

# アリモドキゾウムシの世界的拡散と 我が国における定着可能地域の推定

近畿大学農学部昆虫生態制御学研究室 <sup>すぎもと</sup> 杉本 <sup>つよし</sup> 毅\*・<sup>かわむら</sup> 川村 <sup>きよひさ</sup> 清久\*\*・<sup>かんどり</sup> 香取 <sup>いくお</sup> 郁夫

## はじめに

アリモドキゾウムシは、熱帯、亜熱帯に広く分布し、先進国では我が国の南西諸島や小笠原諸島のほかに、米国土南東部とハワイに分布するサツマイモの大害虫である。塊根や莖に産卵し、幼虫は内部組織に食入、加害する。被害部は、褐変・壊死し、独特の強い苦みと臭みを伴うので、人の食用はもちろん家畜の餌にも適さない。南西諸島では、防除しないと収穫塊根の半分以上がこのような被害に見舞われる(柴, 1968)。本種は「植物防疫法」によって移動規制対象害虫に指定され、現在、北緯30度以南を規制区域として検疫体制が敷かれて効果をあげてきた。

しかし、近年の物流激化によって、鹿児島県にとどまらず、1995年には飛び火的とはいえ高知県室戸市に侵入するに至った。新たな侵入地域においては、法令などに基づいて「緊急防除」などの措置がとられ、多くの人力と経費を費やして根絶されてきた(本誌54巻11号, 2000参照)。

これに並行して環境に調和したソフトな根絶技術として「不妊虫放飼法」が開発され、現在、南西諸島で根絶事業が進んでいる(伊藤, 2007参照)。こうした現状にあって、我が国の植物検疫事業に資することを目的に、本稿の表題に関して最新の研究成果をまとめた。

本稿の前半では、分子系統解析に基づいて本種がどのような経路を経て世界に拡散し、我が国に侵入したかを推定し、後半では南西諸島個体群の耐寒性機構についての新知見を紹介したのち、本種が我が国における非分布地域のうちどこまで定着可能か推定した。

## I 世界的拡散

### 1 分子系統解析

KAWAMURA et al. (2007) は、DNA 解析のために、我が

Estimation of Global Dispersion of *Cylas formicarius* and its Possible Colonization in Uninfested Areas in Japan. By Tuyosi

SUGIMOTO, Kiyohisa KAWAMURA and Ikuo KANDORI

(キーワード: アリモドキゾウムシ, 世界的拡散, 分子系統解析, 耐寒性, 定着可能地域)

\* 神戸市在住

\*\* 現所属: 沖縄県病害虫防除技術センター

国のほかに、アフリカを除く世界各地で採集された計36個体について、rDNAのITS-1領域をPCRで増幅し、その結果得られたPCR産物をプラスミドに組み込み、大腸菌に導入して1コピーずつ分離培養する、いわゆるクローニング操作を行って塩基配列を決定した(表-1)。得られた結果は、最大節約法(Maximum parsimony)によって作成された系統樹として図-1に表されている。これによると、インド産は他地域産と遺伝的に著しく異なり、さらに塩基配列の長さも著しく長かった(表-1)。東アジア地域産は東北アジアと東南アジアの二次クレードに分かれ、さらに東北アジアクレードは三つの三次クレードに分かれることがわかった。我が国の南西諸島産と小笠原諸島産は異なる三次クレードに属し、室戸市や屋久島への侵入虫は前者と同じ三次クレードに属することもわかった。

### 2 世界的拡散

本種はインド亜大陸に起源し(WOLFE, 1991)、一方サツマイモは南米北西地域の起源といわれている(AUSTIN, 1988)。サツマイモは15世紀末にポルトガル人によってヨーロッパを経由してインドに導入されたようである。本種はそれまでグンバイヒルガオなどを寄主植物として利用していたが、このころに至って初めてサツマイモに出会ったと推察される(AUSTIN, 1991; WOLFE, 1991)。

自力による移動能力は大きくないので(MORIYA, 1995)、本種は9千万年前にインド亜大陸に出現した後南アジアで徐々に分布を拡大し、サツマイモとの出会い以降被害イモの人為的搬送に伴って急速に拡散したと考えられる。特に、西欧列強による16世紀以降の植民地開拓など人類活動のグローバル化が、それに拍車をかけたようである(WOLFE, 1991)。

