

## 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

坂 紀邦\*・福岡修一\*\*・寺島竹彦\*\*\*・工藤 悟\*・城田雅毅\*\*\*\*・安東郁男\*\*\*\*\*・杉浦和彦\*・  
佐藤宏之\*\*\*\*\*・前田英郎\*\*\*\*\*・遠藤征馬\*・加藤博美\*\*\*\*\*・井上正勝\*\*\*\*\*

摘要：「中部125号」は、2009年に愛知県農業総合試験場山間農業研究所（愛知山間：農林水産省水稻育種指定試験）、独立行政法人農業生物資源研究所（生物研）及び農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所（作物研）が育成した水稻品種である。

2001年、愛知山間において陸稲「戦捷」由来のいもち病圃場抵抗性遺伝子 *pi21* を持つ「稲系IL946」を母本とし、「コシヒカリ」を父本として人工交配し、更に「コシヒカリ」を戻し交配した後代から遺伝子情報を有効に活用したゲノム育種法を用いて選抜・育成した。2003年に圃場でB<sub>1</sub>F<sub>1</sub>を養成し、DNAマーカーを用いて *pi21* 遺伝子を持つ個体を選抜した。2004年にB<sub>1</sub>F<sub>2</sub>世代、6000個体についてDNAマーカー選抜による大規模選抜を実施し、*pi21* 遺伝子の近傍にある食味不良遺伝子との連鎖を打破した「中部125号」を選抜した。本種は、早生種で草型は中間型である。収量は「チヨニシキ」と同等である。玄米の外観品質は良好で、食味は極良好である。陸稲「戦捷」由来のいもち病圃場抵抗性遺伝子 *pi21* を持ち、いもち病圃場抵抗性に優れる。

キーワード：いもち病抵抗性、「中部125号」、極良食味、ゲノム育種、水稻、*pi21*

## Breeding of A New Rice Variety " Chubu 125 " with High Field Resistance for Blast and Excellent Eating Quality

SAKA Norikuni, FUKUOKA Shuichi, TERASHIMA Takehiko, KUDO Satoru,  
SHIROTA Masaki, ANDO Ikuo, SUGIURA Kazuhiko, SATO Hiroyuki,  
MAEDA Hideo, ENDO Ikuma, KATO Hiromi and INOUE Masakatsu

Abstract: A new rice variety Chubu 125 was developed in 2009 by Mountainous Resion Agricultural Research Institute(MARI) Aichi Agricultural Research Center, National Institute of Agrobiological Sciences(NIAS) and National Institute of Crop Science(NICS).

Chubu 125 was bred from a cross made in 2001 between Inakei IL946 and Koshihikari at MARI. Its breeding process was followed by the B<sub>1</sub>F<sub>1</sub> plant growing 2003 and maker-aided-selection(MAS) has done. MAS was done in 2004 on the B<sub>1</sub>F<sub>2</sub> population(6000 individuals) and since then the genome breeding, using the effective genome infomation has been applied for breeding work. Chubu125 was selected by genome breeding, with separated from the linkage drag between blast resistance and poor eating quality.

It is a early maturing rice variety. The plant is medium panicle weight type. It is a non glutinous rice variety which has same yielding ability as c.v Chiyonishiki. It has an excellent kernel appearance and eating quality. The variety possessed blast resistance gene *pi21*, derived from upland rice c.v. Sensho, it has high field resistance to blast.

Key Words: Blast resistance, Chubu 125, Excellent eating quality, Genome breeding,  
Paddy rice, *pi21*

\* 山間農業研究所（現作物研究部） \*\* 独立行政法人農業生物資源研究所  
\*\*\* 山間農業研究所（現新城設楽農林水産事務所） \*\*\*\* 山間農業研究所（現愛知県農林水産部）  
\*\*\*\*\* 独立行政法人作物研究所（現農林水産省） \*\*\*\*\* 独立行政法人作物研究所  
\*\*\*\*\* 元山間農業研究所

## 緒言

陸稲「戦捷」を用いた、いもち病抵抗性育種は1923年に愛媛県農業試験場より分譲された「伊予戦捷1号（戦捷）/畿内晩33号」のF<sub>1</sub>を用いて愛知県農事試験場で開始された。その育種・選抜は主にいもち病の常発地である稲橋試験地：現愛知県農業総合試験場山間農業研究所（愛知山間）で行われ、現在までに育成された数十の品種は第二次世界大戦後における食糧確保のための米の安定生産に多大な貢献を果たした<sup>1)</sup>。

しかし、「戦捷」の改良には不良形質が伴い、「戦捷」の持つ作用力の大きいいもち病抵抗性は、1936年に育成された「真珠」でさえ導入できず、その後の育成品種も「戦捷」の作用力の小さい抵抗性しか持っていない<sup>2)</sup>。

日本では、1960年代に作付けされたクサブエ等の特殊な真性抵抗性を持つ品種が農家圃場で大規模に罹病化した<sup>3)</sup>教訓から、「戦捷」等の圃場抵抗性を利用した育種が進められている<sup>4)</sup>。しかし、圃場抵抗性はその遺伝様式の複雑さや生物検定の難しさから十分に解析されているとは言えず、現在まで育種利用も充分には進んでいない<sup>5)</sup>。更に、圃場抵抗性と「コシヒカリ」並の極良食味特性の結合が困難<sup>6, 7)</sup>であるため現在の日本で栽培されているほとんどの主要品種は、いもち病に対する圃場抵抗性を持っていない。

このため現在の日本稲作では、いもち病防除のための農薬散布は必須条件となっている。

この現状を打開するため、愛知山間では1994年からイネゲノムプロジェクトに参画し、「戦捷」のいもち病圃場抵抗性の解析を開始した。

加藤ら<sup>8)</sup>は「戦捷」のいもち病圃場抵抗性に関する4つのQTL領域を明らかにした。Saka and Fukuoka<sup>9)</sup>はこれらのQTL領域について、それぞれの領域を独立に保有するようにDNAマーカーで選抜を加えながら「戦捷」に、いもち病圃場抵抗性の弱い極良食味品種「ミネアサヒ」を戻し交配し、「ミネアサヒ」準同質遺伝子系統群（NILs）を育成し、その中で第4染色体のいもち病圃場抵抗性遺伝子*pi21*<sup>10)</sup>を含む領域を持つNILが最もいもち病抵抗性作用力に優れることを明らかにした。

その後も戻し交配とDNAマーカー選抜を継続し、*pi21*遺伝子近傍の染色体領域のみを「戦捷」型とする複数の「ミネアサヒ」NILを選抜したが、*pi21*遺伝子を持つNILは持たないNILに比べ明らかに品質・食味が劣り<sup>11)</sup>、実用品種を育成することはできなかった。

今回、近年進歩の著しいゲノム情報を利用することで、日本の水稲育種における宿願であった、陸稲「戦捷」の持ついもち病圃場抵抗性遺伝子*pi21*と「コシヒカリ」並の極良食味特性を併せ持つ「中部125号」を育成したので紹介する。

