

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450503

研究課題名(和文) 農地景観における天敵昆虫の移動実態解明：景観生態学と分子生物学からのアプローチ

研究課題名(英文) Dispersal pattern of an insect natural enemy in agricultural landscapes: approaches from landscape ecology and molecular biology

研究代表者

田淵 研 (TABUCHI, Ken)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター生産環境研究領域・主任研究員

研究者番号：90531244

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、天敵昆虫の効率的な利活用に資するため、発生源・農地を含む広域スケールにおける天敵昆虫(カメムシタマゴトビコバチ)の野外調査とマイクロサテライトマーカー解析から農地への移出入実態を明らかにすることを目的とした。トラップ調査から本種の発生源は森林縁の雑草地であり、発生数に影響する土地利用の空間スケールは500m～1kmであることを解明した。またマイクロサテライトマーカー解析から本種が近親交配傾向にあることと移動範囲が500m未満であることを推定した。このため、本種は近親交配を続けながら500m程度の範囲で移動を繰り返し、森林周辺の雑草地から農地へ移入していることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Natural enemies of agricultural pests are one of the natural resources providing ecosystem services of pest regulation, and thus one of the major candidate of the alternatives of chemical pesticides. The purpose of this study is clarify the movement pattern of the egg parasitoid of pest stink bugs, *Ooencyrtus nezarae* from source habitat to agricultural fields by examining areawide field research in agricultural landscapes and analyzing microsatellite makers of them. Result indicate that source habitat of *O. nezarae* was forest edge habitats and the spatial scale affecting their abundance was demonstrated as 500m to 1km. By analyzing microsatellite maker, *O. nezarae* tended to inbreed and their moving distance was estimated as less than 500m. Therefore, it was demonstrated that *O. nezarae* inbreed continuously at forest edge source habitats and repeatedly move about 500m distance for invading agricultural fields to locate eggs of pest sting bugs.

研究分野：応用昆虫学

キーワード：保全型生物防除 景観生態学 土着天敵 ダイズ ホソヘリカメムシ 卵寄生蜂 カメムシタマゴトビコバチ マイクロサテライトマーカー

### 1. 研究開始当初の背景

天敵昆虫による害虫抑制効果は重要な自然資源 (=生態系サービス) の一つであり、持続的で環境負荷の少ない農業生産を実現するための重要な管理手段の一つである。自然資源としての天敵昆虫を保全し、効率的に利活用するためには、圃場周辺の土地利用に着目した移動実態の解明が必要である。

#### (1) 生物の移動・局所環境と農地周辺環境要因の関係

生物の季節的な移動範囲など広域スケールを扱う景観生態学から、過去の手法では扱いきれなかった生物の移動実態が解明されている。森林や農地といった土地利用 (=景観構造) は広域スケールの要因として生物の分布や移動などに影響し、結果として局所的な食物網構造の変化をもたらす。農業生態系においても複雑な景観構造によって有用昆虫が増加し、作物の生産量増加に貢献することが知られている (Kremen 2005, Ecol. Lett.)。

#### (2) 天敵昆虫による害虫抑制の重要性と利活用への課題

天敵昆虫は農地周辺の生息地を発生源にしており、農地周辺の土地利用が天敵昆虫の密度や害虫抑制効果に影響することを示した研究がある (Bianchi et al. 2008, Landscape Ecol.)。しかし天敵昆虫の発生数を決定する移出入実態については一部の害虫 (Carrière et al. 2006, Ent. Exp. Appl.) 以外、発生源から農地までを含めた広域スケールではほとんど研究されていない。

#### (3) 天敵昆虫の移動実態を解明するためのアプローチ

近年、精度が飛躍的に向上している遺伝子マーカーを用いて分子生物学的手法から直接追跡困難な微小昆虫の移動分散を紐解くことが可能になる。この新規アプローチからこれまでに把握できなかった天敵昆虫の移出入を、農業生態系を対象とした広域スケールで解明することが可能である。

