

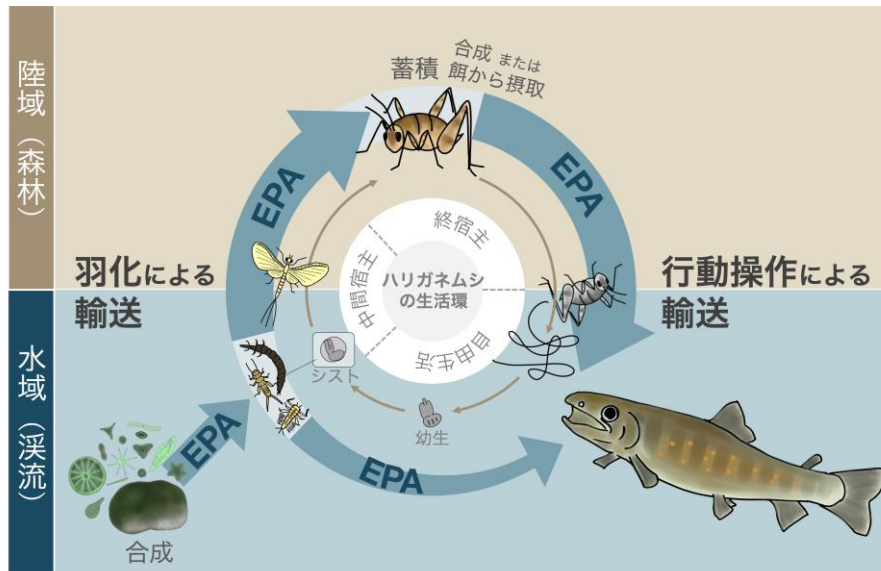


寄生虫の行動操作は河川に栄養素をもたらす —物質循環を駆動するメカニズムの解明に期待—

概要

目戸綾乃京大大学生態学研究センター研究員（研究当時、現北海道大学大学院地球環境科学研究院助教）と佐藤拓哉同センター教授は、ハリガネムシに寄生、行動操作されたカマドウマが河川に飛び込み、イワナに食べられることで、動物の重要な栄養素であるエイコサペンタエン酸（EPA）が陸域から水域へ輸送されることを明らかにしました。生態系をまたぐ栄養素の循環に寄生生物が関わることを示す世界初の成果です。

本研究の成果は、2026 年 7 月 7 日午前 8 時 30 分（米国東部時間）に国際学術誌「*PNAS Nexus*」にオンライン掲載されました。



ハリガネムシに寄生・行動操作されたカマドウマによる陸域から水域への EPA フローの概要。

（イラスト：目戸綾乃）

1. 背景

我々人間のサプリメントとしてもよく知られるエイコサペンタエン酸（EPA）は、様々な動物の脳や神経系の発達に関わり、その生存、成長、繁殖を左右します。EPAは主に珪藻やクリプト藻といった一部の藻類（水域の一次生産者）に作られ、陸上ではEPAを作ることのできる生物はほとんど知られていません。藻類を食べる水生昆虫が羽化に伴って河川や湖沼で蓄積したEPAを陸域に運び、鳥類などの陸上動物に栄養を供給することが近年の研究で明らかになりつつあります。こうした一方向的なEPA供給を実証する研究例が増えつつある一方、陸上生態系から水圏生態系へのEPA輸送の重要性はほとんど検証されていませんでした。

温帯の河畔林では、ハリガネムシに寄生されたカマドウマ（陸生無脊椎動物）が行動操作によって河川へ飛び込まされ、魚類の餌となります。先行研究では、こうしたカマドウマがイワナの年間エネルギー摂取量の約60%を占めることも示されていました。カマドウマは、羽化した水生昆虫を食べることで、ハリガネムシに感染します。そこで我々は、カマドウマが羽化した水生昆虫を食べてEPAを蓄積し、さらにその後の行動操作によって河川へ移動することで、森から川にすむ魚類へのEPAの輸送が生じていると予想しました。

