

平成24年度

事業報告書

第23巻

平成26年3月

高知県内水面漁業センター

目 次

I	内水面漁業センターの概要	1
II	活動実績	3
III	事業報告	
1	養殖衛生管理体制整備事業	5
2	天然アユ資源の動態評価と資源管理支援	8
3	環境変動に対応したアユ資源管理手法の開発	12
4	高知県産アユ人工種苗を活用した中山間地域の活性化	17
5	ウナギ養殖における生産効率向上化試験	25
6	漁場環境の改善への取り組み支援	29
7	河川利用中山間地域活性化事業	31
	1) 松田川水系	
	2) 吉野川水系地蔵寺川	
IV	調査研究報告	
	高知県の養鰻場で発生した「えら病」の病理所見と病原体の検出	39
V	参考資料	
	高知県河川漁業生産量の推移	47
	天然アユの市場別取扱量の推移	48

Ⅰ 内水面漁業センターの概要

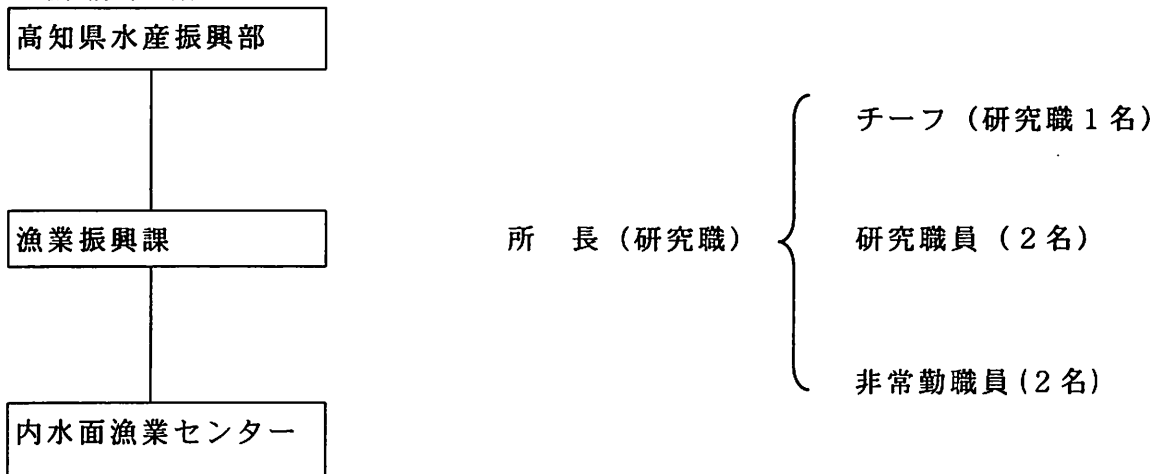
1 所在地

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	小松 章博	統 括
チーフ	岡部 正也	研究業務総括、育種・増殖技術研究
主任研究員	石川 徹	魚類資源管理、環境調査等全般
主任研究員	長岩 理央	魚病診断、魚病発生動向調査等
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）

事業費名	予算額	財源内訳
内水面漁業センター管理運営費	7,009	県費 7,009
内水面漁業試験研究費	11,918	県費 11,161 諸収入 757
内水面漁業振興費	1,001	県費 1,001
養殖振興対策事業費	2,300	県費 1,164 国費 1,136
合計	17,681	県費 20,335 国費 1,136 諸収入 757

6 施設の概要

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

II 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24年6月25日	平成24年度全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック会議	高知市	小松 岡部 石川 長岩
6月26日	平成24年度全国内水面水産試験場近畿中国四国ブロック会議	高知市	小松 岡部 石川 長岩
9月6～7日	全国湖沼河川養殖研究会大会第85回大会	滋賀県	小松 石川 長岩
9月11日	第26回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会	大阪市	岡部 長岩
9月12日	平成24年度魚類防疫士連絡協議会	大阪市	岡部 長岩
10月23日	平成24年度高知県内水面漁業協同組合連合会組合長会	高知市	岡部
10月31日～11月1日	平成24年度内水面関係研究開発推進会議	上田市	岡部 長岩
11月20日	国土交通分野における生き物賑わいづくり四国地方セミナー	松山市	長岩
11月20～22日	平成24年度全国水産試験場長会全国大会	和歌山県	小松
12月6～7日	平成24年度全国湖沼河川養殖研究会マスを類資源研究部会	東京都	岡部
平成25年2月7～8日	平成24年度全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会	東京都	小松 岡部 石川
2月20日	(独)水産総合研究センター第10回成果発表会	東京都	長岩
3月7～8日	平成24年度都道府県水産関係試験研究機関長会議	東京都	小松

2) 講師派遣

月 日	内容	講演者	名称	開催場所	対象者	参加人数
平成24年4月7日	泉半利川におけるアマゴの生息状況調査について(最終報告)	岡部正也	泉半利川漁協協議会	泉半利川漁協	泉半利川漁協役員および総代	37
7月5日	放流アユについての情報共有 アユに関する魚病発生状況等	石川 徹 長岩理央	内水面種苗センター勉強会	内水面種苗センター	内水面種苗センター職員	7
7月18日	地蔵寺川におけるアマゴの生息状況について	石川 徹	徳北漁協理事会	徳北漁協	徳北漁協理事	9
8月8日	養殖ウナギに発生する魚病について ウナギ養殖の生産効率向上化試験の概要について	長岩理央 岡部正也	高知県ウナギ養殖研究会	高知市	養殖関係者	29
9月20日	平成23年度の物部川におけるアユ産卵状況について	石川 徹	物部川漁協理事会	物部川漁協	物部川漁協役員	12
10月25日	仁淀川のアユ産卵下存魚調査について	石川 徹	仁淀川漁協勉強会	仁淀川漁協	仁淀川漁協役員	6
11月2日	新荘川における近年のアユ産卵期の変化について	石川 徹	新荘川漁協理事会	新荘川漁協	新荘川漁協役員	10
11月13日	高知県の内水面養殖の現状と発生する魚病について	長岩理央	高知県動物園品種科協定研究会	高知市	動物園産品取扱業者	
11月30日	物部川のアユについて	石川 徹	物部川野外学習会	物部川河畔	吉川小学校	15
	平成23年のアユ仔魚流下と平成24年のアユ稚魚上の関連について -観魚保護の重要性-	石川 徹				
平成25年1月31日	魚病被害の軽減に向けて～新たな魚病診断技術方法の導入	長岩理央	内水面漁業に関する研修会	高知会館	内水面漁業関係者	120
2月1日	平成24年四万川、徳原川、北川川におけるアユ種苗放流後の追跡調査結果について	石川 徹	津野山漁協保護会	つの町役場	徳原町・津野町漁協保護会役員	20
3月9日	地蔵寺川(下谷川)におけるアマゴの生息状況について 穴内川におけるアマゴ放流後の的確試験について	石川 徹	徳北漁協総代会	徳北漁協	徳北漁協総代	60

3) 口頭発表

月日	内容	講演者	名称	開催場所	参加人数
平成24年6月25日	高知県内水面漁場管理保全計画概要 高知県内の河川における天然アユの産卵動向の変化について	小松登博 石川 徹	平成24年度全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック会議	高知市	16
9月7日	高知県におけるアユ産卵期の変化について	石川 徹	全国湖沼河川養殖研究会大会	滋賀県	80
12月7日	高知県泉半利川水系におけるアマゴの個体群構造	岡部正也	平成24年度全国湖沼河川養殖研究会サケ・マス研究会	東京都	20
12月15日	高知県泉半利川水系における在来アマゴの識別と個体群構造の推定 新荘川と物部川におけるアユ産卵期について	岡部正也 石川 徹	四国自然史科学研究センター設立10周年記念シンポジウム	高知大学朗 倉キャンパス シジョン	ポスターセッ ション
平成25年1月18日	高知県のダム湖に生息するブラックバスの由来について	岡部正也	第16回水産技術研究報告会	須崎市	
1月22日	物部川で見られた産卵期の遅れについて	石川 徹	全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック研究会	和歌山県	13
2月6日	アユ仔魚流下と遡上の関連について -遡上の遅れは産卵の遅れにつながるのか-	石川 徹	全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会	東京都	40

4) 研修受け入れ

期 間	内容	講師	対象者
8月27日～9月6日	インターンシップ	全員	高知工科大学3年生3名
12月17～22日	サクラマスの遺伝解析手法について	岡部正也	富山県農林水産総合技術センター 水産研究所 研究員1名

Ⅲ 事業報告

目的

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。また、養殖魚などの新たな魚病の発生、特定疾病であるコイヘルペスウイルス病のまん延防止、県内河川におけるアユ冷水病の発生動向把握等に対応するため、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、養殖場の巡回調査および医薬品残留検査等を行うことにより、魚病被害の軽減と水産用医薬品の適正使用の推進を図り、内水面養殖生産物の安全性を確保することを目的とする。

事業項目および内容

1 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。

- ・全国養殖衛生管理推進会議 平成 24 年 10 月、平成 25 年 3 月 東京都
- ・平成 24 年度水産用医薬品薬事監視講習会 平成 24 年 10 月 東京都
- ・高知県内水面魚類防疫推進会議 平成 25 年 3 月 高知市

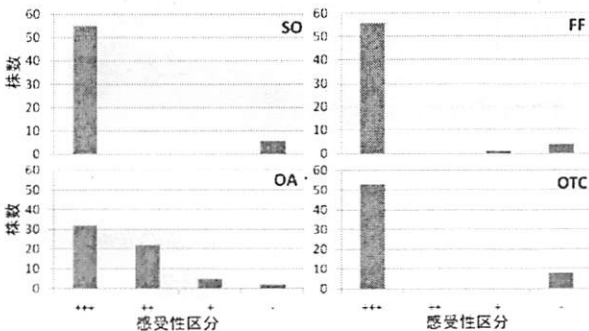


図1 各薬剤に対する感受性区分ごとの株数

2 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。8～3 月に 5 養鰻業者 20 飼育池のウナギから分離されたパラコロ病原菌 (*Edwardsiella tarda*) 61 株について、薬剤感受性試験を行った結果、スルファモノメキシシム及びオルメトプリム配合剤(SO)、オキシリン酸(OA)、フロルフエニコール(FF)および塩酸オキシテトラサイクリン(OTC)に耐性を示した株数は、それぞれ 6 株、2 株、4 株、8 株であった(図 1)。また、薬剤耐性を示した 10 株のうち、2つ以上の薬剤に耐性を示す多剤耐性株が 6 株認められた(表 1)。

表1 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	4	OTC	2
		OA	1
		SO	1
2剤	3	OTC, SO	2
		OTC, FF	1
3剤	2	OTC, FF, SO	2
4剤	1	OTC, FF, OA, SO	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、技術の修得や関係者への情報提供に努めた。

- ・平成 24 年度コイヘルペスウイルス(KHV)病診断技術講習会
- ・養鰻研究会(発表課題: 養殖ウナギに発生する魚病について)

表2 天然水域等での魚病診断件数

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
アユ	冷水病				3	2	2						
	不明						1						
コイ	コイヘルペスウイルス病			2	1								
	カラムナリス病		2	1			1						
	非定型エロモナスサルモニダ感染症			2									
	不明			1	2		2	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			
ウナギ	頭部潰瘍病+カラムナリス病		1	1									
	その他(水質等)				1								
オイカワ	その他(水質等)				1	1							
ドジョウ	ガス病				1								
ボラ	その他(水質等)							2					

・第26回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会（発表課題:「ウナギ養殖における生産効率向上化」の取組について）

・安芸福祉保健所管内水質汚濁事故対策連絡会議（発表課題:河川・用水路の魚に発生する病気について）

・薬事講習会（発表課題:高知県の内水面養殖の現状と発生する魚病について）

・コイ春ウイルス血症(SVC)診断技術研修

・内水面漁業振興に関する研修会

(発表課題:魚病被害の軽減に向けて～新たな魚病診断手法の導入～)

②養殖技術指導

アマゴ: 養殖アマゴの冷水病対策指導

アユ: 放流用種苗の保菌検査, 養殖アユの冷水病対策指導

コイ: 個人観賞家への疾病対策指導

ウナギ: 各種魚病に対する対策(餌止め, 換水, 投薬, 飼育水の昇温)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23年度の魚病被害・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, トリクロルホン, オキシリン酸, フロルフェニコールの3種類の医

薬品を対象に残留検査を実施した。検査は財団法人日本冷凍食品検査協会に依頼し, 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 24 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 33 件で, 魚種別ではアユ 8 件, コイ 16 件, その他の魚種 9 件であった(表 2)。

アユでは冷水病が 7 件発生した。8 月に発生した不明の 1 件については, へい死魚の体表および腹部に発赤がみられたため(図 2), 運動性エロモナス感染症(原因菌: *Aeromonas hydrophila*), 連鎖球菌症(原因菌:

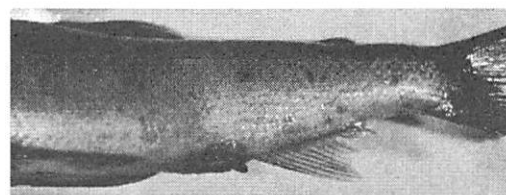


図2 8月に発生したアユへい死事例のへい死魚尾部

Streptococcus iniae, *Lactococcus garvieae*), エドワジエラ イクトルリ感染症(原因菌:

Edwardsiella ictaluri) およびシュードモナス症(原因菌: *Pseudomonas anguilliseptica*) について PCR 検査を行ったものの, いずれも陰性であり, 原因を特定することはできなかった。コイ

表3 養殖場での魚病診断件数

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
アマゴ	冷水病		1					2					
アユ	冷水病+チョウチン病			1									
	細菌性出血性腹水病			1									
ウナギ	ウイルス性血管内皮壊死症								1	1			
	ウイルス性血管内皮壊死症+パラコロ病										1	2	
	ウイルス性血管内皮壊死症+パラコロ病+カラムナリス病						1				1		
	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+ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症+カラムナリス病						1						
	パラコロ病	1			1	3	2	1	2	2	2	2	4
カラムナリス病		2					1	1		1			
カラムナリス病+パラコロ病	1			1					2	4			
カラムナリス病+ペコ病			1										
連鎖球菌症(L. garviae)										1			
不明		2	2	1					1	1			3

ではコイヘルペスウイルス病(KHVD)が個人池において3件発生し前年度(1件)より増加した。

②養殖場での診断件数

平成24年度における養殖場での診断件数は60件で、魚種別ではアマゴ3件、アユ2件、ウナギ55件であった(表3)。アマゴは3件とも冷水病であり、対策として1%塩水浴を指示した。アユは冷水病とチョウチン病の合併症、細菌性出血性腹水病の2件であり、前者には塩水浴と飼育密度を下げるよう指示した。後者には使用できる水産用医薬品や塩水浴などの対処法がないため、餌止めとへい死魚の速やかな取り上げを指示した。ウナギでは、パラコロ病(他の病気との合併症も含む)が最も多く(34件, 62%)、次いでカラムナリス病(他の病気との合併症も含む)が18件(33%)を占めた。パラコロ病の場合は薬剤感受性試験を実施し、適切な薬剤使用について指導を行った。カラムナリス病への対処については塩水浴が効果的であるとされているが(畑井2011)、養鰻の場合には一般的な池水量が300t程度であるため、水深を半分に下げて1%の塩水浴をするにしても1.5tの塩が必要であり、塩水浴の処置は現実的ではない。そこで、鰓損傷への負担軽減および原因菌の池外への排出を促すため、餌止めと換水率の増大を指示した。また、ウイルス性疾病であるウイルス性血管内皮壊死症とヘルペスウイルス性鰓弁壊死症を9件確認したが、ウイルス

性疾病単独で発生した例は2件のみであり、残りの7件は、細菌性疾病であるカラムナリス病あるいはパラコロ病との混合感染であった。これらのウイルス性疾病には、水温を数日間35℃前後に上げて飼育するのが有効とされており(宮崎2011, 小野2011)、実際に本県の養殖現場でもこの対処法が利用されている。しかしながら、今回確認されたようにこれらのウイルス性疾病は細菌性疾病との混合感染が多いため、昇温処理のみで完全にへい死が止まるとは限らず、また、カラムナリス病によって鰓に損傷がある場合には、昇温によって酸素消費量が増大し、酸欠によって全滅する可能性も考えられる。そこで、このような場合には、細菌性疾病との混合感染に留意して処置を行うこと、一定期間後に細菌性疾病がどうなっているか確認するため再検査を行いたいことを生産者に伝えた。

引用文献

- 畑井喜司雄(2011) カラムナリス病. 新魚病図鑑(畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, p.24
- 宮崎照雄(2011) ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症. 新魚病図鑑(畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, p.75
- 小野信一(2011) ウイルス性血管内皮壊死症(鰓うっ血症). 新魚病図鑑(畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, p.76

天然アユ資源の動態評価と資源管理支援

石川徹・岡部正也・長岩理央

目的

高知県内の河川では、温暖化にともなう水温の上昇や森林の保水力低下による水量の減少などにより、天然アユ資源の減少が危惧されている。そこで、本事業では、県内主要河川における天然アユの遡上状況および定着状況を調査し、内水面漁業関係者に情報提供することによりアユの増殖活動を支援し、より効果的な資源管理体制の構築に資する。なお、本調査のうち、定着状況調査の一部は「アユ定着資源調査委託業務」として高知県内水面漁業協同組合連合会に委託した。

