

令和 2 年 4 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02363

研究課題名(和文) 流域資源管理に向けた水文・藻類モデルを利用した河川総生物量推定手法の開発

研究課題名(英文) Development of a model estimating river biomass using hydrological and periphyton models to control ecological resources

研究代表者

風間 聡 (Kazama, So)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：50272018

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,400,000円

研究成果の概要(和文)：分布型水文流出モデルを基とした栄養塩流出モデルと水温モデルによる付着藻類量推定モデルを開発した。付着藻類量推定モデルの精度は月の平均付着藻類量の比較によって検証され、RMSE=11.5mg/m²と求められた。カゲロウ目、カワゲラ目、ハエ目、トンボ目において個体数密度と環境DNA濃度間に相関が確認された。観測結果から付着藻類量と水生昆虫のバイオマスに有意な正の相関が確認された。生産者である付着藻類の生物量の増減が上位の栄養段階に位置する消費者の生物量に影響を与えることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

河川生物量の推定が可能になったことは、河川工学のみならず流域圏の生物資源学・水産学の諸分野の時空間定量評価に貢献でき、学術的意義は大きい。魚と河川環境の関係に基づいて、持続可能な内水面漁業、無秩序な放流の抑止に貢献できる。また、流域開発による生物量の変化も予想できるようになった。環境アセスメントや流域計画において社会的意義は大きいと考える。

研究成果の概要(英文)：Distributed model of periphyton was developed using a nutrient transport model and a water temperature model based on a distributed hydrological model. The model accuracy is RMSE=11.5mg/m² monthly. Positive correlations were observed between the population densities and eDNA concentrations for orders Ephemeroptera, Plecoptera, and Diptera. Field observations showed significant and positive correlation between periphyton and stream insect biomass. The variation of periphyton biomass as producer influenced consumer biomass in the higher energy position of ecological pyramid.

研究分野：水文学

キーワード：バイオマス 栄養塩 食物連鎖 純一次生産量 水生昆虫

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

河川は、河川工事 (e.g., ダム建造や河道直線化) や放流、開発に伴う点源・非点源汚染など他生物圏と比べて多くのストレス要因を有する。代表的な例として、昨年 IUCN (国際自然保護連合) にて絶滅危惧種に指定されたニホンウナギは乱獲および河川生息場の劣化によって個体群が縮小したとされる。放流に関しては、環境保全の名のもとに本来存在しない絶滅危惧種等の放逐 (e.g., ホタルやメダカ) や、釣り目的でのアユやイワナの放流が全国的に頻繁に行われている。これは在来生物との競争や、同種・近縁種との交雑など負の影響をもたらすことが近年問題視されている (Naylor et al., Nature, 2000)。また、将来的な河川生物に対する人為影響の中でも土地利用変化と気候変動が強い影響を与えることが予想されている (Sala et al., Science, 2000)。しかし、これらの影響を定量的に示した研究報告は少なく、ほとんどが地域・生物種の観点において限定的である。

定量的影響評価として、広域の生物量や水産量を推定するモデルが有効である。河川において生物量を推定する研究として、栄養塩濃度や栄養段階間での相互作用等に基づいて水生昆虫や魚類の生産量を推定する生態系モデルの利用 (e.g., Wipfli et al., Can J Fish Aquat Sci, 1998) や、付着藻類量や一次生産量を環境・栄養条件との応答からの予測 (e.g., Morin et al., J N Am Benthol Soc, 1999) が一般的と言える。これら研究の多くは厳密に生物の物理・化学的プロセスを記述しているが、事例研究の域を出ていない。河川管理・生態系保全政策の実務に資するためには、河川生態系全体の広域生物量 (河川総生物量) を推定する必要がある。申請者らの構築した生息場モデル (Nukazawa et al., 2011) は水文モデルや地理情報に基づいて河川生物の広域生息分布を予測できる。この枠組みを応用して総生物量推定に踏み込む研究は、これまで実現出来なかった生物資源量を考慮した流域評価を可能にする点で意義深いと言える。

2. 研究の目的

本研究では、水文モデルと生息場モデル、藻類等の観測等の観測データを用いて、河川総生物量ポテンシャルを流域全域に渡って推定する水文生態モデルの構築を目的とする。水文モデルの利用により、従来まで考慮されなかった流況に依存した生物量の時空間変動も表現できる。最終的には河川総生物量モデルを開発することを目的としている。このモデルによって生態系を維持する河川管理が実現されると考えられた。

まず、河川生態系の底辺を構成する付着藻類を推定するモデルの開発を目的として、名取川流域を対象に、観測と水文モデルに基づいた光合成と洪水剥離を考慮したモデルを開発した。

