

一次元物質動態シミュレーションに基づく 河川における環境 DNA 濃度が反映するアユ生息域の検討

山口大学大学院創成科学研究科 学生会員 ○小林 勘太
山口大学大学院創成科学研究科 教授 正会員 赤松 良久

1. 背景

河川水中の生物由来の DNA を分析し、河川生物の生息状況を把握することができる環境 DNA と呼ばれる技術が急速に普及しつつある。しかし、河川において採水した水から得られる環境 DNA が上流のどの程度の範囲を反映しているかについては十分な検討がなされていない。

そこで本研究では、アユを対象種とし、環境 DNA の由来とされる糞や粘液に着目し、流水環境下における動態をシミュレーションすることで、河川における環境 DNA がどの程度の範囲の生物量と対応するのかを推定した。

2. 方法

(1) 研究対象域

島根県の一級河川である高津川の河口から 3.8～11.0 km の区間を研究対象域とした(図-1)。河野ら¹⁾において、この区間で河川生態系モデルが開発されており、(2)においてアユの生物量、糞・粘液の濃度を予測するにあたり、環境の条件などの十分な観測データが存在することから、この区間を研究対象域に選定した。

(2) 河川生態系モデルを用いたアユの分布およびアユからの環境 DNA 含有物質の排出量の予測

本研究では、河野ら¹⁾の生態系モデルを用いて、検討区間におけるアユの生物量の分布、及び排出される糞・分泌物の放出量を予測した。この河川生態系モデルは、河川流動モデル、熱収支モデル、物質輸送モデル、生物成長モデル、生物の空間分布予測モデルの 5 つのサブモデルで構成されている。また、このモデルは計算負荷の軽減のため、水理量、水温、栄養塩については一次元計算(50m 間隔)、生物については平面二次元計算(5×5m)で行われる。魚類の成長モデルでは、摂餌、排糞、分泌、呼吸、自然死亡、非捕食が考慮されている。ただし、産卵期の放精は取り扱われていない。そこで、検討対象種であるアユの産卵期から外れた時期かつ、河野ら¹⁾において空間分布予測モデル作成のための調査が行われた 5 月

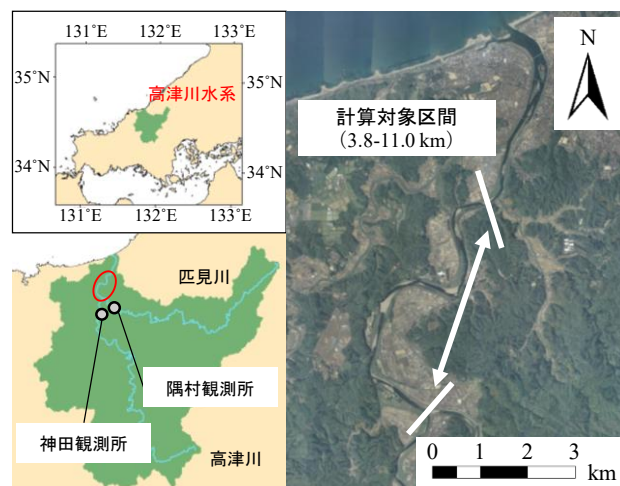


図-1 研究対象域。

を対象として、アユの生物量の分布、及び糞・分泌物の排出量の計算を行った。検討に当たり、計算条件には河野ら¹⁾に示された計算条件の内、2018 年 5 月の日中における平均値を与え、計算区間上流端の流量は、神田、隅村観測所での 2018 年における平水流量の合計値とした。この条件で計算を行った際に得られたアユの生物量の空間分布の初期値、及びそこから発生する糞・分泌物の排出量を以降の検討に用いた。なお、アユの単位生物量当たりの糞、分泌物の排出量は一定とした。また、アユの生物量、糞・分泌物の排出量は平面二次元計算の格子ごとに計算されるため、一次元物質動態シミュレーション及び結果の比較を行うにあたり、隣り合う一次元計算格子間の生物量、糞・分泌物の排出量の合計を下流側の格子に与え、一次元計算格子ごとの生物量、糞・分泌物の排出量とした。

(3) 環境 DNA 含有物質動態シミュレーション

環境 DNA 含有物質の一次元物質流動シミュレーションには、山口ら²⁾の流れおよび物質輸送モデルを用いた。糞・粘液の粒形、密度は山口ら²⁾の実験で得られた値を用いた。また、生態系モデルで算出された分泌物はすべて粘液として取り扱い、粘液の粒形、密度を適用した。沈

キーワード 環境 DNA, 河川生物, 一次元物質動態シミュレーション, 糞・粘液, アユ, 河川生態系モデル
連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9339

降速度は、山口ら²⁾に従い、Stokes 式により算出した。計算条件について、上流端流量は(2)と同様とし、(2)で算出した各一次元計算格子における糞、粘液の排出量を与えた。計算開始後、最下流端における環境 DNA 含有物質濃度が安定した際の各一次元計算格子における濃度を、以降の検討に用いた。ここで、糞と粘液を合わせた濃度を環境 DNA 含有物質濃度とした。

