

# カンザワハダニの休眠性と越冬生態

## —ナミハダニとの比較—

京都大学大学院農学研究所生態情報開発学研究室

たか  
高  
ご  
五

ふじ  
藤  
か  
箇

あき  
晃  
こう  
公

お  
雄  
いち  
一

国立環境研究所

### はじめに

カンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* はナミハダニ *T. urticae* とともに我が国に広く分布し、園芸作物の最も重要な害虫種のハダニである。いずれも極めて広食性であるが、我が国の温暖地ではナミハダニの発生が栽培作物やその周辺の下草雑草などに限られているのに対し、カンザワハダニはクサギなどの野生植物でも安定して発生が継続し、むしろそこでの発生が栽培植物への侵入源となることが多い（例えば、森下・高藤，1999 a）。

ナミハダニ（黄緑型）の分布の中心はもともとヨーロッパや北米などの冷温帯から温帯地域であり、我が国の南部には最近になって分布が拡大してきたと考えられている。一方、カンザワハダニの研究例はナミハダニと比べて少なく不明な点が多いが、その分布は東アジアに限られるようである。

両種はともに短日低温に反応して成虫休眠を行う。これまでナミハダニの休眠に関する研究にはヨーロッパを中心に多くの蓄積があるが（例えば VEERMAN, 1985 参照）、日本では注目度の高いカンザワハダニの休眠についての研究は予想外に少ない。カンザワハダニの休眠性にはナミハダニのそれと比べて基本的な違いは見られないが、この小文ではカンザワハダニの休眠性に関する最近の研究成果を、これまでのナミハダニの休眠性に関する研究例と比較しながら紹介したい。

### I 休眠誘起と覚醒

休眠誘起に短日と低温が主導的な役割を、餌条件が補助的効果を示すことはカンザワハダニを含む多くのハダニに共通する。休眠誘起のための臨界日長は室内実験（15～20℃）から、鳥取のナシ個体群で約12時間（内田，1980）、岡山のナシ、モモ個体群（高藤・上林，1984）や京都の茶個体群（望月，未発表）で11～12時

間、和歌山のエンドウ個体群で10～11時間（森下・高藤，1999 b）であり、西日本の野外では10～11月にかけて休眠誘起される。低温ほど誘起効果が強いことはナミハダニでよく知られているが、これはカンザワハダニでも同様である（TAKAFUJI et al., 2001）。

休眠誘起条件を感じるステージは卵から成虫期までのすべてに及ぶが、最も感受性の強いのは第一および第二若虫期で、ナミハダニ（PARR and HUSSEY, 1966）やクワオオハダニ *Panonychus mori*（FUJIMOTO and TAKAFUJI,

