

「幻の魚」イトウの生息域を最新技術ではじめて解明

～希少種分布の網羅的把握と生息環境の限定要因解明への貢献に期待～

ポイント

- ・生態学の最新技術である環境 DNA 解析を駆使して絶滅危惧種イトウの生息域推定に成功。
- ・北海道内の 120 河川中、7 河川でイトウ分布の証拠となる DNA を検出。
- ・捕獲や目視に頼らず、環境 DNA 検出による希少生物の分布や生息環境の解明に期待。

概要

北海道大学大学院農学研究院の荒木仁志教授らの研究グループは、生態・分布に謎が多く「幻の魚」とも呼ばれる絶滅危惧種イトウの生息域解明のため、環境 DNA^{*1} 解析と呼ばれる最新技術を駆使した研究を行ってきました。その結果、川の水からイトウ由来の DNA を検出することで、対象種に触れることなく自然河川での生物量や生息環境を北海道内で網羅的に推定することに成功しました。

研究グループではイトウの生息が期待される北海道内 120 河川について、2015 年から 3 年にわたり河川水を採集し、そこから取り出した環境 DNA を基にイトウ由来の DNA を増幅・検出する解析を行いました。その結果、イトウは北海道内全域の少なくとも 7 河川に分布していることがわかりました。一方、これらの河川で環境 DNA から推定された生物量には大きな隔たりがあり、道北・道東以外の河川ではイトウ個体群が絶滅の危機に瀕している可能性が示唆されました。

また、この解析に基づく推定イトウ分布に、地理情報システム (GIS) による地形・土地利用に関するデータを組み合わせることで、イトウ生息河川の特徴として流域地形の起伏が穏やかであること、流域に湿地やラグーン^{*2}が存在することなどを明らかにしました。

これらの発見は、イトウが棲みやすい河川流域環境の在り方を示すと共に、野外で捕獲や目視の困難な希少種、絶滅危惧種の広域分布・生態の解明に環境 DNA 解析技術が特効薬となり得ることを示しています。また外来種侵入の早期発見の可能性と併せ、今後の更なる技術発展・社会実装が生物多様性保全に大きく貢献する可能性を示した結果ともいえます。

なお、本研究成果は、2020 年 11 月 6 日 (金) *Frontiers in Ecology and Evolution* 誌にオンライン掲載されました。



産卵遡上する「幻の魚」イトウと環境 DNA 調査風景。[撮影・写真提供：阿部幹雄氏]

【背景】

生物多様性の維持が世界的な課題となるなか、日本最大の淡水魚でありながら「幻の魚」と呼ばれるまでに減ってしまったサケ科魚類、イトウ (*Parahucho perryi*)の生態や分布の多くは謎に包まれたままとなっています。国際自然保護連合 (IUCN) のレッドリストでも「絶滅寸前 (CR)」に分類されているイトウの分布や生物量については、これまでも局所的な調査・研究は行われてきました。しかし、イトウは川の上流から河口、沿岸域に至るまでを広く使って生活する魚です。野生個体数が減少し、いつどこにどれだけいるかもわからない野生生物を捕まえて調査するのは容易ではありませんでした。

そこで北海道大学大学院農学研究院の荒木仁志教授らの研究グループが目にしたのが研究開始当時、まだその言葉を知る人も少なかった「環境 DNA」でした。環境 DNA とは生物から剥がれ落ちた細胞や細胞内小器官に含まれる DNA のことで、これを解析することで持ち主となる生物の情報が得られます (図 1)。最近でこそネス湖のネッシー調査等で社会的知名度も上がりつつある環境 DNA ですが、野生生物、特に魚を含む脊椎動物が環境中に検出できるほど多くの DNA を放出しているとは、2008 年にフランスでウシガエルを用いた世界初の環境 DNA 研究論文が発表されるまで、世界中の誰もが想像していませんでした。

研究グループは環境 DNA 技術が幻の魚イトウの実態を解明するのに役立つと考え、北海道大学大学院農学研究院の水本寛基博士を中心に様々な準備と検証を行ってきました。研究グループはまず、イトウ生息の証拠となる、イトウに固有の DNA 配列を増幅する手法を確立しました。この方法を使えば、「イトウがいない所では反応しないが、近くにイトウがいる場所で汲んだ水からはイトウの生物量に比例した量の環境 DNA を検出する」ことが出来ます。言葉でいうのは簡単ですが、このことを科学的に検証するため近縁種の DNA を集めたり、大掛かりな水槽実験でイトウの数や大きさを変えて環境 DNA 量を推定したりと、様々な試行錯誤を繰り返してきました (これらの結果の一部は Mizumoto et al. 2018, Limnology 19:219-227 を参照 [この論文は 2020 年 Limnology Excellent Paper Award を受賞])。これらの準備と並行して北海道内全域の河川で採水調査を行い、ようやくイトウの広域分布を最新かつ一貫した科学的手法で調べることが可能になりました。

