

平成25年度

# 事業報告書

第24巻

平成27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	土佐湾産天然アユ回復のための新たな保護増殖手法の開発	9
3	人工種苗「土佐のアユ」による資源添加技術の確立	16
4	ウナギ養殖における生産効率向上化試験	21
5	鰻生息状況等緊急調査事業	29
6	河川利用中山間地域活性化事業	33
	1) 松田川水系	
	2) 新荘川	
IV	調査研究報告	
	高知県内の養鰻場における飼育環境の比較と魚病発生状況の把握	
	長岩理央・岡部正也	37
V	参考資料	
	高知県河川漁業生産量の推移	45
	天然アユの市場別取扱量の推移	46

# 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）

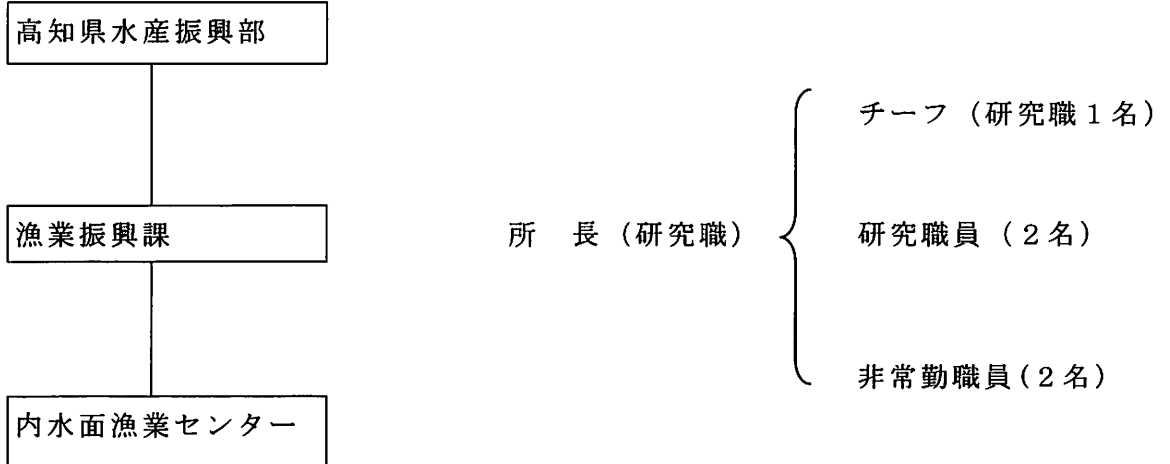
昭和 55 年 高知県内水面漁業センターに改組、移転（現所在地）  
（高知県内水面魚病指導総合センターを併設）

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	溝渕 勝宣	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	6,476	県費	6,476	
内水面漁業試験研究費	11,667	県費	10,085	諸収入 1,582
内水面漁業振興費	910	県費	910	
養殖振興対策事業費	5,199	県費	2,616	国費 2,583
合計	24,252	県費	20,087	国費 2,583 諸収入 1,582

## 6 施設の概要

(1) 敷地面積	9,343 m <sup>2</sup>
(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 <sup>2</sup>
②水槽実験棟・作業棟（0.9 t × 5 面、調餌室、工作室他）	256 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>

## 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25年5月22日	平成25年度第1回全国湖沼河川養殖研究会理事会・運営委員会	東京都	溝淵 岡部
6月12日	平成25年度全国内水面水産試験場近畿中国四国ブロック会議	別府市	溝淵
6月13日	平成25年度全国内水面水産試験場近畿中国四国ブロック会議	別府市	溝淵
7月2～3日	平成25年度鰻生息状況等緊急調査事業計画検討会	東京都	岡部
7月10日	高知県生物多様性戦略策定会議	高知市	岡部 石川 長岩
7月30～31日	ウナギ人工種苗生産技術研修会	伊勢市	岡部 石川
9月4～6日	平成25年度全国湖沼河川養殖研究会大会第86回大会・第2回理事会	千葉市	溝淵 岡部
9月11～12日	平成25年度内水面関係研究開発推進会議	宇都宮市	溝淵
9月11～12日	第27回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会	彦根市	長岩
9月17～18日	平成25年度日本魚病学会秋季大会	津市	長岩
10月24～25日	平成25年度水産用医薬品薬事監視講習会	東京都	長岩
10月25日	平成25年度第1回全国養殖衛生管理推進会議	東京都	長岩
10月30～31日	平成25年度内水面関係研究開発推進会議資源・生態系保全部会ならびに内水面増殖部会	上田市	岡部
11月19～21日	平成25年度鰻生息状況等緊急調査事業現地検討会	田辺市	岡部
12月20日	平成25年度榑原町津野町合同魚族保護会	榑原町	石川
成26年1月31～2月1日	平成25年度第3回全国湖沼河川養殖研究会理事会	東京都	溝淵 岡部
2月6日	平成25年度第2回高知県水産多面的機能発揮対策事業第三者会議	高知市	溝淵 岡部
2月17～2月19日	平成25年度鰻生息状況等緊急調査事業報告会	横浜市	岡部
3月3～4日	第2回ウナギ人工種苗生産技術研修会	伊勢市	岡部
3月3～4日	平成25年度養殖衛生管理技術者養成特別コースおよび第2回全国養殖衛生管理推進会議	東京都	長岩

### 2) 講師派遣

#### 1) 研修会等での講演(H25)

月 日	内容	講演者	名称	開催場所	対象者	参加人数
平成25年5月30日	内水面漁業センターの魚病検査体制について	長岩理央	榑原町魚族保護会	榑原長役場	榑原町魚族保護会役員	19
6月14日	松田川アマゴ生息状況調査	岡部正也	松田川漁協理事会	松田川漁協	松田川漁協役員	14
10月11日	平成24年度調査報告 1. アユの産卵状況について 2. アマゴの生息状況について	石川 徹	新荘川漁協理事会	須崎市	新荘川漁協理事	5
10月29日	アマゴの産卵	廣川 和	野川川アマゴ放流式	泉平町	地元小学生	20
11月1日	仁淀川におけるアユ仔魚産下状況と平成25年度の調査計画について	石川 徹	仁淀川漁協協議会	仁淀川漁協	仁淀川漁協役員	8
平成26年1月29日	平成25年度の天然アユ個体産成状況と種苗生産状況 河川の生物多様性保全のための基礎研究－新荘川中下流域における 産生魚類の分布－	石川 徹 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	100
3月13日	平成25年度の仁淀川におけるアユ仔魚産下状況	石川 徹	仁淀川漁協協議会	仁淀川漁協	仁淀川漁協役員	8
3月19日	高知県の養殖場で発生した「えら病」の病原所見と病原性の検出	長岩理央	高知県内水面魚類防疫推進会議	高知市	魚類防疫推進委員	14

### 3) 口頭発表

月日	内容	講演者	名称	開催場所	参加人数
平成25年12月12日	河川の生物多様性保全のための基礎研究 －高知県新荘川中下流域における産生魚類の分布－	岡部正也	平成25年度全国湖沼河川養殖研究会西日本ブロック研究会	彦根市	15
平成26年2月4日	高知県中央部におけるアユ仔魚産下状況と翌年の産上状況について	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	37

### 4) 研修受け入れ

期 間	内容	講師	対象者
4月24日	高知県内水面漁業センターの取り組み－土佐のアユの取り組み紹介他－	石川 徹	水産大学校 学生27名
10月4日	内水面漁業センターの仕事－魚たちを守るために－	石川 徹	長岡小学校 児童45名
3月14日	物部川の取り組み－さかなたちをまもるために－	石川 徹	楠目小学校 児童22名

### 5) 論文等

題目	著者名	所属	学会誌名
高知県のダム湖に移入されたブラックバスのDNA多型解析（資料）	岡部正也* 藤田真二 小松章博	高知県内水面漁業センター 西日本科学技術研究所 高知県中央漁業指導所	水産増殖. 62. (2014)

\*執筆者

### Ⅲ 事業報告

# 養殖衛生管理体制整備事業

長岩 理央

近年、食の安全性について消費者の関心が高まり、水産物の安全性が重要視されている。内水面養殖業においても、生産物の安全性を確保するため、魚病被害の軽減を図る必要があり、また、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、県内河川におけるアユ冷水病の発生動向把握や新たな魚病の発生等に対応するため、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、医薬品残留検査等を行う。

## 事業の内容

### 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 25 年 10 月, 3 月 東京都
- ・平成 25 年度水産用医薬品薬事監視講習会 平成 25 年 10 月 東京都
- ・高知県内水面魚類防疫推進会議 平成 26 年 3 月 高知市

### 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。4～3 月に 4 養鰻業者 15 飼育池のウナギから分離されたパラコロ病原菌 (*Edwardsiella tarda*) 34 株について薬剤感受性試験を行った結果、薬剤耐性菌が 3 株確認され、うち 2 株は塩酸オキシテトラサイクリン (OTC) とスルファモノメキシシム及びオルメトプリム配合剤 (SO), 1 株は OTC とフロルフエニコール (FF) に耐性を示した (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
2 剤	3	OTC, SO	2
		OTC, FF	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、知見の収集や関係者への情報提供に努めた。

- ・平成 25 年度日本魚病学会秋季大会 平成 25 年 9 月 三重県
- ・第 27 回近畿中国四国ブロック内水面魚類防疫検討会 平成 25 年 9 月 滋賀県
- ・平成 25 年度アユ資源研究部会報告会 平成 26 年 2 月 東京都
- ・平成 25 年度養殖衛生管理技術者養成特別コ

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		2	3									
	その他(水質等)						1						
	不明	1				1							
コイ	ウイルス性コイ浮腫症		1										
	イクチオポド症								1				
	その他(水質等)						1						
	不明		3										
キンギョ	キンギョヘルペスウイルス性造血器壊死症+カラムナリス病		1										
	キンギョヘルペスウイルス性造血器壊死症						1						1

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	せつそう病						1							
	細菌性鰓病											2	1	
	白点病							2	1					
	その他(水質等)				1									
ニジマス	せつそう病					1								
アユ	冷水病	1												
	ウイルス性血管内皮壊死症	1									1		1	
	ウイルス性血管内皮壊死症+カラムナリス病							1		1			1	
	ウイルス性血管内皮壊死症+カラムナリス病+バラコ病								1					
	カラムナリス病	1		2	1	5	2		2	1	4	1	2	
	カラムナリス病+バラコ病			2				1				1	1	
	カラムナリス病+非定型エロモナス サルモシダ感染症													1
	カラムナリス病+シューダクチロギルス症									1				
	バラコ病	3	3		1		2	1	1		1	2	1	
	バラコ病+鰓赤病												1	
ウナギ	鰓赤病											1		
	非定型エロモナス サルモシダ感染症											1		
	連鎖球菌症(L. garvieae)			1				1						
	シューダクチロギルス症								5		1			
	不明					2	2	1	1	2	3	7	4	
													3	

一ス研修 平成 26 年 3 月 東京都

薬, 飼育水の昇温) 指導

・中央東福祉保健所管内水質汚濁事故対策連

絡会議 平成 25 年 5 月 香美市

(発表課題: 河川・用水路の魚に発生する病気に  
ついて)

## ②養殖技術指導

アマゴ: 養殖アマゴのせつそう病・白点病対策  
(投薬・塩水浴) 指導

ニジマス: 養殖ニジマスのせつそう病対策(投薬)  
指導

アユ: 放流用種苗の保菌検査, 養殖アユの冷水病  
対策(塩水浴) 指導

コイ: 個人観賞家への疾病対策(塩水浴) 指導

ウナギ: 各種疾病に対する対策(餌止め, 換水, 投

## 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 24 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  
キソリン酸, 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。



図-1 ウイルス性コイ浮腫症罹患魚の鰓

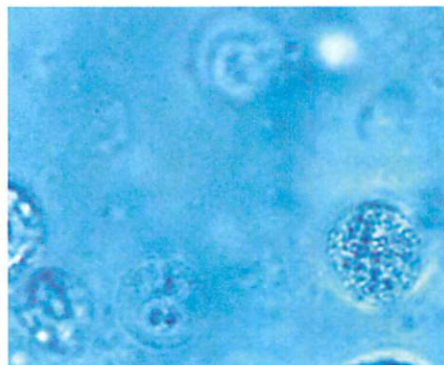


図-2 鰓に寄生していた *Ichthyobodo necator*



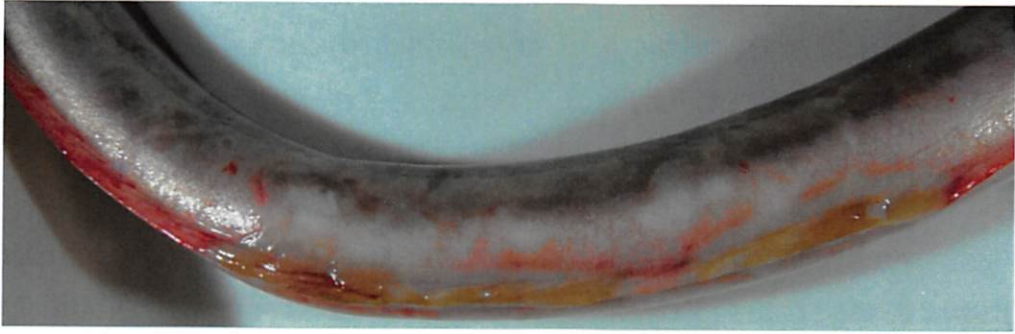


図-3 低水温飼育ウナギで発生した不明病の症状(体表・鰭の発赤・びらん)



図-4 低水温飼育ウナギで発生した不明病の症状(尾部の壊死)

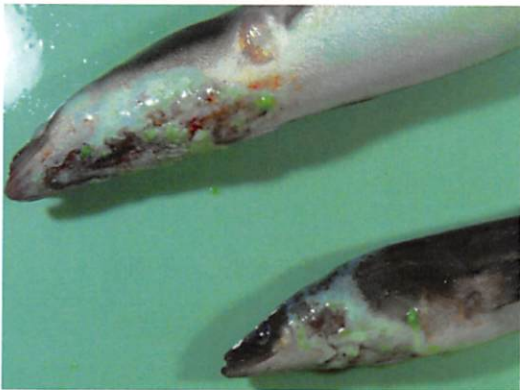


図-5 低水温飼育ウナギで発生した不明病の症状(頭部・下顎の潰瘍)

#### 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 25 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 17 件で、魚種別ではアユ 8 件、コイ 6 件、キンギョ 3 件であった(表-2)。アユでは冷水病が 5 件発生した。コイでは、

コイヘルペスウイルス病(KHVD)の発生はなかったが、個人池において、ウイルス感染によって鰓薄板が肥厚・癒着(図 1)するウイルス性コイ浮腫症や、寄生虫 *Ichthyobodo necator* (図-2)が鰓や体表に寄生することで上皮細胞の増生や壊死を引き起こすイクチオボト症が発生した。前者では、発生から 10 日間で 32 尾がへい死したが、対策として 1%塩水浴を実施したところ、処置後 3 日でへい死がとまった。後者では、飼育池の環境条件も悪化しており、2 週間で 15 尾が死亡した(全滅)。

###### ②養殖場での診断件数

平成 25 年度における養殖場での診断件数は 95 件で、魚種別ではアマゴ 8 件、ニジマス 1 件、アユ 1 件、ウナギ 85 件であった(表-3)。アマゴはせつそう病が 1 件、細菌性鰓病が 3 件、白点病が 3 件発生した。白点病は、9 月上旬の大雨による水質悪化(濁り)に起因して発生し、塩水浴を実施したものの、かなりの尾数がへい死した。さらに、塩水浴実施後、白点虫寄生による創傷が感染門戸と推察されるせつそう病が発生し、1 池がほぼ全滅した。

