

3 害虫の飛来侵入や分布拡大を予測する技術とその利用  
1 ヒメトビウンカ

### 3.1.1 ヒメトビウンカの飛来予測技術

#### 1. はじめに

ヒメトビウンカはイネの重要害虫で、イネ縞葉枯ウイルスなどを媒介する。2000年頃から中国東部の江蘇省を中心としたイネムギ2毛作地域で、イネ縞葉枯ウイルスを保毒したヒメトビウンカの発生量が増大した。2008年6月初めには、中国東部のムギで増殖した第1世代成虫が低気圧に伴う西風を利用して西日本に多量に飛来し、長崎県、山口県などでイネ縞葉枯病が大発生した (Otuka et al., 2010)。同様に2009年6月初めには韓国西岸地域にヒメトビウンカが多量に飛来し、イネ縞葉枯病が発生した (Otuka et al., 2012)。中国東部では現在でもヒメトビウンカの発生量が多く、それらがムギ刈りの時期に西日本に飛来するリスクがある。中国東部から飛来した個体群と日本の土着個体群は侵入時点で異なる薬剤抵抗性を持っていたが、これらが交雑することによって飛来地域での薬剤抵抗性の変化が懸念されている (Sanada-Morimura et al., 2011)。そのため、飛来源である中国東部の移出実態を解明し、移出時間帯など組み込んだ精度の高い飛来予測技術を開発することで、日本での飛来警戒を可能とするとともに、薬剤抵抗性の遺伝様式を解明することで交雑による薬剤抵抗性発達のリスクを評価し、これらの情報に基づいた防除法を開発した。

#### 2. 虫の飛び立ちの解明と飛来予測モデル

2008年の飛来侵入事例などの解析から、飛来するヒメトビウンカは、主に中国東部の江蘇省で越冬した世代の次世代 (第1世代) の羽化成虫である (松村・大塚, 2009; Otuka et al., 2012)。羽化時期は毎年5月下旬から6月上旬頃、ちょうどムギの刈り取り時期に当たる。飛来予測を開始する日は、江蘇省内の5つの気象観測点での年初からの気温推移を基に、ヒメトビウンカの有効積算温度を計算し、それが閾値を超える日を計算することで、何日から羽化して飛び立つかを予測する。

また、過去の日本と韓国での飛来時期と、飛来源各地で有効積算温度から計算された羽化時期との比較から、江蘇省の沿岸地域とその隣接した地域が移出地域であると推定された。

さらに、この虫が1日のうちでどの時間帯に飛び立つのかを中国と日本のコムギ圃場でいろいろなタイプのトラップを用いて調査した。例えば、地上高10mの電柱の先端に設置したネットトラップやヘリコプターに係留した大型のネットトラップを使って複数の時間帯で飛翔虫を捕獲したり、ムギを覆うように設置したキャノピートラップで飛び立つ虫を直接捕獲したりして調査した。その結果、16時から20時までの夕方に飛び立ちのピークがあった。また日中にも飛び立っていることが分かった。

そして調査で解明した飛び立ち実態を基に、飛来源での移出時期や移出地域、移出時間帯を組み込んだ飛来予測モデルを開発した。飛来予測モデルでは、多数のヒメトビウンカを江蘇省の沿岸地域とその隣接地域から、日中 (9-17時) と夕方 (17-19時) に飛び立たせる。飛び立ったウンカは自力で上昇して上空の風に到達する。水平に移動中は風の速度と同じ速度で移動するが、気温が低くなる上空の領域には侵入させない。風と気温と拡散係数のデータを利用し、これらは気象数値予報モデルで予測する。このようにして計算した多数のウンカの位置から相対的なウンカの密度を計算し、地表面から100mまでの大気最下層の密度を利用して予測図を作成する。

日本植物防疫協会のインターネットデータベースサービス JPP-NET では、全国の病害虫防除所等が会員となってヒメトビウンカの飛来予測システムを利用している。システムは都道府県ごとに飛来が予測されると、電子メールで飛来予測を通知する。予測図から飛来時期と飛来地域の情報が得られ、飛来警戒、殺虫剤選定、防除時期の決定、雑草管理などに役立てられる。

### 3. 具体的な利用手順

#### 3. 1 利用登録

ヒメトビウンカの飛来予測システムは、一般社団法人日本植物防疫協会のインターネットデータベースサービス JPP-NET の中のひとつのサービスとして運用されている。このサービスは JPP-NET の会員となることで利用できる。都道府県の病虫害防除所などは既に会員となっているので、その職員は利用可能である。

利用するには、まずブラウザを用いて次の URL にアクセスしてユーザー名とパスワードを入力する（図 1）。

<http://www.jppn.ne.jp/member/>



図 1 JPP-NET のトップページ

するとメインのメニューのサービスリストが表示され、病虫害発生予測データベース>ウンカ飛来予測システム（ヒメトビウンカ）を選択するとヒメトビウンカ飛来予測・解析の検索トップメニューが表示される（図 2）。

