

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。

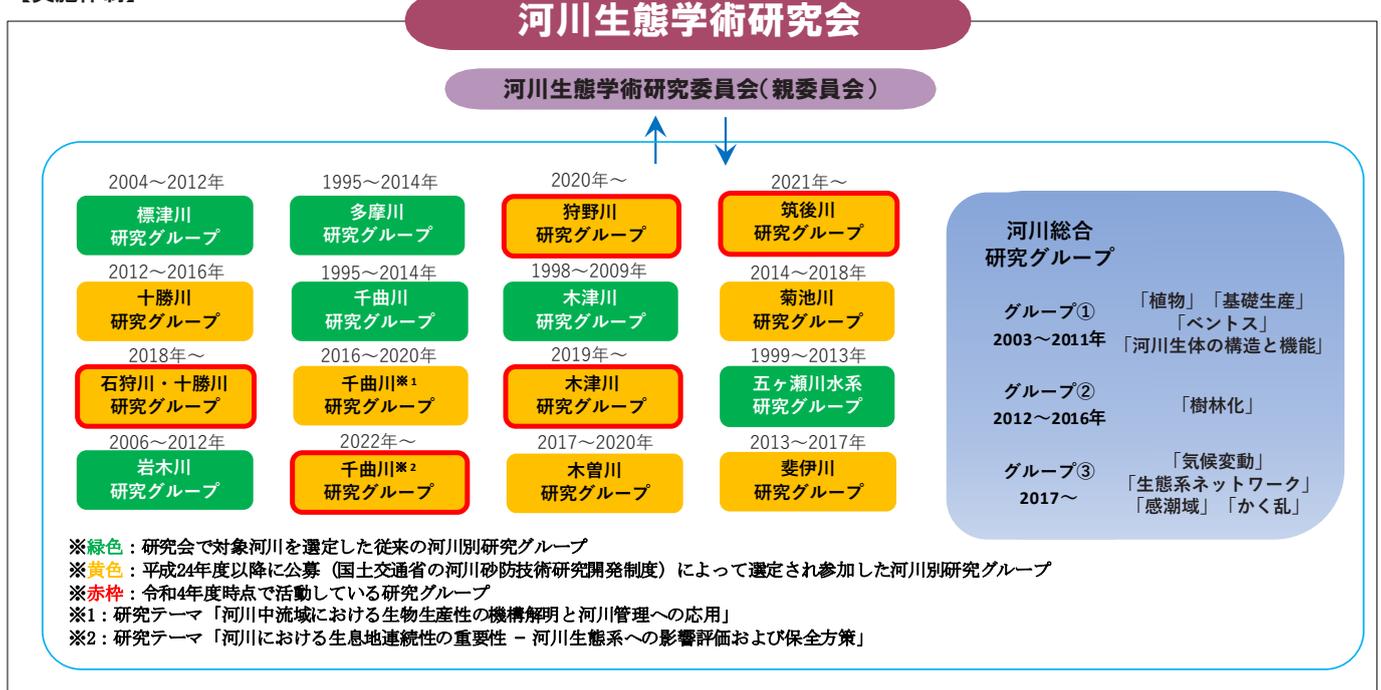
研究は、生態学的な観点より河川を理解し、川のあるべき姿を探ることを目的とし、その達成に向けて、以下のようなテーマを設定し研究を進めている。

- 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、物質の流入など的人為的インパクトの影響を明らかにする。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。
- V. I～IVに関する結果を総合し、生態学的な視点を踏まえ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】

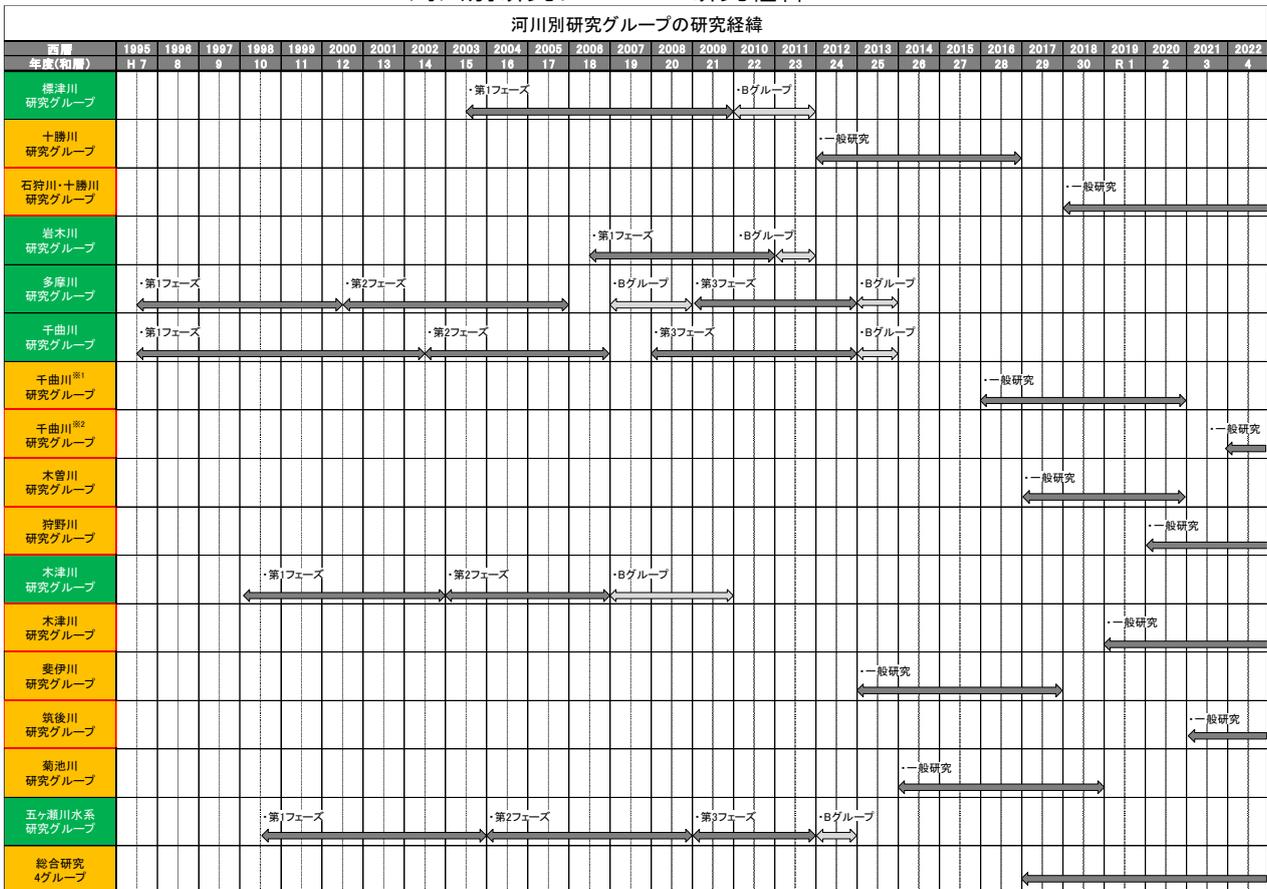


3. 研究会の歴史

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4年度の千曲川まで延べ10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4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

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

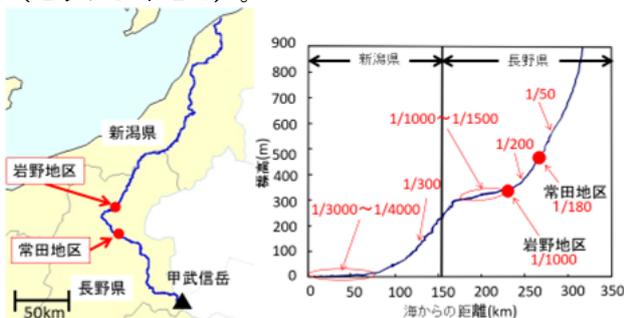
千曲川(2016~2020年度) 代表:平林公男(信州大学大学院教授)

研究目的

- ①「生息場の質と構造」が多様で「物質循環と生物生産性」が活発に行われている河川中流域の瀬・淵ユニットにおいて、観測技術・分析技術を駆使し、物理環境、一次生産及び二次生産を一連の系としてとらえる「生物生産系」の構造解明を行う。
- ②河川生態系は、時間的・空間的な変動が大きいいため、複数年・流域を通じた野外データ観測を継続し、二次生産力の変動幅を明らかにする。
- ③フィールドにおいて直接観測が出来ない項目や、推測が難しい項目については、近年著しい進歩が認められる数値モデルを駆使し、二次生産系全体の把握に努めるとともに、二次生産系を良好に保つための河川管理基準を提案する。

●河川及び研究地区の概要

千曲川は甲武信ヶ岳(2,475m)に源を発し、長野市において犀川を合わせて北流し、新潟・長野県境で信濃川と名を改める。信濃川は一級河川で、日本で最も流路延長の長い河川である。常田地区は上田市に位置する常田新橋から上田橋を中心とした約1,500mの区間である。河原は中流区間特有の砂礫で構成されており、平均河床勾配は、1/180程度、蛇行を繰り返しながら瀬と淵を形成する中流域の景観が顕著である(セグメント1)。また、岩野地区は長野市岩野地先に位置する岩野橋を中心とした約1,000mの区間である。平均河床勾配が1/1,000程度、複列砂州と交互砂州の混在領域となっている(セグメント2-1)。



調査地点と河床勾配 ※分数は河床勾配を示す



常田地区調査地点



典型的な瀬淵ユニットにおける季節を通じた生物観測

<栄養段階>	<手法>	<生物群>	<期待される成果/推定パラメータ>
バクテリア生産	安定同位体法 (15N-dA法)	バクテリア	・河川水及びバイオフィルムのBPの測定
一次生産	現存量法 室内実験 安定同位体 マスバランス法	付着藻類	・見かけの一次生産の季節変化 ・純生産量、付着藻類の剥離量と捕食量 ・域内生産と域外生産の識別 ・呼吸量の推計
二次生産	現存量(個体数) 安定同位体 DNA分析	水生昆虫類	・現存量の動態、齢別組成・成長解析、 羽化量の季節変化
高次生産(消費)	定点カメラ撮影 DNA分析	魚類 鳥類	・瀬淵(&ワンド)の利用様式、季節移動 ・餌内容、捕食量&被食量 ・捕食-被食関係、食地位 ・遺伝子から見た個体群構造



