10.8	13.2	12.3	14.2	13.0	8.6	12.5
新莊川	13.0	13.5	13.0	13.0	14.9	13.9	13.0
四万十川	10.4	12.8	16.5	14.9	15.7	16.0	12.9

# 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等が中心となり、アユ資源の保全及び回復を目的とした種苗放流が行われている。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、生態系を攪乱しないよう天然アユと同等の遺伝的多様性を持つことが求められる。

そこで本県では、高知県内水面漁業協同組合連合会（以下、内漁連）と連携し、県内河川に遡上した天然魚を親魚とする、安全性（病原菌を持たない）及び遺伝的多様性の高い県産人工種苗「土佐のあゆ」の生産及び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及び放流体制の確立を目的として、天然親魚の採捕と養成、並びに人工種苗の疾病の検査及び遺伝的多様性の評価を行った。加えて、放流技術の改善の一助とするため、放流後の人工種苗の河川への定着状況を調査した。

## 2 調査項目

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

## 3 担当者

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

## 1 放流用人工種苗の生産に用いる親魚の採捕、養成および保菌検査

稲葉太郎・中城 岳

### (1) 目的

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

### (2) 材料と方法

2021年4月9日に奈半利川水系の丈丈川、4月10日に安田川の焼山堰、4月26日及び27日に新莊川の岡本堰及び仁淀川の八田堰において、すくい網及び電撃ショッカー（スミスルート社製）を用いて親魚候補となる天然アユを採捕した。電撃ショッカーの設定は、直流間欠通電、電圧350～400V、通電時間（Duty Cycle）12%、周波数（Frequency）30Hzに設定した。

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

養成した天然親魚（2021年F0群）は、9月下旬に1池当たり10尾を目安に保菌検査を実施した後、10月に当センターから種苗生産施設である高知県内水面種苗センター（以下「種苗センター」という。）へ活魚車で移送し、種苗生産用親魚とした。

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

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

### (3) 結果と考察

#### 1) 採捕及び輸送

丈丈川で1,504尾、安田川で920尾、新莊川及び仁淀川で1,436尾の天然アユをそれぞれ採捕した。採捕直後の死魚数は、丈丈川が67尾、安田川が90尾、新莊川及び仁淀川が137尾、活魚車による輸送時の死魚数は、丈丈川が70尾、安田川が89尾、新莊川及び仁淀川が156尾であった。安田川及び新莊川ではアユの集積が少なく、採捕に時間を要し魚体への負担が大きかったため、死魚数が多くなったと考えられた。

#### 2) 養成

冷水病対策として、各池共に養成開始時、6月及び8月に各1回の塩水浴を実施した。1回3日間を基本とし、塩分濃度は1.2%程度とした。塩水浴中の水温は、4月に21.3℃、6月に26.5℃、

8月に28.7℃まで上昇した。5月上旬頃から、安田川産の親魚群で一日あたり1～4尾の死亡が継続し、死亡魚から冷水病菌が検出されたため、5月19日から5日間、フロルフェニコールを有効成分とする抗菌剤（商品名：水産用フロルフェニコール2%液「KS」共立製薬）を投与した結果、死亡が終息した。

推定魚体重別の給餌率と飼育水温を表1に示した。市販のクランブル飼料を2社分混合し、推定魚体重10.0gまでは魚体重の5.0～4.2%、20.0gまでは3.9%、40gまでは3.3%、60gまでは3.0～2.9%、その後出荷までは2.2～1.7%を与え、雨天時には2割程度減量、塩水浴時は半量とした。また、9月からは卵質の向上を目的として、スピルリナが配合されたディスク型飼料を50%程度混合して給餌した。

表1 給餌率表

推定魚体重(g)	0.9～10.6	～21.5	～39.5	～63.5	～出荷
水温(℃)	15.0～18.0	18.0～19.1	18.7～20.3	20.4～20.8	20.6～21.2
給餌率(%)	5.0～4.2	3.9	3.3	3.1～2.9	2.2～1.7

各河川で採捕した天然アユの養成結果を表2に、親魚養成水槽（丈丈川産の収容水槽）の水温の経過を図1に示した。成熟の調整については10月中旬の採卵を目標とし、5月28日から8月10日の期間に、明期18時間、暗期6時間で長日処理を行った。

丈丈川産の親魚は1,295尾を取り上げた。生残率は94.7%（死亡魚には測定用にサンプリングした16尾を含む、過去5年平均91.8%）、餌料効率は0.72（過去5年平均0.73）、出荷時の平均体重は58.8g（過去5年平均50.9g）、9月28日時点におけるGSIは、雄11.1、雌19.9であった。

新莊川及び仁淀川産の親魚は995尾を取り上げた。生残率は87.1%（死魚には測定用にサンプリングした20尾を含む、前年83.4%）、餌料効率は0.80（前年0.73）、出荷時の平均体重は94.4g（前年62.2g）、9月28日時点におけるGSIは、雄11.6、雌23.9であった。

安田川産の親魚は630尾を取り上げた。生残率は85.0%（死亡魚には測定用にサンプリングした16尾を含む、前年87.3%）、餌料効率は0.70（前年0.73）、出荷時の平均体重は96.1g（前年77.9g）、9月28日時点におけるGSIは、雄11.7、雌24.9であった。

全ての親魚を10月1日に内水面種苗センターへ移送した後、10月18日に採卵に供した。

従前は、雨天時には給餌量の低減及び餌止めを実施していたが、今年度は採捕の時期が遅く、また魚体も小さかったため、雨天時にも指定量を給餌するよう努めた結果、大型の親魚を養成することができた。

表2 親魚養成結果の概要

採捕河川(池番号)	丈丈川 (501)	新莊川、仁淀川 (502)	安田川 (503)
採捕日	2021/4/9	2021/4/26, 27	2021/4/10
採捕尾数	1,504	1,436	920
移送尾数	1,437	1,299	830
収容尾数	1,367	1,143	741
収容時の平均体重(g)	0.72	2.00	1.14
出荷尾数	1,295	995	630
出荷時の平均体重(g)	58.8	94.4	96.1
生残率	94.7%	87.1%	85.0%
餌料効率	0.72	0.80	0.70
GSI	雄 11.1 雌 19.9	11.6 23.9	11.7 24.9
排卵・放精済個体の数	0/10	0/13	0/10



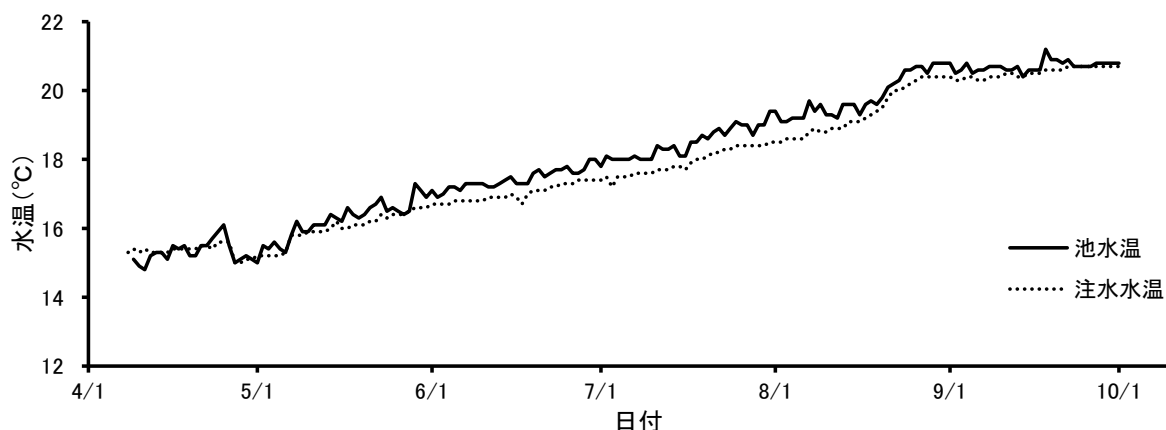


図1 親魚養成水槽 (501) の水温経過

### 3) 親魚の保菌検査

9月下旬に種苗センターへの出荷前に実施したPCR検査では、いずれの親魚群からも冷水病及びエドワジェラ・イクタルリ感染症の原因菌は検出されなかった。

採卵は10月18日及び19日に実施し、採卵に供した全ての親魚について冷水病及びエドワジェラ・イクタルリ感染症の原因菌の保菌検査を実施した。検査の結果、冷水病の原因菌が全てのロットから検出され、親魚群に冷水病が発生したことが判明した。親魚から卵への冷水病の垂直感染については諸説あるため、受精卵は廃棄せず管理を継続し、発眼卵を計5回、孵化仔魚20～70日齢までを10日おきに計6回、qPCRで保菌検査を実施した。検査の結果は全て陰性であったことから、種苗生産を継続した。