## 1 育種目標と来歴

陸稲「戦捷」の持つ、いもち病に対する作用力の高い圃場抵抗性と「コシヒカリ」並の極良食味特性の結合を育種目標とした。母本は、「戦捷」に極良食味品種「ミネアサヒ」を戻し交配し、いもち病圃場抵抗性遺伝子*pi21*近傍の染色体領域約22.3cMのみを「戦捷」型とし、その他の領域は2000年当時のRFLPマーカーによる調査では「ミネアサヒ」型に置換した「稲系IL946」である（表1）。父本には「コシヒカリ」を用い、得られたF<sub>1</sub>を「コシヒカリ」に戻し交配した。「中部125号」の系譜は図1のとおりである。

## 2 育成経過

育成経過を表1に示す。

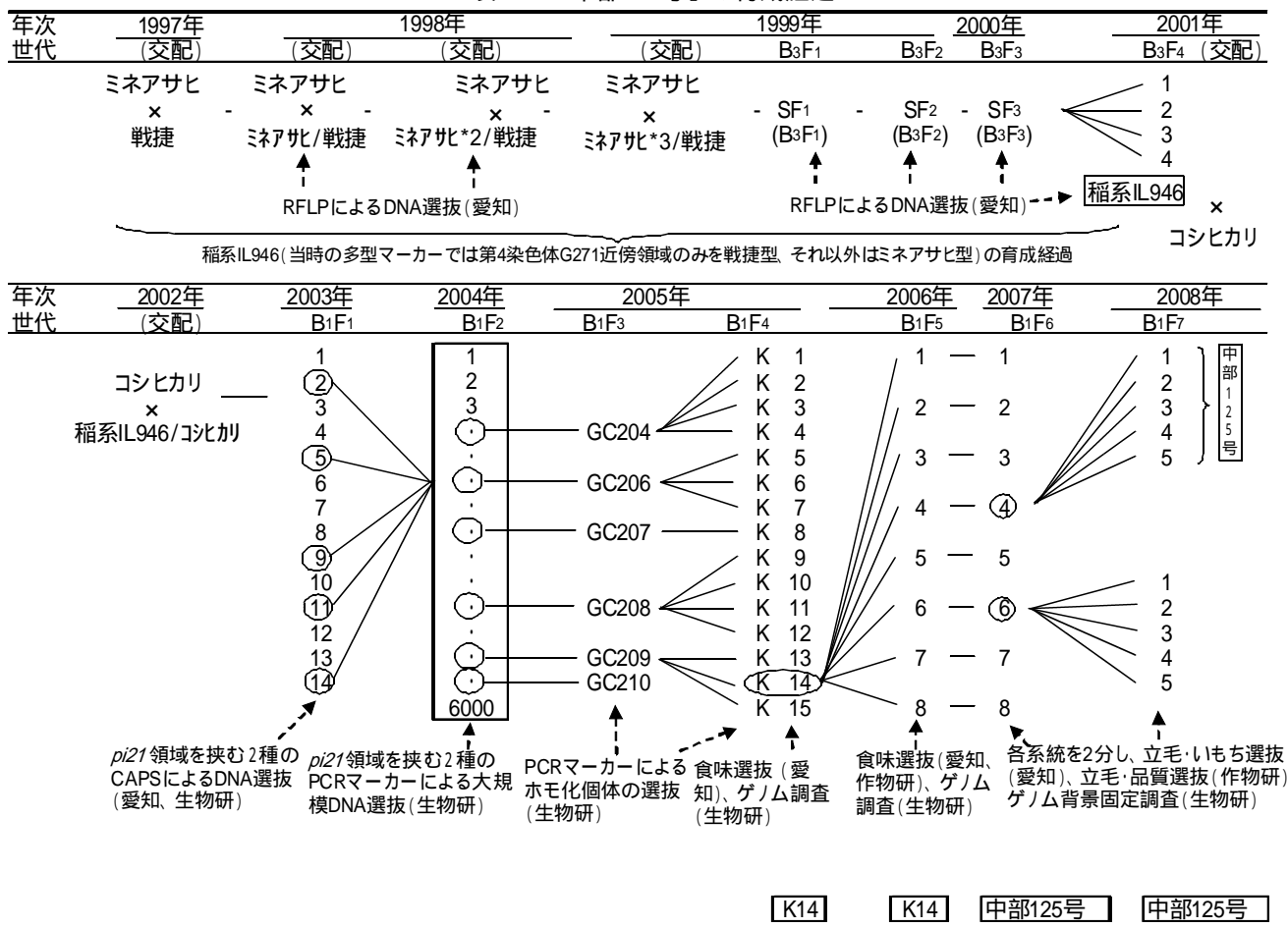
交配（2001年）：8月にせん穎法により「稲系IL946」に「コシヒカリ」を交配し、F<sub>1</sub>種子を10粒得た。  
 F<sub>1</sub>（2002年）：愛知山間の圃場で10個体を養成し、「コシヒカリ」に交配し、B<sub>1</sub>F<sub>1</sub>世代種子を14粒得た。  
 B<sub>1</sub>F<sub>1</sub>（2003年）：愛知山間圃場で14個体養成し、*pi21*の両側に位置するCAPSマーカー#43及び5S1の両方が「戦捷」型を示す5個体を選抜しB<sub>1</sub>F<sub>2</sub>種子を得た。  
 B<sub>1</sub>F<sub>2</sub>（2004年）：B<sub>1</sub>F<sub>2</sub>世代種子6000個体を独立行政法人農業生物資源研究所（生物研）の温室内でポット育苗箱に養成し、その葉からDNAを採取し、CAPSマーカー#43及び5S1のうち、片方のCAPSマーカーがホモ型を示し、もう片方のマーカーがヘテロ型を示す6個体を選抜し、B<sub>1</sub>F<sub>3</sub>種子を得た。  
 B<sub>1</sub>F<sub>3</sub>～B<sub>1</sub>F<sub>4</sub>（2005年）：B<sub>1</sub>F<sub>3</sub>種子を生物研の温室内に播種し、前世代でヘテロ型を示したCAPSマーカーの固定（ホモ）が確認されたB<sub>1</sub>F<sub>4</sub>種子を得て、それらを生物研の温室に播種し、固定を再確認した後、愛知山間の圃場に移植し系統栽培を行った。これらの系統のうち、家庭用小型炊飯器で炊飯できる玄米量（約200g程度）を確保できたものについて食味官能検査を行ったところ、系統名「K14」は「コシヒカリ」と同等程度と判定された。  
 B<sub>1</sub>F<sub>5</sub>（2006年）：「K14」から派生した8系統について愛知山間及び独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所（作物研）で系統栽培を行った。両試験地で系統の食味官能検査を行い、「コシヒカリ」同等であることを再確認した。



