

特集：次世代農業への挑戦—抵抗性機構の解明と環境調和型殺虫剤の開発—

# アジア地域イネウンカ類の殺虫剤抵抗性の現状と今後の課題

九州沖縄農業研究センター 松 村 正 哉

## はじめに

アジア地域のイネを加害する主要なウンカ類には、トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカの3種が存在する。このうち、トビイロウンカとセジロウンカは寄主植物がイネにほぼ限定されるため、イネの周年栽培が可能であるベトナム北部や中国最南端の海南島等が越冬可能な北限となっている。これらの地域より北に位置する中国大陸中南部、台湾、日本、韓国等の亜熱帯から温帯地域では、これらの2種は、毎年、梅雨時期に前線に沿って発達する下層ジェット気流に乗って、越冬可能地から長距離移動を繰り返し、移動先で個体群を増やす。一方、ヒメトビウンカはイネのみならず多くのイネ科植物を寄主として利用可能で、また休眠性をもつことから、中国、台湾、日本、韓国等の温帯地域で周年発生することが可能である。

これらのイネウンカ類が水稻に及ぼす被害も種によって異なり、トビイロウンカは稲作後期に坪枯れと呼ばれる大きな被害を起こす。これに対して、セジロウンカは稲作後期の被害は少なく、稲作初・中期の成虫の産卵による葉鞘の褐変などが主な被害様相である。ヒメトビウンカは、直接の吸汁害は少ないものの、イネ縞葉枯病ウイルスを媒介することで、イネに大きな被害をもたらす。これらのイネウンカ類の防除対策として、フィリピンなどの熱帯地域では抵抗性品種の導入と在来天敵の働きを活かしたIPMが普及している。一方、在来天敵の働きが比較的弱い東アジア地域などの温帯では、現在においても殺虫剤による防除が主体となっている。

1990年代中ごろからネオニコチノイド系の殺虫剤が開発され、イネウンカ類の防除にも広く使われるようになった。これに伴い、日本におけるトビイロウンカとセジロウンカの発生面積は減少し（図-1）、2000年代中ごろまでの間、東アジア地域全体でイネウンカ類の大発生は見られなかった。しかし、東アジア地域、とりわけベ

トナム北部および南部、中国南部および中部、日本において、2005年以降、3年続きでトビイロウンカが多発生した（図-1）。また、2000年以降、中国、韓国、日本

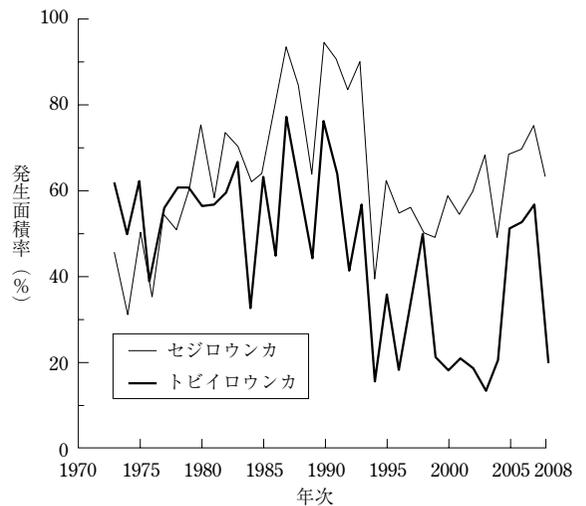


図-1 九州におけるトビイロウンカとセジロウンカの発生面積率の年次変動(JPP-NETのデータから作図)

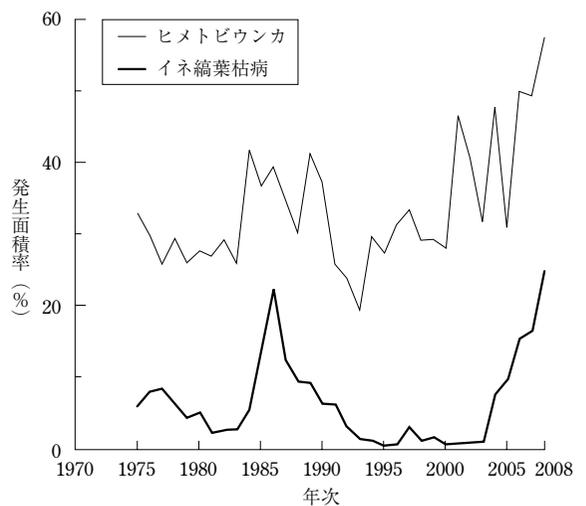


図-2 九州におけるヒメトビウンカとイネ縞葉枯病の発生面積率の年次変動(JPP-NETのデータから作図)