冷水病が発生した要因は、種苗センターへの親魚の移送から採卵までの日数が長かったため、移送と環境の変化により魚体へのストレスが増大し、保菌状態であった一部の親魚で冷水病が発症し、飼育池全体に拡大したものと考えられた。従って、親魚は当センターで充分成熟したことを確認してから種苗センターへ移送し、速やかに採卵に供する必要があると考えられる。

## 2 放流用人工種苗の遺伝的多様性の評価

石川 徹・隅川 和

### (1) 目的

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

### (2) 材料と方法

2021年度に放流したF1種苗（2020年度に養成した天然アユを親とする種苗で、親魚数は約300尾。以下「2021F1」という。）とF2種苗（2020年度に生産したF1種苗を親とする種苗で、親魚数は約1,000尾。以下「2021F2」という。）の2集団96個体（各48個体）を用いて、Takagi et al. (1999) の7遺伝子座 (Pal 1~7) およびHara et al. (2006) の2遺伝子座 (Palayu194 および199) の計9遺伝子座について、マイクロサテライトDNA多型解析を行った。

得られたデータをもとに、各集団の各座におけるアリルリッチネス ( $A_r$ )、ヘテロ接合体率の観察値 ( $H_o$ ) と期待値 ( $H_e$ ) をFSTAT (Goudet 2001) 及びARLEQUIN (Excoffier et al. 2007) で算出し、2020F1及び2020F2の遺伝的多様性について評価した。

### (3) 結果と考察

2021年に放流した県産人工種苗(2021F1及び2021F2)の各遺伝子座のアリルリッチネス( $A_r$ )及び平均ヘテロ接合体率( $H_o$ 、 $H_e$ )を表1に示した。なお、過去に放流した県産人工種苗10集団(2016~2020F1, F2)及び土佐湾産天然海産アユ7集団(占部ら 2018)の数値も比較のために併記した。

アリルリッチネスの各遺伝子座の平均は、2021F1及び2021F2でそれぞれ11.4及び10.8であり、過去に放流した人工種苗のF1種苗(11.1~12.9)及びF2種苗(10.2~12.1)と比較すると中間的な数値であり、天然海産アユ(11.5~12.5)と比較しても遜色ないものであった。また、平均ヘテロ接合体率の観測値( $H_o$ )は、2021F1及び2021F2でそれぞれ0.72及び0.68であり、過去に放流した県産人工種苗のF1種苗(0.69~0.73)、F2種苗(0.69~0.71)及び天然海産アユ(0.68~0.73)と同等であった。

県産人工種苗「土佐のあゆ」では遺伝的多様性を有することの指標としてアリルリッチネスで10以上、平均ヘテロ接合体率で0.7程度を目安としている。2021年に放流した人工種苗についてはアリルリッチネス及びヘテロ接合体率がいずれも目安とする値を満たしており、天然海産アユと同等の遺伝的多様性が保持されていたことが確認された(図1)。

表 1 2021年に放流した人工種苗2集団(2021F1, 2021F2)を含むアユ19集団のアリルリッチネス及びヘテロ接合体率

遺伝子座	人工種苗												
	2021F1	2021F2	2020F1	2020F2	2019F1	2019F2	2018F1	2018F2	2017F1	2017F2	2016F1	2016F2	
Pal1	Ar	16.9	16.0	17.8	18.0	16.7	15.6	17.5	15.6	15.9	14.7	17.3	15.0
Pal2	Ar	15.9	12.9	15.8	12.0	18.7	14.6	14.8	14.8	14.0	13.8	16.9	15.0
Pal3	Ar	18.9	19.0	17.0	16.7	16.7	16.7	16.7	13.8	16.7	17.9	18.7	14.8
Pal4	Ar	19.9	19.0	15.9	18.6	24.2	20.6	22.7	15.7	19.6	19.8	22.2	19.8
Pal5	Ar	3.0	3.0	4.9	3.9	2.9	3.0	3.0	2.9	2.0	2.0	2.8	2.0
Pal6	Ar	6.0	8.0	8.9	6.0	6.0	6.8	7.0	5.9	7.9	6.9	7.6	7.0
Pal7	Ar	6.0	7.0	12.8	11.8	7.8	5.9	7.9	4.9	6.8	6.0	7.7	6.9
Palayu194	Ar	11.9	9.0	14.5	10.8	12.4	11.8	11.6	12.6	12.7	14.7	12.6	9.7
Palayu199	Ar	4.0	3.0	8.9	10.8	3.0	4.0	4.0	5.8	3.9	5.0	6.1	6.0
	Ar	11.4	10.8	12.9	12.1	12.0	11.0	11.7	10.2	11.1	11.2	12.4	10.7
平均	Ho	0.72	0.68	0.72	0.71	0.69	0.70	0.69	0.69	0.70	0.71	0.73	0.71
	He	0.75	0.70	0.79	0.76	0.74	0.76	0.75	0.72	0.73	0.73	0.74	0.74

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	Ar	16.8	14.8	14.7	14.9	14.8	15.8	19.7
Pal2	Ar	15.8	15.9	14.0	18.6	17.6	16.7	16.7
Pal3	Ar	17.8	20.0	18.0	19.6	18.6	17.9	17.9
Pal4	Ar	18.8	25.2	20.9	21.6	22.6	26.3	22.8
Pal5	Ar	3.0	2.9	2.9	2.0	2.9	3.0	3.8
Pal6	Ar	7.9	7.0	8.9	7.8	8.9	8.9	7.0
Pal7	Ar	6.9	6.0	5.9	6.8	7.7	7.0	6.8
Palayu194	Ar	11.4	11.5	11.8	11.5	11.5	10.8	8.8
Palayu199	Ar	4.9	5.8	5.9	5.8	4.9	6.0	4.9
	Ar	11.5	12.1	11.5	12.1	12.2	12.5	12.1
平均	Ho	0.70	0.68	0.70	0.72	0.73	0.71	0.73
	He	0.72	0.73	0.74	0.73	0.73	0.74	0.72

アリルリッチネス:Ar, ヘテロ接合体率の観測値:Ho, ヘテロ接合体率の期待値:He

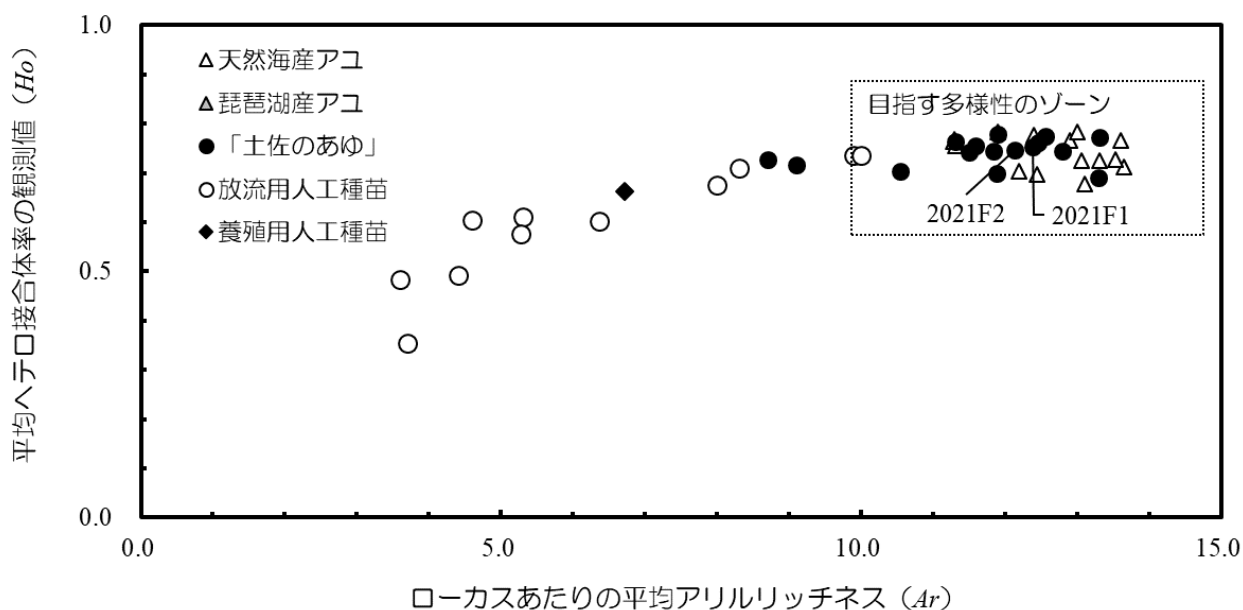


図 1 由来の異なるアユにおける平均ヘテロ接合体率の観測値(Ho)と平均アリルリッチネス(Ar)

## 文献

Excoffier, L., Laval, G. and Schneider, S. (2005) AREQUIN (version3.0) : An integrated software package for population genetics data analysis. *Evol. Bioinform. 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.

占部敦史, 隅川和 (2019) 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立及び種苗性の確保, 高知県内水面漁業センター事業報告書, 第 30 巻, 26-28.

