

# 植物多様性の新たな維持メカニズムの発見

## —寄生植物ネナシカズラによる寄主植物の共存—

### 概要

京大大学生態学研究センターの篠原直登特定研究員と山尾僚教授、および弘前大学の野宮陸さん（研究当時：修士課程学生）は、河川敷に広がる草地で優占する2種の草本植物の共存に、寄生植物が重要な役割を果たしている可能性を示しました。

自然界には多くの植物種と一緒に生育しており、「共存」しているように見えます。しかし、光や土壌栄養塩といった同じような資源を利用する植物種の共存が、実際にどのようなメカニズムによって可能になっているかは十分に明らかにされていません。本研究では、草地でよく見られる寄生植物の一種アメリカネナシカズラに注目し、2種の寄主植物種の競争関係に与える影響を検証しました。野外調査と寄生実験から得られたデータを解析し、寄生植物と寄主植物種間の個体群動態を再現する数理モデルを構築しました。その結果、ヤハズソウはアキノエノコログサよりも競争的に優位な一方で、アメリカネナシカズラから寄生されやすく死亡しやすいことが分かりました。この作用によりアメリカネナシカズラが多く存在する場所では、ヤハズソウの生育が抑制され、アキノエノコログサが生育しやすいことが分かりました。実データから再現した数理モデルから、アキノエノコログサ、ヤハズソウ、ネナシカズラの3者が動的に個体数を変動させながら共存することが示されました。

本成果は植物の共存メカニズムの新たな証拠として、自然界での植物多様性の維持に関して重要な知見となります。本研究成果は2024年10月24日に、「*Ecology Letters*」誌にオンライン掲載されました。

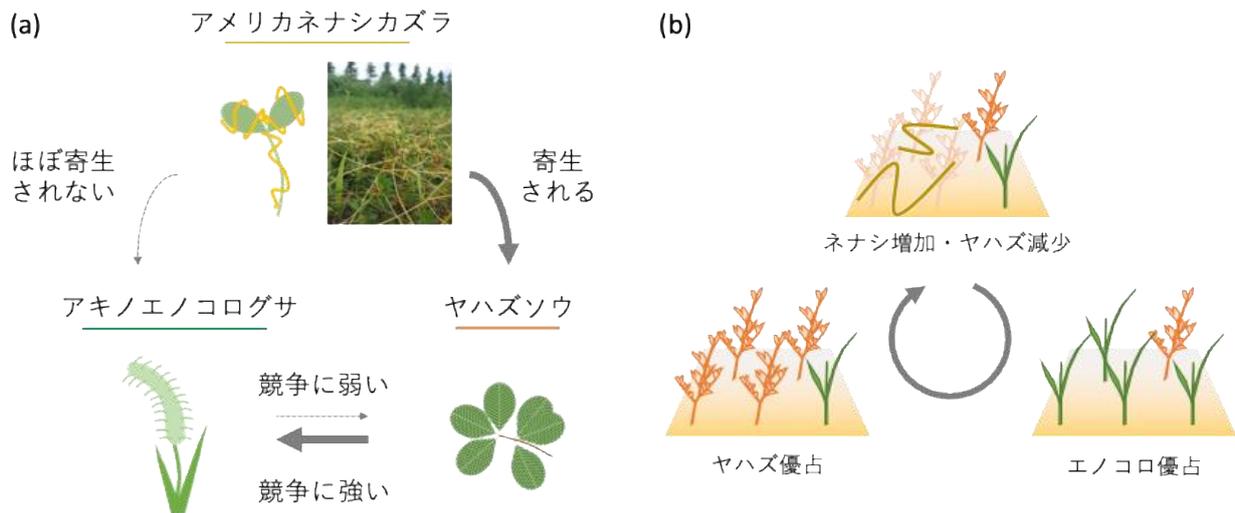


図 1. (a) アキノエノコログサ、ヤハズソウの競争関係と、その寄生植物アメリカネナシカズラの影響。競争的に優位なヤハズソウがより寄生されやすい。  
(b) その「競争と防御のトレードオフ」のため、ヤハズ、エノコロ、ネナシの個体数が動的に変化しながら共存が生じる。

## 1. 背景

私たちが普段目にする生き物の多様性はどのように維持されているのでしょうか。このシンプルにも見える疑問には、実は非常に多くの謎が含まれています。その一つに、生物は限られた資源を巡って競争関係にあることが挙げられます。例えば植物は、光や水分、土壌中の栄養などの共通の資源を利用しています。そのため、もっとも資源を効率よく利用できる種が他の種を排除してしまい、種多様性が失われることが予想されます。しかし、実際の自然界には多種多様な植物がともに生育しています。

このパラドクスを解決する一つの仮説として、「競争と防御のトレードオフ」があります。この仮説では、競争関係にある種（例えば複数の植物種）に加えて、それらを消費する捕食者（例えば植食性昆虫）を考えます。もし競争的に優位な種が捕食者に対してより脆弱である（より食べられやすい）というトレードオフがあれば、競争関係に優劣があっても共存が可能になると考えられます。実際、植物において競争と防御のトレードオフの存在は広く知られています。しかし、実際に捕食者によって植物の共存が成立するのかについて、直接的な証拠は得られていませんでした。その理由は、植物種の長期的な（例えば100年間の）個体数の変動や存続性を観察することが実際問題として困難であるためです。

