

東南アジアのハダニ事情

京都大学大学院農学研究科 ^{たか}高 ^{ふじ}藤 ^{あき}晃 ^お雄

はじめに

筆者は、我が国に発生するナミハダニ *Tetranychus urticae* KOCH (黄緑型) とカンザワハダニ *T. kanzawai* KISHIDA の休眠性における変異の研究を 1980 年代から 15 年間近く続けてきた。その後、1999 年からその研究を少しずつ東および東南アジアへと広げてきた。ナミハダニは世界中に分布するコスモポリタンな種であり、またカンザワハダニも東アジアを中心に広く分布する種であるが、重要な農業害虫種でもある両種がどのように分布を広げてきたことを明らかにすることは基礎的にも応用的にも興味深い。2004 年から 06 年にかけては、「分子・生態情報に基づく東南・東アジアにおけるハダニ類の分布拡大プロセスの解析」というタイトルの海外調査に取り組み、3 人のダニ類研究者のご協力を得ることによって、より詳細な調査が可能となった。この研究では、上記 2 種のハダニの分布拡大プロセスを明らかにするために、地域個体群間の分子遺伝特性における変異と休眠性を中心とした生態特性における変異を検出し、それらをマーカーとして個体群間の類似度の解析を行った。

東南アジアにおけるハダニの採集はいずれも短期間で、あらかじめなんらかの情報がないと解析に必要とする十分な標本数を首尾良く得ることは困難である。親交のあるダニの研究者がいた台湾、タイおよびインドネシアではこのような情報を前もって準備してくれていたもので、あまり苦勞せずに標本が得られた。一方、ベトナムではハノイの国立植物保護研究所の昆虫研究者ですら、1 人を除いてハダニを見たこともなかった。しかし熱心で優秀な彼らは、1 日もたつとハダニの発生場所を見つけてきてくれた。

2 種のうち、カンザワハダニのように体色が赤色を呈する *Tetranychus* 属のハダニは他に何種もいる。しかし筆者のように分類学の知識がない者でも、30 年間もハダニを現場で見ていると、簡便な目視法 (ENOHARA and AMANO, 1996 参照) などを駆使することによって、採集時にかなりの確率でカンザワハダニを他種と識別できた。一方、ナミハダニ黄緑型については、外見上の類似種が他にいないので、採集時の識別が容易であった。も

ちろん、これらの採集標本の多くは、後に形態観察、DNA 分析または交配実験により正確に同定されている。いずれの採集旅行でも全くの空振りは一度もなかったことは、これら 2 種の発生が東・東南アジアではふつうであること示し、我々の研究目的に適していた。

ただ、我々が一度だけでも訪問できた国はわずか 6 か国にすぎず、また、上記の 2 種ハダニの標本採集が目的であるために、常にくつつかの地域を移動しながらのごく短期間の調査であった。したがって、この間の調査によってアジアのハダニに関して確かな情報を得ることができたとは毛頭思っていない。しかし、特に東南アジアにおけるハダニの生態や被害状況などについては、筆者の知る限り、我々の目に入る学会誌などに論文として発表されることはまれで、残念なことに基本的な情報すら伝わってこない。そこでこの研究を通じて副産物的に知り得た東・東南アジアにおけるハダニ類の発生状況などを、訪問回数が多かったタイと台湾を中心に報告したい。ただ、ここで紹介する情報のいくつかはきっちりした統計量に基づくものではなく、多かれ少なかれ推察に基づいた見聞録的なものもある。最後に、本来の研究目的であった 2 種ハダニの分布拡大や系統分化に関する研究成果についても触れておきたい。

I 種類相

ハダニ科のダニに関して世界的な分布をまとめた BOLLAND et al. (1998) によれば、1996 年時点で世界中から 1,189 種のハダニが記載されている。日本からは 1998 年で 14 属 68 種が知られ、さらに EHARA (1999 a) はハダニ科の属・種の和名などを再検討して日本産ハダニを 16 属 78 種とした。2004 年にはさらに 4 種が加わり、最新情報では日本産ハダニは 82 種からなる (江原・後藤, 2007)。

日本におけるこのような確かなデータを、分類学者の少ない他のアジア地域に求めることは困難である。台湾では 2000 年時点で 15 属 74 種が記録されている (Ho, 2000) が、実際にはもっと豊富であろう。また、タイ農務省植物保護研究開発局の保存標本からは 99 種のダニが確認されるが、そのうちハダニ科のダニは 48 種にすぎず、タイのダニ類研究者から得られる情報は、いまのところこれしかない。

