

平成8年度

事業報告書

第7巻

平成10年3月

高知県内水面漁業センター

はじめに

高知県内水面漁業センターは、内水面漁業の振興を目的とした試験研究機関として昭和55年度に開所しました。

この間に実施した試験研究の成果は、関係者の方々に技術の普及をおこなうとともに、さらに実績報告としてとりまとめて関係機関の方々に送付させていただいております。

今後とも、当所の業務の推進にあたり、皆さま方のご協力をいただけますようよろしくお願い申し上げます。

高知県内水面漁業センター
所長 村岡 捷三

目 次

I 内水面漁業センターの概要

所 在 地	-----	1
沿 革	-----	1
組 織 お よ び 機 構	-----	1
職 員 名 簿	-----	1
予 算 お よ び 事 業 構 成	-----	2
施 設 の 概 要	-----	2

II 平成8年度事業報告

試 験 研 究 指 導 事 業		
魚 病 診 断 指 導 結 果	-----	3
シオミズツボラムシの大量培養試験	-----	4
アユ種苗生産試験	-----	7
人工海産アユ種苗の放流調査	-----	12
養殖水産動物保健対策推進事業	-----	20
内水面資源利用向上対策事業		
放流資源添加方法等向上化試験	-----	24
内水面放流資源等利用向上対策事業	-----	35
新品種作出基礎技術開発事業	-----	57
アユカケ増養殖技術開発試験	-----	74

III 資 料

飼育用水の水温一覧(H8年度)	-----	95
-----------------	-------	----

I 内水面漁業センターの概要

1 所在地

住所: 〒782 高知県香美郡土佐山田町高川原687-4

電話: 08875-2-4231 FAX:08875-2-4224

交通機関: JR 土讃線土佐山田駅から車で5分、高知空港から車で15分

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)

(高知県山田養鯉場の廃止)

昭和55年 高知県内水面漁業センターとして改組、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)

3 組織および機構

高知県農林水産部海洋局

水産振興課	所長(研)	研究職員	4名
		現業職員	1名
		非常勤職員	2名

内水面漁業センター

4 職員名簿

職名	氏名	(現勤務先)
所 専 主 任 研 究 員	長 村 岡 捷 三	(高知県水産試験場主任研究員)
研 究 員	上 野 幸 德	
"	小 松 章 博	
"	岡 部 正 也	
技 師	西 山 勝 昭	
	佐 伯	

5 予 算

(単位:千円)

事業費	予算額(当初)	備考
養殖水産動物保護安全対策事業	3,880	水産庁補助
新品種作出基礎技術開発事業	3,347	水産庁委託
アユカケ増養殖技術開発試験	5,831	
内水面資源利用向上対策事業		
放流資源添加方法等向上化試験	4,563	
内水面放流資源等利用向上対策事業	2,500	水産庁委託
試験研究指導事業	9,480	
管理運営費	4,546	
予 算 合 計	34,147	

6 施設の概要

1)敷地面積 9,342.7 m²

2)建物

(単位:m²)

①庁舎(問診室、微生物・組織・環境検査室、事務室ほか)	369
②水槽実験棟(0.9トン水槽5面)	115
③恒温水槽棟(10トン水槽5面、1トン水槽5面)	256
④バイテク恒温水槽棟(FRP2トン水槽10面)	100
⑤屋外 50トン試験池(5面)	326
⑥屋内 30トン試験池(2面)	150
⑦小型水槽(0.5トン×15面、0.3トン×10面、0.2トン×21面)	
⑧作業棟(調餌室、倉庫、作業工作室)	105
⑨管理棟	42
⑩その他	

Ⅱ 平成8年度事業報告

魚病診断指導結果

西山 勝

平成8年度の魚病診断依頼件数は38件で、その内訳はアマゴ9件、アユ17件、ウナギ9件、ニシキゴイ1件、フナ1件であった。魚種ごとの診断結果を表1に示した。

表1 平成8年度魚病診断結果

魚種	魚病名	月												計	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
アマゴ	BKD		1												1
	細菌性鰓病													2	2
	内臓真菌症+IPN												1		1
	ガス病	1													1
	その他 BKD保菌検査				1		1								2
	ウイルス検査													2	2
小計		1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4	9
アユ	冷水病	6											1		7
	冷水病+細菌性鰓病					1									1
	ビブリオ病 A-type									1					1
	B-type		1												1
	細菌性鰓病		2	2											4
	不明	1	1											1	3
小計		7	4	2	0	1	0	0	0	1	1	0	1	17	
ウナギ	バラコロ病				1										1
	鰓ぐされ病				1										1
	尾ぐされ病					1									1
	鰓ぐされ病+尾ぐされ病						1								1
	ウイルス性血管内皮壊死症+バラコロ病									1					1
	シュードダクチロギルス症		1												1
	その他								1						1
	不明	1										1			2
小計		1	1	0	2	1	1	1	1	0	1	0	0	9	
ニシキゴイ	穴あき病(新タイプ)												1	1	
フナ(河川)	農薬中毒	1												1	
合計	合計	10	6	2	3	2	2	1	1	1	2	2	5	37	

総診断件数は、昨年度の76件から減少した。アユが53件から17件に減少したのが全体の診断件数に影響している。しかし、アユの魚病被害が減少したわけではなく、冷水病等の発生時も診断依頼をせずに自己判断あるいは生産者間の情報により治療対策を行っている。

アマゴでは、BKDの発生が本県では初めて確認された。その侵入ルートは判明しなかったが、その種苗を供給した大手業者においても同様の斃死が続いていたことから、自主的に全数処分が実施され、養成魚、親魚の入れ換えが行われた。今後の動向に留意する必要がある。また、IPNについては毎年のように検出されるようになった。県内あるいは四国内にIPNウイルスが定着したと考えられるが、実際の被害事例は見られていない。

ニシキゴイでは、いわゆる新しいタイプの穴あき病と思われる疾病が発生した。

シオミズツボウムシの大量培養試験

西山 勝・岡部 正也・佐伯 昭

1 目的

当センターのアユ種苗生産時に餌として用いるシオミズツボウムシ（以下ワムシ）の培養について、海水使用量の限られた条件での高能率での安定した大量培養法について検討した。

2 材料と方法

1) ワムシ培養

種ワムシはS型を使用した。培養水槽は、10t長方形コンクリート水槽（以下10t水槽）3面を使用し、生産は間引き方式の連続培養で行った。

培養水温は28℃、培養塩分濃度は1/2海水濃度とし、水量の20～30%程度を水中ポンプとプランクトンネット（オープニング45 μ ）で1回/日抜き取って、ナンノクロロプシスの注水（水量の10%程度）と淡水注水で減水分の補完を行い、さらに粉碎塩の投入による塩分調整を行った。アレン処方人工海水は立ち上げ当初のみ注水した。

培養餌料は、主にパン酵母と濃縮淡水クロレラ（160～180億細胞/ml）を使用し、ナンノクロロプシスを併用した。なお、餌料は朝・夕2回投与した。

餌料の投与基準は、パン酵母がワムシ100万個体に対して1日当たり0.8g前後、濃縮淡水クロレラが培養水量1tに対して1日当たり200ml、ナンノクロロプシスが培養水量1tに対して1日当たり100 μ とした。

また、培養水槽中にフロックフィルター（商品名：トラベロンエアーフィルターAF111A）を10t水槽1面当たり3枚（160×80×1cm）水槽の一部を遮断するように垂下し、植え替え時のみ洗浄した。

2) ナンノクロロプシス培養

ナンノクロロプシスの培養は、20t円形シート水槽1面を用いて行い、アレン処方人工海水を1/2海水濃度に調整して用いた。

種苗生産のワムシの必要量とワムシの調子を考慮しながら、ほぼ全水量を使い終わった時点で水量補完を行い、同時に施肥と消毒を行った。施肥は、水量1tに対して硫酸アンモニウム 100g、尿素 5g、過リン酸石灰 15g、クレワット32 10gを目安に、使用予定に合わせて適宜調整した量をよく溶かして投与した。消毒は、次亜塩素酸ナトリウム 0.8ppmで行った。

3) 培養方法の前年度との相違点

特になし。

3 結果

平成8年9月19日から11月10日までのワムシ培養総水量、総個体数、平均密度及び抜き取り総個体数を図1に示した。

培養期間中の培養密度は約100～600個体/mlと変動したが、概ね200～400個体/mlで推移した。

ワムシ生産量の期間総計は、約222億個体であった。平均培養密度は約237個体/ml（間引き前・後の平均密度）、日間平均増殖率は25.8%であった。

植え替え（池洗浄）は、2度行った。

また、ワムシ222億個体を生産するために、パン酵母192kg、濃縮淡水クロレラ164ℓ、ナンノクロロプシス（1/2人工海水）20t、淡水93.5t、アレン処方人工海水15t、粉碎塩1.34tを使用した。

4 考察

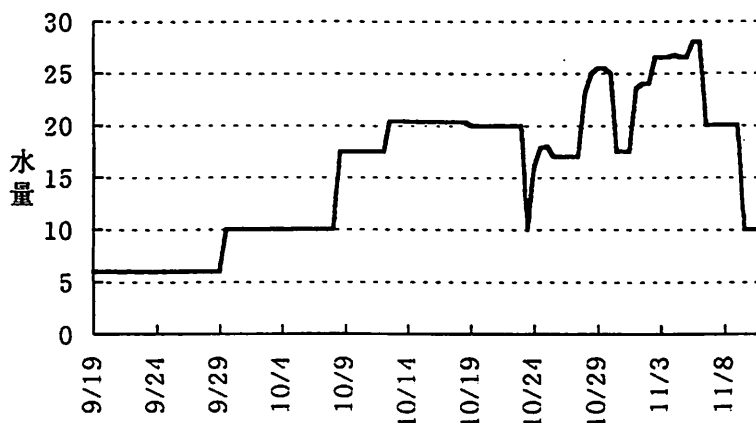
今年度の培養結果は、平均培養密度237個体/mlと、やや低めであった。これは、維持培養期間の個体密度が低すぎた（0～50個体/ml）ため、培養開始当初の個体密度が思うように高くならなかったこと、また、人員の問題からワムシ培養に専念できなかつたことが原因と考えている。

培養餌料としては、省力化の観点から濃縮淡水クロレラを重視し、それで必要十分であることがわかったため、結果的にナンノクロロプシスの培養量、使用量は激減した。

なお、大型池（50t）でのアユの生産は今年度で終了のため、来年度からはワムシの必要量が数億個体/日と減少する。そのため、従来の10t水槽を使用したワムシ培養はこれで終了とし、来年度からは小型タンクによる高密度培養（1,000～3,000個体/ml）に取り組み、省力化に努める必要があると思われる。

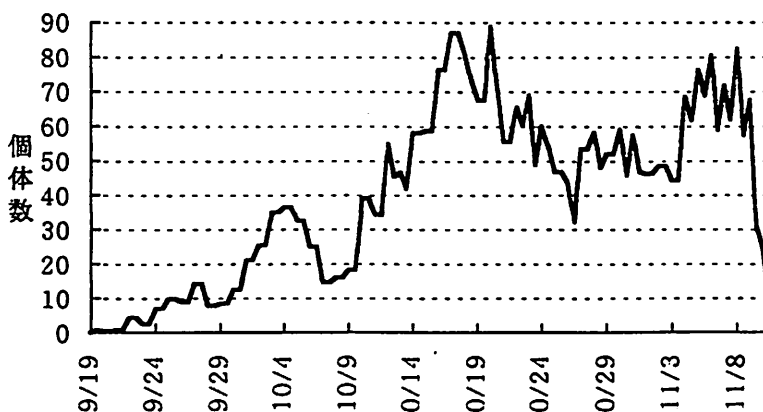
培養総水量

単位：t



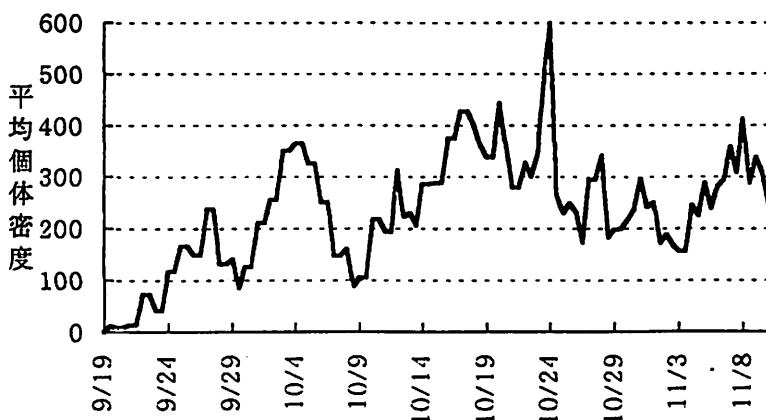
培養総個体数

単位：億個体



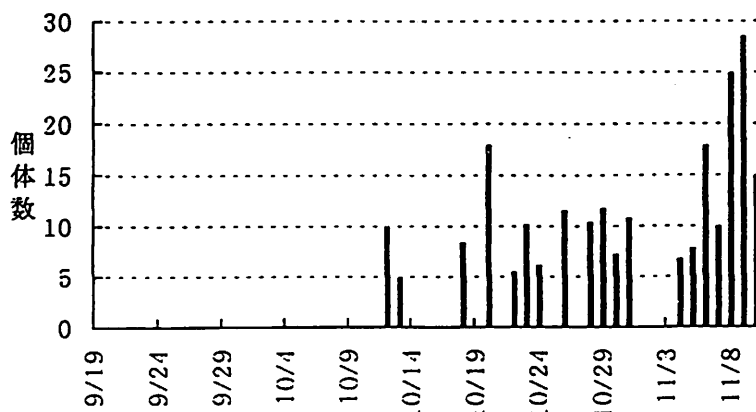
平均個体密度

単位：個体/ml



抜き取り総個体数

単位：億個体



アユ種苗生産試験

西山 勝・岡部 正也・佐伯 昭

1 目的

アユの大量種苗生産技術については、当センターにおいて実施した循環濾過方式による種苗生産試験により基礎技術が確立された。その技術は、平成6年から稼働を開始した(財)高知県内水面種苗センターで実用化され、安定した生産成績を収めている。

そこで、確立された循環濾過方式によるアユ種苗生産技術の継承および限界能力の確認を目的として、これまでと異なる系統の親魚を用い種苗生産試験を行ったので、その概要について報告する。

2 方法

今回採卵に用いた親魚は、瀬戸川産F₁である。

本系統は、吉野川水系の早明浦ダムに流入する瀬戸川で、平成7年夏に採捕し、当センターで継代したものである。早明浦ダムでは、アユ資源の定着、利用を目的として、昭和50年代中頃から県及び県内水面漁連によって、発眼卵放流、親魚放流が行われており、瀬戸川産はこれらを起源とする陸封再生産魚であるとの判断がなされている。

親魚養成、採卵、飼育等の方法は、平成3年度業務報告において報告された方法に準じた。

生産池は、八角形屋外コンクリート50 t 池1面(水量45t)を、濾過槽は生産池に隣接する三角形池を使用した。濾過槽の準備は、ふ化予定日の40日前から、アンモニア水の添加により徐々に濾過能力を高めた。

3 結果と考察

1) 採卵

採卵結果を表1に示した。

受精率、発眼率ともに平年より低くなった。採精時に精液の粘度がやや高く感じられたことから、雄親魚がやや未熟であったのが、その原因と考えられた。

表1 採卵結果

採卵日	雄親魚数 (尾)	雌親魚(採卵魚)の平均値				採卵結果						
		体長 (mm)	体重 (g)	肥満度	GSI	採卵尾数 (尾)	総重量 (g)	平均卵重量 (g/尾)	残卵率 (%)	平均卵数 (粒/g)	平均受精率 (%)	平均発眼率 (%)
10月1日	108	16.5	75.8	16.8	33.9	118	3,030.9	25.9	46.2	3,660	70.1	50.7

2) 池入れ

池入れの結果を表2に示した。

採卵ロットごとの受精率、発眼率および生産時の収容密度を勘案して、数ロットを組み合わせて池入れした。その結果、種苗生産の使用親魚数は、雌70尾、雄56尾となり、平均

の受精率は65.3%、発眼率は47.2%であった。推定ふ化率は例年発眼率の90%で算出していたが、発眼時点で眼球に異常（正常に形成されていない）のある卵が1割弱観察されたため、今回は80%と見積もった。その結果、推定ふ化尾数は874千尾であった。残りの発眼卵は廃棄した。

表2 池入れ結果

池入れ日	受精率 (%)	発眼率 (%)	推定ふ化率 (%)	推定ふ化尾数 (千尾)	雌親魚数 (尾)	雄親魚数 (尾)
10月9日	65.3	47.2	37.8	874	70	56

3) 給餌状況

種苗生産期間中の給餌状況を表3に示した。

ワムシはふ化後1日目から30日目まで、配合飼料は3日目から最後まで給餌した。

表3 給餌状況

ふ化後日数	期 間	ワムシ (億個体)	配合飼料 (g)
0~10	10/11~10/21	28.9	424
11~20	10/22~10/31	84.7	3,066
21~30	11/ 1~11/10	114.6	8,930
31~40	11/11~11/20		30,620
41~50	11/21~11/30		52,632
51~60	12/ 1~12/10		54,750
61~70	12/11~12/20		58,890
71~80	12/21~12/30		75,900
81~87	12/31~ 1/ 6		54,900
総給餌量		228.2	340,112
給餌日数(日)		30	85
1尾あたりの給餌量(千個体/尾, g/尾)		42.9	0.6

4) 飼育環境

期間中の飼育環境の推移を図1に示した。

水温は、なるべく適水温を維持するように努めた。天候に留意しながら、投げ込み式の加温管に温水を通し加温した。また、12月からはチタンヒーターを数本使用し、さらに加温した。

比重は、基本的には1/2海水濃度を目安に、1.013程度を維持した。12月1日(51日目)から淡水馴致を開始したが、12月9日(59日目)に細菌性鰓病が発生しているのが確認されたため、再び塩分濃度を上昇させることで、治療を行った。その後、細菌性鰓病は終息したが、再び淡水馴致を開始すると、取り上げのタイミングが年末年始に重なることが予想されたため、海水飼育を継続し、12月24日(74日目)から淡水馴致を開始した。

pHは、11月中旬頃から低下を始め、12月15日(65日目)には7.00を下回った。例年ならば65日目には既に淡水馴致の終盤であるため、特に問題ではない。あるいは部分換水によりpHの低下を抑制していたが、本年度は重曹の添加により、pHの低下を防いだ。

溶存酸素量は80%台を維持することを目安に、プロアおよび水中ポンプの台数を徐々に

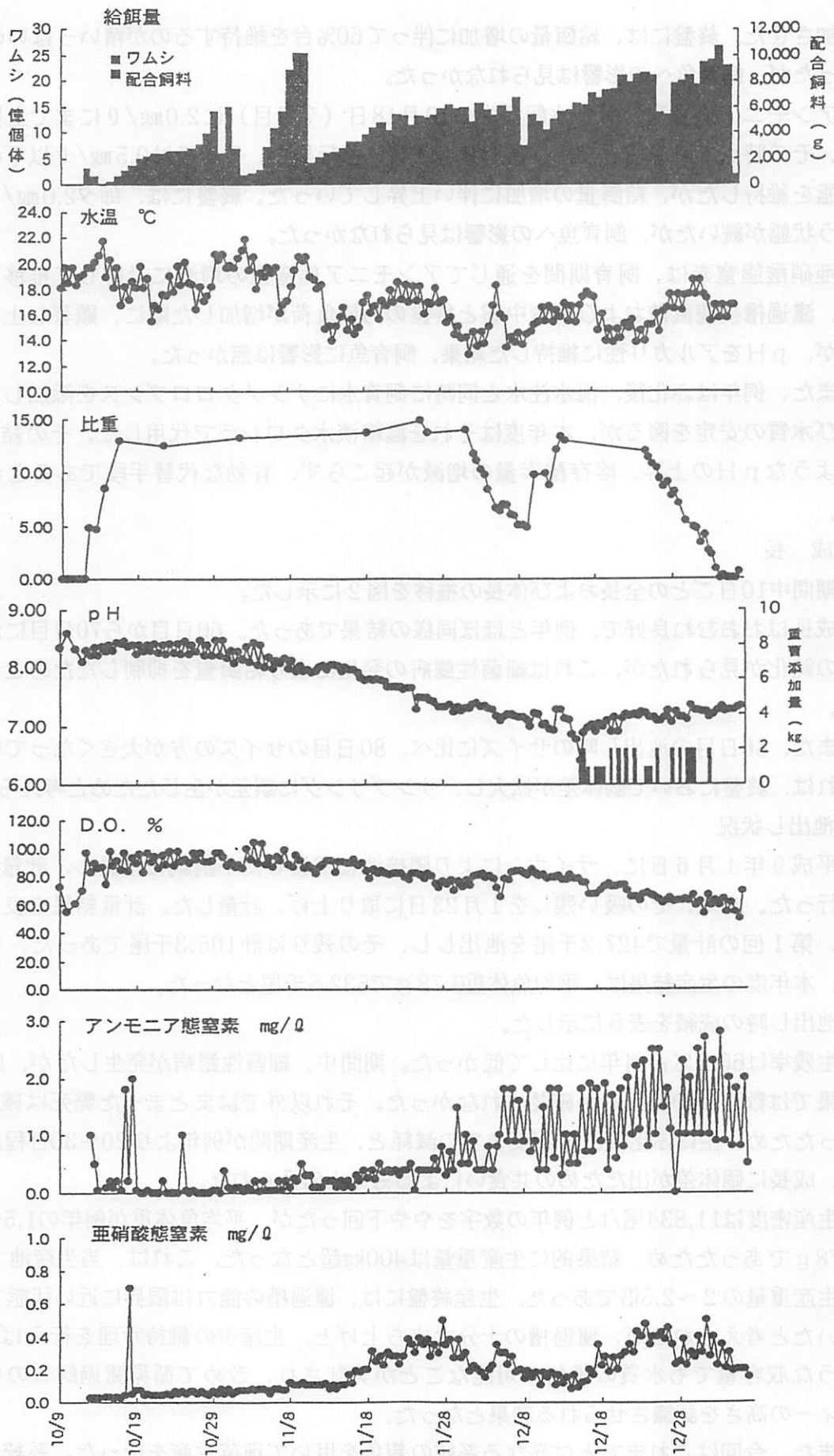


図1 生産期間中の環境

増加させた。終盤には、給餌量の増加に伴って60%台を維持するのが精いっぱい状態になったが、飼育魚への影響は見られなかった。

アンモニア態窒素は、止水飼育中の10月18日（7日目）に2.0mg/lにまで上昇したため、その時点で濾過槽を接続し循環濾過飼育に移行した。その後は0.5mg/l以下の良好な状態を維持したが、給餌量の増加に伴い上昇していった。終盤には、毎夕2.0mg/l以上という状態が続いたが、飼育魚への影響は見られなかった。

亜硝酸態窒素は、飼育期間を通じてアンモニア態窒素の増減に対応して推移した。特に、濾過槽接続直前および飼育中盤と終盤の汚染負荷が増加した際に、顕著な上昇を示したが、pHをアルカリ性に維持した結果、飼育魚に影響は無かった。

また、例年はふ化後、海水注水と同時に飼育水にナンノクロロプシスを添加し、遮光および水質の安定を図るが、本年度はそれを濃縮淡水クロレラで代用した。その結果、例年のようなpHの上昇、溶存酸素量の増減が起こらず、有効な代替手段であると考えられた。

5) 成 長

期間中10日ごとの全長および体長の推移を図2に示した。

成長はおおむね良好で、例年とほぼ同様の結果であった。60日目から70日目にかけて成長の鈍化が見られたが、これは細菌性鰓病の発生により給餌量を抑制したためと考えられた。

また、86日目の池出し時のサイズに比べ、80日目のサイズの方が大きくなっているが、これは、終盤において個体差が拡大し、サンプリングに誤差が生じたためと考えられる。

6) 池出し状況

平成9年1月6日に、サイホンにより隣接池に用意した小割網に移送し、計量、池出しを行った。また、その吸い残しを1月23日に取り上げ、計量した。計量結果を表4に示した。第1回の計量で427.2千尾を池出しし、その残りは計105.3千尾であった。したがって、本年度の生産結果は、平均魚体重0.78gで532.5千尾となった。

池出し時の成績を表5に示した。

生残率は60.9%と例年に比して低かった。期間中、細菌性鰓病が発生したが、底掃除の結果では数百尾の斃死しか確認されなかった。それ以外ではまとまった斃死は確認されなかったため、主にふ化後20日程度までの減耗と、生産期間が例年より20~30日程度長くなり、成長に個体差が出たための共食いによるものと考えられた。

生産密度は11,834尾/tと例年の数字をやや下回ったが、平均魚体重が例年の1.5~3倍の0.78gであったため、結果的に生産重量は400kg超となった。これは、当生産池での従来生産重量の2~2.5倍であった。生産終盤には、濾過槽の能力は限界に近い状態で推移していたと考えられるが、濾過槽の十分な立ち上げと、生産中の維持管理を行えば、今回のような収容量でも水質の維持が可能なが実証され、改めて循環濾過飼育のキャパシティの高さを認識させられる結果となった。

また、今回はこれまでとは異なる系統の親魚を用いて種苗生産を行った。系統によっては、至適水温、塩分濃度等に若干の検討が必要であろうが、基本的には循環濾過方式によ

る大量生産は可能であることが示唆された。

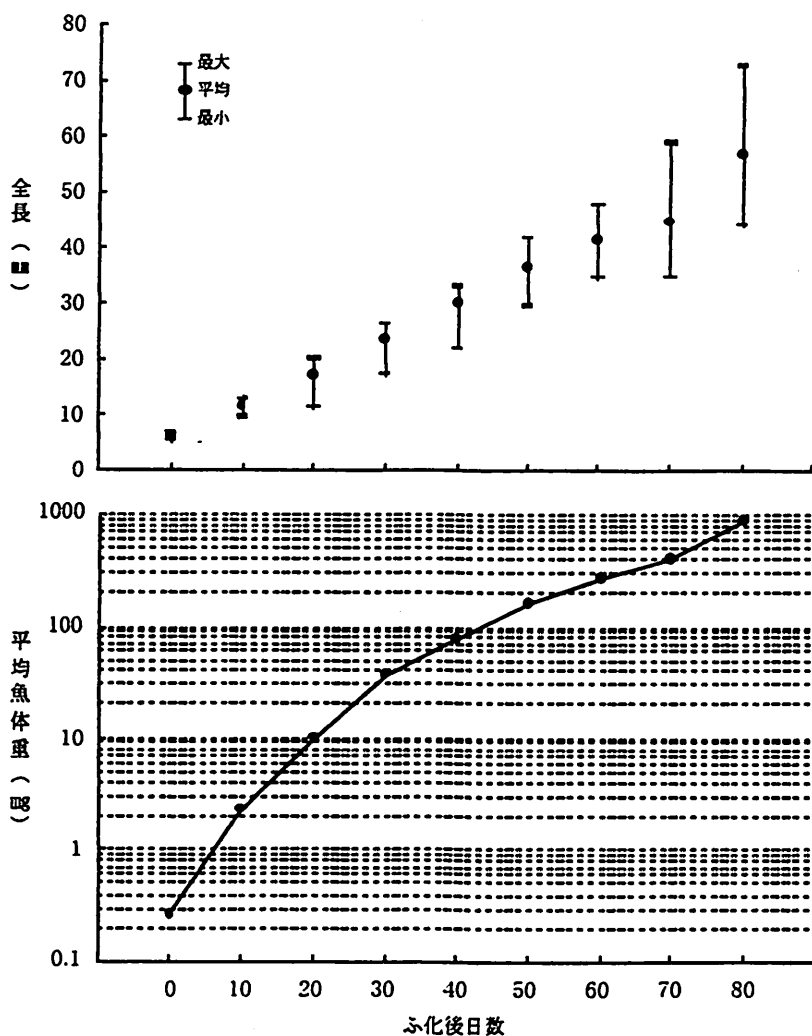


図2 体長および魚体重の推移

表4 池出し尾数と平均魚体重

	池出し尾数 (千尾)	平均魚体重 (g)
平成9年1月6日	427.2	0.78
1月23日	15.7	3.26
"	89.6	1.45
合計	532.5	

表5 種苗生産の成績 (1月6日池出し時)

ふ化尾数 (千尾)	飼育日数 (日)	生産重量 (kg)	生産尾数 (千尾)	平均魚体重 (g)	生残率 (%)	生産密度 (尾/t)
874	87	415.4	532.5	0.78	60.9	11,834

人工海産アユ種苗の放流調査

小松章博・佐伯昭

1 目 的

平成7年10月に種苗生産された(財)高知県内水面種苗センター(以下、種苗センターと呼ぶ)産の海産系人工アユ種苗の遡上・分散状況及び成長状況を把握する。

2 調査対象河川及び区域

調査対象河川は、高知市の東方約15kmで太平洋に流出する一級河川であり、流域面積は468km²で年平均流量は31ト/秒である。この河川は、流程の大部分が山間部を流下しているため発電を目的としたダムが中流域から上流域にかけて多く建設されておりダムの下流域は水量が著しく減少している。このため天然アユの遡上量も減少し、しかも河口から約12kmに設置された杉田ダムまでしか遡上できないことから河川漁協では積極的にアユの放流事業を実施している。

河川漁協では、河川の形態により漁場を3区分しており、それぞれ河口から杉田ダムの間(中南支部)、杉田ダムから永瀬ダムの間(上支部)、永瀬ダム上流域(北支部)としている。調査は、天然遡上が見られる中南支部のうち河口から約8km地点に設置された農業用水の取水用堰堤(通称町田堰)までの区域を上流と下流に分けて行った(図1)。

3 アユ種苗放流及び調査方法

1) 物部川の放流状況

平成8年春季に中南支部区域に放流した人工産アユ種苗は、3月24日に全個体の脂鱗を切除して標識を施したのち約3週間養成した海産系アユで、放流量は約2.3トであった。これらの放流時の大きさは、体長(SL)10.5±0.6cm、体重(BW)17.3±3.0gであった(表1、図2)。なお、4月23日には河口から約11km地点へ大きさSL:9.2±0.8cm、BW:11.0±3.0gの県外産天然海産アユ稚魚が追加放流された。

2) 調査方法

採捕は、放流して10日後の4/24はと網を用いたが、それ以後は3~4名で各漁場約30分間友釣りを実施した。採捕したアユは、漁場ごとに纏めて当所へ持ち帰り魚体測定を行った。なお、6/12はアユ釣り大会の採捕魚を測定した。

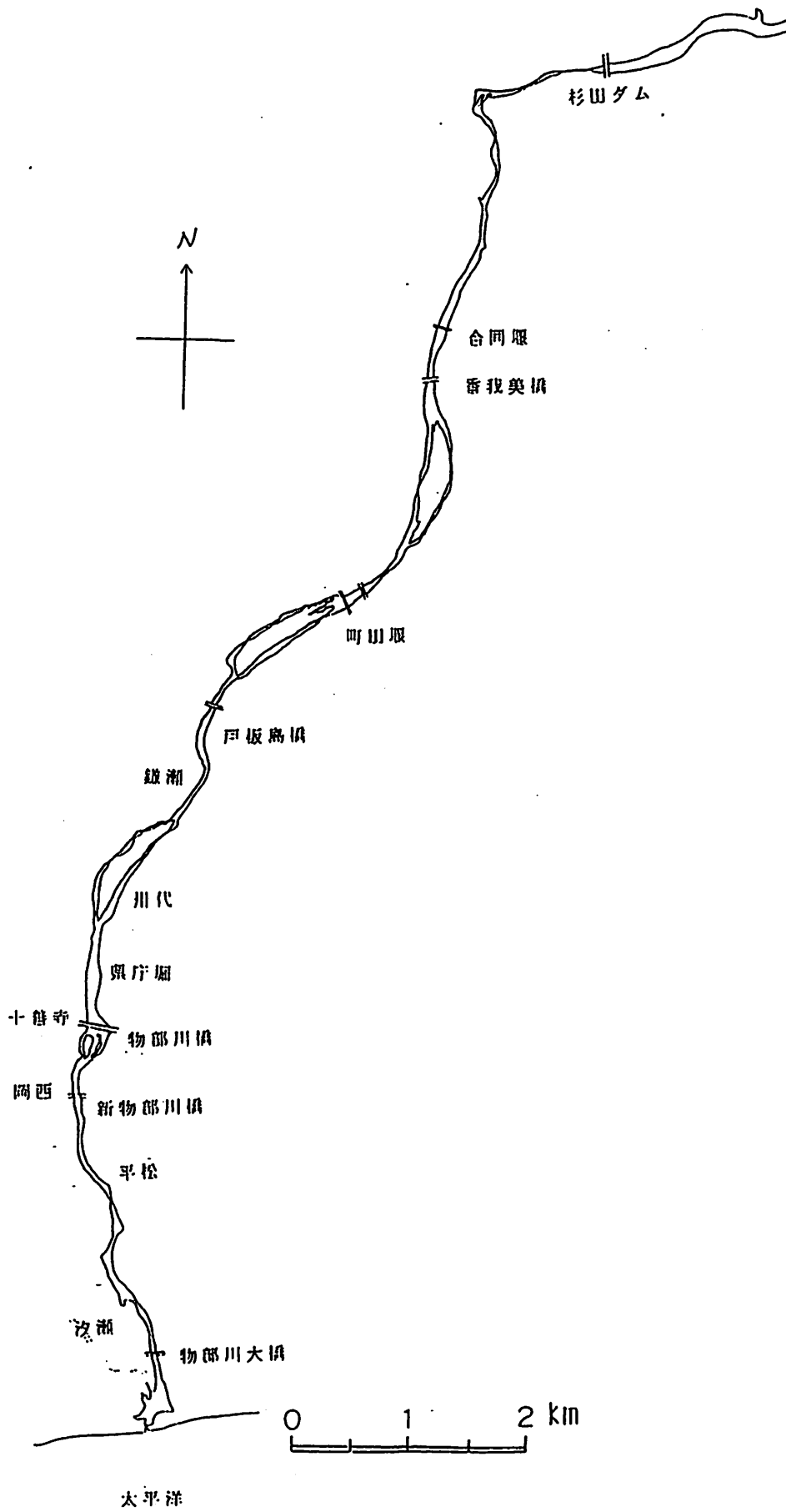


図1 物部川下流域の調査漁場

表 1 物部川に放流した人工海産アユ種苗

月日	場 所	放流量	大きさ (標準体長)	備考
4/13	県庁堀	500kg	合計数量 : 2,283kg 4/15放流魚測定 (n=32) SL : 10.5 ± 0.6cm BW : 17.3 ± 3.0g	3/24に脂鰭切除標識実施したのち約3週間養成して放流実施。標識時の大きさは体重13.9g、重量1750kg(126千尾)であった。放流時の河川水温は飼育水温より1~3°C低かった。
	仁尾島	500 "		
	戸板島	200 "		
	柳 疎	368 "		
4/15	平 松	100kg		
	岡 西	300 "		
	仁尾島	200 "		
	柳 疎	115 "		