(4) 生物量と環境 DNA 含有物質濃度の比較

(2)で得られたアユの生物量と(3)で得られた各一次元計算格子における環境 DNA 含有物質濃度の相関関係を複数の空間スケールで検討した。検討を行うにあたり、各一次元計算格子の環境 DNA 含有物質濃度と、その上流 50 m の範囲内に存在するアユの生物量の相関係数を求めた。その後、検討範囲を一次元計算格子間隔に合わせて上流方向に 50 m ずつ延長していき、各一次元計算格子における環境 DNA 含有物質濃度と、その上流の検討範囲内に存在するアユの総生物量の相関係数を求めた。

3. 結果と考察

図-2 にアユの生物量と環境 DNA 含有物質濃度の縦断分布を示す。アユの生物量と環境 DNA 含有物質濃度の縦断分布は概ね同様の傾向を示した。ただし、環境 DNA 含有物質濃度がピークを示す位置は、生物量がピークを示す位置の下流側にずれていた。これは、本検討において設定した粒径の環境 DNA 含有物質は、すぐに沈降することなく、ある程度流下するため、生物量がピークを示す下流側の地点で環境 DNA 含有物質濃度がピークを示したと考えられる。

図-3 に各検討範囲での環境 DNA 含有物質濃度と上流のアユの総生物量の相関係数を示す。検討を行う範囲が 50~700 m 程度の場合は、範囲を長くするほど相関係数は高くなる傾向を示した。しかし、700 m 以上検討範囲を長くした場合は、相関係数は僅かに高くなるのみであり、1000 m 上流の範囲で検討を行う場合にピークを示し、それ以上検討範囲を長くした場合は、相関係数は減少した。

以上のことから、河川における環境 DNA 濃度は採水地点直上のみでなく、ある程度上流の範囲に生息する個体の影響を受けると考えられ、採水地点より 700 m~1000 m 程度上流の区間の影響を強く反映することが示唆された。これは、赤松ら³⁾において、環境 DNA が生物量を反映する範囲は 400~800 m であるという結果とおよそ一致する結果となった。

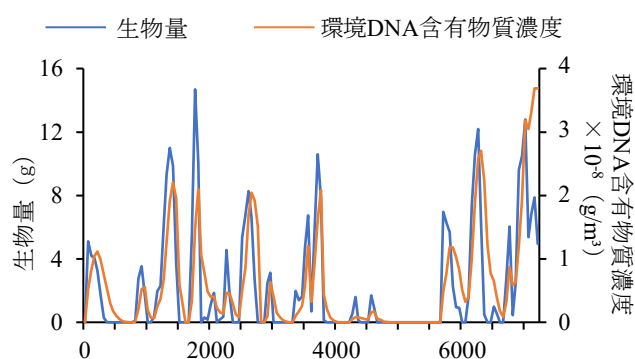


図-2 アユの生物量と環境 DNA 含有物質濃度の縦断分布。

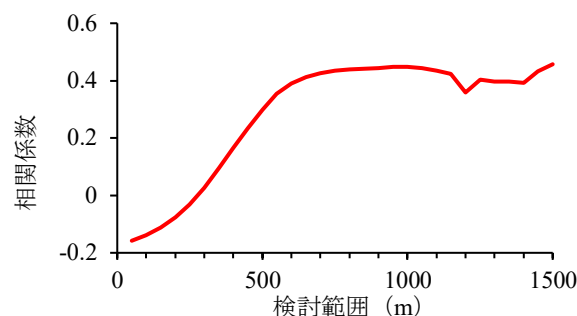


図-3 各検討範囲での環境 DNA 含有物質濃度と上流のアユの総生物量の相関係数。

4. 結論

本研究では、高津川の下流域を対象として、河川生態系モデルを用いてアユの生物量および放出される環境 DNA 含有物質の分布予測を行い、一次元動態シミュレーションにより環境 DNA 含有物質濃度の縦断分布を推定した。この結果から、環境 DNA 含有物質濃度と上流のアユの総生物量の相関関係を検討することによって、ある地点の環境 DNA 濃度は採水地点より 700 m~1000 m 程度上流の区間の影響を強く反映することが示唆された。

参考文献

- 1) 河野誉仁, 赤松良久, 乾隆帝: 河川生態系モデルを用いた河床掘削が河川生物に及ぼす影響予測, 土木学会論文集, 第 76 巻, 第 1 号, pp.81-97, 2020.
- 2) 山口皓平, 赤松良久, 乾隆帝, 後藤益滋, 河野誉仁, 栗田喜久: 河川における環境 DNA 含有物質の動態に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B1(水工学), 第 74 巻, 第 5 号, pp.I_409-I_414, 2018.
- 3) 赤松良久, 乾隆帝, 一松晃弘, 河野誉仁, 土居秀幸: 環境 DNA を用いた河川内の魚類現存量推定に関する基礎的検討, 土木学会論文集 B1(水工学), 第 73 巻, 第 4 号, pp.I_1111-I_1116, 2017.