

# カンザワハダニの種内変異と同胞種 ニセカンザワハダニの発見(II)

茨城大学農学部応用動物昆虫学研究室 後 藤 哲 雄

## VI 2系統の地理的分布と *Wolbachia* 感染

これまで、表-1 (植物防疫 2000 年 10 月号 401 頁に掲載) に示した 4 個体群に基づいてカンザワハダニの特徴を述べてきたが、果たしてこれらの個体群で見られた現象に普遍性があるかどうかはわからない。さらに、T 系統と K 系統の地理的分布やその寄主植物を明らかにしておくことは、生殖不和合性の原因を探るうえでも、応用的な観点でも必要なことである。そこで、日本各地からカンザワハダニを採集し、2 系統への系統分けとその地理的分布、および *Wolbachia* の感染と不和合性への関与について検討した。

T 系統と K 系統の間には形態的な差が見つかっておらず、この 2 系統は互いに生殖不和合性を示すことによって分けられている (Gomi and Gotoh, 1996)。ただし、経験的に雄の体色が K 系統では淡黄緑色を帯びることがわかっていたので、系統分けの際に参考にした (2000 年 10 月号口絵参照)。最初に基準となる典型的な個体群を定め、それらとの交配によって系統分けした。T 系統として静岡県金谷町のチャ個体群、K 系統として茨城県阿見町のクズ個体群を選択した。

採集してきた各地のハダニ (図-3 参照) について、雌成虫を 50~200 個体選んで個別に飼育して子孫の雄成虫を得たのち、交尾器によってカンザワハダニと同定した。この時点で二つの系統が混在しないように、雄の体色を見極め、疑わしいものは個別飼育を続け、交配試験によって系統を確認した。交配試験の組み合わせで注意したことは必ず positive control, つまり正常に雌雄両方の個体が産出される組み合わせを入れたことである。これは、交尾器によってカンザワハダニと同定してあるが、たくさんの個体を扱っているのも、もし他種が混入するというミスがあった場合でも、子孫の性比によってそのミスがすぐに分かるようにするためである。この注

意点と最少の労力で最大の成果を上げることとを考慮して、一つの地域個体群について二つの交配を行った。つまり、K 系統の雌×地域個体群の雄、および地域個体群の雌×T 系統の雄の交配である。これら二つの交配は必ずセットで行う必要があり、一方だけでは系統分けは決してできないことを明記しておく必要がある。

T 系統と K 系統の間に交配前隔離がないことを確認するため、雄成虫が雌の第 3 静止期をガードして他の雄から守るガーディング行動の有無と交尾時間を検討した。供試した四つの組み合わせ (T×T, K×K, T×K, K×T) において、雄成虫は第 3 静止期の雌の上に乗ったり、ぴったり寄り添ったりしてガーディング行動を行った。そしていずれの雄成虫も平均 162.9 秒から 184.7 秒にわたって、成虫化したばかりの雌と交尾した。四つの組み合わせにおける交尾時間に有意差はなかった ( $F=1.722, P>0.05, ANOVA$ ) ので、T 系統と K 系統の間には機械的な隔離はないと考えられた (Gotoh et al., 1999) が、今後雄による雌の選好性などを検討する必要がある。

全国各地から採集した個体群について交配試験を行ったところ、いずれの個体群も明確に T 系統または K 系統に分けられ、中間的な値を示した個体群はなかった。その結果、検討した 74 個体群のうち、11 個体群 (14.9%) が K 系統の雌との間で正常に次世代を産出して K 系統、残りの 63 個体群が T 系統の雄との交配で正常な値を示して T 系統と判定された (図-3: Gotoh et al., 1999)。K 系統の分布は北海道、東北、関東に偏り、それ以西では採集されなかった。しかし、寄生していた植物はクズその他ホップ、クサギ、ナルコユリなど多様であった。

PCR 法によって *Wolbachia* への感染の有無を検討した結果、K 系統に属する 11 個体群のうち 4 個体群 (36.4%)、T 系統の 63 個体群中 14 個体群 (22.2%) が感染していた (図-3)。次に、感染個体群の *Wolbachia* が不和合性を起こす mod+ 系統であるか起こさない mod- 系統であるかを検討した。K 系統の阿見個体群 (図-3 の No. 26) は *Wolbachia* に感染していないので、K 系統と判定された感染個体群はすべて生殖不和合性を誘導しない mod- 系統の *Wolbachia* を保有して

