

【会員通信】

愛媛県南予地方 3 河川河口域の汽水性・内湾性
カイアシ類調査大本 将人^{1*}

Masahito Oomoto

¹〒795-8502 愛媛県大洲市大洲 737 愛媛県立大洲高等学校

Ozu Senior High School, 737 Ozu, Ozu City, Ehime 795-8502

*e-mail: masapitokun3@gmail.com

Masahito Oomoto. 2023. A survey of brackish-water and inner-bay copepods in the estuarine areas of three rivers in the Nanyo District, Ehime Prefecture, Japan. NANYOSEIBUTSU, 21: 59–72.

(2023 年 3 月 12 日受付, 2023 年 11 月 14 日受理)

内湾では、一般に湾奥部から湾外にかけて環境傾斜に対応した浮遊性カイアシ類の帯状分布が見られることが知られている (Yamazi, 1956)。このため、カイアシ類は内湾・沿岸域の良い水界指標生物になる (Ueda, 1991)。筆者は、御荘湾奥部に位置する僧都川、宇和島港奥部に位置する来村川、北灘湾奥部に位置する岩松川のそれぞれ河口域において動物プランクトンの採集調査を実施し、汽水性カイアシ類の季節的消長や水平分布について報告した (大本, 2019)。本報では、これに内湾、沿岸性カイアシ類の分布や消長および夏季僧都川で満潮時に行った水平分布調査の結果をあわせて追記する。なお、本報は愛媛高校理科第 56 号に掲載された大本 (2019) の結果に未発表データを追加して再検討し、当該事務局の許可を得て一部加筆の上、転載するものである。

調査地点と調査方法

調査地点と調査方法は大本 (2019) のとおりで、2013 年の 4 月–12 月に来村川の 4 地点、岩松川の 6 地点、2008 年の 7 月–11 月に僧都川の 6 地点で干潮時に実施した (表 1, 図 1)。

また、僧都川では 2008 年 8 月 31 日に、満潮時の採集調査をあわせて行った。満潮時には、手こぎボートを使い、干潮時と同じ場所の水面下 0.5m 付近の 20m 水平曳きを行った (ただし、手こぎボートで到達困難であったため、St. E は欠測)。採集したプランクトンの同定には千原・村野編 (1997) を参考にした。カイアシ類のうち、幼体 (未成熟個体) は種の同定が困難であったため、まとめて計数した。また、種による出現条件の違いを検討するため、調査回次を通じた塩分濃度と水温のばらつきを比較した。調査回次ごとに、汽水性種については 100 個体/m³以上、内湾・沿岸性種については 20 個体/m³以上が得られた地点での各値を平均し、主に同じ属間での違いを比較した。

結果と考察

水温と塩分濃度

水温と塩分濃度の測定結果は大本 (2019) で報告したとおりであり、本報では調査日ごとのデータを示した (図 2)。来村川の 7 月 1 日と岩松川の 6 月 29 日では、いずれも前月より水温、塩分濃度ともに低く、僧都川では 7 月と 10

表 1. 採集日時とその他の状況

Ⅰ. 来村川		(2013年)								
採集日	28. Apr.	25. May	1. July	25. July	28. Aug.	29. Sep.	12. Nov.	1. Dec.		
採集開始時刻	11:00	10:30	14:00	15:30	17:30	11:00	10:30	12:30		
宇和島港干潮時刻	14:45	13:04	17:31	13:28	14:30	14:05	13:09	11:45		
天 気	晴れ	快晴	小雨	快晴	晴れ	曇り	晴れ	曇り		
降雨の状況	なし	なし	前日雨	なし	2日前雨	なし	1 - 2 週間前雨	なし		
備 考			前週に台風 4 号接近				台風26号 接近			
Ⅱ. 岩松川		(2013年)								
採集日	28. Apr.	25. May	29. June	23. July	23. Aug.	21. Sep.	19. Oct.	1. Dec.	23. Dec.	
採集開始時刻	14:00	12:30	16:30	14:10	15:00	14:00	13:00	11:00	15:50	
宇和島港干潮時刻	14:45	13:04	17:31	13:28	14:30	14:05	13:09	11:45	16:51	
天 気	晴れ	快晴	小雨	快晴	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	
降雨の状況	なし	なし	前日雨	なし	なし	なし	当日朝雨	なし	なし	
備 考			前週に台風 4 号接近				台風26号 接近で雨			
Ⅲ. 僧都川		(2008年)								
採集日	6. July	19. July	17. Aug.	31. Aug.	28. Sep.	13. Oct.	25. Oct.	23. Nov.		
採集開始時刻	14:30	12:40	12:10	12:00	11:20	11:20	9:00	9:00		
土佐清水干潮時刻	14:24	12:48	12:26	12:21	11:21	10:52	9:33	8:49		
天 気	快晴	晴れ	晴れ	快晴	小雨	快晴	曇り	晴れ		
降雨の状況	なし	なし	前日小雨	前々日より 前は雨続き	なし	なし	2 日前大雨	なし		
備 考										

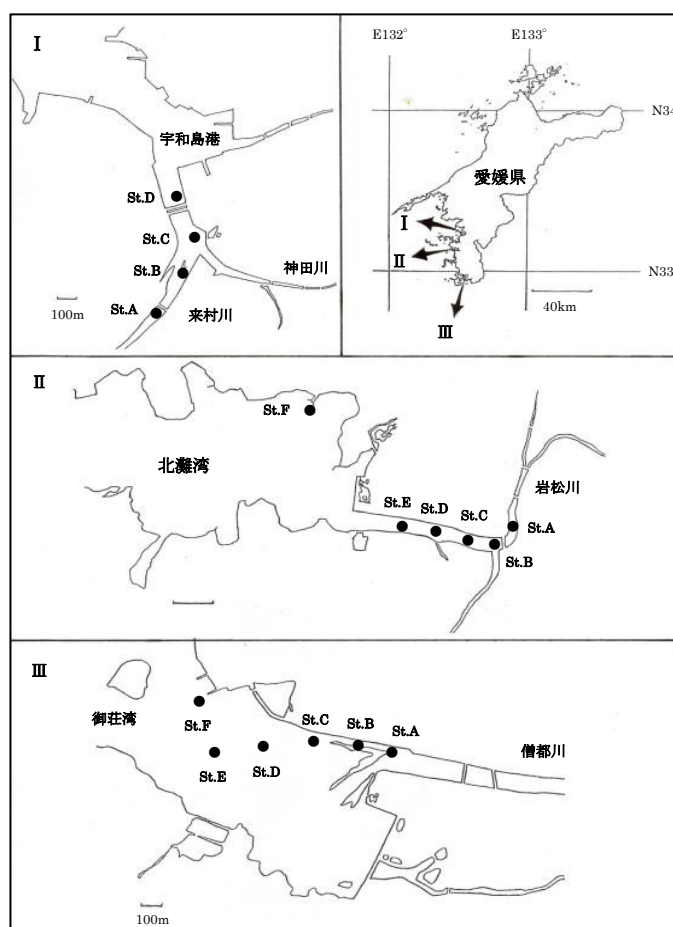


図 1. 採集地点 (I: 来村川, II: 岩松川, III: 僧都川)