表-1 タイにおける農業上重要なハダニ種と発生作物. 重要度の順に並べた (タイ農務省の観察から)

重要度	種	主要な加害作物
高 ↑ ↓ 低	<i>Eutetranychus africanus</i> ^{a)}	カンキツ類, ドリアン, キャッサバ, ダイズ
	<i>Tetranychus urticae</i> (ナミハダニ)	高地のバラ, イチゴなどの園芸作物
	<i>T. kanzawai</i> (カンザワハダニ)	バラ, イチゴ, アジサイ等の園芸作物, ワタ, パパイア
	<i>Oligonychus magniferus</i>	ブドウ, マンゴー
	<i>T. macfarlanei</i>	オクラ, ササゲ類
	<i>T. truncatus</i> (イシイナミハダニ)	キャッサバ, ダイズ, ササゲ類, リョクトウ
	<i>T. fijiensis</i>	パッションフルーツ
低	<i>Eotetranychus cendanai</i>	湿地帯 (運河内) のカンキツ類

^{a)} BOLLAND et al. (1998) によればタイには *Euteranychus orientalis* が分布するとされるが, KONGCHUENSIN et al. (2005), および V. Charanasri の同定と G. W. KRANZ の同定確認に従った.

BOLLAND et al. (1998) の著書は一見するとハダニの世界の分布をカバーしたような印象を与えるが, 情報は明らかに欧米に偏っており, アジアの情報は極めて限られている. いうまでもなく, 多くの地域では, 記録されたハダニの種数はその地域にダニの研究者がいるかどうか, そこで調査がどのくらい行われてきたかを示す指標にすぎないといえる.

東南アジアにおけるハダニの種の記載は, 江原昭三博士のご尽力によるところが大きい. 博士は台湾では 1966 年に, タイでは 70 年および 73 年に, マレーシアでは 86 年に, それぞれかなりの長期にわたり標本を採集され, 現地の研究者とも共同で成果を発表されただけでなく, スライド標本が現地に保存されている. これらの研究についてはいくつかの論文 (例えば EHARA, 1969; EHARA and PONG, 1988) だけでなく, 研究の裏話も含めた江原 (1999 b) の著書にも興味深く紹介されている.

II 農業上の重要種

各ハダニ種が農業害虫としてどのくらい重要かを相对比较することは, 対象とする作物により発生種が異なるから容易ではないが, 表-1, 2 はそれぞれタイおよび台湾に発生するハダニ種を重要度の順番に並べたものである.

1 タイ

タイの場合, 数量的なデータはないので, 表-1 はタイ語で書かれたタイのハダニ図鑑 (CHARANASRI et al., 2001) と, タイ農務省の数人のダニ研究者から聞き取り調査したものに基づいている. 誰もが最重要種と認めた種は *Eutetranychus africanus* (TUCKER) であり (口絵写真 1), タンジェリンやザボンをはじめとするカンキツ類の重要害虫とされる. また, 本種は雨期が終わるところからタイ中南部から南部のドリアン園で激発し, その防除に苦慮している (口絵写真 2). 特に幼果に発生した

表-2 台湾における農業上重要な 6 種のハダニ (Ho, 2000 を改変)

重要度	種	構成比 (%) ^{a)}
1	<i>Tetranychus kanzawai</i> (カンザワハダニ)	31
2	<i>T. urticae</i> (ナミハダニ黄緑型)	15
3	<i>Panonychus citri</i> (ミカンハダニ)	8
4	<i>T. truncatus</i> (イシイナミハダニ)	7
5	<i>T. urticae</i> (ナミハダニ赤色型)	6
6	<i>Oligonychus lichii</i>	4
7	<i>T. piercei</i> (ミヤラナミハダニ)	2

^{a)} 1991 ~ 93 年にかけて 69 種の作物から採集した 1,298 個体に基づく.

場合, 商品価値を失うという. 一度, 農務省の研究者と現地の薬剤販売会社の営業員の案内で, タイ中南部のドリアン園における *E. africanus* の薬剤試験に同行したことがある. そこではいくつかの殺ダニ剤の効果試験が行われていたが, 使用薬剤はすべて中国製であった. 本種は主に葉表に生息し, そのため激しい降雨を受けない乾期に多発するものと思われる. *E. africanus* の被害は果樹だけでなく, キャッサバ, ダイズ, メロン等多岐にわたる (KONGCHUENSIN et al., 2005). タイでは害虫として注目度の高い本種が, 他の東南アジアでも多発しているかどうかは確認できていない.

