

海から遡上する小型エビ類が川の生態系を大きく変える

—海と川のつながりが担う役割—

概要

宇野裕美 京都大学生態学研究センター特定准教授（研究当時、現：北海道大学大学院 地球環境科学研究 院 特別研究員）、福島慶太郎 同研究員、倉澤央 同修士課程大学院生、河村真理子 京都大学フィールド 科学教育研究センター瀬戸臨海実験所研究員、佐藤拓哉 神戸大学大学院理学研究科准教授（研究当時、現： 京都大学生態学研究センター准教授）らは、紀伊半島南部の河川において野外調査や野外操作実験を行い、海 から遡上してくる小エビが河川生態系を大きく改変することを示しました。

海と川の間が残り残る自然生態系では、多くの生物が海と川の間を回遊しています。回遊というとサケや ウナギが有名ですが、紀伊半島をはじめとする日本南部の河川にはハゼ類、巻貝類、および甲殻類など両側回 遊というタイプの回遊をする小さな生物がとて多く生息しています。今回私たちは特に山地河川に多く見ら れるヌマエビやヤマトヌマエビなどの小型エビ類が河川において果たす役割を明らかにすることを目的に、小 型エビ類の有無が河川生態系の他の生物や環境に与える影響を調べました。小型エビ類がいる河川といない河 川で実際の生態系を比較したり、一つの河川の中で小型エビ類がいる部分といない部分を実験的に作り出して 他の生物の応答を調べました。結果、エビがいると川底の生物相が変わり、川底を覆う細かな有機物が減少し、 栄養塩動態も変化し、河川水中の栄養塩濃度にまで影響が及ぶ可能性が示唆されました。川の環境は流域の陸 上生態系の状態だけでなく、海とのつながりにも大きな影響を及ぼすことが示されました。

本成果は、2022年2月14日（日本時間）に国際学術誌「*Oecologia*」にオンライン掲載されました。



日本の南部を含む熱帯から亜熱帯地域には一生の間に海と川の間を行き来する小型のエビ類が多数生息し ています。本研究により、海とのつながりの強い河川に多数生息する小型のエビ類は河川の生態系において 大きな役割を果たしていることが明らかになりました。

1. 背景

自然の生態系においては森・川・海の生態系は生き物の移動や栄養塩循環・土砂の運搬など様々な側面において互いに影響を及ぼしあいながら成立しています。ダムなどの大きな障壁のない自然河川では本来、海と川の間を多くの生物が行き来しています。海から遡上するサケの死骸が河川やその周辺に生息する様々な動物にとって大切な餌となることはよく知られています。一方で日本の南部を含む熱帯から亜熱帯地域で特に多く遡上する両側回遊というタイプの回遊を行なうハゼ類、巻貝類、および甲殻類（エビ・カニ）など多様な生物が果たす役割については、その主要な生息域である熱帯域において生態系研究があまり活発でないといったような理由もありこれまであまり着目されてきませんでした。そこで本研究では両側回遊生物の中でも特に海辺の山地河川にとっても高い密度で生息し、河川生態系に大きな影響をおよぼすことが予想される小型エビ類が果たす役割に着目しました。本研究は両側回遊性の小型エビ類が河川生態系に与える影響について調査した、アジアでは初めての研究であり、なおかつその小型エビ類の影響を栄養塩循環の観点からも評価した点においては、世界で初めての研究です。

2. 研究手法・成果

本研究は小型エビ類の有無が河川生態系について与える影響を評価するため、野外での実験や、エビや底生昆虫の飼育、さらには条件の異なる河川間での比較調査など様々なアプローチを組み合わせて行われました。