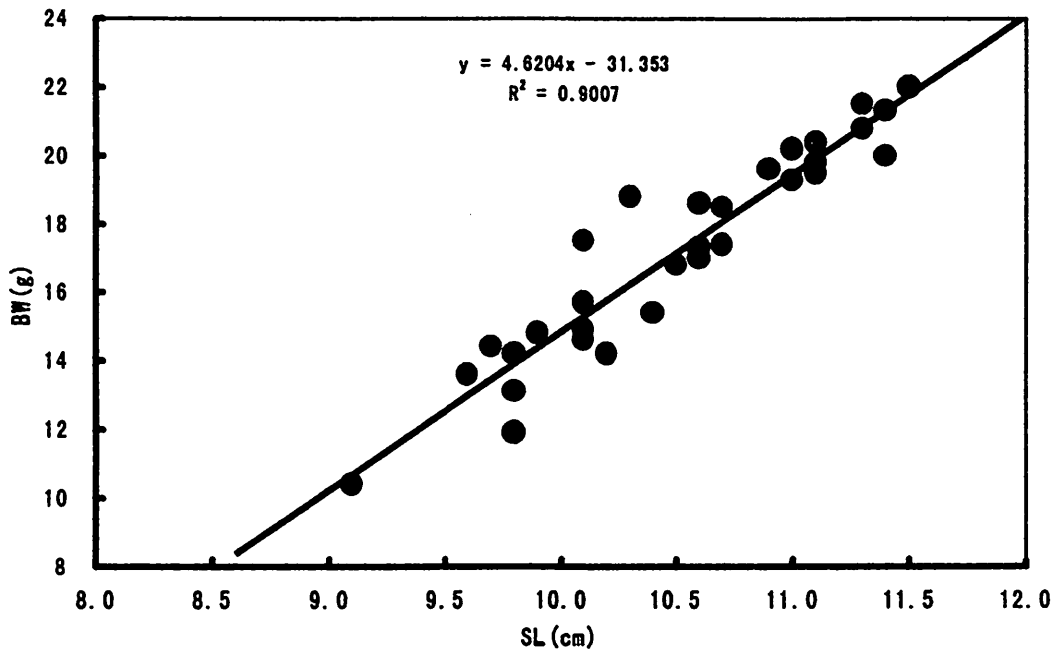


図 2 人工海産アユ稚魚の体長・体重関係

4 調査結果

1) 放流魚の採捕について

平成8年4月24日から6月12日の間に計8回の調査を実施し、標識された人工海産アユ142尾、天然遡上アユ366尾、合計508尾を採捕した。この期間中の人工海産アユと天然遡上アユとの採捕比率は1:2.58(142:366)で、標識放流した人工海産アユ(126千尾)の再捕比率は約0.1%であった。また、採捕したアユに占める標識放流魚の比率は約28%(142/508)で、この比率は人工海産種苗の成長や分散状況を観察するための漁場選定を行ったことを勘案しても高いと思われる(表2)。この数値から当該河川へ初期に遡上したアユ稚魚数は、45~50万尾ではなかったかと推定した。

人工海産アユの再捕場所を漁場別に見ると、調査を開始した4月24日から5月8日までは最も下流の汐瀬漁場(河口から約0.5km)でしか採捕する事ができなかったが、5月中旬以降になって遡上が見られだし5月22日には河口から約7km地点の戸板島付近で採捕されたのに続き、5月28日には数量は少ないものの町田堰付近まで遡上したことが確認された。

表2 物部川に標識放流した人工海産アユの採捕調査結果

月日	標 識 放 流 魚			天 然 遡 上 魚			漁 法	漁 場	採 捕 者		
	SLcm	BW g	再捕数	SLcm	BW g	採捕数					
4/24	10.6	18.6	12尾	7.3	7.5	16尾	と網 友釣 " " " " "	汐 瀬	人		
5/ 2	11.9	25.9	6	11.3	21.2	2		"		4	
5/ 8	12.5	30.8	9	13.0	34.6	13		"		4	
5/15	13.4	39.9	24	13.5	40.0	23		"		汐瀬、十善寺	3
5/22	13.9	44.5	13	14.6	52.4	20		"		岡西十善寺鎌瀬	4
5/28	13.7	40.1	9	14.6	52.4	37		"		平松寺島戸板島柳碓	4
6/ 1	13.7	41.9	6	14.0	42.8	15		"		—	2
6/12	14.0	44.1	63	13.7	42.9	240	"	全 域	31 ¹⁾		
上流	14.8	52.5	23	14.1	50.0	37		30代~町田堰			
下流	13.5	39.3	40	13.6	41.6	205		汐瀬~県庁堰			
合計			142尾			366尾	(142/508=0.28)				

1)6/12は「がまかつ」社主催つり大会への参加者が釣獲したアユを測定

2) 成長について

人工海産アユの成長は、放流時にSL:10.5cm、BW:17.3gであったものが約1月後の5月15日にはSL:13.4cm、BW:39.9gになり、体長で2.9cm、体重で22.6gの増加が見られた。また、あゆ友釣り漁が解禁された6月12日には、SL:14.0cm、BW:44.1gとなり、体重が約2.55倍に成長した。一方、天然遡上アユは同期間にSL:7.3cm、BW:7.5gからSL:13.7cm、BW:42.9gとなり、SLで6.4cm、BW35.4gへと成長した(図3)。なお、6月12日に採捕されたものの中で最も大きかったのは、天然遡上魚のSL:18.7cm、BW:107gであった。また、人工海産アユのうち最も大きかったのはSL:17.1cm、BW:82.0gであった。兩種苗の成長状況を比較すると5月2日までは人工海産種苗が天然魚よりも体長体重ともに勝っていたが、5月8日の調査で天然魚の成長が観察され、人工種苗に勝った状態が解禁まで続いた。解禁後は、漁獲によるものか両者の差異は殆ど見られなくなった。6月12日に採捕された人工種苗と天然種苗の体長体重関係を見ると、同じ体長であれば人工種苗の方がやや魚体が大きい結果が得られた(図4, 5)。

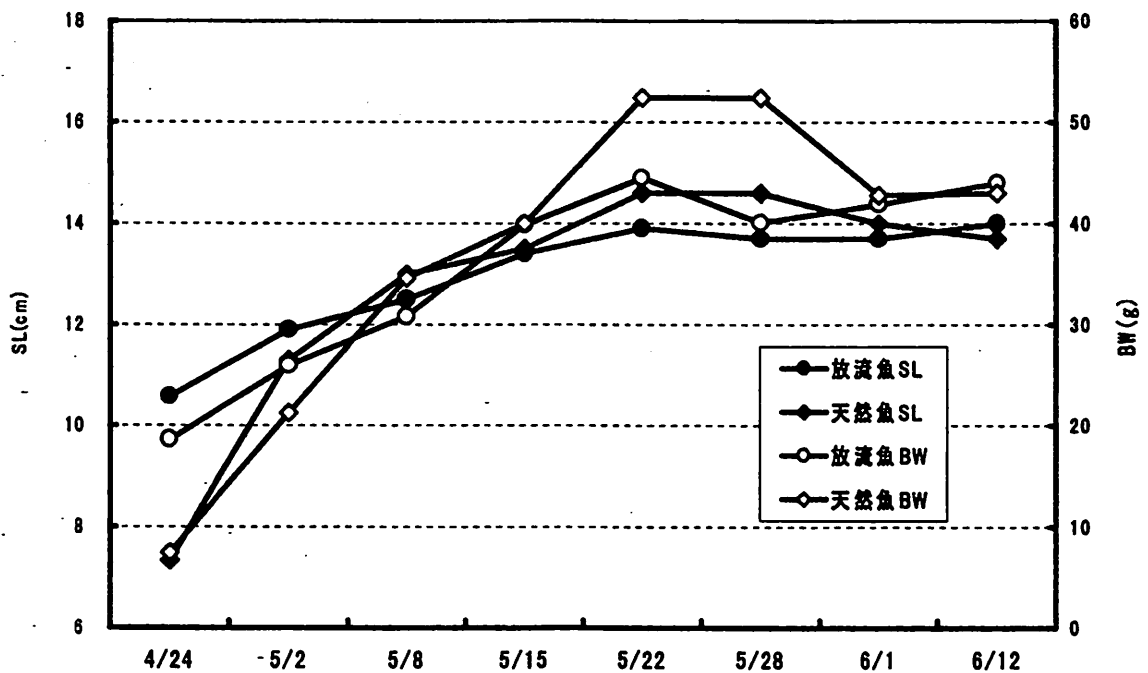


図3 人工種苗と天然魚の成長

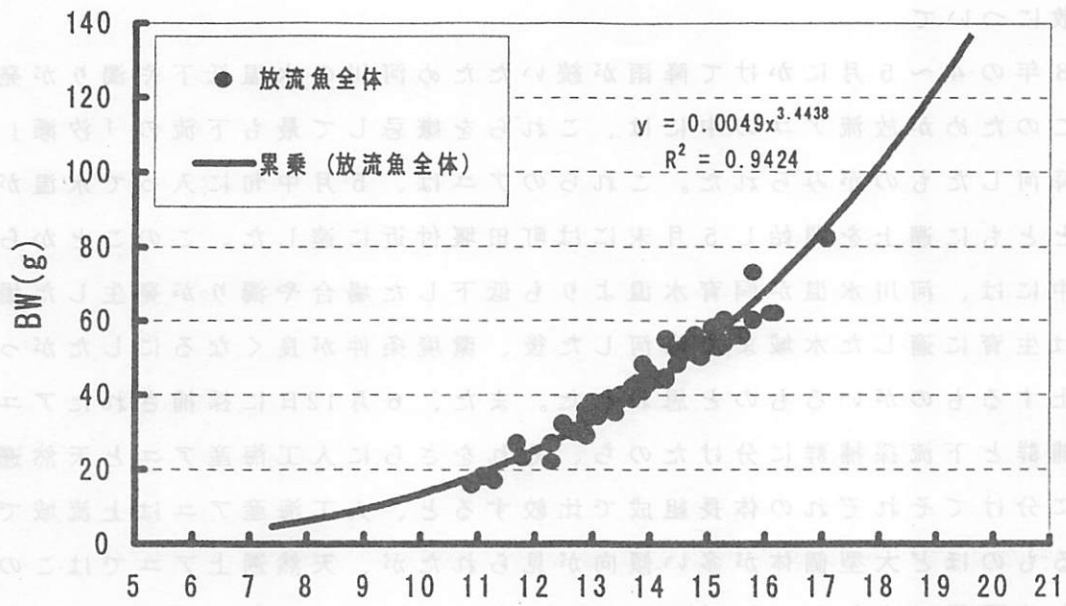


図4 人工種苗の体長・体重関係(6/12)

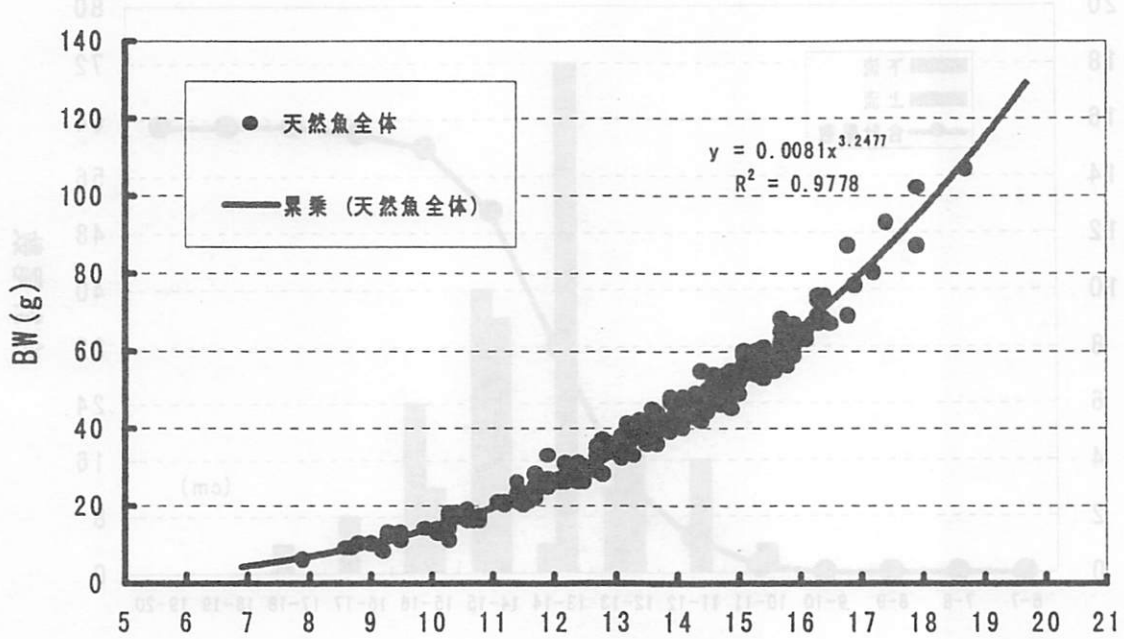


図5 天然魚の体長・体重関係(6/12)

3) 分散について

平成8年の4～5月にかけて降雨が続いたため河川の水温低下や濁りが発生した。このためか放流アユの中には、これらを嫌忌して最も下流の「汐瀬」付近まで降河したものがみられた。これらのアユは、5月中旬に入って水溫が上昇するとともに遡上を開始し5月末には町田堰付近に達した。このことから放流魚の中には、河川水溫が飼育水溫よりも低下した場合や濁りが発生した場合などには生育に適した水域まで降河した後、環境条件が良くなるにしたがって再び遡上するものがあるものと思われた。また、6月12日に採捕されたアユを上流採捕群と下流採捕群に分けたのち、それをさらに人工海産アユと天然遡上アユとに分けてそれぞれの体長組成で比較すると、人工海産アユは上流域で採捕されるものほど大型個体が多い傾向が見られたが、天然遡上アユではこのような傾向は顕著ではなかった(図7, 8)。

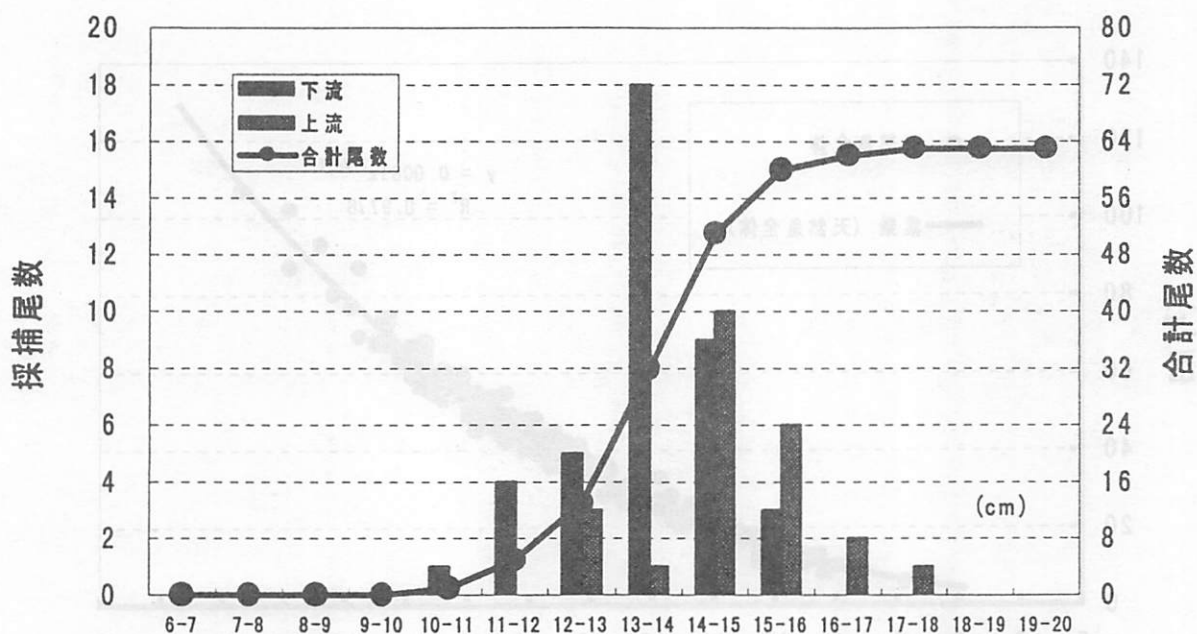


図6 人工種苗体長別採捕数(6/12)

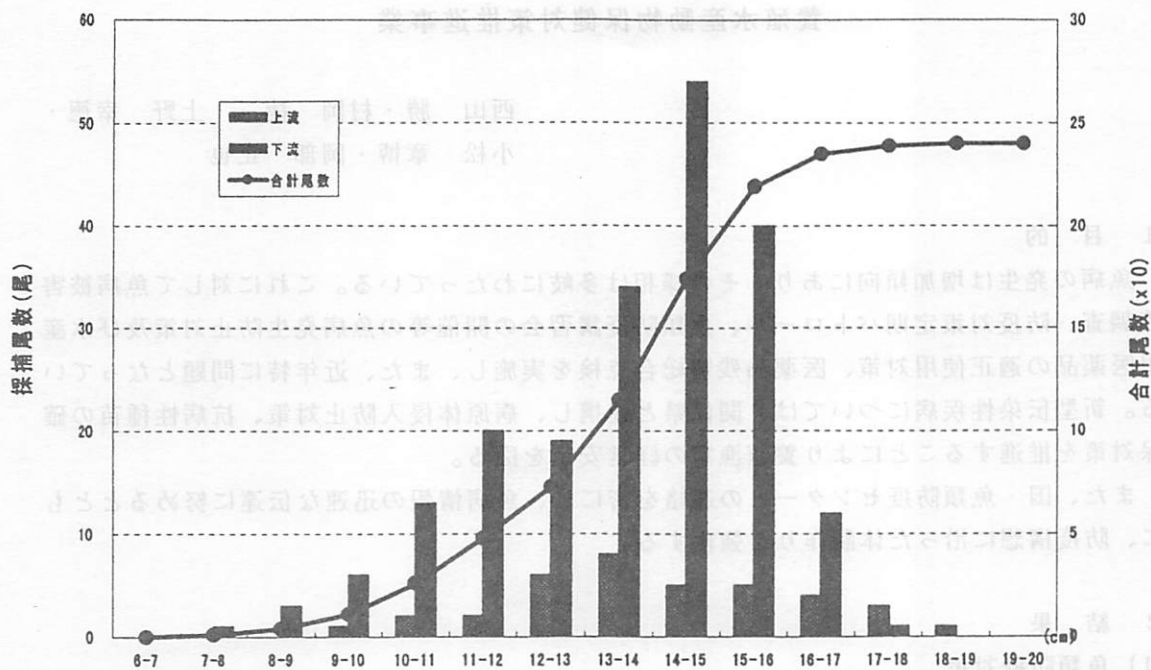


図7 天然魚採捕尾数 (6/12)

5 まとめ

本年実施した調査結果から、人工種苗の利用にあたっての留意事項等を以下に示した。

- ① 放流を行う時期の河川水温に近い水温で飼育するか、または、放流前に十分水温馴致を行う。
- ② アユは濁りを嫌忌する事から多量の降雨等により河川が濁ることが予想される場合には放流時期を再検討する。
- ③ 大型の種苗ほど遡上性が強いので放流には大型種苗が有利であるが、放流魚は放流目的によって入手する。
- ④ サイズの異なる種苗の放流を行うか、又は数回に分けて多回放流を行う。

種苗	サイズ	放流回数	備考
アユ	10cm	3回	遡上性

養殖水産動物保健対策推進事業

西山 勝・村岡 捷三・上野 幸徳・
小松 章博・岡部 正也

1 目的

魚病の発生は増加傾向にあり、その様相は多岐にわたっている。これに対して魚病被害等調査、防疫対策定期パトロール、魚類防疫講習会の開催等の魚病発生防止対策及び水産用医薬品の適正使用対策、医薬品残留総合点検を実施し、また、近年特に問題となっている。新型伝染性疾病については、関係県と連携し、病原体侵入防止対策、抗病性種苗の確保対策を推進することにより養殖漁家の経営安定を図る。

また、国・魚類防疫センターとの連絡を密にし、魚病情報の迅速な伝達に努めるとともに、防疫構想に沿った体制作りを強化する。

2 結果

(1) 魚類防疫対策

1) 魚類防疫会議（県内防疫対策会議）

年月日	開催場所	主な構成員	主な議題
8. 9.17	高知市	高知県養鰻団体協議会	魚病発生動向、医薬品使用状況 事業計画について
9. 3.27	高知市		優良種苗確保について

2) 魚病被害等調査

年月日	実施地域	調査経営体数	内 容
9. 1. 2. 3.	県内養殖地区	ウナギ：22件	魚種ごとに一年間の医薬品使用状況、魚病被害等を調査
		アマゴ：8件	
		アユ：6件	

3) 魚類防疫講習会

年月日	開催場所	対象者（人数）	内 容	担当機関
9. 1. 6	土佐山田町	養殖業者(5)	1)冷水病について 2)優良種苗確保について	内水面漁業センター

4) 防疫対策定期パトロール

項目\魚種	ウナギ	アユ	マス類
巡回回数	34	19	9

5) 魚病発生時の被害拡大防止対策

項目\魚種	ウナギ	アユ	マス類	コイ	その他
診断件数	9	17	9	1	1

6) 保菌種苗搬入防止対策

対象魚種	対象魚病	検体数	検査方法	検査実施機関
アマゴ	I P N、I H N	30	ウイルス検査	高知大学
	B K D	96	間接蛍光抗体法	内水面漁業センター
アユ	冷水病	9	剖検、細菌検査	内水面漁業センター

7) 魚病情報ネットワーク化

ア 魚病関連情報の台帳化

調査対象期間	調査対象地域	調査項目	担当機関
8年4月 ～9年3月	県内全域	発生魚病種類、被害量	内水面漁業センター

イ 漁場観測

調査対象期間	調査対象地域	調査項目	担当機関
8年4月 ～9年3月	高知市、春野町、 南国市、吉川村	水温、NH ₄ -N NO ₂ -N	内水面漁業センター

(2) 水産用医薬品対策

1) 医薬品適正使用対策

年月日	開催場所	対象者(人数)	内容	担当機関
8. 9. 17	高知市	高知県養鰻団体 協議会(10)	水産用医薬品の適正使用 について また、使用基準の魚種ご との一覧表を作成し配布	内水面漁業センター
9. 1. 6	内水面漁業 センター	県内養鰻業者 (5)		
9年1月 ～3月	調査場所	魚病被害等調査 実施業者 (約40)		
8年4月 ～9年3月	内水面漁業 センター	魚病診断依頼来 所者(約50)	医薬品適正使用について	
7年4月 ～8年3月	県内各地	防疫対策定期 ネットワー実施業者 (約100)		

2) 医薬品残留総合点検

ア 公定法による検査

対象魚種	対象地域	対象医薬品等の名称(成分名)	検査期間	検体数
ウナギ	春野町	オキシリン酸	9. 2.26	1(0)
		フロルフェニコール	"	1(0)
		トリクロヒド'ロキシエチルジ'ミチルホスホネイト	"	1(0)
		小 計		3(0)
ウナギ	高知市	オキシリン酸	9. 3.10	1(0)
		フロルフェニコール	"	1(0)
		トリクロヒド'ロキシエチルジ'ミチルホスホネイト	"	1(0)
		小 計		3(0)
ウナギ	南国市	オキシリン酸	9. 2.19	1(0)
		フロルフェニコール	"	1(0)
		トリクロヒド'ロキシエチルジ'ミチルホスホネイト	"	1(0)
		小 計		3(0)
ウナギ	吉川村	オキシリン酸	9. 2.18	1(0)
		フロルフェニコール	"	1(0)
		トリクロヒド'ロキシエチルジ'ミチルホスホネイト	"	1(0)
		小 計		3(0)
合 計				12(0)

()内は残留が認められた検体数

イ 簡易検査法による検査

対象魚種	対象地域	対象医薬品等の名称(成分名)	検査期間	検体数
ウナギ	春野町	抗生物質	9. 2.26	1(0)
		サルファ剤	"	1(0)
		小 計		2(0)
ウナギ	高知市	抗生物質	9. 3.10	1(0)
		サルファ剤	"	1(0)
		小 計		2(0)
ウナギ	南国市	抗生物質	9. 2.19	1(0)
		サルファ剤	"	1(0)
		小 計		2(0)
ウナギ	吉川村	抗生物質	9. 2.18	1(0)
		サルファ剤	"	1(0)
		小 計		2(0)
合 計				8(0)

(3) 新型伝染性疾病対策

1) 県内における新型伝染性疾病発生状況

魚病名	被害魚種	前年1月から12月の魚病被害状況					
		生産量 (千kg)	被害量 (千kg)	魚病被害 率(%)	生産額 (百万円)	被害額 (百万円)	魚病被害 率(%)
冷水病	アユ	208	3.4	1.6	296	16.3	5.5

2) 関係地域対策合同検討

ア 対象魚病

アユの冷水病

イ 対象魚種

アユ

ウ 関係地域対策合同検討会名：アユの冷水病関係地域対策合同検討会

開催年月日	開催場所	主催県	参加県	主な議題
8.11.13 ～14	福岡県 福岡市	徳島 幹事県 福岡	栃木、岐阜、長野 静岡、愛知、滋賀 和歌山、岡山、 福岡、大分、熊本 徳島、高知	冷水病の発生動向 分離手法、感受性検査法の検討 感染試験、治療試験について

3) 病原体侵入防止対策

ア 県内対策会議

対象魚病	対象魚種	開催時期	開催場所	主な構成員	主な議題
冷水病	アユ	9. 1. 6	土佐山田町	アユ養殖業者	発生状況、防除対策

イ 県内病原体侵入状況調査

対象魚病	対象魚種	対象地域	検体数	調査担当機関	病原体検査実施機関
冷水病	アユ	吉川村	9	内水面漁業センター	内水面漁業センター

4) 抗病性種苗の確保対策

魚病	魚種	実施期間	担当機関	実施内容
冷水病	アユ	8年12～ 9年3月	内水面漁業センター	県内種苗生産施設で生産されたアユについて細菌検査を行い、冷水病がみられた場合、昇温、投薬による治療を行った。

放流資源添加方法等向上化試験

小松章博・佐伯 昭

1 目的

低水温飼育を行った海産系アユ人工種苗の遡上、分散及び成長の把握並びに天然アユの遡上状況の把握

2 河川の概要

1) 伊尾木川の概要

高知市から東へ約40kmの安芸市を流下する伊尾木川は、徳島県境を源とする幹線流路延長42.9km、流域面積140km²で県中東部では比較的自然形態を保った中型の河川である。河川の平水量は、河口から約22km上流の伊尾木川ダム域で約4トンであるが、このダムで殆どが取水されて発電に供されるため、河口から約5kmに設置された発電所放水口までの間(約17km)は減水区間となっている(表1、図1)。

2) アユ資源の状況

伊尾木川は、高知県東部の河川のうちでも天然遡上が多く見られる河川(推定100~120万尾)であり、また、河川漁協は平成8年度には3~4月にかけて約2.4トンを主に減水区となっている中流域から天然遡上できないダム上流域にかけて放流を実施している。伊尾木川のアユ資源量は、天然遡上魚と放流魚からなるが、放流魚には比較的大型の種苗を用いるため減耗等は少ないと思われることから、全体の資源量は天然魚の遡上量に大きく左右されるものと考えられる。放流される種苗は、人工海産、天然海産、琵琶湖産が用いられており、このうち人工海産アユは(財)高知県内水面種苗センター(以下種苗センターという)で生産した種苗を用いている。

3) アユ漁の現状

伊尾木川は、高知県のアユ友釣り発祥の地(昭和20年代後半)とされることから遊漁者数が非常に多く、友釣りを行う者は一度は足を運ぶと言われている。漁法は友釣りが中心で、その他に餌釣りやと網等が区域を限定して行われている。

主な漁場は、伊尾木川ダムから上流域と発電所放水口から河口までの下流域である。ダムから放水口までの減水区間は、水量が少く河床面積は狭いものの水温が上昇して付着藻類が繁茂するためかアユの成長がよく、初漁期に大型魚が見られるよい漁場となる。

友釣りは6月1日から10月15日まで行われ、10月16日から11月30日の禁漁後12月1日からと網や餌釣りによる落アユ漁が行われる。

表1 河川の概要及びアユの放流状況

河川名	伊尾木川(2級)	
源流	徳島県県境(標高1,370m)	
河川概要	流路延長43km、流域面積140km ² (河川数5)、平水量4トン(伊尾木ダム上流)	
漁獲量	80トン	116年農林統計
放流量	2.4トン(ダム上流域:人工0.5t、湖産0.5t) ダム下流域:人工1.4t	会陽産物統計

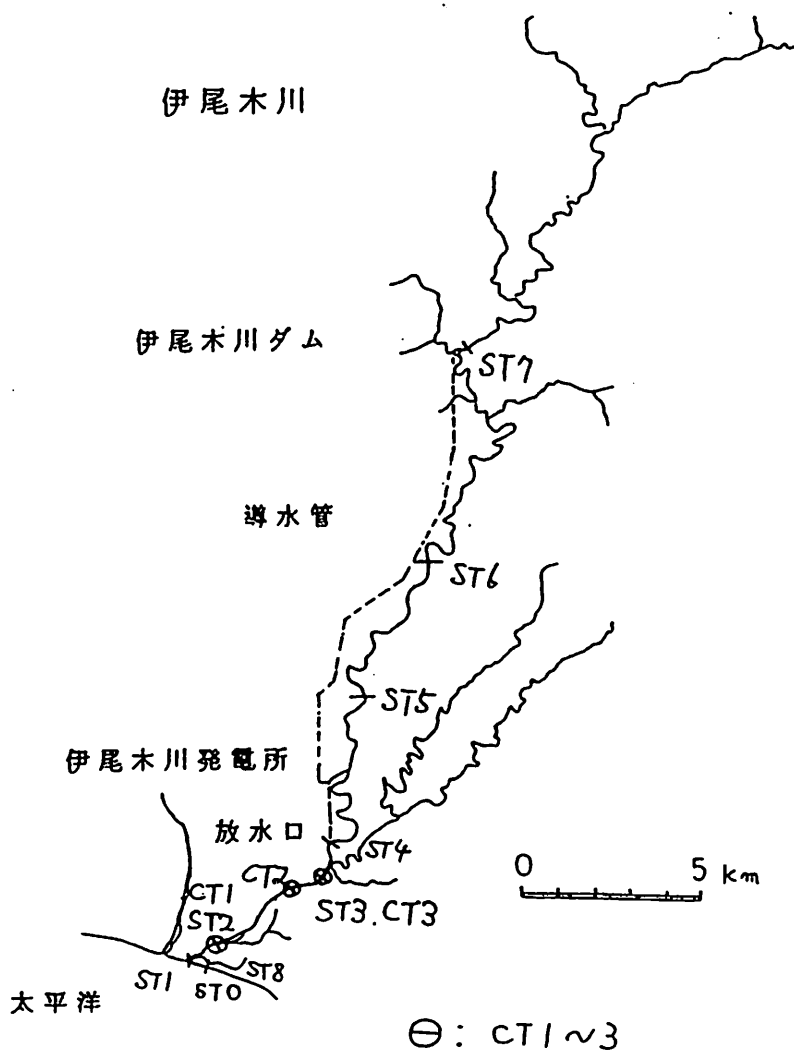


図1 伊尾木川の概要図

3 調査方法

アユが河口域に集群し始める2月中旬から河川環境及び遡上状況の調査を行うとともに、3月下旬からはと網による採捕を行い、4月下旬から友釣りによる調査を実施した。併せて低水温飼育を行った人工種苗の標識放流も実施した。

1) 河川環境調査

遡上を開始する時期や遡上の状況を把握するために、河川の主要な7地点での水温測定を2月初旬から行った。なお、測定地点は、河口海面(ST0)、河口(ST1)、漁協前(ST2:1km)、川北堰(ST3:4.5km)、伊尾木川発電所放水口(ST4:5km)、奈比賀堰(ST5:7km)、黒瀬(ST6:12km)、伊尾木ダム(ST7:22km)とした(図1)。

2) 標識放流調査

標識放流は、当所で平成7年9月に採卵して飼育した海産系人工種苗(23,300尾)及び種苗センターで平成7年10月に採卵した海産系人工種苗(13,350尾)に標識を付したのち、天然アユの初期遡上盛期に併せて3月19日に当所及び種苗センターから伊尾木川まで陸上輸送して、河口から約1km上流の平瀬域(水温:10.7°C)に実施した。標識は、当所の種苗は屋外の2水槽で飼育したことからこれらを水槽毎に分けて実施し、脂鰭と左腹鰭切除区(①区)及び脂鰭と右腹鰭切除区(②区)とした。種苗センター産の種苗は脂鰭を切除して標識とした。

なお、それぞれの種苗の放流前の飼育経過は、当所の種苗は1~3月にかけて水温12~14°Cで飼育し、種苗センターの種苗は16~18°Cで飼育したものを放流前に3日間水温12~14°Cで馴致飼育をおこなった。標識放流魚の大きさは、当所が生産した種苗は、標準体長 8.6 ± 0.6 cm、体重 8.2 ± 1.9 gで、種苗センター産の種苗は、標準体長 8.8 ± 0.7 cm、体重 9.8 ± 2.5 gであった(表2、図2)。

3) アユの採捕調査

初期に遡上したアユの主群を河口から約2kmの地点で3月16日に確認したことから、これらの成長や遡上状況を把握するために3月19日からと網とたも網を用いた採捕と潜水目視調査を開始し、4月30日から9月18日にかけて友釣り調査を実施した。あゆ漁解禁前の友釣り調査は、河口から1km地点(CT1)、3km地点(CT2)、4.5km地点(CT3)で、各地点約30分間2名で実施した。あゆ漁が解禁された6~9月は、CT1とCT3の地点で1名が同様に実施した(図1)。採捕したアユは、地点毎に区分して内水面センターまで持ち帰り魚体測定を行った。また、今回の調査の一環として、中流域の黒瀬であゆ漁解禁前の釣獲試験及び伊尾木川ダム直下の淵部に分布するアユを刺網で採捕してその由来を尾柄部の鱗の焦点形状から推定した。

表 2 標識放流魚の測定結果

標識魚区分	内水面センター ①区	内水面センター ②区	種苗センター	備 考
標識方法	脂 鱗 + 左腹鱗	脂 鱗 + 右腹鱗	脂 鱗	切除
測定尾数	50	72	54	
平均体長 (cm)	8.5 ± 0.5	8.7 ± 0.6	8.8 ± 0.7	
	8.7 ± 0.7 cm			
平均体重 (g)	8.2 ± 1.8	8.2 ± 1.9	9.8 ± 2.5	
	9.1 ± 2.3 g			
放流尾数 (尾)	12,000	11,300	13,350	
	36,650 尾			
河川環境	気温 14.2°C、はれ、水温 10.6°C、ph7.0、DO:11.1mg/l			

