

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25430194

研究課題名(和文) 寄主植物シフトにおける遺伝子の発現・系統および相互作用生物の効果

研究課題名(英文) Effect of gene expression, phylogeny and interacting organisms during host-plant shift

研究代表者

津田 みどり (Tuda, Midori)

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：20294910

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：新規寄主と元来寄主の遺伝的距離と、それらを利用後の植食性昆虫の体重の利用寄主間差は比例せず、発現変動した遺伝子領域数と比例した。遺伝的距離はカナバニン含量と相関したため、これが昆虫の発育阻害の一因と考えられる。

種Aでは、地理系統間で新規寄主利用率が異なり、それぞれの菌叢の多様性と関連していた。種Cでは、共生菌に感染時の方が新規寄主利用時の適応度低下が回避されていた。菌叢の多様性が寄主シフトを促進すると言える。

加えて、寄生蜂の適応度は共生菌に感染している昆虫に寄生時に低く、この昆虫にとっては有利だった。総じて植食性昆虫は共生菌の感染により相互作用生物との関係を介して有利になることが判明した。

研究成果の概要(英文)：Genetic distance between original and new host plants was correlated not with weight difference of herbivorous insects when using these plants but with the number of differentially expressed gene regions. Since the genetic distance was correlated with canavanine concentration in the plants, this amino acid might inhibit insect development.

Utilization probability of a new host plant was different between geographic populations of herbivore A and was correlated with bacterial diversity in A. In herbivore C, its fitness did not decrease by using a new host plant when C was infected with symbiotic bacteria. Therefore, bacterial diversity serves to promote host-plant shift in herbivorous insects.

The fitness of a parasitic wasp was lower when parasitizing C infected by symbiotic bacteria than when parasitizing an uninfected C, indicating infection increased the herbivore's fitness. These results suggest that symbiotic bacteria increases herbivores' fitness through interacting species.

研究分野：生態学

キーワード：植食性昆虫 寄主転換 遺伝子発現 共生菌 寄生蜂 群集

### 1. 研究開始当初の背景

植食性昆虫の寄主植物シフト(寄主範囲拡大)後の新規寄主への適応はよく研究されている。しかし、寄主シフト初期に起きる遺伝的变化を伴わない遺伝子発現の様相(遺伝子領域・発現量)の変化については未解明である。また、植食性昆虫に感染する共生菌が、昆虫の寄主シフトや、この昆虫を捕食寄生する寄生蜂に及ぼす影響はあまり知られていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、野外で寄主シフトが発見された植食性甲虫3種を用い、室内実験で寄主シフトを起こさせ、遺伝子発現変動への影響、系統的歴史および相互作用生物の効果について法則性を発見することを目指す。野外での寄主シフトのリスク予測も視野に入れる。

### 3. 研究の方法

(1) 植食性昆虫種 A、C、H それぞれの複数の地理集団から近交系を確立し、室内実験で、寄主シフトを起こさせた。ギンネムで飼育してきた種 A には新規寄主としてキマメ、アズキで飼育してきた種 C には新規寄主としてダイズ、マメ科が元来寄主である種 H には新規寄主として異なるマメ科 2 種またはアブラナ科 1 種を no-choice 環境下で与えた。新規寄主を利用した個体の体重や発育期間などの生活史形質を測定し適応度を求め比較した。

(2) 異なる寄主で飼育した種 H について、網羅的 RNA-seq および de novo アセンブルを行った。元来寄主利用時と比較した発現変動と体重差および寄主植物と元来寄主間の遺伝的距離との関係を検証した。

(3) 野外での新規寄主の利用(寄主シフト)の程度を定量化するため、調査または過去のデータを分析した。

(4) 新規寄主と元来寄主の化学分析を行い、新規寄主利用促進や発育阻害をもたらす候補物質を探索した。

(5) 種 A の異なる地理系統の寄主シフトの頻度を no-choice 実験によって比較した。また、各地理系統について次世代シーケンサーによる菌叢解析を行い、寄主シフト率との関係を比較した。

種 C に抗生物質を与え共生菌を除去後、寄主シフト後の適応度を、非除去集団と比較した。また、寄生蜂による寄生率等の適応度形質を非除去集団と比較した。

### 4. 研究成果

(1) 種によって、新規寄主をほとんど利用しないものから元来寄主の遠縁の寄主でも利用できるものまでいて、寄主範囲の種間差が確認できた。新規寄主を利用した場合、適応度が低下した。新規寄主と元来寄主の遺伝的距離と、それらを利用後の昆虫の体重の利用寄主間差は比例し

なかった。

(2) 発現変動した遺伝子領域数と新規寄主と元来寄主の遺伝的距離は比例した。体重が最低となった寄主利用時に大きく発現変動したのは免疫や糖新生関連のタンパク質が多く、消化不良と飢餓の結果と考えられる。

(3) 野外での新規寄主利用率は、室内実験で測定したそれと相関した。これは、野外での寄主シフトのリスクを室内実験により予測できることを示す。

(4) 種 A については、寄主シフトした新規寄主の表面の炭化水素組成が元来寄主と類似していた。この化学的類似が、新規寄主の利用を促進した一因と考えられる。種 H については、寄主利用時の体重と利用寄主に含まれるカナバニン量が相関したため、このアミノ酸が昆虫の寄主利用に関与する可能性がある。

(5) 種 A では、地理系統間で新規寄主利用率が異なった。菌叢の多様性も地理系統間で異なった。種 C の共生菌の操作実験では、共生菌に感染時に新規寄主利用時の適応度低下が回避されていた。菌叢の多様性が寄主シフトを促進したと言える。

