プレスリリース

京都府立大学
Kyoto Prefectural University

京都大学記者クラブ、報道関係者各位

ブナ科コジイの堅果生産に大きく関わる昆虫種2種を新発見した
研究成果が国際学術誌「Entomological Science」に掲載されました

2025年 11 月 18 日

京都府立大学森林植生学研究室の平山貴美子准教授、大久保朔実（当時大学院生）、田中一成、細渕文孝、福濱有喜子（当時学部生）らは、河野円樹博士（綾町役場ユネスコエコパーク推進室係長）、松尾和典博士（九州大学比較社会文化研究院生物多様性講座講師）、大島一正博士（京都府立大学昆虫情報学研究室教授）とともに、日本の森林の主要構成種であるブナ科コジイの堅果生産に大きく関わる昆虫種2種を新発見しました。本研究成果は、11 月 17 日付で国際誌「Entomological Science」に掲載されました。

【概要】日本や世界の森林の中で重要な位置を占めるブナ科の樹木は、堅い果皮に覆われた「堅果」いわゆる「ドングリ」をつけます。堅果は、果皮内部に栄養豊富な子葉が発達し、さまざまな動物や昆虫などに摂食されます。ブナ科樹木の堅果の生産は、しばしば個体間で同調して大きく年変動する豊凶現象がみられますが、その理由の一つとして、凶作年に捕食者の個体数を抑制し、豊作年に沢山の堅果をつけることで捕食者を飽食させ、種子の生存率を高めているといった「捕食者飽食仮説」が有力視されています。

これまでの研究におけるブナ科堅果の重要な捕食者としては、堅果が成熟してくる頃に成虫が堅果内部に産卵し、孵化した幼虫が栄養豊富な子葉を摂食するシギゾウムシ類（いわゆるドングリムシ）に焦点があてられてきました。

本研究では、日本の森林の主要なブナ科樹種であるコジイを対象に、京都市東山と宮崎県綾の発達した常緑広葉樹林において、堅果を摂食する昆虫を堅果の成長初期段階から調べました。その結果、京都市東山、宮崎県綾ともに、鱗翅目ツヤコガの仲間※1の未記載種（*Heliozela* sp.）、膜翅目カタビロコバチの仲間※2の未記載種（*Eurytoma* sp.）の二種がコジイの未熟な堅果の果皮を優占的に食害しており、堅果の生産に大きな影響を与えていることが明らかとなりました（図1参照）。