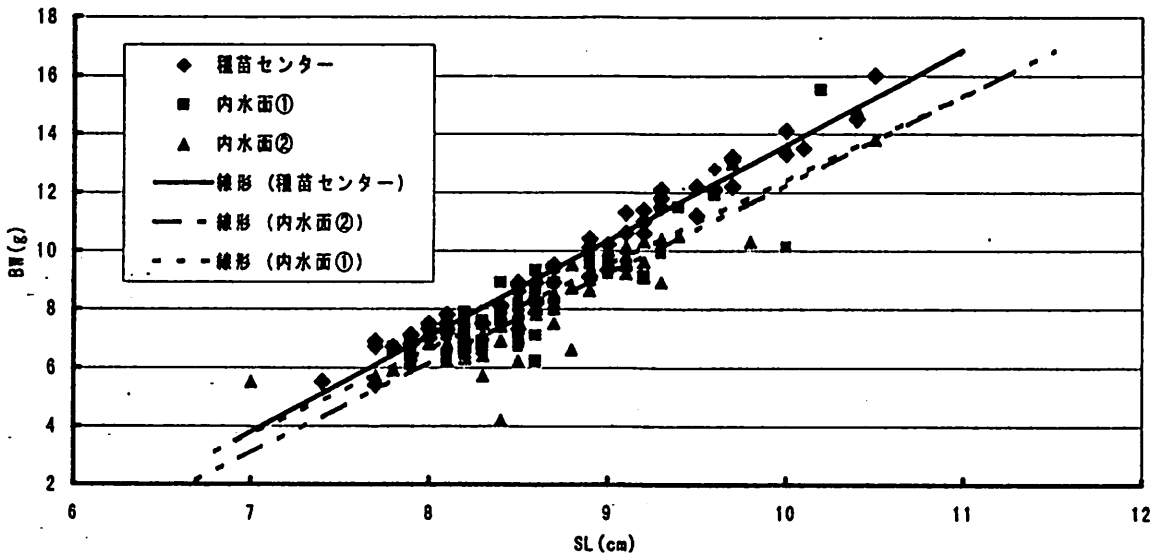


図 2 標識放流種苗の体長体重関係

4 調査結果及び考察

1) 河川環境

伊尾木川河口の水温は、平成8年2月8日と23日が10.8°C、29日には12.6°Cに上昇した。3月は初旬の降雨のため3月6日に8.1°Cにまで下がったが、初期の大規模な遡上が確認された3月16日には再び昇温して12.6°Cとなり、アユ稚魚の標識放流を行った3月19日は13.0°Cで以後下旬まで13°C台が続いた。

今回の調査により当河川の環境特性は、伊尾木川ダムで発電用水として80~90%を利用したのち河口から約5km上流にある発電所放水口から放出されるため、ダム域の水温と放水口(ST4)の水温がほぼ等しい、このためアユが遡上する3~6月に放水口から下流の水温が上昇しにくいことである(表3, 4)。放水口から下流域の水温変化の参考として1992.1~1996.6の伊尾木川ダムでの観測結果によると、3月7~9°C、4月10~13°C、5月13~15°C、6月15~17°Cであった(表5)。また、ダムから放水口までの約17kmの減水区間は、支流からある程度の河川水の流入があり流量が保たれ、水温の上昇する3月~6月にかけて付着藻類の成育が良好となるので、早期の種苗放流に適しているのではないかと考えられた。

表3 水温調査結果

観測日	地点	ST0*	ST1	ST2	ST3	ST4		ST5	ST6	ST7	ST8**
	河口商面	河口	漁船前	川北堰	本流	放水口	奈比賀	墨瀬	ダム	大谷川	
2/8	12.7	10.8			7.4				4.0	4.0	7.1
2/23	16.3	10.8				10.2					8.9
2/29	14.7	12.6				10.8					10.3
3/6	14.8	8.1			7.8	10.1					7.6
3/16		12.6			9.9						
3/19	14.9	13.0	10.6		13.4	9.7					12.1
3/26	17.5	13.4	13.1	11.3	15.2	11.8					14.0
4/9					15.4	11.3			11.9	10.5	
4/16	17.4	12.0	12.4	10.9	14.6	11.8					13.3
4/23	15.6	15.1	14.8	12.5	15.5	10.9			15.5		
4/30		14.4	15.1	13.9	14.4	13.2					14.9
5/7		14.8	14.4								14.7
5/23		16.8	18.0	14.9			17.5	20.5	16.0		17.9
6/5		19.7	21.1	20.3			19.6	19.9	18.1		
6/25		17.8		17.9			18.9				
7/9			20.6	20.4			22.4	22.1	19.0		
7/23		23.2	22.9	21.0			22.6				25.8
8/20		24.0	24.1	21.1			25.2	24	19.6		
9/3			26.2	22.5	26.1	20.2	27.4	26.8	21.8		
9/11			25.6	22.3	25.6	20.2	26.6	25.6	21.0		
9/18				21.4			26.5	25.2	20.4		
9/25		20.0	20.6	20.0			22.1	21.2	18.4		
10/9									17.7		
10/10									17.8		
10/14			19.5	18.4	21.7	16.2					
10/16			18.9	16.8	21.9	15.9					
10/18					21.0	15.1	20.8	19.6	15.3		
10/21					20.0	14.7					
10/28			15.0	14.6	19.6	14.1					
11/20		15.2	15.5	12.7	16.8	13.6					

注) *: 河口域の海面測定、**: 河口から約300m上流左岸に流入する小河川

表 4 伊尾木川河口沖合の水温変化（2マイル）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水温	17.5	16.0	15.6	16.9	20.3	23.5	24.1	27.8	27.6	25.7

（高知県水産試験場観測）

表 5 月平均水温の変化（伊尾木川ダム域）

年 月	H4	H5	H6	H7	H8	平均	備 考
1	5.7	5.9	5.3	5.8	5.5	5.6	この水温は、 発電所放水口 水温とほぼ等 しい。放水口から河 口間の水温上 昇程度により 遡上期が変動 するものと思 われる。
2	5.1	5.2	5.2	5.1	5.0	5.1	
3	9.1	6.9	7.3	9.1	7.1	7.9	
4	11.6	10.7	11.7	13.0	9.9	11.4	
5	13.5	14.1	14.8	15.1	14.0	14.3	
6	15.6	15.6	16.9	16.9	16.4	16.3	
7	18.7	16.2	21.3	19.0		18.8	
8	17.4	16.9	18.9	22.0		18.8	
9	17.1	16.7	18.8	20.5		18.3	
10	14.0	13.5	15.2	15.9		14.7	
11	10.5	11.7	12.3	10.5		11.3	
12	7.1	7.3	8.2	6.3		7.2	
avg	12.1	11.7	13.0	13.3	9.7	12.5	

（伊尾木川ダム管理事務所観測記録）

2) アユの遡上状況

本県東部域でアユが遡上を開始するのは、河口域の水温が10~12°Cとなる2月下旬から3月上旬にかけてである。平成8年の伊尾木川の最初の遡上は、水温が12°Cを超えていた3月2~3日にかけて見られた。その後水温が低下したことから遡上は中断したが、再び昇温した3月15日前後に十万尾単位の遡上を確認した。これらの群は3月19日には、河口から約4 km地点に施設された堤高約2 mの有井堰に多数が到着した。しかし、これより約500 m上流の川北堰(堤高約1 m、ST3)地点では、有井堰に設置された急斜面の粗石式魚道を越えることができなかつたためか、1週間後の3月26日になつても堰堤下部でアユは見られなかつた。4月9日にはST3地点でも遡上アユの群が見られるようになり、また、放水口(ST5)地点でも50~100尾程度の小群が確認されたが、これより上流地点では見られなかつた。なお、4月9日には潜水目視によりST3地点で3月19日に標識放流した左腹鰭切除個体を1尾目視した。このことから、標識放流したアユは天然遡上アユと行動を共にして遡上しているものと思われた。4月9日の放水口周辺水温は、本流15.4°C、放水口内11.3°Cで4.1°Cの温度差があつた。

3) 採捕調査結果

アユ稚魚の採捕は、3月19日から4月9日の間にと網とたも網を用いて3回実施し合計168尾(小水質での採捕を含む)を採捕したが、標識放流魚は再捕できなかつた(表6、図3)。採捕したアユの大きさは、標準体長7~9 cm、体重5~7 gのものが主体であつた。友釣り調査は、4月30日から9月18日までの間に12回実施して合計302尾を採捕した。標識放流魚は、4月30日から7月31日の間に16尾再捕できた。調査期間中の友釣り採捕魚にしめる標識放流魚の割合は、5.3%であつたが、解禁前に限ればこの率は約8.6%であつた。標識魚が再捕できたのは主に友釣り解禁前で、6月1日以降は放流地点よりも約100 m下流の荒瀬から平瀬になる地点でのみの再捕であつた(表7、8)。あゆ漁が解禁されてから標識魚の再捕数が少なかつたのは、調査定点付近には連日のように多数の遊漁者が訪れ、天然魚よりも大型の放流魚から先に漁獲されたためではないかと思われる。人工種苗の遡上性については、河川水温にあわせた飼育や馴致を行ったためか放流後ほぼ全個体が遡上し、降河や滞留した個体は殆ど見られなかつた。また、飼育環境の違いによる種苗差については標識魚の再捕数が少なく差異を検討するまでに至らなかつた。なお、本調査の一環として5月23日に実施した減水区(ST5域)での放流魚の友釣り調査では、成長が良いものは体重80 g、平均体重でも53 gになつており、これはこの減水区間の水温が放水口よりも高いため早期に大きく成長したのではないかと思われた(図4)。

表 6 アユ稚魚の体長別出現頻度

(単位:%)

体長区分	3/19	3/26	4/9	4/30	5/7	5/14	6/5	6/14	6/19	6/25
7.0cm	0.9	18.8	8.3							
7.5	5.4	18.8	4.2							
8.0	25.2	31.3	25.0						6.3	
8.5	37.8	12.5	33.3						0.0	
9.0	26.1	18.8	12.5						6.3	
9.5	4.5		16.7		2.3					
10.0				1.9	0.0					
10.5				9.6	9.1					
11.0				15.4	4.5	2.3		3.1		
11.5				17.3	18.2	4.5	11.8	3.1	6.3	
12.0				32.7	18.2	6.8	0.0	9.4	0.0	
12.5				13.5	22.7	25.0	29.4	15.6	12.5	4.5
13.0				9.6	18.2	18.2	11.8	15.6	0.0	4.5
13.5					6.8	25.0	5.9	3.1	6.3	13.6
14.0						9.1	0.0	9.4	12.5	9.1
14.5						9.1	17.6	6.3	0.0	40.9
14.5										
15.0							17.6	15.6	12.5	9.1
15.5							5.9	6.3	25.0	13.6
16.0								6.3	12.5	0.0
16.5								3.1		4.5
17.0								3.1		
計	111	16	24	52	44	44	17	32	17	22

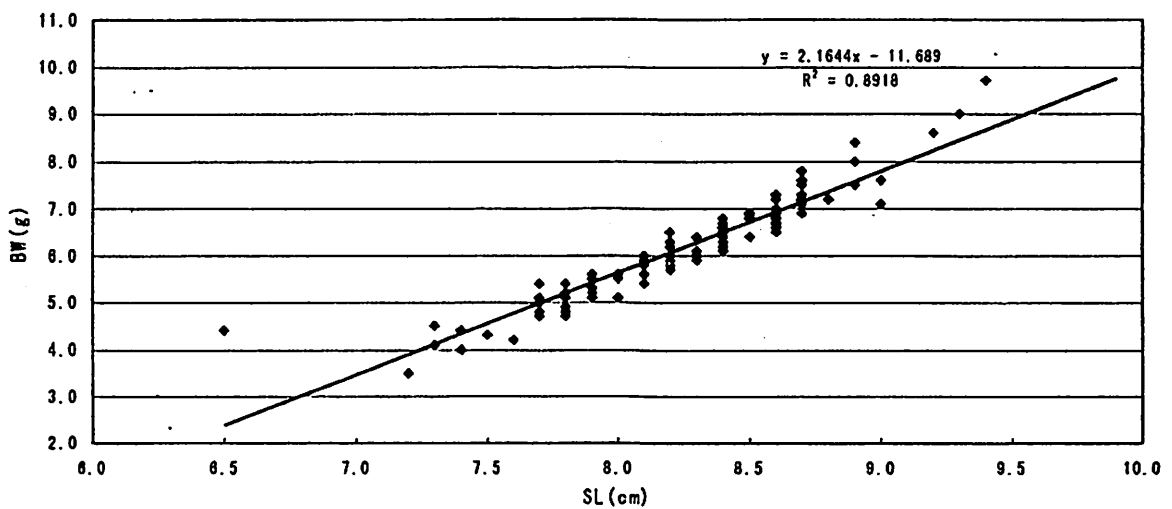


図 3 遡上期アユ稚魚の体長体重関係 (3/19採捕魚)

表 7 アユの友釣り採捕結果

採捕日								備考
3/19	8.2±0.5	6.1± 1.1	111		有井堰	無	と網	
3/26	7.7±0.7	5.0± 1.6	16		"	"	手網	
"	5.6±0.3	1.8± 0.3	17		大谷川	"	と網	小疎水
4/ 9	8.1±0.7	6.8± 1.9	24		川北堰	"	と網	
4/30	11.4±0.7	22.1± 4.7	46+6	11.5		有	友釣り	+ : 標識魚
	11.3±0.6	22.1± 3.4	13+3	18.8	CT1	(有)	"	
	11.1±0.8	19.7± 5.4	16+2	11.1	CT2	(有)	"	
	11.8±0.5	24.4± 3.6	17+1	5.6	CT3	(有)	"	
5/ 7	11.8±0.9	24.9± 6.6	40+4	9.1		有	友釣り	+ : 標識魚
	11.8±1.0	26.2± 8.0	10+2	16.7	CT1	(有)	"	
	11.4±0.8	22.0± 5.1	18+2	10.0	CT2	(有)	"	
	12.2±0.7	28.5± 4.8	12+0		CT3		"	
5/14	12.8±0.8	31.5± 5.5	42+2	4.5		有	友釣り	+ : 標識魚
	12.7±0.5	32.2± 3.3	13+2	13.3	CT1	(有)	"	
	12.2±0.7	28.0± 5.7	18+0		CT2		"	
	13.7±0.4	36.2± 3.6	11+0		CT3		"	
6/ 5	13.2±1.2	33.4±11.3	17		CT1, 3		友釣り	
6/14	13.5±1.5	38.7±13.0	30+2	6.3		有	友釣り	+ : 標識魚
	12.9±1.2	34.8±11.1	22+2	8.3	CT1	(有)	"	
	15.2±1.0	50.5±11.0	8+0		CT3		"	
6/19	13.4±2.3	39.7±16.4	16+1	5.9		有	友釣り	+ : 標識魚
	9.2	13.0	3+0		CT1		"	
	14.3±1.2	45.5±10.9	13+1	7.1	CT3	(有)	"	
6/25	14.1±0.9	40.8± 7.8	22				友釣り	
	14.0±0.9	40.8± 8.8	10		CT3		"	
	14.2±0.8	40.8± 6.8	12		ST5		"	
7/ 9	14.7	47.0	9				友釣り	
	14.7	47.4	7		CT3		"	
	14.7	45.7	2		ST6		"	
7/31	15.0±1.7	51.1±18.4	25+1	3.8	CT3	有	友釣り	+ : 標識魚
8/20	13.7±1.3	41.0±15.8	20		CT1, 3		"	
9/11	14.1±0.8	37.7± 7.0	11		CT3		"	
9/18	14.4	41.6	8		CT3		"	
友釣り : (未標識)286尾、(有標識)16尾、有標識率 16/302=5.3% と網、たも網 : 168尾								

表 8 標識放流魚の再捕結果

再捕日	漁場	S l (cm)	B W (g)	標識	種苗区分	備考
H8/4/30	CT1	10.3	16.2	脂 鱭 切 除	種 苗 セ	
		11.6	23.3	〃	〃	
		11.3	23.9	右 腹 鱭 切 除	内 水 セ	
	CT2	11.5	20.2	右 腹 鱭 切 除	内 水 セ	
		12.1	26.9	左 腹 鱭 切 除	〃	
		10.9	20.9	左 腹 鱭 切 除	内 水 セ	
H8/5/7	CT1	12.3	28.1	右 鱭 切 除	内 水 セ	
		11.3	21.8	右 鱭 切 除	内 水 セ	
	CT2	11.7	23.7	右 鱭 切 除	内 水 セ	
		11.1	20.1	内 種 脂 鱭	種 苗 セ	
H8/5/14	CT1	13.0	37.7	右 腹 鱭 切 除	内 水 セ	
		13.2	33.2	左 腹 鱭 切 除	内 水 セ	
H8/6/14	CT1	12.2	23.9	脂 鱭 切 除	種 苗 セ	
		12.0	24.7	〃	種 苗 セ	
H8/6/19	CT1	13.8	42.6	脂 鱭 切 除	種 苗 セ	
H8/7/31	CT1	14.3	42.0	右 鱭 切 除	内 水 セ	
合 計	CT1:11尾、CT2:4尾、CT3:1尾					

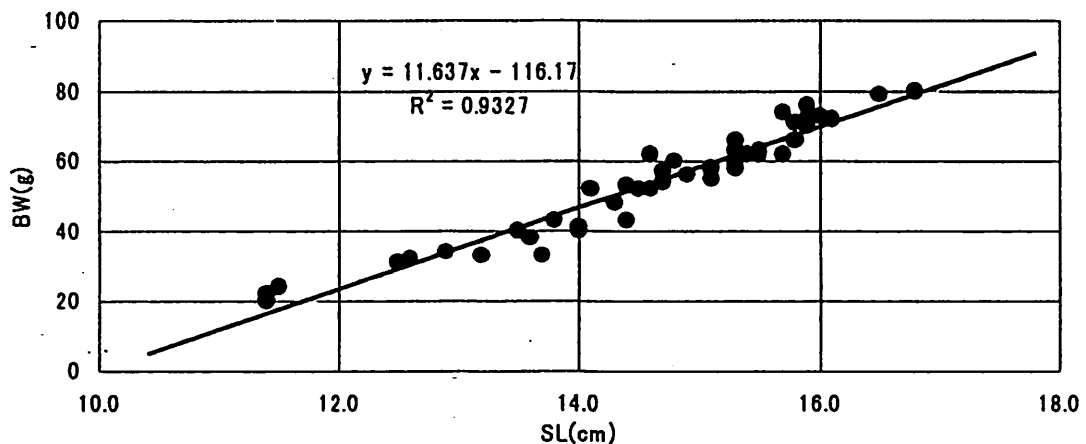


図 4 中流域で採捕したアユの体長体重関係

4) 伊尾木ダム直下に分布するアユの由来について

ダム直下の淵には多数のアユが見られるが、これらの由来については不明なことが多かったことから、平成8年9月と10月に刺網を用いて採捕し関らゝの方法により尾柄部の鱗相から区分を行った。調査結果では、大部分がダムより上流に放流した琵琶湖産アユと海産系人工アユが降河したものであろうと思われたが、海産系と判断したもののなかには天然の海産アユが遡上したのではないかと思われる個体も見られた(表9)。

表 9 伊尾木ダム堰堤直下の淵で採捕したアユの測定結果

採捕日	NO	SL(cm)	BW(g)	GONAD	GSI	SEX	系 統	備 考
9/25	1	19.3	94.7	7.4	7.4	m	湖 産	系統区分は鱗焦点形状で分類 ¹⁾ 。湖産は堰堤上流に放流したアユが落下したと考えられる。海産系には人工産と天然魚が混じっていると思われる。
	2	16.8	58.2	4.3	4.3	m	湖 産	
	3	17.3	77.7	6.5	6.5	m	海 産	
	4	17.7	83.7	1.6	1.6	m	—	
10/9	1	15.0	55.2	3.1	5.6	f	湖 産	
	2	16.5	59.2	15.4	26.0	f	湖 産	
	3	19.3	95.3	16.8	17.6	f	湖 産	
	4	19.8	111.4	15.7	14.1	f	湖 産	
	5	15.9	57.6	2.9	5.0	m	海 産	
	6	16.0	61.0	5.0	8.2	m	海 産	
	7	16.2	61.1	3.8	6.2	m	海 産	
	8	16.2	59.3	4.9	8.3	m	海 産	
	9	16.8	70.0	5.8	8.3	m	海 産	
	10	16.9	66.0	4.9	7.4	m	海 産	
	11	17.3	70.2	4.4	6.3	m	海 産	
	12	17.3	69.7	0.9	1.3	m	海 産	
	13	17.7	84.9	7.5	8.8	m	海 産	
	14	15.5	51.9	5.6	10.8	m	湖 産	
	15	17.4	88.3	9.0	10.2	m	湖 産	
	min	15.0	51.9	海産 = 9尾、湖産 = 6尾				
	max	19.8	111.4	漁具：刺網、水温：17.7°C				
	avg	16.9	70.7	時 間：11:30~12:30				
	STD	1.3	16.4					

1) 関、谷口他；鱗相による両側型アユ及び琵琶湖産陸封型アユの判別、1997、日水誌

内水面放流資源等利用向上対策について

小松章博・佐伯 昭

(はじめに)

河川漁業協同組合が放流しているアユやアマゴなどの稚魚等が、河川に設置された取水や排水施設等に迷入して資源が減耗しているとの報告が漁協関係者からなされているが、その実態は明らかになっていない。そこで、これらの施設等への迷入状況を調査し実態を把握するとともに、迷入を効果的に防止する施設構造等や高圧直流パルス電流を用いた電気バリアーによる迷入防止について検討した。なお、本事業は「平成8年度内水面放流資源等利用向上対策委託事業(全国内水面漁業協同組合連合会)」によるもので、本報告は事業実績報告したものを再掲したものである。

1 目的

放流稚魚等が各種の用水施設等へ迷入している実態の把握及び迷入を効果的に防止する技術の開発を行う。

2 調査の概要

1) 調査項目

河川環境調査、標識放流による迷入率の推定
迷入防止施設の構造調査及び関係資料の収集

2) 対象魚種

アユ

3) 対象河川及び施設

伊尾木川：伊尾木川ダム取水口及び伊尾木川発電所放水口
四万十川：佐賀ダム取水口及び佐賀発電所放水口

3 調査方法

1) 対象河川の概要

(1)伊尾木川(2級河川)

高知市から東へ約40kmの安芸市を流下する伊尾木川は、徳島県境を源としており、幹線流路延長42.9km、流域面積140km²、平水量は伊尾木ダム域で4トンで県中東部では比較的自然形態を保った河川である(表1、図1)。

(2) 四万十川 (1級河川)

四万十川は高知県中西部の不入山(いらげやま)を源としており、幹線流路延長196km、流域面積2,274km²、河口域での平水量は50トンで、自然形態をよく残した河川である(表1、図2)。

2) アユの放流状況

伊尾木川は、県東部の河川のうちでも天然遡上が多く見られる河川で、当県のあゆ友釣り発祥の地であることから県内外によく知られている。河川漁協も放流事業に積極的でH8年は3~4月にかけて約2.4トンを主に中流から上流域に放流した。なお、河口から約22km地点に設置された伊尾木川ダムから上流域へは天然アユが遡上できないため海産系人工種苗と湖産種苗を放流している(表1)。四万十川は天然遡上の多い河川であり種苗の放流は少なかったが、近年は天然魚の遡上量が大きく変動することがあるため種苗放流への取り組みが推進されている。放流する種苗は、資源の増殖をも図るため海産系人工種苗が用いられている(表1)。

表1 調査対象河川の概要並びにアユの放流状況

河川名	伊尾木川(2級)	四万十川(1級)	備考
源流	徳島県県境(1,370m)	東津野村不入山(1,336m)	
幹線流路 流域面積 平水量	43km(勾配0.019) 140km(河川数5) 4トン(伊尾木ダム域)	196km(勾配0.005) 2,274km(河川数198) 50トン(河口域)	
取水施設 (取水量) 取水地点	伊尾木川ダム 最大7トン/s 河口から約22km地点	佐賀ダム 最大12.5トン/s 河口から約120km地点	発電用水
排水施設	伊尾木川発電所放水口 (河口から約5km地点)	佐賀発電所放水口 (伊与木川に放水)	
魚道設備	無 維持流量0.26トン/s	階段式魚道(折返式) 維持流量1トン/s	
漁獲量	80トン	620トン	H6年農林統計
放流量	ダム下流域 人工種苗1.4トン ダム上流域 人工種苗0.5トン 湖産種苗0.5トン	堰堤下流域3.5トン 上流域1.9トン (海産人工種のみ)	漁協集計
関係漁協	芸陽漁協	四万十川漁連(4漁協)、上流淡水漁協	

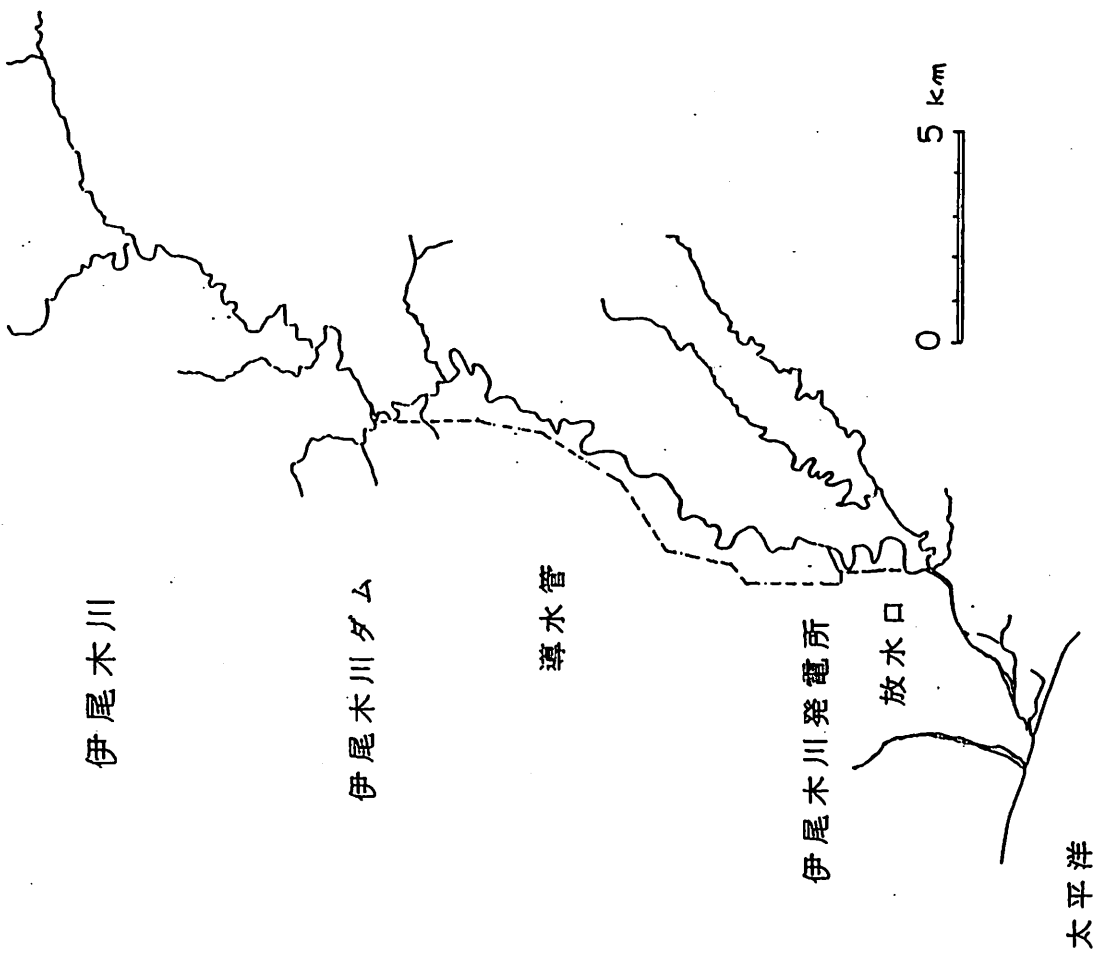


図1 伊尾木川ダム及び伊尾木川発電所

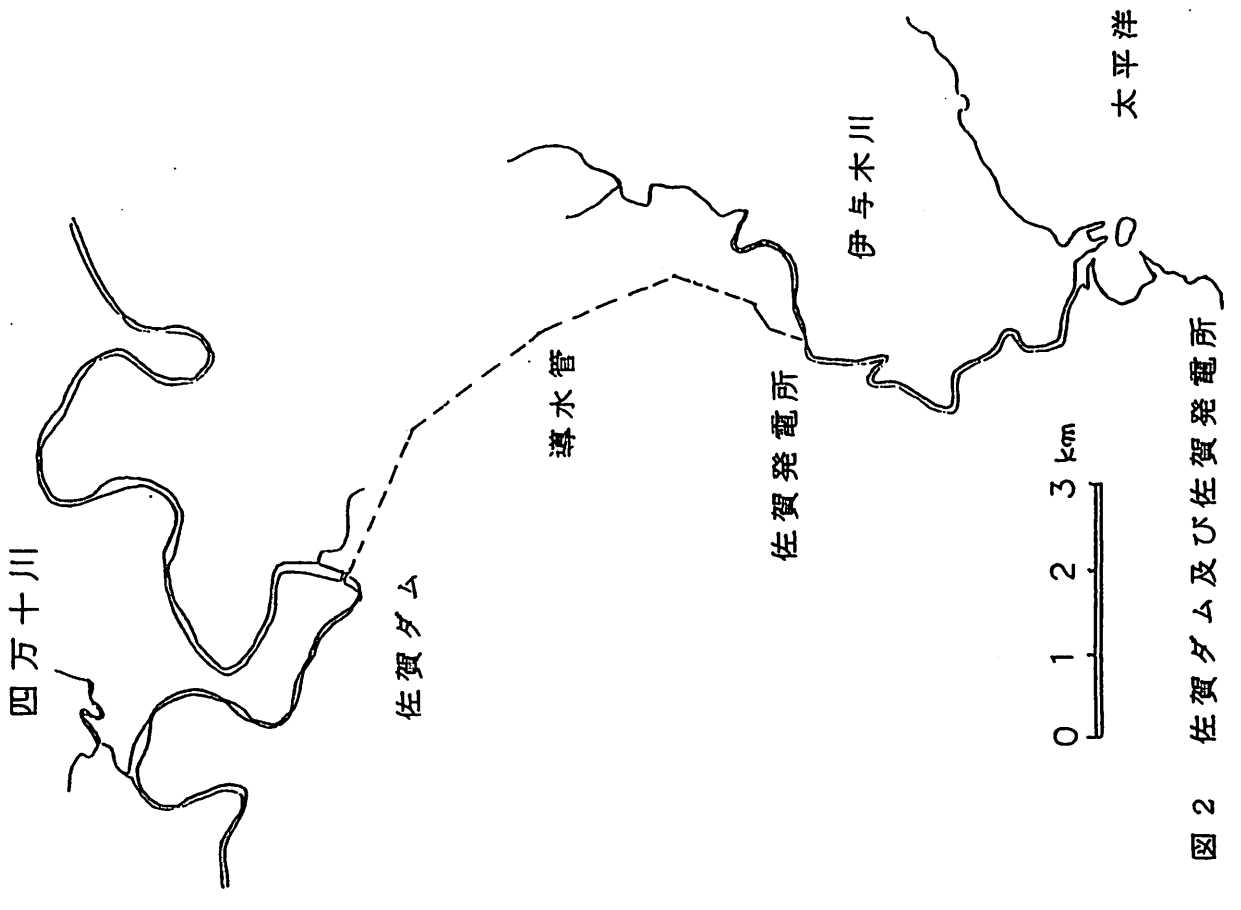


図2 佐賀ダム及び佐賀発電所

3) 調査方法

(1) 施設の概要

発電所関連施設の構造図等は電力会社より資料を収集し、施設周辺の河川の概要等については県土木部他から資料を入手した。

(2) 河川環境調査

伊尾木川の環境特性を把握するために環境調査並びに伊尾木川ダムで測定された観測データの収集を行った。

(3) 迷入実態調査

伊尾木川発電所放水口への迷入状況は、春季から秋季まで環境調査時等に潜水による目視観察を行い、伊尾木川ダム取水口への迷入については、アユの降河期に天然魚と標識放流魚の潜水目視調査及び放水口からの排出状況の調査を実施した。四万十川佐賀ダムの取水口への迷入状況については、放水口での目視及び電力会社から聞き取り調査を実施した。

(4) 標識放流調査 (伊尾木川)

ア 遡上期アユ稚魚の放水口への迷入調査

遡上期のアユ稚魚が発電所放水口へ迷入する状況と当該放水口に迷入防止を目的として設置された越流堰堤の効果について判定するために標識放流調査を実施した。放流は、平成8年5月に海産系人工種苗を用いて実施し、各回次ごとの放流尾数は約300尾とし計4回行った。放流魚は、標準体長で3区分し各区分ごとに異なった色のリボンタグを脂鰭部に装着したのち活魚缶に收容して放水口下流(約50m)まで運搬し、約1時間水温馴致したのち自然放流した。

リボンタグ標識は各回次に3種類用い計6色を交互に使用した。放水口での観察は、放水口上部からの目視と越流堰堤の側方からの潜水目視によった。放流魚の分散状況は、放水口より約0.5km上流の荒瀬域から放水口から約0.5km下流にある農業用堰堤までの区間で潜水目視調査を行った。各放流回次ごとの追跡調査は2日間とし、1日目の午前中に標識の装着作業と放流を行い、以後翌日の夕刻まで追跡調査を実施した。調査期間中の河川流量及び発電用水量は、電力会社が計測したものを参考にした。供試魚の大きさは、標準体長9~14cm、体重10~40gであった(表2)。また、放流場所は放水口から約50m下流の左岸中央よりとし、放流試験時の水温と流量は、放水口内及び上流と下流の地点で測定を行った(図3)。

表2 標識放流に用いたアユ稚魚の測定結果

放流日	放流魚 体長区分	標識色	魚体サイズ		放流尾数	
			標準体長 (cm)	体重 (g)	各計	合計
5. 5	(SI:cm) 9~11	青 黄 桃	(測定数) 10.4 ± 0.4 (100)	(測定数) —	尾 100	尾 290
	11~12		11.5 ± 0.3 (100)	—	100	
	12~14		12.6 ± 0.5 (90)	—	90	
5. 14	9~11	緑 白 赤	10.3 ± 0.5 (123)	—	123	303
	11~12		11.5 ± 0.3 (120)	—	120	
	12~13		12.3 ± 0.3 (60)	—	60	
5. 20	9~11	青 黄 桃	10.3 ± 0.5 (109)	17.0 ± 2.9 (30)	109	300
	11~12		11.5 ± 0.3 (112)	23.7 ± 1.9 (39)	112	
	12~14		12.7 ± 0.6 (79)	31.0 ± 3.9 (31)	79	
5. 26	9~11	緑 白 赤	10.3 ± 0.5 (117)	17.2 ± 2.9 (73)	117	300
	11~12		11.5 ± 0.3 (118)	23.7 ± 2.0 (66)	118	
	12~14		12.5 ± 0.5 (65)	29.8 ± 3.0 (41)	65	

