

## ツマグロヨコバイ抵抗性研究の現状

平江 雅 宏

Masahiro HIRAE :

Current studies of rice resistance to green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* (Uhler)

### はじめに

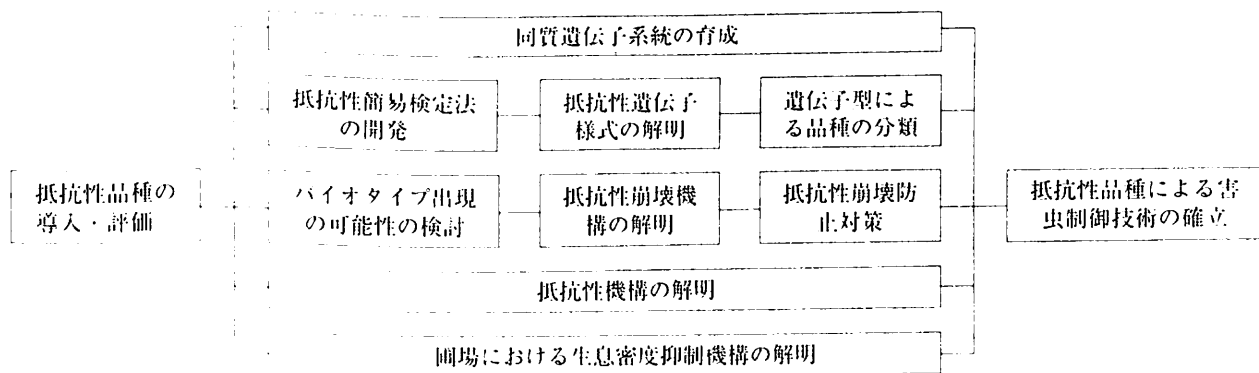
ツマグロヨコバイ (*Nephotettix cincticeps* Uhler) は北陸地域では水稲の重要害虫の一種として知られており、これまで多くの研究報告がなされてきた<sup>1)</sup>。ツマグロヨコバイの北陸地域における特徴として、本種の発生量が冬季の積雪量と密接に関係しており、北陸地域における本種の発生量の年次間変動が大きい主要因であること、水稲の出穂期以降に密度が急増すること、媒介ウイルスによる被害はほとんど問題にならず、茎葉や穂の吸汁による収量や品質への影響が問題になることがあげられる。

本種には主に薬剤による防除が行われてきたが、1970年頃から有機リン剤やカーバメート剤に対しツマグロヨコバイ個体群の薬剤感受性が低下しているとの事例が報告され、防除効果が上がり難くなっている。薬剤散布以外の本種の防除手段として、昆虫病原糸状菌や卵寄生蜂等の天敵を利用した生物的防除法や、抵抗性品種を利用した耕種的防除法が考えられる。昆虫病原糸状菌および卵寄生蜂についてはこれまでいくつかの報告があり<sup>2),3)</sup>、昆虫病原菌については実用的な防除効果が認められているが、実用化には至っていない。また、品種抵抗性についてもこれまで多くの報告が行われているが<sup>4),5)</sup>、実用化されているとは言い難い。北陸研究セン

ターでは、ツマグロヨコバイ抵抗性品種を利用した防除法の実用化を目指し平成6年度から研究に取り組んでいる(第1図)。そこで、ここではツマグロヨコバイ抵抗性に関するこれまでの研究事例および今後の方向性について述べる。