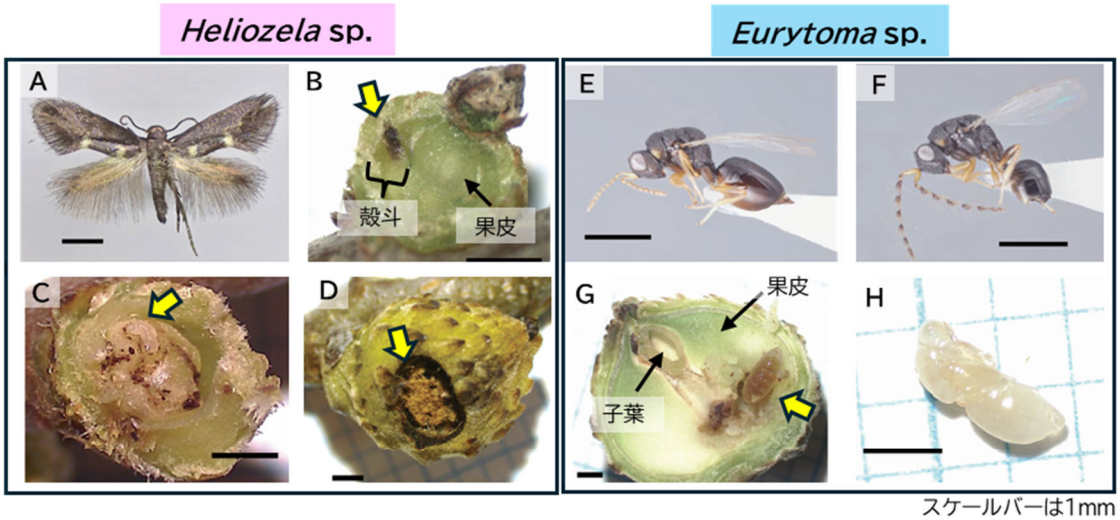


図1 鱗翅目ツヤコガの未記載種（*Heliozela* sp.）と膜翅目カタビロコバチの未記載種（*Eurytoma* sp.）の様子 A. 成虫　B. 産卵痕（この中に卵がある）　C.幼虫が果皮を摂食する様子　D. 楕円形にくりぬかれた堅果（切り取った楕円の殻斗側に前蛹※3の入った繭が付着する。図3参照。堅果内部は糞がつまっている。）　E. メス成虫　F. オス成虫　G. 幼虫が果皮を摂食する様子　H. 蛹

ポイント

●コジイの堅果に特化して摂食する昆虫（スペシャリスト）としては、堅果が成熟してくる頃に成虫が堅果内部に産卵し、孵化した幼虫が栄養豊富な子葉を摂食するシイシギゾウムシしか知られてなかった。

●本研究により発見した鱗翅目ツヤコガの仲間の未記載種（*Heliozela* sp.）、膜翅目カタビロコバチの仲間の未記載種（*Eurytoma* sp.）の2種は、いずれも、未熟なコジイ堅果の果皮部を摂食していた。2種に摂食されたコジイ堅果は破壊され、成長することなく脱落していた。2種の昆虫は、他のブナ科樹種からは見つかっておらず、コジイの堅果に特化して摂食する昆虫（スペシャリスト）であると考えられた。

●*Heliozela* sp.、 *Eurytoma* sp.の2種は、ともに、コジイの堅果が成長し始める7月ごろ、成虫の産卵や幼虫の堅果の摂食が見られるようになり、世代を繰り返しながら、長期間にわたり未熟な堅果を利用していた。京都市東山、宮崎県綾の発達した常緑広葉樹林では、いずれも、コジイの開花量が少ない時には、成長し始めた堅果のうち約半数がこれらの昆虫により摂食、加害されていた。

研究の背景

ブナ科樹種の堅果は、果皮内部に栄養豊富な子葉が発達し、さまざまな動物や昆虫などに摂食されます。植物側は、堅果が被食されると次世代の更新に関わるため、タンニンの蓄積などによる化学的防衛、殻斗の発達による物理的防衛、子葉の発達の遅延による時間的防衛などを発達させてきたと考えられています。また、ブナ科樹木の堅果の生産は、しばしば個体間で同調して大きく年変動する豊凶現象がみられますが、その理由の一つとして、凶作年に捕食者の個体数を抑制し、豊作年に沢山の堅果をつけることで捕食者を飽食させ、種子の生存率を高めているといった「捕食者飽食仮説」が有力視されています。

これまでの研究におけるブナ科堅果の重要な捕食者としては、堅果が成熟してくる頃に成虫が堅果内部に産卵し、孵化した幼虫が栄養豊富な子葉を摂食するシギゾウムシ類に焦点があてられてきました。しかしながら、ブナ科樹木の中には未熟な堅果の段階から昆虫の食害を受ける樹種も報告されています。

日本の暖温帯において森林の主要構成種であるコジイは、4－5月に開花後、翌年6月の終わりから堅果の成長がはじまり、ようやく10月になってから子葉が発達してきます（図2参照）。また殻斗は11月に堅果が成熟して落下するまで堅果全体を覆っています。コジイ堅果に特化して摂食する昆虫はシイシギゾウムシしか知られていません。コジイ堅果の子葉発達前の成長段階では、殻斗の覆いが昆虫の摂食を防いでいる可能性も考えられます。

