

アルゼンチンアリ概説

寺山 守

アルゼンチンアリ *Linepithema humile* (Mayr, 1868)は、南米のパラナ川流域を原産地とする種であるが、ここ 150 年の間に人類の交易に付帯して世界各地に侵入し、家屋害虫、農業害虫、生態系の攪乱者としてさまざまな被害をもたらし、今日、国際自然保護連合(IUCN)の「世界の侵略的外来種ワースト 100」にも掲載されている世界的害虫である。

日本では 1993 年 7 月に広島県廿日市市で生息が確認されたのち、1999 年には兵庫県からも確認された。ただし、家屋に頻繁に侵入して来る正体不明のアリがアルゼンチンアリであることが正式に発表されたのは、すでに廿日市市で広域に分布を拡げた 2000 年になってからである(杉山, 2000)。翌年、山口県(2001)でも生息地が確認され、2005 年施行の「外来生物法」で「特定外来生物」に指定された。その後もさらに、愛知県(2005)、大阪府(2007)、岐阜県(2007)、神奈川県(2007)、京都府(2008)、静岡県(2009)への侵入が認められ、2010 年以降も東京都(2010)、徳島県(2010)、岡山県(2012)で確認されるに及び、本格的な防除研究や防除活動が開始され、現在、岡山県、兵庫県、大阪府、京都府、静岡県、神奈川県等で積極的な防除事業が展開されている。2015 年には「生態系被害防止外来種リスト」において「緊急対策外来種」に指定された。2017 年段階でアルゼンチンアリの侵入地域は 12 都府県(1 都 2 府 9 県)であるが、市町村レベルでの新たな侵入地域が次々と発見されており、例えば大阪府堺市(2015)、愛知県東海市(2015)、徳島県鳴門市(2016)、徳島県藍住町(2016)等で定着が確認されている。



図 1 アルゼンチンアリの働きアリ。

本稿において、アルゼンチンアリの生態や本種が与える影響、防除研究等、本種に関する概要を簡易に紹介したい。特に本稿の前半部分で、これらを世界的状況で概説し、後半部分で日本の状況に視野を絞って情報を提供したい。詳細な知見は、「アルゼンチンアリ 史上最強の侵略的外来種. 田付貞洋(編), 東京大学出版会, 2014」を参照されたい。

アルゼンチンアリの世界規模での分布拡大

本種の従来の世界各地への分布拡大は、主に船荷と鉄道に附随してのものである。今日ではそれらに加えて、航空貨物が運搬媒体として重要視されており、木材や植物、食料品コンテナ、建築材、家内製品などに紛れ込んでの侵入が考えられる。そして、アルゼンチンアリは侵入先を起点にして、さらに地域内の交通網に付帯することで、二次的、三次的に分布を拡大し、著しく生息域を広めて行く。この分散様式を人為的長距離移動(Long-distance jump dispersal)、あるいは跳躍的分散(Jump dispersal)と特に呼んでいる。

北米では 1891 年に、コーヒーを運搬する船に便乗して、ミシシッピ州のニューオーリンズに最初に侵入したとされている。そこを足掛かりにその後、急速にかつ広域に広まって行った。ヨーロッパでは、南米貿易の当時の中継地となるポルトガル領のマデイラ諸島で 1847 年には侵入が認められており、おそらく、そこからヨーロッパ大陸に侵入し、今日のように分布を著しく拡大させたと推定されている。オーストラリアでは 1939 年に、ニュージーランドでは少なくとも 1990 年には本種の定着が確認されており、ミトコンドリア DNA の解析からオーストラリアからの侵入であると判断されている。アフリカでの本種の侵入は古く、1900 年代初頭には確実に定着している。

アルゼンチンアリが、世界規模で被害を与え、かつ防除が著しく困難である原因は、侵入先での繁殖力が並外れて大きく、極めて高密度になることと、働きアリの行動が極めて活発で攻撃的である点であろう。アルゼンチンアリは原産地以外で、非常に高い繁殖力をもつ理由は、1)分巢で巣を増やし、大規模なコロニー(スーパーコロニー)を形成すること、2)重要な天敵や寄生者がおらず、さらに、高い攻撃性により在来の他種を排除すること、3)多女王制で、かつ女王アリは 1 日に 60 個も産卵し、女王は毎年大量に生産されること、4)浅い巣を作り、条件が悪くなるとすぐ移動すること、5)機能的な大量増員により、効果的に餌を手に入れることができ、また容易に巣を形成させることができることによる。

侵入地のアルゼンチンアリには、古くから殺虫剤やベイト剤(毒餌剤)、忌避剤等による防除が試みられて来たが、今日まで確実な防除手段がない「難防除害虫」である。薬剤散布により一時的に個体数を減少させても、その並外れた繁殖力により、速やかに元の状態に戻ってしまうのである。しかも根絶は、本種の持つ多女王制、多巣制と言った生態的特性から、分布を広げた地域においては現状ではほとんど不可能に近い。さらに、アルゼンチンアリの持つ大きな特徴として、巨大なスーパーコロニーをつくり、世界に分布を拡大させていることが挙げられよう。

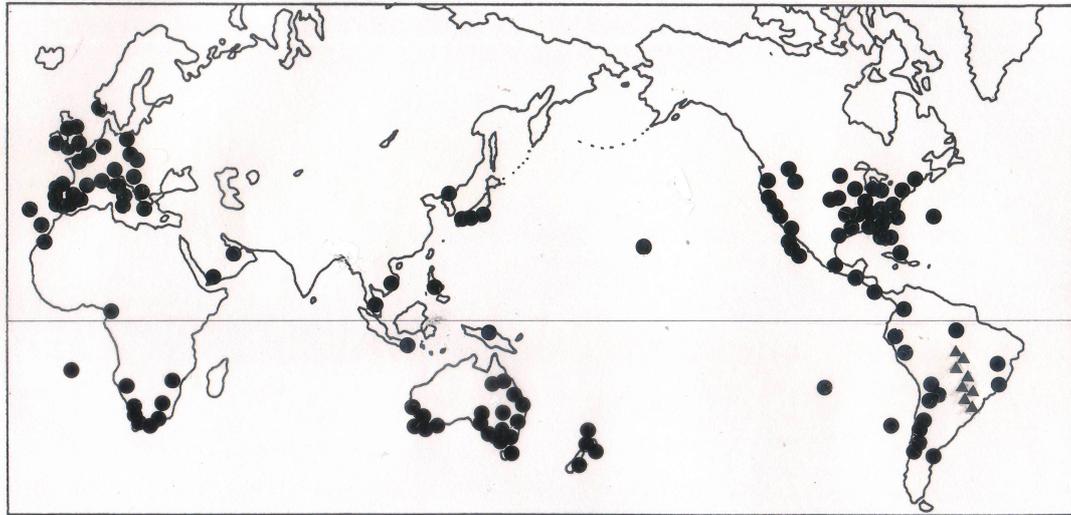


図2 アルゼンチンアリの世界の分布(Wetterer et al., 2009 を主に, Shattuck, 1992a, b; Suarez et al., 2001; Tsutsui et al., 2003a; Wild, 2004, 2007 を参照して作成). ▲ : 原産地 (パラナ川流域). ● : 侵入地.

アルゼンチンアリの生態

1) 多女王制と多巣制

アルゼンチンアリでは、羽化した多数の女王が巣外へ結婚飛行に出ることなく、巣内で交尾をすませ、翅を落として巣内で交尾し産卵を開始する。これによって一つの巣の中には多数の女王が存在することになる。極端な多女王制である。大きな巣では 1000 頭を優に越す女王が見られる。南フランスでの調査では、4, 5 月は働きアリ 1,000 頭あたり、女王は 3 頭以下であるが、7 月から 12 月までの女王数は働きアリ約 70 頭につき 1 頭の割合で存在し、現存量で示すと巣全体の 10% ほどにもなる。雄アリは 1 回のみの交尾であるが、女王の多くは何度も交尾を行なう。女王は結婚飛行を行わず、巣内で交尾を行なう。幼虫期間は約 2 ヶ月（ただし、条件によって変動幅が大きい）、働きアリの寿命は半年ほどで、最長で 10-12 ヶ月と報じられている。女王の寿命はアリとしては異常に短く、働きアリとほぼ同様の 10 ヶ月程度である。これは冬から春にかけて女王が働きアリに殺されることによる。南カリフォルニアでは 1-2 月に女王が大量に殺され、フランスでも 5 月までに 90% の女王が働きアリによって殺される。