図1 「中部125号」の育成系譜図

## 育種目標及び育成経過

表1 「中部125号」の育成経過



B<sub>1</sub>F<sub>6</sub> ~ B<sub>1</sub>F<sub>7</sub> (2007 ~ 2008年) : 「中部125号」を付名し、愛知山間では主に立毛・いもち病抵抗性、作物研では主に立毛・品質選抜に重点を置き系統栽培、生産力検定を行った。生物研では、ゲノム調査を分担した。更に、福井県農業試験場(福井農試)での立毛・食味選抜や各試験地で得られた結果を加味し、系統選抜を行った。  
 B<sub>1</sub>F<sub>8</sub> (2009年) : 「中部125号」は、2009年2月の作物推進会議の新品種審査に合格し、同年6月~7月にかけて開催された愛知県及び生物研、農業・食品産業技術総合研究機構、各々の職務育成品種認定会議で育成品種として認められ、2009年8月21日に新品種名候補(品種登録が完了するまで未発表:愛知県申し合わせ)を付して品種登録出願した。

試験結果及び特性概要

1 試験成績

各試験地で行われた生産力検定試験並びに特性検定試験の成績は以下のとおりである。

2 特性の概要

- (1) 早晚性(出穂・成熟期)  
 愛知山間における成績(表3、4、8)では、本種の出穂・成熟期は「チヨニシキ」と同等~わずかに遅く、「コシヒカリ」よりもやや早く、種苗特性分類基準(温暖地中山間)では中生の早に属する(表2)。
- (2) 草型  
 稈長は、愛知山間の成績(表3)では、「チヨニシキ」よりもやや長く、「コシヒカリ」よりも4cm程度短い。NO節間が「チヨニシキ」、「コシヒカリ」よりも短い(表9)。穂長は「コシヒカリ」とほぼ同等である。穂相調査(表10)から、粒着密度は「チヨニシキ」よりもやや密で、1穂粒数も「チヨニシキ」よりも多い。穂数は「コシヒカリ」よりもやや少なく、草型は中間型に属する。出穂後の草姿は「コシヒカリ」に類似する(図2)。脱粒性は難で、籾には稀に短芒を有し、籾及びふ色は黄白である(表2)。
- (3) 耐倒伏性及び障害抵抗性  
 稈の細太はやや細、剛柔の程度は中であり、耐倒伏性は中で「コシヒカリ」より強い(表2、3、図2)。耐冷性はやや強(表19、20)穂発芽性は難に属する(表21)。高温耐性は、弱である(表22)。

(4) 収量性

愛知山間の5月中旬移植栽培では、収量は「チヨニシキ」とほぼ同等である。作物研では「コシヒカリ」よりもやや多収である(表5)。多肥栽培でも、「チヨニシキ」とほぼ同等である(表6)。愛知県中山間地帯での現地試験では「チヨニシキ」よりも13%程度多収である(表8)。

(5) 玄米形質・品質

玄米千粒重は「チヨニシキ」、「コシヒカリ」よりも軽い(表5、12)。玄米の形状は、中である(表11)。見掛けの品質は、愛知山間では「チヨニシキ」、「コシヒカリ」よりもやや良い(表7)。粒の幅は「チヨニシキ」とほぼ同等、厚さは「チヨニシキ」、「コシヒカリ」よりもやや薄い(表11、12)。

(6) 食味

小型とう精器による試験の結果、適とう精歩合に達する時間は35秒程度であり、「チヨニシキ」と同等である。適とう精時の胚芽の残存は「チヨニシキ」よりもやや少ない(表23)。

愛知山間での食味官能試験では、一部の試験区を除き、基準に用いた「コシヒカリ」、「ミネアサヒ」と同等以上の評価である(表24)。作物研及び福井農試での選抜を兼ねた食味官能検査でも「コシヒカリ」と同等程度の評価である(表25、26)。宮城県古川農業試験場(古川農試)による食味官能検査でも「コシヒカリ」

同等の評価を得ている(表27)。

玄米タンパク質含量は、愛知山間では「コシヒカリ」よりもやや少なく、東北農研ではわずかに多かった(表28)。

(7) 耐病性

いもち病真性抵抗性の推定遺伝子型は、+である(表13)。中央農業総合研究センター(中央農研)による、いもち病菌系標準菌株を用いた接種では、菌株特異性は認められなかった(表14)。圃場抵抗性は葉いもちでは、極強～強の基準品種である「東北糯161号」と同等の、極強～強、穂いもちについては極強～強の基準品種「中部32号」よりは発病が多く、やや強の「トドロキワセ」よりは発病が少なく、強である(表15、16)。本種は「戦捷」由来のいもち病圃場抵抗性遺伝子*pi21*を保有しているため、「コシヒカリ」がずり込む(いもち病で枯れ込む)条件でも圃場抵抗性を十分に発揮できる(図3)。縞葉枯病には罹病性である(表17)。紋枯病抵抗性は弱である(表18)。

3 グラフィカルジェノタイプ

ホールゲノムサーベイによって「中部125号」の染色体領域を調査したところ、第4染色体上腕部に位置する、いもち病圃場抵抗性遺伝子*pi21*近傍の約700kbのみを「戦捷」領域とし、その他はすべて「コシヒカリ」、「ミネアサヒ」に置換されている(図4)。

表2 一般特性調査(愛知山間)

系統名 及び 品種名	早晩性	稈		芒		芒色 及び ふ先色	ふ色	粒着密度	脱粒性の 難易	止葉 立性	玄米	
		細太	剛柔	多少	長短						形状	大小
中部125号	中生の早	やや細	中	稀	短	黄白	黄白	中	難	半立	中	やや小
(比)チヨニシキ	中生の早	中	やや剛	稀	短	黄白	黄白	中	難	立～半立	中	中
(参)コシヒカリ	中生の中	細	柔	稀	短	黄白	黄白	中	難	半立	中	やや小

表3 生育調査(2007～2008年)

試験地	系統名 及び 品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	登熟日数 日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m <sup>2</sup>	倒伏の 多少	病害の多少		
									穂いもち	ごま葉枯病	紋枯病
愛知山間	中部125号	8.02	9.09	39	79	21.0	389	0.4	0.2	0.3	0.6
	(比)チヨニシキ	8.01	9.07	36	73	19.8	386	0.4	0.2	0.0	0.3
	(参)コシヒカリ	8.04	9.11	38	83	21.4	409	1.5	1.5	0.3	0.7
作物研(つくば)	中部125号	8.03	9.12	40	87	20.3	360	1.3	0.0		
	(参)コシヒカリ	8.06	9.12	38	92	19.1	348	3.0	0.0		

注. 愛知山間移植期平均(月/日)5/16、作物研(つくば)移植期平均5/19、  
倒伏・病害の多少:0(無)～5(甚)

表4 多肥栽培の生育調査(愛知山間 2008年)

