

矢作川水系におけるカワゲラ類、特にコナガカワゲラ属の幼虫の調査

愛知工業大学 土木工学科 吉田 峻也

1. はじめに

矢作川では、上流に建設された複数のダムの影響により、出水が人為的に制御され、土砂の流下量が少なくなった。そのため、河床が安定し、礫が動かない場所を好む造網性トビケラ類が急激に増えることとなった。また、河床安定度が高すぎることで、カワシオグサなどが異常繁殖し、アユが不漁になってしまうことが起きた。

また、矢作川の各地点調査の既存研究より、矢作ダムがカワゲラ類に影響を与えている可能性があることが指摘されている（川崎・内田, 2015; 藤本ほか, 2017; 市川ほか, 2020）。

本研究では、矢作川のコナガカワゲラ属の種の特定、コナガカワゲラ属の個体数の増減、コナガカワゲラ属の生息環境の特定。そして、これらの基礎資料を元に矢作川におけるコナガカワゲラ属（幼虫）の河床の攪乱の影響減少について検討した。

また、矢作川では、矢作ダムの上流からの土砂をダム下流へ巡回させる土砂バイパストンネル計画が提案されている。土砂バイパストンネルを設置することで、ダム下流へ土砂が流れ、河床の攪

乱が復活することが期待されている（深谷ほか, 2005）。

コナガカワゲラ属幼虫の生息場所の可能性がある河床下間隙水域は、表流水と伏流水、地下水が交じり流れるところであり、流路や河岸の地下に広がる飽和間隙水域のことである（図1）。洪水により流路の形状が変わると河床下間隙水域も流れが変化する（Stanford and Ward, 1993）。河床下間隙水域は、英語で hyporheic zone と呼ばれ、ギリシャ語で hyporheic は（～の下）を表す hypo と（流れ）を表す rheo を組み合わせて形容詞化した造語である。

昆虫綱カワゲラ目は、世界で約 3500 種、日本で約 200 種確認されている。コナガカワゲラ属の幼虫は採集されにくい、成虫に関しては、夏の時期に多く発見され、特に自動販売機などの明かりによって川沿いの灯火で多く採集される（相川ほか, 2005; 熊谷ほか, 2006; 谷本ほか, 2007）。

コナガカワゲラ属の幼虫の特徴として、体色が黄褐色であり、体長が 5mm 程度である。生息場所として河床下間隙水域の深くに生息している可能性が指摘されている。さらに、内田（2006）

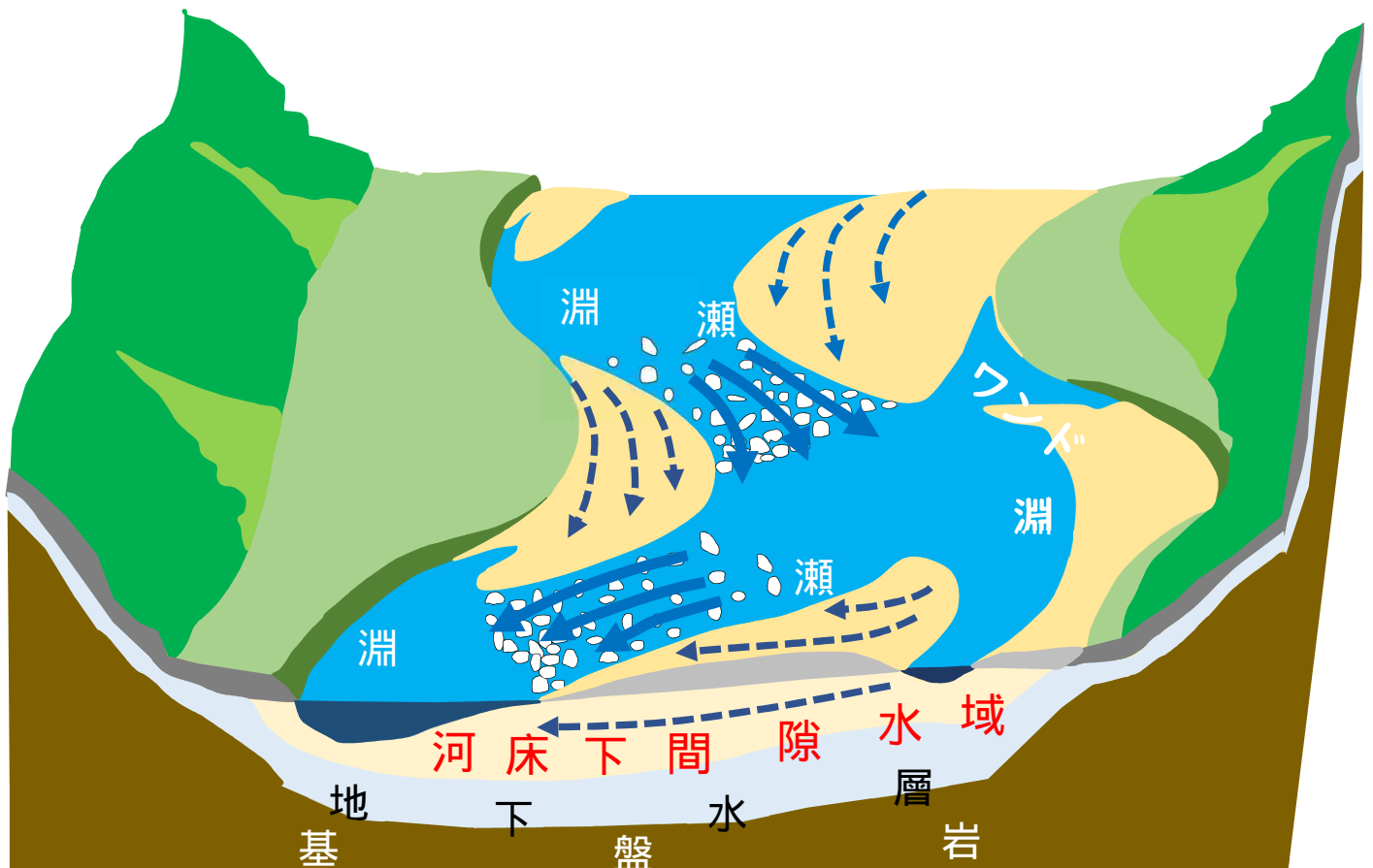


図1 河床下間隙水域を示した模式図（竹門, 2016; Stanford et al, 2005, を参考に作図）

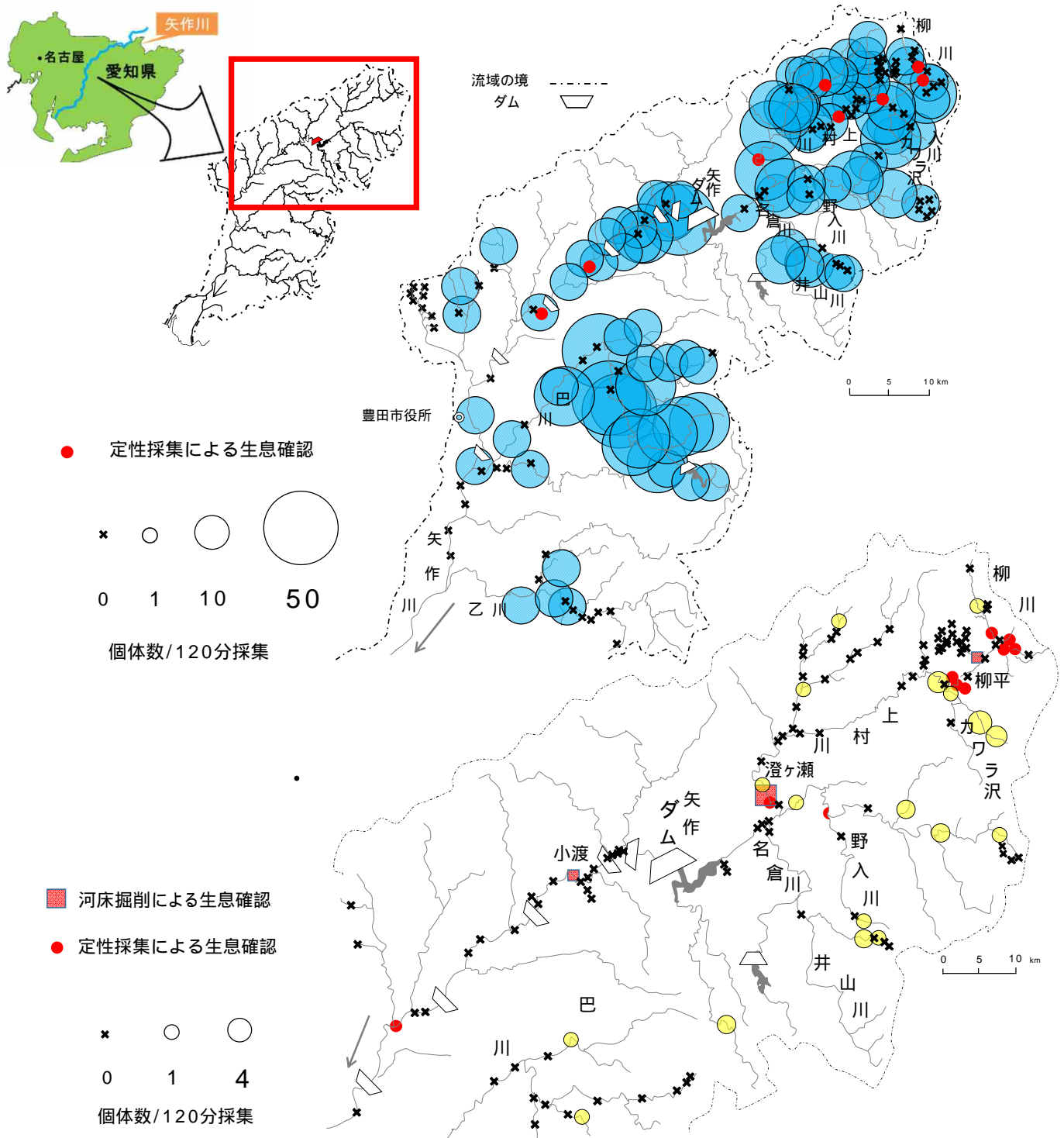


図2 矢作川上流におけるクラカケカワゲラ属幼虫（上）とコナガカワゲラ属幼虫（下）の分布

は、コナガカワゲラ属は攪乱に強い水生昆虫である可能性を指摘した。

2. 研究方法

2000～2021年に愛知工業大学生態研究室（河川・環境研究室）で採集された標本を利用し研究をした。網目内径約3mmのタモ網で、2人以上で採集時間60分、120分になるように時間を設定した定時間採集、人数と時間を設定せずに行う定性採集、網目内径約0.13mmの網を用いて50cm×50cmの方形枠で採集する定量採集で調査を行

