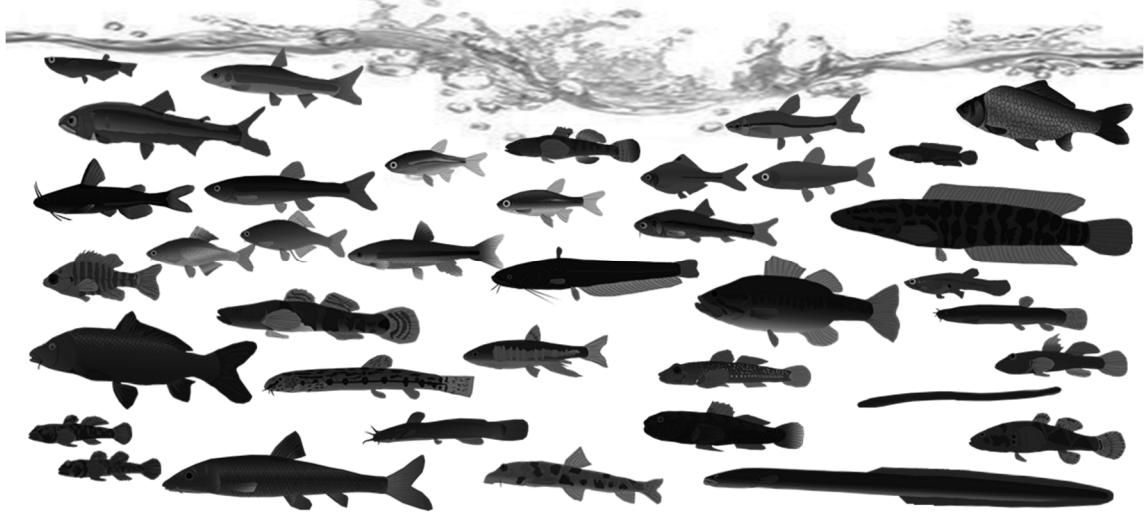


# 第20回 矢作川学校 ミニシンポジウム



日 時 2025年3月1日（土） 13:30～17:00

会 場 豊田市博物館 1階 セミナールーム

〒471-0034 豊田市小坂本町5丁目80

内 容 川をテーマとした生物学、河川工学、社会学などの研究発表

発表者 大学生・大学院生

豊田市矢作川研究所では、2002年から「矢作川学校」として、小中学校の総合学習や一般市民向けの出前講座を実施しています。2004年度からは、これらの取組みを発展させ、中・高校生と各大学研究室との懸け橋として交流を図り、研究の活性化を目指すミニシンポジウムを開催してきました。今回の2024年度のミニシンポジウムは、記念すべき20回目の節目の開催となります。

この会は若人と地域研究者が交流を図り、川の自然や歴史・文化について語る場でもあります。「世代を超えた対話」によって、矢作川の生物や文化に興味を深め、探究心を燃やしてくれることを期待しています。

主 催 矢作川学校

事務局 豊田市矢作川研究所（担当：内田朝子・白金晶子）

〒471-0025 豊田市西町2-19 電話 0565-34-6860

## 令和6年度 第20回 矢作川学校ミニシンポジウム プログラム

日時：2025年3月1日（土）13:00～ 会場：豊田市博物館 1F セミナールーム

\*発表者

タイムスケジュール	発表者（所属）	タイトル
13:00		開場、発表および質疑応答に関する説明
13:25		閉会あいさつ
13:30	1 森井 悠斗*（愛知工業大学 土木工学科 2年）	「矢作川水系山田川における魚類の分布調査とその活用について」
13:45	2 石井 日香留*（中部大学 環境生物学科 4年）	「濃尾平野に流入する2河川におけるカメ類の生息状況と遺伝的多様性」
14:00	3 奥村 圭悟・飯田 涼太郎*・加賀谷 瞭*・山田 悠斗*・上野 祐*・安田 凌*（愛知工業大学 土木工学科 4年）・石川 進一朗（同 大学院 修士 1年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川における水生無脊椎動物などについての研究背景・研究方法」
14:10	4 奥村 圭悟（愛知工業大学 土木工学科 4年）・内田 臣一*（愛知工業大学）	「矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査」
14:20	5 飯田 涼太郎*（愛知工業大学 土木工学科 4年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布」
14:30	6 加賀谷 瞭*（愛知工業大学 土木工学科 4年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川水系におけるコナガカワゲラ属の生息状況」
14:40	7 山田 悠斗*（愛知工業大学 土木工学科 4年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川中流におけるコヤマトビケラ属の分布とその巣材」
14:50		休憩（集合写真撮影）
15:15	8 安田 凌*（愛知工業大学 土木工学科 4年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川水系におけるカジカガエルの分布」
15:25	9 石川 進一朗*（愛知工業大学 大学院 修士 1年）・上野 祐*（同 土木工学科 4年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川水系などにおけるヒメドロムシ科・ドロムシ科の生息状況」
15:40	10 杉原 弘泰*（愛知工業大学 大学院 修士 2年）・内田 臣一（愛知工業大学）	「矢作川流域の中山間地域を対象とした流出解析」
16:00		総合討論
16:45		閉会あいさつ

# 矢作川水系山田川における魚類の分布調査とその活用について

愛知工業大学 2年 森井 悠斗

## 1. はじめに

### 1-1. 矢作川水系山田川について

山田川は豊田市の緑化センター昭和の森を始まりとし、豊田市御船町あたりで西中山川と合流する矢作川の二次支川である。この合流点が旧豊田市と藤岡町の境となっている（増田ほか, 1998）。

### 1-2. 山田川の河川敷整備事業について

猿投グリーンロードと交差するところに豊田市と藤岡町を分ける豊藤橋がある。豊藤橋より下流では、左岸側の開けた空間となっている。1998年に、治水を兼ねた河川敷公園として整備された。また、1999年にこの緑地公園を、区民の憩いや健康づくりの場として活用するため、町内有志がオーナーとなり、205本の桜を植樹した。植樹を機に愛護会を結成し、現在まで維持管理されてきた（井郷便利帳編集（改訂）委員会, 2020）。豊藤橋より上流約100メートルまでは、右岸側が開けた空間となっている。かつて愛知県立岡崎高等技術専門校造園科の生徒の方々が河川敷の整備を行っていた。しかし、生徒数の減少とともに整備が滞り、芝生が繁茂するなど荒れ地に近い空間となった。この空間は2025年以降「山田川河川敷整備P/J」による河川敷整備が計画されている。

## 2. 研究目的

山田川の魚類相の調査は2013年に豊田市によって行われているが、それ以降の本格的な調査報告は少ない。また、現在「山田川河川敷整備P/J」における整備区域（以降「整備区域」と略す）内において絶滅危惧種のホトケドジョウが生息していることが分かっているが、他の魚類の生息状況は分かっていない。

本研究では、山田川の現状の魚類分布を調べ、整備区域内の水域を利用する可能性のある魚類について推定し、リスト化することによって今後の整備区域での活動のための基礎資料とすることを目的とする。

## 3. 研究方法

### 3-1. 調査地点

調査地点は、豊藤橋より下流～西中山川合流点（調査地点1）、整備区域内（調査地点2）、整備区域の上流100m（調査地点3）、山田川上流の昭和の森内の池とその上流（調査地点4）に設けた（図1）。



図1 山田川調査地点

### 3-2. 魚類調査

タモ網を用いた魚類の採集調査を行い、採集された魚種を記録した。種の検索は中坊（2013）を用いた。また、本調査結果と既往文献との比較も行った。

#### 4. 結果と考察

採集結果を表1に示す。種数は2013年より減少した。また、すべての調査地点で確認された魚類はヌマムツ、モツゴ、ヨシノボリ類(トウカイヨシノボリ)であった(表2)。これらの魚類は特に整備区域内を利用する可能性が高いと考えられる。

表1 山田川で採集された魚類

科名	魚種	採集年			
		1998	2012	2013	2024
コイ	コイ類		○	○	○
コイ	フナ類	○	○	○	○
コイ	オイカワ	○	○	○	○
コイ	カワムツ	○	○	○	○
コイ	ヌマムツ		○	○	○
コイ	カワバタモロコ		○	○	
コイ	アブラハヤ		○		
コイ	モツゴ	○	○	○	○
コイ	タモロコ	○	○	○	○
コイ	カマツカ		○	○	○
ドジョウ	ドジョウ	○	○	○	○
ドジョウ	ホトケドジョウ		○	○	○
メダカ	ミナミメダカ		○	○	○
トンコ	トンコ	○	○	○	○
ハゼ	ヨシノボリ類	○	○	○	○
種数		8	15	14	13

表2 2024年に山田川で採集された魚類

科名	魚種	調査地点			
		1	2	3	4
コイ	コイ類	○		○	△
コイ	フナ類	○			△
コイ	オイカワ	○			
コイ	カワムツ	○	○	○	
コイ	ヌマムツ	○	○	○	○
コイ	モツゴ	○	○	○	△
コイ	タモロコ	○		○	
コイ	カマツカ	○			
ドジョウ	ドジョウ	○		○	
ドジョウ	ホトケドジョウ		○	○	
メダカ	ミナミメダカ	○	○	○	
トンコ	トンコ	○			
ハゼ	ヨシノボリ類	○	○	○	○
種数		12	6	9	2

#### 引用文献

増田元保・亀蔵重範・井澤好之・生田春幸・磯貝 徹(1998)御船川(矢作川支流)魚類調査報告.碧南海浜水族館・碧南市青少年海の科学館年報, 12: 13-28.  
井郷便利帳編集(改訂)委員会 HP. 井郷ぐるっと見て歩き 御船の史跡・名所山田川緑地 桜並木 <https://isatomitearuki.com/mihune2/entry-68.html>(2025年2月16日閲覧).

中坊徹次(2013)日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版社, 神奈川.

豊田市 HP. 生物調査報告書. <https://www.city.toyota.aichi.jp/kurashi/kankyou/sizen/1016111.html>(2025年2月16日閲覧).

細谷和海・内山りゅう・藤田朝彦・武内啓明・川瀬成吾(2021)山溪ハンディ図鑑15 増補改訂日本の淡水魚. 山と渓谷社, 東京.

## 濃尾平野に流入する 2 河川におけるカメ類の生息状況と遺伝的多様性

石井 日香留

中部大学 環境生物学科 4年

濃尾平野におけるカメ類の生息状況と遺伝的多様性の解明を目的に、揖斐川水系の肱江川と庄内川水系の内津川の 2 河川において、2024 年 8 月から 10 月にかけて、カゴ罠によるカメ類の捕獲調査を行った。肱江川では合計 17 個体、内津川では合計 30 個体のカメ類が捕獲された。調査の結果、同所的に他種のカメ類が生息している地点も見られたが、河川長と標高の変化により、カメ類の棲み分けが確認された。また、ミシシッピアカミミガメ *Trachemys scripta elegans*(Wied,1839) の分布と人口密度には相関性が見られた。肱江川では先行研究と比較し、外来カメ類の分布拡大が示唆された。

捕獲個体数が少なく評価できなかった種もあるが、両河川ともニホンイシガメ *Mauremys japonica*(Temminck et Schlegel,1838) とミシシッピアカミミガメでは性比が雌に偏っていた。カメ類の多くは温度依存性性決定 (Temperature-dependent Sex Determination, TSD) であり、2 種は TSD I a 型で高温条件下でメスが生まれる。ミシシッピアカミミガメが生息している環境では開けた環境が多くメスに偏ったのではないかと推察された。他方、ニホンイシガメは複数要因が考えられるものの、個体数が減少し体サイズが大きく生存率の高いメス個体に偏ったのではないかと考える。

調査で得られたニホンイシガメはミトコンドリアの Cytb 遺伝子の一部 (560bp) を対象に DNA 解析を行い、ハプロタイプ多様度と塩基多様度を算出した。肱江川は塩基置換が確認されなかつたが内津川では 1 塩基置換の個体が 2 個体確認された。本調査の解析結果を NCBI の登録データと比較し、周辺地域で確認されている遺伝子型と一致した。また、Cytb 遺伝子において、クサガメの配列が確認されなかつたことからも、本調査で捕獲されたニホンイシガメは自然分布かつ、純系の可能性が高いと思われる。

今後、調査日数や地点を増やし、より詳細なカメ類の生息状況並びに、個体群構造を解明しつつ、核遺伝子を含めたより詳細な DNA 解析を行い、純系のニホンイシガメの保全に繋げていきたい。

# 矢作川における水生無脊椎動物などについての研究背景

奥村 圭悟・飯田 涼太郎\*・加賀谷 瞭\*・山田 悠斗\*

上野 祐\*・安田 凌\*（愛知工業大学 4年）

石川 進一朗（同 修士1年）・内田臣一（愛知工業大学）

## 1. 矢作川における河床の搅乱不足

矢作川は長野県、岐阜県、愛知県を流域とし、標高 1,908 m の長野県大川入山付近を源流として愛知県中央部を流れ、三河湾へ注ぐ、幹川流路延長約 118 km、流域面積 1,830 km<sup>2</sup> の一級河川である。

矢作川の中流では 1970 年代までの複数のダム建設などにより、上流の山地からの土砂の移動が妨げられた。そのため中流の河床から細粒の土砂が流れ去ってしまい、河床の表層に粗粒の礫だけが残るアーマー化という現象が起きたことにより河床が極めて安定し、搅乱に乏しい状態となった（北村ほか, 2001）。この土砂の移動の減少には、1955 年頃から 1995 年まで越戸ダム、阿摺ダム、百月ダムの各ダム貯水池内でコンクリートの骨材として、ダム湖内の砂利がサンドポンプ船によって徹底的に砂利採取が行われたことも影響していると考えられる（新見, 1999）。

さらに 1971 年に完成した流域最大のダムである矢作ダムの洪水調節により、出水の規模と頻度が小さくなつたことによつても河床の搅乱が減り（北村ほか, 2001）、さらなる河床の安定を促したと考えられる。（加賀谷）

## 2. 矢作川中流の水生生物の問題

### 2.1 河川の搅乱不足と水生生物の問題

矢作川中流で河床が極めて安定し搅乱が不足した状態となつたことは、次の水生生物の問題を引き起こしたと考えられている。

まず、カワシオグサなどの大型糸状緑藻の大繁茂（豊田市矢作川研究所, 2008）、外来の二枚貝であるカワヒバリガイの侵入と大発生（白金ほか, 2012）、外来の水草オオカナダモの大繁茂（内田ほか, 2014）、そして蘚類（コケ植物）の繁茂（内田, 2017）が生物の異常発生として問題となつた。また矢作川中流域では、くっつき病という現象が起きている。くっつき病とは、カワシオグサやカワヒバリガイが異常繁殖することであり、この 2 種は藻類と貝類で分類上はかけ離れているが、礫にくつづいて生活する、幼体は流れのないところに適しているという共通点がある（内田, 2006）。カワシオグサ、オオカナダモ、蘚類などの繁茂は、アユが本来の餌である藍藻・珪藻を食べにくくすると考えられ、1990 年代からアユの不漁が問題となつた（天然アユ生態調査実行委員会, 2021）。

これらの植物の繁茂と同時に同所で造網性トビケラ類が河川の底生無脊椎動物の中で優占して生息している（岡田ほか, 2016）。（奥村）

### 2.2 カワシオグサ *Cladophora glomerata*

カワシオグサは 1980 年代後半から矢作川中流の一部で大繁茂が確認されている（田中, 2000；内田, 2000；豊田市矢作川研究所, 2008）。珪藻や藍藻など、アユが摂食する微細な付着藻類が繁茂する礫面をカワシオグサが覆い尽くすため、アユ釣りの障害として問題視されている（野崎・内田, 2000；酒井ほか, 2013）。アユはカワシオグサを摂食するが、消化ができないと推測されている（内田, 2002）。カワシオグサが繁茂する時期は、アユがなわばりを形成する初夏の時期と重なつてゐる。また、矢作川中流ではカワシオグサの他にも、カワヒビミドロ、トゲナシツルギの 2 種の大型糸状緑藻が繁茂しているが、これらの繁茂はアユがなわばりを形成する時期と重なつてゐないため、問題視されていない（内田ほか, 2002；豊田市矢作川研究所, 2008）。（奥村）

### 2.3 カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei*

カワヒバリガイは淡水生の二枚貝で、特定外来生物に指定されている。矢作川水系では 2004 年に発見され（白金, 2004）、矢作川本流を中心に広く見つかった（内田, 2005）。その後、2006 年 6～8 月に矢作川中流の一部で大量発生し、同年 9 月上旬に大量死が確認された（内田ほか, 2007）。そして、2008 年に再び増加したが、2010 年頃から個体数の分布に大きな変化は見られなかつた（白金ほか, 2012；有竹, 2016；富樫, 2023）。

カワヒバリガイは浮遊幼生期にダム貯水池等の止水域で成長し、放流と共に河川に放出され、河床の大きな礫や水路壁面に固着する性質がある。2006 年には中部電力越戸発電所の導水路の壁面や底に大量に付着し、発電を妨げることが懸念され、問題となつた（内田ほか, 2007）。また、カワヒバリガイは礫の隙間を埋め、造網性トビケラ類などの他の底生動物の微生息場所を奪つてゐる可能性がある（内田ほか, 2007）。（飯田）

### 2.4 オオカナダモ *Egeria densa*

オオカナダモは南アメリカ原産の沈水植物で、日本には大正時代に植物生理学の実験用に持ち込まれ、1940 年代にはすでに野生化していた（矢作川の環境を守る会, 2021）。

オオカナダモは、越戸ダムから豊田大橋付近ま

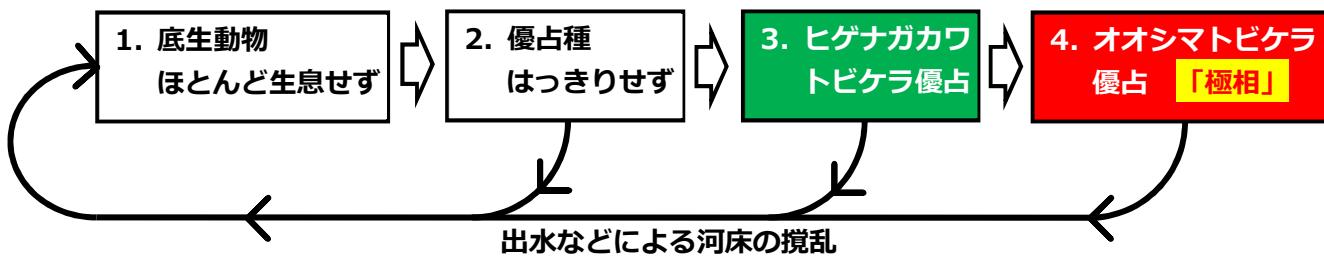


図1 矢作川中流の瀬における底生動物群集の遷移仮説 (岡田・内田 (2016) を一部改変)

での矢作川中流の一部の区間で2007年から大繁茂が問題となった(内田, 2010)。アユがなわばりを張る夏に繁茂し、オオカナダモの群落によって瀬が覆われるため、アユは餌である微細な付着藻類を食べることができない。また、河床のオオカナダモの群落が川の流れを緩め、群落の株内や周辺に砂泥が溜まり、アユの餌環境を悪化させてしまう(椿, 2013; 酒井ほか, 2013; 内田, 2014)。さらに、大繁茂したオオカナダモが釣り糸に巻きついてアユの友釣りの妨げとなったり、川の景観を悪化させたりするなどの影響を与える(内田, 2016)。

そこで、矢作川漁業協同組合などがオオカナダモの駆除作業を2009年より行っている(内田, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; 豊田市矢作川研究所ほか, 2012, 矢作川の環境を守る会, 2021)。

オオカナダモの分布状況のモニタリングによると、秋に高橋で観測された水位が3m以上になつた大きな出水があった年に繁茂面積が半減しており、この結果から大きな出水による河床の搅乱はオオカナダモの生育にダメージをもたらすことがわかった(内田・白金, 2020)。

その後、2018年以降はオオカナダモの分布面積は縮小した(矢作川の環境を守る会, 2021)。(飯田)

## 2.5 蘚類(コケ植物)

蘚類は本来、陸上の植物である。しかし、阿智ダムの下流などでは近年、河床の礫を覆うほど蘚類が目立ってきた。これらは主にニブハタケナガゴケ *Ectropothecium obtusulum* とアオハイゴケ *Rhyncho-stegium riparioides* だった(内田, 2017)。ダムが流量調節をすることで砂礫の供給が減り、蘚類が増えたと考えられる(内田・白金, 2018)。矢作ダム上流では水中の礫には蘚類は生えていなかったが、矢作ダム下流では礫に蘚類がたくさん生えていた(内田, 2019)。

河床の礫表面の蘚類を剥いでから4ヶ月で元の状態に近づいたことから、アユ的好む環境が維持されるには蘚類が洗い流されるような砂礫の流れる出水が頻繁に起こる必要があると考えられる(内田・白金, 2018)。

ソジバでは、季節変化を見ると春から夏、秋にかけて増加し、その後、冬になると減少する傾向が確認された(白金ほか, 2022)。

一部のトビケラ類やカゲロウ類、ユスリカ科など、蘚類をすみかとして利用したり巣材として利用したりする生物は多く知られているが、キオビミズメイガのように蘚類を餌とする生物はごく限られる(谷田, 2019)。(飯田)

## 2.6 造網性トビケラ類

河床が安定すると造網性トビケラ類が増える(谷田・竹門, 1999; 三宅, 2013)。矢作川においても造網性トビケラ類が河床で優占し、礫と礫の間に網を張って巣をつくるため、礫が固定され、より河床を安定させている(田代ほか, 2004)。

このように河床の安定が続き、造網性トビケラ類が礫の隙間に巣を張り巡らせた状態が、河川の瀬における底生動物群集の遷移の極相であり(津田, 1957)、日本においてそれは造網性トビケラ類のうちヒゲナガカワトビケラ属 *Stenopsyche* が優占する群集とされている(津田・御勢, 1964)。

しかし、矢作川中流部の底生動物群集の遷移では図1のように、ヒゲナガカワトビケラ属の優占の後に同じく造網性トビケラ類のオオシマトビケラ *Macrostemum radiatum* へ優占種が交代することが観察されており、それが極相だと考えられる(岡田・内田, 2016)。

この優占種の交代は、河床に搅乱が働いた後の底生動物群集の遷移に伴うものと考えられ、「ヒゲナガカワトビケラ属優占の群集」より「オオシマトビケラ優占の群集」が搅乱後に長い時間河床の安定が続いていることを示すことになる。そして、岡田ほか(2016)はそれを指標として矢作川中流の瀬における河床の搅乱を広く90地点で評価した。しかし、この評価では矢作ダムから葵大橋までの広い範囲を対象としたため、搅乱の状況が一つの瀬の隣接した地点でも大きく異なることがあることは把握できたが、個々の瀬においてさらに細かく河床搅乱を評価することはできなかった。

また、富田ほか(2005)は矢作川の豊田市国附町の瀬において、造網性トビケラ類などの微細な分布を調べたが、河道微地形との関係については明瞭にできなかった。この付近の河道微地形については、大村ほか(2000)、佐原(2014)、森(2015)による研究があり、砂州の前縁などが図示されている。

山内(2019)は矢作川国附の瀬55箇所で底生動物を採集した。各箇所において長径20~40cmの礫を一つ選び、礫に着いている造網性トビケラ類を採集した。その結果、砂州の前縁の上流側の箇所ではヒゲナガカワトビケラが多い傾向があった。一方、下流側ではオオシマトビケラが多い傾向があった。また、礫の色は前縁の下流側で黒く、蘚類の被度は前縁の下流側で高かった。これらの結果は、砂州の前縁の上流側よりも下流側の河床が安定していることを示していると考えられる。(山田)

## ダム下流での河川環境の改善を評価するにあた

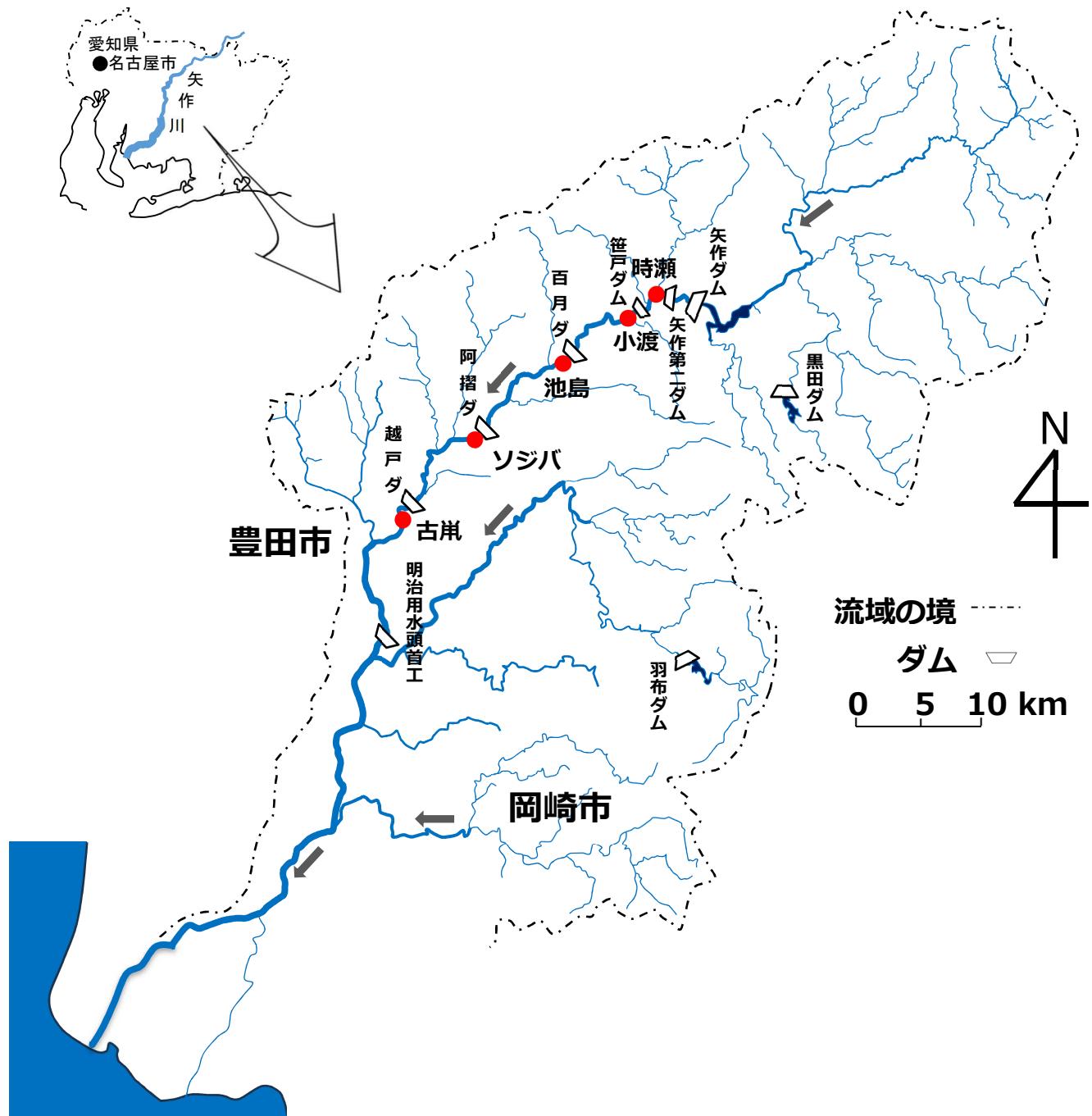


図2 矢作川で行われた実験地点

って、土砂移動量のような物理的指標も必要と考えられる。矢作第二ダムの下流において支流の明智川が合流する付近で底生動物と土砂供給の関係により、ヤマトビケラ属 *Glossosoma* の生息が、土砂が供給される環境の指標となり得ることがわかった（萱場・皆川, 2008）。造網性トビケラ類が河床の安定を示すのに対し、ヤマトビケラ科は河床の不安定を示す。（山田）

## 2.7 カワゲラ類 Plecoptera

カワゲラ類（昆虫綱カワゲラ目）は、世界で約3500種（Fochetti and Tierno de Figueroa, 2008）、日本で約200種（清水ほか, 2005）確認されている。

カワゲラ類の食性は他の水生昆虫などを捕食する肉食性、落葉や付着藻類などを食べる植食性と様々である。幼虫は水生、成虫は陸生である。カワゲラ類の幼虫は、河川の有機汚濁に弱く、貧腐水性のきれいな水質の指標として知られる（津田・森下, 1974）。幼虫は河床の礫間や礫下の隙間、落葉の堆積物や植物の根の間などに生息する底生動物である。

しかし、コナガカワゲラ属の幼虫は底生動物の採集方法で採集される数が少なく、河川間隙動物を対象とする採集方法である河床掘削採集により多く採集されたことから、河川間隙動物であると指摘された（森, 2023; 杉江・内田, 2022）。また、河川間隙動物の候補には、酸素飽和度が高い水域を好む傾向が見られた。そのため、推定された土砂移動量との関係は見られなかったものの、河床に強い搅乱が働くことは河川間隙水域の酸素飽和度を高めると考えられるため、コナガカワゲラ属の幼虫などは強い河床搅乱を指標する生物として利用できる可能性がある（杉江・内田, 2022）。（加賀谷）

## 2.8 カゲロウ類 *Ephemeroptera*

カゲロウ類（昆虫綱：カゲロウ目）は、世界で約2200種、日本で約150種が記録されている（石綿ほか, 2018）。幼虫は河川の底生動物として水中で過ごし、亜成虫という発育段階を経て成虫へと至る。また、種によって、亜成虫期で交尾・産卵を行い、一生を終えるものがある。多くのカゲロウの幼虫は清澄な水域で生息することから、水質の指標生物として指定されている。

近藤（2013）によると、ヒメフタオカゲロウ属 *Ameletus* とサツキヒメヒラタカゲロウ *Rhithrogena tetrapunctigera* は造網性トビケラ類が増えると減る関係があるとされている。（奥村）

## 3. 河床の搅乱不足への対策

### 3.1 ダムと堆砂の問題への対策

日本は急峻な地形が多く、風化作用により斜面や山腹が崩れやすくなっている。年間降水量も1,700 mm程度と多く、台風や集中豪雨などが発生するため、河川における土砂生産量が多い（安田ほか, 2023, p. 18）。

1960年以降、貯水池の築造に伴い、ダム堆砂が進行し、河川の砂利採取が盛んに行われた。1980年以降は、環境に配慮するため、適正な土砂供給が求められた。しかし、山地の土砂生産源の状態変化と砂防、ダムなどの治山・治水・利水を目的とした施設の整備により、流砂環境の変化が生まれ、土砂移動・堆積量は不安定となった。その結果、ダム貯水池の堆砂や下流への土砂供給不足による河床の低下や河川・沿岸域の水環境の変化などが生じた（安田ほか, 2023, p. 19-20）。

その対策として、流砂系を一貫して、土砂の生産の抑制や、流出の調整などの対策を講じる総合土砂管理が進められた（安田ほか, 2023, p. 20）。

（奥村）

### 3.2 天地返しと礫置き実験

阿摺ダムから越戸ダムにかけての矢作川は、1980年代まで良好なアユ釣り場だったが、1990年代以降になるとアユが釣れなくなった（天然アユ生態調査実行委員会, 2021）。原因として、河床が搅乱されず、アユが餌とする付着藻類の質が低下したことが考えられる。

そこで、アーマー化した川底を局地的にひっくり返し砂利や小石まじりの軟らかな構造の川底を出現するために天地返し（新見, 2001）、人工的に土砂を投入することで付着藻類の質を向上させ、アユにとって動きやすい河床を人工的に創出し、生息環境の回復を目的とする礫置き実験をした（矢作川流域懇談会, 2017）。（奥村）

### 3.3 土砂還元（置き土）

ダム堆砂の対策として、貯砂ダムに貯まった堆砂を、ダム下流に運搬・仮置き（置き土）し、洪水等による出水によって土砂を流下させ、下流に土砂供給する取り組みを土砂還元と呼ぶ（国土交通省, 2011；角ほか, 2023, p. 227）。

長安口ダムでは1991年から土砂還元（置き土）が実施され、2007～2016年度まで年間14万m<sup>3</sup>程の置き土を実施しており、河床に砂礫による州が形成され、瀬淵構造が構築され、河床に砂礫が堆積するなどの効果が見られた。これにより、河床環境が多様な形態となり、2018年度にアユの産卵場が確認された。また、河床環境の改善により河原に依存する陸上昆虫類の生息に適した環境になっていると示唆されている（那賀川総合土砂管理技術検討会, 2020）。

三春ダムでは、1999～2010年にかけて土砂還元を実施してきたが、2011年に東日本大震災が発生し、それ以降粗粒化が進行している。この結果から、粗粒化の改善は、置き土を継続的に実施することが重要であることが分かった（角ほか, 2023, p. 235-236）。

二風谷ダムでは2002年からの土砂還元の継続的実施により、粒径（d50: 50%の粒径）は改善状態、あるいはそれに近い状態になっている。特に置き土近傍地点より最下流部地点で細流土砂が堆積しやすく、より高い改善効果があるとされている（角ほか, 2023, p. 235）。

下久保ダムでは2003年から置き土の継続的実施を行い、置き土とあわせてフラッシュ放流を行っており、これによって礫河原環境が形成されている。しかし、大きな出水が起きると、出水がフラッシュ放流よりも流量規模が大きいため、土砂供給が続かず、下流に堆積していた置き土由来の

土砂が流出し、河床が低下することも確認されている（角ほか, 2023, p. 238-239）。

二瀬ダムでは、2003年より土砂還元（置き土）を実施しており、実施後カジカの個体数は変動を繰り返していたが、2011～2012年の実施できなかった期間では、カジカの個体数が減少していたため、継続的な置き土の実施が重要であると示唆される（角ほか, 2023, p. 240）。

真名川ダムでは2003年から土砂還元を実施し、対照区を設定後、置き土とフラッシュ放流を実施し、付着藻類の剥離効果を確認している（坂本, 2006）。

また、宮川ほか（2016）では、置き土が河床を細流化し搅乱が生じやすくなる環境にするため、付着藻類現存量の抑制を促しているとされている。

阿木川ダムでは2004年の土砂還元実施以降、置き土位置近傍での粗粒化が徐々に改善されている。

また、携巣型の昆虫（ヤマトビケラ科・ヒメトビケラ科・グマガトビケラ属）は土砂投入地点から少し離れた下流の地点で増加傾向が見られ、掘潜型の昆虫（ヒメドロムシ科・トビイロカゲロウ科）は土砂投入地点直下の地点で増加傾向が見られた（角ほか, 2023, p. 239-240）。

矢作ダム下流では、国土交通省は土砂バイパストンネルの準備段階として下流に流下する土砂の影響や効果を把握するため、2006年に小渡、池島で置土実験をおこなった（小野, 2008；国土交通省, 2009；清原・高柳, 2011）。2021年に実施された置土実験の置土総量は4,000 m<sup>3</sup>設置した。2022年実施した置土実験では、9,000 m<sup>3</sup>の置土を時瀬地区に、4,000 m<sup>3</sup>の置土を小渡地区に設置した（国土交通省, 2021）。

2019年5月には、越戸ダム下流において置土実験が行われた（図2）。それに伴い、オオカナダモの除去、付着藻類の剥離更新に着目しモニタリング調査が実施されたが底生動物の調査は行われなかつた。この実験により越戸ダム下流の古岸の底生動物に影響が出たのではないかと考えられる（国土交通省, 2019）。

さらに流量に合わせ排出する土砂を調整する給砂実験が2016年9月に行われた（国土交通省, 2016）。（上野）

#### 3.4 砂利投入実験

矢作川中流においては、1995年～1998年に河床の搅乱の促進を目的とした砂利投入実験が行われた（田中, 2000）。この実験が大型糸状緑藻（カワシオグサなど）や底生動物へ与えた影響を調べた結果、大型糸状緑藻は、砂利投入後にも衰退することなく継続して発生していた。また、底生動物も砂利投入前後で大きな変化が見られなかつた。このことから、砂利投入実験での影響や効果は顕著なものではなかつた（内田, 2000）。（安田）

#### 3.5 土砂バイパストンネル計画

土砂バイパスとは、ダム貯水池への土砂流入を減らしながらダム下流へ土砂供給を行う方法の一つである（角ほか, 2023）。

矢作川の上流にある矢作ダムでは、上流から流下する土砂をダム下流へ迂回排砂する土砂バイパストンネル計画が提案されている（深谷ほか, 2005）。この計画は、ダムの堆砂の改善、可能な限りの土砂の連続性の確保などが目的であり、土砂バイパストンネルを設置することで、土砂がダムの下流へ流れ河床が搅乱されるため、矢作川中流～下流での底生動物の変化を検討する必要がある。

国土交通省が土砂バイパストンネルの準備段階として2022年に時瀬地区に9,000 m<sup>3</sup>の置土を設置した（国土交通省, 2021）際には、置土設置箇所の周辺で置土流出直後は一時的に減少した造網性トビケラ類が置土流出2ヶ月後には増加していた。このことから、畠（2023）はこの程度の置土の量では現状の支流からの土砂流入を加えても搅乱の効果は長続きしなかつたと推定した。このことについては角ほか（2023）にも同様に記されている。しかし、土砂量が少くとも底生動物群集にそれなりの効果はある（Katano et al., 2021）。また、砂や砂利が増水の度に動いて石に衝突して搅乱の効果を生み出し、底生動物の群集構造に大きく影響する（田中・古里, 2014）。

奈良県の熊野川水系にある旭ダムの下流は、土砂バイパス運用開始後数年で河床環境や生物群集がダム上流の状態に近づき、景観的にも自然河川と同様な状態になったことから、土砂供給による河床環境の再生が最も成功した事例と言われており、そのようになった理由の一つとして土砂の供給量が十分に多いことが挙げられる（角ほか, 2023）。（上野）

#### 4. 搅乱の強さの指標生物の候補

河床の搅乱の強さの指標となる可能性がある生物について、既往の研究を基に搅乱の程度との関係を模式的に図3に示した。色が薄い部分や細い破線で示した部分については、基づく資料がなく推定で示した。

##### 4-1. 造網性トビケラ類

岡田・内田（2016）は、矢作川中流の瀬に生息する底生動物相を調査し、得られた造網性トビケラ類の湿重量を比較した。その結果、オオシマトビケラとヒゲナガカワトビケラ属の幼虫は河床の搅乱が弱く遷移が進んだ環境の指標になること、少なくとも矢作川中流の瀬では極相の状態においてオオシマトビケラが優占することを推定した。

図3のI～Vは岡田・内田（2016）に基づく区分である。IVとVの中間にあたる環境は矢作川本流にはおそらくない（内田, 未発表）。

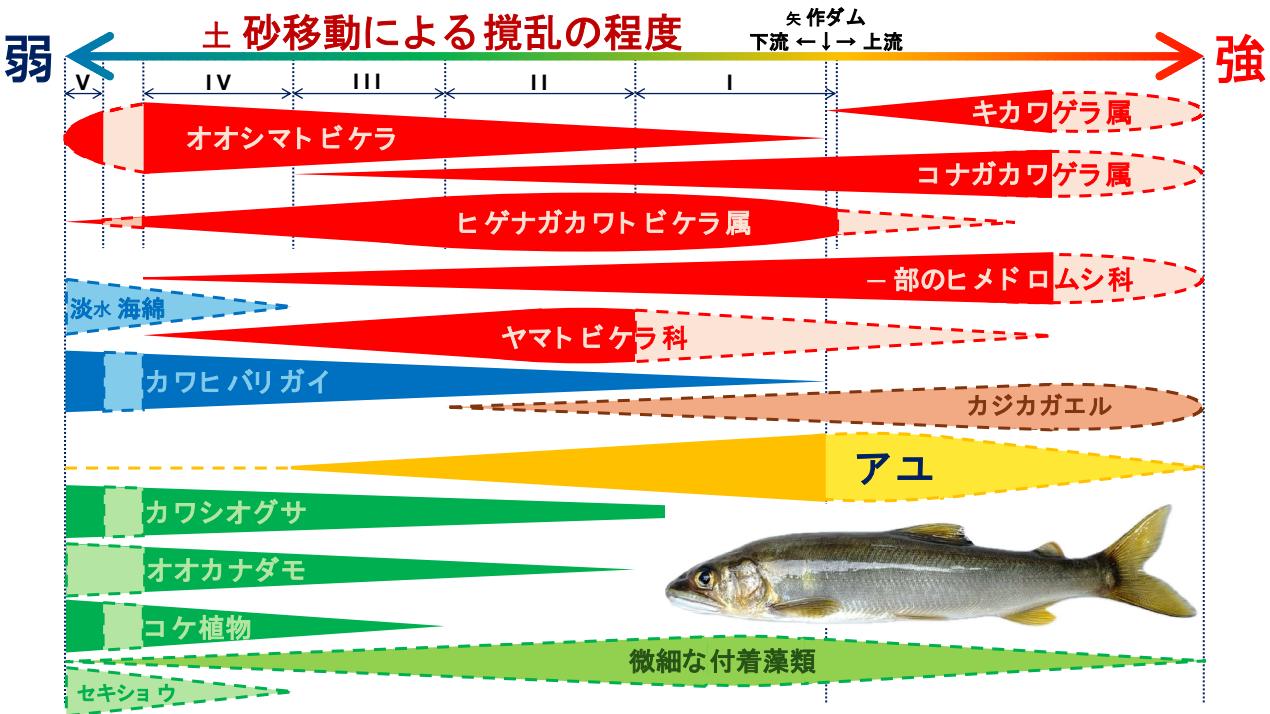


図3 河床の搅乱の強さの指標生物と、搅乱の程度との関係のイメージ  
(図形や破線の太さ、間隔などは指標生物の個体数を搅乱の程度に正確に比例させたものではない)

#### 4-2. ヤマトビケラ属

Takao et al. (2008) は、矢作川の矢作第二ダム下流と支流である明智川の複数箇所で底生動物相を調べた。その結果、ヤマトビケラ属が上流からの安定した土砂供給の指標として扱える可能性を指摘した（萱場・皆川, 2008 に紹介）。

#### 4-3. カワゲラ類

カワゲラ類は河川の水環境の指標性と同時に河床環境および河川間隙環境の指標性を有する生物群であり、特にキカワゲラ属は河床の流動性に対して最も敏感なグループの一つである（清水, 2010）。

市川ほか(2020)は、矢作川水系、木曽川水系、天竜川水系、豊川水系、長良川水系の計 221 地点で各地点延べ 120 分の定時間採集をして、カワゲラ類の幼虫の分布を調べた。その結果、カミムラカワゲラ属などは矢作ダム上流・下流ともに広く分布していたのに対して、キカワゲラ属は矢作ダム上流には広く分布し、個体数も多かったが、矢作ダム下流では全く採集できなかったこと、キカワゲラ属は木曽川水系と天竜川水系の河川にも広く分布していること、長良川水系では矢作ダム下流と同様の低い標高、広い集水面積の河川でも生息していることを示した。また、キカワゲラ属は矢作川水系ではかつては下流にも分布していたが、矢作ダム建設により下流の環境が変化して生息できなくなった可能性があると推定した。

杉江・内田 (2022) は、矢作川の上流～中流で

河床掘削採集をして得られた動物を調べた。その結果、コナガカワゲラ属、ホソカワゲラ科、一部のヒメドロムシ科、ヌカカ科などの幼虫が河川間隙動物であること、これらの幼虫が河床搅乱の指標として扱える可能性があることを推定した。

#### 4-4. カワヒバリガイ

内田ほか (2007) は、2004 年 12 月～2006 年 12 月に矢作川水系内の 41 地点で各地点延べ 15～70 分のカワヒバリガイの定時間採集をした。また、その内の 3 地点で 2005 年 1 月、2006 年 3 月、6 月、10 月、11 月、12 月の 6 回、50 cm×50 cm の定量採集によりカワヒバリガイと造網性トビケラ類と採集し、それぞれの湿重量を比較した。その結果、矢作川の本流ではカワヒバリガイが多数採集されたのに対して支流である巴川と乙川では確認されなかったこと、カワヒバリガイが増加すると造網性トビケラ類が減少する傾向にあったことを示した。また、通常の河川の流水中では成貝が放卵・放精しても受精する確率が低く、受精しても浮遊幼生が十分に成長する前に海まで流される可能性が高いことを推定した。

白金ほか (2012) は、内田ほか (2007) を含む 2011 年までに豊田市矢作川研究所や愛知工業大学など様々な機関により行われてきたカワヒバリガイに関する調査や研究の結果を網羅的にまとめた。

#### 4-5. カジカガエル

豊田市域では、カジカガエルは急峻な山地に囲

まれた明るく開けた河川周辺に生息し、ダム湖などと緩やかな丘陵の河川には生息しない。このような明るく開けた河川の河床は大きな礫から成り、時折起る大きな出水によって維持、創出されてきたと考えられる。そのため、ダムの建設などにより大きな出水が減少すると、カジカガエルの生息環境への悪影響が懸念される（大竹・島田, 2016; 島田, 2018）。

従って、カジカガエルの生息環境は急峻な山地河川における河床への強い搅乱によって維持されていると推察できる。そのため、カジカガエルは河床に強い搅乱が働いている環境を指標する生物として扱える可能性がある（内田, 未発表）。

#### 4-6. 大型糸状緑藻

野崎・内田（2000）は、日本国内外の糸状緑藻の大発生に関する報告をまとめ、糸状藻類が付着藻類群落の遷移の最後に定着すること、糸状藻類が繁茂するには長期間におよぶ河床の安定が必要であることを示した。

内田ほか（2002）は、2000年5月、7月、10月～2001年12月に矢作川の大野瀬から矢作橋の区間で大型糸状緑藻の被度を目視により調査を行い、同時に採集した大型糸状緑藻の種類を顕微鏡下で同定した。その結果、2000年の東海豪雨による河床搅乱により大型糸状緑藻の一つであるカワシオグサの発生が抑制された可能性があることを示した。また、カワシオグサの発生要因に河床搅乱が強く関与していることを推定した。

#### 4-7. オオカナダモ

矢作川では2010年からNPO法人矢作川森林塾が駆除活動を開始し、途中から矢作川の環境を守る会がその活動を引き継いでいる。また、矢作川研究所は2011年から毎年冬に平戸橋から久澄橋の区間で分布状況をモニタリングしている（内田・白金, 2020）。

内田・白金・椿（2023）は、このモニタリングの2021年までのデータと、高橋観測所の時間ごとの水位を基に算定した断面平均底面せん断応力 [Pa] を照らし合わせた。その結果、底面せん断応力が30～40 Pa程度の強さの搅乱が繰返し生じると、オオカナダモの発生が抑制されることを示した。

#### 4-8. コケ植物（蘚類）

蘚類はダムの建設による砂礫の供給不足で河床が固まることで増加したと考えられる（内田・白金, 2018）。

内田・白金（2018）は、出水後の搅乱を想定し表面の蘚類を剥いだ礫の区、剥がない礫の区、新たな礫を投入した区の3区画の蘚類の生育状況を5～9月の期間観察した。その結果、表面の蘚類を剥いだ礫の表面は4ヶ月で蘚類が生えた元の状態に戻った。

また、内田（2019）は、矢作川の蘚類群落の被度の分布とダムの位置関係を示した。その結果、ダムの上流側より下流側の方が蘚類群落の被度が大きかった。この結果は、内田・白金（2018）による、ダムの建設により蘚類が増加したという推定を裏付けていると考えられる。

#### 4-9. セキショウ

岡田ほか（2016）は、矢作川の矢作第二ダム直上流から岡崎市岩津町の天神橋付近の区間内83地点で造網性トビケラ類の調査と同時に調査地点の河床材料や植生などの観察を行った。その結果、セキショウが観察された地点ではオオシマトビケラが多く、オオシマトビケラが少ない地点ではセキショウが観察されない傾向にあった。

#### 4-10. 淡水海綿

淡水海綿はオオシマトビケラやカワヒバリガイが多く採集された地点で多く見られる傾向がある。そのため、淡水海綿は搅乱が長期間働くかず底生動物の遷移（岡田・内田, 2016）が進行している河床を示す指標生物として扱える可能性がある（内田, 未発表）。（石川・奥村）

#### 引用文献

- Fochetti R. and J. M. Tierno de Firueroa (2008) Global diversity of stoneflies (Plecoptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 365-377.
- 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.
- 石綿進一・竹門康弘・藤谷俊仁（2018）カゲロウ目 Ephemeroptera. 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(編): 47-149.
- 深谷壽久・久津見 生哲・辻本哲郎（2005）矢作ダム土砂管理の課題と対策案の検討. 河川技術論文集, 11: 267-272.
- Katano, I., J. N. Negishi, T. Minagawa, Y. Kawaguchi and Y. Kayaba (2021) Effects of sediment replenishment on riverbed environments and macro-invertebrate assemblages downstream of a dam. *Scientific Reports* 11: article number 7525.
- 北村忠紀・田代喬・辻本哲郎（2001）生息場評価指標としての河床搅乱頻度について. 河川技術論文集, 7: 297-301.
- 萱場祐一・皆川朋子（2008）土砂供給量の変化が底生動物相に及ぼす影響～矢作第2ダム下流域の底生動物相の調査結果から～. 土木技術資料 50-10, 18-21.
- 清原正道・高柳淳二（2011）排砂の影響検討における置き土実験と覆砂実験の活用. ダム水源地環境技術研究所所報, 2010年度: 12-20.

