

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：24201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25650150

研究課題名(和文) 資源スペシャリストとジェネラリストを繁殖干渉により統一的に説明する

研究課題名(英文) A unified explanation of resource specialists and generalists by reproductive interference

研究代表者

西田 隆義 (Nishida, Takayoshi)

滋賀県立大学・環境科学部・教授

研究者番号：60208189

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：食植性昆虫であるマダラテントウ類の3種、ニジュウヤホシテントウ、オオニジュウヤホシテントウ、ヤマトアザミテントウについて、野外分布調査と繁殖干渉についての室内実験を行った。同じ寄主植物を利用するニジュウヤホシテントウとオオニジュウヤホシテントウの分布境界は、年平均気温の上昇にもかかわらず滋賀県では過去と比較してほとんど移動しておらず、両種間には繁殖干渉があることが分かった。異なる寄主植物を利用するオオニジュウヤホシとヤマトアザミの間にも強い繁殖干渉が生じていた。いずれの現象も繁殖干渉により合理的に説明可能であった。

研究成果の概要(英文)：I examined distribution range and reproductive interference of three epilachna beetles, *Epilachna vigintioctopunctata* (Et), *E. vigintioctomaculata* (Em), and *E. niponica* (En). Distribution boundary between Et and Em hardly moved northward during the last 40 years, although the average yearly temperature rose up to 1.0 degrees Celsius roughly corresponding to 100 km northward move. Considerable degree of reproductive interference was detected between Et and Em, and also between Em and En, which utilize different host plants in the field. Negative sexual interactions were also detected within species to a lesser degree in comparison with those between species, suggesting that reproductive interference was natural extension of sexual conflict within species.

研究分野：環境生態

キーワード：繁殖干渉 食植性昆虫 寄主植物 側所分布

1. 研究開始当初の背景

植物を食べる昆虫は、生理的に好適であるにもかかわらず、近縁種が利用している植物を野外では利用しない場合が多い。また、近縁種は、地理分布が異なる場合や、同じ生息場所に共存しない場合も多い。こうした現象は、ニッチ分割あるいは棲み分けと呼ばれ、生態学の主要な研究テーマであった。かつては、近縁種の間では、資源をめぐる競争が非常に強いためにニッチ分割や棲み分けが生じると考えられていた。しかし、実証的にも理論的にも根拠に乏しいことが分かってきた。たとえば、植物食の昆虫では、餌をめぐる競争が検出された例はほとんどなく、実際、昆虫に消費される植物のバイオマスは 10% 以下の場合が多く、競争が生じるとは考えにくい。私は、2004 年ころから、近縁種間に潜在的に存在する繁殖干渉がニッチ分割や棲み分けの主因であるとする、繁殖干渉説を提唱してきた。そして、マメゾウムシの実験系において、競争排除を引き起こす主因が非対象的な繁殖干渉であること (Kishi et al 2009; Kyogoku & Nishida 2012)、および繁殖干渉を引き起こすメカニズムは、異種オスが繰り返す種間交尾がメスを怪我させて産卵数を低下させることにあることを解明してきた。また、肉食性のテントウムシのニッチ分割が繁殖干渉によることも実証してきた (Noriyuki et al 2013)。しかし、植食性昆虫での検証例はまだない。

2. 研究の目的

近縁な 3 種の植食性テントウムシ、ニジュウヤホシテントウ、オオニジュウヤホシテントウ、ヤマトアザミテントウを研究対象として、分布の違い (ニジュウヤホシテントウとオオニジュウヤホシテントウ) と寄主植物の違い (オオニジュウヤホシテントウとヤマトアザミテントウ) を、繁殖干渉に基づいて統一的に説明することを研究の目的とする。

