

# アリがハダニの生物的防除を左右する可能性

京都大学 大学院農学研究科 地域環境科学専攻 生態情報開発学分野 おおつき はつね や の しゅういち 大槻 初音・矢野 修一

## は じ め に

多くの作物の重要害虫である *Tetranychus* 属のハダニは、世代時間が短く、新しい化学農薬に対して速やかに抵抗性を発達させるため、ハダニの抵抗性進化と新規農薬開発のいたちごっこには際限がない。そこで、ハダニの天敵を用いる生物的防除への関心がますます高まっている。ハダニは葉面に張った網の内側で生活する (SAITO, 1983)。網は風雨をしのぐ住居であると同時に、ほとんどの潜在的な捕食者の攻撃を防ぐシェルターでもある (SABELIS and BAKKER, 1992)。ハダニを専門的に捕食する「スペシャリスト」のカブリダニは、この網を突破してハダニを攻撃するため、ハダニ防除の切り札と期待されてきた (McMURTRY and CROFT, 1997)。しかし、彼らを利用した防除が必ずしも成功しないのはなぜだろうか。ハダニによる作物の被害がカブリダニに軽減されるように、カブリダニとハダニの攻防はさらに上位の捕食者に左右されるはずである。ハダニやカブリダニの上位捕食者として、これまでハナカメムシなどの単独で餌を探す捕食者が注目されてきたが、それよりもはるかに身近で強力な捕食者が忘れられてきた。社会性昆虫のアリである。

## I アリとダニの攻防をどうやって観察するか

ハダニを知らない人はいても、アリを知らない人はまずいない。彼らは農生態系の至る所に生息し、地球上のアリの総重量は人間のそれに匹敵するとされる (HÖLDOBLER and WILSON, 1994)。その巨大な餌要求量を満たすために、アリはダニなどの小型の動物に大きな捕食圧を及ぼしているはずである。

しかし、アリとダニの攻防を野外で観察するのは簡単ではない。第一に、野外の現場では体長が 0.5 mm にも満たないハダニとカブリダニの種を肉眼で見分けることができない。第二に、カブリダニのように獲物の体液を吸う捕食者が吸殻を捕食した場所に残すのに対し、アリは獲物を巣に持ち帰るので捕食の痕跡が残らず、ダニが植物から分散 (KENNEDY and SMITLEY, 1985) して姿を消

す場合と区別ができない。かと言って、ダニが分散しないように植物に封じ込めようとする、ダニより大きなアリが植物に出入りできなくなる。野外観察が無理ならば両者を室内に持ち込んで実験する手があるが、こちらはアリが社会性昆虫であるために一筋縄ではいかない。女王アリの産んだ子供を養い、自身は生殖能力を欠く働きアリは、巣から引き離すと捕食活動をしなくなるからである。アリに本来の捕食活動をさせるためには何千匹ものアリを巣ごと維持する巨大な飼育装置が必要となるので、それをいくつも反復するのは不可能に近い。以上のように、これまではアリとダニを同時に観察する術がなかったため、その攻防については国内外を問わずほとんど調べられていなかった。

そこで、我々が目を付けたのが、アミメアリという女王を持たないアリだ。日本全土に生息する体長 2.5 mm ほどの小型のアリで、道端で行列を作る姿がよく目につく。アミメアリは働きアリがクローン繁殖して巣を維持する (Irow et al., 1984) ため、少数の働きアリだけを隔離しても、自分の子を育てるために捕食活動を続ける。よって我々は、このアミメアリを使うことで比較的小規模な室内の飼育装置でアリによるダニへの捕食を検証できると考え、決まった数ずつの両者を同居させる人工生態系 (マイクロコズム; 図-1) を考案した (OTSUKI and YANO, 2014 a)。独立したマイクロコズムを何十回も反復することによって、そこで観察される現象の普遍性を確かめることができる。

