

平成15年度

事業報告書

第14巻

平成17年3月

高知県内水面漁業センター

目 次

I	内水面漁業センターの概要	1
II	平成 15 年度事業（研究）報告	
	魚類防疫体制推進整備事業	3
	アユ冷水病の病害発生阻止に関する研究	4
	モクズガニ資源培養技術開発研究	25
	ウナギ資源調査	
	－標本日誌・生物調査－	30
	－胸鰭切除による標識放流試験－	47
	環境保全手法基礎研究	
	－四万十川におけるテナガエビの生態調査－	60
	－アユ遡上調査－	73
	PCR法を活用した病原体検出法および育種法の効率化の研究（プロジェクト研究）	
	－アユの優良系統作出に関するDNAマーカー利用技術の開発－	75
	土佐湾産稚アユの海洋生活期における生態と生息環境に関する調査研究	
	－流下アユ仔魚数の計数－	80
	－土佐湾アユの系群構造－	90
	アユ資源添加技術開発試験	94
III	資料	
	飼育源水の水温	97
	飼育水の水温	98
	河川漁業生産量の推移	101
	天然アユ取扱量	103
	西土佐鮎市場における天然魚介類取扱量	104
	幡多公設地方卸売市場の天然魚介類取扱量	104

I 内水面漁業センターの概要

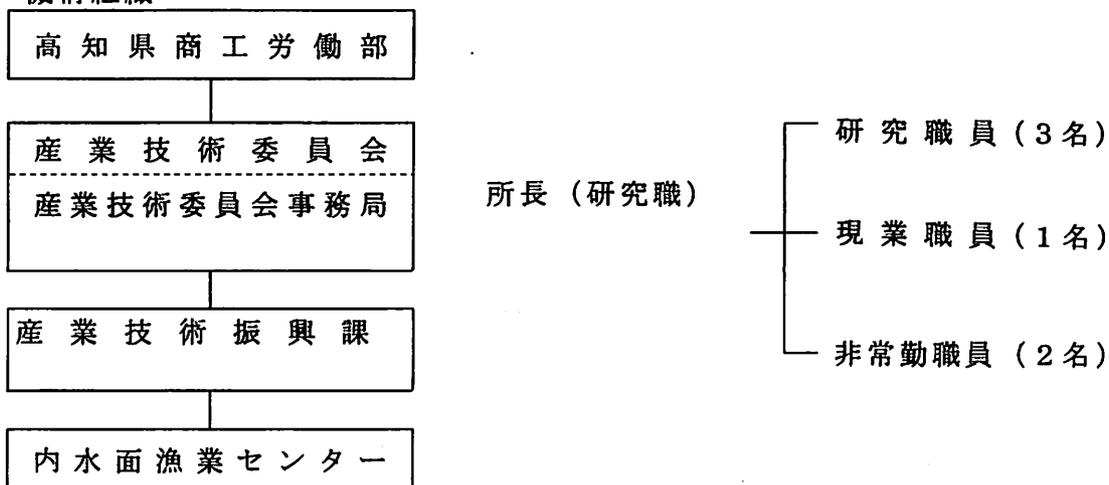
1 所在地

住 所：〒782-0016 高知県香美郡土佐山田町高川原687-4
 T E L：0887-52-4231 F A X：0887-52-4224

2 沿革

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

3 機構組織



4 職員名簿

職 名	氏 名	備 考
所 長	山 中 弘 雄	
専門研究員	中 島 敏 男	
主任研究員	岡 部 正 也	
研 究 員	池 部 慶 太	
主任技師	佐 伯 昭	
非常勤職員	田 中 ひとみ	
非常勤職員	大 坪 瞳	

5 予算（当初）

（単位：千円）

事業費名	予算額	財源内訳
管理運営費	4,888	県費 4,888
内水面漁業試験研究費	9,705	県費 7,757 国費 922 諸収入 1,026
科学技術共同研究費		
プロジェクト研究費	2,020	県費 2,020
大学等連携研究費	11,385	県費 11,385
施設整備費		県費
合 計	27,998	県費 26,050 国費 922 諸収入 1,026

6 施設の概要

- (1) 敷地面積 9,343㎡
- (2) 建物
- ①庁舎（問診室、微生物・環境・組織検査室、研修室、事務室等） 369㎡
 - ②水槽実験棟（0.9t×5面） 115㎡
 - ③恒温水槽棟（10t×5面、1t×5面） 256㎡
 - ④バイテク恒温水槽棟（FRP 2t×10面） 100㎡
 - ⑤野外試験池（50t×5面） 326㎡
 - ⑥屋内試験池（30t×2面） 150㎡
 - ⑦作業棟（調餌室、倉庫、作業工作室） 105㎡
 - ⑧管理棟 42㎡
 - ⑨その他（ボイラー室、機械室、高架タンク、排水消毒槽等）

Ⅱ 事業（研究）報告

魚類防疫体制推進整備事業

池部 慶太

1 目的

養殖魚の疾病検査の実施・魚病発生時の防疫対策などによる魚類防疫対策と水産用医薬品の適正使用の指導・残留検査等による養殖生産物安全対策を通じて内水面魚類養殖業の振興に寄与する。

2 内容

魚類防疫推進会議

魚類防疫対策を推進するため、魚病検査診断を実施するとともに、全国魚類防疫会議、アユ冷水病対策協議会、県内魚類防疫推進会議、県内アユ冷水病共同研究推進会議等に参加した。また、魚病関係技術研修等に出席し、魚病診断技術の向上に努めた。

養殖生産物安全対策

魚類養殖業者へ水産用医薬品の適正使用に関するパンフレットを配布・指導するとともに生産量の最も多いウナギを主要産地の2地域（春野町、吉川村）についてフロルフェニコール、オキシリン酸、トリクロルホンの残留検査を実施した。

3 結果の概要

疾病検査

養殖業者等から依頼のあった病魚の診断結果は表1のとおりである。

表1 病魚の診断結果（件数）

魚種	魚病名	月												計	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
アユ	冷水病		1		3	1		1	1	2	1	1	1	12	
	チョウチン病			1										1	
	エロモナス症				1	1		1						3	
ウナギ	シュード						2		1			2	1	6	
	ダクチロギルス症														
	エロモナス症									1			2	3	
アメゴ	冷水病		1							1				2	
	IPN		1	1										2	
コイ	エロモナス症		1											1	
	不明		2		1									3	
合計			6	2	5	2	2	2	2	4	2	1	3	4	33

医薬品の残留検査

2地域でのウナギの検体すべてにおいて残留薬剤は検出されなかった。

アユ冷水病の病害発生阻止に関する研究

池部慶太 岡部正也 佐伯昭 谷口道子

はじめに

冷水病は、1940年代米国でサケ科魚類の病気として知られていたが、日本では1987年徳島県のアユ養殖場で琵琶湖産アユから初めて病原菌が分離された。その後、1993年には広島県の河川でアユ及びオイカワから分離されるなど、冷水病は全国各地に広がり、アユなどに深刻な被害を与えている。高知県においても時期を同じくして、1992年には養殖場で、1993年には天然河川で確認され、その後、被害は年を追うごとに大きくなり、早急な対策が求められるようになった。

高知県では、平成14年度から3ヵ年計画で「アユ冷水病の病害発生阻止に関する研究」を立ち上げ、高知大学や高知県内水面漁業協同組合連合会と共同研究を開始している。

平成15年度はアユ冷水病の感染機構の解明、ワクチンの開発、冷水病原菌の病原性等について共同研究を実施したが、ここでは、内水面漁業センターが主として担当した感染機構解明のため、産卵期親魚、遡上アユ、常在魚などの保菌状況調査と疫学的発症要因調査について報告する。

1. アユ・常在魚等の冷水病保菌調査

1.1 河川でのアユの冷水病保有率 (2003年5月～2004年2月)

目 的

河川のアユが冷水病菌を保有しているか否かを探るため調査を行った。

材料と方法

漁協等から持ち込まれたアユ、漁協などからアユの大量へい死の連絡を受け現地にて採取したアユ、もしくはサンプリングに出向き採取したアユ、いずれもへい死魚、瀕死魚、異常魚、外観上異常のない魚のいずれかであるが、これらアユの冷水病菌保有の有無を探るため、培養法・PCR法にて検査した。DNA抽出・PCR反応およびアガロースゲルによる電気泳動等はIzumi等(1997)の方法に従い行った。

結 果

物部川においてはほぼ年間を通じてアユの冷水病菌保有が確認された。仁淀川、四万十川、伊尾木川でもアユの冷水病菌保有が確認された(表1)。

表1 月別の河川アユの冷水病菌保有率(陽性検体数/検体数)

月	物部川	仁淀川	四万十川	伊尾木川
5	4/6			
6	1/4			
7	1/6	12/19	1/9	
8	10/13	0/3		
9				

10	0/2	3/6	
11	0/13		
12	3/3		7/10
1	1/5		

1.2 アユ以外の魚種の冷水病菌保有率 (2003年5月～12月)

目的

河川もしくは養殖のアユ以外の魚種が冷水病菌を保有しているか否かを探るため調査を行った。

材料と方法

河川もしくは養殖環境下のアユ以外の魚種の冷水病菌保有の有無を探るため、培養法・PCR法にて検査した。PCR法は1.1と同様に行った。

結果

オイカワ、アメゴにおいて冷水病菌の保有が確認された(表2)。

表2 アユ以外の魚種の冷水病菌保有率 (陽性検体数/検体数)

月	オイカワ	アメゴ	ギギ	ウグイ	カワムツ	ドンコ
5		1/2				
6		0/3				
7	3/3	0/4		0/1	0/2	0/2
8		0/3	0/3			
11		1/2				
12		0/3				

1.3 高知県内河川で発生したアユの大量へい死について

目的

2003年7、8月に高知県内河川でアユの大量へい死が発生した。今回のへい死は冷水病菌の至適温度を超える水温で発生し、斃死魚のなかに皮下出血、肛門部発赤など、冷水病の典型的な症状とは異なる症状を示す個体が認められ、冷水病以外の感染症による可能性も疑われた。そこで、その原因を明らかにするために以下の調査を行った。

材料と方法

四万十川の上流の北川川、仁淀川上流の坂折川、永瀬ダム上流の物部川(図1)で採取したアユ、その他のへい死魚およびへい死カエル(シュレーゲルアオガエル)について症状を調べるとともに細菌分離を行い、分離菌の性状検査およびPCR検査を行った。

結 果

各河川でのサンプリング時の水温は、冷水病菌の至適温度である15℃～20℃を超えていた(表3)。サンプリングした生物は、北川川でアユ、ウグイ、ドンコ、カワムツ、シュレーゲルアオガエル、坂折川ではアユ、オイカワ、物部川ではアユであった(表4)。へい死アユは12～15cmほどで、冷水病の典型的症状である下顎損傷、鰓、肝臓、腎臓の貧血、穴あきのほか、肛門部の発赤、皮下出血など冷水病の典型的症状と異なる症状を示す魚も観察された(表5)。これらの魚類とカエルについて、肝臓、肝臓および腎臓から体液・組織を採取し、トリプトソーヤ寒天培地(TSA培地)、改変サイトファーガ培地(MCYT培地)による菌分離ならびにPCRによる冷水病菌(*Flavobacterium psychrophilum*)の検出を試みた。各河川のアユ、北川川のドンコ、カエル、坂折川のオイカワについてTSA培地に優占的に生じた、平板でクリーム色の円形、湿潤なコロニーをAPI20NEシステムで同定した結果、これらの細菌は*Aeromonas hydrophila*であることが確認された(表6)。また、各河川のアユおよび北川川のオイカワでMCYT培地上に細菌が分離され、PCR法の結果、冷水病菌に確定された(表7)。なお、各河川のアユおよび坂折川のオイカワにおいて*A. hydrophila*と冷水病菌の混合感染が確認された(表8)。

表-3 サンプリング時の水温

河川名	水温
北川川	20.8℃
坂折川	21.5
物部川	22.0

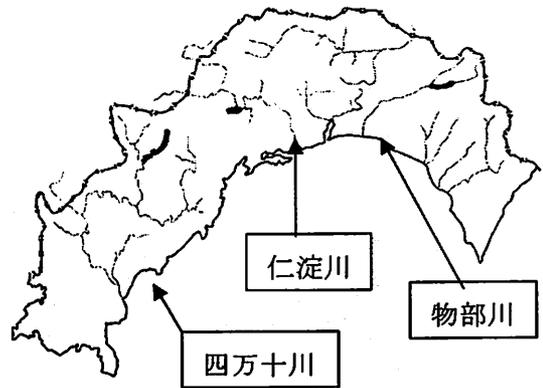


図-1 サンプリング場所

表 4 採取した生物

河川名	生物名
北川川	アユ、ウグイ、ドンコ、カワムツ、カエル
坂折川	アユ、オイカワ
物部川	アユ

表 5 へい死アユの症状別個体数

河川名	貧血	下顎損傷	穴あき	肛門部発赤	皮下出血
北川川	8/9	1/9	4/9	2/9	0/9
坂折川	8/15	5/15	6/15	1/15	6/15
物部川	10/10	2/10	9/10	5/10	1/10

表6 *A. hydrophila* 感染個体の割合 (陽性検体数/検体数)

河川名	アユ	オイカワ	ドンコ	カエル
北川川	2 / 2		1 / 1	1 / 1
坂折川	1 / 2	1 / 3		
物部川	1 / 4			

表7 *F. psychrophilum* 感染個体の割合 (陽性検体数/検体数)

河川名	アユ	オイカワ
北川川	1 / 9	
坂折川	12 / 15	3 / 3
物部川	10 / 10	

表8 混合感染の有無

河川名	アユ	オイカワ
北川川	+	
坂折川	-	+
物部川	+	

考 察

以上のことから、今回県内3河川で発生したアユの大量へい死の原因は、*A. hydrophila* または冷水病菌の感染、もしくは両菌の混合感染によるものと考えられた。*A. hydrophila* の感染や混合感染の存在が確認されたことから、アユの大量へい死には冷水病菌以外の細菌も関与していると考えられる。また、今までは養殖環境下で冷水病菌の至適温度を超える水温での冷水病の発症が確認されているが、天然河川においても至適温度(15℃~20℃)を超える水温において冷水病が発症することが確認された。なお、常在魚であるオイカワにおいても冷水病菌が分離されたことから感染源として疑われ、さらなる追究が必要と考える。

1.4 産卵期のアユにおける冷水病菌保菌状況についての調査

背 景

産卵期親魚が冷水病菌を保有しているか否か、を調べることは本疾病の感染機構を調べる上で重要である。高知県のアユの産卵期は11月下旬から12月初旬がメインであるが、物部川下流の伏流水が湧き出ている水域では12月末まで産卵が行われていることがわかっている。そこで、主に11月中旬から1月初旬に物部川と伊尾木川でサンプリングされたアユの冷水病菌保菌状況を臓器からの菌分離および分離された菌のPCR検査、臓器のPCR検査にて調査した。

材料と方法

サンプリング

物部川（12月15日、1月6日）および伊尾木川（12月16日）で投網を使用してアユを採取した。物部川（12月15日、1月6日）では潜水調査によりアユの存在する場所を確認した後、採取した。11月14日のサンプルは物部川河口付近で瀕死状態にあったもので、物部川漁協に検査を依頼されたものである。

菌分離

採取したアユの肝臓、腎臓および生殖腺から体液・組織を採取し、改変サイトファーガ培地（MCYT 培地）上に塗抹し、15℃で培養した。

PCR 検査

分離された菌のコロニー（1白金耳）、もしくは臓器（約30mg）のホモジネイト（10μL）を抽出サンプルとした。DNA抽出、PCR検査は1.1と同様に行った。

結果

物部川で採取されたアユのうち11月14日のものは、鰓や内臓の退色、鰭基部や体表の発赤などが見られた。1月6日に物部川で、12月16日に伊尾木川で採取したアユは、外部、内部ともに肉眼による観察において異常は見られなかった。採取したアユは8.5cmから23.3cmまで様々であった。

サンプリング時の水温は、物部川で、11月14日に17.2℃、12月15日に15.4℃、1月6日に16.6℃であった。伊尾木川では、12月16日に13.1℃であった。物部川でのサンプリングは、伏流水が湧き出ている水域で行い、水温もその付近で測ったため他の河川に比べて高い値となった（表9）。

分離された菌のPCR検査、および臓器のPCR検査の結果、感染個体の割合は、物部川で11月14日に0/5、12月15日に3/3、1月6日1/5であり、伊尾木川で12月16日に7/10であった（表10）。冷水菌が分離された臓器やPCR陽性となった臓器の陽性個体数を表11に示した。

表9 サンプリング時の水温

日付	河川名	水温 (°C)
11月14日	物部川	17.2℃
12月15日	物部川	15.4℃
12月16日	伊尾木川	13.1℃
1月6日	物部川	16.6℃

表10 各サンプリング時の陽性率（陽性検体数/検体数）

日付	河川名	陽性率
11月14日	物部川	0/5
12月15日	物部川	3/3
12月16日	伊尾木川	7/10
1月6日	物部川	1/5

表 11 12月に採取されたアユの臓器別陽性率（陽性検体数／検体数）

河川名	検査法	肝臓	腎臓	生殖腺
物部	培養・PCR	3/3	1/3	
	臓器 PCR			
伊尾木	培養・PCR	5/10	4/10	
	臓器 PCR	1/10	7/10	
物部	培養・PCR	1/5	1/5	1/5
	臓器 PCR	0/5	0/5	0/5

考 察

11月14日のアユからは黄色の冷水病菌に類似した菌が分離されたが、PCR検査の結果は陰性となった。冷水病菌以外の菌による死亡か、もしくは身体が大分さびていたので産卵行動を終えて衰弱した可能性も考えられる。12月15日以降のサンプルの約6割は冷水病菌を保有していた。12月16日と1月6日のアユは全て外部、内部ともに異常は見られなかったが約5割が、冷水菌を保有していた。1月6日の陽性個体では精巣から冷水病菌が分離された。産卵期の親魚の肝臓、腎臓、精巣から冷水病菌が検出されたので、垂直感染の可能性は否定できないと考える。また、1月初旬の河川に冷水病菌を保有したアユが存在することが確かめられたので、早期遡上アユとの同居の可能性も否定できないと考える。なお今回の調査では物部川と伊尾木川の産卵期アユから冷水病菌が検出されたが、他の時期に保菌アユが確認された他河川でも産卵期アユから冷水病菌が検出されることは十分ありうると考える。

1.5 要 約

河川での冷水病菌保菌検査の結果、物部川においてはほぼ年間を通じてアユの冷水病菌保有が確認された。仁淀川、四万十川、伊尾木川でもアユの冷水病菌保有が確認された。15年度も県下数河川で冷水病が発生していたことは間違いないと考える。常在魚の保菌調査ではオイカワとアマゴから冷水病菌が検出された。今後、遺伝子型とアユへの病原性を調査する必要がある。2003年の7、8月に起こったアユの大量へい死は冷水病菌の至適温度を超える水温で発生し、冷水病と異なる症状を示す魚が見られたので原因を探るべく調査した。その結果、*A. hydrophila* または冷水病菌の感染、もしくは両菌の混合感染によるものであると考えられる結果となった。*A. hydrophila* は主に淡水域の常在菌であり、河川、湖沼、その周辺の土壌などに広く分布している。*A. hydrophila* などのような常在菌による日和見感染を防ぐには、アユの生体防御能が落ちないような環境作りが必要と考える。産卵期親魚の保菌状況を調べた結果、物部川と伊尾木川において保菌魚が確認された。特に物部川においては1月に入ってから保菌魚が確認されたことから、早期遡上アユとの同居による水平感染の可能性が考えられる。しかし、今回の調査では遡上稚魚から冷水菌は検出されなかった。遡上稚魚については調査を続行する必要がある。

2. 疫学的発症要因調査

平成 15 年度はまず、各河川主要漁場におけるダムと冷水病被害との関連を検討した。

次に、高知主要 13 河川について冷水病被害状況を調査し、平成 14 年度との比較を行い、両年の冷水病被害の差が気温の差に依るものかどうか気温変化を調査し、検討を加えた。また、平成 14 年度被害が大きかった物部川と四万十川上流の檜原川、四万川、北川川に水温記録計を設置し、冷水病被害との関連を調査した。最後に平成 15 年度の河川流域毎の雨量を調査し、冷水病被害との関連を検討した。

2.1 ダムと冷水病被害の関係

平成 14 年度調査結果によれば、河床勾配と冷水病被害の関係は勾配が大きいほど被害が大きくなる傾向が認められた。勾配のきつい河川にはほとんどの場合ダムがあり、このダムによって病原菌の流失が妨げられている可能性が高い。斃死魚や冷水病菌が付着した枯葉、房状付着物などが下流のダムでせき止められ、翌年以降の感染源になっている可能性が考えられるので、各漁場とその上下に存在するダムと冷水病被害の関連について検討を行った。

方法

漁場とダムの関係 各河川を上流、中流、下流に分け、それぞれの漁場の中心地点からダムまでの距離を 1 万分の 1 の地図を用いてカーブマーカーで読み取り、計算で求めた。なお、河川によっては、最上流部を追加した。ダムが漁場より上流にある場合には得られた距離に負をつけ、下流にある場合と区別できるようにした。

冷水病被害 平成 14 年に報告した平成 14 年冷水病被害度を用いた。

結果並びに考察

横軸に各漁場のダムからの距離、縦軸に冷水病被害度を取り、グラフ化した結果を図 2.2-1 に示した。横軸のプラス部分に分布するダム下流については、ダムからの距離が近いほど被害が大きくなる傾向が認められた。横軸マイナス部分に分布するダム上流についても、四万川を例外として、ダムからの距離が近いほど被害が大きくなる傾向が認められた。四万川は後述するように水温が近隣の河川より 1、2℃高い河川であり、ダムからの距離が比較的近いにもかかわらず、水温の影響によって、冷水病被害が抑えられたと考えられる。

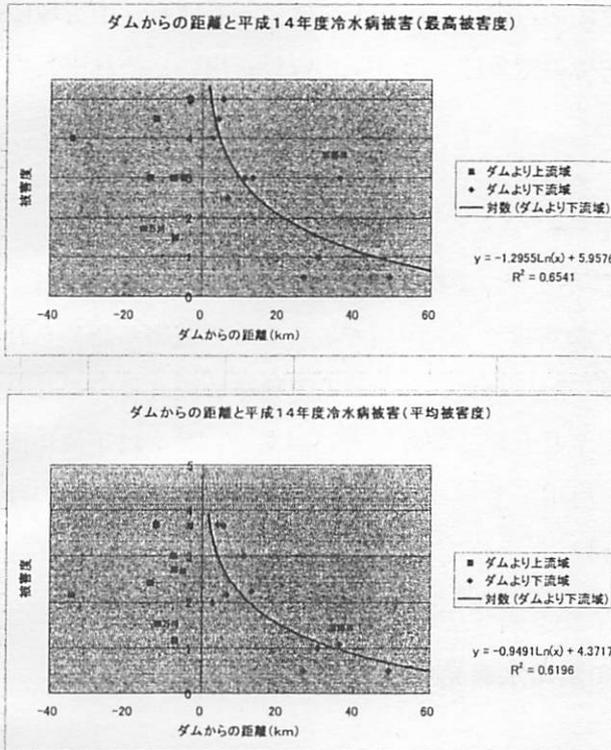


図 2.2-1 ダムからの距離と平成 14 年冷水病被害の関係

2.2 平成 15 年度冷水病発生・被害状況調査

方法

平成 15 年 4 月から 7 月までの高知県下各河川における冷水病発生・被害の状況を河川状況に精通している漁業協同組合役職員、魚族保護会事務局職員（地方自治体職員）、高知県友釣り連盟理事に面接および電話で聞き取り調査を実施し、下記に示すようなランクづけにより、被害状況を数値化してまとめた。

被害状況ランク付け

被害度 0：冷水病の発生が全くない状態。

被害度 1：冷水病の報告がほとんどない状態。

被害度 2：斃死魚がまれに見られる状態。もしくは、漁獲物に傷のあるアユが時々混じる状態。

被害度 3：斃死魚が所々に見られる状態。もしくは、漁獲物に傷のあるアユがかなり混じる状態。

被害度 4：斃死魚があちこちに溜まっている状態。

被害度 5：魚影が見えない状態。

(被害の程度が上記の基準の 1 つに定められない場合は、両者の中間値とした)

気温 高知県中央部上流域にある大栃、下流にある御免、西部上流域にある構原、中流域にある江川崎の平成14年と15年の4月から7月までの気象庁気温日平均資料を用い、それぞれの月について旬別平均と標準誤差を求めた。

結果ならび考察

平成15年度の冷水病被害度の推移を表2-1に示した。これによると、全県下的に4月中は全く発病が認められず、5月には13河川中4河川で被害度2、2河川で被害度3の被害が認められるにとどまった。残る7河川では被害度0で推移した。なお、今年は人工種苗放流直後の5月14、15日と30、31日に大雨や豪雨があり、6月、7月も立て続けに大雨があり、アユは下流に流されたまま、8月になっても姿を見せなくなった河川が多かった。そのような場合には被害の程度を計ることが不相当と判断し、「***」印を付した。

表2-1 平成15年度高知県下各河川における旬別冷水病発生状況

河川名	4月			5月			6月			7月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
野根川	0	0	0	0	2	2	2	2	3	3	2.5	2.5
森半利川上流				0	0	0	0	0	1	***	***	***
下流	0	0	0	0	3	3	1	1	***	***	***	***
安田川上流(馬路村)				0	0	0	0	0	0	0	0	0
中流	0	0	0	0	0	3	2	2	1	2	2	1
下流	0	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	1
安芸川上流(芸陽漁協)				0	0	0	0	0	0	0	0	0
下流	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
伊尾木川上流				0	0	0	0	0	0	0	0	0
下流	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0
赤野川												
物部川上流(西上蕪生川)				0	0	0	0	0	0	2	2	3
上流東(桐山川)				0	0	0	0	0	0	2	2	3
中流				0	0	0	0	0	0	***	***	***
中流(目ノ御子川)				0	0	0	0	0	0	2	2	3
下流	0	0	0	0	2	2	3	3	3	3	3	2
吉野川(嶺北漁協)				0	0	0	0	0	0	3	3	0
鏡川上流				0	0	0	0	0	2	2	2	2
下流	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
新庄川上流(葉山村)				0	0	0	3	3	***	***	***	***
下流	0	0	0	0	0	2	2	2.5	2.5	2	2	2
仁淀川最上流西(長者川(仁淀村))				0	0	0	0	3	2	***	***	***
最上流中央(土居川、用居川(吾川村、池川町))				0	0	0	0	0	0	2	3	3
最上流東(上八川(吾北村))				0	0	0	0	0	0	0	3	3
最上流東(小川川(吾北村))												
上流(越知、佐川)	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0
上流支流(坂折礼川、桐見川)(越知町)										2	2	3
中流(伊野町)	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	1	0
下流(土佐市、春野町)												
四万十川												
支流最上流中央(構原川(構原町))				0	0	0	2	2.5	2	2	2	2
支流最上流西(四万川(構原町))				0	0	0	0	0	0	1	1	1
支流最上流東(北川川(東津野村))				0	0	0	0	2	3	3	3	3
本流最上流(大野見村)				0	0	0	0	0	0	3	3	3
本流上流(窪川)				0	0	0	0	3	3	1	0	0
中流(十和村、大正町)				0	0	2	2	0	0	***	***	***
中流(西土佐村)	0	0	0	0	0	0	0	0	***	***	***	***
下流												
松田川上流				0	0	0	0	0	0	3.5	3.5	3.5
下流	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3

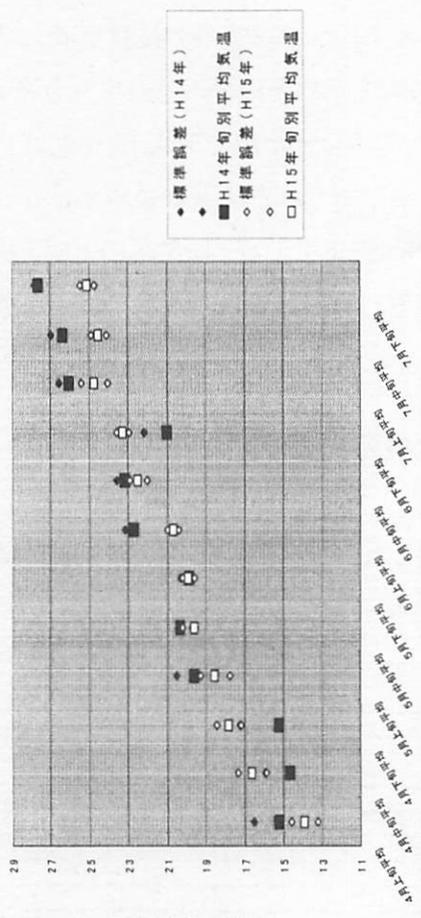
平成 14 年度冷水病被害状況と比較するため、平成 14 年度の冷水病被害度の推移を表 2.2-2 に示し、平成 15、14 年度の被害の旬別散布を図 2.2-2 に、被害度平均と標準誤差の推移を図 2.2-3 に示した。平成 14 年度は 4、5 月に 8 河川で大きな被害が認められたが、平成 15 年度は、4 月には全く発病が認められず、5 月に 6 河川でわずかに発病が認められるにとどまった。そして、平成 14 年度に大量斃死に近い被害度 3.5 以上を示した河川が安田川上流、伊尾木川上流、物部川中流、四万十川支流北川川等 4 河川に及んだが、平成 15 年度については被害度 3.5 以上の被害を示す河川は皆無であった。

表 2-2 平成 14 年度高知県下各河川における旬別冷水病発生状況

	4月			5月			6月			7月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
安田川上流	-	-	4	4	4	4	3	3	2.5	1.5	1.5	-
中流	1	1	1	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	1.5	-
下流	-	-	-	-	2	2	2	2	2	1	1	-
安芸川上流	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
中流	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
下流	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1
伊尾木川上流	1	1	1	2	4	2	2	3	3	3	1	1
中流	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
下流	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
物部川上流(上野生)	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	2	2
上流(横山)	-	-	-	-	-	2	2	2	2	3	3	3
中流	-	-	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	-	-	-	-	-
中流(日/御子)	-	-	-	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5
鏡川	-	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-	-
新庄川	-	-	-	1	3	3	3	3	3	3	1	0.5
仁淀川上流(香北)	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	-	-
中流												
下流												
四万十川最上流												
榑原川	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2.5	2.5	-
四万川	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.5	1	-
北川川	-	-	-	-	-	-	0	1	3	4	3	2
上流	-	-	-	-	3	3	2	2	2	0.5	0.5	0.5
中流	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
下流	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
吉野川	-	-	-	-	-	-	0	3	2	0.5	0.5	0.5

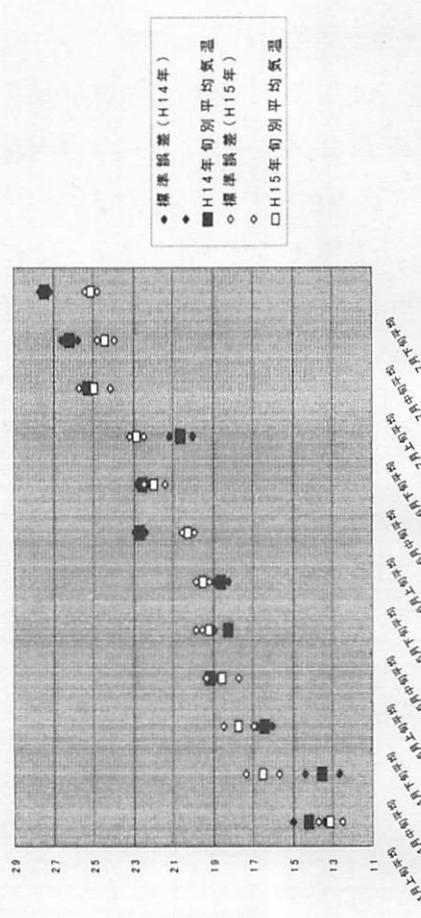
図 2-2、2-3 から、平成 15 年は平成 14 年に比較して 6 月下旬までは明らかに被害が少なく、4 月上・中旬はシグマスタットを用いての T 検定、4 月下旬から 7 月下旬についてはマンホイットニーランクサム検定によって 4 月下旬から 6 月下旬までは有意の差が認められた ($p < 0.001$)。平成 15 年は雨が多く、冷夏といわれた年であるが、図 2-4 に示すように大栃、御免、榑原、江川崎、いずれの地点においても 4 月から 6 月までの旬別平均気温は平成 14 年と 15 年でほぼ重なっている。したがって、表 2-1、2-2、図 2-3 に示した調査期間のうち、4 月から 6 月下旬までにおける平成 15 年の冷水病被害の少なさは気温の差によるものではなく、冷水病被害が経年的に減少傾向にあることを示すものではないかと考えられる。次に、7 月、特に中旬と下旬はどの地点においても平成 15 年の旬別平均気温が平成 14 年よりも 2℃前後低い。また、平成 14 年は気温が順

物部川下流(御免)



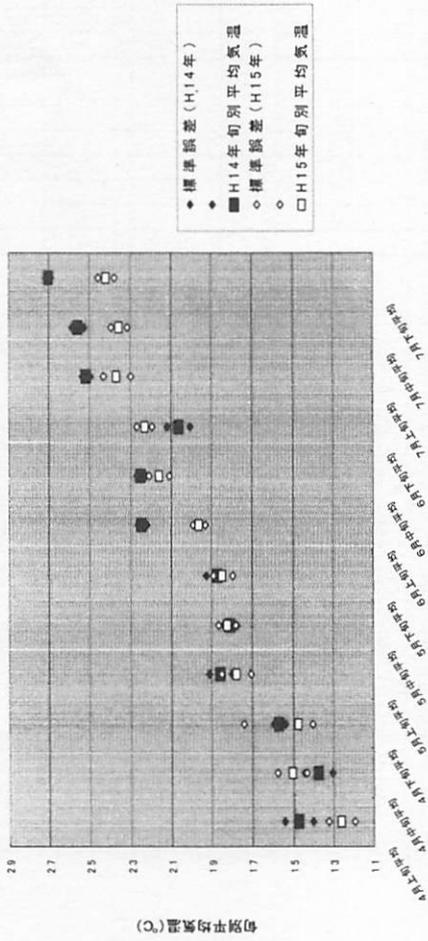
(C) 旬別平均気温(°C)

四万十川中流(江川崎)



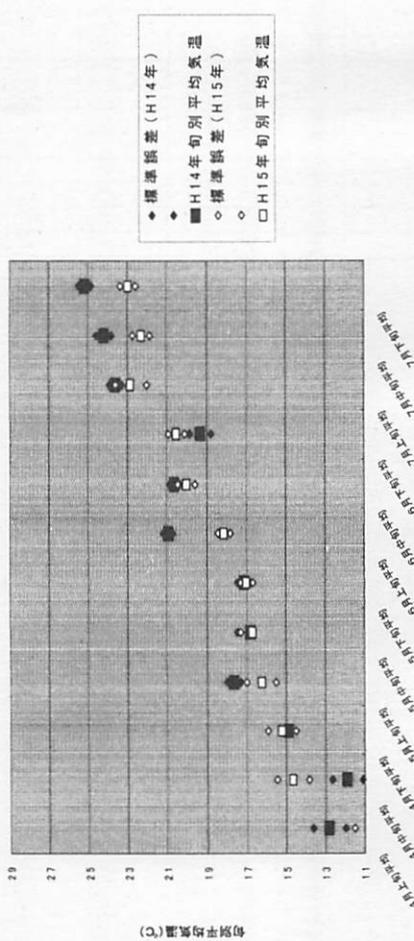
(C) 旬別平均気温(°C)

物部川上流(大橋)



