第24回

河川生態学術研究発表会

令和4年11月15日（火）10：00 ～ 17：00

発表要旨

千曲川研究グループ

河川における生息地連続性の重要性

発 表 者：　箱山　洋
長野大学 淡水生物学研究所

要　旨：

河川生態系は様々な時空間スケールで起こる構成種の移動・分散によって連続的に結びついている。特に魚類等の淡水生物はその移動が水域に限られているうえに、生活史の様々なステージで異なる生息地（本流・支流・水路等）を利用することから、生息地の連続性はその個体群の存続に重要な役割を果たす。大規模な出水による攪乱やダム・堰などの河川工作物による物理的な生息地の分断化は、淡水生物の移動・分散を困難にし、個体群動態・群集構造・河川生態系の機能に大きな影響を与えうる。また、近年の河川災害の増加を背景に、多自然型の河川管理では、河川連続性の保全・治水機能・水利用における河川生態工学的な技術の向上が求められている。河川生態一般研究における私たちの研究グループでは、魚類の著しい減少が懸念されている千曲川や信濃川において、魚類を中心とした河川生態系に着目し、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予定である。

研究では二つの空間スケールに着目する。**Large Scale Survey**：一つは全長 367km の千曲川・信濃川全域において、西大滝ダム、宮中取水ダム（**図 1**）、洗堰などの大型のダムや堰などによる河川の分断化が、魚類の移動分散・個体群構造に与える影響を明らかにする。研究項目として、環境 DNA による魚類相や個体群の遺伝的多様性に関する調査、それぞれの生息地の物理環境や農薬等の汚染状況の調査、ダム・堰の魚道の機能に関する調査および魚道のモニタリング技術の開発、過去の漁獲データ・水質データの分析、過去と現在の河川の物理環境（河床勾配、川幅深度比、結節網状度、屈曲度、河川水量）をモデル化・比較し魚類等の生息池としての好適性との関係を評価、台風 19 号の前後での魚類分布の変化の調査などから、**流域全体としての大きな生息域の現状をモデル化し、どのような要因が魚類群集の分布や現存量に主要な影響を与えているのかに関して検証**していく。**Local Scale Survey**: もう一つの空間スケールは、魚類がその繁殖期などにおいて移動分散を行う本川と支川もしくは用水路のネットワークに着目した 10km^2 程度の地域を扱う。支川・用水路は、淡水魚にとって重要な生息場・出水避難場所であるばかりではなく、本流に住む成魚が繁殖期に移動して利用する機能がある。河川改修が進んだ現在においては、本川と支川・用水路の間の小さな堰（**図 2**）などの河川工作物が魚類の移動に重要な役割を果たしている。具体的には、上田市内の千曲川および周辺の河川・水路などにおける 14 ヶ所で、環境 DNA（魚類）・水生昆虫および魚類の直接採捕・農薬等水質調査、堰等の河川工作物の調査を行い、この比較的**小スケールでの生息地の構造がどのように魚類群集を中心とした生態系に影響を与えているのかを検証**する。また、川床の礫・岩の表面における微生物相・付着藻類の機能・分布パターンに与える撹乱の影響についても調査・実験を行う。生態学、数理モデル、ゲノム解析、河川工学の学際的研究を通じて、魚道整備などに関する提言など治水行政に役立つ成果を出し、流域治水や多自然型河川管理に貢献したいと希望している。

図 1: 宮中取水ダム

図 2：用水路の堰

筑後川研究グループ

研究グループの概要

発 表 者：　鬼倉　徳雄
九州大学大学院農学研究院

要　旨：

平成 29 年 7 月九州北部豪雨は、福岡県南部（特に朝倉市・東峰村）を中心に線状降水帯が形成、維持されて、同じ場所に時間雨量 100mm を超えるような猛烈な雨が降り続いた結果、多数の山地崩壊が起こり、筑後川中流右岸に注ぐ幾つかの支川に大量の土砂が流入、甚大な被害をもたらした災害である。幾つかの支流で河川生態系に大きなインパクトを与えたことが知られている。この災害については、応用生態工学会で災害調査団を結成し、災害直後のデータを集積したが、本研究はその時のメンバーを中心に、新たな視点や技術で、その後の追跡調査を実施できる新規メンバーを加えて、行われている。

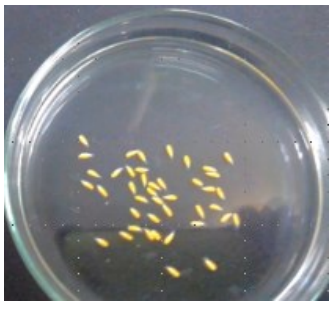
環境 DNA を使った調査では、ダムで流量コントロールされた支川を除き、災害直後の被災地支川が、本川および被害がなかった対照区支川よりも、魚類種数が少なく、DNA 量に乏しいという結果が得られている。ここから、生物が種数や個体数をどのように回復していくか、そして、回復に何が寄与したかを明らかにするのが本研究のテーマのひとつである。これまでに、ダムやため池のストック効果、伝統工法の緩衝効果、被害の小さかった支川が、生物の回復に寄与したことが明らかとなっている。