### 2. 研究の目的

本研究では、ダイズやイネなどの害虫カメムシ類 12 種の重要な天敵寄生蜂として知られるカメムシタマゴトビコバチ (図 1) をモ



図 1. ホソヘリカメムシ卵に産卵行動をとるカメムシタマゴトビコバチ 成虫

デルとして、発生源・農地を含む広域スケールで天敵昆虫の移出入を詳細に解明することを目的とする。土地利用情報と天敵昆虫発生量の調査から発生量に影響する土地利用要因とその影響する空間スケールを明らかにすることにより、本種を利活用する際に重点的に保全・管理すべき農地周辺地域の仕分けが可能になる。また、本種の移動距離や繁殖実態を明らかにするために DNA マイクロサテライトマーカーを用いた解析から遺伝子型の変化に関する空間解析や親子判定を行う。

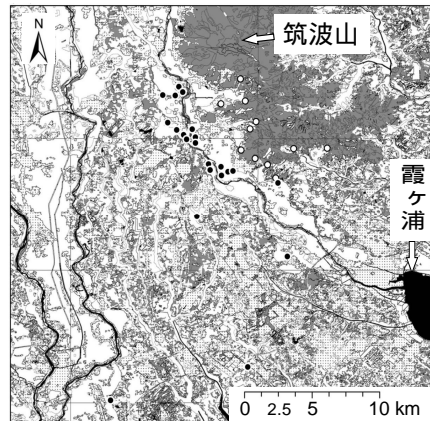


図 2. 茨城県つくば市近郊の調査地。はダイズ圃場、は森林縁の雑草地を示す。



図 3. カメムシタマゴトビコバチ捕獲用の粘着板トラップ

### 3. 研究の方法

#### (1) 景観構造と天敵昆虫の発生数の定量化: トラップを用いた野外調査

カメムシタマゴトビコバチの発生数と土地利用要因の関係を調査するため、森林～農地を含む調査区域を設定して野外調査を行った。設定した約 20km 四方の調査区域 (図 2) 内において、カメムシタマゴトビコバチの発生源と想定される森林縁の雑草地と農耕地 (ダイズ圃場) それぞれ 10~20 カ所を選定した。調査にはホソヘリカメムシ雄成虫由来の物質による合成誘引剤を用いたトラップを用いた。過去の知見から誘引物質を用いるとホソヘリカメムシとカメムシタマゴトビコバチの個体数を同時に調査することが出来ることが知られている。カメムシタマゴトビコバチはホソヘリカメムシのフェロモン

成分を寄主探索のためのカイロモンとして利用しており (Leal et al. 1995)、誘引されるホソヘリカメムシ個体は空腹個体で適切な寄主植物を探している生理状態であることが報告されている (Mizutani et al. 2008)。各調査地点には立て看板式の白色粘着トラップ (フィールドキャッチ、富士フレイバー (株) 製) を約 1m の高さに設置した (図 3)。誘引源にはホソヘリカメムシ集合フェロモンを人工的に合成した誘引物質 ( (E)-2-hexenyl (E)-2-hexenoate, (E)-2-hexenyl (Z)-3-hexenoate, tetradecyl isobutyrate = 5:1:1、富士フレイバー (株) 製) 5mg を含浸したポリエチレン製ペレットを用いた。誘引源は粘着板の中心部分に設置し、各粘着面 2 個ずつ、合計 4 個 (誘引物質 20mg) 用いた。

カメムシタマゴトビコバチと実際の害虫抑制効果に関連があるかどうかを検討するため、トラップから 10m 離れた場所に濾紙に固定したホソヘリカメムシ卵もおとり卵として設置し、トラップと同時に回収・飼育して寄生率も調査した。調査はカメムシタマゴトビコバチの発生ピークである 8~9 月を中心に行い、季節的な分布変化を調べるために年 4 回の調査を行った。

