

山間農業研究所で育成した水稻の歴代中部系統における いもち病抵抗性と食味関連形質

水上優子*・中村 充*・中嶋泰則**

摘要：山間農業研究所で育成した品種・系統のいもち病抵抗性・食味関連形質の再評価を行い、得られた知見を報告する。

- 1 葉いもち圃場抵抗性は育成年が後期になるにつれて向上する傾向があったが、穂いもち抵抗性の向上にはばらつきがあった。
- 2 育成品種・系統は葉いもち・穂いもちの抵抗性反応は相関があった。
- 3 育成年が後期になるにつれて、食味関連形質の数値は顕著に向上した。
- 4 いもち病抵抗性と食味関連形質について、玄米タンパク質との相関はあったが、味度値については明瞭な関係は認められなかった。
- 5 既知の圃場抵抗性遺伝子をもつ品種・系統についても、抵抗性にはばらつきがあり、安定発現には遺伝子の集積や新遺伝子の導入が重要と考えられた。

キーワード：水稻、いもち病抵抗性、圃場抵抗性、食味

Re-evaluation of Blast Resistance and Eating Quality of Lines and Cultivars Bred in a Mountainous Research Institute for 80 years

MIZUKAMI Yuko, NAKAMURA Mitsuru and NAKAJIMA Yasunori

Abstract: A mountainous research institute in Aichi has bred many rice cultivars and lines for many years. We re-evaluated the blast resistance and characteristics relevant to eating quality.

1. Recently bred lines and cultivars exhibited stronger leaf blast resistance, but their panicle blast resistance levels varied.
2. Leaf and panicle blast resistance were correlated.
3. The characteristics relevant to the eating quality of later-bred lines and cultivars were clearly improved.
4. There was no clear correlation between blast resistance and the characteristics relevant to eating quality.
5. Some lines and cultivars had been known to include field blast-resistance genes. Their resistance varied because of varied genetic background and/or environmental effects. In order to breed superior cultivars, it is important to introduce new resistance genes and/or to introduce more than one known resistant genes in rice breeding programs.

Key Words: Paddy, Blast resistance, Field blast resistance, Eating quality

本研究の一部は、日本作物学会第231回講演会(2011年3月)において発表した。
本研究は農林水産省指定試験事業及びイネゲノムプロジェクト(現新農業展開プロジェクト)の一環として行ったものである。

*山間農業研究所 **山間農業研究所(現作物研究部)

(2011. 10. 7 受理)

緒言

山間農業研究所は1933年山間農業研究の拠点として北設楽郡稲橋村（現豊田市稲武町）に「愛知県農事試験場稲橋試験地」として新設され、現在に至るまで組織改編・名称変更を行いつつ、山間農業振興を目指した研究を行っている¹⁾。水稲においては、温暖地山間・中山間地特有の冷涼・多雨・寡照の気象条件からいもち病・冷害の発生が多く、一貫して品種改良と普及・奨励に努めてきた²⁾。

特にいもち病への対策として、「真性抵抗性」に比べ、いもち病菌レースに対する特異反応性がなく、抵抗性の崩壊が起きにくい「圃場抵抗性」に着目し、昭和初期から陸稲「戦捷」等の持つ圃場抵抗性遺伝子を水稲に導入し、多数の抵抗性品種群を育成してきた³⁾。また、全国でも有数のいもち病の高発生条件の地域で、毎年安定した発病検定が行えることから、1967年に「温暖地の山間・中山間地向きいもち病抵抗性優良品種の育成」を目的に農林水産省水稲育種指定試験地が設置された¹⁾。以後、2011年度に指定試験事業が終了するまでの44年間に、19品種、142地方番号系統（中部系統）を育成した。

一方、1980年代から2000年代にかけて良食味米への要望が高まり「コシヒカリ」「ササニシキ」を主とする極良食味品種が普及し、全国で多数の良食味品種が育成されてきた⁴⁾。しかし、いもち病圃場抵抗性と「コシヒカリ」並の極良食味特性の結合は困難とされ⁵⁾、現在日本で栽培されている品種の多くはいもち病に対する圃場抵抗性を持っておらず⁶⁾、当所においても良食味特性をもついもち病抵抗性品種の育成は困難であった。近年になって、この相反する形質の結合に成功し、2007年に「みねはるか」⁷⁾、2009年に「中部125号」⁸⁾の高度いもち病抵抗性と良食味を兼ね備えた品種を育成した。

本報告では、これまでに山間農業研究所において育成された品種・系統のいもち病抵抗性・食味（食味関連形質）の再評価を行い、得られた知見を報告する。

材料及び方法

1 供試品種・系統

愛知県農業総合試験場山間農業研究所育成の水稲粳・糯品種・系統167、いもち病判定基準品種・系統50を供試した。

2 耕種概要

(1) いもち病抵抗性検定

2010年6月3日に山間農業研究所穂いもち検定ほ場に1区13~15株、30×6cmの栽植密度で移植した。施肥量は基肥（成分）としてN:P₂O₅:K₂O=0.6:0.9:0.6kg/a、追肥として6月29日、7月6日、7月16日、7月28日にそれぞれ硫酸を窒素成分で0.5kg/a施用した。

調査は2反復で行った。

(2) 食味関連形質評価

2010年5月25日に山間農業研究所ほ場に1区13~15株、30×12.5cmの栽植密度で移植し、施肥量は肥効調節型肥料を用いた全量基肥でN:P₂O₅:K₂O=0.69-0.38-0.29kg/aとした。いもち病防除は7月22日にブラシ粉剤を施用標準にあわせて実施した。10月6日に収穫した。

3 特性評価

(1) いもち病抵抗性

穂いもち検定ほ場において自然発病した葉いもち・穂いもちの発病程度を、11段階評点（無：0~激甚・枯死：10）で調査した。葉いもちは移植2か月後、穂いもちは出穂後30日を目安に評点を行った。圃場抵抗性の評価は、杉浦ら⁹⁾、坂・東ら¹⁰⁾の判定基準品種との発病程度の相対比較評価とした。穂いもちについては、熟期に合わせて表1に示した2水準に分けて評価した。

(2) 食味関連形質評価

簡易ワンパス精米機（(株)山善 YNS-240）の白米仕様（90%）にとう精した白米を用い、食味官能検査値と相関の高いとされる味度値を測定した。測定には味度メーター（(株)東洋精米機製作所 MA-30型）を用い、測定法はメーカーの標準測定法に従った。

玄米窒素（タンパク質）含量は近赤外分光光度計（ニレコ(株)6500HON）で測定した。

4 圃場抵抗性遺伝子型の推定

圃場抵抗性遺伝子として現在特定・利用されている *Pb1*、*pi21*、*Pi34*、*Pi39* について、それぞれ直近のDNAマーカーを用い¹¹⁻¹⁴⁾、PCR法によって遺伝子の有無を推定した。供試品種・系統の葉からTPS法により簡易抽出したDNAを鋳型とし、各遺伝子の既報条件（プライマー組合せ、PCR反応条件、泳動条件）を用いてPCRを実施した。

結果及び考察

1 いもち病抵抗性

表1に供試品種・系統の育成年、出穂日、穂いもち・葉いもち発病程度、圃場抵抗性判定をまとめて示した。育成年はイネ品種特性データベース検索システム（<http://ineweb.narcc.affrc.go.jp/>）の記載年に統一した。

