

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：24302  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2017～2019  
 課題番号：17K07681  
 研究課題名(和文) 雑食性アザミウマの偏食多様性と系統分化との関係解明：生物的防除資材としての展望  
  
 研究課題名(英文) Relationship between food habit and phylogeny in omnivorous thrips: A view to biological control agent against pest thrips  
  
 研究代表者  
 中尾 史郎 (nakao, shiro)  
  
 京都府立大学・生命環境科学研究科・教授  
  
 研究者番号：10294307  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本産Haplothrips属の全種について、動物質の餌だけで継代飼育可能であるかを昆虫の卵を与えて確認し、特定の花に寄生し、動物質の餌で飼育不可能な種と、動物質の餌で飼育可能な種を大別した。これらのCO1領域に基づく分子系統樹で、それらは異なるクラスターを形成したため、食性と系統進化は概ね符合することが判明した。捕食性の強い数種の害虫アザミウマ捕殺数を比較し、生物的防除素材として有望な3種を抽出した。このうち1種は奄美大島以北に、1種は主に与論島以南に分布し、残り1種は琉球列島、九州および本州に分布する。沖縄県での害虫アザミウマの防除素材として有望な土着3種の性質を比較検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
 世界的農業害虫アザミウマ類の生物的防除資材として利用可能な捕食性アザミウマを、分子系統解析と分子多型によって簡易的に抽出する方法を開発した。野外におけるその栄養段階を安定同位体比分析によって判定する手法を開発した。これらにより、生物農薬開発のためのスクリーニングを飛躍的に容易にした。絞り込んだ未利用資源3種の飼育実験を行なって、シナクダアザミウマとヤマノイモハナクダアザミウマが沖縄県における害虫アザミウマの生物的防除素材として有望であることを把握した。これらは花粉食でも発育を全うし、送粉者としての利用も可能であると推察できた。

研究成果の概要(英文)：Members of Haplothrips thrips were divided into two phylogenetic clusters based on DNA sequences of mt DNA, and one of them contained many members of predaceous species. Among all Japanese species tested, *H. brevitubus*, *H. chinensis* and *H. nipponicus* indicated some desirable ecophysiological characters for biological control agent for agricultural pest thrips. *Haplothrips chinensis* and *Haplothrips nipponicus* might be useful to control pest thrips in Okinawa Prefecture, where *H. brevitubus* does not inhabit. *Haplothrips gowdeyi* exhibits predaceous habit, but numbers of pest thrips consumed by them tended to be less than those of the other three, and only small numbers of individuals of *H. gowdeyi* were found in agricultural landscape.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：アザミウマ 生物的防除 系統進化 分類 食性 捕食性天敵 亜熱帯 送粉者

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) *Haplothrips* 属は植物食(葉などの植物組織、花粉)の種と動物食(生きた小動物を捕食する)もする種のあることが知られていた。しかし、各種の食性の詳細や同属における食性と系統の関係は不明であった。

(2) 捕食性の *Haplothrips* 属の種は農業害虫アザミウマ類の天敵として北米や豪州で注目され、日本でも近年になって生物農薬として1種が登録された。しかし、この生物農薬は与論島以南に自然分布せず、近縁種と比較して生物的防除資材として最も適した種であるのか十分に検討されたか不明であった。

(3) それは、*Haplothrips* 属の飼育や同定を適切に行い、ファウナや生態を解明するための技術の洗練が不十分であるためと考えた。特に、雑食性種がどのような小動物を摂食しているのかは、野外観察や飼育、並びに小動物のDNA配列に基づくPrimersを利用したPCR産物の解析で把握できるし、植物のDNA断片のPCR検出でも容易に探索できるが、雑食性種が自然界において相対的にどれほど植物資源と動物資源のそれぞれに依存しているかという栄養段階の把握については十分な解析が行われていない動物群が多かった。特に体サイズが小さなアザミウマ目の種では、雑食性種において、栄養資源として植物と動物のどちらに強く依存するのかに関する研究はなかった(どちらを多く摂食するのかわではなく、どちらの資源が代謝され体細胞の形成や維持に利用される必須の食採物かという点である)。