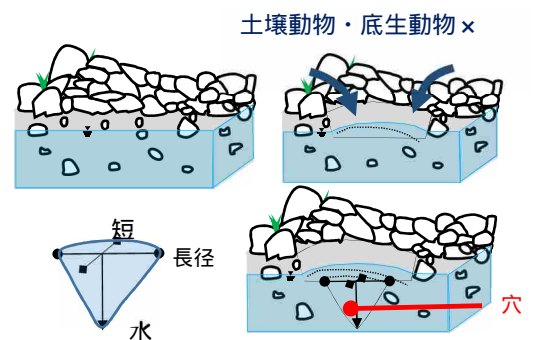


図3 河床掘削による採集方法

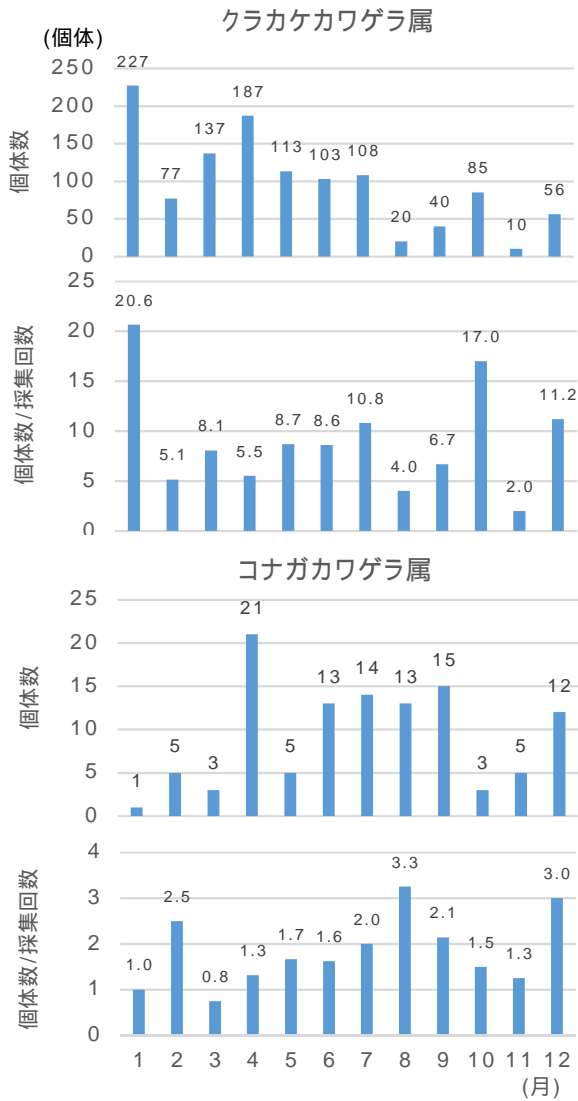


図4 各月のクラカケカワゲラ属とコナガカワゲラ属の幼虫の総個体数と1回の採集での個体数

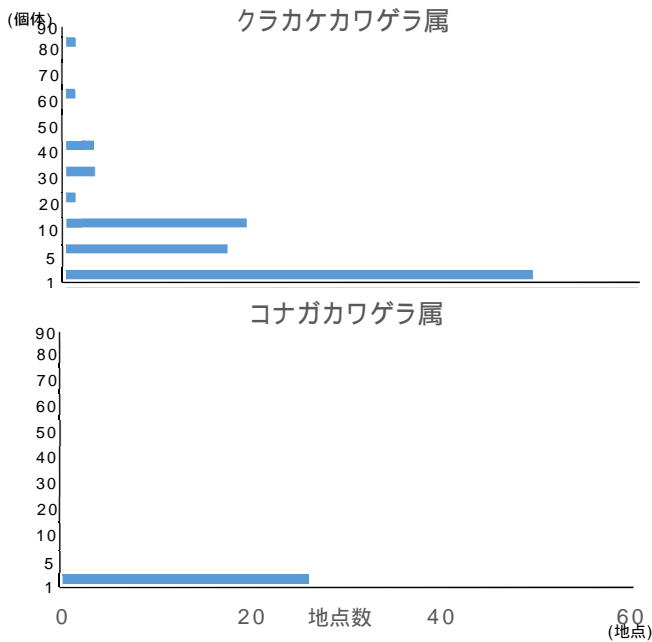


図5 クラカケカワゲラ属とコナガカワゲラ属の矢作川水系における個体数と地点数の関係

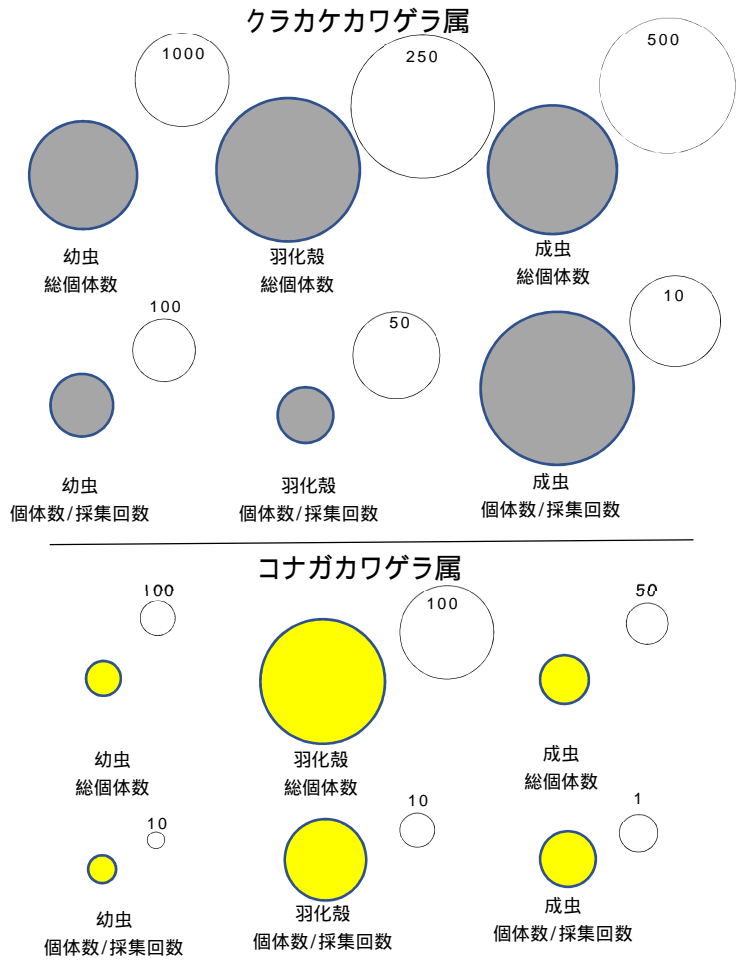


図6 2000~2021年に矢作川水系で採集された個体数

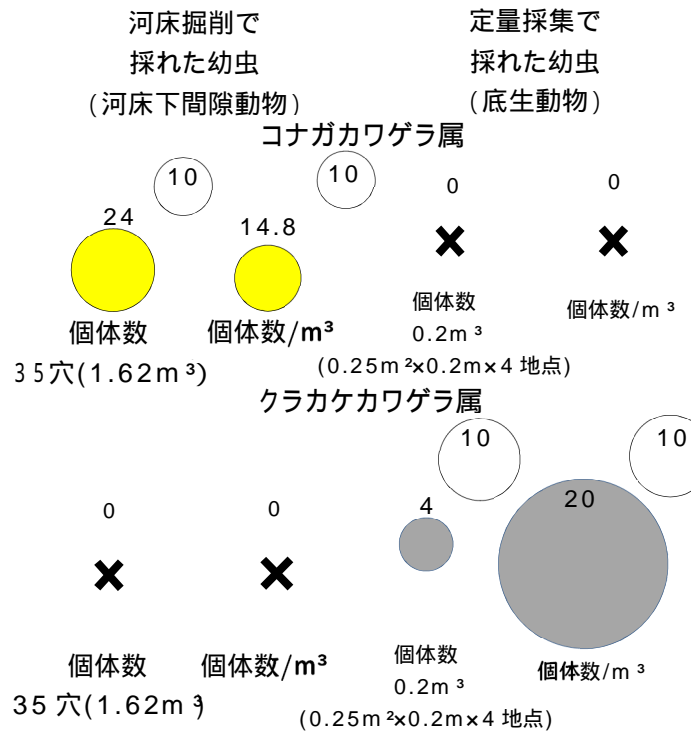


図7 2000~2021年に矢作川水系で採集された幼虫の個体数

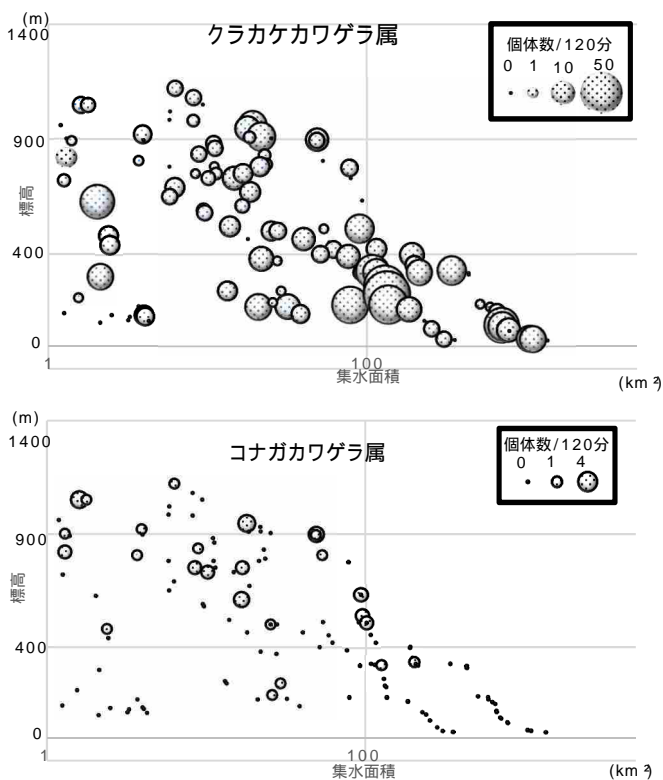


図8 矢作川水系における幼虫の集水面積と標高

った。また、水が流れていないカワラを掘って、水が沁みだしてくるところをさらに掘って採集する河床掘削による採集（図3）も行った。

採集した幼虫を80%エタノール容器に入れて持ち帰り、双眼実体顕微鏡で可能な限り、科、属、種まで同定を行った。

また本研究では、過去の調査で持ち帰ったコナガカワゲラ属幼虫とクラカケカワゲラ属幼虫を、上記と同様に同定作業を行った。同定は内田・吉成（2018）に従って行った。

3. 調査結果と考察

調査を行った地点の同定作業を行い、コナガカワゲラ属幼虫と同じ調査地点で採集できたクラカケカワゲラ属幼虫についてまとめ、図に記載した。

まず、矢作川上流におけるクラカケカワゲラ属幼虫とコナガカワゲラ属幼虫の分布図（図2）だが、矢作川全域で調査を行い、定性採集、定時間採集に分け、分布図に個体数を調査した地点ごとにプロットし、図2にまとめた。

定性採集を行った場所を丸い点で示し、定時間採集を行った調査した地点を円で表している。

また、×で示した地点は、調査を行ったがその地点で採集することができなかったことを示している。

クラカケカワゲラ属幼虫は図2を見てわかるように、矢作川全域で広範囲に採集することができ、主に、定時間採集により多く採集された。

クラカケカワゲラ属幼虫は、矢作川本流におい

てほとんどの地点で採集されたが、クラカケカワゲラ属幼虫が比較的多く生息している場所として、矢作川上流と矢作川上流から少し下った矢作川中流域だった。

クラカケカワゲラ属幼虫の個体数は、矢作川中流域の方が多く、1つの調査地点で82個体採集される場所があった。矢作川全域のクラカケカワゲラ属幼虫の総個体数は1163個体であり、コナガカワゲラ属に比べ圧倒的に個体数が多いことが分かった。

矢作ダム下流では、通常採集でクラカケカワゲラ属幼虫が多く採れたが、コナガカワゲラ属幼虫はクラカケカワゲラ属幼虫とは違った結果となった。

次に、コナガカワゲラ属幼虫の分布図についてだが（図2）図2を見てわかるように、主に矢作川上流で多く採集することができ、矢作川の下流のほうではほとんど採集できていないことが分かった。

コナガカワゲラ属幼虫は、クラカケカワゲラ属幼虫と比べて、採集できる個体数が圧倒的に少なくなっていることが図2からわかる。

コナガカワゲラ属幼虫の総個体数は134個体であり、110個体は定時間採集、底生採集によって採れた個体数であり、24個体は河床掘削による採集方法で採れた個体数である。

