

平成 27 年度

テナガエビ類調査委託業務

報告書

平成 28 年 3 月

高知県水産振興部 漁業振興課
株式会社 西日本科学技術研究所

目 次

業務概要	1
1. 目的	1
2. 業務の期間	1
3. 対象範囲および地点	1
4. 調査項目とその概要	3
4-1 調査の実施概要	3
4-2 調査期間中における気象概要	3
業務内容	5
1. 成体・稚エビ調査	5
1-1 調査日	5
1-2 調査地点	5
1-3 調査方法	5
1-4 調査結果および考察	6
1-4-1 確認種と採集尾数等	7
1-4-2 成育状態	9
1-4-3 成熟サイズと雌雄比	13
1-4-4 繁殖期間と推定抱卵数	15
2. 幼生調査	19
2-1 調査日	19
2-2 調査地点	19
2-3 調査方法	19
2-4 調査結果および考察	20
3. まとめ	22
3-1 四万十川におけるテナガエビ類の生息地および分布状況	22
3-2 四万十川におけるテナガエビ類の繁殖生態	23
3-3 四万十川における今後のテナガエビ類の資源管理方策（提言）	24
3-3-1 テナガエビ類漁獲量の現状	24
3-3-2 資源管理方策（提案）	25
3-3-3 今後の課題	27
引用文献（アルファベット順）	28

業務概要

1. 目的

本業務では、四万十川に生息しているテナガエビ類（主にミナミテナガエビとヒラテテナガエビ）の分布、成育状態、成熟および流下幼生に関する調査を通して彼らの繁殖生態等を把握し、将来的な資源管理方策を検討するための知見と基礎資料を得ることを目的とした。

2. 業務の期間

自：2015（平成 27）年 6 月 3 日

至：2016（平成 28）年 3 月 31 日

3. 対象範囲および地点

四万十川本流の河口～四万十町大正付近までを対象範囲とし、淡水域に設定した 2 地点（小島、長生）で成体・稚エビ（採集）および幼生調査を実施した（図 3-1）。調査地点の設定に当たっては、幼生調査地点としての適性（沈下橋の有無等）および 2002 年と 2003 年の既往調査地点を考慮し、発注者と協議の上で決定した。さらに、テナガエビ類の分布に関する情報を得るため、汽水域を含む 4 地点（図 3-1）で潜水観察を行った。

なお、2002 年と 2003 年の調査（平成 14-15 年度四万十川テナガエビ生物調査委託業務；以下、既往調査）では、小島と江川崎（長生の約 3km 下流）で成体・稚エビ調査（採集）が実施されている。本調査地点の小島と江川崎はやや離れているが、小笠原（1984）と岡村・為家（1977）によれば、両地点とも対象種の分布域に含まれており、本調査と既往調査の結果を比較する上で大きな問題はない。

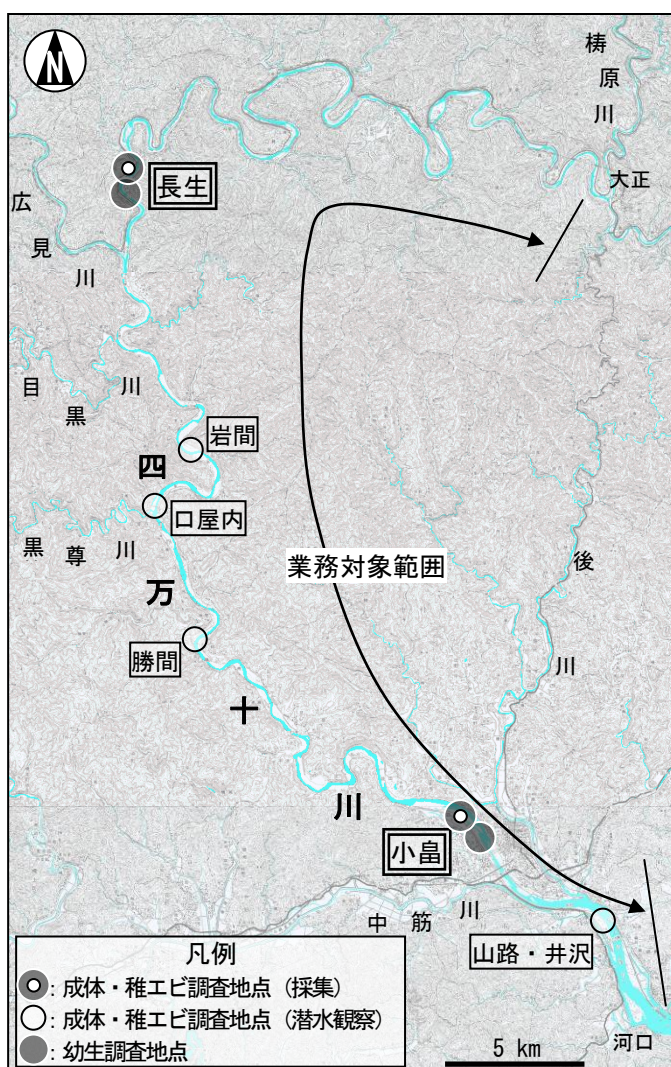


図 3-1 業務対象範囲と調査地点

採集地点の状況



小畠



長生

潜水観察地点の状況



4. 調査項目とその概要

4-1 調査の実施概要

本業務における調査の実施概要を表 4-1 に示した。なお、成体・稚エビ調査では過去と比較するため、同様の採集によって得られた2002年と2003年の既往調査データを用いた。

表 4-1 作業項目と概要

項目		時期・回数	概要
成体・稚エビ調査	採集	6～10月に5回	成体と稚エビを採集し、体サイズ、抱卵状況、卵の発生段階等を把握した。
	潜水観察	6月、8～10月に4回	淵におけるテナガエビ類の生息密度を把握した。
幼生調査		6～10月に9回	流下する幼生を採集し、テナガエビ類幼生の降下生態を把握した。

4-2 調査期間中における気象概要

本調査期間中の日平均気温と日降水量^{*1}（中村観測所）、および日平均水位^{*2}（具同第二観測所）を図 4-1 に示した。

調査期間中における気温は、6月上旬（20℃前後）から7月下旬（29℃前後）にかけて上昇した後、10月下旬（16℃前後）にかけて低下した。この間、7月下旬～8月中旬を除く気温は平年値より概ね低く、期間中の平均気温は平年値のそれより0.8℃低かった。

降水量をみると、6～7月には40mm以上の雨量が断続的に観測されたほか、8月下旬～9月上旬と9月下旬にもまとまった降雨がみられた。各月の降水量を平年値と比較すると（図 4-2）、6～7月は平年値より多く、8月は平年並み、9～10月は少ない特徴にあった。

河川水位は降雨と関連した変動を示し、概ね降雨とともに上昇する傾向にあった。前述した各月の降水量を考慮すれば、6～7月の水位は例年より高く、8月では例年並み、9～10月は低い状況にあった可能性が高い。

以上のように、調査期間中の気温は平年より概ね低い状態で推移したほか、6～7月の多雨と9～10月の少雨が特徴的であった。なお、各調査日とも、調査を実施する上で問題となる事象は生じなかった。

*1 気象庁ホームページ（<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>）よりデータ取得。

*2 国土交通省水文水質データベースホームページ（<http://www1.river.go.jp/>）よりデータ取得。

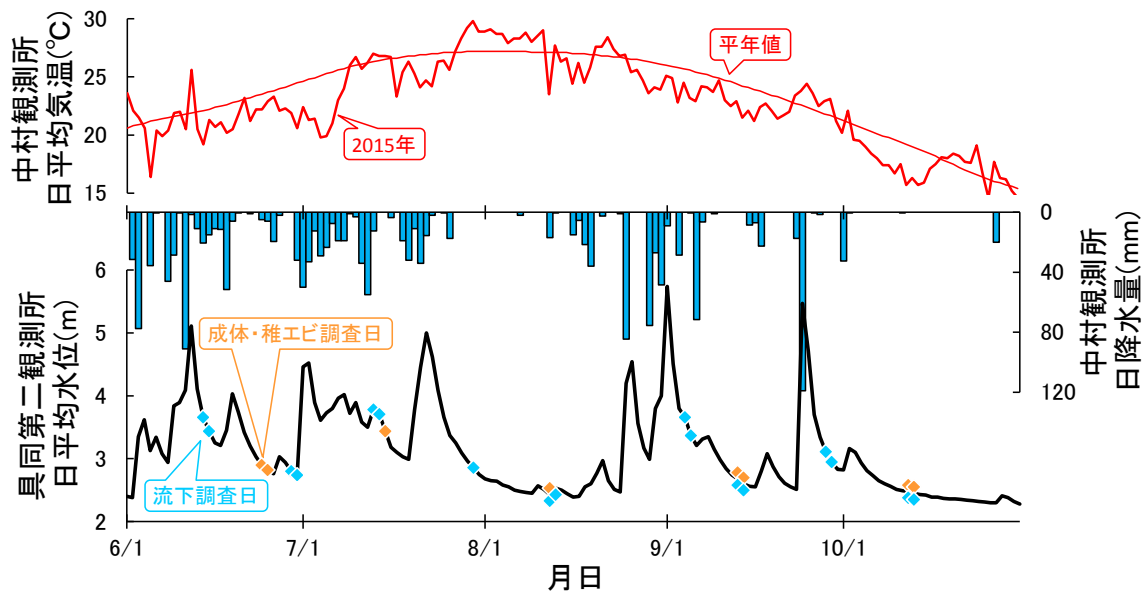


図 4-1 本調査期間における気象条件と流況

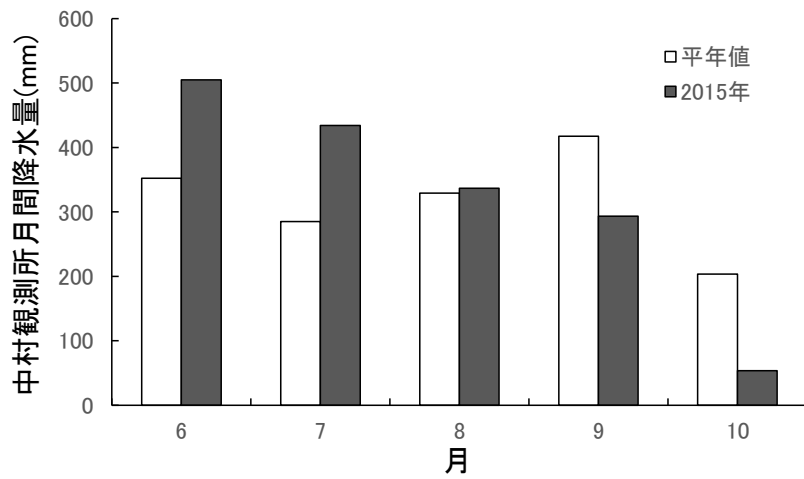


図 4-2 本調査期間における月間降水量と平年値

業務内容

1. 成体・稚エビ調査

1-1 調査日

採集は、表 1-1-1 に示したとおり、6~10月の日中に各月 1 回、計 5 回行った。調査時の水温は 6 月 (20.2~21.9℃) から 8 月 (26.3~27.0℃) にかけて上昇し、10 月 (18.3~20.1℃) にかけて低下した。また、各月とも、水温は小島より上流の長生で低い傾向にあった。なお、潜水観察は 7 月を除く各調査日に行った。

表 1-1-1 調査日時等

調査地点	調査回	調査開始日時	天候	水温(℃)
小島	第1回	2015/6/24 13:36	雨	21.9
	第2回	2015/7/15 8:25	晴れ	23.2
	第3回	2015/8/12 12:48	雨時々曇り	27.0
	第4回	2015/9/14 13:49	晴れ	24.8
	第5回	2015/10/12 13:26	曇り	20.1
長生	第1回	2015/6/25 10:00	曇り	20.2
	第2回	2015/7/14 13:17	晴れ	22.6
	第3回	2015/8/12 17:25	雨時々曇り	26.3
	第4回	2015/9/13 17:05	晴れ	22.8
	第5回	2015/10/13 15:42	晴れ	18.3

