

# アリを利用した害虫防除の可能性をさぐる

巖 圭 介\*

## I. はじめに

農作物の栽培において、害虫防除は不可欠の要素である。合成殺虫剤は害虫防除を容易にしたが、一方でさまざまな健康被害や環境問題を引き起こした。食の安全性に対する消費者の要求が高まる中、合成科学物質を使用せずに栽培された有機農産物がもてはやされるようになった。有機農産物の栽培現場では、合成殺虫剤を使わない害虫防除がさまざまな工夫をこらして行われているが、その中心的技術のひとつに天敵生物を用いた害虫防除がある。これまで日本で実用的に使用されている天敵生物としては、捕食性ダニ、捕食性カメムシ、寄生バチ、テントウムシなどがあるが、一方優秀な捕食者であるアリ類については研究例がほとんどないのが現状である。そこで本稿では、アリによる害虫防除の可能性と問題点を洗い出し、今後の研究の方向性を示したい。

## II. 天敵生物による害虫防除

### 農薬を使わない害虫防除の必要性

合成殺虫剤は、第二次世界大戦後の世界的な食糧増産に大きな役割を果たした。初期の製品には毒性の強いものもあり大きな問題を引き起こしたのもあったが、安全性の評価が厳しくなったことにより、現在使われている殺虫剤の大部分は毒性の低いものである。にもかかわらず殺虫剤を代替する手段が求められる理由としては、食の安全性に対する消費者の不信感にこたえるためや、従来慣行農業に対し差別化を図り付加価値を高めるため、などが挙げられる。

### 天敵による害虫防除の実例と現状

合成殺虫剤を使わずに害虫防除を行う場合、まずできるだけ害虫が農作物に近寄らないようにすることが大切である。これには、植物の抽出成分など忌避効果を持つさまざまな物質の散布や、忌避効果のある植物を作物の間に植えるコンパニオンプランツ、害虫が嫌う光環境を作るシルバーマルチなどがある。

しかし、どうしても害虫は発生し、農作物を加害する。そこで実際に発生した害虫を排除

---

\*本学社会学部

することのできる天敵生物を利用することとなる。天敵生物の利用にはふたつの方法がある。ひとつは、農耕地の周辺や畝間の植物群落に自然に生息する土着の捕食生物群集を活用し、ふだんから農耕地にさまざまな天敵生物が常駐して害虫を適宜排除してくれることを期待する方法である。たとえば、ナス畑の周辺にクローバーを植えておくと、その花に集まるアザミウマ類を捕食するハナカメムシが生息するようになり、ナスの害虫であるミナミキイロアザミウマが発生したときにこのハナカメムシが効果的に抑制する、というようなものである<sup>1)</sup>。

もうひとつの天敵生物利用の方法は、大量飼育された天敵を必要に応じて購入し、害虫発生時に放つという方法である。これは農薬の散布と原理的に同じことから生物農薬とも呼ばれ、商品化された天敵生物は法律上も化学農薬と同じように農薬取締法によって管理される。最初に農薬登録されたのは、ハダニの捕食性天敵であるチリカブリダニと、オンシツコナジラミの寄生バチであるオンシツツヤコバチであるが、新しい天敵が次々と商品化されているのが現状である<sup>2)</sup>。

#### 天敵生物による害虫防除の問題点

天敵利用による害虫防除は化学農薬に代わる防除法として注目されているが、生き物を利用しているために問題も多い。ここではおもに生物農薬として販売されている天敵生物の問題点を挙げる。

まず、天敵利用で排除できる害虫の種類は限られている。とくに生物農薬として販売されている生物は特定の害虫のみをターゲットに開発されたものであるから、複数の害虫が発生していればそれぞれに対する天敵を使用しなければならない。次に、天敵生物は餌がなければ飢え死にするか分散してしまうので、予防的には使用できない。必ず害虫が発生してからしか使用できないが、害虫の数が多くなりすぎたからでは抑制が間に合わない。天敵生物はいくらでも害虫を捕食するわけではなく、満腹すれば摂食しなくなるので、天敵1匹あたりの害虫数があまりに多くては害虫数を減らすことはできない。天敵生物も増殖してそのうちに害虫数が減り始めるが、それまでの時間的な遅れによって生じる害虫被害に農作物が耐えられるとは限らない。したがって大量の天敵生物を最初から使用するのが望ましいが、生物農薬は比較的高価でありコスト面で限界がある。また、国内・国外の特定の生物を大量に増殖して広範囲に放すことは、生物保全上の問題を引き起こす可能性も懸念される。

