

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 28 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2012～2015

課題番号：24255013

研究課題名(和文) 捕食性侵入種による在来種の競争排除に関する群集生態学的研究

研究課題名(英文) The ecological study on the competitive exclusion of endemic species at the aphidophagous communities by a Japan-origin exotic predator

研究代表者

大澤 直哉 (OSAWA, Naoya)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10221821

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,700,000円

研究成果の概要(和文)：日本原産海外侵入捕食性昆虫であるナミテントウを用いて、捕食性侵入種による在来種の競争排除に関する群集生態学的な野外調査及び室内実験を実施した。侵入国での野外調査から、ナミテントウは攪乱地の外来アブラムシを餌とする普通に見られるテントウムシで、短期間で定着が急速に進んでいた。侵入国の捕食者群集の多様性は低く、ニッチの未利用空間が多いことが、侵入要因であるものと推測された。共存種クリサキテントウを用いた排除実験から、ナミテントウはクリサキテントウのみを攻撃するのに対し、クリサキテントウは両種とも攻撃し、ナミテントウとの共存条件として、生息場所や餌への特殊化が必要であると考えられた。

研究成果の概要(英文)：The field and laboratory experiments were performed to clarify the community study on aphidophagous invasive ladybird beetle *Harmonia axyridis*. From the field studies, *H. axyridis* at invasive area utilized invasive aphids and *H. axyridis* was one of common aphidophagous species at rather short period. This may be caused by many vacant niches at aphidophagous predators at the invaded area, with a low biodiversity of aphidophagous communities. From the laboratory experiments on exclusive competition between *H. axyridis* and sibling *H. yedoensis* with a surplus food condition, *H. axyridis* mainly excluded only *H. yedoensis* whereas *H. yedoensis* excluded both of *H. axyridis* and *H. yedoensis*, suggesting that specialization at *H. yedoensis* for certain habitats and preys may play one of important role on the coexistence between *H. axyridis* and *H. yedoensis*.

研究分野：昆虫生態学

キーワード：侵入生物 個体群管理 天敵 群集 分子遺伝 ナミテントウ 外来種

1. 研究開始当初の背景

海外から我が国に侵入する動植物を管理することは、我が国の自然・農生態系を維持・管理する上で極めて重要な課題である。海外から侵入した昆虫類が害虫化し、農林業に甚大な影響を与えることは、多くの分類群の昆虫において世界中広く見られる現象であると同時に、世界中がネットワークでつながっている現在社会においては、不可避な現象であるとも考えられる。温帯域で見られる侵入害虫の多くが、アブラムシ類等初期の増殖率が高い植食性昆虫類が大多数を占めており、寄生蜂等寄生特性の高い天敵類を除くと、広食性捕食者が短期間に定着・分布拡大した例は、これまで全く知られていない。本研究対象であるナミテントウは、アジア東部に広く分布し、木本・草本に発生するアブラムシ類を餌とする捕食性テントウムシである。ナミテントウは、生物的防除の観点からこの30年間、盛んに北アメリカに日本や中国から個体群が導入されてきた。しかし1990年頃までは、北米には定着していないと考えられていた。これら未定着であるという報告は、当時導入した北アメリカの関連機関・研究者の調査不足であったと推測され、北米大陸で1990年後半から、ナミテントウ個体数が定着・増加し、分布を拡大している実態が数多く報告されている(e.g., Colunga-Garcia & Gage 1998; Brown et al. 2011)。他方、ナミテントウは、一般企業や各国の農業試験所主導で、主にハウス内での生物的防除の目的でヨーロッパにも導入され、現在ではヨーロッパ全域・北アフリカ・南アフリカ・北米・南米(除くオセアニア地区)等世界中に定着していることが報告されている(e.g. Roy & Wajnberg 2008)。ナミテントウは、収穫されたぶどうに混入しワインの品質を低下させる点が指摘されているが、侵入地域の在来アブラムシ捕食者を駆逐することがナミテントウ侵入において最も憂慮する点として考えられている。ナミテントウによる在来天敵の駆逐は、世界的に有機農業が消費者に広く受け入れられている現状を考えると、在来天敵の農業における有効活用の点から、経済的にも極めて憂慮される状況にある。しかし、これまで研究は、ナミテントウ侵入が在来の天敵群集の多様性を減少させていることを指摘しているのみで、そのメカニズムは明らかにされていない(e.g. Roy & Wajnberg 2008)。侵入地域における在来天敵減少による経済的な損失を軽減し、定着可能なオセアニア地区への定着を未然に防止する観点からも、ナミテントウが定着・分布拡大している実態の詳細な把握とそのメカニズムの解明は急務である。日本はナミテントウの原産国であり、餌アブラムシと関連した個体群動態、移動分散、生活史特性、成虫や幼虫による行動特性等の詳細な野外研究及び室内実験が行われており、捕食者としての高い移動

