

第25回

河川生態学術研究発表会

令和5年11月2日(木)10:30～17:30

発表要旨

長良川研究グループ

気候変動と流域治水シナリオに基づく生物多様性評価とハビタット管理手法の提案

発表者： 萱場祐一
名古屋工業大学

要旨：

長良川研究グループでは、長良川とその流域を対象として R5 年より 5 か年の予定で (R4 は FS) 以下の 4 つの視点で研究を進めている。なお、研究の視点によっては他の河川も対象として研究を実施する。

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。次に、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。また、③流域治水シナリオに基づき減少すると推定される河道分担流量を推定し、当該分担流量に対して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う。④③の成果を活用して、流域治水シナリオに応じた河道分担流量に対応する河道掘削を行った際の河道内での生物多様性の予測・評価を行う。

以上の結果に基づき、流域治水シナリオの進展に応じた流域一河道における包括的な生物多様性を明らかにし、流域治水が 30by30、多自然川づくりに対する寄与の程度、また、寄与の程度を大きくするためのポイントを整理する。

この中で、③については、河道を陸域と水域に分け、それぞれの領域において生物多様性を評価する方法、予測する方法の開発を行い、また、この方法を用いて、河道掘削後の生物多様性を推定し、最適な河道掘削断面（生物多様性の損失を最小化・最大化する）を設定するための技術を開発したいと考えている。陸域における評価対象は植物を基本とするが、その他の分類群も評価対象として取り込むことを考え、さらに、景観パッチがシフティングする領域における予測・評価の工夫も行いたい。水域における予測・評価の対象は瀬淵構造とするが、瀬淵構造とその生態的機能については明確な結び付きがなされていない要素が多く、河道掘削に伴う瀬淵構造の微妙な変化が河川生態系に及ぼす影響については不明な点が多い。本研究では、この点にも着目し、基礎から応用的な研究を行って行く予定である。

本報告では、以上の研究計画の概要を説明し、特に、③については、研究の進め方も含めて紹介する予定である。

千曲川・信濃川研究グループ

On the importance of habitat continuity for riverine ecosystems and related restoration measures

発表者： Hiroshi Hakoyama
Institute of Freshwater Biology, Nagano Univ.

要 旨：

(Background/Issues)

Riverine ecosystems are continuously linked by the migration and dispersal of their component species that occur at various temporal and spatial scales. For example, freshwater organisms such as fish use different habitats (mainstem, tributaries, channels, etc.) at various stages of their life history, and habitat connectivity plays an important role in the persistence of their populations. Disturbance by large-scale runoff and physical habitat fragmentation by river structures such as dams and weirs can make it difficult for freshwater organisms to move and disperse, and can significantly affect population dynamics, community structure, and the functioning of riverine ecosystems. Against the backdrop of the recent increase in river disasters, multinatural river management requires improved river ecological engineering techniques in river continuity preservation, flood control functions, and water use.

(Research Objective.)

To clarify the effects of disturbances and riverine structures in riverine ecosystems on habitat connectivity, as well as on the health and persistence of populations and communities. We will clarify the importance of habitat connectivity in rivers by (1) understanding the basic structure of meta-populations consisting of multiple habitats in aquatic systems and their response to disturbance, (2) understanding communities within habitats from surveys, and (3) incorporating these into meta-population models. Furthermore, (4) apply the development of fish migration monitoring techniques to these studies, and (5) make recommendations for the rehabilitation of fishways and weirs in the Shinano River system.

(Summary of general research and expected results)

Using the Chikuma and Shinano River systems and the main stream, tributaries, and irrigation channels in Ueda City as main fields, we will understand the habitat continuity of freshwater organisms such as fish, and clarify the effects of river disturbance and riverine structures caused by runoff on that continuity, as well as the structure and persistence of metapopulations, community structure, and interactions among organisms. Water quality and other environmental factors that affect the distribution of organisms will also be measured to assess their effects on organisms. In addition, to understand the movement of freshwater organisms, new technology will be developed related to video monitoring equipment for the movement of different fish species. Finally, using the data from this research project and existing data, a model of watershed fragmentation will be constructed to evaluate the scale at which fish migration needs to be ensured as a system for the entire watershed, and recommendations for the expansion and maintenance of fish passage, etc. will be compiled.

(Reflection of research results in river development and management)

Based on the basin-wide assessment of habitat fragmentation caused by dams and weirs, recommendations for the expansion and maintenance of fish passageways, etc. can be made to consider the direction of river maintenance that takes into account the restoration and conservation of the river ecosystem. In addition, if video monitoring of the migration of individual fish species at dams, etc. can be realized, a better understanding of the relationship between habitat continuity and structures can be gained, and multinatural river management can be expected to be improved. The feasibility of interdisciplinary research utilizing the backgrounds of the collaborators in mathematical modeling, genome analysis, fieldwork, and river engineering is high, and will provide a new rational perspective on river maintenance and management.

信濃川の魚類多様性と環境の関係：生息地連続性の理解に向けて

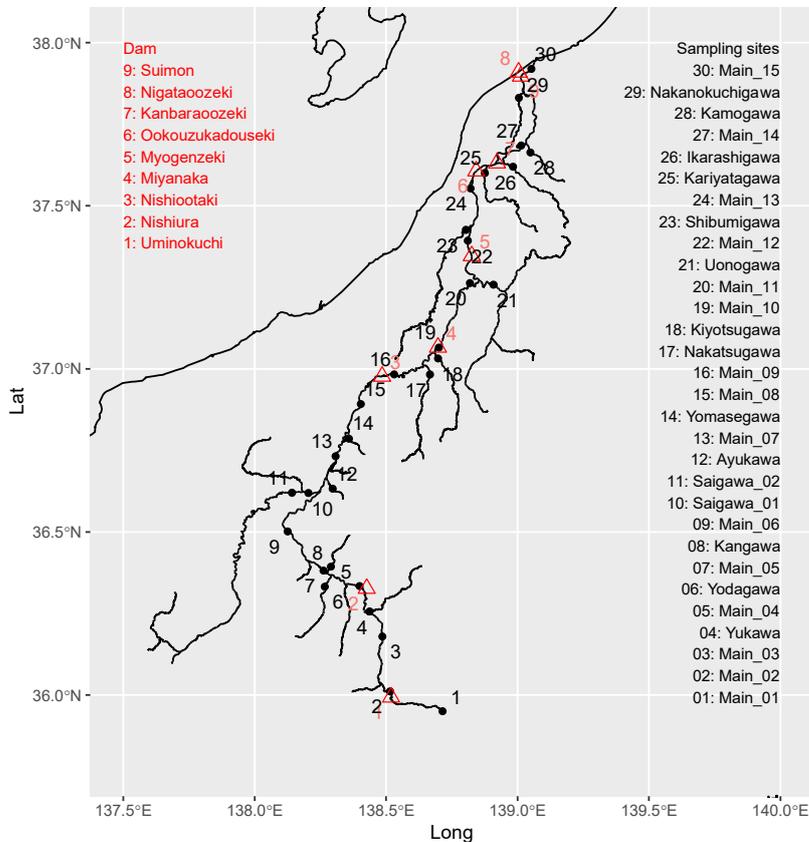
発表者： 児玉紗希江*、Leanne Faulks、Alessandra Cera、箱山 洋
長野大学 淡水生物学研究所

