

沿岸域・汽水域の長期環境モニタリング

林 芳弘・田井野清也・松浦秀俊（増養殖環境課）・大河俊之（漁業資源課）

1 序論

汽水域は、生物生産が高い水域であることが知られている（マクラスキー 1999）。そのため、水産有用種を含む多種の仔稚魚にとって、重要な成育場となっている（藤田 2004、田中ほか 2009）。一般に降河性の両側回遊魚（西田 1989）とされるアユにおいても、汽水域が仔稚魚の成育場になっているとの報告も多い（塚本ほか 1989、岸野ほか 2005、吉本ほか 2006、岸野ほか 2006）。魚類以外でも、クルマエビ類（阪地ほか 2004）、テナガエビ類、モクズガニ、ヤマトシジミ（山口県土木建築部河川課 2008）、スジアオノリ（大野ほか 1999、平岡ほか 2004）など、生活史の中で汽水域を利用する水産有用種は多い。しかしながら、汽水域における生態学的な研究は、必ずしも多くない（高橋 2004）。

高知県下における、汽水域でのアユ仔稚魚の出現については、四万十川（高橋 2004）や下ノ加江川（東 2004）で詳しい調査がなされている。四万十川汽水域では、アユ以外にも、仔稚魚相（藤田 2004）やスジアオノリ（大野ほか 1999）の出現に関する報告もある。

一方、仁淀川は、比較的大きな規模の汽水域を有しているにもかかわらず、詳細な調査が行われた例は少ない。仁淀川のアユに関しては、近年では、下流域や河口周辺の海域を中心に調査されており（木村ほか 2005）、汽水域では流下仔魚の出現状況（中島 2005）が報告されたのみである。そのため、汽水域の成育場としての利用状況などは明らかになっていない。

高知県下におけるアユの漁獲量は、近年、減少傾向にある。1975年には2,258tを記録したが、2003年には275tにまで減少した（高橋 2005）。アユの生息域である河川や沿岸海域については、これまで環境データの蓄積が充分ではないため、減少の原因を推測することが困難になっている。また、今後のアユ資源の保全を考えるうえでも、現状の把握は重要である。そこで、これまであまり調査が進んでいない仁淀川汽水域において、アユの出現状況や生息環境を調べた。

また、スジアオノリは、近年、四万十川で漁獲量が減少している（2008年6月3日付け高知新聞）。仁淀川においても漁獲量が減少しているらしいが、本河川ではスジアオノリを詳細に調べた例はなく、不漁の実態や減少原因については不明である。スジアオノリの消長は各河川の塩分特性によって特徴づけられる（團 2005）。そこで、仁淀川におけるスジアオノリの生育状況を確認するとともに、水温や塩分など、基礎的な環境データを取得した。

2 方法

(1) 調査場所・調査期間

調査地点を図1に示した。なお、「波介川合流点上流」、「波介川合流点下流」、「中州下流」、「仁西」、「河口橋上流」の各定点については、本文中では、「」付きで示した。調査時における各定点の水深を平均すると、「波介川上流」が2.4m、「波介川下流」が3.9m、「中州下流」が3.0m、「仁西」が3.0m、「河口橋上流」が3.4mであった。

なお、本報告では、仁淀川汽水域という名称を、仁淀川河口内と同義のものとして使用し

汽水域調査

た。

アユ採集以外の調査は、2008（平成20）年4月から2009年3月にかけて、月に1回の頻度で、昼間の干潮前後に実施した。2007年10月から2008年3月に、月1～2回の頻度で行った予備調査の結果についても、本報告に加えた。

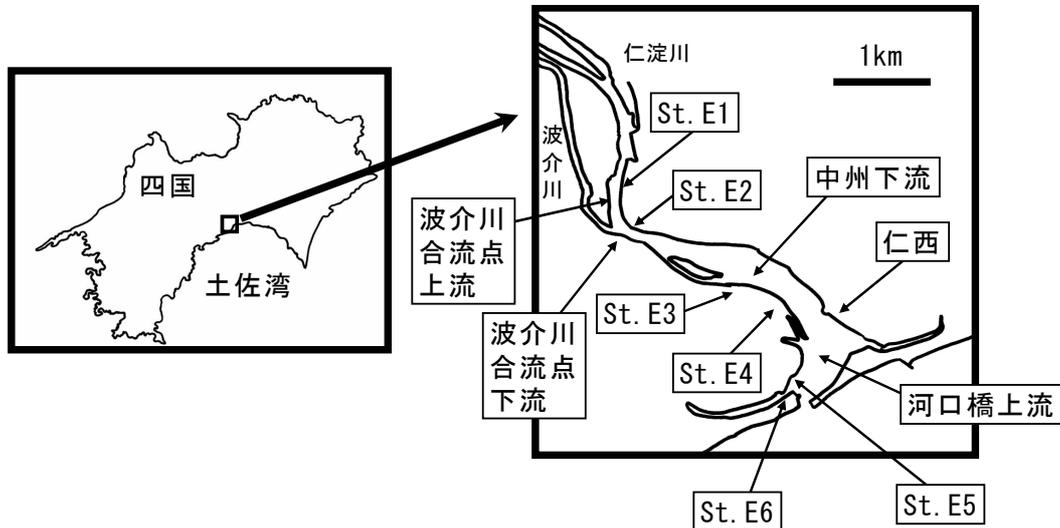


図1 調査地の概要

(2) 水質

図1に示す「波介川合流点上流」、「波介川合流点下流」、「中州下流」、「仁西」、「河口橋上流」の各定点で、YSI社製の650MDSを用いて、表層（0m）から50cm間隔で底層まで、水温、塩分、溶存酸素を測定した。また、表層と底層で採水し、林（2009）と同様な方法で、クロロフィルaを分析した。なお、「仁西」のクロロフィルaは、2008年6月から調査を開始した。

(3) 動物プランクトン

図1に示す「河口橋上流」、「中州下流」、「仁西」の3定点で採集した。「河口橋上流」は2007年12月から、「中州下流」は2008年5月から、「仁西」は2008年1月から調査を開始した。2009年3月は、増水のため、調査しなかった。表層、水深2m、底層で、それぞれ10L採水し、100 μ m目合いのプランクトンネットで濾過した後、濃度が約5%になるようにホルマリンを添加し、固定した。採集物は、実験室に持ち帰った後、エタノールに移し、保存した。実体顕微鏡下で、動物プランクトンをできるだけ下位の分類群ごとに分け、それぞれの個体数を計数した。

(4) アユ

図1に示す「仁西」において、2007年12月から2008年3月の期間中に6回、さらに2008年11月と12月にも1回ずつ、アユの灯火採集を実施した。採集したアユはエタノールで固定、保存した後、体長を計測した。体長20mm以上の個体については消化管内容物を調べた。

また、Tsukamoto and Kajihara（1987）に従い、耳石（扁平石）により日齢を査定した。さらに、高橋（2005）に従い、日成長速度を算出した。

(5) スジアオノリ

2007年11月26日～2008年4月2日にかけて、図1に示す St. E1～E5 において、スジアオノリの生育状況を調査した。また、2008年1月下旬に、河口周辺で繁茂が見られたため、St. E6 として調査定点に加えた。河床の小石を数個採集し、付着しているスジアオノリの葉体を無作為に20本程度選び、葉長を計測した。

2008年12月～2009年3月にも、同様の方法で調査した。この時は、St. E6 ではスジアオノリが見られなかったため、調査しなかった。

3 結果

(1) 水温・塩分・溶存酸素

定点「波介川合流点上流」、「波介川合流点下流」、「中州下流」、「河口橋上流」における、塩分の鉛直分布について、底層の塩分が高かった調査日の例として2007年12月10日の調査結果、底層の塩分が低かった調査日の例として2008年4月2日の結果を、図2にそれぞれ示した。また、同日の水温や溶存酸素の鉛直分布もあわせて示した。