コロニーは巨大になり、かつ大小さまざまな数多くの巣が、網目状にはり巡らされるようにして存在する。また、行列で離れた巣間が繋がっていてもいる。営巣場所は土中から物かげ、果ては壁のひび割れと幅広い。およそ、あらゆるもの下や隙間が利用されると考えて良い。巣は浅く、地表付近に多くの個体が集中して生活している。乾燥時や冬期でも働きアリは土中 30cm 程度の比較的浅いところに見られる。これらの巣は頻繁に新しい巣を作りつつ広まって行く。食物や水があると、これらのすぐ近くに前線基地のような小形の巣を容易につくる。このような巣は頻繁に移動する。また、本種の女王は巣外のアリ道をたどり、容易に前線の巣にたどり着くことができる。このような分巢に

より地域の生息範囲を広げ、密度をどんどん上げて行く。

カリフォルニア北部でのアルゼンチンアリのある調査地域での個体群密度は、 10 m^2 に約 77 万頭とのことである (Heller et al., 2008)。古い記録(1918)になるが、ルイジアナ州の 7.7ha (19 エーカー) ほどのオレンジ畑で、アルゼンチンアリの駆除目的で、アリに巣を作らせる箱を「わな」として設置し、それを使って一年間アルゼンチンアリの除去を試みたところ、なんと 130 万個体の女王が採集され、さらに「わな」の箱に入り、採集されたワーカーと女王および幼虫を含めたアルゼンチンアリの全量は 1,000 ガロン (約 3,790ℓ) を超えたと言う驚くべき報告がある (Horton, 1918; Tsutsui & Suarez, 2003)。

さらには、女王のいない小さな巣であっても、そこに幼虫がいれば、それを女王に育て上げることができる。この習性もおそらく分布拡大能力を大きくしている。なお、女王は結婚飛行を行わないことから、自力での分布拡大速度は決して大きくない。北米で 15-170 m / 年と言う数値が示されており、年間で平均 150m 程度、最大で 300m ほどである。前述のように、アルゼンチンアリの分布拡大は人の交通網に付帯してなされる人為的長距離移動によって一気に分布を拡大して行く。これによると、その分布拡大速度は何と年間 100 km 以上にもなる。

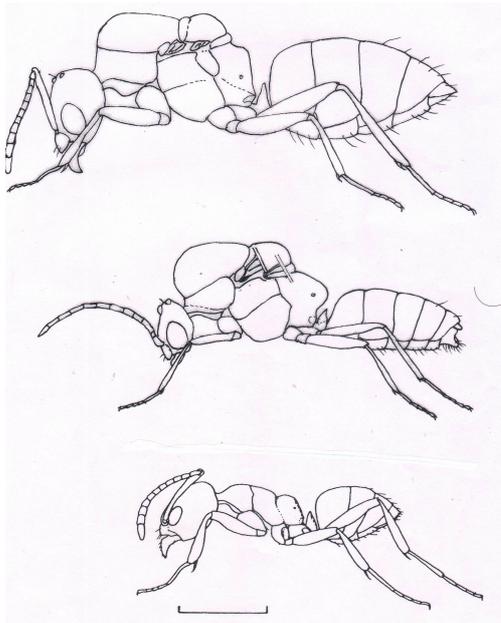


図3 アルゼンチンアリの女王(上), オス (中), 働きアリ(下). バーの長さは 1 mm を示す.



図4 アルゼンチンアリの女王 (大型個体), オス (有翅個体). 白色のものは働きアリのサナギで、繭を作らない.

2) スーパーコロニー制

通常、アリでは血縁認識機能が働き、同じ種であっても巣が異なると働きアリどうしが激しく争う。ところが、原産地から他地域に侵入したアルゼンチンアリでは広範囲で巣間の敵対性がなくなり、遠く離れた巣の個体でも容易に巣中に迎え入れられる。こうして侵入地ではしばしば広い範囲に多数の巣からなる巨大な一つのコロニー (スーパー

コロニーと呼ぶ)が形成される(巣, コロニー, スーパーコロニーの用語については表 1 を参照). アルゼンチンアリが侵入先で形成するスーパーコロニーのサイズは異常である. ヨーロッパでは南イタリアからポルトガルを経てスペイン北部までの地中海沿岸に, 6,000 km 以上もの巨大なスーパーコロニーが形成されており, 合衆国のカリフォルニアで 900 km 以上の, ニュージーランドでも 2 つの島を横断する 900 km に渡るスーパーコロニーが存在し, 当地の生態系へ大きな影響を与えている. このようなスーパーコロニーが, ヨーロッパや合衆国では幾つか見つかっている. なお, 異なるスーパーコロニー間の個体は, 出会うと激しく争う.

さらに近年, 1 つのスーパーコロニーが大陸間で成立していることが判明し, 地球をおおう世界最大の血縁集団であることが明らかとなった. これにはメガコロニー(megacolony)と言う用語までつくられた(Sunamura et al., 2009a, 2012).

一方, 原産地である南米中部の生息地では, 敵対性が見られる多くの小さなスーパーコロニーが見られ, 多巣制・多女王制ではあるが, 巨大なスーパーコロニーは認められず, 1 つのコロニーのサイズは数百 m ほどで, 基本的に他のスーパーコロニーと近接している. 近年の研究により, アルゼンチンアリがもつ, 多女王制, 多巣制, 異常に高い繁殖力, 高い移動性, 幅広い食性と言った特徴は, 原産地でのアルゼンチンアリの河川流域と行った不安定な環境での生活に由来をもち, それが原産地以外の場所において, 高い侵略性へと繋がって行ったことが推定されている.

表 1 巣とコロニーについて (Pedersen et al., 2006 ; 砂村, 2011 より).

用語	定義
巣	コロニーによって居住空間として使われている物理的構造のこと. 通常, 複数の部屋とそれをつなぐ通路からなる.
コロニー	互いに協力的にふるまう個体の集まりで, 1 個体の, あるいは複数個体の女王から産みだされた個体からなる血縁集団である. 1 つのコロニーは単一の巣, あるいは個体の行き来によって連結された複数の巣からなる.
スーパーコロニー	多数の巣からなり, かつしばしば個体間で直接協力し合うことが困難なほど遠く離れた巣を含むコロニーのこと. 同じスーパーコロニーに所属する個体間では, 行動面の境界(敵対性)が存在せず, 個体間の血縁度は高い.

3) 活動性

働きアリは頻繁に 100 m を超える行列をつくって、盛んに巣と餌場や新たな営巣場所との間を往復する。行列は、働きアリの腹部にあるパバン腺から分泌される道しるベフェロモンに誘導される。主成分は Z9-ヘキサデセナールである。働きアリが行列の中を歩く速度は非常に速く、高密度で活発な動きをするために餌の摂取効率は非常に高い。在来種の多くは餌の摂取能力を高めるか、武器や毒で他種との競合で優位に立つかのどちらかに進化する傾向が見られるが、アルゼンチンアリは圧倒的な数の優位性と活動性・攻撃性の高さの両方によって、コロニーレベルでは餌の摂取と他種との競合のどちらにも高い能力を発揮する。

4) 食性

アルゼンチンアリは雑食性でさまざまな餌を摂っている。さらに、小動物を積極的に襲って餌とする。在来アリやアシナガバチ類の巣も襲われ、幼虫や蛹が餌として奪われて行く。本種は幅広く、柔軟な餌資源の利用を行うが、基本的には液体質を好み、食物の約 92% はアブラムシやカイガラムシの出す甘露や植物の花蜜等の液体成分である。高い個体群密度を維持するために、探餌活動は非常に活発で、利用できる餌資源は何でも利用している。そのために、頻繁に家屋内に侵入し、肉や野菜、菓子などに群がる被害が生じる。

アルゼンチンアリによる被害

1) 環境攪乱者

アルゼンチンアリは家屋・衛生害虫、農業害虫、そして生態系攪乱者としてさまざまな被害を世界規模でもたらしている。その中でも、本種の生態系攪乱者としての影響は大きく、侵入先の生物群集に甚大な影響を与え、アルゼンチンアリの侵入によって生物群集が大きく攪乱されてしまうと報告が多くなされている。影響を受けたと報じられた生物はおよそ次のように要約される。

(1) アリ類

本種の侵入によって、在来のアリ類が大きな被害を受け、ごく一部の種を除いて、ことごとく駆逐されたことが、合衆国本土やハワイ、南米、ヨーロッパ、オーストラリア、アフリカ等で報じられている。北カリフォルニアでの調査では、本種が高い確率で餌を占領するとともに、他種アリ類の新しいコロニー形成を妨げ、さらに半数以上の土着種を駆逐してしまった。また、フランスのラングドググルション地域の海岸線では本種がほぼ全ての在来種を駆逐している。ハワイでは、第二次大戦前に侵入したアルゼンチンアリが個体数を増し、数で圧倒的に優位になり、他種のアリや各種の節足動物を駆逐して、ハワイの生態系にさまざまな影響を与えている。

