



Title	Evolution reducing downstream displacement in juvenile salmonids [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	山田, 寛之
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第15250号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89840
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroyuki_Yamada_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：山田 寛之

審査委員	主査	教授	綿貫	豊
	副査	教授	和田	哲
	副査	教授	清水	宗敬
	副査	助教	石原	千晶

学位論文題目

Evolution reducing downstream displacement in juvenile salmonids

(サケ科魚類の稚魚における流下を抑制する進化)

移動・分散は生物における極めて普遍的な現象であり、その距離や頻度には各個体の形質が影響を及ぼしうる。この形質依存的な移動・分散は、例えば分布拡大中の生物において、先端部の局所個体群で移動・分散しやすい形質を持つ個体の頻度を高める。そして、そのような局所個体群で同類交配が生じることによって、さらに移動・分散に長けた局所個体群へと進化するかもしれない。このような移動距離や分散の発生率の差によって生じる小進化メカニズムを空間的選別という。空間的選別は、生物個体が生息地に長期存続するための機能形質の進化を引き起こす可能性があるが、移動・分散に特段の方向性がない場合は、空間的選別による進化は自然淘汰による進化ほど長期間持続しないと考えられてきた。

流下とは、河川生物が水流によって自身の生息流域から下流域へと受動的に移動・分散する現象である。流下は、水流に対する抵抗力が低い個体を下流域へ移動・分散させる空間的選別として作用する可能性がある。逆に言えば、抵抗力が高い個体ほど高頻度で上流域に残るとも言える。とくに、生物が遡上できないほど高い滝や堰堤などがある河川では、その上流域に存続している局所個体群で流下による効果が長期的に累積する。つまり、そういった局所個体群では流下を回避・抑制する形質の頻度が増える空間的選別が期待できる。申請者は、サケ科魚類を対象に、流下による空間的選別の進化圧と、その結果と考えられる流下回避形質の個体群間変異を解明した。

研究内容について、審査員一同の評価は以下の通りである。

1. 日本各地に隔離個体群を形成する2種のサケ科魚類 (アマゴ *Oncorhynchus masou ishikawae*, イワナ *Salvelinus leucomaenis*) の稚魚を対象に、流下による空間的選別の実験的検証・記載、および隔

離個体群と隔離を受けていない個体群（開放個体群）の間における、流下回避形質の個体群間比較を行った。これまでに、魚類で流下による空間的選別を実証した例はない。

2. 多雨で増水が頻発する紀伊半島南部のアマゴを対象に、野外調査、野外実験、そして遺伝基盤を検証するための共通環境実験を行った。野外調査の結果、一部の隔離個体群の稚魚が高い体高を持つことが分かった。また、大規模野外実験の結果、体高が高い稚魚ほど増水時の流下を回避し、障壁上流域へ残存する確率が高いことがわかった。さらに、共通環境で育成した稚魚にも同様の個体群間変異が観察され、体高の遺伝基盤が示唆された。これらの結果から、増水時の流下による空間的選別が、アマゴの稚魚の流下回避形質の進化に寄与しうることが一貫して支持された。これは増水が魚類における空間的選別をもたらすことを実証した世界初の例である。

3. 北海道南部に生息するイワナの稚魚を対象に、平常時の水流による流下の進化圧を検証した。なかでも稚魚が水底に着底し不動状態となる **station-holding** 行動 (SH 行動) に注目した。この研究では、実験日の早朝に野外採捕した稚魚を、生息域の平常時の水流を模した人工水路に放流し、5 時間後に回収する屋外実験を行った。水路実験の結果、SH 行動を示す稚魚では、その行動を示さない稚魚よりも放流地点から流下する確率が低いことが分かり、SH 行動の流下回避機能が示唆された。一方、流下した稚魚では、SH 行動を示す稚魚では大きい個体ほど、逆に SH 行動を示さない稚魚では小さい個体ほど流下距離が長くなることがわかり、流下距離を短く抑える稚魚のパフォーマンスが、行動と形態の形質間相互作用によって規定されることが示唆された。これは平常時の水流もまた魚類における空間的選別をもたらすことを実証した世界初の例である。

4. 北海道南部に生息するイワナの稚魚を対象に、SH 行動の個体群間変異を 2 地域で検証した。その結果、両地域の隔離個体群の稚魚は、一貫して SH 行動をとる時間が長く、小型の稚魚ほどより長時間の SH 行動を示す傾向を持つことが判明した。これらは、3 の実験結果と整合性があり、観察された個体群間変異が、流下による空間的選別によって生み出され維持されていることを示唆するものであった。

以上のように、申請者は、流下が空間的選別を引き起こし、流下回避形質の進化・維持に寄与しうることを、サケ科魚類を対象とした野外調査と野外実験から多面的に実証した。水圏生物の流下回避形質は、従来、流下した個体が被る適応度上のコスト（流下時の死亡など）に起因する自然淘汰の産物であると考えられてきた。これに対して申請者は、流下による空間的選別もそれらの機能形質を進化させ維持しうるという新たな代替仮説を提案している。この進化仮説は、海洋生物の海流や波による長距離分散を回避するための機能形質などにも適用できる可能性があり、河川系以外の様々な水圏生物の進化を理解する上で役立つ可能性がある。以上の成果をふまえて、審査員一同は申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のある者と判定した。