

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25840153

研究課題名(和文) 農耕の進化と社会性：非社会性昆虫と菌との栽培共生からのアプローチ

研究課題名(英文) Evolution of agriculture and sociality: approach from cultivation mutualism between non-social insect and yeast

研究代表者

土岐 和多瑠 (Toki, Wataru)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号：50611406

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：非社会性昆虫ニホンホホビロコメツキモドキ - 酵母栽培共生系には、病害となる非共生菌が侵入し、幼虫の生存や成長、酵母の増殖に負の影響を及ぼした。しかし、幼虫と酵母が共存する場合、病害菌の増殖は抑制された。成虫が酵母を運搬する器官「菌嚢」からは酵母のみが検出され、病害菌の汚染は見られなかった。酵母と関係するニホンホホビロコメツキモドキ近縁種が見つかった。

研究成果の概要(英文)：Filamentous fungi were isolated from fungal gardens of the non-social lizard beetle *Doubledaya bucculenta* (Coleoptera: Erotylidae: Languriinae), which cultivates the yeast in the internodes of recently dead bamboo culms. These secondary fungi acted as weeds in the fungal gardens of *D. bucculenta*, inhibiting both growth of the beetle larvae and proliferation of the beneficial yeast. However, growths of the fungi were suppressed in the presence of both yeast and *D. bucculenta* larvae. The beneficial yeast was exclusively detected from mycangium of female adults of *D. bucculenta*. I found a related species of *D. bucculenta* associating with yeast in Vietnam.

研究分野：生態・環境

キーワード：ニホンホホビロコメツキモドキ 非社会性昆虫 農耕 酵母 共生

## 1. 研究開始当初の背景

宿主が共生生物を育てて食べる栽培共生は、社会性昆虫と共生菌の関係において最も発達して見られ、人間の農耕とも比較される。これら社会性昆虫 - 菌栽培共生系では、昆虫が共生菌を植え、守り、食べる。菌園は外部から隔離され、多個体による手入れや害菌の駆除がなされることで維持される。これまでの研究から、菌園の長期間に亘る維持を一個体のみで行うことの困難さが指摘されており、ここに社会性という形質が大いに寄与していると考えられている。社会性動物のみに知られる高度な栽培共生『農耕』が進化する要因や農耕の進化に対する社会性の意義の解明は、生物種間の共生関係がもたらす生物多様性の理解促進に資するであろう。これらを解明するには、社会性動物を対象として研究するのみならず、非社会性動物 - 共生生物における発達した栽培共生との比較が重要である。

しかしながら、非社会性動物による栽培共生は、様々な分類群から知られるが、そのいずれも原始的な栽培共生であり、高度に発達したものは知られていなかった。

研究代表者は、近年、非社会性昆虫の一種ニホンホホビロコメツキモドキ(以下ニホンホホビロ)が酵母の一種と発達した栽培共生関係にあることを発見した。これは、非社会性相物で唯一の農耕の例である。メス成虫は菌嚢(共生菌を内部に保持して運搬する器官)を腹部末端に有し、酵母 *Wickerhamomyces anomalus* を運搬する。産卵時に寄主植物である竹内部に酵母を接種し、幼虫は増殖した酵母を摂食する。幼虫の発育には酵母が必須であり、竹のみでは育たない。研究代表者は、実験室内でのニホンホホビロの飼育法を確立しており、今後さらなる知見の集積が期待される。

## 2. 研究の目的

本研究は、「高度な栽培共生『農耕』の進化に対する社会性の意義」を明らかにすることを究極的な目的としており、非社会性昆虫ホホビロコメツキモドキ属 - 酵母栽培共生系を対象としてニホンホホビロ - 酵母共生系を中心に以下の点を明らかにすることを目的とした。

(1) ニホンホホビロ - 酵母共生系について、栽培共生の程度(実際にどれくらい能動的に共生酵母を栽培しているか)、菌園の維持機構。

(2) ニホンホホビロ - 酵母共生系について、共生菌との種特異性、共進化関係。

(3) ニホンホホビロ - 酵母共生系について、共生菌側の虫への適応形質。

(4) コメツキモドキ族の系統関係。

(5) コメツキモドキ族における栽培共生の進化の回数。

しかしながら、当初の予定とは異なり、ニホンホホビロの野外での発生状況や、海外調査の許可取得状況などから、以下の内容に研究を絞り込み、非社会性昆虫ホホビロコメツキモドキ属 - 酵母栽培共生系の実態を詳細に解明することを目的とした。

(1) 非共生菌のニホンホホビロ幼虫の成長、酵母の増殖に対する影響

(2) 非共生菌の増殖の抑制

(3) 菌嚢への酵母の取込みと維持、非共生菌によるコンタミネーション

(4) ニホンホホビロ近縁種の生態解明

## 3. 研究の方法

(1) 非共生菌のニホンホホビロ幼虫の成長、酵母の増殖に対する影響

宮崎県川南町のメダケ林にて、生きたニホンホホビロのいるメダケ空洞内より菌の分離を行った。分離された酵母以外の非共生菌を培養し、ニホンホホビロ幼虫にエサとして与えて飼育し、酵母を与えた場合とでその生存や成長を比較した。さらに、酵母とこれらの非共生菌をニホンホホビロ幼虫不在の条件下で対峙培養し、酵母の増殖が抑制されるか調べた。