(2) アリ以外の節足動物

双翅目、革翅目、鞘翅目、鱗翅目、トビムシ目、クモ目等、多くの節足動物が影響を

受けていることがカリフォルニアやハワイで報告されている。その影響はアシナガバチ類等の攻撃性の高い社会性昆虫にまで及んでおり、本種による捕食や本種との競争により、生息密度の低下や絶滅を引き起こし群集構造の変化をきたしている。影響は生態系の広範に渡り、分解者、捕食者、植食者、腐肉食者と言った一通りの生態系の機能群に及んでいる。

(3) 脊椎動物

カリフォルニアでは、アルゼンチンアリがカリフォルニアブユムシクイ *Polioptila lembeyi* の営巣を妨げたり、ひなを襲うことが報じられている。また、アルゼンチンアリの生息密度の高い場所ではツノトカゲの一種であるコーストツノトカゲ *Phynosoma coronata* が見られず、トガリネズミの一種 *Notiosorex crawfordi* の密度は低くなることが報じられている。

(4) 植物

種子散布をアリに依存している植物が少なくないが、南アフリカや地中海沿岸では、これらの植物と関係していた土着のアリがアルゼンチンアリに駆逐された結果、これらの植物が著しく減少していることが報告されている。ハワイにおいても、アルゼンチンアリの活動によって、クモ等の捕食者や送粉者となるハチ類が減少し、それによってハワイ固有の植物が影響を受けていると言う報告がある。また、南アフリカの研究では、アルゼンチンアリは、植物の蜜腺をめぐるミツバチの強力な競争者となっているとされており、受粉の攪乱、結実率の低下が引き起こされる可能性が指摘されている。

2) 農業害虫

アルゼンチンアリは多くの小動物を駆逐する一方で、甘露を分泌するアブラムシやカイガラムシなどの同翅類昆虫をよく保護する。それゆえ、農作物の害虫であるアブラムシやカイガラムシが保護されることによって、これらが密度を増し、農作物が被害を受けることが合衆国や南米、南アフリカなどで報じられており、重要な農業害虫とみなされている。カリフォルニアでのカンキツ類の果樹園では、アルゼンチンアリにより同翅類昆虫がしばしば大発生し、このような被害は 1950 年代にはすでに頻発して問題となっていた (Nixon, 1951; Bartlett, 1961; Way, 1963)。Markin (1970) は、カリフォルニアのカンキツ園では、最初にアルゼンチンアリを駆除しなければ多数の同翅目昆虫を防除することは不可能だと述べている。

また、本種は、農作物の芽やつぼみ、花などの植物体を傷つけ、果実に来襲し、種子を盗み取ることが知られている。北米ではカンキツ類やイチジクの芽を弱らせ、キャベツやサトウキビ、トウモロコシなどの種子を食べる被害が出ている。さらに、同翅類昆虫の甘露を運ぶことから、アルゼンチンアリが、そこに含まれる植物の病原微生物の運搬者になっている可能性も指摘されている。

南アフリカでは養蜂に本種による被害が出ている。アルゼンチンアリの生息地にミツバチの巣群を置いた場合、ミツバチの巣がアルゼンチンアリに襲われる、あるいは巣が奪われる被害に見まわれる。アルゼンチンアリの防除に際して、ミツバチの生息環境に

悪影響をおよぼす可能性があることから農薬散布は好ましくなく、殺虫剤に替わる防除法の開発が望まれている。

3) 家屋・衛生・生活害虫

本種は、頻繁に家屋に侵入し、生活に支障をきたす不快害虫でもある。生息密度が高い場所になると、居住地域ではおびただしい数のアリが、行列をつくってわずかな隙間から室内へ頻繁に侵入し、家屋のいたる所を歩き回る。食べ物や生ゴミに集る被害も多く報告されている。また、人やペットに集団で咬みつくだり、人畜への直接的な被害も見られ、安眠が妨げられる被害も出ている。

さらに、冬場はしばしば家屋内への集団移動が認められ、とくに蓄熱効果のある風呂場周辺へ巣を移動させる。そのために家屋内で本種が活動することによる被害が冬期でも見られる。

合衆国では、アルゼンチンアリが害虫駆除業者によるアリ駆除記録の中で高い割合を占めている。ガーデニングが盛んなニュージーランドでは、アルゼンチンアリが植物を弱らせる、人に咬みつくと云ったことでガーデニングに被害が生じている。薬剤を安易に散布すると、ニュージーランド固有の動物や昆虫類に被害がおよぶ可能性があり、非常に厄介な存在となっている。また、病院内への本種の侵入により、院内感染を引き起こされる危険性が指摘されている。

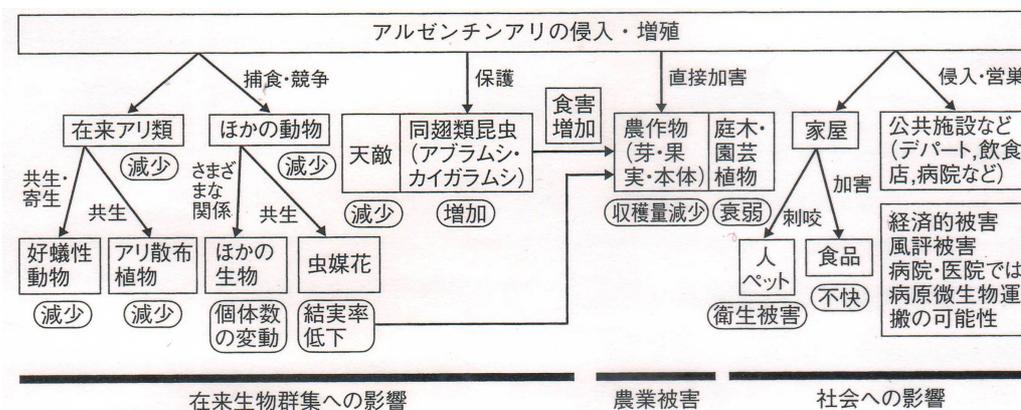


図5 アルゼンチンアリがもたらすさまざまな被害(寺山, 2006, 2014; 頭山, 2007)。

アルゼンチンアリの駆除研究

海外では本種の圃場での防除研究と家屋侵入に対する防除研究が古くから行なわれて来た。圃場では、薬剤を巣や行列に散布し撃退する方法や、化学物質による防壁を施すことによりアリの侵入を食い止めようとする方法などが研究されてきた。薬剤では、ベイト剤を用いることや、巣口への殺虫剤の直接散布を行うこと、あるいは土壤灌注剤の散布が試みられている。誘引効果の高いベイト剤(餌剤: 駆除対象とする動物が好む餌や誘引物質に殺虫成分を混入させたもの)の開発も行なわれて来た。

殺虫剤による防除のほか、忌避剤によりアルゼンチンアリの侵入を防ごうとする研究も行われて来た。例えば、果樹園で忌避剤をしみ込ませたひもを幹に縛りつけることで防壁とし、アルゼンチンアリの被害を減じさせようとする研究等が見られる。

Silverman & Brightwell (2008)に、これまでに試みられてきた防除に関する研究がまとめられている。現段階で、広域に拡大したアルゼンチンアリの根絶は現実的ではないものの、生息範囲が局所的な場合はベイト剤や殺虫剤による防除は効果があり、根絶も可能であろうと述べられている。しかし、多量の薬剤を用い、長期的、戦略的に取り組む必要があることから、費用対効果や防除費用の確保、実施体制の構築等十分に留意しなければならないとしている。

日本のアルゼンチンアリ

1) 生態研究

ヨーロッパやカリフォルニアと同様に、日本でも巨大スーパーコロニー化が進行しており、柳井、岩国、四日市、広島、神戸の一部、大阪、愛知、横浜、東京の大田区城南島の個体どうしは敵対性がなく争わない。まさに巨大なスーパーコロニーが太平洋岸に形成されつつあり、その規模は、アルゼンチンアリの生息地域の密な瀬戸内沿岸の柳井-神戸であっても、300km以上とすることになるし、さらには柳井-東京の太平洋岸に、ヨーロッパやカリフォルニアのように500km以上の巨大スーパーコロニーができつつあるとも言えよう。現在、日本ではこの巨大スーパーコロニーを”Japanese main supercolony” (ジャパニーズ・メインスーパーコロニー)と呼んでおり、実は大陸を跨いだメガコロニーの一部分であることが明らかになっている(Sunamura et al., 2009a, b; Inoue et al., 2013; 砂村, 2014)。日本ではこのほか、神戸市に3つの小さなスーパーコロニーがあり、さらに東京都で発見された2か所のコロニーのうち、大田区東海と品川区八潮にまたがるものが、以上の4つとは別のコロニーであることが判明している。よって、海外から少なくとも5回の別々な侵入を受けたということになる。つまり、アルゼンチンアリの日本への侵入は、幾度にも渡る海外からの輸入物資に付帯しての侵入とともに、国内に定着した個体群による二次、三次的な跳躍的分散によって次々と分布が広がって行く様式となっている。