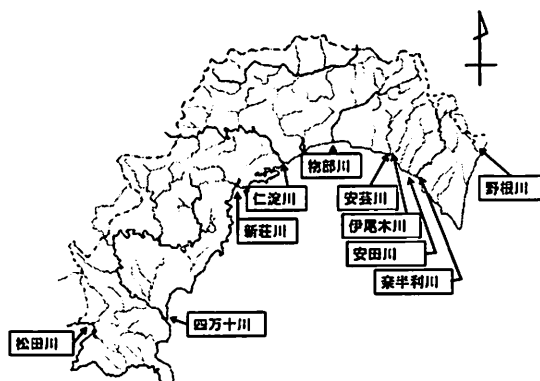


図-1 調査対象河川

材料および方法

1 遡上状況調査

高知県内の主要 10 河川において、H24 年 2 月～6 月までの期間、アユ稚魚の遡上状況を旬ごとに評価した。調査定点は、遡上群が最初に集積する河口から第 1 番目の堰堤もしくは大規模な瀬の落ち込みとし、箱メガネまたは潜水目視により、各定点におけるアユの集積状況を記録した（表-1、図-1）。集積の規模は、表-2 に示す遡上スコアに基づき評価した。

表-1 遡上調査の調査定点

河川名	観察定点	河川名	観察定点
野根川	鴨田堰	物部川	横瀬
奈半利川	田野堰	仁淀川	八田堰
安田川	焼山堰	新莊川	旧岡本堰
伊尾木川	有井堰	四万十川	赤鉄橋
安芸川	中之橋	松田川	河戸堰

表-2 遡上スコア

スコア	評価基準
0	魚影、ハミアトともになし
1	魚影なし、ハミアトあり
2	観察される一群の大きさ100尾未満
3	観察される一群の大きさ100尾以上1,000尾未満
4	観察される一群の大きさ1,000尾以上

2 定着状況調査

四万十川、仁淀川、伊尾木川の 3 河川において、夏季～秋季のアユ漁盛期における、各漁場への定着状況を調査した（図-2～4）。

調査は潜水目視により行い、各地点で確認されたアユの全長と生息密度を記録した。生息密度については、各調査員が約 2m の目視幅で調査区間内を流下し、確認したアユの個体数から求めた。全長は、5cm ごとの階級値に区分した。

結果および考察

1 遡上状況調査

H24年度の各河川におけるアユ遡上状況の概要を表-3に示した。

(1) 野根川

4月下旬に、スコア3の遡上が見られた。

(2) 奈半利川

3月中旬まで、遡上が全く見られなかった。3月下旬～4月上旬及び5月中旬にスコア2の遡上が見られ、4月下旬にスコア3の遡上が見られた。

(3) 安田川

3月中旬まで、遡上が全く見られなかった。3月下旬～5月中旬の期間にスコア2の遡上が見られた。

(4) 伊尾木川

3月下旬まで、遡上が全く見られなかった。4月上旬～5月中旬にかけてスコア2～3の遡上が見られた。

(5) 安芸川

3月中旬まで、遡上が全く見られなかった。3月下旬～5月中旬にスコア2～3の遡上が見られた。

(6) 物部川

3月中旬にスコア2の遡上が見られ、3月下旬にはスコア4の遡上ピークが見られた。

(7) 仁淀川

3月中旬にスコア2の遡上が見られ、3月下旬にスコア4の遡上ピークが見られた。その後、5月下旬にスコア2の遡上が見られた。

(8) 新莊川

3月下旬にスコア4の遡上ピークが見られ、4月中旬にはスコア2の遡上が見られた。その後、5月下旬には再びスコア4の遡上ピークが見られた。

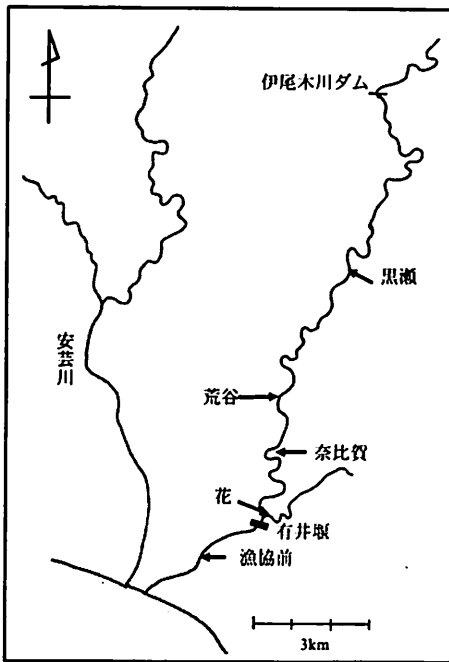


図-2 伊尾木川調査定点図

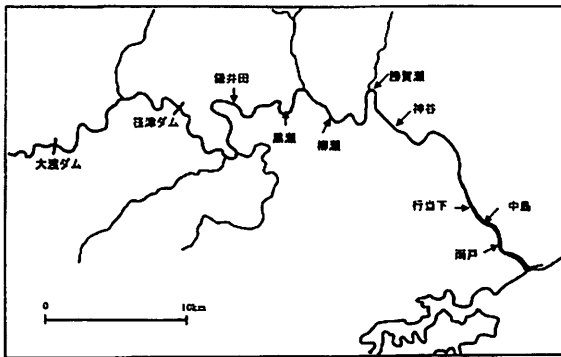


図-3 仁淀川調査定点図

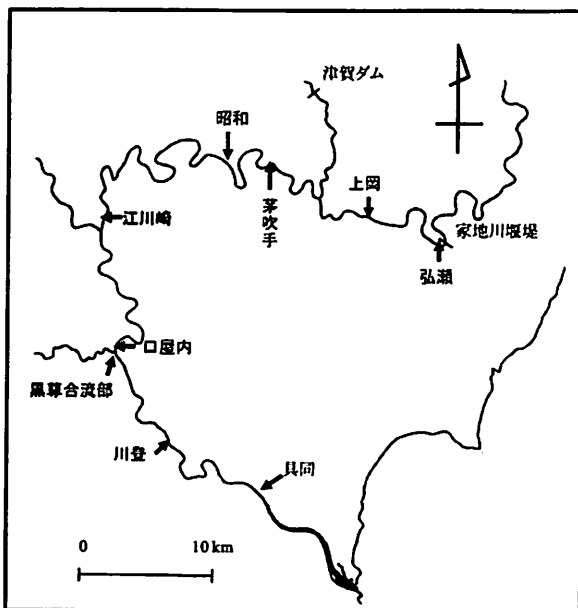


図-4 四万十川調査定点図

(9) 四万十川

3月中旬まで、遡上は全く見られなかった。3月下旬から4月中旬にかけてスコア2~3の遡上が見られた。5月下旬は濁りが強く観察できなかった。

(10) 松田川

3月上旬まで、遡上は全く見られなかった。3月中旬~5月下旬にかけてスコア2~3の遡上が見られた。

表-3 遡上スコアの推移

		野根川	奈半利川	安田川	伊尾木川	安芸川	物部川	仁淀川	新莊川	四万十川	松田川
		鴨田堰	田野堰	焼山堰	有井堰	中之橋	横瀬	八田堰	長竹橋	赤鉄橋	河戸堰
2月	下旬			0			0	0	0	0	0
	上旬		0								
3月	中旬		0	0		0	2	2	0	0	2
	下旬		2	2	0	2	4	4	4	2	2
4月	上旬		2	2	2	3					
	中旬								2	3	3
	下旬	3	3	2	3	2					
5月	上旬										
	中旬		2	2	2	2					
	下旬							2	4	-	2

2 定着状況調査

(1) 伊尾木川

H24年8月25日の調査時に各定点で 30~462 尾のアユが見られ、0.30~9.24 尾/m²の生息密度となった。最も密度が低い定点は漁協前、最も密度が高い定点は荒谷であった。全長別にみると各定点とも全長 15~20cm の個体の比率が最も高くなった。

H24年9月27日の調査時には各定点で 15~1,152尾のアユが見られ、0.73~19.2尾/m²の生息密度となり、前回調査時よりも増加した。最も密度が低い定点は漁協前、最も密度が高い定点は荒谷であり、前回調査と同じ傾向であった。全長別にみると各定点とも全長 20~25cm の個体の比率が最も高くなり、前回調査時よりも大きくなった。

(2) 仁淀川

H24年9月5日の調査時に各定点で 18~240 尾のアユ見られ、0.18~1.6 尾/m²の生息密度となった。最も密度が低い定点は柳瀬、最も密度が高い定点は勝賀瀬であった。全長別にみると各定点で全長組成が異なり片岡では全長 20~25cm の大型個体の比率が最も高くなったが、勝賀瀬では全長 10~15cm の小型個体の比率が最も高くなり、他点では見られない全長 10cm 以下の個体も多く観察された。

H24年 10 月11日の調査時には各定点で 30~210 尾のアユが見られ、0.33~4.73 尾/m²の生息密度となった。最も密度が低い定点は黒瀬、最も密度が高い定点は鎌井田であった。全長別にみると各定点で全長組成は異なり、前回調査で最も大型化体の比率が高かった、片岡では全

長 10～15cm の小型個体が最も高くなった。また、鎌井田では 15cm 以上の中～大型個体が広範に観察され、特に、他点では少ない全長 25cm 以上の大型個体の比率も高くなった。

(3) 四万十川

H24年9月6日の調査時に複数の定点で 5～100 尾のアユが見られ、0.03～1.0 尾/m²の生息密度となった。下流に位置する定点、川登、具共同ではアユが観察されなかった。最も密度が低い定点は江川崎(観察されなかった定点は除く)、最も密度が高い定点は口屋内であった。全長別にみると定点ごとに全長組成は変化し、上流部の定点で大型個体の比率が高くなる傾向が見られた。昭和より上流の3定点では、全長 25cm 以上の大型個体の比率が高くなり、十川より下流では 15～20cm の個体の比率が高くなった。アユが観察された最も下流部の定点である口屋内では、他の定点では観察されない全長 10～15cm の小型個体が見られた。

まとめ

1 遡上状況調査

県内 10 河川のうち、中部の物部川、仁淀川、新莊川では、3月下旬にスコア4の遡上のピークが見られたが、他の河川ではスコア2～3の遡上にとどまった。また全体的に遡上開始時期が3月中旬～下旬と、例年に比べ半月～1ヶ月程度遅かった。

2 定着状況調査

前述のように本年度は遡上開始時期が遅くなったことから、遡上量の減少や小型化が懸念されたが、梅雨時期以降のまとまった降雨とそれに伴う出漁者の減少などにより、夏季以降の生息密度が高く維持されたと見られる。また、秋

季には大型個体が多くみられたことから、生育は順調であったと考えられる。

補足(漁業者の増殖活動支援)

流下仔魚計数作業の受託

各漁協が実施した流下仔魚調査で採集した検体を計数した(表-4)。

表-4 流下仔魚計数作業受託件数

漁業協同組合名(50音順)	受託検体数
芸陽漁業協同組合	22検体
四万十川中央漁業協同組合	22検体
仁淀川漁業協同組合	26検体

環境変動に対応したアユ資源管理手法の開発

石川徹 岡部正也 長岩理央

目的

近年、県内の河川に遡上する天然アユは減少傾向にあり、資源再生のための対策が強く求められている。そこで、本事業では、新莊川と物部川をモデル河川として、親魚の動向、産卵状況、および流下仔魚の動向を調査し、環境変動によって変化しつつある産卵期の現状を多面的に把握することによって、適切に親魚を保護するための方法を確立することを目的とする。

1 新莊川

(1) 親魚の動向、産卵状況および仔魚流下状況について 材料および方法

1) 集積状況

親魚の集積状況を表-1 に示すスコアに基づき5段階で評価し、経時的に記録した。調査は、図-1 に示した本流の約4.5km について行い、調査区間を堰堤もしくは橋などの横断構造物を基準として8区間に区分した。

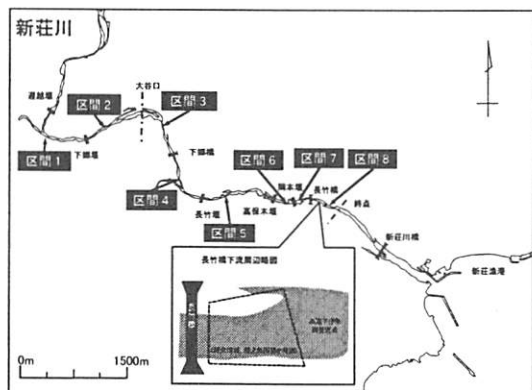


図-1 新莊川の調査定点図

2) 成熟状況

最下流部の産卵場に集積した親魚を投網により採捕し、生殖腺指数(GSI)および性比を測定した。

表-1 遡上スコア

スコア	評価基準
-	データなし
0	魚影確認なし
1	観察される尾数 0~99尾
2	観察される尾数 100~999尾
3	観察される尾数 1,000尾~9,999尾
4	観察される尾数 10,000尾以上

3) 産卵状況

図-1 の区間における産卵状況を、潜水目視により調査した。産卵の規模は、表-2 に示すスコアに基づき5段階で評価した。

表-2 産卵スコア

スコア	評価基準
-	データなし
0	産着卵確認なし
1	産卵面積 50m ² 以下
2	産卵面積 50 m ² ~100m ² 未満
3	産卵面積 100m ² ~500m ² 未満
4	産卵面積 500m ² 以上

4) 仔魚流下状況

調査は、H24年10月~H25年2月の期間に最下流部の産卵場の下流側に設定した定点で実施した。サンプリングは、18:00~20:00の間に1~3回、流心付近に設置した流下仔魚ネット(口径50cm, 側長150cm, 目合い335μm)を3分間設置し、入網した仔魚を計数して次式により一日あたりの流下仔魚数を算出した。

$$A(\text{断面係数}) =$$

$$\frac{\text{調査定点付近の水面下断面積}}{\text{ネット開口部面積}}$$

$$B(\text{時間係数}) =$$

60(分)/ネット浸漬時間(分)

※C=時間帯ごとの流下係数

※S61 年度内水面漁業センターのアユ流下
仔魚調査のデータより抜粋

D(計数した流下仔魚尾数)=

19:00~20:00 の調査で計数された流下
仔魚尾数

一日あたりの流下仔魚尾数=(D×A×B)/C

結果および考察

1) 集積状況

調査区間内の親魚は、10月中旬~1月中旬
まで観察され、主産卵場である区間6~8への
集積のピーク(スコア4の集積が見られた期間、
以下同様)は10月中旬~12月下旬の期間で
あった(図-3)。

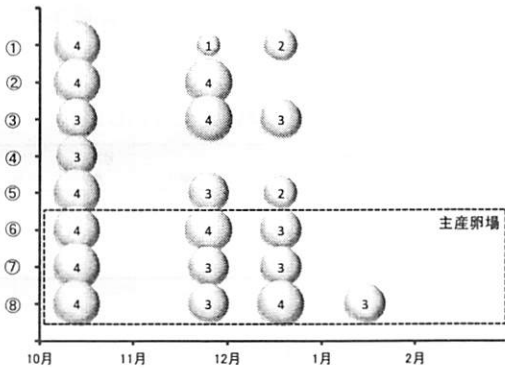


図-3 親魚集積状況の推移

2) 成熟状況

10月中旬におけるGSIの平均値は雌で4.0、
雄で5.2であったが、11月下旬には、雌で
10.8、雄で7.2と増加したのち、1月中旬には
雌で1.8、雄で3.0と大きく減少した。

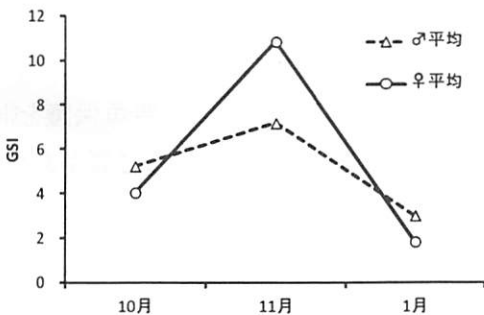


図-4 新莊川におけるGSIの推移

性比は、10月中旬~11月下旬には雄の比
率が43~69%と高めに推移したが、1月中旬に
は逆転し、雌の比率が94%と高くなった(図-
5)。

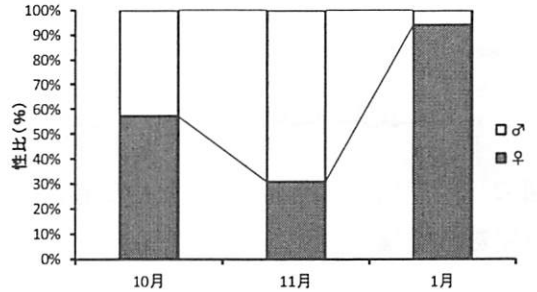


図-5 新莊川におけるアユ親魚性比の推移

3) 産卵状況

11月下旬から12月下旬の期間にスコア3
の規模の大きな産卵場が形成され産着卵が
認められた。また、区間③でも産卵が確認され、
例年よりも産卵域が拡大した。さらに、区間⑦
には、例年よりも広い産卵場が形成されるなど、
産卵場は、数、面積ともに例年よりも増加した
(図-6)。

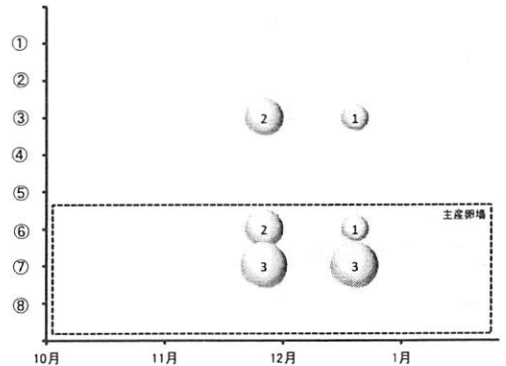


図-6 産卵規模(スコア)の推移

4) 仔魚流下状況

仔魚の流下は、11月上旬から1月中旬まで
継続し、流下のピークは12月上旬に見られた。
さらに、流下仔魚数の推移から産卵期間は10
月下旬~1月中旬、産卵のピークは、11月下
旬頃であったと推定された。