1-2 調査地点

前述の通り、採集は小島と長生の 2 地点で、潜水観察は汽水域を含む 4 地点で実施した(図 3-1)。

1-3 調査方法

採集地点において、タモ網(口径 24cm、網目 2 mm)とエビ玉網(口径 12cm、網目 10 mm)を使用した潜水捕獲(写真参照)によりテナガエビ類を採集した。採集は瀬と淵で行い、原則として各河床型で 20 尾以上を採集し、約 10%ホルマリンで固定・保存した。この際、各地点の瀬と淵での採集努力量(採集時間×人員数)を記録した。

得られた全てのテナガエビ類について、種別に雄性突起の有無を実体顕微鏡(ニコン社製 SMZ-10)下で確認した後、体長と頭胸甲長をノギス(DRION TYPE 15cm)により 0.1mm 単位で計測した。さらに、6、8、10 月の試料については、体重を電子天秤(長計量器製作所製 JP-300P)により 0.01g 単位で測定した。また、全抱卵雌から卵の一部(数十粒)を摘出して実体顕微鏡で観察し、発育ステージを I-IV^{*1}の 4 段階(Ohtomi, 1997)に区分して記録した。また、抱卵雌の一部について、以下の手順により抱卵数を推定した。①全卵をシャーレに移し、卵塊と卵塊から分離した卵に分ける。②卵塊の重量(a)を測定。③卵塊の一部の重量(b)と卵数(c)を測定・計数。④卵塊から脱落した卵数(d)を計数。⑤ $c \div b \times a + d$ により推定抱卵数を算出。

潜水観察地点では、淵において潜水目視観察を行い、種別の観察尾数と観察面積(m²)を記録し、生息密度(尾/m²)を算出した。なお、山路・井沢地点では形態が類似する 2 種

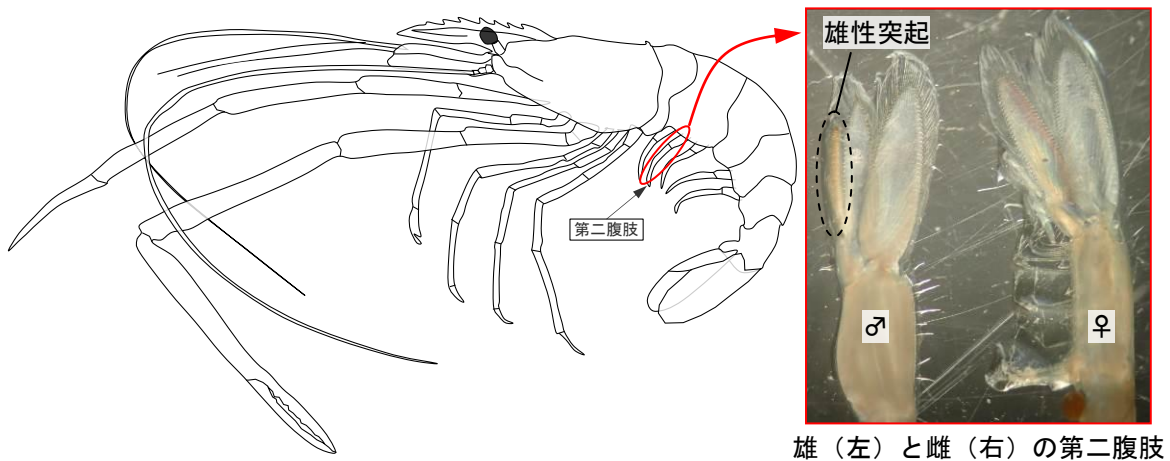


*1 I : 卵黄で満たされた状態、II : 発生は進んでいるが未発眼の状態、III : 発眼した状態、IV : 眼点や神経節が明瞭で孵化直前の状態

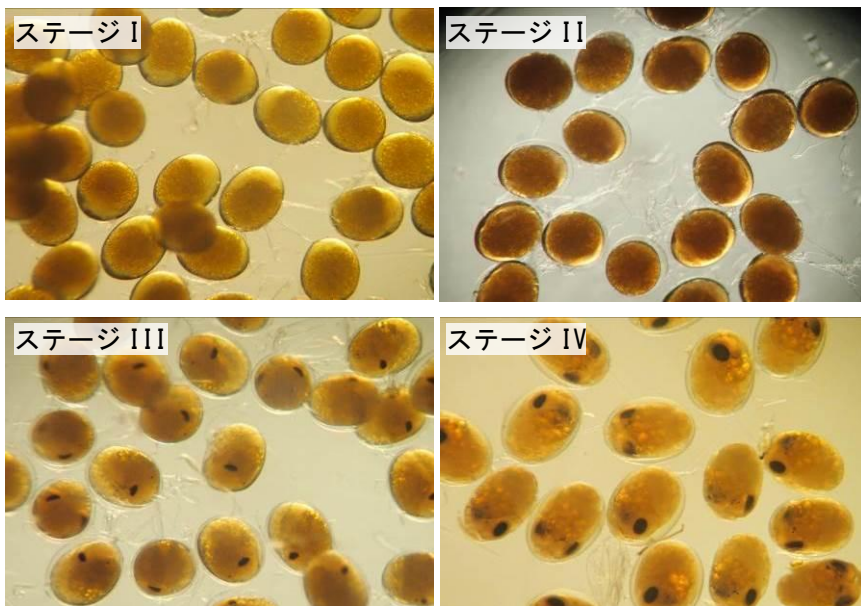
(ミナミテナガエビとテナガエビ) が観察されたが、小型個体の種判別は困難であった。このため、当地点では両種を合わせテナガエビ属として計数した。



体長（左）と体重（右）の計測状況



雄（左）と雌（右）の第二腹肢



卵の発育ステージ

1-4 調査結果および考察

1-4-1 確認種と採集尾数等

潜水観察による確認種および採集結果を表 1-4-1 に示した。潜水観察により、テナガエビ、ミナミテナガエビ、ヒラテテナガエビの3種を確認した。テナガエビは汽水域の山路・井沢でのみ、ミナミテナガエビは山路・井沢～岩間の間で、ヒラテテナガエビは小島～長生の間でそれぞれ確認された（表 1-4-1）。

計5回の採集により、ミナミテナガエビ231尾、ヒラテテナガエビ379尾、計610尾が得られた（表 1-4-1）。瀬・淵別に両種の割合をみると、瀬ではヒラテテナガエビがほぼ100%、淵ではミナミテナガエビが89%（本種が確認されなかった長生を除く）を占め、日中における両種の生息場所には明瞭な差異がみられた。このような種による生息場所の差異は、岡村・為家（1977）や小笠原（1984）が指摘している通りである。地点別にみると、小島では両種とも採集され、長生ではヒラテテナガエビは採集されたものの、ミナミテナガエビは確認されなかった（表 1-4-1）。一方、既往調査では長生に近い江川崎において、毎月多数のミナミテナガエビが採集されているため、本調査でも6月に同地点での補足的な採集（20分×2人）を行ったが、僅か1尾が確認されたのみであった。また、潜水観察地点における期間中の本種の平均密度は（図 1-4-1）、勝間では0.80尾/m²であったのに対し、岩間では大きく低下して0.10尾/m²となった。したがって、本種の主分布域は岩間付近までと推測され、既往調査に比べて下流側に縮小したと考えられる。

表 1-4-1 潜水観察および採集結果（潜水観察結果には採集結果を反映させた）

調査地点	潜水観察結果			採集結果											
	テナガ	ミナミ	ヒラテ	調査時期	採集時間(分×人)			採集体数							
					瀬	淵	合計	瀬		淵		小計		合計	
山路・井沢	○	○	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
小島	×	○	○	第1回(6月)	80	46	126	0	36	56	0	56	36	92	
				第2回(7月)	60	54	114	0	28	17	0	17	28	45	
				第3回(8月)	70	64	134	0	49	60	4	60	53	113	
				第4回(9月)	38	24	62	10	58	28	14	38	72	110	
				第5回(10月)	52	52	104	0	37	60	8	60	45	105	
				小計	300	240	540	10	208	221	26	231	234	465	
勝間	×	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
口屋内	×	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
岩間	×	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
長生	×	×	○	第1回(6月)	64	70	134	0	22	0	2	0	24	0	
				第2回(7月)	80	40	120	0	22	0	4	0	26	0	
				第3回(8月)	31	25	56	0	28	0	3	0	31	0	
				第4回(9月)	45	15	60	0	31	0	0	0	31	0	
				第5回(10月)	73	15	88	0	33	0	0	0	33	0	
				小計	293	165	458	0	136	0	9	0	145	145	
合計				593	405	998	10	344	221	35	231	379	610		



テナガエビ



ミナミテナガエビ



ヒラテテナガエビ

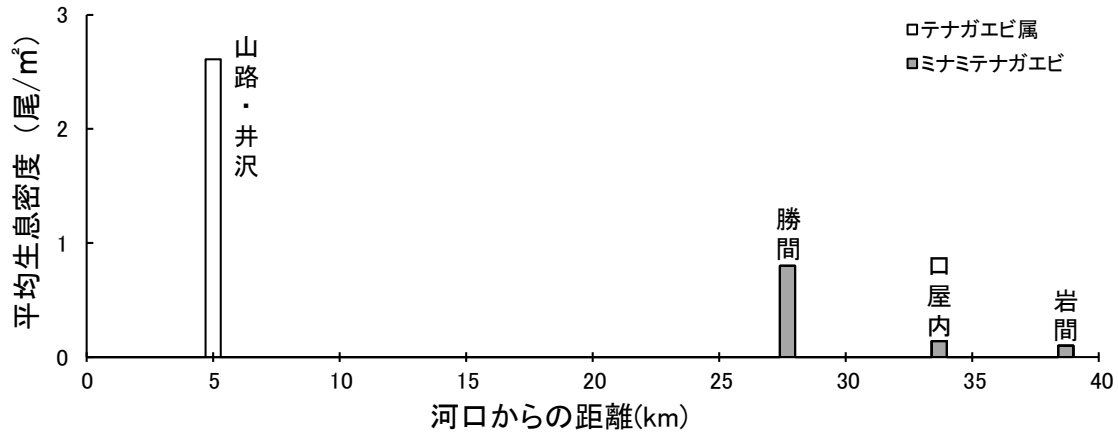


図 1-4-1 潜水観察地点における調査期間中のミナミテナガエビとテナガエビ属（ミナミテナガエビ・テナガエビ）の平均生息密度

本調査（2015年）と既往調査（2002年、2003年）の各調査日における10分間1人当たりの採集尾数（以下、CPUE）を図1-4-2に示した。なお、前述した種による生息場所の差異を考慮し、ミナミテナガエビでは淵、ヒラテテナガエビは瀬における結果を用いた。

ミナミテナガエビをみると、小島でのCPUEは2015年で3.1～12.2（平均9.6）、2002年で2.0～10.3（平均6.7）、2003年で4.2～10.0（平均6.6）の範囲にあり、2015年でやや多かった。他方、江川崎・長生でのCPUEは、2002年と2003年では3.0～7.3（平均5.3）であったのに対し、2015年では本種はまったく採集されなかった。

ヒラテテナガエビの小島におけるCPUEは、2015年で4.5～15.3（平均7.7）、2002年で1.7～9.3（平均6.2）、2003年で4.7～6.7（平均5.7）の範囲にあり、大差は認められなかった。また、江川崎・長生でのCPUEについても、2015年では2.8～9.0（平均5.3）、2002年で4.3～9.0（平均6.8）、2003年で4.2～8.0（平均5.9）の範囲にあり、年間で明瞭な差異は認められなかった。

このように、ヒラテテナガエビのCPUEには調査年による顕著な差異はみられなかった。他方、ミナミテナガエビでは、下流の小島でのCPUEに大きな年間差はなかったものの、中流の江川崎・長生では2015年において本種はまったく採集されず、江川崎周辺でのミナミテナガエビの生息数が激減したことは間違いない。

