

水稻の良食味・いもち耐病性品種の育成と 耐病性の経済的効果の評価

山 口 誠 之^{*1)}

抄 録：いもち病に強く、食味が優れた水稻品種を育成するとともに、東北地域での耐病性品種による薬剤削減の経済的効果の評価した。

良食味品種はいもち耐病性（圃場抵抗性）が劣るものが多く、食味といもち耐病性の結合は難しいと考えられてきた。本研究ではまず、交配を効率的に行う簡易交配法を開発した。次いで、様々な交配組合せを展開し、良食味でいもち耐病性系統が存在することを明らかにした。そして、良食味・いもち耐病性品種として1996年に「おきにいり」、2003年にさらにいもち耐病性が強化された「ちゅらひかり」を育成した。いもち病防除に対する品種の耐病性と薬剤防除の効果を比較すると、生育初期は薬剤防除の効果が高く、生育が進むにつれて品種の耐病性の効果が現れた。耐病性品種は弱い品種に3回以上の薬剤防除を行った効果に匹敵し、その効果はいもち病多発発生年ほど大きかった。いもち耐病性品種を利用すれば、いもち病の発生程度に関わらず、少なくとも葉いもち防除が不要であると考えられた。東北地域における耐病性品種導入のメリットについて考察した。

キーワード：水稻、育種、良食味、いもち耐病性、圃場抵抗性、品種、東北地域、おきにいり、ちゅらひかり、薬剤削減、経済的効果

Breeding of Rice Varieties with Blast Resistance and Excellent Eating Quality, and Evaluation of the Economic Effect of their Resistance : Masayuki YAMAGUCHI^{*1)}

Abstract : New rice varieties with excellent eating quality and blast resistance were developed, and the economic effect of the reduction in fungicide use made possible by these varieties in the Tokoku region was evaluated.

Until recently, it has been considered difficult to breed rice cultivars having excellent eating quality and high field resistance to blast. In this study, we developed a simple crossing method, and selected lines with excellent eating quality and high field resistance in some crossed progenies. We developed two new rice cultivars with excellent eating quality and high field resistance. One cultivar was “Okiniiri,” developed in 1996, and the other was “Churahikari,” developed in 2003, which was more resistant to blast than Okiniiri. When we compared the blast control provided by varietal field resistance with that provided by fungicide treatments, we found that the fungicide treatments were more effective in the early stage of rice cultivation, but in the late stage, varietal field resistance became more effective. The resistance level shown by resistant varieties was more than triple that of fungicide-treated susceptible varieties, and it was especially effective in a year when blast was a serious threat. There is a possibility of cultivating highly field-resistant varieties that would not require blasticides for leaf blast. The advantages to using resistant varieties instead of chemicals in the Tohoku region were discussed.

Key Words : Rice, Breeding, Excellent eating quality, Blast resistance, Field resistance, Variety, Tohoku region, Okiniiri, Churahikari, Reduction of fungicide, Economical effect.

^{*1)} 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Daisen, Akita 014-0102, Japan)
2008年1月16日受付、2008年12月16日受理

目 次

I 緒 論	84	IV いもち耐病性品種の経済的効果の評価	110
II 良食味・いもち耐病性系統の効率的育種法の開発	86	1. いもち耐病性品種のいもち病発生の推移	110
1. 水稻の簡易交配法の開発	86	2. いもち耐病性品種による薬剤削減効果の評価	114
2. 良食味・いもち耐病性系統の選抜可能性の評価	90	3. いもち耐病性品種の経済的効果の評価	117
3. 良食味・いもち耐病性系統の効率的選抜法の開発	95	V 総合考察	120
III 良食味・いもち耐病性品種の育成	98	1. 東北地域における良食味・いもち耐病性品種育成の現状	120
1. 良食味・いもち耐病性「強」品種「おきにいり」の育成	98	2. 東北地域におけるいもち耐病性品種導入のメリット	121
2. 良食味・いもち耐病性「極強」品種「ちゅらひかり」の育成	104	3. いもち耐病性品種育成の今後の展望	122
		VI 摘 要	123

I 緒 論

いもち病は我が国の稲作において最も被害が大きな病害である。東北地域の稲作の歴史は、冷害とともにいもち病との闘いであったと言っても過言ではない。2005年の東北地域の水稲作付面積は442,900haで全国の26.0%を占め、10a当たり収量は563kg（全国平均532kg）で有数の多収地帯になっているものの（「東北農林水産統計」（東北農政局）より）、1800年代後半から1900年代初め頃までの収量は低収不安定で、全国平均よりも低かった。その克服には栽培技術の進歩とともに耐冷性、いもち耐病性、多収性を備えた品種育成に負うところが大きい。1950年代以降は、全国平均よりも高い収量を安定して得られるようになった。しかし、図1に示したように東北地域のいもち病による被害は過去25年間をみて減少しておらず、依然として稲作の大きな生産阻

害要因になっている。特に冷害年にはいもち病の発生が多くなることが指摘されており（東 1996）、本データからもそれを読みとることができる。

水稻のいもち耐病性は、主働遺伝子に支配される真性抵抗性と複数の微働遺伝子に支配される圃場抵抗性に大別される。

圃場抵抗性の利用では、陸稲「戦捷」の高度圃場抵抗性を水稻に導入した愛知県農事試験場（現・愛知県農業総合試験場）での育成品種が現在にも引き継がれている。1922年に愛媛県農事試験場（現・愛媛県農業試験場）で「戦捷」／「畿内晩33号」の交配が行われ、F₁以降が愛知県農事試験場に継続された。この後代の選抜、交配により「田戦捷」、「真珠」、「双葉」が生まれ、さらに「秀峰」、「綾錦」、「ほまれ錦」、「銀河」、「秋晴」等の草姿が良好な品種が育成された。東北地域では1949年に農林省黒石農事改良実験所藤坂試験地（現・青森県農林総合研究センター藤坂稲作研究部）で「双葉」／「善石早生」より育成された「藤坂5号」が東北地域の冷害で威力を発揮するとともに、「レイメイ」、「アキヒカリ」、「トヨニシキ」等が生み出された（平野 1996）。また、現在普及している品種の圃場抵抗性は在来種の「愛国」、「銀坊主」、初期の育成品種である「農林6号」、「農林8号」、「農林17号」、「農林22号」、「陸羽132号」等に由来する場合が多い（東 1995）。

一方、主に外国稲から真性抵抗性を導入した高度抵抗性品種は当初は発病が皆無で有用とみられたものの、侵害菌の出現により数年で罹病化して問題となった。中国稲「荔支江」の抵抗性遺伝子“Pik”を導入して1960年に育成された「クサブエ」が普及

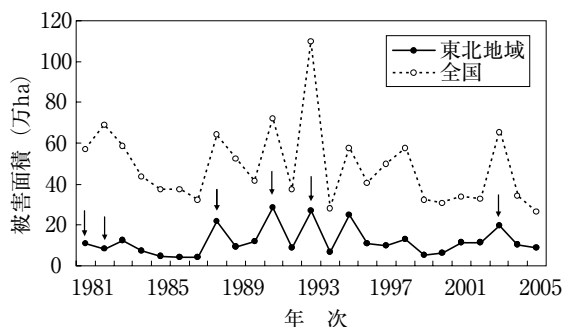


図1 いもち病被害面積の推移

注。「東北農林水産統計」（東北農政局）による。矢印は冷害年を表す。

3年後に罹病化した(伊藤 1967)のを始め、「ユウカラ」(抵抗性遺伝子“*Pia, Pik*”)、「ウゴニシキ」(同“*Pik*”)、「シモキタ」(同“*Pia, Pita*”)、「フクニシキ」(同“*Piz*”)、「ハマアサヒ」(同“*Pia, Pii, Pik, Pib*”)、「アキユタカ」(同“*Pik, Piz*”)等が普及後平均して2～3年目に罹病化している(八重樫 1994)。

真性抵抗性が崩壊するという教訓を踏まえ、いもち耐病性育種は少なくとも真性抵抗性のみを利用することは避け、圃場抵抗性を強化する方向で進められた。東北地域で1966年以降の10年間に育成された品種の葉いもち抵抗性は、「愛国」、「亀の尾」等の在来品種や1945年以前に育成された品種に比べ、着実に水準が向上した(東 1981)。

1960年代後半の豊作を契機に我が国は米過剰時代に入り、1971年から米の生産調整が行われるようになった。品種にはそれまでの安定収量性から、良質・良食味が求められるようになり、「コシヒカリ」、「ササニシキ」に代表される良食味品種が作付面積を増やしていった。東(1996)は1975年と1995年の東北地域の作付け上位6品種の平均いもち病圃場抵抗性水準を比較し、葉いもち、穂いもちとも明らかに低下していることを指摘した。表1に1985年、1995年、2005年それぞれの東北地域の作付け上位10品種について、いもち耐病性と耐冷性をまとめて表した。1985年には東北地域全体の作付けの約1割がいもち耐病性“強”以上であったのに対して、1995年、2005年には“強”以上の品種がほとんど作付けされていない。耐冷性が“強”以上の品種がこの20年間で大幅に普及して、冷害年に効果を発揮したこととは対照的である。近年の普及品種のいもち耐病性の低下は、東北地域に限らず全国的にもいえることであり、多くの報告がある(八重樫 1994、井辺 2002、藤井ら 2005)。藤巻(1980)は「コシヒカリ」、「ササニシキ」等の良食味品種にいもち耐病性を付与させることが難しいことを指摘しているが、「コシヒカリ」に由来する良食味品種である「ひとめぼれ」、「あきたこまち」、「はえぬき」、「つがるロマン」、「ゆめあかり」等のいもち耐病性はいずれも十分であるとは言い難い。

「ひとめぼれ」、「あきたこまち」等のいもち耐病性が不十分な良食味品種の安定栽培には、農薬による防除が不可欠である。しかし、一方で食の安全・安心の観点から、消費者の減農薬に対するニーズが高まっている。農林金融公庫(2001)が2001年に実

施した全国調査によると、この1～2年に有機栽培米、無農薬米・減農薬米を購入したことがある消費者はそれぞれ32.0%、26.4%で、無洗米(12.6%)、胚芽米(12.1%)等よりも高い割合になっていた。岩手県盛岡市の消費者を対象に1995年に調査した結果でも、国産・銘柄米指向とともに値段よりも味や

表1 1985年、95年及び2005年における東北地域の水稲作付け上位10品種のいもち耐病性と耐冷性

1985年					
順位	品種名	面積(ha)	割合(%)	耐病性	耐冷性
1	ササニシキ	198,737	36.7	弱	やや弱
2	アキヒカリ	107,098	19.8	中	やや弱
3	キヨニシキ	82,369	15.2	中	やや弱
4	トヨニシキ	37,925	7.0	強	やや弱
5	ササミノリ	15,172	2.8	強	やや弱
6	コシヒカリ	14,478	2.7	弱	極強
7	コガネヒカリ	13,655	2.5	やや強	やや強
8	サトホナミ	11,533	2.1	中	やや弱
9	アキユタカ	7,808	1.4	強	中
10	初星	5,816	1.1	中	やや強
強以上(%) / 上位10品種(%)				11.2/91.3	2.7/91.3

1995年					
順位	品種名	面積(ha)	割合(%)	耐病性	耐冷性
1	ひとめぼれ	116,446	23.4	中	極強
2	あきたこまち	107,419	21.4	やや弱	中
3	ササニシキ	72,038	14.5	弱	やや弱
4	むつほまれ	46,919	9.4	やや強	中
5	コシヒカリ	36,966	7.4	弱	極強
6	はえぬき	30,856	6.2	中	極強
7	どまんなか	15,456	3.1	やや弱	中
8	初星	13,995	2.8	中	やや強
9	はなの舞	7,086	1.4	やや弱	極強
10	むつかおり	6,780	1.4	やや強	やや強
強以上(%) / 上位10品種(%)				0.0/91.2	38.4/91.2

2005年					
順位	品種名	面積(ha)	割合(%)	耐病性	耐冷性
1	ひとめぼれ	127,975	32.1	中	極強
2	あきたこまち	102,586	25.8	やや弱	中
3	コシヒカリ	50,995	12.8	弱	極強
4	はえぬき	43,673	11.0	中	極強
5	つがるロマン	25,035	6.3	やや強	やや強
6	ゆめあかり	15,384	3.9	中	強
7	ササニシキ	10,689	2.7	弱	やや弱
8	むつほまれ	4,571	1.1	やや強	中
9	いわてっこ	3,034	0.8	強	極強
10	めんこいな	2,574	0.6	中	中
強以上(%) / 上位10品種(%)				0.8/97.1	60.6/97.1

注. うち品種のみ。面積、割合は「米穀の品種別作付状況」(1985年、95年食糧庁、2005年農林水産省総合食料局)による。

安全性が重視される傾向にあった(磯島ら 1996)。消費者の減農薬米への関心は、これからも高まることが予想される。

東北地域では、減農薬米を求める消費者ニーズに応えるために、生産者が手間をかけていもち病に弱い良食味品種を減農薬で栽培するケースが増えている。図2に東北地域でのいもち病防除回数(葉いもち防除回数+穂いもち防除回数)を示した(「農業便覧」(日本植物防疫協会)の作付面積、葉いもち延防除面積、穂いもち延防除面積より算出)。東北地域のいもち病防除回数は全国より多いものの、25年前より徐々に減少しており、1999年以降は全国との差が縮まってきている。特に2003年の冷害年には、いもち病が多発したにも関わらず防除回数が増えないことから、生産者が防除を控えながら無理をして栽培していることが推察される。

減農薬栽培を効率的に進め、東北地域の水稲の安定生産を図るためには、いもち耐病性品種を有効に活用することが望ましい。しかし、生産者にとっては「ひとめぼれ」、「あきたこまち」等の良食味であるがいもち耐病性が劣る品種が売れる米であり、これを作らざるを得ないという状況に立たされていると思われる。良食味でいもち耐病性が強い品種が育成できればそれを普及させることにより、生産者は安定した減農薬栽培を現状よりも容易にできるようになり、消費者は良食味の減農薬米を現状よりも入手しやすくなると考えられる。

本研究では、従来より育成が難しいとされてきた良食味でいもち耐病性が強い品種を作ることを最大の目的とした。まず、育種の効率化を図るために簡易交配法の検討を行った。続いて複数の雑種集団か

ら系統を養成して、良食味及びいもち耐病性系統の出現頻度を調べることで、食味といもち耐病性が結びつけられるかどうかを検討した。同時に、良食味・いもち耐病性の品種を育成するために、特に食味といもち耐病性を重視しながら集団、系統の選抜、検定調査等を進めた。そして、東北地域では現在ほとんど作付けされていない耐病性品種が普及した場合に、農薬をどの程度削減でき、どの程度の経済効果があるのかを試算することで、いもち耐病性品種の今後の普及を図ろうとした。

これらの試験及び品種育成は、1988年から2003年にかけて東北農業試験場(2001年より東北農業研究センター)で行った。本研究の一部はすでに複数の雑誌等で発表した(山口ら 1995a、山口ら 1995b、山口ら 1997a、山口ら 1994、山口ら 1995c、東ら 1997、山口ら 2005、Yamaguchi *et al.* 2000、山口ら 1997b、山口ら 2004a、山口ら 1995d)。なお、本論文では特に断りがない限り、“いもち耐病性”は“いもち病圃場抵抗性”のことを指すものとする。

本論文の作成においては、東北大学大学院農学研究科西尾剛教授に懇切なご指導とご校閲をいただいた。品種育成については、当時東北農業試験場稲育種研究室の東正昭室長、滝田正室長には品種育成の実践の中で多くのご助言、ご指導をいただいた。同研究室の先輩、同僚、業務科職員、臨時職員各位には品種育成の苦楽を共にし、多くのご援助、ご協力をいただいた。研究遂行にあたっては、当時東北農業試験場水田病害研究室長の八重樫博志室長、斎藤初雄室長にはいもち病に関する多くのご教授をいただき、研究の方向性を確認することができた。当時中国浙江省農業科学院の裴伯欽氏、石川県農業試験場の中村啓二氏、長野県農事試験場の近藤武晴氏には研修生としてご援助をいただいた。そして、東北大学大学院農学研究科岸谷幸枝氏、東北農業研究センター中島敏彦氏からは、絶えず暖かい励ましをいただいた。このほか、多くの方々からご援助、ご助言をいただいた。ここにこれらの方々へ深く感謝の意を表する。

Ⅱ 良食味・いもち耐病性系統の効率的育種法の開発

1. 水稲の簡易交配法の開発

いもち耐病性品種の育成には交配が不可欠であ

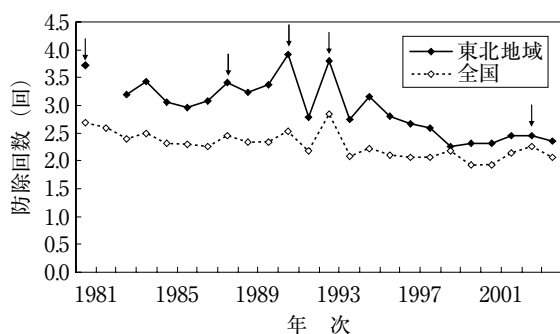


図2 いもち病に対する防除回数の推移

注、「農業便覧」(日本植物防疫協会)の作付面積、葉いもち延防除面積、穂いもち延防除面積より算出。東北地域の1982年はデータなし。矢印は冷害年を表す。

る。現在の我が国の水稻の交配方法は、ポット栽培または圃場からポットに株上げした母本（種子親）を用いて温湯除雄（Jodon 1983、近藤 1939）するのが一般的であるが、母本の準備や管理に多くの労力と場所を必要とする。

切除茎授粉法は、開花前の穂を有する茎を切断してガラス室または室内で水耕の上、除雄並びに授粉することにより種子を得る方法である（赤藤 1958）。水稻ではNoguchi（1936）がこの方法で種子を得ることに成功している。ここではNoguchi（1936）の方法（以下、“Noguchi法”とする）をさらに簡易化した切除茎授粉法を開発し、その実用性を明らかにした。そして、この切除茎授粉法での交配成功率を高める条件を検討した。

1) 材料と方法

試験は1993、1994年に東北農業試験場（現・東北農業研究センター、大仙市）で行った。

切除茎授粉は次の方法で行った。交配当日の朝、圃場養成の材料の中から開花前の交配適期の穂を選び、節間から切り取って準備した。採取した切除茎は葉を半分程度残して切り取り、直ちに水に挿した。43℃、7分間の温湯除雄後、開花した穎花だけを残し、未開花のものを切除した。各作業は切除茎を水から出した状態で行ったが、作業の合間、作業後は

水に挿しておいた。交配終了後、止葉とともに穂にパラフィン袋をかぶせ、切除茎は節を残すように水切を行い、無加温のガラス室で管理した。パラフィン袋は交配した穎花がすべて閉じているのを確認した上で、1～2日後に取り去った。栽培には水だけを用い、約10日おきに交換した。

（1）従来法と切除茎授粉法の交配成功率の比較

圃場で養成した母本を交配予定日の10日前に1/5,000aポットに株上げした従来法と上記の切除茎授粉法により、3通りの正逆交配、計6組合せの交配を行い、交配成功率を比較した。交配40日後に各区4～5穂の種子を収穫し、調査した。

（2）切除茎授粉法の交配成功率を高める諸条件の検討

切除茎授粉法の交配成功率を高める条件を検討するために、以下の3条件のもとで交配成功率を比較した。

a 切除茎の切除位置の違いの効果

母本を第Ⅲ節間、または第Ⅳ節間で切除し（図3）、交配後は水だけで栽培した。5組合せ、各区4穂を交配30日後に調査した。

b 水耕液による栽培の効果

交配後の切除茎を、①水、②水耕液、③水で5日－その後水耕液、の3通りで栽培した。水耕液は

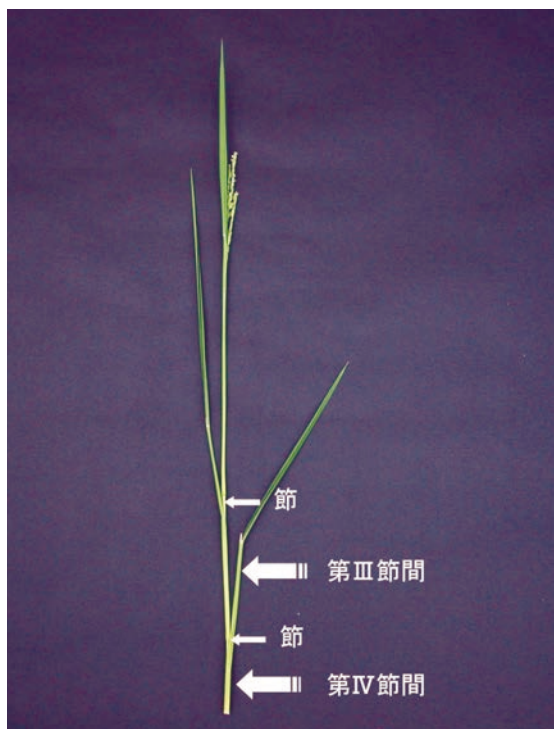


図3 切除茎の第Ⅲ節間と第Ⅳ節間



図4 切除茎授粉法で交配した切除茎
注. 交配14日後。

1/2春日井液（春日井 1939）を用いた。4 組合せ、各区 4 穂を交配30日後に調査した。

c インドール酢酸（IAA）処理による発根促進の効果

交配後、濃度の異なる IAA 溶液（0、1、10、100ppm の 4 通り）でそれぞれ 4 日間処理を行い、その後 1/2 春日井水耕液で栽培した。4 組合せ、各区 4 穂を 30 日後に調査した。

2) 結果

(1) 従来法と切除茎授粉法の交配成功率の比較

すべての切除茎で交配 3～5 日後に節からの発根が観察され、その後根は数 cm まで伸長した（図 4）。交配 40 日後、切除茎授粉法の材料は従来法のものに比べて葉身、葉鞘の退色が顕著であったが、どの組合せでも成熟種子が認められた。しかし授粉後、登熟過程で子房が退化したと思われるものもいくつか見られた。

母本をポットに株上げする従来法と切除茎授粉法の交配成功率を比較すると、切除茎授粉法での稔実率が有意に低下する場合があったものの、いずれの組合せでも種子重、発芽率とも両法で大差がなかった（表 2）。

従って、切除茎授粉法によっても正常な交配種子が得られることが確かめられた。

(2) 切除茎授粉法の交配成功率を高める諸条件の検討

a 切除茎の切除位置の違いの効果

表 2 従来法（ポットに株上げ）と切除茎授粉法の交配成功率の比較

交配組合せ	交配方法	1穂当たり授粉穎花数	稔実率 (%)	種子重 (mg)	発芽率 (%)
ハヤニシキ/ 福矮20号	従来法	9.4	37.5	24.8	100.0
	切除茎授粉法	13.8	11.8**	22.8	100.0
福矮20号/ ハヤニシキ	従来法	16.3	13.4	25.9	100.0
	切除茎授粉法	28.8	34.0 ^{ns}	23.6	95.9
中母42/ 圭陵矮8号	従来法	6.8	33.9	24.1	100.0
	切除茎授粉法	8.6	30.5 ^{ns}	21.3	100.0
圭陵矮8号/ 中母42	従来法	16.8	27.3	23.2	100.0
	切除茎授粉法	17.8	34.4 ^{ns}	23.6	96.6
はなの舞/ 奥羽320号	従来法	17.4	24.7	23.8	95.2
	切除茎授粉法	10.2	1.4***	21.2	100.0
奥羽320号/ はなの舞	従来法	22.2	54.5	22.1	100.0
	切除茎授粉法	22.8	29.3**	25.7	100.0

注. **, *** : それぞれ 1%, 0.1% 水準で有意差あり、^{ns} : 有意差なし。第Ⅲ節間で切除。交配後、水だけで栽培。処理穂数は各 4～5 本。

稔実率では 5 組合せのうち、「合川 1 号」／「奥羽 346 号」の組合せのみが第Ⅲ節間切除が第Ⅳ節間切除より有意に高かった。他の組合せでも第Ⅲ節間切除が第Ⅳ節間切除より高い傾向にあったが、標準偏差が大きいため有意差はなかった。種子重は第Ⅲ節間切除が第Ⅳ節間切除より重い傾向にあったが、発芽率には大きな差はなかった（表 3）。

従って、稔実率の差を考えれば、切除位置は第Ⅳ節間より第Ⅲ節間のほうがよいといえた。

b 水耕液による栽培の効果

稔実率では 4 組合せとも、3 通りの栽培方法の間に有意差はなかった。種子重は水だけよりも水耕液を用いたほうが重い傾向にあったが、発芽率には大きな差は認められなかった（表 4）。

表 3 切除位置の違いによる交配成功率の比較

交配組合せ	切除位置	1穂当たり授粉穎花数	稔実率 (%)	種子重 (mg)	発芽率 (%)
ひとめぼれ/ 奥羽346号	第Ⅲ節間	12.3	52.4	19.5	100.0
	第Ⅳ節間	11.0	46.1 ^{ns}	19.3	95.0
合川 1 号/ 奥羽346号	第Ⅲ節間	12.5	30.9	19.3	80.0
	第Ⅳ節間	7.0	8.8*	16.7	66.7
広解 9 号/ 奥羽346号	第Ⅲ節間	22.5	22.9	21.1	95.2
	第Ⅳ節間	40.3	23.7 ^{ns}	23.9	97.4
ササニシキ/ 奥羽351号	第Ⅲ節間	28.8	9.1	19.8	100.0
	第Ⅳ節間	24.3	2.3 ^{ns}	12.5	100.0
はぎのかおり/ 奥羽351号	第Ⅲ節間	21.0	25.4	20.7	85.7
	第Ⅳ節間	20.5	12.4 ^{ns}	17.4	91.7