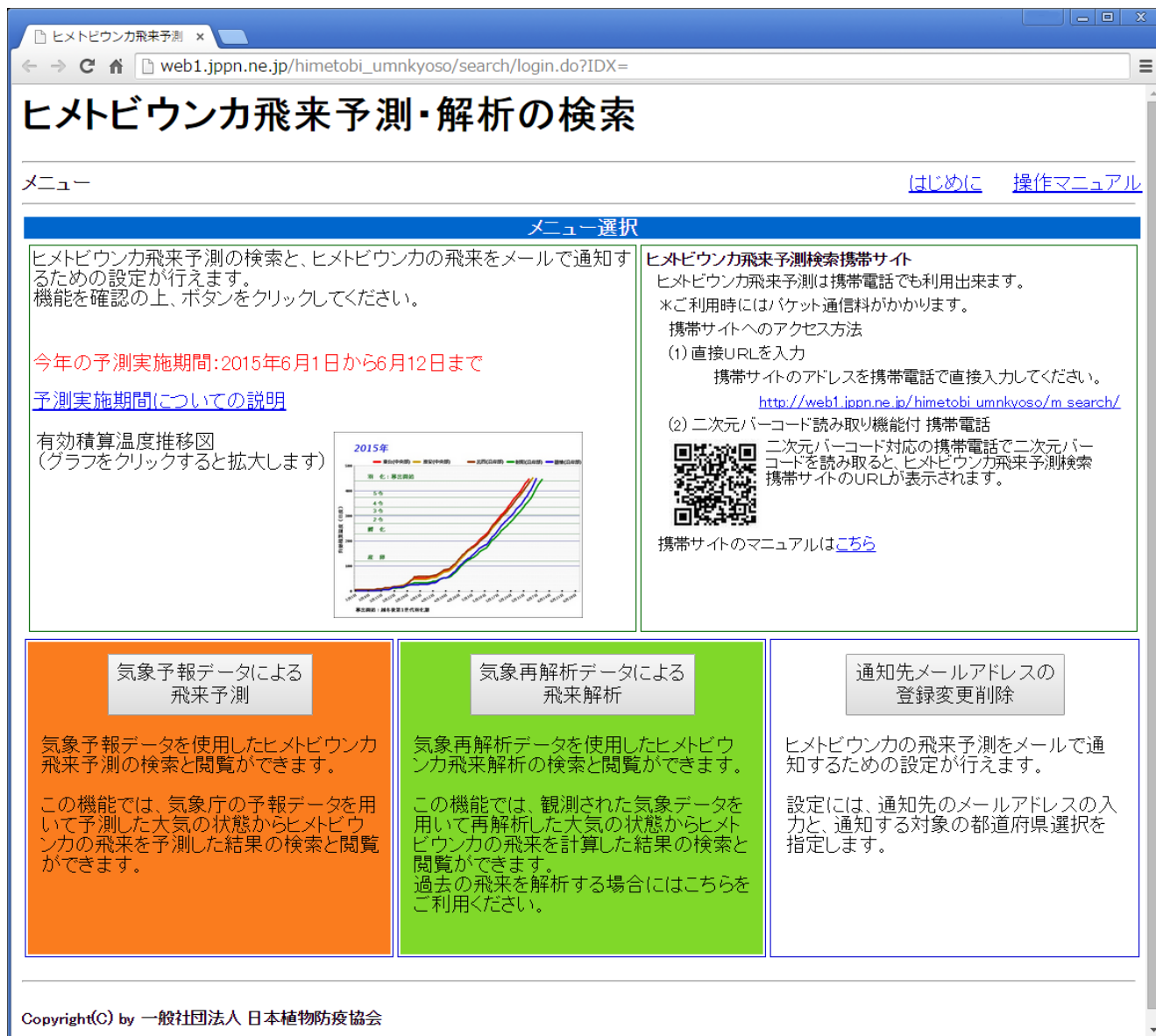


図2 ヒメトビウнка飛来予測・解析の検索のページ

まず、飛来予測を電子メールで受け取るために、通知先メールアドレスを登録する。下の行の「通知先メールアドレスの登録変更削除」ボタンをクリックする。するとメールアドレス設定のページが表示される(図3)



図3 メールアドレスの設定メニュー

初めての登録では、通知先情報の登録ボタンをクリックして次のページからメールアドレスと、通知を受ける対象の都道府県を登録する。都道府県は複数選択が可能であり、例えば九州に飛来予測がある時に通知を受けたい場合などに便利である（図4）。