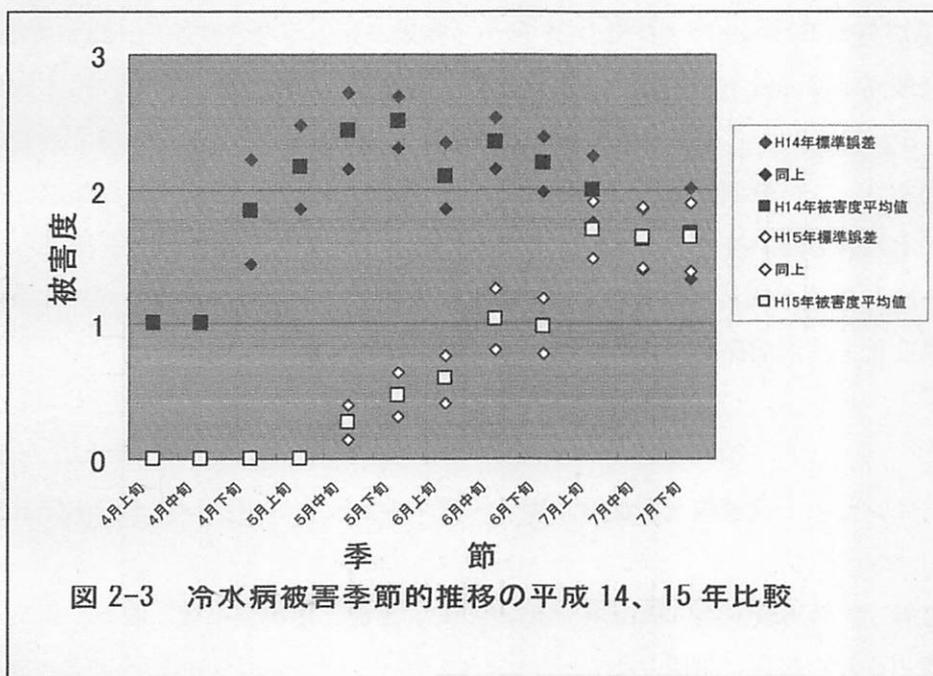
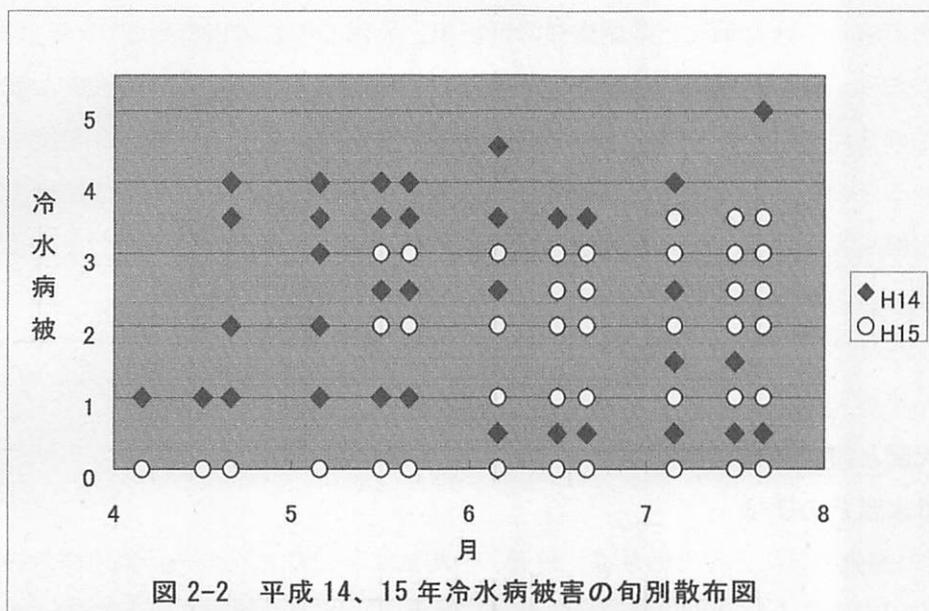
(C) 旬別平均気温(°C)

四万十川上流(勢原)



(C) 旬別平均気温(°C)

図2-4 高知県物部川、四万十川流域における旬別平均気温の平成14年、15年比較



調に上昇したのに対し、平成 15 年はほとんど上昇しないままで推移した。この 7 月の気温の推移は、先に図 2-3 に示したこと、すなわち、平成 14 年の冷水病被害は 7 月に入って収束傾向を示したのに対し、平成 15 年は逆に 7 月に入ってから被害が大きくなったこととよく符合している。次節で述べるように冷水病被害と河川水温との間には密接な関係が認められるので、平成 15 年 7 月の低気温が河川の低水温と冷水病被害拡大につながったことが考えられる。

なお、平成 15 年度は 10 年来といわれる天然遡上アユの不作、大雨によるアユの流下、流失によって河川におけるアユの存在が極端に少なかった年であり、アユの生息そのものがほとんど見られない漁場も多く、宿主不在による伝染性の低下、見かけ上の被害減少も加味されている可能性も残されている。次年度以降経過を観察する必要があると思われる。

昨年度調査を実施していなかった県最東部の野根川と最西部の松田川で平成 15 年は被害度 3、4 が認められており、この 2 河川については昨年とは比較にならないくらい大きな被害とこのことであった。この 2 河川については、上流部が徳島県、愛媛県に属するため、今年度も湖産種苗が放流されているとのことである。他県の管理下にある種苗放流についての実態把握や防疫対策を講じるのは困難も大きいですが、他県の実態を視野に入れた防疫対策について検討を加える必要性が残されている。

2.3 気象状況と冷水病被害の関係

2.3.1 河川水温との関係

平成 14 年度の調査の結果、毎日の最高、最低、平均気温が記録されていた東津野村のデーターを利用し四万十川支流最上流北川川における冷水病被害との関連を検討したところ、6 月 17 日、20 日に最高気温が急低下し、その 2 日後の 22 日から斃死の報告がなされ始め、23 日から 24 日にかけての急激な最高気温の低下と呼応するように冷水病被害は急増した。また、冷水病斃死報告開始の 6 月 22 日から逆算して 3 週間前の 6 月 1 日頃には最低気温が 10℃から 5℃前後へ急低下したことが 2 回あり、この期間中に 5℃を下回る日が 4 日あった。この様な最高気温、最低気温の急変ひいては水温の急変が被害を大きくすることに関係している可能性が高と考えられた。

そこで、平成 14 年度冷水病被害の大きかった物部川と四万十川上流の支流 3 河川に水温記録計を設置し、水温変化と冷水病発生、被害状況との関連を検討した。

方法

水温記録計 オンセット社製防水型温度ロガー・ディドビッド（ボタン型水温記録計）を用いた。

水温計設置場所 物部川最上流（槇山川、上葦生川）、上流、中流、下流、四万十川支流最上流（檜原川、四万川、北川川）に設置した。

冷水病被害状況 第 2 節で述べた平成 15 年冷水病被害状況調査結果を用いた。ただし、調査期間は 4 月 1 日から 8 月 31 日までの 5 ヶ月間とした。

結果ならびに考察

物部川上流、中流、下流の水温変化と被害状況の推移を図 2-5 に、四万十川支流最上流 3 河川の水温変化と冷水病被害状況を図 2-6 に示した。

これらの結果から次のような特徴が見いだせた。

ア. 1 日における水温変動の大きさそのものは発病促進要因にはなっていない（図 2-5 物部川中流、図 2-6 四万川下流）。

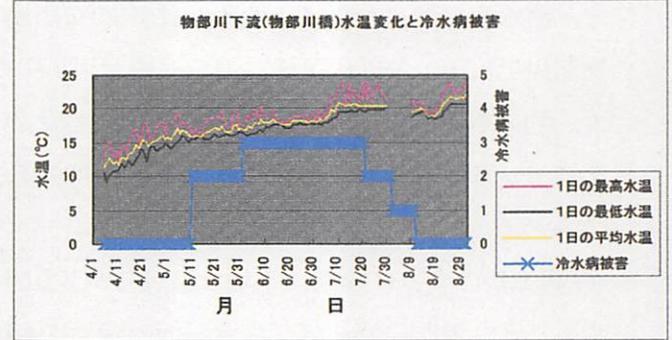
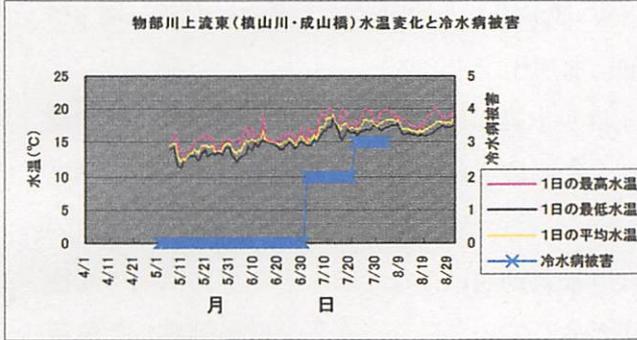
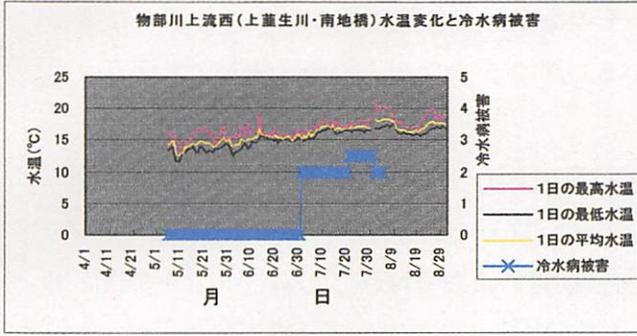


図 2-5 物部川上流、下流の水温変化と冷水病被害の推移

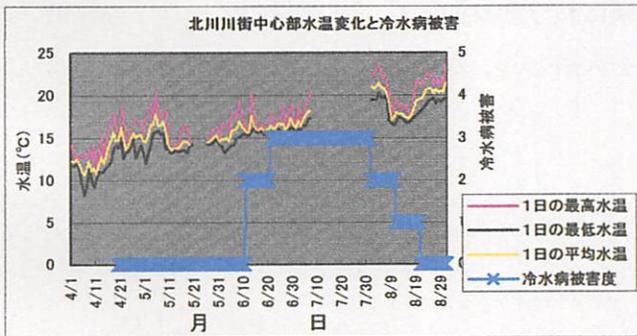
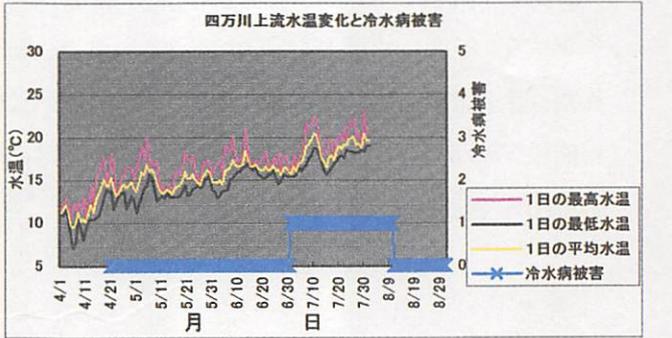
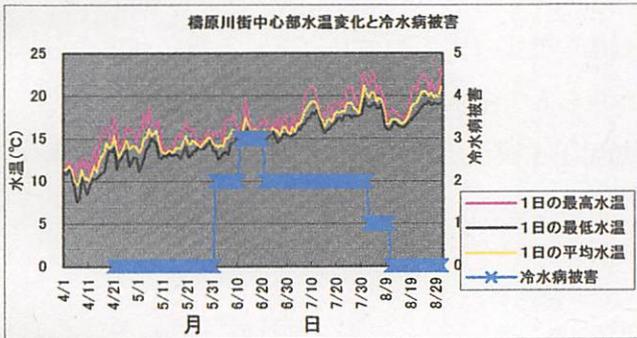


図 2-6 四万十川支流最上流 3 河川の水温変化と冷水病被害の推移

イ. 最高水温が 18℃から 15℃へ急低下し、且つ、その後、平均水温が 15℃前後で停滞した場合には 20～25 日目に斃死が目につく状態になっている（図 2-5 物部川上流西、物部川上流東、図 2-6 梶原川街中心部、北川川街中心部）。

ウ. 最高水温が 3℃急低下しても水温が低い場合には発病していない（図 2-5 物部川上流 5 月、下流 4 月、図 2-6 梶原川、北川川 4 月）。

エ. 速やかに平均水温が 17℃を超える漁場では被害は小さいままで推移している（図 2-5 物部川中流、図 2-6 四万川上流）。

オ. 冷水病が発生した後、最高気温が 20℃に達しない日が続くと被害は拡大傾向になる（図 2-5 物部川上流西、物部川下流、図 2-6 梶原川街中心部、北川川街中心部）。

カ. 平成 15 年は物部川、四万十川ともに上流では水温が上昇し安定するまで待つ目的で放流時期を約 1 ヶ月間遅らせたが、これは発病時期を遅らせ、最高被害度のランクを 1 ランク下げる効果にとどまった。

キ. 四万川のように早期に平均水温が 17℃以上になり被害抑制につながることを中山間部で期待することは難しい。逆に、水温が低い時期にも被害が生じていないことから、低温馴致した種苗を晩春のより早い時期に放流することも被害軽減に役立つのではないかと考えられる。

2.3.2 降雨、濁りと冷水病被害の関係

平成 14 年度の東津野村気象記録によると、最高気温の低下は大雨の前日に下がる傾向が認められた、大雨前日の最高気温の急低下が水温変化をもたらし、罹病魚の斃死増大の引き金になった可能性が考えられた。そこで、平成 15 年度は、高知県下主要河川域における降雨量を調査し、降雨と冷水病被害との関係を検討した。

方法

降雨量 高知県河川課が保管する県下各河川流域における時間雨量、日雨量のデータの提供を受け、日雨量 20mm もしくは時間雨量 10mm 以上を大雨とし、次のような基準で大雨の程度をランク分けした。

大雨度ランク付け

大雨度 1：日雨量 20mm もしくは時間雨量 10mm 以上

大雨度 2：日雨量 50mm もしくは時間雨量 30mm 以上

大雨度 3：日雨量 100mm 以上

大雨度 4：日雨量 500mm 以上

大雨度 5：日雨量 1000mm 以上

冷水病被害度 第2節で述べた平成15年冷水病被害調査結果の被害度を用いた。

結果ならびに考察

高知県各河川流域における大雨と冷水病被害の関係を図2-7に、中流域における結果を図2-8に、上流域における結果を図2-9に、最上流域における結果を図2-10に示した。

図2-7の安芸川下流、図2-8の四万十川中流・西土佐村、図2-9の伊尾木川上流のように激しい雨が続いたにもかかわらず冷水病被害が発生しなかった河川があった。一方、図2-7の物部川下流、安田川下流、図2-8の仁淀川中流、図2-9の新莊川上流のように大雨の度合いが低いにもかかわらず冷水病被害が大きかった河川も見られた。このようなことから、降雨が冷水病被害発生や被害拡大の引き金になるような直接的関係は認められないと結論づけられる。ただし、前述したように冷水病被害と水温との間にはかなり密接な関係が認められるので、降雨や降雨の前触れである曇天が水温の低下をもたらし、冷水病被害につながるなど、間接的な影響は否定できない。

なお、前述したように、大雨が冷水病原因菌そのものを河川から洗い流し、その後の被害軽減につながる可能性が残されている。降雨の冷水病被害に及ぼす直接的影響は否定されたが、今後大雨に関する資料を収集し、来期の冷水病発生状況との関連を検討する必要性は高いと考えられる。

時間雨量10mm、日雨量20mmすなわち大雨度1で河川には濁りが生じる。図2-7から図2-10に示したように大雨度1が示された日と冷水病被害との関係についても関連性が認められず、降雨との関係で考察したように濁りと冷水病との間にも直接的影響は少ないと考えられる。

なお、実際の河川における日々の観察記録を依頼しようとした東津野村職員が長期休職になり、物部川漁協については近年にない遡上アユの不良対策に迫られ、記帳を依頼できず、詳細な調査は実施することができなかった。

2.4 湖産種苗放流履歴と冷水病被害の関係

平成14年度は主たる感染源として疑われている湖産種苗の放流を県下一斉に中止したにもかかわらず冷水病被害は治まらなかった。ただし、過去3、5カ年間の種苗放流に占める湖産種苗の割合と平成14年度被害度との関係から近似曲線が右肩上がり、すなわち、湖産種苗の割合が多いほど被害度が高くなる傾向が最高被害、平均被害ともに認められはじめ、10カ年間を合計した場合にはその傾向がもっとも顕著に認められた。このことから、1、2年湖産種苗の放流を中止しても河川の浄化は進んでおらず、3年以上前の種苗放流の影響を受けているといえる。

平成15年度も全県下的に湖産種苗の放流を中止しており、湖産種苗中止後3年になる河川も増加している。そこで、今年度も過去の湖産種苗放流と平成15年度冷水病被害の関係を検討することにした。

しかし、前述したように平成 15 年度は 10 年来といわれる天然遡上アユの不作、大雨によるアユの流下、流失によってアユの生息そのものがほとんど見られない漁場も多く、宿主不在により冷水病被害を判断するのが困難な漁場が多く見受けられた。このように、湖産種苗放流履歴と平成 15 年冷水病被害の関係を云々できる状況ではなかったため、次年度以降に課題を先送りすることとした。なお、前述したように、冷水病被害とダムとの間にはかなり密接な関係が認められる

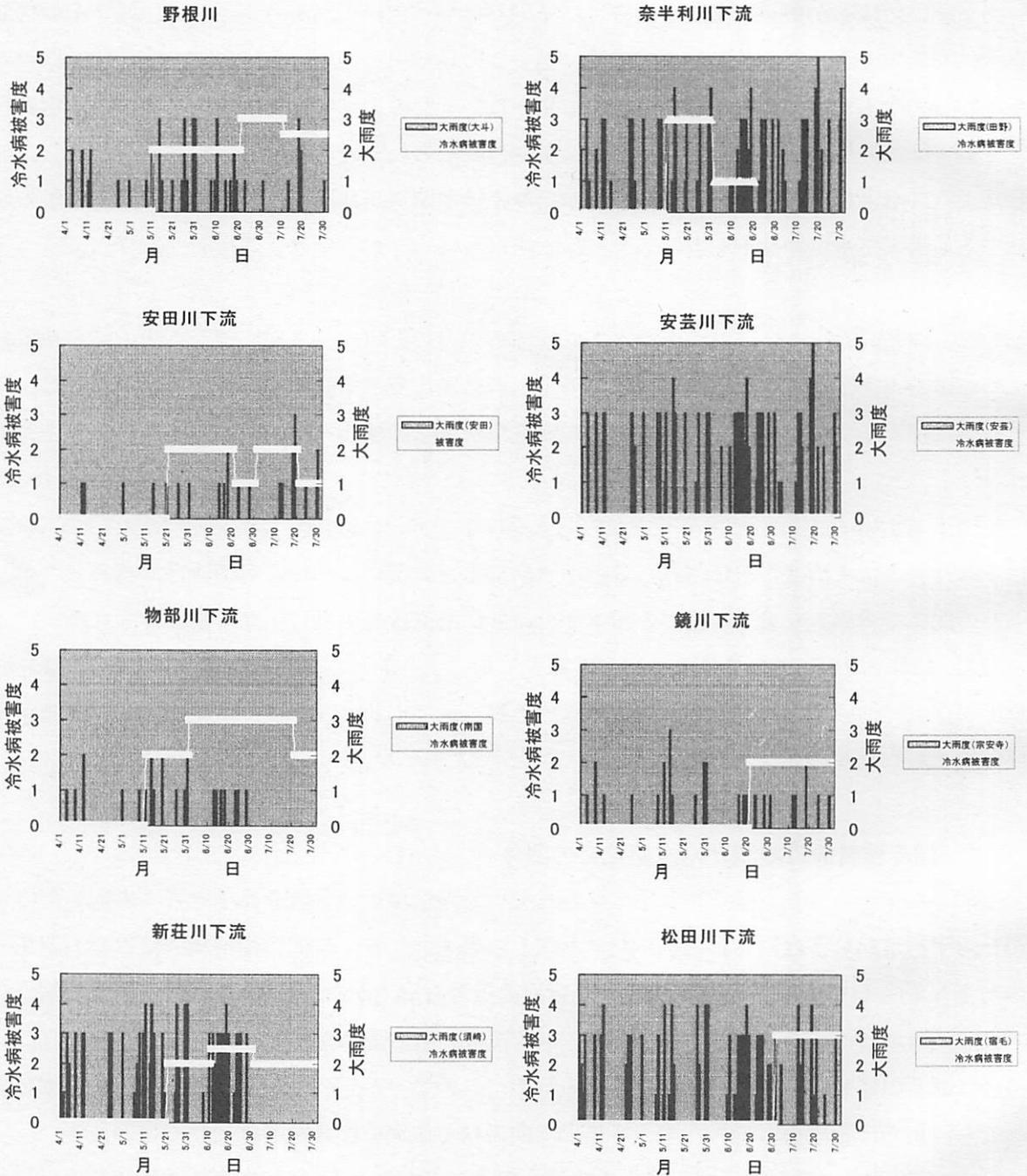


図 2-7 冷水病被害の推移と大雨日 (高知県各河川下流域)

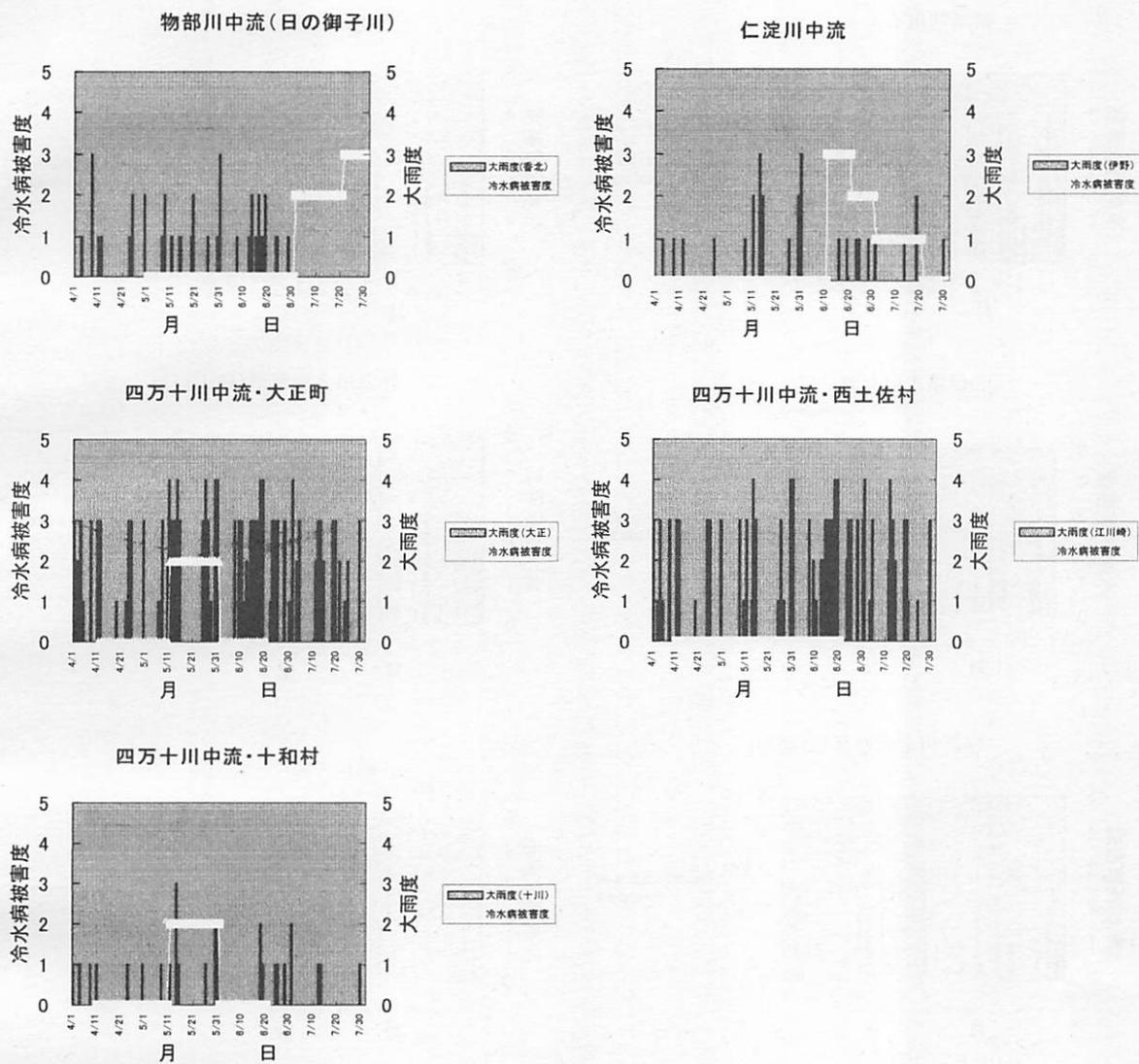


図 2-8 冷水病被害の推移と大雨日（高知県各河川中流域）

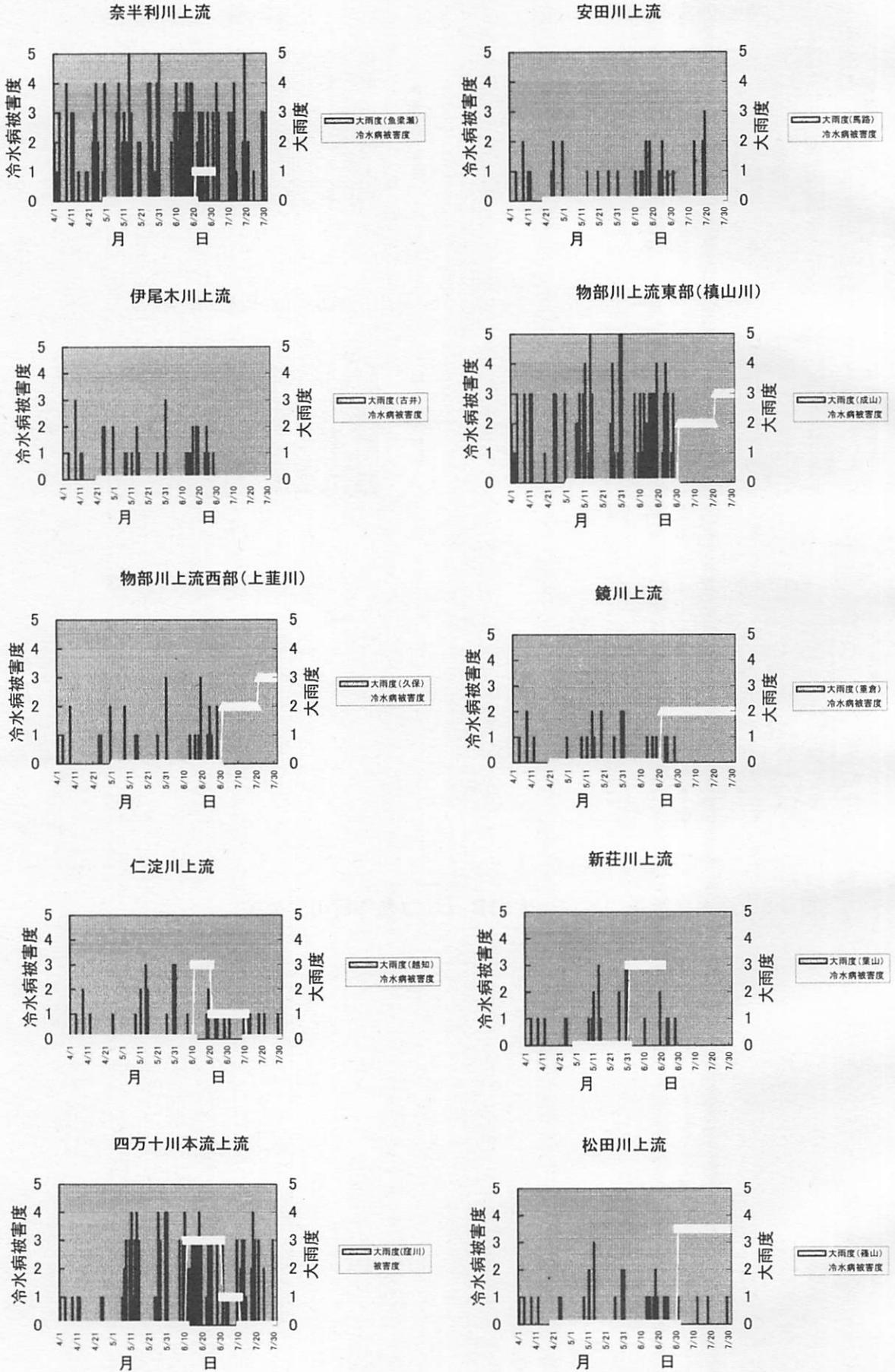


図 2-9 冷水病被害の推移と大雨日（高知県各河川上流域）

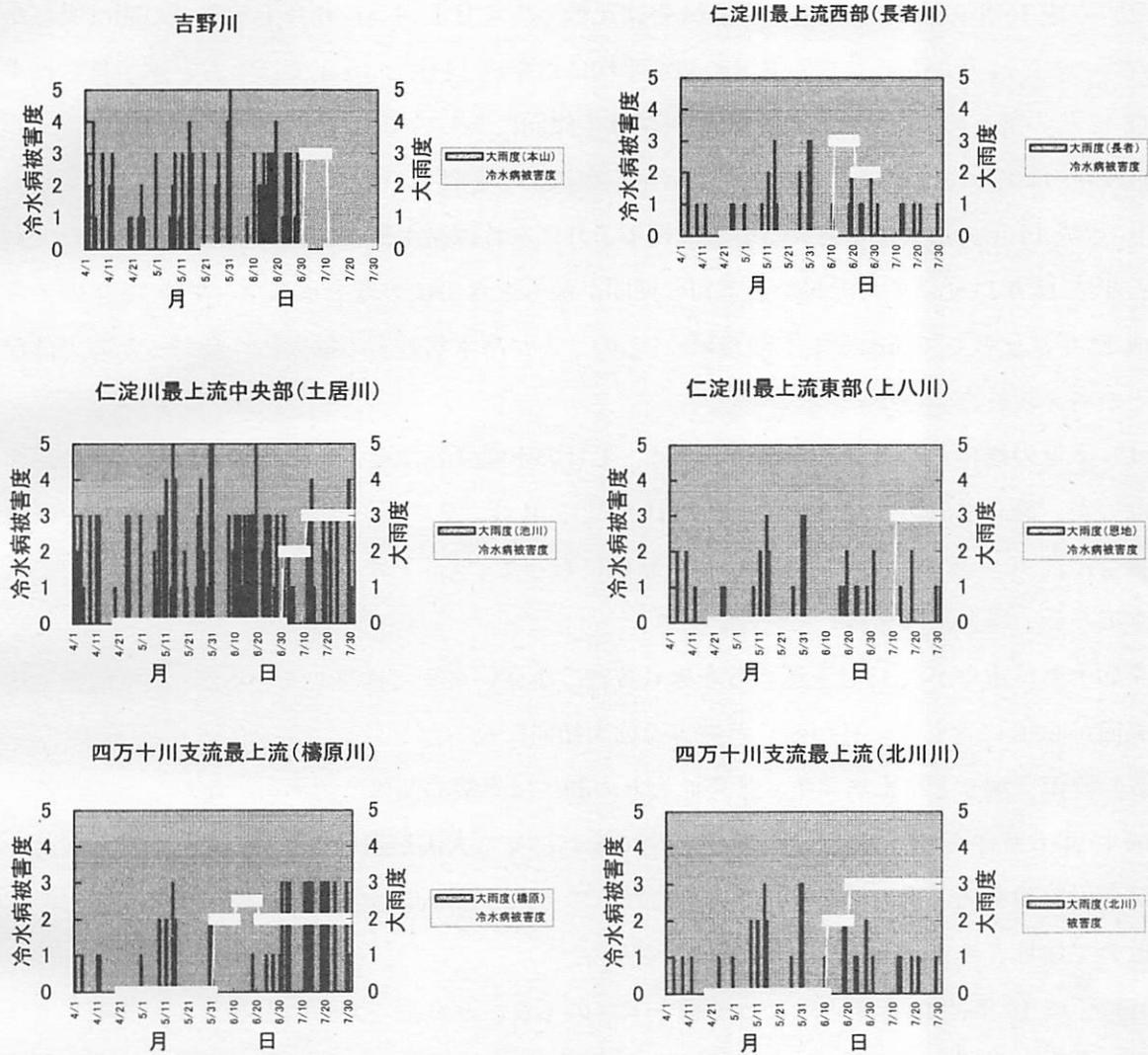


図 2-10 冷水病被害の推移と大雨日 (高知県各河川最上流域)

ので、主たる汚染源と考えられる湖産種苗の放流自粛が全県的に継続される状況下では、大雨などによりどれだけダムから病原菌や病原菌付着物が除去される状況になるかが今後の冷水病被害の大きさを左右するようになるとも考えられ、湖産種苗放流履歴との関係は次第に薄くなるのではないかと考えられる。

2. 5 まとめ

(1) ダムからの距離と冷水病被害の関係を検討したところ、ダムの上流、下流にかかわらず、ダムに近いほど被害が大きくなる傾向が認められた。昨年度調査した河床勾配については勾配が大きいほど被害が大きくなる傾向があったが、河床勾配の大きい河川にはダムがあり、ダムとの関係と裏腹の関係であると考えられた。

(2) 平成15年の冷水病被害は平成14年に比較して4月上旬から6月下旬までの間は明らかに少なかった。4月から6月まで気温の旬別平均には平成14年と15年でほとんど差が見られず、平成15年の被害の少なさは経年的に被害が減少傾向にあるのではないかと考えられた。ただし、平成15年は例年になくアユが少なく、宿主不在による影響の可能性も残されている。

(3) 平成14年の結果に示されるように例年7月になれば冷水病被害は収束傾向に入るのであるが、平成15年は逆に7月上旬から下旬の期間が最も大きい被害度を示した。平成15年の7月は平成14年に比較して気温が2℃前後低く、このことが冷水病被害の拡大につながったのではないかと考えられた。

(4) 水温の推移と冷水病被害の関係では、1日の水温変動幅そのものと被害との関連は認められないが、最高水温が18℃から15℃へ急低下し、且つ、その後、平均水温が15℃前後で停滞した場合には20～25日目に斃死が目につく状態になっている。しかし、最高水温が急低下しても平均水温が低い場合には発病していない。

平均水温が速やかに17℃を超える漁場も被害は小さいままで推移しているが、冷水病発生後最高気温が20℃に達しない日が続くと被害は拡大傾向になった。

(5) 降雨、濁りと冷水病発生、被害拡大との間には直接的関係は認められなかった。ただし、平成15年5月から7月には、高知県下各地でまれに見る大雨が続いた。この大雨が冷水病菌や冷水病菌付着物を洗い流した可能性が考えられるので、平成15年の降雨と来期の冷水病被害の関係が改めて注目される。

(6) 平成15年は10年来といわれる遡上アユの不良、うち続く大雨によるアユの流失でアユの生息そのものが見られなくなった漁場も多く、湖産種苗放流履歴と平成15年冷水病被害の関係を検討することができなかった。

モクズガニ資源培養技術開発研究 —放流追跡調査—

中 島 敏 男

1 目的

ダム堰堤等の遡上障害によりモクズガニが生息できなくなった上流域において資源復活を図る。このため、人工種苗放流と追跡調査を実施し、効果的な放流手法の確立をめざす。

2 方法

2000年6月2日、物部川水系西川川にモクズガニ人工種苗1万尾(平均甲幅長8.7mm)を放流した。放流した人工種苗の追跡調査をおこない、移動、分布、成長、生残等の知見を得た。概要は12年度(中島, 2001)、13年度(中島, 2003)及び14年度事業報告書(中島, 2004)に記載した。

2002年4月9日、物部川漁業協同組合が物部川水系舞川支流の長谷川(香我美町長谷地区、延長約2km川幅1~4m)にモクズガニ人工種苗1万尾(甲幅長7mm)を放流した。長谷川は上記西川川同様、天然モクズガニ遡上がない河川である。長谷川で得られた結果を西川川の知見と比較した。

2003年4月17日、南国市が国分川水系領石川(南国市中谷・上倉地区、延長2km川幅1~5m)にふ化後100日令のモクズガニ人工種苗3,000尾を放流した。河口から放流場所までには数箇所の農業用取水堰堤、巨大な砂防堰堤が存在するが、天然モクズガニ遡上もみられる。得られた結果を上記2河川と比較した。