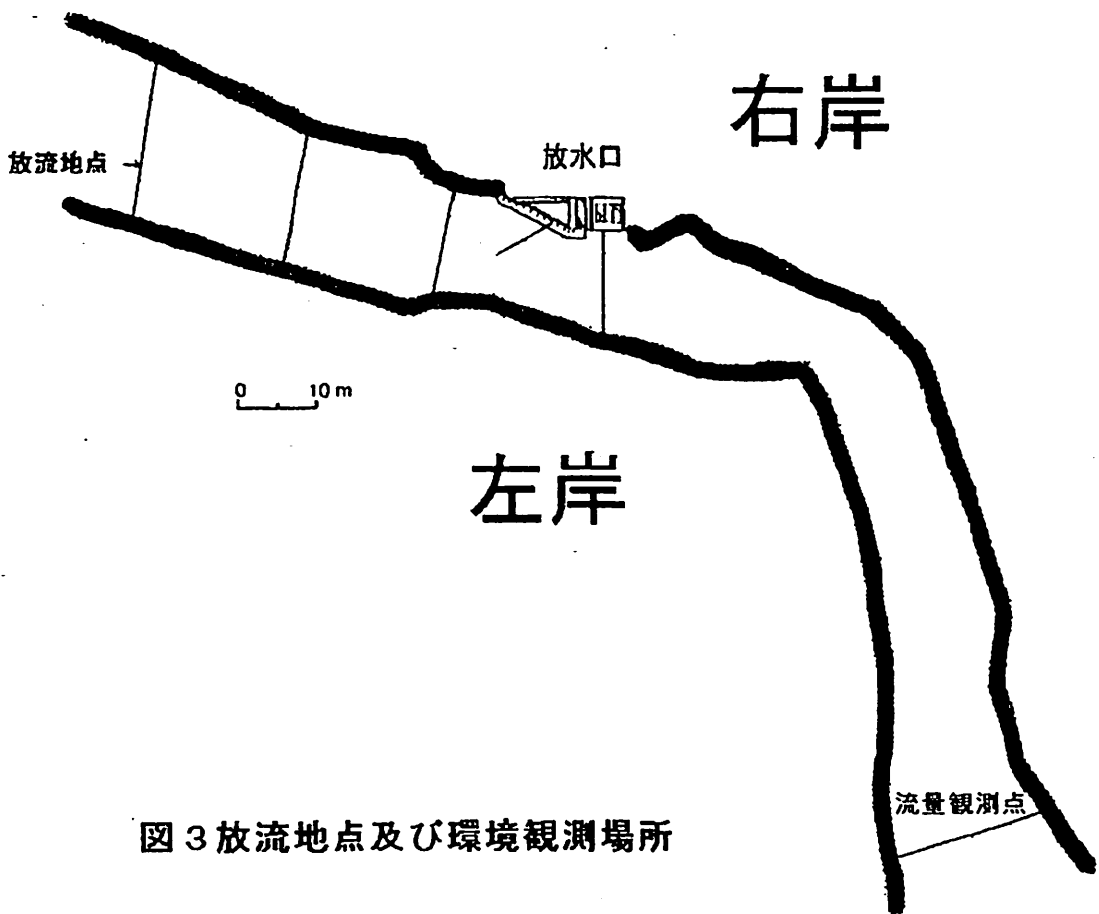


図3 放流地点及び環境観測場所

イ 伊尾木ダム河川流量維持用水からの降下魚調査

発電用水の取水口に平成8年2月に併設された河川流量維持用水口へ進入して堰堤直下へ落下する降河魚の比率を推定するために、平成8年10月9日に当センターで飼育して十分に成熟させた海産系人工アユ親魚110尾（♂13尾、♀97尾）に白色のリボンタグ標識を付して取水口前面に放流した。放流後の追跡調査は、ダムより約2km上流の間と堰堤直下の淵部で潜水目視を実施した。放流にあたり維持用水管から降下したアユが淵部から下流に逸散するのを防ぐため淵の下流部に目合い約4cmの黒色の網を設置した。また、この調査の一環として淵部に分布していたアユを刺網で採捕しその由来を調べた。放流魚の大きさは体長13～22cm、体重30～170gであった（表3、12）。

表3 降河調査に用いた放流魚の概要

性	尾数	放流魚の魚体サイズ		備考
		標準体長	体重	
雄	13	16.9±1.7 cm	71.4±20.7 g	放精個体有り
雌	97	18.3±1.9 cm	103.3±30.5 g	放卵個体多し
合計	110			白色リボンタグ使用

(H8.10.8測定)

ウ 発電所放水口での標識魚調査

伊尾木ダムの発電用水取水口に侵入して降下し、放水口から損傷して排出されたもののうち回収できたものは、軟X線透過装置(softex)を用いて損傷状況の確認を行った。

(5) 水中に形成される電場の測定

電気バリアーを用いた迷入防止手法は効果が期待されているが、水中に電流を流したときに形成される電場の構造等については、殆ど知見の集積がない。

このため水産庁南西海区水産研究所¹⁾及び高知県工業技術センター²⁾の技術支援を受けて電場の形状や強度を測定する手法の検討試験を実施した。試験は、平成9年3月18日（午前10～12時）に当所の屋外に設置した、FRP製の7トン型水槽（幅：1.5m、長さ：6.9m、深さ：0.8m、水深76.5cm）に20cm目合いの方形枠を作成し、各点に電極を挿入して電位を測定する方法で実施した。

1) 資源管理部小出水規行科学技術特別研究員（現豊橋科学技術大学河川生態環境工学研究室助手）

2) 技術第3部刈谷主任研究員

ア 測定方法

電圧をかける電極間の距離を1 mとして水槽に直立させて設置し、電極間の電圧差を10V, 20V, 30V, 40V, 50Vとなるように設定して行った。測定点は、表面から底面まで電圧の測定を行い水深による差がないことを確認したことから、水深30cmの点で行った。電位差は、一極(0V)と測定点間の値を読みとる方法とした。

イ 測定用電極及び測定用機器等

両電極は真鍮製の径6 mmの棒筋(1 m)を使用し、電圧差の測定は真鍮製で径4 mmの棒筋の先端を1 cmのこしてビニルチューブで被覆したものをを用いた。

なお、測定用機器等については、以下の物を用いた。

電気伝導度計 : Y S I 社製、YSI Model 30 Handheld 型
(水温、伝導度、塩分)

直流電圧発生器* : HEWLETT PACKARD社製 DC POWER SUPPLY
(型番 E3612A 定格電圧/電流 0-60V/0-0.5A)

電圧測定機器* : YOKOGAWA社製 DIGITAL MULTIMETER 7541

*) 高知県工業技術センター所有

ウ 測定結果の解析

測定値の解析は、前出した2者に依頼して実施した。

4 調査結果

1) 伊尾木川発電所の施設概要

河口から約22km上流の安芸市古井に設置された伊尾木川ダムは堤高23m、堤頂長57mで、堰堤右岸から取水し約10km導水して伊尾木川発電所で発電したのちさらに1.2km下流へ導水されて河口から約5 km地点で本川に放水している。

最大取水量は7トン/sで、維持流量は0.26トン/sである。ダム湖内の大部分は土砂で埋まり湛水域がないことから、最大発電流量以上に河川水が流入した場合にはダムから放水している。また、伊尾木川発電所の関連施設として、伊尾木ダム堰堤部に維持用水のためのバイパス管が敷設されていることと、放水口に迷入防止を目的とした越流式堰堤が設置されていることが、特徴としてあげられる(表4、図4、写真1, 2)。

表4 伊尾木川ダム及び発電所の諸元

(電力資料)

発電所 (最大発電時)	有効落差 129.9m	使用水量 7 t/s	発電力 7,700kw	維持流量 0.26 トン/s	
取水口	寸法・ゲート	5m × 7.88m × 7.16m 鋼製ローラーゲート 1門			
導水路	圧力トンネル	10.032km、サイホン管 89m	放水路	1,198m	
水車	型式・容量	立軸単輪渦巻フランシス型 8,200kw			
発電器	型式・容量	立軸回転界磁型 8,700kw			
ダム諸元	流域面積86.1km ² 、堤高 22.8m、堤頂長57.0m 全容量887トン				

2) 四万十川佐賀発電所の施設概要

河口から約120km上流の窪川町家地川に設けられた佐賀ダムは、堤高8m、堤頂長113mで、左岸側から取水し約7km導水して佐賀発電所放水口から幡多郡佐賀町を流下する伊与木川へ放水される。取水量は最大12.5トン/sで、取水口の下流側に隣接して設置された魚道へは維持流量として1トン/sが放水されている(表5、図5、写真3)。

表5 佐賀ダム及び佐賀発電所の諸元

(電力資料)

発電所 (最大発電時)	有効落差 147.3 m	使用水量 12.52 t/s	発電力 15,000 kw	維持流量 1.00 トン/s	
取水口	寸法・ゲート	12.4m × 7.50m × 9.26m 鉄筋コンクリート製			
導水路	圧力トンネル	6.871 km	放水路	延長 507m	
水車	型式・容量	立軸単輪単流渦巻フランシス型 8,000kw			
発電器	型式・容量	立軸三相同期(2個) 8,150kw			
ダム諸元	流域面積377.7km ² 、堤高8.0m、堤頂長112.5m、全容量894トン				

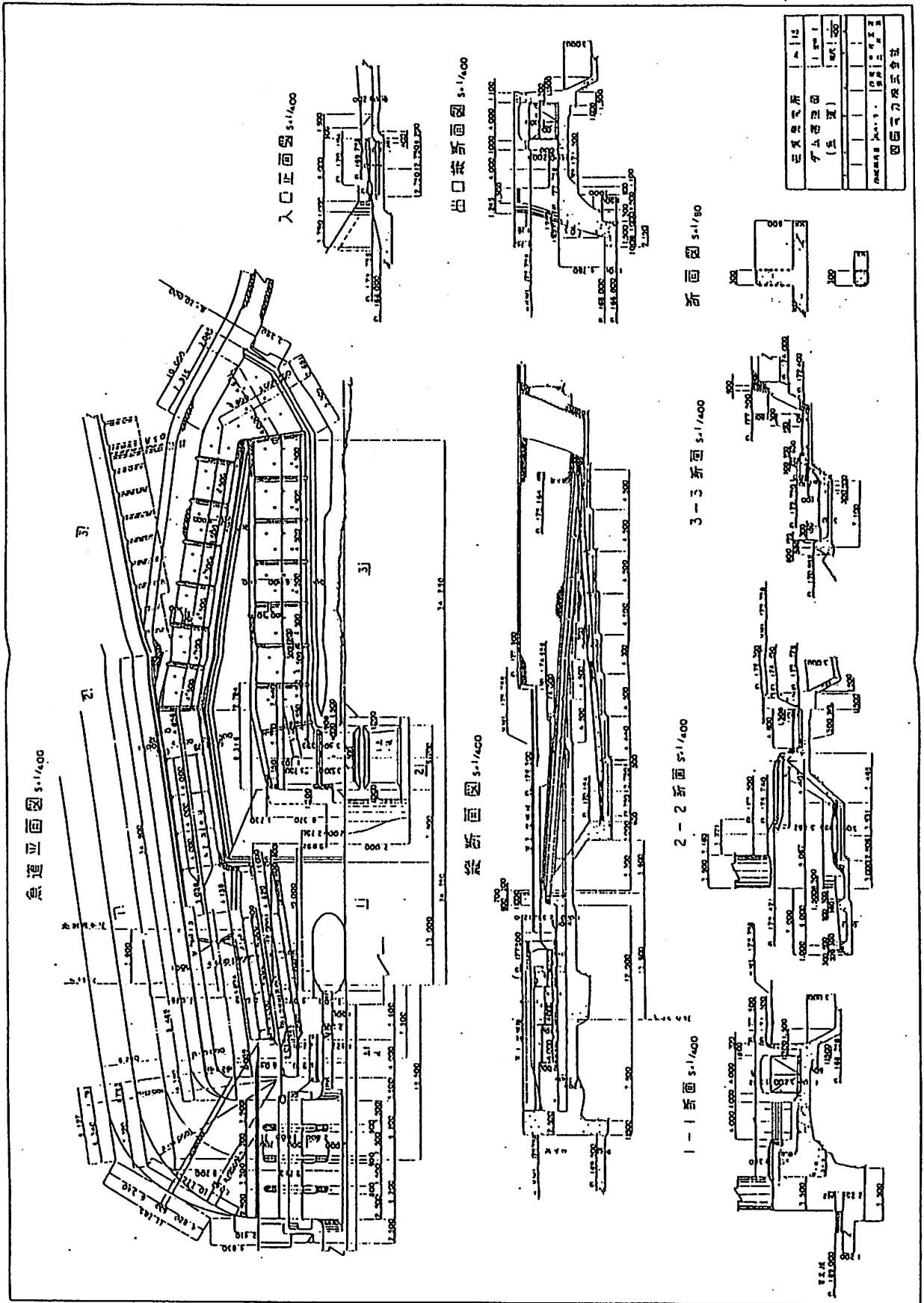


図5 佐賀ダムの取水口及び魚道構造図(電力資料)

3) 伊尾木川の天然魚の遡上及び河川環境調査

平成8年のアユの初期遡上は3月2～3日であったが、降雨による水温低下で遡上しなくなっていた。その後、3月15日頃に主群が遡上を開始し、これらは4月9日には50～100尾の小群が放水口周辺に達した。当日の放水口周辺の水温は、本流域が15.4℃で放水口内は11.3℃であり温度差は4.1℃であった。

このような温度差がほぼ周年見られることと、流量の大部分は発電に利用されていることが本河川の特徴である(表6, 7, 図6, 7)。

表6 伊尾木川の水温調査結果

観測日	河口域	漁協前	放水口域		伊尾木ダム	備考
			本流	放水口内		
2/8	10.8				4.0	(調査地点) 河口位置は約5kmに前流上 (放水口) 約1kmで放水の影響がなかった。
2/23	10.8		10.2			
2/29	12.6		10.8			
3/6	8.1		10.1			
3/19	13.0	10.6	13.4	9.7		
3/26	13.4	13.1	15.2	11.8		
4/9			15.4	11.3	10.5	
4/16	12.0	12.4	14.6	11.8		
4/23	15.1	14.8	15.5	10.9		
4/30	14.4	15.1	14.4	13.2		
5/23	16.8	18.0			16.0	
6/5	19.7	21.1			18.1	
7/9		20.6			19.0	
8/20	24.0	24.1			19.6	
9/3		26.2	26.1	20.2	21.8	
9/11		25.6	25.6	20.2	21.0	
9/18					20.4	
9/25	20.0	20.6				
10/9		19.7			17.7	
10/10			21.7	16.2	17.8	
10/14		19.5	22.6	15.9		
10/16		18.9	21.0	15.1	15.3	
10/18			20.0	14.7		
10/21			19.6	14.1		
10/28			16.8	13.6		
11/20	15.2	15.5				

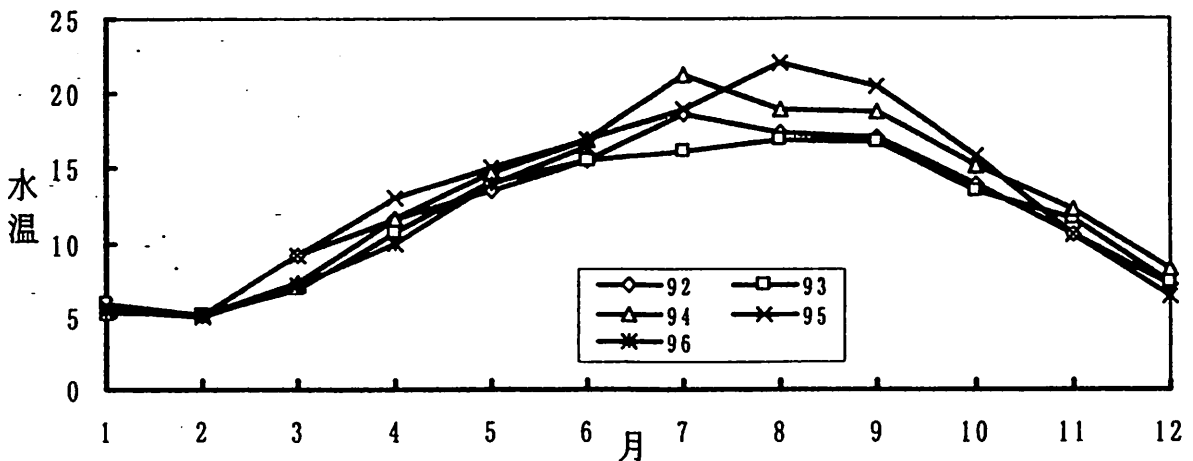


図6 年別水温の変化(伊尾木ダム:電力会社資料)

表7 平成8年5月の河川流量、発電用水量等

(電力資料)

日	水温 (°C)	発電用水 (t/s)	放水量 (t/s)	河川流量 (t/s)	発電用水 比率 (%)	備考
5. 1	13.0	6.37	7.23	13.6	46.8	放水量の内0.26 t/sは維持放水 量である。
2	13.5	7.00	2.58	9.6	73.1	
3	13.0	6.81	0.34	7.2	95.2	
4	13.0	6.20	0.26	6.5	96.0	
5	13.0	6.39	0.26	6.7	96.1	
6	13.0	5.49	0.26	5.8	95.5	
7	12.5	4.99	0.26	5.3	95.0	
8	11.5	4.72	0.26	5.0	94.8	
9	12.0	4.69	0.26	5.0	94.7	
10	12.5	4.04	0.26	4.3	94.0	
11	13.0	3.78	0.26	4.0	93.6	
12	13.0	3.45	0.26	3.7	93.0	
13	13.5	3.26	0.26	3.5	92.6	
14	14.0	3.14	0.26	3.4	92.4	
15	14.0	2.98	0.26	3.2	92.0	
16	15.0	2.82	0.26	3.1	91.6	
17	14.0	2.64	0.26	2.9	91.0	
18	14.5	2.58	0.26	2.8	90.8	
19	15.0	2.49	0.26	2.8	90.5	
20	14.5	2.65	0.26	2.9	91.1	
21	15.0	2.64	0.26	2.9	91.0	
22	15.0	6.82	3.69	10.5	64.9	
23	15.0	5.91	0.26	6.2	95.8	
24	15.0	4.75	0.26	5.0	94.8	
25	15.0	4.16	0.26	4.4	94.1	
26	15.5	3.68	0.26	3.9	93.4	
27	15.5	3.42	0.26	3.7	92.9	
28	15.5	3.15	0.26	3.4	92.4	
29	15.5	3.03	0.26	3.3	92.1	
30	15.0	3.26	0.85	4.1	79.3	
31	14.0	0.39	2.76	3.2	12.4	
平均	14.0	4.1	0.8	4.9	83.7	

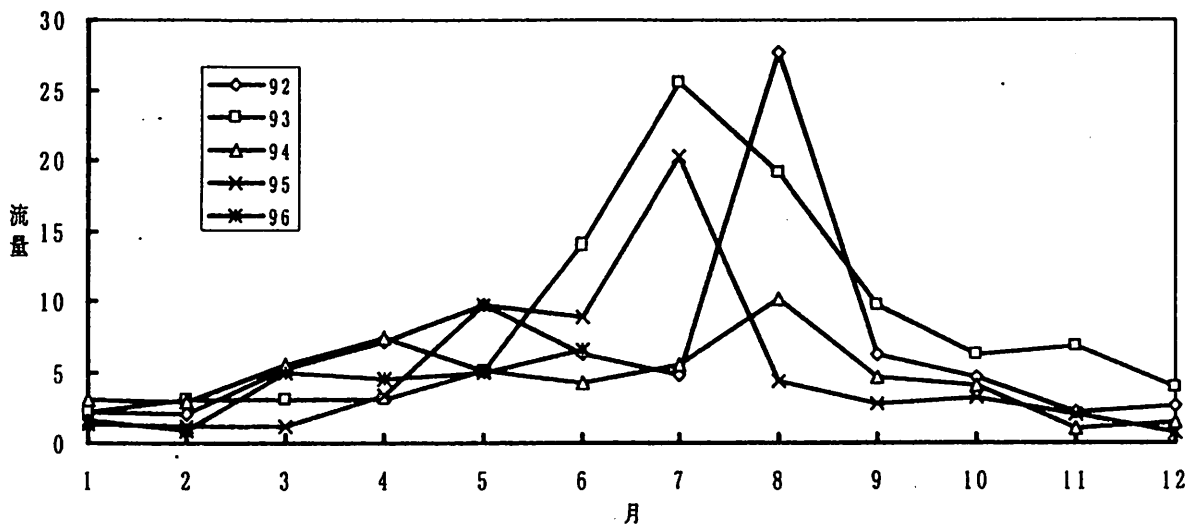


図7 年別流量の変化 (伊尾木ダム:電力会社資料)

4) 迷入実態

(1) 伊尾木川の迷入実態

ア 放水口への迷入状況

発電用水量が放水口上流の本流の流量よりも多いため、遡上してきたアユ稚魚が本流域からそれて放水口内に進入していることは地元では以前から知られていた。この迷入現象の実態を把握するため、河川漁協と電力会社は平成2年と4年の夏季に放水口までの導水管(約1.2km)内の魚類調査を行っている。

この調査結果では、平成2年6～8月には導水管内にアユが5.0～13.3尾/m²で分布しており、魚体は本流域に分布しているものより体長で約2cm、体重で約50%、肥満度も5ほど低く小型魚が多かったことが記録されている。また、平成4年7月30日に実施された魚類の全数採捕調査では、アユが多数採取されるとともに、その他の魚類も8種類が確認されている。この時のアユの測定結果では、標準体長12.4cm、体重24.8g、肥満度11.6で7月末としては小型であったことも記録されている。この結果をもとに、放水口への迷入を防止するために平成7年2月に放水口に越流堤方式による迷入防止施設¹⁾が設置された。今回実施したこの施設の迷入防止効果調査では、遊泳力が小さい稚アユ期には放水口からの流出速度が大きいことと、水温が本流よりも数度低いことに加え、本流がアユ稚魚を誘導するだけの流量が確保されているときには効果がみられた。梅雨時期以降になるとアユが成長し遊泳力が大きくなるとともに放出水の水温が上昇することから盛んに放水口内に侵入していくのが観察されるようになった。

イ 取水口への迷入

平成8年の春季に伊尾木川ダムの上流に放流されたアユは、海産系人工種苗0.5トン(平均体重:8g)、湖産種苗0.5トン(平均体重:11g)であった。伊尾木ダムは狭隘な山間部に設置されているのと堤高が22.8mもあるために魚道等が設置されていないことから、成熟して降河しようとするアユは多量の降雨等により堰堤ゲートが開放された時以外は降河することができない。本年秋季のように降雨が少ない年には、発電用水の取水口に迷入し損傷して放水口から排出されることが知られていた。本年は降河期に雨量が少なく、上流から降河してダムに蟄集していた体重100～200gの大型アユが、10月上旬から中旬にかけて多数取水口に迷入し損傷して排出されたのが確認された(写真4)。これらの大部分は主に魚体の前部で切断されており、外傷等が見られなかった個体についても軟X線透過装置による撮影像から全ての個体の脊椎骨が骨折していたことからこのことが死亡原因であることが判明した(写真5)。

1) 豊橋技術科学大学中村俊六教授設計

(2) 四万十川の迷入状況

降河期に佐賀ダムの取水口に迷入したアユが発電所放水口から損傷して排出されることはよく知られており、また、このことは降河して再生産するアユ親魚が逸失しているのではないかとの指摘が関係者からなされている。本年は損傷したアユの排出が見られしだい数量の推定と損傷状態の把握を行う予定であったが、10月中旬から堰堤補修のためにゲートを開放したためか放水口から排出されたアユはごく少数であったことから実態は把握できなかった。

5) 標識放流試験 (伊尾木川)

(1) アユ稚魚の迷入状況

平成8年5月は上旬に降雨が多かったことから中旬までは用水が低温で推移したが、以降は晴天が続き放出される用水が減少するにともない水温が上昇した。このためか上旬から中旬にかけて実施した標識放流試験では、標識アユは放水口より上流部の比較的暖かい淵部を群遊するものやさらに上流へ遡上したものも見られたが、中旬以降は本流の流量も減少したと相まって放流直後に放水口内へ進入するものが観察された。また、標識魚が越流堤を越えて放水口へ入る経路は、5月上中旬には越流堤の下部を通過して上流側と下流側で群をなしながら両端域の流速が落ちた部分から進入していたが、下旬には前述したように流速が低下に伴い越流堤を一気に越えて行くのが観察された(表9, 10)。この試験からこの越流堤は、用水の流出速度がアユの遊泳速度よりも十分に大きく、水温が本流よりも低ければ機能することが推察された。また、今回実施した4回の標識放流試験から遡上期のアユ稚魚が放水口内へ迷入する率は20~30%ではないかと推定した。

表9 標識放流魚の追跡調査結果

回	放流日の目視結果	2日目の目視結果
第1回	全個体が遡上し放水口周辺で群を形成。第1群(大型魚約150尾)はヒサシ下部を遊泳、第2群(小型魚数十尾)は約100m上流の荒瀬に集群、第3群は放水口と荒瀬間を遊泳。進入数と個体は変わる。	放水口の上流500mと下流500mの間を潜水目視し上流域へ5尾遡上したことを確認。500m以上降河魚1尾確認。放水口周辺に約150尾群が見られ、ヒサシ部にも数尾が分布。
第2回	放流後に26尾が放水口へ進入して遡上。35~70尾は放水口周辺とヒサシ下を回遊。5尾がヒサシ上や放水口周辺を遊泳。	40~50尾が放水口周辺で遊泳、数尾は単独。放水口内で2尾確認、放水口から0.5km下流で白タグ魚を1尾確認。群でヒサシ下を通過回遊。
第3回	放水口内進入群と上流遡上群に分離。上流500mの間で13尾確認。放水口周辺で群遊は見られない。	放水口周辺に22尾群を形成し遊泳、放水口内に11尾、上流の荒瀬で10尾確認。放流魚は遡上傾向が強い。
第4回	約20分後に150-200尾群がヒサシ中央下部から浮上して放水口内へ進入。他は放水口周辺で回遊。	放水口やヒサシ周辺に数尾の群が見られた。放流直後に放水口内へ進入した群は依然導水管内と思われ放水口の上流、下流では見られない。

表10 標識放流時の環境調査結果

5 月 5 日 午 後	位 置 (時 間)	流速 (m/s) 9:30	流 向	水 温 9:00 11:00	
	付設バイパス上	左岸	1.0-1.2	放水口上流	13 → 14 (°C)
"	中央	1.6-1.7	"		
"	右岸	1.0-1.2	"		
放水口右岸 (ヒサシ下)		0.6	本流上流		
放水口本流域				14 → 17.4 (°C)	

5 月 15 日 午 後	位 置 (時間)	流速 (m/s) 14:35	流 向 14:35	水温 (°C) 13:30	流量 (t/s) 14:20
	放水口内部		0.36-0.65	放水下流	
付設バイパス上	中央部	0.33-0.93	本流下流	13.8	
"	左岸	0.06-0.25	放水下流	15.8	
"	右岸	0.47-0.89	本流下流		
本流中央				20.8	
放水口約200m上流					0.842

5 月 21 日 午 後	位 置 (時間)	流速 (m/s) 14:40	流 向 14:40	水温 (°C) 11:42	流量 (t/s) 14:00
	放水口内部				14.2
付設バイパス上	中央部	0.15-0.78	放水下流		
"	左岸部	0.07-0.42	本流下流		
"	右岸部	0.26-0.74	放水下流		
本流中央				19.1	

5 月 26 日 28 日	位 置	流速 (m/s)	流 向	水温 (°C)	水深 (cm)	流量 (t/s)
	放水口内部		0.35-1.27	放水下流	16.0-16.2	182
付設バイパス上	中央部	0.15-1.27	放水下流	16.5-17.0	70	
"	左岸部	0.03-0.61	本流下流	17.0-19.5	69-70	
"	右岸部	0.06-1.10	放水下流	16.5-17.0	69-70	
付設バイパス下		0.25-0.58	本流下流	17.4-19.0	107	
放水口外部		0.34-1.15	放水下流	15.6-17.9	183	
本流中央		0.04-0.14	本流下流	18.0-22.0	123	
放流定点		0.18-0.40	本流下流		105	
放水口上流						0.69-0.71

(2) 降河期アユの取水口迷入状況調査

標識放流したアユ親魚 (n=110) の大部分は翌日に上流域へ遡上し、遊漁者からの聞き取りから20~30尾が釣獲されたものと推定した。7日後の潜水目視調査でも上流域で28尾を確認したが、取水口に設置された維持用水バイパスから堰堤直下へ落下した個体は確認できなかった。発電所放水口では、標識魚を15尾分回収 (回収率13.6%) した (表11, 12)。これらの損傷状況や死亡原因は放水口から排出された天然魚と同様に切断されたものが多かった (写真6)。また、標識放流時に堰堤直下に分布していたアユの由来は、鱗の形状判別¹⁾により主にダム上流に放流されたものが降下したものと推定された。

表11 伊尾木川ダム取水口・維持用水バイパスへのアユの迷入調査

月日	調 査 場 所		
	放 水 口	ダム湖内及び上域流	ダム直下
10. 8木	損傷アユ400~500尾確認		
10. 9木 3.9t/s	損傷アユ500尾以上確認。切断・破裂魚が多く、魚体は100~200g。標識魚は見えず。	取水口前面に標識放流。放流後天然魚と合同して約300尾群となり群遊。	標識魚不見 天然アユ約300尾分布、15尾採捕
10.10木	損傷魚減少。流下してサギ等の餌になる。標識魚は見えず。	堰堤より1km上流まで遡上確認(14尾目視)。遊漁者が20~30尾釣獲した様子	標識魚は見えず。
10.11金 2.8t/s	標識番号908の損傷個体回収、内蔵は流失。	上流約2.7kmの間を潜水目視。標識魚31尾確認。	標識魚は見えず。
10.14月	標識魚6尾と標識3本回収 (907, 887, 888, 927, 920, 894, 819, 864, 809)		
10.16木	標識魚3尾回収。 (880, 843, 918)	上流1km間で標識魚27尾と死亡標識魚1尾確認。	標識魚は見えず。
10.18金	標識魚2尾回収(778, 925)		
10.21月	標識魚見えず。		
10.28月	標識魚見えず。		
合 計	標識魚15尾回収 (回収率13.6%)。流失魚があると思われるので実数はもう少し多いものと思われる。		

1) 関、谷口他；鱗相による両側型アユ及び琵琶湖産陸封型アユの判別、1997、日水誌

表 12 降河期標識放流魚の測定結果

NO	SL	BW	sex	tag	成熟	回収日	NO	SL	BW	sex	tag	成熟	回収日
1	13.4	37	f	863			61	19.3	114	f	921		
2	13.7	37	f	864		10/14	62	19.3	123	f	845		
3	14.2	41	f	927	8.8g	10/14	63	19.5	128	f	904		
4	14.4	48	f	897	排卵		64	19.5	108	f	901		
5	14.5	47	f	880		10/16	65	19.5	114	f	879		
6	14.7	42	f	918		10/16	66	19.5	136	f	787		
7	15.1	50	f	826			67	19.5	112	f	805		
8	15.1	51	f	825			68	19.6	122	f	929	排卵	
9	15.3	58	f	839	排卵		69	19.6	118	f	830		
10	15.5	68	f	883	排卵		70	19.6	122	f	824		
11	15.5	63	f	819		10/14	71	19.7	116	f	786		
12	15.6	58	f	780			72	19.7	120	f	872		
13	15.7	62	f	790			73	19.7	121	f	923		
14	15.9	69	f	906			74	19.7	119	f	920		10/14
15	15.9	64	f	895			75	19.7	122	f	794		
16	16.1	57	f	925	11.5g	10/18	76	19.7	124	f	843		10/16
17	16.2	71	f	774			77	19.7	129	f	915		
18	16.4	71	f	778		10/18	78	19.8	136	f	889		
19	16.6	74	f	912	放卵		79	19.9	115	f	882		
20	16.7	73	f	860			80	19.9	131	f	789		
21	16.9	82	f	920	排卵		81	19.9	118	f	873		
22	16.9	73	f	837			82	20.0	139	f	850		
23	16.9	80	f	797			83	20.0	124	f	783		
24	17.1	93	f	902	排卵		84	20.1	142	f	928	排卵	
25	17.1	72	f	922			85	20.1	129	f	924		
26	17.1	84	f	804			86	20.1	149	f	916		
27	17.1	76	f	807			87	20.1	144	f	813		
28	17.3	82	f	782			88	20.3	141	f	919	放卵	
29	17.6	135	f	842			89	20.3	140	f	776		
30	17.7	89	f	888	19.8g	10/14	90	20.3	138	f	930		
31	17.8	93	f	781			91	20.5	153	f	816		
32	17.9	100	f	871			92	20.5	144	f	802		
33	18.0	93	f	891			93	20.5	130	f	893		
34	18.1	105	f	862	排卵		94	20.7	148	f	828	排卵	
35	18.1	96	f	866	排卵		95	20.7	157	f	849	排卵	
36	18.1	100	f	900			96	21.1	140	f	907		10/14
37	18.1	100	f	852			97	22.3	171	f	835		
38	18.1	92	f	809		10/14	MIN	13.4	37				
39	18.1	104	f	818			MAX	22.3	171			回収率 = 14/97 = 14.4%	
40	18.2	105	f	908		10/11	AVG	18.3	103.3				
41	18.3	94	f	829			STD	1.9	30.5				
42	18.3	103	f	903			NO	SL	BW	sex	tag	成熟	回収日
43	18.3	88	f	861			1	12.7	27	m	910		
44	18.5	101	f	793			2	13.9	34	m	931		
45	18.5	105	f	772			3	16.3	58	m	799		
46	18.6	99	f	917			4	16.5	67	m	866	放精	
47	18.7	113	f	896			5	17.2	73	m	798		
48	18.7	112	f	791			6	17.5	78	m	836		
49	18.8	114	f	857			7	17.7	83	m	905		
50	18.8	118	f	844			8	17.7	75	m	890		
51	18.9	113	f	854	排卵		9	17.8	75	m	899		
52	18.9	105	f	874			10	17.8	83	m	814		
53	18.9	127	f	838			11	18.0	90	m	911		
54	18.9	115	f	800			12	18.3	78	m	898		
55	19.0	97	f	815			13	18.9	107	m	894		10/14
56	19.0	110	f	820			MIN	12.7	27				
57	19.1	132	f	831			MAX	18.9	107			回収率 = 1/13 = 7.7%	
58	19.1	114	f	795			AVG	16.9	71.4				
59	19.1	105	f	909			STD	1.7	20.7				
60	19.3	120	f	887		10/14						全回収率 = 13.6%	

6) 電場の測定結果

今回の試験では、高圧直流パルス電流により形成される電界は機器等による計測がきわめて困難であることと、定常流により形成される電界はパルス波によるものと同じであると考えられることから、直流の電圧を10V, 20V, 30V, 40V, 50Vに変えて通電したときの電圧を測定した。