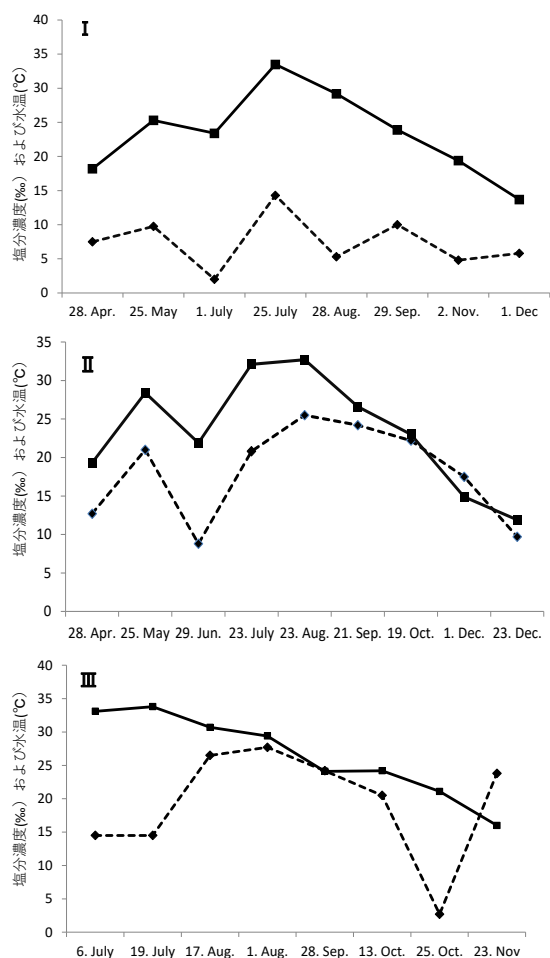


図 2. 調査地点の水温（実線）と塩分濃度（破線）
（I：来村川，II：岩松川，III：僧都川）

月の塩分濃度が低かったが、梅雨や台風接近などが関連した降雨による影響と思われる（表 1）。

カイアシ類の出現状況

調査期間中のカイアシ類の 1 採集地点あたりの平均出現量は、来村川 102 個体/m³、岩松川 2,123 個体/m³、僧都川 1,640 個体/m³であった（図 3）。来村川は流路延長 9.1 km、流域面積 40.9 km²、岩松川は流路延長 14.5km、流域面積 129.6 km²、僧都川は流路延長 17.2km、流域面積 71.1 km²であり（愛媛県，2004），小規模河川ほどプランクトンの出現量が低減していた。3 河川とも出現種の大部分を汽水性カイアシ類が占めており、その割合は来村川 63.5%，岩松川 82.0%，僧都川 60.5%であった（図 3）。岩松川

の春と冬に特に出現量の多い汽水性カイアシ類は *Sinocalanus tenellus* であった（図 4，図 5）。また、僧都川では、カイアシ類のノープリウス幼生が多く採集された（図 3-III）。「その他」に含まれる動物プランクトンは、フジツボ類のノープリウス幼生、十脚類の幼生（カニ類のゾエア、エビ類のミリス）、端脚類（ヨコエビ類）、介形類（カイミジンコ類）、多毛類の幼生、腹足類の幼生、二枚貝類のベリジャー幼生、枝角類、尾虫類などで、岩松川と僧都川で出現量が多かった（図 3）。

汽水性カイアシ類の季節変動と水平分布および塩分・水温特性

シノカラヌス (*Sinocalanus*) 属 岩松川で優占的に出現した *Sinocalanus tenellus* の水平分布をみると、海水の影響を受けやすい St. F を除き、河口上流から下流にかけて広く分布した（図 5-II）。本種の出現する平均塩分濃度は $11.3 \pm 6.4\text{‰}$ 、平均水温は $19.3 \pm 6.7^{\circ}\text{C}$ であり（図 8），

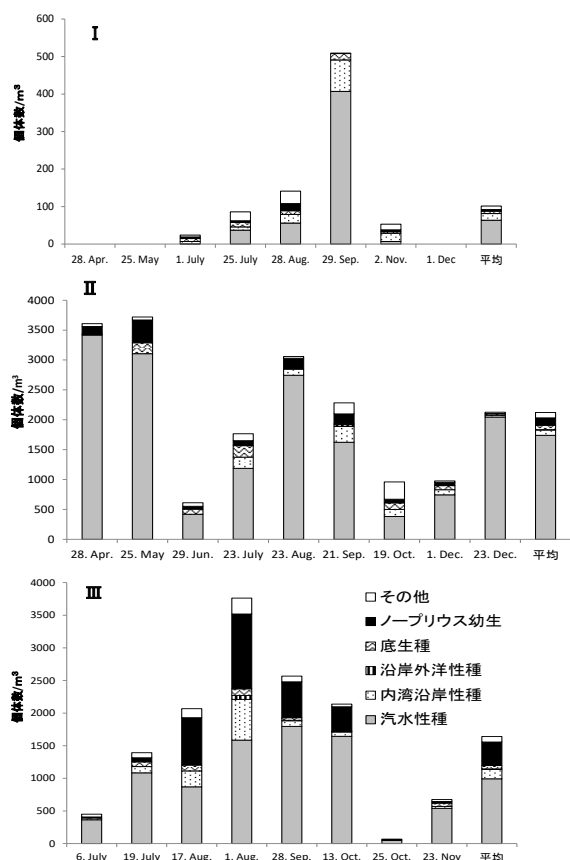


図 3. 調査期間を通じたカイアシ類の出現状況
（I：来村川，II：岩松川，III：僧都川）

今回採集されたカイアシ類の中で最も低塩分、低水温の地点にまで出現した。

アカルチア (*Acartia*) 属 優占的に出現したアカルチア属のうち、*Acartia tsuensis* は来村川で 7 月–9 月、岩松川で 5 月–10 月、僧都川では 7 月–10 月に採集された。また、*A. sinjiensis* は来村川で 9 月、岩松川で 7 月–10 月、僧都川では 7 月–11 月に採集された (図 4, 図 6)。両者は共に高水温期を中心に出現したものの、前者が盛夏、後者は秋季に出現のピークが現れた。また、*A. tsuensis* の出現した期間の平均水温は $29.2 \pm 4.1^\circ\text{C}$ 、*A. sinjiensis* では $25.8 \pm 5.1^\circ\text{C}$ で、前者が有意に高かった (マン・ホイットニーの U 検定, $z=2.374$, $p<0.05$; 図 8)。このことは、前者の方がより高水温環境を選好することを示していると考えられる。両者には水平分布にも明瞭な違いが現れた。来村川では前者は St. B, St. C に多く、後者は下流側の St. D のみ出現した (図 6-I)。岩松川では前者は上流側に広く出現し、後者は下流の St. F に集中して出現した (図 6-II)。僧都川では前者は上流側の St. A–St. C に集中しており、後者は St. C–St. E にかけて多く出現した。また、*A. tsuensis* の出現した地点の平均塩分濃度は $18.9 \pm 6.6\text{‰}$ 、*A. sinjiensis* は $26.0 \pm 4.8\text{‰}$ であり、前者が有意に低かった (マン・ホイットニーの U 検定, $z=3.674$, $p<0.05$; 図 8)。このことは、前者の方がより低塩分域を選好することを示していると考えられる。

大類 (2011) は、*A. tsuensis* と *A. sinjiensis* のミトコンドリア DNA を分析し、前者が地理的に大きく分化した 3 系統からなるのに対し、後者は分化の程度が低く、地理的傾向が明瞭ではなかったと述べている。また、*A. tsuensis* は、南西諸島において、標高の低い与那国島、宮古島、沖永良部島の 3 島には出現しなかったとも述べている。本研究において、*A. tsuensis* は *A. sinjiensis* より低塩分性の種であると考えられたが、こうした生態学的な特徴が両種の遺伝的分化や地理的分布の違いに反映されていると思われる。すなわち、より低塩分性の *A. tsuensis* は沿岸ごとに隔離されやすく、地理的分化が進みやすいが、*A. sinjiensis* では海を通じた交流の機会が前者より多く、遺伝的分化を生じにく

