



四万十川河口域の側流における浮遊性カイアシ類の  
出現と仔稚魚摂餌環境

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学農学部 公開日: 2014-07-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 林, 芳弘, 神田, 猛, Hayashi, Yoshihiro, Kanda, Takeshi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/4905">http://hdl.handle.net/10458/4905</a>

研究論文

## 四万十川河口域の側流における浮遊性カイアシ類の出現と仔稚魚摂餌環境

林 芳弘・神田 猛<sup>1)</sup>

高知県水産試験場 (現所属：高知県海洋深層水研究所)

<sup>1)</sup> 宮崎大学農学部附属フィールド科学教育研究センター延岡フィールド

(2014年1月17日 受理)

### Occurrence of planktonic copepods in the creek in Simanto estuary.

Yoshihiro HAYASHI, Takeshi KANDA<sup>1)</sup>

Kochi Prefectural Fisheries Experimental Station (Kochi Prefectural Deep Seawater Laboratory),

<sup>1)</sup> Nobeoka Marine Science Station, Field Science Center, University of Miyazaki.

**Summary :** The density of planktonic copepods in the Shimanto estuary was determined. Copepods belonging to blackish calanoid species such as *Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, and *Acartia tsuensis* were collected at near the bottom in water depth of 0.5 m area during low tide in November 2008 and in May, June, and July 2009. The densities of copepods in the creek (range,  $0.52 \pm 0.90$  individuals/L in November to  $75.75 \pm 68.97$  individuals/L in May) were always higher than those of stations along the main stream near the estuary (less than  $0.03 \pm 0.03$  individuals/L during all collection months, except May). The high densities of copepods in the creek may be attributable to the slow water flow in the creek. Copepod densities during the season with high water temperature were higher than those during the other seasons because of the suitable reproductive environment and optimal water temperatures of the estuary.

**Key words :** Richness, Blackish calanoid copepod, Creek.

### 緒言

河口域においては、干潮時に水深が1 mを下回るような浅い場所(以下、浅場と称する)にも、多くの仔稚魚が生息している。例えば、オーストラリアの河口域(Sheaves 2006)、沖縄県のマングローブ域の浅筋(南條 他 2010)、あるいは東京湾の河口干潟周辺水域や潮溜まり(加納 他 2000; Kanou *et al.* 2005; 内田 他 2008; Okazaki *et al.* 2012)などにおいて、浅場における豊富な仔稚魚の出現が報告されている。

高知県の四万十川河口域では、水深の浅い側流

において水産重要種や固有種を含む多様な仔稚魚が出現することが報告されている。これらの仔稚魚は側流の浅場に一定期間滞在し、その間成長する。このことから、側流の浅場は仔稚魚の成育場であると推測されている(Fujita *et al.* 2002; 藤田 2004)。

仔稚魚が河口域を成育場として利用する理由は、高い生産力によって餌生物が豊富に出現するためと考えられている(田中 他 2009)。四万十川においては、浮遊性カイアシ類が主要な餌生物となっており、アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* (高橋

他 1990), スズキ *Lateolabrax japonicus*, ヒラスズキ *L. latus*, ヘダイ *Sparus sarba*, キチヌ *Acanthopagrus latus*, クロダイ *A. schegeli* (藤田 2004) など, 多くの魚種がカイアシ類を餌として利用していると報告されている。

しかしながら, 河口域の浅場においては, 浮遊性カイアシ類を含め, 仔稚魚と餌生物の出現の関係が明らかになっていないとは言えない。このため, 仔稚魚の育成場としての浅場の機能は, 十分に解明されていない状況にある (Okazaki *et al.* 2012)。そこで本研究では, 四万十川河口域の浅場における浮遊性カイアシ類の出現と, 浅場の仔稚魚育成場としての機能を明らかにすることを目的とした。