土着の天敵生物を保護して活用する場合は、上に挙げた多くの問題は当てはまらないが、それらの天敵生物の働きで害虫が抑制しきれなくなって大発生したときは別の方法で対処しなければならない。その際に化学農薬を使用したりすれば、せっかくの土着天敵が壊滅的打撃を受けることは言うまでもない。

### III. アリの潜在的害虫防除能力

#### アリによる害虫防除の利点

生物農薬として注目されている天敵生物の多くは、寄生バチか、少数の捕食者である。これらの天敵生物はいずれも寄主特異的、すなわち特定の害虫のみを捕食・寄生するものばかりである。化学農薬の場合でも必ず対象とする害虫は特定され限定されているものなので、その同じ発想での開発であると考えられるが、上述のようにこれは天敵生物による害虫防除の問題点にもなる。限定されているといっても化学農薬ならば、対象害虫として「鱗翅目（チョウやガ）幼虫」のようにある程度広範な種類をカバーできるので、たとえばキャベツにつくモンシロチョウもヨトウガもウワバガもコナガもだいたい同じ薬剤である程度対処できると期待できる。ところが天敵生物の場合、この4種の害虫に対し共通して対処できる寄生バチなどおらず、それぞれ別の天敵を用意しなければならない。他の生物に影響を与えずに特定の害虫だけ排除できるのが化学農薬にはない生物農薬の特徴ではあるが、単独での効果は限定的といわざるをえない。

より広範囲の害虫に対処するためには、餌とする害虫の種類を選ばない広食性で採餌効率の高い捕食者を利用する必要がある。その候補としてもっとも有力なのは、アリである。アリの多くの種は雑食性であり、特定の餌に限定されない。コロニーを形成し、莫大な数の働きアリが幼虫の飼育のために餌の採取を行うので、餌を自分で消費する単独性の捕食者に比べて捕食効率は高いと考えられる。捕食性のアリを害虫防除に利用することができれば、多くの害虫の排除を単独で行うことが可能になるはずである。

アリによる害虫防除という発想はじつは古くからあり、中国では古くから果樹害虫の防除にツムギアリが使われていた記録がある。森で採集したツムギアリ *Oecophylla smaragdina* の巣を柑橘やライチの果樹園に移植すると、葉食者や種子食者、樹液を吸うカメムシ、茎に潜る芯食い虫などが効率よく除去され、防除を施さなかった果樹に比べて明らかに多くの果実を実らせることができたという。ヨーロッパでも森林害虫の防除にヤマアリが重視されていた。*Formica polyctena* のコロニーひとつで、カシの葉を加害するハマキガの幼虫を年間で600万匹除去できると推定されている<sup>3)</sup>。

#### 植物とアリの共生

アリが昆虫を高い効率で除去するということは、その昆虫に様々な形で加害される植物にとっては大きな恩恵であり、その恩恵をより積極的に利用しようとアリを誘引する植物も自然界には多い<sup>4)</sup>。多くの植物は、花の蜜と同じような糖分を含む分泌物を、花以外の部位から分泌する花外蜜腺をもっている。花外蜜腺にアリが誘引され、植物体上をアリが常時歩き回るようになれば、植物を加害する植食性昆虫を捕食したり追い払うことが期待できる。

アリとの共生関係をより高度に発達させ、アリなしには生存が困難な植物も存在する。東

南アジアに分布するマカラングという植物では、茎の一部に中空の空間があり、ここにシリアゲアリ属のアリがコロニーを作る。マカラングは新葉などから栄養分豊かな脂肪体を分泌し、これがアリの餌となる。また、コロニーのある巣の中にはアリが飼育するカイガラムシがおり、茎から樹液を吸っているが、アリが刺激するとカイガラムシは甘露を分泌し、これもまたアリの栄養分となる。アリはこのふたつの餌を確保し続けるために、マカラングが他の昆虫に食べられたり、ツル植物にからまれるのを防いでいる。アリの防衛能力の高さは、実験的にアリを取り除くことで確認されている。アリなしでは、マカラングはきわめて短時間のうちに激しい食害を受け枯死してしまうのである<sup>5)</sup>。

#### アリによる害虫防除の障害

このように、アリが植食性昆虫の排除においてきわめて有効であることがわかっておりながら、これまでアリによる害虫防除が実現していない背景には、アリとカイガラムシおよびアブラムシとの共生関係がある。上記のマカラングの例にも登場したが、カイガラムシやアブラムシはその口吻を植物体に突き刺し、篩管液を吸って肛門から甘露を排泄する。この甘露を得るために、アリはカイガラムシやアブラムシを天敵から守り、また移動の手助けさえする。農作物にとってカイガラムシやアブラムシは害虫であり、またウイルス病を媒介したり、葉についた甘露が病原菌の温床になったりと、その被害は大きい。マカラングの場合は、カイガラムシの吸汁害よりもアリが常在する利益の方が大きいためカイガラムシを許容していると考えられるが、農作物ではそういうわけにはいかないのである。したがって、カイガラムシやアブラムシの発生を抑えつつアリを活用する方法が見いだせなければ、アリによる害虫防除は実用困難なのである。