下流域については氾濫・浸水被害が出たが、特に流域の浸水被害が激しかった桂川において、災害直後でも、生態系、生物多様性に負の影響は認められず、国内希少野生動植物種に指定された種を含め、多数の希少淡水魚が生息する状態にあった。しかしながら、上流が被災したこともあり、激甚災害指定を受け、下流区間も大幅な拡幅と掘り下げを行うこととなった。官民学が連携し、改修計画を策定したが、極めて短い期間に全ての区間を改修しなければならず、多自然川づくり技術等は導入されているものの、工事の影響は避けられない状況となった。種の保存法指定種については、九州大学水産実験所で飼育・繁殖等が行われ、河川整備終了後のモニタリング結果を見て、再導入等を行う予定としている。

桂川多自然工法区間

桂川コンクリ石張り区間

上流域の小河川において、護岸設置後に、不規則に石を並べ、河床を固めるといった工法が選択されており、ヒメドロムシ類を指標とした調査では、水生生物の生息に負の影響を与えていることが示されている。河川管理者と勉強会を開く等で、工法等を軌道修正していく予定である。



セボシタビラ受精卵

平成 29 年九州北部豪雨により土石流攪乱を受けた渓流の生態系変化

発 表 者： 一柳英隆[1）2）]・佐藤辰郎[3）]・皆川朋子[4）]

1) 熊本大学大学院先端科学研究部
2) 熊本県立大学緑の流域治水研究室
3) 九州産業大学 建築都市工学部
4) 熊本大学大学院先端科学研究部

要 旨：

2017 年 7 月 5 日から 6 日にかけて発生した「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」では，筑後川中流右岸地域において斜面崩壊や土石流が多発し，多くの渓流が大規模に攪乱された．この発表では，底生動物群集の回復過程における比較的初期の状況について報告したい．また，その土石流の影響やその回復に違いをもたらす要因について議論する．

この豪雨被災地には，複数の地質が含まれている．地質に由来する岩盤の固さや崩壊特性，勾配に関連して，攪乱の影響や回復の過程が異なることが予想される．また逆に生態系の回復過程に及ぼす河川の特徴の影響も議論できると思われる．ここでは土石流攪乱を受けた，地質の異なる 3 つの渓流（妙見川支流；泥質片岩，白木谷川；花崗閃緑岩，本迫川；安山岩）の物理特性と底生動物群集を調査した．

土石流後，妙見川支流や白木谷川は，土石流攪乱を受けていない対照地点と比較して，水深が小さく流速が高い比較均一な環境であった．本迫川は，対照河川と水深や流速の変異の大きさが類似し，妙見川支流や白木谷川と比較して変異が大きかった．いずれの河川においても底質細粒分の増加が見られ，とくに白木谷川では砂と細礫の合計が表面被覆の 50%以上に達した．妙見川支流では河床礫間が泥によって閉塞されていた．土石流攪乱を受けた渓流では，豪雨直後からサワガニが，2 か月後にはコカゲロウ科，ユスリカ科，ブユ科を中心とした底生動物が確認された．攪乱地点と，土石流攪乱を受けていない同じ地質の対照地点との，底生動物群集の乖離が小さくなることを回復と定義した場合，土石流攪乱から 8 か月半後時点では，本迫川，妙見川，白木谷川の順に回復の程度が高かった．

その後 2021 年(4 年後)まで，それぞれの河川では細粒分が減少し，ステップの形成も部分的には認められるようになった．ただし，白木谷川と妙見川においては，土石流が生じていない対照河川と比較してまだ河床材料は細かく，安定状態には達していないと考えられた．本迫川においては，この時点で河道形状や河床材料構成は対照河川と近いものになった．底生動物群集は，3 河川とも対照河川との乖離は見られるものの，徐々に乖離は小さくなった．ただし，一部の分類群，とくにヒメドロムシ科においては，種数・個体数とも低いままだった．本迫川，妙見川，白木谷川の回復の程度の順は，逆転することは見られなかった．

これらから，土石流攪乱の影響の程度や回復は，河川（地質）ごとに異なることが分かった．

ところが，2022 年春には 3 河川ともに種数や個体数が減少し，対照河川との群集の乖離は大きくなった．これは，とくに本迫川で強く認められた．この現象は，おもに表面を流れる水の量が減少し，底生動物の多様性が高く個体数も多い流速が高い部分が消失したことが原因である．流量の減少は，2021 年冬に降水量が少なかったことが原因と考えられるが，周辺の比較対照河川では強くは認められておらず，土石流が何らかの影響を与えていると推察される．間に合えば，この現象についての検討も報告したい．

平成 29 年九州北部豪雨とその後の中小河川改修が魚類に及ぼす影響評価

発 表 者： 皆川 朋子
熊本大学大学院先端科学研究部社会基盤環境部門

要 旨：

平成 29 年九州北部豪雨では多数の斜面崩壊やそれに伴う土石流等によって福岡県朝倉市，東峰村を流れる筑後川右支川の複数の中小河川で甚大な被害が生じた．直後に行われた魚類調査では，複数の地点で魚類が全く確認されない地点があることが報告されている．その後複数の河川で激甚災害対策特別緊急事業が実施され，川幅の拡幅や河畔林の伐採などにより，河川景観は一変した．本研究では，大規模豪雨が魚類に及ぼす影響，及びその後の回復状況を災害後実施される河川改修の影響を含め評価し，最終的には，豪雨による大規模な攪乱に対して生物多様性を維持するための河川環境の保全や整備のあり方，及び大規模災害後の河川改修のあり方を議論することを目的としている．以下に，これまで得られた結果を示す．