## 材料および方法

### 調査水域

調査水域の略図と調査定点の位置をFig. 1.に示

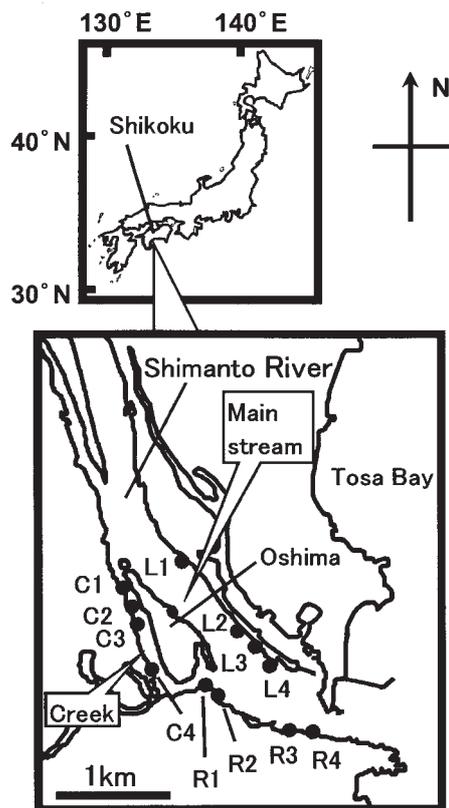


Fig. 1. The study area at Shimanto estuary. The creek stations (C1-C4) were along the creek between Oshima and the right bank. The left (L1-L4) and the right (R1-R4) bank stations were along the left and right bank of the main stream, respectively. Plankton were collected after the water temperatures and salinities were determined at each station.

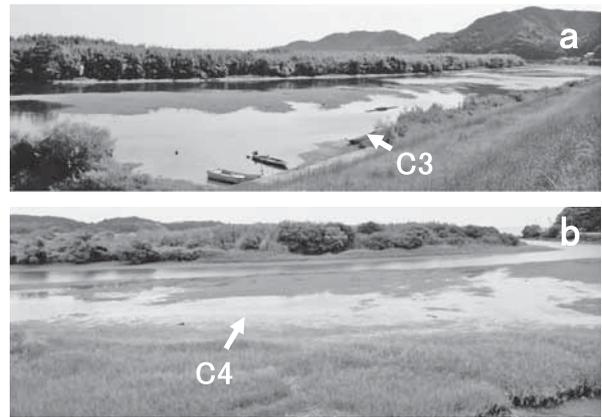


Fig. 2. Topography of St. C3 (a) and C4 (b). More than half of the area emerged at low tide in these stations.

す。四万十川は, 四国南西部の土佐湾に流入している。河口から1.3~2.3 kmの右岸側には, 大島と呼ばれる中州が存在する。大島と右岸の間の側流に, 4点 (C1~C4) の調査定点を設けた。定点C2からC4の間は, 干潮時には右岸から大島まで歩いて渡れるほど浅く, 特に, C3からC4の間は, 広い範囲で干出する (Fig. 2)。さらに, 本流沿いの左岸に4点 (L1~L4), 右岸に4点 (R1~R4) の調査定点を設けた。

調査時には, 水中の浮遊物が流れることなく止まっており, 目視で観察できる流れはなかった。これは, 干潮時の潮が動かない時間帯を中心に調査したためであり, 本研究においては流向や流速に関する詳しい状況は調査しなかった。

### 調査期間および調査定点

2008年11月から2009年7月までの期間中, 季節ごとに1回ずつ, 計4回行った調査を「調査1」とした。調査1では, 調査日ごとに, 各定点で1回ずつ浮遊性カイアシ類を採集した。

事前調査によって, 本調査地に出現する仔稚魚は昼間の干潮時に活発に摂食していることが確認されている (林, 神田 未発表)。本研究の主目的は, 餌生物としてのカイアシ類の豊富さを明らかにすることであるため, 後述する調査2も含め, カイアシ類の採集は昼間の干潮時のみに行った。

調査1における調査日 (当日の採集時刻と土佐清水における干潮時刻および潮位) は, 次の通りであった: 2008年11月11日 (採集時刻 9:55~12:20, 干潮時刻 10:16 潮位 69 cm), 2009年1月28

日 (採集時刻12:05~14:25, 干潮時刻13:19 潮位60 cm), 5月27日 (採集時刻12:26~14:31, 干潮時刻14:05 潮位 - 9 cm), 7月4日 (採集時刻9:29~11:45, 干潮時刻10:15 潮位41 cm).