アルゼンチンアリの自力歩行による分布拡大速度は、日本で調べられた数値では、山口県岩国市で70-180 m/年、愛知県田原市で50-150m/年がある。さらに最近、愛知県東海市で430 m/6ヶ月(城戸他, 2017)という自力歩行による分布拡大の世界最速レベルの数値が報告されている。

図7に、最初の侵入時から2011年までのアルゼンチンアリの分布拡大状況を示した。市区町村レベルでの侵入地数は2017年で69カ所を数えている(蟻類よしなし事:<http://argentineant.web.fc2.com/>に一覧表がある)。廿日市市や広島市では、侵入した地域集団は大きくなり、融合してしまい詳細に地域集団を認める事が困難になっている。また、オスの研究によって、スーパーコロニー間で遺伝子流入を抑制するメカニズムが存在することも明らかとなって来た(Sunamura et al., 2011)。

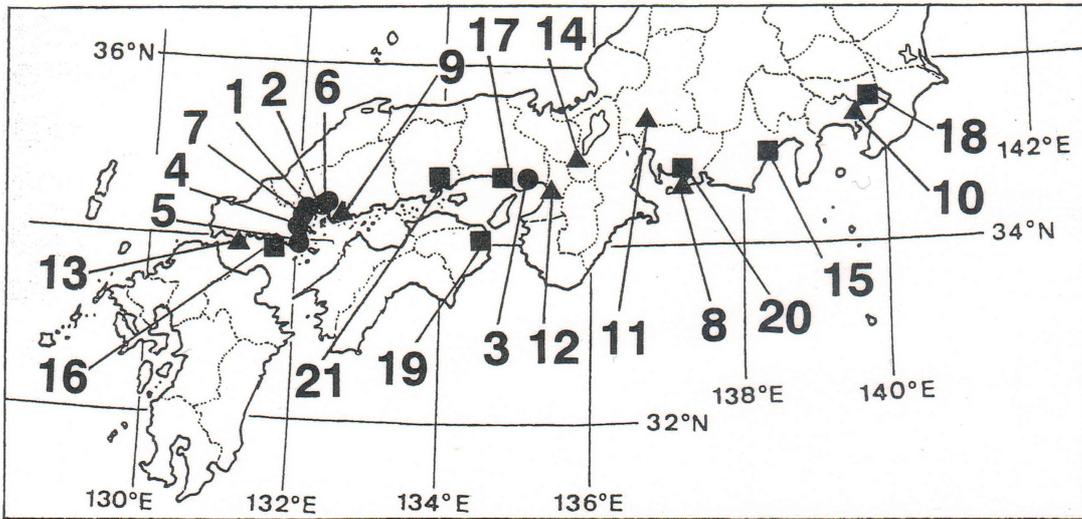


図6 国内での大域的なアルゼンチンアリの侵入状況. カッコ中の数字は最初に発見された西暦.

1: 甘日市 (1993), 2: 広島市 (1999), 3: 神戸市 (1999), 4: 岩国市 (2001), 5: 柳井市 (2001), 6: 安芸郡府中市 (2002), 7: 大竹市 (2004), 8: 田原市 (2005), 9: 呉市 (2006), 10: 横浜市 (2007), 11: 各務原市 (2007), 12: 大阪市 (2007), 13: 宇部市 (2008), 14: 京都市 (2008), 15: 静岡市清水区 (2009), 16: 光市 (2009), 17: 明石市 (2009), 18: 大田区・品川区 (2010), 19: 徳島市 (2010), 20: 豊橋市 (2011), 21: 岡山市 (2012). 図中の●印は、2005年以前に生息が確認された地域を示し、▲印は2006-2008年の間に、■印は2009年以降に侵入が確認された地域を示す.

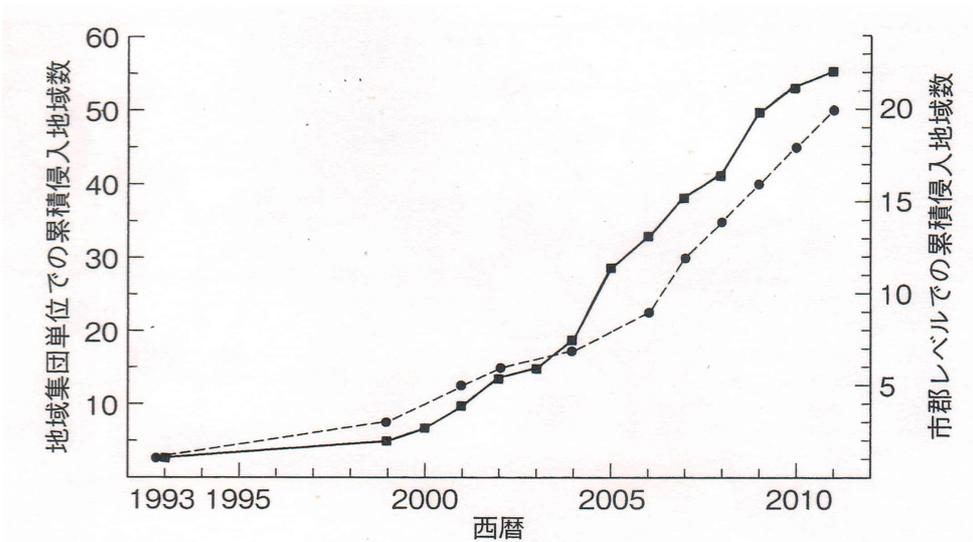


図7 日本でのアルゼンチンアリの分布拡大状況 (1993-2011). ●: 市郡レベルでの累積侵入地域数. ■: 地域集団単位での累積侵入地域数.

岩国市における巣の周年経過の調査から、女王生産は同調的で、ほぼ同時に育ち、比較的短い期間に女王の羽化が集中することが判明した。つまり、女王の幼虫は4月下旬に多く、5月上旬には蛹化、中旬から下旬にかけて大量に羽化し、6月上旬までにはほぼ全てが成虫になる。雄アリは女王よりも羽化時期が早く、成虫は5月上旬に多く、6月まで巣中に見られる(図8)。幼虫と蛹の数は冬場が最も少なく、女王アリが羽化した後の6月に働きアリの幼虫と蛹が最も多く見られる。したがって働きアリの密度は盛夏に最高に達し、高温と相まって活動のピークとなる(図9)。

本種は約5°Cでも巣外の活動個体が見られるが、一般に10-35°Cで活動し、冬眠の習性がないことから、日本では真冬でも、昼間の温度が上がる時や家屋内で活動が認められる。ただし、10°C以下になると急速に活動性が低下する。また、低温に対する生理的な適応は未発達であることから、積雪などによって凍死する個体も多いようである(亀山, 2012)。しかし、休眠性を持たないことで、アルゼンチンアリは春先の在来アリとの競争を有利にしているとも思われる。最適活動温度は26-27°Cであるという報告がある。夏場は、昼間でも曇りの時や、直射日光の当たらない場所で活動が見られるが、夜間の活動の方が盛んであり、冬期は昼間の活動が主体となる。

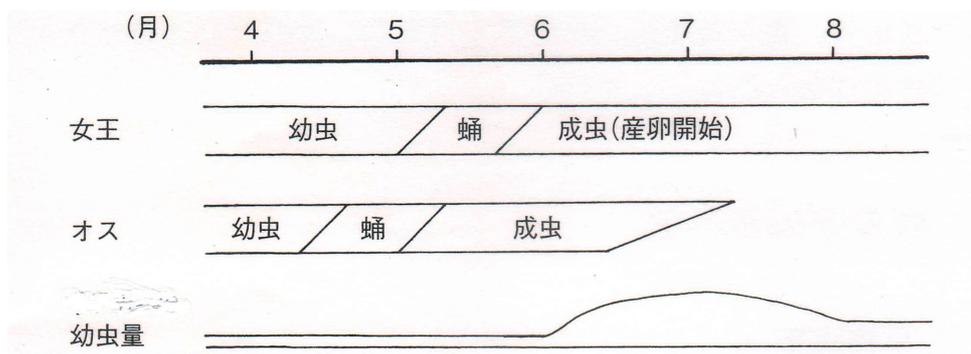


図8 日本でのアルゼンチンアリの周年経過の概略。

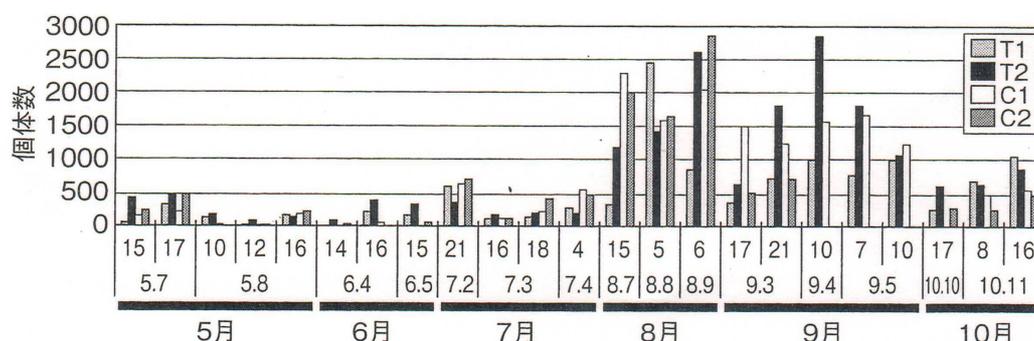


図9 年間の働きアリの採餌活動性(寺山, 2014)。岩国市黒磯町2004年5-10月までの実験データ。T1-C2:実験区。グラフは各実験区におけるベイトを置いた実験皿(n=9)に集まったアルゼンチンアリの総個体数。横軸の数字は、上段が調査時間、下段が調査月日を示す。