24年前のS61年の仔魚流下の最大ピーク

は11月下旬にあるのに対し、H24年度は12月上旬と1週間ほど遅かったが、過去3年の調査の中では最も早かった(図-7)。

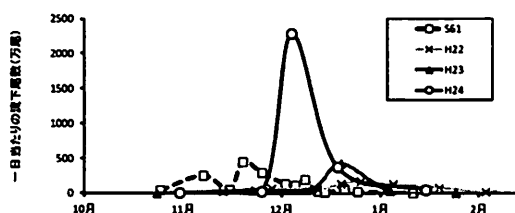


図-7 新莊川における一日当たりの流下仔魚尾数の推移

(2) 遡上の動向について

H24年2月～5月の期間、以下に示す項目について調査を実施した。

材料および方法

1) 遡上状況

高保木堰～長竹橋の範囲において、潜水もしくは箱メガネによる目視によりアユの遡上状況を調査し、遡上の規模を、遡上スコアに基づき5段階で評価した。

2) 遡上魚の孵化日の推定

河口より約1.5km上流の長竹橋において、遡上魚を投網により採捕した。これらのサンプルは、捕獲後速やかに99%エタノールにより固定して当センターに持ち帰り、平衡石を摘出して光学顕微鏡(400倍率)下で日収輪を計数し、捕獲日から差し引いたものを孵化日と推定した。

結果および考察

1) 遡上状況

遡上は3月下旬から5月下旬の期間に確認され、スコア3以上の遡上は3月下旬、5月下旬に見られた。遡上開始時期は例年よりも遅かった(遡上スコアの推移については天然アユ資源の動態評価と資源管理支援に記述した)。

2) 遡上魚の孵化日の推定

H24.3.21～H24.4.14の間に合計123尾のアユ稚魚を採捕した。期間を通して採捕されたアユ稚魚の体長は調査日ごとに $59.7 \pm 3.2\text{mm}$ (H24.3.21), $58.9 \pm 1.8\text{mm}$ (H24.3.28), $63.3 \pm 11.8\text{mm}$ (H24.4.14) であった。

同じく日齢は、期間を通して77～155日齢の範囲であり、調査日ごとの平均では96.6日齢(H24.3.21), 97.9日齢(H24.3.28), 125.1日齢(H24.4.14)であった。採捕日から日齢を減じて求めた孵化日は、H23.11.11～H24.1.4の範囲で、最も頻度が高かったのは12月下旬と昨年(平成23年度)の新莊川における仔魚流下のピークと一致した(表-3)。

なお詳細は、別途研究報告に掲載予定。

表-3 遡上魚の体長と孵化日

採捕日	採捕尾数(尾)	平均	日齢		
			最小	最大	平均
H24.3.21	46	59.7 ± 3.2	77	~ 114	96.6
H24.3.28	55	58.9 ± 1.8	87	~ 114	97.9
H24.4.14	22	63.3 ± 11.8	114	~ 155	125.1

まとめ

本調査の結果から、H24年度の新莊川における産卵期間は10月下旬～1月中旬、産卵のピークは、11月下旬頃であったと推測される。H22,23年度の産卵時期と同様に、現行の禁漁期10月15日～11月30日の期間に産卵は終了していない。この結果を踏まえ、新莊川漁業協同組合では落ちアユの全面禁漁を行い、12月以降も多くの仔魚が流下した。今後も実際の産卵状況に即した親魚保護を継続し、アユ資源保護につなげる必要がある。

2 物部川

(1) 親魚の動向, 産卵状況および仔魚流下状況について

材料および方法

1) 集積状況

濁水により潜水観察が困難であったため、投網採捕による CPUE を用いて親魚の集積状況を評価した。

調査は、図-8に示した本流の約6kmについて行い、世代(サンジュウダイ)を起点として、河口から約1km上流の横瀬までの区間について横断構造物等を基準として6区間に区分した。

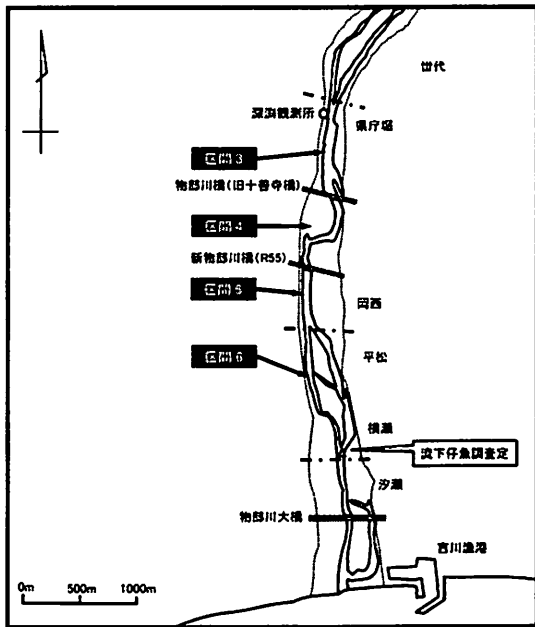


図-8 物部川の調査定点

成熟状況, 産卵規模の推移, および流下仔魚調査に関しては, 新庄川に従った。

結果および考察

1) 集積状況

調査区間内の親魚の集積状況は, 10月下旬~11月上旬までの期間, 投網一投あたりの CPUE で 0.2~8.7 と平均的に少なく, 一様に分布していたと考えられる。11月の中旬~下旬にかけて CPUE は増加し, 区間④~⑥の主

産卵場域で 16.5 (H24.11.14) 及び 34.5 (H24.11.28) となり, 期間中で最も高くなった。逆に主産卵場より上流ではほとんど漁獲されなくなり, 産卵場への集積降下が終了したと考えられる。12月に入ると主産卵場域でも CPUE が低下し 2.2 (H24.12.12), 0.8 (H24.12.26) とほとんど漁獲されなくなった。従って, 主産卵場域への親魚集積のピークは, 11月中下旬頃であったと推測される (図-9)。

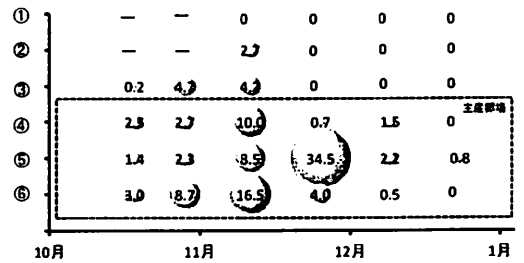


図-9 親魚集積状況(CPUE)の推移

2) 成熟状況

10月下旬における GSI の平均値は雌で 6.0, 雄で 6.8 であったが, 11月に入ると増加し, 11月中旬には, 雌で 12.1, 雄で 9.1 と最も高くなった。12月に入ると減少し, 12月中旬には雌で 7.6, 雄で 5.6, と減少し, 12月下旬には雄が漁獲されなくなった (図-10)。

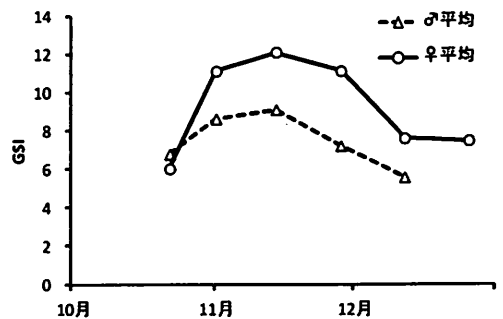


図-10 物部川における GSI の推移

性比は, 11月中旬までは, 雄が 50~55% 雌が 45~50% とほぼ同じレベルで推移したが, 11月下旬には, 雄が 84%, 12月中旬には逆に雌が 87% と雌雄比が逆転した。12月下旬には雄が全く採捕されなくなった (図-11)。

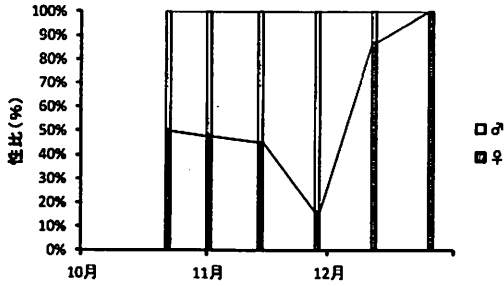


図-11 物部川におけるアユ親魚性比の推移

3) 仔魚流下状況

仔魚の流下は、11月上旬から1月上旬まで継続した。流下のピークは12月中旬に見られた。受精後、孵化までに2週間を要すると仮定し、流下仔魚数の推移から推定した産卵期間は10月下旬～1月上旬、産卵のピークは、12月上旬頃であったと見られ、前述の親魚の集積状況とも概ね一致する。

本年の流下尾数の推移を過去の調査結果と比較すると、24年前のS61年の仔魚流下の最大ピークが11月上旬にあるのに対し、H24年度は、H23年度と同様に12月中旬であり、過去と比較して産卵ピークが1カ月程度遅くなった(図-12)。

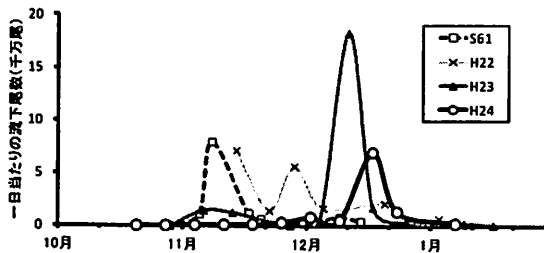


図-12 物部川における一日当たりの流下仔魚尾数の推移

(2) 遡上の動向について

結果および考察

1) 遡上状況

遡上は3月中旬以降に観察され、スコア3以上の本格的な遡上は3月下旬に見られた(遡上スコアの推移については天然アユ資源の動態評価と資源管理支援に記述した)。

2) 遡上魚の孵化日の推定

物部川においてH24.3.15～H24.4.9の間に合計153尾のアユ稚魚を採捕した。期間を通して採捕されたアユ稚魚の体長は調査日ごとに $54.7 \pm 3.0\text{mm}$ (H24.3.15), $52.7 \pm 4.9\text{mm}$ (H24.3.26), $54.4 \pm 6.5\text{mm}$ (H24.4.9)と大きな変化はなかった。同じく日齢は、期間を通して73～127日齢の範囲であり、調査日ごとの平均では89.3日齢(H24.3.15), 99.2日齢(H24.3.26), 106.5日齢(H24.4.9)であった。採捕日から日齢を減じて求めた孵化日は、H23.11.26～H24.1.13の範囲で、最も頻度が高かったのは12月の中旬であった(表-4)。

なお、詳細は別途研究報告に掲載予定。

表-4 遡上魚の体長と孵化日

採捕日	採捕尾数(尾)	BL(mm) 平均±SD	日齢		
			最小	最大	平均
H24.3.15	8	54.7 ± 3.0	79	~ 98	89.3
H24.3.26	85	52.7 ± 4.9	73	~ 121	99.2
H24.4.9	60	54.4 ± 6.5	88	~ 127	106.5

まとめ

本調査の結果から、H24年度の物部川における産卵期間は10月下旬～1月上旬、産卵のピークは、12月上旬頃であったと推測される。H23年度に続き、産卵期間は禁漁期10月1日～11月30日の期間に産卵は終了しておらず、最大の産卵ピークは禁漁期以降になっている。物部川漁業協同組合では主産卵場域から下流で落ちアユの禁漁を行っているが、今後もアユの産卵状況も踏まえながら、弾力的に資源管理を実施する必要がある。

高知県産アユ人工種苗を活用した中山間地域の活性化

石川 徹・岡部正也・長岩理央

県内の河川に遡上する天然アユは減少傾向にあり、資源再生のための対策が強く求められている。そこで、本課題では、アユ種苗の生産機関である(財)高知県内水面種苗センター(以下種苗センター)と連携して放流アユの種苗性向上と放流手法の改良に取り組み、高知県の河川環境に即したアユ資源添加技術を確立する。

1 天然親魚の確保と養成

目 的

種苗センターで生産された F5 種苗(継代数 4 以下 F5 と表記)種苗性を評価したところ、継代飼育にとまない 遺伝的組成が天然アユ集団から乖離しつつあることが判明したため、天然親魚の導入の必要性が示唆された(平成 19 年度事業報告書)。

そこで、本課題では、生産施設から隔離された当センターの施設を利用し、防疫対策を徹底させるとともに種苗生産計画に合わせて成熟コントロールを行い、種苗の遺伝的多様性を確保するために必要な尾数の天然親魚を養成する。

材料および方法

天然アユの採捕は、県西部に位置する松田川の河口から約 3.2km 上流の河戸堰および、県東部に位置する奈半利川の河口から約 3km 上流の田野井堰において、松田川漁業協同組合並びに奈半利川淡水漁業協同組合の協力により実施した。

採捕方法は、特別採捕許可に基づき魚道内に上りうえ(L100cm×W70cm×H60cm, 井 3mm)2基を設置して行った。

結果および考察

松田川では 2012 年 4 月 15~16 日の間に、奈半利川では 2012 年 4 月 27 日 ~5 月 19 日の期間に 2,330 尾、および 633 尾の天然稚アユを確保し、当センターに陸送して施設内の屋外 50トン水槽に收容した。

松田川産アユ(以下松田川産)は、2012 年 4 月 15 日 ~10 月 18 日までの 187 日間、奈半利川産アユ(以下奈半利川産)は 2012 年 4 月 27 日 ~10 月 18 日までの 175 日間養成した。生産計画にあわせて成熟をコントロールするため、各飼育水槽には 5 月 30 日 ~7 月 18 日の 50 日間、明期 18 時間、暗期 6 時間のサイクルで光周期調節を実施した(付録親魚養成飼育記録参照)。

飼育期間中の給餌率は総体重の約 3~4% とし、水温変動などの環境変化が生じた場合は直ちに餌止めし、1%塩水浴を適宜実施して疾病予防に努めた。その結果、飼育開始から採卵に供するまでの生残率は松田川産で 94.4%、奈半利川産で 96.5%と高くなった。

また、斃死個体や衰弱個体が見られた場合には、定法により冷水病菌の PCR 検査を実施したが、陽性個体は認められなかった。

表-1 松田川および奈半利川産親魚の採捕・採卵時における BL, BW, GSI

		平均±SD
松田川	採捕時(2012.4.15) n=46	BL(mm) 41.8±5.1
	採卵時(2012.10.26) n=42	BL(mm) 149.3±9.3
		BW(g) 50.6±10.9
		♀GSI 33.3±10.5
		♂GSI 13.9±7.4
奈半利川	採捕時(2012.4.29) n=2	BL(mm) 55.9±0.9
	採卵時(2012.10.26) n=34	BL(mm) 156.4±9.0
		BW(g) 57.3±12.1
		♀GSI 30±9.3
	♂GSI 12.9±9.4	

松田川産と奈半利川産の取り上げ時の平均体重は $50.6 \pm 10.3\text{g}$ および $57.3 \pm 12.1\text{g}$, および生殖腺指数は雌で 33.3 ± 10.5 および 30.0 ± 9.3 , 雄で 13.9 ± 7.4 および 12.9 ± 9.4 であり, 成長および成熟状況は良好であった (表-1)。

2 放流種苗の疾病に対する安全性評価

目 的

県産放流種苗の防疫対策の一環として, 冷水病菌 (*Flavobacterium psychrophirum*) およびアユのエドワジエラ・イクタルリ感染症原因菌 (*Edwardsiella ictaluri*) の保菌検査を実施する。

材料および方法

高知県内水面種苗センターで生産されたアユ人工種苗 1 池(ロット)当たり, 60 尾以上の種苗を無作為抽出し, 検査に供した。

冷水病菌 (*F. psychrophirum*) については, アユ冷水病防疫に関する指針(アユ冷水病対策協議会, 平成 20 年 3 月改訂版)に従い, 冷水病菌に特異的なロタマーゼ遺伝子群の一つである, PPIC (peptidyl-prolyl cis-trans isomerase C) 遺伝子をターゲットとした PCR 法 (izumi(2003), 吉浦(2006)) により, 冷水病菌の検出を行った。

エドワジエラ・イクタルリ (*E. ictaluri*) については, 独立行政法人 養殖研究所 魚病診断・研修センターから公開された魚病診断マニュアル「アユの *Edwardsiella ictaluri* 感染症の診断・保菌魚(種苗)からの検出 平成 20 年 4 月暫定版(ただしプライマーは 7 月に改良されたものを使用)」に従い, 検体より分離, 培養した SS 液体培地から PCR 法による病原菌の検出を行った。

結果および考察

2012 年度放流群の全ロットについて検査し,

冷水病陽性となった 1 ロットについては廃棄処分とした。また, エドワジエラ・イクタルリ感染症原因菌はいずれのロットからも検出されなかった。

3 放流種苗の遺伝的多様性評価

目 的

天然アユと同等の遺伝的組成を持つ放流種苗の供給体制の確立に資するため, 種苗センターで生産され, 県内河川に放流される人工種苗の遺伝的多様度を DNA 多型解析により評価する。