また, 四万十川河口域における仔稚魚の出現量は夏季に最大になることが報告されていることから (藤田 2004), 2006年から2008年までの3年間に渡り, 側流の定点C2および本流沿いの左岸の定点L1の2地点において各年の夏季に1回ずつ調査を行った. この調査を「調査2」とし, それぞれ同日の干潮時に4回ずつ浮遊性カイアシ類を採集した. 調査2における調査日 (当日の採集時刻と土佐清水における干潮時刻および潮位) は, 次の通りであった: 2006年8月8日 (採集時刻10:57~11:36, 干潮時刻11:19 潮位12cm), 2007年7月31日 (採集時刻11:14~13:17, 干潮時刻13:00 潮位8 cm), 2008年8月2日 (採集時刻11:16~12:00, 干潮時刻12:44 潮位7 cm).

#### ・ 採集調査

浮遊性カイアシ類の採集には手網を用いた. 手網の目合いは0.045 mmで, 網口は縦200 mm, 横300 mmの方形であった. 採集は, 各定点の水深0.5 mの場所において, 岸に沿って水平方向に1 m網を動かして行った. この時, 網口はできるだけ底に近づけた. 網口の面積と網を動かした距離から, 1回の採集につき60 L濾水したものとした. 採集物は5%ホルマリンで固定した後, エタノールに置換して保存した. 実体顕微鏡下でコペポダイト期以降の個体を種ごとに計数し, カイアシ類密度を算出した. カイアシ類の同定は, 千原, 村野 (編) (1997) に従った.

カイアシ類を採集する前に, 各定点の水深0.5 mの底層で, 水温と塩分を計測した. 水温は, 水銀温度計で計測した. 塩分は, 0.5 Lの採水瓶の蓋を水中で静かに開いて採水し, YSI社製650MDSで計測した.

調査1で得られたカイアシ類密度, 水温および塩分については, 側流, 左岸, および右岸ごとに, 4定点の平均値±標準偏差で示した. 統計学的な有意差の検定にはKruskal-Wallis testを用い, 5%水準で有意差が認められた場合はSchefféの方法で多重比較した. また, 調査2におけるカイアシ類密度については, 各定点でカイアシ類を4回ず

つ採集した結果を平均値±標準偏差で示した. 統計学的な有意差の検定にはMann-Whitney's U-testを用いた.

## 結果

### ・ 調査1

2008年11月~2009年7月にかけて行った調査1の結果, カラヌス目に属する3種の浮遊性カイアシ類, *Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Acartia tsuensis*の出現を確認した. 側流 (C1~C4), 左岸 (L1~L4), および右岸 (R1~R4) の各4定点の平均値を比較すると, *S. tenellus*の密度は, いずれの調査日においても, 側流の定点の方が本流の定点より高かった (Fig. 3.). 側流における本種の平均密度は, 最も低かった時で $0.42 \pm 0.77$  個体/Lであり, これ以外の調査日には1個体/Lを超えた. 特に5月の調査日の平均密度は,  $5.95 \pm 6.44$  個体/Lに達した. それに対し, 本流における最高平均密度は,  $0.01 \pm 0.02$  個体/Lにとどまった. *P. inopinus*は, 5月と7月に出現が認められ, やはり本流よりも側流において高い密度となった. また, *A. tsuensis*は, 5月に本流の左岸でも高密度に出現したが, 側流の密度の方がより高かった. それ以外の時期は, ごく低密度な出現にとどまった. これら3種の他には同定困難なカイアシ類が出現したが, それらの密度は調査期間を通じて低く, 大部分はコペポダイト幼生期の小型の個体であった.