バランス法により生態系総生産量と生態系呼吸量の算出を行った。また、現場での付着藻類の現存量変化の観測および室内培養実験から付着藻類の剥離量と被食量の純生産量に占める割合を求めた。さらに流下有機物の起源を炭素安定同位体比から求め、これら情報を統合し、常田地区における炭素の物質収支を推計した。四季を通して総生産量を呼吸量が上回った。

【水生昆虫類グループ】

①羽化法を用いてユスリカ類、ガガンボ類、その他の水生昆虫類について、瀬淵における二次生産力を推計した。②カゲロウ類については、現存量法から瀬・淵における二次生産力を推計した。③瞬間成

●二次生産系を解明するための研究体制

本研究においては、千曲川中流域における二次生産系を明らかにするために、以下の7研究小グループ(バクテリア生産グループ、一次生産グループ、水生昆虫類グループ、魚類グループ、鳥類グループ、物理環境・モデルグループ、流域スケールでの物質移動解明グループ)を作成し、調査研究にあたった。以下に調査グループ毎に、研究成果の概要を示す。

【バクテリア生産グループ】

常田地区(瀬・淵)、岩野地区(瀬)の3地点において、河川水中およびバイオフィルム中のバクテリア生産量を千曲川で初めて測定した。生産量は地区、河川単位の違いよりも季節変動が卓越することが明らかとなった。また、生態系総生産量と比較すると極めて小さい値(1.8%)であることを明らかにした。

【一次生産グループ】

現場での水中溶存酸素濃度の連続観測からマス

長法を用いて、トビケラ主要5種の生産力を推計した。以上の結果から、水生昆虫類の生産力に与える要因として(1)年による洪水攪乱の時期と規模の違い、(2)流程の異なる場所による違い、(3)瀬淵の違いの3点に整理ができた。さらに、トビケラ類の生産力が水生昆虫全体の50%以上を占めること、カゲロウ類は全体の10%程度しか占めないが、物質循環の観点からは極めて重要であることなどが明らかとなった。

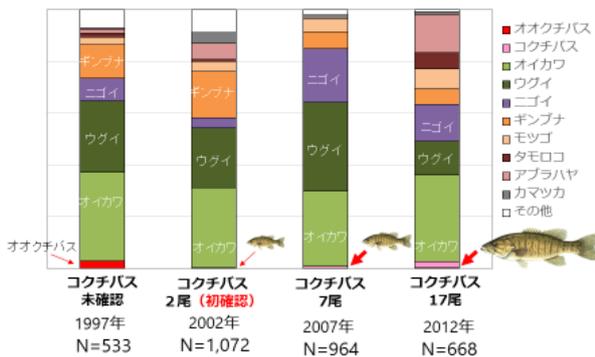


トビケラ幼虫

【魚類グループ】

千曲川中流で優占する在来魚ウグイ、オイカワ、ニゴイならびに外来魚コクチバスの分布、個体数、現存量の動態を調査した。中流域のコクチバスは2015年の調査開始以降、個体数密度、現存量ともに高い水準を維持したが2019年秋の大規模出水で激減した。2019年までの魚類現存量および食性データに基づき「瀬」と「淵」における主要魚種の日当たり捕食量(藻類、水生昆虫、魚類)を推定した。

千曲川中流「河川水辺の国勢調査」
～コクチバスは2002年に初確認、徐々に増加～



【鳥類グループ】

瀬淵ユニットにおける鳥類別の利用頻度の現地観測を定点カメラにより行った。岩野地区と常田地区に加えて鼠橋地区、冠着地区に調査範囲を拡大した。その結果、食物へのアクセス性が瀬淵の鳥類とその多寡に影響を与えるという一般性を確認す

ることが出来た。また、淵が主に昼間利用されるのに対し、瀬では昼夜を通して鳥類の利用が見られ、捕食圧が相対的に高いことが示唆された。

【物理環境・モデルグループ】

淵における微細粒子堆積シミュレーションを行い、その堆積に関する空間的な分布を検討した結果、常田の淵では、左岸近くの主流部から外れた箇所に流下物質が堆積しやすい傾向にあり、岩野の淵では、左岸側と淵中流部の右岸側に堆積しやすい傾向が得られた。河川流況・生物間相互関係を考慮し生産性を推定する河川版コンパートメントモデルを提案し、その有効性を確認した。生産性管理基準として、河川横断測量データに基づき広い瀬、水際部及び生物生産の状況を推定できる「b(平水時の平均川幅)/h(平水時の平均水深)」を提案し、その有効性を確認した。

【流域スケールでの物質移動解明グループ】

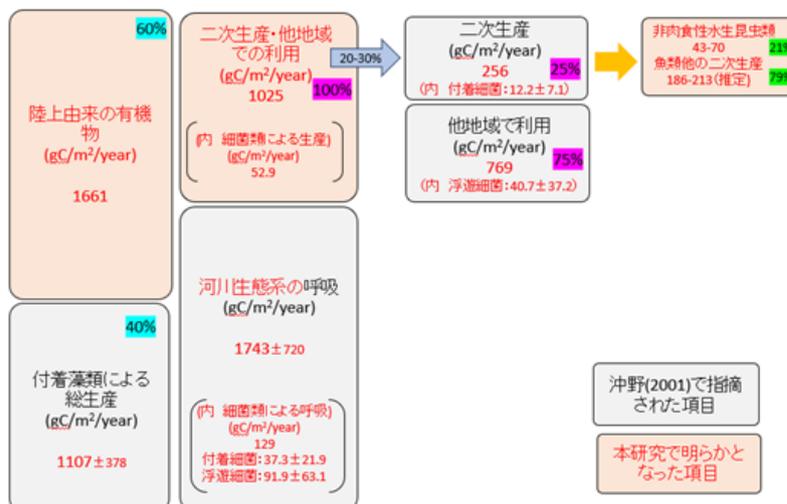
瀬や淵、ワンド・たまりなどの様々な生息場を利用する水生昆虫類の個体群構造と遺伝構造の解析を実施した。その結果、水系内の移動分散の方向性や強度に関する解析を実施し、水系内の「source-sink(供給源-供給先)」の関係性を議論するとともに流域内における遺伝的多様性のホットスポット評価を実施した。

●まとめ

千曲川中流域における炭素の物質収支については、下図に示すとおりである。バクテリアの生産量・呼吸量が極めて小さいこと、外来生有機物と内生有機物の比が6:4であること、河床の呼吸量がかなり大きいことなどが明らかとなった。

●河川管理への応用

健全な中流域の河川生態系の物質循環を維持するために、短期的な視点からは、栄養段階の上位に位置する魚類(コクチバス)や鳥類(カワウ)などの個体数の管理が重要である。中期的な視点からは、外来生有機物の供給源としての河畔林の適正な維持管理、藻類現存量増加のための浅く広い瀬・水際部の創出(砂礫河原再生事業の継続)が重要である。長期的な視点からは、定期的に河床の土砂が大きく動く大・中規模攪乱のある瀬・淵構造が明瞭な河川の維持・再生、支流河川の果す役割の再認識等が指摘できる。



千曲川中流域の瀬における炭素の物質収支

研究目的

- ①流域の地史的背景を踏まえ、河川物理環境への現生的な人為的改変に対する生物応答を進化史的な時間スケールから適応現象として検証する。主として土砂動態や湧水動態など河川環境の時間的・地理的変動が生物の繁殖成功に与える影響を、外来種動向を含めて固有淡水魚の生息に焦点を置いて解析する。
- ②本研究成果を根拠にした改善事業の効果評価をし、地域連携の視点をもって保全・再生事業の実施レベルまで発展させ、今後の事業管理における目指すべき河川環境目標を検討する。

●河川及び研究地区の概要

木曾三川は、濃尾平野周縁の山麓地に扇状地を発達させつつ、下流一帯に平野を形成させた主要因であり、本来的に広大なデルタ・氾濫原や潤沢な伏流水・湧水といった環境特性をもった日本最大級の河川水系である。当該流域は、淡水魚類をはじめ多くの固有種群が生息する生物地理学的に貴重な地域であり、保全上の価値も緊急性も高い。

●研究背景と概要

河川生態系の空間スケールごとの歴史的変遷と築堤を含めた人為的環境変動に回答する魚類の繁殖成功を解析し、その保全を検討する(図-1)。繁殖成功の実現において、イタセンパラは産卵する二枚貝の生息場、またハリヨは産卵のため雄が営巣する場の環境が最重要で、生息場の生態を研究する最適材料である。

生息場の保全に、今、何をすべきか？

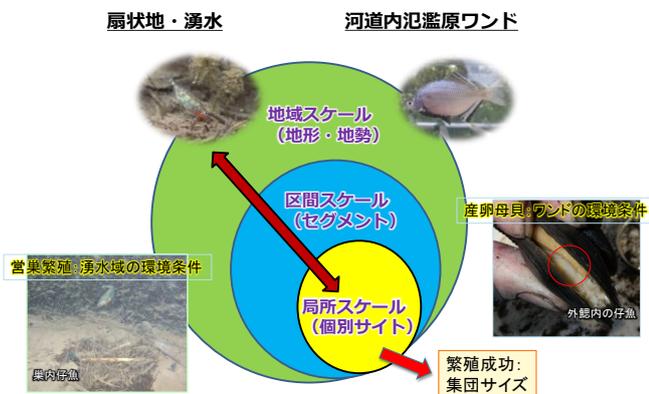


図-1 保全(繁殖成功をもたらす営為)を目的とする研究アプローチの3つの空間スケール

●テーマⅠ 河道内氾濫原(攪乱更新の水域)の環境変遷における魚類の生息実態

- ①全ゲノム解析による歴史的な人口動態解析によって、イタセンパラの集団サイズは縄文海進期以降の淡水域面積の変動との連動が示唆された。
- ②イタセンパラの実態は、本流に開口し接続水域数が多いなど冠水し易いワンド域に有意に生息し、さらに環境DNA分析等により、産卵初期の出水に乗じた移動分散が示された(図-2)。
- ③左右岸のワンド間のイタセンパラは遺伝的集団構造が異なり、低水路が両岸間の自由交流を阻害が示唆され、さらに近年形成された中洲のワンド集団は両岸の中間的な遺伝的組成を示し、岸間の交流寄与を示した。
- ④渇水位~平水位高で高水数掘削された地区では、その後の微地形変化に伴い新しくワンドが形成され、二枚貝の定着が高い割合で確認された。ただし10年以上経過すると、ワンド面積も二枚貝