系統名 及び 品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	登熟日数 日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m <sup>2</sup>	倒伏の 多少	病害の多少		
								穂いもち	ごま葉枯病	紋枯病
中部125号	8.03	9.10	38	83	18.3	427	0.9	1.0	1.0	1.0
(比)チヨニシキ	8.02	9.10	37	79	20.0	453	0.4	0.9	1.0	1.0
(参)コシヒカリ	8.04	9.09	36	87	18.0	489	2.8	2.0	1.0	1.0

注. 窒素施用量: 標肥対比3割増、移植期(月/日)5/17 倒伏・病害の多少: 0(無)~5(甚)

表5 収量調査(2007~2008年)

試験地	系統名 及び 品種名	全重	精玄米重	同左比較 比率	屑米重	玄米千粒重	玄米/ 全重比率
		kg/a	kg/a	%	kg/a	g	%
愛知山間	中部125号	165	64.4	99	1.3	22.0	43.7
	(比)チヨニシキ	153	64.8	100	0.3	24.1	44.4
	(参)コシヒカリ	172	73.2	113	1.3	22.8	45.2
作物研(つくば)	中部125号	160.5	60.5	104	1.8	19.7	37.8
	(参)コシヒカリ	158.0	58.3	100	2.4	20.6	37.0

注. 概要は表3に準ずる

表6 多肥栽培の収量調査(愛知山間 2008年)

系統名 及び 品種名	全重	精玄米重	同左比較 比率	屑米重	玄米千粒重	玄米/ 全重比率
	kg/a	kg/a	%	kg/a	g	%
中部125号	165	71.0	101	1.3	22.4	43.0
(比)チヨニシキ	158	70.2	100	0.6	25.2	44.4
(参)コシヒカリ	168	72.0	103	1.4	23.7	42.9

注. 概要は表4に準ずる

表7 玄米調査(2007~2008年)

試験地	系統名 及び 品種名	玄米 品質	光沢の 多少	腹白の 多少	心白の 多少	乳白の 多少	未熟の 多少	茶米の 多少	胴割の 多少	穂発芽 の多少
愛知山間	中部125号	3.8	5.0	0.0	0.0	0.8	0.2	0.2	0.0	0.0
	(比)チヨニシキ	4.4	5.0	0.2	1.2	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0
	(参)コシヒカリ	4.7	5.0	0.0	0.3	1.1	0.3	0.3	0.0	0.0
作物研(つくば)	中部125号	6.1	5.5	2.3	1.3	2.5	-	-	-	-
	(参)コシヒカリ	5.5	5.0	0.5	1.5	1.8	-	-	-	-

注. 品質(1~9分級): 上の上(1)~下の下(9)、4 = 食糧事務所検査1等相当

愛知山間の光沢の多少: 1(不良)~5(良)の5段階評価

愛知山間の腹白、心白、乳白、未熟、茶、胴割、穂発芽の多少: 1(不良)~5(良)の5段階評価

作物研(つくば)の光沢、腹白、心白、乳白: 2(不良)~8(良)の7段階評価

表8 現地試験（愛知県北設楽郡設楽町）の生育・収量調査（2008年）

系統名 及び 品種名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	登熟日数 日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m <sup>2</sup>	倒伏の 多少	病害の多少			精玄米重 kg/a	同左比 較比率 %	玄米千粒 重 g	品質
								穂い もち	こま 葉枯 病	紋枯 病				
中部125号	8.06	9.22	47	81	18.2	367	0.5	0.0	0.0	0.0	66.1	113	22.4	4.5
(比)チヨニシキ	8.04	9.19	46	72	20.0	372	0.0	0.0	0.0	0.0	58.5	100	25.1	3.5

注. 移植期(月/日)5/15、耕種概要は、現地慣行、倒伏・病害の多少：0(無)～5(甚)、品質は、表7に準ずる

表9 節間長（愛知山間 2008年）

系統名 及び 品種名	穂長 cm	節間長						稈長 cm
		N <sub>0</sub> cm	N <sub>1</sub> cm	N <sub>2</sub> cm	N <sub>3</sub> cm	N <sub>4</sub> cm	N <sub>5</sub> cm	
中部125号	18.2	35.8	19.5	13.7	9.5	2.7	0.3	81.6
(比)チヨニシキ	19.3	36.7	17.8	11.8	7	1.4	0.4	75.0
(参)コシヒカリ	18.1	36.2	21.2	15.8	10.7	4.4	0.7	88.8

注. 1本植え、稈長順上位3本、5株、計15本測定

表10 穂相（愛知山間 2008年）

系統名 及び 品種名	穂長 cm	一穂粒数 粒	粒着密度 粒/cm	枝梗数		枝梗別粒着粒数割合	
				1次 本	2次 本	1次 %	2次 %
中部125号	18.2	101.2	5.6	9.2	16.1	53.5	47.7
(比)チヨニシキ	19.3	93.8	4.9	8.5	16.4	45.8	47.3
(参)コシヒカリ	18.1	104.9	5.8	8.8	16.2	53.8	51.1

注. 1本植え、稈長順上位3本、5株、計15本測定

表11 玄米の形状（愛知山間 2008年）

系統名 及び 品種名	粒形	粒大	粒色	光沢	長さ	幅	厚さ	長さ/幅	長さ×幅	長さ×幅 ×厚さ
					mm	mm	mm			
中部125号	中	やや小	淡褐	良	4.96	2.95	2.06	1.68	6.08	30.14
(比)チヨニシキ	中	中	淡褐	良	5.12	2.98	2.23	1.72	6.65	34.02
(参)コシヒカリ	中	やや小	淡褐	良	5.00	3.04	2.11	1.64	6.41	32.07

注. 奨励品種決定調査の材料を用い、粒厚分布のモード値を20粒測定

表12 玄米の粒厚分布（愛知山間 2008年）

系統名 及び 品種名	千粒重 g	2.2mm以 上	2.2mm～ 2.1mm	2.1mm～ 2.0mm	2.0mm～ 1.9mm	1.9mm～ 1.8mm	1.8mm以 下
		%	%	%	%	%	%
中部125号	22.1	4.6	30.5	50.9	10.5	3.1	0.4
(比)チヨニシキ	24.7	43.8	39.3	13.7	2.5	0.7	0.1
(参)コシヒカリ	22.8	15.9	42.6	31.8	6.6	2.7	0.4

注. 奨励品種決定調査の材料。1.8mmで調整した玄米の重量割合。100g×2回反復、縦目段篩い5分間

表13 いもち病真性抵抗性（愛知山間 2008年）

系統名及び 品 種 名	接種菌株			推定 遺伝子型
	003	005	007	
中部125号	S	S	S	+
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	R	S	<i>Pia</i>
藤坂5号	R	S	S	<i>Pij</i>

