

報道関係各位

令和6年10月18日
国立大学法人弘前大学
学校法人近畿大学
国立研究開発法人理化学研究所
国立研究開発法人国立環境研究所

**生物間の関係性の「変わりやすさ」が、
農薬かく乱に対する生物密度の安定性に影響することを実験的に解明**

【本件のポイント】

- 人為的な環境変化（かく乱）が生態系にどのような影響を及ぼすかを予測することは、環境保全の観点から重要な課題とされます。しかし、生物同士の関係性（生物間相互作用）は非常に複雑で、さらに関係性の強弱や正負が「変わりやすい」という特徴をもつため、かく乱の影響を正確に予測することは困難です。
- 研究チームは、生物間相互作用の「変わりやすさ（変動性）」が、農薬によるかく乱の下での生物密度※1の安定性※2に対して、どのように作用するかを実験的に明らかにしました。特に、相互作用の変動性のタイプによって、かく乱に対する安定性を高める場合と、逆に安定性を低下させる場合があることを突き止めました。
- 本研究の成果から、相互作用の変動性のタイプをあらかじめ把握することで、人為的なかく乱が生じた場合に密度が不安定化しやすい生物を特定し、事前に保全対策を講じる可能性が広がります。本研究は、2024年10月22日19時（日本時間）に、*Communications Biology* 誌に掲載されます。

【本件の概要】

背景

自然界では、異なる生物同士が生物間相互作用（捕食-被食、競争、共生など）で互いに結びつき、複雑なネットワークを形成しています。一方、生物は周囲の状況に応じて他者との相互作用を強めたり弱めたり、場合によっては捕食-被食や競争などの敵対的な関係から共生関係へと関係性を変えたりすることが明らかにされてきました。さらに、近年ますます強まる人為的な環境変化に対して、こうした「変わりやすい」という生物間相互作用の性質がどのような機能をもつかという問いに注目が集まりつつあります。しかし、多数の種が関わりあう複雑な野外の生態系で、相互作用の「変わりやすさ（変動性）」を定量することは容易ではないため、相互作用の変動性がかく乱への生物の応答をどう左右するのかの理解は進んでいないのが現状です。

内容

橋本洸哉助教（弘前大学農学生命科学部）、早坂大亮准教授（近畿大学農学部）、角谷 拓室長

(国立環境研究所)を中心とした研究チームは、江口優志氏(当時・近畿大学大学院農学研究科)、瀬古祐吾特別研究員(国立環境研究所)、蔡吉研究員(当時・京都大学生態学研究センター)、鈴木健大研究員(理化学研究所)、五箇公一室長(国立環境研究所)とともにこの課題に取り組みました。

研究チームは、水田の水生生物群集を材料として、水田を模して野外に設置した実験系(水田メソコスム)を用いて農薬施用の有無を操作する実験を3年間行い、プランクトンや水生昆虫などの密度時系列データを取得して処理間で比較することで、農薬施用に対する水生生物密度の安定性を評価しました。そして、Empirical Dynamic Modelling(経験的動的モデリング)と呼ばれる最新の時系列データ解析手法を用いて、水田メソコスム内における生物間相互作用の変動性を評価しました。その際、変わりやすい相互作用を他者と結ぶ生物の密度は、農薬施用に対して安定しているのか、それとも不安定になりやすいのかについても検証しました。

相互作用の変動性の指標として、研究チームは「相互作用効果の密度依存的な変動」に着目しました。たとえば、捕食が起こると、食べられる側の生物の増殖速度が低下するという効果が生じます。「相互作用効果の密度依存的な変動」とは、こうした相互作用(ここでは捕食)の効果が、相互作用をうける相手側の生物(ここでは食べられる側の生物)の密度変化に応じて変動することを指します。もし相互作用効果の密度依存的な変動があるなら、相互作用の変化の影響が相手側の生物の密度にフィードバックし、かく乱に対する相手側の生物密度の安定性を左右すると考えられます。安定性が損なわれると、その生物の局所的な絶滅が生じやすくなるため、安定性を左右するメカニズムの特定は生態系の保全と管理に重要な意味をもちます。橋本助教らは、実験データから検出された相互作用効果の変動性を3つのタイプ、すなわち「負の密度依存的※3」、「正の密度依存的※4」、「密度に依存しない※5」変動性に分類し(図1)、それぞれの変動性のタイプが、かく乱に対して生物密度の安定性にどのような影響を与えるのかを明らかにしました。具体的には、生物間相互作用の変動性が「負の密度依存的」タイプである場合は、相互作用をうける相手側の生物の密度は農薬かく乱に対してより安定になる一方、「正の密度依存的」や「密度に依存しない」タイプの場合は、相互作用をうける相手側の生物の密度はかく乱に対して不安定になる傾向があることを示しました(図2)。