タイで次に重要な種はナミハダニ (黄緑型) *Tetranychus urticae* KOCH とカンザワハダニ *T. kanzawai* KISHIDA とされる. ナミハダニは 1984 年に北部チェンライのバラ園で最初に確認され, 今では北部高地のイチゴやバラで広く最重要害虫となっているが, 南部の低地には分布しない. 一方, カンザワハダニは北部の高地から南部の低地まで広く分布している. 北部チェンマイなどではバラの他にアジサイなどの花き園芸作物に多く, 一

方、中部では最近になってワタで多発するようになり、深刻な問題になっている。インドネシアなどの他の東南アジア各国ではキャッサバがカンザワハダニの好適な寄主の一つであり発生も多いが、タイでは少なくとも我々やタイ農務省の研究者はキャッサバでの発生を確認していない。タイのキャッサバにおける優占種はイシイナミハダニ *T. truncatus* EHARA (口絵写真3) である。日本、韓国、中国等の東アジアではアケビ、クサギ、アカメガシワ、アジサイ、クローバー属等の多様な野生または半野生植物でカンザワハダニの発生が見られる。しかし2004年に6人で3日間にわたりタイ北部を中心に、上記に属する野生寄主でカンザワハダニの採集を試みたが1匹たりとも発見されず、その後もタイを含めた東南アジアでは野生植物での発生は確認されない。

表-1には上記の主要種のほか、日本には分布しない *Eotetranychus cendanai* RIMANDO (口絵写真4) など数種が害虫に挙げられているが、それらによる被害は限定的である。日本や台湾でも発生が見られるナンセイナミハダニ (*T. neocaledonicus* ANDRÉ) やミヤラナミハダニ (*T. piercei* MCGREGOR) などはいずれも栽培種と野生植物の両方で発生するものの多発するケースは見られなかった。また、ハダニ以外のダニでは、ランでランヒメハダニ (*Tenuipalpus pacificus* BAKER) が重要害虫であり、また、最近盛んになってきたキノコ栽培ではヒナダニやコナダニ類などの発生が問題になっている。

2 ベトナム

ベトナムでの調査はわずか2回で、しかも調査地域は北部のハノイとその近辺のみで情報は限定されるが、最も頻繁に遭遇したハダニはカンザワハダニであり (HINOMOTO et al., 2007 a), バラ、チャ、キャッサバ等で採集された。ハノイ近郊ではバラの栽培が盛んであり、ナミハダニ黄緑型とカンザワハダニの混発が見られ、どちらも極めて高密度で発生していた。キャッサバではカンザワハダニとイシイナミハダニ両種の発生が見られた。また、モモなどの果樹ではイシイナミハダニが場所によっては高密度に発生し、同様な傾向は中国でも観察された。本種は日本でも最近増えており、今後、害虫として重要になるかもしれない。

3 台湾

表-2のデータは台湾の多様な作物から得られた標本に基づいているが (Ho, 2000), 日本の種構成と類似点が多い。カンザワハダニは台湾では最も普通種で、分布域が広く極めて多くの植物で発生が見られる (TAKAFUJI et al., 2005)。チャ園でもカンザワハダニの発生が多いが、チャでの発生が認められるようになったの

は1960年代以降とされる (Ho, 1988)。台湾でも最近増えつつある有機栽培園や減農薬園ではカンザワハダニの発生が少なくなり、マンゴーツメハダニ *Oligonychus coffeae* (NIETNER) の発生を見る。

台湾でナミハダニ黄緑型やリングハダニ *Panonychus ulmi* (KOCH) の発生が始まったのは1970年代後半からで、いずれも侵入種と考えられ (Ho, 1988), ほぼ同じ時期にナミハダニが日本の西南暖地にも分布拡大している。リングハダニの発生は高地のリングに限られ、低地のナシなどで発生することはない。ナミハダニ黄緑型はやや冷涼な地域のイチゴで発生が多い。南部では赤色型が多いが、中南部の平地でも局地的にキクなどで黄緑型の激発を見ることがある。ミカンハダニ *Panonychus citri* (MCGREGOR) は全域の様々なカンキツ類で常時発生が多い種である。