注. * : 5% 水準で有意差あり、^{ns} : 有意差なし。交配後、水だけで栽培。処理穂数は各 4 本。

表 4 水耕液栽培の有無による交配成功率の比較

交配組合せ	処理方法	1穂当たり授粉穎花数	稔実率 (%)	種子重 (mg)	発芽率 (%)
こがねもち/ コシヒカリ	水	21.0	38.6 a	17.2	97.0
	水耕液	30.8	36.3 a	19.5	100.0
	水→水耕液	22.5	42.5 a	18.9	97.5
農林21号/ コシヒカリ	水	21.0	45.6 a	18.2	92.1
	水耕液	21.5	26.2 a	21.8	95.8
	水→水耕液	20.5	40.5 a	20.5	93.9
白羊/ コシヒカリ	水	54.0	9.3 a	17.4	90.0
	水耕液	41.0	4.5 a	18.1	100.0
	水→水耕液	50.8	1.0 a	14.5	100.0
大空/ コシヒカリ	水	18.0	27.3 a	19.1	93.3
	水耕液	18.0	23.2 a	17.2	100.0
	水→水耕液	16.3	27.9 a	22.0	100.0

注. 水耕液：濃度 1/2 春日井液（春日井 1939）。水→水耕液：交配後水で 5 日、その後水耕液で栽培。Tukey 法により、同一アルファベット間には 5% 水準で有意差なし。第Ⅲ節間で切断。処理穂数は各 4 本。

c IAA処理による発根促進の効果

IAA処理により、節からの発根が促進された。特に10ppm処理では、4組合せ中3組合せで最も発根促進があった。しかし、この場合でも稔実率に有意差はなく、発芽率にも大きな差はなかった(表5)。

3) 考察

切除茎授粉法は従来法に比べて稔実率が低くなる場合があるが、正常な交配種子が得られることが明らかになった。切除茎授粉法での稔実率低下の原因の一つとして、授粉したにも関わらず登熟過程で子房が退化した種子が多かったことが考えられる。種子の子房退化を防ぎ、稔実率を上げるために切除茎の切除位置、水耕液による栽培、IAA処理による発根促進の検討を行った。切除位置は第Ⅳ節間より第Ⅲ節間が良いものの、水耕液栽培、IAA処理には稔実率、発芽率を高める効果はないので、切除茎の栽培は水だけで十分であった。切除位置が第Ⅲ節間で良かった原因として、稈が短い水分ストレスによる種子の退化が少なかったことが考えられる。本法は1穂で10粒以下程度の交配種子を得る限りでは、実用的には問題ないといえる。

今回実施した切除茎授粉法をNoguchi法と比較すると、①母本の採取がNoguchi法では交配前日であるのに対して、本法では交配当日に父本と一緒に取ることができること、②除雄法はNoguchi法では剪

穎によるが、本法ではより容易な温湯除雄によること、③切除茎の管理をNoguchi法では交配前日から交配5日後まで30℃、湿度100%の飽和状態の定温器中で行うが、本法では交配後は無加温のガラス室内で行うこと、の3点が改良点として挙げられる。

本法と母本を株上げする従来法とを比較すると、本法では、①交配当日に母本と父本と一緒に採取できること、②一連の交配作業をポット単位ではなく切除茎単位で行えるので、手間がかからないこと、③交配後の切除茎はまとめて水に挿して管理できるので、ポットに比べて広い場所を必要としないこと、が利点として挙げられる。従って、本法は多数の異なる組合せの交配を行う場合や、同一の父本で複数の交配を行う場合には特に有効である。なお、交配後の切除茎が発根するまでの3～5日間は特に乾燥に弱いので、ガラス室内では直射日光を避ける、適度な湿度を保つ等の注意が必要である。

本法は簡易交配法として、東北農業研究センターをはじめ複数の農業試験場で利用されているが、生産者でも実施可能な交配方法として「日本農業新聞」(1996年2月11日付)、雑誌「現代農業」(近藤 2000)でも紹介された。また、高校生を対象にした実験テキスト「とっておき生物実験」(山口 1998)、児童向けの書籍「田んぼの学校入学編」(宇根 2000)にも掲載され、教材としても一役買っている。

表5 インドール酢酸 (IAA) 処理による交配成功率の比較

交配組合せ	処理濃度 (ppm)	発 根		1 穂当たり 授粉穎花数	稔実率 (%)	種子重 (mg)	発芽率 (%)
		5 日後	8 日後				
はぎのかおり/奥羽351号	0	—	+	12.5	23.9 a	12.3	72.7
	1	—	+++	13.8	8.8 a	16.5	75.0
	10	+	+++	14.3	34.8 a	14.5	88.0
	100	—	+++	11.8	16.1 a	15.9	71.4
こがねもち/奥羽351号	0	—	+	13.0	17.4 a	14.0	85.7
	1	—	++	17.0	1.9 a	14.0	100.0
	10	+	+++	18.8	14.0 a	20.2	100.0
	100	—	++	22.3	7.8 a	14.8	100.0
はえぬき/奥羽351号	0	+	++++	14.8	9.7 a	20.2	100.0
	1	+	++++	8.5	6.0 a	21.5	100.0
	10	++	++++	8.5	2.6 a	19.0	100.0
	100	—	++++	12.5	4.2 a	16.7	100.0
新青矮1号/奥羽351号	0	+	+++	36.8	13.7 a	22.0	100.0
	1	+++	++++	29.5	7.2 a	15.3	85.7
	10	++	+++	42.3	20.0 a	17.8	96.9
	100	+	+++	31.0	15.8 a	16.7	94.7

注. 発根: —, +, ++, +++, ++++: それぞれ根長 0 mm、1–5 mm、6–10 mm、11–20 mm、21 mm 以下。
Tukey法により、同一アルファベット間には5%水準で有意差なし。第Ⅲ節間で切断。
IAA溶液で4日、その後、濃度1/2春日井水耕液で栽培。処理穂数は各4本。

2. 良食味・いもち耐病性系統の選抜可能性の評価

いもち耐病性育種の課題の一つに食味といもち耐病性の結合があり、長い年月にわたって両形質を結びつける試みがなされてきた。しかし、1980年の時点で、「コシヒカリ」、「ササニシキ」等の良食味品種にいもち耐病性を付与する育種は成功していない(藤巻 1980)、と指摘されている。鈴木ら(1976)、東ら(1983b)は、「ササニシキ」と「レイメイ」の交雑後代から良食味でいもち耐病性が強い系統を得ることが困難であることをそれぞれ報告している。

そこで、食味といもち耐病性の結びついた系統育成の可能性を検討する目的で、良食味でいもち耐病性が弱い品種「あきたこまち」と食味が劣りいもち耐病性が強い系統「奥羽320号」の交雑後代の系統について食味関連形質といもち耐病性を調査した。さらに、良食味でいもち耐病性が中位の系統「東北143号」(後の「ひとめぼれ」)を片親とし、それにいもち耐病性が強い系統を交配した4組合せの交雑後代の系統についても同様に調査を行った。

1) 材料と方法

試験は1990年から1995年にかけて、東北農業試験場(現・東北農業研究センター、大仙市)で行った。

「奥羽320号」／「あきたこまち」の材料は、稲育種研究室(現・低コスト稲育種研究東北サブチーム)において1986年に交配、1987年から1988年に無選抜でF₃世代まで世代促進し、1989年にF₄雑種集団約3,000個体の中から草姿が良く、玄米の外観品質が優れた163個体を選抜したものを1990年より筆者が引き継いだ。「奥羽320号」の系譜を図5に示した。本材料は、通常の育種の流れの中に組み込まれていたものである。

1990年にF₅世代の163系統から、草姿、葉いもち抵抗性、玄米の外観品質が優れた17系統を選抜し、1991年にF₆世代で諸特性を調査するとともに生産力検定試験を実施した(図6)。一部の系統は、1992年以降も生産力検定試験を継続した。

各系統の調査項目と調査方法は、次の通りである。

(1) 葉いもち抵抗性

畑晩播法(東・小綿 1995)により検定した。種子は乾籾の状態では6月上旬に1.2m×15.5mの播種床に間隔10cm、長さ50cmで条播した。1条70粒、2反復とした。基肥に硫加燐安(13-13-13)を150kg/10a施用し、追肥は行わなかった。接種源として、7月上旬にいもち菌株「研60-19」(レース

037)を噴霧接種して罹病させた「イナバワセ」(4～5葉期)を細かく切って播種床全体に散布した。発病程度は特性検定調査基準に従い、0(無発病)～10(全茎葉枯死)の11段階(浅賀 1976)で、7月下旬に2回達観調査した。2回調査の平均値を発病程度とした。

(2) 穂いもち抵抗性

6月上旬に栽植密度1/2(36+18)×15cm(2列植)、1区当たり9株×2列、1株1本植、2反復で本田に移植した。基肥に硫加燐安54kg/10a、追肥に硫安20kg/10aを施用した。接種源として、7月下旬にいもち菌株「研60-19」(レース037)を接種して罹病させた「イナバワセ」の苗(5～6葉期)を2列に1本ずつ、列の端に移植した。発病程度は特性検定試験調査基準に従い、0(無発病)～10(全穂首いもち罹病)の11段階で、9月下旬に1回達観調査した。

(3) アミロース含量

白米5粒(約100mg)に0.1N水酸化ナトリウム溶液1mlを加え、12時間放置した。分析にはアミロース自動分析装置(プランルーベ・オートアナライザーⅡ型)を用いて2反復で行った。

(4) 炊飯光沢

藤巻・櫛淵(1975)の方法に準じて、少量の材料で検定した。白米4gを100mlビーカーに入れ、水道水で2回水洗した後、水6mlを加えて約40分間吸水させた。炊飯には高圧滅菌器(平山製作所HA-30型)を使用した。アルミ箔でビーカーにふたをしてから、金網かごの中に2段に積み重ね、さらにかごを2つ重ねて滅菌器に入れた。110℃になるまで加熱した後(約25分間)、スイッチを切り20分間蒸してから開釜した。滅菌器から出して1時間後に表面光沢を1(優)～6(劣)の6段階で、「あきたこまち」が2～3、「キヨニシキ」が4、「トヨニシキ」が5～6になるように達観で判定した。

(5) 食味官能試験

精米200gに対して水270mlを加え、1時間吸水させた。炊飯には高圧滅菌器(平山製作所HA-30型)を使用した。4分割釜(容量900ml)を金網かごに4個入れ、さらにかごを2つ重ねて滅菌器に設置した。炊飯時間は炊飯光沢の場合と同じである。「あきたこまち」を基準品種として、-3(劣)～0(基準と同じ)～+3(優)の7段階評価で判定した。固定パネル12～16名の総合評価の平均値をその食味

評価値とした。

なお、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性、アミロース含量、炊飯光沢は全系統について調査を行ったが、食味官能試験はF₆系統及び「奥羽320号」、「あきたこまち」についてのみ行った。

さらに、良食味品種「東北143号（ひとめぼれ）」を片親とする「東北143号」／「奥羽338号」、「東北143号」／「奥羽336号」の2組合せを養成した。「奥羽336号」、「奥羽338号」の系譜を図5に示した。1989年に交配、90、91年にF₃まで世代を進め、1992

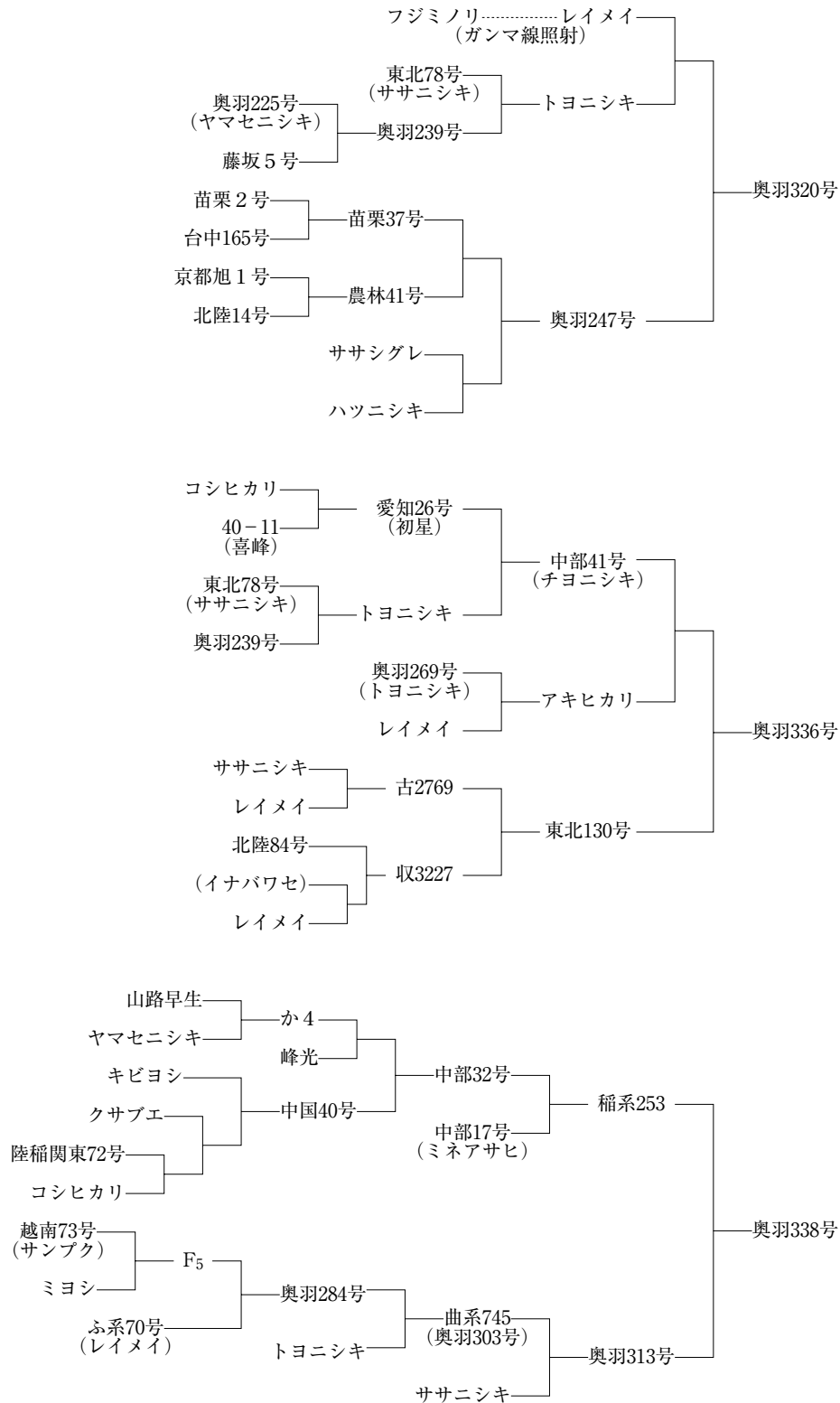


図5 「奥羽320号」、「奥羽336号」、「奥羽338号」の系譜

年に無選抜F₄雑種集団（各約3,000個体）から、草姿が良好な系統をそれぞれ109、85系統選抜した。同様に、「中部32号」／「東北143号」、「東北143号」／「奥羽320号」の2組合せについても、1990年に交配、91、92年に世代を進め、1993年に無選抜F₄雑種集団（各約3,000個体）から、草姿が良好な系統をそれぞれ51、50系統選抜した。これらの選抜系統は、それぞれ翌年のF₅系統で葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性、炊飯光沢を調査した。

2) 結果

「奥羽320号」と「あきたこまち」の食味関連形質といもち耐病性を表6に示した。「奥羽320号」は1986年に東北農業試験場で育成された系統（交配組合せ：レイメイ/トヨニシキ//奥羽247号）で、その抵抗性は親品種を超越してさらに強い（東 1995）。

「奥羽320号」／「あきたこまち」の材料について、F₅系統すべての食味を食味官能試験で調べることは困難なため、食味を他の食味関連形質、すなわ

ちアミロース含量あるいは炊飯光沢で推定できるかどうかを検討した。F₆系統と交配親を合わせた19系統の食味評価は、アミロース含量とは相関がなかったが（ $r = 0.037$ ）、炊飯光沢とは有意な相関があった（ $r = -0.647^{**}$ ）（図7）。F₆系統の食味評価は、前年度に対応するF₅系統の炊飯光沢とも有意な相関があり（ $r = -0.456^{*}$ ）、F₆系統の炊飯光沢とそれに対応するF₅系統の炊飯光沢の親子相関も有意であった（ $r = 0.637^{**}$ ）。以上の結果から、F₅系統の食味はアミロース含量では推定できないが、炊飯光沢では推定できると判断した。

F₅系統と両親を合わせた165系統の炊飯光沢といもち耐病性の関係を調べたところ、炊飯光沢と葉いもち抵抗性との相関はみられず（ $r = 0.082$ ）、炊飯光沢と穂いもち抵抗性との相関関係も判然としなかった（ $r = -0.156^{*}$ ）。葉いもち抵抗性と穂いもち抵抗性との間には有意な相関があった（ $r = 0.445^{***}$ ）（図8）。

F₅系統における諸形質の優れた系統の出現頻度を表7にまとめた。ここで、“炊飯光沢良”を炊飯光沢3.0以下（「あきたこまち」並か、それより良いもの），“葉いもち抵抗性強”を発病程度6.5以下（「奥羽320号」並か、それより強いもの），“穂いもち抵抗性強”を発病程度4.0以下（「奥羽320号」並か、それより強いもの）と区分した。F₅系統の中に、炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性のすべてが優れた系統は8系統（4.9%）存在した。

同様に、「東北143号」を片親とする4組合せのF₅系統について、それぞれ炊飯光沢といもち耐病性の関係を調べたところ、炊飯光沢と葉いもち抵抗性、炊飯光沢と穂いもち抵抗性とも有意な相関がみられたのは、4組合せ中、それぞれ1組合せだけであった（表8）。炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性のすべてが優れた系統の出現頻度は、組合せによって2.0～7.3%のばらつきがあるものの、すべ

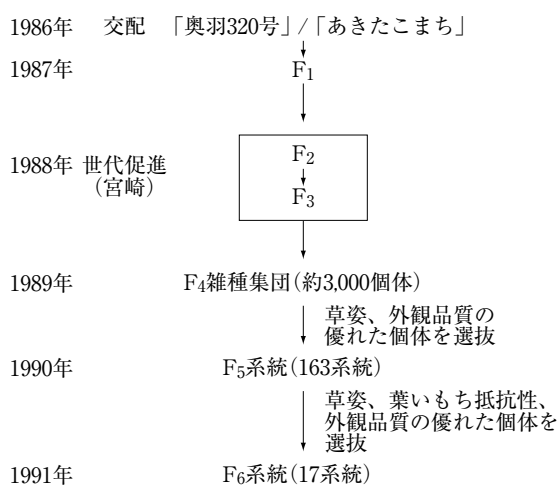


図6 「奥羽320号」／「あきたこまち」後代系統の養成方法

表6 「奥羽320号」と「あきたこまち」の食味関連形質といもち耐病性（1990年）

品種名	食味官能試験 (-3～+3)	アミロース含量 (%)	炊飯光沢 (1～6)	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	葉いもち発病程度 (0～10)	穂いもち発病程度 (0～10)
奥羽320号	-0.86**	17.2±1.1	5.0	<i>Pia</i>	6.1±1.2	3.3±0.8
あきたこまち	0.00	18.6±1.2	3.0	<i>Pia, Pii</i>	9.0±0.7	6.6±0.8

注. アミロース含量、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の数値は、平均値±標準偏差。

食味官能試験：基準品種「あきたこまち」、パネル22名、総合評価の値、-3（劣）～+3（優）。**：符号検定で1%水準で基準品種と有意差あり。

炊飯光沢：1（優）～6（劣）。葉いもち発病程度：0（無発病）～10（全茎葉枯死）。穂いもち発病程度：0（無発病）～10（全穂首いもち罹病）。

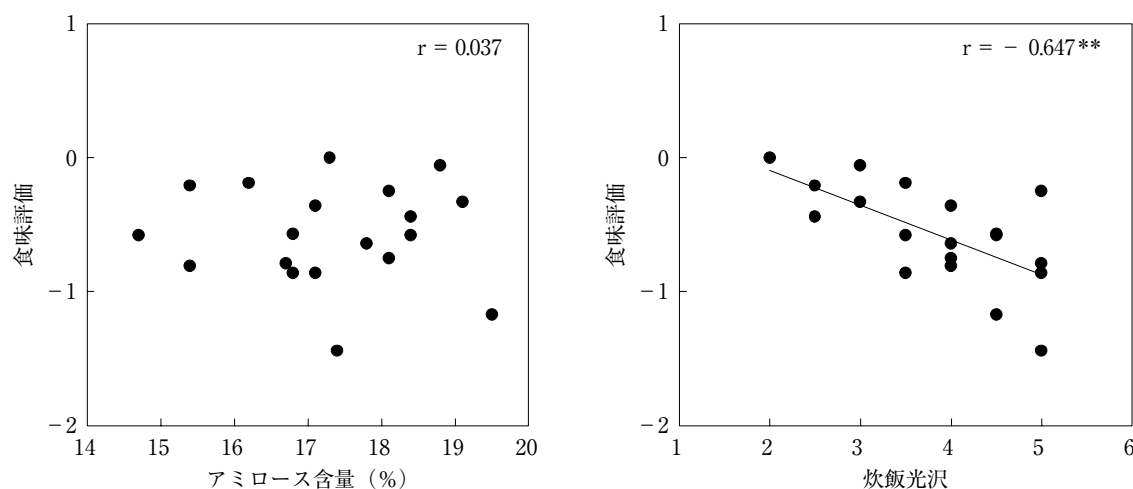


図7 「奥羽320号」/「あきたこまち」F₆系統における食味評価とアミロース含量（左）、食味評価と炊飯光沢（右）の関係

注. **: 1%水準で有意。食味評価：-3（劣）～0（「あきたこまち」と同じ）～3（優）。炊飯光沢：1（優）～6（劣）。

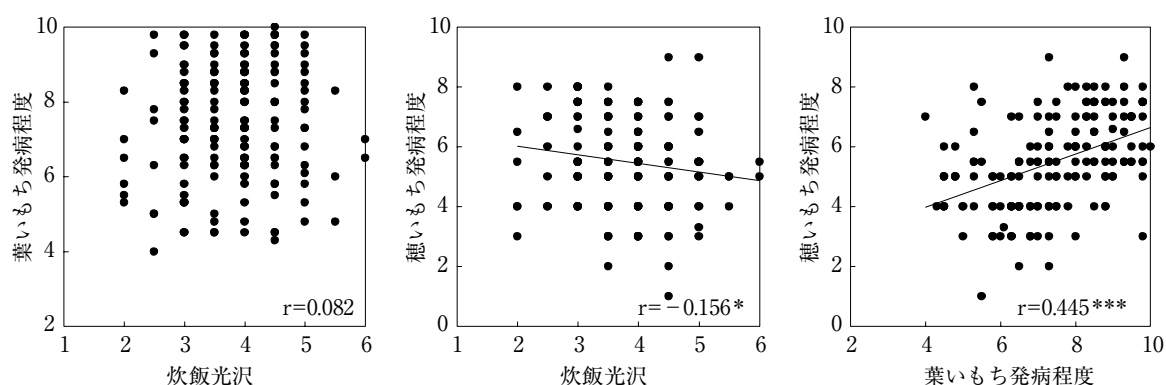


図8 「奥羽320号」/「あきたこまち」F₅系統における炊飯光沢と葉いもち発病程度（左）、炊飯光沢と穂いもち発病程度（中）、葉いもち抵抗性と穂いもち発病程度（右）の関係

注. *, ***：それぞれ5%、0.1%水準で有意。炊飯光沢：1（優）～6（劣）。

葉いもち発病程度：0（無発病）～10（全茎葉枯死）。

穂いもち発病程度：0（無発病）～10（全穂首いもち罹病）。

表7 「奥羽320号」/「あきたこまち」F₅系統における炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の優れた系統数及び出現頻度

	調査系統数	炊飯光沢 良	葉いもち抵抗性 強	穂いもち抵抗性 強	3特性とも優れた系統	
					期待値	実測値
系統数	163	43	53	45	3.9	8
出現頻度(%)	—	26.4	32.5	27.6	2.4	4.9

注. 炊飯光沢良：3.0以下、葉いもち抵抗性強：発病程度6.5以下、穂いもち抵抗性強：発病程度4.0以下。3特性：炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性。

期待値：(炊飯光沢良の出現頻度) × (葉いもち抵抗性強の出現頻度) × (穂いもち抵抗性強の出現頻度)。3特性がそれぞれ独立していると仮定。

表8 「東北143 (ひとめぼれ)」を片親とする4組合せのF₅系統における炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の相互相関及び3特性の優れた系統の出現頻度

	調 査 系統数	相関関係			3特性とも優れた 系統の出現頻度(%)	
		炊飯光沢と 葉いもち抵抗性	炊飯光沢と 穂いもち抵抗性	葉いもち抵抗性と 穂いもち抵抗性	期待値	実測値 (系統数)
東北143号/奥羽338号	109	-0.014	0.004	0.411***	4.7	7.3(8)
東北143号/奥羽336号	85	-0.097	-0.302**	0.180	8.3	3.5(3)
中部32号/東北143号	51	-0.464**	-0.212	0.644***	4.5	2.0(1)
東北143号/奥羽320号	50	-0.114	0.057	0.501***	4.5	6.0(3)

注. **, *** : それぞれ1%, 0.1%水準で有意。

3特性: 炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性。期待値: (炊飯光沢良の出現頻度) × (穂いもち抵抗性強の出現頻度) × (葉いもち抵抗性強の出現頻度)。3特性がそれぞれ独立していると仮定。