Intraspecific Variations in Host Range and Reproductive Compatibility in *Tetranychus kanzawai* lead up to the Discovery of the Sibling Species, *T. parakanzawai*. By Tetsuo GOTOH

(キーワード: カンザワハダニ, 寄主範囲, 生殖不和合性, *Wolbachia*, 同胞種, ニセカンザワハダニ)

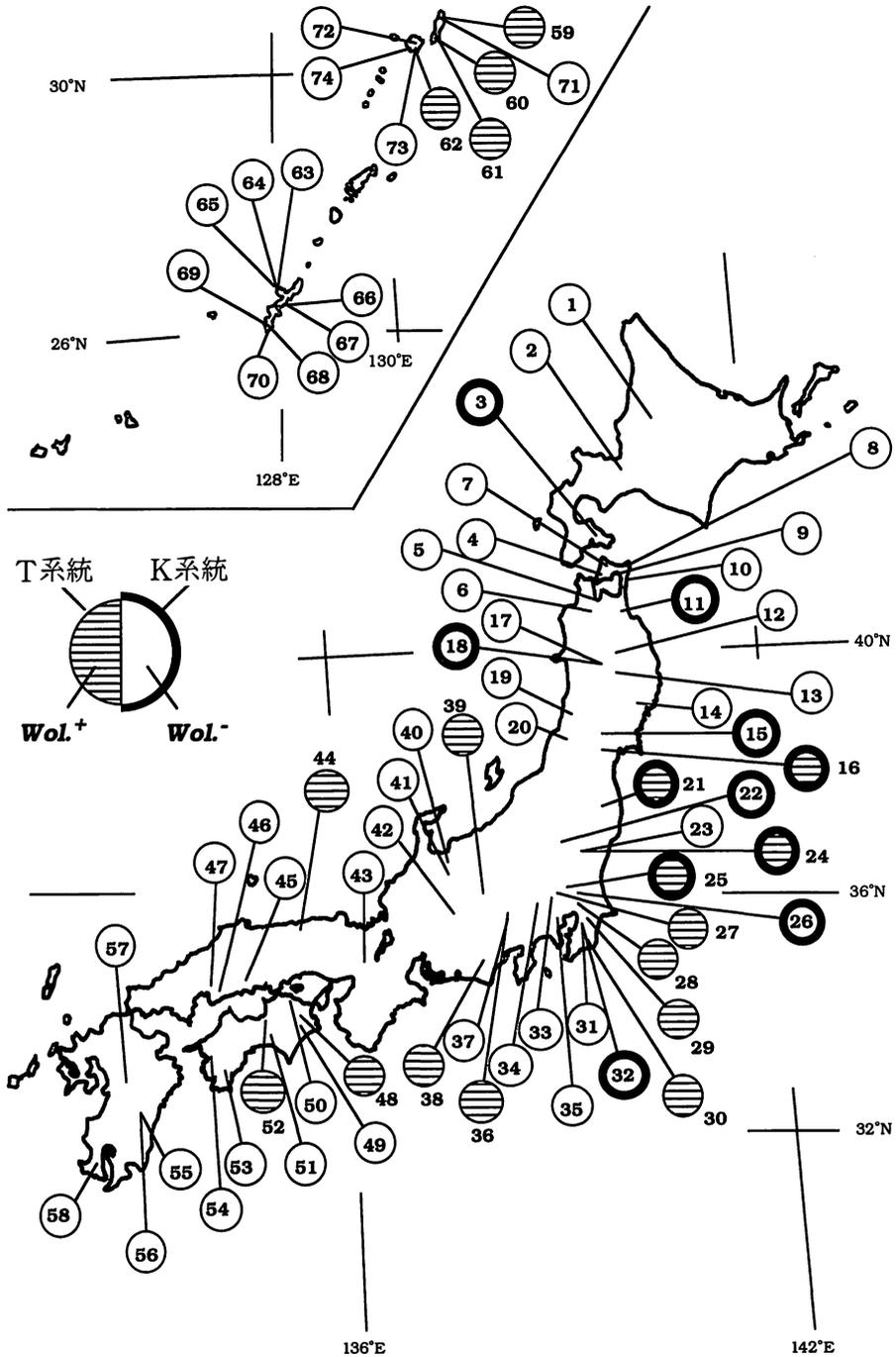


図-3 カンザワハダニの T 系統と K 系統および *Wolbachia* 感染個体群の分布  
 細い線で囲った個体群は T 系統, 太い線で囲った個体群は K 系統を示す. 円内の横線は  
*Wolbachia* に感染していることを, 数字は個体群番号を示す (GOTOH et al., 1999 を改変).