4 インドネシア

インドネシアのジャワ島では、カンザワハダニがキャッサバなどにごくふつうに分布する。本種は1980年初期にスマトラ島で調査したときに、民家の家庭菜園に植栽されていたキャッサバに数多く発生していた (EHARA, 2004)。そのときに採集した標本から確認されたハダニは、カンザワハダニを含めわずか5種であった (EHARA, 2004)。当時、カンキツではミカンハダニの発生が全く見られなかったが、最近ではジャワ島全体に本種の発生が広がっていると聞く。ジャワ島では茶園におけるカンザワハダニの発生はまれで、マンゴーツメハダニの発生が多い。また、西ジャワの標高1,000 m以上の地域にはナミハダニ黄緑型の発生がキクで見られ、黄緑型が赤道直下でも高地には分布拡大していることが確認された。

III ハダニの防除の現状

タイでは近隣の東南アジアに比べて園芸作物に対し、より早くから化学薬剤が使われてきた。タイ北部で栽培されるバラやイチゴなどには多様な病害虫の防除に薬剤散布が不可欠であり、このようなところではハダニの発生が顕著である。タイにおいては、ハダニは25年以上前から重要な害虫であり、2004年の殺ダニ剤総輸入量は425 tにも達する (化学薬剤はすべて輸入)。殺虫剤の中に占める殺ダニ剤の割合は日本とはほぼ同じの約13%であり、インドネシアやフィリピンと比較して明らかに多い (表-3)。ハダニは乾期に生育する作物種で発生が顕著であり、雨期にはハダニの被害はあまり問題ではないとされる。

タイ北部の標高1,000 m前後の高地には、Royal Project Foundationの農場がいくつかあり、そこでの農

表-3 殺虫剤の中で殺ダニ剤の占める割合の国別比較

国	年	販売金額 (US\$mm)		殺ダニ剤の 割合 (%)
		殺虫剤全体	殺ダニ剤	
タイ	2005	129	17	13.1
インドネシア	2004	116	5	4.7
フィリピン	2004	49	1	1.5
日本	2005	1,152	148	12.8

資料は藤本博明氏による。

作物の生産は少数民族の雇用に貢献している。この周辺の気候はタイとしては比較的涼しく、イチゴ、レタス等の野菜、花き等が栽培されており、早朝に収穫された農産物は直ちに都市部に搬送される。比較的高品質の生産物が要求されるため、これまで病虫害防除に薬剤が多く使われてきた結果、ハダニの被害が顕著になり、殺ダニ剤の使用がここでも不可欠であった。しかし近年では、都市部の富裕層の消費者を中心とした食の安全性志向の高まりによって減農薬が求められるようになり、天敵を防除体系に組み込む研究が始まっている。

筆者の研究室に4年間にわたって毎年数か月ずつ通われ、今年学位を取得された KONGCHUENSIN 博士 (タイ農務省植物保護研究開発局) は、この研究の指導的立場にある。彼女が目につけたハダニの天敵は捕食性カブリダニの1種 *Neoseiulus longispinosus* (EVANS) (口絵写真5) であり、日本などの温帯域に多いケナガカブリダニ *N. womersleyi* SCHICHA の近縁種である。*N. longispinosus* は熱帯・亜熱帯アジアに分布し、タイ全土にもふつうに見られる土着種である。本種は極めて多様な植物に生息し、*Tetranychus* 属のハダニ類を好んで捕食し (KONGCHUENSIN et al., 2005)、捕食力や増殖力はケナガカブリダニなどと比べてなら遜色はない。チェンマイ高地の野外イチゴ園で本種の放飼実験が行われた結果、複数回の追加放飼が必要であったが、少なくとも殺ダニ剤散布よりは効果的にナミハダニを制御できることが示された (KONGCHUENSIN, 2007)。また、技術的には目新しさはないものの、ハダニを餌とした本種の大量増殖法も確立され (KONGCHUENSIN et al., 2006)、化学薬剤との併用に備え、本種に対する殺虫活性の低い薬剤も選定されている (KONGCHUENSIN and TAKAFUJI, 2006)。また、熱帯種であることから高温耐性に優れており、北部高地だけでなく、平地でも暑さに耐えてハダニ制御効果が大きいと言われている。最近、チェンマイに小さいながらも本種の大量増殖施設が作られ、生産農家への本種の利用に関する技術移転も進んでおり、熱帯アジアにおける生物的防除の実施例として注目される。