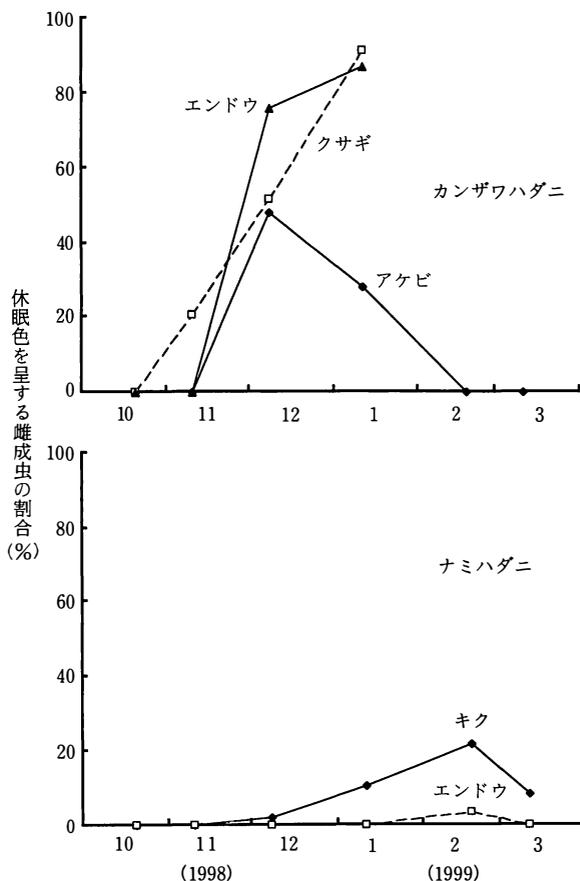


図-1 和歌山県中部のエンドウ栽培地域における異なる寄主に発生するカンザワハダニ個体群の休眠誘起時期（TAKAFUJI and MORISHITA, 2001）。縦軸は調査時点での休眠色を呈する雌成虫の割合を示す。下図は比較のために同地域のナミハダニの誘起時期を示す。

Diapause Characteristics and Overwintering Ecology of the Kanazawa Spider Mite, *Tetranychus kanzawai*. By. Akio TAKAFUJI and Kouichi GOKA

(キーワード：休眠, カンザワハダニ, ナミハダニ, 遺伝的変異, 寄主植物, 地理的変異)

1986)と同じである。ナミハダニと同様に、休眠誘起された雌成虫の体色は鮮やかな朱色に変化し産卵が停止する。茶ではそのような休眠誘起雌は葉上にとどまるが、落葉果樹では枝の誘引繩の内部や樹幹の割れ目などに移動し(内田, 1980), アスパラガスでは空洞になった茎の内部で休眠雌が集団で越冬する。

休眠は通常、冬期の偶発的な気温上昇による休眠解除を避けるため、一定の低温期間を経ないと覚醒しない。しかしカンザワハダニの朱色の休眠色は多くの場合3~4月頃まで維持されるが、休眠覚醒はそれ以前に起こっている。12月下旬以降に静岡県のカサネ茶園から採集した雌成虫を15°Cに移すと、日長にかかわらずほとんどの雌成虫は10日以内に産卵を開始することからこの個体群では12月末までに覚醒が終了していると考えられる(MOCHIZUKI and TAKAFUJI, 1996)。また和歌山県中部の野菜栽培地域の個体群でも、休眠色を示す雌成虫の割合は

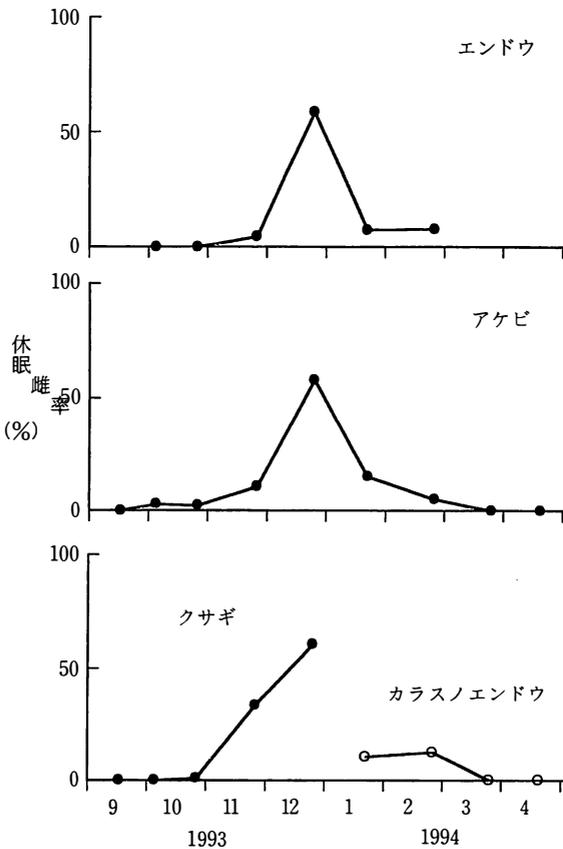


図-2 和歌山県中部のエンドウ栽培地域における異なる寄主に発生するカンザワハダニ個体群の休眠雌率の変化(森下・高藤, 1999bを改変)。縦軸は25°C長日で2日間産卵しなかった雌成虫(休眠雌)の割合。

