

日常的な水流がイワナの稚魚を選別する

～新たな進化機構「空間的選別」の概念を拡張～

ポイント

- ・ 河川生物の流下が、移動に基づく進化機構「空間的選別」を引き起こす可能性に着目。
- ・ イワナの稚魚で、着底行動を示す個体が流下しにくいことを水路実験で実証。
- ・ 高い堰堤や滝の上流で、着底傾向の強い稚魚が空間的選別によって進化することを示唆。

概要

日本学術振興会特別研究員 PD の山田寛之博士（研究当時：北海道大学大学院水産科学院博士後期課程 3 年）と北海道大学大学院水産科学研究所の和田 哲教授は、北海道南部に生息するイワナの稚魚で水路実験を行い、着底行動^{*1}を示す稚魚が、長時間活発に遊泳する稚魚よりも流下しにくいことを実証しました。先行研究の成果もあわせると、野外の河川上流域においては、遊泳する傾向の強い稚魚が流下^{*2}することで、着底する傾向の強い稚魚がその比率を高めていくような独自の進化が起きていることが示唆されます。

歩行や飛翔など、生物の移動による進化機構は、近年「空間的選別」と名付けられ、特に外来種が侵入していく過程で生じるものが注目されています。ただ、空間的選別による進化は、移動した個体が元の場所に戻るとその進化が弱まるのが普通であり、あくまでも一時的な現象だという考え方が通説でした。しかし堰堤や滝の上流域の魚類では、段差の下流へ流下した個体が元の場所に戻ってくることはありません。そのため、空間的選別が弱まることなく長期的に持続すると考えられます。この点で、本研究成果は空間的選別の通説を覆す成果といえます。

本研究成果は、河川生物の進化に関する理解を深めると同時に、「受動的な空間的選別」という進化機構の可能性を提示することで、その適用範囲の拡張にも重要な貢献を果たすことが期待されます。

本研究成果は、2024 年 3 月 5 日（火）公開の Ecological Research 誌にオンライン掲載されました。



行動観察水槽内で着底行動をとるイワナの稚魚

【背景】

生物には様々な性質がありますが、その性質は個体ごとに違いがあります。その結果、他の場所に移動する傾向が弱い個体（つまり、元の場所に留まりがちな個体）や、そのような移動傾向の強い個体が生じることがあります。前者が元の場所にとどまり、後者が遠くに散らばった結果、元の場所では移動傾向が弱い個体同士、遠い場所ではその傾向が強い個体同士の同類交配が起こります。その結果、次の世代において、元の場所では移動力がさらに低い個体が生まれ、より定住的になり、一方で、遠い場所では移動力が一層強い個体が生まれて、さらに遠方へ散らばるという進化が起こると予測されます。このような、生物の移動に基づく進化機構は近年「空間的選別」と呼ばれ、「自然淘汰」とは異なるメカニズムとして注目を集めています。空間的選別は、急速に移動力を高めながら分布域を拡大する外来種で精力的に研究されています。

一方、河川生物は流下を回避するための様々な身体的特徴や行動的特徴を持つことが知られています。本研究チームは、河川生物のこれらの特徴が、流下傾向に基づく空間的選別の産物であるという仮説の検証に取り組んできました。多雨な地域における「増水時の流下」による空間的選別は、同研究チームによってサケ科魚類の一種であるアマゴの稚魚で実証されていましたが、これが「日常的な水流条件での流下」によっても生じるかどうかについては、これまで明らかになっていませんでした。

【研究手法】

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター七飯淡水実験所が管理する実験水路に複数の段差を設置し、そこに稚魚を放流する屋外実験を実施しました。稚魚は放流から5時間後に、段差の区間ごとに回収しました。実験の翌日に、行動観察水槽で各個体につき9分間の動画撮影及び体サイズの測定を行い、着底行動を示す稚魚が、活発に遊泳する稚魚よりも流下しにくいのかどうかを調べました。

【研究成果】

行動観察の結果、イワナの稚魚には、着底行動を示す着底タイプと、ごく短い時間しか着底行動を示さず、常に泳ぎ回る遊泳タイプがいることが分かりました。着底タイプは、遊泳タイプよりも流下発生率が低く（図 1a）、小型の稚魚では、着底タイプが遊泳タイプよりも流下距離が短い傾向がありました（図 1b）。着底タイプの大型の稚魚は、流下したときの流下距離が長くなりましたが、体の大きい個体は遊泳力が高いので、自力で上流へ戻る可以考虑と考えられます。全体として、河川の上流域で着底行動を示す稚魚の比率を高めるように作用する、流下による空間的選別が示唆されました。

【今後への期待】

従来の空間的選別の研究の多くは、歩行や飛翔などによる「移動力」に注目し、能動的な移動に基づくメカニズムだけを想定していました。一方、本研究は「流下」という水流によって引き起こされる受動的な移動に注目しています。そのため、今回の研究は流下や落下のような受動的な移動に基づく空間的選別を想定した先駆的な事例といえます。