ウナギは、平成 24 年度についてはパラコロ病(他の病気との合併症も含む)が 34 件で最も多く、次いでカラムナリス病(他の病気との合併症も含む)が 18 件であったが、25 年度は傾向が逆にな

り、カラムナリス病が32件、パラコロ病が22件であった。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。

ハウス式加温養鰻の普及に伴って、ほとんど発生しなくなった低水温性(25℃以下)疾病の鰭赤病が2件、非定型エロモナス サルモニシダ感染症(頭部潰瘍症)が2件確認された。いずれのケースも無加温の池で発生し、水温が20℃を下回る1~2月に発生した。

また、1~2月にかけて、体表・鰭の発赤・びらん(図-3)、尾部の壊死(図-4)、頭部や下顎の潰瘍(図-5)などを主症状とする疾病が低水温飼育を行っている1業者で発生した。この疾病による被害は大きく、ひとつの飼育池では6日間で30%

程度(3,300尾/10,000尾)がへい死した。ウナギで発生が想定される8疾病についてPCR検査を行ったが、いずれも陰性であったため、今のところ原因は不明である(詳細は「ウナギ養殖における生産効率向上化試験」の項を参照)。

また、1~2月に、鰓に板状・点状うっ血(図-6)、上皮細胞の増生による癒着・壊死・欠損(図-7,8)を主症状とする疾病が加温飼育を行っている1業者で発生し、2週間で200gサイズが2,200尾へい死した。原因については今のところ分かっていないため、今後検討を行う。

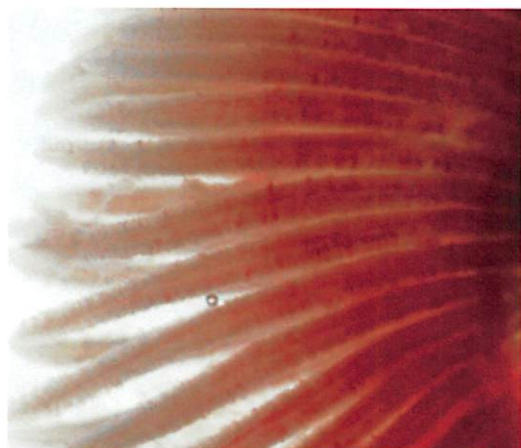


図-6 加温飼育ウナギで発生した不明病の症状(鰓の点状・板状うっ血)



図-7 加温飼育ウナギで発生した不明病の症状(鰓弁の棍棒化)

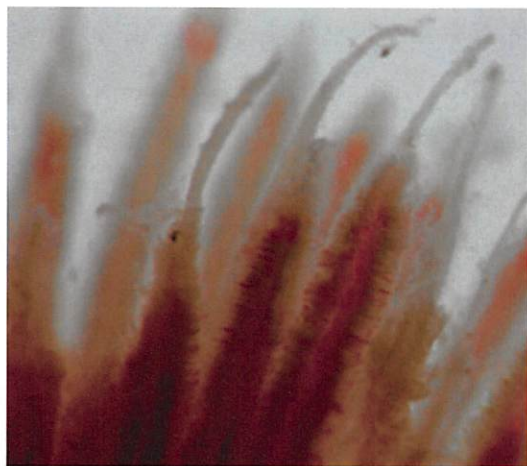


図-8 加温飼育ウナギで発生した不明病の症状(鰓弁の欠損)

# 土佐湾産天然アユ回復のための新たな保護増殖手法の開発

石川徹 岡部正也 長岩理央

高知県内の河川では、温暖化にともなう水温の上昇や多発する異常気象、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おり、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、資源再生のための対策の柱として毎年のアユ産卵量を安定的に確保することを目的とし、そのために①親魚保護②産卵場造成③遡上パターンの推定④モデル河川(新荘川)における親魚保護効果の検証の4項目について検討する。

## 1 親魚保護

### 目的

物部川では例年10月1日より河口より3.8km上流の物部川橋(旧十善寺橋)上流端より下流は親魚保護区域となり落ちアユ漁は禁漁となっている。この保護区域が妥当なも

のであるか検討するため、投網による一投あたりの採捕尾数の推移で親魚の集積状況を把握する。なお、漁期の天候不順による長期濁水等の影響もあり、本年は特例的に落ちアユ漁は全面禁漁となっている。

## 材料および方法

### 1) 親魚集積状況

調査定点は、図-1に示した5点とし、いずれもアユの集積しやすい瀬を中心に投網した。採捕尾数は、一定点あたり6投の平均とし、1投で20尾を越えるような採捕があった場合は、そこまでの平均とした。

### 2) 成熟状況

採捕されたアユについては、GSIを測定し、成熟状況も合わせて確認した。

## 結果および考察

### 1) 親魚集積状況

調査区間内の親魚の集積状況は、一回あたりの投網による採捕尾数として、9月26日で0.7~2.0尾/回と平均的に少なく、一様に分布していた。11月15日には、上流から戸板島で0.7尾/回、県庁堀で1.2尾/回であったのに対し親魚保護区間である岡西では0尾/回、平松では23尾/回、横瀬で4.5尾/回と親魚保護区域内での採捕尾数が多くなった。また、12月6日には上流から戸板島で3.3尾/回、県庁堀で0.5尾/回であったのに対し親魚保護区間である岡西では1.2尾/回、平松では4.3尾/回、横瀬で12.5尾/回と前回と比較して、親魚保護区域内

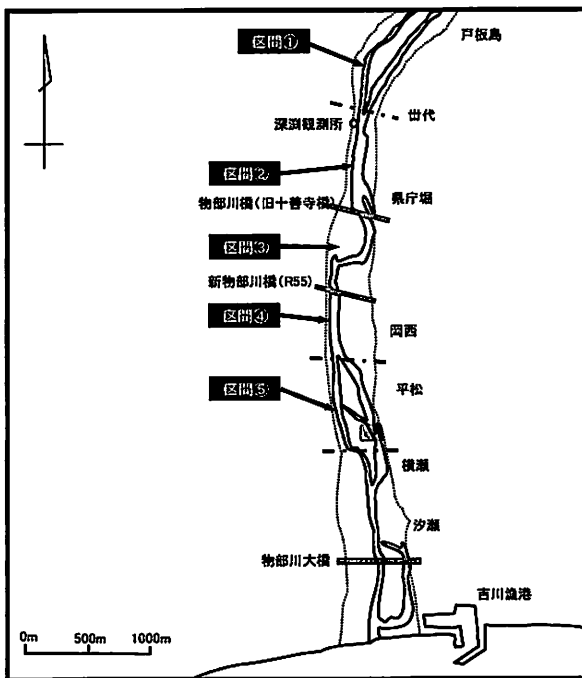


図-1 物部川の調査定点図

での採捕尾数が多い傾向は変わらなかったものの最上流の戸板島で増加し、親魚保護区域内でも最も多く採捕された場所が平松から横瀬に変わった。12月25日には岡西で0.3尾/回と横瀬で1.8尾/回で採捕されたものの他の定点では採捕されなくなった(図-2)。

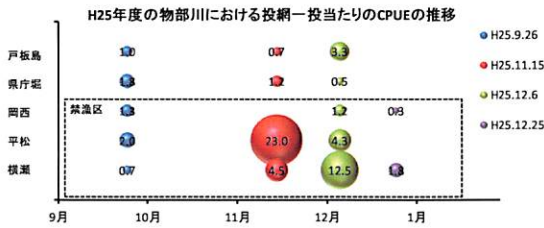


図-2 物部川における投網1投あたりの採捕尾数の推移

## 2) 成熟状況

9月26日におけるGSIの平均値は雌で1.0, 雄で0.9であったが, 11月15日には, 雌で13.1, 雄で8.3と最も高くなった。12月6日には雌で9.4, 雄で7.5, と減少し, 12月25日には雌で8.7, 雄は採捕されなくなった(図-3)。GSIの推移は概ね例年と同様の動きを示した。

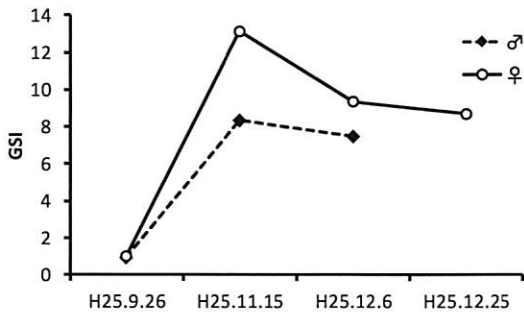


図-3 物部川におけるGSIの推移

また, 定点ごとに雌のGSIの推移を見ると, 11月15日に戸板島で採捕された雌で13.5, 12月6日に戸板島で採捕された雌で14.2と他の定点よりも高くなっていた(図-4)。これらの親魚群は肥満度も他点に比べ高く(13.9~15.6), 新たに上流部から降下してきた親魚群と推測される。

本年度の全体的な親魚の集積状況では, 例年落ちアユ漁が解禁となる12月以降も, 多くの群は, 禁漁範囲内に留まり, 保護されていた。一方, 上流から遅れて降下してくる群については, 生殖腺も発達しており, その後の産卵に寄与する可能性も高いと推測されるので, このような群の親魚保護について今後検討が必要である。

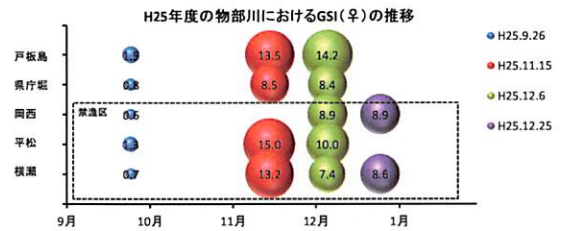


図-4 物部川における定点ごとの雌のGSIの推移

## 2 産卵場造成

### 目的

仁淀川では例年10月中下旬に, 仁淀川漁業協同組合により人工産卵場造成が実施される。本年度は, 10月20日に高知市春野町行当(河口から6.8km)において造成した, 人工産卵場の造成時期および造成場所が適切であるか検討するため, 仁淀川において主要な産卵場の形成される仁淀川の八田堰(河口から9.0km)から仁淀川大橋(河口から4.6km)までの約4.4kmの区間に3点を設置し, アユ仔魚流下量の推移を把握する(図-5)。

### 材料および方法

#### 1) 3点同時流下仔魚調査

調査は, 2013年11月13日~2014年1月12日の期間に, 週1回程度の頻度で図-2に示した3点において20:00に1回のみ同時に実施した。サンプリングは流心付近において開口部に流量計を取り付けた流下仔魚ネット(口径50cm, 側長150cm, 目合い335 $\mu$ m)を3分間設

置して行い、入網した仔魚を計数して次式により一時間あたりの流下仔魚数を算出した。

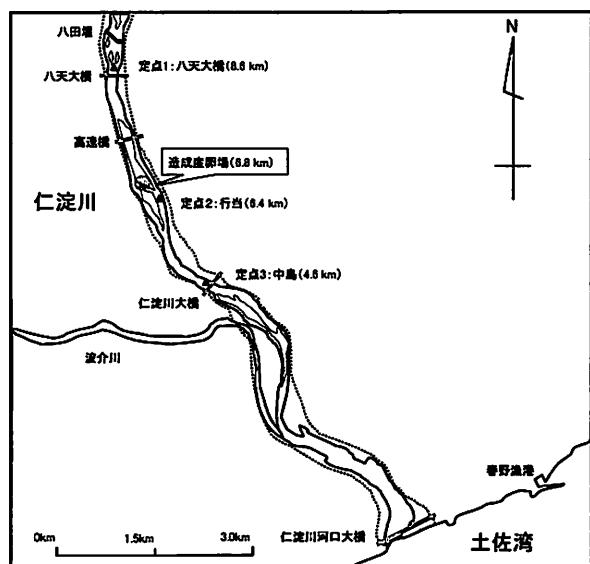


図-5 仁淀川の調査定点図

A(ろ過水量) = 流下仔魚ネットを通過した水量

※流量計より算出

B(時間流量) = 仁淀川中島の流量( $m^3/sec$ )

※国土交通省水位観測所(中島)のデータ

C(流下仔魚尾数) = 計数した流下仔魚尾数

1秒あたりの流下仔魚尾数 =  $C/A \times B$

## 2) 連続調査

2013年12月4日18:00～翌16:00にかけて、仁淀川中島において、連続調査を実施した。手法の詳細は前述の流下仔魚調査と同じく18:00～6:00の間は1時間間隔、6:00～16:00の間は2時間間隔でサンプリングした。

### 結果および考察

#### 1) 3点同時流下仔魚調査

仔魚の流下は平成25年11月13日～平成26年1月12日の間観察された。

八天大橋では、12月25日に3,755尾/秒の1回のピークが観察された。行当では、11月13日に11,458尾/秒、12月18日に11,702尾/秒の2回のピークが観察された。中島で

は、12月11日に1,791尾/ $m^3$ の1回のピークが観察された。3定点のデータを足し合わせた、河川全体の傾向では11月13日と12月18日がピークとなり、近年時折出現する双峰型となった(図-6)。全ての定点でピーク時期が異なるが、定点間で比較すると行当が突出して高いことから、行当上流が本年度の主産卵場になったと推測される。以上のことから、行当近傍は人工産卵場造成の適地であったと考えられる。産卵場の造成時期については、初回の11月13日には、すでに、行当で流下ピーク迎えていたため適否を判断できなかった。来年度以降、調査時期を早め再検討する。

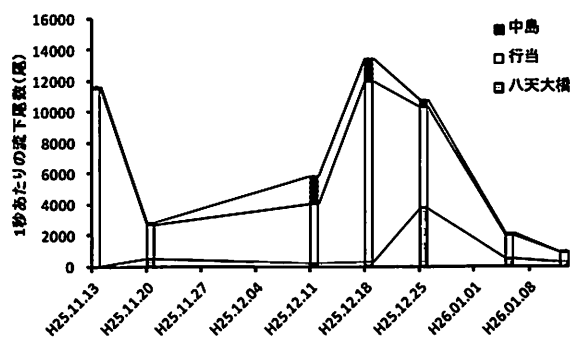


図-6 仁淀川における流下仔魚尾数の推移

## 2) 連続調査

一日の流下量に占める時間ごとの流下割合の推移をみると、本年度は19:00の25.2%と23:00の18.8%の二回のピークが観察され、8:00～16:00の間は流下が見られなかった。過去に実施された、連続調査結果(S61年度)と比較すると、S61年度は19:00～1:00までの間、10～15%程度と流下割合に大きな変化は見られなかったが、本年度は前述の2回のピークに分かれ、異なるパターンを示した(図-7)。