測定方法は負極から陽極までの電位差を測定して、その値から両極周辺に形成された等電位点を求めた。測定結果から各電圧ともに同様の電位勾配が形成されることが認められたことから、当該手法により電場構造の解析が可能であろうと思われる。今後はこの方法により取水口や放水口での効果調査に用いることが出来るものと思われた(表13-1~5、図8)。

なお、電位勾配図(図8)は、高知工業技術センターの刈谷主任研究員により解析されたものである。

表 13-1 電極間電圧 10V

距離	0	20	40	60	80	100	120	備 考
-20		4.0	4.5	4.9	5.1	5.3	5.3	出力:10.1V 電流:32mA WT:10.8 CD:102.0 (25℃:139.7) sal:0.1ppt 距離は負極からの間隔(単位cm)。
0	0.0	4.1	4.6	4.9	5.1	5.2	5.4	
20	4.2	4.5	4.9	5.2	5.3	5.3	5.4	
40	5.1	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	
60	5.8	5.8	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	
80	6.6	6.4	6.1	5.9	5.7	5.7	5.7	
100	10.0	6.9	6.4	6.1	5.9	5.7	5.7	
120		7.0	6.5	6.2	5.9	5.7	5.7	

表 13-2 電極間電圧 20V

距離	0	20	40	60	80	100	120	備 考
-20	6.6	7.3	8.4	9.1	9.5	9.9	10.1	出力:20.0V 電流:69mA 距離は負極からの間隔(単位cm)。
0	0.0	7.5	8.7	9.2	9.7	10.0	10.1	
20	7.7	8.4	9.1	9.6	9.9	10.1	10.2	
40	9.6	9.8	10.0	10.2	10.2	10.3	10.4	
60	11.2	10.9	10.8	10.7	10.7	10.6	10.5	
80	12.9	12.4	11.7	11.2	11.0	10.8	10.7	
100	20.0	13.6	12.3	11.6	11.2	11.0	10.8	
120	14.6	13.8	12.6	11.8	11.3	11.3	10.9	

表 13-3 電極間電圧 30V

距離	0	20	40	60	80	100	120	備 考
-20	9.6	10.6	12.3	13.5	14.3	14.8	15.1	出力:30.4V 電流:109mA 距離は負極からの間隔(単位cm)。
0	0.0	10.7	12.7	13.8	14.4	14.9	15.2	
20	11.0	12.3	13.6	14.4	14.8	15.1	15.3	
40	14.0	14.5	14.9	15.3	15.5	15.5	15.6	
60	16.5	16.7	16.4	16.1	16.1	15.9	15.8	
80	19.1	18.8	17.7	17.0	16.4	16.3	16.1	
100	30.0	20.5	18.6	17.5	16.8	16.5	16.2	
120	21.9	20.7	19.0	17.7	17.1	16.6	16.3	

表 13-4 電極間電圧 40V

距離	0	20	40	60	80	100	120	備 考
-20	12.3	13.6	15.9	17.6	18.6	19.3	19.7	出力:40.0V 電流:146mA WT:11.7 CD:104.7 (25℃:141.2) sal:0.1ppt 距離は負極からの間隔(単位cm)。
0	0.0	14.0	16.6	17.9	18.9	19.4	19.8	
20	14.9	16.3	17.6	18.7	19.4	19.8	20.0	
40	18.9	19.0	19.7	19.9	20.3	20.2	20.3	
60	22.3	21.9	21.5	21.3	20.8	20.8	20.7	
80	26.2	24.7	23.1	22.2	21.6	21.3	21.0	
100	40.0	26.7	24.3	22.9	22.1	21.6	21.2	
120	29.0	27.1	24.7	23.2	22.3	21.7	21.3	

表 13-5 電極間電圧 50V

距離	0	20	40	60	80	100	120	備 考
-20	15.3	17.2	20.0	21.9	23.1	24.0	24.4	出力:50.6V 電流:185mA 距離は負極からの間隔(単位cm)。
0	0.0	17.3	20.4	22.3	23.4	24.1	24.6	
20	18.6	20.5	22.1	23.2	24.1	24.6	24.9	
40	23.6	23.9	24.3	24.7	25.3	25.1	25.2	
60	27.8	27.3	26.9	26.3	25.9	25.9	25.7	
80	32.2	30.9	28.9	27.5	26.7	26.5	26.1	
100	50.0	33.0	30.3	28.6	27.5	26.9	26.4	
120	36.7	33.9	31.0	29.0	27.8	27.1	26.5	

5 考 察

1) 迷入実態について

河川に放流された稚魚等が、取水や排水施設に迷入していることは古くから知られ種々の対策が図られてきましたが、迷入魚の量的な把握については殆ど知見が集積されていません。当県の調査対象であるアユについても、その遡上期間が長期に渡るごとと、降雨に伴い流量など河川環境が大きく変化するため経時的な迷入量の把握は困難であった。このため、今回伊尾木川で実施した遡上期アユ稚魚の標識放流試験から迷入率が20～30%と推定されたことは、今後、当該手法を用いる方法により迷入量の推定が可能になるのではないかと思われる。また、伊尾木ダムのように降河用の魚道が整備されていない施設では、降河親魚を何らかの手法で降河させない限り大部分が取水口等へ迷入して逸失するものと思われることから、この対策についても今後の検討課題となった。

2) 迷入防止施設の効果について

伊尾木川の発電所放水口に設置された迷入防止用の越流堰堤は、本流の河川流量と放水口からの流出量の差及び両者の水温差により迷入阻止効果が異なる結果が得られたことから、今後も同様の調査を積み重ねることで調査手法を確立するとともに、このような施設の効果をさらに高めるための改良点や併設する施設なども検討することが可能になるものと思われる。

3) 電気バリアーの効果範囲の測定について

迷入を防止するために交流を用いた電気バリアーは近年設置が進められているが、高圧直流パルス電流を用いた迷入防止装置はまだ検討されている段階であり、また、現場でどのような効果があるかの知見は得られていない。今後、現場へ導入を図るためには、以下のことを検討しなければならないと思われる。

- ・測定手法の確立
- ・測定結果から等電圧線の作成
- ・等電圧線から電位勾配線（電場）及び有効な電極間距離と電圧の推定
- ・対象魚種のサイズごとに有効な電場範囲の推定
- ・魚体に影響の少ないパルス波の使用条件の検討

6 謝 辞

当該事業の実施にあたり、豊橋技術科学大学中村俊六教授、同大学東助手、水産庁南西海区水産研究所小出水科学技術特別研究員には調査全般に渡りご指導いただき、ありがとうございました。また、高知県工業技術センター技術第3部刈谷主任研究員には電場の測定から解析までご協力いただきましたことに感謝します。さらに、調査に何かとご協力いただいた芸陽漁業協同組合並びに電力会社にも併せてお礼を申し上げます。

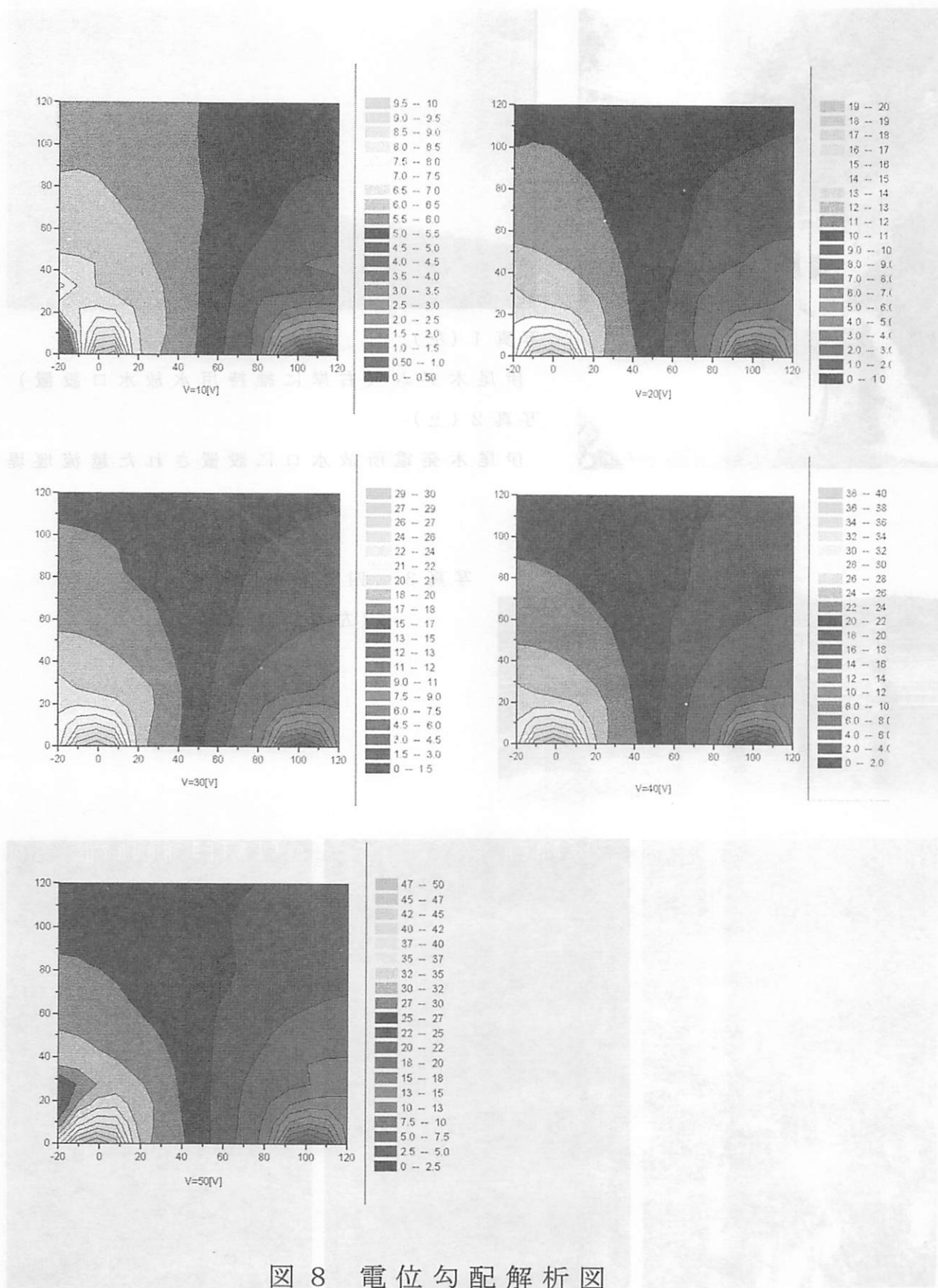


图 8 電位勾配解析图

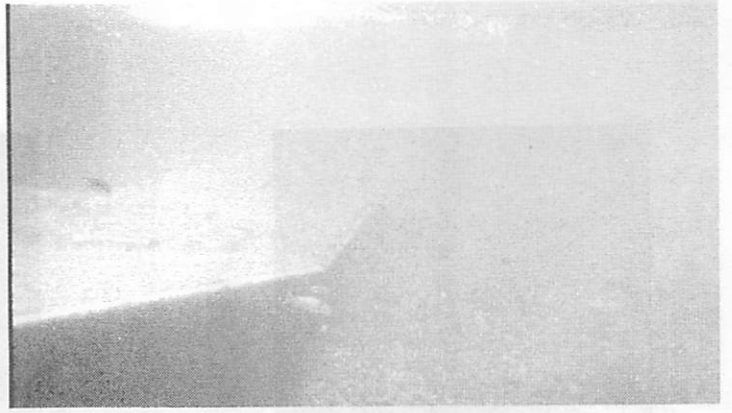


写真 1 (左)

伊尾木ダム (右岸に維持用水放水口設置)

写真 2 (上)

伊尾木発電所放水口に設置された越流堰堤

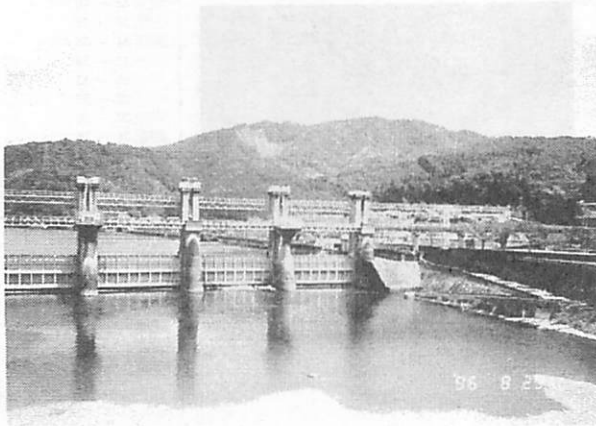
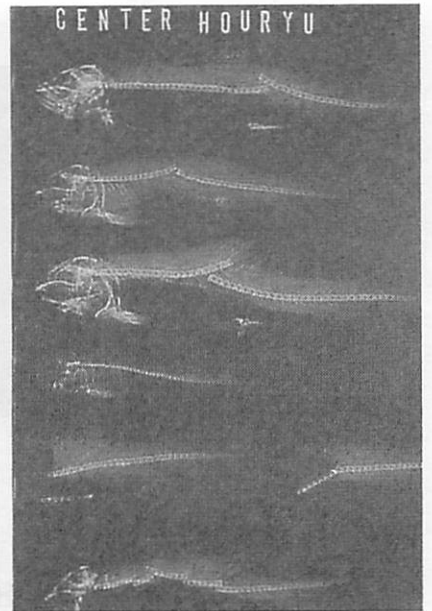
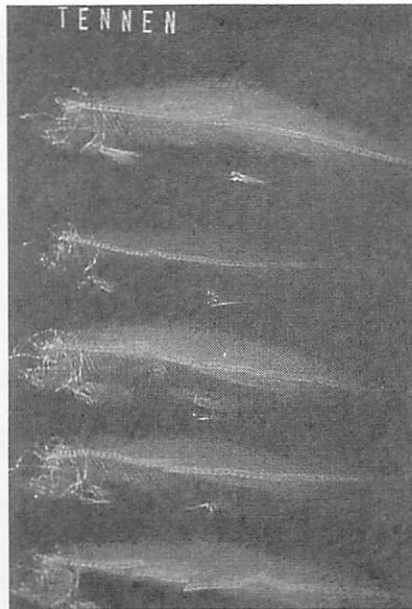


写真 3 四万十川佐賀ダム

(左岸に魚道設置)



左から写真 4 (排出された降河魚), 写真 5 (天然魚の骨折状況)

写真 6 (標識放流魚の骨折状況)

新品種作出基礎技術開発事業
アユの高・低水温系品種作出技術開発試験

岡部正也・西山 勝・桑原秀俊*¹・児玉 修*²・菊池達人*³・佐伯 昭

本事業は、本年度が最終年度にあたるため、5年間の総括報告とした。

[要約]

1. 高、低水温選抜および交雑育種の対象として適当な系統の選択に資するため、海産、湖産、リュウキュウおよびそれらの交雑種について異なる水温における成長およびワムシ摂餌速度を比較した。その結果、海産およびリュウキュウは高水温、湖産は低水温での成長および摂餌活性がより高いことが明らかとなった。また、交雑種では、高、低水温のいずれにおいてもリュウキュウを雌親とした種の成長がすぐれていたが、外見的に異常を呈するものが多く、育種素材としては問題があると考えられた。

2. 高、低水温による選抜法の一つとして、水温ショックによる選抜法を検討した。高温側では33℃、低温側では1℃処理により選抜群を得たが、それらからの次代の作出にはいたらず、選抜効果は確認できなかった。また、高、低水温二重ショック選抜では、高温処理により得られた選抜群は、必ずしも低温に対して耐性を示さなかった。

3. 仔魚期の高、低水温飼育による選抜では、高温側22℃10日間の飼育では常温に戻した後の生残に影響は認められなかったが、低温側10℃10日間では顕著な生残率の低下が認められた。また、海産および交雑種の高水温選抜群の選抜実施後の高温飼育における成長は無選抜群よりすぐれていたことから、仔魚期高温飼育選抜は、高温耐性を有する仔魚を選択的に得る方法の一つとして有効であると考えられた。

4. 変温動物の温度耐性評価法の1つである臨界最高、最低温度試験(CTMtest)により高、低水温選抜法の検討および各系統の温度耐性比較を行った。海産後期仔魚では、2℃/60分以上の速い速度で昇温すると、死亡率に変曲点が生じ、その変曲点を越える温度で生残した選抜群は、無選抜群より強い高温耐性を示すことがわかった。また、各系統の仔魚において、CTMtestにより見られた高温耐性の差は、過去の各系統の成魚に対する水温ショック試験の結果とよく一致したことから、高温耐性の系統差は、仔魚期におけるCTMtestによっても比較する事が可能であることが明らかとなった。

*1 水産振興課資源管理班 *2 水産振興課普及内水面班 *3 栽培漁業センター

目的・背景

アユは、高知県における内水面養殖および放流対象種として重要な魚種の一つである。当県のアユ養殖では、時期や場所により海産または湖産由来の種苗が用いられているが、養殖現場において各系統の成長および生残に最適な水温を維持することは困難であるため、生産効率の面から広い適水温範囲をもつ品種、系統の導入が強く求められている。また、山間部をはじめとする水温変化の大きい地域へのアユ養殖の拡大や、近年当センターが取り組んできたダム湖への種苗放流による陸封化などのあらたな展開の基礎として、高、低水温に広く適応できる品種、系統を確立する意義は大きいと考えられる。ところで本種には、海産、湖産およびリュウキュウなどの異なる生活史を持つ系統が存在し、それぞれに特異的な遺伝的形質を持つことはよく知られているが、それらの水温耐性に関する知見は少なく、本種の水温耐性が育種学的見地から検討された例もあまりない。そこで、本事業では、各系統の高、低水温に対する成長性および耐性についての系統差を把握し、それらの知見をもとに選抜および交雑育種法による高、低水温耐性品種、系統作出のための基礎技術の開発を行う。

【系統間比較】

1) 海産、湖産およびそれらの交雑種の水温別成長比較

海産F1、湖産F1、海産♀×湖産♂F1および湖産♀×海産♂F1の各系統について15℃、20℃および25℃の各水温で30日間給餌飼育し、成長を比較した。また、環境分散の指標として各区に海産系クローン（和歌山産WA-1）を混合した。

2) 海産、湖産、リュウキュウおよびそれらの交雑品種の仔魚期摂餌速度と水温の関係

海産F1、湖産F1およびリュウキュウF1、海産♀×湖産♂、海産♀×リュウキュウ♂および湖産♀×リュウキュウ♂の仔魚（孵化後50日目）についてことなる水温におけるワムシの摂餌速度を比較した。水温は12～22℃の間で、2℃刻みに6区を設け、ワムシを10個体/mlとなるように各区に投与し、6時間後のワムシ密度との差から摂餌速度を求め、各系統および交雑種の各水温における摂餌速度を比較した。

3) 海産およびリュウキュウの仔魚期における成長差の比較

各系統の発眼卵をALCで標識し、同一日に孵化した海産およびリュウキュウ仔魚を異なる水温中で20日間混合飼育し、初期成長段階における成長を比較した。水温は12～20℃の間で、2℃刻みに5区を設け、ワムシのみを投与した。

4) 海産系クローンの水温別飼育による成長比較

ホモクローン2系統およびヘテロクローン1系統について25℃および15℃の異なる水温区で32日間飼育し、成長を比較した。比較対照として、各区に海産F1を混合した。

5) 交雑種の水温別成長比較

海産♀×リュウキュウ♂、リュウキュウ♀×海産♂、海産♀×湖産♂、湖産♀×海産♂、

湖産♀×リュウキュウ♂およびリュウキュウ♀×湖産♂の計6交雑種について、異なる水温における成長を比較した。水温は15℃、20℃および25℃の3種類とし、各試験区には対象としてそれぞれの親魚系統を混合し、30日間飼育した。

【高、低水温ショック選抜試験】

1) 水温ショック選抜試験

天然海産アユに対し、21℃で2日間馴致後3℃/hで昇温し、32℃で固定して高水温ショック選抜および、湖産アユに対し21℃で2日間馴致後3℃/hで降温し、5℃で固定して低水温ショック選抜を実施した。高水温ショックでは平衡喪失魚、低水温ショックでは10秒以上遊泳停止魚を直ちにすくい取る方法で、残存魚が15%程度になった時点で常温に戻して採卵まで飼育した。

2) 海産および湖産天然群の水温耐性評価と高、低水温ショックによる二重選抜試験

天然海産群および天然湖産群を脂鰭カットにより識別して混合飼育し、1)と同じ方法で高水温ショックを与えて平衡喪失させた後20℃に順次移して蘇生させ、各系統の残存魚を高水温選抜群としてリボンタグで標識した。蘇生させた残存魚は、20℃で6日間飼育後、再び1)の方法で低水温ショックを与え、20℃に移して蘇生した各系統の残存魚についてリボンタグで標識した。

3) 海産、湖産、リュウキュウアユおよびそれらの交雑品種の水温耐性評価

20℃で飼育した各系統群および交雑群稚魚各30尾を20℃に調温した水槽中に垂下したステンレス製カゴに収容して馴致し、速やかにカゴごと33℃または1℃に調温した水槽に移して一定時間浸漬したのち、再び20℃の水槽中に戻して蘇生率を測定した。

また、同じ方法を用いて、ホモクロン2家系およびヘテロクロン1家計について水温耐性を評価した。

4) 海産系クロン3系統の水温耐性比較

海産系クロン3系統について水温ショック耐性を比較した。供試魚は高温側では33℃および低温側では1℃の水温に浸漬後、20℃に戻して蘇生率を比較した。

【水温別飼育選抜試験】

1) 仔魚期における高、低水温選抜試験

海産、湖産およびリュウキュウ仔魚について、孵化から10日間の高、低水温飼育によって選抜を試みた。選抜水温は高温側で21, 22, 23および24℃、ならびに8, 10, 12および14℃とし、対照区として18℃区を設けた。さらに、水温18℃における塩分耐性についても検討した。

2) 海産、交雑種の高温選抜群および無選抜群ならびにリュウキュウF1の高水温飼育における成長比較

各系統の仔魚を10日間23℃の高水温で飼育して得られた生残魚を選抜群とし、無選抜群との高温耐性を比較した。選抜は海産F1、海産♀×リュウキュウ♂F1仔魚について行い、各選抜群および無選抜群、また、比較対照として、リュウキュウ無選抜群の計5群を25℃で30日間飼育し、成長を比較した。なお、給餌率は3%とし、各区の環境分散の指標として、ヘテロクローンを各水槽に混合した。

【仔魚期高、低水温選抜法の検討】

1) 異なる昇温速度における死亡率の比較

海産F1および海産系クローン(和歌山WA-1)後期仔魚について、飼育水温から4℃/60分、2℃/60分および1℃/60分の異なる速度で昇温し、死亡率の推移を比較した。各供試魚30尾を、飼育水と同じ塩分濃度に調整したアレン処方的人工海水を満たした500mlビーカ中に収容し、300W石英ヒータ3本および冷却管を装着したウォーターバスによりそれぞれの設定速度で昇温した。昇温にともなって平衡感覚を喪失し、ビーカ底部に横たわった個体をピンセットで軽く摘んで刺激し、全く反応のない個体を死亡個体として取り上げた。

2) 昇温選抜試験

1)の結果に基づき、海産F1後期仔魚について昇温選抜試験をおこなった。

選抜は、①1℃/60分の速度で生残率が50%となる時点まで昇温を継続(段階昇温選抜)、②2℃/60分の速度で28℃まで昇温して固定し、生残率が50%となるまで水温を維持(固定水温選抜)の2つの条件で行った。また、水温20℃で維持する区を設け、対照区とした。実験水槽には完全循環濾過方式の50リットルアクリル水槽3基を用い、供試魚を選抜区には各200尾づつ、対照区には100尾を収容し、300w石英ヒータ3本とウォータークーラーに接続した冷却管により昇、降温速度を調節した。選抜は昇温に伴って平衡感覚を完全に喪失し、水槽底部に横たわった個体をピペットで回収する方法でおこない、各選抜区の残尾数が50%に達した時点から4℃/60分の速度で20℃まで冷却したのち水温を固定した。その後24時間以内に死亡した個体を昇温処理による死亡個体として加算し、それぞれの選抜率を算出した。

さらに生残魚は同じ水槽で飼育を継続し、選抜試験実施の10日後、各区より30尾を無作為に抽出して1)の方法により高温耐性の比較をおこなった。

3) 選抜強度の異なる各群の高温耐性の比較

海産F1後期仔魚について固定水温選抜を実施し、28℃維持時間をかえることにより選抜率の異なる3群を得、これらに対して選抜実施の10日後高温耐性の比較をおこなった。選抜は2)、高温耐性の比較は1)と同じ方法によった。

4) 各系統の高温耐性の比較

海産F1、湖産F1および海産系クローンについて、1)の方法により1℃/60分お

よび4℃/60分の昇温速度で死亡率の推移を比較し、高温耐性の系統差の比較を試みた。

5) 異なる速度で降温し、同じ速度で昇温した場合の蘇生率の比較

アユ仔魚の低温耐性に関する知見を得るために、以下の実験を行った。

海産F1後期仔魚について9℃/60分、4℃/60分および1℃/60分の速度で全個体が平衡を喪失し、鰓蓋活動が停止する温度まで降温し、15分放置後再び8℃/60分で昇温して蘇生率を比較した。また、4℃/60分で降温し、8℃/60分および4℃/60分で昇温した場合についても同様の比較を行った。実験装置は1)と同じものを用いた。

【関連基礎技術の検討】

1) アユ精子賦活剤の検討

NaHCO₃の添加量とpHの異なる3種類のアユ用人工精漿について、精巢内精子懸濁液中の精子運動能力の変化および受精能を比較した。

表-1 用いた人工精漿の組成

	人工精漿 A	人工精漿 B	人工精漿 C
NaCl	7.5 g	7.5 g	7.5 g
KCl	0.48 g	0.48g	0.48g
NaHCO ₃	0.02 g	0.2 g	2.0 g
pH	7.25	8.08	8.19

結果

【系統間比較】

1) 海産、湖産およびそれらの交雑種の水温別成長比較

海産は25℃で湖産より成長が良く、湖産の成長は15℃および20℃で海産を上回った。また、交雑品種では全ての水温区で海産♀×湖産♂F1の成長が湖産♀×海産♂F1を上回った。

2) 海産、湖産、リュウキュウおよびそれらの交雑品種の仔魚期摂餌速度と水温の関係

海産仔魚は、18℃以下ではほとんど摂餌しなかったが、18℃を越える水温では活発な摂餌が見られた。一方湖産では、18℃以下でも活発な摂餌が見られ、摂餌速度は14℃で最大となったが、20℃以上では顕著に低下した。また、リュウキュウでは18℃以下においても摂餌が見られたものの、その速度は湖産より低く、摂餌速度は20℃で最大となった。海産♀×湖産♂および海産♀×リュウキュウ♂では、各水温における摂餌速度はほぼ同じで、ともに14℃で最大値をとった。湖産♀×リュウキュウ♂の摂餌速度は18℃で最大となったが、低水温側では低く、海産およびリュウキュウに近い傾向を示した(図-1)。

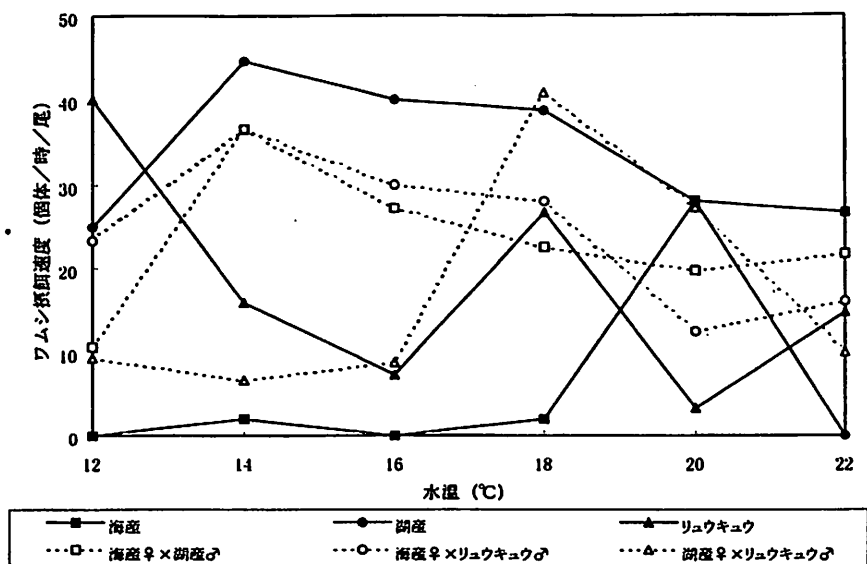


図-1 各系統および交雑種の水温別ワムシ摂餌速度

3) 海産およびリュウキュウの仔魚期における成長差の比較

海産孵化仔魚の全長はリュウキュウより大きく、孵化後20日目の全長においても設定した全ての温度区で海産がリュウキュウを上回った。したがって、本実験で設定した水温範囲における成長は海産のほうがリュウキュウよりすぐれていることが確認された。また、ALCによる発眼卵標識については、各系統の標識魚と非標識魚の孵化後20日目の成長には有意差はなく、孵化仔魚を混合飼育する際の個体群の識別に有効であることが確認された。

4) 海産系クロンの水溫別飼育による成長比較

ホモクロン系統の生残率は、いずれの水温区においてもヘテロクロンに比べて著しく低かった。また、ヘテロクロンの日間成長率は、海産に比べて高かった。

5) 交雑種の水溫別成長比較

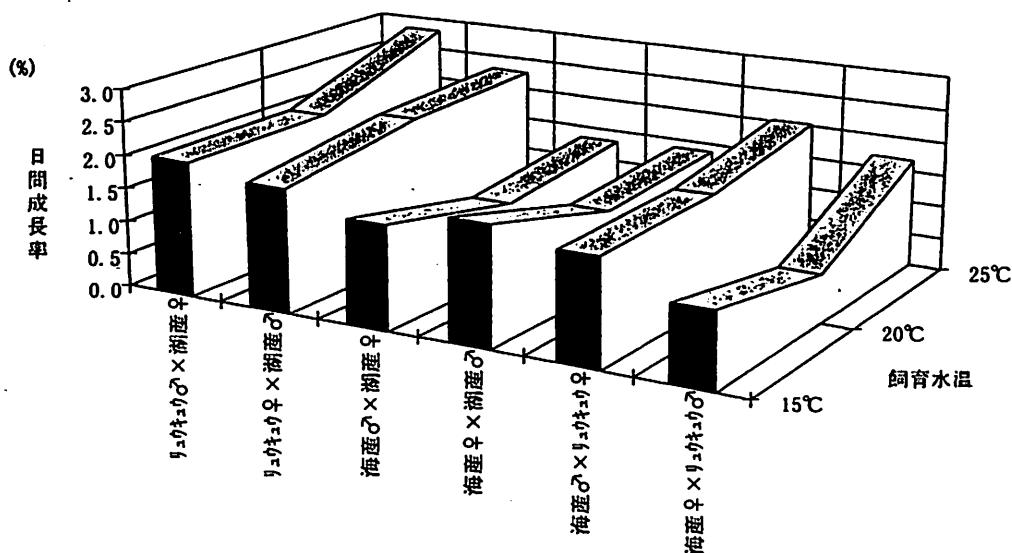


図-2 異なる水温で飼育した各交雑種の日間成長率の比較

海産×湖産では、日間成長率は親魚の組み合わせが雄雌いずれの場合においても15℃で最も高く、20℃で最も低い値を示した。リュウキュウ×海産では、リュウキュウ♀の場合には日間成長率は飼育水温が高いほど増加したが、リュウキュウ♂の場合には25℃で最も高く、20℃で最も低い値を示した。また、リュウキュウ×湖産では、リュウキュウ♀の場合には20℃で最も高く、15℃で最も低い値を示したのに対し、リュウキュウ♂の場合には25℃で最も高く、20℃で最も低い値を示した。

交雑種間では、今回用いた全ての飼育水温においてリュウキュウ×湖産の日間成長率、成長速度および飼料効率が最も高い値を示した(図-2)。

【高、低水温ショック選抜試験】

1) 水温ショック選抜

海産の選抜率は17.3%、湖産の選抜率は14.5%となったが、選抜された親魚数が少なすぎ、次代作出には十分な採卵数が得られなかった。

2) 海産および湖産天然群の水温耐性評価と高、低水温ショックによる二重選抜試験

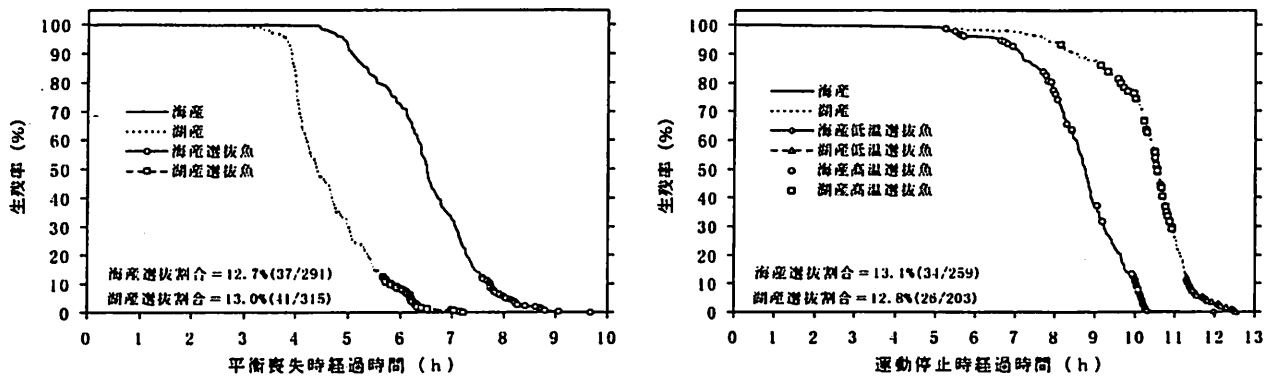


図-3 各系統の高、低水温ショック耐性の比較

両群の、高温処理により平衡喪失までに要した時間を比較すると、海産の方が湖産に比べて長く、より強い高温耐性を示した。一方、低温処理による平均運動停止時間は各系統の供試魚群全体で比較すると湖産が長く、より強い低温耐性を示したが、両系統の高温選抜群間では低温処理に対する耐性に差はみられず、高温選抜により得られた個体群は必ずしも低温に対して耐性を有していないことがわかった(図-3)。

3) 海産、湖産、リュウキュウアユおよびそれらの交雑種の水温耐性評価

33℃高水温ショック試験では、経過時間ごとの蘇生率は海産およびリュウキュウがほぼ同じ推移を示したのに対し、湖産は一貫して低く推移した。一方、1℃低温ショック試験では、湖産は7分経過後においても90%以上が蘇生したのに対し、他の2系統では海産およびリュウキュウの順でより低く推移した。また、交雑種においては、水温ショック