### 2. 研究の目的

(1) *Haplothrips* 属の種分化の契機として、利用資源の転換や拡大があるという仮説を検証するとともに、種特異的な分子マーカーを開発して同定作業を簡素化する目的で、日本産全種の分子系統解析を行い、mtDNA多型に基づいた種識別法を開発することを目的とした。

(2) 日本産全種を飼育して物食のみで継代飼育が可能な種(動物食に高い適性を持つと推察)を抽出し、害虫アザミウマ捕食量が比較的多く、増殖率が相対的に高い種を生物的防除素材の候補として見出すこと。そして、候補種の害虫アザミウマ捕殺数、発育零点、有効積算温度、休眠性、適性温度、自然界における生息場所や多寡などを検討し、生物的防除素材として有望な種を絞り込むこと。特に、アカメガシワクダアザミウマが自然分布しない沖縄県で利用可能な沖縄県土着種の候補を明瞭にすることを目的とした。

(3) 虫体の安定同位体比分析技術を確立し、野外から採集した雑食性 *Haplothrips* spp.の栄養段階を類推可視化することによって、個体ごとの食性の偏り(植物食と動物食のどちらに偏っていると見えるか)を把握することを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 日本全国から採集した *Haplothrips* 属の mtDNA の CO I 領域を増幅し、産物の塩基配列を決定して分子系統樹を作成した。得られた塩基配列を解析し、捕食性が強い *Haplothrips* 属の種を特異的に識別するプライマーを設計した。GeneBank で既知の *Haplothrips* 属の種の情報と日本産全種の情報を網羅した系統樹を作成した。

(2) 日本産全種をアカマツ、トウモロコシ、スジコナマダラメイガ卵、ミナミキイロアザミウマなどを餌として飼育し、動物だけを餌として10世代以上継代可能な種を明らかにした。動物食を餌とした場合の気温23度程度(日本の施設栽培環境を想定のため)での増殖率が高い種を生物的防除素材として有望な種として抽出した。抽出した候補種について、気温15度から30度での発育期間と産卵前期間、気温25度での害虫アザミウマ捕殺数、短日条件における生殖休眠の誘導、気温20度から30度での寿命や産卵数を飼育実験によって調査し、種間で比較した。

(3) アカマツ花粉、トウモロコシ花粉、スジコナマダラメイガ卵の安定同位体比を分析するとともに、それらを餌として飼育した *Haplothrips* spp.の安定同位体比を分析し、解析結果から個体の摂取していた栄養物を推定できるかを検討した。また、野外で採集した *Haplothrips* spp.の安定同位体比を分析し、同様に自然界におけるそれらの依存する資源を判定できるか検討し、野外における植物と動物に対する偏食性(栄養段階)を解明した。

(4) 栽培弁場において有望種を試験的に放逐し、定着、繁殖、弊害の有無についてモニタリングを行う。

#### 4. 研究成果

(1) *Haplothrips* 属は系統的に2群に類別でき、生物的防除素材として有望な捕食性を有す種はこのうちの1群に含まれることが判明した。日本を分布の中心に含む3種は単系統を形成し、うち1種は生物農薬としてすでに登録されている種であった。農業害虫として知られている2種も捕食性の高い在来種を含む系統群に大別されたが、飼育実験の結果、これら2種も動物食の給餌だけで10世代以上維持できることが明らかになった。*Haplothrips* 属の幼虫の色彩(黄色、橙色、赤色、2色4帯、2色3帯)と捕食性の強弱は単純に一致しないことが明らかになった。主要な捕食性種を判別可能なプライマーを設計し、簡易同定を可能とした。

(2) 室内飼育実験によって、アカメガシワクダアザミウマ、シナクダアザミウマ、ヤマノイモハナクダアザミウマ、アカオビハナクダアザミウマの4種は動物性の餌での増殖率が高く、ついで、ハナクダアザミウマ、イネクダアザミウマ、およびアゼミチハナクダアザミウマの捕食性が比較的高く、その他の *Haplothrips* 属は主に花粉食者と推察できた。動物食依存性が高いと考えられた主要4種の発育零点はアカメガシワクダアザミウマで9.3~10.5度、シナクダアザミウマで約10度、ヤマノイモハナクダアザミウマで約8度、アカオビハナクダアザミウマで約12度であった。

