

〔短報〕

水稻穂ばらみ期耐冷性極強系統「上系04501」 および「上系04502」

吉村 徹*¹ 品田 博史*¹ 佐藤 毅*¹

水稻の高度耐冷性を目標とした育成系統「上系04501」および「上系04502」の穂ばらみ期耐冷性は、“極強”であった。穂ばらみ期～開花期における長期間の冷温と寡照条件下の検定でも両系統の耐冷性は“極強”であった。また、高度耐冷性中間母本「中母農8号」が有する「Silewah」由来の耐冷性関連領域および耐冷性遺伝子を両系統では確認できなかった。

緒 言

北海道立上川農業試験場（農林水産省水稻育種指定試験地）では高度耐冷性母本の育成を目標に国内外の耐冷性品種の遺伝子集積が行われてきた。その結果、穂ばらみ期における障害型耐冷性（以下、穂ばらみ期耐冷性とする）が“極強”で、出穂期が“中生の早”の「上系04501」および「上系04502」が育成された。「上系04501」はインドネシア・スマトラ島高原産の高度耐冷性品種「Silewah」（熱帯ジャポニカ）に、早生・耐冷・多収の「キタアケ」を交配したF₁を母本として、耐冷・良食味の「ゆきひかり」を父本とした三系交配から、また、「上系04502」は「Silewah」由来で高度耐冷性の「永系88295-L」を母本として、高度耐冷性の「道北50号」を父本とした単交配から育成された。

一方、高度耐冷性中間母本系統「中母農8号」は、同じく「Silewah」を耐冷性導入親として、北海道農業試験場（現北海道農業研究センター）において育成され、第3および第4染色体に「Silewah」に由来する穂ばらみ期耐冷性関連領域を有している。そのうち第4染色体に座乗する *Ctb1* および *Ctb2* の二つの耐冷性遺伝子の存在が明らかにされ、それぞれについて密接に連鎖するDNA マーカーが開発されている²⁾ため、「上系04501」および「上系04502」が二つの遺伝子を有しているか否か推察が可能である。

本報では、「上系04501」および「上系04502」の穂ばらみ期耐冷性の評価を行うとともに、DNA マーカーを用いた耐冷性の遺伝子型判定を試み、耐冷性の育種素材

としての実用性を検討した。

試験方法

1. 穂ばらみ期耐冷性の評価

1991～2005年に上川農試および中央農試の中期冷水掛け流し水田（以下、冷水田とする）において冷水処理を行い、穂ばらみ期耐冷性検定試験を行った。耕種概要および調査、耐冷性評価方法を表1に示した。供試した「上系04501」「上系04502」および8品種・系統（年次により一部未供試）の交配組合せ並びに穂ばらみ期耐冷性を表2に示した。

2. 穂ばらみ期～開花期における長期間の冷温条件下での耐冷性検定

1998～2000年に中央農試の冷害気象実験ドームにおいて、穂ばらみ期～開花期における長期間の冷温処理を行い、耐冷性検定試験を行った。耕種概要および調査、耐冷性評価方法を表3に示した。「上系04501」「上系04502」の他に比較品種・系統として「北育糯88号」「中母農8号」「中母農11号」「初雫」「ほしのゆめ」および「ゆきひかり」（年次により一部未供試）を供試した。

3. 「Silewah」由来耐冷性関連領域の遺伝子型判定

「上系04501」および「上系04502」について、「中母農8号」が第4染色体長腕にもつ「Silewah」由来の耐冷性遺伝子（*Ctb1*, *Ctb2*）の有無をPCR マーカー（SCAM20s, BAC1, RM303）を用いて調査した。また、第3染色体短腕の耐冷性関連領域の遺伝子型をPCR マーカー（RM4108, RM569, RM231）を用いて調査、判定した。

