いもち病真性抵抗性遺伝子 *Pii* を持つイネ品種の圃場抵抗性検定方法の改善

阿部眞三・佐々木武彦¹⁾

(宮城県古川農業試験場, 古川市, 〒989-6227, ¹⁾現仙台市泉区松陵 1-18-7, 〒981-3108)

Improvement of screening for field resistance to blast in rice varieties with *Pii* gene

Shinzo Abe, Takehiko Sasaki¹⁾

Miyagi Prefectural Furukawa Agricultural Experiment Station, Furukawa 989-6227, Japan

(¹⁾ Present Address: Shoryo 1-18-7, Sendai 981-3108, Japan)

キーワード：イネ, いもち病, 真性抵抗性, 圃場抵抗性, 抵抗性育種

緒 言

宮城県古川農業試験場では、東北中南部平坦地帯を対象地域とする良質・安定多収品種を主な育種目標とし、ササニシキなど良質品種のいもち病抵抗性改善に取り組んできた。しかし、ササニシキの育成(末永ら 1963)以後数年にわたって、いもち病圃場抵抗性を“強”と評価して育成した系統が配付先において“弱”と評価される事態が相次ぎ、いもち病抵抗性の改善は難航した。そこで、その原因を究明し、いもち病抵抗性検定方法の改善を図ったので、その経過を報告する。

1. 育成系統のいもち病真性抵抗性遺伝子型の推定

まず、宮城県古川農業試験場(以後古川)で育成した系統のいもち病真性抵抗性遺伝子型の推定を行った。1966年から1972年にかけて育成した東北101号から同120号(表1)までのいもち病菌レースに対する抵抗性反応と、それにより推定した真性抵抗性遺伝子型は表2に示すとおりであった。これらの系統は、+型、*Pia*型、*Pii*型、及び*Pia,Pii*型の4種類で、いずれも日本イネ在来の真性抵抗性遺伝子型であった。これら20系統のうち真性抵抗性遺伝子 *Pii* を持つ系統は12系統であり、全体の60%を占めていた。次に、これらの系統の *Pii* の有無と、育成当時の古川での圃場抵抗性評価との関係を表3に示した。*Pii* を持つ系統のうち古川で抵抗性を強と評価した系統が9、やや強と評価した系統が2、中と評価した系統が1であった。一方、*Pii* を持たない8系統は、いずれも抵抗性を中以下と評価した系統であった。以上の結果から、育成当時、いもち病圃場抵抗性を強またはやや強と評価して育成した系統は、いずれも *Pii* を持つ系統であった。

2. 育成系統の自然発病とレース007の人工接種による発病の比較

1970年当時、古川で行われていた葉いもち検定は、品種の真性抵抗性を区別することなく、自然発病による発病程度の大小により圃場抵抗性の強弱を比較する方法で行われていた。したがって、古川の自然発病では *Pii* を持つ系統は発病程度が小さいため、圃場抵抗性が強いと判定してきたのではないかと推定された。そこで、1971年に、育成系統の自然発病による発病と、*Pii* を侵害できるレース007の人工接種による発病との違いを比較してみた。その結果を図1に示した。この発病程度の調査基準は、当時古川等で使用していたもので、無病斑から枯死までを1から7までの数値で表したものである。自然発病区での *Pii* を持つ系統の発病程度は3.5以下であり、*Pii* を持たない系統の4以上に比べると明ら