要 旨：

河川における魚類の分布は環境勾配や河川構造物によって大きく決定される。千曲川研究グループでは、2021-2023 の 3 年間にかけて信濃川水系全域における魚類層と河川工作物との関係を調べるための大規模モニタリング調査を行った。長野県川上村の源流から新潟県新潟市の河口までの本流・支流含めた 30 ヶ所、毎年度同じ場所から採水し、環境 DNA 分析手法により魚類層および水質、河川環境について調べた。その結果、いくつかの採水地点で絶滅危惧種や希少種であるヤリタナゴやホトケドジョウなどが見つかった。また検出魚種数と本流/支流で分けて分析したところ、支流ほど魚種数が豊富であった。このことは本流よりも川の流れが緩やかで、河川環境が比較的多様と考えられ、そのことが多様な魚種の生息を可能としたのかもしれない。また同種内でもハプロタイプが検出され、河川ごとに種内に多様性があることも明らかになった。

また同調査では河川中のネオニコチノイド系農薬濃度についても調べた。ネオニコチノイド系農薬は脊椎動物には無害とされ近年広く流通している農薬であるが、餌生物である水生昆虫やプランクトンを介した魚類への影響について懸念されている。長野県でも全国的と比較して農薬出荷量が多い傾向にあるが、農薬と魚類の関係について詳しく調べられていない。河川全域および特定地域にて調査した環境 DNA 分析による魚類層とネオニコチノイド系農薬についての結果を報告する。

Sampling sites and dams in Chikuma-Shinano River



A local scale metabolic assessment of epilithic biofilm from the Chikuma River and tributaries

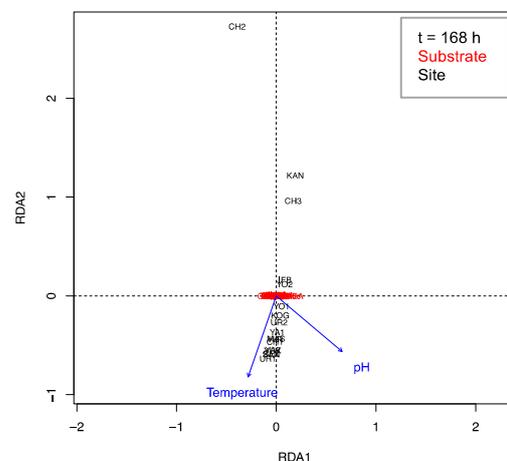
発表者： Cera Alessandra et alii
Institute of Freshwater Biology, Nagano University, 1088
Komaki, 386-0031, Japan

要旨： Microorganisms play a key role in ecosystems as they drive the major biogeochemical processes of our planet. In rivers, most microbial biomass is contained in biofilms, which are mixed communities of algae, bacteria, protozoa, and meiobenthos within a self-produced polysaccharidic matrix. This study examines the spatial variability of metabolic functionality of freshwater epilithic biofilm and the effects of environmental parameters as explanatory variables (i.e., temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, nitrates, nitrites, ammonium, phosphates).

Seventeen sites were sampled from the river Chikuma and tributaries in Ueda city catchment (Nagano Prefecture) to include different land use and stream orders. In each site, 6 cobbles were sampled only from runs, to increase standardization. The metabolic potential of biofilm was examined by Biolog® EcoPlates™. The EcoPlate is a 96-wells plate containing carbon substrates (and blanks) which allows to profile the microbial community by measuring the carbon substrate catabolism through absorbance values. During the test, EcoPlates were incubated at standard temperature (20° C) and measured once a day for 7 consecutive days. Environmental parameters were measured by multi-parametric probes and by chemical analysis of water samples. Statistical analyses used RStudio: packages “nlme” and “vegan”.

Analysis by linear mixed-effect modelling of the dataset (N. data points=22'848) shows a significant fixed effect (β) of time of measurements, sampling site and interaction between site and substrate on catabolism ($p < 0.0001$). Random effects (b) are also significant ($p < 0.0001$). The model expression is the following: $y_{ijk} = \beta^{(0)} + (\beta^{(1)} + b_k + b_{ki})t + (\beta^{(2)} + b_k + b_{ki})t^2 + \beta^{(3)}_j + \beta^{(4)}_{ji} + \varepsilon_{ijk}$; where y_{ijk} : absorbance (metabolic activity); t : time of measurements (24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 hours); i : substrates (N = 32); j : sites (N = 17); k : replicate on plate (N = 3). Including land use and stream order to the model did not significantly improve it. Among the environmental parameters, the model including river temperature and pH as explanatory variables of absorbance is significant (tb-RDA, $p < 0.05$). The change in riverine water pH (mean±standard deviation: 7.6±0.3) and temperature (19.0±1.6) explains 56% of variance in the utilisation of carbon substrates by sampling site.

pH directly affects microbial communities' composition and metabolism; however, in rivers the pH values can be modified by several parameters (e.g., catchment geology, hydrology), so it can be a synthetic parameter informing on the river spatial structure affecting microbial communities. Different temperatures also affect microbial communities; in this study, it is shown that these effects are retained after biofilm is put at standard temperature during EcoPlate test. In conclusion, the potential metabolism of riverine biofilm varies in different sites of Ueda city catchment in response to water pH and temperature, and the variation is different according to type of carbon substrate.



筑後川研究グループ

気候変動下における災害復旧事業で考えるべき課題～H29年7月九州北部豪雨災害復旧事業の課題とR5年7月九州北部豪雨災害の速報～

発表者： 林博徳
九州大学大学院工学研究院環境社会部門

要旨：

近年の気候変動に伴い、豪雨による超過洪水被害が頻発している。このような状況下で、本邦の河川管理施策は、河道中心から流域全体での対策（流域治水）へ転換された。しかしながら、相次ぐ激甚災害に加えて、流域治水技術やそれを可能とする制度等が未だ発展途上であり、実際の川づくりの現場でも混乱や課題のある事業が散見されている。

本研究では、平成29年九州北部豪雨災害の被災地である筑後川中流平野における激甚災害対策特別緊急事業について、被災後6年が経過し、ある程度のハード整備が終了した現在において見えてきた課題について報告する。また、あわせて令和5年7月に発生した豪雨時において、筑後川中流の左岸圏域の巨瀬川流域を中心に発生した氾濫の痕跡から明らかになった伝統的治水システムの機能や今後の課題について報告する。



筑後川 G 研究概要：平成 29 年 7 月九州北部豪雨のインパクト、その後の回復と河川改修の影響

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。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っている。

主に、北部豪雨のインパクト、災害時に生物を担保した構造、その後の生物と物理場の回復（表層地質の違いに着目しながら水生昆虫で評価：広域については環境 DNA 定量メタバで魚類を指標）、個体群回復初期の遺伝的集団構造（タカハヤ、ヨコエビ）、そして、災害復旧等の河川改修によるインパクト（魚類、ヒメドロムシ類）などを調査している。また、災害復旧時の環境目標設定、重要河川・重要地の選定、回復が早い魚種の予測、流域の災害史、フミン酸の動態など、その研究は多岐にわたる。そして、最近では、矢部川水系や六角川水系でも調査を開始し、本調査地だけでは不明確な知見を補完するための情報を集積している。以下に、得られた知見の概略を示す。

豪雨のインパクト：魚類の種数が最小で 0。地形変化量とストリームパワーで説明可能。
生物を担保した構造：ダム・ため池、本川、被害が小さかった支流、中流左岸支流（定量メタバで DNA 量の増加を確認）

被害軽減（あるいは被害ゼロ）：伝統工法（野鳥川）、越水・内水氾濫等（桂川下流域、六角川下流域）、ダム貯留による放水量調整（小石原川：江川ダム）、廻水路（矢部川水系）
魚類の回復：災害発生後、回復が早いと予想された種（タカハヤ）から徐々に回復（遺伝的多様性も上昇。ため池の上で顕著）。魚類の種数が 0 から急激な回復（赤谷川：本流と支川の大山川から加入）。