台湾でも、これまで大量の殺ダニ剤が使用されてきた。しかし本来、癒しの食材であるべき中国茶やジャスミンなどにも農薬残留が知られるようになり、食の安全に対する志向はここでも高まっている。

国立中興大学の施 (SHIH) 教授は、長年にわたってケナガカブリダニの大量増殖技術の開発と野外での利用について研究を行ってきた。本種の静岡県個体群の一部は各種薬剤に対して強い耐性をもち、茶園のカンザワハダニ個体群を自然制御することが知られている。しかし、日本やヨーロッパなどでは本種の天敵資材としての技術開発には成功していない。ところが台湾ではケナガカブリダニによるハダニの生物的防除は既に確立された技術になっている。

台湾に限らず、最近科学論文よりも特許のほうが評価される傾向が強い。したがって研究論文だけ見ていると、実勢から遅れることがある。施教授の研究室には2枚のpatent 証明書が誇らしげに掲げられている。一つはカブリダニの餌であるナミハダニの大量増殖に関するもの、もう一つはケナガカブリダニの大量増殖のものである。このうち、後者に関する基本的な情報は SHIH (2001) に記されているが、最新版の技術はまだ論文としては公表されていない。ハダニの大量増殖法については SHIH (2001) に詳しい。この方法では、ハダニが発生したインゲンマメの葉裏に水を噴射してハダニを葉から分離し、さらにふるいを使って卵および幼虫と成虫を選別して、卵と幼虫は集めた後乾燥させてカブリダニの餌とし、一方、成虫は新しいマメ植物に戻して増殖のために再利用する。

カブリダニの大量増殖に重要な人工餌の開発にはこれまで世界中の人が挑戦してきたが、実用化に成功した例は全くない。施教授もこれには成功していない。しかしハダニの卵だけだと安定して餌を確保できないので、かわりに安価で日持ちの良い動物性物質をカブリダニの代用餌としてハダニの卵に添加・増量することにより、安定してカブリダニを大量増殖することに成功した。

マメ葉よりのハダニ卵の回収からカブリダニへの混合餌の供給、カブリダニの増殖から回収・パッキングまでの一連のプロセスは手作業的な面を残しつつも自動的に作業が進むようになっている。重要課題であった代用餌が何であるかについては公表されていないし、またこの大量増殖したカブリダニの野外放飼によって得られるハダニの防除効果を検証した論文も発表されていない。しかし、今ではこの技術の一部は企業に移転され、特にチャイイチゴの生産現場ではケナガカブリダニの大量放飼によるハダニの防除は既に定着している。ただ、この大

量増殖技術は台湾内の使用を想定したもので、海外へ輸出する場合、生産量や輸送に伴うカブリダニの生存の確保に問題点が残っている。

IV 2種ハダニの分布拡大

最後に、筆者らの本来の目的である2種ハダニの分布拡大プロセスや分布起源に関する研究成果について簡単に触れておきたい。初めに述べたように、この研究では、分子情報としてDNA塩基配列を用いることでハダニの分布の広がりや類推した。一方、生態情報としては休眠性に注目した。休眠性はハダニの生存にとって重要な適応的形質である。異なる環境に分布が広がる過程でその形質にどのような変化が生じたかを明らかにすることにより、分子情報による解析結果の生態的意義を明らかにできると考えた。

本研究で対象としたナミハダニ（黄緑型）とカンザワハダニは、ともに我が国に広く分布する。両種の寄生利用様式には違いがあるものの、似通った生態特性を持ち、バラ、ナシ、クローバー等同じ寄主に混じって発生

することもある。ナミハダニ黄緑型は今では日本中に分布するが、我が国の西南暖地にも分布が拡大したのは1970年代後期とされ、そのような地域では、施設環境や限られた栽培作物でしか安定した発生が見られない。一方、カンザワハダニは韓国、中国、台湾等東アジアに多く見られ、これらの地域では野生植物にも発生する。最近、本種とは別種と考えられてきた *T. hydrangeae* PRICHARD and BAKER がカンザワハダニのシノニムとされた (NAVAJAS et al., 2001) 結果、本種はオセアニアや欧米にも分布することとなり、カンザワハダニは、それらの地域へ輸出する農作物の検疫対象から除外されるようになった (後藤, 2005)。