調査1におけるカイアシ類全体の密度, 水温および塩分について, 側流, 本流沿いの左岸, 本流沿いの右岸における結果をTable 1.に示す. カイアシ類の密度は, いずれの調査日においても側流で最も高い値を示した. 側流のカイアシ類密度は, 1月および5月には右岸に比べて有意に高かった ( $P < 0.05$ ). 水温も, 全ての調査日において側流で最も高い値を示した. 側流の水温は, 1月には右岸に比べて有意に高く, 7月には左岸に比べて有意に高かった ( $P < 0.05$ ). 塩分は, 11月を除き側流で最も高い値を示した. 側流の塩分は, 1月には左岸に比べて有意に高く, 5月および7月には右岸に比べて有意に高かった ( $P < 0.05$ ).

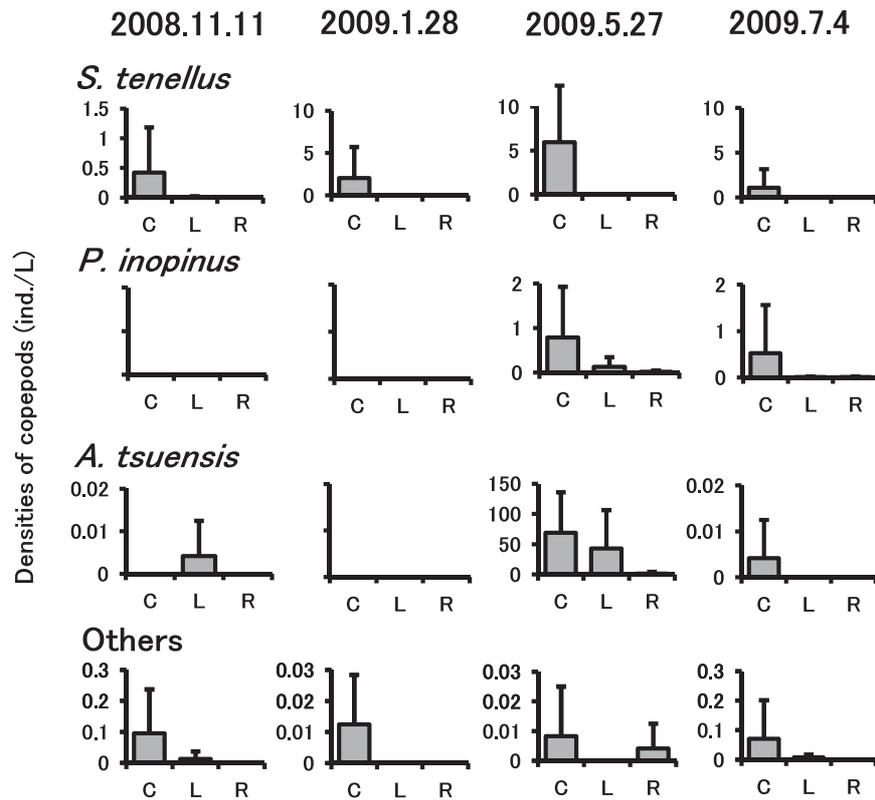


Fig. 3. Copepods densities at the stations along the creek (C), left bank (L) and right bank (R) in the Investigation 1

Copepods were classified into four categories, *S. tenellus*, *P. inopinus*, *A. tsuensis* and others. The height of rectangles and the vertical bars show the mean values and the standard deviations, respectively.

**Table 1.** Comparisons of the mean densities of copepods, water temperatures and salinities between the creek stations (C1-C4), the left bank stations (L1-L4) and the right bank stations (R1-R4) in the Investigation 1. Data were analyzed by Kruskal-Wallis test. When Kruskal-Wallis test disclosed a significant result, post hoc test (Scheffé) was performed for multiple comparison. Different alphabets indicate significant differences between pairs ( $p < 0.05$ ).