3 結果と考察

1) 放流場所周辺の河川環境

長谷川、西川川及び領石川を周辺環境で比較すると、長谷川は標高400~450mに位置し、耕作をやめた田畑のあとに樹木が植えられ、川を覆っている。西川川は標高100~250m、領石川は標高100~200mで、いずれも周辺に田畑があり、開けた場所が多い(写真1、2、3参照)。放流したモクズガニが生息する地区の水温を比較すると、長谷川は他の2河川に比べ夏場が3~5℃低い(図1)。理由として、標高が高いこと、植林の中を流れていることがあげられる。その他に、川面は暗く、川床に土石が堆積して荒れている。これらは藻類などを含めた餌の質の悪化、洪水時にモクズガニが身を隠す場所が少ないことに伴うストレスの増大など、成長阻害要因に関係してくると考えられる。

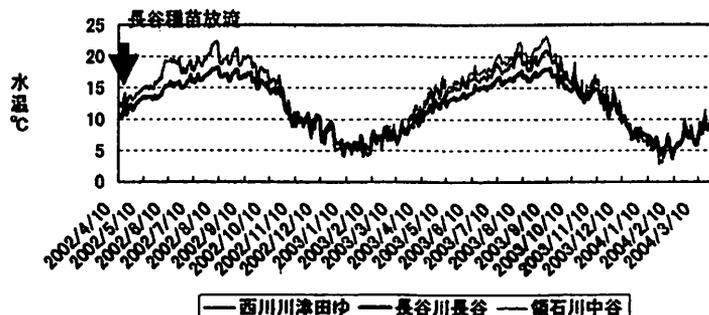


図1 長谷川・西川川・領石川水温比較

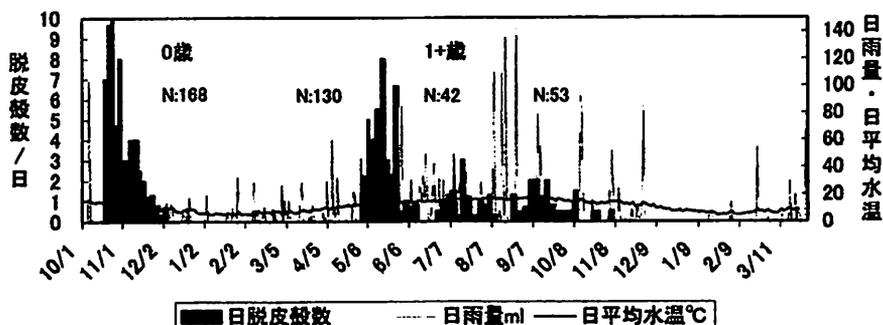


図2 日別採集脱皮殻数

2) 放流後の追跡調査

放流後の稚ガニはある程度成長するまで、モクズガニの一般的な調査用具であるカニ籠で採集されにくい。このため、定量的でなかったり、非効率的であったりするが、徒手採捕、上りうえ及び脱皮殻による調査がおこなわれる。長谷屋敷地区で脱皮殻がかなり見られたので2002年10月中旬から脱皮殻採集をおこなった。長谷屋敷地区は川幅2mで河畔にヨシが生えた区間が90mほどある。この間に、距離6~20m程度の湛水域が4カ所あり、脱皮殻はこの場所の浅場でみられる(写真4、5参照)。

脱皮が頻繁におこなわれる春から秋は週2、3回の頻度で、冬は週1回の頻度で調査をおこなった。調査日の採集個体数を調査間隔の日割りで記載した。川底の脱皮殻は、その姿のまま取り上げ、腹節で性別別し、甲幅長をノギスで計測した。

調査期間中に393個の脱皮殻を採集した。採集数の日別変動パターンから判断して1+歳で3~4回の脱皮がおこなわれたと推察される。ただし、日雨量が60~80mmをこすと谷川は増水するので、脱皮殻が流されて採集できなかった可能性もある。採集が無かったことが、即、脱皮がおこなわれなかったことを意味するものではないが、2001年12月上旬から4月中旬まで脱皮殻の採集はなかった。10~40mmサイズでは水温が10℃以下になると脱皮が見られなくなり、10℃以上になると脱皮が準備されると言えそうである(図2)。

水温は長谷屋敷に設置した自記式水温センサーの記録を用いた。雨量は峠を挟んで反対側の香北町棧敷西川川に設置されている国土交通省自記雨量計速報値を用いた。

長谷屋敷で採集した脱皮殻の甲幅長を月ごとに平均して経月変化をみた。1+歳で3回または4回の脱皮がおこなわれているようにみえる。平均甲幅長は5-6月19~20mm、7月24mm、8-9月26~27mm、10-11月29~31mmであった。これは図7に見られた1+歳の日別採集脱皮殻数の3又は4つの山に対応している(図3)。

図3に示したように、長谷屋敷地区で餌カニ籠によって採集したカニの甲幅長と脱皮殻の甲幅長を比較すると10~15mmの差がある。それぞれの調査方法では通常でも脱皮前と脱皮後の個体が採集されるため甲幅長に差が出るのは当然であるが、10~15mmの差は3~4回程度の脱皮回数差に該当する。この差は、餌カニ籠には大きい個体ほど入網しやすい一方、モクズガニは大きくなると“あぜり”と呼ばれる一種の巣穴の口で脱皮して、殻を入口に残したまま生体はその奥に身をひそめるため、“あぜり”が植生や岩の奥にあると脱皮殻を目にすることが困難になり、40mmを越す脱皮殻はほとんど採集されなくなるためと考えられる(図4、5、写真6参照)。

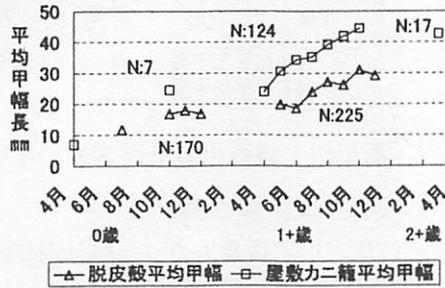


図3 脱皮殻・カニ籠採捕モクズガニ平均甲幅長比較

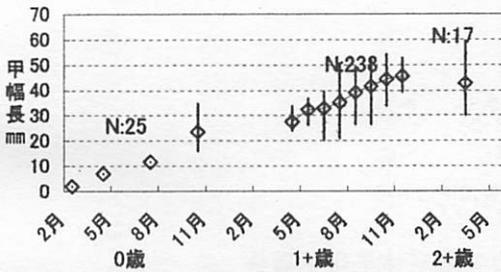


図4 カニ籠採捕モクズガニ平均・最大・最小甲幅長

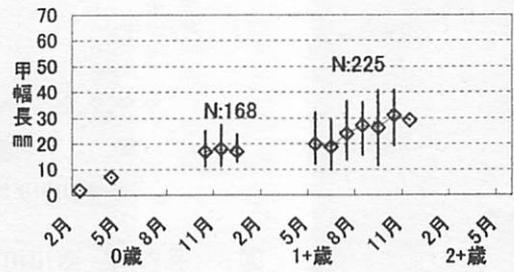


図5 脱皮殻平均・最大・最小甲幅長

カニ籠で採集される成体や亜成体のモクズガニでは時期により雌雄比に偏りが見られることから、1+歳の脱皮殻の雌雄でも脱皮時期に違いが見られるか検証を試みたが、このサイズでは違いは見られなかった。225個の雌雄比は雌99個、雄99個、不明27個であった(図6)。

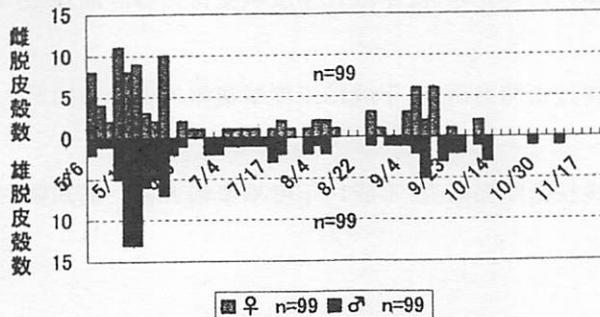


図6 採集日別雌雄脱皮殻数

長谷川で採集した0~1歳のモクズガニの平均甲幅長を西川川の調査結果と比較すると同時期で10~20mm程度小さかった。領石川の0歳のモクズガニは西川川と同程度の成長を示していた(図7)。

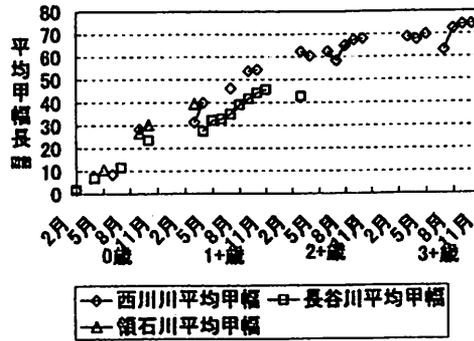


図7 長谷川・西川川・領石川のモクズガニ平均甲幅長比較

1歳で成体脱皮する雌が出現する。長谷川で採集した1歳雌成体モクズガニの平均甲幅長を西川川の調査結果と比較すると同時期で10mm程度小さかった(図8)。

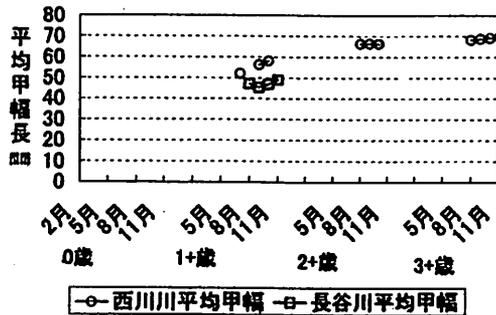


図8 長谷川・西川川のモクズガニ雌成体平均甲幅長

サイズは小さくても、時期がくれば成体脱皮をおこなう雌が出現する。甲幅長50mm以下の雌成体の体重は50g未満である。放流した河川環境によって成長が遅れ、しかも、小さいままで成体になって降河する個体が発生する河川は、放流の経済効果は相対的に小さくなると考えられる。

4 参考文献

中島敏男:モクズガニ資源培養技術開発研究,平成12年度事業報告書,高知県内水面漁業センター,82-88,2001.
 中島敏男:モクズガニ資源培養技術開発研究,平成13年度事業報告書,高知県内水面漁業センター,10-24,2003.
 中島敏男:モクズガニ資源培養技術開発研究,平成14年度事業報告書,高知県内水面漁業センター,37-45,2004.



写真1 長谷川長谷塚の本平地区



写真2 西川川千萱地区



写真3 領石川中谷・上倉地区

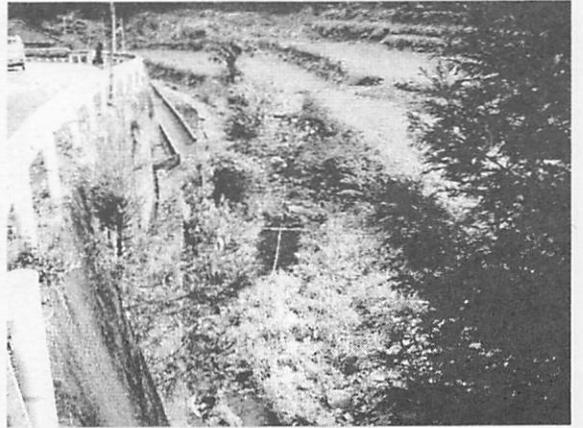


写真4 長谷川長谷屋敷地区 脱皮殻・カニ籠調査地点



写真5 長谷川屋敷 葦原の浅場の脱皮殻

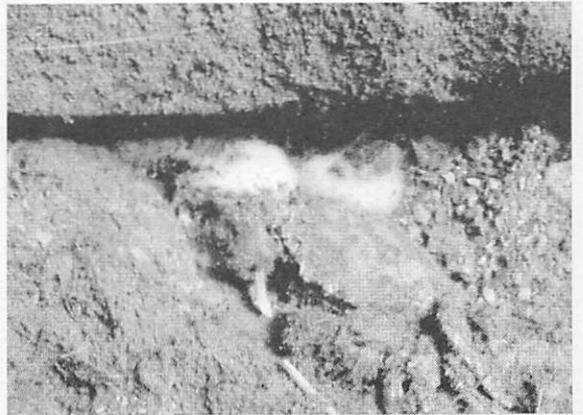


写真6 長谷川屋敷 脱皮殻 40mm と脱皮直後のカニ 44mm
(巣穴の“あぜり”と缺脚のひげ。脱皮直後は白い)

ウナギ資源調査(平成11～15年度)

—標本日誌・生物調査—

中島 敏男

1 調査目的

本県の河川におけるウナギ漁獲量は近年いずれの河川も著しく減少し、高知全県漁獲量は1982年の184トン进行ピークに1995～2002年は51～74トンにまで落ち込んでいる。ウナギ資源の動向が危惧されることから、増養殖対策としてウナギ種苗の放流が毎年おこなわれているが漁獲量は回復の兆しを見せていない。

一方、ウナギ資源の適切な管理や効率的な増養殖対策が求められながら、河川における本種の生物・生態学上の知見はほとんどない。このように減少著しいニホンウナギの適切な資源管理及び効率的な増殖対策に資するため、県内河川における親ウナギの生物、生態特性を把握する。

2 調査方法

1) 調査項目

①環境調査

3河川の標本日誌および物部川に設置した自記水温記録データログで得られる水温からウナギ漁期と水温のかかわりを調べた(図1)。

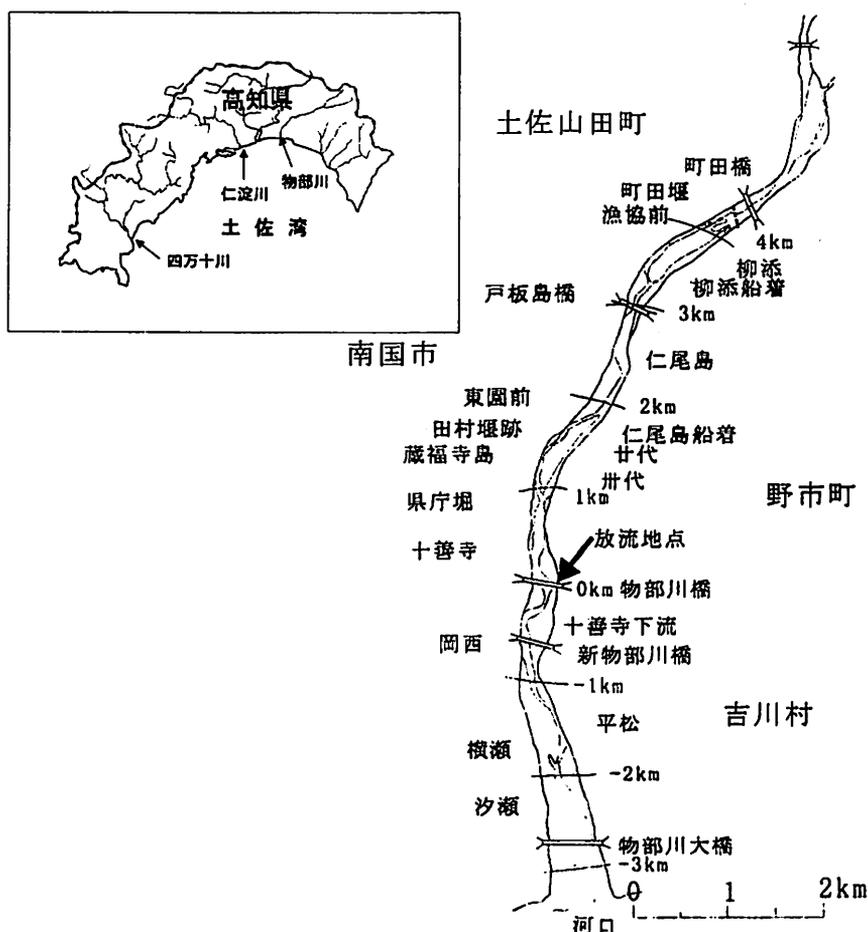


図1. 調査河川物部川

②魚体精密測定

日誌依頼者が採取した一部のウナギの体長、体重、胃内容物、性別、生殖腺重量を調査し、耳石の採取をおこなった。耳石(扁平石)は水分及び付着物を取り除いた後、スクリー管瓶に保管して(社)日本水産資源保護協会に送付した。

③標識魚追跡調査

物部川において標識ウナギ放流・追跡調査を東京大学海洋研究所と共同でおこなった。物部川河口から上流約3km地点に2000年5月19日右胸鰭カット標識魚7,977尾を放流した。2001年5月31日左胸鰭カット標識魚7,989尾を放流した。放流場所から上流、下流それぞれ3ヶ所に標識ウナギ追跡試験操業定点を設定し、漁期中に10回、それぞれの定点に5本のトラップをしかけて調査した。同時に、河口から上流約7kmにある農業用取水堰までの流域で、漁業者による再捕情報の入手につとめた。標識魚追跡試験操業で再捕したウナギは再捕年月日、場所、漁具、体色、天然魚との混獲状況、切除した胸鰭の再生状況、体長、体重、胃内容物、性別、生殖腺重量を調査し、耳石採取をおこなった。

ウナギは漁業権魚種であることから漁業権を設定した河川では種苗の義務放流がなされている。ウナギ漁業やウナギ資源の回復に有効な種苗放流をみきわめるためのデータ収集につとめた。

④漁獲統計調査

農林水産統計によって県内河川の漁獲量を調査した。中村市公設市場及び四万十川西部漁業協同組合の運営する西土佐あゆ市場のウナギ取扱量を調べ、四万十川流域の漁獲統計の充実をはかった。

⑤標本調査

県内3河川6名の漁業者に日誌記帳を依頼した。各河川のウナギ漁業の実態把握につとめた。

2) 漁法

主に物部川下流域のウナギ餌箱(筒)漁、石倉漁(いしぐろりょう)の漁獲物を調査した。一部、延縄漁、柴漬漁の漁獲物も調査した。餌箱漁では主に全長25~50cmの黄ウナギが漁獲された。石倉漁では全長35~75cmの黄ウナギ、銀ウナギが漁獲された。両漁法とも25cm以下のウナギの採捕はまれであった(写真1、2)。

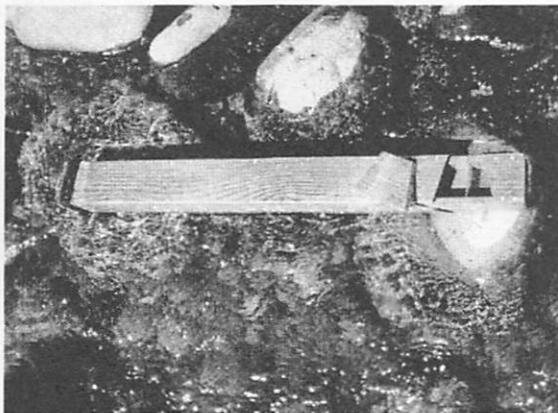


写真1 採捕漁具 ウナギ餌箱



写真2 採捕漁具 ウナギ石倉

3 調査結果と考察

調査水域の環境特性

1) 物部川

高知県東部を流れる1級河川。標高1,770mの高知県白髪山から流程71kmで外洋の土佐湾に注ぐ急流河川で、河口もしばしば閉塞する。河口から12kmの位置に発電ダムがあり両側回遊型の水産生物の往来が遮断される。その下流にある農業用堰堤から農業用水に取水されるため下流域の水量は少ないが、川床は人頭大の石に覆われていて水産生物は多い。

ウナギ漁業では河川水温15℃がひとつの目安で、これより水温が上昇すると漁業が始まり、水温が降下すると終わる。石倉漁はこれより水温の低い12月や4月に操業される場合もある。河川流量別にみると、餌箱漁は洪水モードで好条件になり、葦原の中で好漁する。石倉漁は増水すると操業ができないが、次の平水モードは好漁になる(図2)。

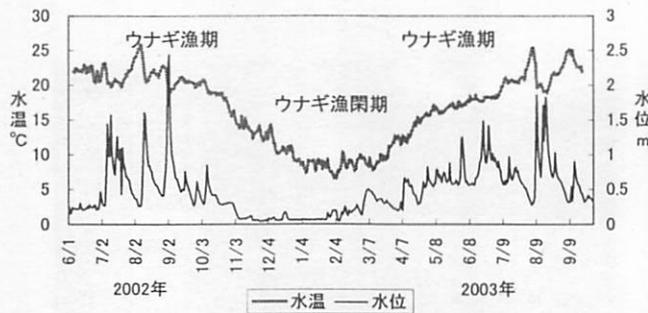


図2. 物部川下流域の水温と水位

2) 仁淀川

高知県中部を流れる1級河川。標高1,982mの愛媛県石鎚山から流程124kmで外洋の土佐湾に注ぐ急流河川である。流域面積は1,560km²である。河口から55kmの位置に発電ダムがあり、魚道が備わっているが、減水区間が10kmある。その上流10kmに発電、灌漑、都市用水ダムがあり両側回遊型の水産生物の往来が遮断される。標本調査をお願いした川獺師の方は本流より支流を利用していた。

3) 四万十川

高知県西部を流れる1級河川。標高1,336mの高知県不入山から流程196kmで外洋の土佐湾に注ぐ河

川である。四国では吉野川について第2位の規模を示す。全国ではおおむね30位以内の河川規模である。河口域は8kmあり、県内で最も長い。流域面積は2,270km² あり。本流にダムがないことでも有名であるが、河口から120kmの位置にダムに該当しない高さの取水ダムがある。魚道を備えているが発電用取水は別の川に送水されダム直下に15km程度の減水区間ができる。

各河川とも河口域の海面、内水面でウナギ養殖用種苗のシラスウナギ採捕がおこなわれている。

調査個体の生物特性

1) サイズ

採捕できるウナギのサイズは使用する採捕用具の特性によって決まる場合がある。今回利用した餌箱漁と石倉漁は全長25~75cmのウナギを採捕できると思われる。また、それぞれの採捕用具は操業時期や洪水・平水モード、採捕されるウナギの体長でそれぞれを補完できる関係にあると思われる(図3)。

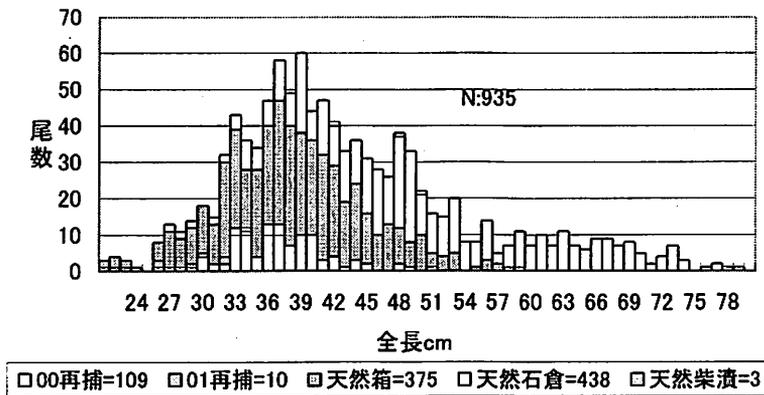


図3. 物部川下流域漁獲ウナギの全長組成

2) 年齢

物部川下流域で漁獲された天然型ウナギの耳石(扁平石)にある輪紋数を計数し、輪紋数の判定で最も信頼がおける判定Aの結果だけを用いて、輪紋数と全長との関係を調べた。輪紋数と全長の関係では同一輪紋数で30cm程度のばらつきがあった(図4)。

これを前項の漁獲サイズに当てはめると、全長32~49cmの最もよく漁獲されるサイズは主に雌3~6輪と雄3~6輪で構成されている。50~60cmは6~8輪の雌、60~70cmは8~10輪の雌であった。

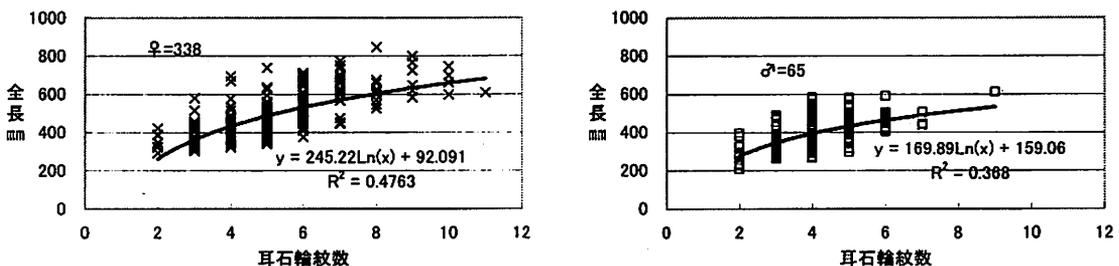


図4. 耳石輪紋数と全長の関係

3) 成長

雌の全長・体重関係式は $Y = 0.0001X^{3.6229}$ ($R^2 = 0.9537$, $N = 578$ 尾) となった。雄の全長・体重関係式は $Y = 0.0044X^{2.6887}$ ($R^2 = 0.5827$, $N = 123$ 尾) となった (図5)。

このように全長・体重関係式が累乗近似曲線で表されることから、ウナギは体長増加より体重の増加の割合が大きいことがうかがえる。全長と肥満度の関係は雌では成長とともに肥満度が増した。雄では平均肥満度は全長増加とともに数字上減少したが、50cmを境に区分すると、それ以下では増加、それ以上では低い肥満度の個体が多いという結果になっている (図6)。

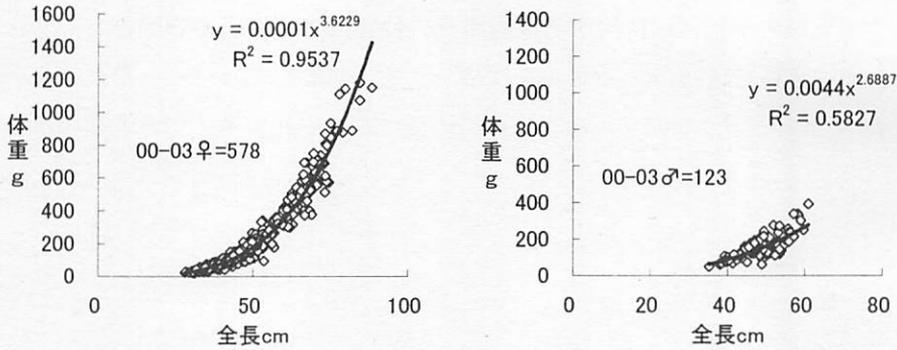


図5. 天然型ウナギ全長と体重の関係

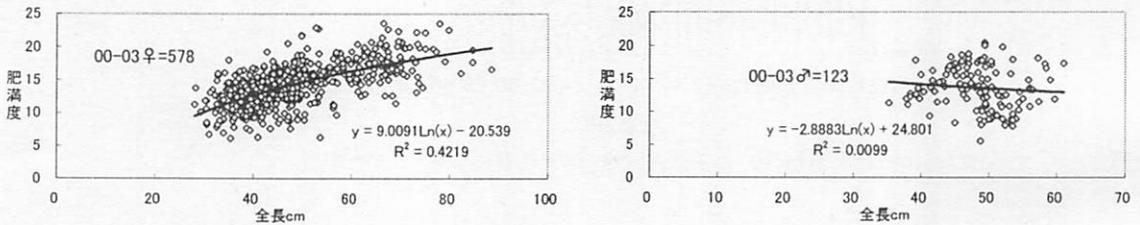


図6. 天然型ウナギ全長と肥満度の関係

4) 成熟

2000～2003年に物部川下流域で採捕された天然型ウナギ928尾の性比は雌578尾、雄123尾、不明22尾、無性5尾であった。ほとんどの個体は裸眼観察で判定したため、小型個体では性不明が多い。不明に分類された小型個体を新たに組織学的に雌雄判別したものも含めて、物部川下流域では採集個体の性比率は雌個体が非常に多いと考えられる (図7)。

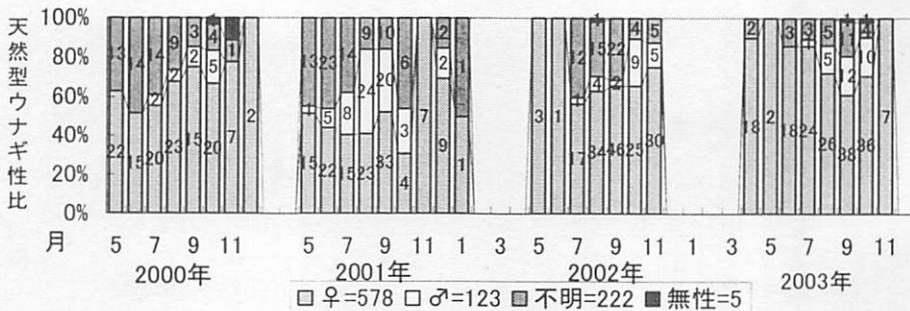


図7. 天然型ウナギ性比

生殖腺指数は雌では全長が50cm以上になると数値が大きい個体が観察される。雌の最大値は5.23、雄は0.53であった（図8）。

雌生殖腺指数は秋から冬に値が高くなる季節変化がみられた。この季節に石倉漁で漁獲される銀ウナギが特に高い値を示した。石倉漁が春から初夏に操業された場合は、雌生殖腺が発達した個体がたまに漁獲される（図9）。

すべてが養殖放流個体に依存していると考えられる杉田ダムから上流で採捕された24個体の性別は雌22尾、無性2尾であった。

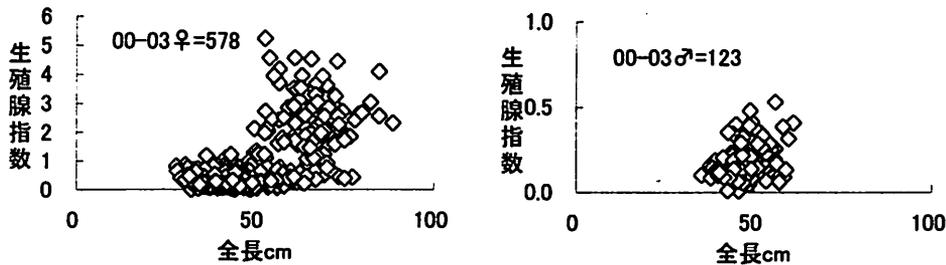


図8. 生殖腺指数と全長の関係

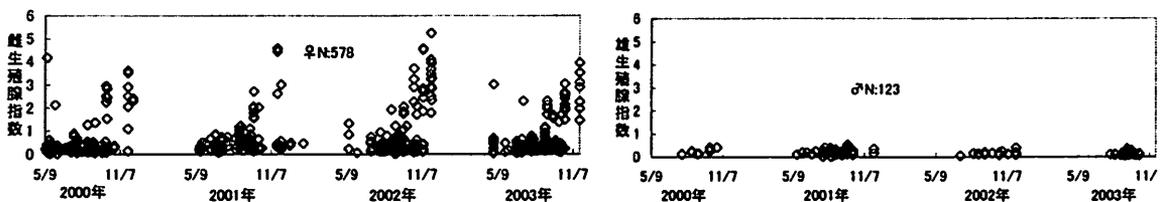


図9. 生殖腺指数の季節変化

5) 食性

測定したウナギの胃内容を漁法別、流域別、季節別に示した。2000～2003年に物部川下流域の餌箱漁で採捕されたウナギ胃内容物の特徴は漁具餌に使用されたミミズと水生昆虫であった。同じく石倉漁の特徴として秋以降に採捕される大型ウナギは空胃が目立った。特に銀ウナギの胃は萎縮していた。2000年初夏に観察された魚卵は石の裏に産み付けられているハゼ類卵と同定された。

仁淀川汽水域の柴漬け漁で採捕されたウナギの胃内容を春と夏にわけて記載した。春は河床や橋脚に付着しているカキ、夏は河床に穿孔して棲息するアナシヤコ類が特徴的であった。

物部川発電用ダム堰堤上流域の延縄漁、籠漁で採捕されたウナギの胃内容物にはサワガニ、魚類などがみられた。籠漁業の採捕個体にみられる胃内容物は、籠餌に誘引されて入っていた水生動物を籠の中で食べた可能性が高い（表1）。

ウナギは漁獲後収容した容器の中に胃内容を嘔吐している場合もしばしば観察される。測定時にみられる空胃は摂餌のなかったことを必ずしもあらわしていない。空胃のタイプには、直前まで内容物が入っていたような胃壁が薄い袋状の空胃がある一方、銀ウナギや放流した養殖ウナギが河川の餌を摂餌できていないときにみられる萎縮した状態の空胃、「真の空胃」といってもいい空胃がある。

表1. 漁法別、流域別、季節別の胃内容物

胃内容物	00年箱	01年箱	02年箱	03年箱	00年石倉	01年石倉	02年石倉	03年石倉	仁淀河口	春仁淀河口	夏仁淀河口	ダム湖	ダム支流	
餌ミズ	32	65	20	12									3	
環形動物										1				
魚類	4	4	13	6	30	8	5	20	25				5	
魚卵		2	1		4									
エビ類	2	3	9	4	4	4		1	14	1				
カニ類	1		6	1				1	16			1	2	
甲殻類											7			
水生昆虫	20	54	53	40	1	1	3	2	3					
陸生昆虫			2											
貝類									23					
植物			1											
不明	2	1	4	3	1	5	2	2	1					
空胃	16	75	101	54	84	81	80	92	88	12		4	3	
延べ計	77	204	210	120	124	99	90	118	171	20		8	10	
備考	水生昆虫とミミズ				魚類				3-5月柴漬		8-9月柴漬		延網	罾
	増水時には餌以外のミミズもみられる								貝類:カキ		アサギコ類		釣り針	入籠生物

雌の生殖腺指数1.5は組織学的に第1次卵黄球期に該当する。生理学的にも成熟が始まっている時期とされている。石倉漁で漁獲された雌ウナギを生殖腺指数1.5で区分すると、1.5以上の個体90尾は全てが空胃であった。同じ石倉漁で漁獲された指数1.5未満の個体201尾の内訳は空胃126尾、摂餌75尾であった(図10)。

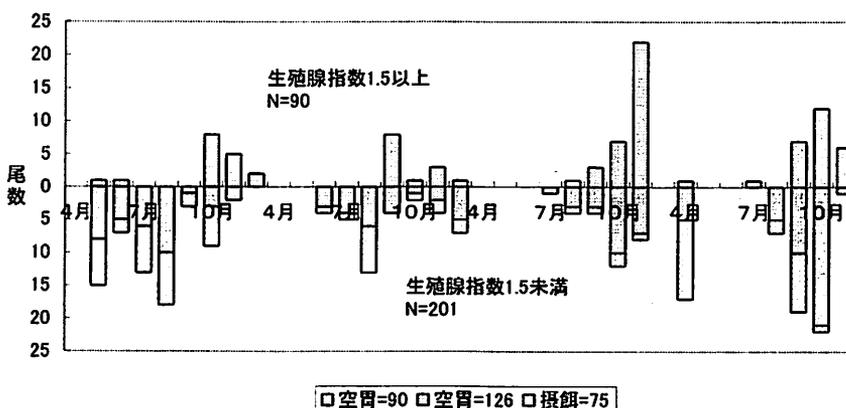


図10. 石倉漁雌ウナギの生殖腺指数別空胃と摂餌の割合

標識放流魚追跡調査からみたウナギの生理・生態

この調査項目は産卵親魚放流技術開発グループの中で東京大学海洋研究所と共同担当している。ここでは、得られた試料の中から、高知県が河川湖沼資源調査グループの一員として担当している生物調査を補充する部分をつかった。

① 移動

2000年5月に物部川下流域に標識放流されたウナギは2003年12月までに180尾が再捕された。この間に調査したウナギは、組合が放流した直後の養殖ウナギや2001年標識放流再捕ウナギを除くと3,279尾であった。放流場所から距離別に採捕ウナギに占める再捕ウナギの割合をみると放流場所周辺と下流側に多かった。

2001年5月に標識放流されたウナギは2003年12月までに12尾が再捕された。この間に調査したウナ

ギは組合が放流した直後の養殖ウナギや2000年標識放流再捕ウナギを除くと2,072尾であった。放流場所から距離別に採捕ウナギに占める再捕ウナギの割合をみると下流側に多かった(図11)。