東北143号 (ひとめぼれ): 炊飯光沢良、葉いもち抵抗性やや弱、穂いもち抵抗性中。

奥羽338号: 炊飯光沢中、葉いもち抵抗性やや強、穂いもち抵抗性強。

奥羽336号: 炊飯光沢中、葉いもち抵抗性やや強、穂いもち抵抗性強。

中部32号: 炊飯光沢劣、葉いもち抵抗性強、穂いもち抵抗性極強。

奥羽320号: 炊飯光沢劣、葉いもち抵抗性強、穂いもち抵抗性極強。

表9 「羽系339」の食味官能試験結果

生産年 (試験年月日)	パネル数	品 種 名	食味評価 (-3~-0~+3)			
			総 合	外 観	粘 り	味
1992 (1993. 1. 14)	22名	羽系339	-0.05	-0.05	-0.05	-0.09
		奥羽320号	-0.91**	-0.91**	-0.77**	-0.77**
		あきたこまち	+0.27	+0.18	+0.32	+0.14
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0
1993 (1994. 1. 13)	22名	羽系339	-0.18	+0.09	+0.05	-0.4
		あきたこまち	+0.09	+0.05	+0.09	+0.09
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0
1995 (1996. 1. 25)	17名	羽系339	0.06	-0.12	-0.29	0.00
		奥羽320号	-0.65*	-0.76*	-0.65*	-0.59*
		あきたこまち	0.00	0.35	-0.12	0.00
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0

注. *, **: 符号検定でそれぞれ5%, 1%水準で基準品種と有意差あり。

粘り: -3 (基準品種より粘り小) ~ 0 (基準品種と同じ) ~ +3 (基準品種より粘り大)。

その他は、-3 (基準品種より劣) ~ 0 (基準品種と同じ) ~ +3 (基準品種より優)。

での組合せで炊飯光沢が良く、いもち耐病性が強い系統が存在した(表8)。

「奥羽320号」/「あきたこまち」のF₆系統(17系統)から、1991年に食味官能試験の評価が高く、葉いもち、穂いもち抵抗性が強かったもので、草姿、耐倒伏性、耐冷性、玄米の外観品質等の特性が比較的優れた系統を3系統選抜した。1992年以降、これらの生産力検定試験を継続して諸特性をさらに詳しく調べた。その中の1系統、「羽系339」は「あきたこまち」に近い良食味で(表9)、葉いもち及び穂いもち抵抗性は「奥羽320号」並に強かった(表10)。しかし、収量性(玄米重)が「あきたこまち」より高くなかったため、地方番号(東北農業試験場では「奥羽」番号)を付けるまでには至らなかった(表11)。

3) 考察

「奥羽320号」/「あきたこまち」、及び「東北143号(ひとめぼれ)」を片親とする4組合せの計5組合せのF₅系統について、炊飯光沢と葉いもち抵抗性、炊飯光沢と穂いもち抵抗性との間には、それぞれ1組合せを除いて強い相関関係は認められなかった。

従来より食味といもち耐病性を結びつけることは難しいとされてきたが、食味といもち耐病性との間に強い負の相関がみられない組合せでは、雑種集団として十分な規模の個体数を確保しておけば、食味といもち耐病性の結びついた系統の選抜は可能であろう。この場合、交配母本の選び方が選抜効率に大きく影響すると思われる。

炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の3

特性が優れた系統の出現頻度は、組合せによって2.0～7.3%のばらつきがあるが、すべての組合せで炊飯光沢が良く、いもち耐病性の強い系統が存在した。それぞれの組合せにおける3特性が優れた系統の出現頻度を、3特性が独立であると仮定した場合の期待値と比較すると、「奥羽320号」／「あきたこまち」、「東北143号」／「奥羽338号」、「東北143号」／「奥羽320号」の3組合せで実測値が期待値の1.3～2.0倍あった（表7、8）。これは、葉いもち抵抗性と穂いもち抵抗性の相関がそれぞれ有意に高かったためであると考えられた（それぞれ $r = 0.445^{***}$ 、 $r = 0.411^{***}$ 、 $r = 0.501^{***}$ ）。一方、「東北143号」／「奥羽336号」、「中部32号」／「東北143号」の2組合せでは、どちらも実測値が期待値の0.4倍であった。これは、前者が炊飯光沢と穂いもち抵抗性（ $r = -0.302^{**}$ ）、後者が炊飯光沢と葉いもち抵抗性（ $r = -0.464^{**}$ ）との間に有意な負

の相関があったことに原因があると考えられた。

「奥羽320号」、「奥羽388号」のように組合せ後代の葉いもち抵抗性と穂いもち抵抗性の相関が高く、しかも食味といもち耐病性との間に高い負の相関がみられない系統は、食味といもち耐病性が結びついた系統育成のための母本として有用であろう。

「奥羽320号」／「あきたこまち」の組合せから最終的に選抜された「羽系339」は、実際に食味といもち耐病性が結びついた系統である。収量性が「あきたこまち」よりも劣るために実用品種としては不十分であるが、「羽系339」が得られたことにより、良食味でいもち耐病性の系統が育成できることを実証した。また、Ⅲ 2. で述べる良食味・いもち耐病性“極強”品種「ちゅらひかり」は、本試験で用いた「東北143号」／「奥羽338号」の組合せから育成された。本組合せからは、良食味でいもち耐病性の地方番号系統「奥羽363号」も育成されている。

良食味・いもち耐病性育種を進めていくには、その目標水準をどこに置くかにもよるが、適当な交配母本を選定することが最も重要であろう。さらに、集団の養成個体数の規模、効率的な選抜方法に気をつかっていけば、食味といもち耐病性を結びつけることは十分に可能であると考えられる。

3. 良食味・いもち耐病性系統の効率的選抜法の開発

Ⅱ 2. で、食味といもち耐病性を結びつけることは十分に可能であることを述べたが、目的の系統が得られる頻度は決して高くない。そこで、良食味・いもち耐病性系統を効率的に選抜する方法を検討した。

育種の過程で、いもち耐病性系統を効率的に選抜する方法として、初期世代をいもち病多発の条件で養成して抵抗性個体を選抜することにより、選抜効果が高まること、すなわち後代に抵抗性系統が残る割合が高くなることが報告されている（上原・佐本 1981、井上ら 1983a、奥津ら 1984）。しかし、これでは目的とする良食味系統をある程度淘汰してし

表10 「羽系339」のいもち耐病性

品種名	試験年	葉いもち発病程度 (0～10)	穂いもち発病程度 (0～10)
羽系339	1991	3.0	2.0
	1992	6.0	4.3
	1993	5.0	2.8
	1995	3.1	4.5
	平均	4.3	3.4
奥羽320号	1991	4.3	2.0
	1992	5.5	3.3
	1993	4.3	3.6
	1995	4.1	2.8
	平均	4.6	2.9
あきたこまち	1991	6.0	5.4
	1992	8.0	6.6
	1993	5.5	6.0
	1995	6.9	8.3
	平均	6.9	6.6

注. 評価は特性検定試験調査基準による。

葉いもち発病程度：0（無発病）～10（全茎葉枯死）。穂いもち発病程度：0（無発病）～10（全穂首いもち罹病）。

表11 「羽系339」の諸特性（1991～1993、1995年の4年間平均）

品種名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0～9)	玄米重 (kg/a)	玄米千粒 重 (g)	外観品質 (1～9)	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	耐冷性稈実 (%)
羽系339	8. 10	80	18.1	361	2.0	49.2	22.3	3.6	<i>Pia, Pii</i>	28
あきたこまち	8. 8	82	17.9	352	2.7	51.4	21.6	3.1	<i>Pia, Pii</i>	27

注. 倒伏：0（無倒伏）～9（完全倒伏）。外観品質：1（上上）～9（下下）。

耐冷性稈実：恒温深水法による穂ばらみ期の耐冷性検定。水温19.3～19.5℃、水深20cm、処理期間7月上旬～8月下旬。

もう可能性がある。

そこで、F₂雑種集団と世代促進したF₄雑種集団をいもち病多発の条件で養成して、穂いもち抵抗性の強い個体を選抜し、その選抜効果を調べた。また、F₂及びF₄雑種集団での選抜により、良食味・いもち耐病性系統がそれぞれどの程度出現するかを比較した。

1) 材料と方法

試験は1990年から1994年にかけて、東北農業試験場（現・東北農業研究センター、大仙市）で行った。

供試系統の交配組合せは、「中部32号」／「東北143号（ひとめぼれ）」、「東北143号」／「奥羽320号」である。1990年に交配、1992年に南九州で2世代無選抜により世代促進した。これら2組合せについて、3通りの試験区で系統を養成した（図9）。

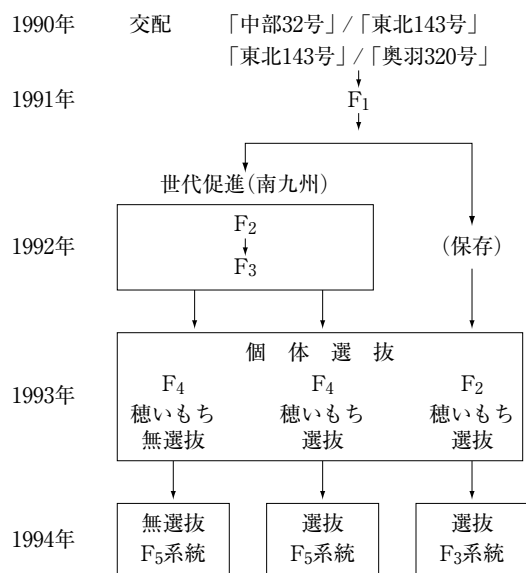


図9 「中部32号」／「東北143号」、「東北143号」／「奥羽320号」後代系統の養成方法

- ① 無選抜F₅系統：1993年にF₄雑種集団から穂いもち発病程度での選抜は行わず草姿のみで個体選抜して、1994年にF₅系統として展開した。
- ② 選抜F₅系統：1993年にF₄雑種集団から穂いもち発病程度の低いものを個体選抜して、1994年にF₅系統として展開した。
- ③ 選抜F₃系統：1993年に保存しておいたF₂雑種集団から穂いもち発病程度の低いものを個体選抜して、1994年にF₃系統として展開した。

それぞれ50系統（「中部32号」／「東北143号」の無選抜F₅系統のみ51系統）を供試した。なお、①のF₄雑種集団はいもち防除を行った圃場で、②、③のF₄及びF₂雑種集団は罹病株を植え込んでいもち病を多発させた圃場で養成した。1994年、これら301系統と2組合せの両親の葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性、炊飯光沢を、Ⅱ2.と同じ方法で調査した。

2) 結果

供試系統の両親の食味評価といもち耐病性を表12に示した。供試した2組合せは、良食味でいもち耐病性が弱い親と食味が劣りいもち耐病性が強い親との組合せである。親の食味評価と炊飯光沢との間には高い相関があることから、これらの組合せでは食味は炊飯光沢で推定できると判断した。

各試験区の炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の相互相関をみると、穂いもち抵抗性と炊飯光沢の相関は、2組合せとも選抜F₃系統がF₅系統（無選抜、選抜）よりも負の相関程度が高かった（表13）。

各試験区の個々の特性の優れた系統及び3特性とも優れた系統の出現頻度を表14にまとめた。ここで、“炊飯光沢良”を炊飯光沢3.0以下（「東北143号」並か、それより良いもの）、“葉いもち抵抗性強”を発病程度7.0以下（「奥羽320号」並か、それより強い

表12 供試系統の両親の食味評価といもち耐病性（1994年）

品種名	食味官能試験 (-3~+3)	炊飯光沢 (1~6)	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	葉いもち発病程度 (0~10)	穂いもち発病程度 (0~10)
東北143号	+0.15	2.9±0.3	Pii	9.0±1.1	5.3±0.6
中部32号	-1.15**	4.4±0.1	+	6.4±0.4	3.3±0.3
奥羽320号	-0.90**	4.9±0.1	Pia	6.9±0.4	3.9±0.3

注. 炊飯光沢、葉いもち発病程度、穂いもち発病程度の数値は、平均値±標準偏差。

食味官能試験は、基準品種：あきたこまち、パネル：20名、総合評価の値、-3（劣）～+3（優）。**：符号検定で1%水準で基準品種と有意差あり。

炊飯光沢：1（優）～6（劣）。葉いもち発病程度：0（無発病）～10（全茎葉枯死）。穂いもち発病程度：0（無発病）～10（全穂首いもち罹病）。

表13 各試験区における炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の相互関係

試験区名	調査系統数	相互関係		
		炊飯光沢と 葉いもち抵抗性	炊飯光沢と 穂いもち抵抗性	葉いもち抵抗性と 穂いもち抵抗性
中部32号/東北143号				
無選抜F ₅ 系統	51	-0.464**	-0.212	0.644***
選抜F ₅ 系統	50	-0.228	-0.082	0.583***
選抜F ₃ 系統	50	-0.027	-0.394**	0.198
東北143号/奥羽320号				
無選抜F ₅ 系統	50	-0.114	0.057	0.501***
選抜F ₅ 系統	50	-0.028	0.065	0.254*
選抜F ₃ 系統	50	-0.292*	-0.170	0.363**

注. *, **, ***：それぞれ5%、1%、0.1%水準で有意。

表14 各試験区における炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の優れた系統の出現頻度

試験区名	炊飯光沢 良	葉いもち抵抗性 強	穂いもち抵抗性 強	3特性とも優れた 系統の出現頻度(%)	
				期待値	実測値 (系統数)
中部32号/東北143号					
無選抜F ₅ 系統	37.3	19.7	60.8	4.5	2.0(1)
選抜F ₅ 系統	38.0	26.0	68.0	6.7	12.0(6)
選抜F ₃ 系統	32.0	18.0	80.0	4.6	4.0(2)
東北143号/奥羽320号					
無選抜F ₅ 系統	36.0	30.0	42.0	4.5	6.0(3)
選抜F ₅ 系統	34.0	30.0	52.0	5.3	12.0(6)
選抜F ₃ 系統	30.0	12.0	48.0	1.7	2.0(1)

注. 炊飯光沢良：3.0以下、葉いもち抵抗性強：発病程度7.0以下、穂いもち抵抗性強：発病程度4.0以下。3特性：炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性。

期待値：(炊飯光沢の出現頻度) × (葉いもち抵抗性強の出現頻度) × (穂いもち抵抗性強の出現頻度)。3特性がそれぞれ独立であると仮定。

もの)、“穂いもち抵抗性強”を発病程度4.0以下(「奥羽320号」並か、それより強いもの)と区分した。2組合せとも選抜系統(F₃、F₅とも)における穂いもち抵抗性強の頻度が無選抜F₅系統よりも6～19%高く、前世代での穂いもち選抜の効果が若干ながら認められた。一方、葉いもち抵抗性強の頻度は、「中部32号」／「東北143号」の選抜F₅系統が無選抜に比べて6%高かったが、他の試験区は高くなく、「東北143号」／「奥羽320号」の選抜F₃系統ではむしろ低くなっていた。炊飯光沢良の頻度は、選抜F₅系統は無選抜と変わらなかったが、選抜F₃系統では5～6%低くなっていた。

選抜F₅系統における3特性が優れた系統の出現頻度は、無選抜F₅系統や選抜F₃系統よりも2倍以上高かった。

3) 考察

食味、いもち耐病性の異なる品種を両親とする2組合せについて、F₂、F₄世代で穂いもち選抜を行い次世代で穂いもち抵抗性が強い系統の頻度をみたところ、選抜F₃系統、選抜F₅系統とも前世代での選抜効果がわずかではあるが認められた。これは、初期世代でいもち耐病性選抜を行うと選抜効果が高まる、という過去の複数の報告(上原・佐本 1981、井上ら 1983、奥津ら 1984)と同様であった。

炊飯光沢、葉いもち耐病性、穂いもち耐病性がすべて優れた系統の出現頻度は、選抜F₅系統が最も高かった。この実測値は、3特性が独立であると仮定した場合の期待値と比べても1.8～2.3倍高かった(表14)。選抜F₅系統では、葉いもち抵抗性と穂いもち抵抗性の相関が高く、しかも食味といもち耐病性との間に高い負の相関がみられないため、実測値が

高くなったと考えられる。

今回供試した材料は、良食味でいもち耐病性が弱い親と食味が劣りいもち耐病性が強い親との組合せである。これらの雑種集団の初期世代では、炊飯光沢といもち耐病性の間に高い負の相関があったものが、無選抜で世代を進めることで組換えが起こり、相関が緩やかになったと考えられる。Ikehashi (1977) は、望ましくない形質間相関が存在する場合、無選抜で世代を進めると組換えの進行により有望な組換え個体が増加することを、シミュレーションにより明らかにした。今回の結果は、それを裏付けているものと考えられる。

従って、これらの組合せの雑種集団から良食味でいもち耐病性が強い系統を得るためには、初期世代 (F_2) で選抜するよりも後の世代 (F_4) で選抜したほうが効率的であるといえる。この結果が、今回とは異なる組合せの雑種集団 (例えば、食味、いもち耐病性とも中程度の親同士の組合せ) にも当てはまるかどうかは、さらに検討する必要がある。

Ⅲ 良食味・いもち耐病性品種の育成

1. 良食味・いもち耐病性“強”品種「おきにいり」の育成

1980年代の東北地域では、いもち耐病性品種として「トヨニシキ」、「ササミノリ」等が作付けされていた (表1)。これらは収量も安定して栽培しやすいものの、食味が不十分であるため作付けが減少していった。良食味でいもち耐病性が強く、耐冷性も備えた安定多収品種が強く求められていたため、筆者は耐冷性、多収性を加味しながら、食味といもち耐病性を結びつけた品種の育成に努めてきた。

1) 育種目標と育成経過

東北地域向けで食味が「あきたこまち」並に優れた“上中”、いもち耐病性が「トヨニシキ」並に強い“強”で耐冷性が強い多収品種を育成することを目標とした。

育成は1984年から1995年にかけて、東北農業試験場 (現・東北農業研究センター、大仙市) で行った。

1984年に食味が中位でいもち耐病性が強い系統「中部47号」を母とし、良食味でいもち耐病性が中位の系統「奥羽313号」を父として交配を行った (図10)。1985年に F_1 を圃場で養成し、翌年以降は F_2 、 F_3 世代をガラス室及び苗代放置栽培により集団で維持し、世代を進めた。1988年に本田で F_4 集団 (3,100個体) を養成し、個体選抜を行った。筆者はこれ以降、品種育成に関わった。圃場では草姿、稈の強さ、登熟性等を考慮して85個体を選抜した。さらに室内で玄米品質を調査し、最終的に品質の良好なものを57個体選抜した。1989年の F_5 世代から系統を養成し、57系統から8系統を選抜した。その中で後に「おきにいり」となった系統は、草姿が良く強稈で、畑晩播法による葉いもち抵抗性が比較的強く、玄米品質も良好であった。1990年には F_6 世代で8系統群を養成し、系統選抜を続けるとともに「Y5-11」の系統番号で生産力検定予備試験を行った。この系統は食味が優れており、穂いもち抵抗性や耐冷性が強かった。1991年、 F_7 世代で「羽系327」の系統名で生産力検定試験、系統適応性検定試験、特性検定試験を行い、1992年の F_8 世代から「奥羽346号」の系統名で希望する関係県へ配付して地方適応性を検討した。これら選抜経過の概要を図11に示した。

宮城県において、1992年から1995年までの4年間の奨励品種決定調査の結果、1996年に奨励品種に採用されることになり、“水稻農林342号”、「おきにいり」

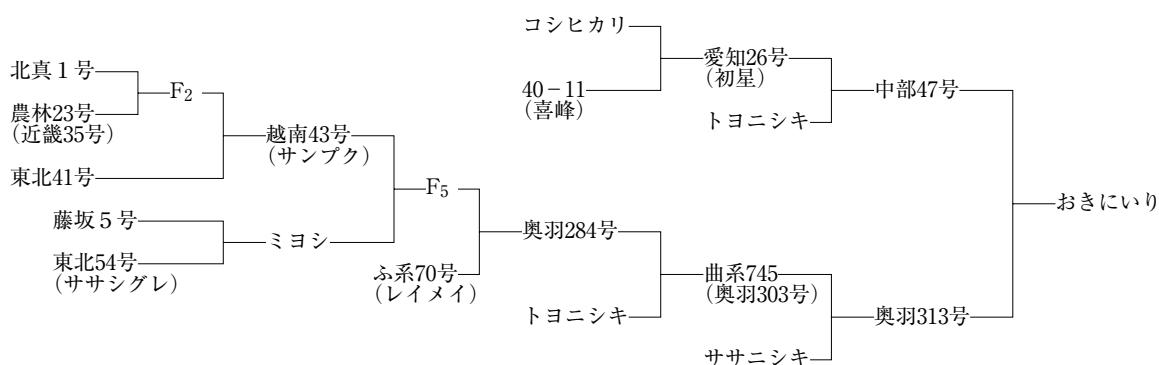


図10 「おきにいり」の系譜

り」として命名登録された（登録年月日：1996年8月21日）。同年4月、種苗法に基づく品種登録の出願を行い、2000年に品種登録された（登録番号：第7812号、登録年月日：2000年3月29日）。

2) 特性

(1) 食味

「おきにいり」の食味官能試験結果を表15に示した。「おきにいり」は炊飯米の外観が良く、「あきた

年次 世代	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
選抜 経過	交配	個体	集団	集団	個体 選抜	系統	系統	羽系 327	奥羽 346号	奥羽 346号	奥羽 346号	奥羽 346号
育成 系統図						977						
						996	2388	3133	3037	3028	3019	3016
	奥羽交 59-9	F1-316	S-4	Z-4	RF-14 (3,100 個体)		2390	3134	3038	3029	3020	3017
								3135	3039	3030	3021	3018
養成 選抜数						1033						
	養成系統群数					—	8	3	1	2	2	2
	養成系統数					57	24	9	3	6	6	6
	選抜系統群数					—	3	1	1	2	2	2
	選抜系統数					8	3	1	2	2	2	2
	選抜個体数					57	24	9	3	6	6	15

図11 「おきにいり」の選抜経過

注. 奥羽交：交配番号、F1：F₁番号、S、Z、RF：雑種集団番号。
アンダーラインは「おきにいり」の選抜系統（数字は系統番号）を示す。

表15 「おきにいり」の食味官能試験結果（1993～1995年）

生産年 (試験年月日)	パネル数	品 種 名	食味評価（-3～0～+3）			
			総 合	外 観	粘 り	味
1993 (1994. 1. 19)	22名	おきにいり	-0.18	+0.05	+0.05	-0.23
		ひとめぼれ	-0.42	-0.05	-0.32	-0.27
		トヨニシキ	-0.95**	-0.50*	-0.86**	-0.82**
		コシヒカリ（北陸産）	+0.09	-0.09	0.00	-0.05
		日本晴（農セ産）	-0.86**	-0.64*	-0.82**	-0.86**
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0
1994 (1995. 1. 12)	12名	おきにいり	0.00	0.00	+0.17	-0.08
		キヨニシキ	-0.67	-0.50	-0.58	-0.67*
		ササニシキ	-0.08	+0.32	-0.17	-0.08
		あきたこまち	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0
1994 (1995. 6. 13)	14名	おきにいり	+0.14	+0.21	+0.35	+0.07
		キヨニシキ	-0.71	-0.43	-0.57	-0.50
		ササニシキ	-0.14	0.00	0.00	-0.29
		あきたこまち	+0.07	0.00	-0.07	-0.29
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0
1995 (1996. 1. 12)	20名	おきにいり	+0.30	0.00	0.00	-0.10
		ササニシキ	-0.10	-0.25	-0.15	-0.10
		あきたこまち	0.00	0.05	0.00	-0.05
		あきたこまち(基準品種)	0	0	0	0

注. *, **: 符号検定でそれぞれ5%、1%水準で基準品種と有意差あり。

粘り：-3（基準品種より粘り小）～0（基準品種と同じ）～+3（基準品種より粘り大）。

その他は、-3（基準品種より粘り劣）～0（基準品種と同じ）～+3（基準品種より優）。

北陸産：北陸農業試験場（現・中央農業総合研究センター北陸研究センター）産、農セ産：農業研究センター（現・作物研究所）産。その他は東北農業試験場（現・東北農業研究センター）産。

こまち」と同程度に粘りがあり、食味は「トヨニシキ」、「キヨニシキ」、「日本晴」より明らかに優り、「あきたこまち」、「ササニシキ」と同等の良食味で、“上中”である。1994年は高温下で登熟したため、玄米に心白や背白が発生したが、1994年産の官能試験結果は他の年次の結果と変わらなかった。従って、高温条件下で登熟して玄米の外観品質が低下した場合でも、「おきにいり」の食味にはほとんど影響がないといえる。

(2) いもち耐病性

「おきにいり」の葉いもち抵抗性は、育成地及び依頼試験地の試験結果から、「あきたこまち」よりやや強く、「トヨニシキ」、「トドロキワセ」と同程度かやや劣る“やや強”である(表16)。穂いもち抵抗性は、「あきたこまち」、「ササニシキ」より明らかに強く、「トヨニシキ」、「トドロキワセ」並の“強”である(表17)。

図12に育成地のいもち多発生圃場における「おきにいり」と「ササニシキ」の穂いもち発病の様子を示した。いもち耐病性が弱い「ササニシキ」は穂いもちに罹病して穂が褐変したのに対して、「おきにいり」の穂は緑色を保っていた。「おきにいり」の穂いもち抵抗性は、明らかに「ササニシキ」に優っていた。

(3) その他の特性

「おきにいり」の主な特性を表18に示した。出穂期は「ササニシキ」と同程度の“中生の晩”に属する。稈長、穂長は「ササニシキ」並で、穂数は「ササニシキ」より少なく、「トヨニシキ」並かやや少ない“中間型”の草型である。倒伏には「トヨニシキ」並かそれ以上に強く、収量性は「トヨニシキ」より高く、多収である。玄米千粒重がやや大きく、玄米の外観品質は「ササニシキ」並の“上下”である。いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia,Pii*”をも