東南アジアについては、本種は、1833年にインドネシアのジャワ島で(BOHEMANN, 1833)、1876年にコウチシナ(現在のベトナム南部)で(LE CONTE and HORN, 1876)、またオーストラリアでは1886年に初記録されており(TRYON, 1900)、19世紀末ごろには東南アジアに広く分布していたことがわかる。しかし、図-1から、このように急速に分布拡大した個体群は、供試したインド産とは異なる遺伝的特性をもつ地域個体群であったことがわかる。アフリカや新大陸への拡散については、植民

表-1 供試したアリモドキゾウムシの採集地点および ITS-1 領域の長さ

採集地	採集年	供試数	ITS-1 領域の長さ (bp)
室戸	1995	1	571
室戸	2000	1	564
南西諸島			
屋久島	1997	1	566
中ノ島	1997	1	567
宝島	2003	1	566
奄美大島	2002	1	566
沖縄本島	2002	1	566
宮古島	2002	1	574
石垣島	2002	1	566
西表島	2003	1	563
波照間島	2003	1	564
与那国島	2003	1	571
小笠原諸島			
父島	2004	1	565
顰島	2004	1	567
媒島	2004	1	565
台湾, 嘉義	2003	2	565, 565
台湾, 台南	2003	2	564, 562
中国, 広東省	2004	1	567
ベトナム, ハノイ	2001	2	567, 567
ベトナム, ホーチミン	2004	2	567, 567
フィリピン, ルソン島	2003	1	568
タイ, ナコーンパトム	2004	1	558
インドネシア, スマトラ島	2004	1	557
インド, オリッサ州	2004	2	587, 582
インド, ケララ州	2003	3	587, 583, 587
アメリカ, ジョージア州	2002	2	568, 566
アメリカ, ハワイ島	2002	1	567
セントキッツ・ネービス, セントキッツ島	2005	1	565

地経営と密接な関係があったようで、1896～1922年に鉄道建設のためにウガンダとケニアに、1912年ごろには南アフリカに多数のインド人が移住した。また、1838～1917年に多くのポルトガル人、中国人、インド人が南米北部ガイアナに、西インド諸島トリニダード・トバゴにサトウキビ農園労働者として移住したといわれている。

これらの史実を踏まえて、19世紀半ばにインド人出稼ぎ労働者によって、本種がインドからこれらの地域に被害イモとともに持ち込まれたと考えられてきた(WOLFE, 1991)。さらに、米国本土へはキューバからニューオーリンズに輸入されたサツマイモとともに侵入したといわれている(SUMMERS, 1875; NEWELL, 1917)。しかし、図-1に示すように、西インド諸島のセントキッツおよ

びジョージアとハワイの米国2州産の塩基配列は、インド産とは著しく異なり、中国広東省産と同じであった。したがって、従来の通説とは異なって、これらの地域に中国南部から直接的または間接的に持ち込まれたと考えるのが妥当であろう。アフリカについては、標本入手が困難なため未検討である。

### 3 我が国への侵入経路

我が国における本種に関する科学的な初記録は、名和(1903)によって報告された沖縄県産虫であるが、当時同県において既に大きな被害が出ていたと報告されている。本種は台湾から沖縄県へ侵入したと考えられがちであるが、台湾における科学的初記録は台湾総督府農事試験場特別報告(1910)を待たなければならない。図-1によると、南西諸島産は台湾産と同じ三次クレードに属