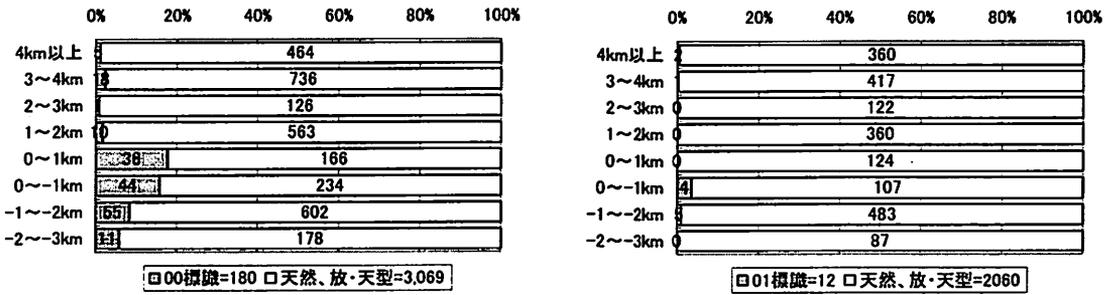


図11. 標識放流位置を基準にした標識ウナギの混獲率(左2000年放流, 右2001年放流結果)

② 成長

2000年標識放流再捕ウナギの全長平均値及び全長範囲を示した。放流後3年目から平均全長も増大しはじめた(図12)。

肥満度をみると放流年および翌年は極端にやせた再捕ウナギ(点線で囲った部分)が目立った。餌箱漁で再捕された個体は餌に反応した結果と解釈されるが、萎縮した胃の状態をみると、このまま何も摂餌せずに斃死する個体もあると考えられた。肥満度は前述した雄ウナギの50cm以上を除いては、一般的に成長するほどが大きくなるという結果を得ている。再捕個体も放流後3年目から肥満度が大きくなる固体の割合が増え、成長のあとがみられた(図13)。

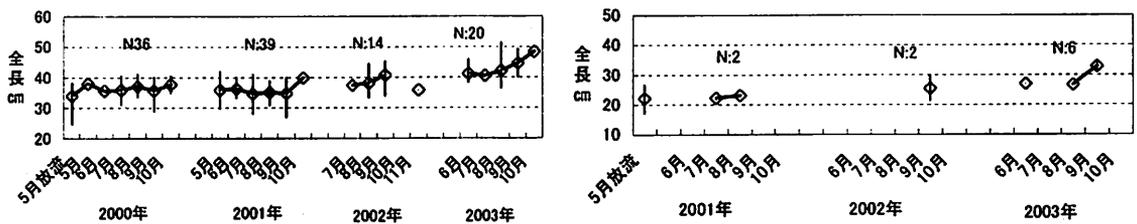


図12. 標識放流ウナギの成長 (左2000年放流, 右2001年放流結果)

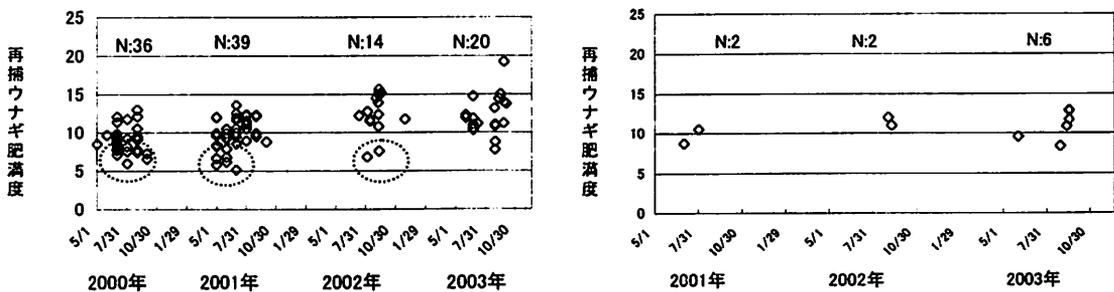


図13. 標識放流ウナギの肥満度(左2000年放流, 右2001年放流結果)

③ 体色の黄色化

養殖放流されたウナギは天然物が黄色の体色をしているのに比べると背面の暗さと腹面の白さが目立つ。2000年標識放流ウナギは放流後2ヶ月経過すると体側面、腹面が薄黄色くなった。河川で摂餌した餌の影響によると考えられる。天然型黄ウナギ、再捕ウナギともに漁期のはじまりは黄色が薄く、7、8月の盛漁期になると黄色が濃くなる現象なども、河川で摂餌する餌の影響と考えられる。再捕ウナギの体色不明個体は漁業者の標本日誌に再捕の記録があるが、体色の記載がなかった個体である。

2001年標識放流再捕ウナギの体色は放流2ヵ月後に再捕が始まって以降、全数黄色であった。さらに肥満度が8~14と高いことから、より小さい魚体で放流すると、摂餌など環境適応力は高かったと考えられる(図14)。

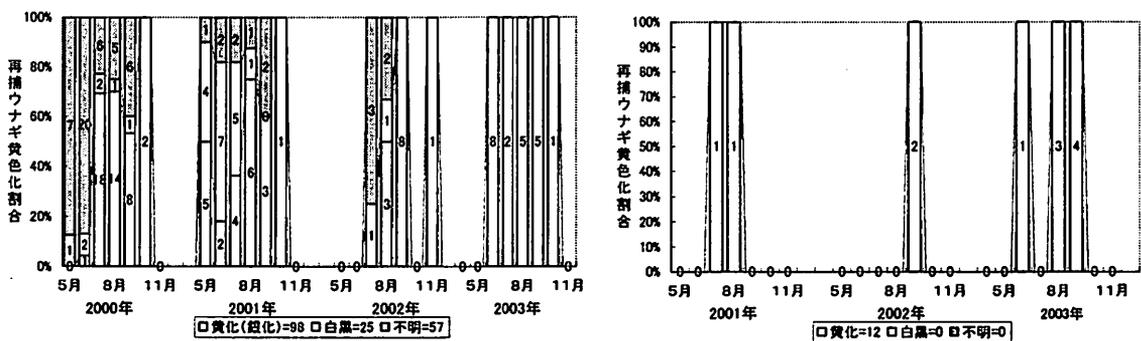


図14. 標識放流ウナギの体色 (左2000年放流, 右2001年放流結果)

④ 生殖腺の発達

2000年に標識放流した再捕ウナギのうち、生物測定できた97尾を裸眼または組織切片で性別判定すると、雌42尾、雄8尾、不明47尾であった。成長するにつれ性不明個体は少なくなった。2003年には生殖腺指数が0.95と、体色が銀化し始めている雌個体も再捕された。銀化と生殖腺の発達は、ウナギが産卵回遊のため、河川から海に向かう前提になっている。小型放流ウナギが資源再生に結びつく可能性が推察される。

2001年に標識放流した再捕ウナギのうち、生物測定できた10尾の内訳は、雌1尾、雄8尾、不明9尾であった。放流後3年目に全長30cmに達したので、今後、漁業での再捕が増加し、また、生物的には性の分化、生殖腺の発達が進むと考えられる(図15)。

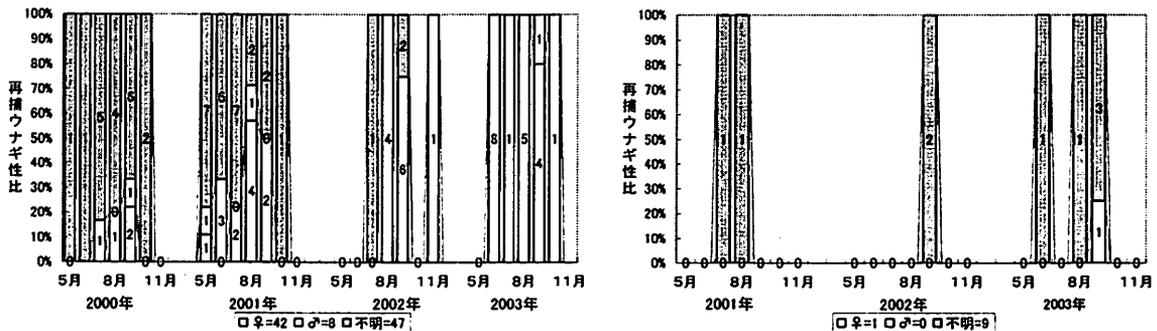


図15. 標識放流ウナギの性比 (左2000年放流, 右2001年放流結果)

⑤ 耳石輪紋数

ウナギ耳石（扁平石）には輪紋がみられ、この輪紋には年周期性があるのではないかといられていた。金子ほか（2003）によると、輪紋数は計測個体の冬期経験回数とほぼ一致することがわかった。また、輪紋を形成する要因として考えられることは成長の停滞であるが、形成が周年15℃という定温環境下でも起きることから、日長の変化による成長停滞ではないかと考察している。

2000年に標識放流したウナギは1年以上加温養殖されていたことがわかっているが、その輪紋数は養殖ウナギの例にもれず、0から無数までであった。

2001年に標識放流したウナギは2月にシラスウナギで採捕された後、5月に放流されるまでの4ヶ月間、弱加温養殖されていた。2002年までは再捕数4尾と少なく、輪紋数は2～無数と法則性がみられなかった。

2003年に再捕された個体のうち00年標識放流群は3輪紋、01年標識放流群は2輪紋をしめす個体の割合が多くなっている。両標識放流群ともそれぞれの群が河川に放流されたあと経験した冬期回数分の輪紋数をしめし、輪紋もはっきり読み取れる判定精度Aの個体が増えている（表2）。

河川放流前に形成された輪紋が消えるわけではなく、また、放流後に形成された輪紋と峻別する手法を採用しているわけではないが、河川で形成される輪紋は養殖時よりはっきりして、より判定しやすいため、今後とも河川放流後に経験した冬期回数分の輪紋数をしめす個体の再捕割合が多くなると考えられる。また、耳石径を組み合わせた判定方法の開発も必要である。

表2. 標識放流ウナギの耳石輪紋数（左2000年放流, 右2001年放流結果）

輪紋数	00年再捕	01年再捕	02年再捕	03年再捕	輪紋数	01年再捕	02年再捕	03年再捕
0	8				0			
1	7				1			1
2	3	6		1	2	1	1	5
3	1	11	6	10	3		1	
4		13	4	4	4			
5	1	2	4	3	5			
6				1	6			
7		1		1	7			
8					8			
9					9			
10					10			
不明	3	6			不明	1		
合計	23	39	14	20	合計	2	2	6

資源状況

1) 漁獲統計

農林水産統計による全県の年間ウナギ水揚量は1982年の184トンをピークに減少し、1995～2002年は51～74トンの範囲にある。このうち、県内でウナギ水揚げ主要河川の1つであった仁淀川は1984年に水揚げが急速に減少し、それまでの60～90トンから1～2トンになったが、1998～2002年は5～15トンの範囲にある。もう1ヶ所の主要河川である四万十川は1995年にそれまでの60～100トンから34トンに減少し、それ以後、33～54トンの範囲にある。物部川下流域は今回の調査の過程で年間1トン未満の水揚げが推測されている（図16）。

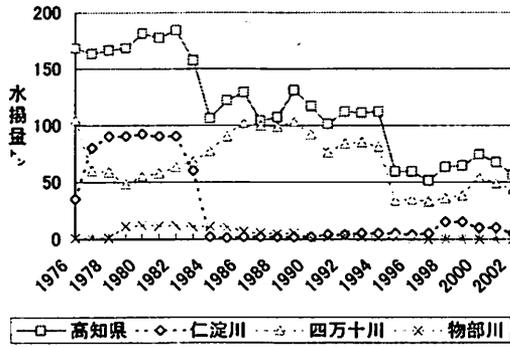


図16. 河川ウナギ水揚げ量(農林水産統計)

2) 標本調査

物部川下流のウナギ餌箱(筒)漁標本漁業者Aは5~9月に操業した。漁期中のウナギ筒当たり漁獲数量は74g、0.8尾であった。8月がピークで、その時の筒当たり漁獲数量は100g、1.0尾であった。2000~2003年漁期中に126.2kg、1,357尾を漁獲した。1尾平均93gであった(図17)。

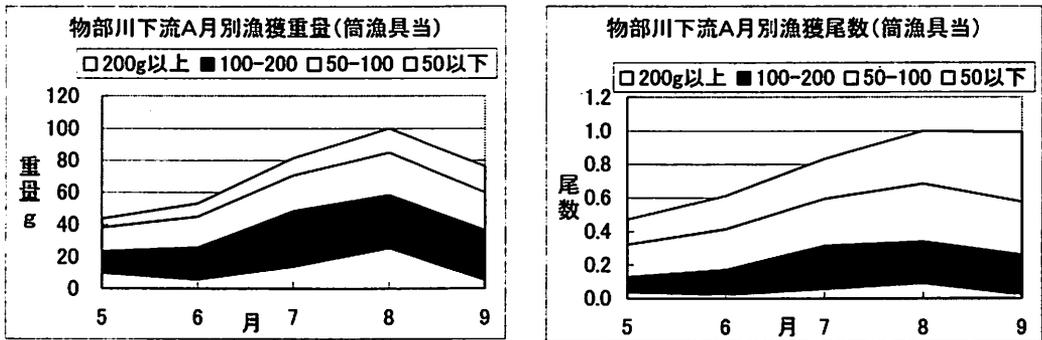


図17. 物部川下流筒漁業者A筒当ウナギ漁獲状況

物部川下流のウナギ餌箱(筒)漁標本漁業者Bは5~10月に操業した。漁期中のウナギ筒当たり漁獲数量は0.6尾であった。7~10月の筒当たり漁獲数量は0.6~0.8尾であった。10月の操業は調査期間中に1回あった。2000~2003年漁期中に721尾を漁獲した(図18)。

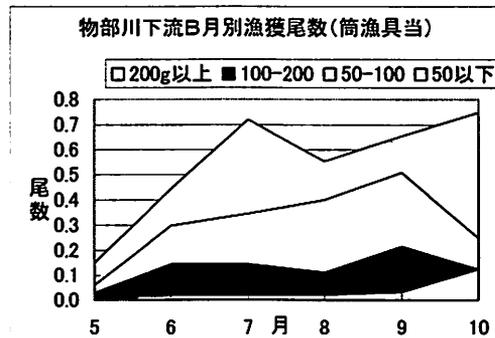


図18 物部川下流筒漁業者B筒当ウナギ漁獲状況

物部川下流の石倉標本漁業者は4～12月に操業した。漁期中の石倉1回操業当たり漁獲数量は1,457g、6.1尾であった。2000～2003年漁期中に113.6kg、477尾を漁獲した。1尾平均238.2gであった。4月の操業はこの期間中に1回あった。10～11月が主な漁期で1回操業当たり3,276～4,098g、10.4～10.5尾であった。10月以降漁獲されるウナギは平均体重300g以上の銀ウナギが多かった（図19）。

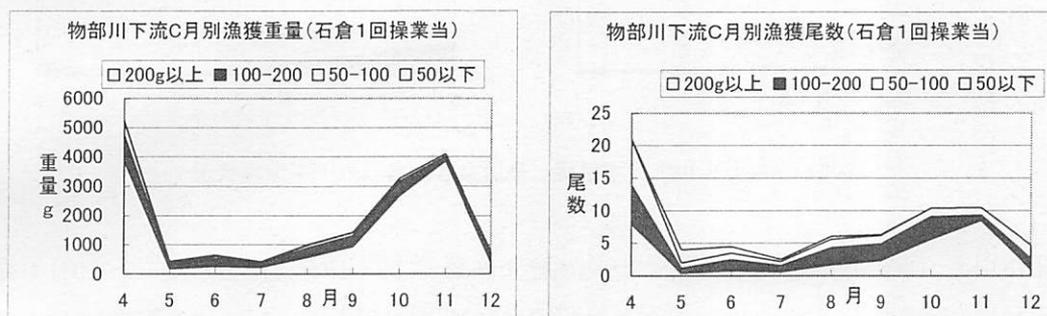


図19. 物部川下流石倉漁業者1操業当ウナギ漁獲状況

仁淀川中下流のウナギ餌箱（筒）漁標本漁業者(専業)は5～8月に操業した。漁期中のウナギ筒当たり漁獲数量は75g、0.6尾であった。漁期初めは下流の支流から操業を始めることが多い。漁期間中コンスタントに漁獲を続け、土用丑の日を過ぎると操業をやめることが多い。2000～2003年漁期中に49.4kg、3,311尾を漁獲した。1尾平均136gであった（図20）。

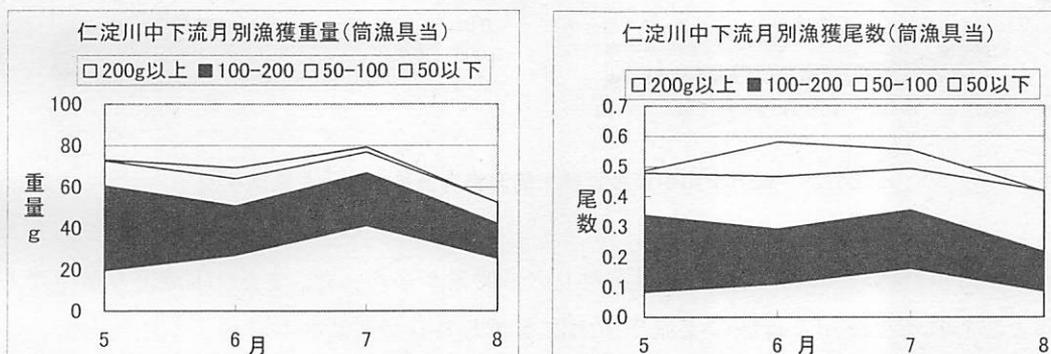


図20. 仁淀川中下流筒漁業者筒当ウナギ漁獲状況

四万十川下流のウナギ餌箱（筒）漁及び延縄漁標本漁業者(専業)は5～8月に操業した。5～7月の筒当たり漁獲尾数は0.26尾であった。2000～2003年の筒漁期中に1,757尾を漁獲した。5～8月の延縄釣針1本当たり漁獲尾数は0.10尾であった。2000～2003年の延縄漁期中に1,258尾を漁獲した。総漁獲尾数は3,015尾であった。全尾数の90.4%が100g以下であった。四万十川筋では50～100gのウナギの単価が高く、この漁業者は筒の直径を小さくするなどして小型のウナギをねらった操業をおこなっている（図21）。

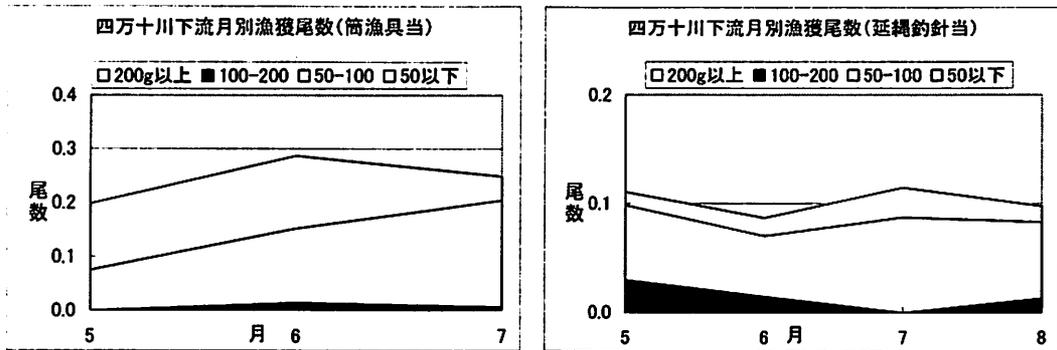


図21. 四万十川下流域延縄・筒漁業者漁具当ウナギ漁獲状況

四万十川中流のウナギ餌箱（筒）漁及び延縄漁標本漁業者は5～10月に操業した。5～10月の筒当たり漁獲尾数は0.15尾であった。2000～2003年漁期中に983尾を漁獲した。7～8月の延縄釣針1本当たり漁獲尾数は0.02尾であった。2000～2003年漁期中に97尾を漁獲した。総漁獲尾数は1,080尾であった（図22）。

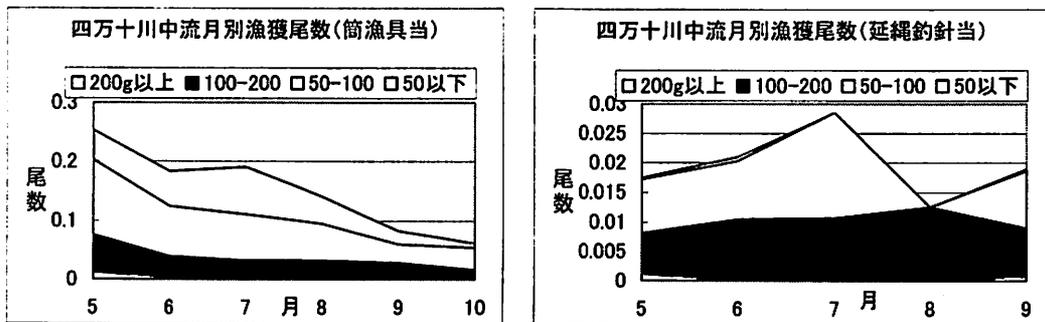


図22. 四万十川中流域延縄・筒漁業者漁具当ウナギ漁獲状況

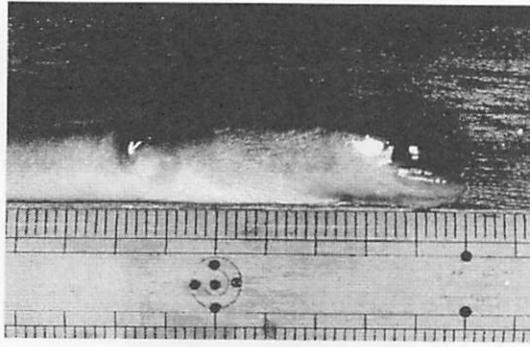
標本調査を行った河川では下流ほど漁具あたりの漁獲量が多かった。また、本流より植生などの残っていると思われる仁淀川下流域の支流や川床に人頭大の石が天然の石倉のように残っている物部川なども漁具あたりの漁獲量が多かった。

標本調査をおこなった3河川はもちろん、県内主要河川では河口域でウナギ養殖用種苗としてシラスウナギ採捕がおこなわれている。この調査が始まる直近の数年はアジア極東海域のシラスウナギ来遊量が減少し、高知県を含む日本沿岸各地も同様の傾向にあった。

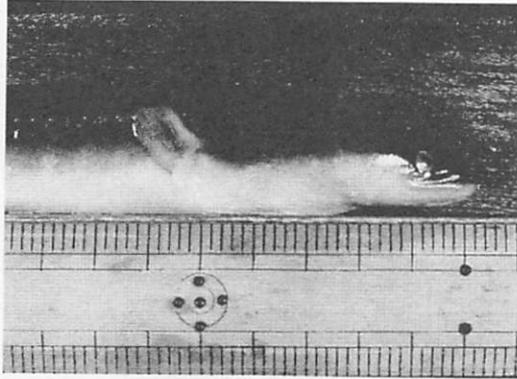
シラスウナギが採捕される一方、ウナギが漁業権魚種である河川では毎年義務放流が実施されている。放流量は年々減少しているとはいえ、直近でも、県内河川に年間8～9トン放流されている。放流サイズは50p(50ピー、1kgで50尾のウナギ)、平均20gがよいとされていたが、放流サイズは年々大きくなって、近年は100g以上になっている。今回の調査で小型種苗を放流すると相当数が漁業生産に寄与している。さらに、再捕ウナギで、産卵回遊の前提になる生殖腺の発達も確認されることから、資源再生にも寄与する。適切なサイズの種苗放流とシラスウナギの河川遡上でウナギ漁業の復活とジャポニカ種ウナギの資源回復が図られると考える。

4 参考文献

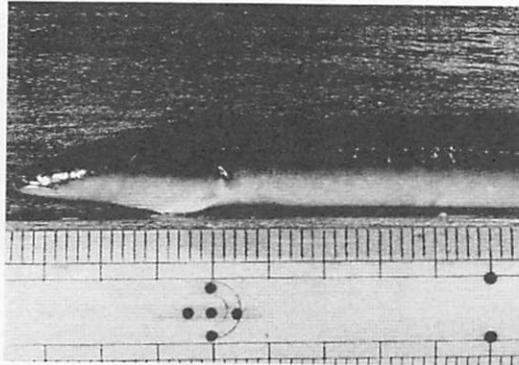
- 金子素通・武井 司 (2003) ウナギの年齢査定および成熟度調査. 平成14年度内水面資源増養殖・管理総合対策委託事業 (ウナギ資源調査) 報告書, (社) 日本水産資源保護協会, 118-126
- 高知県ほか(2000)平成11年度内水面漁場高度利用調査委託事業 (ウナギ資源調査) 報告書, (社) 日本水産資源保護協会
- 高知県ほか(2001)平成12年度内水面重要種資源増大対策委託事業 (ウナギ資源調査) 報告書, (社) 日本水産資源保護協会
- 高知県ほか(2002)平成13年度内水面重要種資源増大対策委託事業 (ウナギ資源調査) 報告書, (社) 日本水産資源保護協会
- 高知県ほか(2003)平成14年度内水面資源増養殖・管理総合対策委託事業 (ウナギ資源調査) 報告書, (社) 日本水産資源保護協会



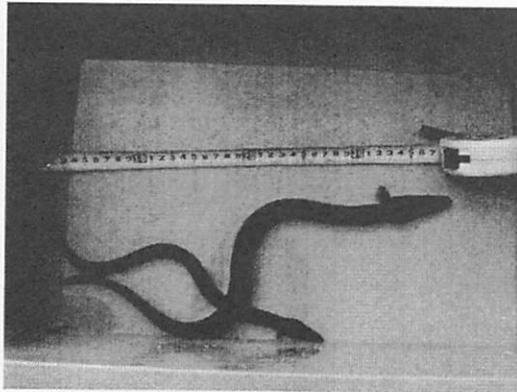
2000年放流 2003年10月再捕



2000年放流 2003年10月再捕



2001年放流 2003年9月再捕



2000年、2001年放流 2002年9月再捕

別表 2 2001 年標識放流ウナギの再捕および混獲データ

01標識放流ウナギ再捕尾数(2001-2003年)																							
放流場所からの距離	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計		
4km以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
3~4km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
2~3km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1~2km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0~1km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0~1km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1~-1km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1~-2km	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
-2~-3km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
01標識放流ウナギ再捕尾数割合 x(2001-2003年)																							
放流場所からの距離	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計		
4km以上	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	
3~4km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	
2~3km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
1~2km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
0~1km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
0~1km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
-1~-2km	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	33%	
-2~-3km	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	42%	
合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
組合放流直後のウナギを除く全ウナギ混獲尾数(2001-2003年)																							
放流場所からの距離	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計		
4km以上	1	12	13	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367	
3~4km	9	21	40	17	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	427	
2~3km	0	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	
1~2km	4	64	49	18	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367	
0~1km	3	5	20	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	
0~1km	14	5	3	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	
-1~-2km	15	36	34	53	50	14	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	526	
-2~-3km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	
合計	46	144	169	117	106	14	7	12	2	1	4	23	232	185	201	39	40	21	9	227	194	209	54
組合放流直後及び100標識放流ウナギを除く全ウナギ混獲尾数(2001-2003年)																							
放流場所からの距離	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計		
4km以上	1	10	13	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	362	
3~4km	8	19	40	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	418	
2~3km	0	0	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	
1~2km	4	62	49	18	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	
0~1km	2	5	18	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	
0~1km	9	5	2	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111	
-1~-2km	12	32	26	50	48	13	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	488	
-2~-3km	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	
合計	36	133	158	109	101	13	7	12	2	1	4	23	228	179	193	39	39	21	9	219	192	204	53
01標識放流ウナギ混獲尾数/組合放流直後及び100標識放流ウナギを除く全ウナギ混獲尾数(2001-2003年)																							
放流場所からの距離	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計		
4km以上	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	
3~4km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%		
2~3km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
1~2km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
0~1km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
0~1km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
-1~-2km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
-2~-3km	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
合計	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		

ウナギ資源調査

—胸鱸切除による標識放流試験—

中島敏男・立川賢一（東京大学海洋研究所）

1 調査の背景

ウナギ (*Anguilla japonica*) 資源の変動予測モデルを作成し、管理方策や保全技術を検討するためには資源特性値 (population parameters) に関する知見が非常に不足している。また、資源補充の目的等で養殖ウナギが河川湖沼等に放流されているが、放流後の個体群過程 (生残・成長・成熟過程等) の実態は明らかではない。ウナギ資源の保全管理と共に資源の維持管理のためには放流目的に最も適合した効果的な放流技術を策定することが必要とされている。

なお、本報告は平成12年度(2000年)から平成15年度(2003年)までに実施した調査結果のまとめである。

2 調査の目的

放流した若いウナギ(クロコ)の河川内分布、生息密度や成長過程等の個体群過程を調べることにより、放流効果および再生産期待型の最適放流方法等を検討する。また、天然ウナギの資源特性値との比較検討を行い、放流ウナギの天然順化の評価を試みる。

主な調査目的として以下の3項目を設定している。

1) 標識放流ウナギの資源特性値の推定

標識放流ウナギの分布・生残・成長等の個体群諸過程に関する知見を得ること。

2) 標識ウナギと天然ウナギの資源特性値の比較

同時に漁獲される天然ウナギの分布・生残・成長等の個体群諸過程を標識放流ウナギと比較検討すること。

3) 1代回収型および再生産期待型等の放流目的に適合した放流方策の提言

上記の比較検討により放流目的に最も適合した効果的な放流方策を検討し提言すること。

なお、この調査は高知県内水面漁業センターと東京大学海洋研究所海洋生物資源部門資源解析分野が合同して企画し実施した。

3 調査の方法

全体にわたる調査の基本方法は、標識した若齢のウナギ(クロコ)を大量に一斉放流し、定期的に漁

獲調査することにより、分布・生残・成長等の個体群諸過程を明らかにすることである。

1) ウナギの胸鰭切除による標識

標識放流魚として高知県漁業協同組合高知支所から購入した若いウナギ(クロコ)を使用した。まず、ウナギを麻酔薬(FA100:オイゲノール、4-Allyl-2-methoxyphenol)と氷水で麻酔した。動きがほとんどなくなったウナギの胸鰭を胸元からハサミ(爪切り)で切除した。2000年5月17日-18日にはウナギの右胸鰭を切除し、これを00年群として放流した。また、2001年5月29日-30日には、ウナギの左胸鰭を切除し、これを01年群として放流した。放流前に胸鰭を切除したウナギ群を水産用エルバージュ10%顆粒(ニフルスチレン酸ナトリウム)で薬浴した後、垂れ流し式の水槽において1日以上保養した。

2) 標識放流ウナギの再捕

標識放流したウナギを再捕するために、漁具として、コロバシ、箱もじ、あるいはウナギ筒と呼ばれる木製のトラップ(5.2x6.5x70cm)を用いた。このトラップを、放流地点とその上流地点の合計3カ所に5個ずつ設置し、2週間毎の漁獲を試みた。漁獲は主に地元の川漁師さん達に依頼した。再捕したウナギは以下の生物測定と処理を行った。①再捕日と地点の記録、②全長と体重の計測、③体色を記録、④開腹して性を確認し、生殖腺重量の測定、⑤胃内容物の検査、⑥耳石の取り出しと年齢査定。また、漁業による情報も活用するために、木製トラップと石倉(転石を直径約2m、高さ約1mの大きさで石積みしたトラップ)による漁獲統計の利用と漁獲物の買い上げを行い、上記と同様の生物測定と処理を行った。

3) 放流調査流域

標識ウナギを放流する川は、高知県の物部川で、河口から上流約7km地点にある町田堰までの流域である(図1)。町田堰では水枯れすることが多く、魚道はあまり機能していないとのことである。木製トラップは、放流地点(物部川橋下:N33. 33. 4、E133. 41. 31)、町田堰下とそれらの中間地点に設置した。漁業者は、それ以外の地点で川床の状況に応じて漁獲可能な場所に設置している。石倉は放流地点より下流に作られている。なお、調査流域外となる町田堰より上流域における漁業情報も活用した。

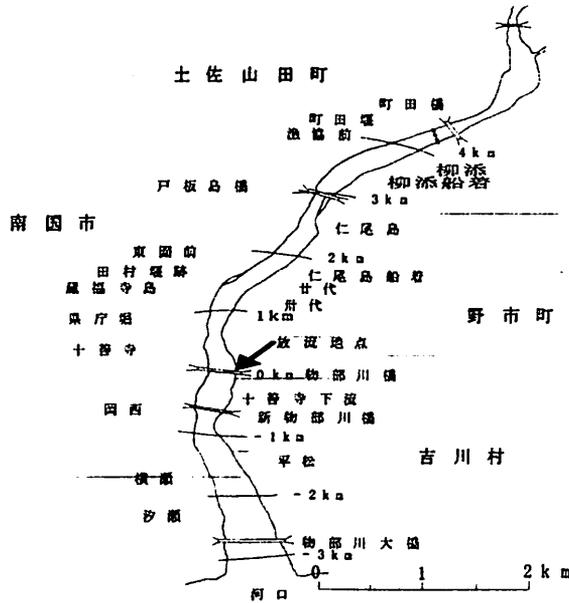


図1 高知県物部川における調査河川域の地図

4) 水温測定

時系列の水温測定のため、オンセット社の温度計測ロガー、StowAway" Tidbit"、を使用した。設置場所は町田堰下、放流地点(物部川橋下)と新物部川橋下の計3箇所とした。この水温ロガーで、物部川の表面より約1m下の水温を1時間毎に記録した。

4 調査の結果

1) 水温の時系列変動

温度計測ロガーを設置した3箇所における水温の経日変動の形は、ほとんど同じであった。新物部川橋下における平均水温の2002年6月5日から2003年9月21日までの結果を図2に示した。6月5日の水温は最低19.8℃、最高24.63℃、平均22.07℃であった。その後、8月6日には最大25.8℃を記録したが、9月に入って20℃を下回る日もあった。最高水温は大雨の後、低下し、すぐに回復する傾向が見られた。しかし、7月上旬の大雨からの回復は遅く、約1ヶ月後の8月5日に最高の28.5℃を記録した。その後、21℃にまで減少してからは、一度25℃を記録したものの、9月に入ると19℃にまで低下した。11月に入ると、水温は15℃を下回る日が多くなった。この水温より低下するとウナギの食事行動が低下し、餌で誘引されるウナギ・トラップには漁獲されない。その後、1月になると水温は約8℃にまで低下する。2月の初旬に最低水温、5.77℃を記録してから以降は徐々に水温は上昇を初め、4月の中旬には平均水温で15℃を示す日もある。5月に入ると毎日15℃を超える日が続いた。7月の中旬からは20℃を超

えるが、8月中旬には大雨の後、水温が一時的に20℃を下回った。

以上の通り、水温の経日変化を見ると、大雨の後に水温が低下することがわかった。しかし、7月の大雨の後は、その後の水温の上昇に1ヶ月間もの日数を必要としていた。この理由は、過去数年間の観測結果と同様に、ダムによる放水が継続しているためと思われる。もっとも水温の高くなる時期に、このような人為的な水温変化はウナギの成長・成熟に大きな負の影響を及ぼすと思われる。

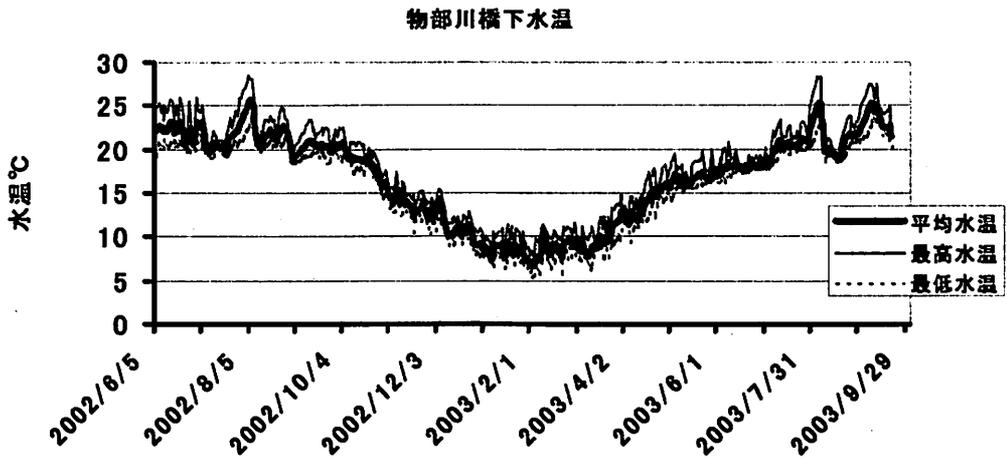


図2 物部川橋下における水温の日間平均値、最大値と最小値の日変化

2) 標識ウナギの放流

2000年5月19日に、高知県物部川の河口から上流約3kmの地点(物部川橋下)で、7977尾(295.5kg)を放流した(図1参照)。放流したウナギの平均体長は34cmで、平均体重は29.5gであった。いわゆるウナギの大きさの呼称では、30p(1kg当たり30尾)が主体であった。放流直後は、川底に潜るか、転石の間に入りなどして、大きく移動することは少なかった。

