特集：イネ縞葉枯病の発生状況と防除対策

海外飛来に伴うヒメトビウンカの薬剤抵抗性の変化とリスク評価

農研機構 九州沖縄農業研究センター　真田（さなだ） 幸代（さちよ）・松村（まつむら） 正哉（まさや）

はじめに

ヒメトビウンカ（図-1）は，トビイロウンカ・セジロウンカと並びイネウンカ類と呼ばれ，縞葉枯病を媒介する水稲の重要害虫である。しかし，その生態は様々な点で他のイネウンカと異なる。トビイロウンカとセジロウンカは毎年梅雨時期に中国南部（福建省や広東省等）から飛来し，水田で増殖を繰り返すが，秋の収穫後には唯一の寄主植物である水稲がなくなるため冬を越すことができない。一方，ヒメトビウンカは様々なイネ科の作物や雑草を餌としていることと休眠性を持つことから日本全土で冬を越すことができる。また，トビイロウンカやセジロウンカのような毎年の海外飛来はこれまで観察されていなかった。

ヒメトビウンカによる縞葉枯病の被害は，1980年代に関東地域を中心に多発生した後には大きな問題になっていなかったが，2000年代中ごろから東アジアの各地で再び被害が報告されるようになり，日本国内でも関東・近畿・九州の一部で被害が増加している。そのような中，2008年6月に，中国江蘇省から九州西岸地域を中心にヒメトビウンカが大量に海外飛来し，その後，飛来地では縞葉枯病が多発生した（Otuka et al., 2010）。このとき江蘇省から飛来した虫は，日本の虫とは別の薬剤に対して抵抗性を持っていたため，飛来地における土着のヒメトビウンカの薬剤抵抗性にも影響を及ぼした。ここでは，海外飛来がどのような状況で起こったのか，海外飛来が縞葉枯病の発生とヒメトビウンカの薬剤抵抗性にどのような影響を及ぼしたのかを解説し，そのリスクを回避する防除対策の取り組みを紹介する。

Ⅰ ヒメトビウンカの発生状況と薬剤抵抗性の変化

日本では縞葉枯病の防除対策としてヒメトビウンカの防除薬剤（殺虫剤）が使われてきた。特に，1990年代に育苗箱施用薬剤として登場したネオニコチノイド系のイミダクロプリド（商品名 アドマイヤー）やフェニルピラゾール系のフィプロニル（商品名 プリンス）はイネウンカ類に効果が高く，これらの普及とともに縞葉枯病の被害は急速に減少した。しかし，2000年代中ごろから九州の一部（佐賀県，熊本県，福岡県等）でフィプロニルに抵抗性を持つヒメトビウンカが報告され，さらに縞葉枯病による被害も関東・近畿・九州等で確認されるようになり，現在に至るまで徐々に拡大している（図-2）。

中国南東部（江蘇省・浙江省等）では，2000年代初頭からヒメトビウンカと縞葉枯病の大発生が続いている。この地域一帯では水稲―小麦の二毛作栽培が盛んで，麦作で増殖した越冬後第1世代が，麦刈り時期の6月上旬に羽化ピークを迎えると，麦畑から周辺地域の水稲へと移出し，冬には再び麦に移動して越冬する。このように，ヒメトビウンカの生活史が同じ地域でうまく循環していることが大発生の要因の一つであると考えられている（寒川，2005）。こうした状況の中で，中国ではヒメトビウンカの防除に薬剤が多量に使われ，2000年代中ごろからイミダクロプリドに対する抵抗性が発達する可能性が指摘されていた（寒川，2005）。

図-1 ヒメトビウンカの雌（左）と雄（右）（体長約3～4 mm）

Risk Management of Insecticide Resistance Affected by Overseas Migration in the Small Brown Planthopper, *Laodelphax striatellus*, in Kyushu Region.　By Sachiyo Sanada-Morimura and Masaya Matsumura