いのかかもしれない。また、低標高の島嶼では、陸域からの淡水供給に乏しく、*A. tsuensis* の生息には不適な面があるのかかもしれない。

シュードディアプトムス (*Pseudodiaptomus*) 属 汽水性カイアシ類である *Pseudodiaptomus inopinus* は北太平洋西岸に分布し (Dexter et al., 2017)、日本の汽水域にも広く生息していると考えられてきた。しかし、近年日本で *P. inopinus* とされていた種は、日本海沿岸に広く出現する *P. japonicus* Kikuchi, 1928 と、黒潮海流が接岸する太平洋沿岸の汽水域に出現する *P. yamato* Ueda and Sakaguchi, 2019 の 2 種に区分され、従来の *P. inopinus* に該当するものは、模式産地である中国の「太湖」と呼ばれる汽水湖とその近辺の海域にしか生息していないと推定された (Ueda and Sakaguchi, 2019)。そこで、大本 (2011, 2019) で *P. inopinus* とした標本を再度調べたところ、雌の生殖孔蓋後端の突起が著しく、第 5 胸脚第 2 節に棘がなく、前体部後縁内側の突出がない点が、Ueda and Sakaguchi (2019) の *P. yamato* に一致したため、採集個体を本種と同定した。

今回出現したシュードディアプトムス属は、上述の *P. yamato* と *P. ishigakiensis* の 2 種であった。前者は、岩松川では 5 月–7 月と 12 月に St. F を除く数地点で (図 7-II)、僧都川では 7 月に St. A–St. D で採集された (図 7-III)。後者は岩松川では 5 月と 7 月–9 月は St. F を除く全地点、6 月、10 月、12 月は数地点で (図 7-II)、僧都川では 8 月–9 月は St. F を除く全地点、7 月と 10 月は数地点で採集された (図 7-III)。全体的に後者の方が採集個体数が多く、平均塩分濃度は前者が $14.8 \pm 5.6\text{‰}$ 、後者が $22.5 \pm 5.6\text{‰}$ であり、前者が有意に低かった (マン・ホイットニーの U 検定, $z=3.0$, $p<0.05$, 図 8)。平均水温は、前者が $27.4 \pm 6.8^\circ\text{C}$ 、後者が $28.4 \pm 5.0^\circ\text{C}$ で、有意な差はなかった。

なお、Sakaguchi et al. (2011) によれば、*P. ishigakiensis* の北限は、九州長崎県の雪浦川 (北緯 33° 未満) となっているが、本調査により愛媛県岩松川が北限を更新した。

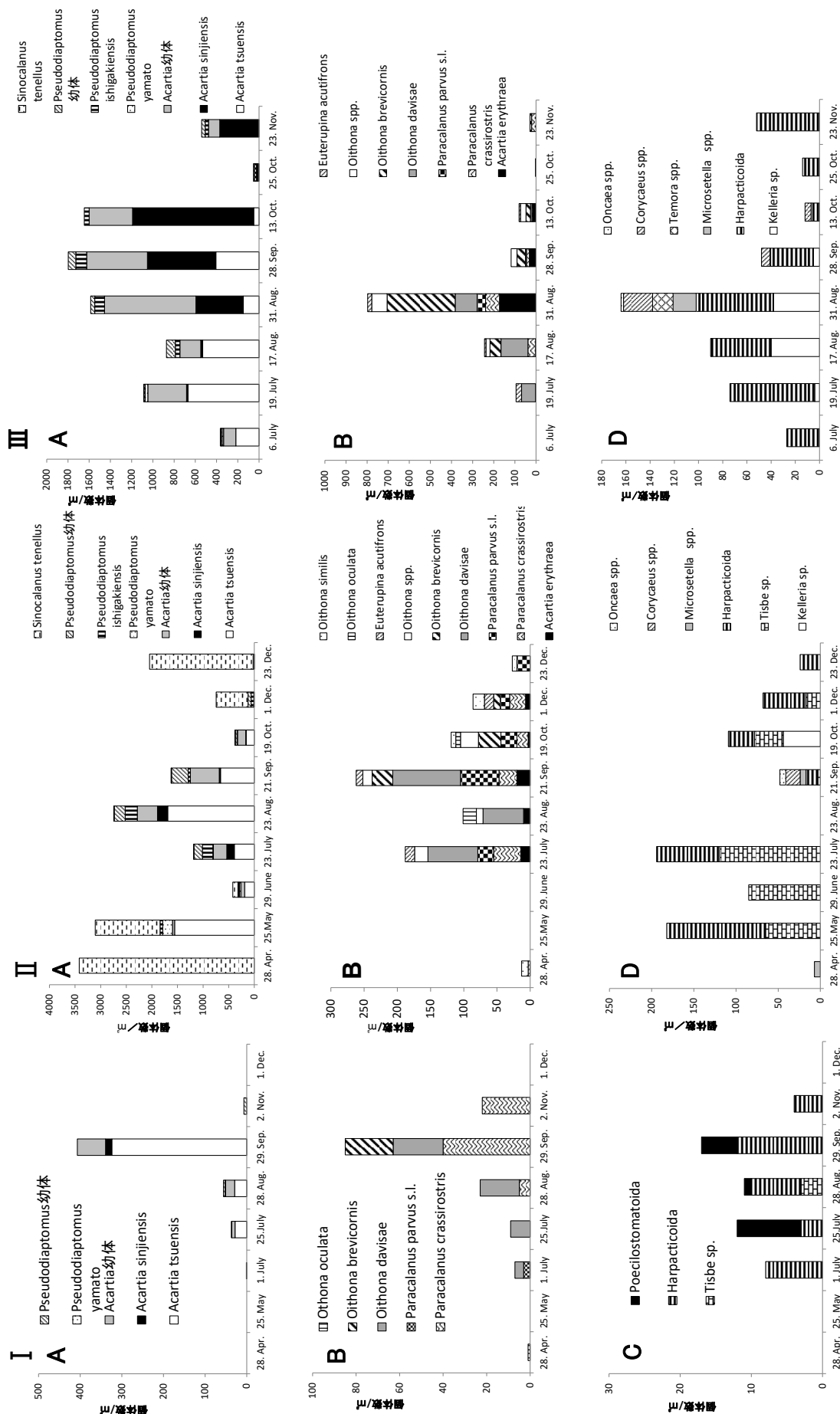


図4. 生活型別に見たカイアシ類の出現状況の変化 (I: 来村川, II: 岩松川, III: 僧都川, A: 汽水性カイアシ類, B: 内湾沿岸性カイアシ類, C: 底生カイアシ類, D: 沿岸外洋性および底生カイアシ類)

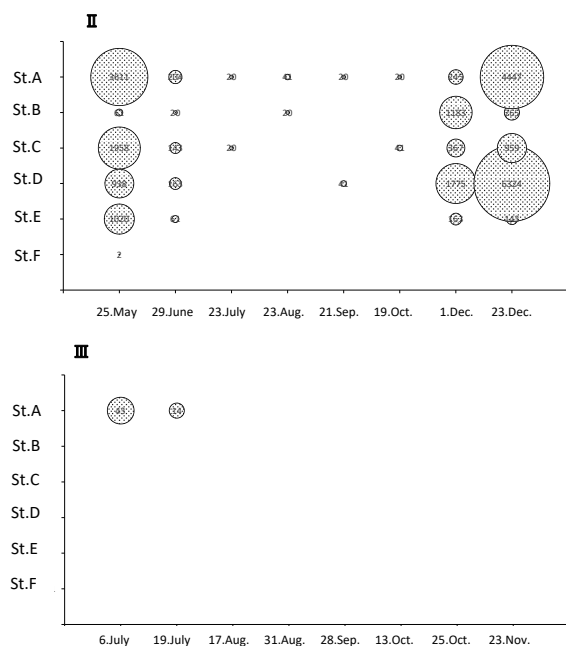


図 5. *Sinocalanus tenellus* の季節的消長と水平分布 (来村川は出現なし, II: 岩松川, III: 僧都川. 数字は 1 m³あたりの採集個体数)

