

## イチジクの木を枯らす甲虫から共生菌を特定 ～枯死原因の真相究明の鍵となる、 キクイムシ類と糸状菌の新たなパートナーシップ～

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院生命農学研究科の姜 自如（ジャン ジル） 研究員、梶村 恒 准教授らの研究グループは、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所との共同研究で、イチジクの生きた木に穴をあけて繁殖する、アイノクイムシと菌類の共生関係について調べ、穴をあけた枯死木から出てきた雌成虫の頭部で優占する糸状菌が存在すること、その種類を突き止め、これまでに例のない共生系であることを発見しました。

キクイムシ類は糸状菌を媒介して、世界各地の森林で害虫化しており、日本では、アイノクイムシ（ユーワラセア属の一種）がイチジク株枯病に加担しています。その雌成虫が、株枯病菌（ケラトシステイス属の一種）を腹部上翅の表面に付着させ、随伴しています。一方、菌類を貯蔵・運搬する特別な器官（菌嚢<sup>注1</sup>）に関する具体的な情報はありませんでした。

本研究では、雌成虫の口の中の菌嚢を経由する、株枯病菌の感染リスクを探るため、虫体を洗浄後、頭部・胸部・腹部に切り分けて、それぞれに存在する菌類の種類と優占度を比較しました。その結果、どの部位からも株枯病菌は検出されず、フザリウム・クロシウムが、特に頭部で圧倒的な優占度を示しました。ユーワラセア属キクイムシは様々なフザリウム属菌と共生していますが、本研究の組み合わせは世界初です。これらから、アイノクイムシは菌嚢で株枯病菌とは異なる共生菌を媒介していると考えられ、イチジクの枯死原因の真相を究明する新視点が得られました。

本研究成果は、2021年9月28日付スイス科学雑誌「Frontiers in Microbiology」にオンライン掲載されました。

本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業基盤研究(B) (17H03831)、国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)) (18KK0180)、基盤研究(B) (19H02994)、基盤研究(B) (20H03026) の支援のもとで行われたものです。

## 【ポイント】

- ・昆虫と微生物の共生関係は、宿主植物を衰弱・枯死させる場合がある。樹木に穿孔するキクイムシ類は糸状菌を媒介して、世界各地の森林で害虫化している。
- ・果樹園に侵入することもあり、日本では、アイノキクイムシ（ユーワラセア属の一種）がイチジク株枯病菌の媒介者である。雌成虫は、その菌体を腹部上翅の表面に付着させ、随伴している。
- ・アイノキクイムシは、体内に菌類を貯蔵・運搬する特別な器官（菌囊<sup>のう</sup>）を備えているグループである。その菌囊に関する具体的な情報はなかったが、最近、雌成虫の口の中にあることを発見した。
- ・穿孔後のイチジク枯死木から出てきた雌成虫を洗浄後、頭部・胸部・腹部に切り分けて、それぞれに存在する菌類の種類と優占度を比較したところ、どの部位からも株枯病菌は検出されなかった。代わりに発見されたのは、フザリウム・クロシウムで、特に頭部で圧倒的な優占度を示した。
- ・ユーワラセア属キクイムシは様々なフザリウム属菌と共生しているが、アイノキクイムシとフザリウム・クロシウムの組み合わせは世界初だった。
- ・アイノキクイムシは菌囊で株枯病菌とは異なる共生菌を媒介していると考えられ、イチジクの枯死原因の真相を究明する新視点が得られた。

## 【研究背景と内容】

昆虫と微生物の共生関係は、宿主植物を衰弱・枯死させる場合があります。植物に病原性を持つ微生物を昆虫が運ぶパターンが典型的で、昆虫が植物に付けた傷が病原微生物の侵入口になります。甲虫の仲間、樹木にトンネルを掘る（穿孔する）キクイムシ類は糸状菌を媒介して、世界各地の森林で害虫化しています。果樹園に侵入して問題になることもあり、日本では、アイノキクイムシ（ユーワラセア属の一種）がイチジク株枯病に加担しています。