図-4 高水温ショック33℃5分間処理による正常蘇生率(%)の比較

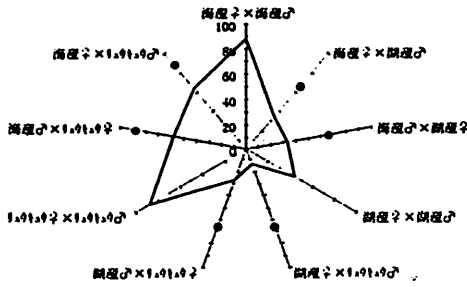
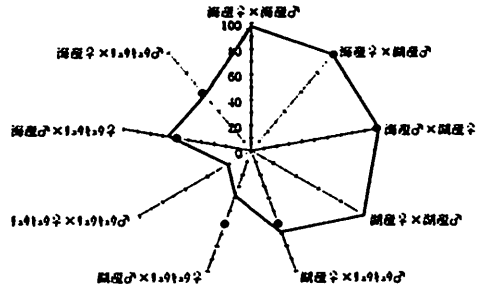


図-5 低水温ショック1℃5分間処理による正常蘇生率(%)の比較



後5分経過時の蘇生率で比較すると、高水温ショックではその両親系統間の蘇生率の中間値より低い値を示し、低水温ショックでは中間値に近い値を示した(図-4, 5)。

クローンでは、高水温および低水温ショックのいずれに対する蘇生率でもヘテロクローンが他のホモクローン2家系を上回る結果となった。

4) 海産系クローン3系統の水温耐性比較

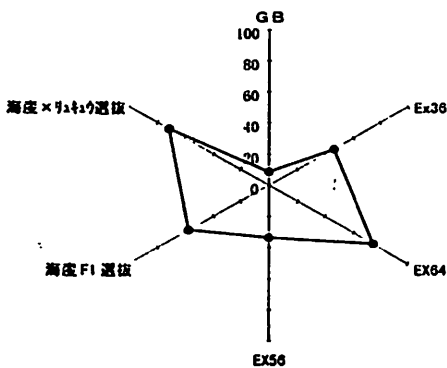


図6 高水温ショック耐性(33℃、8分間)
● 蘇生率(%)

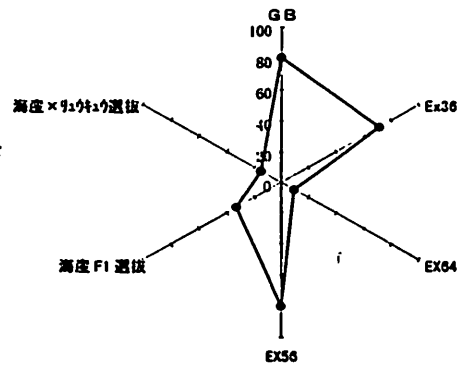


図7 低水温ショック耐性(1℃、3分間)
● 蘇生率(%)

クローン3系統のうち、33℃8分間の高温処理における蘇生率はEX64が74%と最も高い値を示したが、1℃3分間の低温処理では9%と最も低い値を示した。一方、EX56の高温処理における蘇生率は最も低く、低温処理では最も高い値を示し、EX36は両者の中間型を示した(図-6, 7)。

【水温別飼育選抜】

1) 仔魚期における高、低水温選抜試験

各系統の高温側における生残率は、14℃以降、温度が高くなるにしたがって低下し、22℃でほぼ10%となった。また、低温側では各系統とも10℃までは順次低下したが、8℃では再び増加する傾向が認められた。したがって、各系統の仔魚期における選抜水温は、高温側では22℃および低温側では10℃とした。選抜実施後10日

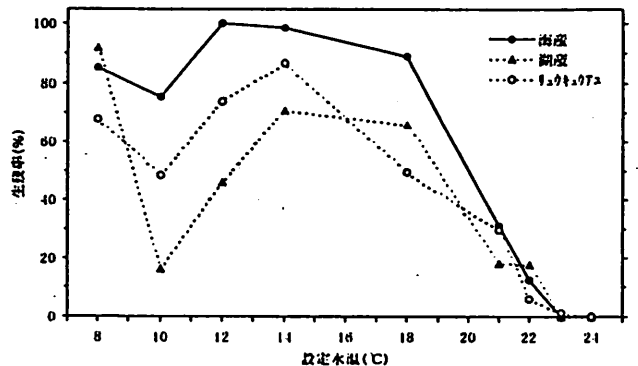


図-8 異なる水温における各系統の仔魚の生残率の比較

間の飼育においては、高温選抜群では順調に推移したが、低温選抜群では顕著な生残率の低下をきたした。また、塩分耐性では、海産が他の2系統に比べて、より高い塩分濃度における生残率が高かった（図-8）。

2) 海産、交雑種の高温選抜群および無選抜群ならびにリュウキュウF1の高水温飼育における成長比較

海産および海産×リュウキュウのいずれの選抜群も、日間成長率で無選抜群を上回った。リュウキュウは、海産無選抜群の日間成長率を上回ったものの、他の2選抜群の成長には劣った。ヘテロクローンは、海産無選抜群についてのみ日間成長率が上回ったが、他の全ての区においては下回った。また、5区のヘテロクローンに点状出血を伴う疾病が発生したため、環境分散の推定はおこなわなかった。

【仔魚期高、低水温選抜法の検討】

1) 異なる昇温速度における死亡率の比較

各系統の実験に供するまでの過去2週間の飼育水温は、海産19.0℃(SD=0.43)、クローン19.7℃(SD=0.45)であった。海産F1仔魚では、1℃/60分の緩やかな昇温速度では死亡率は30℃で全ての個体がへい死するまで対数的に増加したが、2℃/60分および4℃/60分のより速い昇温速度では死亡率は27~28℃付近で急激に上昇し、前者と異なる推移を示した。一方クローンでは、死亡率はいずれの昇温速度でもほぼ直線的に増加し、昇温速度の違いにより死亡率の推移に顕著な差は認められなかった（図-9上）。

さらに、各昇温速度における死亡率と温度を Arrhenius 式に当てはめ、算出した活性化エ

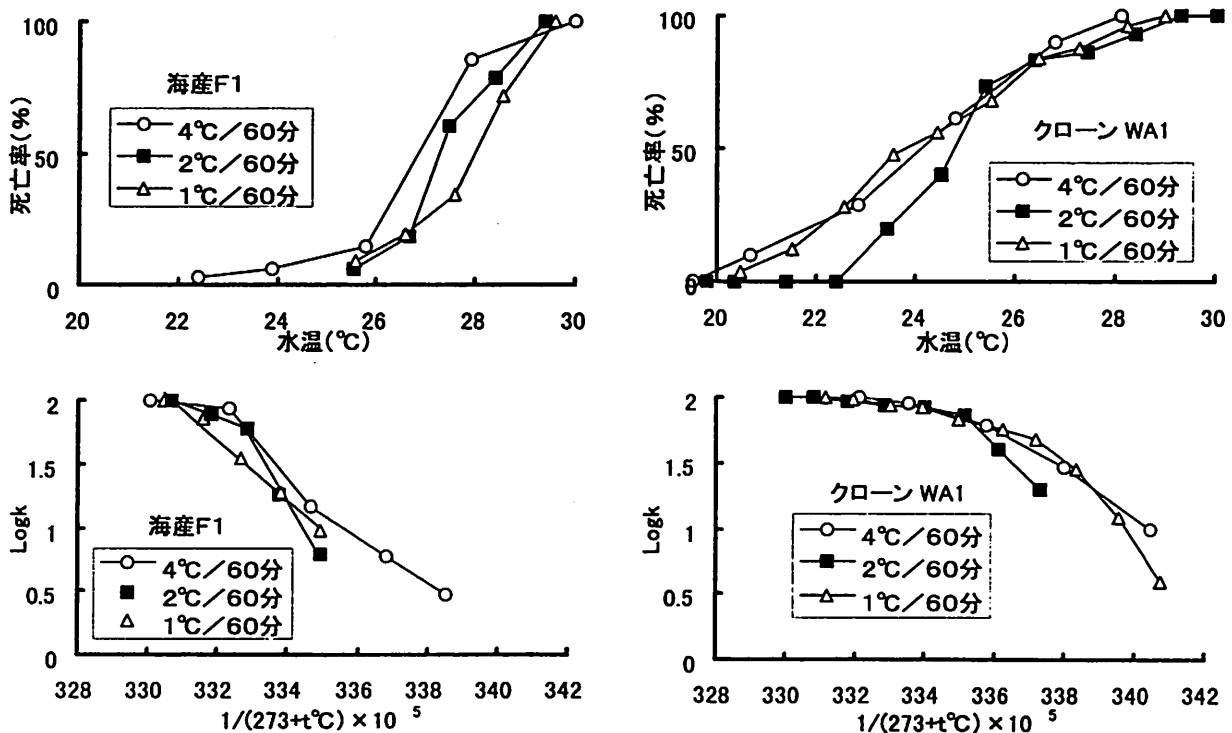


図-9 異なる昇温速度で昇温した場合の死亡率の推移

エネルギーから死亡率 ($k\%$) と温度 ($t^\circ\text{C}$) との関係求めた。その結果、海産 F1 仔魚では $1^\circ\text{C}/60$ 分の昇温速度では、単回帰曲線で近似されたが、 $2^\circ\text{C}/60$ 分および $4^\circ\text{C}/60$ 分のより速い速度では、それぞれ 27.5°C および 27.9°C を変曲点とする 2 相回帰曲線で近似された (図-9 下左)。

$$1^\circ\text{C}/60\text{分} : \log k = 80.315 - 0.237(1/273 + t) \quad [25.6 \leq t \leq 29.6]$$

$$2^\circ\text{C}/60\text{分} : \log k = 157.146 - 0.467(1/273 + t) \quad [25.6 \leq t \leq 27.5]$$

$$: \log k = 35.494 - 0.101(1/273 + t) \quad [27.5 < t \leq 29.4]$$

$$4^\circ\text{C}/60\text{分} : \log k = 79.357 - 0.233(1/273 + t) \quad [25.8 \leq t \leq 27.9]$$

$$: \log k = 11.898 - 0.300(1/273 + t) \quad [27.9 < t \leq 30.0]$$

ここで、 k は死亡率 (%)、 t は水温 ($^\circ\text{C}$) を表す。

一方、クローンでは、いずれの昇温速度においても明確な変曲点は認められず、単回帰曲線で近似された。また、いずれの系統においても、 30.2°C を越えて生存する個体は認められなかった (図-9 下右)。

2) 昇温選抜試験

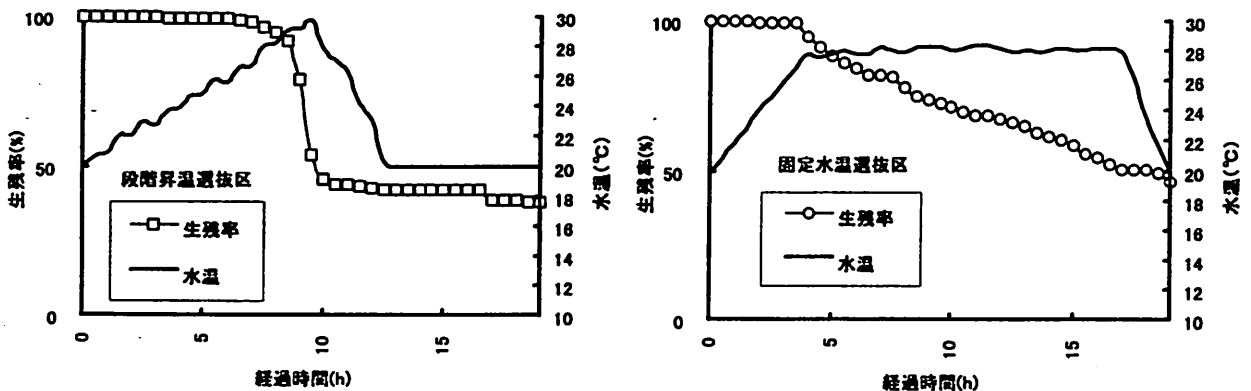


図-10 各選抜区の水温および生残率の推移 (段階昇温選抜区: $1^\circ\text{C}/60$ 分で 30°C まで昇温、固定水温選抜区: $2^\circ\text{C}/60$ 分で 28°C まで昇温)

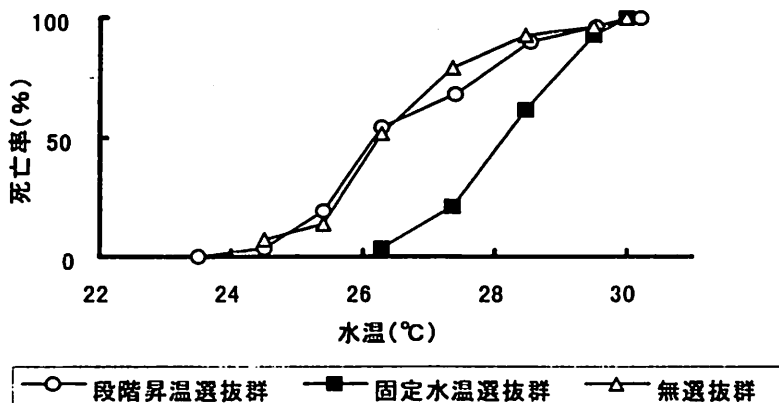


図-11 各選抜群の高温耐性の変化 ($2^\circ\text{C}/60$ 分で昇温)

選抜実施までの過去2週間の飼育水温は、 18.9°C ($\text{SD}=0.38$)であった。段階水温選抜区では、 29°C を越えた時点から急激に平衡喪失個体が増加し、 30°C 到達後およそ30分で残尾数が50%となった。また、 20°C まで降温後も少量のへい死が見られ、最終的な選抜率は38%となった(図-10左)。固定水温選抜区では、 27°C を越えた時点から徐々に平衡喪失個体が増加し、 28°C 到達後残尾数が50%となるまで約13時間を要した。また、 20°C まで降温後もごくわずかのへい死が見られ、最終的な選抜率は47%となった。なお、対象区ではへい死は認められなかった(図-10右)。

選抜から10日後に実施した高温耐性比較試験では、両選抜区の高温耐性に顕著な差が認められた。すなわち、段階昇温選抜群および無選抜群ではともに 24.5°C からへい死が見られ、その後水温の上昇に伴ってほぼ同じ死亡率の推移を示したのに対し、固定水温選抜群では 26°C を越えるまでは全く死亡個体が見られず、明らかな高温耐性の向上が認められた(図-11)。なお、各区の試験実施までの平均水温は、段階水温区 19.9°C ($\text{SD}=0.11$)、固定水温区 20.0°C ($\text{SD}=0.11$)および対象区 20.0°C ($\text{SD}=0.14$)であった。

3) 選抜強度の異なる各群の高温耐性の比較

選抜実施までの過去2週間の平均水温は 19.3°C ($\text{SD}=0.39$)、高温耐性比較までの各区の平均水温はすべて 20.0°C ($\text{SD}=0.10$)であった。固定水温選抜によって得られた選抜群の選抜率はそれぞれ75%、51%および33%であった。対象区ではへい死は認められなかった。選抜から10日後に実施した高温耐性比較試験では、い

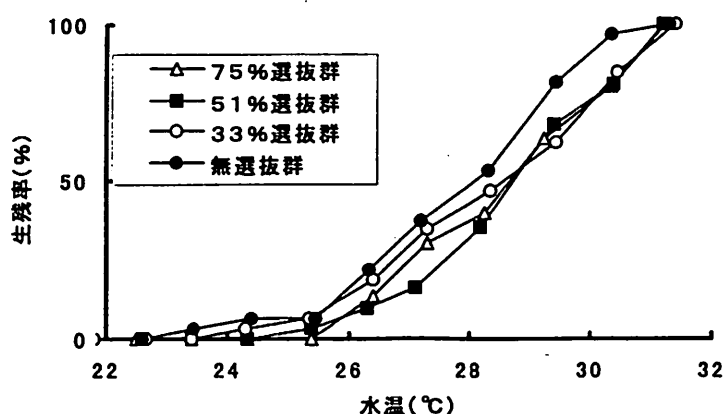


図-12 各選抜群の昇温にともなう死亡率の推移 ($4^{\circ}\text{C}/60$ 分で昇温)

ずれの選抜群の死亡率も無選抜群より低く推移し、高温耐性の向上が認められたが、その差は小さく、選抜率の違いによっても顕著な差は生じなかった(図-12)。

4) 各系統の高温耐性の比較

昇温試験実施までの過去2週間の平均飼育水温は海産 19.1°C ($\text{SD}=0.41$)、

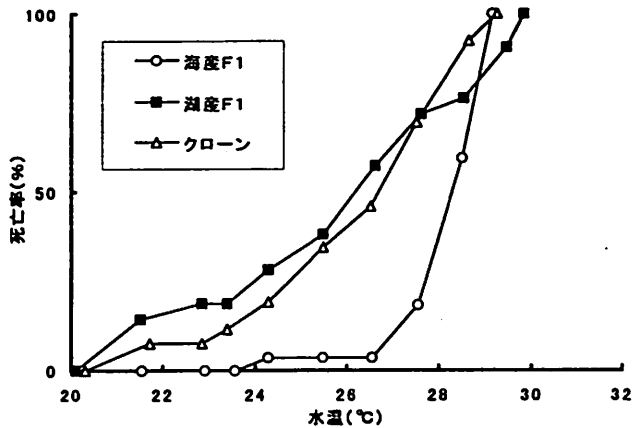
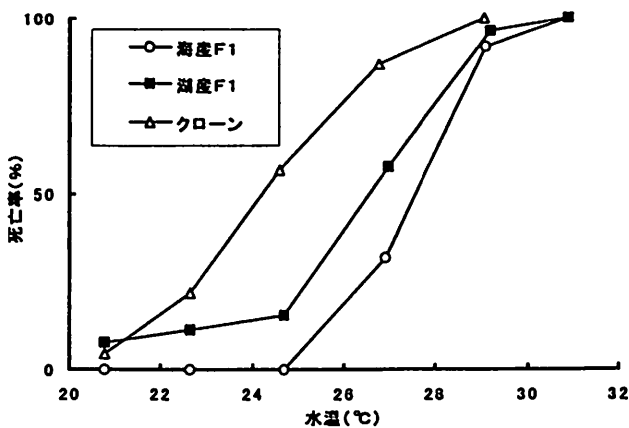


図-13 各系統の昇温にともなう死亡率の推移(左図4°C/60分、右図1°C/60分で昇温)

湖産19.8°C (SD=0.31) およびクローン19.7°C (SD=0.50) であった。4°C/60分の昇温速度では、クローン、湖産および海産の順に高く推移し、海産F1仔魚が一貫してもっとも高い高温耐性を示した。また1°C/60分ではクローンと湖産はほぼ同じ推移を示したが、海産の死亡率は27°Cまでは低く推移し、その後28°Cを越えた時点から急激に増加する傾向を示した(図-13)。

5) 異なる速度で降温し、同じ速度で昇温した場合の蘇生率の比較

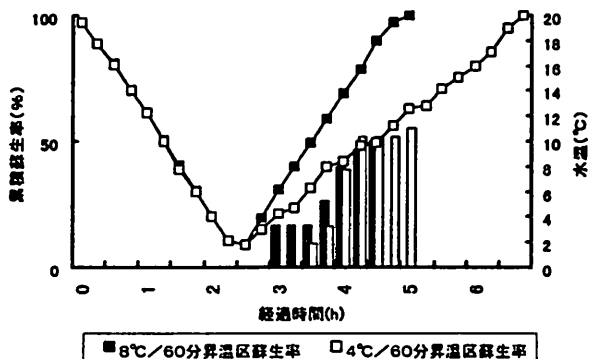
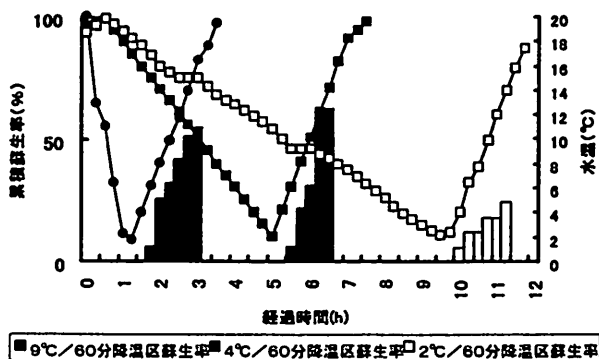


図-14 異なる速度で降温し、同じ速度で昇温した場合の蘇生率(左図)

図-15 同じ速度で降温し、異なる速度で昇温した場合の蘇生率(右図)

いずれの区においても2°Cまで降温した時点で全ての個体が平衡を喪失し、仮死状態となった。各区の蘇生率は昇温に伴い増加したが、最終的な蘇生率は、9°C/60分の降温速度では63%、4°C/60分では55%となり、有意な差は認められなかった(χ^2 検定、 $\alpha=0.01$)のに対して2°C/60分の緩やかな速度では24%と、前2区のいずれに対しても有意に低い値を示した(χ^2 検定、 $\alpha=0.05$)(図-13)。また、同じ速度で降温し、異なる速度で昇温した場合では、蘇生率は8°C/60分の昇温速度では50%、および4°C/60分では55%となり、有意差は認められなかった(χ^2 検定、 $\alpha=0.01$)。なお、試験実施までの過去2週間の平均飼育水温は、前者で19.2°C (SD=0.48)、後者で19.0°C (0.47)であった(図-14)。

【関連基礎技術の検討】

1) アユ精子賦活剤の検討

Aを用いた場合には、精子懸濁液中の精子は懸濁後180分経過後も運動を開始しなかったのに対し、BおよびCの精子は懸濁後30分には運動を開始した。Bでは運動を開始した精子は120分後に1%に達したが、その後は増加しなかった。一方Cでは、60分後に1%に達した後、急速に増加し、180分後では50%に達した。また、授精率の最大値はB、Cいずれにおいても処理後120分でみられたが、Bで18.3%、Cで65.2%と、用いた精漿の種類により顕著な差が認められた。

表-2 各人工精漿による懸濁液中の精子運動能および授精率の変化

放置時間 (分間)	人工精漿A (pH 7.25)		人工精漿B (pH 8.08)		人工精漿C (pH 8.19)	
	授精率 (%)	精子活力	授精率 (%)	精子活力	授精率 (%)	精子活力
0	0	-	0	-	0	-
30	0	-	5.7	-	27.8	-
60	0	-	6.0	-	21.4	1+++
120	0	-	18.3	1+++	65.2	10+++
180	0	-	11.4	1+++	45.6	50+++

精子活力：検鏡による運動性の観察結果、1+++とは約1%の精子が+++（最活発な前進運動）の運動性を持つことを示す。

考察

【系統間比較】

高、低水温選抜の対象として適当な系統を選択し、交雑育種の可能性を検討するため、海産、湖産、リュウキュウおよびそれらの交雑種について、1) 5) 水温別飼育、2) 仔魚期におけるワムシ摂餌速度の比較および3) 成長初期段階における成長差の比較を、また、クローニングによる有用形質固定の可能性を検討するため4) クローンの水温別飼育試験を行った。その結果、海産は湖産に比べてより高い水温での成長が良く、湖産はより低い水温での成長が良い傾向が見られた。また、仔魚のワムシ摂餌速度の比較においても、海産はより高い水温で、湖産はより低い水温で活発な摂餌が見られ、成長と同様の傾向を示した。リュウキュウのワムシ摂餌速度は高水温側で高く、海産と同様の傾向を示したが、孵化仔魚の平均全長では海産より小さく、高、低水温のいずれにおいても成長は海産に劣った。これらのことから、海産およびリュウキュウは高水温系、湖産は低水温系であることが明らかとなった。また、交雑種においては、リュウキュウとの交雑種がすぐれた日間成長率を示したことが注目されるが、リュウキュウを雌親として用いた場合には海産および湖産のいずれとの交雑においても短軀、列鱗異常などの異常が見られたことから、育種素材としては問題があると思われた。

【高、低水温ショック選抜試験】

高、低水温による選抜法の一つとして、供試魚を固定した高、低水温に短時間に暴露し

て生残魚を得る水温ショック選抜法を検討した。これらの選抜を行う際、次代作出に必要な親魚数は、最低でも50尾は必要であると思われた。海産および湖産に対する二重選抜試験、海産、湖産およびリュウキュウに対する32℃高水温ショックおよび1℃低温ショック試験では、海産およびリュウキュウがより高温に強く、湖産がより低温に強い傾向を示し、前述の結果を支持するものとなったが、高水温ショックにより得られた海産および湖産の両系統の選抜魚が必ずしも低水温に強い傾向を示さなかったことから、高、低水温の両方に耐性を持つ系統の作出は、今回用いた選抜方法では困難であると思われる。また、交雑種では、高、低水温ショックのいずれにおいても明らかな母性効果またはヘテロシス効果が認められなかったが、クローンでは、ヘテロクロンの水温別飼育における生残率、日間成長率およびショック試験における高、低水温耐性は、ホモクローンよりすぐれていたことなどから、ヘテロシス効果の可能性については今後各系統の選抜群を親魚とした交雑群の比較などにより再度確認する必要がある。

【水温別飼育選抜】

仔魚期水温別飼育選抜において10日間飼育後の生残率が10%前後となる水温22℃の選抜では、通常の常温飼育に戻して以後の生残に影響は認められなかったのに対し、低温側の10℃の選抜水温では顕著な生残率の低下をきたした。したがって、仔魚期の低温飼育選抜条件については、再検討する必要があると思われる。また、この条件により選抜した海産および海産×リュウキュウの各選抜群の高水温飼育における日間成長率は、それぞれの無選抜群を上回ったことから、仔魚期高水温飼育による選抜は、高温耐性を有する仔魚を選択的に得る手法として有効であり、選抜された形質は稚魚期の高水温飼育試験によっても比較が可能であることが示唆された。

【仔魚期高、低水温選抜法の検討】

魚類の水温耐性に関する指標として、初期致死温度 (Incipient lethal temperature)、最終致死温度 (Ultimate lethal temperature) および臨界最高温度 (Critical thermal maximum) が提唱されており、Brett (1951) は高、低温側の初期致死温度と最終致死温度でかこまれた領域を温度耐忍領域として、サケ科魚類5種について温度耐性の比較を試みている。また、臨界最高温度については Becher & Genoway (1979) によりギンザケおよびブルーギルの一種について比較が試みられている。いずれの方法においても、供試魚は異なる馴致水温で一定期間飼育した後温度耐性試験に供されるが、前者は供試魚を馴致水温から速やかに固定された高、低水温に移し、一定期間に50%死亡した温度、また後者は馴致水温から一定の速度で段階的に水温を上昇または下降させ、供試魚が完全に平衡を喪失した温度により定義される点で異なる。本実験でもちいた供試魚はいずれも後期仔魚であったため、高温耐性の指標としてよりハンドリングの影響が少ない臨界最高温度をもちいた。

臨界最高温度試験では前提条件として次のことが要求されている。

①温度変化の速度は、供試魚の体内温度が外部水温に遅れることなく追従できるものであ

ること②温度変化と経過時間の間には直線性が維持されること③供試魚のサイズは均一であること④供試魚が水平に戻る能力を最終的に喪失する温度を臨界最高温度、その後鰓蓋活動が完全に停止する温度を致死温度として判定を行うことである。

変温動物の臨界最高温度試験において、昇温させる速度が遅すぎると、実験動物が温度に順応し、速すぎる速度では体内温度との間に顕著な温度差が生じて結果に影響を与えることが知られている。

1) および4) で、 $2^{\circ}\text{C}/60$ 分以上の速度で昇温した場合と、 $1^{\circ}\text{C}/60$ 分の場合では、死亡率の推移が異なる傾向を示したことは、 $1^{\circ}\text{C}/60$ 分の緩やかな昇温速度では、供試魚が温度変化に順応する可能性を示唆するものと考えられる。したがって、臨界最高温度試験の定義に従いアユ仔魚の高温耐性を比較するためには、 $2^{\circ}\text{C}/60$ 分以上の昇温速度で行うべきであると考えられる。

反応速度定数と温度との関係をあらわす Arrhenius 式は、生命現象における熱力学の一表現として用いることができる。1) で得られた、各昇温速度における2相回帰曲線および単回帰曲線の勾配は、温度の上昇にともない供試魚が死に至る過程における不可逆的反応の速度を表していると考えられる。したがって、海産F1において、 $2^{\circ}\text{C}/60$ 分および $4^{\circ}\text{C}/60$ 分の昇温速度では、2相回帰曲線で近似された変曲点を境に温度反応の異なる個体群が存在することを示していると想像される。一方、 $1^{\circ}\text{C}/60$ 分において個体群が示した単一の反応は、上に述べた馴致によるものと考えられる。また、クローンで、いずれの昇温速度における死亡率にも変曲点が生じなかったことは、海産F1において同一の昇温速度で見られた異なる温度反応が、それぞれの個体群の遺伝的差違によるものである可能性を示唆するものとして興味深い。したがって、海産選抜群については、次代を作出し、選抜効果の確認を行う予定である。

2) において、段階昇温選抜群では高温耐性の向上が認められなかったのに対し、固定水温選抜群では明らかな向上が認められた。ここで、選抜水温に用いた 28°C が温度反応の変曲点にあたりとすれば、この結果は1)の仮定を支持し、固定水温選抜により変曲点を越えて生存できる個体群が選択的に得られたものと考えられる。

3) で、固定水温選抜により得られた選抜率の異なる3群は、いずれも無選抜群に比べて高温耐性の向上が認められたが、その程度は2)の場合よりも小さく、選抜率による違いも顕著には認められなかった。この理由として、用いた供試魚は2)より日令が高く、成長段階が進んでいたことから、用いた選抜水温が変曲点よりも低く、選抜水温が不十分であったためと想像される。事実、各区において全ての個体が死亡した温度は 31°C を越えており、1)の場合の 30.2°C を大きく上回っていたことから、アユ仔魚の高温耐性は成長にともない向上し、変曲点も変化するものであると推察される。したがって、固定水温選抜の選抜水温については成長段階ごとの詳細な検討が必要であると思われる。

4) 海産および湖産仔魚に見られた高温耐性の系統差は、過去に得られた海産および湖

産成魚に対する高水温ショック試験の結果に反しないことから、アユの温度耐性の系統差は仔魚後期にはすでに生じており、臨界最高温度試験により比較が可能であることが確認された。しかしながら、異なる系統間における温度耐性については厳密には異なる馴致水温に対する臨界最高温度または致死温度で比較する必要があり、今後さらなる検討を要する。

臨界温度試験はまた、低温側の耐性を知る手法としても用いることができる。しかしながら、低温で選抜を行う際には、平衡喪失および死亡の判定が高温に比べて困難であるため、より明確な選抜条件の指標として、全個体が平衡喪失後の昇温にともなう蘇生率の変化を検討した。いずれの降温速度でも、全ての供試魚は2℃で平衡を喪失し、仮死状態となったが、2℃/60分の緩やかな降温速度ではより速い速度に比べて蘇生率が有意に低下した。これは、平衡喪失までに供試魚が暴露された不適水温の規模の違いによるものと考えられる。すなわち、より緩やかな降温速度では、供試魚が不適水温にさらされる時間が相対的に長くなるため、昇温後の蘇生率に影響を及ぼしたと推察される。また、同一速度で降温し、異なる速度で昇温した場合には蘇生率に有意差が生じなかったが、これは、昇温速度がいずれも前に述べた供試魚の体内温度が環境温度に追従できる範囲の速度であったためと考えられる。ただし、本年度はこれらの条件を用いた選抜試験を行っていないため、低温選抜に有効な選抜条件の決定にはさらに検討を要する。

水温の上昇および下降の直線性が要求されるが、本実験で用いた、一連のサーモスタットによる温度制御方法では温度を一定速度で変化させることは困難であることから、今後臨界温度試験の実施にはプログラムコントローラによる精密な温度管理システムをもちいる必要があると考えられる。

謝辞

本事業を推進するにあたり、終始適切な助言、指導を賜った高知大学農学部栽培漁業学科水族生態学講座 谷口順彦教授ならびに関 伸吾助教授、広島大学生物生産学部水産増殖学研究室 中川平介教授ならびに海野徹也助手および貴重なクローンを提供していただいた和歌山県内水面漁業センター 辻村明夫主査研究員に厚くお礼申し上げます。

今後の課題

- ・各系統について、臨界最高、最低温度、初期致死温度、最終致死温度および温度忍耐領域についての各パラメータを求め、さらに精度の高い系統間比較法および形質評価法を確立する。
- ・高、低水温選抜条件について再検討を行い、より効果的な選抜方法を確立する。
- ・高、低水温選抜群からの次代作出により、選抜効果の確認を行う。
- ・作出された高、低水温耐性品種の、量産規模での飼育試験を実施し、事業化への展開を

図る。

- ・クローニングによる有用形質の固定方法を確立する。

引用文献

- Becher,D.C.,Genoway,R.G.(1979) *Env.Biol.Fish.*4(3):245-256.
- Brett,J.R.(1952) *J.Fish.Res.BD.Can.*9(6):265-323.
- Brett,J.R.(1956) *Quart. Rev. Biol.*31(2):75-87.
- Hasegawa,S.,Hirano,T.,Kuniya.N,Abe,Y.,Suzuki,K.(1983) *NipponSuisanGakkaishi.*49(4):569- 575.
- Kashiwagi,M.,Iwai,T.,Yamamoto,H.,Sokabe,Y.(1986) *Bull.Fac.Fish.,Mie Univ.*13:17-24.
- Pickering,A.D.(1981) *Stress And Fish*,pp209-245.London and NewYork:Academic Press.
- Tsuchida,S. (1995) *J.Them.Biol.*20(1/2):35-41.
- 大澤(1982) *メダカの実験*.共立出版,東京,pp26-33,42-46.
- 田崎・鈴木・野村(1993) *埼玉水試研報*.51:72-80.
- 谷口・関・稲田(1983) *日水誌* 49(11):1655-1663.
- 土田・田端・永井(1997) *東海大学紀要*.43:117-129.

