

近年の研究紹介⑥総合研究(回遊性)

流域生態系における生物の移動とその生態系機能の評価手法開発

神戸大学大学院理学研究科 佐藤拓哉・京大大学生態学研究センター 宇野裕美

1. はじめに

河川流域に生息する水生生物の多くは、季節や生活史段階によって、海洋と河川や河川内をダイナミックに「移動」している。多様な水生生物の移動を維持する環境整備は、河川流域の生物多様性や生態系の機能(エネルギー流や物質循環)を維持・創出する鍵になる可能性がある。

高緯度地域の河川流域において、遡河回遊性のサケ科魚類が海洋から河川上流へ移動することで、海洋の栄養塩を運搬し、河川や河畔林の生物多様性に大きなインパクトを及ぼすことは広く知られている。一方、アジアモンスーン気候帯に位置する日本の多くの温帯河川では、非常に多様な両側回遊性魚類(アユやヨシノボリ類等)・甲殻類(テナガエビ等)が海洋と河川間を移動する。それら両側回遊性の水生生物は、小型ながら極めて膨大な個体数を維持しているが、移動生態やそれらがもたらす生態系機能についてほとんど理解されていない。

本研究では、両側回遊性魚類・甲殻類に注目して、(1) 種多様性と季節移動パターンの多様性、(2) 河川流域への海洋資源輸送能、および(3) 河川の生態系機能への影響を評価するための手法確立について研究を進めた。また、(4) 河川水辺の国勢調査データを取りまとめて、日本列島における両側回遊性魚類の種多様性パターンの基礎資料を作成した。

2. 研究結果

【種多様性と季節移動パターンの多様性】

和歌山県有田川において、定期的な魚類捕獲調査を継続したところ、2科6属12種の両側回遊魚が確認された(写真1)。



写真1. 有田川で捕獲された両側回遊魚

そのうち、捕獲個体数の多い8種(アユ、スミウキゴリ、ヌマチチブ、ボウズハゼ、クロヨシノボリ、オオヨシノボリ、ルリヨシノボリ、シマヨシノボリ)の遡上期間を調べたところ、アユ(4-7月)とシマヨシノボリ(7-10月)を除いて、種ごとの遡上時期は約1か月程度と短期間であった(図1)。

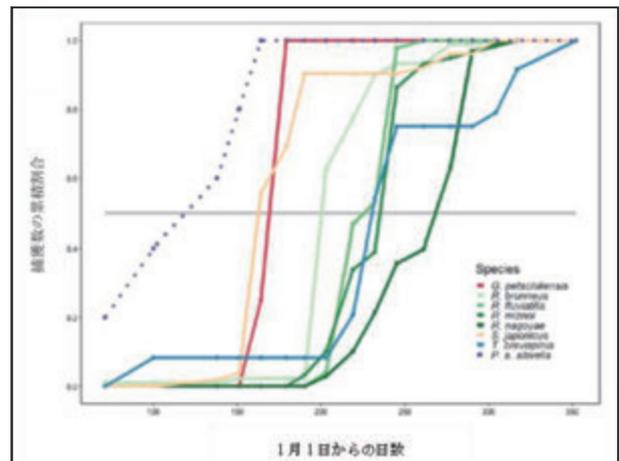


図1. 両側回遊魚各種の捕獲数の累積割合。図中の横線は累積割合50%を示す(Tanaka et al. の図を改変・引用)

一方、全8種をまとめると、2-11月の10か月に亘って、両側回遊性魚類の遡上がみられた。すなわち、多様な種の両側回遊性魚類が生息していると、両側回遊魚全体の遡上期間がほとんど一年に亘る長期間になっていた(種多様性による遡上期間の長期化: Tanaka et al. 2020)。これは、両側回遊魚がもたらす機能や生態系サービス(漁業資源利用)が、種の多様性によって季節的に長期間維持されていることを示唆する。

現在、本研究で明らかになったような多様な両側回遊性魚類やさらには甲殻類の移動実態を多地点で簡便に評価するための環境DNA分析手法を確立している。

【河川流域への海洋資源輸送能】

多様な両側回遊性魚類がほぼ周年、河川に遡上するという研究結果を受けて、それらを餌として捕食する捕食性魚類への海洋資源輸送能を評価する手法の開発を行った。すなわち、海洋由来の有機物と陸域由来の有機物で大きく異なる値を示すイオウ安定同位体比分析を用いて、両側回遊性魚類の遡上魚による海洋資源輸送能を評価した。

有田川で捕獲された両側回遊魚類の遡上個体は、海洋由来の有機物にみられるイオウ同位体比に近い値を示した(5.4–20.4%)。一方、河川生態系内、および潜在的に陸域生態系から供給されるミミズやバッタ等の試料では、陸域由来の有機物にみられるイオウ同位体比に近い値を示した(-4.8 – 1.6%)。これにより、イオウ同位体比分析を用いて、両側回遊魚類による海洋資源輸送能を評価できることが明らかになった。