株枯病菌（セラトシステイス属の一種）は、土壌経由で感染しますが、アイノキクイムシがイチジクの幹や枝に穿孔する際にも侵入しています。その雌成虫が、株枯病菌を腹部上翅の表面に付着させ、随伴しているのです（図1）。一方、アイノキクイムシは、

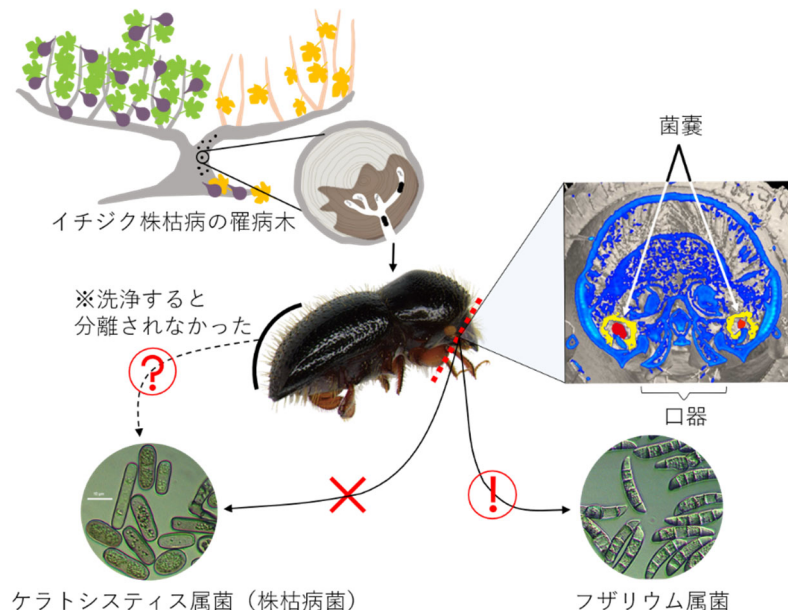


図1 本研究のイメージ図

体内に菌類を貯蔵・運搬する特別な器官（菌囊<sup>のう</sup>）を備えているグループ（養菌性キクイムシ）です。菌囊の部位や形状は多様で、養菌性キクイムシの種によって決まっています。しかし、アイノキクイムシの菌囊に関する具体的な情報はありませんでした。最近、マイクロCT<sup>注2</sup>を駆使して、菌囊が雌成虫の口の中にあることを見出しました（図1）。株枯病菌は上翅だけでなく、この中でも運ばれているのでしょうか？

本研究では、菌囊経由の感染リスクを探るため、穿孔後のイチジク枯死木から出てきた雌成虫を捕獲し、菌類を検出する分離実験を行いました。虫体を洗浄後、頭部・胸部・腹部に切り分けて、それぞれに存在する菌類の種類と相対的優占度（検出された全部の菌株数に占める、各菌種の菌株数の割合）を比較しました（図2）。その結果、どの部位からも株枯病菌は検出されませんでした。したがって、菌囊を含めて、体内には、株枯病菌が存在していないものと推察されます。また、上翅の株枯病菌は、洗浄処理によって取り除かれ、分離されなかったものと思われる（図1）。

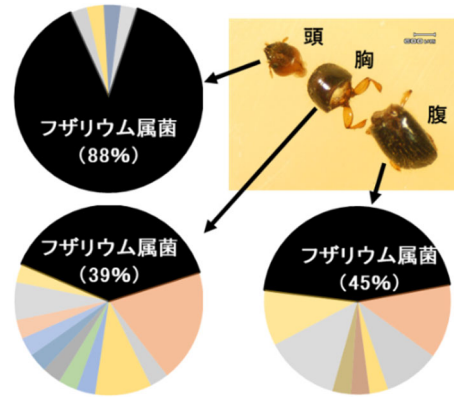


図2 アイノキクイムシ雌成虫の各部位から検出された菌類の相対的優占度

代わりに発見されたのは、フザリウム属の一種で（図1）、とくに頭部で圧倒的な優占度（88%）を示しました（図2）。また、供試した雌成虫（51匹）のうち、約6割（30匹）からフザリウム属菌が出現しました（図3）。これらの結果から、菌囊に貯蔵されている共生菌であることが示唆されます。