本研究は、コジイが長期間にわたり優占してきた京都市東山、宮崎県綾の発達した常緑広葉樹林において、コジイの堅果を摂食する昆虫を堅果の成長初期段階から調べ、それらがコジイの堅果の生産に与える影響を明らかにすることを目的に行いました。

図2 コジイ堅果の成長過程

研究の詳しい内容

方法

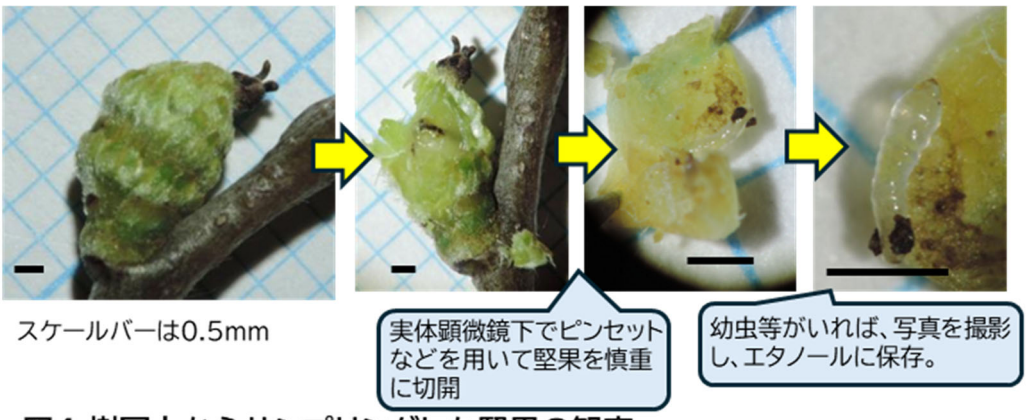
京都市東山と宮崎県綾の発達した常緑広葉樹林内に調査プロットを設定し、落下した堅果を回収するためのシードトラップを設けました。2016年4月から2018年4月までシードトラップの内容物を回収し、コジイの堅果(殻斗と果皮が発達しはじめているもの全て)をサイズと加害状況をもとに仕分けました(図3参照)。これまでのブナ科樹種の堅果の加害からは発見されてこなかった加害についてはタイプ A とタイプ B に分類し、成虫を得るための飼育も行いました。

図3 シードトラップからの仕分けの様子

スケールバーは2mm

得られた成虫から、タイプ A は鱗翅目 *Heliozela* 属の一種、タイプ B は、膜翅目 *Eurytoma* 属の一種による加害と考えられました。これらの成虫を過去の文献から同定するとともに、これらの昆虫がどのようにコジイの堅果を利用しているのか知るため、樹冠上でのコジイ堅果の季節的なサンプリングを、京都市東山では2018年から2019年にかけて、宮崎県綾では2019年から2021年にかけて行いました。

樹冠上からサンプリングした堅果は実体顕微鏡下で切開し、鱗翅目 *Heliozela* 属の一種や膜翅目 *Eurytoma* 属の一種と考えられる卵、幼虫、蛹があった場合には、写真を撮影し、エタノールに保存しました(図4参照)。これらの卵・幼虫・蛹が、得られた成虫と同一種であるか、地理的な違いがないか確かめるため、ミトコンドリア COI 領域※4をシークエンスし、遺伝的距離の算出や系統解析を行いました。



スケールバーは0.5mm

図4 樹冠上からサンプリングした堅果の観察

結果と考察

成虫の同定から、タイプ A の加害を引き起こしている鱗翅目 *Heliozela* 属の一種、タイプ B の加害を引き起こしている膜翅目 *Eurytoma* 属の一種とも、これまでに記載のない種（未記載種）であることが分かりました。ミトコンドリア COI 領域の解析により、樹冠上でサンプリングした堅果内から見つかった鱗翅目 *Heliozela* 属の一種や膜翅目 *Eurytoma* 属の一種と考えられる卵、幼虫、蛹は、これらの成虫と同一種であることが示されました。また両種とも、京都市東山と宮崎県綾において、解析したミトコンドリア COI 領域での遺伝的な違いは認められませんでした。