モデルの開発のためには精度の良い生物量を求める手法が必要である。本研究では環境 DNA と脂肪酸、同位体を用いた食物連鎖を考慮したデータベースの作成も目的とした。

河川水中の無脊椎動物の DNA を対象とし、1) 定量 PCR により得た環境 DNA 濃度と河川水中の全水生昆虫現存量の関係、2) 各水生昆虫目由来の環境 DNA 濃度を、メタバーコーディングから得た各分類群の塩基配列存在比と DNA 定量値を乗じて算出し、従来手法により観察された水生昆虫現存量との関係性を評価した。本技術が水生昆虫を対象に使用できれば、従来の水生昆虫サンプリングが有している諸課題の解決糸口となり、より時空間的に密な生物種数および現存量データを取得できるようになると期待される。

また、河道の開空度の違いによる付着藻類の餌源としての寄与率の違いを解明することを目的として、開空度の異なる秋田県周辺の 4 つの河川を対象に、炭素および窒素の安定同位体比、脂肪酸、そして脂肪酸の炭素安定同位体比を用いた食物網の解析を行った。特に、河川上流部における高次捕食者のイワナに注目することで、生物群集全体の有機物起源の寄与率の推定を試みた。

3. 研究の方法

(1) 付着藻類モデルの開発

Uehlinger らによりスイスの山地河川を試験河川として構築された以下の付着藻類量推定モデルを使用した。モデルは 1 日間隔での藻類量の増減を表している。このモデルの入力値は日平均流量、日平均水温、光量子密度であり、日平均流量と日平均水温は分布型流出モデルから算出された値を使用した。光量子密度については既往研究における日積算日照時間と線形の比例関係を用いて計算した。以上より、本研究では流出モデルにおける河道メッシュごとに時系列的な付着藻類量を算出した。本研究では年間上位 5% の流量が入力された場合に洪水剥離が発生するとした。

観測期間に採取された名取川流域 8 地点の付着藻類量に基づいて、調査地点ごとに最も精度良く付着藻類量が推定されるパラメータの値を推定した。モデルの精度検証については、RMSE を用いた。その結果、6 つのパラメータは調査地点ごとに異なった値を示し、全てのパラメータにおいて流域全体で統一した値を使用することは出来ないと判断し、パラメータの感度分析を行った。感度分析の結果、日増殖速度が他の 5 つのパラメータと比べて付着藻類量の推定に大きく影響を及ぼしていることが分かった。日増殖速度 μ 以外の 5 つのパラメータを流域全において固定し、日増殖速度 μ のみを流域内において変数で与えることとした。日増殖速度 μ は TP 濃度を用いて線形近似で表現できると仮定し、近似式を導いた。

河道内における栄養塩流下プロセスは一次元移流拡散方程式に従うとして、分布型流出モデルを基に分布型リソ流出モデルを構築した。また、本研究では TP が発生する土地利用を森林・

水田・畑・市街地とした。TP は降雨時のみに発生するとして、降雨量に応じて TP が流出する過程を表現した。森林・水田・畑については降雨量に基づく L-Q 式を構築し、負荷流出量を算出した。

(2) 環境 DNA 量と水生昆虫現存量の関係

環境 DNA 分析用に各地点の瀨尻にて河川表面水を 1 L 採水し、実験室にて吸引濾過（ろ紙：GF/F (Whatman), 孔径 0.7 μm , 直径 45 mm) を行った。以降の DNA 抽出、メタバーコーディングライブラリ調整、パイオインフォマティクスは内田ら手法のとおりである。概略すると Folmer が開発したミトコンドリア DNA の CO1 領域(658bp)ユニバーサルプライマーを用い、MiSeq3.0 (Illumina) により塩基配列を解読した。また解析には Forward 側の解読結果のみを使用した。塩基配列が 97%以上の一致度を持つ場合、同一の系統由来を持つとみなして操作上分類群単位 (Operational Taxonomic Unit, OTU) としてまとめた。各 OTU の最頻出配列を代表配列とし、BLAST (NCBI) による分類名同定を行った。BLAST の結果、主要な水生昆虫 8 目 (カゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目、ハエ目、トンボ目、コウチュウ目、カメムシ目、ヘビトンボ目) に属し、かつ、NCBI データベース上の塩基配列と 85%以上の一致率を示すものを取り出した。得られた水生昆虫群集について、調査手法ごと (環境 DNA と採捕調査) に群集間の類似度を計算した。環境 DNA から得られたデータは、OTU 種数として換算し、在 / 不在データとして取り扱い、群集間非類似度は Sorensen 指数により計算した。