注. 極軟弱な5葉期の苗に高濃度のいもち病菌を接種した

表14 いもち病菌系標準菌株に対する反応（中央農業総合研究センター 安田伸子主任研究員）

系統名及び 品 種 名	菌株名	研54-20	新83-34	稲86-137	北1	1804-4	TH68-126	TH68-140	愛79-142	TH69-8	笹森121	稲168	0528-2	青92-06-2	IW81-04
	レース	003	005	007	007	031.1	033.1	035.1	037.3	071.1	077.1	101	333.1	337.1	437.1
中部125号	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
コシヒカリ	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s

表15 葉いもち（愛知山間 2006～2008年）

系統名 及び 品 種 名	推定 遺伝子型	抵抗性	平均	
			発病 程度	評価
中部125号	+		3.9	
コシヒカリ	+		7.7	×
東北糯161号	+	r	3.9	
中部32号	+	r	3.7	
ササミノリ	+	rm	7.3	
黄金錦	+	m	7.0	
スノーパール	+	ms	8.2	×
陸奥光	+	s	8.5	×
中部105号	<i>Pia,Pij</i>	r	3.6	
ホウレイ	<i>Pia,Pij</i>	m	7.0	
ミネアサヒ	<i>Pia,Pij</i>	ms	8.7	×
黄金晴	<i>Pia,Pij</i>	ms	8.7	×

表16 穂いもち（愛知山間 2006～2008年）

系統名 及び 品 種 名	推定 遺伝子型	抵抗性	平均		
			出穂 期	発病 程度	評価
			月・日		
中部125号	+		8.13	6.0	
コシヒカリ	+		8.13	7.8	×
中部32号	+	r	8.09	3.0	
トヨニシキ	<i>Pia</i>	rm	8.11	7.4	
キヨニシキ	<i>Pia</i>	m	8.07	7.6	×
ササニシキ	<i>Pia</i>	s	8.10	9.5	×
中部22号	+	r	8.14	2.7	
ニホンマサリ	<i>Pia</i>	m	8.14	7.1	
サチイズミ	<i>Pij</i>	rm	8.08	4.9	
トドロキワセ	<i>Pij</i>	rm	8.10	6.4	

注. 表示は表15に準ずる

注. 発病程度：0(無)～10(甚) 判定基準：ごく強( )、強( )、やや強( )、中( )、やや弱(×)、弱(×)、ごく弱(××)。抵抗性：既知の圃場抵抗性ランク分け

表17 縞葉枯病抵抗性（愛知作物、岐阜農技セ 2008年）

系統名 及び 品 種 名	愛知農総試作物研究部			岐阜農業技術センター		
	罹病 苗率	評価	総合評価	株数	罹病 株数	罹病 株率
中部125号	%	MS	S	73	5	6.8
あさひの夢	15	R	R	74	0	0
コシヒカリ	100	S	S	-	-	-
日本晴	-	-	-	73	16	21.9
八ツシモ	-	-	-	73	56	76.7

注. R:抵抗性、S:罹病性、愛知は幼苗検定、岐阜は圃場検定、  
罹病株率 = 罹病株数 / 植え付け株数 × 100

表18 紋枯病抵抗性 (鹿児島農試 2008年)

系統名 及び 品種名	抵抗性	2008		
		出穂期 月・日	発病度 %	評価
中部125号		7.14	72	弱
WSS3	r	7.27	3	強
北陸糯181号	rm	7.28	9	やや強
夢十色	m	7.23	26	中
日本晴	ms	7.23	35	やや弱
多収系772	s	7.26	58	弱

注. 発病度=(4A+3B+2C+D)/4(調査株数:20)×100

表19 障害型耐冷性 (愛知山間 2008年)

系統名 及び 品種名	抵抗性	2008		評価
		出穂期 月・日	不稔歩合 %	
中部125号		8.11	5	
チヨニシキ		8.14	5	
コシヒカリ	rr	8.14	3	
タカサゴモチ	r	8.17	5	
大空	rm	8.15	5	
ミネアサヒ	m	8.17	5	
月の光	ms	8.18	40	×
峰光	ss	8.17	60	×

注. 表示は表15に準ずる

表20 障害型耐冷性 (宮城県古川農試 2007~2008年)

系統名 及び 品種名	抵抗性	平均		評価
		出穂期 月・日	不稔歩合 %	
中部125号		8.21	82	
トドロキワセ	rr	8.08	44	
オオトリ	r	8.15	58	
コガネヒカリ	rm	8.14	60	
トヨニシキ	ms	8.16	73	×
コシヒカリ	rr	8.27	65	
ホウレイ	r	9.02	63	
大空	rm	8.31	94	
農林21号	s	8.25	97	×

注. 表示は表15に準ずる

表21 穂発芽性 (愛知山間 2006~2008年)

系統名 及び 品種名	平均	
	発芽歩合 %	評価
中部125号	29	
ミネアサヒ	43	
コシヒカリ	30	
あきたこまち	45	
チヨニシキ	54	
ひとめぼれ	23	

注. 採穂: 出穂後50日. 発芽温湿度: 27、  
 湿润状態.  
 判定基準: ごく難( ), 難( ), やや難( ),  
 中( ), やや易( × ), 易( × )

表22 高温耐性 (鹿児島農試 2008年)

系統名 及び 品種名	抵抗性	2008				総合評価			
		圃場		ガラス室					
		出穂日 月・日	平均 気温	指数	評価	出穂期 月・日	平均 気温	評価	
中部125号		7.18	28.8	7.0	弱	7.14	31.0	やや弱	弱
越路早生	r	7.14	28.5	2.9	強				強
コシヒカリ	m	7.18	28.8	5.7	やや弱				やや弱
初星	s	7.16	28.6	8.5	弱				弱
ふさおとめ	r	7.14	28.5	3.5	やや強				やや強
日本晴	ms	7.28	28.4	4.2	やや強				やや強

注. 平均気温は出穂後20日の平均、指数は「背白+基白」の発生程度

表23 とう精試験 (愛知山間 2008年)

系統名及び 品種名	供試玄米		調査項目	とう精時間				
	水分(%)	白度		20秒	25秒	30秒	35秒	40秒
中部125号	16.9	22.2	とう精歩合(%)	92.2	91.0	90.8	90.2	90.0
			胚芽残存歩合(%)	7.6	3.7	2.7	2.7	1.6
			白度	34.4	35.1	35.3	36.5	36.2
(対)チヨニシキ	17.0	23.1	とう精歩合(%)	92.0	91.8	91.6	90.6	90.0
			胚芽残存歩合(%)	15.9	12.5	3.9	3.2	1.7
			白度	33.7	33.6	35.8	37.9	38.6
(比)コシヒカリ	16.9	22.5	とう精歩合(%)	91.1	90.3	89.7	89.5	88.3
			胚芽残存歩合(%)	2.3	1.4	1.4	0.7	0.4
			白度	35.8	36.4	37.1	37.8	39.4

注. 白度: ケット C-300で測定、とう精: ケットTP2型、50g、2反復、 : 適とう精歩合



表24 食味官能検査 (愛知山間 2005~2009年)