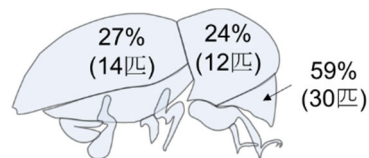


図3 供試したアイノキクイムシ雌成虫（51匹）の各部位からのフザリウム属菌の出現頻度

そして、4つの遺伝子領域を用いた系統解析を行い、この共生菌をフザリウム・クロシウム（*Fusarium kuroshium*）と同定しました。ユーワラセア属キクイムシは様々なフザリウム属菌と共生していますが、アイノキクイムシとフザリウム・クロシウムの組み合わせは世界初でした。また、アイノキクイムシは東南アジア原産で、アメリカに侵入した個体群からは別種のフザリウム属菌が分離されていることから、共生系の転換が生じた可能性も考えられます。

以上のことから、アイノキクイムシは菌囊で株枯病菌とは異なる共生菌、フザリウム・クロシウムを媒介していると考えられます。共生菌は本来、虫の食物になると考えられていますが、宿主植物にダメージを与える報告もあります。上翅の株枯病菌と共に、アイノキクイムシの穿孔によってイチジクに導入されるフザリウム・クロシウムはどのような挙動を示し、いかなる影響を及ぼすのでしょうか？イチジクの枯死原因の真相を究明する新たな視点が得られました。

### 【成果の意義】

昆虫と微生物の共生関係が引き起こす樹木病害において、キクイムシ系状菌—イチジクの系は我が国特有のものです。イチジク株枯病は、ほぼ全国の産地に被害が蔓延

している、イチジクにおいて最も深刻な病害の一つです。その媒介者として注目されるアイノキクイムシについて、体内の共生菌は不明でした。本研究は、株枯病菌が体内に存在しないことを確認するとともに、共生菌としてフザリウム・クロシウムを発見し、アイノキクイムシとの組み合わせを初めて報告しました。この成果は、農業現場で問題となっている樹木病害の実態解明の突破口となり、防除法の開発に役立つことが期待されます。また、学術的にも貢献し、森林から果樹園への昆虫の移入、昆虫と菌類の共生といった、行動・生態を理解する上で有意義であると思われます。

### 【用語説明】

注1) 菌囊<sup>のう</sup> :

昆虫が菌類を保持・運搬する器官を示す用語。囊<sup>のう</sup>とは、袋を意味する。一般的に、雌成虫の産卵に直接関係する部位に見られるが、クイムシ類では様々な部位に存在し、複数部位に発達、さらには雄成虫も備えている種類がある。

注2) マイクロCT :

マイクロコンピュータ断層撮影の略称。3D(三次元)のX線イメージングで、非破壊的に物体の内部構造を可視化できる。病院で使用されるものより、解像度を格段に高くし、小さな物体を見るために開発されている。

### 【論文情報】

雑誌名 : Frontiers in Microbiology

論文タイトル : Novel symbiotic association between *Euwallacea* ambrosia beetle and *Fusarium* fungus on fig trees in Japan

著者 : Zi-Ru Jiang (姜 自如 名古屋大学大学院生命農学研究科研究員)、Hayato Masuya (升屋 勇人 森林総合研究所きのこ・森林微生物研究領域室長)、Hisashi Kajimura (梶村 恒 名古屋大学大学院生命農学研究科准教授)

DOI: 10.3389/fmicb.2021.725210

URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.725210/full>