

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14473

研究課題名(和文) 木材依存性昆虫の多様化における共生微生物の重要性

研究課題名(英文) Importance of symbiotic microbes on the diversification of wood-dwelling insects

研究代表者

土岐 和多瑠 (Toki, Wataru)

名古屋大学・生命農学研究科・助教

研究者番号：50611406

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：日本産ハナカミキリ類を網羅的に採集し、共生器官の発達と共生酵母の有無を調べた。多くの種で難消化性のキシロースを分解可能な酵母と共生し、共生器官を発達させていた。これらのことから、ハナカミキリ類の多くの種が酵母と消化共生にあることが示唆された。共生酵母はハナカミキリの食性に関係しており、共生の起源が異なることが示唆された。新たにツツシンクイムシとクワガタムシにおいて関連する菌類を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林において、多くの木材依存性昆虫が酵母と共生関係にあることを明らかにした。昆虫の利用する木材の部位や状態によって共生酵母が異なり、多様な昆虫-微生物共生関係があることを示した。

研究成果の概要(英文)：Development of microbe-transferring organs and presence of symbiotic fungi in Lepturinae were examined. Xylose-assimilating yeasts were isolated from developed microbe-transferring organs of most lepturine species, suggesting the digestive mutualism between lepturine insects and yeasts. Species compositions of isolated yeasts were different among larval food habits, suggesting the different origin of mutualism. Associated fungi were revealed for a ship timber beetle and a stag beetle.

研究分野：昆虫学

キーワード：消化共生 栽培共生 木質 木材 酵母 カミキリムシ コメツキモドキ ツツシンクイムシ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球上で特に高い多様性を示し繁栄する昆虫類は、様々な環境へ進出するばかりでなく、普通の動物が単独では利用困難な餌資源まで利用する。今日、資源の利用困難さを克服する上で、微生物と共生関係を結ぶことの重要性がわかりつつある。共生生物が宿主の餌資源の栄養状態を改善し、宿主の成長を助ける共生は消化共生と言われ、共生生物そのものを餌として食べる場合は栽培共生とされる。昆虫において、菌との共生が昆虫単独では利用困難な物質を利用可能とし、ニッチ拡大を通して、今日の昆虫の顕著な多様性の鍵となった可能性がある。消化共生 / 栽培共生は様々な分類群で見られると予想されるものの、共生の実態や共生微生物と昆虫の多様性との関係の解明は進んでいない。

### 2. 研究の目的

本研究は、森林に豊富に存在しながら昆虫単独では利用困難な木材に着目する。木材依存性昆虫の中でも多様化の著しいカミキリムシ科昆虫と、竹類を利用するオオキノコムシ科コメツキモドキ亜科昆虫を主な対象として、仮説「消化共生 / 栽培共生のパートナーである菌が木材依存性昆虫の多様性の創出や維持に重要な役割を果たした」の検証を目的とする。

### 3. 研究の方法

これまでの研究により、ハナカミキリ類(カミキリムシ科ハナカミキリ亜科、ホソコバナカミキリ亜科)とホホビロコメツキモドキ(オオキノコムシ科)は酵母と共生することが知られている。これらを網羅的にサンプリングして、共生酵母を分離、同定し、木材関連糖類に対する資化性を調べた。加えて、木材依存性昆虫の利用部位と共生菌の関係を調べた。さらに、木材に依存し酵母と共生するクシヒゲツツシンクイ(ツツシンクイムシ科)とクワガタムシ(クワガタムシ科)を対象に加えた。

### 4. 研究成果

ハナカミキリ類の44属80種401個体のメス成虫を調べたところ、全ての個体において共生器官を有していた。共生器官の発達程度は種によって様々であり、(1)共生器官の発達が弱く酵母を保有しない、(2)共生器官が発達し酵母を保有する、(3)共生器官が顕著に発達し酵母を保有しない、の3タイプに分けられた。供試した種のうち、50種は酵母19種を保有していた。いくつかの酵母について、木材関連糖類に対する資化性を調べたところ、多くがキシロースやセロピオースを資化可能であった。特に、樹皮に比べて貧栄養な材を利用する種の共生酵母では、キシランに対して強い資化性を示す場合があった。これらのことから、ハナカミキリ類の多くの種が酵母と消化共生にあることが示唆された。共生酵母はハナカミキリの利用する木材の部位や状態によって異なり、共生の起源が異なることが示唆された。このことから、共生菌はハナカミキリの多様性創出や維持に関係することが示唆された。今後、ハナカミキリと酵母の共生系の進化プロセスの解明について、系統学的視点での研究が課題である。