水生昆虫類の回復：地質により回復に要する時間に相違（河床の回復も同様。花崗岩河川の回復が生物・河床材料とも遅い）。水枯れ等の発生による負の影響（水文の変化？）

河川改修インパクト大：研究の途中より河川改修が本格化し、多くの河川で生物に大きな負の影響を与えたことを確認（上流域：ヒメドロムシ類など、下流域：タナゴ類など）。単なる生物の回復遅れだけでなく、将来回復しない種がでる可能性大（生物に無配慮な構造が多）。短期間で全川改修の桂川下流では（豪雨の生物影響はなかったにもかかわらず）、改修で魚類の種数減少（種の保存法指定種の緊急避難・人工繁殖と再導入を実施）。
改修インパクト小：上記の被害軽減河川（伝統工法・ダム）のうち小規模改修や掘削で対応できた河川

最近の活動（主催した会合等）：川づくり意見交換会（6/14：筑後 G、萱場先生、国および県の河川管理者）、桂川セボシタビラ等勉強会（7/13：筑後 G、環境省、福岡県河川管理者と自然環境課）、R5.7.10 豪雨に関する緊急ミーティング（8/6：筑後 G、県の被災河川管理者）、災害調査団の結成と現地視察（8/6：筑後 G、応用生態工学会福岡有志）、応用生態工学会自由集会（9/21：筑後 G）
おまけ）今年の豪雨後、アカザとカジカが小石原川の中流に（去年はいなかった）

種の保存法指定種セボシタビラの試験放流と環境 DNA を使ったモニタリング

発表者： 十河雅樹・鬼倉徳雄
九州大学大学院農学研究院

要旨：

セボシタビラ(*Acheilognathus tabira nakamurae*)はタナゴ類の一種であり、九州北部の固有亜種である。環境省の種の保存法指定を受け、また福岡県の希少野生動植物保護条例の指定種でもある。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支川のひとつに本種の生息域があり、激甚災害指定を受けてほぼ全川が改修されることとなったため、工事終了予定の 2023 年 3 月まで、福岡県が産卵母貝の野外での避難、九州大学が本種の飼育下での避難を担当することとなった。2021 年 5 月には、筑後川水系産セボシタビラの専用飼育室が完成し、同年 6 月より数回、同支川で採集された約 10 個体が持ち込まれた。工事終了後の生息地の回復状況を見ながら再導入(もしくは個体補強)することを念頭に置いたとき、それまでに寿命を終える可能性があったため、翌年の産卵期まで生残した雌 1 個体、雄 3 個体を使い、人工授精による繁殖を試み、2022 年 5 から 7 月に 6 回の人工授精で約 300、2023 年 4 から 8 月に 20 回の人工授精で約 1700 の受精卵が得られ、現在、数 100 尾を飼育中である。



人工授精の様子

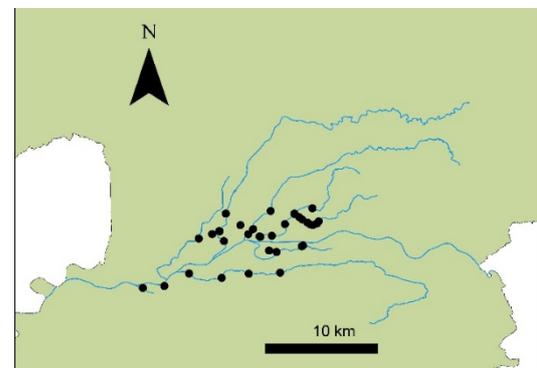


放流の様子

河川改修は、2022 年に下流側を終え、同年 3 月と 12 月、先行して二枚貝が放流された。そして、2023 年 3 月、ほぼ全川の改修を終えたため、8 月 18 日、約 70 尾を試験放流した。7 月に専門家(鬼倉・林・中島)、福岡県の河川部局、福岡県自然環境課、環境省九州地方環境事務所が集まり勉強会を開催、その会の中で福岡県が行った環境調査の結果が報告され、それを参考に放流場所が選定された。

現在、放流個体の定着状況などを経時的に把握することを目的として、放流前後に採水を行い、種特異的プライマーを使った環境 DNA 分析を実施している。放流前の採水は、2023 年 5 月～7 月に、近隣の他の支流を含めて行い、放流後の採水は放流の 3 日後に放流地点を含め、同支川内の数か所で行った(現在分析中)。

2023 年 7 月 10 日の豪雨で、筑後川中流域に流れ込む支流で災害が発生し、セボシタビラが生息する他の河川において災害復旧工事が行われることとなった。その河川についても環境 DNA を使ったモニタリングを実施中であり、その結果と工事内容を含めて、今後の対応について検討する必要がある。



採水地点図

ミトコンドリア DNA から見た個体群回復プロセス：タカハヤ、ヨコエビを事例に

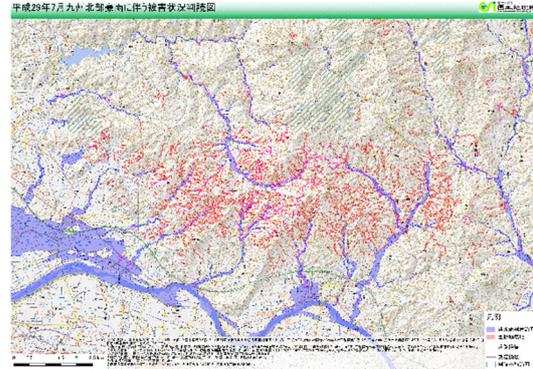
発表者： 中野一樹・Joana Joy Huervana・栗田喜久
九州大学大学院 生物資源環境科学府

要旨：

2017年九州北部豪雨で福岡県朝倉市・東峰村を中心とする地域に記録的な大雨をもたらし、被災地周辺の筑後川水系の河川にも氾濫や土砂の堆積等、大規模な攪乱が生じた。

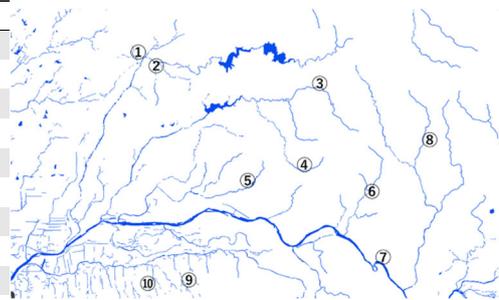
被災直後の2017年の魚類を対象とした捕獲調査・環境DNAメタバーコーディング解析では豪雨被害により魚類に壊滅的な被害を与えたことが示唆された。その後、2020・2022年の同地点での捕獲調査よりタカハヤ(*Rhynchocypris oxycephalus jouyi*)は多くの地点で比較的早い個体の回復を見せることが確認された。

大規模攪乱が起こった後の個体の回復は確認されたが、その個体がどこ由来のものか、加えて遺伝的多様性は高いのかは未知である。個体群回復の過程を追跡するため、2020年および2022年に被災地域(①~⑩)、対象地域(⑨、⑩)で捕獲されたタカハヤの尾鰭からミトコンドリアDNA(mtDNA)を抽出、Dloop領域とCyt b領域を増幅・解析した。

