



川の自然環境の解明に向けて

-河川生態学術研究会の概要-



河川生態学術研究会

1. 研究会設立の背景・目的

平成7年（1995年）、河川が本来持っている自然環境の役割を見直して、それまでの河川管理のあり方を再検討しようとする気運が高まる中、生態学と河川工学の研究者が共同して河川生態学術研究会を創設した。河川生態学術研究会では、河川の本質の理解を深めることが重要であるという共通認識のもと、新しい河川管理を検討するための総合的な研究を進めることになった。

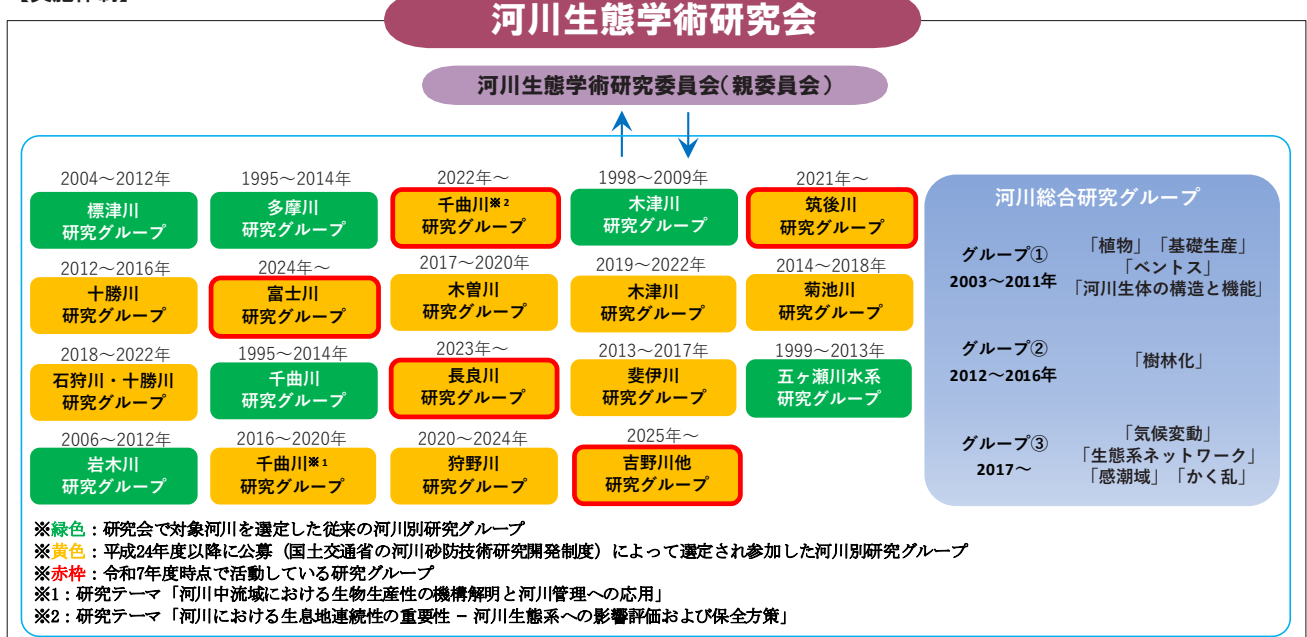
研究は、生態学的な観点より河川を理解し、川のあるべき姿を探ることを目的とし、その達成に向けて、以下のようなテーマを設定し研究を進めている。

- I. 河川流域・河川構造の歴史的な変化に対する河川の応答を理解する。
- II. ハビタットを類型化し、その形成・維持機構、生態的機能を明らかにする。
- III. 生物現存量、種構成、生物の多様性、物質循環、エネルギーの流れを明らかにすることにより、河川生態系の構造と機能を解明し、河川に対する生物の役割を明らかにする。これらを用いて河川の環境容量を推定する。
- IV. 洪水や渇水などの河川が本来持つ攪乱などの自然のインパクト及び河道や流量の管理、物質の流入などの人為的インパクトの影響を明らかにする。
- V. 河川環境の保全・復元手法を導入し、その効果を把握・評価する。
- VI. I～Vに関する結果を総合し、生態学的な視点を加味した河川管理のあり方を検討する。

2. 実施体制

研究は大学などの研究者と国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所などとの共同研究として進めている。

【実施体制】

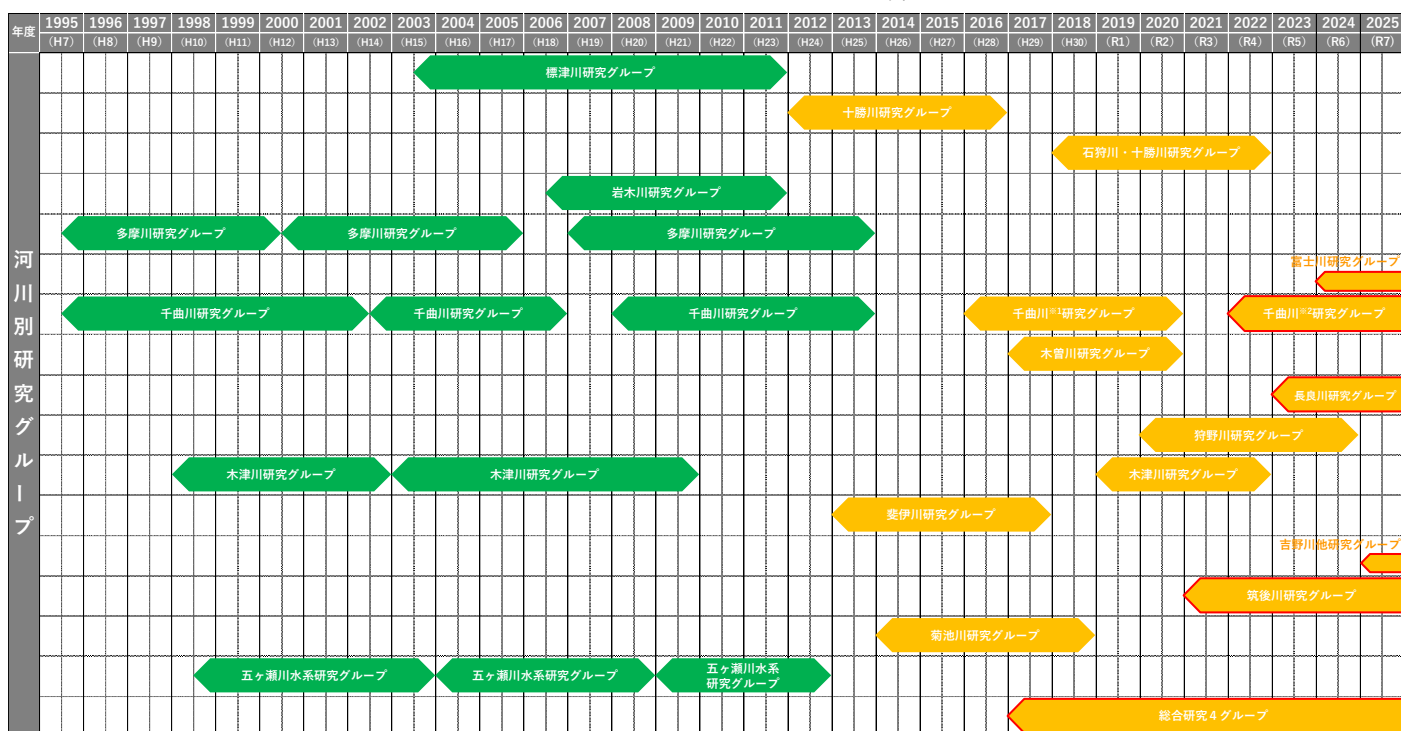


3. 研究会の歴史

研究会は、平成6年度からの4回の準備検討会を経て、平成7年度に設立された。同年度には、実際のフィールドを対象に調査研究を行う河川別研究グループとして、多摩川と千曲川を研究対象とした二つの研究グループが研究を開始した。その後、かく乱の多い砂河川の木津川では平成10年度から、北川(のちに五ヶ瀬川水系に拡大)では、大規模出水に伴う激特事業と連動する形で平成11年度から、蛇行復元試験地を持つ標津川では平成16年度から、汽水湖である十三湖を持つ岩木川では平成18年度から、それぞれ研究が開始され、研究対象河川は全国に広がった。平成24年度からは、新たに河川砂防技術研究開発公募(国土交通省)に採択された研究グループが参加する形となり、初年度の十勝川から令和6年度の長良川まで延べ12河川を対象とした研究グループが参加している。

また、平成16年度に設置された総合研究グループは、河川別研究グループの研究成果の横断的にとりまとめや、特定のテーマに着目した全国の河川の研究などを進めている。設置当初のグループは、「植物」、「基礎生産」、「ベントス」、「河川生態の構造と機能」の4つの研究テーマを設定し、研究テーマごとにワーキンググループを設け研究を進めた。平成24年度から始動した二つ目のグループは、河川水辺の国勢調査結果など統一的なデータを用いて、全国的な樹林化傾向の把握やメカニズムの解析に取り組んだ。平成29年度からは、若手研究者の育成にも重点を置いたグループを立ち上げ、気候変動が河川水温、河川生態系へ与える影響の把握、回遊性生物が河川生態系に与える影響の把握(生態系ネットワーク)をテーマとした2グループが研究に取り組み令和3年度に研究期間を終えた。現在は、感潮域の生物モニタリング、かく乱と生物応答をテーマにした新たな2グループが研究を進めている。

河川別研究グループの研究経緯



※緑色：研究会で対象河川を選定した従来の河川別研究グループ

※黄色：平成24年度以降に公募（国土交通省の河川砂防技術研究開発制度）によって選定され参加した河川別研究グループ

※赤枠：令和7年度時点で活動している研究グループ

※1：研究テーマ「河川中流域における生物生産性の機構解明と河川管理への応用」

※2：研究テーマ「河川における生息地連続性の重要性 — 河川生態系への影響評価および保全方策」

4. 研究の紹介

流況変化に対する河川－海洋沿岸生態系の応答：狩野川水系における解明と生態系保全策

狩野川（2020～2024 年度） 代表：塚越哲（静岡大学教授）

研究目的

- ①豪雨イベントと放水路による流量調節が、下流域や沿岸の構造や生態系に及ぼす影響を明らかにする。
- ②豪雨イベントの前後、放水路分岐点の上流と下流などを対称的にとらえ、底質、フロラ、ベントス、微生物、非生物要素の挙動を明らかにし、豪雨イベントと流量調節に対する環境応答を沿岸にまで視野を広げて総合的にとらえる。
- ③研究成果を統合して放水路という特色をもつ河川における生態系の保全や生物多様性の保護に生かす管理手法を提案する。

●背景と研究の概要

狩野川は、豪雨時における下流の氾濫を放水路の建設によって克服した河川であり、このような河川において流況変化が河川や沿岸域（海洋）の生態系に与える影響を観測した。また建設後約 60 年が経過した放水路への分派点上流と下流において、植生から微生物に至るまでの多様な生物、有機および無機物質の挙動をとらえ、放水路の生態学的影響を明らかにした。さらに分派点付近の豪雨時の流水の挙動と河床構造の変化を水理模型や地下水を考慮した数値モデルによって流域の水循環をシミュレートし、豪雨時の流量予測体制を支援できるよう研究を進めた。一方放水路の開放が沿岸（江浦湾）に及ぼす影響にも注視しており、これらを総合的に扱い、当該河川における生態系の自然なあり方に向けた放水路の適切な運用を提案する。

●放水路が約 60 年の間にもたらした河道変化

狩野川放水路は 1965 年の建設以降 2024 年までに 137 回可動堰は開放されている。年平均にして 2、3 回、最も多く稼働したのが 1966 年の年 6 回、一度も稼働しなかった年が 6 年ある。なお 2024 年 8 月には一度の豪雨中に複数回開閉が行われた。

図-1 に 1959 年から 2019 年までの最深部河床高の縦断面プロファイルを示した。1970 年から 1980 年にかけて、狩野川中下流域の河床高はほぼ全域的に 1~2m 低下したが、放水路がもたらした洪水分派による流量減少への応答は、河道特性に応じて異なっていることに留意する必要があるが明らかになった。

