

第19回 矢作川学校 ミニシンポジウム



日 時 2024年3月2日(土) 13:00 ~ 17:00
会 場 豊田商工会議所 2階 多目的ホール
豊田市小坂本町 1-25
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、「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り組みを発展させ、中・高校生と各大学研究室との架け橋として交流を図り、研究の活発化をめざすミニシンポジウムを開催してきました。若い世代に「科学的なまなざし」の楽しさ、面白さを伝えられるように、また、異なる専門分野の研究者同士が議論を深められるようにしていきたいと思ひます。

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)
〒471-0025 豊田市西町 2-19 tel:0565-34-6860	

令和5年度 第19回 矢作川学校ミニシンポジウム プログラム

日時：2024年3月2日（土）13:00～ 会場：豊田商工会議所 多目的ホール（2階）

タイムスケジュール	発表者（所属）	タイトル	ページ番号
13:00		開場，発表および質疑応答に関する説明	
13:25		開会あいさつ	
13:30	1 山本 大輔（豊田市矢作川研究所）	「小学校5年生向け流域学習プログラムの取組紹介」	1
13:50	2 田中・清水・水野・近藤・石川（愛知工業大学 土木工学科 4年）	「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」	3
14:02	3 田中 遥翔（愛知工業大学 土木工学科 4年）	「矢作川上流（恵那市上矢作町海）における微地形の変化」	9
14:13	4 清水 剛志（愛知工業大学 土木工学科 4年）	「矢作川水系におけるコナガカワゲラ属の生息状況」	19
14:24	5 水野 慎也（愛知工業大学 土木工学科 4年）	「矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査」	25
14:35	6 近藤 永（愛知工業大学 土木工学科 4年）	「矢作川下切におけるヒゲナガカワトビケラとチャバネヒゲナガカワトビケラの生活史」	35
14:46	7 石川 進一郎（愛知工業大学 土木工学科 4年）	「矢作川水系などにおけるヒメドロムシ科の生息状況」	40
14:56		休憩（集合写真撮影）	
15:20	8 野村沙希（椋山女学園大学教育学部 4年）	「絵本で伝える分解者の姿—生態系の物質循環における土壌動物の役割—」	49
15:35	9 森井 悠斗（愛知工業大学 土木工学科 1年）	「広見川上流におけるタモロコの分布の調査による拠点探索」	51
15:50	10 櫻井 郁也（愛知工業大学 土木工学科 修士2年）・中川 源悠（愛知工業大学土木工学科 4年）	「淡水エビ類の分布と河川横断工作物の影響」	53
16:10		総合討論	
16:45		閉会あいさつ	

小学校 5 年生向け流域学習プログラムの取組紹介

山本 大輔（豊田市矢作川研究所）

．はじめに

豊田市は、ものづくりが盛んなまちでありながら、市域の 7 割を森林が占める自然豊かなまちであることから、都市と山村が共存する日本の縮図とも言える中核市である。地理的には矢作川流域の中央部を占め、市域を南北に矢作川が貫流している。これらの自然は豊田市の発展に不可欠なものであり、特に高度経済成長期には流域の開発が盛んに行われた（矢作川漁協 100 年史編集委員会，2003）。

この流域では、民間主導の環境保全対策である矢作川方式で知られる矢作川沿岸水質保全対策協議会の取り組み（内藤，1988）をはじめ、様々な主体による環境保全や啓発が行われてきた。環境学習についても、市内の学校教育で広く行われている（豊田市教育委員会，2023）。しかし、学校の立地条件によって河川が近ければ水質や水生生物、森林が近ければ人工林や林業というように、自然環境に関する個々のテーマで実施されており、それらを包括する、流域という視点について学ぶ機会はほとんど無い。

そこで、豊田市では、自然環境の基本的なまとまりである流域について、児童にとって身近な豊田市の事例をもとに学び、都市と山村が共存する持続的な社会構築のために、あらゆる場面で自然環境に尊重、配慮できる人づくりを目的とした流域学習プログラムの構築に取り組んでいる。本発表では令和 3～4 年度の実施状況を中心に紹介する。

．流域学習プログラムの試行内容

学習資料の作成にあたり、学校教育での扱い易さを考慮して、小学校第 5 学年社会科の単元「わたしたちの生活と森林」「環境を守るわたしたち」の内容に沿うことにした。この単元では、流域を構成する森林および河川の役割や変遷、身近な生活との関わりについて、豊田市外の事例により説明されている。そのため、教科書の掲載事例を豊田市での出来事に置き換え、森林と河川で各 1 コマ（45 分）の説明時間になるようにプレゼンテーションソフトにまとめた。

授業での試行は、令和 3～4 年度に 5 校の小学校 5 年生を対象に実施し、令和 5 年度も継続して実施中である。座学での説明は、講師が一方向的に話し続けるのではなく、児童へ問いかけてやり取りすることを意識した。また、プログラム実施に合わせて、実施校の担任や、身近な教育資源の活用に関わる教員にヒアリングを実施した。

．プログラムによる子どもたちの反応

説明をした際の児童の反応はクラスによって異なった。しかし、問いかけに回答するのは自然環境に関心がある児童に偏る印象を受けた。説明において反応が良かったのは、

川が排水で泡立つ様子や、はげ山になり木が全く生えてない様子などのインパクトの強い写真を見せた時や、校庭の草むしりをしないなど放置しておくといずれ森になるといった身近なものと紐づけて説明をした時などだった。また、地図上に示した、ある範囲が何かを問いかけると、豊田市や愛知県の行政区域は多くの児童が正しく答えられていたが、流域を示した問いに答えられる児童はほとんどいなかった。

プログラムの振り返りとして、ある学校では担任の発案により、児童が4コマ漫画を作成し、印象に残った内容や感想を表現した。描かれた内容は、過密人工林が災害の要因になること、上流の人が川を汚すと下流に影響があることなど、座学の説明の一部を反映したものが多かった。一方で、細い過密人工林を木材として建てた家はすぐ壊れてしまう、という漫画に、ちゃんと手入れをしないといい木はつukれない、というコメントを添えた、学んだことを活かしてユニークな表現をしたものもあった。

・今後の取り組み

ヒアリングでは教員の目線から様々な意見が聞かれ、担任自身が流域や豊田市の事例を初めて知ったという感想があった。説明に関しては、時間に対して説明の量が多いため、量を減らしたりワークシートを使わせたりするとよい、問いかけよりも隣席の児童と話し合わせたり3択クイズにしたりすると多くの児童が回答しやすい、などの助言があった。

また、教科書掲載の事例が別の都道府県なので担任も児童も内容が理解しにくかったという意見があった一方で、第5学年の社会の単元は国土への理解や愛着を狙うものであり、市町村の事例の説明だけでは学習指導要領(文部科学省,2017)に沿っていないので改善が必要などの意見があった。

今後は、段階的に実施校を拡大しながら、学習指導要領に合わせて教科書掲載事例を併記した副読本のような学習資料の作成や、児童が回答しやすいような説明の工夫を検討し、プログラムを構築していきたい。

・参考文献

矢作川漁協 100年史編集委員会(2003),環境漁協宣言 - 矢作川漁協 100年史,第4章 川との距離, pp.201-256.

文部科学省(2017),小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 社会編, pp.70-96.

内藤連三(編著)(1988),水は生きている - 共存の条件を求めて 矢作川方式 -, 風媒社.

豊田市教育委員会(2023),令和5年度豊田市の教育,3 小中学校教育, pp.22-30.

本要旨は第三回日本河川教育学会三重大会ポスター発表要旨を一部修正したものである

矢作川における水生無脊椎動物などについての研究の背景

愛知工業大学 4 年
田中 遥翔 水野 慎也
清水 剛志 近藤 永
石川 進一朗

1. 矢作川における河床の攪乱不足

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 km² 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コート化という現象が起きたことにより河床が極めて安定し、攪乱に乏しい状態となった（北村ほか, 2001）。また、河床のアーマーコート化によって、砂礫底を好む種の生息環境が減少している（豊橋河川事務所, 2008）。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ったことによっても河床の攪乱が減り（北村ほか, 2001）、さらなる河床の安定を促したと考えられる。このため、矢作川中流部の一部区間において、カワシオグサ *Cladophora glomerata* などの大型糸状緑藻の大繁茂（田中, 2000; 内田 2000; 豊田市矢作川研究所, 2008）、外来の二枚貝カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* の侵入と大発生（白金ほか, 2012）、外来の水草オオカナダモ *Egeria densa* の大繁茂（内田ほか, 2014）が生物の異常発生として問題となっている。

河床の攪乱不足によって水域と陸域の二極化が生じ、砂州が固定化されている（豊橋河川事務所, 2008）。二極化が進行した河道形状においては、浸食されやすい地形が形成されその地形において出水がトリガーとなり、河岸浸食が発生すると考えられる（橋本ほか, 2020）。（田中）

2. 矢作川中流の水生生物の問題

2.1 カワシオグサ

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）。珪藻や藍藻等、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っている。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 3 種の大型糸状緑藻が繁茂している（内田ほか, 2002; 豊田市矢作川研究所, 2008）、これらの繁茂はアユがなわばりを形成する時期と重なっていないため、問題視されていない。

2.2 カワヒバリガイ

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けられた（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った（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（株）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、問題となった（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っている可能性がある（内田ほか, 2007）。（清水）

2.3 オオカナダモ

オオカナダモは、越戸ダムから豊田大橋付近ま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。さらに、河床のオオカナダモの群落は川の流れを緩め、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）。そこで、様々な団体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）。（石川）

2.4 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、河床を優占し始める（三宅, 2013）。矢作川においても造網性トビケラ類が河床を優占し始め、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

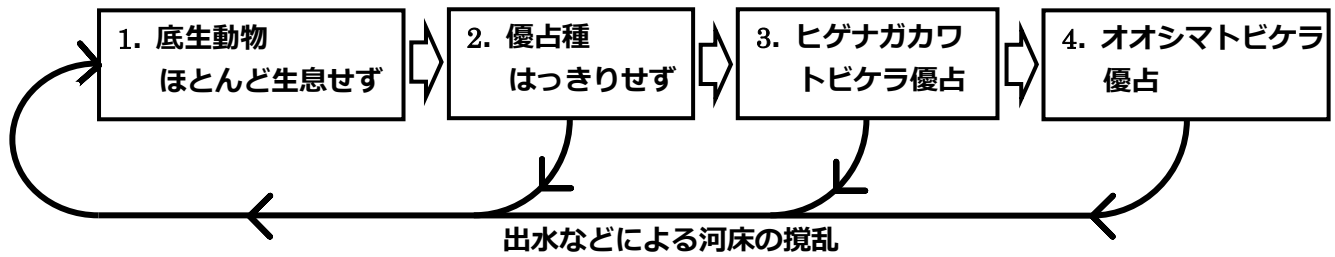


図1 矢作川中流の瀬における底生動物群集の遷移仮説 (岡田・内田, 2016)

が礫の隙間に巣を張り巡らせ時が、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* が優占する状態が極相だと考えられている (岡田・内田, 2016)。

この優占種の交代は、河床へ攪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優占の群集」より「オオシマトビケラ優占の群集」が攪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攪乱を広く 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、攪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攪乱を評価することはできなかった。

一方、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 箇所まで底生動物を採集した。各箇所において長径 20~40 cm 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 (山内, 2019)。(近藤)

2.5 カワゲラ類

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



図2 矢作川で行われた実験地点

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、カワゲラ類のコナガカワゲラ属幼虫は、通常の底生動物の採集方法では採集される数が少なく、河床掘削採集により河川間隙水域に多く生息されてい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、河床に強い攪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、コナガカワゲラ属幼虫などは強い河床攪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)。(清水)

2.6 カゲロウ目 Ephemeroptera

カワゲラ目は有翅昆虫類に属し、世界のカゲロウ目の科および属のチェックリストによると(Hubbard, 1990)、最古の化石は石炭紀まで遡ることから極めて古い時代から出現している昆虫類の一群であるといわれている。

幼虫(nymph)は河川の底生動物として水中で過ごし、完全変態を行う昆虫の蛹に相当する亜成虫(subimago, subadult)という発育段階を経て成虫(imago, adult)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* Eaton とサツキヒメヒラタカゲロウ *Rhithrogena tetrapunctigera* は造網性トビケラ類と負の相関があるとされている。また、奈良県の熊野川水系にある旭ダムでは土砂バイパストンネル運用開始後にヒラタカゲロウ属 *Epeorus* sp. のような生活型が滑行型の生物が増えたとされた(角ほか, 2023)。

3. 河床の攪乱不足への対策

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。

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。

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。(近藤)

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。しかし、1990 年代以降になるとアユが釣れなくなった。原因として、河床が攪乱されず、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。さらにこの付近では近年、川底の礫を覆うほど蘚類(コケ植物)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 *Rhynchostegium riparioides* だった(内田, 2017)。(近藤)

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。

矢作川中流においては、1995~1998 年に河床の攪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や底生動物へ与えた影響を調べた結果、その影響や効果は顕著なものではなかった(内田, 2000)。

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 年度までで年間 14 万 m³ 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。

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。

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。

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。

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。

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。

また、宮川ほか(2016)では、置き土が河床を細流化し攪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、携巢型の昆虫(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みられ、掘潜型の昆虫(ヒメドロムシ科・トビロカゲロウ科)は土砂投入地点直下の地点で増加傾向がみられた。

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年より置土実験をおこなった。2021年に実施された置土実験の置土総量は4,000 m³設置した。2022年実施した置土実験では、9,000 m³の置土を時瀬地区に、4,000 m³の置土を小渡地区に設置した(国土交通省豊橋河川事務所, 2022)。

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った。この実験により越戸ダム下流の古川の底生動物に影響が出たのではないかと考えられる(国土交通省豊橋河川事務所, 2019)。

さらに流量に合わせて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(国土交通省豊橋河川事務所・矢作ダム管理所, 2016)。(近藤)

3.4 砂利投入実験

矢作川中流においては、1995年～1998年に河床の攪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(カワシオグサなど)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った。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った(内田, 2000)。(清水)

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攪乱されるため、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。

国土交通省は土砂バイパストンネルの準備段階

として2006年より置土実験を行い、2021年には総量4,000 m³、2022年には時瀬地区に9,000 m³、小渡地区に4,000 m³の置土を設置した(国土交通省豊橋河川事務所, 2022)。しかし、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生トビケラ類が置土流出2ヶ月後には増加していたことから、畑(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攪乱の効果は長続きしなかったと推定した。このことについては角ら(2023)にも同様に記されている。しかし、土砂量が少なくて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攪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)。(石川)

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.
- 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.
- 橋本慎一・井上卓也・阿河一穂(2020) 二極化形状の指標化による河岸浸食リスクの評価について. 北海道開発技術研究発表会論文, 64:298-300.
- Hubbard, M. D. (1990) . *Mayflies of the world. A catalog of the family and genus group taxa (Insect: Ephemeroptera)* .Flora & Fauna Handbook 8. 119pp. Sandhill Crane Press, INC. Gainesville, Florida.
- 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攪乱頻度について. 河川技術論文集, 7, pp. 297-301.
- 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/yahagigawa/dosyakanri/H28/h28-1shiryo2.pdf>. (2024年2月26日閲覧) .
- 国土交通省豊橋河川事務所(2022) 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.
- 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・攪乱の重要性. 河川生態学, 中村太士(編): 169-191. 講談社, 東京.