### IV. アリとアブラムシの相互作用

#### アリーアブラムシ関係の流動性

アリはただ単純にカイガラムシやアブラムシ（以下、合わせてアブラムシと表記）の甘露を受け取るだけの立場にあるのだろうか。アブラムシは、植物体から吸汁することにより植物を弱らせる。アブラムシは単為生殖によりきわめて短時間に個体数を増やすため、天敵による抑制がなければたちまちのうちに依存する植物を枯死させてしまう。するとアブラムシは新しい餌植物を求めて移動せざるを得なくなるので、アブラムシと特定の植物個体との関係は長続きしないことがわかる。これは、おもに若葉など時間的に限られた期間しか存在しない餌資源を利用するアブラムシの生活史の特徴であるが、そのアブラムシに餌を供給してもらおうアリにしてみれば、供給元の不安定さは好ましいことではない。そこで、アリがアブラムシの増えすぎを抑制する可能性がでてくる。

アリにとってみれば、アブラムシは甘露という糖分（炭水化物）の供給者であると同時に、そのアブラムシ自体がタンパク質の餌となりうる。アブラムシが供給する甘露を採集しつつ、

増えすぎたアブラムシをタンパク源として捕食し、二つの栄養素を安定的に供給できる餌場をできるだけ長期間維持管理することは、アリにとって理にかなったことである。アリが、アブラムシを保護するだけでなく状況に応じて捕食しているのであれば、それを利用してアリとアブラムシの関係を操作できる可能性がある<sup>6)</sup>。

坂田<sup>7)</sup>は、クリの木に生息するクリオオアブラムシ、クリヒゲマダラアブラムシとトビイロケアリの関係を調べ、トビイロケアリが2種のアブラムシを捕食する割合を測定した。この調査によると、10分間に平均してアリはクリオオアブラムシを0.18個体、クリヒゲマダラアブラムシを2.0個体捕食して巣に持ち帰っていた。10分に2個体では捕食されたアブラムシの個体数は少ないように見えるが、これが毎日毎時続けばアブラムシのコロニーはたちまちのうちに消失してしまうことは、少し計算すればわかる。

坂田の調査で判明した興味深い点は、アブラムシが捕食される率が、採餌に出ている働きアリ1個体に対するクリオオアブラムシの数と相関があるということにある。すなわち、働きアリの数に対しクリオオアブラムシの個体数が多ければアブラムシを捕食する個体が増え、少なければ減少するのである。したがって、アブラムシが多すぎれば捕食して間引き、少なければ大事にするという行動原則がうかがえる。さらに、捕食率を左右するのはクリオオアブラムシの個体数だが、捕食されるアブラムシはクリオオアブラムシよりもクリヒゲマダラアブラムシのほうが多いという奇妙なねじれがあるが、これは甘露提供能力がクリヒゲマダラアブラムシの方が劣っていることに起因すると坂田は推察している。つまり、甘露提供者が余っているときは、その能力の低い者から捕食していく、という行動原則があるというのだ。

こうしてみると、アリがアブラムシを保護しつつ管理する方法はきわめて合理的であり、甘露の供給を一定に保ちながら過剰なアブラムシを調整のため捕食していることがわかる。したがって、その合理性に基づけばどのような人為操作に対しアリがどのように反応するかが、おおよそ予測できるはずである。

#### アリーアブラムシ関係の操作実験

アリによるアブラムシ保護を減少させ捕食を増やすことができれば、アリを使った害虫防除の実現化に向けて大きく前進する。そこで、ここではアリによるアブラムシ捕食行動の操作が可能かどうかを確認するための実験計画を提案する。

(1) 糖質人工餌補給実験1：アブラムシが供給する甘露に代わる人工餌を提供すると、アリのアブラムシ捕食行動がどのように変化するか観察する。この実験の目的は、人為的な餌の供給でもアブラムシが過剰に存在するときと同じようにアリによる捕食行動が増加するかどうか確認することにある。予測としては、糖質の餌が過剰に提供されると、甘露の供給者であるアブラムシを保護する動機が低下し、結果的にアブラムシを捕食する割合は高くなるはずである。坂田の研究では、他のアリ個体が接触したアブラムシほど捕食されにくいとい