内湾沿岸性カイアシ類の季節変動と水平分布および塩分・水温特性

オイトナ (*Oithona*) 属 オイトナ属では, *Oithona davisae*, *O. brevicornis*, *O. attenuata stocky* f., *O. nana*, *O. oculata* などが出現した. このうち, *O. nana* は *O. attenuata stocky* f. と区別が付きにくい種であったため, 計数の際は両種をまとめて *Oithona* spp. としてカウントした. 出現個体数が多いのは, *O. davisae* と *O. brevicornis* であった. *O. davisae* はすべての河川で 7 月から 9 月にかけて調査地点の広い範囲で採集された (図 9). *O. brevicornis* は来村川では 9 月に St. B–St. D で採集され, 岩松川では秋季 9 月–12 月に St. B, St. C を除く全域で採集され, 最大数は St. F で得られた. 僧都川では 8 月–11 月に採集され, 最大数は St. F で得られた (図 9). 前者の出現する平均水温は $30.3 \pm 2.9^{\circ}\text{C}$, 後者は $24.9 \pm 4.3^{\circ}\text{C}$ で, 前者の方が有意に高水温域に出現する傾向があった (マン・ホイットニーの U 検定, $z = 4.426$, $p < 0.05$: 図 11). また, 前者の出現する平均塩分濃度は $22.2 \pm 7.7\text{‰}$, 後者は $24.6 \pm 7.0\text{‰}$ で, 種間に有意差は見られなかった (図 11).

O. spp. は来村川では採集されず, 岩松川では 7 月–10 月に St. A, St. D, St. F で少数個体ながら採集された. 僧都川では 8 月–10 月に採集され, 8 月に St. F で最大数を記録した (図 9). *O. spp.* の平均塩分濃度は $26.7 \pm 6.2\text{‰}$, 平均水温は $26.8 \pm 3.1^{\circ}\text{C}$ と, どちらも *O. brevicornis* より若干高かったが, 有意な差はなかった (図 11). *O. spp.* に含まれる 2 種の採集個体数は, *O. attenuata stocky* f. が約 9 割を占めていたことから, この数値は *O. attenuata stocky* f. の値に近いと考えられる.

O. oculata は, 来村川では暖水期の 8 月–9 月に下流側の St. C, St. D で採集され, 岩松川では 8 月–10 月に下流側の St. F で僅かな個体が採集され, 僧都川では採集できなかった (図 9). 本種の分布は同属の他種と比べて下流側に集中していた. 出現する平均水温は $26.9 \pm 3.4^{\circ}\text{C}$, 出現平均塩分濃度は $23.0 \pm 11.9\text{‰}$ であった. *O. oculata* は富栄養沿岸種 (強内湾性種) のため (上田, 2001), 本調査水域では多数の採集個体が予想されたが, 採集数は少なかった. 本種の分布の中心となる水域は調査水域より沖合いにある可能性が考えられる.

パラカラヌス (*Paracalanus*) 属 パラカラヌス属で採集されたのは, *Paracalanus crassirostris* と *P. parvus* s.l. であった. 前者は来村川では 8 月–11 月に St. B–St. D で, 岩松川では 7 月と 9 月–12 月に St. F で, 僧都川では 7 月–11 月に St. A–St. F で採集された. 後者は来村川では 7 月に St. D で, 岩松川では 7 月と 9 月–12 月に St. F で, 僧都川では 8 月と 10 月に St. A と St. F で採集された (図 10). 前者の分布域は岩松川を除いて海域に近い地点から河川の上流側の地点まで広がり, 後者は海域に近い地点に分布していた. 塩分濃度は前者が $24.4 \pm 9.4\text{‰}$, 後者が $31.1 \pm 5.4\text{‰}$ で, 平均水温は, 前者が $23.6 \pm 5.1^{\circ}\text{C}$, 後者が $23.5 \pm 5.7^{\circ}\text{C}$ であった (図 11). *P. crassirostris* は富栄養沿岸種 (強内湾性種), *P. parvus* s.l. は中栄養沿岸種 (弱内湾性種) であり (上田, 2001), 四万十川では, 前者がより上流域で, 後者がより下流域で生息密度が高い (坂口ほか, 2009). 本調査で後者が本来出現しないと思われる上流側の St. A で採集された理由は, 干潮時に塩分濃度の高