実施年月日	系統名及び品 種 名	玄米水分 %	とう精歩合 %	白度	食味評価項目						
					総合	外観	香り	うま味	粘り	硬さ	
2005 12/20	K17	14.2	88.0	42.9	-3.80	**	-2.80	-2.20	-3.30	-2.60	2.60
	K10	14.1	90.3	43.1	-1.00		-0.30	-0.10	-0.63	-0.90	0.80
	K11	14.2	89.7	44.2	-0.60	*	-0.10	0.00	-0.50	-0.60	* 0.80
	K14	14.0	90.0	44.1	0.00		0.00	0.00	0.00	-0.10	0.00
	(基)コシヒカリ	15.1	89.8	43.2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2007 12/14	稲系1111	15.7	88.6	43.0	-0.08		0.04	0.00	0.00	-0.42	* 0.00
	稲系1112	16.0	88.2	42.9	-0.08		0.04	0.08	-0.13	-0.04	0.13
	稲系1113	16.0	88.6	42.6	0.04		0.13	-0.13	-0.08	0.00	0.63
	稲系1114	16.2	89.0	42.0	-0.17		-0.13	-0.08	-0.08	0.04	0.17
	稲系1115	15.9	88.8	43.6	-0.04		-0.29	-0.04	0.25	0.13	0.29
2008 1/11	(基)コシヒカリ	16.2	88.6	42.7	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中部125号(A区)	14.3	88.0	43.5	0.83		1.17	0.00	0.50	0.17	0.33
	中部125号(B区)	14.4	90.0	40.4	-0.33		0.33	-0.33	-0.67	-0.33	0.67
	戦捷	14.1	85.0	40.2	-4.00		-2.33	-2.33	-3.33	-4.33	4.33
	ミネアサヒ	15.6	91.0	38.8	-0.17		-0.17	0.17	-0.17	-0.50	0.83
2008 11/26	(基)コシヒカリ	14.6	90.0	38.7	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ひとめばれ	16.6	90.0	40.1	-0.18		0.00	-0.07	-0.21	0.00	-0.11
	チヨニシキ	16.3	87.4	41.4	-0.36		-0.07	-0.21	-0.21	0.00	0.11
	中部125号	16.1	89.8	42.5	0.43		0.36	-0.07	0.21	0.14	-0.07
	東北188号	15.7	89.9	38.8	0.00		0.07	0.00	-0.07	-0.14	0.14
2009 1/21	コシヒカリ	16.0	89.7	41.8	0.36		0.54	0.00	0.14	0.43	-0.21
	(基)ミネアサヒ	16.9	88.0	41.0	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	チヨニシキ(多肥)	15.9	89.7	38.9	-0.21		-0.43	-0.29	-0.43	-0.29	0.50
	中部125号(多肥)	15.3	89.7	41.7	0.14		-0.14	-0.14	0.07	-0.07	-0.36
	コシヒカリ(多肥)	15.8	89.7	40.0	-0.07		0.00	0.07	-0.21	-0.21	0.21
(基)ミネアサヒ	15.8	89.9	40.6	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

注. パネル数は14名前後、\* : 5%有意、\*\* : 1%有意

K14 = 後の中部125号、稲系1111~1115: K14から派生した系統 (稲系1114 = 後の中部125号)

表25 食味官能検査 (作物研 2007年)

実施年月日	系統名及び品 種 名	玄米水分 %	とう精歩合 %	白度	食味評価項目								
					総合	外観	香り	うま味	粘り	硬さ			
2007 1/10	コシヒカリ	-	-	-	-0.47	*	-0.42	**	-	-0.42	*	-0.42	0.47
	K14-1	-	-	-	0.00		-0.05	-	-0.11	-0.21		0.26	
	K14-2	-	-	-	-0.32		-0.11	-	-0.47	**	-0.37	* 0.16	
	K14-3	-	-	-	-0.16		-0.11	-	-0.32	-0.37		0.42	
	K14-4	-	-	-	-0.42	*	-0.32	-	-0.32	-0.33		0.42	*
	K14-5	-	-	-	-0.37		-0.26	-	-0.37	*	-0.47	* 0.58	**
	K14-6	-	-	-	-0.11		-0.11	-	-0.05	0.00		0.16	
	K14-7	-	-	-	-0.05		0.00	-	0.00	-0.11		0.05	
	K14-8	-	-	-	-0.11		-0.32	-	-0.21	-0.21		0.42	**
あきたこまち	-	-	-	-0.58	*	-0.89	**	-	-0.58	**	-0.42	0.26	
(基)コシヒカリ	-	-	-	0.00		0.00	-	0.00	0.00		0.00		

注. つくばみらい市産米、K14-1~8: K14から派生した系統 (K14-4 = 後の中部125号)

\* : 5%有意、\*\* : 1%有意

表26 食味官能検査（福井農試 2007～2008年）

実施年月日	系統名及び品種名	玄米水分 %	とう精歩合 %	白度	食味評価項目							食味多点式(総合)	
					総合	外観	香り	うま味	粘り	硬さ	1回目	2回目	
2007	稲系1114	-	-	-	-0.39 **	-0.11 *	-0.06	-0.22	-0.28 **	0.28 *	0.00	0.50	
11/13	(基)コシヒカリ	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2008	中部125号	-	-	-	-0.04	0.00	-0.13 **	-0.04	0.13	-0.25 *			
11/13	(基)コシヒカリ	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

注. 福井農試産米、2007年は倒伏多(全倒)、稲系1114 :後の中部125号、\* : 5%有意、\*\* : 1%有意

表27 食味官能検査（宮城県古川農試 2008年）

実施年月日	系統名及び品種名	食味評価項目					
		総合	外観	香り	うま味	粘り	硬さ
		(-5~+5)	(-5~+5)	(-5~+5)	(-5~+5)	(-5~+5)	(-3~+3)
2008	中部125号	0.5	0.4	0.0	0.2	0.6	-0.4
12/4	ひとめぼれ	0.8	0.3	0.1	0.3	0.8	-0.6
	コシヒカリ	0.1	-0.5	-0.2	-0.2	0.1	0.1
	チヨホナミ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注. 古川農試産米

表28 玄米タンパク質含量（愛知山間 2005～2008年、東北農研 2007年）

系統名及び品種名	愛知山間					東北農研
	2005	2006	2007	2008	平均	2007
中部125号	6.6	6.8	7.2	6.9	6.9	6.0
チヨニシキ	7.1	6.9	6.9	7.1	7.0	-
コシヒカリ	6.9	7.2	7.8	7.5	7.4	5.7