ミナミキイロアザミウマ2齢幼虫を与えた場合の成虫の捕食量は、気温25度において、アカメガシワクダアザミウマ、シナクダアザミウマ、ヤマノイモハナクダアザミウマでほぼ同程度であったが、アカオビハナクダアザミウマはこれよりわずかに少ない傾向があった。同気温における産卵数はアカメガシワクダアザミウマとシナクダアザミウマで多く、アカオビハナクダアザミウマとヤマノイモハナクダアザミウマではこれより少ない傾向を認めた。

気温20度と15度ではアカメガシワクダアザミウマとヤマノイモハナクダアザミウマの産卵が一部、または完全に抑制された。同様の傾向はイネクダアザミウマでも認められた。シナクダアザミウマとアカオビハナクダアザミウマでは一部の個体で産卵が抑制されたが、大部分の個体が産卵した。アカメガシワクダアザミウマは光周条件に反応し、短日で生殖休眠を誘導される個体群があったが、シナクダアザミウマとアカオビハナクダアザミウマには光周期に依存した生殖休眠が認められなかった。これらから、*Haplothrips* 属の産卵は温度依存性が強いことが明らかになった。気温30度と25度における産卵数の種間差は明瞭でなかった。

(3) 個体の安定同位体比分析によって、C3植物摂食、C4植物摂食、動物摂食の別を判定できる技術を確認できた。野外から採集した *Haplothrips* spp. の個体の安定同位体比分析を行ったところ、*Haplothrips* 属の種は植食者と同程度の栄養段階にあるものが多いことが明らかになった。

(4) 以上の結果から、生物農薬であるアカメガシワクダアザミウマと同様に、シナクダアザミウマ、アカオビハナクダアザミウマ、ヤマノイモハナクダアザミウマが生物的防除素材として期待できると結論した。シナクダアザミウマは沖縄県の農地周辺に多く生息し、九州以北のアカメガシワクダアザミウマと同様に利用できると考えられる。一方、産卵雌率が安定的に高く、雌だけが出現するアカオビハナクダアザミウマ、そして、発育零点が低く、沖縄県から本州にまで広く分布するヤマノイモハナクダアザミウマは、いずれも農地周辺に多くないが、これらを生産現場で放逐または誘引して有効に活用できれば、アカメガシワクダアザミウマやシナクダアザミウマの欠点を補完できる可能性がある。アカオビハナクダは外来種であるが、原産地域や侵入先において、捕食性天敵としての明瞭な記録はこれまで見当たらず、本結果は新たな発見と言えるが、野外での個体数の少なさの点、自然界における捕食性の強さが不明な点に不安が残る。一方、ヤマノイモハナクダアザミウマは日本固有種で、本州の特定植物では高頻度で発生していることや、夏季に個体数増加が認められるため、その機能利用が期待される。