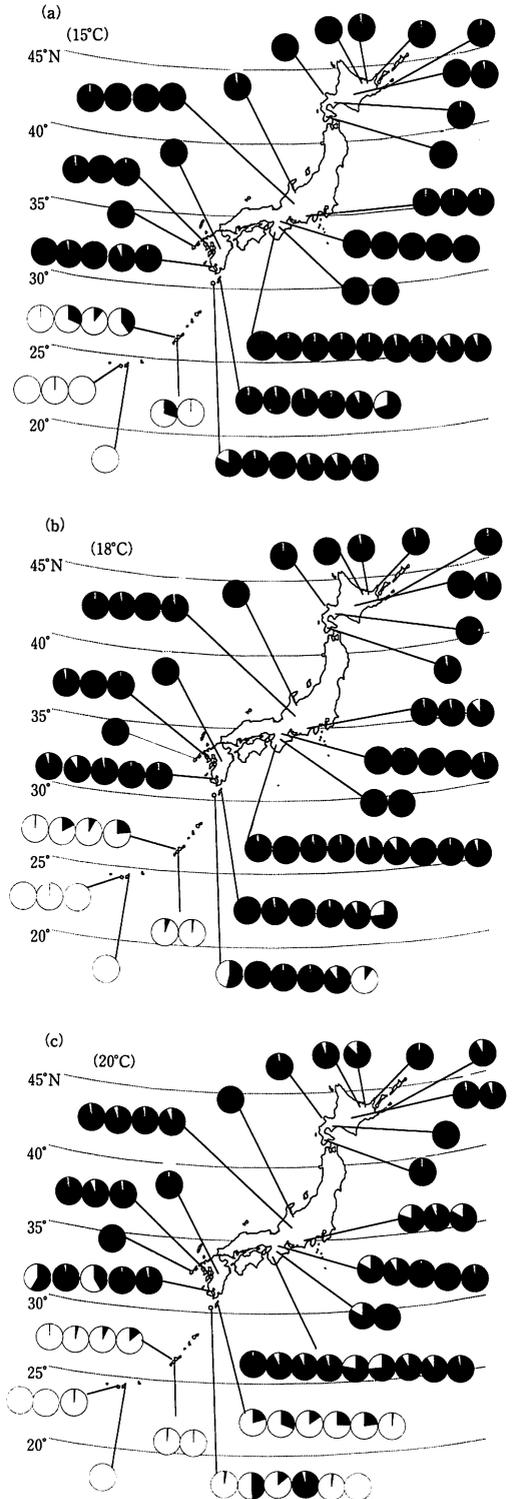


図-3 落葉性または草本性寄主に発生するカンザワハダニの休眠性の地理的変異(TAKAFUJI et al., 2001)。黒地は15(a), 18(b)および20°C(c)における休眠発現した雌の割合を示す。

落葉性の寄主では1月中旬まで増え続けるが(図-1)(TAKAFUJI and MORISHITA, 2001), 産卵しない個体(休眠雌)の割合は12月下旬を最高に以後1月下旬にかけて急激に減少する(図-2)(森下・高藤, 1999b)。このことは12月から1月にかけて休眠覚醒することを示している。このようにこれらの個体群では厳寒期前に休眠覚醒が起こっており, 覚醒に低温経験が必要でない。ただし覚醒後も冬の間, 雌成虫は休眠色のままであり耐寒性が維持される。

