

魚類の移動分散を考慮した人為的インパクトに対する応答性の評価に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 26～平 29

担当チーム：河川生態チーム

研究担当者：萱場 祐一、村岡 敬子

【要旨】

本研究では、遺伝情報を用いて魚類の移動分散状況を把握する手法を検討するとともに、同一水系内における微細な遺伝的距離を正確に捉えるための留意点を取りまとめた。また、分布南限域付近に生息するカジカを対象に、遺伝情報や在不在調査の情報を踏まえながら、在不在に関するグループ分けを行うとともに、これらの違いに関与する要因の一つとして水温に着目し、整理を行った。その結果、冷水性魚類のカジカの分布には、夏期の高水温だけでなく、繁殖期である冬季のわずかな水温の差が繁殖等に影響を与えていることが示唆された。希少種の保全にあたっては、繁殖期にも着目した調査が重要と考えられる。

キーワード：AFLP、水温環境、繁殖期、遺伝情報、保全対策

1. はじめに

遺伝情報の分析・解析技術は急速に発展しており、さまざまな分野において実用化がなされつつある。河川環境分野においても、種間や地域間、あるいは個体間の遺伝的差異を用いて、当該種の分布域の調査や在来種と外来種との交配種の同定など、具体的な保全策立案のために遺伝情報を利用した事例が増えつつある。同一水系内に生息する淡水魚の場合には、水系という閉ざされた空間の中に分布する同一魚種の個体同士は交流の機会があるため、個体間の遺伝的な差異は極めて小さいと考えられる。このような集団を対象に遺伝情報を適用しようとする場合、親子間においても差異を検出できる、例えばマイクロサテライトのような検出感度の高い手法を用いる必要がある。

日本に自然分布する淡水魚は、115 種内外とされるが、必ずしもすべての魚種に検出感度の高いマーカーがあるわけではない。また、淡水魚はそれぞれの水系単位で長期間独立した集団を維持しているため、他水系の同種で開発されたマーカーが必ずしも利用できるわけではない。さらに、実際の流域スケールの調査において遺伝情報を適用しようとする場合、目的に応じた適切なサンプリング計画（魚種・地点の選定、調査時期・頻度等）、分析計画（分析手法・解析手法）、組み合わせる環境情報の種類など、まだ未解明な部分も多いのが実情である。そこで、本研究では、遺伝情報を用いて魚類の動態を調査する手法を検討するとともに、実際の調査におけるサンプリング・分析・解析のそれぞれの段階において生じた課題から、実用化にあたりど

のような留意点が必要であるかを整理した。さらに、実河川における適用で移動分散に何らかの影響を与えていた魚種を抽出するとともに、現地の物理環境情報を組み合わせ、どのような条件が移動分散に影響を与えているのかを考察することにより、希少魚種の保全に向けた具体的な方策を検討した。

2. 研究方法

2. 1 遺伝情報による魚類移動分散調査手法の検討

本研究では、複数の魚種を対象とした太田川の上流域から下流域までの広い範囲を対象とした調査、分布が限界域となる本明川のカジカを対象とした調査を実施した。このうち、太田川における調査では、過年度採取サンプルの再解析を通し、微小な差異を検出するための留意事項を取りまとめた。

双方の調査においては、魚類を捕獲した後、個体のヒレの一部を切除し、95%エタノールにて持ち帰り、DNA を抽出した。分析法は、いずれも AFLP 解析を用い、ABI 社製 AFLP[®]Ligation and Preselective Amplification Module を用いてアダプター配列に 3 塩基付加し、蛍光標識した EcoRI プライマーおよび無標識の MSE-I プライマーを組み合わせにより分析を行った。PCR 増幅産物は、ABI 社製 3100 を用いて電気泳動した後、同社 Gene-mapper(ver.3)を用いた自動解析を行った。