(3) 魚の餌起源とその量

イワナは釣りによって、水生昆虫は 250 μm のサーベネットを用いて採取した。付着藻類は石の表面をブラシでこすり、蒸留水で洗い流しながら付着藻類を含む懸濁物質としてポリビンに回収した。陸上植物は水中で分解が進んでいる物を採取した。現地で化学分析用のイワナの筋肉部分を約 2 cm^2 程度切り出して実験室に持ち帰り、分析まで冷凍保存した。水生昆虫は実験室に持ち帰り、可能な限り種レベルまでソーティングをし、冷凍保存した。付着藻類を含む懸濁液はガラスフィルター (Whatman 社 GF/F) で濾過し、冷凍保存した。なお、これらのサンプルは化学分析の直前に凍結乾燥処理を行った。また、各河川では全天球カメラを用いて河畔林の様子を撮影し、全天写真解析プログラム CanopOn2 によって開空度を算出した。

脂肪酸の分析はガスクロマトグラフを利用した。分析条件は 150 (5 分), 150-230 (4 /min), 230 (10 分), 230-250 (4 /min) の昇温プログラムで運転し、キャリアーガスにはヘリウムを用いた。そして、市販の標準物質のリテンションタイムからサンプルに含まれる脂肪酸を同定した。本研究では、餌源に特有なバイオマーカー脂肪酸として細菌: i-15:0, a-15:0, i-17:0, 18:1n7, 緑藻・藍藻: 18:2n6, 18:3n3, 珪藻: 20:5n3, 渦鞭毛藻類: 22:6n3, 陸上植物: LCFA を用いた。

脂肪酸分析に供試した脂肪酸メチルエステルを含むヘキサンを脂肪酸の炭素安定同位体比分析にも供試した。キャピラリーカラムを装填した GC-IRMS で分析した。キャリアーガスにはヘリウムを用い、80-180 (5 /分), 180-205 (0.5 /分), 205-250 (3 /分), 250 (3/分) の昇温プログラムで分析した。脂肪酸の炭素安定同位体比は同化した餌源のそれとほぼ同じ値を示すという性質を利用し、安定同位体比を算出して陸上植物と付着藻類のどちらがより同化されているか求めた。動物サンプルは上述の脂肪酸分析において脂質を抽出したサンプルを 60 で乾燥させた後、スズカップに包み、元素分析装置付き同位体質量分析装置で分析した。

(4) 総合モデル化

名取川流域における付着藻類と水生昆虫の現地調査による定量採取データ、また、名取川流域を対象とした付着藻類量推定モデル、水生昆虫の HSI モデルの計算結果を用いて付着藻類と水生昆虫の量的関係、付着藻類量から河川総生物量の推定の可能性検討した。

4. 研究成果

(1) 付着藻類モデルの開発

分布型栄養塩流出モデルを組み込んだ付着藻類量推定モデルにより、2014 年 7 月から 2015 年 8 月の期間において名取川流域全体における付着藻類量を推定した。付着藻類量推定モデルにおける精度は、調査期間を通した全てのサンプル (n=41) における付着藻類量の実測値と、実測が行われた月の平均付着藻類量の比較によって検証され、RMSE=11.5mg/m²と求められた(図 1)。推定値は観測値との 1:1 の線上に概ね存在し、流域全域の付着藻類量の傾向を知るには問題ないと判断し、付着藻類量の分布推定結果の例として、2014 年 9 月における月平均付着藻類量を図 2 に示す。2014 年 9 月はシミュレーション対象期間のなかで降雨量が少なかった月であり、大きな出水イベントが無く付着藻類の剥離量が小さく、他の実測が行われた月と比較して付着藻類量が比較的大きく表現された。対して 2015 年 6 月はシミュレーション対象期間の中で降雨量が多く記録された月である。この月は出水の影響で河川の TP 濃度が他の月と比較してやや大きな値を示し、それに伴い日増殖速度 μ も比較的大きな値をとった。剥離量も大きい値を示し、月平均付着藻類量は実測が行われた他の月と比べて比較的小さく表現された。また、上流域と比

べて下流域で付着藻類量が比較的高い値を示した。この傾向は、シミュレーション対象期間の全ての月において確認された。下流域では上流域と比較して TP 濃度値が高く推定されており、それによって日増殖速度 μ が大きく表現されたことが主要な要因である。下流域で TP 濃度が高く推定された理由としては、リン排出負荷量の高い市街地が広がっている名取川流域の土地利用に起因していると考えられる。図 1 より、主に St.3 や St.7 で付着藻類量の過小評価が見られる。St.3 における日増殖速度 μ は過小推定されており、これにより付着藻類量の推定値も期間を通して過小評価されたと考えられる。St.7 では、実測期間を通して TP 濃度が過小に推定されており、それによって付着藻類量も過小評価されたと考えられる。