① 平成 29 年九州北部豪雨の影響

豪雨による外力や残存に寄与する要因を説明変数，豪雨直後に取得された菅野ら（2020）の魚類調査結果における各地点の残存魚種数を応答変数として，一般化線形モデル（GLM）により解析した．なお，解析対象地点は，鬼倉・中島（2020）を用いて魚類相が類似するエリアを推定し選定した．解析の結果，残存種数には，SSP，地形変化量，1時間最大雨量が負に寄与し，ため池・ダムからの距離，集水面積，河川次数が正に寄与することが明らかになった．地質に関しては有意に寄与する要因として選択されなかったが，地形変化量に関与し，花崗岩，変成岩は豪雨による地形変化量が大きいが，安山岩地質の河川は変化量が小さく，地質も間接的に魚類に影響を及ぼしていると考えられた．以上を踏まえ，大規模な攪乱に対する保全のあり方を考察した．

② 豪雨後の回復状況と河川改修の影響

豪雨直後，確認種数が 0 であった 7 河川のうち，赤谷川では確認種数が増加し回復傾向がみられた．その一要因として，豪雨による攪乱の影響が比較的小さく魚類が残存していた赤谷川支流の大山川が供給源となったことが挙げられた．①で示した GLM の結果からも流域面積が正に寄与する要因として示されたが，豪雨による影響が比較的小さかった支流の存在が関与したものと考えられた．また，回復傾向がみられた地点では，タカハヤ，カワムツ，コイ，フナ類が多く確認され，豪雨後の残存状況，生息場としての環境条件，ため池や用水路等からの供給（水系ネットワーク）が関与したものと考えられた．一方，攪乱から 4 年後においても魚類が 0〜1 種のみの地点も複数確認され，豪雨後に実施されている河川改修工事の直接的影響，改修後のハビタット（水深が小さい等）が関与しているものと考えられた．

また，豪雨後に確認できた魚種が大きく減少した地点も確認され，河川改修工事とため池の改修が影響したものと考えられた．そこで，豪雨後の河川改修による環境改変について明らかにするため，河川改修が実施された 15 河川を対象に，河道拡幅の状況，周辺環境の改変状況，植生，水温及び魚類相の変化を評価した．魚類に関しては，河川改修が行われた河川に加え，対照河川として河川改修が行われていない筑後川左支川 4 河川にも調査地点を設け比較した．その結果，2022 年 5 月までに対象河川の全延長の 7 割が改修され，15 河川中 4 河川は全川で改修が行われ，川幅は改修前の最大 5 倍に拡幅され，夏期に水温が 36℃を超える地点も確認された．魚種への影響について，特に豪雨災害の影響が小さかった氾濫原を流下する下流域においては，タナゴ類やオヤニラミ等の氾濫原依存種の出現割合が対照地点と比べて少なく，災害後の河川改修の影響を大きく受けている可能性が示唆された．これらの結果を踏まえ，激甚災害対策特別緊急事業等の課題について考察した．

狩野川研究グループ

全体説明・狩野川本川河口部の貝形虫類の動態

発 表 者： 塚越 哲
静岡大学理学部

要 旨：
狩野川は，伊豆半島を北上して駿河湾東側（内浦湾）にそそぐ流域面積約 852km，全長約 46km の一級河川で，流域は日本有数の多雨地域である．1958 年の狩野川台風における甚大な被害を受け，1965 年に完成した可動堰付放水路（バイパス）をもつ特徴的な河川である．

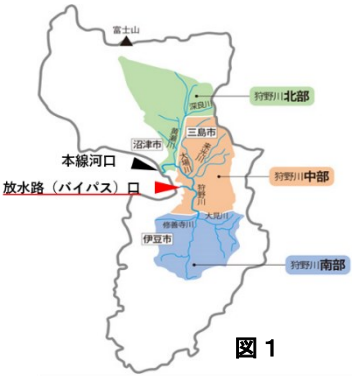


図 1
狩野川水系南部の治水｜しずおか河川ナビゲーションより

本研究は，静岡大学を中心に 10 名からなる研究グループが担当する．公募テーマ「河川・湖沼における大規模な水位変動が陸域・海域との連続性を含めた生態系に及ぼす影響の解明と防災・減災も意識した健全な生態系の保全・再生の手法に関する研究」の下に，FS 研究を経た 2020 年度より本格調査を開始し，現在 3 年目を迎えた．研究のロードマップとしては，Phase 1「何が起こっているか：個別研究の推進，50 年余経過の影響，豪雨イベントの影響，沿岸生態系への影響」を終え，Phase 2「それはどういう意味か：河川工学と生態学の共同研究，河川構造，材料の評価，モデルへのフィードバック」へ移行する時期となっている．

ここでは，研究成果の一つとして，狩野川本川河口部沿岸の砂間間隙に生息する微小甲殻類・貝形虫（図 2）の個体群が出水から受ける影響について報告する．本川河口部では，図 3 のようにアシ原地点（KR1），河口部沿岸に発達する砂浜の河口に近い地点（KS1），そこから約 400m離れた地点（KS2）の 3 地点において堆積物の採集を行い，生息する貝形虫類の個体数密度と種多様性の調査を行った．