緑葉からのDNA抽出はRGP簡易抽出法により行った。PCRの反応条件は、94℃10分（1サイクル）、95℃30秒、55℃30秒、72℃45秒（35サイクル）、72℃7分（1サイクル）とした。「上系04501」「上系04502」の他

2006年7月18日受理

*¹ 北海道立上川農業試験場, 078-0397 上川郡比布町
E-mail:yoshito@agri.pref.hokkaido.jp

表1 冷水田における穂ばらみ期耐冷性検定試験耕種概要

試験場所	年次	播種日	移植日	栽植 間隔 (cm× cm)	栽植 株数	一株 植 本数	区数	施肥量 (kg/10a)			冷水 田 設定 水温 (℃)	冷水 掛け流し 期間	冷水掛け流し設定	調査・ 判定 方法 注1)
								N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
								上川農試	1991	4/25				
	1992	4/25	5/21	27×10	9	1	2	9.0	12.0	9.0	19	7/4~9/3	2日掛け流し、1日止め水	A
	1993	4/16	5/21	27×10	10	3	2	4.9	6.5	4.9	19	7/15~8/30	天候により掛け流し、止め水	B
	1994	4/24	5/26	30×10	10	3	1	9.0	10.9	7.7	19	7/7~8/16	連続	B
	1995	4/19	5/27	30×10	10	3	3	8.0	10.0	8.0	19	6/24~8/21	連続	C
	1996	4/18	5/24	30×10	10	3	3	8.0	10.0	8.0	19	7/9~8/26	連続	C
	1997	4/18	5/24	27×10	10	3	3	8.0	10.0	8.0	19	6/27~8/21	連続	C
	1998	4/16	5/22	27×10	10	3	2	8.0	9.7	6.9	19	6/30~8/20	連続	C
	1999	4/16	5/21	27×10	10	3	3	8.0	9.7	6.9	19	6/24~8/20	連続	C
	2000	4/18	5/23	27×10	6	3	2	8.0	9.7	6.9	19	6/25~8/25	連続	C
	2001	4/17	5/22	27×10	6	3	2	8.0	9.7	6.9	19	6/25~8/30	連続	C
	2002	4/17	5/21	27×10	6	3	3	8.0	9.7	6.9	19	6/25~8/28	連続	C
	2003	4/17	5/21	27×10	6	3	1	8.0	9.7	6.9	19	6/26~8/14	連続	C
	2004	4/20	5/21	27×10	6	3	2	8.0	9.7	6.9	19	6/22~8/20	連続	B
	2005	4/19	5/20	27×10	6	3	4	8.0	9.7	6.9	19	6/30~8/21	連続	B
中央農試	1998	4/27	5/27	30×10	6	3	2	7.0	8.5	6.0	19	7/6~8/15	2日掛け流し、1日止め水	B
	1999	4/23	5/27	30×10	6	3	1	7.0	8.5	6.0	19	6/29~8/10	2日掛け流し、1日止め水	B