コナガカワゲラ属幼虫の採集方法は、クラカケカワゲラ属幼虫を採集するときの採集方法に、河床掘削による採集方法を8回加えて行った。

また、矢作ダム下流では、通常採集でコナガカワゲラ属幼虫を採集することができなかったが、河床掘削による底生採集では、矢作ダム下流の小渡で採集することができた。

今回、過去調査した地点のまだ同定しきれていなかったコナガカワゲラ属幼虫を同定し、新しく11地点の調査結果を加えた。その地点は、小川川、宮前橋下流（2地点）、平谷堰堤下流、大平、奥達原、フロヤ沢（2地点）、五軒小屋上流、堰ヶ沢、カワラ沢であった。

コナガカワゲラ属幼虫は、矢作ダム上流では採集した個体数が多いのに対し、矢作ダム下流は採集される個体数が極端に少なく、ダムによる影響でダム下流の河床の攪乱が減少するためコナガカワゲラ属幼虫が生息しにくい可能性がある、（図2）から考えられる。

図4は、コナガカワゲラ属幼虫とクラカケカワゲラ属幼虫の各月に採集される個体数と各月1回当たりの採集数をグラフ化したものであり、クラカケカワゲラ属幼虫の個体数と、コナガカワゲラ属幼虫の個体数が圧倒的に違うことを示したグラフである。

クラカケカワゲラ属幼虫とコナガカワゲラ属幼虫は、どちらも1年中採集することが可能であり、1年1化ではないことが図4からわかる。

また、クラカケカワゲラ属を比較対象とした理由は、幼虫期間が2年以上であり、羽化する時期

が夏で、コナガカワゲラ属と同じため比較対象とした。

図5では、矢作川水系におけるクラカケカワゲラ属幼虫とコナガカワゲラ属幼虫の個体数と地点数との関係について示した図であり、クラカケカワゲラ属幼虫とコナガカワゲラ属幼虫の個体数が、矢作川水系の調査地点で何か所採集されたのかを表した。

クラカケカワゲラ属幼虫は、1地点で82個体採集されている地点があり、コナガカワゲラ属幼虫より採集数が多く、コナガカワゲラ属幼虫は、クラカケカワゲラ属幼虫より、採集が困難ということが分かった。

また、コナガカワゲラ属幼虫は、1地点で1個体のみ採集されることが多かった。

図6は、2000～2021年に矢作川水系で採集されたクラカケカワゲラ属とコナガカワゲラ属の個体数を示しており、コナガカワゲラ属幼虫はクラカケカワゲラ属幼虫より少なく、コナガカワゲラ属幼虫は、コナガカワゲラ属羽化殻と比べても採集数が少なくなっていることが分かる。また、1回の採集でもコナガカワゲラ属幼虫は、コナガカワゲラ属羽化殻に比べて少ないことが分かった。

図7は、河床掘削と底生動物の定量採集で採集された幼虫について示しており、河床掘削では、クラカケカワゲラ属幼虫は採集することができなかつたが、コナガカワゲラ属幼虫を採集することができ、底生動物の定量採集では、コナガカワゲラ属幼虫は全く採集することができなかつたが、クラカケカワゲラ属幼虫は採集することができた。

この結果は、コナガカワゲラ属幼虫は河床下間隙に生息しており、クラカケカワゲラ属幼虫は、底生動物として河床に生息していることを示していると考えられる。

図8は、矢作川水系における集水面積と標高および個体数について示した図である。

コナガカワゲラ属幼虫は、標高が高い地点で主に採集することができたが、クラカケカワゲラ属幼虫は、標高が低い地点でも多く採集することができた。

また、コナガカワゲラ属幼虫は、矢作ダム下流では通常の底生動物の採集方法で採集できる数が少ないことが分かった。

4. まとめ

コナガカワゲラ属幼虫はクラカケカワゲラ属幼虫に比べ、通常の底生動物の採集方法では採れる数が少ない。また、クラカケカワゲラ属幼虫は河床掘削で採れず、コナガカワゲラ属幼虫は河床掘削で通常の底生動物の採集方法より、多く採れることが分かった。

引用文献

- 相川真哉・峰野雅也・山田健司(2005) 矢作川・巴川のカワゲラ類: その種類相・分布・群集の多様性. 平成16年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, Group9-1～10.
- 藤本卓也・内田臣一・山脇健也(2017) 矢作川水系におけるカワゲラ類の分布に与える人為的影響. 愛知工業大学研究報告, 52: 87-106.
- 市川隼也・内田臣一・伊藤誠記(2020) 矢作川水系および周辺河川におけるカワゲラ類(特にキカワゲラ属)の分布と生活史. 愛知工業大学研究報告, 55: 60-82.
- 川崎嵩之・内田臣一(2015) 矢作川水系におけるカワゲラ類水生昆虫の分布と河川環境. 愛知工業大学研究報告, 50: 137-146.
- 熊谷広芳・小谷拓也・榊原吉昭(2006) 矢作川における底生動物, およびコナガカワゲラ属の調査. 平成17年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, Group6-1～7.
- Stanford, J. A. and J. V. Ward. (1993) An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 48-6
- 竹門康弘(2016) 河川生態系における垂直方向の構造と生態系間のつながり. *River Front*, 83: 29-32.
- 谷本喜一・中谷功二・久枝伸行(2007) 矢作川における底生動物, およびコナガカワゲラ属の調査. 平成18年度 愛知工業大学 河川 環境研究室 卒業研究論文, Group6-1～10.
- 内田臣一(2006) 洪水で川底がひっくり返っても大丈夫? な川の虫～コナガカワゲラ類～. *Rio 豊田市矢作川研究所月報*, 101: 3.
- 内田臣一・吉成暁(2018) カワゲラ目追記. 日本産水生昆虫, 川合禎次・谷田一三共編: 325-328. 東海大学出版部, 平塚.

1. はじめに

1.1 コナガカワゲラ属について

昆虫綱カワゲラ目は世界で約 3,500 種 (Fochetti and Tierno de Figueroa, 2008)、日本で約 200 種が確認されている。カワゲラ目 Plecoptera の幼虫 (写真 1 左) は淡水中に生息し、河床の礫間や礫下の隙間、落葉の堆積や植物の根の間などから見つかる (清水ほか, 2005)。

食性も他の水生昆虫などを捕食する肉食の物から落葉、付着藻類などを食べる草食の物がある。そして夏につれ、幼虫は川の岸などで羽化し成虫になる。成虫は夏に川沿いの灯火で多く採集される (内田,1987; 清水ほか, 2005)。

しかし、コナガカワゲラ属 *Flavoperla* 幼虫 (写真 1 左) は、狭義の底生動物ではなく、河床下間隙水域 (hyporheic zone) と呼ばれる河床の下深くの通常は底生動物が生息しない水域に生息する可能性が指摘されている (内田, 1987, 2006)。日本産コナガカワゲラ属には、エゾキコナガカワゲラ *F. tobei*、キコナガカワゲラ *F. hatakeyamae*、キアシコナガカワゲラ *F. hagiensis*、オオメコナガカワゲラ *F. thoracica* の 4 種が知られている (内田・吉成, 2018)。

1.2 河床下間隙水域について

コナガカワゲラ属幼虫の生息場所の可能性のある河床下間隙水域とは、流路や河岸の地下に広がる飽和間隙水域であり、表流水 (河川水) と伏流水、地下水が交流しつつ流れる場である。

洪水によって流路の形状が変われば、河床下間隙水域も水の流れも変化する (川西・井上, 2018)。英語では hyporheic (ギリシャ語で「~の下」を表す hypo と「流れ」を表す rheo との造語の形容詞形) zone と呼ばれる。

河川の上流と中下流では河床下間隙水域の範囲が異なる。上流では粒径が大きく浸透しやすく、基



写真 1 コナガカワゲラ属 幼虫 (左) と 成虫 (右上) と羽化殻 (右下)

盤岩上の土砂堆積物すべてが河床下間隙水域として機能する。

一方で、中下流では、堆積物中の不透水性粘土層よりも上方が河床下間隙水域となっていると考えられる (Gibert et al., 1994; 竹門, 2002)。

1.3 研究目的

本研究では、矢作川全域でコナガカワゲラ属と河床攪乱の関係を示し、土砂バイパストンネルの指標として用いられるか検討した。

2. 研究方法と調査地

2.1 羽化殻の採集

30・40・45 分間でカワゲラ目の羽化殻 (写真 1 右下) を採集した。羽化殻は乾燥していると割れて形が崩れやすく、微小に水分を含ませるようにして採集した。

採集した羽化殻は、現地で 80 %エタノールで固定し実験室へ持ち帰り、双眼顕微鏡 (Nikon SMZ645) を用いて科、属まで同定した。

図 1 では調査地を示す。

2.2 羽化殻の標本確認

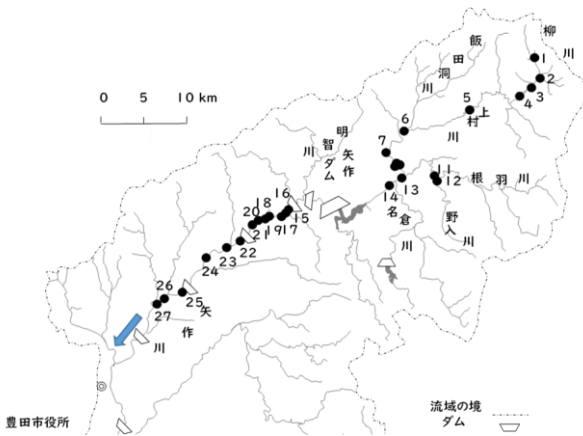


図 1 コナガカワゲラ属の羽化殻の調査地

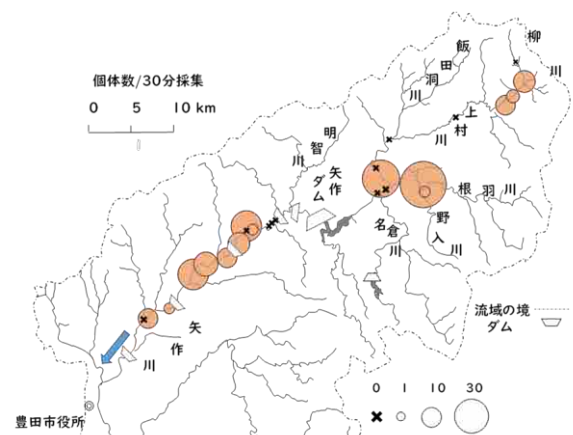


図 2 コナガカワゲラ属の羽化殻の分布図

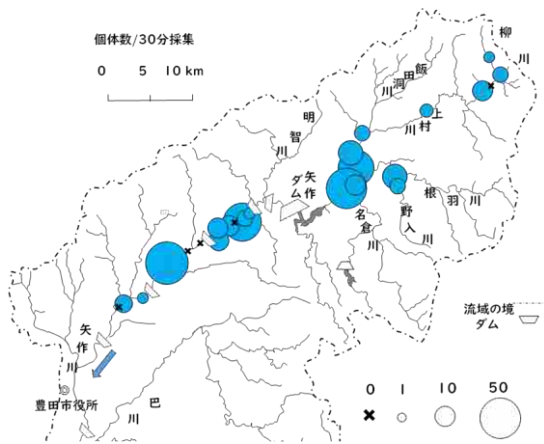


図3 クラカケカワゲラ属の羽化殻の分布図

研究室に所蔵されている矢作川産の過去のカワゲラ類の標本からコナガカワゲラ属とクラカケカワゲラ属の羽化殻を確認した。

2.3 成虫の採集

河川付近にある街灯・自動販売機の灯火で、カワゲラ類成虫（写真1右上）を採集した。

採集した成虫は、現地で80%エタノールで固定し実験室へ持ち帰り、双眼顕微鏡(Nikon SMZ645)