## II 休眠性の変異

日本では主要な害虫種でありながら, カンザワハダニの休眠性の変異については最近まで体系的に調べられてこなかった。これは, カンザワハダニはすべて休眠を行う種であると考えられてきたからである。事実, 最近の詳細な休眠性のデータ(TAKAFUJI et al., 2001)を見ると, たしかに我が国のカンザワハダニは強い休眠性を有し, 15°Cで誘起させると屋久島・種子島以北の個体群はすべて90%以上の休眠率を示す(図-3a)。しかし18~20°Cでは九州南部や本州南部の個体群の休眠率がやや低く, とくに屋久島・種子島の個体群では18°Cから20°Cにかけて著しく休眠率が低下する(図-3b, c)。さらに, 沖縄の個体群になると休眠性は急激に弱くなり(TAKAFUJI and GOTOH, 1999; TAKAFUJI et al., 2001), 石垣島や西表島の個体群では15°Cでもまったく休眠発現しない。

カンザワハダニの休眠率に地理的(緯度)勾配が見られるのは20°Cという比較的高い誘起温度においてであり, しかもナミハダニと比べるとかなり低緯度域で急激な休眠発現の変化が見られる。ちなみにナミハダニでは18°Cにおいて北海道・東北の90%以上から本州西南部のほぼ0%まで緩やかなラインが見られる(TAKAFUJI et al., 1991)。このように, 我が国では広域に分布する2

種であるが, 休眠性の地理的変異には明らかな差が認められる。

## III 寄主のフェノロジーと休眠性および越冬生態の関係

カンザワハダニの寄主植物は非常に多くの分類群にまたがるが, 茶やアジサイなどいくつかの植物に対する寄主適合性は個体群によって異なる(GOMI and GOTOH, 1996; GOTOH et al., 1999)。茶園はカンザワハダニが年間を通して餌を得ることができ, 安定して大きな個体群を維持できる生息環境である。茶で発生する個体群と他の寄主で発生する個体群の間には生殖的隔離がなく(GOMI and GOTOH, 1996), それらの間で遺伝子交流は可能であるが, 茶以外で発生する個体群にとって茶は極めて不適な寄主であり, 茶園の外からの個体の侵入は多くないと考えられる。それゆえ茶の個体群は他の寄主のものと同様に隔離されやすく, 餌条件の安定性もたらす方向性選択により, 個体群の休眠性に関する遺伝子組成は他の寄主での個体群と異なるものになることが予想される。すなわち, 冬期においても餌が存在する環境では休眠せずに増殖を続ける戦略のほうが有利になり, 休眠性の弱いあるいは非休眠の個体の割合が高くなる可能性が考えられる。

表-1は各地の茶に発生する個体群と, 落葉性または草本性寄主に発生する個体群の休眠性を比較したものである。茶の個体群の休眠率が他の寄主の個体群に比べて有意に低いのは鹿児島と静岡県地域のもので, しかも誘起効果が弱く休眠発現に差が出やすい20°Cに限られるが, 和歌山, 屋久・種子島, 沖縄の他の温暖地域でもいずれも茶個体群の休眠性のほうが低い傾向にある。しかし冬が温暖でない他の地域では寄主のタイプによる休眠率の違いはまったく見られない。このことは, 冬の寒さがカンザワハダニにとって致命的でなく, しかも冬期も餌が

表-1 茶と落葉性(および草本性)寄主に発生する個体群の休眠率の違い(TAKAFUJI et al., 2001)

地 域	15°C			18°C			20°C		
	茶	落葉性	P <sup>a</sup>	茶	落葉性	P <sup>a</sup>	茶	落葉性	P <sup>a</sup>
岐阜	98.18(4)	99.35(4)	0.093	98.48(4)	98.43(4)	0.779	94.15(4)	95.50(4)	0.964
京都一滋賀	100.00(3)	99.48(5)	0.134	94.00(3)	99.04(5)	0.363	94.67(3)	95.50(5)	0.996
静岡	97.69(8)	98.27(3)	0.733	94.86(8)	94.30(3)	0.523	58.16(8)	85.63(3)	0.034*
和歌山	97.68(5)	96.76(9)	0.657	93.00(5)	96.87(9)	0.074	82.98(5)	89.96(9)	0.268
佐賀一長崎	98.95(2)	99.10(4)	0.638	96.20(2)	98.88(4)	0.417	97.35(2)	96.93(4)	0.925
鹿児島	94.52(5)	97.86(5)	0.309	92.96(5)	96.10(5)	0.261	55.24(5)	78.62(5)	0.037*
屋久島・種子島	65.30(2)	94.94(9)	0.001***	64.75(2)	83.09(9)	0.327	2.05(2)	25.61(9)	0.291
沖縄	1.15(2)	19.10(6)	0.204	0.00(2)	9.90(6)	0.054	0.00(2)	4.63(6)	0.098