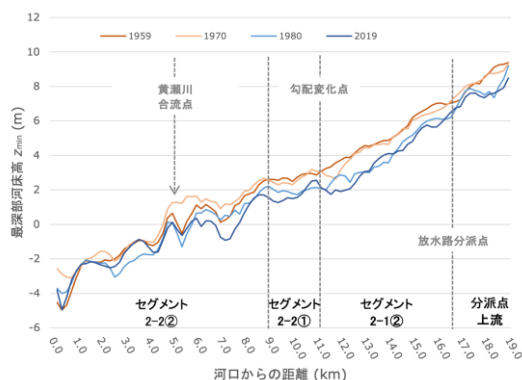


図-1 狩野川中下流域における最深部河床高の変化

また、分派点下流の河道形状変化には、放水路の洪水分派に伴う流量変化に加えて給砂量の減少傾向がみられた。その要因は、分派点直上流部での堆

積や放水路への流出によって下流へ流れる土砂の量が減少したためと推察された。

●水の動きを可視化する

地表水・地下水交換フラックスを考慮した HydroGeoSphere(カナダ Aquanty 社)シミュレーターによって放水路の有無による分派点上・下流側における流路と流速の変化を可視化した(図-2)。放水路があることによって、分派点上流側では左岸沿いに放水路に向かう強い流れが形成される一方、下流側での流速は明らかに低下し、それは高水敷で顕著になることがうかがえる。

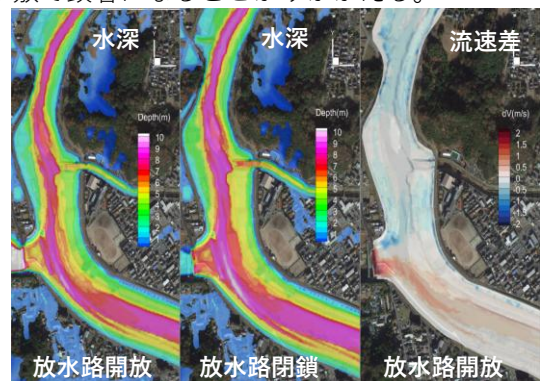


図-2 放水路の有無による水深や流速に現れる違い

●メダケ対策の注意点

狩野川においてメダケは無次元掃流力が高い川の湾曲部外側にしばしば群落を形成し、その発達した稈や地下茎によって河床に土砂の堆積が生じる可能性を指摘した。このため河川管理者による駆除が「天地返し」によって行われている。その効果を明らかにする目的で行った現場実験によって、天地返しにはメダケの再繁茂に効果が見られる一方、かえって他の広葉樹種が繁茂したり、外来種の割合が極端に高くなったりして植物相の回復には必ずしも効果が期待できないことなどが明らかになった。

●豪雨時の河川水が沿岸生態系へもたらす影響

火山地帯を流下し、下流では湧水に涵養された柿田川が合流するため、リンなどに富んだ地下水を含む狩野川は、駿河湾に流入する他の一級河川（大井川、安倍川、富士川）と比べて流量は全量の 13%と小さいものの、栄養塩のフラックスでは全河川供給量の 4 分の 1 程度を占める駿河湾沿岸生態系にとって重要な河川であることを明らかにした。

そして、この河川から沿岸生態系に及ぼす栄養塩供給の働きは豪雨時にさらに高まることが狩野川での観測で確認された。観測は水位上昇が始まった2023年6月2日午前11時45分から3日の午前9時45分にかけて放水路が開放されたタイミングに千歳橋、放水路直上の鏡橋並びに黒瀬橋下で実施された。河川水中の全窒素(T-N)と全リン(T-P)濃度を図に示す。上述したように特にリン濃度の上昇が顕著であった(図-3)。2024年にも同様の結果を得ている。

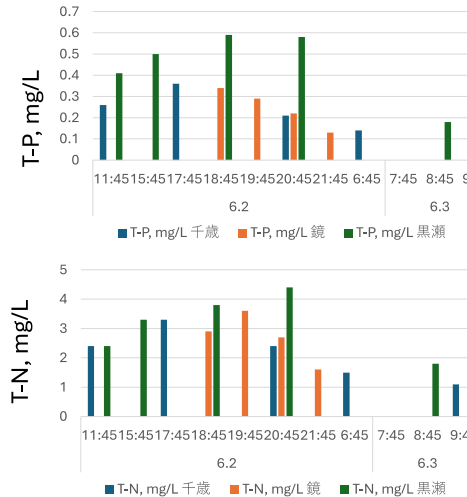


図-3 2023年6月2日から3日にかけての豪雨(2日間の降水量として上流の湯ヶ島観測所で234mmが観測された)期間における河川水中の全窒素(T-N)と全リン(T-P)濃度(採水,分析は(株)八千代エンジニアリングによる)

●水系全体を住み場所として考える

出水による攪乱が水生昆虫の分布や生残にどのように影響するかを把握するため、環境DNAによる手法の確立に取り組んできた。ヒゲナガカワトビケラを対象とした遺伝子流動の解析結果を図-4に示す。湧水河川柿田川、他、黄瀬川、大場川、修善寺川の観測地点間をヒゲナガカワトビケラは頻繁に移動、分散している。出水時の現場観測にはまだ成功していないが、出水がこれにどのような影響を与えるのか、興味深い。

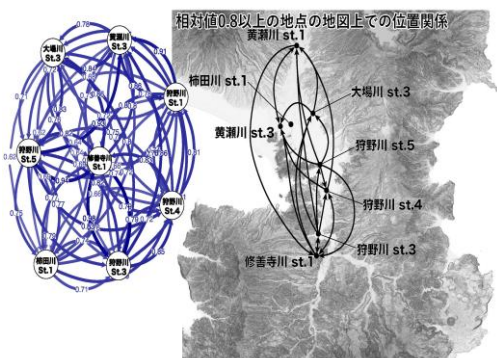


図-4 狩野川水系内のヒゲナガカワトビケラのゲノムワイドなSNPsデータ(GRAS-Di解析)でのdivMigrate解析結果。

●魚道の提案

孵化直後にアユは降河し海で成長するが、本研究では秋の産卵期前の集中豪雨や台風による出水で海に流された成魚が、高塩環境下で生残できることを浸透圧の調節に関わる遺伝子とそれによる

タンパク質の発現までを確認し、初めてこれを明らかにした。そのようなアユが再び狩野川に遡上し、産卵行動に参加できるなら、それは自然に寄り添った河川管理だと言えよう。狩野川放水路はトンネル構造による暗渠区間が長いなど構造上の問題点もあるが、分流堰の左岸側にある水門を改良し、本流の左岸流を流すように可動堰などを検討できれば、魚道の設置が可能かもしれない。放水路には流れをもたらす水量が当然求められるため、操作上の困難も考えられるが、一考に値するかもしれない。

●放水路の出口

狩野川が大きく湾曲する箇所には放水路が建設されたため、出水時には主に河川の表層水が放水路へと流れ出る。この時広葉樹の葉などの浮遊物が一気に放水路から江浦湾の海底に運ばれ、そこで堆積すると考えられる。嫌気的な黒色堆積物は鉛の年代測定から、深さ約16cmで24年前と推定され、放水路建設後の堆積であることが裏付けられた。堆積は30cm程度の厚さに及ぶと推定される。堆積物直上水の酸素濃度が夏季に低濃度となることが観測されるが、上部水塊への影響はまだ限定的と考えられる。ただ、次の50年に向けてどう対処するかは検討課題である。

●研究は多岐にわたった

5カ年にわたって10人の研究分担者と数名の大学院生らからなる研究チームが狩野川に向き合った。説明する紙面がないので全体像を以下に図示する。

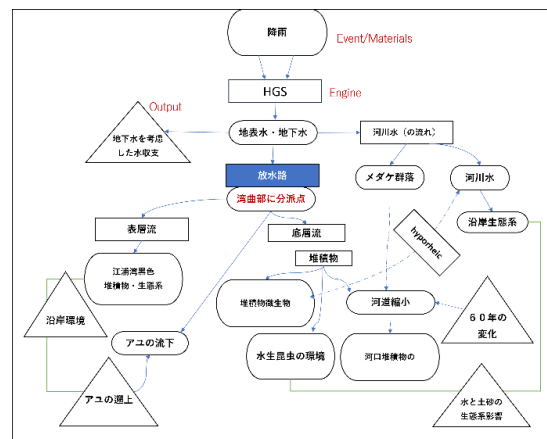


図-5 狩野川研究の相互の繋がり

研究分担者：加藤憲二・日下部誠・佐藤慎一・宗林留美・徳岡徹(静岡大学)、知花武佳(政策研究大学院大学)、岩田智也(山梨大学)、東城幸治(信州大学)、森康二(ブルーアースセキュリティ株)。

●狩野川台風経験者へのインタビューとアウトリーチ,現場管理者との合同観測

最後に3名の狩野川台風体験者へのインタビューを行った。印象深かったのは、大変な経験をしながらも狩野川への思いは幼少期に培われた日常体験に根差した明るいものであったことである。

研究の遂行にあたっては国土交通省沼津河川国道事務所の皆様には都合6年にわたって大変なお力添えをいただいたとともに、数多くの共同観測を実施することができた。

また大学内外における積極的な広報活動にも力を注いだ。活動の全体を通じてご協力いただいた多数の関係者に謝意を表したい。

大規模攪乱後の生態系回復プロセスとそれを担保する河川構造

: 2つの時間軸(平成29年7月九州北部豪雨と1720年6月享保水害)に着目したアプローチ

筑後川 (2021~2025年度予定) 代表: 鬼倉徳雄 (九州大学大学院教授)

研究目的

- ①短期～長期的な生態系回復プロセスを、各種の生態的特性を加味しながら解明する。
- ②激甚化した災害レベルでも生態系回復ソースとなりうる空間構造とその複雑性を特定する。
- ③想定外の災害時にも回復ソースとして寄与できる重要河川を選定する。
- ④災害後の河川の復旧工事と回復プロセスとの関係性を明らかにする。
- ⑤災害復旧工事の影響を評価し、課題を抽出、その解決策を提言する。

●研究概要

本研究は、平成29年7月九州北部豪雨で被害を受けた筑後川水系の中流域の北側を中心に、生態系の回復プロセスを追跡するとともに、生態系の回復ソースとなりうる構造や河川を特定する。

斜面崩壊の影響を大きく受けた上流域では、生態系がリセットされ、また広域の環境DNA調査から流域全体での影響等が把握できた。被災地河川の多くは(図-1: A-1)、災害直後の2017年秋、対照河川や本川に比べて検出種数とDNA総量が小さかったこと、その後、2019年、2021年と生物量を増加させたことから、豪雨で負の影響を受けた後、徐々に回復を見せていると判断された。ただし、2023年7月に発生した豪雨後、その量は再び減少した。対照河川の多くは(図-1: B-1)、豪雨直後、被災河川よりも高い生物量を示したが、2019年に減少、そして、2021年には増加傾向を示した。2017年の豪雨直後は、流域全体での生物のストックとして機能した可能性、そして、その後の減少は出水による影響の可能性が示唆された。そして、2023年の豪雨の影響でその量はさらに減少した。この年の豪雨は、2017年豪雨の時とは異なり、流域全体の生物量に影響を与えたと推察された。

特定の魚種の遺伝的多様性も、環境DNA量と類似した変動パターンを示した。具体的な例として、タカハヤが挙げられる。この魚は、研究初期の解析の中で、回復が早い魚種のひとつとして挙げられた一方、災害直後に完全に姿を消したケースが数河川で認められた魚である。本種のミトコンドリアDNAのハプロタイプ多様度をみたところ(図-2)、2020年から2022年にかけて被災河川だけでなく、対照河川においても遺伝的多様性の上昇傾向が認められた。そして、2024年には再び、多様性の減少が認められた。このことは、豪雨による出水のたびに、遺伝的な集団構造が低下し、その後の