【河川の生態系機能への影響】

膨大な個体数の両側回遊生物(特にエビ類;写真2)が遡上する河川上流では、エビ類の有無が河川の群集構造や物質循環過程に影響を与える可能性がある。そこで、川の一區画からエビなどの大型生物を選択的に除外するために、和歌山県高瀬川において、電気柵を河川内に設置する野外操作実験を行った(図2)。

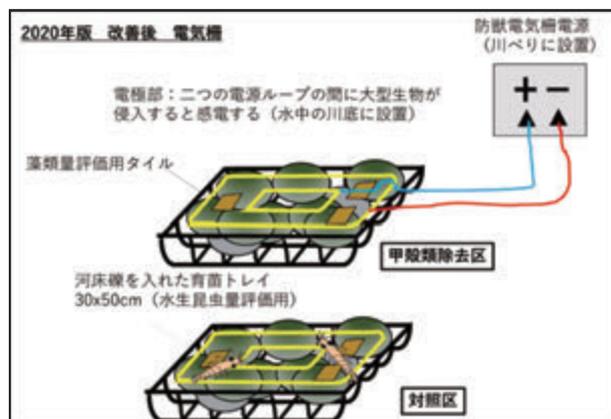


図2. 電気柵実験の概要

その結果、エビが存在することで資源競争や直接の捕食により水生昆虫の密度が減少すること、および代謝速度の速いエビ類が生息する実験区では、それらの存在によって、底生生物によるアンモニアの排出量が $9.9 \mu\text{mol} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ から $24.2 \mu\text{mol} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ の2.4倍に上昇することが明らかになった。

【両側回遊性魚類の種多様性パターン】

日本では68種の両側回遊性魚類が報告されており、河川で確認されている全魚種の約15%を占める。両側回遊性魚類は、仔稚魚期に海洋で生活した後、河川に遡上して成長・繁殖する。そのため、それらの種多様性パターンは、河川流域内の環境条件のみでなく、海流の影響を色濃く反映している可能性がある。すなわち、両側回遊性魚類の種多様性情報を整理することは、(1) 各流域における海洋と河川の連続性の指標となる、(2) 海洋を介した流域間の連続性の指標となるという点で、非常に重要な課題と言える。

河川水辺の国勢調査データを活用し、全国の一級河川109水系における両側回遊性魚類の種多様性情報を

取りまとめて解析を行った。両側回遊魚の種多様性は、緩やかながら、低緯度地域ほど高い傾向が認められた。しかし、特に低緯度地域では同程度の緯度でも種多様性に大きな流域間の差異が認められた。これらの違いの一部は、各水系が流入する海域と関係しており、海流の影響を受けにくい瀬戸内海や有明海と八代海沿岸に流入する水系では、同緯度帯で太平洋側に流入する河川よりも種数が少ない傾向が認められた。これは、太平洋側に流入する水系では、おそらくは黒潮による海流分散によって南方系の種群が分布することが多いのに対して、瀬戸内海の推計では、そういった種群の分布確率が低いことが影響していると考えられる。

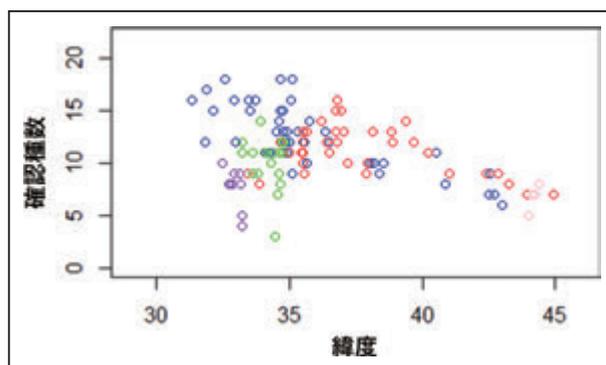


図3. 両側回遊魚の種類と緯度の関係. ポイントの色は5つの水系グループそれぞれを示す: (ピンク) オホーツク沿岸(渚滑川から網走川まで)、(青) 太平洋沿岸(釧路川から川内川まで)、(赤) 日本海沿岸(天塩川から松浦川まで)、(緑) 瀬戸内海沿岸(大和川から大野川までと、土器川から肱川まで)、および(紫) 有明海と八代海沿岸(本明川から球磨川まで)

3. まとめと今後の課題

本研究では、日本列島の河川流域の生物多様性を特徴づける両側回遊性魚類・甲殻類に注目して、その移動実態を把握する手法開発と移動がもたらす海洋資源輸送能や物質循環過程の改変といった生態系機能を解明した。さらに、日本列島における両側回遊性魚類の種多様性情報を整理した。

全球レベルで進行する気候変動は、海洋・河川の水温や降雨・増水頻度の変化等を通して、回遊性生物の移動や機能に大きな変容をもたらすことが危惧される。今後、本研究で開発した技術や知見をさらに発展させることで、気候変動の影響予測や適応策の策定に貢献することが期待される。

4. 参考文献

- Gende, S.M., Edwards, R.T., Willson, M.F. & Wipfli, M.S. (2002) *Bioscience*, 52, 917–928.
Tanaka, R., Hirashima, K., Kunishima, T., Uno, H. & Sato, T. (2020) *Ecological Research*, 35, 494–503.