

本成果は、英国の学術誌「*Scientific Reports*」において、英国時間 2021 年 2 月 1 日（火）午前 10 時（日本時間 2 月 1 日（火）午後 7 時）にオンライン掲載されます。オンライン掲載後が報道解禁日時となっております。Embargo（発表禁止期間）の遵守をお願い申し上げます。

令和 4 年 2 月 1 日

報道機関 各位

シタベニハゴロモは、日本に二度侵入した － 北陸の風雨・風雪が、外来昆虫の分布急拡大を阻止？ －

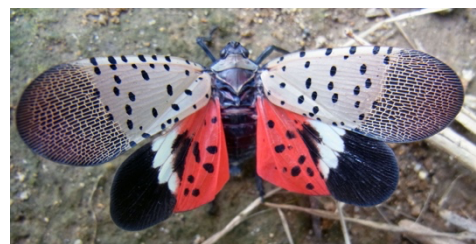
■ポイント

- ・ 本邦初の侵入地である北陸地方と、近年分布が確認された岡山県では、遺伝的に異なるシタベニハゴロモの系統が存在していることを報告
- ・ 北陸地方のきわめて多い風雨・風雪が、外来生物シタベニハゴロモの卵の生存や孵化を妨げ、分布急拡大を防いできたことを示唆
- ・ 降水量が少なく、韓国や米国で猛威を振るっている系統が検出された岡山県では、今後、本種の分布拡大が懸念
- ・ 本種の卵からワックスを除去すると、卵の残存率や孵化率が大きく減少。人為的なワックス除去で農薬を使用しない防除の可能性を示唆

■概要

国立大学法人富山大学 学術研究部 理学系の土`田 努 准教授の研究グループは、石川県立自然史資料館の嶋田敬介学芸員、および中国・安徽農業大学のSihan Lu助教と共同で、韓国やアメリカで爆発的な分布拡大をみせる外来生物シタベニハゴロモが日本では緩やかな増殖にとどまってきた理由として、最初の侵入地である北陸におけるきわめて高い降水量が関わってきた可能性を示した。さらに、中国、韓国、日本およびアメリカに分布する本種の集団遺伝構造を調査した結果、北陸に分布する個体群は韓国やアメリカに分布する個体群とは異なる遺伝型であったことから、遺伝的要因も本種の分布急拡大が進まない理由として示唆された。一方、年間降水量が比較的少ない岡山県においては、韓国やアメリカで猛威を奮っているのと同じ遺伝型が検出され、今後一層の警戒が必要であること

を示した。



(左) ニワウルシに群がるシタベニハゴロモ

(上) ノブドウ上のシタベニハゴロモ

(下) 普段は隠れている後翅が赤いのが特徴

(下画像の提供：石川県立自然史資料館
嶋田敬介学芸員)

この研究成果は 2022年2月1日午後7時（日本時間）に英国の学術誌「*Scientific Reports*」に掲載される。

■研究の背景

外来生物は、人間活動に伴って本来の分布域外へと侵入した生物の総称であり、地域の自然環境や農林水産業に多大な悪影響を与え、生物多様性を脅かすなど、様々な問題を引き起こしている。外来生物の侵入および分布拡大の防止は、国連サミットで採択された「持続可能な開発目標（SDGs）」において目標 15「陸の豊かさを守ろう」に定められており、世界的に大きな関心が寄せられている。

中国原産のシタベニハゴロモ (*Lycorma delicatula*) は、ニワウルシ (別名：シンジュ) をはじめ、ブドウなどの果樹を食害して繁殖する吸汁性昆虫 (※1) である。近年、本種は国際的な物流に載って急速に分布を拡大し、韓国やアメリカ等に侵入した。侵入からわずか7年で、韓国では全土、アメリカではペンシルベニア州を中心とした14の州 (日本の国土の2.42倍、※2) に分布を急拡大し、葡萄畑に重大な経済的被害をもたらしている。

一方日本では、2009年に石川県小松市で本種は初報告され、2013年には福井県でも確認されるようになったが、2017年に大阪、2019年に岡山で報告されるまでの間、その分布は北陸地方の2県に留まっていた。さらに、日本においては、果樹園での検出例は散見されるものの、大規模な被害報告はない。このような背景から日本、特に北陸地方においては、他国で見られるような本種の分布急拡大を阻む何らかの要因があることが考えられた。