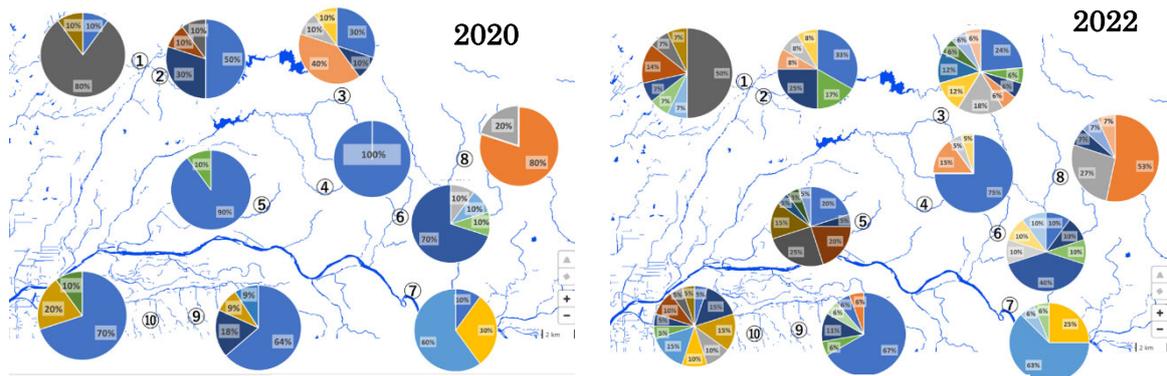


2017年九州北部豪雨被災状況 (国土地理院)

	2020	2022
①野鳥川	10	16
②山見川	10	11
③佐田川	10	16
④黒川	10	20
⑤妙見川	10	21
⑥赤谷川	10	10
⑦境谷川	10	16
⑧岩屋川	10	15
⑨山曾谷川	11	18
⑩樋ノ口川	10	18



サンプルサイズおよび採捕地点(地理院地図を改変)



2020年および2022年のタカハヤのハプロタイプ

2020年と2022年のサンプルサイズに違いはあるが、全ての地点でハプロタイプ数が増加し、サンプルサイズに左右され難いハプロタイプ多様度も⑦境谷川・⑨山曾谷川を除く地点で上昇した。⑤の妙見川では災害直後本種は生息しなかったが、数年で急激にハプロタイプ数とその多様度が回復していることが明らかとなった。今後も同地点でのモニタリングの継続と未だ個体の回復が確認されていない地点での調査をする必要がある。

併せて分散能力の低いニッポンヨコエビについても同様のサンプリングを実施した。現在までに集団遺伝解析に用いる領域を探索すべくミトゲノム全長を決定した。

筑後川中流平野右岸圏域の支川改修が筑後川本川のハイドログラフに与える影響

発表者： 徳永茉咲
九州大学大学院工学府土木工学専攻

要旨：

1. 目的

近年地球温暖化の進行により、大雨や短時間強雨の発生頻度は増加している。今後もこの傾向は続くと考えられ、それに伴い河川氾濫などの災害の発生回数は増加すると予想される。平成 29 年 7 月九州北部豪雨では線状降水帯が発生し、福岡県朝倉市をはじめとして豪雨にみまわれた。筑後川中流平野右岸圏域の支川では浸水被害が頻発し、現在河道掘削や拡幅などの改修が行われている。これらの改修は各支川の氾濫や洪水被害低減を主目的としているが、その改修が筑後川本川の流量に与える影響は明らかになっていない。本研究では、筑後川中流平野右岸圏域の支川の改修により筑後川下流の流量がどの程度変化するか、数値シミュレーションにより明らかにすることを目的とする。

2. 研究対象地

筑後川中流平野右岸圏域は、夜明峡谷から小石原川までの筑後川右岸側の地域である。本研究の調査対象地は、この地域にある筑後川の支川のうち、桂川から赤谷川までの支川と、その二次支川である。

3. 研究方法

本研究では、対象地の河道の支川改修前後の氾濫解析シミュレーションを行い、各支川のハイドログラフの変化及び、支川の改修が筑後川本川流量に与える影響について検証した。解析には株式会社日立パワーソリューションズ製の「DioVista/Flood」を用いた。

解析は、改修前、改修後、および桂川への流域治水を導入した案の計 3 ケースとし、それぞれ河道モデルを作成した。改修前の河道モデル作成には、DioVista 内の DEM データを用いた。改修後の河道モデルは、福岡県提供の改修図面を用いて作成した。なお、合流部等図面が存在しない断面は、現地にて測量を行い補足した。奈良ヶ谷川、寒水川は改修図面が入手できなかったため、今回は改修前後の比較を行わず、改修前の河道モデルをそのまま用いた。流域治水導入案は、桂川の改修前のモデルに遊水地や輪中堤、二線堤、横堤を設けた。河道粗度、流出・氾濫モデルの粗度は既往の知見より土地利用ごとに設定した。解析時間は 2017 年 7 月 5 日 0 時から 48 時間とし、筑後川の上流端流量は荒瀬観測所の観測値を用いた。対象降雨は平成 29 年 7 月九州北部豪雨とし、国土交通省が運用・管理する XRAIN リアルタイム雨量表示・ダウンロードシステムのデータを用いた。また、すべてのケースにおいて降雨を 1.4 倍にした条件でも解析を行った。

4. 結果

3 つのケースでの桂川下流の流量を図 1 に示す。改修後は改修前と比べてピーク流量が増加し、ピークに達する時間も早まった。流域治水対策を導入した場合は、改修前後の両方と比較してピーク時の流量が少なくなり、流量がピークに達する時間が早まることはなかった。一方で、桂川以外の支川ではピーク流量は増加したものの、ピークに達する時間に変化は見られなかった。筑後川本川流量(図 2)には主に桂川の流量の変化が反映されており、改修後は改修前に比較して流量の立ち上がりが早くなった。

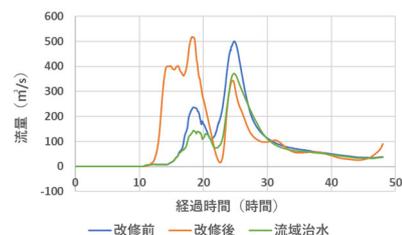


図 1: 桂川下流(合流点から 0.2km 地点)の流量

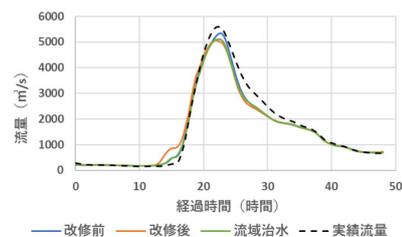


図 2: 筑後川本川(桂川合流点から 0.68km 下流の地点)の流量

矢部川廻水路での魚類相把握と物理的環境の関係

発表者： 山崎庸平
九州大学大学院土木工学専攻

要旨：

1. はじめに

現在世界で生態系保全が推進されており、生態系保全と親和性の高い伝統工法が注目されている。重要種が数多く生息する矢部川には旧藩時代に成立した相手の堰を迂回し、下流にある自藩の堰へ用水を廻水する水路である廻水路が現存する。本研究では廻水路及び矢部川支流での現地調査を行い、魚類生息場としての機能と物理環境を明らかにする。

2. 調査方法

唐ノ瀬、惣河内、込野、黒木廻水路及び廻水路と流呈・流域・規模が類似する白木川、辺春川を調査対象とし、各水路と支川には延長約 50m の調査区を各 5 つ設定して魚類調査と物理環境調査を行った。魚類調査は電気ショッカーとタモ網、サデ網を用いて 3 人で 30 分間行い、努力量を統一した。物理環境調査は各調査区に横断方向に 5 点測点を持つ横断測線を約 5m 間隔で 10 測線設け、計 50 点の流速・水深・河床材料(最大粒径・平均粒径)を記録した。

3. 調査結果

魚類調査結果：全 30 地点において計 26 種 7531 個体を採捕した。廻水路・支川共に種多様性が高く(図 1)、26 種の内 10 種が絶滅危惧種(VU 以上)であった。廻水路は本流のセグメント 1 の流呈区間に位置するが、どの廻水路でも氾濫原～扇状地～溪流の魚種が同所的に確認された。惣河内と黒木では同水路内で流呈区分と出現魚種の逆転が見られた。また、タナゴ類等の重要種の生息に適した河床材料が細かく、流速が小さいような多様性を高める環境の存在が示唆された。