- 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, pp. 4-5.
- 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.
- 酒井博嗣・中條義氏・松井聡・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.
- 清水高男・稲田和久・内田 臣一 (2005) カワゲラ目 (楨翅目). 日本産水生昆虫一科・属・種への検索, 河合禎次・谷田一三 (編著): 237-263. 東海大学出版会, 秦野.
- 白金晶子 (2004) 見つけてしまった・・・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 (2021) 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
- 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. 河川論文集 10, 489-494.
- 天然アユ生態調査委員会 (2021) 矢作川大規模野外実験. 1-37.
- 豊橋河川事務所 (2008) 第 9 回矢作川流委員会資料 矢作川水系の現状と課題. https://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/yahagigawa/ryuiki_iinkai/ya_meeting/h200630/shiryo_3.pdf. (2024 年 1 月 31 日閲覧).
- 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.
- 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.
- 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, pp. 76-103, 山海堂, 東京.
- 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.
- 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 (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な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 (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 (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・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.
- 山本敏哉 (2017) 阿摺ダム下流で玉石を投入する実験を始めます. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 203: 6.
- 山本敏哉 (2018) 小型カメラによるアユの行動観察 なかなか便利です矢作川の生き物. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 209: 8.
- 山本敏哉 (2019) 河床改善によるアユの生息の回復効果. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 210: 2.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2018a) アーマーコート化した瀬の上に敷設した礫に蝸集したアユ. 矢作川研究, 22: 51-52.
- 山本敏哉・内田朝子・白金晶子 (2018b) 取り戻そう! 天然アユの棲みやすい矢作川. 豊田市矢作川研究所季刊誌 Rio, 206: 2-6.
- 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状況の回復-矢作川大規模野外実験の 3 年間の結果. 矢作川研究, 25: 67-81.
- 山内佑華 (2019) 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. 平成 30 年度愛知工業大学河川・環境研究室卒業論文集, 26-1~26-8.
- Katano, I., Negishi, J. N., Minagawa, T., Kawaguchi, Y. and Kayaba, Y. (2021) : Effects of sediment replenishment on riverbed environments and macroinvertebrate assemblages downstream of a dam.

Scientific Reports 11 (1) : 1-17.

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 (4) : 1327-1332.

愛知工業大学の過去の卒業研究

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 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, 10-1~7.

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, 18-1~11.

畑 雄大 (2023) 矢作川時瀬における置土実験が造網生トビケラ類へ与えた影響. 愛知工業大学研究報告, 8-1~8-4.

森 陽輝 (2023) 矢作川水系におけるコナガカワゲラの調査. 令和 4 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 7-1~7-11.

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 4 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 4-1~4-9.

矢作川上流（恵那市上矢作町海）における微地形の変化

愛知工業大学 4年 田中 遥翔

1. はじめに

矢作川は、東海地方中央部に位置し、長野県下伊那郡大川入山（標高 1,908 m）を源流としており、南西を流れる一級河川で豊田市、岡崎市を流れ三河湾に注ぐ。矢作川は古くから灌漑や舟運などに広く利用されてきた（図 1）。

築堤・護岸等を実施しさらに上流部に矢作ダムを建設し洪水調整を行ってきた。

矢作川は河口から約 42 km まで国土交通大臣管理区間であり、それより上流は国が愛知県などに通常管理を委任している。現在、愛知県建設部で矢作川上流圏域流域委員会を開き、河川整備計画を策定中。

この河川整備計画を策定する際、治水・利水・環境に関する基礎的な資料が必要とされており、そのうち、環境について過去の上流部における河川環境を実証的に空中写真で確かめる研究はほとんどされてこなかった。

今回研究をした岐阜県の南東端に位置する恵那郡上矢作町は、2004 年 10 月 25 日に、周辺市町村と合併して恵那市上矢作町になった。町内を流れる上村川は、東に位置する長野県下伊那郡平谷村の盆地から V 字形の谷を流下してきて、町の南端で他の支流と合流して矢作川となる。平谷村の標高は 920 m、上矢作町の標高は 430 m であり、この間を流れる上村川は県境部分で特に勾配が大きい。この県境部分に、例外的に長さ約 500 m にわたって幅 150 m ほど地形が開けた「海」と呼ばれる場所がある（北緯 35° 19.567', 東経 137° 35.267'）。「海」は標高 730 m 前後であり、周囲の山の標高は 1000 ~ 1200 m である。

恵那市上矢作町海は非常に特殊で、1586 年に天正地震によってこの場所の直下流で大規模な地すべりが起きた場所である。矢作川本流がせき止められ、天然のダム湖が形成された。その名残から海という地名がつけられている（池田ほか, 2002; 坂部, 2005; 鈴木ほか, 2008）。現在でも地すべりに特徴的な地形が残っているため、地すべり地形分布図に記載されている（清水ほか, 2002）。そのため、今回の研究範囲は、上・下流と比べ非常に谷幅が広い。

なお、砂州（＝砂礫堆）は、河川では砂礫などが細長く堆積してできる地形のことで中規模河床形態と呼ばれる。砂州には弯曲部の凸岸などに見られる固定砂州と左右交互に周期的にあらわれる交互砂州や洗掘、堆積が両岸、中央と交互に形成されている複列砂州、さらに大規模な川になるとうろこ状砂州（図 2）などがある（土木学会, 2018）。年代が進むにつれて河床が下がり、岩が多く露出している場所を見つけることで土砂の供給などの対策をして河川の攪乱などの減少を防ぐことができると考えられる。

また、コナガカワゲラ属の幼虫は、体色が黄褐色であり、体長は 5 mm 程度、生息場所としては河川間隙水域に生息している可能性がある指摘されている（内田, 1987, 2006; 杉江・内田, 2022）。

新しく堆積した河床では地中の間隙水の流れがよく、コナガカワゲラ属の幼虫のような河川間隙動物と推定される動物の生息に好適である可能性があると考えられる為、コナガカワゲラ属の幼虫は河川の攪乱が強いところを好む可能性が高い（森, 2023）



図 1 研究対象地

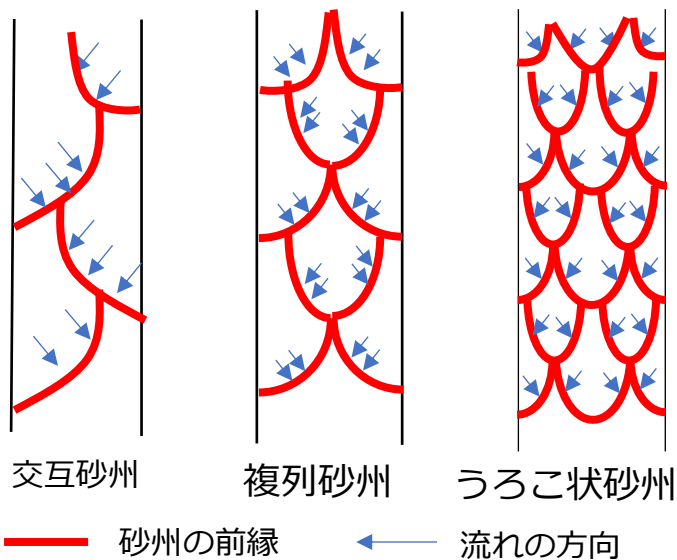


図2 一般的な砂州の種類



写真1 研究対象地の空中写真
(枠内が図3～6の範囲)

したがって過去にコナガカワゲラ属の幼虫、羽化殻が多く採集された地点の空中写真の判読をすることでコナガカワゲラ属の幼虫が多く生息している場所と河川の微地形の変化には関係があるのかを目的とし、研究をした。

なお、今回調査する地点である恵那市上矢作町海は、岐阜県恵那市上矢作町と長野県平谷村の県境の地点であり、過去の研究でコナガカワゲラ属の羽化殻が多く取れた為、この場所を調査場所とした。

2. 研究方法

2.1 空中写真の判読 (写真1)

恵那市上矢作町海における反射鏡式実体鏡を用いた空中写真(表1)の判読、Google Earthを用いた空中写真の判読の2種類の空中写真を使って判読をした。空中写真の判読では、水際線・砂州(特に前縁)・植生を判読し、図3～6に図示した。なお、判読範囲は図1の場所である。砂州の前縁の判読に際しては、井口(1979)の解説を参考にした。

図3～6で年代が緑字で書いてあるのが反射実体鏡を用いた空中写真の判読、紫字で書いてあるのがGoogle Earthを用いた空中写真の判読結果である。

2.2 判読結果の模式化

図3～6に図示した判読結果を参考にし、带状にして植生、砂州の前縁を図7に模式的に図示した。なお、1947年に撮られた空中写真は、撮影高度が高く、砂州の前縁の判読ができなかったため、植生のみを判読した。

2.3 現地調査 (写真2)

2023年11月14日に図1で表した判読範囲の周

辺の現地観察を行い、現在の河道微地形の変遷を観察した。

3. 結果と考察

3.1.1 各年代の判読結果 (佐原, 2014)

判読の結果を図3～6、判読結果の模式図を図7に示す。

・1947年

水流が極めて細く反射実体鏡では判読できない箇所もあった。また、ほかの年代と比べても、植生が非常に発達している。

・1966年

1944年と比べて、植生が減っている。水流に関しては、1944年よりも複雑に枝分かれをしている。判読範囲の下流0mでは図2のような複列砂州の前縁が読み取れる。

下流から250m～320m地点の右岸側の裸地の河原から人工的に作られたと見られる凹部が出現している。

・1967年

1966年と比べて、植生はほとんど変化が無く、水流はさらに太くなり、より複雑になっている。

250m～320mには人工的に掘られたと見られる箇所に水が流れ込み自然にできないような川の形となっている(写真3)。

砂州の前縁は1966年にみられた下流0m地点の複列砂州は変わらず読み取れたが、100m地点にも複列砂州が読み取ることができる。

・1972年

表1 使用した空中写真
(太字は図示した空中写真)

撮影番号・コース	撮影機関	撮影年月日	縮尺
USA-M387-50, 51	米軍	1947. 11. 28	1/49739
USA-M1167-56, 57	米軍	1948. 9. 27	1/49609
CB65-9XC13-1, 2	国土地理院	1965. 10. 5	1/20000
山-452 C1-10, 11	林野庁	1966. 10. 31	1/20000
山-472 C17-21, 22	岐阜県	1967. 5. 13	1/20000
山-626 C17-7, 8	長野県	1972. 5. 18	1/20000
山-745 C1-10, 11	愛知県	1976. 5. 15	1/20000
CCB76-17 C9-9, 10	国土地理院	1976. 10. 8	1/16000
山-949 C1-9, 10	愛知県	1981. 4. 26	1/16000
山-947 C21-32, 33	岐阜県	1981. 5. 14	1/16000
86-17 C21-36, 37	岐阜県	1986. 5. 10	1/16000
86-19 C1-10, 11	愛知県	1986. 5. 17	1/16000
90-19 C1-9, 10	愛知県	1990. 5. 9	1/16000
96-15 C21-32, 33	岐阜県	1996. 5. 15	1/16000
01-15 C21A-24, 25	岐阜県	2001. 4. 28	1/16000
Google Earth	Maxar Technologies	2010. 5. 5	—
Google Earth	Maxar Technologies	2011. 11. 26	—
Google Earth	Maxar Technologies	2014. 5. 29	—
Google Earth	Landsat / Copernicus	2016. 5. 12	—
Google Earth	Maxar Technologies	2019. 2. 12	—
Google Earth	Landsat / Copernicus	2021. 5. 10	—
CCB2022-1 C20-4,5	国土地理院	2022. 5. 4	1/10000

1966年、1967年にみられた人工的に作られた部分は無くなっていた。

下流から200mには新たな複列砂州が読み取ることができたが、1967年の下流から0m地点にみられた複列砂州は読み取ることができなくなっていた。植生に関しては1967年にみられなかった植生が200m～350m地点の右岸側に読み取ることができる。

・1976年

1972年と比べて水流が細くなっており水流の枝分かれも少なくなっている。

砂州の前縁は下流100m地点には複列砂州が読み取ることができる。

・1981年

1976年よりも水流が太くなっていたが植生、砂州の前縁ともに変化はなかった。

・1986年

200m～300m地点に新たな複列砂州を読み取ることができたが400m地点の砂州の前縁は変わらず読み取ることができる。植生に関しては1981年とほとんど変化はなかった。

・1990年

1990年以前の空中写真では複列砂州を読み取ることができたが、1990年は複列砂州ではなく、交互砂州へと変わっていた。下流から300m付近では激しく白波がたっていた。

・1996年

砂州の前縁の形は交互砂州であり1990年と同じであったが、読み取れる砂州の前縁の数が減っていた。また、水流は1990年よりも細くなっていた。

・2001年

1996年とほとんど変わらない。

・2010年

2001年と比べて植生が発達している。また、下流100m地点には複列砂州を読み取ることができ、その上流には交互砂州が読み取ることができた。

・2011年

2010年とほとんど変わらない。

・2016年

2011年と比べると、水流の幅が太くなっていた。また、複列砂州が読み取れた場所が交互砂州になっていた。

・2019年

2016年と比べて水流は、複雑になっていた。

・2021, 2022年

植生、砂州の前縁ともに2019年とほとんど変わらない。

3.1.2 各年代の考察

1966年、1967年の空中写真には人工的に掘られたと見られる採集跡がみられた。これはコンクリートの材質を採集するために掘られた跡だと考えられる。

上記で述べたように1990年の空中写真の300m付近では激しく白波がたっていた。瀬から淵へと変わる境目であると考えられるため、底質はその場所より上流では礫、下流では砂であると考えられる。

また、1976年からの400m地点における砂州の前縁の付近には岩があった。その岩によって水流



写真2 2023年11月14日撮影の上矢作町海
(赤線は砂州の前縁)

が変わり砂州の前縁はできたと考えられる。

2010年以降の空中写真では、下流50m、300m~350mの右岸側にコンクリート壁が造られている。これは、川の地形が変わりやすい場所であるため、右岸側が削られてすぐ上にある道路に影響がないようにするためだと考えられる。(写真4)

3.2.1 全年代の植生と砂州の変化(森, 2015)

1976年の空中写真では、下流から400mで大きな岩がみられたその岩のすぐ上流で左岸から右岸にかけて砂州の前縁がみられた。1976年以降の1981年~2001年の空中写真でも同様の砂州の前縁を読み取ることができたが、2010年以降の空中写真では大きな木に隠れて直接判読することができなかった。しかし、もともと砂州の前縁があった場所のすぐ下流で白波がたっていたため、砂州の前縁があると判読した。

植生については、反射実体鏡を用いた空中写真の2001年以前では、年代が経つにつれて植生がなくなって次第に裸地の河原が増えていっていたが、2010年以降では、次第に植生が発達していき、裸地の河原が減っていった。

3.2.2 全年代の考察

上記で述べたように今回の研究範囲は、上・下流と比べ非常に谷幅が広い。従って他の地点より

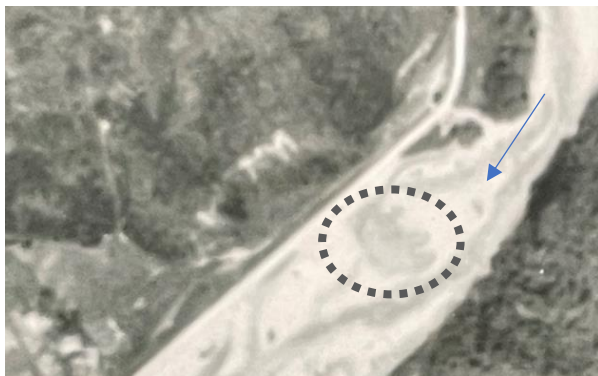


写真3 1967年の200m~400m地点の空中写真



写真4 2016年の下流300m付近の空中写真

も横方向に水が流れやすく、水流の変化が激しいと考えられる。今回判読した地点判読した年以外でも、複列砂州と交互砂州が定期的に変化していると考えられる。

1947年~1966年の間に植生、水流が大きく変わっている。これは、1953年、1957年、1959年、1961年の4回、平谷村中心部で被害が生じる水害があった。その時に大量の土砂が上流の柳川などに流れ込んだことが記録されている(小池, 1996)。それによってその下流に位置するこの場所でも川の様子が大きく変わったと考えられる。