図1に育成年と葉いもち抵抗性、図2に育成年と穂いもち抵抗性の関連を示した。

葉いもち抵抗性は育成年で見ると1983年までは発病程度が下がる傾向にあり、抵抗性の向上が認められたものの、1984年以後発病程度に再びばらつきが生じるようになったが、熟期の違いによる差は認められなかった。これは良食味品種育成のため、いもち抵抗性の弱い良食味品種を交配親として多く用いるようになったためと考えられた。しかし、指定試験地設置年以後は、葉いもち圃場抵抗性判定がやや強~強に分類され

表1-1 育成年といもち病発病程度

品種・系統名	育成年	真性抵抗性遺伝子		圃場抵抗性遺伝子 ³⁾		出穂日	発病程度 ¹⁾		圃場抵抗性判定 ²⁾	
		a	i	Pb1pi21	Pi34Pi39		葉いもち	穂いもち	葉いもち	穂いもち
シュウレイ(中部1号)	1968	a	i			8/3	2.9	6.8	mr	m
セイレイ(中部2号)	1968	a	i			8/4	2.9	7.3	mr	ms
中部3号	1968	a	i			8/9	4.8	8.5	ms	s
中部4号	1968	k				8/16	2.5	5.3	mr	ms
中部5号	1968	a	k			8/30	2.0	5.3	r	ms
中部6号	1969	a	i			8/3	1.5	5.3	r	mr
中部7号	1969	a	k			8/2	1.5	6.3	r	mr
中部8号	1969	a	k			8/21	3.5	5.0	mr	ms
中部糯9号	1970	a	k			8/10	2.5	6.0	mr	mr
中部糯10号	1970	k		+		8/18	2.8	3.0	mr	mr
ミネシキ(中部11号)	1970	a	km			8/24	4.5	6.0	m	s
中部12号	1971	a	i			8/6	2.5	6.0	mr	mr
中部13号	1971	a	km			8/16	4.0	7.8	m	s
中部14号	1972	k				8/17	2.8	4.3	mr	mr
中部15号	1972	a				8/21	3.3	5.8	mr	ms
中部16号	1973	a				8/4	2.5	5.5	mr	mr
ミネアサヒ(中部17号)	1973	a	i			8/10	5.0	7.8	ms	ms
中部18号	1973					8/8	3.8	7.3	m	ms
中部19号	1973	a	km			8/4	2.5	7.0	mr	ms
中部20号	1973	a	km			8/19	2.0	5.0	r	ms
中部21号	1973					8/20	1.0	1.5	r	r
中部22号	1974	+		(+)		8/22	1.0	1.5	r	r
中部23号	1974	a	i			8/25	2.5	4.3	mr	mr
中部24号	1974					8/22	0.8	3.5	r	mr
コマアサヒ(中部25号)	1974					8/29	3.3	4.0	mr	mr
中部26号	1975	a	i			8/5	2.3	5.8	mr	mr
中部27号	1975	a	ta2			8/6	0.8	5.0	r	r
中部28号	1975					8/18	3.0	4.8	mr	m
中部29号	1975	a	ta2			8/21	0.8	3.5	r	mr
中部30号	1975	a	ta2			8/17	0.5	3.3	r	mr
中部31号	1975	+				8/30	3.5	4.0	mr	mr
中部32号	1976	a		+		8/4	1.0	4.8	r	r
中部33号	1976	a		(+)		8/18	1.5	4.3	r	mr
ホウレイ(中部34号)	1977	a	i			8/12	1.5	5.5	r	mr
中部35号	1977	a	i			8/21	2.3	5.5	mr	ms
中部36号	1978	a	km			8/20	2.0	5.3	r	ms
中部糯37号	1978	a		+		8/9	2.3	3.8	mr	r
中部38号	1979	a				8/9	1.5	5.8	r	mr
中部39号	1980	a	i			8/4	2.3	6.0	mr	mr
中部40号	1980	a	i			8/6	2.8	6.3	mr	mr
チヨニシキ(中部41号)	1980	a				8/8	2.5	6.5	mr	m
イフキワセ(中部42号)	1981	a	i			8/5	2.0	6.5	r	m
サチイスマ(中部43号)	1982	a	i			8/2	1.5	6.0	r	mr
中部44号	1982	a				8/11	1.5	5.3	r	mr
中部45号	1983	i				8/3	0.8	5.0	r	r
中部46号	1983	i				8/7	1.0	6.0	r	mr
中部47号	1983	i				8/7	0.8	6.8	r	m
中部48号	1983	a	i			8/21	1.5	5.5	r	ms
中部49号	1984	i				8/4	1.8	5.5	r	mr
中部50号	1984	a				8/11	1.3	4.8	r	r
中部51号	1984	a				8/21	1.8	2.5	r	r
中部52号	1984	a		+		8/26	2.0	2.3	r	r
中部糯53号	1984	a	i			8/9	2.0	4.8	r	r