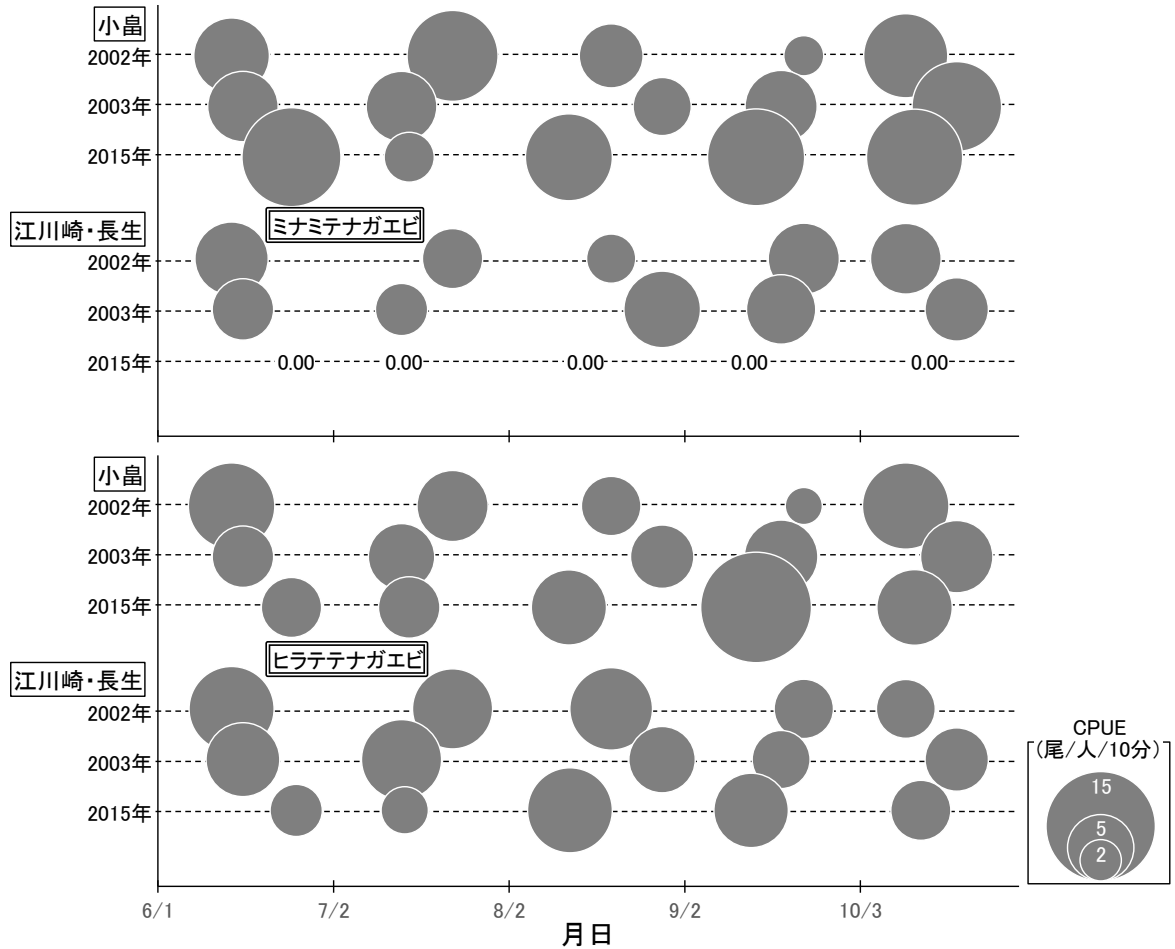


図 1-4-2 各調査日におけるミナミテナガエビ（上）とヒラテテナガエビ（下）の CPUE

1-4-2 成育状態

1) 体長組成

ミナミテナガエビ 本調査（2015 年）および既往調査（2002 年、2003 年）の 6～10 月に採集されたミナミテナガエビの体長組成を地点別に図 1-4-3 に示した。小島をみると、2015 年における体長は 15.0～54.2mm（平均 30.2mm）、既往調査の 2002 年では 9.3～86.1mm（平均 42.8mm）、2003 年では 13.4～75.8mm（平均 31.7mm）の範囲にあり、2002 年でやや大きい傾向にあった。また、35mm 以下の小型個体の頻度は、2002 年（33%）と 2003 年（64%）に比べ、2015 年（78%）で高い傾向にあり、55mm 以上の大型個体は採集されなかった。他方、江川崎・長生では、既往調査の 2002 年（21.6～92.2mm、平均 44.9mm）と 2003 年（24.5～89.3mm、平均 46.7mm）の体長に大差はなく、類似した組成を示した。小島に比べると、20mm 以下の個体はみられず、40mm 以上の頻度が高く、より大型であった。前述の通り、本調査では長生でミナミテナガエビは採集されなかった。また、潜水観察では岩間まで本種が観察されたものの（表 1-4-1）、60mm を超える大型個体はほとんど観察されなかった。

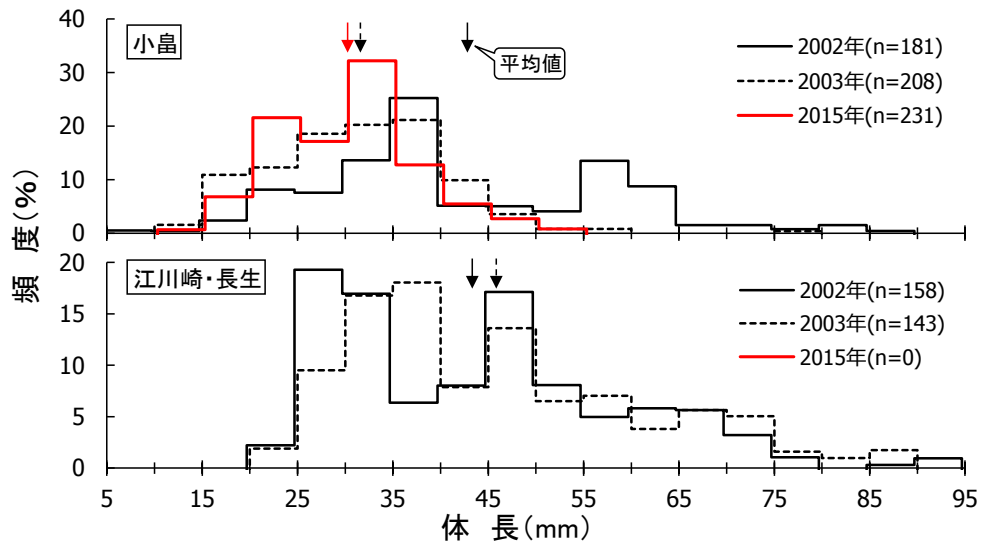


図 1-4-3 本調査（2015 年）および既往調査（2002 年、2003 年）におけるミナミテナガエビの地点別体長組成（6～10 月のデータを集計して、各月の CPUE を反映）

ヒラテナガエビ 小島における体長は、2015 年で 16.2～70.4mm（平均 32.2mm）、2002 年で 12.9～72.9mm（平均 35.9mm）、2003 年で 13.5～79.0mm（平均 40.7mm）の範囲にあった（図 1-4-4）。各年の組成を比較すると、35mm 以下の小型個体の頻度は、2002 年（35%）と 2003 年（34%）に比べて 2015 年（69%）で高かった。他方、江川崎・長生では、各年の体長範囲と平均値（54.6～56.7mm）に大差はなかったが、組成に差異がみられた。すなわち、2002～2003 年では 50～65mm が全体の 74～75% を占めたのに対して 2015 年では 39% と低い特徴にあった。また、ミナミテナガエビの場合と同様に、大型個体の頻度は小島に比べて江川崎・長生で高く、その傾向は本種でより顕著にみられた。

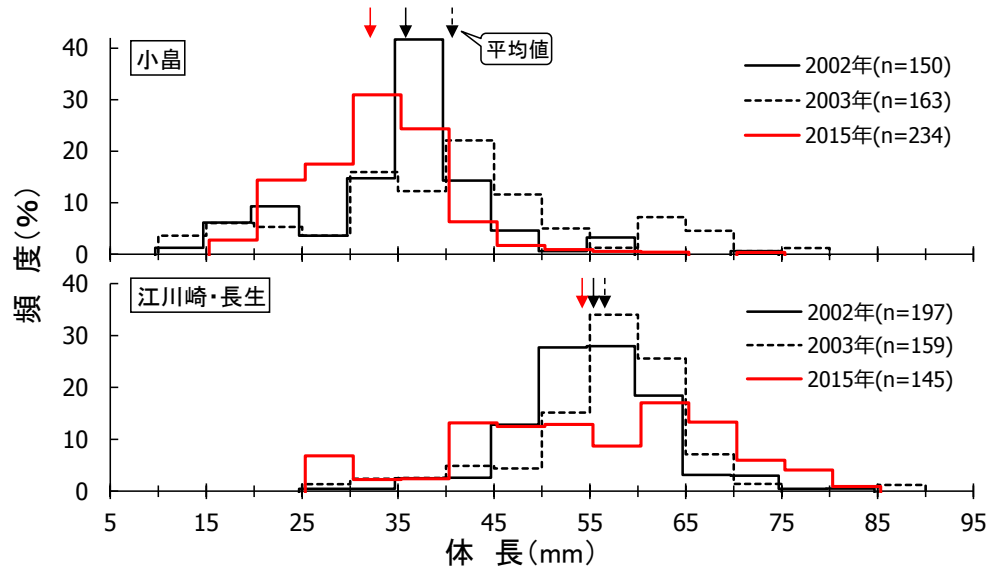


図 1-4-4 本調査（2015 年）および既往調査（2002 年、2003 年）におけるヒラテナガエビの体長組成（6～10 月のデータを集計し、各月の CPUE を反映）

2) 体長の経月変化

ミナミテナガエビ 本調査（2015年）と既往調査（2002年、2003年）で採集したミナミテナガエビの体長の経月変化を地点別に図 1-4-5 に示した。小島をみると、各年とも平均値に経月的な変化がみられたものの、一定の傾向は認められなかった。一方、各月の最小体長に注目すると、各年とも概ね9月以降に小さくなっており、この頃に若齢群が加入していると推測される。他方、江川崎では、2002年の7月に平均値と最小体長が小さくなったほか、9月には25mm以下の小型個体が確認されている。加えて、2003年では7月と8月に平均値が小さくなっており、不明瞭ながら7月以降に新たな若齢群が加入している様子が窺える。

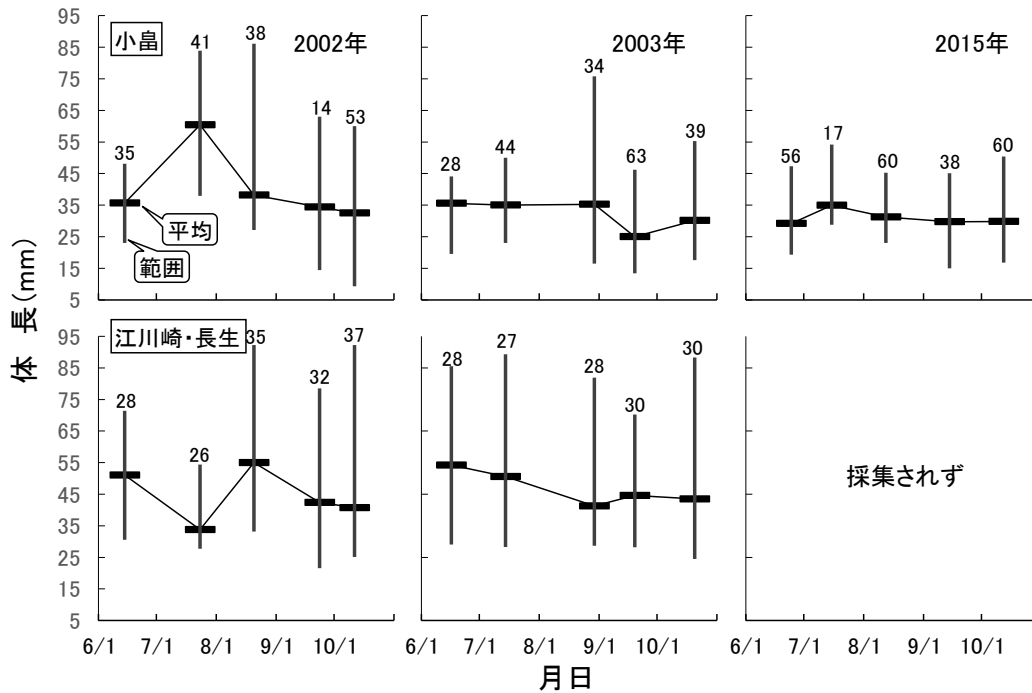


図 1-4-5 本調査（2015年）と既往調査（2002年、2003年）におけるミナミテナガエビの体長の経月変化（図中の数値は試料数を示す）

ヒラテテナガエビ ヒラテテナガエビの体長の経月変化をみると(図1-4-6)、本調査(2015年)の小島では、平均値には明瞭な変化はみられなかったが、最小体長は9月に僅かながら小さくなった。加えて、2002年と2003年では、9月または10月に平均値と最小体長が小さくなっている。これらの変化から、本種もミナミテナガエビと同様、小島付近では9月以降に若齢群が加入していると考えられる。他方、江川崎・長生では、各年とも7月または8月に最小体長が小さくなっており、これもミナミテナガエビと同様に新たな若齢群の加入によるものと推測される。