#### (2) 遺伝子マーカーの開発と繁殖実態の解析、ならびに移動分散距離の推定

野外調査で得られたサンプルを利用し、母系遺伝する mtDNA マーカー及び、両性遺伝する核 DNA マイクロサテライトマーカーを開発した。カメムシタマゴトビコバチのゲノム DNA から DNA 抽出を行い、6 種類の制限酵素で切断した DNA ライブラリーを作成する。5'-anchored SSR primer を用いて PCR を行い、DNA ライブラリーの塩基配列を決定後にプライマーを作成した。また、トラップに採集された個体の遺伝子型の解析から、トラップ間の遺伝子型の空間自己相関係数を求め、カメムシタマゴトビコバチの移動分散距離を推定した。フェロモントラップに捕獲された雌成虫 (16 地点 n = 131) を対象にマイクロサテライトマーカー 3 遺伝子座を用いた空間構造解析 (Spatial Structure Analysis) を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 野外調査による広域分布・移動実態

カメムシタマゴトビコバチの 8 月の発生量調査から、森林縁の雑草地において農地よりも多くの個体が捕獲され (図 4)、その差は 2008 年で 12.8 倍、2009 年で 28.6 倍だった。また、発生数に影響する要因を解析した結果、カメムシタマゴトビコバチ発生数には土地利用のみが影響し、寄主であるホソヘリカメムシの捕獲数は影響しなかった (表 1)。

これらの結果からホソヘリカメムシとカメムシタマゴトビコバチは森林縁の雑草地で数が多く、森林縁が両種にとって重要な発

生源であることが示唆された。さらに、カメムシタマゴトビコバチ誘殺数は、寄主であるホソヘリカメムシ数ではなく土地利用のみが影響していた。ダイズ圃場におけるカメムシタマゴトビコバチ数は森林縁と比較して常に少なく、その生息地間差はホソヘリカメムシでみられたものより非常に大きかった。

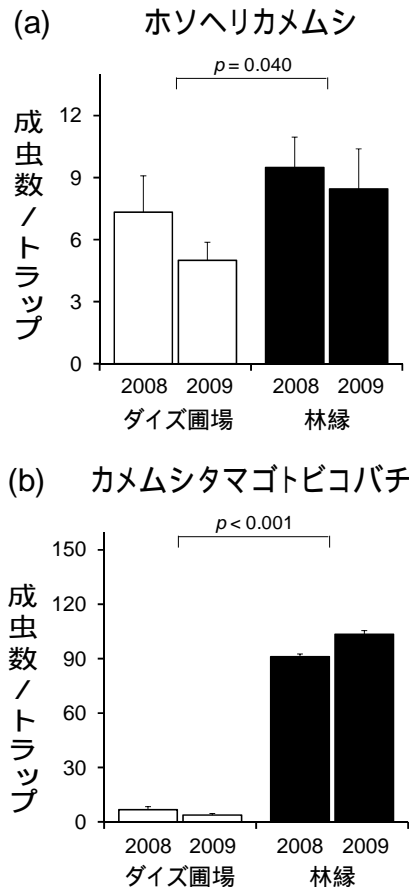


図 4. ダイズ圃場と森林縁雑草地における (a) ホソヘリカメムシと (b) カメムシタマゴトビコバチのトラップ誘殺数。データは 8 月中旬 (=ホソヘリカメムシがダイズ圃場に侵入する直前) の結果

表 1. ホソヘリカメムシとカメムシタマゴトビコバチのトラップ誘殺数に影響する要因に対する一般化線形混合モデルの結果

	推定値	z	P
ホソヘリカメムシ			
土地利用	0.39	2.05	0.040
調査年	-0.24	-1.68	0.09
切片	1.86	12.50	< 0.001
カメムシタマゴトビコバチ			
土地利用	3.43	9.12	< 0.001
調査年	0.03	0.22	0.82
ホソヘリカメムシ誘殺数	0.01	0.66	0.51
切片	0.91	0.66	< 0.01

これらのことから、耕作地と発生源における両者の分布パターンは大きく異なることが示唆された。

おとり卵調査から寄生率はダイズ圃場よりも森林縁で高く、統計的に有意な差があった(図5)ことから、ダイズ圃場と比較して森林縁では土着の天敵寄生蜂による害虫抑制力が高いことが示された。森林縁における高い寄生率は寄生蜂数と対応しており、ダイズ圃場における害虫抑制が森林縁からの距離に依存している可能性があることを示唆している。また、発生量に影響する空間スケールは500m~1kmであった。別の調査では、森林縁からの距離とカメムシタマゴトビコバチのトラップ誘殺数に負の関係があることが示されている(田淵ら, 未発表)。したがって、ダイズ圃場の作付け計画を考える際に発生源からの距離といった空間配置を考慮することがホソヘリカメムシの広域管理、すなわち本種の農地における利用における重要な要因の一つになる可能性が示された。