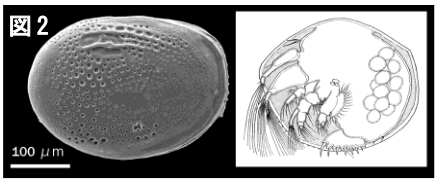


図 2

図 3

KR1 には，かつて単独種（図 2 左）が数十個体/500ml 程度生息していたが，2019 年の台風 19 号以降，この地点の河川材料が大幅に改変され，今回の調査では生息が確認できなかった．KS1 も FS 研究以来何度かの採集を試みたが，まとまった個体数を観測するに至らなかった．一方 KS2 では FS 研究以降まとまった個体数を観測することができ，堆積物の粒度組成と共に継続観測を行った．

観測は，2019 年 8 月，2020 年 1 月，2020 年 6 月，2020 年 9 月に行われ，それぞれの個体数は 500ml あたり 85 個体，2 個体，81 個体，16 個体と大きく変動した．また粒度組成を見ると，間隙性貝形虫類が多く生息する 1－2mm の堆積物の量が個体数とよく相関していた（図 4）．一般に非河川域の海岸においては間隙性貝形虫類の個体数は冬場に多い傾向があり，また年間を通してこのような大きな変動は見られない．このことは河川の出水が沿岸域の間隙性貝形虫類の個体数密度に大きな影響を与えていることが示唆される．また海岸の「露出度」の観点からも河川の影響が議論される．

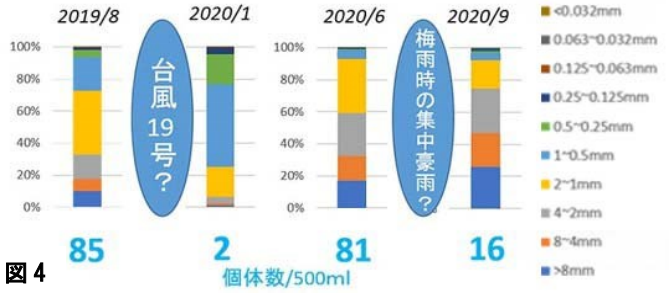


図 4

放水路上下流の流れのレジーム

発 表 者：　森　康二
㈱ブルーアースセキュリティ

要　旨：
狩野川放水路による生態系応答の解明に資する流れ場の理解に向けて、局所から広域、短期から長期の幅広い時空間スケールをカバーする統合型流域モデリング(Integrated watershed modelling)を適用した。本研究では、流域全体を対象とした狩野川流域モデル（図 1)、狩野川放水路付近や河口域の地形表現を詳細化した河道スケールモデルを開発してきている。
狩野川放水路付近の河道スケールモデルでは、平常時及び 2019 年台風時について、地表水、地下水及び地表水－地下水交換フラックス（HEF：Hyporheic Exchange Flux）等の異なる流れの様子を視覚的にも分かり易く可視化するための数値実験を試みた（図 2、図 3)。その結果、河川水の水深、河床間隙中の地下水流速には相互に関係性があること、さらには各種の反応速度との関係性を加味することで、河川と生態系を繋ぐ場の特徴付け（キャラクタリゼーション）を行える可能性が示唆された。今後は、狩野川全流域モデルと河道スケールモデルの連携を図り、異なる時間・空間スケールの水理場の特徴付けを進めると共に、生態系応答の解明に資するインプットデータを整備していく。