注1) 調査・判定方法

A ; 出穂期および稔実歩合を達観調査し、比較品種の稔実歩合と対照させて判定。

B ; 出穂期および稔実歩合を触手により調査し、比較品種の稔実歩合と対照させて判定。

C ; 出穂期および稔実歩合を達観および触手により調査し、比較品種の稔実歩合と対照させて総合的に判定。

表2 穂ばらみ期耐冷性検定結果

品種名 系統名	交配組合せ	穂ばらみ期耐冷性評価 ^{注1)}																平均		
		上川農試														中央農試				
		'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'98		'99	
上系04501	Silewah/キタアケ//ゆきひかり	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0	
上系04502	永系88295-L/道北50号	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0	
北育糯88号	北育糯79号/道北47号	-	2.5	2	2	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0	
中母農8号	Silewah/3*北海241号	2	3	3	2	2	2	2	2.5	2	2	2.5	2.5	3	-	2	2	2	2.3	
中母農11号	Padi Labou Alumbis/はやゆき//3*北海244号	2	2	3	2	2	2	2	3	2.5	2	2	2	2	-	2	2.5	2.5	2.2	
初稔	マツマエ/上116//北海258号	-	-	-	2	2	2	2.5	2	2	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2	2.5	2.5	2.3	
道北50号	永系78415/道北36号	2	2	2.5	2	2.5	2	3	3	2.5	2.5	3	2.5	3	-	2.5	-	2	2.5	
ほしのゆめ	あきたこまち/道北48号//上育397号	-	-	2	3	2.5	3	3	3	3	3	3	2.5	3	3	3	3	3	2.5	2.8
キタアケ	永系7361/道北5号	3	3	3	2.5	3	3	3	3	3	3.5	4	3	3	3	3	3	3	3.1	
ゆきひかり	北海230号/巴まさり//空育99号	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.5	3.5	3	3	-	3	3	3	3.1	

注1) 穂ばらみ期耐冷性評価: 2; 極強, 3; 強, 4; やや強。

に比較品種・系統として「中母農8号」「Silewah」「キタアケ」「ゆきひかり」および「道北50号」を供試した。

結 果

1. 穂ばらみ期耐冷性の評価

「上系04501」および「上系04502」の穂ばらみ期耐冷性は、本試験に供試された全ての年次および場所において「極強」であった(表2)。比較系統として供試された「北育糯88号」は北見農試育成の糯系統で、現在までの北海道育成系統では穂ばらみ期耐冷性が最も強いとさ

表3 冷害気象実験ドームにおける長期冷温処理による耐冷性検定試験耕種概要(中央農試)

年次	播種日	移植日	栽植 密度 (cm× cm)	区数	施肥量 (kg/10a)			冷温 処理 期間	ドーム内 日照 (%) 注1)
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
					1998	4/27	5/28		
1999	4/23	6/7	30×10	1	7.0	8.5	6.0	7/6~8/20	28.2
2000	4/27	5/31	30×10	3	7.0	8.5	6.0	7/6~8/31	-

注1) ドーム内日照: ドーム内日射量と屋外日射量との比。

2) 栽植株数: 6, 一株植本数: 3, ドーム内設定温度: 20℃, 調査・判定方法: 稔実歩合を触手により調査し、比較品種の稔実歩合と対照させて判定した。

れているが、本試験においても1992年の上川農試を除き、“極強”であった。本試験の検定条件では早生種および中生種の耐冷性評価は年次によるふれが少ないものの、晩生種の「中母農8号」および「中母農11号」は、穂ばらみ期の高度耐冷性を有するにもかかわらず、耐冷性が“強”となる年次もあり、年次によるふれがみられた。従って、本試験では穂ばらみ期耐冷性に関して中生種の「上系04501」「上系04502」と晩生種の「中母農8号」「中母農11号」との差を明らかにできなかった。

出穂期および稈実指数（稈実歩合の逆正弦変換値、以下同様）に関して「北育糯88号」を基準として比較すると（図1）、「上系04501」の稈実指数は、30区中18区で基準より高く、他の12区では基準を下回ったものの、その差は最大で11と比較的小さかった。