4. 現地調査(写真2)

2023年11月14日に恵那市上矢作町海に現地調査をしたが、2022年5月4日に国土地理院が撮影した空中写真と比較してみると150m~250mの砂州の前縁が今回の現地調査でも確認することができた。砂州の前縁は水中まで含めると約3mの高さがあった。

5. まとめ

1947年~2022年の海の空中写真を判読し、河道微地形と植生の変化を調べた。

1947年の空中写真では、植生が多く発達していたが、次第に植生が減っていき、2021年、2022年と新しい年代は再び植生が増えていた。

1976年以降の空中写真では下流から400m地点に大きな岩が見られ、その岩によって川の流れが変わり、その付近では砂州の前縁が見られ続けている。

今回の研究範囲は、上・下流と比べ非常に谷幅が広い。そのため、横方向に水が流れやすく、水流の変化が激しいと考えられる。さらに、研究範囲では複列砂州と交互砂州が定期的に入れ替わっていると考えられる。

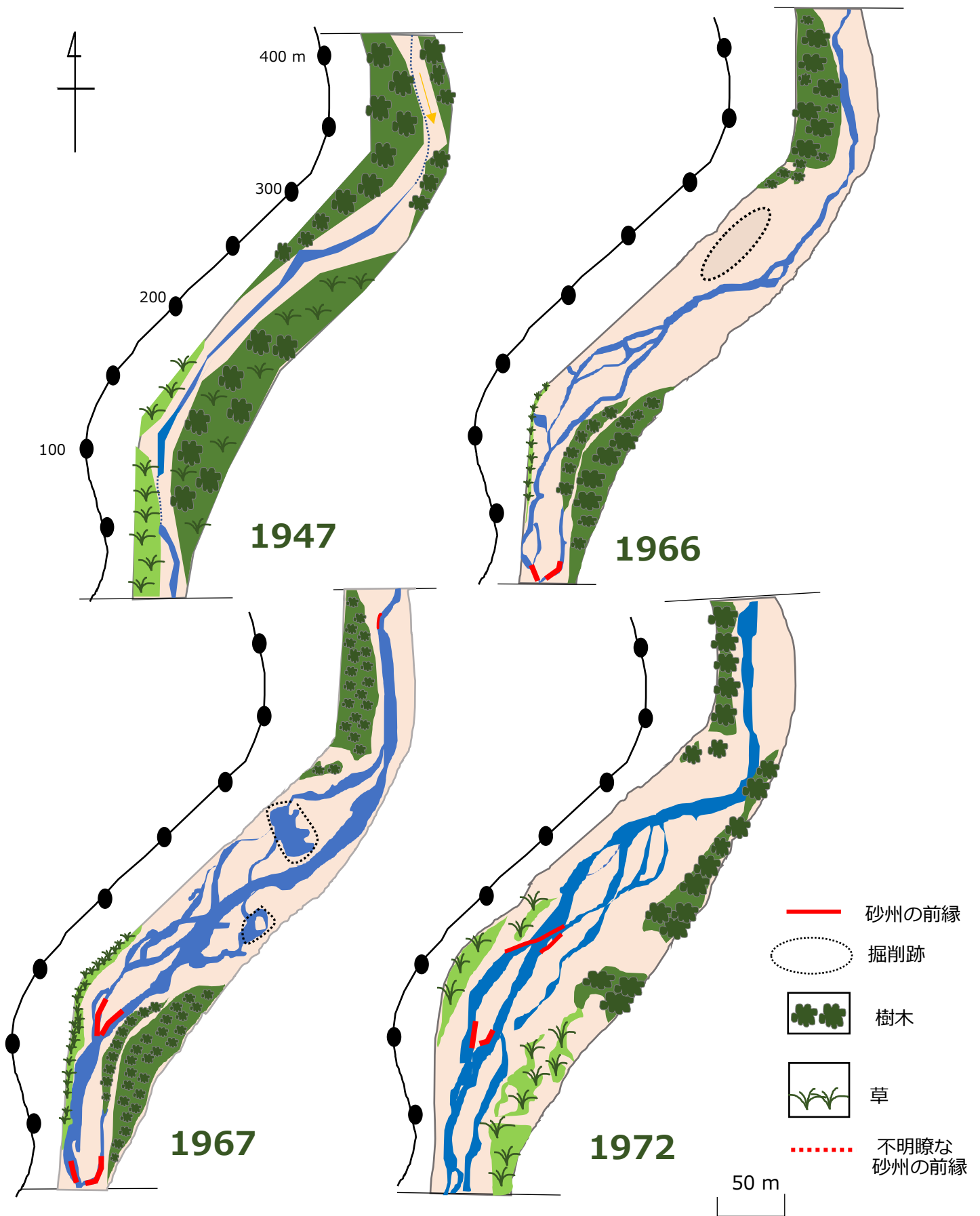


図3 恵那市上矢作町海の空中写真の判読結果(1947~1979年)

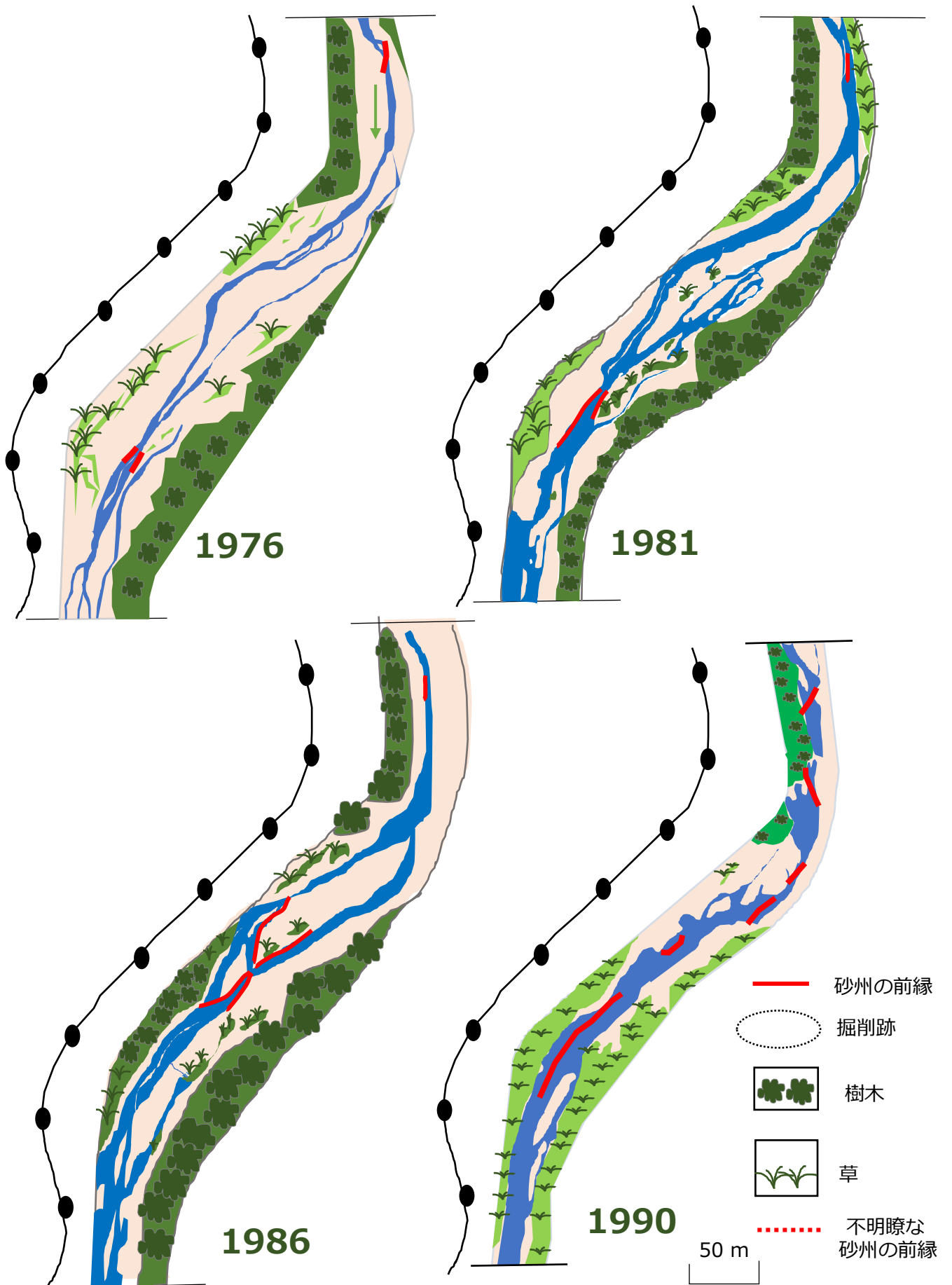


図4 恵那市上矢作町海の空中写真の判読結果 (1976~1990年)

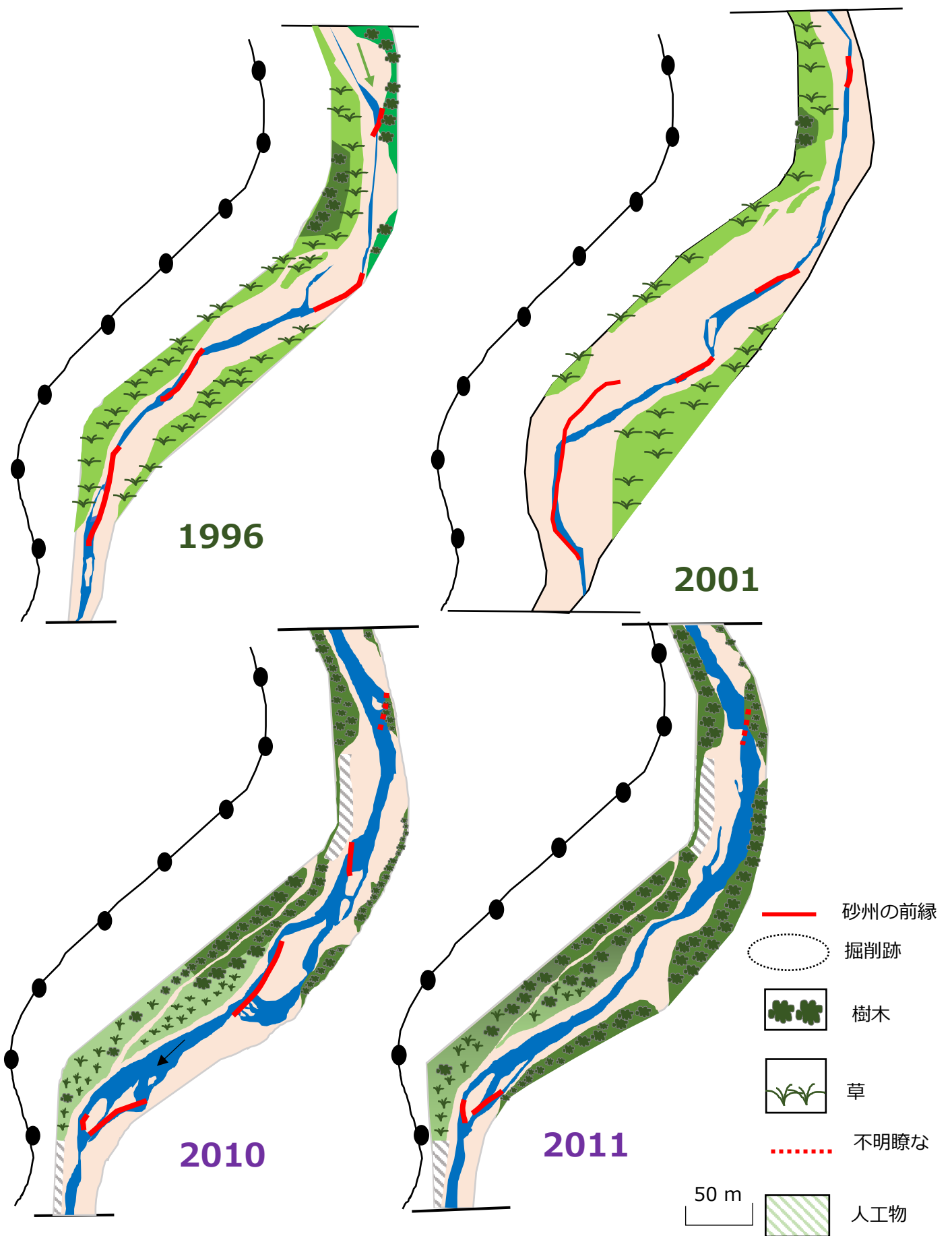


図5 恵那市上矢作町海の空中写真の判読結果 (1996~2011年)

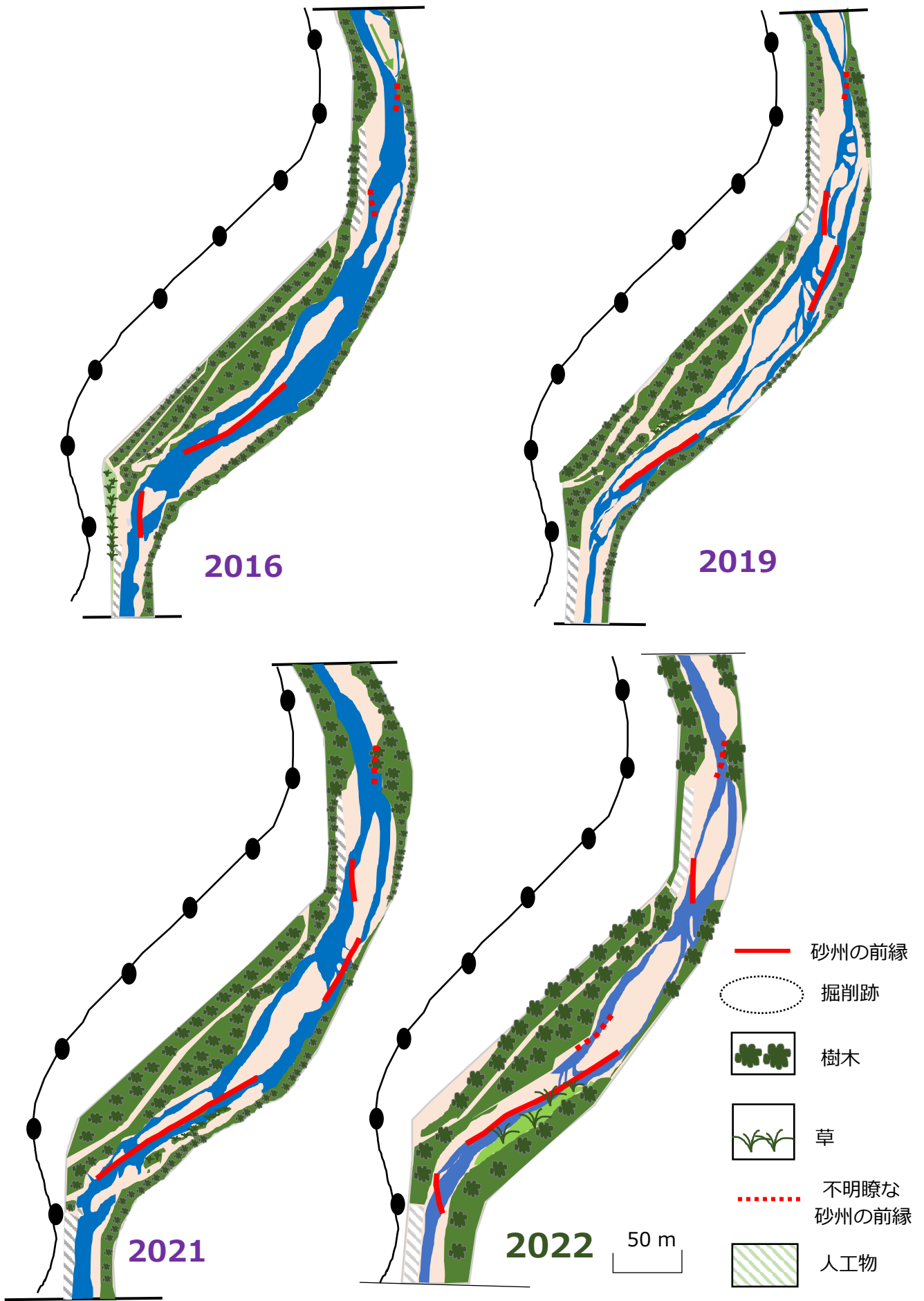


図6 恵那市上矢作町海の空中写真の判読結果(2016~2022年)