## II 網を介したアリとダニの攻防

### 1 ハダニは網でアリの攻撃を防ぐ

そもそもアリはハダニを食べるのだろうか。カンザワハダニの雌成虫をインゲンマメのリーフディスクに乗せ、マイクロコズムの中に置いて観察すると (図-1)、アミメアリは小さなカンザワハダニを前脚と口器で器用に捕え、啜えたまま人工巣に持ち帰った。どうやら食べることは間違いない。カンザワハダニは自力でリーフディスクから脱出できないことから、以降の実験では姿を消したカンザワハダニはアミメアリに捕食されたと判断した。圧倒的な体格差 (図-2) にもかかわらず、カンザワハダニにはアミメアリの攻撃を防ぐ術がある。よく観察すると、アミメアリは網の外を歩くカンザワハダニし

Ants as Potential Biological Control Agents against Spider Mites.  
By Hatsune OTSUKI and Shuichi YANO

(キーワード: アミメアリ, カンザワハダニ, ケナガカブリダニ, 生物的防除, 捕食者間相互作用, マイクロコズム)

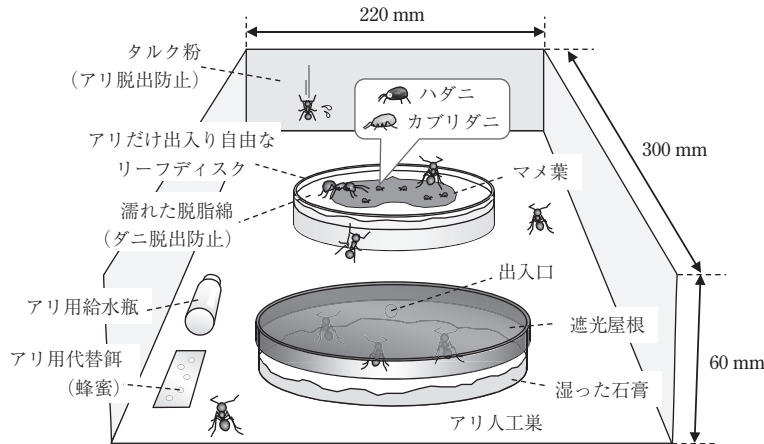


図-1 アリとダニの攻防を調べる人工生態系（マイクロコズム）

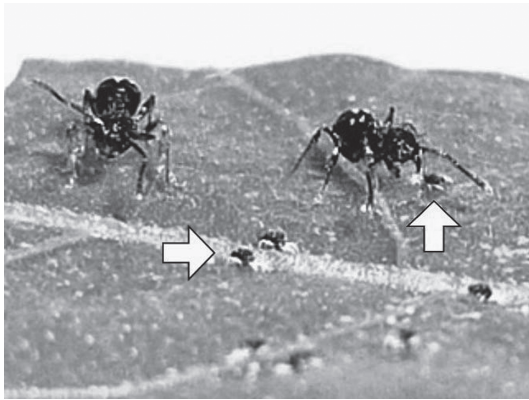


図-2 カンザワハダニ（矢印）とアミメアリ

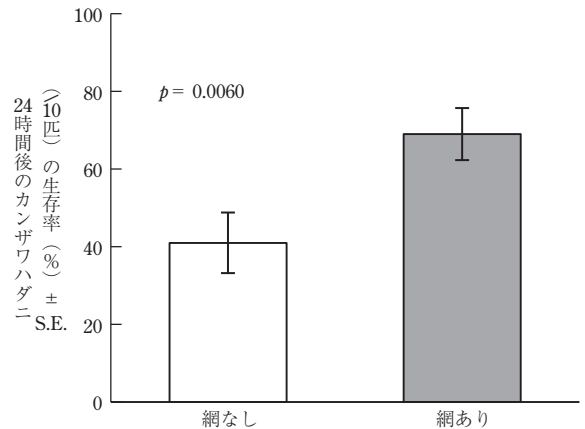


図-3 ネットはハダニをアリの捕食から守る

か襲わない。カンザワハダニの網がアミメアリの捕食を防ぐかを調べるために、事前に十分な網を張らせたカンザワハダニとそうでないカンザワハダニをアミメアリと同居させると、網を張ったカンザワハダニの生存率のほうが高かった（図-3）。ハダニは網の内側に籠もることでアリの攻撃を防ぐようだ（OTSUKI and YANO, 2014 a）。この結果だけを見ると、アリはハダニの生物防除の役に立たないように見えるが、それは早計である。