	Date	Creek (C1-C4)	Main stream (L1-L4)	Main stream (R1-R4)	Kruskal-Wallis test	
					<i>H</i>	<i>P</i>
Densities of all copepods (Ind./L)	2008.11.11	0.52 ± 0.90	0.03 ± 0.03	<0.01	2.82	0.243
	2009.1.28	2.05 ± 3.68 <sup>a</sup>	<0.01	0.00 <sup>b</sup>	9.37	0.009
	2009.5.27	75.75 ± 68.97 <sup>a</sup>	42.90 ± 63.90	1.48 ± 2.91 <sup>b</sup>	6.99	0.030
	2009.7.4	1.67 ± 3.26	0.02 ± 0.02	0.01 ± 0.02	3.10	0.210
Water temperatures ( )	2008.11.11	16.4 ± 0.3	16.3 ± 0.3	16.1 ± 0.3	2.63	0.268
	2009.1.28	13.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	11.1 ± 0.5	10.5 ± 0.2 <sup>b</sup>	9.65	0.008
	2009.5.27	22.3 ± 0.4	21.8 ± 0.0	21.7 ± 0.37	5.36	0.069
	2009.7.4	24.4 ± 1.1 <sup>a</sup>	22.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	22.5 ± 0.3	6.87	0.032
Salinities	2008.11.11	3.0 ± 0.1	3.1 ± 0.4	2.8 ± 0.5	0.15	0.926
	2009.1.28	20.7 ± 2.5 <sup>a</sup>	11.4 ± 1.3 <sup>b</sup>	12.1 ± 0.9	8.35	0.015
	2009.5.27	26.8 ± 1.8 <sup>a</sup>	20.3 ± 2.1	17.2 ± 0.4 <sup>b</sup>	9.85	0.007
	2009.7.4	0.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	6.50	0.039

調査 2  
調査 2 においても、主に *S. tenellus*, *P. inopinus* および *A. tsuensis* の 3 種が出現した (Fig. 4). *S.*

*tenellus* および *P. inopinus* については、側流 (C2) における密度が、本流 (L1) に比べて常に高かった。 *A. tsuensis* やその他のカイアシ類についても、

2006年を除くと、側流の密度が本流より高かった。

側流では、主な出現種3種のうちいずれかの種が10~20個体/L前後の高密度で出現した。2006年には*P. inopinus*が $8.70 \pm 8.64$ 個体/L, 2007年には*S. tenellus*が $22.25 \pm 9.52$ 個体/L, 2008年には*A. tsuensis*が $25.04 \pm 6.02$ 個体/Lの密度で出現した。

側流におけるカイアシ類全体の密度は、いずれ

の調査時においても10個体/Lを超えた (Table 2.)。

2007年と2008年における密度は、側流の方が本流に比べて有意に高かった ( $P < 0.05$ )。2006年には本流における密度の方が高かったが、有意な差ではなかった。水温は、2008年以外は、C2の方がL1より高かった。塩分は、いずれの調査時にもC2の方がL1より高かった。