2) 被害

日本における苦情の例は、家屋に浸入し食糧に群がる、人やペットに集団でかみつく、夜中に頻繁に侵入され安眠を妨げる、と言った家屋侵入による心理的、経済的ダメージが中心である。しかし海外と同様に、日本においても明らかに生態系破壊が引き起こされ、農業害虫としても重要なものと判断される。

(1) 生態系攪乱

日本でもアルゼンチンアリの侵入により、在来の地上徘徊性のアリ類が著しく排除されることが報じられており、広島市、廿日市市、岩国市、神戸市、大阪市などでの調査結果がある(例えば Miyake, et al., 2002, Touyama et al., 2003)。これらの調査はいずれも、多くの地上徘徊性のアリ類を駆逐している結果が示されている。とくに、アルゼンチンアリの生息密度が高い地域ほど、アリ群集の種多様度は急速に低下して行き、アルゼンチンアリが優占する高密度生息地域では、ほとんどの在来種が駆逐されていた。

在来アリが種子を運搬する蟻散布植物も、アルゼンチンアリの侵入により影響を受けている。同様に、多くの好蟻性昆虫類が負の影響を受けていよう。一方、アリを好んで補食するクモ、アオオビハエトリ *Siler vittatus* はアルゼンチンアリ侵入地域では、むしろ増えたという報告もある。

いずれにせよ、アルゼンチンアリの侵入した地域の生態系への影響は重大で、アリ群集のみに終わらず、節足動物を中心とした在来の動物相に甚大な影響を与えると同時に、捕食者や送粉者、種子運搬者の減少により植物への影響も危惧される。



図 10 在来アリ（トビイロシワアリ）を襲うアルゼンチンアリ。写真提供：小川尚文氏。

(2) 農業被害

日本での農作物への直接的な被害として、イチゴやイチジク、スイカ等の果実にアルゼンチンアリが来集する被害が観察されている。また、農作物でのアブラムシやカイガラムシの異常繁殖が確認されている。アルゼンチンアリがこれらの同翅類昆虫を捕食者などの天敵から積極的に保護しており、これによって同翅類昆虫は個体数の増加をきたし、農作物へ被害を与えるものと推定される。1つのジャガイモ畑を区分し、一方に合成道するベフェロモンを設置し、アルゼンチンアリが植物に登れないようにし、もう一方を対象区として比較した実験では、明らかに処理区の作物個体の方が成長が良く、この結果は、未処理区ではアルゼンチンアリがアブラムシを保護する事で、アブラムシが大増殖し、そのために作物の成長に影響が出たものと判断した。これら同翅類昆虫による二次的被害は、農作物のみならず、住宅の庭の植栽にも及んでいよう。



図 11 アブラムシに集まるアルゼンチンアリ。写真提供：小川尚文氏。

(3) 家屋・衛生・生活害虫

今日、日本でアルゼンチンアリの被害として最も多く報じられているものは、頻繁な家屋への侵入により生活が脅かされることであろう。家屋への侵入は地上部のみからではなく、壁を登って、さらには電線を伝わっての侵入まで見られ、ビルでは1階から侵入し、8階にまで行列が伸びた例までも知られる。

廿日市市や岩国市では、以前は駅のプラットフォームでさえ普通に見かけられた(近年、個体群密度を減じるための積極的な防除活動が行なわれている)。居住地域ではおびただしい数のアリが、わずかな隙間から室内へ頻繁に侵入し、食品に群がり、生活に支障をきたすなどの不快昆虫となっている。亀山(2012)には、廿日市市と岩国市の侵入地域の住民から得られた被害証言が掲載されている。それによると、人体への直接的害はないと言う一般的認識があるが、それは間違いで、日常生活の平穏が脅かされると言う大きな精神的被害を受けているとされている(表 2)。また、家屋や農作業中に、アルゼ

ンチンアリの集団に咬まれることが起こるが、体質によって咬まれた部分が赤く腫れ、痒みを伴う皮膚が生じ、通院が必要となることもある。

合衆国では、アルゼンチンアリの侵入地の不動産価値が下落したと言った記録があり、日本でも、本種の侵入に悩まされ、入居者が出て行き、家賃収入が減少した事例が出ている（竹中他，2006）。アルゼンチンアリは、イエヒメアリの問題と同様に貸者・借者間でのトラブルや、不動産売買の際のトラブルが生じてもおかしくない存在である。よって風評被害と言う問題も生じてくる。そのため、風評や地価に関わる可能性や、工場等においては企業イメージに関わる可能性から、生息状況について隠したがる状況も存在する。取り分け都市域では、飲食店や百貨店等への侵入により、大きな経済的被害が生じる可能性もある。実際に、病院や医院への頻繁な侵入による被害も生じている。病院側は潜在的な病原微生物媒介者として対処せざるを得ず、少なからずの負担となっている例もある。

表 2 広島県廿日市市及び山口県岩国市のアルゼンチンアリ侵入地域に居住する住民からの実際の被害証言の一部（亀山，2012）

雨天時によく家の中に入ってくる。／ずっとつき合わねばならないと思うと疲れる。／毎日アリのことを考えて暮らしているような状態である。／アリが家の中まで沢山入ってくるので、その対応に毎日苦慮している。／台所に入ってくるとイライラする。／人体への直接的害はないとの認識は間違いである。住民は日常生活の平穏が脅かされるという精神的被害を受けている。／つらくてよく（アリに咬まれる）夢をみる。／アレレギー体質の人が咬まれると、3週間くらい治らない。寝ていて咬まれることが多い。／被害の大部分は不快感である。一度、屋内への大量侵入を経験すると、1匹でもいると恐怖感が甦る。／飼い犬の毛の中にアリが入り込み、夜通し犬が鳴き続けたことがある。

3) 防除の試み

(1) 根絶と囲い込み

アルゼンチンアリ等の侵略的外来種に対しては、根絶を目指す防除を行なうのが本来である。アリゼンチンアリの場合も、侵入して日が浅く、生息範囲が限定されている地域では、集中的な防除により根絶を目指すべきである。しかし、侵入してから時間が経過して分布が拡がり、高密度状態となった地域では、ただちに根絶を目指すことははなはだ困難であり、現実的ではない。そのような地域では、現状では薬剤散布を毎年繰り返すことになってしまうが、大量の薬剤を投入して一気に根絶を目指すよりも（現実的には根絶は難しいだろう）、まずは分布の拡大を食い止め、問題が生じないレベルまで生息密度を低下させることを目標に防除を行なう方が現実的である（囲い込み）。

Hoffmann et al. (2016)によると、アルゼンチンアリ等の外来アリの根絶成功率が高まるのは、10ヘクタール以下の面積の集団となっている。同時に、アルゼンチンアリは最も根絶の成功率の低い種となっており、根絶実験32例中17例が根絶失敗(8例成功、

7例は結果不明)となっている。ここでの根絶認定は、便宜上モニタリングにより2年間当該個体が見られない場合を根絶とみなしている。現在、アリ類にはベイト剤に防除が推奨されているが、その一方でベイト剤のみによる防除ではアルゼンチンアリの根絶は難しく、他の生物への影響があるとしても、液剤散布による補完が必要と思われる(中嶋他, 2016)。オーストラリアにおけるハヤトゲフシアリの駆除においても、根絶させるためにはベイト剤に加えて液剤散布が必須であると聞いている(Marc Widmer, 私信)。