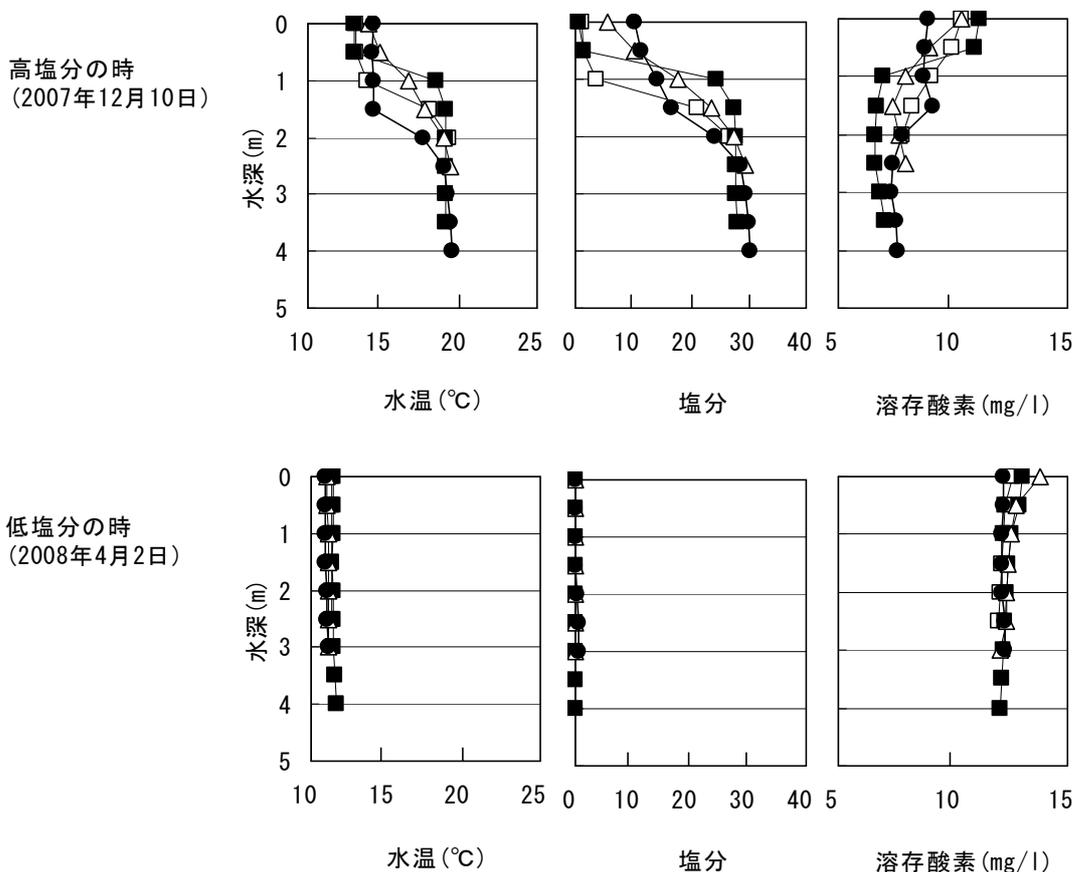


図2 水温、塩分、溶存酸素の鉛直分布

□波介川合流点上流 ■波介川合流点下流 △中州下流 ●河口橋上流

2007年12月10日には、表層の塩分が下流側の定点で若干高かったが、全体的には定点間で大きな差異は見られなかった。各定点において水深1～2m付近で明瞭な水温躍層や塩分躍層が見られ、底層では26.7～30.4の塩分が記録された。

一方、2008年4月2日には、各定点の全層で塩分が0.0～0.6となった。この時は、水温や

汽水域調査

溶存酸素も、塩分と同様、表層から底層まで一様な分布を示した。

河口橋上流における、表層、水深1m及び底層の水温の変化を図3に示した。調査期間中、表層の水温は、8.1～27.2℃の範囲で変動した。

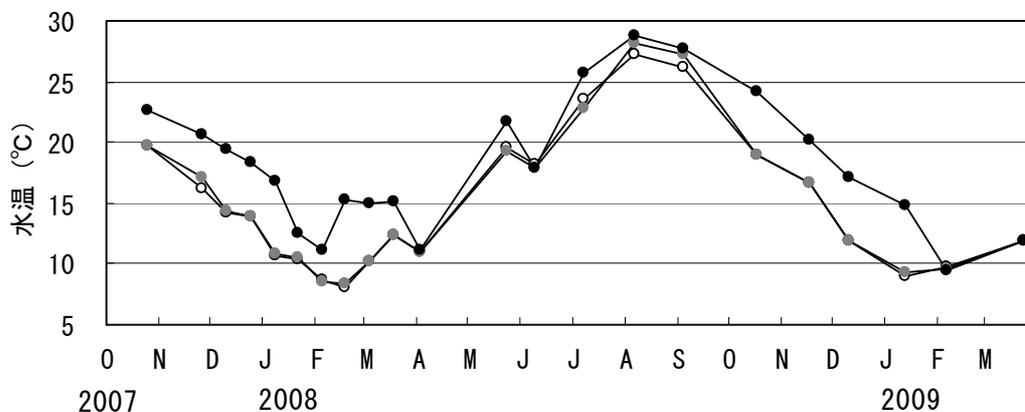


図3 「河口橋上流」の水温の変化

○0m、●1m、●底層

河口橋上流における、表層、水深1m及び底層の塩分の変化を図4に示した。表層は、2007年10～12月の期間は最高で11.8まで上昇したが、その時期を除くと、0.0～3.9で推移した。底層では、概ね20.0～30.0で推移したが、しばしば0.0に近い値まで低下した。水深1mでは、一時的に約15.0まで上昇することがあったが、全体的には表層と大差はなく、1.0より低い値で推移することが多かった。

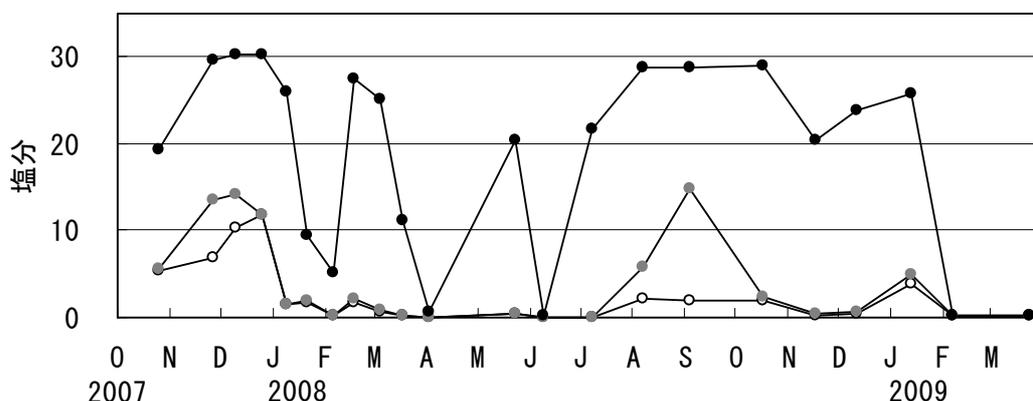


図4 「河口橋上流」の塩分の変化

○0m、●1m、●底層

「河口橋上流」における、表層、水深1m及び底層の溶存酸素の変化を図5に示した。2008年11月17日の表層は機器の不調による異常値が記録されており、図からは除外した。

「河口橋上流」の底層における最低値は、2008年8月7日に記録された6.0mg/Lであった。図には示していないが、他定点の溶存酸素も概ねよく似た動態を示した。底層では、「波介川合流点下流」を除くと、各定点とも5.0mg/Lを下回ることはなかった。「波介川合流点下流」では、2008年8月7日に2.5mg/Lが記録された。