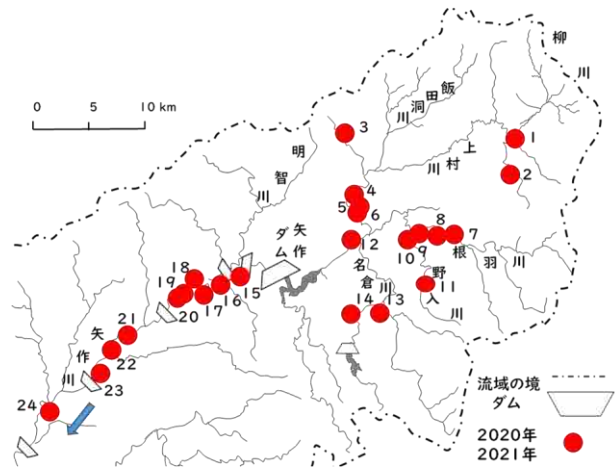


図4 2020年、2021年での成虫の調査地

を用いて種まで同定した。

図4では調査地を示す。

2.4 成虫の標本確認

研究室に所蔵されている矢作川産の過去のカワゲラ類の標本からコナガカワゲラ属とクラカケカワゲラ属の成虫を確認した。

3. 結果と考察

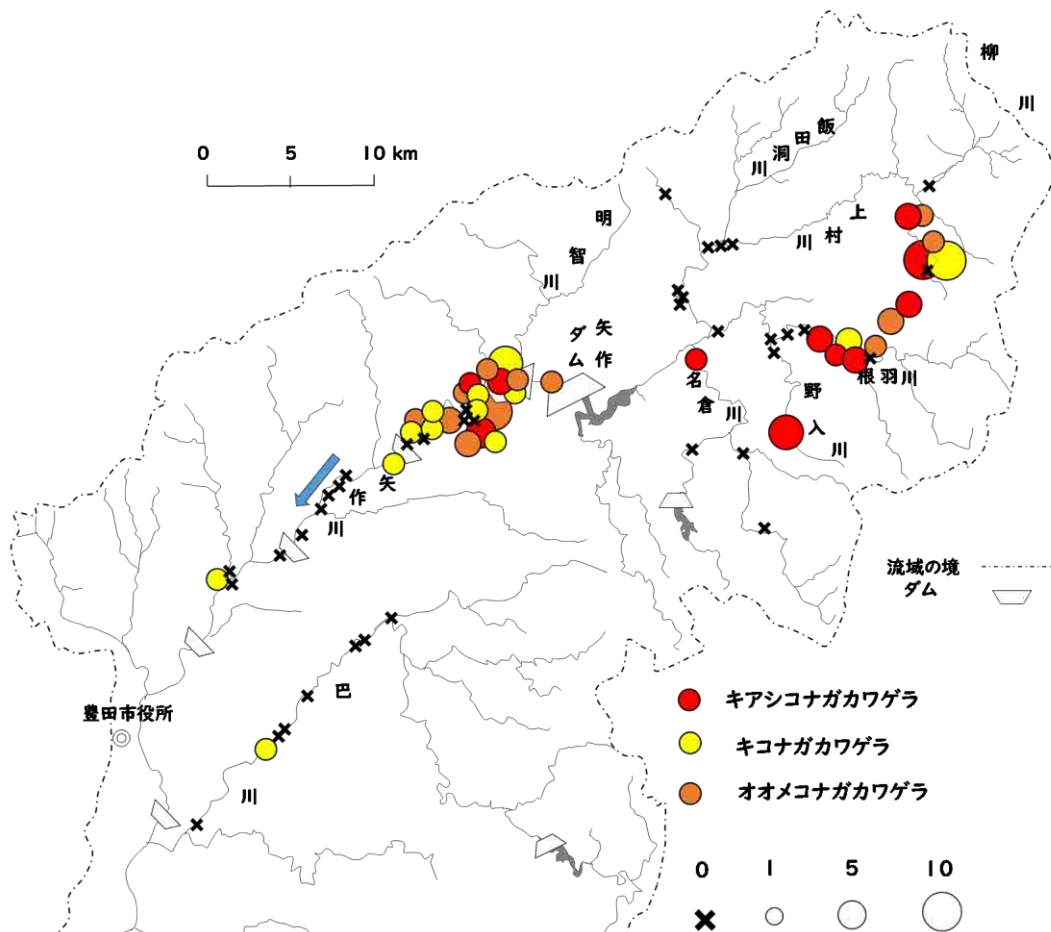


図5 コナガカワゲラ属の成虫の分布図

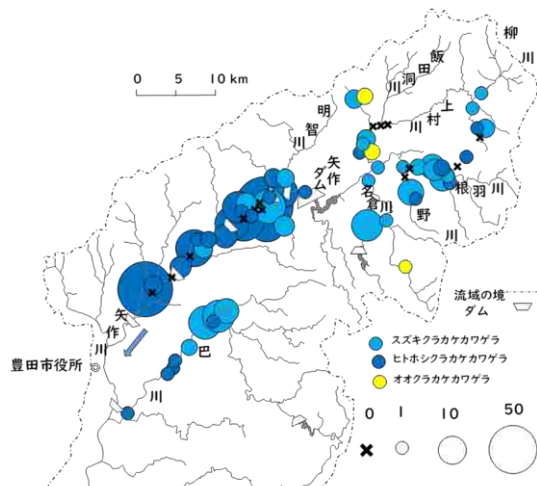


図6 クラカケカワゲラ属の成虫の分布図

3.1 コナガカワゲラ属の羽化殻

今までの2005年と2019年、2021年では、コナガカワゲラ属は206個体採集できた(図2)。クラカケカワゲラ属は247個体採集できた(図3)。

この結果から、同じ時期に羽化するクラカケカワゲラ属と比べると41個体数少ないということがわかる。

2021年では、8月27、30日の二日間で6地点ずつ合計12地点で調査を行った。

8月27日の調査においては、コナガカワゲラ属を採集できなかったが、同じ時期に羽化するクラカケカワゲラ属は合計で17個体採集できた。

8月30日の調査においても、コナガカワゲラ属を採集できず、クラカケカワゲラ属は合計で21個体採集できた。

この結果から、8月の下旬の矢作川ではコナガカワゲラ属は採集することが難しく、クラカケカワゲラ属はたくさん採集できた。

図7から矢作ダム下流では、コナガカワゲラ属幼虫はほとんど採集できませんでしたが、羽化殻はたくさん採集できた。クラカケカワゲラ属は、幼虫と羽化殻ともに同じような地点で採集できた。

図8からコナガカワゲラ属とクラカケカワゲラ属を比べると、同じくらいの個体数が採集できた。

3.2 コナガカワゲラ属の成虫

2004年～2006年(相川ほか, 2004; 谷本ほか, 2006)と2020年、2021年では、図5からコナガカワゲラ属は66個体採集できた。キアシコナガカワゲラは25個体で上流で多く採集できた。キコナガカワゲラは22個体で矢作川全域で採集できた。オオメコナガカワゲラは19個体で上流と中流で多く採集できた。

図6からクラカケカワゲラ属は469個体採集できた。その他のカワゲラ類は352個体採集できた。

この結果から、同じ時期に羽化するクラカケカワゲラ属と比べると約1/7倍の個体数ということ

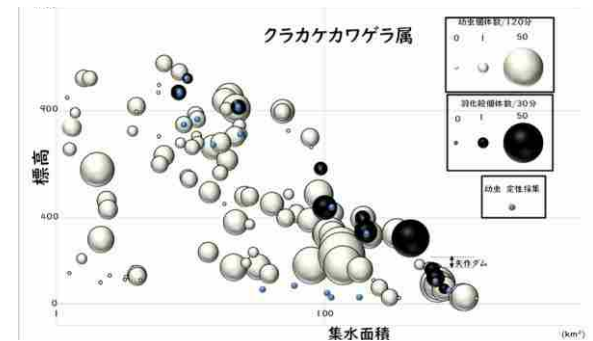
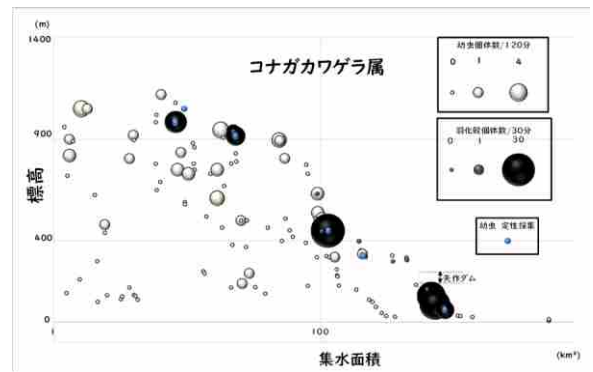


図7 矢作川水系における羽化殻の

集水面積と標高

が分かった。

2021年では、7月10日、8月7日、9月7日の3日間で14地点、23地点、22地点で合計59地点で調査を行った。

7月10日の調査においては、キアシコナガカワゲラ5個体、キコナガカワゲラ7個体、オオメコナガカワゲラ2個体採集でき、合計14個体コナガカワゲラ属を採集できた。

8月7日の調査においては、キアシコナガカワゲラ10個体、キコナガカワゲラ2個体、オオメコナガカワゲラ2個体採集でき、合計14個体コナガカワゲラ属を採集できた。

9月7日の調査においては、コナガカワゲラ属は採集できなかった。

このことから、8月の下旬頃からコナガカワゲラ属は採集できにくい可能性がある。

図8からコナガカワゲラ属とクラカケカワゲラ属を比べると、クラカケカワゲラ属のほうが多く採集できた。

3.3 幼虫の結果との比較考察

幼虫ではコナガカワゲラ属110個体でクラカケカワゲラ属が1163個体と約1/10倍の個体数だということが分かり、羽化殻に比べると個体数が少ないことが分かった。

4. まとめ

羽化殻は3.1の結果からクラカケカワゲラ属と比べて41個体少ないことがわかった。

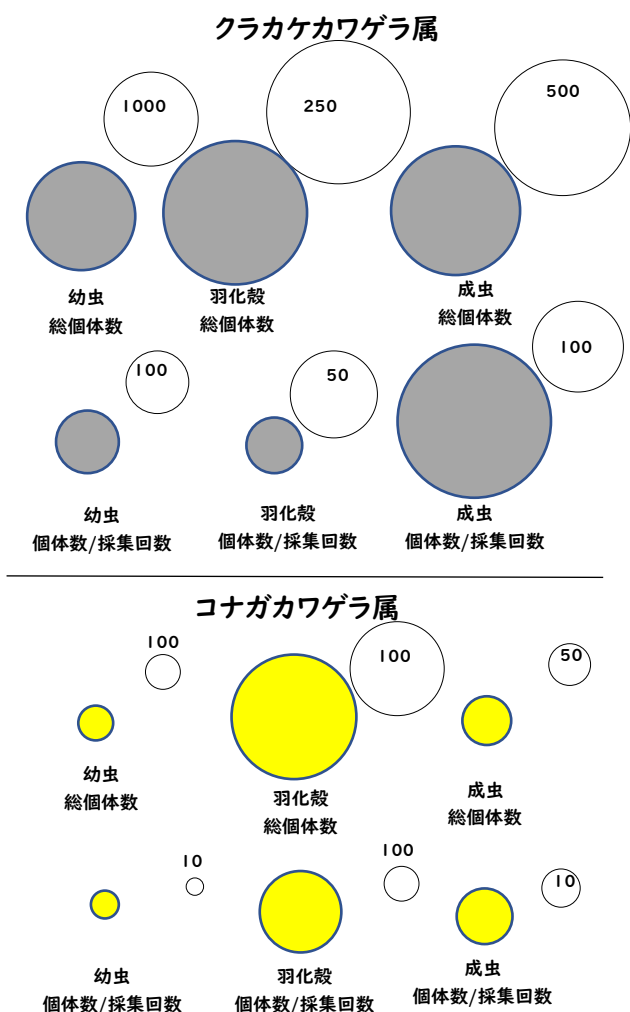


図8 2000～2021年に矢作川水系で採集された個体数

そして、8月の下旬の矢作川ではコナガカワゲラ属の羽化殻は採集することが難しいと考えられる。成虫はクラカケカワゲラ属に比べると約1/7倍の個体数だった。

そして、コナガカワゲラ属が採集できる時期は7月の月上旬から、8月の下旬頃だと考えられ、クラカケカワゲラ属に比べると約1ヵ月羽化する時期が短いと考えられる。

5. 吉田と西田のまとめ

図8からコナガカワゲラ属幼虫の個体数は羽化殻よりも少ない。

そしてコナガカワゲラ属の幼虫は通常の底生動物の採集ではほとんど採集できないことから普通の底生動物ではないと考えられる。

このこととコナガカワゲラ属の幼虫は河床掘削で採集できるということから河床下間隙水域に生息している可能性がある。

引用文献

Fochetti R. and J. M. Tierno de Figueroa (2008) Global diversity of stoneflies (Plecoptera: Insecta) in fresh

water. *Hydrobiologia*, 595: 365-377.