鱗翅目 *Heliozela* 属の未記載種（*Heliozela* sp.）は、堅果が成長し始めた直後の7月前半から殻斗内への産卵や1齢幼虫の果皮の摂食が観察されました。その後7月後半になると、終齢幼虫が果皮をほぼ食べつくし、内部が糞で埋まった堅果や、殻斗の一部が楕円形にくりぬかれた堅果が見られるようになりました。そして8月や9月前半にはまた新たな殻斗への産卵や1齢幼虫が見られました。成虫の羽化は多くが越冬後の6月となっていましたが、9月初旬までに殻斗が切り取られ繭が落下したものからは、同じ年の8月中旬から9月中旬にかけて羽化が見られ、*Heliozela* sp.は、年2化性、あるいは部分的な 2 化性であることが示唆されました（図5参照）。

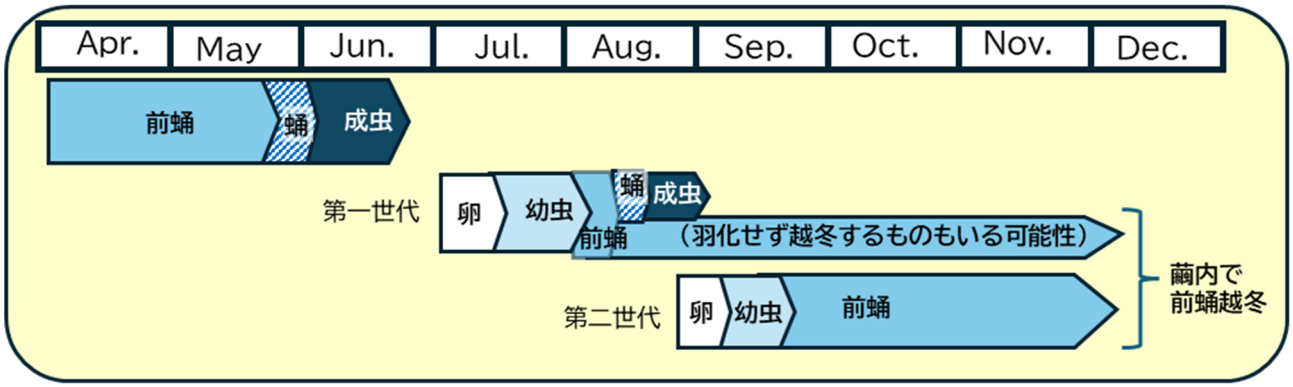


図5 推測される *Heliozela* sp.の生活史

前蛹は楕円形に切り取られた殻斗に付着した繭内におり、その後、蛹、成虫となる。

膜翅目 *Eurytoma* 属の未記載種（*Eurytoma* sp.）は、シードトラップでは、7月からその加害を受けて脱落した堅果が見つかり始め、8月から11月にかけてはしばしば堅果内に成虫も見られました。また、樹冠上の堅果サンプリングにおいて9－10月に幼虫や蛹、また10月に卵がみられたことから、*Eurytoma* sp. も年多化性であることが示唆されました。先の *Heliozela* sp.は1堅果に1匹の幼虫しかいませんでしたが、この *Eurytoma* sp.は1堅果に複数匹の幼虫がみられ、複数世代経ることで個体数が急激に増加する可能性が考えられました（図6参照）。