- 国土交通省 矢作ダム管理所 (2009) 矢作ダムにおける堆砂対策と環境影響評価に関する検討について. 河川, 65 (3) :35-41.
- 国土交通省河川局河川環境課 (2011) 下流河川土砂還元マニュアル (案) 第2版.
- 国土交通省豊橋河川事務所 (2019) 総合土砂管理計画の状況について. 矢作川流域圏懇談会 第50回川部会WG資料, 1+6pp.
- 国土交通省豊橋河川事務所 (2021) 矢作川(時瀬地区)における置土実験. 矢作川流域圏懇談会 第57回川部会WG資料, 8pp.
- 国土交通省豊橋河川事務所・矢作ダム管理所 (2016) 矢作川水系総合土砂管理検討委員会資料 河道・環境WGの報告.  
<http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagiga wa/dosyakanri/H28/h28-1shiryo2.pdf>. (2025年2月26日閲覧).
- 宮川幸雄・角 哲也・竹門康弘・小林草平 (2016) ダム下流への置き土が河床粒径分布および付着藻類の現存量に及ぼす効果. 京都大学防災研究所年報, 59B: 517-524.
- 三宅 洋 (2013) 流量変動・搅乱の重要性. 河川生態学, 中村太士 (編) : 169-191. 講談社, 東京.
- 那賀川総合土砂管理技術検討会 (2020) 総合土砂管理に関する検討. 那賀川総合土砂管理検討協議会, 68pp.
- 新見幾男 (1999) ダム直下流の悲惨. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 9: 4-5.
- 新見幾男 (2001) 矢作川の大洪水とシラハエ. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 43: 1-2.
- 野崎 健太郎・内田朝子 (2000) 河川における糸状緑藻の大発生. 矢作川研究, 4: 159-168.
- 大竹 勝・島田知彦 (2016) XI 両生類. 豊田市生物調査報告書〈分冊その3〉, 豊田市生物調査報告書作成委員会 (著) : 187-209.
- 岡田和也・内田臣一 (2016) 矢作川中流の瀬の底生動物群集の遷移におけるヒゲナガカワトビケラとオオシマトビケラの位置付け. 矢作川研究, 20: 1-9.
- 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搅乱の評価. 愛知工業大学研究報告, 51: 55-66.
- 小野秀樹 (2008) 矢作ダムからの実施報告. 土木学会置き土シンポジウム資料, 8 pp.
- 酒井博嗣・中條義氏・松井 聰・山本敏哉 (2013) 矢作川におけるアユの友釣り調査データ. 矢作川研究, 17: 107-114.
- 坂本博文・中村甚一・角 哲也・浅見和弘 (2006) 真名川ダム弾力的管理試験における「フラッシュ放流」の計画と効果の評価手法について. 河川技術論文集, 12: 271-276.
- 清水高男 (2010) 5. カワゲラ目の環境指標性. 河川環境の指標生物学, 谷田一三 (編著) : 45-53. 北隆館, 東京.
- 清水高男・稻田和久・内田臣一 (2005) カワゲラ目 (積翅目). 日本産水生昆虫一科・属・種への検索, 川合禎次・谷田一三 (編) : 237-263. 東海大学出版会, 秦野.
- 白金晶子 (2004) 見つてしまった… 一カワヒバリガイ. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 80: 4.
- 白金晶子・内田朝子・内田臣一 (2012) 矢作川流域における外来二枚貝カワヒバリガイの発見から現在までの経過. 陸の水, 54: 43-52.
- 白金晶子・内田朝子・山本敏哉 (2022) 矢作川におけるダム下流の河床改善によるコケ植物と河床環境の変化. 矢作川研究, 26: 19-25.
- 杉江俊城・内田臣一 (2022) 河川間隙動物 (特にコナガカワゲラ属幼虫) の生息環境の特徴. 愛知工業大学研究報告, 57: 47-80.
- Takao, A., Y. Kawaguchi, T. Minagawa, Y. Kayaba and Y. Mori-moto (2008) The relationships between benthic macroinvertebrates and biotic and abiotic environmental characteristics downstream of the Yahagi Dam, central Japan, and the state change caused by inflow from a tributary. River Research and Applications, 24: 580-597.
- 角 哲也・金澤裕勝・小野雅人 (2023) 日本の土砂還元(置き土)の最新情報. ダムと環境の科学IV 流砂環境再生, 角 哲也・竹門康弘・天野邦彦・一柳英隆 (編著) : 227-247. 京都大学学術出版会.
- 田中 蕃 (2000) 砂利投入による河床構造回復の試みとその効果 IV. 矢作川研究, 4: 135-141.
- 田中規夫・古里栄一 (2014) ダム下流礫床河川における水生昆虫動態と小型河床材料移動性の人為的土砂供給前後の変化. 土木学会論文集B1(水工学), 70: 1327-1332.
- 谷田一三 (2019) 川虫から見たコケ植物. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 213: 4.
- 谷田一三・竹門康弘 (1999) ダムが河川の底生動物へ与える影響. 応用生態工学, 2: 153-164.
- 田代 喬・渡邊慎多郎・辻本哲郎 (2004) 造網型トビケラの棲み込みによる河床の固結化. 河川技術論文集, 10: 489-494.
- 天然アユ生態調査実行委員会 (2021) 矢作川 大規模野外実験—ダム下流における河床環境の回復と天然アユの復活を目指した記録集, 1-36.
- 豊田市矢作川研究所 (2008) カワシオグサの繁茂実態調査と抑制対策に向けた研究. 矢作川研究, 12: 16-21.
- 豊田市矢作川研究所・NPO 法人矢作川森林塾・矢作川漁業組合・国土交通省豊橋河川事務所 (2012) 矢作川 異常繁茂する生き物—オオカナダモ. パンフレット, 4pp.

- 椿 隆明 (2013) オオカナダモで繋がれ、未来の矢作川！. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 174: 1-2.
- 津田松苗 (1957) 川の生物遷移についてのある考察. 関西自然科学研究会会誌, 10: 37-40.
- 津田松苗・御勢 久右衛門 (1964) 川の瀬における水生昆虫の遷移. 生理生態, 12: 243-251.
- 津田松苗・森下郁子 (1974) 生物学的水質判定. 生物による水質調査法: 76-103, 山海堂, 東京.
- 内田朝子 (2000) 矢作川における付着藻類と底生動物 その 4. 矢作川研究, 4: 5-17.
- 内田朝子 (2002) 矢作川中流域におけるアユの消化管内容物. 矢作川研究, 6: 5-20.
- 内田朝子 (2006) 矢作川中流域の病気（名付けて「くっつき病」）. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 94: 5.
- 内田朝子 (2010) 水草の外来生物オオカナダモ, 再び大繁茂. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 142: 2.
- 内田朝子 (2011) 「要注意外来生物オオカナダモ」駆除なう (Now). 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 148: 5.
- 内田朝子 (2012) 要注意外来生物オオカナダモ駆除 Now その 2. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 165: 2-3.
- 内田朝子 (2013) 矢作川における要注意外来生物 オオカナダモの分布変化. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 174: 2-3.
- 内田朝子 (2014) オオカナダモはどのようにところで増えやすいのでしょうか?. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 183: 4.
- 内田朝子 (2016) 矢作川研究最前線 外来水草・オオカナダモの矢作川における分布状況と新しい繁茂地. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 199: 6.
- 内田朝子 (2017) 矢作川の水中に生えるコケ. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 204: 6.
- 内田朝子 (2019) 続・矢作川の水中の苔. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 213: 2-3.
- 内田朝子 (2021) 矢作川の水生生物モニタリングが教えてくれること. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 220: 4-5.
- 内田朝子・藤井 勇・山戸孝浩 (2002) 矢作川における大型糸状緑藻の時空間変動. 矢作川研究, 6: 113-124.
- 内田朝子・白金晶子 (2018) 出水により剥がれたコケ植物はどれくらいで元に戻るのでしょうか?. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 208: 5.
- 内田朝子・白金晶子 (2020) 矢作川研究の今 オオカナダモ モニタリング. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 216: 6.
- 内田朝子・白金晶子・洲崎燈子・畠 伸夫・水野修・椿 隆明 (2014) 矢作川における要注意外来生物オオカナダモ (*Egeria densa*) の繁茂状況と駆除活動. 矢作川研究, 18: 33-40.
- 内田臣一 (2005) 広がってしまったカワヒバリガイ. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 86: 3.
- 内田臣一・白金晶子・内田朝子・田中良樹・土井幸二・松浦陽介 (2007) 矢作川におけるカワヒバリガイ大量発生後の大量死. 矢作川研究, 11: 35-46.
- 内田朝子・白金晶子・椿 涼太 (2023) 矢作川におけるオオカナダモ (*Egeria densa* Planch) の分布と出水搅乱(底面せん断応力)との関係. 矢作川研究, 27: 11-17.
- 矢作川の環境を守る会 (2021) 矢作川 異常繁茂する生き物 オオカナダモ 矢作川の環境を守る. 矢作川の環境を守る会, 豊田, 8pp.
- 矢作川流域圏懇談会 (2017) 矢作川流域圏懇談会通信 H29 川部会編 vol. 7, 1-2.
- 安田成夫・小堀俊秀・角 哲也・一柳英隆 (2023) 日本におけるダム開発と堆砂問題. ダムと環境の科学 IV 流砂環境再生, 角 哲也・竹門康弘・天野邦彦・一柳英隆 (編著) : 3-30. 京都大学学術出版会.
- ### 愛知工業大学の過去の卒業研究
- 大村泰章・神尾孝弘・守屋良平 (2000) 矢作川の瀬における 2000 年 9 月出水後の河床砂礫の粒径と底生動物 その 1. 河床砂礫の粒径付空中写真で見た矢作川中流の河床形態の経年変化. 平成 12 年度 愛知工業大学 土木工学科 水工研究室 卒業研究集, 7-1~7-10.
- 富田辰也・中尾 元・日比野 恵司 (2005) 矢作川中流部の瀬における底生生物群集の微細な分布. 平成 16 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文, 7-1~7-7.
- 近藤高弘 (2013) 矢作川における底生動物の調査. 平成 24 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 10-1~10-7.
- 佐原悠介 (2014) 矢作川中流部 (久澄橋～平戸橋) における空中写真に見る河道微地形の変遷. 平成 25 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 13-1~13-10.
- 森 勝正 (2015) 矢作川中流部 (両枝橋～犬伏川合流点周辺) における微地形と植生の変化. 平成 26 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 20-1~20-9.
- 有竹哲也 (2016) 矢作川におけるカワヒバリガイの分布. 平成 27 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 18-1~18-11.
- 山内佑華 (2019) 矢作川における河道微地形と造綱性トビケラ類との関係. 平成 30 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 26-1~26-8.
- 畠 雄大 (2022) 矢作川時瀬における置土実験が造

網性トビケラ類へ与えた影響. 2022 年度 愛知  
工業大学 生態研究室 卒業研究論文集, 8-1~8-  
4.  
富樫 宗 (2022) 矢作川水系におけるカワヒバリガ  
イの分布. 2022 年度 愛知工業大学 生態研究室

卒業研究論文集, 4-1~4-9.  
森 陽輝 (2023) 矢作川水系におけるコナガカラゲ  
ラの調査. 2022 年度 愛知工業大学 生態研究室  
卒業研究論文集, 7-1~7-11.

# 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査

奥村 圭悟（愛知工業大学 土木工学科 4年）

内田 臣一\*（愛知工業大学）

**要約** 矢作川の中流ではダムの建設などが原因と考えられる水生生物の異常（特にアユの不漁）が問題となっている。愛知工業大学生態研究室（河川・環境研究室）と豊田市矢作川研究所では2000年から2023年に矢作川の瀬において、広域に定点を設けて継続的に底生動物を調査してきた。この研究では2024年も同様に底生動物を調査した結果を示し、考察した。特に、土砂が供給される環境の指標となり得ると考えられているヤマトビケラ科の現存量について検討した。その結果は次の通りであった。1) 2024年も2000～2023年と同様に、中流に位置する池島・広瀬・古岸の3地点で現存量とそれに占める造網性トビケラ類（オオシマトビケラを含む）の割合が大きい傾向が続いた。2017～2024年の造網性トビケラ類の内訳を見ると、上流の出合大橋（真弓発電所）と小渡ではヒゲナガカワトビケラ属が多く、オオシマトビケラがほとんど採集されていない。矢作川中流の底生動物の遷移について提案されている仮説に従うと、このことは上流の出合大橋（真弓発電所）と小渡では搅乱を受けてからの時間が短く、中流の3地点では長い傾向があることを示すと考えられる。2) ヤマトビケラ科の現存量は非常に少なかったが、小渡でやや多い傾向があった。2000年東海豪雨時の礫の移動量と比較したところ、礫の移動量が中程度だった地点で多く、それより礫の移動量が少ない地点と多い地点の両方で現存量が少ない傾向が見られた。

## 1. 序文

### 1.1 研究背景

一級河川に指定される矢作川は、標高1,908mの大川入山（長野県）を源流に、岐阜県の南東部と愛知県中央部を流れて三河湾に注いでいる。

1970年代までの複数のダムの建設や洪水調節、ダム湖での砂利採取などが原因となり、矢作川の中流では河床の搅乱が起こりにくくなつたことから河床が過度に安定している（北村ほか, 2001; 中村・内田, 2003; 辻本ほか, 2002; 内田ほか, 2001, 2002）。そのため、水草のオオカナダモ、大型糸状緑藻のカワシオグサ、コケ植物の蘚類の繁茂が起つた（豊田市矢作川研究所, 2008; 内田ほか, 2014; 内田・白金, 2018）。

これらの水生生物の異常は、矢作川の漁業において重要な魚種であるアユの不漁を引き起こすと考えられている（山本ほか, 2021）。それらの区間での底生動物群集においては造網性トビケラ類が優占して生息している（岡田ほか, 2016）。

日本の河川の底生動物群集の遷移においては、ヒゲナガカワトビケラ属 *Stenopsyche* が優占して極相に至る（津田, 1957; 津田・御勢, 1964; 御勢, 1968）と考えられていた。しかし、岡田・内田（2016）により矢作川中流の底生動物群集の遷移ではヒゲナガカワトビケラ属の優占の後に、同じく造網性トビケラ類のオオシマトビケラ *Macronema radiatum* が優占する状態が極相であるという仮説が立てられた。

愛知工業大学生態研究室（河川・環境研究室）と豊田市矢作川研究所では2000年から2023年に矢作川において、底生動物を広域に定点を設けて継続的に調査してきた（広域定点調査）。

これらの調査結果に基づき、底生動物・造網性トビケラ類の現存量と前年の出水との関係について、松田（2013）、藤江（2014）、大森（2015）、高井（2016）、

花井（2017）、山腰（2018）、池田（2019）、深澤（2020）、近藤（2021）、窪田（2022）、寺田（2023）は、いずれも底生動物・造網性トビケラ類の現存量は前年の出水規模が大きくなると減少する傾向を指摘した。

水質との関係については、全窒素と有機態炭素の値が一定値より大きいとき、水質が悪化すると造網性トビケラ類の現存量は減少する傾向があり、値が一定値より小さいとき、水質が良好になるほど造網性トビケラ類の現存量が減少する傾向が見られた（寺田, 2023）。

さらに、水野（2024）はカゲロウ目とカワゲラ目の現存量について、出水規模と水質との明瞭な関係はなく、カワゲラ目と造網性トビケラ類の現存量には、正の相関があることを示した。

本研究では、同じく広域定点調査の結果に基づいて、土砂が供給される環境の指標となり得ると

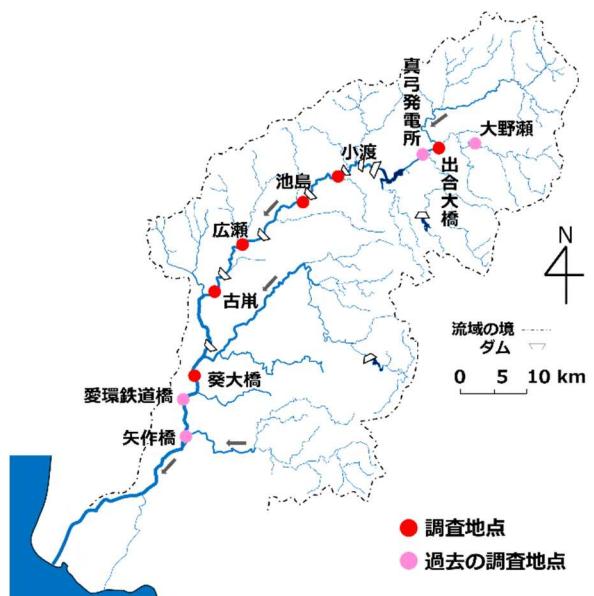


図1 矢作川における広域定点調査地点（2024）

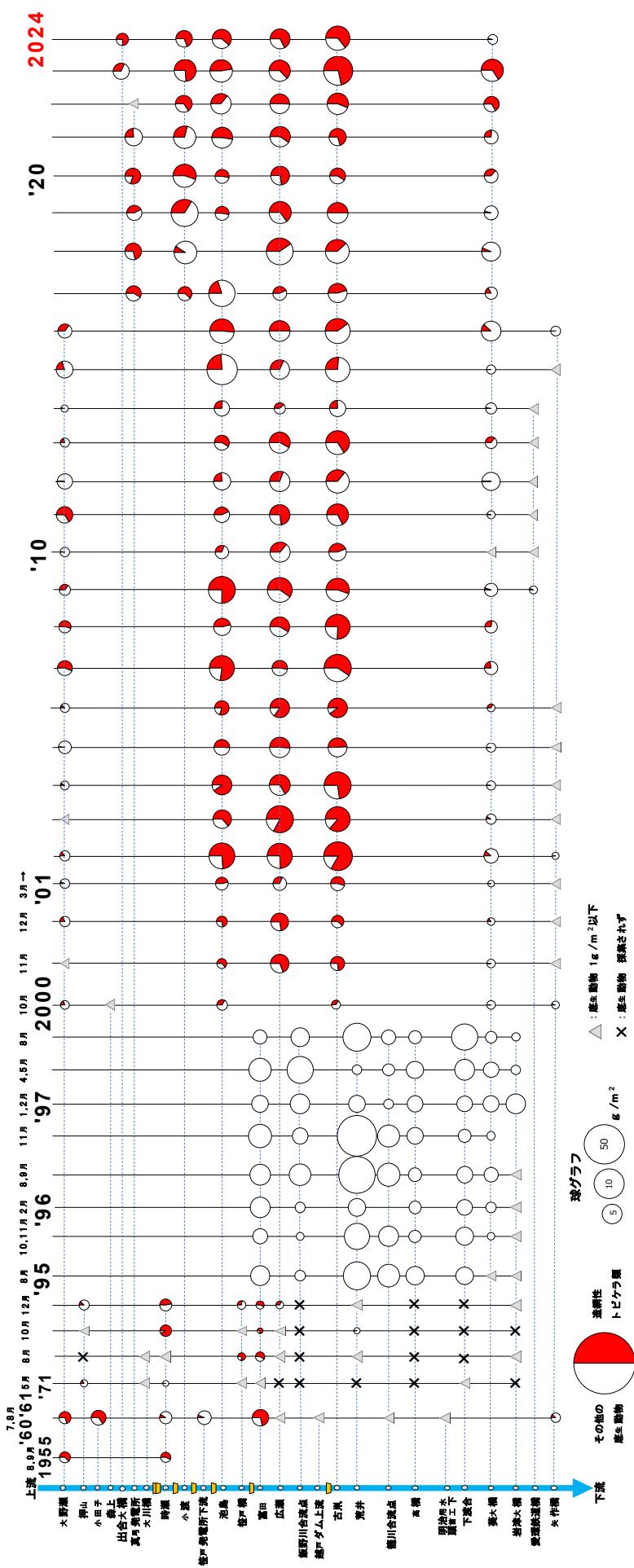
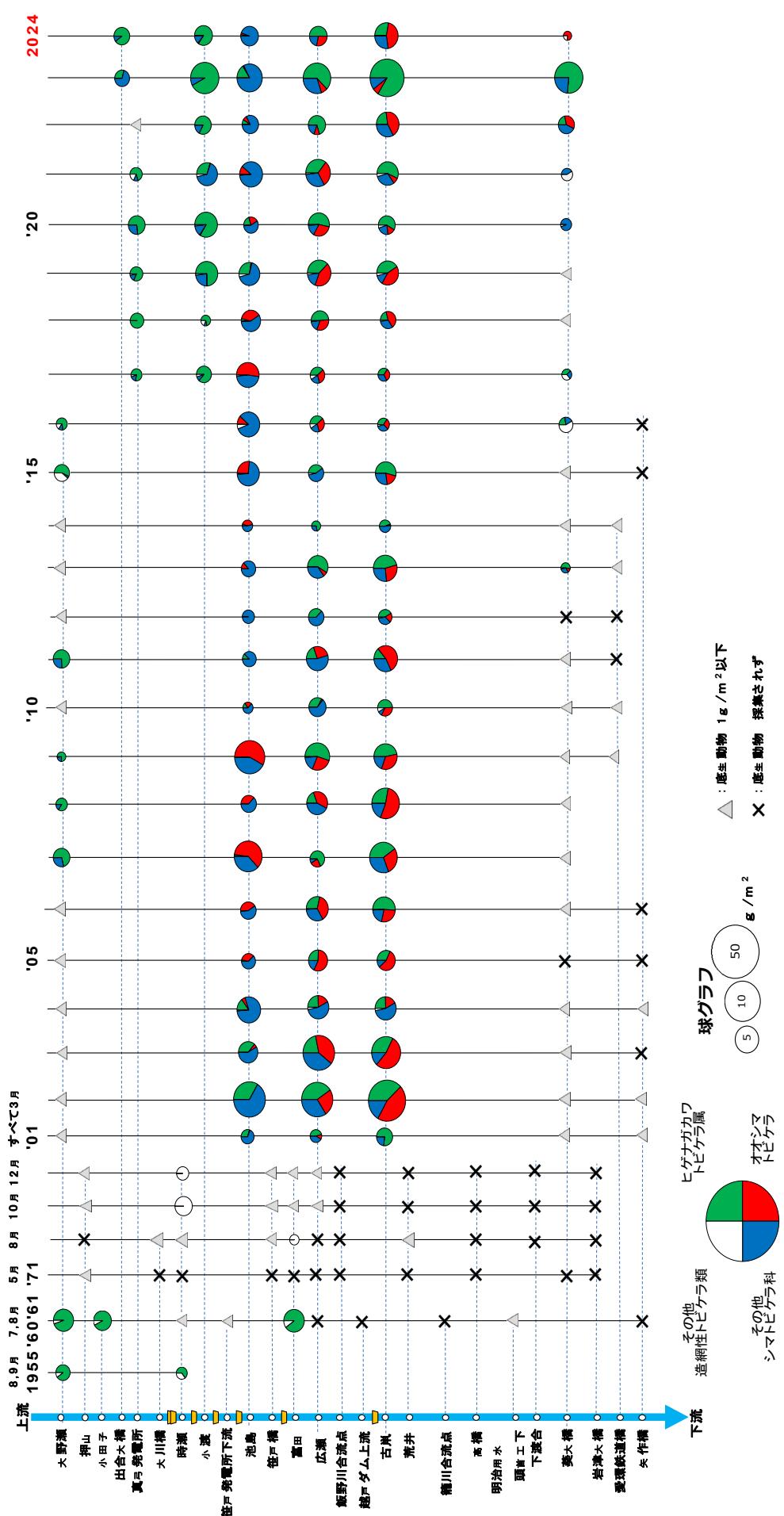


図2 底生動物の現存量と造網性トビケラ類の占める割合



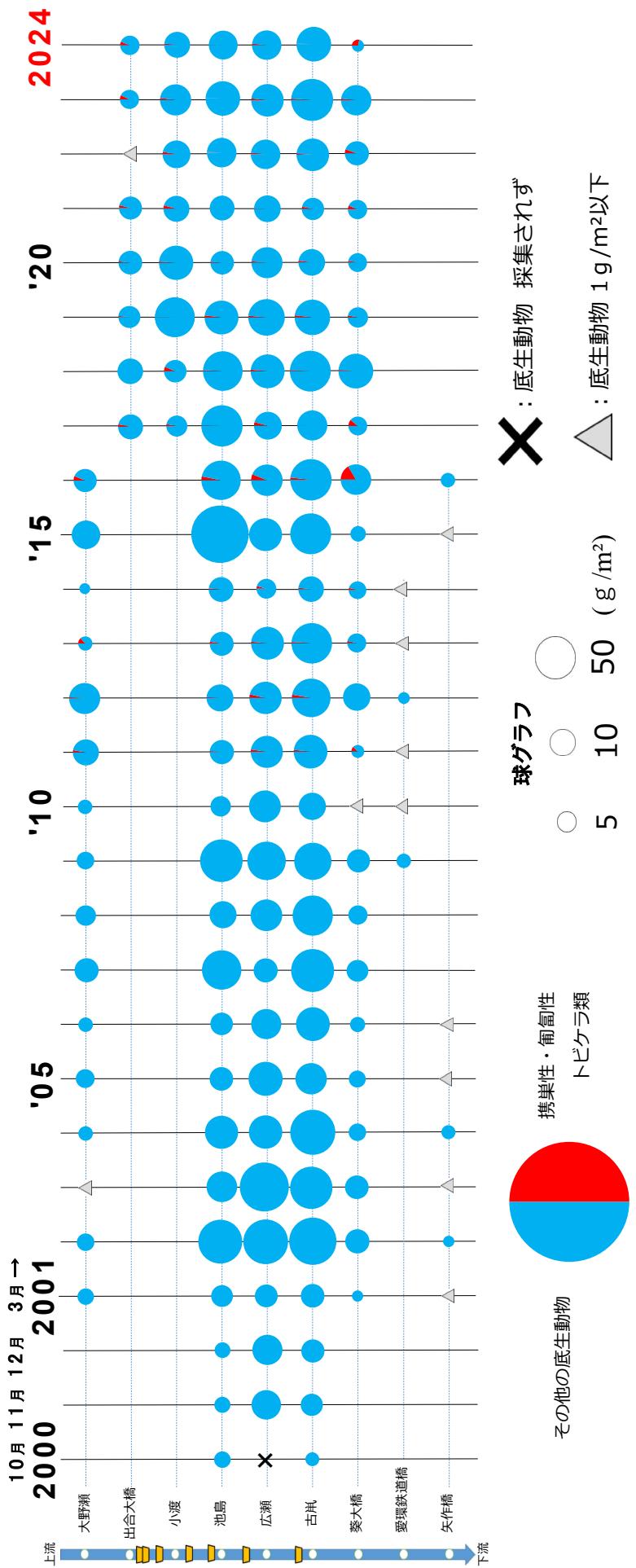


図4 底生動物の現存量と携帯性・匍匐性トビケラ類の占める割合

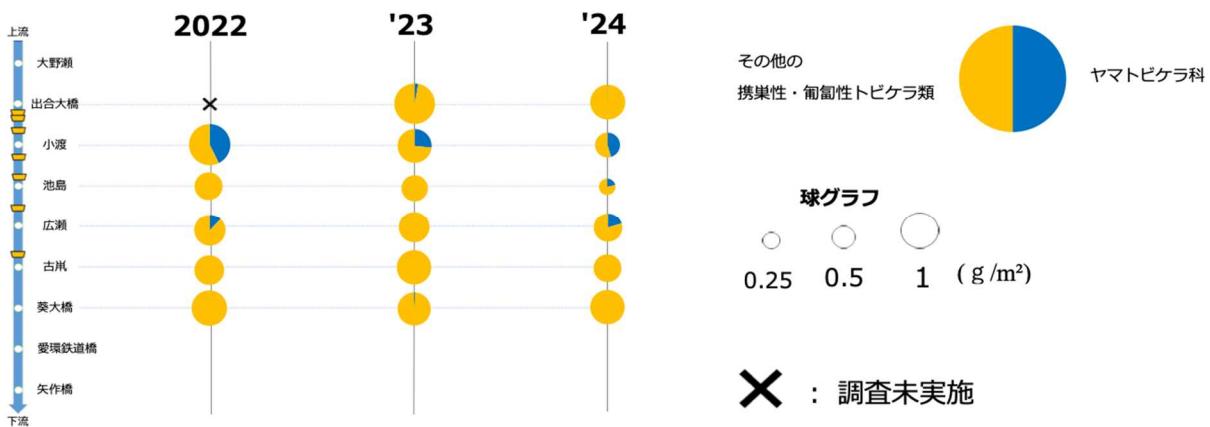


図 5 携巣性・匍匐性トビケラ類に占めるヤマトビケラ科の割合

考えられている（萱場・皆川, 2008）ヤマトビケラ科 *Glossosomatidae* の現存量について検討する。

## 1.2 研究目的

本研究は、1955 年からの底生動物の現存量のデータと、2000 年から 2023 年の広域定点調査のデータに 2024 年の調査結果を加え、さらにヤマトビケラ科の現存量と出水との関係を比較検討することにより、矢作川中流部での生物の問題を解決するための基礎的な資料を提供することを目的とする。

## 2. 研究方法

### 2.1 調査地点および採集方法

2024 年 3 月に実施した広域定点調査は矢作川中流の次の 6 地点でおこなった（図 1）。

1. 恵那市串原福原（出合大橋）出合大橋の下流 0.1 km 右岸（2024 年 3 月 11 日）
2. 豊田市島崎町（小渡）小渡観光やなの下流 0.1 km 右岸（2024 年 3 月 11 日）
3. 豊田市池島町（池島）岩倉橋の下流 0.3 km 左岸（2023 年 3 月 11 日）
4. 豊田市西広瀬町（広瀬）広瀬やな付近・広梅橋の上流 50 m 右岸（2024 年 3 月 18 日）
5. 豊田市扶桑町（古岸）平戸大橋の下流 0.6 km 左岸（2024 年 3 月 18 日）
6. 岡崎市細川町（葵大橋）葵大橋の上流 0.2 km 左岸（2024 年 3 月 18 日）

いずれの地点においても瀬の河床で、2 カ所に 50 cm × 50 cm の方形枠（コドラー）を設置して網目内径約 0.13 mm の D フレームネット（幅 50 cm, 高さ 27 cm）により底生動物を採集した（定量採集）。

### 2.2 湿重量測定

採集した底生動物は、80% に希釈したエタノールにて現地で固定したのち研究室に持ち帰り、双眼実体顕微鏡（Nikon SMZ645）を用いて、可能な限り科、属、種まで同定した。その際、造綱性トビケラ類と他の底生動物を分別し、さらに造綱性トビケラ類をヒゲナガカワトビケラ属、オオシ

マトビケラ、シマトビケラ科、その他の造綱性トビケラ類に分け、分けた底生動物のすべてを電子てんびん（RJ-320）を用いてその湿重量を測定した。

また、過去の広域定点調査での標本が残っていた 2022 年、2023 年の非造綱性トビケラ類の中から、ヤマトビケラ科と他の携巣性トビケラ類、匍匐性トビケラ類を分別し、その湿重量を測定した。

カワヒバリガイについては、大野・倉地（2011）が求めた関係式（1）を用い、殻長から軟体部湿重量を求めた。

$$M = 2.69 \times 10^{-5} \times L^{3.07} \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここで、M は湿重量（g）、L は殻長（mm）である。

## 3. 結果と考察

### 3.1 底生動物と造綱性トビケラ類

各調査地点における底生動物の現存量と造綱性トビケラ類の占める割合を、花井（2017）、寺田（2023）が文献で調査した 2000 年以前の調査結果も含めて図 2 に示した。2018 年では池島も調査をしたが、調査資料がトビケラ以外欠測となってしまったため省略した。また同様に、造綱性トビケラ類の内訳について図 3 に示した。

図 2 より各調査地点の現存量の合計は、2024 年の調査では、葵大橋で前年に比べて大きく減少していた。しかし、その他の地点では大きな変化は見られなかった。造綱性トビケラ類の割合は前年と比べて、上流の出合大橋において大幅な増え、反対に下流の葵大橋では大幅に減った。

2002～2023 年において、池島、広瀬、古岸の 3 地点で現存量並びに造綱性トビケラ類の占める割合が大きい。2024 年もその傾向が見られ、この 3 地点での割合は 2023 年とほとんど同じような結果となった。

造綱性トビケラ類の種類別の内訳においては、

出合大橋でヒゲナガカワトビケラ属が2023年に比べて大幅に増加し、小渡も2002～2023年の傾向通りヒゲナガカワトビケラ属がほとんどの割合を占めていた(図3)。この2地点では、2016年から2024年の期間をとおして、オオシマトビケラがほとんど生息していない。

ここで、岡田・内田(2016)の遷移仮説によると矢作川中流部において底生動物の遷移の極相はオオシマトビケラであることが示されている。

これに従えば、池島・広瀬・古岸では遷移が極相まで至っているが、小渡より上流では遷移が極相まで至っていないと考えられる。つまり、小渡と池島の間で搅乱を受けてからの時間が異なり、小渡より上流の2地点で搅乱を受けてからの時間が短く、池島から下流の3地点では搅乱を受けてからの時間が長いと考えられる。

### 3.2 ヤマトビケラ科の現存量

底生動物の現存量と携巣性トビケラ類、匍匐性トビケラ類の占める割合を図4に、さらにその中に占めるヤマトビケラ科の割合を図5に示した。この図から、ヤマトビケラ科の現存量は非常に少ないことがわかる。その中で、ヤマトビケラ科は小渡で最も多い傾向にあった。

ヤマトビケラ科は土砂が供給される環境の指標となり得ると考えられている(萱場・皆川, 2008)ので、矢作川の上・中流における礫の移動量を示す模式図を図6に示す。

ここに示される支流の流出土砂量(支流名の下に記載)は建設省(1969)によって砂防ダムの堆砂

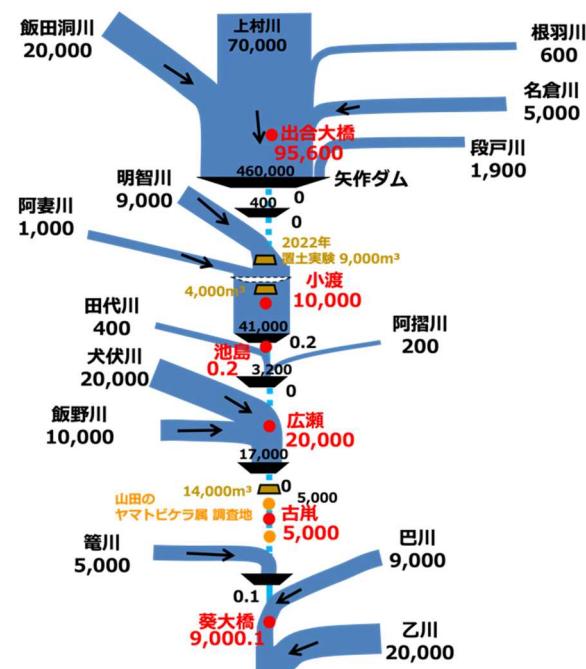


図6 矢作川上・中流における礫の移動量( $m^3$ )を示す模式図(杉江・内田, 2022の図を引用・一部改変)

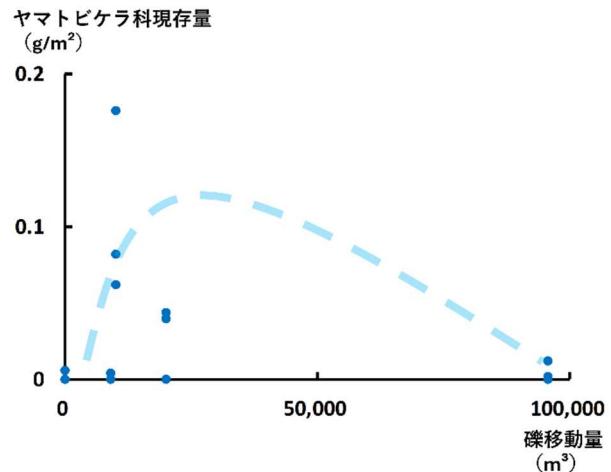


図7 ヤマトビケラ科の現存量と礫の移動量との関係

量から算出されたものである。愛知・岐阜・長野県における関係土木事務所に依頼し、結果を取りまとめた。調査の結果、既に満砂もしくは堆砂が進行中であるが、堆砂量が測定されておらず、推定して堆砂量を算出したダムも多く見受けられた。

ダム通過土砂量(ダムの直下に記載)は、一次元河床変動解析により推算した結果から、年平均に換算した値である(矢作川水系総合土砂管理検討委員会, 2015)。

各ダム直上の移動量(=ダムへの礫の堆積量)は、中村・内田(2003)が2000年の東海豪雨の際のダムへの堆砂量から礫成分を推定して示したものである。

これらの数値をもとに岡田ほか(2016)と杉江・内田(2022)が描いた図を、本研究ではさらに一部を改変して図6に示した。なお、図6で帯の幅は礫の移動量に正確には比例していない。

この図から、小渡でヤマトビケラ科が多く確認されたのは、小渡がダムの下流であるにも関わらず、明智川からの礫移動があるためであると考えられる。しかし、この考察では、礫の移動量が非常に多い出合大橋でヤマトビケラ科の現存量が少なかつた点に説明がつかない。

そこで、ヤマトビケラ科の現存量と礫の移動量の関係を図7に示した。縦軸がヤマトビケラ科の現存量( $g/m^2$ )、横軸が礫の移動量( $m^3$ )を表す。さらに、データがない部分も含め推測で傾向線を示した。

図7では、礫の移動量が中程度のときにヤマトビケラ科の現存量は多い傾向が見られる。礫の移動量がそれより小さいと、ヤマトビケラ科の現存量は減少する傾向がある。一方で、礫の移動量がそれより大きいときも、ヤマトビケラ科の現存量が減少する傾向にあると考えられる。

なお、2022年に実施した置土実験では、時瀬地区に9,000  $m^3$ 、小渡地区に4,000  $m^3$ の置土を設置

した（国土交通省, 2023）。小渡でヤマトビケラ科の現存量が多かったのは、これが影響していることも考えられる。

#### 4. 謝辞

2024年3月11日および3月18日の広域定点調査にて豊田市矢作川研究所の内田朝子博士、白金晶子氏にご協力いただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

#### 引用文献

- 御勢 久右衛門 (1968) 大和吉野川における瀬の底生動物群集の遷移. 日本生態学会誌, 18: 147-157.
- 萱場祐一・皆川朋子 (2008) 土砂供給量の変化が底生動物相に及ぼす影響～矢作第2ダム下流域の底生動物相の調査結果から～. 土木技術資料, 50 (10) : 18-21.
- 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.
- 北村忠紀・田代喬・辻本哲郎 (2001) 生息場評価指標としての河床搅乱頻度について. 河川技術論文集, 7: 297-301.
- 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）. 国土交通省豊橋河川事務所, 40 pp.
- 国土交通省豊橋河川事務所 (2023) 令和5年度第1回矢作川水系総合土砂管理検討委員会資料. [https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagiga\\_wa/dosyakanri/r05/r05-1shiryo1.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagiga_wa/dosyakanri/r05/r05-1shiryo1.pdf).
- 中村剛・内田臣一 (2003) 矢作川上・中流における礫の移動. 愛知工業大学研究報告, 38B: 127-134.
- 岡田和也・内田臣一 (2016) 矢作川中流の瀬の底生動物群集の遷移におけるヒゲナガカワトビケラとオオシマトビケラの位置づけ. 矢作川研究, 20: 1-11.
- 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搅乱の評価. 愛知工業大学研究報告, 57: 47-80.
- 杉江俊城・内田臣一 (2022) 河川間隙動物（特にコナガカワゲラ属幼虫）の生息環境の特徴. 愛知工業大学研究報告, 57: 47-80.
- 豊田市矢作川研究所 (2008) カワシオグサの繁茂実態調査と抑制対策に向けた研究. 矢作川研究, 12: 16-21.
- 津田松苗 (1957) 川の生物遷移についてのある考察. 関西自然科学研究会会誌, 10: 37-40.
- 津田松苗・御勢 久右衛門 (1964) 川の瀬における水生昆虫の遷移. 生理生態, 12: 243-251.
- 辻本哲郎・北村忠紀・加藤万貴・田代喬 (2002) 低搅乱礫床での大型糸状藻類の異常繁茂のシナリオ. 河川技術論文集, 8: 67-72.
- 内田朝子・白金晶子・洲崎燈子・畠伸夫・水野修・椿隆明 (2014) 矢作川における要注意外生物オオカナダモ (*Egeria densa*) の繁茂状況と駆除活動. 矢作川研究, 18: 33-40.
- 内田朝子・白金晶子 (2018) 出水により剥がれたコケ植物はどれくらいで元に戻るのでしょうか?. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 208: 5.
- 内田臣一・加藤大典・末松朋浩・西山正臣 (2002) 矢作川のアーマー化した河床における砂礫粒径の特徴. 愛知工業大学研究報告, 37B: 109-114.
- 内田臣一・大村泰章・神尾孝弘・守屋良平 (2001) 矢作川の瀬における2000年9月出水後の河床砂礫の粒径. 愛知工業大学研究報告, 36B: 127-132.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2021) 矢作川の川底改善によるアユの生息環境の回復－大規模野外実験の3年間の結果－. 矢作川研究, 25: 67-81.
- 愛知工業大学の過去の卒業研究**
- 青山謙司・安部将之・松尾誠司 (2001) 矢作川の瀬における2000年9月出水後の河床砂礫の粒径と底生動物 その2, 底生動物. 平成12年度 愛知工業大学水工研究室 卒業研究集, 8-1~10.
- 池田健太・田中博也・小川弘子 (2002) 矢作川における東海豪雨後の水生昆虫など底生動物の回復. 平成13年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究集, 8-1~10.
- 本田秋規・松濤弘人・箕原敦司 (2003) 矢作川の瀬における水生昆虫など底生動物の現存量. 平成14年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究集, 10-1~11.
- 斎藤比登美・富田篤司・横山修一 (2004) 矢作川・木曽川・豊川の瀬における水生昆虫など底生動物の現存量、とくに造網型トビケラ類がそれに占める割合. 平成15年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文, 8-1~10.
- 井上欣彦・加藤晃成・衣川泰弘 (2005) 矢作川・巴川の瀬における底生動物の現存量と優占種. 平成16年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文, 8-1~10.
- 熊谷広芳・小谷拓也・榎原吉昭 (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, 6-1~7.
- 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 卒業研究論文集, 6-1~10.
- 吉川雅泰・山本磨美・鷺野麻里子 (2008) 矢作川における底生動物の調査. 平成19年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 6-1~8.
- 永島大地・森公宣・矢田圭亮 (2009) 矢作川にお

- ける底生動物の調査. 平成 20 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 4-1~10.
- 柴田季輝・齋藤雄樹 (2010) 矢作川における底生動物の調査. 平成 21 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 7-1~10.
- 大野真享・倉地隆裕 (2011) 矢作川における底生動物の調査. 平成 22 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 4-1~13.
- 尾崎大悟・今泉仁希・川合章博 (2012) 矢作川における水生生物の調査. 平成 23 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 6-1~7.
- 近藤高弘 (2013) 名古屋市東部丘陵の河川、矢作川本流、山地溪流における底生動物各種と河床の安定度との関係. 平成 24 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 10-1~10-7.
- 松田一馬 (2013) 矢作川における底生動物の調査. 平成 24 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 13-1~10.
- 藤江一樹 (2014) 矢作川における底生動物の現存量およびカワヒバリガイの分布. 平成 25 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 22-1~10.
- 大森優樹 (2015) 矢作川中流部における底生動物の現存量と遷移. 平成 26 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 21-1~8.
- 高井延泰 (2016) 矢作川における底生動物群集の現存量と多様性. 平成 27 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 19-1~11.
- 花井亮太 (2017) 矢作川における瀬の底生動物の経年変化. 平成 28 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 15-1~22.
- 山腰俊吾 (2018) 矢作川の瀬における底生動物、特にオオシマトビケラとヒゲナガカワトビケラの競争関係. 平成 29 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 15-1~7.
- 池田靖基 (2019) 矢作川における底生動物の定点調査、付：オオシマトビケラとヒゲナガカワトビケラの巣材. 平成 30 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 25-1~8.
- 深澤和也 (2020) 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査. 令和 1 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 21-1~8.
- 近藤安紘 (2021) 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査. 令和 2 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 7-1~7.
- 窪田大勝 (2022) 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査. 令和 3 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業論文集, 4-1~9.
- 寺田 稜 (2023) 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査. 2022 年度 愛知工業大学 生態研究室 卒業研究論文集, 7-1~10.
- 水野慎也 (2024) 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査. 2023 年度 愛知工業大学 生態研究室 卒業研究論文集, 5-1~14.