（キーワード：イネウンカ，交雑，半数致死薬量，イネ縞葉枯病，育苗箱施用薬剤）

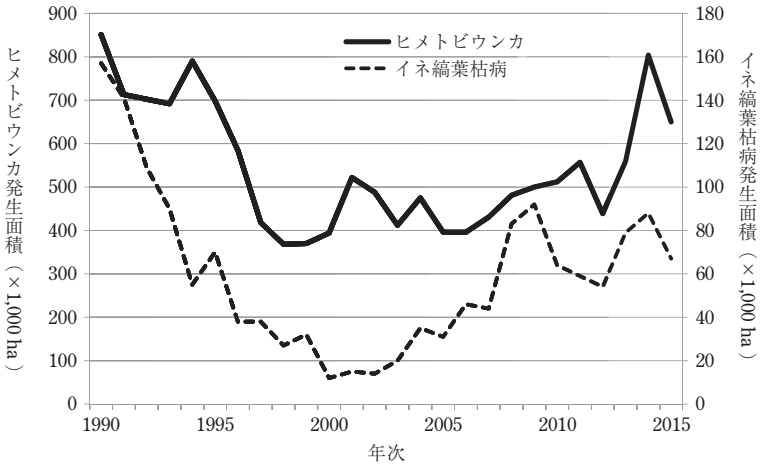

図-2　ヒメトビウンカと縞葉枯病の発生面積の推移
ヒメトビウンカの発生面積（左の縦軸）と縞葉枯病の発生面積（右の縦軸）の 1990 ～ 2015 年の推移（日本全国の合計）を示した（JPP-NET の病害虫発生防除面積データを集計）.

II　海外飛来直後の飛来地への影響

ヒメトビウンカはそれほど長距離を移動しないと考えられていたが，2008 年 6 月に中国江蘇省から九州西岸地域への海外飛来が起こった（Otuka et al., 2010）。この海外飛来は，中国江蘇省でヒメトビウンカが大発生したため移出量が膨大であったこと，移出ピーク時に西から東へ（大陸から日本へ）強い風が吹いたことで明瞭な現象として観測された。江蘇省における当時のヒメトビウンカのイネ縞葉枯ウイルス保毒虫率は 20％を超えており（九州各地の保毒虫率は 0 ～数％），この多飛来によって長崎県西岸地域では縞葉枯病が多発生した（Otuka et al., 2010）。2008 年以降は，日本ではまとまった数のヒメトビウンカの海外飛来は確認されていないが，韓国西岸側への多飛来が翌 2009 年 6 月に確認され，その後九州西岸地域と同様に縞葉枯病が多発生した（Otuka et al., 2012）。中国南東部でのヒメトビウンカの多発生は 2008 年ころをピークに徐々に収まってきているとはいえ，その後もほぼ毎年，中国南東部から韓国西岸部への海外飛来が続いている。韓国ではこうした状況への対策として，ヒメトビウンカの飛来リスクの高い地域で縞葉枯病抵抗性品種の栽培を奨励している。

ヒメトビウンカの海外飛来による影響は，縞葉枯病の多発生だけではなかった。前述したように，九州地域では 2000 年代中ごろからヒメトビウンカのフィプロニルに対する感受性の低下（抵抗性の発達）が報告されていたが，イミダクロプリドに対する抵抗性は発達していなかった（松村・大塚，2009）。一方，中国江蘇省のヒメトビウンカは，2000 年代中ごろからイミダクロプリドに対して強い抵抗性を発達させていた（Ma et al., 2007）。2008 年 6 月の飛来直後に九州西側地域でヒメトビウンカを採集し，薬剤感受性（薬剤に対する強さを半数致死薬量「LD_{50} 値」で数値化したもの。高い値ほど抵抗性が強い）を検定したところ，イミダクロプリドに対して高い値を示し，その値は江蘇省で採集したヒメトビウンカとほぼ同等であった（Otuka et al., 2010；図-3）。一方で，それまで九州地域で報告されていたフィプロニルに対する抵抗性はまったく発達しておらず，江蘇省の特徴と一致していた（Otuka et al., 2010；図-3）。九州沖縄農業研究センターでは，①九州の西側地域の複数のネットトラップ（高さ 10 m）で 6 月上旬に多数のヒメトビウンカが同調して捕獲されたこと，②流跡線解析により，多飛来が確認された日に江蘇省から九州地域に強い風が吹いていたこと，③飛来したヒメトビウンカの保毒虫率は飛来前に九州地域で調査した値に比べて非常に高く，飛来後に西海岸で縞葉枯病が多発したこと，④飛来直後に採集したヒメトビウンカはイミダクロプリドに抵抗性で，フィプロニルには抵抗性が発達していないこと，の 4 点から，2008 年 6 月上旬に九州に飛来したヒメトビウンカの飛来源は中国江蘇省であったと結論づけている（Otuka et al., 2010）。