注. 近赤外分析計による



図2 「中部125号」の立毛草姿（愛知山間）



図3 いもち病激発条件での「中部125号」と「コシヒカリ」

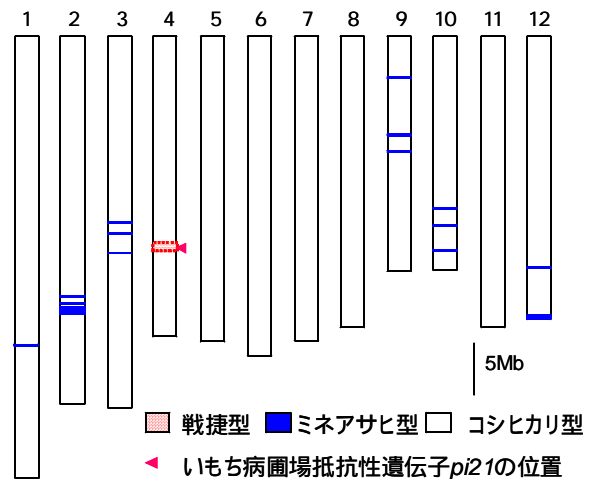


図4 「中部125号」のグラフィカルジェノタイプ

### 考察

#### 1 栽培上の注意点

いもち病は日本稲作における最大の病害であり、生産性の向上、消費者の安全・安心への関心に応えるためには、いもち病に対する抵抗性品種の育成が急務である。「中部125号」は、いもち病圃場抵抗性と「コシヒカリ」並の極良食味特性を併せ持つ画期的な特性を有している。このため、日本稲作の安定生産及び国民の安全・安心のニーズに貢献できると考えられる。

栽培上の注意点は次のとおりである。

- (1) 栽培適地は出穂特性から福島以西の地力中庸～肥沃地である。
- (2) 耐倒伏性は中程度であるため、適正な施肥水準を遵守する。
- (3) 遅刈りは品質・食味を落とす原因となるので、適期収穫に努める。

#### 2 「中部125号」のいもち病抵抗性作用力

図5に「中部125号」と既知のいもち病圃場抵抗性品種・系統との発病程度の差異を示した。葉いもちでは、「中部125号」は「中部32号」由来の*Pi34*<sup>12)</sup>を持つ「中国IL2号」、*Pb1*を持つ「ミネアサヒNIL (*Pb1*)」、農薬防除3回分の作用力を持つ<sup>13)</sup>とされる「ちゅらひかり」よりも強かったが、農薬防除を省略できる程の作用力を持つ「みねはるか」<sup>14, 15)</sup>よりはやや劣った。穂いもちでは、「中部125号」は、「ちゅらひかり」とほぼ同等程度の強さを示したが、「みねはるか」よりは劣り、「中国IL2号」、「ミネアサヒNIL (*Pb1*)」よりもやや劣った。

これらの結果から、「中部125号」の葉いもちに対する抵抗性は通常栽培では、いもち病に対する農薬防除を省略できる作用力を持つと考えられる。また、穂いもちに対する抵抗性作用力は「ちゅらひかり」並であるために条件により、いもち病に対する適期防除が必要であると考えられた。また、「中部125号」は*Pi34*で報告<sup>12)</sup>されているような明確な菌株特異性は認められ

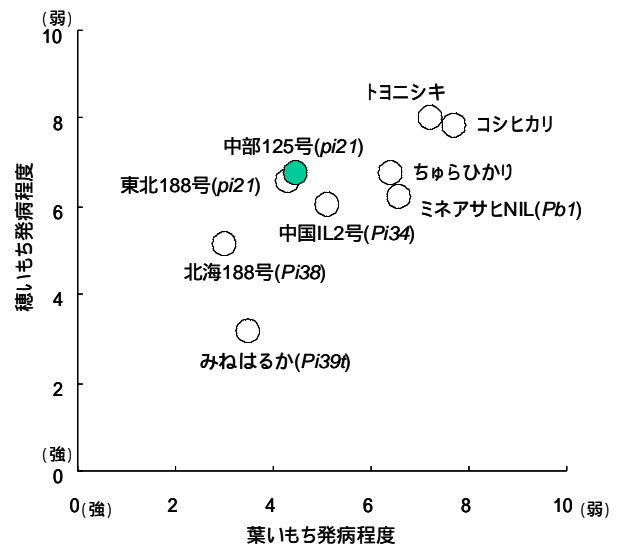


図5 いもち病圃場抵抗性遺伝子を持つ品種・系統のいもち病発病程度(愛知山間2008年)  
( ) 内は、いもち病抵抗性遺伝子

なかった(表14)。しかし、抵抗性の安定性については引き続き検討していく必要があると考えられた。

#### 3 育成の背景と意義

陸稲のいもち病圃場抵抗性は、いもち病の発生に好適な畑条件の栽培でも長年安定している。この持続的な、いもち病圃場抵抗性を水稻に導入し、稲作の安定化に資する育種は80年以上前から主に陸稲「戦捷」を用い、愛知県を始め日本中の主要な水稻育種試験地で実施されている。

しかしながら、前述の通り現在まで抵抗性作用力の高い実用品種の育成は困難であった。特に、昨今では米価低迷に伴い、激化する産地間競争に対応するために新品種には極良食味特性が必須条件になっている。

育種家にとって、いもち病高度圃場抵抗性と極良食味特性の結合は切実な育種目標であった。

この育種目標に応えるために、先に1990年代に発展してきたイネゲノム研究を利用して、いもち病圃場抵抗性遺伝子*pi2f*近傍の染色体領域のみを「戦捷」型とする複数の「ミネアサヒ」NILを選抜した<sup>9)</sup>。しかし、これらのNILの中からは、*pi2f*遺伝子と極良食味特性を併せ持つ個体を獲得することはできなかった<sup>11)</sup>。

このため、「ミネアサヒ」NILに極良食味品種の「コシヒカリ」を2回戻し交配したF<sub>2</sub>、約6000個体について詳細なDNA分析を行い、「戦捷」に由来する*pi2f*遺伝子を持ち、その周辺で「戦捷」に由来する染色体領域の長さの異なる個体を生物研で選抜し、それらの後代系統について愛知山間で食味を調査したところ、*pi2f*遺伝子のすぐ隣の遺伝子が「コシヒカリ」型と「戦捷」型では、食味官能検査値に差異が認められた(図6)。

この結果は、*pi2f*遺伝子と食味に良くない影響を与える遺伝子が密接に連鎖していることを示唆し<sup>16)</sup>、「中部125号」は*pi2f*遺伝子の隣にある食味に良くない影響を与える遺伝子を「コシヒカリ」型に置換することで、極良食味特性を獲得したと考えられた。

以上の結果から、ゲノム情報を有効に活用することで、通常育種では実現することが不可能であった、陸稲「戦捷」のいもち病圃場抵抗性遺伝子*pi2f*と「コシヒカリ」並の極良食味特性を併せ持つ「中部125号」を育成することができた。「中部125号」はいもち病に対する農薬を減らした良食味米の生産が可能であり、消費者の安全・安心志向に応えることができる。更に不良形質の連鎖のない「中部125号」を母本に使用することで、*pi2f*遺伝子を利用した品種開発や他のいもち病圃場抵抗性遺伝子との集積による抵抗性作用力の更なる強化<sup>17, 18)</sup>も期待できる。