付表 1 定量採集で採集した底生動物の現存量

	単位	造網性 トビケラ類 計	ヒゲナガカワ トビケラ属	オオシマ トビケラ属	シマ トビケラ科	その他の 造網性 トビケラ	非造網性 トビケラ類	カゲロウ目	カワゲラ目	トンボ目	その他の 底生動物	全合計
出合大橋No.1	g/0.25m <sup>2</sup>	1.802	1.741	0.000	0.060	0.001	0.020	0.293	0.167	0.000	0.027	2.309
	g/m <sup>2</sup>	7.208	6.964	0.000	0.240	0.004	0.080	1.172	0.668	0.000	0.108	9.236
出合大橋No.2	g/0.25m <sup>2</sup>	0.427	0.262	0.000	0.165	0.000	0.163	0.038	0.004	0.000	0.042	0.674
	g/m <sup>2</sup>	1.708	1.048	0.000	0.660	0.000	0.652	0.152	0.016	0.000	0.168	2.696
平均	g/m <sup>2</sup>	4.458	4.006	0.000	0.450	0.002	0.366	0.662	0.342	0.000	0.138	5.966
小渡No.1	g/0.25m <sup>2</sup>	2.214	1.875	0.048	0.284	0.007	0.070	0.414	0.279	0.000	0.017	2.994
	g/m <sup>2</sup>	8.856	7.500	0.192	1.136	0.028	0.280	1.656	1.116	0.000	0.068	11.976
小渡No.2	g/0.25m <sup>2</sup>	1.325	1.140	0.000	0.189	0.027	0.005	0.267	0.508	0.000	0.004	2.109
	g/m <sup>2</sup>	5.300	4.560	0.000	0.756	0.108	0.020	1.068	2.032	0.000	0.016	8.436
平均	g/m <sup>2</sup>	7.078	6.030	0.096	0.946	0.068	0.150	1.362	1.574	0.000	0.042	10.206
池島No.1	g/0.25m <sup>2</sup>	1.694	0.000	0.000	1.694	0.000	0.000	0.339	0.213	0.046	0.040	2.332
	g/m <sup>2</sup>	6.776	0.000	0.000	6.776	0.000	0.000	1.356	0.852	0.184	0.160	9.328
池島No.2	g/0.25m <sup>2</sup>	1.749	0.084	0.102	1.563	0.000	0.014	1.005	0.176	0.009	0.313	3.266
	g/m <sup>2</sup>	6.996	0.336	0.408	6.252	0.000	0.056	4.020	0.704	0.036	1.251	13.063
平均	g/m <sup>2</sup>	6.886	0.168	0.204	6.514	0.000	0.028	2.688	0.778	0.110	0.705	11.195
広瀬No.1	g/0.25m <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	g/m <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
広瀬No.2	g/0.25m <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	g/m <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均	g/m <sup>2</sup>	9.532	4.416	2.440	1.908	0.012	0.216	3.084	0.510	0.136	0.616	14.094
古岸No.1	g/0.25m <sup>2</sup>	1.992	0.438	0.887	0.667	0.002	0.015	0.413	0.334	0.000	0.054	2.808
	g/m <sup>2</sup>	7.968	1.752	3.548	2.668	0.008	0.060	1.652	1.336	0.000	0.216	11.232
古岸No.2	g/0.25m <sup>2</sup>	6.799	1.618	2.415	1.332	0.005	0.048	0.814	0.167	0.000	3.011	10.839
	g/m <sup>2</sup>	27.196	6.472	9.660	5.328	0.020	0.192	3.256	0.668	0.000	12.045	43.357
平均	g/m <sup>2</sup>	17.582	4.112	6.604	3.998	0.014	0.126	2.454	1.002	0.000	6.130	27.294
葵大橋No.1	g/0.25m <sup>2</sup>	0.013	0.000	0.013	0.000	0.000	0.078	0.093	0.000	0.000	0.017	0.201
	g/m <sup>2</sup>	0.052	0.000	0.052	0.000	0.000	0.312	0.372	0.000	0.000	0.068	0.804
葵大橋No.2	g/0.25m <sup>2</sup>	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	0.086	0.166	0.001	0.000	0.112	0.369
	g/m <sup>2</sup>	0.016	0.000	0.000	0.000	0.016	0.344	0.664	0.004	0.000	0.448	1.476
平均	g/m <sup>2</sup>	0.034	0.000	0.026	0.000	0.008	0.328	0.518	0.002	0.000	0.258	1.140

付表2 定量採集および定性採集で採集した底生動物の各分類群の個体数

2024年		出合大橋		小瀬		池島		広瀬		古川		菱大橋		合計			
学名	和名	方形 枠	方形 探集	定性 探集	方形 枠	方形 枠	定性 探集										
<i>Tricladida</i>	ウズムシ目							1					2				3
<i>Gordioidea</i>	ハリガネムシ綱						2										2
<i>Oligochaeta</i>	貧毛綱							6	2		2	4	2	6		破片 多数	8 30
<i>Pleuroceridae</i>	カワニナ科			1		3								2			6
<i>Limnoperna</i>	カワヒバリガイ属							11	29				11	2			53
<i>Cyrenidae</i>	シジミ科												2				2
<i>Hydrachnellae</i>	ミズダニ目				1												1
<i>Asellus</i>	ミズムシ属							16					1		1	18	
<i>Neocaridina</i>	カワリヌマエビ属					4				4		17		31	56		
<i>Palaemon</i>	スジエビ属													2	2		
<i>Macrobrachium</i>	テナガエビ属													1	1		
<i>Ephemeroptera</i>	カゲロウ目	44	7	87	157	42	158	67	134	186	238	91	42	209	78	8	10 69 1627
<i>Calopterygidae</i>	カワトンボ科						5							3			8
<i>Aeshnidae</i>	ヤンマ科						1					1			3	5	
<i>Gomphidae</i>	サナエトンボ科		6			17	1	2	5	3	3			3		3	43
<i>Libellulidae</i>	トンボ科						1										1
<i>Macromiidae</i>	ヤマトンボ科					4			6						1	11	
<i>Plecoptera</i>	カワゲラ目	6	2	83	13	11	60	4	5	37	14	70	6	5	72	1	30 419
<i>Aphelochiridae</i>	ナベブタムシ科			5													5
<i>Corydalidae</i>	ヘビトンボ科		1							1							2
<i>Stenopsyche</i>	ヒグナガカワトビケラ属	8	2	20	11	5	20		1	3	18	15	5	13	26		147
<i>Macrostemum radiatum</i>	オオシマトビケラ				1				1	4	25	2	25	63	23	1	1 146
<i>Hydropsychidae</i>	シマトビケラ科	8	13	13	47	17	25	164	164	132	82	2	32	81	13		5 798
<i>Psychomyiidae</i>	クダトビケラ科	2		2	3					9		1	8			4	29
<i>Glossosomatidae</i>	ヤマトビケラ科	2	4	4	1	7		1		4	1			1			25
<i>Limnocentropus insolitus</i>	キタガミトビケラ		2														2
<i>Micrasema</i>	マルツツトビケラ属			7				1							1	9	
<i>Leptoceridae</i>	ヒグナガトビケラ科									5	1			1			7
<i>Goeridae</i>	ニンギョウトビケラ科			1		3				1	1					1	7
<i>Apatania</i>	コエグリトビケラ属			1													1
<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	ムナグロナガレトビケラ	1	3	2		2		2		3	1	4	4	1	5	5	37 70
<i>R. brevicephala</i>	ヒロアタマナガレトビケラ			1						4			1				6
<i>R. yamanakensis</i>	ヤマナカナガレトビケラ	1							1	1		1					4
<i>R. angulata</i> group	ヤマナカナガレトビケラ の種群							1					1	1			3
<i>Rhyacophilidae</i>	ナガレトビケラ科 (属以下不明)		6						2							1	9
<i>Trichoptera (Pupae)</i>	トビケラ目 幼虫									8	1		9	4		5	27
	トビケラ目 合計	21	18	49	74	26	57	164	171	142	160	24	68	180	70	6	9 51 1290
<i>Acentropinae</i>	ミズメイガ亜科							1									1
<i>Elmidae (adults)</i>	ヒメドロムシ科 成虫	1		17	1			2		8			2				31
<i>Elmidae (larvae)</i>	ヒメドロムシ科 幼虫	1	1	10	3	1	8	36	3	22		1	8		8	1	103
<i>Psephenidae</i>	ヒラタドロムシ科			2	1						1	4	1	7		1	2 19
<i>Gyrinidae</i>	ミズスマシ科												2	1			3
<i>Tipulidae</i>	ガガンボ科	8	3	2	1	7	1	1	1	21		2	18			1	1 67
<i>Chironomidae</i>	ユスリカ科	13		25	9	3	12	18	2	383	11	85	664	7	15	16	37 1300
<i>Simuliidae</i>	ブユ科	3	2	1	1		1			4			3		9		24
<i>Blephariceridae</i>	アミカ科	2														2	4
<i>Dolichopodidae?</i>	アシナガバエ科?													1			1
<i>Diptera</i>	双翅目不明					1				1	1		1				4

# 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布

飯田 涼太郎\* (愛知工業大学 土木工学科 4年)

内田 臣一 (愛知工業大学)

**要約** カワヒバリガイはアジア大陸原産の淡水性の二枚貝で、日本へは1990年代に侵入し、特定外来生物に指定されている。死骸が水路やパイプを詰まらせてしまうことが問題になっている。矢作川水系では、2004年から2023年まで豊田市矢作川研究所と愛知工業大学生態研究室による定点調査、時瀬発電所導水路と発電所直下の調査が行われてきた。本研究ではまず定点調査を行った。その結果、2007年からの個体数の経年変化はあまり見られなかった。殻長の計測結果から、全調査地点の中で黒田ダム直下は特に殻長の経年変化が激しいことが分かった。黒田ダム直下は、ダム直下という幼生発生の多少の影響が大きい地点であるため、それが関係しているのではないかと考えられる。

## 1. はじめに

### 1-1 研究背景

矢作川は標高1,908mの長野県大川入山付近を始まりとし愛知県の中央部を流れ三河湾に注ぐ幹川流路延長約118km、流域面積1,830km<sup>2</sup>の一級河川である。矢作川の中流では1970年代までの複数のダム建設、ダム湖での砂利採取、矢作ダムの洪水調整などにより河床が極めて安定し、搅乱に乏しい状態となった。

矢作川では、カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* やオオカナダモ *Egeria densa*、アメリカカナマズ *Ictalurus punctatus*などの外来生物が在来生物に悪影響を及ぼすと問題視され、調査されている（白金ほか, 2012; 内田ほか, 2014; 梅村ほか, 2015）。

カワヒバリガイはアジア大陸原産であり、日本へは中国から輸入されたタイワンシジミにカワヒバリガイが混入していたことで侵入している（農林水産省, 2017）。2004年には矢作川への侵入が確認された（白金, 2005）。2005年には前年に定着していた稚貝が大きく成長し、越戸ダムで大量発生の様相を呈した（白金, 2005; 豊田市矢作川研究所, 2006a）。この大量発生は2006年の夏まで続いたが、一転して2006年9月からカワヒバリガイは大量に死に始めた（豊田市矢作川研究所, 2006b; 内田, 2007）。

大量発生が2004年秋頃から一斉に始まったので、カワヒバリガイがこの秋に一斉に二年の寿命（Iwasaki and Uryu, 1998）を迎えて死んだと考えることもできるが、小さな貝（おそらく若い貝）も死んでいるので、今までのところ原因はよくわからない（内田ほか, 2007）。

カワヒバリガイは農業用水路や水力発電施設に侵入し（白金, 2005; 豊田市矢作川研究所, 2006a）、水路の壁や底に大量に固着、死骸が大量に溜まることにより目詰まりし、利水障害などを起こす。

これにより、2006年には中部電力（株）越戸発電所の発電を妨げることが懸念され問題となった。また、カワヒバリガイが礫の隙間を埋め、造網性トビケラ類などの他の底生動物の生息場所を奪っている可能性がある（内田ほか, 2007）。

### 1-2 カワヒバリガイの生態

カワヒバリガイは淡水性の二枚貝であり、中国、東南アジア原産で日本国内では6月頃に繁殖期が始まる。放精、放卵後に受精し1~3週間プランクトンで水中を漂う浮遊幼生期、コンクリートや礫などの硬い基盤に着底する着底期幼生、自分の体を礫などに固着させる固着生活期（成貝）に分けられる。固着期で体を固着させた後でも自ら足糸を切断し移動することもできる（農林水産省, 2009）。浮遊幼生がみられる繁殖期は、日本においては6月頃からはじまり、水温が21~27°Cになる8月~10月頃に最盛期を迎えると推定されている（中井, 1995）。

カワヒバリガイは1年で10mm程度成長し、寿命は2~3年程度で4年以上は生きられないと考えられている（中井, 2001; 白金ほか, 2012）。

矢作川でカワヒバリガイが多数見つかる場所には、カワシオグサ、オオシマトビケラなど、河床の搅乱不足によっておびただしく増えるといわ



図1 2024年までの矢作川におけるカワヒバリガイの調査地点

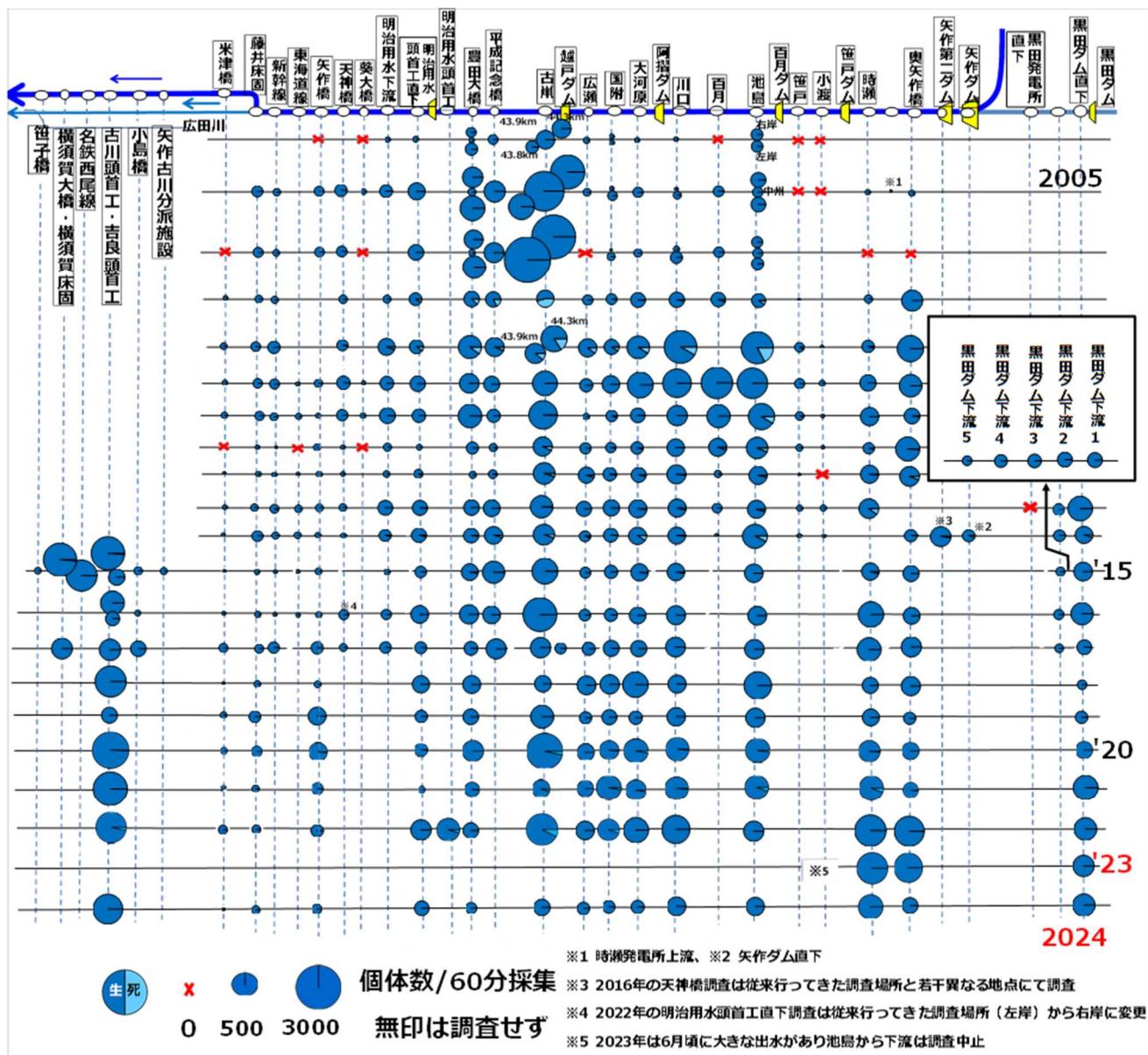


図2 各地点における2004～2024年までのカワヒバリガイの個体数の経年変化

れている生物が同じ礫に着生していることが多い（内田, 2005; 内田, 2006）。カワシオグサなど大型糸状緑藻やオオシマトビケラなどは搅乱不足の指標と考えられている（岡田ほか, 2016）ので、カワヒバリガイも搅乱が不足している河床を好むと考えられる。

### 1-3 カワヒバリガイとダム貯水池の関係

カワヒバリガイは浮遊幼生期にプランクトンで生活を送る。カワヒバリガイは淡水生で海では生存できない。しかし流れがある河川ではプランクトンのまま海まで流されてしまう恐れがある。そのため、カワヒバリガイが繁殖するには固着できるまでの期間、成長できる淡水の止水域が必要と考えられる（中井, 2011）。しかし、ダム貯水池があると止水域が生まれるのでカワヒバリガイにとっては、安定して繁殖できる場所と考えられる（内田ほか, 2007）。

このような止水域は本研究の調査地である矢作川水系に複数ありまた、連続的に存在しており繁殖していると考えられる（中井, 2011）。

また、浮遊幼生の発生状況は、年によって大きな差がみられる（内田, 2011）。

### 2. 研究目的

本研究では、2004年から豊田市矢作川研究所と愛知工業大学生態研究室が共同で行っている定点調査を引き続き行う。図1は昨年までの調査地点と2024年も調査した地点である。個体数の調査結果を昨年度までのデータと比較することにより、カワヒバリガイの幼生の発生する地点（止水域）を推測し、カワヒバリガイによる被害の対策の基礎資料とすることを研究目的とした。

また各地点の、1年毎の殻長の変化を調べることにより各地点のカワヒバリガイがどの程度成長

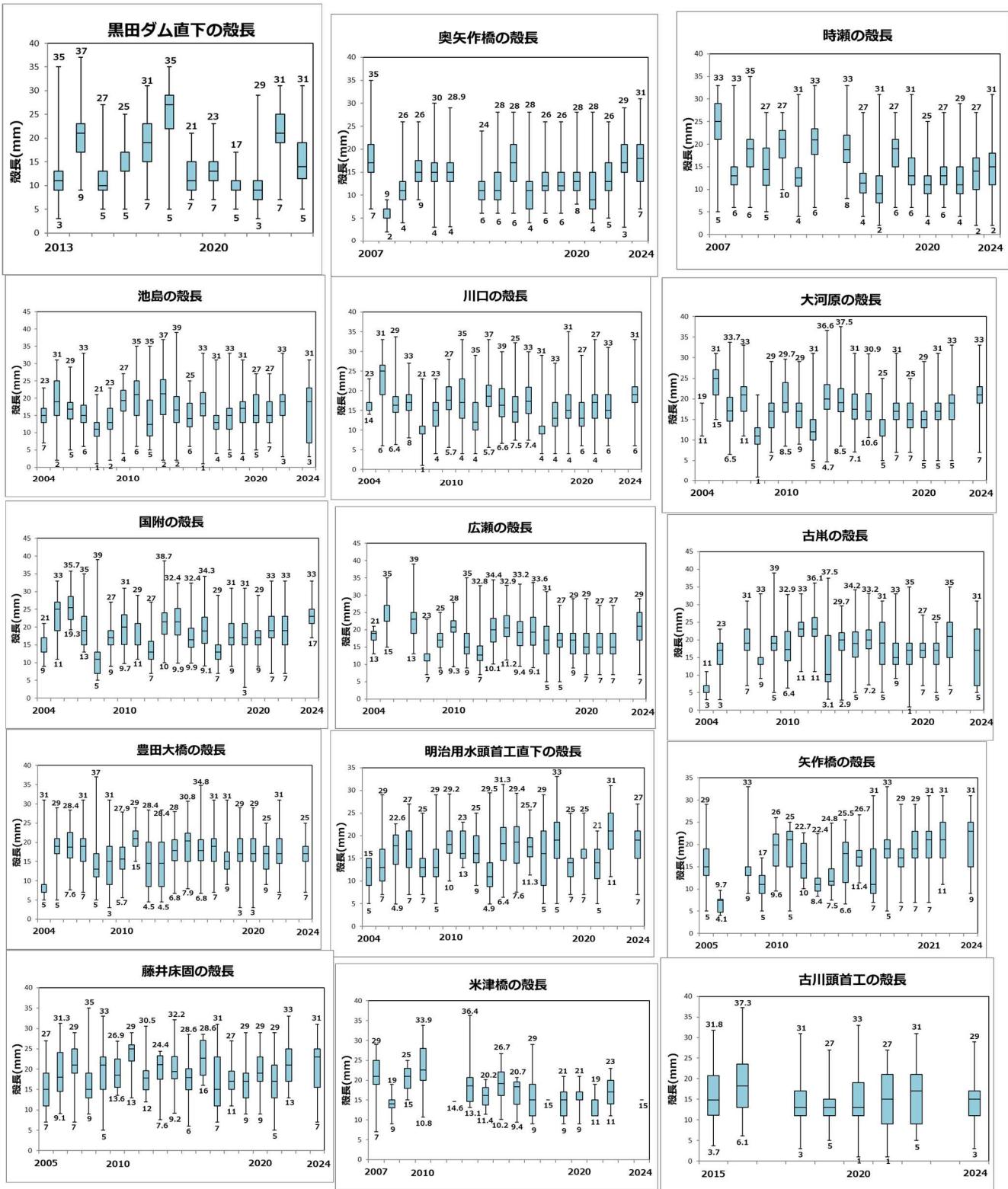


図3 カワヒバリガイの殻長の経年変化

しているかを調べる。

### 3. 研究方法

#### 3-1 分布調査

広域での継続調査の地点を図1と付表2、そして以下に示した。

1. 黒田ダム直下、黒田川黒田ダム北北東0.1km

(2024年5月17日)

2. 奥矢作橋、奥矢作橋下流0.1km (2024年5月17日)
3. 時瀬、時瀬発電所放流口直下左岸(2024年5月17日)
4. 池島、百月ダム下流0.5 km 左岸 (2024年5月17日)
5. 川口、川口やな上流0.1 km 左岸 (2024年5月17日)

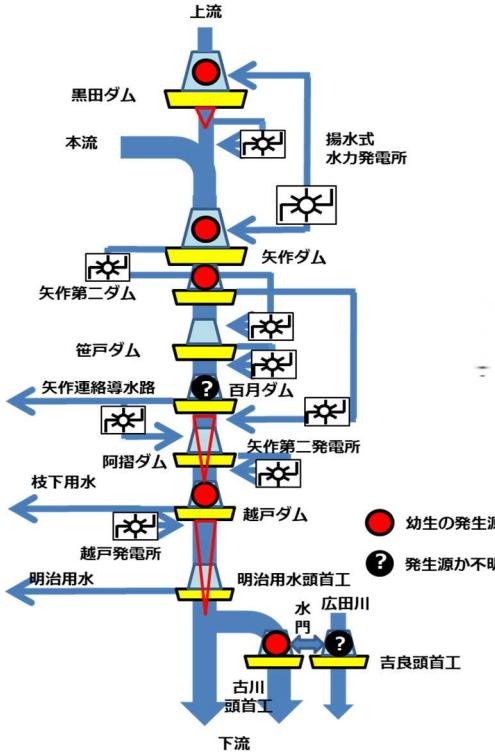


図 4 矢作川水系の水利用とカワヒバリガイの発生源模式図（富樫, 2023, を改変）

日)

6. 大河原, 阿摺発電所下流0.4 km 左岸 (2024年5月17日)
7. 国附, 富国橋下流0.4 km 犬伏川合流点上流0.2 km 左岸 (2024年5月24日)
8. 広瀬, 広梅橋上流0.4 km 左岸 (2024年5月24日)
9. 古川, 平戸橋下流0.8 km 左岸 (2024年5月24日)
10. 豊田大橋, 河口から42.0 km 豊田大橋下流0.1 km 左岸 (2024年5月24日)
11. 明治用水頭首工直下, 河口から34.6 km 明治用水頭首工直下流左岸 (2024年5月24日)
12. 矢作橋, 河口から23.2 km 矢作橋真下左岸 (2024年5月24日)
13. 藤井床固, 河口から12.6 km 右岸 (2024年6月7日)
14. 米津橋, 河口から9.8 km 米津橋直上流右岸 (2024年6月13日)
15. 古川頭首工直下, 矢作古川古川頭首工直下流右岸 (2024年6月7日)

調査地点の河床の大きな礫などを拾い上げ付着しているカワヒバリガイをのべ 60 分間（場合によつては 15 分または 30 分）の時間を設定し採集した。採集したものは 80% のエタノールで固定した。その後、研究室に持ち帰り殻長をノギス、マイクロメータを用いて計測し、各地点の個体数と殻長を計測した。

また、2023 年に採集されたカワヒバリガイの個体数と殻長も計測した。

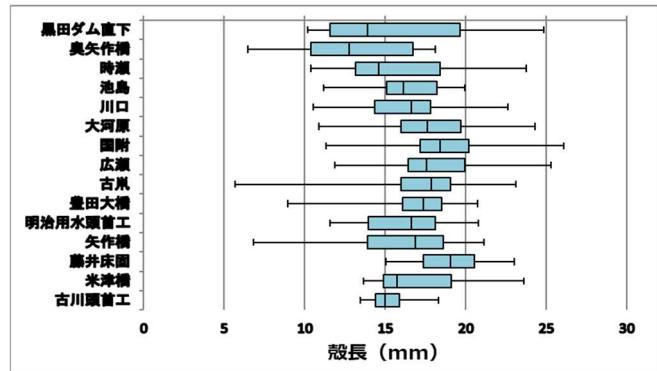


図 5 各地点の1年ごとの殻長の平均値

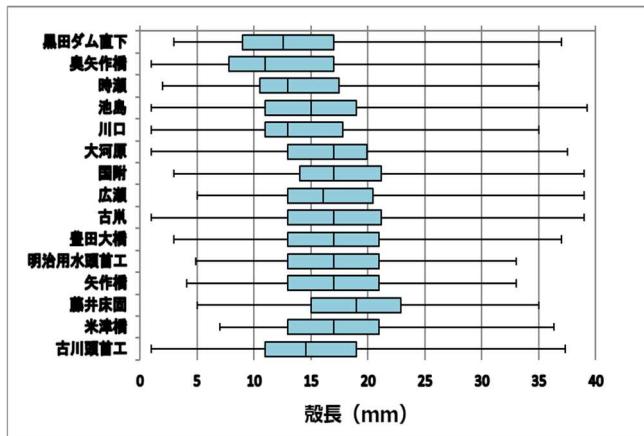


図 6 2004年～2024年までの全個体の殻長の平均値

### 3-2 各地点における年代ごとの殻長の比較

2004 年から 2024 年までの調査結果から、各地点における殻長の経年変化を調べ、グラフにまとめた。

### 4. 個体数の結果と考察

#### 4-1 結果

2007 年頃からの個体数の経年変化をみると、大きな変化は見られなかった（図 2）。2023 年の個体数と 2024 年に採集した個体数を比較すると、黒田ダム、奥矢作橋、時瀬は採集できた個体数が 2023 年よりも少なかった。

米津橋は 2007 年から採集できる個体数が少なく、2024 年の調査で採集できたのは 1 匹だった。

これまでの調査で幼生の発生源とみられるダム湖とカワヒバリガイの関係から、ダムから下流に行くにつれて個体数が減少していくという傾向が見られており、2024 年の結果から池島から広瀬の地点間、古川から豊田大橋、明治用水頭首工から米津橋の地点間で概ね個体数が下流に行くにつれて減少している傾向が見られる。

#### 4-2 考察

図 2 から 2022 年、2023 年の個体数と 2024 年の個体数の比較から、2024 年は黒田ダムと古川頭首

工は、幼生の発生にあまり変化がなく、矢作ダム、矢作第二ダム、越戸ダム、では少なかったと考える。

2012 年までは奥矢作橋の個体数よりも時瀬の個体数が少なかったが、2015 年から 2024 年までは時瀬のほうが多く採集されている。この結果から、矢作第二ダムよりも矢作ダムのほうが幼生の発生が多くなったのではないかと考えられる。

2021 年までの豊田市矢作川研究所と愛知工業大学による調査結果から矢作川水系におけるカワヒバリガイ幼生の発生源は黒田ダム、矢作ダム、矢作第二ダム、越戸ダム、古川頭首工のそれぞれの貯水池（止水域）と考えられており、図 4 はその模式図である（富樫, 2023）。

しかし 2024 年は豊田大橋よりも明治用水頭首工直下のほうが採集できた個体数が多かった。2022 年までの調査結果では、明治用水頭首工は幼生発生源とされていないため、2024 年だけの調査結果で発生源と言うにはデータ不十分ではあるが、幼生の発生源から下流に行くにつれて個体数が減少する傾向から、明治用水頭首工も幼生の発生源の可能性がある。

## 5. 裂長の計測結果と考察

### 5-1 裂長の計測結果

図 3 は 2024 年に採集したカワヒバリガイの裂長の計測結果と過去の調査結果である。グラフのない年は採集しなかった、あるいは採集できなかつた年である。各地点で裂長の経年変化があることが分かった。黒田ダム直下は最大値、中央値、標準偏差の変化が激しいことから、裂長の経年変化が激しい地点であることが分かった。

毎年、2023 年までは米津橋を除いて概ねどの地点でも 10 mm 以下の個体が採集されていた。しかし 2024 年の調査で、国附で採集した個体の最小値が 17 mm であった。

図 5 は 1 年ごとに、採集できた裂長の平均値を計算し、2004 年から 2024 年までの平均値から最大値、最小値、四分位範囲を計算し、地点ごとに示したものである。黒田ダム直下では他の地点より標準偏差が高く、1 年ごとの裂長の平均に高いばらつきがあり、裂長の変化が激しかった。

また、古岸は採集できた個体数が多く、平均値の最大値と最小値の差が最も大きいが、標準偏差が低く裂長にそれほどばらつきは見られない。また、古川頭首工は平均値にばらつきがなく裂長の変化があまり見られない。

図 6 は、2004 年から 2024 年までに採集された全個体の、地点ごとのカワヒバリガイの裂長の中央値、四分位数で作成した、裂長の範囲である。この図からは地点間で明瞭な違いは認められなかった。

### 5-2 考察

年によって採集できた裂長が変化している（図 3）要因として、浮遊幼生の発生量は年によって大きな差がみられる（内田, 2011）ため、あるいは河川の水位が高い状態で固着していたカワヒバリガイが、水位が下がったことにより水上に露出し、死んでしまったり、水位が低い状態で固着していたカワヒバリガイが、水位が上がったことにより採集できない深さになってしまったということなどが考えられる（牧野, 2015）。

毎年 10 mm 以下の個体が採集されていた（図 3）ことから、米津橋以外では毎年生まれて 1 年以内の個体が生息していたと考える。

また、2024 年の調査で、国附では 10 mm 以下の個体が採集できなかつたが、その下流の広瀬では採集できたことから 2023 年に発生した幼生は国附に流れてきたが、固着しなかつた、あるいは下流に移動したのではないかと考える。

黒田ダム直下の標準偏差が大きい（図 5）理由として他の地点よりもダムに近い、直下の地点（ダムなどの止水域から約 30 m）で採集を行ったため、幼生の発生量の多少による影響が大きく、他の発生源と思われる止水域の下流の地点（奥矢作橋、約 600 m、古岸、約 3 km、明治用水頭首工、約 170 m、古川頭首工、約 110 m）との違いがうまれているのではないかと考える。

### 引用文献

- Iwasaki, K. and Y. Uryu (1998) Life cycle of a freshwater mytilid mussel, *Limnoperna fortunei*, in Uji River, Kyoto. Venus(Japanese Journal of Malacology), 57: 105-113.
- 片山満秋・清水良治・松本 寛 (2006) 群馬県からカワヒバリガイを記録する. 日本国類学会平成 18 年度大会プログラム, p.5.
- 木村妙子 (1994) 日本におけるカワヒバリガイの最も早期の採集記録. ちりぼたん, 25 : 34-35.
- 小島貞夫 (1982) 淡水イガイ (*Limnoperna fortunei*) による障害とその対策. 日本水処理生物学会誌, 18 (2) : 29-33.
- 中井克樹 (1995) 日本に侵入したカワヒバリガイ、発見の経緯とその素性、関西自然保護機構会報, 17 (1) : 49-56.
- 中井克樹 (2001) カワヒバリガイの日本への侵入. 黒装束の侵入者—外来付着性二枚貝の最新学, 日本付着生物学会 (編) : 71-85. 恒星社厚生閣, 東京.
- 中井克樹 (2011) カワヒバリガイの特集によせて一事の起りから 20 年目を迎えて—. 矢作川研究, 15: 43-44.
- 農林水産省農村振興局農村環境課農村環境対策 (2017) カワヒバリガイの生態. カワヒバリガ

- イ被害対策マニュアル: 10-14.
- 農林水産省東海農政局農村計画部資源課 (2009) 平成 21 年度外来貝類被害防止検討調査業務委託報告書.
- 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ピケラ類を用いた河床搅乱の評価. 愛知工業大学研究報告, 51: 55-66.
- 白金晶子 (2005) 見つけてしまったカワヒバリガイ. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 80/81: 4.
- 白金晶子 (2005) 警告! カワヒバリガイ. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 90: 4.
- 白金晶子・内田朝子・内田臣一 (2012) 矢作川における外来二枚貝カワヒバリガイの発見から現在までの経過. 陸の水, 54: 43-52.
- 豊田市矢作川研究所 (2006a) 矢作川でのカワヒバリガイを巡る最近の動向. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 93: 4.
- 豊田市矢作川研究所 (2006b) カワヒバリガイの大量死について. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 102: 4.
- 梅村鎧二・酒井博嗣・内田良平・山本 敏 (2015) 阿摺ダム直下の淵のかいぼり調査結果. 矢作川研究, 19: 75-84.
- 内田朝子 (2006) 矢作川中流域の病気 (名付けて「くつき病」). 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 94: 5.
- 内田朝子 (2011) 矢作川におけるカワヒバリガイの浮遊幼生の流量分布 3. 矢作川研究, 15: 65-70.
- 内田朝子・白金晶子・洲崎燈子・裕 伸夫・水野 修・椿 隆明 (2014) 矢作川における要注意外来生物オオカナダモ (*Egeria densa*) の繁茂状況と駆除活動. 矢作川研究, 18: 33-40.
- 内田臣一 (2005) 広がってしまったカワヒバリガイ. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 86: 3.
- 内田臣一・白金晶子・内田朝子・田中良樹・土井 幸二・松浦陽介 (2007) 矢作川におけるカワヒバリガイ大量発生後の大量死. 矢作川研究, 11: 35-46.

### 愛知工業大学の過去の卒業文献

- 富田辰也・中尾 元・日比野 怜司 (2005) 矢作川中流部の瀬における底生生物群集の微細な分布. 平成 16 年度河川・環境研究室卒業論文集, 7 班-1~7.
- 熊谷広芳・小谷拓也・榎原吉昭 (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 年度河川・環境研究室卒業論文集, 6 班-1~7.
- 田中良樹・土井幸二・松浦陽介 (2007) 矢作川におけるカワヒバリガイの分布調査. 平成 18 年度河川・環境研究室卒業論文集, 7 班-1~10.