<sup>a</sup> t-検定, ( )内の数字は調査個体群数。

安定して存在する場合においてのみ、低い休眠性または非休眠性がより有利になることを示唆するが、同時にカンザワハダニの耐寒性はかなり低く、温暖でない地域では寄主のフェノロジーにかかわらず越冬成功には必ず休眠が必要であることも示している。

#### IV 越冬生態

冬期の寒さやカンザワハダニが利用できる寄主植物のフェノロジーの違いによってその越冬ステージも異なってくる。刑部 (1967) は茶園における越冬ステージを調べた結果、温暖な鹿児島や高知の茶園では厳寒期でも非休眠の雌成虫を含むあらゆるステージが茶葉上に存在するが、冬がそれほど温暖でない佐賀県の茶園では休眠雌成虫のみを観察した。しかし同じ地域でも発生する冬寄主の種類によっても越冬ステージが異なる (TAKAFUJI and MORISHITA, 2001) (図-4)。和歌山県中部のスイカーエンドウ栽培地域ではカンザワハダニはエンドウだけでなく、畑地周辺のクサギや冬期に好適な葉を豊富に供給するアケビなどいくつかの寄主植物で発生する。この地域では休眠誘起が10月下旬頃から始まる (図-1)。落葉樹のクサギと早生エンドウでは良好な葉がわずかに残る1月初めでは生存虫の70~80%が休眠雌成虫である。しかしその後、それまでなんとか生き続けていた卵や幼若虫はほとんど寒さと飢えによって死亡し、休眠雌のみが越冬に成功する。これに対し、アケビでは厳寒期でも新鮮な葉が豊富に存在し、休眠発現する雌成虫の比率が他の二つの寄主より低く (図-1)、また卵や幼若虫が冬を通して高い比率で生存し、発育・増殖が継続する (図-4下)。

#### V 休眠性の遺伝制御様式

ハダニ類の休眠性に関する遺伝制御については、これまで休眠性の変異が豊富なナミハダニでくわしく調べられている。例えば、IGNATOWITZ and HELLE (1986) は休眠性の強いオランダの個体群で偶然見つかった突然変異の非休眠個体から非休眠性系統を作り、もとの休眠性個体群と交配実験を行って休眠発現の遺伝様式を調べた。その結果、非休眠性系統の休眠抑制は一遺伝子座支配の劣性遺伝をすることが分かった。一方、オランダと異なり、野外個体群に非休眠の個体が認められる日本のナミハダニでは、休眠発現に関する遺伝様式は非常に複雑である。GOKA and TAKAFUJI (1990, 91) は休眠率の異なるいくつかの地域個体群から休眠性系統と複数の非休眠性系統を選抜し、オランダと同様の交配実験を行った。その結果、休眠抑制は複数遺伝子座支配で、系統によって