物理環境調査結果：測定結果を各廻水路及び支川毎にまとめ図 2～4 に示す。唐ノ瀬、惣河内、黒木では流速、水深に幅が見られ、泥質河床から巨石まで幅広く確認され、同地点で多様なハビタットが確認された。改修が見られた込野では流速と水深に幅が見られず、コンクリート上にシルト質の河床材料の薄い堆積が多く見られた。支川は岩盤浸食による凹凸から流速水深に幅が生じており、礫質の河床であった。廻水路と支川では、支川の方が流速・水深の幅が大きく、河床は廻水路が砂質であるのに対し、支川は礫質であった。また、廻水路に見られた水草は支川では見られなかった。

4. 考察

廻水路の魚類相の特徴として、氾濫原依存種の多さと流呈区分と出現魚種の逆転が挙げられる。これは廻水路における氾濫原依存種が好む粒径の小さい河床と水草の繁茂からなる半止水性の環境や流れの連続性が今日までの人為的な改修や洪水時の攪乱が少なかったために支川に比べ、現代まで安定的に環境が維持されてきたためであると思われる。特に改修が少なく生物・ハビタットの多様性に優れた環境が残存する唐ノ瀬、惣河内、黒木廻水路は保全の重要性がより高いと考えることができる。

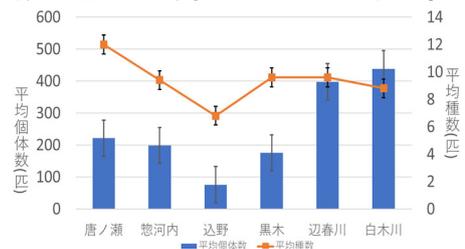


図 1 魚類調査結果
(各調査地点平均値±標準誤差)

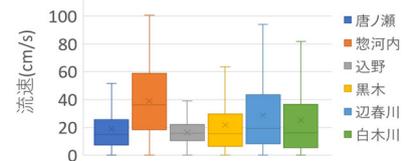


図 2 流速分布

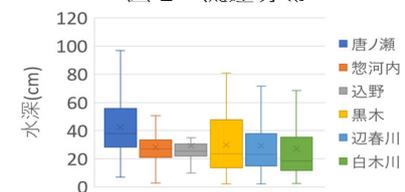


図 3 水深分布

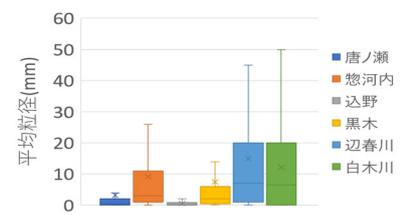


図 4 平均粒径分布

筑後川における環境 DNA 定量メタバーコーディングを用いた九州北部豪雨後の魚類群集の回復過程のモニタリング

発表者： 乾 隆帝¹・赤松良久²・中尾遼平²

1. 福岡工業大学社会環境学部, 2. 山口大学大学院創成科学研究科

要 旨：

1. はじめに

筑後川流域は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨により多大な被害を受けた。大規模災害による生態系への影響や、災害後の生態系の回復過程を明らかにすることは、筑後川だけでなく他の流域における河川管理および生態系保全に有用であると考えられる。よって本研究では、筑後川において魚類を対象に、環境 DNA 定量メタバーコーディングを用いて大規模災害直後（2017 年）と 2 年後（2019 年）の分布状況の比較を試みた。

2. 調査方法

筑後川水系のうち、九州北部豪雨での被害が大きかった 9 河川（以下被災地支川）19 地点と、対照区として被害の小さかった 6 河川（以下対照区支川）15 地点、そして当該エリアの筑後川本川 20 地点の計 54 地点を対象に、2019 年 11 月 10 日および 11 日の 2 日間で表層水 1L の採水をおこなった。採取した水サンプルは、濾過、DNA の抽出後、定量メタバーコーディング法（qMiFish, Ushio et al. 2018）を用いた分析をおこなった。さらに、得られた結果を基に、被災地支川、対照区支川および本川間で、2017 年と 2019 年の在来種の種数および環境 DNA 濃度について、Stee-Dwass 法を用いた多重比較検定をおこなった。

3. 結果と考察

2019 年の被災地支川、対照区支川および本川の種数に着目した場合、中央値が対照区支川（13 種）、本川（11 種）、被災地支川（7 種）の順となることは 2017 年と同様であったが、2017 年とは異なり有意差はみられなかった。また、環境 DNA 濃度に着目した場合、種数同様有意差はみられなかったものの、中央値が対照区支川（8444 copies/L）、被災地支川（3955 copies/L）、本川（1666 copies/L）の順となり、被災地支川が本川を上回っていた。また、被災地支川、対照区支川、本川の種数および環境 DNA 濃度を 2017 年と 2019 年で比較した結果、2019 年の対照区支川の環境 DNA 濃度が、2017 年に比べて有意に低いことが明らかになった。これらの結果から、被災地支川において魚類の生物量の回復傾向が見出せただけでなく、2017 年の災害直後に、対照区支川が魚類の避難場として機能している可能性が示された。

筑後川における環境 DNA 定量メタバーコーディングから見出された九州北部豪雨後の魚類各種の生物量の変化

発表者： 塚田進之介¹・村上亜澄¹・乾 隆帝¹・赤松良久²・中尾遼平²
1. 福岡工業大学社会環境学部, 2. 山口大学大学院創成科学研究科

要 旨：

1. はじめに

筑後川流域は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨により多大な被害を受けた。大規模災害による生態系への影響や、災害後の生態系の回復過程を明らかにすることは、筑後川だけでなく他の流域における河川管理および生態系保全に有用であると考えられる。よって本研究では、筑後川において魚類を対象に、環境 DNA 定量メタバーコーディングを用いて大規模災害直後（2017 年）と 2 年後（2019 年）の各種の環境 DNA 濃度（生物量の指標）の増減を明らかにすることを試みた。

2. 調査方法

2017 年から 2019 年にかけて環境 DNA 濃度が増加していた河川（小石原川，佐田川，桂川，大肥川，二串川，花月川，小野川，隈上川）と，2017 年から 2019 年にかけて環境 DNA 濃度が減少していた河川（宝満川，太刀洗川，巨瀬川，古川，美津留川）それぞれにおいて，各種魚類の 2017 年の環境 DNA 濃度と，2019 年の環境 DNA 濃度を，Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。

3. 結果と考察

2017 年から 2019 年にかけて環境 DNA 濃度が増加していた河川においては，ナマズ，ヨシノボリ属，カワムツ，タカハヤ，カマツカ，アユの環境 DNA 濃度が有意に増加しており，オイカワの環境 DNA 濃度に増加傾向がみられた。2017 年から 2019 年にかけて環境 DNA 濃度が減少していた河川においては，ドンコ，ヨシノボリ属，コイ，フナ属，カネヒラ，ニッポンバラタナゴ，モツゴ，ナマズ，イトモロコ，ウグイ，ムギツク，カマツカの環境 DNA 濃度が有意に減少しており，ゼゼラ，アブラボテ，オイカワ，カワヒガイの環境 DNA 濃度に減少傾向が見られた。これらの結果から，環境 DNA 濃度が増加していた河川においては，主に河川性の魚類の生物量が増加し，環境 DNA 濃度が減少した河川では，主に氾濫原を利用する魚類の生物量が減少した可能性が示唆された。