分子系統学的解析から、ナミハダニは地中海起源であることは既に明らかになっていたが (NAVAJAS, 1998)、本研究から、日本、台湾、タイ等にまたがる個体群のCOI塩基配列の変異が非常に小さく、これらの地域への分布拡大が比較的最近であることが示唆された (HINOMOTO et al., 2001; 図-1)。このように、我が国だけでなく、東アジア一帯でナミハダニは侵入種であり、施

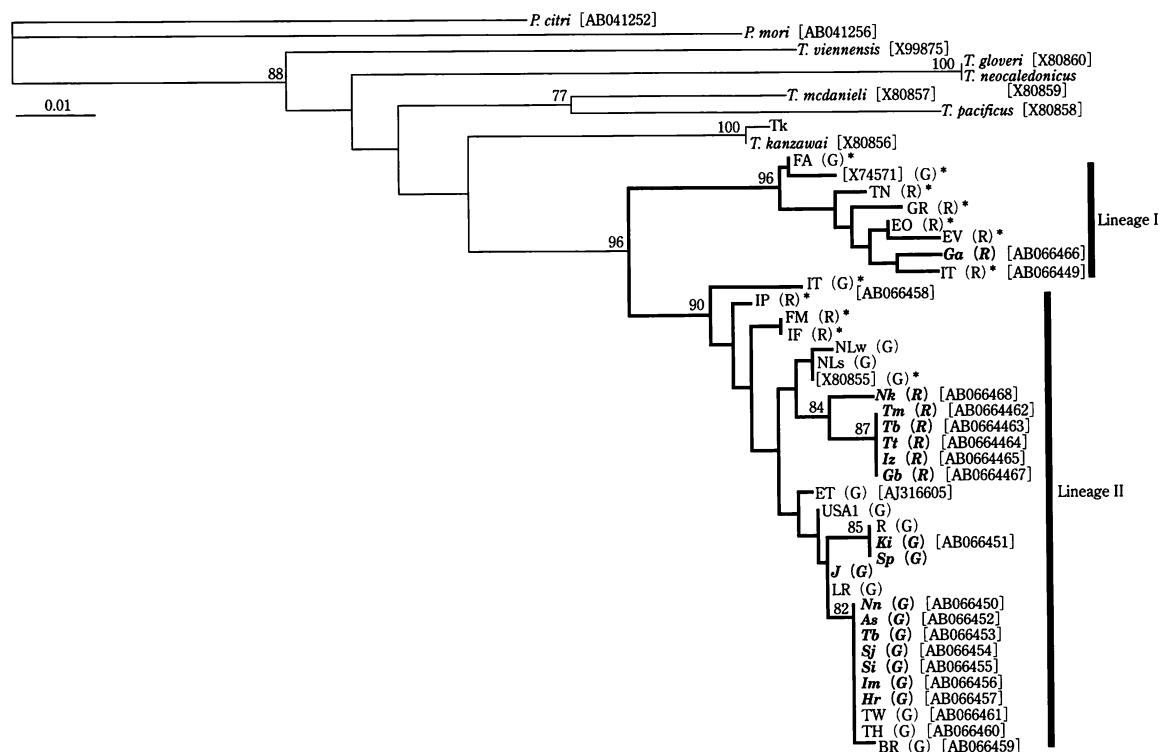


図-1 ナミハダニのミトコンドリア COI 遺伝子に基づいた系統樹。HINOMOTO et al. (2001) を改変

日本と地中海地域の個体群はそれぞれイタリックと*で表し、G および R はそれぞれ黄緑型と赤色型を、TW および TH はそれぞれ台湾およびタイの個体群を示す。図中の数字はブートストラップ値を示す。

設栽培環境や年間を通して寄主が途切れなく存在する環境に適応して一気に分布が拡大したと考えられる。北の個体群は強い休眠性を有するのに対し、本州西南部から東南アジア一帯の個体群はいずれも休眠性が極めて弱く (TAKAFUJI et al., 1991; 2003; 2005; TAKAFUJI and HINOMOTO, 未発表), 南への分布拡大に伴って休眠性が失われていったと考えられる (図-2)。