## 2 ハダニはアリとカブリダニによる同時攻撃を防げない

スペシャリストのカブリダニがハダニの防御網を突破できることを冒頭で述べたが、攻撃されるハダニも座して死を待つわけではない。カンザワハダニは、網に侵入したケナガカブリダニが大好物のハダニの卵（FURUICHI et al., 2005 a）から先に手を付けている隙に、網を抜け出して捕食を免れる（OKU et al., 2004）。このように、ハダニはアリに対しては網に籠もり、カブリダニに対しては網を出るという二つの防御策を使い分けて、攻撃方法

の異なる捕食者を巧みにかわしている。しかし、この明らかに相容れない二つの防御策は、両方の捕食者が同居する場合にどうなるのだろうか。実際にヤブガラシなどの野生植物上では、カンザワハダニとケナガカブリダニ、アミメアリは頻繁に顔を合わせている。

そこで、網を張らせたカンザワハダニのリーフディスクを、①捕食者がいない、②ケナガカブリダニだけ、③アミメアリだけ、または④その両方がいるマイクロコズムに入れて、カンザワハダニの生存を比べた。その結果、④両捕食者がいるときだけカンザワハダニの生存率が著しく低かった（図-4）。②ケナガカブリダニだけあるいは③アミメアリだけの密度を倍にして実験してもほとんどのカンザワハダニが生き残ったので、④の生存率が低いのは捕食者の数が②と③より多いためではなく、両捕食者の相互作用がもたらしたと言える。さらに、④の両捕食者存在下で死んだカンザワハダニは、すべてアミメアリに捕食されていた（図-4）ことから、カンザワハダ

ニはケナガカブリダニを避けて網を出たところをアミメアリに捕食された(図-5)と結論できる。カンザワハダニがケナガカブリダニへの防御を優先して網を出た理由は、網の中にとどまって目のケナガカブリダニに確実に襲われるよりも、網を出た先にアミメアリを含む捕食者がいないように賭けたからだろう。

以上の結果は、スペシャリストのカブリダニによるハダニ防除の成否をアリが大きく左右することを、世界で初めて示すものである(OTSUKI and YANO, 2014 a)。アミメアリとケナガカブリダニの組合せに限らずとも、ハダニを網に籠もらせる捕食者と網から追い出す捕食者の間に、普遍的に同じ効果が期待できる。このような捕食者間の相互作用は、捕食者1種と被食者1種の関係の足し算からは予測できないため、複数種の捕食者を同時に使った操作実験が不可欠である(SIH et al., 1998)。

### 3 アリはカブリダニの敵か味方か

アリがハダニを捕食してくれるのはよいとして、カブリダニまで捕食されてしまつては困る。ケナガカブリダニの生存率は、アミメアリがいないとき(図-4の②ケナガカブリダニだけ)に比べて、いるとき(図-4の④両捕食者)のほうが低かったが、それでも7割が生き残った(OTSUKI and YANO, 2014 a)。カンザワハダニの生存率が4割未満だった(図-4の④)のに比べると随分高い。これは、カンザワハダニの網に侵入したケナガカブリダニは、その網のおかげでアミメアリの捕食を防げるからである(矢野, 未発表)。ハダニの被害が問題になる状

況では、カブリダニが利用できる網は十分にあるはずなので、アリがカブリダニを捕食する心配は少ない。

カブリダニを捕食しないとしても、アリはカブリダニの餌であるハダニを奪う競争者に見えるかもしれない。取り逃がしたカンザワハダニをアミメアリに献上するケナガカブリダニは馬鹿を見ているように思えるが、実はそうでもない。カンザワハダニの網を間借りするケナガカブリダニは、アミメアリによる捕食を回避できることに加えて、取り逃がした成虫よりも栄養価の高い卵(FURUICHI et al., 2005 a)をちゃっかり捕食できるからだ。カブリダニがハダニの網の恩恵を受ける場面はこれだけではなく、彼らはハダニの網を手掛かりにしてハダニを探し当てることもできる(RODA et al., 2001; FURUICHI et al., 2005 b)。このようにカブリダニにとって不可欠なハダニの網が、アリなどの捕食者への対策として維持されているのだとすれば、カブリダニは恒常的にアリの恩恵を受けていると考えることができる。したがって、カブリダニにとってアリは決して敵ではない、つまりアリは生物的防除の邪魔にはならないはずだ。

