

地球温暖化と土地利用の変化によるカメムシ問題

元 農業環境技術研究所 ^{きり}桐 ^{たに}谷 ^{けい}圭 ^じ治

はじめに

斑点米を作るミナミアオカメムシ, *Nezara viridula* (LINNAEUS) も, 1950 年代に西日本南部で再発見されるまで約 80 年間採集記録もなかった「ただの虫」であった。果樹のツアアオカメムシ *Glaucias subpunctatus* (WALKER) も非常に稀な種で, 紀州南部では「海岸地帯に見られるハマユウで育つ」と信じられていた。この両種とも今では最も普通の害虫である。害虫あるいは希少種も長期的には逆転する場合もあるのだ。

日本応用動物昆虫学会の年次大会でのカメムシに関する発表は, 1970 年代は毎年 2~3 題であった。その重要性を反映して, その後は増加の一途をたどり, 2005 年度以降は毎年 50 を超えることになった。カメムシ問題は 1960 年代の人工造林の拡大とコメの生産過剰から 70 年に導入された減反政策がその根本的原因で, さらに各種の社会・経済的・気候の変化がこの問題を増幅した。

戦後は治山・治水のための植林事業, 住宅や工業用原材料のための用材需要で, 1960 年代から始まった拡大人工造林によって, **全森林面積の 40%, 1,000 万 ha** がスギ, ヒノキ, カラマツなどの針葉樹に転換された。しかし外材輸入の自由化, さらに石油・ガス・電気の普及は人工林や薪炭林の必要性を大きく削いだ。2002 年現在, 人工林の樹齢構成は 36~40 年が大多数を占めている。年間植林面積は 2000 年代には 2 万 ha/年 で最盛期の 10 分の 1 を下回っている。しかし安価な外材, **労賃の高騰と山間部の過疎化**などから伐採適期を過ぎたスギ・ヒノキが**全面積の 20% を占め**, 人工林の 40% は放置されている(林野庁業務資料, 2005)。他方果樹園も増加し 1950 年には 8 万 ha に過ぎなかったのが 85 年には 45 万 ha に増加し, 果樹カメムシ問題を拡大している。

コメの生産過剰による減反政策が 1970 年に導入された結果, 水田面積は最高時の 345 万 ha から **74% (256 万 ha)** にまで減少した。また耕作放棄地は, 2005 年には全国で **39 万 ha** に達している。さらにコメの過剰生産は, 0.1% の斑点米の混入で等級落ちとなる厳しい品

Heteropteran Bug Problems Caused by Land-use Change and Global Warming. By Keizi KIRITANI

(キーワード: 斑点米カメムシ, 果樹カメムシ, 人工造林, 休耕田, 地球温暖化)

質規格の導入を促し, 斑点米カメムシの問題を深刻化した。

問題はカメムシに限らず, 1963 年に初報告されたスギ花粉症は, 現在 5~6 人に 1 人が発症し, 直接・間接医療費は年間総額 2,860 億円と推定されている(新田, 2006)。シカの増加も人工造林と無縁ではない。1970 年代前半は年間捕獲頭数は, 17,000 頭前後であったが, 2004 年には 10 倍の 17 万頭に達している。植林開発によって豊富な食物を供給したためである。他方, ノウサギはこの期間に約 20 分の 1 に減少し, 2004 年ではシカよりも少ない 5 万羽に過ぎない。おそらく樹齢・樹高とともに, ノウサギが採食できなくなったためと思われる。ノウサギが絶滅の危険にさらされる可能性も否定できない。

カメムシ問題はこのように土地利用政策の変化に根ざしたものであり, 個人圃場を単位とした戦術的 IPM には限界があり, 広域・長期的視点に立った戦略的 IPM が必要になる(表-1)。FAO (1965) の IPM の定義には三つの要素, すなわち (1) 複数の防除手段の合理的統合, (2) 経済的被害許容水準 (EIL), (3) 有害生物個体群のシステム管理が含まれる(中筋, 1997)。(1)と(2)は戦術的 IPM の, (3)は戦略的 IPM の領域といえる。

戦略的 IPM を考察するために本稿では (1) 縦割り作物別研究組織のため, 別個に扱われてきた稲(斑点米)と果樹カメムシも, カメムシとして共通の基盤で扱うこと, (2) 斑点米カメムシは 5 科 65 種, 果樹カメムシは **4 科 25 種**(表-2) もあることから, 種別ではなくグル