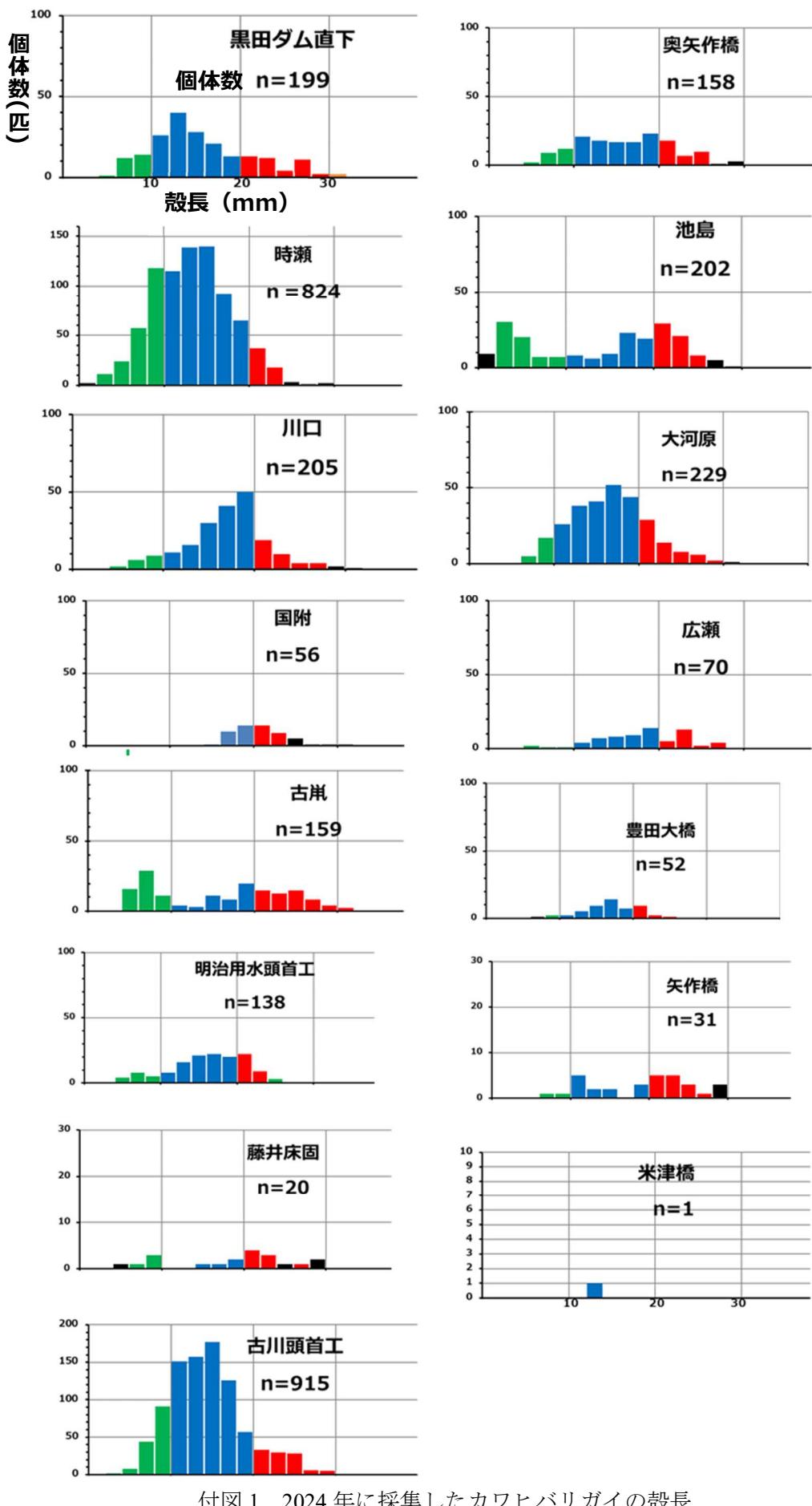
- 吉川雅泰・山本磨美・鷲野 麻里子 (2008) 矢作川における底生動物の調査. 平成 19 年度河川・環境研究室卒業研究論文集, 6 班-1~8.
- 永島大地・森 公宣・矢田圭亮 (2009) 矢作川における底生動物の調査. 平成 20 年度河川・環境研究室卒業研究論文集, 4 班-1~10.
- 柴田季輝・齊藤雄樹 (2010) 矢作川における底生動物の調査. 平成 21 年度河川・環境研究室卒業研究論文集, 7 班-1~9.
- 大野真享・倉地隆裕 (2011) 矢作川における底生動物の調査. 平成 22 年度河川・環境研究室卒業研究論文集, 4 班-1~13.
- 尾崎大悟・今泉仁希・川合章博 (2012) 矢作川における水生生物の調査. 平成 23 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業研究論文集, 7 班-1~12.
- 松田一馬 (2013) 矢作川における底生動物の調査. 平成 24 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業研究論文集, 13-1~10.
- 藤江一樹 (2014) 矢作川における底生動物の現存量およびカワヒバリガイの分布. 平成 25 年度愛知工業大学 工学部 都市環境学科 土木工学専攻 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 22-1~10.
- 牧野清佳 (2015) 矢作川におけるカワヒバリガイの分布. 平成 26 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 23-1~10.
- 有竹哲也 (2016) 矢作川におけるカワヒバリガイの分布. 平成 27 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 18-1~11.
- 松浦峻也 (2017) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布. 平成 28 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 16-1~10.
- 今井佑典 (2018) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布. 平成 29 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 16-1~7.
- 畠中 敦 (2019) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布、特にその微細な分布と河道微地形との関係. 平成 30 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 27-1~9.
- 鈴木雄太 (2020) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの調査. 令和元年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 25-1~9.
- 福井 飛加利 (2021) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布. 令和 3 年度愛知工业大学生態研究室卒業論文集, 10-1~8.
- 石坂優明 (2022) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布. 令和 3 年度愛知工业大学生態研究室卒業論文集, 5-1~10.
- 富樫 宗 (2023) 矢作川水系におけるカワヒバリガイの分布. 令和 3 年度愛知工业大学生態研究室卒業論文集, 6-1.

付表1 2024年に採集したカワヒバリガイの個体数

		60分換算	
2023		状態	個体数
黒田ダム直下	死	0	
	生	292	
奥矢作橋	死	0	
	生	818	
時瀬	死	0	
	生	1290	

付表2 2024年に採集したカワヒバリガイの個体数

2024年 採集 月/日	調査地点名	採集調査地点		採集人数	採集時間	のべ 採集 時間	採集 個体数
5月17日	黒田ダム直下流	豊田市	黒田ダム下流 0.1km 右岸	6人	10分	60分	199
	奥矢作橋		奥矢作橋下流 0.1km 右岸	6人	10分	60分	158
	時瀬		時瀬発電所放水口直下流 左岸	6人	10分	60分	824
	池島		百月ダム下流 0.5km 中州	3人	10分	30分	404
	川口		川口やな上流 0.1km 左岸	6人	10分	60分	205
	大河原		阿揖発電所下流 0.4km 左岸	6人	10分	60分	229
5月24日	国附		新富国橋下流 0.5km 左岸	6人	10分	60分	56
	広瀬		広梅橋上流 0.4km 左岸	6人	10分	60分	70
	古川		平戸橋下流 0.8km 左岸	6人	10分	60分	159
	豊田大橋		豊田大橋下流 0.1km 左岸	6人	10分	60分	52
	明治用水頭首工		明治用水頭首工直下流 右岸	6人	10分	60分	138
	矢作橋	岡崎市	矢作橋真下 左岸	6人	10分	60分	31
6月7日	藤井床固	安城市	河口から12.6km 右岸	8人	7分30秒	60分	20
6月13日	米津橋		米津橋直上流 右岸	4人	15分	60分	1
6月7日	古川頭首工直下流	西尾市	矢作古川 古川頭首工直下流 右岸	8人	7分30秒	60分	915



付図 1 2024 年に採集したカワヒバリガイの殻長

# 矢作川水系におけるコナガカワゲラ属の生息状況

加賀谷 瞭\* (愛知工業大学 土木工学科4年)

内田 臣一 (愛知工業大学)

**要約** 矢作川では土砂バイパストンネルの建設など河床の搅乱を復活させようとする事業が計画している。そのような土木事業において強い搅乱の指標生物としてコナガカワゲラ属幼虫を利用するための基礎資料を得ることを目的として矢作川水系において成虫の灯火採集（小型ライトトラップ採集）、羽化殻採集、幼虫の河床掘削採集によって生息状況を調べた。その結果次のことが分かった。1) 小型ライトトラップ採集を行ったところコナガカワゲラ属は確認できなかったがオナシカワゲラ科、カゲロウ目、トビケラ目、双翅目を採集することができた。2) 羽化殻採集では、10回の調査で57個体採集できた。3) コナガカワゲラ属が強い搅乱の指標となるとすれば乙川水系男川上流では搅乱が強く働いている可能性がある。

## 1. はじめに

カワゲラ類（昆虫綱カワゲラ目）は、世界で約3500種（Fochetti and Tierno de Figueroa, 2008）、日本で約200種（清水ほか, 2005）が記録されている。本研究で主な対象とするコナガカワゲラ属 *Flavoperla* はカワゲラ目カワゲラ科の一属である。コナガカワゲラ属は、幼虫は体色が黄褐色で、体長は約1.5 cmまで、成虫は体長約1~1.5 cmである。

日本産コナガカワゲラ属には、キコナガカワゲラ *Flavoperla 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*、エゾキコナガカワゲラ *F. tobei* の4種が知られている。また、未記載種のスジキコナガカワゲラ（稻田, 1998）も確認されている。矢作川水系ではエゾキコナガカワゲラ以外のコナガカワゲラ属4種が見つかっている（相川ほか, 2005; 西田, 2022; 森, 2023）。

多摩川水系と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幼虫は採集される数が少ない一方、成虫は夏に川沿いの街灯や自動販売機の灯りで多く採集されることが指摘されている。このことから、コナガカワゲラ属は狭義の底生動物ではなく、幼虫が河川間隙水域に生息する可能性が指摘されている（内田, 1987,

2006; 杉江・内田, 2022）。さらに、内田（2006）と杉江・内田（2022）は、コナガカワゲラ属幼虫は搅乱に強い水生昆虫である可能性を指摘した。

コナガカワゲラ属幼虫の生息場所の可能性があるとされる河川間隙水域は、表流水と伏流水、地下水が混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。洪水などにより流路の形状が変わると、それに伴い河川間隙水域の流れも同じく変化する（Stanford and Ward, 1993）。河川間隙水域は、英語で hyporheic zone と呼ばれ、hyporheic はギリシャ語で「～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語である。河川間隙水域に生息している動物を河川間隙動物（hyporheos）と呼ぶ。これらは目が退化し、色素が乏しい種が多い（Gibert, 1994; 根岸, 2020）。

## 2. 研究目的

杉江・内田（2022）と森（2023）は、コナガカワゲラ属幼虫が河川間隙動物と考えられることから激しい河床搅乱が発生した際の指標生物になると考えた。そのため、矢作川で計画されている土砂バイパストンネル建設のような河床の搅乱を復活させようとする大規模な土木事業での指標生物として役立つ可能性がある。

今までの愛知工業大学によるコナガカワゲラ属の調査は、矢作川の本流・上流域（相川ほか, 2005; 吉田, 2022; 西田, 2022; 森, 2023）と矢作川水系下流の支流（清水, 2024）で行った。カワゲラ属の成虫は走光性を持っているため今回の目的は今までの採集の仕方である灯火採集、羽化殻採集、河床掘削による採集に加えてLEDライトを使って採集する方法で矢作川本流・上流域及び下流域でコナガカワゲラ属の生息状況を明らかにすることとした。

矢作川本流・上流域では、コナガカワゲラ属を含む多くのカワゲラ目の成虫・幼虫が採集された。しかし、越戸ダムより下流では、多くのカワゲラ目の成虫・幼虫が採集されたがコナガカワゲラ属の成虫・幼虫は採集されていない（川崎・内田, 2015; 藤本ほか, 2017; 市川ほか, 2020）。そのため、矢作川

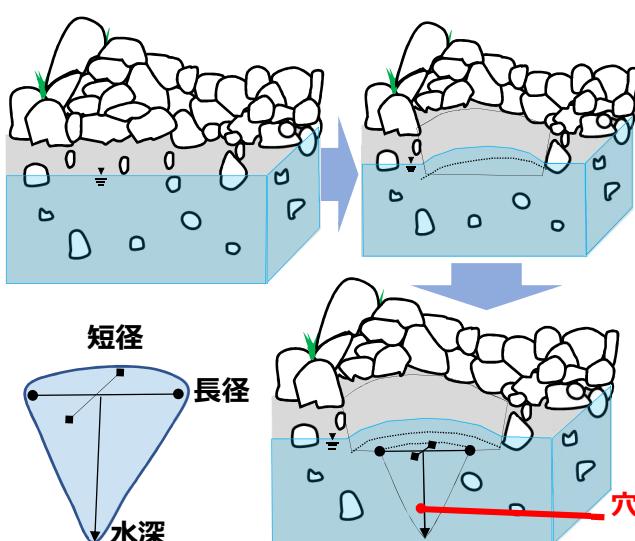


図1 河床掘削による採集方法の模式図

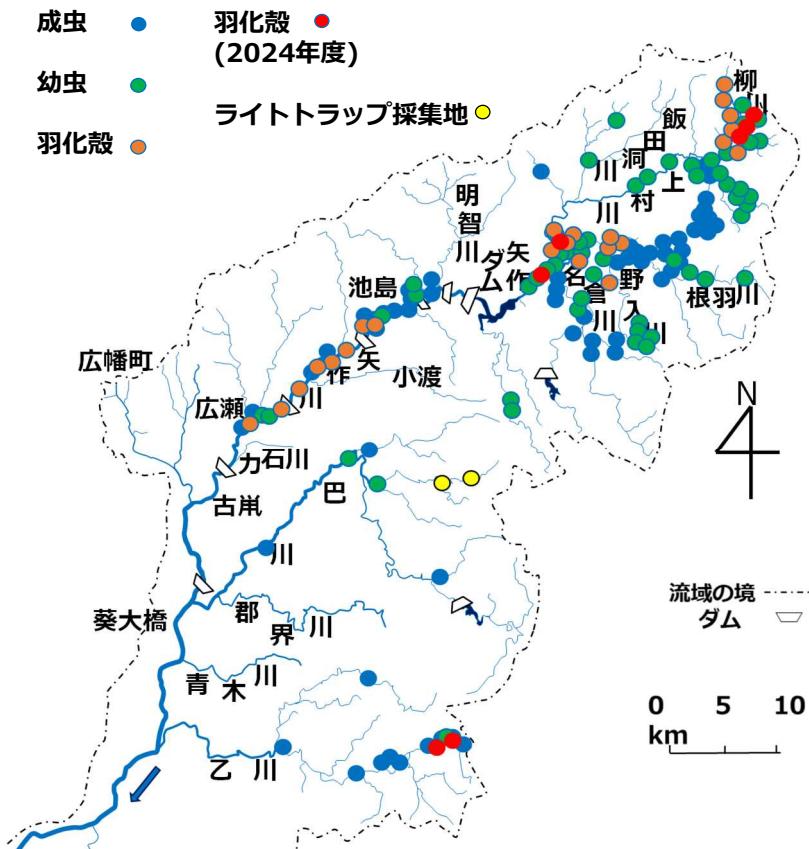


図2 コナガカワゲラ属の分布と調査地

本流の下流ではコナガカワゲラ属の採集が難しいと判断し、矢作川本流の下流を調査範囲外にした。

### 3. 研究方法

#### 3-1. 灯火採集

神越渓谷で2024年10月18日に愛知県豊田市御内町で2箇所設置した(図2)。

紫外線LEDを用いた小型軽量ライトトラップを使いコナガカワゲラ属を誘引し採集を行った。採集場所は過去コナガカワゲラ属の幼虫が採集された

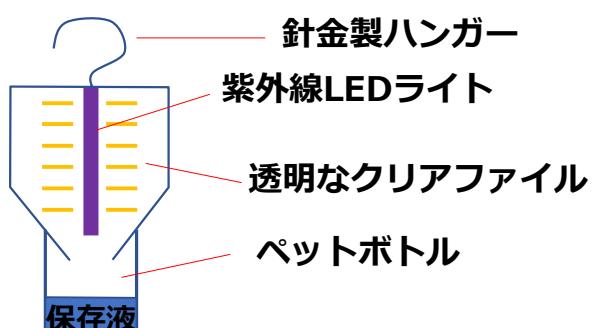


図3 自作した紫外線ライトトラップ

が成虫が採集されていない場所や自動販売機や街灯がなかった箇所に設定した(図2)。

紫外線LEDが開発されるより前に、小型軽量でライトトラップに用いられていたのは、ブラックライト(紫外線が多く出る色)の蛍光灯であった。比べて紫外線LEDは発光効率が高く省電力である。そこで、昆虫類の視覚感度にあたる315–400nmの波長を持つ紫外線LEDを用いた小型軽量ライトトラップが開発された(新里ほか, 2019)。またこのタイプのトラップはウェブサイト経由でも販売されている(昆虫文献 六本脚, 2024)。

このトラップの最大の特徴は、簡単に設置が可能である点で、トラップをかける際には木の枝や軒下などにS字フックで設置する方法で行う。トラップ上部についたライトに誘引された虫が衝突板に当たって落下し、カップ内の保存液へ入るしくみとなっている。

これらのトラップを参考にして紫外線LED、透明なクリアファイル、針金製ハンガー、ペットボトルで小型ライトトラップを自作した(図3)。

#### 3-2. 羽化殻採集

2024年6月25日乙川水系男側上流、2024年7月9日上村川、2024年8月6日柳川上流、2024年8月23日入川でそれぞれの地点の河川の水際にある礫や植物または橋脚に付着したコナガカワゲラ属の羽化殻を採集した(図2)。

河川の水際にある礫や植物に付着したカワゲラ目の羽化殻を採集した。調査地点は、過去羽化殻採集を行い失敗した箇所や成虫が多く分布している箇所に設定した(図2)。

#### 3-3. 河床掘削による採集

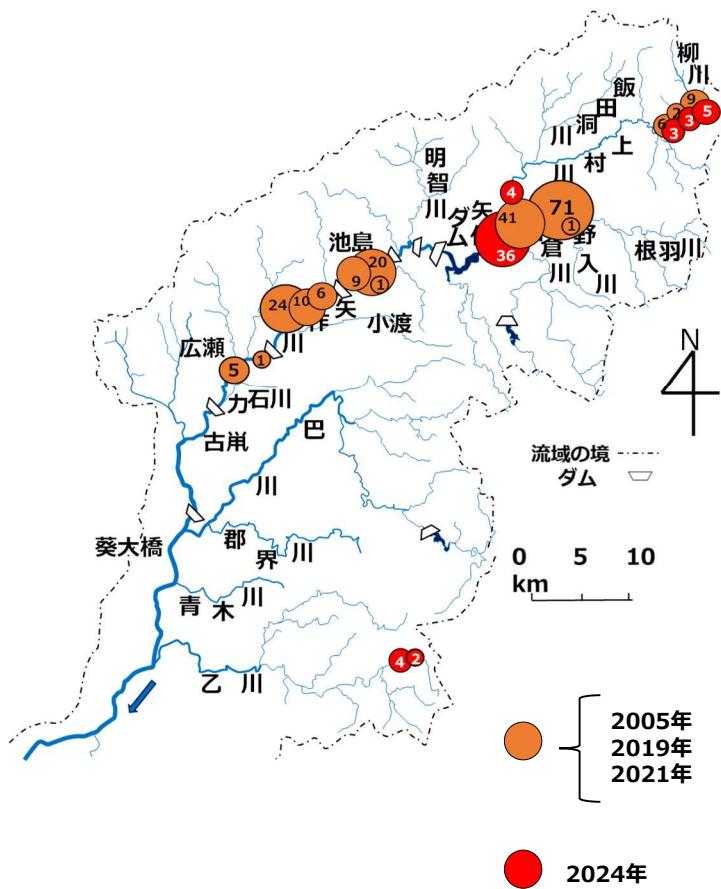


図4 矢作川水系におけるコナガカラゲラ属の羽化殻の分布

乙川水系男側上流で 2024 年 10 月 21 日と 2024 年 10 月 25 日の 2 日に分けて河床掘削採集を行った (図 5)。この地点は今年度行った羽化殻採集でコナガカワゲラ属の羽化殻が多く採集された場所である (図 2)。

水が流れていない河原を掘り、水が浸み出してくるところをさらに掘って、浸み出して穴に溜まった水と掘った砂礫(地下水面上の砂礫が混入しないように地下水面上の砂礫を分けて)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 0.13 mm)で受けて採集した(図 1)。

### 3-4. 採集した試料の分別と同定

採集した幼虫、羽化殻、成虫を 80% エタノール水溶液で固定して持ち帰り、双眼実体顕微鏡 (Nikon SMZ645) で可能な限り、科、属、種まで同定した。

2004～2024年に愛知工業大学河川・環境研究室（生態研究室）の調査により採集されたコナガカワゲラ属の成虫・羽化殻・幼虫の標本も上記と同様に同定した。同定は内田・吉成（2018）に従った。

#### 4.結果と考察

矢作川水系で成虫の灯火採集（小型ライトトラップ採集）、羽化殻採集、幼虫の河床掘削採集を行って次のことが分かった。

#### 4-1 小型ライトトラップ採集

オナシカワゲラ科、カゲロウ目、トビケラ目、双翅目を採集することができた(表1)。しかしこなガカワゲラ属の成虫を採集出来なかつた。過去の灯火採集ではコナガカワゲラ属は6月中旬~9月中旬にかけて多く採集されており10月で採集された記録がなかつた。このことからコナガカワゲラ属が採れなかつた原因として時期が遅かつたことが考えられる。今後採集時期を早めることでコナガカワゲラ属が採れる可能性があり小型ライトトラップが有効な手段として作用することがわかつた。またLEDブラックライトは蛍光灯ブラックライトに比べて昆虫を誘引する力が強いことが考えられる(表1)。

#### 4-2 羽化殼採集

過去 2005 年 2019 年 2021 年に調査が行われ 38 回の調査で 206 個体採集されていた。今年度調査を行ったところ 10 回の調査で 57 個体採集できた

(図4)。また乙川水系で調査では、過去羽化殻採集を失敗しているが、今年度羽化殻の採集する時

表1 小型ライトトラップ採集の結果

日付	2024年10月18日		
ライトの種類	LEDブラックライト	蛍光灯ブラックライト	LEDブラックライト
地点 分類	愛知県豊田市御内町 田之土里橋の東1.8km新橋	愛知県豊田市御内町 田之土里橋の東1.8km新橋	愛知県豊田市御内町天狗山 神越渓谷の看板田之土里橋の北西
カゲロウ目	9	3	1
オナシカワグラ科	1	0	0
トビケラ目	10	0	17
双翅目	27	14	12

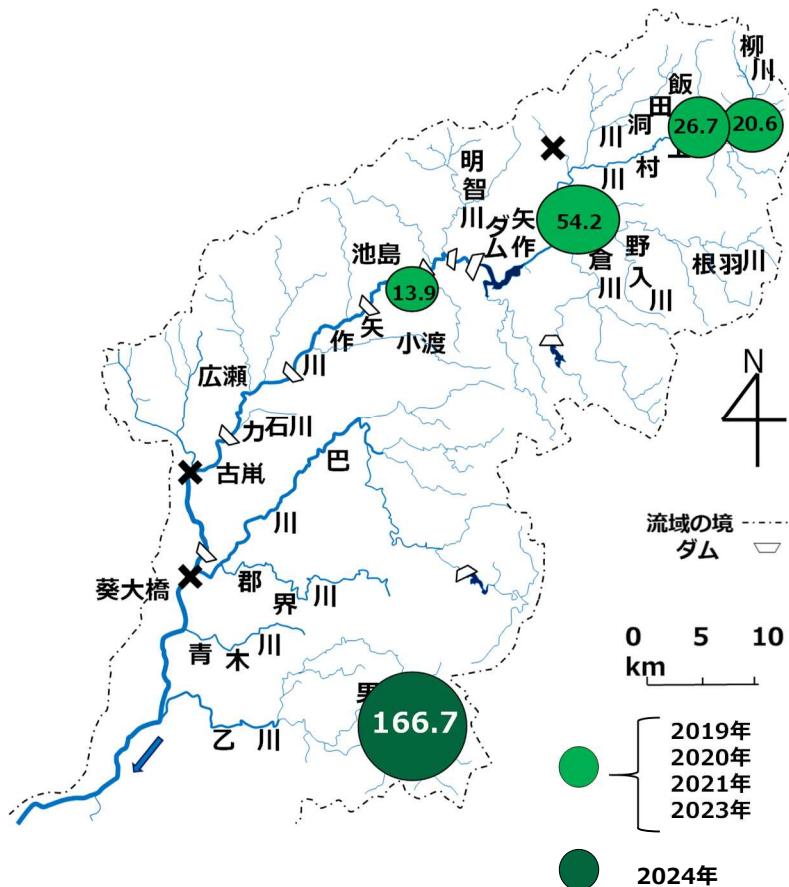


図5 河床掘削採集での $1m^3$ あたりのコナガカラゲラ属の幼虫

期を早めたことでコナガカワゲラ属の羽化殻を採集することができ、データが得られた。この地点では過去成虫が多く採集されていることから成虫の分布が多い箇所では羽化殻が採れることが考えられる。

4-3 河床掘削採集

10月21日に12個体、10月25日では11個体採れ過去のデータと比べて最も多く取れた(表2)。また $1m^3$ あたりのコナガカワゲラ属の幼虫の値も一番高い数値となった(図5)。この地点は今年度行った調査でコナガカワゲラ属の羽化殻が採

れた場所であったことから羽化殻が採れる場所ではコナガカワゲラ属の幼虫が採れる可能性が高いことが考えられる。しかし羽化殻の分布（図4）と幼虫の分布（図5）からコナガカワゲラ属の羽化殻と幼虫の個体数は比例しないことが分かる。

矢作川水系における河床掘削採集で得られたコナガカワゲラ属の幼虫（表2）から2024年度での穴ごとの個体数と矢作川水系における各掘削穴の計測結果（付表2）を比較すると穴3で9個体のとき流量が4つの穴の中で一番高い数値となっている。このことから乙川水系では掘削穴の流量が多いということがコナガカワゲラ属の幼虫の個体数を知る指標になる可能性がある。

杉江（2022）によると河川間隙水域の酸素飽和度が高いほどコナガカワゲラ属の幼虫の個体数が多いことを指摘している。このことから乙川水系の石原ダム周辺は搅乱が強く働いており河川間隙水域の酸素飽和度が高い可能性がある。

河床掘削採集で得られたコナガカワゲラ属の幼虫の結果（表2）より、11月に個体数が多いというデータがまた過去の灯火採集ではコナガカワゲ中旬～8月中旬にかけて多く採集されが分かっている（清水2024）。このコガカワゲラ属は5月に終齢幼虫となり月にかけて成虫へ成長、10月から11月卵していくのではないかと考えられ後河床掘削採集を行う時期として幼虫かる6月と産卵後に幼虫となる10月11することが望ましいのではないかと考え

表2 矢作川水系における河床掘削採集で得られたコナガカワゲラ属の幼虫

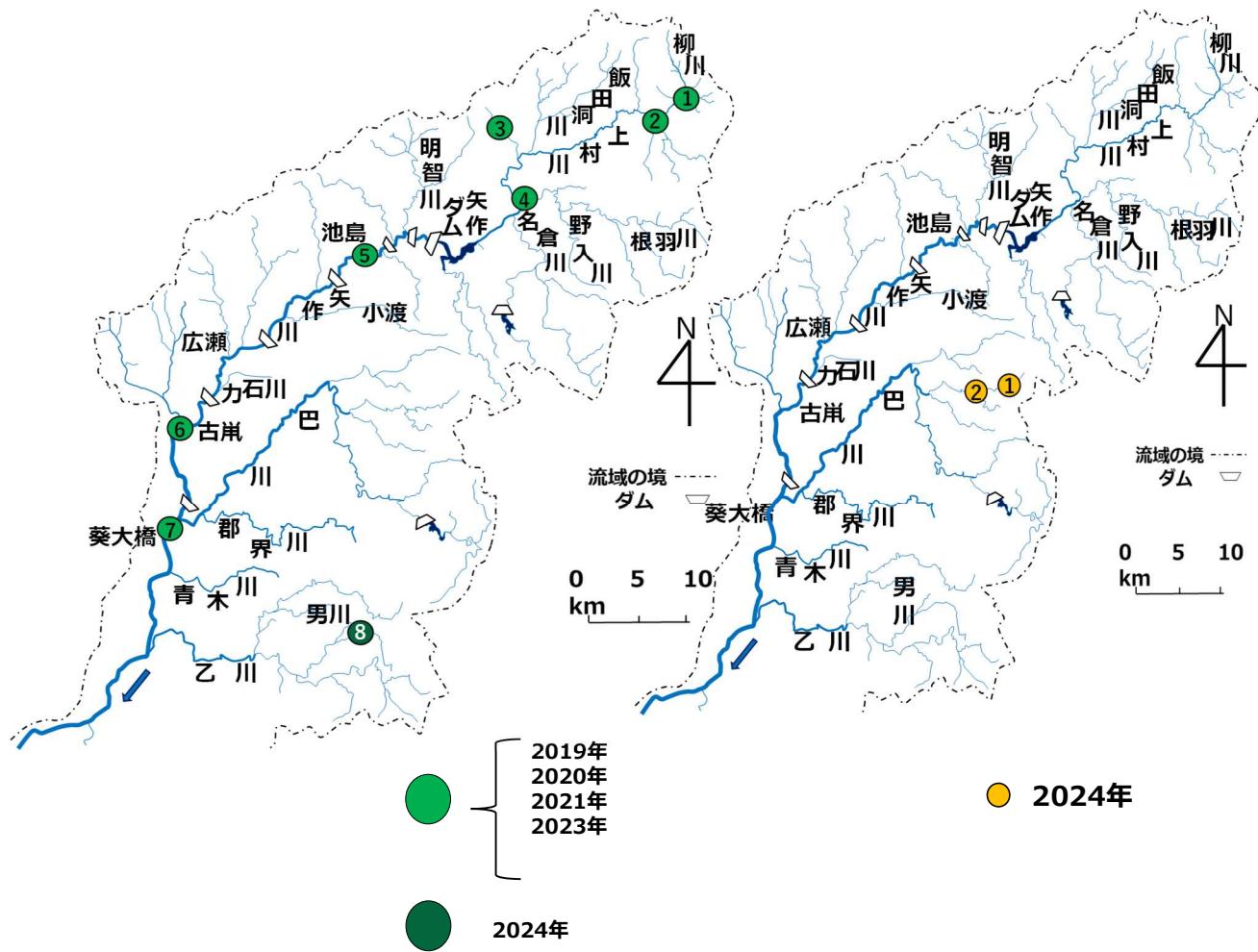


図6 河床掘削採集の調査地（左、番号は表3参照）・小型ライトトラップの調査地（右）

これらの他にもユスリカ科 Chironomidae、貧毛目（ミミズ類）Oligochaeta などが多数採集された

（付表3）。しかしこれらには底生動物・土壌生物が混入した可能性があるので、本研究では研究対象としなかった。ただし、これらを詳しく同定すれば、一部には河川間隙動物が含まれていることが分かってくる可能性が高い。

昨年度の研究（清水, 2024）において、男川上流ではコナガカワゲラ属の成虫のみが採集された。過去の研究ではカミムラカワゲラの産卵飛翔（西村, 1962）やヤマトヒメカワゲラの移動（河西, 1996）が知られており、カワゲラ類の成虫は数kmの長距離を移動し、上流に産卵すると考えられている。このため、昨年度の結果からは、成虫は産卵のために男川上流に移動してきただけで、幼虫は男川の下流に生息していて、男川上流では幼虫は生息していない可能性が考えられる。

しかし、今年度の調査結果は昨年度に成虫を採集した男川上流で、羽化殻（図4）や幼虫（図5）採集され、幼虫もここに生息していることが分かった。このことから、コナガカワゲラ属成虫は必ずしも長距離を移動しない可能性が考えられる。

杉江・内田（2022）が考えたようにコナガカワゲラ属が強い搅乱の指標となるとすれば乙川水系では搅乱が強く働いている可能性がある。

#### 引用文献

- Fochetti R. and J. M. Tierno de Firueroa (2008) Global diversity of stoneflies (Plecoptera: Insecta) in freshwater. *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, London.
- 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. 爱知工業大学研究報告, 52: 87-106.
- 河西康雄（1996）ヤマトアミメカワゲラモドキ *Stavsolus japonicus* (Okamoto) の生活史と成長に伴う移動について（予報）. *兵庫陸水生物*, 47: 19-27.
- 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

表3 河床掘削採集の調査地（左）・小型ライトトラップの調査地（右）

地点番号	河床掘削採集の調査地	地点番号	小型ライトトラップの調査地
1	柳平	1	愛知県豊田市御内町 田之土里橋の東1.8km 新橋
2	上矢作町 海	2	愛知県豊田市御内町天狗山 神越渓谷の看板 田之土里橋の北西
3	小田子		
4	澄ヶ瀬		
5	小渡		
6	高橋		
7	葵大橋		
8	石原ダム 上流		

ゲラ属)の分布と生活史. 愛知工業大学研究報告, 55: 60-82.

稻田和久 (1998) 兵庫県のカワゲラ類成虫図説 (第2報) カワゲラ科 (1). 陸水生物学報, 13: 44-45.

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

Mathers, K. L., C. T. Robinson and C. Weber (2021) Artificial flood reduces fine sediment clogging enhancing hyporheic zone physicochemistry and 川合禎次・谷田一三 (編著) : 237-263. 東海大学出版会, 秦野.

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.

杉江俊城・内田臣一 (2022) 河川間隙動物 (特にコナガカワゲラ属幼虫) の生息環境の特徴. 愛知工業大学研究報告, 57: 47-80.

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, 石川良輔 (編) : 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) カワゲラ目追記. 日本産水生昆虫, 川合禎次・谷田一三 (編) : 325-328. 東海大学出版部, 平塚.

新里達也・後藤健一・酒井孝明・高木圭子・谷川俊治・坪山聰・吉田馨 (2019) 紫外線LEDを用い 2021年度 愛知工業大学生態研究室 卒業研究論文集: 8-1~8-11.

accessibility for macroinvertebrates. Ecological Solutions and Evidence, 2: e12103.

西村 登 (1962) カミムラカワゲラ *Kamimuraria tibialis* Pictet の産卵飛翔について (予報). 兵庫生物, 4 (3~4) : 1-3.

根岸淳次郎・川西亮太・宇野裕美・東城幸治 (2020) 河川と水辺環境保全のための地下生物指標による生態系健全度評価. 昆虫と自然, 55: 26-29.

清水高男・稻田和久・内田臣一 (2005) カワゲラ目 (襍翅目). 日本産水生昆虫一科・属・種への検索 た小型軽量ライトトラップの開発. 日本環境アセスメント協会 第15回技術交流会報告, 2pp.

昆虫文献 六本脚. 空中設置式ライトトラップ.

<http://kawamo.co.jp/roppon-ashi/sub641.htm> (2024年11月1日閲覧)

#### 愛知工業大学の過去の卒業研究

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・群集の多様度. 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, Group 9-1~9-10.

熊谷広芳・小谷拓也・榎原吉昭 (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, Group 6-1~7.

吉田峻也 (2022) 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. 2021年度 愛知工科大学生態研究室 卒業研究論文集: 7-1~7-11.

西田修基 (2022) 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羽化殻と成虫の調査.

森 陽輝 (2023) 矢作川水系におけるコナガカワゲラの調査. 2022年度 愛知工業大学 生態研究室

付表 1 羽化殻採集の調査地点一覧

日付	2024/6/25		2024/7/9		2024/8/6		2024/8/23		
調査地	愛知県岡崎市石原町 男川 石原ダムの上流70m	愛知県岡崎市石原町 男川 石原ダムの上流70m 左岸側 植物の根	愛知県豊田市川手町 男川 石原ダムの上流70m 磐底	愛知県豊田市川手町 矢作川 真弓発電所	岐阜県恵那市上矢作町 小田子 標高316m	長野県伊那郡平谷村 柳橋 上流0.2km 標高1051m	長野県伊那郡平谷村 柳橋 上流0.2km 標高915.5m	長野県伊那郡平谷村 小田子 海 標高727m	長野県伊那郡平谷村 入川 大松沢合流点 下流0.1km
カワゲラ目の分類群									
コナガカワゲラ属 <i>Flavoperla</i>	4		2	36	4	3	5	3	
フタツメカワゲラ属 <i>Neoperla</i>	1			19					
クラカケカワゲラ属 <i>Paragnetina</i>				17	7	5	2		4
カミムラカワゲラ属 <i>Kamimuria</i>				1			4		10
エダオカワゲラ属 <i>Caroperla</i>								2	
ノギカワゲラ属 <i>Cryptpperla</i>									1
モンカワゲラ属 <i>Calineuria</i>							2		
ナガカワゲラ属 <i>Kiotina</i>		6							

付表2 矢作川水系における各掘削穴の計測結果

地点名	調査日	位置情報	標高(m)	穴の番号	長径(m)	短径(m)	(長径+短径)/2 [m]	掘削穴の深さ(m)	面積[m <sup>2</sup> ]	掘削体積(m <sup>3</sup> )	各穴の水量(mL)	時間(s)	流量(L/s)
澄ヶ瀬	2019年6月13日	澄ヶ瀬橋の南南東540m中州左岸側	326	1	1.25	1.1	1.18	0.24	1.08	0.085	1220	5	0.24
				2	1.2	0.9	1.05	0.19	0.87	0.055	650	5	0.13
				3	0.85	0.85	0.85	0.19	0.57	0.036	700	5	0.14
柳平	2019年7月9日	宮前橋の北東955m	939	1	1.2	0.7	0.95	0.17	0.71	0.040	980	3	0.33
				2	1	0.9	0.95	0.10	0.71	0.024	280	5	0.06
				3	0.9	0.8	0.85	0.07	0.57	0.013	420	5	0.08
澄ヶ瀬	2019年10月8日	澄ヶ瀬橋の南南東540m中州左岸側	326	2	0.8	0.7	0.75	0.20	0.44	0.029	1480	5	0.30
				3	0.9	0.7	0.80	0.20	0.50	0.034	650	10	0.07
				4	0.7	0.6	0.65	0.18	0.33	0.019	1630	5	0.33
小渡	2019年11月19日	小渡神明神社の南西470m	150	1	0.8	0.7	0.75	0.33	0.44	0.049	810	5	0.16
				2	0.75	0.7	0.73	0.31	0.41	0.043	640	10	0.06
				3	0.9	0.8	0.85	0.33	0.57	0.062	2350	5	0.47
澄ヶ瀬	2020年1月14日	澄ヶ瀬橋の南南東540m中州左岸側	326	2	0.8	0.74	0.77	0.28	0.47	0.043	1050	5	0.21
				3	0.95	0.95	0.95	0.25	0.71	0.059	550	5	0.11
				4	0.95	0.95	0.95	0.37	0.71	0.087	520	5	0.10
澄ヶ瀬	2020年3月26日	澄ヶ瀬橋の南南東540m中州左岸側	326	2	1	0.9	0.95	0.31	0.71	0.073	1220	5	0.24
				3	0.7	0.6	0.65	0.225	0.33	0.025	1340	5	0.27
				4	0.9	0.65	0.78	0.29	0.47	0.046	490	5	0.10
澄ヶ瀬	2020年8月10日	澄ヶ瀬橋から南南東490m中州上流側	326	5	0.65	0.55	0.60	0.27	0.28	0.025	76329	179	0.43
				6	0.7	0.6	0.65	0.255	0.33	0.028	84609	180	0.47
				7	0.7	0.65	0.68	0.24	0.36	0.029	85872	207	0.41
高橋	2020年10月5日	高橋の上流170m左岸	32	1	1.1	1.05	1.08	0.28	0.91	0.085	1370	10	0.14
				2	1.05	1	1.03	0.285	0.83	0.078	390	10	0.04
				3	1.1	0.9	1.00	0.215	0.79	0.056	160	10	0.02
葵大橋	2021年1月30日	葵大橋の北東460m左岸	26	0	0.6	0.6	0.60	0.3	0.28	0.028	360	20	0.02
				1	0.75	0.7	0.73	0.27	0.41	0.037	160	30	0.01
小渡	2021年4月6日	小渡神明神社の南西475m	150	1	0.8	0.7	0.75	0.23	0.44	0.034	580	10	0.06
				2	0.7	0.65	0.68	0.23	0.36	0.027	450	10	0.05
柳平	2021年10月1日	宮前橋の北東950m	939	1	0.9	0.7	0.80	0.05	0.50	0.025	390	5	0.08
				2	1.1	1	1.05	0.05	0.87	0.043	620	5	0.12
木ノ実川	2021年10月15日	牧場橋の上流225m左岸	575	1	1.2	1	1.10	0.05	0.95	0.048	350	10	0.04
				2	1.1	1	1.05	0.05	0.87	0.043	280	10	0.03
				3	1.2	1.2	1.20	0.05	1.13	0.057	370	10	0.04
小田子	2021年10月27日	門野橋の上流295m中州左岸側	320	1	1.5	1	1.25	0.05	1.23	0.061	330	5	0.07
				2	1.6	1.4	1.50	0.05	1.77	0.088	340	5	0.07
上矢作町海	2023年11月14日	緯度:35.326470 経度:137.589490	728	1	0.6	0.55	0.58	0.2	0.26	0.052	550	5	0.11
				2	0.65	0.6	0.63	0.3	0.31	0.092	490	5	0.10
				3	0.6	0.5	0.55	0.25	0.24	0.059	610	10	0.06
石原ダム	2024年10月21日	石原ダムの上流70m	186	1	1.12	1.05	1.09	0.04	0.92	0.037	655	5	0.13
	2024年10月25日			2	1.1	0.96	1.03	0.03	0.83	0.025	750	5	0.15
				3	1.2	1.2	1.20	0.06	1.13	0.068	1295	5	0.26
				4	1	0.9	0.95	0.02	0.71	0.014	300	5	0.06

付表3 河床掘削採集・定量採集の結果

日付	2024/10/21		2024/10/25			2024/10/21		
場所	愛知県 岡崎市 石原ダム 上流				合計	愛知県 岡崎市 石原ダム 上流		
採取方法	河床掘削採集				定量採集			
	穴1	穴2	穴3	穴4		方形枠①・方形枠②		
ダニ Acari					0	1		
カゲロウ目 Gordioidea	15	2	11	14	42	123		
貧毛綱 Oligochaeta			1		1			
甲殻類 Crustacea (目不明)	3				3			
ヘビトンボ Protohermes grandis	5		2	2	9	4		
サナエトンボ科 Gomphidae	17		30	27	74			
トウゴウカワゲラ属 Togoperla					0	2		
フタツメカワゲラ属 Neoperla	4		7		11	2		
オオヤマカワゲラ属 Oyamia			1		1	7		
ヒメカワゲラ属 Stavsolus					0	2		
コナガカワゲラ属 Flavoperla	8	4	10	2	24	0		
カミムラカワゲラ属 Kamimurla	2				2	14		
オナシカワゲラ科 Nemourinae			2		2			
エダオカワゲラ属 Caroperla	2		4		6			
ミドリカワゲラ科 Chloroperlidae	9		8	3	20			
ホソカワゲラ科 Leuctridae	2		12	12	26	2		
トビケラ目 (蛹) Trichoptera			1		1			
ナガレトビケラ科 Rhyacophiloidea	1		1		2	3		
シマトビケラ科 Hydropsychidae					0	4		
ヤマトビケラ科 Glossosomatidae					0	2		
クダトビケラ科 Psychomyiidae	3		17	1	21			
カクツツトビケラ科 Lepidostomatidae			1	1	2			
ヒメドロムシ科 Elmidae	29		53	18	100	6		
双翅目 (成虫) Diptera				1				
双翅目 (蛹) Diptera			3		3			
双翅目 (科不明) ① Diptera	6		6	7	19			
双翅目 (科不明) ② Diptera	2		7	3	12			
ナナフシ科 (混入) Phasmatidae			1		1			
鞘翅目 Coleoptera	4		1	4	9			
ナガレアブ科 Athericidae	7		5		12			
ゲンジボタル Nipponoluciola cruciata			1		1			
ガガンボ科 Tipulidae	2		12	2	16	3		
ヌカカ科 Ceratopogonidae	16		10	13	39			
ユスリカ科 Chironomidae	38		54	26	118	95		