アユカケ増養殖技術開発試験

アユカケ（標準和名カマキリ）は、全国的に生息数が減少していると言われ、希少種としての取り組みが望まれる魚である。また、非常に美味であり、その希少価値から地方によっては高額で取り引きされており、内水面の新養殖魚種としても期待される。

本事業では、アユカケの資源保護および養殖への可能性を探るため、Ⅰ 種苗生産技術開発、Ⅱ 養殖技術開発、Ⅲ 河川調査、Ⅳ 放流技術開発の4項目を柱に実施している。また、今年度は、Ⅴ 集団遺伝学的検討も行ったので、その概要を報告する。

Ⅰ 種苗生産技術開発試験

上野 幸徳・西山 勝¹・岡部 正也・佐伯 昭

1 生産後期における配合飼料比較試験

【目的】 種苗生産の餌料系列は、従来、ワムシ・アルテミア・配合飼料・ウナギ練餌をベースにした練餌を適宜組み合わせていた。しかし、アルテミアの調餌は手間がかかり、加えてアルテミア・ショックを引き起こすことも予想されることから、平成7年度に配合飼料による種苗生産試験が行われた。その結果、ふ化35日目以降は配合飼料のみでの生産が可能であることが示唆された。

今年度は、種苗生産後期の稚魚を対象に、配合飼料の種類による比較を行った。

【方法】 供試魚は、平成8年3月8日に養成1才魚から採卵し、種苗生産を行ったものである。6月5日（74日目）に取り上げ、魚体測定を行い、体長、体重をそろえた各30尾を20ℓポリプロピレン製容器4基に収容した。45ℓペールバケツを4基共通の濾過槽として設置し、2/3濃度の人工海水を使用して循環濾過飼育を行った。

【結果と考察】

試験結果は、表1に示した。

結果は、2区が最も良いものとなった。しかし、1区と2区は同成分の飼料である。試験開始時期をやや逸したことから、単に飼料の粒径が供試魚に合わなかった可能性が高く、明確な結果は得られなかった。

生残率については、各試験区とも十分な結果であり、種苗生産後期には市販の配合飼料で育成が可能であると考えられた。

表1 生産後期における配合飼料比較試験結果

使用水槽No.	試-1	試-2	試-3	試-4
水槽容量 (ℓ)	20	20	20	20
投与飼料	おとひめB1	おとひめB2	協和B400	協和C400
飼育開始時 年月日	H8.6.5			
尾数 (尾)	30	30	30	30
総重量 (g)	5.14	5.24	5.44	5.82
平均魚体重 (g)	0.17	0.17	0.18	0.19
飼育終了時 年月日	H8.6.20			
尾数 (尾)	30	30	30	29
総重量 (g)	5.52	6.52	6.18	4.50
平均魚体重 (g)	0.18	0.22	0.21	0.16
生残率 (%)	100.0	100.0	100.0	96.7
総投餌量 (g)	89.2	89.2	89.2	89.2
平均水温 (℃)	18.4	18.3	18.5	18.3

¹ 執筆者（平成9年3月25日から担当）

2 採卵状況

【目的】 従来の天然親魚に頼った採卵では、親魚の採捕状況が種苗生産の制限要因になりかねない。特に、養殖種苗の供給を視野にいと、継代養成親魚による採卵が重要性を増してくる。

平成7年度には、養成1才魚を用いた採卵で、天然親魚での結果とほぼ同等の成果を得ている。しかし、養成0才魚については採卵には適さないとの結果を得た。

今年度は、さらに1年経過した2才魚が同等の成績を得られるか、また、昨年の0才魚が1年経過して採卵親魚として使用できるか、および新規の0才魚がやはり採卵親魚としては不適であるのか確認するため、それぞれの年級群から採卵を試みた。

【方法】 採卵、媒精、卵管理法等は、基本的にはこれまでの方法に準じて行った。

【結果と考察】 各系統の親魚からの採卵状況を表2～5に示した。

表2 天然親魚からの採卵状況

採卵日	1月21日	1月27日	2月2日	2月3日	2月4日	2月12日	2月26日	3月6日
採卵方法	自然産卵	自然産卵	搾出	搾出	搾出	搾出	自然産卵	自然産卵
雌親魚								
全長 (cm)	21.7	18.3	23.1	18.3	21.9	23.4	18.1	17.9
産卵前の体重 (g)	195.9	78.5	196.8	104.9	150.4	230.7	84.2	61.7
卵重量 (g)	38.2	39.6	37.7	20.1	18.5	20.7	12.0	14.8
1gあたりの卵数 (粒/g)	341	469	470	397	570	543	416	458
総卵数 (粒)	13026	18572	17719	7980	10545	11240	4992	6778
雄親魚								
全長 (cm)		19.1	1/27の	19.6	2/3の	21.5	23.6	20.7 23.8
体重 (g)		104.2	搾出保存	120.2	搾出保存	151.8	201.1	144.2 202.7
精巢搾出の有無		有	したもの	有	したもの	有	無(搾出)	無(搾出)
使用精巢重量 (g)		0.4	0.7	0.3	0.3	0.5	0.05	0.1
受精率 (%)	0.0	23.1	19.5	86.0	91.7	68.0	48.2	64.3
発眼率 (%)	0.0	0.0	0.0	56.1	63.1	51.1	44.7	14.1
推定ふ化率 (%)	0.0	0.0	0.0	11.3	37.8		0.9	0.0
推定ふ化尾数 (尾)	0	0	0	2000	7000		100	0
収容した池No.			12(1.0t)	13(1.0t)	13(1.0t)	28(0.2t)		
備考		発見時には産卵から時間が経過していたため媒精せず	媒精せず				廃棄	廃棄

表4 養成1才魚からの採卵状況

採卵日	1月27日	2月5日	2月12日	2月19日
採卵方法	搾出	搾出	搾出	搾出
雌親魚				
全長 (cm)	12.5	11.2	11.5	13.7
産卵前の体重 (g)	35.2	26.0	27.8	45.1
卵重量 (g)	4.2	4.5	4.5	12.3
1gあたりの卵数 (粒/g)	500	560	505	548
総卵数 (粒)	2100	2520	2273	6740
雄親魚				
全長 (cm)	天然親魚	14.2	天然親魚	3才魚
体重 (g)	1/27の	44.2	2/12の	2/19の
精巢搾出の有無	搾出分	有	搾出分	搾出分
使用精巢重量 (g)	0.1	0.3	0.1	0.2
受精率 (%)	42.3	1.3	53.1	86.4
発眼率 (%)	0.0	0.0	49.2	72.2
推定ふ化率 (%)	0.0	0.0	6.1	1.5
推定ふ化尾数 (尾)	0	0	138	100
収容した池No.				28(0.2t)
備考	廃棄	廃棄	廃棄	

各親魚からの採卵結果は、いずれも低調なものであった。問題点としては、以下の事項が考えられる。

・過去の試験から、飼育槽内で自然産卵された卵はほとんど受精しておらず、また、産出から時間が経過した卵は媒精しても受精卵は得られないことがわかっている。排卵は、雌親魚の総排泄口周辺が透き通り、軽く圧迫すると排卵された卵が動くのが肉眼で確認できる。この時に排泄口を少し切開してやれば、良質の卵が得られる。このタイミングをはかるために、産卵期になるとほぼ毎日親魚を取り上げ、確認するが、今年度はこの作業が徹底できなかったため、自然産卵に及んでしまったケースが多かった。

・アユカケの卵は、非常に粘着性の強い粘液で卵塊を形成するため、酸欠になりやすい。そのため、卵管理中は卵管理槽全体を十分に曝気し、なおかつ、卵表面に常に清浄な海水が当たるように、水中ポンプ等で水を循環させる必要がある。しかし、今年度は、シーズン終盤まで水中ポンプを稼働させておらず、卵管理槽全体に水が循環していなかった。サラロックに付着させた卵が脱落してしまうという懸念があったためだが、排卵から搾出のタイミングが良く、良質と思われる卵はそれぐらいでは脱落しない。

・上記のように卵塊を形成するため、死卵が存在すると腐敗が周辺に及んで、発眼前後に全滅してしまうケースが多い。そのため、洗瓶を使用して洗卵を行うが、今年度は徹底できていなかった。

これらのことから、今年度の採卵が不調であったのは、技術の稚拙であった面が否定できず、目的とした知見を得るにいたらなかった。

3 種苗生産状況

【方法】 種苗生産は、基本的にはこれまでの方法に準じて行った。

【結果と考察】 生産は10池程度を用いて試みたが、種苗生産試験として体をなしたのは

表6 種苗生産結果

No.	11	12	13
容量 (t)	1.0	1.0	1.0
形状	長方形	長方形	長方形
飼育方式	循環濾過	循環濾過	循環濾過
使用用水	2/3濃度人工海水	2/3濃度人工海水	2/3濃度人工海水
新魚の由来	養成2才魚	天然親魚	天然親魚
採卵日	1月29～31日	2月2日	2月3～4日
飼育開始日	2月12日	2月14日	2月17日
飼育終了日	5月27日	5月27日	5月27日
飼育日数	105	103	100
推定ふ化尾数	5000	2000	7000
取り上げ時			
尾数	210	932	4811
生残率 (%)	4.2	46.6	68.7
5月1日時点の			
平均体長 (mm)	32.2	33.6	30.6
平均体重 (g)	0.63	0.60	0.45
ワムシ			
期間 (ふ化後日数)	2～35	2～35	2～35
日数	34	34	34
総投餌量 (百万個体)	235.9	259.1	286.3
日間投餌量 (万個体/日)	693.9	762.1	842.1
アルテミア			
期間 (ふ化後日数)	5～40	5～40	5～40
日数	36	36	36
総投餌量 (百万個体)	138.9	107.4	177.2
日間投餌量 (万個体/日)	385.8	298.4	492.3
配合飼料			
期間 (ふ化後日数)	10～104	10～102	10～99
日数	95	93	90
総投餌量 (g)	3297.5	2380.0	3952.5

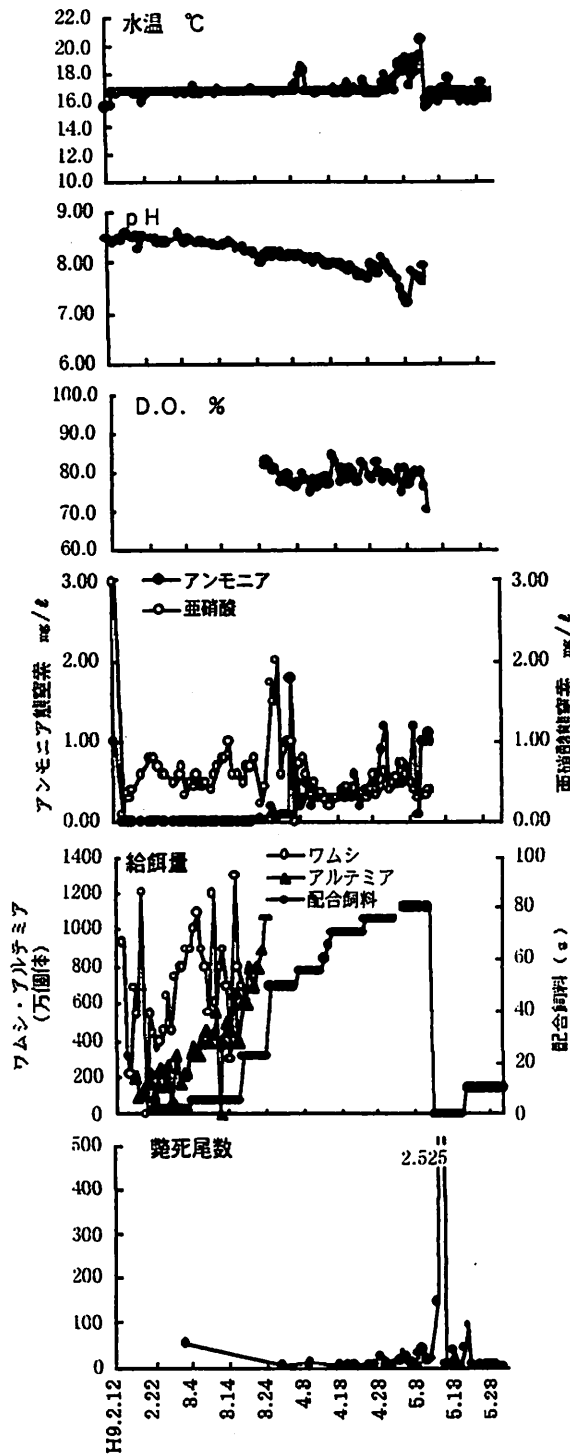


図1 No.11水槽の飼育経過

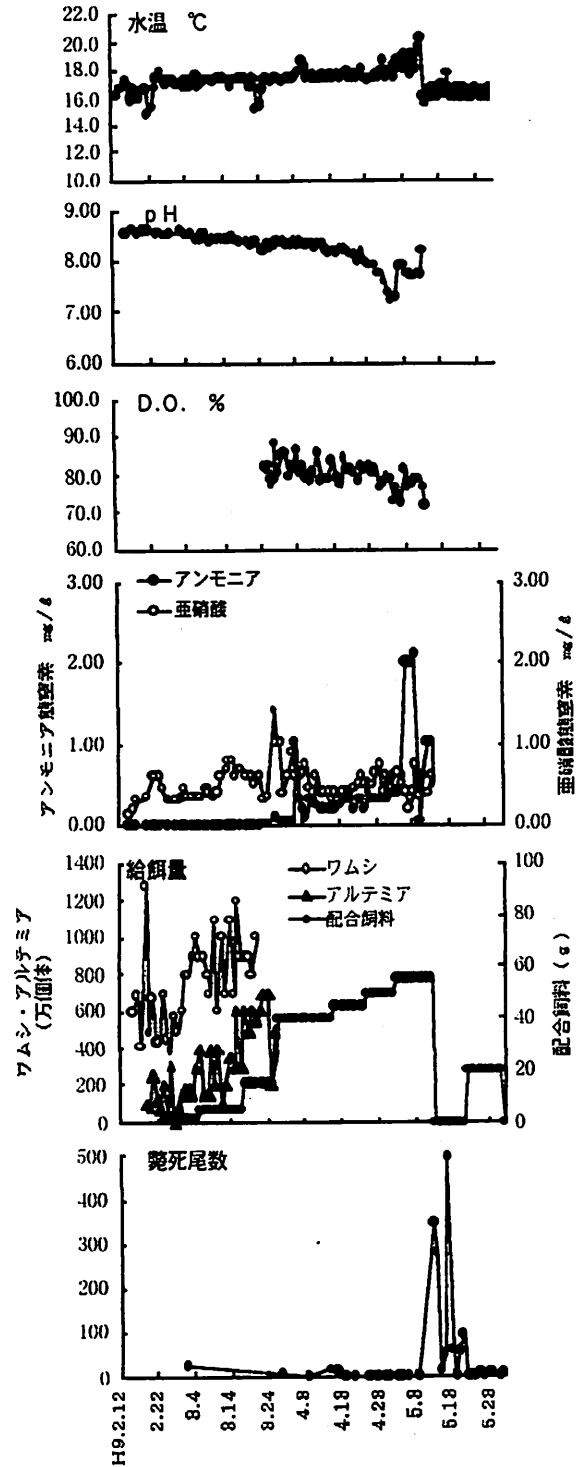


図2 No.12水槽の飼育経過

3池のみで、その種苗生産結果を表6に示した。また、環境等の飼育経過を図1～3に示した。

3池ともに30～40日目にかけて、やせて活力のないものが目立ちだした。ワムシ、アルテミアの投餌期間は、例年と同様に行ったが、アルテミアの投餌量が例年の倍程度になっていたのが特徴的な事項であった。当センターではアルテミアの供給量に限度があり、例年の多数の飼育槽を用いた生産時には、各池のアルテミア投餌量が制限される。しかし、

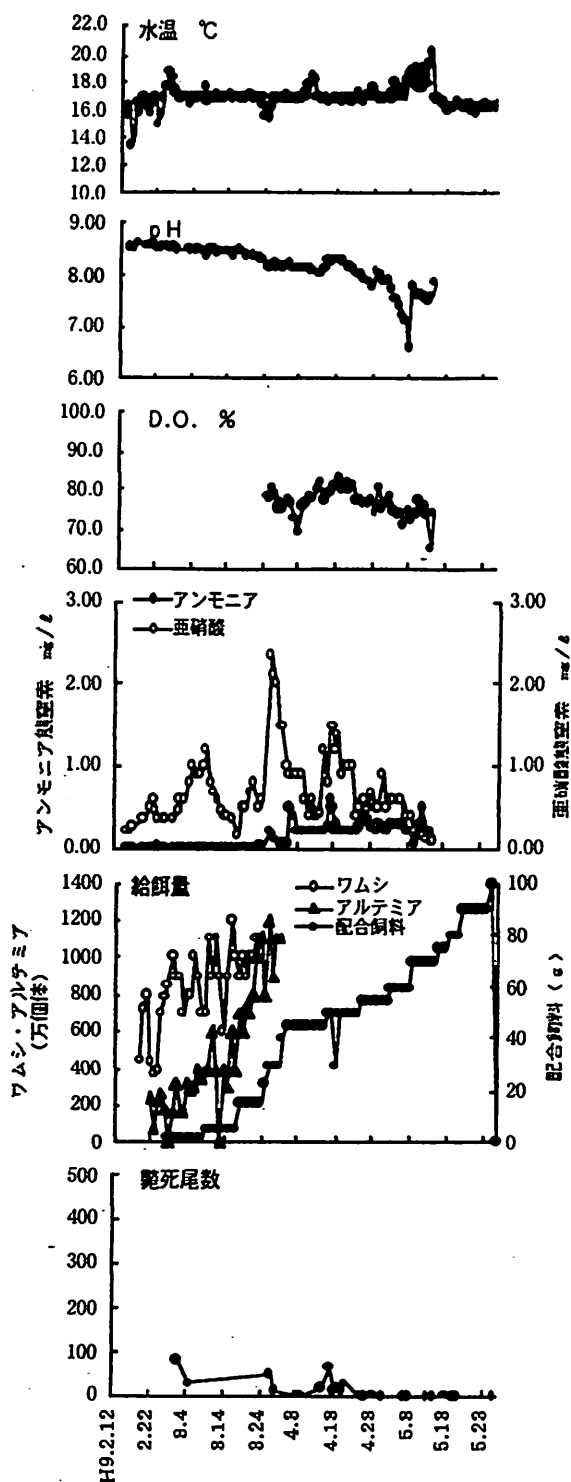


図3 No.13水槽の飼育経過

の遅れが悔やまれる結果となった。加えて、ひとつの要因として、生産開始前の濾過槽の立ち上げが、例年に比べるとはなはだ不十分であったという事実があり、準備作業の重要性が再認識させられた。

また、例年淡水馴致前後にビブリオ病 (*V.anguillarum* B-Type) の発生があり、減耗要因になっていたが、本年度は発生しなかった。同様に、腹水の貯留を伴う原因不明の大量斃死が頻発していたが、それも起こらなかった。ビブリオ病は飼育水の濁りに対応して起

本年度は飼育槽が少なかったために、結果的に各飼育槽へのアルテミア投餌量が多くなった。アユカケ仔魚は、アルテミアを投餌すると優先的にアルテミアを摂餌ようになることから、すでにこの時期、配合飼料に対し良好な摂餌を示していたにも関わらずアルテミアの大量投餌を続けたため、活力不足に陥ったと考えられた。アルテミアの投餌を40日目でやめ、配合飼料単独の飼育に切り替えたところ、完全に復調した。

また、65日目頃から自動給餌器を導入したところ、給餌器の稼働時刻になると給餌器の下に蝸集し、競い合って浮上して摂餌するのが観察された。これにより残餌がほとんど出なくなり、底掃除の必要がなくなった。

その後は、順調に生育が続けたが、配合飼料の給餌量増加に伴い、アンモニア態窒素が上昇したのに加え、80日目頃に気温が30℃前後にまで上昇したため、飼育水温が急激に上昇し、その相乗作用と思われる大量斃死がNo.11と12水槽で発生した。すでに淡水馴致可能なサイズであったため、急速に淡水流水飼育に移行したところ、斃死は収まった。No.13水槽では直前のアンモニア態窒素が若干低かったため、難を逃れた。その後、完全に復調するまで取り上げ、魚体測定を控えたため、表6のデータは欠落しているが、5月1日(78~73日目)の魚体測定時には十分に淡水馴致可能なサイズになっていたことから、淡水馴致

この事例が多く、また、腹水貯留については餌料性の疾患が疑われている。例年は、練餌の投餌を行っていたが、本年度は海産稚魚用のEPに全面的に切り替えたことが、好結果を生んだと考えられた。

アンモニア態窒素の上昇と高水温への対応については、前述のとおり事前の濾過槽の立ち上げを十分に行うことと、淡水馴致のタイミングを逸しないことが重要である。本県では4～5月に気温30℃前後まで上昇することがあり、そのような気候変動に左右されることのないように早期採卵への取り組みも必要である。

II 養殖技術開発試験

上野 幸徳・西山 勝¹・岡部 正也・佐伯 昭

1 配合飼料比較試験

【目的】 従来、種苗生産後期～親魚は、ウナギ用配合飼料をベースにした練餌を給餌していた。しかし、練餌は調餌に手間がかかるうえに、一口サイズにちぎり分けて給餌する必要があり、多大な労力と時間を要する。養殖種としての展開を図るには、自動給餌器の使用も含めて配合飼料の導入が不可欠であるため、従来の練餌および数種の市販配合飼料による比較を行った。

【方法】 供試魚は、表1に示したとおり、由来の異なるものである。それぞれの試験供試予定魚に対し試験飼料をあらかじめ7日間給餌し、各飼料に馴致してから試験に供した。6月20日に、各100尾ずつを体重をそろえて選び出し、200ℓポリエチレン製タンク5基に收容した。各区30尾ずつ魚体測定を行った。それぞれのタンクに45ℓペールバケツを濾過槽として設置し、2/3濃度の人工海水を使用して循環濾過飼育を行った。

【結果と考察】 結果は表1に示した。供試魚の由来が異なること、また、試験前の養成飼料が異なり、前歴がそろっていないことから、試験としては成立していない。強いて結果を読みとるとするならば、成長、生残率いずれにおいても、アユ用配合飼料は養成に不適であると考えられる。練餌と各種配合の混合区では練餌だけを摂餌し、固形の配合飼料は残餌となっていた。これらのことから、アユカケについては、海産肉食魚として考え、適正な配合飼料を選定すること、および種苗生産時から練餌の使用はやめ、配合飼料による一貫養成を検討することが今後の課題と考えられた。

表1 配合飼料比較試験

使用水槽No.	33	34	35	36	37
水槽容量 (ℓ)	200	200	200	200	200
投与飼料	SD-B	練餌+SD-B	練餌+あゆっ子4号	練餌	あゆっ子4号
供試魚の由来	親魚	天然親魚	天然親魚	天然親魚	天然親魚
採卵日	H8.3.8	H8.2.25	H8.2.25	H8.2.2	H8.2.2
飼育開始時	年月日 H8.6.30				
尾数 (尾)	100	100	100	100	100
総重量 (g)	26.47	25.60	23.67	26.53	26.47
平均魚体重 (g)	0.26	0.26	0.24	0.27	0.26
飼育終了時	年月日 H8.7.19				
尾数 (尾)	83	86	79	82	72
総重量 (g)	43.88	54.52	39.34	42.42	30.77
平均魚体重 (g)	0.53	0.63	0.50	0.52	0.43
生残率 (%)	83.0	86.0	79.0	82.0	72.0
総投餌量 (g)	93.1	86.9	72.0	83.5	71.1
平均水温 (℃)	20.0	19.8	19.8	19.4	19.5

2 給餌率比較試験

【目的】 市販配合飼料を用い、最適な給餌率を求めるための試験を行った。

【方法】 供試魚は、平成8年3月8日に養成1才魚から採卵し、種苗生産を行ったもの

¹ 執筆者

である。6月20日に魚体測定を行い、体長、体重をそろえた各30尾を20ℓポリプロピレン製容器4基に収容した。45ℓペールバケツを4基共通の濾過槽として設置し、2/3濃度の人工海水を使用して循環濾過飼育を行った。

【結果と考察】 結果は表2に示した。残餌は、特に給餌量の多い試験区において目立ったが、回収、測定を行っていないので、日間摂餌率、飼料転換効率等の情報は得られなかった。しかし、試験終了時の体長、体重に各試験区間での有意差は認められなかったため、最適給餌率は本試験での最小設定値の4%より小さいと考えられた。

表2 給餌率比較試験結果

使用水槽No.	試-1	試-2	試-3	試-4
水槽容量 (ℓ)	20	20	20	20
投与飼料	SD-B			
給餌率 (%)	4.0	6.0	8.0	10.0
飼育開始時 年月日	H8.6.20			
尾数 (尾)	30	30	30	30
総重量 (g)	7.84	8.00	8.64	8.20
平均魚体重 (g)	0.26	0.27	0.29	0.27
飼育終了時 年月日	H8.7.19			
尾数 (尾)	30	28	28	29
総重量 (g)	14.36	14.44	14.50	14.14
平均魚体重 (g)	0.48	0.52	0.52	0.49
生残率 (%)	100.0	93.3	93.3	96.7
総投餌量 (g)	11.23	17.28	23.04	28.22
平均水温 (℃)	19.5	19.5	19.5	19.5

表3 海水濃度別飼育試験

使用水槽No.	33	34	35	36
水槽容量 (ℓ)	200	200	200	200
海水濃度	1/5	1/10	1/20	淡水
投与飼料	SD-B			
飼育開始時 年月日	H8.7.23			
尾数 (尾)	100	100	100	100
総重量 (g)	78.00	68.67	70.67	73.67
平均魚体重 (g)	0.78	0.69	0.71	0.74
飼育終了時 年月日	H8.8.23			
尾数 (尾)	88	97	89	91
総重量 (g)	139.63	123.51	93.45	98.28
平均魚体重 (g)	1.59	1.27	1.05	1.08
生残率 (%)	88.0	97.0	89.0	91.0
総投餌量 (g)	61.6	58.8	53.2	64.4
平均水温 (℃)	20.4	20.5	20.6	20.4

3 海水濃度別飼育試験

【目的】 淡水飼育に移行すると、残餌等の影響で飼育槽中がすべてミズカビに覆われ、アユカケの生育に悪影響を及ぼす。ミズカビ防除を目的として、海水濃度別の飼育試験を行った。

【方法】 供試魚は、由来不明の0才魚である。7月23日に、各100尾ずつを体長、体重をそろえて選び出し、200ℓポリエチレン製タンク5基に収容した。各区30尾ずつ魚体測定を行った。それぞれのタンクに45ℓペールバケツを濾過槽として設置し、収容時は2/3濃度の人工海水、その後、淡水の注水により1/5海水区は4日、1/10海水区は5日後、1/20海水区は9日後に所定の海水濃度に調整した。

【結果と考察】 結果は表3に示した。1/5～1/20海水区ではミズカビは発生しなかった。淡水区では5日目からミズカビの発生が認められ、以後試験終了まで1日おきに掃除が必要となった。しかし、単にミズカビの塩分耐性を見るならば、実際の飼育試験によらずとも、*in vitro*の実験で十分であったと思われる。むしろ、問題はミズカビが発生する環境にあると考えられ、本試験においては、給餌量を6%の高率に設定していたため、淡水区では常に残餌があり、それがミズカビ発生の温床になっていた。配合飼料での最適給餌率の確認が必要である。

4 水温別飼育試験

【目的】 アユカケの生育に最適な水温を求めるため、水温別飼育試験を行った。

【方法】 供試魚は、由来不明の0才魚である。7月23日に、各100尾ずつを体長、体重をそろえて選び出し、200ℓポリエチレン製タンク5基に收容した。各区30尾ずつ魚体測定を行った。それぞれのタンクに45ℓペールバケツを濾過槽として設置し、循環濾過飼育を行った。收容翌日から約1日で各所定の水温に設定した。

【結果と考察】 結果は表4に示した。成長、生残率の結果から23℃以上はアユカケの生育に不適であると考えられた。しかし、水温別飼育試験としては、水温の変動幅が大きすぎると考えられるので、厳密な水温管理による再試験および20℃以下の水温設定区を設けた比較試験が必要である。

表4 水温別飼育試験

使用水槽No.	37	38	39
水槽容量 (ℓ)	200	200	200
設定水温 (℃)	20	23	26
投与飼料	SD-B		
飼育開始時 年月日	H8.7.23		
尾数 (尾)	100	100	100
総重量 (g)	80.33	72.00	76.33
平均魚体重 (g)	0.80	0.72	0.76
飼育終了時 年月日	H8.8.23		
尾数 (尾)	90	90	81
総重量 (g)	139.50	131.40	85.86
平均魚体重 (g)	1.55	1.46	1.06
生残率 (%)	90.0	90.0	81.0
総投餌量 (g)	199.7	200.2	194.6
水温 (℃) 平均	20.3	23.1	25.7
標準偏差	0.95	0.76	0.96
最大	25.7	24.5	27.4
最小	18.4	19.6	20.6

5 0才魚斃死防止試験

【目的】 種苗生産、養成したアユカケは、0才魚で成熟することが明らかとなっている。しかし、自然産卵あるいは人工採卵によってもふ化仔魚はほとんど得られず、たとえふ化仔魚が得られたとしても、産卵数自体が少ないため、種苗生産に供するには適当ではない。そのうえ、これまでの養成試験の結果では、毎年、成熟した0才魚が正常に排卵に至らず、1～4月にかけて大きく減耗することが大きな問題であった。その原因として、成熟期においても淡水飼育を行っており、そのために異常排卵を起こし、斃死するのでは

ないかと考えられたため、本年度は、天然親魚らと同様に成熟期を海水飼育することで正常排卵、自然産卵あるいは吸収を促し、減耗を食い止めることを目的とした。

【方法】 供試魚は、平成8年2月に天然親魚および養成1才魚から採卵し、種苗生産した0才魚である。平成8年12月3日に、7m×1.5m×0.7mのFRP7t水槽に収容し、飼育を開始した。通気はエアーストーンで行い、100mmのステンレスボルトを足とした60cm×45cmのスレートパネル数枚と、数個のコンクリートブロックを沈設し、シェルターとした。飼料は、ハマチ用ソフトドライペレットを魚体重の1～2%を目安に与えた。月に1度、すべてを取り上げ、総重量と尾数を測定し、水槽の洗浄を行った。

【結果と考察】 飼育期間中の水温と斃死尾数の推移を図1に示した。飼育を開始した12

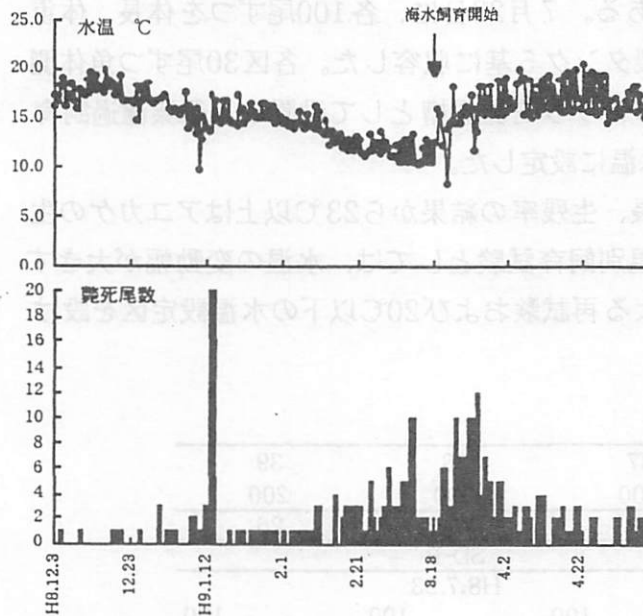


図1 飼育期間中の水温と斃死尾数の推移

月以降、水温の低下に伴い斃死が続き、2月に入ってからは徐々にその尾数が増加していった。1月13日の斃死尾数が突出しているのは、計量時に、腹水が貯留し生残の見込みのないものを除いたためである。

期間中に確認した総斃死尾数は266尾で、そのうち雌雄が判明したもの204尾のうち雌は180尾、雄は24尾であった。特に2月以降では、総斃死尾数219尾、雌雄が判明した189尾のうち雌が175尾、雄が14尾と、斃死魚の大半を雌が占めた。

斃死魚の症状は、12～1月は腹水が貯留したものが多かったが、2月以降では、過熟卵を持ったままか、あるいは、

自然産卵後に斃死したものがほとんどであった。また、一部の魚については、人工採卵に供した後、採卵作業の稚拙さにより、腹部や腹腔内、臓器に内出血を起こし、斃死したのも散見された。

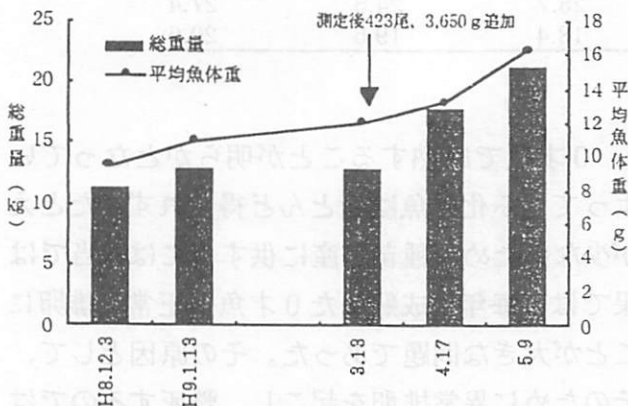


図2 総重量、魚体重の推移

期間中の総重量と平均魚体重の推移を図2に示した。3月から4月にかけての総重量の増加は、別水槽で飼育していた0才魚423尾を3月13日に混育したためである。1月から3月にかけての増重の鈍化は、水温が低下し成長率が低下したせいもあるだろうが、主な原因は産卵によるものと思われる。逆に12月から1月の伸びは生殖腺重量の増加によるものと推察される。4月以降

は順調に増重した様子が見える。

試験開始時の収容尾数は、1,200尾であった。なお、途中で混育した423尾を含め、飼育終了時の生残尾数は1,320尾であった。その結果、生残率は81.3%となり、例年に比べると高いものとなった。

しかし、目的とした海水飼育による減耗防止については、海水飼育に移行したのが、斃死が既に始まってからと遅過ぎたため、効果が判然としなかった。また、仮にこの方法によって異常な斃死は防げたとしても、成熟、産卵に伴って成長が著しく鈍化するため、養殖に不利なことには変わりがない。成熟自体を抑制する技術の開発が強く望まれる。

III 河川調査

西山 勝・佐伯 昭

1 採捕調査

【目的】 例年の調査対象河川としている奈半利川において、遡上状況の追跡を行った。

【方法】 調査方法は、平成7年度の方法に準じて行った。採捕用具は、昨年までのエビ手網、刺網に加え、降河親魚用にカニ籠も使用した。調査定点は平成7年度と同様に、奈半利川河口部をSt.1、田野堰付近をSt.2とした。

採捕したアユカケは持ち帰り、全長と体重を測定した。

【結果と考察】 採捕した0才魚と多年魚の時期別の体長を図1、2に示した。平成7年

度の調査では、4月中旬にはすでに相当数の遡上が確認されたが、本年度は4月18日の調査では1尾しか確認できておらず、遡上が若干遅れ気味であったと考えられた。採捕数においても、平成7年度はピーク時の調査では100尾を越えていたが、本年度は50尾程度にとどまり、遡上量自体も若干少ないように感じられた。その傾向は、夏季のSt.2においても同様であり、確認、採捕できた尾数は平成7年度をかなり下回った。採捕状況については、IV放流技術開発試験の表2に示した。