表-1 戦術的 IPM と戦略的 IPM (両者は独立のものでなく車の両輪をなす)

	戦術的 IPM	戦略的 IPM
対象	現在の重要害虫 (キーベスト)	潜在的害虫も含む重要害虫
時空的単位	1 作期・個別圃場	長期・広域対象
EIL の E の意味	Economic	Ecological/Environmental
研究手法	防除手段の開発と被害解析 短期的予測とモニタリング	社会・経済的要因を考慮した生態学的アプローチ
目的	被害防止 (費用・便益比の重視)	「ただの虫」化する

表-2 主な斑点米カメムシと果樹カメムシ (N: 主な分布域が北日本, S: 南日本)

科名	斑点米カメムシ (65種)	果樹カメムシ (25種)
カメムシ	オオトゲシラホシカメムシ (N) トゲシラホシカメムシ (NS) シラホシカメムシ (S) アオクサカメムシ (S) ミナミアオカメムシ (S)	クサギカメムシ (N) チャバネアオカメムシ (S) ツヤアオカメムシ (S) アオクサカメムシ (S) ミナミアオカメムシ (S)
ホソヘリカメムシ	クモヘリカメムシ (S)	
ヘリカメムシ	ホソハリカメムシ (S)	
カスミカメムシ	アカヒゲホソミドリカメムシ (N) アカスジカスミカメ (N)	

ープとして扱うこと, (3) 個体群密度の共通指標として発生予察情報による注意・警報数を, その年間発令回数に関係なく発令県数1 (ただし斑点米と果樹カメムシに警報が出された場合は2) として扱うこととし, さらに(4) 日本の対照区として韓国を考えた。また特殊な場合を除き, 日本全土を単位にした年または月平均気温を用いた。したがって非常にマクロなスケールでの分析である。

I 斑点米カメムシ

果樹カメムシ同様, すべての種は日本の土着種である。1950年代までは, カメムシによる水稲被害は, イネクロカメムシ *Scotinophara lurida* (BURMEISTER) とイネカメムシ *Lagynotomus elongates* (DALLAS) の2種によるものであった。これらは, 1化性で主としてその生活環をイネに依存し, 茎葉部を加害しイネの成育阻害をもたらす害虫であった。1970年代からは, カメムシによる斑点米問題が稲の早期栽培, コメの品質重視から浮上してきた。ミナミアオカメムシ, クモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis* DALLAS, ホソハリカメムシ *Cletus punctiger* (DALLAS) シラホシカメムシ (*Eysarcoris* spp.) などの多化性 (2~3世代/年) で, 穂を吸汁して斑点米をもたらす。1990年代になって, 休耕田と転作牧草の増加に伴って, 稲よりもイネ科雑草を好むカスミカメ (年3~5世代) が従来のカメムシ類にとって代わりつつある。要約すると, イネに依存度の高い種から低い種へ, コメの減収型から品質低下型に, 大型, 1化性, 狭

食性から小型, 多化性, 広食性へ変わった。また世代数も多く, イネへの依存性が低いため移動性も大きい。

1989~2003年の15年間に発令された水稲害虫別の発生注意・警報の総延県数を見ると, カメムシ214, セジロウンカ80, トビイロウンカ60, コブノメイガ47, イネミズゾウ17で, カメムシが圧倒的である。

II 果樹カメムシと個体群動態

果樹を加害するカメムシの主要種は全国的に発生するチャバネアオカメムシ *Plautia crossota stali* SCOTT, 東日本に多いクサギカメムシ *Halyomorpha halys* STAL, 西日本のツヤアオカメムシの3種である (表-2)。これら3種は主として針葉樹の球果で成育している。

1973, 75年は全国的に多発し, ナシ, モモ, カキ, カンキツなどの果樹が大きな被害を受けた。果樹カメムシは多種類の餌植物 (クワ, キリ, サクラ, スギ, ヒノキの実) を移動しながら増殖しその過程で果樹園に侵入する。球果の成り年には, カメムシの密度は夏以降に高くなるが, 好適な餌があると移出しないため被害が少ない (農水省植物防疫課, 1986)。したがってカメムシによる被害予測は, 果樹園外の食物条件, 発生量と種類, 飛来時期などが複雑にからみ, 発生量が直接被害に結びつく他の害虫に比べ複雑である。