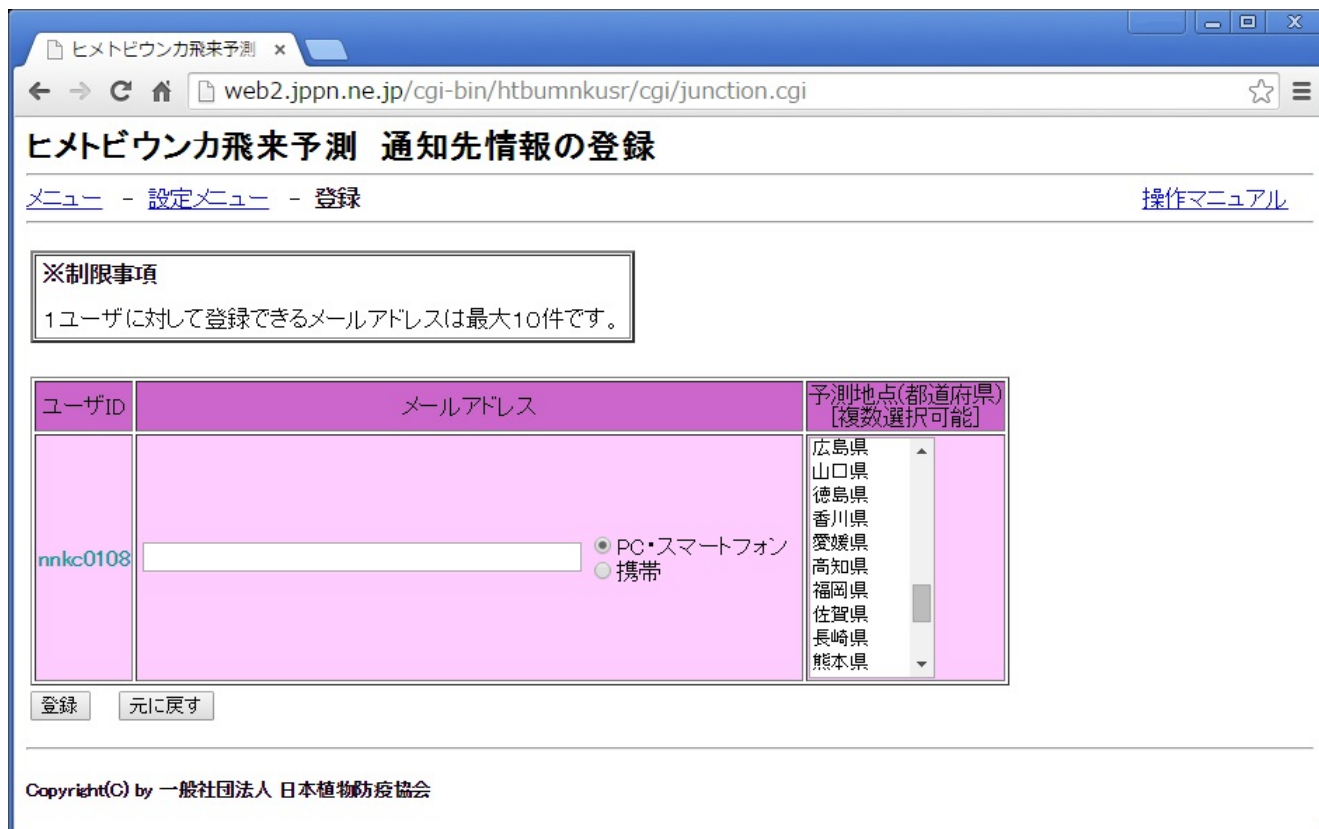


図4 登録画面

図2 メインメニューの右上の折れ線グラフをクリックすると次のようなヒメトビウンカの有効積算温度の推移グラフが表示される(図5)。この図は飛来シーズンが終了しているので全ての線が実測値を基に有効積算温度が計算され表示されているが、予測期間中ではその当日以降は予測値になっており、移出開始日がいつになるか予測できる。線は5本あり、飛来源である江蘇省の中央部2地点と、沿岸部3地点での推移を計算している。一般に中央部が沿岸部より気温が高く推移するので、早く移出開始日を迎える。