Gibert J., J. A. Stanford, M.-J. Dole-Olivier and J. V. Ward (1994) Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research. In *Groundwater Ecology*, J. Gibert., D. L. Danielopol and J. A. Stanford (eds.): 7-40. Academic Press, San Diego.

川西亮太・井上幹生 (2018) 魚類の生息場所としての河床間隙水域—河川における鉛直的つながりの重要性—. *地下水学会誌*, 60: 157-167.

川崎嵩之・内田臣一 (2015) 矢作川水系におけるカワゲラ類水生昆虫の分布と河川環境. *愛知工業大学研究報告*, 50:137-146.

清水高男・稲田和久・内田臣一 (2005) カワゲラ目(襃翅目). *日本産水生昆虫一科・属・種への検索*, 川合禎次・谷田一三 (編): 237-270. 東海大学出版会, 秦野.

Stanford, J. A., M. S. Lorang, and F. R. Hauer (2005) The shifting Habitat mosaic of river ecosystems. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 29: 123-136.

竹門康弘 (2002) 日本の河川における自然環境保全・復元のための生態学的課題. 公開シンポジウム講演要旨集「生態学と工学の連帯—総合流域管理に向けて—»: 8-17. 応用生態工学会, 東京.

内田臣一 (1987) 多摩川水系におけるカワゲラの分布. 多摩川水系およびその流域における低移動性動物群の分布 状態の解析: 23-78. とうきゅう環境浄化財団, 東京.

内田臣一 (2006) 洪水で川底がひっくり返っても大丈夫? な川の虫〜コナガカワゲラ類〜. *Rio 豊田市矢作川研究所月報*, 101: 3.

内田臣一・吉成 暁 (2018) カワゲラ目(襃翅目) 追記. *日本産水生昆虫一科・属・種への検索 (第二版)*, 川合禎次・谷田一三 (共編): 325-328. 東海大学出版会.

愛知工業大学の関連する卒業研究

相川真哉・蜂野雅也・山田健司 (2004) 矢作川・巴川のカワゲラ類: その種類相・分布・群集の多様性. 平成16年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, Group9-1~10.

熊谷広芳・小谷拓也・榊原吉昭 (2005) 矢作川における底生動物、およびコナガカワゲラ属の調査. 平成17年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, Group6-1~7.

谷本喜一・中谷功二・久枝伸行 (2006) 矢作川における底生動物、およびコナガカワゲラ属の調査. 平成18年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文論, Group6-1~10.

河床下間隙動物（特にコナガカワゲラ属）の生息環境

愛知工業大学 土木工学科 大学院 2 年 杉江 俊城

1. はじめに

河床下間隙水域は、流路や河岸の地下に広がる飽和間隙水域であり、表流水（河川水）と地下水が交流しつつ流れる水域である（Boulton et al., 2010）。英語では hyporheic zone と呼ばれる（hyporheic: ギリシャ語で「～の下」を表す hypo と「流れ」を表す rheo との造語の形容詞形）。出水によって流路の形状が変われば、河床下間隙水域の範囲も水の流れも変化する（Stanford and Ward, 1993）。

河床下間隙水域に生息する動物を河床下間隙動物（hyporheos）と呼ぶ。底生動物（benthos）が生息する河床ではなく、その下、あるいは河岸の地下に生息する。眼が退化し（すなわち、眼が小さい、あるいはない）、色素が乏しい種が多い（Gibert et al., 1994、写真 1）。河床下間隙水域については近年海外では研究が進み、2010 年に Boulton et al. (2010) は、1965～2009 年に出版された研究を総説としてまとめた。一方、国内では研究が少なく、次のような断片的な研究などがあるのみである。竹門⁴⁾は京都府の木津川で、凍結コア法を用いて河床下間隙水域から甲殻類などを採集した。また、Negishi et al. (2019) は北海道の札内川の中州でポンプで水とともに河床下間隙動物を汲み上げて採集した。採集されたのはユスリカ科や貧毛綱（ミミズ類）、カワゲラ目であった。

内田（2006）は、矢作川水系の広域でカワゲラ類を採集すると、他のカワゲラ類と比べコナガカワゲラ属 *Flavoperla* 幼虫は採集される数が少なく、羽化殻と成虫は川沿いで多く採集されることを指摘した。このことから、コナガカワゲラ属は狭義の底生動物でなく、幼虫が河床下間隙水域に生息する可能性を指摘した。また、出水による攪乱に強い水生昆虫である可能性も指摘した。しかし、内田（2006）はコナガカワゲラ属幼虫・羽化殻・成虫の個体数を定量的には示さなかった。

本研究では、矢作川（一部は天竜川、群馬県赤谷川）において河床下間隙動物を採集し、その生息環境を調査した。採集の主な対象は上記のとおり、幼虫の生息場所が河床下間隙水域である可能性が指摘されている（内田, 2006）コナガカワゲラ属とした。また、2 年以上の幼虫期間を要し、同じ時期に羽化すると考えられるクラカケ

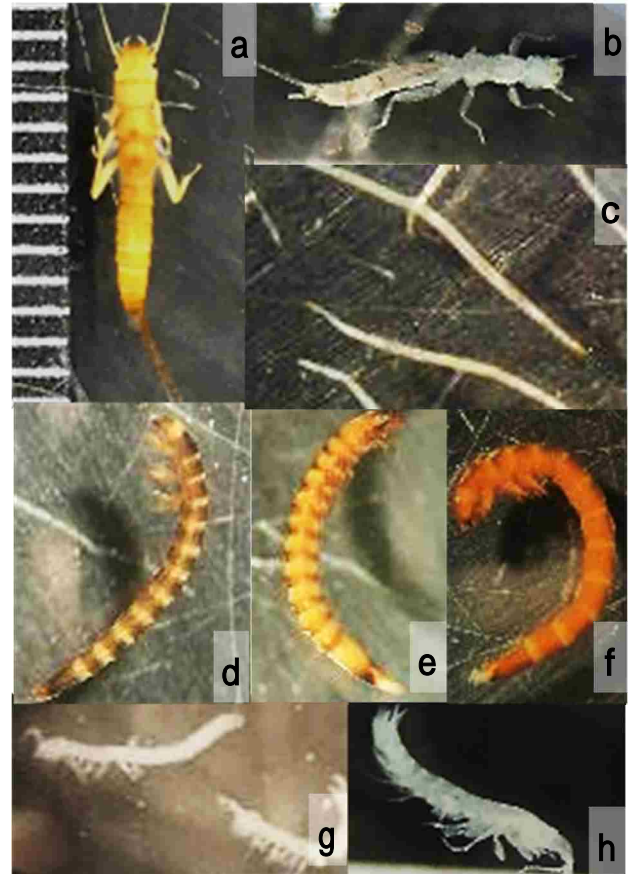


写真 1. 河床の掘削で採集された動物：a コナガカワゲラ属幼虫、b ホソカワゲラ科幼虫、c ヌカカ科幼虫、d アシナガドロマシ属の一種 A、e アシナガドロマシ属の一種 B、f アシナガドロマシ属の一種 C、g ムカシエビ目、h メクラヨコエビ科

カワゲラ属 *Paragnetina* と幼虫・羽化殻・成虫の個体数を比較した。そして、その生息環境と河床攪乱との関係を考察し、河床の攪乱を復活させようとする土木事業（特に土砂バイパストンネル計画）の指標としての可能性を検討した。

2. 調査地

調査は矢作川水系の広域で行った。また、天竜川下流（主に河口から 9～13 km 区間）と赤谷川水系（群馬県みなかみ町、利根川水系の支流）でも少数の地点で調査し

た。矢作川と赤谷川での調査には、2004～2018年の愛知工業大学生態研究室（河川・環境研究室）による調査が含まれている。

矢作川では後述の7ヶ所で、3・1 幼虫の採集と3・2 河床の掘削による採集、3・3 羽化殻の採集、3・4 成虫の採集、3・5 比較のための底生動物採集、3・6 湧水流量・水