量も減少傾向となり、環境の経年劣化が示された。

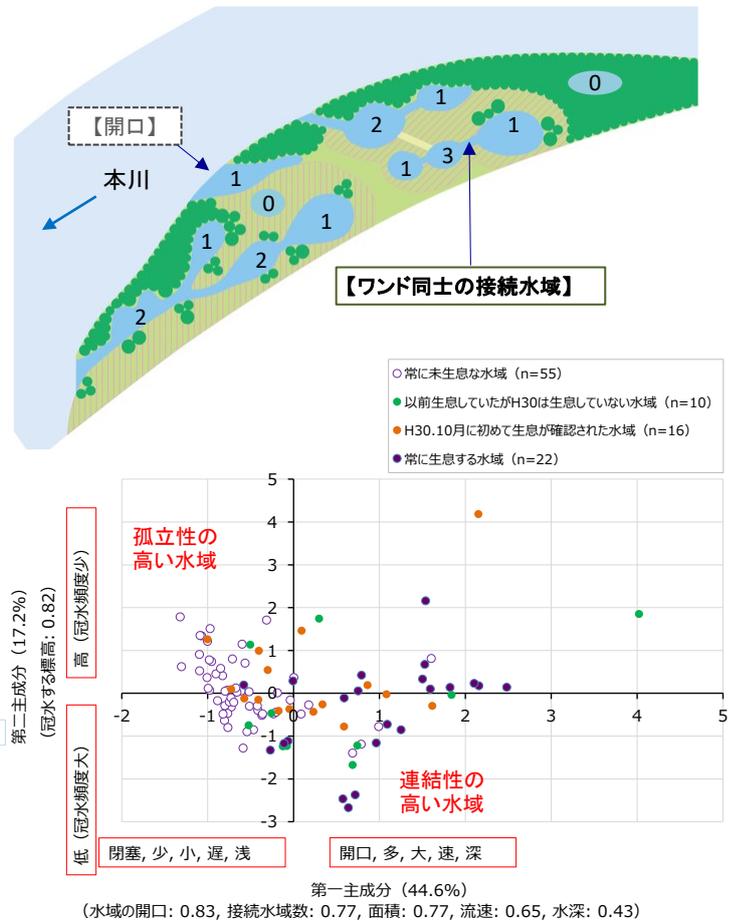


図-2 各ワンド等水域の物理環境とイタセンパラの生息有無との関係

- ⑤糞DNA分析から外来種ヌートリアによる二枚貝の食害が裏付けられ、二枚貝の再生産が悪化し、イタセンパラにも負の影響が懸念された。
- ⑥個別ワンドの環境改善策として、底泥の除去や樹木伐開等による一定の効果が示された。これらの改善策が行われたワンドでは、二枚貝が新たに定着し、イタセンパラの産卵、稚魚の浮出も確認された。

●テーマⅡ 湧水動態が魚類生態に及ぼす応答、復元および効果検証

- ①水位・水質・流量等の同時多点連続観測に基づいて、巨視的に湧水の涵養域の同定や伏流水・湧水の河川流量への寄与度、および微視的に個々の湧水の湧出・浸透過程を検証した。
- ②河川史として、河道の変遷を歴史資料等や、水系に残る止水域の水底堆積物中の放射性同位体元素の分析に着手し、近代以降の堆積速度の経年変

化の水底を通じて、本来の湧水環境の再現を検討した。

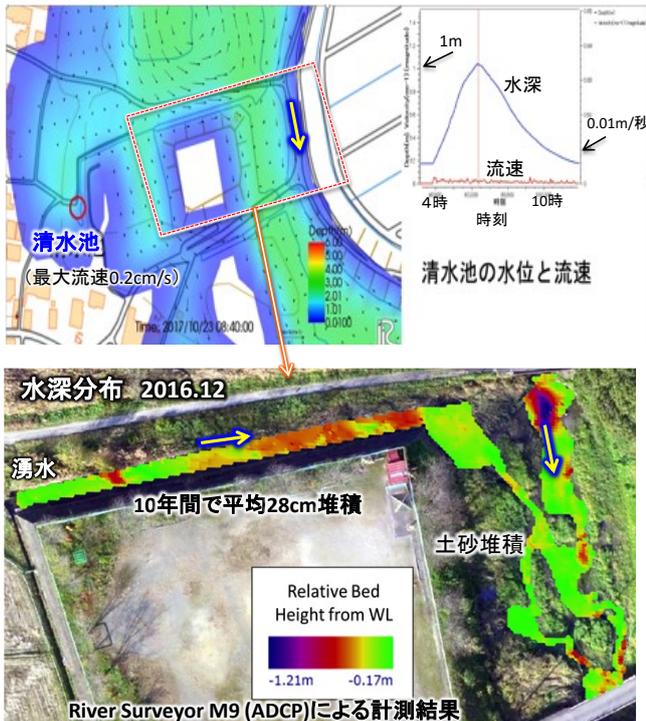


図-3 中流湧水域におけるハリヨの営巣微環境としての出水時の水深・流速分布 (IRIC 解析) と平水時の水深分布 (土砂堆積の動向)

- ③ 右岸の各湧水地の連続観測を行い、湧水地ごとの冠水頻度と水位の特徴を把握した。また、中下流部の水位上昇は本川上流からの降雨による流量増加ではなく、合流する揖斐川の出水状況に大きく依存する特徴が明らかになった (図-3)。
- ④ 河川水および湧水の溶存ストロンチウム同位体比は、河川流程に沿った生息場所の指標として有

効であり、魚類の移動履歴に適用すべく検討をした。

- ⑤ 津屋川の湧水が潤沢な中流域において、本流域と湧水域の湧水影響範囲の季節変動を比較して、ハリヨなど淡水魚の生活史とベントス群集を調査した。
- ⑥ ハリヨの集団遺伝構造や繁殖生態の把握によって、生息状況が 30 年前のデータと比較して明らかに悪化しており、現況環境を参照するだけでなく、過去の生息環境を再現する必要性を明示した。

●まとめ

土砂や伏流水等の動態にそれぞれ依拠するワンドや湧水域の環境特性の成因や変動 (図-4) を、水文・水理学的把握に加え環境 DNA や同位体等から解析し、その応答としての生物挙動を群集生態や集団遺伝学的なアプローチ等から検証した。木曾川では区間スケールとして、イタセンパラの産卵母魚の生息を維持する氾濫原環境ワンド群の維持を目的とし、循環的な再生モデルを提示した。また、津屋川は湧水の潤沢な中流域を区間スケール視点とし、ハリヨの“営巣可能面積”に影響を与える物理環境要件を明示し、さらに局所個体スケールとして個体の繁殖成功を加味した環境改善を検討した。

●河川管理への応用

本研究から、低水路・高水敷の二極化や樹林化が進行する木曾川中流域では、高水敷掘削を一定期間ごとに繰り返し、新たな生息環境を一定量確保する「循環的氾濫原再生」を起こす「川普請」を提示した。また、津屋川においては、湧水の堤内地への漏水や土砂堆積が湧水を抑止する箇所や掘削深を検討し、湧水生態系を修復する精度を向上した。生息環境の最適状況を繁殖成功率等の計測から判定し、土木的な環境改善の根拠とした。実際に、その根拠をもとに事業実施し、検証を含め効果を得ている。

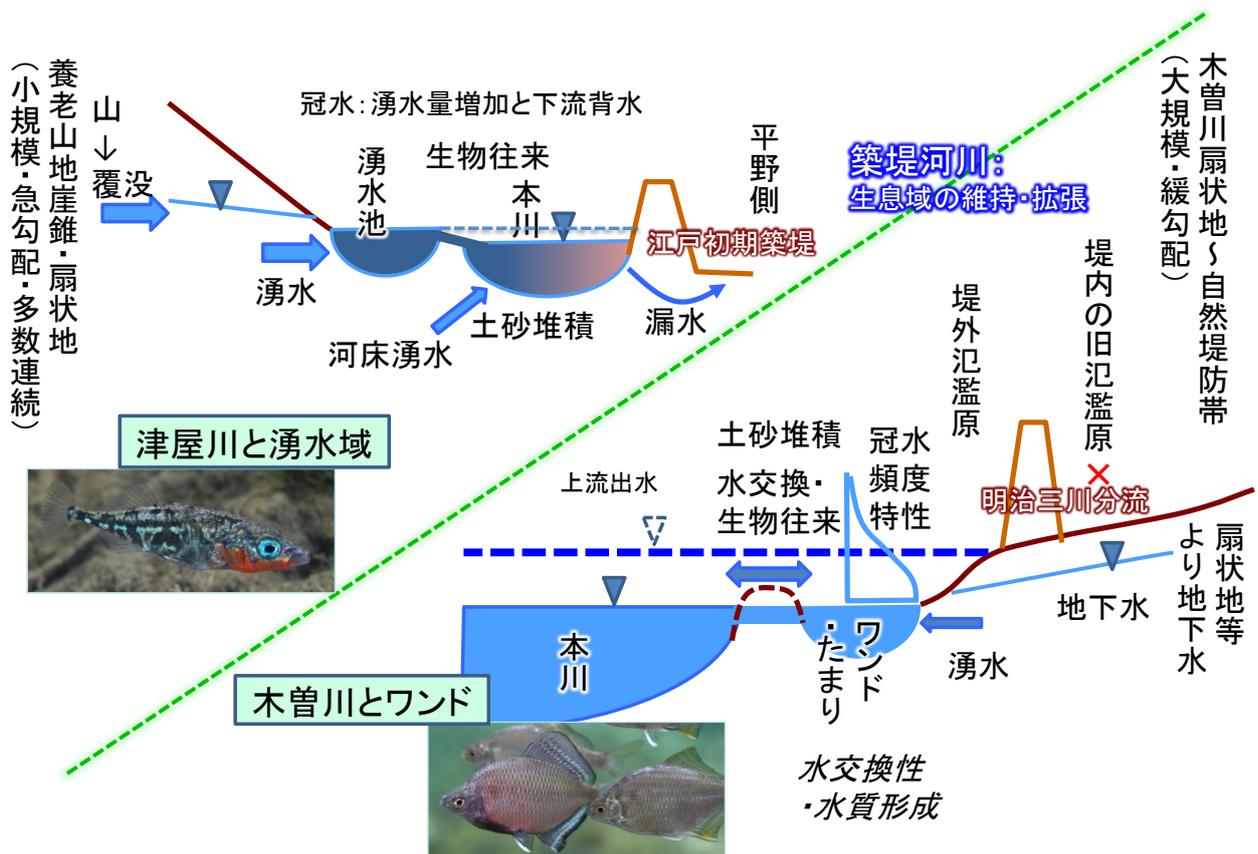


図-4 河川形成に築堤の歴史をもつ木曾川と津屋川における河川環境の特徴と共通項

気候変動下における河川生態系のレジリエンス

－ 河川構造、生物多様性、生態系機能に着目して －

石狩川・十勝川(2018～2022 年度予定) 代表: 中村太士(北海道大学大学院教授)