### 1. これまでのツマグロヨコバイ抵抗性研究の流れ

ツマグロヨコバイに対するイネの抵抗性は1960年代に外国稲の中に存在することが指摘され<sup>6)</sup>、その後検定法の開発<sup>1),16),17),27),31)~34)</sup>、抵抗性品種の検索<sup>2),10),36)</sup>、遺伝様式の解明<sup>7)~9),20)</sup>、抵抗性機構の解明とともに日本稲への抵抗性の導入を試み、いくつかの中間母本、育成系統が育成されている<sup>12),18),25),38)</sup>(第1表)。近年、ツマグロヨコバイ抵抗性以外の病虫害抵抗性を備えた品種である「彩の夢(縞葉枯病, 萎縮病抵抗性; 埼玉県育成)」<sup>48)</sup>「大地の風(縞葉枯病, 萎縮病抵抗性; 愛知県育成)」<sup>11)</sup>が育成されている。ツマグロヨコバイ抵抗性は品種によって優性1遺伝子, 2~3個の優性補足遺伝子が関与し, *Grh1*~*Grh4*の4つの抵抗性遺伝子が同定されているものの, どの抵抗性遺伝子を保有しているのか不明な品種も残っている。近年の良食味志向や米の安全性志向によって病虫害抵抗性を備えた良食味品種が求められている。そこで, すでに市場評価を得られている良食味品種に病



第1図 イネの抵抗性利用によるツマグロヨコバイ抑制技術の開発

害虫抵抗性を導入し、同質遺伝子系統として利用する試みも行われ、愛知県農総試では抵抗性遺伝子 *Grh3* をコシヒカリに導入した同質遺伝子系統<sup>22)</sup> を、北陸研究センターでは *Grh1* から *Grh4* のそれぞれをキヌヒカリに導入した同質遺伝子系統を現在育成中である。

ツマグロヨコバイ抵抗性品種ではツマグロヨコバイの篩管からの吸汁を阻害し、本虫の発育・生存やイネへの定着を阻害することが明らかになっている<sup>13,14,26,28)</sup>。このことから、篩管液中に吸汁阻害物質が存在しているのではないかと推測されたが、詳細はまだ不明である。ツマグロヨコバイは関東以西の地域ではイネ萎縮病の媒介虫として知られているが、ツマグロヨコバイ抵抗性品種は萎縮病に対しても抵抗性を示す<sup>8-10,12,38)</sup>。ツマグロヨコバイ抵抗性はイネの生育ステージによって特徴的な変動を示し、生育初期に強く、生育中期に弱まり、出穂期前後に再び強くなる<sup>17,39)</sup>。

## 2. 抵抗性簡易検定法の開発

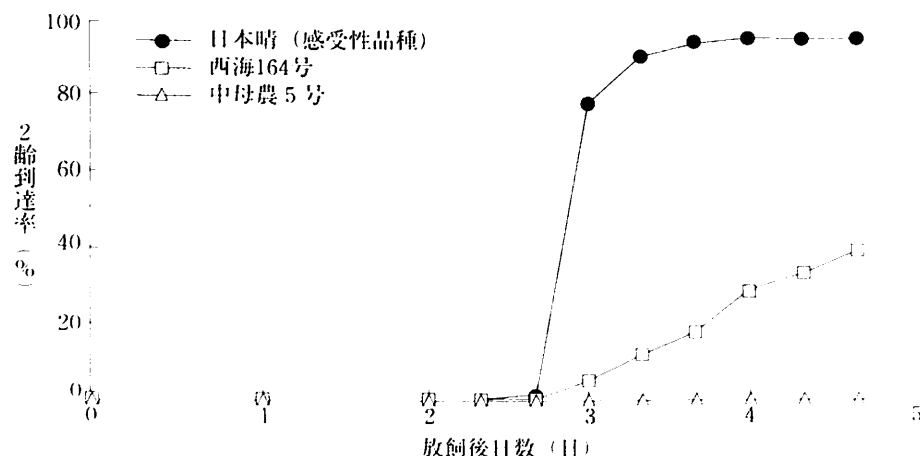
ツマグロヨコバイ抵抗性の検定法には、幼虫の生存・

死亡を調べる抗生作用検定と、虫の寄主選好反応を利用した非選好性検定があるが<sup>1,16,17,27,30-34)</sup>、どれも一長一短で、目的によって検定法を選ぶ必要がある。抵抗性の遺伝分析を行う場合、解析に用いるイネ雑種集団の個体ごとの抵抗性程度を正確に判定する必要がある。そこで、供試材料を大量に扱えるイネ幼苗期に精度よく抵抗性検定を行うことを目的に、幼虫の生存率とともに生存虫の発育程度を指標とする検定法の開発を試みた<sup>1)</sup>。