以上のように、小島では9月以降、江川崎・長生では7月以降に若齢群が新たに加入しているとみられる。既往調査データを整理・公表した平賀・山中(2005)に照らせば、小島では当歳群、江川崎・長生では1才群がそれぞれ加入していたと考えられる。

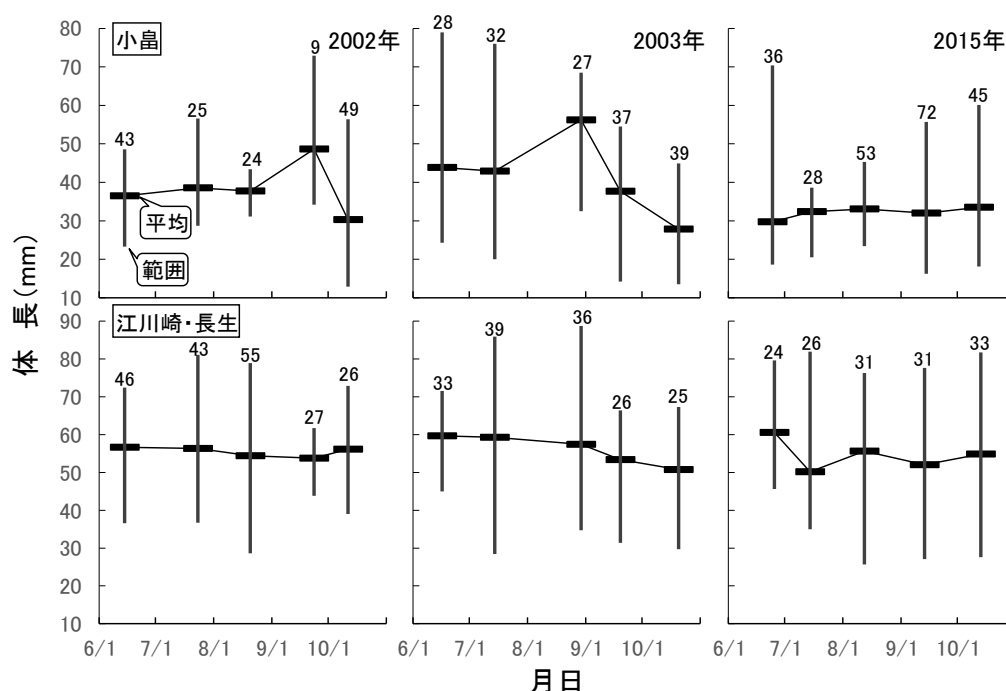


図1-4-6 本調査(2015年)と既往調査(2002年、2003年)におけるヒラテテナガエビの体長の経月変化(図中の数値は試料数を示す)

3) 体長と体重の関係

体長と体重の関係をみると(図1-4-7)、本調査および既往調査とも同様の傾向を示し、回帰式によればミナミテナガエビでは体長20mmで0.1g、40mmで1.2g、60mmで4.2g、80mmで10.3gとなる(表1-4-1)。他方、ヒラテテナガエビでは20mmで0.2g、40mmで1.7g、60mmで6.3g、80mmで16.3gとなり(表1-4-1)、同体長での体重はミナミテナガエビのそれに比べて重かった。また、両種とも雄は雌より大型に成長する(図1-4-7)。

表1-4-1 テナガエビ類2種の体重の比較

体長 (mm)	体重(g)	
	ミナミテナガエビ	ヒラテテナガエビ
20	0.1	0.2
40	1.2	1.7
60	4.2	6.3
80	10.3	16.3

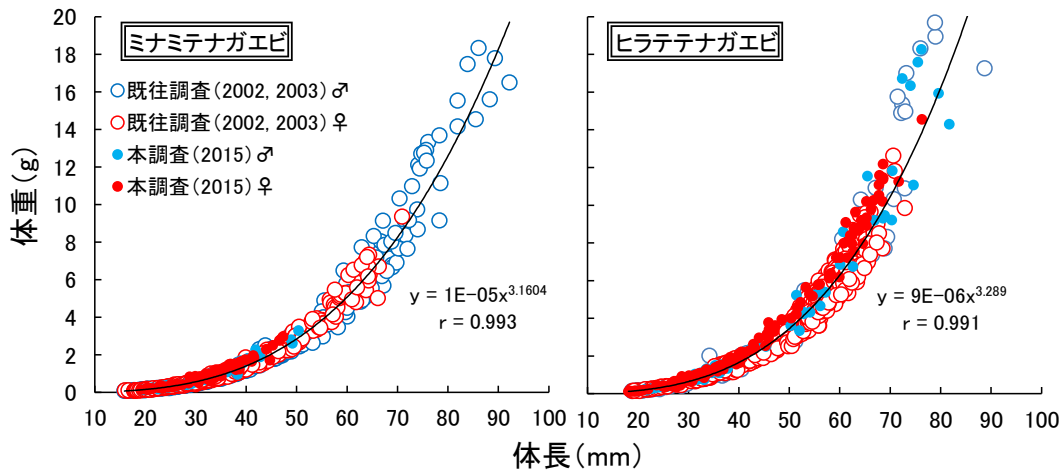


図 1-4-7 本調査（2015 年）および既往調査（2002 年、2003 年）におけるミナミテナガエビ（左）とヒラテテナガエビ（右）の体長と体重の関係（6～10 月のデータを集計）

1-4-3 成熟サイズと雌雄比

1) 成熟サイズ

ミナミテナガエビ 抱卵していたミナミテナガエビの最小体長（生物学的最小形；以下、最小形）は、2002 年（30.1mm）と 2003 年（33.0mm）に比べ、2015 年（28.8mm）でやや小さかった。雌に占める抱卵個体の割合を体長別にみると（図 1-4-8）、30mm 以下で抱卵する雌は半数に満たないが、30mm 以上では大半の雌個体が抱卵していた。したがって、本種は 30mm 前後で成熟し、それらの多くが抱卵すると言える。一方、本種の最小形について、沖縄県石垣島で 34.4mm（諸喜田, 1979）、鹿児島県八房川で 34.5mm（大富・中林, 1999）と報告されており、これらに比べると前述した四万十川での最小形はやや小さい。

ヒラテテナガエビ ヒラテテナガエビの最小形は、2002 年では 27.7mm、2003 年では 25.6mm、2015 年では 23.7mm であり、ミナミテナガエビと同様に 2005 年でやや小さかった。また、25mm 以上の雌では概ね大半が抱卵しており（図 1-4-8）、本種は 25mm 前後で成熟すると思われる。本種の最小形に関しては沖縄島の 24.0mm が知られており（諸喜田, 1979）、四万十川での最小形はこれに近い値であった。

以上のように、四万十川では、ミナミテナガエビでは 30mm 前後、ヒラテテナガエビでは 25mm 前後で成熟し、成熟サイズはヒラテテナガエビで小さいと言える。平賀・山中（2005）によると、これらは 1 才群と推定されており、両種とも 1 才で成熟すると思われる。一方、両種とも既往調査時（2002 年、2003 年）に比べて最小形が小型化していた。成熟サイズの小型化は、アカガレイ（藤原ほか, 2009）などの魚類のほか、シャコ（児玉ほか, 2003）といった甲殻類でも報告されており、いずれも資源の減少が原因と考えられている。四万十川のテナガエビ類 2 種についても、資源水準の低下によって成熟サイズが小型化しつつあるのかもしれない。

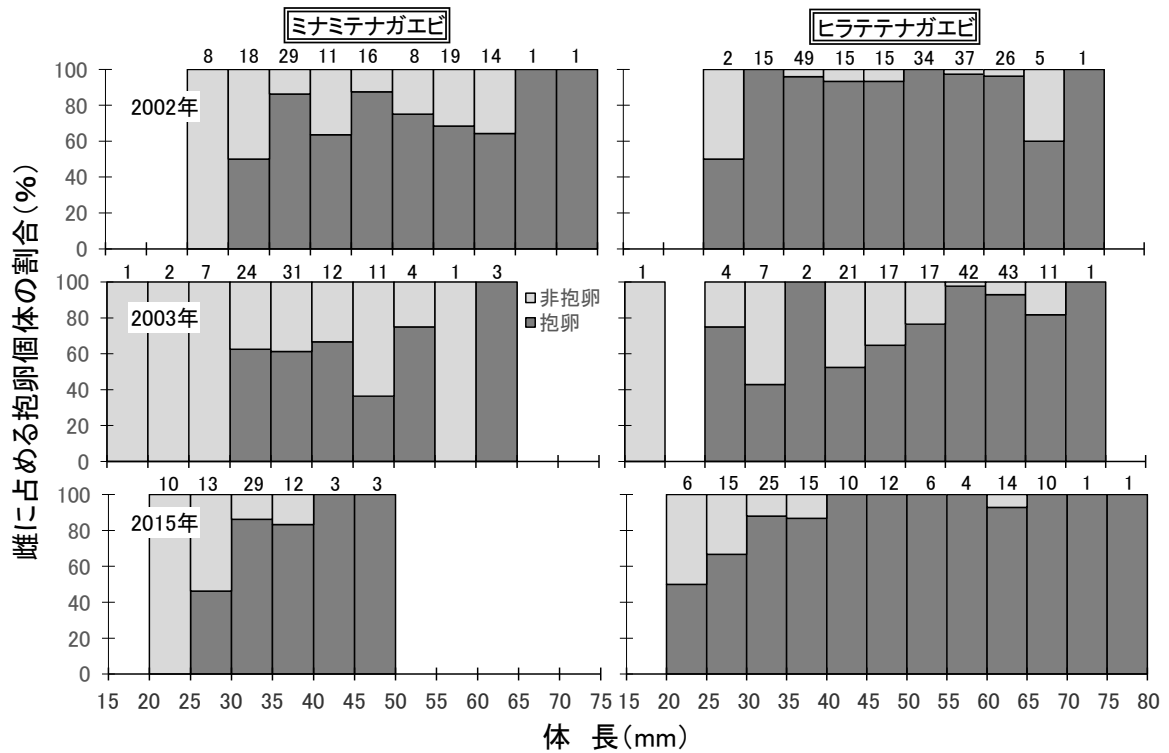


図 1-4-8 ミナミテナガエビ（左）とヒラテナガエビ（右）の雌個体における体長別抱卵個体の割合（抱卵率が相対的に高かった6～8月のデータを集計、図中の数値は試料数を示す）

2) 雌雄比

成体に占める雌の割合^{*1}を図1-4-9に示した。ミナミテナガエビをみると、2002年と2003年では、雌の割合は江川崎（18～65%、平均38%）より下流の小島（40～85%、平均62%）で一貫して高かった。この事実は、本種の雌は6～7月に下流に移動して幼生を放出するとの考え（大富・中林, 1999）を支持している。他方、2015年では地点間での比較はできなかったが、小島における雌の割合（41～77%、平均61%）は既往調査とほぼ一致していた。

他方、ヒラテテナガエビの雌の割合をみると、2002年と2003年では顕著な地点間差はなく、80%前後の高い値を示した。既往調査に比べると、2015年における雌の割合は小島（50～68%、平均59%）および長生（51～81%、平均70%）とも低い値を示したが、その理由は明らかでない。なお、本種の雌が下流域で多いといった傾向はみられず、ミナミテナガエビのように雌が下流へ移動することを示唆する結果は得られなかった。