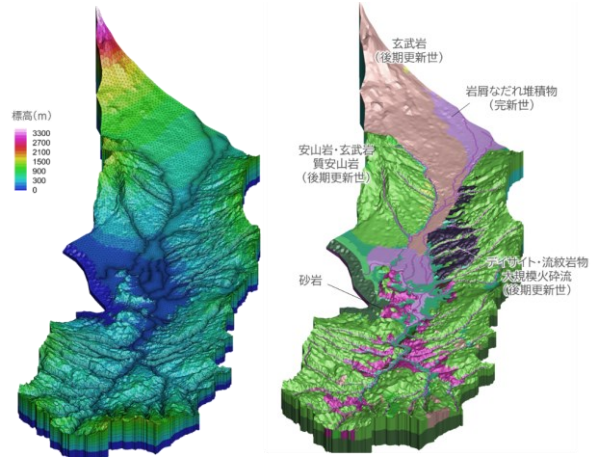


図 1 狩野川流域モデル

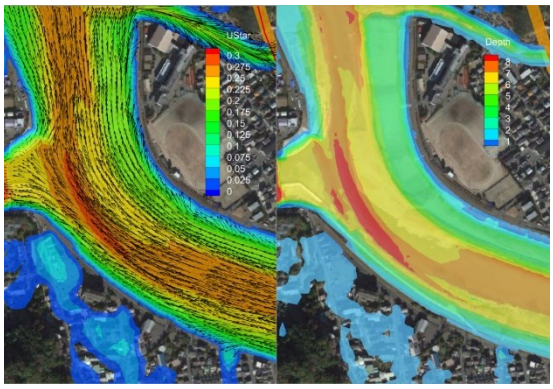


図 2 洪水時の河川流

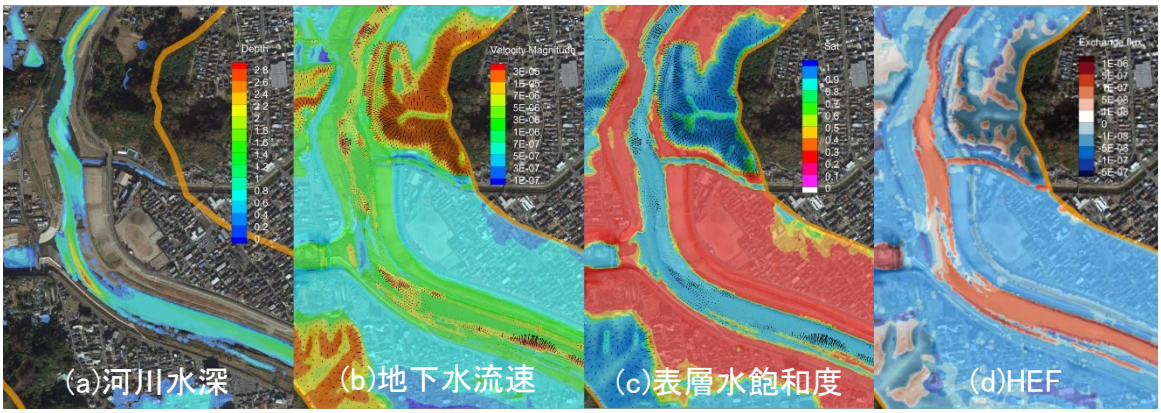


図 3 河川水、地下水、河川水－地下水交換フラックス(HEF)の解析結果（平常時）

狩野川放水路が河道形成に及ぼす影響

発 表 者： 知花　武佳
東京大学大学院工学系研究科

要　旨：
狩野川本川は，流域の大半を火山岩からなる伊豆半島の山地が占めており，下流域では山地に挟まれた田方平野と呼ばれる低平地を蛇行しながら流下している．この田方平野を流れる本川の水を，山地の下に設けられたトンネルを通して海へ放水する狩野川放水路は，1965 年に完成した後，年に二～三回は通水する稼働率の高い治水施設である．狩野川本川には大きなダムもなく，この狩野川放水路を除き，山地の砂防堰堤と本川に設けられた小規模な堰堤以外には土砂輸送に影響しそうな大規模施設は存在しない．しかし近年になって，狩野川放水路分派点（河口から 17.9km）よりやや下流，鎌倉時代に「守山の開削」と呼ばれる人為的な改変があったとも伝わる狭窄部（河口から 17.3km）から大平捷水路末端（河口から 9km）にかけて，メダケの樹林化が顕著になると共に河床材料がやや粗粒化しており，分派点からその少し上流にかけては逆に鮎産卵床の目詰まりが問題となってきた．放水路建設から 50 年以上が経過しているが，こうした変化には放水路による分派の影響を疑わざるを得ない．そこで，本研究では，「河床材料の粒度」と「河道形状（低水路幅と河床高）」の双方について，比較的広範囲で現状および経年変化を捉えると共に，その変化のメカニズムについて分析してきた．その結果，「狩野川特有の粒度組成」「河道線形」「狭窄部」といった自然特性に「放水路の線形」「放水路分派点の越流堤の高さ」「洪水の分派特性」「分派点上流の河川改修」といった人為的影響が加わり，現状の河道が形成される過程が明らかになりつつある．とりわけ，狩野川の下流域（柿田川合流点付近より下流）では顕著にみられる一方，全国的には主要材料となることが少ない 0.5～3mm の河床材料が，分派点上流から狭窄部にかけて局所的に堆積した影響は大きいと考えており，この材料と 0.1～1mm の浮遊砂の挙動の相互作用が，セグメント 2 区間の河道形成に及ぼす影響について考察する．

木津川研究グループ

伝統的河川工法を用いた木津川の河床地形管理手法に関する研究

発 表 者： 竹門 康弘
京都大学防災研究所水資源環境研究センター

要 旨：

1) 研究目的

土砂生産の多い日本の河川では、連続堤防によって河道が固定される以前には、水防林や牛類などの土木技術によって、流砂の浸食と堆積を制御してきた。本研究は、「健全な河川生態系に不可欠な生息場更新の制御手段」として、伝統的河川工を代表する聖牛（せいぎゅう・ひじりうし）を用いた土砂動態の制御手法を開発することを目的としている。

2) 研究方法

代表的な砂河川である木津川は、河床の土砂動態が活発なため、聖牛に対する河床地形の素早い応答が期待できる。そこで、NPO 法人やましろ里山の会が、伝統的河川工法を継承する静岡県の原小組から竹蛇籠や聖牛の製作・設置技術を習得し、15kp の砂州頭～砂州尻の 4 ヶ所に計 12 基、20kp の砂州頭に 4 基の中聖牛を設置した。これらが河床地形・生息場の改変効果を明らかにするため、SF 研究を含む 5 年間で現地モニタリング調査、模型による水路実験、ならびに平面二次元河床変動計算による検証を行なった。

3) 結果

聖牛の基本性能：初期設置の聖牛群は、5 年間に年平均最大規模の増水を 3 回経験した。これらを含めて、聖牛の姿勢の傾き、側方侵食、前後方の土砂堆積、竹蛇籠の破損などを生じたが、骨格構造や地形改変機能の寿命は少なくとも 5 年以上である。