III　飛来以降の薬剤抵抗性の動向

2008 年 6 月の海外飛来の後，九州地域のヒメトビウンカの薬剤抵抗性がどのように変化しているかを知るため，その年の 7 ～ 9 月（飛来後数世代を経過）に，九州

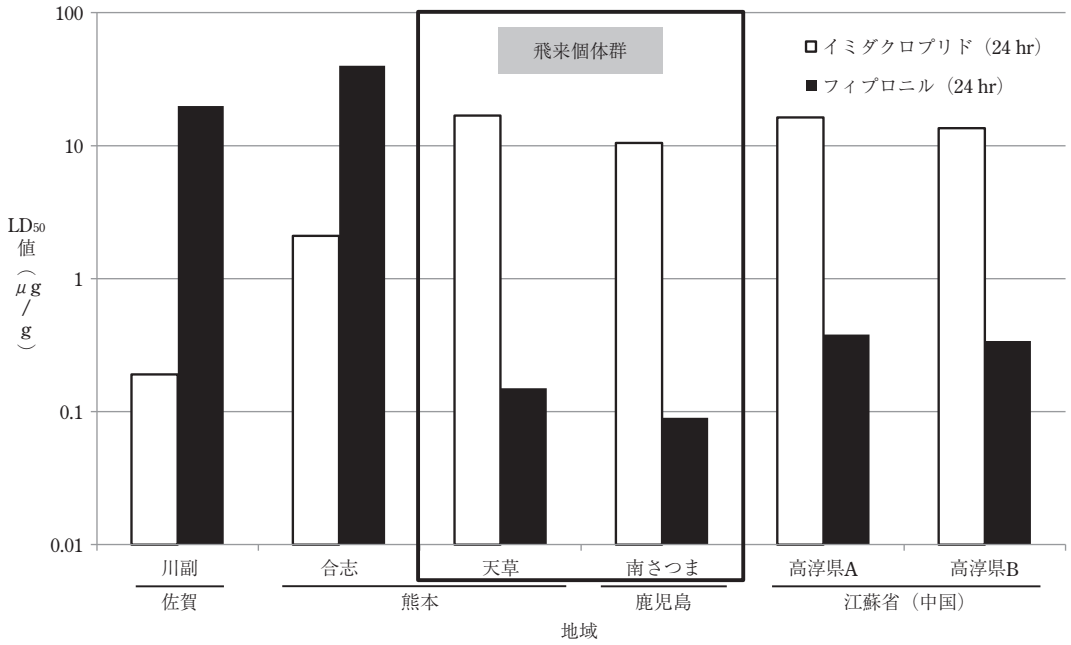

図-3　九州地域と中国江蘇省におけるヒメトビウンカの薬剤感受性
地域の下段は県名，上段は市町村を示す．「川副」と「合志」は 2006 年 6 月の海外飛来前に採集したヒメトビウンカ，「天草」と「南さつま」は飛来個体群，「江蘇省」は 2008 年秋に現地で採集したヒメトビウンカの微量局所施用法による薬剤感受性（LD_{50} 値（半数致死薬量）（処理 24 時間後））を示した（Otuka et al., 2010）．LD_{50} 値が高いほど抵抗性が強い傾向になる．