図1. 自然発病区と人工接種区の発病程度

注1) 凡例の *Pii*- は *Pii* を持たない系統, *Pii* は *Pii* を持つ系統

2) 発病程度は無病斑～枯死を1～7の数値で表したものの

表 1. 供試系統及び交配組合せ

系 統 名	組 合 せ	育成年次(年)
東北 101 号	ハツニシキ / 藤坂 5 号	1966
東北 102 号	ふ系 36 号 / チョウカイ // ハツニシキ	〃
東北 103 号	ハツニシキ / トワダ // ふ系 41 号	〃
東北 104 号	東北 71 号, ミヨシ / 522	〃
東北 105 号	農林 29 号 / 藤坂 5 号 // 653, ササニシキ	〃
東北 106 号	東北 63 号 / ハツニシキ // ササシグレ	1967
東北 107 号	ハツニシキ / トワダ // ふ系 41 号	〃
東北 108 号	ハツニシキ / トワダ	〃
東北 109 号	東北 71 号, ミヨシ / ホウネンワセ	1968
東北 110 号	東北 76 号 / 東北 66 号	〃
東北 111 号	北陸 65 号 / 東北 75 号	〃
東北 112 号	西海 62 号 / 東北 71 号, ミヨシ	〃
東北 113 号	東北 71 号, ミヨシ / 東北 78 号, ササニシキ // ホウネンワセ	1969
東北 114 号	〃	〃
東北 115 号	黄玉 / ミヨシ // 東北 78 号, ササニシキ	1970
東北 116 号	東北 78 号, ササニシキ / び系 52 号	〃
東北 117 号	西海 62 号 / 501	〃
東北 118 号	黄玉 / 奥羽 245 号, フクニシキ // び系 52 号	1971
東北 119 号	黄玉 / オオトリ // 東北 78 号, ササニシキ	〃
東北 120 号	ササニシキ / フジミノリ	1972

注) 501 の両親は、藤坂 5 号 / 東北 54 号、522 は農林 21 号 / ササシグレ、両系統とも古川農業試験場の育成過程の系統

かに小さく、圃場抵抗性が強とランク付けされているフジミノリ(Pia)や中程度のチョウカイ(+)の発病程度より一段と小さかった。一方人工接種区では、Piiを持つ系統の発病程度は4以上となり、Piiを持たない系統との発病程度の差は縮小し、圃場抵抗性がやや弱のササニシキ並みの発病程度を示す系統が少なくなかった。

また、この1971年の自然発病区の発病程度と、各系統の育成時から1970年まで行われてきた自然発病における発病程度の平均値を比較した結果を図2に示した。Piiを持つ系統の発病程度は持たない系統より小さいという1971年の傾向は、育成当時から1970年までの平均値でも同じであった。

3. いもち病抵抗性遺伝子Piiを持つ品種の発病程度の地域性について

Piiを持つ品種の発病程度に地域差があるかどうかを知るために、地域別に試験圃を設置してPiiを持つ品種と持たない品種との発病程度を比較した。Piiを持たない品種の発病程度に対するPiiを持つ品種の発病程度の百分比(%)を、Piiを持つ品種の発病比率として比較した。1973年と1974年に宮城県内で調査した結果を図3に示した。県北部平坦地帯においては、両年を通じてどの地点においてもPiiを持つ品種の発病比率は明らかに

図 2. 1971 年の自然発病区の発病程度と、育成時から 1970 年までの発病程度の平均値

注) 凡例は図 1 と同

低かった。一方、北部山間部の鬼首、西部丘陵地帯の小野田、川崎、並びに南部平坦地帯では、Piiを持つ品種の発病比率は、両年とも北部平坦地帯より高い値のとこ

表2. 東北系統の8菌株に対する反応と推定遺伝子型(1983年)

系 統 名	菌 株 名(レース)								推定遺 伝子型
	P2b (303)	研 53-33 (137)	稲 72 (031)	北 1 (007)	研 54-20 (003)	研 54-04 (003)	稲 168 (101)	長 68-182 (035)	
東北 101 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
東北 102 号	S	S	S	S	S	S	S	S	+
東北 103 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
東北 104 号	R	S	R	S	R	R	R	S	<i>Pii</i>
東北 105 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 106 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
東北 107 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
東北 108 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 109 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 110 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
東北 111 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 112 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 113 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 114 号	R	S	R	S	R	R	R	S	<i>Pii</i>
東北 115 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 116 号	R	S	R	S	R	S	R	S	<i>Pii</i>
東北 117 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 118 号	R	S	R	S	R	R	R	R	<i>Pia,Pii</i>
東北 119 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
東北 120 号	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
新 2 号	S	S	S	S	S	S	S	S	+
愛 知 旭	S	S	R	S	S	S	R	R	<i>Pia</i>
イナバワセ	R	S	R	S	R	R	R	S	<i>Pii</i>
関東 51 号	R	S	S	R	R	R	R	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	R	S	S	R	R	R	R	S	<i>Pik-m</i>
フクニシキ	R	R	R	R	R	R	R	R	<i>Piz</i>
ヤシロモチ	S	S	R	R	R	R	S	R	<i>Pita</i>
Pi No4	S	R	R	R	R	R	R	R	<i>Pita-2</i>
とりで1号	R	R	R	R	R	R	R	R	<i>Piz-t</i>