第2葉期のイネ幼苗にふ化8時間以内の1齢幼虫5頭を放飼し、25℃条件下におくと、感受性品種の日本晴でふ化幼虫は3～4日後に1齢から2齢に発育することから(第2図)、放飼3～4日後に2齢に到達する幼虫個体数を幼虫発育程度の指標とした。ツマグロヨコバイ抵抗性系統である水稲中間母本農6号(以下中母農6号)と感受性品種トヨニシキを交配したB<sub>1</sub>F<sub>1</sub>雑種集団(トヨニシキ/中母農6号//トヨニシキ)77個体について、幼苗期(第2葉期)に抵抗性検定を行い、その後出穂期に従来法による検定を行い、両者の値を比較した。その結果、幼苗期における4日後の幼虫生存率および2齢到

第1表 日本で育成されたツマグロヨコバイ抵抗性品種・中間母体・育成系統

品種・系統名	遺伝資源品種	抵抗性遺伝子	育成場所
水稲中間母本農2号	Pe-Bi-Hun	<i>Grh1</i>	作物研
水稲中間母本農5号	C203-1	<i>Grh2, Grh1</i>	九州沖縄農七
水稲中間母本農6号	Lepedumai	<i>Grh2, Grh1</i>	東北農七
関東PL6	Tadukan	不明	作物研
中国105号	水稲中間母本農2号	<i>Grh1</i>	中四国農七
西海164号	C203-1	不明	九州沖縄農七
西海182号	水稲中間母本農2号	<i>Grh2</i>	九州沖縄農七
愛知42号	Rantajemas2	<i>Grh3</i>	愛知県農総試
愛知80号	愛知42号	<i>Grh3</i>	愛知県農総試
ハバタキ	中国105号	<i>Grh1</i>	北陸研究セ
夢十色	中国105号	<i>Grh1</i>	北陸研究セ
大地の風	愛知80号	<i>Grh3</i>	愛知県農総試
彩の夢	水稲中間母本農2号	<i>Grh1</i>	埼玉県農試



第2図 ツマグロヨコバイ抵抗性品種における幼虫の発育

達率から抵抗性個体と感受性個体が明確に分離した(第3図)。また、幼苗期の検定で抵抗性、感受性と判定された個体は、出穂期の検定においても同様に判定されたことから、より高い精度で抵抗性の判定ができると考えられた。

### 3. 抵抗性品種、系統の圃場におけるツマグロヨコバイ発生密度抑制効果

圃場におけるツマグロヨコバイ抵抗性品種の密度抑制効果を調べるために、北陸研究センターの圃場にツマグロヨコバイ抵抗性品種を栽培し、ツマグロヨコバイの生息密度を粘着板払い落とし法によって調査した。感受性品種であるトヨニシキと比べ、抵抗性品種の中母農6号ではツマグロヨコバイの発生はほとんど認められず、強い密度抑制効果が認められた(第4図)。室内における抵抗性検定では抵抗性の程度が中程度と判定される西海182号や中母農2号においても圃場ではツマグロヨコバイ発生密度を低く抑えていた。このことから、室内検定で抵抗性が中程度と判定される品種であっても実際の圃場でツマグロヨコバイ発生量を抑えるのに十分利用可能であると考えられた。

### 4. ツマグロヨコバイ抵抗性遺伝機構

抵抗性品種を育成する際、抵抗性の遺伝機構を把握することは、抵抗性遺伝子の効率的な導入、選抜法の選択に重要である。近年の分子生物学の進展により、RFLP(制限酵素断片長多型)に代表されるDNAレベルの変