材料および方法

種苗センターで生産され, 2012 年度に放流された F1 および F2 種苗 (F1 は天然親魚を親とし継代数 0, F2 は F1 の子で継代数 1, 以下 F1(2012), F2(2012) と表記) についてマイクロサテライト DNA 多型解析を行い, 遺伝的多様度を天然海系, 琵琶湖系, 県外産人工種苗および養殖用種苗と比較した。サンプリングは一池(ロット)当たり 12 個体程度を無作為抽出することで行い, その尾びれを 99% エタノール中で保存した。DNA サンプルは 99% エタノール中に保存した尾びれから DNA 抽出精製キット (QuickGeneSP kit DNA tissue, FUJIFILM 社製) を用いて抽出, 精製し, アユマイクロサテライト DNA 7 マーカー座 (Pal1 ~ Pal7) について解析した。各マーカー座は高木ら (1999) に従い PCR 法により増幅し, オートシーケンサ (Beckman CEQ8000 ジェネティックアナライザ) を用いて各 PCR 産物の分子量を決定した。得られた分子量のデータは解析ソフト Arlequin ver.3.01 および Fstat ver.2.9.3.2 により解析し, 遺伝的多様度の指標である平均ヘテロ接合体率 (H_o , H_e), ローカスあたり平均アリル数 (以下 A) および固定

指数(以下 F_{is})を推定した。さらに、各種苗の遺伝的分化の程度を知るため、解析ソフト Phylip ver.3.69 を用いて各マーカー座のアリル頻度から集団間の遺伝的距離を算出し、UPGMA 法に基づく類縁図を作成した。また、比較対象とした天然アユ、他県産放流種苗のデータは Takagi *et al.* (1999)、池田ら(2005)の報告から引用した。

結果および考察

表-2 および図-1に平均ヘテロ接合体率の期待値 (以下 H_e)およびローカス当たり平均アリル数 (以下 A)に基づく各種苗の遺伝的多様度を示した。これらの指標は、いずれも近親交配にともなって低下することが知られているが、 H_e は継代を繰り返すことにより緩やかに低下する傾向を示すのに対し、 A は継代に伴う低頻度アリルの消失を反映して短期間で大きく低下する特性がある。池田ら (2005)は、放流用人工種苗の遺伝的多様度には H_e で 0.328 ~0.719、 A で 3.6 ~10.0 と生産施設によって大きな差があるが、いずれの指標も継代数が多い種苗ほど低い値をとり、特に A の低下が顕著であったことを報告している。種苗センター産の種苗においても、2002 年産 F1 (以下 F1 (2002))の H_e は 0.763、 A は 11.3 と天然集団とほぼ同等の高い値を示したが、4世代継代後の 2006 年産 F5 (以下 F5 (2006)) では H_e で約7%、 A で約 27%いずれも低下し、特に A の値の低下が顕著であった。これに対し、F1 (2012)の H_e は 0.788、 A は 13.6、F2 (2012)の H_e は 0.761、 A は 13.4 といずれも天然群と同等の高い値を示していた。また、同一個体群内での近親交配の程度を示す F_{is} についても、F1(2012)で 0.016、F2(2012)で 0.033 と低い水準であった。これらのことから、2012 年生産種苗については、精子や卵の不活性による同一採卵ロット内での

有効親魚数の減少といった、生産時の遺伝的浮動はなかったものと判断された。

本県産種苗と天然アユ集団との遺伝的分化について検討するため、種苗センター産 F1 および F2 (2002, 2009, 2011, 2012), F5 (2006)、県内の河川に遡上した天然アユ4集団および市販人工種苗についてマイクロサテライト DNA 7マーカー座に基づく集団間の遺伝的距離を求め、UPGMA 法により類縁図を作成した (図-2)。その結果、種苗センターF1(2012)と早期種苗として利用される種苗センターF2(2012)は、天然群のクラスターと親魚に放流個体の混じっていた可能性がある F1 (2009)の間に位置し、昨年の生産群の種苗センターF1(2011)および F2(2011)と同じクラスターに属していた。また、F1(2011)と F2(2012)は親子関係にあるが、類縁図上で見ても一番近い位置関係にあり、継代の過程で大きな偏りが生じていないと考えられた。これらの事から、2012 年生産群は生産の過程で大きな遺伝的浮動が生じておらず、天然群に近い遺伝的多様性を保持していると考えられた。

引用文献

池田 実, 高木秀蔵, 谷口順彦. (2005) : マイクロサテライト DNA 分析によるアユ継代種苗の遺伝的変異性と継代数の関係. 日水誌, 71(5), 768-774.
M.Takagi, E.Shoji, N.Taniguchi (1999) : Microsatellite DNA polymorphism to reveal genetic Divergence in ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Fisheries Sci.*, 65(4), 507-512.
谷口順彦, 中嶋正道, 池田 実, 谷口道子, 高木秀蔵. (2005) : 人工採苗アユの遺伝的多様性評価. アユの健苗性の促進に関する研究. 人工種苗の遺伝的多様性と生態的特性の保全を目指して, 5-16.

表-2 平均ヘテロ接合体率の期待値(He) およびローカス当たり平均アレル数(A)に基づく各種苗の遺伝的多様度

由来	サンプル数	平均アレル数/ ローカス	平均ヘテロ接合体率 (観察値)	平均ヘテロ接合体率 (期待値)	固定指数
		A	Ho	He	Fis
種苗センター1代目 (2002)	48	11.3	0.771	0.763	-0.010
種苗センター5代目 (2006)	48	8.3	0.667	0.709	0.063
種苗センター1代目 (2009)	48	8.7	0.737	0.728	0.061
種苗センター2代目 (2011)	96	12.7	0.739	0.792	0.065
種苗センター1代目 (2011)	104	14.4	0.760	0.773	0.016
種苗センター2代目 (2012)	96	13.4	0.749	0.765	0.019
種苗センター1代目 (2012)	96	13.6	0.761	0.788	0.033
四万十川 (2002)	48	12.9	0.765	0.765	0.000
松田川 (2006)	44	11.3	0.709	0.754	0.060
仁淀川 (2002)	47	12.4	0.739	0.776	0.048
伊尾木川 (2002)	47	13	0.759	0.783	0.031
土佐湾産 *	27	11.9	0.753	0.784	0.040
琵琶湖 *	30	11.3	0.699	0.756	0.075
天然-TY * *	49	13.6	0.771	0.765	-0.008
人工-FS * *	48	9.9	0.719	0.736	0.023
人工-FU * *	45	10	0.624	0.735	0.151
人工-WA * *	48	8	0.577	0.676	0.146
人工-TH * *	50	4.6	0.566	0.605	0.064
人工-TY * *	43	5.3	0.581	0.611	0.049
人工- I * *	45	4.4	0.486	0.493	0.014
人工- G * *	47	3.6	0.46	0.484	0.050
人工-FG * *	47	3.7	0.328	0.355	0.076
市販人工種苗(2006)	48	6.4	0.643	0.662	0.029

* : Takagi et al (1999), 池田ら(2005). 表中の()内は生産年または採捕年を示す。

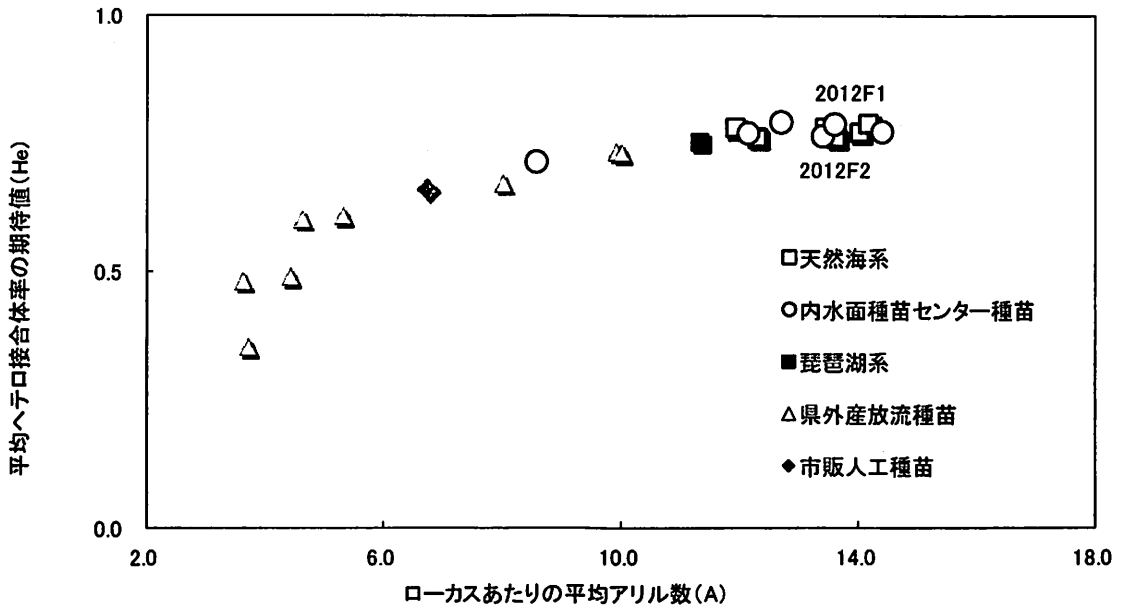


図-1 平均ヘテロ接合体率の期待値(He)およびローカスあたり平均アレル数(A)に基づく各種苗の遺伝的多様度

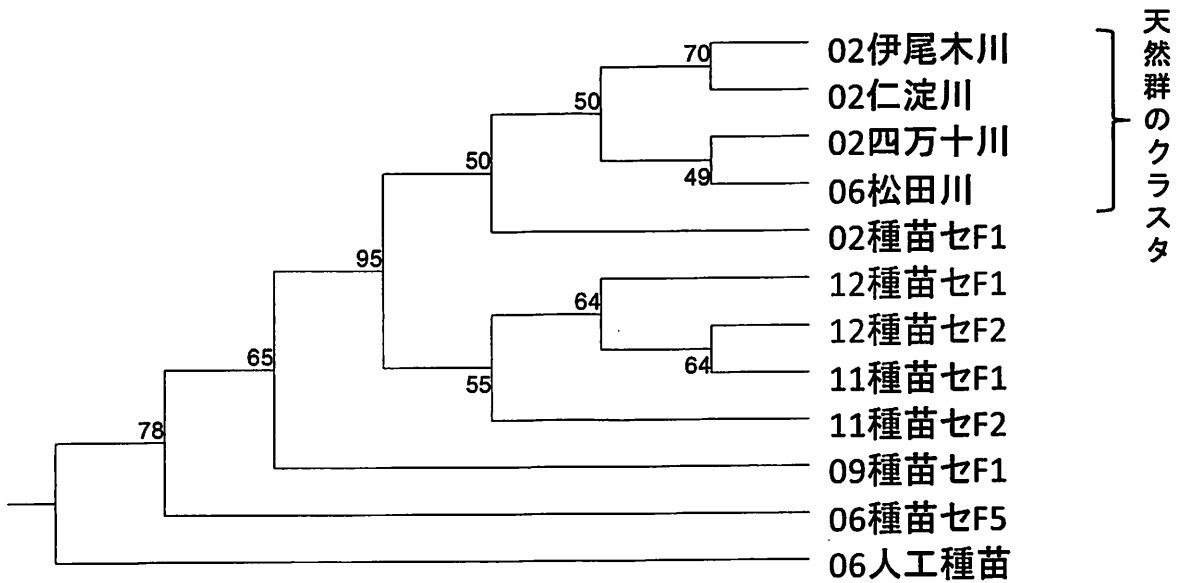


図-2 天然アユ, 放流種苗および市販人工種苗の遺伝的類縁関係(UPGMA 法)図中の数字は 1000 回のブートストラップ値を示す。

4 放流種苗の追跡調査

目 的

放流後の種苗の動態を把握することは、適切な放流時期や場所、放流サイズなどの条件を決定するうえで不可欠であるが、天然遡上がある河川では、その判別が困難である。そこで、ダムより上流で天然遡上のない水域に放流された人工種苗の分散、定着状況を経時的に追跡し、放流効果を検証する。



図-3 河川および調査定点の概要

材料および方法

四万十川水系の支流であり、津賀ダムより上流に位置する栲原川および四万川(図-3)に放流された種苗センター産人工種苗について追跡調査を行った。調査は放流直後の5~9

月の期間、約1ヶ月間隔で行い、それぞれの河川に設定した調査地点における種苗の分散、定着状況を潜水目視により観察した。また、観察されたアユは推定全長20cm未満と、20cm以上の2ランクに分けてその尾数を記録した。

結果および考察

2012年4月23~25日にかけて1,786kgを、2012年5月21~23日にかけて1,500kgの種苗センター産の人工アユ種苗が当該水域に放流された。放流直後の2012年5月11日に四万川では、下西の川で334尾が観察されたほかは、0~数尾が観察されるにとどまり、淵に蟄集しているのが観察された。栲原川では1尾も観察されなかったが、両支川の合流部では160尾が観察されたことから、やや下流に移動していた可能性もある。6月11日には、四万川で54~390尾が、栲原川で91~310尾が、合流部で180尾が観察され、アユ漁解禁前に各水域に分散定着している事が確認された。7月以降は各定点で数尾~数十尾程度が観察され、漁獲により尾数が減少したと考えられた(図4)。サイズ別の観察尾数は6月までは推定全長20cm未満の個体ばかりであったが、7月以降徐々に推定全長20cm以上の個体が増え、9月には四万川で全体の8割が、栲原川では全個体が推定全長20cm以上となり順調に成長していることが確認された(図5)。

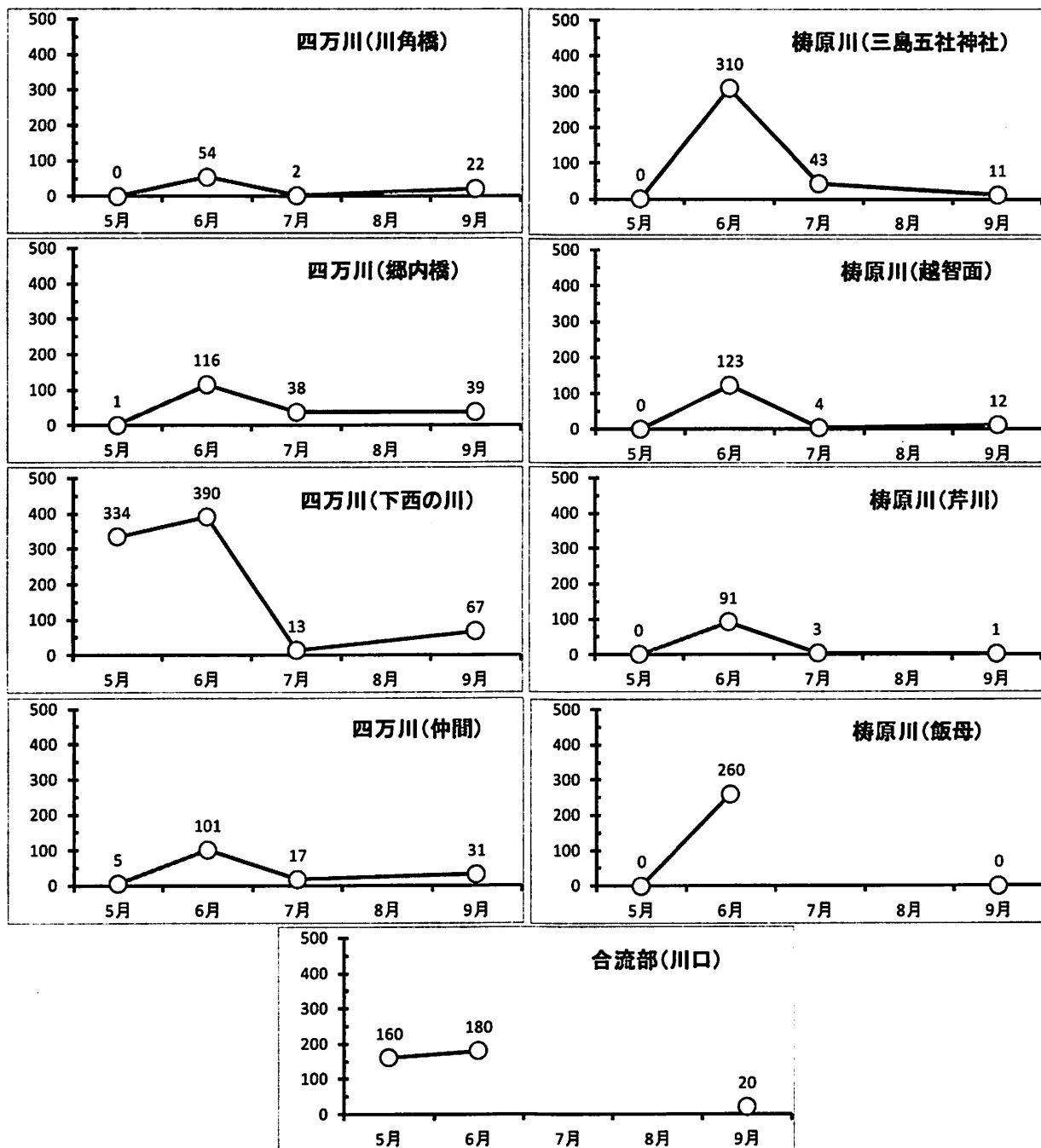


図-4 四万川、梶原川の各定点における観察尾数の推移

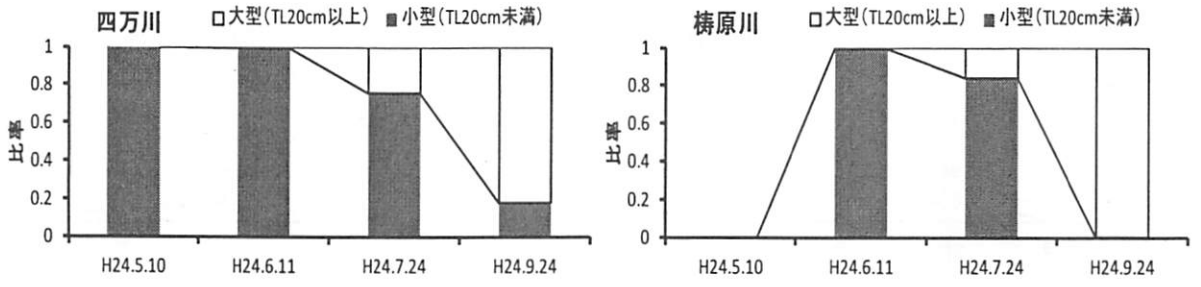


図-5 四万川, 埴原川の各調査日における大型個体(全長 20cm 以上)および小型個体(全長 20cm 未満)の比率の推移

ウナギ養殖における生産効率向上化試験

岡部正也・長岩理央

目的

ウナギ養殖は、高知県の主要産業の一つであり、20 経営体により年間 480 トン、推定 15 億円の生産がおこなわれている（H22 年度）。

しかしながら、養殖現場では近年のシラスウナギの不漁や資材の高騰に加えて魚病被害が深刻化しており、経営が著しく圧迫されているのが現状である。

そのなかでも、いわゆる「えら病」による被害が大きく、県内業者への聞き取り調査に基づく被害額は県全体で数千万円におよぶと推定されており、生産効率を損なう大きな要因の一つとなっている。「えら病」とは、主にウイルスや細菌の感染によってウナギの鰓に生じる病変の総称であるが、養殖現場ではこれらの病原体の識別が困難なことから、適切な処置が行えず、被害が拡大してしまう事例が多い。そのため、「えら病」対策は県内の養鰻業者で組織する高知県養鰻研究会（平成 23 年 10 月 6 日発足）においても喫緊の課題として位置づけられ、的確な診断技術の導入が求められているところである。