表1-2 育成年といもち病発病程度

品種・系統名	育成年	真性抵抗性遺伝子		圃場抵抗性遺伝子 ³⁾ <i>Pb1pi</i> <i>21Pi34Pi39</i>	出穂日	発病程度 ¹⁾		圃場抵抗性判定 ²⁾		
						葉いもち	穂いもち	葉いもち	穂いもち	
中部54号	1985	a			8/5	2.3	5.5	mr	mr	
中部55号	1985	i*			8/13	3.5	5.3	mr	ms	
中部56号	1985	a			8/21	2.8	3.8	mr	mr	
ココノエモチ(中部糯57号)	1985	a	+		8/8	2.3	5.3	mr	mr	
中部58号	1986	i			8/1	1.5	7.0	r	ms	
中部59号	1986	+	+		8/4	1.0	6.8	r	m	
中部60号	1986	a	km		8/17	3.5	6.5	mr	s	
中部61号	1986	i			8/23	3.0	4.8	mr	m	
中部62号	1986				8/25	2.8	3.8	mr	mr	
中部63号	1987	i			8/4	3.3	7.3	mr	ms	
中部64号	1987	i			8/7	3.5	7.3	mr	ms	
中部65号	1987	i			8/21	3.5	4.8	mr	m	
中部66号	1987	i			8/22	5.0	6.5	ms	s	
中部67号	1987	a			8/10	2.8	7.0	mr	ms	
いなひかり(中部68号)	1987	i			8/25	3.5	5.5	mr	ms	
中部69号	1988	a	i		8/3	1.0	5.0	r	r	
中部70号	1988	a	i		8/8	1.0	6.3	r	mr	
中部71号	1988	+			8/6	1.8	5.8	r	mr	
中部72号	1988	a			8/8	1.8	5.8	r	mr	
中部73号	1988	a			8/10	1.8	6.0	r	mr	
中部74号	1988	i			8/10	2.5	6.5	mr	m	
中部75号	1989	i			7/30	1.8	7.8	r	ms	
中部76号	1989				8/9	1.8	6.0	r	mr	
中部77号	1989				8/8	1.5	6.0	r	mr	
中部78号	1989		+		8/25	2.0	4.3	r	mr	
中部79号	1989		+		8/27	2.0	2.3	r	r	
中部糯80号	1989				8/1	1.5	5.5	r	mr	
中部糯81号	1989	i			8/22	3.5	3.5	mr	mr	
中部82号	1990	i			8/9	2.5	7.3	mr	ms	
中部83号	1990				8/18	3.0	7.5	mr	s	
中部84号	1991	i			8/8	2.5	7.0	mr	ms	
中部85号	1991	i			8/21	4.3	6.5	m	s	
中部酒86号	1991	i			8/4	3.5	8.8	mr	s	
やえみのり(中部87号)	1992				8/5	0.3	3.0	r	r	
中部88号	1992	i			8/5	1.8	7.5	r	ms	
中部89号	1993	i	+		8/10	3.3	7.3	mr	ms	
中部糯90号	1993	a			8/6	3.3	5.5	mr	mr	
はつもち(中部糯91号)	1993	a			8/23	5.3	5.5	ms	ms	
中部92号	1994	a	i		8/11	4.8	7.0	ms	ms	
中部糯93号	1994	a	i	+	(+)	8/23	4.3	3.0	m	mr
峰ひびき(中部94号)	1995	a	i		8/1	2.3	7.8	mr	ms	
中部95号	1995	a	i		8/9	3.3	7.3	mr	ms	
中部96号	1995	a	i		8/25	4.8	7.3	ms	s	
夢山水(中部酒97号)	1998	a			8/9	3.5	7.0	mr	ms	
中部98号	1996	i			8/4	2.3	7.5	mr	ms	
中部99号	1996	a	i		8/7	2.5	8.0	mr	ms	
中部100号	1996	a	i		8/9	3.5	7.5	mr	ms	
中部101号	1997	a	i		8/11	3.5	7.8	mr	ms	
中部102号	1997	a		+	(+)	8/21	2.8	3.3	mr	mr
中部105号	1999	a	i	+		8/3	0.8	3.0	r	r
中部106号	1999	a	i		8/11	2.8	7.0	mr	ms	
中部107号	2000	a		+		8/25	2.3	1.5	mr	r
中部108号	2001	i			8/13	2.5	5.3	mr	ms	
中部109号	2001	a	i		8/4	1.8	5.5	r	mr	

表1-3 育成年といもち病発病程度

品種・系統名	育成年	真性抵抗性遺伝子		圃場抵抗性遺伝子 ³⁾ <i>Pb1pi</i> <i>21Pi34Pi39</i>	出穂日	発病程度 ¹⁾		圃場抵抗性判定 ²⁾	
		a	i			葉いもち	穂いもち	葉いもち	穂いもち
きぬはなもち(中部糯110号)	2007	a	i	+	8/25	2.5	3.3	mr	mr
みねはるか(中部111号)	2002	i			8/12	1.0	5.5	r	mr
中部糯113号	2002	a	i		8/16	1.5	5.3	r	ms
峰のむらさき(中部糯114号)	2003	a	i		8/5	3.3	9.0	mr	s
中部115号	2003	a	i		8/8	4.5	8.5	m	s
中部116号	2004	a	i	+	8/14	4.3	4.8	m	m
中部117号	2004	a	i	+	8/19	1.3	5.5	r	ms
中部118号	2005	a	i		8/8	2.8	7.8	mr	ms
中部119号	2005	a	i		8/14	3.3	2.8	mr	r
中部120号	2005	a	i	+	9/2	2.8	1.5	mr	r
中部糯121号	2005	a	i		8/9	3.0	7.3	mr	ms
中部糯122号	2006	a	i	+	8/22	4.0	3.5	m	mr
中部123号	2006	a	i	+	8/25	3.7	3.5	m	mr
中部糯124号	2007	i			8/11	1.0	2.5	r	r
中部125号	2007	+		+	8/11	2.8	6.5	mr	m
中部126号	2007	a			8/12	2.8	6.8	mr	m
中部糯127号	2007	a			8/15	1.3	6.3	r	s
中部128号	2008	+			8/1	1.5	7.8	r	ms
中部129号	2008	i		+	8/18	0.5	3.0	r	mr
中部糯130号	2009	i		+	8/6	0.8	4.3	r	r
中部酒131号	2009	a	i	+	8/8	2.5	6.5	mr	m
中部132号	2009	i		+	8/12	4.3	5.5	m	mr
中部133号	2009	a	i	+	8/12	4.3	3.0	m	r
中部IL1号		k	i		8/12	2.0	8.3	r	ms
中部IL2号		km	i		8/15	0.3	2.0	r	r
中部IL3号		ta	i		8/13	0.3	2.0	r	r
中部IL4号		zt	i		8/12	0.3	2.0	r	r
中部IL5号		z	i		8/12	0.3	2.0	r	r
中部IL6号		ta2	i		8/13	0.3	2.0	r	r
中部IL7号		b	i		8/11	0.3	2.0	r	r
(指定試験以前)									
戦捷	1923			(+)	8/5	1.0	6.8	r	m
田戦捷	1930				9/3	5.8	4.3	s	mr
真珠	1936				8/30	6.3	5.8	s	ms
双葉	1940				8/30	4.5	6.0	m	s
若葉	1950				8/23	4.7	5.0	ms	ms
若葉4号	1951			(+)	8/15	2.5	6.3	mr	s
黄金錦	1950				9/2	2.3	2.3	mr	r
ほまれ錦	1950				8/27	2.3	4.0	mr	mr
山路早生	1959				8/5	3.5	6.5	mr	m
白露	1950				8/18	4.3	4.3	m	mr
鈴原糯	1958			(+)	8/23	4.3	4.5	m	m
新金南風	1954				8/31	4.3	3.8	m	mr
秋晴	1962				8/23	4.0	5.0	m	ms
峰光	1965				8/21	4.5	6.8	m	s
喜峰	1968				8/9	3.5	8.0	mr	ms
北斗	1943				8/11	2.8	8.8	mr	s
山栄	1944				8/21	4.3	8.3	m	s
早生双葉	1944				8/16	3.5	8.5	mr	s
綾錦	1947				8/31	4.5	5.3	m	ms
中生秀峰	1945				8/6	2.8	8.3	mr	ms
邦栄	1945				9/3	2.5	2.5	mr	r
泰山	1946				9/2	3.5	3.3	mr	mr
銀嶺	1946				9/1	5.3	6.0	ms	s

表1-4 育成年といもち病発病程度

品種・系統名	育成年	真性抵抗性遺伝子	圃場抵抗性遺伝子 ³⁾		出穂日	発病程度 ¹⁾		圃場抵抗性判定 ²⁾	
			<i>Pb1pi21</i>	<i>Pi34Pi39</i>		葉いもち	穂いもち	葉いもち	穂いもち
邦栄	1945				9/3	2.5	2.5	mr	r
泰山	1946				9/2	3.5	3.3	mr	mr
銀嶺	1946				9/1	5.3	6.0	ms	s
銀河	1954				8/5	1.5	7.5	r	ms
中生銀河	1954				8/21	1.8	5.0	r	ms
千代栄	1959				8/16	2.0	4.8	r	m
うこん錦	1951				8/22	2.3	4.5	mr	m
万代錦	1951				8/23	2.8	5.3	mr	ms
金星	1952				8/19	3.3	6.0	mr	s
若金	1958				9/1	4.0	5.8	m	ms
(比較・参考)									
コシヒカリ					8/21	6.5	7.0	s	s
東北IL1号					8/5	4.8	9.0	ms	s
東北IL2号		i			8/8	4.8	9.3	ms	s
東北IL3号		k			8/7	4.8	9.3	ms	s
東北IL4号		km			8/7	4.0	9.3	m	s
東北IL5号		z			8/7	0.5	3.5	r	mr
東北IL6号		ta			8/8	0.5	6.5	r	m
東北IL7号		ta2			8/9	0.0	3.0	r	mr
東北IL8号		zt			8/8	0.0	1.8	r	r
東北IL9号		b			8/7	0.0	1.8	r	r