発生量は間接的にはスギ, ヒノキなどの針葉樹球果の豊凶を決定する前年夏期の気象条件に, 直接的には当年の球果結実量に支配される。3~6年ほどの間隔で大発生し, 主要3種は同時発生が特徴で, 各県の誘殺数で見ると, チャバネアオカメムシとツヤアオカメムシ間では $r = 0.77$, クサギカメムシとでは $r = 0.78$ の高い相関が見られる。

スギ, ヒノキの結実年齢は20年以上で, 豊年の間隔はスギで2~3年, ヒノキ3年で, 豊年の前年の7, 8月が高湿で降水量少ないと, その年の花粉量ひいては結実量が多くなり, カメムシの密度が高まる。カメムシ成虫の高密度が越冬前の吸汁被害を年内にもたらす場合もあるが, 主な被害は翌年に越冬成虫またはその子世代によって受ける。したがって, 高温少雨の気象条件は2年後にカメムシの被害をもたらすことが多い。斑点米カメムシはイネでも生育するが, 果樹カメムシは果樹では生育できない (守屋, 1996; 柳瀬, 1997; 森下, 2002; 堤, 2001; 大平, 2003)。

III 地球温暖化の影響

温室ガスの影響で, 地球の表面温度は2100年までに1.4~5.8℃上昇すると予測されている (IPCC, 2001)。

日本での上昇率は世界の平均よりも大きく、過去40年間に年平均気温が沖縄から北海道まで1℃の上昇が見られる(KIRITANI, 2006)。地球温暖化の昆虫への影響は、直接的には分布圏の北進、冬季死亡率の減少、越冬離脱の早期化と有効積算温量の増加による世代数の増加、間接的には種間関係(寄主植物、捕食寄生者、近縁種)の変化による正負の影響が考えられる。

1 カメムシの発生地の北進と先住種の駆逐

いくつかの種でその北進が見られている。温暖な地域に多いクモヘリカメムシは東北地方でも発生している(横須賀, 2001)。九州南部や本州南部に分布圏があるツヤアオカメムシは、2001年には福島県いわき市で発生が確認されている(大平, 2003)。沖縄、鹿児島でミカン類を加害しているミナミトゲヘリカメムシ(*Paradasynus spinosus* Hsiao)は福岡で柿やミカンの加害が2000年に見られている(松本, 2002)。本種は静岡県伊豆地方でも2002年から発見されている。

アカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (MATSUMURA) とアカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (KIRKADY) はややその分布拡大の様子が違う。アカスジカスミカメは1980年代前半に宮城、広島で被害が報告された後、北海道南部から九州全域に分布を拡大している。アカヒゲホソミドリカスミカメは、1972年に北海道で斑点米カメムシとして初めて報告された。1994年新潟県で、99年以降は青森県から新潟県の北日本の日本海側で斑点米カメムシの主要種となった(渡辺・樋口, 2006)。これらの現象は、北進とは逆行した南進に見える。後述するように、温暖化による世代増加数は年平均気温(m)の高いところほど大きい。カスミカメでは平均気温が1℃上がると、札幌では0.6世代(m=9℃)、新潟では0.8世代(m=14)、鹿児島では1世代(m=18.7)余分に世代数が増加する。したがって、温暖化による個体群密度の上昇は暖地で大きい。

ミナミアオカメムシの分布北限は、最寒月(1月)の平均気温が5℃の等温線に相当している。1960年代には本州では紀伊半島の有田市が北限であった(KIRITANI et al., 1963)。2000年になると、70 km北進して大阪市で(MUSOLIN and NUMATA, 2003)、05年には大阪の東210 kmの静岡県磐田市で水稻で発生が確認された(池田, 2006)。九州東海岸では1957年までは宮崎県高鍋市が北限であったが、徐々に北上し2003年には大分市でも確認された(YUKAWA et al., 2007)。

福岡県では1986年から1月の平均気温が5℃を上回るようになった。1月平均気温と年平均気温は $R^2 = 0.963$ の相関を示すことから、年平均気温の変化1.4~

5.8℃を、1月の平均気温の変化1.8~7.3℃の上昇と読み直して、ミナミアオカメムシの分布範囲を予測すると、1.4℃上昇しただけで九州、四国、東海地方の不連続であった生息可能な地域が連続的になり、東海地方一帯、さらに関東平野にも分布が拡大する可能性が示された(YUKAWA et al., 2007; 紙谷, 私信)。