安定で、その多様性を回復させていると考えられる。

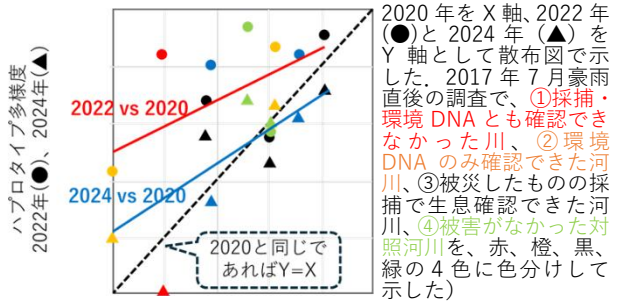


図-2 タカハヤのミトコンドリアDNAのハプロタイプ多様度の変動

ニホンヨコエビについても遺伝的多様性について調査しており、2024年2月のサンプルについてミトコンドリアDNAを解析したところ(図-3)、2017年災害で甚大な被害が出た河川で個体数の回復(例えば、乙石川、赤谷川は1個体のみ捕獲)と遺伝的多様性の回復(妙見川支流は16個体捕獲できたがハプロタイプ数は1)が遅れていることが明らかとなった。大変興味深い点は、対象河川の野鳥川で10個体の捕獲・分析に対し、ハプロタイプ数が8、佐田川上流で12個体に対し、ハプロタイプ数が10、疣目川では13個体に対し、ハプロタイプ数が11と、集団内のハプロタイプ多様度が極めて高い河川が存在したことにある。この極めて高い遺伝的多様性と、被災河川での個体数や遺伝的多様性の低さを勘案したとき、山地渓流域での自然、人為的攪乱を評価する指標生物として極めて優れる種であると考えている。ここでは図示しないが、ハプロタイプ多様度と調査地上流側の支流

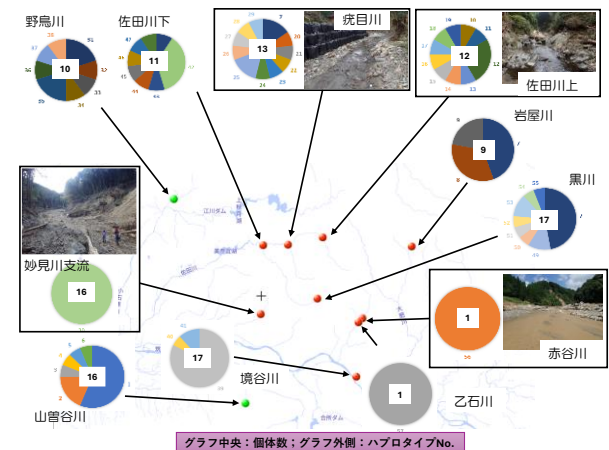


図-3 2024年2月調査でのニホンヨコエビの採捕数(円グラフの中央)とミトコンドリアDNAの各ハプロタイプの出現頻度(グラフ外側はハプロタイプ識別番号)。

2017年豪雨被災河川を赤、対照河川を緑でプロットした。

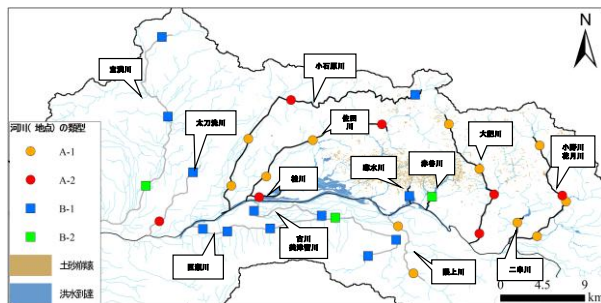


図-1 環境DNA定量メタバーコーディングによる災害直後(2017年秋)、2019、2021、2023年の魚類の総DNA量の変化パターン。

A-1(●): 2017年から2021年まで増加し続け2023年に減少; A-2(●): 2017年から2023年にかけて増加; B-1(■): 2019年に減少, 2021年に増加, 2023年に減少; B-2(■): 2019年に減少, 2021年から2023年まで増加

の数に正の相関関係が認められたことから、上流側からの個体の供給にその回復が依存していて、支流とのネットワークの重要性が改めて浮き彫りとなった。

これまでの研究の中で、山地渓流域では花崗岩河川の河道地形の回復と水生昆虫類の回復が遅いことを述べてきた。今回、中下流域を含め、淡水魚類の回復に着目して、災害直後、その後の河川改修中、そして現在までの種数の推移を確認したところ、花崗岩河川と変成岩河川で明確な違いが認められた。花崗岩河川では、災害直後のインパクトが大きく、種数が極めて少ない状態から始まり、その後の改修序盤は緩やかな回復を見せた。一方、変成岩河川では災害直後のインパクトが小さく、種数が高かったため、その後の改修の影響が大きく、改修中に種数を大きく減らした。そして、河川改修後、2023年に再び出水があり、最近では、花崗岩河川の種数の減少、変成岩河川の種数の増加傾向が認められる。花崗岩河川では、改修後、上流からの砂の供給過多が続いており、それがハビタットの回復を遅らせていると推察される。

桂川・荷原川（変成岩河川）では、激甚災害指定を受けての急ピッチな改修が負の影響を与えたことを、これまで述べてきた。ただし、筑後川研究グループが河川管理者に助言しながら、多自然川づくりを行った場所もある。そして、河道内自然再生が実施できた場所でのタナゴ類を含めた種数・個体数の回復が認められており（図-5）、災害復旧とその後の河川改修で多自然川づくりは必須であることが改めて確認できた。

なお、今回の河川改修で桂川から姿を消した種の保存法指定種セボシタビラについては（河川改

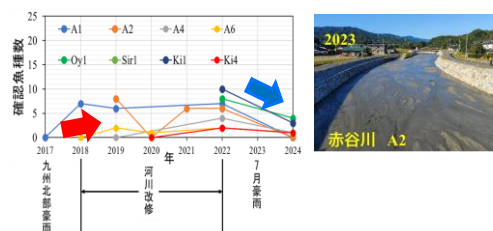
修期間の途中で、指定された）、工事中の緊急避難、系統保存および増殖を九州大学水産実験所で行い、その後、勉強会と再導入（これまで各3回）、環境DNAによるモニタリングを、筑後川研究 G、環境省、福岡県、WWF ジャパン、地元のコンサルが協同して実施している（図-6）。

なお、今回、紹介できないが、その他、扇状地河道区間におけるワンドやたまりの出水攪乱時の生態的役割、廻水路・クリークの種多様性の担保、谷密度の高さが魚類の残存と早期回復に影響すること、筑後川水系のフミン物質濃度の時系列変化（特に被災河川での濃度が低いこと）、筑後川中流域における近世以降の災害史、現地調査と水理模型実験による山地渓流河道の安定性・持続性、水生昆虫類の土砂災害後の分類群ごとの回復速度などについて、新たな知見が得られている。

さて、本研究では、生物・生物多様性・生態系の観測において、新規的・独創的な手法を取り入れてきた。例えば、環境 DNA 定量メタバーコーディングによる長期モニタリング、水生昆虫ヒメドロムシ類を使った自然・人為攪乱に対する影響評価、山地渓流の水生生物の遺伝的多様性を使った攪乱に対する影響評価、種特異的な環境 DNA 分析結果による希少種の放流量の決定などがそれにあたる。それらについては、今年の実用生態工学会自由集会で紹介する予定である。以下、ご参考まで。

2025 年度応用生態工学会年会新潟大会 自由集会（申込済み） 新規的・独創的に生物・生態系を観測する：平成 29 年 7 月九州北部豪雨後の試み

◆ 赤谷川, 大山川, 乙石川, 白木谷川, 北川



◆ 桂川, 荷原川

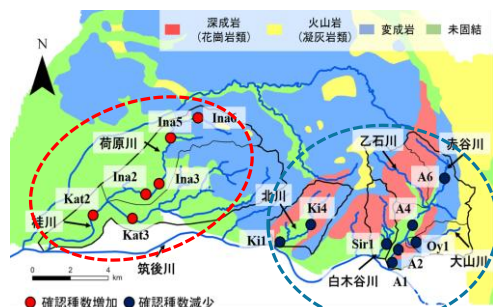
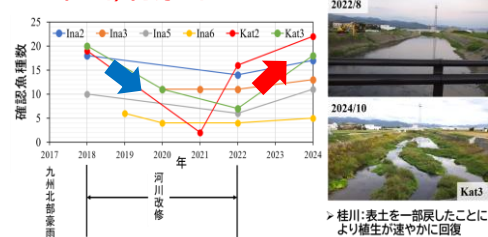


図-4 2017 年 7 月九州北部豪雨後の淡水魚類の出現種数の推移。

花崗岩河川（上）とその他の河川（下）を分けて示すとともに、種数の増加傾向に→、減少傾向に←を表示した。



図-5 桂川における河道内自然再生実施場所の景観と 2022 年 11 月に確認された希少淡水魚。



図-6 2025 年 3 月の桂川におけるセボシタビラ放流会の様子（左：放流直後の様子を空撮；右：放流前のセボシタビラ）

河川における生息地連続性の重要性

— 河川生態系への影響評価および保全方策

千曲川・信濃川（2022～2026 年度予定） 代表：箱山 洋（長野大学教授）

研究目的

- ①河川生態系における攪乱や河川工作物の存在が、魚類の生息地の連続性、さらには個体群・群集の健全性・持続性に与える影響を明らかにする。
- ②魚道・水路等における魚類の移動・種判別を行う自動カメラ観測機の開発を行う。
- ③流域の分断化に関するモデルを構築し、流域全体のシステムとしてどのような規模で魚類の移動を確保する必要があるのかを評価し、魚道の拡充整備などに関する提言としてまとめる。

●研究概要

本研究は、千曲川・信濃川水系を主たるフィールドとして、河川生態系における生息地連続性の重要性を総合的に評価し、攪乱や河川工作物が魚類を中心とする淡水生物群集に与える影響の解明を目的としている。特に、出水などの自然攪乱や堰・ダム等の人工的な構造物による生息地の分断化が、魚類の個体群動態や遺伝的多様性、群集構造、生物間相互作用、さらには水域の微生物群集に及ぼす影響を長期的かつ多面的に検証し、将来的な河川保全・管理方策に資する知見を得ることを目指している。

(1) 水系における複数の生息域からなるメタ個体群の基本構造と攪乱に対する応答の解明

河川の生息地連結の重要性を明らかにするため、環境 DNA (eDNA) 分析を中心とした調査を進めている。これまでに、源流域から河口部までの千曲川・信濃川水系における魚類相調査を実施し、絶滅危惧種を含む計 61 種の魚類を検出した。種の豊かさは上流から下流にかけて緩やかに変化し、本流よりも支流の方が、多様性が高い傾向が確認された。さらに、同一種内においても遺伝的多様性の地域差が明らかとなった。また、宮中取水ダムを境にヒガシシマドジョウとニシシマドジョウの分布が大きく異なることが判明し、分断化の影響が顕著であることを示している。上田市内では電気ショッカーと eDNA を併用し、18 地点における魚類相調査を実施。障壁の数と分類学的・遺伝学的多様性との間に有意な相関が認められ、障壁の存在が遺伝子流動を阻害し多様性を減少させることが確認された。

(2) 攪乱や河川工作物が生息域内群集に与える影響の把握

台風などの出水攪乱による魚類群集への影響については、台風 19 号の前後を対象に、千曲川中流域で eDNA 調査、電気ショッカー、釣獲調査を実施した。その結果、台風後にコクチバス減少とオイカワ・ウグイの増加が確認され、その後もこの傾向が維持されている。さらに、外来魚ブラウントラウトの分布拡大を阻止する堰堤の効果を、堰堤単位での eDNA 分析により検証し、実際に eDNA 陽性から陰性に変化する区間が複数確認され、河川工作物の移動阻害効果の可視化に成功した。また、千曲川本支流の広域調査からは、犀川合流点より下流でブラウントラウトの分布が拡大しつつあることが把握された。

(3) 物理環境・水理環境のモデル化と、河道地形の変遷に伴う生態系応答の評価

1976 年から 2020 年の千曲川中流域における河道地形変遷と、台風 19 号前後の地形変化を詳細に分析した結果、全体として土砂量の増加、結節網状度の減少、直線的な流路形成が進行していることが明らかになった。特に、立ヶ花狭窄部と上田市周辺において顕著な地形変動が確認され、上田市周辺では河積が増加、犀川合流部から立ヶ花区間では河積が減少するなど、区間ごとに異なる動態が見出された。このような物理環境の変化は魚類相や群集動態にも影響を及ぼすと考えられ、これを生物動態モデルと組み合わせることで、生息地連結の重要性を定量的に評価する計画である。

(4) 魚類移動モニタリング技術の開発と現場実装

魚類の移動状況をリアルタイムに把握するため、淡水生物学研究所の水路に水中カメラと動画記録システムを設置し、機械学習による画像解析の手法を開発した。最新の成果では、信濃川水系で確認された 50 種の魚類について、およそ 9 割の判別精度を達成。照明の改善やワイパーによる防汚対策を講じ、長期間の安定稼働を実現した。また、映像の一部にぼかしが入っても識別精度が維持されるなど、実用化に向けた技術的課題の解決も進んでいる。