3. 研究の方法

野外での分布調査

ニジュウヤホシとオオニジュウヤホシの分布境界については、滋賀県湖北地方にある長浜市木之本町から余呉町にかけて散在するジャガイモ畑で調査を行い、1975 年の分布境界 (新保 1975) と比較した。調査株数はジャガイモ約 10000 株である。両種の分布境界については、年平均気温 14 説が古くから唱えられてきた。1975 年から 40 年弱の期間をへて、温暖化により年平均気温は約 1.0 上昇していることが分かっているので、分布境界が温暖化に伴いどの程度北上しているかを評価した。

追加的な調査を、岐阜県の長良川水系において実施した。調査範囲は、長良川源流の郡上市白鳥町 (標高 700m)、上流域の郡上市八幡町 (203m)、中流域の郡上市美並町 (152m) および、下流域の美濃市 (118m) である。

繁殖干渉の実験的検証:

ニジュウヤホシとオオニジュウヤホシ

同種オスが存在するときの繁殖干渉  
両種の交尾させた雌雄成虫 1 ペアを、同種および異種オス 1 匹と同居させて、産卵数を 1 週間調べた (温度 23、湿度 60%、長日条件)。その直後にオスを取り除き、引き続き一週間産卵させて、産卵数が回復するか否かを調べた。

同種オスが存在しないときの繁殖干渉

両種の交尾させたメス成虫 1 匹を、同種および異種オス 1 匹と同居させて、前項と同様に産卵数を調べた  
繁殖干渉の低減効果の実験的検証  
オオニジュウヤホシの配偶活性が低下したときに、ニジュウヤホシに対する繁殖干渉が緩和するか否かを調べた。配偶活性の高いニジュウヤホシのオスメスのペアと低下したオオニジュウヤホシのオスメスペアを、異なる 3 つの比率で組み合わせ「3:1, 2:2, 1:3」, 4 日間飼育し、24 時間ごとに産卵数を計数した。

オオニジュウヤホシとヤマトアザミの繁殖干渉

オオニジュウヤホシの既交尾メスを同種あるいはヤマトアザミのオスと同居させて 5 日間、産卵数を調べた。ヤマトアザミの既交尾メスについても同様の処理を行った。餌として、オオニジュウヤホシの食草であるジャガイモの葉とヤマトアザミの食草であるホッコクアザミを両方与えた。

4. 研究成果

2 種の分布境界の移動

ニジュウヤホシとオオニジュウヤホシの分布境界は、1975 年の段階では滋賀県長浜市余呉湖付近にあったが、2013 年にはわずか (2 km) 北へ移動しただけだった。2 つの調査年度間に平均気温は約 1.0 上昇しており、気温説にしたがうならば、分布境界は約 100km 北上し石川県金沢市付近に至ったはずだった。すなわち、温暖化で従来の分布境界である年平均気温 14 線は大きく北上したが、分布境界はほぼ変わらなかった。ただし、オオニジュウヤホシの主要な生息場所である山間部では、シカによる野菜の食

害が著しく、ジャガイモ栽培そのものが断念されている場合が多かった。そのためオオニジュウヤホシの食草であるジャガイモ自体の量が著しく少なく、定量的な分布調査は困難であった。追加的な分布調査として、長良川の源流域から下流域までの調査を行った。その結果、現流域の標高 700m から下流域の 118m の調査地のいずれにおいても、すべてオオニジュウヤホシが単独で生息していた。調査地の年平均気温は、上流からそれぞれ 11.5、12.5、12.8、14.6 であり、下流の美濃市では、従来の分布境界線である 14 を大きく上回っていた。したがって、長良川水系においても、両種の分布境界は、従来の説とは一致しなかった。

### 繁殖干渉の実験的検証

#### ニジュウヤホシとオオニジュウヤホシの繁殖干渉

同種オスが存在するときの繁殖干渉  
同種オスの存在下では、いずれの種のオスを付加しても産卵数は減らず、むしろ増加する場合があった。オスメスが 1 匹ずつの場合には異種オスと組み合わせた処理区では著しく産卵数が減少し、オスを取り除くと産卵数が速やかに回復した。どの実験でも、孵化率に変化はなかった。