さらに、「えら病」は一旦発症してしまうと治療が困難な場合が多いことから、飼育管理の徹底による予防が重要であるが、近年ウナギ養殖の生産方式は多様化し、飼育水温や水質が養鰻場により大きく異なることから、魚病の発生状況や飼育成績に基づき、それぞれの養殖現場に応じた飼育環境の改善を図る必要があると考えられる。

そこで、本事業では、えら病を中心とした疾病対策と飼育環境の改善に関する以下の項目に

ついて検討を行い、本県のウナギ養殖における生産効率の向上に資する。

- 1) えら病の迅速診断技術の確立
 - ・PCR 法の導入(カラムナリス症, ウイルス性血管内皮壊死症, ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症)
- 2) 飼育環境のモニタリングに基づく疾病予防法の検討
 - ・水温連続測定(データロガーによる連続記録)
 - ・水質測定(pH, アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素)
- 3) 治療法の検討
 - ・水槽実験による治療試験(昇温処理, 降温処理, 塩水浴, 餌止め)
 - ・投薬による治療試験

本年度は、1) および 2) について検討した。

1. えら病の迅速診断技術の確立

えら病には、以下の細菌感染症、およびウイルス症が報告されている。

- 1) カラムナリス症 (Columnaris disease, 原因菌; *Flavobacterium columnare*)
- 2) ウイルス性血管内皮壊死症 (VECNE; Viral endothelial cell necrosis of eel; 原因ウイルス; JEECV)
- 3) ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症 (Herpesviral gill filament necrosis, 原因ウイルス; HVA)

これらの感染症では、鰓に生じる特徴的な病変から診断が可能であるとされてきたが、自己

診断に基づく対処が行われている養殖現場では、被害が拡大する事例が頻発していることから、現場での診断基準を検証する必要がある。また、これらの病原体に関しては PCR 法による検出法が開発されているが、いずれも養殖現場への適用例が見あたらないことから、実用性を検証し、検査体制を整備する必要がある。そこで、県内の養鰻業者から入手した病魚について病変を類型化するとともに、PCR 法による病原体の検出を試みた。

材料および方法

病魚の鰓に見られた病変の類型化

ウナギの鰓に生じる病変を以下の 7 種類に類型化し、県内の 4 業者から入手した病魚の鰓の所見を分類した。なお、一部の病変の名称については養殖現場で慣例的に用いられているものを用いた。

棒状：鰓弁の中心静脈洞内にうっ血が見られるもの。

点状：鰓薄板に点状の出血が見られるもの。

板状：鰓薄板に板状の充血または出血が見られるもの。

欠損：鰓弁もしくは鰓薄板が欠損しているもの。

壊死：鰓弁もしくは鰓薄板が壊死しているもの。

貧血：鰓弁もしくは鰓薄板に貧血が見られるもの。

膿瘍：鰓弁もしくは鰓薄板に化膿性炎症が見られるもの。

PCR 法による病原体の検出

病魚の鰓から定法により DNA を抽出・精製し、PCR 法による病原体の検出を試みた。

PCR に用いたプライマーセット、および検出条件については、1) Bader et al, (2003) 2) Mizutani et al, (2011), 3) Rijsewijk et al,

(2005) の報告に従った。また、えら病とともに被害の大きいパラコロ病についても同時に検査し、混合感染の有無を確認した。

鰓の病変と検出された病原体の整合性の検証

上記で得られたデータに基づき、鰓の病変と検出される病原体の整合性を検証した。

結果

鰓に見られた病変の分類

入手した 57 検体うち、28 検体では病変が単独で認められ、残りの 29 検体では同一個体中に複数の病変が認められた。

PCR 法を用いたえら病の確定診断の検討

1)～3)の病原体を対象とした PCR 法により、複数の検体から明瞭なフラグメントが検出された。そこで、これらの PCR 産物の塩基配列を DNA シーケンシングにより決定し、DDBJ (DNA Data Base of Japan) に登録されている既存のデータと照合したところ、それぞれの病原体と高い相同性を示したことから、検出されたフラグメントは病原体に由来するものであると判断した。これらの結果から、PCR 法は養殖現場で発生するえら病の病原体の検出に有効であると考えられた。

PCR 法による病原体の検出

PCR 法により、入手した 57 検体のすべてから *Edwardsiella tarda* を含む 4 種類の病原体が検出され、16 検体から *F. columnare* が、2 検体から *E. tarda* が、1 検体から JEECV がそれぞれ単独で検出された。一方、残りの 38 検体では同一の個体から複数の病原体が検出されたが、*F. columnare* と *E. tarda* の組み合わせが 27 検体と最も多く、このうちの 12 検体からは JEECV が検出された。また、HVA は *F. columnare* との組

み合わせ, および F.columnare, JEECV との組み合わせで各 2 検体から検出された。

鰻の病変と検出された病原体との整合性

ウナギのえら病により生じる病変のうち, 棒状はウイルス性血管内皮壊死症, 点状はヘルペスウイルス性鰻弁壊死症, 欠損はカラムナリス症, および壊死はこれらの感染症に共通に見られる典型的な症状とされているが, 板状については, これまでに病原体が特定されていない。

PCR法によりえら病の病原体が単独で検出された検体のうち, それぞれの感染症に典型的な症状を呈していたものは JEECV で 1 検体, F.colmnare で 16 検体中 12 検体であった。また, F.colmnare が単独で検出された検体のうち 4 検体は, 点状, 板状, 膿瘍など, カラムナリス症に典型的でないと思われる病変を呈していた。一方, 複数の病原体が検出された検体の多くでは, それぞれの感染症に典型的とされる複数の病変が同一個体内に認められたが, F.colmnare と JEECV が検出された 1 検体では板状, F.colmnare とパラコロ病が検出された 4 検体では棒状, 板状など, それらの感染症に典型的でないと思われる病変を呈している検体が複数認められた。

まとめ

本項目の詳細については, 研究報告として別途掲載した (P39-45)。

・「えら病」病原体の検出について, PCR 法の有効性を確認した。

・F.columnare は, 壊死, 欠損が認められた検体の多くから検出された。

・鰻の病変と PCR 法により検出される病原体が一致しない例が認められた。

・複数の病原体が同一の個体から検出される例が多数認められた。

以上の結果から, ウナギの「えら病」に対しては, PCR 法による高感度な病原体の検出に基づく診断を行う必要があると考えられる。

2. 飼育環境のモニタリングに基づく疾病予防法の検討

高知県では高水温, 高密度で飼育するハウスシート加温養鰻 (以下ハウス養鰻) が主流であるが, 魚体への高ストレス負荷や病原菌の増殖機会の増加などが引き金となり発生する条件性疾病の対策が課題となっている。

また, 近年では, 燃料費と成鰻価格の高騰を背景に, より低い水温で高い歩留まりを達成しようとする傾向が強まりつつあるが, 安易な低水温への移行による水質管理の失敗や低水温特有の魚病の発生などの弊害が生じつつある。

そのため, それぞれの生産方式に即した飼育管理方法の確立が急務であると考えられる。

そこで, 生産方式が異なる 3 か所の養鰻場について水温, 水質のモニタリングを行い, 飼育池単位での飼育環境の把握を試みた。

材料および方法

各養鰻業者が指定した養鰻池 2~3 池についてデータロガーによる水温の連続測定, および飼育水中の pH, アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素を 1 回/月の頻度で測定した。

表-1 飼育環境のモニタリングを行った養鰻場の概要

	養殖開始年	水源	飼育池	規模 (m ² /池)	水深	換水率	池の材質
養鰻場A	1975	地下水	13面	約160~660	約50~80cm	約30%/日	コンクリート(壁面), 業掘り(底部)
養鰻場B	2011	地下水	10面	約210	約80cm	半循環ろ過	全面コンクリート

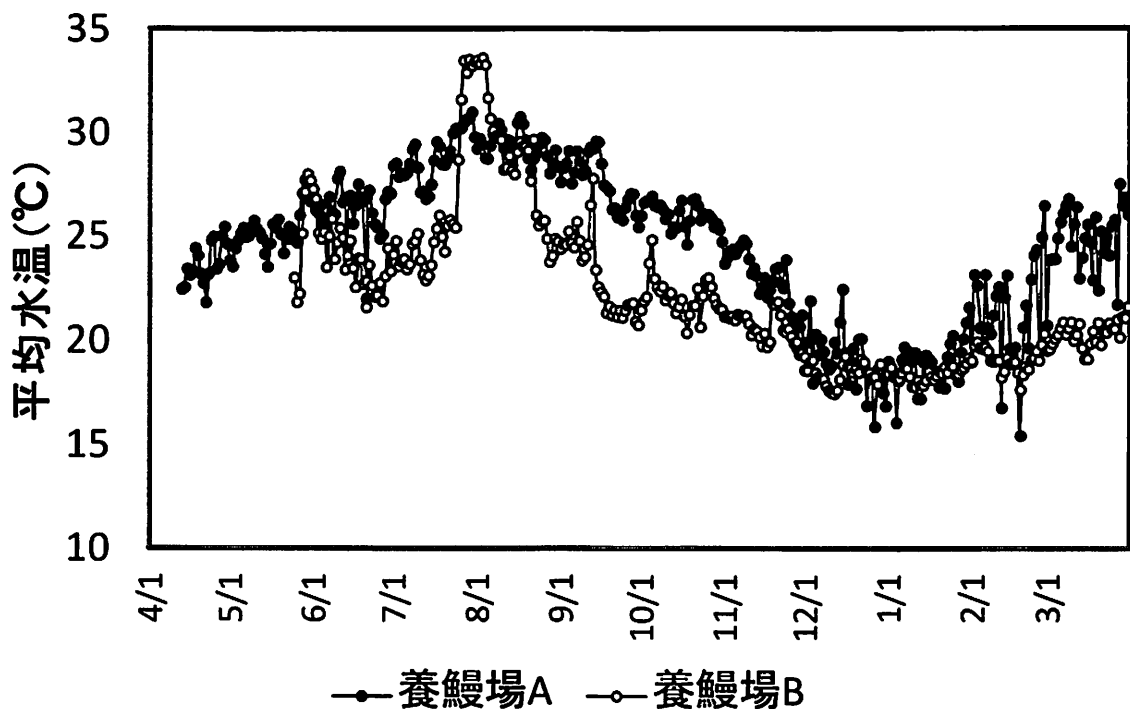


図-1 県内の2養鰻場における飼育池の平均水温の推移

表-2 各養鰻場におけるPH, アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素の測定結果

	測定期間	測定回数	PH			NH ₄ -N (mg/l)			NO ₂ -N (mg/l)		
			平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低
養鰻場A	2012.4.12~2012.11.8	7	7.62	9.20	7.02	0.89	2.36	0.06	0.16	0.36	0.00
養鰻場B	2012.5.24~2013.2.28	9	7.28	7.59	6.59	2.14	12.0	0.18	0.94	3.68	0.04

結果

モニタリングを行った養鰻場の概要, 飼育水の水温, 水質の測定結果の一例を示した(図-1, 表-1, 2)。

飼育方式の比較

両養鰻場の生産方式や規模は大きく異なっており, 養鰻場Aは素掘り池で低換水率と水作りにより水温と水質の維持を図る従来型の形態であるのに対して, 養鰻場Bは大型ろ過槽を備えたコンクリート池で注水と循環ろ過を併用する半循環ろ過方式を採用している。

飼育環境の比較

養鰻場Aの飼育水温は夏期には安定して推移するが, 冬期には一日の変動が大きい傾向が見られるのに対し, 養鰻場Bでは夏期に一日

の変動が大きく, 冬期には安定して推移する傾向が見られる。

また, PHについては, 養鰻場Aのほうが変動幅が大きい, アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素は養鰻場Bに比べて低めに推移している。一方, 養鰻場Bのアンモニア態窒素, および亜硝酸態窒素は高めで推移し, 変動幅が大きい傾向が見られる。

今後の計画について

- ・各養鰻場のモニタリングを継続し, データの蓄積を図る。
- ・魚病の発生状況と, 飼育環境の関連を解析し改善点を抽出する。
- ・得られた知見については, 研究会等を通じて養鰻業者に情報提供する。

漁場環境改善への取り組み支援

長岩理央・岡部正也・石川 徹

目的

高知県の河川には取水や砂防を目的とした堰堤などの河川工作物が数多く設置されている。これらの工作物は水域を分断し、水生生物の遡上・降河を妨げることにより成長や繁殖に影響を及ぼすおそれがある。しかしながら、河川工作物に設置されている魚道の多くは遡河能力が高いアユを基準に設計されており、遊泳力の劣る魚介類、とくに河川生態系を支える役割を担う底生のハゼ類やテナガエビ類などに対する効果は十分に検証されているとは言えない。そこで本事業では、河川内においてこれらの魚介類の円滑な移動を妨げる要因を客観的に評価するための手法の開発を行う。

材料および方法

調査は12月20～21日にかけて、県中西部に位置する新莊川の高保木頭首工から遅越頭首工の間において、頭首工と頭首工の間を1区間として、A～Dの4区間(A: 高保木～長竹角谷, B: 長竹角谷～

長竹, C: 長竹～中氏, D: 中氏～下郷)で行った(図1)。魚類の採集は、電撃ショッカー (Model 12-B POW ELECTROFISHER, Smith-Root, Inc., 図2)を用いて行い、採集された魚類は持ち帰って、種査定、計数および体長を測定した。また、魚類の採集とあわせて水温と電気伝導度を測定した。

結果と考察

採集された魚類は、底生魚類のアカザ *Liobagrus reini*, カマキリ *Cottus kazika* およびハゼ科魚類 (ボウズハゼ *Sicyopterus japonicus*, ゴクラクハゼ *Rhinogobius giurinus*, シマヨシノボリ *Rhinogobius* sp. CB, ヌマチチブ *Tridentiger brevispinis*) を含む5目5科9種172個体であった(表1)。ハゼ科魚類の流程分布には偏りが見られ、ゴクラクハゼは最下流区間のAのみ、ボウズハゼとヌマチチブはAとBのみ、シマヨシノボリは全区間に出現するものの、Aでの個体数が多かった(表1)。また、シマ

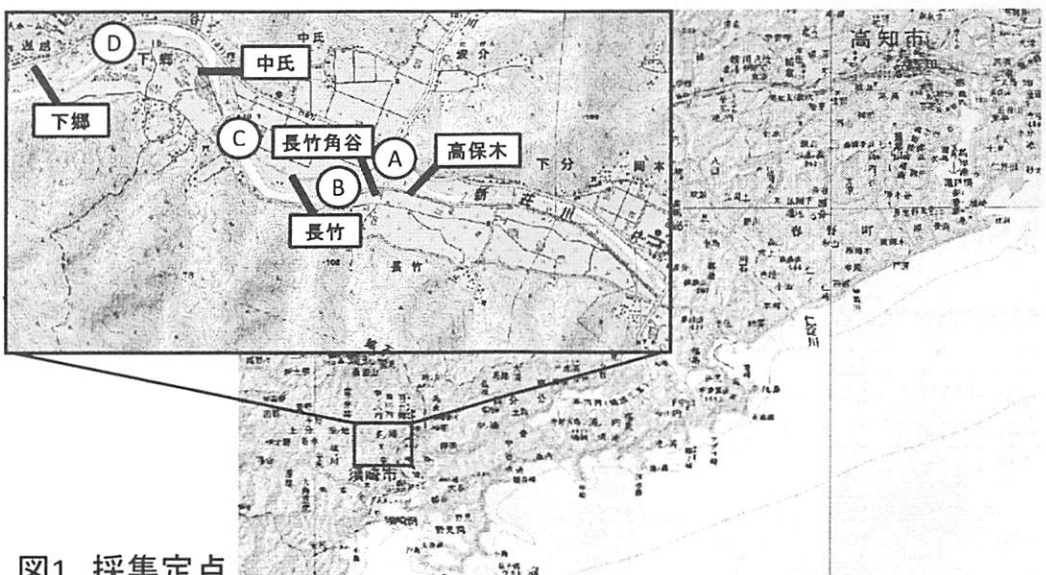


図1 採集定点

ヨシノボリは区間ごとの体長組成に明瞭な違いがみられ、Aでは20~25 mm、Bでは40~45 mm、CとDでは50~55 mmにモードがあり、下流から上流にいくにしたがって体長が大きくなっていった(図3)。