ミナミアオカメムシの北進に伴って、先住種のアオクサカメムシが絶滅の危機にさらされている(表-3)。両種の混棲地帯では、種間交尾が容易に見られるが、受精卵は生まれにくい。北進の最前線では、アオクサカメムシが優勢のため、ミナミアオカメムシは種間交尾によって、種内交尾のチャンスが奪われ定着が妨げられる。したがって冬期の温暖化で越冬が可能になっても、北上には種間交尾のネックがある。

表-3 福岡県におけるミナミアオカメムシの北進とアオクサカメムシの減少。両種の総個体数に占めるミナミアオカメムシの比率(%) (YUKAWA et al., 2007)

	2002年	2003年	2005年
久留米市	3.7	5.7	62.2
黒木市	16.9	38.1	87.5
筑後市	70.8	81.9	100

ミナミアオカメムシは稲を好む。本種が害虫として顕在化したのは、稲の早期栽培導入により早・中・晩生の稲栽培が第2、第3世代の稲での連続的増殖を可能にしたためである。本種は年3世代、産下卵塊当たりの卵粒数も多いのに対し、アオクサカメムシは2世代で夏期は成虫休眠する。稲を好むミナミアオカメムシは、いったん定着すると、その大きい増殖力でアオクサカメムシを圧倒するようになり、最終的には種間交尾によってアオクサカメムシの繁殖が阻害され、絶滅に追いやられ、ミナミアオカメムシの単棲地帯が形成される(KIRITANI et al., 1963; YUKAWA et al., 2007)。

2 越冬死亡率の減少

温暖化によるカメムシの北上は、越冬死亡率と密接な関係がある。ミナミアオカメムシの冬季死亡率を1962~67年に調べた結果、冬季死亡率(Y)と1月の平均気温との間には、

$$Y = -16.45X + 147.08 \quad (R^2 = 0.612, P < 0.0001)$$

の関係が見られた。千葉と鳥取県でクサギカメムシについて調べられた冬季死亡率とそれぞれの地点の1977~83年1、2月の平均気温との間には、

$$Y = -13.48X + 84.56 \quad (R^2 = 0.6031, P < 0.003)$$

の関係が見られ2～7℃の範囲では、1℃の冬季平均気温の上昇は、越冬死亡率でミナミアオカメムシ16.5%、クサギカメムシ13.5%の減少をもたらす (KIRITANI, 2006)。両種の耐寒性を、仮に平均気温5℃での越冬死亡率で比較すると、ミナミアオカメムシは65%、クサギカメムシでは17%となり、クサギカメムシがミナミアオカメムシより北の地域で優占している理由の一端が伺える。

3 世代数と密度に及ぼす影響

1999～2001年間の斑点米カメムシの大発生は、4月から7月にかけての高温、少雨が原因とされている (樋口, 2001)。クモヘリカメムシでは春の繁殖が早まった結果、世代数が増加して高密度をもたらした (横須賀, 2001)。2002年の3、4月の高温では、果樹カメムシ3種とも越冬離脱が1か月も早く起こった (大平, 2003)。これらの報告が示すように、高温は明らかにカメムシ類の高密度化をもたらす。

YAMAMURA and KIRITANI (1998) は、温帯圏に生息する昆虫の温暖化による増加世代数を計算する式を提案した。すなわち、

$$\Delta N = \Delta T \{206.7 + 12.46(m - T_0)\} / K$$

ΔN は地球温度が ΔT ℃ 上昇したときの増加世代数を表す。 m 、 T_0 、 K はそれぞれ、生息地の年平均気温、その種の発育ゼロ点と有効積算温量を表す。この式から上昇温度と平均気温が大きいほど、発育ゼロ点並びに有効積算温量が小さいほど増加世代数は大きくなることが示された。

表-4では、年平均気温が15℃のところ、気温が2℃上昇したときの、カメムシ類の増加世代数を、ヨコバイ、ウンカ、カメムシ卵寄生蜂ならび捕食者のコモリグモとの比較で示した。さらに産卵前期間の発育ゼロ点

を示した。2℃の上昇では、カメムシ、ヘリカメムシ、ホソヘリカメムシは1世代の増加が、カスミカメでは2世代の増加が期待される。過去40年間に平均気温が1℃上昇している日本では、カスミカメのみが世代数を増加したと考えられる。寄主に比べ卵寄生蜂は2～3世代の増加が考えられ、生物的制御力が大きくなることが期待される。捕食者のクモは、大きい有効積算温量のため世代数の増加は期待できない。