狩野川研究グループ

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－

発表者： 塚越 哲・加藤憲二
静岡大学理学部

狩野川の概要

狩野川は、伊豆半島中央部に位置する天城山系に源を発し、沼津市内から駿河湾に注ぐ幹川流路延長約 46km、流域面積 852 km² の一級河川である。過去に流域での度重なる洪水をもたらしたため、1965年に現伊豆の国市で分派し駿河湾奥部・江浦湾に注ぐ可動堰付きの放水路が完成した。

研究目的

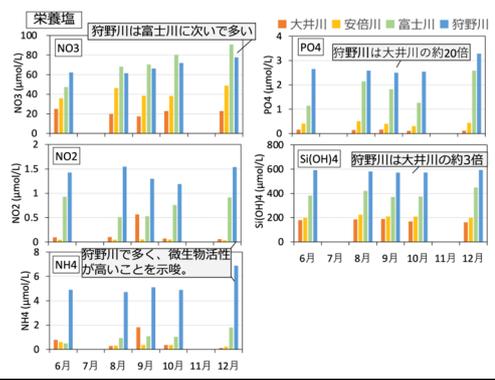
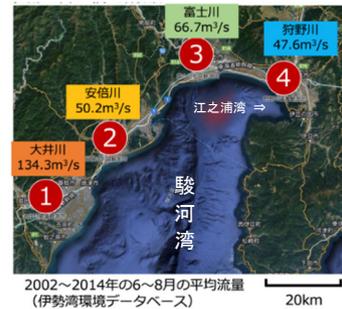
- ① 豪雨イベントと放水路による水量の変化が下流域や沿岸の構造や生態系に及ぼす影響を明らかにする。
- ② 豪雨イベントの前後、放水路分岐点の上流と下流などを対称的にとらえ、底質、フロラ、ベントス、微生物、非生物要素の挙動を明らかにし、豪雨イベントと流量調節に対する環境応答を総合的にとらえる。
- ③ 研究成果を統合し、放水路という特色をもつ河川における生態系の保全や生物多様性の保護に生かす管理手法を提案する。

研究グループ

本研究グループは静岡大学を中心に信州大学、東京大学、山梨大学ならびに民間の環境可視化会社に所属する計 10 名の研究者によって推進されてきた。メンバーの研究分野は、河川工学や生態学のほか、海洋化学、分子系統学、分類学、生理学、数理解析学等多岐にわたり、様々な観点から狩野川の動態を明らかにしている。

これまでの研究成果

本研究グループでは、今回の個別ポスターとして発表されている、①「狩野川放水路の洪水分派に伴う河道形態の変化」、②「狩野川流域における地表水・地下水交換フラックスに関する検討」、③「狩野川水系の水生昆虫における本流・支流間での移動分散推定：遺伝構造から紐解く Source-Sink の関係性」、④「狩野川の流況変化が駿河湾沿岸の一次生産と食物網に及ぼす影響」、⑤「狩野川放水路出口における二枚貝と化学合成細菌の共生」について新たな知見が得られた他、河川に沿って繁茂するメダケが特に密集する場の特定、狩野川のもつ有機・無機元素の特性、狩野川分岐点周辺の微生物について堆積物とフロラの関連性、放水路から江浦湾に放出されるアユの浸透圧特性、本川河口部における間隙性生物の個体数密度と出水の関連性などについても成果が上がっている。右図はこのうち駿河湾に注ぐ 4 つの一級河川の栄養塩の量を比較したものであるが、狩野川の水は NO₃ では富士川に次ぎ、NO₂、NH₄、PO₄、Si(OH)₄については他の 3 河川よりも明らかに豊富に含むことが突き止められた。狩野川の水量は大きくないものの、駿河湾の生態系の保持に大きく寄与していることが示唆された。



今後の展望

今後はこれまでの知見を集積し、これを河川管理にどのように反映させてゆくか、例えば出水時の可動堰を開けるタイミングや河道のあり方など環境変動が懸念される中、どのような狩野川を未来に残してゆくかを示してゆきたい。

狩野川放水路の洪水分派に伴う河道形態の変化

発表者： 五三裕太¹，知花武佳²
1 東京大学大学院工学系研究科 2 政策研究大学院大学

要旨：

1. はじめに

我が国の多くの河川では，気候や土地利用の変化，河川改修，植生の変化や，人間活動の影響などの要因が複合して流況や土砂動態を変化させ，結果として河道形態は常に変化しつづけている．既往研究では，河道形態を理解するための一つの方法として，安定河道の概念に焦点を当てているものが多い．しかし，これは一定の平衡状態を仮定した理想論的な概念に過ぎず，現場で確認されるような非平衡状態における河道形態変化の特徴を詳細に検討する研究は不十分である．

2. 目的

狩野川下流域における河道形態および粒度組成の変化を，放水路分派の影響に着目して明らかにすることを目的としている．狩野川放水路は，河口から 18km の地点において洪水流量の約半分を直接海に分流することを目的とし，1965 年に完成しているが，その結果として，本川河道の水・土砂動態は放水路の建設前後で劇的に変化し，それに応答して河道形態や粒度組成は長期的に変化しているものと考えられる．そこで，この分派点付近における土砂動態と河道形状との関係について解析することとした．

3. 調査方法

まず，狩野川放水路建設前から現在までの 60 年間を対象に，国土交通省の横断測量結果を用いて河道形態変化の実態を把握した．同時に，土砂輸送による縦断形状の変化のメカニズムを理解するため，一次元河床変動数値解析を実施した．

4. 解析結果

横断面形の分析の結果，放水路分派点下流側の本川河道に川幅の縮小や滯筋の低下が見られ，狭く深い河道形態が形成されていることがわかった．また一次元河床変動数値解析によって，実際の縦断形状や河床材料の粒度組成の変化を再現するためには，計算の境界条件である上流端からの給砂量を少なく調整し，また川幅の設定を現況の河岸満杯幅よりも小さくする必要があることがわかった．この結果から，放水路の建設や流域の土地利用条件の変化に伴う土砂レジームの変化と，洪水流量の減少の両者による長期的な河道形態変化のプロセスを推定した．

5. 結論

本研究では，狩野川放水路における洪水分派の影響を中心に，過去 60 年間の河道横断面形変化の実態とそのメカニズムについて考察をおこなった．今回得られた知見は，安定した平衡河道の解析からは得られない長期的な河道形態変化を理解する際に考慮すべき重要な条件を示唆するものであり，今後の効果的な河川・土砂管理のための基本的な情報を提供するものである．

狩野川流域における地表水・地下水交換フラックスに関する検討

発表者： 森 康二
(株)ブルーアースセキュリティ、静岡大学客員教授

要 旨：

河川流況と生態系との関係、また、狩野川放水路の影響の有無等を明らかにするため、狩野川流域を対象に地表水と地下水の相互交流を解析可能な HydroGeoSphere による 3 次元数値モデリングを進めてきている。河川流況と生態系との関係には、局所から広域、短期から長期の幅広い時間・空間スケールの場における地形、地表水、地下水の水量と水質、土砂堆積物、微生物等の様々な相互作用プロセスが包含される。そのため、流域スケールの河川水と地下水の境界領域 (Hyporheic Zone, HZ) における場とその地域的特徴の理解を進めると共に、過去の流況変化がどのような生態系応答として出現してきた可能性があるか等を検討するための流域基盤データの統合化を試みている。

本検討では、流域スケール及び河道スケールの対象領域の異なる二つのモデルを作成してきている。河道スケールのモデルは、狩野川放水路分派点周辺を流域スケールのモデルから切り出し、地表面付近の HZ 一帯の三次元メッシュを細分化したものである。いずれも、河道沿いにメッシュ分割を細密にし、放水路分派点周辺の河床地形は、低水敷の横断測量データと高水敷の航空レーザ測量データを組み合わせて新たに更新した。河道スケールモデルの要素サイズは地形変化点付近を中心に約 2m とした。