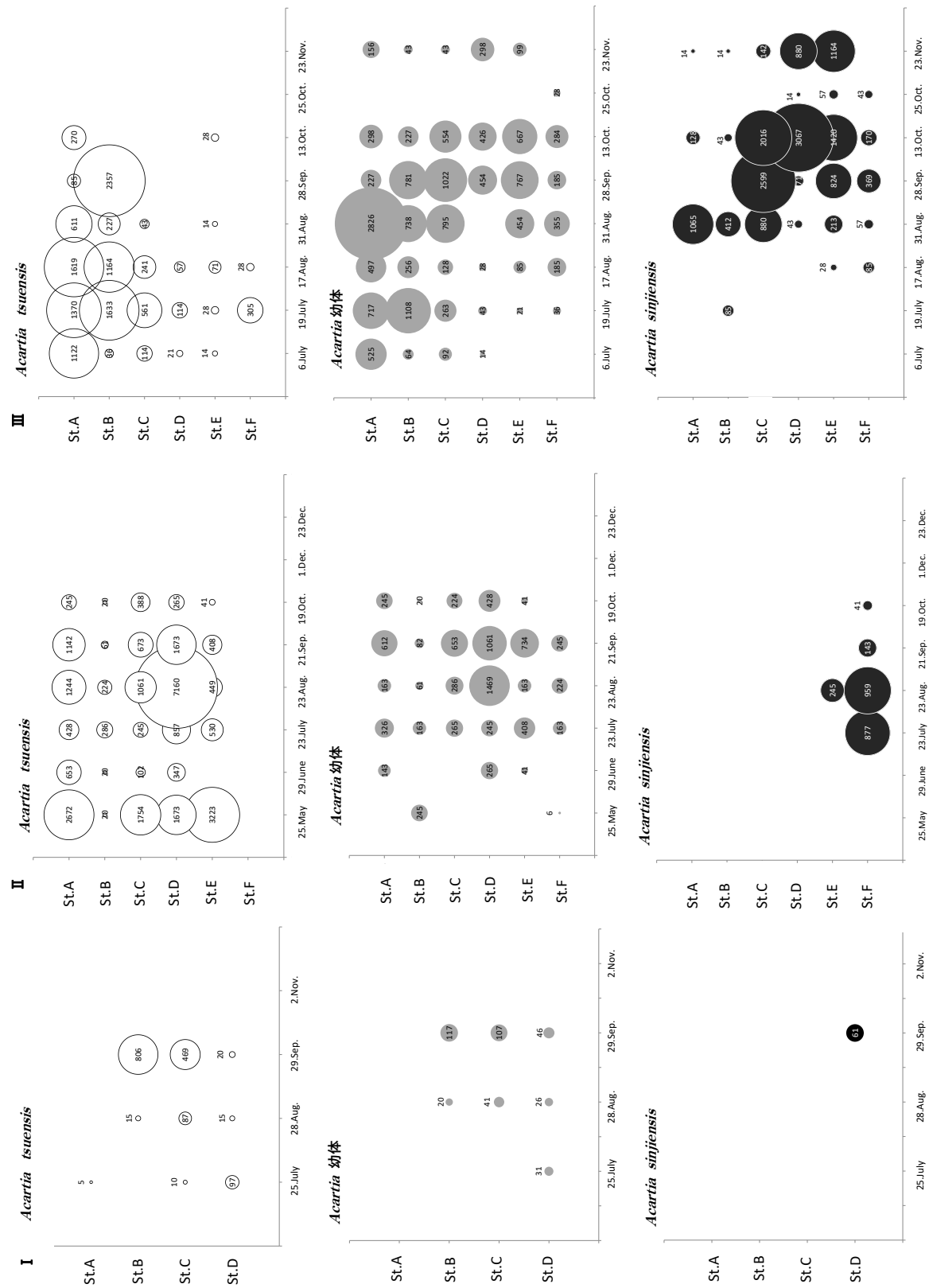


図6. アカルチア属の季節的消長と水平分布（Ⅰ：来村川，Ⅱ：岩松川，Ⅲ：僧都川．数字は1m³あたりの採集個体数）

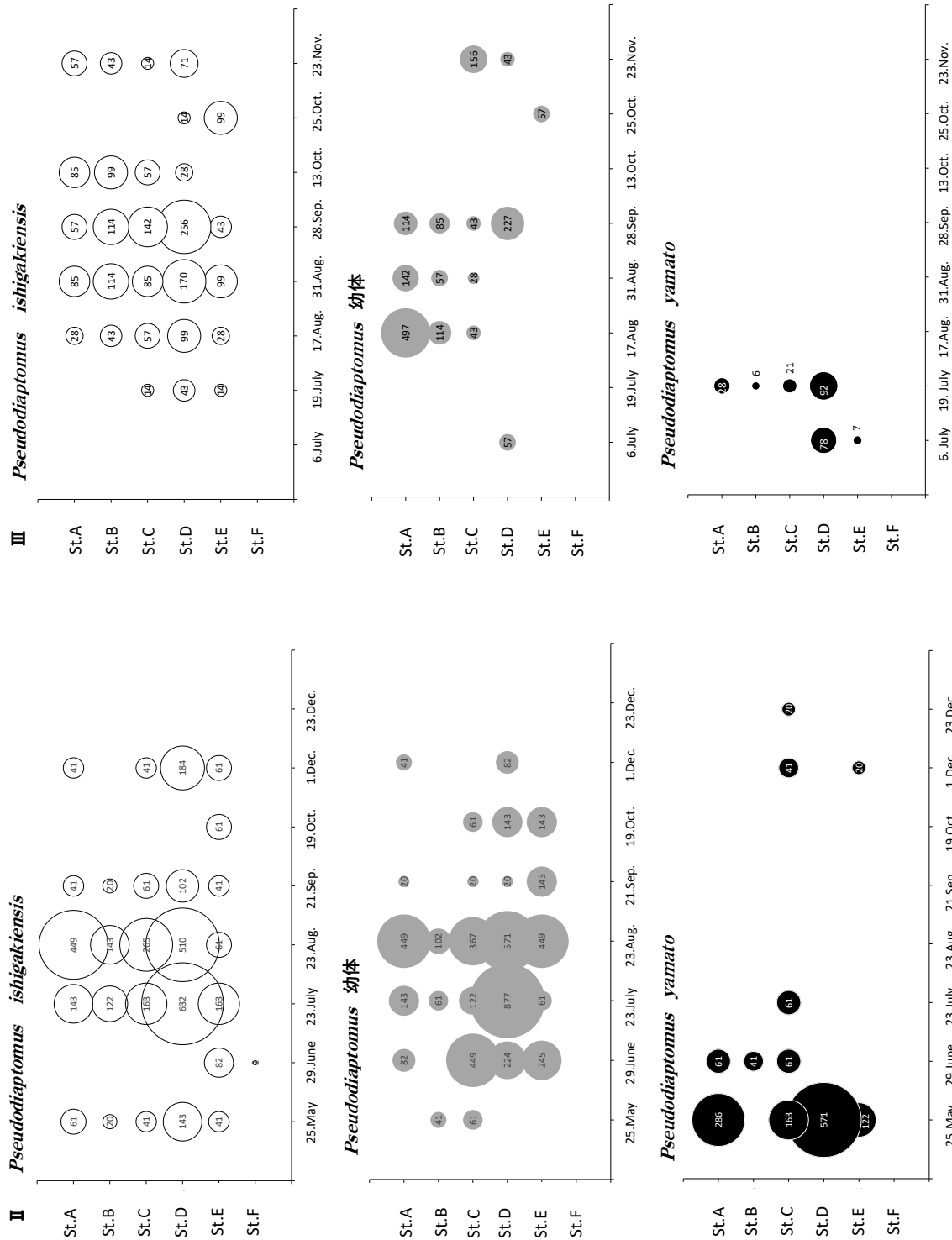


図7. シュードディプトムス属の季節的消長と水平分布 (来村川は採集なし, II: 岩松川, III: 僧都川, 数字は1mあたりの採集個体数)

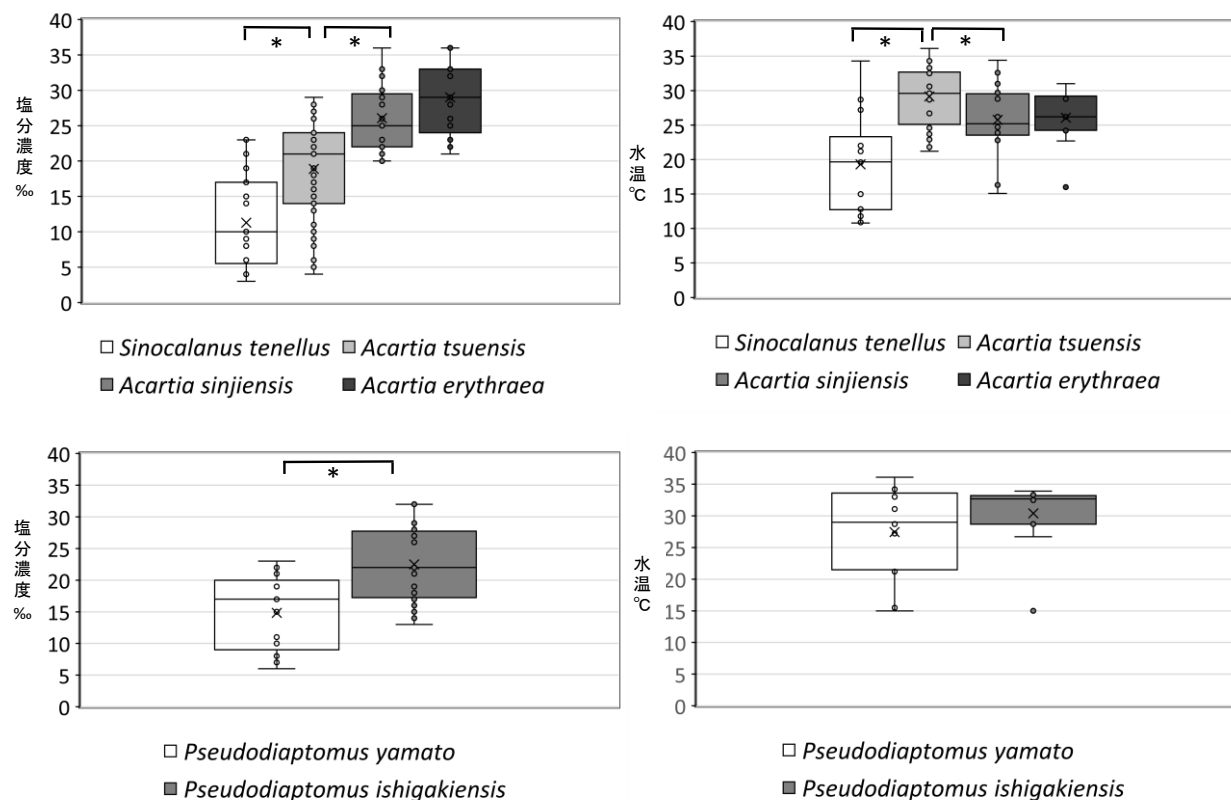


図 8. 汽水性カイアシ類が出現した塩分濃度 (左) と水温 (右) の範囲 (* 有意差あり: マン・ホイットニーの U 検定, $p < 0.05$)