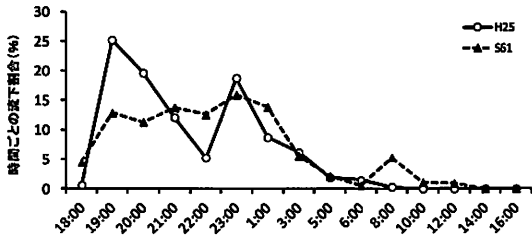


図-7 仁淀川における一日の流下量に占める時間ごとの流下割合の推移

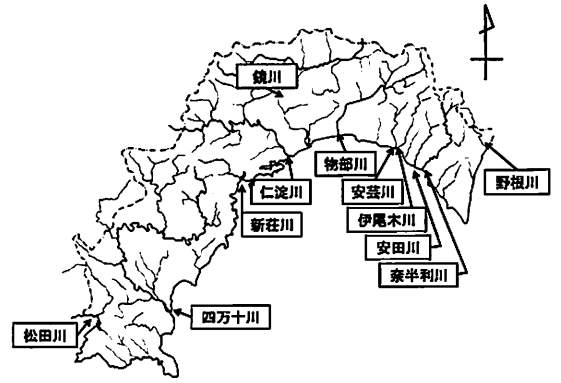


図-8 調査対象河川

### 3 遡上パターンの推定

#### 目的

アユ資源量は遡上量に大きく左右され、遡上後の減耗率は比較的安定しているとされる。このため、平成19年度より本県で実施している、簡便な遡上パターンの評価法である遡上スコアの推移により、当該河川におけるアユ資源量の評価を試みる。本年度は、遡上スコアデータの収集を主体に行った。

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が100尾未満
3	観察される一群の大きさが100尾以上1,000尾未満
4	観察される一群の大きさが1,000尾以上

#### 材料および方法

高知県内の主要11河川において、H25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。

#### 結果および考察

H25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。

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	鏡川	麻中堰、トリム堰
奈半利川	田野堰	仁淀川	八田堰
安田川	焼山堰	新莊川	高保木堰
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
物部川	横瀬		

表-3 県内主要11河川における遡上スコアの概要

		野根川	奈半利川	安田川	伊尾木川	安芸川	物部川	鏡川	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	麻中堰、トリム堰	八田堰	高保木堰	赤鉄橋	河戸堰
2月	下旬	0						0	0			
	中旬	0	3	3	0	1	0	0	0	2	2	3
3月	下旬						3	2	3			
	中旬	4	4	4	2	-						
4月	下旬	4	4	4	4	3	1	0	4	3	3	3
	中旬					3						
5月	下旬	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
	中旬	3	3	3	3	3						
6月	下旬							3	3	3	-	-
	中旬											

#### (1) 野根川

3月上旬まで遡上は見られなかった。3月下旬～4月上旬にかけてスコア4の遡上が見られ、遡上ピークとなった。4月下旬にはスコア3の遡上が見られた。5月上旬には瀬切れが発生し、堰堤下流部に滞留する遡上群が見られた。

#### (2) 奈半利川

2月下旬まで遡上は見られなかった。3月上旬にスコア3の遡上が見られ初遡上を確認、3月

下旬～4月上旬にスコア4の遡上が見られ、遡上ピークとなった。4月下旬～5月上旬にスコア3の遡上が見られた。

### (3) 安田川

3月上旬にスコア3の遡上が見られ初遡上を確認、3月下旬～4月上旬にスコア4の遡上が見られ、遡上ピークとなった。4月下旬～5月上旬にスコア3の遡上が見られた。

### (4) 伊尾木川

3月上旬まで遡上は見られなかった。3月下旬にスコア2の遡上が見られ初遡上を確認、4月上旬にはスコア4の遡上が見られ、遡上ピークとなった。4月下旬～5月上旬にはスコア3の遡上が見られた。

### (5) 安芸川

3月上旬にスコア1の遡上が見られ初遡上を確認した。4月上旬、4月下旬、5月上旬にスコア3の遡上が見られた。

### (6) 物部川

3月上旬まで遡上は見られなかった。3月中旬にスコア3の遡上が見られ、初遡上を確認した。4月上旬にスコア1、4月中旬にスコア3、4月下旬にスコア2の遡上が見られた。

### (7) 鏡川

4月上旬まで遡上は見られなかった。5月下旬にスコア3の遡上が見られた。

### (8) 仁淀川

3月上旬まで遡上は見られなかった。3月中旬にスコア2の遡上が見られ、初遡上を確認した。4月上旬にはスコア4の遡上ピークが見られた。4月下旬、5月下旬にスコア3の遡上が見られた。

### (9) 新荘川

2月下旬まで遡上は見られなかった。3月上旬にはスコア2の遡上が見られ、初遡上を確認

した。その後、3月中旬、4月上旬、4月下旬、5月上旬、5月下旬にスコア3の遡上が見られた。

### (10) 四万十川

3月上旬にスコア2の遡上が見られ、初遡上を確認した。4月上旬、4月下旬にスコア3の遡上が見られた。

### (11) 松田川

3月上旬にスコア3の遡上が見られ、初遡上を確認した。4月上旬、4月下旬にスコア3の遡上が見られた。

今年度は、各河川とも全般的に遡上量は多く、特に野根川、奈半利川、安田川、伊尾木川の県東部河川で3月下旬から4月上旬にかけて多くの遡上が見られた。

## 4 モデル河川（新荘川）における親魚保護効果の検討

### 目的

高知県の新荘川漁業協同組合では、2007年度より7年間連続で落ちアユ漁を全面禁漁としている。一方、ここ数年の遡上状況は他河川に比べ安定している。新荘川は、土佐湾中央部の須崎湾に注ぎ込む2級河川であり、須崎湾は湾口部に津波対策として、長大な防波堤が建設されているため、その開口部は数百mと非常に狭く閉鎖的な内湾となっている

(図-9)。こういった地理的条件から、新荘川ではアユが母川回帰している可能性が考えられ、海域での移動分散の影響が少なく親魚保護の効果が現れやすいと推測される。本項目では、親魚保護の効果を把握するために、前年度の仔魚流下時期と耳石解析による遡上魚の孵化履歴の照合および近隣河川遡上群と新荘川における降下群・遡上群のマイク

ロサテライト DNA 多型解析による集団構造の解析を行った。

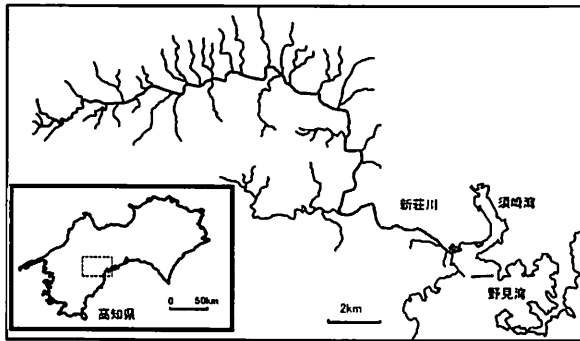


図-9 新荘川全図

### 材料および方法

#### 1) 遡上魚の履歴と仔魚流下時期の照合

新荘川、仁淀川、物部川において前章の遡上スコア調査定点の周辺で3月、4月に遡上魚を投網及びエレクトリックフィッシャーにより採捕した。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)下で日周輪を計数し、捕獲日から差し引いたものを孵化日と推定した。また、同様に物部川、仁淀川(3章 図-8 参照)に遡上したアユについても日周輪を計測した。これを、当該河川における平成24年度のアユ仔魚流下尾数と比較した(流下仔魚尾数の計測方法については、2章参照)。

#### 2) マイクロサテライト DNA 多型解析による集団構造の解析

新荘川、奈半利川、物部川、仁淀川、松田川に3月～4月に遡上した群についてマイクロサテライト DNA 多型解析を行い、遺伝的多様度を比較した。サンプルは漁獲後すぐに氷冷にて持ち帰り、尾びれを切除し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 (BeckmanCEQ8000 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 ( $H_o$ ,  $H_e$ ) を求め、ハーディーワインベルグ平衡からの逸脱の有無についても確認した。各標本集団間の遺伝的分化の関係を検討するため、ペアワイズの  $F_{st}$  値を求め 0 からの有意差を判定した。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。

### 結果および考察

#### (1) 遡上魚の履歴と仔魚流下時期の照合

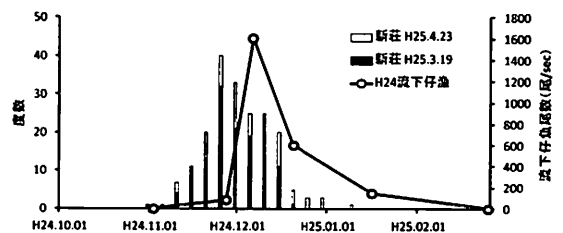


図-10 新荘川における遡上魚の孵化履歴と仔魚流下状況

新荘川における平成25年3月19日遡上群の孵化日組成は平成24年10月28日から12月16日の範囲にあり最頻値は、11月23日であった。同様に、平成25年4月23日遡上群の孵化日組成は平成24年11月6日から平成25年1月6日の範囲にあり最頻値は、11月27日であった。新荘川における遡上群は漁獲日により大きな違いがなく、11月下旬の頻度が高くなっ



た。一方、平成 24 年度における新莊川の仔魚流下のピークは 12 月上旬であり、遡上魚の孵化履歴との間には大きなずれが生じなかった(図-10)。

物部川における平成 25 年 3 月 13 日遡上群の孵化日組成は平成 24 年 10 月 26 日から 12 月 8 日の範囲にあり最頻値は、11 月 20 日であった。同様に、平成 25 年 4 月 16 日遡上群の孵化日組成は平成 24 年 11 月 2 日から 12 月 30 日の範囲にあり最頻値は、12 月 1 日であった。物部川における遡上群も新莊川と同様に漁獲日により大きな違いがなく、11 月下旬から 12 月上旬の頻度が高くなった。一方、平成 24 年度における物部川の仔魚流下のピークは 12 月下旬であり、遡上魚の孵化履歴との間には大きなずれが生じた(図-11)。

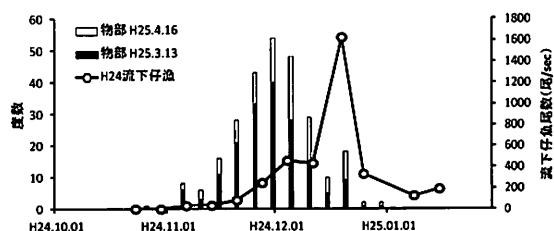


図-11 物部川における遡上魚の孵化履歴と仔魚流下状況

仁淀川における平成 25 年 3 月 11 日遡上群の孵化日組成は平成 24 年 10 月 18 日から 12 月 7 日の範囲にあり最頻値は、11 月 16 日であった。同様に、平成 25 年 4 月 23 日遡上群の孵化日組成は平成 24 年 11 月 22 日から平成 25 年 1 月 16 日の範囲にあり最頻値は、12 月 24 日であった。仁淀川における遡上群は新莊川や物部川の遡上群と異なり漁獲日により大きな違いが現れ、11 月上中旬と 12 月下旬に頻度が高くなった。仁淀川では、先の 2 河川に比較して、河川規模が大きく下流部に広い汽水域を持つことから、生息環境を異にする、複数の群が存

在する可能性もある。一方、平成 24 年度における仁淀川の仔魚流下のピークは 11 月下旬と 12 月中旬であり、遡上魚の孵化履歴とは大きなずれが生じた(図-12)。

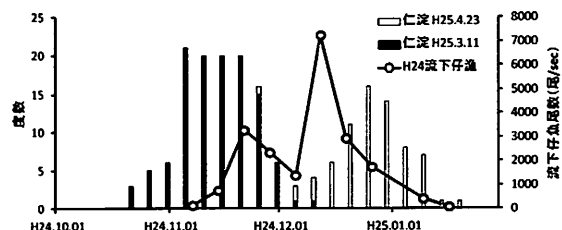


図-12 仁淀川における遡上魚の孵化履歴と仔魚流下状況

3 河川の比較から、新莊川においては、遡上魚の孵化履歴と前年の仔魚流下時期に大きな差がなく、物部川、仁淀川とは大きく異なる結果となった。これは、新莊川の遡上群と前年流下群の高い関連を示しており、新莊川における母川回帰を示唆する。今後も同様の検討を重ね、次項のマイクロサテライトマーカーによる集団構造の解析と合わせて精査する。

## 2) DNA マイクロサテライトマーカーによる集団構造の解析

結果は次年度以降に取りまとめ報告予定。

### 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	30検体
仁淀川漁業協同組合	39検体

# 人工種苗「土佐のあゆ」による資源添加技術の確立

石川 徹・岡部正也・長岩理央

高知県内の河川では、天然アユ資源の減少が危惧されており、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）と連携して人工種苗「土佐のあゆ」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 天然親魚の採捕と養成

### 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）の種苗性を評価したところ、継代飼育にともない遺伝的多様性が低下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下流の小支流において、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松田川においては河戸堰魚道内に上りうえ（L100cm×W70cm×H60cm, #3mm）2 基を設置して行った。奈半利川においては、小支流にしき網を

設置して採捕した。

### 結果および考察

松田川では 2013 年 3 月 19～20 日の間に 5,518 尾、奈半利川では 2013 年 4 月 1 日に 1,576 尾の天然稚アユを採捕し、当センター施設内の屋外 50 トン水槽に収容した。

松田川産アユ（以下松田川産）は、2013 年 3 月 20 日～10 月 4 日までの 198 日間（松田川早期親魚群）、および 2013 年 3 月 20 日～10 月 15 日までの 209 日間（松田川通常親魚群）、奈半利川産アユ（以下奈半利川産）は 2013 年 4 月 1 日～10 月 16 日までの 198 日間養成した（奈半利川通常親魚群）。人工種苗「土佐のあゆ」の生産計画にあわせて成熟をコントロールするため、松田川早期親魚群については 5 月 16 日～7 月 20 日の 66 日間、松田川通常親魚群および奈半利川通常親魚群については 5 月 30 日～8 月 3 日の 66 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。

飼育期間中の給餌率は総体重の約 2～4%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。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。本年度はへい死した 2 個体から冷水病菌が検出されたが、1%塩水浴を 2 日間実施したところ、症状は安定し、以後冷水病菌は検出されなかった。密度を適正に管理しながら飼育した結果、飼育開始から採卵に供するまでの生残率は松田川産で 97.9%、奈半利川産で 96.0%となった。

2013年8月1日時点では松田川産と奈半利川産親魚群双方とも生殖腺は未発達でほとんど観察されなかったが、2013年9月24日の時点では松田川早期親魚群で平均体重(±SD)が♂46.4g±3.4, ♀44.0g±8.6, GSI(±SD)が♂12.9±1.0, ♀22.1±4.4となり、成長および成熟状況は良好であった。また、松田川通常親魚群では2013年9月11日にGSI(±SD)が♂8.6±1.6, ♀10.6±3.3であったのに対し、松田川早期親魚群は2013年9月6日に♂10.0±2.4, ♀11.5±5.0と成熟が早めに進行していることが確認できた(表-1)。

表-1 松田川および奈半利川産親魚のBL,BW,GSI

			体長(mm)		体重(g)		GSI
			♂	♀	♂	♀	
奈半利川産親魚群	2013&1	♂	101.6 ± 7.5		14.6 ± 3.3		不明
	2013&1	♀	89.4 ± 7.7		12.8 ± 2.8		不明
	2013&30	♂	111.4 ± 5.8		20.7 ± 3.7		4.8 ± 2.8
		♀	110.3 ± 5.0		20.8 ± 2.2		4.9 ± 2.4
	2013&11	♂	128.8 ± 8.8		38.2 ± 5.8		8.6 ± 1.6
		♀	137.8 ± 7.4		38.7 ± 5.5		10.6 ± 3.3
松田川産親魚群(早期)	2013&1	♂	98.2 ± 3.8		12.3 ± 2.8		不明
	2013&8	♂	132.1 ± 5.8		33.0 ± 4.5		10.0 ± 2.4
		♀	131.0 ± 5.4		33.1 ± 4.1		11.5 ± 5.0
	2013&24	♂	161.8 ± 2.3		48.4 ± 3.4		12.9 ± 1.0
		♀	135.2 ± 7.7		44.0 ± 8.6		22.1 ± 4.4