囲い込みによる防除を実施する際には、「総合的有害生物管理(IPM)」の考え方が大いに役立つ。IPMは、複数の防除方法を組み合わせることで殺虫剤の使用をできるだけ抑えつつ、害虫の根絶よりは生息密度を経済的被害許容水準以下に管理しようという考え方である。さらに、アルゼンチンアリがもつ生態系の攪乱者という特徴を考慮すると、IPMの概念に生物多様性保全をも包括したIBMの方向性が重要であろうと考える(Kiritani, 2000; 桐谷, 2005)。

日本では従来に対応策として、家屋の周囲に粉状の殺虫剤を帯状に散布することで各々の家庭で家屋への侵入に対応して来た。また家屋内に侵入した行列に対しては、スプレー式の殺虫剤等で対処して来た。しかし、家の周囲への帯状散布は雨が降ると流れてしまい、効果が低下する。それ以上に、このような大量の殺虫剤散布は、周りの環境や地下水を汚染し、ひいては住民の健康をも損なう可能性もあり、多くの問題を含んでいる。スプレー式の殺虫剤散布も家屋に侵入した行列に対して実施しても、翌日また行列の侵入が起り、その繰り返しとなっていた。現在、地域個体群密度を低減させる効果の大きさを考えると、広域一斉防除が現実的な選択肢となる。またそのためには、防除範囲や防除時期の決定が重要となって来る。

(2) 合成道しるベフェロモンによる防除

アルゼンチンアリの持つ高い増殖性、環境への適応性、巣の侵入性あるいは易移動性が防除を困難にしていることは前述したが、しかし、それを超える根本的防除法の開発が必要とされている。複数の防除法を組み合わせる可能な限り、生態系に負荷をかけない防除が必要であり、薬剤以外の防除法の開発は重要である。今後も、他の生物群集に強い影響を与えずに、侵入地のアルゼンチンアリ個体群を低減させる防除法をさらに多く開発して行く必要がある。

東京大学のアルゼンチンアリ研究グループは、これまでの薬剤による防除研究とは全く異なったアプローチを考え、アルゼンチンアリの防除を目指した研究を行なった(田付, 2008, 2014)。それは、アリのフェロモン物質を利用した防除方法である。フェロモン物質は微量で特定に種のみにも効果を及ぼす。フェロモン利用による防除は、農薬や殺虫剤散布とは大きく異なり、生態系や人体に及ぼす影響を著しく低く抑える事のできる方法である。よって、生態系のバランスを考慮しつつ害虫管理を目指す今世紀の社会の要求に合致する防除法の一つと考えた。

本種の道しるベフェロモンの主成分はZ9-ヘキサデセナール(Z9-16: Ald)であり、幸い日本には、Z9-ヘキサデセナールを大量に合成する技術があり、これをフェロモン製剤として利用できる環境にある。このような背景から、「合成道しるベフェロモンをアリの生息地に高濃度で放散させ、働きアリ同士の餌場情報伝達を攪乱できれば、アリは行

列を作れず、餌不足から巣が衰退するだろう」と言うアイデアに至り、岩国市において2003年から野外実験を開始し、比較的良好な結果を得た(Tanaka et al., 2009; Sunamura et al., 2011). 合成道するベフェロモンを用いての防除実験は、世界でも初めての試みであった. 合成道するベフェロモンは適量だと働きアリを良く引きつけ、高濃度であると行列を攪乱させた(田中他, 2008).

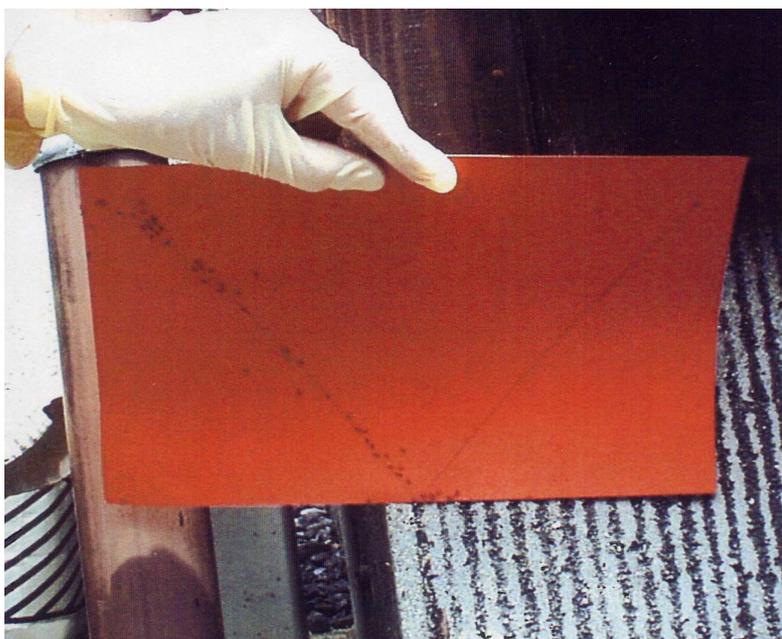


図 11 合成道するベフェロモンを引いた線(左側)をたどる働きアリ. 合成道するベフェロモンは一定濃度ではこのように働きアリを誘引し、高濃度ではアリを攪乱させる効果を持つ.

一連の実験の結果、合成の道するベフェロモンにより蟻道の形成を阻害させ、餌の利用効率を著しく低下させる事が出来た. さらに年間を通じた実験で、一定地域の個体群密度を低下させる事に成功した. 個体群密度の抑制は、道するベフェロモン単独での設置よりも、道するベフェロモンとベイト剤の両方を組み合わせて実施する方がより高い効果が得られることも判明した(Nishisue et al., 2010).

アルゼンチンアリはベイト剤の設置や薬液散布等により環境条件が悪化すると、容易にコロニーを移動させることが知られている. そのために中途半端な薬剤散布はむしろアルゼンチンアリの分布を拡大させる場合があり、十分な注意が必要である. 合成フェロモン剤には、このような分布拡大を防ぐ利用方法も考えられる.

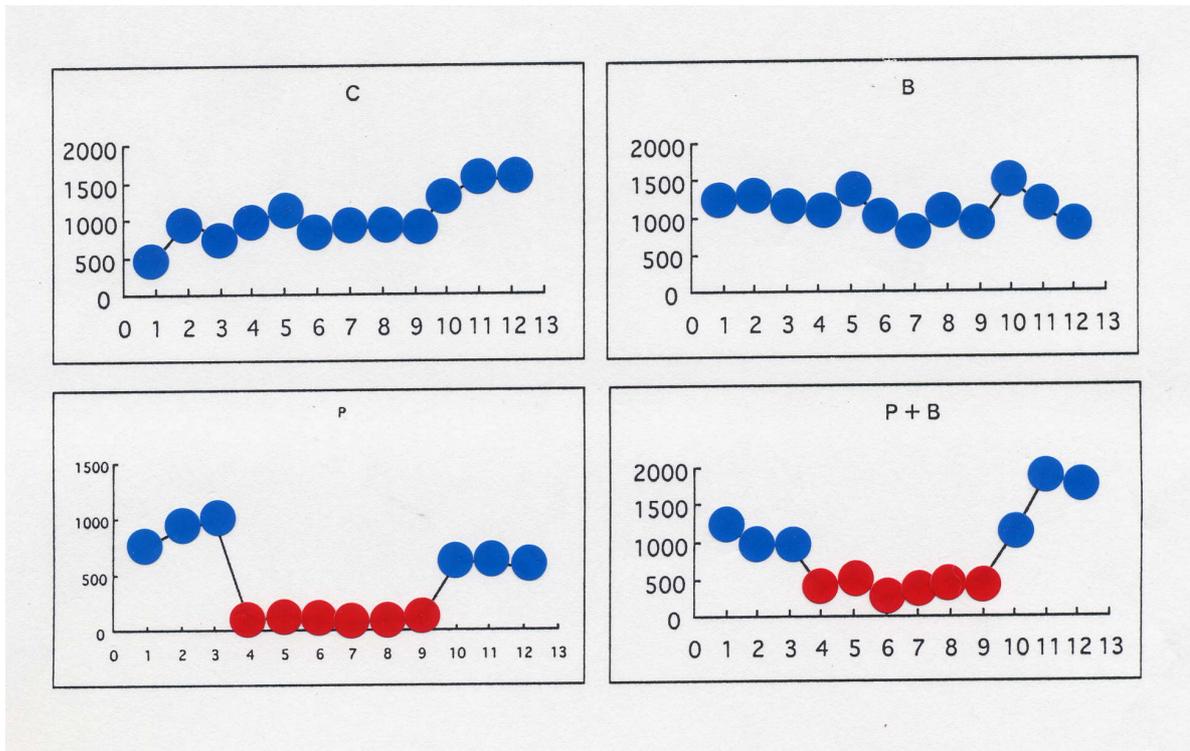


図 12 合成道しるベフェロモンの効果. 4 試験区に, ベイト皿に集まったアリ数を 6 日間計 12 回計測した (横軸の 1-13). C1, C2 区: 合成フェロモンを設置せず. P, P+B: 赤丸は合成フェロモンを設置. フェロモンを設置すると, フェロモンの効果により行列が作れず, ベイト皿に集まらないことが分かる(Tanaka et al., 2009 より改変).