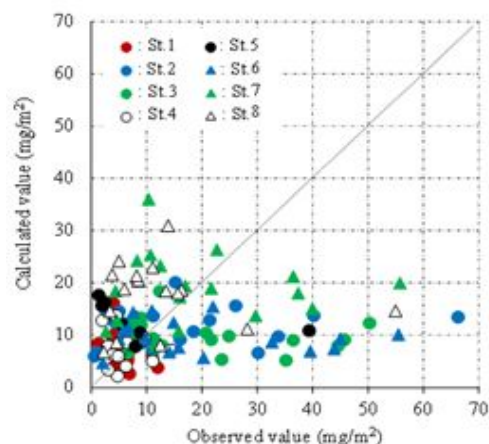


図 1 付着藻類の推定値と実測値

(2) 環境 DNA 量と水生昆虫現存量の関係

メタバーコーディングの結果、参照塩基配列との一致度 85%以上において水生昆虫として同定された塩基配列は 529,682 個であり、これは得られた塩基配列全体の 5.86%であった。全 71 サンプルから水生昆虫に属する OTU は計 9,777 個であった。内訳として、ハエ目 7,732 OTUs、カゲロウ目 1,044 OTUs、トビケラ目 479 OTUs、カメムシ目 223 OTUs、コウチュウ目 152 OTUs、カワゲラ目 90 OTUs、トンボ目 50 OTUs、ヘビトンボ目 70 OTUs であった。生物群集の違いは水温と相関し（環境 DNA; $R^2 = 0.81$, $p = 0.001$, 採捕法; $R^2 = 0.58$, $p = 0.013$), さらに環境 DNA により得られた群集は TN と相関する ($R^2 = 0.51$, $p = 0.046$) ことが判明した。水温は季節的な違い、TN は下流ほど高い濃度を示したことから、環境 DNA は群集の時間的および空間的な違いを評価できる可能性を示した。環境 DNA は環境中におけるその性質（放出・減衰、運搬、保存）のより詳細な理解が必要であるが、環境 DNA を用いた群集解析は水生昆虫においても有用であることが示された。

カゲロウ目、カワゲラ目、ハエ目、トンボ目において個体数密度と環境 DNA 濃度間に相関が確認された。これは、今後環境 DNA を用いてこれら分類群の個体数密度を推定できる可能性を示している。そこで、単回帰分析を行った結果（表 1）、データ間に相関の認められたカゲロウ目、カワゲラ目、ハエ目、トンボ目について有意な単回帰式が得られたが、コウチュウ目、トビケラ目においては得られなかった。この要因として、コウチュウ目は河川水中における個体存在量がそもそも少なかったため、河川水中に放出される環境 DNA 量も少なくなり、DNA の検出が困難であったと考えられる。一方、トビケラ目の採集個体数密度はカゲロウ目と同程度であったが、有意な回帰式は得られなかった。

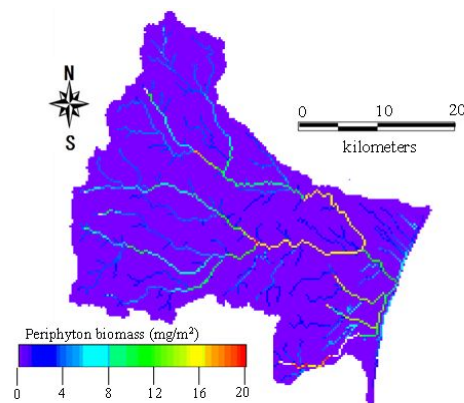


図 2 付着藻類量分布図

表 1 目的関数を各水生昆虫分類群の個体数密度 ($/0.18m^2$), 説明変数を各水生昆虫の DNA 濃度 (copies/L) とした単回帰分析結果。傾き a, 切片 b, 自由度調整済み決定係数, p 値を示す。10% 有意水準以下を太字, 5% 有意水準以下を太字と下線で示す。

Order	a	b	adjusted- R^2	p-value
E (カゲロウ目)	0.40	1.37	0.23	0.06
P (カワゲラ目)	0.92	0.71	0.31	0.03
T (トビケラ目)	0.29	1.29	0.07	0.21
D (ハエ目)	0.53	0.66	0.58	0.00
C (コウチュウ目)	0.12	1.13	-0.09	0.75
O (トンボ目)	-1.12	0.24	0.42	0.01

(3) 魚の餌起源とその量

イワナの脂肪酸組成は地点間で類似する傾向があり、緑藻、珪藻、渦鞭毛藻に由来する脂肪酸が多く含まれていた。珪藻と渦鞭毛層由来の脂肪酸は陸上植物にはほとんど含まれておらず、付着藻類に多く含まれていた。一方、緑藻由来の脂肪酸は陸上植物、付着藻類共に多く含まれていた。本実験では 11 種の水生昆虫を分析したが、今回は 4 地点共通で見られたヒラタカゲロウとマダラカゲロウの 2 種のみを比較対象とした。イワナが直接捕食していると考えられるこれらの水生昆虫においても、緑藻と珪藻の 2 つが高い値を示した。すなわち水生昆虫が付着藻類を食べ、その水生昆虫をイワナが食べることで付着藻類由来の炭素がイワナに利用されていると考えられた。ただし、緑藻由来の脂肪酸がどちらの餌源に由来するのかは本分析結果からは判断できなかった。