## 2 放流種苗の疾病に対する安全性評価

### 目 的

人工種苗「土佐のあゆ」の防疫対策の一環として、冷水病菌(*Flavobacterium psychrophilum*)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

2013年放流群の全ての生産池(以下ロット)について1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. psychrophilum*)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 増養殖研究所 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

2013年放流群の全てのロットについて検査した結果、冷水病およびエドワジエラ・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多様性を持つ人工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「土佐のあゆ」の遺伝的多様度をマイクロサテライト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た、人工種苗「土佐のあゆ」2013年放流群のF1種苗(F1は天然親魚を親とし継代数0, 以下2013F1と表記)およびF2種苗(F2はF1の子で継代数1, 主に早期放流用の種苗として用いる, 以下2013F2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、県外産放流種苗および市販人工種苗と比較した。サンプリングは一ロット当たり 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 抽出精製キットを用いて抽出、精製し、アユマイクロサテライト DNA7 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 (BeckmanCEQ8000 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。

### 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  $H_e$ ) およびローカスあたり平均アリル数 (以下 A) に基づく各種苗の遺伝的多様度を示した。2013F1 の  $H_e$  は 0.773, A は 15.0, 2013F2 の  $H_e$  は 0.768, A は 13.7 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、2013F1 で 0.056, 2013F2 で 0.055 と低い水準であった。

人工種苗「土佐のあゆ」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 種苗 (2011F1, 2012F1, 2013F1), F2 種苗 (2011F2, 2012F2, 2013F2), F5 種苗 (2006F5), 県内の河川に遡上した天然アユ 4 集団 (iyoki2002, Niyodo2002, Simanto2002, Matsda2006) および市販人工種苗 (2006AS) 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、2013F1 と 2013F2 は、天然群のクラスターと継代数の多い 2006F5 や、一つの生産ロットのみからサンプリングした 2011F2 の間に位置し、天然群と同様の遺伝的多様性を保持していた 2011F1, 2012F1, 2012F2 と同じクラスターに属していた。また、2011F1 と 2012F2, 2012F1 と 2013F2 はそれぞれ親子関係にあるが、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。以上の結果から人工種苗「土佐のあゆ」2013 年放流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たと判断した。

### 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.

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
種苗センター2代目(2013)	96	13.7	0.726	0.768	0.056
種苗センター1代目(2013)	96	15.0	0.728	0.773	0.055
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。

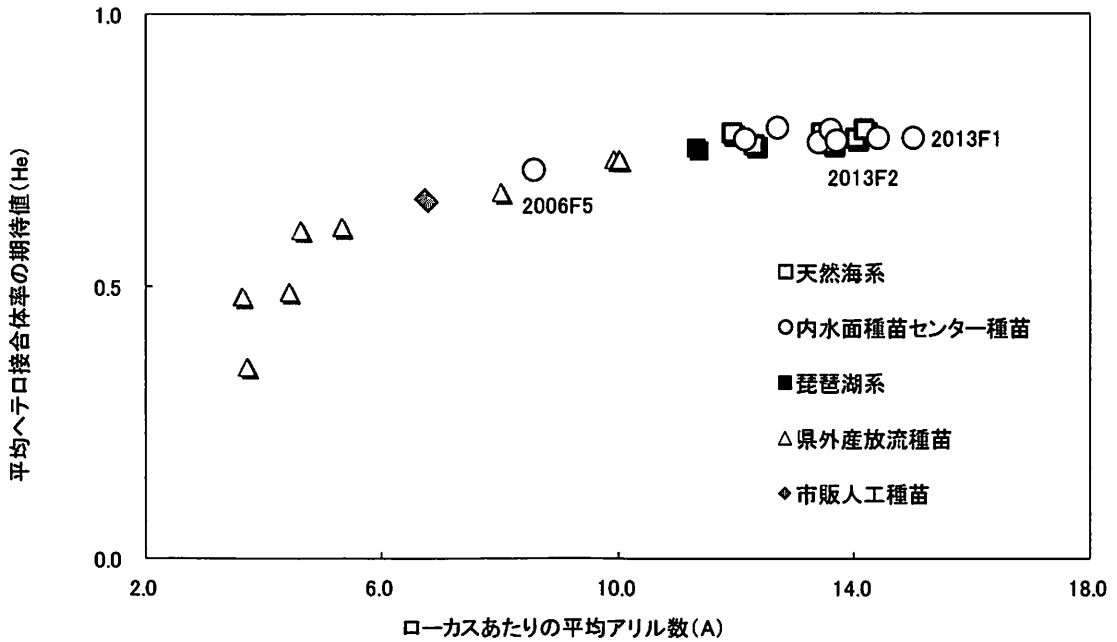


図-1 平均ヘテロ接合体率の期待値(He)およびローカス当たり平均アレル数(A)に基づく各種苗の遺伝的多様度

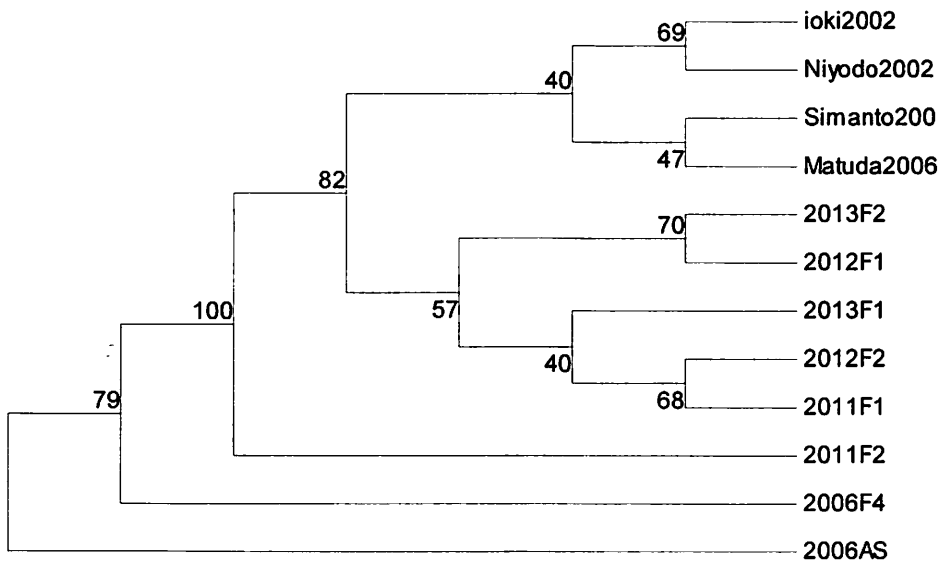


図-2 天然アユ, 放流種苗および市販人工種苗の遺伝的類縁関係(UPGMA法)図中の数字は1000回のブートストラップ値を示す。

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指して, 5-16.

# ウナギ養殖における生産効率向上化試験

長岩理央・岡部正也

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 350 トン、推定 16 億円の生産がおこなわれている（H24 年度）。しかしながら、近年、シラスウナギの不漁や資材の高騰に加え、魚病被害の深刻化が経営を圧迫している。なかでも、「えら病」による被害は大きく、被害額は県全体で数千万円におよぶと推定されており、生産効率を損なう大きな要因となっている。「えら病」とは、ウイルスや細菌の感染によってウナギの鰓に生じる疾病の総称であり、病原体の種類により対処法が異なるが、養殖現場ではこれらの病原体の判別が困難であることから、原因に応じた適切な対処が出来ず、被害が拡大してしまう事例が多い。さらに「えら病」に対しては、使用を認められている薬剤がなく、一旦発症すると治療が困難な場合が多いことから、発生を予防することが重要となってくる。

そこで本事業では、「えら病」をはじめとする魚病について、1) 迅速・正確な診断技術の確立、2) 飼育環境コントロールによる疾病予防技術の開発、3) 治療法の確立、に関する以下の取り組みを行い、魚病被害の軽減による、県内養鰻業の収益性向上を目指した。

## 1) 迅速・正確な診断技術の確立

・PCR 法の導入

## 2) 飼育環境コントロールによる疾病予防技術の開発

①水質モニタリングによる飼育環境の把握

②飼育水中の細菌叢把握手法の検討

## 3) 治療法の検討

・水槽実験による治療試験

本事業の内容は、県内のウナギ養殖業の振興を目的として平成 23 年 10 月 6 日に発足した高知県養鰻研究会においても喫緊の課題として位置づけられ、当センターにその対応が求められている状況である。本年度は、主に2)の①と3)について検討したので、その内容を以下に記す。

## 2) 飼育環境コントロールによる疾病予防技術の開発

### ①水質モニタリングによる飼育環境の把握

#### 目的

疾病の発生は、養鰻池の水質と密接な関係があるため、適切な水質を維持することで、疾病を予防することができると考えられるが、疾病が発生しやすい水質条件については明らかとなっていない。また、高知県においては、ハウス式加温養鰻が主流であるが、近年は、燃油の高騰などによって、無加温飼育(ハウス式)を取り入れる生産者が増加し、飼育方法は多様となっている。しかし、飼育方法によって水質がどの程度異なり、またその違いが疾病発生とどの程度関連があるかは分かっていない。そこで本項目では、飼育方法が異なる 3 生産者の養鰻場において、水温、水質のモニタリングを行い、飼育池単位での水質の把握に取り組むとともに、1 養鰻場においては、水質と疾病発生状況の関連について検討した。

#### 結果と考察

(詳細については研究報告に記載)

・生産者間で水温日較差(一日の最高水温と最

低水温の差)の大きさに違いが認められたが、これは、飼育法(循環濾過式と止水式)の違いによって、ハウスの構造に若干の違い(寒冷紗の使用など)があるためと考えられた。

・同じ養鰻場の中においても、飼育池によって、水温日較差に違いがあったが、水温日較差が大きい池と小さい池でへい死個体数には違いがなかった。

・池中の有機物の分解程度の指標となる亜硝酸態窒素濃度は、養鰻場 A で有意に高かった。これは、養鰻場 A の飼育池が、有機物を分解する細菌の付着基質となる底泥のないコンクリート池であること、寒冷紗遮光による日照量不足で植物プランクトンが繁殖していないことに加え、有機物負荷量が循環濾過槽の分解能力を上回ったことが原因と考えられた。

・加温飼育の養鰻場 C では亜硝酸態窒素濃度の急増が認められなかったが、無加温飼育の養鰻場 A と B の 12 月に急増した。これは、水温低下に伴い、細菌の有機物を分解する能力が低下したためと考えられた。無加温飼育を取り入れる生産者においては、水温低下時期の有機物の分解をいかにスムーズにするかが、重要な課題である。

・養鰻場 A では、水温の低下、亜硝酸態窒素濃度の増加とへい死数の増加時期が一致し、亜硝酸態窒素濃度とへい死数には正の相関が認められたことから、水質悪化と疾病発生に関連があることが示された。

・このときのへい死の主因はパラコロ病であり、この疾病による被害は 11 月から 7 月まで続いた。パラコロ病の原因菌である *Edwardsiella tarda* は有機物過多の水中で発生しやすいことが知られており、今回の結果も、それを裏付けるものとなった。

・細菌性の「えら病」であるカラムナリス病も、亜硝酸態窒素濃度の高い 12 月を中心に発生したことから、本病の発生と水質悪化の関連が示唆された。

### 今後の計画

- ・継続して水温・水質データの蓄積を図る
- ・感染実験を行い、ウナギの疾病発生と水温ストレスの関連を明らかにする
- ・競合細菌の消長と疾病の発生の関連を明らかにするため、細菌叢を網羅的に把握できる T-RFLP 法を用いて、飼育水中の細菌叢の解析を行う

## 2) 治療法の検討

### 水槽実験による治療法の検討

#### 目的

2014 年 1 月末から 2 週間にわたり、県内のある生産者の 2 つの飼育池(水温 18℃)において、一日あたり 200~400 尾/池がへい死する疾病が発生した(累積で 2,000 尾以上へい死)。発生直後から、当センターで魚病診断を行ったものの、原因を特定することができず、すぐに対処法を指導することができなかった。一般に、ウナギ養殖で鰓に病徴が認められる疾病が発生した場合には、飼育水温を 33~35℃まで上げることによって治療するという方法(以下、昇温)が取られている(田中ら, 2008; 静岡県水産技術研究所, 2008)。ただし、昇温はウイルス性の疾病には有効であるが、原因が細菌性疾病の場合には、病態を悪化させ、被害が拡大する恐れがある。そこで当センターでは、現場での対策の実施に先立ち、昇温がこの不明疾病の罹病魚に与える影響について明らかにすることを目的として飼育試験を行うとともに、病魚から分離された



細菌の同定を行い、当該疾病の病原体の検討を行ったので報告する。

### 方法

魚病診断および細菌の分離は、1月30日および2月3日に生産者より持ち込まれたウナギを用いた。診断は、体表、鰭および内臓諸器官の目視による観察、顕微鏡による鰓、肝・腎臓の観察に加え、頭部筋肉、尾部筋肉、鰓、腎臓、消化管から切り出した組織から抽出したDNAを用いたPCR法による病原体の検出も行った。また、筋肉や内臓から細菌を各種の培地に分離し、菌が生えた場合には、単一のコロニーになるまで培地に植えつぎを行い、単一性の認められたコロニーからDNAを抽出した。このDNAを用いて、各細菌種に共通の領域である16SrDNAをターゲットとしたPCRを行い、得られた増幅産物の塩基配列をシーケンサーによって決定し、

その配列をデータベース(DDBJ)に登録されている配列と照合して菌種の同定を行った。

表1. 飼育試験に供した尾数および体重

実験区	供試魚	試験尾数(平均魚体重)
28℃	コントロール	5 (249.3g)
	病魚	7 (127.3g)
18℃	コントロール	5 (247.9g)
	病魚	7 (139.3g)

飼育試験は、当該生産者の病魚を試験魚、高知県淡水養殖漁業協同組合から購入した出荷前の健全魚をコントロールとして、水温を18℃と28℃の2つに設定して行った。供試魚の尾数と平均魚体重を表1に示す。試験は2月3日から開始し、毎日へい死魚の確認を行い、へい死魚がいた場合には、取り上げて、患部の写真撮影、細菌分離、組織切片観察のための標本作製を行った後、冷凍で保存した(細菌分離と標本作製は一部のへい死魚のみで実施)。分離さ