温帯圏にすむ昆虫の発育ゼロ点は、6～12℃の範囲で、カメムシ類は13～14℃と昆虫のなかでも一番高い (桐谷, 1997)。カスミカメを除く、カメムシ、ヘリカメムシ、ホソヘリカメムシ科の産卵前期間のゼロ点はウンカ・ヨコバイ類にくらべて5℃ほど高い。高温は明らかにカメムシ類の繁殖能力を高めることがわかる。

IV 斑点米カメムシと果樹カメムシの同時発生

地球温暖化が、カメムシ類の冬期死亡率の減少、年間世代数の増加、繁殖の活性化を通じて、両者の同時多発生をもたらしている。斑点米カメムシと果樹カメムシはそれぞれが、異なった個体群動態機構によって変動している。それにもかかわらず、1989～2006年の18年間について、斑点米カメムシ (X) と果樹カメムシ (Y) の発生警報件数の相関関係を見ると、 $Y = 0.447X + 7.765$ ($R^2 = 0.204$) で有意な相関が見られた。

夏期の高温が、球果の豊凶を通じて、間接的に果樹カメムシの発生量に密接な関係があることは既に見た。斑点米カメムシでは、高温が食物の豊凶を通じて、その密度を左右しているという証拠はない。それにもかかわらず、両グループ間に発生相関が見られるのは、共通の要因として地球温暖化によるカメムシの繁殖条件の改善

表-4 卵より成虫羽化並びに産卵前期間の発育ゼロ点と有効積算温量

分類群	種数	報告数	卵—成虫 発育ゼロ点 m ± SD (°C)	雌成虫の 産卵前期間 m ± SD (°C)	卵—成虫 有効積算温量 m ± SD (dd)	予想増加 世代数
カスミカメムシ	2	5	11.9 ± 1.0	12.9 ± 2.6	279 ± 56	1.8
カメムシ	10	25	13.2 ± 1.1	16.8 ± 2.0	447 ± 111	1.0
ヘリカメムシ・ ホソヘリカメムシ	5	11	14.1 ± 1.3	16.1 ± 2.2	442 ± 102	1.0
ヨコバイ	6	6	13.6 ± 1.3	11.8 ± 0.3	422 ± 66	0.9
ウンカ	3	3	11.1 ± 0.3	11.3 ± 0.5	265 ± 43	1.6
卵寄生蜂	9	16	11.7 ± 1.0	—	188 ± 24	2.6
コモリグモ	4	4	13.1 ± 2.6	—	695 ± 214	0.6

年平均気温 (m) が15℃の地点で、温度が2℃上昇したときの、カメムシ目3科とヨコバイ、ウンカ科、卵寄生蜂、コモリグモ属の予想増加世代数 (Kiritani, 2006)。

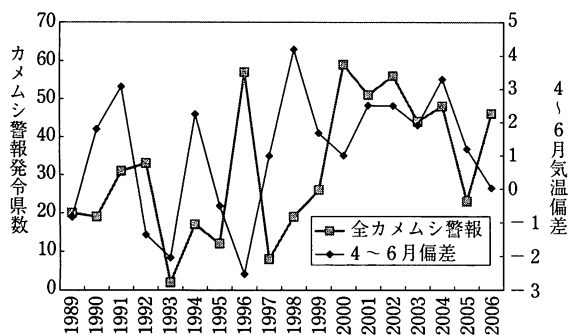


図-1 果樹・斑点米カメムシの発生警報発令県数と4～6月の平年値からの累積偏差値(℃)の関係

が考えられる。そこで4～6月の平均気温の平年値からの偏差の累積値と果樹と斑点米カメムシの注意・警報発令県数との関係を、偏差値と当年、1年後、2年後の発令県数の相関を調べた。偏差値と当年の発生には、 $r = 0.1253$ 、1年後では $r = 0.1196$ 、2年後では $r = 0.4781$ とカメムシ全体として、その発生量が2年前の夏の温度に依存していることが示された(図-1)。ただ最近の高温続きは、2000年以前に見られたかなり明瞭な時間遅れが見られなくなり、全体として多発生年が継続していることが伺える(図-1)。