【研究手法】

本研究では 2015 年から 2018 年にかけて、北海道内全域の 120 河川を対象として環境 DNA 解析用の河川水サンプルを収集しました。そこから細心の注意を払って環境 DNA を抽出し、予め開発・検証していたイトウの DNA のみを検出する定量 PCR 解析^{*3}を行うことで、河川におけるイトウ DNA の有無やその量 (濃度) を推定しました (図 1)。更に、得られたイトウの在不在情報と地理情報システム (GIS: Geographic Information System) に基づく地形・土地利用に関するデータを組み合わせることで、イトウの生息域を決定・制限する要因の解明を試みました。

【研究成果】

定量 PCR 解析の結果、全道 120 河川のサンプルのうち 7 河川からイトウの環境 DNA が検出されました (図 2)。このうちの 2 河川では過去にイトウの目視や捕獲記録がなく、本研究においてはじめてイトウの生息が示唆されました。イトウ DNA が検出された河川は道内にまばらに分布していましたが、イトウ DNA の検出量は、道北・宗谷地方と道東・釧路地方に大きく偏っていました (図 2)。このことから、イトウは道内各地に生息する可能性があるものの、宗谷地方と釧路地方以外のイトウは極めて少なく、その多くの個体群が絶滅の危機にさらされている可能性が示唆されました。

また、推定されたイトウ分布と GIS を組み合わせた解析からは、流域地形の起伏が緩やかで、湿地やラグーンなどの地形がある環境がイトウの生息に正の影響を与えていることが示されました。これらの環境要因はこれまでもイトウの生息に重要であることが示唆されてきましたが、本研究では更に、河川あたりのダムの数や流域内の人口密度など、イトウの生息にはこれまで負の影響を与えると考えられてきた環境要因が、イトウの現在の分布とは正の相関にあることが示されました。これは時代と共に、20 年以上も生きるイトウの生息環境にダムや人口密集地が侵入してきたことを示唆しているのかもしれませんが。これらの環境要因が実際に彼らの生息にどう寄与するのかについては今後精査の必要がありますが、「起伏の緩やかな地形や湿地やラグーンが存在がイトウの生息には重要である」という結果は一貫しており、イトウの生息環境要因の中でも特に重要なものであるといえるでしょう。

【今後への期待】

水圏生物は野生生態の観察や調査が難しく、これまで世界中の多くの種で絶滅の危機が懸念されながらもその実態を把握することが困難とされてきました。本研究で「幻の魚」イトウを通して培われた環境 DNA 技術は、現場では水を汲むだけの簡便な技術です。これを他の希少種や絶滅危惧種に応用することで、希少生物の長期的かつ網羅的なモニタリングが可能となるでしょう。外来生物の早期発見にも役立ちます。

また、このような技術を市民参加型調査へと転用する試みも始まっています。これにより、地域の市民や子供たちが身近な自然を自らの手で見守る社会の実現に貢献し得るものと期待しています。

論文情報

論文名	An environmental DNA survey on distribution of an endangered salmonid species (環境 DNA を用いた絶滅危惧種イトウの分布に関する研究)
著者名	水本寛基 ¹ , 三塚多佳志 ² , 荒木仁志 ¹ (¹ 北海道大学大学院農学研究院, ² パシフィックコンサルタンツ株式会社)
雑誌名	Frontiers in Ecology and Evolution (生態進化学の専門誌)
DOI	10.3389/fevo.2020.569425
公表日	2020 年 11 月 6 日 (金曜) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院農学研究院 教授 荒木仁志 (あらかしひとし)

T E L 011-706-3893 F A X 011-706-2494 メール arakah@res.agr.hokudai.ac.jp

U R L <http://lab.agr.hokudai.ac.jp/animalecology/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimuhokudai.ac.jp

