

オショロコマと外来カワマスの交雑を確認

～希少在来魚の保全政策に貢献～

ポイント

- ・希少在来魚オショロコマと北米原産のカワマスが野外で交雑していることを DNA 解析から証明。
- ・雑種も子孫を残していることが示唆され、在来種の遺伝子汚染が懸念。
- ・日本では北海道にのみ生息する絶滅危惧種オショロコマの保全政策を考える上で貴重な知見。

概要

北海道大学大学院環境科学院博士後期課程（在籍時）の福井 翔氏，同博士前期課程（在籍時）の澤田史香氏，同大学院地球環境科学研究院の小泉逸郎准教授と北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場の春日井潔研究主幹らの研究グループは，日本では北海道だけに生息する絶滅危惧種であるオショロコマ（サケ科イワナ属魚類）と北米原産の外来カワマスが野外で交雑していることを DNA 解析から明らかにしました。また，両者の雑種*¹（雑種第 1 世代*²）は妊性があり，雑種第 2 世代目以降も存在していることも確認されました。さらに，ある交雑個体は同じ河川に生息する別種であるイワナ（アメマス）のミトコンドリア DNA*³ を保有していました。今回の調査ではカワマスとアメマスの交雑個体は確認されませんでした，過去には複数の河川で報告されています。

これらの事実から，人為的に移入されたカワマスが北海道の在来イワナ属 2 種の純粋な遺伝子を攪乱する（遺伝子汚染*⁴）可能性が示唆されました。オショロコマとカワマスは外見が似ており，特に雑種 2 世代目以降では判別が難しく，知らない間に遺伝子汚染が広がることも考えられます。カワマスは美しい魚で味も良く，一部の地域では釣魚としても人気が高いですが，在来生態系に与える影響も考慮して適正に管理する必要があります。本研究成果は希少在来種の保全政策を立てる際に有用であるのはもちろん，水産資源やレクリエーションとしての需要がある外来種の管理を考える上でも重要になります。

なお，本研究成果は，タカラ・ハーモニストファンド助成を受け，2021 年 2 月 25 日（木）公開の *Zoological Science* 誌にオンライン掲載されました。



オショロコマ（左），交雑個体（中），カワマス（右）。オショロコマは顔が丸く背びれに模様がない。カワマスは顔が尖っており背びれに黒い虫食い模様がある。雑種は両者の中間の形質を示す。

【背景】

サケやマスの仲間は姿形だけでなく味も良いため、水産重要種及び釣獲対象魚として世界各地で本来の生息地ではない河川や湖などに広く放流されてきました。一方で、そうしたサケ科魚類の一部は繁殖力が強く、また在来の魚や水生昆虫を食べてしまうため、その土地本来の在来生態系に大きな影響を与えることも次第に明らかとなってきました。社会的需要と生物多様性の減少というジレンマの中で、移入されたサケ科魚類をどのように管理するかは世界中で重要な課題となっています。これを解決するためには、在来生態系における外来サケ科魚類の影響を正確に評価することが議論の第一歩となります。

外来種が引き起こす外来種への影響として、捕食や種間競争は在来種の数直接的に減らすために影響が理解されやすく、多くの研究がなされてきました。一方、異種間交雑も様々なプロセスを通して在来種の脅威になりますが、実体や影響が分かりづらく不明な点が多いのが現状です。例えば、今回の対象である在来オシヨロコマと外来カワマスの交雑も一部の研究者や釣り人の間で推測されていましたが、それが証明されたことはありませんでした。

【研究手法】

本研究では外来カワマスと在来オシヨロコマ及びイワナ（アメマス）が同所的に生息する北海道西別川上流域の5地点でサンプリングを行い、マイクロサテライト DNA*⁵ をするミトコンドリア DNA の一部領域の塩基配列も決定しました。カワマス、オシヨロコマ、アメマスは全てサケ科イワナ属（*Salvelinus*）であり系統的に近いため、交雑が十分に考えられます。実際、カワマスとアメマスは他の河川において交雑が報告されています。