2. 研究手法・成果

この予想を検証するために、まず（1）世界各地の温帯河川で観測された水生昆虫のEPA含量のデータを統合し、（2）カマドウマに含まれるEPA量と比較をおこないました。さらに、（3）これらのデータを用いて、イワナが水生昆虫とカマドウマそれぞれから摂取したEPA量を推定しました。その結果、カマドウマ1匹あたりのEPA含量は、水生昆虫の約4-17倍であることがわかりました。また、イワナは、8月には、水生昆虫と比較して1.6-2.1倍、10月には24.3-60.9倍多くのEPAをカマドウマから得ていると推定されました。すなわち、本研究の成果は、ハリガネムシによるカマドウマの行動操作が、森から川へのエネルギーフローだけでなく、EPAのような動物の成長や繁殖に重要な栄養素のフローも生み出すことを示しています。

3. 波及効果、今後の予定

本研究の成果は、EPAの主要なフローは水域から陸域への一方向であるという従来の見方を覆すものです。EPAは動物の成長や繁殖に関わることが知られています。このため、生態系内外でのEPAのフローは、高次捕食者の個体数を左右し、ひいては窒素やリン循環よりも強く食物網構造の制御に関わる可能性があります。カマドウマの比較的高いEPA含量は、彼らがハリガネムシに感染する経路である、EPA含量の高い水生昆虫を食べることに起因すると考えられます。しかし近年、EPAを自身の体内で合成する土壌動物が発見され始めています。そのため、カマドウマがEPAを合成する土壌動物を食べる、あるいはカマドウマ自身もEPAを合成する可能性を捨てきれません。今後の研究で、カマドウマがどこからどれくらいの割合でEPAを摂取しているのかを明らかにすることで、生態系間の栄養素フローへの理解がさらに深まると期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、JPMJFR211C（研究代表者：佐藤拓哉）、日本学術振興会 JP24H02291（研究代表者：佐藤拓哉）、日本学術振興会 JP25K18545（研究代表者：目戸綾乃）、日本科学協会笹川科学研究助成 2025-5014（研究代表者：目戸綾乃）による助成を受けたものです。

<研究者のコメント>

とても特徴的なフォルムをしているカマドウマとハリガネムシ。苦手な方も多いと想像します。本研究により、ハリガネムシに行動操作されたカマドウマが、川にすむ動物に EPA という栄養素をもたらすことがわかりました。ハリガネムシによって川へ運ばれてくるカマドウマは、イワナにとっては天（森）から舞い降りる最高のごちそうに見えているかもしれません（目戸綾乃）

京都大学フィールド科学教育研究センターで学振ポスドクをしていた 2011 年に、ハリガネムシによる宿主の行動操作によって森から川へのエネルギー流が生じることを発表しました。それから 15 年、当時の定量データを活かして、行動操作がこれまで見過ごされていた森から川への必須栄養素の流れにも関わっていることを示せました。当時、昼夜問わず歩き回った川や森の情景が思い出されました！（佐藤拓哉）

<論文タイトルと著者>

タイトル：**Nematomorph parasites potentially drive nutritional flow from terrestrial to aquatic ecosystems**（類線形虫ハリガネムシが駆動する陸域から水域への栄養素フロー）

著者：Ayano Medo, Takuya Sato

掲載誌：*PNAS Nexus* DOI：<https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgag201>

<研究に関するお問い合わせ先>

目戸綾乃

北海道大学大学院地球環境科学研究院・助教

TEL：011-706-2243

E-mail：medo@ees.hokudai.ac.jp

佐藤拓哉

京都大学 生態学研究センター 生態学研究部門・教授

TEL：077-549-8258

E-mail：tsato@ecology.kyoto-u.ac.jp

<報道に関するお問い合わせ先>

京都大学広報室国際広報班

TEL：075-753-5729 FAX：075-753-2094

E-mail：comms@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

北海道大学社会共創部広報課

Tel：011-706-2610 FAX：011-706-2092

E-mail：jp-press@general.hokudai.ac.jp