# 矢作川中流におけるコヤマトビケラ属の分布とその巣材

山田悠斗\*（愛知工業大学 土木工学科 4年）

内田臣一（愛知工業大学）

**要約** 国土交通省は、矢作川上流の矢作ダムに土砂バイパストンネル施設を計画している。これに伴う河床搅乱の復活が河川環境へ与える影響も検討が必要である。強い搅乱が働く河川環境の指標生物の候補の1つとしてヤマトビケラ科があげられる。この研究では、ヤマトビケラ科に属するコヤマトビケラ属の幼虫の分布を矢作川で調べた。また、平成記念橋で採集したコヤマトビケラ属の巣の粒径を調べた。粒径測定では、腹側の標準偏差  $1.751\phi$ 、背側  $0.100\phi$  であった。既知のヒゲナガカワトビケラ、オオシマトビケラの巣材の標準偏差はそれぞれ  $3.317\phi$ 、 $0.285\phi$  であり、ヒゲナガカワトビケラ、コヤマトビケラ属（腹）、オオシマトビケラ、コヤマトビケラ属（背）の順に大きかった。粒径加積曲線の均等係数  $U_c$  はコヤマトビケラ属（6.33）、ヒゲナガカワトビケラ（4.52）、オオシマトビケラ（1.95）の順に大きかった。分布調査では、右岸と左岸で80個体と12個体で差が激しい地点があった。曲がっている場所では、砂州の前縁が発達しており、その左岸側では掃流砂が届かず、大出水時にしかコヤマトビケラ属の巣材として必要とされる細礫が砂州の前縁の左岸側に流れないと考えられる。

## 1. はじめに

### 1-1 矢作川について

矢作川は幹線流路延長約 117 km、流域面積約 1,830 km<sup>2</sup> で、標高 1,908 m の長野県大川入山を源流とし、愛知県中央部を通り三河湾へ流れる一級河川である。

矢作川中流～下流では 1970 年代までのダム建設などにより、上流からの土砂の移動が妨げられたことで、中流河床の細粒の土砂が流れ、粗粒の礫だけが残るアーマー化現象が起き、河床が極めて安定し搅乱に乏しい状態になった（北村ほか, 2001）。また矢作川中流域では、くつき病という現象も起きている。くつき病とは、カワシオグサやカワヒバリガイが異常繁殖した河床の状態である。これらは分類上かけ離れているが、礫にくついて生活する、幼生は流れのないところに適しているという共通点がある。これによって他の水生生物が生息できず、大きな出水でも礫が動かないため、河床搅乱の問題となっている（内田, 2006）。

流域最大のダムである矢作ダムでは、貯水池内に堆砂が進行しており、それを軽減する対策として、土砂バイパストンネル施設が計画されている（深谷ほか, 2005）。これによる流下土砂量の増加、河床材料の変化が河川の生物に与える影響を把握するため、矢作川では置き土実験が行われている（小野, 2008；国土交通省, 2009・2023・2024；清原ほか, 2011）。

ここで、ダム下流での河川環境の改善を評価するにあたって、日本の自然河川では普通種として生息する生物であること、調査採集が容易・安価であること、河床環境変化に対する反応が強いと考えられる生物であることが条件となる。そして、ダム下流の粗粒化した河床に、土砂還元によって細粒の河床材料が復活した条件下で生息可能にな

る指標種として、底生動物のうち、トビケラ・二枚貝・甲虫など多くの分類群の種が指標種として挙げられた。その中でも、小礫や砂などの中に潜って生息する掘潜型のシジミ科、トビイロカゲロウ科、ヒメドロムシ科、巣材として砂を用いる携巣型のヤマトビケラ科、ヒメトビケラ科、グマガトビケラ科の6種の底生動物は、河床に存在する細粒河床材料量の指標として扱える可能性が高い。携巣型の中でも比較的大きなサイズの巣を持つヤマトビケラ科 *Glossosomatidae* は、礫表面に分布していることが多いため非常に見つけやすい。そのため細粒の河床材料に関する指標種として細粒の河川材料が供給されていることの指標として最も適しているという（片野ほか, 2010）。

また矢作第二ダムの下流においても、矢作川本線と支流の明智川が合流する付近で底生動物と土砂供給の関係により、ヤマトビケラ属 *Glossosoma* の生息が、土砂が供給される環境の指標となり得ることがわかった（萱場・皆川, 2008）。

置き土に伴い河床材料に砂や細礫が増加すると、現在優占しているオオシマトビケラ *Macrosternum radiatum* やヒゲナガカワトビケラ *Stenopsyche marmorata* などの造網性トビケラ類の個体数は減少する可能性が示唆される。一方、巣材として砂などを利用する携巣型のコヤマトビケラ属 *Agapetus* は 4 mm 未満の砂礫と正の関連がみられ、置き土によって増加すると考えられる（白金, 2024）。

調査した越戸ダム下流側の河道微地形については、佐原（2014）による研究で、砂州の前縁などが図示されている。

砂州（砂礫堆）とは、河川では砂礫などが細長く堆積してできる地形で、砂漣などの小規模河床形態に対して中規模河床形態に位置づけられる（水理委員会, 1973）。砂州には、左右交互に深堀

れが生じる交互砂州、両側に深堀れが生じる複列砂州、河道の湾曲の凸岸に出発する固定砂州などがある（高橋, 1990）。直線河道で左右岸交互に形成される砂州を、砂州の前縁という。砂州の前縁が形成されている河道では、流れは左右岸交互に現れる砂州の間をぬうように蛇行し、流れが一方の岸から他方の岸に移るところには浅瀬が生じ、水は対岸にぶつかるように流れ落ち、水衝部を生じる。砂州の前縁は下流へ移動するので、横断形状は時とともに変化する。

### 1-2 ヤマトビケラ科について

ヤマトビケラ科の幼虫は頭部が丸く、ややすんぐりした体形で、砂粒で亀のようなドーム型の可携巣を作る。やや緩やかな流れの石の露出した面に見られ、表面に着く珪藻などを削り取って食べる。場所によっては、個体密度が高く、蛹化の際には集合することがある。成虫は大きくて開翅長 15 mm 程度である。日本にはヤマトビケラ属、コヤマトビケラ属、ケシヤマトビケラ属、コハクヤマトビケラ属の 4 属が分布している（服部, 2018）。

### 1-3 研究目的

本研究では、置き土実験による土砂供給の影響を調べるために、その対象地点の下流でのヤマトビケラ科の生息状況を調べ、また巣材の粒径の割合

を比較し、置き土実験による河床搅乱具合を評価することを目的とする。

## 2. 研究方法

### 2-1. 調査地点

調査地点は次のとおりである。

- 1) 豊田市平戸橋町, 越戸ダム下流 0.5 km (2024 年 11 月 22 日)
- 2) 豊田市平戸橋町, 越戸ダム下流 0.65 km (2024 年 11 月 22 日)
- 3) 豊田市扶桑町 (古岸), 平戸大橋下流 0.1 km 左岸側 (2024 年 11 月 22 日)
- 4) 豊田市平戸橋町, 平戸大橋下流 0.1 km 右岸側 (2024 年 12 月 11 日)
- 5) 豊田市扶桑町 (古岸), 平戸大橋下流 0.4 km 左岸側 (2024 年 12 月 11 日)
- 6) 豊田市平戸橋町, 平戸大橋下流 0.4 km 右岸側 (2024 年 12 月 27 日)
- 7) 豊田市扶桑町 (古岸), 平戸大橋下流 0.6 km 左岸側 (2024 年 12 月 11 日)
- 8) 豊田市平戸橋町, 平戸大橋下流 0.6 km 右岸側 (2024 年 12 月 27 日)
- 9) 豊田市平井町 (平井公園), 平成記念橋上流 0.85 km 左岸側 (2024 年 12 月 27 日)
- 10) 豊田市川田町, 平成記念橋左岸側 (2024 年 9

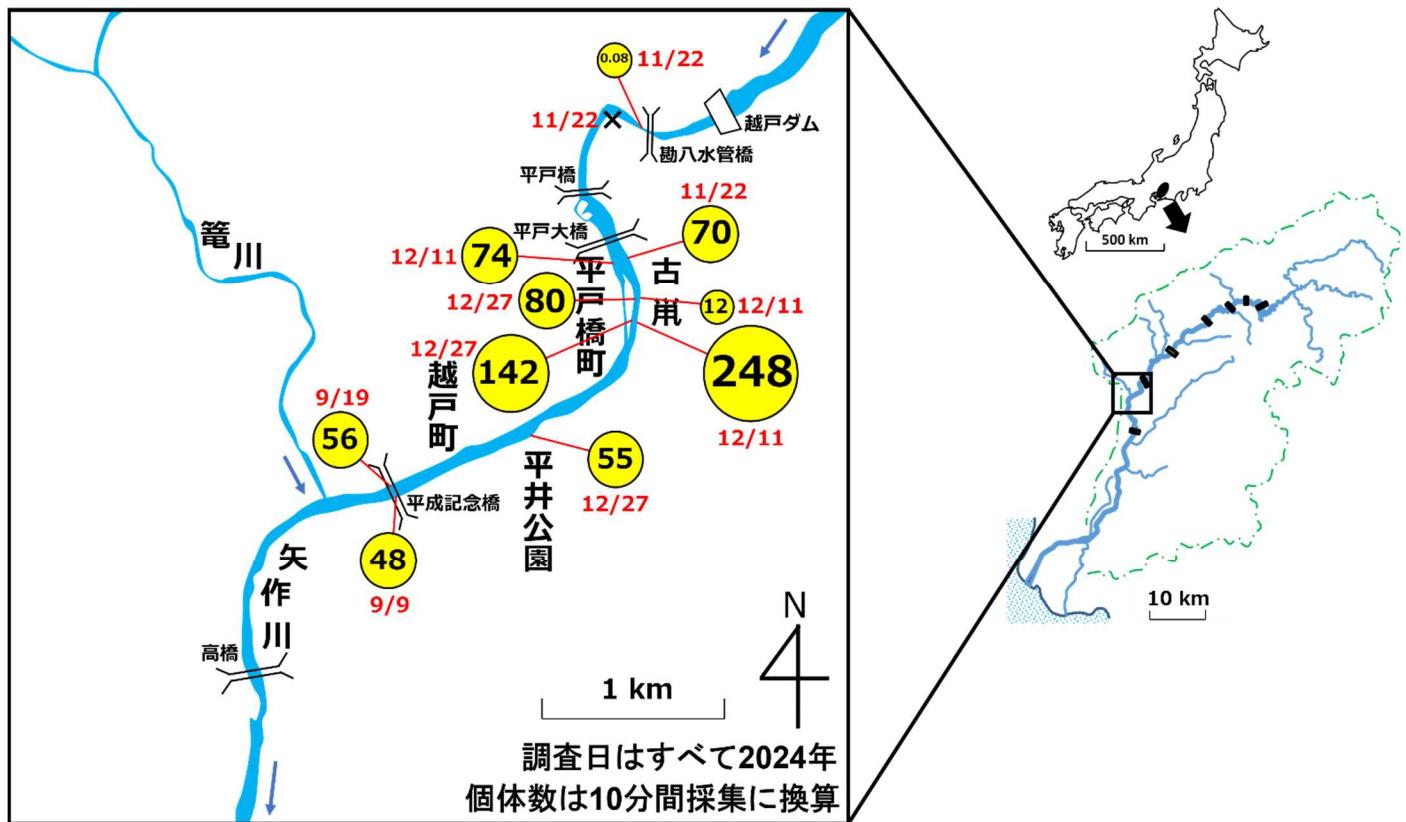


図 1 調査地点と調査結果の地図

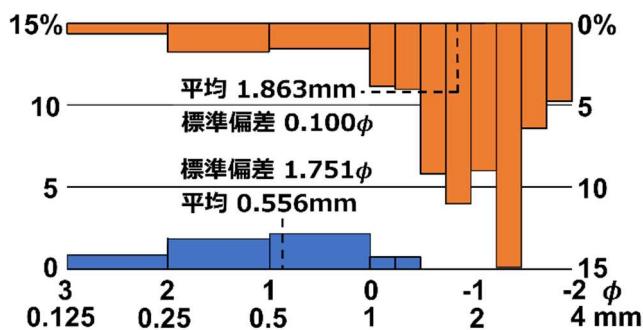


図 2 平成記念橋地点の両岸全体の粒径 (9月)

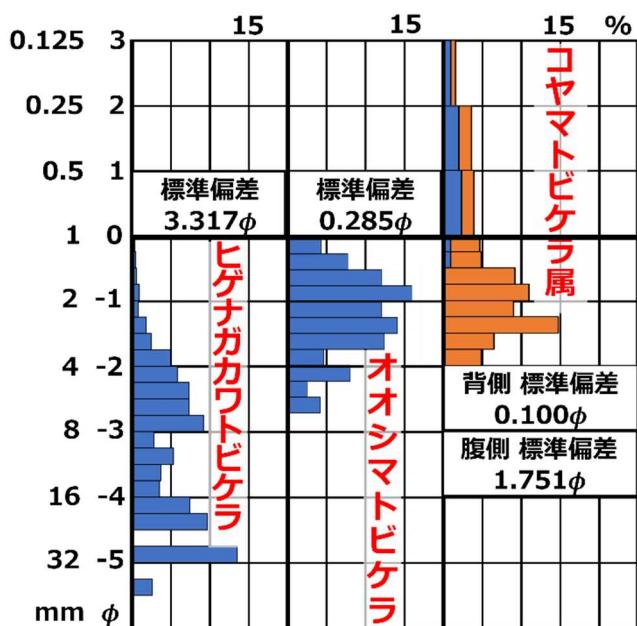


図 3 ヒゲナガカワトビケラ・オオシマトビケラ・コヤマトビケラ属の巣材の粒径比較

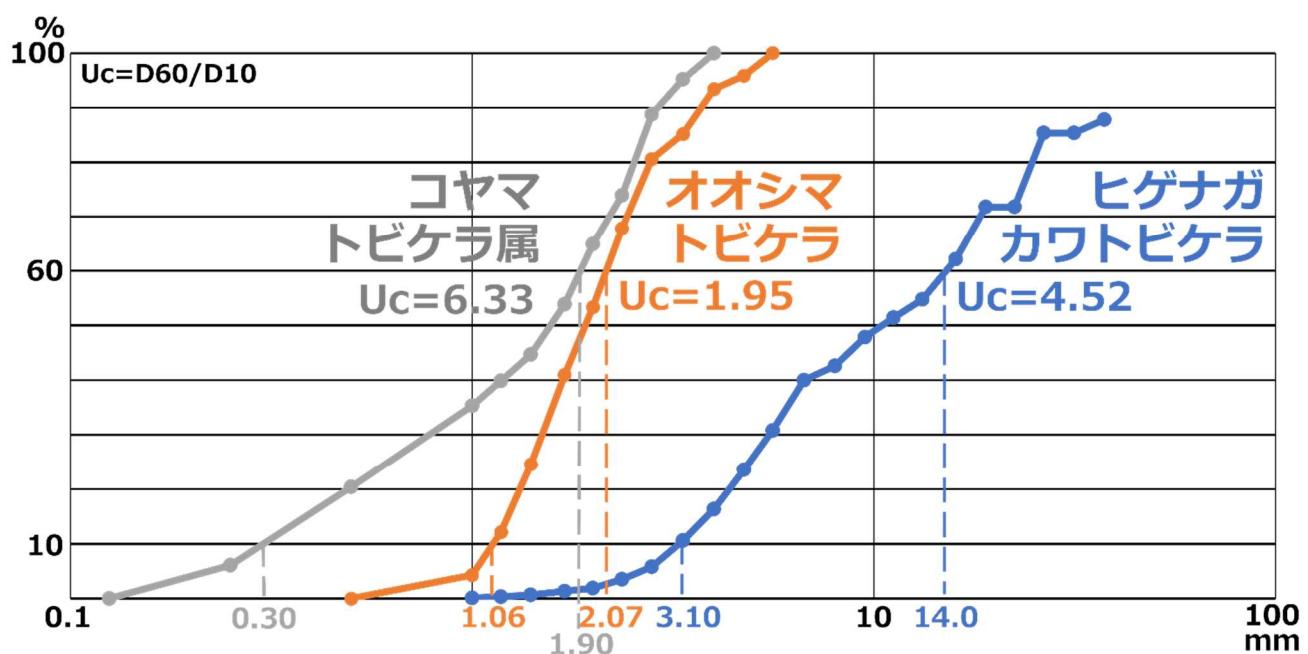


図 4 ヒゲナガカワトビケラ・オオシマトビケラ・コヤマトビケラ属の巣材の粒径加積曲線

月 9 日)

11) 豊田市川田町, 平成記念橋右岸側 (2024 年 9 月 19 日)

## 2-2. 採集方法

採集は、越戸ダム下流 0.65 km 地点では定性採集、それ以外の地点では定時間採集をした。定時間採集はのべ 10 分間とし、早瀬を中心に河床の礫の裏側などにいる携巣性トビケラ類の幼虫を巣ごと採集した。定性採集はのべ 120 分間とし、ヤマトビケラ科を含む水生無脊椎動物を採集した。それぞれ 80%に希釈したエタノール水溶液に入れ固定した。

## 2-3. 巣材の粒径測定

平成記念橋の両岸で採れたものをコヤマトビケラ属の 5 齢幼虫個体に絞り、巣を背側と腹側に分けて分解した。それぞれを内径 4.00、3.35、2.80、2.36、2.00、1.70、1.40、1.18、1.00、0.500、0.250、0.125 mm の網ふるいにかけ、その粒径の割合を比較した。ふるいは JIS Z 880-1 で定められたものを用いた。粒径の単位は  $\phi$  で示した。 $\phi$  は次式で求められる。

$$\phi = -\log_2 D$$

ただし D は粒径 (mm) である (遠藤, 2017)。

## 3. 結果と考察

### 3-1. 分布調査

越戸ダムの下流で採集したコヤマトビケラ属の分布を地図に示した (図 1)。120 分間の定性採集でとれた個体数は 10 分間に換算して表記している。越戸ダムの直下流ではほとんど確認できなか

ったが、平戸大橋の下流では多く見られた。しかし平戸大橋の下流 0.4 km では、左岸側 12 個体と右岸側 80 個体で差が激しかった。右岸は砂州の前縁の右岸側、左岸はその左岸側となる

### 3-2. 巣材の粒径測定

平成記念橋地点の両岸全体のコヤマトビケラ属の巣材の粒径を腹側、背側に分けてグラフに示した(図 3)。青色が腹側、オレンジ色が背側である。0~1φ、1~2φ、2~3φ の間の網目内径のふるいが入手できなかったため、得られた値を 4 分割して表示している。腹側は平均  $-0.847\phi$  (0.556 mm)、背側は平均  $0.898\phi$  (1.863 mm) となり、標準偏差はそれぞれ  $1.751\phi$ 、 $0.100\phi$  となり、背側より腹側が大きい結果なった。

山腰(2017)の研究によるヒゲナガカワトビケラ・オオシマトビケラの巣材との粒径を比較した図 4 と、粒径加積曲線を比較した図 5 を示した。ヒゲナガカワトビケラのデータに落ち葉やプラスチックなどの有機物が含まれていたため、除外して表示してある。ヒゲナガカワトビケラの標準偏差は  $3.317\phi$ 、オオシマトビケラの標準偏差は  $0.285\phi$  であり、ヒゲナガカワトビケラ、コヤマトビケラ属(腹側)、オオシマトビケラ、コヤマトビケラ属(背側)の順に大きかった。また、粒径加積曲線から得られた均等係数  $U_c$  はコヤマトビケラ属(6.33)、ヒゲナガカワトビケラ(4.52)、オオシマ

トビケラ(1.95)の順に大きい結果になり、オオシマトビケラが最も粒径が揃っていた。

### 3-3. 考察

平戸大橋下流 0.4 km での分布調査の結果では、コヤマトビケラ属は左岸側で多く右岸側で少なかった(図 2)。一般に砂州の前縁の周辺では、水面の流向と底面の流向は異なる。前縁の左岸側では、左岸側に向かう表面の水が左岸に向かって流れれる。左岸にぶつかった後、表面の水は下方向に向かって底面の流れとなり、左岸から砂州の前縁に向かう方向に流れれる(井口, 1979; Markham and Thorne, 1992)。水面付近では浮遊砂が左岸へと流れ、底面付近では浮遊砂と掃流砂が流れれる。しかし、曲がっている場所では砂州の前縁が発達しているため、その左岸側では掃流で流れられた砂が届かないと考えられる。そのため、細かい礫と砂を図材として使うコヤマトビケラ属の個体数が 12 匹と少ない値となったと考えられる(図 2)。

砂州の前縁の両側での出水時の横断面方向の流れ(Markham and Thorne, 1992)と土砂の動きは図 6 のように推定される。小出水時は砂が、大出水時は砂や細かい礫が巻き上げられ、砂州の前縁の左岸側へ流れれる。図 3 から、コヤマトビケラ属の巣材には 4 mm 以下の細礫が必要と考えられる。大出水時にしかその細礫の一部が砂州の前縁の左岸側へ流れず、河床には巣材となる細礫が少な

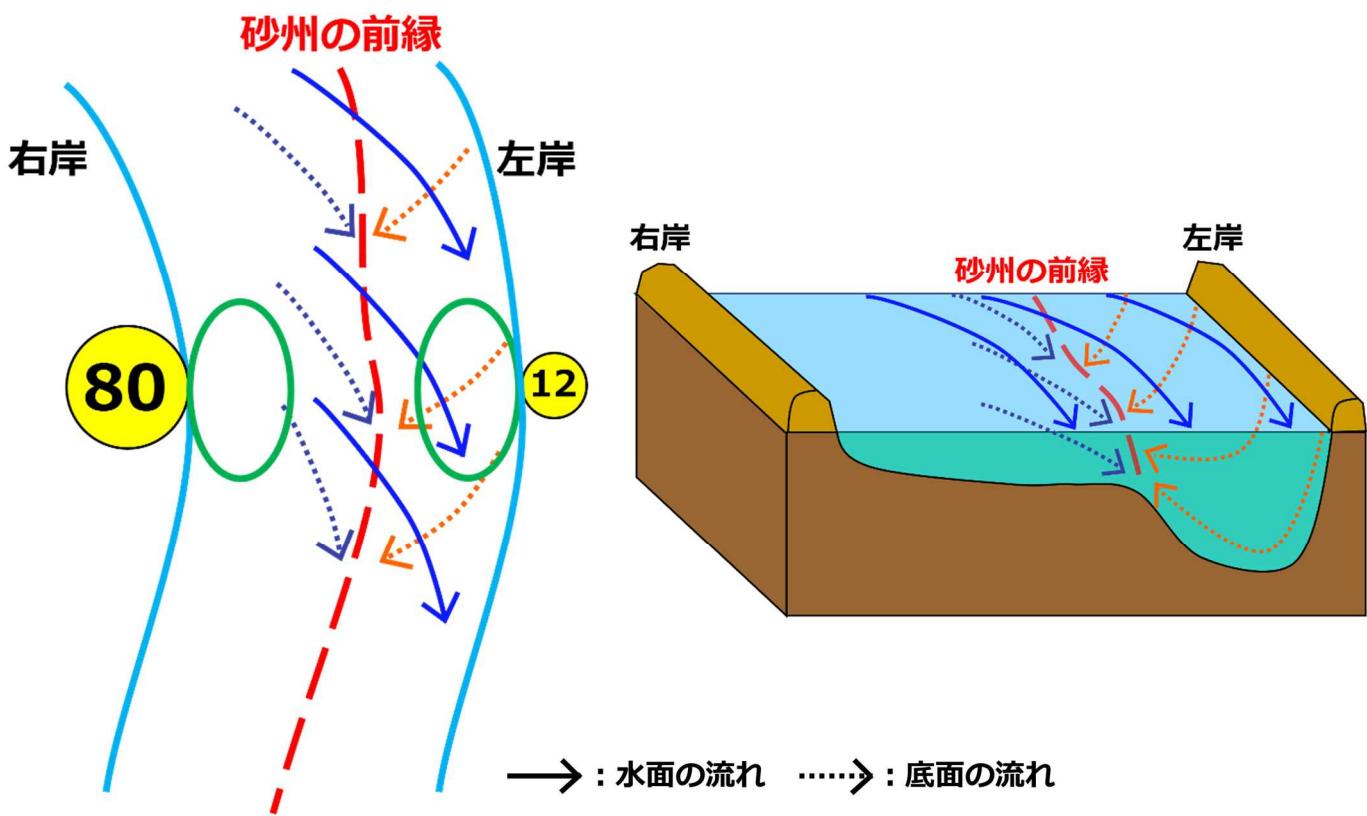


図 5 古崩(平戸大橋の下流 0.4 km 地点)の平面図(左)とブロックダイアグラム(右)

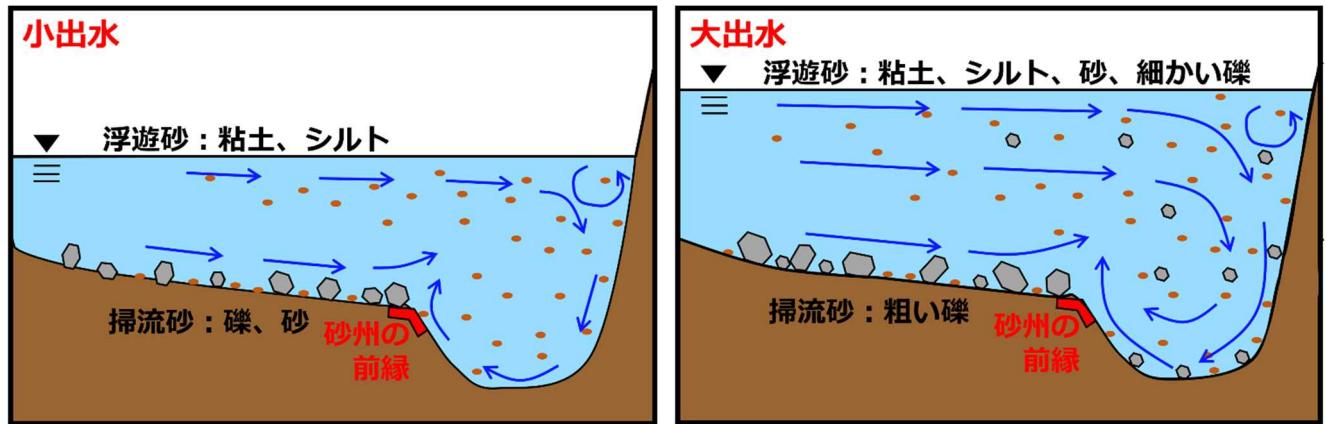


図6 出水時における水中での土砂の動き（推定模式図）

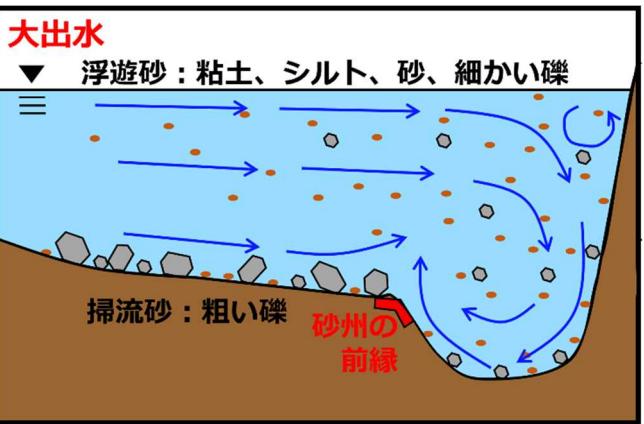
いため、コヤマトビケラ属が少ないと考えられる。

### 謝辞

本研究では、ヤマトビケラ科の同定において、豊田市矢作川研究所の白金晶子氏から多くのご助言を頂戴した。ここに感謝の意を表したい。

### 引用文献

- 遠藤徳孝 (2017) 地形の辞典. 日本地形連合 (編) : 761. 朝倉書店.
- 深谷壽久・久津見 生哲・谷田一三 (2005) 矢作ダム土砂管理の課題と対策案の検討. 河川技術論文集, 11: 267-272.
- 服部壽夫 (2018) ヤマトビケラ科. 日本産水生昆虫科・属・種への検索 第二版, 川合禎次・谷田一三 (編) : 514-522. 東海大学出版部, 平塚.
- 井口昌平 (1979) 砂礫堆の上の流れの特徴. 川を見る 河床の動態と規則性: 84. 東京大学出版会, 東京.
- 片野 泉・根岸 淳二朗・皆川朋子・土居秀幸・萱場祐一 (2010) 土砂還元によるダム下流域の修復効果検証のための指標種の抽出. 河川技術論文集, 16: 519-522.
- 萱場祐一・皆川朋子 (2008) 土砂供給量の変化が底生動物相に及ぼす影響～矢作第2ダム下流域の底生動物相の調査結果から～. 土木技術資料, 50 (10) : 18-21.
- 北村忠紀・田代 喬・辻本哲郎 (2001) 生息場評価指標としての河床搅乱程度について. 河川技術論文集 7: 297-301.
- 清原正道・高柳淳二 (2011) 排砂の影響検討における置き土実験と覆砂実験の活用. ダム水源地環境技術研究所所報, 2010年度: 12-20.
- 国土交通省 矢作ダム管理所 (2009) 矢作ダムにおける堆砂対策と環境影響評価に関する検討について. 河川, 65 (3) : 12-20.
- 国土交通省 豊橋河川事務所・矢作ダム管理所



(2023) 令和5年度 第1回 矢作川水系総合土砂管理検討委員会 資料.

<https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagawa/dosyakanri/r05/r05-1shiry01.pdf> (2024年5月6日閲覧).

国土交通省 豊橋河川事務所・矢作ダム管理所

(2024) 令和6年度 第1回 矢作川水系総合土砂管理検討委員会 資料. <https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagigawa/dosyakanri/r06/r06shiryou.pdf> (2025年2月19日閲覧).

Markham, A. J. and C. R. Thorne (1992) Geomorphology of gravel-bed river bends. In Dynamics of gravel-bed rivers, P. Billi, R. D. Hey, C. R. Thorne and P. Tacconi (eds): 433-456. John Wiley & Sons, Chichester.

野崎隆夫 (2005) トビケラ目. 日本産幼虫図鑑, 志村 隆 (編) : 104-113. 学習研究社, 東京.

小野秀樹 (2008) 矢作ダムからの実施報告. 土木学会置き土シンポジウム資料, 8 pp.

白金晶子 (2024) 矢作川中流における細粒土砂の多寡と底生動物との関係. 矢作川研究, 28: 9-17. 水理委員会移動床流れの抵抗と河床形状研究小委員会 (1973) 移動床流れにおける河床形態と粗度. 土木学会論文報告集, 210: 5-91.

高橋 裕 (1990) 河川現象とその解析. 河川工学: 89-90. 東京大学出版社.

内田朝子 (2006) 矢作川中流域の病気（名付けて「くっつき病」）. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 94: 5.

### 愛知工業大学の過去の卒業研究

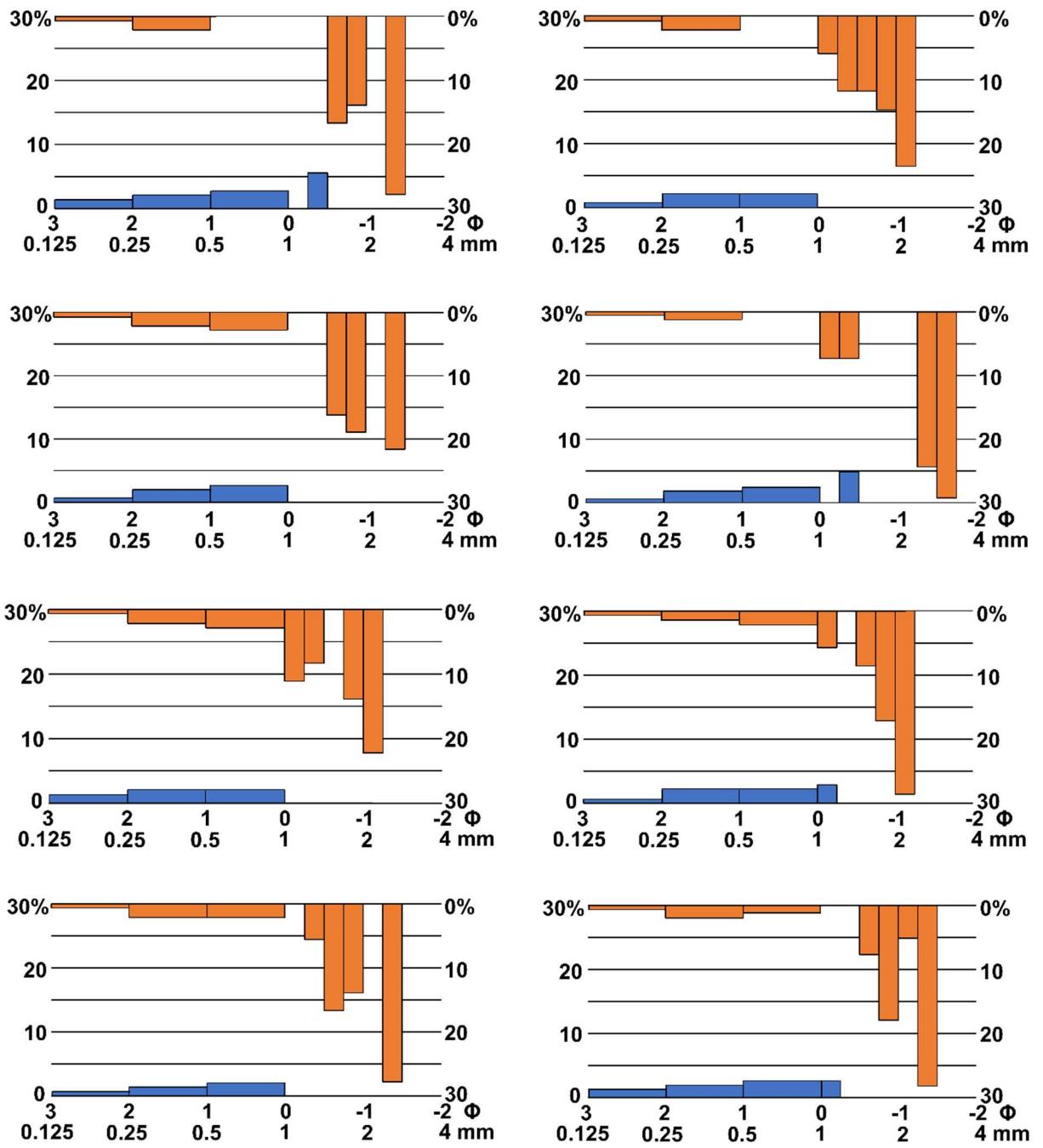
佐原悠介 (2014) 矢作川中流部(久澄橋~平戸橋)における空中写真に見る河道微地形の変遷. 2014年度 愛知工業大学 河川・環境研究室論文集, 13-1~13-10.

山腰峻吾 (2017) 矢作川の瀬における底生動物、特にオオシマトビケラとヒゲナガカワトビケラ

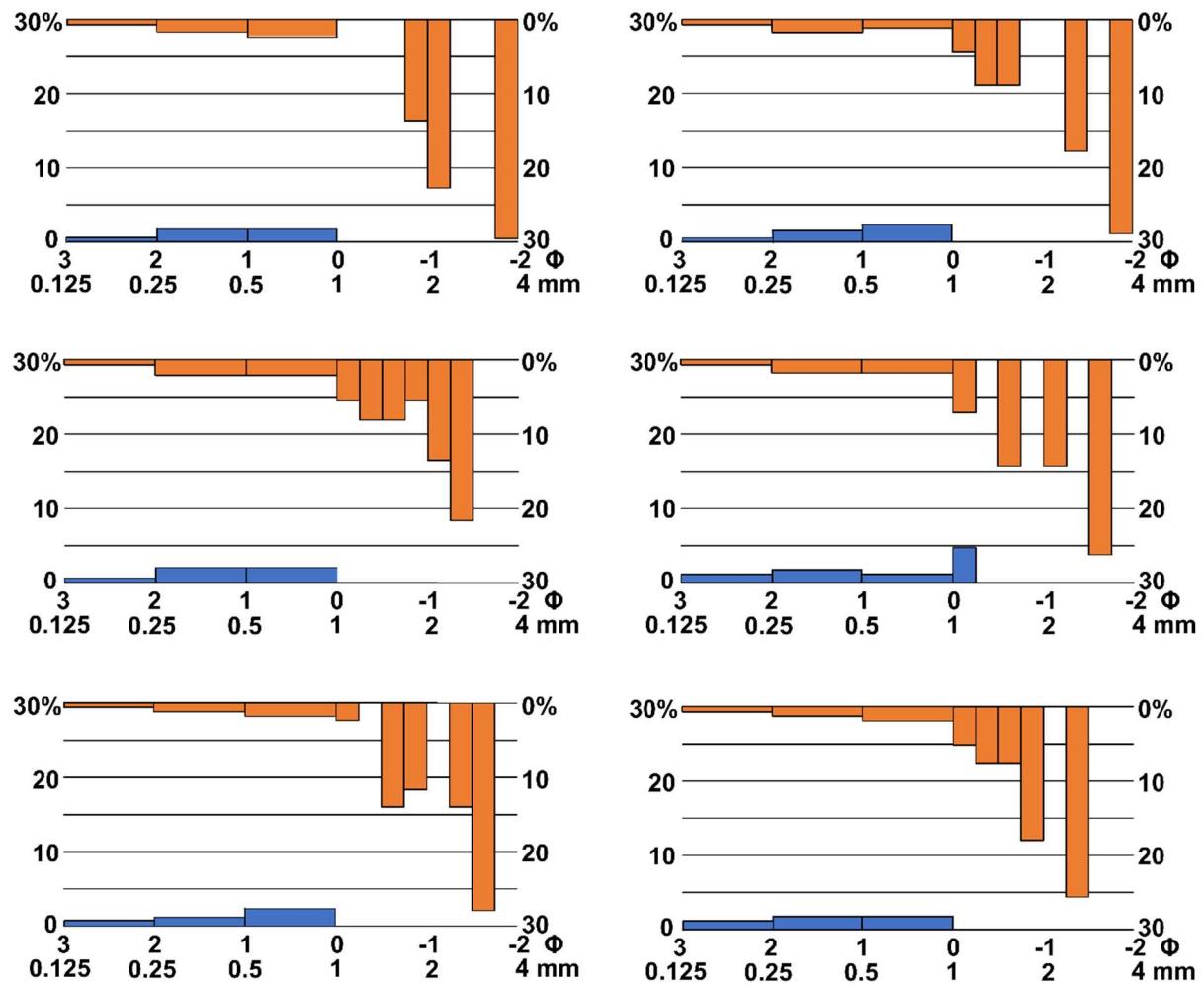
の競争関係. 2017 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室論文集, 15-1~15-5.

山内佑華 (2018) 矢作川における河道微地形と造

網性トビケラ類との関係. 2018 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室論文集, 26-1~26-8.