加えて、寄生蜂の適応度は共生菌に感染している植食性昆虫に寄生した時の方が低くなり、植食性昆虫にとっては有利だった。植食性昆虫は、共生菌の感染により相互作用生物(寄主植物や寄生蜂)との関係を介して有利になることが解明された。

### 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 19 件)

Takano S, Tuda M, Takasu K, Furuya N, Imamura Y, Kim S, Tashiro K, Iiyama K, Tavares M, Amaral AC (2017) Unique clade of alphaproteobacterial endosymbionts induces complete cytoplasmic incompatibility in the coconut beetle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 114 (23), 6110-6115, 査読有  
DOI: 10.1073/pnas.1618094114

Kébé K, Alvarez N, Tuda M, Arnqvist G, Fox CW, Sembène M, Espíndola A (2017) Global phylogeography of the insect pest *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchinae) relates to the history of its main

host, *Vigna unguiculata*. *Journal of Biogeography*, in press. 査読有  
DOI: 10.1111/jbi.13052

Iwase S, Tani S, Saeki Y, Tuda M\*, Haran J, Skuhrovec J, Takagi M (2015) Dynamics of infection with *Wolbachia* in *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) during invasion and establishment. *Biological Invasions* 17 (12), 3639-3648. 査読有  
DOI: 10.1007/s10530-015-0985-1

Iwase S, Nakahira K, Tuda M\*, Kagoshima K, Takagi M (2015) Host-plant dependent population genetics of the invading weevil *Hypera postica*. *Bulletin of Entomological Research* 105 (1), 92-100. 査読有  
DOI: 10.1017/S0007485314000728

Tuda M, Kagoshima K, Toquenaga Y, Arnqvist G (2014) Global genetic differentiation in a cosmopolitan pest of stored beans: effects of geography, host-plant usage and anthropogenic factors. *PLoS ONE* 9 (9), e106268. 査読有  
DOI: 10.1371/journal.pone.0106268

Tuda M, Wu L-H, Yamada N, Wang C-P, Wu W-J, Buranapanichpan S, Kagoshima K, Chen Z-Q, Teramoto KK, Kumashiro BR, Heu R (2014) Host shift capability of a specialist seed predator of an invasive plant: roles of competition, population genetics and plant chemistry. *Biological Invasions* 16 (2), 303-313. 査読有  
DOI: 10.1007/s10530-013-0519-7

他 13 件

[学会発表] (計 38 件)

津田みどり, 性と個体群と群集: 環境と相互作用種の移行期における生物の動態と

進化, 第 64 回日本生態学会大会, 2017.03.18., 早稲田大学(東京都新宿区)

Tuda M, Tani S, Iwase S, Saeki Y, Mori K, Tashiro K, Host-plant and genetic effects on herbivore's fitness and gene expression, The 31st Annual Meeting of the Society of Population Ecology, 2015.10.11., University of Shiga Prefecture, Hikone.

津田みどり, 谷聡一郎, 岩瀬俊一郎, 佐伯順子, 森一樹, 田代康介, 植食性昆虫の寄主範囲拡大が発育と網羅的遺伝子発現に与える影響, 日本昆虫学会第 75 回大会, 2015.09.21., 九州大学(福岡県福岡市)

可児友哉, 津田みどり, 寄主昆虫の細胞内共生菌が寄主および寄生蜂に与える影響, 日本昆虫学会第 75 回大会, 2015.09.21., 九州大学(福岡県福岡市)

岩瀬俊一郎, 津田みどり, 高木正見, 侵入害虫アルファルファタコゾウムシ *Hypera postica* の寄主植物およびフェノロジーの違いによる遺伝的分化と推定個体数変動, 日本昆虫学会第 75 回大会, 2015.09.21., 九州大学(福岡県福岡市)

谷聡一郎, 岩瀬俊一郎, 佐伯順子, 津田みどり, 高木正見, 侵入害虫アルファルファタコゾウムシにおける寄主植物シフトおよび遺伝的系統の効果, 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会, 2015.03.27., 山形大学(山形県山形市)

Tuda M. Host-plant change and its mechanism in invasive pest beetles. Symposium on invasive insects: current

trends and future directions in research,  
2015.2.8., Kyushu University, Fukuoka.  
津田みどり, 鹿児嶋久美子, 徳永幸彦,  
Arnqvist, Göran, 貯蔵マメ害虫の大陸間・  
地域間遺伝的分化パターンから推定する地  
理的隔離・寄主植物利用・人為的要因の効  
果, 第 58 回日本応用動物昆虫学会大会,  
2014.03.27., 高知大学(高知県高知市)

他 30 件

[図書](計 1 件)

津田みどり (2017) 「最適採餌」、動物学の  
百科事典、丸善出版、印刷中

[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:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等  
[www.agr.kyushu-u.ac.jp/ tuda/mamezo.html](http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/tuda/mamezo.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

津田みどり (TUDA, Midori)  
九州大学・農学研究院・准教授  
研究者番号: 20294910

(2) 研究分担者

田代康介 (TASHIRO, Kosuke)  
九州大学・農学研究院・准教授  
研究者番号: 00192170  
(平成 26 年度より)

佐伯順子 (SAEKI, Yoriko)  
九州大学・農学研究院・学術研究員  
研究者番号: 40646858

山田直隆 (YAMADA, Naotaka)  
九州大学・農学研究院・助教  
研究者番号: 20304769

中平賢吾 (NAKAHIRA, Kengo)  
九州大学・農学研究院・助教  
研究者番号: 70596585

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

谷聡一郎 (TANI, Soichiro)  
岩瀬俊一郎 (IWASE, Shun-ichiro)  
森一樹 (MORI, Kazuki)