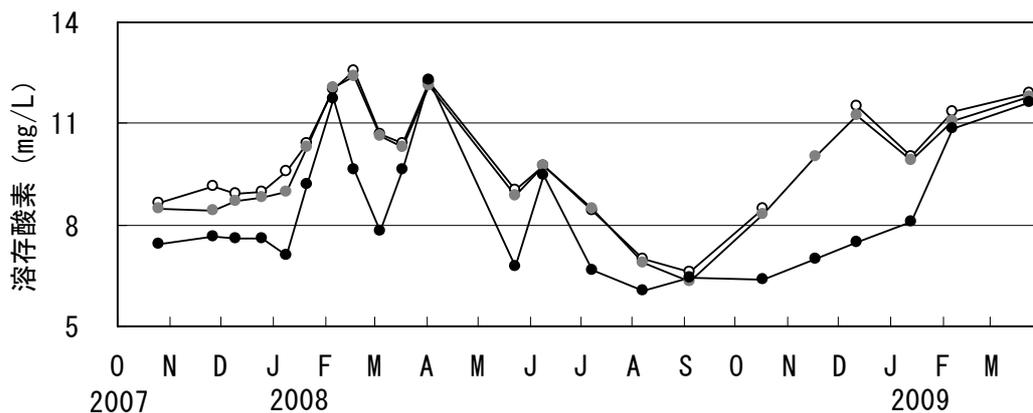


図5 「河口橋上流」の溶存酸素の変化

○0m、●1m、●底層

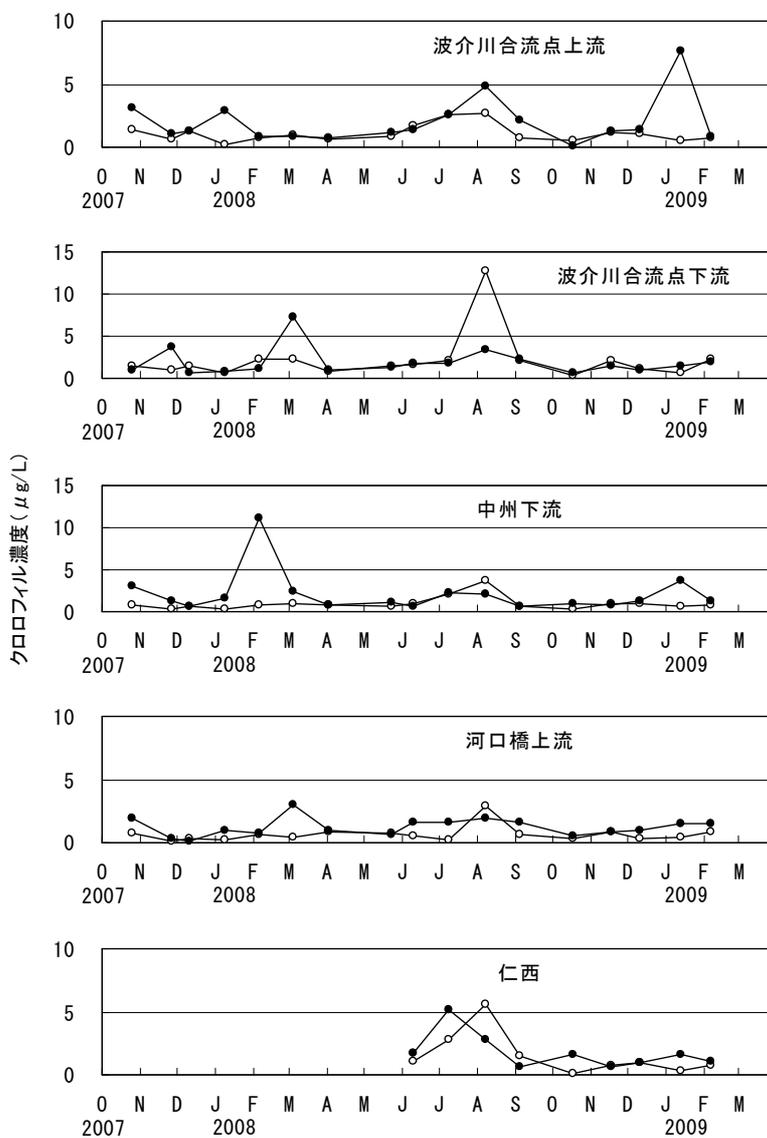


図6 クロロフィルa濃度の変化

○0m、●底層

汽水域調査

各定点における、クロロフィル a 濃度の推移を、図 6 に示した。表層では、どの定点でも、2008 年 8 月に高くなる傾向が見られ、特に「波介川合流点下流」で高かった。底層では、「波介川合流点上流」を除くと、2008 年 2～3 月頃と 7～8 月頃を中心に高くなった。

(2) 動物プランクトン密度

確認された動物プランクトンは、全てカイアシ類で占められていた。カイアシ類全体の密度及び底層の塩分の推移を図 7 に示した。各定点とも、底層で多く出現した。表層では、「河口橋上流」で、1 個体出現したのみだった。底層の塩分が高い時期に、カイアシ類の密度が高くなる傾向が見られた。

最も密度が高かったのは、「中州下流」で 2008 年 9 月に記録された 19.3 個体/L だった。この時は、*Oithona* sp. が 19.0 個体/L 出現し、大部分を占めていた。「仁西」や「河口橋上流」でも、2008 年 9 月の密度が最も高く、それぞれ、3.8 個体/L、2.5 個体/L だった。

「中州下流」では、2008 年 11 月にも、比較的高い密度となり、6.8 個体/L だった。この時は、*Pseudodiaptomus inopinus* が 0.9 個体/L、*Acartia* sp. が 1.7 個体/L、さらに、カラヌス目のコペポダイト幼生が 3.7 個体/L 出現しており、カラヌス目全体で 6.4 個体/L を占めた。

「中州下流」、「仁西」、「河口橋上流」の各定点の底層における、調査日ごとの塩分とカイアシ類密度の関係を図 8 に示した。両者の間には、有意な正の相関が見られた (Spearman の順位相関: $r=0.66$ $P<0.01$)。

各定点の、調査期間を通じての浮遊性カイアシ類の密度と種組成を図 9 に示した。「中州下流」では、*Oithona* sp. の割合が高かったものの、*P. inopinus* や *Acartia* sp. も出現した。「河口橋上流」では、不明個体及び *P. inopinus* がわずかに出現したのを除くと、全て *Oithona* sp. によって占められていた。「仁西」では、*Oithona* sp.、*Sinocalanus tenellus*、*P. inopinus*、*Acartia* sp. が、ほぼ均等に出現した。

各定点の、*Oithona* sp.、*S. tenellus*、*P. inopinus*、*Acartia* sp. の密度の推移を図 10 に示した。*Oithona* sp. は、2007 年冬季から 2008 年の春季にかけては出現せず、2008 年の夏季から秋季を中心に密度が高くなった。さらに 2009 年 1 月にも、「中州下流」で一時的に密度が高くなった。本種の各定点の最高密度は、「中州下流」で 19.0 個体/L、「仁西」で 2.0 個体/L、「河口橋上流」で 2.5 個体/L だった。また、*Acartia* sp. は、「中州下流」では 2008 年 11 月に、「仁西」では 2008 年 9 月に密度が高くなり、最高密度はそれぞれ 1.7 個体/L、1.9 個体/L だった。本種も、2007 年冬季から 2008 年の春季にかけては出現しなかった。対して、*S. tenellus* と *P. inopinus* は、「仁西」において、低水温期を中心に出現する傾向が見られた。*S. tenellus* は、2008 年 3 月及び 11～12 月に密度が高くなり、それぞれ 0.5 個体/L、0.4 個体/L 出現した。また、「中州下流」では、2009 年 1 月に最高 0.2 個体/L 出現した。*P. inopinus* は、「仁西」では、2008 年 2 月に 1.9 個体/L 出現したほか、2008 年 11 月～2009 年 2 月にかけて 0.1～0.2 個体/L の出現が認められた。「中州下流」では、2008 年 11 月に 0.9 個体/L 出現した。