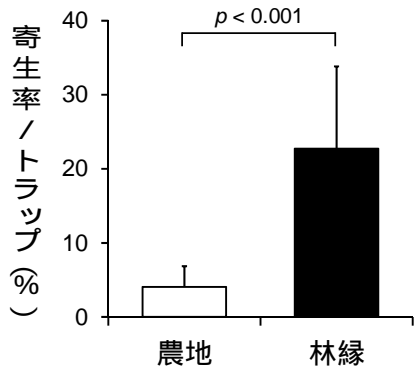


図5. ダイズ圃場と森林縁雑草地におけるおとり卵に対するカメムシタマゴトビコバチの寄生率

年4回の調査から季節性も明らかになり、ホソヘリカメムシとカメムシタマゴトビコバチはどちらも森林縁の雑草地に通年多いものの、両者は異なる分布パターンを示すことが明らかになった(図6)。両種ともに、全ての調査時期において森林縁で誘殺数が多く、統計学的に有意な差が認められた。両者を比較するとカメムシタマゴトビコバチの方が森林縁により多く生息することも示された。ホソヘリカメムシ誘殺数は農地と森林縁の増減が逆になる傾向が認められ、季節的にこれらの生息地を行き来している可能性が示された。一方、カメムシタマゴトビコバチでは農地と森林縁における誘殺数推移がほぼ同じ傾向を示し、かつ森林縁での誘殺個体数が常に大きく上回っていた。9月下旬にはダイズ圃場で誘殺数がやや増加する傾向が見られ、これはダイズ圃場におけるホソヘリカメムシの増加から遅れてカメムシタマゴトビコバチがダイズ圃場へ侵入したことが示唆された。

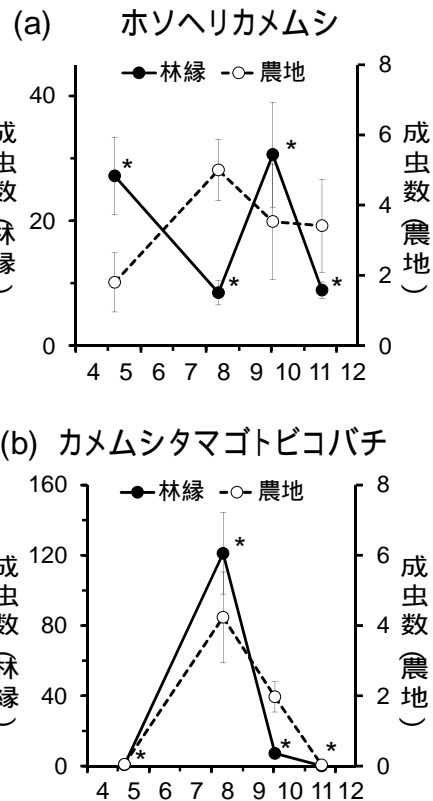


図6. ダイズ圃場と森林縁雑草地における(a)ホソヘリカメムシと(b)カメムシタマゴトビコバチのトラップ誘殺数の季節変化。\*は一般化線形混合モデルで有意差があったことを示す。

## (2) DNAマイクロサテライトマーカーの解析による移動分散と繁殖実態

カメムシタマゴトビコバチ雌成虫を対象にマイクロサテライトマーカーを用いた解析からトラップ間の距離が500m以上では空間自己相関係数rは低く、カメムシタマゴトビコバチの移動分散距離は500m未満であると推定された。これはカメムシタマゴトビコバチの誘殺数に影響する空間スケール検討した結果(500m~1km)と一致した。また野外のカメムシ卵塊から羽化した雌成虫の遺伝子型解析から、卵塊あたりの産卵雌数は平均 $6.4 \pm 0.8$ 頭と推定された。母親間の血縁度は $-0.09 \pm 0.02$ と有意に負であり、母親は血縁者を避けて産卵する傾向にあると考えられた。子供の遺伝子型から推定された近交係数(FIS)は $0.15 \pm 0.07$  ( $p < 0.05$ )であり近親交配する傾向にあると考えられた。このため、本種は近親交配を続けながら500m程度の範囲で移動を繰り返す、森林周辺の雑草地から農地へ移入していることが明らかになった。