これらの結果は、新莊川の中下流域において底生魚類の分布や体長組成に差異を生じさせる何らかの要因が存在することを示唆している。

以上のように、電撃ショッカーを用いた調査手法は底生魚類の分布を網羅的に把握する上で有効であることを確認できたことから、今後は河川工作物が底生魚類の生活環に及ぼす影響の評価への応用を試みる。

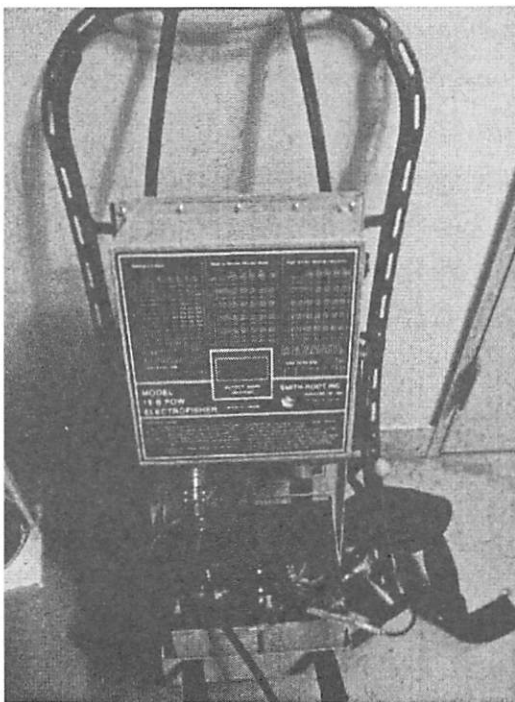


図2 魚類採集に使用した電撃ショッカー

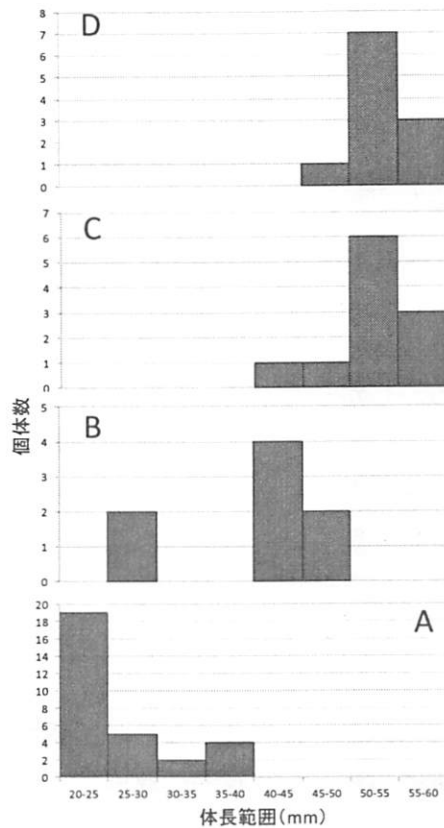


図3 シマヨシノボリの各定点における体長組成

表1 採集された魚類および各定点の環境

目	科	種	個体数				体長 (mm)
			A [※]	B	C	D	
コイ目	コイ科	オイカワ	3		7	39	27.1-46.9
		カワムツ		1	26		
ナマズ目	アカザ科	アカザ				1	67.1
サケ目	アユ科	アユ	1				132.8
カサゴ目	カサガ科	カマキリ		1			136.3
		ボウズハゼ	6	4			45.7-85.2
スズキ目	ハゼ科	ゴクラクハゼ	3				37.2-48.9
		シマヨシノボリ	31	8	11	11	20.0-59.6
		ヌマチチブ	10	9			34.5-77.2
水温(°C)			12.6	11.8	13.0	12.0	
電気伝導度(μS/cm)			94.6	90.3	93.4	90.7	

※A-Dは、採集区間(A: 高橋区～長竹角谷 B: 長竹角谷～長竹 C: 長竹～中比 D: 中比～下郷)を示す

アマゴ生息状況調査 (河川利用中山間地域活性化事業)

高知県では、平成 21 年度より産業振興計画に基づく成長戦略の一環として、アユ漁終了後の中下流域を「アマゴの冬季釣り場」として開放し、中山間地域の交流人口の増加と活性化を図る取り組みを行っている。そこで、本事業では、候補となった河川についてアマゴの生息状況を調査し、事業の推進に必要な基礎データを収集する。

本年度については、新たに候補となった松田川本流、および吉野川水系の地蔵寺川について調査した。なお、地蔵寺川については、最終年度となるため、3カ年の総括とした。

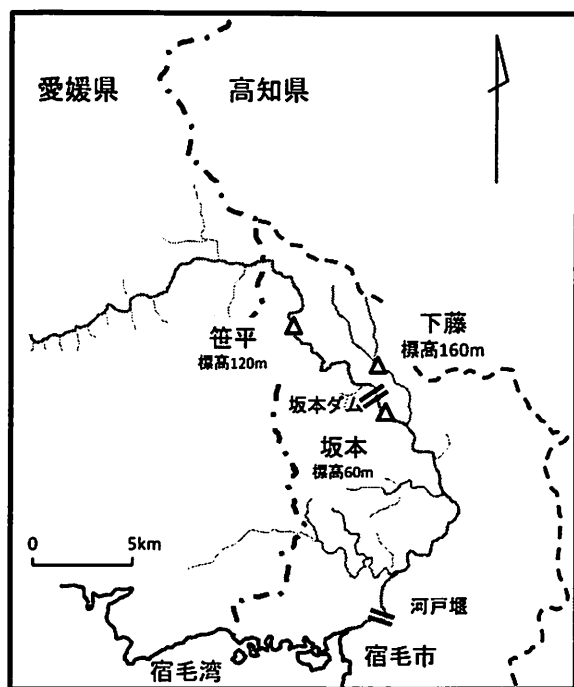


図-1-1 調査区間の概要

1 松田川

岡部正也・石川徹

材料および方法

松田川上流の坂本ダム上流端から坂本大橋までの約 1.2km の区間、および坂本ダム上流の笹平キャンプ場下の約 1km の区間について 2012 年 7 月 31 日～2012 年 11 月 21 日の期間に 1 回/月の頻度で潜水調査を実施した(図-1-1)。調査は、調査員 2 名の目視観察により行い、各起点から下流へ約 400m を潜水して区間内におけるアマゴの尾数、産卵床の形成、および産卵の有無を確認した。また各区間にはデータロガーを設置し、1 時間毎の水温を記録した。このほか、松田川漁協から、放

流が近年行われていない支流の下藤川について調査の依頼があったことから、同様に調査を行った。

結果

水温の推移: 各調査区間の水温の推移を図-1-2 に示した。調査開始時の水温は、坂本ダム下流で 25.9℃、および笹平キャンプ場で 23℃と、いずれもアマゴの生息適水温の上限を上回ったが、9 月以降低下し、いずれの区間においても 20℃を下回り、1 月下旬の冬季には 4℃～5℃まで低下した。

生息状況調査: 笹平キャンプ場では 7 月に 3 尾、および 11 月に 2 尾のアマゴ成魚が認められたが、7 月の個体

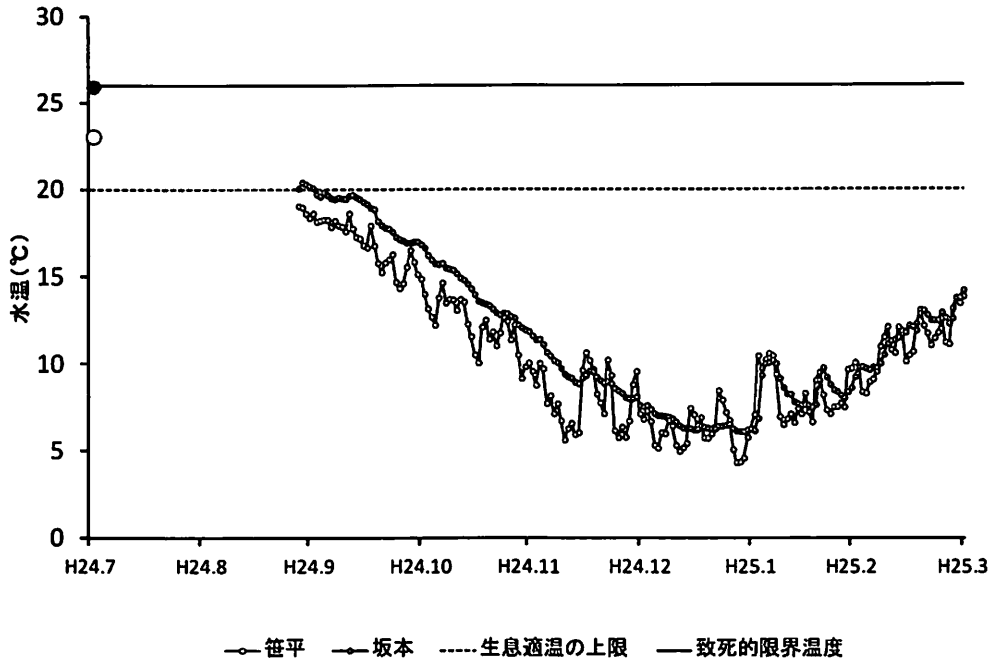


図-1-2 各調査区間の水温の推移

はいずれも衰弱していたことから、放流直後であったとみられる。一方、坂本ダム下流では、調査期間を通じてアマゴは確認できなかった(表-1-2)。また、下藤川では、全長 10cmほどのアマゴ未成魚 2尾を確認し、再生産が行われているものと判断した。

表-1-1 笹平キャンプ場で確認したアマゴの個体数と推定全長

調査年月日	尾数	推定全長(cm)
2012.7.31	3	15
9.25	0	
11.21	2	15
2013.4.5	0	

今後の計画

松田川本流の 2 区間においてアマゴの生息状況調査を継続し、再生産の有無を確認する。

2 吉野川水系 地蔵寺川

石川徹・岡部正也

材料および方法

調査定点：吉野川水系の地蔵寺川において、平石川合流部～新井堰までの 2,100m に調査定点を設定した(図-2-1)。終点の新井堰は可倒式の堰堤で魚道が存在するものの、遡上の障害となっている。なお、当該定点は漁協より今後禁漁期間の見直しを行う参考とするため、アマゴの生息状況について調査の依頼を受けている。また、過年度までの調査結果では、調査定点の中間に注ぎ込む支流下谷川に遡上した成魚が、産卵に及んでいる可能性が示された。このことから、下谷川におけるアマゴの再生産状況を確認するために、本年度は下谷川も調査定点に加えた。下谷川では便宜

上調査定点を4区間に分け、それぞれの区間について調査を行った。なお、区間①と区間②の間は、魚道のない砂防堰堤が設置されており、地藏寺川からアマゴが遡上できないが、区間②～④については、遡上が可能である。(図-2-2, 表-2-1)。

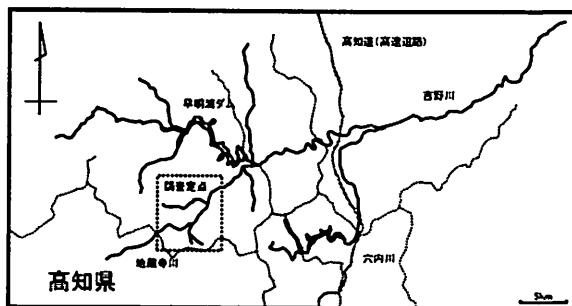


図-2-1 調査定点図(吉野川水系)

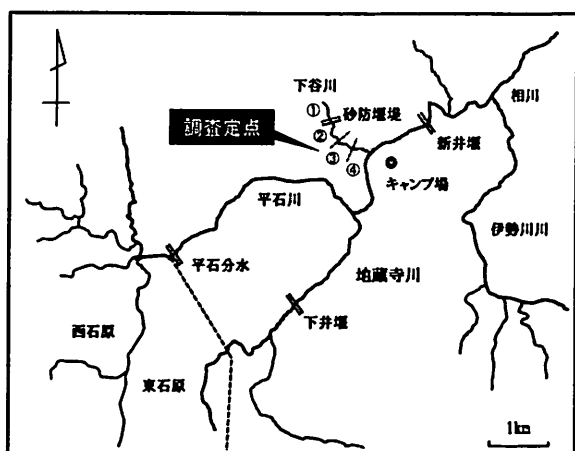


図-2-2 調査定点図(拡大図)

表-2-1 調査定点の概要

水系	河川名	所在地または名称	区間長	標高	備考
吉野川	地藏寺川	平石川合流点～新井堰	2.1km	300m	新井堰は魚道の遡上障害となる
		区間①	0.3km	380m	砂防堰堤が存在し遡上障害となる
		区間②	0.3km	360m	
		区間③	0.3km	340m	
	下谷川 (地藏寺川に合流)	区間④	0.3km	320m	

当該水域におけるアマゴの放流は、調査定点を含む地藏寺川全域に行われており、漁協による公式な放流量

は、1988年～2002年に180kg～280kg、2006年～2011年に各100kgとなっており、放流時期は毎年5月下旬となっている。また、1999年～2006年には9,000～70,000粒の発眼卵放流が、2004年と2005年には親魚放流が各200kg行われている。

また、漁協の放流とは別にイベント用として、3月中旬に、60～120gの成魚が放流されている。

水温測定：地藏寺川流域の水温の推移を把握するため、調査定点中央部のキャンプ場前にデータロガー(Tidbit V2, Onset)を設置し、1時間ごとの水温を測定した。また、実験的に求めたアマゴの生息適温の上限と高温側の致死限界温度(別途報告予定)をもとに、各調査定点で記録した温度範囲から、周年にわたるアマゴの生息が可能かどうかを検討した。

生息状況調査：本調査は2010年4月から1回/月の頻度で実施している。なお、現地での距離および標高の測定は、ポータブルGPS(コロラド400i, GARMIN)を用いた。各定点について調査員が潜水し、アマゴの個体数、産卵床および産卵の有無を目視により確認した。調査水域には、カワムツ *Zacco temminckii*, オイカワ *Zacco platypus*, ウグイ *Tribolodon hakonensis*, アユ *Plecoglossus altivelis* などの魚種が多く生息するこ

とから（伊藤ら1962），誤判別を避けマークおよび朱紅点が確認できた個体（中野ら1998）のみを計数した。特に，全長ごとの分布を把握するため，推定全長（以下推定 TL）10 cm 未満（以下小型魚），推定 TL10 cm ～ 20cm 未満（以下中型魚），推定 TL20cm 以上（以下大型魚）の3段階に分けて計数した。また，アマゴの禁漁期間である10月～翌年2月については，婚姻色の有無による成熟個体の識別，孵化仔魚の確認を試みた。

結果

水温の推移：地蔵寺川の調査定点における水温の推移を示した（図-2-3と表-2-2）。2012年2月14日～

るため，アマゴ固有の特徴であるパー2013年2月13日の調査期間中（直近の1年間）の水温は，2.5℃～24.1℃の範囲で推移し平均12.7℃であった。1日の平均気温がアマゴの生息適温の上限である20℃を超えたのは7月27日～8月28日の33日間であった。また，20℃以上の水温であった時間の合計は654時間であり，そのうち，連続して20℃以上の水温であった期間は，最長163時間（8月9日～8月16日）であったことから，1週間程度連続して生息適温外の環境となっていたことになる。また，致命的限界温度である26℃を上回ることとはなく，水温環境は，前年度と同様の傾向であった。

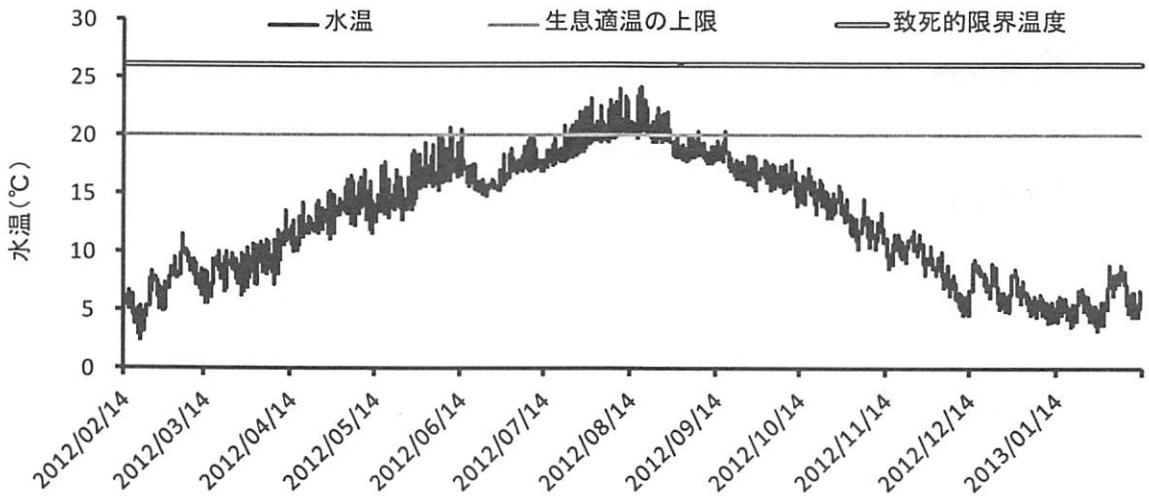


図-2-3 地蔵寺川の調査定点における水温の推移

表-2-2 地蔵寺川の水温環境の概要

測定期間(2012/2/14～2013/2/13)