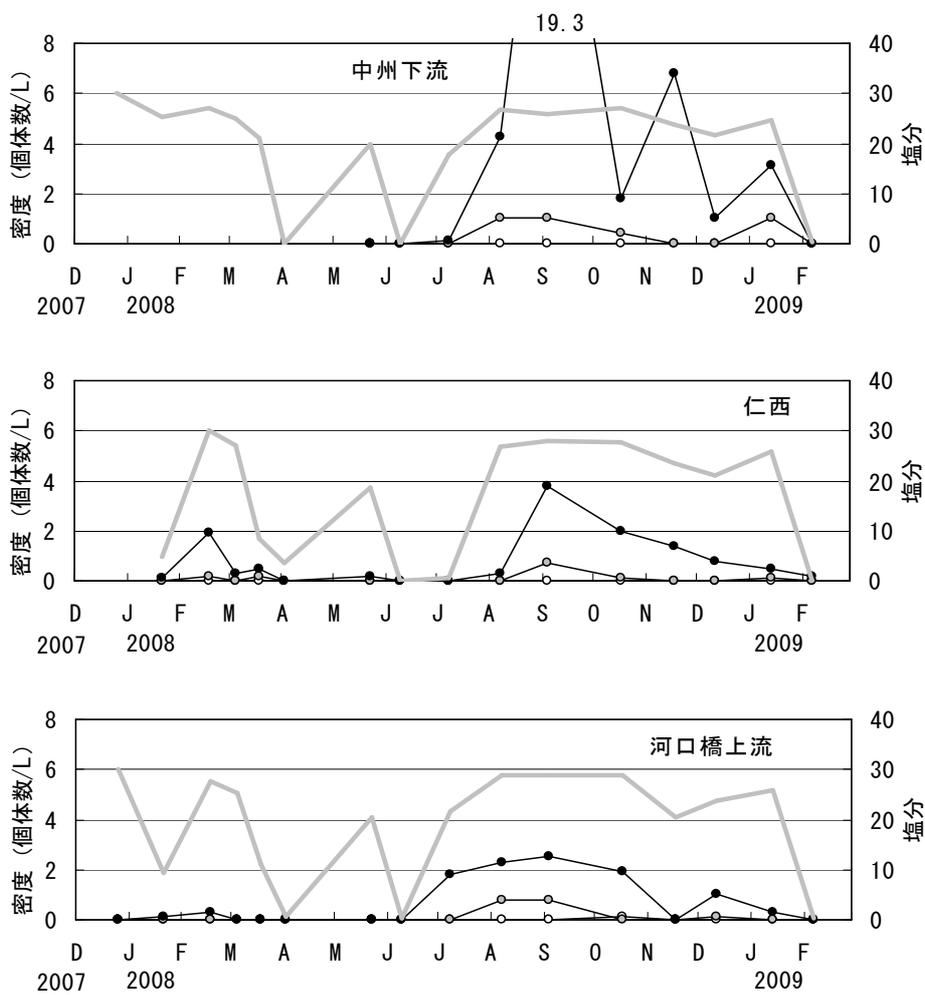


図7 カイアシ類の密度の変化
○0m、●2m、●底層、—塩分（底層）

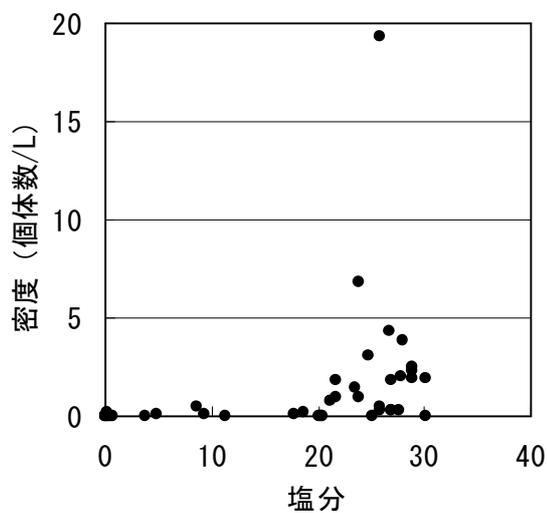


図8 底層の塩分とカイアシ類密度の関係

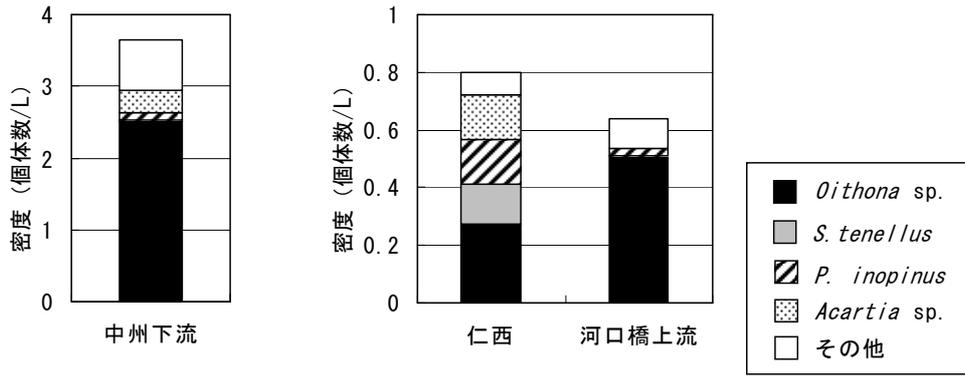


図9 調査期間を通じての定点ごとのカイアシ類密度と種組成

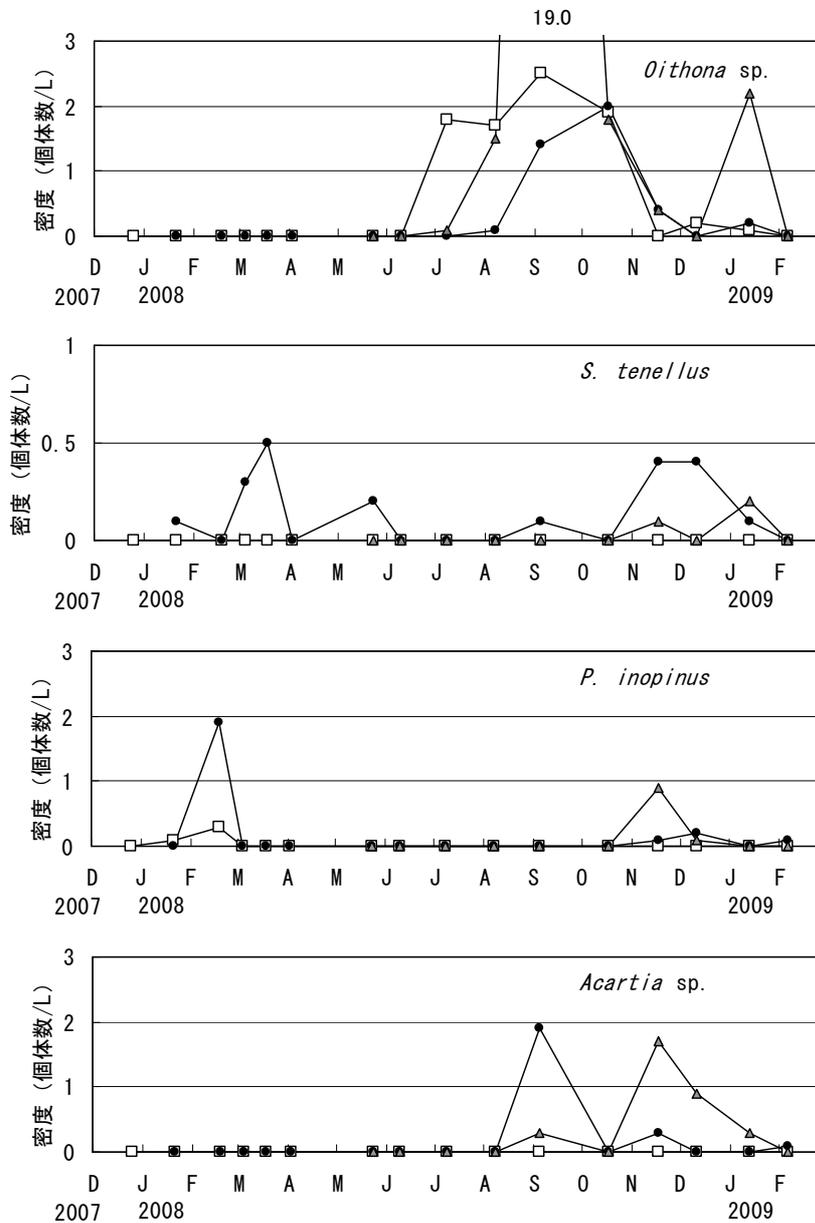


図10 「仁西」及び「河口橋上流」における、種ごとのカイアシ類密度の変化
▲「中州下流」、●「仁西」、□「河口橋上流」

(3) アユの出現

アユの灯火採集の結果を表 1 に示した。2007 年 12 月から翌年 3 月まで、継続的にアユが出現した。今回調査した個体では、消化管内に餌生物が確認できず、摂餌していた個体の割合（摂餌率）は、いずれの調査日も 0 となった。

アユの体長組成を図 11 に示した。2007 年 12 月 25 日と 2008 年 1 月 8 日は、無作為に選んだ 50 個体の体長組成を示した。2008 年 1 月から 3 月にかけて、経時的な体長の増加がみられた。

2007 年 12 月から 2008 年 3 月にかけて採集されたアユについて、採集日ごとの孵化日組成を図 12 に、採集日と孵化日の関係を図 13 に、それぞれ示した。2008 年 1 月初旬頃に生まれた個体は、2008 年 1 月～3 月の期間、継続的に出現した。11 月中旬から 12 月上旬に孵化した個体は、12 月下旬に出現したが 1 月中旬には出現しなくなった。12 月下旬から 1 月上旬に孵化した個体は、1 月上旬から 3 月中旬まで継続して出現した。

2007 年 11 月～2008 年 1 月に生まれた個体について、孵化日と成長率の関係を図 14 に示した。大部分の個体は、0.3～0.6mm/day の範囲に収まっていた。

表 1 アユ灯火採集の結果

採集日	採集時間	採集個体数	個体数/分	摂餌率（個体数）	
2007	12/25	17:50-18:30	297	7.4	
2008	1/8	記録なし	88		
	1/15	18:03-18:43	59	1.5	0 (n=5)
	2/13	18:23-19:19	15	0.4	0 (n=7)
	2/25	19:00-20:00	5	0.1	0 (n=4)
	3/11	19:00-19:20 19:54-20:35	6	0.2	0 (n=5)
	11/28	17:30-19:00	47	1.2	
	12/26	17:48-18:30	112	2.8	