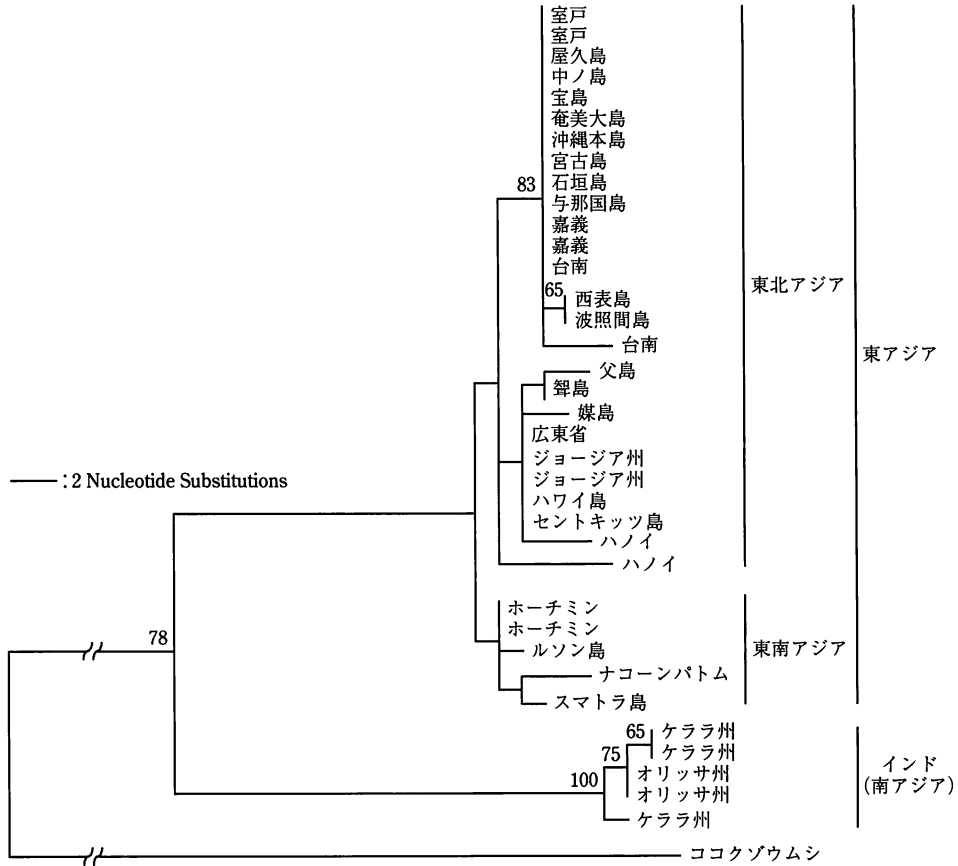


図-1 アリモドキゾウムシのrDNAのITS-1領域の塩基配列に基づく分子系統樹  
各枝の数字は、ブートストラップ値 (%) を示す。

しているのので、これら両地域産は侵入源を同じくすると推測できるが、台湾から沖縄県へ侵入したとの通説の検証はできていない。

小笠原諸島については、本種は東京府小笠原島廳の報告書(1914)によって科学的に初記録された。小笠原諸島へは、従来から多量の植物類が沖縄県、米国やその他地域から持ち込まれてきた(大林, 2002)。そのため、小笠原諸島の昆虫相は、本来ポリネシア系統であったが、こうした事情から、東アジア系統が加わって複合した様相を成しているといわれている(江崎, 1930)。図-1において、小笠原諸島産は中国広東省、ハノイ、米国本土、ハワイ、セントキッツ産と同じ三次クレードに位置づけられた。したがって、本種は、小笠原諸島へ南西諸島産と異なる経路を経て侵入したと考えられ、中国南部から直接的に、または米国を経由して間接的に持ち込まれたことがうかがわれる。

## II 南西諸島個体群の耐寒性

### 1 繁殖行動限界低温度と過冷却点

KANDORI et al. (2006) は、南西諸島の中の島、奄美大島、沖繩本島、宮古島、石垣島の5島の個体群について、繁殖行動限界低温度や過冷却点、さらに次節で紹介する休眠や予冷が成虫の耐寒性に及ぼす影響について調べた。

交尾限界低温度については、成熟成虫を1対ずつ種々の温度下で7日間交尾機会を与え、その間に蓄えられた受精嚢内精子の存否で交尾の有無を判定したところ、島の違いにかかわらず交尾個体率は27℃で90%以上だったが、10℃では0%かそれに近かった。半数個体が交尾できた50%交尾温度は、沖繩本島個体群で若干低かったが、ほぼ11~13℃であった。産卵限界低温度については、成虫雌1匹雄3匹を1グループとして種々の温度下で塊根を与えて7日間交尾・産卵させ、その後、与え