V 将来のカメムシ問題

斑点米カメムシの多発生は減反に伴う休耕地の増加が、果樹カメムシではスギ、ヒノキの拡大造林によることを支持する証拠として韓国でのカメムシ問題を挙げることができる。これまで減反を行っていない韓国では、斑点米カメムシによるイネの被害は2000年代になって見られた。数年以内に20～30万haの減反を計画しているので、将来斑点米カメムシが顕在化する可能性が高い。また果樹カメムシによる被害は、日本に遅れること20年の1990年半ばに報告された。韓国でも戦後に針葉樹の人工植林が行われたが、日本と違ってスギは植栽されていない。また森林面積の変化がない日本に対し、韓国では1975年に比較して85年には針葉樹林の面積が30%も減少している。これらの事情が20年の時間遅れをもたらした原因と思われる(JUNG and HAYASHI, 2000; PARK et al., 2001; BAE, 私信; 山田, 私信)。したがって韓国におけるカメムシ問題は日本同様地球温暖化がその背景にあると思われる。また台湾ではカメムシによる被害は全く起こっていない(朱, 私信)。

カメムシ被害の重要性から、その被害を防ぐ方法は全

国の試験研究機関で研究されている。畦畔や休耕地の草刈、侵入飛来虫を防除するための水田周縁の額縁撒布、集合フェロモンの利用、針葉樹の花粉産出量や球果の吸汁孔数からカメムシの発生量や果樹への飛来時期を予測するなど、戦術的害虫管理の技術は進展しつつある。現在、減反も限界点にあり、地球温暖化が発生を助長するとしても斑点米カメムシによる被害は、これ以上に休耕地が増えなければ、現在をピークに下火になる可能性もある。積極的に管理強度を高めれば、休耕地の減少と食糧自給率の向上、カメムシひいては農薬散布の減少につながる。他方、人工植林面積は過去30年間漸減しているが、針葉樹林面積は減少せず樹齢の老齢化が進んでいる。したがって果樹カメムシによる被害は、なお漸増の傾向にあるといえる。放置された広大な人工植林地の管理は容易ではないが、長期的視点に立った人工林、休耕地、溜池等を包含した地域の里地・里山の管理によって、斑点米、果樹カメムシ、花粉症、シカの増加、ノウサギの危機的な衰退も防げると思われる。

引用文献

- 樋口博也(2001):植物防疫 55:220～223.
- 池田雅則(2006):静岡新聞, 2006年3月29日.
- Intergovernmental Panel on Climate Change(2001): Summary for policymakers, <http://www.ipcc.ch/>
- JUNG, Y. S. and Y. HAYASHI(2000): HAYASHI, Y. (ed.), Climate variability and its impacts on paddy rice production in Japan and South Korea, NIAES, MAFF, Japan, p.27～30.
- 桐谷圭治(1997):日本産昆虫, ダニ, 線虫の発育零点と有効積算温度, 農業環境技術研究所資料 21:1～71.
- KURTANI, K.(2006):Popul. Ecol. 48:5～12.
- et al.(1963): Researches on Population Ecology 5: 11～22.
- 松本幸子(2002):福岡の果樹 7:30～33.
- 森下正彦(2002):植物防疫 56:340～343
- 守屋成一(1996):同上 50:16～19.
- MUSOLIN, D. and H. NUMATA(2003): Ecological Entomology 28: 694～703.
- 中筋房夫(1997):総合的害虫管理学, 養賢堂, 東京, 273 pp.
- 新田裕史(2006): Science & Technology trends, Feb. 2006 feature article, 14 pp.
- 農水省農畜園芸局植物防疫課(1986):果樹カメムシ類の発生予察方法の確立に関する特殊調査 農作物有害動植物発生予察特別報告第34号, 149 pp.
- 大平喜男(2003):植物防疫 57:164～168.
- PARK, H. M. et al.(2001): The 3rd International Workshop of Inter-country forecasting system and management for brown planthopper in East Asia: 161～168.
- 林野庁(2005): [http://www.rinya.maff.go.jp](http://www.rinya.maff.go.jp.seisaku15), <http://www.rinya.maff.go.jp>
- 堤隆文(2001):果樹カメムシ おもしろ生態とかしい防ぎ方, 農文協, 東京, 126 pp.
- 渡辺朋也・樋口博也(2006):植物防疫 60:201～203.
- YAMAMURA, K. and K. KURTANI(1998): Appl. Entomol. Zool. 33: 289～298.
- 柳瀬仁一(1997):植物防疫 51:160～162.
- 横須賀知之(2001):同上 55:455～458.
- YUKAWA, J. et al.(2007): Appl. Entomol. Zool. 42:205～215.