図 1 は、2019 年 10 月 12 日に静岡県伊豆半島に上陸した台風 19 号 (令和元年東日本台風, Hagibis) の再現実験結果であり、同日 14:00 頃の水深、流速を狩野川放水路の有無で比較したものである。放水路によって水深は約 0.5~0.8m 減少し、流速は放水路の上・下流側で明瞭に異なり、上流側で流速が増加した傾向が示唆されている。これらの実験結果と地表水・地下水交換フラックス、生態系応答との関連性を評価していく。

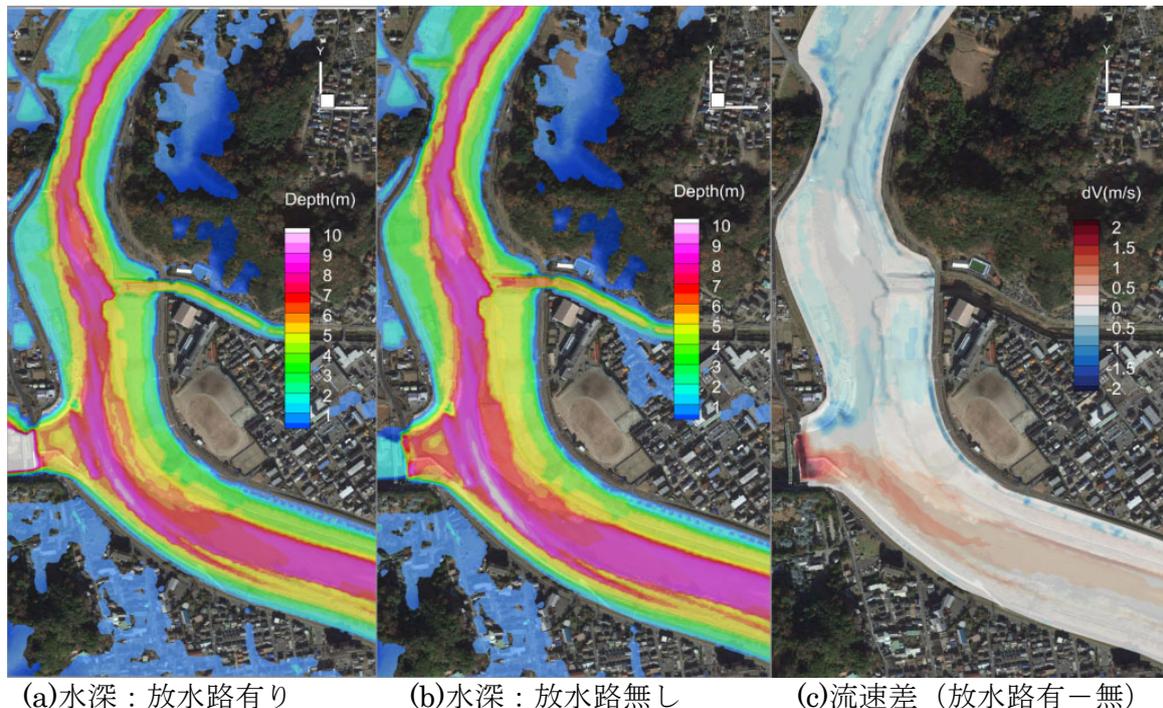


図 1. 放水路の有無による洪水ピーク時の水深の比較と流速差の分布

狩野川水系の水生昆虫における本流・支流間での移動分散推定：
遺伝構造から紐解く Source-Sink の関係性

発表者： 谷野宏樹¹，竹中將起²，岡本聖矢³，東城幸治²
¹自然科学研究機構・基生研，²信州大学・理学系，
³土木研究所・自然共生研究センター

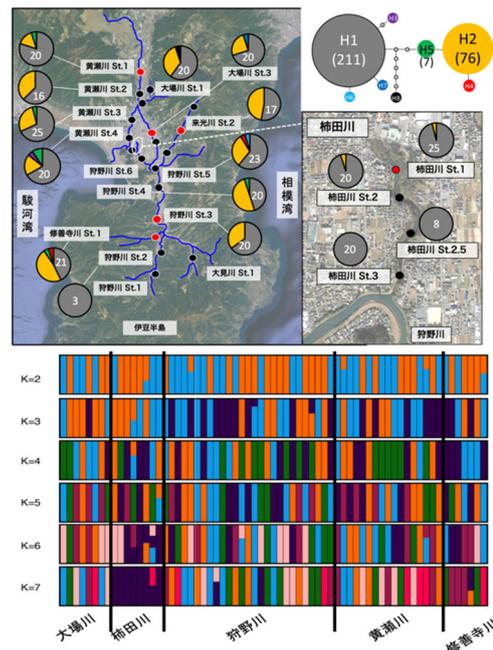
要旨：

本川と支川の接続によって形成される水系は、各支川の源流域を端緒に支川同士が接続するごとに河川規模が大きくなる明確な階層構造をもつ。源流から河口までの標高差や集水域が大きくなるほど水系自体も大きくなり、環境の多様性（異質性）は高まる。同じ規模の水系であっても、その地理的な形状によって環境の多様性も異なり、また源流部の地質構造も環境の多様性に大きく影響する。こうした水系内の河川環境の多様性は、水系内に生息する生物種群の多様性にも深く関わると考えられる。

本研究で対象とする狩野川水系は、伊豆半島の天城山麓を源流とし、箱根山麓や富士山麓からの支川も接続することから、地質学的にも多様性に富む。また、世界有数の規模である毎日 100 万トンもの湧水が形成する柿田川も接続しており、水系内における環境の異質性も興味深い。こうした水系内の環境の多様性や異質性は、出水時の影響も一樣でなくなる可能性を高め、一時的なリフュージア（避難地）を生み出し、こうしたリフュージアで生き残った集団が起源となって水系内の集団全体の回復に寄与するなど、水系内の source-sink 関係性に基づく「洪水に対するレジリエンス」強化にも繋がる。

本研究では、狩野川水系を広域的に捉え、「水生昆虫類の群集構造や種内の個体群構造、遺伝構造がどのような状況にあるのか？」に着目する。特に「水系内に広域的に生息する水生昆虫種が、水系内の本川—支川のネットワークをどのように利用しているのか？」に焦点を当て、遺伝子マーカーを用いた遺伝構造解析により、本川—支川の水系ネットワークにおける遺伝子流動の方向性や強度を評価することから、水系内の source-sink 関係性を紐解くことを試みた。

具体的には、水系内に広域に生息する水生昆虫種 *Stenopsyche marmorata* を対象に、狩野川本川、支川の黄瀬川、柿田川、大場川、来光川、修善寺川、大見川間での遺伝構造を比較検討した。遺伝子マーカーとしては、種内多型が検出されやすいミトコンドリア DNA (mtDNA) COI 領域に加え、ゲノムワイドな一塩基多型 (SNPs) を大量に検出・解析が可能である GRAS-Di 法を用いた。この結果、狩野川水系のヒゲナガカワトビケラは、広域的に移動分散が生じていることが示唆された。一方、湧水河川である柿田川では、mtDNA COI 領域の解析でも狩野川本川や他の支川とはやや異なるハプロタイプ頻度を示し（上図）、ゲノムワイドな SNPs 解析 (9,201 SNPs による ADMIXTURE 解析, K=7) においても狩野川本川や他の支川とはやや異なる遺伝構造を示した（下図）。年間を通じて水温が 15°C 程度に安定し、年間を通じた繁殖が可能であることから、水系内でも異質な生活史が維持されている集団であることが起因しているのかもしれない。また、柿田川は洪水の影響をほぼ受けない支川でもあることから、普段の集団間の接続性としては弱くても、洪水時にはリフュージアとして機能したり、水系全体がダメージを受けた際には source 的機能をもたらすなど、メタ集団として重要な役割を担っている可能性も考えられる。