表16 「おきにいり」の葉いもち抵抗性

品種名	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	育成地 6年平均	福島相馬 3年平均	愛知山間 3年平均	古川 3年平均	青森藤坂 2年平均	判定
おきにいり	<i>Pia, Pii</i>	6.9	4.6	6.1	4.2	4.0	やや強
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	7.4	—	—	—	—	中
トドロキワセ	<i>Pii</i>	6.9	4.3	4.8	3.8	3.8	強
イナバワセ	<i>Pii</i>	8.4	5.8	6.0	5.8	5.0	弱
藤坂5号	<i>Pii</i>	—	4.8	5.2	4.4	3.5	やや強
トヨニシキ	<i>Pia</i>	6.7	—	—	—	—	強
キヨニシキ	<i>Pia</i>	7.1	—	—	—	—	やや強
ササニシキ	<i>Pia</i>	8.0	—	—	—	—	やや弱

注. 数値は畑晩播法による検定での葉いもち発病程度：0(無発病)～10(全茎葉枯死)。

福島相馬：福島県農業総合研究センター浜地域研究所、愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所、古川：宮城県古川農業試験場、青森藤坂：青森県農林総合研究センター藤坂稲作研究部。

育成地の6年平均は1990～1995年の平均、福島相馬の3年平均は1991、1993、1995年の平均、愛知山間の3年平均は1992、1993、1995年の平均、古川の3年平均は1992～1995年の平均、青森藤坂の2年平均は1993、1994年の平均。

表17 「おきにいり」の穂いもち抵抗性

品種名	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	育成地 6年平均	福島相馬 3年平均	山形最上 4年平均	愛知山間 2年平均	判定
おきにいり	<i>Pia, Pii</i>	3.8	2.6	3.0	6.5	強
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	6.0	4.5	—	9.0	やや弱
トドロキワセ	<i>Pii</i>	3.9	2.3	3.2	5.3	強
イナバワセ	<i>Pii</i>	8.2	5.6	7.6	9.9	弱
トヨニシキ	<i>Pia</i>	4.1	2.7	2.4	6.2	強
キヨニシキ	<i>Pia</i>	5.3	3.4	4.0	—	中
ササニシキ	<i>Pia</i>	6.6	5.5	5.0	9.3	弱

注. 数値は検定圃場での自然感染による穂いもち発病程度：0(無発病)～10(全穂首いもち罹病)。

福島相馬：福島県農業総合研究センター浜地域研究所、山形最上：山形県農業研究研修センター中山間地農業研究部(廃止)、愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所。

育成地の6年平均は1990～1995年の平均、福島相馬の3年平均は1992、1993、1995年の平均、山形最上の4年平均は1991、1993～1995年の平均、愛知山間の2年平均は1993、1995年の平均。



図12 いもち多発生圃場における「おきにいり」(手前)と「ササニシキ」(後)の穂いもち発病程度

注. 育成地1995年9月、いもち病優占レース007、出穂20日後。

つと推定され、障害型耐冷性は「トヨニシキ」、「ササニシキ」より明らかに強い“強”である。

(4) いもち無防除栽培の現地試験

1997年に大曲市(現・大仙市)内の2か所の生産者圃場で、「おきにいり」をいもち無防除で栽培した。栽培方法は以下の通りである。

①A氏圃場(大曲市Y地区)

移植期は5月22日で、施肥量(N成分kg/a)は基肥なし、追肥0.24(6月26日)、0.24(7月5日)、0.2(7月15日)の3回、栽植密度50株/3.3m²で、有機肥料を中心とした無農薬栽培を行った。

②B氏圃場(大曲市U地区)

移植期は5月25日で、施肥量(N成分kg/a)は基肥0.6、追肥0.21(6月28日)、栽植密度70株/3.3m²で、除草剤、殺虫剤は各1回使用、いもち病は無防除で栽培した。

いもち無防除栽培での「おきにいり」の穂いもち発病程度は、同じ条件の「あきたこまち」よりも36～70%少なかった。また、「おきにいり」の玄米収量はどちらも70kg/aを越え、「あきたこまち」よりも13～19%多収であった。食味は「あきたこまち」と同等であった(表19)。

3) 配付先の試作結果と栽培適地

奨励品種決定調査での試作結果の概要を表20に示した。配付先は39県50場所で、1992年から1995年にかけて123試験が実施された。奨励品種採用となった宮城県以外では、石川県、佐賀県等で評価が高く1996年以降も調査が継続されたが、採用には至らなかった。

配付先(123試験)において、「おきにいり」が対照品種と比較して有利または不利と評価された形質を図13にまとめた。有利な形質として収量、粒大、食味、いもち病(葉いもち、穂いもち)が、不利な形質として熟期、稈長、品質(腹白、乳白)、稈質が多かった。倒伏は有利、不利と評価された数がほぼ同数であった。本品種の特長として、食味といもち耐病性のほか、収量性が高いものの外観品質が劣

表18 「おきにいり」の諸特性(1990～1995年(5年間)の平均)

品種名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0～9)	玄米重 (kg/a)	玄米千粒 重(g)	外観品質 (1～9)	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	耐冷性稔実 (%)
おきにいり	8.11	81	18.7	332	1.1	58.4	23.8	4.2	<i>Pia, Pii</i>	43
トヨニシキ	8.11	80	18.6	350	2.0	54.9	21.6	3.7	<i>Pia</i>	18
ササニシキ	8.11	82	18.4	402	4.8	58.6	21.5	4.1	<i>Pia</i>	21

注. 倒伏: 0(無倒伏)～9(完全倒伏)。外観品質: 1(上上)～9(下下)。

耐冷性稔実: 恒温深水法による穂ばらみ期の耐冷性検定。水温19.3～19.5℃、水深20cm、処理期間7月上旬～8月下旬。

表19 現地試験での「おきにいり」の栽培結果(1997年)

場 所	品種名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	玄米重 (kg/a)	穂いもち (%)	食味試験 (-3～+3)
A氏圃場 (大曲市Y地区)	おきにいり	8.9	87	21.3	287	71.6	4.0	-0.16
	あきたこまち	8.1	82	19.1	317	63.3	13.5	-0.16
B氏圃場 (大曲市U地区)	おきにいり	8.14	85	18.5	407	76.7	4.5	+0.25
	あきたこまち	8.10	82	17.6	384	64.4	7.0	-0.25

注. 穂いもち: 達観による穂いもち罹病率(20株)の平均値。

食味試験: 基準品種は育成地産「あきたこまち」、パネル19～20名、総合評価の値、-3(劣)～+3(優)。

表20-1 「おきにいり」の配布先における有望度と収量比

県名	場所名	1992年		1993年			1994年			1995年			対象品種名
		有望度	収量比(%) 標肥 多肥	有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		
	岩手	×	99										チヨホナミ
岩手	県南	△	104*	○	116**		△	111 116	×	115 113			トヨニシキ* あきたこまち** ひとめぼれ
	宮城	◎○	111	○△	155		◎○	102 110	奨	99 100			サトホナミ
	古川	○△	112	△	481 675		○	104 102	奨	106 102			サトホナミ
秋田	秋田	○	108	△	99 102		×	112 104					キヨニシキ
山形	山形	×	106										ササニシキ
福島	福島	○	101 104	△	93 95		×	102 108					チヨニシキ
	会津	△	99 104	△	100 105		×	107 107					チヨニシキ
	相馬			△	87 75		△	124 117	×	101* 102*			ひとめぼれ チヨニシキ*
茨城	茨城			×	93								チヨニシキ
栃木	栃木			△	92		×	115					ひとめぼれ
群馬	群馬			○△	109		△	117		△ 112			サチイズミ
千葉	北総			△	111		×	100					初星
新潟	新潟			△	128		×	114					ゆきの精
	佐渡			△	110		△	116					ゆきの精
富山	富山			△	108		×	95*					越の華 コシヒカリ*
石川	石川			△	124*		○△	100		○ 120			コシヒカリ* ホウネンワセ
福井	福井			△	112		×	109*					フクヒカリ ハナエチゼン*
静岡	御殿場			○	160*		△	101 112	×	112 117			月の光 ひとめぼれ
山梨	岳麓			△	208		×	124					フクヒカリ
長野	長野			△	111		△×	105		△ 101			トドロキワセ
岐阜	飛騨			○	124		×	115*					トヨニシキ フクヒカリ*
愛知	長久手			△	98								初星
	稲武			△×	70								チヨニシキ
三重	伊賀			△	98		△×	102		△×	84		コシヒカリ
	滋賀			○△	117		×	102					コシヒカリ
滋賀	湖北			△	117		×	88*					チクブワセ コシヒカリ*
	湖西			△	148		×	106					コシヒカリ
京都	丹後			△	115		×	90					コシヒカリ
兵庫	兵庫			×	96								アキヒカリ
和歌山	和歌山			×	99								日本晴

る点が配付先の試作結果から明らかになった。

「おきにいり」は、「トヨニシキ」と同じ熟期の特性からみて、東北地域中部以南に適応するとみられる。ただし、高温登熟条件下では乳白、背白等が発生し、外観品質が低下しやすいので、地域の選定には注意が必要である。

4) 考察

食味が「あきたこまち」並の“上中”、いもち耐

病性が「トヨニシキ」並の“強”に匹敵する品種として育成された「おきにいり」は、食味といもち耐病性が結びついた東北地域で初めての品種である。そして「おきにいり」が育成された1996年以降、食味が“上中”でいもち耐病性が強い品種として宮城県古川農業試験場で1997年に「まなむすめ」(松永ら 2002a)、「はたじるし」(松永ら 2002b)、1999年に「こいむすび」(永野ら 2005)が、岩手

表20-2 「おきにいり」の配布先における有望度と収量比（つづき）

県名	場所名	1992年			1993年			1994年			1995年			対象品種名
		有望度	収量比(%)		有望度	収量比(%)		有望度	収量比(%)		有望度	収量比(%)		
			標肥	多肥		標肥	多肥		標肥	多肥		標肥	多肥	
鳥取	鳥取				×	108								コガネヒカリ
島根	島根				△	115		×	110					チドリ
	赤名				○△	120		×	116					チドリ
岡山	津山				△×	106								フクヒカリ
広島	高冷地				○△	118*		△	115		×	117		あきたこまち* 初星
山口	徳佐				○	407		×	127 110	140				コシヒカリ
徳島	徳島				△	129		△	101		×	84		コシヒカリ
愛媛	愛媛				△	117		×	114					コシヒカリ
高知	高知				△	106		△	114		×	119		コシヒカリ
香川	香川				△×	106		×	108					キヌヒカリ
佐賀	三瀬				○△	116		△	109		○△	118		コシヒカリ
長崎	長崎				×	129								コシヒカリ
熊本	阿蘇				△	104		×	117					コシヒカリ
	天草				△	166		×	113					コシヒカリ
大分	久住				△	109*		○△	111		△	128	121	アキユタカ* ひとめぼれ
宮崎	宮崎				○	118		△	108	117	×	113	108	コシヒカリ
鹿児島	鹿児島				×	111								コシヒカリ
沖縄	名護	1期									△	119		チヨニシキ
		2期										115		
	八重山	1期									△	106		チヨニシキ
		2期										114		

注. 岩手：岩手県農業研究センター、県南：同県南分場（廃止）、宮城：宮城県農業・園芸総合研究所、古川：宮城県古川農業試験場、秋田：秋田県農林水産技術センター農業試験場、山形：山形県農業総合研究センター、福島：福島県農業総合センター、会津：同会津地域研究所、相馬：同浜地域研究所、茨城：茨城県農業総合センター生物工学研究所、栃木：栃木県農業試験場、群馬：群馬県農業技術センター、北総：千葉県農業総合研究センター北総園芸研究所、新潟：新潟県農業総合研究所作物研究センター、佐渡：同佐渡農業技術センター、富山：富山県農業技術センター農業試験場、石川：石川県農業総合研究センター、福井：福井県農業試験場、御殿場：静岡県農業試験場高冷地分場、岳麓：山梨県総合農業試験場岳麓試験地、長野：長野県農事試験場、飛騨：岐阜県中山間農業研究所、長久手：愛知県農業総合試験場、稲武：同山間農業研究所、伊賀：三重県科学技術振興センター農業研究部伊賀農業研究室、滋賀：滋賀県農業技術振興センター、湖北：同湖北分場、湖西：同湖西分場（廃止）、丹後：京都府丹後農業研究所、兵庫：兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター、和歌山：和歌山県農林水産総合技術センター農業試験場、鳥取：鳥取県農業試験場、島根：島根県農業技術センター、赤名：同赤名分場（廃止）、津山：岡山県農業総合センター農業試験場北部支場、高冷地：広島県立農業技術センター高冷地研究部（廃止）、徳佐：山口県農業試験場徳佐寒冷地分場、徳島：徳島県立農林水産総合技術センター農業研究所、愛媛：愛媛県農業試験場、高知：高知県農業技術センター、香川：香川県農業試験場、三瀬：佐賀県農業試験研究センター三瀬分場、長崎：長崎県総合農林試験場、阿蘇：熊本県農業研究センター高原農業研究所、天草：同天草農業研究所、久住：大分県農業技術センター水田利用部久住試験地、宮崎：宮崎県総合農業試験場、鹿児島：鹿児島県農業開発総合センター、名護：沖縄県農業研究センター名護支所、八重山：同八重山支所。

有望度は、奨：奨励品種採用予定、◎：有望、○：やや有望、△：継続、×：打切り。収量比は、各場所の対象品種に対する収量比。

県農業研究センターで2001年に「いわてっこ」（神山ら 2001）が育成されている。

「おきにいり」を筆頭に良食味・いもち耐病性品種が次々に育成された背景には、交配母本として食味といもち耐病性が一定のレベル以上のものが用いられていることが挙げられる。例えば、「おきにいり」の母である「中部47号」はいもち耐病性が強く、食味は中位であるが劣ってはいない。父の「奥羽

313号」は良食味で、いもち耐病性は中位であるが弱くはない。Ⅱ 2. で考察したように、適当な交配母本を選定することで良食味・いもち耐病性品種を育成することは十分可能であると考えられ、これらの品種が育成された事実はそのことを裏付けているといえよう。

「おきにいり」は宮城県で1996年に奨励品種に採用され、平坦地帯のいもち病が発生しやすいところ

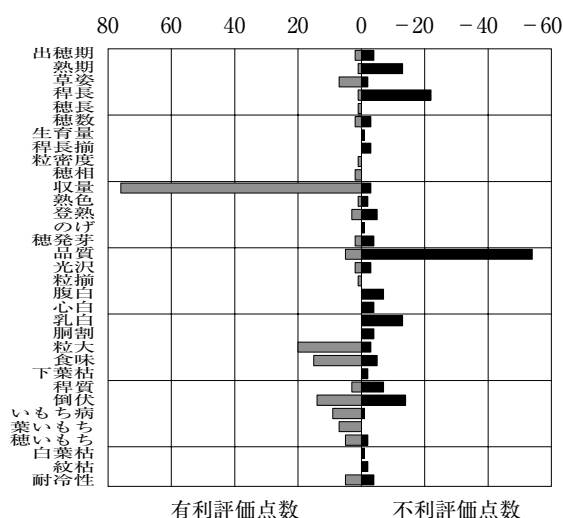


図13 「おきにいり」の配付先における有利または不利と評価された形質

注. 配付先 (123試験) において「おきにいり」が対照品種と比較して有利または不利と評価された形質を集計。

や泥炭地等の倒伏しやすいところで作付けされた。最大普及面積は1999年の465haである。いもち耐病性は強いものの、高温登熟により玄米の外観品質が低下しやすいため、普及面積が大きく伸びないまま同熟期の「ひとめぼれ」に置き換えられたとみられる。2005年の作付面積は56haとなっている。

一方で、有機栽培、減農薬栽培を行う生産者にとっては表19で示したように、良食味の有機米、減農薬米を生産することが容易になるため、いもち耐病性が弱い良食味品種に替えて「おきにいり」の導入が進められた。しかし、外観品質の問題とともに品種の知名度が低いことが普及の拡大を妨げたと考えられ、これらの生産者の間でも普及は伸び悩んだ。

なお、「おきにいり」を交配親とした有望系統が東北、九州等の各地で育成されており、佐賀県では2004年に「たんぼの夢」(交配組合せ：佐賀5号／おきにいり)が育成され、奨励品種になっている。佐賀県(三瀬分場)は奨励品種決定調査での「おきにいり」の評価も高かったところでもあり、「おきにいり」の適応性が高い地域の一つであることをうかがわせた。

2. 良食味・いもち耐病性“極強”品種「ちゅうらひかり」の育成

東北地域では、1996年以降「おきにいり」を始めとして「まなむすめ」、「いわてっこ」等の良食味・いもち耐病性品種が育成された。これら品種は「ト

ヨニシキ」並の“強”のいもち耐病性を備えており、当面のいもち耐病性品種として利用できる。しかし、いもち病の多発地帯での栽培や減農薬栽培をより安定的に行うためには、さらにいもち耐病性が強い品種が望ましい。そこで筆者は、良食味でいもち耐病性が「トヨニシキ」よりもさらに強い品種の育成を進めてきた。

1) 育種目標と育成経過

東北地域向けで食味が「ひとめぼれ」並に優れた“上中”、いもち耐病性が「トヨニシキ」より強い“極強”で耐冷性が高い多収品種を育成することを目標とした。

育成は1989年から2002年にかけて、東北農業試験場(現・東北農業研究センター、大仙市)で行った。

1989年に良食味であるがいもち耐病性が中位の系統「東北143号」(後の「ひとめぼれ」)を母とし、やや良食味でいもち耐病性が強い系統「奥羽338号」を父として交配を行った(図14)。1990年にF₁を圃場で養成し、1991年はF₂、F₃集団の養成を宮崎県総合農業試験場に依頼し、世代促進を行った。1992年に本田でF₄集団(3,000個体)を養成した。この集団はやや長稈で穂が長いものが多く、その中から草姿、玄米品質が良いものを109個体選抜した。

1993年は109系統について、草姿、玄米品質のほかに葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性、食味評価と相関が高い炊飯光沢(藤巻・櫛淵 1975)を調べた。その中から炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性が全て優れた8系統に、草姿、玄米品質が特に優れた5系統を含めた13系統を選抜した。1994年F₆世代以降は系統育種法により、草姿が良く食味といもち耐病性が優れた系統の選抜、固定を図った。1994年は「Y1-5」、1995年、1996年は「羽系438」の系統名で生産力検定試験、特性検定試験を行い、1997年のF₈世代から「奥羽366号」の系統名で、希望する関係県に配付して地方適応性を検討した。これら選抜経過の概要を図15に示した。

沖縄県において、1998年から2002年までの5年間の奨励品種決定調査の結果、2004年に奨励品種に採用されることになり、「水稻農林390号」、「ちゅうらひかり」として命名登録された(登録年月日：2003年9月5日)。同年8月、種苗法に基づく品種登録の出願を行い、2006年に品種登録された(登録番号：第14034号、登録年月日：2006年3月20日)。

2) 特性

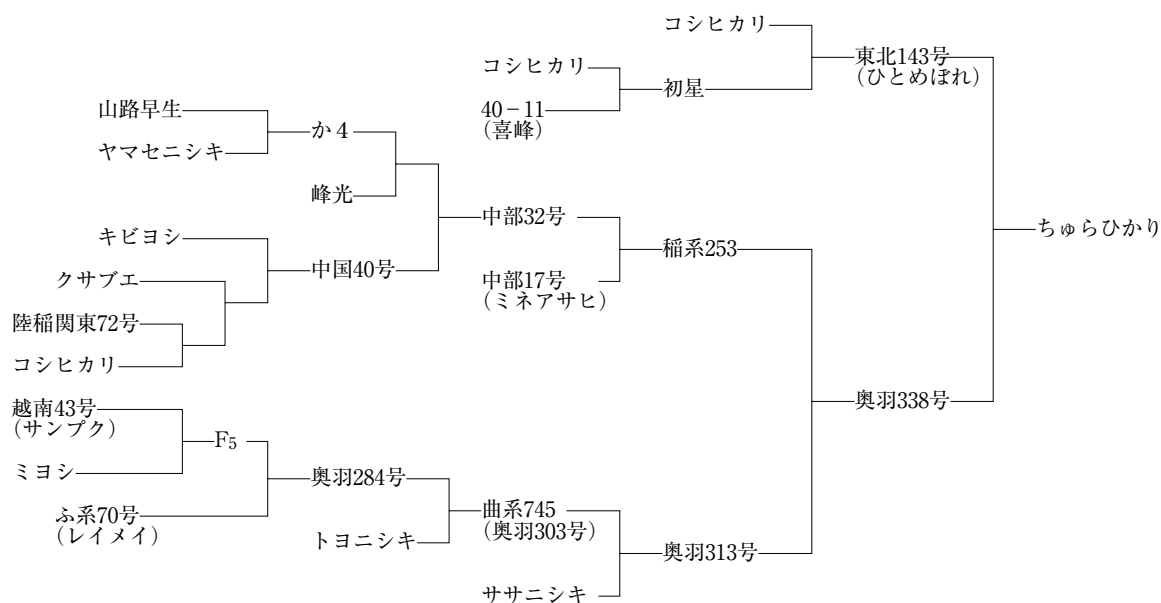


図14 「ちゅらひかり」の系譜

年次	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
世代		F ₁	F ₂ -F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄
選抜経過	交配	個体	世代促進	個体選抜	系統	系統	羽系438	羽系438	奥羽366号	奥羽366号	奥羽366号	奥羽366号	奥羽366号	奥羽366号
育成系統図					1						3126			2726
							3091		3086		3127			2727
	奥羽交	F1-530	宮-3	RF-1		2010	3092	3175	3087		3128		2856	2728
	89-22			(3,000個体)	22	2011	3093	3176	3088	2176	3129	2556	2587	2729
						2012		3177		2177	3130	2557	2858	2730
										2178		2558	2859	
										2179		2559	2860	
										2180		2560		
					109									
養成選抜数	養成系統群数				—	13	5	2	2	2	2	2	2	1
	養成系統数				109	39	15	6	6	10	10	10	10	5
	選抜系統群数				—	5	2	2	2	2	2	2	2	1
	選抜系統数				13	5	2	2	2	2	2	2	1	1
	選抜個体数				109	39	15	6	6	10	10	10	5	5

図15 「ちゅらひかり」の選抜経過

注. 奥羽交：交配番号、F1：F₁番号、宮：宮崎世代促進番号、RF：雑種集団番号。
アンダーラインは「ちゅらひかり」の選抜系統（数字は系統番号）を示す。

(1) 食味

「ちゅらひかり」の炊飯米の食味は、年次によって変動はあるものの、「キヨニシキ」よりは明らかに優り、「ひとめぼれ」に近い“上中”である（表21）。また、(財)日本穀物検定協会の専門パネルによる育成地産米の評価は、味と粘りが高く「ひとめ

ぼれ」並に良好であった（表22）。

(2) いもち耐病性

「ちゅらひかり」の葉いもち抵抗性は、育成地及び依頼試験地の試験結果から、「はえぬき」、「あきたこまち」より明らかに強く、「はたじるし」と同程度かやや優る“極強”である（表23）。穂いもち

表21 「ちゅらひかり」の食味官能試験結果 (2001、2002年)

生産年 (試験年月日)	パネル数	品 種 名	食味評価 (-3~0~+3)		
			総 合	外 観	粘 り
2001 (2001. 11. 8)	9名	ちゅらひかり	-0.22	+0.22	-0.44
		めんこいな	-0.33	-0.11	-0.44
		はえぬき (基準品種)	0	0	0
2001 (2001. 12. 19)	8名	ちゅらひかり	-0.37	0.00	-0.37
		キヨニシキ	-1.00*	-0.75*	-1.25*
		はえぬき (基準品種)	0	0	0
2002 (2002. 11. 25)	9名	ちゅらひかり	+0.11	-0.22	+0.11
		キヨニシキ	-1.11*	-0.66*	-1.33
		ひとめばれ (基準品種)	0	0	0
2002 (2002. 12. 2)	9名	ちゅらひかり	+0.11	0.00	+0.22
		キヨニシキ	-1.22*	-0.88*	-1.44**
		はえぬき	-0.33	0.00	-0.22
		ひとめばれ (基準品種)	0	0	0

注. *, **: 符号検定でそれぞれ5%、1%水準で基準品種と有意差あり。
 粘り: -3 (基準品種より粘り小) ~ 0 (基準品種と同じ) ~ +3 (基準品種より粘り大)。
 その他は、-3 (基準品種より劣) ~ 0 (基準品種と同じ) ~ +3 (基準品種より優)。

表22 (財)日本穀物検定協会における「ちゅらひかり」の食味官能試験結果 (2002年)

品種名	外観	香り	味	粘り	硬さ	総合評価		
						評価値	信頼区間	有意差
ちゅらひかり	0.200	0.050	0.350	0.400	-0.050	0.350	±0.230	+
ひとめばれ	0.100	0.000	0.250	0.200	-0.400	0.250	±0.230	+
あきたこまち	-0.250	-0.050	0.150	0.350	-0.100	0.200	±0.230	0

注. 材料は2002年育成地産。2002年11月29日実施、専門パネル20名による。
 基準米: 2002年産ブレンド米 (日本晴+コシヒカリ)。
 -3 (かなり不良) ~ 0 (基準米と同じ) ~ 3 (かなり良) の7段階で評価。

表23 「ちゅらひかり」の葉いもち抵抗性

品種名	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	育 成 地 6年平均	福島相馬 2年平均	愛知山間 3年平均	古 川 2000年	青森藤坂 2年平均	判 定
ちゅらひかり	<i>Pia, Pii</i>	5.7	3.1	5.7	2.1	4.1	極強
はたじるし	<i>Pia, Pii</i>	5.7	3.3	6.3	-	-	強
はえぬき	<i>Pia, Pii</i>	6.8	4.7	-	2.9	-	中
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	6.6	3.7	-	-	5.3	中
東北IL2号	<i>Pia, Pii</i>	6.7	-	7.8	-	-	中
ひとめばれ	<i>Pii</i>	7.4	3.8	8.4	-	7.1	やや弱