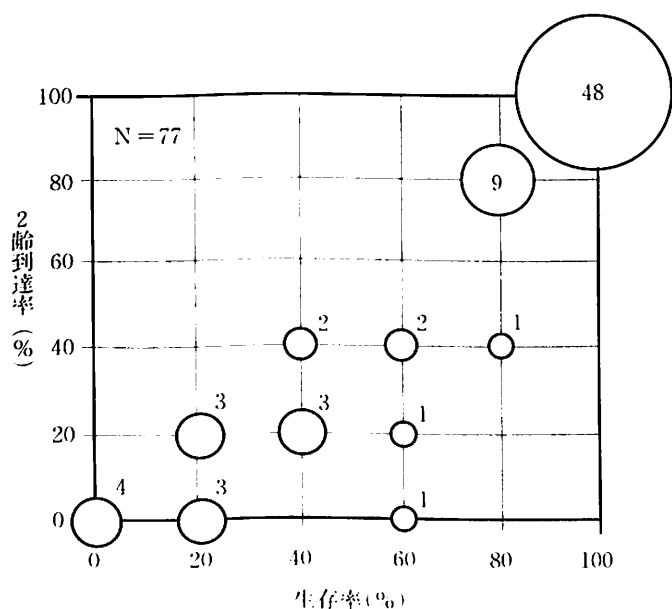
異を検出できる手法が開発され、分子マーカーを利用することにより、詳細な遺伝解析が可能となってきている。

RFLPマーカーを用い、中母農6号の染色体構成を調べたところ、第3および第11染色体上に抵抗性遺伝資源品種であるLepedumai由来の染色体領域が存在していた<sup>41</sup>。また、B<sub>1</sub>F<sub>1</sub>集団において、抵抗性検定とRFLP分析を行ったところ、中母農6号の抵抗性が幼苗・出穂期ともに2つの補足遺伝子によって支配され、第3染色体および第11染色体に抵抗性遺伝子座が存在していることが明らかになった<sup>3,4</sup>。第3染色体に座乗している抵抗性遺伝子はそれ自体では抵抗性を示さず、第11染色体上に座乗している抵抗性遺伝子の作用を強めていると推定され、その遺伝子の機能解明が期待されている。

分子マーカー利用による遺伝機構の解明は分子マーカーによる系統評価(選抜)法への利用にも役立てることが出来る。そのことにより抵抗性遺伝子の効率的な導入が可能となり、同質遺伝子系統の開発や抵抗性品種の育成に大きく貢献することが出来る。さらに、抵抗性遺伝子の同定・機能解明、抵抗性機構解明への応用が考えられ、現在精力的に進められている<sup>29,42-47,49-51</sup>。

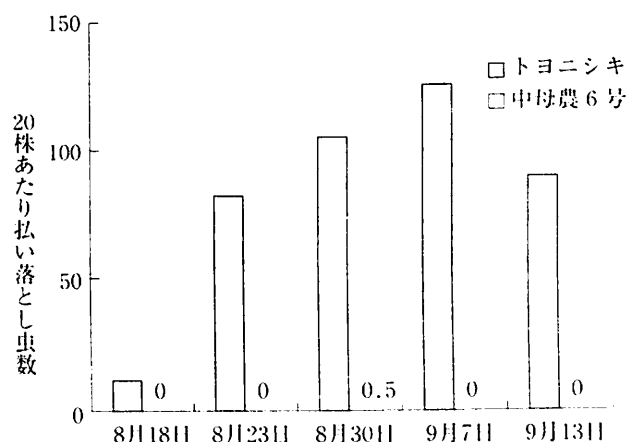
### 5. バイオタイプ出現の可能性

抵抗性品種を利用した病害虫防除が広範囲で行われると、抵抗性品種に対し加害性を示す新しい虫の系統(バイオタイプ)が出現することが東南アジア諸国のトビイロウンカやタイワンツマグロヨコバイで知られている。ツマグロヨコバイ抵抗性に関しては北陸と九州の個体群で抵抗性品種IR24に対する寄生性が異なる<sup>30,37</sup>。また、室内における選抜を試みたところ、いくつかの抵抗性品