注 1) 0:病徴なし~10:激甚(枯死、健全初なし)

2) 葉いもち 0-2.2:r、2.3-3.6:mr、3.7-4.7:m、4.8-5.8:ms、5.9-10:s

穂いもち(8/12以前出穂) 0-5.2:r、5.3-6.5:mr、6.6-7:m、7.1-8.5:ms、8.6-10:s

穂いもち(8/13以後出穂) 0-3.0:r、3.1-4.4:mr、4.5-4.8:m、4.9-5.9:ms、6-10:s

3) (+)はマーカーバンドが認められた中で、系統の育成来歴から遺伝子の由来が特定できないもの

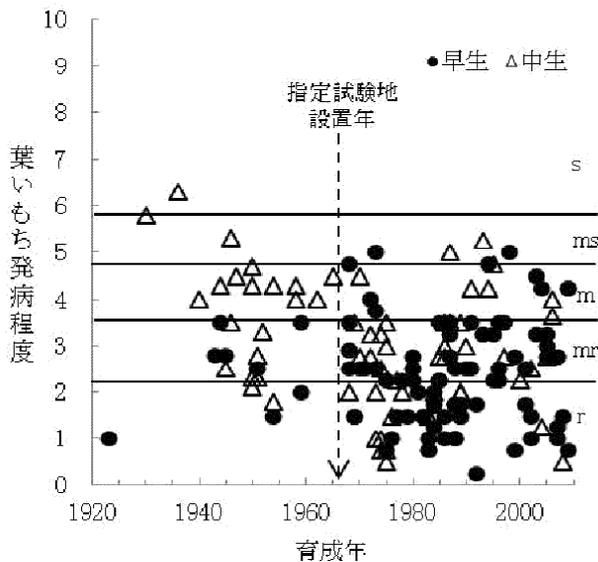


図1 育成年と葉いもち発病程度
圃場抵抗性判定 s:弱、ms:やや弱、m:中、mr:やや強、r:強

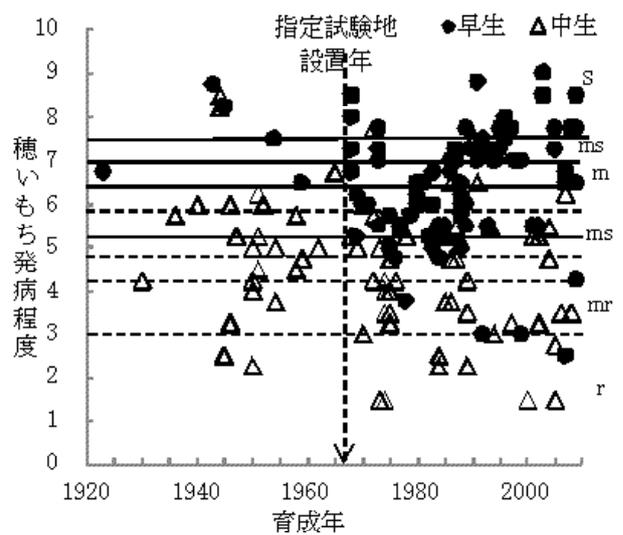


図2 育成年と穂いもち発病程度
圃場抵抗性判定 s:弱、ms:やや弱、m:中、mr:やや強、r:強
(実線は早生、破線は中生の判定境界を示す)

るものが多く、圃場抵抗性の向上が認められた。

穂いもち抵抗性はその発生時期が秋冷にかかる中生・晩生系統では発病しにくく、一般にその評価が困難であるが、2010年は残暑の厳しい高温年であったため、9月11日までに収穫した品種・系統については評価を行うことができた。しかし、育成年、熟期にかかわらず発病程度のばらつきが大きかった。指定試験地設置年以後は、穂いもち圃場抵抗性判定がやや強～強に分類されるものが、中生系統で多くなった。これは後述する圃場抵抗性遺伝子Pb1の導入系統が増えたことが一因と考えられる。穂いもち圃場抵抗性の向上は葉いもちほど明瞭ではなく、選抜の困難さが示された。

図3に早生系統の、図4に中生系統の葉いもち・穂いもち抵抗性程度の関連を示した。

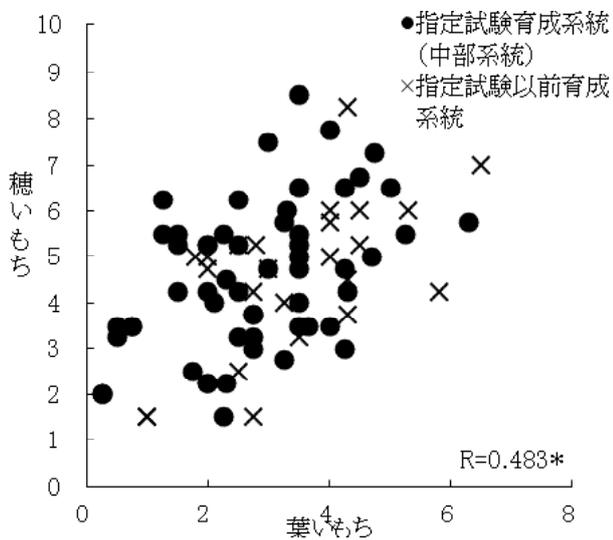


図3 早生系統の葉いもちと穂いもち発病程度

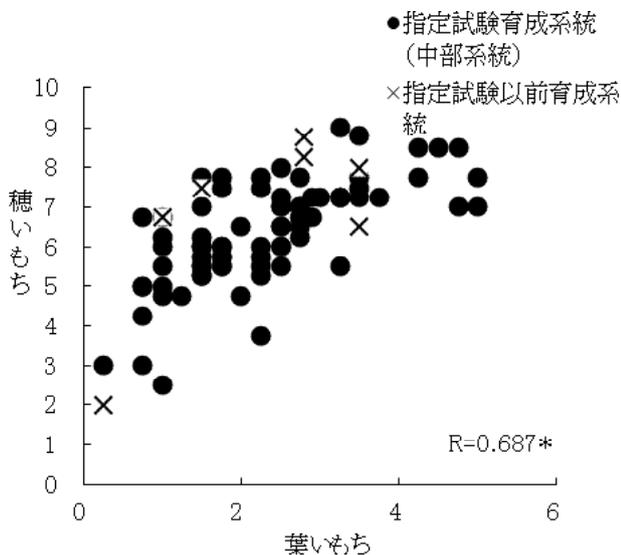


図4 中生系統の葉いもちと穂いもち発病程度

早生系統・中生系統ともに、育成時期に関わらず葉いもちと穂いもちの発病程度に相関が認められた。ただし、中生系統については早生系統に比べて穂いもちのばらつきが大きかった。中生系統は登熟期間が長く、気温低下によっていもち病の進行がやや緩慢になり、発病程度の進行の微差が早生系統より強く出たものと考えられる。葉いもちと穂いもちの真性抵抗性反応は本質的には同一とされるが、圃場抵抗性については、多くの品種が一致するものの、葉いもちと穂いもちの抵抗性に逆転が見られる場合も報告されている¹⁵⁾。