いる。T 系統で *Wolbachia* に感染していた 14 個体群の雄は、T 系統の金谷個体群 (図-3 の No. 38) に抗生物質を処理して *Wolbachia* を除去した雌と交配した。も

し、地域個体群の雄が mod+ 系統に感染しているならば、抗生物質処理雌との交配ではふ化率や雌率が T 系統の感染雌との交配に比べて有意に低下するはずであ

る。しかし、検討したいずれの交配においても、ふ化率や雌率の低下は見られず(図-4)、いずれの個体群も不和合性には関与しないmod-系統の *Wolbachia* に感染

していることがわかった (GOTOH et al., 1999)。

### VII 主要寄主における発育率の普遍性

カンザワハダニの4個体群の寄主植物は14種の共通の植物を含む21種であった(表-3, 植物防疫2000年10月号401頁に掲載)。このうち最も特徴的な植物は、チャ、アジサイ、そして生殖不和合性に基づく系統であるT系統とK系統を寄主植物によって分け得る可能性を持つヤマブキであった。そこで、全国から採集した74個体群のうち70個体群について、これら三つの植物上での幼虫から成虫までの発育率を検討し、各植物への寄生性に普遍性があるか否かを解析した。

カンザワハダニの発育率は、図-5に示したとおりである (GOTOH et al., 1999)。チャで発育できたのは、チャから採集した個体群とチャ、アジサイ以外の植物から採集したT系統の2個体群であった。しかし、この2個体群の発育率は悪く、わずかに29.1%と8.3%に過ぎなかった。つまり、チャで発育できるカンザワハダニはかなり稀な存在であることがわかった。アジサイでは、アジサイから採集したすべての個体群が良好に発育した

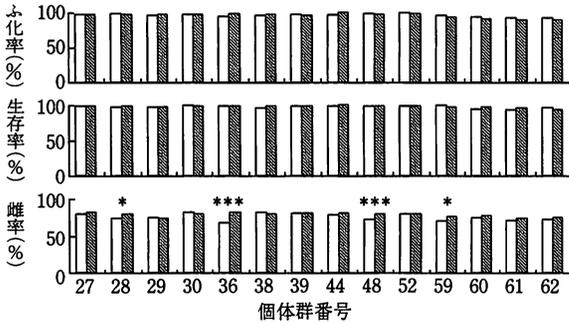


図-4 カンザワハダニの *Wolbachia* 感染個体群の雄とチャ個体群 (No. 38) の感染雌 (白) または抗生物質処理雌 (斜線) との交配におけるふ化率, 生存率および雌率

ヒストグラムの下に数字は、図-3の個体群番号に対応する。平均値は Mann-Whitney U-test で検定した (無印:  $P > 0.05$  で有意差なし; \*:  $P < 0.05$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ ) (GOTOH et al., 1999 を改変)。