分散能力(e.g. Osawa 2000)や種内種間の捕食など(Yasuda et al. 2004)の本種の特徴が明らかにされている。加えて、移入個体群と原産地個体群の比較から、移入個体群は原産地個体群と遺伝的に異なることが示唆されている(e.g. Facon et al. 2011)。理論的な解析では、急速な競争排除には、資源競争ではなく種間交尾干渉が関与する可能性も示唆されているが(e.g. Kuno 1992)、同種の急速な定着・分布拡大に関与する具体的な生態的メカニズムは不明である。

<引用文献>

- Brown PMJ, Frost R, Doberski J, Sparks T, Harrington R, Roy H (2011) Decline in native ladybirds in response to the arrival of *Harmonia axyridis*: early evidence from England. *Ecol Ent* 36:231–240.
- Colunga-Gracia M, Gage SH (1998) Arrival, establishment, and habitat use of the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in a Michigan landscape. *Environ Entomol* 27:1574–1580.
- Facon B, Ruth A, Hufbauer RA, Tayeh A, Loiseau A, Lombaert E, Vitalis R, Guillemaud T, Lundgren JG, Estoup A (2011) Inbreeding depression is purged in the invasive insect *Harmonia axyridis*. *Curr Biol* 21: 424–427.
- Kuno E (1992) Competitive exclusion through reproductive interference. *Res Popul Ecol* 34: 275–284.
- Osawa N (2000) Population field studies on the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): resource tracking and population characteristics. *Popul Ecol* 42:115–127.
- Roy HE, Wajnberg E (2008) From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. *BioControl* 53:1–4.
- Yasuda H, Evans EW, Kajita Y, Urakawa K, Takizawa T (2004) Asymmetric larval interactions between introduced and indigenous ladybirds in North America. *Oecologia* 141:722–731.

## 2. 研究の目的

本研究は、海外で侵入種となったナミテントウを材料として、侵入実態の異なり、ギルド構成種の全く異なる複数的大陸間で、アブラムシ捕食者ギルドの構造やナミテントウの役割を定量的に調査し、ナミテントウが短期間に原産地以外で定着・分布拡大した要因を包括的に明らかにすると同時に、原産地である日本の個体群との比較を通じ、ギルド内捕食や交尾干渉に着目して、移入種が侵入地域で急速に定着・分布拡大した生態的メカニズムを定量的に明らかにすることを目的とする応用昆虫学の実証研究である。

## 3. 研究の方法

(1) 海外野外調査目的：ナミテントウの侵入・定着実態ことなる地域におけるアブラムシ捕食者ギルド構成種の特定とギルド内捕食の定量化

侵入履歴が異なり、ギルド構成種が全く異なる南アメリカ・アフリカの野外実態調査  
原産国（日本）での野外実態調査

(2) 野外・室内実験目的：生態学手法によるギルド内における他種排除のメカニズムの解明ナミテントウと共存種を用いた室内実験（ギルド内捕食）

(3) 遺伝的マーカを用いた国内外の個体群間の比較

## 4. 研究成果

日本原産海外侵入捕食性昆虫であるナミテントウ対象として、ナミテントウ原産国日本及び、侵入国南アフリカ・ブラジル、競合種分布国台湾・タイにおいて、捕食性侵入種による在来種の競争排除に関する群集生態学的な野外調査を実施し、野外調査の結果に基づき、競争排除に関する室内実験を実施した。

(1) 南アフリカ及びブラジルでの侵入国での野外調査から、ナミテントウは、農地・公園・街路樹・攪乱地の外来植物に発生する移入アブラムシを餌としており、攪乱地における普通に見られる代表的な捕食性テントウムシであった。南アフリカ・ブラジルは、ナミテントウ侵入後 20~30 年しか経過していないと考えられており、短期間で侵入・定着が確実・急速に進んでいるものと考えられた。侵入国の攪乱地におけるアブラムシ食の捕食者群集は外来種が多く、かつ種多様性はきわめて低い特徴を有していた。侵入アブラムシの捕食者群集では、競争種は少なく捕食者ニッチの未利用空間が多いことが、外来種ナミテントウが容易に海外に定着できた要因であると推測された。

(2) ナミテントウと共存する条件を明らかにするため、マツ上でのみ共存している同胞種クリサキテントウを用い好適な餌条件下で、幼虫による共食いによる排除実験を行った。その結果、ナミテントウ 4 令幼虫はクリサキテントウ 1 令幼虫のみを攻撃捕食するのに対し、クリサキテントウ 4 令幼虫はナミテントウとクリサキテントウを区別することなく、両種とも攻撃捕食することが示された。これらの結果から、ナミテントウとの共存条件として、特定の生息場所や餌への行動生態学的特殊化が必要であると考えられた。自種及び共存他種いずれに対しても、攻撃捕食行動を示すクリサキテントウの行動は、クリサキテントウがマツ上で低密度個体群を維持している主要因である可能性が示唆された。

## 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 11 件)

Noriyuki S., Osawa N., Nishida T. (2012) Asymmetric reproductive interference between specialist and generalist predatory ladybirds. *Journal of Animal Ecology* 81: 1077-1085. 査読有  
doi: 10.1111/j.1365-2656.2012.01984.x

Noriyuki S., Kawatsu K., Osawa N. (2012) Factors promoting maternal trophic egg provisioning in non-eusocial animals. *Population Ecology* 54: 455-465. 査読有  
DOI 10.1007/s10144-012-0317-6

Noriyuki S., Osawa N. (2012) Intrinsic prey suitability in specialist and generalist *Harmonia* ladybirds: a test of the trade-off hypothesis for food specialization. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 144: 279-285. 査読有  
DOI: 10.1111/j.1570-7458.2012.01288.x

鈴木紀之、大澤直哉、西田隆義 (2012) 繁殖干渉による寄主特殊化の進化. *日本生態学会誌* 62: 267-274. 査読有

Laugier G.J.M., Le Mogueédec G., Tayeh A., Loiseau A., Osawa N., Estoup A., Facon B.

- (2013) Increase in male reproductive success and female reproductive investment in invasive populations of the harlequin ladybird *Harmonia axyridis*. *Plos ONE* 8: e77083. 査読有  
doi:10.1371/journal.pone.0077083.
- Noriyuki S., Kameda Y., Osawa N. (2014) Male killer prevalence of the two sibling ladybird beetles *Harmonia yedoensis* and *H. axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in the sympatric population. *European Journal of Entomology* 111: 307-311. 査読有  
doi: 10.14411/eje.2014.029
- Noriyuki S., Osawa N. (2015) Geographic variation of color polymorphism in the two sibling ladybird species, *Harmonia yedoensis* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomological Science* 18: 502-508. 査読有  
doi:10.1111/ens.12147
- Osawa N., Kagami N., Noriyuki N., Tuno N. (2015) Size-related non-random mating in a natural population of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 79: 113-119. 査読有  
ISSN 1211-376X
- Roy H. E., Brown P. M. J., Adriaens T., Berkvens B., Borges I., Clusella-Trullas S., Comont R. F., De Clercq P., Eschen R., Estoup A., Evans E. W., Facon B., Gardiner M. M., Gil A., Grez A. A., Guillemaud T., Haelewaters D., Herz A., Honek A., Howe A. G., Hui C., Hutchison W. D., Kenis M., Koch R. L., Kulfan J., Handley L. L., Lombaert E., Loomans A., Losey J., Lukashuk A. O., Maes D., Magro A., Murray K. M., Martin G. S., Martinkova Z., Minnaar I. A., Nedved O., Orlova-Bienkowskaja O. - B., Osawa N., Rabitsch W., Ravn H. P., Rondoni G., Rorke S. L., Ryndevich S. K., Saethre M. - G., Sloggett J. J., Soares A. O., Stals R., Tinsley M. C., Vandereycken A., van Wielink P., Vigla's'ova' S., Zach P., Zakharov I. A., Zaviero T., Zhao Z. (2016) The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. *Biological Invasions* 18: 997-1044. 査読有  
DOI 10.1007/s10530-016-1077-6
- 鈴木紀之、大澤直哉 (2016) テントウムシにおける栄養卵のメカニズムと機能. *昆虫と自然* 51: 4-8. 査読なし
- Lin C.-P., Osawa N., Kitano T., Huang S.-C. (2016) Coexistence of two species of *Harmonia* ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the Taiwan Red Pine *Pinus taiwanensis* in Alishan of Taiwan: rediscovery of *Harmonia yedoensis* and a new record of *Harmonia quadripunctata*. *Formosan Entomologist* 36 (in press). 査読有
- [学会発表](計11件)
- Noriyuki, Osawa N., Nishida T. (2012) Asymmetric reproductive interference between specialist and generalist predatory *Harmonia* ladybirds. The 24th International Congress of Entomology, S1402 (Symposium: Invasive Species and Quarantine). Daegu, Korea, August 2012
- 大澤直哉 (2012) ナミテントウにおける卵吸収と卵巣発育について  
日本昆虫学会第72回大会 講演要旨: 59  
2012年9月玉川大学