そこで私たちは、実際の生物の個体数の変動を数理モデルで再現し、その長期的な共存可能性を数学的に評価する理論枠組みである「現代共存理論」（篠原・山道 2021）に注目しました。野外観察や操作実験で得られたデータを用いて「実際の自然界の様相を反映した数理モデル」を組み立てることで、実際には人が観察することができない長期的な動態を予測することができます。競争と防御のトレードオフによる植物の共存を調べるため、私たちは青森県弘前市の岩木川の河川敷に見られる草地群落で調査を行いました。この草地では、アキノエノコログサ（以下、エノコロ）やヤハズソウ（ヤハズ）といった一年生草本が優占するほか、アメリカネナシカズラ（ネナシ）という寄生植物が見られます。野外観察から、どうやらネナシはヤハズを好んで寄生しているようだということが分かりました。そこで私たちは、まずエノコロとヤハズの競争関係を明らかにし、捕食者としての寄生植物ネナシの影響を明らかにすることを目指しました。

## 2. 研究手法・成果

私たちはまず、河川敷の草地において、ある区画内の草本全 4,650 個体の位置及びサイズを記録しました（図 1）。そのデータに対して統計モデリングを行い、エノコロとヤハズの競争関係と 2 種の個体数の変動を表す数理モデルのパラメータ（具体的には推定最大種子生産数および種内、種間の密度効果の強さ）を推定しました。得られたパラメータをもとに構築した数理モデルを解析した結果、高い確率でヤハズによる優占（エノコロの絶滅）が予測されました。

次に、温室内で寄生植物ネナシとその寄主エノコロ、ヤハズの植え合わせ栽培実験を行いました。その結果、ネナシはヤハズに対して高い寄生率（100%）を示し、寄生されたヤハズもまた高い確率（91.1%）で死亡することが分かりました。一方、エノコロは栽培環境ではネナシに寄生されることがありませんでした。これらのことから、ネナシは宿主に対して高い選好性を持っており、競争的に優位なヤハズはエノコロよりもネナシの寄生に脆弱であるという競争と防御のトレードオフがあることが示唆されます。

最後に、野外調査で得られたエノコロとヤハズの個体群動態

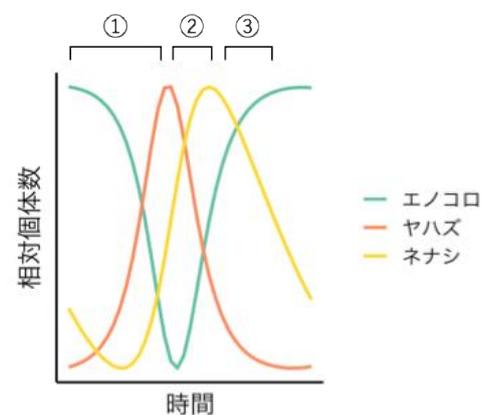


図 2. 野外データをもとに再現されたエノコロ、ヤハズ、ネナシの個体数の変動。見やすさのため縦軸は種ごとの相対値にしている。

モデルに、栽培実験で得られたネナシの寄生率および寄生による死亡率を組み合わせ、3者（エノコロ、ヤハズ、ネナシ）の個体数の増減を再現する数理モデルを構築しました。その結果、①エノコロが多いと競争優位なヤハズが増え、②寄主ヤハズの増加によりネナシが増えると、③ヤハズが減りエノコロが増える、という動的なサイクルによって3者が共存することが、幅広いパラメータの範囲で見られました（図2）。

これらの結果から、寄生植物ネナシカズラの存在により、「競争と防御のトレードオフ」がみられるアキノエノコログサとヤハズソウという寄主植物2種の共存が長期的に維持されることが明らかになりました。

### 3. 波及効果、今後の予定

近年、多種の共存に関する理論の整備とともに、生物種の共存可能性やそのメカニズムを「測る」ことが可能となってきました。しかし、そうした研究は競争関係にある種のみを対象とすることが多く、それらの競争種を捕食する消費者（私たちの研究では寄生者）の影響は十分に検討されていませんでした。本研究を皮切りに、多種共存が食う食われる関係も考慮した複雑な生態系の中でどのように生じているかについて今後多くの研究が発展すると期待されます。

### 4. 研究プロジェクトについて

本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費（23KJ0077）の助成を受けて行われました。

**引用文献:** 篠原直登、山道真人（2021）群集生態学における共存理論の現代的統合 日本生態学会誌 71(2) 35-65

#### <研究者のコメント>

「本研究は、河川という身近な草地での観察による気づきをきっかけに始まりました。自然を見ていて着想したアイデアを検証する上で、実際のデータを数理モデルと組み合わせる、いわば実証と理論のハイブリッド的なアプローチの力強さを感じました。今後は、いわゆるナチュラルリスティックな気づきを大切に、実証と理論の融合を通して、未だ解決されていない自然界の多くの謎を明らかにしていきたいと考えています。」（篠原直登）

「アメリカネナシカズラは、一度寄生すれば爆発的な速度で茎（蔓）を成長させます。その茎で次から次へと寄主に巻き付き寄生していく様子はまさに捕食者かのごとくですが、うまく寄主を得られないとすぐに弱ってしまう、そんなとてもわかりやすい植物です。そんな愛らしい寄生植物が多種の共存に大きな影響を与えていることは驚きでした。本研究で共存のメカニズムについての証拠を1つ示すことが出来たことをとても嬉しく思います。」（野宮陸）

「アキノエノコログサもヤハズソウもネナシカズラも日本に広く生育するありふれた植物ですが、その関わり合いを丁寧に調べていくと、興味深い現象に繋がっていました。今後も多面的なアプローチを用いて多様な生物たちの関わり合いを紐解いていきたいと思っています。」（山尾僚）

<論文タイトルと著者>

タイトル：A parasite plant promotes the coexistence of two annual plants

(寄生植物による2種の一年生草本の共存)

著者：篠原直登、野宮陸、山尾僚

掲載誌：*Ecology Letters* DOI：10.1111/ELE.14554