(5) シナクダアザミウマをパッションフルーツ、マンゴー、イチゴの生産圃場に放逐または花序に袋がけのうえ放逐して接種実験を行ったところ、いずれの作物にも傷害果形成などの弊害は認められず、マンゴーでは花序において繁殖することが確認でき、実用性が高いことが示唆された。シナクダアザミウマは従来、害虫アザミウマ類が多発生した花卉類に多産する害虫の1種と考えられていたが、本研究の結果、本種は、害虫アザミウマを捕食するためにそうした花卉で定着・増殖していた可能性が強く示唆されたと言える。分子系統解析の結果、シナクダアザミウマとアカメガシワクダアザミウマは日本列島にそれぞれ高緯度経路と低緯度経路で侵出した姉妹種と考えられたため、沖縄県ではシナクダアザミウマをアカメガシワクダアザミウマと同様に活用することで、害虫アザミウマ類に対する同様の防除効果が得られる可能性は高いと思われる。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Kenji Fujimoto, Tadaaki Tsutsumi, Satoshi Toda, Shiro Nakao	4. 巻 71
2. 論文標題 First records of two invasive species of thrips (Insects: Thysanoptera) from Kyoto and Wakayama Prefectures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Scientific Reports of Kyoto Prefectural University, Life and Environmental Sciences	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 3件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 川東拓就・中尾史郎
2. 発表標題 ヤマノイモハナクダアザミウマの発育零点と害虫アザミウマ幼虫に対する捕殺数
3. 学会等名 第64回日本応用動物昆虫学会大会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本圭一郎・中尾史郎
2. 発表標題 カキノキ葉上の捕食性クダアザミウマ類がカキクダアザミウマの増殖率に及ぼす影響
3. 学会等名 関西病虫害研究会第102回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本圭一郎・中尾史郎
2. 発表標題 外来種カキクダアザミウマの発生量に及ぼす捕食性クダアザミウマ未記載種の影響
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 塘忠顕
2. 発表標題 アザミウマ概説：分類・形態・系統進化
3. 学会等名 第2回アザミウマ研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兼子伸吾
2. 発表標題 アザミウマのDNA多型解析のあれこれ
3. 学会等名 第2回アザミウマ研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石崎滉大，中尾史郎，塘 忠顕
2. 発表標題 安定同位体比を用いた Haplothrips 属（昆虫綱：アザミウマ目）の食性解析
3. 学会等名 第39回菅平動物学セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中尾史郎，土`田 聡，岡島秀治
2. 発表標題 カキクダアザミウマとその捕食者を含む Liothrips 属群の食性と系統の関係
3. 学会等名 日本昆虫学会第78回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中尾史郎
2. 発表標題 アザミウマの翅多型と食性の研究における壁と恵み
3. 学会等名 日本動物学会第89回大会（シンポジウム）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大泉舞華, 鈴木花苗, 榎本雅身, 喜久村智子, 藤本顕次, 中尾史郎, 兼子伸吾, 塘 忠顕
2. 発表標題 日本産 Haplothrips 属の分子系統解析
3. 学会等名 日本動物学会第89回大会（一般講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中尾史郎, 大泉舞泉, 鈴木花苗, 喜久村智子, 土`田 聡, 榎本雅身, 藤本顕次, 兼子伸吾, 塘 忠顕
2. 発表標題 Haplothrips 属と Liothrips 属群における食性転換と系統進化
3. 学会等名 第63回日本応用動物昆虫学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木花苗, 榎本雅身, 喜久村智子, 藤本顕次, 中尾史郎, 兼子伸吾, 塘忠顕
2. 発表標題 駒止湿原のミズギク花に生息するHaplothrips属のアザミウマ（アザミウマ目：クダアザミウマ科）を含む日本産Haplothrips属の分子系統解析（予報）
3. 学会等名 日本昆虫学会第77回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中尾史郎, 三石帆波, 藤本顕次, 塘忠顕, 兼子伸吾, 喜久村智子, 櫻井民人
2. 発表標題 アカメガシワクダアザミウマの生殖休眠の遺伝: 捕食量と低温保存性への影響
3. 学会等名 第62回日本応用動物昆虫学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakao Shiro; Mitsuishi Honami; Fujimoto Kenji; Morita Kento; Omote Yumiko; Tanaka Koyo; Kaneko Shingo; Tsutsumi Tadaaki; Kikumura Tomoko
2. 発表標題 Prevalence of predatory habit in omnivorous Haplothrips species in Japan, with special reference to phylogenetic relationship between <i>H. brevitubus</i> and <i>H. chinensis</i> (Thysanoptera: Phlaeothripidae)
3. 学会等名 The 5th International Entomophagous Insects Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 喜久村智子, 中尾史郎
2. 発表標題 沖縄県で見られるHaplothrips属アザミウマと優占種シナクダアザミウマの捕食能力
3. 学会等名 九州病害虫研究会94回研究発表会
4. 発表年 2017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
研究分担者	兼子 伸吾  (Kaneko Shingo)  (30635983)	福島大学・共生システム理工学類・准教授    (11601)	