研究目的

- ①大規模洪水攪乱後の回復過程(5～10年の短期変化)を明らかにする。
- ②長期モニタリングデータを使って、物理環境と個体群の安定性(15年以上の長期変化)を明らかにする。
- ③流域水循環モデル(流量・水温)を構築する。
- ④モデル統合と複数の気候変動シナリオによる予測を行い、河川管理のあり方を提案する。

●背景と目的

気候変動による流況、流砂、河畔植生の変化はすでに発生している。本プロジェクトの目的は、1) 攪乱前後(5～10年の短期変化)の河川構造、生物多様性、生態系機能について比較検討することにより、気候変動下における河川生態系のレジリエンスを評価する、2) 15年以上の長期モニタリングデータを使った時系列解析を行い、異なる地質や湧水・非湧水河川が流域に存在することが、年変動や攪乱に対する地域個体群の安定性に及ぼす影響を評価する、3) 流域水循環および統計モデルによる水温予測モデルを構築し、気候変動下における種間競争を踏まえた種分布予測を実施する、4) 上記調査結果およびモデルを統合し、複数の気候変動シナリオ(CO₂増加、現状維持、抑制など)に対する河川生態系の応答と、それに基づく防災、生物多様性、生態系機能の保全戦略、河川管理の在り方を提案する、ことにある。

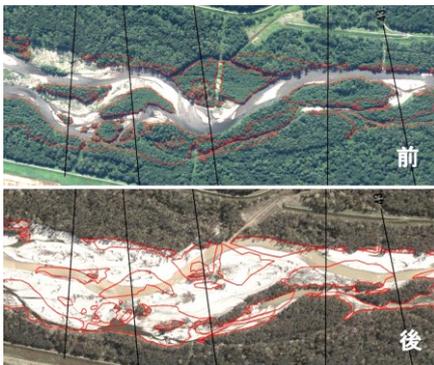


図-1 2016年洪水前後の札内川

●2016年大規模洪水攪乱(図-1)からの生物相の回復

2017年秋、2018年初夏、2018年秋および2019年夏の全調査回において、植物種数(プロットごとの平均)が攪乱レガシー(流木)のあるプロットでは、レガシー無しのプロットに比べて有意に高い傾向が明らかとなった(図-2)。

4年間にわたる回復過程を羽化水生昆虫の群集構造および砂礫堆における有機物分解に焦点を当て調べた。砂礫性の陸域昆虫類は攪乱後減少したが、1年後にはすでに回復しつつあった。また、水生昆虫や魚類は、洪水直後にも大きく個体数を下げたが、洪水攪乱への頑強性が高いことが示唆された(図-3)。

河床面由来の分類群は洪水以前の群集構造にほぼ回復した一方で、河床間隙水域に生息し3年の生活史を有するカワゲラ目の一種についてはまだ個体数が回復しておらず、このことが群集構造全体の回復におけるボトルネックとして示された。有機物分解速度は洪水2年後には事前のレベルに回復し以降継続して安定的であった。稀有な大規模洪水攪

乱に対しては、河床間隙に生息する昆虫相が特に脆弱である可能性が示唆された。

また、「湧水河川は攪乱に対しても頑強である」という仮説は、ある程度支持され、攪乱後の飛翔昆虫量やコウモリの活動量は湧水河川の方が高かった。湧水や非湧水河川が支流レベルで存在することが、流域全体を利用する上位捕食者への安定した餌供給につながっていると考えられる。

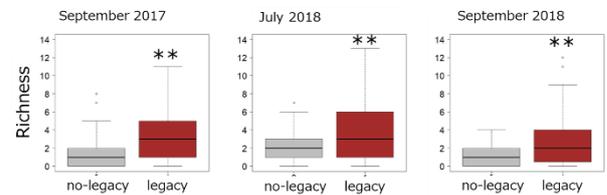


図-2 十勝川・札内川における大規模出水後に残された攪乱レガシーと植物種数の比較

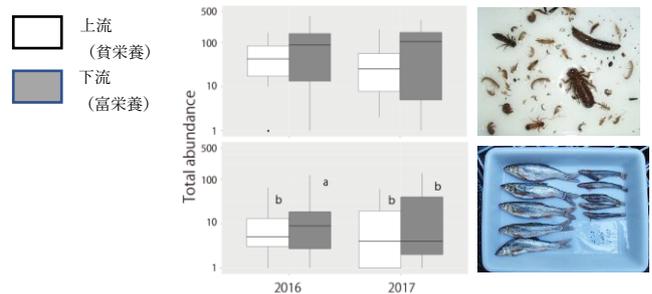


図-3 2016年洪水前後の水生昆虫(上)と魚類(下)の個体数変化 Negishi et al. (2019) Landsc. Ecol. Eng.

●長期モニタリングデータによる解析

1990年から実施されてきたサケ産卵床の分布と河川地形との長期モニタリングデータ(図-4)を解析した結果、サケ産卵床の分布は、河床高の変化量、低水路の比高差、サケ産卵期の水面幅などと、地下水位差で説明された。各地形要因は、年々産卵床が減る方向に変化しており、サケの産卵環境が悪化していることが明らかとなった。

空知川の非湧水支流におけるオシヨロコマの個体群長期データを解析し、温暖化と競争種であるアメマスとの関係性を検討した。1998年から2019年にかけて空知川流域は明瞭な温暖化傾向にあった。解析の結果、オシヨロコマ、アメマス共に温度が高い年には個体数が多く、降水量が多い年には個体数が少ない傾向があった。また、オシヨロコマ0歳魚の個体数とアメマス個体数との間には負の相関があった。

近縁のサケ科魚類であるオシヨロコマおよびアメマスを用いて、種内・種間競争に水温環境が与える影響を野外操作実験により明らかにした(図-5)。その結果、非湧水河川において、オシヨロコマは単独区よりも混生区で負の成長を示したのに対し、湧

水河川においては単独区および混生区で同様であった。アメマスは両方の水温環境において単独区よりも混生区でより高い成長を示した。以上の結果から、アメマスからオショロコマへの負の影響は水温環境に依存していると考えられる。

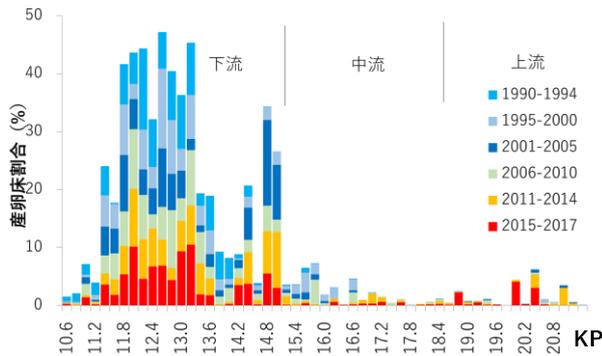


図-4 豊平川におけるサケ産卵床の分布割合の変化
有賀ほか(2021)応用生態工学参照

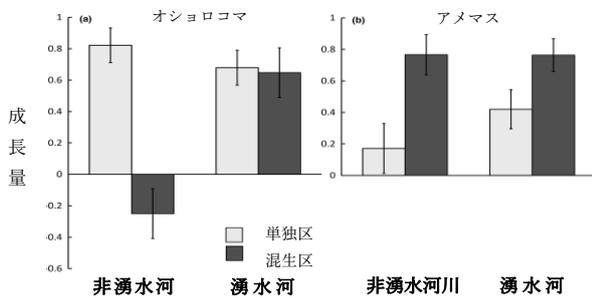


図-5 温度依存競争 Watz et al. (2019) Freshw. Biol.

●水温推定モデルの構築

解像度 20km の気候変動予測データ (MRI-NHRCM20) を解像度 1km へ細分化する統計的ダウンスケーリング (SDS) 手法によって、北海道全域を対象として、高解像度の将来水文諸量を作成した。次に、石狩川水系空知川を対象として複数の小流域での現地観測を実施し、降雪・融雪プロセスも含めた降水に対する流出応答や流出成分ごとの水温が適切に推定できるモデルを構築した (図-6)。この際、火山性、非火山性といった地質条件を加味し、水循環や水温の推定を行った。

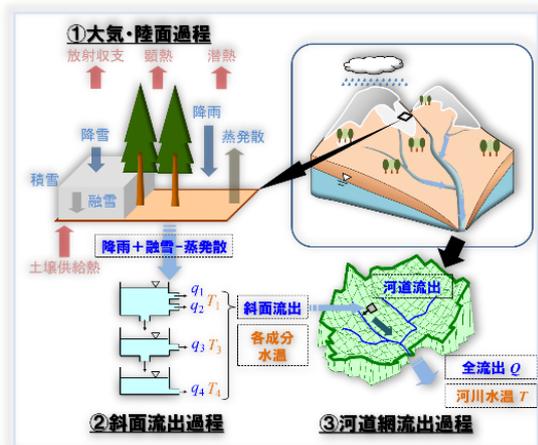


図-6 流域水循環モデルのイメージ

その結果、小流域でもある程度の精度で水温を再現できるモデルが構築でき、さらに RCP8.5 のシナリオで気候変動による水温変化を推定したところ、火山性地質の水温は安定しており、非火山性地質ほど大きな水温変動が起きないことが明らかになった (図-7)。また、初夏には流量が減少し、地下水