い海水が採集地点の窪みなどに停留していた可能性が考えられる (図 10-Ⅲ)。

潮の干満によるカイアシ類の変動

8 月の調査時における僧都川河口域の満潮時と干潮時における環境変化をみると、総じて水温は干潮時よりも満潮時の方が高かった。塩分濃度は河口上流側 (St. A-St. C) では高いが、下流側 (St. D-St. F) では大きな違いが見られなかった (図 12)。

アカルチア属では、干潮時は少ないながら上流側で採集された *A. tsuensis* が、満潮時には激減して、一斉に多数の *A. sinjiensis* に置き換わった (図 13)。採集日の 8 月 31 日は *A. tsuensis* と *A. sinjiensis* が混在している時期で (図 4-Ⅲ, 図 6-Ⅲ), この時期の僧都川河口域では、上流側に *A. tsuensis* が、下流側に *A. sinjiensis* が分布し、満潮時には海水の侵入によって汽水が上流へ押し上げられ、より下流にいた *A. sinjiensis* が遡上する水塊に運ばれてきたものと思われる。

シュードディアプトムス属では、本地点に出現した *P. yamato*, *P. ishigakiensis* とともに満潮時には採集されず、後者のみ干潮時に採集された (図 13)。*P. ishigakiensis* は日中に近低層に高密度で分布することが知られており (坂口, 2008), 水面下 0.5m を曳いている本調査では、満潮時には本種の生息水深帯を採集できていない可能性がある。

オイトナ属では、干潮時に湾内全域で採集されていた *O. davisae* が、満潮時には上流側にあたる河口付近 (St. A) だけで採集された。また、干潮時にはおもに湾口付近 (St. F) で採集されていた *O. brevicornis* と *O. spp.* が、満潮時には調査区域全域で多数採集された。また、パラカラヌス属の *P. crassirostris*, *P. parvus* s.l. も同様の出現傾向を示しており、これらの種は同じ水塊に乗って湾内を移動していると推測される。