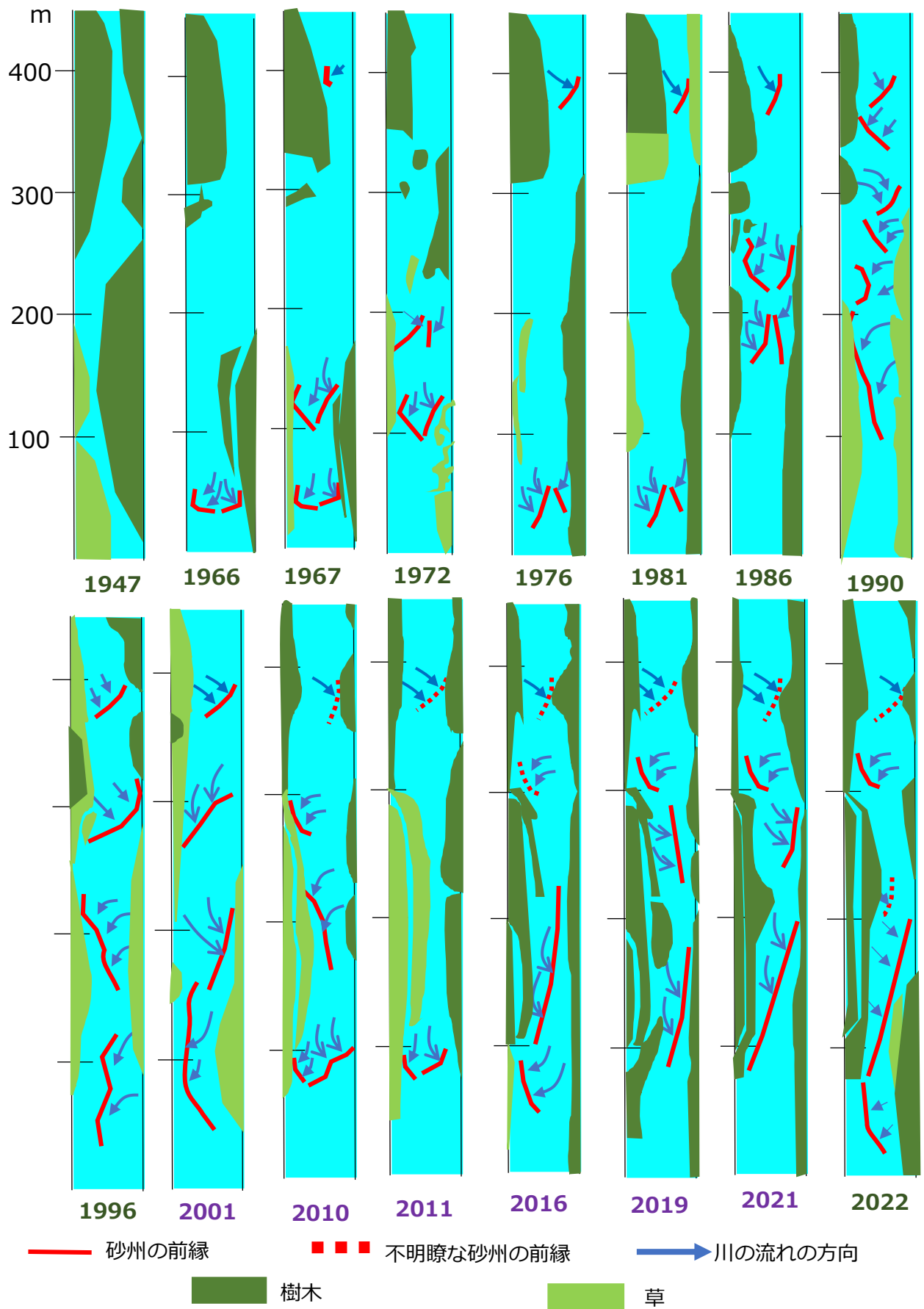


図7 恵那市上矢作町海の判読結果の模式図

引用文献

- 土木学会 水工学委員会 水理公式集編集委員会
(編), (2018) 河床変動と流路変動. 水理公式集:
304-339. 土木学会, 東京.
- 井口昌平 (1979) 川を見る－河床の動態と規則性.
東京大学出版会.
- 小池肇男 (1996) 災害. 平谷村誌 下巻, 平谷村誌
編纂委員会 (編): 421-444.
- 池田晃子・丹生越子・中村俊夫・鈴木和博 (2002)
岐阜県上矢作町で見つかった湖成層中の埋もれ
木の ^{14}C 年代測定. 名古屋大学加速器質量分析計
業績報告書 13: 147-150.
- 坂部和夫 (2005) 天正地震 (1586 年) 時の岐阜県上
矢作町荒における大規模山体崩壊について. 歴
史地震, 20: 243-246.
- 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.
- 清水文健・宮城豊彦・桧垣大助・井口隆・大八木
規夫 (2002) 地すべり地形分布図第 15 集「豊
橋」図集. 防災科学技術研究所研究資料第 222
号.
- 鈴木和博・中村俊夫・加藤丈典・池田晃子・後藤晶
子・小田寛貴・南 雅代・上久保寛・梶塚泉・足立
香織・壺井基裕・常磐哲也・太田友子・西田真美・
江坂直子・田中敦子・森忍・ダニエル ダンク リ
ー・モニカ クシヤク・鈴木里子・丹生越子・中崎
峰子・仙田量子・金川和世・熊沢裕代 (2008) 恵
那市上矢作町の地名「海」は天正地震の堰止め
湖に由来した. 名古屋大学加速器質量分析計業
績報告書 19: 26-38.
- 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 (編): 23-28
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～豊田市矢
作川研究所季間誌 Rio, 101: 3.

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編
成. 平成 25 年度愛知工業大学生態研究室卒業
研究論文集: 13-1～10.
- 森勝正 (2015) 矢作川中流部 (両枝橋～犬伏橋合
流点周辺) における微地形と植生の変化. 平成
26 年度愛知工業大学生態研究室卒業研究論文
集: 20-1～9.
- 森陽輝 (2023) 矢作川水系におけるコナガカワゲ
ラ属の調査. 令和 3 年度愛知工業大学生態研究

矢作川水系におけるコナガカワゲラ属の生息状況

愛知工業大学 4 年 清水剛志

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、成虫は約 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（稲田, 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 種が見つかった（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の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攪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）。

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攪乱が発生した際の指標生物になると考えた。そのため、土砂バイパストンネル計画のような河床の攪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（相川ほか, 2005; 吉田, 2021; 西田, 2022; 森,

2023）では、矢作川の本流・上流域で調査されてきたが矢作川水系下流の支流では、ほとんど調査されていない。そのため、本研究では主に矢作川水系下流の支流である巴川、乙川でコナガカワゲラ属の生息状況を明らかにすることを目的とした。

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、多くのカワゲラ目成虫・幼虫が採集されたがコナガカワゲラ属成虫・幼虫は採集できなかった（川崎・内田, 2015; 藤本ほか, 2017; 市川ほか, 2020）。そのため、矢作川本流の下流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

カワゲラ目の成虫は、2023 年 6 月中旬 ~ 9 月中旬に乙川水系と巴川水系で月齢 13 日 ~ 20 日の新月をはさんだ月が暗い夜を選んで採集日を決めた。採集時間は決めずに、矢作川水系下流の支流である巴川、乙川の川沿いにある自動販売機や街灯などの明かりで集まってくるカワゲラ目を採集した。

3-2. 羽化殻採集

2023 年 8 月 10 日に男川上流で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。

3-3. 河床掘削による採集

2023 年 11 月 14 日に岐阜県恵那市上矢作町海で採集した。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

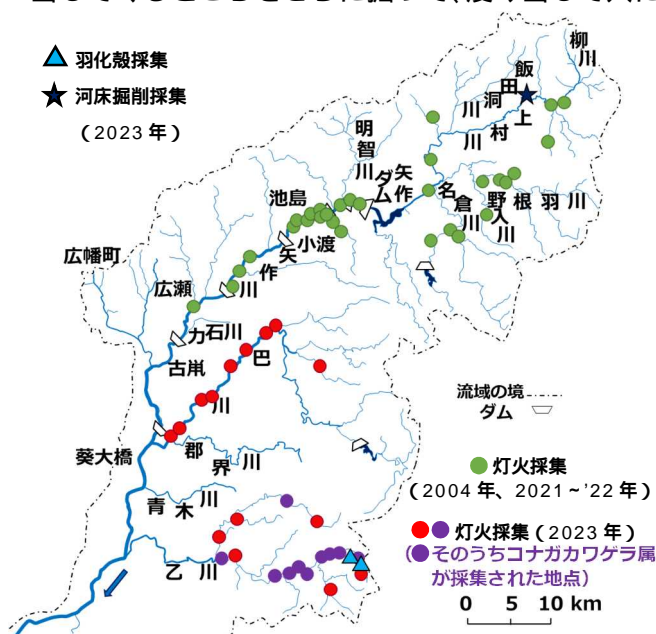


図 1 採集地点

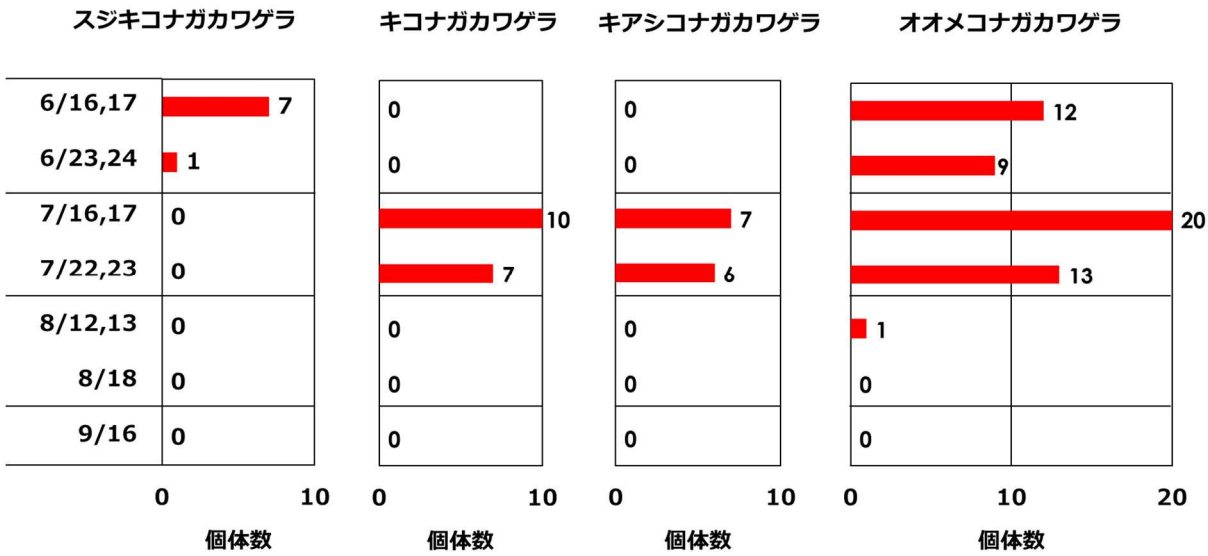


図2 2023年度コナガカワゲラ属成虫灯火採集結果

溜まった水と掘った砂礫(地下水面上の砂礫と地下水下の砂礫を分けずに)をバケツに入れてかき回し、浮き上がった濁り・落葉・植物の根・動物などをDフレームネット(網目内径約0.13mm)で受けて採集した。

3-4. 各採集地点

2023年の灯火採集、羽化殻採集、河床掘削の採集地点を図1で示した。また、2004年、2021~2022年の矢作川本流・上流域における灯火採集地点も示した。

3-5. 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%エタノール容器に入れて持ち帰り、双眼実体顕微鏡(Nikon SMZ645)で可能な限り、科、属、まで同定した。

2004~2023年に愛知工業大学河川・環境研究室(生態研究室)で採集された(相川ほか,2005; 熊

谷ほか,2006; 吉田,2021; 西田,2022; 森,2023)標本(コナガカワゲラ属成虫・羽化殻・幼虫)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

4-1. 灯火採集

乙川で新しくコナガカワゲラ属成虫を見つけた(巴川では、採集できなかった)。コナガカワゲラ属成虫は、6月中旬~6月下旬にスジキコナガカワゲラが8個体、7月中旬~7月下旬にキコナガカワゲラが17個体、キアシコナガカワゲラが13個体採集できた。オオメコナガカワゲラは、6月中旬~8月中旬にかけて55個体と最も多く採集することができた(図2)。これらのコナガカワゲラ属4種は、過去から現在まで矢作川水系で採集されている。