■研究の経緯

富山大学 土`田共生機能科学研究室では、生物多様性の宝庫であり、人間の生活に深く関わっている昆虫を中心として、他種生物との間の高度な共生関係の理解や、その成立機構の解明、共生機構を標的とした新規防除資材開発等、様々なプロジェクトを推進している (例えば、2012年5月28日「生存に必須な共生細菌が子孫へ伝達される瞬間を捉えた!」-昆虫が共生細菌を次世代へ伝える機構を解明、2014年9月25日「農業害虫タバコナジラミの新系統をアジアで初検出-各系統の害虫としての危険度と保有共生細菌との関係性も明らかに-」、2018年10月17日「細胞内共生微生物が宿主の体内時計に及ぼす影響を解明」(<https://www.u-toyama.ac.jp/wp/wp-content/uploads/20181017.pdf>)、2021年6月18日「働かない寄主植物が、働き者へと変化!?」-新規モデル昆虫による“虫こぶ”形成で、寄生植物の光合成が活性化-」(http://www3.u-toyama.ac.jp/symbiont/210621_NewsReleaseMadara.pdf) 富山大学プレス発表)。今回の研究成果は、自然界における昆虫の共生細菌 (※3) の実態の解明を目指すプロジェクトからのスピンオフとして得られたものである。

■研究の内容と成果

研究チームは、石川県金沢市において、シタベニハゴロモの生態を調査した。シタベニハゴロモは、本地域では10月頃に越冬卵をニワウルシの枝や幹、建物の壁に産卵する。その際、ワックス状の物質で卵塊を覆う行動が観察される (土`田研究室HP内の動画: <http://www3.u-toyama.ac.jp/symbiont/subject2.html>)。ワックスの役割については、環境刺激や天敵からの保護等が想定されていたが、詳細は不明であった。研究チームは、ワックスの処理方法と卵塊を形成された場所によって、卵塊を4つのグループ (「ワックスを残し、風雨をガード」「ワックスを残し、風雨に晒す」「ワックスを除去して、風雨をガード」「ワックスを除去して、風雨に晒す」) に分け、その後の卵数を調査した。産卵直後の卵数には場所による違いはなかったが、ワックスの処理を行って2週間目に残った卵数を調べると、風雨に晒される場所では卵数が有意に減少した。ワックスを除去した場合、その減少はさらに大きくなった (図1)。

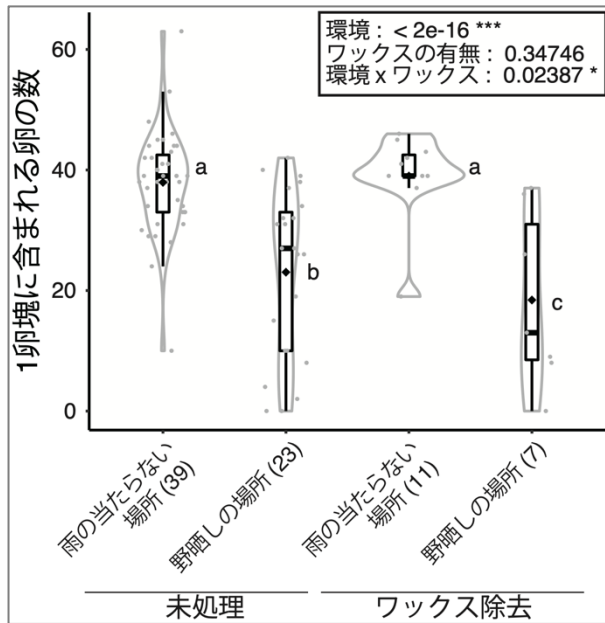


図 1 ワックスと卵の形成場所が、卵数に及ぼす影響

バイオリンプロットおよび箱ひげ図で、それぞれの処理における卵数分布を示す。薄灰色の点が1つの卵塊に含まれている卵数、括弧内の数値はサンプル数を示す。一般化線形モデル（ポアソン回帰モデル）を用いた二元配置分散分析の結果を枠内に示す（* $P < 0.05$, *** $P < 0.001$ ）。異なるアルファベット（a, b, c）は、各処理群の卵数に統計的な有意差があることを示す（Tukey's test）。

4月に越冬後の卵塊の状態を調査したところ、風雨（風雪）からガードされる場所に産み付けられた卵塊はすべてワックスに覆われたままであったが、風雨（風雪）にさらされる場所に形成された卵塊の41.7%ではワックスが部分的に、あるいは全体から剥離していた。ワックスが残っていた卵塊の幼虫孵化率は、風雨（風雪）にさらされるとわずかに減少傾向を示した。一方、ワックスが剥離した卵塊の孵化率は、風雨（風雪）にさらされた場合、大きく減少した（図2）。これらのことから、ワックスはシタベニハゴロモの卵塊を風雨（風雪）から保護する役割があることが示唆された。