Current Status of Insecticide Resistance in Asian Rice Planthoppers. By Masaya MATSUMURA

(キーワード：トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ、薬剤抵抗性)

(図-2)において、ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病の発生量が増加傾向にあり、08年からは、日本や韓国においても多発生が起こっている。近年のこれらイネウンカ類の多発生は、それぞれのイネウンカの薬剤抵抗性発達と大きく関係していることが明らかになった。本稿では、その概略と今後の課題について紹介する。

### I アジア地域のトビロウンカとセジロウンカの種特異的な薬剤抵抗性発達

トビロウンカのイミダクロプリドに対する薬剤抵抗性は、東アジア地域では2003年にタイで最初に見つかり、その後東アジア地域の多くで05年ごろから報告されるようになった(松村ら, 2007)。薬剤抵抗性検定については、WANG et al. (2008 a; 2008 b) が中国国内のトビロウンカ個体群について葉鞘浸漬法による $LC_{50}$ 値を報告しているが、微量局所施用法(福田・永田, 1969)による調査事例はなかった。そこで、アジア地域イネウンカ類の薬剤抵抗性の現状を把握するために、2006年にベトナム北部(紅河流域)、ベトナム南部(メコン河流域)、フィリピン、中国、台湾、および日本においてトビロウンカとセジロウンカ個体群を採集し、微量局所施用法によって薬剤感受性検定を行った(MATSUMURA et al., 2008)。供試薬剤はイミダクロプリド、フィプロニル、チアメトキサム(トビロウンカのみ)、BPMCの4種類である。

1992年から2003年までに行われた調査によれば、ベトナム、中国、日本のトビロウンカのイミダクロプリドに対する $LD_{50}$ 値は $0.09 \sim 2 \mu\text{g/g}$ の範囲にあった(ENDO and TSURUMACHI, 2001; 平ら, 2001; 永田・上室, 2002; NAGATA et al., 2002; LIU et al., 2003 a; 2003 b)。しかし、2006年に日本、中国、台湾、ベトナムで採集したトビロウンカの $LD_{50}$ 値は03年以前に比べて高い値を示した(図-3)。 $LD_{50}$ 値が最も高かったベトナム南部では、1992年に比べて約240倍の値であった。一方、フィリピンのトビロウンカのイミダクロプリドに対する $LD_{50}$ 値は低く(図-3)、抵抗性発達は東アジアとインドシナ半島のみで起こっていると考えられた。トビロウンカとは対照的に、セジロウンカのイミダクロプリドに対する $LD_{50}$ 値はいずれの個体群でも低く、抵抗性発達は起こっていなかった(図-4)。

東アジアおよびベトナムのトビロウンカのチアメトキサムに対する $LD_{50}$ 値は、フィリピンのものに比べて高く(図-3)、イミダクロプリドとの間に交差抵抗性が生じているものと考えられた(MATSUMURA et al., 2008)。しかし、ネオニコチノイド剤のうち、ジノテフランにつ

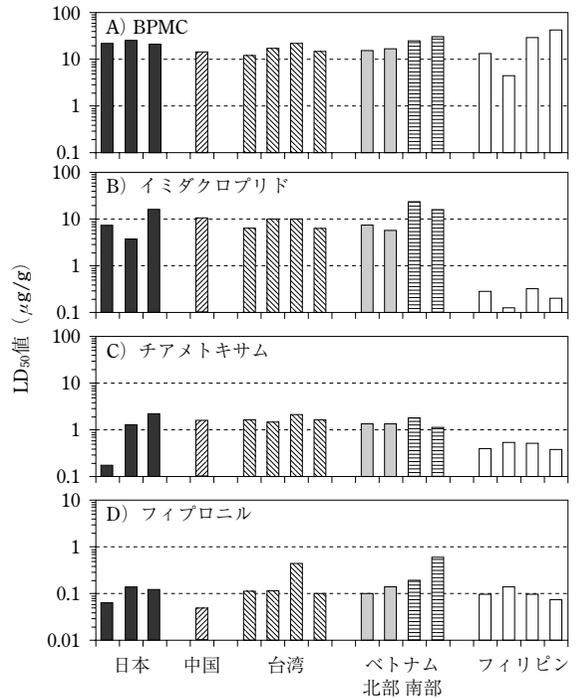


図-3 2006年にアジア地域から採集したトビロウンカの各種薬剤に対する $LD_{50}$ 値(MATSUMURA et al., 2008より作図)