期間中の水温の範囲	2.5	～	24.1
期間中の平均水温	12.7		
1日の平均気温が20℃以上の期間	2012/7/27	～	2012/8/28
1日の平均気温が20℃以上の日数	33	日	
20℃以上の累積時間	654	時間	
20℃以上の最大連続耐過時間	163	時間	(6.8日)
26℃以上の累積時間	—		

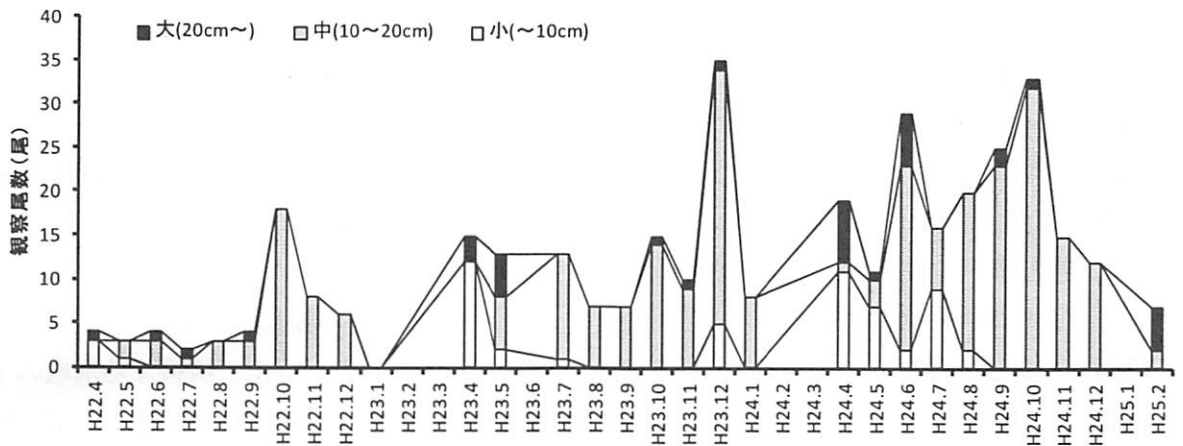


図-2-4 地蔵寺川の調査定点におけるアマゴの推定全長別の個体数の推移

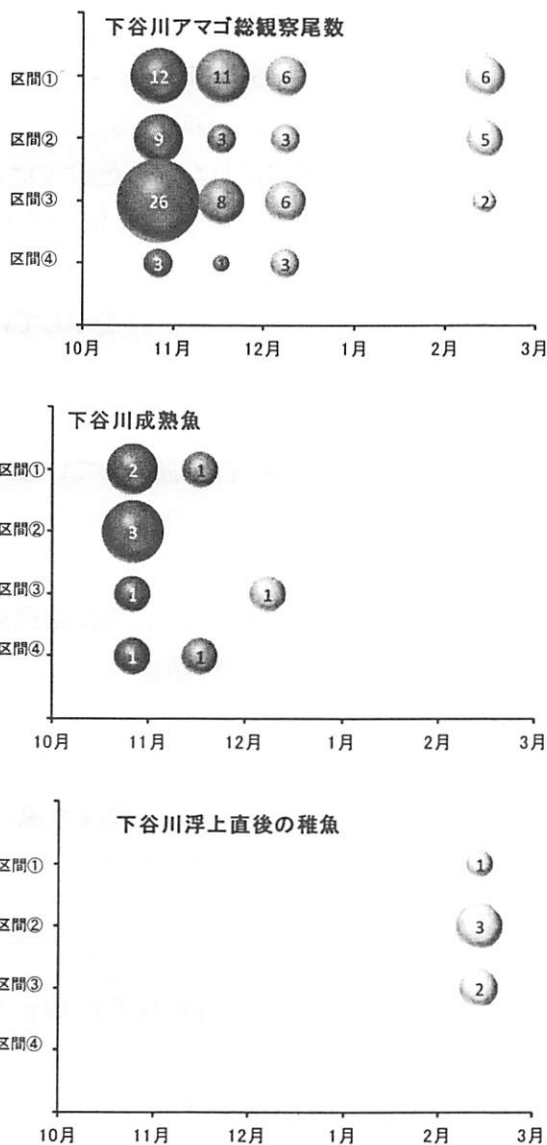


図-2-5 下谷川において確認されたアマゴの全個体数、成熟魚および稚魚の個体数の推移

地蔵寺川において確認された個体数の推移、産卵の有無および稚魚の出現状況：アマゴの推定全長別の個体数の推移を示した(図-2-4)。(※図中には比較のため2010年4月からの結果を標記した)。

2012年4月～2013年2月の全期間を通して、1調査当たり11～33尾のアマゴが確認された。出現のピークは、6月に29尾、10月に33尾の2回であった。

推定全長別に見ると、小型魚は2012年4月～8月の間に2～11尾が確認され、出現のピークは4月であった。中型魚は、2012年4月～2013年2月の全期間を通して1～32尾が確認され、出現のピークは10月であった。大型魚は、2012年4月～6月、9月～10月及び2月に1～7尾が確認され、出現のピークは4月であった。特に、9月と10月に確認された個体は、婚姻色を呈しており成熟魚と判断された。いずれの調査回次においても、産卵床の形成および孵化仔魚は確認されなかった。

下谷川において確認された個体数の推移、産卵の有無および稚魚の出現状況：下谷川において確認されたアマゴの全個体数、成熟魚および稚魚の個体数の推移を示した(図-2-5)。

2012年10月～2013年2月の調査期間を通して、1調査当たり13～50尾のアマゴが確認された。区間別にみると、区間①では、6～12尾、区間②では、3～9尾、区間③では、2～26尾、区間④では0～3尾のアマゴが確認された。全区間とも10月が、出現のピークであり、2月までに徐々に減少した。

婚姻色を呈した成熟魚は、10月に1～3尾が確認され、最も多いのは区間②であった。成熟魚も徐々に減少し12月以降は確認されなくなった。

浮上直後の当歳魚については、2月に区間①～③で1～3尾が確認され、最も多いのは、成熟魚と同様に区間②であった。

考察

地蔵寺川では調査定点内での確認尾数の推移から、例年春先に増加し、夏季に減少、そして秋季に再び増加するというパターンが見て取れる。

春先のアマゴ個体数の増加については、3月の成魚放流(推定 TL20cm以上)と6月の稚魚放流(推定 TL10cm程度)、接続水域からの当歳魚(推定 TL10cm未満)の流下に起因すると考えられる。確認されるアマゴのサイズも、4月に大型魚、6月に中型魚が増え放流魚のサイズと符合する。また、例年4月に小型魚が増えるのは、再生産によるものと考えられるが、平石川合流部～新井堰までの区間では、3年間の調査を通して、一度も産卵床や産卵行動を確認することができなかったことから調査区間外で再生産した個体が移動してきたものと考えられた。

夏季の減少については、水温の推移をみると7月～8月の間に生息適温の上限を超える環境水温となり、この時期に確認尾数が最も少なくなることから、調査定点内のアマゴ生息

数は水温に大きく影響を受け、生息適温を上回る時は、生息密度が低下するものと考えられた。

秋季の増加については、夏季に逃避した個体が、産卵のために移動している途中をとらえているものと考えられた。実際に、昨年(2012年)に続き9月～10月の産卵期には、婚姻色を呈した成熟魚が確認された。さらに、隣接する水域の下谷川では地蔵寺川からアマゴが遡上可能な区間で秋季に一時的に成熟個体を含む総個体数が増加している。この時見られたペアリングした成熟魚は、尾鰭に損傷があり、これは産卵行動によるものと推測された。下谷川では翌年2月には、浮上直後の推定 TL5cm程度の個体が複数観察されたが、この時地蔵寺川では、このような小型魚は確認されなかった。このことは、アマゴが地蔵寺川の平石川合流部～新井堰の区間では再生産しておらず、下谷川などの隣接水域で再生産していることを示している。

これらのことから、地蔵寺川の平石川合流部～新井堰の区間では、再生産はしていないものの、産卵に関与する可能性のある成熟魚が存在すると考えられる。このため、秋季～冬季の期間はアマゴの増殖保護のために禁漁を維持することが必要と判断された。

要約

・地蔵寺川におけるアマゴの生息数は水温に大きく影響を受け、生息適温を上回る水域では、生息密度が低下することを示すものと考えられた。

・地蔵寺川では、産卵床や孵化仔魚は確認されなかった。

・地蔵寺川では、2012年9月と10月に婚姻色を呈した成熟個体が確認された。

・隣接する水域の下谷川では、ペアリングした

成熟個体並びに浮上直後のアマゴ稚魚が確認され、再生産していると考えられた。

・秋季に地藏寺川では、産卵の可能性のある成熟親魚が存在する。

引用文献

伊藤猛夫 (1962) 四国吉野川水系の魚類相と河川型・河床型(生態). 動物学雑誌, 71(11, 12), 361-362.

中野繁・田口茂男・柴田勇治・古川哲夫 (1998) 日本の淡水魚(川那部浩哉 水野信彦編), 山と溪谷社, 東京 pp.168-179.

加藤文男 (2002) 日本産サケ属 (*Oncorhynchus*) 魚類の形態と分布. 福井自然博物館研究報告, 49, 53-77.

加藤文男 (2001) 日本産サケ属幼稚魚の形態と検索. 福井自然博物館研究報告, 48, 49-64.

加藤文男 (1973) 伊勢湾で獲れたアマゴの降海型について. 魚類学雑誌, 20 (2), 107-112.

加藤文男 (1973) 伊勢湾へ降海するアマゴ (*Oncorhynchus rhodurus*) の生態について. 魚類学雑誌, 20(4), 225-234.

IV 調查研究報告

高知県の養鰻場で発生した「えら病」の病理所見と病原体の検出

岡部正也・長岩理央

Classification of Lesions and Detection of Pathogens from “Gill Disease” of Eels Occurred in the Farms in Kochi Prefecture

Masaya OKABE and Riou NAGAIWA

「えら病」は、養鰻場においてウナギの鰓に病変を生じる感染症の総称であり、とくに深刻な被害を与えるものとして、カラムナリス症 (Columnaris disease, 原因菌; *Flavobacterium columnare*)、ウイルス性血管内皮壊死症 (VECNE; Viral endothelial cell necrosis of eel; 原因ウイルス; JEECV)、およびヘルペスウイルス性鰓弁壊死症 (HGFN; Herpesviral gill filament necrosis, 原因ウイルス; HVA) の3種が報告されている。これらの感染症では、それぞれに特徴的な病変を鰓に生じることが知られており、たとえばカラムナリス症では鰓弁の欠損、ウイルス性血管内皮壊死症では鰓弁の中心静脈洞のうっ血、およびヘルペスウイルス性鰓弁壊死症では鰓薄板の点状出血が典型的な病理所見として報告されている。また、発生の時期や外観症状から、養鰻業界ではこれらを夏鰓、棒状、および点状と呼称している。しかしながら、自己診断が行われている養殖現場では、処置を誤り被害が拡大してしまう事例が頻発している

ことから、これらの特徴は病変の進行度や混合感染の有無によって大きく変化する場合がありますと考えられる。そのため、的確な診断技術の導入が求められているが、ウナギではウイルス培養に必要な株化細胞が市販されていないことや、コンタミネーションにより鰓からの原因菌の単離が困難なことなどから、培養法による診断が不可能な状況にある。

一方、これらの病原体については、PCRを用いた検出法 (Bader et al. (2003), Mizutani et al. (2011), Rijsewijk et al. (2005)) が報告されており、検出系を構築することにより短時間での診断が可能である。ただし、これらはいずれも養殖現場への適用例が見当たらないことから、診断に用いるにあたっては、その実用性を確認しておく必要があると考えられる。そこで、本研究では、高知県で発生するえら病の迅速な確定診断体制の確立に資するため、県内の養鰻場から入手した病魚についてえら病の発生状況を把握するとともに、PCR法による病原体の検出を

Table 1. 鰓の所見に基づく病変の類型化と疑われる感染症

病変	略記	所見	疑われる感染症	病原体
棒状	A	鰓弁の中心静脈洞内のうっ血	VECNE	JEECV
点状	B	鰓薄板の点状の充血または出血	HGFN	HVA
板状	C	鰓薄板の板状の充血または出血	不明	
欠損	D	鰓弁もしくは鰓薄板の欠損	カラムナリス症・HGFN	<i>Flavobacterium columnare</i> ・HVA
壊死	E	鰓弁もしくは鰓薄板の壊死	全般	
貧血	F	鰓弁もしくは鰓薄板の貧血	全般	
膿瘍	G	鰓弁もしくは鰓薄板の化膿性炎症	パラコロ病?	<i>Edwardsiella tarda</i>

VECNE, Viral endothelial cell necrosis of eel; HGFN, Herpesviral gill filament necrosis; JEECV, Japanese eel endothelial cells-infecting virus; HVA, Herpesvirus angillae.

試みた。また、えら病とともに被害の大きいパ
ニコ病の原因菌である *Edwardsiella tarda* につ
いて検出を試み、混合感染の有無を確認した。

材料および方法

病魚の鰓に見られた病変の類型化

分析は2011年12月～2012年8月の期間に
県内の4か所の養鰻場から入手した病魚のうち
鰓に外部症状が認められた57検体について行
った。摘出した病魚の鰓をPBS緩衝液に浸漬
して実体顕微鏡下で観察し、Table 1の類型化
に従って7種類に分類した (Table 1,
Fig.1a-d)。さらに、鰓の組織をウェットマウント、
光学顕微鏡 (×100～×1000) 下で観察し、
鰓表面の寄生虫と細菌の有無を確認した

(Fig.1 a)。

PCR法による病原体の検出

検体の鰓の組織から、Quick Gene SP Kit D
NA tissue (FUJIFILM) を用いてDNAを抽出、
精製した。Flavobacterium columnare, JEECV,
およびHVAの検出に用いたPCRのサイクルと
検出条件については、それぞれBader et al. (2003), Mizutani et al. (2011), および Rijse-
wijk et al. (2005) の報告に従った。得られ
たPCR産物を2%アガロースゲル、TBEバッファ
ー中で電気泳動後 GelRed (Nakarai tesque)
を用いて染色し、UV302nmで励起して増幅産
物の有無を確認した。さらに、PCRにより増幅
産物が認められた場合には、それらがそれぞ
れの病原体に由来するものであることを確認す

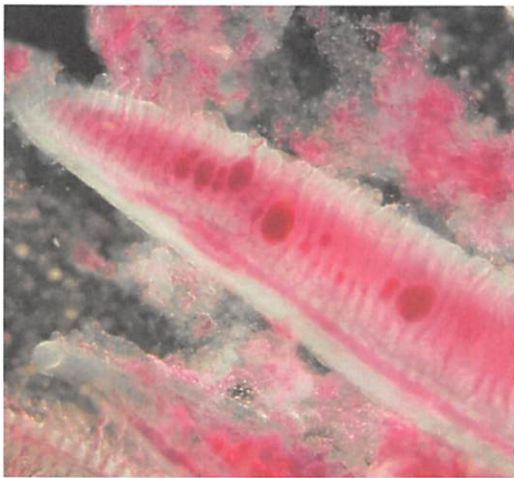
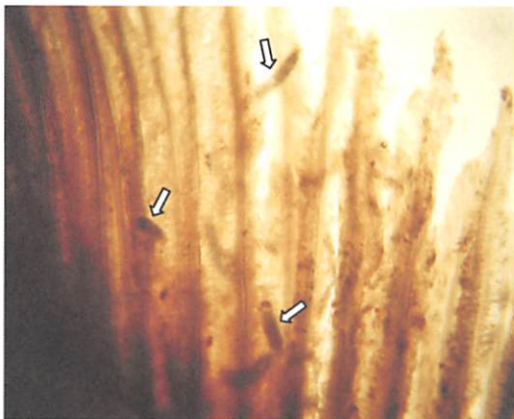


Fig.1. 病魚の鰓に認められた病変の組織像.

a,壊死 (→, 寄生虫); b, 棒状; c, 点状; d, 板状

ため、シーケンスを行って塩基配列を決定し、DDBJに登録されている既存のデータとの照合を行った。各PCR産物のシーケンスは、DTCS Quick Start Master Mix Kit (Beckman Coulter) を用いてシーケンス反応を行い、Genome Lab™ GeXP 多機能ジーンエクスプレッサー (Beckman Coulter) により塩基配列を決定した。また、Edwardsiella tarda については、検体の腎臓の組織からも同様にDNAを抽出、精製し、Edwardsiella 属に特異的な Eta21 (5' -TCGGGCCTCATGCCATCAGATGAA-3'), Eta2-490r (5' -TTCTGTAGGTAACGTCAATTGTGA-3') プライマーを用いてPCR

による検出を行うとともに、SS培地を用いて25℃48時間の培養により患部からの原因菌の分離培養を試みた。

結果

病魚の鰓に認められた病変の分類

入手した57検体のうち28検体では病変が単独で認められ、29検体では同一個体中に複数の病変が認められた (Table 2)。分類された7種類の病変の中では壊死が33例と最も多く、欠損が24例、棒状が20例とこれに次いたが、点状は3例、板状は4例と少なかった (Fig.2)。

病変が単独で認められた28検体の中でも壊

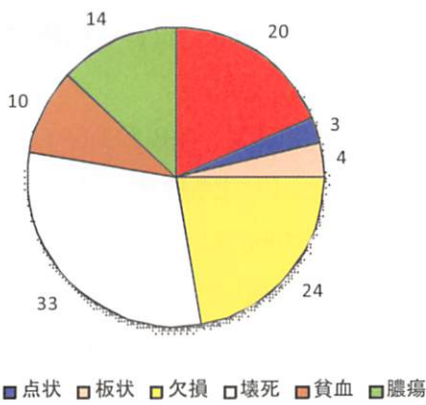


Fig.2. 病魚の鰓に認められた各病変の割合

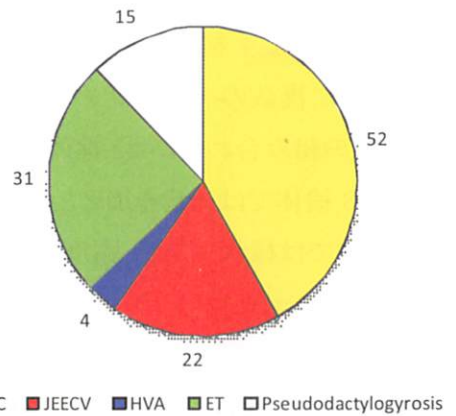


Fig.3. 病魚から検出された病原体の割合

Table 2. 病魚の鰓に認められた病変と検出された病原体

病変	病原体									
	FC	JEECV	ET	FC+ET	FC + JEECV	ET + JEECV	FC + HVA	FC+ET+ JEECV	FC+ JEECV +HVA	合計 (検体)
A				3	1					4
B	2						1			3
C	1				2					3
E	7(6)				1		1		2	11(6)
G	1		2(2)	4(1)		1	2			7(3)
A+F		1				2				4
D+E	5(5)			5(1)						10(6)
C+G				1						1
A+D+E				2				6		8
D+F+G								2		2
A+D+E+F+G								4		4
合計 (検体)	16(11)	1	2(2)	15(2)	5	2	2	12	2	57(16)

FC, Flavobacterium columnare; ET, Edwardsiella tarda; (), Pseudodactylogyrosis.