### 3 放流用人工種苗の保菌検査

石川 徹・中城 岳

#### (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保菌していないことが求められる。そこで、県産人工種苗「土佐のあゆ」の安全性を確保するため、冷水病及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌の保菌検査を実施した。

#### (2) 材料と方法

2021年放流分の人工種苗（放流時期：2021年3月から5月）の全生産群13池（分槽先の池は同系統群として除く）について、冷水病及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌の保菌検査を実施した。

1池あたり60尾を供試魚として無作為抽出し、10尾ずつを1検査ロット（以下「ロット」という。）として1池あたり6ロット、合計13池78ロットの検査を行った。検査手法は「アユ疾病に関する防疫指針（アユ疾病対策協議会，平成23年12月）」に従った。

#### (3) 結果と考察

保菌検査を実施した13池78ロットのいずれからとも、冷水病菌及びエドワジエラ・イクタルリ感染症の原因菌は検出されなかった。

#### 文献

アユ疾病に関する防疫指針．アユ疾病対策協議会 2011  
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

石川 徹・中城 岳・隅川 和

### (1) 目的

放流効果の高い人工種苗の生産および放流技術の開発に向けて、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

2020年6月9日に四万十川水系四万川川及び梶原川において、放流後のアユの定着状況を把握するために潜水調査を実施した。調査定点は四万川川で三嶋神社、西ノ川及び川口合流（四万川川）、梶原川で川口合流（梶原川）及び大蔵谷の合計5定点とした（図1）。

潜水観察は、各調査区間の数百mの流程を調査員が流下し、その間に観察されるアユの個体数を把握した。観察範囲は、当時の透視度2mから両側4m（片側2m）の範囲とした。区間長及び川幅については、計測アプリ AREA CALCULATOR FOR LAND を使用して計測した。



図1 調査定点

### (3) 結果と考察

定着状況調査（潜水観察）の結果を表1に示した。

四万川川の調査定点①三嶋神社は調査区間長500mで、観察されたアユは合計560尾、生息密

度は、0.28 尾/m<sup>2</sup>、全長はおよそ 10～14cm の範囲にあり、多くが群れアユの状態であった。②西ノ川は調査区間長 800m で、観察されたアユは合計 130 尾、生息密度は、0.04 尾/m<sup>2</sup>、全長はおよそ 10～14cm の範囲にあり、全体にまばらであったが、観察されるアユは群れアユであった。③川口合流（四万川川）は調査区間長 200m で、観察されたアユは合計 140 尾、生息密度は、0.18 尾/m<sup>2</sup>、全長はおよそ 10～16cm の範囲にあり、観察されるアユの多くは群れアユであったが、なわばりアユも 10～15 尾程度観察された。また、この定点では体側に穴の空いた冷水病様の個体も確認された。

栲原川の調査定点④川口合流（栲原川）は、調査区間長 360m で、観察されたアユは合計 740 尾、生息密度は、0.51 尾/m<sup>2</sup>、全長はおよそ 10～16cm の範囲にあり、観察されるアユは群れアユであった。また、この定点で観察されたアユの群れは他の定点よりも大きく、100～200 尾程度の規模であった。⑤大蔵谷は調査区間長 360m で、観察されたアユは合計 530 尾、生息密度は、0.37 尾/m<sup>2</sup>、全長はおよそ 10～18cm の範囲にあり、観察されるアユの多くは群れアユであったが、他の定点に比べなわばりアユの数が多く、更に他の個体に攻撃する頻度も高く活性が高い様に見受けられた。

当該水域への放流は、4 月中下旬に平均体重 10g 程度で行われている。調査時は、放流から 1 月程度しか経過しておらず、全体に群れアユが多いことや、全長も概ね 10～16cm の範囲と小型個体が多くを占めたが、現地の水温等の状況から判断すると順調に生育していると考えられた。また、冷水病個体が一部観察されているが、死魚や多くの魚が罹患している状況は見られなかったため、大きな減耗は発生していないと考えられた。

なお、2021 年 6 月 15 日の解禁後の聞き取りでは、解禁後の数日はある程度釣獲されたものの、その後釣獲尾数は減少したとのことであった。調査時に観察された一部のなわばりアユが釣獲されると、後続の群の成長が追いついておらず、なわばりアユのストックが一時的に減少してしまうことによると考えられた。

表 1 定着状況調査の結果

No.	調査定点	水温 (℃)	区間長 (m)	川幅 (m)	区間面積 (㎡)	観察面積 (㎡)	観察尾数 (尾)	全長 (cm)	生息密度 (尾/㎡)	区間尾数 (尾)	備考
①	三嶋神社	20.2	500	12.9	6,450	2,000	560	10～14	0.28	1,806	
②	西ノ川	—	800	11.9	9,520	3,200	130	10～14	0.04	387	・全体にまばら
③	川口合流（四万川川）	21.4	200	13.0	2,600	800	140	10～16	0.18	455	・なわばりアユ10～15尾 ・穴あき（冷水病）1尾見える
④	川口合流（栲原川）	19.2	360	10.4	3,744	1,440	740	10～16	0.51	1,924	
⑤	大蔵谷	18.8	360	14.0	5,052	1,440	530	10～18	0.37	1,859	・なわばりアユ5尾程度（活性高い） ・アカザの斃死あり

# 養鰻における疾病の早期検知技術の開発

中城 岳

## 1 目的

県内ではウナギ養殖が盛んに行われており、その産業規模は年間生産量 300～600 トン、年間生産金額 10～20 億円と、本県における重要な産業となっている。しかし、以前から疾病によるへい死被害が大きな問題となっており、魚病による年間被害金額（平成 27～31 年（令和元年）の 5 カ年平均）は約 9 千万円にもものぼる。ウナギ養殖で被害をもたらす疾病はウイルス病、細菌病、寄生虫病の 3 種に大別されるが、県内ではこのうち細菌病の発生頻度が最も高く、特に腸内細菌科の 1 種である *Edwardsiella tarda*（以下、*E. tarda*）に起因する「パラコロ病」の被害が最も多い。当該疾病による年間被害金額（平成 27～31 年（令和元年）の 5 カ年平均）は約 6 千万円であり、年間の疾病被害の大多数を占める（図 1）。パラコロ病は他の疾病と比較すると、発症後の症状の進行や感染拡大が早く、一定数のへい死魚が発生した段階では既に飼育池全体に感染が広まっており、給餌制限や抗菌剤の投薬を行っても思うような効果が得られず、その後もへい死被害が継続する場合が多い。

養殖池内における細菌性疾病は、初期に感染した個体の放出する原因菌が飼育水を介して他の個体に感染することで飼育池全体に蔓延していくと考えられる。そのため、発症しへい死が発生する前の段階で、飼育水中の原因菌の細菌量が増加する傾向にあると推察される。これまでの研究によって、パラコロ病と同じ細菌性疾病であるカラムナリス病の原因菌 *Flavobacterium columnare* について、環境水をメンブレンフィルターでろ過後、このフィルターから DNA を抽出し、リアルタイム PCR（以下、qPCR）に供することで、抽出サンプル中に存在する当該細菌の遺伝子のコピー数から細菌量を定量する手法が確立されている（占部ら、2015）。そこで、*E. tarda* についても、同様の手法により養殖池中の細菌量を定期的にモニタリングすることで、細菌量の増加を判断基準として疾病の発生を早期に検知できる可能性がある。

本事業では、パラコロ病発生の早期検知技術の開発を目的として、①qPCR を用いた環境水からの *E. tarda* 細菌量の定量検出手法の確立、②当該手法を用いた感染試験による *E. tarda* の細菌量動態のモニタリング、③実際の養鰻池における *E. tarda* の細菌量動態及び水質項目のモニタリングを行う。なお、本事業は令和 3 年度から 5 年度までの 3 カ年事業であり、令和 3 年度については、①と②の感染試験で用いる病魚の作出方法の検討を実施した。



## 2 材料と方法

### (1) *E. tarda* 菌株の再分類

*E. tarda* は魚病以外にもヒトの胃腸炎の原因菌としても知られており、人畜共通病原体とされてきたが、最近の遺伝子解析の結果、ヒト由来株と魚類由来株は別種であると報告され、魚類由来株については、*Edwardsiella piscicida* (以下、*E. piscicida*) と *Edwardsiella anguillarum* (以下、*E. anguillarum*) の2種類に再分類された (Abayneh et al.,2012;Shao et al.,2015)。なお、国内の報告によると、日本のマダイ由来2株は *E. anguillarum* に、ヒラメ由来株2株は *E. piscicida* に、ニホンウナギ由来株については、日本で分離された1株は *E. piscicida* に、中国で分離された3株は *E. anguillarum* に分類されている (飯田ら,2016)。そこで、当所保有の *E. tarda* 菌株92株について、DNeasy Blood & Tissue Kit (Quiagen)を用いてDNA抽出を行い、これらのDNAサンプルを対象として、Reichleyら(2015)が設計した *E. piscicida* を特異的に検出するプライマー (EP14529F 及び EP14659R) 及びプローブ (EP14615P) と、*E. anguillarum* を特異的に検出するプライマー (EPL1583F 及び EPL1708R) 及びプローブ (EPL1611P) を用いた qPCR を行い、菌株を再分類した。なお、両方のプローブの5'末端に6-FAM、3'末端にBHQ-1を付加した。また、qPCR反応液の組成は、テンプレートDNA 2.0 $\mu$ L、Probe qPCR Mix(タカラバイオ)10.0 $\mu$ L、フォワード及びリバースプライマー各0.4 $\mu$ L (最終濃度各0.2 $\mu$ M)、プローブ0.8 $\mu$ L (最終濃度0.4 $\mu$ M)を混合し、超純水で最終液量20.0 $\mu$ Lに調整した。qPCR反応はLight Cycler 96 (Roche)を用い、初期熱変性を95 $^{\circ}$ C30秒、続いて2ステップサイクル (95 $^{\circ}$ C5秒、60 $^{\circ}$ C30秒)を50サイクル行った。