汽水域調査

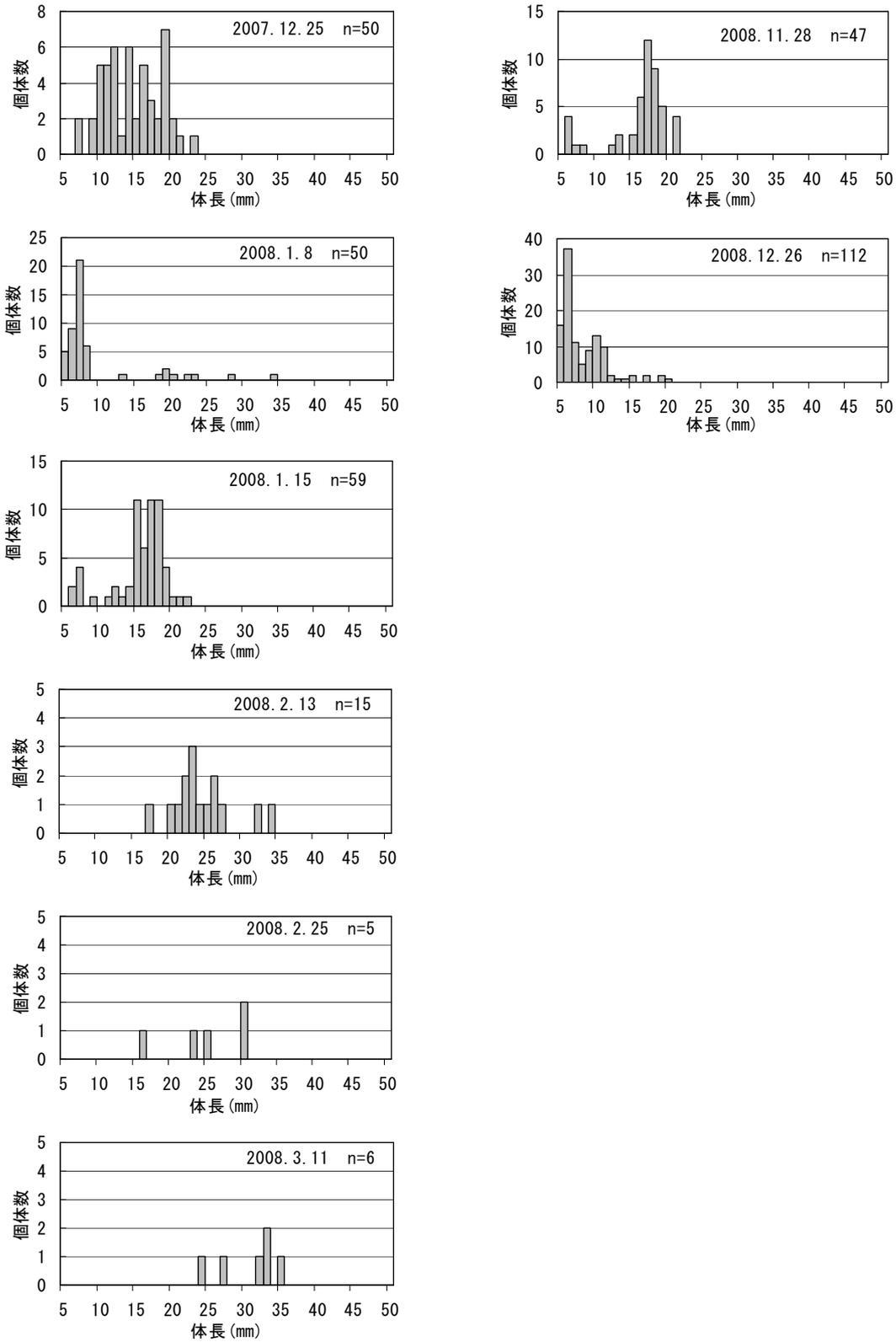


図 11 採集日ごとのアユの体長組成

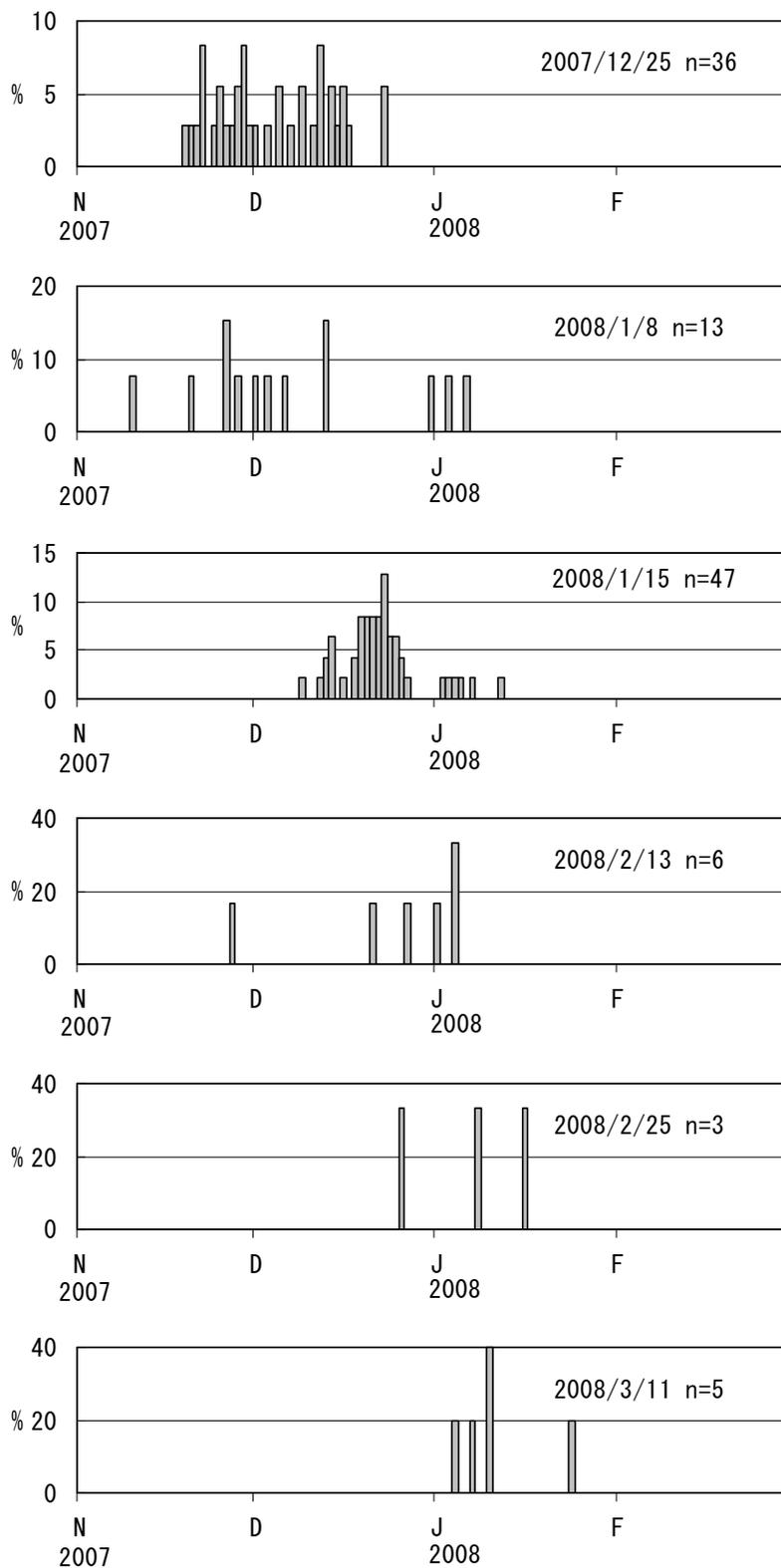


図 12 採集日ごとのアユの孵化日組成

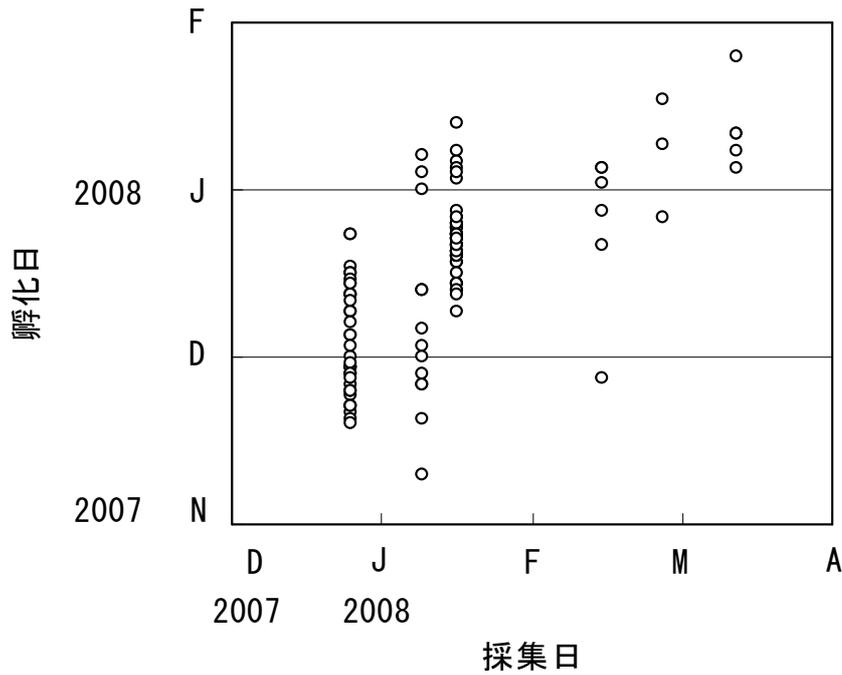


図 13 採集日とアユの孵化日の関係

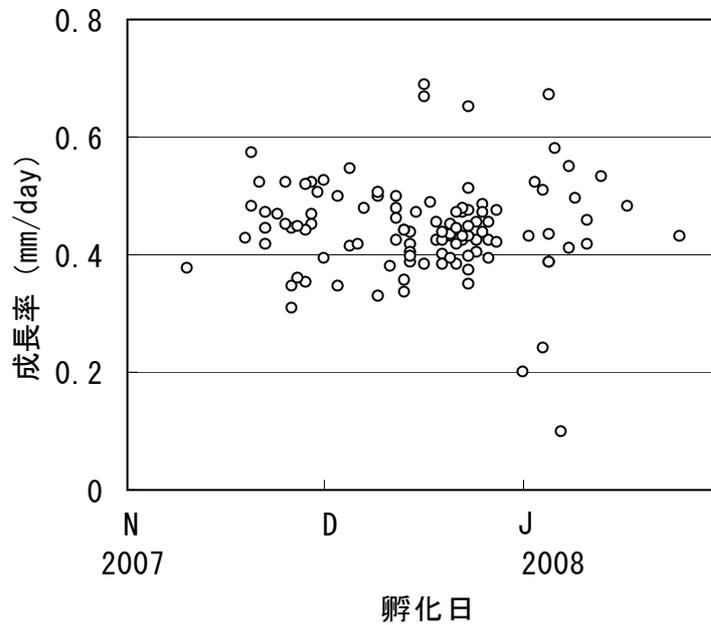


図 14 アユの孵化日と成長率の関係

(4) スジアオノリの葉長

各定点ごとの最大葉長を、図 15 に示した。2007 年 11 月～2008 年 4 月までの期間中は、St. E6 で最も繁茂し、調査期間中の最大葉長は 69.2cm が記録された。St. E3 や St. E5 でも、50cm を超える葉長が記録された。2009 年 1～2 月は、St. E3、St. E4、St. E5 で、48.5～73.8cm の葉長