意義と展望

これまで、相互作用の「変わりやすさ」の効果については、かく乱に対する生物の応答の安定化が予測されるケースと不安定化が予測されるケースの両方があり、どちらが正しいかは議論が分かれていました。こうしたこれまでの予測に対して、今回の研究は、相互作用の変動性の影響は一面的ではなく多面的であり、その影響は密度依存性に基づく相互作用の変動性のタイプによって決まることを明らかにしました。この結果は、相互作用の密度依存性のタイプを事前に知ることができれば、どの生物が人為かく乱の下で不安定になりやすいかを予測することが可能になることを示唆するものです。従来、「相互作用の密度依存性を事前に知る」のは簡単ではありませんでした。しかし、近年のデータ解析手法の発展は目覚ましく、今後はさまざまな生物群・生態系のデータから同様の知見を得られるようになると予測されます。人為的な環境変化の影響が広域で顕在化しつつある現在、かく乱に弱い生物を特定し、優先的に保全することで、生態系の

効率的・効果的な保全と管理に貢献することが期待できます。

最後に、本研究は、農薬をはじめとする人工合成化学物質などの人為的なかく乱が生態系に与える影響を評価・予測する「生態リスク分野」を、野外生態系の維持機構の知見を保全と管理に応用する「保全生態学分野」に橋渡しする研究です。今後、この研究を足掛かりとして、異分野の垣根を超えた研究の発展が進むことを期待しています。

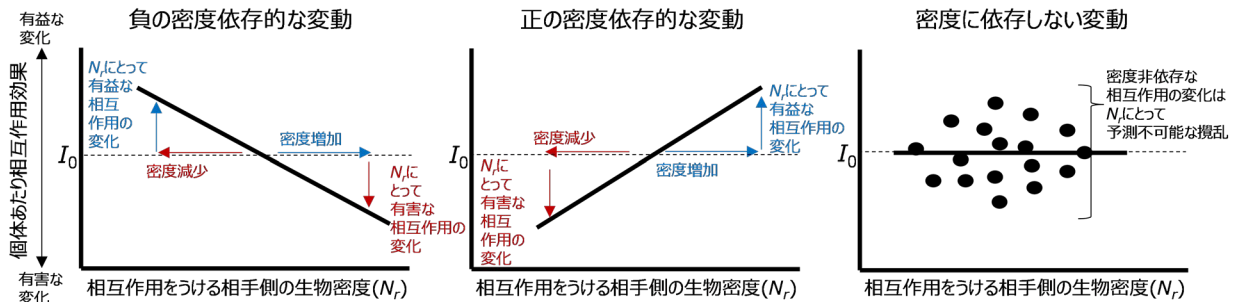


図1. 相互作用効果の密度依存的な変動の概念図。脚注3, 4, 5も参照。 I_0 : 相互作用効果がゼロであることを示すが、必ずしもこの水平線を直線がまたぐ必要はない。