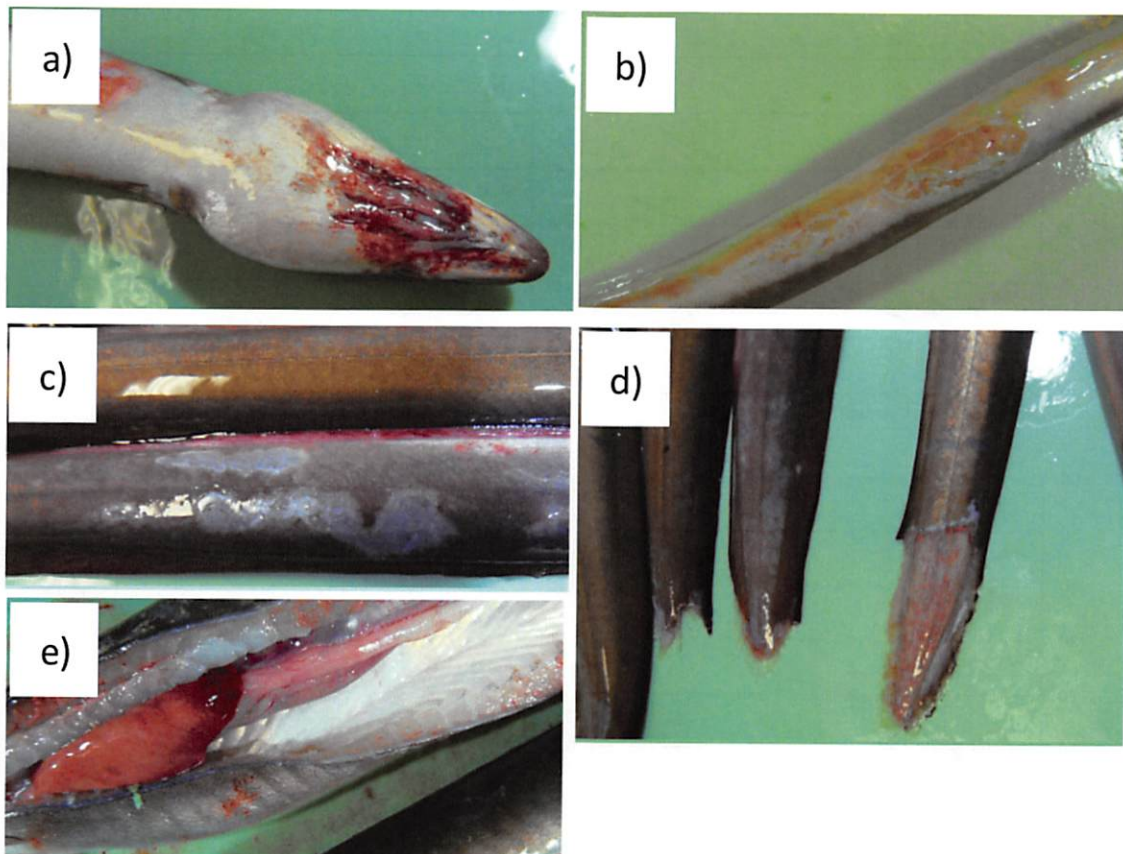


図1 病魚にみられた主症状

(a, 下顎の潰瘍; b, 尾部の潰瘍; c, 体表のびらん; d, 尾びれの欠損; e, 肝臓のうっ血)

れた細菌については、診断時と同様の方法で菌種の同定を行った。

分離された細菌のうち、病原性が疑われる1種について、好適な増殖条件を明らかにするため、3つの塩分濃度(0,0.5,1.0%), 4つのpH(5.5, 6.5, 7.5, 8.5)に調整したMCYT培地の中心上に、細菌を蒸留水で懸濁した細菌液10 $\mu$ lを滴下し、4つの温度(18,22,26,30 $^{\circ}$ C)で培養し、24時間ごとにコロニーの直径を測定した。各試験区とも4枚ずつの培地で行い、4つの測定値の平均をその試験区の代表値とした。

## 結果

### 魚病診断

1月30日、2月3日に持ち込まれた病魚の主要症状として、下顎や尾部の潰瘍、体表のびらん、

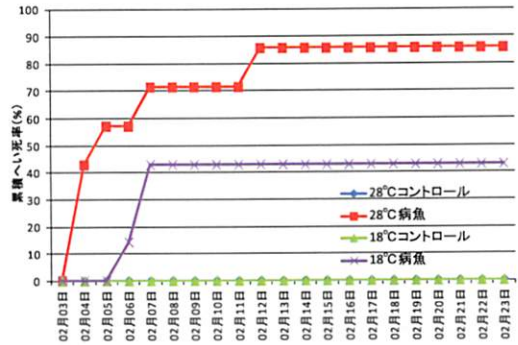


図2 飼育水温別累積へい死率の推移

尾鰭の欠損および肝臓のうっ血が認められた(図1)。1月30日の病魚の各組織から抽出したDNAをテンプレートとして、病原体検出のためのPCR(対象病原体名(参考文献); *Flavobacterium columnare*(Bader et al., 2003), *Aeromonas*属(Rahman et al., 2005), *Aeromonas hydrophilla* 毒素産生領域(Kingombe et al., 1999), *Aeromonas salmonisida*(Høie et al., 1997),

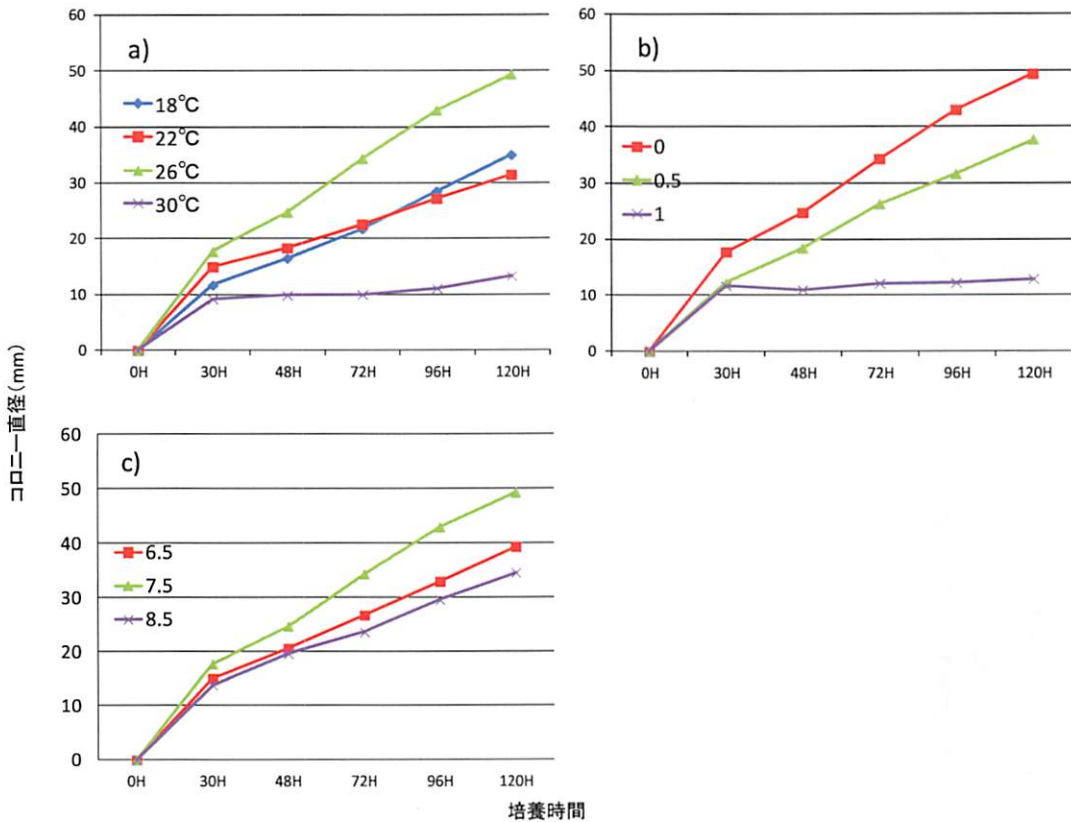


図3 異なる培養条件下での*F. oncorhynchi*コロニー直径の経時変化 (a, 温度条件設定(塩分0%, pH7.5); b, 塩分条件設定(温度26 $^{\circ}$ C, pH7.5); c, pH条件設定(温度26 $^{\circ}$ C, 塩分0%))

*Edwardsiella tarda* (Sakai et al., 2007), *Lactococcus garvieae* (Zlotkin et al., 1998), *Pseudomonas anguilliseptica* (Romalde et al., 2004), JEECV (Mizutani et al., 2011), AnHV (Rijsewijk et al., 2005))を行ったが、既知の病原体の DNA 増幅産物は確認できなかった。

## 飼育試験

18℃と28℃の2水温区に設定して病魚とコントロール魚を飼育した結果、28℃病魚区では開始2日後には累積へい死率が57%に達し、試験終了までに86%(7尾中6尾)がへい死したのに対し、18℃病魚区では開始3日後に14%、4日後に42%に達したものの、それ以降へい死は認められず、へい死率は28℃病魚区の半分であった(図2)。また、試験期間中にコントロールの死亡はなかった。

2月3日に持ち込まれた病魚と飼育試験で2月7日にへい死した18℃病魚区の下顎および尾部潰瘍部から細菌分離を行い、分離された細菌のDNAシーケンシングによる同定を試みた結果、9種の細菌が確認された(表2)。そのうち、*Chryseobacterium* sp.と*Flavobacterium oncorhynchi*は、下顎と尾部潰瘍のどちらからも分離され、なおかつ、3日と7日のどちらの病

魚の患部からも検出された。

*Chryseobacterium* 属細菌は土壌や水に常在する好気性グラム陰性菌で、ヒトの場合は院内感染が報告されているが(辻, 2011), 魚類への病原性は報告されていない。一方、*F. oncorhynchi* はニジマスから分離・初記載された細菌で(Zamora et al., 2012), 記載文献の中ではこの細菌の病原性について言及されていないものの、*Flavobacterium* 属細菌は魚類に対して病原性を持つ菌種が多いため(例えば、細菌性鰓病の原因菌 *F. branchiophilum* や細菌性冷水病の原因菌 *F. psychrophilum*), *F. oncorhynchi* が今回の症例の病原体である可能性は否定できない。そこで今回は、この細菌が病原体であると仮定して、どのような処置がこの細菌に対して有効かを明らかにするため、*F. oncorhynchi* の増殖適範囲を培養試験によって確認した。

## *F. oncorhynchi* の増殖適範囲

異なる条件で培養した結果、温度は26℃で最も増殖がよく、次いで18℃と22℃であり、30℃ではほとんど増殖しなかった(図3)。塩分は0%で最も増殖がよく、1%ではほとんど増殖しなかった。pHは5.5では全く増殖せず、7.5で増殖がよかった。

表2. 病魚から分離された細菌のリスト

分離日	分離部位	培地	コロニー形状	コロニー色	菌形状	運動性	シーケンス結果			
							種名	Score (bit)	Expect	Identities (%)
2月3日	尾部	BHI	微小円形	透明	短桿	あり	<i>Lactococcus lactis</i>	775	0	99
	尾部	HI	円形	クリーム色	短桿	ややあり	<i>Chryseobacterium</i> sp.	1215	0	98
	下顎	HI	円形	クリーム色	短桿	ややあり	<i>Chryseobacterium</i> sp.	1237	0	97
	下顎	HI	円形	白	短桿	激しくあり	<i>Aeromonas bestiarum</i>	797	0	93
	尾部	R2A	微小円形	透明	短桿	なし	<i>Pseudomonas</i> sp.	993	0	97
	尾部	R2A	円形	クリーム色	短桿	なし	<i>Chryseobacterium</i> sp.	1215	0	98
	尾部	R2A	樹枝状	透明	長桿	ややあり	<i>Flavobacterium oncorhynchi</i>	1302	0	98
	下顎	MCYT	樹枝状	透明やや赤	長桿	ややあり	<i>Flavobacterium oncorhynchi</i>	1350	0	98
	尾部	MCYT	樹枝状	白	短桿	らせん運動	<i>Bacillus</i> sp.	291	3.00E-75	91
	尾部	MCYT	円形	オレンジ	短桿	ややあり	<i>Chryseobacterium</i> sp.	1166	0	98
	尾部	MCYT	樹枝状	黄色	短桿	激しくあり	<i>Chryseobacterium</i> sp.	226	6.00E-56	94
	尾部	MCYT	樹枝状	白	短桿	らせん運動	<i>Aeromonas hydrophila</i>	983	0	95
2月7日	下顎	MCYT	不定形	黄色	長桿	ややあり	<i>Flavobacterium oncorhynchi</i>	1142	0	98
	下顎	MCYT	不定形	黄色	短桿	なし	<i>Acinetobacter</i> sp.	1354	0	97
	下顎	MCYT	円形	黄色	短桿	ややあり	<i>Chryseobacterium</i> sp.	1388	0	98

## 考察

飼育試験の結果から、今回のような疾病が発生した場合には、28°Cへの昇温処置は病態を悪化させることが明らかとなった。病魚から分離された *F. oncorhynchi* を病原体と仮定した場合には、この細菌が26°Cで最も増殖がよいことは、飼育試験の結果を裏付けるものと考えられる。ただし、培養試験において、30°Cではほとんど増殖が認められず、当細菌の増殖至適温度範囲がかなり狭いことが示唆されたため、30°C以上に飼育水温を上げた場合には病態が収まる可能性もある。今回の実験では18°Cと28°Cの2水温区でしか試験を行わなかったため、この点については今後の飼育試験によって明らかにしていくしかないが、いずれにしても病原体を特定することが最も重要であるため、今後は、病魚から分離して凍結保存した *F. oncorhynchi* を用いた感染実験を行い、病原性を明らかにする予定である。なお、*Flavobacterium* 属細菌のひとつで、ウナギの主要な疾病であるカラムナリス病の原因菌 *F. columnare* は、飼育水の水質(水中の有機物量, pH, 硬度)が増殖の制限要因であることが知られている(Wakabayashi, 1991)。今回の結果でも、pHの違いによって *F. oncorhynchi* の増殖に違いが認められたことから、この細菌が原因であった場合には、水質の維持によって疾病発生を予防できる可能性もある。

## 引用文献

Bader J. A., C. A. Shoemaker and P. H. Klesius (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. Micro. Methods, 52, 209-220.

Høie S., M. Heum and O. F. Thoresen (1997) Evaluation of a polymerase chain reaction-based assay for the detection of *Aeromonas salmonicida* ss *salmonicida* in Atlantic salmon *Salmo salar*. Dis. Aqua. Organ., 30, 27-35.

Kingombe C. I. B., G. Huys, M. Tonolla, M. J. Albert, J. Swings, R. Peduzzi and T. Jemmi (1999) PCR detection, Characterization, and Distribution of Virulence Genes in *Aeromonas* spp.. Appl. Environ. Microbiol., 65, 5293-5302.

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.

Rahman M. M., T. Somsiri, R. Tanaka, T. Sawabe and K. Tajima (2005) PCR-RFLP Analysis for Identification of *Aeromonas* Isolate Collected from Diseased Fish and Aquatic Animals. Fish Pathol., 40, 151-159.

Rijsewijk F., S. Pritz-Verschuren, S. Kerkhoff, A. Botter, M. Willemsen, T. Nieuwstadt and O. Haenen (2005) Development of a polymerase chain reaction for the detection of *Anguillid*

- herpesvirus* DNA in eels based on the herpesvirus DNA polymerase gene. J. Virologi. Methods, 124, 87-94.
- Romalde J. S., S. López-Romalde, C. Ravelo, B. Magariños and A. E. Toranzo (2004) Development and Validation of a PCR-based Protocol for the Detection of *Pseudomonas anguilliseptica*. Fish Patho, 39, 33-41.
- Sakai T., T. Iida, K. Osatomi and K. Kanai (2007) Detection of Type 1 Fimbrial Genes in Fish Pathogenic and Non-pathogenic *Edwardsiella tarda* Strains by PCR. Fish Pathol., 42, 115-117.
- 静岡県水産技術研究所 (2008) 飼育環境制御によるウナギ重要性疾病研究. 試験研究課題年次別解説集様式 3 号 ([http://fish-exp.pref.shizuoka.jp/03research/3-1-1\\_h20.html](http://fish-exp.pref.shizuoka.jp/03research/3-1-1_h20.html))
- 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.
- 辻 孝雄 (2011) グラム陰性好気性桿菌および球菌. シンプル微生物学 (東 匡伸・小熊 惠二・堀田 博 編), 南江堂, 東京, p.166.
- Wakabayashi, H. (1991) Effect of environmental conditions on the infectivity of *Flexibacter columnaris* to fish. J. Fish. Dis., 14, 279-290.
- Zamora L., J. F. Fernández-Garayzabal, L. A. Svensson-Stadler, M. A. Palacios, L. Dominguez, E. R. B. Moore and A. I. Vela (2012) *Flavobacterium oncorhynchi* sp. nov., a new species isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). System. Appl. Microbiol., 35, 86-91.
- Zlotkin A., A. Eldar, C. Ghittino and H. Bercovier (1998) Identification of *Lactococcus garvieae* by PCR. J. Clin. Microbiol., 36, 983-985.