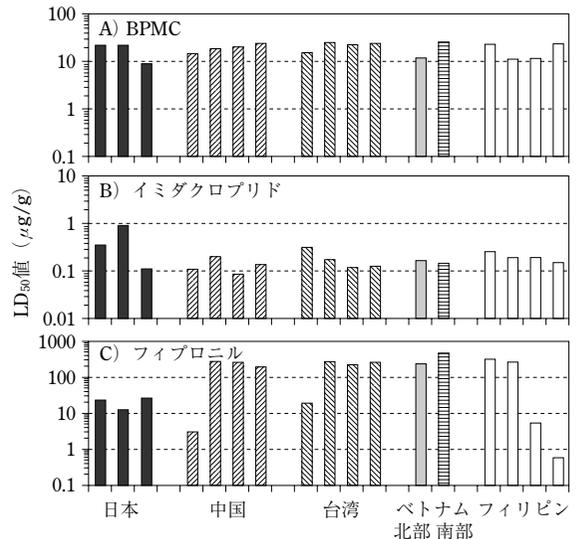


図-4 2006年にアジア地域から採集したセジロウンカの各種薬剤に対する $LD_{50}$ 値(MATSUMURA et al., 2008より作図)

いては、イミダクロプリドとの間に交差抵抗性は見られなかった（松村ら、未発表）。

アジア地域のセジロウンカのフィプロニルに対するLD<sub>50</sub>値はいずれの地域の個体群でも高かった（図-4）。セジロウンカについては、微量局所施用法による過去のデータがないものの、セジロウンカのフィプロニルに対する抵抗性発達は東アジアから東南アジア地域で広範囲に起こっているものと考えられた。

BPMCについては、トビイロウンカ、セジロウンカともに、地域による明瞭な差は見られなかった（図-3、図-4）。

以上から、アジア地域のイネウンカ類は、トビイロウンカはイミダクロプリドに対して、セジロウンカはフィプロニルに対して種特異的に抵抗性を発達させていることが明らかになった。日本に飛来するトビイロウンカとセジロウンカ個体群については、2005年にこのような種特異的な薬剤抵抗性発達が認められ、その後08年まで、抵抗性のレベルはほぼ同様の数値で推移している（松村ら、2007；松村ら、未発表）。

## II 種特異的な抵抗性発達の要因

ベトナム北部の紅河地域は、中国や日本に飛来するイネウンカの一次飛来源とされており、ここでのイネウンカ類の発生状況が、中国や日本での発生に大きく影響している。ベトナム北部では、1990年代後半から中国品種を用いたハイブリッド稲の栽培面積が増加しており、2002年以降には栽培面積が50万haを超えている。中国のハイブリッド稲はウンカに対する抵抗性をもたないため、セジロウンカ・トビイロウンカの増殖率が高い。中国において1980年代後半からセジロウンカが多発生したことも、ハイブリッド稲の栽培に関係が深いといわれている。多収・良食味等の性質をもつ品種への移行によってウンカの増殖しやすい稲を栽培することになり、その防除のために殺虫剤が多用される。このようなベトナム北部での稲作栽培の変化が、近年の東アジア地域でのトビイロウンカ多発生に大きく関与している。そして、多発生を抑えるためのイミダクロプリドを主体とした殺虫剤の多用が、薬剤抵抗性の発達を引き起こしたと考えられる。

種特異的な抵抗性発達の要因については、いくつかの可能性が考えられるが、その一つとして、殺虫剤散布対象害虫と散布時期の違いが考えられる。ベトナム北部の冬春作水稲では、稲作後期に当たる5～6月上旬に、トビイロウンカ防除のためにイミダクロプリドなどのネオニコチノイド系殺虫剤が散布される（図-5）。一方、フ