### (2) 菌株の選択

当所保有の *E. tarda* 菌株90株のうち、細菌分離を行った供試魚の症状等を考慮し、感染試験に供する病原性の高い菌株を選択した。

### (3) qPCRによる増幅確認

本研究で用いるプライマー及びプローブが他の病原細菌や環境細菌と非特異的に反応する可能性があることから、これらの特異性を再確認するため、*E. tarda* 5株 (KFCB-0639株、KFCB-0644株、KFCB-0661株、KFCB-0671株及びKFCB-0714株)、*Flavobacterium psychrophilum* 1株 (KFCB-0686株)、*Aeromonas hydrophila* 1株 (KFCB-0616株)、*Aeromonas salmonicida* 1株 (KFCB-0569株)、*Edwardsiella ictaluri* 1株 (KFCB-0620株) 及び *Vibrio cholerae* 1株 (KFCB-0732株) の合計10株 (表1) について、DNeasy Blood & Tissue Kitを用いてDNAを抽出し、これらのDNAサンプルに対するqPCR増幅反応を調べた。なお、qPCR反応液の組成及び反応条件は(1)と同様とした。

### (4) qPCRの検量線の作成

(2)で選択した供試菌株をSS寒天培地上に展開し、30 $^{\circ}$ Cで24時間静置培養後、培地上に出現した中心部黒色のコロニーを釣菌し、DNeasy Blood & Tissue Kitを用いてDNA抽出

を行った。得られた DNA サンプルは Amplitaq Gold 360 Master Mix (Applied Biosystems) で PCR 反応を行った。反応液の組成は、テンプレート DNA 1.0 $\mu$ L、Master Mix 12.5 $\mu$ L、フォワード及びリバースプライマー各 1.0 $\mu$ L (最終濃度各 0.4 $\mu$ M)、を混合し、超純水で最終液量 25.0 $\mu$ L に調整した。反応条件は、初期熱変性を 95 $^{\circ}$ C 10 分、続いて 2 ステップサイクル (95 $^{\circ}$ C 15 秒、60 $^{\circ}$ C 1 分) を 45 サイクル行った。PCR 増幅産物は 2%アガロースゲル電気泳動に供し、FastGene Gel/PCR Extraction Kit (日本ジェネティクス) を用いてゲル内の増幅産物を精製した。その後、精製物の DNA 濃度を Qubit Fluorometer (Thermo Fisher SCIENTIFIC) で測定し、DNA 濃度と分子量及びアボガドロ定数からコピー濃度 (copies/ $\mu$ L) を算出した。測定した精製物を Easy Dilution (タカラバイオ) で  $10^0$ - $10^{-9}$  の 9 段階に希釈し、スタンダードを作成した。各スタンダードを用いて 3 回の qPCR を行い、各希釈系列の Ct 値 (Threshold cycle) の平均を求め、検量線を作成した。

#### (5) フィルターろ過による DNA 抽出方法の検討と冷凍保存による検出感度の比較

(2) で選択した供試菌株を SS 液体培地 5.0mL に接種後、30 $^{\circ}$ C、24 時間静置培養し、その培養液を超純水で  $10^0$ - $10^{-9}$  の 9 段階に希釈した。各希釈系列の菌液 10 $\mu$ L を DNeasy Blood & Tissue Kit により DNA を直接抽出する方法をコントロール区、各希釈系列の菌液 200 $\mu$ L を 40ml の超純水に懸濁させ、この懸濁液を孔径 0.2 $\mu$ m のサイクロポアメンブレンフィルター (Whatman) でろ過し、フィルターから DNA を抽出する方法を試験区 1 として、それぞれの手法で得られた DNA サンプルを qPCR に供し、各希釈系列のコピー濃度を測定し比較した。また、凍結保存による検出感度の比較を行うため、各希釈系列の菌液 200 $\mu$ L に超純水 40mL を加えた懸濁液を -20 $^{\circ}$ C で 24 時間冷凍保存し、懸濁液を解凍して試験区 1 と同様の手法で DNA を抽出する方法を試験区 2 として、コピー濃度を測定し、試験区 1 と比較した。なお、ろ過したフィルターからの DNA 抽出・精製方法は、嶋原ら (2015) に従った。

また、各希釈系列の菌液 10 $\mu$ L を SS 寒天培地に塗布し、30 $^{\circ}$ C、24 時間培養後、培地上のコロニー数を計数し、培養液 1.0mL あたりの生菌数 (CFU/mL) を算出した。得られた生菌数から各希釈系列の菌液の生菌数を算出し、コントロール区のコピー濃度と比較した。

#### (6) 病魚作出手法の検討

パラコロ病の感染試験について、過去の文献を参照すると、稚魚期には細菌懸濁液への直接浸漬、もしくは細菌懸濁液へ浸漬したイトミミズの投餌で、人工感染が成立した (石原・楠田, 1981) が、大型魚では浸漬法による人工感染が成立しないとの報告がある。一方、宮崎ら (1992) は、成魚サイズのウナギの腸内に過酸化水素水を注入し、1 尾あたり一定の細菌量を飼料に混入し強制経口投与したところ、細菌量が  $2.6 \times 10^6$  CFU であった場合、15 尾中 14 尾は 5~23 日経過する間に瀕死ないしへい死し、1 尾あたり  $7.9 \times 10^6$  CFU であった場合、18 尾中 13 尾が 4 日以内に急激に発症しへい死した、と報告している。そこでこれらの手法を参考に、急性死せず、感染後 10 日前後でへい死する手法を検討した。

## 供試魚及び供試菌株

供試魚は過去5年間でパラコロ病の発生歴のない県内養鰻業者から入手した、魚体重150～200g/尾のニホンウナギを用いた。供試菌株は(2)で選択した菌株を用いた。病原性の向上を目的として、当該菌株をHI液体培地5.0mLに接種後、30℃、24時間静置培養し、その後、培養液を供試魚1尾の腹腔内に接種し、死亡した魚の腎臓からSS寒天培地で分離した菌株を80%グリセロールで冷凍保存(-80℃)し、攻撃用菌株として使用した。

## 飼育条件

50Lアクリル水槽に1尾を収容し、各試験区2水槽(1試験区あたり計2尾)とした。飼育水はヒーターで水温を28℃に維持し、十分なエアレーションを行い、一定の溶存酸素量が保持されるようにした。また、飼育水の換水は行わず、後述する飼育水中の細菌量のモニタリング用の採水分をその都度補充した。なお、飼育期間中は無給餌とした。

## 供試魚及び飼育水の分析

供試魚については、死亡個体は取り上げ後、症状の確認、肝臓及び腎臓組織の塗抹標本の観察、SS寒天培地による菌分離を行い、肝臓及び腎臓組織からDNeasy Blood & Tissue Kitを用いて抽出したDNAサンプルをqPCRに供し、陽性が確認されたサンプルについては、各抽出DNA1.0ngあたりの原因菌DNAコピー数を算出した。なお、生存魚は試験終了日に全て取り上げ、同様の検査を実施した。また、飼育水については、試験開始0日目から試験終了日まで、毎日250mLを採水し、全量を孔径0.1mmのGF/Fガラスフィルター(Whatman)及び孔径0.2µmのサイクロポアメンブレンフィルターでろ過後、これらのフィルターから抽出したDNAサンプルをqPCRに供し、飼育水中の細菌量(CFU/L)を推定した。