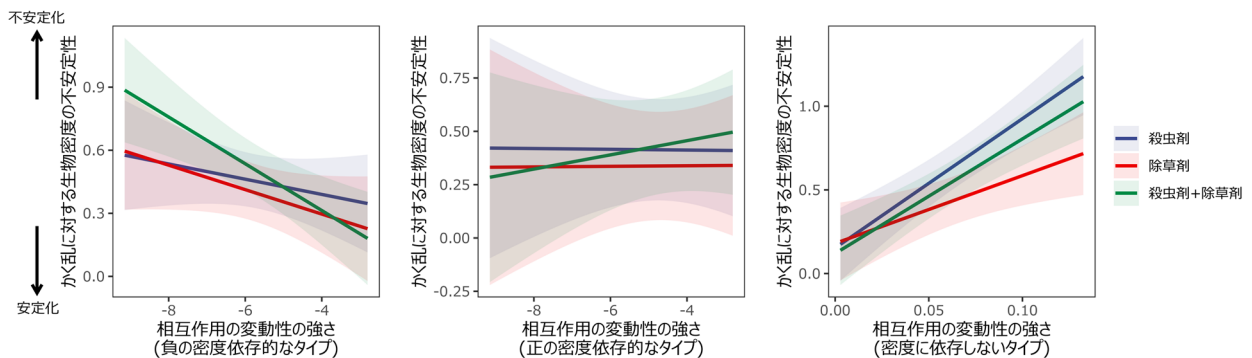


図2. 解析の結果観察された、異なるタイプの相互作用の変動性が、かく乱に対する生物（相互作用する相手側の生物）の密度の安定性に与える影響。負の密度依存の場合、どの農薬処理でも変動性が強くなるほど生物密度が安定化した。正の密度依存の場合、特に殺虫剤と除草剤を両方施用した処理で、変動性が強くなるほど生物密度が不安定化した。密度に依存しない変動性の場合、どの農薬処理でも変動性が強くなるほど生物密度が不安定化した。

論文情報

タイトル： Multifaceted effects of variable biotic interactions on population stability in complex interaction webs

著者： Koya Hashimoto, Daisuke Hayasaka, Yuji Eguchi, Yugo Seko, Ji Cai, Kenta Suzuki, Koichi Goka, and Taku Kadoya

掲載誌： *Communications Biology*

DOI： 10.1038/s42003-024-06948-2

謝辞

この研究は、環境研究総合推進費（4-1701）、JSPS科研費（20K15640, 21J01194, 21K18318）、内閣府研究開発とSociety5.0との橋渡しプログラム（BRIDGE）（R6-09）の支援を受けて行われました。

脚注

- ※1. 生物密度…単位面積あたりの生物の個体数または重量のこと。単に「密度」ともいう。
- ※2. 安定性…この研究では、かく乱が生じたときの生物密度の変化のしにくさを指す。密度が変化しにくくなる場合には「安定化」、変化しやすくなる場合には「不安定化」という。生物密度の安定性が損なわれると、その生物の局所的な絶滅が生じやすくなる。
- ※3. 負の密度依存的な相互作用効果の変動性…相互作用をうける相手側の生物密度が高くなった場合には、その密度を低くする方向に、相手側の密度が低くなった場合には、その密度を高くする方向に、相互作用の強さが変化するタイプ。例として、被食者（食べられる側の生物）の密度が高くなるほど、捕食者がその被食者を集中的に好んで食べるような状況が挙げられる。
- ※4. 正の密度依存的な相互作用効果の変動性…相互作用をうける相手側の生物密度が高くなった場合には、その密度を高くする方向に、相手側の密度が低くなった場合には、その密度を低くする方向に、相互作用の強さが変化するタイプ。例として、被食者の密度が高くなると、捕食者がそれ以上その被食者を食べきれず、結果として捕食の効果が弱まるような状況が挙げられる。
- ※5. 密度に依存しない相互作用効果の変動性…相互作用をうける相手側の生物密度の増減とは独立に、相互作用の強さが変化するタイプ。例として、気温が高い日に捕食者の活性が高くなり捕食の頻度が増える場合、被食者の密度とは関係なく、捕食の効果が強くなったり弱くなったりすると考えられる。

【情報解禁日時】 あり

2024年10月22日（火） 19:00

【取材に関するお問い合わせ先】

（所属）	弘前大学農学生命科学部生物学科
（役職・氏名）	助教・橋本洸哉
（電話・FAX）	0172-39-3801
（E-mail）	hashimoto.koya4@hirosaki-u.ac.jp, atrophaneura4@gmail.com



弘前大学
HIROSAKI UNIVERSITY



近畿大学
KINDAI UNIVERSITY

プレス発表資料

PRESS RELEASE



理化学研究所



国立研究開発法人
国立環境研究所
National Institute for Environmental Studies

【取材に関するお問い合わせ先】

(所 属) 近畿大学奈良キャンパス学生センター
(役職・氏名) 本藤, 松本
(電話・FAX) 0742-43-1639
(E - m a i l) nou_koho@ml.kindai.ac.jp

【取材に関するお問い合わせ先】

(所 属) 理化学研究所 バイオリソース研究センター 統合情報開発室
(役職・氏名) 研究員・鈴木健大
(電話・FAX) 029-836-9137
(E - m a i l) kenta.suzuki.zk@riken.jp

【取材に関するお問い合わせ先】

(所 属) 国立環境研究所 生物多様性領域
(役職・氏名) 室長・角谷拓
(電話・FAX) 029-850-2735
(E - m a i l) kadoya@nies.go.jp

【広報に関するお問い合わせ先】

(所 属) 国立環境研究所 企画部広報室
(電 話) 029-850-2308
(E - m a i l) press@nies.go.jp