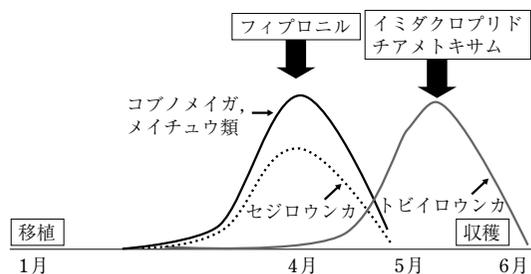


図-5 ベトナム北部（紅河流域）の冬春作水稲における主要害虫の発生時期と殺虫剤散布時期

イプロニルは4月上旬ごろの稲作中期に、コブノメイガやメイチュウ類の防除のために散布される。この時期には水田にはトビイロウンカは少なくセジロウンカが多いため、セジロウンカのほうがフィプロニルの影響を受けやすい。このような薬剤の散布時期の違いが、種特異的な抵抗性発達を生み出した可能性がある。

フィリピンではトビイロウンカの薬剤抵抗性発達は見られず、セジロウンカのフィプロニル抵抗性発達のみが見られた（図-3、図-4）。この理由としては、フィリピンではトビイロウンカは現在も小発生傾向が続いており、イミダクロプリドがほとんど使われていないのに対して、近年多発しているメイチュウ類の防除にフィプロニルが多用されているためと考えられる。

異なる薬剤に対する種特異的な抵抗性発達の原因解明のために、系統の異なる殺虫剤に対する作用機作の違いについても今後検討する必要がある。トビイロウンカのイミダクロプリド抵抗性については、その作用機作や遺伝子発現等に関する研究が、中国の南京農業大学のグループを中心に精力的に進められている（Liu et al., 2003 a; 2003 b; 2005; Wen et al., 2009）。しかし、セジロウンカのフィプロニル抵抗性発達メカニズムについては明らかにされていない。

ベトナム南部のメコン河流域では、2005年以降、トビイロウンカが媒介する2種のウイルス病（グラッシースタント病とラギットスタント病）の大発生が続いており、その防除のために、稲作初期の段階から殺虫剤が多用されている。加えて、ベトナム南部ではイネ作付け回数が年3～4回であり、トビイロウンカの年間発生世代数は年11～12世代と、ベトナム北部（6～7世代）に比べて極めて多い。このような理由からか、ベトナム南部では、トビイロウンカのイミダクロプリドに対するLD<sub>50</sub>値は、2007～08年にかけてさらに上昇を続けており（松村ら、未発表）、今後の動向に注意する必要がある。

### III 東アジア地域のヒメトビウンカ薬剤抵抗性の地域間差異

近年、ヒメトビウンカについても、中国や日本において薬剤抵抗性の発達が報告されている。MA et al. (2007) は、2006年に中国の浙江省と江蘇省で採集したヒメトビウンカの薬剤抵抗性検定を行い、イミダクロプリドに対する感受性が大きく低下していることを報告している。この背景には、2000年以降の江蘇省を中心とするヒメトビウンカが多発生とイネ縞葉枯病の流行を受けて、4月中下旬の麦の出穂期と、イネの苗代および早植え本田の時期にイミダクロプリド水和剤を中心とした防除が行われていることがある(寒川, 2005)。一方、フィプロニル剤は価格が高く使用量が少ない(寒川, 2005)ことから、2007年までの調査(MA et al., 2007; WANG et al., 2008)では、中国において薬剤感受性の低下は報告されていない。

これに対して、日本の九州地域では福岡県(村上ら, 2007)、熊本県(行徳ら, 2008; 西本ら, 2008)、佐賀県(口木, 2007)においてフィプロニルに対して感受性が低下した個体群の存在が報告されている。また、佐賀県では、ブプロフェジンに対する感受性低下も報告されている(口木, 2007)。一方、イミダクロプリドに対する感受性の低下は、これまで日本では報告されていない。

ヒメトビウンカは日本で越冬可能であるため、薬剤抵抗性の発達にはその地域での薬剤使用履歴が大きく影響すると考えられる。薬剤抵抗性検定が行われた調査地点もそれほど多くない中で、画一的な区分はできないものの、上記の結果から、中国江蘇省を中心とした地域ではイミダクロプリド抵抗性が、九州の多くの地域ではフィプロニル抵抗性が、それぞれ発達しているものと考えられる。