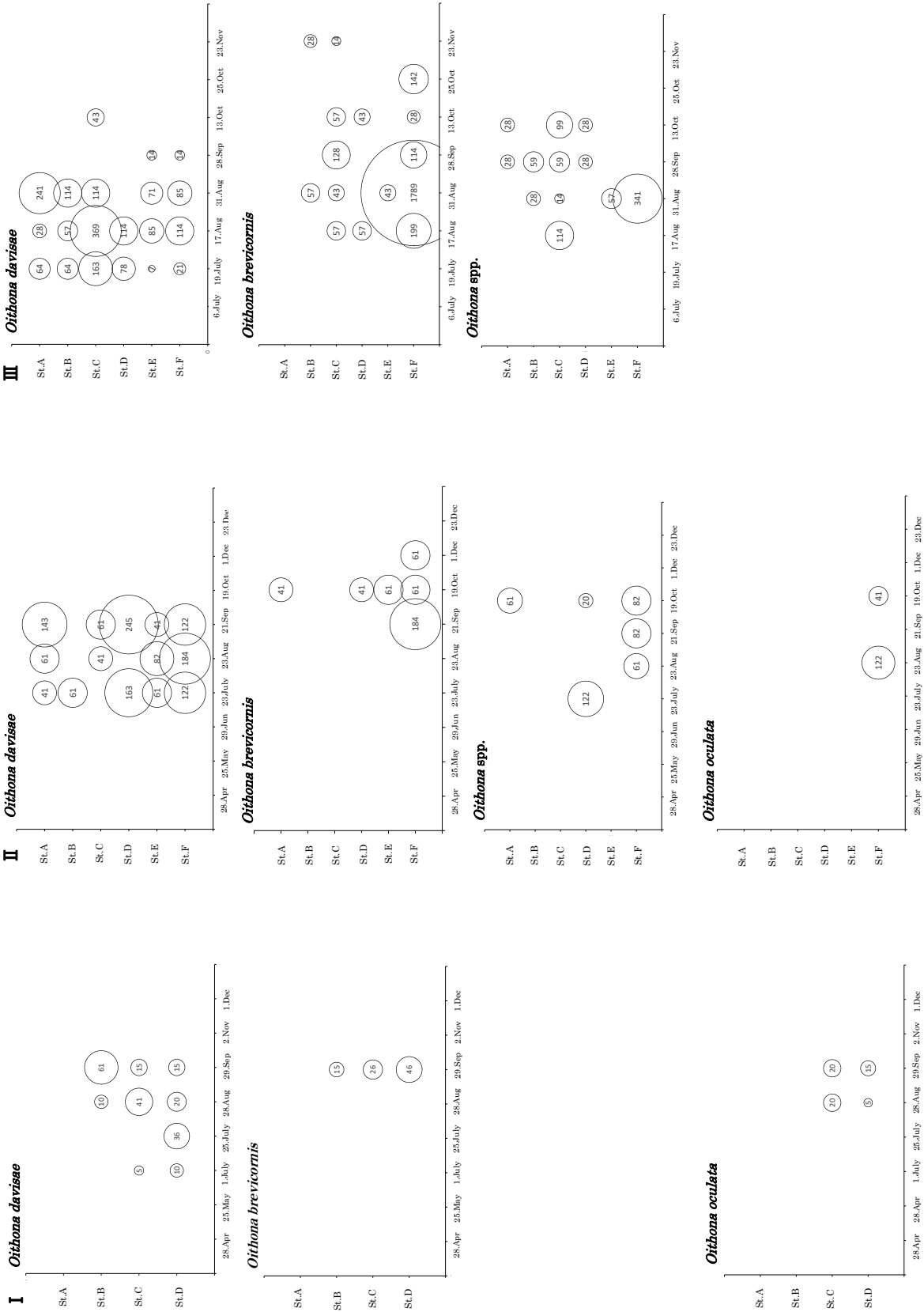


図9. オイトナ属の季節的消長と水平分布（I：来村川，II：岩松川，III：僧都川，数字は1mあたりの採集個体数）

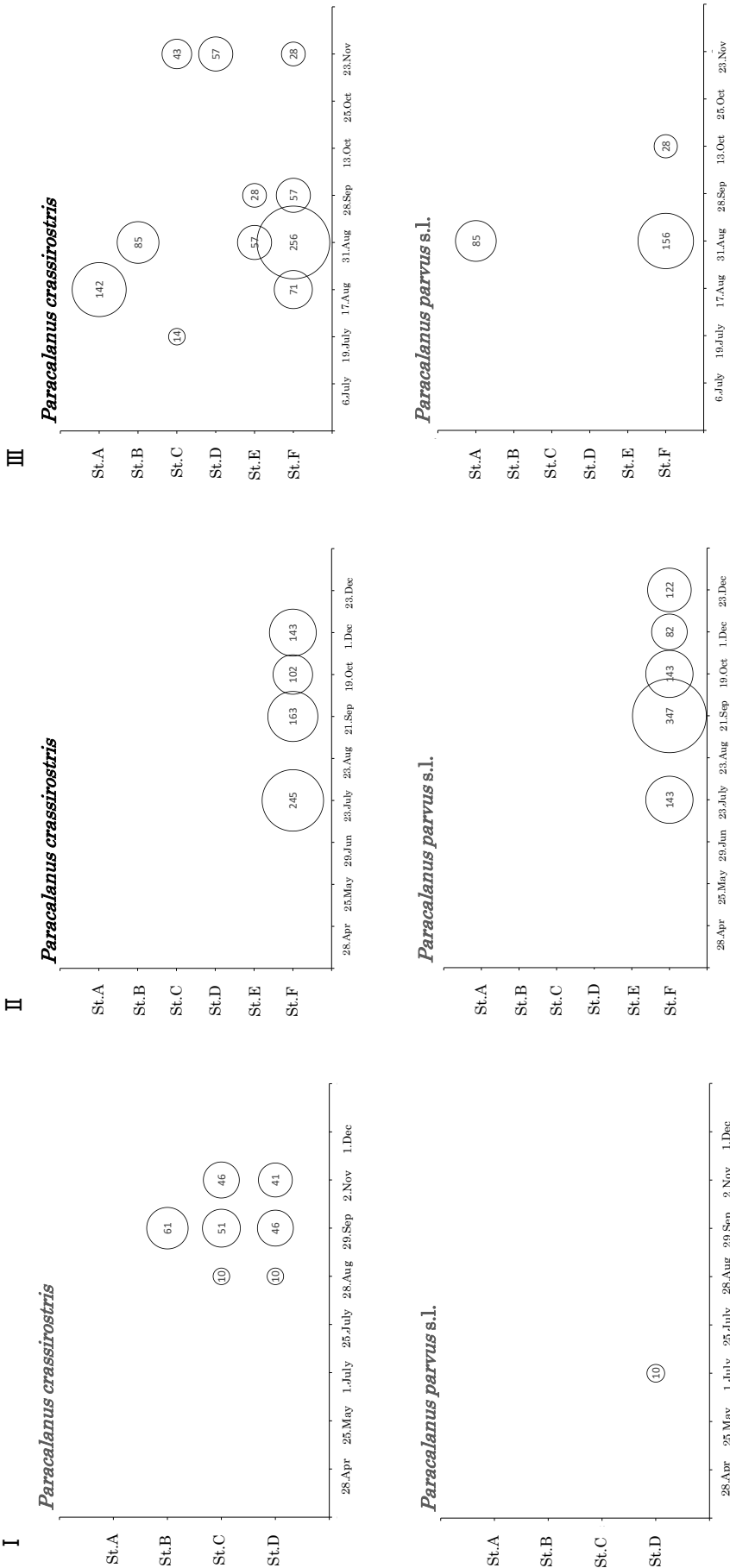


図10. パラカラス属の季節的消長と水平分布（I：来村川，II：岩松川，III：僧都川，数字は1m³あたりの採集個体数）

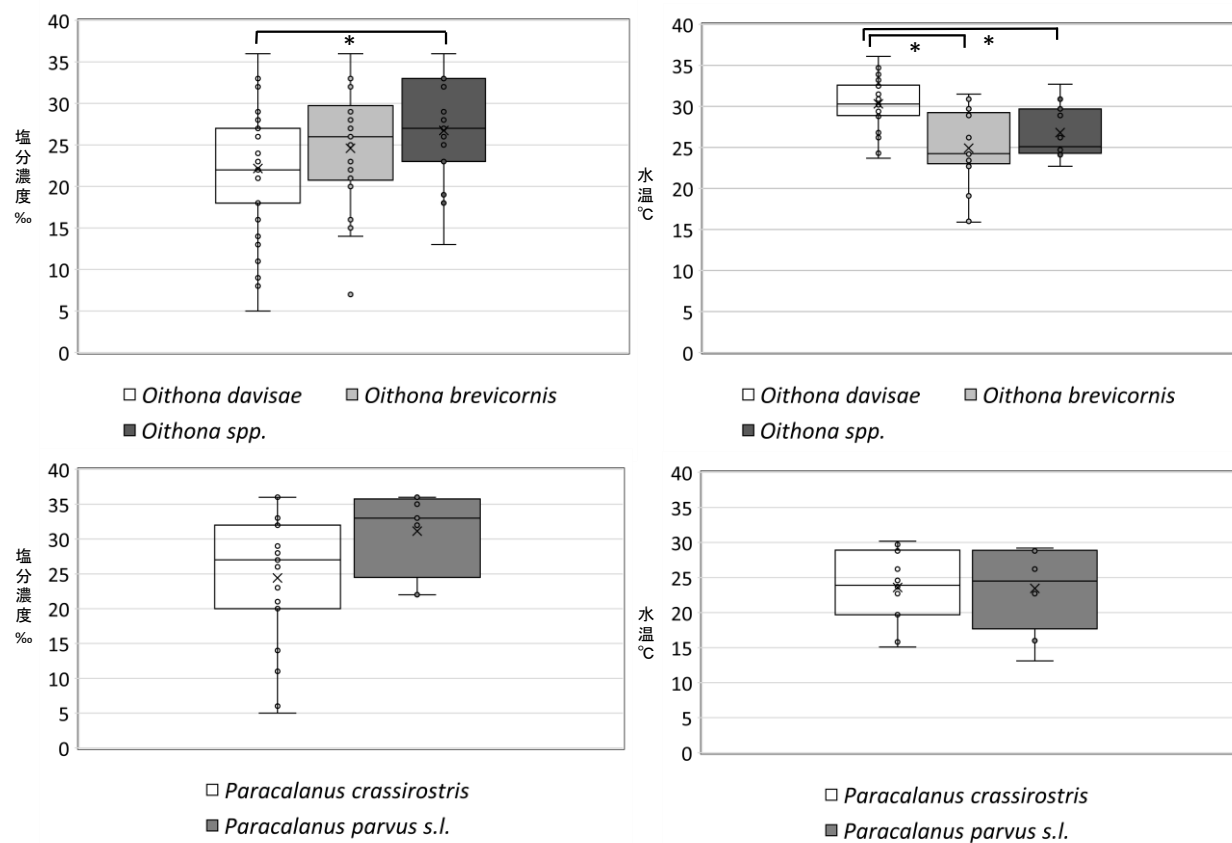


図 11. 内湾沿岸性カイアシ類が出現した塩分濃度（左）と水温（右）の範囲（*有意差あり：マン・ホイットニーの U 検定, $p < 0.05$ ）

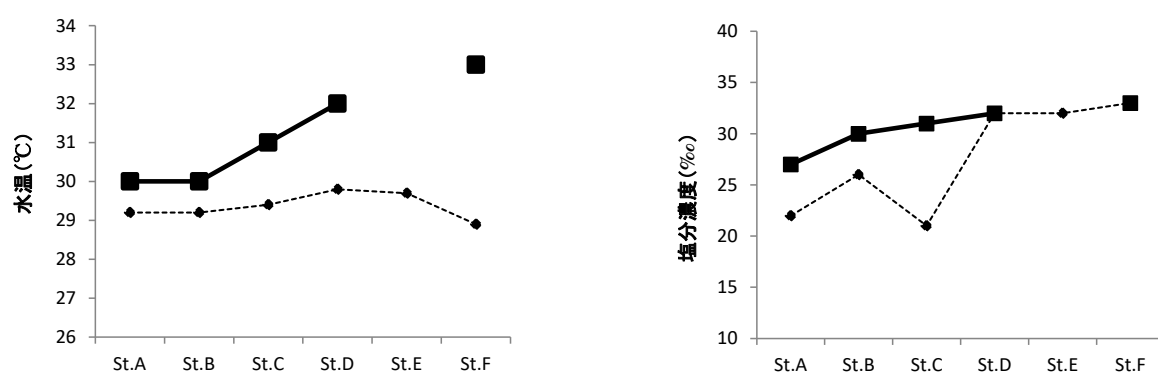


図 12. 僧都川の干潮時と満潮時における水温と塩分濃度の変化（破線：干潮時，実線：満潮時．2008 年 8 月 31 日）

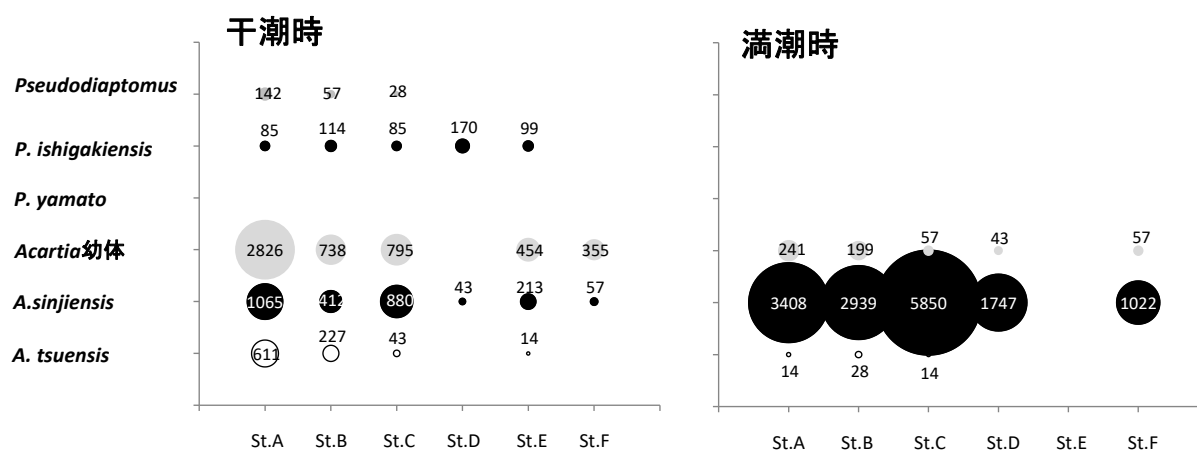


図 13. 僧都川の干潮時と満潮時における汽水性カイアシ類の個体数変化 (2008 年 8 月 31 日. 数字は 1 m³ あたりの採集個体数)

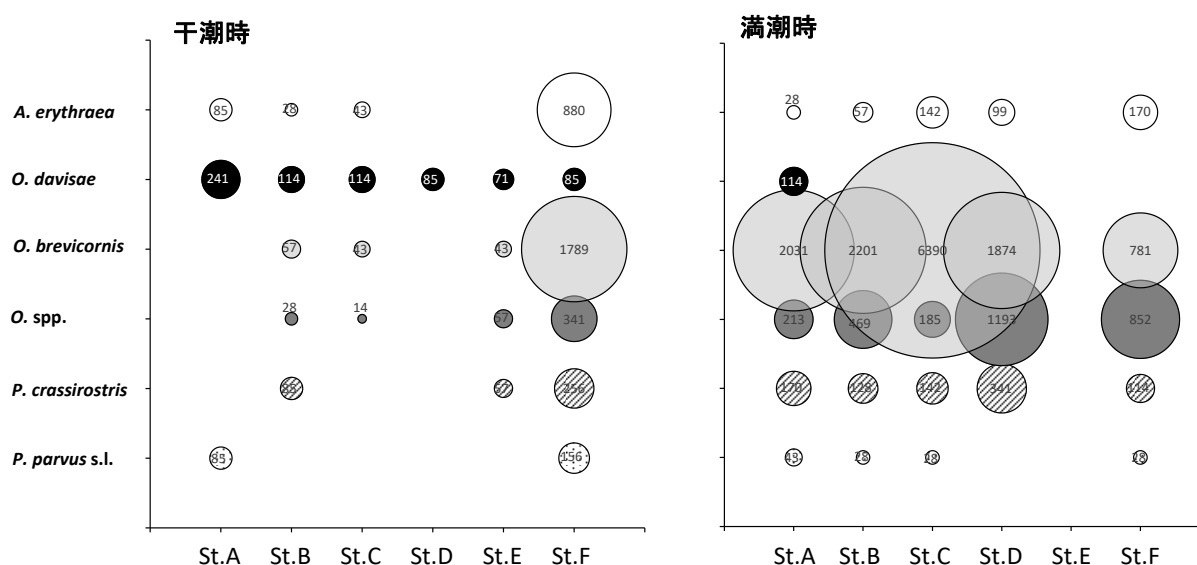


図 14. 僧都川の干潮時と満潮時における内湾沿岸性カイアシ類の個体数変化 (2008 年 8 月 31 日. 数字は 1 m³ あたりの採集個体数)

謝 辞

本報をまとめるにあたり、カイアシ類各種についての情報をいただいた高知大学名誉教授上田拓史先生に厚くお礼申し上げます。また、論文を送っていただいた大類穂子氏に感謝の意を表します。

引用文献

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. 1575pp.

Dexter E, Stephen M, Bollens M, Vuilleumier S. 2017. A genetic reconstruction of the invasion of the calanoid copepod *Pseudodiaptomus inopinus* across the North American Pacific Coast. *Biological invasion* 20: 1577–1595.

愛媛県. 2004. 河川調書. 193pp.