付図 1 平成記念橋左岸側の個体別巣材粒径（2024年9月9日採集）



付図2 平成記念橋右岸側の個体別巣材粒径（2024年9月19日採集）

# 矢作川水系におけるカジカガエルの分布

安田 凌\* (愛知工業大学 土木工学科 4年)

内田 臣一 (愛知工業大学)

**要約.** カジカガエルは愛知県で準絶滅危惧に位置付けられ、矢作川流域でも個体数の減少が懸念されている。砂防ダム建設や河川改修が原因と考えられている。これまで、矢作川流域において記録のある地点は豊田市内だけであった。そこで、本研究では矢作川水系において豊田市外の9地点と市内の4地点でカジカガエルの分布を調査した。結果として、1) 調査地点が上流側であろうが下流側であろうが個体数に変化は見られなかった。2) 河川敷や河畔林の水辺エコトーンとしてのクオリティが個体数に関係していると考えられる。3) 水辺エコトーンの中でも傾斜の緩やかな水際に砂礫の河原が広がる河川を生態に必要とすると考えられる。

## 1. はじめに

### 1-1 矢作川について

矢作川は、長野県下伊那郡大川入山（標高 1,908 m）の源から発し、愛知県と岐阜県の境界に位置する山岳地帯を貫流し、平野部では巴川と乙川を流れ、最終的に三河湾に注ぐ。矢作川は幹川の流路延長が 118 km、流域面積は 1,830 km<sup>2</sup>あり、一級河川に指定されている。

河川改修、砂防ダム建設等による改変、水深が深くなることによる両生類の生息域減少。林道建設による水質汚濁には十分な配慮が必要である（島田, 2020）。

### 1-2 カジカガエルについて

日本固有種であり、本州、四国、九州に分布する。県内では三河山間部と尾張北部の一部（犬山市・瀬戸市）で生息が確認されている。

成体は扁平で、背面は淡褐色から黒褐色。不規則な暗色の斑紋がみられる。成体の体長は雄で約 40 mm 程度、雌で 50~70 mm。指先には吸盤があり、後肢の趾間の水かきは発達しており、切れ込みが少ない。雄は咽喉下に外鳴嚢を持つ。幼生は最大で約 44 mm で、頭胸部は長卵形であり、大きな口器を持っている。山地の溪流や河原、樹林の林床に生息する。繁殖期は 4 月から 7 月で、主に溪流で行われる。雄は瀬の水から出た大きな礫の上に縄張を持ち、美しい「フィフィフィ」などと聞こえる鳴き声を発する。産卵は水中の大きな礫の下で行われ、50~80 個の

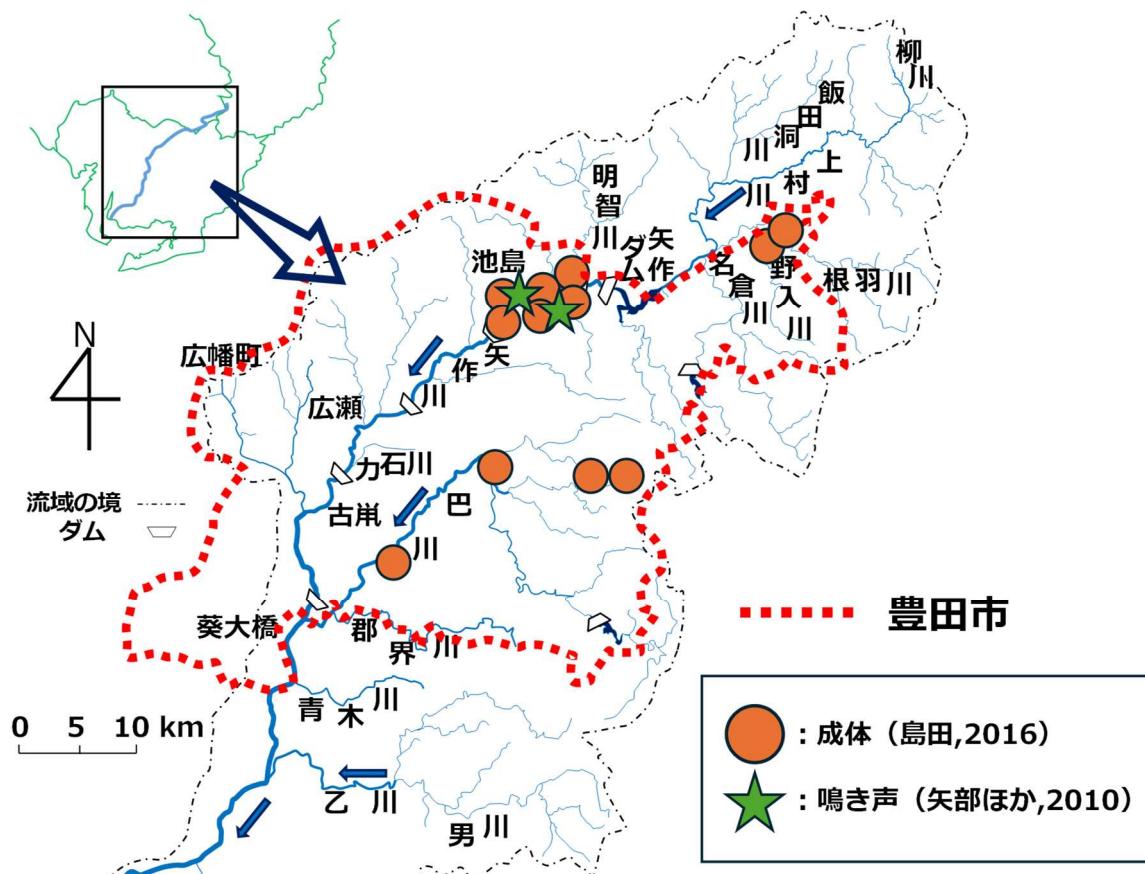


図 1. カジカガエルの既往調査

卵を含む卵塊を数ヶ所に分けて産む。孵化した幼生は流水中の細かい礫の間で生活し、礫の表面に付着した藻類を摂食する。7~8月に変態して成体となり陸上に上がり、河川の岸辺の浅い砂中や石の下で冬眠する（島田, 2020）。

岩手県ではDランク、福島県、群馬県、東京都（本土部）、東京都西多摩、新潟県、静岡県、愛知県、和歌山県、島根県、山口県、愛媛県、熊本県では準絶滅危惧（NT）、茨城県、岡山県では準絶滅危惧、栃木県では要注目、埼玉県では準絶滅危惧1型（NT1）、千葉県では重要保護生物（B）、東京都北多摩、東京都南多摩では絶滅危惧II類（VU）、滋賀県、京都府では要注目種、兵庫県ではCランク、奈良県では希少種、鳥取県では「その他の保護上重要な種（OT）」、佐賀県では準絶滅危惧種、長崎県では準絶滅危惧種（NT）、鹿児島県では「分布特性上重要」とされている（環境省, 2024）。

河原のある山地河川に比較的広く分布するが、尾張丘陵部では分布地域も狭く個体数も少ない。狭い渓流には生息しない。減少の要因としては河川改修での生息環境の変化、汚濁による水質の悪化などが考えられる（島田, 2020）。

2009年と2020年の愛知県レッドデータブックの図から、この11年間で生息地が半減していると考えられる。島田（2020）は、カジカガエルは、「準絶滅危惧」とした上で、「絶滅危惧」に移行する可能性が高いとしている。

### 1-3 既往研究における懸念

図1は過去に豊田市においてカジカガエルが確認された場所である。小渡、樽俣では鳴き声が確認された（矢部, 2010）。

松平、小原、足助、旭、稻生地区の計12地点で成体が確認された（島田, 2016）。

本来河川は氾濫により植生が搅乱される機会が多く、河畔林はあまり生育しないが、河畔林の繁茂

はダムによる搅乱の減少で更新立地ができないことに由来している可能性がある（洲崎, 2009）。

砂防ダム建設や河川改修などによる河畔林の繁茂や水深、水質の変化などがカジカガエルの個体数の減少につながっていると懸念されている。

### 1-4 研究目的

本研究は、今までの研究では調査されていない豊田市外の矢作川水系における分布状況と生息環境を調べ、資料を作成し、種の保全に活かしたり、カジカガエルと水辺エコトーンの関係を解明したりすることを目的としている。

### 1-5 水辺エコトーンについて

両生類、爬虫類の生息場所を確保するためには、河畔林が川にあまり迫り過ぎないように管理をし、水辺エコトーンの領域を広く確保する必要がある（矢部, 2010）。

河川敷や河畔林に見られる「水辺」は水と陸の接点であることから「水陸移行帯（=水辺エコトーン）」と呼ばれ、水位変動によって水域となったり陸地となったりする変化に富んだ環境で、生物多様性が高いと言われている（図2）。

## 2. 研究方法

### 2-1 幼生・成体調査

調査地点と調査実施日は以下の通りである。

- 1) 豊田市下切町尺地、 笹戸ダム下流  
(2023年6月19日, 2023年7月28日)
- 2) 上村川、岐阜県恵那市上矢作町小田子  
(2024年7月9日, 8月23日)
- 3) 上村川、岐阜県恵那市上矢作町下澄ヶ瀬  
(2024年7月9日)
- 4) 柳川、長野県下伊那郡平谷村、柳川橋上流  
(2024年8月6日)
- 5) 柳川、長野県下伊那郡平谷村、宮の前橋上流  
(2024年8月6日)

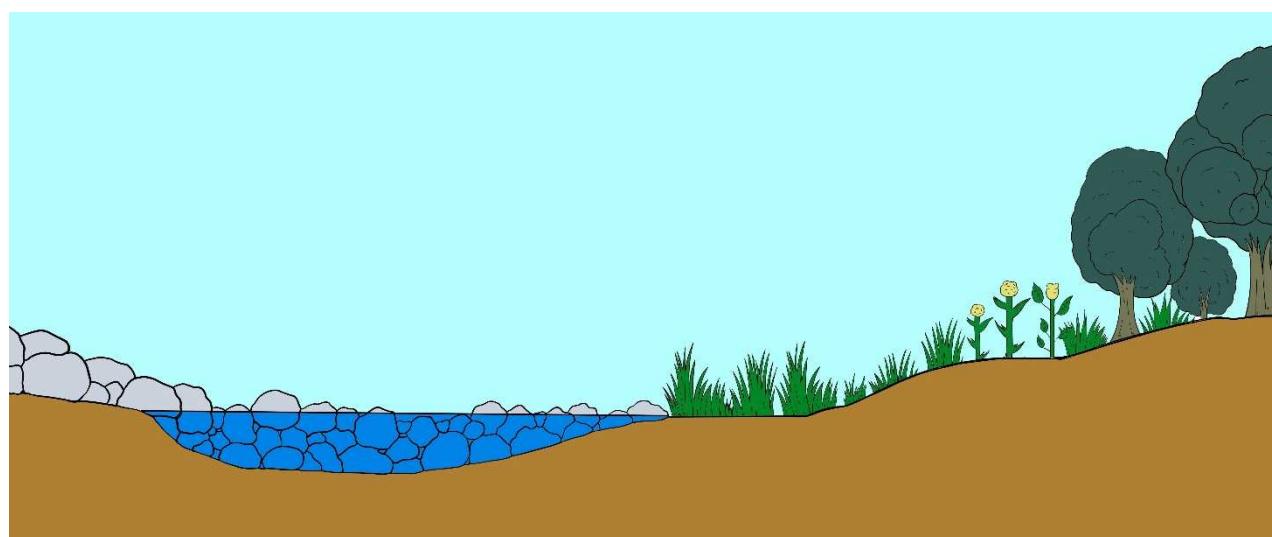


図2. 水辺エコトーン（水陸移行帯）

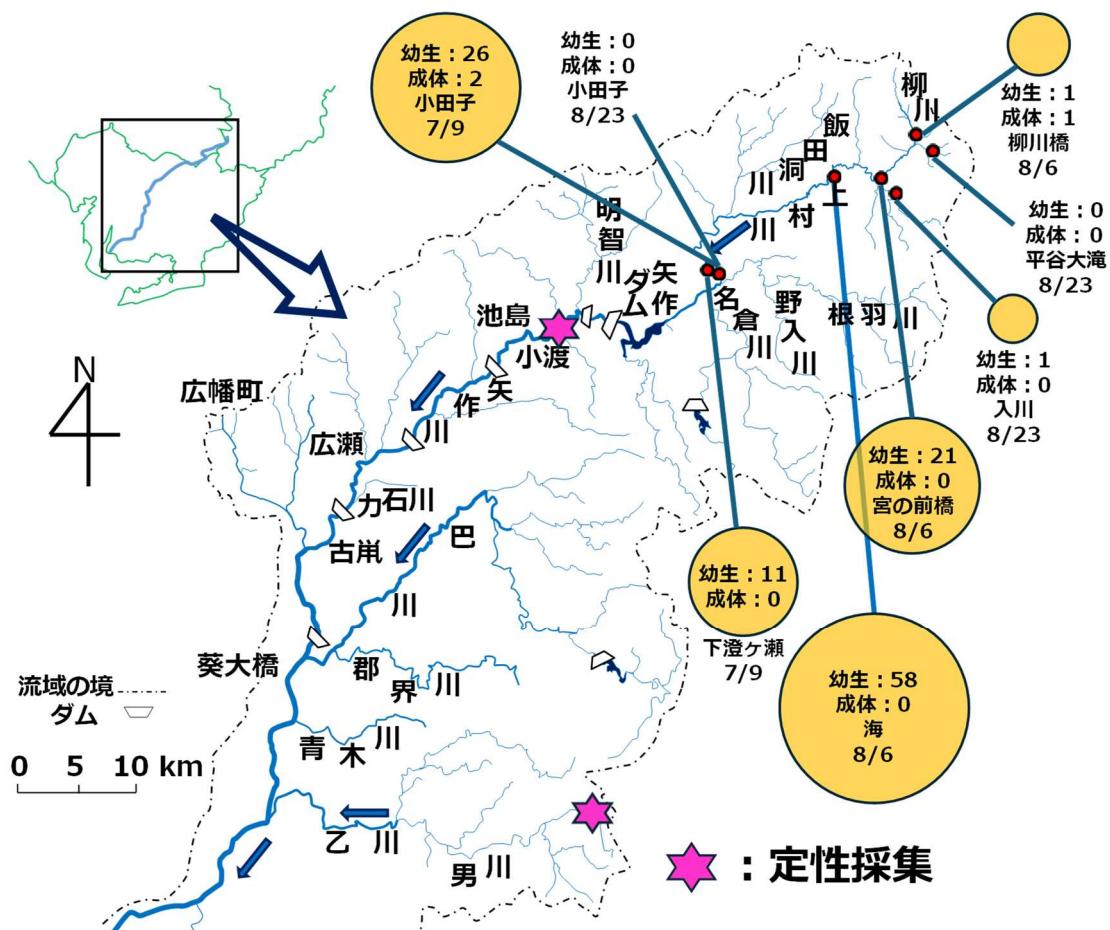


図3. 幼生・成体調査の結果

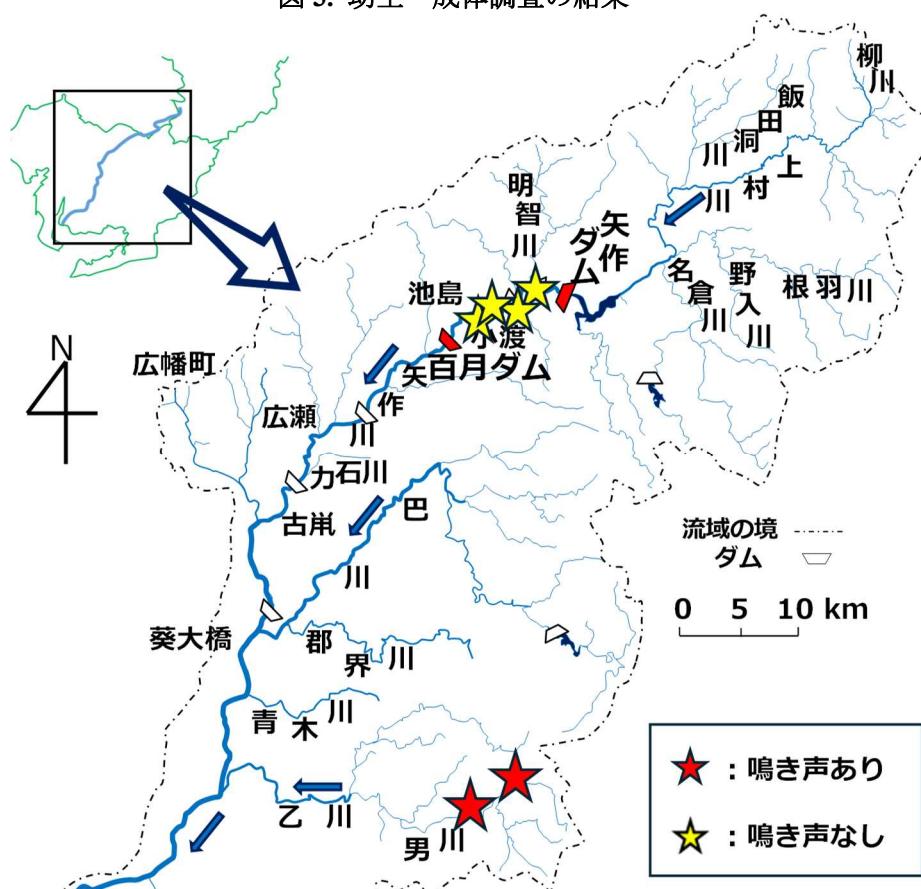


図4. 鳴き声調査の結果



図 5. 下澄ヶ瀬

6) 上村川, 岐阜県恵那市上矢作町海  
(2024 年 8 月 6 日)

7) 長野県下伊那郡平谷村, フロヤ沢平谷大滝直下流 (2024 年 8 月 23 日)

8) 入川 長野県下伊那郡平谷村, 入川  
(2024 年 8 月 23 日)

9) 岡崎市石原町牧原日影 くらがり渓谷  
(2024 年 10 月 25 日)

採集方法は延べ 30 分の定時間採集で、幼生および成体を素手や網目内径約 3 mm のタモ網を使用し捕獲した。採集した幼生の内の個体を 80 % エタノールの入った容器に入れ固定して持ち帰った。

また、各地点で水辺エコトーンを含む自然環境の写真を撮影し、記録した。

地点 1 および地点 9 は上記の方法ではなく、定性的な採集によって成体の生息が確認された場所である。

## 2-2 鳴き声調査

2024 年 5 月 13 日、矢作ダムから百月ダムまで矢作川に沿って車で南下し、車内からカジカガエルの鳴き声が聞こえる地点を探した。

2024 年 6 月 25 日、男川沿いの岡崎市淡渕町日向および石原町石原ダム上流で鳴き声が聞こえる地点を探した。

## 3. 結果と考察

2024 年度、矢作川水系におけるカジカガエルの幼生・成体調査で得られた分布は図 3 に示した。

岐阜県恵那市上矢作町小田子では、幼生 26 匹、成体 2 匹を採集した。川辺に水辺エコトーンが見られた。河原には礫や砂が見られたが、一部、植生が侵食していた（付図 1）。

岐阜県恵那市上矢作町下澄ヶ瀬では、幼生 11 匹を採集した。小田子と同様な河川環境が見られた。河畔林が川の近くまで繁茂していたが、砂礫からなる緩やかな河原が広がっていた（図 5）。

長野県下伊那郡平谷村、柳川橋上流幼生 1 匹成体 1 匹を採集した。水辺エコトーンは見られたが、上流側に砂防ダムがあった（付図 2）。

長野県下伊那郡平谷村、宮の前橋上流では、幼生 21 匹を採集した。右岸側は護岸されており、左岸



図 6. 池島

側には建物等があるが、河原への植生の侵食は少なく、川辺に水辺エコトーンも見られた（付図 3）。

岐阜県恵那市上矢作町海では本調査最多の、幼生 58 匹を採集した。礫や砂からできた河原が広がっており、植生の侵食はかなり少なかった。川辺にはスムースな水辺エコトーンが見られた（付図 4）。

長野県下伊那郡平谷村、フロヤ沢平谷大滝直下流では幼生・成体共に採集できなかった。滝の直下流であり、河原の石は大きく、川幅も狭かった（付図 5）。

長野県下伊那郡平谷村、入川では、幼生 1 匹を採集した。右岸側に道路が通っており、護岸されていた。左岸側には水辺エコトーンが見られたが、河原は狭かった（付図 6）。

鳴き声調査では図 4 の黄色の星で示した、4 地点で車を降り河畔林に近づいたが、鳴き声は確認できなかった。赤色の星で示した 2 地点では鳴き声が確認できた。

また、図 6 に示す豊田市池島のような砂礫からなる河原がなく、植生でおおわれている場所にはカジカガエルは生息していない。

以上からカジカガエルは水辺エコトーンの中でも、傾斜が緩やかで水際が砂礫からなる河原を生態に必要だと考えられる。

## 引用文献

愛知県環境部自然環境課 (2009) レッドデータブックあいち 2009 動物編: 195.

環境省 (2024) いきものログ (RL/RDB, 都道府県絶滅危惧種検索) . <https://ikilog.biodic.go.jp/Rdb/pref> (2024 年 5 月 10 日) .

島田知彦 (2016) 豊田市生物調査報告書<分冊その 3>両生類. 豊田市, 206-209.

島田知彦 (2020) レッドデータブックあいち 2020 動物編: 210. 愛知県環境部自然環境課.

洲崎燈子・鈴木勝巳・山原勇雄・山崎 玲 (2009) 矢作川上中流域の河畔植生. 矢作川研究, 13: 7-16.  
矢部 隆・野呂達哉・間野隆裕 (2010) 矢作川河畔林の両生類と爬虫類. 矢作川研究, 14: 35-38.



付図 1. 小田子



付図 2. 柳川橋上流



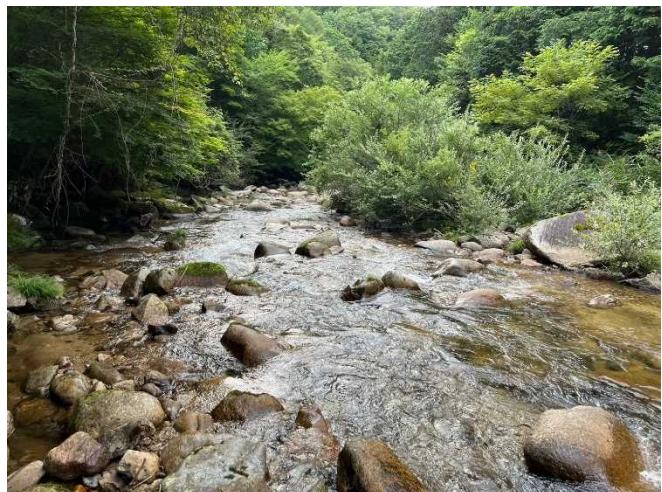
付図 3. 宮の前橋上流



付図 4. 海



付図 5. フロヤ沢平谷大滝直下



付図 6. 入川

# 矢作川水系などにおけるヒメドロムシ科・ドロムシ科の生息状況

石川 進一朗\*（愛知工業大学 大学院 修士 1年）

上野 祐\*（愛知工業大学 土木工学科 4年）

内田 臣一（愛知工業大学）

**要約** 矢作川水系には計 15 属 23 種のヒメドロムシ科・ドロムシ科の記録があり、過去に一河川における生息種数が国内最多だと考えられた。1970 年代までの複数のダム建設や 1971 年に完成した矢作ダムの洪水調節機能などの影響で中流の河床搅乱が減り、様々な水生生物の異常を引き起こしていると考えられている。本研究は、ヒメドロムシ科・ドロムシ科の分布や生息状況を調べることで河床搅乱の指標となる種類を選定し、今後建設が検討されている土砂バイパスの事業や置土実験に関する機関へ河床搅乱の評価をするための基礎資料を提供することを目的とした。矢作川水系と周辺の河川で定量採集・穴開き捕虫網採集・河床掘削採集・灯火採集・その他の定性採集をした。その結果、計 13 属 23 種のヒメドロムシ科・ドロムシ科を採集した。また、ツヤドロムシとミゾツヤドロムシは河床の強い搅乱を好む可能性があること、アシナガミゾドロムシ・ゴトウミゾドロムシ・マルヒメドロムシ属・ツヤドロムシ属の幼虫は河川間隙動物であることを推定した。

## 1. はじめに

### 1-1. 矢作川について

矢作川は長野県、岐阜県、愛知県を流域とし、標高 1,908 m の長野県大川入山付近を源流として愛知県中央部を流れ、三河湾へ注ぐ、幹川流路延長約 118 km、流域面積約 1,830 km<sup>2</sup>の一級河川である。本流には河口から約 80 km 上流にある矢作ダムをはじめとし、矢作第二ダム、笛戸ダム、百月ダム、阿摺ダム、越戸ダム、そして、河口から約 34.5 km 上流にある明治用水頭首工の 7 つのダムが設置されている。

矢作川の中流では 1970 年代までの複数のダム建設などによって、上流の山地からの土砂移動が妨げられ減少し、中流の河床から細粒の土砂が流れ去り、河床の表層に粗粒の礫だけが残るアーマー化という現象が起きた（北村ほか, 2001）。この現象により河床が極めて安定し、搅乱に乏しい状態となった。この土砂移動の減少は、1955 年頃から 1995 年までの越戸ダム、阿摺ダム、百月ダムのダム湖内で徹底的に砂利採取が行われたことも影響していると考えられる（新見, 1999）。さらに、1971 年に完成した流域最大のダムである矢作ダムには洪水調節機能があり、出水の規模と頻度が小さくなつことによつても河床の搅乱が減つた（芝村・小川, 2002）。

矢作川中流で河床が極めて安定し、搅乱に乏しい状態であることはカワシオグサの大繁茂などの異常を引き起こしていると考えられている（田中, 1997, 1998, 1999, 2000）。

山本（2000）によると、1984 年頃から 2~3 年で河床が硬くなり始め、1985 年頃からアユが採餌した痕跡が減り始めた。そして、糸状藻類が大発生し始めた 1990 年から矢作川でアユが釣れなくなり始めた。この糸状藻類はカワシオグサだと考えられる（田中, 2000）。

アユは本来、珪藻や藍藻など微細な付着藻類を餌とするが、大型の糸状藻類であるカワシオグサも摂食する（高橋・新見, 1999）。しかし、アユはカワシオグサを摂食してもほとんど消化できない（内田, 2002）。従つて、カワシオグサの大繁茂はアユの成長を阻害している可能性が高い。

矢作ダムではダム湖内の堆砂の改善や可能な限りの土砂の連続性の確保などを目的に、上流から流下する土砂をダム下流へ迂回排砂する土砂バイパストンネル計画が提案さ

れている（深谷ほか, 2005；矢作川水系総合土砂管理検討委員会, 2015）。土砂バイパストンネルを設置することで土砂がダムの下流に流れ河床が搅乱されるため、矢作川の中流～下流の底生動物の変化を検討する必要がある。矢作ダム下流では、国土交通省は土砂バイパストンネルの準備段階として下流に流下する土砂の影響や効果を把握するために 2006~2024 年に置土・覆砂・給砂実験を（国土交通省, 2021, 2023, 2024）、豊田市矢作川研究所は 1995~1998 年に砂利投入実験（田中, 1997, 1998, 1999, 2000）、2017~2019 年に礫置実験（2019 年は経過観察のみ）をした（山本ほか, 2020a, b）。

### 1-2. ヒメドロムシ科について

ヒメドロムシとは、鞘翅目（コウチュウ目）マルトゲムシ上科（ドロムシ上科）の、ヒメドロムシ科 Elmidae に分類される水生甲虫である。世界に約 1500 種（中島ほか, 2020）、日本では 18 属 64 種・亜種が知られている（中島, 2025）。

成虫・幼虫ともに水生（水際の飛沫帯を含む）だが、成虫は陸上でも灯火で採集される。成虫の体形は長方形～楕円形で、長い脚と鋭い爪をもつ。触角はやや長い種類と短い種類がいる。体表の微細毛によって空気の膜を作り（プラスチロン構造）、水中に溶けている酸素を取り込んで呼吸する。幼虫は細長く円筒状～やや扁平であり、腹部末端節に鰓がある（中島ほか, 2020）。

溪流や河川などの流水域を好み、成虫は水中や水際の礫や流木、植物の根などの基質上で生活する。幼虫は成虫と同様の環境で見つかるが、一部の種は河川間隙水域に生息しているとの指摘がある。成虫・幼虫ともに遊泳せず、朽ちた植物や藻類を食べる植食性であり、幼虫は上陸して砂や柔らかい朽木の中に蛹室を作つて蛹になることが知られている（林, 2008, 2011, 2016；林・門脇, 2008；中島ほか, 2020）。

ヒメドロムシ科の生活史について、林（2008, 2016）、林・門脇（2008）が一部の種類の幼虫を飼育・観察している。しかし、幼虫期間や生態などは未知な部分が多いようである。

### 1-3. ドロムシ科について

ドロムシとは、鞘翅目（コウチュウ目）マルトゲムシ上科（ドロムシ上科）の、ドロムシ科 Dryopidae に分類される水生昆虫である。世界に約 280 種（中島ほか, 2020）、日本では 3 属 4 種が知られている（中島, 2025）。

成虫の体形は楕円形で、背面が盛り上がり腹面は平坦である。ヒメドロムシ科と同様にプラスチロン構造(1-2.)と長い脚と鋭い爪をもち、触角は耳殻状である。幼虫の形態もヒメドロムシ科とよく似るが、ヒメドロムシ科の幼虫は腹節末端節の鰓蓋が先端側にあるのに対し、ドロムシ科はその鰓蓋が腹部末端節の全体を覆うような丸みを帯びた形状になっている(中島ほか, 2020)。また、成虫は水生だが幼虫は成長の段階で上陸し、土壤中で生活することが知られている(林・門脇, 2008; 林, 2011, 2016)。

成虫はヒメドロムシ科と生息環境が同様であることから、本研究ではヒメドロムシ科とともに生息状況を調べた。

#### 1-4. 矢作川水系でのヒメドロムシ科・ドロムシ科の記録

矢作川水系ではヒメドロムシ科 14 属 22 種とドロムシ科 1 属 1 種(ムナビロツヤドロムシ)の合計 15 属 23 種が記録されており(吉富ほか, 1999; 市川・岩田, 2017; 森井・森山, 2021)、愛知県の記録にあるほぼ全種が生息している。また、矢作川は一河川におけるヒメドロムシの生息種数が日本国内最多の河川と考えられたことがある(吉富ほか, 1999)。

#### 1-5. 河川間隙水域(hyporheic zone)について

河川間隙水域とは、河道に隣接していて河床や河畔へと広がる飽和間隙水域を指し、河川水が河床や氾濫原へ伏流し地下水と混ざり合うことによりつくられる水域であり、様々な水生無脊椎動物が生息している。また、河川間隙水域は、河川生物が直面する災害(洪水・渇水・水温上昇など)時には避難場所として機能し、河川生物群集の維持・再建に貢献すると考えられている(笠原, 2013)。

このような空間は増水などの搅乱時に河床の堆積物が移動することによって再生・維持されていると考えられている(竹門, 1997)。

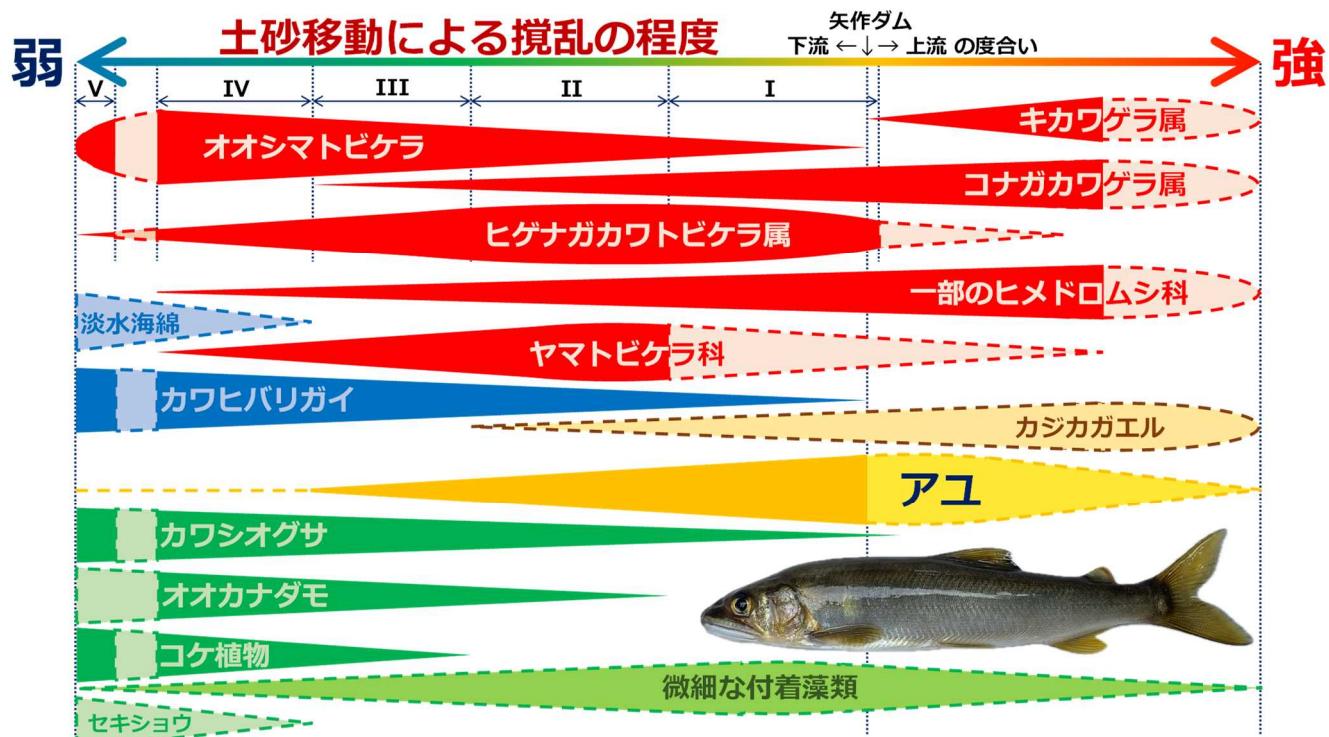


図 1 河床の搅乱の強さの指標生物と、搅乱の程度との関係の模式図  
(図形の幅や破線の太さは指標生物の個体数を搅乱の程度に正確に比例させたものではない)

カワゲラ属は河床の流動性に対して最も敏感なグループの一つである（清水, 2010）。

市川ほか（2020）は、矢作川水系、木曽川水系、天竜川水系、豊川水系、長良川水系の範囲の計 221 地点で各地点延べ 120 分の定時間採集をして、カワゲラ類の幼虫の分布を調べた。その結果、カミムラカワゲラ属などは矢作ダム上流・下流ともに広く分布していたのに対して、キカワゲラ属は矢作ダム上流には広く分布し、個体数も多かったが、矢作ダム下流では全く採集できなかったこと、キカワゲラ属は木曽川水系と天竜川水系の河川にも広く分布していること、長良川水系では矢作ダム下流と同様の低い標高、広い集水面積の河川でも生息していることを示した。また、キカワゲラ属は矢作川水系ではかつては下流にも分布していたが、矢作ダム建設により下流の環境が変化して生息できなくなつた可能性があると推定した。

杉江・内田（2022）は、矢作川の上流～中流で河床掘削採集をして得られた動物を調べた。その結果、コナガカワゲラ属、ホソカワゲラ科、一部のヒメドロムシ科、ヌカカ科などの幼虫が河川間隙動物であること、これらの幼虫が河床搅乱の指標として扱える可能性があることを推定した。1-7. で詳しく後述するが、ここではヒメドロムシ科はアシナガドロムシ属の一種 (*Stenelmis* sp.) と同定され、A, B, C の 3 分類に分けられていた。

#### D. 淡水海綿

淡水海綿はオオシマトビケラやカワヒバリガイが多く採集された地点で多く見られる傾向がある。そのため、淡水海綿は搅乱が長期間働かず底生動物の遷移（岡田・内田, 2016）が進行している河床を示す指標生物として扱える可能性がある（内田, 私信）。

#### E. カワヒバリガイ

内田ほか（2007）は、2004 年 12 月～2006 年 12 月に矢作川水系内の 41 地点で各地点延べ 15～70 分のカワヒバリガイの定時間採集をした。また、その内の 3 地点で 2005 年 1 月、2006 年 3 月、6 月、10 月、11 月、12 月の 6 回、50 cm × 50 cm の定量採集によりカワヒバリガイと造網性トビケラ類と採集し、それぞれの湿重量を比較した。その結果、矢作川の本流ではカワヒバリガイが多数採集されたのに対して支流である巴川と乙川では確認されなかつたこと、カワヒバリガイが増加すると造網性トビケラ類が減少する傾向にあつたことを示した。また、通常の河川の流水中では成貝が放卵・放精しても受精する確率が低く、受精しても浮遊幼生が十分に成長する前に海まで流される可能性が高いことを推定した。

白金ほか（2012）は、内田ほか（2007）を含む 2011 年までに豊田市矢作川研究所や愛知工業大学など様々な機関により行われてきたカワヒバリガイに関する調査や研究の結果を網羅的にまとめた。

#### F. カジカガエル

豊田市域では、カジカガエルは急峻な山地に囲まれた明るく開けた河川周辺に生息し、ダム湖などと緩やかな丘陵の河川には生息しない。このような明るく開けた河川の河床は大きな礫から成り、時折起こる大きな出水によって維

持、創出されてきたと考えられる。そのため、ダムの建設などにより大きな出水が減少すると、カジカガエルの生息環境への悪影響が懸念される（大竹・島田, 2016; 島田, 2018）。

従つて、カジカガエルの生息環境は急峻な山地河川における河床への強い搅乱によって維持されていると推察できる。そのため、カジカガエルは河床に強い搅乱が働いている環境の指標生物として扱える可能性がある（内田, 私信）。

#### G. 大型糸状緑藻類（カワシオグサなど）

野崎・内田（2000）は、日本国内外の糸状緑藻の大発生に関する報告をまとめ、糸状藻類が付着藻類群落の遷移の最後に定着すること、糸状藻類が繁茂するには長期間におよぶ河床の安定が必要であることを示した。

内田ほか（2002）は、2000 年 5 月、7 月、10 月～2001 年 12 月に矢作川の大野瀬から矢作の区間で大型糸状緑藻の被度を目視により調査を行い、同時に採集した大型糸状緑藻の種類を顕微鏡下で同定した。その結果、2000 年の東海豪雨による河床搅乱により大型糸状緑藻の一つであるカワシオグサの発生が抑制された可能性があることを示した。また、カワシオグサの発生要因に河床搅乱が強く関与していることを推定した。

#### H. オオカナダモ

矢作川では 2010 年から NPO 法人矢作川森林塾が駆除活動を開始し、途中から矢作川の環境を守る会がその活動を引き継いでいる。また、矢作川研究所は 2011 年から毎年冬に平戸橋から久澄橋の区間で分布状況をモニタリングしている（内田・白金, 2020）。

内田・白金・椿（2023）は、2021 年までのモニタリングのデータと、高橋観測所の時間ごとの水位を基に算定した断面平均底面せん断応力 [Pa] を照らし合わせた。その結果、底面せん断応力が 30～40 Pa 程度の強さの搅乱が繰返し生じると、オオカナダモの発生が抑制されることを示した。

#### I. コケ植物（蘚類）

蘚類はダムの建設による砂礫の供給不足で河床が固まつたことで増加したと考えられる（白金・内田, 2018）。

白金・内田（2018）は、出水後の搅乱を想定し表面の蘚類を剥いだ礫の区、剥がない礫の区、新たな礫を投入した区の 3 区画の蘚類の生育状況を 5～9 月の期間観察した。その結果、表面の蘚類を剥いだ礫の表面は 4 ヶ月で蘚類が生えた元の状態に戻った。

また、内田（2019）は、矢作川の蘚類群落の被度の分布とダムの位置関係を示した。その結果、ダムの上流側より下流側の方が蘚類群落の被度が大きかつた。この結果は、白金・内田（2018）による、ダムの建設により蘚類が増加したという推定を裏付けていると考えられる。

#### J. セキショウ

岡田ほか（2016）は、矢作川の矢作第二ダム直上流から岡崎市岩津町の天神橋付近の区間に 83 地点で造網性トビケラ類の調査と同時に調査地点の河床材料や植生などの観察を行つた。その結果、セキショウが観察された地点ではオオシマトビケラが多く、オオシマトビケラが少ない地点ではセキショウが観察されない傾向にあつた。

#### 1-7. 研究目的

片野ほか(2010)は、ランダム効果と固定効果の混合モデルである GLMM を用いた土砂指標モデルの予測値と、河床環境測定と底生動物採集に基づく実測値の関係を調べた。その結果、屈潜型のシジミ科、トビイロカゲロウ科、ヒメドロムシ科、携巣型のヤマトビケラ科、ヒメトビケラ科、グマガトビケラ科が、少なくとも近畿・中部地方のダム河川において細粒河床材料(砂・小礫)に関する指標種となりうることを示した。しかし、ここではヒメドロムシ科を砂や小礫などの中に潜って生息する屈潜型の底生動物として扱っており、河川間隙動物としては扱われていない。

河床の搅乱不足が問題となっている矢作川中流(1-1.)を含む矢作川の上流～中流で、杉江・内田(2022)は河床掘削で河川間隙動物を採集した。採集された河川間隙動物は溶存酸素濃度が高い水域に多く生息する傾向があった。Mathers et al. (2021)によると、洪水による搅乱は河川間隙水域の溶存酸素濃度を上げることが知られている。従って、河川間隙動物は、洪水による搅乱が河床に働いているかどうかを示す指標生物として利用できる可能性がある。

杉江・内田(2022)は、河床掘削でコナガカワゲラ属などとともに多数採集されたヒメドロムシ科の幼虫の多くは河川間隙動物であると推定した。ただし、ここではヒメドロムシ科はアシナガドロムシ属の一種(*Stenelmis* sp.)と同定され、A, B, C の3分類に分けて記載されていた。

その後、我々は杉江・内田(2022)の標本を再同定した。その結果、アシナガミゾドロムシ、ゴトウミゾドロムシ、ツヤドロムシ属の幼虫が多く含まれていた。よって、これらの属種の幼虫は河川間隙動物であり、強い河床搅乱の指標となると考えた。

柳・秋田(2025)は、1. 真地下水生種(地下水や河川間隙水域、伏流水からのみ得られ、複眼や色素が退化する。)、2-A. 好地下水生種 A(地下水や河川間隙水域、伏流水との関係が示唆され、色素が退化傾向など形態的に特化している。)、2-B. 好地下水生種 B(地下水や河川間隙水域、伏流水から得られることがあるが、形態的に特化していない。幼虫期を過ごすものを含む。)の3つの簡単な分類に分け、1. にメクラゲンゴロウ属、メクラケシゲンゴロウ属、チカスイツヤドロムシなど、2-A. にアカツヤドロムシやウエノツヤドロムシ属など、2-B. にツヤドロムシ属、ヒメツヤドロムシ属、マルヒメドロムシ属、ゴトウミゾドロムシ、キスジミゾドロムシ、アシナガミゾドロムシ、マルチビガムシ、ミドリカワゲラ科やホソカワゲラ科などのカワゲラ、トゲエラカゲロウなどのカゲロウ、ユスリカ類などが含まれることを提案した。ここで示されている種のうち、ツヤドロムシ属、マルヒメドロムシ属、ゴトウミゾドロムシ、アシナガミゾドロムシは石川(2024)を参考にしたと推察される。

そこで本研究では、矢作川水系とその周辺におけるヒメドロムシ科・ドロムシ科の生息状況をさらに詳しく調べることにより、まだ記録されていない種類が生息していないか確認しつつ、ヒメドロムシ科・ドロムシ科の中から強い河床搅乱の指標となる種類が他にもないか調べた。これにより、今後、建設が検討されている土砂バイパストンネル事業へ、河床搅乱の評価をするための資料を提供することを目的とした。また、希少種の分布についての資料を作成し、それらの種類の生息地の保全に活用することも目的とした。

## 2. 研究方法

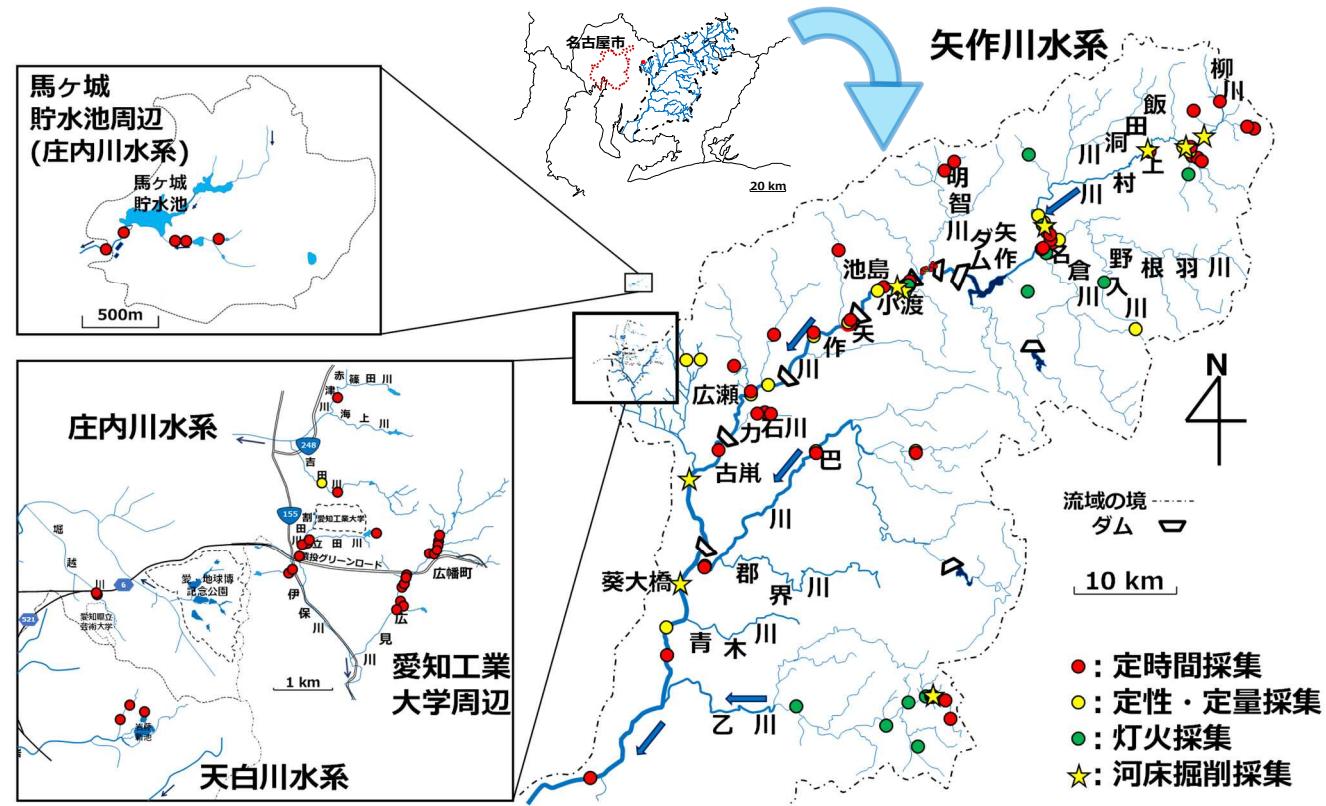


図2 ヒメドロムシ科・ドロムシ科が採れた地点

## 2-1. 標本の分析

2001年10月～2023年2月に愛知工業大学生態研究室の調査で採集され保管されているヒメドロムシ科・ドロムシ科の標本の種類、個体数、採集地、採集時期を調べた。

## 2-2. 分布調査

主に矢作川水系で、その他に愛知工業大学八草キャンパス周辺（矢作川水系・庄内川水系・天白川水系）や馬ヶ城貯水池周辺（庄内川水系）でヒメドロムシ科・ドロムシ科を採集して分布を調査した（図2）。

採集した個体は、成虫は河川水と共にポリ瓶容器に入れて生かした状態で、幼虫は80%に希釈したエタノール水溶液で固定した状態で研究室へ持ち帰った。その後、成虫は酢酸エチルを低濃度に薄めた水溶液で殺虫してから付箋の粘着面を利用してピンセットで展足し、十分に乾いてから厚紙の台紙に糊で貼って乾燥標本に、幼虫は80%に希釈したエタノール水溶液と共にネジロ瓶に入れて液浸標本にして保管した。

調査では次のa～eの5つの方法で採集した。

### a. 定量採集（底生動物を対象とした採集方法）

50cm×50cmの方形枠を1地点につき2～4箇所河床に設置し、Dフレームネット（網目内径約0.13mm）で底生動物を採集した。Dフレームネットに入った砂礫や有機物を水とともにバケツに入れてかき回し、浮いた濁り、落葉、植物の破片、動物などをまたDフレームネットで受け、中に入ったものを80%に希釈したエタノール水溶液で固定して研究室へ持ち帰った。それを双眼実体顕微鏡（Nikon SMZ645）で観察してヒメドロムシ科・ドロムシ科を含む底生動物をピンセットで取り分けた。