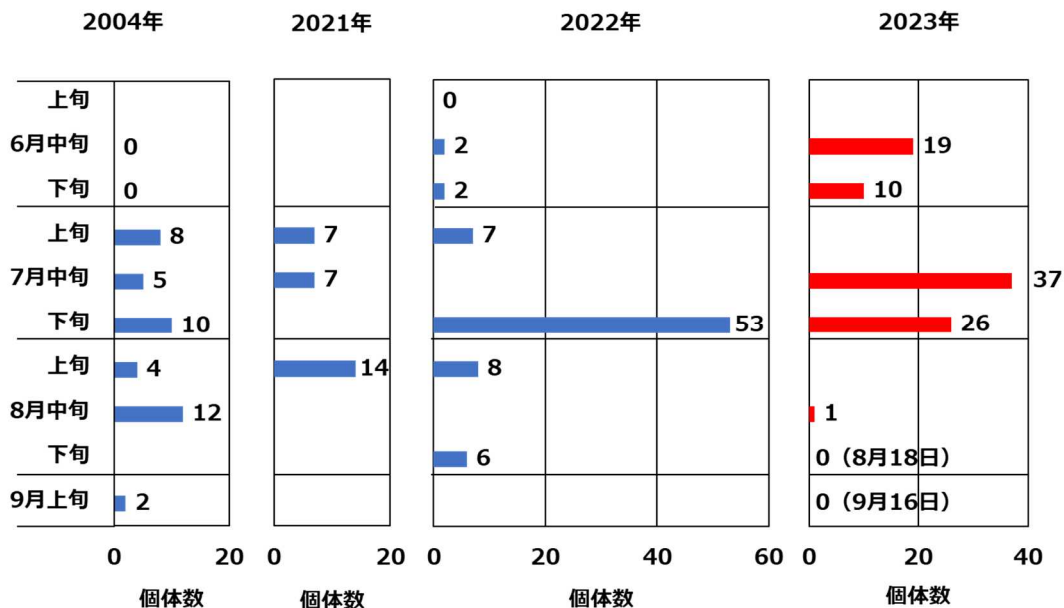


図3 2023年と2022年以前とのコナガカワゲラ属成虫灯火採集結果の比較

乙川では 6 月中旬から調査したためもっと早い時期でも採集できる可能性がある。

4-2. 羽化殻採集

8 月 10 日に羽化殻採集をしたがクラカケカワゲラ属の羽化殻 1 つしか採集することができなかった。

4-3. 河床掘削による採集

河床掘削の採集地点は、岐阜県恵那市上矢作町海で図 5 の手順で 3 カ所掘削した。この地点で河床掘削による採集をしたのは、森(2023)よりコナガカワゲラ属羽化殻が多く採集できたことや河川の微地形の変化が繰り返し起きていると考えられた。これらより、コナガカワゲラ属幼虫を多く採集することができると思われる。

結果、コナガカワゲラ属幼虫 11 個体、ミドリカワゲラ科幼虫 46 個体、その他カワゲラ科幼虫 29 個

体採集した。また、カワゲラ目以外にヒメドロムシ科の幼虫やユスリカ科の幼虫などが多く採集された(表 1)。杉江・内田(2022)、森(2023)との比較よりコナガカワゲラ属幼虫には、前胸に鰓がある種群と鰓のない種群が確認されており、前胸に鰓がある種群は鰓のない種群と比較するとほとんど採集されていない(図 6)。このことから河床掘削ではコナガカワゲラ属の一部の幼虫しか採集できない可能性がある。

5. まとめ

主に矢作川水系で 2004 年、2019 ~ 2023 年に採集されたコナガカワゲラ属の幼虫・羽化殻・成虫の標本で検討した。

2023 年にした矢作川水系におけるコナガカワゲラ属の調査により乙川で新しくコナガカワゲラ属

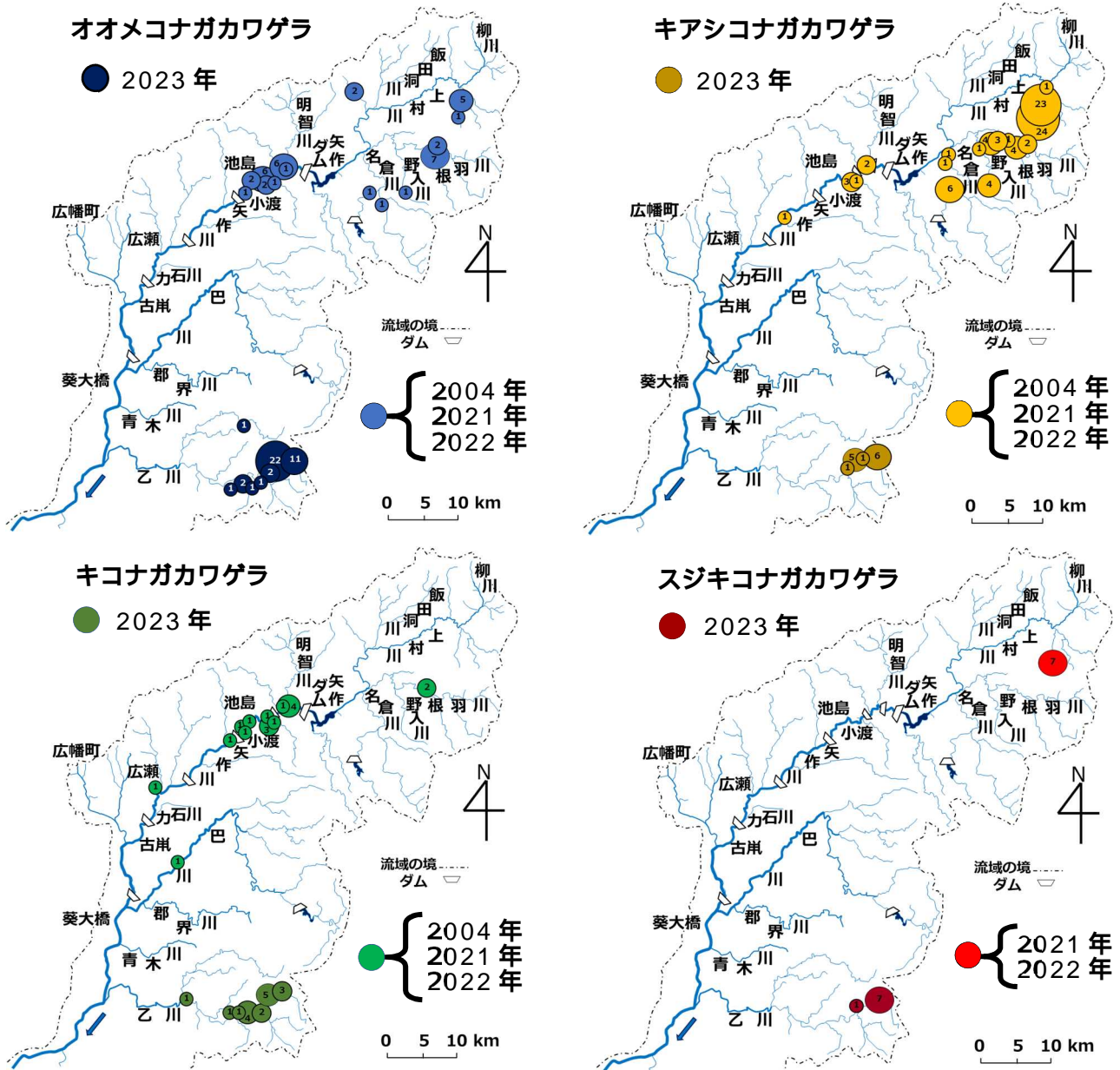


図 4 2004 年、2021 年、2022 年、2023 年のコナガカワゲラ属成虫分布

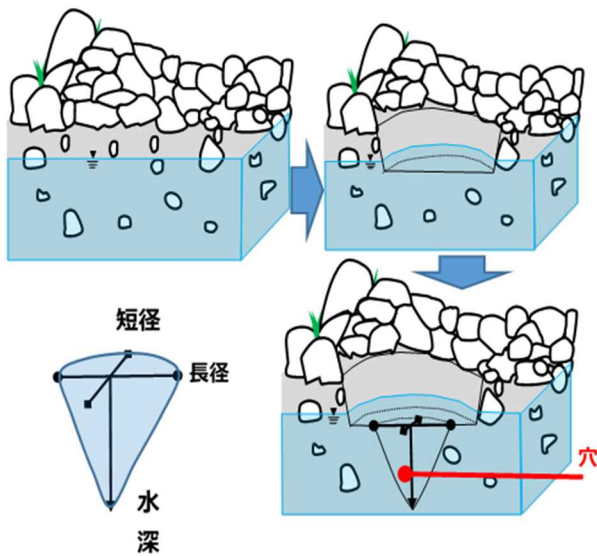


図5 河床掘削による採集方法の模式図

成虫を見つけた。過去に採集されたコナガカワゲラ属成虫では、オオメ、キアシコナガカワゲラは広範囲に生息、キコナガカワゲラが下流よりに生息、スジキコナガカワゲラが局所的に生息している傾向が見られた。また、新しく見つけた乙川の成虫でも同様な生息地の傾向が見られた(図4)。

コナガカワゲラ属成虫は、乙川が6月中旬～8月中旬まで、本流・上流域が7月上旬～9月上旬までに採集された(図3)。

これまでに採集されたコナガカワゲラ属成虫は、4種類であった。その中で、コナガカワゲラ属成虫は種ごとに様々な生息範囲の傾向が見られた。また、矢作川本流・上流域と乙川では、コナガカワゲラ属成虫の発生時期が異なっていた。このことから、コナガカワゲラ属成虫は種ごとに生息環境に好みがあると考えられる。また、乙川は本流・上流域より

コナガカワゲラ属成虫が早く発生していると考えられる。

2023年のコナガカワゲラ属成虫、幼虫の個体数を比較したところ、前胸に鰓がある成虫(灯火採集)は多く採集できたがその幼虫(河床掘削)はまったく採集できなかった。一方、前胸に鰓がない成虫(灯火採集)はほとんど採集できなかったがその幼虫(河床掘削)は多く採集できた。このことからコナガカワゲラ属の前胸に鰓がある成虫と幼虫の個体数がつり合っていないことがわかった。この結果は、杉江・内田(2022)がまとめた結果と同様であった(図7)。

これらの結果からコナガカワゲラ属幼虫は河床掘削で採集できるのがコナガカワゲラ属の一部の幼虫しか採集されないと考えられる。

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: Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research. In *Groundwater Ecology*, J. Gibert, D.L. Danielopol and J. A. Stanford (eds.), pp. 7-40, Academic Press, London, 1994.
- 藤本卓也・内田臣一・山脇健也(2017) 矢作川水系におけるカワゲラ類の分布に与える人為的影響. 愛知工業大学研究報告, 52: 87-106.
- 市川隼也・内田臣一・伊藤誠記(2020) 矢作川水系および周辺河川におけるカワゲラ類(特にキカワゲラ属)の分布と生活史. 愛知工業大学研究報告, 55: 60-82.

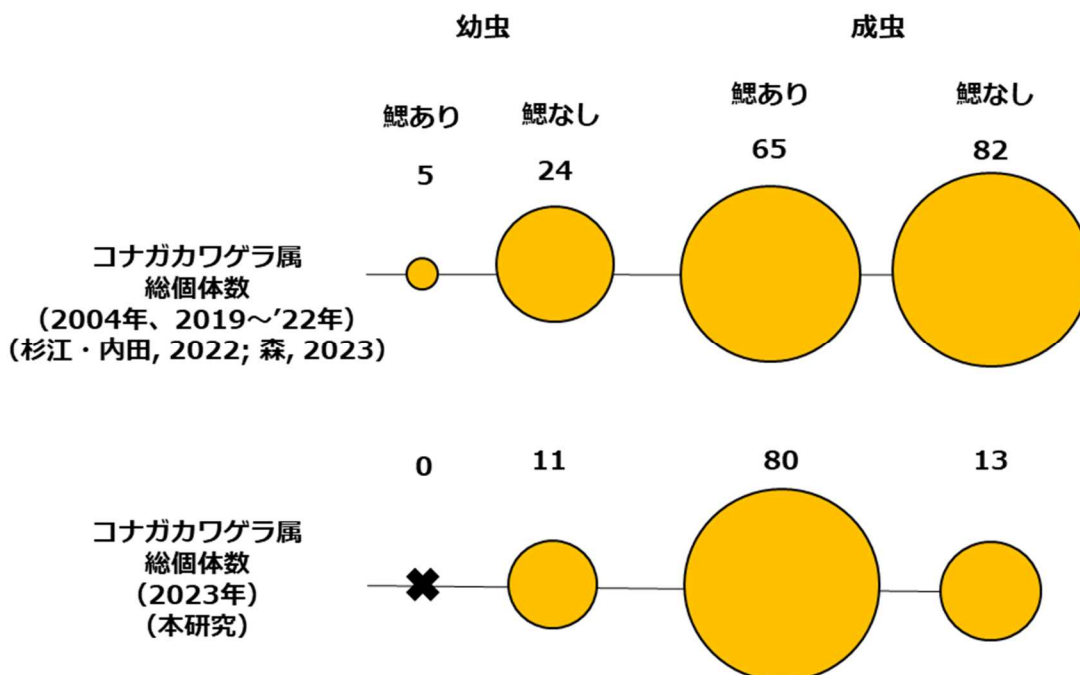


図6 コナガカワゲラ属成虫と幼虫個体数の比較

稲田和久(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.

清水高男・稲田和久・内田 臣一(2005)カワゲラ目(襃翅目). 日本産水生昆虫一科・属・種への検索, 河合禎次・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・谷田一三共編: 325-328. 東海大学出版部, 平塚.

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(2021)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 愛知工業大学生態研究室 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. 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.

森 陽輝(2023)矢作川水系におけるコナガカワゲラの調査. 令和 4 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 7-1 ~ 7-11.

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・群集の多様性. 平成 16 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, Group 9-1 ~ 9-10.

熊谷広芳・小谷拓也・榊原吉昭(2006)矢作川における底生動物, およびコナガカワゲラ属の調査.

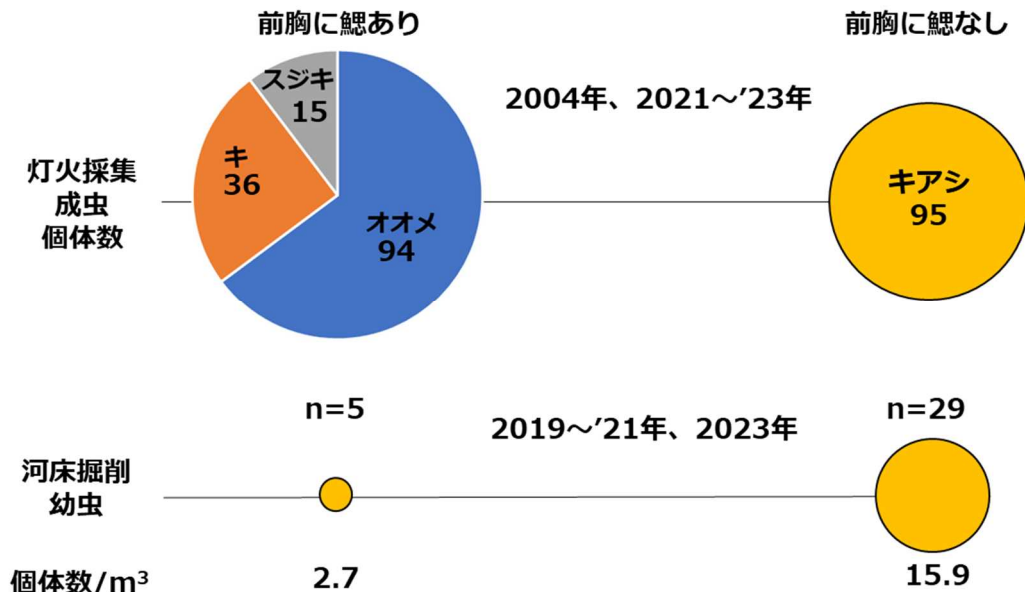


図 7 コナガカワゲラ属成虫と幼虫個体数の比較

表1 河床掘削採集の結果

日付	2023/11/14			
河床掘削採集(場所)	岐阜県恵那市上矢作町 海			合計
穴	穴1	穴2	穴3	
線虫類 Nematoda (目不明)	9	13	9	31
ハリガネムシ目 Gordioidea		1		1
貧毛綱 Oligochaeta	18	9	22	49
甲殻類 Crustacea (目不明)		3	1	4
ヨコエビ科 Gammaridae	1			1
コカゲロウ科 Baetidae	1	5	4	10
カワゲラ科 Perlidae (属不明)		2	2	4
コナガカワゲラ属 <i>Flavoperla</i> (前胸鰓なし)	4	1	6	11
カミムラカワゲラ属 <i>Kamimurla</i>		2		2
ミドリカワゲラ科 Chloroperlidae	19	11	16	46
ホソカワゲラ科 Leuctridae	3		10	13
クロカワゲラ科 Capniidae	1	2		3
オナシカワゲラ科 Nemourinae	2		5	7
ヒゲナガカワトビケラ科 Stenopsychidae		3	1	4
シマトビケラ科 Hydropsychidae	10	10	11	31
ヒメドロムシ科 Elmidae	26	41	32	99
双翅目 Diptera (科不明)		1		1
ガガンボ科 Tipulidae	9	20	19	48
ヌカカ科 Ceratopogonidae	3	4	7	14
ユスリカ科 Chironomidae	30	39	54	123

矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査

愛知工業大学 4年 水野 慎也

1. はじめに

矢作川は長野県、岐阜県、愛知県を流域とし、標高 1,908 m の大川入山（長野県）を源流として愛知県中央部を流れ、三河湾にそそぐ一級河川である。

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河床の攪乱が起こりにくくなり安定している。これを理由に大型糸状緑藻のオオカナダモ *Egeria densa* やカワシオグサ *Cladophora glomerata* や、外来種とされるカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* が繁殖している。それらの区間では造網性トビケラ類が底生動物群衆に優占している。

日本の河川の底生動物群衆の遷移においてヒゲナガカワトビケラ属が優占して極相に至る（津田, 1957; 津田・御勢, 1964; 御勢, 1968）と考えられていたが、岡田・内田（2016）の調査により矢作川中流の底生動物群衆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が優占する状態が極相という仮説が立てられた（岡田・内田, 2016）。

2000 年から 2022 年にかけて矢作川中流域に生息する底生動物の遷移において、底生動物群衆の内、優占種である造網性トビケラ類の現存量と出水、水質との関係性が調査されていた。

本研究では、造網性トビケラ類ではなくカゲロウ目とカワゲラ目の現存量に重点を置き、調査をおこなった。その際、年ごとに比較をするため 2023 年の調査と同じ 3 月に調査を行っていた 2001 年から 2022 年の底生動物の現存量の調査結果から底生動物の現存量とカゲロウ目、カワゲラ目の占める割合にまとめ、2023 年の調査結果を同様にして加えた。

その結果から、カワゲラ目とカゲロウ目の現存量と出水及び水質の関係を比較検討する。

2. 研究目的

2001 年から行なわれている底生動物の広域定点調査の結果を考慮した底生動物の経年変化と出水規模、優占種、水質との関係性を比較・検討した。これによって、矢作川中流部での生物の問題を解決する為の基礎的な資料を提供することを最終的な目的である。

3. 研究方法

3.1 定量採集

2023 年 3 月に実施した広域定点調査の調査地点は矢作川中流域の次の 6 地点である。

1. 恵那市 串原（出合大橋）、右岸、標高 319 m

（2023 年 3 月 7 日）

2. 豊田市島崎町（小渡）、右岸、標高 155 m
（2023 年 3 月 7 日）
3. 豊田市池島町（池島）、岩倉橋の下流、左岸、標高 107 m（2023 年 3 月 7 日）
4. 豊田市西広瀬町（広瀬）、広梅橋の上流、右岸、標高 67 m（2023 年 3 月 8 日）
5. 豊田市扶桑町（古崩）、平戸橋の下流、左岸、標高 37 m（2023 年 3 月 8 日）
6. 岡崎市細川町、葵大橋、葵大橋の上流、左岸、標高 26 m（2023 年 3 月 8 日）



図 1 矢作川における広域定点調査地点（2023）

1-6 の地点での採集はいずれも、瀬の河床を対象とし、2 カ所に 50 cm × 50 cm の方形枠（コドラート）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）により定量採集を行った。

2023 年では上記の 6 地点だが、他にも大野瀬や愛知環状鉄道の鉄道橋付近、矢作橋の 3 地点を 2001 年から 2016 年の間で調査をしていた。

3.2 湿重量測定

採集された底生動物は現地で 80 % に希釈したエタノールで固定した後、研究室に持ち帰り、双眼実体顕微鏡（NIKON SMZ645）を用いて、底生動物は可能な限り科、属、種まで同定した。その後、湿重量を電子てんびん（A&D HR-60）を用いて測定を行う。外来種のカワヒバリガイが確認出来た際は、大野・倉地（2011）が求めた殻長と軟体部湿重量との関係式を用いた。

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

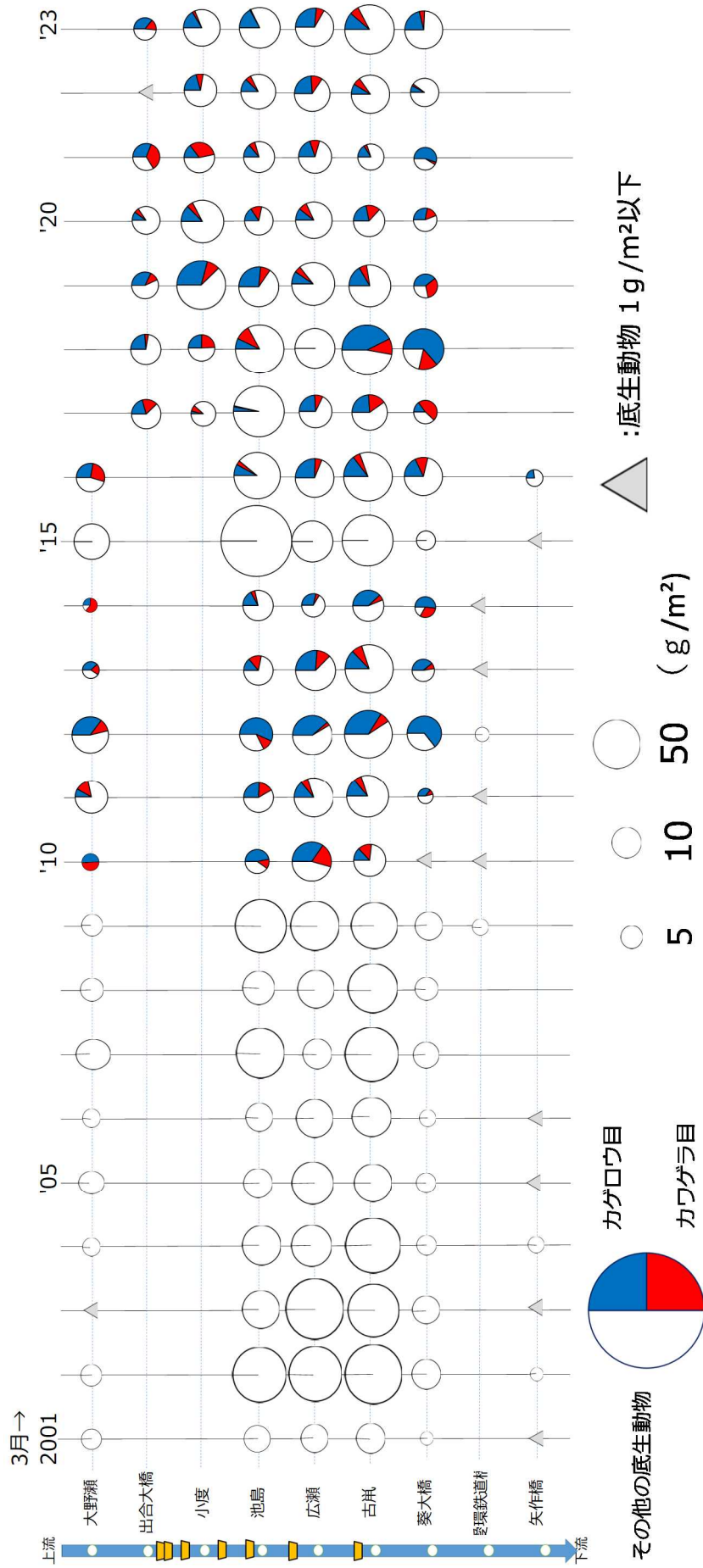


図2 底生動物の現存量とカゲロウ目、カワゲラ目の占める割合(2001~2023)

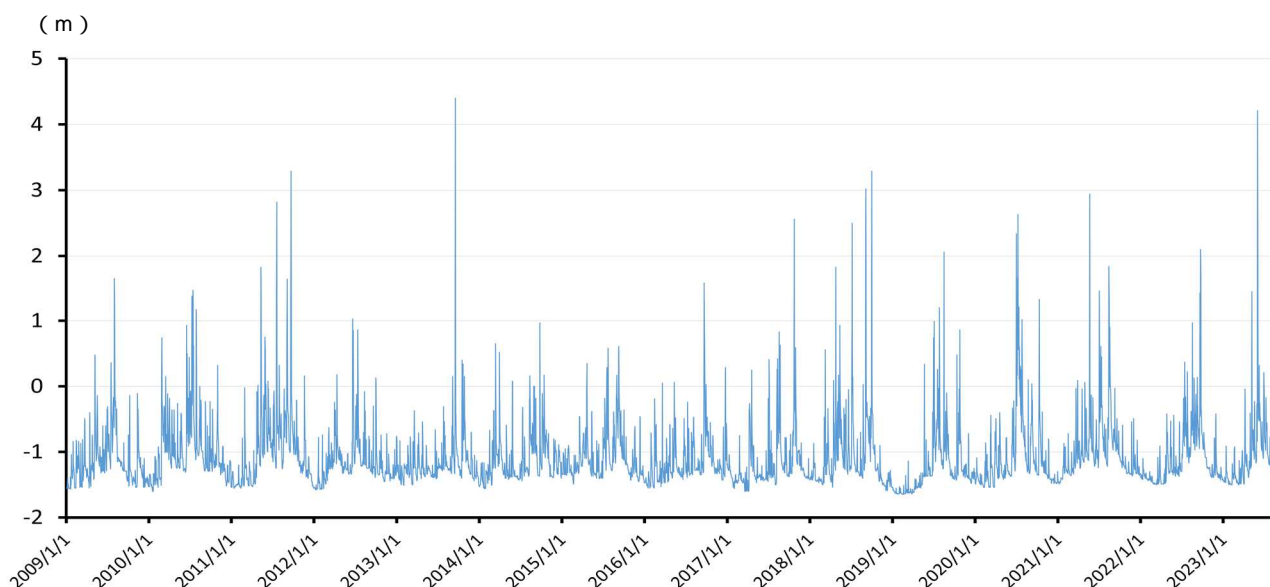


図3 矢作川高橋水位観測所における日最高水位 (2009/1/1 ~ 2023/8/31) (国土交通省, 2023)

(1)式で、Mは湿重量(g)、Lは10mmを超える殻長(mm)とする。

3.3 過去の調査結果

2000年から愛知工業大学と矢作川研究所の合同で行われてきた調査では、経年変化、出水や水質との関係に着目し検討されていた。

底生動物及び造網性トビケラ類の現存量と出水の関係は、松田(2013)、深澤(2020)、窪田(2022)、寺田(2023)から、例年、底生動物及び造網性トビケラ類の現存量は出水規模が大きくなるにつれて減少するという結果になっている。

水質との関係は、相関が明瞭ではないが水質の値が一定以上のとき、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であり、値が一定未満のとき、水質が良好になるほど造網性トビケラ類の現存量が増加する傾向があると寺田

(2023)は考えた。

4. 結果

4.1 底生動物の現存量

図2は過去に採集された底生動物の湿重量のデータを元にカゲロウ目とカワゲラ目、他の底生動物の割合を2001年から2023年までの範囲で円グラフを作成したものである。ただし、2000年から2009年と2015年のカゲロウ目、カワゲラ目が採集された記録が無く、結果の適応範囲は2015年を除いた2010年から2023年までであり、データ数はn=78である。

4.2 矢作川の出水規模

矢作川の出水規模について、図3のデータより矢作川高橋水位観測所における前年一年間の日最高水位から、次式を用いて算出した出水規模Q

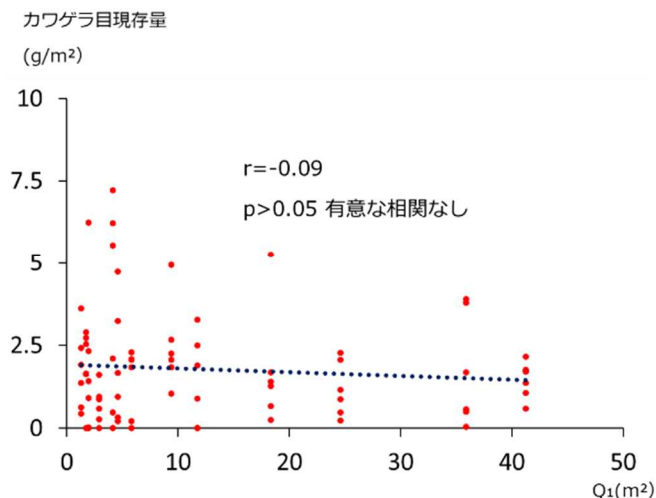
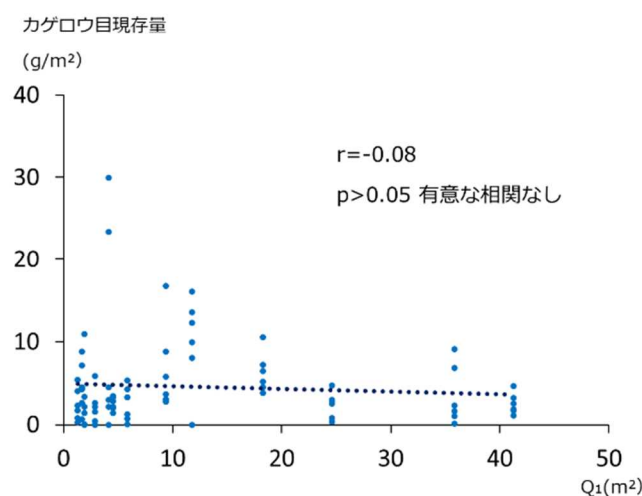


図4 カゲロウ目の現存量と出水規模 Q_i (左)、カワゲラ目の現存量と出水規模 Q_i (右)

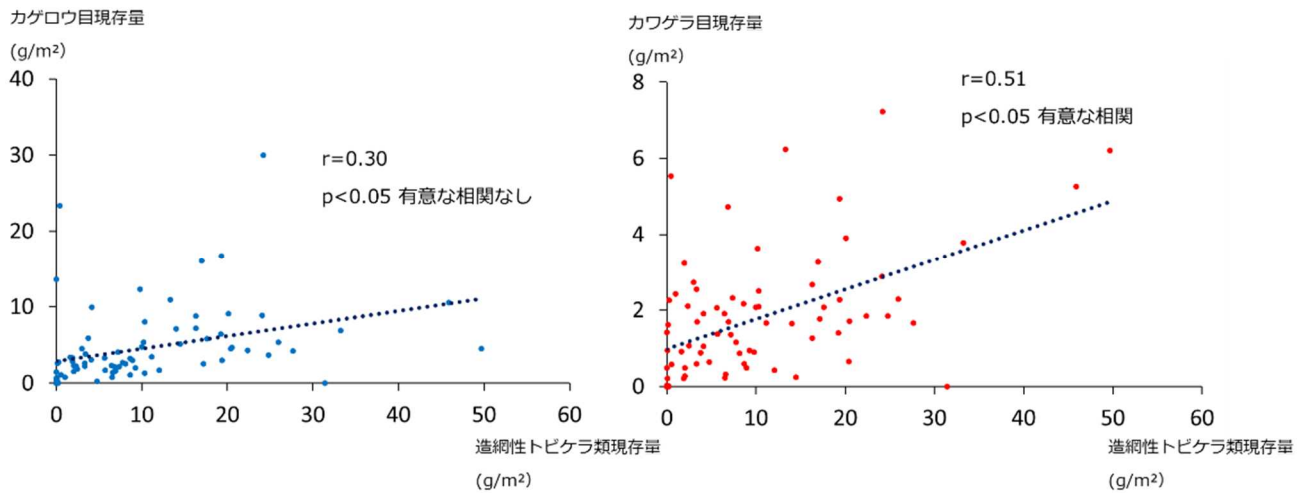


図5 カゲロウ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量（左）、カワゲラ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量（右）