### III アリはハダニの拡散を阻止する

ハダニはカブリダニに網を追い出されるととき以外にも網を出てアリにさらされる機会がある。それは、ハダニが網を張った餌場を食い荒らして別の餌場へ分散するときだ。ハダニが餌場の間を分散する過程を再現するため、カンザワハダニが餌ではない材質の橋を通して加害

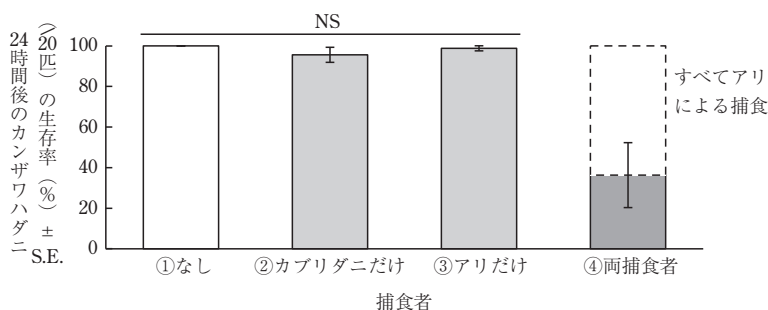


図-4 アリとカブリダニの相互作用がハダニの生存率を下げる

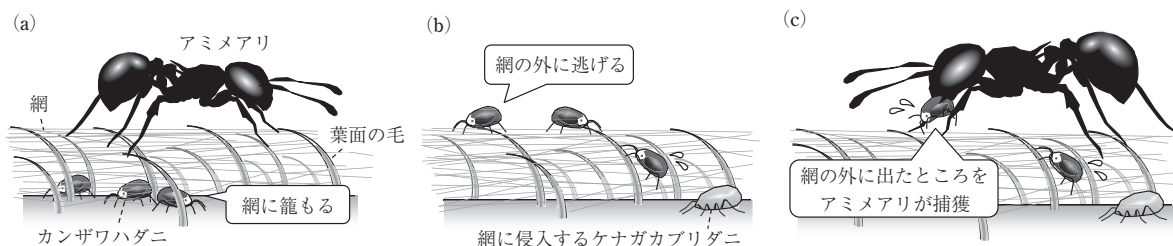


図-5 ハダニの異なる防御戦略は、個別の捕食者には有効(aとb)だが、両捕食者の同居時に破綻する(c)

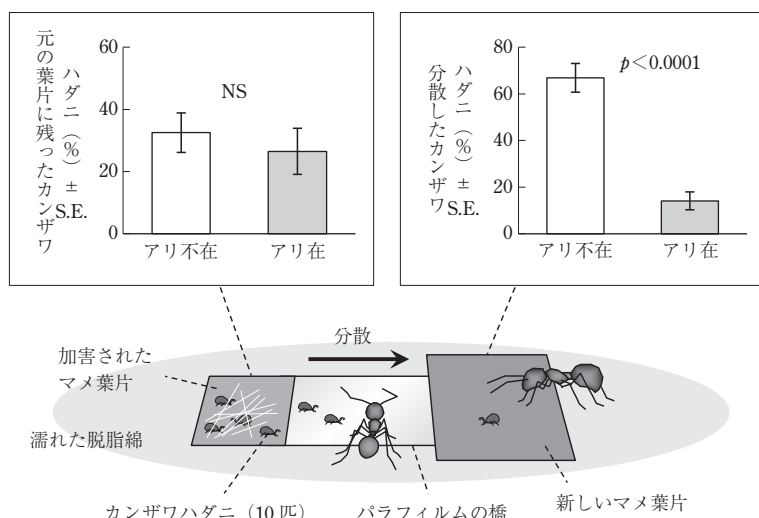


図-6 アリは分散するハダニを捕食する

葉片から新しい葉片に歩行分散できる装置(図-6)を作った。これをマイクロコズムの中に置き、アミメアリの有無でカンザワハダニの分散を比べた。一定時間後に加害葉片に残ったカンザワハダニの数はアミメアリの有無によって変わらない一方(図-6左)、新しい葉片に分散できたカンザワハダニの数はアミメアリがいると激減した(図-6右)。つまり、アミメアリは網を出て分散する途中のカンザワハダニを捕食したことになる。したがって、アリは野外でハダニの被害が拡散するのを防いでいる可能性がある。