## 感染試験

攻撃方法として、①腸内への過酸化水素水注入及び菌液入り飼料の強制投与方法、②菌液の腹腔内注射法、③浸漬感染法の3種類の方法を実施した。

### ①腸内への過酸化水素水注入及び菌液入り飼料の強制投与方法

まず、腸内への過酸化水素水注入による魚体への影響を調べるために、30%過酸化水素水を1倍、5倍、25倍の3段階に希釈し、供試魚3尾に対して、各希釈系列5.0mLを1尾ずつ肛門内に注射器で注入し、各希釈系列別に50L水槽に収容後、経過観察した。また、感染試験については、攻撃用菌株をHI液体培地5.0mLに接種後、30℃で24時間静置培養し、培養液を $10^0$ (原液)、 $10^{-3}$ 、 $10^{-5}$ の3段階に希釈し、各希釈系列1.0mLを乾重量0.8gのウナギ育成用飼料「皇帝」(フィード・ワン)と混合し、先端を切除した2.5mLシリンジを用いて、1尾ずつ強制的にウナギの胃内へ挿入した。対照区については、同量の滅菌PBSで調整した飼料を投与した。なお、供試魚は $10^0$ (原液)区、 $10^{-3}$ 希釈区、 $10^{-5}$ 区希釈区及び対照区の計4区で各2尾ずつ、計8尾とした。

### ②菌液の腹腔内注射法

攻撃用菌株をHI液体培地5.0mLに接種後、30℃で24時間静置培養し、培養液を $10^0$ (原

液)、 $10^{-3}$ 、 $10^{-5}$ の3段階に希釈し、試験区ごとに1尾あたり0.1mLをウナギの腹腔内へ注射した。対照区については、同量の滅菌PBSを腹腔内へ注射した。また、攻撃用菌株の培養液を超純水で $10^0$ – $10^{-9}$ の9段階に希釈後、各希釈系列10 $\mu$ LをSS寒天培地に塗布し、30°Cで24時間培養後、培地上のコロニー数を計数し、1尾あたりに投与した生菌数(CFU/尾)を算出した。なお、供試魚は $10^0$ (原液)区、 $10^{-3}$ 希釈区、 $10^{-5}$ 区希釈区及び対照区の計4区で各2尾ずつ、計8尾とした。

### ③浸漬感染法

攻撃用菌株をHI液体培地100mLに接種後、30°Cで24時間静置培養し、さらにその培養液をHI液体培地1Lへ接種後、30°Cで24時間静置培養した。この培養液1Lを地下水9Lと混合し、浸漬攻撃液とした。浸漬時間は試験区ごとに30分間、15分間、5分間の3段階とした。対照区については、地下水10Lへ30分間浸漬した。また、②と同様の手法で浸漬攻撃液の生菌数(CFU/mL)を算出した。なお、供試魚は30分浸漬区、15分浸漬区、5分浸漬区及び対照区の計4区で各2尾ずつ、計8尾とした。

## 3 結果及び考察

### (1) *E. tarda* 菌株の再分類

供試した*E. tarda*菌株90株のうち、5株が*E. piscicida*、85株が*E. anguillarum*に分類された(表2)。特に2020年以降の分離株は全て*E. anguillarum*であり、本試験においては、*E. anguillarum*を実験対象とすることとした。

### (2) 菌株の選択

肝臓上に顕著な膿瘍症状が見られた供試魚から分離された、KFFCB0671株を感染試験における攻撃用菌株として選定した。

### (3) qPCRによる増幅確認

供試した10株のうちqPCRにより増幅が確認できたのは*E. tarda* (*E. anguillarum*)5株のみであり、その他の菌株の遺伝子は増幅されなかった(図2)。このことから、本qPCR法により*E. anguillarum*を特異的に検出することができるものと判断された。

### (4) qPCRの検量線の作成

KFCB-0617株から得られた精製物のDNA濃度は1.11ng/ $\mu$ Lで、コピー濃度は $8.80 \times 10^9$ copies/ $\mu$ Lであった。この精製物を $10^0$ – $10^{-9}$ に段階希釈したスタンダードをqPCR反応に供したところ、相関係数0.9986、増幅効率1.02、傾き-3.29、Y切片37.33からなる検量線が得られた(図3)。これにより、qPCRで得られたCt値からコピー濃度が算出可能であることが分かった。

(5) フィルターろ過による DNA 抽出方法の検討と冷凍保存による検出感度の比較

$10^0-10^{-5}$  の希釈系列の生菌数は、 $7.0 \times 10^5-7.0 \times 10^0$  CFU/ $\mu$ L で、 $10^{-6}-10^{-9}$  の希釈系列を接種した培地上にコロニーは出現しなかった。qPCR で測定したコピー濃度は、コントロール区では、 $10^{-7}-10^{-9}$  で検出限界値以下、 $10^0 - 10^{-6}$  で  $4.52 \times 10^5 - 2.79 \times 10^0$  copies/ $\mu$ L であった。また、試験区 1 では  $10^{-6}-10^{-9}$  で検出限界値以下、 $10^0 - 10^{-5}$  で  $5.54 \times 10^5 - 8.67 \times 10^0$  copies/ $\mu$ L であった。(表 3)。培養液の各希釈系列の生菌数とコントロール区のコピー濃度は、1 細菌あたり 1 コピー濃度とした時の検量線とほぼ一致したことから、本 qPCR 法で得られたコピー濃度は細菌量に置き換えられることが分かった (図 4)。

また、試験区 1 及び 2 のコピー濃度が概ね一致したことから (表 3)、懸濁液を冷凍保存しても当該細菌の DNA 回収率は変わらず、飼育水を冷凍保存し、検査に供することも可能であることが分かった。

(6) 病魚作出手法の検討

各感染試験の実施前に、供試魚の飼育群から 5 尾を無作為抽出し、保菌検査に供したところ、パラコロ病を含む主要疾病の病原体の保有は確認されなかった。

①腸内への過酸化水素水注入及び菌液入り飼料の強制投与法

腸内へ過酸化水素水を注入したところ、いずれの希釈段階においても、注入直後に鰭の発赤、魚体の白化及び硬直等見られ、最終的に全ての供試魚が死亡したため、過酸化水素水の注入を行わず、菌液入り飼料の強制投与のみで感染試験を実施した。

試験開始後、1 日目に 3 試験区の供試魚計 6 尾が強制投与した飼料を吐き戻した。また、2 日目に対照区の 2 尾も同様に飼料を吐き戻したため、感染試験を中断した。そのため、供試魚及び飼育水の分析は実施しなかった。

②菌液の腹腔内注射法

攻撃用菌株培養液の細菌量は  $1.3 \times 10^9$  CFU/mL であり、1 尾あたりの投与細菌量は原液区で  $1.3 \times 10^8$  CFU/尾、 $10^{-3}$  希釈区で  $1.3 \times 10^5$  CFU/尾、 $10^{-5}$  希釈区で  $1.3 \times 10^3$  CFU/尾であった。

試験開始 2 日目及び 4 日目に原液区の供試魚 2 尾が死亡し、その他の試験区の供試魚は試験終了日の 13 日目においても死亡が見られなかった。供試魚の症状の確認等、各種検査の結果については表 4 の通りであった。死亡した  $10^0$  希釈区の供試魚 2 尾は、出現した症状や塗抹標本に見られた細菌群の形態、qPCR の結果から、パラコロ病の発症により死亡したと考えられた。当該手法によって感染が成立することが明らかになったが、いずれも急性的な死亡であり、自然感染による死亡の状態とは異なることから、当該手法は病魚作出手法としては不適當であると考えられた。

また、試験期間中の飼育水中の *E. anguillarum* 細菌量の推移は図 5 の通りであった。原液区では試験開始後から細菌量が増加し、特に②原液区-2 水槽においては、死亡前日に細菌量が  $2.38 \times 10^6$  CFU/L で最大となり、供試魚の回収後は緩やかに減少する傾向が見られた。一方、 $10^{-3}$  希釈区及び  $10^{-5}$  希釈区においても同様に細菌量の増加が見られたが、供試魚は

死亡せず、魚体から原因菌が検出されなかったことから、何らかの理由で感染が成立しなかったと考えられた。また、対照区の2水槽で細菌量の増加が見られた。これについては、採水時やろ過作業時におけるサンプルのコンタミネーションが疑われたため、作業方法を改善する必要があると考えられた。

### ③浸漬感染法

攻撃用菌株培養液の細菌量は  $6.0 \times 10^7$  CFU/mL、浸漬攻撃液の細菌量は  $6.0 \times 10^6$  CFU/mL であった。

試験開始8日目に30分間浸漬区、15分間浸漬区、5分間浸漬区の供試魚各1尾、計3尾が死亡し、その他の供試魚は試験終了日の11日目においても死亡が見られなかった。供試魚の症状の確認等、各種検査の結果については表4の通りであった。死亡した供試魚3尾は、出現した症状や塗抹標本に見られた細菌群の形態、qPCRの結果から、いずれもパラコロ病の発症により死亡したと考えられた。当該手法による死亡までの日数は8日間であり、自然感染による死亡までの日数（約10日間）に近似していることから、当該手法は病魚作出手法として適当であると考えられた。