2001年5月31日に、上述の地点で、7989尾(90.3kg)を放流した。放流したウナギの平均体長は22cmで、平均体重は11.3gであった。このウナギの大きさは、80-100pであった。

以上の両年で、ウナギの左と右の胸鰭をそれぞれに切除し、放流している。これら以外にウナギ標識に有効な鰭の部位を見付けることができなかったため、2002年以降は鰭切りにより標識したウナギの放流はしなかった。

3) 総漁獲尾数と標識ウナギ再捕尾数

各年度内におけるウナギの総漁獲尾数と標識ウナギの再捕尾数を表1に示した。2000年に比べてそ

れ以降の年では総漁獲尾数が半減した。これは漁獲情報の提供を依頼した漁業者が操業をやめたことによる結果である。00年群の再捕尾数は減少したが、この減少傾向が資源の動向を直接示しているかどうかは十分に検討する必要がある。それぞれの暦年当初の放流尾数と再捕尾数との割合は、2000年が1.178%、2001年が0.584%、2002年が0.242%、2003年が0.269%となり、この漁獲割合は減少傾向にある。この暦年当初の現存尾数には、自然減少尾数が除かれていないために、漁獲割合が過小値になっている。いずれにしても、漁獲と自然死亡により00年群が減少している過程が示されていると思われる。また、放流された00年群が約4年間存続していることが明らかとなった。なお、01年群では、2年目に8尾の再捕があったので、さらに成長の進む2004年には漁獲用のトラップにより多くの再捕があるものと期待される。

表1 物部川における天然ウナギの漁獲量と標識ウナギの再捕尾数

暦年	総漁獲尾数	天然魚 漁獲尾数	標識魚 再捕尾数	00年群 再捕尾数	01年群 再捕尾数
	A	B	C	D	E
2000	1103	1009	94	94	—
2001	612	564	48	46	2
2002	727	706	21	19	2
2003	816	787	29	21	8

天然ウナギ漁獲尾数に対する標識放流ウナギの再捕尾数の割合を図3に示した。00年群では2000年の9.32%から2003年の2.67%まで減少したことがわかる。この減少値は、もし天然ウナギの現存尾数がこの4年間で大きく変化しなかったとすれば、00年群の相対的な減少傾向を示していると考えても良いであろう。01年群は再捕尾数が少ないために、変動傾向はまだわからない。しかし、2003年には0.355%から1.017%に増加しているため、2～3歳魚になり漁具に漁獲される大きさにまで成長したことが想像できる。

標識放流ウナギの漁獲割合

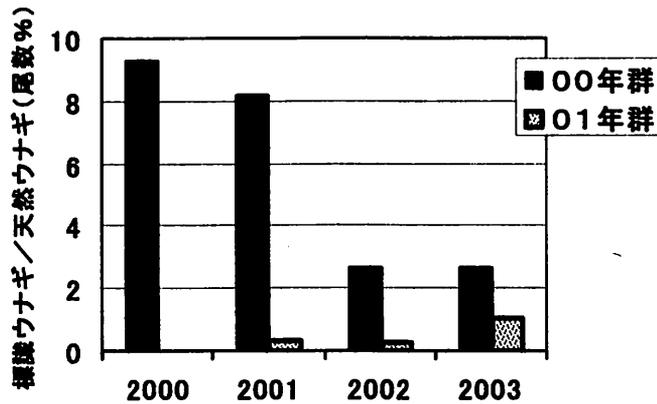


図3 表1の数値に基づく天然ウナギ漁獲尾数に対する標識放流ウナギの再捕尾数の割合

4) 放流個体群の生残過程の推定の試み

放流した標識ウナギの生残過程を推定するために00年群の漁獲尾数(a)とその天然ウナギの漁獲尾数に対する割合(%漁獲尾数、b)の年間瞬間減少率(Z_a 、 Z_b)をそれぞれ計算して生残過程を比較することにしよう。

表1に記載されている00年群の漁獲尾数から瞬間減少率を計算すると、 $Z_a = -0.538$ であった。漁獲尾数だけで計算すると、年間の漁獲努力量が一定でないために、正確さに問題がある。そこで、この4年間では天然ウナギの現存尾数は大きく変化していないと考えて、これを根拠にして天然ウナギの漁獲尾数に対する00年群の漁獲尾数の割合を求めることにより相対的な現存尾数(%漁獲尾数)を計算した。この値から瞬間減少率を計算すると、 $Z_b = -0.486$ であった。放流された7977尾が4年間で減少していく過程を、それぞれ図4に示した。計算された Z_a と Z_b が比較的近い値であったことから減少過程はほぼ同じであった。これらの減少率は、放流直後におおよそ40%が死亡していることを意味している。3年後(2003年)の現存尾数は、それぞれ927尾と1142尾と計算された。

この00年群は放流したときの平均全長が34cnで、平均体重が29.5gであり、01年群に比べて比較的大きかったので、放流年(2000年)における漁具選択性は考慮しなくても良いと考えた。しかし、もし漁具選択性があるとすれば2000年の漁獲尾数は使えないことになる。そこで、2000年のデータを除いた場合を計算すると、 Z_a' は-0.392で、 Z_b' は-0.559であった。この場合は、%漁獲尾数で計算した方が減少率が大きくなった。減少曲線は先の事例よりも幾分緩やかなである。

ところで、標識ウナギの現存尾数に関しては、標識のために切除した胸鰭が再生するかどうかの問題となろう。胸鰭切除のウナギを、自然条件下の池で1年間養成したところ、完全に胸鰭が切除されてい

たウナギは15%であった。一方で胸鰭が完全に再生して天然ウナギと区別がつかなくなったウナギは13%であった。部分的に胸鰭が再生しているウナギはその差の72%であった。これらのウナギの胸鰭が次の年に完全に再生して、天然ウナギと区別がつかなくなるとすれば、放流直後の減少として処理できるかもしれない。しかし、年を追って再生が進む場合には、減少率の計算において、その再生率の変化を考慮しなければならないであろう。これに関してはデータがないので標識方法の改善と共に今後の検討課題である。

物部川の00年群放流ウナギ

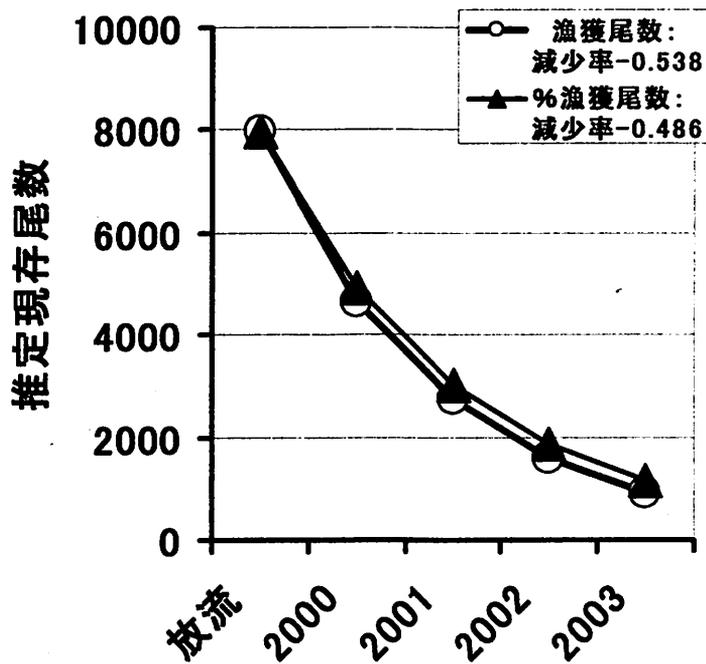


図4 00年群の生残過程の推定(漁獲尾数から推定した年間瞬間減少率は-0.538で、%漁獲尾数から推定した年瞬間減少率は-0.486である。)

5) 標識放流ウナギの流域内分布

(1) 標識放流ウナギの上流域と下流域の分布

標識ウナギの放流地点は物部川調査流域におけるほぼ中央である(図1)。標識ウナギが放流地点から上流と下流とでどちらにより多く移動して分布したのかを検討する。

まず、総漁獲量に対する上流域で漁獲されたウナギの割合は、2000年は64.19%、2001年は57.19%、2002年は68.36%、2003年は70.22%であった。いずれの年もウナギは上流域により多く漁獲されているのがわかった。3年間の集計では65.32%が上流で漁獲されている。

つぎに、00年群のみについて同様の割合を見ると、2000年は38.30%、2001年は36.96%、2002年は31.58%で、いずれの年も上流部の方が下流域よりも漁獲量が少なかった。しかし、2003年では52.38%で、わずかであるが上流域でより多く再捕された。このことは、放流ウナギが徐々に自然環境に順化していき、天然ウナギの性状に近づいていくのであろうことが想定される。4年間の集計では、上流部には38.89%の分布であった。これをさらに流域毎に総漁獲量に対する00年群漁獲量の割合で見たのが図5である。いずれの年も上流域よりも下流域でより多く漁獲されているのがわかる。3年間の集計では、上流域で3.29%であるのに対して、下流域ではその約3倍の9.73%であった。これらのことから、放流群は、放流初期には下流域により多く分布する傾向にあることが考えられる。

なお、01年群については漁獲量が少ないので、分布を検討するためには資料不足であるが、放流後の2年間は下流域でのみ漁獲されていた。しかし、その後は上流で25%の再捕があり、分布を上流域に拡大していく傾向にあると思われる。

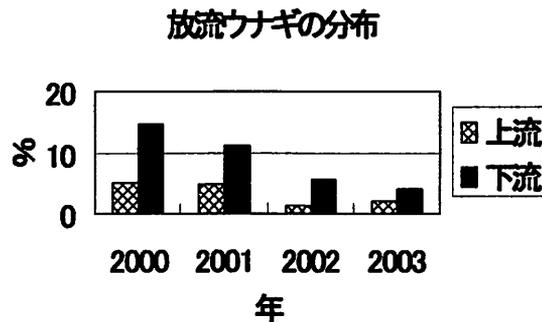


図5 流域別の総漁獲量に対する00年群漁獲量の割合

6) 成長過程

再捕された標識ウナギで生物計測できた尾数が少ないために、成長過程の十分な検討はできなかったが、これまでに得られた結果を示す。

(1) 00年群の全長範囲の年変化

00年群の全長範囲の年変化を図6に示す。放流した00年群のウナギの平均全長は34cmであった。放流年に再捕されたウナギの全長範囲は、28.9－40.5cm(計測個体数N=36)であったので、全長に若干の伸張が見られた。次年の全長範囲は、26.8－41.8cm(N=39)であったので、全長がほとんど伸張

していない個体もいるが、ほんのわずか伸張した個体もいた。そして2年目ではその範囲は、33.2-45.2cm (N=14)となり、3年目は、36.4-51.3cm (N=20)で、平均全長は42.64cmであった。3年間で全長が8.4cm伸張していることが分かった。

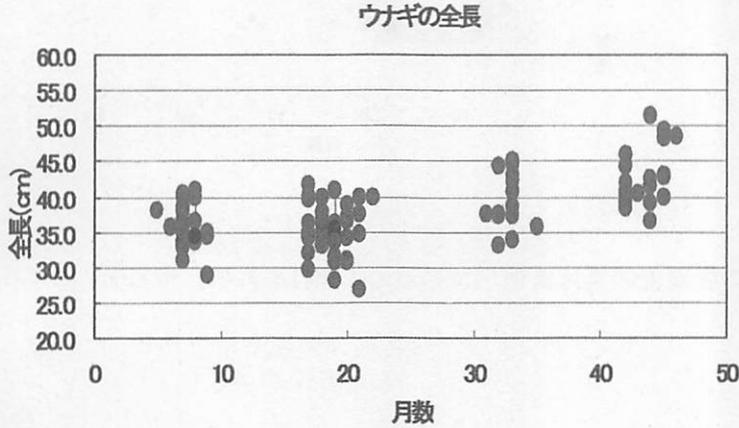


図6 00年群の全長の経月変化(4個の点の集団はそれぞれ2000年、2001年、2002年、2003年を表す)

(2)01年群の平均全長

01年群の放流時における計測では全長は22.1cm (N=100)であった。放流年に再捕されたウナギの平均全長は22.7cm (N=2)で、次年では25.5cm (N=2)であった。2年目では26.7-34.6cm (N=6)、平均31.82cmに伸張しており、01年群が全長で着実に成長していることがわかった。

7) 肥育状況

00年群について、肥満度(胃内容物を除去した体重を全長の3乗で割り10000を掛けた値)の範囲を図7に示す。放流の当年には、肥満度の範囲は、6.0-13.0(N=36)で、平均肥満度は 9.07 ± 1.59 であったが、1年目には範囲は5.2-13.6(N=39)で、平均は 9.88 ± 2.02 で、2年目には範囲は6.8-15.7(N=14)、平均は 12.28 ± 2.64 、3年目には範囲は7.78-19.2(N=20)で、平均は 12.28 ± 2.51 となった。このように、年々、肥満度も徐々にではあるが増加傾向にあることがわかった。しかし、一方で肥満度の低い個体も依然として存在している。このことは、放流後に天然の餌を十分に摂れていないか、休息場を確保できていないなど天然順化が不十分なために、肥満度が低く、結果として個体群から脱落していくと思われる。

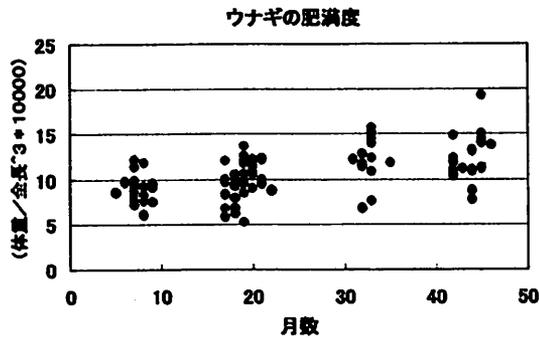


図7 00年群の肥満度の経月変化(4個の点の集団はそれぞれ2000年、2001年、2002年、2003年を表す)

8) 体色が黄化したウナギの出現割合

再捕された標識ウナギの体色が、青黒色(養殖ウナギの体色)から黄色(天然ウナギの体色)化する割合は、月が進むにつれて徐々に増加していくことがわかった(図8)。このことは、放流されたウナギは自然での生活に徐々に順応することを示している。また、外見的にも天然ウナギと区別がつかない体色になっていくこともわかった。00年群の黄化割合は、2000年は45.74%、2001年は45.65%、2002年には72.22%で、2003年には90%にまでとなった。このように、養殖経験ウナギが年々天然化していく経過も明らかになった。今後、放流するウナギの大きさや養成期間を検討すれば、放流により一代回収型のウナギをより多く生産することも、さらには再生産期待型のウナギをより多く増加させることも可能であると思われる。そのためにも、個体識別したウナギの追跡調査やテレメトリーを使った河川におけるウナギの成育場所(餌場、休息場など)の調査なども必要であろう。

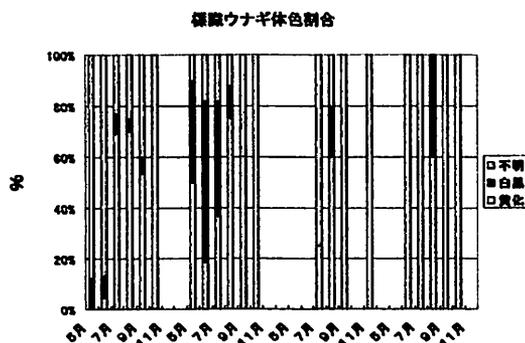


図8 00年群の体色変化の経月変化(4個の棒グラフの集団はそれぞれ2000年、2001年、2002年、2003年を表す)

9) 性比の経月変化

再捕された00年群の性比(全尾数に対する雌の割合)は、図9を見ると、毎年、月が進むに伴い雌の割合が増加することが分かる。これを年順にみると、2000年は5.26%であったのが、2001年には、18.75%、2002年には47.62%となり、2003年には95%にも増加した。河川で雌の割合が多いことはよく知られており、放流ウナギも天然ウナギと同様の性状になっていくことが性比からも裏付けられた。

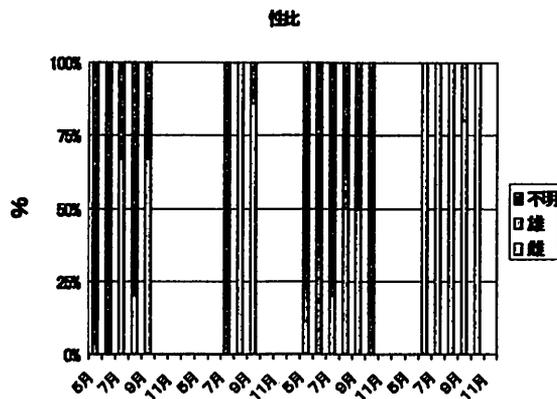


図9 00年群の性比の経月変化(4個の棒グラフの集団はそれぞれ2000年、2001年、2002年2003年を表す)

5 全体のまとめと提言

1) この放流されたウナギの00年群は放流後4年を経過し、そして01年群は3年を経過した。これらのウナギの個体群過程は以上のように養殖経験のウナギが天然に順化して行く様子を示している。ウナギの河川における漁獲対象年齢が3年から10数年であると想定されていることを考慮するならば、この調査を継続して実施することにより、放流した標識ウナギの生活分布や成長様式を追跡すると共に、生残状況や生息密度、さらに成熟状況をも把握できると思われる。ただし、胸鰭切除の標識の再生率が問題となるであろう。私どもの地中実験では、約75%は切除した鰭が再生する結果を得ている。これを直接、今回の標識放流ウナギに適用できるかどうかは議論の余地がある。今後とも、再生率のきめ細かい実験が必要となるであろう。

2) 今回、放流したウナギは養殖されたウナギであるので、これが自然環境に順化するかどうか重要な課題であった。これまで得られた結果から、放流ウナギの体色が黄化することや雌化する割合の多いことなどが明らかになり、外見的に天然ウナギと区別がつかなくなっていくことが確かめられた。このこ

とは、放流ウナギの大きさや養成期間を検討することにより、一代回収型ウナギの生産はもとより、再生産期待型ウナギをも増加させる可能性が大であることを想定させる。そのためには、例えば個体識別したウナギの生態をさらに追跡調査することや、テレメリーによるウナギの生活場の調査なども必要となろう。

3) 来年度には、01年群が成長をしてきたので、トラップによる再捕が可能となる。追跡調査を実施することにより放流ウナギの個体群過程をより詳しく明らかにすることが期待される。これにより、河川におけるウナギの資源特性値を推定するいっそうの手がかりが得られる。

4) 以上の調査からより良い結果を引き出すためには、放流ウナギの再捕数を増やすことが肝要である。そのために、今後は委託する川漁師さんの人数を増やすなど漁獲努力量を増加させることが必要となろう。

6 要約

1) 温度計測ロガーを設置して、物部川の水温の経日変化を記録した。その結果、大雨の後に低水温が長日継続することが明らかとなった。これは、過去数年間の観測結果と同様に、ダムによる放水が継続しているためと思われる。このような人為的な水温変化はウナギの成長・成熟に大きな負の影響を及ぼすと思われる。

2) 2000年に、高知県物部川の河口から上流約3kmの地点で、7977尾の右胸鰭を除去したウナギを放流した(00年群)。放流したウナギの平均体長は34cmで、平均体重は29.5gであった。2001年には左胸鰭を除去したウナギ7989尾を放流した(01年群)。放流したウナギの平均体長は22cmで、平均体重は11.3gであった。2002年以降は標識ウナギの放流はしなかった。

3) 2000年に比べてそれ以降の年では漁獲努力量が減少したことにより総漁獲尾数が半減した。天然ウナギ漁獲量に対する標識ウナギ再捕尾数の割合の年変化を検討した結果、漁獲と自然死亡により、00年群が減少している過程が示されたと思われる。また、放流された00年群は約4年間に渡り存続していることが明らかとなった。01年群の成長が3年間では漁獲用のトラップに再捕される十分な大きさに至らないので、再捕尾数は少なかった。4年目(3歳)からは01年群標識ウナギの再捕が期待できる。

4) 00年群の漁獲尾数から瞬間減少率を計算すると、-0.538であった。また、天然ウナギの漁獲尾数に対する00年群の漁獲尾数の割合を求めることにより相対的な現存尾数(%漁獲尾数)を求めて計算すると、瞬間減少率は-0.486であった。これらの減少率は、放流直後におおよそ40%が死亡していることを意味している。

5) 標識ウナギは下流域でより多く再捕されていることがわかった。しかし、天然ウナギの漁獲は上流

域で多かった。今後、放流ウナギが天然順化する過程と、餌場や休息場所など、生息場所の調査が必要であると思われる。

6) 00年群の全長範囲の年変化を検討したところ、徐々にではあるが、全長の伸張が認められた。ただし、全長範囲を見ると、成長の悪い個体が存在することが明らかとなった。01年群も3年目で成長した実態が認められた。

7) 00年群の肥満度は年々増加傾向にあることがわかった。しかし、一方で肥満度の低い個体も依然として存在している。放流後に天然の餌を十分に摂れていないか、休息場を確保できていないなど天然順化が不十分なために、肥満度が低く、結果として個体群から脱落していく過程が考察された。

8) 再捕された標識ウナギの体色が、青黒色(養殖ウナギの体色)から黄色(天然ウナギの体色)化する割合は、月が進むにつれて徐々に増加していくことがわかった。このことは、放流されたウナギは自然での生活に徐々に順応することを示している。養殖経験ウナギが年々天然化していく経過も明らかになった。

9) この放流されたウナギの00年群は4年を経過し、そして01年群は3年を経過した。この調査を継続して実施することにより、放流した標識ウナギの生活分布や成長様式を追跡すると共に、生残状況や生息密度、さらに成熟状況をも把握できると思われる。

10) 放流ウナギの体色が黄化することが明らかになり、外見的に天然ウナギと区別がつかなくなっていくことが確かめられた。放流ウナギの大きさや養成期間を検討することにより、一代回収型ウナギの生産はもとより、再生産期待型ウナギをも増加させうる可能性が大であることを想定させる。来年度は、01年群の成長によりトラップによる再捕が可能となるので、これらのデータの解析により個体群過程を推定するといった手がかりが得られるであろう。

環境保全手法基礎調査

—四万十川におけるテナガエビの生態調査—

山中弘雄 平賀洋之（西日本科学技術研究所）

1 目的

テナガエビ類は四万十川における重要な水産資源の一つであるが、成長、繁殖など再生産過程に関する知見はほとんど得られていない。本調査では、四万十川で漁獲される主なテナガエビ類（ミナミテナガエビとヒラテナガエビ）の成長、繁殖等の再生産に関する生態的特性を明らかにするために実施した。

2 時期

平成 14 年度：平成 14 年 4-10 月にかけて毎月 1 回計 7 回の調査を行った。

平成 15 年度：平成 15 年 5 月に 2 回、6-10 月にかけて毎月 1 回、計 7 回の調査を行った。

調査時期の設定にあたっては、2 種の繁殖期が 3-9 月であること（鈴木・佐藤, 1994）、および四万十川における主な漁期は 5-10 月であることを考慮した。

3 地点

四万十川下流域 1 地点（中村市小島付近）、中流域 1 地点（西土佐村江川崎）で調査を行った（図 1）。小島は河口から約 10 km、江川崎は河口から約 50 km 上流に位置する。また、四万十川におけるテナガエビ類の分布上限は、ミナミテナガエビで河口から 50 km 付近、ヒラテナガエビで 100 km 付近とされている（小笠原, 1984）。

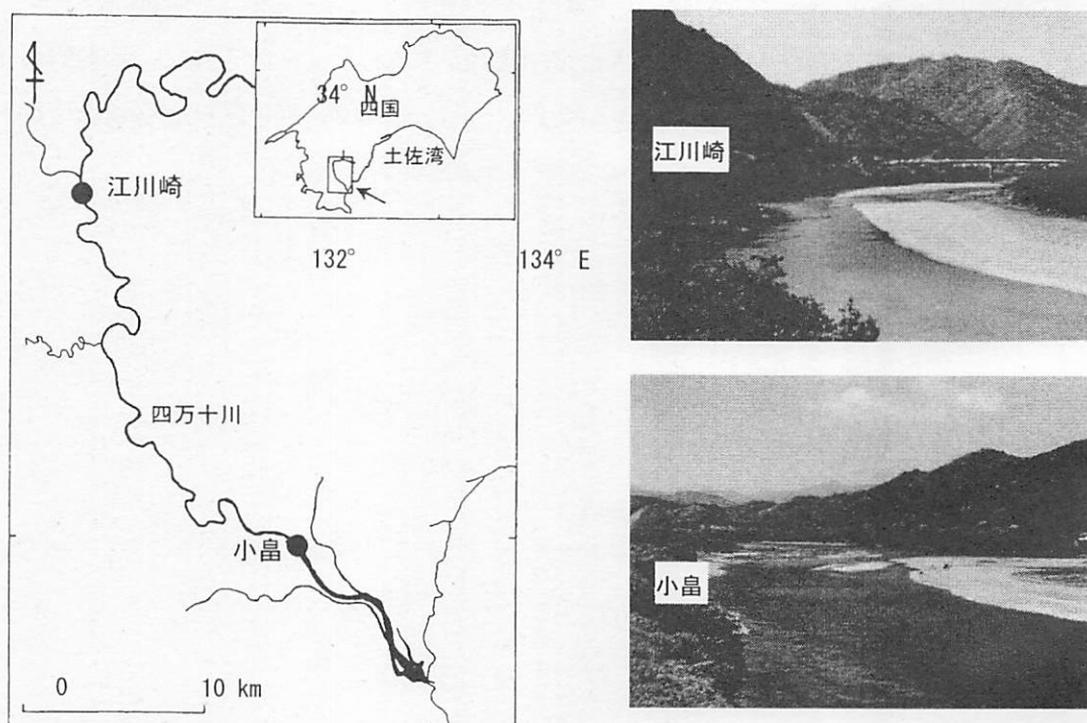


図 1 調査地点位置図

4 方法

4-1 採集

調査地点において、タモ網（網目 2 mm）とエビ玉網（網目 10 mm）を用いてテナガエビ類を採集した。採集は瀬と淵において行い、原則として各河床型で 25 尾以上採集するとともに、水温を測定した。得られた標本は 5%ホルマリンで固定・保存した。

4-2 分析

標本の分析は下記の項目について行った。

種査定 頭胸甲の模様、第 2 胸脚の形状、第 3-5 胸脚指節の長さによって種査定を行った。

雌雄の判定 第 2 腹肢における雄性突起の有無によって雌雄を判定した。

体長および頭胸甲長・体重の計測 体長と頭胸甲長はノギスを用いて 0.1 mm 単位で、体重は電子天秤を用いて 0.01 g 単位で測定した。

卵重量の測定・卵の発育ステージの観察 抱卵個体の卵を摘出し、電子天秤を用いて 0.01 g 単位で卵重量を測定した。卵の発育ステージは、Ohtomi (1997) を参考にして I-IV^{*1} の 4 段階に区分し、発育状態を観察・記録した。さらに、ステージ IV の卵 2 標本について、0.1 g を秤量して卵数を計数し、その平均値に卵重量を乗じて抱卵数を推定した。

*1

- I : 卵黄で満たされた状態
- II : 発育は進んでいるが未発眼
- III : 発眼した状態
- IV : 眼点や神経節が明瞭で孵化直前の状態



なお、この調査については西日本科学技術研究所に委託して実施した。

5 結果と考察

5-1 水温

調査期間における水温の経月変化を図2に示す。地点間で比較すると、各調査日における小島と江川崎の水温に大きな違いはみられなかった(図2)。経月変化をみると、平成14年の水温は4月の約17℃から6月の約25℃まで上昇した後、9月まで大きな変化はなく10月には約20℃に低下した(図2)。一方、平成15年では5月から6月まで19℃前後で推移したのち、7月には約23℃、8月には約27℃まで上昇した(図2)。8月以降水温は低下し、9月には約25℃、10月には約18℃となった(図2)。2ヶ年の水温を比較すると、6月に大きな違いがみられ、平成14年の約25℃に対して平成15年は約19℃と低かったが(図2)、この原因は不明である。

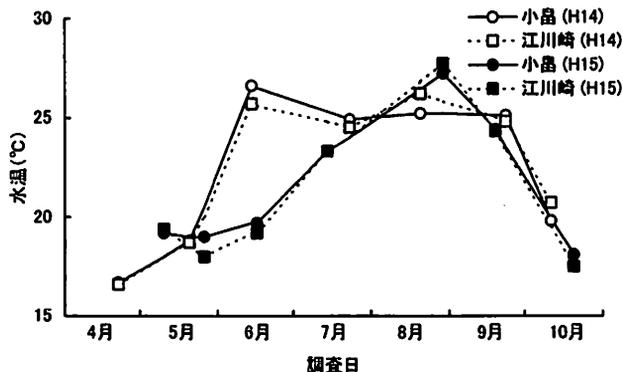


図2 小島と江川崎における水温の経月変化

5-2 成長

1) 体長と頭胸甲長の関係 ミナミテナガエビとヒラテテナガエビにおける体長と頭胸甲長の関係を図3に示す。体長と頭胸甲長の関係は下式のとおり直線で回帰され、両者の間で高い正の相関がみられた。同じ体長における頭胸甲長は大型になるほど雌よりも雄で大きく(図3)、体長から頭胸甲長を求める際には、雄雌別に回帰式を適用する必要がある。

ミナミテナガエビ ♂ : $y = 0.36x - 2.19$ ($n = 438, r^2 = 0.99$)

♀ : $y = 0.33x - 1.33$ ($n = 491, r^2 = 0.99$)

ヒラテテナガエビ ♂ : $y = 0.38x - 2.26$ ($n = 194, r^2 = 0.98$)

♀ : $y = 0.35x - 1.41$ ($n = 769, r^2 = 0.98$)

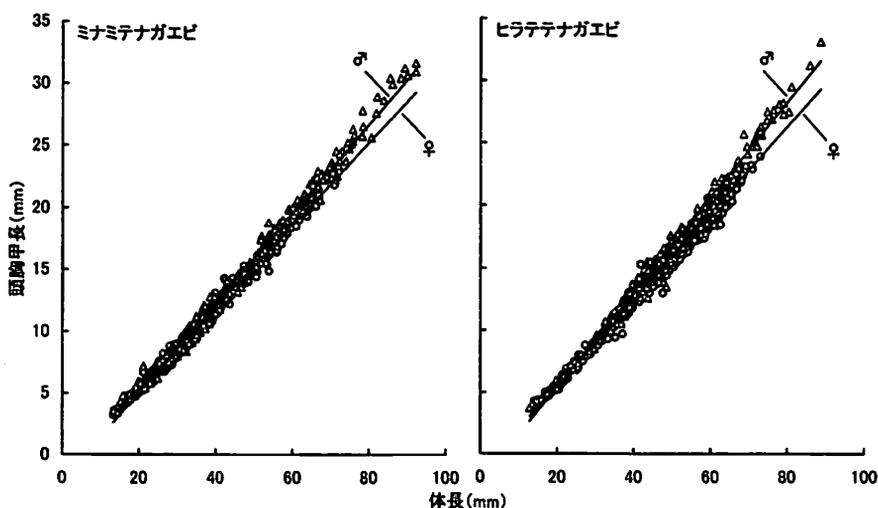


図3 ミナミテナガエビとヒラテテナガエビにおける体長と頭胸甲長の関係

2) 体長と体重の関係 ミナミテナガエビとヒラテナガエビにおける体長と体重の関係を図4に示す。2種の体長と体重の関係は以下の指数式で回帰された。

ミナミテナガエビ ♂ : $y=1.17 \times 10^{-5} x^{3.16}$ (n = 451, $r^2=0.98$)

♀ : $y=0.11 \times 10^{-4} x^{3.19}$ (n = 496, $r^2=0.98$)

ヒラテナガエビ ♂ : $y=0.57 \times 10^{-5} x^{3.41}$ (n = 197, $r^2=0.98$)

♀ : $y=0.10 \times 10^{-4} x^{3.25}$ (n = 776, $r^2=0.98$)

雄雌とも、体長 40 mm 未満では2種の体重に大きな違いはみられなかった (図4)。しかし、体長 40 mm 以上ではミナミテナガエビに比べてヒラテナガエビの体重が重い傾向を示し、その傾向は雄でより顕著であった (図4)。

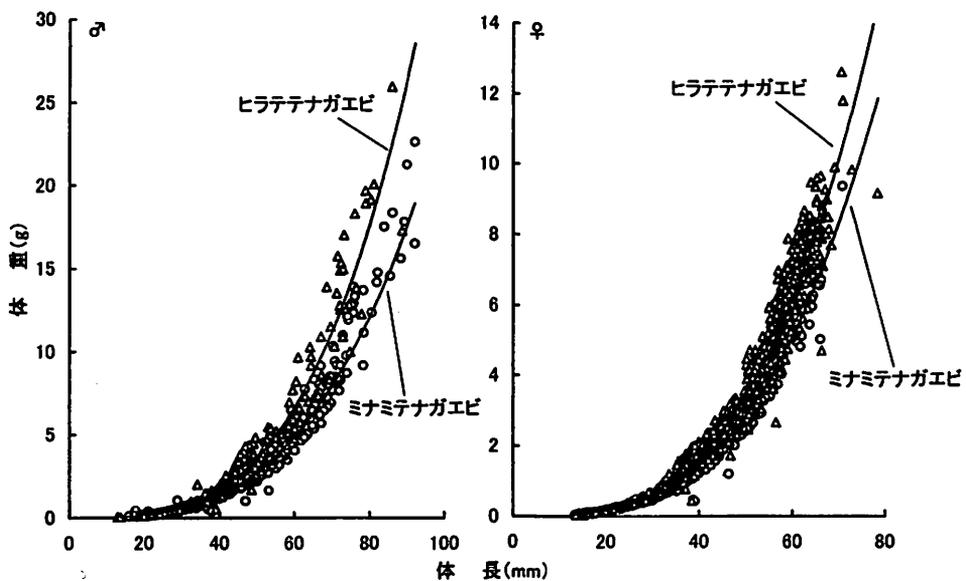


図4 ミナミテナガエビとヒラテナガエビにおける体長と体重の関係

3) 体長組成

(1) 地点間の比較 2種の体長組成を地点別雌雄別に図5に示す。ミナミテナガエビをみると、小島と江川崎における体長範囲は雄でそれぞれ15.9-86.1 mmと21.2-92.2 mm、雌で13.4-66.3 mmと21.6-70.9 mmであった。雌雄間で比較すると、2地点とも最小体長に大きな違いはみられなかったが、最大体長は雌よりも雄で大きかった(図5)。地点間で比較すると、雌雄とも小島に比べて江川崎における体長が大きく、40 mm以上の個体は小島では少なかったのに対して江川崎では多く採集された(図5)。

ヒラテナガエビをみると、小島と江川崎における体長範囲は雄でそれぞれ18.8-79.0 mmと18.9-88.7 mm、雌で13.5-72.9 mmと28.6-78.4 mmであった。雌雄間で比較すると、最小体長の大小は小島と江川崎で異なっていたが、最大体長は2地点とも雌よりも雄で大きかった(図5)。地点間で比較すると、雌雄とも小島に比べて江川崎における体長がより大きく、50 mm以上の個体は小島では少なかったのに対して江川崎では多く得られた(図5)。

