

2023年3月8日

神奈川大学

寄生植物アメリカネナシカズラの寄生メカニズムの定説を覆す現象を発見

神奈川大学大学院理学研究科の横山俊哉（理学研究科 博士後期課程1年）と同理学部の西谷和彦教授、同理学部の浅岡真理子特別助教と同総合理学研究所の渡辺明客員研究員は、寄生植物アメリカネナシカズラの寄生メカニズムに関する定説を覆す現象を発見しました。これにより、寄生植物に留まらず、植物の発生過程とそれに伴う環境変化一般について、両者を統合した生存戦略という視点からの研究の重要性が浮き彫りになりました。

1. 発表者

横山俊哉 神奈川大学大学院理学研究科（米田吉盛教育奨学金神奈川大学大学院給費生）

渡辺明 東北大学多元物質科学研究所 准教授 / 神奈川大学総合理学研究所 客員研究員

浅岡真理子 神奈川大学理学部 特別助教

西谷和彦 神奈川大学理学部 教授（責任研究者）

2. 本研究のポイント

- ・ ネナシカズラ属^{注1}の植物は群落^{注2}の下で地面で発芽すると、発芽芽生え^{注3}は細いヒモ状の茎を伸ばして宿主^{注4}に巻きついて寄生^{注5}します（一次寄生）。一旦、寄生に成功すると、宿主から養分を吸収しながら、更に成熟茎^{注6}を伸ばし、群落の上によじ登り、次々と寄生（二次寄生）を繰り返して、最後に花を咲かせ種子を作ります。
- ・ ネナシカズラ属の寄生は、青色光^{注7}と遠赤色光^{注7}により促進され、赤色光^{注7}により阻害されるとする定説が半世紀に亘って受け入れられてきましたが、今回の研究で、発芽芽生えによる一次寄生は赤色光により阻害されるものの、成熟茎による寄生は阻害されないことが明らかになりました。
- ・ この研究により、発芽芽生えは、群落を通過した赤色光/遠赤色光比（R/FR比）^{注8}の小さい光環境下を好んで寄生するのに対して、成熟した茎は太陽からの直射光が降り注ぐ群落上部のR/FR比の大きい環境でも寄生が阻害されない光応答の仕組み^{注9}を進化させ、それぞれの環境に応じて寄生効率を上げていることが初めてわかりました。今回の発見は基礎植物学として重要なだけでなく、有害植物であるネナシカズラ属の繁殖管理の技術開発に重要なヒントを与えるものと期待できます。

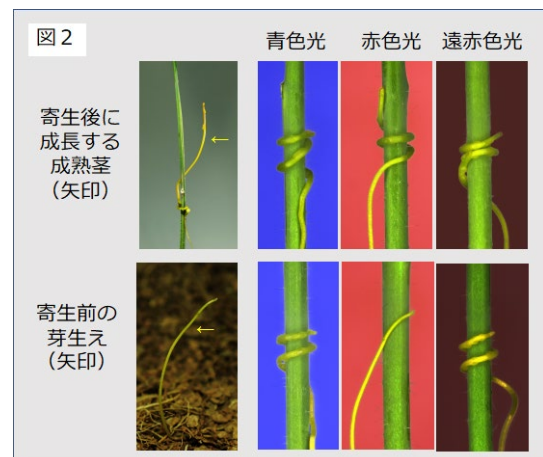


図1 メドハギに寄生して自生するアメリカネナシカズラ。神奈川県湘南ひらつかキャンパスで撮影
図2 アメリカネナシカズラの成熟茎と芽生えのシロイヌナズナへの寄生に対する単色光の影響を示す画像。成熟茎は、芽生えとは異なり、赤色光下でも寄生することを初めて捉えた画像

3. 発表論文

雑誌名 : Plant, Cell & Environment

著者 : Toshiya Yokoyama, Akira Watanabe, Mariko Asaoka and Kazuhiko Nishitani

論文表題 : Germinating seedlings and mature shoots of *Cuscuta campestris* respond differently to light stimuli during parasitism but not during circumnutation.