表-2 休眠または非休眠の成虫を、15℃で予冷した場合としない場合において、その後0℃または-3℃に曝露したときの、各曝露期間後の生存率(%, 5島平均)

設定条件	成虫休眠の有無	予冷 (15℃)	予冷後 曝露温度	性別	曝露期間		
					5日	7日	10日
設定条件 a	非休眠	なし	0℃	♂	73.4	59.8	38.2
				♀	78.0	56.2	32.2
設定条件 b		なし	-3℃	♂	25.0	6.4	0.0
				♀	24.8	10.2	0.4
設定条件 c		あり (2時間)	0℃	♂	80.0	59.4	34.2
				♀	80.6	63.6	37.2
設定条件 d		あり (4日)	-3℃	♂	33.4	13.4	2.2
				♀	43.2	22.2	5.2
設定条件 e	休眠	あり (2時間)	0℃	♂	86.8	82.6	63.2
				♀	93.0	89.2	76.8

た塊根を解剖して幼虫の存否を確認し、産卵の成否を判定した。島の違いにかかわらず、産卵個体率は27℃では80%以上だったが、14℃では0%であった。50%産卵温度は、中之島個体群で若干高かったが、ほぼ16～18℃にあった。過冷却点については、3齢幼虫では5島とも-23～-24℃、蛹では沖縄本島でやや高かったがほぼ-22～-24℃、成虫では雌雄とも5島で-18～-20℃であった。5島全体で見ると、成虫の過冷却点は3齢幼虫や蛹のそれよりも有意に高かった。

以上で紹介した本種の低温特性については、島間ではほとんど差がないことがわかった。

## 2 成虫の耐寒性

温帯、冷帯に住む昆虫の多くは休眠や低温により体内に不凍性の物質を生産し、耐寒性を増すことが知られている (DANKS, 2005; 積木, 1988)。他方、金城 (未発表) は、明期が13時間以下の短日条件下で本種成虫が生殖休眠に入ることを発見した。そこで、熱帯原産である本種においても、予冷や生殖休眠によって耐寒性が増すか検討するため、羽化後間もない新成虫を短日休眠処理した場合としない場合について、表-2に示す異なる5設定条件下で処理した。ただし、非休眠成虫は気温27℃、湿度70%、日長14L10Dの条件下で2週間(設定条件a, b, c)または10日間(設定条件d)飼育することによって、また休眠成虫は24℃、湿度70%、日長10L14Dの条件下で2週間飼育することによって、それぞれ得られた。

次に、これらの成虫を予冷処理を施した場合と施さなかった場合に分けて、引き続き0℃または-3℃の低温

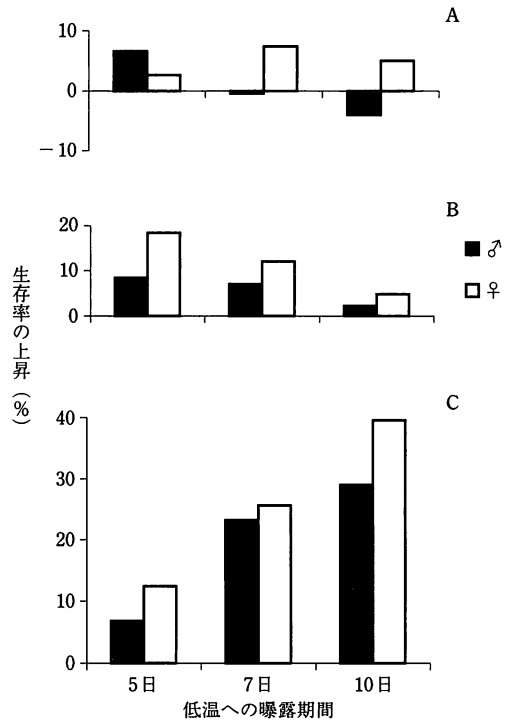


図-2 予冷および休眠による生存率の上昇効果 (5島平均)