を用いた。出水規模 Q とは、高橋水位観測所で出水時の流量データが期間の一部で得られなかったため考案されたものである。

$$Q_1 = \sum_n \{H(>0m)\}^2 \dots\dots\dots (2)$$

(2)式で、 $H > 0m$ は高橋水位観測所における出水時の水位 $0m$ を超える値である。また、 n はその年の水位 $0m$ を超える出水の回数である（松田, 2013）。

4.3 出水規模との相関

図4は出水規模 Q とカゲロウ目、カワゲラ目の現存量の関係をそれぞれグラフ化したものであり、カゲロウ目とカワゲラ目の双方ともに有意な相関が見られない。

4.4 造網性トビケラ類との相関

出水規模の影響を大きく受ける優占種の造網性

トビケラ類の現存量とカゲロウ目、カワゲラ目の現存量の関係をそれぞれグラフ化したものが図5である。カゲロウ目は有意な相関がみられなかったが、カワゲラ目では正の相関 ($r=0.51, p<0.05$) がみられる。

4.5 三地点での相関

2001年から2019年にかけて池島、広瀬、古岸では造網性トビケラ類の割合が増加傾向である（深澤, 2020）ことから、この3地点では河床の攪乱が不足していたと思われる。これらの地点においてのカゲロウ目とカワゲラ目の現存量は出水規模と造網性トビケラ類の現存量に相関があるのかを調べるためにグラフ化したものが図6、図7、図8、図9、図10、図11である。

図6、図8、図11の出水規模との関係は全地点含めた図4と同様に有意な相関は見られなかった。

一方で図7、図9、図11の造網性トビケラ類の

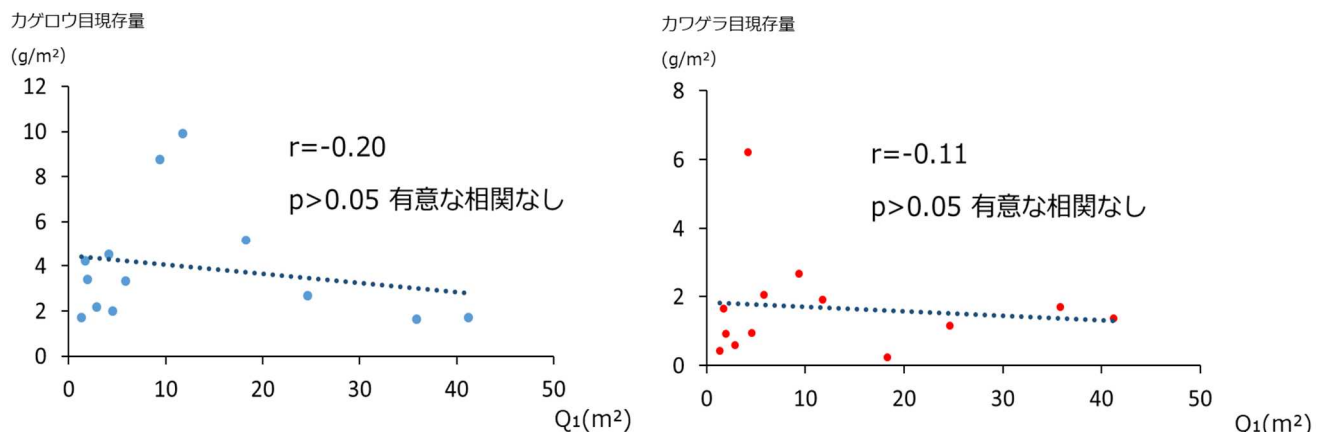


図6 池島におけるカゲロウ目の現存量と出水規模 Q_1 （左）、カワゲラ目の現存量と出水規模 Q_1 （右）

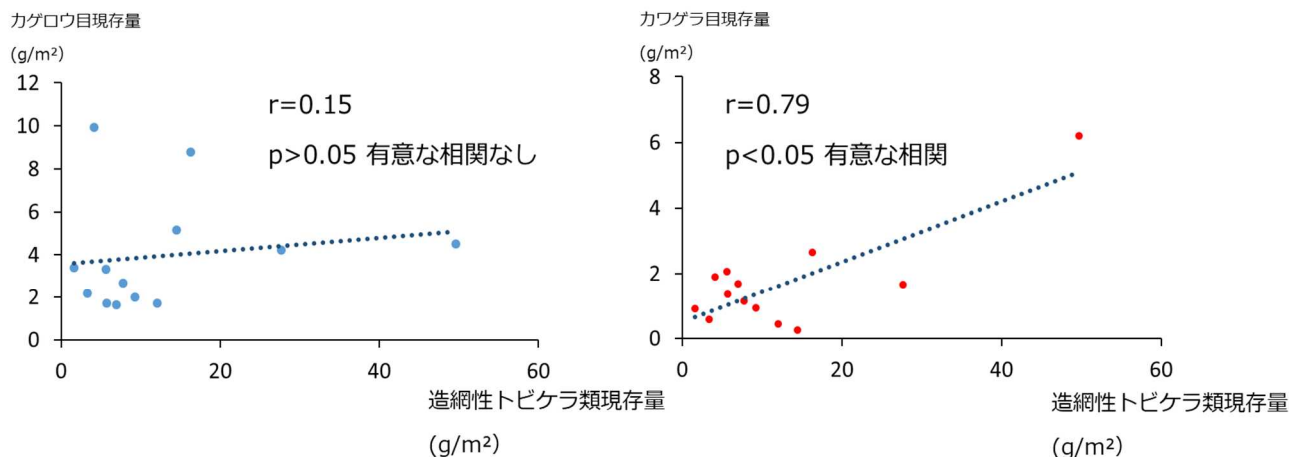


図7 池島におけるカゲロウ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量（左）
カワゲラ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量（右）

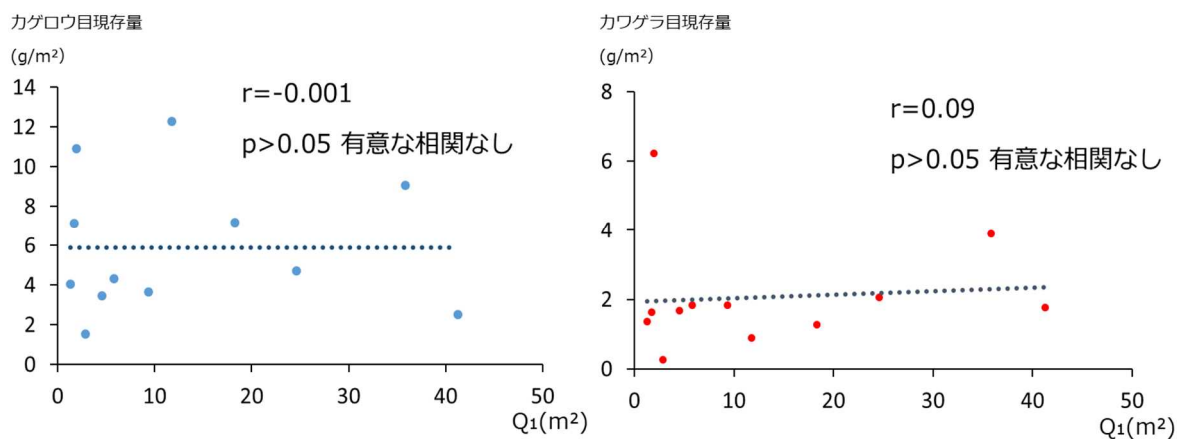


図8 広瀬におけるカゲロウ目の現存量と出水規模 Q_1 （左）カワゲラ目の現存量と出水規模 Q_1 （右）

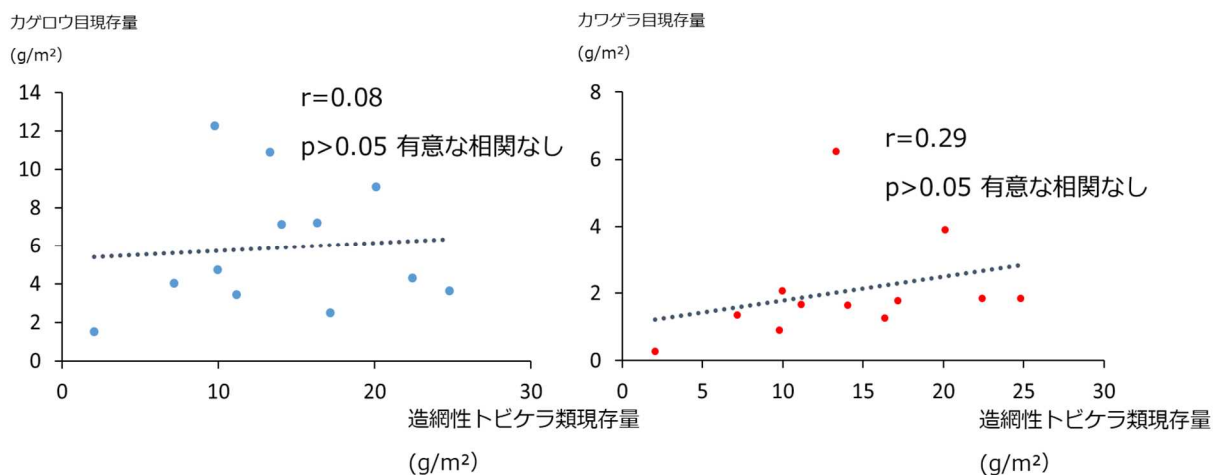


図9 広瀬におけるカゲロウ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量（左）
カワゲラ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量（右）

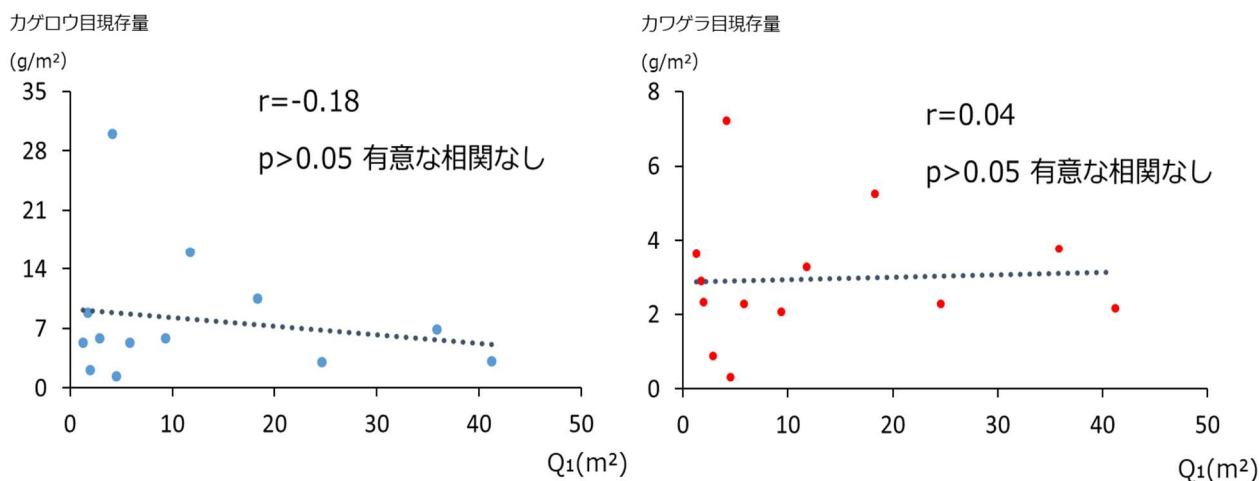


図 10 古巣におけるカゲロウ目の現存量と出水規模 Q_1 (左)、カワゲラ目の現存量と出水規模 Q_1 (右)

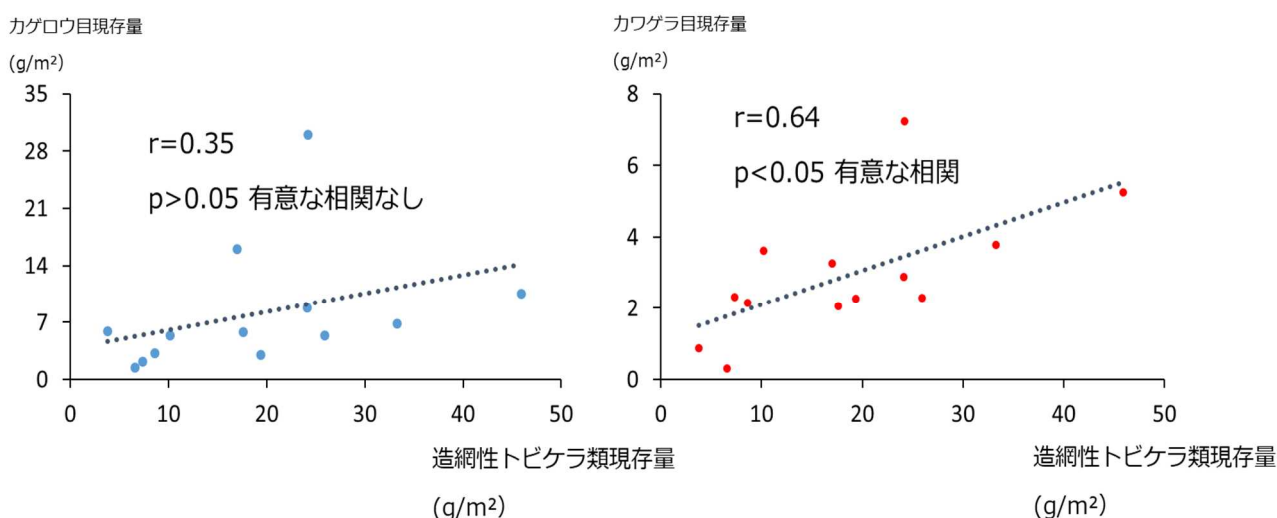


図 11 古巣におけるカゲロウ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量 (左)、カワゲラ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量 (右)

現存量との関係は図 7 と図 11 のカワゲラ目の現存量のみに有意な相関があった。このことから、池島 ($r=0.79, p<0.05$) と古巣 ($r=0.64, p<0.05$) ではカワゲラ目の現存量と造網性トビケラ類の現存量には図 5 と同様に正の相関がある。

4.6 本研究で用いる水質項目

明治用水頭首工で測定された水質項目の一覧が表 1 であり、本研究は、この測定結果を経年変化にまとめて反映した。河川に棲む生物に強く影響する基礎的な水質項目は、溶存酸素 (DO)、pH、有機物、栄養塩類とされている。

溶存酸素 (DO) は、水生生物の基礎的な代謝を司る酸素の供給源として極めて重要な水質項目であり、不足すると、水生生物の窒息を招く。減少の主要因は、BOD (生物化学的酸素要求量)、COD (化学的酸素要求量) で代表される有機物が水中で酸素を消費されながら分解されることである。溶存酸素 (DO) は、日中の植物プランクトンの光合成