(5) 流域分断化モデルの構築と魚道・堰改修への提言

これまでに得られた魚類分布、現存量、多様性、環境要因、維持流量、魚道性能等のデータを基盤として、流域全体をシステムとして捉えた分断化評価モデルの構築を進めている。特に、生息地間の接続を維持するために必要な魚道の設置位置や改修の優先度を科学的に評価し、今後の水系管理に向けた具体的な提言を行うことを目指している。さらに、これらに加えて、(2)の群集構造解析において、河川内石表面の微生物叢についても EcoPlate を用いた代謝活性の分析を実施し、流速と代謝活動の間に有意な関係が認められた。加えて、水槽実験で、流れの強度によって微生物群集の代謝パターンが変化することを検証しようとしている。これらの結果は河川内の微生物相動態と物理環境の関連を解明する重要な基礎資料となる。

このように、本研究では広域から局所、生物から環境要因まで複合的にデータを取得・分析し、多層的な解析を通じて河川の生息地連続性の意義と保

全の方向性を科学的に示すとともに、その成果を
魚道整備や堰改修などの実践的な河川管理施策に
反映することを目指している。

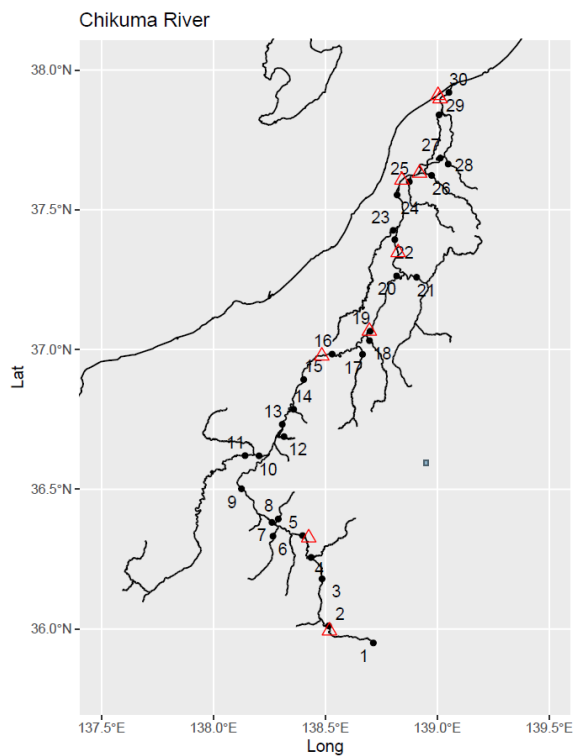
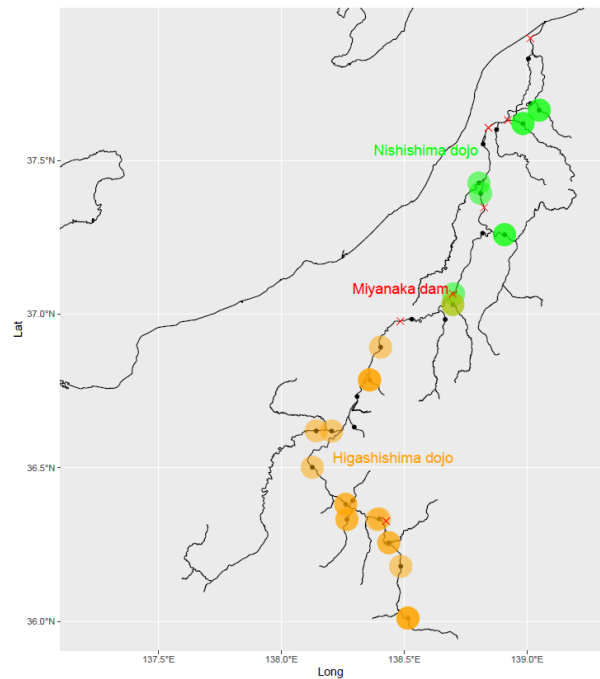


図-1 eDNA による魚類相の調査 (30 箇所)



ヒガシシマドジョウ



ニシシマドジョウ

図-2 2種のシマドジョウの分布

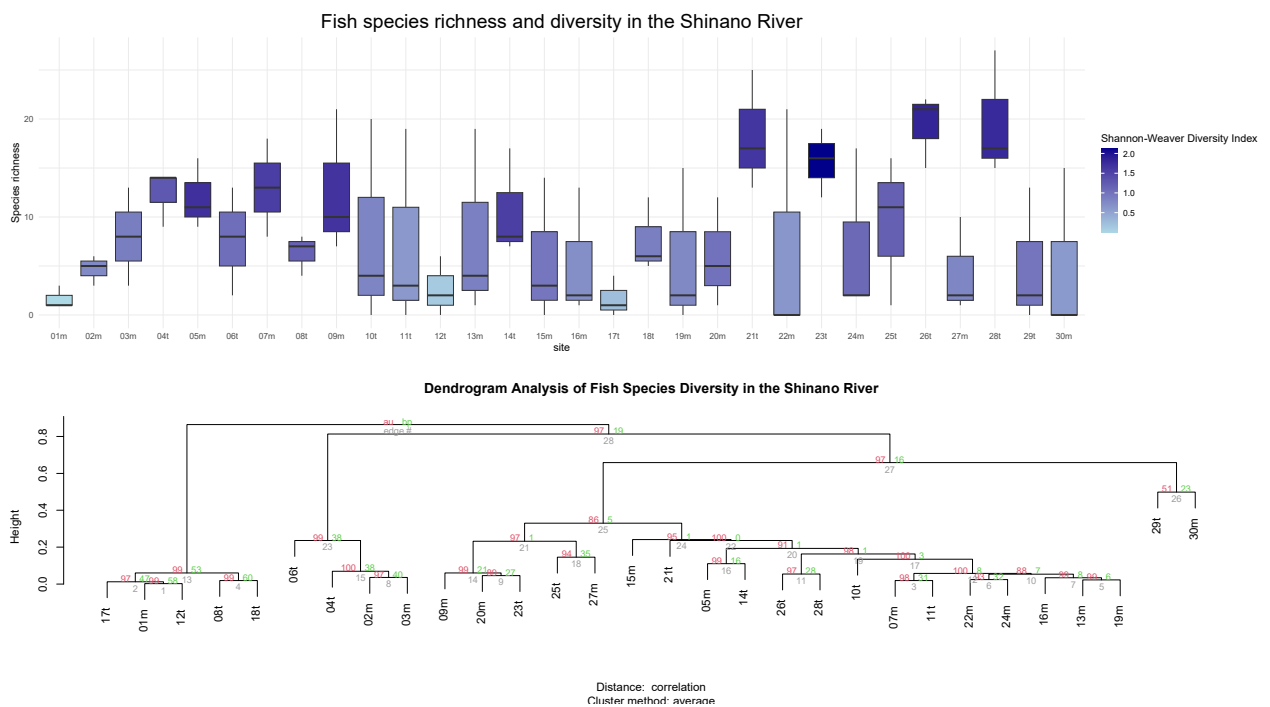


図-3 千曲川・信濃川における上流の調査地(01)から河口(30)までの魚類の種多様性の変化

研究目的

- ①気候変動における流域治水の実装シナリオ（流域治水シナリオ）の設定
- ②流域治水シナリオに対する流域における生物多様性の予測・評価
- ③河道掘削に対する河道内の地形・植生等の予測手法の開発
- ④幾つかの河道分担流量に対する河道掘削後の河道内での生物多様性の予測と評価

研究概要

長良川とその流域を対象として以下の4つの視点から研究を進める。①対象流域において気候変動が進んだ場合を想定し、流域治水の実装シナリオを幾つか設定する。②生物生息空間としての機能を有している浸透・貯留空間を流域治水シナリオに基づき配置した際の流域スケールでの生物多様性の予測・評価を行う。③河道掘削を行った後の河道地形・植生等の変化を適切に予測する手法の開発を行った上で、④流域治水シナリオで明らかになった幾つかの河道分担流量に対する河道掘削後の河道内での生物多様性の予測・評価を行う。上記の結果から、流域治水シナリオの進展に応じた流域－河道における包括的な生物多様性を明らかにする。

2024 年度（令和 6 年度）では②、③を中心に研究を実施した。②では水環境を代表する生物群であるトンボ類と淡水魚類に注目し、これらの広域分布を把握するとともに環境要因との関係を明らかにした。トンボ類では既往データも統合して計 100 地点の情報を、魚類では 60 地点で環境 DNA を用いた淡水魚類の分布調査を実施し、淡水魚の種数をランダムフォレスト解析により推定した。この結果、トンボ類の種数は平均 3.67 種、淡水魚類の種数は平均 22.38 種であった。また、この結果を踏まえると、流域治水による土地利用変化はトンボ類では「さとやま指数」と「さとがわ指数」の変化を介して、魚類では自然河岸、河川の蛇行、平常時の流出量を介して影響が及ぶ可能性が示唆された（図-1）。

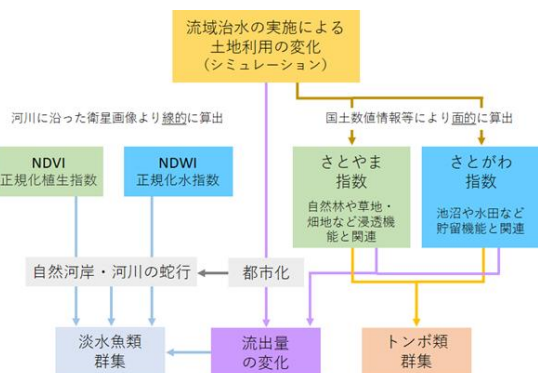


図-1 流域研究の進め方

③の研究では、河川については大きく陸域・水域に領域区分し、今年度（R6）は陸域では植生を、水域では魚類を対象とした検討を行った。ここで、陸域植生については、砂州上の植生等陸域の大部分を占める領域（典型性の高い領域）に加えて、ワンド・たまり・河岸沿い等に繁茂する沈水植物帯と生物多様性に対して重要な役割を有する草地として維持されている堤防植生をも対象とした（特殊性の高い領域）。砂州上の植生等については、陸域

におけるハビタット区分を行うための検討として植物群落の非類似性評価を行い、同一群落間では種組成の非類似性が小さく、異なる群落間では種組成の非類似性が大きい傾向があることを示し、植物の種多様性の視点からは群落レベルでの予測・評価が必要であることを示した。一方で、河道掘削後の河道－植生の応答を群落レベルで予測することは技術的に困難であることから、一定の期間内（例、10～20 年）に出現する群落の組み合わせが類似した領域を一つのクラスタとして定義し、陸域環境を定義する手法を提案した。

一例として、2007 年、2012 年、2017 年、2022 年の河川水辺の国勢調査（基図調査結果）に基づき大縄場大橋下流右岸砂州、河渡橋地区において構築した群落クラスタを示す（図-2、図-3）。水際に並行して群落クラスタが帯状に分布し、植生が繁茂するクラスタ 2～6 に向かって水際に分布する群落の数の割合が減少することが分かった。また、環境要因との関係を分析したところ、平常時の環境（例、土壌水分等）との関係は見られず、洪水時の外力（例、掃流力）との関係性が強いことが分かった（図-4）。このため、河道掘削等により地形が改変された場合には、洪水時の外力の変化に基づき群落クラスタの変化を推定する方法の提案が可能となる。今後は具体的な河道掘削を与条件とし、植生、魚類の変化を予測する手法の開発を行い、実務への活用も視野に入れて研究を行っていく。



図-2 クラスタ分析の結果（大縄場大橋地区）

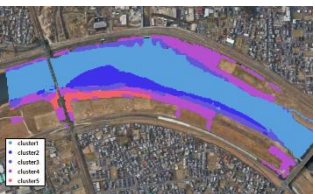


図-3 クラスタ分析の結果（河渡橋地区）

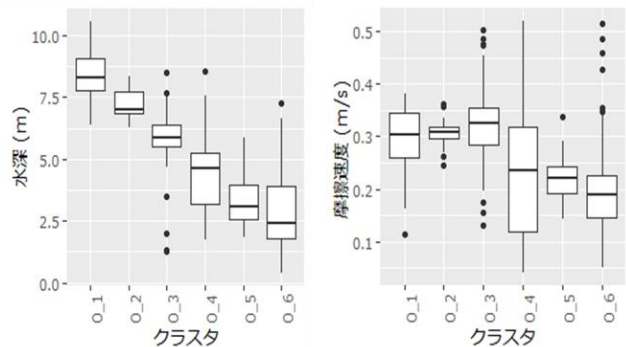


図-4 大縄場大橋地区のクラスタと水深、摩擦粗度の関係

多様な扇状地河川を有する富士川流域における治水と環境を両立する
流域治水策の検討に向けた研究

富士川（2024～2028 年度予定） 代表：大槻 順朗（山梨大学大学院准教授）

研究目的

- ①流域特徴による潜在的河道環境と氾濫原環境が生態系に与える影響の解明
- ②本川扇状地氾濫原における水温形成と生態系における機能の解明
- ③扇状地河川の支川・本川・氾濫原の機能による水系全体での相互補完性の解明
- ④扇状地河川の環境の保全再生に資する流域治水施策の提案と評価