イワナの炭素安定同位体比は相対的に付着藻類の値に近く、イワナによる付着藻類由来炭素の利用が考えられた。しかしながら、付着藻類とイワナの炭素安定同位体比にもおよそ 3~5‰の差が見られる。付着藻類から陸上植物由来の脂肪酸が検出されていることから、今回分析に供試した付着藻類サンプルには粒状の陸上植物が含まれていたと考えられる。陸上植物の炭素安定同位体比が低い値を有することを考慮すると、純粋な付着藻類の炭素安定同位体比はもっと高い値を有していた可能性がある。窒素安定同位体比は栄養段階の指標としてしばしば利用されるが、イワナと付着藻類の窒素安定同位体比の差が 6‰程度とあることからイワナは水生昆虫などの別の生物を介して付着藻類由来の炭素・窒素を利用していると考えられる。しかし、成瀬川においてはイワナの窒素安定同位体比が付着藻類と比較して 3‰ほどしか離れていなかった。胃内容物の検鏡など、さらなる解析によって食物レサンスの経路を推定することが望ましい。

脂肪酸組成の分析の結果では、緑藻類に由来する脂肪酸が陸上植物と付着藻類から検出されたため、イワナに含まれる緑藻由来の脂肪酸が、どちらに由来するかを断定することができなかった。そこで、緑藻由来脂肪酸のマーカである 18:2₆ の炭素安定同位体比の比較を行った。結果、4 地点ともにイワナと付着藻類がほぼ同等の値を示した(図 3)。このことから、イワナに含まれていた緑藻由来の脂肪酸は付着藻類由来である可能性が高いといえる。本研究では従来の脂肪酸による食物網解析手法に脂肪酸の炭素安定同位体比を導入することによって、従来の方法では対応できなかった、潜在餌源に同一の脂肪酸が含まれている場合でも、動物の餌源を特定することが可能となった。

(4) 総合モデル化

名取川流域に上流域から下流域にかけて計 23 地点の計算地点を設定し、各地点における HSI モデル、付着藻類量推定モデルの値を用いた。対象期間における単位面積あたりの付着藻類量の平均値と作成された 41 分類群の HSI の総和の関係を図-4 に示す。付着藻類量の値が 8mg/m² 程度までは付着藻類量の増加に伴い、HSI の増加の傾向がみられ、付着藻類量の値が 8mg/m² を超えて増加すると HSI は減少する傾向がみられた。この結果から、水生昆虫には生息適正を最大化する付着藻類量があり、その量を超える藻類量が存在する環境は水生昆虫の生息適正は低くなると考えられる。富栄養化した河川における付着藻類量の大量繁茂は水質汚濁につながる事が知られている。大量繁茂した付着藻類による夜間の呼吸により DO (溶存酸素) 濃度が低下し、河川生物の生息に不適な環境となる。加えて、水生昆虫の生物量が少ない環境は、水生昆虫が豊富に存在する環境と比較して付着藻類に対する摂食圧が弱く、付着藻類は高い現存量を維持しやすいと考えられる。

本課題全体から、例えば魚や高次消費者量を付着藻類から推定できることが理解されたが、河川生物総量を精度よく推定するには時空間変化の偏差が大きく、今後、さらなるデータ収集、分析、モデルの精緻化が必要である。