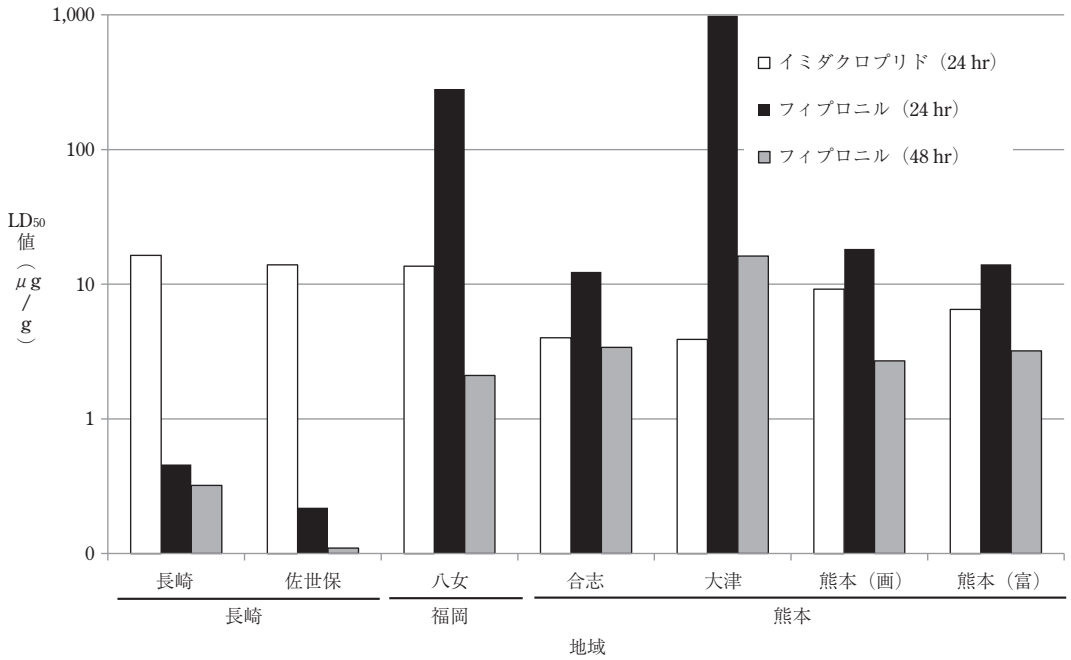

図-4　海外飛来後の九州地域におけるヒメトビウンカの薬剤感受性
地域の下段は県名，上段は市町村を示す．2009 年 7 ～ 9 月に現地で採集したヒメトビウンカの薬剤感受性（LD_{50} 値）（処理 24 時間後と 48 時間後）を示した（Sanada-Morimura et al., 2011）．

地域（長崎県，福岡県，熊本県，鹿児島県）でヒメトビウンカを採集して感受性を検定した。その結果，長崎県ではイミダクロプリド抵抗性が強く，一方，熊本県や福岡県ではイミダクロプリドにもフィプロニルにもある程度の抵抗性を示していた（Sanada-Morimura et al., 2011；図−4）。中国と日本のヒメトビウンカは容易に交雑するため，異なる二つの薬剤それぞれに抵抗性の持ったヒメトビウンカが交雑した結果，どちらの薬剤にもある程度の抵抗性を持つヒメトビウンカが生じたと予測される。翌年の春にもほぼ同じ地域でヒメトビウンカを採集して感受性を検定したところ，抵抗性の程度は前年とほぼ同様で，抵抗性が維持されていた（Sanada-Morimura et al., 2011）。九州地域ではヒメトビウンカの薬剤感受性検定を現在も継続しているが，イミダクロプリドとフィプロニルの両剤に抵抗性のヒメトビウンカが存在するという傾向は続いており，海外飛来が薬剤抵抗性に長期的な影響を及ぼすことが示されている。