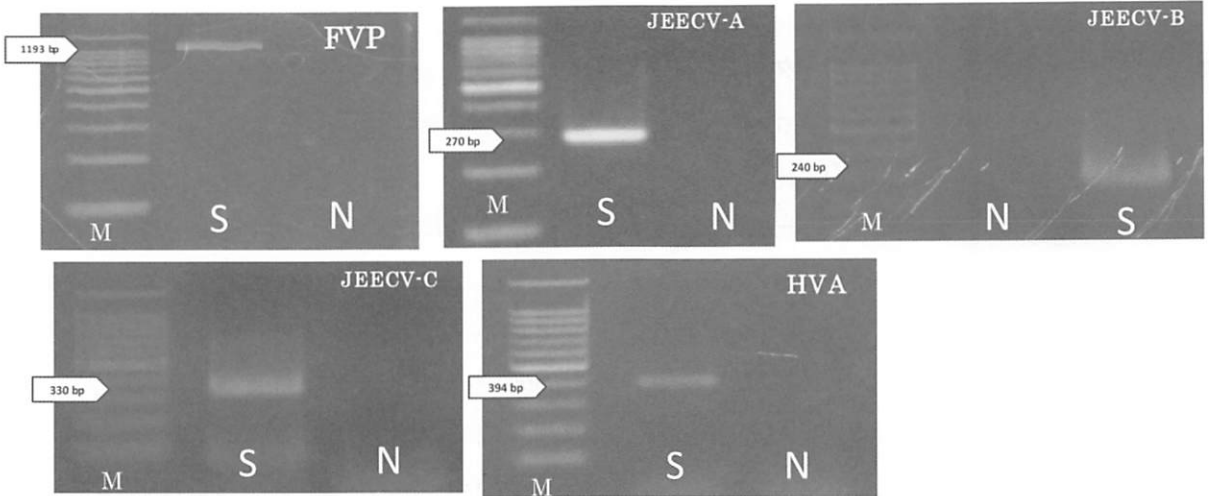


Fig.4. PCRにより検出された増幅産物の泳動像.

M, サイズマーカー(100b-1kb, 1.5kb); S, DNA サンプル; N, 蒸留水.

死は 11 検体と最も多く、膿瘍が 7 検体とこれに次いたが、棒状は 4 検体と少なかった。また、同一個体中に複数の病変が認められた例では壊死と欠損の組み合わせが 22 検体と最も多く、このうちの 8 検体では棒状を加えた 3 種類の病変が、4 検体では棒状、貧血、膿瘍を加えた 5 種類の病変が同一個体中に認められた (Table 2)。一方、Pseudodactylogylus 属とみられる寄生虫が認められた 15 検体のうち 12 検体では壊死が認められ (Table 2), さらに壊死、欠損を示す検体の多くでは鰓の表面に滑走細菌が認められた。

PCR 法による病原体の検出

Flabobacterium columnare (以下 F.colm-nare): 病原菌に特異的な 16SrRNA 領域をタ

ーゲットとした FVP プライマーセットによる検出を試みた結果、1193bp の位置に明瞭なフラグメントが検出された (Fig.4)。

JEECV: JEECV-A,B および C の 3 種類のプライマーセットによる検出を試みた結果、それぞれ 270bp,240bp,および 330bp の位置に明瞭なフラグメントが検出された (Figs.4)。

HVA: Anguillid herpesvirus の DNA ポリメラーゼ遺伝子を標的とする HVAPOLVPSD, HVA POLOOSN プライマーセットによる検出を試みた結果、394bp の位置に明瞭なフラグメントが検出された (Fig.4)。

これらの PCR 産物の塩基配列を DDBJ (DNA Data Base of Japan) に登録されている既存のデータと照合したところ、それぞれの病原体と高い相同性を示したことから、検出されたフ

Table 3. PCRにより検出された増幅産物の相同性検索結果

Origin	Target region	Strain	Score(bit)	Expected value	Identification (query/subject)	Accession No.
JEECV	Gene for polyomavirus large T like protein (A)		484	e-133	250/252	AB543063
JEECV	B		476	e-131	240/240	AB543063
JEECV	C		535	e-149	270/270	AB543063
HVA	DNApolymerase gene	500138	670	0.0	338/338	FJ940765
Flavobacterium columnare	16SrRNA	ATCC49512	1457	0.0	746/750	DQ005508

ラグメントは各病原体に由来するものであると判断した (Table 3)。

Edwardsiella tarda (以下 *E.tarda*): *Edwardsiella* 属の 16SrRNA に特異的な領域をターゲットとしたプライマーセットによる検出を試みたところ、288bp の位置にフラグメントが検出されたが、一部の検体では非特異的な増幅が見られたため、腎臓からの原因菌の分離培養の結果と合わせて確定診断を行った。

入手した 57 検体のうち 19 検体では病原体が単独で検出され、残りの 38 検体では同一個体から複数の病原体が検出された (Table 2)。

検出された病原体の中では *F.columnare* が 52 例と最も多く、*E.tarda* が 31 例、*JEECV* が 22 例とこれに次いだが、*HVA* は 4 例と少なかった (Fig.3)。また、*F.columnare* は 16 検体から単独で検出されたが、*E.tarda* は 2 検体、および *JEECV* は 1 検体のみから単独で検出された。同一個体から複数の病原体が検出された例では、*F.columnare* と *E.tarda* の組み合わせが 27 検体と最も多く、さらにこのうちの 12 検体からは *JEECV* が検出された。また、*HVA* については、*F.columnare* との組み合わせ、および *F.columnare*、*JEECV* との組み合わせで各 2 検体から検出された (Table 2)。

鰓の病変と検出された病原体の比較

PCR 法により *F.colmnare* が単独で検出された検体のうち、12 検体では壊死もしくは欠損が認められ、*JEECV* が検出された 1 検体では棒状が認められた。これらの例では、それぞれの感染症に典型的な病変を呈していたが、

F.columnare が検出された他の検体のうち 4 検体では膿瘍、点状、板状など、それらの病原体に典型的とはいえない病変を呈する例が見られた (Table 2)。

また、複数の病原体が検出された検体では、それぞれの感染症に典型的な複数の病変が同一個体中に認められる例が多かったが、*F.columnare* と *JEECV* の組み合わせで板状、*F.columnare* と *E.tarda* の組み合わせで棒状もしくは板状など、それらの感染症に典型的とはいえない病変を呈する例も見られた。また、*HVA* で点状が認められたのは 4 検体中、1 検体のみであった (Table 2)。

考察

病魚の鰓に最も多く認められた壊死は、組織の細胞機能が不可逆的な障害を受けた状態と定義され、欠損と並んで魚体内のガス交換に破綻をきたす致死的な病変である。これらの病変は検出したいずれの病原体の感染によっても生じうるが、その発症機序は以下に示す通り細菌とウイルスで大きく異なっており、*F.columnare* は組織外から、*JEECV* と *HVA* は感染細胞内から病変が進行すると考えられる。

F.columnare: 病原菌が鰓薄板上皮組織に集落を形成することにより宿主の防御反応が誘発されて上皮細胞を増生させる。その結果、鰓薄板が癒着して棍棒化し、毛細血管の狭窄などによる血行障害が生じて鰓弁が壊死する (Fig.1a)。さらに、壊死した鰓弁の一部は壊疽性の炎症へと進行して脱落し、欠損に至る。

JEECV: ウイルスが内臓を含む血管内皮細

Table 4. カラムナリス症、ウイルス性血管内皮壊死症、ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症およびバロコ病の発症条件と対処法

感染症	発症条件	対処法	備考
カラムナリス症	病原菌の発育可能温度 5℃～35℃ (至適28℃)	塩水浴	水温20℃を超えると激化する。
ウイルス性血管内皮壊死症	発症、感染 20℃～35℃、28℃～31℃で死亡率増加	35℃、4～7日間の昇温	ウイルスは昇温処理によっても不活化しない。
ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症	発症 23℃～26℃ (ヨーロッパウナギ)	33～35℃、2～3日間の昇温	ウイルスは昇温処理により不活化する。
バロコ病	病原菌の発育可能温度 15℃～42℃ (至適31℃)	抗菌剤・抗生物質の投与	耐性菌の出現により、治療難な場合がある。

胞内で特異的に増殖し、感染細胞を変性させる。その結果、血管の機能が障害を受け、血液の循環機能が低下して全身性のうっ血を生じる (Fig.1b)。さらに、血管内皮細胞の変性、壊死に伴って血管が崩壊し、全身性の出血に至る。

HVA: ウイルスが鰓弁結合組織の繊維細胞に特異的に感染し、鰓弁の中心部にある結合組織を壊死させ、それに伴う炎症性細胞の浸潤と出血を生じさせる (Fig.1c)。

F.columnare は壊死、もしくは欠損が認められた 35 検体のすべてで検出され、さらにそのうちの 12 例は単独感染であった。これに対し、JEECV が検出された 21 検体と HVA が検出された 4 検体はいずれも細菌との混合感染であり、JEECV 単独での検出は 1 例のみであった。このことから、病魚の鰓に認められた壊死、もしくは欠損の多くは F.columnare に起因し、ウイルス単独での発症はほとんどないと考えられた。

F.colmnare と JEECV の混合感染が認められた 10 検体では、棒状と壊死、もしくは棒状と欠損が同一個体中に認められた。また、F.columnare が単独で検出された個体の一部では、棒状、点状および板状が認められた。これらの結果は、異なる病変が同一個体内で進行しうること、およびそれぞれの感染症に特徴的とされる病理所見と検出される病原体が一致しない場合があることを示すものと考えられた。したがって、えら病の病変については、その発症機序を病理組織学的に検証し、病原体との関連を明らかにする必要がある。

本研究で検出した病原体の増殖条件は大きく異なることから、それぞれの特性に応じた対策をとる必要がある。たとえば VECNE では 35℃、4~7 日間、および HGFN では 33~35℃、2~3 日間の昇温処理によって被害の軽減、もしくは治癒が期待できるとされている。これに対し、

カラムナリス症、およびパラコロ病の病原菌は、ウイルスに比べて増殖可能な温度範囲が広く、昇温による治療効果は確認されていない (Table 4)。さらに、F.columnare では株の違いにより、また E.tarda では耐熱性抗原の凝集反応に基づく血清型の違いにより病原性が異なることが報告されている。

これらの知見は、対処を誤ることにより被害が拡大する恐れがあること、および優占する病原体により今後本県においてもえら病による被害の傾向が変化することを示唆している。したがって、養鰻場で発生するえら病の診断には PCR 法による高感度な病原体の検出を行う必要がある。

引用文献

- Bader, J. A., A. C. Shoemaker and P. H. Kleisus (2003) Rapid detection of columnaris disease in channel catfish *Ictalurus punctatus* with a new species-specific 16-S rRNA gene-based PCR primer for *Flavobacterium columnare*. *J. Microbiol.Methods*, 52, 209-220.
- 朴 守一・若林久嗣・渡辺佳一郎 (1983) 養鰻池に分布する *Edwardsiella tarda* の血清型と病原性. 魚病研究, 18, 85-89.
- Haenen, O. L. M., S. G. Dijkstra, P. W. van Tulden, A. Davidse, A. P. van Nieuwstadt, F. Wagenaar and B. J. Wellenberg (2002) *Herpesvirus anguillae* (HVA) isorations form disease outbreaks in cultured European eel, *Anguilla anguilla* in the Netherlands since 1996. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 22, 247-257.
- Hangalapura, B. N., R. Zwart, M. Y. Engelsma and O. L. Haenen (2007) Pathogenesis of *Herpesvirus anguillae* (HVA) in juvenile

European eel *Anuilla anguilla* after infection by bath immersion. *Dis. Aquat. Org.*, **78**, 13-22.

舟橋紀男 (1980) 鰻の病理組織学的研究—
1. ウナギの鰓ぐされ病. 魚病研究, **14**, 107-115.

井上 潔・三輪 理・青島秀治・岡 英夫・反町 稔 (1994) 養殖ウナギ *Anguilla Japonica* の”鰓うつ血症”に関する病理組織学的研究. 魚病研究, **29**, 35-41.

Mizutani, T., Y. Sayama, A. Nakanishi, H. Ochiai, K. Sakai, K. Wakabayashi, N. Tanaka, E. Miura, M. Oba, I. Kurane, M. Saijo, S. Morikawa and S. Ono (2011) Novel DNA virus isolated from samples showing endothelial cell necrosis in the Japanese eel, *Anguilla Japonica*. *Virology*, **412**, 179-187.

宮崎照雄 (2011) ヘルペスウイルス性鰓弁壊死症. 新魚病図鑑 第2版 (畑井喜司雄・小川和夫編), 緑書房, 東京, pp75.

小野信一・若林耕治・永井 彰 (2007) 養殖ウナギのウイルス性血管内皮壊死症の原因ウイルスの分離. 魚病研究, **42**, 191-200.

Rijsewijk, F, S. Pritz-Vershuren, S. Kerkhoff, A. Botter, M. Willemsen, T. V. Nieuwstadt and O. Haenen (2005) Development of a polymerase chain reaction for the detection of *Anguillid herpesvirus* DNA in eels based on the herpesvirs DNA polymerase gene. *J. Virol. Methods*, **124**, 87-94.

田中 眞・佐藤孝幸・馬 文君・小野信一 (2008) ウナギのウイルス性血管内皮壊死症に対する昇温処理および無給餌の効果. 魚病研究, **43**, 79-82.

Tomas-Jinu, S and A. E. Goodwin (2004)

Morphological and genetic characteristics of *Flavobacterium columnare* isolates: correlations with virulence in fish. *J. Fish Dis.*, **27**, 29-35.

V 參考資料

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

その他魚類には、うぐい・おいかわを含む

天然アユの市場別取扱量の推移

(単位：kg)

年	西土佐 鮎市場	四万十川 上流淡水	仁 淀 川	芸 陽	幡多公設 卸売市場	計 (ト)
1977					14,812	14.8
1978					18,368	18.4
1979					7,681	7.7
1980	4,870				17,636	22.5
1981	6,500				27,559	34.1
1982	3,400				15,227	18.6
1983	1,700				11,806	13.5
1984	5,183				17,912	23.1
1985	1,425		4,445		15,526	21.4
1986	1,409		6,546		9,582	17.5
1987	1,299		4,814		7,704	13.8
1988	3,112	1,614	5,050		17,508	27.3
1989	1,513	1,613			10,356	13.5
1990	1,523	1,944			8,991	12.5
1991	4,788	3,970	3,537		11,887	24.2
1992	1,527	3,524	4,043		7,680	16.8
1993	2,855	3,720	1,573		8,134	16.3
1994	2,040	2,129	2,674		6,379	13.2
1995	2,194	2,621	3,308	299	7,871	16.3
1996	3,326	4,101	2,821		7,490	17.7
1997	2,121	3,231	2,991	234	7,365	15.9
1998	1,059	2,850	2,882	150	2,738	9.7
1999	2,144	3,370	1,948	177	5,211	12.9
2000	2,984	2,819	1,527	297	5,774	13.4
2001	3,188	3,632	2,459	231	7,174	16.7
2002	3,650	2,695	2,469	343	6,739	15.9
2003	1,049	785	2,034	168	2,380	6.4
2004	384	1,257	1,033	338	2,487	5.5
2005	1,055	2,761	1,648	326	5,202	11.0
2006	1,550	1,040	2,137	126	4,232	9.1
2007	1,039	1,080	1,453	116	3,930	7.6
2008	665	1,693	2,476	165	3,862	8.9
2009	2,730	1,583	1,626	302	1,574	7.8
2010	1,708	1,122	1,626	127	2,270	6.9
2011	2,606	1,412	1,024	97	2,012	7.2
2012	2,390	796	1,065	73	3,470	7.8