(3) 根絶への挑戦

近年になって, アルゼンチンアリ初期定着個体群に対して, 果敢な根絶実験が行なわれ, 幾つかの成功例が出ている. 今のところ (2017 年 12 月段階), 横浜港と東京港の個体群に対して実施されたもので, 根絶宣言が発せられたもの 3 ヶ所, 根絶と判断されるもの 2 ヶ所がある.

これらの他に, 侵入段階で駆除された例もある. 荷物ともに運搬されたアルゼンチンアリのコロニーが工場等で発見され, 液剤によって初期集団が駆除された例 (兵庫県赤石市等) や, さらに小規模なものとして, 山口県のアルゼンチンアリ生息地域から東京に送られた荷物を開けた所, アルゼンチンアリが出て来た事から殺虫剤で駆除したと言った例がある.

(I) 横浜港本牧埠頭 A 突堤個体群

横浜港本牧埠頭の個体群に対して, 合成道しるベフェロモンとベイト剤を併用する方法を用いて 2008 年 4 月から根絶実験が実施された. 本実験は, 日本で最初のアルゼンチンアリに対する本格的な根絶実験である. 生息地は長径約 700m の細長い形状をしていた. この実験では特に, 生息地と市街地の境界部分に合成道しるベフェロモンを含むフェロモンディスペンサーを設置して, 生息地がこれ以上広がらないようにしながら,

ベイト剤の効率的な使用によって根絶を目指した。ベイト剤使用后、残存的に生息が見られた部分には液剤による直接散布が行なわれた。この結果、2011年以降2013年までの3年間のモニタリングの結果、アルゼンチンアリは全く確認されず、根絶に成功したと判断された（鈴木，2014）。

(II) 東京都大田区城南島

2010年にコロニーが発見され、2011年に根絶実験が開始された（ベイト剤及び液剤を使用）。アルゼンチンアリの残存確率を推定する統計学的根拠に基づき2015年8月に根絶したと判断され、根絶宣言が発せられた（Sakamoto et al., 2017）

(III) 東京都大田区東海・品川区八潮

城南島のコロニーと同様に2010年に発見され、2011年に根絶実験を開始（ベイト剤及び液剤を使用）。アルゼンチンアリの残存確率を推定する統計学的根拠に基づき2014年5月に根絶したと判断され、根絶宣言が発せられた（Sakamoto et al., 2017）。

(IV) 横浜港本牧埠頭 A-6, A-7 個体群

2012年に埠頭の先端付近で発見された小型のコロニーである（鈴木，2014）。(I)の駆除実験により、アルゼンチンアリが安全な地域に避難した個体群である可能性も考えられたが、生息状況の調査により明瞭に分布が不連続であることが判明し、別個に侵入した個体群であると判断された。本個体群に対して、2015年4月から駆除（ベイト剤及び液剤）及びモニタリングが実施された。2015年7月以降、アルゼンチンアリは確認されていない（富岡，私信）。

(V) 横浜市中区かもめ町個体群

2013年に発見され、2014-2016年に根絶実験（ベイト剤及び液剤による）を開始。2015-2017年にモニタリングを実施し、2015年4月から2017年3月まで9回連続の個体未検出により根絶を宣言した（富岡他，2017）。

4) モニタリングと防除計画

(1) モニタリング

今後も引き続き、他の土着生物に強い影響を与えずに、地域全体のアルゼンチンアリ個体群を管理するシステムの構築や、さらには個体群を根絶へと追いやるための根本的防除方法の開発が必要である。国内の根絶実験により、根絶に費やす時間や薬剤の分量、並びに対策費用の試算が可能となって来た。また、実験後のモニタリングについても、有効な示唆が与えられた。

アルゼンチンアリのような難防除害虫に対しては、何と云っても初期根絶が最も有効である。ただし、初期定着段階の小規模なコロニーであっても、時間をかけた複数回の駆除作業が必要で、モニタリングを行ないながら防除を進めて行く必要がある。

アルゼンチンアリの国内への侵入・定着の早期発見を目的としたモニタリングや、定着地における個体群密度の変動を常時掌握するためのモニタリングシステムの開発、稼働が必要である。東京都大田区・品川区（大井埠頭）のアルゼンチンアリ個体群の発見は、早期発見を目的とした港湾部のモニタリング調査によるものである（環境省資料「モニタリング調査の概要とこれまでの結果について(2010)」）。その一方、一旦根絶を成功させた横浜港であるが、2016年、2017年にごく近隣の大黒埠頭でアルゼンチンアリの新たな侵入・定着個体群が発見された（富岡私信，砂村私信）。このように、一旦根絶させても、すぐに再侵入が見られるアルゼンチンアリの侵略性はやはり強大であり、根絶に成功した地域のモニタリングも怠れない生物である。また、跳躍的分散により国内で分布を大きく拡げることから、今後、思いもよらぬ地域への侵入も有りうるだろう。そのために、多くの方々の理解と監視が必要で、侵略的外来種の発見情報が速やかに管轄する官庁へ届き、防除対策が立てられると同時に、今後ともさらなる周辺地域へのモニタリングの強化を行なう必要がある。これらの侵略性の高い外来生物の地域への侵入を許せば、地誌的な長い歴史を踏まえて出来上がった生態系を急速かつ容易に破壊することに繋がるのである。

(2) 防除計画

前述したが、初期コロニーは早期発見かつ徹底根絶を目指すべきであるが、分布が拡大してしまった大集団に対しては、分布の拡大を防ぎつつ、個体群密度を低減させる「囲い込み」が行なわれる。その場合、一斉防除のために防除範囲や防除時期を決定し、スケジュールに沿って防除活動を実施する必要がある。行政と一般市民との協力体制が必須である。このような防除を実施するに当たってのマニュアルが幾つか出来上がっている。環境省中部地方事務所(2012)及びアルゼンチンアリ対策広域行政協議会(2011)から「アルゼンチンアリー斉防除マニュアル」がそれぞれ別個に作成されている。さらに環境省(2013)からは「アルゼンチンアリ防除の手引き」が公開されている。その他、HPの「蟻類よしなし事」中の「防除」の項目も参考となる。

参考文献

- アルゼンチンアリ対策広域行政協議会, 2011. アルゼンチンアリー斉防除マニュアル.
- Bartlett, B. R., 1961. The influence of ants upon parasites, predators and scale insects. *Annals of the Entomological Society of America*, 54: 543-551.
- Heller, N. E., K. K. Ingram & D. M. Gordon. 2008. Nest connectivity and colony structure in unicolonial Argentine ants. *Insectes Sociaux*, 55: 397-403.
- Hirata, M., O. Hasegawa, T. Toita & S. Higashi, 2008. Genetic relationships among populations of the Argentine ant *Linepithema humile* introduced into Japan. *Ecological Research*, 23: 883-888.
- Hoffmann, B. D., G. M. Luque, C. Bellard, N. D. holmes & C. J. Donlan, 2016. Improving invasive ant eradication as a conservation tool: A review. *Biological Conservations*, 198: 37-49.
- Holway, D. A., L. Lach, A. V. Suarez, N. D. Tsutsui & T. J. Case, 2002. The causes and consequences of