本種の育成過程は、「イネの品種改良に新たな歴史を拓く、いもち病抵抗性遺伝子の発見 美味しく、いもち病に強い品種を開発」として「2009年農林水産研究成果10大トピックス」の第1位に選定される<sup>19)</sup>とともに海外でも注目されている<sup>20, 21)</sup>。今後もオールジャパンの体制でいもち病抵抗性育種に取り組み、稲作最

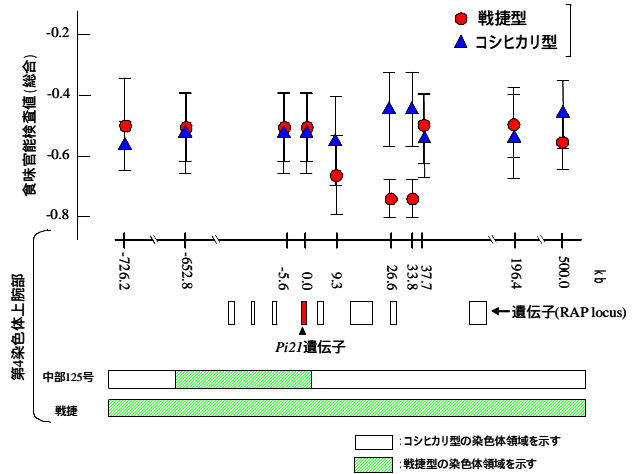


図6 *pi2f*遺伝子近傍の組み換え系統を用いた食味官能検査結果と「中部125号」のグラフィカルジェノタイプ

大の病害である、いもち病の克服を目指していきたい。

#### 4 育成者と従事期間

本種の育成に関与した担当者と、その従事期間を表29に示す。

謝辞：本種の育成にあたり、生物研矢野昌裕博士及び奥野員敏博士（現筑波大学農学部）には、多大なご指導と叱咤激励をいただいた。STAFF研究所安藤露研究員、杉田(小西)左江子博士（現香川大学農学部）には技術的なご支援をいただいた。中央農研安田伸子主任研究員には植物病理学的見地からのご支援をいただいた。古川農試永野邦明指定試験主任、福井農試富田桂指定試験主任には食味試験を始め多くのご支援をいただいた。本研究は、農林水産省研究プロジェクト(「アグリ・ゲノム研究の総合的な推進」, 「新農業展開ゲノムプロジェクト」)及び指定試験事業により行ったものである。関係する多くの方々へ深謝いたします。

表29 育成者と従事期間

年次 世代 氏名	01	02	03	04	05	06	07	08	備考 (2010年6月現在所属)
	(交配)	(交配)	B1F1	B1F2	B1F3 ~4	B1F5	B1F6	B1F7	
坂 紀邦	○							○	現愛知県農業総合試験場 作物研究部
寺島竹彦		○						○	現愛知県 新城設楽農林水産事務所
加藤博美							○	○	退職
工藤 悟	○						○		現愛知県農業総合試験場 作物研究部
城田雅毅				○			○		現愛知県農林水産部 園芸農産課
遠藤征馬	○	○							現愛知県農業総合試験場 作物研究部
杉浦和彦	○	○							現愛知県農業総合試験場 作物研究部
井上正勝			○	○					退職
福岡修一		○						○	独立行政法人 農業生物資源研究所
安東郁男						○		○	現農林水産省 農林水産技術会議事務局
佐藤宏之						○		○	独立行政法人 作物研究所
前田英郎						○		○	独立行政法人 作物研究所

## 引用文献

1. Saka, N. A 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)
2. 井上正勝, 森本武, 田辺潔, 朱宮昭男. 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(1983)
3. 柴田幸省, 手塚徳弥. 水稻クサブエのいもち病の発生と防除について. 栃木農試研報15:29-53(1971)
4. 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)
5. 山田哲治. 植物病理の基礎知識-理解を深めるための基本概念-. “分子レベルからみた植物の耐病性” 山田哲治, 島本功, 渡辺雄一郎監修, 秀潤社, 東京. 18-21 (1997)
6. 櫛淵欽也. 稲の銘柄品種とイモチ病抵抗性. 今月の農業. 22: 46-53(1978)
7. 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. 513-523 (1980)
8. 加藤恭宏, 遠藤征馬, 矢野昌裕, 佐々木卓治, 井上正勝, 工藤悟. 陸稲戦捷の葉いもち圃場抵抗性に関与する量的遺伝子座の連鎖解析. 育種学研究4:119-124 (2002)
9. Saka, N and S.Fukuoka. Evaluating near-isogenic lines with the QTLs for field resistance to rice blast from upland rice cultivar Sensho through marker-aided selection. “Rice is life” K.Toriyama, K.L. Heong and B. Hardy. edited. IRRI, Manila, Philippines. 487-489 (2005).
10. Fukuoka, S and K.Okuno. 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(2001)
11. 坂紀邦, 福岡修一, 安東郁男, 寺島竹彦. ゲノム情報を利用したイネいもち病圃場抵抗性遺伝子座 *Pi21* 近傍の不良形質の除去. 育種学研究11(別2):133(2009)
12. Zenbayashi-Sawata, K., T. Ashizawa and S.Koizumi. *Pi34-AVRPi34*: a new gene-for-gene interaction for partial resistance in rice to blast caused by *Magnaportha grisea*. J.Gen.Plant Pathol. 71: 395-401(2005)
13. 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. 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(2005)
14. 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(2007a)
15. Terashima, T., S. Fukuoka, N. Saka and S.Kudo. Mapping of a blast field resistance gene *Pi39* (t) of elite rice strain Chubu 111. Plant. Breed. 127: 485-489(2008)
16. 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)
17. 阿部陽, 田村和彦, 高草木雅人, 中野央子, 福岡修一, 林長生, 山本敏央, 矢野昌裕, 木内豊. イネいもち病圃場抵抗性遺伝子 *Pb1* および *pi21* の集積によるいもち病抵抗性の向上. 育種学研究. 9 (別1): 172 (2007)
18. 坂紀邦, 福岡修一, 寺島竹彦, 城田雅毅, 工藤悟, 安東郁男. いもち病圃場抵抗性遺伝子 *Pb1*, *pi21*, *Pi39* (t) の作用力と集積効果. 育種学研究. 9 (別1): 171(2007b)
19. 相川美由紀. 「2009年農林水産研究成果10大トピックス」. 農林水産技術研究ジャーナル33(3): 5-6(2010)
20. Normille, D. New Strategy Promises Lasting Resistance to a Rice Plague. Science 325: 925 (2009)
21. Elie, D. The resistant rice of the future. Cross-breeding could create rice varieties that can survive flooding and fungi. online 20 August 2009 Nature. <http://www.nature.com/news/2009/090820/full/news.2009.841.html> (2010年6月23日閲覧)