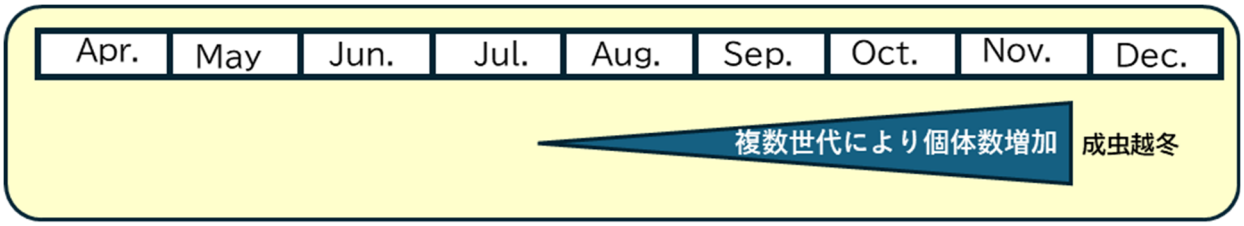


図6 推測される *Eurytoma* sp.の生活史

シードトラップに落下した昆虫に加害を受けた堅果を調べると、京都市東山、宮崎県綾とも、また2016年度、2017年度とも、成熟サイズでは、シギゾウムシ類が優占していましたが、未熟サイズでは *Heliozela* sp.による加害を受けた堅果が優占し、*Eurytoma* sp.による加害を受けた堅果がそれに続く傾向がありました(図7参照)。京都市東山、宮崎県綾ともに、前年の開花量が少なかったために堅果の量が少なかった2016年度では、*Heliozela* sp.や *Eurytoma* sp.に加害される割合が2017年度に比べて高く、約半数の堅果がそれらにより脱落していることが明らかとなりました。

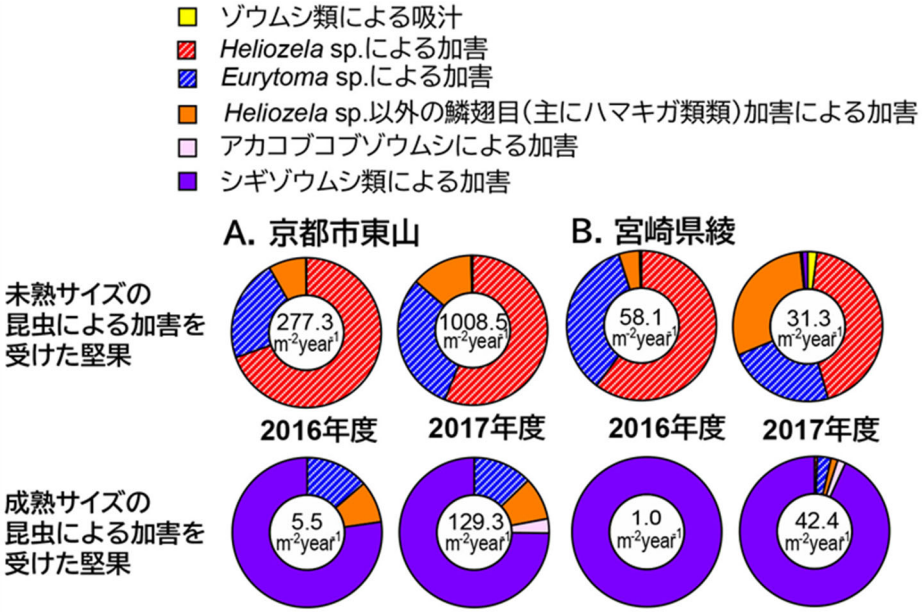


図7 昆虫に加害された未熟サイズと成熟サイズの堅果における
それぞれの昆虫の加害割合

コジイの堅果が成熟して落下するまで殻斗に覆われていることや、子葉発達が遅いことは、シギゾウムシ類の加害を防衛する戦略であるとも考えられてきました。しかし本研究により、コジイ堅果の子葉発達前の果皮に特化して摂食する *Heliozela* sp.、*Eurytoma* sp.2種の存在が明らかとなりました。これらの昆虫は、堅果の成長初期の段階から堅果を利用し、多化性でもあることから、成熟期に堅果に産卵するシギゾウムシ類に比べ、堅果の生産に大きな影響を与えていると考えられます。本研究により、果実・種子の成長に合わせて、それをうまく利用する様々な昆虫が進化し、それらが果実・種子の生産に大きな影響を与えている可能性が指摘されました。