本報告の結果では、当所の育成系統の葉いもちと穂いもちの抵抗性はよく一致した。しかし当初で近年の育種に用いている圃場抵抗性遺伝子Pb1は葉いもち抵抗性は中程度だが穂いもち抵抗性は強であり、pi21は逆に葉いもち抵抗性は強だが穂いもち抵抗性はやや強にとどまる^{12, 16)}。このような逆転反応の要因は明らかでないが、栄養生長期と生殖期間と遺伝子の働きに何らかの関連がある可能性がある。

2 食味関連形質

表2に供試品種・系統の味度値と玄米タンパク質含量をまとめた。

本報告で食味評価に用いた味度メーターは白米を炊飯した状態に近づけ、米の保水膜(飯粒表面の粘り物質)の厚さを電磁波で測定し、食味評価を行うものである。味度メーターで測定された食味は味度値(100点上限)で表わされ、食味官能試験結果、特に粘りとの相関は極めて高いと報告されている^{17, 18)}。また玄米タンパク質含量は古くから食味への関連が認められ、一般に低タンパク質の方が良食味であるとされている^{19, 20)}。

図5に育成年と味度値、図6に育成年と玄米タンパク質含量を示した。なお、特に玄米タンパク質含量は熟期に影響をうけるため、熟期別に表示した。

育成年が後期になるに従って、味度値は顕著に上昇しており、近年の育種上の良食味形質の導入と選抜効果が認められた。一方同じく食味に影響を与える玄米タンパク質含量については、指定試験以前に育成した品種に比べ、指定試験地設置後の育成品種・系統の方が減少傾向にあったが、顕著な減少差はなかった。熟期別では早生より中生の方が低かった。このため、近年の育成品種・系統の良食味化は、味度値によって表わされる粘りの向上によって、達成されていると思われる。

図7に出穂日と玄米窒素含量を示した。育成時期にかかわらず出穂日が遅くなるにつれて玄米窒素含量は減少した。早生の場合、出穂時期が早く土壌の窒素が多く葉の窒素含有率も高いので、玄米タンパク質含量が高くなるとされており、逆に中生は生育期間が長いので相対的に玄米タンパク質含量が減少する傾向にある²¹⁾。

図8に出穂日と味度値を示した。玄米窒素含量と異なり、指定試験以前の育成系統の味度値が明らかに低いことを除き、出穂日と味度値には明瞭な関係が認め

表2-1 玄米窒素含量と味度値

品種・系統名	出穂日	玄米窒素 ¹⁾	味度値 ²⁾	品種・系統名	出穂日	玄米窒素 ¹⁾	味度値 ²⁾
シュウレイ(中部1号)	7/29	9.41	57	中部酒86号	7/30	-	-
セイレイ(中部2号)	7/30	8.95	62	やえみのり(中部87号)	7/28	8.50	60
中部3号	8/4	8.58	49	中部88号	7/29	7.44	65
中部4号	8/6	7.60	62	中部89号	8/1	8.94	67
中部5号	8/16	7.48	69	中部糯90号	7/26	9.14	-
中部6号	7/25	7.88	57	中部92号	8/3	8.09	66
中部7号	7/30	-	68	中部糯93号	8/11	7.83	-
中部8号	8/12	7.79	62	峰ひびき(中部94号)	7/25	8.88	66
中部糯9号	8/3	7.78	-	中部95号	7/30	9.19	75
中部糯10号	8/6	7.48	-	中部96号	8/18	9.03	56
ミネニシキ(中部11号)	8/13	7.45	61	夢山水(中部酒97号)	8/2	-	-
中部12号	7/27	7.79	64	中部98号	7/28	-	60
中部13号	8/6	7.65	-	中部99号	8/2	8.84	73
中部14号	8/6	7.34	67	中部100号	8/6	8.52	73
中部15号	8/14	7.30	69	中部101号	8/7	8.15	-
中部16号	7/26	-	62	中部102号	8/13	8.71	67
ミネアサヒ(中部17号)	8/4	6.80	72	中部105号	7/25	9.05	63
中部18号	8/1	7.24	70	中部106号	8/6	8.31	69
中部19号	7/28	7.63	58	中部107号	8/15	7.27	-
中部20号	8/11	7.63	67	中部108号	8/8	7.88	64
中部21号	8/18	7.32	62	中部109号	7/26	8.57	71
中部22号	8/2	7.81	59	きぬはなもち(中部糯110号)	8/16	7.35	-
中部23号	8/15	7.35	61	みねはるか(中部111号)	8/4	8.18	74
中部24号	8/16	6.68	65	中部糯113号	8/3	8.94	-
コマアサヒ(中部25号)	8/19	6.42	68	峰のむらさき(中部糯114号)	7/28	8.92	-
中部26号	7/25	7.97	59	中部115号	8/22	7.20	-
中部27号	7/28	7.58	70	中部116号	8/21	-	69
中部28号	7/26	7.96	61	中部117号	8/4	7.09	73
中部29号	8/7	6.80	71	中部118号	8/1	7.93	70
中部30号	8/11	7.28	68	中部119号	8/4	7.11	73
中部31号	8/20	7.54	71	中部120号	8/22	8.25	64
中部32号	7/26	8.63	60	中部糯122号	8/13	7.30	-
中部33号	8/9	7.28	66	中部123号	8/17	7.34	70
ホウレイ(中部34号)	7/31	8.15	67	中部糯124号	7/28	8.29	-
中部35号	8/11	6.61	67	中部125号	7/30	7.80	73
中部36号	8/11	7.28	63	中部126号	8/2	7.60	71
中部糯37号	7/29	8.66	-	中部糯127号	8/4	8.81	-
中部38号	7/29	7.98	60	中部128号	7/22	9.00	-
中部39号	7/24	-	76	中部129号	8/4	7.88	77
中部40号	7/26	8.30	66	中部糯130号	7/30	7.85	-
チヨニシキ(中部41号)	7/30	7.76	76	中部酒131号	8/1	-	-
イブキワセ(中部42号)	7/26	-	75	中部132号	8/5	7.92	72
サチイズミ(中部43号)	7/24	8.53	69	中部133号	8/6	7.87	71
中部44号	7/30	7.70	75	中部IL1号	8/4	8.06	73
中部45号	7/26	8.04	67	中部IL2号	8/7	7.74	71
中部46号	7/25	-	58	中部IL3号	8/3	8.63	69
中部47号	7/28	8.61	73	中部IL4号	8/4	8.62	70
中部48号	8/9	7.21	68	中部IL5号	8/4	8.63	66
中部49号	7/27	7.90	60	中部IL6号	8/4	8.59	70
中部50号	7/30	8.61	50	中部IL7号	8/4	8.43	68
中部51号	8/11	7.57	51				
中部52号	8/19	6.99	52	(指定試験以前)			
中部糯53号	8/2	8.16	-	戦捷	7/28	-	57
中部54号	7/29	-	54	田戦捷	8/21	7.11	49