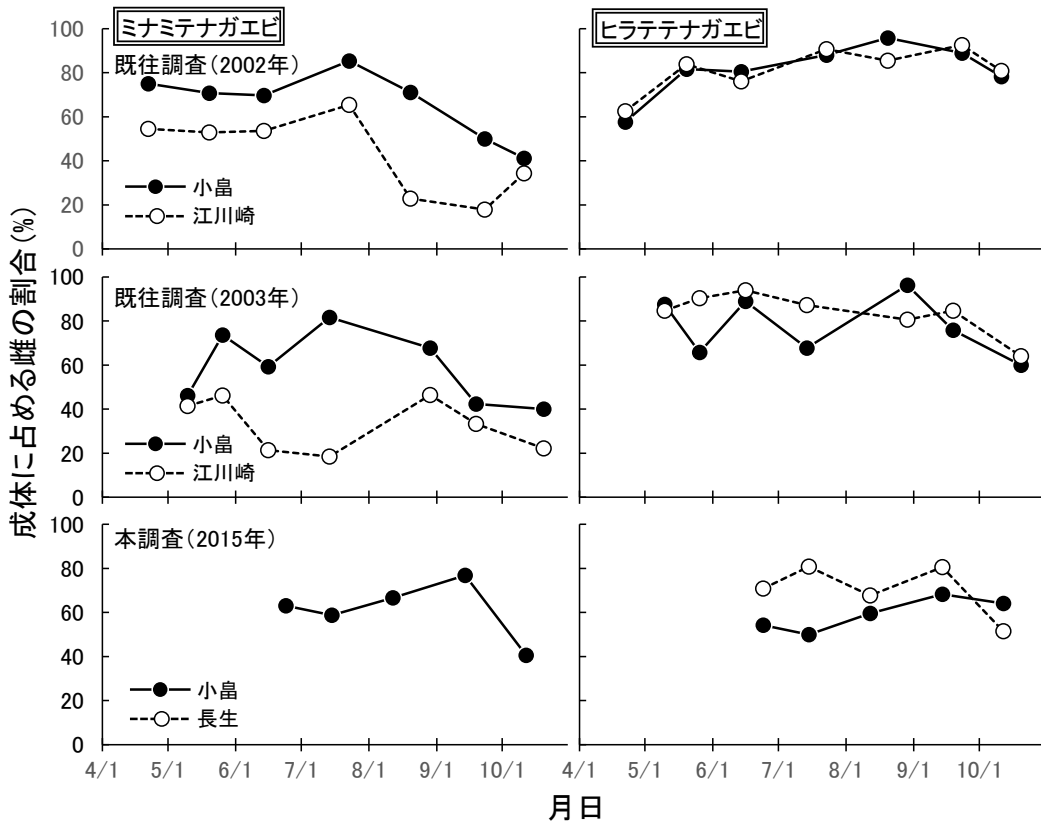


図1-4-9 本調査（2015年）および既往調査（2002年、2003年）におけるミナミテナガエビ（左）とヒラテテナガエビ（右）の成体に占める雌の割合

1-4-4 繁殖期間と推定抱卵数

1) 繁殖期間

抱卵雌の出現期間は、2002年と2003年では、ミナミテナガエビで5～9月、ヒラテテナガエビで5～10月であり（図1-4-10）、ミナミテナガエビの抱卵期間は鹿児島県八房川からの報告（大富・中林, 1999）と一致した。他方、2015年では、ミナミテナガエビの抱卵雌

*1 成体に占める雌の割合 (%) = (成体雌の個体数 ÷ 成体個体数) × 100、生物学的最小形（抱卵していた個体の最小体長）以上の個体を成体とした。

が10月にもみられた点で既往調査との差異がみられたが、ヒラテテナガエビでは既往調査と同様に10月まで抱卵雌が出現した(図1-4-10)。

相対的に抱卵率の高かった時期をみると、ミナミテナガエビの2002年と2003年では6～8月(小島で約60%以上)であった。これに対して、2015年では9月にも60%と高い値を示し、抱卵率が高い期間がやや長かった。同様の傾向はヒラテテナガエビにもみられ、9月の抱卵率は2002年(13～36%)と2003年(0～4%)に比べ、2015年(52～67%)で高かった。なお、種間で主な抱卵期間を比較すると、2002年と2003年ではミナミテナガエビ(6～8月)よりヒラテテナガエビ(5～8月)で早くかつ長い特徴にあった。

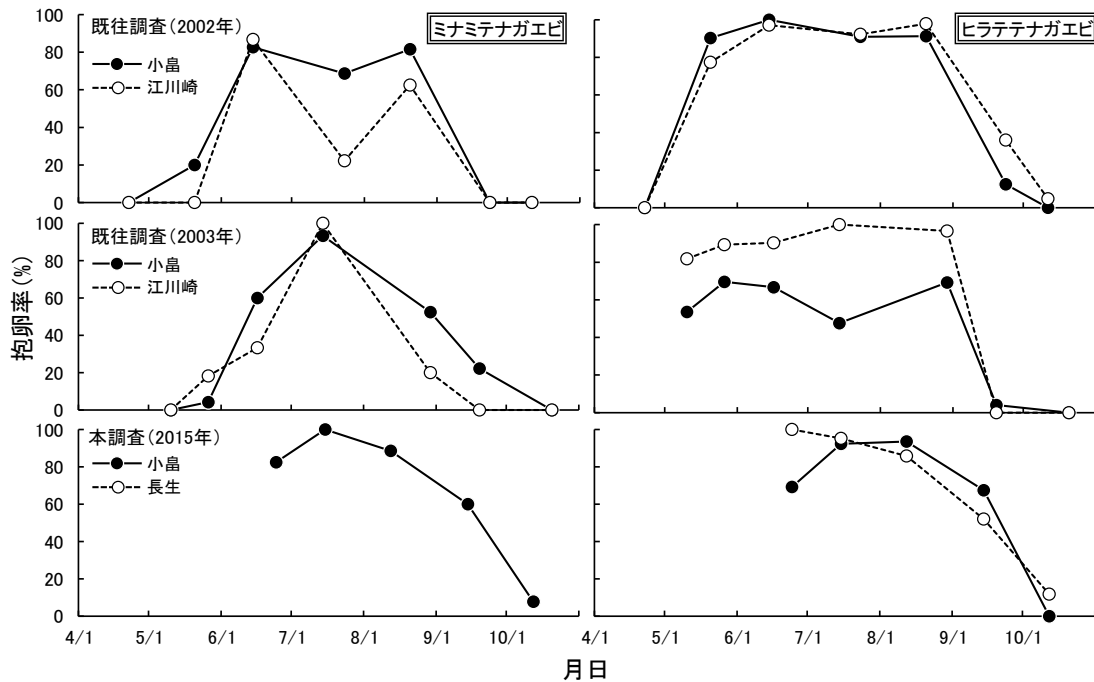


図1-4-10 本調査(2015年)および既往調査(2002年、2003年)におけるミナミテナガエビ(左)とヒラテテナガエビ(右)の抱卵率

本調査(2015年)および既往調査(2002年、2003年)におけるミナミテナガエビとヒラテテナガエビの卵の発生段階をそれぞれ図1-4-11と図1-4-12に示した。大富・中林(1999)に従い、産卵直後のI期とふ化直前のIV期の卵の出現期間をそれぞれ産卵期とふ化期とみなすと、2015年におけるミナミテナガエビの産卵期とふ化期はともに6～9月となる(図1-4-11)。ただし、10月にも発生の進んだIII期の卵が確認されており、少なくとも当月までふ化が継続していた可能性がある。他方、ヒラテテナガエビの産卵期(I期)は6～9月、ふ化期(IV期)は6～10月であったとみなされ(図1-4-12)、両種の産卵期とふ化期に差異はなかったと判断される。

既往調査によると、ミナミテナガエビではI期とIV期がともに5～8月に確認された(図1-4-11)。また、2002年9月には地元漁業者の漁獲物からI期が確認されているほか、図1-4-11をみると2003年9月にはII期とIII期が確認されている。これらを考慮すれば、産卵期は5～9月、ふ化期は6～10月であったと推測され、鹿児島県八房川におけるミナミテナガエビの繁殖期間(大富・中林, 1999)と一致する。また、八房川ではIII期とIV期の卵を持つミナミテナガエビは下流域にのみ出現した事実等から、抱卵雌は下流に移動して幼生を放出すると考えられている(大富・中林, 1999)。この指摘は、前述のとおり、四万十川に

においても本種の雌の割合が下流域の小島で高かったこと（図 1-4-9）から支持された。その一方で、既往調査では江川崎においても IV 期の卵が確認されており（図 1-4-11）、一部の抱卵雌は下流域まで移動せずに幼生を放出する場合もあると考えられる。他方、ヒラテテナガエビでは（図 1-4-12）、I 期と IV 期の出現期間から、前種と同様に産卵期は 5～9 月、ふ化期は 6～10 月であったと考えられた。本種では、IV 期の卵の割合は総じて江川崎・長生で高く（図 1-4-12）、かつ雌が下流に偏る傾向はなく（図 1-4-10）、下流域への移動を示唆する結果は得られなかった。

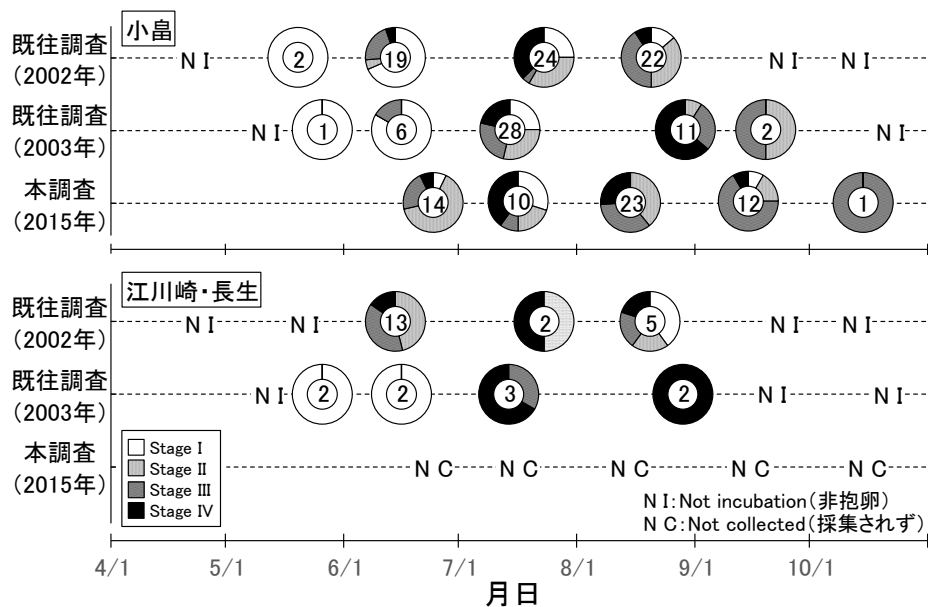


図 1-4-11 本調査（2015 年）および既往調査（2002～2003 年）におけるミナミテナガエビの卵の発生段階*1（円グラフ中央の数値は試料数を示す）

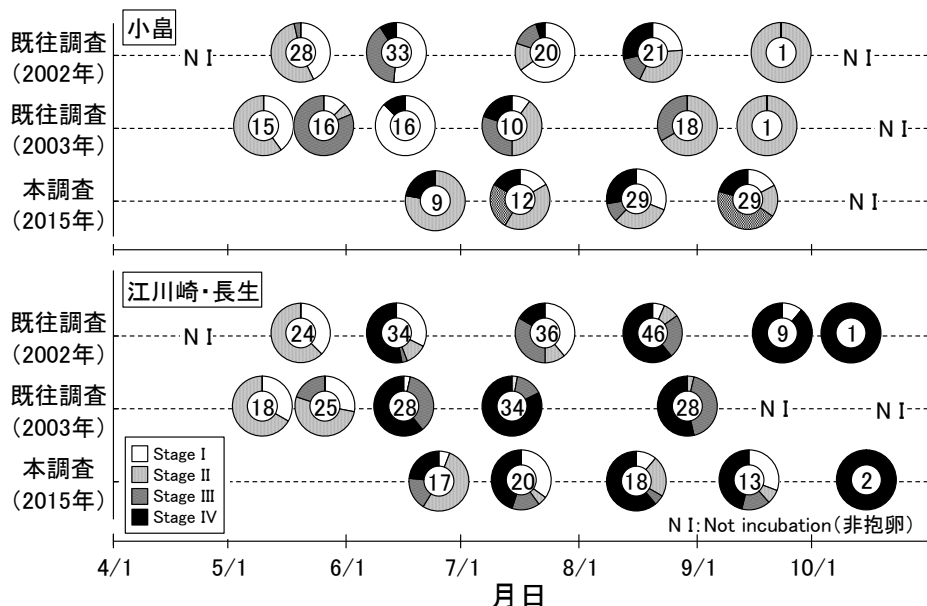


図 1-4-12 本調査（2015 年）および既往調査（2002 年、2003 年）におけるヒラテテナガエビの卵の発生段階*1（円グラフ中央の数値は試料数を示す）