うことであるから、多くのアリが人工餌を採集し、アブラムシに随伴するアリが減れば、それだけ捕食は増加すると予測される。

提供する人工餌は、最初はショ糖の顆粒あるいは水溶液の形で試せばいいが、反応が得られない場合はアブラムシの甘露に成分をより近づけてみる必要があるだろう。濃度や、含まれるアミノ酸等を調整した、人工甘露にする必要があるかもしれない。

(2) 糖質人工餌補給実験2：(1)でアリの反応が予想通りであることが確認されたならば、次により定量的なデータを得なければならない。捕食率はどこまでも上昇しアブラムシコロニーを根絶やしにできるのか、それとも頭打ちになるのか。働きアリの数に対してどれだけの量の人工餌を提供すれば効率を最大にできるか。餌の提供場所はどのような場所がいいのか、集中させればいいのか分散させるのか、といったことをひとつひとつ確認する必要がある。この場合、植物体、アブラムシコロニーとともに、アリのコロニーの状態やサイズも調整して実験を繰り返すことになる。

(3) アリ繁殖状況の効果：アリにとって、糖質の餌とタンパク質の餌は異なる意味を持つ。糖質の餌はおもに働きアリによって消費され日常活動のエネルギー源として使われるが、タンパク質の餌はおもに幼虫を育てるために使われる。したがってアリコロニーの繁殖状況によってタンパク質餌の必要性が変化するため、アブラムシや他の害虫の捕食効率も大きく変化する可能性がある。これを確認するためには、繁殖状況の異なるアリコロニーを複数用意し、同一環境でアブラムシの捕食効率を比べる必要がある。働きアリだけを採集してきてコロニーを作らせた場合と、女王アリからコロニーを作らせた場合で、大きく異なることが予測される。

(4) 実地検証：(1)でアリの反応が予想通りであることが確認された場合、(2)(3)が完了しない段階でも、現実的な状況でアリの効果を確認することは可能である。無農薬で作物が栽培されている圃場で人工餌を供給し、実際にアリの活動がアブラムシおよび他の害虫を減少させるかどうかを調査する。アリも害虫も分布が局所的である可能性があるので、給餌区と対照区をブロック配置で比較する。両区で、活動する働きアリの数、アブラムシの数、他の害虫の数を継続的に調査する。餌の供給によって働きアリが集まってくる短期的な反応と、餌の増加によって繁殖が活発化しコロニーサイズが増大する長期的な反応との両方が予測されるので、ある程度長期的な調査が必要であろう。

## V. アリによる害虫防除：ふたつの可能性

人工餌の供給によってアリによるアブラムシ捕食を増加させられるとすれば、アリによる害虫防除は現実的に利用できる可能性がでてくるが、その場合二つの利用方法が考えられる。

### 土着アリの活用

ひとつは、土着のアリの捕食行動を促進させるもので、もともとその畑や周辺に生息する

アリが害虫を捕食してくれているのを、人工餌によってより活発化させようというものである。この場合、土着の天敵生物を活用しておこなう害虫防除と大差はなく、実行は容易である。ただ、実際に使用されている畑にどの程度アリが生息しているかによって効果は異なるであろう。農薬を使用したり、繰り返し耕起されてきた畑ではアリの巣は少ないことが予想されるので、その場合は人工餌を供給するだけではアリの数は増えないかもしれない。

したがって、この方法をとる場合に重要なのは、人工餌の供給以前の問題として、できるだけ畑の中や周辺にアリが生息できるような環境をつくることである。そのためには、耕起をできるだけ避けるか、あるいは耕起しない部分を畑内に確保することがまず必要である。さらに、とくに害虫が発生していないときでもアリのコロニーが畑内に維持されるためには、餌となる昆虫が多数生息していなければならない。害虫でも益虫でもない「ただの虫」<sup>8)</sup>の存在が必要となるので、アリのためだけでなくその他の虫のためにも年間を通じて農薬の使用は避けなければならない。すなわち、土着のアリを活用することだけを考えれば、不耕起無農薬栽培が理想的な農業形態となる。

#### アリの生物農薬的使用

もう一つの方法は、あらかじめアリを飼育した上で、害虫発生時にアリのコロニーを該当する畑に設置し、人工餌を供給しつつ害虫の捕食を促すもので、すなわち生物農薬としての利用である。アリは、コロニーを単位として生活するためパッケージ化が容易であり、こうした利用にはうってつけであろう。コロニーの繁殖状況を調整してタンパク質餌の必要性が最も高い状態で設置すれば、高い効率で害虫防除ができると思われるし、それほど大きなパッケージを必要としないので、露地、施設を問わずどこでも利用できよう。