A: 予冷2時間の効果 (設定条件cをaと比較),  
B: 予冷4日の効果 (設定条件dをbと比較), C:  
休眠の効果 (設定条件eをcと比較)。

下に5日, 7日, または10日間曝露した後常温に戻し, それらの生死を判定した。実験は島ごとに行われたが, いずれの設定条件についても生存率に島間で顕著な差は

認められなかったので、5島の平均生存率が表-2に示されている。また、設定条件による耐寒性増減の程度を示す指標として、表-2に示された特定の設定条件間での生存率の差を図-2に示した。設定条件aとc、およびbとdを比較すると、15℃で2時間予冷し、その後0℃に曝露した場合、予冷による耐寒性上昇は認められなかったが(図-2(A))、15℃で4日間予冷し、その後-3℃に曝露した場合には耐寒性の上昇が認められた(図-2(B))。また、設定条件cとeを比較すると、成虫の生殖休眠によって耐寒性が大きく上昇した(図-2(C))。しかも、その効果は低温曝露期間が長いほど大きかった。

以上から、島の違いを問わず、15℃4日間の予冷および、短日処理によって誘起される成虫休眠によって、耐寒性がかなり上昇することが明らかになった。野外個体群においては、秋以降の気温低下と短日によって耐寒性が上昇すると考えられる。

### 3 定着可能地域の推定

前節で明らかになった耐寒性データから、我が国における本種の分布北限を直ちに推定することは難しい。便法として、本種の分布状況や気象データが比較的よくそろっている米国の2地域と比較することによって、我が

国の非分布地域のうちで定着可能な地域を推定してみた。表-3に2005年時点での日本における本種の分布地域、侵入後根絶された地域、非分布地域、さらに米国における分布最北地域について、それぞれの1月の平均的気温データを示した。

Shreveportは本種が広く分布するルイジアナ州の北西端に位置し、本種の分布最北地域の一つであるアーカンソー州南端部に近い。Wilmingtonは、米国における本種の主な分布域から北に向かって飛び地的に位置する分布地域にある。これら2地域の1月の気温は、日本の分布地域や侵入後根絶された地域に比べてかなり寒冷なことがわかる。これは、米国個体群も高い耐寒性を備えており、それは前節で紹介したように野外における秋以降の気温低下や短日によって誘起される成虫休眠に負うところが大きいと推察される。

米国個体群の耐寒性に関する資料は見当たらないので、残念ながら彼我の比較はできないが、南西諸島個体群もShreveportやWilmingtonの1月の厳しい低温条件下に曝されても定着可能と仮定すると、表-3から温暖な室内では越冬は容易であり、福岡、広島、千葉などの太平洋沿岸地域においても越冬は可能と推測できる。しかし、人吉、福知山などの西日本内陸部や水戸では厳し

表-3 アリモドキゾウムシの日本における分布地域、侵入後根絶地域、非分布地域および米国における分布地域における1月の気温データ<sup>a)</sup>

	日本				米国	
	分布地域		侵入後根絶された地域		分布地域	
	名瀬	中之島	西之表	室戸	LA. Shreveport	NC. Wilmington
	28° 23' N 129° 36' E	29° 50' N 129° 52' E	30° 43' N 130° 59' E	33° 15' N 134° 11' E	32° 28' N 93° 49' W	34° 16' N 77° 54' W
1月の平均気温(℃)	14.6	10.4	11.7	7.5	7.8	7.6
1月の平均最低気温(℃)	11.8	7.3	9.0	4.8	2.3	1.8
年平均冬日日数	0.0	0.3	0.0	5.9	37.2	44.3

	日本							
	非分布地域							
	人吉	福岡	広島	米子	福知山	福井	千葉	水戸
	32° 13' N 130° 45' E	33° 35' N 130° 23' E	34° 24' N 132° 27' E	35° 26' N 133° 20' N	35° 18' N 135° 08' E	36° 03' N 136° 13' E	35° 36' N 140° 06' E	36° 23' N 140° 23' E
1月の平均気温(℃)	4.2	6.4	5.3	4.3	2.9	3.1	5.4	2.8
1月の平均最低気温(℃)	-0.4	3.2	1.7	1.1	-0.4	0.3	1.4	-2.5
年平均冬日日数	58.2	6.8	36.1	33.2	58.9	40.9	19.1	85.1