が記録された。

St. E3 及び St. E5 における、平均葉長の推移と、「河口橋上流」における底層の塩分の推移を図 16 に示した。2007 年 11 月に、幼体が見られ始めた。2008 年 1～2 月に伸張したが、2 月下旬には葉長が低下した。その後、再び伸張し、3 月下旬には最大となったが、4 月上旬に衰退した。2009 年は 1 月から伸張し、2 月には最大となったが、3 月には消滅した。

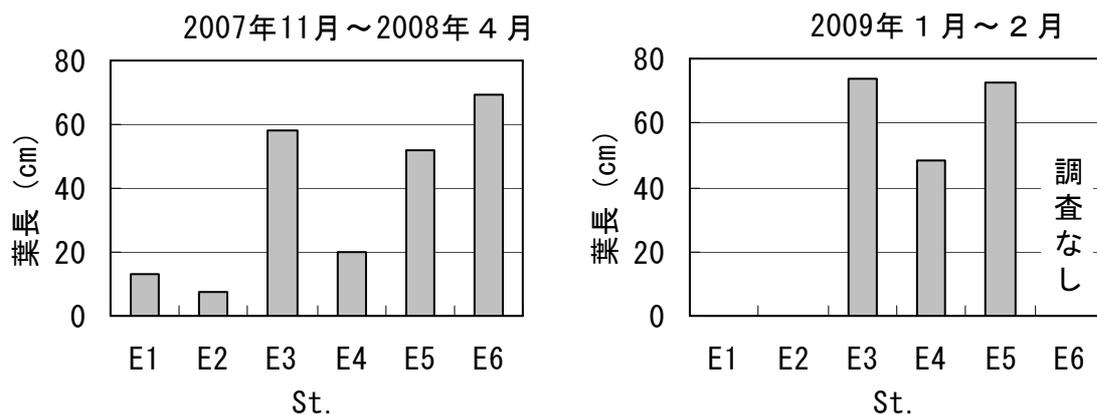


図 15 定点ごとのスジアオノリの最大葉長

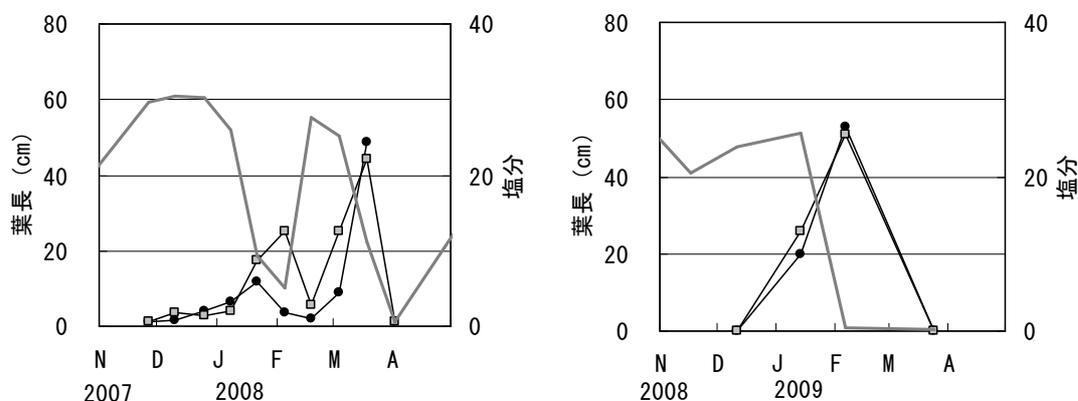


図 16 St. E3 及び St. E5 におけるスジアオノリの平均葉長の変化

●St. E3、□St. E5、—塩分（河口橋上流底層）

4 考察

(1) 塩分・溶存酸素

仁淀川汽水域の環境は、木村ほか（2004）が、秋から春にかけて調査し、報告している。それによると、仁淀川河口付近の最大川幅は約 1 km に及ぶものの、河口の川幅は約 60m であり、しばしば閉塞する。また、塩分については、鉛直的に強く成層し、典型的な弱混合型河川である。こうした塩分成層は、今回の調査でもよく観察された（図 2、図 4）。

仁淀川汽水域は、表層塩分が 5.0 を超えることはまれであり、四国内の他の河川と比較して、混合が弱い環境であると思われる。下ノ加江川の汽水域における表層の塩分は、一時的に 0.0

汽水域調査

まで低下することがあっても、通常は 20.0 を超えていることが多い（東ほか 2003）。四万十川では、1992年11月～1993年2月の期間中の平均塩分が表層で約10.0、水深1mで約16.0、2mで約25.0であった（高橋 2004）。徳島県の吉野川や日和佐川でも、降雨後以外は、表層で10.0～30.0の塩分が観察されることが多い（團 2005）。

仁淀川と類似している河川としては、塚本ほか（1989）がアユの調査を行った紀伊半島南部の熊野川があげられる。熊野川汽水域では、塩分が明瞭な成層を示す。また、河口付近の最大川幅は1km近いものの、河口の川幅は狭まっており、しばしば閉塞する点も仁淀川と共通している。

仁淀川汽水域では、まとまった降雨の後には、表層から底層まで淡水化する現象もしばしば観察された（図2、図4）。すなわち、仁淀川汽水域の環境は、平常時に塩分が強い成層をなす一方、散発的に全層が低塩分化することが特徴であると言える。

しかしながら、地元の人からの聞き取りによると、数十年前の仁淀川汽水域は、現在よりも塩分が高かったように思えるとのことである。当時の状況については、詳細なデータは残っていない。そのため、現時点では、過去との比較は不可能であるが、仁淀川の塩分環境は長期的に変化している可能性もある。

ところで、一般には、成層が発達すると、底層が貧酸素の状態になりやすい（西条ほか 1996）。しかしながら、仁淀川汽水域の底層では、成層が強いにもかかわらず、概して、溶存酸素が5mg/Lを下回ることはなかった（図5）。底層に生息する生物にとっては、十分な酸素が供給されている環境であると言える。

(2) カイアシ類の出現

汽水域は仔稚魚の生育場となっている（マクラスキー 1999、藤田 2004、田中ほか 2009 など）。仁淀川汽水域においては仔稚魚相に関する詳しい報告はないが、本調査中に、ギンガメアジ、ヒイラギ、コトヒキ、アユなどの稚魚が確認された。海域や汽水域においては、多くの仔稚魚にとってカイアシ類は極めて重要な餌生物であり（日比野ほか 1999、田中 1980、藤田 2004、田中ほか 2009、小路 2009 など）、その動態を把握することは、汽水域の生物群集を保全するうえで重要な情報となる。

カイアシ類ノープリウス幼生は、かなりの部分が、35 μ mの網目を通り抜ける（田中 1981）。今回の調査では、100 μ m目合いのネットを使用したため、コペポダイト期以降の個体を対象に解析した。なお、ノープリウス幼生は、「中州下流」で2008年8月に4.0個体/L、2009年1月に1.7個体/Lの密度で採集されたが、それ以外はほとんど出現しなかった。ノープリウス期の動態についても、今後、検討を要する。

今回見られたカイアシ類のうち、*S. tenellus*は、汽水性のカイアシ類であり（大塚 1997）、汽水域で生活史を完結させている（Hada et al. 1986）。*P. inopinus*も、やはり汽水性のカイアシ類とされている（平川 1997）。こうした種は、仁淀川の汽水域で定住しているものと思われる。また、*Oithona*属や*Acartia*属も汽水域に定住している可能性もあるが、海域で出現する種も多い（上田 1997、西田 1997）ことから、海域から供給されていた可能性もある。

カイアシ類は、底層付近でのみ出現し、表層や水深2mでは、ほとんど出現しなかった（図7）。すなわち、塩分躍層の下層のみで出現したことになる。九州の筑後川河口において、*S.*

tenellus の近縁種である *S. sinensis* と *P. inopinus* の鉛直分布が調べられており (Ueda et al. 2004)、やはり塩分の高い中層から底層にかけて多く出現していた。これらの知見から、河口内ではカイアシ類は塩分躍層の下に分布していることが多いと思われる。

特に仁淀川は、筑後川や四万十川などと比較して弱混合であり、塩分成層が発達しやすい(図 2、図 4)。仁淀川汽水域の表層水は常時河口へ向いて流れており (木村ほか 2004)、受動的に移動する浮遊生物が表層に生息することは物理的に不可能である。そのため、他河川よりも底層への依存が強いと思われる。

木村ほか (2004) は、仁淀川では、最干潮時にも海水が河口内底層に滞留していることを報告した。仁淀川においては、そのような底層水の滞留が、浮遊生物の生息に重要であると考えられる。カイアシ類の密度が高い時期は、底層のクロロフィル a 濃度が高い時期と概ね一致した (図 6、図 7)。水塊が安定して滞留している時、植物プランクトンが発生し、それを餌としてカイアシ類の密度も増していたものと考えられる。