注. 数値は畑晩播法による検定での葉いもち発病程度: 0 (無発病) ~ 10 (全茎葉枯死)。
 福島相馬: 福島県農業総合研究センター浜地域研究所、愛知山間: 愛知県農業総合試験場山間農業研究所、古川: 宮城県古川農業試験場、青森藤坂: 青森県農林総合研究センター藤坂稲作研究部。
 育成地の6年平均は1997~2002年の平均、福島相馬の2年平均は2001、2002年の平均、愛知山間の3年平均は1999、2000、2002年の平均、青森藤坂の2年平均は2001、2002年の平均。

抵抗性は、「トドロキワセ」、「まなむすめ」より強く、「奥羽357号」に近い“極強”である (表24)。

「ちゅらひかり」と「東北IL2号」を育成地のいもち多発生圃場で無防除で栽培した (図16)。「東北IL2号」は「ササニシキ」の同質遺伝子系統で、抵

抗性遺伝子“*Pia, Pii*”をもつ。「東北IL2号」の穂の多くが穂いもちに罹病したのに対して、「ちゅらひかり」では穂いもちがほとんど見られなかった。「ちゅらひかり」の穂いもち抵抗性は、明らかに「東北IL2号」に優っていた。

表24 「ちゅらひかり」の穂いもち抵抗性

品種名	いもち病真性抵抗性遺伝子型	育成地 6年平均	福島相馬 6年平均	茨城 4年平均	愛知山間 3年平均	秋田 5年平均	判定
ちゅらひかり	<i>Pia, Pii</i>	1.7	2.5	3.3	4.0	3.0	極強
奥羽357号	<i>Pia, Pii</i>	1.3	—	—	—	2.5	極強
トドロキワセ	<i>Pii</i>	2.9	2.6	6.9	6.4	4.0	強
まなむすめ	<i>Pii</i>	2.4	3.2	—	—	4.4	強
はえぬき	<i>Pia, Pii</i>	3.5	—	—	—	5.8	中
ひとめぼれ	<i>Pii</i>	3.5	4.6	6.2	8.5	5.6	中
東北IL 2号	<i>Pia, Pii</i>	5.3	—	—	—	—	弱

注. 数値は検定圃場での自然感染による穂いもち発病程度：0（無発病）～10（全穂首いもち罹病）。

福島相馬：福島県農業総合研究センター浜地域研究所、茨城：茨城県農業総合センター生物工学研究所、愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所、秋田：秋田県農林水産技術センター農業試験場。

育成地、福島相馬の6年平均はそれぞれ1997～2002年の平均、茨城の4年平均は1999～2002年の平均、愛知山間の3年平均は1999、2000、2002年の平均、秋田の5年平均は1998～2002年の平均。



図16 いもち多発生圃場における「ちゅらひかり」（左）と「東北IL 2号」（右）の穂いもち発病程度

注. 育成地2002年9月、いもち病優占レース007、出穂25日後。

「東北IL 2号」：「ササニシキ」の同質遺伝子系統、抵抗性遺伝子「*Pia, Pii*」をもつ。

（3）その他の特性

「ちゅらひかり」の出穂期は「ひとめぼれ」より1日程度遅い“中生の晩”に属する。稈長は「ひとめぼれ」よりやや短く、穂長は同程度で、穂数は「ひとめぼれ」並かやや少ない“偏穂数型”の草型である。耐倒伏性は「ひとめぼれ」より強く、収量性は「ひとめぼれ」並かそれ以上、「はえぬき」より多い多収である。玄米千粒重は「ひとめぼれ」と

同程度で、玄米の外観品質は光沢が「ひとめぼれ」よりやや小さく、総合では“上下”と評価される。いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia, Pii*”をもつと推定され、障害型耐冷性は「ひとめぼれ」と同程度の“極強”である（表25）。

3）配付先の試作結果と栽培適地

奨励品種決定調査での試作結果の概要を表26に示した。配付先は18県32場所で、1997～2002年にかけて103試験が実施された。奨励品種採用となった沖縄県以外では、山形県で評価が高かったが、既存品種と熟期が重なる等の理由から採用には至っていない。

配付先（103試験）において「ちゅらひかり」が対照品種と比較して有利または不利と評価された形質を解析すると、有利な形質として出穂期、草姿、収量、食味、倒伏、いもち病（穂いもち）が、不利な形質として熟期、穂発芽が多かった。品質、粒大は有利、不利と評価された数がほぼ同数で、地域により品質、粒大の変動が大きいことがうかがえる（図17）。

「ちゅらひかり」は「ひとめぼれ」、「はえぬき」と同じ熟期の特性からみて、東北地域中部以南に適応する。

表25 「ちゅらひかり」の諸特性（1996～2002年（7年間）の平均）

品種名	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	倒伏 (0～9)	玄米重 (kg/a)	玄米千粒 重 (g)	外観品質 (1～9)	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	耐冷性稔実 (%)
ちゅらひかり	8. 10	80	19.2	390	0.6	60.2	23.2	3.9	<i>Pia, Pii</i>	53
ひとめぼれ	8. 9	84	19.2	402	1.6	58.2	23.3	3.6	<i>Pia</i>	56
はえぬき	8. 9	75	18.7	380	0.1	55.3	22.6	3.3	<i>Pia, Pii</i>	54

注. 倒伏：0（無倒伏）～5（完全倒伏）。外観品質：1（上上）～9（下下）。

耐冷性稔実：恒温深水法による穂ばらみ期の耐冷性検定。水温19.3～19.5℃、水深20cm、処理期間7月上旬～8月下旬。

表26 「ちゅらひかり」の配布先における有望度と収量比

県名	場所名	1997年			1998年			1999年			2000年			2001年			2002年			対象品種名
		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		有望度	収量比(%) 標肥 多肥		
岩手	岩手				△	93		×	102											ひとめぼれ
	県南				△	102		×	106											ひとめぼれ
	県北				×	80														たかねみのり
宮城	宮城	×	93																	ひとめぼれ
	古川				×	99														ひとめぼれ
秋田	秋田				×	104														ひとめぼれ
山形	山形				○	109*		○	101 104		○	114 111								どまんなか*
	庄内				△	99		△	110 104		×	107 101		×	108 102					はえぬき
	置賜				△	93 79														どまんなか
	最上				△	97 104		△	95 107		△	91 93		△	97 100					はえぬき
	福島	△	87 91		△	73 96		×	102 96											チヨニシキ
福島	会津				×	89 97														ひとめぼれ
	相馬				×	88														ひとめぼれ
	冷害				×	96														初星
茨城	茨城				×	103														あきたこまち
	竜ヶ崎				×	94														ひとめぼれ
栃木	栃木				×	104														ひとめぼれ
	黒磯				×	117														ひとめぼれ
群馬	群馬				△×	103		×	101											サチイブミ
千葉	北総				△	113*		△	110		×	103								初星*
三重	三重				△	101		○△	103		△×	105		×	94					コシヒカリ
福岡	福岡				×	98														どんとこい
佐賀	三瀬				△×	85														夢つくし
長崎	長崎				×	103														コシヒカリ
熊本	阿蘇				△	120		○	113		△	100 107		×	98 101					コシヒカリ
	矢部				△	116		○	111		△	108 110		×	107 106					コシヒカリ
	天草				×	107														コシヒカリ
大分	久住				×	108														ひとめぼれ
宮崎	宮崎				△	103		△	116		×	118								コシヒカリ
鹿児島	鹿児島				○△	123		△×	105											コシヒカリ
沖縄	名護	1期			○	103*		△	104		△	95		◎○	92		◎	100		チヨニシキ*
		2期				91*			74		△	108			110		◎	101		ひとめぼれ
	八重山	1期			○	94*		△	90 87		△	92 131		◎	106 111		奨	128 175		チヨニシキ*
		2期			○	85**		△	112 111		△	114 112		◎	97 116			132 130		やえみのり**

注. 岩手：岩手県農業研究センター、県南：同県南分場（廃止）、県北：岩手県農業研究センター県北農業研究所、宮城：宮城県農業・園芸総合研究所、古川：宮城県古川農業試験場、秋田：秋田県農林水産技術センター農業試験場、山形：山形県農業総合研究センター、庄内：同農業生産技術試験場庄内支場、置賜：同置賜分場（廃止）、最上：同中山間地農業研究部（廃止）、福島：福島県農業総合センター、会津：同会津地域研究所、相馬：同浜地域研究所、冷害：同冷害試験地（廃止）、茨城：茨城県農業総合センター生物工学研究所、竜ヶ崎：同農業研究所水田利用研究室、栃木：栃木県農業試験場、黒磯：同黒磯分場、群馬：群馬県農業技術センター、北総：千葉県農業総合研究センター北総園芸研究所、三重：三重県科学技術振興センター農業研究部、福岡：福岡県農業総合試験場、三瀬：佐賀県農業試験研究センター三瀬分場、長崎：長崎県総合農林試験場、阿蘇：熊本県農業研究センター高原農業研究所、矢部：同農産園芸研究所作物研究室矢部試験地、天草：同天草農業研究所、久住：大分県農業技術センター水田利用部久住試験地、宮崎：宮崎県総合農業試験場、鹿児島：鹿児島県農業開発総合センター、名護：沖縄県農業研究センター名護支所、八重山：同八重山支所。

有望度は、奨：奨励品種採用予定、◎：有望、○：やや有望、△：継続、×：打切り。収量比は、各場所の対象品種に対する収量比。

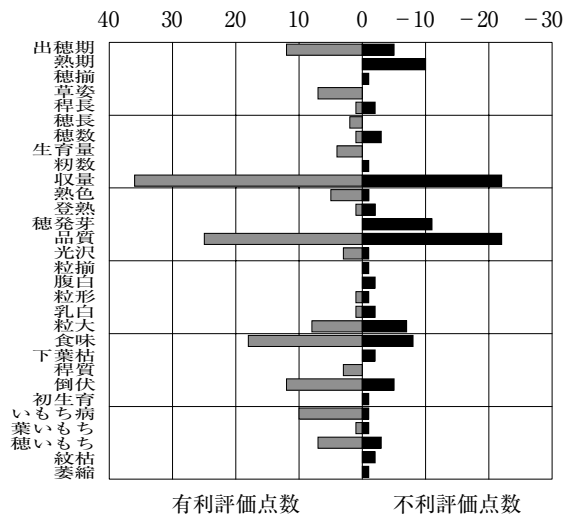


図17 「ちゅらひかり」の配付先における有利または不利と評価された形質

注. 配付先（103試験）において「ちゅらひかり」が対照品種と比較して有利または不利と評価された形質を集計。

4) 考察

「ちゅらひかり」は食味が「ひとめぼれ」並の「上中」、いもち耐病性が「トヨニシキ」よりもさらに強い“極強”の品種として育成された。このいもち耐病性は、1931年の「農林1号」から2005年までに命名登録された414の水稲品種（農林水産省育成登録品種）の中でもトップレベルであるといつて間違いない。

「ちゅらひかり」のいもち耐病性は“極強”であるが、その両親である「東北143号（ひとめぼれ）」、「奥羽338号」のいもち耐病性（穂いもち）はそれぞれ“中”と“強”である。すなわち、「ちゅらひかり」はいもち耐病性に関して両親を超越して強くなっている。いもち耐病性（圃場抵抗性）は葉いもち、穂いもち抵抗性とも相加作用を主とするポリ遺伝あるいは複数遺伝子（同義遺伝子）に支配されており（東・櫛淵 1978、東ら 1983a）、遺伝的背景が異なる交配組合せの後代では、両親の遺伝子の集積により両親よりもいもち耐病性が強い系統を育成できる可能性が考えられる。実際に、いもち耐病性が両親を超越した品種が育成された事例は稀ではない（井上ら 1983b）。Ⅱ 2. の研究で用いた「奥羽320号」も、いもち耐病性が親品種の「レイメイ」、「トヨニシキ」及び「奥羽247号」を超越して強く、“極強”になっている（東 1995）。「ちゅらひかり」

も両親の遺伝子が集積した結果、耐病性が“極強”になったと考えられる。

「ちゅらひかり」の系譜で「奥羽338号」の母方をさかのぼると、「中部32号」にたどり着く（図14）。本系統は愛知県農業総合試験場山間技術実験農場（現・山間農業研究所）で育成されたいもち耐病性“極強”系統である。最近、「中部32号」がいもち病高度圃場抵抗性遺伝子“Pi34”を保有することが示され（Zenbayashi *et al.* 2002）、系譜的に「ちゅらひかり」にも本遺伝子が導入された可能性が考えられたが、調査した結果“Pi34”を保有していない可能性が高かった（遠藤・善林 未発表）。しかし、東北各地の育成地で「ちゅらひかり」（地方番号「奥羽366号」）を母本として、いもち耐病性が“極強”の系統「岩手75号」（交配組合せ：奥羽366号／岩南12号）、「山形95号」（同：山形59号／奥羽366号）、「福島17号」（同：奥羽366号／郡系176）、「奥羽390号」（同：奥羽366号／はたじるし）等が次々に育成されている。このことは、「ちゅらひかり」が比較的作用力が高い、いもち病圃場抵抗性遺伝子を保持し、それが後代に遺伝している可能性を示している。

「ちゅらひかり」を奨励品種に採用した沖縄県は、水稻作付面積が一期作と二期作をあわせて1,060ha（2005年）があるが、良食味品種「ひとめぼれ」のシェアが90%近くになっている。一方で、「ひとめぼれ」のいもち病発生による減収や、倒伏による玄米品質の低下が生産者の間で問題となっていた。生産現場からはいもち病や倒伏に強く、「ひとめぼれ」並に良食味の品種が求められており、それに「ちゅらひかり」が適合したわけである。「ちゅらひかり」が沖縄県で採用されたことにより、同県における「ひとめぼれ」への作付集中によるいもち病、倒伏の問題を解消し、良食味の沖縄県産米の安定生産に貢献できると期待される。

「ちゅらひかり」の沖縄県での作付けは伸びており（2005年作付面積73ha）、東北地域では、いもち防除剤を大幅に削減できることから、減農薬米生産用として各地で試作されている。また、前述したように「ちゅらひかり」を交配親にした有望系統が東北地域を中心に育成されている。それらの大部分が良食味でいもち耐病性が強くなっていることから、「ちゅらひかり」は交配親としても有望である。

Ⅳ いもち耐病性品種の経済的効果の評価

1. いもち耐病性品種のいもち病発生推移

Iでも述べたように、現在作付けされている品種はいもち耐病性が弱いものが大部分を占めており(表1)、栽培には薬剤防除が不可欠である。しかし、安全性、環境保全、省力・低コスト化等の観点から薬剤防除の削減が望まれている。そこで、いもち耐病性品種を利用することでどの程度まで薬剤散布を削減でき、どの程度の経済的効果があるのかを明らかにしようとした。

まず、水稻の生育ステージにおける葉いもちの初発(7月上旬)から穂いもちの蔓延(9月下旬)までの品種の耐病性と薬剤防除との関係を明らかにするために、いもち耐病性の異なる品種を異なる防除回数で栽培し、その関係が葉いもち初発、葉いもち罹病株率、葉いもち病斑面積率、穂いもち罹病率に与える影響を経時的に調べた。

1) 材料と方法

試験は1995年、1996年に東北農業試験場(現・東北農業研究センター、大仙市)で行った。

1995年には、「奥羽351号」(いもち病真性抵抗性遺伝子型“*Pia*”、葉いもち抵抗性“強”)、「トヨニシキ」(同“*Pia*”、同“強”)、「あきたこまち」(同“*Pia*”、同“中”)、「ササニシキ」(同“*Pia*”、同“弱”)の4品種を供試した。防除回数について、0回、1回、3回、5回の4通りの試験区を設定した。

- ① 0回区：薬剤無散布で栽培した。
- ② 1回区：6月23日にプロベナゾール粒剤を3 kg/10a(葉いもち防除)施用した。
- ③ 3回区：②のほか、7月18日にイソプロチオラン粒剤を3 kg/10a、8月14日にフェリムゾン・フサライド粉剤を3 kg/10a(以上穂いもち防除)施用した。
- ④ 5回区：②のほか、7月6日にフサライド粉剤を3 kg/10a(葉いもち防除)、7月18日にイソプロチオラン粒剤を3 kg/10a、8月8日及び18日にフェリムゾン・フサライド粉剤をそれぞれ3 kg/10a(以上穂いもち防除)施用した。

5月19日に1株3本植、栽植密度19.2株/m²(22.5×22.5cm)で移植した。1区面積は15m²(304個体)で、4品種、4試験区、3反復の合計48区を設けた。硫加燐安(13-13-13)を基肥として70kg/10a、追肥として7月6日に15kg/10a施用した。

各区の調査項目と調査方法は、次の通りである。

(1) 葉いもち初発日数

移植日から、区内で葉いもち病斑(慢性型または急性型病斑)が1個でも観察された日までの日数を調査した。

(2) 葉いもち罹病株率

1区(304個体)内における葉いもち罹病株の割合を、7月7日から8月15日まで経時的に調査した。慢性型または急性型の葉いもち病斑が1個以上存在する株を葉いもち罹病株とした。

(3) 葉いもち病斑面積率

区内の葉いもち初発株を中心とする25株(5株×5株)についての、達観調査による葉いもち病斑面積率の平均値を、7月31日、8月8日、8月18日の3回調査した。達観による葉いもち病斑面積率は「普通作物病害虫発生予察事業要項、同要領」の葉いもち発病程度別基準図をもとに推定した。

(4) 穂いもち罹病率

区内の葉いもち病斑面積率を調査した25株についての、達観調査による穂いもち罹病率の平均値を、9月4日、9月13日の2回調査した。達観による穂いもち罹病率は、特性検定調査基準をもとに推定した。

1996年には葉いもち初発の品種間差異の有無を詳細にみるために、供試品種数を熟期及びいもち耐病性の異なる16品種(表27)に増やした。防除回数区は0回区、5回区の2つを設け、葉いもち初発日数、葉いもち病斑面積率及び穂いもち罹病率を調べた。栽培方法は1995年に準じた。すなわち、5回区は6月26日にプロベナゾール粒剤を3 kg/10a、7月9日にフサライド粉剤を3 kg/10a、7月24日にイソプロチオラン粒剤を3 kg/10a、8月2日及び16日にフェリムゾン・フサライド粉剤をそれぞれ3 kg/10a施用した。5月23日に1株3本植、栽植密度19.2株/m²、1区面積7.5m²、16品種、2試験区、3反復の合計96区で移植した。硫加燐安(13-13-13)を基肥として70kg/10a、追肥として7月10日に8 kg/10a施用した。各区とも、葉いもち病斑面積率を早生群は8月13日、中晩生群は8月21日に、穂いもち罹病率を早生群は9月18日、中晩生群は9月25日に調査した。

2) 結果

試験圃場のいもち病菌レースは007が優占していたため、本試験に用いた材料のいもち病真性抵抗性

表27 供試16品種のいもち耐病性と防除回数に対する葉いもち到初発日数（日）（1996年）

品種名	熟 期	いもち病真性 抵抗性遺伝子型	穂いもち耐病性	0 回	5 回
レイメイ	早生	<i>Pia</i>	強	49.0±1.0	55.7±3.1
奥羽320号	早生	<i>Pia</i>	極強	50.0±1.0	58.0±3.5
まいひめ	早生	<i>Pia</i>	やや強	49.3±1.5	57.3±3.8
ヨネシロ	早生	<i>Pii</i>	強	48.3±0.6	58.0±1.0
藤坂5号	早生	<i>Pii</i>	中	46.3±3.1	54.0±0.0
イナバワセ	早生	<i>Pii</i>	弱	47.0±1.0	52.0±2.0
たかねみのり	早生	<i>Pii</i>	やや強	50.3±2.3	59.3±0.6
はなの舞	早生	<i>Pii</i>	弱	48.7±0.6	50.7±1.2
トヨニシキ	中晩生	<i>Pia</i>	強	48.3±1.2	57.0±4.4
ササニシキ	中晩生	<i>Pia</i>	弱	48.3±1.5	57.7±3.2
奥羽351号	中晩生	<i>Pia</i>	極強	48.0±1.0	51.0±1.0
チヨニシキ	中晩生	<i>Pia</i>	強	49.3±1.5	51.3±4.0
トドロキワセ	中晩生	<i>Pii</i>	強	47.0±5.6	49.3±2.1
あさあけ	中晩生	<i>Pii</i>	弱	47.7±1.5	53.3±3.2
奥羽341号	中晩生	<i>Pii</i>	強	48.7±1.5	54.0±4.4
ひとめばれ	中晩生	<i>Pii</i>	中	49.3±1.5	49.3±0.6

注. 数値は平均値±標準偏差。

表28 供試4品種の防除回数に対する葉いもち到初発日数（日）（1995年）

品種名	0 回	1 回	3 回	5 回
奥羽351号	54.0±2.6	57.5±3.5	60.0±2.8	59.5±2.1
トヨニシキ	52.7±0.6	52.0±0.0	58.0±4.2	62.5±4.9
あきたこまち	54.3±1.5	57.0±1.4	56.5±0.7	58.0±2.8
ササニシキ	51.3±2.1	54.5±0.7	56.5±2.1	58.0±1.4

注. 数値は平均値±標準偏差。

表29 到初発日数の分散分析と要因の寄与率（1996年）

要因	平方和	自由度	平均平方	F値	寄与率 (%)
防除(P)	682.67	1	682.67	113.78*	41.8
ブロック	1.52	2	0.76	0.13	0.0
品種(V)	353.29	15	23.55	3.93*	16.3
P×V	208.67	15	13.91	2.32*	7.3
誤 差	37.181	62	6.00		34.6
合 計	1,617.96	95			100.0

注. *, **:それぞれ5%、1%水準で有意。

遺伝子型は考慮しなかった。

葉いもちの到初発日数は、1995年に供試した4品種間で差がなかった。しかし、品種に関わらず防除により到初発日数は遅くなった（表28）。到初発日数に対する品種間差異の有無を明らかにするために、1996年に供試品種数を16に増やして到初発日数を調べた結果の分散分析を行った（表27、表29）。防除回数、品種ともに有意であったが、全体の分散に対する品種の寄与率は防除回数の半分以上の16.3%で、品種が到初発日数に与える影響は防除回数よりも小さかった。特に0回区では品種による到初発日数の差が4日で、5回区（差は10日）よりも品種による差が小さかった。また、到初発日数と葉いもち病斑面積率、穂いもち罹病率との相関をそれぞれみると、0回区、5回区とも有意な相関はみられなかった（表30）。以上のことから、品種の耐

表30 到初発日数と葉いもち病斑面積率、穂いもち罹病率との相関（1996年）

試験区	到初発日数と葉いもち病 斑面積率との相関係数	到初発日数と穂いもち 罹病率との相関係数
0 回区	0.286	0.298
5 回区	0.323	0.286

注. n = 48。

病性の強弱は葉いもちの初発にはほとんど影響を与えず、薬剤防除は品種に関わらず葉いもち初発を遅らせると考えられた。

1995年に供試した4品種の葉いもち罹病株率の経時的推移を図18に示した。品種に関わらず無防除（0回区）に対して1回以上防除した場合の罹病株率は減少した。耐病性の強い「奥羽351号」、「トヨ

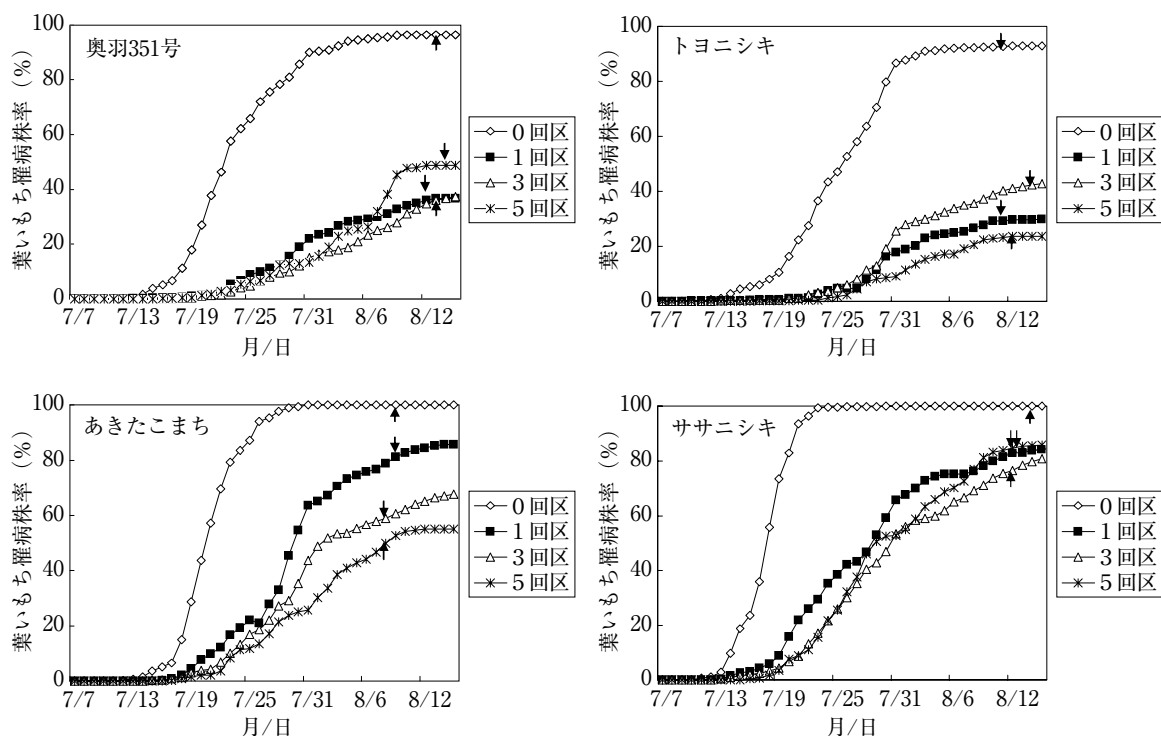


図18 供試品種の防除回数に対する葉いもち罹病株率の経時的推移 (1995年)