このように、2種の体長には雌雄間と地点間で差がみられ、雌よりも雄で、下流の小島よりも中流の江川崎で大きかった。小川・角田(1986)によると、2種と同属のテナガエビは雌に比べて雄がより大型に成長し、その寿命は雄で3年4ヶ月から3年9ヶ月(体長61 mm)、雌で2年4ヶ月から2年10ヶ月(体長57 mm)と推定されている。ミナミテナガエビとヒラテナガエビにおいても、雌に比べて雄が大型であったことから(図5)、寿命は雌よりも雄で長い可能性がある。さらに2種がテナガエビと同様に成長すると仮定すると、雌雄とも60 mm以上の個体が採集されたことから2種の寿命は3年以上と推定される。また、2種は両側回遊種で、孵化した幼生は海まで流下し、変態して着底したのち河川を遡上する(佐藤・鈴木, 1994)。よって、2種は遡上しながら成長するため、下流の小島より中流の江川崎で体長が大きくなると考えられる。

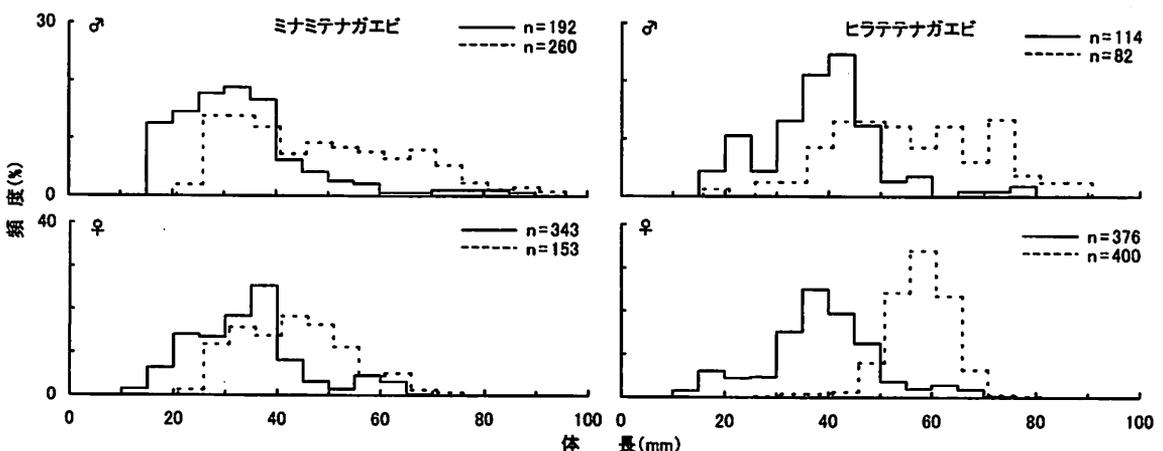


図5 ミナミテナガエビとヒラテナガエビの雌雄別体長組成
(実線：小島；破線：江川崎)

(2) 季節変化 ミナミテナガエビの体長組成の経月変化を図 6 に示す。小島におけるモードをみると、4月から6月または7月にかけて大きくなった後、8月または9月以降には小さくなった(図6)。特に9月には10-15 mmの小型個体が採集され(図6)、9月以降に新しい年級群が加入しているものと考えられる。

江川崎では、モードは4月から6月にかけて大きくなったが7月には小さくなり、それ以降モードは25-35 mmに形成されることが多かった(図6)。このことから、江川崎では7月以降に体長25-35 mmの新しい年級群が加入していると考えられる。

諸喜田(1970)が行った飼育実験によると、本種は孵化後25日で頭胸甲長1.85 mm(体長に換算すれば約10 mm)に成長する。後述するように、本種の孵化は6月に始まることを考え合わせると(図14)、9月に小島で採集された15 mm以下の加入群は当才群、7月に江川崎でみられた25-35 mmを主体とする加入群は1年群と推測される。

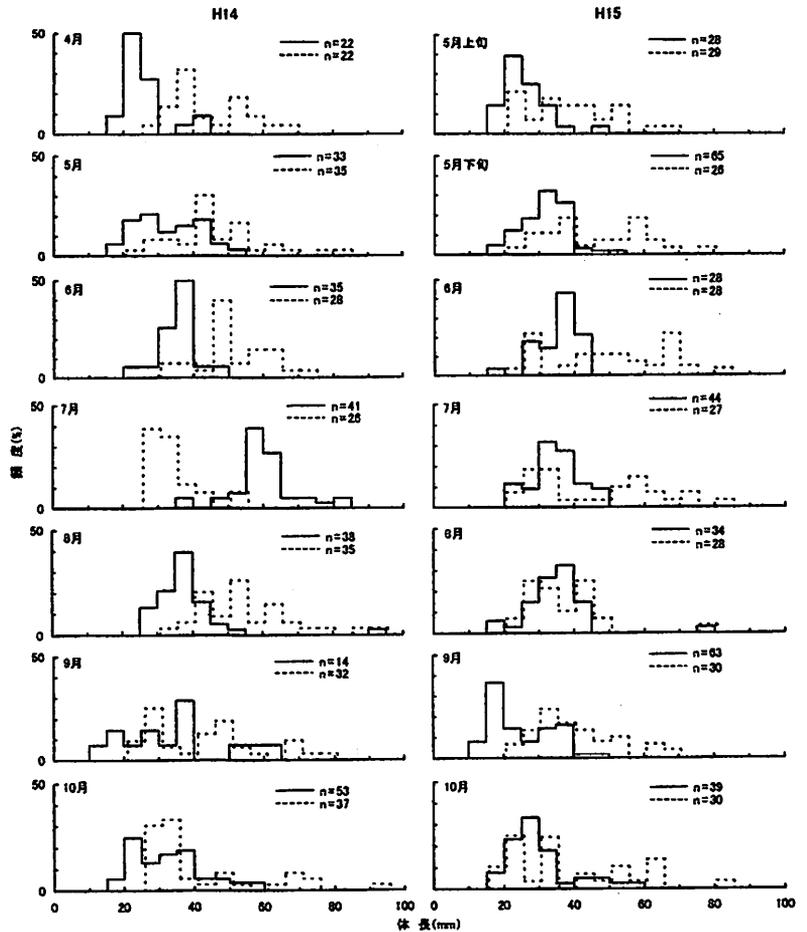


図6 ミナミテナガエビにおける体長組成の経月変化
(実線：小島；破線：江川崎)

一方、ヒラテテナガエビをみると、小島におけるモードは平成15年8月を除けば4月から9月まで35-50 mmの範囲にあり、ほとんど変化しなかった(図7)。しかし、9月以降にはそれまで採集されなかった10-15 mmの個体が出現し、10月になるとモードは小さくなり20-25 mmとなった(図7)。江川崎におけるモードは、小島に比べて明らかに大きく、調査期間を通じて45-60 mmの範囲にあり大きな変化はみられなかった(図7)。ただし平成14年には8月に、平成15年には7月以降にそれまで出現しなかった20-35 mmの個体が少数ながら出現した(図7)。これらのことから、小島では9月以降に10-15 mmの新しい年級群が、江川崎では7月以降に20-35 mmの新しい年級群が加入していると考えられる。本種は孵化後約23日でゾエア期を終了し(諸喜田, 1979b)着底する。加えて、後述するように本種の孵化期は6-8月であることから(図15)、9月以降に小島でみられた加入群は当才群、7月以降に江川崎でみられた加入群は1年群と推測される。

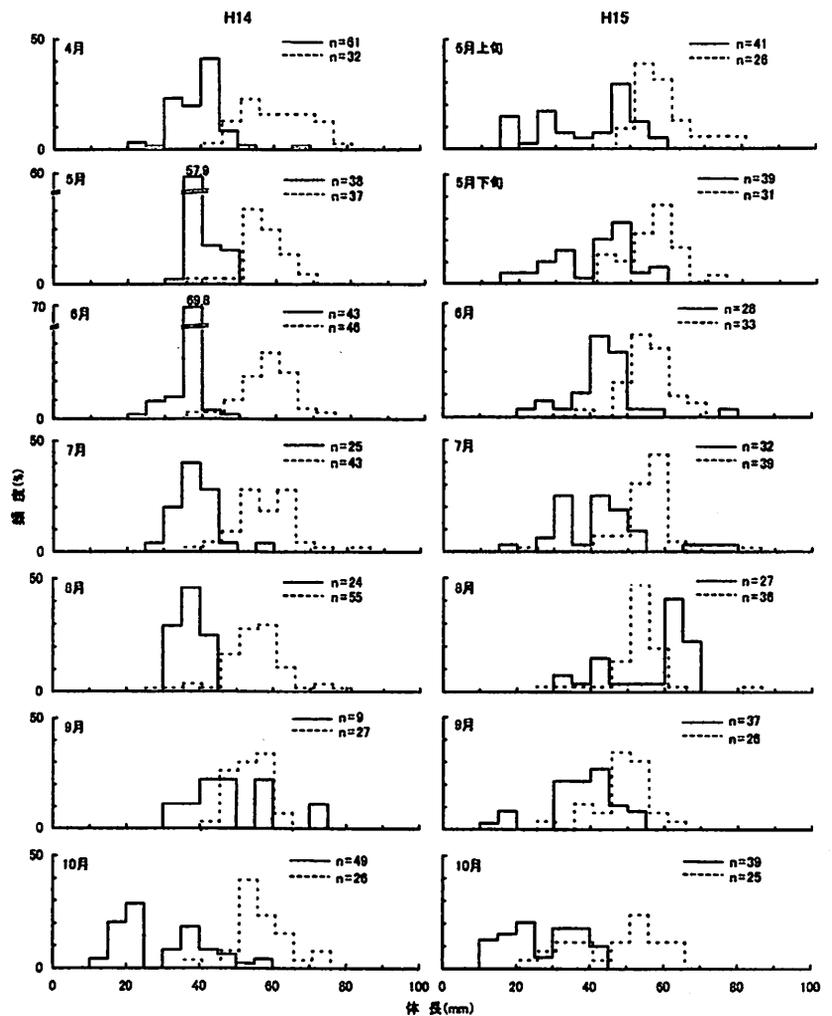


図7 ヒラテテナガエビにおける体長組成の経月変化
(実線：小島；破線：江川崎)

5-3 成熟

1) 性比 本調査における2種の雌雄比を図8に示す。ミナミテナガエビの雌雄比はほぼ1:1であった(図8)。これに対し、ヒラテテナガエビでは雌が約80%を占め、大きく雌に偏った性比を示した(図8)。このことから、淡水域の中・下流域では、2種の性比は大きく異なると言える。

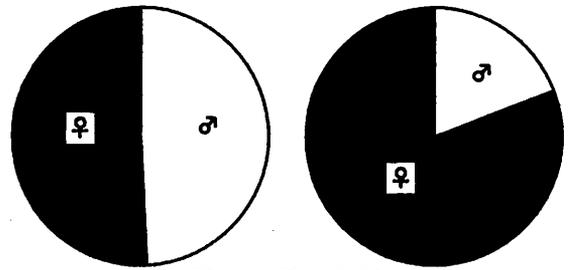


図8 2種の雌雄比

(左: ミナミテナガエビ; 右: ヒラテテナガエビ)

次に、2種の雌雄比の経月変化を図9に示す。ミナミテナガエビをみると、雌の割合は江川崎よりも小島で高く、この傾向は調査期間中変化しなかった(図9)。また、小島における雌の割合は調査期間中ほぼ50%以上であったのに対し、江川崎では平成14年8・9月と平成15年6・7月に雌の割合が著しく低下し、20%以下となった(図9)。本種の雌は繁殖期に下流域～河口付近に移動して幼生を放出すると考えられており(大富・中林, 1999)、6-9月に江川崎で雌の割合が低下したのは、雌が下流へ移動したためかもしれない。

一方、ヒラテテナガエビをみると、雌の割合は常に50%以上を示し、雄よりも雌の割合が高かった(図9)。また、本種の雌雄比には著しい地点間差や経月変化もなく、ミナミテナガエビとは異なった傾向を示した。

以上のように、淡水域の中・下流域における性比は種間で大きく異なることが分かった。しかしながら、今回の調査範囲は2種の分布域全体を対象としておらず、種全体の性比を検討するためには、汽水域や上流域を含めた材料が必要である。

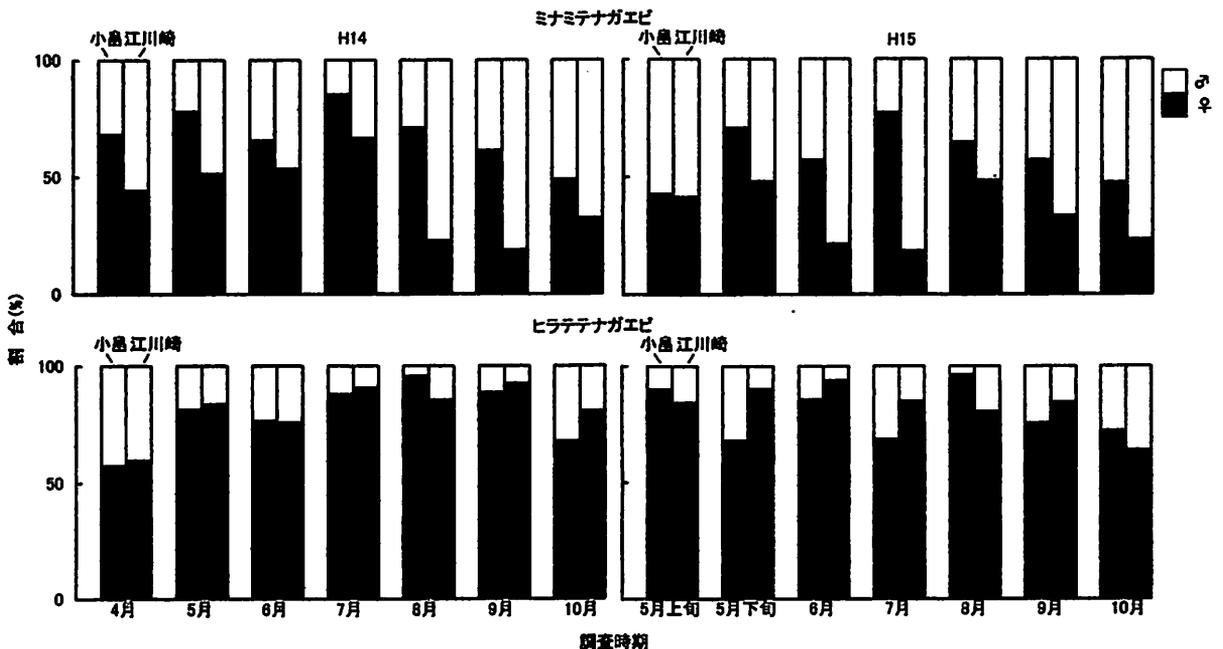


図9 ミナミテナガエビとヒラテテナガエビにおける雌雄比の経月変化

2) 成熟サイズと抱卵数 抱卵個体の最小体長（以下、生物学的最小形）はミナミテナガエビで 30.1 mm、ヒラテテナガエビで 25.6 mm であった。ミナミテナガエビの生物学的最小形に関して、沖縄県石垣島の 34.4 mm（諸喜田, 1979a）、鹿児島県八房川の 34.5 mm（大富・中林, 1999）の報告があり、本調査で得られた 30.1 mm はこれらの報告よりやや小さかった。一方、ヒラテテナガエビの生物学的最小形に関しては、沖縄島の 24.0 mm（諸喜田, 1979a）が知られており、本調査で得られた 25.6 mm はこれに近い値であった。

次に、サイズ別の抱卵個体の割合*2を図 10 に示す。ミナミテナガエビをみると、体長 30-70 mm における抱卵個体の割合は 70 %前後を示し、70-80 mm では 100 %となった（図 10）。ヒラテテナガエビをみる

と、抱卵個体の割合は体長 20-30 mm では約 20 %と低かったが、30-70 mm では 80-90 %前後を示し 70-80 mm では 100 %となった（図 10）。これらのことから、体長 30 mm までに抱卵する個体は少ないが、30 mm 以上になると抱卵個体は顕著に多くなると言える。

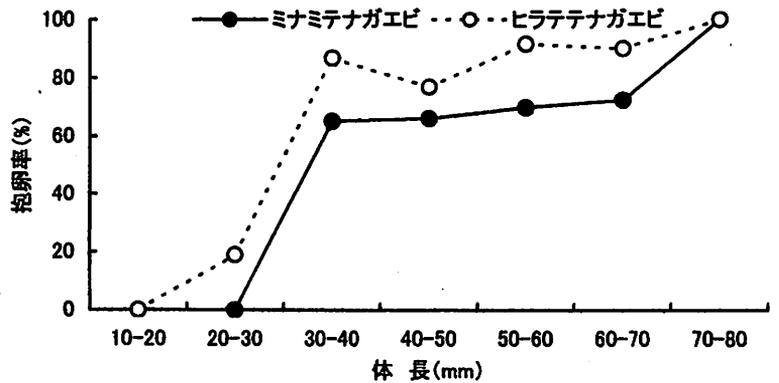


図 10 2種のサイズ別抱卵率

一方、ステージIVの卵数を推定した結果、抱卵数は大型個体ほど多くミナミテナガエビでは約 13000 粒（体長約 64 mm）、ヒラテテナガエビでは約 15000 粒（体長約 71 mm）と推定された（図 11）。上田（1970）は、体長 65 mm のミナミテナガエビが 13687 粒を抱卵していたこと、ヒラテテナガエビの最高抱卵数は 15316 粒（体長 68 mm）であることを報告しており、今回推定した抱卵数は上田（1970）の値に近いものであった。

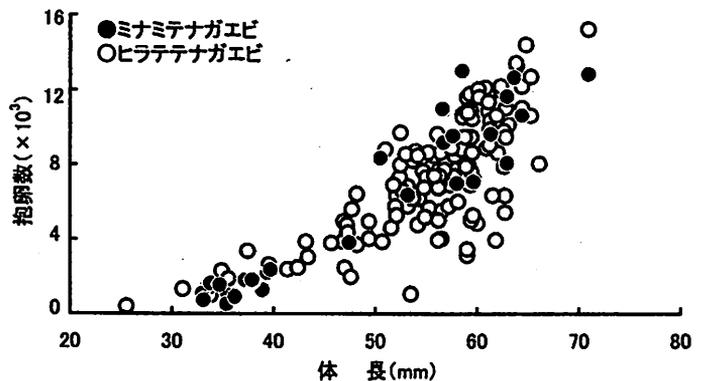


図 11 2種の体長と抱卵数の関係

*2 全雌個体に占める抱卵個体の割合。2種の主な繁殖期である6-8月の標本のみを用いた。

3)繁殖期間 2種の抱卵率^{*3}の経月変化を図12~13に示す。抱卵個体の出現期間は、ミナミテナガエビでは5-9月、ヒラテテナガエビでは5-10月であったことから(図12~13)、2種の繁殖期間はミナミテナガエビで5-9月、ヒラテテナガエビで5-10月とみられる。このうち、ミナミテナガエビでは6-8月、ヒラテテナガエビでは5-8月における抱卵率が高かったことから(図12~13)、主な繁殖期間はミナミテナガエビに比べてヒラテテナガエビで1ヶ月長いと言える。地点間で比較すると、ミナミテナガエビでは平成14年7月を除けば2地点の抱卵率に大きな違いはみられなかった(図12)。ヒラテテナガエビの抱卵率をみると、平成14年には地点間差はほとんどなかったのに対して、平成15年には江川崎に比べて小島で低かったが(図13)、この理由は明らかにできなかった。

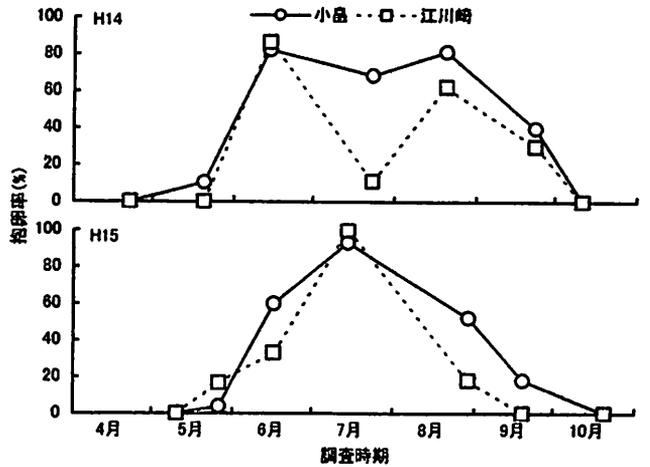


図12 ミナミテナガエビの抱卵率の経月変化

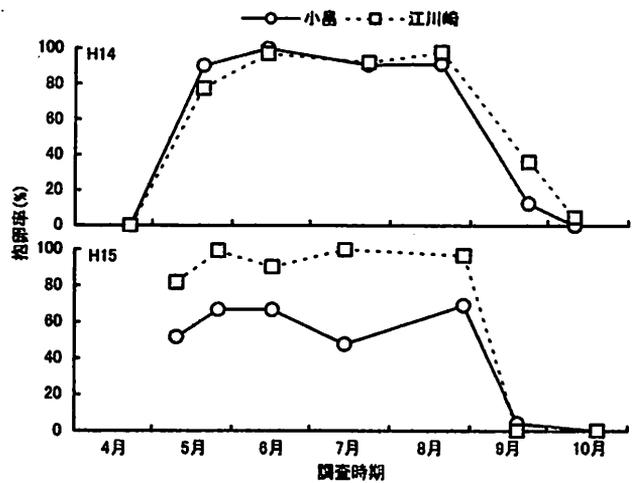


図13 ヒラテテナガエビの抱卵率の経月変化

次に、繁殖期間を産卵期間と孵化期間に分けて詳しく検討する。ミナミテナガエビとヒラテテナガエビは多回産卵を行い(諸喜田, 1979a)、雌個体は幼生が孵化するまで抱卵する。ここでは、産卵直後の卵(ステージ^{*4}I)がみられた期間を産卵期、孵化直前の卵(ステージIV)がみられた期間を孵化期とみなした。

^{*3} 成熟雌個体に占める抱卵個体の割合。抱卵していた最小個体の体長を生物学的最小形とし、この体長以上の雌個体を成熟雌とした。

^{*4} I: 卵黄で満たされた状態、II: 発育は進んでいるが未発眼の状態、III: 発眼した状態、IV: 眼点や神経節が明瞭で孵化直前の状態

産卵直後のステージIの卵は2種とも5-9月にかけてみられたことから(図14~15)、産卵期間は2種とも5-9月と言える。ただし5月をみると、ミナミテナガエビではステージIのみがみられたのに対してヒラテナガエビではより発育の進んだIIとIIIもみられたことから(図14~15)、産卵は前種よりも後種でやや早く始まると考えられる。このことは5月における抱卵率がミナミテナガエビよりヒラテナガエビで高かったこととも一致する(図12~13)。ステージIVの卵はミナミテナガエビでは6-8月に、ヒラテナガエビでは6-10月にみられた(図14~15)。ミナミテナガエビでは9・10月にステージIVがみられなかったが、9月にはI~IIIの卵がみられた(図13)。本種の産卵から孵化までに要する日数に関して、琉球列島産の個体を用いた飼育実験では約20日と報告されており(諸喜田, 1966)、鹿児島県八房川では1ヶ月以内と考えられている(大富・中林, 1999)。したがって、9・10月にも本種の幼生が孵化していると推測され、孵化期間は2種とも6-10月と考えられる。

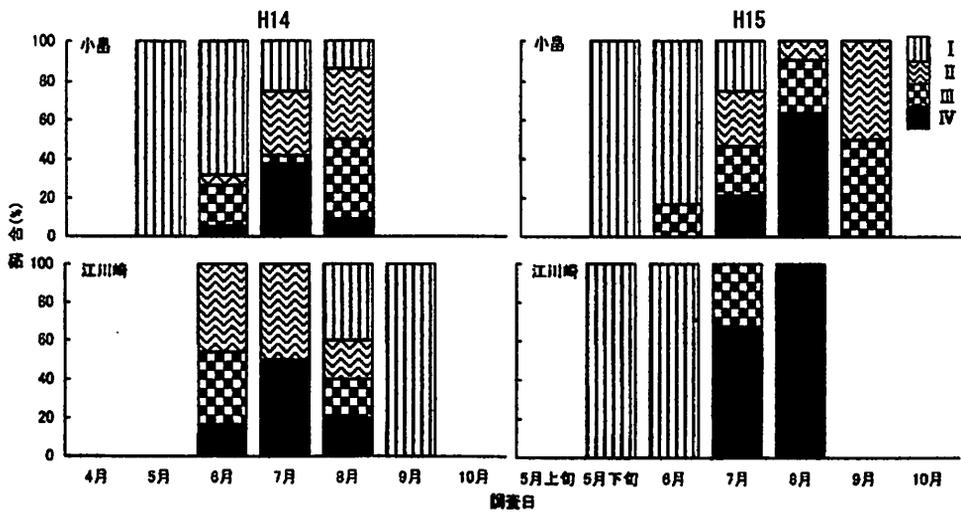


図14 ミナミテナガエビの卵発育ステージの経月変化

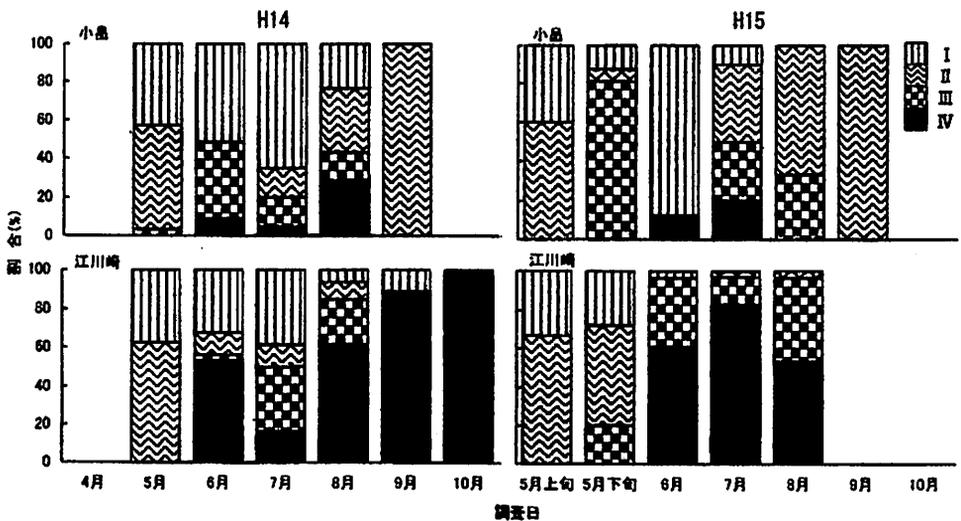


図15 ヒラテナガエビの卵発育ステージの経月変化

6 今後の課題

本調査では、ミナミテナガエビとヒラテナガエビの成長と成熟に関してある程度明らかにすることができた。2種の分布域はミナミテナガエビで河口～江川崎（河口から約 50 km）、ヒラテナガエビで不破（河口から約 8 km）～大正（河口から約 100 km）とされており（小笠原, 1984）、今回の調査範囲は分布域全体には及んでいない。そのため、成長や移動、成熟過程や性比に関して不明な点が残された。今後、上流域から河口付近までの広い範囲に調査地点を配置し、周年にわたって標本を採集することによって、2種の成長や成熟等についてより詳細に検討する必要がある。具体的には、河口付近から大正付近までの間に4～5地点を設定し、月1回の調査を周年にわたって行うことが望ましい。

引用文献

- 小笠原義光. 1984. 日本のエビ・世界のエビ. 成山堂書店, 東京, pp. 30-38.
- 小川泰樹・角田俊平. 1986. 児島湖産テナガエビの成長と寿命. 日本水産学会誌, 52(5), 777-786.
- Ohotomi. J. 1997. Reproductive biology and growth of the deep-water penaeid shrimp *Plesionika semilaevis* (Decapoda: Caridea). *J. Crust. Biol.*, 17, 81-89.
- 大富 潤・中林直行. 1999. 九州南部八房川におけるミナミテナガエビの成熟と産卵. 日本水産学会誌, 65(3), 473-479.
- 鈴木廣志・佐藤正典. 1994. かごしま自然ガイド 淡水産のエビとカニ. 西日本新聞社, 福岡, pp.77-95.
- 諸喜田茂光. 1966. ミナミテナガエビの生態及び幼生変態について. 沖縄生物学会誌, 3, 13-21.
- 諸喜田茂光. 1970. ミナミテナガエビ (*Macrobrachium formosense* Bate) の増殖に関する研究-I 室内飼育水槽での幼期変態について. 沖縄生物学会誌, 6(8), 1-12.
- 諸喜田茂光. 1979a. 琉球列島の陸水エビ類の分布と種分化について-II. 琉球大学理学部紀要, (28), 193-278.
- 諸喜田茂光. 1979b. テナガエビ類の初期生活史. 海洋と生物, 1(4), 9-17.
- 上田常一. 1970. 日本淡水エビ類の研究 改訂増補版. 園山書店, 松江, pp. 1-123.

環境保全手法基礎調査

—アユ遡上調査—

佐伯 昭

1 目的

県内主要河川におけるアユ漁期の漁況予測の基礎資料とする。

2 調査期間

平成15年3月下旬から5月中旬

3 調査方法

目視観察により、四万十川では赤鉄橋下、その他の河川では河口付近及び第1堰堤付近でのアユ稚・若魚の蝟集・遡上状況を調査する。

4 調査結果

(1) 野根川

5月13日の調査では、水温15.7℃で、水量、水質とも良好であったが、アユ稚魚の天然遡上は殆ど認められなかった。例年よりかなり少なめの模様。

(2) 奈半利川

5月13日の調査では、水温16.3℃で、水量、水質ともに良好であったが、例年より稚魚が小さく、数もかなり少ない。

(3) 安田川

5月13日の調査では、水温17.9℃で、水温も高く、水量、水質ともに良好であったが、例年より型が小さく、数もかなり少ない。

(4) 伊尾木川

5月13日の調査では、水温16.0℃、水量、水質ともに良好であったが、水温がやや低いせいか、遡上は例年よりかなり少なめであった。

(5) 物部川

5月7日の調査では、水温17.6℃で水量は良好であったが、水質はいつもよりやや濁り目であった。遡上は例年より多めで、型もやや大きく、早く遡上した模様である。

(6) 仁淀川

3月26日の調査では、水温10.6℃で、水量、水質ともに良好で、遡上もやや遅れたが、型、数とも例年並である。

(7) 新莊川

4月24日の調査では、水温14.6℃で、水量多く、やや濁り気味で、水温が低く、遡上やや遅れている。例年よりは数がかなり少なく、型も小さい。

(8) 伊与木川

4月8日の調査では、水温14.6℃で水量多く、やや濁っていた。遡上は例年並で、数、型ともまずまずの模様。

(9) 四万十川

4月23日の調査では、水温 16.1℃で、水量、水質ともに良好であったが、遡上は全くないに等しいくらい少なく、例年の数十分の一か。

PCR法を活用した病原体検出法および育種法の効率化の研究(プロジェクト研究) —アユの優良系統作出に関するDNAマーカー利用技術の開発—

岡部正也・佐伯 昭

【目的】

本研究では我が国の代表的な淡水魚であるアユを用いて、温度耐性を備えた系統の作出法ならびに形質評価法の確立を目的とする。本年度は、兄妹交配により継代した高温耐性家系と高温感受性家系である海系クローンを交配して高温耐性形質を比較し、ヘテロシス効果の有無を検討した。

【方法】

- (1) 高温耐性におけるヘテロシス効果の遺伝的要因について、より詳細な検討を行うため、高温耐性形質に有意差が認められるクローン家系と No. 10 家系間で交配を行い、各家系、交雑群間の高温耐性形質を比較した。
- (2) 求められた各親魚および交配組の CTMax, ULT の平均値から、高温耐性形質における相加効果 (AE: additive effect) および優性効果 (DE: dominance effect) を以下の式により推定した。

$$AE = (M[P_1] - M[P_2])/2, \quad DE = M[F_1] - (M[P_1] + M[P_2])/2$$

ここで、 $M[P_1]$: 雄親または優良親の表現型平均値、 $M[P_2]$: 雌親または劣勢親の表現型平均値、 $M[F_1]$: F_1 の表現型平均値。

ただし、 $M[P_1]$ および $M[F_1]$ は CTMax または ULT の各表現型平均値の $M[P_2]$ からの偏差とし、 $|AE| > |DE| \neq 0$: 不完全優性、 $|AE| = |DE|$: 完全優性、 $|AE| < |DE|$: 超優性とした。

- (3) 本研究で取り扱う近交系間の交配では、個体間に極端な遺伝的多様度の減少が生じている。そのため、単一マーカー座の変異を検出するマイクロサテライト DNA 多型解析は、家系間の遺伝的差異の検出に効率的でない。そこで、一度に多くのマーカー座を解析できる AFLP 解析を用いて各家系の遺伝的多様度の比較を試みた。家系内の遺伝的多様度の指標として、得られたフラグメントパターンから家系内個体間の BSI (Band sharing index) を求めた。

$$BSI = \frac{2N_{AB}}{(N_A + N_B)}$$

ここで、 N_A および N_B は、A, B 各個体に見られた断片数、 N_{AB} は A, B 両個体に共通する断片数を示す。BSI は、集団内における遺伝的保有量を示す尺度であり、理論的には 0 から 1 までの値をとる。遺伝的に均質な場合は 1, すべて異なる場合は 0 となる。AFLP の検出は前報に準じて化学発光法により行い、EcoRIACA-MseICAT および EcoRI AAG-MseICAG の 2 プライマーペアについて解析した。

【結果】

(1) Clone の ULT の平均値±S.D. は 33.9℃±0.4 となり、雄親である No. 10F₃-1 の 34.1℃±0.5 および F₃-2 の 34.4℃±0.3 のいずれよりも低い値を示し、F₃-2 との間には統計学的に有意差が認められた ($p < 0.01$)。各交配家系の ULT の平均値±S.D. は F₃-1×Clone で 34.1℃±0.6, F₃-2×Clone では 34.6℃±0.3 となり、後者のほうが有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。また、親魚と交配家系間では、F₃-2×Clone が Clone より有意に高い値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 1)。なお、各家系の CTMax は、ULT と同様の傾向を示した。

(2) 各交配家系における平均親ヘテロシスは、F₃-1×Clone の CTMax, ULT でそれぞれ、83.2%, 99.3%, F₃-2×Clone ではそれぞれ 151.4%, 157.5%といずれも両親の中間値を上回った。一方、優良親ヘテロシスは、F₃-1×Clone の CTMax, ULT でそれぞれ-0.7%, -0.3%, F₃-2×Clone ではそれぞれ 25.7%, 28.7%となり、前者では優良親とほぼ同じ高温耐性を示したのに対し、後者ではわずかながら向上が認められた。さらに、F₃-1 と Clone 間では優性効果と相加効果がほぼ同じ値となったのに対し、F₃-2-Clone 間では、優性効果が相加効果をわずかに上回った (Table 1)。

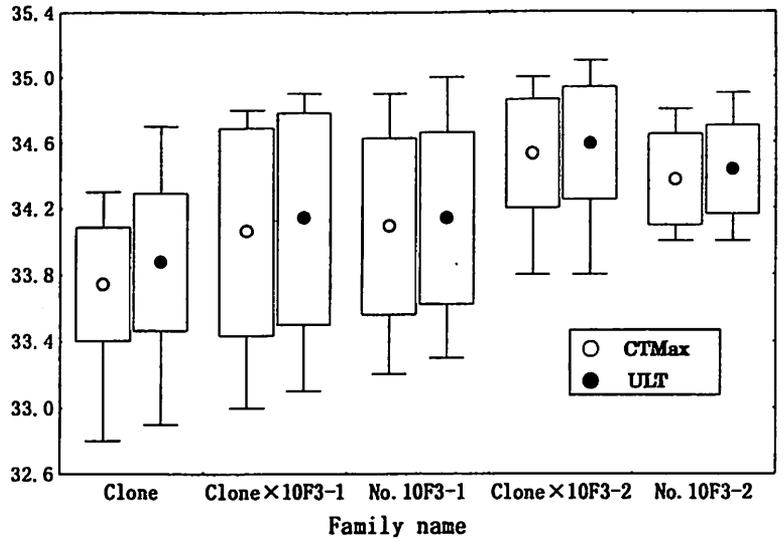


Fig.1 Average of CTMax and ULT acclimated to 23℃ for each of families of Ayu. Upper and lower vertical line indicate the maximum and minimum value and top and bottom lines of the box indicate the standard deviation in the figure.