2. 2 カジカの分布域を制限する要因の解明

分布域南限にあたる本明川カジカの移動分散の状況を、遺伝情報と物理環境情報を組み合わせた検討を

す。これらの魚種のうち、比較的多くの地点で採捕された4種（アカザ、カワヨシノボリ、カワムツ、カマツカ）の基点からの距離と基点集団との遺伝的距離の関係を求めた（図-2）。アカザはカワヨシノボリに対して遺伝的距離が大きい一方で、ヘテロ接合度は他の魚種よりも高い傾向を示していた。アカザの個体数は少ないものの、もともと広域にわたり活発な移動をしていないものと推定される。

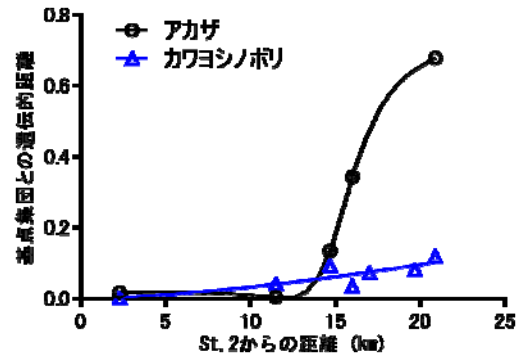
一方、カマツカ・カワムツはカワヨシノボリに比べて遺伝的距離が低く、水系内の広い範囲を移動しているものと推定される。しかしながら、カマツカにおいては、遺伝的距離と地点間距離が不連続な形を示し、遺伝的距離が相対的に高い地点はヘテロ接合度も小さい値を示した。砂地の河床環境をハビタットとしているカマツカにおいては、生息地が局所的に不連続に分布しており、移動分散能力に応じた十分な交流ができていない可能性も考えられた。

3. 2 カジカの分布域を制限する要因の解明

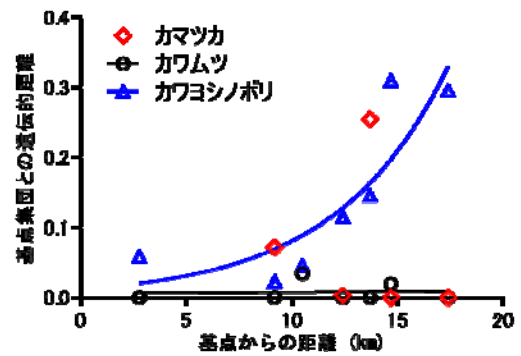
2005年から2015年まで、本明川水系において実施したカジカの移殖、カジカの在・不在調査の結果をもとに整理を行い、カジカの生息域の特徴を図-3のようにまとめた。さらに、2009年9月以降、2016年までの間に、現生息地を含む3~13地点にロガー付き水温計を設置するとともに、春先から冬季に至るカジカの体長分布や肥満度を整理した。

移殖後安定してカジカが確認される St.1-4 は、直近の15年間は生息地として良好だが、移殖前にはカジカの生息数は少なかったことから、長期的な視点で考えると、分布を制限する何らかの要因がある可能性も考えられる。現生息地である St.5-7 は、良好な生息環境を長期にわたり維持できている環境である。一方、これにつながる支川 A、B、移殖を行った者の定着しなかった St.7 および現生息地の下流側の N1、N2 は、移入定着できない何らかの要因があると考えられる。

各地点の水温環境を図-4 に示す。現生息地の水温は、



a) カワヨシノボリ、アカザ



b) カワヨシノボリ、カワムツ、カマツカ

図-2 地点間距離と遺伝的距離の関係

取水や湧水の流入などがあるものの、概ね一定の値を示すとともに、夏期を除き、経年的にも安定した水温環境であった（図-5）。現生息地より下流の地点では、現生息地よりも夏期の水温が高く、これが分布を制限する要因の一つと考えられた。現生息地の平均水温に対して、定着できない地点の水温は、移植に成功した地点と比べ12月から3月にかけて高い（図-6, 7）。この期間は、カジカの繁殖時期にあたり、わずかな水温の違いが、分布域南限付近のカジカの繁殖～仔魚の生残に影響し、分布を制限している可能性も考えられる。現地の状況から、この水温差には、湧水の有無が大きく