もともと河川では、全体として見れば川下への一定方向への流れが卓越している。そうした環境下で浮遊生物がどのように河口内にとどまっているのか、これまで様々な研究や考察が行われてきた (マクラスキー 1999、上田 2005)。例えば、上げ潮時に表層へ鉛直移動して上流への流れに乗って運ばれる一方、下げ潮時には流れの緩い底層へ移動して下流への移動を最小限にし、河川内にとどまっているという説などが提唱されている。ただし、仁淀川では、全体的に水深が浅いため、塩分躍層より下層の厚さが 1 m 程度の場所が多く、こうした鉛直移動説が適用できるか明らかではない。

また、*S. tenellus* や *Acartia* sp.、*P. inopinus* は、流心部に位置する「河口橋上流」定点ではほとんど出現せず、川岸に近い「中州下」あるいは「仁西」のみで出現した (図 9)。一般に、河川では流心より岸沿いの流れが緩く、岸沿いを中心に分布することも、流されないための生態学的適応の一つであると思われる (森 2008)。

一方、降雨の後、仁淀川汽水域は、しばしば底層まで低塩分化した。塩分とカイアシ類密度の間には関係が認められ (図 7、図 8)、塩分が概ね 10.0 を下回るとカイアシ類は出現しなくなった。低塩分による生理的障害で死滅した可能性もあり得るものの、*S. tenellus* はかなりの低塩分でも成長が可能である (Kimoto et al. 1986) ため、増水により物理的に出現できなくなったことが主因であると思われる。今回の調査では、流速などは計測していないが、低塩分化している時は、底層水の滞留はなくなり、河口への流れが発生しているものと思われる。

河口内の浮遊性カイアシ類が、どのように増水を乗り切って個体群を存続させているか、研究された例はほとんどない。唯一の事例として、筑後川において、*S. sinensis* と *P. inopinus* が、滞筋の底を避難場所とし、増水が終わった後、すみやかに底層に塩分くさびが侵入したのに合わせて密度を回復させたことが観察されている (Ueda et al. 2004、上田 2005)。仁淀川の汽水域における避難場所は確認されていないが、水深 10m を越える淵 (木村ほか 2004) や、わんど、河床などが考えられる。

仁淀川の場合、筑後川と異なり、一旦全層が低塩分化すると、しばらくの期間は、全層で低塩分化するようである。底層の低塩分化が解消されない期間は、避難場所の中では生存できても、汽水域全体で広く出現することはできない。すなわち、仁淀川汽水域のカイアシ類の出現は、降雨に大きく影響され、極めて不安定なものであると言える。

(3) アユの出現

今回は、灯火採集によって、アユを採集した。時間あたりの採集個体数は、12月に多く、1月以降は少なくなる傾向が見られた(表1)。ただ、アユの出現状況は天候や潮汐によって変化する可能性もあり、この方法で定量化することが妥当か、今後検討の必要があると思われる。

塚本ほか(1989)、高橋ほか(1990)は、それぞれ、熊野川及び四万十川の河口内が、アユ仔稚魚の成育場になっていることを報告した。高橋(2004)は、最低水温が8.0℃以上で規模が確保される河口であれば、アユ仔稚魚の成育場になり得ると推察している。また、河口内は、浸透圧調整に必要なエネルギーが少ないなど有利な面があるため、海域よりも成長が良好であり、成育場として重要であると指摘している。

今回の調査期間中、仁淀川河口内表層における最低水温は8.1℃であった。また、仁淀川汽水域の塩分環境や規模は熊野川に類似しており、アユの成育場となる条件は備えているものと思われる。

実際に、仁淀川汽水域では、アユの仔稚魚の出現も確認された。1月上旬生まれの個体では、3月中旬まで継続して出現し(図12、図13)、経時的な体長の増加も認められた(図11)。四万十川では、12月下旬以降に生まれた個体は、河川内に継続して出現する傾向がある(高橋2005)。本調査の結果もよく似ており、高橋(2004)が指摘するように、仁淀川でも、遅生まれの個体は河口内に留まって成長する傾向が強いのかも知れない。

仁淀川汽水域で採集されたアユの日間成長率は、概ね0.4~0.5mm/dayに収まり(図14)、四万十川汽水域(高橋2004)と比較して、大きな差異はないと思われる。これらの個体が、汽水域に留まっていたものとするれば、仁淀川汽水域もアユ成育場として機能しているものと思われる。

ただし、汽水域での継続的な出現については、順次、海域から加入してきていた可能性もある。今回の調査だけでは、河口内に留まって成長していたことを証明することはできない。仁淀川汽水域におけるアユの利用状況については、より詳細な検証が必要である。

一般的に、アユ仔稚魚の摂餌率は高い(浜田ほか1988、高橋2004)。一方、今回の調査で得られたアユでは、摂餌している個体は確認できなかった(表1)。リュウキュウアユ仔稚魚では、3時間ごとに摂餌率を調査したところ、9:00~18:00まで100%だったものの、21:00~翌朝6:00までは0%と、極端な結果が得られた(岡ほか1996)。今回の調査では、日没後できるだけ早い時間に採集したものの、やはり夜間であったことで、摂餌が確認できなかったものと思われる。

アユ仔稚魚は、主にカイアシ類を餌にしている(浜田ほか1988、八木ほか2006、石田ほか2008)。四万十川の河口内でも、全体としてはカイアシ類が多かった(高橋2004)。四万十川で摂餌されていたカイアシ類には多くの種が含まれており(高橋2004)、本調査で出現が確認された*Oithona* spp.、*Acartia* spp.、*S. tenellus*なども利用されていた。

アユ仔稚魚が出現していた時期の「仁西」におけるカイアシ類の出現は、多いときで1.9個体/L、少ないときは0.1個体/Lだった(図7)。徳島県の海域では、カイアシ類コペポダイト全体の密度は約5~15個体/Lであり(石田ほか2008)、それと比較すると、仁淀川のカイアシ類密度は低かった。ただし、徳島県海域でアユ仔稚魚が主に摂餌していた*Paracalanus* spp.の密度は2個体/Lに過ぎなかった(石田ほか2008)。自然界において、ア

ユの良好な成長に必要なカイアシ類密度については知見がなく、仁淀川汽水域の餌料環境については、現時点では評価しにくい。しかしながら、増水によってプランクトンが出現しなくなることがあるため、不安定な餌料環境であると思われる。

総合的に勘案すると、仁淀川汽水域は、アユの成育場となる潜在的な可能性はある。しかし、餌生物の不安定な出現などを考えると、良好な成育場かどうかは疑問が残る。さらに、高橋（2004）、東ほか（2003）などが指摘するように、河口内に留まるアユが、資源にどれほどの影響を与えているのか、そもそも不明である。

ただ、近年、高知県沿岸では海水温が上昇傾向にある（石川ほか 2004、梶ほか 2007）。高橋（2004）は、海水温の上昇が、アユの大量減耗に繋がった可能性を指摘している。より海水温の高い地域に生息する亜種リュウキュウアユ仔稚魚の成育場は、汽水域にほぼ限定されている（岸野ほか 2005、岸野ほか 2006）。そうしたことから、今後、温暖化が進行した場合、高知でも、水温の低い汽水域が、アユ成育場として重要性を増す可能性はある。

また、仁淀川汽水域が、アユ仔稚魚にとって、長期的に滞在する生育場ではなかったとしても、降下や遡上途中に利用する場所であることは間違いない。そのため、アユを保全するうえでは、汽水域にも注目していく必要がある。サケ科幼魚においても、汽水域は、生活史の中で利用する時間はごく短いものの、摂餌や塩分馴致などにおいて重要な場所であり、資源の維持にも深く関与していることが指摘されている（森 2008）。

（4）スジアオノリの消長

仁淀川汽水域では、河口に近い場所で、良好な成長を示した（図 15）。吉野川や日和佐川では、河口からやや上流部で最もよく成長し（團 2005）、海水よりも薄い塩分帯が好適環境であると考察されている。仁淀川の表層塩分は、吉野川や日和佐川より低く、より河口に近い場所で繁茂するものと思われる。

團（2005）は、降雨の後に、しばしばスジアオノリ群落が衰退することを報告している。同様な現象は、四万十川でも観察されている（大野ほか 1999）。團（2005）や大野ほか（1999）は、スジアオノリの消長や河川内分布には、塩分の影響が大きいことを指摘している。仁淀川でも、塩分低下の後に、葉長が短くなり、群落が衰退した（図 16）。

仁淀川は、吉野川や日和佐川、四万十川よりも鉛直混合が弱く、異なった塩分環境を示す。そのため、他河川とは異なる消長パターンを示す可能性もあり、今後、より詳細な調査が必要である。