*1 I：卵黄で満たされた状態、II：発生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。

2) 推定抱卵数

体長と推定抱卵数の関係を図 1-4-13 に示した。本調査で得られた推定抱卵数は、ミナミテナガエビ（体長 29～47mm）で約 700～5,000 粒、ヒラテナガエビ（体長 24～69mm）で約 200～17,000 粒であった。既往調査では、ミナミテナガエビ（体長 33～71mm）で約 500～13,000 粒、ヒラテナガエビ（体長 26～71mm）で約 400～15,000 粒と推定されている。体長と抱卵数の関係に年および種による顕著な差異はなく（図 1-4-13）、体長 30mm で約 1,000 粒、50mm で約 5,000 粒、60mm で約 10,000 粒を抱卵すると推定された。一方、宮崎県産の個体では、ミナミテナガエビ（体長 65mm）で 13,687 粒、ヒラテナガエビ（体長 68mm）で 15,316 粒の報告があり、四万十川での推定値に近い値が得られている。

以上のように、テナガエビ類の抱卵数は体サイズによって大きく変化し、大型個体の繁殖力は小型個体に比べて著しく大きいことが予想される。

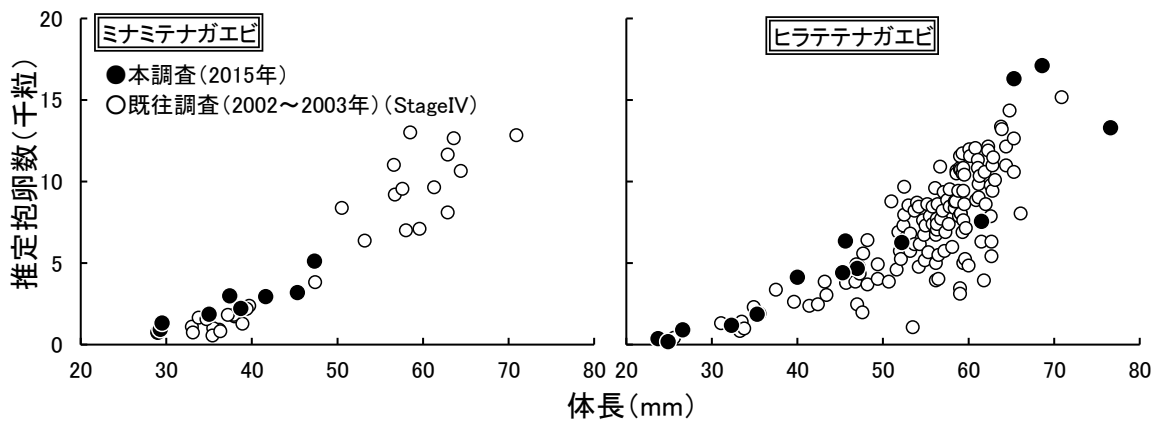


図 1-4-13 ミナミテナガエビ（左）とヒラテナガエビ（右）の体長と推定抱卵数の関係

2. 幼生調査

2-1 調査日

調査は、表 2-1-1 に示したとおり、6月中旬～10月中旬にかけて計9回行った。原則として各月の中旬と下旬に調査を実施したが、8月下旬の調査は出水のため（図 4-1）、9月上旬に延期した。

調査時の水温は6月中旬（18.2～18.9℃）から8月中旬（26.5～27.6℃）にかけて概ね上昇し、10月中旬（18.2～19.2℃）にかけては低下傾向を示した。

表 2-1-1 調査日時等

調査地点	調査回	調査開始日時	天候	水温(℃)
小島	第1回	2015/6/15 20:00	晴れ	18.9
	第2回	2015/6/29 20:00	晴れ	22.2
	第3回	2015/7/13 19:55	曇り	21.7
	第4回	2015/7/30 19:45	晴れ	26.2
	第5回	2015/8/13 19:37	晴れ	27.6
	第6回	2015/9/4 19:00	晴れ	21.2
	第7回	2015/9/14 18:55	晴れ	23.3
	第8回	2015/9/28 18:36	晴れ	21.9
	第9回	2015/10/12 18:18	曇り	19.2
長生	第1回	2015/6/14 20:01	曇り	18.2
	第2回	2015/6/30 19:55	雨	21.1
	第3回	2015/7/14 19:59	曇り	22.9
	第4回	2015/7/30 19:54	晴れ	27.0
	第5回	2015/8/12 19:35	雨時々曇り	26.5
	第6回	2015/9/5 19:00	曇り	21.4
	第7回	2015/9/13 18:55	晴れ	22.9
	第8回	2015/9/29 18:30	晴れ	22.4
	第9回	2015/10/13 18:16	晴れ	18.2

2-2 調査地点

前述の通り、小島と長生の2地点で調査を実施した（図 3-1）。

2-3 調査方法

調査地点の流心（原則として表層と底層）と左右岸（表層）の4ヵ所において、濾水計（離合社製 5571-A）を装着した円錐形プランクトンネット（口径 30cm、目合 212 μ m）を小型船舶（小島）または沈下橋（長生）からロープを用いて流水中に30秒～5分間固定し、流下幼生を採集した。調査開始時刻は、テナガエビ類を含む回遊性エビ類が集中してふ化する時間帯（日没から2時間以内）（Ideguchi et al., 2007）を考慮し、日没から30分後を目安とした。

採集された幼生は約3～5%ホルマリンで固定して持ち帰り、実体顕微鏡下で和田ほか（2001）に従って背面の色素の分布状態から同定し、種別に尾数を計数した。さらに、濾水計の回転数から求めた濾水量（ m^3 ）で採集尾数を除して試料ごとに流下密度（尾/ m^3 ）を算出し、これらの平均値を各地点の流下密度とした。これに最寄りの水位・流量観測所（小島：具同第二、長生：津野川）における調査時の推定



プランクトンネットによる採集状況（日没前テスト時）



採集に用いたプランクトンネット



採集されたテナガエビ類幼生

流量 (m³/秒) を乗じて流下尾数 (尾/秒) を推算した。

なお、推定流量は、2014 年 (最新公表年) の同観測所における毎正時の水位と流量から求めた下記の H-Q 式により推定した。

$$\begin{aligned} \text{具同第二 H-Q 式} \quad & Q = 42.40 (H - 1.59)^2 \quad (2.21 \leq H < 3.20) \\ & Q = 145.81 (H - 2.33)^2 \quad (3.20 \leq H < 7.95) \\ & Q = 84.08 (H - 0.55)^2 \quad (7.95 \leq H \leq 12.21) \\ \text{津野川 H-Q 式} \quad & Q = 46.24 (H + 1.06)^2 \quad (10/13 \ 21:00 \sim 12/31 \ 24:00) \end{aligned}$$

2-4 調査結果および考察

調査地点におけるテナガエビ類の流下幼生の推定流下尾数 (以下、流下量) の推移を図 2-4-1 に示した。

小畠 ヒラテテナガエビ (6~707 尾/秒、平均 369 尾/秒)、ミナミテナガエビ (0~284 尾/秒、平均 65 尾/秒) およびテナガエビ (0~25 尾/秒、平均 5 尾/秒) の幼生が採集された。調査時のヒラテテナガエビの流下量はミナミテナガエビのその 2~80 倍と多く、テナガエビはごく僅かが流下したのみであった。

ヒラテテナガエビの流下量は、調査を開始した 6 月中旬の 213 尾/秒から期間中最多となる 7 月中旬の 707 尾/秒にかけて増加し、これ以降では減少して 10 月中旬には 6 尾/秒となった。ミナミテナガエビでは、6 月中旬 (14 尾/秒) から最多となった 7 月下旬 (284 尾/秒) にかけて増加した後、8 月中旬には急減して 28 尾/秒となり、9 月中旬には 5 尾/秒、10 月中旬には 0 尾/秒となった。なお、前述のように、ミナミテナガエビの抱卵雌は 10 月にも確認されたことから (図 1-4-10)、当月にも僅かながら幼生が流下していた可能性はある。水温との関係を見ると、両種の流下量は水温の上昇とともに増加したが、水温が最も高くなった盛夏 (7 月下旬~8 月上旬) 以降では減少した。

長生 ヒラテテナガエビとミナミテナガエビの幼生が採集され、テナガエビのそれは採集されなかった。ヒラテテナガエビの流下量は 6 月中旬 (8 尾/秒) から 7 月中旬 (173 尾/秒) にかけて増加した後、水温が最も高くなった同月下旬以降は約 50 尾/秒以下で推移し、10 月中旬には 0 尾/秒となった。一方、ミナミテナガエビは 7 月中旬に採集されたのみで、その際の流下尾数は 10 尾/秒とごく僅かであり、当地点で得られた幼生のほとんどはヒラテテナガエビで占められた。前述のように、長生ではミナミテナガエビの成体・稚エビは確認できなかったが (表 1-4-1)、幼生は僅かながらも流下しており (図 2-4-1)、当地点から上流にも成体が生息していることが分かった。ただし、その生息数は極めて少ないと考えられる。