URL : <https://doi.org/10.1111/pce.14575>

Open Access Online 公開済

4. 発表内容の解説

<研究の背景>

1. 茎寄生植物ネナシカズラ属とは

- 被子植物は本来、根から無機養分を吸い上げ、葉で光合成を行って生きる独立栄養生物ですが、その中から、進化の過程で他の植物に寄生して生きる従属栄養の寄生植物が現れました。寄生植物の出現は、被子植物の進化の過程で少なくとも12回以上にわたり独立に起こり、現在の地球上には4500種以上の寄生植物が生息しています。この数は被子植物全種の1%以上にも上ります。
- ヒルガオ科ネナシカズラ属は代表的な寄生植物で、約200種が報告されていまして、地球上に広く分布し、各地で甚大な農業被害を引き起こしている「有害植物」です。その駆除が難しく、有効な対処方法が未だ確立されていないため、駆除技術の開発は、目下重要な課題です。
- ネナシカズラは漢字で「根無し葛(かづら)」と書きます。葛とは、他の植物に巻きついて生きるつる性植物のことです。その名の通り、根がないことに加え、葉も退化し、光合成をほとんど行わず、茎で宿主に巻きついて養分を吸い取って成長します。

2. アメリカネナシカズラ (*Cuscuta campestris* Yuncker)

- アメリカネナシカズラはネナシカズラ属の代表種の一つで、北アメリカ大陸原産で、日本を含めた世界中に広がっており、農作物への寄生による農業被害や、公園の樹木への寄生による景観の悪化が大きな問題となっています。近年、研究用の純系統が整備され、2018年にゲノム解析が完了し、遺伝子レベルの研究リソースが整ったことから、近年、ネナシカズラ属のモデル種となっています。
- アメリカネナシカズラは日当たりの良い開けた草原を好んで生息します。地面で発芽すると、発芽芽生えは細いヒモ状の茎のみを伸ばして宿主の茎の根元に巻きついて最初の寄生(一次寄生)を果たします。一旦、一次寄生に成功すると、宿主から養分を吸収しながら、更に成長し、成熟茎を伸ばし宿主に巻き付きながら群落の上によじ登り、寄生(二次寄生)を繰り返し、最終的には宿主の群落に覆い被さるようにして、直射日光を浴びて寄生生活を送ります。

3. 光シグナルによる寄生の調節

- ・ 植物は光を光合成のためのエネルギーとしてだけでなく、周囲の環境を感知するためのシグナルとしても利用しています。
- ・ 太陽光には赤色光と遠赤色光が含まれます。その内、植物の葉の葉緑体は赤色光をよく吸収し、遠赤色光を透過させます。そのため、葉を通過して群落の下に届く光は赤色光 (R) と遠赤色光 (FR) の比率 (R/FR 比) が、太陽光よりも小さくなります。したがって、R/FR 比の小さい光は近くに植物がいることを示すシグナルになり、宿主を探しているネナシカズラ属にとっては宿主が近くにいて、寄生に成功しやすい場所ということになります。
- ・ 人工的に光環境を制御して行なった実験に基づいて、ネナシカズラ属の寄生には青色光と遠赤色光が促進的に働き、赤色光は阻害的に働くことが報告され、これが半世紀に亘って広く定説とされてきました。
- ・ しかし、半世紀に亘る膨大な研究報告を精査してみると、赤色光が少ない群落下部で行われる芽生えによる一次寄生に焦点を当てた研究が多い反面、寄生過程の大部分を占めている成熟茎による群落上部の太陽光下での寄生に対する光の影響がほとんど解析されていませんでした。

<今回の発見>

- ・ ネナシカズラ属の光応答を包括的に再検討するために、単色 LED 下での寄生行動をタイムラプス撮影により解析するシステムを開発し、アメリカネナシカズラの芽生えと成熟茎を用いて青色光、赤色光、遠赤色光の影響を包括的に解析しました。
- ・ 解析の結果、アメリカネナシカズラの発芽芽生えの寄生は、これまで報告されてきた通り、赤色光条件下では阻害され、青色光と遠赤色光で促進されたのに対して、成熟茎では3割以上の個体で赤色光下でも青色光下や遠赤色光下と同様に宿主に巻き付き、寄生を成立させることが明らかになりました。
- ・ この成果は、アメリカネナシカズラの寄生過程での光応答に関する定説を覆すと共に、アメリカネナシカズラが発生段階と共に変化する群落内の環境を光シグナルで感知して、寄生生存戦略を最適化させていることを初めて示したもので、寄生植物の研究に新しい領域を拓くものです。

<今回の発見の生物学的意味と波及効果>

- ・ 植物の基礎科学としてみた場合、今回の研究成果は、ネナシカズラ属の寄生の最適化戦略を理解するための糸口が掴めた点が大きな収穫です。この発見により、寄生植物に留まらず、植物の発生過程と共に推移する生息環境の変化一般について、両者を統御した生存戦略という視点からの研究の重要性が浮き彫りになりました。
- ・ 応用研究としてみた場合、今回の成果は、ネナシカズラ属駆除の基盤となる繁殖管理技術の開発のため重要なヒントを与えるものと期待できます。