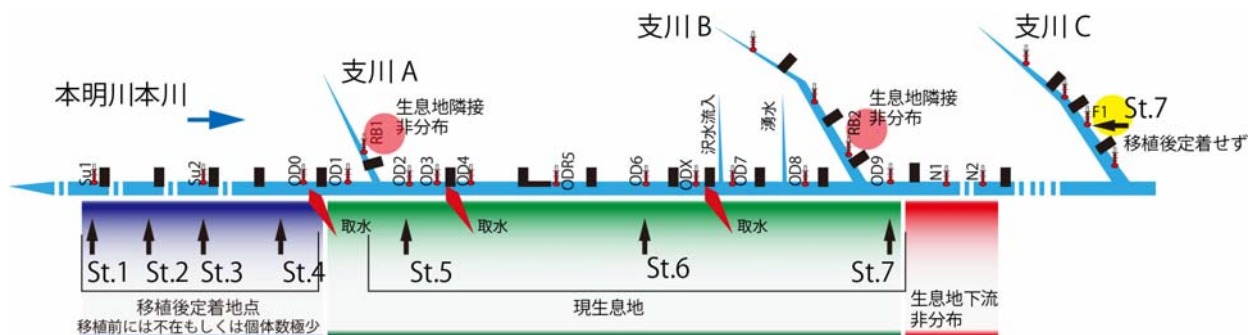


図-3 本明川水系におけるカジカの生息環境区分および水温計設置箇所

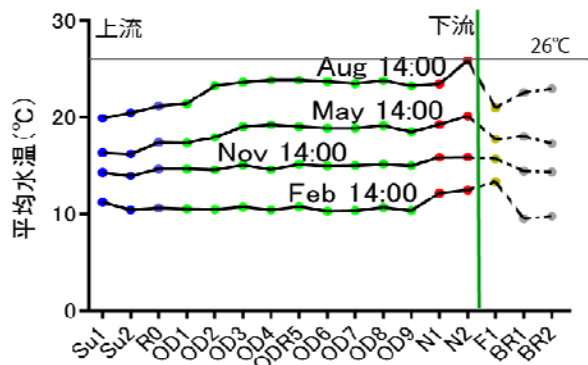


図-4 流下方向の水温変化 (14:00)

く関与しており、現生息地直下の地点においては、河川周辺が開けるため湧水が少なく夏期に高水温となり、F1 では豊富な湧水が流入するため冬季の水温が下がらないと推定された。水温環境は、周辺の土地利用や水利用など、人間活動による影響を受けやすく、特に分布限界域の集団に対しては配慮が必要と考えられる。

4. まとめ

本研究では、遺伝情報で魚類の移動分散の状況を捉えるとともに、物理環境調査を踏まえ、移動分散を制限する要因について検討を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 魚類の移動分散能力だけでなく、魚が利用するハビタットの河道内配置もまた、移動分散に影響を与えている可能性がある。
- 2) 分布の限界域においては、繁殖期のわずかな水温差が、当該種の分布に影響を与える可能性がある。これを明らかにするためには、長期的な水温データ取得と日変動を加味した解析が有効である。

参考文献

- 1) 村岡敬子、太田宗宏、安形仁宏、増本育子：「同一水系内魚類集団の動態調査に AFLP 法を適用する際の留意点」、DNA POLYMORPHISM 第 23 回学術集会 抄録集、2014.11
- 2) MUTAOKA, K., KAYABA, Y., MASUMOTO, I., OOTA, M., AGATA, Y., “MOLECULAR BIOLOGY-BASED EVALUATION OF FISH MIGRATION IN RIVERS”, 36th IAHR World Congress, 2015.7
- 3) 村岡敬子、萱場祐一：「河川環境調査への遺伝情報の活用」、平成 26 年度国土交通省技術研究会、2015 年度日本魚類学会年会、2015.9