このように、ヒメトビウンカの場合には、同じ種でありながら、国によって異なる薬剤に対する抵抗性が発達している。このような状況の中で、中国から日本(2008年)や韓国(2009年)に、5月下旬～6月上旬にかけてヒメトビウンカが大量に飛来する現象が観察されている(松村・大塚, 2009; 大塚ら, 未発表)。「はじめに」で述べたように、ヒメトビウンカは国内で越冬可能であるため、今後は薬剤抵抗性の異なる個体群の混在あるいは交配が生じる可能性がある(真田ら, 未発表)。ヒメトビウンカの海外飛来とそれによって起こる新たな問題についての詳細は、本誌2009年5月号の松村・大塚(2009)の解説を参照されたい。

### IV 今後の課題

これまで紹介したように、現在、アジア地域のイネウンカ類の薬剤抵抗性については、種によって、また地域によって大きく異なる状況にあり、今後も抵抗性発達がさらに進む可能性がある。このため、アジア地域各地で、相互に比較可能な手法で薬剤抵抗性のモニタリングを行うことが重要である。2009年5月にIRRI(国際イネ研究所)において、イネウンカ類の薬剤抵抗性モニタリングの情報ネットワーク確立に向けたワークショップとトレーニングコースが開催された。このトレーニングコースを通じて、今後、ベトナム、中国、タイ、マレーシアの各国において微量局所施用法を用いてイネウンカ類の薬剤抵抗性モニタリングを行うこととなった。

現在、薬剤抵抗性のモニタリングは微量局所施用法などのバイオアッセイによって行わざるを得ないため、供試虫を増殖して結果を出すまでに時間がかかる。今後、薬剤抵抗性の遺伝的背景の解析を進めることによって、遺伝子配列から薬剤抵抗性モニタリングが可能になるならば、発生予察が迅速化されるなどメリットは大きい。

「はじめに」で述べたように、イネウンカ類はアジア地域全体を長距離移動するため、発生時期や発生量を予測するには、薬剤抵抗性などの形質が異なるウンカの広域移動動態の解析が必要となる。移動の検証の際には、地域個体群間の差異を遺伝子型の違いなどによって明瞭に区別できることが望ましい。このような研究を進めるうえでも、ウンカの遺伝子多型などの情報とともに、今後、薬剤抵抗性などのターゲット遺伝子の変異性解析も重要となるであろう。

### 引用文献

- 1) ENDO, S. and M. TSURUMACHI (2001): J. Pesticide Sci. 26: 82 ~ 86.
- 2) 福田秀夫・永田 徹(1969): 応動昆 13: 142 ~ 149.
- 3) 行徳 裕ら(2008): 九病虫研会報(講要) 54: 158.
- 4) 口木文孝(2007): 第51回応動昆大会講要: 84.
- 5) LIU, Z. et al. (2003 a): Pest Manag. Sci. 59: 1355 ~ 1359.
- 6) ——— et al. (2003 b): J. Nanjing Agric. Univ. 26: 29 ~ 32.
- 7) ——— et al. (2005): PNAS 102: 8420 ~ 8425.
- 8) MA, C. Y. et al. (2007): Chinese J. Rice Sci. 21: 555 ~ 558.
- 9) 松村正哉ら(2007): 植物防疫 61: 254 ~ 257.
- 10) MATSUMURA, M. et al. (2008): Pest Manag. Sci. 64: 1115 ~ 1121.
- 11) 松村正哉・大塚 彰(2009): 植物防疫 63: 293 ~ 296.
- 12) 村上英子ら(2007): 九病虫研会報(講要) 53: 133.
- 13) 永田 徹・上室 剛(2002): 植物防疫 56: 488 ~ 491.
- 14) NAGATA, T. et al. (2002): J. Asia-Pacific Entomol. 5: 113 ~ 116.
- 15) 西本佳子ら(2008): 九病虫研会報(講要) 54: 158.
- 16) 平 霄飛ら(2001): 九病虫研会報 47: 54 ~ 57.
- 17) 寒川一成(2005): 農業技術 60: 405 ~ 409.
- 18) WANG, L. H. et al. (2008): Acta Entomol. Sinica 51: 930 ~ 937.
- 19) WANG, Y. H. et al. (2008 a): J. Econ. Entomol. 101: 515 ~ 522.
- 20) ——— et al. (2008 b): Pest Manag. Sci. 64: 1278 ~ 1284.
- 21) WEN, Y. et al. (2009): Pesticide Biochem. Physiol. 94: 36 ~ 42.