狩野川の流況変化が駿河湾沿岸の一次生産と食物網に及ぼす影響

発表者： 岩田智也
山梨大学生命環境学部

要 旨：

河川を經由して運ばれる陸域由来の栄養塩は、沿岸生態系の生物多様性や生態系機能の維持に重要な役割を果たしている。そのため、河川と沿岸域の両生態系の相互保全を実現し、災害抑制と生態系サービスの維持の両立を諮るためには、河川の流況変化に伴う沿岸生態系の応答特性を評価する必要がある。しかしながら、河川生態系の変動特性と海洋の一次生産との関係については十分な知見は得られていない。

静岡県東部を流れる狩野川は、流域に 3 つのプレートが会合する多様な地質と大型の火山群が複数分布する特徴を有している。狩野川下流域では三島溶岩流に沿って豊富な地下水と湧水が湧出しており、富士山由来と考えられる P、Si、V などのミネラルが高濃度に含まれている。これら玄武岩質溶岩に由来する栄養塩類は、沿岸域の生物生産に重要な役割を果たしていると考えられる。そこで本研究では、狩野川による栄養塩供給が流況変化を介して駿河湾沿岸の植物プランクトン群集と食物網に及ぼす影響を衛星画像解析とフィールド調査により評価した。

衛星画像解析では、過去 18 年にわたって観測された駿河湾のクロロフィル *a* 濃度 (Chla) の時空間データを階層ベイズモデルにより 3 つの説明変数 (光、水温、主要河川の流量) で記述した。解析の結果、主要流入河川 (富士川、安倍川、狩野川) の河川流量変化が Chla の時空間変動に大きな影響を及ぼしており、出水時の河川からの栄養塩供給が駿河湾の植物プランクトンの動態に重要であることが明らかとなった。さらに、狩野川河口沖合を対象に高空間解像度 (250m グリッド) で Chla の増殖応答を評価したところ、出水規模の増加に伴い河川プルームが河口から駿河湾東部全域へと広がり、植物プランクトンの比増殖速度も非線形に上昇することが明らかとなった。

駿河湾で採集した微生物群集の 16S および 18S アンプリコン解析では、いずれの季節・深度においても珪藻類 (*Chaetoceros spp.* や *Skeletonema spp.*) が優占しており、狩野川河口沖合では河川水によって運ばれる Si の供給によって珪藻類の指標色素 (フコキサンチン) 濃度も増加することが明らかとなった。さらに、表層から深海に至る動物プランクトンおよび魚類の二次生産は表層の植物プランクトンによって支えられていることが安定同位体分析の結果から明らかとなった。

本研究により、狩野川水系では富士山由来のミネラルが河川を通じて沿岸域に多く供給されており、とくに Si 供給が沿岸域の珪藻類を主体とする植物プランクトンの増殖を律速していることが明らかとなった。また、降雨イベントに伴う狩野川からの栄養塩供給は駿河湾の一次生産の時空間変動に影響を及ぼしていることも明らかとなった。さらに、駿河湾の食物網は表層の植物プランクトンに由来する有機物生産に依存しており、狩野川による一次生産の増殖促進効果は駿河湾の深海動物群集にまで影響を及ぼしていることが明らかとなった。今後は、狩野川-駿河湾沿岸域の健全性を維持するために必要な洪水流量や出水頻度を提示し、それを達成するための許容水位変動幅や放水路の分流操作について、検討を進めていきたい。

狩野川放水路出口における二枚貝と化学合成細菌の共生

発表者： 佐藤慎一
静岡大学理学部

要 旨：

狩野川は、静岡県伊豆半島中央部を北流し駿河湾に注ぐ一級河川である。その下流域では、富士山からの大量の地下水が柿田川などの支流として合流するため、周辺地域は洪水に悩まされてきた。そのため、1965年に狩野川放水路が構築され、台風など降雨災害時に放水路を開門することで、狩野川流域の水害は軽減されるようになった。しかし、放水路からの急激な大規模出水が、放水路出口周辺にあたる江浦湾の環境と生態系に大きな影響をもたらしてきたと予測される。

本研究では、狩野川放水路出口周辺海域の江浦湾で採泥調査を行い、特に黒色シルトが堆積する浅海域における貝類各種の分布パターンと季節変化を明らかにして、貧酸素や硫化水素が常に発生する海域で生息するサクラガイ類とキヌタレガイについて化学合成細菌共生の有無を比較検討した。

狩野川放水路出口周辺の江浦湾において、2019年8月・12月、2020年8月・12月、2021年2月・6月・8月・12月、2022年3月・6月・8月・12月、2023年4月・7月・8月・9月に採泥調査を実施した。採泥地点は、St. 0-14の15定点である。各定点において、表層・底層水の水質（水温・塩分・溶存酸素濃度）と、堆積物の粒度・酸化還元電位を計測し、エックマンバージ採泥器を用いて各定点で1-3回の採泥を行った。採集した堆積物試料は船上で1mm目の篩で洗浄し、残った試料を持ち帰り、実験室で底生動物を拾い出し、底生動物は高次分類群ごとに個体数密度を計測した。

その結果、水深2m程度のSt. 0から水深7m以深のSt. 1にかけて急勾配で深くなり、それに伴い堆積物の粒度も生息する二枚貝類の種構成も大きく異なっていた。水深2m以浅の定点では、堆積物は黄褐色の礫混じり細粒砂であり、アサリやユウシオガイなどの干潟貝類が採集された。それに対して、水深7m以深の定点では、陸生植物片を多く含む黒色シルトが堆積し、堆積物の酸化還元電位が-100 mV以下と常に還元的な環境だったが、どの季節にもウラキヒメザラガイ属・サクラガイ・キヌタレガイ・ウメノハナなどの二枚貝類が合計100個体/m²以上の密度で確認された。このうち、キヌタレガイとウメノハナは、すでに化学合成細菌の共生が報告されているが、ウラキヒメザラガイ属とサクラガイを含むニッコウガイ科では化学合成細菌の共生に関する報告は現時点で見当たらず、今後の組織学的・遺伝学的な解析が必要とされた。

そこで、国際医療福祉大学の山田晋之介博士に依頼して、キヌタレガイとサクラガイの鰓組織内の構造を透過型電子顕微鏡を用いて観察したところ、キヌタレガイの鰓細胞内には原生生物が高密度で観察されたが、サクラガイの鰓組織では表皮細胞が確認されたが原生生物は観察されなかった。そのため、サクラガイの鰓組織の内部では細胞内共生をする化学合成細菌は存在しないことが示唆された。

一方、DNA解析による原核生物の同定結果では、共生細菌報告済みのキヌタレガイの鰓組織からは *Gammaproteobacteria* (メタン酸化細菌を多く含む) が同定され、共生細菌が報告されていないサクラガイ2個体の鰓組織からは共通して *Lachnospiraceae* (嫌気性菌) が同定された。この他、サクラガイの鰓細胞からは硫酸還元菌や大腸菌、嫌気性芽胞菌が検出され、ウラキヒメザラガイ属の鰓細胞からは嫌気性芽胞菌や脱窒菌が検出された。もし、サクラガイとウラキヒメザラガイ属に化学合成細菌が共生するなら、鰓表皮細胞外に存在する硫酸還元菌や脱窒菌からエネルギーを得ている可能性があるが、個体への付着現象などの可能性も排除されないため、さらに詳細な検討を進めている。