図5 ヒメトビウンカの有効積算温度の推移グラフの例

### 3. 2 飛来予測の通知

移出期間に入り、登録した都道府県に飛来が予測されると、次のような飛来予測通知メールが配信される (図6)。

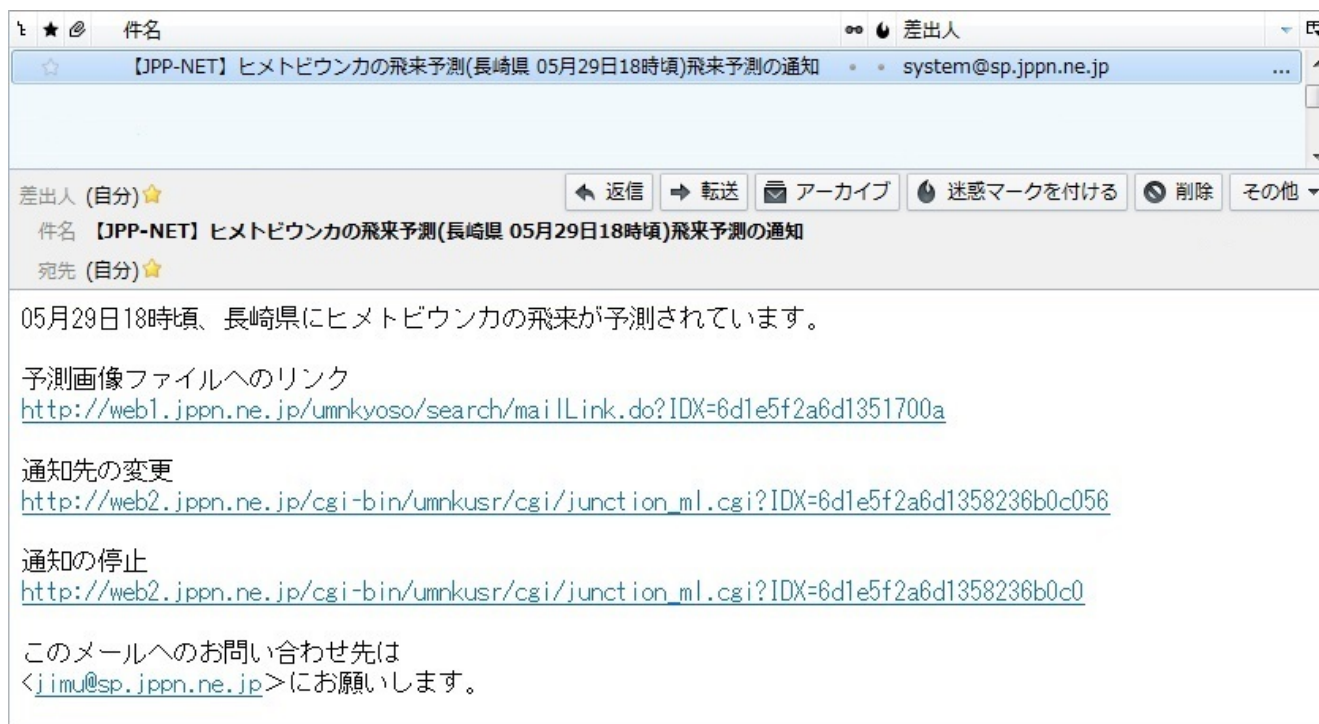


図6 通知メールの例

予測画像ファイルへのリンクをクリックすると予測図が表示される。

### 3. 3 予測図の利用

予測図は、次図のようなアニメーションで、緑色、蜜柑色、赤色の部分がウンカ雲である。ウンカ雲は時間とともに風下に移動し、どの地域にどの時間に到達するかを確認することで、ウンカの飛来地域と飛来時刻を予測できる。色の違いは相対的なウンカの密度の違いを表している（図7）。



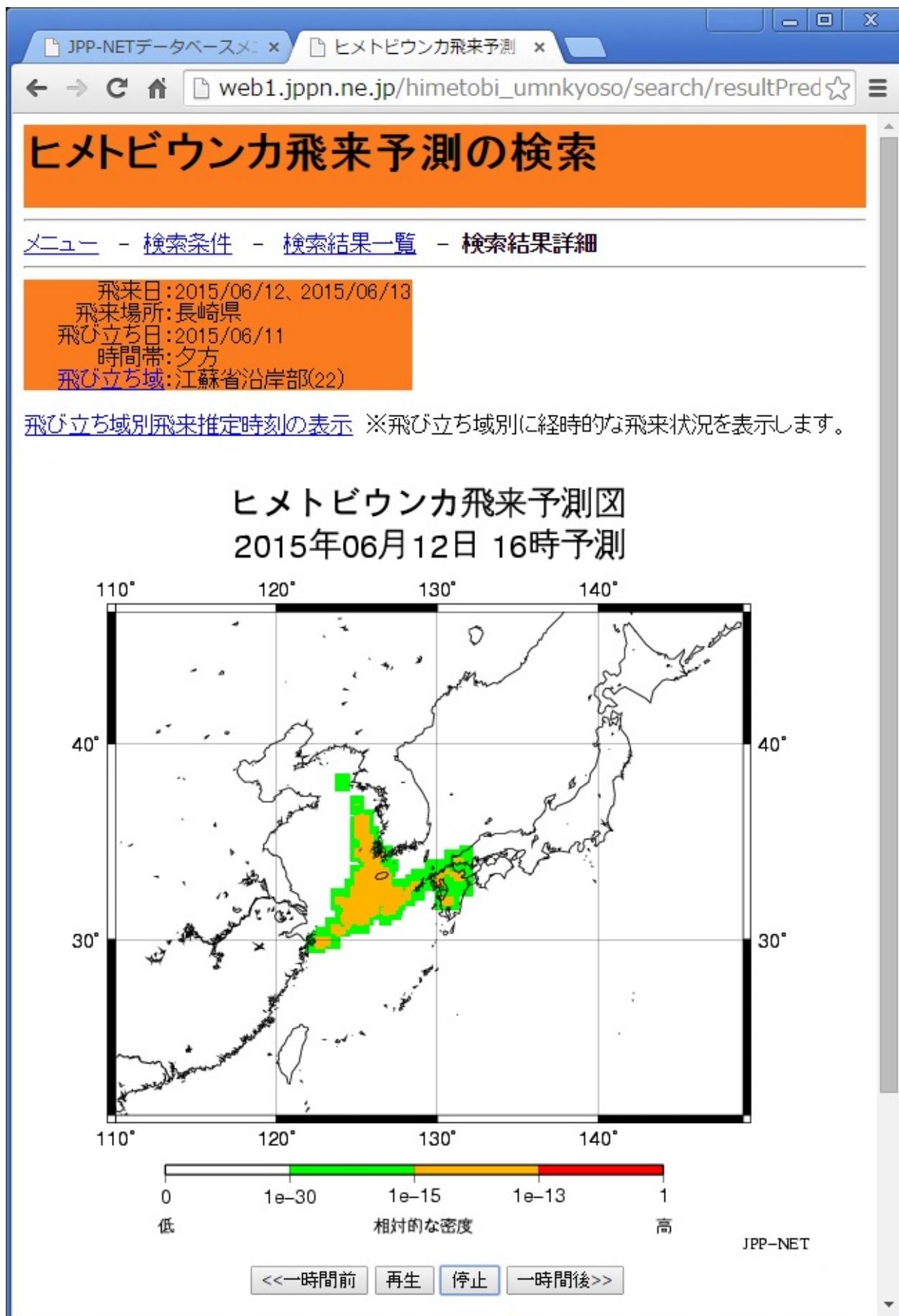


図7 飛来予測図の例

### 3. 4 解析図の利用

飛来予測図は、気象数値予報モデルで予測した風、気温などのデータを利用している。そのため予測誤差が生じる。システムでは気象観測値が得られた時点で、過去の気象解析を行って風、気温などの解析データを計算し、もう一度移動計算を行っている。誤差がより小さい移動解析が実現されていると考えられる。メニューの画面の下段中央の「気象再解析データによる飛来解析」のボタンをクリックすると、解析結果を検索する画面を利用できる（図8）。