### b. 穴開き捕虫網採集（定時間採集・定性採集）

ヒメドロムシ科などの水生昆虫の脚の先には鋭い爪が付いていて、流下中に脚を広げて礫などにつかまろうとする。

吉富（2006）の手法を模して（図3左）、穴を開けた捕虫網を下流側に晒しながら上流側で河床をかき回し、網に引っ掛けた成虫や幼虫を指やピンセットで摘んで採集した。定時間採集では、複数人で採集した時間の合計が主に30分になるよう採集した。ただし、この30分という時間の設定は科学的根拠に従って決定したわけではない。

### c. 河床掘削採集（河川間隙動物を対象とした採集方法）

底生動物や土壤動物が河川間隙動物の標本に混入するのを防ぐため、河原を地下水水面の数cm下まで直径約1mの

表1 採集されたヒメドロムシ科とドロムシ科

ヒメドロムシ科 Elmidae	(12属22種)
ハバビロドロムシ	<i>Dryopomorphus extraneus</i> Hinton, 1936
ヒメハバビロドロムシ	<i>Dryopomorphus nakanei</i> Nomura, 1958
イブシアシナガドロムシ	<i>Stenelmis nipponica</i> Nomura, 1958
アシナガミゾドロムシ	<i>Stenelmis vulgaris</i> Nomura, 1958
ゴトウミゾドロムシ	<i>Ordobrevia gotoi</i> Nomura, 1959
アカモンミゾドロムシ	<i>Ordobrevia maculata</i> (Nomura, 1957)
キスジミゾドロムシ	<i>Ordobrevia foveicollis</i> (Schonfeldt, 1888)
アヤスジミゾドロムシ	<i>Graphelmis shirahatai</i> (Nomura, 1958)
クロサワドロムシ	<i>Neoriohelmis kuroyawai</i> Nomura, 1958
セマルヒメドロムシ	<i>Orientelmis parvula</i> (Nomura & Baba, 1961)
ムナミゾマルヒメドロムシ	<i>Optioservus maculatus</i> Nomura, 1958
ツヤヒメドロムシ	<i>Optioservus nitidus</i> Nomura, 1958
ケスジドロムシ	<i>Pseudamophilus japonicus</i> Nomura, 1957
ツヤナガアシドロムシ	<i>Grouvellinus nitidus</i> Nomura, 1963
ツブスジドロムシ	<i>Paramacronychus granulatus</i> Nomura, 1958
ホソヒメツヤドロムシ	<i>Zaitzevianaria gotoi</i> (Nomura, 1959)
マルヒメツヤドロムシ	<i>Zaitzevianaria ovata</i> (Nomura, 1959)
ヒメツヤドロムシ	<i>Zaitzevianaria brevis</i> (Nomura, 1958)
トウカイヒメツヤドロムシ	<i>Zaitzevianaria takafumi</i> Hayashi & Yoshitomi, 2021
アツツヤドロムシ	<i>Zaitzevia awana</i> (Kono, 1934)
ツヤドロムシ	<i>Zaitzevia nitida</i> Nomura, 1963
ミゾツヤドロムシ	<i>Zaitzevia rivalis</i> Nomura, 1963
ドロムシ科 Dryopidae	(1属1種)
ムナビロツヤドロムシ	<i>Elmomorphus brevicornis</i> Sharp, 1888

円形に掘り…①、その中心付近を地下水水面下へ円錐状に掘った…②（図3右）。掘り出した砂礫や有機物を水と共にバケツに入れてかき回し、浮いた濁り、落葉、植物の破片、動物などをDフレームネットで受け採集した。

a. と同様に、Dフレームネットに入ったものを80%に希釈したエタノール水溶液で固定して研究室へ持ち帰り、それを双眼実態顕微鏡で観察してヒメドロムシ科・ドロムシ科を含む河川間隙動物をピンセットで取り分けた。

### d. 火灯採集

河川付近にある店舗や街灯、自動販売機などの灯りに夜間に飛来したヒメドロムシ科・ドロムシ科の成虫を目視で探し、指やピンセットで摘んで採集した。

### e. 様々な定性採集

網目内径約3mmのタモ網やDフレームネットを用いた他の底生動物の調査時に、網に入ったヒメドロムシ科・ドロムシ科を採集した。

## 2-3. 同定

双眼実態顕微鏡を用いて標本を観察し、属や種まで可能な限り行った。成虫は中島ほか（2020）、Iwata et al. (2022)、Hayashi and Yoshitomi (2021)を、幼虫は林・上手（2023）を

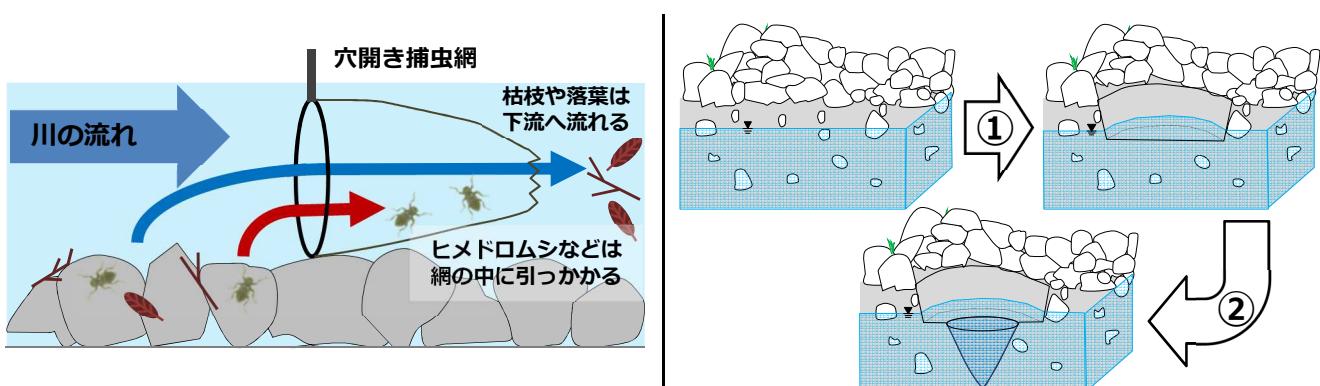


図3 穴開き捕虫網の仕組み（左）・河床掘削採集における掘削の手順（右）

参考に同定した。ナガアシドロムシ属やツヤドロムシ属など一部のヒメドロムシ科の幼虫は、同属間では形態が酷似していて種までの同定が困難であるため（林・上手, 2023）、属までの同定にとどめた。

ドロムシ科について、中島ほか（2020）と中島（2025）によると、本州中・西部、四国、九州ではムナビロツヤドロム

シしか記録がない。また、吉富ほか（1999）による矢作川水系の調査でも、ムナビロツヤドロムシしか採れていない。本研究でも成虫は本種しか採れていない。よって、調査で採集したドロムシ科の幼虫は全て本種である可能性が高い。

### 3. 結果と考察

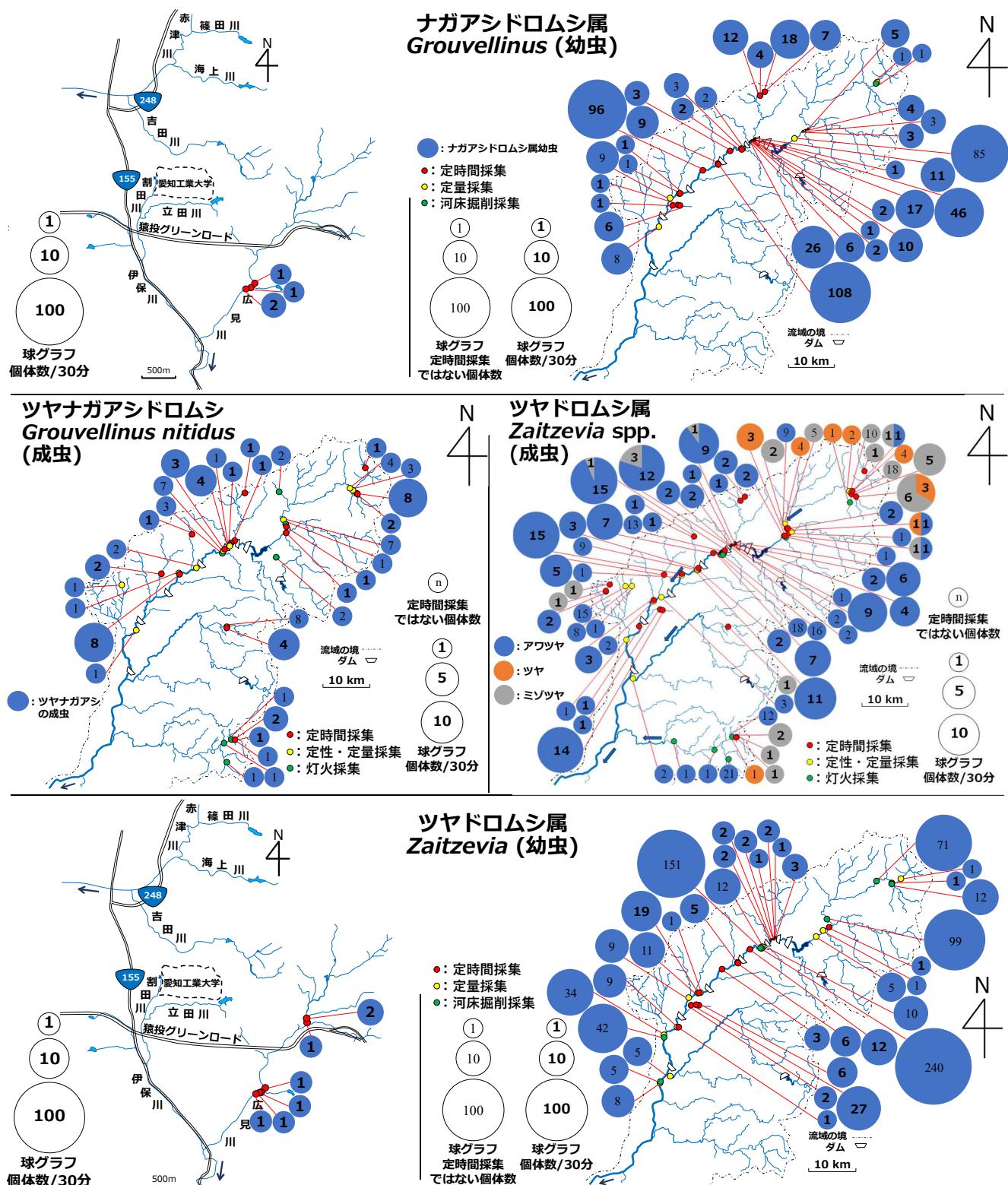


図5 ナガアシドロムシ属の幼虫（上）、ツヤナガアシドロムシの成虫（中左）、ツヤドロムシ属の成虫（中右）、ツヤドロムシ属の幼虫（下）の分布図

### 3-1. 採集した種類

2001年10月～2022年2月に愛知工業大学生態研究室の調査により矢作川水系などで採集された種類と2022年3月～2025年1月に我々が採集した種類を併せて表1に示した。

採集したヒメドロムシ科・ドロムシ科は合計13属23種であり、この数は吉富ほか(1999)が記録した13属21種(その後の分類学的変更を加えて再計数)に達している。

採集したヒメドロムシ科の成虫の中で最も個体数が多い

アワツヤドロムシは462個体、幼虫の中で最も個体数多かったツヤドロムシ属は1218個体だった。

採集したヒメドロムシ科・ドロムシ科のうち、アヤスジミゾドロムシ、クロサワドロムシ、セマルヒメドロムシ、ケスジドロムシの4属4種は国または愛知県の絶滅危惧種に指定されている(上手, 2014; 上手・丸山, 2014; 長谷川ほか, 2020; 環境省, 2020)。

その他に、吉富ほか(1999)、森井・森山(2021)による

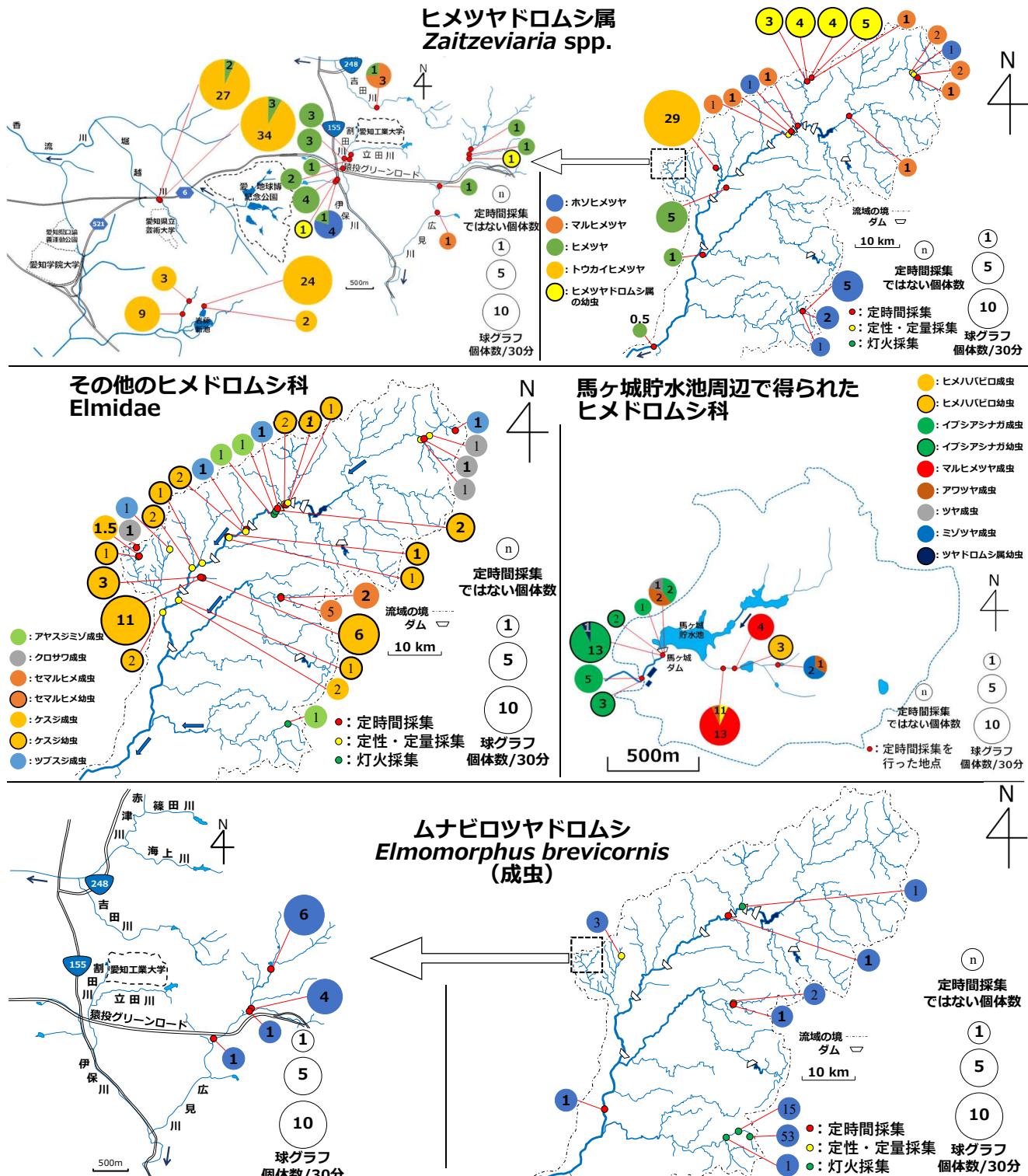


図6 ヒメツヤドロムシ属(上)、他のヒメドロムシ科(中左)、馬ヶ城貯水池周辺で得られたヒメドロムシ科(中右)、ムナビロツヤドロムシ(下)の分布図

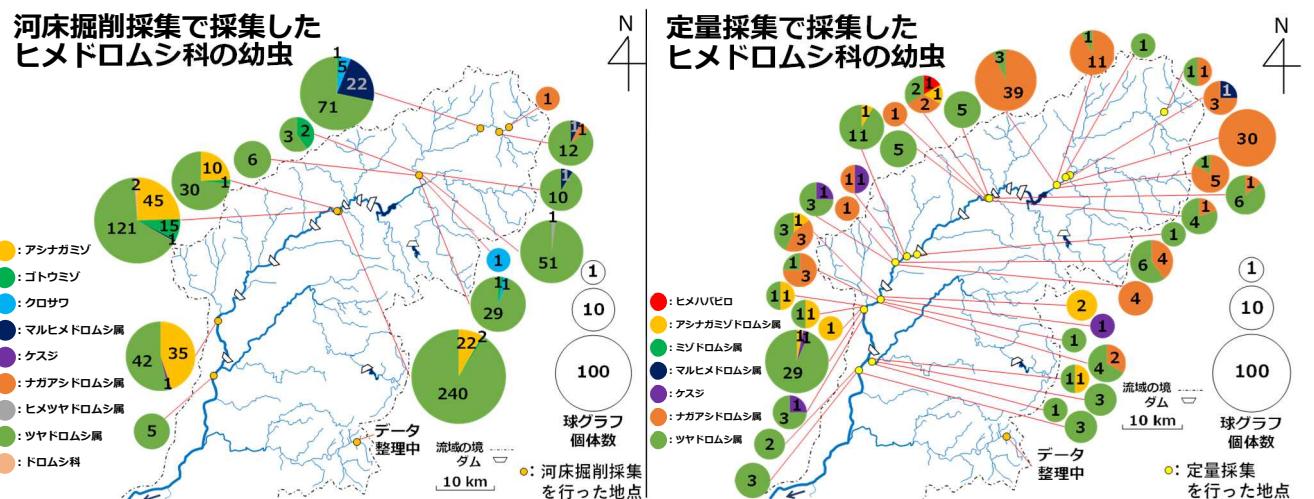


図 7 河床掘削採集で採集したヒメドロムシ科 (左)、定量採集で採集したヒメドロムシ科 (右)

と以下の 2 属 2 種が矢作川水系で記録されている。

- ・ヨコミゾドロムシ *Leptelmis gracilis* Sharp, 1888  
(吉富ほか, 1999)  
絶滅危惧 II 類 (国) (吉富・丸山, 2014; 長谷川ほか, 2020)  
準絶滅危惧 (愛知県) (長谷川ほか, 2020)
- ・ヒヨウタンヒメドロムシ  
*Podonychus gyobu* Yoshitomi & Hayashi, 2020  
(森井・森山, 2021)

### 3-2. 分布

調査で得られたデータを基にヒメドロムシ科とドロムシ科の個体数の分布を図 4~7 に示した。図の凡例では種名の

「ドロムシ」を省略して示した。

ハバビロドロムシ属では (図 4 上)、ハバビロドロムシとヒメハバビロドロムシの 2 種を採集した。ハバビロドロムシは 2 地点で合計 3 個体しか採れなかった。ヒメハバビロドロムシは矢作川の本流ではほとんど採れず、支流である伊保川のさらに支流である広見川で多数採れた。また、成虫は幼虫が採れた地点よりもやや上流で採れる傾向があった。

アシナガミゾドロムシ属では (図 4 中)、イブシアシナガドロムシとアシナガミゾドロムシの 2 種を採集した。両種とも矢作川の本流と支流のどちらでも採れたが、成虫・幼虫とともにアシナガミゾドロムシが多く、イブシアシナガドロムシは少なかった。

ミゾドロムシ属では (図 4 下左)、ゴトウミゾドロムシ、アカモンミゾドロムシ、キスジミゾドロムシの 3 種を採集した。ゴトウミゾドロムシは矢作川の本流の多くの地点で採れて、支流ではほとんど採れなかった。一方、アカモンミゾドロムシは本流では採れず、男川上流で採れたが個体数は少なかった。キスジミゾドロムシの成虫は灯火採集でしか採れなかった。

マルヒメドロムシ属では (図 4 下右)、ムナミゾマルヒメドロムシとツヤヒメドロムシの 2 種を採集した。ほとんどが矢作川の源流域や上流で採れて、中流～下流ではあまり採れなかった。源流域ではムナミゾマルヒメドロムシが採れて、上流～中流ではツヤヒメドロムシが採れた。

ナガアシドロムシ属は (図 5 上・中左) 本州では 3 種記録されているが (Hayasi et al. 2024; 中島, 2025)、そのうちの 1 種であるツヤナガアシドロムシを採集した。成虫はツヤナガアシドロムシしか採れていないため、本研究で採集したナガアシドロムシ属の幼虫も本種である可能性が高い。ツヤナガアシドロムシとナガアシドロムシ属の幼虫は矢作川の本流の上流～中流で採れた。本流で採れた個体数と比較すると、支流ではあまり採れなかった。

ツヤドロムシ属では (図 5 中右・下)、アワツヤドロムシ、ツヤドロムシ、ミツツヤドロムシの 3 種を採集した。ツヤドロムシ属もツヤナガアシドロムシやナガアシドロムシ属の幼虫と同様に、本流の上流～中流で採れたが、アワツヤド

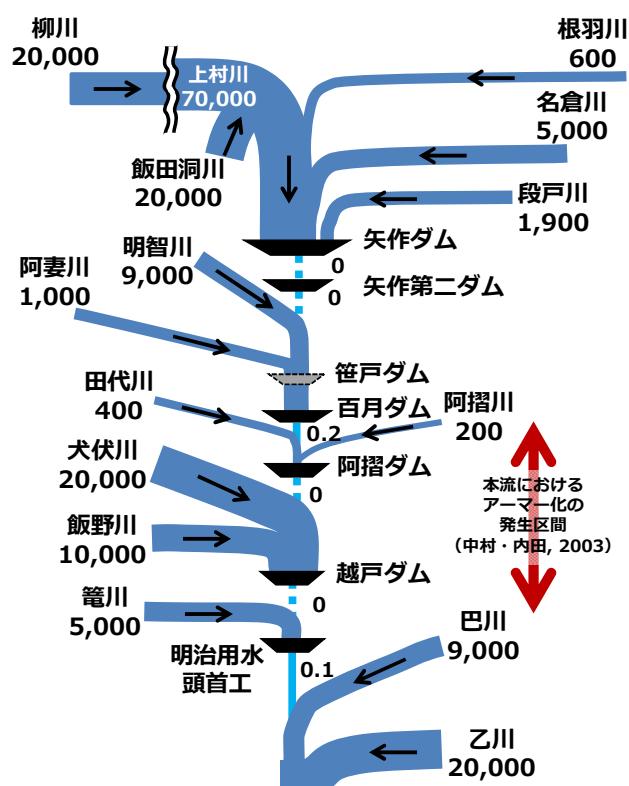


図 8 矢作川上・中流における砾の移動量 [ $m^3$ ] を示す模式図 (杉江・内田, 2022 の図を引用・一部改変)  
＊帯の幅は砾の移動量に正確には比例していない

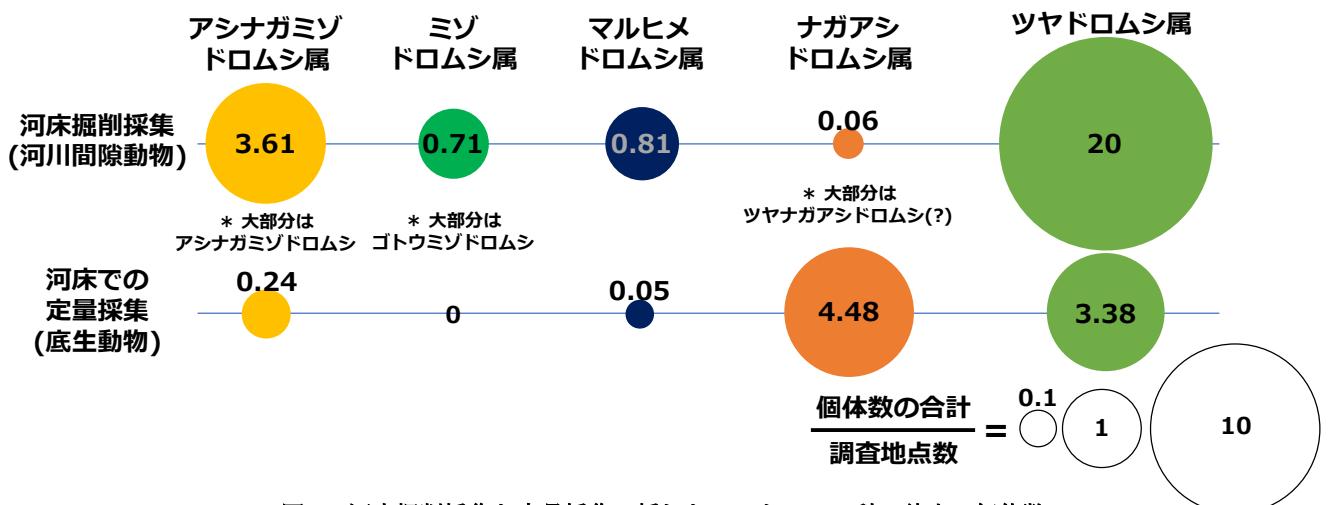


図9 河床掘削採集と定量採集で採れたヒメドロムシ科の幼虫の個体数  
「\*」で示す種名は、球グラフの中身の大部分を占める種類

ロムシの成虫は主に本流の中流で採れたのに対して、ツヤドロムシとミゾツヤドロムシは上流域や支流で多く採れた。

矢作ダムを境にその上流では自然な搅乱が河床に働き、その下流ではダムで礫が止められる。下流では礫は支流から供給されるだけで、本来の量より少ない。そのため、搅乱が生じにくいと考えられる(図8)。このことから、ツヤドロムシとミゾツヤドロムシは河床搅乱を好む種類だと考えられる。よって、河床の強い搅乱の指標となる生物として扱える可能性がある。

ヒメツヤドロムシ属では(図6上)、ホソヒメツヤドロムシ、マルヒメツヤドロムシ、ヒメツヤドロムシ、トウカイヒメツヤドロムシの4種を採集した。ヒメツヤドロムシ属は矢作川の本流の上流域や支流では多数採れたが、本流の中流～下流ではほとんど採れなかった。

その他のヒメドロムシ科では(図6中左)、アヤスジミゾドロムシ、クロサワドロムシ、セマルヒメドロムシ、ケスジドロムシ、ツブスジドロムシの5属5種を採集した。ケスジドロムシの幼虫は、矢作川の本流の中流～下流で多数採れたが、成虫はあまり採れなかった。アヤスジミゾドロムシ、クロサワドロムシ、ツブスジドロムシの成虫は3～4個体しか採れなかった。クロサワドロムシの幼虫は河床掘削によって7個体採れた(図7左)。

中島ほか(2020)によると、ツブスジドロムシは林内の薄暗い細流の、落ち葉が堆積した浅い砂泥底の瀬を好んで生息する。本研究では、矢作川本流の笹戸ダムの下流100m地点で成虫を1個体採集した。また、矢作川本流の池島でも成虫1個体を採集した。両地点とも中島ほか(2020)が記した「細流」とは大きく異なる環境である。これらはおそらく急な出水など何らかの影響により上流か支流から流されてきて、偶然そこで採集された個体だと考えられる。

馬ヶ城貯水池周辺では(図6中右)、ヒメドロムシ科の成虫はヒメハバビロドロムシ、イブシアシナガドロムシ、マルヒメツヤドロムシ、アワツヤドロムシ、ツヤドロムシ、ミゾツヤドロムシの4属6種が採れた。ここではドロムシ科は採れなかった。

ドロムシ科では(図6下)、ムナビロツヤドロムシの1属

1種を採集した。本種もハバビロドロムシ属と同様に、矢作川の支流である伊保川のさらに支流である広見川で多数採れて、本流ではほとんど採れなかった。岡崎市では灯火採集により非常に多く採れたが、他の採集方法では採れなかつた。

### 3-3. 河床掘削

河床掘削採集(河川間隙動物を対象とした採集方法)と定量採集(底生動物を対象とした採集方法)のそれぞれで採集したヒメドロムシ科の幼虫の標本の個体数を比較した(図7,図9)。この二つの採集方法はどちらもDフレームネットを用いたことから比較対象とした。比較した調査地点については、各地点の標高や位置などを十分に比較検討した上で比較対象として問題ないと判断した調査データを選定して用いた。河床掘削採集を行った地点から標高や位置が、便宜的に、5km以上離れていた、あるいは支流で定量採集を行った地点は比較対象から除外した。

各採集方法で採れた一部のヒメドロムシ科の幼虫の個体数の合計をそれぞれ調査した延べ地点数で割った数値を元に球グラフを作成し、それぞれの採集方法で採れたヒメドロムシ科とドロムシ科の幼虫を比較した結果、アシナガミゾドロムシ属(特にアシナガミゾドロムシ)、ミゾドロムシ属(特にゴトウミゾドロムシ)、マルヒメドロムシ属、ツヤドロムシ属の4属の幼虫は定量採集よりも河床掘削採集で多数採れた(図9)。また、ナガアシドロムシ属の幼虫は河床掘削採集よりも定量採集で多数採れた。さらに、個体数は少ないが、クロサワドロムシの幼虫は河床掘削採集でしか採れなかった(図7)。

これらの結果から、アシナガミゾドロムシ、ゴトウミゾドロムシ、マルヒメドロムシ属、ツヤドロムシ属の幼虫は河川間隙動物である可能性がある。また、ナガアシドロムシ属の幼虫は河川間隙動物ではなく底生動物だと考えられる。

クロサワドロムシの幼虫も河川間隙動物の可能性があると考えた。しかし、より確かに推定するには、採集した個体数が少ないため、今後さらに調査し検討する必要がある。

### 4.まとめ

2001年10月～2023年3月に愛知工業大学生態研究室の調査で採集したヒメドロムシ科・ドロムシ科の標本を調べた。また、2023年3月から2025年1月に矢作川水系とその周辺で定量採集、穴開き捕虫網採集、河床掘削採集、灯火採集などをした。その結果、次のことがわかった。

採集したヒメドロムシ科・ドロムシ科には、合計13属23種が含まれていた。

ツヤドロムシとミヅツヤドロムシは、矢作ダム上流や矢作川の支流では多数採れたが、矢作ダム下流ではほとんど採れなかった。よって、本種らは河床の強い搅乱を好む生物である可能性がある。

河床掘削採集では、アシナガミゾドロムシ、ゴトウミゾドロムシ、マルヒメドロムシ属、ツヤドロムシ属の幼虫が、底生動物を対象とした定量採集と比較して多数採れた。よって、これらの幼虫は河川間隙動物である可能性がある。

## 謝辞

本研究は大学コンソーシアムせと「新しい文化創造プロジェクト」からご支援頂いた。馬ヶ城貯水池の調査においては瀬戸市環境課と浄水場管理事務所にご協力頂いた。ヒメドロムシ科・ドロムシ科の調査および同定などにおいては名城大学農学部昆虫学研究室研究員の戸田尚希氏と名古屋昆虫同好会の池竹弘旭氏に多くのご助言を頂戴した。また、本研究では同大学工学部土木工学科（社会基盤学科）河川・環境研究室（生態研究室）の過去の卒業生が2001年10月～2023年2月に採集した標本を用いた。以上の方々のご厚意とご協力に心からの謝意を表したい。

## 引用文献

- 長谷川 道明・蟹江 昇・戸田尚希 (2020) クロサワドロムシ、ヨコミゾドロムシ. 愛知県の絶滅のおそれのある野生生物. レッドデータブックあいち2020動物編, 愛知県環境調査センター (編) : 337, 391. 愛知県環境局自然環境課.
- 林 成多 (2008) 鳥取県産水生甲虫類の分布と生態 II. ホシザキグリーン財団研究報告, 11: 61-91.
- 林 成多 (2011) 島根県の水生甲虫. ホシザキグリーン財団研究報告特別号, 1: 1-117.
- 林 成多 (2016) 山陰地方産水生昆虫図鑑 III 甲虫類 (3). ホシザキグリーン財団研究報告特別号, 18: 1-113.
- 林 成多・門脇久志 (2008) 鳥取県大山山麓の河川に生息する水生甲虫類II. ホシザキグリーン財団研究報告, 11: 269-286.
- 林 成多・上手雄貴 (2023) 日本産ヒメドロムシ科幼虫概説. ホシザキグリーン財団研究報告特別号, 32: 13-43.
- Hayashi, M., Y. Kamite and N. Ogawa (2024) Revision of the Genus *Grouvellinus* Champion (Coleoptera: Elmidae) from Japan, with Descriptions of Two New Species. Japanese Journal of Systematic Entomology, 30 (2): 361-390.
- Hayashi, M. and H. Yoshitomi (2021) A New Species of *Zaitzevia* from Aichi Prefecture, Honshu, Japan (Coleoptera: Elmidae). Japanese Journal of Systematic Entomology, 27 (1): 43-51.
- 深谷壽久・久津見 生哲・辻本哲郎 (2005) 矢作ダム土砂管理の課題と対策案の検討. 河川技術論文集, 11: 267-272.
- 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.
- 市川靖浩・岩田泰幸 (2017) 愛知県から初記録となるセマルヒメドロムシ. さやばねニューシリーズ, 28: 14-17.
- 石川 進一朗 (2024) 矢作川水系などにおけるヒメドロムシ科の生息状況. 要旨集「第19回 矢作川学校ミニシンポジウム」: 40-48. 豊田市矢作川研究所.
- Iwata, T., M. Hayashi and H. Yoshitomi (2022) Revision of the genus *Zaitzevia* (Coleoptera: Elmidae) of Japan. Japanese Journal of Systematic Entomology, 28 (1): 116-141.
- 片野 泉・根岸 淳二郎・皆川朋子・土井秀幸・萱場祐一 (2010) 土砂還元によるダム下流の修復効果検証のための指標種の抽出. 河川技術論文集, 16: 519-522.
- 上手雄貴 (2014) セマルヒメドロムシ, ケスジドロムシ. レッドデータブック 2014 (5. 昆虫類), 環境省 (編) : 276-277. ぎょうせい, 東京.
- 上手雄貴・丸山宗利 (2014) アヤスジミゾドロムシ. レッドデータブック 2014 (5. 昆虫類), 環境省 (編) : 129. ぎょうせい, 東京.
- 環境省 (2020) アヤスジミゾドロムシ, ヨコミゾドロムシ, セマルヒメドロムシ, ケスジドロムシ. 環境省レッドリスト 2020: 20, 23.
- 萱場祐一・皆川朋子 (2008) 土砂供給量の変化が底生動物相に及ぼす影響～矢作第2ダム下流域の底生動物相の調査結果から～. 土木技術資料, 50(10): 18-21.
- 北村忠紀・田代 喬・辻本哲郎 (2001) 生息場評価指標としての河床搅乱頻度について. 河川技術論文集, 7: 297-302.
- 国土交通省 中部地方整備局 豊橋河川事務所 (2021) 矢作川流域懇談会 第57回川部会WG 資料1: 時瀬地区置土実験中間報告: 8pp.
- 国土交通省 中部地方整備局 豊橋河川事務所 (2023) 土砂供給実験の実施状況. 令和5年度第1回矢作川水系総合土砂管理検討委員会 資料: 42-45.
- 国土交通省 中部地方整備局 豊橋河川事務所 (2024) 矢作川流域懇談会 第64回川部会WG 資料5: 置土流出状況: 3pp.
- Mathers, K. L., C. T. Robinson and C. Weber (2021) Artificial flood reduces fine sediment clogging enhancing hyporheic zone physicochemistry and accessibility for macroinvertebrates. Ecological Solutions and Evidence, 2: e12103.
- 森井隆文・森山千代 (2021) 愛知県におけるヒヨウタンヒメドロムシの記録. さやばねニューシリーズ, 43: 59.
- 中島 淳・林 成多・石田和男・北野 忠・吉富博之 (2020) ネイチャーガイド 日本の水生昆虫. 文一総合出版, 東京.
- 中島 淳: 日本産真正水生昆虫リスト. <http://kuromushiya.com/mlist/mlist.html> (2025年1月21日閲覧).
- 新見幾男 (1999) ダム直下流の悲惨. 豊田市矢作川研究所月報 Rio, 9-10: 4-5.
- 野崎 健太郎・内田朝子 (2000) 河川における糸状緑藻の大

- 発生. 矢作川研究, 4: 159-168.
- 中村 剛・内田臣一 (2003) 矢作川上・中流域における礫の移動. 愛知工業大学研究報告, 38: 127-134.
- 大竹 勝・島田知彦 (2016) XI 両生類. 豊田市生物調査報告書〈分冊その3〉, 豊田市生物調査報告書作成委員会(著) : 187-209.
- 岡田和也・内田臣一 (2016) 矢作川中流の瀬の底生動物群集の遷移におけるヒゲナガカワトビケラとオオシマトビケラの位置付け. 矢作川研究, 20: 1-11.
- 岡田和也・内田臣一・小久保 嘉将 (2016) 矢作川における造綱性トビケラ類を用いた河床搅乱の評価. 愛知工業大学研究報告, 57: 47-80.
- 笠原玉青 (2013) 河川間隙水域. 河川生態学, 中村太士(編) : 198-205. 講談社, 東京.
- 芝村龍太・小川 都 (2002) 矢作川の川砂利用. 矢作川 100年誌資料研究 第1集, 古川 彰・新見幾男・小川 都・芝村龍太(編) : 28-29.
- 島田知彦 (2018) 第3章 第7節 水とともに生きる両生類. 新修豊田市史 別編 自然, 新修豊田市史編さん専門委員会(編) : 524-545.
- 清水高男 (2010) 5. カワゲラ目の環境指標性. 河川環境の指標生物学, 谷田一三(編著) : 45-53. 北隆館, 東京.
- 白金晶子・内田朝子 (2018) 出水により剥がれたコケ植物はどうくらいで元に戻るのでしょうか?. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 208: 5.
- 白金晶子・内田朝子・内田臣一 (2012) 矢作川流域における外来二枚貝カワヒバリガイの発見から現在までの経過. 陸の水, 日本陸水学会東海支部会, 54: 43-52.
- 杉江俊城・内田臣一 (2022) 河川間隙動物(特にコナガカワゲラ属幼虫)の生息環境の特徴. 愛知工業大学研究報告, 57: 47-80.
- 高橋勇夫・新見克也 (1999) 矢作川におけるアユの生活史—I. 矢作川研究, 3: 247-267.
- Takao, A., Y. Kawaguchi, T. Minagawa, Y. Kayaba and Y. Morimoto (2008) The relationships between benthic macroinvertebrates and biotic and abiotic environmental characteristics downstream of the Yahagi Dam, central Japan, and the state change caused by inflow from a tributary. River Research and Applications, 24: 580-597.
- 竹門康弘 (1997) 溪流における水生昆虫の棲み場所保全. 砂防学会誌, 50 (210): 52-60.
- 田中 蕃 (1997) 砂利投入による河床構造回復の試みとその効果. 矢作川研究, 1: 175-202.
- 田中 蕃 (1998) 砂利投入による河床構造回復の試みとその効果 II. 矢作川研究, 2: 191-223.
- 田中 蕃 (1999) 砂利投入による河床構造回復の試みとその効果 III. 矢作川研究, 3: 203-246.
- 田中 蕃 (2000) 砂利投入による河床構造回復の試みとその効果 IV. 矢作川研究, 4: 135-141.
- 内田朝子 (2019) 続・矢作川の水中の苔. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 213: 2-3.
- 内田朝子 (2002) 矢作川中流域におけるアユの消化管内容物. 矢作川研究, 6: 5-20.
- 内田朝子・藤井 勇・山戸孝浩 (2002) 矢作川における大型糸状緑藻の時空間変動. 矢作川研究, 6: 113-124.
- 内田朝子・白金晶子 (2020) 矢作川研究の今 オオカナダモモニタリング. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 216: 6.
- 内田朝子・白金晶子・椿 涼太 (2023) 矢作川におけるオオカナダモ (*Egeria densa* Planch.) の分布と出水搅乱(底面せん断応力)との関係. 矢作川研究, 27: 11-17.
- 内田臣一・白金晶子・内田朝子・田中良樹・土井幸二・松浦陽介 (2007) 矢作川におけるカワヒバリガイの大量発生後の謎の大量死. 矢作川研究, 11: 35-46.
- 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) : 40pp.
- 山本敏哉 (2000) アユ釣りの記録からたどった釣果の変遷. 矢作川研究, 4: 169-175.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2020a) 矢作川の河床改善によるアユの生息環境の回復: 2年目の結果. 矢作川研究, 24: 35-42.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2020b) 矢作川の河床改善によるアユの生息環境の回復～大規模野外実験の3年間の結果～. 矢作川研究, 25: 67-81.
- 柳 丈陽・秋田勝巳 (2025) 高知県におけるオオメクラゲンゴロウ幼虫の記録と日本産地下水生ゲンゴロウ上科の生態に関する知見. 月刊むし, 647: 40-50.
- 吉富博之 (2006) 清流の妖精ヒメドロムシ. 森と水辺の甲虫誌, 丸山宗利(編著) : 202-214. 東海大学出版会, 秦野.
- 吉富博之・丸山宗利 (2014) ヨコミゾドロムシ. レッドデータブック 2014 (5. 昆虫類), 環境省(編) : 275. ぎょうせい, 東京.
- 吉富博之・白金晶子・疋田直之 (1999) 矢作川水系のヒメドロムシ. 矢作川研究, 3: 95-116.