大類穂子. 2011. 黒潮流域における汽水性カイアシ類の動物地理. 高知大学大学院総合人間自然科学研究科黒潮圏総合科学専攻博士論文, 105pp.

大本将人. 2011. 御荘湾の汽水性動物プランクトン調

- 査. 南予生物, 16: 39–48.
- 大本将人. 2019. 四国西南地域における汽水性カイアシ類の季節的消長と水平分布. 愛媛県高等学校教育研究会理科部会編, 愛媛高校理科, 56: 35–39.
- 坂口穂子. 2008. 四万十川河口汽水域における汽水性カイアシ類の生態学的研究. 高知大学大学院農学研究科 2007 年度修士論文, 26pp.
- 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に及ぼした影響. 日本プランクトン学会報, 56(2): 120–128.
- Sakaguchi SO, Ueda H, Ohtsuka S, Soh HY, Yoon YH. 2011. Zoogeography of planktonic brackish-water calanoid copepods in western Japan with comparison with neighboring Korean fauna. Plankton and Benthos Research. 6(1): 18–25.
- Ueda H. 1991. Horizontal distribution of planktonic copepods in inlet waters. Bulletin of the plankton Society of Japan. Special volume. 143–160.
- 上田拓史. 2001. 内湾性カイアシ類の生態. 月刊海洋号外, 27: 96–104.
- Ueda H, Sakaguchi SO. 2019. *Pseudodiaptomus yamato* n. sp. (Copepoda, Calanoida) endemic to Japan, with redescription of the two closely related species *P. inopinus* Burckhardt and *P. japonicus* Kikuchi. Plankton and Benthos Research. 14(1): 29–38.
- Yamazi I. 1956. Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory. 5(2): 157–196.