流出成分の寄与が大きくなることで火山性地質、非火山性地質ともに 7 月に水温が落ち込む様子が確認された。

さらに、GLM による統計モデルを構築した結果、流域地質は気温に次いで水温変動に大きな影響を与えていることが明らかになった。

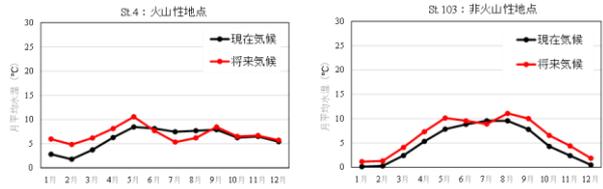


図-7 気候変動による小流域の河川水温変化
についての推定結果

●気候変動と生物の応答

気象変動下では、河床変動、流木の生産・流出・堆積機構も変化すると考えられ、水理実験・モデル構築を進めている (図-8)。

夏季平均水温は気温だけでなく流域地質に影響を受けており、火山岩が優占する流域はその他の流域に比べ、気温に関わらず夏季平均水温が約 3.6℃ 低かった。また、火山岩類が優占する流域ほど水温や流況が安定した湧水的環境であった。

異なる流域地質間では湧水寄与度が異なり、結果として水温レジームの変化を介してハナカジカなどの冷水性魚類の分布に影響を与えていた。また、温暖化シナリオの解析の結果、湧水の卓越する火山岩流域は他の流域に比べ、本種の生息適地がより多く残存することが推定された。つまり、冷水性魚類にとって特定の地質流域が climate-change refugia として機能する可能性が示唆された。

こうした影響は、魚類の分布のみならず、水生昆虫の羽化量・羽化タイミング、落葉の分解機能、陸上捕食者であるクモ類、鳥類、コウモリ類の分布に影響を与えていることが、徐々に明らかになりつつある (図-9)。



図-8 河畔林の動態を含めた水理モデルの構築



図-9 地質の違いを介した水温と流況の変化と生態系の構造・機能への影響

研究目的

- ①中聖牛などの伝統的河川工法が河床地形や滯筋を改変する効果を明らかにする
- ②砂州上の位置と聖牛によるたまり等の生息場形成効果との関係を明らかにする
- ③数値計算やモデル実験により、目的に応じた聖牛の設置法を検討する
- ④中聖牛を活用した河床地形管理手法を提案し伝統的河川工法の地域継承の事例を示す

●対象河川の概要と研究の背景

淀川水系の木津川は、風化花崗岩からマサ土が流出する流路延長 99km の「砂河川」であり砂州の発達した河川景観を特徴としている(図-1 左)。古名の「泉川」は、かつて湧水が豊富にあったことを示している。しかし、近年は土砂動態の低減にともない、河床低下・河道の二極化・植生化が進行しており、砂州の生態機能の保全と再生が課題となっている。一方、木津川上流域の6つのダム群では、治水運用と堆砂対策を併せた、置き土等の土砂還元事業が計画されており、下流河道においては治水・利水・環境の要請に応じた河床地形管理の必要性が高まっている。

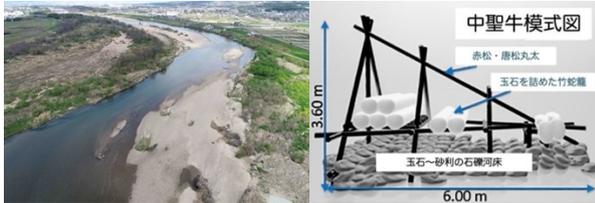


図-1 木津川玉水橋下流砂州(左)と中聖牛模式図(右)

●伝統的河川工法の活用と効果検証

本研究は、土砂動態を活性化する河床地形管理手法として伝統的河川工法である聖牛(せいぎゅう, ひじりうし)(図-1 右)の活用を検討するものである。聖牛は、設置した河岸の上下流で河床への土砂堆積を促進し河岸侵食を防止する働きが知られている。本研究では、中聖牛を侵食堆積傾向の異なる砂州頭、砂州中、砂州尻に設置し(図-2)、地形改変効果や聖牛によって形成される生息場の生態機能を比較検証することを目的とした。ただし、聖牛等の伝統的河川工法は、多くの地域で制作技術や設置手法などが失われている。本研究では、地元のNPO法人やましろ里山の会が静岡県の原小組から同技術の指導を受け、伝統的河川工法の復活を試みた(図-3 右)。その上で、野外のモニタリング調査、模型を用いた水路実験、ならびに平面二次元河床変動計算によるこれらの成果に基づいて、伝統的河川工法を活用した河床地形管理手法の確立を目指した(図-3 左)。

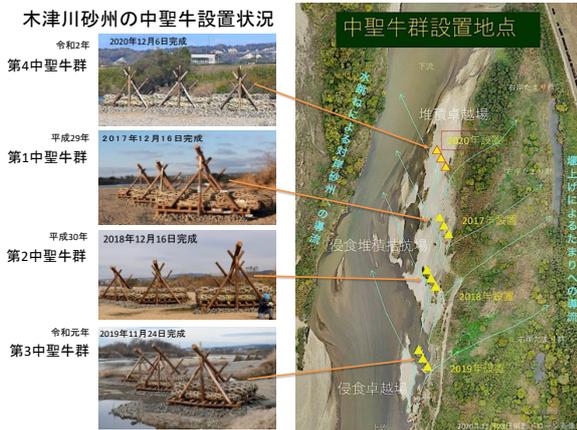


図-2 中聖牛 12 基が設置された木津川玉水橋下流砂州

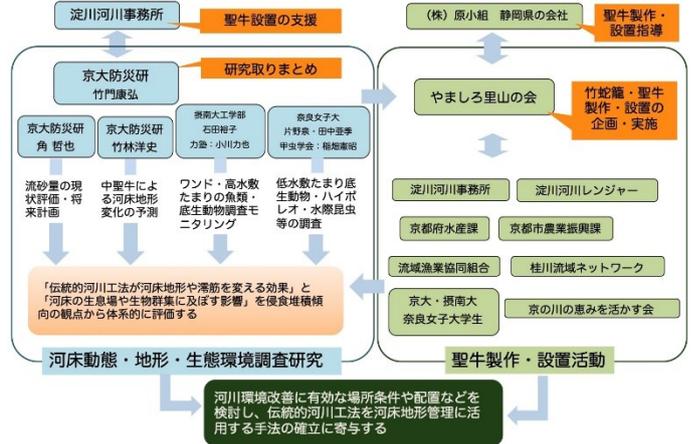


図-3 研究実施体制図

●伝統的河川工法の現役復活

本研究では、竹木の加工から竹蛇籠・聖牛の制作設置技術をやましろ里山の会が習得した。竹蛇籠の制作方法(<https://www.youtube.com/watch?v=jJ58FYIAfd8>)と中聖牛の製作設置方法が YouTube に纏められている(<https://www.youtube.com/watch?v=2iEnreHyUag>)。本研究では、河川利用や河川管理への市民参加として、「川普請に相当する参加型河川管理」が実現された(図-4)。今後、各地へ伝統河川工法と市民参加型河川管理が普及することが期待される。



図-4 市民参加による竹蛇籠や中聖牛の製作設置

●中聖牛群の地形改変と生息場形成効果

中聖牛群の河床地形改変効果として、1)水刃ねによる対岸侵食促進、2)堰上げによる高水敷たまりの冠水頻度促進、3)流速低減による堤防侵食抑制、4)局所洗掘よるたまり・わんど形成等の効果を検証してきた。1)については、中聖牛群自体の水刃ね効果は限定的であるものの、中聖牛群の上下流への土砂堆積によって設置した砂州が上下流方向に発達し、経年的に滯筋が対岸側へシフトすると予測された(図-5)。一方、2)と3)については数値計算では流速の増加や低減の効果が認められたが現場の変化は限定的であった。これは、調査地砂州自体の河床低下傾向が中聖牛群の堰上げ効果や土砂堆積効果を上回ったためと考えられた。これらに比べ

て、4)の中聖牛近傍の局所的な地形改変効果は極めて顕著であり、砂州頭では大きく深いたまりやワンドが、砂州中では中規模のワンドやたまりが、砂州尻では小規模のワンドやたまりが形成され(図-5)、砂州頭～砂州尻の間には湿地を含めて様々な存続時間の一時的生息場が形成された。



図-5 中聖牛群(全12基)設置後の滞筋の変化

中聖牛群の設置により形成されたたまり群は局所洗掘の結果、天然たまりに比べて水深/面積比が大きく、長寿であり、底生動物群集の組成にはゲンゴロウ類、ガムシ類、マツモムシ類などの鞘翅目や半翅目の種数が多い傾向や、ミナミメダカ、キマダラカゲロウ、キイロヤマトンボ、コオナガミズスマシなどの希少種が記録された。これらの水域生息場は砂州内の伏流水の影響下にあるため、水温や水質が砂州頭から砂州尻への明瞭な環境勾配を示すことから、中聖牛の設置位置の違いが生息場や生息種の多様性促進に働くことが示唆された(図-6)。

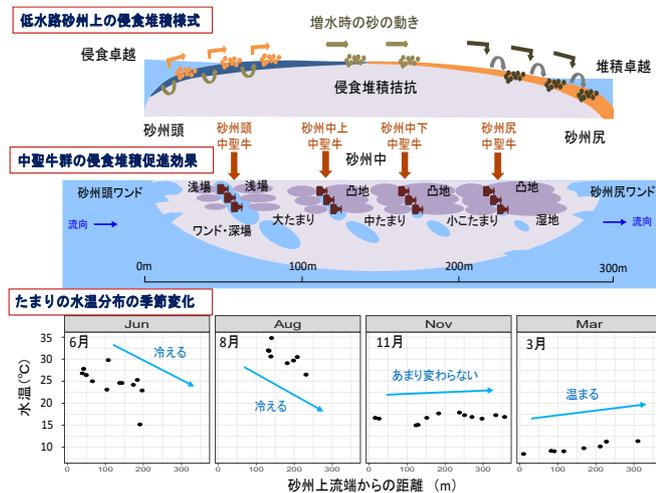


図-6 中聖牛の砂州地形改変と生息場形成機能まとめ

●短時間で変動する生息場の生態機能

たまりやワンドの形状は、砂州上の空間的な異質性のみならず、出水時に大きく変化するため、生物群集の組成は出水規模や出水からの時間の関数として捉えることができる。現在、2020年度と2021年度に調査した木津川のたまり動物群集や間隙生物群集について、出水からの日齢に対する群集応答仮説(図-7)の基づいた分析を進めている。これにより、砂州上に形成される「水域生息場の時間変動に対する水生動物種の適応戦略」の考察を目指している。これらの知見は、河川管理における「生息場の変動様式」に応じた出水規模・頻度と河床を構成する土砂の粒径などの目標設定に役立つと期待される。