●研究概要

富士川グループでは、様々な地質、標高などの特徴を有する扇状地河川を持つ富士川をフィールドに、扇状地河川の特性に即した治水・利水・環境の統合的マネジメントのあり方を提案する河川生態研究を進めている。扇状地河川では、土砂生産源に近い地形・地質の影響を受けやすく、河川ごとに特徴の異なる河道景観が形成されている。礫列は階段状の横断構造を持つ急流河川に生じる河床形態で、河床の安定化や生息場の提供に重要な役割を果たすと考えられる。異なる地質を持つ流域で礫列を比較した結果、図-1 に示すように、金川（花崗岩）や須玉川（安山岩）では礫列密度が有意に高く、付加体地質の御勅使川や芦川では低い傾向が見られた。また、比較的小さな洪水でも礫列の更新は生じており、更新が生じやすい勾配帯があることもわかった。今後は礫列の形成とともに生息場としての機能解明を進める。

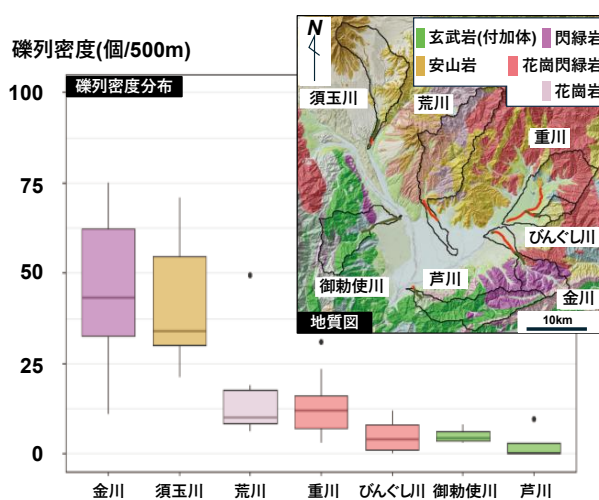


図-1 流域地質と礫列密度

徳島県吉野川の流域治水における農地の活用と生物多様性保全に関する環境防災学研究

吉野川ほか（2025～2029 年度予定） 代表：鎌田 磨人（徳島大学教授）

研究目的

- ①生物相と氾濫状態との関係性評価とシナジー効果の解明
- ②地域自治に基づく流域の水管理のあり方の検討

●研究概要

5 水系 7 地域で調査を行い、地域間の比較から吉野川流域の特徴を浮かび上がらせる。

① 生物相と氾濫状態との関係性評価とシナジー効果：

(1-1)アンブレラ種としてコウノトリ・ナベヅル、指標分類群として魚類、両生類（カエル類、セトウチサンショウウオ）をおき、広域的な視点からこれら種群の分布とエコトプタイプとの関係性を把握する。(1-2)徳島県内の水系（基本的には内水氾濫地域）については、環境 DNA を用いた魚類分布のスクリーニング調査を行い、エコトプと対応付けて分布特性を把握する。そして、代表サイトで水理生態学的な詳細調査を実施する。(1-3)扇状地の美馬市沼田地区と、低平窪地の阿南市大津田地区で進められている田んぼダムの効果を比較検討する。(1-4)霞堤を有する三重県の雲出川と香川県の土器川で、外水氾濫に対して霞堤を活用することによる生態的・水理的メリットと課題を浮き彫りにし、伝統的な土地利用を継承・活用していくための施策を検討する。(1-5)海域に接する鳴門市と海陽町四方原地区では、既往の環境シミュレータを連結して、河川流域と海域での流体现象のシームレスな数値解析手法を構築し、内水氾濫と海水浸入を考慮した長期湛水の影響を総合的に評価する。

② 地域自治に基づく流域の水管理のあり方の検討：

流域の水管理に関する利害関係者への質的・量的社会調査、史料や空中写真・旧版地形図等を用いた土地利用履歴調査を実施し、水害に対する伝統知や生活知、またそれに基づく土地利用のあり方を掘り起こす。また、自律的・継続的な生物保護・水害対策活動が実施されている地域（鳴門、美馬、阿南、津等）で、活動のインセンティブや、活動によってもたらされるシナジー効果を明らかにする。そして、自律的な活動の創出・継続を支援し、伝統的な土地利用を流域治水に取り込んでいくための施策のあり方を検討する。

研究目的

- ①河川水温変化の実態の把握：各河川各場所の水温レジームの特徴を明らかにし、近 30-40 年の経年変化の実態およびその要因を解明する。
- ②水温変化の河川生態系への影響の把握：水温レジームの変化が河川生物の分布や各地点の群集構造にもたらした影響を明らかにする。

●研究背景と概要

温度は、生物の生理や行動、分布、群集の構造、生態系の機能などに強く影響を及ぼす要因である。気候変動による温度上昇により、生物の季節性、体サイズ、生活史特性、分布などが過去と比較して変化しているという報告が世界的に蓄積されつつある。

河川水温上昇についても、世界各地から報告があるが、河川の水温は時空的に不均質であり、また、気候変動による水温上昇についても地点間で変異がある。実際の河川の水温やその変動には、様々な自然的・人為的な要因が影響する。気候変動への適応策を導くためには、要因を分離し、各要因によりどのような水温変化がもたらされるのかを把握する必要がある。

温度の上昇による生物や生態系の変化については、陸上や海洋と比較して、河川では信頼性の高い長期観測結果が乏しい。日本においては、過去から河川環境の様々な調査が行われ、それを統合することで、河川における温暖化の影響を解析することが可能であると考えられる。ここでは、河川水温と河川に生息する生物について、実際にどのような変化が起こってきたのか、その実態を明らかにすることを目的として研究を進めた。

●テーマⅠ 河川の水温変化の実態とその要因

国土交通省の水文水質データベース及び環境省の公共用水域水質測定結果の水温データを用いて、1981～2015 年の 35 年間の水温の変化とその要因を全国的に解析した。

季節を通じた河川水温変化率は、全国平均で $0.03^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であり、上昇傾向が確認された。地方によって水温変化率には違いがあり、関東地方で高い場合が多く、北海道、東北地方及び九州地方で低い傾向がみられた（図-1）。

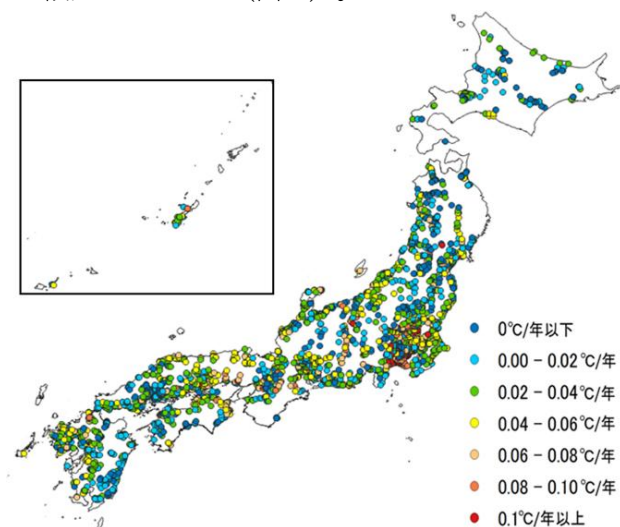


図-1 全国の水温観測地点における 1981-2015 年の年平均水温の変化

水温変化率の地点間変異に対しては、湧水流入率と関連すると考えられる水温の気温に対する反応が最も変異を説明し、水温の気温に対する回帰の傾きが小さな地点ほど、経年的な水温変化率が低かった（図-2、図-3）。その結果、どの地方においても、標高の高い場所ほど水温上昇が小さく、河口近くの標高が低い地点では水温上昇率が大きい傾向があった。また気温や降水量の変化には地理的な変異があり、それが水温変化率の変異に影響していた。人為的な要因については、人口密度や建物用地割合が高くなった地点で、水温上昇が大きい傾向があり、その傾向は冬季に強かった。

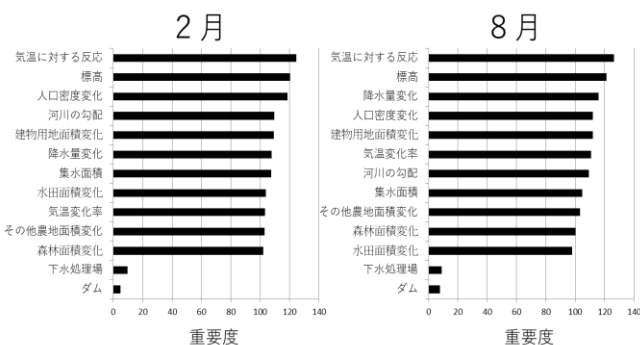


図-2 全国の水温変化率を予測するモデル（ランダムフォレスト）における環境要因の重要度（2月と8月の例）

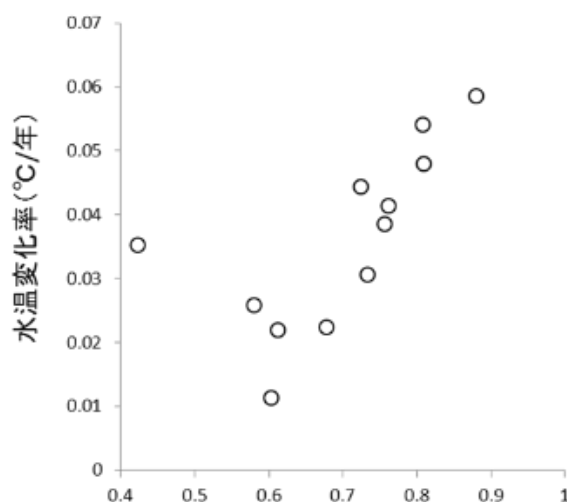


図-3 菊池川水系における水温と気温の関係（水温の気温に対する回帰の傾き）と経年的な河川水温変化率の関係

菊池川水系をモデルとして、複数の気候変動シナリオ、気候モデルを用い、ダウンスケーリングすることで、各地点の水文（流量）、河道内水理、水温を予測する統合的なモデルを作成し、季節や場所により生物の生息適性に与える影響を解析した。水温の変化は、地点や場所のより異なり、気候変動影響の強さは流域内でも場所により異なることが示された（図-4）。

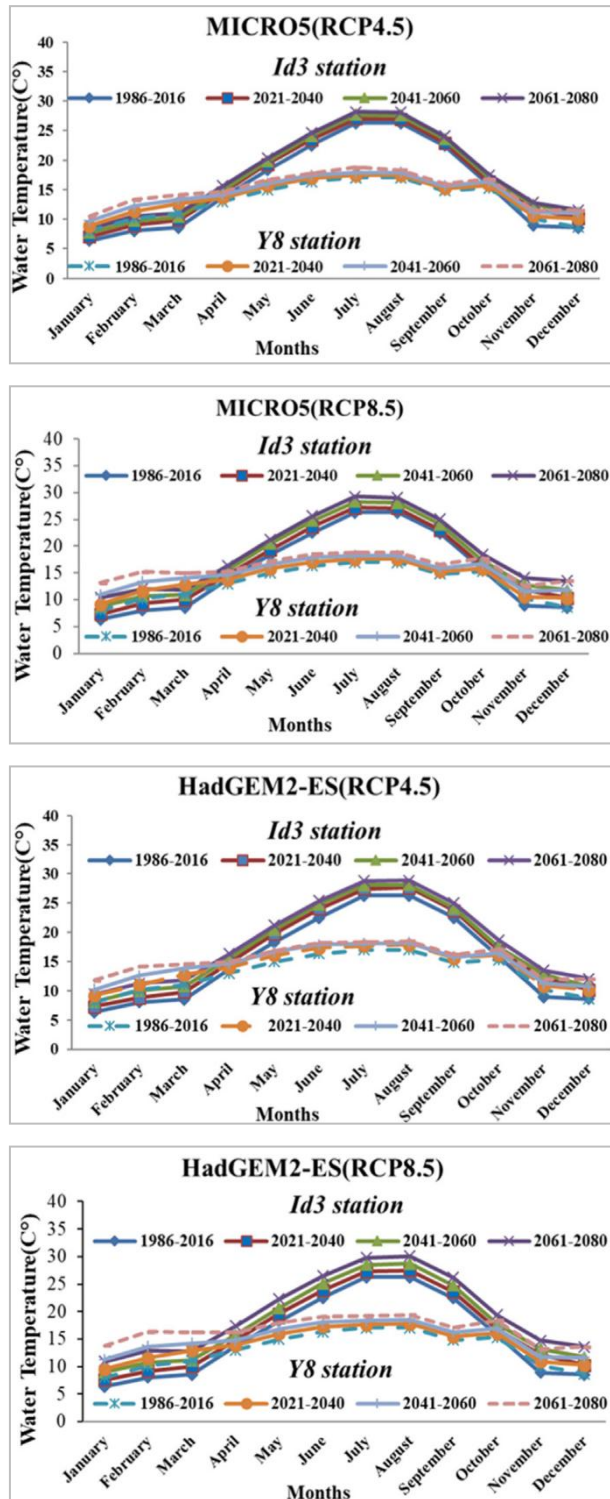


図-4 RCP4.5 及び RCP8.5 シナリオ、HadGEM2-ES 及び MICRO5 気候モデルを用いた菊池川の 2 地点 (Id3：上流、Y8 下流) における河川水温変化の将来予測 Reihaneh et al. (2020) J. Hydrol.