今後の展開

本研究により、京都市東山と宮崎県綾といった地理的に異なる発達した暖温帯常緑広葉樹林において、いずれも、未熟なコジイ堅果の果皮部に特化して摂食する *Heliozela* sp.と *Eurytoma* sp.といった2種の昆虫が堅果の生産に大きな影響を与えていることが明らかとなりました。暖温帯の森林の主要構成種であるコジイにとって、*Heliozela* sp.、*Eurytoma* sp.2種は主要な捕食者であるといえます。これらの捕食者がコジイの堅果生産や開花量の年変動(豊凶)にどのように関わっているのか、またコジイの種子更新や暖温帯の森林動態にどのように影響しているのか、今後の解明が期待されます。

注釈

※1 鱗翅目ツヤコガの仲間 鱗翅目ツヤコガの仲間の *Heliozela* 属は、通常は幼虫が葉に潜って葉組織を摂食するリーフマイナーである。それらは、葉組織を摂食後、葉の上下の表皮を楕円状、あるいは盾状に切り取ってケースをつくる。その後、地面に落ちたケース内で蛹化する。本研究で発見した *Heliozela* sp.

は、ブナ科樹木の堅果を利用する初めての事例となる。

※2 膜翅目カタビロコバチの仲間 膜翅目カタビロコバチの仲間の *Eurytoma* 属は、カタビロコバチ科の中で最大の属で約 700 種から構成され、昆虫の幼虫に寄生するものが多いが、植物の果実や種子を食べるものも報告されている。

※3 前蛹 幼虫が蛹になるまでの準備期間で、餌を食べなくなってから蛹になるまでの間を指す。

※4 ミトコンドリア COI 領域 ミトコンドリア DNA のシトクローム c オキシダーゼサブユニット I(COI)タンパク質をコードする領域で、この領域は、多くの真核生物で比較的保存されている一方で、種間で配列に違いがあるため、生物の分類や種の同定に利用されている。

研究資金

本研究は旭硝子財団 環境フィールド研究分野 サステイナブルな未来への研究助成(発展研究)、科学研究費補助金 (18K05750)の助成を受けて行われました。

論文情報

タイトル

Discovery of two specialist insects that feed on immature acorns of *Castanopsis cuspidata* (Thunb.) Schottky (Fagaceae) and their importance in acorn production

DOI

https://doi.org/10.1111/ens.12621

著者

Kimiko Hirayama[1], Nobuki Kawano[2], Sakumi Ohkubo[1], Issei Tanaka[3], Fumitaka Hosobuchi[3], Yukiko Fukuhama[3], Kazunori Matsuo[4], Issei Ohshima[5,6,7]

1. 京都府立大学大学院生命環境科学研究科森林植生学研究室、2. 綾町役場ユネスコエコパーク推進室、
3. 京都府立大学生命環境学部森林植生学研究室、4. 九州大学比較社会文化研究院生物多様性講座、
5. 京都府立大学大学院生命環境科学研究科昆虫情報学研究室、
6. 京都府立大学新自然史創生センター、7. 京都府立植物園

掲載誌

Entomological Science

【本発表資料のお問い合わせ先】
京都府立大学大学院 生命環境科学研究科 准教授 平山 貴美子 (ひらやま きみこ)
Tel & Fax: 075-703-5682 E-mail: hirara@kpu.ac.jp

【本リリースの発信元】
京都府立大学 企画・地域連携課
〒606－8522 京都市左京区下鴨半木町 1-5 Tel: 075-703-5147
E-mail: kikaku@kpu.ac.jp