Table 1. Mid-parent heterosis, high-parent heterosis, additive effect and dominant effect for each of cross families.

	Family	Mid- parent heterosis(%)	High- parent heterosis(%)	Additive effect(%)	Dominant effect(%)	AE-DE (%)
CTMax	Clone×No.10F ₃ -1	83.2	-0.7	17.3	14.4	-2.9
	Clone×No.10F ₃ -2	151.4	25.7	31.3	47.4	16.1
ULT	Clone×No.10F ₃ -1	99.3	-0.3	13.1	13.1	0.0
	Clone×No.10F ₃ -2	157.5	28.7	27.8	43.6	15.9

(3) AFLP により求めた各家系の BSI は、検出に用いたプライマーペア間でやや異なったが、いずれも交雑群が継代家系を上回る値を示した。また、交雑群 2 家系の BSI は 0.97 とほぼ同じ値を示した (Fig.2, table 2)。

【考察】

交配家系間の高温耐性の差異 交配家系間の高温耐性には差異が認められ、 F_3 -2×cloneのULTは、 F_3 -1×cloneを有意に上回った。これらの家系において、♀親であるcloneの遺伝子はすべての遺伝子座においてホモ接合であるが、♂親であるNo.10 F_3

Table 2.The value of BSI between individuals within families estimated from AFLP fingerprint pattern detected with EcoRIACA-MseICAT and EcoRIAAG-MseICAG primer pairs.

Primer pair	EacaMcat			EaagMcag			Mean
	Family	No.of sample	No.of fragment	BSI (S.D.)	No.of sample	No.of fragment	
No.10 F_2	36	29	0.934 (0.03)	37	18	0.848 (0.06)	0.891
No.10 F_3	42	29	0.908 (0.04)	38	18	0.832 (0.07)	0.870
No.10 F_3 -1 ×clone	14	32	0.970 (0.03)	14	23	0.960 (0.04)	0.965
No.10 F_3 -2 ×clone	28	33	1.000 (0.00)	28	25	0.931 (0.03)	0.966

家系は完全な近交系でないため、 F_3 -1と F_3 -2の遺伝子座には多型が存在する。したがって、これらの交配家系間に認められた高温耐性の差異は、♂親であるNo.10 F_3 家系間の高温耐性に関連する遺伝子座の遺伝子型に差異が存在することを示すものと考えられる。

AFLP解析による家系間の遺伝的類似度の比較 AFLP解析により求められた各交配家系のBSIはいずれも0.97と、No.10 F_3 の0.87よりさらに高い値を示し、各交配家系において検出されたフラグメント数は、いずれも親魚家系のものを上回った。これらの結果は、交配家系内の遺伝的類似度が極めて高いこと、および交配により遺伝的多様度が親魚家系に比べて増加することを示している。したがって、親魚家系と交配家系の間に見られる高温耐性の差異は、各家系間の遺伝的差異によって生じるヘテロシス効果を反映しているものと推察される。

ヘテロシス効果の遺伝的要因 ヘテロシスが生じる遺伝学的根拠として、1. 優性説、2. 超優性説、3. エピスタシス説が考えられている。1. 優性説では、優性遺伝子が劣性遺伝子よりも有利に働く場合に生じるとされ、互いに表現型値が異なる近交系間の交配では、交雑群が優良親とほぼ同等の表現型値を示す。2. 超優性説では、ヘテロ接合がホモ接合を上回る表現型値を示す場合に生じるとされ、近交系間の交配では交雑群が優良親を上回る表現型値を示す。3. エピスタシス説では、異なる遺伝子座上の遺伝子間の交互作用によって生じるとされ、関与する遺伝子座数や遺伝子型によって異なる表現型値を示す。

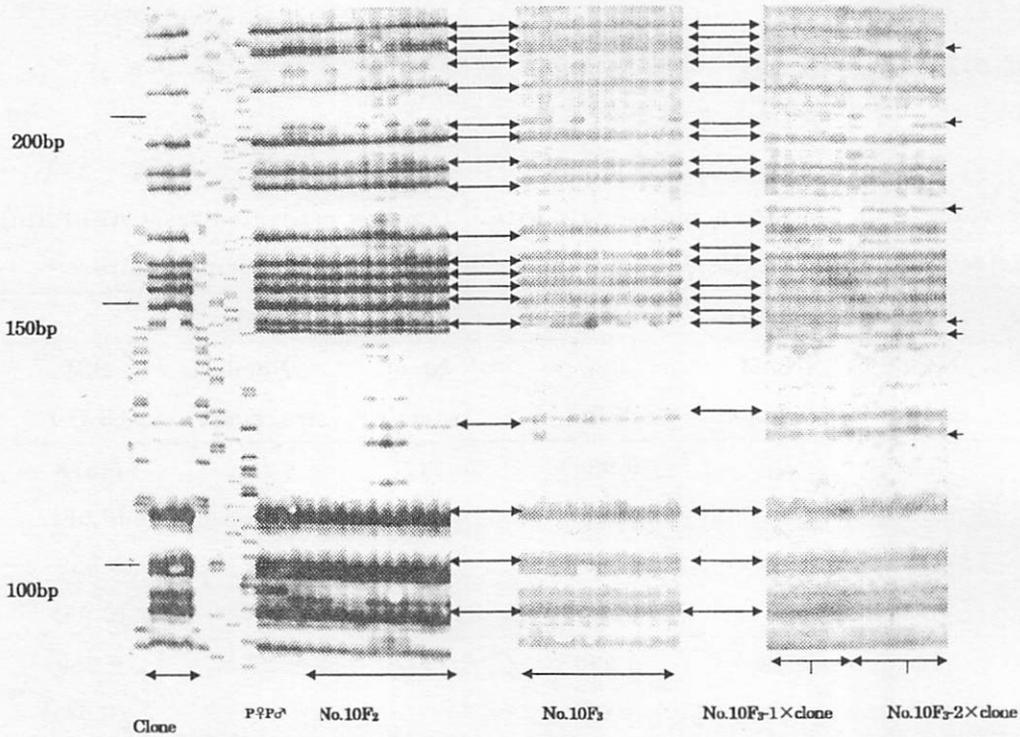


Fig.2 AFLP finger printing of clone, No.10 F₂, No.10F₃, No.10F₃-1×clone and No.10 F₃-1×clone using EcoRI-ACA and MseI-CAT primer pair. Arrows among the figures represent the same size fragments between the different family. Arrows on the right side indicate polymorphic loci within the families or crosses.

本研究において、各交配家系の高温耐性における優性効果と相加効果はほぼ同じか、優性効果が相加効果をわずかに上回った。これらの結果は、アユの高温耐性におけるヘテロシス効果の多くが、優性効果によりもたらされている可能性を示唆している。

魚類の高温耐性におけるエピスタシス効果 本研究では、各親魚の由来が同じ家系間の交配組を用いたため、エピスタシス効果が考慮されていない。Danzmann et al., (1999) は、ニジマスの高温耐性系統×感受性系統のF₁に、由来の異なる高温耐性系統2系統および感受性系統1系統をそれぞれ交配し、作出した戻し交配世代について高温耐性関連QTLの効果を比較している。その結果、同一のQTLにおいても、交配組により高温耐性に与える影響が異なる場合があることを明らかにし、ニジマスの高温耐性形質にはエピスタシス効果が関与する可能性を示唆している。この知見は、アユの高温耐性形質においてもエピスタシス効果が存在する可能性を示唆している。したがって、今後、アユの高温耐性についても、複数の家系、系統間で交配組を作出し、エピスタシス効果の影響を調べる必要がある。

以上の結果から、アユの高温耐性形質のヘテロシス効果は主として優性効果によりもたらされている可能性が示唆された。

したがって、家系間の表現型分散を拡大させ、家系内の個体変異を縮小させることにより形質の固定を図る家系選抜法は、アユの高温耐性形質を固定するために合理的な

手法であると判断された。

【結果の発表、活用等】

岡部正也, 佐伯 昭. 化学発光による AFLP 検出法および自殖型 F2 世代を用いたアユの遺伝連鎖地図の作成. 水産育種. 2003;33:7-12.

岡部正也, 関 伸吾, 西山 勝, 桑原秀俊, 佐伯 昭, 山岡耕作. 同一環境下で継代飼育されたアユ *Plecoglossus altivelis* 3 品種間における温度適応力の差異. 日水誌. 2003; 69 : 717-725.

土佐湾海産稚アユの海洋生活期における生態と生息環境に関する調査研究

一流下アユ仔魚数の計数

中島敏男

1 調査目的

河口域を中心とした浅海域の海洋物理の微細構造とアユ仔稚魚の分布との関連について調査研究する、アユ仔稚魚期の生残・減耗要因を明らかにする一環として、海域に供給される初期資源量として流下仔魚の出現時期を知る。

2 調査方法

産卵場下流での流下仔魚調査

2003年10月から2004年1月まで仁淀川下流の土佐市用石、春野町雨戸地先に1定点を設け、夜間、ろ水計付き仔魚ネット（網口たて14.4×よこ21.4cm、長さ150.5cm、目合180 μ ）により、流下仔魚採集をおこなった。2000年度と同じ調査用具、調査地点を使用した（図1）。

採集した流下仔魚はただちに10%ホルマリンで固定した後、計数した。

河口域での流下仔魚調査

上記調査と同時期に仁淀川河口域（流程3km）に5定点を設け、昼間、ろ水計付き標準ノルパックネット（口径45cm、長さ1.5m、目合335 μ ）によって水深0.5m前後を10分間水平曳きして流下仔魚採集をおこなった。2001、2年度と同じ調査定点を使用した（図1）。

採集した流下仔魚はただちに10%ホルマリンで固定した後、計数した。

採集した流下仔魚を塚本(1991)の卵黄指数にしたがってランク分けした（図2）。

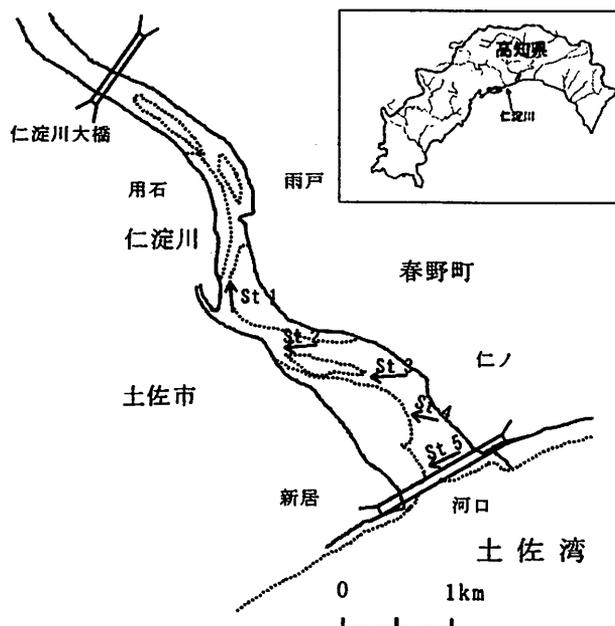


図1 2003年度仁淀川調査地点。雨戸は産卵場下流調査地点、矢印は河口域調査定点を示し、曳網方向をも示している。

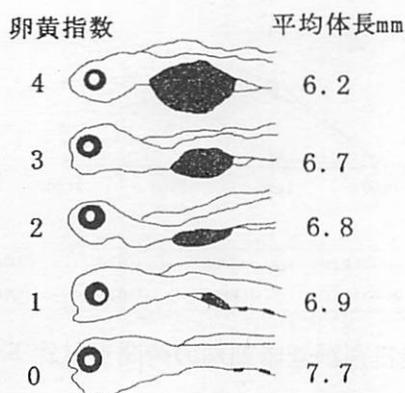


図2 卵黄指数模式図. 塚本(1991)を改変して, 指数1の卵黄嚢上に黒色素胞を追加し, 指数0の胸部から黒色素胞を一部削除した.

3 調査結果と考察

産卵場下流での流下仔魚調査

10月23日～1月19日の間に12回の調査をおこない, 20,394尾の流下仔魚を採集した(表1). 各調査日の18時から22時まで毎時ごとに採集した流下仔魚数から, 以下の手順で調査期間中の総流下仔魚数を求めた. まず, 調査時における単位水量あたりの採集仔魚数を算出した. 次に, 調査地点上流に設置されている国土交通省四国地方建設局仁淀川水系中島水位観測所の水位を水位(H)・流量(Q)変換式 [$Q=93.10(H-0.89)^2$ 平成15年6月1日～12月31日適用] を利用して河川流量に換算した. 単位水量あたりの採集仔魚数と河川流量から調査地点における単位時間当たりの流下仔魚数を算出した(図3). 一方で, 調査期間中の11月18日12時から19日12時まで24時間の調査をおこない時刻別の流下仔魚数の変化を観測した. この日, 18時から22時まで毎時ごとに採集した流下仔魚数が24時間の流下仔魚数に占める割合は62.19534%であった(図4). この割合の逆数1.6078374を使用して調査時間内の流下仔魚数を1日の流下仔魚数に引きのぼして調査日ごとの1日の流下仔魚数とした. 最後に, 任意の調査日間の日ごとの流下仔魚数の増減傾向は, 調査日間で変わらないと仮定して, 調査日間の流下仔魚数を求めた. 調査日間の流下仔魚数を集計して調査期間中の総流下仔魚数を64.4億尾と推計した(図5). 最後の調査日にも流下仔魚が採集されているのでその後も若干の流下が続いたと推察されるが, ここで得られた推計尾数は, おおむね, 15年度アユ産卵・ふ化期に調査地点を流下したアユ流下仔魚数をあらわしていると考えられる.

ただし, 今回使用した水位・流量変換式は速報値であるので, 後年, 速報値と異なる確定値が公表されることがある. このため現時点の流量及び流下仔魚数は暫定値である.

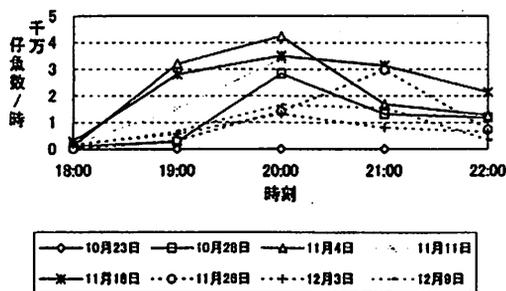


図3 調査日別調査時刻別の時間当り流下仔魚数

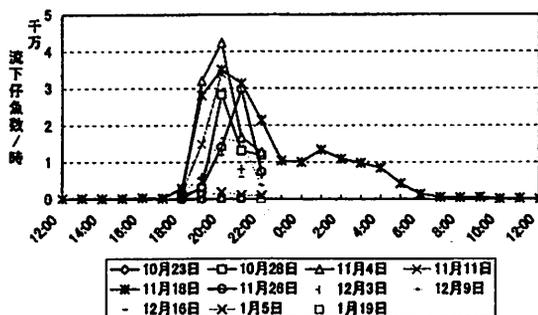


図4 24時間調査日とその他の調査日の時間当り流下仔魚数

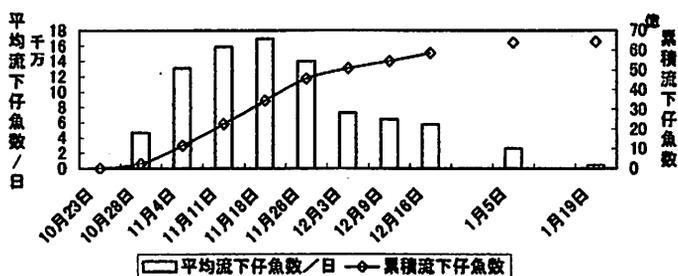


図5 日平均流下仔魚数と調査期間中の累積流下仔魚数

表3.1-1 調査日及び採集仔魚数

調査月日	採集仔魚数
10月23日	3
10月28日	2,979
11月4日	3,358
11月7日	135
11月11日	906
11月18日	7,178
11月28日	3,254
12月3日	325
12月9日	814
12月16日	1,137
1月5日	268
1月19日	37
合計	20,394

河口域での流下仔魚調査

表2に調査日、採集尾数、St.1の表面水温を示した。水深0.5m前後で採集した卵黄囊仔魚数及び後期仔魚数は1,971尾及び275尾であった。水面及び水面下おおむね25cmの範囲の表層で採集した表層卵黄囊仔魚数及び表層後期仔魚数は175尾及び15尾であった。

調査日ごとに全調査定点の採集尾数を集計した単位水量当り卵黄囊仔魚数は11月27日と12月25日に少し増えた。また、単位水量当り後期仔魚数は1月14日に少し増えた(図6)。

2001-02年、02-03年及び03-04年の調査結果を比較すると、卵黄囊仔魚数及び後期仔魚数とも03-04年の単位水量当り採集尾数が少なかった。水温に際立った差異は見られなかった(図7)。

表2 河口域での調査日及び採集仔魚数

年月日	卵黄囊仔魚数	後期仔魚数	表層卵黄囊仔魚数	表層後期仔魚数	採集仔魚数	水温℃
10月29日	13	0			13	20.7
11月5日	76	1	3	0	80	17.9
11月12日	60	1			61	17.4
11月27日	838	25			863	15.2
12月4日	21	0			21	13.6
12月10日	137	0			137	12.7
12月17日	52	0	14	0	66	11.3
12月25日	576	57	124	15	772	11.4
1月6日	147	33	32	0	212	10.3
1月14日	29	123	2	0	154	9.7
1月20日	22	35	0	0	57	8.7
合計	1,971	275	175	15	2,436	

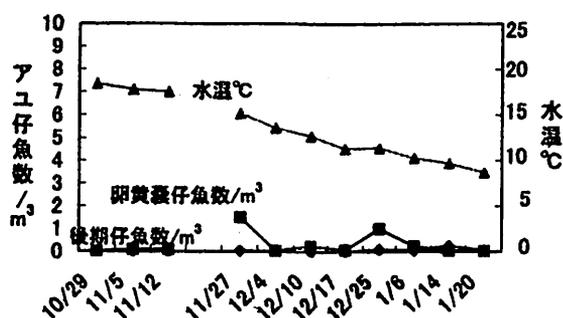


図6 調査日別単位水量当り採集仔魚数及び水温

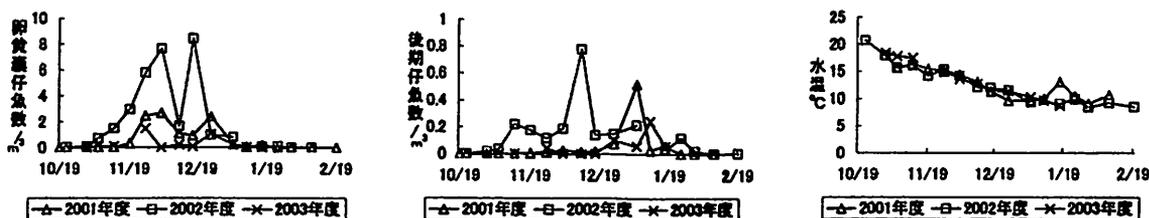


図7 01-02年、02-03年及び03-04年調査結果比較

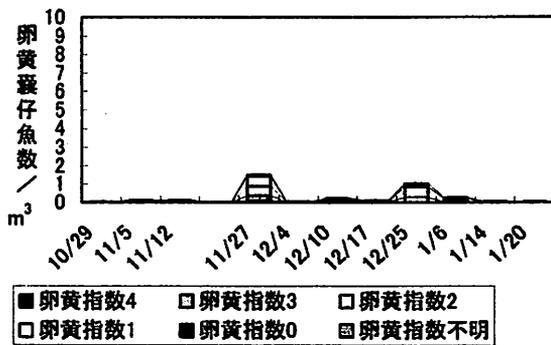


図8 卵黄指数別の卵黄囊仔魚数

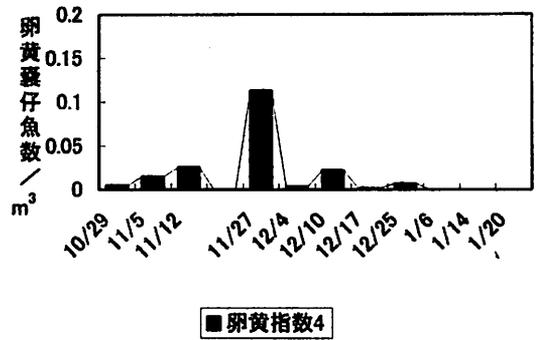


図9 卵黄指数4の卵黄囊仔魚数

採集した仔魚を卵黄指数別にみると、ふ化から日数がたっている指数1, 2の仔魚が多く、ふ化直後の指数3, 4の仔魚は少なかった(図8)。

孵化直後とされる卵黄指数4の仔魚の採集は、尾数及び割合ともごく少ないが、11月27日は少し採集された(図9)。

採集した仔魚を調査地点別にみると、St. 2, 3でやや多く、調査地点最上流のSt. 1及び最下流のSt. 5で少なかった(図10)。

11月27日及び12月25日にSt. 2及び3でやや多く採集された卵黄囊仔魚の卵黄指数は1及び2であった(図11)。

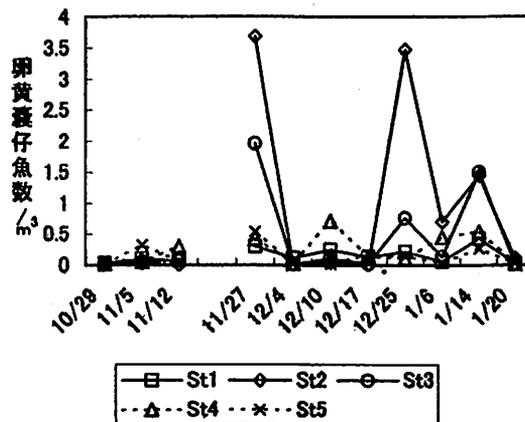


図10 調査地点別調査日別の卵黄囊仔魚採集尾数

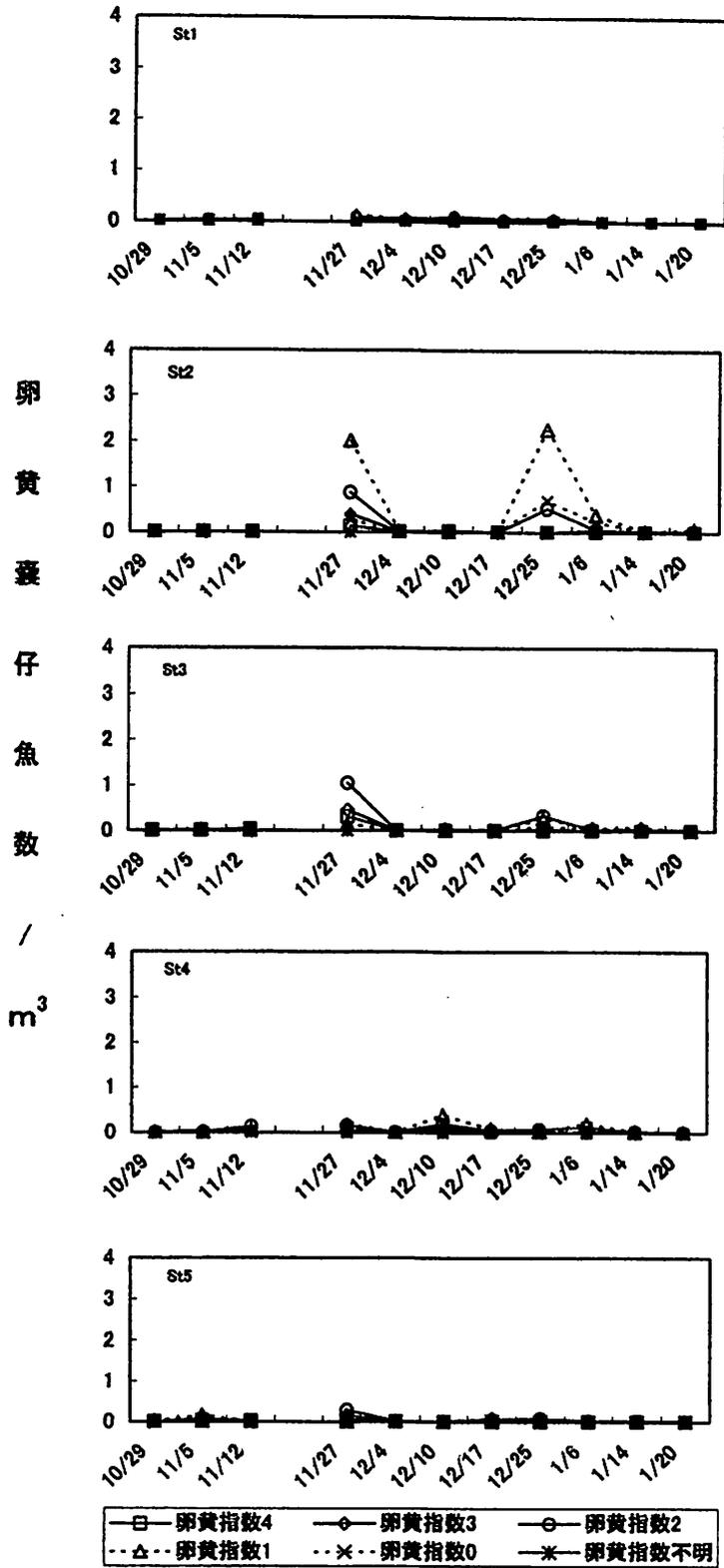


図11 調査定点別卵黄指数別の卵黄囊仔魚採集尾数

産卵場下流での流下仔魚調査結果と河口域での流下仔魚調査結果の比較 (2000~03年度)

2003年度におこなった夜間流下仔魚調査結果から判断すると、流下は10月下旬に始まり、11月がピークであるが、12月もかなりの仔魚が流下した。同時期、夜間調査の翌日におこなった河口域での昼間の流下仔魚調査では、夜間の流下仔魚数に連動した採集結果が得られなかった(図12)。

調査地点の上流にある中島水位を河川流量に換算した値に反比例する変化を示した(図13)。10月末から11月末の間は夜間調査から推測して毎日1~2億尾の仔魚が流下したが、河川流量が40~50m³/秒あるときは採集尾数が小数点以下/m³になり、河川流量が20m³/秒以下になると採集尾数が小数点以上/m³になることが観測された(図14)。

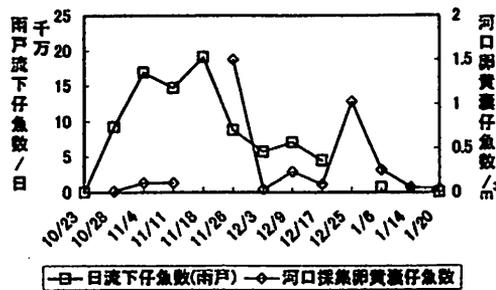


図12 日計流下仔魚数(雨戸)と河口域昼間採集卵黄囊仔魚数

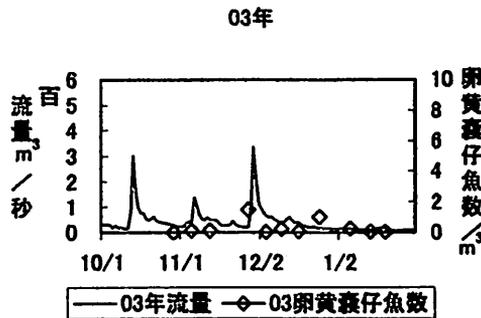


図13 仁淀川水系中島河川流量と河口域昼間採集卵黄囊仔魚数

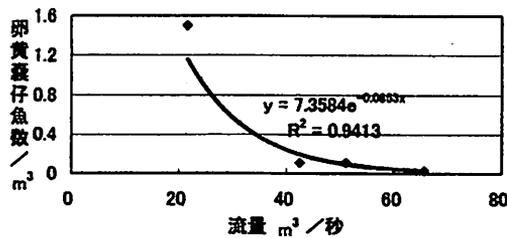


図14 中島河川流量と河口域昼間採集卵黄囊仔魚数比較(2003年10月末~11月末)

2001～03年度，昼間，河口域でおこなったネット曳網調査結果と河川流量を重ねて表示すると，河川流量が多い時期には採集尾数が少なく，河川流量がごく少ない時期には採集尾数が多くなる傾向が見られた．2001，2年度は昼間ネット曳網調査のみで，夜間流下仔魚調査をおこなっていないため，流下仔魚の流下盛期を直接判断できないが，2000年度，2003年度の調査事例からすると，仁淀川では少なくとも11～12月には流下の盛期があると推測される．この時期，相当数の仔魚が流下していると仮定してのことであるが，2001年度は河川流量が $30\text{m}^3/\text{秒}$ 以上では採集尾数は小数点以下/ m^3 ，河川流量が $20\text{m}^3/\text{秒}$ では採集尾数は小数点以上/ m^3 となった．2002年は河川流量が $20\text{m}^3/\text{秒}$ 以下が相当期間続いたので，採集尾数は小数点以上/ m^3 が持続し，採集尾数の変化はこの年の流下の傾向を多少あらわしていると考えられる（図15）．

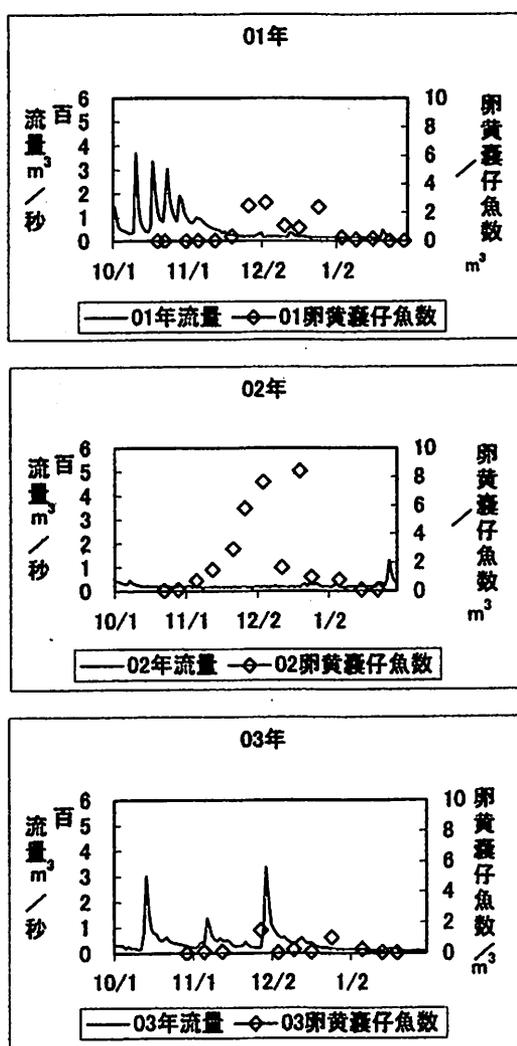


図15 2001～03年度仁淀川水系中島河川流量と河口域昼間採集卵黄囊仔魚数

河口域で昼間ネット曳網採集される卵黄囊仔魚は、昼間産卵場直下の雨戸調査地点を流れている卵黄囊仔魚数に近いと考えられる。流下盛期におこなった24時間連続調査時でも、日中の流下仔魚は数尾以下/m³であった(図16)。

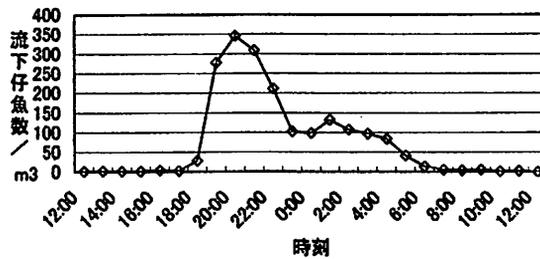


図16 24時間調査時における時刻別流下仔魚数 (2003年11月18~19日)

夜間、産卵場下流でおこなう流下仔魚調査は瀬の下流でおこなわれることから、流下仔魚は十分水中に攪拌されているという前提に基づいて水面直下で採集している。昼間、河口域でおこなうネット曳網調査は水深50cm前後で採集している。河口域では、昼間、表層に密に分布する可能性を考慮して同一場所で水深をかえて曳網採集をおこなった。水面下50cmでの採集が表層よりやや多いという結果を得た(図17)。また、夜間の採集尾数が河口域の水量で希釈されて昼間の採集尾数の桁に下がると考えられるものでもなかった。

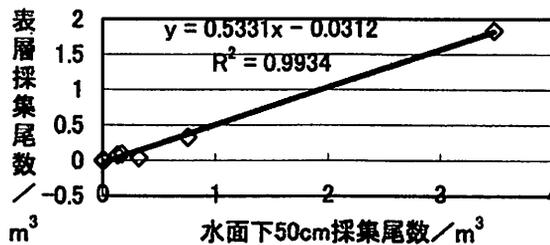


図17 同一定点で水深別におこなったネット曳網採集尾数比 (2003年)

河口域では海面と同様に潮汐の影響を受ける。干満時の潮の動きは漲潮(ちょうちょう)及び落潮(らくちょう)と呼ばれる。漲潮は干潮から満潮に向かって込んでくる潮のことで、河口域では海水が底層を進入してきて河面があがり、勾配がなくなると河川水が滞留して流れが止まったように見える。しかし、河面はゆるやかに流れている。落潮は満潮から干潮に向かって退いてゆく潮のことで、河口域では滞留していた河川水が一気に流れる。夜半に産卵場直下でおこなう流下仔魚調査と翌日の昼間に河口域でおこなうネット曳網調査の間には漲潮と落潮がある。産

卵場直下の調査定点を下った流下仔魚は比較的速やかに流程 3km の河口域を流下して海域に出ると考えられる。仁淀川河口域に設置された水位計の上下動が干満を表すものとみなして 2003 年の 2 回の調査事例を図 18 に示した。

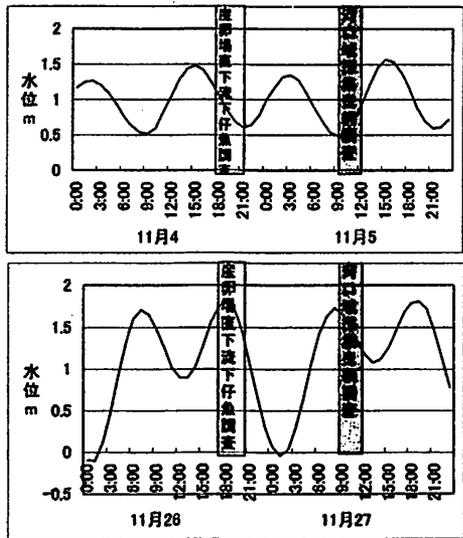


図18 調査事例別河口域水位変動(国土交通省仁淀川水系仁西水位計)

仁淀川でアユ流下仔魚調査をおこなった2000～03年度中，昼間のネット曳網調査のみをおこなった2001，2年度は流下仔魚数を算出するにいたらなかった。産卵場直下で夜間調査をおこなった2000年度は約40億尾，2003年度は約60億尾のアユ仔魚が流下したと算出した。

4 引用文献

塚本勝巳. 1991. 長良川・木曾川・利根川を流下する仔アユの日齢. 日本水産学会誌, 57(11) : 2013-2022.

中島敏男. 2001. 流下. 土佐湾産稚アユの海洋生活期における生態と生息環境に関する調査研究, 53-59.

中島敏男. 2003. 流下. 土佐湾産稚アユの海洋生活期における生態と生息環境に関する調査研究, 37-41.