#### 同種オスが存在しないときの繁殖干渉

ニジュウヤホシのメスは、オオニジュウヤホシのオスと同居させた場合、同種オスと同居させた場合と比較して産卵数がおおよそ半減した。オスを取り除くと、取り除いたオスが同種であるか異種であるかを問わず、産卵数はすみやかに回復した。オオニジュウヤホシのメスは、ニジュウヤホシのオスと同居させた場合、同種オスと同居させた場合と比較して、産卵数が半減したが、サンプルサイズが小さく有意差は認められなかった。同種オスであれ異種オスであれ、オスを取り除くと、産卵数はすみやかに回復した。また両種の孵化率は、同居させたオスの種によって変わらず、かつオスの除去後も変わらなかった。

繁殖干渉の低減効果の実験的検証  
配偶活性が低下したオオニジュウのオスをニジュウヤホシのメスと同居させたが、ニジュウヤホシの産卵数はあまり低下しなかった。また、同居させたオオニジュウヤホシのオス数を増加させても、頻度依存的な産

卵数の減少は認められなかった。

#### オオニジュウヤホシとヤマトアザミの繁殖干渉

ヤマトアザミのメスは、オオニジュウのオスと同居させると、同種オスと同居させた場合と比較して、産卵数は約 1/3 へと激減した。オオニジュウのメスも、ヤマトアザミのオスと同居させると、同種オスと同居させた場合と比較して、産卵数は半減した。しかし、異種オスと同居させた場合にメスの死亡率は増加しておらず、産卵数の減少はメスの死亡が原因ではないことが確かめられた。

#### 両種間の繁殖干渉についての考察

これらの実験結果を総合すると以下のように考察できる。マダラテントウ類では、同種内においても性的な対立が存在し、オスの存在はメスの繁殖成功を妨げる可能性が高い。ニジュウヤホシでは未確認であるが、オスの執拗な求愛行動がメスの産卵をしばしば妨害することが、種内の性的対立の原因であると考えられる。これに対して、異種オスと同居すると産卵数は激減した。すなわち、繁殖干渉の効果は、異種間のほうが同種間よりもずっと強いことが示唆された。おそらく、メスは同種オスによる執拗な求愛に対してこれを緩和する行動をある程度発達させているものと想定される。これに対して、自然状態で同居していない異種オスに対しては、繁殖干渉を緩和する方策を進化させていないものと考えられる。この点については、今後、検証が必要であろう。

両種間の対称的な繁殖干渉が産卵数低下の原因であることは、一方の種（オオニジュウヤホシ）の配偶活性が低い場合には、繁殖干渉がほとんど消滅することからも推定できる。ただし、実験にもちいた個体群がすべて同じではないため、今後、繁殖に関するオスの形質が個体群で異なる可能性についても調査が必要であろう。

最初の実験において、同種オスが存在する条件下では繁殖干渉の効果は小さかった。その理由は不明だが、おそらくオス同士の相互作用がメスにとって有利に働くのが原因と推定できる。実際、オス間の配偶行動らしいものが観察された。異種オス間に性的な相互作用が生じると、繁殖干渉の効果が逆に緩和される可能性もあり、その解明も今後の課題である。

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 2 件)

Nishida, T., Takakura, K. and Iwao, K. (online) Host specialization by reproductive interference between closely related herbivorous insects. *Population Ecology*. DOI 10.1007/s10144-015-0490-5

Takakura, K., Nishida, T. and Iwao, K. (online) Conflicting intersexual mate choices maintain interspecific sexual interactions. *Population Ecology*. DOI 10.1007/s10144-015-0492-3.

〔学会発表〕(計 1 件)

内田千嗣・西田隆義(2014)ニジュウヤホシ-オオニジュウヤホシの分布境界はいかに決まるのか. 日本生態学会第61回大会(広島).

〔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

西田隆義(滋賀県立大学環境科学部環境生態学科)

研究者番号: 60208189

(2)研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者

( )

研究者番号: