

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 2 日現在

機関番号：34304

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26440250

研究課題名(和文) 侵略的外来種ツマアカスズメバチの帰化状況と生態情報にもとづいた防除法の確立

研究課題名(英文) Development of control method based on naturalization and ecological information of invasive hornet *Vespa velutina*.

研究代表者

高橋 純一 (TAKAHASHI, Junichi)

京都産業大学・総合生命科学部・准教授

研究者番号：40530027

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：長崎県対馬市に帰化したツマアカスズメバチの巣の調査により島内で繁殖・帰化していることが明らかになった。本種はミツバチを捕食する性質を持つため島内のニホンミツバチの養蜂場を中心に分布状況について調査したところ、島内全域で分布が確認された。またスズメバチの中では優占種となり、特にキイロスズメバチが減少していた。ミトコンドリアDNAの遺伝子解析からは、中国・韓国と一致したため、中国産の個体が韓国経由で侵入したことが示唆された。さらに本種の攻撃性および刺傷被害事例から在来種と同等の攻撃性であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：The naturalization of the non-native hornet *Vespa velutina* has resulted in the general decline of native hornets across Tsushima islands. The north of Tsushima islands is one of the most important habitats for insects. We investigated the abundance and distribution of the native species and *V. velutina* throughout the Tsushima islands. Although *V. velutina* has just invaded almost all the Tsushima islands it is already established throughout the entire region and is the dominant species. We also confirmed that *V. simillima* remained the rarest species with only three nests observed, all from north areas. The decline of hornets in the Tsushima area is already affected by habitat degradation and fragmentation, but the rapid naturalization of *V. velutina* across the entire Tsushima islands will hasten the decline of other species especially the rare *V. simillima*. Therefore, urgent conservation measures are required to protect the Japanese hornets of the Tsushima.

研究分野：保全生態学

キーワード：特定外来種 ツマアカスズメバチ 対馬 侵略的外来種 保全生態学 帰化種

1. 研究開始当初の背景

ツマアカスズメバチ (*Vespa velutina*) は、西はインド、東は中国、南はインドネシア、北は台湾までを分布域とするスズメバチである。本種の生態的特徴としては、熱帯から亜熱帯の低地から 2000m 位の高地まで分布し、活動期間が長く、コロニーサイズが大きいため増殖率や環境適応性が高いと考えられている。2003 年以降に韓国 (釜山) やフランスに侵入・定着が確認されてからは、毎年数十 km の範囲で急速に分布域を広げている。現在は、フランスからポルトガル、スペイン、ベルギーに分布を広げ、数年内に欧州全域に分布を拡大することが予想されている。一方韓国では、毎年北部へと分布域が確実に広がっていることが確認されている。すでに侵略的外来種として、これらの国では、在来生態系、養蜂業、刺傷による衛生被害などが問題となっている。過去には、オーストラリアやニュージーランドに大陸由来のクロスズメバチ属の一種が侵入し、生態的な変化により、コロニーサイズが大型化し、攻撃性が非常に高くなり、人や家畜への刺傷被害が問題となっていることが知られている。ツマアカスズメバチが、韓国やフランスに侵入した経路については、本種の形態学的調査により中国産亜種 (*V. velutina nigritorax*) であることが確認され、中国からの貨物船の物資 (園芸資材や木材等) に紛れ込んで非意図的に持ち込まれた可能性が高いことが推測されている。以前から日本は、中国および韓国との間に定期航路が存在しているため、フランスや韓国と同様にツマアカスズメバチが物資に付随して侵入することが懸念されていた。研究代表者は、以前から日本各地でミツバチおよびスズメバチ類の生態調査を進めている過程で、2012 年 10 月に対馬へニホンミツバチの調査で訪れたさいにツマアカスズメバチの働き蜂を発見・報告した。同年には、巣を発見することができなかったが、翌年も対馬市等と継続的に調査を進め、2013 年 9 月に対馬北部で本種の巣を発見・捕獲し、ツマアカスズメバチの侵入を確認、環境省に報告した。その後は、環境省および対馬市等との共同調査で、2013 年 10 月現在までに、島内北部を中心に約 40 個の巣を発見、また同月には本種による市民への刺傷被害も確認した。現在は、ツマアカスズメバチの定着を防ぐ目的で対馬市役所と共同で順次巣を駆除 (捕獲) すると同時に、本種の分布・生態的な調査を進めていたところであった。

2. 研究の目的

21 世紀に入り、技術の進歩にともなう輸送手段の発達、本来の生物が持っている地理的境界を越えて、意図的・非意図的に世界各地へ運ばれている。その中で一部の種については、移入 (侵入) 先でさまざまな問題を引き起こす場合がある。中国原産のツマアカスズメバチ (*V. velutina*) もその 1 種で、2003

年以降に欧州および韓国に侵入すると、侵略的外来種として大きな問題となっている。日本では、我われの研究グループにより 2012 年に対馬で初めて確認され、2013 年には複数の巣が確認されているため、対馬の固有生態系への影響や人に対する衛生被害が懸念されるが、本種の定着状況や帰化による影響については未知である。

本研究計画では、対馬に侵入したツマアカスズメバチの定着を防ぐことを最終的な目的として、本種の分布調査、侵入地での生態的变化の有無、侵入経路の特定、在来生態系へ与えるリスク評価、駆除方法の確立を行う。

3. 研究の方法

ツマアカスズメバチの帰化状況、侵入・分散経路の特定、生態的情報の解明による生態系へのリスク評価、根絶に向けた防除方法の確立を研究の目的としている。計画では、分布・発生状況の調査：継続的な調査により本種の個体群動態を解明する。侵入・分散経路の解明：対馬と各国の検体を元に遺伝子配列等の比較により特定を行う。生態の解明：分子生態学的手法により、侵入地域での生活史や環境適応的な変化について明らかにする。人への影響：継続して、養蜂への影響や刺傷被害の事例について調査を行う。

生態系へのリスク評価：継続して、在来スズメバチの個体群動態、捕食対象の生物種同定、天敵相の解明、帰化による生態系へのリスク評価を行う。駆除方法の確立：継続して個体および巣の捕獲のため誘引トラップ、殺薬剤散布、不妊化処理実験を行い、駆除手法の開発等を行い、総合的防除方法について確立する。

4. 研究成果

今回 2014 年から 2016 年にかけて対馬市 (本島) 内全域に設置した調査地点のうち、約 70% 以上の地点において、特定外来種ツマアカスズメバチの働き蜂を観察することができた。調査地の北部地域では、90% を超えるの観察地点で複数個体のツマアカスズメバチを観察することができた。一方、対馬市の南部に位置する美津島町北側では本種の個体が確認できたが、北部地域と比較して観察された個体数は少ないことがわかった。南部地域のうち 1 部地域においては、2014 年から 2016 年の 3 年間に渡り本種を 1 度も観察することができなかった。今回の観察調査で最も多く本種が観察された地点は、北部の上県町であった。これらの地域では、最も多くのツマアカスズメバチの巣が確認されている。これらの地域で観察された個体数が多かったが、複数巣により分布密度が高いことによるものであることが予測された。

今回観察されたスズメバチのカストは、すべて働き蜂であった。調査期間中には、観察地点のほぼ全域で在来スズメバチであるオオスズメバチおよびキロスズメバチの働

き蜂も観察されたが、コガタスズメバチおよびヒメスズメバチを確認することができなかった。今回の調査では、ニホンミツバチの巣箱に飛来する個体を観察していたため、捕食行動をしない雄蜂や新女王蜂を観察することができなかったと考えられる。一般的にスズメバチの雄蜂は、性成熟後に離巢して、単独で野外生活をしながら新女王蜂との交配をおこなうと考えられている。これまでツマアカスズメバチの雄が、野外で観察された例はないが、他のスズメバチの雄と同じように開花植物の花蜜を餌として利用して新女王との交尾に備えていると考えられる。対馬には、オオスズメバチとキイロスズメバチの2種の他にコガタスズメバチとヒメスズメバチが生息しているが、これらの働き蜂は今回観察されなかった。この2種は、ミツバチの巣に飛来して働き蜂を捕食する性質がない(松浦・山根 1984)ため、観察することができなかったと推測された。

今回の調査により対馬市北部の半数以上の観察地点でツマアカスズメバチの働き蜂を確認することができた。さらに2014年から2016年にかけて観察した2種の在来スズメバチのうち、オオスズメバチには地域間の観察個体数に相違はみられなかったが、キイロスズメバチの観察個体数の割合は、ツマアカスズメバチがいない南部の方が、頻度は有意に高い傾向が見られた。韓国の釜山市では、ツマアカスズメバチの帰化から数年のうちに、郊外では在来種のキイロスズメバチを主として在来スズメバチが減少し、反対にツマアカスズメバチが増加していることが報告されている。対馬市における観察調査でも、ツマアカスズメバチが多数観察されている北部地域を中心に、在来種キイロスズメバチの観察例数が減少している傾向が見られた。ツマアカスズメバチが観察されなかった南部地域では、キイロスズメバチの働き蜂が多数観察された。既に対馬市北部では、競合による影響を受けている可能性が予測された。

北九州市での本種の分布状況についても観察調査を行った。すべての調査地点から本種の営巣および分布は確認されなかった。巣の発見場所の新町浄化センターは、門司港および小倉港から近い位置にある。本種は貨物物資に紛れて移動することが報告されている。今回も対馬と両港には直通の航路がないが、韓国とは貨物船の定期航路となっている。そのため韓国から直接侵入した可能性が高いと予測された。

原産地では、本種は単女王制であることが報告されている。侵入地のフランスでも創設女王蜂は、1個体だけである。今回採集した巣でも創設女王蜂と思われる個体は1個体であったことから、侵入地の対馬でも単女王制である可能性が高いことが予測された。韓国やフランスでは、毎年数十kmの範囲で分布を広げている。対馬で捕獲された2地点間は、女王蜂が十分移動できる範囲内であること

から、2012年にはすでに対馬で繁殖している可能性も否定できない結果となった。これまで報告されている中で、ツマアカスズメバチの働き蜂成虫数は、タイで採集された *V. v. variana* の巣の1456個体が最多である。今回採集した巣の中で働き蜂成虫数は、それを越える巣が半数以上であることが確認された。ヨーロッパでは、春から秋にかけて平均6000個体の成虫が羽化すると推定されている。今回採集した巣では、各巣盤のメコニウム数から、少なくとも10000個体、14000(平均12000)個体がすでに羽化していると推定された。対馬に侵入したツマアカスズメバチは、欧州の侵入地や一部の原産地よりも成虫の生産数が多いことが示唆される結果を得た。在来スズメバチの繁殖期は、一般的に9月中旬から11月下旬の間で、10月が最盛期である。今回採集したツマアカスズメバチの巣では、新女王蜂の羽化は9月上旬から中旬にはじまると予測された。これらの結果から、本種の対馬における繁殖期は、在来スズメバチと類似した10月に最盛期になることが予測された。本種は、対馬での分布状況や個体数から、侵入して間もないと考えられるが、今後対馬の環境に適応して繁殖生態が変化する可能性もあると予測されるため、継続的に調査をしていく必要がある。

今回採集した巣は、平均14m(最高34m)の枝先に営巣していた。今回採集した巣の平均育房数は総計11000であった。育房数は、インド北部で採集された *V. v. auraria* の巣の11912が最多である。今回採集した巣は、過去最多の育房数であることが明らかとなった。今回採集した巣の特徴の1つとして、巣盤1段目の上部は、中が空洞の小部屋で構成されていた。この丸みを帯びた円錐のような屋根は、雨の多い熱帯地域や、国内では南西諸島に生息するスズメバチの巣にしばしば見られる構造で、雨を効率よく流す役割を果たすと考えられている。巣盤が位置する巣の側面の外被部分は、厚さ約5cm、2~3層の中が空洞の小部屋からなっていた。この小部屋は、断熱効果をもたらす、巣内の環境を一定に保つ働きがあると考えられている。在来スズメバチでは、同様の構造がよく発達している。しかし、本種ではあまり発達していないことが確認された。巣盤下の底部は、複数のすり鉢状の構造が見られた。この構造は、これまで本種を含めたスズメバチ属では報告がなく、その機能的意義は不明である。一般に樹上開放空間営巣性のスズメバチの巣口は、巣の真横付近につくられる。同様の現象は、台湾のツマアカスズメバチでも確認されているが巣の上部に位置する巣口は、雨の侵入を容易に許すと考えられる。この巣口の構造についても同様にこれまで報告はなく、その機能的意義は不明である。今回採集したツマアカスズメバチの巣の構造は、在来スズメバチと比較して、大きな相違があることが確認された。しかし、他地域における本種の

巣の構造の情報が少ないため、侵入地で起きた変異であるかは不明である。

働き蜂成虫の体色は、頭頂から胸部・腹部第3節にかけて専ら黒色であった。頭部、腹部第1~3節の末端の帯、膨腹部末端、脚の末端が黄色であることが観察された。これは2012年に対馬で捕獲されたツマアカスズメバチの体色と一致していた。これらの特徴を持つ亜種は、インドから中国にかけて自然分布している *V. v. nigrithorax* である可能性が高いと予測された。

今回捕獲した巣の働き蜂成虫からミトコンドリアDNAのCO1領域の部分配列を解析することができた。得られた塩基配列の相同性検索の結果、今回採集したツマアカスズメバチのミトコンドリアDNAのCO1遺伝子部分領域は、中国浙江省および韓国に帰化したツマアカスズメバチの持つハプロタイプKと完全に一致することが明らかとなった。

攻撃性については、刺傷被害者への聞き取りによる調査を行った。1例目は、高木の約15mの枝に営巣していたツマアカスズメバチの巣の捕獲を行った後に、本種の巣を解体中に右手中指(第3指)の第3指関節を刺された。刺傷者は20代の男性である。この男性は、スズメバチに刺されたのは初めてであったが、毎年20回程ミツバチに刺されている。刺された直後の痛みは、ミツバチに刺されたときよりもやや強い痛みであったが、我慢できる程度であった。念のために市販の抗ヒスタミン剤を服用した。その後、痛みや腫脹は、約3時間でなくなった。翌日になると、患部の腫脹・痛みは全くみられなくなった。この巣は、捕獲するさいには、穏やかで威嚇行動等は特に確認されなかった。2例目の刺傷者は、60代女性である。日中に畑で野菜の手入れを行っているときに、頭からかぶっていた手ぬぐいを外したところ、複数の働き蜂が頭部にもぐりこんだため、すぐに手で払ったが、頭頂部を1か所刺された。巣は、刺された場所から約10m離れた低木の高さ約4mの枝に営巣していた。本人の記憶では、それ以前には特に巣を刺激するような行動はとっていない。スズメバチに刺されたのは初めてであった。刺された直後から激しい痛みのため病院行き、処方された鎮痛剤を服用した。それから数時間で痛みは治まった。刺された直後から患部の腫脹は、ほとんどみられなかった。翌日には日常生活をおくれるようになっている。この女性を刺したツマアカスズメバチの巣は、同月7日に駆除されたが、攻撃性が非常に高く、作業者に向かって毒針を使った針刺行動(体当たり)をしてきた。3例目は、高さ5mの低木の枝先に営巣していたツマアカスズメバチの巣の駆除を行った後に、本種の巣を解体中に左腕上腕部を刺された。刺傷者は20代男性である。この男性は、毎年30回程ミツバチに刺されているが、スズメバチには刺されたのは初めてである。刺された直後の痛みは、ミツバチに刺されたときと同じ

程度であった。その後、痛みや腫脹は、数時間程でなくなった。翌日になると、患部の腫脹・痛みは全くみられなくなったが、患部は瘡蓋になった。この巣は、捕獲のときに作業者のまわりを旋回する威嚇行動が確認されたのみであった。

今回の調査により初めて対馬市における外来種ツマアカスズメバチの分布状況が明らかになった。2012年に対馬市北部の佐護周辺で本種の働き蜂が確認・捕獲され、2013年には営巣が確認されている。分布調査により対馬市北部地域では、すでに帰化が起きていることが明らかになった。対馬市南部では、個体や巣は今回確認されなかった。侵入地のフランスでは、毎年100km以上分布を広げる場合がある。韓国では、毎年20km以上にわたり分布範囲を広げている。これらの結果から、ツマアカスズメバチの侵入は、最近起きたことが示唆された。今回我われの調査によって、対馬に侵入した外来種ツマアカスズメバチの5個の巣を捕獲するときの積極的な防衛行動(攻撃性)と3例の蜂刺症についてまとめることができた。対馬に侵入したツマアカスズメバチの攻撃性は、台湾系統のように巣ごとに変異があることがわかった。毒性については、刺傷者の状況からコガタスズメバチやキロスズメバチと同じ程度であると推測された。そのためオオスズメバチによる激しい攻撃性や毒性による重篤な蜂刺症は、本種においてその発生は極めて稀であると思われる。フランスでは、2名が本種による刺傷が原因とされるアナフィラキシーショックで死亡している。日本でもツマアカスズメバチにより同様の症状を引き起こす可能性があるため、今後も本種の帰化状況については対馬市民への周知とともに注意していく必要がある。また、巣ごとの攻撃性の相違については、市民および駆除作業者の安全性の面からも識別方法の確立を早期に策定する必要があると思われる。

中国と侵入地である韓国には、本種の亜種(*V. v. nigrithorax*)の生息が確認されている。今回我われが捕獲した巣の個体の外部形態および遺伝子配列から対馬に侵入したツマアカスズメバチは、中国を原産地とする *V. v. nigrithorax* である可能性が高いことが明らかとなった。対馬と韓国の釜山港および馬山港は、1993年から定期航路が結ばれている。物資の輸送については、さらに複数の港で行われている。以上のことから、対馬へは物資に伴随して韓国経由で中国産亜種が侵入した可能性が高いと推測された。巣の解析結果から、対馬は本種にとって適した環境であると予測された。今回採集した巣は、繁殖期の初期段階のコロニーであることから、10月にはより大きなコロニーが見つかる可能性が高い。そのため対馬に侵入したツマアカスズメバチは、原産での営巣規模がそれ以上になることが予測された。巣が巨大化する要因の一つとして、熱帯の原産地と比較して、

対馬には天敵となる大型哺乳類や猛禽類、蜂類を捕食するアリなどが少ないと推測される。フランスでは、ツマアカスズメバチは主としてセイヨウミツバチの働き蜂成虫を餌として利用し(全体の37%)、その他にハナアブ(Syrphidae)やイエバエなどの双翅目(Diptera)を好んで捕食している。対馬はニホンミツバチによる養蜂が国内で最も規模の大きな地域である。餌資源となるミツバチをはじめ小型昆虫が豊富であると推測されることから、これらを主要な餌とする本種には、餌資源の点から見ても適した環境であることが予測された。また、対馬は本種が営巣に好む高木の森林帯が多いことも、今後分布を拡大させる要因の1つとなる可能性がある。韓国やヨーロッパに侵入したツマアカスズメバチの中国産亜種は、コロニーサイズの大型化と高い繁殖力を示し、侵入地において養蜂被害、刺傷被害、在来生態系への影響など様々な問題を引き起こしている。日本と類似したスズメバチ相を持つ韓国では、すでに本種の影響により生態的に類似しているキロスズメバチが減少し、在来生態系へ影響を及ぼしている。対馬に侵入した本種も、他の侵入地と同様の問題をもたらすことが懸念される。ツマアカスズメバチは、対馬に侵入して間もないと考えられるため、生態および分布調査を行い、早急に分布拡大の防止対策が必要であると考えられた。

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6件)

1. Takahashi R, Okuyama H, Kiyoshi T, Takahashi J (2017) Complete mitochondrial DNA sequence of the invasive hornet *Vespa velutina* (Insecta, Hymenoptera) found in Japan. Mitochondrial DNA Part B, Accepted 28 January 2017, Doi.org/10.1080/23802359.2017.1289353. 査読有

2. Takeuchi T, Takahashi R, Kiyoshi T, Nakamura M, Minoshima Y, Takahashi J (2017) The origin and genetic diversity of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina* introduced in Japan. Insectes Sociaux, Published online 2017 February 16. DOI 10.1007/s00040-017-0545-z. 査読有

3. 高橋稜一・高橋純一(2016) ツマアカスズメバチの生態と農業被害. 植物防疫, 70(7):457-460. 査読無

4. 高橋稜一・清拓哉・高橋純一(2016) DNAバーコーディング法を利用したツマアカスズメバチの食性解析の試み. 長崎県生物学会

誌, 78: 43-48. 査読有

5. 高橋純一 対馬で猛威を振るうツマアカスズメバチの生態. 現代農業. 2015. 12:222-225. 査読無

6. 高橋稜一、境良朗、山村辰美、清拓哉、高橋純一 対馬で初めて採集された外来種ツマアカスズメバチ(*Vespa velutina*)の成熟巣. 長崎県生物学会誌. 2015.76:49-56. 査読有

[学会発表](計4件)

1. 高橋稜一・高橋純一、特定外来生物ツマアカスズメバチの在来生物への影響について、第1回ミツバチ産業科学研究会、2017年2月4日、キャンパスプラザ京都、京都市.

2. 高橋稜一・清拓哉・高橋純一、特定外来生物ツマアカスズメバチの在来昆虫類への影響について、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年3月27日、大阪府立大学、堺市.

3. 高橋稜一・境良朗・山村辰美・高橋純一、招かざる侵入者ツマアカスズメバチ-その起源と対馬の自然に及ぼす影響について-、第1回対馬学フォーラム、2015年12月13日、対馬市役所、対馬市.

4. 高橋稜一・清拓哉・高橋純一、対馬に侵入した外来種ツマアカスズメバチ(*Vespa velutina*)の帰化状況とミツバチの捕食行動、日本昆虫学会近畿支部2014年度大会・日本鱗翅学会近畿支部第150回例会、2014年12月14日、大阪市立自然史博物館、大阪市.

6. 研究組織

(1)研究代表者

高橋 純一 (TAKAHASHI, Junichi)
京都産業大学・総合生命科学部・准教授
研究者番号: 40530027

(2)研究分担者

野村 哲郎 (NOMURA, Tetsuro)
京都産業大学・総合生命科学部・教授
研究者番号: 50189437

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

(4)研究協力者

マーチン・ステファン (MARTIN, Stephen)