また、試験期間中の飼育水中の *E. anguillarum* 細菌量の推移は図6の通りであった。試験区の全水槽において、試験開始直後から細菌量が急激に増加し、供試魚が死亡した③30分浸漬区-1、③15分浸漬区-2、③5分浸漬区-1では、死亡前日まで細菌量が高い状態が維持され、供試魚の回収後は緩やかに減少する傾向が見られた。一方、その他の水槽においても同様に細菌量の増加が見られたが、供試魚は死亡せず、魚体から原因菌が検出されなかったことから、何らかの理由で感染が成立しなかったと考えられた。

## 【引用文献】

- 占部敦史、長岩理央（2015）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.
- Abayneh, T., D. J. Colquhoun and H. Sorum（2012）: *Edwardsiella piscicida* sp. nov., a novel species pathogenic to fish. J. Appl. Microbiol., **114**, 644-654.
- Shao, S., Q. Liu, H. Wu, J. Xiao, Z. Shao, Q. Wang and Y. Zhang（2015）: Phylogenomics characterization of a highly virulent *Edwardsiella* strain ET080813T encoding two distinct T3SS and three T6SS gene clusters: Propose a novel species as *Edwardsiella anguillarum* sp. nov., Syst. Appl. Microbiol., **38**, 36-47.
- 飯田貴次、坂井貴光、高野倫一（2016）: エドワジエラ症. 魚病研究, **51(3)**, 87-91.
- Reichley, S. R., Ware, C., Greenway, T. E., Wise, D. J., and Griffin, M. J.（2015）: Real-time polymerase chain reaction assays for the detection and quantification of *Edwardsiella tarda*, *Edwardsiella piscicida*, and *Edwardsiella piscicida*-like species in catfish tissues and pond water. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation **27(2)**, 130-139.
- 嶋原佳子、河東康彦、柳宗悦、前野幸二、釜石隆（2015）養殖場における *Nocardia seriolae* の分布に関する研究．平成27年度日本魚病学会春季大会.
- 石原秀平、楠田理一（1982）: 飼育水温によるパラコ病実験的感染ウナギからの放出菌量の差異について. Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries **49(9)**, 1341-1395
- 宮崎照雄、Miguel A. Gutierrez、田中真二（1992）: ニホンウナギのパラコ病の実験感染に関する研究. 魚病研究, **27(1)**, 39-47.

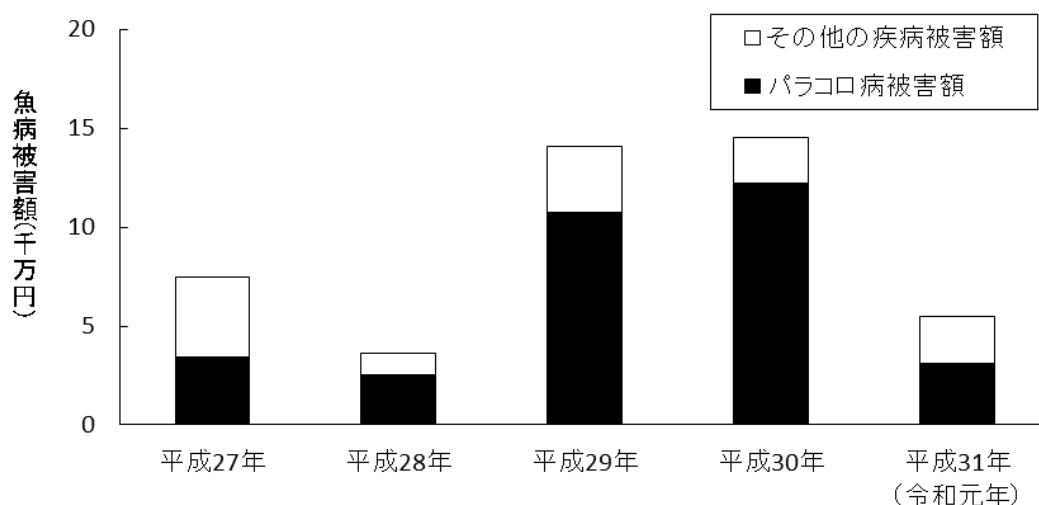


図1 高知県の養鰻業における魚病被害額の推移

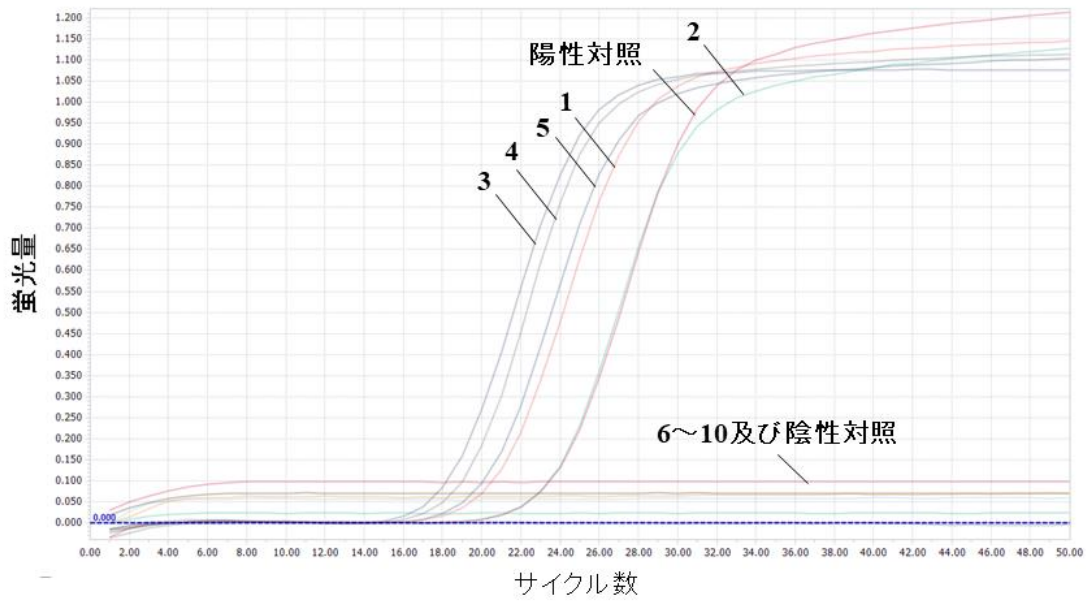


図2 qPCRによる菌株抽出DNAの検出確認

1-10 : サンプル番号 (表1参照)