(2) 非共生菌の増殖の抑制

酵母、非共生菌をニホンホホビロ幼虫あり/なしの条件下で培養し、非共生菌の増殖の違いを調べた。

(3) 菌嚢への酵母の取込みと維持、非共生菌によるコンタミネーション

ニホンホホビロは秋に竹空洞内で羽化し、そのまま空洞内で越冬し、翌春に外界へ脱出し、繁殖を行う。野外に出て活動する前の秋、冬、早春と、野外で活動中のメス成虫の菌嚢から菌の分離を行い、菌嚢内の菌相および酵母の量の変化を調べた。

(4) ニホンホホビロ近縁種の生態解明

ベトナム北部の Tam Dao 国立公園と Cuc Phuong 国立公園にてコメツキモドキのサンプリングと生態調査を行った。

## 4. 研究成果

(1) 非共生菌のニホンホホビロ幼虫の成長、酵母の増殖に対する影響

少なくとも4種類の糸状菌が非共生菌として分離された。非共生菌をエサとしてニホンホホビロ幼虫を飼育すると、成長量の低下、発育期間の遅延、死亡率の上昇が見られた

( 図 1 )

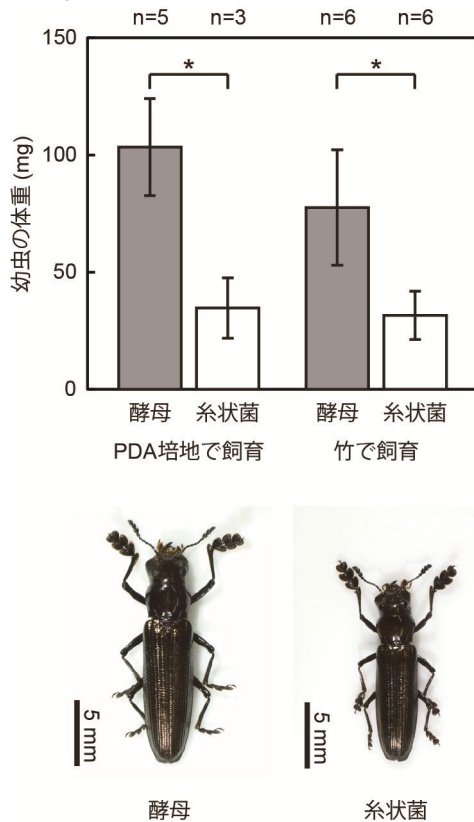


図 1 .糸状菌のニホンホホビロコメツキモドキ幼虫の成長に与える影響 .上 : 幼虫の体重、下 : 酵母 (左) と糸状菌 (右) を幼虫にエサとして与え、羽化した成虫。\*は統計的に有意な差 ( $P < 0.05$ ) があることを示す。

非共生菌と酵母を対峙培養すると、酵母の増殖が阻害された。このように、非共生菌はニホンホホビロ - 酵母共生系に侵入し、病害となることが示唆された。

#### ( 2 ) 非共生菌の増殖の抑制

幼虫の存在下において、これら非共生菌の増殖は抑制された。このことから、病害である非共生菌の増殖を幼虫が抑制し、酵母を守ることが示唆された。

#### ( 3 ) 菌嚢への酵母の取込みと維持、非共生菌によるコンタミネーション

菌嚢からは酵母のみが得られ、特に野外で活動中の個体からは多量の酵母が分離された。このことから、メス成虫は、野外に脱出する前、自身が育った節間内で酵母を菌嚢に取込むこと、野外に脱出後、なんらかの方法を用いて菌嚢内の酵母の量を増やすことが示唆された。菌嚢内での病害のコンタミネーションが見られなかったことは、病害に汚染されていない酵母を垂直伝播することを示唆するかもしれない。そうである場合、病害の侵入リスクを低減させ、一個体による菌園の管理の実現に貢献すると考えられる。

( 4 ) ニホンホホビロ近縁種の生態解明  
竹を利用するホホビロコメツキモドキが吹く数種得られ、そのうち1種は菌嚢状の器官を腹部に有し、そこから酵母が分離された。このことから栽培共生を行うのはニホンホホビロ一種だけでなく、複数種で見られることが示唆された。

#### 5 . 主な発表論文等

( 研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線 )

[ 雑誌論文 ] ( 計 1 件 )

Toki W, Takahashi Y, Togashi K, Fungal garden making inside bamboos by a non-social fungus-growing beetle, PLoS ONE, 査読有、Vol. 8, No.11, 2013, pp. e79515

[ 学会発表 ] ( 計 3 件 )

土岐和多璫 : 非社会性昆虫ニホンホホビロコメツキモドキと酵母の栽培共生, 日本昆虫学会第 73 回大会 ( 北海道 ), W2D1, 2013.9.

Wataru Toki, Atsushi Kawakita, Katsumi Togashi : Fungal garden protection against pest mold in a cultivation mutualism between non-social beetle and yeast, 日本生態学会第 61 回大会 ( 広島 ), G1-16, 2014.3.

土岐和多璫, 川北篤, 富樫一巳 : ニホンホホビロコメツキモドキ - 酵母栽培共生系に対する害菌の影響, 日本生態学会第 62 回大会 ( 鹿児島 ), PB2-096, 2015.3.

[ 図書 ] ( 計 0 件 )

[ 産業財産権 ]

出願状況 ( 計 0 件 )

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

取得状況 ( 計 0 件 )

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土岐 和多瑠 (TOKI, Wataru)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号：50611406

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：