注1)表中Sは罹病性反応, Rは抵抗性反応

図3. 宮城県内各地におけるPiiを持つ品種の発病比率

注) Pii 発病比率 = $(Pii$ を持つ品種の発病程度 of 平均値 / Pii を持たない品種の発病程度 of 平均値) $\times 100$

表3. 東北系統のいもち病真性抵抗性遺伝子 *Pii* の有無と育成時の抵抗性評価

育成時の 抵抗性評価	<i>Pii</i> の有無	
	<i>Pii</i> 有り	<i>Pii</i> 無し
強	東北104号	東北114号
	東北105号	東北116号
	東北108号	東北117号
	東北109号	東北118号
	東北111号	ミヨシ (<i>Pia, Pii</i>)
やや強	東北115号	東北113号
中	東北112号	東北101号 東北107号
		東北102号 東北110号
		東北106号 チョウカイ (+)
やや弱		東北103号 東北120号
弱		東北119号 ササシグレ (<i>Pia</i>)

注)ミヨシ, チョウカイ, ササシグレは, 古川における抵抗性基準品種であり, 各々古川では強, 中, 弱の基準として使用.

ろが多かった. 三陸沿岸部の本吉, 西部丘陵地帯の愛子, 南部平坦地帯の岩沼などでは, 年次によって *Pii* を持つ品種の発病比率に差がみられるところもあった.

次に, 1974年に東北地域で調査した結果を図4に示した. 青森県黒石, 岩手県滝沢, 山形県藤島では *Pii* を持つ品種の発病比率は低く, 10%から20%の範囲であり, 青森県藤坂, 山形県尾花沢, 福島県郡山では, *Pii* を持つ品種の発病比率はやや低かったが, 青森県黒石等ほどは低くなかった. 一方, 秋田県大館は95%, 福島県相馬は70%となり, その他の地域に比べて明らかに高かった.

結論と対策

1970年当時まで古川の自然発病による葉いもち検定で圃場抵抗性が強と評価されてきた系統は, 全て *Pii* を持つことが分かった. そしてこれらの系統は レース007を人工接種して検定すると, *Pii* を持たず圃場抵抗性が

弱と評価されてきた系統・品種と同程度まで発病するものが少なくなかった. 以上の結果は, 宮城県北部平坦地帯にある古川においては, 当時 *Pii* 遺伝子への病原性を持つ菌の自然分布が非常に少なかったため, 自然発病では *Pii* を持つ系統の発病程度が小さくなり, したがって圃場抵抗性が強いと錯覚してこのような系統を多く選抜してきたものと考えられた. また, 古川で圃場抵抗性が強いと評価された *Pii* を持つ育成系統は, いもち病の常発地帯へ優先的に配付され, そこでは, *Pii* を持つ品種の発病比率が高くなる傾向があった. したがって, *Pii* を持ち元々圃場抵抗性の強くなかった系統が, 配付先で著しく発病する事態が相次いだのは当然の結果と考えられた.

従来, 東北地方では *Pii* を持つ藤坂5号またはそれに由来する品種・系統が, 強稈性や多収性等の諸特性がすぐれていたこともあって, 交配母本として多用される傾向があった(櫛淵1968). 古川では, 1961年に藤坂5号を片親にしてミヨシ(末永・高島1962)が育成され, い

図4. 東北各場所における *Pii* を持つ品種の発病比率

もち病常発地である秋田県で奨励品種に採用された。それ以来、古川の葉いもち検定では、当時自然発病で発病程度の小さかったミヨシ(*Pia*,*Pii*)などが圃場抵抗性強の基準品種に用いられるようになった。そして、いもち病抵抗性の交配母本としても、ミヨシを筆頭に*Pii*を持つ品種・系統が多用されていたが、それらの品種の圃場抵抗性は中程度かそれ以下のものが多いことが分かった(図1)。