質の測定、3・8 土砂移動量の推定を行った。

天竜川では、下流の4ヶ所で後述の3・2 河床の掘削による採集、3・3 羽化殻の採集、3・4 成虫の採集、3・6 湧水流量・水質の測定を行った。

赤谷川では、茂倉沢など11数地点で3・1 幼虫の分布調査、3・3 羽化殻の採集、3・4 成虫の採集を行った。

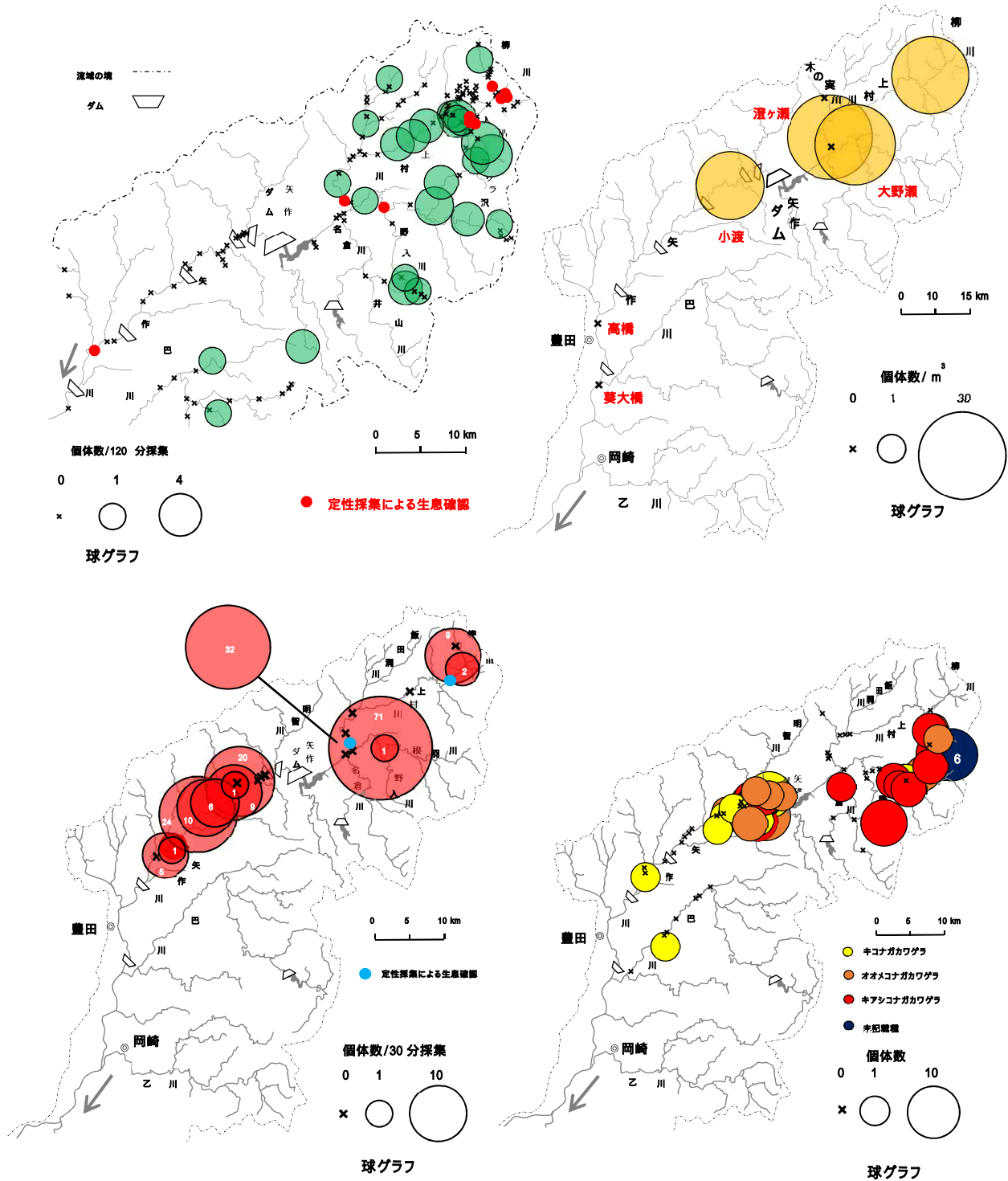


図 1. 矢作川におけるコナガカワゲラ属幼虫（左上、通常の底生動物採集；右上、河床の掘削による採集）、羽化殻（左下）、成虫（右下）の分布

3. 研究方法

3.1 コナガカワゲラ属・クラカケカワゲラ属幼虫の採集

他の底生動物とともに、コナガカワゲラ属幼虫を次の3方法で採集した。網目内径約3mmの手網を用いて、2~10人で採集時間が約60, 120分になるように時間を設定し、瀬や淵(落葉などが溜まっている所)などの様々な微生物息場でカワゲラ類を含む底生動物を採集した(定時間採集)。定性採集では、人数と時間を設定せずに定時間採集と同様に様々な微生物息場で採集した。また、採集した落葉などは、現地で80%エタノールで固定し実験室へ持ち帰った。

矢作川で2000~2019年の計192地点で定時間採集・定性採集を、赤谷川で計11地点で2008~2012年と2020年3月に定時間採集および定性採集を行った。

3.2 河床の掘削による採集

河床下間隙動物を採集するため、河川の水際の陸上部分(河原)を掘削して採集した。

2019年6~10月には、河原を円錐状に掘り進め、浸み出して穴に溜まった水と掘った砂礫をバケツに入れてかき回し、浮き上がった濁り・落葉・植物の根・動物などをDフレームネット(網目内径約0.13mm)で受けて採集した。そして、穴の水面下の部分の直径と水深を巻尺で計測し、円錐とみなして体積を求めた。2019年に矢作川で澄ヶ瀬(2回6穴)、柳平(1回5穴)で調査した。

2019年11月~2021年には、河原を浸出水の水面まで大きな円状に掘り広げてから、その中心を円錐状に掘り、上と同様に採集した。そして、水面下の部分の穴の直径と水深を巻尺で計測し、穴の形を円錐とみなして体積を計測した。これは、上の方法では水位が高い時に河原の部分に生息し、水位低下で河原に取り残された底生動物や土壌動物が混入する恐れがあるため、それを避け

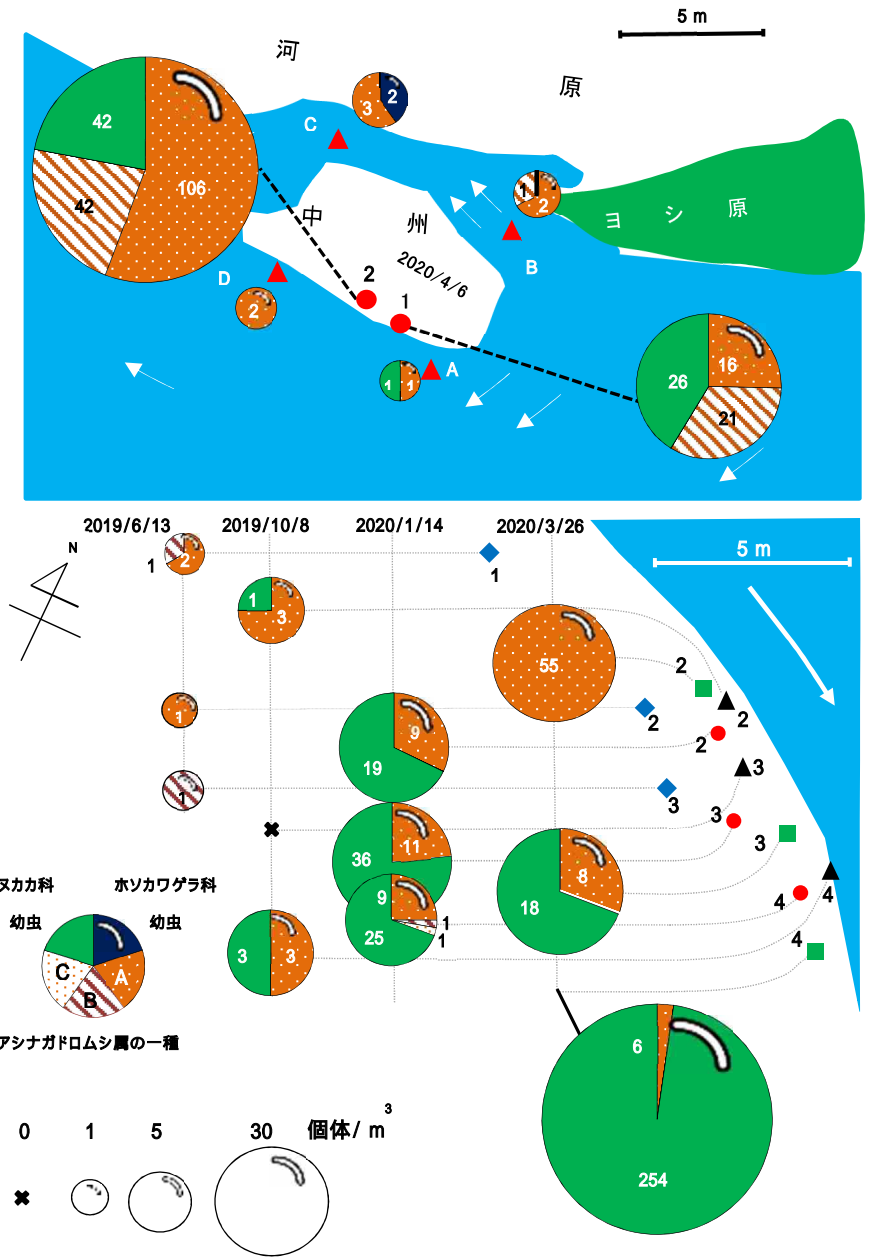


図 2. 矢作川小渡において水際の河床の掘削(赤丸)と比較のための底生動物採集方法(赤三角)で採集した結果(上)と澄ヶ瀬で水際の河床の掘削で採集した結果(下)

る方法として考案した。矢作川で澄ヶ瀬(3回9穴)、小渡(2回5穴)、高橋上流(1回3穴)、葵大橋(1回2穴)で調査した。

また、2020年8月11~13日に天竜川下流の4ヶ所(7穴)で、河床下間隙水域からの浸出口付近と、それに対応した浸込み口付近の両方を掘削した(1ヶ所では浸出口付近のみ)。掘削の方法は上の2019年11月~2021年の方法と同じである。ただし、1ヶ所の浸出口では湧水流量が多く、動物が掘削した穴から流れ出るのを

防ぐために、網目内径約 0.13 mm の D フレームネットを用いて浸出口で受け止めた(流下ネット採集)。

さらに別の方法として、矢作川水系で 2006 年と 2021 年には、河原を浸出水の水面まで大きな円状に掘りつつ、コナガカワゲラ属幼虫が出てくるところを目視で発見し採集した。そして、水面下の部分の穴の直径(水深は 5 cm とする)を巻尺で計測し、穴の形を円柱とみなして体積を計測した。2006 年に、根羽川大野瀬(1 回 17 穴)で調査した。2021 年に、小田子(1 回 2 穴)、柳平(1 回 2 穴)、木ノ実川(1 回 3 穴)で調査した。

3・3 コナガカワゲラ属羽化殻の採集

のべ 30、40、45 分間に時間を定め、水際の礫や植物に付着したカワゲラ

目の羽化殻を採集した(定時間採集)。矢作川では 2004、2005 年と 2017~2021 年の計 28 地点で定性採集と定時間採集で調査し、天竜川では 2020 年 8 月に 4 ヶ所で浸出口(1 ヶ所は杭周辺)と浸込み口付近で定性採集を行った。赤谷川でも 2020 年に定性採集を行った。

3・4 コナガカワゲラ属成虫の採集

河川付近にある店舗・街灯・自動販売機等の灯火で、カワゲラ類成虫を採集した。矢作川では 2004 年、2006 年、2020~21 年に計 60 地点で採集し、天竜川では 2020