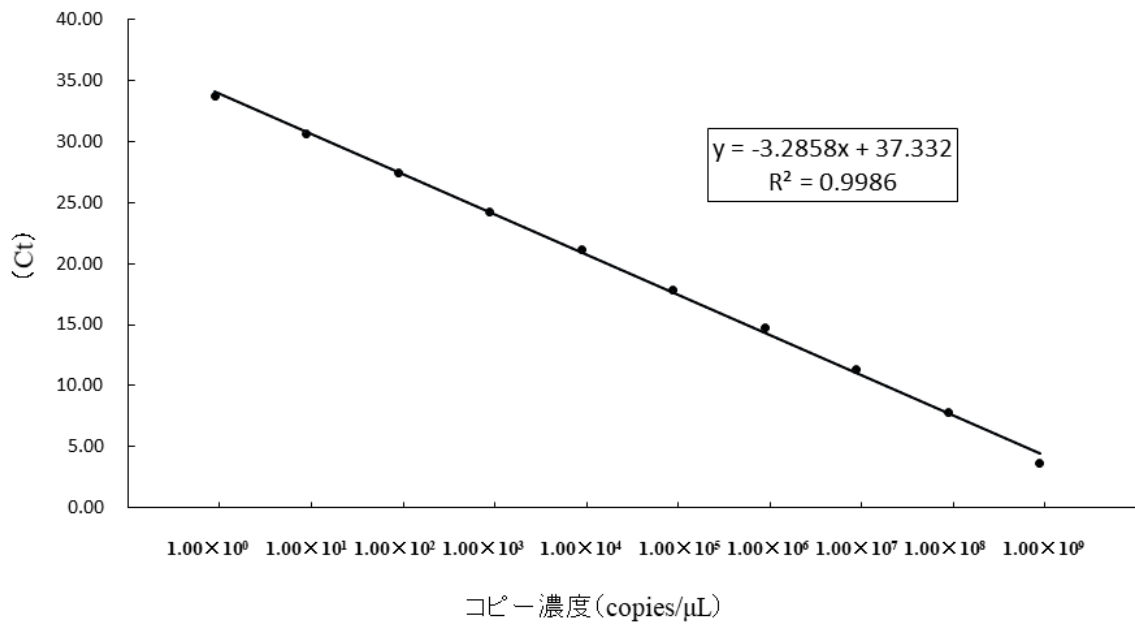


図3 検量線



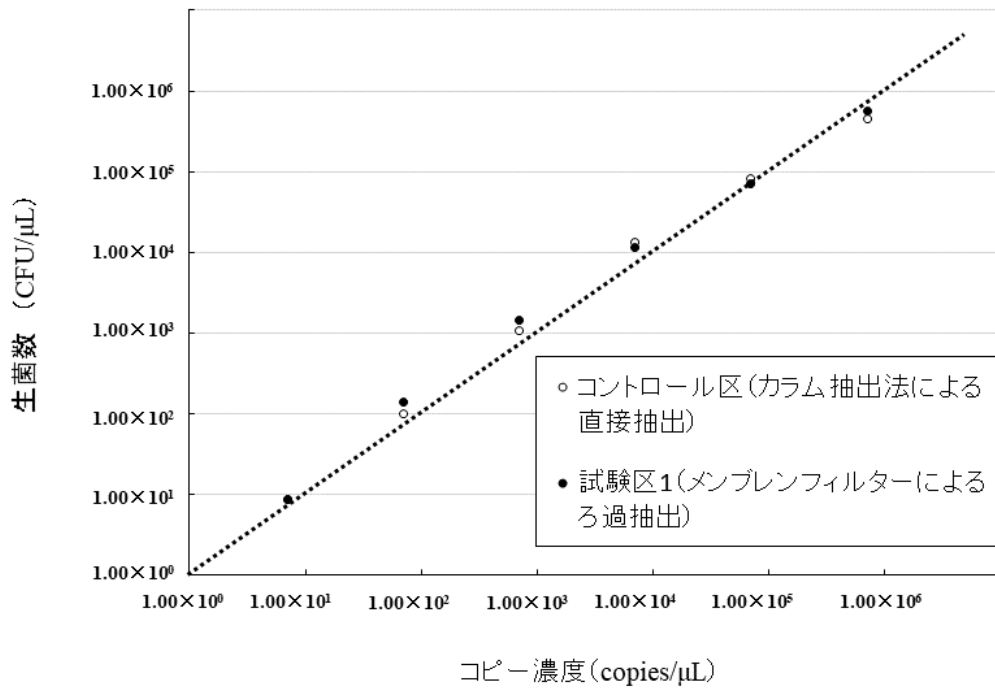


図4 培養液の菌濃度とコピー濃度

(点線：1細菌あたり1コピー数濃度である時に得られる線)

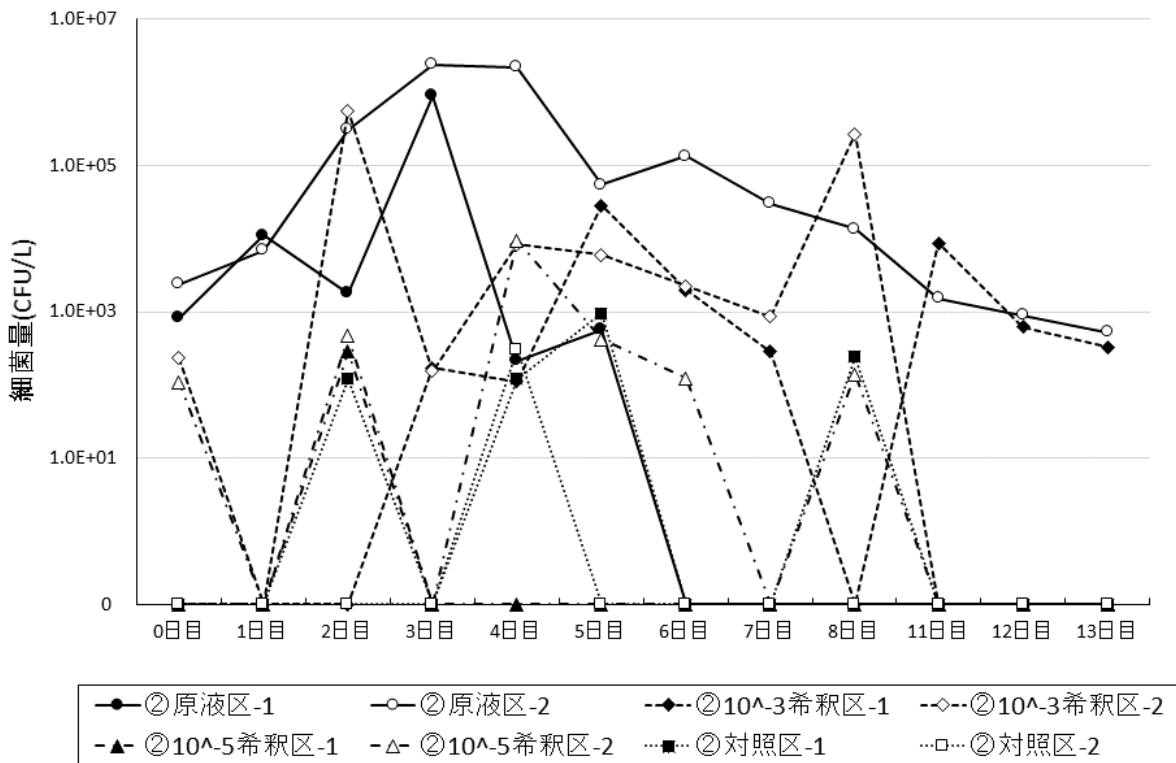


図5 ②菌液の腹腔内注射法を用いた感染試験における飼育水中の細菌量推移

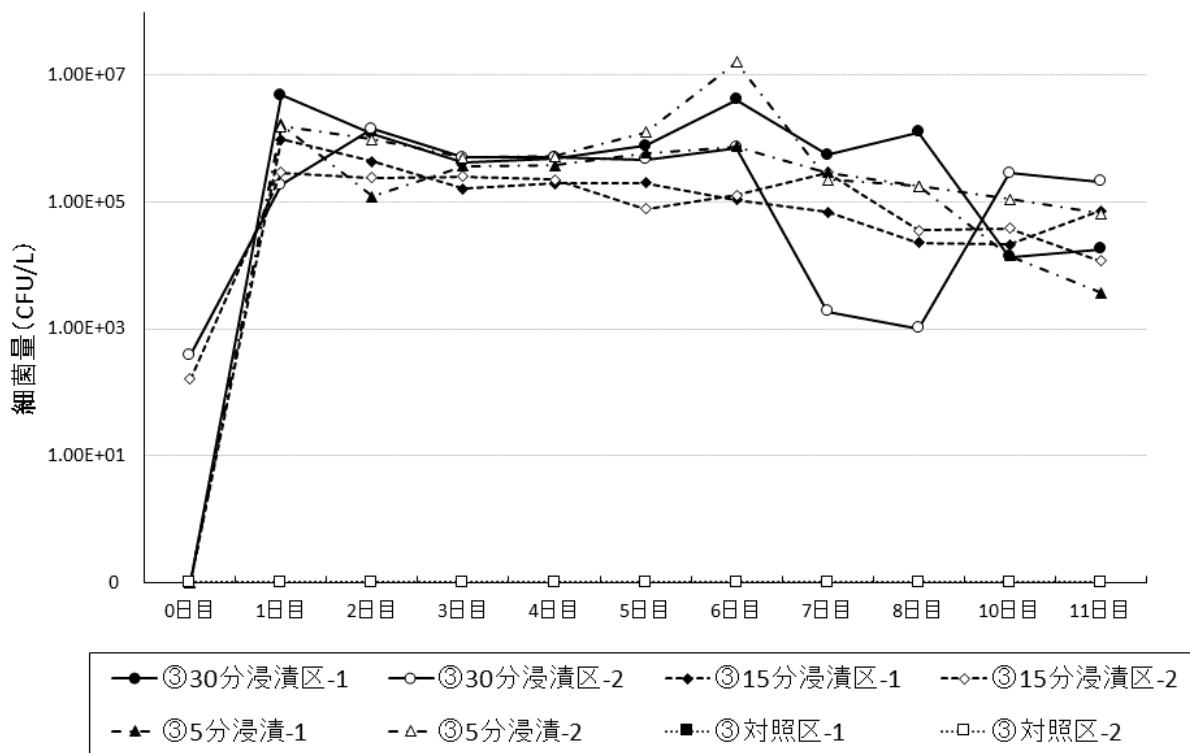


図6 ③浸漬感染法を用いた感染試験における飼育水中の細菌量推移

表1 qPCRによる増幅確認に供した菌株の情報

図2中 番号	菌株No.	細菌名	分離情報		
			年月日	魚種	部位
1	KFCB0639	<i>Edwardsiella tarda</i>	2021/1/15	ウナギ	腎臓
2	KFCB0644	<i>Edwardsiella tarda</i>	2021/2/10	ウナギ	腎臓
3	KFCB0661	<i>Edwardsiella tarda</i>	2021/3/25	ウナギ	肝臓
4	KFCB0671	<i>Edwardsiella tarda</i>	2021/3/26	ウナギ	肝臓
5	KFCB0714	<i>Edwardsiella tarda</i>	2021/6/17	ウナギ	肝臓
6	KFCB0686	<i>Flavobacterium psychrophilum</i>	2021/4/26	アユ	体表
7	KFCB0616	<i>Aeromonas hydrophila</i>	2020/6/18	カワムツ	腎臓
8	KFCB0569	<i>Aeromonas salmonicida</i>	2018/12/25	アマゴ	腎臓
9	KFCB0620	<i>Edwardsiella ictaluri</i>	2020/9/7	アユ	体表
10	KFCB0732	<i>Vibrio cholerae</i>	2021/8/2	アユ	腎臓