表2-2 玄米窒素含量と味度値

品種・系統名	出穂日	玄米窒素 ¹⁾	味度値 ²⁾	品種・系統名	出穂日	玄米窒素 ¹⁾	味度値 ²⁾
中部56号	8/13	7.27	56	双葉	8/17	7.46	46
ココノエモチ(中部糯57号)	7/31	8.64	-	若葉	8/15	11.06	52
中部58号	7/23	-	58	若葉4号	8/6	8.37	53
中部59号	7/28	8.58	59	黄金錦	8/21	8.12	66
中部60号	8/11	7.46	64	ほまれ錦	8/15	8.42	56
中部61号	8/17	7.88	63	山路早生	7/28	-	46
中部62号	8/18	6.66	65	白露	8/18	7.27	53
中部63号	7/29	8.80	56	鈴原糯	8/11	7.84	52
中部64号	8/2	7.59	72	新金南風	8/19	7.56	53
中部65号	8/13	7.31	66	秋晴	8/16	7.71	61
中部66号	8/14	7.65	62	峰光	8/7	9.18	51
中部67号	8/3	7.85	67	喜峰	7/31	-	53
いなひかり(中部68号)	8/17	6.89	64	北斗	7/30	9.65	46
中部69号	7/26	7.30	73	山栄	8/11	8.89	46
中部70号	7/30	7.87	69	早生双葉	8/7	8.08	54
中部71号	7/30	8.30	72	綾錦	8/20	7.31	-
中部72号	7/30	8.27	74	中生秀峰	7/31	8.89	71
中部73号	8/2	7.96	73	邦栄	8/22	7.24	49
中部74号	8/1	7.93	71	泰山	8/19	7.96	52
中部75号	7/21	-	62	銀嶺	8/20	-	50
中部76号	8/1	7.61	72	銀河	7/26	10.22	54
中部77号	7/30	6.56	78	中生銀河	8/6	9.07	46
中部78号	8/13	7.65	71	千代栄	8/6	9.53	45
中部79号	8/19	7.53	63	うこん錦	8/12	8.88	55
中部糯81号	8/12	8.31	-	万代錦	8/16	8.55	55
中部82号	7/30	7.89	63	金星	8/5	10.10	48
中部83号	8/7	7.53	66	若金	8/22	8.12	48
中部84号	8/1	7.79	67				
中部85号	8/10	7.43	66	コシヒカリ	8/1	8.66	70

注 1) 近赤外分光光度計(ニレコ 6500HON)、 2) 味度メーター(東洋精米機製作所 MA-3型)

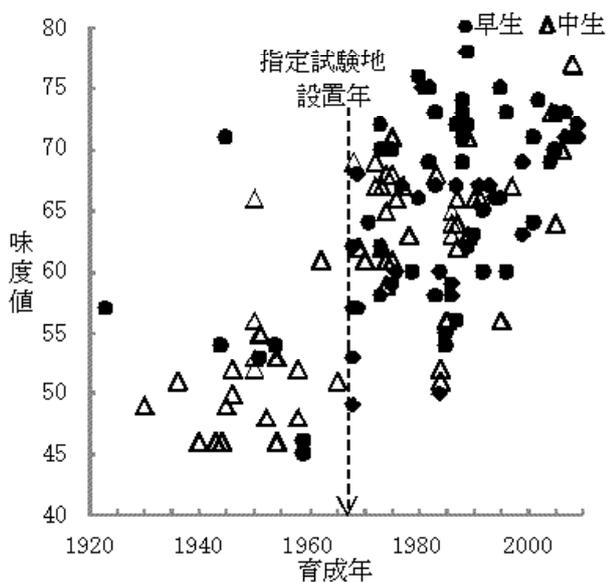


図5 育成年と味度値

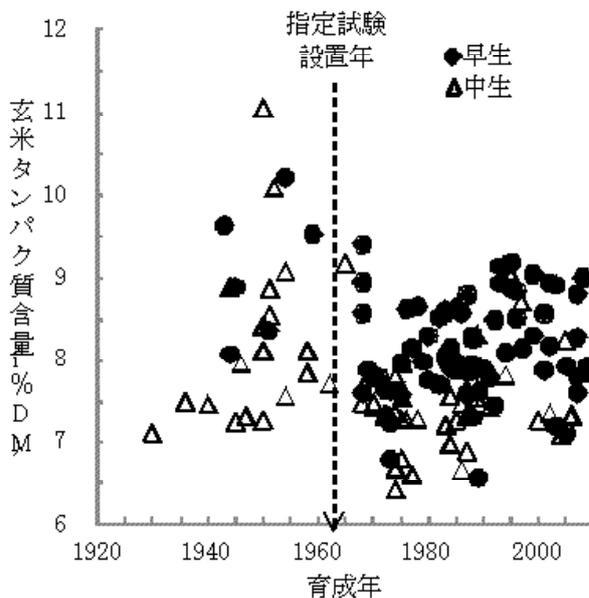


図6 育成年と玄米タンパク質含量

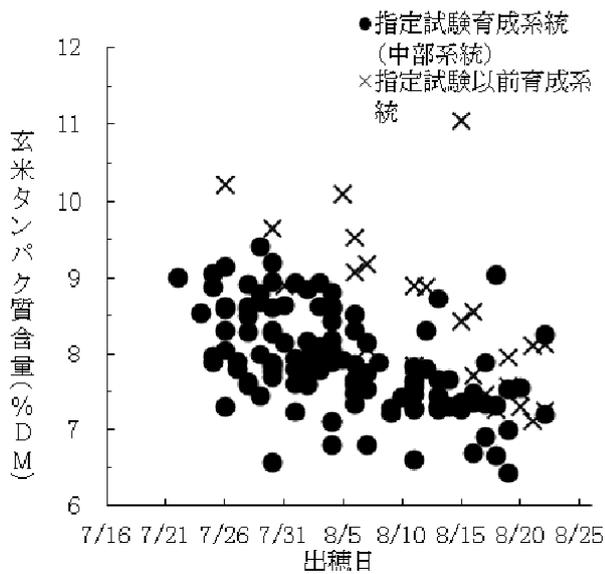


図7 出穂日と玄米タンパク質含量

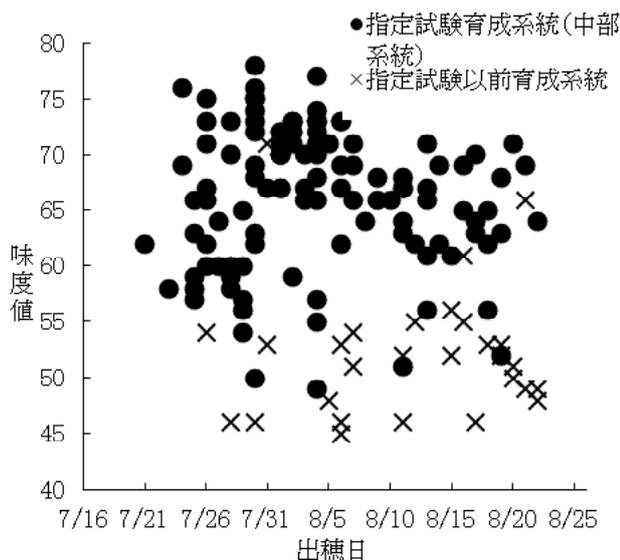


図8 出穂日と味度値

られなかった。

図9には玄米タンパク質含量と味度値を示した。早生系統については負の相関が認められたが、中生系統では両者に相関はなかった。一般に玄米タンパク質が多いと粘りが減る傾向があるため²²⁾、玄米タンパク質のやや多い早生系統で味度値が下がったものと思われる。