●出水規模と聖牛の地形改変効果の関係

たまりやワンドの形成や存続時間は、図-6に示した増水時の砂の動きに依存している。本研究期間中には図-8に示したように、水位上昇規模で4m超えが1回、3m超えが1回、2m超えが8回生じた(図-8)。これらの出水時の地形変化を低水路砂州上の土砂の侵食・堆積量と対

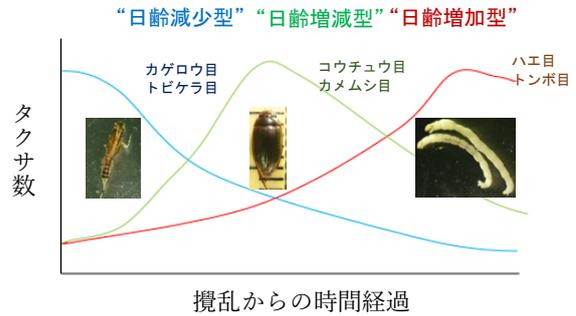


図-7 たまりの日齢と底生動物群集の応答仮説

応させて分析した結果、中聖牛の設置に起因する地形変化量は中規模の出水時に顕著になる現象が観察された。そこで中聖牛の高さ(3.6m)に対する中聖牛の水没深の割合を水没水深比と定義して、2次元河床変動計算によって低水路砂州全体の河床変動量に対する聖牛の寄与率を分析した結果、侵食量は水没水深比0.5で、堆積量は水没水深比0.8で最大化することがわかった(図-8)。木津川では水没水深比1が年平均最大洪水流量時の水深なので、砂州の土砂動態を活性化するためには中聖牛のサイズが妥当であることが裏付けられたことになる。

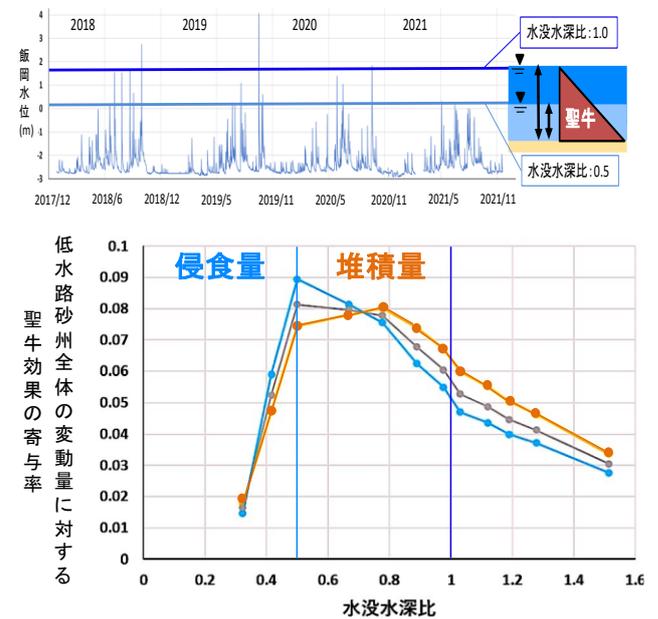


図-8 出水規模に応じた中聖牛の地形改変効果。聖牛の水没水深比は聖牛の高さに対する水深の割合を示す

●待受工法としての伝統的河川工法の活用

木津川では、川上ダム完成後(2022年以降)に、高山ダムなど上流ダム群からの本格的な排砂(置き土)が予定されている。そこで、ダム管理者と河川管理者が連携して、この土砂を下流河道で適正に受け止めて河川環境改善に活かす管理手法の確立が急務である。中聖牛群が発揮する土砂の捕捉堆積と侵食供給の双方の機能は、流況に応じて土砂の捕捉と供給を繰り返す「土砂の息継ぎ場」を提供する「待受工法」として活用できる可能性を示している。

研究目的

- ①豪雨イベントと放水路による水量調節が下流域や沿岸の構造や生態系に及ぼす影響を水位変動や河床構造、さらには水文モデルから明らかにする。
- 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総合的にとらえる。
- ③研究成果を統合し、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する。また建設後50余年経過する放水路分岐点の上流と下流において、フロラ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て、放水路の生態学的影響を明らかにする。さらに豪雨時の水の挙動をモデルと河川構造の精査によってシミュレートし、実際の流量観測でクロスチェックを行いながら、豪雨時の流量予測体制を確立する。これらによって放水路の当該河川におけるより適切な運用方法を生態系保全の観点から考察する。

●2021年度(令和3年度)の主な成果



図1. 令和3(2021)年度に明らかになった主な研究成果

一般研究移行後2年目の今年度は、放水路分岐点よりやや下流・17km付近に形成される狭窄部の河川形状の評価、植生の特性が明らかになった他、放水路出口の陸源堆積物の広がりがかめ、中下流域の水生昆虫の分散を遺伝子マーカーで明らかにした。また、生息する貝類と微生物の共生について考察を進めた。また海水中に放出されたアユ成魚の塩分耐性や河川流量が一次生産に関与する様子などもとらえられた(図1)。この中で狭窄部での川幅と植生に関する新たな知見について以下に述べる。

●17km付近の狭窄部に見られる川幅の縮小と植生

図2は放水路建設前の昭和34年と建設後約半世紀経過した平成29年の河口部から20km付近までの川幅を連続的に比較したものである。昭和34年に比べ平成29年では川幅が減少した地点が何カ所か認められるが、特に河口から15~17km付近(分岐点は17.8km)では大幅な縮小がみられた。逆に分岐点の上流側では川幅が広がっている。17km地

点の河川断面の変化を昭和34年から平成14年にかけて資料に基づいて連続的に追うと、その断面は「船底型」から「複断面型」に変化したことが追跡できた(図3)。

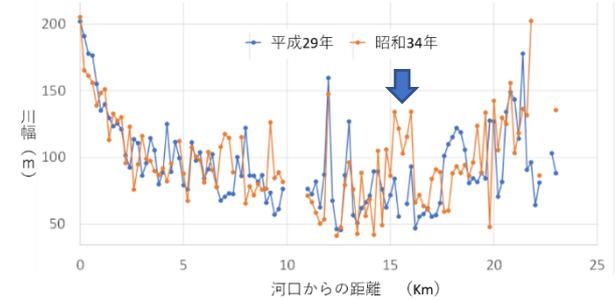


図2. 放水路建設前後の川幅の比較。矢印は川幅縮小域

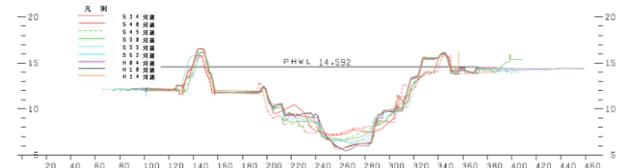


図3. 17km地点の河川断面の変化

一方、16km付近では、近年河川管理上伐採の対象になるメダケが繁茂していることが知られている。今回の観測ではメダケの繁茂するエリアが洪水時の無次元掃流力の高いエリアと一致する(図4)と共に、同じく洪水時のSDI値の高いエリアと一致

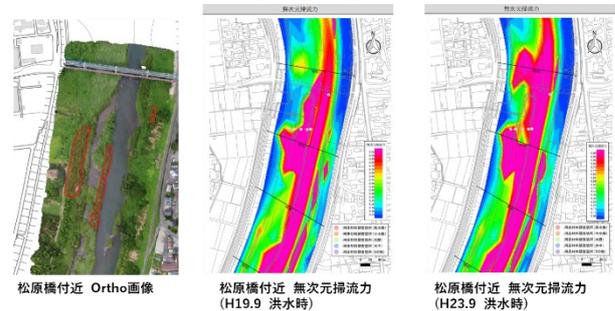


図4. 16km地点松原橋付近のメダケの繁茂エリア(左図赤斜線部)と洪水時の無次元掃流力が大きくなるエリア(中、右図赤食部分)

することが明らかになり、これは放水路下流で川幅が狭まり、断面が複断面型に変化したことと関連があることが示唆された。

2022年度は他の個別研究の進展を促進するとともに、それらをより有機的に結び付けて河川管理に資する方策に結び付ける方向で進めてゆく。

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

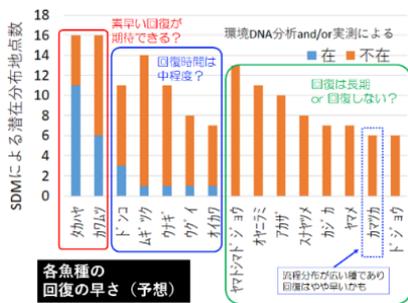
筑後川(2021~2025年度予定) 代表: 鬼倉徳雄(九州大学教授)

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。

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河川構造、複雑性、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。災害直後にダム湖やため池で魚類の生息が確認できたこと、表層地質の相違が影響の大きさ、回復の早さに効いていること、伝統工法が影響低減に寄与したこと、災害普及工事の負の影響などが解明できつつある。各魚種の回復の早さも概ね推定でき、今後も調査を継続することで、災害後の生物相の回復過程の追跡、回復ソースとして寄与する環境構造の特定、種ごとの回復力などを明らかにでき、また災害後の河川管理の在り方についても低減できる。