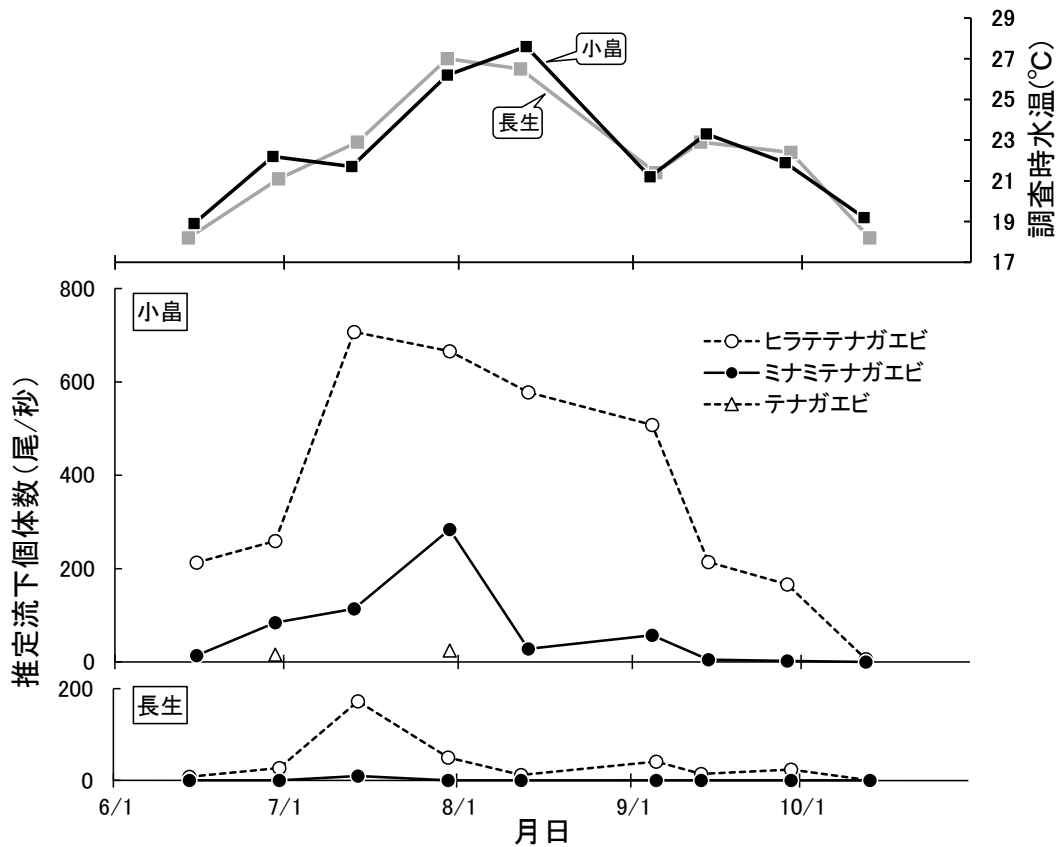


図 2-4-1 各地点におけるテナガエビ類幼生の推定流下尾数

以上のとおり、テナガエビ2種の幼生の流下量は水温の上昇とともに増加し、盛期はヒラテテナガエビでは7月中旬、ミナミテナガエビでは同月下旬であった。また、流下量が多かった期間は前種で長く継続し、後種では短かった。平賀・東（未発表）は、具同地点（小島の下流約400mの右岸表層）において、2006年6～10月に計12回、プランクトンネット（口径50cm、目合300 μ m）を用いてテナガエビ類の幼生を定期的に採集した。これによると、本調査と同時期（6月中旬～10月中旬）における幼生の平均流下量は、ヒラテテナガエビでは849尾/秒、ミナミテナガエビでは501尾/秒であった。これらに比べると、本調査による平均流下量はヒラテテナガエビで約1/2、ミナミテナガエビでは約1/8と少ない。使用したネットの規格や調査地点が異なるため、単純な比較はできないものの、2006年当時と比べて両種の幼生の流下量が減少しており、特にミナミテナガエビのそれが激減していた。なお、2006年における流下盛期は両種とも8月上旬にあり、本調査のそれ（7月中・下旬）に比べて半月程度早かった。

3. まとめ

3-1 四万十川におけるテナガエビ類の生息地および分布状況

本調査(2015年)、既往調査(2002年、2003年)、岡村・為家(1977)および小笠原(1984)におけるテナガエビ類の分布に関する情報を整理し、図3-1-1に示した。

テナガエビは主に汽水域に生息するとされる(岡村・為家, 1977; 小笠原, 1984)。本調査でも汽水域でのみ本種が確認された。ただし、小島において流下幼生が少数採集されたことから(図2-4-1)、淡水域の下流にも僅かに生息しているようである。

ミナミテナガエビの分布上限は、2003年以前には河口から約50kmの江川崎付近とされていた。これに対し、2015年では約40kmの岩間付近までが主分布域であると推定され、2003年以前に比べると主分布域が約10km縮小したと判断された。

ヒラテテナガエビは、岡村・為家(1977)と小笠原(1984)によれば、河口から約100kmの大正付近まで分布するとされている。本調査では約50kmの江川崎・長生において本種が確認されたものの、これより上流での分布は調査対象外のため不明である。今後、江川崎より上流における本種の分布状況について詳細に把握することが望まれる。

生息環境については、テナガエビは淵の砂泥底、ミナミテナガエビは主に淵、ヒラテテナガエビは瀬にそれぞれ生息するとされ(岡村・為家, 1977; 小笠原, 1984)、前述の通り、後2種の生息環境については本調査結果(表1-4-1)と一致した。また、テナガエビの生息環境についても、汽水域での潜水観察結果と一致した。

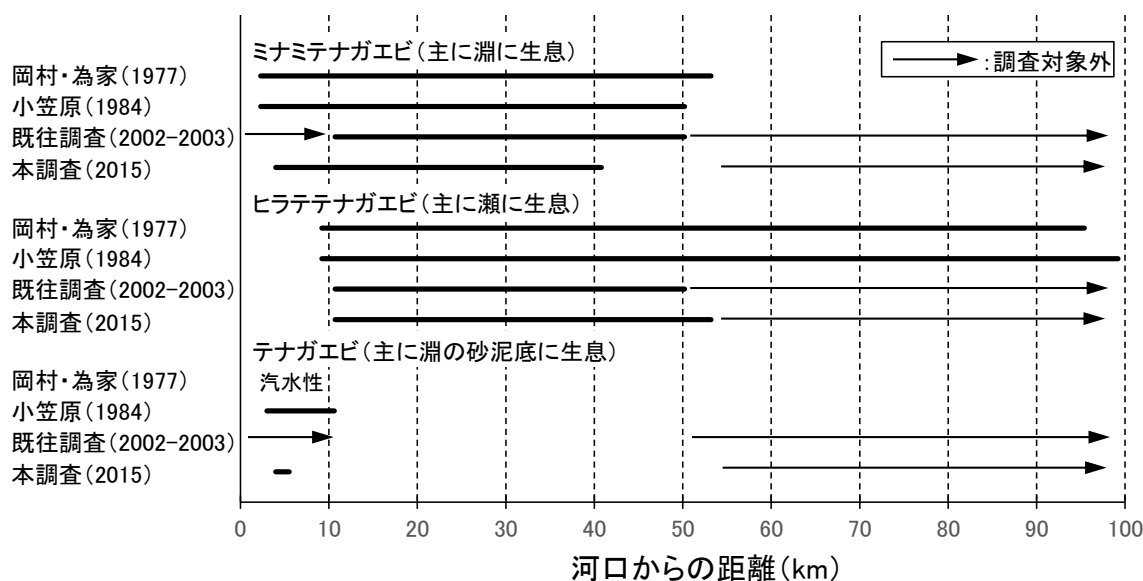


図 3-1-1 四万十川におけるテナガエビ類の主な分布域

3-2 四万十川におけるテナガエビ類の繁殖生態

本業務で得られたミナミテナガエビとヒラテテナガエビの繁殖生態に関する情報を表 3-2-1 に整理した。成熟サイズはミナミテナガエビ（30mm 前後）よりヒラテテナガエビ（25mm 前後）で小さく、前種では沖縄県や鹿児島県でのサイズ（諸喜田,1979; 大富・中林, 1999）に比べてやや小さかったが、後種では沖縄県でのサイズ（諸喜田, 1979）と近似した。また、両種の生物学的最小形は既往調査と比べて小型化しており、資源水準の低下との関連が疑われた。

ミナミテナガエビの雌の割合は下流域の小島で高く（図 1-4-9）、雌は下流域に移動して幼生を放出するとの考え（大富・中林, 1999）を支持する結果が得られた。ただし、ふ化直前の卵を持つ雌は中流の江川崎でも確認され（図 1-4-11）、一部は下流域まで移動せずに幼生を放出していると考えられた。他方、ヒラテテナガエビでは雌が下流に偏る傾向はなかった（図 1-4-9）。加えて、ふ化直前の卵の割合は江川崎・長生で高く（図 1-4-12）、本種雌の下流域への移動を示す結果は得られなかった。

抱卵期間は両種とも 5～10 月で、主な抱卵期間はミナミテナガエビ（6～9 月）に比べてヒラテテナガエビ（5～9 月）で早くかつ長かった（図 1-4-10）。なお、9 月における両種の抱卵率は 2002 年と 2003 年ではそれぞれ 0～36% および 0～22% と低かったが、2015 年では 52～67% と高かったため（図 1-4-10）、9 月も主な抱卵期間に含めた。

抱卵数は、両種とも大型個体ほど多く、体長 30mm で約 1,000 粒、50mm で約 5,000 粒、60mm 約 10,000 粒と推定された（図 1-4-13）。

幼生の流下期間は両種とも 6～10 月であり、主な期間は 7 月中旬～8 月上旬と考えられた（図 2-4-1）。なお、ミナミテナガエビの幼生は 10 月には採集されなかったものの、抱卵雌が確認された事実（図 1-4-10）から流下期間に含めた。両種幼生の流下量は水温の上昇とともに増加した後、高水温期以降では減少した。また、本調査における幼生の流下量は、2006 年（平賀・東, 未発表）のそれに比べ、ミナミテナガエビでは 1/8 程度、ヒラテテナガエビでは 1/2 程度と少なく、特にミナミテナガエビ幼生の流下量が激減していることが示唆された。

表 3-2-1 四万十川におけるミナミテナガエビとヒラテテナガエビの繁殖生態

項目	ミナミテナガエビ	ヒラテテナガエビ	備考
成熟サイズ	30mm前後	25mm前後	ミナミテナガエビでは沖縄県(34.4mm)や鹿児島(34.5mm)よりやや小さく、ヒラテテナガエビは沖縄県(24.0mm)と近似。
雌の割合	小島>江川崎	小島≒江川崎・長生	ミナミテナガエビの雌は下流域に移動して幼生を放出する可能性を支持。ただし、一部は移動せず放出。
抱卵期間 (主な期間)	5～10月 (6～9月)	同左 (5～9月)	主な期間はミナミテナガエビよりヒラテテナガエビで早く長い。両種とも、9月の抱卵率は2002年と2003年で低く、2015年で高い。
推定抱卵数	体長30mm:約1,000粒 体長50mm:約5,000粒 体長60mm:約10,000粒	同左	
幼生の流下期間 (主な期間)	6～10月 (7月中旬～8月上旬)	同左	2015年では2006年に比べて流下数が少なく、ミナミテナガエビで約1/8、ヒラテテナガエビでは約1/2程度。

前述したように、四万十川におけるテナガエビ類2種の繁殖（抱卵）期間は概ね5月から10月までの間である。この間の水温変化と彼らの繁殖期間との関係を知るため、四万十川下流の具同地点で当社が実測した水温の周年変化とテナガエビ類の繁殖期間を重ね合わせてみた（図3-2-1）。これによると、テナガエビ類は具同地点の月平均水温が20℃前後に上昇する5月頃から繁殖（抱卵）し始め、同水温が25℃以上となる高水温期の7～8月頃に繁殖（流下）盛期を迎える。その後、水温の低下とともに繁殖活動は不活発となり、同水温が20℃前後に低下する10月中にはほぼ終了することが分かる。すなわち、四万十川におけるテナガエビ類2種の繁殖期間中の水温帯は概ね20℃以上であると言える。

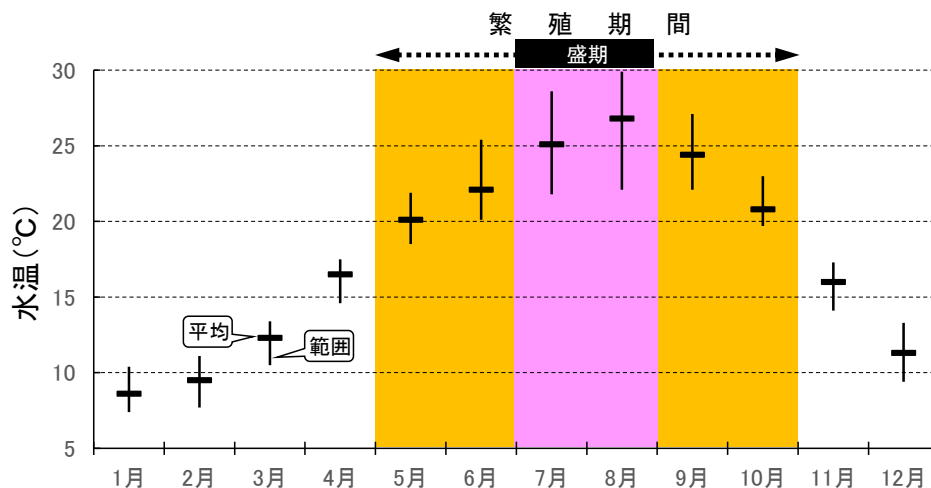


図 3-2-1 四万十川におけるテナガエビ類2種の繁殖期間と月平均水温との関係
(水温は2001～2015年の具同地点での観測値を集計)