3 いもち病抵抗性と食味関連形質

図10、図11に供試品種・系統の穂いもち発病程度と味度値、玄米タンパク質含量を示した。

従来、食味良好な品種はいもち病圃場抵抗性が劣る傾向にあるとされてきた⁵⁾が、本報告の供試品種・系統群においては育成年に関わらず、穂いもち発病程度と味度値に相関が認められなかった。

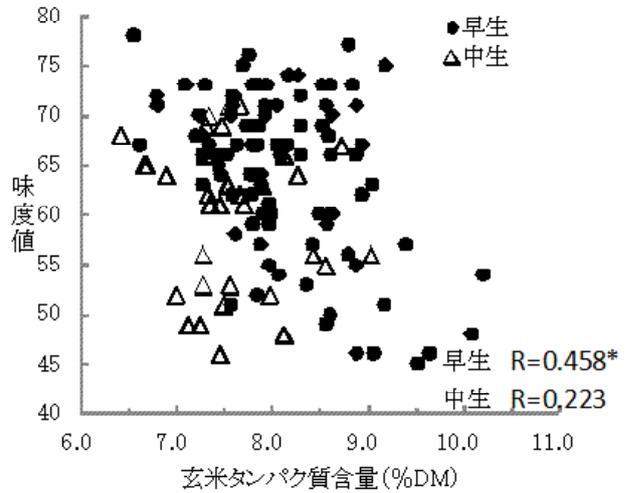


図9 玄米タンパク質含量と味度値

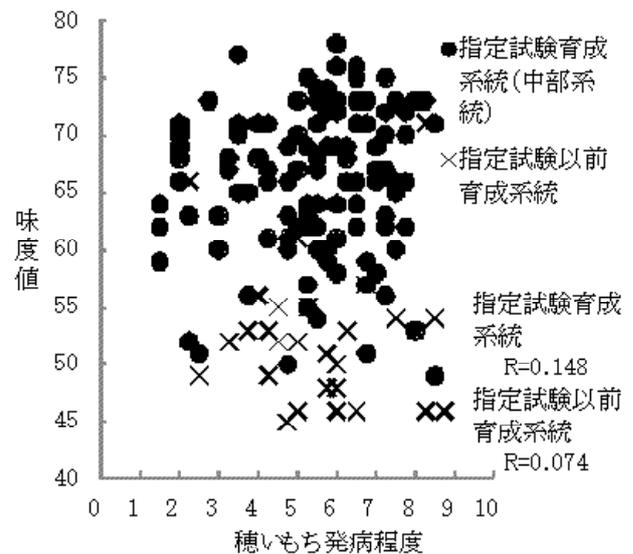


図10 穂いもち発病程度と味度値

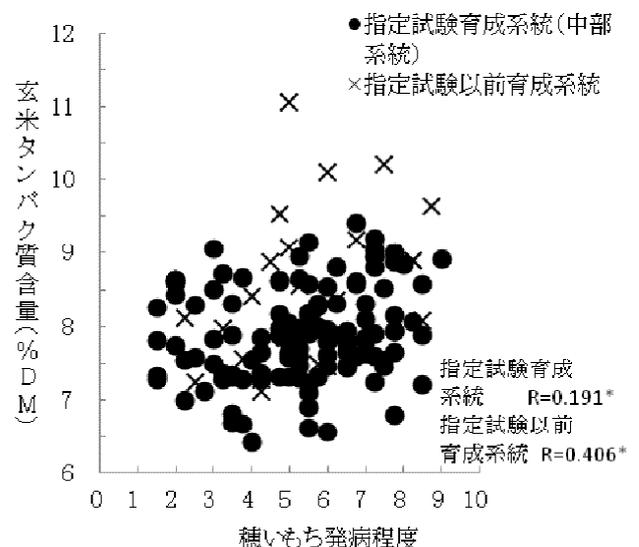


図11 穂いもち発病程度と玄米タンパク質含量

一方、穂いもち発病程度と玄米タンパク質含量には相関があった。これは穂いもちの進行が稲体の多窒素状態で助長されるため、玄米へのタンパク質への移行が起きやすい系統があると考えられた。

現在同定されているいもち病圃場抵抗性遺伝子*pi2l*は食味不良因子と連鎖しており、その連鎖を切ることによって良食味と圃場抵抗性の両立を達成した。この食味不良因子は特定されていないが、味度値を下げる（粘りを低下させる）か、稲体や米粒の窒素状態を制御する作用を持つものかもしれない。一方で*Pi39*は食味を損なう連鎖のない遺伝子として中国雲南省の稲品種から探索され、実用化されている⁷⁾。このように、圃場抵抗性遺伝子と良食味特性との関連は遺伝子によって異なっており、これまで考えられていたよりその関係は複雑になったと考えられる。

4 ほ場抵抗性遺伝子の効果

ゲノム情報の公開により、いもち病抵抗性遺伝子においても、単一で作用する遺伝子や、個々の作用は小さい遺伝子（微動遺伝子）が相加相乗的に働き強い抵抗性を示す遺伝子群が、DNAマーカーによるQTL解析などにより加速度的に単離・同定されている²³⁾。当所で育種に積極的に利用しているのはインディカ稲「Modan」に由来する*Pb1*、陸稲「戦捷」に由来する*pi2l*、中国水稻品種「ハオナイファン」に由来する*Pi39*、「中国40号」に由来する*Pi34*の4遺伝子であり、それぞれDNAマーカーを用いた選抜が可能となっている。この4遺伝子について、直近の公開DNAマーカーによる各品種・系統の遺伝子型推定を表1に示した。

表1からは、同じ遺伝子でもいもち病抵抗性にばらつきがあり、様々であり、それぞれの品種・系統の持つ遺伝的背景や環境による影響があることが示唆される。また、上記4遺伝子のいずれの遺伝子型も持たないが、強い抵抗性を示す系統もあり、これらは未知の圃場抵抗性遺伝子を持つ可能性や、前述のような微動遺伝子が集積されて抵抗性を高めている可能性がある。

なお、本報告で用いたマーカーは遺伝子と強く連鎖することが確認された直近マーカーではあるが、遺伝子そのものではないため、品種・系統の来歴からは遺伝子保有が示唆されないのにマーカー「+」となる場合があった。直近連鎖マーカーにはこのような限界はあるが、多数の個体を扱う初期選抜には極めて有効であり、将来的に遺伝子そのものをマーカーとすることで、誤選抜の危険性は減少するものと考えられる。