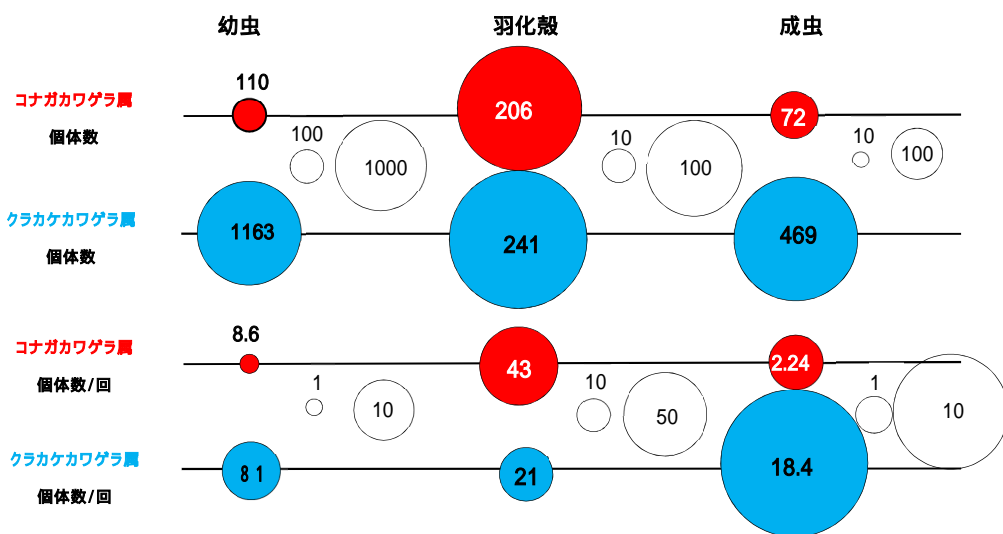


図 3. 矢作川で採集したコナガカワゲラ属とクラカケカワゲラ属の総個体数(幼虫・羽化殻・成虫)と 1 回で採れる個体数

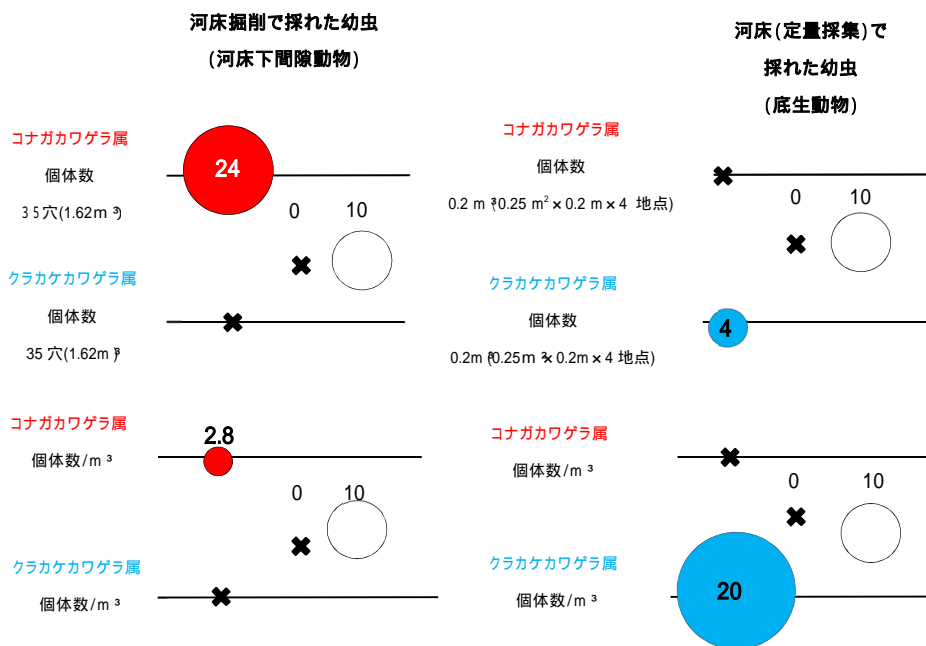


図 4. 矢作川で河床の掘削と底生動物の定量採集(小渡)で採れた幼虫の個体数の比較

年 8 月の 2 日間で昼夜に浸出口で定性採集した。赤谷川でも 2020 年に旅館・街灯の灯火で採集した。

3・5 比較のための底生動物採集

小渡で、河床の掘削による採集を行った。中州を囲むように瀬で底生動物の定量採集を行った。網目内径約 0.13 mm の D フレームネットを用いて 50 cm × 50 cm の方形枠で、網に入った砂礫・落葉・底生動物を採集し、それを水に入れたバケツに入れてかき回し、浮き上がった落葉・底生動物などを同じ D フレームネットで受けて

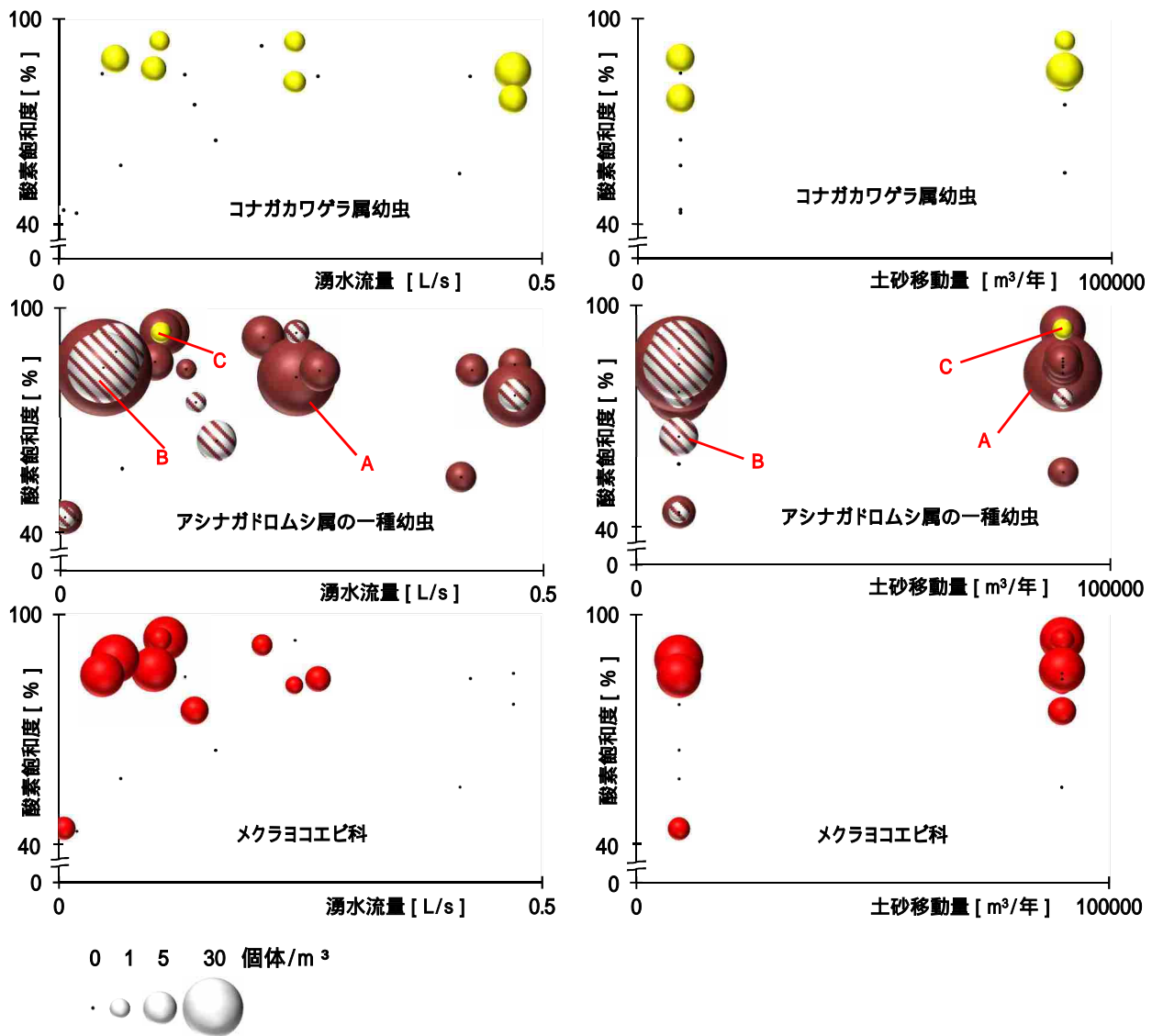


図 5. 矢作川における掘削穴の酸素飽和度、湧水流量、土砂移動量と河床下間隙動物の関係

採集した。

3・6 湧水流量・水質の測定

2019～2021年に矢作川で、浸出口から流れ出る湧水を3, 5, 10秒間ビニール袋に受けて計測し、浸込み口では、一定時間に水面が上昇した体積を測定して湧水流量とした。天竜川でも同様に測定した。ただし、1ヶ所の流量が極めて多かったため、流速計と水深の測定より求めた。

水質は隣接する河川と河床の掘削後の湧水の両方で測定し、矢作川では宇佐見亜希子博士に、天竜川では高橋真司博士に依頼した。2019～2021年に矢作川では、澄ヶ瀬(4回12穴)、小渡(2回5穴)と葵大橋(1回2穴)で測定し、天竜川では2020年の掘削した4ヶ所(7穴)で行った。

強熱減量の測定は、各穴を掘削した後の濁水を用いて計測した。2020, 2021年に矢作川で宇佐見亜希子博士が、澄ヶ瀬(1回3穴)と小渡(1回2穴)、葵大橋(1回2穴)で行った。

3・7 採集した試料の分別と同定

3・2と3・5の方法で採集して持ち帰った落葉・植物の根・動物などは、小動物を見逃さないようにするため、シャーレに入れてスプーンで別のシャーレに少しずつ取り分けて、双眼実体顕微鏡(Nikon SMZ645)を用いて小動物を分別した。採集した小動物を文献に従って科、属まで同定した。

3・1, 3・3, 3・4の方法で採集したコナガカワゲラ属(クラカケカワゲラ属)幼虫・羽化殻・成虫は他属から

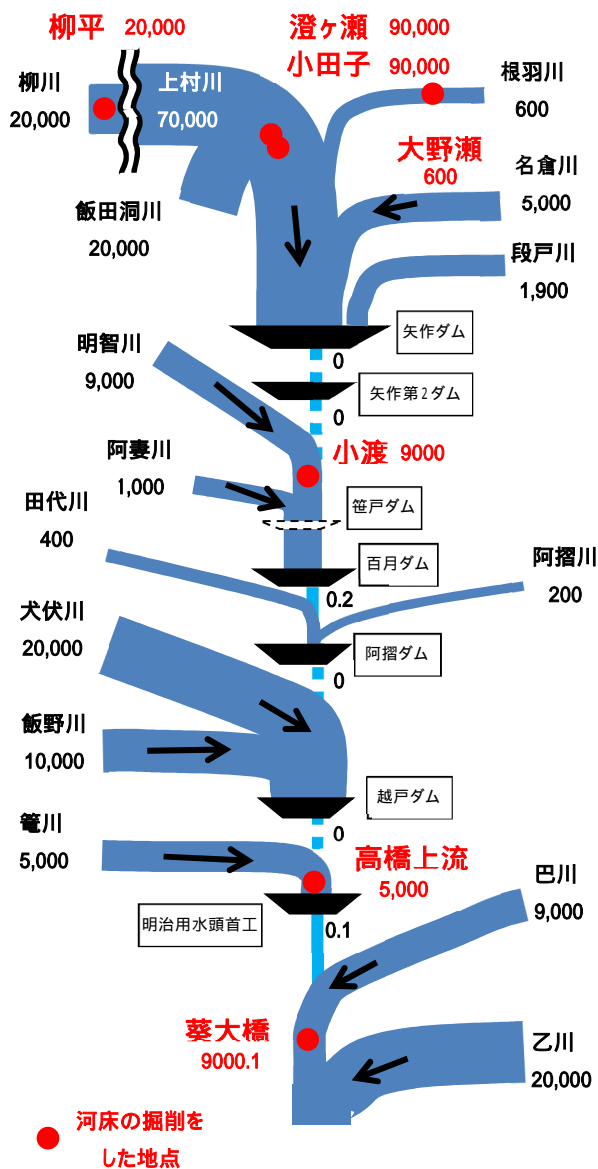


図 6. 矢作川上・中流における土砂移動量 (m³/年) を示す模式図 (帯の幅は移動量に正確には比例していない)

分別した後、成虫は種まで同定した。コナガカワゲラ属幼虫は前胸に鰓がある種群 (キコナガカワゲラ *F. hatakeyamae*、オオメコナガカワゲラ *F. thoracica*) とない種群 (キアシコナガカワゲラ *F. hagiensis*) に分けた。

3・8 土砂移動量の推定

河床下間隙動物の生息に効果を及ぼす環境要因の1つとして、調査地の土砂移動量を推定した。建設省豊橋工事事務所の報告書(1969)から支流の土砂移動量 (m³/年) を、矢作川水系総合土砂管理検討委員会 (2015) の資料から各ダムを超える礫の量 (m³/年) をまとめ (図 6、岡田ほか (2016) の図 11 を改変)、各調査地点の土砂移動

量を推定した。

4. 結果と考察

4・1 コナガカワゲラ属幼虫の分布

コナガカワゲラ属幼虫は、3・1の方法では矢作ダム上流と支流の土砂の巴川水系で採集できた場所が多かった (図 1 左上)。しかし、各地点で採集された個体数は1~4 個体/120 分採集と少なかった。ほとんどが前胸に鰓のない種群 (計 105 個体) で鰓のある種群 (計 5 個体) は少なかった。それに比べ、クラカケカワゲラ属幼虫は広域で採集することができ、個体数も多かった。