【研究成果】

合計 62 個体のイワナ属魚類の DNA を調べたところ、5 個体がオシヨロコマとカワマスの遺伝子を共有する交雑個体であることが明らかとなりました（その他、オシヨロコマ 24 個体、カワマス 20 個体、アメマス 13 個体：p.1 図及び図 1）。さらに、それら 5 個体は全て雑種 2 世代目であると推定されました。これは雑種第 1 世代が繁殖能力を持つことを示しています（雑種はしばしば不妊）。さらに、そのうち 1 個体はアメマスのミトコンドリア DNA を保有していました。つまり、オシヨロコマとカワマスとアメマスの遺伝子を共有していたということです。また、交雑魚はオシヨロコマでもカワマスでも母親種になることが確認され、異種間交雑にしばしばみられる偏った交雑の証拠は確認されませんでした。つまり、オシヨロコマのメスとカワマスのオス、あるいはオシヨロコマのオスとカワマスのメス、のどちらかが選択的に交配しているわけではなく、いろんなパターンで交配していると考えられます。

本研究からオシヨロコマとカワマスが容易に交雑して交雑魚の子孫を残し続けることが示唆されました。また、カワマスとアメマスも種間交雑を起こしやすいことが他の研究で確かめられています。一方、興味深いことに在来種であるオシヨロコマとアメマスは同じ場所に生息していても交雑を起こすことは稀です。これは在来 2 種が長い歴史の中で交雑を避ける方向に進化してきたことを物語っています。しかし、これまでに一緒に暮らしてきた歴史がない外来種は、むしろこれらの種と容易に交配してしまうのです。オシヨロコマとアメマスだけであれば保ち続けられた在来純系統ですが、カワマスが入ることによってそれぞれの在来種が持つ遺伝的固有性が失われる可能性が明らかとなりました。

【今後への期待】

今後は調査対象河川や解析個体数、解析遺伝子領域を増やして、交雑の程度や範囲をより詳細に調べる必要があります。同時に、雑種の形態（姿、形）や生活史などを調べることで、在来種の生態がどれほど変化しているかを評価しなくてはなりません。交雑の程度や影響の理解は適切な対策に繋がります。これ以上の遺伝子汚染を防ぐことも可能だと考えられます。カワマスも見た目が美しく魅力的な魚ではありますが、在来生態系に与える影響も無視できません。人間の都合で移入された生物に罪はありませんが、こういった外来種をどのように扱っていくのか研究者と市民を含めて慎重に議論していかなくてはなりません。

論文情報

論文名 Evidence for introgressive hybridization between native Dolly Varden (*Salvelinus curilus* (syn. *Salvelinus malma*)) and introduced brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in the Nishibetsu River of Hokkaido, Japan (西別川で確認された在来オシヨロコマと外来カワマスの浸透交雑)
著者名 福井 翔¹, 春日井潔², 澤田史香¹, 小泉逸郎^{1,3} (¹北海道大学大学院環境科学院, ²北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場, ³北海道大学大学院地球環境科学研究院)
雑誌名 Zoological Science (日本動物学会発行の国際的専門誌)
DOI 10.2108/zs200041
公表日 2021年2月25日(木)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 小泉逸郎 (こいずみいつろう)
TEL 011-706-2250 FAX 011-706-4954 メール itsuro@ees.hokudai.ac.jp
URL <http://noah.ees.hokudai.ac.jp/envmi/koizumilab/>

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)
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