5 今後の育種方向

本報告において、これまでの育成品種・系統において葉いもち発病程度の軽減と食味の向上は明らかであり、当所が育種の主眼としてきたいもち病圃場抵抗性育種による抵抗性付与は達成してきているが、穂いもち抵抗性の向上については、さらなる安定発現が重要となると思われた。

近年、これまでに知られている圃場抵抗性遺伝子以

外にも、続々と新しい遺伝子が報じられるようになった。抵抗性の遺伝資源も従来のインディカや陸稲にとどまらず、野生稲や外国稲からの遺伝子単離も報告されている²⁴⁾。それらの新規遺伝子の今後の育種への活用を進める必要がある。

今回育成品種・系統の同一条件によるいもち病抵抗性検定と食味関連形質の評価から、これまでの育成系統の中にも新たな遺伝子探索ができる可能性が示されたため、改めて解析をしていくことも重要である。そのような解析においても、DNAマーカーの活用による分類・選抜は今後ますます重要になると思われる。指定試験以前や初期育成時期においては選抜を生物検定に頼っていたため、単一で働く圃場抵抗性遺伝子と食味の連鎖を打破することもできなかったし、微動遺伝子の作用は遺伝解析で確認されていてもその集積は困難であった。

圃場抵抗性には環境要因や遺伝的背景、量的遺伝子の場合はその集積程度により抵抗性に変動が生じることがある。こうした変動幅を小さくする努力も必要である。これには抵抗性遺伝子以外の遺伝的背景を極力均一にして、圃場抵抗性遺伝子の効果を最大限発揮できる同質遺伝子系統群の活用も有用である。

当所は全国でも稀ないもち病の自然激発検定地であり、この地の利を活かし、DNAマーカーによる遺伝解析や遺伝子集積・選抜と抵抗性反応の解析を積極的に進めていく必要がある。

謝辞：供試品種・系統の育成にあたり、ご指導・ご協力いただいた多くの関係者の方々に深謝いたします。

引用文献

1. 愛知の稲編纂会. 愛知の稲-水田農業の移り変わり-. 愛知県. p.1-1515(1991)
2. Saka, N. Rice (*Oryza sativa* L.) breeding for field resistance to blast diseases (*Pyricularia oryzae*) in Mountainous Region Agricultural Research Institute, Aichi Agricultural Research Center of Japan. Plant Prod. Sci. 9, 3-9(2006)
3. Takita, T and O. Solis. Rice breeding at the National Agricultural Research Center for the Tohoku Region (NARCT) and rice varietal recommendation process in Japan. Bull. Natl. Agric. Res. Cent. Tohoku Reg. 100, 93-117(2002)
4. 横尾政雄. 1956~2005年に都道府県で栽培面積1位となった水稻品種-粳米-. 農業技術. 63(10), 446-451(2008)
5. 櫛淵欽也. 稲の銘柄品種とイモチ病抵抗性. 今月の農薬. 22, 46-53(1978)
6. 藤巻宏. いもち病抵抗性と他の病害虫抵抗性その他主要形質との組合せ育種の可能性, “イネのいもち病と抵抗性育種” 山崎義人・高坂卓爾編著, 博友社, 東京. p.513-523(1980)

7. 坂紀邦, 寺島竹彦, 工藤悟, 加藤恭宏, 杉浦和彦, 遠藤征馬, 城田雅毅, 井上正勝, 大竹敏也. いもち病高度圃場抵抗性を有する水稻新品種「みねはるか」. 愛知農総試研報. 39, 95-109(2007)
8. 坂紀邦, 福岡修一, 安東郁男, 寺島竹彦, 工藤悟, 城田雅毅, 杉浦和彦, 佐藤宏之, 前田英郎, 遠藤征馬, 加藤博美, 井上正勝. いもち病高度圃場抵抗性と極良食味特性を併せ持つ水稻新品種「中部125号」の育成. 愛知農総試研報. 42, 171-183(2010)
9. 杉浦和彦, 坂紀邦, 大竹敏也, 工藤悟. 温暖地中山間における葉いもち圃場抵抗性基準品種の選定. 東海作物研究. 132・133, 1-6(2002)
10. 東正昭, 坂紀邦, 遠山孝通. イネ育種マニュアル A. 特性検定 I. 耐病性. (山本隆一, 堀末登, 池田良一編) 農業研究センター研究資料. 30, p. 6-19(1995)
11. イネの穂いもち抵抗性を間接的に識別できる分子マーカー. 特許第3153889号
12. Fukuoka, S., Saka, N., Koga, H., Ono, K., Shimizu, T., Ebana, K., Hayashi, N., Takahashi, A., Hirochika, H., Okuno, K. and Yano, M. Loss of function of a proline-containing protein confers durable disease resistance in rice. *Science*. 325, 998-1001(2009)
13. 善林薫, 鬼頭英樹, 中嶋敏彦. いもち病圃場抵抗性遺伝子Pi34を保有するイネ個体を選抜できるDNAマーカー. 平成22年度東北農業研究センター成果情報. (2011)
14. Terashima, T., Fukuoka, S., Saka N. and Kudo, S. Mapping of a blast field resistance gene *Pi39(t)* of elite rice strain Chubu 111. *Plant Breeding* 12 (7), p. 485-489(2008)
15. 進藤敬助, 浅賀宏一. イネ品種の穂いもち検定法に関する研究. 東北農業試験場研究報告. 80, 1-51 (1989)
16. Hayashi, N., Inoue, H., Kato, T., Funao, T., Shirota, M., Shimizu, T., Kanamori, H., Yamane, H., Hayano-Saito, Y., Matsumoto, T., Yano, M. and Takatsuji, H. Durable panicle blast-resistance gene *Pb1* encodes an atypical CC-NBS-LRR protein and was generated by acquiring a promoter through local genome duplication. *The Plant Journal*. 64(3), 498-510(2010)
17. 庄司一郎, 倉沢文夫. 味度メーターと官能試験とによる米の食味評価. 日本家政学会第43回大会研究発表要旨集. C80(1991)
18. 田中良, 猪野亮, 神名川真三郎. 水稻の栽培法と食味の関係(第1報)味度メーターによる食味測定. 日本作物学会東北支部会報. 35, 45-46(1992)
19. 田中國介. 米蛋白質の化学-プロテインボディの構造と分布-. 研究ジャーナル18(1), 33-40(1995)
20. 増村威宏, 斉藤雄飛. 米の外観品質・食味研究の最前線(3)米の食味に關与する貯蔵タンパク質の米粒内分布の解析. 農業および園芸85(12), 1235-1239(2010)
21. 松崎昭雄. 穂への物質の蓄積. 農業技術体系作物編. 1, 基+246の172-178
22. 平俊雄, 庄司一郎. タンパク質の除去が精米粉の膨潤度と溶解度に与える影響. 日本食品科学工学会誌. 47(8), 638-641(2000)
23. Koide, Y., Kobayashi, N., Xu, D. and Fukuta, Y. Blast resistance genes and their selection markers in rice (*Oryza sativa* L.) JIRCAS Working report No. 63. 95-123(2009)
24. 福田善通. 世界におけるイネいもち病抵抗性遺伝資源の多様性. 農業及び園芸. 85(1), 20-24(2010)