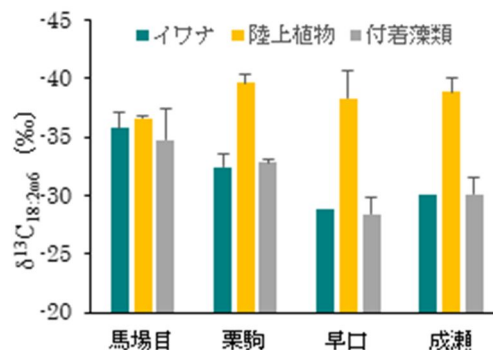


図 3 イワナ、付着藻類、陸上植物に含まれる 18:2₆ の炭素安定同位体比の関係

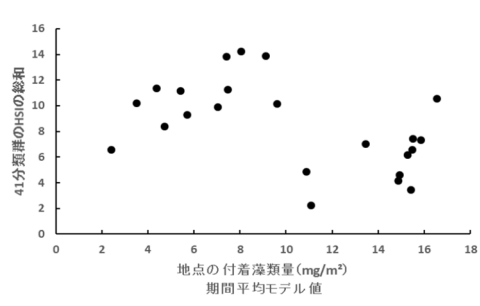


図 4 モデル計算による付着藻類量の期間平均値と 41 分類群の HSI の総和の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 Kei Nukazawa, Ryosuke Arai, So Kazama, Yasuhito Takemon	4. 巻 642
2. 論文標題 Projection of invertebrate populations in the headwater streams of a temperate catchment under a changing climate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	6. 最初と最後の頁 610-618
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2018.06.109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nukazawa, K., Hamasuna Y., Suzuki Y.	4. 巻 52
2. 論文標題 Simulating the advection and degradation of the environmental DNA of common carp along a river	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 10562-10570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.8b02293	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 白坂厚大, 糠澤桂, 鈴木祥広	4. 巻 74
2. 論文標題 宮崎県耳川における発電用ダムによる流況変化が河川生態系へ与える影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 I_139-I_146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 大原光司, 湯上洋平, 川畑達矢, 藤林恵, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 74
2. 論文標題 脂肪酸組成分析を利用した内湾一次生産の制限因子の評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 53-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Megumu Fujibayashi, Kunihiro Okano, Yoshihiro Takada, Hitoshi Mizutani, Noriko Uchida, Osamu Nishimura, Naoyuki Miyata	4. 巻 188
2. 論文標題 Transfer of cyanobacterial carbon to a higher trophic-level fish community in a eutrophic lake food web: fatty acid and stable isotope analyses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oecologia	6. 最初と最後の頁 901-912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00442-018-4257-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 So Kazama, Kengo Watanabe	4. 巻 367
2. 論文標題 Estimation of periphyton dynamics in a temperate catchment using a distributed nutrient-runoff model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Modelling	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolmodel.2017.11.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 田中美香, 梅田信, 田中仁, 新谷哲也	4. 巻 54
2. 論文標題 浅い汽水湖における塩水流動解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東北地域災害研究	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 梅田信, 西村亜紀	4. 巻 73
2. 論文標題 汽水湖のヤマトシジミ生息に関する現地実験と数値解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_961-I_966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡邊健吾, 風間聡	4. 巻 73
2. 論文標題 分布型栄養塩流出モデルを用いた名取川流域の付着藻類量推定	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1153-I_1158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平賀優介, 風間聡, 峠嘉哉	4. 巻 73
2. 論文標題 メコン河下流域における洪水氾濫と純一次生産力の関係	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_307-I_312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 齋藤優人, 風間聡, 会田俊介	4. 巻 73
2. 論文標題 室内融雪実験による地温勾配の一次元解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_25-I_30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 糠澤桂, 林達也, 風間聡, 高橋真司	4. 巻 73
2. 論文標題 砂防堰堤のスリット化に伴う生息場と底生動物群集の時系列変化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 土木学会論文集G(環境)	6. 最初と最後の頁 III_553-III_558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nukazawa, K., Kazama, S., Watanabe	4. 巻 10
2. 論文標題 Catchment-scale modeling of riverine species diversity using hydrological simulation: application to tests of species-genetic diversity correlation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ecohydrology	6. 最初と最後の頁 e1778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eco.1778	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 A. Morita, S. Touyama, T. Kuwae, O. Nishimura, T. Sakamaki	4. 巻 184
2. 論文標題 Effects of watershed land-cover on the biogeochemical properties of estuarine tidal flat sediments: a test in a densely-populated subtropical island	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 207-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2016.11.019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 内田典子, 久保田健吾, 会田俊介, 風間聡	4. 巻 1
2. 論文標題 環境DNA解析に基づく宮城県名取川水系中流域における水生昆虫群集構造の時系列変化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用生態工学	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長田祐輝, 藤林恵, 丸尾知佳子, 高橋真司, 田中伸幸, 西村修	4. 巻 43
2. 論文標題 水田生態系における底質の必須脂肪酸組成と出現底生動物科数の関係	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 水環境学会誌	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 野中健太郎, 藤林恵, 松野匠, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 75
2. 論文標題 志津川湾の湾奥河口部と湾中部における動物群集のトロフィックマーカー組成の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境工学)	6. 最初と最後の頁 111_255-111_263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 内田典子, 久保田健吾, 会田俊介, 風間聡	4. 巻 75