●テーマⅡ 水温変化の河川生態系への影響

河川水温の温度上昇に伴う河川生態系に変化については、各地の群集の変化と水温上昇との関係、河川生息生物の分布の変化について研究を進めた。

多摩川水系でのトビケラ相が、1989~1991 年に各地点での水温とともに明らかにされている。同じ地点において、トビケラ類の採集と水温測定を 2019~2021 年 (30 年後) に行い、標高分布が上昇している種があることを確認した（図-5）。

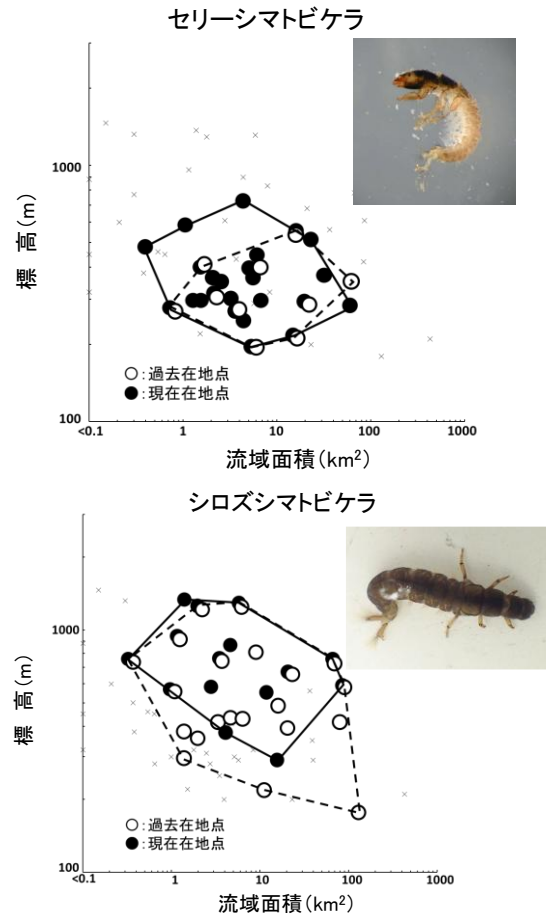


図-5 多摩川におけるトビケラ 2 種の分布の変化

全国的にも河川各地点において、温暖地の底生動物種の割合が高くなりつつあることを確認した。

●まとめ

本研究では、河川の水温変化の空間変異、それに対する各環境要因の影響を解析した。また、検証例が稀な河川性生物の温暖化に伴う分布変化を示した。

気候変動に伴う温度上昇に対する生物の反応は一樣ではない。たとえば、ある生物にとってみれば、秋や冬の温度上昇の方が、夏の上昇よりも影響が大きいかもしれない。生物に対する温度上昇の影響のパターンを認識し、その影響を緩和する河川での適応策を提案することが必要になる。

●河川管理への活用

湧水その他の影響により、水温の気温との関係性が低くなることは、長期的にも水温の上昇を抑える。このためには、地下を含めた水循環の健全化が必要である。

研究目的

- ①海岸河川で卓越した種多様性を有する両側回遊性魚類（アユやヨシノボリ類等）・甲殻類（テナガエビ等）に注目して、それらの種多様性と季節移動パターンの多様性を評価する手法開発を行う。
- ②両側回遊性生物が海洋から河川への遡上を通して、河川流域にもたらす海洋資源輸送能、および河川の生態系機能に及ぼす影響の評価を行う。
- ③河川水辺の国勢調査データを取りまとめて、日本列島における両側回遊性魚類の種多様性パターンの基礎資料を作成する。

●河川及び研究地区の概要

有田川は、伊都郡高野町の揚柳山（1009m）に源を發し、和歌山県中北部を流れる流程約 94km の河川である。富田川は、和歌山県と奈良県の県境に位置する安堵山（1184m）に源を發し、白浜町富田で太平洋に注ぐ。本流に大きなダムのない、海洋と河川の連続性が比較的良好に保たれている、流程約 41 km の河川である。日置川は、和歌山県と奈良県の県境に位置する千丈山（1027m）に源を發し、和歌山県中南部を流れる流程約 77km の河川である。



写真-1 有田川で捕獲された両側回遊魚類

●研究背景と概要

河川流域に生息する水生生物の多くは、季節や生活史段階によって、海洋と河川や河川内をダイナミックに「移動」している。多様な水生生物の移動を維持する環境整備は、河川流域の生物多様性や生態系の機能（エネルギー流や物質循環）を維持・創出する鍵になる可能性がある。

高緯度地域の河川流域において、遡河回遊性のサケ科魚類が海洋から河川上流へ移動することで、海洋の栄養塩を運搬し、河川や河畔林の生物多様性に大きなインパクトを及ぼすことは広く知られている。一方、アジアモンスーン気候帯に位置する日本の多くの温帯河川では、非常に多様な両側回遊性魚類（アユやヨシノボリ類等）・甲殻類（テナガエビ等）が海洋と河川間を移動する。それら両側回遊性の水生生物は、小型ながら極めて膨大な個体数を維持しているが、移動生態やそれらがもたらす生態系機能についてほとんど理解されていない。

本研究では、両側回遊性魚類・甲殻類に注目して、

- (1) 種多様性と季節移動パターンの多様性、および(2) 河川流域への海洋資源輸送能と河川の生態系機能への影響を評価するための手法を確立する。また、(3) 河川水辺の国勢調査データを取りまとめて、日本列島における両側回遊性魚類の種多様性パターンの基礎資料を作成する。

●テーマ1 種多様性と季節移動パターンの多様性
評価手法の開発

和歌山県有田川において、定期的な魚類捕獲調査を継続したところ、2科6属12種の両側回遊魚が確認された（写真-1）。

そのうち、捕獲個体数の多い8種(アユ、スミウキゴリ、ヌマチチブ、ボウズハゼ、クロヨシノボリ、オオヨシノボリ、ルリヨシノボリ、シマヨシノボリ)の遡上期間を調べたところ、アユ(4-7月)とシマヨシノボリ(7-10月)を除いて、種ごとの遡上時期は約1か月程度と短期間であった(図-1)。

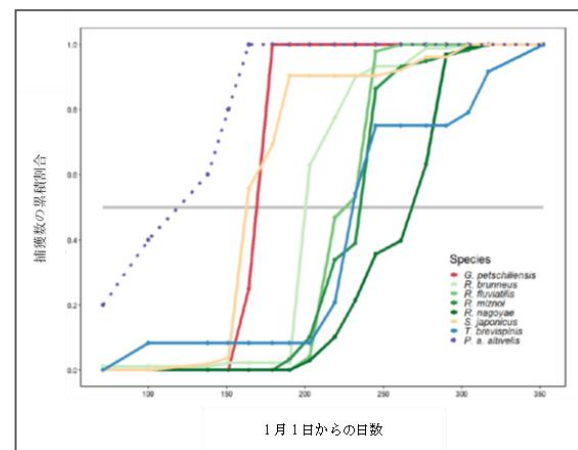


図-1 両側回遊魚各種の捕獲数の累積割合. 図中の横線は累積割合 50%を示す (Tanaka et al.の図を改変・引用)

一方、全8種をまとめると、2-11月の10か月に亘って、種の両側回遊性魚の遡上がみられた。すなわち、多様な種の両側回遊性魚類が生息していると、両側回遊魚全体の遡上期間がほとんど一年に亘る長期間になっていた（種多様性による遡上期間の長期化：Tanaka et al. 2020）。これは、両側回遊魚がもたらす機能や生態系サービス（漁業資源利用）が、種の多様性によって季節的に長期間維持されていることを示唆する。

●テーマII 河川流域への海洋資源輸送能と河川の生態系機能への影響評価

海洋資源輸送能 河川に遡上する両側回遊性魚類が、海洋の栄養塩輸送能をどの程度有するかを評価した。そのために、海洋由来の有機物と陸域由来の有機物で大きく異なる値を示すイオウ安定同位体比を測定した。

その結果、有田川で捕獲された両側回遊性魚類の遡上個体は、海洋由来の有機物にみられるイオウ同位体比に近い値を示した(5.4-20.4 ‰)。一方、河川生態系内、および潜在的に陸域生態系から供給されるミミズやバッタ等の試料では、陸域由来の有機物にみられるイオウ同位体比に近い値を示した(-4.8 - 1.6‰)。これにより、イオウ同位体比分析を用いて、両側回遊性魚類による海洋資源輸送能を評価できることが明らかになった。

生態系機能への影響 膨大な個体数の両側回遊生物(特にエビ類)が遡上する河川上流では、エビ類の有無が河川の群集構造や生態系機能(栄養塩循環)に影響を及ぼす可能性がある。そこで、川の一區画からエビなどの大型生物を選択的に除外するために、富田川支流の高瀬川において、電気柵を河川内に設置する野外操作実験を行った(図-2)。

その結果、エビが存在することで底生有機物の減少および底生藻類の増加が起これ、水生昆虫の組成が変化した。さらに代謝速度の速いエビ類が生息する実験区では、それらの存在によって、底生生物によるアンモニアの排出が上昇し、河川水中の栄養塩循環にも影響を及ぼしていることが分かった。(Uno et al. 2022)



図-2 生態系機能への影響

●テーマIII 日本列島における両側回遊性魚類の種多様性パターン

日本では68種の両側回遊性魚類が報告されており、河川で確認されている全魚種の約15%を占める。両側回遊性魚類は、仔稚魚期に海洋で生活した後、河川に遡上して成長・繁殖する。そのため、それらの種多様性パターンは、河川流域内の環境条件のみでなく、海流の影響を色濃く反映している可能性がある。すなわち、両側回遊性魚類の種多様性情報を整理することは、(1)各流域における海洋と河川の連続性の指標となる、(2)海洋を介した流域間の連続性の指標となるという点で、非常に重要な課題と言える。

河川水辺の国勢調査データを活用し、全国の一級河川109水系における両側回遊性魚類の種多様性情報を取りまとめて解析を行った。両側回遊性魚の種多様性は、緩やかながら、低緯度地域ほど高い

傾向が認められた。しかし、特に低緯度地域では同程度の緯度でも種多様性に大きな流域間の差異が認められた。これらの違いの一部は、各水系が流入する海域と関係しており、海流の影響を受けにくい瀬戸内海や有明海と八代海沿岸に流入する水系では、同緯度帯で太平洋側に流入する河川よりも種数が少ない傾向が認められた。これは、太平洋側に流入する水系では、おそらくは黒潮による海流分散によって南方系の種群が分布することが多いのに対して、瀬戸内海の水系では、海流分散をする南方系種群の分布確率が低いことが影響していると考えられる。