5. 研究助成への謝辞

- ・ 本研究は科学研究費補助金 21K06235 (西谷和彦 代表)、18H05489 (出村拓 代表)、17K19374 (西谷和彦 代表) の助成を受けたものです。

取材の問い合わせ先

西谷和彦 (nishitani kazuhiko) e-mail: nishitani@kanagawa-u.ac.jp

<用語解説>

注1 ネナシカズラ属

ネナシカズラ属はヒルガオ科に属し、約200種からなり、いずれも根や葉が無く、つる状の姿をし、光合成をほとんど行わない茎寄生植物である。世界中の温帯から熱帯地域に広く分布し、単子葉植物から真正双子葉植物まで幅広い被子植物を宿主とする。我が国にはネナシカズラ (*C. japonica*)、マメダオシ (*C. australis*)、アメリカネナシカズラ (*C. campestris*)を含む、5種ほどが生息する。

注2 群落

一定地域に互いに影響を与えながら生息している植物集団のこと。草むら、森林など。植物は光合成などで太陽光の光を利用するため、群落上部と下部では光環境が大きく異なる。アメリカネナシカズラは海岸や河岸などの風通しと日当たりの良い群落を好んで生息する。

注3 発芽芽生え

種子から発芽して根や茎、葉を発生しながら成長中の幼若植物体。アメリカネナシカズラの芽生えは根や葉の分化がなく、茎のみがひも状にのび、回旋転頭運動をしながら宿主を下がる。ネナシカズラ属は光合成を行うことができないので、発芽後7日以内に宿主に寄生できなければ枯死する。

注4 宿主

寄生物に寄生される生物のこと。寄生物によっては特定の宿主にのみ寄生するものがあるが、ネナシカズラ属は宿主の特異性が低く、ほとんどの被子植物に対して非特異的に寄生する。

注5 寄生

生きている他の生物(宿主生物)に付着または侵入して、その生物から生存に必要な要素の一部または全てを得て生きる生命形態のこと。陸上植物の内、約4500種が寄生植物として報告されており、そのうちの200種はネナシカズラ属の茎寄生植物である。ネナシカズラ属の寄生は、宿主に巻きついたのち、巻きつき部に吸器と呼ばれる特別な寄生器官が発生し、その中でネナシカズラと宿主の維管束が連結することにより成立する。この過程は、ネナシカズラが宿主に巻き付いたのち数日で完了し、ネナシカズラは成長に必要なすべての養分や水をこの吸器を通して宿主より吸い取って成長し、繁殖する。

注6 成熟茎

本研究における成熟茎とは、寄生しているアメリカネナシカズラの寄生部から伸長した茎のことを指す。成熟茎も発芽芽生えと同様に寄生能を持ち、宿主植物上で側枝を分岐しながら伸長し、次々と隣接する他の宿主個体に寄生し、最終的には群落の上(キャノピー)に覆い被さるようにして寄生を続ける。その結果、群落のキャノピーがあたかも「中華麵」で覆われたような様相になる。

注7 青色光、赤色光、遠赤色光

ネナシカズラの寄生過程での光応答では、青色光は青色光受容体であるクリプトクロムを介して感知され、赤色光と遠赤色光は赤色光/遠赤色光受容体であるフィトクロムにより受容され、寄生に至る様々な過程が制御されると考えられている。分子メカニズムの詳細の多くは不明である。

注8 赤色光/遠赤色光比 (R/FR比)

太陽光(自然光)に含まれる赤色光(660 nm付近の光)と遠赤色光(730 nm付近の光)の比をR/FR比とよぶ。太陽光のR/FR比はおおよそ1:1.2である。植物の葉は赤色光を吸収するが、遠赤色光を吸収しないため、葉を通過して群落の下部に到達する光のR/FR比は小さくなる。植物は、赤色光と遠赤色光を受容する光受容体であるフィトクロムの働きにより、R/FR比に応じた成長反応を引き起こす。例えば、R/FR比の小さい光を、植物の陰になっていることを示す環境シグナルとして捉え、陰の環境から逃れるために茎を伸ばす「避陰反応」は多くの被子植物で見られる。ネナシカズラ属では、R/FR比の小さい光シグナルを宿主の存在を示すシグナルとして利用していると推定できる。

注9 光応答の仕組み

ネナシカズラ属の芽生えは赤色光下では寄生せず、遠赤色光下では寄生するが、赤色光と遠赤色光を交互に照射すると最後に照射された光への応答を示すことから、光応答にはフィトクロムが関与していると推測されている。フィトクロムを介した光シグナルとクリプトクロムを介した光シグナルはネナシカズラの寄生制御においても交信(クロストーク)していることが現象から推定されている。