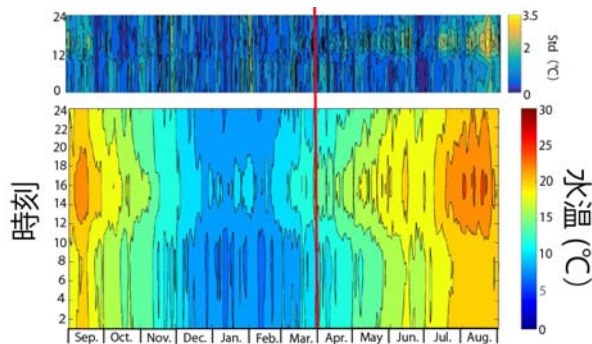


図-5 現生息地 4 か年の平均水温と標準偏差

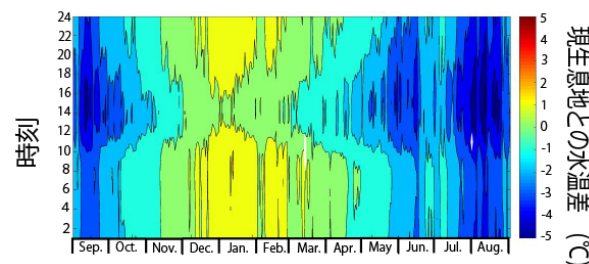


図-6 移殖に成功した地点と現生息地の水温差

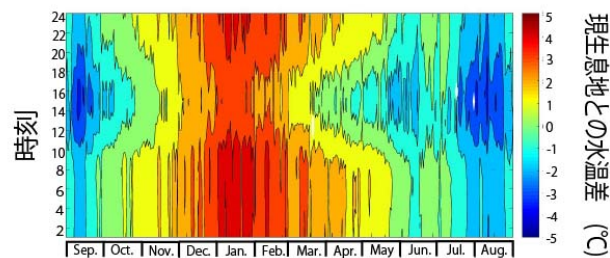


図-7 定着できない地点と現生息地の水温差

- 4) 村岡敬子、安形仁宏、増本育子、太田宗宏、萱場祐一：「遺伝情報の適用により推定された、魚類における河川上下流の移動環境における課題」DNA POLYMORPHISM 第 23 回学術集会 抄録集、2015.11
- 5) MUTAOKA, K., KAYABA, Y., MASUMOTO, I., OOTA, M., AGATA, Y., “Effective designs for restoring fish migration based on the biological characteristics of each fish species”, 11th International Symposium on Ecohydraulics Melbourne, Australia, 2016.2
- 6) 村岡敬子、山村覚、宮島泰志、後藤晃、萱場祐一：「分布域南限付近のカジカの分布と水温環境」、2016 年度日本魚類学会年会、2016.9
- 7) 村岡敬子：遺伝情報を用いた魚類移動環境の評価、第 13 回環境研究シンポジウム、2015.11

EVALUATION OF THE EFFECT OF HUMAN ACTIVITIES ON THE MIGRATION AND DISPERSION OF FISH

Research Period : FY2014-2017

Research Team : Water Environment Research
Group(River Restoration
Research Team)

Author : KAYABA Yuichi

MURAOKA Keiko

Abstract :

In this study, small genetic differences between individuals of each habitat of several species including fluvial sculpin (*Cottus pollux*) were compared to observe its migration and dispersion patterns through the river. The southernmost range of fluvial sculpin encompasses the Honmyo River in Nagasaki Prefecture. The suitable habitat for sculpins is restricted to a flow channel (about 1 km) in the river. This population was conserved by releasing several individuals of sculpin at upstream areas of their habitat and in a branch river, in which no sculpin was distributed. Over 10 years of observation, including genetic observation, showed that the immigration to upstream areas occurred, indicating the success of the conservation plan, and the number of sculpins seemed to reach the maximum in each area where they were released, except at the branch river. Water temperature data obtained every 60 min for several years showed differences between the areas where immigration failed and the native habitat restricted breeding season of sculpins. Thus, considering water temperature in both summer and winter is important for the successful conservation of sculpins.

Key words: AFLP, water temperature, breeding season, DNA, conservation plan