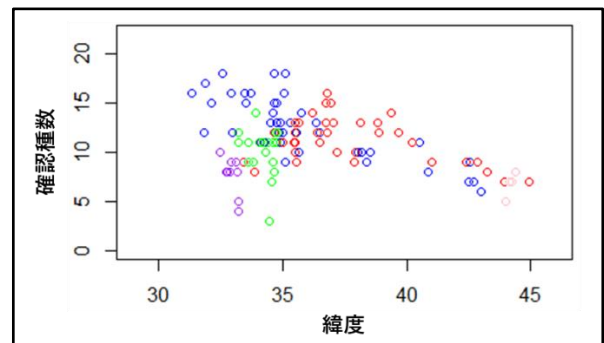


図-3 両側回遊性魚の種数と緯度経度の関係

ポイントの色は5つの水系グループそれぞれを示す：(ピンク)オホーツク沿岸(渚滑川から網走川まで)、(青)太平洋沿岸(釧路川から川内川まで)、(赤)日本海沿岸(天塩川から松浦川まで)、(緑)瀬戸内海沿岸(大和川から大野川までと、土器川から肱川まで)、および(紫)有明海と八代海沿岸(本明川から球磨川まで)

●まとめ

本研究では、日本列島の河川流域の生物多様性を特徴づける両側回遊性魚類・甲殻類に注目して、その移動実態を把握する手法開発と移動がもたらす海洋資源輸送能や物質循環過程の改変といった生態系機能を解明した。さらに、日本列島における両側回遊性魚類の種多様性情報を整理した。

●河川管理への活用

本研究を通して、回遊性魚類・甲殻類の河川への遡上が、海と河川流域の生態系ネットワークを構築する担い手であることが明らかになってきた。そうした生態系ネットワークを保全・管理するためには、多様な種それぞれが本来もっている遡上季節や遡上の範囲を損なわない河川管理が重要になる。具体的には、遡上生物が下流から遡上してくることを考慮すると、河川本流の下流部に位置する潮止堰堤等の構造物に改善の余地がある。また、支流に関しても、本流の下流部に流れ込む支流ほど両側回遊生物の多様性が高いため、保全・管理の重要性は高い。回遊性生物の多様性と機能の保全においては、河川管理区分に関わらず、流域一貫で生物の移動ルートを考慮に入れた連続性の改善が必要であり、その具体的な方策の策定と実施が今後の河川管理の一つの大きな課題であろう。

●発表論文

Tanaka et al. 2020 Ecological Research 35: 494-503

Uno et al. 2022 Oecologia 198:493-505

研究目的

- ①画像から「生物の在・不在」を判別する方法の構築
- ②画像から「底生生物群集」を判別する方法
- ③画像から物理環境（地盤高，粒度等）を定量化し分布予測モデルにより判別する方法の構築
- ④汽水域においても通用する環境 DNA 分析手法の構築

●研究背景と概要

河川感潮域は、特有の生物が生息し、かつ生産力も非常に高い水域であるが、これまでの河川整備等人為的環境改変により負の影響を受け続けてきた環境である。よって今後は、河川感潮域の生態系の保全・再生を可能にする多自然川づくりのための技術的手法を構築・整理する必要がある。河川感潮域における多自然川づくりのための知見が、断片的な情報の蓄積に留まっている理由の一つに、調査時間の短さが挙げられる。感潮域における調査は、大潮まわりの干潮時前後に限定されるため、網羅的な調査が難しい。本研究では、感潮域の潮間帯に生息する多くの種に適応可能で、かつ短時間で、誰にでも調査可能な、再現性のあるモニタリング手法を検討する。最終的には、植生図や環境基図のような、感潮河川潮間帯の「生物多様性基図」（図-1）を作成することが目標である。

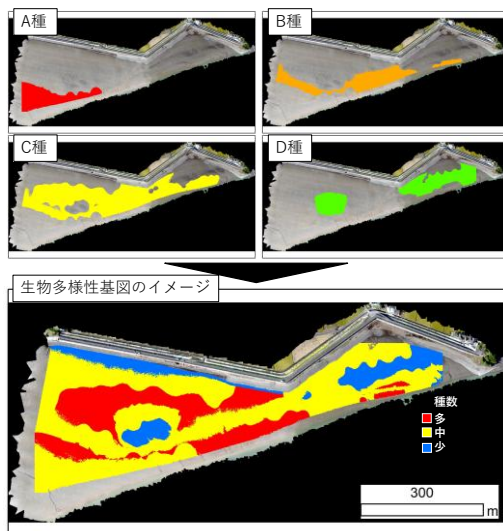


図-1 最終的な研究成果のイメージ

●画像から「生物の在・不在」を判別する方法

高解像度カメラを搭載可能な UAV を用いて、低空で潮間帯表面を撮影した空撮画像を用いて、AI による深層学習をおこなうことにより、生物の「在・不在」を判別する方法を構築する。これまでの研究では、現地で撮影したデジタルカメラの画像を用いて AI による深層学習を実施することにより、多くの種の「在・不在」が判別可能であることが明らかになっていったため、本研究では、空撮画像を用いた解析を試みた。

本研究では、球磨川、佐波川・山口湾において、エドハゼ、キセルハゼ、タビラクチ、チワラスボ、ツマグロスジハゼ、ヒモハゼおよびマサゴハゼの 7 種を対象に、空撮画像を用いて解析を実施した結果、球磨川、佐波川・山口湾の 2 エリアともに平均識別率は全ての種で 0.7 を超えていたため、空撮画像を用いてハゼ科魚類の分布予測は可能であることが明らかになった。解析に使用する画像サイズによる識別率の違いは、両エリアともに 1m から 8m で大きな違いがないことから、1m 以上の画像を用いると高い精度で解析可能ことが明らかになった。本研究によって、UAV を用いて撮影した空撮画像を解析し、潮間帯全域の生物分布予測図を作成することは技術的には十分可能であることが示されたが、生息域が広くない種については、解析可能な教師データ画像数を集積することが課題となることも分かった。

●画像から「底生生物群集」を判別する方法

上記のように、潮間帯に生息する全種について、解析可能になるまでデータ画像を集積することに課題が見つかったため、本研究では、空撮画像を用いた AI による深層学習により、底生動物の群集タイプを判別することを試みた。

球磨川、佐波川・山口湾で計 344 地点分のコードラートから得られた生物について、35 種の魚類と

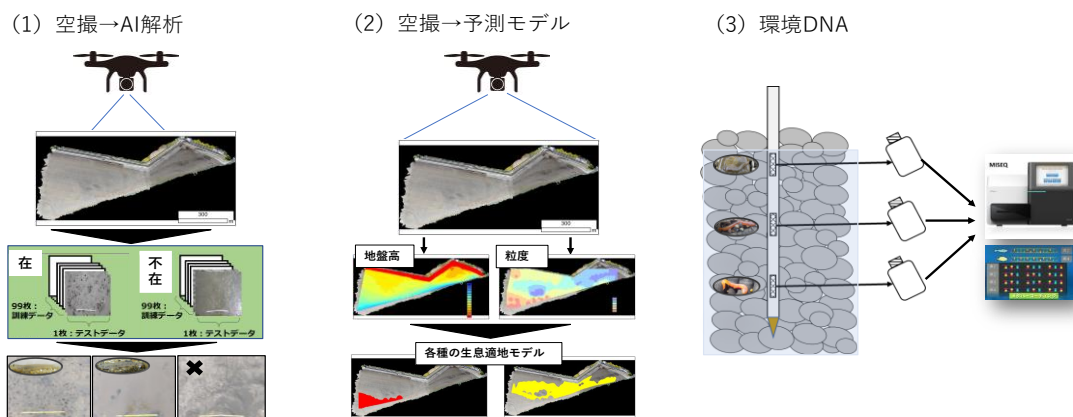


図-2 本研究の 3 つの手法のイメージ

十脚目甲殻類を使用し、底生生物群集を類型化し、AI 画像判別を実施した。解析の結果、底生生物群集は 4 群あるいは 7 群に区分するのが妥当という結果になった。4 群および 7 群の計 2 パターンで AI 画像判別を実施した結果、4 群では再現率、適合率ともに多くの場合で 0.7 を上回り、識別率は 0.71 と良好な精度を示した一方、7 群では多くの場合で再現率と適合率が 0.7 を下回り、識別率も 0.61 とやや低い値を示した。誤判別した画像に着目すると、生物相の類似性が高い群間での誤判別枚数が多かった。生物相が類似した潮間帯は、表層画像の特徴も類似することで、結果として識別率が低くなることが予想された。これらの結果から、空撮画像を用いて底生生物群集を区別することは技術的には可能であるが、類似した生物相の群集を区分しようとする際に精度が低くなることが課題となることも分かった。

●画像から物理環境（地盤高、粒度等）を定量化し分布予測モデルにより判別する方法

UAV を用いて潮間帯表面を空撮した画像を用いて、SfM によって潮間帯表面の地盤高を算出し、さらに画像解析によって、潮間帯表面の底質粒度の分類を試みた。

空撮は、干潮時を挟む前後 4 時間程度で、地上解像度が 1cm/pix となるように設定し自律飛行にて実施した。撮影された写真は、画像処理ソフトを用い、撮影範囲全体のオルソ画像と地形モデルを作成した。機械学習は 1cm/pix で出力したオルソ画像を分割し、サンプリング地点を教師画像として、礫、礫質砂、砂、細粒分質砂、細粒土等の属性を与えて実施し、底質分布図を作成した（図-3）。機械学習の結果、0.5~4m 四方に画像分割した場合に 90%を超える判別精度で実用性のあるモデルとなることが示された。オルソ画像面積に対する現地サンプリング数は、1ha 当たり 1 地点程度のサンプリングで面的な評価が可能であった。また、現地でのサンプリングを伴わないモデルの適用についても検討した結果、サンプリングを伴ったものと比べて判別率は低下するものの、教師データを充実させることで判別率を向上させることができる可能性も示された。

●汽水域においても通用する環境 DNA 分析

潮間帯の河床間隙水の採取し、対象分類群に応じたメタバーコーディング分析を実施することにより、汽水域において効果的に魚類を検出する手法を検討した。本研究では、底質の粒度による検出効率の違い、ハゼ科魚類に特化したプライマーセットの有効性、および河床間隙水の空間解像度についての検討をおこなった。

佐波川・山口湾の 45 地点において、採集、環境 DNA 分析およびその地点の底質の粒度分析をおこなうことにより、底質の粒度による環境 DNA 分析の検出効率の違いを明らかにすることを試みた。その結果、礫干潟の間隙水を用いた分析は、採集よりも効率的であった一方、砂干潟や泥干潟における間隙水を用いた分析は、採集よりも効率が悪かった。よって、礫干潟における間隙水の環境 DNA 分析は有効である一方、間隙水の濁りやすい砂干潟や泥干潟では、PCR 阻害要因の除去等の工夫が必要であることが明らかになった。砂干潟で干潮

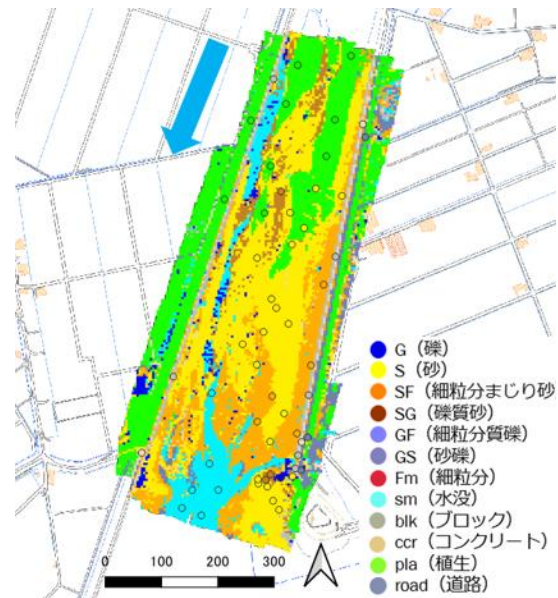


図-3 底質判別の結果

時に形成された滞筋の表層水を用いた環境 DNA 分析と採集調査を実施した結果、間隙水よりも検出効率が上がったことから、砂干潟においては、間隙水よりも、干潮時に形成される滞筋の表層水を分析するほうが効率的である可能性が高いことが分かった。