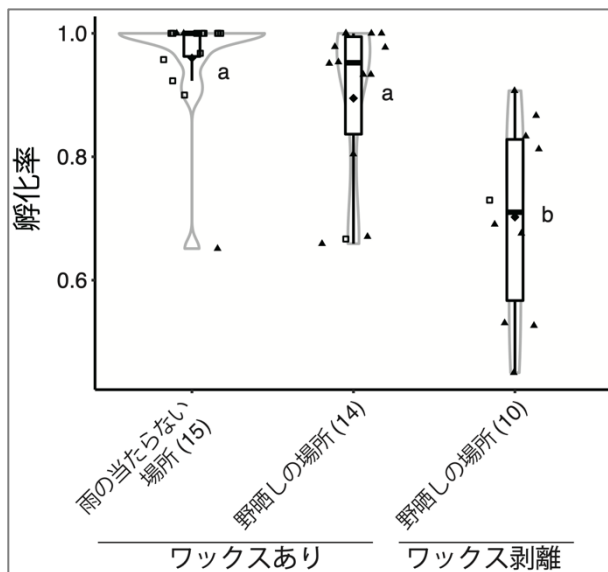


図 2 異なる環境に産み付けられた卵の孵化率

バイオリンプロットおよび箱ひげ図で、それぞれの処理における孵化率の分布を示す。白い四角が建物の壁に産み付けられた卵塊における孵化率、黒い三角がニワウルシに産み付けられた卵塊の孵化率を示す。括弧内の数値はサンプル数を示す。異なるアルファベット（a, b）は、各処理群の孵化率に統計的な有意差があることを示す（ $P < 0.05$, ボンフェローニ補正をしたMann-Whitney U test）。

次に研究チームは、シタベニハゴロモの集団遺伝構造を明らかにする目的で、野外から新たに採集したサンプルを含む、日本の10地点（石川県の8地点、福井県の1地点、岡山県

の1地点) および韓国の3地点、中国の15地点、アメリカの3地点における本種のミトコンドリアNADHデヒドロゲナーゼ遺伝子の塩基配列を解析した。分子系統解析の結果、シタベニハゴロモは9つの遺伝型に大別され、北陸のほぼ全てのサンプルは、中国北西部のものと同一のグループとなった(図3)。一方、岡山県備前市から採集されたサンプルは、北陸のサンプルとは異なり、中国の中央部や韓国、アメリカと同一のグループを形成した。すなわち、日本には少なくとも2つの遺伝的に異なるグループが存在しており、各グループは異なる侵入や定着の歴史を持っていることが示唆された。