メニュー - 検索条件 操作マニュアル

ヒメトビウнка飛来の有無を検索するための条件を指定してください。  
検索ボタンをクリックすると条件に合致する予測結果を表示します。

● 飛来日と飛来場所を指定して検索

飛来日	2015年6月1日～6月14日 西暦4桁	ヒメトビウнкаの飛来日を期間で入力します。 ※必須入力 ※最大30日間まで
飛来場所	長崎県	ヒメトビウнкаの飛来を予測したい都道府県を選択します。 ※必須選択

● 飛び立ち日と時間帯を指定して検索

飛び立ち日	年 月 日～ 月 日 西暦4桁	ヒメトビウнкаの飛び立ち日を期間で入力します。 ※必須入力 ※最大30日間まで
時間帯	<input type="checkbox"/> 日中 <input type="checkbox"/> 夕方	ヒメトビウнкаの飛び立つ時間帯を選択します。 両方選択することもできます。 ※必須選択

検索

Copyright(C) by 一般社団法人 日本植物防疫協会

図8 飛来解析の検索ページ

例えば飛来日と飛来場所を指定して検索できる。図の飛来日と飛来場所の条件で検索ボタンをクリックすると4件の解析結果が長崎県にウンカ雲が到達したことを教えてくれる（図9）。画像表示ボタンをクリックするとその時のウンカ雲のアニメーションが表示される。検索結果の表の飛び立ち域の列に括弧でくくった数値は、ウンカが飛来源を飛び立ってから長崎県に到達するまでの移動時間であり、この数値が小さい場合は風が強く、虫の移動に好適であったことが推定される。

メニュー - [検索条件](#) - [検索結果一覧](#)

条件に合致した情報は以下のとおりです。  
「画像表示」ボタンをクリックすると予測結果画像を表示することができます。

飛来日: 2015/06/11、2015/06/12、2015/06/13  
飛来場所: 長崎県

画像表示	飛び立ち日	時間帯	飛び立ち域 <small>(内は飛び立ち域から飛来場所に到達するまでの所要時間)</small>
<a href="#">画像表示</a>	2015/06/10	日中	江蘇省沿岸部(34)
<a href="#">画像表示</a>	2015/06/10	夕方	江蘇省沿岸部(26)
<a href="#">画像表示</a>	2015/06/11	日中	江蘇省沿岸部(26)
<a href="#">画像表示</a>	2015/06/11	夕方	江蘇省沿岸部(34)

Copyright(C) by 一般社団法人 日本植物防疫協会

図9 検索結果の例

## 参考文献

- 1) Otuka, A. et al. (2010): Applied Entomology and Zoology 45: 259~266.
- 2) Otuka, A. et al. (2012): Applied Entomology and Zoology 47: 379~388.
- 3) Sanada-Morimura, S. et al. (2011): Applied Entomology and Zoology 46: 65~73.
- 4) 松村・大塚 (2009): 植物防疫 63: 293~296.

(大塚彰<sup>1</sup>・真田幸代・松村正哉: 農研機構 九州沖縄農業研究センター、<sup>1</sup>現 農業技術革新工学研究センター)

### 3.1.2 ヒメトビウンカの薬剤抵抗性発達のリスク評価

#### 1. はじめに

ヒメトビウンカは縞葉枯病や黒すじ萎縮病を媒介する害虫である。縞葉枯病は1960～80年代に日本全国の水稲で甚大な被害をもたらしたが、抵抗性品種の導入やウンカ防除剤の開発により2000年頃までには被害はほとんど見られなくなった。しかし、近年になって関東・近畿・九州の一部地域で再び縞葉枯病の被害が報告されはじめ、ヒメトビウンカの発生や縞葉枯病の被害面積は全国的に上昇傾向である(図1)(真田, 2014)。黒すじ萎縮病は国内で大きな被害をもたらしたことはこれまでに無いが、近年、特に関東地域の一部地域で繰り返し発生が確認されている。

ヒメトビウンカによる縞葉枯病の被害は東アジア地域でも問題となっており、特に中国東部の江蘇省や浙江省では、イネ・ムギの2毛作が行われていることや、ヒメトビウンカが増殖しやすいジャポニカ米の普及が進んだことなどにより、2000年代初頭から甚大な被害が発生している。そのような状況の中、2008年6月に中国江蘇省から飛び立ったと推測されるヒメトビウンカが九州西岸地域を中心に多数飛来する事例が起こった。中国江蘇省のヒメトビウンカは、九州地域の土着個体群に比べ、イネ縞葉枯ウイルスの保毒虫率(ウイルスを持っている個体の割合)が非常に高かったため、飛来の多かった長崎県西岸地域などでは縞葉枯病による水稲への被害が確認された(Otuka et al. 2010)。さらに、江蘇省のヒメトビウンカは、ウンカ類の防除に多用されていたイミダクロプリド(商品名:アドマイヤー)に強い抵抗性を持っていたため、これまで九州地域で確認されていたフィプロニル(商品名:プリンス)への抵抗性を持つ土着個体群と交雑し、両方に抵抗性を持つ個体群が定着した事例も確認されている(Sanada-Morimura et al., 2011)。中国東部でのヒメトビウンカと縞葉枯病の発生は、2000年代中頃にピークを過ぎているとはいえ、依然として続いていること、また縞葉枯病に代わって黒すじ萎縮病の発生が上昇していることなどから、再飛来による被害を警戒する必要がある。そこで、先に記載したヒメトビウンカ飛来予測システム(III-1-1)により飛来予測がなされた場合に、飛来地域で採集したヒメトビウンカの保毒虫率や薬剤抵抗性の特性を確認する手法、および薬剤抵抗性発達リスクを回避する防除方法を解説する。