「上系04502」の稈実指数は、28区中20区で基準より高く、他の6区では基準を下回ったものの、その差は4以内で小さかった。

以上のことから、穂ばらみ期耐冷性に関して「北育糯88号」に比べ、「上系04501」は同程度からやや優っており、「上系04502」は明らかに優っていた。

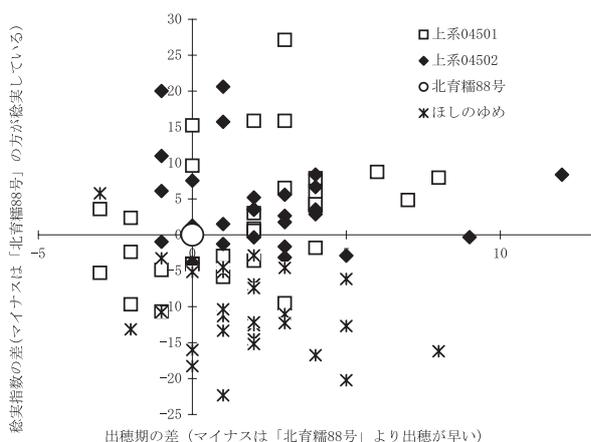


図1 「北育糯88号」との出穂期および稈実指数の差（上川・中央農試冷水田，1992～2005年）
注1）稈実指数：稈実歩合の逆正弦変換値。

2. 穂ばらみ期～開花期における長期間の冷温条件下での耐冷性検定

中央農試冷害気象実験ドームにおける、長期間の冷温に対する耐冷性検定では「上系04501」および「上系04502」の耐冷性は“極強”と判定された（表4）。本試験における出穂期および稈実指数に関して「北育糯88号」を基準として比較すると、「上系04501」および「上系04502」は、稈実指数が基準より明らかに高く、本試験でも両系統が高度な耐冷性を有することが示された（図2）。

3. 「Silewah」由来の耐冷性関連領域の遺伝子型判定

PCR マーカー（SCAM20s, BAC1, RM303）を用いた調査の結果、「上系04501」および「上系04502」は「中母農8号」が第4染色体上にもつ「Silewah」由来の既知²⁾の耐冷性遺伝子 *Ctb1* および *Ctb2* を有していないと考えられた（表5）。第3染色体の耐冷性関連領域についても、両系統は「Silewah」とは異なる遺伝子型であると推定され（表5）、この領域に関して両系統は「Silewah」由来の耐冷性遺伝子を有していないと推測された。

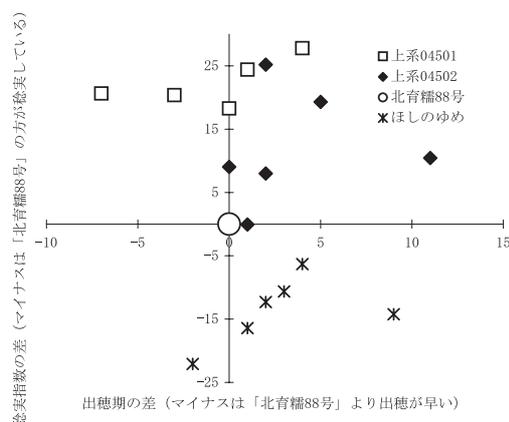


図2 「北育糯88号」との出穂期および稈実指数の差（中央農試冷害気象実験ドーム，1998～2000年）
注1）稈実指数：稈実歩合の逆正弦変換値。

表4 「上系04501」および「上系04502」の一般農業特性と収量、品質、食味

系 統 名 品 種 名	出穂 期 月/日	成熟 期 月/日	成熟期における			割 割 歩 歩 合 合 %	精 玄 米 重 kg/a	玄 米 重 標 kg/a	玄 米 千 粒 重 g	玄 米 検 査 等 級	耐 冷 性		いもち病		食 味 官 能 総 合 値	
			稈 長 cm	穂 長 cm	m ² 当 穂 数						冷 水 田	冷 害 気 象 実 験 ド ー ム	開 花 期	抵 抗 性		葉
上系04501	7/25	9/17	66	17.7	638	12.8	39.8	70	21.0	2中	極強	極強	強	弱	弱	-1.15
上系04502	7/25	9/9	62	16.0	699	6.6	43.0	75	21.0	1中	極強	極強	やや強	中	やや弱	-1.10
ほしのゆめ	7/24	9/10	65	16.0	757	36.2	53.6	94	21.8	2上	強	強	強	弱	やや弱	基準品
きらら397	7/26	9/16	62	16.7	719	31.5	57.2	100	22.4	1中下	やや強	—	やや強	やや弱	中	—
北育糯88号	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	極強	極強	強	—	—	—