### <引用文献>

- (1) Kremen, C. (2005) Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecol Lett* 8: 468-479.
- (2) Bianchi, F., P. Goedhart and J. Baveco

- (2008) Enhanced pest control in cabbage crops near forest in The Netherlands. *Landscape Ecol.* 23: 595-602.
- (3) Carrière, Y., P. C. Ellsworth, P. Dutilleul, C. Eilers-Kirk, V. Barkley and L. Antilla (2006) A GIS-based approach for areawide pest management: the scales of *Lygus hesperus* movements to cotton from alfalfa, weeds, and cotton. *Entomol. Exp. Appl.* 118: 203-210.
- (4) Leal, W. S., H. Higuchi, N. Mizutani, H. Nakamori, T. Kadosawa and M. Ono (1995) Multifunctional communication in *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae): conspecific nymphs and egg parasitoid *Ooencyrtus nezarae* use the same adult attractant pheromone as chemical cue. *J Chem Ecol* 21: 973-985.
- (5) Mizutani, N., T. Yasuda, T. Yamaguchi and S. Moriya (2008) Pheromone contents and physiological conditions of adult bean bugs, *Riptortus pedestris* (Heteroptera: Alydidae), attracted to conspecific males during non-diapause and diapause periods in fields. *Appl. Entomol. Zool.* 43: 331-339.

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

- (1) 田淵 研・滝 久智 (2016) 農地周辺環境と耕作地における害虫と天敵の生息数比較: 地域レベルの害虫管理への展望. *植物防疫* 70 (5): 323-328.
- (2) Tabuchi, K., H. Taki, H. Iwai, N. Mizutani, K. Nagasaka, S. Moriya and R. Sasaki (2014) Abundances of a bean bug and its natural enemy in seminatural and arable habitats in agricultural landscapes. *Environmental Entomology* 43 (2): 312-319. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EN13115>

[学会発表](計 5 件)

- (1) 田淵 研・仲島義貴・滝 久智, 害虫管理と景観生態学: 実践的な事例の紹介, 日本昆虫学会第 76 回大会・第 60 回日本応用動物昆虫学会大会合同大会, 2016.3.28, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス(大阪府堺市)
- (2) Tabuchi, K., K. Tsuchida, H. Taki, N. Suwa and T. Yokosuka (2015) Seasonal abundances of a bean bug and its natural enemy in seminatural and arable habitats in agricultural landscapes. XVIII. International Plant Protection Congress (IPPC) 2015, 2015.8.27, 「Berlin, Germany」

(3) 田淵 研・滝 久智, 害虫・雑草管理における景観生態学的アプローチ, 第 59 回日本応用動物昆虫学会大会, 2015.3.27, 山形大学(山形県山形市)

(4) Tabuchi, K., K. Tsuchida, H. Taki, N. Suwa, T. Yokosuka and N. Mizutani (2014) Abundances of an egg parasitoid and its host alydid bug in seminatural and arable habitats in agricultural landscapes. Netherlands-Japan seminar on Parasitoid Biology, 2014.8.28, 「Wageningen, Netherlands」

(5) 田淵 研・土田浩治・諏訪順子・横須賀知之・水谷信夫, ホソヘリカメムシとカメムシタマゴトビコバチの発生源とダイズ圃場での季節的な発生量, 第 58 回日本応用動物昆虫学会大会, 2014.3.28, 高知大学朝倉キャンパス(高知県高知市)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

田淵 研 (TABUCHI, Ken)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・生産環境研究領域・主任研究員  
研究者番号: 90531244

(2) 研究分担者

土田 浩治 (TSUCHIDA, Koji)

岐阜大学・応用生物科学部・教授  
研究者番号: 00252122