聖牛の地形改変効果：聖牛が側方の侵食と前後方の堆積を促進する地形改変効果は、水深が聖牛の高さの 8 割程度の増水時に最大化することが示された。一方、数値計算では水刎ねによる対岸の流速増加や、堰上げによる高水敷たまりの掃流力増大が認められたが現場の侵食増加や環境改善には至っていない。

聖牛による生息場形成：中聖牛近傍の局所的な洗掘により、砂州頭～砂州尻の各所に大小さまざまな形状のワンドやたまりが形成された。聖牛たまり群は、天然たまりに比べて水深/面積比が大きく、長寿であり、ゲンゴロウ類、ガムシ類、マツモムシ類などの種数が多く、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も記録された。砂州内の伏流水の水温や水質は、砂州頭～砂州尻へ明瞭な勾配を示し、中聖牛の設置位置の違いが生息場や生息種の多様性を促進することが示された。

撹乱への群集応答：たまりの底生動物群集の組成は、増水撹乱後の数日～数週間の時間スケールで変化し、増水直後には蜉蝣目や毛翅目などの流水性種が、数日以内に鞘翅目や半翅目などの移動性肉食種が、数週間以内に現場生産依存の二次生産者が卓越した。

4) 河川管理への活用

生息場の多様化工法：聖牛群の設置により河床の生息場の形成・存続・更新の促進や、生息場の空間構造の多様化が期待できる。伝統的河川工法を河川環境改善に活用する際の指針として、聖牛群の設置場所条件と形成される生息場類型の対応関係を示した。

土砂の待受工法：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。

伝統的河川工法の伝承：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、マニュアルを作成している。今後、各地に普及することによって、河川環境改善、河道における土砂動態管理、市民参加型の河川管理に資することが期待される。

聖牛により創出された一時的水域の環境と底生動物群集

発 表 者： 片野　泉[1]，中村　萌[2]，竹門　康弘[3]
[1.]奈良女子大学研究院自然科学系，[2.]奈良女子大学大学院人間文化総合科学研究科，[3.]京都大学防災学研究所

要　旨：

今日，多くの河川では，流量調節や様々な人為的影響により一様で単調な環境となっていることが多い。木津川中流域（京都府南部，淀川水系）では，砂州環境の回復を目的として伝統的河川工法である聖牛を用いた河床地形管理が行われており，これにより単調な河道内に多様な環境が生まれている。例えば，季節的な水位変動の結果，聖牛周辺の砂州（低水敷）にワンドやタマリといった一時的水域の創出が確認されている。これら一時的水域の多くは，小規模な増水でもすぐに本川と接続してしまう寿命の短い水域である。しかし，止水環境を好む生物の生息場やレフュジアとして機能することが予想され，河川中流域の生物多様性を担保する可能性がある。このように一時的水域の価値は高いと考えられるが，高水敷に位置する一時的水域とは異なり，低水敷に位置する一時的水域の環境や生物の知見はほとんどない。本研究では，聖牛により創出されたワンドや低水敷タマリなど一時的水域の環境と生物群集の特性を季節的に明らかにすることを目的とした。

聖牛が設置されている木津川右岸砂州(20kp)に存在する全ワンド・タマリを調査地点とし，2020 年 6 月 3 日から 2021 年 6 月 1 日までの約 1 年間，計 5 回の野外調査を行った。各地点で環境要因（最大水深，水温，pH，EC）の測定に加え，表層水の採水，プランクトンネットを用いた有機物採集，タモ網を用いた底生動物の時間単位定量採集を行った。実験室では，水質（NO_3，PO_4），クロロフィル a 量，微細有機物量を測定した。底生動物は実体顕微鏡下で可能な限り下位分類群まで同定・計数し，群集解析を行った。

一時的水域に生息する底生動物群集の Shannon-Wiener 多様性指数 H' は，概ね本川と同等レベルの値を示し，本川よりもタマリやワンドで高い値を示す季節や地点も確認された。NMDS の結果では，調査を行ったすべての季節で，タマリやワンドが本川とは異なる群集構成をもつことが示された。また，タマリやワンドに生息する分類群の約半数は本川では確認されなかった分類群で構成されており，本川ではみられない止水・半止水環境に生息する分類群が多く確認された。

タマリやワンドは生物にとって少なくとも本川と同等レベルの生息地であり，本川とは異なる群集構成を持つこと、その内訳として本川ではほとんどみられない止水性の分類群が一時的水域の群集を特徴づけていると考えられる。以上より，聖牛の設置により創出されたワンドや低水敷タマリは，河川内・河川周辺の生物に対して，流水域とは異なる新たな生息地を提供しており，河川中流域における生物多様性の向上に寄与している可能性が示された。