第3図 B<sub>1</sub>F<sub>1</sub>雑種集団(トヨニシキ×中母農6号//トヨニシキ)における抵抗性検定

注) (○)抵抗性個体、(●)感受性個体



第4図 ツマグロヨコバイ抵抗性品種の圃場における生息密度抑制効果

注) 1995年20株あたり払い落とし虫数5ヶ所平均値。

種上で正常に発育できるバイオタイプが得られてる<sup>10)</sup>。  
このことから、抵抗性品種を利用する際、その地域のツマグロヨコバイ個体群の品種反応について調査を行い、バイオタイプ発達の可能性およびその回避方法を検討する必要があると考えられる。

### まとめ

病害虫抵抗性を害虫の総合防除の中に組み入れることは低コストが図られるだけでなく、環境への負荷の少ない環境保全型稲作技術の確立にも貢献するものである。ツマグロヨコバイ抵抗性を安定的に利用するには、まだ越えなければならぬハードルが残されているが、それらはすべて克服できると考える。

### 引用文献

- 1) 安藤幸夫・岸野賢一 (1981) 水稲のツマグロヨコバイ耐虫性に関する研究 3, 寄主選好性を利用した検定法について. 応動昆 25:196-197.
- 2) 安藤幸夫・岸野賢一 (1986) ツマグロヨコバイ耐虫性品種の検索. 東北農試研究資料 5:137-159.
- 3) 福田善通・田村克徳・平江雅宏・福井希一・大矢慎吾 (1996) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明 II. 中間母本農 6 号の耐虫性関連領域の同定. 育雑 46 (別 1):68.
- 4) Fukuta, Y., K. Tamura, M. Hirae, S. Oya (1998) Genetic analysis of resistance to green rice leafhopper (*Nephotettix cincticeps* Uhler) in rice parental line, Norin-PL6, using RFLP markers. *Breeding Science* 48: 243-249.
- 5) 平江雅宏・福田善通・田村克徳・大矢慎吾 (2002) 幼虫発育を考慮したイネのツマグロヨコバイ抵抗性検定法. 応動昆 46:178-181.
- 6) 井上 斉 (1966) 日本稲および外国稲におけるウンカ・ヨコバイ等生育の品種間差異. 応動昆中国支部報 8:17-19.
- 7) 池田良一・安藤幸雄・武田光能・鈴木忠夫・齊藤滋 (1986) 水稲中間母本系統「奥羽PL1」におけるツマグロヨコバイ抵抗性の遺伝. 育雑 36 (別 1):214-215.
- 8) 井辺時雄・岩崎真人 (1984) イネのツマグロヨコバイおよびイネ萎縮病抵抗性に関する研究 1, 中間母本系統「西海PL2」の抵抗性の遺伝分析. 育雑 31 (別 2):130.
- 9) 井辺時雄・岩崎真人 (1987) 水稲中間母本農 5 号のツマグロヨコバイおよび萎縮病に対する抵抗性の遺伝. 育雑 37:177-184.
- 10) 岩崎真人・井辺時雄 (1984) ツマグロヨコバイおよびイネ萎縮病抵抗性に関する研究 2, 両抵抗性の品種間差異. 育雑 34 (別 2):132.
- 11) 井澤敏彦 (2000) ツマグロヨコバイ耐虫性を持つ水稲良食味複合抵抗性品種「大地の風」. 関東東海農業の新技术 16:7-12.
- 12) 金田忠吉・横尾政雄・池橋 宏・小林 陽・池田良一・根本 博 (1985) ツマグロヨコバイ・萎縮病に抵抗性の水稲中間母本農 2 号の育成. 農研センター研報 5:81-91.
- 13) 河部 暹 (1979) ツマグロヨコバイの吸汁行動とイネの抵抗性. 植物防疫 33:193-199.
- 14) Kawabe, S. (1985) Mechanism of varietal resistance to the rice green reafhopper (*Nephotettix cincticeps* Uhler). *J.A.R.Q.* 19:115-124.
- 15) 岸野賢一 (1976) ツマグロヨコバイに対するイネの耐虫性. 植物防疫 30:351-355.
- 16) 岸野賢一・安藤幸夫 (1978) 水稲のツマグロヨコバイ耐虫性に関する研究 1, 抗生作用の検定法について. 応動昆 22:169-177.
- 17) 岸野賢一・安藤幸夫 (1979) 水稲のツマグロヨコバイ耐虫性に関する研究 2, 稲の生育時期による抗生作用の変動. 応動昆 23:129-133.
- 18) 岸野賢一・安藤幸夫・鈴木忠夫・河部 暹・武田光能・池田良一・齊藤 滋 (1987) ツマグロヨコバイ抵抗性の水稲中間母本農 6 号の育種. 東北農試研報 76:1-11.
- 19) 小嶋昭雄 (1998) 北陸地域におけるイネ害虫研究の変遷と展望. 北陸病虫研報 46:27-35.
- 20) Kobayashi A. (1983) Inheritance of resistance to green rice leafhopper (*Nephotettix cincticeps* Uhler) and dwalf virus disease. *Proc. Fourth SABRAO congress*:157-165.
- 21) 腰原達夫 (1974) ウンカ・ヨコバイ類に対する抵抗性イネ品種の利用. 植物防疫 28:404-408.
- 22) 中嶋泰則・杉浦直樹・坂 紀邦・加藤恭宏・遠山孝通・藤井 潔・上藤 悟・辻 孝子・井澤敏彦・朱宮昭男 (1998) ツマグロヨコバイ抵抗性を導入したコシヒカリ同質遺伝子系統の作出. 愛知農総試研報 30:57-61.
- 23) Nitta, A. (1996) Microbial control of rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* and green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* with two entomogenous fungi. *FFTC book series* 17.
- 24) 織田真吾 (1970) 北陸地域におけるツマグロヨコバ