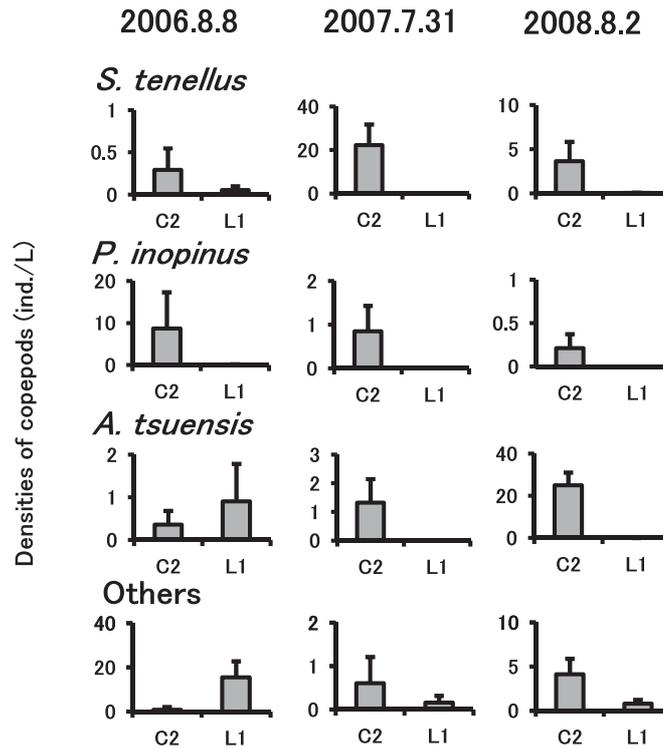


Fig. 4. Comparisons of the densities of copepods in the creek (C2) and along the main stream (L1) in the successive three high temperature seasons  
The height of rectangles and the vertical bars show the same as those for Fig. 3. In the Investigation 2, copepods were collected four times at the one station in each season.

**Table 2.** Comparisons of the mean densities of copepods, water temperatures and salinities between the creek station (C2) and the main stream station (L1) in the Investigation 2  
In investigation 2, copepods were collected four times and water temperatures and salinities were determined one time at the one station in each season.  
Data of densities of copepods were analyzed by Mann-Whitney's U-test

	Date	Creek (C2)	Main stream (L1)	Mann-Whitney's U-test	
				U	P
Densities of all copepods (Ind. /L)	2006.8.8	10.15 ± 10.11	16.57 ± 7.23	5.0	0.49
	2007.7.31	25.03 ± 11.16	0.25 ± 0.20	16.0	0.03
	2008.8.2	33.03 ± 8.22	0.90 ± 0.46	16.0	0.03
Water temperatures ( )	2006.8.8	32.7	31.8		
	2007.7.31	30.2	29.8		
	2008.8.2	30.3	30.7		
Salinities	2006.8.8	17.6	15.3		
	2007.7.31	26.2	9.4		
	2008.8.2	30.5	15.3		

## 考 察

### ． 浅場におけるカイアシ類の出現

四万十川河口域の浅場で出現が確認された浮遊性カイアシ類は、カラヌス目に属する*Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Acartia tsuensis*の3種であり、いずれも汽水性種であった。河口域の浅場は塩分の変動が大きいことから、広い範囲の塩分環境に適応した汽水性種が優占しやすいと考えられる。

側流におけるカイアシ類の出現密度は、調査1では周年に渡って1個体/Lを下回ることはほとんどなく、また、高水温期に行った調査2では常に10個体/Lを超えていた。これらの結果から、側流ではカイアシ類が本流よりも高い密度で安定して出現すること、高水温期には特に密度が高いことが明らかとなった。

側流においてカイアシ類の密度が高い原因としては、第一に、カイアシ類が流出しにくいことが考えられる。本流では増水によってカイアシ類が流出し、密度の低下をもたらしていると推測されているが(坂口 他 2009)、側流ではカイアシ類の流出を妨げる要因がいくつか考えられる。例えば、本流が直線的な流路であるのに対して、側流は「く」の字に曲がっていること、さらに、本流との合流部で側流の川幅は狭くなっていることから、側流内の水流が弱まったり、また上流から下流への流れとは反対の反流が形成されたりすることなどが挙げられる。以上のように、側流ではカイアシ類が増水時の水流によって容易に流出しないために、高い密度に維持されるのではないかと考えられる。同様の現象は、潟湖におけるヨコエビ亜目でも報告されている(松政 2008)。

第二に、側流ではカイアシ類が集積しやすいことが考えられる。全体に水深の浅い側流は、干潮時に広い範囲が干出する。水が残る場所は限られるために、カイアシ類は狭い範囲に集積することになる。そのような濃縮作用によって、干潮時の側流においてはカイアシ類の密度が高まっていることが推測される。

第三に、側流ではカイアシ類が増殖しやすいことが考えられる。側流は浅い潮溜まりのような状態となるため、本流より水温が高い傾向があった。*S. tenellus*を含む多くの汽水性カイアシ類は、適温範囲内であれば水温が高いほど成長が速くなる