図 2 聖牛周辺の新しいタマリ

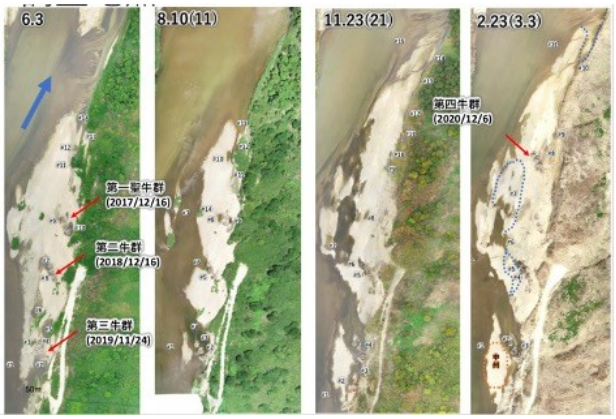


図 1 各季節におけるワンド・タマリの位置

石狩川・十勝川研究グループ

気候変動下における河川生態系のレジリエンス
ー 河川構造、生物多様性、生態系機能に着目して

発 表 者： 中村 太士
北海道大学 大学院農学研究院

要 旨：

石狩川水系空知川・豊平川、十勝川水系札内川を中心に、湧水ー非湧水、洪水後の撹乱レガシー（流木）などにより形成される環境の異質性が、撹乱後の河川構造（河床変動、河畔林の破壊）、植物（草本、木本）・動物（陸生・水生昆虫、魚類、鳥類）の群集組成や生態系の構造（食物網：コウモリ類）に与える影響を調査した。その結果、分類群によって洪水撹乱のインパクトやその後の回復速度が異なること、撹乱レガシーが植物の回復・維持に寄与することが示された。また、回復過程を検証する際、生活史や種間相互作用を考慮することの重要性が明らかとなった。空知川では、流域地質が水温変動に影響し、水生生物相の分布、種内での個体群間交流や温度耐性の違い、生態系機能（有機物分解）にまで波及することが示された。豊平川では、地形および生物の長期データ解析や現地調査から、河床低下や河床材料の粗粒化によってサケ産卵床分布域が減少する傾向にあることがわかった。また河道変化モデルで実際の現象を表現するには、洗掘量に応じた植生の根の影響を反映させた斜面崩落モデルを適用する必要性があった。流況および水温予測については、流域水循環モデルおよび統計モデルの両方から検証を進め、精度の高い予測が可能となった。これら水温モデルと種間競争を統合した種分布の将来予測のために、魚類の長期個体群変動データの解析を行った結果、温度変化がアメマスとの種間競争を介し、オショロコマの個体数の増減に影響していた。

昨年度は以下の点が明らかになった。十勝川水系札内川では、魚類・底生動物の生息数と砂礫堆での有機物分解機能については、大規模洪水以降の回復を確認したが、間隙性水生昆虫では回復傾向が見られなかった。オショロコマ個体群の動態予測では、1-2℃の温暖化での個体群の減少が、湧水河川の存在により緩和される一方、アメマスの存在が 2-4℃の気温上昇と同様の影響を持ち、種間相互作用の重要性が示された。石狩川水系空知川で実施されている調査では、降水量が多い地域・年ほど、火山岩の冷却効果が減じられることが明らかとなった。カワゲラ目と双翅目については夏季平均水温の低い河川ほど多く、流況による影響は認められなった。ハナカジカ遺伝子流動の規定要因を精査し、低水温河川が流域内においてソース及びコリドーとして重要な役割を果たしていることが示唆された。豊平川では、サケ産卵床の 6 割以上が砂礫堆沿いの湧出域に形成され、産卵後期に二次流路での割合が増えた。しかし、卵の死亡数は水深が浅く冬期最高水温が高い環境で多かった。流況および水温予測については、流域地質など、基盤条件を踏まえた気候変動影響の感度分析が可能となる方法の開発を行い、現在気候と将来気候（RCP8.5）での水温変化を推算した。河道変化モデルでは、流木の流下機構を記述するモデルを実スケールの氾濫流に適用し，集積ポテンシャルの判定を試みた。その結果、2016 年出水時の流木の堆積位置や河道に堆積した流木の再移動の特性を把握することができた。

流域内の水温異質性が冷水性魚類の遺伝子流動に果たす役割

発 表 者：　中島　颯大
土木研究所 流域生態チーム（元：北海道大学 農学研究院）

要　旨：

石狩川水系空知川では、流域地質の違いが創出する水温・流量の空間的異質性が生物に及ぼす影響について研究が進められており、地下水が豊富に流出する第四期火山岩が卓越する支流は、水温・流量が安定し、流域内において様々な生態系機能を発揮していることが明らかになってきている。なかでも気候変動に脆弱な冷水性魚類については、夏季水温が抑制される火山岩流域は気候変動が進行しても生息適地が保たれるレフュージアとなりうることが分布・生態調査より示されている。ここでは、この水温異質性が生物集団間の実質的な連結性である遺伝子流動（移動分散に伴う生物集団間の遺伝子の移動）にも影響を及ぼしているかを明らかにするため、第四期火山岩を集水域にもつ支川が入り混じる調査デザインのもとで夏季水温と冷水性魚類ハナカジカの集団遺伝構造との関係を調べた。

空知川上流域の多地点で採捕したハナカジカの DNA を MIG-seq 法を用いたゲノムワイド SNP 解析に供試し、集団遺伝学的解析を行った。その結果、異なる水温間での局所適応の根拠となるパターンはみられなかった一方で、火山岩流域を主体とした低水温河川から高水温河川への非対称的な遺伝子流動が検出され、火山岩流域が流域内の個体供給源（ソース）となり流域全体の遺伝的多様性を維持している可能性が示された。