2. 論文標題 メタバーコーディングと定量PCRから得た水生昆虫環境DNA量と水生昆虫現存量の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境工学)	6. 最初と最後の頁 _281- _288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 青森壮汰, 藤林恵, 岡野邦宏, 高田芳博, 宮田直幸	4. 巻 75
2. 論文標題 脂肪酸組成を指標とした小型甲殻類のアオコ形成藍藻類に対する餌利用評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境工学)	6. 最初と最後の頁 367- 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 大原光司, 湯上洋平, 藤林恵, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 75
2. 論文標題 脂肪酸組成分析を利用した内湾の一次生産に及ぼす湾外起源水混合の影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境工学)	6. 最初と最後の頁 111_375-111_384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 糠澤桂, 有働祐也, 鈴木祥広	4. 巻 75
2. 論文標題 宮崎県小丸川水系の底生動物の個体数変動における餌資源因子の影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 11_511-11_516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Megumu Fujibayashi, Yoshie Miura, Reina Suganuma, Shinji Takahashi, Takashi Sakamaki, Naoyuki Miyata, So Kazama	4. 巻 9
2. 論文標題 Origin of carbon and essential fatty acids in higher trophic level fish in headwater stream food webs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomolecules	6. 最初と最後の頁 487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/biom9090487	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Megumu Fujibayashi, Maoko Ashino, Kunihiro Okano, Naoyuki Miyata	4. 巻 107
2. 論文標題 Spatial and seasonal variability of sedimentary organic matter and its origin in an algalblooming eutrophic lake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ecological Indicators	6. 最初と最後の頁 105557
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolind.2019.105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 森田陽・内田典子・会田俊介・風間聡
2. 発表標題 室内水槽実験による環境DNAの分解速度推定
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 城間ミラ・風間聡
2. 発表標題 状態空間モデルおよびベイズ推定法を用いたアユの個体数推定
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内田典子・風間聡・会田俊介・久保田健吾
2. 発表標題 河川水中環境DNAのメタバーコーディングと定量PCRから迫る水生昆虫群集の現存量推定
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤慧武, 横尾善之, 石川克典
2. 発表標題 東鴉川流域における炭素動態の推定
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畠山勇二, 川畑達矢, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 カキ養殖場から発生する沈降有機物の空間的起源と酸素消費速度
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noriko Uchida, So Kazama, Kengo Kubota, Shunsuke Aita
2. 発表標題 Characteristics and seasonal fluctuations of invertebrate species eDNA concentration in forest, agriculture, and urban river
3. 学会等名 The 6th International Symposium on Water Environment Systems --with Perspective of Global Safety (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白坂厚大, 糠澤桂, 鈴木祥広
2. 発表標題 宮崎県耳川水系における流況変化が河川生態系に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nukazawa, K., Hamasuna, Y., Suzuki, Y
2. 発表標題 Longitudinal degradation pattern of stream environmental DNA of common carp using an advection-decay model
3. 学会等名 TJS Water 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 糠澤桂, 浜砂有紀, 鈴木祥広
2. 発表標題 河川におけるコイ環境DNAの移流と減衰に関する研究
3. 学会等名 応用生態工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nukazawa, K., Shirasaka, K., Suzuki, Y.
2. 発表標題 Impacts of flow alteration by reservoir dams on stream organisms: a localized analysis
3. 学会等名 ISE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Youhei Yugami, Koji Ohara, Osamu Nishimura, Takashi Sakamaki
2. 発表標題 Effects of river and offshore water on primary production in the inner part of Shizugawa Bay
3. 学会等名 International Conference on the Environmental Management of the Enclosed Coastal Seas (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Sakamaki, Megumu Fujibayashi
2. 発表標題 Testing connections of an inner-bay food web system with riverine material inputs
3. 学会等名 ASLO (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯上洋平, 大原光司, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 志津川湾奥部の脂肪酸生産に及ぼす湾外からの窒素・リン流入の影響
3. 学会等名 水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野中健太郎, 松野匠, 坂巻隆史
2. 発表標題 底生動物のトロフィックマーカーを同化した捕食性魚類体内組成の応答
3. 学会等名 水環境学会東北支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Megumu Fujibayashi, Sota Aomori, Yoshihiro Takada, Kunihiro Okano, Hitoshi, Mizutani, Naoyuki Miyata
2. 発表標題 Fatty acid analysis reveals dietary utilization of cyanobacteria by fish in a eutrophic lake
3. 学会等名 Congress of International Society of Limnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noriko Uchida, So Kazama, Kengo Kubota, Kei Nukazawa
2. 発表標題 Longitudinal and Seasonal Profiles of Concentration of Environmental DNA for Stream Invertebrates in Fresh Water