による増加、夜間の水生生物の呼吸による減少等で、変動しやすいため、より制御しやすい BOD (生物化学的酸素要求量)、COD (化学的酸素要求量) が選ばれる (関根, 2007)。しかし、COD は、池や湖で主に用いられる水質項目であり、河川などの水流が激しい地点では分散されるため用いない。

pH は酸性雨や工場排水、植物プランクトンの光合成による炭酸の消費などにより増減する。低下による魚の稚魚の呼吸困難などの直接的影響のほか、アンモニア態窒素濃度の高い水域での、毒性の強い遊離アンモニア濃度の変化を引き起こす間接的影響もある (関根, 2007)。そのため、アンモニア態窒素の値を代わりに選ぶことができる。

SS (浮遊物質) などの有機物の量は、BOD で示される (津田・森下, 1974) とされていたが、近年において、BOD が改善され、水質環境を BOD の指標では現しきれない (宮市・並木, 2010) ようになった。一方で、生分解性に関係が無く、全有機

表1 矢作川 明治用水頭首工で測定された水質項目一覧 (国土交通省, 2023)

pH	シマジン (CAT)	EPN
BOD	チオベンカルブ(ベンチオカーブ)	ジクロロボス (DDVP)
COD	ベンゼン	フェノブカルブ (BPMC)
SS	セレン	イプロベンホス (IBP)
DO	ふっ素	クロルニトロフェン (CNP)
大腸菌群数 (1)	ほう素	トルエン
n - ヘキサン抽出物質(油分)	フェノール類	キシレン
全窒素	銅	フタル酸ジエチルヘキシル
全リン	亜鉛	ニッケル
大腸菌数	溶解性鉄	モリブデン
カドミウム	溶解性マンガン	アンチモン
(全)シアン	(全)クロム	ふっ素
鉛	アンモニウム態窒素	ほう素
6価クロム	亜硝酸態窒素	濁度
ヒ素	硝酸態窒素	蒸発残留物
総水銀	オルトリン酸態リン	マンガン
PCB	有機態炭素 (TOC)	2 - メチルイソボルネオール
ジクロロメタン	クロロホルム	ジオスミン
四塩化炭素	トランス-1,2-ジクロロエチレン	ノニルフェノール
1,2-ジクロロエタン	1,2-ジクロロプロパン	4- t-オクチルフェノール
1,1-ジクロロエチレン	p - ジクロロベンゼン	2,4-ジクロロフェノール
シス-1,2-ジクロロエチレン	イソキサチオン	アニリン
1,1,1-トリクロロエタン	ダイアジノン	アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS)
1,1,2-トリクロロエタン	フェニトロチオン (MEP)	1, 4 - ジオキサン
トリクロロエチレン	イソプロチオラン	総トリハロメタン生成能
テトラクロロエチレン	オキシ銅 (有機銅)	塩化物イオン
1,3-ジクロロプロペン (D - D)	クロロタロニル (TPN)	糞便性大腸菌群数
チウラム	プロピザミド	

濃度を炭素量として示す水質項目が有機態炭素（古米, 2007）である。粒状有機炭素と溶存有機炭素の和であり、BOD に代わって本研究で用いた。

栄養塩類は、リンと窒素等であり、河川の生物の成長や繁殖に重要な栄養素である。そのため、河川の生物は栄養塩濃度の影響を大きく受けるとされる。水質項目の全リンは、水中の食物網の基礎となる付着藻類と高い相関がある（西村, 2007）とされた。全リンの内訳に含まれるオルトリン酸態リンなどは、増減変化がほとんど同じになるため、いずれかの採用で良いことから、本研究では、全リンを用いることにした。窒素では、河川水中で流入した様々な起源をもつ硝酸態窒素や亜硝酸態窒素、先述したアンモニア態窒素などの窒素化合物が存在する（戸田, 2007）とされる。それらの総和が全窒素となり、リンと同様にいずれかの採用で良いことから、本研究では、全窒素を用いることにした。

また、河川の生物にとって毒性となる化学物質の水質項目は一部の生物種個体群が毒性影響を受けると、生物間相互作用を介して他の生物種個体群も影響を受けることになる（花里, 2007）。それらは工業廃水や農業廃水などによって水質を汚染する。実際にエンドリン、ディルドリン等の有機塩素系殺虫剤、PCP 除草剤により水生生物の大量死が発生したため、毒性の高い水田は禁止された（佐藤, 2007）。このことから化学物質の量は改善され、水質環境を化学物質の指標で現わせないとし、本研究では用いないこととした。

以上の理由から、本研究で用いる水質項目は全窒素、全リン、有機態炭素の三項目とした。

4.7 水質三項目との相関

明治用水頭首工で測定された全窒素、全リン、有機態炭素の 2010 年から 2023 年 8 月までの経年変化を表したグラフが図 12 である。

このデータをから水質とカゲロウ目、カワゲラ目の現存量の相関をそれぞれ示したグラフが図 13 である。カゲロウ目の現存量と全リン（ $r=0.26$, $p<0.05$ ）と有機態炭素（ $r=0.22$, $p<0.05$ ）の 2 つのグラフにのみ有意な相関が見られたが、相関係数が小さいため関係が明瞭でない。

5. 考察

松田（2013）、深澤（2020）、窪田（2022）、寺田（2023）では、底生動物及び造網性トビケラ類の現存量は出水規模が大きくなるにつれて減少するという結果になっている。一方でカゲロウ目とカワゲラ目の現存量の増減には出水規模との明瞭な相関がないため、影響が少ないことが推察される。これは、固定された巣に入る造網性トビケラ類とは違い、水中を自在に歩き回るため、川底の攪乱の影響を受けた後の回復が早いからだと考えられる。

図 5 から造網性トビケラ類の現存量が増えるにつれてカワゲラ目の現存量が増えることが読み取れる。特に、図 7 と図 11 から池島と古岸では両者の現存量の増減には因果関係が存在する可能性がある。

しかし、近藤（2013）によると上流部から中流部に生息するコウノヒメカワゲラ *Tadamus kohnonis*、サツキヒメヒラタカゲロウ *Rhithrogena tetrapunctigera* らは造網性トビケラ類の現存量が多くなるにつれて減少することから、矢作川本流に生息する全てのカゲロウ目、カワゲラ目に当てはまる結果ではない可能性がある。

水質との関係では、生物学的な水質評価において、有機汚濁に弱い、良好な水質を好む底生動物は多数を占め、主要なグループであるカゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目は、栄養塩濃度が閾値を超えると急激に減少する（宮市・並木, 2010）。しかし、

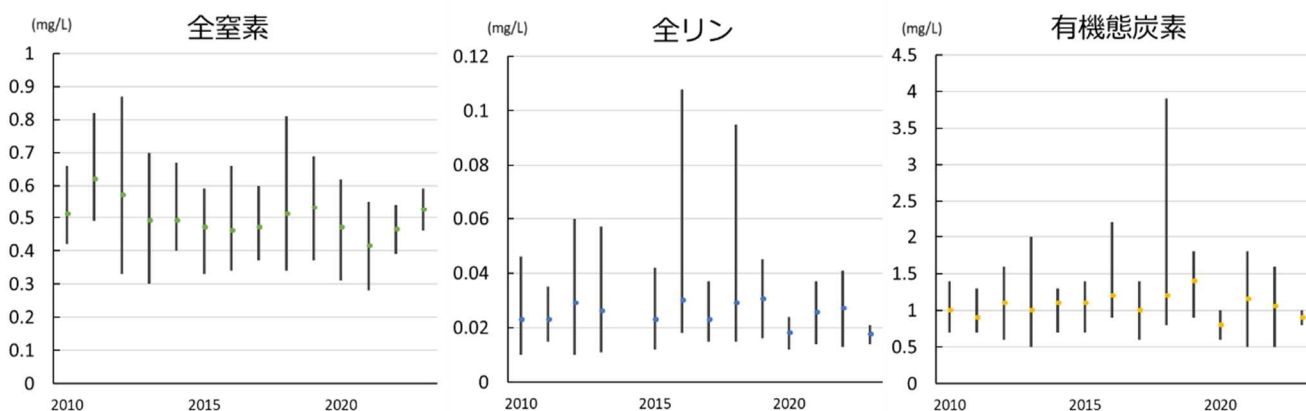
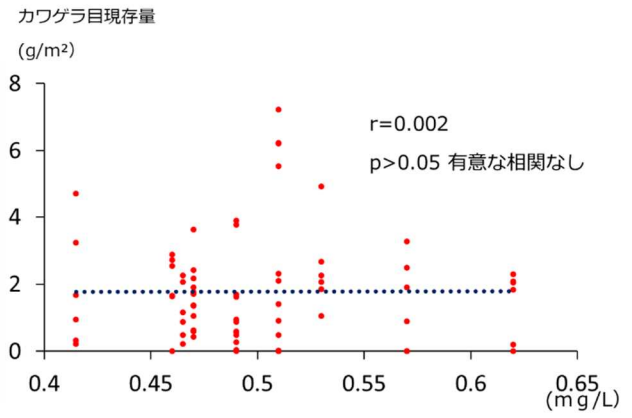
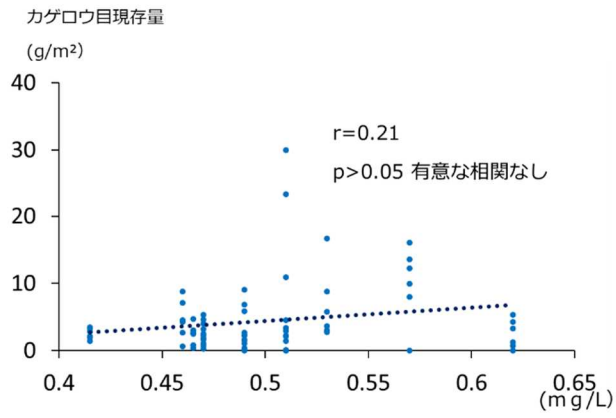
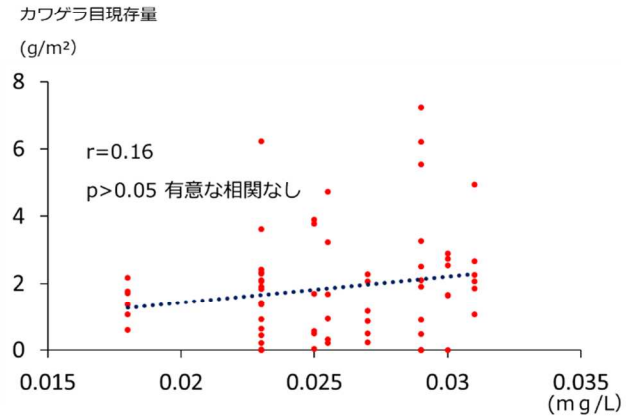
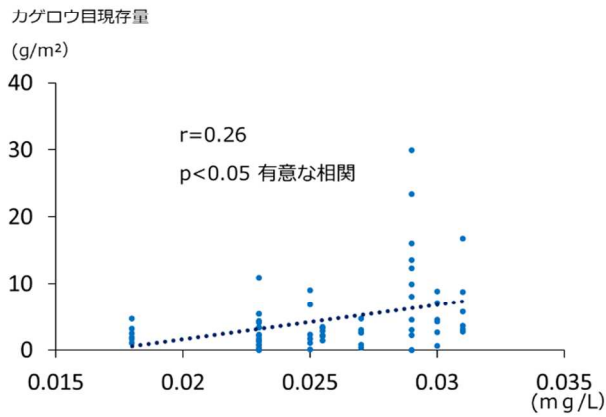


図 12 矢作川明治用水頭首工における
2010 年から 2023 年 3 月の水質の経年変化（国土交通省, 2023）
基準値は全窒素 0.6mg/L、全リン 0.03mg/L、有機態炭素 1.5mg/L

全窒素



全リン



有機態炭素

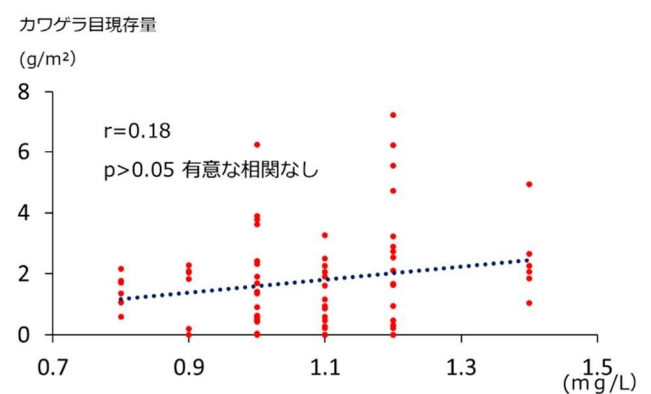
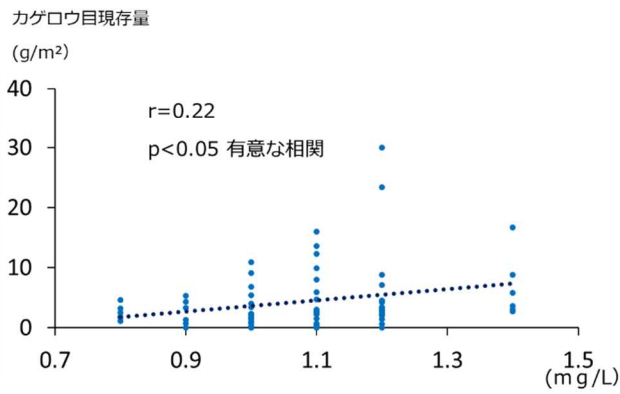


図 13 カゲロウ目（左）、カワゲラ目（右）の現存量と全窒素、全リン、有機態炭素の相関関係

図 12 示された水質の範囲においてはカゲロウ目及びカワゲラ目の現存量と全窒素、全リン、有機態炭素の明瞭な関係はないと考えられる。

また、本研究で適用しなかった 2009 年以前の範囲を含めた場合、矢作川の水質状況が多少異なるため、結果が変わる可能性があると思われる。

6. 謝辞

2023 年 3 月 7 日及び 3 月 8 日の広域定点調査にて豊田市矢作川研究所にご協力頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。

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.
- 宮市哲・並木嘉男 (2010) 全国レベルの水質環境と生物指標 河川水辺の国勢調査と水質データベースの統合. 河川環境の指標生物学, 谷田一三 (編): 120-128. 北隆館, 東京
- 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.
- 関根雅彦・西村修・戸田任重・古米弘明・花里孝幸・佐藤和明 (2007) 生態系に対する重要な水質因子. 河川の水質と生態系 新しい河川環境創出に向けて, 河川環境管理財団 (編): 14-51. 技報堂, 東京.
- 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) BOD と生物学的水質階級との関係. 生物による水質調査法: 102-103. 山海堂, 東京.

愛知工業大学の過去の卒業研究

- 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 卒業論文集, 4-2 ~ 4-4.
- 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.
- 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 ~ 13-10.
- 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. 2019 年度 愛知工業大学 河川・環境研究室 卒業研究論文集, 21-1 ~ 21-8.
- 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 5 年度 愛知工業大学 生態研

究室 卒業論文集, 4-1 ~ 4-9.

寺田稜 (2023) 矢作川の瀬における底生動物の広域定点調査. 令和 4 年度 愛知工業大学 生態研究室 卒業研究論文集, 7-1 ~ 7-10.