また、1970年当時までの古川の自然発病による葉いもち検定では、発病程度の調査開始時期が全般的に遅れ、+型や*Pia*型の品種は、圃場抵抗性の強い品種でも枯死近くなってから調査が行われていた。したがって、*Pia*型で葉いもち圃場抵抗性が強いトヨニシキとやや弱のササニシキの差を正確に評価することができず、*Pii*を持たないトヨニシキなど圃場抵抗性の強い有望品種がいもち病抵抗性の交配母本として使われることは皆無に近かった。

さらに、もう一方の交配母本として多用された品種は、ササングレやササニシキなどいもち病圃場抵抗性が弱い品種であった。このような品種間の組合せによっていもち病圃場抵抗性の強い系統の出現率を高めることは期待できないうえ、当時の古川の葉いもち検定方法では圃場抵抗性が強い系統を正確に評価して選抜することは不可能に近かったと考えられる。

*Pii*を持つ品種の発病状況の地域性について調査した結果、いもち病の発生が少ない地域では*Pii*を持つ品種の発病比率が低く、いもち病発生程度の大きい常発地帯では*Pii*を持つ品種の発病比率が高くなる傾向があるように見られた。また、古川と同様に*Pii*を持つ品種の発病比率が低い地域は、宮城県の北部平坦地帯だけでなく、東北地域内各地にもかなり分布しているように考えられた。

イネ品種のいもち病抵抗性といもち病菌レースとの関係は早くから見いだされ(佐々木1922, 1923)、外国イネの高度抵抗性遺伝子を持つ品種の抵抗性の崩壊現象(氏原ら1955, 伊藤1967)等を契機にして、いもち病菌のレースについての研究(後藤ら1961, 1964)とともに遺伝学的研究も進み(江塚ら1969, 清沢1974)、品種の真性抵抗性遺伝子型の推定が進んだ(清沢ら1979a, 1979b)。また、本研究を開始した1971年当時、*Pii*を持つ品種の作付割合は全国的に少なく、それらを侵害できるレース007やレース037に比較し、侵害できないレース003等の分布が全国的にみてかなり多いことも明らかにされており(高坂ら1972)、古川で経験したように自然発病下では*Pii*を持つ品種の本来の圃場抵抗性を見戻すことは全国的にも起こりうることであった。実際に、1973年に農林省北陸農業試験場で育成された*Pii*を持つイナバワセ(佐本ら1973)は、育成当初は現地適応地帯ではフジミノリ(*Pia*)並の強い圃場抵抗性を持つと評価されていたが、その後発病が進み現在では*Pii*を持つ品

種の弱の基準として使用されるようになっている。

このような経験を背景として、1970年頃までに国内の主なイネ育成地では人工接種による圃場抵抗性の検定が始まっていた。しかし外国イネの真性抵抗性遺伝子を利用する育種では、クサブエ等の「高度抵抗性」の崩壊現象という苦い経験から(伊藤1967)、真性抵抗性と圃場抵抗性の検定には神経質すぎる程の配慮がされていたが、*Pii*のような日本イネ在来の抵抗性遺伝子を持つ系統の圃場抵抗性の評価にあたっては、それ程の配慮がなされてこなかったのは事実である。古川ではササニシキを育成した1963年以降サトホナミを育成する1981年までの17年間、新品種の育成に成功しなかった。この主な原因の一つが、以上に紹介したようないもち病圃場抵抗性評価の失敗によるものであった。

古川では上記の失敗を契機として、1972年以後の葉いもち検定では、育種材料を真性抵抗性遺伝子型別に群別し、各群ごとに病原性のある菌の人工接種を行い、各群ごとに基準品種を定め圃場抵抗性を評価するという、ほぼ現在の圃場抵抗性検定法と同じ方法に改めた。その結果、育成系統の圃場抵抗性の評価が他の地域と食い違う問題は解消した。また、トヨニシキ(*Pia*)(平野ら1972)、レイメイ(*Pia*)(鳥山ら1972)、トドロキワセ(*Pii*)(朝隈ら1970)などが持つ安定した圃場抵抗性を正確に評価できるようになり、それらを交配母本として使用して育成系統のいもち病圃場抵抗性を着実に向上させることが可能となった。