注. 矢印は出穂期を表す。

ニシキ」の罹病株率は同じ条件の「あきたこまち」、「ササニシキ」より低く、品種の耐病性の効果が現れていた。しかし、「奥羽351号」、「トヨニシキ」の無防除の罹病株率の推移は、「あきたこまち」、「ササニシキ」の1回区よりは高く、葉いもち罹病株の抑制に関しては、品種の耐病性よりも薬剤防除の方が効果は高かった。

4品種の葉いもち病斑面積率の推移を調べた(図19)。0回区の「ササニシキ」の病斑面積率は他品種に比べて高く、ばらつきが大きかったが、1回以上の防除で病斑面積率が低下した。「奥羽351号」、「トヨニシキ」は0回区でも安定して病斑面積率が低く、「あきたこまち」は「ササニシキ」と「奥羽351号」、「トヨニシキ」の間の値を示した。調査日に関わらず、耐病性の強い「奥羽351号」、「トヨニシキ」の無防除が「あきたこまち」、「ササニシキ」の1回防除以上に匹敵した。すなわち、葉いもち罹病面積の抑制に関して、品種の耐病性は薬剤防除1回以上の効果があると考えられた。

4品種の穂いもち罹病率の推移をみると(図20)、品種の耐病性による差が明確に現れていた。耐病性の強い「奥羽351号」、「トヨニシキ」は0回

区でも安定して罹病率が低く、「あきたこまち」、「ササニシキ」は薬剤防除により罹病率が減少するものの、「奥羽351号」、「トヨニシキ」よりも低くなることはなかった。9月13日の調査では、「奥羽351号」、「トヨニシキ」の無防除が「あきたこまち」、「ササニシキ」の5回防除よりも低かった。穂いもち罹病率の抑制に関しては、品種の耐病性が薬剤防除5回以上の効果があると考えられた。

3) 考察

葉いもちの初発日数、葉いもち罹病株率、葉いもち病斑面積率、穂いもち罹病率の4点を指標としたいもち病発生の推移を以下にまとめた。耐病性の強い品種は、弱い品種と比べて葉いもちの初発は変わらず、葉いもち罹病株の割合にも大きな差が現れないものの、罹病後の病斑の進展が遅く、次第に差が明確になり、穂いもちの発病程度には明らかな差異が現れる。一方、薬剤防除によって葉いもち初発を遅らせ、葉いもち罹病株の割合を減らすことができるが、生育後半になるにつれて品種の耐病性の効果ははっきりと現れ、穂いもちの発病抑制に関しては耐病性による効果に及ばなかった。

これらの試験結果をもとに、いもち病の発生過程

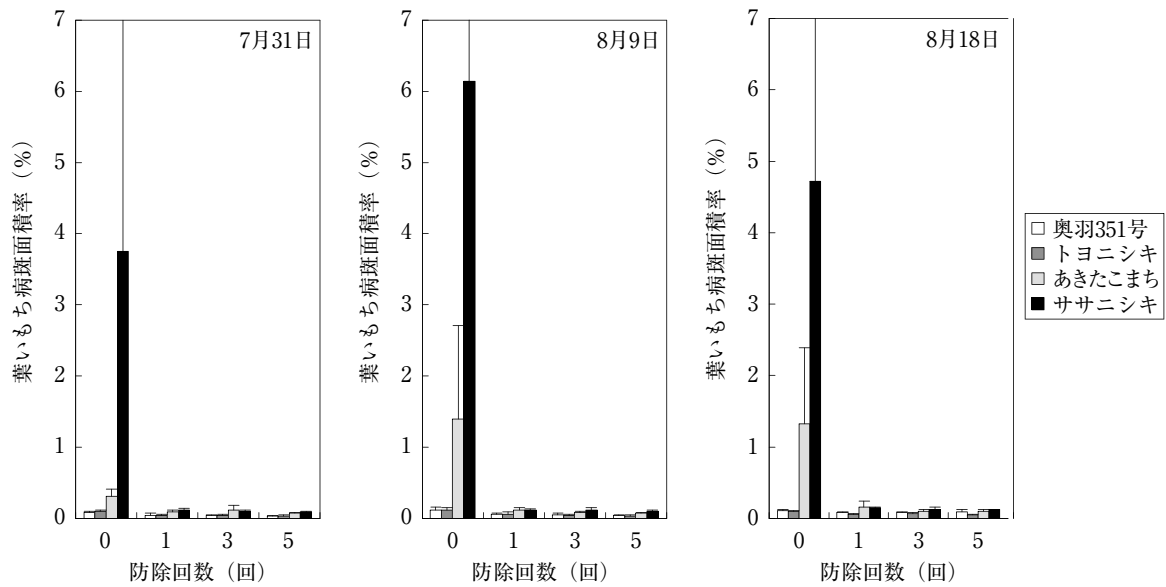


図19 供試品種の防除回数に対する葉いもち病斑面積率 (1995年)

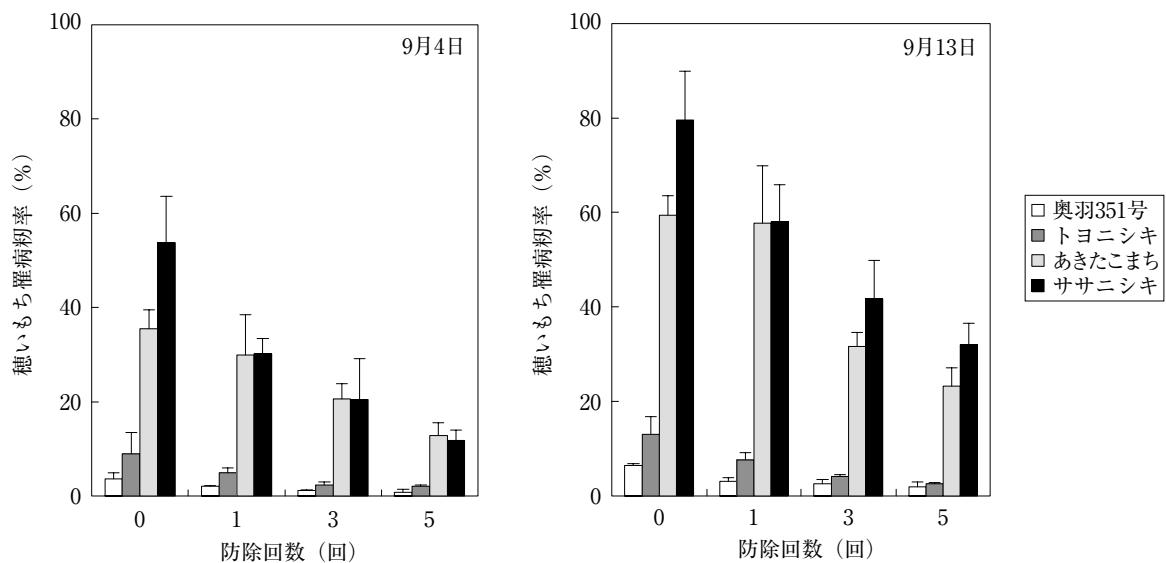


図20 供試品種の防除回数に対する穂いもち罹病率 (1995年)

における品種の耐病性、薬剤防除による抑制効果の違いを模式図に示した (図21)。生育初期の防除効果は、品種の耐病性よりも薬剤防除の方が顕著に現れるため、薬剤防除が有効に思われるが、生育が進むに連れて品種の耐病性の効果が明確に現れ、薬剤防除による効果を逆転するという状況が起こる、と推定できる。ただし、生育後半に効果の逆転が起こるかどうかは、品種の耐病性程度、薬剤防除の程度、さらには気象条件等によっても変わりうると考えられる。耐病性については「トヨニシキ」に匹敵する“強”程度であれば、数回の薬剤防除に相当する効

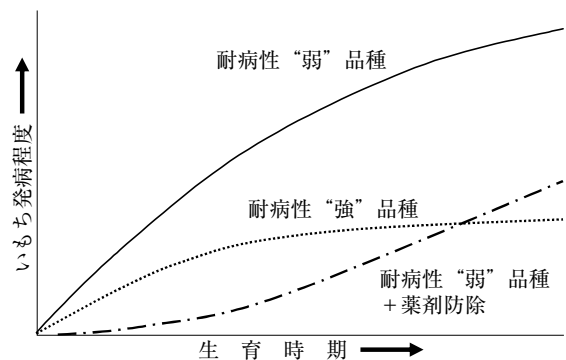


図21 品種の耐病性、薬剤防除によるいもち発病抑制効果の違いの模式図

果を発揮できるものと期待できる。

2. いもち耐病性品種による薬剤削減効果の評価

ここでは、いもち耐病性品種の利用により薬剤防除をどの程度削減できるかを具体的に明らかにするために、いもち耐病性の異なる品種を異なる防除回数で栽培し、防除回数と穂いもち罹病率、収量、外観品質及び玄米千粒重との関係を調べた。

1) 材料と方法

試験は1992年、1993年に東北農業試験場（現・東北農業研究センター、大仙市）で行った。

いもち耐病性の異なる品種として「中部32号」（いもち病真性抵抗性遺伝子型“+”、穂いもち抵抗性“極強”）、「トヨニシキ」（同“Pia”、同“強”）、「キヨニシキ」（同“Pia”、同“中”）、「ササニシキ」（同“Pia”、同“弱”）の4品種を供試した。防除回数について、0回、1回、2回、3回の4通りの試験区を設定した。

- ① 0回区：薬剤無散布で栽培した。
- ② 1回区：プロベナゾール粒剤3kg/10a（葉いもち防除）を1992年は6月29日、1993年は7月1日に施用した。
- ③ 2回区：②のほか、イソプロチオラン粒剤3kg/10a（穂いもち防除）を1992年は7月15日、1993年は7月20日に施用した。
- ④ 3回区：③のほか、フェリムゾン・フサライド粉剤3kg/10a（穂いもち防除）を1992年は8月3日、1993年は8月13日に施用した。

1992年は5月22日、1993年は5月21日に1株3本植、栽植密度19.2株/m²（22.5×22.5cm）で移植した。1区面積は18m²で、4品種、4試験区、3反復の合計48区を設けた。硫加燐安（13-13-13）を基肥として70kg/10a、追肥として15kg/10a（1992年は6月24日、1993年は7月1日）、8kg/10a（1992年は7月15日、1993年は7月20日）を施用した。

各区の調査項目と調査方法は、次の通りである。

(1) 穂いもち罹病率

区内の20株についての、達観調査による穂いもち罹病率の平均値を、1992年は9月18日、1993年は9月20日に調査した。達観による穂いもち罹病率は、特性検定調査基準をもとに推定した。

(2) 収量

区内の64株を刈り取り、粗玄米を1.8mm篩にかけて測定した3反復の精玄米重の平均値を調査した。

(3) 外観品質及び玄米千粒重

収量を測定した3反復の精玄米の外観品質、玄米千粒重の平均値を調査した。外観品質は1（上上）～9（下下）の10段階で達観により調べた。

2) 結果

試験を実施した秋田県の水稲作付面積に対するいもち病被害面積の割合は、1992年は19.9%でいもち病発生が中程度であったのに対して、1993年は低温の影響で水稲の生育が遅れるとともにいもち病が大発生し、被害面積の割合は63.3%に達した（「東北農林水産統計」（東北農政局）の水稲作付面積、いもち病被害面積より算出）。1992年、1993年の試験圃場での葉いもち初発日はそれぞれ7月12日、7月5日、また4品種平均出穂期はそれぞれ8月3日±1日、8月13日±2日であった。

1992年（発病中発生年）、1993年（発病多発生年）それぞれの防除回数に対する穂いもち罹病率を図22に示した。1992年には「トヨニシキ」の0回区の穂いもち罹病率が「ササニシキ」の3回区と同程度で、1993年には「ササニシキ」の3回区よりも少なかった。「中部32号」の罹病率は両年とも「トヨニシキ」よりも少なく、「キヨニシキ」は「トヨニシキ」と「ササニシキ」の中間を示した。穂いもち罹病率の品種による差は、1992年よりも発病多発生の1993年で顕著であった。

両年の防除回数に対する収量を図23に示した。1992年、1993年とも減収率（＝（3回区－0回区）／3回区×100（%））が「ササニシキ」で最も高く（1992年53.9%、1993年71.7%）、「キヨニシキ」（同22.5%、21.6%）と「トヨニシキ」（同23.0%、16.8%）はほぼ同じで低かった。「中部32号」の収量は、防除回数の影響をほとんど受けなかった。収量についての品種と防除回数との関係は穂いもち罹病率の結果に類似しており、1992年は「中部32号」、「トヨニシキ」の0回区の収量が「ササニシキ」の3回区と同等で、1993年は「ササニシキ」の3回区以上の収量であった。

両年の穂いもち罹病率、収量の試験結果について分散分析を行った。1992年は穂いもち罹病率、収量とも有意に品種と防除回数の影響を受けていたが、寄与率（全分散に対する各分散の割合）が品種では防除回数の2倍近くあり、品種の効果のほうが大きいと考えられた（表31）。1993年における穂いもち罹病率は品種の影響を受けたものの、防除回数とは有意な関係がなかった。穂いもち防除と収量

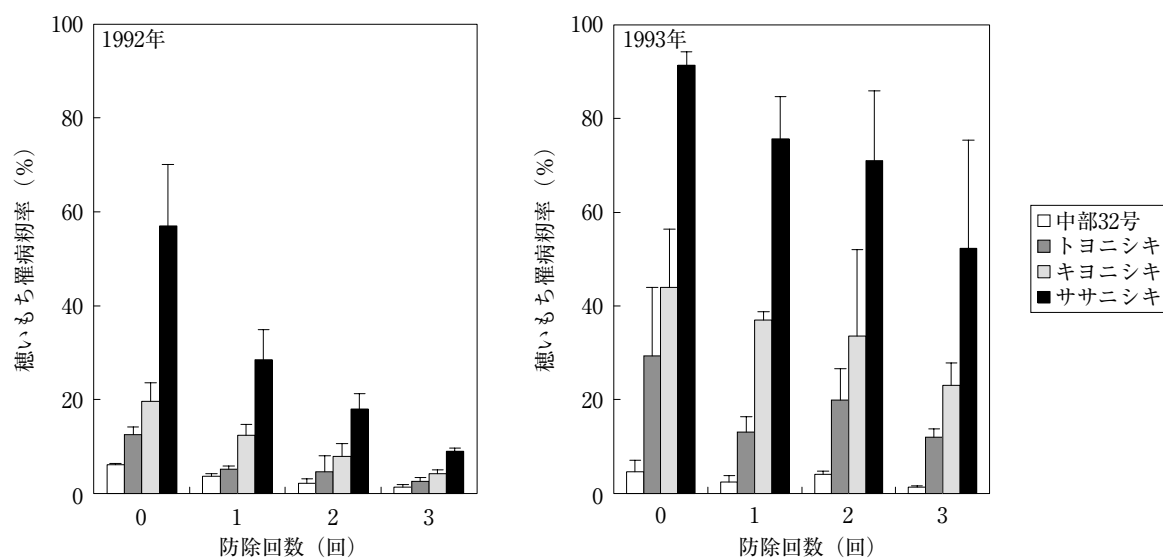


図22 供試品種の防除回数に対する穂いもち罹病率

注. 1992年：いもち発病中発生年、1993年：いもち発病多発生年。

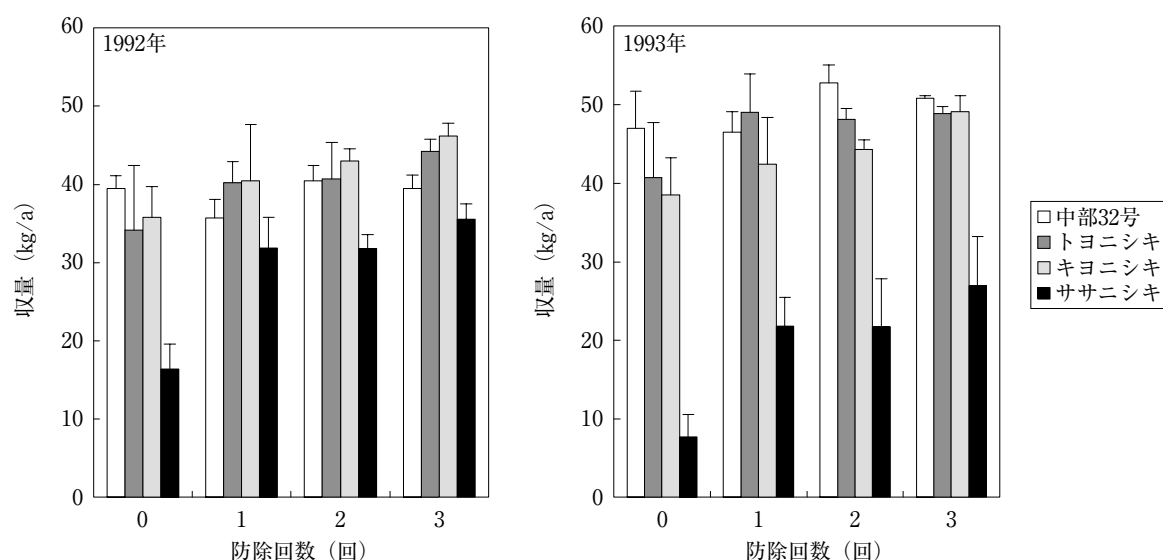


図23 供試品種の防除回数に対する収量

注. 1992年：いもち発病中発生年、1993年：いもち発病多発生年。

に対する品種の寄与率は80%を越えており、1992年の約2倍あった(表32)。

1992年、1993年の外観品質、玄米千粒重については、防除回数の減少にともない品質は低下、千粒重は減少するが、いもち耐病性が強い品種ほどその変化が小さくなる傾向にあった(図24、25)。

3) 考察

品種のいもち耐病性の効果についてはいくつかの報告がある。太田ら(1980)は、「レイメイ」の薬

表31 1992年における穂いもち罹病率と収量の分散分析と要因の寄与率

要 因	自由度	穂いもち罹病率		収 量	
		F値	寄与率(%)	F値	寄与率(%)
防除回数(N)	3	54.20**	26.6	16.40*	23.2
ブロック	2	1.78	0.3	1.72	0.7
品種(V)	3	93.46**	46.2	29.05**	42.2
N×V	9	13.78**	19.2	3.27**	10.2
誤差(1+2)	30		7.7		23.7
合 計	47		100.0		100.0

注. *, **: それぞれ5%、1%水準で有意。

表32 1993年における穂いもち罹病率と収量の分散分析と要因の寄与率

要 因	自由度	穂いもち罹病率		収 量	
		F値	寄与率(%)	F値	寄与率(%)
防除回数(N)	3	3.35	4.4	5.96*	7.3
ブロック	2	0.50	0.0	1.14	0.1
誤差(1)	6	3.66*	2.7	4.81**	2.3
品種(V)	3	160.31**	81.7	265.56**	81.0
N×V	9	1.96	1.5	3.75**	2.5
誤差(2)	24		9.7		6.8
合 計	47		100.0		100.0

注. *, **: それぞれ5%, 1%水準で有意。

剤無散布区が「ムツホナミ」の2回散布区と同程度の発病だとしている。浅賀ら(1882)は「トヨニシキ」の圃場抵抗性が、「ササニシキ」のプロベナゾール粒剤処理+イソプロチオラン粒剤処理とほぼ同等の効果を示すと報告した。東・斉藤(1982)によると、「トヨニシキ」の穂いもち抵抗性を持っている、かなりの激発条件下でも無防除で20%以下の減収に抑えられる。

本試験では穂いもち罹病率と収量を調べることで、いもち耐病性“強”の「トヨニシキ」には“弱”の「ササニシキ」に3回薬剤防除するのと同程度以上、

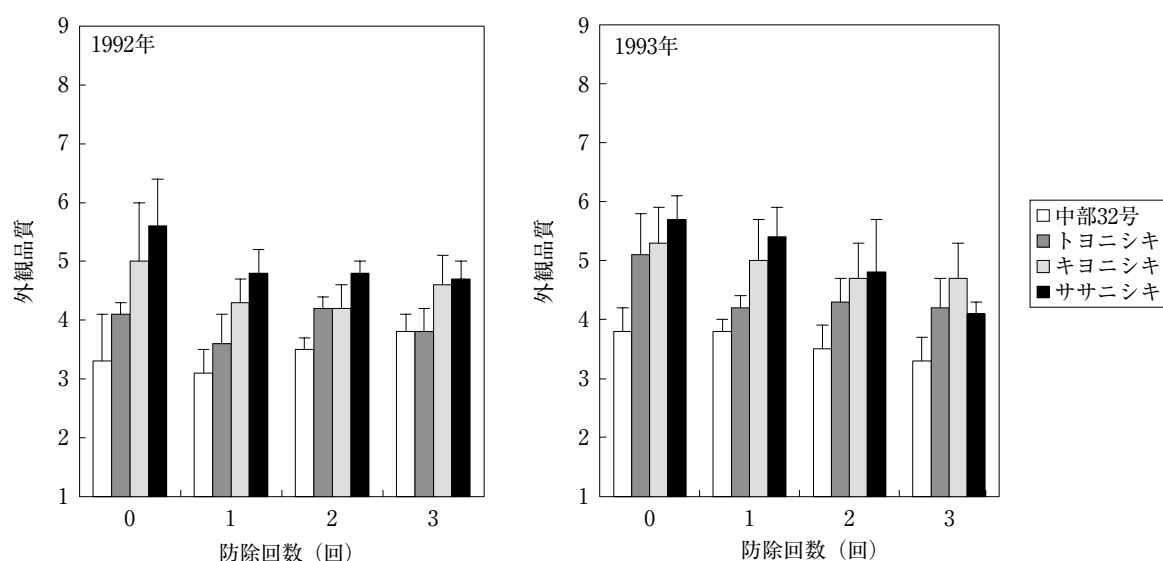


図24 供試品種の防除回数に対する外觀品質

注. 1992年：いもち発病中発生年、1993年：いもち発病多発生年。
 外觀品質：1（上上）～9（下下）。

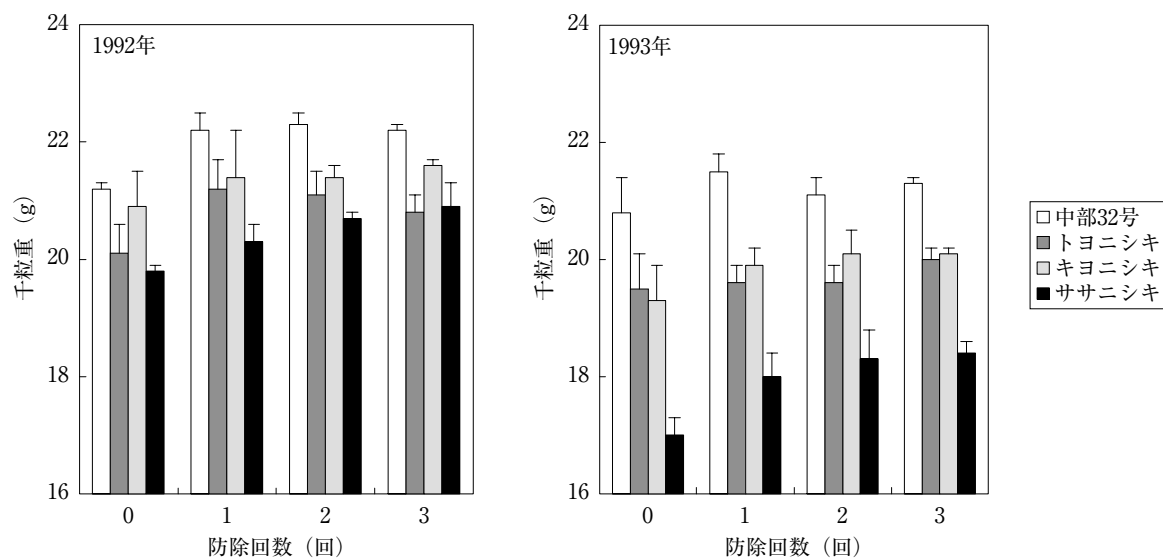


図25 供試品種の防除回数に対する玄米千粒重

注. 1992年：いもち発病中発生年、1993年：いもち発病多発生年。

さらに“極強”の「中部32号」にはそれ以上の発病抑制効果があることを明らかにした。これは、「トヨニシキ」の耐病性が「ササニシキ」の2回防除と同等とする浅賀ら（1982）の報告よりも効果が大きいという結果であった。

本試験から、薬剤防除よりも耐病性品種を利用したほうが、年次変動が少なく安定したいもち病の発病抑制効果があり、その効果は特にいもち病多発生年ほど大きいことが明らかになった。分散分析の結果、多発生年では防除回数の穂いもち罹病率、収量に対する寄与率が10%に満たないのに対して、品種の寄与率は80%を越えていた。実際、いもち多発生年には雨が多く、薬剤を散布しても雨により洗い流されてしまうことが珍しくない。そのような場合、生産者は再度薬剤散布を行うことになる。生産者にとっては、耐病性の弱い品種を薬剤防除して栽培するよりは、耐病性品種を利用したほうがいもち病発生の多少に関わらず、安定した生産が期待できる。このことは、いもち病による被害が大きい東北地域での稲作にとって特に重要なことである。