スジアオノリは、各地で漁獲量が減少している。四万十川では、多いときには 50 トンの漁獲があったものの、近年は 10 トン前後で推移し、2008 年は 2 トンにまで低下した（2008 年 6 月 3 日付け高知新聞）。和歌山県古座川においても、1986 年に 5,238kg（乾重量）の漁獲量を記録した後、徐々に減少し、1998 年に 88kg まで低下した。さらに、1999 年や 2003 年には漁獲がほとんど皆無となった（堀木 2006）。仁淀川でも漁獲が減少しているらしいが、正確な漁獲量は把握されていない。何らかの方法で漁獲量を把握することは、今後の課題である。

スジアオノリは、気温の低い年は豊漁になると言われている（大野ほか 1999）。また、海水温が上昇すると不作になるとの指摘もある（平岡私信、2009 年 7 月 13 日付け朝日新聞）。近年の温暖化は、スジアオノリの漁獲量に負の影響を与えている可能性もある。

汽水域調査

(5)まとめ

仁淀川の汽水域の環境は、強い塩分成層が見られること、しばしば全層が低塩分化することが特徴である。こうした不安定な塩分環境に影響を受け、プランクトンの出現やスジアオノリの消長なども不安定になっていることが示唆された。

地元の人への聞き取りから、塩分環境が長期的に変化している可能性も疑われた。加えて、アユ及びスジアオノリの減少には、温暖化の影響も指摘されている。

こうしたことから、基本的な環境調査項目である水温と塩分は、仁淀川汽水域の環境の監視においては、重要な意味を持つと思われる。

謝 辞

高知大学の小栗聡介氏、中村則堂氏には、サンプル処理及び計測において、多大なるご協力を頂いた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 團 昭紀 (2005) 徳島県吉野川と日和佐川に生息するスジアオノリの生態 徳島水研報 4 29-35
- 藤田真二 (2004) 四万十川河口域におけるスズキ属、ヘダイ亜科仔稚魚の生態学的研究 *Bulletin of Marine Science and Fisheries, Kochi University***23** 1-57
- 東 健作・平賀洋之・木下 泉 (2003) 降下仔アユの海域への分散に及ぼす降水量の影響 日本水産学会誌 **69(3)** 352-358
- 東 健作 (2004) アユの海洋生活期における分布生態 *Bulletin of Marine Science and Fisheries, Kochi University***23** 59-112
- Hada A, Uye S and Onbe T (1986) The seasonal life cycle of *Sinocalanus tenellus* (copepoda: Calanoida) in a brackish-water pond *Bulletin of plankton society of Japan***33(1)** 29-41
- 浜田理香・木下 泉 (1988) 土佐湾の砕波帯に出現するアユ仔稚魚の食性 魚類学雑誌 **35(3)** 382-388
- 林 芳弘 (2009) 赤潮・貝毒調査事業 平成 19 年度高知県水産試験場事業報告 71-86
- 日比野学・上田拓史・田中 克 (1999) 筑後川河口域におけるカイアシ類群集とスズキ仔稚魚の摂餌 日本水産学会誌 **65(6)** 1062-1068
- 平川和正 (1997) プセウドディアプトムス科 日本産海洋プランクトン検索図説 千原光雄・村野正昭編 東海大学出版会 892-896
- 平岡雅規・鳶田 智 (2004) 四万十川の特産品スジアオノリの生物学 海洋と生物 **155(26)** 508-515
- 堀木信夫 (2006) 古座川河口域におけるスジアオノリの漁獲量変動と環境要因 平成 16 年度和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場事業報告書 223-226
- 石田鉄兵・池脇義弘・長尾和年・須原 修・四宮昭彦・三好亮徳・藤岡保史・渋江 文・天真正勝・守岡佐保・竹内 章 (2008) 海域におけるアユの分布・生態環境の解明 平成 18 年度徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所事業報告書 18-20
- 石川 徹・田井野清也・荻田淑彦 (2004) 藻場管理手法開発事業 平成 14 年度高知県水産試験場事業報告 90-116
- 梶 達也・田ノ本明彦 (2007) 定線観測による水温データからみた土佐湾における漁海況変動

黒潮の資源海洋研究 8 11-18

- Kimoto K, Uye S and Onbe T (1986) Growth characteristics of a brakish-water calanoid copepoda *Sinocalanus tenellus* in relation to temperature and salinity *Bulletin of plankton society of Japan***33(1)** 29-41
- 木村晴保・茂木宏友・石田善久・小浜正好 (2004) 流下アユ孵化仔魚を対象とした仁淀川河口感潮域の水質ならびに流動環境 水産工学 **40(3)** 195-203
- 木村晴保・山中弘雄 (2005) 総括 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調査研究 (平成 15 年度大学等連携促進研究成果報告書) アユ共同研究チーム編 67-69
- 岸野 底・四宮明彦 (2005) 奄美大島住用湾および焼内湾周辺におけるリュウキュウアユ仔稚魚の回帰遡上 魚類学雑誌 **52(2)** 115-124
- 岸野 底・四宮明彦 (2006) 奄美大島役勝川におけるリュウキュウアユの孵化後の流下行動 魚類学雑誌 **53(2)** 143-149
- マクラスキー D. C. (1999) エスチャリーの生態学 中田喜三郎 (訳)
- 森 敬介 (2008) 河川汽水域の生物種 河川汽水域 楠田哲也・山本晃一 (監) 171-177
- 中島敏男 (2005) アユの初期生活期 流下 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調査研究 (平成 15 年度大学等連携促進研究成果報告書) アユ共同研究チーム編 26-35
- 西田 睦 (1989) アユ 山溪カラー図鑑日本の淡水魚 川那部浩哉・水野信彦 (編) 66-79
- 西田周平 (1997) キクロプス目 日本産海洋プランクトン検索図説 千原光雄・村野正昭編 東海大学出版会 935-951
- 岡 慎一郎・徳永浩一・四宮明彦 (1996) 奄美大島住用湾の砕波帯におけるリュウキュウアユ仔稚魚の食性 魚類学雑誌 **43(1)** 21-26
- 大野正夫・水谷里香・田井野清也・高橋勇夫 (1999) 四万十川に生息するスジアオノリの生態 *Bulletin of Marine Science and Fisheries, Kochi University***19** 27-35
- 大塚 攻 (1997) セントロパジェス科 日本産海洋プランクトン検索図説 千原光雄・村野正昭編 東海大学出版会 765-774
- 西条八束・奥田節夫・山室真澄 (1996) 貧酸素水塊の形成 河川感潮域 西条八束・奥田節夫 (編) 173-194
- 阪地英男・小松章博 (2004) 土佐湾におけるヨシエビ *Metapenaeus ensis* の成長と移動 日本水産学会誌 **70(4)** 530-536
- 小路 淳 (2009) 稚魚の餌場としての藻場 藻場とさかなー魚類生産学入門ー 47-60
- 高橋勇夫・木下 泉・東 健作・藤田真二・田中 克 (1990) 四万十川河口内に出現するアユ仔魚 日本水産学会誌 **56(6)** 871-878
- 高橋勇夫 (2004) 四万十川河口域におけるアユの初期生活史に関する研究 *Bulletin of Marine Science and Fisheries, Kochi University***23** 113-173
- 高橋勇夫 (2005) 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調査研究 (平成 15 年度大学等連携促進研究成果報告書) アユ共同研究チーム編 1
- 高橋正征 (2004) 見過ごされてきた河口域の一次生産力 海洋と生物 **155(26)** 495-500
- Tsukamoto K and Kajihara T (1987) Age determination of Ayu with otolith. *Nippon Suisan Gakkaishi***53(11)** 1985-1997

汽水域調査

- 塚本勝巳・望月賢二・大竹二雄・山崎幸夫 (1989) 川口水域におけるアユ仔稚魚の分布・回遊・成長 水産土木 **25(2)** 47-57
- 田中 克 (1980) 海産仔魚の摂餌と生残 1 天然海域における食性 海洋と生物 **11** 440-447
- 田中 克 (1981) 海産仔魚の摂餌と生残 4 天然海域における餌生物の密度 海洋と生物 **15** 293-299
- 田中 克・田川正朋・中山耕至 (2009) 稚魚のゆりかご：成育場 稚魚生残と変態の生理生態学 81-106
- 田中 克・田川正朋・中山耕至 (2009) 食べる(摂食) 稚魚生残と変態の生理生態学 137-170
- 八木佑太・美藤千穂・船越 徹・木下 泉・高橋勇夫 (2006) 土佐湾沿岸域におけるアユ仔魚の分布および食性 日本水産学会誌 **72(6)** 1057-1067
- 山口県土木建築部河川課 (2008) 水辺の小わざ 浜野龍夫・伊藤信行・山本一夫 (編著)
- 吉本 洋・藤井久之・中西 一 (2006) 日高川河口域におけるアユ仔魚の出現 水産増殖 **54(4)** 543-551
- 上田拓史 (1997) アカルチア科 日本産海洋プランクトン検索図説 千原光雄・村野正昭編 東海大学出版会 669-680
- Ueda H, Terao A, Tanaka M, Hibino M and Islam MS (2004) How can river-estuarine planktonic copepods survive river flood? *Ecological research* **19** 625-632
- 上田拓史 (2005) 有明海の泥水河口域にすむカイアシ類 カイアシ類学入門 東海大学出版会 189-202