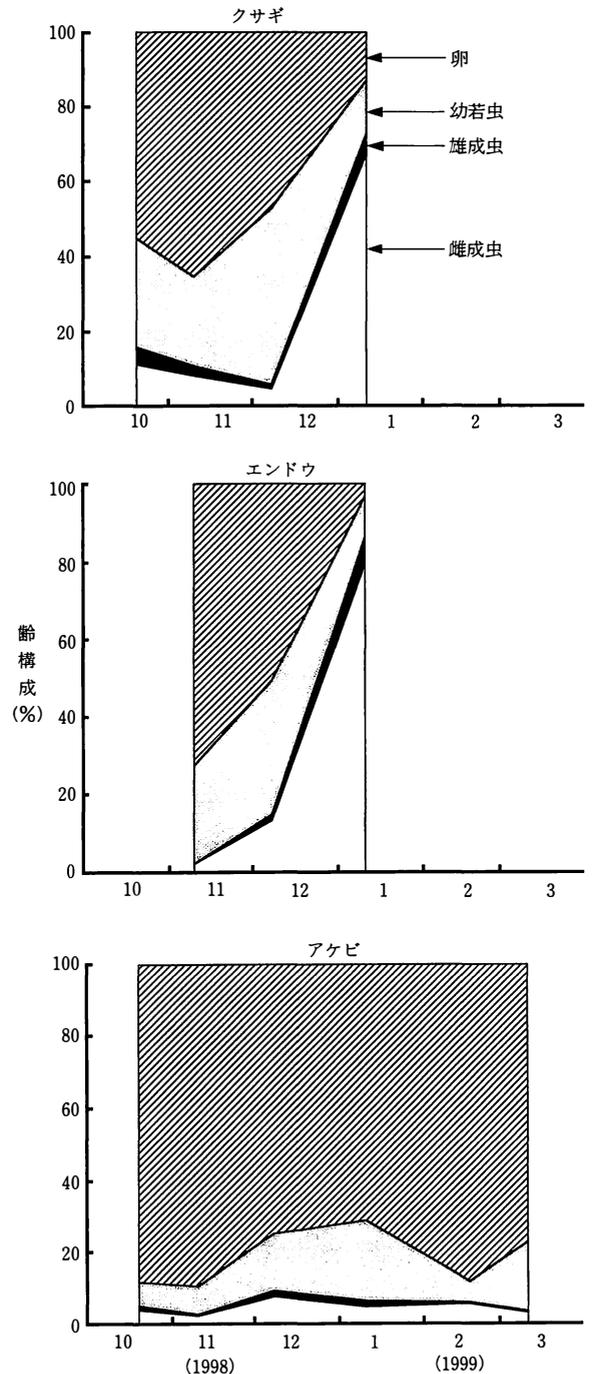


図-4 和歌山県中部のエンドウ栽培地域における異なる寄主に発生するカンザワハダニ個体群の冬期年齢構成 (TAKAFUJI and MORISHITA, 2001)。

休眠抑制効果の強さに差があることを示した。さらに、休眠性系統と非休眠性系統の相反交雑間で  $F_1$  の休眠率に差が生じ、細胞質由来の母性効果が関与していること

表-2 休眠性系統(D)と非休眠性系統(N)の相半交雑からのF<sub>1</sub>の休眠率 (9 L 15 D) (TAKAFUJI and GOKA, 1999)

交雑 (雌×雄)	休眠率 (%) (調査雌数)	
	15°C	18°C
D×N	98.2 (56)	92.8 (405)
N×D	99.0 (103)	93.4 (893)
D×D	99.8 (648)	97.6 (675)
N×N	0.5 (810)	0.3 (329)

相反交雑間で有意差はない ( $P>0.05$ ,  $\chi^2$  検定).

表-3 休眠性系統(D)と非休眠性系統(N)の戻し交雑からのF<sub>1</sub>の休眠率 (TAKAFUJI and GOKA, 1999)

交雑 (雌×雄)	休眠率 (%) (調査雌数)	
	15°C	18°C
(D×N)×N	57.1 (196) <sup>a</sup>	44.3 (384) <sup>a</sup>
(N×D)×N	49.0 (569) <sup>a</sup>	47.0 (1140) <sup>a</sup>
(D×N)×D	98.7 (158)	91.8 (416)
(N×D)×D	97.1 (204)	90.0 (211)

<sup>a</sup> F<sub>1</sub>の休眠率の50%と有意な差がない ( $P>0.05$ ,  $\chi^2$  検定).