また、空間的選別による進化は、移動した個体が元の場所に戻ることで弱まるのが普通であり、あくまでも一時的な現象だという考えが一般的でした。しかし流下や落下による受動的な移動が起こる状況では、逆方向に向かう移動が困難なことが多いです。また河川の魚類は、流下した個体が遡上できないほど高い堰堤や滝の上流域にも生息していますが、このような場合については、流下した個体に戻って来ることがありません。したがって、受動的な移動による空間的選別の進化は長期的に持続する可能性が高いと考えられ、安定した種内変異や種分化を導く可能性が期待できます。今後、植物を含む多種多様な生物で、受動的な空間的選別の研究が一層発展していくことが期待されます。

【謝辞】

本研究は、日本学術振興会の特別研究員奨励費（研究課題：20J20820, 23KJ1667）の支援を受けて実施されました。

論文情報

論文名	Phenotype-dependent downstream dispersal under ordinary flow conditions in juvenile white-spotted char（イワナの稚魚における平常流量条件下での表現型依存的な流下傾向）
著者名	山田寛之 ^{1, 3} （研究当時）、和田 哲 ² （ ¹ 愛媛大学、 ² 北海道大学大学院水産科学研究所、 ³ 北海道大学大学院水産科学院）
雑誌名	Ecological Research（生態学の専門誌）
DOI	10.1111/1440-1703.12455
公表日	2024年3月5日（火）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学大学院水産科学研究所 教授 和田 哲（わださとし）

T E L 0138-40-5547 メール wadas@fish.hokudai.ac.jp

U R L <https://sites.google.com/site/hokudailabmarbiolecol/?pli=1>

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒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 jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

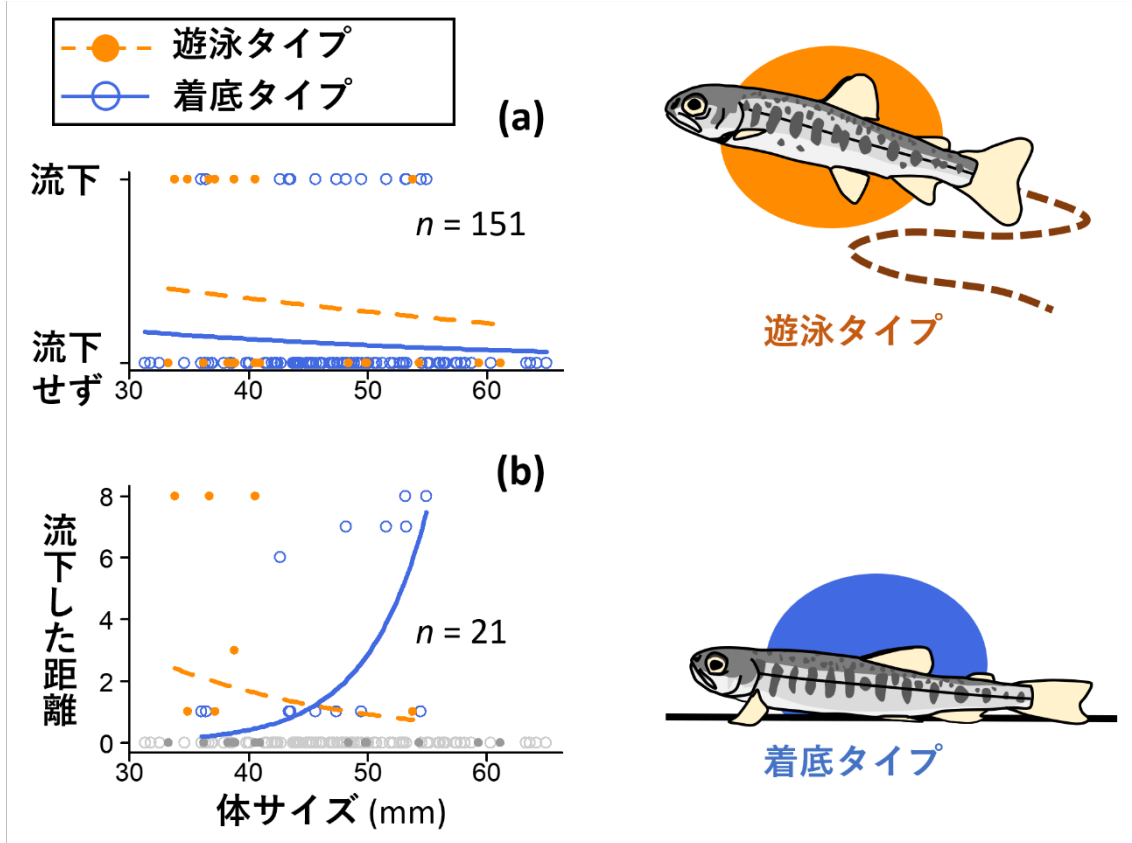


図 1. 実験水路内での流下と行動・体サイズの関係（流下した距離は流下した段差の数を示す）。

【用語解説】

- *1 着底行動 … 水底に接地して、じっとしている行動のこと。
- *2 流下 … 水流によって流されて生じる移動のこと。