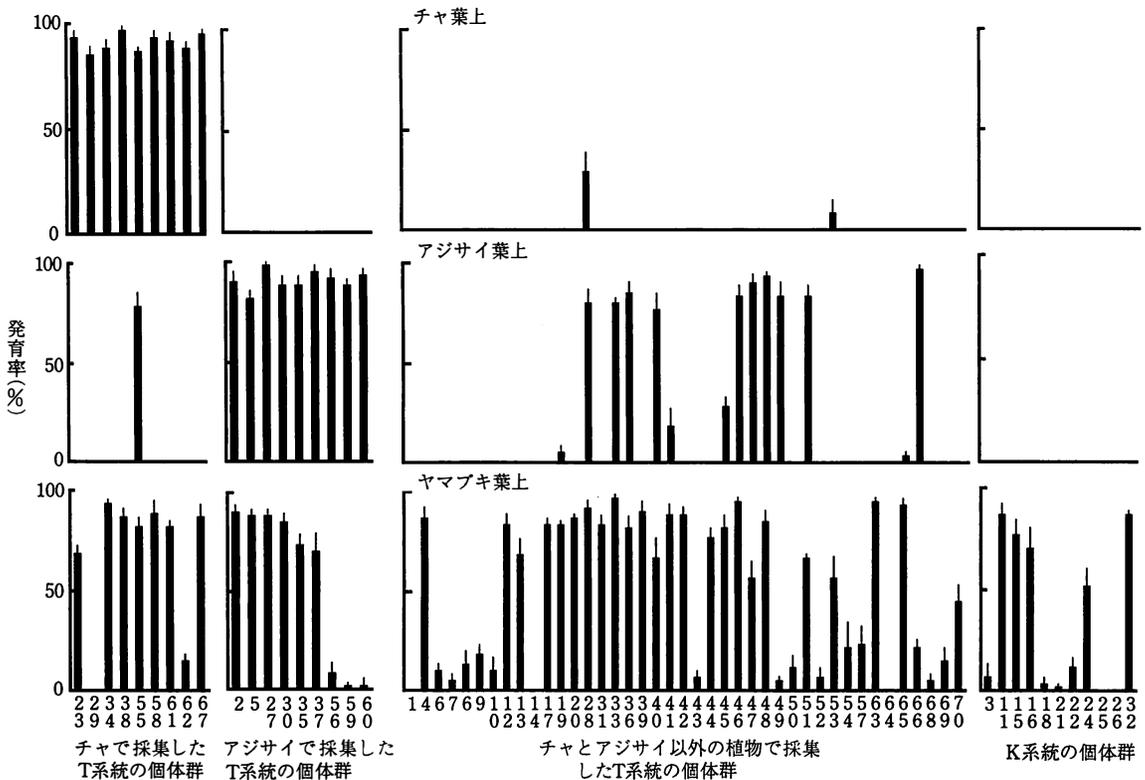


図-5 カンザワハダニの70地域個体群のチャ、アジサイ、ヤマブキ葉上における発育率

図下の数字は、図-3の個体群番号に対応する。ヒストグラム上の縦線は標準誤差 (S.E.) を示す (GOTOH et al., 1999 を改変)。

ほか、チャから採集した1個体群とそのほかの植物から採集したT系統の10個体群が良好な発育率を示した。これに対し、K系統の個体群はチャとアジサイでは全く発育できなかった。

四つの個体群の試験では、ヤマブキ上でT系統は発育でき、K系統は発育できなかった。この結果から、「ヤマブキにおける発育の可否によってT系統とK系統を分けることができる」と仮定された。しかし、多くの個体群を用いて検討した場合には支持されなかった。つまり、T系統の個体群でもヤマブキで発育できない個体群があったり、K系統でも発育できる個体群があったりして、発育できる個体群とできない個体群が混在することがわかったためである(図-5)。したがって、T系統とK系統の判別は交配試験による方法しかないと考えられた。

ところで、チャで発育できた個体群の数がアジサイで発育できた個体群の数より著しく少なかったことを考えてみたい。前述したように、チャで発育するためには“T”遺伝子、アジサイで発育するには“H”遺伝子を保有する必要がある。一般に、チャ園は商業的に大面積で栽培されるが、チャ産地は互いに離れている。つまり、地理的にはパッチ状に分布していると考えられる。一方、アジサイは個々の植栽面積が非常に小さいものの、各家庭の庭や公園などに普通に見られる。つまり遍在していると考えられる。チャあるいはアジサイから分散したカンザワハダニは様々な植物に再寄生するが、このようにチャとアジサイの分布形態が違うため、結果として“T”遺伝子を持つ個体群より“H”遺伝子を持つ個体群の方を多く採集してきたのかもしれない。この点については、チャ園からの距離と採集した個体群の寄生性との関係を解析しないとはっきりしたことはいえないが、個体群動態やホストレースの分布様式を考える上では興味深い問題である。