# 鰻生息状況等緊急調査事業

## 高知県におけるシラスウナギの来遊状況及び黄ウナギ・銀ウナギの生息状況の把握

岡部正也

### 要旨

高知県夜須川河口において2012年11月15日～2014年2月1日の期間にウナギ属シラスの遡上調査を行った。その結果、来遊パターンは2012年と2013年の漁期で大きく異なり、今期の遡上は約1カ月早く、遡上個体数も多く、肥満度が高かったが、発育段階は前年同期より低い傾向が認められた。

高知県奈半利川において2013年7月10日～10月15日の期間にニホンウナギ成魚を採捕し、黄ウナギ、銀ウナギの出現時期と分布を調査したところ、秋期に下流で成熟が進んだ個体の割合がやや増加する傾向が認められた。また、DNA標識により放流の約1カ月後に河口に降下した個体の識別に成功し、成熟の進行、および体重の減少を確認した。

### 背景

近年、高知県を含む日本の沿岸に来遊するウナギ属シラスは著しい減少傾向にあり、資源の枯渇が懸念される状況にある。しかしながら、ニ

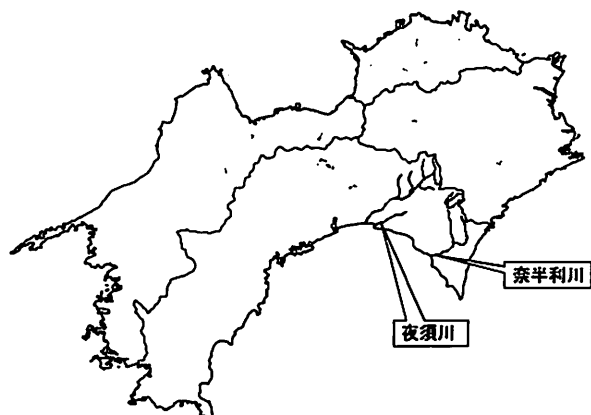


図-1. 調査河川の概要

ホンウナギの保護増殖に不可欠なウナギ属シラスの来遊時期や来遊パターン、およびニホンウナギ成魚の河川における生息状況に関する情報は極めて少ない。

### 目的

本事業では、高知県沿岸におけるウナギ属シラスの来遊時期や来遊パターン、および県内河川におけるウナギ成魚の生息状況を調査し、ニホンウナギの資源管理と保護増殖に必要な知見の蓄積を図る。

### 全体計画

#### 1)ウナギ属シラス調査

高知県中央部に位置する2級河川夜須川の河口においてウナギ属シラスの遡上調査を行い、ウナギ属シラスの来遊時期および来遊パターンを発育段階ごとに把握する(図-1)。

#### 2)ニホンウナギ成魚調査

高知県東部に位置する2級河川奈半利川においてニホンウナギ成魚を定期的に採捕し、黄ウナギ、銀ウナギの河川内での分布および出現時期を把握する。また、採捕したニホンウナギは標識装着後放流して追跡し、移動分散を把握する(図-1)。

### 当該年度計画

#### 1)ウナギ属シラス調査

来遊状況の把握: 高知県中央部に位置する2級河川夜須川の河口において、新月を基準に1

回／月、日没、干潮後の上げ潮時に調査員3名のすくい網による約2時間の採捕を行う。また、調査地点にはデータロガーを設置し、水温の推移を把握する。

**発育段階の推定:** 採捕したウナギ属シラスは全長、体重を測定後、色素の発現状態に基づき発育段階を推定する(Fukuda et al. 2013)。

## 2) ウナギ成魚調査

**黄ウナギ、銀ウナギの出現状況の把握:** 高知県東部に位置する2級河川奈半利川において、筒漁法によりニホンウナギ成魚を1回／月の頻度で採捕し、全長、体重を測定後、Silvering index (Okamura et al. 2007)に基づき成熟段階を推定して記録する。なお、採捕はニホンウナギの季節移動に合わせて下流域へと移動しながら行う。

**標識放流による追跡:** 採捕したニホンウナギは、全個体に共通のイラストマータグ(本年度は左目の上に赤色)を装着して採捕された地点に再放流し追跡する。さらに、胸鰭の一部を採取し、DNAを抽出して保存し、再採捕時にイラストマータグと合わせてDNA多型解析に基づく個体識別を試みる。

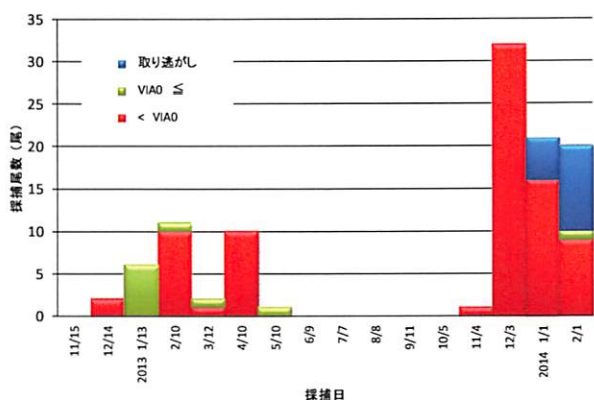


図-2. 採捕したウナギ属シラスの個体数の推移

## 結果

### 1) ウナギ属シラス調査

予備調査を含む2012年11月15日～2014年2月1日の期間に夜須川河口において採捕調査を実施し、ウナギ属シラスの来遊時期、来遊パターン、および発育段階の組成を明らかにした(図-2, 3)。

**前期調査:** 2012年11月15日～2013年10月5日

最初の遡上は12月14日に認められ、続いて2月と4月に遡上のピークが見られたが、その後減少し、6月以降は採捕されなかった。また、1月には発育段階が進んだ群(VIA0～VIA3)の遡上が認められたが、2月以降は逆転し、VIA0

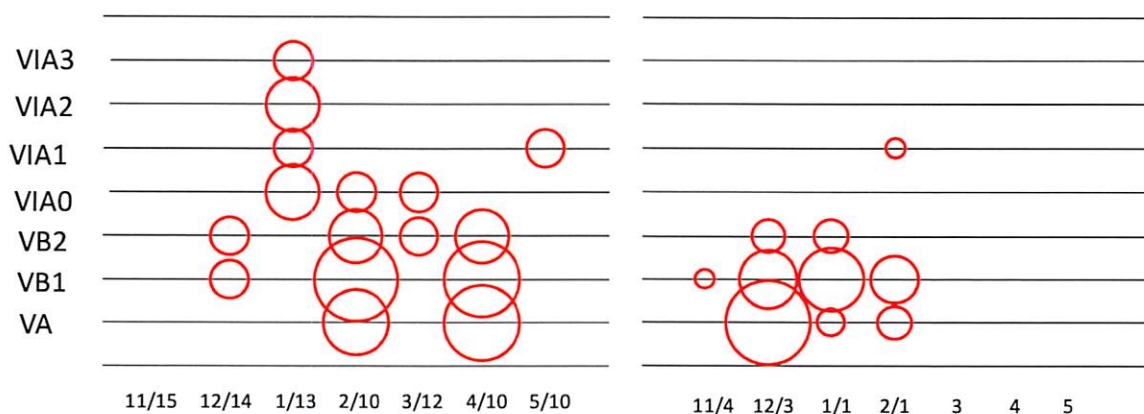


図-3. 採捕したウナギ属シラスの発育段階の推移。円の大きさは個体数に対応する個体

より低い発育段階の個体を中心となった。前期調査期間中の採捕個体の総数は32個体であった。

今期調査:2013年11月4日～2014年2月1日

最初の遡上は前期調査時より1カ月ほど早く、11月4日に認められた。その後、12月以降もまとまった遡上が続いた。2月1日の時点ですでに59個体と、前期の約2倍の個体数が採捕された。一方、採捕個体の肥満度は昨年より総じて高かったが、発育段階はVA～VB2と前年同期より低い個体の割合が高かった。

## 2)ニホンウナギ成魚調査



図-4. ニホンウナギ成魚の採捕地点、採捕個体数、採捕日

2013年7月10日～10月15日の期間に1回/月、奈半利川本流域において筒漁法によりニホンウナギ成魚を採捕し、採捕日、採捕地点ごとに成熟段階を推定することにより黄ウナギ、銀ウナギの出現時期と分布を明らかにした。

奈半利川における黄ウナギ、銀ウナギの出現状況:採捕地点、採捕個体数および採捕日を図-4に示した。採捕はニホンウナギの季節移動に合わせて漁具の設置場所を下流へと移動させ

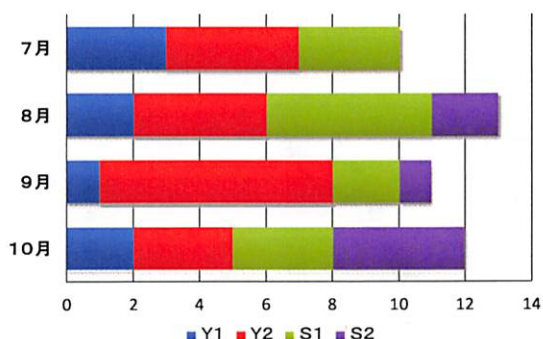


図-5. 各月の採捕地点におけるニホンウナギ成魚の成熟状況

ながら行い、合計46尾を採捕した。各月のニホンウナギの成熟状況をみると、季節が秋期へと移り、下流に向かうにつれて成熟が進んだ個体の割合がやや増加する傾向が認められたが、10月の河口付近を含め、いずれの地点および時期においてもY1個体が認められた。また、採捕した中で最大の個体(BW 429g, TL 66.4cm)は7月の最上流の地点で採捕され、成熟ステージはS1であった(図-5, 6)。

DNAマーカーを用いた再採捕個体の個体識別:10月15日、奈半利川河口付近において、イラストマータグ装着個体が再採捕された。そこで、この個体の胸鰭を採取してDNAを抽出し、これまでに採捕した45個体のDNAサンプルと合わせてDNA多型解析を行い、個体識別を試みた。その結果、この個体は約1か月前の9月13日に、およそ6.5km上流で採捕され、9月15日に放流した個体であることを確認した。この個体については、新たに右目上にイラストマータグを装着し、再採捕地点に再放流した。

## 課題と対応策

本調査によりウナギ属シラスの高知県沿岸への



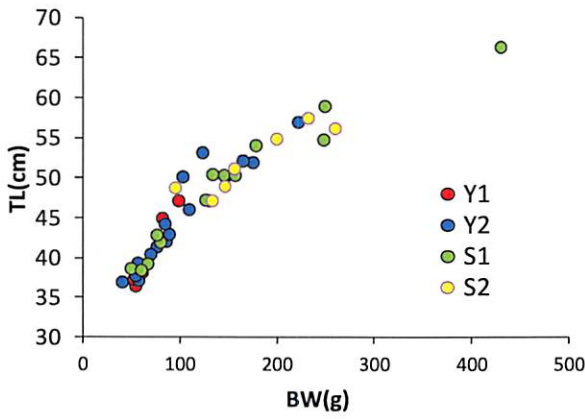


図-6. 採捕したニホンウナギ成魚の体長、体重  
来遊時期や来遊パターンが2カ年で大きく異な  
ったことが明らかとなったが、長期的な資源変動  
を把握するためには、さらにモニタリングを継続  
する必要がある。

河川におけるニホンウナギ成魚の生息状況の  
把握については、解析の精度を高めるため、今  
後、漁具の増設などによりサンプル数を増やす  
必要がある。

### 引用文献

- Fukuda N, Miller M.J., Aoyama J, Shinoda A,  
Tsukamoto K. (2013) Evaluation of the  
pigmentation stages and body proportions  
from the glass eel to yellow eel in *Anguilla  
japonica*. *Fish Sci* 79: 425-438.
- Yamada O, Yokouchi A, 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.

# 河川利用中山間地域活性化事業

## アマゴ生息状況調査

### 目的

高知県では、平成 21 年度から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。本事業では、この取り組みの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ことを目的とする。

本年度は松田川本流、および新荘川について調査した。

### 1) 松田川

岡部正也・石川徹

### 材料および方法

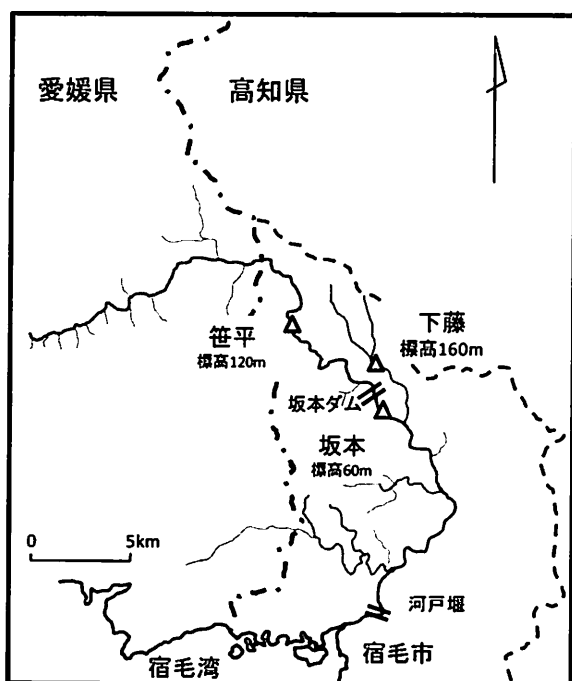


図-1-1 調査区間の概要

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

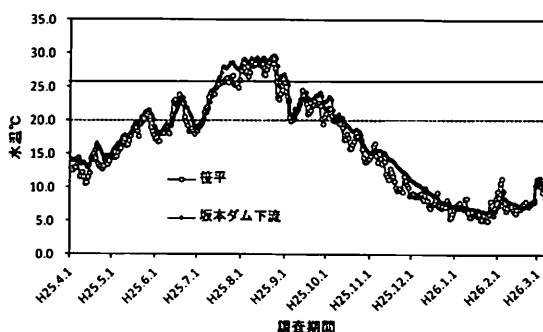


図-1-2 各調査区間の水温の推移  
(—: 致死の限界温度, - - -: 生息適温の上限)

2013 年 4 月 5 日～2014 年 3 月 6 日の期間に 1 回/月の頻度で合計 10 回 (12 月, 2 月は欠測), 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。

### 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。調査を開始した 4 月時点での水温は、笹平キャンプ場で 13.0°C、および坂本ダム下流で 14.3°C といずれもアマゴの生息適温の上限となる 20°C を超えない水温であったが、5 月下旬にはいずれの区間でも 20°C を超え、7 月には致死の限界温度の 26°C を上回って推移し、8 月下旬には笹平で 29.1°C、坂本ダム下流で 29.8°C に達した。その後、いずれの区間においても、生息適温の上限を下回ったのは 10 月中旬以降であった。