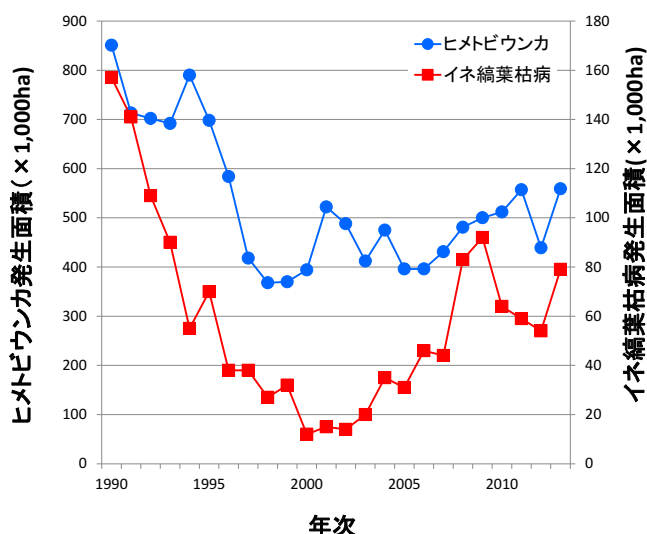


図1. ヒメトビウンカと縞葉枯病発生面積の推移  
日本植物防疫協会のJPP-Netに県ごとに公表されたデータを集計し、作図した。2005年以降発生面積は上昇傾向にある。

## 2. ヒメトビウンカの生態

ヒメトビウンカは体長約3-4mm(図2)で、産卵されてから約1ヵ月で成虫になる。水稲以外にもコムギ・オオムギ・トウモロコシなどのイネ科作物やイネ科雑草で生活できるため、水稲がなくなる冬に生存できないトビイロウンカやセジロウンカと異なり、日本全土で越冬することができる。幼虫で越冬したヒメトビウンカは4月頃成虫になり、その後水田に移動し、10月頃までに4~5世代を繰り返す。9月~10月の水稲が刈り取られる頃に、幼虫のままイネ科作物(秋撒きコムギ、イタリアンライグラスなど)や畦畔のイネ科雑草へ移動し、幼虫のまま越冬する。したがって、冬期に越冬可能な植物が豊富な場所では、春~初夏にかけて、多くのヒメトビウンカが田植え後の水田へ移動し、世代を繰り返す。



図2. ヒメトビウンカの長翅雌(左)と長翅雄(右)  
体長は3-4mm, 短翅型もいる(写真省略)。

## 3. 病原性ウイルスの特徴

「縞葉枯病」

イネ縞葉枯ウイルス, *Rice Strip Virus* (RSV), に感染することで発病する。ヒメトビウンカによって媒介されるが、感染した雌が産んだ仔も感染し(継卵感染), 感染していないヒメトビウンカが感染イネを吸汁しても感染させられる。イネでみられる病徴としては、分けつ期には新葉が枯死し、褐変した葉が紙縞り状になる“ゆうれい症状”がみられ、株数は減少し、穂は出すくみとなる(図3)。ある程度成長した株に感染した場合、そのまま病徴がみられないことがあるが、刈り取り後に感染株のひこばえで顕著な“ゆうれい症状”が確認できることも多い。

「黒すじ萎縮病」

イネ黒すじ萎縮ウイルス, *Rice Black Streaked Dwarf Virus* (RBSDV), に感染することで発病する。葉や鞘に水腫状の黒褐色の条斑がみられる。株の矮化や出すくみがみられ、不稔となる。トウモロコシでも水稲と同様に発症する。



図3. 縞葉枯病の病徴  
葉は紙縞り状に枯れ、出すくみとなる。

## 4. ヒメトビウンカの薬剤抵抗性

「九州地域における海外飛来の影響と現状」

ヒメトビウンカは病原性ウイルスを媒介することから水稲の重要害虫であったが、他の2種のイネウンカ類, トビイロウンカとセジロウンカと同様に、1990年代初頭に登場したネオニコチノイド系殺虫剤のイミダクロプリドや、フェニルピラゾール系薬剤のフィプロニルが箱施薬剤として使用されると被害はほとんどみられなくなった。しかし、2000年代中頃、九州の一部地域でフ

イプロニルに対する抵抗性を持つヒメトビウンカ個体群が報告され始めた (Sanada-Morimura et al., 2011)。そのような状況の中、中国江蘇省で刈り取り間際のコムギ畑で増殖した越冬第1世代のヒメトビウンカが、2011年6月上旬に九州西岸地域を中心に大量に飛来した (Otuka et al., 2010)。中国江蘇省のヒメトビウンカはイミダクロプリドに強い抵抗性を持っており、海外飛来によって九州地域のフィプロニル抵抗性個体群と交雑し、両方の薬剤に抵抗性を持つ個体群が定着した可能性が推察されている (Sanada-Morimura et al., 2011)。