- ants invasions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**: 181-233.
- Horton, J. R., 1918. The Argentine ant in relation to citrus groves. *Buttletin* 647. U. S. Department of Agriculture, Washington D. C.
- Inoue, M. N., E. Sunamura, E. L. Suhr, F. Ito, S. Tatsuki & K. Goka, 2013. Recent range expansion of the Argentine ant in Japan. *Diversity and Distributions*, **19**: 29-37.
- 伊藤文紀, 2006. 侵略的外来アリが在来生物に及ぼす影響. *昆虫と自然*, **41**(13): 10-13.
- 伊藤文紀, 2009. アルゼンチンアリの脅威. *生物の科学 遺伝*, **63**(3): 118-122.
- 亀山 剛, 2012. 特定外来生物「アルゼンチンアリ」の侵入と防除の現状 (石谷正宇編: 環境アセスメントと昆虫) pp.182-206. 北隆館.
- 環境省, 2013. アルゼンチンアリ防除の手引き(改訂版). 環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室.
- 環境省中部地方事務所, 2012. アルゼンチンアリー斉防除マニュアル.
- Kiritani, K., 2000. Integrated biodiversity management in paddy field: shift of paradigm from IPM toward IBM. *IPM Review*, **5**: 175-183.
- 桐谷圭治, 2005. 農業生態系における IBM(総合的生物多様性管理)にむけて. *日本生態学会誌*, **55**: 506-513.
- Markin, G. P., 1970. Foraging behavior of the Argentine ant in a California citrus grove. *Journal of Economic Entomology*, **63**: 740-744.
- McGlynn, T. P., 1999. The worldwide transfer of ants: geographical distribution and ecological invasions. *Journal of Biogeography*, **26**: 535-548.
- Miyake K., T. Kameyama, T. Sugiyama & F. Ito, 2002. Effect of Argentine ant invasion on Japanese ant fauna in Hiroshima Prefecture, western Japan: A preliminary report (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, **39**: 465-474.
- 中嶋智子・片山哲郎・分銅絵美・福浦裕介・原田克也, 2016. 市街地モデル地区でのアルゼンチンアリ根絶の試み. 第32回日本ペストロジ学会東京大会講演要旨集.
- Nishisue, K., E. Sunamura, Y. Tanaka, H. Sakamoto, S. Suzuki, T. Fukumoto, M. Terayama & S. Tatsuki, 2010. A long term field trial to control the invasive Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) with synthetic trail pheromone. *Journal of Economic Entomology*, **103**: 1784-1789.
- Nixon, G. E. J., 1951. The association of ants with aphids and coccids. 36 pp. Commonwealth Institute of Entomology, London.
- Okaue, M., K. Yamamoto, Y. Touyama, T. Kameyama, M. Terayama, T. Sugiyama, K. Murakami & F. Ito, 2007. Distribution of the Argentine ant, *Linepithema humile*, along the Seto Inland Sea, western Japan: result of surveys in 2003-2005. *Entomological Science*, **10**: 337-342.
- Pedersen, J. S., M. J. B. Krieger, V. Vogel, T. Giraud and L. Keller. 2006. Native supercolonies of unrelated individuals in the invasive Argentine ant. *Evolution*, **60**: 782-791.
- Sakamoto, Y., N. H. Kumagai, & K. Goka, 2017. Declaration of local chemical eradication of Argentine ant: Bayesian estimation with a multinomial-mixture model. *Scientific Reports*, DOI: 10.1038/s41598-017-03516z
- Shattuck, S. O.. 1992a. Review of the dolichoderine ant genus *Iridomyrmex* Mayr with descriptions of three new genera (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of the Australian Entomological Society*, **31**:

13-18.

- Shattuck, S. O.. 1992b. Generic revision of the ant subfamily Dolichoderinae (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 21: 1-181.
- Suarez, A. V., D. A. Holway & T. J. Case, 2001. Patterns of spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: Insights from Argentine ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98: 1095-1100.
- Silverman, J. & R. J. Brightwell. 2008. The Argentine ant: challenges in managing an invasive unicolonial pest. *Annual Review of Entomology*, 53: 231-252.
- 杉山隆史, 2000. アルゼンチンアリの日本への侵入. *日本応用動物昆虫学会誌*, 44: 127-129.
- 砂村栄力, 2011. 侵略的外来種アルゼンチンアリの社会構造解析および合成道するベフェロモンを利用した防除に関する研究. 東京大学大学院農学生命科学研究科博士論文, 148 pp.
- 砂村栄力, 2014. メガコロニー. 田付貞洋(編), アルゼンチンアリ 史上最強の侵略的外来種. 東京大学出版会: 150-172.
- Sunamura, E., K. Nishisue, M. Terayama & S. Tstuski, 2007. Invasion of four Argentine ant supercolonies into Kobe Port, Japan: Their distributions and effects on indigenous ants (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 50: 659-674.
- Sunamura, E., X. Espadaler, H. Sakamoto, S. Suzuki, M. Terayama & S. Tatsuki, 2009a. Intercontinental union of Argentine ants: behavioral relationships among introduced populations in Europe, North America, and Asia. *Insectes Sociaux*, 56: 143-147.
- Sunamura, E., S. Hatsumi, S. Karino, K. Nishisue, M. Terayama, O. Kitade & S. Tatsuki, 2009b. Four mutually incompatible Argentine ant supercolonies in Japan: inferring invasion history of introduced Argentine ants from their social structure. *Biological Invasions*, 11: 2329-2339.
- Sunamura, E., S. hoshizaki, H. Sakamoto, T. Fujii, K. Nishisue, S. Suzuki, M. Terayama, Y. Ishikawa & S. Tatsuki, 2011. Workers select mates for queens: a possible mechanism of gene flow restriction between supercolonies of the invasive Argentine ant. *Anturwissenschaften*, 98: 361-368.
- Sunamura, E., S. Suzuki, H. Sakamoto, K. Nishisue, M. Terayama & S. Tatsuki, 2012. Impact, ecology and dispersal of the invasive Argentine ant, *In* B. P. Hendriks ed., *Agricultural Updates*, Vol. 2, pp. 307-327. Nova Science Publishers, New York.
- 城戸咲恵・村瀬 香・木野村恭一, 2017. アルゼンチンアリの名古屋市への侵入速度・プロセスに関する研究. *蟻*, 38: 53-64.
- 鈴木 俊, 2014. 根絶を目指す防除 -横浜港の事例-. 田付貞洋(編), アルゼンチンアリ 史上最強の侵略的外来種. 東京大学出版会: 287-306.
- 竹中宏樹・吉田政弘・藤島隆年・佐々木敏幸, 2006. アルゼンチンアリの被害実態調査について. 第22回日本ペストロジー学会大会プログラム・抄録集: 25.
- 田中保年, 砂村栄力, 西末浩司, 寺山守, 坂本洋典, 鈴木俊, 福本毅彦, 田付貞洋, 2008. 高濃度の合成道するベフェロモン成分に対するアルゼンチンアリの反応—侵略的外来アリの新規防除法開発への可能性—. *蟻*, 31: 48-54.
- Tanaka, Y., K. Nishisue, E. Sunamura, S. Suzuki, H. Sakamoto, T. Fukumoto, M. Terayama & S. Tatsuki, 2009. Trail-following disruption in the invasive Argentine ant with a synthetic trail pheromone component (Z)-9-hexadecenal. *Sociobiology*, 54: 139-152.

- 田付貞洋, 2008. 特定外来生物“アルゼンチンアリ”の分布・生態・防除. 環動昆, 19: 39-45.
- 田付貞洋, 2014. 道しるベフェロモンによる防除法. 田付貞洋(編), アルゼンチンアリ 史上最強の侵略的外来種. 東京大学出版会: 261-279.
- 寺山 守, 2006. 外来昆虫の脅威-アリ類を中心として. 農業, 1488: 6-22.
- 寺山 守, 2008. アルゼンチンアリの生態と防除. *Pest Control Tokyo*, 55: 17-24.
- 寺山 守, 2014. なぜアルゼンチンアリなのか. 田付貞洋(編), アルゼンチンアリ 史上最強の侵略的外来種. 東京大学出版会: 1-19.
- 富岡康浩・飯田武浩・山崎一三・木村悟朗・谷川 力・寺山 守, 2017. 横浜市中区におけるアルゼンチンアリの根絶事例および土着アリ類の多様性の回復. 第33回日本ペストロジ学会 東京大会講演要旨集.
- 頭山昌郁, 2007. 侵略的外来種アルゼンチンアリの侵入とその影響について. ペストコントロール, 2007年4月号: 1-4.
- Touyama Y., K. Ogata & T. Sugiyama. 2003. The Argentine ant, *Linepithema humile*, in Japan: Assessment of impact on species diversity of ant communities in urban environments. *Entomological Science*, 6: 57-62.
- Tsutsui, N. D., S. N. Kauppinen, A. F. Oyafuso & R. K. Grosberg, 2003a. The distribution and evolutionary history of *Wolbachia* infection in native and introduced populations of the invasive Argentine ant (*Linepithema humile*). *Molecular Ecology*, 12: 3057-3068.
- Tsutsui, N. D. & A. V. Suarez, 2003b. The colony structure and population biology of invasive ants. *Conservation Biology*, 17: 48-58.
- 上田昇平, 2017. 侵略的外来種アルゼンチンアリの脅威. 環境管理技術, 35(1): 11-19.
- Way, M. J., 1963. Mutualism between ants and honey-dew producing Homoptera. *Annual Review of Entomology*, 8: 307-344.
- Wetterer, J. K., A. L. Wild, A. V. Suarez, N. Roura-Pascual & X. Espadaler, 2009. Worldwide spread of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 12, 187-194.
- Wild, A. L.. 2004. Taxonomy and distribution of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 97: 1204-1215.
- Wild, A. L.. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). *University of California Publications in Entomology*, 126: 1-159.
- 名無子, 2017. 蟻類よしなし事 ([http:// argentineant.web.fc2.com/](http://argentineant.web.fc2.com/))