**生息状況調査:** 笹平、坂本ダム下流のいずれの定点においても、調査期間を通じてアマゴは確認できなかった。

## 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) 新莊川

石川徹・岡部正也

### 材料および方法

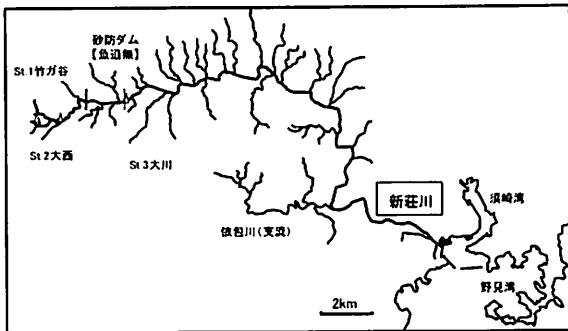


図-2-1 調査定点図(新莊川)

調査定点：新莊川において、竹ガ谷、大西及び大川の3箇所に調査定点を設定した(図-2-1)。最下流部の定点大川には上流に魚道のない砂防ダムが存在し、魚類は遡上できない。また、当該河川にはアマゴの漁業権は設定されておらず、公式なアマゴの放流は、過去に放流の実施主体であった津野町の記録によると少なくとも過去5年間には行われていない。

(図-2-2, 表-2-1)。

表-2-1 調査定点の概要

	定点名	標高	区間長
St.1	竹ガ谷	300m	200m
St.2	大西	160m	400m
St.3	大川	120m	200m

水温測定：新莊川流域の水温の推移を把握するため、各調査定点にデータロガー(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の限界温度(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の可否について検討した。

生息状況調査：本調査は2013年7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), 誤判別を避けるため、アマゴ固有の特徴であるパーマークおよび朱紅点を確認できた個体(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)10cm未満(以下小型魚), 推定TL10cm~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、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

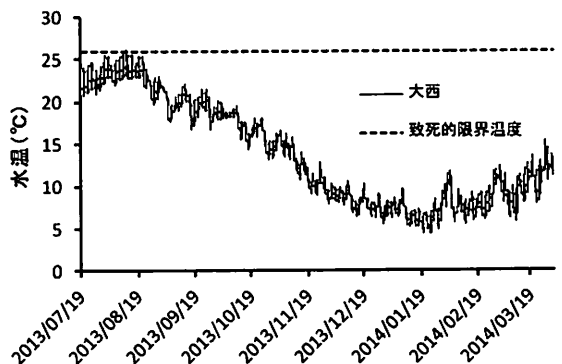


図-2-2 新莊川大西における水温の推移

水温の推移：新莊川大西における水温の推移

を示した(図-2-2)。2013年7月20日～2014年3月31日の調査期間中の水温は、4.5℃～26.2℃の範囲で推移した。大西では致死の限界水温の26℃を超えることが判明した。また、大西以外の定点では、夏季の出水によりデータロガーを流失したため、夏季(高水温期)のデータがない。

生息状況調査：新荘川の各定点で、2013年7月から2014年3月の期間内にアマゴは観察されず、生息は確認できなかった。

### 考察

新荘川は、源流点標高が350mと、県内主要15河川中最も低く、高知県内でアマゴが生息可能とされる標高200mを超える区間は本流において、全流路25.1kmのうち最上流部の数百mから1km程度の範囲しかない。水温も上流部にある定点大西(標高160m)で致死の限界水温の26℃を超えることがあり、アマゴの周年の生息には厳しい環境といえる。生息状況については、アマゴが放流されていないこともあり、各定点でアマゴが確認できなかった。これまでの調査結果からは、アマゴの生息を裏付ける根拠が得られなかったため、次年度以降は対象範囲を拡大して調査を継続する。

### 要約

・新荘川の上流域の水温環境は、夏季にアマゴの致死の限界水温の26℃を超えることがあり、アマゴの生息にとって厳しい環境にあると考えられる。

・新荘川の3調査定点で、調査期間中にアマゴは確認できなかった。

### 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.
- 高知県漁業振興課(2012) 新荘川漁場管理保全計画, 4-5

## IV 調查研究報告

# 高知県内の養鰻場における飼育環境

## の比較と魚病発生状況の把握

長岩理央・岡部正也

### Comparison of Rearing Condition between Different Culture Systems and an Estimation of Disease Outbreaks of Eel Culture Ponds in Kochi Prefecture

Riou NAGAIWA and Masaya OKABE

#### 目的

近年、耐性菌の出現や食品の安全性確保の観点から、水産用医薬品の使用制限が厳しくなり、養殖現場での疾病対策がますます困難となりつつある。そのため、病原体の増殖や感染を抑制する飼育環境を把握することは、養鰻場において、いわゆる“えら病”（岡部・長岩，2014）をはじめとする条件性疾病の発生を予防する上で極めて重要であると考えられる。養殖ウナギに発生する疾病の多くは飼育水の水質と密接な関係があり、総じて水質変化が大きいほど発症例が増加すること（大上，1974）、およびニホンウナギ *Anguilla japonica* ではアンモニア濃度が高い水に長期間暴露されることにより鰓の組織が損傷し、寄生虫やカラムナリス病による被害が発生しやすくなることが報告されている（飯塚，1967；Chen et al., 1982）。しかしながら、養鰻場において発生する疾病の種類や被害の規模を飼育水の水質測定結果と関連付けて論じた例は見当たらない。

養鰻場の飼育方式は飼育池の構造および材質によって素掘り、コンクリートなどに大別され、用水の種類によってさらに止水、流水、循環ろ過に細分化される（大上，1974）。高知県の養鰻形態は、飼育池をビニールハウスで覆い保温を

表1. 水質モニタリング調査を行った養鰻場の飼育環境の概要

養鰻場名	底質	用水の利用法	加温
A	コンクリート	循環ろ過	無
B	土	止水	無
C	土	止水	有

図るハウス式加温養鰻（以下ハウス養鰻）が主流であるが、養鰻場により飼育池と用水の組み合わせが大きく異なっているうえ、近年の燃油価格の高騰により、ボイラーの使用を控え、低温飼育に切り替える養鰻場が増えており、飼育環境がさらに多様化する傾向にある。そのため、それぞれの養鰻場の違いを考慮したうえで水質と疾病の関連を検討する必要がある。

そこで本研究では、飼育方式が異なる高知県内の3ヶ所の養鰻場において飼育環境の比較を試みた。また、このうち魚病発生件数が最も多かった養鰻場について、飼育環境と発生した魚病の種類、時期および被害の規模との関連について検討した。

#### 材料および方法

**3養鰻場の飼育環境の比較** 表1に示した各養鰻場の飼育池において、pH、アンモニア態窒素濃度、亜硝酸態窒素濃度を測定した。測定は延べ188池で2012年に7回、2013年に5回実施した。また、各養鰻場の飼育池のうち飼育

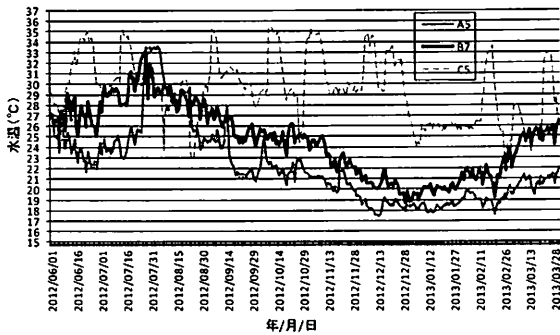


図1. 2012年6月から2013年3月における各養鰻場の0時水温の推移  
(凡例中の数字は各生産者の池番号を示す)

期間が連続して長期間にわたることが見込まれる3池を抽出して温度記録用データロガー(Tidbit V2, Onset社)を設置し、水温を1時間ごとに記録した。

**養鰻場の疾病発生状況の把握** 当該養鰻場の飼育日誌と魚病診断結果(長岩, 2014)から、各飼育池のへい死尾数と魚病の発生履歴を抽出した。

## 結果

**3養鰻場の飼育環境の比較** 各養鰻場の飼育期間を通じた水温変化を、日中の飼育作業による影響が少ない午前0時の水温を基準として比較した(図1)。無加温の養鰻場AおよびBの水

温は外気温の変化に連動して推移し、6月~8月にかけて32~33°Cまで上昇したのち、12月にかけて17~19°C台まで低下したが、3月からは再び上昇に転じた(図1)。この時点における養鰻場Aの水温は約20°Cであったのに対して、養鰻場Bでは加温飼育の養鰻場Cと同等の25°C台に達しており、より水温上昇が早い傾向が見られた。また、養鰻場Cでは12月~3月においても水温は25°C以上に維持されたが、調査期間を通じて22~35°C台の範囲で短期間の変動を繰り返した(図1, C5)。

無加温の養鰻場AおよびBにおける一日あたりの水温変動を、日較差を基準として比較した(表2)。なお、比較に用いた水温データは選別、出荷に伴う欠測が少なかった養鰻場Aの3池およびBの2池のものを用いた(表2)。いずれの養鰻場においても6月~10月の高水温期には日較差が拡大し、11月~2月の低水温期には縮小する傾向が見られたが、その範囲は異なり、高水温期では養鰻場A, Bでそれぞれ1.16~1.77°Cおよび1.59~2.38°C、低水温期では養鰻場A, Bでそれぞれ0.88~1.50°Cおよび

表2. 平成24年6月から平成25年3月までの各月における、養鰻場A, Bそれぞれの池の水温日較差\*の比較

期間	養鰻場 A			養鰻場 B	
	4番池	5番池	8番池	3番池	7番池
	Median (IQR)**	Median (IQR)	Median (IQR)	Median (IQR)	Median (IQR)
H24.6.1-6.30	-	1.48 (0.86) <sup>a</sup>	1.65 (0.90) <sup>a</sup>	1.90 (1.35) <sup>a</sup>	1.75 (1.45) <sup>a</sup>
H24.7.1-7.31	-	1.65 (1.14) <sup>a</sup>	1.77 (1.04) <sup>a</sup>	2.38 (1.42) <sup>a</sup>	1.80 (1.35) <sup>a</sup>
H24.8.1-8.31	1.20 (0.72) <sup>a***</sup>	1.38 (0.58) <sup>a</sup>	-	1.97 (1.09) <sup>b</sup>	1.77 (0.81) <sup>b</sup>
H24.9.1-9.30	1.16 (0.68) <sup>a</sup>	1.35 (0.84) <sup>ab</sup>	-	1.80 (1.18) <sup>b</sup>	1.59 (0.96) <sup>ab</sup>
H24.10.1-10.31	1.29 (0.58) <sup>a</sup>	1.48 (0.58) <sup>ac</sup>	-	1.92 (0.96) <sup>b</sup>	1.79 (1.07) <sup>bc</sup>
H24.11.1-11.30	1.01 (0.59) <sup>a</sup>	0.99 (0.53) <sup>a</sup>	1.41 (0.70) <sup>b</sup>	1.71 (0.79) <sup>b</sup>	1.38 (0.69) <sup>b</sup>
H24.12.1-12.31	0.88 (0.30) <sup>a</sup>	0.88 (0.25) <sup>a</sup>	1.21 (0.51) <sup>b</sup>	-	1.36 (0.49) <sup>b</sup>
H25.1.1-1.31	1.02 (0.30) <sup>a</sup>	1.02 (0.37) <sup>a</sup>	1.50 (0.45) <sup>b</sup>	-	1.67 (0.40) <sup>b</sup>
H25.2.1-2.28	1.07 (0.52) <sup>a</sup>	1.13 (0.60) <sup>ab</sup>	1.48 (0.90) <sup>b</sup>	-	1.91 (1.24) <sup>c</sup>
H25.3.1-3.31	1.41 (0.56) <sup>a</sup>	1.34 (0.60) <sup>a</sup>	1.84 (0.81) <sup>b</sup>	-	2.30 (0.95) <sup>c</sup>

\*: 水温日較差(°C) = 日中の最高水温(°C) - 最低水温(°C)

\*\* : IQR, 四分位範囲(InterQuatile Range)

\*\*\*: 各期間において、数値右上のアルファベットが異なる場合には、統計的に有意な差(Steel-Dwass test, p<0.05)があることを示す

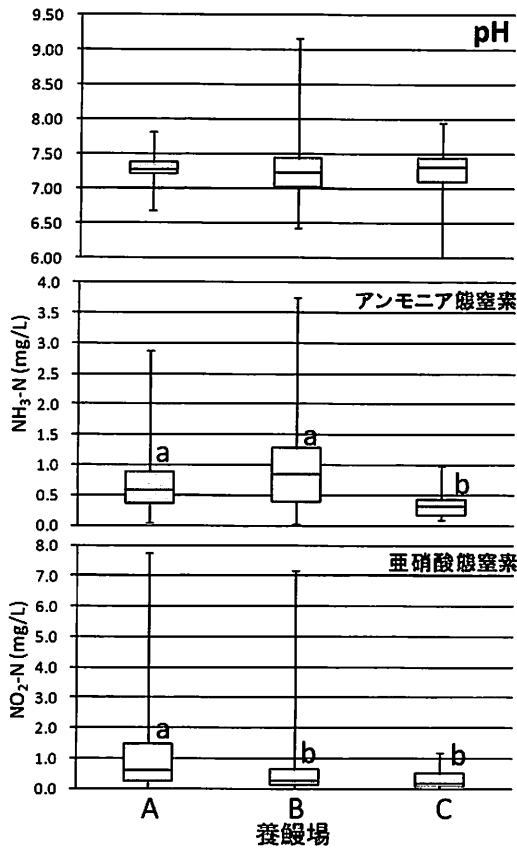


図2. 各養鰻場のpH, アンモニア態窒素(NH<sub>3</sub>-N), 亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N)の比較  
 (图中ボックス内の中央線は中央値、エラーバーはそれぞれ最大値、最小値を示す。また異なるアルファベットは、統計的に有意な差(Steel-Dwass test,  $p < 0.05$ )があることを示す)

1.36~1.71°Cと B のほうが大きい傾向があった。また、同一養鰻場内の飼育池間では、いずれも高水温期の日較差に差は認められなかったが、低水温期における養鰻場 A の 3 池間では有意差が認められた(Steel-Dwass test,  $p < 0.05$ )。

#### pH, アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素

各養鰻場の pH, アンモニア態窒素濃度および亜硝酸態窒素濃度を図 2 に示した。pH には養鰻場間で有意差が認められなかった(Kruskal-wallis test,  $p > 0.05$ )が、養鰻場 C ではアンモニア態窒素濃度が他の 2 養鰻場より有意に低く、養鰻場 A では亜硝酸態窒素濃度が他の 2 養鰻場より有意に高かった(Steel-Dwass test,  $p < 0.05$ )。また、養鰻場 A

および B では亜硝酸態窒素濃度が 12 月に著しく上昇し、A では 3 月まで、B では 2 月まで漸増した(図 3)。

一方、養鰻場 C の亜硝酸態窒素は他の 2 養鰻場に比べて低い濃度で推移した(図 3)。  
**養鰻場における疾病発生状況** 養鰻場 A ではパラコロ病とカラムナリス病が発生した。パラコロ病は 2012 年 4 月~10 月までに 10 飼育池中 1~4 池で発生して 11 月以降増加し、養殖場全体に蔓延した(図 4)。カラムナリス病は 2012 年 10 月まで 0~1 池の発生で推移したが、11 月以降増加し 12 月に 5 池で発生した後 1 月に終息した。2012 年 4 月~2013 年 12 月の期間における月平均へい死尾数は 2012 年 11 月まで約 100 個体/月で推移したが、12 月には著しく増加し、2013 年 7 月まで約 200 個体/月で推移した(図 5)。また、各月の平均亜硝酸態窒素濃度と平均へい死尾数の間には有意な正の相関( $r = 0.71$ ,  $p < 0.01$ )が認められた(図 6)。