【参考図】

環境DNA解析の流れ

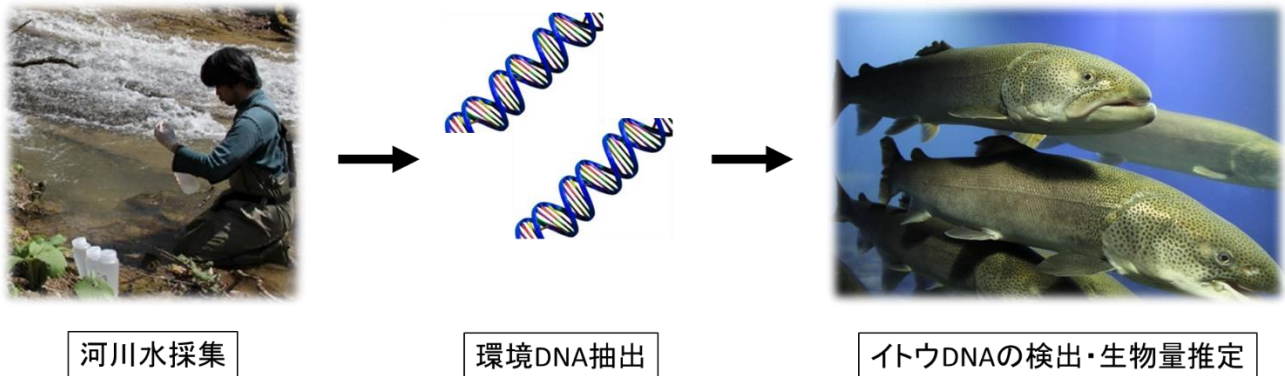


図 1. 環境 DNA を用いたイトウ研究の概略図。

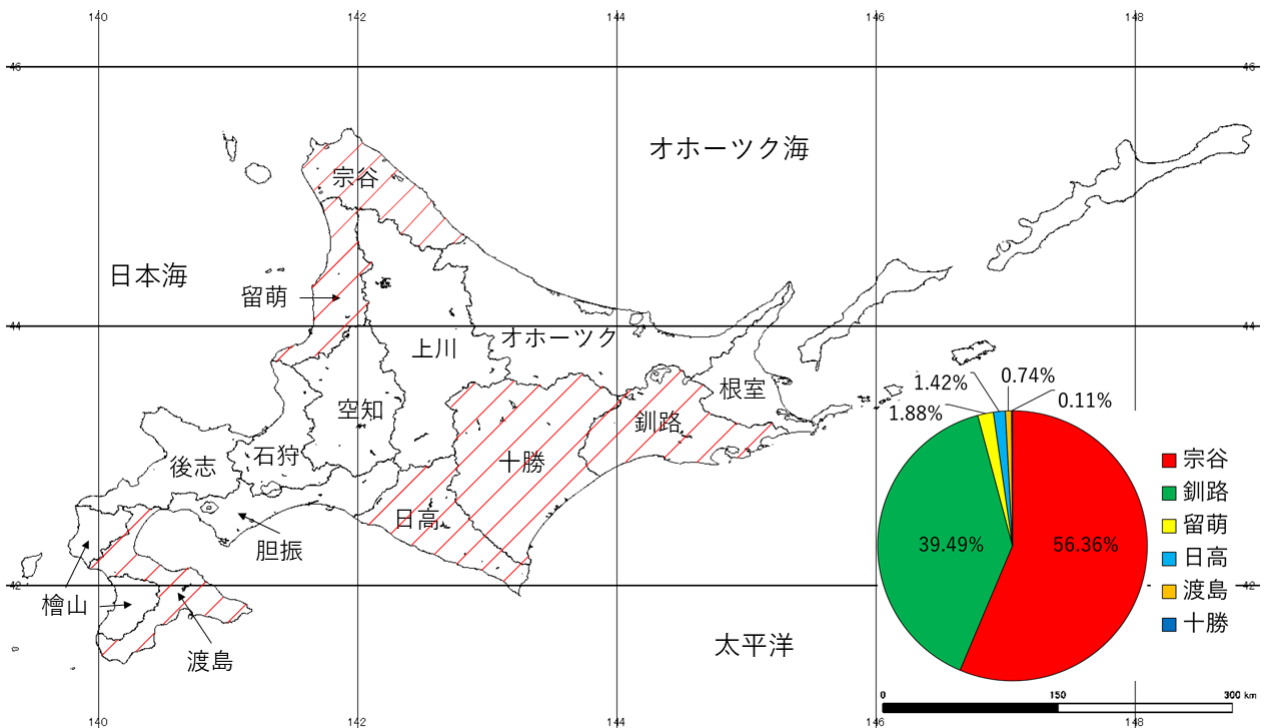


図 2. 北海道総合振興局の地図。イトウ環境 DNA が検出された振興局は赤斜線で表記されています。円グラフは道内全域で検出されたイトウ環境 DNA の総量に対して、検出のあった振興局が何%を占めているかを示しました。調査河川の詳細についてはイトウの保全の観点から示していません。

【用語解説】

- *1 環境 DNA …生物が河川水など周囲の環境に放出した糞や表皮などに含まれる DNA のこと。
- *2 ラグーン…かつて海であった場所が、砂州の発達等により外海から隔離され湖沼化した地形のこと。
- *3 定量 PCR 解析 …サンプルに含まれる標的 DNA の量を推定することができる PCR 解析のこと。