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

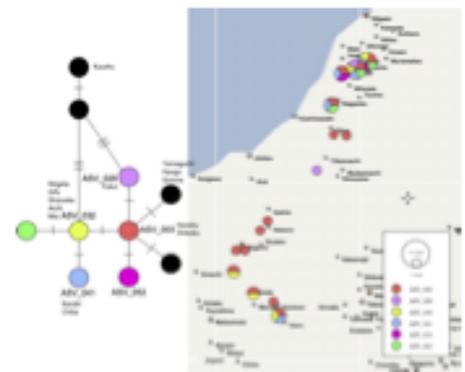
千曲川(2022~2026年度予定) 代表: 箱山 洋(長野大学教授)

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、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生物多様性保全と治水機能・水利用とのトレードオフについて評価手法の開発を行い、合理的な河川管理に資する。

研究概要

千曲川水系を主たるフィールドとして、最新のゲノム科学を取り入れて、魚類等の淡水生物の生息地連続性を把握し、出水による河川の攪乱や河川工作物が、その連続性、さらにはメタ個体群の構造や持続性、群集構造、生物間相互作用に与える影響を明らかにする。生物の分布に影響する水質等の環境要因も測定し、生物への影響評価を行う。また、淡水生物の移動を把握するために、新たに、魚類種ごとの移動のビデオモニタリング装置に関する技術開発を行う。さらには、河川工作物の治水上の機能と生物多様性・避難場所としての機能を評価するなど、生物多様性保全と治水機能・水利用とのトレードオフについて評価を行い、合理的な河川管理に資する。



河川工作物による集団の分断化: eDNA調査による集団の地理的遺伝変異(例: オイカワについて妙見堰の上下流域で顕著な違い)

河川水温の時空間的変動とそれが河川生態系に与える影響
 総合研究グループ(2017~2021年度) 代表:一柳英隆(熊本大学大学院特別研究員)

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、河川の水温は時空間的に不均質であり、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を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℃/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)。

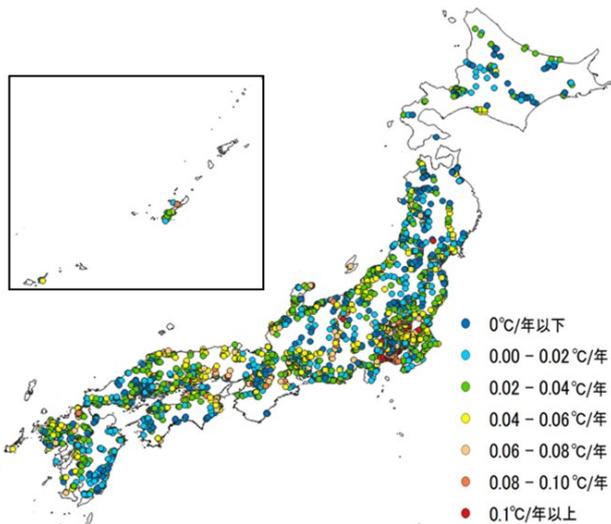


図-1 全国の水温観測地点における1981-2015年の年平均水温の変化

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。

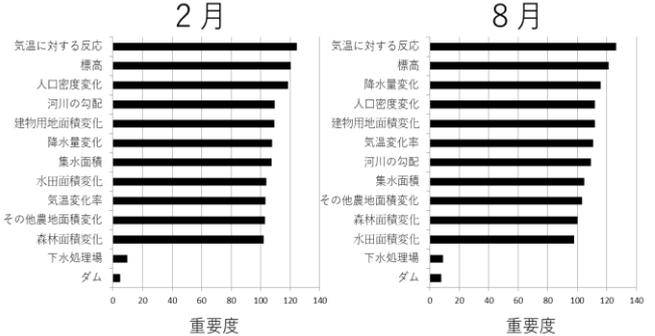


図-2 全国の水温変化率を予測するモデル(ランダムフォレスト)における環境要因の重要度(2月と8月の例)

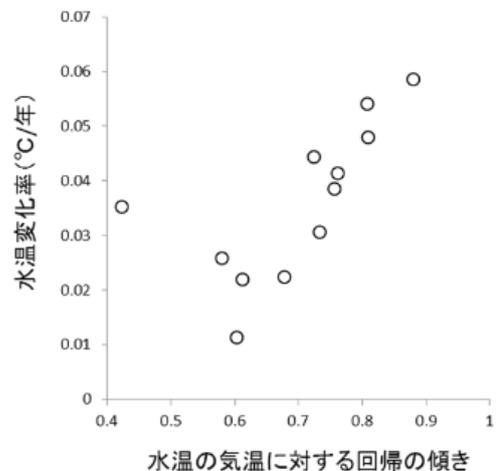


図-3 菊池川水系における水温と気温の関係(水温の気温に対する回帰の傾き)と経年的な河川水温変化率の関係

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）。

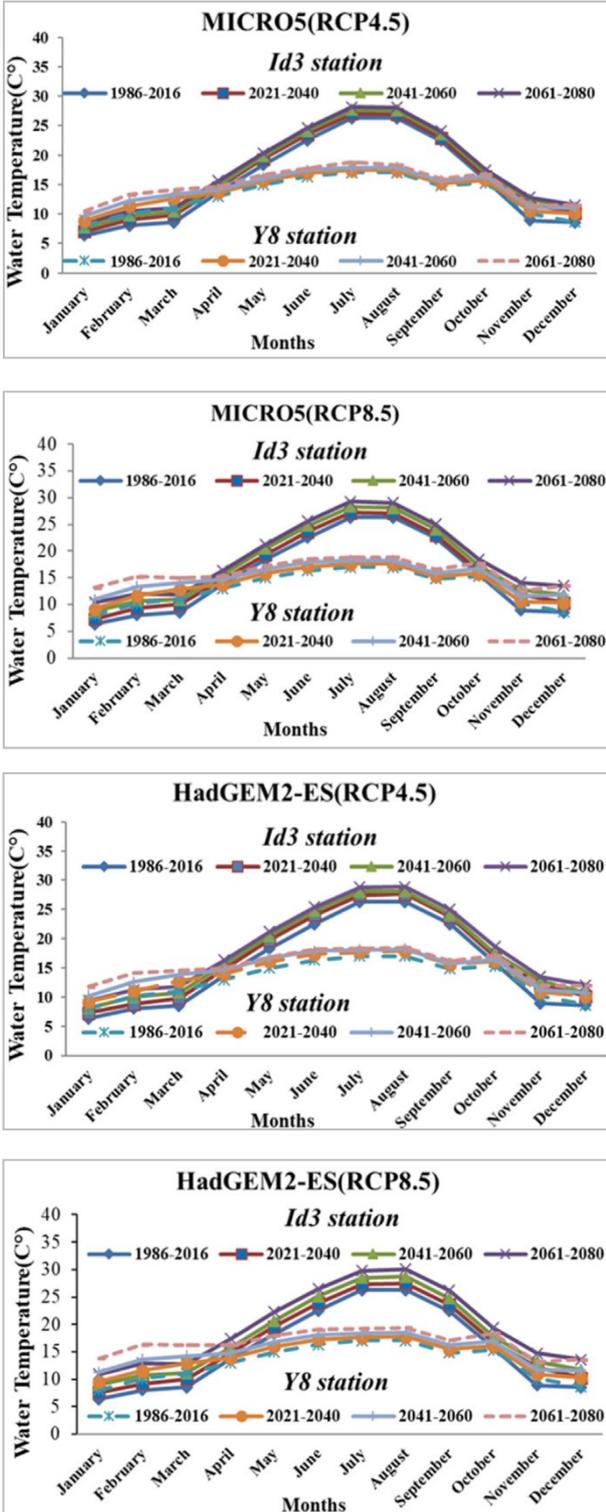


図-4 RCP4.5 及び RCP8.5 シナリオ、HadGEM2-ES 及び MICRO5 気候モデルを用いた菊池川の 2 地点 (Id3: 上流、Y8 下流) における河川水温変化の将来予測 Reihaneh et al. (2020) J. Hydrol.

●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)。

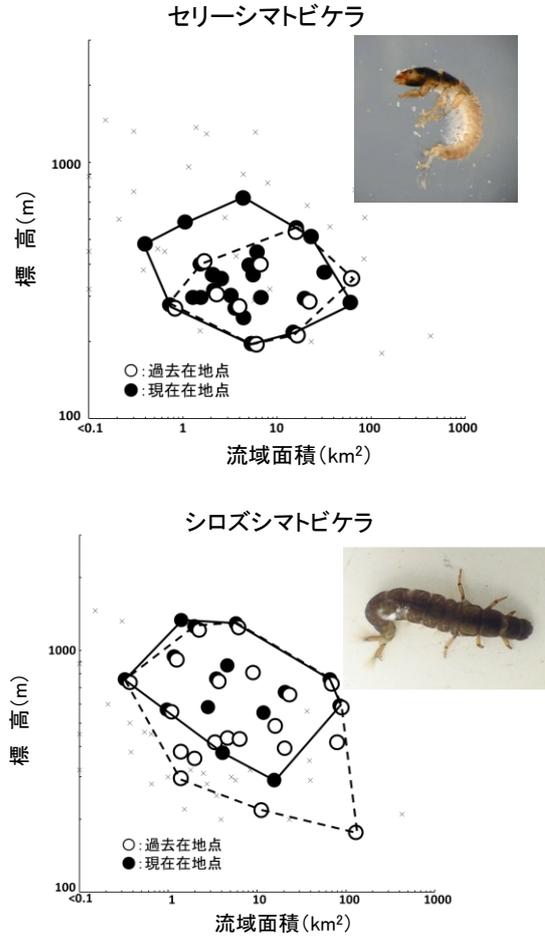


図-5 多摩川におけるトビケラ 2 種の分布の変化

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律ではない。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、河川流域にもたらず海洋資源輸送能、および河川の生態系機能に及ぼす影響の評価を行う。
- ④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41km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。

●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Ⅰ 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)。