まずエビの有無が河川生態系に与える影響について直接的に検証するため、和歌山県白浜町の高瀬川で小エビの有無を操作する野外操作実験を行いました。イノシシ除けの電気柵を改造して作成したエビ除けの電気柵を複数川底に設置し（白浜町および近隣住民の許可を得て実施）、約一カ月間河川の一部から小エビを除去しました。そしてこの区画と小エビを除去しない対照区画とを比較することにより、小エビがいる区画では、川底のもやもやとした有機物が1/5に減少し（おそらく小エビが食べてしまうため）、その下の底生藻類が繁茂、さらに水生昆虫など他の生物相を変えてしまうことを明らかにしました。さらに小エビの存在が川底の生物相を介して栄養塩動態に与える影響を評価するため、小エビおよび他の底生生物（カゲロウやトビケラなど）を個体別に飼育して栄養塩の排泄速度を計測しました。その結果、エビが存在することで川底の動物全体からのアンモニアの排泄速度が2.5倍に高まることを示しました。最後に、これまでの実験から推定されるエビの影響が、実際にエビの密度の異なる河川間のパターンとして見られるのかどうかを検証するため、紀伊半島南部の富田川水系・日置川水系・古座川水系において、ダムなどにより海と分断されてエビの密度が低い河川と、逆に海とつながっていてエビの密度が高い河川などを含めた、小エビの密度が異なる13の支流の生物相と水中の栄養塩を調査しました。結果、実験でエビの有無を操作した際と同様の傾向は、海との分断の条件が異なる河川間の環境の相違としても確かめられました。河川水中の栄養塩に関しては、海とのつながりが強くエビの密度の高い河川においては硝酸態窒素濃度が高い傾向がみられ、エビの存在によって増加した動物由来のアンモニアが川底の堆積物内で硝化されることで河川水中の硝酸態窒素濃度を上昇させることが示唆されました。

本研究から、海と川の間を回遊する両側回遊性小エビの存在が河川生態系の生物群集・川底の有機物量・栄養塩循環などに大きな影響を与えることが明らかになりました。

3. 波及効果、今後の予定

河川生態系の状態にはその河川の上流部や流域の陸上環境が影響することはよく知られていますが、本研究では川と海の間も回遊生物を介してその河川の状態に大きな影響を及ぼすことを示しました。特に両側

回遊性生物が河川の栄養塩循環にまで影響を与える可能性を報告したのは本研究が世界でも初めてです。本研究で両側回遊生物によって増加することが示唆された河川水中のアンモニアや硝酸態窒素などの栄養塩は海に流れ下ると海の基礎生産を支えます。小エビはサケやウナギに比べると小型で水産的な価値も低い両側回遊性生物ですが、それらの遡上は生態系において大きな役割を担っています。今後さらに、生き物の移動や栄養塩循環を含めた森・川・海の生態系の全体を俯瞰した研究・理解さらに土地管理が求められています。大自然の中での生き物の大移動とそれが生態系の中で担う役割についてさらに明らかにし、人為的に管理された自然の現状と照らし合わせるにより、あるべき自然の姿について発信していきたいと考えています。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は京大大学生態学研究センターの共同利用、京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所の設備利用、北海道大学北方圏フィールド科学センター和歌山研究林の設備などを利用して行われました。また、本研究は国土交通省およびリバーフロント研究所からの河川生態学術研究会研究予算、日本財団からの笹川科学研究助成および「Link Again Program」の助成を受けました。

<用語解説>

注1 両側回遊性生物：一生のほとんどを川で過ごし、川で成長し産卵もするが、生活史の一部（多くは卵から幼生の段階）でいったん海に下って再び川に戻ってくる回遊を行なう生物。海と川を往来できなければ子孫を残すことができなくなる種が多く、そういった種は、ダムなど海と川の間物理障壁がある河川からは消えてしまう。熱帯から亜熱帯域において特に多くの種類が生息する。