3. 学会等名 XVI World Water Congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 会田俊介, 内田典子, 風間聡
2. 発表標題 環境DNAの減衰係数推定のための室内水槽実験
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 内田典子, 風間聡, 久保田健吾, 会田俊介
2. 発表標題 名取川流域における無脊椎動物環境DNA量と水生昆虫現存量の季節変動解析
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金山祐太, 糠澤桂, 鈴木祥広
2. 発表標題 宮崎県耳川流域におけるダム放流を考慮した流出解析
3. 学会等名 土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nukazawa, K., Kazama, S., Watanabe, K
2. 発表標題 Catchment-scaled species diversity modeling of stream invertebrates using a hydrological simulation
3. 学会等名 HydroEco2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松野匠, 坂巻隆史, 西村修
2. 発表標題 捕食性魚類のトロフィック・マ - カ - の基づく河川影響を受ける内湾食物網の解析
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯上洋平, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 志津川湾奥河口部における河川および外洋からの流入水の影響
3. 学会等名 日本水環境学会東北支部発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋秀実, 横尾善之, 別生奈津子
2. 発表標題 衛星データを利用した流域内の純一次生産量の推定および河川への炭素供給に関する研究
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Umeda, Aki Nishimura
2. 発表標題 Analysis on growth and population dynamics of brackish water bivalve <i>Corbicula japonica</i> in Lake Jusan, Japan
3. 学会等名 Vietnam-Japan Workshop on Estuaries, Coasts and Rivers (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中美香, 梅田信, 田中仁, 新谷哲也
2. 発表標題 浅い汽水湖における塩水流動解析
3. 学会等名 東北地域災害研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青森壮汰, 藤林恵, 高田芳博, 芦野真央子, 岡野邦宏, 宮田直幸
2. 発表標題 脂肪酸を用いた八郎湖における食物網解析 - アオコは餌として利用されているのか? -
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Megumu Fujibayashi
2. 発表標題 Dietary utilization of cyanobacteria in fish community in shallow eutrophic lake, Lake Hachiro: Fatty acid and stable isotope analyses
3. 学会等名 ISRLE2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西村亜紀
2. 発表標題 十三湖のヤマトシジミ生息環境に関する現地実験と数値解析
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊健吾
2. 発表標題 付着藻類量の時空間変動推定を目的とした名取川流域の栄養塩濃度推定
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 内田典子
2. 発表標題 名取川流域における河川水中のミトコンドリアDNA濃度の時系列解析
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤郁
2. 発表標題 カンボジアkandal州における地表水ヒ素汚染の実態調査
3. 学会等名 土木学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kota NAKAGUCHI
2. 発表標題 The Distribution and Characteristics on Frequent Flooded Area of Inland Inundation in Metropolitan Areas in Japan
3. 学会等名 AOGS (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Y. Sugawara
2. 発表標題 Relationship between probabilistic precipitation and flood discharge by DAD (depth, area, duration)
3. 学会等名 AOGS (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nukazawa, K.
2. 発表標題 Adaptive genetic consequences of climate change for stream insects: a hydrothermal simulation approach
3. 学会等名 APD-IAHR (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 野中健太郎, 松野匠, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 志津川湾におけるトロフィックマーカーを用いた食物網構造解析
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大原光司, 山口慶, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 河川からの無機栄養塩供給が内湾の脂肪酸生産におよぼす影響
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口慶, 大原光司, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 内湾の粒状有機物生産におよぼす栄養塩添加パターンの影響
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 室井亮太, 横尾善之
2. 発表標題 東鴉川流域の炭素収支および炭素流出量の変動特性の推定
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nukazawa K., Akahoshi K., Suzuki Y.
2. 発表標題 Dynamics of stream environmental DNA focusing on transport, bacteria and particle size
3. 学会等名 AOGS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akira Morita, Noriko Uchida, So Kazama
2. 発表標題 Modeling of eDNA in Rivers by a Lab Experiment
3. 学会等名 AOGS (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森田陽, 内田典子, 会田俊介, 風間聡
2. 発表標題 名取川水系における水生昆虫と付着藻類の関係分析
3. 学会等名 土木学会年次講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Takashi Sakamaki	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 235
3. 書名 Integrated Coastal Management in the Japanese Satoumi: Restoring Estuaries and Bays	

〔産業財産権〕

〔その他〕

水環境システム学研究室 http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	西村 修 (Nishimura Osamu) (80208214)	東北大学・工学研究科・教授 (11301)	
研究分担者	小森 大輔 (Komori Daisuke) (50622627)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	坂巻 隆史 (Sakamaki Takashi) (60542074)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	梅田 信 (Umeda Makoto) (10447138)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	竹門 康弘 (Takemon Yasuhiro) (50222104)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	
研究分担者	横尾 善之 (Yokoo Yoshiyuki) (90398503)	福島大学・共生システム理工学類・准教授 (11601)	
研究分担者	糠澤 桂 (Nukazawa Kei) (20725642)	宮崎大学・工学部・助教 (17601)	
研究分担者	藤林 恵 (Fujibayashi Megumi) (70552397)	秋田県立大学・生物資源科学部・助教 (21401)	