写真1. 有田川で捕獲された両側回遊魚類

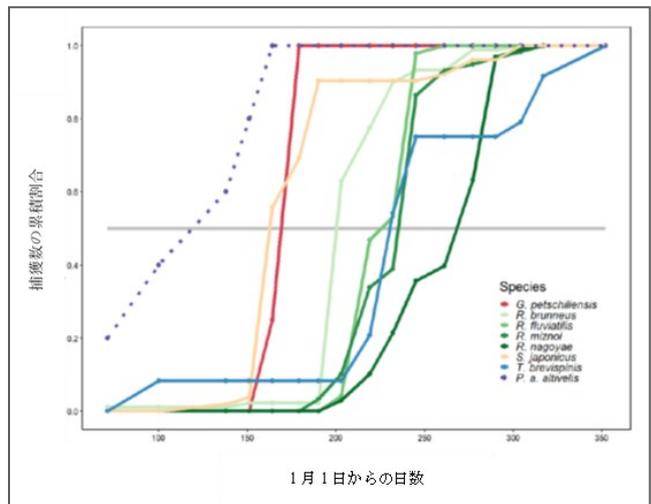


図1. 両側回遊魚各種の捕獲数の累積割合。図中の横線は累積割合50%を示す(Tanaka et al.の図を改変・引用)

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り、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うることが分かった。(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。

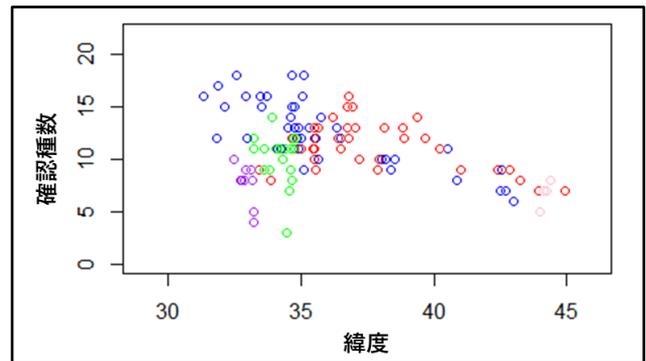


図3. 両側回遊魚の種数と緯度経度の関係

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空撮画像から直接「在・不在」を判別する方法の構築
- ②空撮画像から物理環境(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
- ③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

●空撮画像から直接「在・不在」を判別する方法

高解像度カメラを搭載可能な UAV を用いて低空で干潟表面を空撮した後、コドラート内に生息している干潟生物を採集する。そして、対象種が採集されたコドラート周囲の画像を「在」データとして、対象種が採集されなかったコドラート周囲の画像を「不在」データとして、AI による深層学習をおこなう。本手法は、砂泥干潟に生息し、「巣穴を作る」あるいは「無脊椎動物の巣穴に生息する」生物にとって有効な手法になることを想定している。

●空撮画像から物理環境(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 を用いて干潟表面を空撮した後、コドラート内に生息している干潟生物を採集する。撮影された画像から、SfM によって干潟表面の地盤高を算出し、さらに画像解析によって、干潟表面の底質の粒度(泥分率か砂分率)を算出する。採集された生物の「在・不在」データを目的変数に、干潟表面の地盤高と底質の粒度を説明変数にしたモデルを作成する。本手法は、砂泥干潟に生息し、「巣穴を作らない」あるいは「無脊椎動物の巣穴に生息しない」生物にとって有効な手法になることを想定している。

●汽水域においても通用する環境 DNA 分析

これまでの研究により、単に河川水を汲んで分析するだけでは、干潟生物の環境 DNA の検出率は低いことが分かっている。本研究では、干潟にパイプを打ち込む方法や、シャベルで干潟に穴を掘る方法を用いた、河床の間隙水の採取し、DNA を抽出した後、対象分類群に応じた定量メタバーコーディング分析をおこなう。なお、ハゼ類には、通常魚類に用いられる MiFish プライマーでは検出不能な種も多く含まれているため、ハゼ類用(特にミズハゼ類の識別が可能な)のユニバーサルプライマーを新規作成する。本手法は、礫干潟に生息し、特に礫間隙に生息する生物にとって有効な手法になることを想定している。

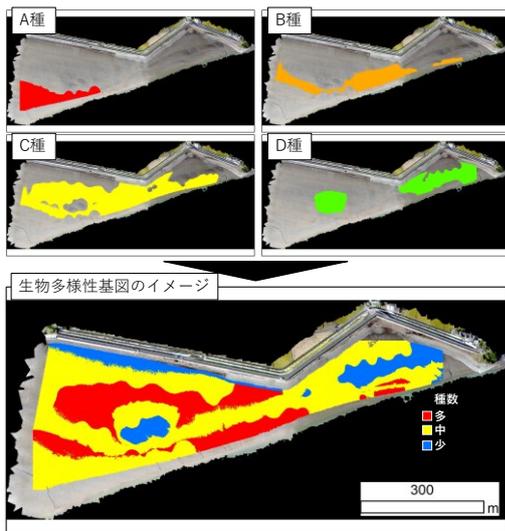


図-1 最終的な研究成果のイメージ

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。

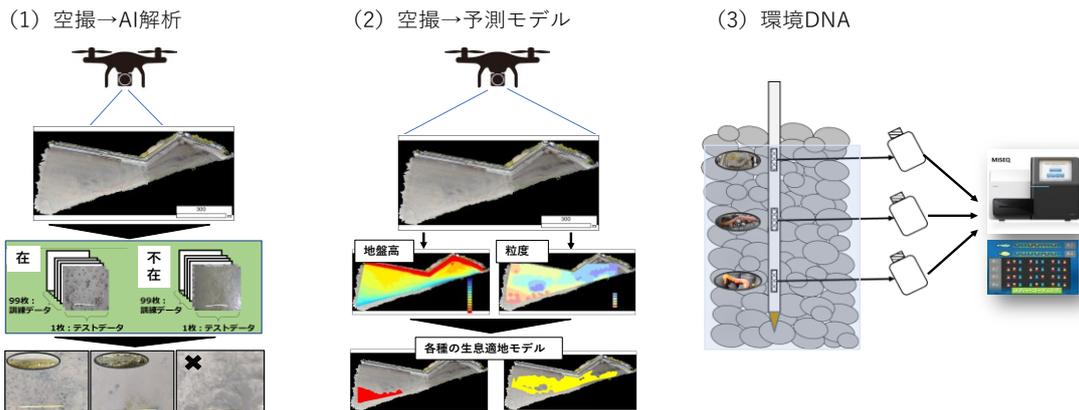
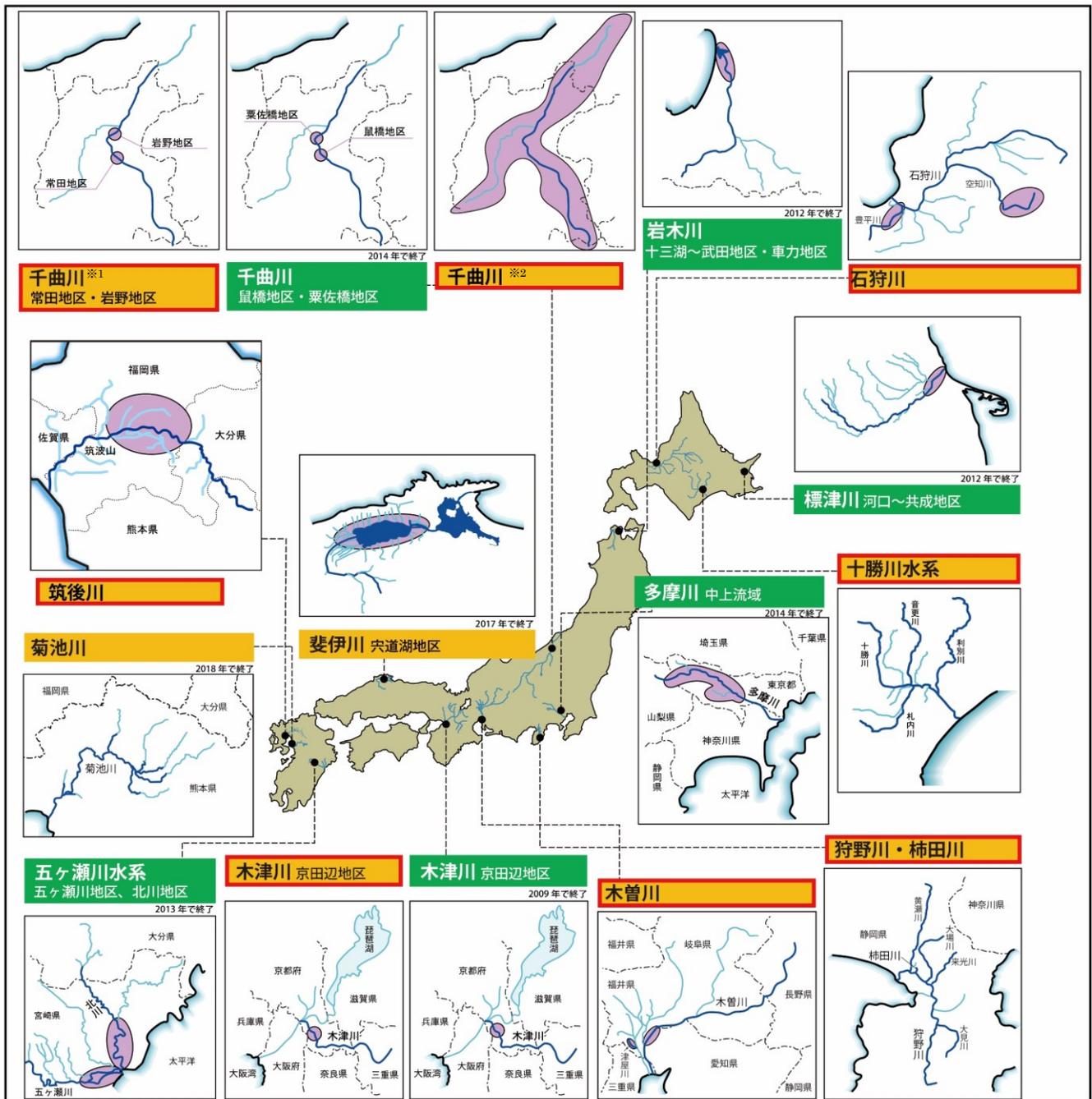


図-2 本研究の3つの手法のイメージ



※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 4 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」

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

〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3

TEL 03 (5253) 8447

TEL 03 (5253) 8450

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

公益財団法人リバーフロント研究所

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

TEL 03 (6228) 3860

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

平成 9 年 7 月 第 1 版 発行・令和 4 年 7 月 第 18 版 改訂

このパンフレットの内容は、河川生態学術研究会各研究グループの研究成果および河川生態学術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: 木曾川ワンド 32.0k 付近