

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	田中 良輔
論文題目	Marine-derived resource transportation to a freshwater system produced by diverse migratory fishes (多様な移住性魚類による淡水域への海洋資源輸送)		
(論文内容の要旨)			
地球上では、様々な動物分類群に属する多様な種が生態系間を移住している。これらの種は移住に伴って、栄養塩、生物遺骸、餌資源を移住先の生態系に輸送する。移住は適応的な戦略であるため、移住者種は資源輸送の季節性を決定する移住形質を種ごとに進化させてきた。先行研究では、単一種や少数種による資源輸送の季節性が受け手の個体群や群集、生態系動態に及ぼす影響が理解されてきた。一方で、多様な移住者種が同じ生態系間を移動する場合に、それらが全体としてどのように資源輸送を駆動しているかは明らかではない。 そこで、本研究では、低-中緯度地域において系統的に多様な種が海から川へ移住している両側回遊性魚類に着目し、多様な移住者種が生態系間の資源輸送をどのように創発するのかを検証した。和歌山県南部の小河川の純淡水域において、(1) 両側回遊性魚類個体の体を構成する物質における系外(海洋)由来の物質の割合(系外資源度)の種内・種間変異、および(2) 両側回遊性魚類全体による海洋資源輸送の時間的特性と、受け手側生態系の河川高次捕食者の利用状況を検証した。 まず、個々の種の資源輸送において、海と川で値が異なる硫黄安定同位体比分析により系外資源度を測定した。その結果、移住中に摂餌と成長を行う両側回遊性魚類は系外資源度が減衰しながらも海洋資源として純淡水に加入していた。さらに、種間では、より上流へ移住する種ほど系外資源度が高い傾向があった。同種の個体間においても、体長が小さい、移住するタイミングが早い個体ほど、系外資源度が高いことが明らかになった。これらは、系外資源度が種ごとの資源輸送特性を規定する重要な要因であり、その減衰過程には移住戦略や自然史の違いが反映されることを示している(第2章)。これらの知見と、年間を通じた週一回の定期捕獲調査を組み合わせることで、9種が異なる季節性で移住することにより、ほぼ1年間を通じた長期的な海洋資源輸送が創出されていることが明らかとなった。さらに、調査河川の頂点捕食者のナマズと中間捕食者のカワムツの水晶体を用いて、河川高次捕食者の餌履歴における海洋由来資源の貢献度を分析した。その結果、頂点捕食者であるナマズ複数個体の中央値として13%程度の海洋資源の貢献がみられ、一年の複数時点を示す水晶体各層においても統計的に有意な貢献がみられた。一方で、カワムツでは、6個体中5個体で有意な海洋資源の貢献が確認されなかった。これらにより、両側回遊性魚類による海洋資源は頂点捕食者によって長期的に利用されている可能性が示された(第3章)。 これらの結果は、多様な移住者と資源輸送特性の関係が、広い空間スケールで起こる種多様性-生態系機能関係であることを示唆している。また、この種多様性-機能関係は、種特異的な移動戦略に基づくため、種間の機能的な代替が困難な機能特性を有し、受け手側生態系の群集や生態系機能に影響している可能性がある。個々の種の移住戦略がこれらの過程の基盤にあることを踏まえると、各種の自然史をより深く理解することがこの種多様性-機能関係を解明する上で重要である。			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

動物の移住は、それによって栄養塩、生物遺骸、餌資源を移住先の生態系に輸送する機能をもつ。これまで、サケ科魚類の回遊や鳥の渡り等、少数の種の移住による資源輸送が、移住先の生態系で利用可能な資源の季節性を規定することで、消費者個体群や群集、生態系機能に及ぼす影響が理解されてきた。しかしながら、移住動物の種多様性が生態系間の資源輸送機能をどのように創発するかは明らかでなかった。本博士論文は、低緯度から中緯度地域の河川に広く生息する両側回遊性魚類を対象に、海洋から河川への季節的遡上の実態を定量し、種多様性による海洋資源輸送期間の長期化と季節的安定化効果を明らかにしたものである。

申請者は、和歌山県南部の小河川に生息する9種の両側回遊魚を対象に、イオウ安定同位体比分析によって、海洋から河川へ遡上してきた個体の筋肉組織に対する海洋由来資源の貢献度(海洋資源度)を評価した(第2章)。その結果、9種の両側回遊魚において、海洋資源度が11–82%と大きな種間変異を有しており、また種内においても体サイズが小さいほど、もしくは同種内で遡上時期の早い個体ほど、海洋資源度が高いという種内変異を明らかにした。移住中に摂餌と成長をおこなう両側回遊性魚類では、体組織を構成する海洋由来資源の貢献度が河川生態系への加入時に減衰するため、これを海洋資源度として定量することが、両側回遊魚の海洋資源輸送機能を定量する上で必須であると結論した点は、これまでの関連研究では見過ごされていた点であり、新規性かつ重要性が高い。

次に申請者は、同調査河川において、週1回の定点捕獲調査を1年間継続し、全9種の遡上バイオマスの季節性を定量した(第3章)。この遡上バイオマスに、第2章で明らかにした各種の海洋資源度を掛け合わせることで、種ごとの海洋資源輸送機能を定量的に評価した。これにより、9種の両側回遊魚によって、海洋資源輸送の長期化と季節的な安定化が維持されていることを明らかにした。申請者はまた、動物の餌履歴を調べる最新手法である水晶体のイオウ同位体比分析を用いて、河川の高次捕食者であるナマズが中央値としては13%程度であるものの、年間を通して海洋由来資源を利用していることを明らかにした(第3章)。一方、中間捕食者であるカワムツでは顕著な海洋由来資源の利用が認められないことも明らかにし、両側回遊魚の遡上を通じた海洋資源輸送が河川生態系の高次栄養段階に inputs する可能性を指摘した。さらに、申請者は、河川魚類のデータベースを用いて、両側回遊魚の種の喪失プロセスと海洋資源輸送機能の関係をシミュレートし、特に系統の異なる種の喪失によって、海洋資源輸送期間が加速度的に短縮される可能性を指摘した(第3章)。これらの結果は、移住動物の種多様性が系外資源輸送の季節性を長期化・安定化する機能をもつことを実証する先駆的研究例である。系統的に離れた種の喪失が海洋資源輸送機能を急速に失わせるというシミュレーション結果は、この機能が移住戦略という替えの効かない種の適応形質によって支えられている可能性を示唆する点で、種多様性－生態系機能関係の研究にも重要な示唆をもたらすものである。

以上の一連の研究は、採餌・成長を伴う移住動物による系外資源輸送の実態を紐解き、その多様性が生態系間の季節的な連環構造を創発しているという独自性の高い理解に繋がった点で高く評価される。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和8年1月14日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降