コメツキモドキについては、台湾にて、日本国内にて酵母と栽培共生関係(宿主が共生生物を育てて食べる共生)にあるニホンホホビロコメツキモドキの近縁種を対象に調査を行った。共生酵母を分離し、成虫を産卵させ、無菌化した幼虫に酵母を与えて飼育し、成虫になることを確認した。これにより、大型の竹の稈と枝の空洞で共生酵母と栽培共生関係にあることが実験的に確認された。当該酵母はキシロースを分解可能であり、難消化性成分を基質として増殖し、餌として消費される可能性が示唆された。ニホンホホビロコメツキモドキについては、共生酵母を次世代に引き継ぐこととなる産卵行動を詳細に観察した。メス成虫は、すでに産卵痕のあるタケ節間への産卵を忌避することを明らかにした。ただし、産卵直後の産卵痕の場合、産卵忌避の程度は弱かった。これらのことから、重複産卵が生じる場合に、共生酵母が重複接種される可能性が考えられた。コメツキモドキについては、さらに多くの種を調べることを計画していたが、2019年度末より海外調査を行うことができず、データ取得が不十分なままであった。そのため、コメツキモドキの多様性と共生酵母との関係については今後調べるべき課題となった。

ツツシンクイムシ科は、従来、1種の菌と共生すると考えられてきた。本研究により、クシヒゲツツシンクイは少なくとも5種の酵母と関係する可能性が示唆された。それらのうち4種の木材関連糖類に対する資化性を調べたところ、種によって資化性を示す糖が異なる場合があり、複数の酵母と共生することで木材を効率的に利用する可能性が示唆された。

腐朽材食性のクワガタムシ科昆虫について、白色腐朽材食性のコクワガタと腐植食性のネプトクワガタを対象にメス成虫の菌共生器官マイカンギアより酵母の分離を行った。その結果、コクワガタでは、従来知られているキシロース資化性の共生酵母が独占的に分離されたのに対し、ネプトクワガタでは、酵母が分離されない場合や、少量分離される場合があり、特定の酵母との共生関係は見られなかった。クワガタムシ科の多くの種は特定の酵母と共生すること、ネプトクワガタ属はクワガタムシ科の派生的なグループであることから、ネプトクワガタは二次的に酵母との共生関係を喪失したと考えられた。これらのことから、クワガタムシでは、マイカンギア

は共生菌の運搬器官として機能している場合とそうでない場合があり、難分解性成分の豊富な材を利用する種では酵母への依存度が強いことが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Toki Wataru, Matsuo Susumu, Pham Hong Thai, Meleng Paulus, Lee Chow-Yang	4. 巻 106
2. 論文標題 Heads or tails: exaggerated morphologies in relation to the use of large bamboo internodes in two lizard beetles, <i>Doubledaya ruficollis</i> and <i>Oxylanguria acutipennis</i> (Coleoptera: Erotylidae: Languriinae)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Science of Nature	6. 最初と最後の頁 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00114-019-1645-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Miyazaki Yuta, Toki Wataru	4. 巻 107
2. 論文標題 Time-dependent oviposition deterrence by an oviposition mark in a fungus-farming lizard beetle	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Science of Nature	6. 最初と最後の頁 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00114-020-01710-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Toki Wataru	4. 巻 83
2. 論文標題 A single case study of mycetangia-associated fungi and their abilities to assimilate wood-associated carbon sources in the ship timber beetle <i>Elateroides flabellicornis</i> (Coleoptera: Lyemexylidae) in Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Symbiosis	6. 最初と最後の頁 173 ~ 181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13199-021-00745-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 土岐和多瑠, 松尾進, Pham Hong Thai, Paulus Meleng, Chow-Yang Lee
2. 発表標題 コマツキモドキ（鞘翅目オオキノコムシ科）における大型の竹の利用と形態的特殊化
3. 学会等名 第10回日本甲虫学会 他 合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸上真子, 土岐和多瑠
2. 発表標題 訪花性ハナカミキリ-酵母共生系における共生器官の発達と種特異性
3. 学会等名 第10回日本甲虫学会 他 合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸上真子, 土岐和多瑠
2. 発表標題 ハナカミキリ共生酵母の多様性と機能
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本大智, 棚橋薫彦, 深津武馬, 土岐和多瑠
2. 発表標題 クワガタムシと酵母の共生：共生酵母の維持における酵母運搬器官マイカンギアの役割
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸上真子, 笹倉靖徳, 山迫淳介, 湯澤宣久, 土岐和多瑠
2. 発表標題 ハナカミキリ - 酵母共生系の多様性: 幼虫食性と酵母の種特異性
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮崎雄太, 土岐和多瑠
2. 発表標題 後から来てももう遅い? ニホンホホビロコメツキモドキの産卵場所を巡るメス間闘争
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ベトナム	Vietnam National Museum of Nature			
マレーシア	Universiti Sains Malaysia	Forest Department Sarawak		