「薬剤抵抗性の遺伝様式」

ヒメトビウンカのイミダクロプリド抵抗性の原因因子についてはまだ全く解明されていない。一方、フィプロニル抵抗性の原因因子の一つとして、作用機作である GABA レセプターの遺伝子配列の変異が報告されている (Nakao et al., 2011)。これら2つの薬剤抵抗性の遺伝様式については未解明であったため、2008年6月に飛来したイミダクロプリド抵抗性個体群と、国内のフィプロニル抵抗性個体群を交雑させた結果、交雑系統は F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>ともにイミダクロプリドとフィプロニルに中程度の抵抗性を示した (図4、5の F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> (模式図) : (真田,未発表))。戻し交雑実験を行った結果、イミダクロプリド抵抗性は不完全劣性で単一遺伝子あるいは主動遺伝子支配であることが示唆された (図4 : (真田,未発表))。一方、フィプロニル抵抗性は量的遺伝することが示唆された (図5 : (模式図) (真田,未発表))。感受性系統との交雑実験でも同様の結果が得られたが、本実験では野外採集個体群に使用しているため、抵抗性遺伝子を選抜した近交系統による遺伝様式とは結果が異なる可能性が高い。

しかし、野外採集個体をそのまま使用した実験であるため、実際の野外での交雑後の状況を反映していると考えている。このため、イミダクロプリド抵抗性は不完全劣性の主動遺伝子、フィプロニル抵抗性は量的遺伝の動態に近い挙動を示すと想定し、抵抗性発達リスクを評価することとした。

「韓国西岸地域における海外飛来の影響と現状」

韓国の西海岸では、2009年以降中国江蘇省からと思われる海外飛来が繰り返起こっており、2009年には縞葉枯病の多発生が起こっている (Otuka et al., 2010)。韓国では積極的に縞葉枯抵抗性品種の栽培を進めており、現在では水稲における縞葉枯病の発生は問題となっていない。一方、中国農村振興庁国立農業科学院の GS, Lee 博士は、2007年に韓国西南部の飼料トウモロコシで、それまで

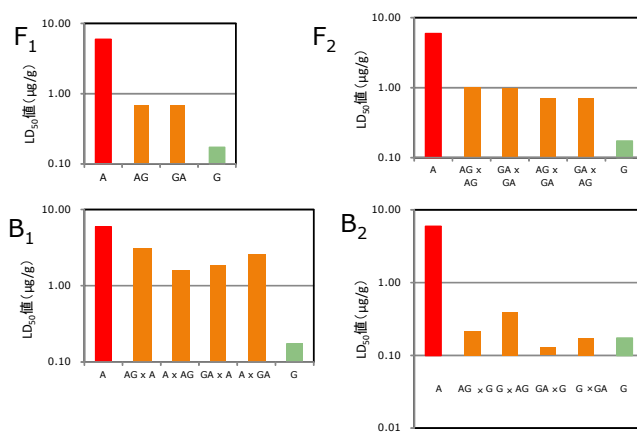


図4. 交雑個体群のイミダクロプリド感受性 (LD<sub>50</sub>値)(模式図)  
横軸のアルファベットは、A:イミダクロプリド抵抗性、G:フィプロニル抵抗性、AG:A♀×G♂、GA:G♀×A♂を示す。F<sub>1</sub>:交雑1世代、F<sub>2</sub>:交雑2世代、B<sub>1</sub>:F<sub>1</sub>にA♂を戻し交雑、B<sub>2</sub>:F<sub>1</sub>にG♂を戻し交雑した。

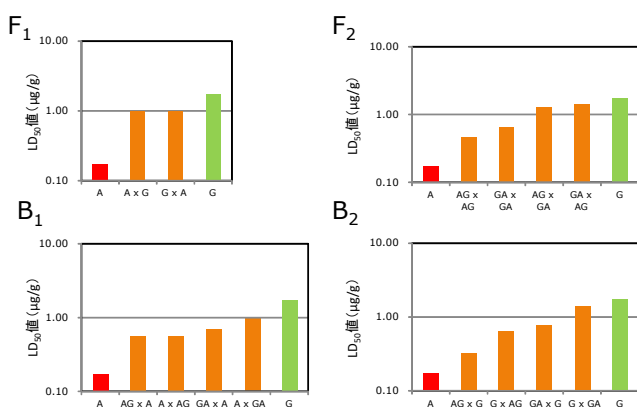


図5. 交雑個体群のフィプロニル感受性 (LD<sub>50</sub>値)(模式図)  
横軸のアルファベットは、A:イミダクロプリド抵抗性、G:フィプロニル抵抗性、AG:A♀×G♂、GA:G♀×A♂を示す。F<sub>1</sub>:交雑1世代、F<sub>2</sub>:交雑2世代、B<sub>1</sub>:F<sub>1</sub>にA♂を戻し交雑、B<sub>2</sub>:F<sub>1</sub>にG♂を戻し交雑した。

全く問題となっていなかった黒すじ萎縮病の多発生が起こったことを報告している (Lee, 2008)。これが中国江蘇省から飛来したヒメトビウンカが原因かどうかは不明だが、中国江蘇省ではトウモロコシでの黒すじ萎縮病の被害が報告されていることから、海外飛来による水稲およびトウモロコシでの黒すじ萎縮病発生への警戒も今後の課題である。