注1）冷害気象実験ドームにおける耐冷性は中央農試での1998～2000年、開花期における耐冷性は上川農試での1998, 1999, 2005年の検定試験成績による。それ以外は上川農試での2004, 2005年の育成試験成績による。

表5 「中母農8号」耐冷性関連領域の遺伝子型判定

系統名 品種名	第3染色体に座乗する DNAマーカー			第4染色体に座乗する DNAマーカー		
	RM4108	RM569	RM231	RM303	SCAM20s	BAC1
上系04501	y ^{注1)}	o	o	o	o	o
上系04502	k	o	o	o	o	o
中母農8号	s	s	s	s	s	s
Silewah	s	s	s	s	s	s

注1) s: 「Silewah」タイプ, y: 「ゆきひかり」タイプ, k: 「キタアケ」タイプ, o: 「Silewah」タイプではないが由来を特定できなかったもの。
 2) 「ゆきひかり」は「上系04501」, 「キタアケ」は「上系04501」「上系04502」の親もしくは系譜上にある品種。
 3) *Cib1*, *Cib2*は第4染色体のSCAM20sおよびBAC1の近傍に座乗している。

考 察

上川農試の冷水田等を利用して育成された高度耐冷性系統「上系04501」および「上系04502」は耐冷性検定試験において“極強”レベルの穂ばらみ期耐冷性を示し、かつ年次によるふれも見られなかった。さらに両系統はその系譜上にある道内品種や“極強”とされている「初雫」「北育糯88号」などの道内品種・系統を上回る耐冷性を示したことから、両系統の耐冷性は「Silewah」に由来する耐冷性因子によるものか、あるいは超越分離による可能性が考えられる。「上系04501」「上系04502」および「中母農8号」を高度耐冷性を有する育種素材として利用する場合、3系統の耐冷性遺伝子が異なればその集積効果が期待できる。「中母農8号」は第3染色体および第4染色体上に「Silewah」由来の耐冷性関連領域を有するが、本試験の結果から、「上系04501」および「上系04502」のこれらの領域は「Silewah」由来でないことが示唆され、両系統は他の未知の耐冷性遺伝子を有する可能性が考えられる¹⁾。これらの耐冷性遺伝子が明らかになり、連鎖するDNAマーカーが開発されれば、既報²⁾の耐冷性DNAマーカーと併せた利用により複数の耐冷性遺伝子の集積が容易となり、耐冷性育種の効率が飛躍的に向上する。

「上系04501」および「上系04502」は、穂ばらみ期の障害型耐冷性だけでなく、開花期を含めた長期間の障害型耐冷性も具備しており、特に、「上系04501」は供試した北海道品種・系統の中では最も高いレベルであった。長期間の障害型耐冷性は穂ばらみ期と開花期の耐冷性により決定されるが、両系統とも穂ばらみ期耐冷性が“極強”であり、開花期耐冷性が“強”または“やや強”であるため(表4)、長期間の障害型耐冷性が強いと考えられる。また、不稔の発生には日照条件も大きな影響を与えることが指摘されているが³⁾、検定を行った

冷害気象実験ドームは冷温条件に加え、日射量が屋外の30%以下の厳しい条件であるにもかかわらず、両系統は比較的高い稔実指数を示した。従って、両系統は冷温だけではなく寡照条件下でも高い稔実を示す特性を兼ね備えていることが示された。

1993年は全道作況指数が40という戦後最悪の冷害年であったが、この年の北海道における作付け品種構成は、「きらら397」が47%、「ゆきひかり」が40%であった。「きらら397」および「ゆきひかり」の穂ばらみ期耐冷性は“やや強”および“強”であるが、不稔の多発により作柄が低下した。「きらら397」について、冷害気象実験ドームにおける2カ年(1998年および2000年)の稔実指数と1993年の全道の作況調査圃場における稔実指数とを比較すると、冷害気象実験ドームに比べ1993年における作況圃場の稔実指数が高かった(図3)。冷害気象実験ドームような厳しい条件においても「上系04501」と「上系04502」の稔実指数はそれぞれ58, 47であったため、両系統は1993年並の厳しい気象条件でも、作柄の安定に寄与しうる耐冷性を有すると考えられる。一方、稔実指数から判断すると、冷害気象実験ドームの試験条件は1993年の気象条件より厳しい検定条件であると考えられるが、耐冷性の検定には冷害危険期までの生育条件や風速等の影響も考えられるため、今後の検討が必要である。