#### Ⅷ ニセカンザワハダニの記載

カンザワハダニのT系統とK系統には、江原昭三博士による分類学的検討が加えられ、茨城県阿見町のK系統の個体に基づいて、ニセカンザワハダニ *Tetranychus parakanzawai* EHARA が記載された(EHARA, 1999)。カンザワハダニとニセカンザワハダニを分ける形態的特徴は、雄交尾器先端の膨らみの長さであり、カンザワハダニが4.0  $\mu\text{m}$  であるのに対してニセカンザワハダニは3.3  $\mu\text{m}$  である。この違いは、ナミハダニとナミハダニモドキを分けた長さの差(約0.5  $\mu\text{m}$ )とほぼ同じである(EHARA and GOTOH, 1996)。したがって、形態差は小

さいが、ある程度の経験を積んでいれば、同定を間違えることはない。

#### おわりに

カンザワハダニの研究は、「チャの重要害虫なのに、なぜチャで育たないのか」という素朴な疑問に答えることと、リンゴやナシなどを欧米に輸出する際の貿易障壁になっているため、県試験場の研究者から「カンザワハダニが寄生しない証明」や「カンザワハダニと他のハダニとの簡便な識別法の伝授」を求められたことが、その始まりであった。最初の問題には何とか答えらしいものを出すことができたと思うが、二つ目の問題はいまだにその出口が見えない状況にある。誠に不甲斐ないばかりであるが、研究が進むとそれにつれて次々に新しい問題が出てくるので、その対応に追われて今日に至っているのが現状である。

加えて、1999年5月に京都で開催された「第4回植物寄生性ダニ類の個体群動態に関する国際シンポジウム」が縁で、カンザワハダニ(T系統とK系統)とカンザワハダニのシノニムであるという見解が出されている *Tetranychus hydrangeae* との類縁関係をフランス、オーストラリア、日本で検討することになったが、その結果がまた非常に悩ましいものである(NAVJAS et al., in press)。したがって、現状ではカンザワハダニ、ニセカンザワハダニ、*T. hydrangeae* は“kanzawai species group”として位置づけておく必要があると考える。その意味においても、研究に当たっては同定をしっかりと行うことと液浸でも良いので証拠標本を残すことが必要不可欠である。

ところで、最初に「実験材料として大変秀逸な“個体群”に遭遇していた」と書いた。その一つは、チャとアジサイの個体群がそれぞれアジサイとチャでは全く発育しなかったことである。もし、一部の個体が発育していたら、寄主範囲に関与する遺伝的背景を検討することはなかったはずである。もう一つは、クズにはT系統のハダニがたくさん寄生しているのに、偶然にも選択した阿見の個体群がK系統であったことである。もし、T系統に当たっていたら、ニセカンザワハダニの記載はなかった可能性が高く、また全国の個体群を集めて系統分けしたり、チャやアジサイへの寄生性を検討することもなかったはずである。しかし、秀逸な個体群に遭遇した幸運だけが、この研究を成就させたのではないであろう。いずれ紹介する機会があると思うが、五味 康君によってこの研究が進められていた時期に筆者は、北嶋康樹君と共にモクセイ科植物に寄生する「ミカンハダニ」

(現在、モクセイハダニ)の生態、窪田光洋君とナシ園に発生するミカンハダニの個体群動態、奥 弘行君とミズナラハダニの生殖不和合性、肥後雄一君とクワオオハダニの生殖不和合性(後に *Wolbachia* がテーマに加わった)の研究を同時進行していた。皆新しい発見を喜び合い、議論し、これまでと違う視点から何かを得ようとする当時の研究室の雰囲気が大いに影響したと思う。

最後に、千葉県原種農場の上遠野富士夫博士には、本研究の企画・立案段階で種々の貴重なご助言をいただいた。本研究室の大学院生であった五味 康君が発揮した交配試験の妙技がなければ、本研究の発展はあり得なかった。京都大学の高藤晃雄教授には本稿をまとめるよう再三再四にわたり叱咤激励をいただいた。その励ましがなければ、本稿の完成はなかったであろう。全国各地の研究者の方々にはカンザワハダニを採集していただき、そのお陰で本研究を遂行することができた。千葉大学の天野 洋教授には本稿に種々のご教示をいただいた。本研究室の学生・院生諸君には実験の補助やデータ整理とその解析など色々ご助力をいただいた。記して厚く御礼申し上げる。

主な引用文献

1) ASHIHARA, W. (1987): Appl. Entomol. Zool. 22: 512~518.  
 2) BREEUWER, J. A. J. (1997): Heredity 79: 41~47.  
 3) EHARA, S. (1999): Species Diversity 4: 63~141.  
 4) ——— and T. GOTOH (1996): J. Acarol. Soc. Jpn. 5: 17~25.  
 5) 江原昭三・真梶徳純 (1975): 農業ダニ学. 全国農村教育協会, 東京, 328 p.