<研究者のコメント>

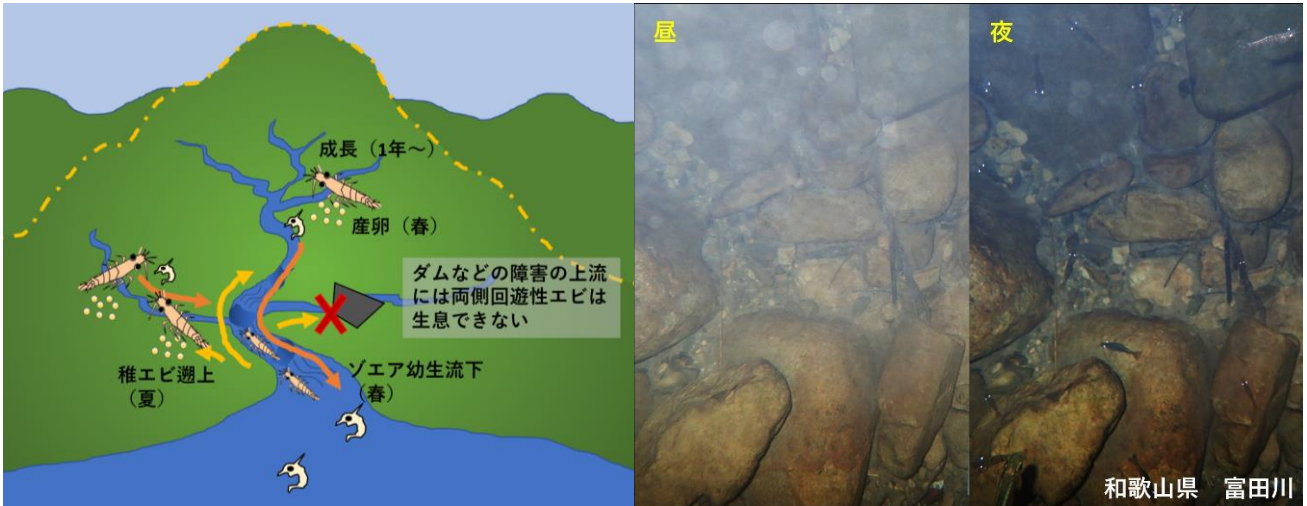
サケやウナギに比べると小さくてしかも夜行性なので目立たない小エビたち。目立たないけれどいるところには大量にいて、生態系で大切な役割を果たしています。しかしこの小エビを含む回遊性の生物は、堰堤やダムで川と海の連続性が途切れてしまうと生息できません。私たちが気づかないうちに彼らの住処を奪ってしまわないように、小さな動物たちの声にもしっかりと耳を傾けていく必要があります。

<論文タイトルと著者>

タイトル：Direct and indirect effects of amphidromous shrimps on nutrient mineralization in streams in Japan（両側回遊性エビが直接的・間接的に日本の河川における栄養塩の無機化に与える影響）

著者：宇野裕美^{1,2}，福島慶太郎¹，河村真理子³，倉澤央¹，佐藤拓哉^{4,1}（1 京大大学生態学研究センター； 2 北海道大学大学院地球環境科学研究院； 3 京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所； 4 神戸大学大学院理学研究科）

掲載誌：*Oecologia* DOI：10.1007/s00442-022-05119-6

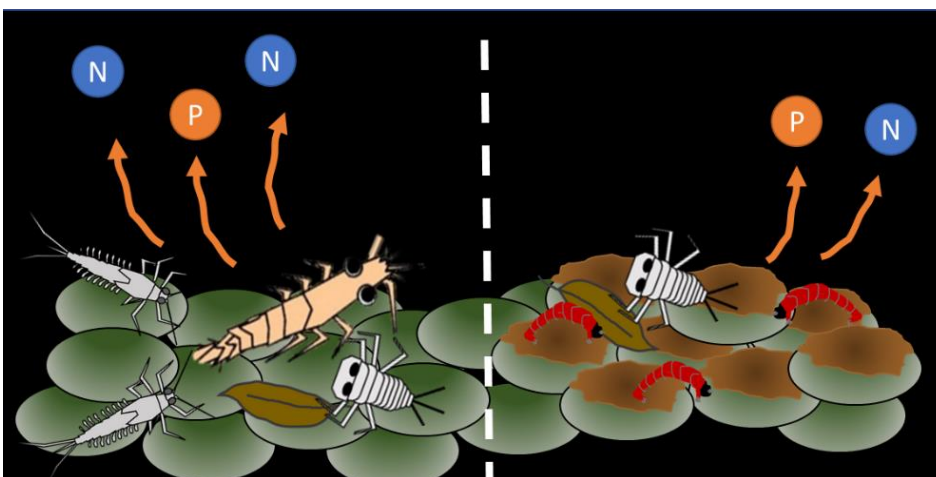


(左) 両側回遊性エビの生活史

(右) 昼には川底の石の下にいて、夜になると這い出されてきて川底を埋め尽くす小エビたち



電気柵による野外操作実験



本研究で明らかになった小エビが河川生態系に与える影響

小エビがいると底生有機物が減少してその下の底生藻類が繁茂。底生有機物を食べるユスリカなどの水生昆虫が減少し、藻類を食べるコカゲロウなどの水生昆虫が増加する。エビの存在により底

生動物全体から水中へのアンモニアの排泄率が上昇することが確かめられ、河床堆積物中でのアンモニアの硝化を介して河川水の硝酸態窒素濃度にも影響が及ぶことが示唆された。