赤谷川では、3・1の採集方法ではコナガカワゲラ属幼虫を採集できた場所が少なく、個体数も1~2 個体/120 分採集と少なかった (図 7)。それに比べ、ホソカワゲラ科幼虫は個体数が1~6 個体/120 分採集でやや多いことがあった。

4・2 水際の河床の掘削による採集

3・2の方法で、2006、2019~2021年に採集された動物のうち、河床下間隙動物と地下水性動物の可能性が高いものは次の通りであった。

1. (肉食性)
 - ・コナガカワゲラ属 *Flavoperla* 幼虫 (計 33 個体)
2. (植食性)
 - ・ホソカワゲラ科 Leuctridae 幼虫 (計 208 個体)
 - ・アシナガドロムシ属の一種 *A Stenelmis* sp. A (計 317 個体)
 - ・アシナガドロムシ属の一種 *B Stenelmis* sp. B (計 117 個体)
 - ・アシナガドロムシ属の一種 *C Stenelmis* sp. C (計 2 個体)
 - ・ヌカカ科 Ceratopogonidae 幼虫 (計 673 個体)
3. 地下水動物 (植食性)
 - ・メクラヨコエビ科 Pseudocrangonyctidae (計 51 個体)
 - ・ムカシエビ目 Bathynellacea (計 12 個体)

これらの動物には体が細長い (コナガカワゲラ属、ホソカワゲラ科、ヌカカ科)、複眼が小さい (コナガカワゲラ属、ホソカワゲラ科、アシナガドロムシ属の一種 C)、複眼がない (メクラヨコエビ科、ムカシエビ目)、3・5の底生動物の採集方法で採れる個体数と比べ、河床の掘削で採れる個体数のはるかに多い (アシナガドロムシ属の一種 A、アシナガドロムシ属の一種 B、ヌカカ科) という特徴が見られる。食性は口器の形状からの推定である。植食性の動物は、河床下間隙水域では詳しくはテドリタ

ス食性と考えられる。これらの他にもユスリカ科 Chironomidae、貧毛綱（ミミズ類）Oligochaetaなどが多数採集されたが、これらは底生動物・土壌動物が混入した可能性があるため、対象としなかった。採集された地点とその一部は図 1 右上、図 2 に示した。

矢作川で、コナガカワゲラ属幼虫が採集できた地点は、砂礫が脆く、掘削の際に柔らかく掘りやすい感触がある傾向があった。それに対し、採集できなかった地点は、砂礫が固く、ヨシの根が混じることがあった。

天竜川では、河口から 13 km 地点の浸出口で流下ネット採集からコナガカワゲラ属羽化殻（計 13 個体）とアシナガドロムシ属の一種 A 幼虫（計 1 個体）が採集された。さらに、河口から 10.6 km 地点の浸出口付近でアシナガドロムシ属の一種 A 幼虫（計 2 個体）、10.8 km 地点の浸出口付近でヌカカ科（計 2 個体）が採集された。しかし、河床の掘削では、クラカケカワゲラ属幼虫は採集することができなかった。

4・3 羽化殻の採集

矢作川ではコナガカワゲラ属羽化殻（計 206 個体）を、広域で採集し（図 1 左下）、クラカケカワゲラ属羽化殻（計 241 個体）と同程度だった（図 3）。

天竜川では、河口から 13 km 地点の浸出口付近で、定性採集でコナガカワゲラ属羽化殻を計 53 個体を採集した。また、赤谷川では、コナガカワゲラ属羽化殻を 8 個体採集した。

4・4 成虫の採集

矢作川では、キアシコナガカワゲラ（計 25 個体）、キコナガカワゲラ（計 22 個体）とオオメコナガカワゲラ（計 19 個体）および未記載種（計 6 個体）を採集した。それに比べ、クラカケカワゲラ属（計 469 個体）は広域で採集された。

天竜川では河口から 13 km 地点の浸出口付近で、オオメコナガカワゲラ（計 4 個体）を採集した。赤谷川では、2 地点でオオメコナガカワゲラ（計 3 個体）を採集した。

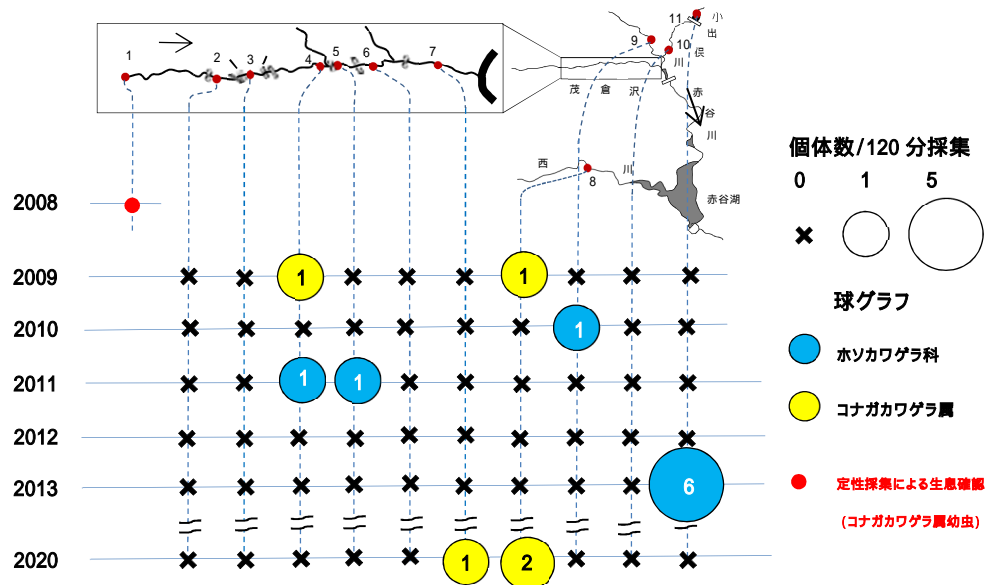


図 7. 赤谷川で採集されたコナガカワゲラ属幼虫（黄色丸）とホソカワゲラ科幼虫（水色丸）の分布

4・5 比較のための底生動物採集

3・5の方法で底生動物を小渡で採集した結果、コナガカワゲラ属幼虫は採集されなかった。4・2で挙げた河床下間隙動物の候補の中では、ホソカワゲラ科（計 2 個体）、アシナガドロムシ属の一種 A 幼虫（計 8 個体）、B（計 1 個体）、ヌカカ科幼虫（計 1 個体）が採集された。これらは、隣接する中州で 4・2の河床掘削で採集された個体数と比べ、はるかに少なかった（図 2 上）。

4・6 各掘削穴の湧水流量・水質と河床下間隙動物の関係

矢作川で掘削した穴からの湧水流量、酸素飽和度と採集した河床下間隙動物・地下水動物（候補）の個体数との関係を図 5 左に示した。多くの河床下間隙動物・地下水動物（候補）が採集された場所は、酸素飽和度がほかの掘削穴よりも高かった。

4・7 土砂移動量と河床下間隙動物の関係

3・8の方法で推定した土砂移動量（図 6）と河床下間隙動物・地下水動物（候補）の個体数との関係を酸素飽和度と合わせて図 5 右に示した。自然な河川で土砂が運ばれる出水が起こると、河床は攪乱され底生動物は大きな打撃を受ける。しかし、河床下間隙動物の少なくとも一部はほとんど影響を受けず、出水による攪乱が河床に働くたびに、底生動物に対して相対的に河床下間隙動物が有利になることが考えられる。しかし、図 5 右では、河床下間隙動物・地下水動物（候補）の個体数と土砂移

動量との間には明瞭な関係は見られなかった。

4・8 コナガカワゲラ属の幼虫・羽化殻・成虫の個体数の関係

矢作川水系で採集されたクラカケカワゲラ属とコナガカワゲラ属の幼虫・羽化殻・成虫の個体数を比較すると(図3)通常の底生動物の採集方法(3・1)によるコナガカワゲラ属幼虫の個体数が少ないことが顕著である。一方、河床の掘削による採集(3・2)ではコナガカワゲラ属幼虫はかなりの数が採集される(図4)。これらのことは、コナガカワゲラ属幼虫が通常の底生動物ではなく主に河床下間隙水域に生息することが示唆すると考えられる。

4・9 湧水流量・水質・土砂移動量と河床下間隙動物の関係

4・6と4・7で述べたように、各掘削穴の湧水流量・水質・各地点で推定された土砂移動量と河床下間隙動物・地下水動物(候補)の関係を検討したところ(図5)、明瞭な関係が認められたのは、酸素飽和度と各種の個体数のみであった。酸素飽和度が高い所は、表流水が多量に河床の下に流入している可能性があるが、湧水流量が少なくても酸素飽和度が高い掘削穴があるので、単純に河床下への表流水の流れ込みやすさが酸素飽和度を高くしているのではないかと考えられる。また、土砂移動量と酸素飽和度との間および土砂移動量と各種の個体数との間には正の相関関係は認められない(図5右)。

従って、本研究で検討したデータからは、土砂移動による河床の攪乱と水質、河床下間隙動物・地下水動物との間に明瞭な関係を見出すことはできなかった。

5. まとめ

コナガカワゲラ属の幼虫は、クラカケカワゲラ属より個体数が少なく矢作川水系(特に矢作ダム上流)に広く分布していた。それに対して、コナガカワゲラ属羽化殻は個体数が多く矢作川水系に広く分布していた。

また、河床掘削では矢作川水系の広域で河床下間隙動物(コナガカワゲラ属幼虫など)を採集できた。また、採集できた掘削穴は酸素飽和度が高い傾向があった。ま

た、河床下間隙動物(コナガカワゲラ属幼虫など)と土砂移動量との間には明瞭な関係は見られなかった。

引用文献

- Boulton J. A., D. Thibault, K. Tamao, M. Michael and J. A. Stanford (2010) Ecology and management of the hyporheic zone: stream-groundwater interactions of running waters and their floodplains. *Journal of the North American Benthological Society*, 29: 26-40.
- Gibert J., J. A. Stanford, M.-J. Dole-Olivier and J. V. Ward (1994) Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research. In *Groundwater Ecology*, J. Gibert, D.L. Danielopol and J. A. Stanford (eds.), 7-40, Academic Press, London.
- 建設省 豊橋工事事務所(1969) 供給土砂量調査. 矢作川河道計画調査報告書, 158-164.
- Negishi J. N., A. Hibino, K. Miura, R. Kawanishi, N. Watanabe and K. Toyoda(2019) Coupled benthic-hyporheic responses of macroinvertebrates to surface water pollution in a gravel-bed river. *Freshwater Science*, 38: 591-604.
- 岡田和也・内田臣一・小久保嘉将(2016) 矢作川における造網性トビケラ類を用いた河床攪乱の評価. 愛知工業大学研究報告, 51: 55-66.
- Stanford, J. A. and J. V. Ward(1993) An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. *Journal of the North American Benthological Society*, 12: 48-60.
- 竹門康弘・竹門緑・谷田一三・中島拓男・三田村緒佐武(2003) 凍結コア法による河床間隙動物の定量調査結果. 木津川の総合研究 -京田辺地区を中心として-, 235-241, 財団法人 リバーフロント整備センター, 東京.
- 内田臣一(2006) 洪水で川底がひっくり返っても大丈夫? な川の虫~コナガカワゲラ類~. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 101: 3.
- 矢作川水系総合土砂管理検討委員会(2015) 矢作川水系総合土砂管理計画策定に向けて(技術的な課題と検討の進め方). 40.