# 矢作川流域の中山間地域を対象とした流出解析

杉原 弘泰\*（愛知工業大学大学院 修士2年）

内田 臣一（愛知工業大学）

**要約：**矢作川の森林・水田（耕作放棄水田を含む）・中小河川が入り組んだ中山間地域で流出解析（SWMM）を行った。SWMM のパラメータ設定を既往研究の結果を参考にして調査することによって、小渡・猿投・高橋の3水位観測所の観測値をほぼ再現することができた。解析ケース6ケース中4ケースで実測値を比較的精度よく再現した解析結果（例. 2023年梅雨前線及び台風2号に伴う降雨イベントでの解析で、パラメータ設定は観測水位に近づくように設定したケースである。実測ピーク水位 6.92 m、解析ピーク水位 6.81 m、ピーク水位の時間誤差 1 時間早い。）が得られた。森林・水田・中小河川についてさらに流出を抑制する対策を施した場合の予想を示し、豊田市八草町、小原北町石田洞、新盛町菅田和での対策の具体例を示した。

## 1. はじめに

高度経済成長期を迎えた日本は、都市化によるアスファルト舗装などで地表面の不浸透化が進み、洪水時の河川への流出量が増加した。その流域に元から存在していた保水機能、湧水機能が大幅に減少したことより、雨水の流出流下時間が短縮した。更に、近年の気候変動ヒートアイランド現象が原因とされる短期間集中豪雨の激化と頻度の増加による河川内外の氾濫、土地利用の高度化による人口・資産が共に平野・低地に集中したことが、都市型水害の被害又は、被害の確率を増大させた。例として 2000 年の東海豪雨では降水量ピーク発生後、河川水位が上昇して浸水被害が発生した際、排水能力を越える大雨が降り、市が管理する河道およびポンプ場により雨水排水している市街地に浸水被害が発生した。

### 1・1 治水対策の近年の変化

水害に対する治水対策には、当時の建設省が 1980 年に総合治水対策を導入した。総合治水対策とは、河川及び下水道その他の排水施設整備のほか、下流域へ流出する雨水増加量の抑制、水防対策の強化、他の浸水被害の発生及び拡大の防止を図るための複合的な対策である。主に三本の柱で構成されており、一つ目が河川改修対策、二つ目が流域対策、三つ目が被害軽減対策である。

しかし、気候変動の影響によって氾濫し水災害が起ることは全国各地の河川にひろがっている。2019 年 10 月の東日本台風をきっかけに、国土交通省は全国の一級水系において流域治水プロジェクトを始め、2021 年 3 月 30 日に策定、公表した。これは一級水系の全 109 水系と、二級水系の一部で、国・流域自治体・企業等からなる流域治水協議会を設置し、対策の全体像をまとめたものである（国土交通省、2024）。2021 年 5 月には実効性を確保するため、特定都市河川浸水被害対策法の改正をはじめとする流域治水関連 9 法が公布、11 月には完全施行され、流域治水時代の幕が開いた（瀧、2022）。

流域治水プロジェクトでは自治体だけでなく、流域治水協議会に加盟している電力会社などの企業にも、事前

表 1 治水対策の近年の変化

	開始日	対象河川	関係者	協議会構成員	実施内容
総合治水対策	1980年	都市部の河川 一級水系 7水系 二級水系 3水系	流域総合治水対策協議会	国交省、都道府県知事、市町村	築堤・浚渫貯留施設設置
流域治水プロジェクト	2021年3/31	全国各地の河川 一級水系 全109水系 二級水系 一部12水系	流域治水協議会	国交省、都道府県知事、市町村、 <b>電力会社、鉄道会社、林野庁、農林水産省</b>	水田貯留利水ダムの事前放流、防災講座 水害リスクライクマップ公表

防災対策に協力してもらっている（表 1）。例として利水ダムや水力発電所のダムで事前放流を行うことや、スマート田んぼダムが挙げられる（国土交通省、2024）（図 1）。

## 2. 研究目的

本研究では、矢作川流域の中山間地域を対象に流出解析を行った。豊田市高橋水位観測点から矢作ダムまでに矢作川に流入する流域を対象とした（図 2 の緑色範囲）。

国土交通省豊橋河川事務所は、矢作川水系流域治水プロジェクトで、上流域は森林整備・保全を、下流域では水田貯留を行うとしている。これについて流出解析によって検討し、さらに新たな流出抑制対策として、耕作放棄水田に貯留すること、中小河川の河床の粗度係数を大きくすることで流出抑制され、ピーク水位がどれだけ低下するか検証した。



図 1 流域治水プロジェクトの具体的な取り組み

### 3. 研究概要

#### 3・1 矢作川概要

矢作川は東海地方中央部に位置し、源流は中央アルプス南端の長野県下伊那郡大川入山（標高 1,908 m）に発している。幹川流路延長は 118 km であり、流域面積は 1,830 km<sup>2</sup> である（図 2）。飯田洞川や名倉川等の支川と合流し愛知・岐阜県境の山間部を流れ、平野部で巴川、乙川を合流し、矢作古川を分派して三河湾に注いでいる（国土交通省、2024）。

#### 3・2 矢作川水系の治水の問題

矢作川水系には治水安全度を低下させると考えられる問題点がある。それは豊田市駅から下流へ、約 2.5 km の所に「鵜の首」と呼ばれる狭窄部があることである。

狭窄部の川幅は現在、約 100 m で、この狭窄部の影響で L2 の洪水ハザードマップでは、豊田市駅や豊田市役所周辺が約 14 m 浸水すると示している。

この狭窄部については国土交通省による対策で、「矢作川鵜の首地区水位低下対策事業」という名前で、狭窄部区間の河道掘削と川幅を約 180 m に拡幅する事業をすすめている（豊田市、2025）。国土交通省豊橋河川事務所は、この事業効果を豊田市街地の久澄橋下流で東海（恵南）豪雨の際の水位ハイドログラフにおいて試算している。

それによると、河道掘削によって全体的に水位を約 0.8 m 低下でき、拡幅によってさらに水位を約 0.6 m 低下でき、事業完了で合計約 1.4 m 水位を低下できるとしている。



図 2 矢作川流域図と研究対象地域

事業完了は当初の予定では 2030 年までに河道掘削と拡幅が完了するとしている。

しかし、事業完了で 1.4 m 水位を低下できたとしても、豊田市駅周辺の市街地が危険なことは変わらない。狭窄部に入る流量を、いかに減らすかが重要で、そのためには洪水波形を遅らせることが挙げられる。

#### 3・3 「洞」の地形と土地利用

本研究では矢作ダムを流域モデルの上流端として、豊田市高橋水位観測点までに矢作川に流入する流域の流域モデルを完成させた。その範囲の流域面積は約 486 km<sup>2</sup> で、この範囲を研究対象とする。

この範囲には「洞」と呼ばれる地形が多数ある。洞とは、両側から谷が迫り平地が奥に籠った地形を指す。愛知県西部と岐阜県南部の境辺りでは、「洞」の付く地名が多い。この地形は、この地域に特有なものではなく、中国・九州では「迫」、「佐古」と称され、関東で「谷津」、「谷戸」と呼ばれるものと同じである（村上・南、2020）。

「迫」とは「山あいの小さな谷をいう。岡山県以西の中中国地方と九州地方に多い。」と説明されている（島谷、2023）。「谷津」とは台地面に刻まれた枝状の幅の狭い谷をいう（西廣、2020）。

### 4. 既往の研究

#### 4・1 森林からの流出

##### 4・1・1 森林の水源涵養機能について

かつて水源涵養機能とは、渇水緩和機能だけを意味する言葉として使われ、洪水緩和機能とは別であったが、近年では、森林が水に及ぼす作用のうち、人間の利便性や防災上の必要性と合致する作用を総称して、森林の水源涵養機能と呼ぶようになった。

具体的には洪水緩和機能、渇水緩和機能（水資源を貯留し水量を調節する機能）、水質浄化機能の 3 つが、森林の水源涵養機能である（藏治、2014）。

##### 4・1・2 緑のダム機能について

森林の水源涵養機能と緑のダム機能の違いについて整理しておく。森林の水源涵養機能は、前節で述べた 3 つであるが、そのうち水質浄化機能を除いた、洪水緩和機能と渇水緩和機能の 2 つをあわせたものを、緑のダム機能と呼ぶことが多い（藏治、2014）。

緑のダム機能のうち、洪水緩和機能を知るには、洪水時の流出について現地観測を行い、データを集め、解析することになる。河川計画の対象となるような洪水は、ごくまれにしか襲来しない。また想定外の規模の洪水が襲来すると、河川沿いに設けられた観測装置が壊れたり流出したりして、データが取れない。そのため洪水緩和機能の研究には、洪水にも耐える装置で、長期間の観測を継続する必要がある。

このような観測は東京大学が愛知県で、また森林総合研究所が山形県、群馬県、茨城県、岡山県などで戦前から続いている（藏治、2014）。

#### 4・1・3 緑のダム機能推進

藏治（2014）は多くの人が知りたがっているにも関わらず、科学的に明らかになっていないことの1つが、針葉樹林と広葉樹林で、緑のダム機能に差があるかないかという点である。

これまで常緑針葉樹林と落葉広葉樹林を比較した場合、落葉広葉樹林の方が、蒸発散量が少ないといわれてきた。しかし最近、この説の根拠となっていた米国での観測研究や全世界の研究成果をとりまとめた総説の再検討が行われ（田中ほか、2008）、その結果、両者には大きな差はないとする説が有力となってきたが、まだ確たる証拠はない。

差がないとする研究者も、その差の原因について、冬の降水の樹冠遮断による蒸発量は、常緑針葉樹林の方が多いが、冬の降水量が少ない地域ではその差が小さくなるので、結果として常緑針葉樹林と落葉広葉樹林の蒸発散量に差がほとんどなくなると解釈している（小松、2010）。

そして太田（太田、2019）は、樹種の違いに配慮するよりも、より大径木化することを優先する方が重要であると述べている。つまり針葉樹人工林であっても広葉樹林であっても、現在の森林を間伐する（場合によっては補植も行う）ことによる密度管理等によって、より高齢の森林へ導くことを第一に考えるべきだと述べている。

人工林の場合、伐採・新植から20～30年後以降を想定し、劣勢木が自然に淘汰されることを考慮すると、たとえ間伐が多少遅れていても、樹種を変更するために伐採するよりも健全な森林に改良していく方が、はるかに重要だと述べている（太田、2019）。

谷（2016）はこのようにまとめている。森林斜面で地表面流が発生するかについての観測研究は古くから行われてきた（加藤ほか、1975）。しかし過密人工林の洪水流が、広葉樹林よりも大きい傾向は、恩田（2008）のプロジェクトでの観測によれば、必ずしも降雨の規模が大きいときには確認されなかった（五味ほか、2008）。このように、観測や実験の解釈は簡単ではない（谷、2016）。

科学的な研究では、この点に関して森林の効果がプラスだとかマイナスだとか森林とあまり関係がないなどの多様な結果が得られる。これは当然であり、そのような結果を多数集めて、総合的に妥当な判断が得られてくるわけである（谷、2016）。

山田（2014）は、降雨に起因する水害に関して、これまでに緑のダムと呼ばれる森林土壤の保水による治水効果の議論がされていて、緑のダムにより水害を十分に防げるという意見もある。しかし結論を先に述べると、森林土壤の保水効果には限界があり、水害が発生する際の

強い降雨や長く継続的な降雨では、その十分な効果は期待できないと述べている。

#### 4・1・4 浸透能と下層植生

平岡ほか（2010）は浸透能と下層植生の関係を検討するために、三重県大紀町の45年生のヒノキの一斉単純林で、散水装置を用いて浸透能を測定した。その結果、下層植生による地表面の植被率が大きくなるほど浸透能が高くなるという結果が得られた。

#### 4・2 耕作放棄水田の雨水貯留について

中山間地帯に位置する水田は、洪水緩和、斜面崩壊防止、水資源涵養等の流域保全機能を有するとされ、近年進行する耕作放棄により、これらの機能の低下が危惧されている（早瀬、1994）。

吉田ほか（2012）は新潟県上越市にある中山間地域の水田と耕作放棄水田で、水文観測をして得られたデータを解析した。2007年から2009年まで試験流域の末端にて10分間隔で水位の瞬間値を観測し、別途流量観測により作成した水位一流量曲線を用いて流量に変換した。ピーク流出係数は耕作水田主体流域の0.24に対し、耕作放棄水田主体流域は0.30と1.25倍の値となった。

増本ほか（2003）は、ほ場が湿潤状態の時には耕作放棄により流出高およびピーク流出高が増大する傾向を示した。すなわち湿潤状態では土層の雨水保留機能や浸透能が小さく、地表面の水みち流れが卓越する。しかし観測状態にあるほ場では亀裂の発達によって土層の保留量や浸透量が増加し、耕作水田と比べて流出率やピーク流出高の減少につながったことを報告している。

吉田ほか（2013）は、中山間小流域を対象に、土地利用・耕作状況が異なる複数の地目からの水文流出過程を表現する分布型水循環モデルを構築した。それとともに、耕作水田・耕作放棄水田が主体の試験流域に適用して、流域水循環と水田管理状態の相互関係を評価した。

調査対象にした東頸城丘陵は、新潟県上越市に位置する。約1km<sup>2</sup>の流域面積を持つ14の小流域を抽出し、耕作水田・耕作放棄水田・森林それぞれの面積率が最大になるものを試験流域として選定した。

試験流域からの流出現象は、分布型水循環モデル（吉田ほか、2012）より表現した結果、放棄水田周辺の飽和帶から発生した地表流が、耕作水田周辺からの地表流よりも多く、この違いが流域スケールの短期流出特性の違いに寄与した可能性を示した（吉田ほか、2013）。

増本（1998）は、洪水防止機能についていえば、広域水田の持つ雨水保留量は、(a) 土地利用の違いによる流出量や流出波形の違いとしての貯留量の変化と、(b) 計画洪水時における水田地帯が持つ遊水地機能としての洪水貯留量に分けられると述べている。

前者は、流出場の違い、例えば水田域が都市域に変化することにより、貯留量が減少し、結果として流出ピー

クの増大と流出波形の先鋭化が起こる現象として理解される。すなわち、それらは雨水保存量の違いと流出ハイドログラフの波形変化として説明できる。

後者の（b）については、広域の水田地帯が、流域レベルでみた場合、洪水を貯留するバッファーとしての遊水地機能（ここではポテンシャル）を持っているというものである。

そこで水田の持つ多面的機能、特に洪水貯留機能を流域管理に利用する際に、中山間地域の水田の役割を理解し、耕作放棄地の増加とその対処法についても対策を立てる必要があると述べている。

耕作放棄により流出が変化し、最悪の場合、法面が崩壊する事例を紹介したが、特に中山間地で増加しつつある耕作放棄地の有効利用が望まれる。例えば天水田（実際には田越しの循環灌漑が行われている）では、渴水にそなえた小規模ため池としての利用の例などもみられる（増本、1998）。

西廣ほか（2020）は、印旛沼流域に多数存在する「谷津」の耕作放棄地を、湿地として保全・再生する措置がもたらす効果について意見を述べた。

かつて水田として利用され、現在では多くが耕作放棄地になっている「谷津」（台地面に刻まれた枝状の幅の狭い谷）に着目し、谷津の湿地としての維持・再生や、その流域の台地・斜面の草原や樹林の維持・再生によってもたらされる多面的機能を、既存の知見や現地での調査結果から論じたものである。

印旛沼周辺の干拓事業（1946～1969年）が完成し、稲作の生産の中心は谷津から印旛沼沿岸の低地に移行した。すると谷津の水田は、水田の狭さや高い地下水位のため、大型の機械を用いた農業に不向きであり、耕作放棄が進んでいった。

西廣ほか（2020）は、谷津の放棄水田の活用に期待される効果を述べている。それは流域の水田は畦畔の存在によって雨水を一時貯留する機能を有していること、そしてそれは同時に水田の湿地ハビタットとしての機能の保全にもつながることである。多数の谷津で流出抑制が生じることで、ピーク流量や総流出量の抑制効果の期待値が高まるとしている。

島谷（2023）は、湿地再生×流域治水×OECMを同時に達成するための研究対象として迫を取り上げ、治水、環境に対する効果の検証、その実装に取り組んでいる。

「迫」とは「山あいの小さな谷をいう。岡山県以西の中中国地方と九州地方に多い。」と説明されている。

島谷（2023）は、放棄水田となった迫田の自然を再生し、迫湿地内に小堤を設置し遊水地として機能させ流出抑制に取り組み、さらに湿地の再生管理を実施している。迫の自然再生には、集水域である台地上の森林や農地を含めた環境の連続性・水循環・化学肥料や農薬、土壤流出などの管理が必要となる。また迫は集水域をもっており、土木的工法の確立と集水域を含めた治水効果の検証

が必要であると提案している。

そこで本研究では、矢作川の中山間地における支川流域の耕作放棄水田において、降水を一時的に貯留した場合の流出解析を行う。

#### 4・3 中小河川を通った流出

島谷（2023）は、流域治水の手法として流出抑制対策、氾濫流コントロール対策、流域治水ソフト対策を流域治水対策の3手法としてカテゴライズし、研究および実装を行っている。

流出抑制対策は、河川の基準点の流量を減らそうとする場合、それぞれの場所からの発生量を減らす手法、流達率を減らす手法（図3上）、洪水波の時間差を活用し加算量を減らす手法（図3下）の、3手法が流出抑制手法として存在することになる。流達率は河道の形態による河道貯留、流量波形、粗度係数などに影響受け、時間によって変化することに注意が必要であると述べている。

よって、流達率を減ずるためには、氾濫域の確保、蛇行再生、粗度上昇、河道貯留量の増加が想定される（島谷、2023）。

#### 5. 研究方法

##### 5・1 流域全体の流出解析

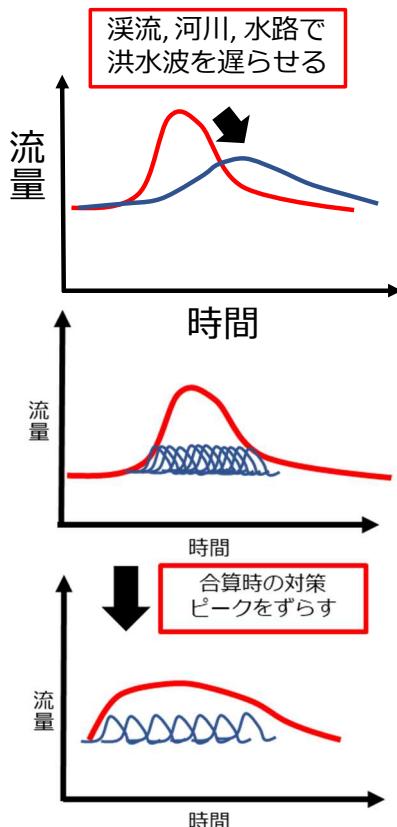


図3 流出抑制対策のうちの2つ  
(島谷（2023）を参考に描画)

流出解析を行うソフトは SWMM (Storm Water Management Model) を使用し、Dynamic Wave Model で流出解析を行った (United States Environmental Protection Agency, 2024)。SWMM とは米国環境庁(US-EPA)が開発した雨水管理モデルであり、都市部や都市近郊の地域を対象として、雨水排水路、貯留浸透施設、下水道等の機能を組み込み対象流域における汚水・雨水を総合的に解析と評価をすることができる。

SWMM は非線形のタンクモデルである。神田ほか (1993) を参考として、SWMM における流出の基礎式を以下に示す。

本解析での流出の基礎式は式 (1) である。

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{dd}{dt} = Ai - Q \quad (1)$$

ここで、 $V$ : 集水域上の水量、 $d$ : 水深、 $t$ : 時間、 $A$ : 集水域の面積、 $i$ : 降雨超過(降雨強度-浸透能)、 $Q$ : 流出量である。また  $Q$  は以下の式 (2) で示される。

$$Q = W \frac{1}{n} (d - dp)^{\frac{5}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

ここで  $W$ : 集水域の幅、 $d_p$ : 凹地貯留の深さ、 $I$ : 集水

表 2 SWMM で使用した要素（上）と  
SWMM の各要素に設定する項目（下）

実物での呼び名	河川(河道)	河川(合流地点など)	地表面	降水
SWMMでのアイコン				
SWMMでの呼び名	導管	合流	集水域	降水量
説明	断面形状・勾配を設定	標高を設定	降水量をここに組み込む	気象庁などから入手

導管(link)	長さ、断面形状、粗度係数、勾配
合流(node)	標高
集水域	流入 node 番号、不浸透面積率、面積、Horton の浸透能

域の勾配である。

SWMM では窪地貯留による降雨の遮断、不飽和土壤層への降雨の浸透、浸透した水が地下水層へ浸透することなど様々なプロセスを考慮して流出解析できる (Wayne C. Huber, Lewis A. Rossman, Robert E. Dickinson, 2006)。SWMM の歴史と手法に関する追加情報は、SWMM4 のドキュメント (Huber and Dickinson, 1988, Roesner et al., 1988, James et al., 2002) を参照されたい。

流出解析を行う前に入力するデータのことを流域モデルという。これは表 2 (上) に示すように、河川は導管

(node) と合流 (link)、森林や田畠、市街地など河川以外の地表部分は集水域、降水は降水量と呼ぶもので構築される。それぞれに設定する項目を表 2 (下) に示す。長さ、断面形状、不浸透面積率、面積、標高は地理院地図の計測ツール、標高から設定する。粗度係数と Horton の浸透能は、平岡 (2010) が設定した値と他の論文を参考にして設定した。

設定して流域モデルを構築した後に降水量と上流端からの流量を入力して流出解析を行い、解析結果を得る (図 4)。

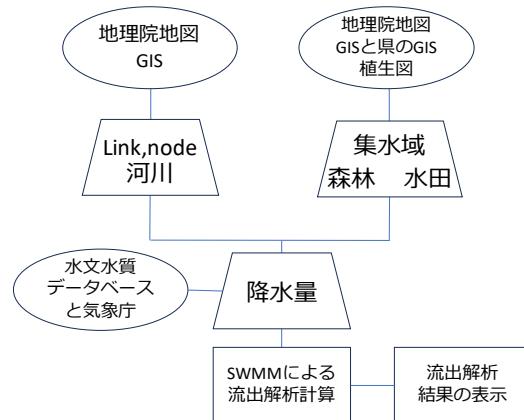


図 4 SWMM の流出解析の流れ



図 5 SWMM の適用例

## 5・2 流域モデルの作成

本研究において、導管 (link) の長さと断面形状 (深さ、川幅、法勾配) は地理院地図の計測ツールを用いて設定した。

粗度係数は河川砂防技術基準 (案) 調査編を使用し設定した。合流 (node) の標高は地理院地図に示される標高を用いて設定した。集水域の面積は地理院地図の GIS 作図ツールを用いて面積を求めた。

不浸透面積率は、集水域の面積に対する不浸透域の面積の割合なので、地理院地図の計測機能で不浸透域の面積を求めて設定した。

Horton の浸透能は平岡 (2010) や相馬ほか (2005) の現地試験によって求められた浸透能を、本研究で用いる。また矢作川水系明智川流域の森林域では、常緑樹林や落

葉広葉樹林ごとにそれぞれの浸透能を設定した。

耕作放棄水田に貯留することを流域モデルに反映するために、貯留アイコンを用いた。現地調査によって、畦の高さは 40 cm だったことから、貯留できる最大の高さは 37 cm として、耕作放棄水田の面積は地理院地図の GIS 作図ツールを用いて求めた。

粗度係数は矢作川本川と支川で設定値を分けた。図 5 に SWMM の画面の例を示す。豊田市猿投水位観測点周辺の流域モデルの画面である。

### 5・3 解析の概要

解析ケースは 3 ケースで行った。森林がはげ山で中小河川の河床の粗度係数が小さい、流出量が多くなるような極端な状態に設定した流出解析を case1、現状に近い状態の case2、耕作放棄水田に貯留する流出解析を case3 とした。Case3 は研究対象範囲 486 km<sup>2</sup> のうち、0.516 km<sup>2</sup> の水田で貯留を実施した。

流出解析に用いた降雨イベントは、2013 年 9/15 から 9/16 にかけて台風 18 号の時のものと、2023 年 6/1 から 6/3 にかけて梅雨前線及び台風 2 号による降雨である。

降水量の記録は水文水質データベース（2024）と、気象庁過去の気象データ検索から得た。降水量観測点合計 9 地点の降水量の記録を利用した。小原で観測された雨

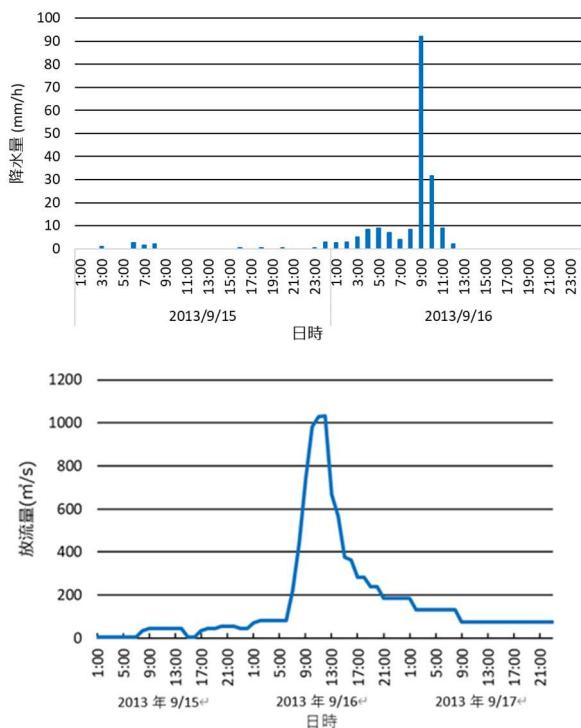


図 6 豊田市 小原の降水量（上）と  
最上流端として流下させた矢作ダムの放流量（下）

量を図 6（上）に示す。解析期間は 2013 年 9/15 の 1:00～9/19 の 24:00 と、2023 年 5/31 の 21:00～6/4 の 6:00 である。各雨量観測点に近い集水域に、各降水量を入力させて流出解析を行った。

流域モデルに入力する流量は、矢作ダムで観測された放流量を水文水質データベース（2024）から得て使用した。期間は 2013 年 9/15 の 1:00～9/17 の 23:00（図 6 下）と、2023 年 5/31 の 1:00～6/4 の 6:00 である。流域モデルの最上流端として、矢作ダムの放流量を流域モデルに流下させて解析した。

## 6. 解析結果

### 6・1 矢作川支川の解析結果と考察

阿摺川と矢作川の合流点での水位ハイドログラフを、図 7 に示す。はじめの水位ピークの山が case2 よりも case1 の方が高かった。これは Case1 の粗度係数が case2 よりも小さいので流速が速くなり、流下が早まったからだと考える。

### 6・2 矢作川本川の解析結果と考察

水文水質データベース（2024）にある、小渡から高橋までの水位観測所で、実際に観測された水位の観測値と、SWMM の解析結果の水位で比較する。まとめて表 3、図 8 に示す。

2013 年台風 18 号の時の降雨での解析結果について、猿投の観測値は 9/16 11:00 に最大値 7.78 m を記録した。解析結果のピーク水位は case1 では同時刻に最大値 7.52 m、case2 では同時刻に最大値 6.77 m となった。高橋では観測値は 9/16 12:00 に最大値 4.40 m を記録し、解析結果の case1 では同時刻に 5.17 m、case2 では同時刻に 3.87 m であった（図 8 下）。

2023 年の梅雨前線及び台風 2 号による大雨を用いた解析結果では、猿投の観測値は 6/2 15:00 に最大値 6.92 m を記録した。解析結果のピーク水位は case1 では 5 時間早い 10 時に最大値 7.57 m、case2 では 1 時間早い 14 時に最大値 6.80 m となった（図 8 上）。高橋では観測値は 6/2 16:00 に最大値 4.21 m を記録し、解析結果の Case1 では 5 時間早い 11 時に 4.31 m、case2 では 1 時間早い 15 時に 4.04 m となった。

Case1 は森林の浸透能が低く、中小河川の粗度係数も

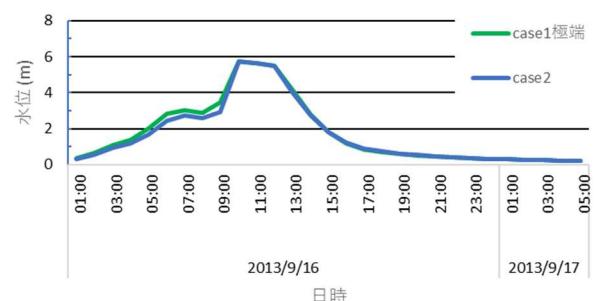


図 7 2013 年台風 18 号の阿摺川合流点の  
水位のハイドログラフ

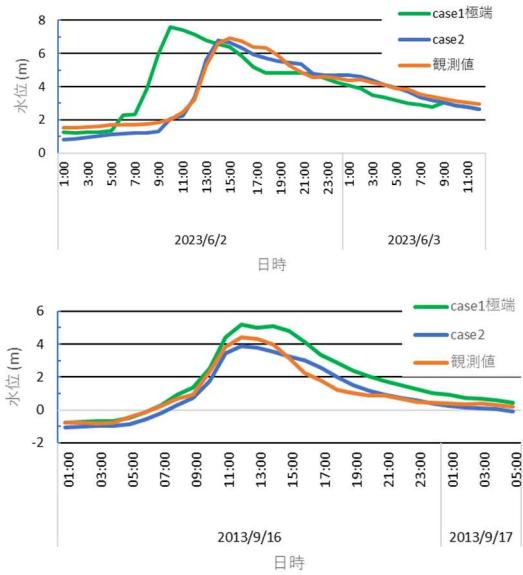


図 8 観測値と解析結果の水位の比較  
(上 : 2023 年降雨の猿投、下 : 2013 年降雨の高橋)

表 3 Case1 と Case2 でのピーク水位結果

水位 (m)	2013年台風18号		2023年梅雨前線及び台風2号			
	観測値	Case1	Case2	観測値	Case1	Case2
小渡	4.76	3.43	3.98	4.98	2.24	2.56
猿投	7.78	7.52	6.77	6.92	7.57	6.80
高橋	4.40	5.17	3.87	4.21	4.31	4.04

低い設定である。よって河川への流出が早まり、また流出量も増えたと考えられる。その結果ピーク流達時間が早まり、ピーク水位も観測値よりも高くなつた。

### 6・3 提案：流出を抑制する設定

耕作放棄水田に貯留し、中小河川の河床の粗度係数が高い値 (0.05: 若干の石、雑草がある) にして解析した。解析ケース名は case3 とした。対象とした耕作放棄水田と耕作水田を例示すると、豊田市八草町、小原北町石田洞、新盛町菅田和にある。

### 6・4 矢作川支川における流出を抑制した場合の解析結果と考察

耕作放棄水田に貯留した解析結果を、横軸は日時で縦軸は耕作放棄水田の湛水水深であらわし、図 9 に示す。放棄水田 2 は放棄水田 1 と連結していて、放棄水田 1 の下流につながっている。よって放棄水田 1 にある程度貯留されると、それ以降は放棄水田 2 が満杯になるまで貯留されるという様子が図 9 から考えられた。

耕作放棄水田貯留の有無での支川の水位変化を、貯留した耕作放棄水田の下流で水位ハイドログラフを作成し図 10 に示す。case2、case3 どちらも 9/16 10:00 に水位のピークがあった。Case2 のピーク水位は 0.62 m で、case3 のピーク水位は 0.57 m であった。耕作放棄水田に貯留す

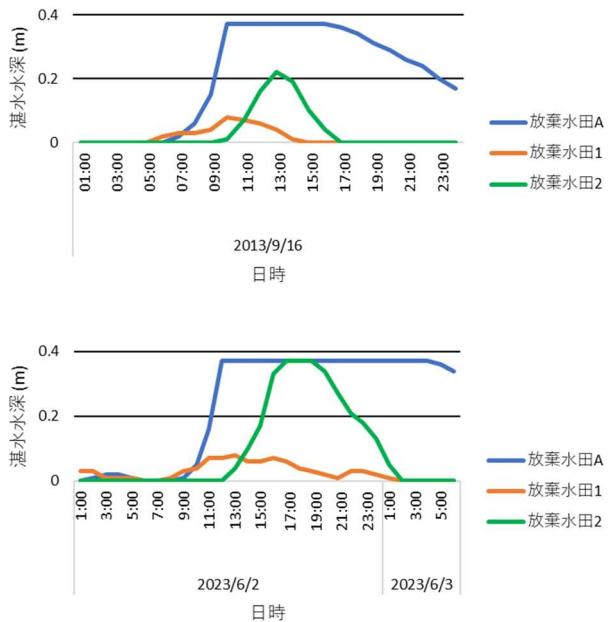


図 9 耕作放棄水田の貯留による湛水水深  
ハイドログラフ (上: 2013 年降雨 下: 2023 年降雨)



図 10 2013 年台風 18 号の耕作放棄水田貯留の  
有無による支川での水位の比較

ることで、その下流の支川のピーク水位が 5 cm 低下した。

### 6・5 矢作川本川における流出を抑制した場合の解析結果と考察

6.2 節と同様に、水文水質データベース(2024)にある、小渡から高橋までの水位観測点で、実際に観測された水位の観測値と、SWMM の解析結果の水位で比較する。まとめて表 4、図 11 に示す。

2013 年台風 18 号の時の降雨での解析結果について、猿投の観測値は 9/16 11:00 に最大値 7.78 m を記録した。解析結果のピーク水位は case2 では同時刻に最大値 6.77 m、流出を抑制する設定の case3 では同時刻に最大値 6.83 m となった (図 11 上)。高橋では観測値は 9/16 12:00 に最大値 4.40 m を記録し、解析結果の case2 では同時刻に 3.87 m、case3 では 11 時に 3.82 m であった。

2023年の梅雨前線及び台風2号による大雨を用いた解析結果では、猿投の観測値は6/2 15:00に最大値6.92mを記録した。解析結果のピーク水位はcase2では1時間早い14時に最大値6.80m、case3では14時に最大値6.78mとなった(図11下)。高橋では観測値は6/2 16:00に最大値4.21mを記録し、解析結果のCase2では1時間早い15時に4.04m、case3では15時に4.24mとなった。2013年台風18号の降雨で、猿投の水位のハイドログラフの形が、観測値よりも解析結果の方がなだらかになった。

ハイドログラフの形がなだらかになるということは、ピーク水位が低くなったり、下流へ流下する流量が分散したりすることになる。そのようになると河道の断面積にゆとりが生まれ、越流や氾濫する危険度が下がる。

緑のダムが保水する能力の限界に達し、河川へ流出した分の流量を、耕作放棄水田に貯留したり、中小河川の粗度係数を上げたりすることで、ピーク水位低減効果が出る。

流出を抑制する設定のcase3では、2013年台風18号の降雨イベントで解析をした場合の猿投では観測値よりも1.1mピーク水位が低下し、2023年梅雨前線及び台風

表4 Case2とCase3でのピーク水位結果

水位 (m)	2013年台風18号			2023年梅雨前線及び台風2号		
	観測値	Case2	Case3	観測値	Case2	Case3
小渡	4.76	3.98	3.88	4.98	2.56	2.59
猿投	7.78	6.77	6.83	6.92	6.80	6.78
高橋	4.40	3.87	3.82	4.21	4.04	4.24

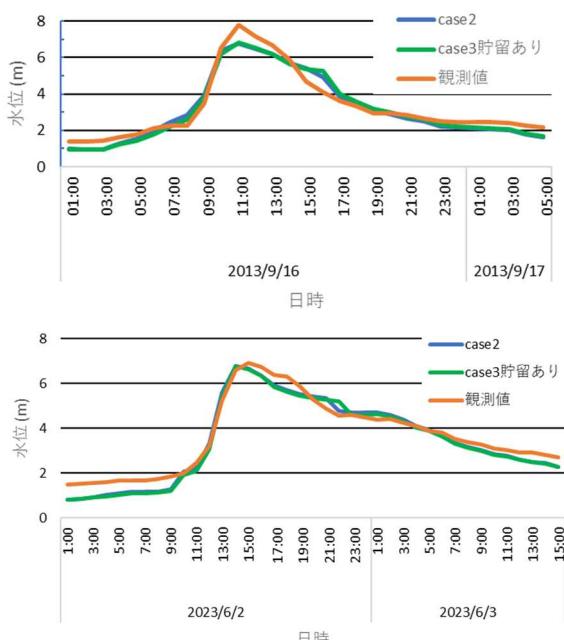


図11 猿投水位観測点の観測値と解析結果の水位の比較（上：2013年降雨 下：2023年降雨）

2号の降雨イベントで解析した場合は猿投では観測値よりも0.14m低下した(表4)。

## 7. 流出を抑制する設定を可能にする具体例

Case3の設定を可能にする具体例は、耕作放棄水田に貯留すること、穴あきダムを造ること、川幅を局所的に拡幅すること、3面コンクリート張り河川の河床のコンクリート張りをやめることが挙げられる。

### 7・1 耕作放棄水田に貯留

耕作水田が放棄されたきっかけやタイミングは、様々である。1971年の減反政策、その後の1980年代・1990年代、2000年以降の3つのタイミングで耕作放棄水田になったと考えられる。これは、現地の方の聞き取りと、空中写真判読から考えた。

河川沿いに耕作放棄水田があり、河川の水を容易に取水できる耕作放棄水田は、すぐに貯留ができる。容易に取水する方法は、耕作水田時に使用していた取水口そのまま使用する方法(図12上)と、遊水地のようにして河川から耕作放棄水田に直接流入させる方法(図12中)、河川にリーキーダム(近藤・萱場、2024)を設置して取水する方法(図12下)が考えられた。

### 7・2 三面コンクリート張り河川をやめること

宮崎県高千穂町を流れる山附川では、2005年9月に台風14号によって川沿いの棚田を深くえぐり取っていった。川を管理する高千穂町は、住宅や農地が隣接する被災箇所2.1kmの区間の復旧工事を実施した(大井、2009)。

その際、災害復旧と併せて地域の自然環境を回復する川づくりを実践することを目的に、島谷教授をアドバイザーとして改修の計画を立案した。島谷は「上流の流れを速め、下流に速やかに水を流すこれまでの手法は下流域に洪水を発生させる結果につながった。山附川では被災した部分で川幅を広げるなどして、流速が上がらない改修を試みた。将来の洪水の危険性は減り、環境にも良い。これまでの河川改修とは異なり、治水と環境を統合した設計だ。」と説明した。

被災した区間では、被災して流失した水田を買って川幅を広げ、護岸の法面を曲線的に施工し、巨石は利用方法を見極めて生かす施工をした(大井、2009)。

同様の河川改修施工事例は、宮崎県高千穂町を流れる神代川で、2024年10月に河川再生整備事業が完了した事例がある(大井、2025)。

## 謝辞

本研究の一部は愛知工業大学大学院 工学研究科 博士前期課程 建設システム工学専攻において、杉原が内田の指導の下に履修した「水圏環境・生態学特別研究」

の成果である。また学部4年と修士1年の際に流出解析をご指導いただいた愛知工業大学 工学部 社会基盤学科戸由能教授に、心より感謝申し上げる。



図 12 耕作放棄水田に取水する例

#### 引用文献

- 五味高志, 恩田裕一, 寺嶋智巳, 水垣 滋, 平松晋也: ヒノキ林流域と広葉樹林流域の降雨流出の違い, 恩田裕一編, 人工林荒廃と水・土砂流出の実態, 岩波書店, 東京, pp.73-pp.85, 2008.
- 早瀬吉雄: 水田地帯の洪水防止・軽減機能の評価と機能向上事業の提案, 農業土木学会誌, 62巻10号, pp.943-pp.948, 1994.
- 平岡 真合乃: ヒノキ人工林における浸透能に対する下層植生の影響, 日本林学会誌, 92, pp.145-150, 2010.
- Huber W.C. and R.E. Dickinson : Storm Water Management Model Version 4, User's Manual, US-EPA, EPA/600/3-88/001a (NTIS PB88-236641/AS), Athens, Georgia, 1988.
- James, W., W.C. Huber, R.E. Pitt, R.E. Dickinson, L.A. Roesner, J.A. Aldrich, and W.R.C. James : Hydraulics, A Guide to the Extran, Transport, and Storage Treatment Modules of the USEPA SWMM4, CHI Publications, Guelph, Ontario, 2002.
- 加藤博之, 福島 義宏, 鈴木雅一: 山腹斜面の流出機構について (1) ライシメーターと表層流出量について, 京都大学演習林報告 47, pp.74-pp.85, 1975.
- 神田 徹, 神吉和夫, 山田 敏, 西山武志: SWMM 法を用いた都市下水道流況予測システム, 水工学論文集, 第 37 卷 pp.117-122, 1993.
- 国土交通省: 流域治水プロジェクト. [https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki\\_pro/index.html](https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_pro/index.html) (最終閲覧日 2025 年 2 月 21 日).
- 国土交通省中部地方整備局: 矢作川水系河川整備計画, 2009.
- 国土交通省: 水文水質データベース, 2024.
- 国土交通省豊橋河川事務所: 矢作川流域治水プロジェクト取組状況 (機関毎), <https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagigawaruuikeisui/r050313/sankoushiryou1.pdf>, (最終閲覧日 2025 年 2 月 21 日).
- 小松 光: 森林と水資源, 水利科学, 54巻3号, pp.1-pp.29, 2010.
- 近藤学永, 萱場祐一: リーキーダム (透過型ダム) が洪水波形に与える影響に関する基礎的研究, 令和 6 年度土木学会全国大会第 79 回年次学術講演会要旨, 土木学会, 河道の水理 (1), II-84, 東京, 2024.
- 藏治 光一郎, 保屋野 初子編: 緑のダムの科学 減災・森林・水循環, 築地書館, pp.2-12, pp.169-pp.183, 東京, 2014.
- 増本隆夫: 水田の貯留機能評価と水資源の流域管理にみるパラダイム・シフト, 水文・水資源学会誌, 第 11巻 7 号, pp.711-pp.722, 1998.
- 増本隆夫, 野添 学, 吉村 亜希子, 松田 周: 耕作放棄に伴う流出量変化を評価する中山間水田流出モデル, 農業土木学会論文集, 2003巻, 224 号, pp.175-pp.184, 2003.
- 村上哲生, 南 基泰: 洞学一洞の自然と人との関わりー, 風媒社, pp.4-pp.8, 名古屋, 2020.
- 西廣 淳, 大槻順朗, 高津文人, 加藤大輝, 小笠原 燐悟, 佐竹康孝, 東海林 太郎, 長谷川 雅美, 近藤昭彦: 「里山グリーンインフラ」による気候変動適応: 印旛沼流域における谷津の耕作放棄田の多面的活用の可能性, 応用生態工学, 22巻2号, pp.175-pp.185, 2020.
- 大井智子: 「広がりたがる」川の意をくんで復旧, 日経コンストラクション学生向け特別編集版土木のチカラ 2010, 日経 BP 社, pp.28-pp.31, 東京, 2009.
- 大井智子: 河道を蛇行させて岩盤河床まで復元神代川かわまちづくり (宮崎県), 日経コンストラクション,

2025 年 1 月号, 日経 BP 社, pp.24-pp.29, 東京, 2025.

太田猛彦 : 森林政策を考える. ダムと緑のダム 狂暴化する水災害に挑む流域マネジメント, 虫明功臣, 太田猛彦, 日経 BP, pp.97-pp.147, 東京, 2019.

恩田裕一編: 人工林荒廃と水土砂流出の実態, 岩波書店, pp.1-pp.19, pp.31-pp.39, pp.73-pp.85, pp.191-pp.200, 東京, 2008.

Roesner, L.A., J.A. Aldrich, and R.E. Dickinson : Storm Water Management Model, Version 4, User's Manual: Extran Addendum, USEPA, EPA/600/3-88/001b (NTIS PB88-236658/AS), Athens, Georgia, 1988.

島谷幸宏 : 球磨川流域を対象とした緑の流域治水の概念化とそれに基づく実践, 河川技術論文集, 第 29 巻, pp.425-pp.430, 2023.

相馬ふきの, 洲崎燈子, 野崎健太郎 : 足助町大河原川の源流域における森林土壤の浸透能, 矢作川研究 No.9, pp.61-68, 2005.

瀧 健太郎 : 「流域治水」の実現可能性, 土木学会誌, 107 (12), pp.24, 東京, 2022.

田中 隆文, 鈴木 賢哉 : 「Bosch & Hewlett 1982」再考—針葉樹林・広葉樹林という二分論からの脱却—, 水利科学, 52 卷 1 号, pp.46-pp.68, 2008.

谷 誠 : 水と土と森の科学, 京都大学学術出版会, pp.1-

pp.243, 京都, 2016.

豊田市 : 矢作川鵜の首地区水位低下対策事業について, <https://www.city.toyota.aichi.jp/kurashi/koutsu/douro/1012046/1058349/index.html>, (最終閲覧日 2025 年 2 月 21 日).

United States Environmental Protection Agency : SWMM, <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>, (最終閲覧日 2025 年 2 月 21 日).

Wayne C. Huber、Lewis A. Rossman、Robert E. Dickinson : EPA Storm Water Management Model, SWMM5. WATER-SHED MODELS, Taylor & Francis, pp.339-pp.359, アメリカ, 2006.

山田 正 : 河川工学、治水の立場から. 緑のダムの科学 減災・森林・水循環, 蔵治 光一郎, 保屋野 初子編, 築地書館, pp.31-pp.45, 東京, 2014.

吉田武郎, 増本隆夫, 工藤亮治, 谷口智之, 堀川直紀 : 広域水田灌漑地区の用水配分・管理モデルの実装による流域水循環のモデル化, 農業農村工学会論文集, 第 80 卷第 1 号, pp.9-pp.19, 2012.

吉田武郎, 増本隆夫, 堀川直紀, 皆川裕樹 : 中山間水田が主体の小流域における短期流出過程のモデル化, 農業農村工学会論文集, 第 81 卷第 3 号, pp.235-pp.244, 2013.