「上系04501」および「上系04502」は穂ばらみ期耐冷性が極めて強いものの、収量、品質、食味などが実用品種よりやや劣る欠点がある(表4)。両系統と良質・良食味品種を組み合わせた交配は既に行われているが、高

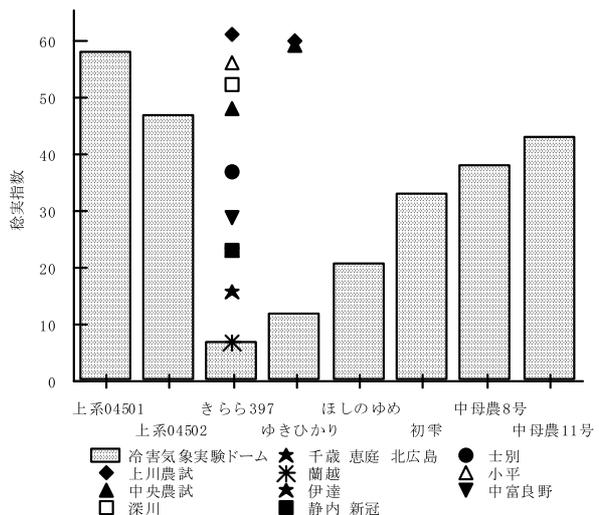


図3 冷害気象実験ドームと1993年各地作況圃場との稔実指数の比較

注1) 稔実指数: 稔実歩合の逆正弦変換値。
 2) 冷害気象実験ドームの稔実指数は1998, 2000年の5反復の平均値。

度耐冷性と良質・良食味の結合は緊急かつ重要な育種目標であるため、戻し交配，世代促進および葎培養技術等を駆使して効率的に育種を進める必要がある。同時に，両系統が有する耐冷性遺伝子に密接に連鎖する DNA マーカーを開発することにより，選抜の効率化を図り，耐冷・良質・良食味品種の育成をさらに加速する必要がある。

付 「上系04501」「上系04502」育成担当者

佐藤毅，沼尾吉則，佐々木忠雄，木内均，吉村徹，木下雅文，品田博史，粕谷雅志，相川宗巖，前川利彦，平山裕治，菊地治己，田中一生，丹野久，新橋登，佐々木一男，田縁勝洋，吉田昌幸，前田博，菅原圭一，國廣康史

引用文献

- 1) 森正彦，吉村徹，品田博史，佐藤毅，加藤清明，三浦秀穂．“イネ穂ばらみ期耐冷性極強系統の耐冷性関連 QTLs の解析”．育種学研究．8 (別1)，54 (2006)．
- 2) 斎藤浩二．“北海道におけるイネ穂ばらみ期耐冷性の遺伝解析”．北海道農研研報．184，1-44 (2006)．
- 3) 和田定，國廣泰史，本間昭．“水稲の減数分裂期における水温，気温ならびに遮光などの処理が不稔歩合に及ぼす影響”．日作紀．41，340-347 (1972)．

Paddy Rice Lines “Joukei 04501” and “Joukei 04502”, Possessing Extremely Cool-temperature Tolerance at Booting Stage

Tohru YOSHIMURA*, Hiroshi SHINADA and Takashi SATOH

* Hokkaido Kamikawa Agricultural Experiment Station, Pippu, Hokkaido, 078-0397 Japan
E-mail:yoshito@agri.pref.hokkaido.jp