この方法をとる場合の大きな問題点は、限られた拠点で大量増殖された均一なアリが広い地域で使用されて、そのアリが地域に拡散して土着の生物相に大きな影響を与えかねないということにある。これはなにもアリに限ったことではなく、生物農薬・生物資材一般に言えることである。たとえば、施設栽培のトマトの授粉に利用されているセイヨウオオマルハナバチは、ヨーロッパで飼育されパッケージ化されて日本に輸入されていたが、脱走個体が野外で営巣していることが1996年に確認されている。日本土着のマルハナバチに比べ攻撃性の高いセイヨウオオマルハナバチの野生化は、日本のハナバチ群集に大きな影響を与えることが懸念されている<sup>9)</sup>。アリの場合も野放図に商品化が進められれば、外国産の攻撃性の高い種が無防備に導入されかねない。たとえ国内産であっても、大量増殖された遺伝的に均一なアリコロニーが日本各地にばらまかれれば、土着のアリの遺伝的多様性を攪乱し地域の固有性を失うことにもなりかねない。したがって、生物農薬的な使用を試みる場合でも、基本的に土着のコロニーから小規模に増殖させたものを、その地域内に限って使用する、といった節度ある姿勢が求められよう。

## VI. 結 語

以上、アリを害虫防除に利用できるかという点について、その可能性の大きさと問題点を論考し、とくにアリとアブラムシ類との関係の操作を中心に研究の方向性を提案した。アリが持つ高い捕食能力はきわめて魅力的であるが、いっぽう実用には問題点も多いことが明らかになった。筆者は、アリを有効に活用すれば農薬を大幅に削減できるなどとは夢想だにしている。ただ、あまり顧みられることのないありふれたアリのはたらきを理解し、その有能さを少しでも人間のために活用することで、アリと人間の共存をはかりたいと思うものである。同時に、農耕地や森や街路樹の上で人知れず多くの害虫を除去してくれているアリの無償の恩恵について、少しでも認識を広められたらと願うものである。

### 謝辞

本研究の着想および発展の過程で多くの示唆をいただいた姫路工業大学の坂田宏志博士に感謝いたします。本研究は、2002年度桃山学院大学総合研究所特定個人研究費の援助を受けて行われた。

### 注

- 1) 現代農業 1998年6号, pp. 56-67
- 2) 根本久, 矢野栄二「天敵利用のはなし」技報堂出版, 1995
- 3) A. J. Beattie “*The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms*” Cambridge University Press, 1985.
- 4) A. F. G. Dixon “*Aphid Ecology: An optimization approach, 2nd ed.*” Chapman & Hall, 1998
- 5) 市岡孝朗, 市野隆雄「熱帯雨林のアリとアリ植物：相利共生と共進化2 アリとマカランガの利害関係」インセクトリウム Vol. 36, pp. 188-194.
- 6) C. M. Bristow “Why are so few aphids ant-tended?” In: C. R. Huxley and D. F. Cutler eds. *Ant-Plant Interactions*. Oxford University Press, 1991, pp. 104-119.
- 7) 坂田宏志「アブラムシとアリの相互作用系の解析」京都大学農学部博士論文, 1998
- 8) 桐谷圭治「ただの虫を無視しない農業：生物多様性管理」築地書館, 2004.
- 9) 鷲谷いづみ「保全生態学からみたセイヨウオオマルハナバチの侵入問題」日本生態学会誌 第48号, 1998, pp. 73-78.



## Exploring the Potential of Pest-management Technique Using Predatory Ants

Keisuke IWAO

Although pest management in the agricultural field relies mostly on chemical substances, more and more organisms are utilized as natural enemies of pest organisms. Commercially available natural-enemies have prey-specific effects, which limit the range of pests that they exert control. Predatory ants are widespread and extremely efficient in hunting various prey insects. As their presence is so crucial in reducing herbivorous insects, many plants provide some form of benefit to ants in order to attract them. There is thus a potential of utilizing ants as a natural enemy of pest insects. The biggest problem using ants is that many ants attend aphids and scale insects in order to obtain their honeydew secretion. Attending ants attack natural enemies of aphids and scale insects, which are pest insects for many crop plants. A series of experiments are proposed to test if it is possible to turn attending ants to predators of aphids by providing sugar-rich food to the ants. If the ant-aphid relationship can be controlled and manageable, the pest-management using ants will become a realistic option, provided that the effects on local biodiversity is cautiously minimized.