以上の研究の成果として、古川の育種は安定したいもち病の圃場抵抗性を持つサトホナミ(*Pia*)(鈴木ら1991)を1981年に、コガネヒカリ(*Pia*)(佐々木ら1991a)を1982年に、ハヤユタカ(+)(佐々木ら1991b)を1987年に、それぞれ育成に成功した。サトホナミは宮城県で、コガネヒカリは岩手県で、いもち病の常発地帯など不適地に作付けされていたササニシキの一部に代わって普及し、産米の収量及び品質の向上に寄与することができた。ハヤユタカは極早生の強稈・良食味品種として福岡県の山間部早場米地帯並びに平坦部野菜前作水田に導入された。

以上の3品種の育成を突破口として、古川のイネ育種を再び軌道に乗せることができたが、これはササニシキ育成以降古川のイネ育種が遭遇したいもち病抵抗性育種に関する問題を克服したことを示すものである。

謝 辞

本稿をとりまとめるにあたっては、東北大学大学院農学研究科西尾剛教授には懇切なご指導を頂いた。本研究の一部は元農業技術研究所生理遺伝部遺伝第6研究室に研修で滞在中、志村英二同室長のご指導のもとで実施した。葉いもちの発病調査では東北各県農業試験場関係者にご協力をいただいた。以上の各位に感謝を申し上げます。

引用文献

- 朝隈純隆・金井大吉・石坂昇助・加藤一郎・小林 陽・金田忠吉・浜村邦夫・川上潤一郎(1970)北陸農試研報 11: 1-8.
- 江塚昭典・柚木利文・桜井義郎・篠田治躬・鳥山国土(1969)中国農試報 E4: 1-31.
- 後藤和夫・山中 達・成田武四・岩田 勉・市川久雄・下山守人・近藤 租・中西 勇・今村三郎・隈元吉照・河野幹幸・藤川 隆・岡留善次郎・富来 務(1961)稲熱病の菌型に関する共同研究(第1集)病虫害発生予察特別報告 5: 1-89.
- 後藤和夫・高坂卓爾・山田昌雄・松本省平・山中 達・進藤敬助・成田武四・岩田 勉・下山守人・遠藤忠光・中西勇・西岡幹弘・隈元吉照・河野幹幸・藤川 隆・岡留善次郎・富来 務(1964)稲熱病の菌型に関する共同研究(第2集)病虫害発生予察特別報告 18: 1-132.
- 後藤和夫・山中 達(1968)宇都宮大学農学報(2): 27-71.
- 平野哲也・内山田博士・進藤幸悦・松本 顕・赤間芳洋(1972)東北農試研報 43: 1-30.
- 伊藤隆二(1967)育種学最近の進歩 8: 61-66.
- 清沢茂久(1974)農技研資 D-1: 1-58.
- 清沢茂久・相原次郎・井上正勝・松本範裕(1979a)育雑 29: 77-83.
- 清沢茂久・相原次郎・井上正勝・松本範裕(1979b)育雑 29: 166-170.
- 高坂卓爾(1972)いもち病菌の菌型に関する共同研究 第3集 農作物有害動植物発生予察特別報告第24号
- 櫛渕欽也(1968)日本作物学会東北支部報 10: 25-26.
- 佐々木林太郎(1922)(1)病虫雑 9: 631-645.
- 佐々木林太郎(1923)(2)病虫雑 10: 1-10.
- 佐々木武彦・鈴木啓司・阿部眞三・松永和久・涌井 茂・丹野耕一(1991a)宮城古川農試報 1: 36-49.
- 佐々木武彦・阿部眞三・松永和久・涌井 茂・丹野耕一・千葉芳則・岡本栄治・狩野 篤(1991b)宮城古川農試報 1: 63-76.
- 佐本四郎・朝隈純隆・金井大吉・石坂昇助・小林 陽・浜村邦夫・八木忠之(1973)北陸農試研報 15: 1-25.
- 末永喜三・高島 優(1962)宮城農試報告 29: 29-42.
- 末永喜三・高島 優・鈴木啓司(1963)宮城農試報告 33: 104-119.
- 鈴木啓司・佐々木武彦・阿部眞三・松永和久・涌井 茂・丹野耕一(1991)宮城古川農試報 1: 24-35.
- 鳥山国土・角田公正・蓬原雄三・和田純二・藤村謙之助・中堀登士光(1972)青森県農試報告 12: 6-17.
- 氏原光二・西尾敏男・田邊 潔(1955)愛知農試彙報 10: 135-144.