- イ卵寄生蜂の種と寄生率. 北陸病虫研報 18:59-61.
- 25) 小野敏忠・岡田正憲・渡辺進二・西山 壽・本村弘美・井辺時雄・志村英二・和佐野喜久夫・赤間芳洋 (1986) ツマグロヨコバイ・萎縮病抵抗性の「水稲中間母本農5号」について. 九農研 48:27.
- 26) 大矢慎吾 (1978) ツマグロヨコバイの摂食習性とイネの耐虫性. 応動昆 22:18-19.
- 27) 大矢慎吾・佐藤昭夫 (1980) ツマグロヨコバイ抵抗性品種における抗生作用と非選好性. 北陸病虫研報 28:23-29.
- 28) Oya, S. and A. Sato (1981) Differences in feeding habits of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Hemiptera: Deltocephalidae), on resistant and susceptible rice varieties., *Appl. Entomol. Zool.* 16:451-457.
- 29) 坂 紀邦・遠山孝通・辻 孝子・中前 均・井澤敏彦 (1997) イネツマグロヨコバイ耐虫性遺伝子 *Grh-3(t)* の詳細な連鎖解析とツマグロヨコバイ耐虫性品種での *Grh-3(t)* の検索. 育種 47 (別1):55.
- 30) Sato, A., K. Sogawa (1981) Biotypic variations in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler, in relation to rice varieties., *Appl. Entomol. Zool.* 16:55-57.
- 31) 関沢邦雄 (1979a) イネのツマグロヨコバイ抵抗性の品種間差異 (第1報) 成虫及び幼虫の死亡率. 近畿中国農研 58:6-9.
- 32) 関沢邦雄 (1979b) イネのツマグロヨコバイ抵抗性の品種間差異 (第2報) 成虫の品種選好性. 近畿中国農研 58:10-13.
- 33) 関沢邦雄 (1980a) イネのツマグロヨコバイ抵抗性の簡易検定法 (第1報) 幼苗個体検定法. 近畿中国農研 59:3-5.
- 34) 関沢邦雄 (1980b) イネのツマグロヨコバイ抵抗性の簡易検定法 (第2報) 幼苗集団検定法. 近畿中国農研 59:6-8.
- 35) 寒川 一成・佐藤昭夫 (1981) 稲品種に対する寄生性を異にするツマグロヨコバイ個体群. 応動昆 25:280-285.
- 36) 寒川 一成・佐藤昭夫・藤巻 宏 (1982) 多収形質をもつ外国稲のツマグロヨコバイ抵抗性. 北陸病害虫研報 30:72-75.
- 37) 寒川 一成・佐藤昭夫 (1983) 稲品種に対する反応を異にする上越および筑後産ツマグロヨコバイ個体群の形態および生理的形質の比較. 応動昆 27:22-27.
- 38) 朱宮昭男・香村敏郎・積 一郎・高松美智則・工藤悟・中島泰則・加藤恭宏 (1984) イネ萎縮病抵抗性の品種育成と機作第8報萎縮病・ツマグロヨコバイ耐病虫性系統「愛知42号」の来歴と特性. 愛知農総試研報 16:1-14.
- 39) 武田光能・永田 徹: ツマグロヨコバイ抵抗性中間母本の抗生作用の時期別変動. 北日本病害虫研報 38:103-106.