3. いもち耐病性品種の経済的効果の評価

Ⅳ 2. では、いもち耐病性の強い品種は弱い品種に3回薬剤防除を行ったのと同等以上の発病抑制効果があることを明らかにした。

ここでは、いもち耐病性品種を導入した場合、弱い品種に比べてどの程度の経済的効果があるのかを、良食味・いもち耐病性系統「奥羽341号」を栽培した事例から生産者規模で調べた。さらに、いもち耐病性品種を普及させた場合、葉いもち防除と穂いもち防除のどちらを優先的に削減できるかを明らかにすることで、東北地域全体でどの程度の薬剤削減による経済的効果があるのかを試算した。

1) 材料と方法

試験は1994年、2002年及び2003年に東北農業試験場（現・東北農業研究センター、大仙市）で行った。

(1) 生産者規模の経済的評価

1994年に「奥羽341号」（いもち病真性抵抗性遺伝子型“*Pii*”、穂いもち抵抗性“強”）と「あきたこまち」（同“*Pia,Pii*”、同“やや弱”）を用いて、それぞれいもち病薬剤0回区（無防除）及び3回区を設定した。「奥羽341号」は「中部49号」／「秋田31号（あきたこまち）」の交配後代から選抜した、「あきたこまち」並の良食味でいもち耐病性が強い系統である。3回区は、6月22日にプロベナゾール粒剤

を3kg/10a（葉いもち防除）、7月13日にイソプロチオラン粒剤を3kg/10a、8月5日にフェリムゾン・フサライド粉剤を3kg/10a（以上穂いもち防除）施用した。

5月16日に栽植密度24.2株/m²で機械移植した。硫加燐安（13-13-13）を基肥として70kg/10a、追肥として7月18日に15kg/10a施用した。

各区とも4か所（水口側、中央水口側、中央水尻側、水尻側）について、穂いもち罹病率（9月14日調査）、収量（各40株、1.7m²調査）をⅣ 2. と同じ方法で調べた。

また、背負式動力散布機で薬剤散布を行う際にかかる時間を5a及び10a水田それぞれについて調べた。

(2) 東北地域規模の経済的評価

いもち耐病性品種を用いた場合、葉いもち防除と穂いもち防除のどちらを優先的に削減できるのかを明らかにする目的で、2002年、2003年にいもち耐病性の異なる4品種として、「奥羽357号」（いもち病真性抵抗性遺伝子型“*Pia,Pii*”、穂いもち抵抗性“極強”）、「ちゅらひかり」（同“*Pia,Pii*”、同“極強”）、「ひとめぼれ」（同“*Pii*”、同“中”）、「東北IL2号」（同“*Pia,Pii*”、同“弱”）の4品種を供試した。「奥羽357号」は東北地域の穂いもち新基準（加藤ら2001）でも“極強”の基準となっている。「東北IL2号」は真性抵抗性遺伝子“*Pia, Pii*”をもつ「ササニシキ」の同質遺伝子系統である（佐々木ら 2002）。これらを4通りの試験区で栽培した。

- ① 無防除区：薬剤無散布で栽培した。
- ② 葉防除区：プロベナゾール粒剤3kg/10a（葉いもち防除）を2002年、2003年とも6月27日に施用した。穂いもち防除は実施しなかった。
- ③ 穂防除区：フェリムゾン・フサライド水和剤1,000倍（穂いもち防除）を2002年は8月13日及び23日、2003年は8月15日及び27日の各2回施用した。葉いもち防除は実施しなかった。
- ④ 葉・穂防除区：②の葉いもち防除と③の穂いもち防除を実施した。

2002年は5月31日、2003年は5月30日に1株3本植、栽植密度22.2株/m²（30×15cm）で移植した。1区面積は6.5m²、3反復とした。基肥として硫加燐安（13-13-13）を70kg/10a、追肥として硫加燐安15kg/10aを2回（2002年は7月2日及び17日、2003年は7月1日及び17日）施用した。

各区とも穂いもち罹病率（2002年は9月17日、

2003年は9月18日調査)、収量(各40株調査)をⅣ2.と同じ方法で調べた。

2) 結果

試験を実施した秋田県の水稲作付面積に対するいもち病被害面積の割合は、1994年は26.4%、2002年は23.0%でいもち病発生が中程度であったのに対して、2003年は低温と降雨の影響でいもち病の発生がやや多く、被害面積の割合は37.8%であった(「東北農林水産統計」(東北農政局)の水稲作付面積、いもち病被害面積より算出)。

(1) 生産者規模の経済的評価

0回区の穂いもち罹病率は「奥羽341号」が9.6%に対して「あきたこまち」は61.5%で、約6.4倍の違いがあった(図26)。収量は0回区で「奥羽341号」が52.3kg/a、「あきたこまち」が32.8kg/aで、約20kg/aの差があった(図26)。食味試験の結果、0回区の「奥羽341号」と「あきたこまち」には有意な差はなかった。

3回防除した場合の薬剤コストは、3薬剤の合計で約5,000円/10aであった。また、薬剤散布にかかった時間は、背負式動力散布機を使用、畦畔を2周、薬剤散布量3kg/10aの条件下で、1回当たり5a水田では5.8分(3回平均)、10a水田では9.7分(5回平均)であった。準備、後始末に要した時間はそれぞれ5分、10分であった。

(2) 東北地域規模の経済的評価

2002年はいもち発病中発生年、2003年はやや多発生年であったが、両年とも穂いもち罹病率、収量とも「奥羽357号」、「ちゅらひかり」の無防除区が、「ひとめぼれ」、「東北IL2号」の葉・穂防除区よりも優っており、前者の耐病性は後者への3回防除

(葉・穂いもち防除)に匹敵すると考えられた(図27、28)。

また、「ひとめぼれ」、「東北IL2号」では無防除区に対して葉防除区の穂いもち罹病率、収量が優り、葉いもち防除の効果がみられたが、「奥羽357号」、「ちゅらひかり」では両区間に差が現れず、葉いもち防除の効果がなかった。耐病性の劣る「ひとめぼれ」、「東北IL2号」については穂いもち防除のみでは不十分で、葉いもち防除が重要であるのに対して、耐病性の強い「奥羽357号」、「ちゅらひかり」では葉いもち防除が必ずしも必要とはいえなかった。

3) 考察

「あきたこまち」を栽培している生産者が、いもち耐病性が強い「奥羽341号」を導入することで得られる経済的効果を、試験結果をもとにまとめてみた。無防除栽培での「奥羽341号」は、「あきたこまち」の無防除よりも収量で10a当たり約200kg、「あきたこまち」の3回防除と比べても約50kg多収であった。そして、両品種の食味には差がなかった。さらに、無防除栽培は3回防除栽培に比べて、10a当たり年間約5,000円のコスト減、約1.2時間の労働時間(薬剤散布時間)減となった。

生産者が減農薬栽培を積極的に行う場合、本試験事例の「奥羽341号」以外でも、良食味・いもち耐病性品種「おきにいり」、「まなむすめ」、「はたじるし」等を用いることにより、減農薬・良食味米の生産が容易になることが予想できる。実際に生産者が「おきにいり」を無防除栽培した結果、「あきたこまち」よりも13~19%多収であった(表19)。

無防除栽培により削減されるコストと労働時間は一生産者の1年間当たりで考えれば決して大きくは

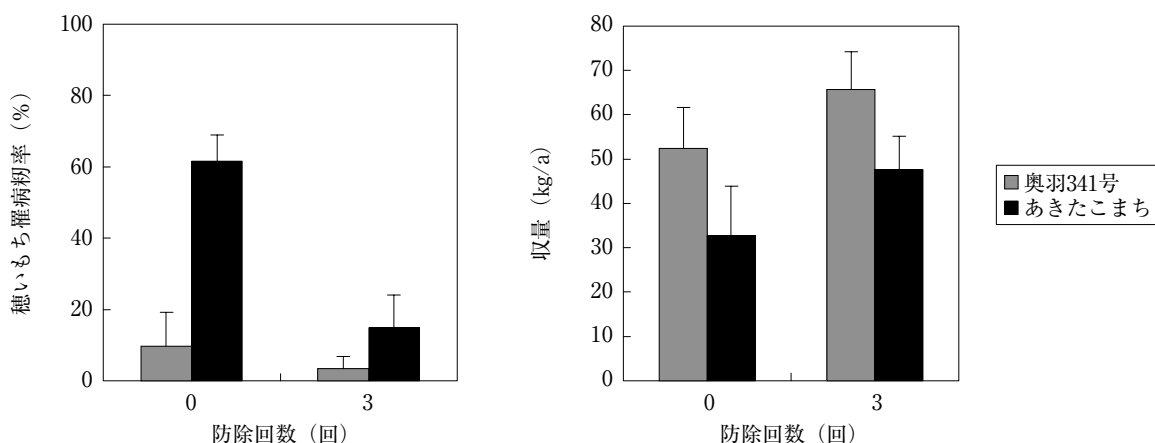


図26 「奥羽341号」と「あきたこまち」の防除回数に対する穂いもち罹病率(左)と収量(右)(1994年)

ない。しかし、無防除栽培が地域単位で数年間行われるとすると、その地域でのコストと労働時間の削減は多大なものとなる。

次に、いもち耐病性品種を普及させた場合に東北地域全体で得られる経済的効果を試算した。東北地域におけるいもち病防除回数は全国より多いものの、冷害年を除く1983～1987年の5年間の平均防除

回数が3.1回（葉いもち1.0回、穂いもち2.1回）あったものが、1996年以降徐々に減少し、1998～2002年の5年間の平均防除回数は2.4回（葉いもち1.0回、穂いもち1.4回）になっている（図2）。

本試験から耐病性の強い「奥羽357号」、「ちゅらひかり」を導入すれば、いもち病の発生が平年並（2002年）であれば無防除で問題なく、発生がやや

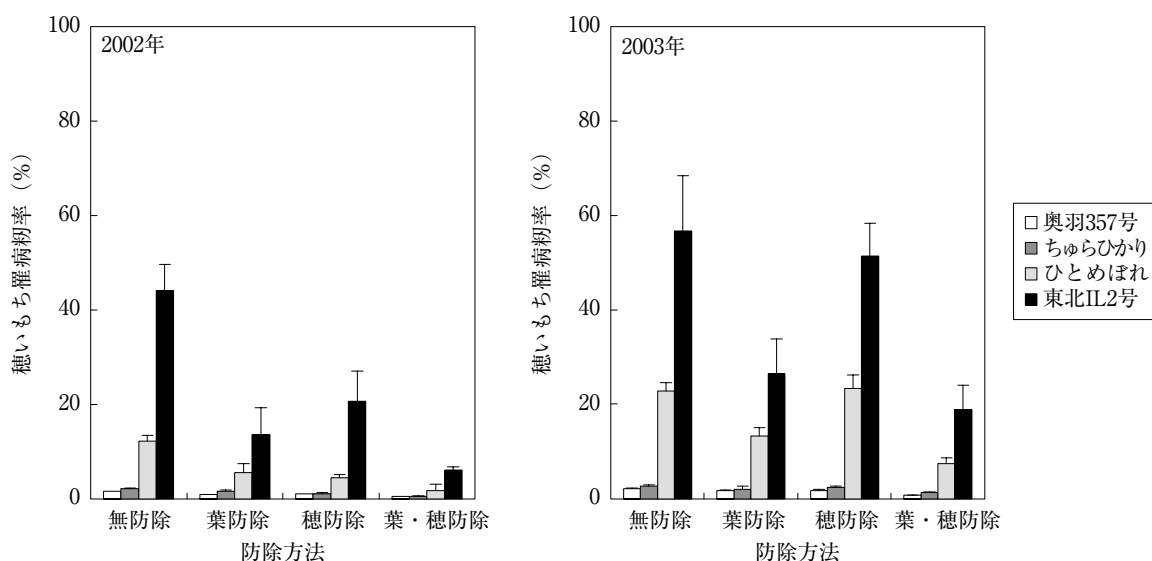


図27 異なる防除方法に対する穂いもち罹病率

注. 2002年：いもち発病中発生年、2003年：いもち発病やや多発生年。東北IL2号：「ササニシキ」の同質遺伝子系統、*Pia*、*Piia*をもつ。葉防除：葉いもちのみ1回防除、穂防除：穂いもちのみ2回防除、葉・穂防除：葉いもち1回・穂いもち2回防除。

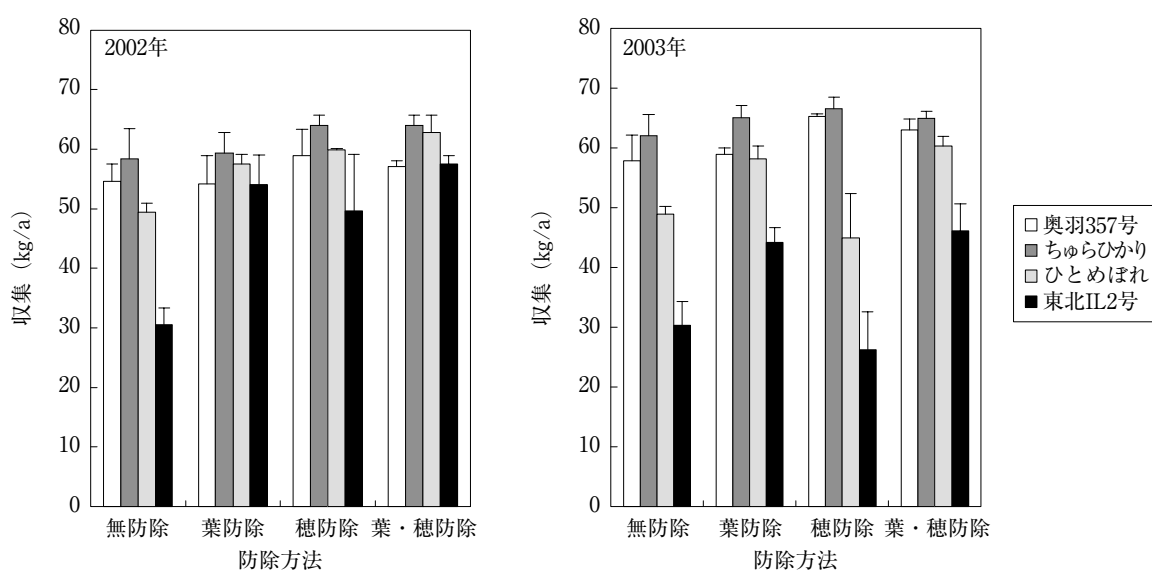


図28 異なる防除方法に対する収量

注. 2002年：いもち発病中発生年、2003年：いもち発病やや多発生年。東北IL2号：「ササニシキ」の同質遺伝子系統、*Pia*、*Piia*をもつ。葉防除：葉いもちのみ1回防除、穂防除：穂いもちのみ2回防除、葉・穂防除：葉いもち1回・穂いもち2回防除。

多い年(2003年)であっても様子をみながら穂いもち防除のみで十分で、少なくとも葉いもち防除は不要であると考えられた。

すなわち、耐病性が「ちゅらひかり」並の品種が導入されれば、最近の平均防除回数2.4回のうち少なく考えても葉いもち防除1.0回分は不要になり、東北地域全体では86億円/年の薬剤コスト減となる(作付面積43万ha、薬剤費2,000円/10aで計算)。さらに穂いもち防除回数を平均して1.4回から半分の0.7回に減らしたとすると年間30億円の削減が追加される(作付面積43万ha、薬剤費1,000円/10aで計算)。仮に東北地域の作付けの50%がいもち耐病性品種になるとしても、上記の半分の43～58億円/年の経済効果があることになる。

現在のいもち病防除体系は耐病性の劣る品種を基準にして作られているが、耐病性の強い品種に減農薬の観点から必要以上の防除を行わないためにも、耐病性品種を基準としたいもち防除体系をまとめることが重要であろう。そのためには、地域、年次によるいもち発病程度の変動を考慮しながら、調査結果を増やしていく必要がある。各試験地でお互いに情報交換しながら、いもち耐病性品種の薬剤削減効果のデータを蓄積していくことが望まれる。

V 総合考察

1. 東北地域における良食味・いもち耐病性品種育成の現状

東北地域では、1980年代までは「トヨニシキ」、「ササミノリ」等のいもち耐病性品種がある程度普及していたが、それらの品種は食味が劣るために近年の食味重視のニーズに合わず、大部分が良食味品種に置き換わっていった。良食味品種はいもち耐病性が劣るものが多く、食味といもち耐病性の結合は難しいと考えられてきた。そのような中、本研究では様々な交配組合せを展開し、良食味でいもち耐病性の系統が選抜できる可能性を明らかにするとともに、実際に良食味・いもち耐病性系統を選抜した。

1996年には食味が“上中”、いもち耐病性が「トヨニシキ」並の“強”である念願の良食味・いもち耐病性品種「おきにいり」を育成した。それ以降、東北地域の各育成地で1997年に「まなむすめ」、「はたじるし」、1999年に「こいむすび」、2001年に「いわてっこ」が育成された。これらの品種の最大作付面積は「まなむすめ」が7,000ha、「いわてっこ」が

3,000haを越えているものの、いずれも普及3～4年後には作付けが減少しており、「ひとめぼれ」、「あきたこまち」等のように安定した普及を示していないのが現状である(表33)。

この原因として、良食味・いもち耐病性品種に外觀品質が不十分等の欠点があったこともあるが、最大の理由として有効ないもち防除薬剤が急速に普及し、いもち耐病性が不十分な品種であっても防除により発生を抑制できるようになったことが挙げられる。「ひとめぼれ」、「あきたこまち」、「コシヒカリ」、「はえぬき」の2005年作付上位4品種(表1)は耐病性が劣るものの、地域で確立されたブランド品種であり、新たな品種は耐病性が強いものであっても、なかなか普及しにくい現実がうかがえる(山口2004b)。

いもち耐病性が「トヨニシキ」程度でも、弱い品種に3回薬剤防除するのと同程度以上の効果があるが(IV 2.)、さらに耐病性が強ければ安定栽培が可能になる。2003年には「トヨニシキ」よりもさらにいもち耐病性が強化された良食味品種「ちゅらひかり」を育成した。本品種は沖縄県で奨励品種に採用されて普及しているほか、東北各地で減農薬米生産用に試作されている。

品種の耐病性の評価は、強さの程度が既に分かっている基準品種との比較で行われる。育成品種のいもち耐病性のレベルアップを図るために、東北地域の9育成地と愛知県農業総合試験場山間農業研究所で1997年から4年間に同じ品種を用いて連絡試験を行い、その結果から新しい東北地域のいもち基準品種を選定した(片岡ら2001、加藤ら2001)。表34にその抜粋を示したが、従来の基準品種(1979年に選定)では「トヨニシキ」は葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性ともに“強”であったが、新基準品

表33 良食味・いもち耐病性品種の最大作付面積と2005年の作付面積

品種名	育成年	最大作付面積(ha) (年次)	2005年作付面積 (ha)
おきにいり	1996	465 (1999)	56
まなむすめ	1997	7,348 (2001)	767
はたじるし	1997	762 (2000)	101
こいむすび	1999	29 (2001)	2
いわてっこ	2001	3,117 (2004)	3,034

注.「米穀の品種別作付状況」(～2002年食糧庁、2003～2005年農林水産省総合食料局)による。

表34 新しい東北地域のいもち基準品種（抜粋）

葉いもち基準品種		穂いもち基準品種			
区 分	品種・系統名	区 分	品種・系統名		
			早 生	中 生	中晩生
極強	東北糯161号 奥羽320号	極強	東北糯161号	—	奥羽357号 岩南6号
強	こころまち むつほまれ	強	青系128号	こころまち はたじるし	チヨニシキ まなむすめ
やや強	トヨニシキ まいひめ	やや強	レイメイ たかねみのり	ササミノリ 里のうた	トヨニシキ チョウカイ
中	はえぬき あきたこまち	中	むつほまれ つがるロマン	ハツニシキ	はえぬき ひとめぼれ
やや弱	ササニシキ ひとめぼれ	やや弱	ムツホナミ 青系131号	農林1号 あきたこまち	スノーパール
弱	陸奥光 イナバワセ	弱	ふ系94号 藤坂5号	イナバワセ	ササニシキ

注. 片岡ら（2001）、加藤ら（2001）より作成。本欄の基準品種は、いもち病抵抗性遺伝子別に区分しているが、ここではそれをなくし、分かりやすく表した。各区分とも代表的な1～2品種とし、他の品種・系統は省略した。

種ではこれらを“やや強”に1ランク下げ、新たに“極強”の基準を設けた。これにより従来最も耐病性が強いと位置づけられていた「トヨニシキ」より2ランク強いもの（極強）の評価が可能になった。

最近の育成系統の中には、いもち耐病性が「ちゅらひかり」並の“極強”（従来基準）で良食味のものが増えてきている。Ⅲ 2. に示した「ちゅらひかり」由来の「岩手75号」、「山形95号」、「福島17号」、「奥羽390号」のほか、「ふ系210号」（交配組合せ：こころまち／ふ系184号）、「東北188号」（同：ひとめぼれ／東北176号）、「山形89号」（同：山形62号／奥羽357号）等が挙げられ、熟期も早いものから遅いものまで様々育成されている。これらの系統は耐冷性も強く、総合的に優れた特性を備えたものが多い。

良食味・いもち耐病性育種が進むにつれて交配母本としても優れたものが増えており、そのことが最近のいもち耐病性が優れた系統の育成につながっていると考えられる。従って、新たないもち耐病性品種が今後も各地で育成されることは間違いない。これらの中から、東北地域に適する良食味・いもち耐病性品種が誕生して普及することを期待したい。

2. 東北地域におけるいもち耐病性品種導入のメリット

東北地域の水稲生産現場にいもち耐病性品種を導入することには、二つの大きなメリットがあると考えられる。

表35 東北地域、全国のいもち病被害面積と防除回数の変化

期間	いもち病被害面積(万ha)		いもち病防除回数(回)	
	東北地域	全国	東北地域	全国
1983～1987年 5年間平均	6.5(15.6%)	41.7	3.1(1.0+2.1)	2.4(0.9+1.5)
1998～2002年 5年間平均	9.5(25.5%)	37.2	2.4(1.0+1.4)	2.0(0.9+1.1)

注. 図1、図2より算出。東北地域のいもち病被害面積の()は同期間の全国に対する割合(%)。いもち防除回数の()は(葉いもち防除回数+穂いもち防除回数)を表す。

一つは東北地域における水稻の安定生産を可能にすることである。I で述べたように、いもち病は東北地域の稲作の大きな生産阻害要因になっている。東北地域における近年のいもち病被害の実態を詳しくみるために、冷害年を除く1983～1987年と1998～2002年の各5年間について、いもち病被害面積と防除回数の平均を求め、その変化を調べた（表35）。東北地域のいもち病被害面積は1983～1987年平均よりも1998～2002年平均のほうが3.0万ha増えている。逆に全国の被害面積は4.5万ha減っており、全国の被害面積に対する東北地域が占める割合は15.6%から25.5%へ増加している。1985年前後にはいもち耐病性品種「トヨニシキ」、「ササミノリ」等が作付けされていたが、近年いもち耐病性品種が普及していない（表1）ことが、東北地域のいもち病被害面積

を増やす要因の一つになっていると考えられる。いもち病防除回数は東北地域、全国とも1983～1988年平均よりも1998～2002年平均のほうが減っているものの、東北地域の穂いもち防除回数の減少程度が最も大きい。これは消費者等の減農薬のニーズに応えたり、米の価格低下により農薬の使用を控えたりしたことが原因と考えられる。近年の東北地域の稲作ではいもち病被害がむしろ慢性的に増えており、品種の作付け状況や防除状況から判断すると、将来的には被害がさらに増える可能性さえある。いもち耐病性品種を普及させることで、防除回数を増やすことなく毎年の被害面積を減少させることが可能である。

また、東北地域では数年ごとに起こる冷害年のいもち病大発生も無視できない。冷害時の20℃前後の低温が長期間続くと稲体は罹病的になり、いもち病が発生しやすくなる(大畑ら 1966)。さらに冷害時には降雨や休日薬剤散布等により防除適期を失するため、いもち病が多発生した場合が多い(八重樫・吉野 1992)。低温、多雨の気象条件はいもち病発生に大きく影響を与えており、いもち耐病性の弱い品種が大半を占める状態は、天候次第で一触即発の危険をはらんでいる(八重樫 1991)。IV 2. で明らかにしたように、薬剤防除に頼るよりも耐病性品種を利用した方が、気象条件による年次変動は少なく安定したいもち病発病抑制効果がある。冷害とともにいもち病が大発生した1993年のような状況であっても、「トヨニシキ」程度の“強”以上の耐病性があれば十分効果を発揮できることを実証した。耐病性品種の導入は生産者のいもち発病に対する不安を軽減し、精神安定効果をもたらすことも報告されている(浅井・山口 1998)。冷害によるいもち病多発の不安を抱える東北地域では、少なくとも“強”程度のいもち耐病性品種を普及させることが望ましい。

いもち耐病性品種導入のもう一つのメリットは、減農薬栽培を容易にすることである。減農薬米は食の安全・安心の観点から、消費者のニーズが高くなっている(農林金融公庫 2001、磯島ら 1996)。東北地域は冷涼な気象条件のため、ウンカ・ヨコバイ等の害虫の発生が少なく、関東以西に比べて使用農薬を減らすことができる。いもち防除回数は全国よりも多いが、これを削減することができれば減農薬栽培は関東以西よりも行いやすい。2004年4月よ

り「改正食糧法」が施行され、米政策改革が本格的に始まった。市場原理を大幅に取り入れた内容で、各生産地で今まで以上に売れる米作りを目指した動きが強まっている。消費者に人気の高いブランド品種の作付けが伸びることも予想されるが、一方で東北地域では、消費者ニーズの高い減農薬米を手頃な価格で提供できるような体制作りも重要な戦略になるであろう。そのためには、いもち耐病性が“極強”以上の品種を利用した積極的な減農薬米生産体制が求められる。