## 5. 防除対策

### 「飛来予測後の対応」

飛来予測システムから飛来予測アラームを受けた際には、特に飛来源からの到達時間が速い(概ね 24~30 時間程度) 場合には飛来の可能性が高いと想定し、できるだけ速やかに飛来が予測される地域でヒメトビウンカの調査を行う。海外から飛来するヒメトビウンカは長翅個体のみであることから、多くの長翅個体がまとまって確認される場合は特に飛来の可能性が高い。また、実際に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などの情報も併せて総合的に検討することが重要である。採集した個体についてはイネ縞葉枯ウイルスの保毒虫率を測定し、できる限り薬剤感受性検定も行う。イネ黒すじ萎縮ウイルスの保毒虫率についても可能な限り検定する。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感受性を示した場合は、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し防除する。飛来直後に十分なヒメトビウンカが採集できなかった場合でも、飛来後数世代経過した時期(夏~秋)に採集した個体群で薬剤感受性検定を実施し、その結果を次年度以降の育苗箱施薬剤の選定に活用することが重要である(真田・松村, 2015)。

#### ・薬剤感受性検定法

薬剤感受性検定法については微量局所施用法や葉片浸漬法などがある。ウンカ類の微量局所施用法については農研機構九州沖縄農業研究センターのホームページ上でマニュアルが入手できるので参照されたい(「イネウンカ類の薬剤感受性検定マニュアル」[http://www.naro.affrc.go.jp/karc/contents/tec\\_manu/index.html](http://www.naro.affrc.go.jp/karc/contents/tec_manu/index.html) (2016年春公開予定))。

#### ・イネ縞葉枯ウイルスの保毒虫率検定

イネ縞葉枯ウイルスの保毒虫率は、DAS-ELISA法あるいはラテックス法が知られており、各県の病害虫防除関係機関で通常行っている方法を用いる。DAS-ELISA法については、国立研究開発法人農研機構・中央農業総合研究センター・病害虫研究領域の研究グループにより「イネ縞葉枯病ウイルスの簡易保毒虫検定法」が開発され(柴ら, 2013)、より簡便な検査が可能となった。中央農業総合研究センターのホームページ上でマニュアルを入手できるので参照されたい([https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/rsv\\_web/rsv/elisa](https://ml-wiki.sys.affrc.go.jp/rsv_web/rsv/elisa))。

#### ・イネ黒すじ萎縮ウイルスの保毒虫率検定

イネ黒すじ萎縮ウイルスの保毒虫率の検定については、イネ縞葉枯ウイルスにおけるDAS-ELISA法のように、試薬等が簡易に入手できる手法は確立されていない。定量PCRを行うなど、各機関で利用可能な方法で行う。

### 「薬剤の選定」

6月に飛来したヒメトビウンカは、水田内で土着個体と交雑し、刈り取り直前には3~4世代経過していることになる。この時期に採集したヒメトビウンカを用いて、薬剤感受性を微量局所施用法で検定し、感受性の高い薬剤を翌年の箱施薬剤選定に反映させるのが最も確実な方法である。

しかし、この検定には多くの雌個体が必要であるため、増殖に時間がかかり、薬剤選定の時期にデータが間に合わない場合も考えられる。その際には、江蘇省からの飛来個体群がイミダクロプリド抵抗性であると想定できる場合、飛来地域でのこれまでの薬剤使用履歴や薬剤感受性データを考慮して、次年度の薬剤を選定することができる。フィプロニルを長期にわたって使用しているなど、土着個体群がフィプロニルに強い抵抗性を持つ場合には、海外飛来と交雑しても、その抵抗性の程度はそれほど低下しないことが予測されるため、次年度以降はイミダクロプリドとフィプロニル以外の、例えばピメトロジン（商品名：チェス）やジノテフラン（商品名：スタークル）などの薬剤を選定することを推奨する。イミダクロプリド抵抗性を持つことが想定される地域では、イミダクロプリド以外の薬剤（フィプロニルを含む）を次年度に選定することを推奨する。一方、九州沖縄農業研究センターの研究グループでは、2008年の海外飛来以降、九州各地（主に南西部）で薬剤感受性調査を継続しているが、イミダクロプリドとフィプロニルの両方にある程度の抵抗性を持つ個体群が定着している地域がみられる。このような地域では、最近の薬剤使用履歴とは関係なく、イミダクロプリドとフィプロニルの両剤とは異なる薬剤を選定する必要がある。

#### 「耕種的防除」

イネ縞葉枯ウイルスは継卵感染するため、海外から保毒虫率の高い個体群が多飛来した場合、その保毒率が維持される可能性が高い。そこで、海外飛来が想定された地域では、ヒメトビウンカの防除を行うと同時に、イネ株からのウイルス感染が拡大しないような耕種的防除を行う必要がある。具体的には、罹病イネ株を速やかに排除する、収穫後は早めに水田を耕起する、畦畔雑草を繁茂させないように適切に管理する、などが挙げられ、これらの手法を組み合わせることで防除効果を高めることができる。

#### 参考文献

- 1) Nakao et al. (2011): J. Econ. Entomol. 104: 646-652
- 2) Lee et al. (2009): RDS
- 3) Otuka, A et al. (2010): Appl. Entomol. Zool. 45: 259-266.
- 4) Sanada-Morimura, S et al. (2011): Appl. Entomol. Zool. 46: 65-73.
- 5) 真田・松村 (2015) 植物防疫 70 : 112-115.
- 5) 柴ら (2013) 関東東山病虫研報 60: 91-93.

(真田幸代・大塚彰<sup>1</sup>・松村正哉：農研機構 九州沖縄農業研究センター、  
<sup>1</sup>現 農業技術革新工学研究センター )