鈴木紀之、大澤直哉 (2013) 君と出会う日のために:テントウムシにおける生態的形質置換.  
日本生態学会第60回全国大会、講演要旨集: C1-07(動物群集) 2013年3月静岡大学

Osawa N. (2013) Maternal investment through sibling cannibalism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis*: the role of egg size.  
Ecology of Aphidophaga 12 Abstract: 23. Sep. 9-13, 2013. Belgrade, Serbia.

Suzuki N., Osawa N., Nishida T. (2013) Asymmetric reproductive interference between specialist and generalist *Harmonia* ladybirds in Japan.  
Ecology of Aphidophaga 12 Abstract: 24. Sep. 9-13, 2013. Belgrade, Serbia.

大澤直哉 (2014) ナミテントウの卵塊内の共食いにおける未孵化卵の意義  
第58回日本応用動物昆虫学会大会 講演要旨: K304 2014年3月高知大学

鈴木紀之、大澤直哉 (2014) テントウムシ同胞種2種における食性幅とメールキラー感染率の関係  
第58回日本応用動物昆虫学会大会 講演要旨: H201 2014年3月高知大学

鈴木紀之、大澤直哉 (2014) クリサキテントウとナミテントウにおけるメールキラー感染率の比較  
2014年度昆虫DNA研究会第11回研究集会 B-6 2014年5月 つくばセンタービル内つくばサイエンスインフォメーションセンター

大澤直哉 (2015) ナミテントウ野外個体群における体サイズに関連した選択的交尾  
第59回日本応用動物昆虫学会大会 講演要旨: D219 2015年3月山形大学

各務成洋、大澤直哉 (2015) ナミテントウメスの体長とメールキラー感染の関係

第59回日本応用動物昆虫学会大会 講演要旨: D220 2015年3月山形大学

大澤直哉、林仲平 (2016) 台湾阿里山におけるマツ上で共存する2種類の*Harmonia*属テントウムシ:クリサキテントウ*H. yedoensis*の再発見と*H. quadripunctata*の発見  
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 講演要旨: L311 2016年3月大阪府立大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計0件)

〔その他〕  
ホームページ等

(1)日本語  
<http://www.rfecol.kais.kyoto-u.ac.jp/syoukai/index%28osawa%29.html>

(2)英語  
Google Scholar  
<http://scholar.google.com/citations?user=nvaBK0gAAAAJ&hl=ja&oi=ao>  
Research Gate  
[http://www.researchgate.net/profile/Naoya\\_Osawa](http://www.researchgate.net/profile/Naoya_Osawa)

## 6. 研究組織

(1)研究代表者  
大澤 直哉 (OSAWA NAOYA)  
京都大学・農学研究科・准教授  
研究者番号: 10221821

(2)研究分担者  
田中 千尋 (TANAKA CHIHIRO)  
京都大学・農学研究科・教授  
研究者番号: 60263133

(3)研究分担者  
都野展子 (TUNO NOBUKO)  
金沢大学・自然科学研究科・准教授  
研究者番号: 60295102