併せて、耐病性品種のいもち病防除体系を作成することが重要である。本研究では、耐病性が“極強”の品種では少なくとも葉いもち防除は必要ないと結論づけたが(IV 3.)、これがいもち病発生が多い地域、少ない地域でも当てはまるのか、年次間差をみながらデータを蓄積して明らかにし、耐病性品種を基準とした防除体系をまとめていく必要がある。

3. いもち耐病性品種育成の今後の展望

最近の育成系統の中には、いもち耐病性が「ちゅうらひかり」並の“極強”で良食味のものが増えてきている。これらが品種として普及することで、東北地域の水稲の安定生産、積極的な減農薬栽培が現状よりも十分行いやすくなるが、いもち耐病性がさらに強化されれば安定栽培がより行いやすくなる。

いもち耐病性のさらなる強化のためには、由来の異なる耐病性遺伝子を集積させる必要がある。愛知県農業総合試験場で育成された穂いもち抵抗性品種「月の光」(1985年育成)、「朝の光」(1987年育成)等がインディカ品種「Modan」に由来する穂いもち抵抗性遺伝子“*PbI*”を有することが明らかになり(藤井ら 1999)、検出用のDNAマーカーが開発された(遠山ら 1998)。“*PbI*”は葉いもちに対しては発現程度が弱く、穂いもちに対して強く発現する量的抵抗性であるが、主働遺伝子によって支配されている(藤井ら 1999)。浅賀(1987)は量的抵抗性を主働遺伝子支配と微働遺伝子支配に分け、前者を“高度圃場抵抗性”、後者を“狭義の圃場抵抗性”と呼ぶことを提案しているが、これに従えば“*PbI*”は高度圃場抵抗性に分類される(藤井ら 1999)。“*PbI*”は東北地域での現在の普及品種には利用されていないため、DNAマーカー選抜によりこの遺伝子を導入することで、既存の耐病性をさらに強化することが期待できる。東北農業研究センターでは2006年に「奥羽371号」／「中部105号」の交

配組合せから“*PbI*”のDNAマーカー選抜により、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性とも“極強”の良食味系統「奥羽400号」を育成した。“*PbI*”とは異なる高度圃場抵抗性遺伝子として、陸稲品種「オワリハタモチ」由来の“*pi21*” (Fukuoka and Okuno 2001)、系統「中部32号」由来の“*Pi34*” (Zenbayashi *et al.* 2002) が同定され、DNAマーカーの開発が進められている。さらに高度圃場抵抗性とみられるものとして、「Modan」由来の葉いもち抵抗性遺伝子“*Pif*” (鳥山ら 1968)、系統「奥羽244号」由来の圃場抵抗性 (井上ら 1987)、系統「北海188号」由来の圃場抵抗性 (三上ら 1990) 等があり、これらにもDNAマーカー開発の期待がかかる。これらの高度圃場抵抗性を既存のいもち耐病性品種に導入することで、耐病性の向上が期待できる。

なお、高度圃場抵抗性品種が真性抵抗性品種と同様に普及後に罹病化することが懸念されるが、“*PbI*”をもつ品種は普及後20年以上を経過しても抵抗性が崩壊せずに安定していること (藤井ら 2005) から、高度圃場抵抗性は微働遺伝子による圃場抵抗性のように安定した抵抗性を示す可能性が高い。さらに高度圃場抵抗性と既存の微働遺伝子による圃場抵抗性を組み合わせることで、崩壊の可能性が低くなることが考えられる。抵抗性の崩壊を抑えるためにも、高度圃場抵抗性と既存のいもち耐病性を集積させる意義は大きい。

一方、真性抵抗性を積極的に活用する方法として、真性抵抗性遺伝子だけが異なる同質遺伝子系統を混植する多系品種の利用 (小泉ら 1996) が進められ、1994年から「ササニシキBL」 (佐々木ら 2002)、2005年から「コシヒカリ新潟BL」 (石川 2004) が普及している。「ひとめぼれ」、「あきたこまち」等の同質遺伝子系統も育成されつつある。しかし、これらの同質遺伝子系統の元となる品種のいもち耐病性は不十分なものがほとんどである。いもち耐病性の強い品種の同質遺伝子系統を育成し、多系品種として利用することが、究極のいもち耐病性品種の育成ということになるであろう。同質遺伝子系統の選抜には真性抵抗性遺伝子のDNAマーカーが重要な道具となる。

高度圃場抵抗性遺伝子の導入、同質遺伝子系統の作出のいずれにおいてもDNAマーカーを利用することで効率的な選抜が期待できる。実際に利用できるいもち耐病性に関するDNAマーカーは限られて

いるため、今後は新たなDNAマーカー開発を進めるとともに、DNAマーカー選抜を有効に活用することでいもち耐病性育種がさらに強化されると期待できる。

Ⅵ 摘 要

本研究では、東北地域で最も重要な病害であるいもち病に強く、食味が優れた水稻品種を育成するとともに、その経済的効果を検討したもので、以下のような結果を得た。

1. 水稻の簡易交配法の開発

多数の交配を効率的に行うための簡易交配法として、Noguchi (1936) の方法を改良した切除茎授粉法を開発した。交配当日に母本を採取し、温湯除雄を利用し、切除茎をガラス室内で管理することの3点が改良点である。切除茎の切除位置は第Ⅳ節間より第Ⅲ節間のほうがよいこと、水耕液 (1/2春日井液) 栽培、インドール酢酸 (IAA) 処理には稔実率、発芽率を高める効果はないので、切除茎の栽培は水だけで十分であることが明らかになった。

2. 良食味・いもち耐病性系統の選抜効果の評価

食味と葉いもち及び穂いもち抵抗性の結びついた系統育成の可能性を検討する目的で、食味といもち耐病性の異なる両親の後代系統を調べた。「奥羽320号」／「あきたこまち」及び「東北143号 (ひとめぼれ)」を片親とし「奥羽338号」、「奥羽336号」、「中部32号」、「奥羽320号」を他方の親とする計5組合せのF₂系統を調査した結果、炊飯光沢 (食味と相関が高い) と葉いもち抵抗性、炊飯光沢と穂いもち抵抗性との間には、それぞれ1組合せを除いて強い相関関係は認められなかった。炊飯光沢、葉いもち抵抗性、穂いもち抵抗性の3特性が優れた系統の出現頻度は2.0～7.3%のばらつきがあるが、すべての組合せで炊飯光沢が良く、いもち耐病性の強い系統が存在した。本組合せからは食味が良く、葉いもち及び穂いもち抵抗性の強い系統の選抜が可能であることが明らかになった。

3. 良食味・いもち耐病性系統の効率的選抜法の開発

良食味・いもち耐病性系統を効率的に選抜するために、初期世代をいもち病多発の条件で養成して抵抗性個体を選抜すると、目的とする良食味系統まである程度淘汰してしまう可能性があるため、F₂雑種集団と世代促進したF₂雑種集団をいもち病多発の条

件で養成、選抜してその選抜効果を調べた。「中部32号」／「東北143号」、「東北143号」／「奥羽320号」の2組合せについて、 F_4 世代の雑種集団で穂いもち抵抗性の強い個体を選抜すると、 F_4 世代で無選抜の場合や F_2 世代で穂いもち抵抗性個体を選抜した場合より、食味、葉いもち及び穂いもち抵抗性が優れた系統の出現頻度が2倍以上高まった。良食味・いもち耐病性系統を得るためには、本組合せでは初期世代(F_2)で選抜するよりも後の世代(F_4)で選抜した方が効率的であることが明らかになった。

4. 良食味・いもち耐病性“強”品種「おきにいり」の育成

食味といもち耐病性が結びついた品種として、1996年に「おきにいり」(交配組合せ：中部47号／奥羽313号)を育成した。「おきにいり」は「あきたこまち」並の食味で、いもち耐病性が“強”、耐冷性も“強”である。2か所の生産者圃場で、いもち無防除で栽培した結果、「おきにいり」は「あきたこまち」に比べて穂いもち発病程度が36～70%少なく、玄米収量が13～19%多収で、食味は同等であった。宮城県で1996年に奨励品種に採用され、倒伏やいもち病の発生による玄米品質の低下の起こりやすい泥炭地等で作付けされた。最大普及面積は1999年の465ha(2005年作付面積56ha)である。

5. 良食味・いもち耐病性“極強”品種「ちゅらひかり」の育成

良食味でいもち耐病性が「おきにいり」よりもさらに強化された品種育成を目指し、2003年に「ちゅらひかり」(交配組合せ：ひとめぼれ／奥羽338号)を育成した。「ちゅらひかり」は「ひとめぼれ」並の食味があり、いもち耐病性は“極強”で、無防除栽培でも穂いもちはほとんど見られない。沖縄県で2004年に奨励品種に採用され、「ひとめぼれ」と同等の食味でいもち耐病性、耐倒伏性が強いことから作付けが伸びている(2005年作付面積73ha)。東北中南部以南で作付けが可能で、いもち防除剤を大幅に削減できるので、減農薬米生産用に各地で試作されている。

6. いもち耐病性品種のいもち病発生の推移

品種の耐病性と薬剤防除との関係を明らかにするために、いもち耐病性の異なる4品種を4通りの防除回数で栽培し、その関係が葉いもち初発、葉いもち罹病株率、葉いもち病斑面積率、穂いもち罹病率に与える影響を調べた。葉いもちの初発日は耐病

性による品種間差異がみられなかったが、葉いもち罹病株の経時的推移は、耐病性の強い品種の無防除が、耐病性の弱い品種の無防除と1回防除の間を示した。病斑面積率は、耐病性の強い品種の無防除が、耐病性の弱い品種の1回防除以上に匹敵した。さらに、穂いもち罹病率は、耐病性の強い品種の無防除が、耐病性の弱い品種の5回防除以上に匹敵した。生育初期の防除効果は品種の耐病性よりも薬剤防除の方が顕著に現れるが、生育が進むに連れて品種の耐病性の効果が明確に現れ、薬剤防除による効果を逆転すると推定できた。

7. いもち耐病性品種による薬剤削減効果の評価

いもち耐病性の異なる4品種を4通りの防除回数で栽培し、いもち耐病性品種を用いることで薬剤防除をどの程度削減できるかを調べた。穂いもち罹病率と収量の結果から、耐病性が強い品種「中部32号」、「トヨニシキ」の抵抗性は、弱い品種「ササニシキ」に3回以上薬剤防除するのと同程度以上の発病抑制効果があった。さらに、薬剤防除よりも耐病性品種を利用したほうが、年次変動が少なく安定したいもち病の発病抑制効果があり、その効果は特にいもち病多発生年ほど大きいことが明らかになった。生産者にとっては、耐病性の弱い品種を薬剤防除して栽培するよりは、耐病性品種を利用したほうがいもち病発生の多少に関わらず、安定した生産が期待できる。

8. いもち耐病性品種の経済的効果の評価

いもち耐病性品種を導入した場合、弱い品種に比べてどの程度の経済的効果があるのかを、いもち耐病性“強”の「奥羽341号」をいもち無防除栽培した事例から生産者規模で試算した。「奥羽341号」は「あきたこまち」の無防除栽培よりも収量で約20kg/a多収で、10a当たり約5,000円／年の薬剤コスト減、背負式動力散布機を使用して約1.2時間／年の薬剤散布時間減となった。無防除栽培により削減されるコストと労働時間は、地域単位で数年間行われるとすると多大なものとなる。また、いもち耐病性品種を普及させた場合、葉いもち防除と穂いもち防除のどちらを優先的に削減できるかを明らかにすることで、東北地域全体でどの程度の薬剤削減による経済的効果があるのかを試算した。耐病性が強い「ちゅらひかり」等を導入すれば、いもち病の発生が平年並では無防除で問題なく、発生がやや多い年でも様子をみながら穂いもち防除のみで十分で、葉

いもち防除は不要であると考えられた。東北地域に「ちゅらひかり」並の耐病性品種が作付けの50%導入されれば、葉いもち防除を行わず、穂いもち防除を現状の半分行うとして、58億円／年の経済効果があると試算された。

引用文献

- 1) 浅賀宏一. 1976. 畑苗代における葉いもちの調査基準. 農業技術 31: 156-159.
- 2) 浅賀宏一, 進藤敬助, 岩野正敬. 1982. 穂いもち発病に及ぼす圃場抵抗性と薬剤(粒剤)処理の効果. 北日本病虫研報33: 33-35.
- 3) 浅賀宏一. 1987. 品種の抵抗性(山中 達, 山口富夫編著, 稲いもち病). 養賢堂. p.216-249.
- 4) 浅井 悟, 山口誠之. 1998. 農業経営者の意識にみる新技術導入の動機と規定要因－水稻病害抵抗性品種を対象に－. 農業経営研究 36: 1-13.
- 5) 藤井 潔, 早野由里子, 杉浦直樹, 林 長生, 坂紀邦, 遠山孝通, 井澤敏彦, 朱宮昭男. 1999. イネ縞葉枯病抵抗性品種が有する穂いもち抵抗性の遺伝子分析. 育種学研究 1: 203-210.
- 6) 藤井 潔, 早野由里子, 荒川 誠. 2005. イネ病害虫複合抵抗性品種の育成とその普及. 植物防疫 59: 30-34.
- 7) 藤巻 宏, 櫛渕欽也. 1975. 炊飯米の光沢による食味選抜の可能性. 農及園 50: 253-257.
- 8) 藤巻 宏. 1980. 品質, 食味その他の形質の組合せの可能性(山崎義人, 高坂卓爾編著, イネのいもち病と抵抗性育種). 博友社. p.513-532.
- 9) Fukuoka, S.; K. Okuno. 2001. QTL analysis and mapping of pi21, a recessive gene for field resistance to rice blast in Japanese upland rice. Theor. Appl. Genet. 103: 185-190.
- 10) 東 正昭, 櫛渕欽也. 1978. イネの葉いもち病圃場抵抗性の遺伝子分析. 育種 28: 277-286.
- 11) 東 正昭. 1981. 歴代主要水稻品種の葉いもち抵抗性評価の変遷と圃場抵抗性. 育種 31: 432-439.
- 12) 東 正昭, 斉藤 滋. 1982. イネ品種のいもち病圃場抵抗性と発病程度・収量の相互関係. 北日本病虫研報 33: 7-8.
- 13) 東 正昭, 堀末 登, 斉藤 滋, 渡辺進二. 1983a. イネの穂いもち圃場抵抗性の遺伝子分析. 育種 33: 62-68.
- 14) 東 正昭, 斎藤 滋, 松本定夫, 池田良一, 井上正勝. 1983b. レイメイ／ササニシキの後代にみられた実用諸形質の遺伝率と各形質間の遺伝相関について. 育種 33(別2): 202-203.
- 15) 東 正昭. 1995. イネのいもち病圃場抵抗性の遺伝様式. 東北農試研報 90: 19-75.
- 16) 東 正昭, 小綿寿志. 1995. 葉いもち圃場抵抗性－畑晩播検定. 農研センター資料 30: 6-9.
- 17) 東 正昭. 1996. 東北地域におけるいもち病抵抗性育種. 育種学最近の進歩 38: 11-14.
- 18) 東 正昭, 山口誠之, 春原嘉弘, 小山田善三, 小綿寿志, 田村泰章, 横上晴郁, 斉藤 滋, 池田良一, 井上正勝, 松本定夫. 1997. いもち病抵抗性・良食味水稻新品種「おきにいり」の育成. 東北農試研報 92: 15-33.
- 19) 平野哲也. 1996. 抵抗性育種の歴史. (鳥山国土, 熊野誠一, 浅賀宏一監修, 東北の稲研究). 秋田. 東北農業試験場稲作研究100年記念事業会. p.42-48.
- 20) Ikehashi, H. 1977. Simulation of single seed descent in self-pollinating population. I Advance of polygenic recombination through generations. Japan. J. Breed. 27: 367-377.
- 21) 井辺時雄. 2002. わが国のイネ品種開発の現状. 研究ジャーナル 25: 35-41.
- 22) 井上正勝, 森元 武, 田辺 潔, 朱宮昭男, 藤井 潔. 1983a. 世代促進下のイネいもち病圃場抵抗性選抜法に関する研究(第2報)選抜条件及び選抜効果. 愛知農総試研報 15: 55-62.
- 23) 井上正勝, 森元 武, 田辺 潔, 朱宮昭男, 藤井 潔. 1983b. イネいもち病抵抗性超越品種育成の実態. 愛知農総試研報 15: 63-69.
- 24) 井上正勝, 斉藤 滋, 池田良一. 1987. 越南108号におけるいもち病圃場抵抗性の遺伝子分析. 育種 37(別1): 300-301.
- 25) 石川浩司. 2004. 新潟県におけるイネいもち病防除対策としてのマルチラインの利用. 農業技術 59: 24-28.
- 26) 磯島昭代, 山口誠之, 浅井 悟. 1996. 米の購入行動と消費者指向との関係. 農業経営通信 190: 2-5.
- 27) 伊藤隆二. 1967. いもち病抵抗性品種の罹病化と

- その育種的対策. 育種学最近の進歩 8: 61-66.
- 28) Jodon, N.E. 1938. Experiments on artificial hybridization of rice. Jour. Amer. Soc. Agron. 30: 294-305.
- 29) 春日井新一郎. 1939. 水耕法に関する研究. 土肥誌 13: 669-882.
- 30) 片岡知守, 小林 渡, 舘山元春, 春原嘉弘, 須藤 充, 菅原浩視, 高橋真博, 照井儀明, 扇 良明, 宮野法近, 永野邦明, 佐野智義, 中場理恵子, 斎藤真一, 半沢伸治, 杉浦和彦, 大竹敏也, 加藤 浩, 山口誠之. 2001. 東北地域における水稻葉いもち圃場抵抗性新基準品種の選定. 東北農業研究 54: 15-16.
- 31) 加藤 浩, 小林 渡, 舘山元春, 須藤 充, 春原嘉弘, 佐々木 力, 扇 良明, 小田中浩哉, 千葉文弥, 永野邦明, 真崎 聡, 松本真一, 結城和博, 横尾信彦, 斎藤真一, 半沢伸治, 遠藤征馬, 加藤恭宏, 横上晴郁, 滝田 正, 片岡知守, 山口誠之. 2001. 東北地域における水稻穂いもち圃場抵抗性判定のための新基準品種. 東北農業研究 54: 13-14.
- 32) 小泉信三, 谷 俊男, 藤 晋一. 1996. イネいもち病防除における多系品種の利用. 農業技術 51: 89-93.
- 33) 近藤 泉. 2000. 品種をつくる, タネ・苗を殖やす 自家タネ採種はおもしろい. 現代農業 79: 35-50.
- 34) 近藤頼己. 1939. 温湯除雄法に依る稲の人工交配に就て. 農及園 14: 41-52.
- 35) 神山芳典, 萩内謙吾, 高橋正樹, 尾形 茂, 飯村茂之, 扇 良明, 小田中浩哉, 佐藤 喬, 和野重美, 中野央子, 照井儀明. 2001. 水稻新奨励品種「いわてっこ」の特性. 東北農業研究 54: 1-2.
- 36) 松永和久, 佐々木武彦, 永野邦明, 岡本英治, 阿部真三, 植松克彦, 狩野 篤, 滝沢浩幸, 早坂浩志, 薄木茂樹, 黒田倫子, 千葉文弥. 2002a. 水稻新品種「まなむすめ」について. 宮城古川農試報 3: 53-68.
- 37) 松永和久, 佐々木武彦, 永野邦明, 岡本英治, 阿部真三, 植松克彦, 狩野 篤, 滝沢浩幸, 早坂浩志, 薄木茂樹, 黒田倫子, 千葉文弥. 2002b. 水稻新品種「はたじるし」について. 宮城古川農試報 3: 85-99.
- 38) 三上泰正, 川村陽一, 堀 末登. 1990. ふ系138号のいもち病抵抗性について. 日作東北支部報 33: 87-88.
- 39) 永野邦明, 松永和久, 佐々木武彦, 阿部真三, 岡本英治, 植松克彦, 滝沢浩幸, 早坂浩志, 薄木茂樹, 黒田倫子, 千葉文弥, 宮野法近. 2005. 水稻新品種「こいむすび」について. 宮城古川農試報 5: 1-14.
- 40) Noguchi, Y. 1936. The application of post-harvest pollination in the hybridization of rice plant. Japan. J. Gent. 12: 324-326.
- 41) 農林漁業金融公庫. 2001. お米やご飯に関するアンケート調査. 平成13年度第1回消費者動向に関する調査. p.5.
- 42) 大畑寛一, 後藤和夫, 高橋卓爾. 1966. イネのいもち病抵抗力に及ぼす低温の影響, ならびに抵抗力的変動とイネの体内成分との関係. 農技研報 C 20: 1-65.
- 43) 太田恵二, 千葉順逸, 千葉末作. 1980. 品種によるいもち病抵抗力の相違と薬剤散布効果. 北日本病虫研報 31: 26-29.
- 44) 奥津喜章, 古賀義昭, 石原正敏, 須賀立夫. 1984. 陸稲のいもち病抵抗性の遺伝に関する研究 第4報微動遺伝子の集積による圃場抵抗性向上の可能性について. 茨城農試報 24: 17-24.
- 45) 佐々木武彦, 阿部真三, 松永和久, 岡本英治, 永野邦明, 丹野耕一, 千葉芳則, 狩野 篤, 植松克彦, 滝沢浩幸, 早坂浩志, 涌井 茂, 黒田倫子, 薄木茂樹, 千葉文弥, 宮野法近, 佐々木都彦, 遠藤貴司. 2002. ササニシキの多系品種「ササニシキBL」について. 宮城古川農試報 3: 1-35.
- 46) 赤藤克己. 1958. 改著作物育種学汎論. 養賢堂. p.184-186.
- 47) 鈴木啓司, 松永和久, 阿部真三, 佐々木武彦. 1976. 水稻の品質食味改善に関する育種的研究. III 水稻品種の良質母本としての評価 (2). 日作東北支部報 18: 35-36.
- 48) 遠山孝通, 早野由里子, 杉浦直樹, 藤井 潔, 井澤敏彦, 中前均. 1998. 水稻穂いもち抵抗性遺伝子 *Pb1(t)* と連鎖するPCRマーカーの開発. 愛知農総試研報 30: 27-34.
- 49) 鳥山国土, 柚木利文, 篠田治躬. 1968. いもち病抵抗性の育成に関する研究. II 中国31号に見出された高度は場抵抗性の遺伝. 育雑 18(別1): 145-146.
- 50) 上原泰樹, 佐本四郎. 1981. 畑晩播法によるイネ雑

- 種集団のいもち病圃場抵抗性選抜が後代に及ぼす育種効果について. 育雑 31 (別2) : 10-11.
- 51) 宇根 豊. 2000. 田んぼの学校入学編. 農文協. p.62-72.
- 52) 八重樫博志. 1991. 水稻良食味品種の作付拡大といもち病. 植物防疫 45 : 456-459.
- 53) 八重樫博志, 吉野嶺一. 1992. 平成3年(1991)東北地域におけるイネいもち病多発生の要因解析. 植物防疫 46 : 13-17.
- 54) 八重樫博志. 1994. 抵抗性品種利用と水稻病害の防除. 農及園 69 : 150-154.
- 55) 山口誠之, 小綿寿志, 東 正昭. 1994. いくつかの組合せによる良食味, いもち病強系統出現頻度. 日作東北支部報 37 : 93-95.
- 56) 山口誠之, 裘 伯欽, 東 正昭. 1995a. 切除茎授粉によるイネの簡易交配法. 育雑 45 : 125-127.
- 57) 山口誠之, 裘 伯欽, 田村泰章, 横上晴郁, 東 正昭. 1995b. 切除茎授粉によるイネ交配法の諸条件の検討. 育雑 45(別1) : 313.
- 58) 山口誠之, 田村泰章, 横上晴郁, 東 正昭. 1995c. イネの良食味, いもち病抵抗性の個体選抜効果. 日作東北支部報 38 : 117-119.
- 59) 山口誠之, 田村泰章, 横上晴郁, 東 正昭. 1995d. イネいもち病抵抗性品種による経済的評価の試み. 東北農業研究 48 : 11-12.
- 60) 山口誠之, 小綿寿志, 春原嘉弘, 東 正昭. 1997a. イネの良食味, いもち病抵抗性系統の選抜. 東北農試研報 92 : 35-42.
- 61) 山口誠之, 近藤武晴, 東 正昭. 1997b. いもち病圃場抵抗性品種利用による薬剤防除削減の可能性. 日作東北支部報 40 : 31-33.
- 62) 山口誠之. 1998. あなたにも手軽にできるイネの交配. 遺伝別冊 10 : 132-136.
- 63) Yamaguchi, M.; H. Saitoh; T. Higashi. 2000. Effect of varietal field resistance for control of rice blast (Tharreau, D. *et al.* ed., *Advances in Rice Blast Research*). Netherlands. Kluwer Academic Publishers. p.196-202.
- 64) 山口誠之, 片岡知守, 遠藤貴司, 中込弘二. 2004a. いもち耐病性品種に葉いもち防除は必要か. 日作東北支部報 47 : 41-42.
- 65) 山口誠之. 2004b. 東北地域における耐冷性, いもち耐病性水稻品種の開発状況と今後の課題. 農業技術 59 : 351-355.
- 66) 山口誠之, 横上晴郁, 片岡知守, 中込弘二, 滝田 正, 東 正昭, 加藤 浩, 田村泰章, 小綿寿志, 小山田善三, 春原嘉弘. 2005. いもち病に強い良食味水稻品種「ちゅらひかり」の育成. 東北農研研報 104 : 1-16.
- 67) Zenbayashi, K.; T. Ashizawa; T. Tani; S. Koizumi. 2002. Mapping of QTL (quantitative trait locus) conferring partial resistance to leaf blast in rice cultivar Chubu 32. *Theor. Appl. Genet.* 104 : 547-552.