Ⅳ　遺伝様式の違いによる薬剤抵抗性の発達リスク

害虫が薬剤に抵抗性を持つメカニズムは大きく分けて，①体内への侵入を妨げる体表での物理的防除，②体内に入ってきた薬剤を代謝する能力の向上，③薬剤が効果を発揮する作用機作における抵抗性変異が生じること，の三つが考えられている。これらのメカニズムが様々に組合さって抵抗性が発達するため，それぞれの害虫において，抵抗性を獲得するうえで最も重要な要素は何かを明らかにし，その遺伝的基盤を解明することが重要である。遺伝様式の違いと抵抗性の発達との関係は複雑なため，ここでは詳しく解説しないが，例えば抵抗性因子が劣性遺伝子支配であった場合，集団の中で抵抗性を持つ個体の数は増えにくい。一方，抵抗性因子が優性遺伝子支配であった場合，抵抗性を持つ個体は速やかに数を増やすことができ，集団全体が比較的早く抵抗性を持つ個体に置き換わると予測される（実際には様々な要因によって予測は異なる）。このように，抵抗性がどのようなメカニズムによって起こるのか，その抵抗性因子の遺伝様式は何かを解明することは，抵抗性の発達を防ぐために重要な情報となる。九州沖縄農業研究センターではヒメトビウンカにおけるイミダクロプリドやフィプロニル等の薬剤抵抗性因子の特定と，その遺伝様式の解明を現在進めている。

お　わ　り　に

今後も6月上旬の気象条件によってはヒメトビウンカの海外飛来が起こる可能性がある。また，飛来源の中国における防除薬剤の使用状況が変化すれば，新たな薬剤に対して抵抗性を発達させたヒメトビウンカが飛来する可能性もある。海外飛来による薬剤抵抗性の発達を回避するには，飛来個体群がいつ，どこに飛来し，どのような薬剤に抵抗性を持つのかを把握し，それに対応した防除対策を立てる必要がある。そのために活用できるヒメトビウンカ飛来予測システムが，日本植物防疫協会のインターネットサービスJPP−NETで提供されている（大塚，2016）。飛来予測（飛来時期と飛来地域の情報）が通知された場合，実際に海外飛来が起こったかどうかの判断は，ネットトラップによる捕獲データや，飛来予測の直後に飛来（予測）地域でヒメトビウンカの長翅成虫が多く観察されるかなどの情報と併せて検討することが重要である。また，その際に採集したヒメトビウンカの薬剤感受性と保毒虫率を調査することが望ましい。飛来以前に比べて保毒虫率が高く，これまでとは異なる薬剤に抵抗性を持っていた場合には，海外飛来と土着のヒメトビウンカのいずれにも有効な薬剤を選定することで，交雑によって生じた個体群に対しても高い防除効果が期待される。飛来直後にヒメトビウンカが採集できなかった場合でも，飛来後数世代が経過した時期（夏〜秋）に採集して薬剤感受性を検定し，次年度以降の育苗箱施用薬剤の選定に活用することが有効である。

ヒメトビウンカも海外飛来することが知られるようになったが，基本的には他のイネウンカ類に比べて飛翔能力が低く，ごく狭い地域での移動を繰り返していると考えられる。このため，薬剤抵抗性や保毒虫率等の特性は比較的狭い地域でも異なる可能性があり，海外飛来による薬剤抵抗性の発達リスクも地域ごとに違ったものとなる。海外飛来による薬剤抵抗性の発達を回避するためには，飛来地域における薬剤抵抗性の動向や保毒虫率を継続的にモニタリングし，再び海外飛来が起こった際の防除対策に活用していくことが重要である。

引　用　文　献

1）Ma, C. Y. et al.（2007）: Chinese J. Rice Sci. **21**: 555 〜 558.
2）松村正哉・大塚　彰（2009）: 植物防疫 **63**: 293 〜 296.
3）大塚　彰（2016）: 同上 **70**: 116 〜 120.
4）Otuka, A. et al.（2010）: Appl. Entomol. Zool. **45**: 259 〜 266.
5）――― et al.（2012）: ibid. **47**: 379 〜 388.
6）Sanada-Morimura, S. et al.（2011）: ibid. **46**: 65 〜 73.
7）寒川一成（2005）: 農業技術 **60**: 405 〜 409.