#### 同一養鰻場内における飼育池間の比較

養鰻場 A の飼育池間では、調査期間を通じてへい死個体数に差が認められ、飼育池 No.6 と 10 で少ない傾向が見られたが、いずれの飼育池間においても亜硝酸態窒素濃度の平均値には有意差が認められなかった(Kruskal-Wallis test,  $p > 0.05$ ; 図 7)。

#### 考察

**水温の日較差** 養鰻場 A, B, および養鰻場 A の飼育池間では、月ごとの日較差に違いが認められた。循環濾過を行っている養鰻場 A では、濾過槽の濾材への負荷を軽減し浄化能力を維持するため、強度の遮光を行って植物プランクトンの増殖を抑制している。

一方、止水の養鰻場 B では、植物プランクトン



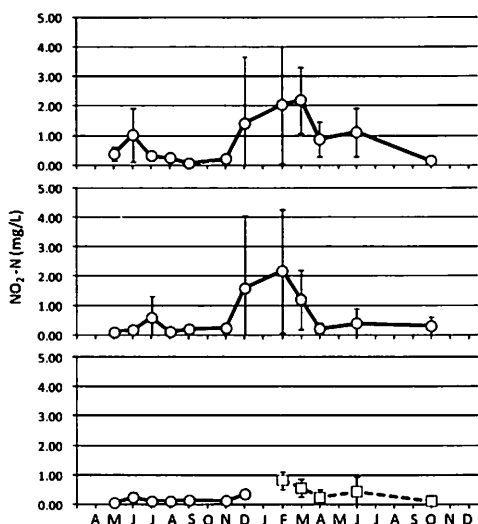


図3. 各養鰻場の各月における平均亜硝酸態窒素濃度の推移  
(生産者Cの点線部分は、無加温飼育に切り替えてからの測定データを示す)

を維持して水質を維持する、いわゆる‘水作り’のため、遮光を行わず積極的に日射を取り入れている。養鰻場間で飼育水温の振れ幅が有意に異なるのは、このような水質管理方法の違いを反映したものと考えられる。また、同一養鰻場内の飼育池間で見られた日較差の違いは、施設内での配置などの環境要因によるものが大きいことを示唆している。

温度ストレスは、魚類の免疫機構に大きな影響を及ぼすことが、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* (青島ら, 2005) やニホンウナギ (Aranishi et al., 1998) など知られていることから、養殖現場における水温管理の違いと疾病の発生に

は密接な関連があると考えられる。本研究で得られた、養鰻場間または同一養鰻場の飼育池間で水温の振れ幅が有意に異なるという結果は、高知県内の養鰻場においては、適切な水温管理が疾病予防対策にとって重要な要素となることを示唆している。

**各養鰻場における亜硝酸態窒素濃度の差異**  
排泄物や残餌に由来する有機物は飼育水および底泥中に常在する細菌によってアンモニア態窒素→亜硝酸態窒素→硝酸態窒素の順に分解、硝化された後、植物プランクトンによって消費されるが、酸素の供給が不足し窒素循環が円滑に進まなくなると、亜硝酸態窒素が特異的に増加し、養殖魚に悪影響を与える。そのため、亜硝酸態窒素濃度は飼育水の水質を直接的に反映する指標となる(飯塚, 1967; 大上, 1974)。本調査の結果、各養鰻場の飼育水中の亜硝酸態窒素濃度には違いが見られ、コンクリート池で強度の遮光を行っている養鰻場では高い値を示した。また、加温飼育の養鰻場 C では他の無加温の 2 養鰻場で見られたような急激な亜硝酸態窒素濃度の上昇は認められず、低水温期からの温度上昇が早い養鰻場 B では、温度上昇が遅い養鰻場 A に比べて亜硝酸態窒素濃度の低下が早かった。これらのことは、飼育水中の有機物の

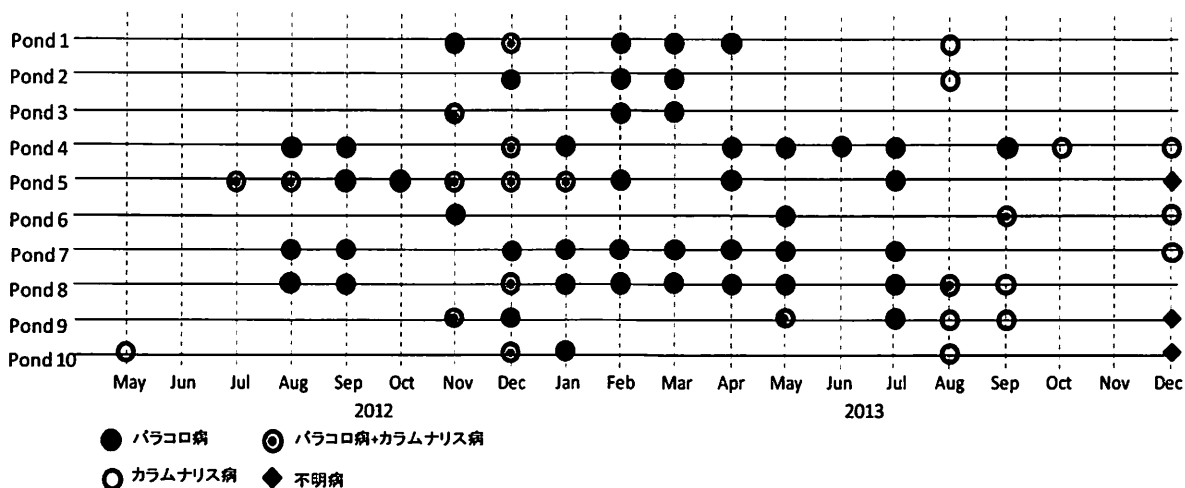


図4. 養鰻場Aの疾病発生状況

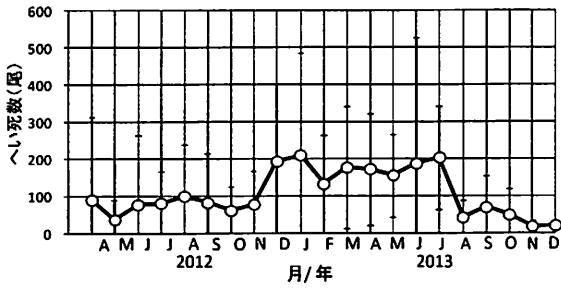


図5. 養鰻場Aの各月における平均へい死数の推移

分解速度が飼育水温の変化に依存的であることを示している(大上 1974)。したがって、無加温飼育を取り入れる養鰻場においては、とくに水温低下時期の水質を維持する対策が必要であると考えられる。

**飼育環境と疾病被害との関連性** パラコロ病の原因菌である *Edwardsiella tarda* (以下, *E. tarda*) は飼育水や底泥中に常在しており、その現存量は高水温期に増加し、低水温期に減少するが(皆川ら, 1983), 15℃以上では水温が低いほど生存期間が長くなること(石原・楠田, 1982), および有機物が過剰な条件下で発育しやすいことが報告されている(石原・楠田, 1982; 皆川ら, 1983; Park et al., 2012)。

調査した養鰻場において、パラコロ病によるへい死数は原因菌の現存量が高いとされる高水温期よりもむしろ水温低下期に増加する傾向が認められた。また、へい死数と亜硝酸態窒素濃度には正の相関が認められた。

これらのことから、この養鰻場でパラコロ病被害が発生した機序は、以下のように推察される。

- ・飼育水の水温が *E. tarda* の最低発育可能水温である 15℃を上回って推移→*E. tarda* の生存期間が延長
- ・水温低下により有機物の分解が停滞→*E. tarda* の増殖を促進
- ・冬期に行った選別により、病原菌が蔓延し被害が拡大

また、カラムナリス病については、亜硝酸態窒

素濃度の上昇に伴い発生する飼育池が増加し、被害が拡大する傾向が認められた。

カラムナリス病の原因菌である *Flavobacterium columnare* (以下 *F. column*) の魚体への付着力は、水中の無機塩類や有機物の存在により変化し、ナトリウム・カリウム・カルシウム・マグネシウムイオン濃度、亜硝酸塩および有機物濃度が高いほど強くなることが報告されている (Decostere et al., 1999)。また、コイ *Cyprinus carpio* およびドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* では、無機塩類の濃度が高いほどカラムナリス病への感染率が上昇することが知られている (Chowdhury and Wakabayashi, 1988)。これらのことは、養鰻場におけるカラムナリス病の発生が飼育水中の亜硝酸態窒素濃度だけでなく、無機塩類の濃度にも関連があることを示唆している。

さらに、*F. column* は他の競合細菌、例えば *Citrobacter freundii* や *Aeromonas hydrophila* が存在する場合には、その感染力が著しく低下することが報告されている (Chowdhury and Wakabayashi, 1989; Wakabayashi, 1991)。調査した養鰻場において、水温が低く、亜硝酸態窒素濃度が高いにもかかわらずカラムナリス病が3ヶ月と短期間で終息したことは、飼育水中の細菌叢が、競合細菌が優占する組成へと遷移した

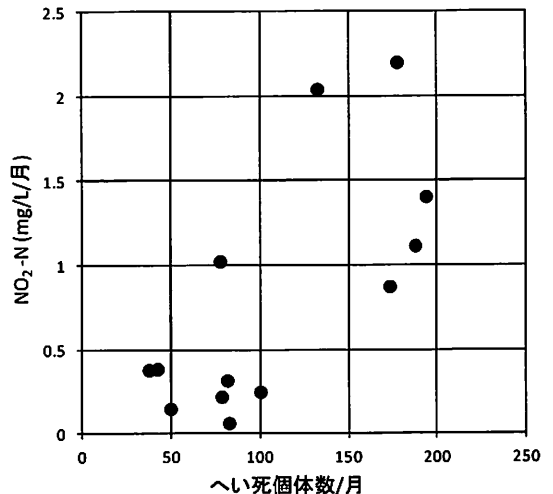


図6. 各月平均へい死個体数と平均亜硝酸態窒素濃度の散布図

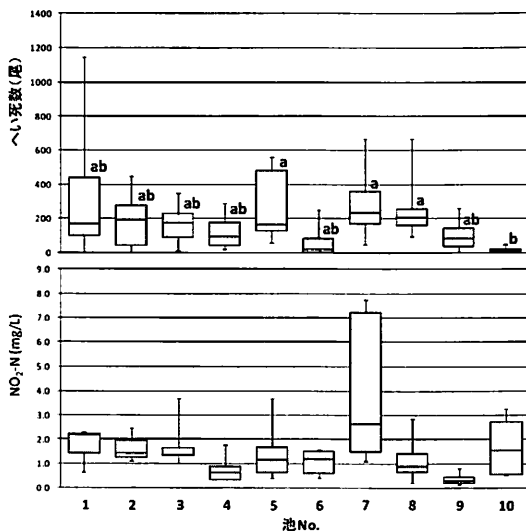


図7 2012年12月から2013年7月までの養鰻場Aの各池のへい死個体数および亜硝酸窒素濃度 (異なるアルファベットは統計的に有意な差(Steel-Quinn test, p<0.05)があることを示す)

ことによる可能性がある。

近年、病原菌と競合する細菌を養殖環境水中や養殖魚の消化管内で選択的に増殖させ、病原菌の増殖を抑制するバイオコントロール技術の実用化が試みられている(前田, 2005;野口ら, 2006;野口, 2012)。

本研究の結果は、今後、養鰻場において、バイオコントロールに基づく新たな疾病対策を講じる上で有用であると考えられる。

## 引用文献

青島秀治・石高康治・岡本信明 (2005) 温度ストレス下でのニジマス末梢血貪食細胞の生体防御活性とビブリオ病抗病性との不一致について。魚病研究, 40, 47-51.

Aranishi, F., N. Mano, M. Nakane and H. Hirose (1998) Epidermal response of the Japanese eel to environmental stress. *Fish Physiol. Biochem.*, 19, 197-203.

Chen, C.-R. L., Y.-Y. Chung and G.-H. Kuo (1982) Studies on the pathogenicity of *Flexibacter columnaris* I. Effect of dissolved oxygen and ammonia on the pathogenicity of *Flexibacter columnaris* to eel (*Anguilla japonica*).

*Reports on Fish disease research*, volume4, pp.57-61., Commercial Agriculture Planning and Development Series 8.

Chowdhury, M. B. R. and H. Wakabayashi (1988) Effect of Sodium, Potassium, Calcium and Magnesium Ions on *Flexibacter columnaris* Infection in Fish. *Fish. Pathol.*, 23, 237-241.

Chowdhury, M. B. R. and H. Wakabayashi (1989) Effects of Competitive Bacteria on the Survival and Infectivity of *Flexibacter columnaris*. *Fish. Pathol.*, 24, 9-15.

Decostere, A., F. Haesebrouck, J. F. Turnbull and G. Charlier (1999) Influence of water quality and temperature on adhesion of high and low virulence *Flavobacterium columnare* strains to isolated gill arches. *J. Fish. Dis.*, 22, 1-11.

Ellis, A. E. (1981) Stress and the modulation of defence mechanisms in fish. In *Stress and Fish* (ed. By A. D. Pickering). Academic Press, London, pp.147-169.

Farmer B. D., A. J. Mitchell and D. L. Straus (2011) The Effect of High Total Ammonia Concentration on the Survival of Channel Catfish Experimentally Infected with *Flavobacterium columnare*. *J. Aqua. Anim. Health*, 23, 162-168.

飯塚三哉 (1967) ウナギー最新養殖法ー, 特産シリーズ 12, 農山漁村文化協会, 東京, p.108

石原秀平・楠田理一 (1982) 種々の環境水中における *Edwardsiella tarda* の発育性および生存性. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48, 483-488.

前田昌調 (1982) 海産微生物の拮抗作用と魚介類飼育への利用. *海の研究*, 14, 7-20.

皆川武夫・中井敏博・室賀清邦 (1983) 養鰻環

境中における *Edwardsiella tarda*. 魚病研究, 17, 243-250.

野口浩介 (2012) 増養殖環境における微生物の生態と利用に関する研究. 佐玄水振セ研報, 5, 61-91.

野口浩介・岩田一夫・前田昌調 (2006) ウナギ病原菌エドワジエラの増殖を抑制する拮抗細菌. *La mer*, 44, 157-160.

長岩理央 (2014) 養殖衛生管理体制整備事業. 平成 24 年度高知県内水面漁業センター事業報告書, 5-7.

岡部正也・長岩理央 (2014) 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. 高内水セ研報, 3, 39-45.

大上皓久 (1974) 新しい養鰻, 養魚タイムス社, 東京, p.293

Park, S. B., T. Aoki and T. S. Jung (2012) Pathogenesis of and strategies for preventing *Edwardsiella tarda* infection in fish. *Veterinary Res.*, 43, 67.

Wakabayashi, H. (1991) Effect of environmental conditions on the infectivity of *Flexibacter columnaris* to fish. *J. Fish. Dis.*, 14, 279-290.

## 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

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
2013	1,884	1,346	1,328	175	1,084	5.8