(上 1997)。河口域の潮溜まりに生息する仔稚魚においても高い水温によって成長が速まることが推測されており(Okazaki *et al.* 2012)、これと同様に、側流ではカイアシ類の成長が促進されやすいことが考えられる。成長が速ければ再生産速度も速まることから(上 1997)、側流におけるカイアシ類の増加速度は高いことが推測される。

夏季にカイアシ類の密度が特に高くなった原因も、増殖に好適な水温によるものと考えられる。*S. tenellus*や*A. tsuensis*の成長速度は、水温が28前後で最大になることが報告されている(Kimoto *et al.* 1986; Takahashi & Ohno 1996)。夏季の四万十川河口域における水温は概ねこの条件に一致することから、カイアシ類が周年で最も増加しやすい状況になると考えられる。

以上に挙げたことのうち、カイアシ類が集積しやすいこと、および水温が高くなりやすいことは、側流の水深が浅いことによって生じた現象といえる。すなわち、側流においては浅い水深がカイアシ類の密度を高める要因として作用していることが示唆される。河口域の水深の浅い場所は増水の影響を受けやすく、流出の危険が大きいことから、本来は浮遊性カイアシ類の生息には不適な環境と考えられるが、側流においては流出を妨げる条件が備わっていることによって浅場がカイアシ類の好適な生息環境として機能しており、結果としてカイアシ類の密度が高い状態が創出されているものと推測される。

これに対し、流出がおこりやすいと考えられる本流の浅場では、カイアシ類の密度は低い傾向があった。中でも河口に近い定点R1~R4においては他の定点よりも水流が強く、そのためにカイアシ類の出現が特に少なかったのではないかと推測される。

また、側流に出現したカイアシ類の中でも*S. tenellus*は、広い範囲の水温や塩分環境の下で生息が可能であることが確認されている(Kimoto *et al.* 1986)。このため、側流における水温や塩分の変動は大きかったにもかかわらず、本種はいずれの調査時においても出現が認められた。不安定な環境である河口域の浅場においてカイアシ類が高密度に安定して出現することについては、幅広い環境に適応した本種の寄与が重要であることが示唆される。

### ．仔稚魚成育場との関係

四万十川側流の浅場に出現する仔稚魚や小型魚類の多くは、浮遊性カイアシ類を主要な餌にしている (藤田 2004)．底生動物を利用することが多いシマイサキ *Rhyncopelates oxyrhynchus* やヒナハゼ *Redigobius bikolanus* においても、この側流では主にカラヌス目を利用していることが確認されている (林, 神田 未発表)．これらのことから、側流を成育場とする仔稚魚にとって浮遊性カイアシ類は重要な餌生物であると言える．

側流においてカイアシ類が仔稚魚に多く利用される理由として、まず密度が常に高く維持されていることが挙げられる．有明海の筑後川河口域において多くの仔稚魚の餌となるカラヌス目の密度は、1 個体/L 程度の水準と報告されている (日比野 他 1999)．四万十川の側流においては、カラヌス目の密度が多くの場合 1 個体/L を超えていたことから、仔稚魚の餌場として充分な量のカイアシ類が安定的に出現していると言える．

特に夏季には、側流におけるカイアシ類の密度が一段と高くなった．この時期は、四万十川河口域における仔稚魚の出現量が、種数、個体数とも周年で最も多くなることが報告されている (藤田 2004)．仔稚魚の主要な加入時期とカイアシ類が高密度に出現する時期はほぼ一致していたと言える．

さらに、側流では仔稚魚がカイアシ類と遭遇しやすいことが考えられる．干潮時の側流では、狭い潮溜まりのような場所にカイアシ類と仔稚魚がともに集積した状態となる．このため、本流の浅場と比較して、両者の遭遇機会が多いことが推測される．

以上のことから、側流においてはカイアシ類の出現が豊富で、仔稚魚にとってはカイアシ類を餌として利用しやすい状況にあり、好適な摂餌環境が形成されていると考えられる．それゆえ、側流は河口域の中でも特に重要な仔稚魚の成育場であり、生物多様性の観点からも保全すべき環境であると言える．