も明らかになった。

一方、カンザワハダニにおける休眠性の遺伝様式に関する研究は TAKAFUJI and GOKA (1999) に限られる。ここでは休眠率100%の札幌個体群と休眠率0%の沖縄個体群を交配した結果、本種の休眠抑制は完全劣性の一遺伝子座支配であり、また母性効果は認められなかった(表-2, 3)。しかし、ナミハダニと同様に地域個体群間で休眠性に関する遺伝子型に変異が存在する可能性があり、今後さらに詳細な交雑実験を行う必要があろう。

### おわりに

カンザワハダニの休眠が誘起される温度閾値がナミハダニに比べて高く、そのためナミハダニがほとんど休眠性を示さない低緯度域でもカンザワハダニは高い休眠率

を示す。このように日本に発生するカンザワハダニはナミハダニよりも休眠性の強い種といえよう。このことはカンザワハダニの耐寒性が弱く、ナミハダニが休眠せず越冬可能な地域でも、カンザワハダニは休眠しないと越冬できないことを示している。カンザワハダニはタイやインドネシアにも分布し、台湾では平地から高地まで広く分布している。ナミハダニと異なり、おそらくカンザワハダニは南方起源の種であると考えられる。

カンザワハダニの休眠性に関する地理的変異の研究から、屋久・種子島および沖縄本島を経て先島諸島にかけて休眠性が急激に弱くなり、とくに先島諸島の個体群は完全な非休眠性であり、本種でも休眠率には緯度に対するクラインがあることが示された。しかし、より南方の台湾中部では平地の個体群ですら寄主を問わず強い休眠性が維持されている(高藤ら、未発表)。沖縄個体群の調査がまだ不十分ではあるものの、日本と台湾のカンザワハダニ個体群は遺伝的に系統が異なる可能性が高い。今後、南方の個体群を含めた遺伝子解析により、本種の起源や分布拡大経路が明らかになることが期待される。

### 主な引用文献

- GOKA, K. and A. TAKAFUJI (1990) Appl. Entomol. Zool. 25: 119~125.
- (1991) *ibid.* 26: 77~84.
- GOMI, K. and T. GOTOH (1996) *ibid.* 31: 417~425.
- et al. (1999) *ibid.* 34: 551~561.
- IGNATOWICZ, S. and W. HELLE (1986) Exp. Appl. Acarol. 2: 161~172.
- MUCHIZUKI, M. and A. TAKAFUJI (1996) J. Acarol. Soc. Jpn. 5: 83~88.
- 森下正彦・高藤晃雄 (1999 a) 応動昆 43: 129~134.
- (1999 b) 同上 43: 185~188.
- 刑部 勝 (1967) 茶試研報 No. 4: 1~156.
- TAKAFUJI, A. and K. GOKA (1999) Appl. Entomol. Zool. 34: 299~302.
- and T. GOTOH (1999) J. Acarol. Soc. Jpn. 8: 51~54.
- and M. MORISHITA (2001) Appl. Entomol. Zool. 36 (in press).
- et al. (2001) *ibid.* 36 (in press).
- 内田正人 (1980) 応動昆 24: 175~183.

### 主な次号予告

次3月号は、下記の論文を掲載予定です。

インターネットによる病害虫情報の利用 渡邊朋也  
 昆虫の生体防御—エノシトイドの機能を中心に— 栗原 浩  
 苗いもちのケイ酸資材シリカゲル育苗土混和による  
 発病抑制 早坂 剛  
 農薬使用による昆虫・水生生物相への影響研究の現  
 状 昆野彦彦

新殺菌剤フェンヘキサミドの特性について 今西欣也  
 平成12年度委託試験で注目された病害虫防除剤

殺菌剤 森田恭充 他  
 殺虫剤 門田健吾  
 植物防疫基礎講座：ヤガ類の見分け方  
 (2)アワヨトウとクサシロキョトウの識別法 吉松慎一

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