次に、移動経路となる流路全体の環境要素が遺伝子流動に与える影響を明らかにするため、河川ネットワークをサンプリング地点や主要な分岐点を端点とする「河川区間」に分割し、集団分化度（GST、DPS）と各河川区間の環境要素から河川区間ごとの遺伝子流動の強度をモデル化する河川景観遺伝モデルを作成することで、遺伝子流動に影響を与える環境要素を特定するとともに遺伝子流動の将来変化を推定した。ここで、移動経路となる河川区間全体の水温・流量は、流域地質による流出特性の違いを加味した水文モデル（Suzuki et al. 2022 Water）により再現した。解析の結果、遺伝子流動は河川次数と水温（水温変動または夏季水温）の影響を強く受けており、水温の安定した火山岩流域は分散経路としても機能していることが示された。また、水文モデルから推定した 21 世紀末の予測水温（IPCC RCP8.5 シナリオ下）を用いて遺伝子流動の将来変化を推定した結果、気候変動により本種の遺伝子流動は流域全体で大幅に減少すると予測された。

以上より、火山岩流域を中心とした夏季水温の低い河川は流域内の遺伝的多様性維持に重要な役割を担っていることが明らかとなった。気候変動下で個体群を長期的に存続させていくためには、これら地点を遺伝子流動の面で孤立させないことが重要と考えられる。また、生物種の遺伝子流動と河川環境の関係に着目することで保全上有益な情報が得られることが示された。

河川–陸域生態系間の連結性における湧水河川の重要性：季節間および大規模かく乱後の補償効果に着目して

発 表 者：　赤坂　卓美
国立大学法人 北海道国立大学機構　帯広畜産大学

要　旨：

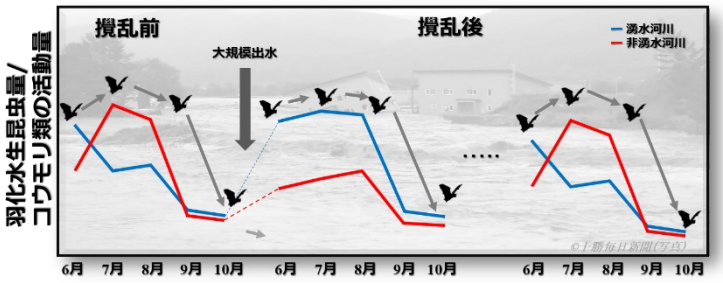
氾濫原は、水域のみでなく、陸域生物の多様性にも大きく貢献する。中でも水域からの資源供給は陸域生態系維持に欠かせない要素であり、陸域由来の資源が減少する季節の河畔域の資源量を補償する。また、河川から供給される水生昆虫は陸域昆虫よりも栄養価が高いため、陸域の食虫性動物の個体数や成長率をも増加させる。しかし、河川-陸域生態系の連結性が陸域生態系に果たす役割は、河川単位で検討されることが多く、景観内スケールではあまりなされていない。多くの場合、景観内には性質の異なる複数の河川が存在し、各河川タイプによって陸域生物との関係性は異なってくる可能性がある。例えば、湧水河川は、季節を通じて比較的低温な環境を維持されるため、水生昆虫の羽化タイミングは、非湧水河川とは異なってくる可能性がる。また、非湧水河川に比べ降雨による水位の変化も生じにくい。このため、湧水河川は、気候変動により増加する大規模出水後の避難場となり、河川-陸域生態系の連結性の回復に貢献するかもしれない。

本発表では、景観内の河川の異質性が、河川-陸域生態系の連結性維持に与える影響を明らかにするために、まず、同所的に存在する湧水河川と非湧水河川における羽化水生昆虫量の季節変化がコウモリ類の活動量に与える影響を明らかにする。次に、2016 年に十勝地方で発生した大規模出水を例に、大規模出水後の非湧水河川における陸域生態系の回復に対して湧水河川が果たす役割を明らかにするために、大規模出水以降の両河川タイプにおけるコウモリ類および羽化水生昆虫量の分布パターンの年変化も明らかにする。

北海道十勝川水系に属する河川のうち、湧水河川としてヌップク川と三番川を、非湧水河川として札内川を対象に、それぞれ 3 か所ずつ調査地点を設けた。2015 年～2020 年まで各調査地点において 6 月～10 月にコウモリ類の活動量と飛翔昆虫量を調査した。

調査の結果、平常時（大規模出水前）の羽化水生昆虫量は、春季と秋季には非湧水河川で多く、夏季では非湧水河川で多くなり、コウモリ類もこの羽化水生昆虫の分布パターンと類似して活動量を変化させた。しかし、大規模出水後から 2 年間（2017～2018 年）の羽化水生昆虫およびコウモリ類の時空間分布パターンは、大規模出水前（2015 年）と異なり、両分類群とも季節を通じて湧水河川で多くなったが、2019 年から徐々に大規模出水前の分布パターンと類似していった。

以上から、仮説通り、河川から陸域への資源供給は、河川タイプで異なる時空間パターンを有しており、そのことがコウモリ類の餌資源要求に正の効果をもたらしている可能性が示唆された。また、台風等降雨による増水の影響を比較的受けづらい湧水河川は、大規模出水後の非湧水河川の環境が回復するまでの非難場として機能している可能性がある。したがって、今後の流域生態系の維持管理は、河川タイプを考慮した広域スケールでの対策が求められるだろう。



大規模出水前および後の湧水・非湧水河川におけるコウモリ類と羽化水生昆虫の分布の時空間変化に関するイメージ