### 要 約

2008年11月、2009年1月、5月、7月に、四万十川河口域の本流と測流で、水深0.5 mの水域に出現する浮遊性カイアシ類を調べたところ、主に

汽水性のカラヌス目である *Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Acartia tsuensensis* の3種を確認した．側流におけるカイアシ類の平均密度は  $0.52 \pm 0.90$  個体/L (平均値  $\pm$  標準偏差, 11月)  $\sim 75.75 \pm 68.97$  個体/L (5月) だった．本流では、5月を除くと11月の  $0.03 \pm 0.03$  個体/L が最高だった．従って、カイアシ類の密度は本流よりも側流の方が高いと言えた．側流は、本流より水流が弱いために、カイアシ類が高い密度で出現すると考えられる．また、夏季には、カイアシ類の繁殖に好適な水温となることから、特に密度が高くなると考えられる．

キーワード：汽水性カラヌス目、出現量、側流

### 謝 辞

文献をご提供頂いた株式会社西日本科学技術研究所の藤田真二氏、有益な情報をご提供頂いた高知大学教授上田拓史氏、さらに、本論文とりまとめに有益な助言を頂いた宮崎大学教授吉田照豊氏に深謝する．

### 引用文献

- 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．高知大学海洋生物教育研究センター研究報告．23, 1-57
- Fujita S, Kinoshita I, Takahashi I, Azuma K (2002) Species composition and seasonal occurrence of fish larvae and juveniles in the Shimanto Estuary, Japan. *Fish Sci.* **68**, 364-370
- 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, 1062-1068
- 加納光樹・小池 哲・河野 博 (2000) 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性．魚類学雑誌．47, 115-129
- Kanou K, Sano M, Kohno H (2005) Larval and juvenile fishes occurring with flood tides on an intertidal mudflat in the Tama River estuary, central Japan. *Ichthyol Res.* **52**, 158-164
- Kimoto K, Uye S, Onbe T (1986) Growth characteristics of a brackish-water calanoid copepod *Sinocalanus tenellus* in relation to temperature

- and salinity. *Bull Plankton Soc Jpn.* **33**, 43-57
- 松政正俊 (2008) その他のベントスの生活史, 特に繁殖様式とハビタット利用. 河川汽水域 その環境特性と生態系の保全・再生. 技報堂出版. 東京. pp. 199-204
- 南條楠土・加納光樹・堀之内正博・佐野光彦 (2010) 西表島浦内川のマングローブ域における濁りの魚類群集構造と環境特性. 東海大学海洋研究所報告. 31, 31-41
- Okazaki D, Yokoo T, Kanou K, Kohno H (2012) Seasonal dynamics of fishes in tidepools on tidal mudflats in the Tama River estuary, central Honshu, Japan. *Ichthyol Res.* **59**, 63-69
- 坂口穂子・上田拓史・磯部健太郎・木下 泉・東健作・平賀洋之 (2009) 2006~2007年の四万十川河口砂州の崩壊と回復が河口域カイアシ類群集に及ぼした影響. 日本プランクトン学会誌. **52**, 120-128
- Sheaves M (2006) Scale-dependent variation in composition of fish fauna among tropical estuarine embayments. *Mar Ecol Prog Ser.* **310**, 173-184
- 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稚魚. 日本水産学会誌. **56**, 871-878
- Takahashi T, Ohno A (1996) The temperature effect on the development of calanoid copepod, *Acartia tuensis*, with some comments to morphogenesis. *J Oceanogr.* **52**, 125-137
- 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. 京都大学学術出版会. 京都. pp. 81-106
- 千原光雄・村野正昭 (編) (1997) 日本産海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会. 東京. pp. 1-1574
- 上 真一 (1997) 汽水域における動物プランクトンの特徴. 沿岸海洋研究. **35**, 49-55
- 内田和嘉・横尾俊博・河野 博・加納光樹 (2008) 魚類は干潟域のタイドプールをどのように利用しているか?. *La mer.* **46**, 49-54