

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している。また建設後 50 余年経過する放水路の分派点の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て、放水路の生態学的影響を明らかにしている。さらに分派点付近の豪雨時の水の挙動と河床構造の変化を水理模型、表流水と地下水を考慮した数理モデルによってシミュレートし、豪雨時の流量予測体制を支援できるようにする。一方放水路の開放が沿岸（江浦湾）に及ぼす影響も注視しており、これらを総合的に扱って放水路の当該河川におけるより適切な運用方法を提案してゆく。

●主な成果

放水路分岐点付近の水の流れについて、水理模型と数理シミュレーションの2つの手法を用いて、放水路の開放がどのような水の動きを生み、河床構造にどのような変化をもたらすかについて、実地調査を含めて考察を進めた。その結果、放水路の開放は明らかに分派点付近の河床構造に大きな影響を与えており、それが狭窄部（17km 付近）前後とそれ以降の河川形態に影響を及ぼしていることが示唆された。

一方、狩野川の水が駿河湾に与える影響も明らかになり、駿河湾にそそぐ大井川など他の一級河川と比較して流量は少ないが、栄養塩の供給によって沿岸生態系の生物生産に大きく寄与していることが明らかになった。また放水路出口から沿岸生態系に関しても調査が進み、放水路が江浦湾にもたらした陸生植物片の堆積物の広がりも具体的に確かめられ、ここに形成された特殊な還元環境下で生きる貝類の生態に新たな知見が加わった。

●分派点付近の河床地形と水流の理解

図1は 1/1000 スケールで作成された分派点付近を再現した水理模型である。実験室では垂直と水平の両アングルから同時に動画を撮り、放水路開放に伴う河床地形の変化を観察した。垂直方向からの動画では、放水路開放と共に水面勾配ができ、河床波が上流から下流へと連続的に形成され、分派点直上の左岸の一部が水面から出る様子や分派点上流左岸からの流れが分派点直下の左岸（出張所前）にぶつかって淵が形成される様子が再現された。また



図1. 放水路分派点を再現した 1/1000 の水理模型。画面下への分岐が放水路、左端が狭窄部に当たる。

水平方向から、放水路開放前は狭窄部下流で河床低下が起き、開放後は河床波の流下と共に狭窄部上流で洗堀が始まり、分派点直下から河床上昇が進行する様子などが再現された。

一方、HydroGeoSphere によるコンピューターシミュレーションでも出水時に放水路が開放された際の分派点付近の水深や水の流れが再現された。ここでも分派点付近の左岸に沿って 5m 程度の掘削が起こることや、出水時に左岸に沿って流れる早い水流がほぼダイレクトに放水路に流れ込む様子が再現された（図2）。さらに豪雨時（2019年の台風19号）の放水路開放後の分派点付近における地表水位と地下水フラックスの変動の予測も行い、開放3時間後ごろから水位の上昇が始まり、5時間後頃に水位がピークに達する一方、地下水フラックスは水位上昇に先んじて減少する様子などが見出され（図3）、実際のデータとの比較を進めている。

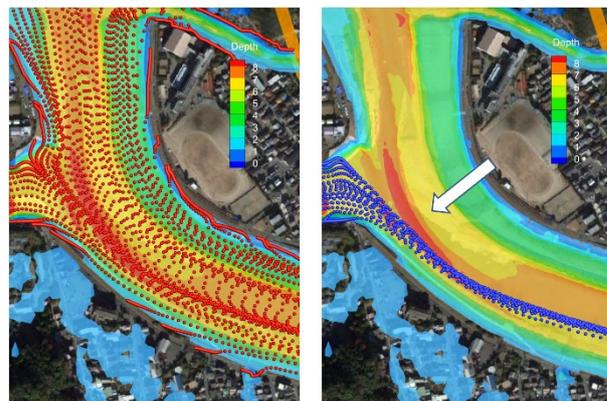


図2. HydroGeoSphere による豪雨時（2019.10.12, 台風19号）に放水路を開放した時の水の流れと水深のシミュレーションモデル（左）。右は左岸沿いに流れる流速の速い流れ（青色）の大部分が、放水路に直接流れ込む様子を示している。白矢印は特に水深が深くなる箇所を示す。

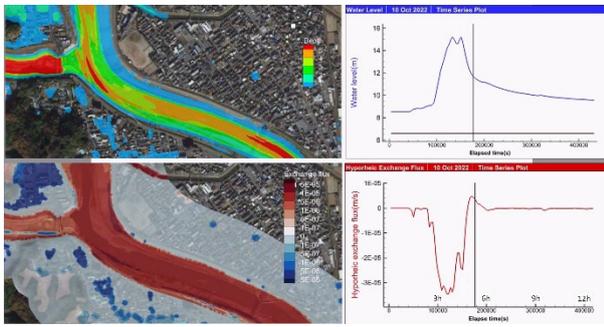


図3. HydroGeoSphere による豪雨時 (2019.10.12, 台風 19号) の地表水位 (上) と地下水フラックス (下) の変動。

●分派点付近に生息する微生物フロアの特徴

分派点付近では堆積物中の微生物フロアが調べられた。観測点は放水路直上と直下のそれぞれ流心と右岸で、計4地点が比較された (図4)。その結果流心か否かよりも堆積物の粒度組成が近似する場では近似したフロアが形成されることが示され、特に砂状粒子 (0.5-3 mm) の堆積が認められる地点 (直上流心と直下右岸) では微生物フロアの構成がよく類似した。これは水流と河床構造が堆積物粒子の構成を決めると、それに微生物がいち早く応答してフロアが決定されることを示唆する。