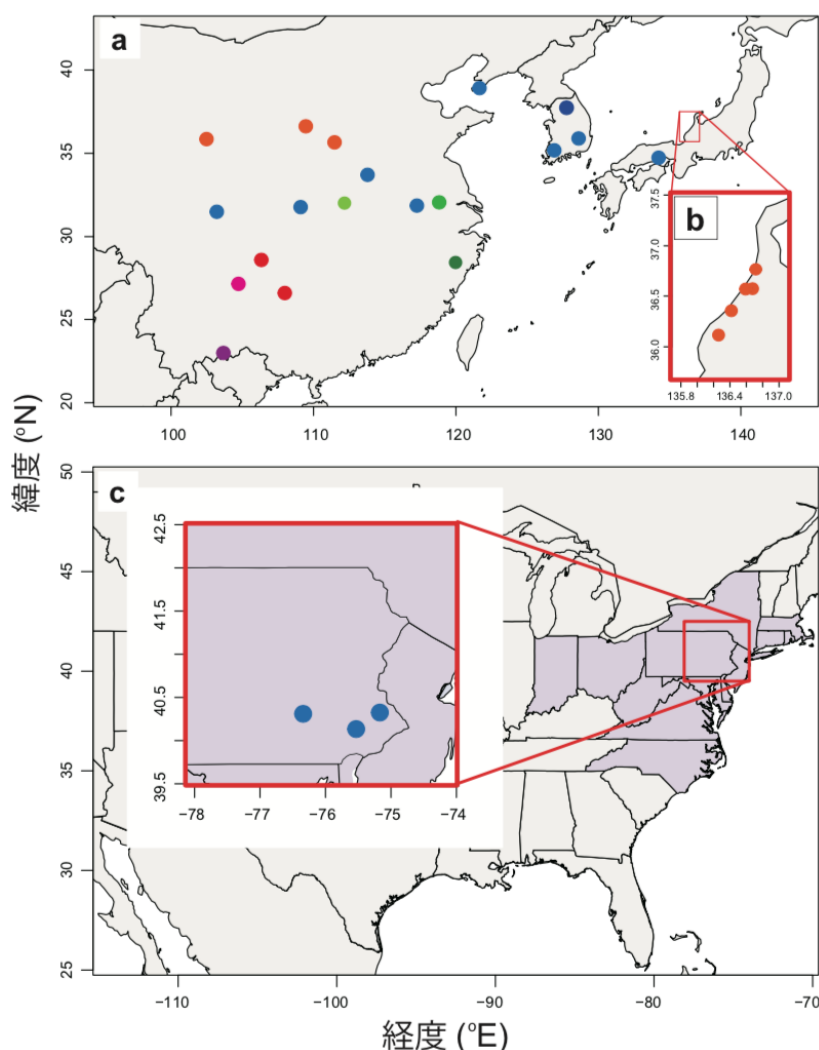


図 3 系統解析に用いられたサンプルの採集地と、検出された遺伝型

東アジア (a)、北陸地方 (b)、アメリカ (c) での採集地点を示す。採集地点の色の違いは、異なる遺伝型であることを意味している。アメリカの紫で示された地域は、論文投稿当初、シタベニハゴロモの分布が確認されていた州を示す(現在は、さらに分布拡大 ※2)。

シタベニハゴロモは、韓国やアメリカへと侵入後、急激にその分布を拡大してきた。一方日本では、その分布は長い間、北陸地方に限定されていた。北陸地方は、シタベニハゴロモが越冬卵をつくる冬場に特に降水量が多い。例えば金沢市の年間降水量は、ペンシルベニア州フィラデルフィアの2.27倍、韓国ソウルの1.64倍も多い。本研究では、風雨(風雪)がシタベニハゴロモの卵の残存率や孵化率を大きく減少させることを示唆する結果を

得ており（図1および2）、このことが本種の北陸における個体数の増加や分布拡大を阻んできた要因の1つである可能性が考えられた。

一方、2019年にシタベニハゴロモの分布が確認された岡山県は、年間降水量が金沢市の半分以上であり、本種が比較的越冬しやすい状況にあると考えられる。さらに、岡山県から検出された本種の遺伝型は、北陸とは異なり、韓国やアメリカで猛威を振るグループに含まれていた（図3）。これらのことから、岡山県をはじめ西日本でのシタベニハゴロモの分布拡大が懸念され、今後一層の警戒が必要と考えられた。

■今後の展望

今後は、岡山県など西日本での本種の越冬状況をモニタリング調査する必要がある。

外来種の定着においては、侵入地に存在する天敵生物もまた大きな阻害要因となることが知られている。さらに、シタベニハゴロモのような吸汁性昆虫の体内には、その生存や生態的特性を規定する必須の共生細菌（※3）が普遍的に存在している。害虫種と深く関わり、共生する生物との関係を詳細に調べることで、効果的な防除につなげていく。

本研究では、シタベニハゴロモの卵塊を覆うワックスが、卵の残存や孵化率維持に大きく貢献していることを明らかにした。ワックスの剥離によって環境負荷の少ない防除が可能となるかについても検証を進める。

■発表論文

論文タイトル: Ecology and genetic structure of the invasive spotted lanternfly *Lycorma delicatula* in Japan where its distribution is slowly expanding (緩やかな分布拡大が見られる日本におけるシタベニハゴロモの生態と遺伝構造)

著者: Ayano Nakashita*, Yayun Wang*, Sihan Lu, Keisuke Shimada, and Tsutomu Tsuchida[†](*筆頭著者、[†]責任著者)

掲載誌: Scientific Reports

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05541-z>

【本件に関する問い合わせ先】

富山大学 学術研究部 理学系

准教授 土田 努（ツチダ ツトム） tsuchida@sci.u-toyama.ac.jp

〒930-8555 富山県富山市五福3190 富山大学 学術研究部 理学系

TEL: 076-445-6553

【用語の説明・関連情報】

※1：吸汁性昆虫

植物の汁（師管液や道管液）を餌として摂取する昆虫の総称。セミやアブラムシ、コナジラミ、カイガラムシ、ウンカ等の仲間が含まれる。植物汁液の大量摂取や、植物病原ウイルスを媒介することで、植物を枯死させることがある。また、“甘露（かんろ）”と呼ばれる糖分の多い排泄物を大量に出すため、そこにカビが繁殖して植物に病気を引き起こす。

※2：

アメリカにおけるシタベニハゴロモの分布状況については、New York State Integrated Pest Management のウェブサイト (<https://nysipm.cornell.edu/environment/invasive-species-exotic-pests/spotted-lanternfly/>) で公表、随時更新。

※3：共生細菌

生物の体に共生している細菌の総称。体の内部にも存在し、存在部位によって、腸内共生細菌や細胞内共生細菌等と呼ばれる。共生細菌は、宿主に対して寄生的に働くものから、宿主の成長や繁殖に必須の役割を果たしているものまで、様々な種類が存在する。

シタベニハゴロモ等の吸汁性昆虫が生涯唯一の餌としている植物師管液には、必須アミノ酸やビタミンなどの栄養素が欠乏している。そのため、吸汁性昆虫の体内には共生細菌が存在し、不足する栄養素を合成、宿主昆虫に供給するという関係が普遍的に見られる。