6) ———・———— 編 (1996): 植物ダニ学. 全国農村教育協会, 東京, 419 p.  
 7) FUTUYAMA, D. J. and S. PETERSON (1985): Annu. Rev. Entomol. 30: 217~238.  
 8) 五箇公一 (1998): 日生態誌 48: 319~326.  
 9) GOMI, K. and T. GOTOH (1996): Appl. Entomol. Zool. 31: 417~425.  
 10) ———・———— (1997): ibid. 32: 638~641.  
 11) GOMI, K. et al. (1997): ibid. 32: 485~490.  
 12) 後藤哲雄 (1988): 応動昆 32: 219~223.  
 13) GOTOH, T. and K. GOMI (2000): Exp. Appl. Acarol. 24 (in press)  
 14) ——— and K. TAKAYAMA (1992): J. Acarol. Soc. Jpn. 1: 45~60.  
 15) ——— et al. (1999): Appl. Entomol. Zool. 34: 551~561.  
 16) 浜 弘司 (1995): 農業技術 50: 433~438.  
 17) HILL, R. L. and D. J. ●DONNELL (1991): Exp. Appl. Acarol. 11: 253~269.  
 18) HURST, G. D. D. et al. (1999): Proc. R. Soc. London B 266: 735~740.  
 19) KITASHIMA, Y. and T. GOTOH (1995): J. Acarol. Soc. Jpn. 4: 91~101.  
 20) KONDO, A. and A. TAKAFUJI (1985): Res. Popul. Ecol. 27: 145~157.  
 21) 森 樊須 (1977): 農生生態系における捕食性ダニ類の役割と利用. 人間生存と自然環境 (佐々 学ら編). 東京大学出版会, pp. 225~236.  
 22) 野田博明 (1998): 日本ダニ学会誌 7: 83~98.  
 23) ●NEILL, S. L. et al. (1997): Influential Passengers: Inherited Microorganisms and Arthropod Reproduction. Oxford Univ. Press. Oxford. 214 p.  
 24) ●SAKABE, Mh. et al. (1990): Appl. Entomol. Zool. 25: 326~328.  
 25) 刑部 勝 (1967): 茶試研報 4: 35~156.  
 26) ROININEN, H. et al. (1993): Evolution 47: 300~308.  
 27) SHECK, A. L. and F. GOULD (1996): Evolution 50: 831~841.  
 28) TAKAFUJI, A. and T. ISHII (1989): Res. Popul. Ecol. 31: 123~128.  
 29) 内田正人 (1982): 鳥取果試特報 2: 1~63.  
 30) 山本敦司 (1998): 植物防疫 52: 215~218.

主な次号予告

次号1月号は、下記の原稿を掲載する予定です。

新年を迎えて 柿本靖信  
 都道府県における植物防疫事業の課題 池田二三高  
 平成12年の病害虫の発生と防除  
 農林水産省農産園芸局植物防疫課  
 ユズ幹腐病の発生生態と防除 貞野光弘  
 新農業：ジクロシメットの作用特性 小栗幸男

植物防疫基礎講座：農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル  
 (40) 昆虫病原性線虫(天敵線虫スタイナーネマ) 田辺博司・山中 聡  
 植物防疫基礎講座：カキノハタムシガの人工飼育法 中 秀司・土田浩治  
 トピックス  
 植物防疫事業五十周年記念式典の開催  
 農業散布技術の今後の展望 近藤俊夫  
 リレー随筆：病害虫防除所の活動  
 (5) 高知県病害虫防除所 藤本健二  
 談話室：ペランダでやった薬剤試験 岸 國平

定期講読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ  
 定価1部920円 送料76円