表 2 *E. tarda* 菌株の再分類結果

菌株No.	分離情報				qPCR結果(○:陽性、×:陰性)	
	分離日	魚種	分離部位	分離培地	<i>E.piscicida</i>	<i>E.anguillarum</i>
KFCB-0024	2013/2/1	ウナギ	肝臓	HI	×	○
KFCB-0027	2013/1/16	ウナギ	肝臓	NA	○	×
KFCB-0029	2013/2/2	ウナギ	肝臓	BHI	×	○
KFCB-0035	2013/2/5	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0036	2013/2/5	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0038	2013/2/5	ウナギ	消化管	TSA	×	○
KFCB-0040	2013/2/6	ウナギ	腎臓	SS	○	×
KFCB-0064	2013/2/25	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0065	2013/2/25	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0070	2013/2/25	ウナギ	消化管	NA	×	○
KFCB-0089	2013/4/11	ウナギ	腎臓	SS	○	×
KFCB-0090	2013/4/11	ウナギ	肝臓	NA	○	×
KFCB-0093	2013/4/10	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0096	2013/3/29	ウナギ	腎臓	HI	○	×
KFCB-0332	2015/12/1	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0334	2015/11/27	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0622	2020/10/29	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0623	2020/10/29	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0624	2020/10/29	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0625	2020/10/29	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0626	2020/11/17	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0627	2020/11/17	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0628	2020/11/17	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0629	2020/11/17	ウナギ	体表	SS	×	○
KFCB-0630	2020/11/17	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0631	2020/11/17	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0632	2020/12/23	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0633	2020/12/23	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0634	2020/12/23	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0635	2020/12/23	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0636	2020/12/23	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0638	2021/1/15	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0639	2021/1/18	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0640	2021/1/18	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0641	2021/1/18	ウナギ	腎臓	NA→SS	×	○
KFCB-0644	2021/2/10	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0645	2021/2/10	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0646	2021/2/10	ウナギ	腎臓	SS	×	○
KFCB-0657	2021/3/13	ウナギ	肝臓	SS	×	○
KFCB-0661	2021/3/25	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0662	2021/3/25	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0663	2021/3/26	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0664	2021/3/26	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0665	2021/3/26	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0666	2021/3/26	ウナギ	体表	SS→SS	×	○
KFCB-0667	2021/3/26	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0668	2021/3/26	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0669	2021/3/26	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0670	2021/3/26	ウナギ	体表	SS→SS	×	○
KFCB-0671	2021/3/26	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0674	2021/4/12	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0675	2021/4/12	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0676	2021/4/12	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0677	2021/4/12	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0678	2021/4/12	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0679	2021/4/12	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0680	2021/4/22	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0681	2021/4/22	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0682	2021/4/22	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0683	2021/4/22	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0684	2021/4/22	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0685	2021/4/22	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0688	2021/4/27	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0689	2021/4/27	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0690	2021/4/27	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0691	2021/5/6	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0692	2021/5/6	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0693	2021/5/6	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0694	2021/5/6	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0695	2021/5/6	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0701	2021/5/19	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0702	2021/5/28	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0703	2021/5/28	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0704	2021/5/28	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0705	2021/5/28	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0706	2021/5/28	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0707	2021/5/28	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0708	2021/6/7	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0709	2021/6/7	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0710	2021/6/7	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0711	2021/6/7	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0712	2021/6/7	ウナギ	肝臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0713	2021/6/7	ウナギ	腎臓	BHI→SS	×	○
KFCB-0714	2021/6/17	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0715	2021/6/17	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0716	2021/6/17	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0722	2021/6/21	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0723	2021/6/21	ウナギ	肝臓	SS→SS	×	○
KFCB-0724	2021/6/21	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○
KFCB-0725	2021/6/21	ウナギ	腎臓	SS→SS	×	○

表3 菌濃度とコピー濃度

	菌濃度 菌数/μL	コントロール copies/μL	試験区1 copies/μL	試験区2 copies/μL
10 <sup>0</sup>	7.0×10 <sup>5</sup>	4.52×10 <sup>5</sup>	5.54×10 <sup>5</sup>	5.46×10 <sup>5</sup>
10 <sup>-1</sup>	7.0×10 <sup>4</sup>	8.24×10 <sup>4</sup>	7.06×10 <sup>4</sup>	7.41×10 <sup>4</sup>
10 <sup>-2</sup>	7.0×10 <sup>3</sup>	1.34×10 <sup>4</sup>	1.15×10 <sup>4</sup>	7.82×10 <sup>3</sup>
10 <sup>-3</sup>	7.0×10 <sup>2</sup>	1.06×10 <sup>3</sup>	1.41×10 <sup>3</sup>	1.38×10 <sup>2</sup>
10 <sup>-4</sup>	7.0×10 <sup>1</sup>	9.44×10 <sup>1</sup>	1.37×10 <sup>2</sup>	1.29×10 <sup>2</sup>
10 <sup>-5</sup>	7.0×10 <sup>0</sup>	8.73×10 <sup>0</sup>	8.67×10 <sup>0</sup>	2.97×10 <sup>0</sup>
10 <sup>-6</sup>	ns	2.79×10 <sup>0</sup>	ns	ns
10 <sup>-7</sup>	ns	ns	ns	ns
10 <sup>-8</sup>	ns	ns	ns	ns
10 <sup>-9</sup>	ns	ns	ns	ns

ns: 未検出

表4 感染試験結果概要

手法及び 試験期間	試験区	供試魚No.	魚体重 (g)	死亡日	症状	部位別検査結果				
						肝臓:L 腎臓:K	塗抹標本 観察結果	SS寒天培地による 菌分離結果	qPCR結果 (○:陽性、 x:陰性)	抽出DNA1.0ng あたりの原因菌 DNAコピー数 (copies/ng)
①腸内への過酸化水素水注入及び菌液入り飼料の強制投与法	原液区	①原液区-1	216.9							
		①原液区-2	175.5							
	10 <sup>-3</sup> 希釈区	①10 <sup>-3</sup> 希釈区-1	192.3							
		①10 <sup>-3</sup> 希釈区-2	186.5							
	10 <sup>-5</sup> 希釈区	①10 <sup>-5</sup> 希釈区-1	200.7							
		①10 <sup>-5</sup> 希釈区-2	201.6							
	対照区	①対照区-1	198.2							
		①対照区-2	207.0							
	②菌液の腹腔内注射法 (R4/1/13~ 1/26)	原液区	②原液区-1	175.6	R4/1/15	肛門拡張及び発赤 消化管炎症	L 短桿菌及び雑菌 K 短桿菌	中心黒コロニー出現	○	3.87E+03 1.86E+03
			②原液区-2	204.1	R4/1/17	肝臓褐色 消化管炎症	L 雑菌 K 短桿菌及び雑菌	中心黒コロニー出現	○	2.88E+03 2.67E+03
10 <sup>-3</sup> 希釈区		②10 <sup>-3</sup> 希釈区-1	195.4	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
		②10 <sup>-3</sup> 希釈区-2	191.1	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
10 <sup>-5</sup> 希釈区		②10 <sup>-5</sup> 希釈区-1	167.2	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
		②10 <sup>-5</sup> 希釈区-2	178.3	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
対照区		②対照区-1	208.8	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
		②対照区-2	178.1	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
③浸漬感染法 (R4/2/14~ 2/25)		30分浸漬区	③30分浸漬区-1	156.6	R4/2/21	肛門拡張	L 短桿菌 K 短桿菌	中心黒コロニー出現	○	5.35E+03 6.71E+03
			③30分浸漬区-2	217.3	生存	腸管内緑色便	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-
	15分浸漬区	③15分浸漬区-1	158.8	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
		③15分浸漬区-2	172.2	R4/2/21	肛門拡張及び発赤 体表発赤 肝臓腫瘍 消化管炎症	L 短桿菌及び雑菌 K 短桿菌	中心黒コロニー出現	○	3.23E+01 1.44E+01	
	5分浸漬区	③5分浸漬-1	157.1	R4/2/21	肛門拡張及び発赤 体表発赤	L 雑菌 K 短桿菌及び雑菌	中心黒コロニー出現	○	2.51E+01 3.09E+02	
		③5分浸漬-2	227.1	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
	対照区	③対照区-1	153.2	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	
		③対照区-2	165.4	生存	症状なし	L 細菌類の増殖見られず K 細菌類の増殖見られず	細菌コロニー出現せず	x	-	

## 4 參考資料



## 高知県河川漁業生産量の推移

(単位:t)

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

出典:「内水面漁業漁獲量」(政府統計の総合窓口(e-Stat)) ([http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html))

## アユの市場別取扱量の推移

(単位：kg)

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

※内水面漁業センター調べ

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