<sup>a)</sup> 中之島は2002～04年、我が国の他地域は1971～2000年、米国2地域は1951～80年の平均データ。

い寒冷のため越冬定着は困難と考えられる。ただし、米子や福井などの日本海沿岸地域においては、定着の可否を表-3から予測することは難しい。

### おわりに

分子系統解析によって、人類活動のグローバル化に伴う本種の世界的拡散の様相がより鮮明になった。我が国の南西諸島と小笠原諸島両個体群は遺伝的に多少異質であり、侵入経路を異にすること、さらにこれまでの定説とは異なって、本種は中国南部から新大陸へ持ち込まれたことが推察された。次に、本種に見出された耐寒性増強機構は、熱帯、亜熱帯産の本種が温帯に深く侵入、定着できたことと密な関係があろう。我が国について見ると、本種は太平洋沿岸では千葉県辺りまで定着可能と推定できたが、これは我が国でこれまで実施されてきた植物検疫制度の有効性を逆に証明している。同時に、地球温暖化によって本種の定着可能地域がさらに北上することが予想されるが、今後同制度の意義がますます高まることであろう。

### 引用文献

- 1) AUSTIN, D. F. (1991): Sweet Potato Pest Management, a Global Perspective (JANSSON, R. K. and K. V. RAMAN eds.), Westview Press, Boulder, p. 45 ~ 57.
- 2) BOHEMANN, C. H. (1833): Genus 47 - *Cylas*. Genera et Species Curculionidum 1 (SCHLOENHERR, C. J. ed.), Apud Roret, va Haitefeuille, Paris, p. 369 ~ 371.
- 3) DANKS, H. V. (2005): Appl. Entomol. Zool. 40: 199 ~ 211.
- 4) ESAKI, T. (1930): Bull. Biogeographical Soc. Jpn. 1: 205 ~ 226.
- 5) 伊藤嘉昭編 (2007): 不妊虫放飼法—侵入害虫根絶の技術—, 海游社, 東京, (印刷中).
- 6) KANDORI, I. et al. (2006): Appl. Entomol. Zool. 41: 217 ~ 226.
- 7) KAWAMURA, K. et al. (2007): ibid. 42: 89 ~ 96.
- 8) LECONTE, J. L. and G. H. HORN (1876): Proc. Am. Philosophical Soc. 15: 327.
- 9) MORIYA, S. (1995): Appl. Entomol. Zool. 30: 244 ~ 246.
- 10) 名和梅吉 (1903): 昆虫世界 7: 327 ~ 330.
- 11) NEWELL, W. (1917): Fla. State Plant Bd. Quart. Bull. 2: 81 ~ 100.
- 12) SUMMERS, S. V. (1875): Our Home J. Rural Southland 9: 68.
- 13) TRYON, H. (1900): Queensland Agric. J. 7: 176 ~ 189.
- 14) 積木久明 (1988): 中筋房夫編, 生活史と行動, 冬樹社, 東京, p. 32 ~ 65.
- 15) WOLFE, G. W. (1991): Sweet Potato Pest Management, a Global Perspective (JANSSON, R. K. and K. V. RAMAN eds.), Westview Press, Boulder, p. 13 ~ 43.

## 社団法人 日本植物防疫協会の発行図書のご案内

平成19年10月末発売

### 農薬適用一覧表 2007年版

(平成19年9月30日現在)

独立行政法人 農林水産消費安全技術センター 監修

日本国内で登録されている農薬を一覧表にして紹介。

掲載項目 適用作物ごとに農薬名(一般名, 商品名), 使用時期, 使用量, 対象病害虫・雑草, (使用目的)等

定価 13,650円(税込み) 送料サービス

### 農薬要覧 2007年版

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 監修

日本国内で登録されている農薬に関する情報を中心に植物防疫関連統計を掲載した総合的な資料集。

掲載項目 生産実績: 種類別, 製剤形態別, 毒性別等  
流通, 出荷実績: 県別, 種類別

定価 7,560円(税込み) 送料サービス

お問い合わせとご注文は 〒 170-8484 東京都豊島区駒込1-43-11 社団法人 日本植物防疫協会  
TEL 03-3944-1561 FAX 03-3944-2103 郵便振替口座 00110-7-177867 ホームページ <http://www.jpfa.or.jp/>