3-3 四万十川における今後のテナガエビ類の資源管理方策（提言）

3-3-1 テナガエビ類漁獲量の現状

農林統計による四万十川におけるテナガエビ類の漁獲量を図3-3-1に示した。これによると、1981年までは概ね20t前後で推移した後、1992年にかけてはほぼ一貫した増加傾向を示して45tとなり、1994年まで同水準が維持された（図3-3-1）。しかし、翌1995年には23tまで急減し、1997年まで微減傾向を示した。その後、2000年にかけては30tまで回復して2009年までほぼ同水準で推移したものの、翌2010年には過去最低の7tまで激減し、その後も減少を続けて2014年には僅か1tとなった。漁業者への聞き取りでは、2010年頃から大型のテナガエビ類が獲れなくなり、このため漁獲量が減少したとの情報が得られており、前述の漁獲量の推移と一致する。

このように、漁獲量の顕著な減少は1995年と2010年にみられ、1995年には40tを超える水準から約20tまで半減し、2010年の落ち込みはさらに大きく、約30tから約5tとかつてない低い水準まで減少している。これらのうち、1995年の減少から3年後の1997年には漁獲量が増加に転じており、減少前の40t前後には満たないものの2000年には30tまで回復した。しかし、2010年の減少後では、4年が経過した2014年時点においても回復の兆しは見えていない。

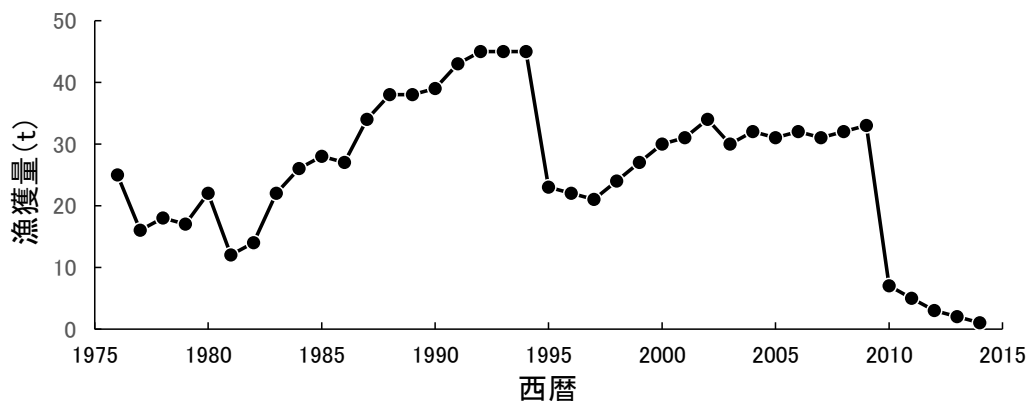


図 3-3-1 四万十川におけるエビ類の漁獲量の経年変化
 (データは高知農林水産統計年報及び農林水産省ホームページ
<http://www.maff.go.jp/index.html> による)

四万十川におけるテナガエビ漁のほとんどは、エビ筒（右下写真）によって行われており、概ね3～11月（盛期5～8月）に操業されている（漁業者への聞き取り）。この漁は主に淵で行われ、流れの速い瀬では操業されない。これは、瀬では筒が安定せず流失しやすいほか、川舟を使用して操業できないといった理由によると思われる。このような操業実態から、淵に生息するミナミテナガエビが主な漁獲対象になっていると考えられる。

本業務では、ミナミテナガエビに関して、中流域の江川崎付近でのCPUEの激減(図 1-4-2)、主分布域の縮小(図 3-1-1)、幼生の流下量減少(表 3-2-1)の実態が明らかになった。さらに、2015年では、2002年と2003年には確認されていた大型個体(体長60mm以上)がほとんどみられなかった(図 1-4-3)。他方、瀬に生息するヒラテテナガエビでは、小島で小型化している可能性が示唆されたが(図 1-4-4)、CPUEや分布に顕著な変化はみられなかった。

以上のように、四万十川で漁獲されるテナガエビ類の主体はミナミテナガエビであり、その資源量はかつてない低い水準(図 3-3-1)にまで減少している可能性が高い。資源が減少した要因の詳細は不明であるが、獲り過ぎ(乱獲)の兆候は、まずCPUEの低下と漁獲物の小型化に現れる(松宮, 2000)。これと前述したミナミテナガエビの生息状況の年変化は合致しており、獲り過ぎが一因である可能性は否定できない。今後、従来通りの漁獲圧が加われば、資源が回復する見込みは小さく、資源回復に向けた対策(漁獲圧の低減)が急務と言える。



3-3-2 資源管理方策(提言)

資源管理には、①過度の漁獲を避ける、②小型個体の保護、③産卵や産卵個体の保護の3原則があり(松宮, 2000)、これに対応する管理の手段には表 3-3-1 に示したように質的な規制と量的な規制がある(長崎, 1973; 松宮, 2000)。こ

表 3-3-1 資源管理における質的・量的規制

質的な規制	量的な規制
○漁具・漁法の制限	○漁獲努力の制限
○網目制限	○漁獲量の制限
○体長制限	
○禁漁期や禁漁区の設定	

これらのうち、質的な規制は公平に適用されるため、漁業者に受け入れられやすく実行されやすい。しかし、量的な規制は許可された漁獲枠内での競合や配分の問題が生じやすいとされる。加えて、漁獲枠の設定にあたっては、正確な漁獲努力量等が必要となるが、四万十川のテナガエビ類ではそのようなデータは得られていない。したがって、当面は主に質的な規制によって資源回復を図るのが現実的と言える。

以下に、表 3-3-1 に示した各規制等について、テナガエビ漁に適用した場合の内容と期待される効果を検討した（表 3-3-2）。

○漁具・漁法の制限

前述したとおりテナガエビ漁のほとんどは単一漁法（エビ筒）で行われており、これを禁止すれば漁獲圧が概ね解消され、全面禁漁とほぼ同等の効果が期待できる。また、使用できる筒数の制限も有効と考えられ、筒数を少なくするほど大きな効果が見込める。筒数の制限に当たっては、現状の使用数を把握した上で制限数を検討・設定する必要がある。

○網目制限・体長制限

制限実施のためには、漁獲サイズやエビ筒の網目といった情報を収集する必要がある。その上で、成熟サイズより小さい個体が漁獲されている場合、これを漁獲できない網目を検討・設定すれば、繁殖に参加する個体を増やす効果が期待できる。成熟サイズが小型化しつつある可能性（図 1-4-7）を考慮すれば、体長 35mm 以下の個体は漁獲禁止とすることが望ましい。一方、抱卵数（ふ化する幼生数）は大型個体ほど多く（図 1-4-13）、1 回の繁殖による資源回復の効果も大きいと予想され、漁獲された大型個体の放流も有効な対策と考えられる。そのためには、漁獲サイズを精査し、保護する大型個体のサイズを検討・設定する必要がある。

○禁漁期や禁漁区の設定

禁漁期と禁漁区はしばしば併用され、産卵期間産卵水域を漁業から守るために設定されている場合が多い（長崎, 1973）。テナガエビ類の禁漁期の設定に必要な情報（産卵期等）は既に得られており、かつ当制限が漁業者にかかる負担は比較的小さく、受け入れられやすいと判断される。具体的には、ミナミテナガエビの抱卵率が高かった 6 月中旬～8 月中旬の約 2 ヶ月間（図 1-4-10）を禁漁にするのが望ましい。少なくとも、幼生が盛んに流下する 7 月中旬～8 月中旬の 1 ヶ月間（表 3-2-1）は禁漁にすべきと考えられる。禁漁区については公平性を確保するため、禁漁期間中は高知県内の四万十水系全域において、テナガエビ類の漁獲を禁止する。

○抱卵雌の禁漁

産卵個体保護の観点からは、漁期を通じて、漁獲された抱卵個体は可能な限り放流するといった対策も有効と考えられる。その実例としてオホーツク海のケガニがあげられ、雌ガニの禁漁・再放流等の資源管理を進めた結果、資源減少の防止に成功している（松宮, 2000）。

表 3-3-2 四万十川におけるテナガエビ類の資源保護管理方策（提言）

項目	内容	期待される効果(狙い)	留意事項
漁具・漁法の制限	エビ筒の使用禁止	資源全体に対する漁獲圧をほぼ解消。	全面禁漁とほぼ同等の規制となる。
	使用できるエビ筒数の制限	資源全体に対する漁獲圧の低減。	使用本数の現状を把握の上、制限本数を検討・設定する。本数は少ないほど、大きな効果が期待できる。
網目制限・体長制限	エビ筒の網目拡大	小型(未成熟)個体の保護→将来繁殖に参加する個体および産卵・ふ化量の増大。	体長35mm以下(成熟サイズ上限)の個体が逃避できる網目を検討し、これを目安とする。
	大型個体の再放流	抱卵数の多い大型個体の保護→産卵・ふ化量の増大。	漁獲サイズ等を把握の上、制限する体長(例えば60mm以上)を検討・設定する。
禁漁期の設定	①6/中～8/中:約2ヶ月間(主な抱卵期間) または ②7/中～8/上:1ヶ月間(幼生の流下盛期)	繁殖保護→産卵・ふ化量の増大。	操業実態を把握の上、期間を設定する。期間は長いほど大きな効果が期待できる。
禁漁区の設定	上記期間の四万十川水系(高知県内)を禁漁とする。		支川も含めて水系全域を禁漁とする。
抱卵雌の禁漁	抱卵雌の再放流	同上。	漁期を通じて実施する。

3-3-3 今後の課題

本業務では、江川崎付近においてミナミテナガエビの CPUE が激減したことに加え（図 1-4-2）、小島ではミナミテナガエビおよびヒラテナガエビとも小型化している可能性（図 1-4-3、1-4-4）を指摘した。これらは乱獲の兆候を示す現象とされ（松宮, 2000）、効果的な資源保護策の速やかな実行が望まれる。

漁業での資源管理とは、資源を人間が望ましい状態に保ち、合理的に利用することである（松宮, 2000）。そのためには、今後もテナガエビ類の CPUE とサイズに関する情報は不可欠であり、それらの変化を継続的な調査で把握していく必要がある。加えて、漁獲量、漁獲努力量、漁獲サイズ等の漁獲実態についても、合わせて調査を行う事が望まれる。これらにより、前項で提案した方策を実施した場合の効果を検証できるとともに、必要に応じてより効果的な方策の検討が可能となろう。

引用文献（アルファベット順）

- 藤原邦浩・廣瀬太郎・宮嶋俊明・山崎 淳. 2009. 京都府沖合におけるアカガレイ *Hippoglossoides dubius* 雌の成熟体長の小型化. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 75(4), 704-706.
- 平賀洋之・山中弘雄. 2005. 四万十川中・下流域におけるミナミテナガエビおよびヒラテテナガエビの成長と繁殖. *海洋と生物*, 27(156), 3-9.
- Ideguchi K., Hamano T. and Nakata K.. 2007. Timing of egg hatch of amphidromous freshwater shrimps in a small river (the Nishida River), western Japan. *FISHERIES SCIENCE*, 73, 961-963.
- 児玉 圭太・山川 卓・青木 一郎・福田 雅明・清水 詢道. 東京湾産シャコの最小成熟体長の低下と、飼育下における複数回産卵. *神水研研報*第8号, 77-79.
- 松宮義晴. 2000. 魚をとりながら増やす. 成山堂書店, 東京.
- 長崎福三. 1973. 7章 資源管理論. 「海洋学講座 12 水産資源論（田中昌一 編）」. 東京大学出版会, 東京, pp. 161-180.
- 小笠原義光. 1984. 2.2 テナガエビ類の分布と行動. 「日本のエビ・世界のエビ」（東京水産大学第9回公開講座編集委員会 編）. 成山堂書店, 東京, pp. 30-38.
- 岡村 収・為家節弥. 1977. 4. 四万十川の魚類. 「四万十川水系の生物と環境に関する総合調査」. 高知県, pp. 159-232.
- Ohtomi J. 1997. Reproductive biology and growth of the deep-water Pandalid shirimp *Plesionika semilaevis* (DECAPODA: CARIDEA). *JOURNAL OF CRUSTACEAN BIOLOGY*, 17(1), 81-89.
- 大富 潤・中林直行. 1999. 九州破風佐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.
- 諸喜田茂光. 1979. 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.
- 和田信大・浜野龍夫・林 健一・井手口桂子. 2001. 淡水産テナガエビ科4種の色素胞による第1・第2ゾエアの種判別. *水産大学校研究報告*, 49(2), 51-58.