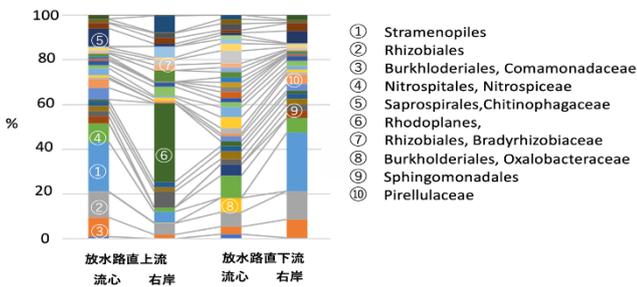


図4. 放水路分派点付近4地点の微生物フロアの比較。堆積物の粒径が近似した放水路直上流の流心 (左端) と同じく直下の右岸 (右端) がフロアも近似する。

●狩野川が駿河湾の生態系に及ぼす影響

駿河湾には狩野川他3本の一級河川が注ぐが、流量では狩野川が最も小さい。しかし供給する栄養塩の濃度では、NO₂、NH₄、Si(OH)₄や特にPO₄で狩野川が他の河川に比較して顕著であることが分かった (図5)。このことは、狩野川のもたらす河川水が駿河湾の生態系の涵養に大きく寄与していることを示唆している。

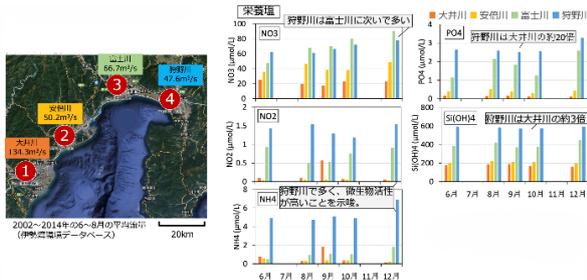


図5. 駿河湾にそそぐ一級河川①大井川 (オレンジ色)、②安部川 (黄色)、③富士川 (緑色)、④狩野川 (青) の流量 (右) と栄養塩の量 (左)。左図では各月の栄養塩の量が棒グラフで色分けされている。

また、出水時の江浦湾 (駿河湾奥部) における植物プランクトンの増殖速度が、放水路出口と本川河口部から6Km沖付近までの計6点観測された。いずれの地点においても、流量が1000m³/sまで増加し続ける傾向がみられ、大規模出水は植物プランクトンの増殖に有意に影響することが示された (図6)。

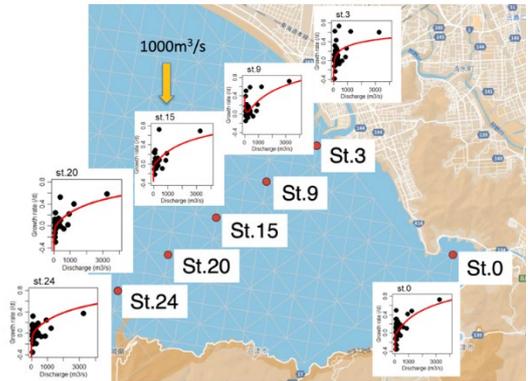


図6. 江之浦湾における植物プランクトンの増殖速度観測点と河川水供給量に対する増殖速度。1000m³/sまで急激に増加してそれ以上は頭打ちになる。

●放水路出口の海底堆積物の分布とその生態系

放水路出口から約400m沖付近から水深が急激に深まり、そこには未分解の陸生植物の葉などが大量に堆積していることは既に報告してきたが、その広がりについて新たな知見が得られた。この堆積物は、少なくともヤマハマリーナ沼津の東側の防波堤付近まで広がり、西端は出口から約1000m付近まで到達していることが確かめられた (図7)。

また、還元的堆積物には硫酸還元菌を共生させることで知られる二枚貝類が生息しているだけでなく、まだ共生細菌が報告されていない二枚貝の生息も確認された。



図7. 放水路出口 (江ノ浦湾奥部) における海底堆積物の分布。青文字の地点が陸生植物片を含む還元的堆積物、赤文字の地点が酸化堆積物を示す。

●今後の展望

個々の研究成果の中で、重点的に取り組む部分を精査して、無駄のない研究計画をたてて遂行してゆく。また本研究の目的である放水路の開放が河川及び沿岸影響も観測しつつ、これらを総合的にとらえて放水路の当該河川におけるより適切な運用方法を河川管理者と密に連携をとって提案する。