- 40) Takita, T and H. Nishiyama (1989) Selection of biotypes of green rice leafhopper and genetic analysis for the resistance in rice. *Bull. Kyushu Agric. Expt. Stn.* 25:251-259.
- 41) 田村克徳・福田善通・平江雅宏・福井希一・大矢慎吾 (1995) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明I. グラフィカルジェノタイプによる耐虫性関連領域の推定. 育種 45 (別1):110.
- 42) 田村克徳・福田善通・平江雅宏・大矢慎吾・芦川育夫・八木忠之 (1997) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明III. 中間母本農2号の耐虫性遺伝子座の同定3 育種 47 (別1):54.
- 43) 田村克徳・福田善通・平江雅宏・大矢慎吾・芦川育夫・八木忠之 (1997) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明IV. 中間母本農5号の耐虫性関連領域の同定. 育種 47 (別2):167.
- 44) 田村克徳・福田善通・平江雅宏・大矢慎吾・芦川育夫・八木忠之 (1998) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明V. 西海182号の耐虫性遺伝子のマッピング. 育種 48 (別2):108.
- 45) 田村克徳・福田善通・平江雅宏・大矢慎吾・芦川育夫・八木忠之 (1999) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明VI. 関東PL10の耐虫性遺伝子のマッピング. 育種学研究1 (別2):118.
- 46) Tamura, K., Y.Fukuta, M.Hirae, S.Oya, I.Ashikawa and T.Yagi (1999) Mapping of the *Grh1* locus for green rice leafhopper resistance in rice using RFLP markers., *Breeding Science* 49:11-14.
- 47) 田村克徳・福田善通・平江雅宏・大矢慎吾・八木忠之・芦川育夫 (2000) イネのツマグロヨコバイ耐虫性に関する遺伝機構の解明VII. *Grh-4(t)* のマッピング. 育種学研究 2 (別2):180.
- 48) 戸倉 泰・矢ヶ崎健治・荒川 誠・加藤 智・庭山考・大塚 雄 (1995) ツマグロヨコバイ抵抗性水稲新品種「彩の夢」の育成. 育種 45 (別2):278.
- 49) 安井秀・矢沢さゆり・吉村 淳・岩田伸夫 (1996) 水稲品種DV85ならびにIR24に由来する日本産ツマ

- グロヨコバイ抵抗性遺伝子のRFLPマッピング. 育  
雑 46 (別2): 174.
- 50) 安井 秀・鷹野典子・池田浩輔・吉村 淳 (1999)  
イネのタイワンツマグロヨコバイに対する抗生作用  
のQTL解析. 育種学研究 1 (別1): 253.
- 51) 矢沢さゆり・安井 秀・吉村 淳・岩田伸夫  
(1998) 近似同質遺伝子系統を用いたイネ品種  
DV85のツマグロヨコバイ抵抗性遺伝子のRFLPマッ  
ピング. 九大農芸誌 52: 169-175.
-