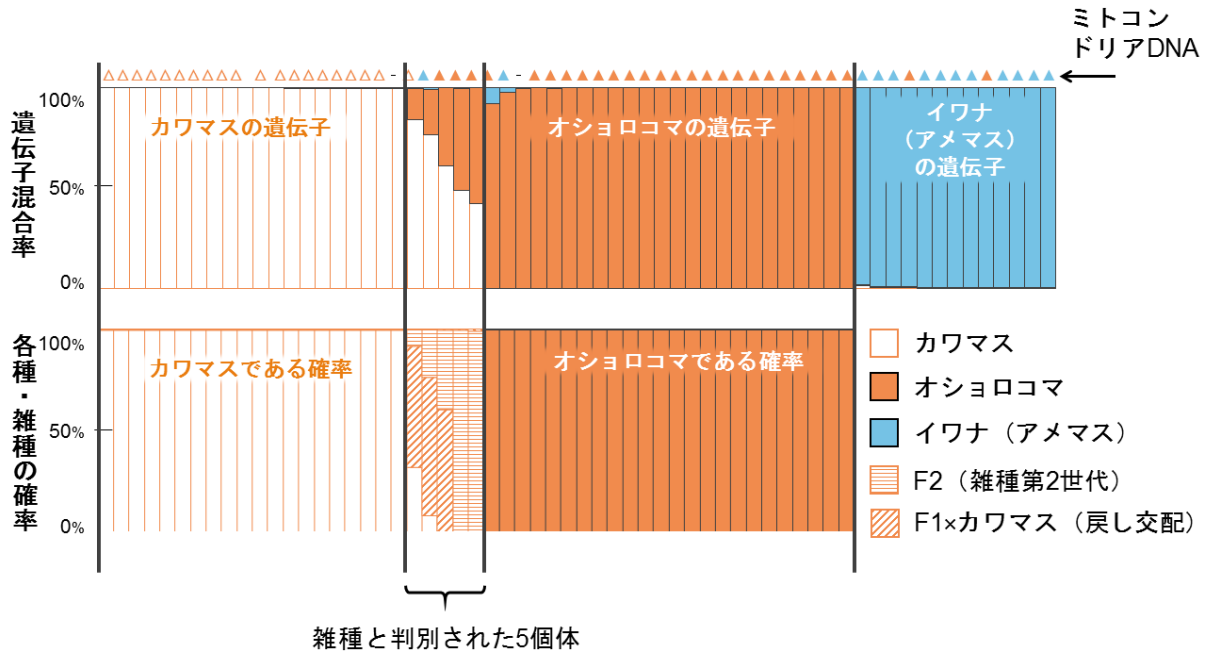


図 1. マイクロサテライト DNA を用いた STRUCTURE 解析^{*6} (上段) と NewHybrids 解析^{*7} (下段) にもとづく種判別の結果。上段のグラフでは、各バーが各個体の遺伝子混合率を表わす。カワマスとオショロコマの雑種第 1 世代 (F1) であれば遺伝子混合率は 50% になり、F1 とカワマスの戻し交配であれば遺伝子混合率は理論上カワマス 75%、オショロコマ 25% となる。下段のグラフでは、各バーが各個体を表しており、各個体が各親種あるいは雑種に分類される確率を示している。各バーの上段の△は母親種に由来するミトコンドリア DNA の遺伝子型を表わす (白抜きがカワマス、オレンジがオショロコマ、水色がイワナ)。

【用語解説】

*1 雑種 (Hybrid) … 異なる種が交配して個体が生じること。多くの種は、そもそも交配ができないか、交配しても個体が発生しない場合が多い。両種が遺伝的 (系統的) に近い場合、雑種ができる可能性が高い。

*2 雑種第 1 世代 (F1: filial one) … 異なる種が交配して生まれた最初の世代のこと。雑種第 1 世代は多くの場合、精巣や卵巣が上手く発達せず受精能力がない (これを不妊という)。雑種第 1 世代が子供を残せる場合、両親種の遺伝子が混ざっていく。雑種の生存率、繁殖率が高い時には、純粋な親種が全て雑種によって置き換えられる現象 (Hybrid swarm) も起こりえる。

*3 ミトコンドリア DNA … 核 DNA とは独立した細胞内に存在する DNA。細胞小器官であるミトコンドリアの中にある DNA。一本鎖の環状 DNA で母親のみから受け継がれる。したがって、雑種のミトコンドリア DNA を調べることで母親種が特定できる。

*4 遺伝子汚染 … 生物がもつ本来の遺伝子（ゲノム）情報が攪乱されること。生物は長い年月をかけて生息地に適応しており，その生息地で上手く生きるための遺伝的組成を形成している。外来生物との交雑によって，その土地にあった遺伝子組成が攪乱されて，適応度が下がってしまう。

*5 マイクロサテライト DNA … 遺伝子上に存在する数塩基単位の繰り返し配列（…GTGTGTGTGTGTG T…，…ATTATTATTATTATT…，など）。繰り返し数が異なる「遺伝的多型」が存在しやすいため，集団構造や雑種判別，親子鑑定などに有効な遺伝マーカー。

*6 STRUCTURE 解析 … 集団の遺伝構造の評価や雑種個体の検出に使われる。遺伝子型と遺伝子頻度の情報をもとに，各個体がそれぞれの集団（あるいは親種）に振り分けられる確率を調べることができる。

*7 NewHybrids 解析 … 2 種間の雑種個体を検出できる解析手法。各個体の遺伝子型から「親種 A（例えば，オショロコマ）」，「親種 B（例えば，カワマス）」，「F1」，「F2（雑種第二世代）」，「親種 A と F1 から生じた雑種（戻し交配）」，「親種 B と F1 から生じた雑種（戻し交配）」に分類される確率を求められる。