採捕魚の全長-体重関係を図3に示した。

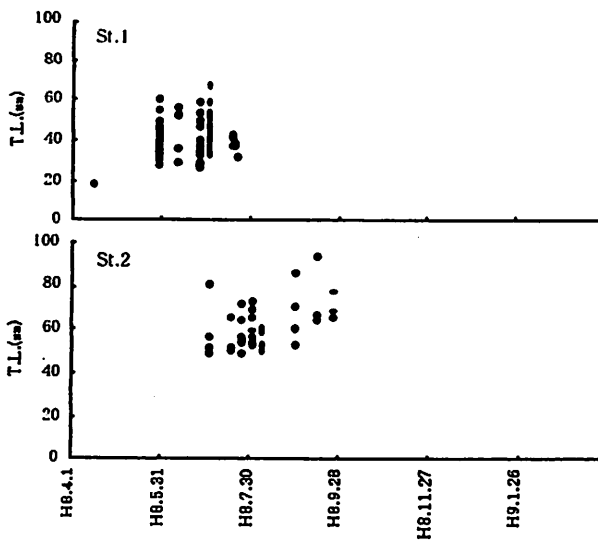


図1 採捕した0年魚の全長の推移

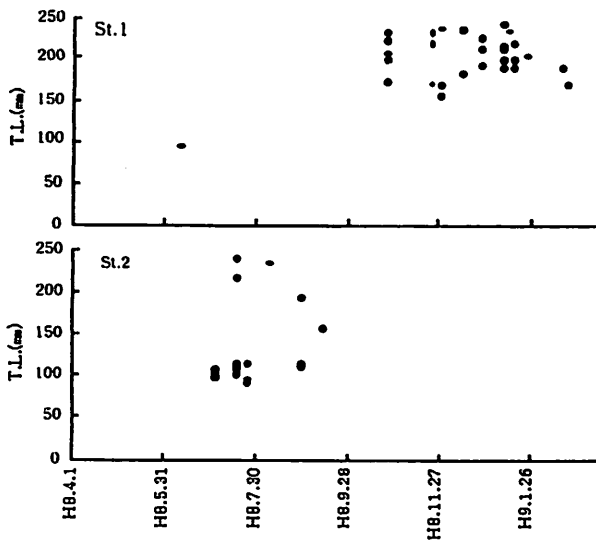


図2 採捕した多年魚の全長の推移

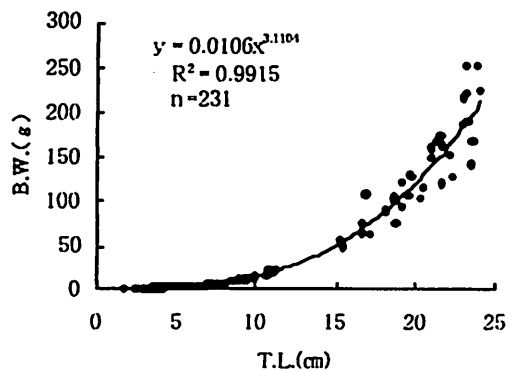


図3 全長-体重関係

2 生息確認調査

【目的】 7年度の生息確認調査において、四万十川と仁淀川では0年魚の確認がなされなかったため、本年度は遡上期を対象に両河川の調査を行った。

【方法】 遡上期のアユカケを確認するため、四万十川は平成8年5月9～10日、仁淀川は5月16日に調査を行った。調査地点は、四万十川は通称「赤鉄橋」と呼ばれる四万十川橋から上流約200mの範囲、仁淀川は八田堰下流約200mの範囲で行った。調査は各2名で行い、エビ手網により採捕し、全長と体重を測定した。

【結果と考察】 四万十川、仁淀川ともに、稚魚の遡上が確認された。各河川での採捕魚の全長-体重関係を図4、5に示した。

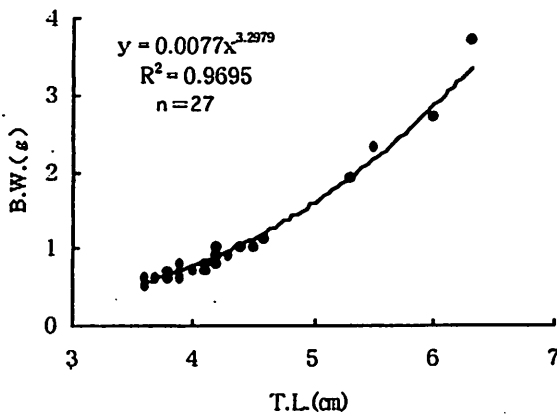


図4 四万十川で採捕されたアユカケの全長-体重関係

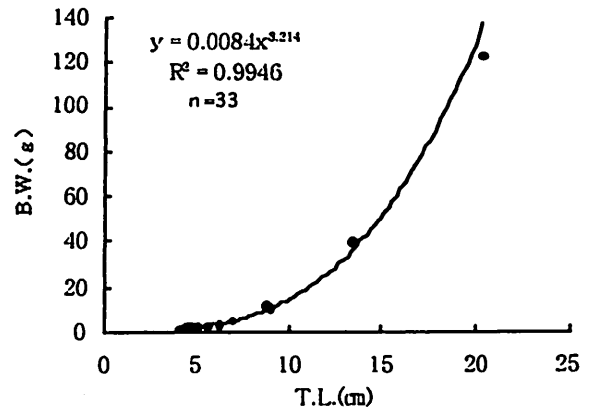


図5 仁淀川で採捕されたアユカケの全長-体重関係

四万十川においては、漁業者への聞き取りも行うことができた。それによると、ヨシノポリ等の遡上稚魚を漁獲する「上りうえ」において遡上盛期には数10～100尾単位で混獲されるとのことであった。しかし、アユカケは骨が硬く、ヨシノポリに混じると価格が下がることから、選別によって除かれる。漁業者にとっても、アユカケは生息数の減少した貴重な魚であり、資源保護の観点から、漁場で選別し再放流することを申し合わせているとのことであった。

3 アユカケの寄生虫

平成7年度に物部川で採捕し、当センターで飼育していたアユカケの肝臓に黒褐色に変性したような部位が見つかった。当初は、肝臓組織の変性が起こっているものであろうと見過ごしていたが、物部川産アユカケを解剖する度にそのような部位が存在し、個体によっては、複数の部位に渡って確認された。そこで、その部位を摘出してみたところ囊状の物体であり、その囊状物は主に肝臓を中心に埋没するような形で存在していた。そこで、その囊状物を切開したところ、中に吸虫らしき寄生虫を発見した。東京大学小川助教授に同定を依頼したところ、吸虫 *Isoparorchis hypselobagri* の幼虫とのことであった。

小川助教授によると、*I. hypselobagri* は、オーストラリア、インドネシア、インド、中国、日本、シベリアに分布し、日本国内では琵琶湖、霞ヶ浦他複数の地点で確認されているとのことである。終宿主は、日本ではナマズとギバチで、成虫は鰻に寄生する。幼虫は

他器官に寄生するが、同様に他の多くの淡水魚にも幼虫が存在することが確認されている。アユカケでは初確認である。これら多くの淡水魚が中間宿主かどうかは不明である。第1中間宿主は不明であるが、他の吸虫と同様に巻貝である可能性が高い。

物部川水系での発見は初とのことであり、その後、終宿主の確認のため、物部川水系の農業用水で採捕したナマズを小川助教授に送付したところ、本種の寄生が確認された。

当センターでアユカケの増養殖事業に取り組んでからというもの、県内河川で採捕したアユカケを多数解剖したが、物部川以外のアユカケでは、同様の嚢状物には気付いたことがない。第1中間宿主となる生物が、物部川にだけ生息している可能性があるが、詳細は不明である。同時に、物部川産でも当才魚では嚢状物に気付いたことがない。しかし、物部川ではアユカケの生息数が他の河川より少ないと考えられ、採捕数も少ないため、寄生時期等の推測は現時点では不可能である。

本吸虫のアユカケへの影響は不明である。しかし、数河川のアユカケを飼育した経験から、物部川のアユカケは飼育下では斃死しやすい傾向にあると感じる。吸虫を包む嚢状物が、肝臓を中心に埋没しているような状態であるため、組織を圧迫し、何らかの影響を与えているのではないかと考えられる。

IV 放流技術開発試験

上野 幸徳・西山 勝¹・佐伯 昭

1. 目的

アユカケの放流技術に関する知見を得る。

2 方法

1) 稚魚放流

表1 アユカケ稚魚放流状況

放流日	尾数	平均全長(mm)	平均体重(g)
平成8年6月7日	3,200	31.5	0.44
平成8年6月12日	4,400	31.0	0.41
平成8年7月3日	2,411	35.8	0.66
計	10,011		

供試魚は、平成8年2月に奈半利川産天然親魚および継代養成1才魚から採卵し、当センターで種苗生産したアユカケ0才魚である。放流

日、尾数、魚体のサイズを表1に示した。放流魚は、全尾数の右腹鰭を切除し標識とした。放流場所は、平成7年度と同じ奈半利川左岸の河口から約200mの地点である。

放流当日、1袋あたり500尾を目安にウナギ出荷用のビニール袋に酸素詰めし、大型スチロール容器(60×70×110cm)に収容して運搬した。容器には氷を収容し、運搬中の水温上昇を防いだ。

2) 追跡調査

追跡調査は、前章の河川調査と同様に実施した。再捕魚については、腹鰭切除の有無を確認した。また、平成7年度(平成8年3月)にALC染色発眼卵放流を実施したので、再捕魚のうち0才魚については持ち帰って耳石を摘出し、蛍光顕微鏡下(UV励起)で蛍光反応の有無を確認した。

3 結果と考察

1) 稚魚放流

放流時の潜水観察の結果、第1回目、2回目の放流直後、大型のハゼ科魚類による捕食が相当観察された。そこで、3回目の放流では若干大きな種苗を放流したところ、捕食行動はほとんど観察されなかった。サイズにするとわずかの差ではあるが、放流実施サイズは全長35mm以上が目安であると考えられた。

また、1回目放流時の運搬では、スチロール容器に袋を収容した際、砕氷を袋の上から大量に振りかけたため、放流場所に到着したときには水温が約10℃まで下降し、現場水温との差が10℃近くあった。加えて、テレビ取材のスケジュールに配慮したため、水温合わせができないままに放流されてしまい、多数の斃死魚がでた。2回目以降は、運搬時には拳大の氷をタオルに包んだ上で袋の隙間に収容したところ、現場水温との差がほとんどなく到着でき、そのうえで十分に水温合わせを行ったため、1尾の斃死魚もでなかった。

¹ 執筆者

2) 追跡調査

追跡調査の結果、再捕されたアユカケの内訳を表2に示した。人工種苗放流魚は、放流直後の6月26日と7月3日に再捕された。再捕地点は、放流した左岸側ではなく、右岸側および堰堤直下の河川中央部に集中していた。

St.1付近の底床は、左岸側は砂泥質で人頭大以上の大きさの石が点在し、川の中央部から右岸側にかけては拳大の石あるいは砂礫底が続いている。これまでの調査から、アユカケは砂泥質、あるいは適当な大きさの石であっても泥を被ったようなところは好まず、水流によって洗われている石を好む傾向にある。また、大型魚は大きな石の下に潜んでいることが多いが、小型魚、特に0才魚は数cm大の砂礫底に定位していることが多い。St.1の右岸側と堰堤直下の中央部付近がまさにそのような底質であり、今回の再捕場所は天然魚の採捕の傾向とも一致するものであった。

しかし、7月3日の再捕を最後に、その後放流魚を再捕することができなかったため、それ以降の移動、成長についての知見を得ることはできなかった。

9月13日に、St.2において左腹鰭切除魚を再捕した。これは、平成7年5～7月にSt.1において採捕した天然遡上0才魚341尾を標識再放流したものである。この個体は、T.L.15.4cm、B.W.54.2gに成長していた。しかし、これもわずか1尾の再捕のため、有用な知見は得られなかった。

0才魚の耳石観察は、182尾について実施したが、ALC標識は確認されなかった。

表2 アユカケ再捕状況

調査日	St.1の採捕尾数					St.2の採捕尾数				
	0才魚		多年魚			0才魚		多年魚		
	天然魚	右切除	天然魚	右切除	左切除	天然魚	右切除	天然魚	右切除	左切除
5月30日	46									
6月12日	4		1							
6月26日	29	6								
7月3日	51	9				5		5		
7月18日						3		7		
7月25日						6		3		
8月1日	7					7		7		
8月8日						4		1		
8月30日						11				
9月13日						5				1
9月24日						4				
10月24日			5							
11月22日			3							
11月28日			1							
11月29日			3							
12月13日			3							
12月25日			3							
1月9日			5							
1月13日			1							
1月16日			3							
1月24日			1							
2月17日			1							
2月21日			1							
計	137	15	31	0	0	45	0	23	0	1

V 集団遺伝学的検討

西山 勝

1 目的

当センターでは、カマキリの増養殖を目的に平成4年度から生息状況調査、種苗生産試験、放流試験等を行っている。それらの仕事を行うにあたり、人為的な遺伝資源の攪乱を防ぐことが重要であると考えられたので、アイソザイム分析を行い、各河川におけるカマキリの遺伝的差違について検討を行った。

なお、本研究を進めるにあたっては、高知大学農学部谷口順彦教授及び関伸吾助教授に実験施設使用の便宜を図っていただき、同時に、貴重なご助言、ご指導をいただいた。

2 方法

アイソザイムの検出に用いた供試魚は、高知県内の主要河川及び和歌山県の1河川で採集された6集団、計121個体である(図1)。供試魚は実験に供するまで-80℃で保存した。アイソザイムの検出は、水平式デンブengel電気泳動法¹⁾²⁾により行った。検出した酵素及び遺伝子座を表1に示した。緩衝液はクエン酸-アミノプロピルモルフォリン(C-APM, pH6.0)を使用した。

3 結果

遺伝的変異性 調べた12酵素1非酵素蛋白質より、各集団において19遺伝子座の存在が推定された。変異が見られた遺伝子座のうち代表的なアイソザイム像を図2に示した。

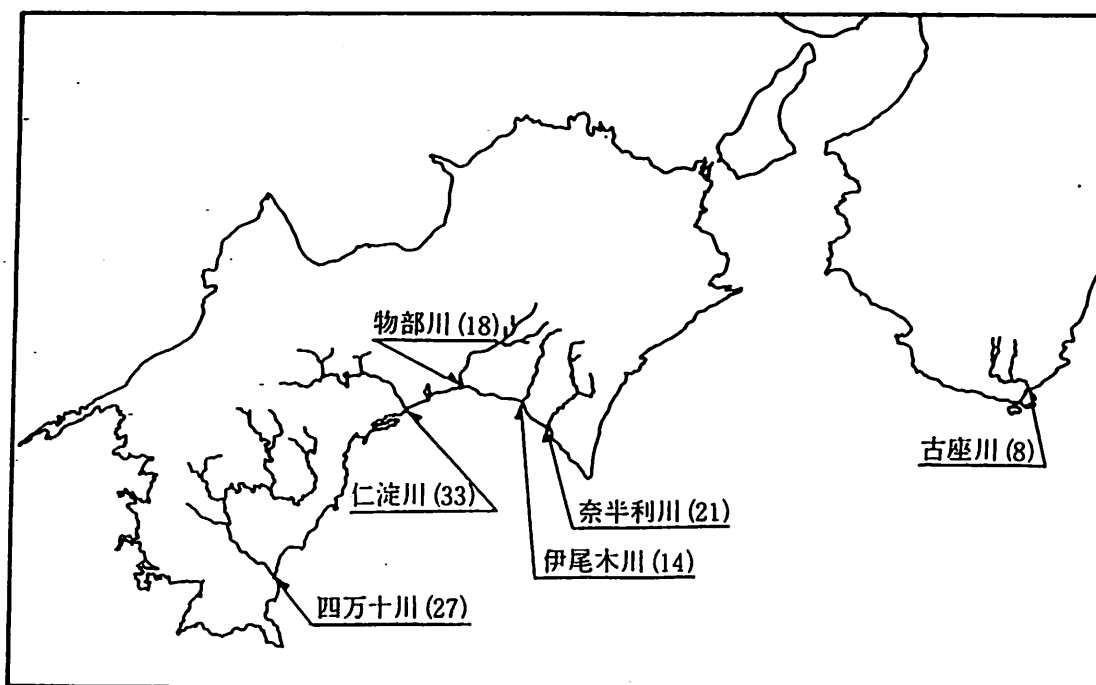


図1 サンプルング河川 ()内はサンプル数

表1 検出した酵素と遺伝子座および調べた組織

酵素名	酵素番号	遺伝子座	組織
アスパラギン酸アミノ転移酵素(sAAT)	2.6.1.1.	sAAT*-1	肝臓
		sAAT*-2	肝臓
酸性ホスファターゼ(ACP)	3.1.3.2.	ACP*	肝臓
グリセロール3リン酸脱水素酵素(G3PDH)	1.1.1.8.	G3PDH*	肝臓
グルコースリン酸イソメラーゼ(GPI)	5.3.1.9.	GPI*-1	筋肉
		GPI*-2	筋肉
イソクエン酸脱水素酵素(mIDHP) (IDHP)	1.1.1.42.	mIDHP*	筋肉
		IDHP*	肝臓
乳酸脱水素酵素(LDH)	1.1.1.27.	LDH*	筋肉
リンゴ酸脱水素酵素(mMDH) (sMDH)	1.1.1.37.	mMDH-1*	筋肉
		mMDH-2*	筋肉
		sMDH*	肝臓
NADP依存マリックエンザイム(mMEP)	1.1.1.40.	mMEP*	筋肉
マンノースリン酸イソメラーゼ(MPI)	5.3.1.8.	MPI*	肝臓
フォスフォグルコン酸脱水素酵素(PGDH)	1.1.1.44.	PGDH*	筋肉、腎臓
筋漿タンパク(PGM)	5.4.2.2	PGM*	筋肉
筋漿タンパク(PROT)		PROT*-1	筋肉
		PROT*-2	筋肉
スーパーオキシドディスムターゼ(sSOD)	1.15.1.1.	sSOD*	肝臓

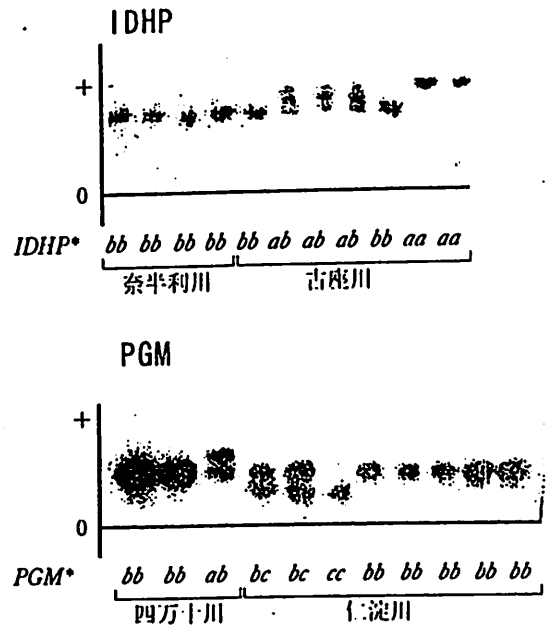


図2 IDHP、PGMにおけるアイソザイム像

各遺伝子座における遺伝子頻度及び遺伝的変異性を表2及び表3に示した。ほとんどの遺伝子座において単型のアイソザイム像が得られ、遺伝的変異が少なくとも1集団で認められた遺伝子座は19遺伝子座のうち、sAAT-1*、GPI-1*、IDHP*、PGM*の4遺伝子座と少なかった。このうち主対立遺伝子頻度が0.95以下(P*)の高い変異性を示したのは、古座川のIDHP*と仁淀川のPGM*のみであった。遺伝的変異性の指標となる多型遺伝子座率、平均対立遺伝子数、平均ヘテロ接合体率についても各集団とも低い値を示した。

遺伝的分化 6集団における19遺伝子座の遺伝子頻度の均一性をヘテロジェナイティーテストで検定した結果、古座川のIDHP*のa対立遺伝子と仁淀川のPGM*のc対立遺伝子において他集団との間に差が認められた。

6集団における遺伝的類縁関係をNEIの小集団における遺伝的距離³⁾に基づいて推測した(表4)。遺伝的距離(D)は、各集団間において0.00000~0.00975といずれも小さい値であったが、高知県内5集団間の0.00000~0.00020に対し、古座川と高知県内5集団の間では0.00931~0.00975と明瞭な差が認められた。

4 考察

いずれの集団においても平均ヘテロ接合体率が低く変異が少ないことから、各水系のカマキリの集団は小さいということが推測される。

高知県内5集団と古座川の間D値は0.00931~0.00975と比較的大きかった。また、ヘテロジェナイティーテストの結果からも明らかな差違が認められており、これらの集団間で遺伝的分化が生じていると考えられた。

高知と紀伊半島周辺の魚を比較検討したものとしては、谷口⁴⁾による二べの研究がある。それによれば、土佐湾と熊野灘の二べについて遺伝的距離は0.0078で遺伝的分化が起こっているとされる。今回、高知県内の集団と古座川間で得られたD値は、比較的それに近い値を示した点で興味深い。

また、高知県内の各集団間ではD値は0.00000~0.00020と非常に小さかった。しかしな

表2 各集団の15遺伝子座における遺伝子頻度

遺伝子座	対立遺伝子	古座川	奈半利川	伊尾木川	物部川	仁淀川	四万十川
sAAT-1*	a	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000
	b	1.000	1.000	1.000	1.000	0.985	1.000
sAAT-2*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ACP*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
G3PDH*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
GPI-1*	a	1.000	0.976	0.962	0.972	0.955	1.000
	b	0.000	0.024	0.038	0.028	0.045	0.000
GPI-2*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
mIDHP*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
IDHP*	a	0.438	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LDH*	b	0.563	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
mMDH-1*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
mMDH-2*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
sMDH*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
mMEP*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
MPH*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGDH*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PGM*	a	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037
	b	1.000	1.000	1.000	1.000	0.924	0.963
	c	0.000	0.000	0.000	0.000	0.076	0.000
PROT*-1	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PROT*-2	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
sSD*	a	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

表3 各集団における遺伝的変異性

遺伝子座	古座川	奈半利川	伊尾木川	物部川	仁淀川	四万十川
sAAT*-1	M	M	M	M	P	M
sAAT*-2	M	M	M	M	M	M
ACP*	M	M	M	M	M	M
G3PDH*	M	M	M	M	M	M
GPI*-1	M	P	P	P	P	M
GPI*-2	M	M	M	M	M	M
mIDHP*	M	M	M	M	M	M
IDHP*	P*	M	M	M	M	M
LDH*	M	M	M	M	M	M
mMDH-1*	M	M	M	M	M	M
mMDH-2*	M	M	M	M	M	M
sMDH*	M	M	M	M	M	M
mMEP*	M	M	M	M	M	M
MPH*	M	M	M	M	M	M
PGDH*	M	M	M	M	M	M
PGM*	M	M	M	M	P*	P
PROT*-1	M	M	M	M	M	M
PROT*-2	M	M	M	M	M	M
sSD*	M	M	M	M	M	M
遺伝子座数	19	19	19	19	19	19
多型遺伝子座数(P+P*)	1	1	1	1	3	1
(P*)	1	0	0	0	1	0
多型遺伝子座率(P+P*)	0.053	0.053	0.053	0.053	0.158	0.053
(P*)	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000
対立遺伝子数	20	20	20	20	22	20
平均対立遺伝子数	1.053	1.053	1.053	1.053	1.158	1.053
平均ヘテロ接合体率						
(観察値)	0.020	0.003	0.004	0.003	0.011	0.004
(期待値)	0.026	0.002	0.004	0.003	0.014	0.004

表4 各集団間の遺伝的距離

D	古座川	奈半利川	伊尾木川	物部川	仁淀川	四万十川
古座川						
奈半利川	0.00931					
伊尾木川	0.00934	0.00000				
物部川	0.00932	0.00000	0.00000			
仁淀川	0.00975	0.00019	0.00013	0.00017		
四万十川	0.00937	0.00004	0.00004	0.00004	0.00020	

がら、ヘテロジェナイティーテストでは仁淀川のPGM*遺伝子座の遺伝子頻度に異質性が認められており、遺伝的分化が生じている可能性が高い。仁淀川はほぼ県中央部に位置しているが、その仁淀川のみで異質性が見られ、他河川では見られないということは、地理的に考えると不自然なことである。したがって、さらなる研究によって他の河川でも仁淀川と同様の異質性が見いだされる可能性がある。

これらのことから、基本的には河川ごとの分化が生じているという前提で今後の増殖事業に取り組む必要があると考えられた。

5 文 献

- 1) 谷口順彦・岡田容典(1980) : マダイの生化学的多型に関する遺伝学的研究. 日水誌, 46, 437-443.
- 2) Sumantadinata, K. and N. Taniguchi (1982) : Biochemical Genetic Variations in Black Seabream. Bull. Japan.Soc.Sci.Fish., 48(2), 143-149.
- 3) M. Nei (1978) : Estimation of Average Heterozygosity and Genetic Distance from A Small Number of Individuals. Genetics, 89,583-590.
- 4) 谷口順彦(1980) : 南西海域におけるニベの種族分化と隔離要因. 水産海洋研究会報, 36, 53-57.

Ⅲ 資 料

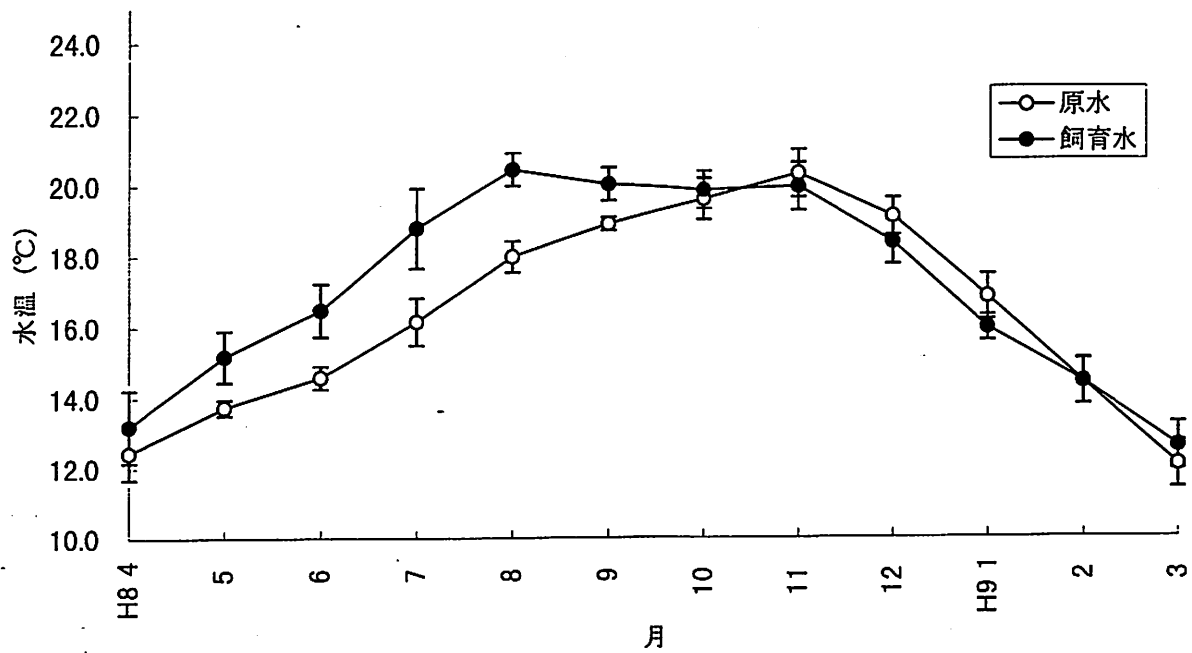
飼育用水の水溫一覽表(H8 年度)

平成8年度 飼育用水の水温一覧(高知県内水面漁業センター)

日	4月		5月		6月		7月		8月		9月	
	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水
1	11.2	11.5	13.4	14.3	14.2	16.7	15.3	17.4	17.3	20.4		
2	11.2	11.8	13.5	15.6	14.1	15.3	15.3	17.3	17.4	20.7	18.6	20.8
3	11.3	11.5	13.4	14.4	14.2	16.4			17.4	20.5	18.6	20.4
4	11.5	12.2	13.4	13.7	14.4	15.8	15.4	18.0	17.4	20.6	18.7	20.3
5	11.5	12.4	13.5	15.0	14.3	16.4	15.4	17.4	17.5	20.6	19.0	20.8
6	11.7	12.3	13.5	14.9	14.3	16.6	15.3	17.0	17.5	20.6	18.9	20.5
7	11.8	13.2	13.4	13.8	14.2	16.4	15.3	16.5	17.6	20.4	18.8	19.9
8	11.9	12.7	13.5	13.8	14.2	14.9	15.7	17.6	17.7	19.6	18.8	20.3
9	12.0	12.7	13.6	15.2	14.5	15.6	15.5	17.7	17.6	19.7	19.0	20.2
10	12.0	12.2	13.7	15.0	14.5	16.8	15.8	18.6	17.7	20.6	18.6	20.6
11	12.1	12.6	13.6	14.3	14.4	16.7	15.8	18.3	17.8	20.6	18.6	20.1
12	12.2	12.4	13.7	15.3	14.3	15.9	15.7	18.3			18.9	19.9
13	12.2	13.1	13.7	15.4	14.5	16.3	15.9	17.8	17.7	19.7	18.9	19.6
14	12.3	12.4	13.7	15.3	14.6	15.9	16.0	18.8			18.7	20.4
15	12.4	13.4	13.9	16.1			16.2	19.0	17.8	20.9	19.0	20.4
16	12.4	13.0	13.7	15.7				19.2	17.8	20.6	18.7	19.3
17	12.4	13.6	13.7	15.0	14.5	16.0	16.3	19.0	17.8	19.0	18.6	20.3
18	12.5	13.9	13.7	15.3	14.6	17.7	16.2	19.3	18.0	20.2	18.8	20.5
19	12.5	12.4	13.8	15.4	14.6	16.9		18.9	18.1	20.3	19.2	19.7
20	12.6	13.5	13.7	14.8	14.5	15.5			18.1	20.2	19.0	19.9
21	13.1	12.8	13.7	14.8	14.9	16.5	16.3	19.1	18.2	20.9	19.0	20.2
22	13.1	14.2	14.0	16.0	14.9	17.2	16.4	19.4	18.3	20.7	19.1	20.2
23	13.2	14.4	13.8	15.9	14.9	17.2	16.6	19.3	18.3	20.5	19.1	19.7
24	13.3	14.6	13.9	16.2	14.7	15.9	16.6	19.6	18.5	20.2	19.2	19.8
25	13.3	14.5	14.0	16.0	14.9	17.8	16.8	20.0	18.5	20.8	19.0	19.3
26	13.3	14.3	14.0	15.9	15.1	17.0	16.9	20.1	18.4	20.2	19.0	19.3
27	13.5	15.0	13.8	15.5	14.9	16.5	17.0	20.0	18.4	20.8	19.1	20.1
28	13.6	15.1	14.1	15.4	15.2	17.4	17.1	20.3	18.5	20.6	19.1	19.5
29	13.6	14.3	14.1	14.9			17.1	20.3	18.6	21.1	19.0	19.4
30	13.5	13.9	13.9	14.8	15.2	17.7	17.2	20.2	18.6	20.5	19.0	19.2
31			14.2	16.6			17.3	20.5	18.7	21.1		
平均	12.4	13.2	13.7	15.2	14.6	16.5	16.2	18.8	18.0	20.4	18.9	20.0

平成8年度 飼育用水の水温一覧(高知県内水面漁業センター)

日	10月		11月		12月		1月		2月		3月	
	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水	原水	飼育水
1	19.1	19.7	20.3	20.4	19.6	18.4	18.1		15.5	15.1	13.4	13.8
2	19.0	20.0	20.3	21.1	19.8	19.0	18.1	15.1	15.2	15.6	13.2	13.3
3	19.1	19.7			19.8	19.3			15.2	15.5	13.1	13.2
4	19.0	19.5	20.4	20.5	19.8	19.0			14.2	14.3	12.9	13.3
5	19.1	19.9	20.6	20.7	19.7	19.5			15.3	15.4	12.9	13.3
6	19.2	20.0			19.4	18.5	17.9	16.3	15.1	15.3	12.7	13.3
7	19.1	19.4			19.6	18.6	17.6	16.1	14.9	15.2	12.7	13.7
8	19.1	19.1	20.4	20.3	19.5	18.6	17.5	15.5	14.4	14.9	12.5	13.1
9	19.1	19.6	20.3	20.1	19.5	18.7	17.4	15.8	15.2	15.0	12.4	12.9
10	19.2	19.7			19.3	18.4	17.3	16.3	15.1	14.9	12.3	12.8
11	19.2	19.9	20.3	20.0	19.5	19.1	17.1	16.1	14.9	14.6	12.3	13.4
12	19.2	19.4	20.4	20.3	19.5		17.0	16.1	14.8	14.5	12.2	12.7
13	19.3	19.7	18.1	19.6	19.4	18.5	17.1	16.7	14.6	14.6	12.1	12.2
14	20.0	20.5	19.7	19.2	19.5	18.9	16.7	16.0	14.6	14.5	12.1	12.8
15	19.3	19.8	20.2	19.9	19.4	18.8	16.6	16.2	14.5	14.3	12.0	13.0
16	19.8	19.5			19.2	18.8	16.5	16.1	14.3	14.5	11.1	11.5
17	19.7	20.1			19.2	18.3	16.4	16.3	14.3	13.9	11.9	12.3
18	19.4	19.8	20.3	19.2	19.1	18.0	16.2	15.6	14.2	13.9	11.8	12.7
19	20.1	20.8	20.3	19.1	18.8	17.5	17.0	16.3	14.1	13.8	11.7	11.9
20	19.0	19.3	21.1	20.4	18.9	17.8	17.1	16.1	14.0	14.1		11.8
21	19.3	19.5	21.3	20.8	18.8	17.6	16.9	16.2	13.9	13.8	11.6	11.7
22	19.5	19.7	20.3	19.5	18.7	17.8	16.8	15.7	13.8	13.4	10.9	11.6
23	19.8	20.3	22.1	21.0	18.5	17.5	16.7	15.8	13.7	13.8	11.6	12.2
24	20.2	20.8	20.4	19.9	18.5	17.5	16.5	15.9	13.7	14.0	11.4	11.8
25	20.4	21.0	20.4	19.7	18.5	17.6	16.4	15.9	13.6	13.6	11.5	12.3
26	20.8	20.1	20.3	19.4	18.4	17.5	16.4	16.2	13.5	13.7	11.5	12.3
27	21.2	20.4	20.1	20.4	18.4		16.2	16.0	13.5	13.9	11.5	12.3
28	20.0	18.4	19.9	19.8	18.3		16.1	15.9	13.4	13.6	11.5	12.3
29	20.2	20.3	20.1	18.4	18.2		16.0	15.8			11.4	11.6
30	20.3	20.0	20.1	19.2	18.2		15.8	15.4			11.4	12.5
31	20.1	19.9					15.9	15.2				
平均	19.6	19.9	20.3	20.0	19.1	18.4	16.8	15.9	14.4	14.4	12.1	12.6



飼育用水の水温変化

平成8年度
事業報告書
(第7巻)

平成10年3月発行

編集 高知県内水面漁業センター
発行 土佐山田町高川原687-4
電話 (08875) 2-4231

印刷 (有)大久保プリント
高知市越前町1丁目4-11
電話 (0888) 73-0878