一方で、スペシャリストのカブリダニは網の外に追い出したハダニを分散させる(BERNSTEIN, 1984)。しかも、カブリダニに追い出されたハダニは、餌の劣化が原因で分散するハダニよりも遠くに散らばって分散する(OTSUKI and YANO, 2014 b; 2014 c)。局所的に高密度になったハダニを素早く抑える必要がある場合には、他の餌には目もくれずハダニの網を破って攻撃するスペシャリストのカブリダニはたしかに有能な天敵である。しかし、彼らが拡散させたハダニを捕食してより広域の被害を未然に防ぐアリも、また重要ではないか。「皆が」風邪で倒れないためには、風邪をひいてしまってから強力な風邪薬を飲むだけでなく、うがいや手洗いをして風邪の拡散を予防することも大事なと同じ理屈である。

## おわりに

「スペシャリストのカブリダニによるハダニの生物防除が必ずしも成功しないのはなぜか」という冒頭の問いに対する答えの一つは、カブリダニが逃がしたハダニ

を人知れず始末してくれるアミメアリのようなアリが現場にいなかったからかもしれない。アリは甘露を出すアブラムシやカイガラムシ等の害虫を保護する姿が目につきやすいため、厄介者扱いされがちだ。また、行列をなして人家に侵入するので、不快害虫として駆除されることも少なくない。しかし、冷静に考えれば、巨大な捕食圧を持ちハダニや他の多くの害虫を捕食するアリをむやみに敵視するのは、我々にとって損失ではなからうか。農生態系でアリが果たす役割を理解し、彼らを手懐けることが、ハダニとの戦いを有利に進める道ではないだろうか。

## 引用文献

- 1) BERNSTEIN, C. (1984): *Oecologia* **61**: 134 ~ 142.
- 2) FURUICHI, H. et al. (2005 a): *Appl. Entomol. Zool.* **40**: 675 ~ 678.
- 3) ——— et al. (2005 b): *J. Appl. Entomol.* **129**: 336 ~ 339.
- 4) HÖLDOBLER, S. and E. O. WILSON (1994): *Journey to the Ants*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, UK, 228 pp.
- 5) ITOW, T. et al. (1984): *Insectes Sociaux* **31**: 87 ~ 102.
- 6) KENNEDY, G. G. and D. R. SMITLEY (1985): Dispersal. In: Helle, W. and M. W. Sabelis (eds), *Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Amsterdam, p. 233 ~ 251.
- 7) McMURTRY, J. A. and B. A. CROFT (1997): *Annu. Rev. Entomol.* **42**: 291 ~ 321.
- 8) ORU, K. et al. (2004): *J. Ethol.* **22**: 109 ~ 112.
- 9) OTSUKI, H. and S. YANO (2014 a): *Entomol. Exp. Appl.* **151**: 27 ~ 33.
- 10) ——— and ——— (2014 b): *Exp. Appl. Acarol.* (DOI: 10.1007/s10493-014-9824-9).
- 11) ——— and ——— (2014 c): *Naturwissenschaften* **101**: 513 ~ 516.
- 12) RODA, A. et al. (2001): *Oecologia* **129**: 551 ~ 560.
- 13) SABELIS, M. W. and F. M. BAKKER (1992): *Exp. Appl. Acarol.* **16**: 203 ~ 225.
- 14) SATTO, Y. (1983): *Acarologia* **24**: 377 ~ 391.
- 15) SHI, A. et al. (1998): *Trends. Ecol. Evol.* **13**: 350 ~ 355.