一方、カンザワハダニについては、COI 塩基配列に基づいた系統解析 (HINOMOTO and TAKAFUJI, 2001; 2004; HINOMOTO et al., 2007 b) から、北海道の個体群には多様なハプロタイプの存在が確認されたが、本州以南の個体群、韓国、台湾、ベトナム、インドネシアを含む東南アジアの個体群から得られたハプロタイプは多型が貧弱で、それら個体群はすべて一つの単系統を構成していることが明らかになった。また、ベトナムのハノイ周辺から採集された個体群は我が国の個体群と類似度が高く、個体群間の変異が極めて小さいことから、ベトナムへの侵入は人為的要因により比較的最近起こったものであると考えられた (HINOMOTO et al., 2007 a)。これらの解析結果や野外での発生生態を総合して、カンザワハダニは従来推測されていた東南アジア起源ではなく、北東アジア起源であると考えられた。

我が国の九州以北のカンザワハダニはすべて高い休眠性を有しており (TAKAFUJI et al., 2001)、同様のことは韓国や中国の個体群にも当てはまる (TAKAFUJI and HINOMOTO, 未発表; 図-3)。しかし、本種の休眠性の変異は複雑で、沖縄諸島やタイの個体群では休眠性が非常に弱いに対し、熱帯域のマニラ近郊やジャワ島の個体群が高い休眠性を維持しており (TAKAFUJI and HINOMOTO, 未発表; 図-3)、変異を一義的に説明することが困難である。熱帯個体群では休眠性を必要としないにもかかわらず依然としてそれが維持されており、休眠性が必ずしも自然選択の対象になっていないと考えられる。

おわりに

東南アジアにおけるダニ類研究者の数はごく限られており、ハダニの新種記載をできる研究者はほとんどいない。したがって、外部からの研究者による調査が入らな

い限り、ハダニ類の多様性に関する研究はすぐには進むことはないと思われる。一方、東・東南アジア全体を見渡してみると、地域による違いは多少あるものの、主要な農業害虫種は共通したごく限られたものであることがわかる。減農薬が進むにつれて先進国ではハダニの問題が以前よりは軽減されてきたと言われる。一方、バラなどの園芸作物では我が国も含め依然としてハダニは難敵であり、ベトナム北部などの野外バラ園ではハダニによる被害が園によっては致命的なものもあり、不適切な薬剤散布が原因と思われる。また、タイのドリアンでハダニの大発生が生じている園を観察すると、そのような園はドリアンのみが新たに植栽されたものであり、除草剤を含む化学薬剤が多用されて園内外の環境が極めて単純化していることに気がつく。このように、先進国でハダニの多発を誘導した過ちが東南アジアでも繰り返されている。しかし一方で、台湾やタイのように地道ではあるが、土着天敵を利用したハダニの生物的防除の実践が現実的に進んでおり、学ぶべき点もあると考える。

最後に、貴重な情報をいただいた M. KONGCHUENSIN (タイ)、C. I. T. SHIH (台湾) および藤本博明 (住友化学) の各氏にお礼申し上げる。また、共同研究者としてご協力いただいた日本典秀、後藤哲雄、天野洋の各氏に感謝します。

主な引用文献

- 1) BOLLAND, H. R. et al. (1998): World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae), Brill, Leiden, 392 pp.
- 2) CHARANASRI, V. et al. (2001): Phytophagous mites and their control, The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Limited Press, Bangkok, 192 pp. (タイ語).
- 3) 江原昭三 (1999 b): 虫屋の来た道, 近代文芸社, 東京, 177 pp.
- 4) 江原昭三・後藤哲雄 (2007): 植物ダニ類の見分け方, 日本植物防疫協会, 東京, 120 pp.
- 5) HINOMOTO, N. and A. TAKAFUJI (2004): J. Acarol. Soc. Jpn. 13: 47 ~ 55.
- 6) ——— et al. (2001): Appl. Entomol. Zool. 36: 459 ~ 464.
- 7) ——— (2007 a): Intern. J. Acarol. 33: 53 ~ 60.
- 8) ——— (2007 b): J. Acarol. Soc. Jpn. 15 (in press).
- 9) Ho, C. C. (2000): Exp. Appl. Acarol. 24: 453 ~ 462.
- 10) KONGCHUENSIN, M. et al. (2005): J. Acarol. Soc. Jpn. 14: 1 ~ 11.
- 11) SHIH, C. I. T. (2001): Exp. Appl. Acarol. 25: 425 ~ 440.
- 12) TAKAFUJI, A. et al. (1991): Res. Popul. Ecol. 33: 331 ~ 344.
- 13) ——— et al. (2001): Appl. Entomol. Zool. 36: 177 ~ 184.
- 14) ——— et al. (2005): Plant Protection Bulletin 47: 103 ~ 114.