これまでの研究で、汽水域におけるハゼ科魚類、特にミミズハゼ類の検出に特化したプライマーセット(以下ハゼプライマー)を開発し、複数河川の河川表層水や間隙水において適用していたが、本研究では、MiFish プライマーとハゼプライマー分析結果を比較し、ハゼプライマーのハゼ科魚類の検出性能について検討した。本研究では、佐波川、榎野川、銚子川、古座川、海部川、安倍川および大井川を対象とし、穴あき単管、シャベル穴、河川表層から採取した水を用いて環境 DNA 分析を実施した。各河川の結果を比較すると、ハゼ科魚類の確認種数は MiFish プライマーが最も多くなる一方、ミミズハゼ類に関しては MiFish プライマーでは検出されないにもかかわらずハゼプライマーでは検出される場合も多かった。これらの結果から、調査の狙いに応じて両プライマーを使い分けることにより、効果的にハゼ科魚類の分布を明らかに出来ることが示された。

これまでの研究で、潮間帯における魚類多様性の評価において、河床間隙水を用いた環境 DNA 分析が有効であることが示されてきたが、河床間隙水に含まれる魚類の環境 DNA の解像度は不明瞭なままであった。そこで本研究では、河床間隙水中の環境 DNA の空間解像度を把握することを目的として、河床間隙水中に DNA の放出源を設置して DNA トレーサーとして活用することで、設置地点からの DNA の時空間的な拡散を把握するための野外実験を実施した。その結果、放出源にもっとも近い(0 m 付近)でのみトレーサーの DNA が検出され、その他の地点では検出されなかった。この結果は、河床間隙水の環境 DNA が反映する範囲が非常に狭い(5m 以内)ことを示唆しているが、本研究では 5 m 以内の範囲を細分化していなかったこと、干潮時のみの実験であったため間隙水中の水の流れを把握できていないことが課題として挙げられるため、今後、より詳細な解像度を検討する実験が必要であることが明らかになった。

研究目的

- ①現状として不足している出水攪乱に対する生物応答の情報を、既存生物情報の活用、攪乱後調査の実施、DNA 技術の導入により積極的に集積し、得られた知見を整理・分析することによりその決定要因を把握する。
- ②水文学的手法、土砂水理学的手法および現地観察手法に基づく攪乱評価手法を導入し、攪乱外力の評価と適用性の検討・改善を行う。

●研究背景

気候変動の進行により世界中で記録的な豪雨が発生し、河川では大規模出水が頻発化している。このため河川生態系の管理では、激化する出水攪乱の影響を緩和しうる保全方法を開発することが喫緊の課題である。

出水の発生を予測して計画的に調査を行い、その影響を捕捉することは難しい。この問題を解決するためには、出水攪乱への生物応答を把握する広域的な調査体制を構築や、調査技術の開発と適用が求められている。

生物が受ける物理的攪乱を評価できる定量的な手法が確立されていないことも攪乱研究の成果を河川管理に応用することを難しくしている。これまでに多くの攪乱評価手法が提案されているものの、生物応答に関する知見の不足もあり、それら手法の適用性を検討した研究は少ない。

●研究目的

本研究では、河川生態学および河川工学を専門とする研究者で構成される全国的なチームを組織することにより、上記 2 点の研究目的を達成することを目指している。目的①では、既存生物情報の活用や攪乱後調査の実施、DNA 技術の導入等により、現状として不足している生物応答に関する情報を積極的に収集する。目的②では水文学的手法、土砂水理学的手法および現地観察手法による攪乱評価を実施して攪乱外力を評価するとともに、各手法の生態学的な適用性を検討し、改善を図る。以上の知見を融合させることにより、気候変動適応型の河川管理手法の開発に資する一般性の高い生態的学情報と技術的提案を全国スケールでの取り組みから提供すること最終目標としている。

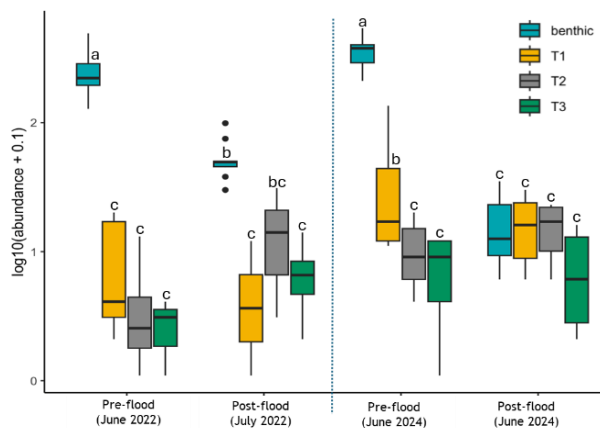


図-1 北海道札内川における洪水発生前後の無脊椎動物の個体数の比較。benthic は流路底面、T1～T3 は飽和間隙水域の調査地点。

●出水に対する生物応答事例の集積

平時における既存生物データを整理することにより、国内河川を幅広くカバーする攪乱後調査の実施体制を整備・維持している。北海道札内川、愛媛県面河川流域および愛媛県重信川流域では、実際に発生した出水に即応した攪乱発生後調査を実施し、短期的な生物応答に関するデータを取得している。このうち札内川では、札内川ダムによるフラッシュ放流の前後に調査を実施し、飽和間隙水域では流路底面のような無脊椎動物の明瞭な減少が見られないことを明らかにしている（図-1）。さらに、得られたサンプルを利用した DNA 分析にも取り組んでいる。また、北海道後志利別川における魚類データや愛媛県重信川の長期底生動物データ、河川水辺の国勢調査の魚類・植生に関する過去データを整理して生物の長期動態に関する解析を進めている。

●攪乱評価手法の適用

出水攪乱外力を評価する各手法について、それらの導入に必要な基礎データを整理するとともに、攪乱評価の試行に取り組んでいる。水文学的手法については、宮崎県小丸川で開発した分布型流出モデルを北海道後志利別川に適用すべく、流況再現結果の精査とモデルの改善を進めている。土砂水理学的手法については、長野県千曲川水系等を対象として解析に取り組んでいる。現地観察手法については、愛媛県重信川流域の地質が異なる河川に導入し、河床不安定度の差を評価できること、その差が魚類の生息状況に影響することを把握している（図-2）。今後も引き続き各攪乱評価手法の適用性を検討するとともに、手法の改善を目指す。

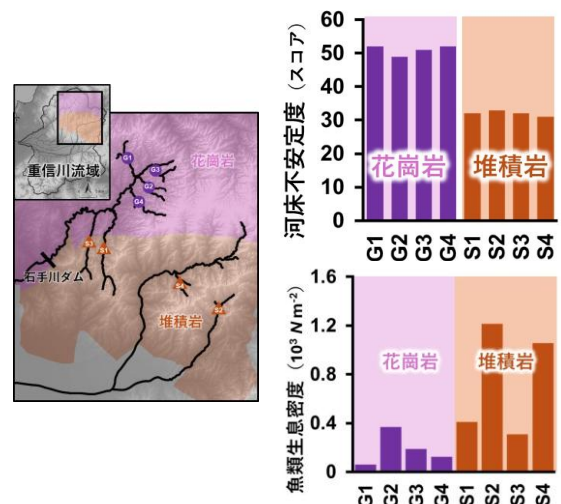
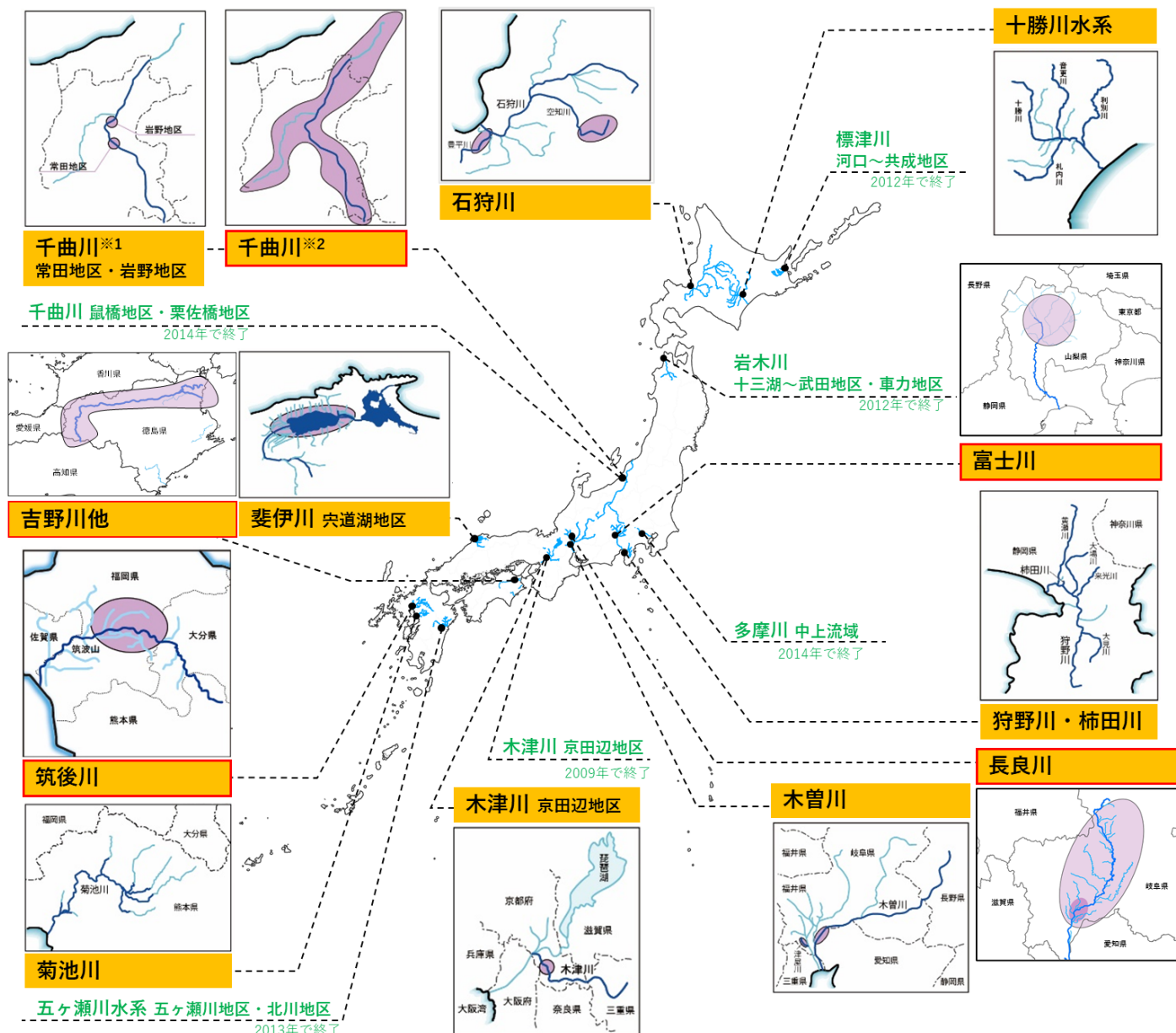


図-2 愛媛県重信川流域の地質が異なる調査地点（左）と、河床不安定度（右上）および魚類の生息密度（右下）の比較。

研究対象河川の一覧



※緑色：研究会で対象河川を選定した従来の河川別研究グループ

※黄色：平成24年度以降に公募（国土交通省の河川砂防技術研究開発制度）によって選定され参加した河川別研究グループ

※赤枠：令和7年度時点で活動している研究グループ

※1：研究テーマ「河川中流域における生物生産性の機構解明と河川管理への応用」

※2：研究テーマ「河川における生態系連続性の重要性 ― 河川生態系への影響評価および保全方策」

※3：吉野川他研究グループの対象河川は吉野川、飯尾川、桑野川、海部川、土器川、雲出川

お問い合わせ先

国土交通省水管理・国土保全局

河川環境課
治水課

TEL 03(5253) 8447

TEL 03(5253) 8450

〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3

Homepage: <http://www.mlit.go.jp/>

公益財団法人リバーフロント研究所

TEL 03(6228) 3860

〒104-0033 東京都中央区新川 1-17-24 NMF 茅場町ビル 7 階

Homepage: <http://www.rfc.or.jp>

平成9年7月 第1版 発行・令和7年8月 第21版 改訂

このパンフレットの内容は、河川生態学研究会各研究グループの研究成果および河川生態学研究委員会での検討成果をとりまとめたものです。
許可なく転載・複製することを禁じます。

※表紙の写真：狩野川水系狩野川
提供：塚越哲（静岡大学・狩野川研究グループ代表）