土佐湾産稚アユの海洋生活期における生態と棲息環境に関する研究

— 土佐湾アユの系群構造 —

岡部正也

1. マイクロサテライト DNA 多型解析による系群解析

a 目的

河川形態や、沿岸域の海域構造の違いから、高知県の河川に遡上する海系アユ集団には河川間で遺伝的分化が生じている可能性がある。そこでこのような遺伝的差異を高感度で検出が可能なマイクロサテライトDNA多型解析を用いて、県内主要河川に遡上した天然海系アユの系群構造についてDNAレベルでの解析を行う。

b 方法

四万十川、仁淀川、伊尾木川の3河川において、解禁前の3月下旬に遡上した天然海系アユを投網により採捕した(表1)。供試魚は体測後、体側筋または尾鰭よりフェノール・クロロホルム抽出、エタノール沈殿により総DNAを抽出・精製し、高木ら(1999)により設計されたプライマーセットを用いて、アユマイクロサテライトDNA領域3マーカース座をPCR法により増幅した。得られたPCR産物を8%ポリアクリルアミドゲルによる電気泳動により分画し、ナイロンメンブレンに転写後、化学発光法によりX線フィルムに転写し、可視化した。検出されたバンドはM13mp18ssDNAのシーケンスをサイズマーカーとして分子量を決定し、遺伝的変異性を示す各指標を解析ソフトArlequin ver.2000を用いて算出し、河川集団間の遺伝的差異を検討した。

表-1.各年における各河川の遡上魚の体長、体重、肥満度

調査場所	四万十川			仁淀川八田堰			伊尾木川 有井堰		
採捕日	2001.3.28(N=100)			2001.3.27(N=127)			2001.3.29(N=86)		
	BL(mm)	BW(g)	CF*	BL(mm)	BW(g)	CF*	BL(mm)	BW(g)	CF*
Mean	60.6	2.6	11.3	59.9	2.3	10.3	71.6	4.5	11.5
SD	5.8	0.9	1.2	4	0.5	0.6	9	1.9	1
採捕日	2002.3.27(N=127)			2002.3.26(N=105)			2002.3.29(N=106)		
	BL(mm)	BW(g)	CF*	BL(mm)	BW(g)	CF*	BL(mm)	BW(g)	CF*
Mean	48.5	1.1	9.7	69.8	4.2	11	58.2	1.9	9.3
SD	6.3	0.7	1.3	11.1	3	1.1	4.3	0.5	0.7
採捕日	2003.3.11(N=9)			2003.3.26(N=108)			2003.3.29(N=83)		
	BL(mm)	BW(g)	CF*	BL(mm)	BW(g)	CF*	BL(mm)	BW(g)	CF*
Mean	56.8	2	10.9	60.5	2.2	9.6	57.9	2.2	10.9
SD	3.2	0.3	0.7	5.2	0.7	0.6	5.1	0.6	0.6

CF: Condition factor BW/BL³ × 1000

*1: Significant unconformity for Hardy-Weinberg equilibrium(p<0.01)

c 結果および考察

各標本群におけるマイクロサテライトマーカース座の遺伝的多様度を表2~4に示した。本年度は四万十川への遡上が極端に少なく、十分な数のサンプルを入手できなかったため、仁淀川、伊尾木川の2河川で採取したサンプルについて解析を行った。また、分析を試みたマイクロサテライト3マーカース座のうちPal-2*では、いずれの河川のサンプルについても解析に耐えうる泳動像が得られなかったため、これを除くPal-3*、Pal-4*の2マーカース座を用いて標本群間の比較を行った。

表2 各河川集団のマイクロサテライト DNA3 マーカー座における遺伝的多様度の比較 (2001年)

	Pal2*	Pal3*	Pal4*	average
Simanto riv.				
No.of samples	45	47	47	
No.of alleles	21	16	16	17.7
Ho	0.844	0.766	0.766	0.792
He	0.912	0.915	0.903	0.910
Ho/He	0.925	0.837* ¹	0.848	0.870
Nido riv.				
No.of samples	35	41	31	
No.of alleles	24	17	14	18.3
Ho	0.800	0.805	0.871	0.816
He	0.880	0.912	0.901	0.900
Ho/He	0.909* ¹	0.883	0.967	0.891
Ioki riv.				
No.of samples	48	44	43	
No.of alleles	27	19	18	21.3
Ho	0.729	0.955	0.884	0.856
He	0.871	0.932	0.932	0.912
Ho/He	0.837* ¹	1.025	0.948	0.937

*1: Significant unconformity for Hardy-Weinberg equilibrium ($p < 0.01$)

2003年の各標本群における各マーカー座の対立アレル数およびヘテロ接合体率は Pal-3*で19および0.792~0.935, Pal-4*で15~19および0.756~0.870であり, 各標本群における遺伝的多様度は2002年度の標本群とほぼ同等か, 若干の増加が認められた。各マーカー座において検出された対立アレル頻度から各標本群について異質性の検定を行った。2001~2003年の3カ年にわたる各標本群について標本群間の Pairwise Fst (分化指数) および集団の異質性検定の結果を表5に示した。2001年仁淀川と2003年伊尾木川

表3 各河川集団のマイクロサテライト DNA3 マーカー座における遺伝的多様度の比較 (2002年)

	Pal2*	Pal3*	Pal4*	average
Simanto riv.				
No.of samples	48	48	48	
No.of alleles	14	20	25	19.7
Ho	0.625	0.917	0.708	0.750
He	0.882	0.944	0.936	0.921
Ho/He	0.709* ¹	0.971	0.756* ¹	0.971
Nido riv.				
No.of samples	45	44	46	
No.of alleles	17	19	18	18.0
Ho	0.822	0.523	0.783	0.709
He	0.909	0.952	0.916	0.926
Ho/He	0.904	0.549* ¹	0.855* ¹	0.904
Ioki riv.				
No.of samples	47	43	40	
No.of alleles	16	19	16	17.0
Ho	0.787	0.651	0.825	0.754
He	0.900	0.938	0.879	0.906
Ho/He	0.874* ¹	0.694* ¹	0.939* ¹	0.833

*1: Significant unconformity for Hardy-Weinberg equilibrium ($p < 0.01$)

表 4 各河川集団のマイクロサテライト DNA2 マーカー座における遺伝的多様度の比較 (2003 年)

	Pal3*	Pal4*	average
Nido riv.			
No.of samples	46	45	
No.of alleles	19	15	
Ho	0.935	0.756	0.846
He	0.929	0.915	0.922
Ho/He	1.006	0.826*	0.916
Ioki riv.			
No.of samples	48	46	
No.of alleles	19	19	
Ho	0.792	0.870	0.831
He	0.927	0.918	0.923
Ho/He	0.854*	0.948	0.901

*:Significant unconformity for Hardy-Weinberg equilibrium($p<0.01$)

の標本群間をのぞくと、同一年に異なる河川で採取した標本群間の F_{st} は、異なる年に同一河川または異なる河川で採取した標本群間に比べて低い傾向が見られた。この傾向は、前年度までの四万十川を含む 3 河川の標本群間のものとよく一致しており、高知県内の河川に遡上するアユの遺伝的変異は河川間の分化以上に年変動が大きいことを示すものと考えられた。

表 5 各河川集団間の異質性の検定 Pairwise genetic differentiation (F_{st})

	Niyodo2001	Niyodo 2002	Niyodo2003	Ioki2001	Ioki2002	Ioki 2003
Niyodo2001				□**		
Niyodo 2002	0.00853		*		□*	**
Niyodo2003	0.00469	0.00928			*	□**
Ioki2001	□-0.00012	0.00803	0.00837			**
Ioki2002	0.02257	□0.00447	0.00675	0.00414		
Ioki 2003	-0.00577	0.01548	□0.00341	0.01055	0.01449	

Upper: Permutation test (*: $p<0.05$, **: $P<0.01$), Lower: F_{st} Value. □ represents different river in the same year.

この原因として、遡上時期の異なる標本群の混合あるいは各河川における遡上個体群の大きさの変動が考えられる。したがって、河川集団間の分化の有無をより厳密に把握するためには、同一年について各河川におけるサンプリングの頻度や調査個体数を増やすことが必要であると考えられる。

【引用文献】

A. T. Norris, D. G. Bradley, E. P. Cunningham. 1999. Microsatellite genetic variation between and within farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. *Aquaculture*, 180: 247-264

M. Takagi, E. Shoji, and N. Taniguchi. 1999. Microsatellite DNA polymorphism to

reveal genetic divergence in ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Fisheries Sci.*, 65: 507-512

関伸吾・谷口順彦. 1985. 西南日本におけるアユ地方集団間の遺伝的分化. 高知大海洋生物研報, 7: 39-48

谷口順彦・高木基裕・田畑和男・R. P. Enriquez・関伸吾. 1999. DNA多型によるマダイ集団の遺伝的多様性の評価, 水産生物の遺伝的多様性及び保存技術に関する技術マニュアル, 日本水産資源保護協会編, pp52-126

2. 要約

2001年度のミトコンドリアDNA制限断片長多型による解析結果は、四万十川、仁淀川、伊尾木川の3標本群それぞれで特徴的なハプロタイプが出現し、このことは3標本群間で遺伝的差異が生じている可能性を示唆している。この結果は、マイクロサテライトDNA遺伝標識よりえられた解析結果とも一致した。しかし、2002年度については変異性も低く、3標本群間で明確な遺伝的差異は認められなかった。また、同一河川内の年度間の違いも大きい。これは、各河川においてアユ集団の遺伝的組成が変動していること、つまり河川間の遺伝的差異に加え、同一河川の年度間でも遺伝的差異が生じていることを示唆している。このことが3河川の標本群間における遺伝的分化を不明確にしていると考えられる。ただ、2002年度の標本群についてはミトコンドリアDNA、マイクロサテライトDNAともに遺伝的多様性の減退が認められ、このことが3標本群間の遺伝的分化を不明確にした可能性も考えられる。より詳細を知るためには、もう少し長いスパンを踏まえた年変動の評価などさらに詳細な検討を加える必要のあるものと思われる。

アユ資源添加技術開発試験

佐伯 昭・岡部正也[○]

【目的】

種苗放流による効率的な資源添加技術の開発を目的として、県内主要河川に放流されたアユ種苗の資源動向を、耳石情報、標識放流等を用いて解析する。

【方法】

本年度は、四万十川、仁淀川、伊尾木川で採捕されたアユ天然種苗について、耳石日周輪による日齢査定を行い、生態的特性の把握を試みた。また、これらのサンプルについて耳石ストロンチウム/カルシウム比を測定し、各河川における天然遡上魚の、海域生活～遡上に至るまでの生活パターンの把握を試みた。

【結果および考察】

耳石情報による天然遡上アユの日齢-体長関係の把握

各河川で2002年～2003年3月下旬に投網により採捕した天然遡上アユについて耳石日周輪を測定し、日齢を推定して日齢-体長関係を河川間で比較した(図-1)。その結果、各河川で同時期に採捕したサンプルにおいても年により成長が大きく異なる傾向が見られた。とくに2003年の遡上魚では、すべての河川において小型化が見られ、その傾向は四万十川、仁淀川で顕著であった。現在、これらのサンプルについて、ストロンチウム/カルシウム比を測定中である。

イラストマータグの有効性の検討

前年度に引き続き、種苗放流時により多くの個体に標識が可能で再捕時の識別が容易な外部標識として、イラストマータグの有効性を検討した。高知県内水面種苗センターで生産された人工種苗の一部にタグを装着し、奈半利川(オレンジタグ)、伊尾木川(グリーンタグ)の2河川に各25,000尾を放流し採捕率を推定した。追跡調査は高知県内水面漁業協同組合連合会の委託事業により実施された(追跡調査結果の詳細は別紙参照)。

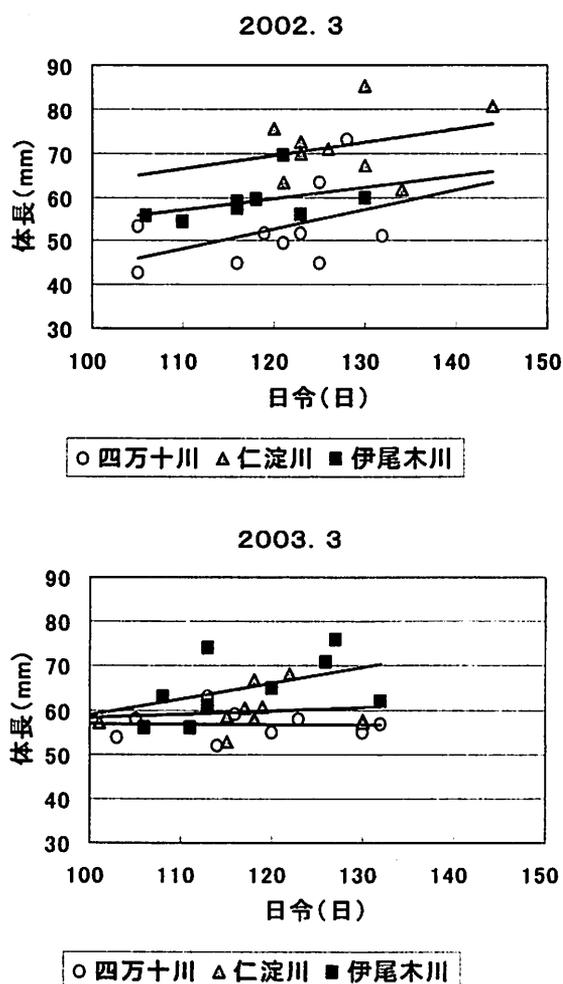


図-1. 3河川に遡上したアユの日齢-体長関係(2002(上図),2003年(下図))

細は、高知県内水面漁連 2003 年度 標識放流試験結果報告参照)。以下に追跡調査の概要を述べる。奈半利川では調査した 679 尾のうち 19 尾、伊尾木川では 1,264 尾のうち 21 尾が標識魚であり、混獲率はそれぞれ 2.8%および 1.6%であった。そのうち奈半利川では、伊尾木川に放流したグリーンタグを装着した個体が 1 尾、伊尾木川では奈半利川に放流したオレンジタグを装着した個体が 1 尾混獲された。また、伊尾木川の近隣に位置し、標識魚の放流を行っていない安田川において、奈半利川に放流されたオレンジタグを装着した個体が 1 尾採捕された。これらの結果は、種苗が放流された河川を降下し、他の河川に再び遡上する場合があることを示している。したがって、遡上期の海系アユでは河川間で交流がなされていることが明らかとなった。このように、イラストマータグは放流魚の追跡にきわめて有効な標識であることが確認されたことから、今後は内水面漁連をはじめとする関係団体、機関に技術移転し、活用をはかる。

Ⅲ 資 料

平成15年度 飼育源水の水温

日	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1	11.1	13.2	14.3	15.6	17.1	19.1	19.6	20.1	19.6		15.1	11.6
2	12.1	13.8	14.3	15.8		18.9	19.7	20.1	19.4	18.5	14.9	11.6
3	11.9	13.3	14.3	15.7	17.6	18.9	19.6	20.1	19.4		14.8	
4	12.1		14.4	15.9	17.4	18.8	19.8	20.1	19.3	18.6	14.6	11.2
5	11.0	13.3	14.4	16.0	17.3	18.9		20.1	19.3	18.5	14.6	11.1
6	11.0	13.3	14.4	15.9	17.4		19.6	20.1	19.3	18.3	14.4	10.9
7	11.4	13.4	14.6	16.0	17.4		19.6	20.1		18.1	14.3	11.0
8	11.4	13.4	14.6	16.1	17.4	19.2	19.7	20.3	19.3	18.1	14.4	10.8
9	11.1	13.4		16.1	17.4	19.2	19.7	20.3	19.2	17.9	14.3	10.8
10	11.1	13.3	14.6	16.1	17.5	19.1	19.8	20.1	19.3	17.9	14.1	11.1
11	11.1	13.3	14.6	16.2	17.6	19.3	19.8	20.3		17.8	13.8	11.3
12	11.3	13.4	14.6		17.6	19.2		20.2	19.1	17.7	13.8	10.6
13	11.8	13.4	14.8		17.6			20.2	19.1	17.6	13.9	10.8
14	11.6	13.4		16.6	17.6	19.3	19.6	20.2	19.2	17.4	13.2	11.0
15	11.8	13.4	15.1	16.3	17.8		19.8	20.1	19.1		13.0	10.9
16	11.6	13.4	14.9	16.4	17.4	19.3	19.8	20.4	19.1		13.1	11.0
17	11.8	13.1	14.8	16.4	17.9	19.3	19.8	20.1	19.1		13.1	11.1
18	12.0		14.8	16.9	18.1	19.4		20.1	19.1		13.1	11.3
19	12.0	13.6	14.9	16.9	18.1	19.4		20.1			13.0	10.6
20	12.0	13.7	15.1	16.8	18.2	19.4	19.9	19.6	19.0		12.8	10.6
21	12.0	13.8	15.2	16.9	18.3	19.4	20.0	19.7	18.9	16.3	12.9	11.2
22	13.2	13.9	15.1	16.7	18.4	19.4	20.1	19.6	19.0	16.3	12.8	10.3
23	13.4	13.9	15.2	16.7			20.1	19.4	18.9	15.9	12.5	13.2
24	13.5	13.9	15.3	16.9		19.5	20.1	19.5	18.9	15.9	12.1	2.9
25	13.6	13.9	15.3	16.9		19.6	20.1	19.6	18.9	15.7	11.9	12.9
26	13.4	14.0	15.4	17.0	18.5	19.6	20.2	19.6	18.8	15.4	11.9	12.9
27	13.2	14.1	15.4	16.9	18.6	19.8	20.1	19.6	18.9	15.5	11.9	12.8
28	13.1	14.1		16.9	18.8		20.1	19.4	18.7	15.3	11.9	13.1
29	13.2	14.2	15.6	16.9	18.8	19.7	20.1	19.6	18.8	15.1	11.8	12.9
30	13.2	14.2	15.6	17.1	18.8	19.6	20.1	19.6		15.1		12.9
31		14.2		17.1			20.1		18.8	15.1		12.8
平均	12.1	13.6	14.9	16.5	17.9	19.3	19.9	19.9	19.1	16.9	13.4	11.6

平成15年度 飼育水の水温 (50トン水槽)

日	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1		13.6	14.7	16.2	18.8	20.9	18.9	20.0	15.7			
2		14.5	15.0	16.8		20.3	19.8	20.0	15.1			
3		14.6	15.3	16.4	19.4	20.5	19.4	20.0	14.8			
4		14.6	14.9	17.3	19.3	20.4	20.1	19.6	14.8			
5		14.2	15.2	17.3	19.0	20.4		19.6	18.3			
6		13.8	15.6	16.9	19.2		19.3	19.9				
7		13.9	15.6	17.4	19.3		18.6	20.0				
8		14.4	16.1	17.4	19.4	21.8	18.8	20.0				
9		13.6		17.6	19.1	21.8	19.0	20.1				
10		13.8	15.3	18.1	18.6	21.5	19.4	19.5				
11		13.3	15.4	18.1	19.2	21.6	19.6	19.9				
12		13.6	15.5	18.3	19.0	21.8	20.4	19.1				
13		14.6	16.0	17.7	18.6			18.9				
14		13.9	15.5	17.8	18.3	21.5	19.8	18.3				
15		13.9	15.3	17.1	18.6		18.9	18.6				
16		14.6	15.2	17.4	18.6	20.4	18.7	19.4				
17		13.9	15.4	17.5	19.0	20.4	18.7	18.0				
18		14.1	15.3	17.6	19.3	20.9		17.1				
19		13.9	15.7	18.3	19.6	21.2		18.2				
20		14.4	16.3	17.9	19.6	20.6	18.3	18.3				
21		14.4	17.2	17.9	19.7	19.8	19.4	18.8				
22		14.3	16.1	18.1	19.9	18.9	19.6	17.4				
23		14.7	16.1	17.8			18.9	15.6				
24		14.6	16.1	18.3	20.6	19.6	18.4	16.2				
25		14.7	16.3	18.1	20.2	20.2	18.4	18.1				
26		14.2	16.8	18.1	19.9	20.8	19.8	18.1				
27	14.5	14.6	16.2	17.7	19.8	20.8	19.0	17.7				
28	13.8	15.1	16.6	17.8	20.0		19.4	17.7				
29	14.1	15.1	16.8	17.8	20.1	19.6	19.1	18.0				
30	14.5	14.8	16.7	18.3	19.8	18.9	19.1	18.3				
31		15.9		18.7			19.5					
平均	14.2	14.3	15.8	17.7	19.4	20.6	19.2	18.7	15.7			

飼育源水の旬・月平均水温

月	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
4	F		14.5	13.6	14.5	14.8	13.1	13.8	14.1	15	13.7	11.4	12.7	11.4	11	13.6
	M		14.4	15	14.5	15.1			14.9	15.1	14.4	13.8	13.3	11.7	11.3	13.8
	L		14.4	14.8	14.7	15.1	14.8		14.6	15.3	14.5	14.1	13.7	12.3	12	14.1
	A		14.4	14.5	14.6	15			14.6	15.1	14.2	13.4	13.3	11.8	11.4	14
5	F		15		14.5	15.3	14.9	15	14.4	14.9	14.8	14.4	13.9	12.3	12.4	14.3
	M		15.1	14.8	15	15.5		15	14.4	14.8	14.9	14.5	13.9	12.8	12.6	14.6
	L	15.1	15.1	15.5	15.2	15.8	15.5		14.6	15.1	15.1	14.5	14.1	13.1	13.2	15
	A		15.1		14.9	15.5			14.5	14.9	14.9	14.5	14	12.7	12.8	14.6
6	F	15.9	15.3	15.6	15.4	16.2	15.7		14.8	15.2	15.5	14.5	14.4	13.4	13.7	15
	M	16.4	15.8	16.3	15.9	16.4			15.3	15.4	15.6	15.2	14.9	14.1	14.2	15.1
	L	17	16.2	16.6	16.2	16.7			15.7	15.8	16	15.8	15.2	14.9	14.9	15.6
	A	16.4	15.8	16.2	15.8	16.4			15.3	15.5	15.7	15.1	14.8	14.1	14.3	15.3
7	F	16.8	16.7	17.1	16.7	17.1	16.3	16.6	16.5	16.2	16.2	16.2	15.8	15.8	15.5	16.3
	M	17.6	17.2	17.5	17.1	17.4			16.9	16.7	16.7	16.6	16.2	16.7	16.1	16.8
	L	17.9	18	17.8	17.8	18		17.5	17.5	17.2	16.9	17.1	16.9	17.3	16.9	17.2
	A	17.5	17.3	17.5	17.2	17.5			17	16.7	16.6	16.6	16.3	16.6	16.1	16.7
8	F	18.4	18.4	18.3	18.2	18.8			18.5	17.9	17.7		17.3	18	17.6	17.8
	M	18.8	18.3	18.7	19	19.2	19		19	18.3	18.3	18.2	17.9	18.6	18.3	18.1
	L	19.1	18.6	19.4	19.4	19.4			19.6	18.8	19.2	18.4	18.6	18.9	19	18.5
	A	18.8	18.5	18.8	18.9	19.1			19	18.4	18.4		17.9	18.4	18.2	18.2
9	F	19.7	18.9	20.1	20	19.8	19.4	19.5	19.7	19.3	20.2	19.2	19.1	19	20.2	18.7
	M	20	19.4	20.9	20.2	20.5			20.1	19.9	20.4	19.5	19.3	19.1	20.6	18.9
	L	20	19.4	21.2	20.3	20.1			20.4	20.2	20.7		19.1	19.3	18.9	19.1
	A	19.9	19.2	20.7	20.1	20.1			20.1	19.8	20.5		19.2	19.1	19.9	18.9
10	F	20.3	19.6	21.3	20.4	20.6	20.3	20.2	20.7	20.4	21		19.4	19.2	20.2	19.3
	M	20.3	19.8	21.3	20.5	20.8	20.2	20.2	20.8	20.1	20.6		19.4	19.6	20.7	19.7
	L	20.8	19.8	21.2	20.4	20.7	20.1	20.3	20.9	20	20.5	19.5	19.5	19.6	21	20.4
	A	20.5	19.7	21.3	20.4	20.7	20.2	20.3	20.8	20.2	20.8		19.4	19.4	20.6	19.8
11	F	19.9	19.9	21	20	20.9	20	20.3	20.8	19.9	20.3		19.8	19.7	22	21.1
	M	19.7	19.7	20.7	19.8	20.7		20.2	20.6	19.8	20		19.8	19.6	21.6	20.9
	L	19.5	19.4	20.5	19.6	20.4		19.9	20.6	19.6	19.8		19.5	19.2	20.8	20.6
	A	19.7	19.6	20.7	19.8	20.7		20.1	20.7	19.8	20		19.7	19.5	21.5	20.9
12	F	19.1	19.2	20.2	19.4	20.1			20.5	19.5	19.3		19.1	18.9	20.4	
	M	18.5	18.9	19.9	19.3	19.6		19.1	20.3	18.8	19	20	18.7	18.5	19.9	
	L	17.6	18.4	19.3	18.6	19.2	17.3	18.5	20.1	18.2	18.4	18.9	17.6	17.9	19.4	
	A	18.4	18.8	19.8	19.1	19.6			20.3	18.9	18.9		18.4	18.4	20	
1	F	16.8	17.7	18.7	18.6	18.5	16.5	17.9	19.8	17.7	18	18.2	16.5	16.8	18.6	17.9
	M	16	14.7	17.9	18.3	17.5	15.9		19.6	16.7	16.8	18	15.5	15.9	17.7	17
	L	15.3	15.5	17	17.6	16.2	16.7		18.9	16.2	15.6		14.5	14.7	16.7	15.9
	A	16	16	17.8	18.1	17.3	16.4		19.3	16.8	16.7		15.5	15.6	17.5	16.9
2	F	13.9	14.7	16	16.8	15	16.4	16.6	17.6	15.5	14.7	14.6	13.8	13.7	15.1	14.8
	M	14.7	14.5	15	15.8	14.6			16.8	15.3	14.1	13.8	13.1	12.6	14.1	14
	L	14.2	14.4	16	14.9	14.9		15.5	16.7	15.2	13.3	12.8	12.3	11.9	13.5	13.3
	A	14.3	14.5	15.6	15.9	14.8			17.1	15.4	14.1	13.6	13.2	12.7	14.4	14.1
3	F	13.9	13.5	15.1	14.1	14		14.8	16.4	15.4	12.6	14.6	12.1	11.5	13.2	12.4
	M	13.9	12.3	14	12.9	11			16.6	14.9	11.4	13.8	11.5	10.9	12.7	11.9
	L	13.9	11.9	13.7	13.5	10.8			16.6	13.8	11.3	12.8	11.3	10.8	12.5	11.4
	A	13.9	12.5	14.2	13.5	11.9			16.5	14.7	11.7	11.9	11.6	11	12.7	11.9

F ; 上旬 M ; 中旬 L ; 下旬 A ; 月平均

飼育源水の旬・月平均水温

月		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003										
4	F	11.6	11.7	12.4	14	13	11.5	12.2	11.4										
	M	12.4	12.4	13.3	14.9	13.1	11.9	12.6	11.7										
	L	13.4	12.9	14	15.4	13.3	12.4	12.8	13.2										
	A	12.4	12.4	13.3	14.8	13.1	12	12.5	12.1										
5	F	13.5	13.3	14.3	15.6	13.6	13.2	13.2	13.4										
	M	13.7	13.5	14.5	15.4	13.8	13.7	13.7	13.4										
	L	14	13.8	15.2	16	14.2	13.9	14	14										
	A	13.7	13.5	14.6	15.6	13.9	13.6	13.7	13.6										
6	F	14.3	14.3	15.5	16.4	14.8	14.4	14.3	14.4										
	M	14.5	14.6	15.8	16.7	14.9	14.8	14.6	14.8										
	L	15	15	16.3	16.9	15.9	15.4	15.1	15.3										
	A	14.6	14.7	15.9	16.6	15.2	14.9	14.6	14.9										
7	F	15.4	15.6	17.2	17.3	16.9	16.5	15.9	15.9										
	M	16	16.2	17.5	17.7	17.4	16.8	16.8	16.6										
	L	16.9	16.8	17.8	17.9	18.1	17.6	17.6	16.9										
	A	16.2	16.2	17.5	17.6	17.5	17	16.8	16.5										
8	F	17.5	17.2	18.4	19	18.8	18.8	18.1	17.4										
	M	17.9	17.7	18.6	19.2	19.2	19.1	18.7	17.8										
	L	18	18.1	18.9	19.6	19.2	19.5	19.1	18.6										
	A	18	17.7	18.6	19.3	19.1	19.1	18.6	17.9										
9	F	18.8	18.5	19	19.8	19.4	19.7	19.7	19										
	M	18.8	18.9	19.5	20	20	20.5	20	19.3										
	L	19.1	19.2	20.3	20.1	20.9	21.2	20.2	19.6										
	A	18.9	18.8	19.6	20	20.1	20.5	20	19.3										
10	F	19.1	19.4	20.6	20.4	21.3	21.5	20.4	19.7										
	M	19.5	19.4	20.6	20.5	21.1	21.4	20.7	19.8										
	L	20.2	19.5	21.1	20.6	20.8	21.3	20.5	20.1										
	A	19.6	19.5	20.8	20.5	21.1	21.4	20.5	19.9										
11	F	20.4	19.4	21.3	20.5	20.7	21.2	20.2	20.1										
	M	20.1	19.4	21.1	20.3	20.5	21	20	20.1										
	L	20.5	19.1	20.4	20	20.1	20.6	19.8	19.6										
	A	20.3	19.3	20.9	20.3	20.7	20.9	20	19.9										
12	F	19.6	18.6	20.2	19.6	19.7	20.2	19.2	19.4										
	M	19.3	18.3	20.3	19.2	19.4	19.5	18.4	19.1										
	L	18.4	17.7	19.7	18.3	18.7	18.7	17.3	18.9										
	A	19.1	18.2	20	19	19.3	19.4	18.3	19.1										
1	F	17.7	17	19	17.2	18.1	17.4	16.5	18.2										
	M	16.8	16.3	18.3	15.9	16.1	16.4	15.6	17.6										
	L	16.3	15.8	17.6	14.7	14.7	15.3	14.9	15.6										
	A	16.8	16.4	18.2	15.8	16.3	16.2	15.6	16.9										
2	F	15	15.1	16.7	13.8	14	14.6	13.9	14.6										
	M	14.4	14.4	15.9	13.1	13.4	13.8	12.9	13.3										
	L	13.6	13.4	15.1	12.5	12.9	13.4	12.1	12.2										
	A	14.4	14.4	15.9	13.2	13.5	14	13	13.4										
3	F	12.8	13.2	13.9	11.9	11.7	12.6	11.2	11.1										
	M	11.9	12.4	12.9	11.3	11.1	11.5	10.5	10.9										
	L	11.4	11.9	12.6	11.3	11.1	11.4	10.7	12.5										
	A	12.1	12.5	13.1	11.5	11.3	11.8	10.8	11.6										

F ; 上旬 M ; 中旬 L ; 下旬 A ; 月平均

河川漁業生産量の推移

単位:トン

年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
アユ	603	429	795	1,558	2,257	1,807	1,340
ウナギ	145	84	80	136	193	168	163
コイ	122	39	42	58	116	88	69
マス類	10	2	4	53	68	75	20
その他魚類	444	342	365	423	514	405	353
貝類	15	7	6	9	8	7	7
その他動物	113	60	61	103	131	101	72
藻類	186	167	349	253	304	323	241
合計	1,638	1,130	1,702	2,593	3,591	2,974	2,265

年	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
アユ	1,402	1,052	1,479	1,837	1,754	1,630	1,290
ウナギ	166	168	181	177	184	157	106
コイ	72	75	75	76	74	66	54
マス類	21	21	26	32	37	36	36
その他魚類	341	372	362	346	359	307	233
貝類	7	17	11	9	31	40	37
その他動物	58	58	70	103	103	129	149
藻類	227	205	444	208	438	542	177
合計	2,294	1,968	2,648	2,788	2,980	2,907	2,082

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
アユ	1,270	1,153	1,053	1,369	1,422	1,368	1,430
ウナギ	122	129	124	127	131	117	101
コイ	59	60	67	65	66	59	47
マス類	44	40	37	40	66	62	69
その他魚類	212	184	198	196	194	194	187
貝類	37	26	25	14	14	13	10
その他動物	155	111	114	108	106	104	109
藻類	253	279	248	282	224	281	258
合計	2,152	1,982	1,866	2,201	2,223	2,198	2,211

年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
アユ	1,283	1,195	1,115	821	849	721	591
ウナギ	112	111	112	59	59	51	63
コイ	48	47	52	35	34	32	28
マス類	64	67	69	66	65	43	42
その他魚類	184	182	181	127	125	118	104
貝類	6	6	6	5	5	4	3
その他動物	103	105	104	64	60	50	52
藻類	230	60	202	136	123	141	30
合計	2,030	1,773	1,841	1,313	1,320	1,160	913

年	1999	2000	2001	2002	2003		
アユ	559	564	492	453	262		
ウナギ	64	74	67	56	60		
コイ	21	17	13	13	10		
マス類	40	39	36	34	34		
その他魚類	74	54	50	49	37		
貝類	2	2	2	2	2		
その他動物	52	56	56	62	55		
藻類	37	97	98	92	54		
合計	849	903	813	760	513		

天然アユ取扱量

年	幡多公設市場	西土佐鮎市場	四万十川上流 淡水漁協	仁淀川漁協	芸陽漁協
1977	14,812				
1978	18,368				
1979	7,681				
1980	17,636	4,870			
1981	27,559	6,500			
1982	15,227	3,400			
1983	11,806	1,700			
1984	17,912	5,183			
1985	15,526	1,425		4,445	
1986	9,582	1,409		6,546	
1987	7,704	1,299		4,814	
1988	17,508	3,112	1,614	5,050	
1989	10,356	1,513	1,613		
1990	8,991	1,523	1,944		
1991	11,887	4,788	3,970	3,537	
1992	7,860	1,527	3,524	4,043	
1993	8,134	2,855	3,720	1,573	
1994	6,379	2,040	2,129	2,674	
1995	7,871	2,194	2,621	3,308	299
1996	7,490	3,326	4,101	2,821	
1997	7,365	2,121	3,231	2,991	234
1998	2,738	1,059	2,850	2,882	150
1999	5,211	2,144	3,370	1,948	177
2000	5,774	2,984	2,819	1,527	297
2001	7,174	3,188	3,632	2,459	231
2002	6,739	3,650	2,695	2,469	343
2003	2,380	1,049	785	1,958	168

西土佐鮎市場における天然魚介類取扱量

単位:kg

	アユ	ウナギ	川エビ	ツガニ	沢ガニ	計
1980	4,870	740		2,200	487	8,297
1981	6,500	970		3,300	878	11,648
1982	3,400	980		4,500	1,376	10,256
1983	1,700	620		6,200	700	9,220
1984	5,183	999		5,077	1,214	12,473
1985	1,425	1,300		5,840	700	9,265
1986	1,409	949		5,410	1,219	8,987
1987	1,299	596	955	3,788	1,299	7,937
1988	3,113	811	1,039	3,605	819	9,387
1989	1,513	305	575	1,450	1,251	5,094
1990	1,523	232	1,130	2,494	241	5,620
1991	4,788	514	808	2,178	584	8,872
1992	1,527	554	968	3,218	424	6,691
1993	2,855	883	741	2,732	887	8,098
1994	2,040	582	853	3,526	381	7,382
1995	2,194	990	1,015	2,723	392	7,314
1996	3,326	1,091	347	2,951	281	7,996
1997	2,121	863	1,248	2,276	180	6,688
1998	1,059	1,080	1,573	2,125	148	5,985
1999	2,144	952	1,645	2,111	150	7,002
2000	2,984	912	2,265	1,455	289	7,905
2001	3,188	857	2,310	2,002	275	8,632
2002	3,650	483	2,619	1,865	355	8,972
2003	1,049	812	1,594	1,319	336	5,110

幡多公設地方卸売市場の天然魚介類取扱量

単位:kg

	アユ	ウナギ	川エビ	ゴリ	計
1996	7,490	1,166	3,645	604	12,905
1997	7,365	1,449	5,584	785	15,183
1998	2,738	779	5,208	528	9,253
1999	5,211	769	5,192	1,002	12,174
2000	5,798	1,042	8,137	1,423	16,400
2001	7,174	1,234	7,192	712	16,312
2002	6,739	993	8,458	390	16,580
2003	2,380	1,395	4,990	1,557	10,322

平成 15 年度
事業報告書
(第 14 卷)

平成 17 年 3 月 発行

編集発行 高知県内水面漁業センター
土佐山田町高川原 687-4
電話 (0887) 52-4231

印刷 (有) 西村 膽 写 堂
高知市上町 1 丁目 6-4
電話 (088) 822-0492