

水稻新品種「きたくりん」の育成

其田 達也^{*1} 尾崎 洋人^{*2} 木下 雅文^{*3} 田中 一生^{*1}
平山 裕治^{*3} 菅原 彰^{*4} 宗形 信也^{*5} 沼尾 吉則^{*6}

水稻新品種「きたくりん」は、(地独)北海道立総合研究機構中央農業試験場および道南農業試験場で育成された、いもち病圃場抵抗性および食味に優れる中生の粳品種である。「ふ系187号」を母、「空育162号」を父として行われた交配後代のF₁を母とし、「渡育240号」(のちの「ふっくりんこ」)を父として、1999年に行った人工交配の雑種後代から育成され、2012年に北海道の優良品種に認定された。「ななつぼし」と対比した主な特性は以下の通りである。出穂期、成熟期は「ななつぼし」よりもやや遅い“中生の中”である。稈長は同等で、穂長は短い。穂数は同等で、一穂粒数はやや少なく、草型は「ななつぼし」の“偏穂数型”とは異なり“穂数型”に属する。穂ばらみ期の障害型耐冷性は“強”と同等である。割割の発生は「ななつぼし」よりも少ない“少”である。収量性は「ななつぼし」と同等かやや劣る。白未熟粒の発生がやや多く、玄米品質はやや劣る。精米のアミロース含有率は高く、蛋白質含有率はやや低い。食味は並～やや優る。いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia*, *Pii*”と推定され、葉いもち圃場抵抗性は“強”，穂いもち圃場抵抗性は“やや強～強”といずれも優ることから、いもち病の本田薬剤防除を省略できる。本品種を「ななつぼし」の一部に置き換えて普及することにより、クリーン農業の推進に貢献できる。

緒 言

イネいもち病(以下、いもち病と略す)は、*Pyricularia grisea*を病原とし、北海道の水稻栽培において最も重要な病害である¹⁰⁾。本病害は発病部位によって、主に葉身で発病する「葉いもち」、稈の節に発生する「節いもち」、さらに穂首、枝梗、籾などで発病する「穂いもち」などと呼ばれる¹⁴⁾。特に穂いもちは発病の進展により白穂や稔実不良の要因となり¹⁴⁾、減収被害に直結する。2008～2010年には本病の被害が連続して発生しており、特に被

害の大きかった2010年の穂いもち発生面積は、水稻作付面積の45.2%に及んだ⁴⁾。この被害拡大の一因として、全道で作付けされていた「ななつぼし」²⁷⁾、「きらら397」²³⁾等基幹品種のいもち病抵抗性が不十分である点が挙げられることから、いもち病の2回防除は生産現場では欠かせない技術となっている。

一方、北海道は「北海道クリーン農業推進計画(1991年～、北海道農政部)」に基づきクリーン農業を推進している。クリーン農業とは、1991年に北海道が全国に先がけて提唱した環境保全型農業で、土づくりの推進や、化学肥料や化学合成農薬の使用量を必要最小限にとどめることなどにより、自然環境の保全を目指している^{8, 12)}。そのうち、化学合成農薬の使用量を減らす栽培、いわゆる減農薬栽培の技術にはさまざまなものがあるが、病害抵抗性品種の作付は極めて有効な技術のひとつである。しかし、北海道の水稻基幹品種のいもち病抵抗性は“中”以下である。これらの品種で減農薬栽培を実施すると、いもち病による減収被害を受けやすいばかりでなく、周辺の一般栽培水田への感染源となるリスクがある。

「きたくりん」は、穂いもち圃場抵抗性が“やや強～強”であり、いもち病の本田薬剤防除を省略できる⁵⁾。加えて、割割の発生が現在の基幹品種より少ないことから、アカヒゲホソミドリカスミカメ(以下、カメムシと略す)

2021年3月29日受理

*1 (地独)北海道立総合研究機構中央農業試験場, 069-0365 岩見沢市(現:同機構北見農業試験場, 099-1496 常呂郡訓子府町)

E-mail: sonoda-tatsuya@hro.or.jp

*2 同上(現:同機構道南農業試験場, 041-1201 北斗市本町)

*3 同上(現:同機構上川農業試験場, 078-0397 上川郡比布町)

*4 同上(現:同機構中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町)

*5 同機構道南農業試験場, 041-1201 北斗市本町(現:同機構上川農業試験場, 078-0397 上川郡比布町)

*6 同上(現:003-0029 札幌市)

による吸汁害の軽減も期待できる。また、食味は「ななつぼし」並～やや優る良食味である。一方、本品種の短所として、熟期が「ななつぼし」、「ゆめぴりか」、「きらら397」²³⁾ に比べやや遅い「中生の中」であり、普及見込み地帯が限定されること、「ななつぼし」に比べて玄米の検査等級（以下、検査等級と略す）がやや劣ることが挙げられる。

以上のことから、普及見込み地帯において「きたくりん」を「ななつぼし」の一部に置換え、慣行よりも化学合成農薬使用回数を削減して栽培することにより、クリーン農業推進に貢献することができる。以下に、その育成経過および主要特性について報告する。

育種目標と育成経過

「きたくりん」は、北海道立道南農業試験場（現（地独）北海道立総合研究機構道南農業試験場。以下、道南農試と略す）において、道南地域向け耐病良食味品種の育成を目標に、青森県農業試験場藤坂支場（現（地独）青森県産業技術センター農林総合研究所藤坂稲作部）育成の耐病良食味系統「ふ系187号」を母、耐病良食味系統「空育162号」を父として行われた交配後代のF₁を母とし、良食味系統「渡育240号」（のちの「ふっくりんこ」）を父として、1999年に人工交配を行った雑種後代から育成された（図1、表1、表2）。F₁は交配を行った1999年冬期間に13個体を温室で養成し、34gの種子を収穫した。

F₂世代（2000年）は集団養成を行い、350gの種子を収穫した。F₃世代（2001年）は個体選抜に6,000個体を供試し、熟期、玄米品質などにより74個体を選抜した。F₄世代（2002年）は系統選抜試験に74系統を供試し、熟期、玄米品質などにより5系統を選抜した。F₅世代（2003年）は北海道立中央農業試験場（現（地独）北海道立総合研究機構中央農業試験場。以下、中央農試と略す）において、現地選抜系統として、生産力検定予備試験および特性検定試験に供試し、熟期、耐冷性、耐病性、収量性、食味などにより1系統（「空系D03095」）を選抜した。中央農試に材料を移管したF₆世代（2004年）は生産力検定本試験および特性検定試験に供試した。「空系D03095」は中生でいもち病圃場抵抗性が“強”と強く、良食味であったため、F₇世代（2005年）からは「空育172号」の地方番号を付し、関係機関に配付し、F₁₃世代（2011年）まで奨励品種決定基本調査に供試した。さらにF₈～F₁₂世代（2006～2010年）は現地試験に供試し、地域適応性を検討した。その結果、「空育172号」は中生でいもち病圃場抵抗性および食味に優れる有望系統と認められたため、2012年1月の北海道農業試験会議、同年2月の北海道農作物優良品種認定委員会を経て、北海道の優良品種に認定された。さらに2014年5月に「きたくりん」として品種登録（登録番号第23433号）された。選抜完了時の2012年における世代はF₁₄であった。

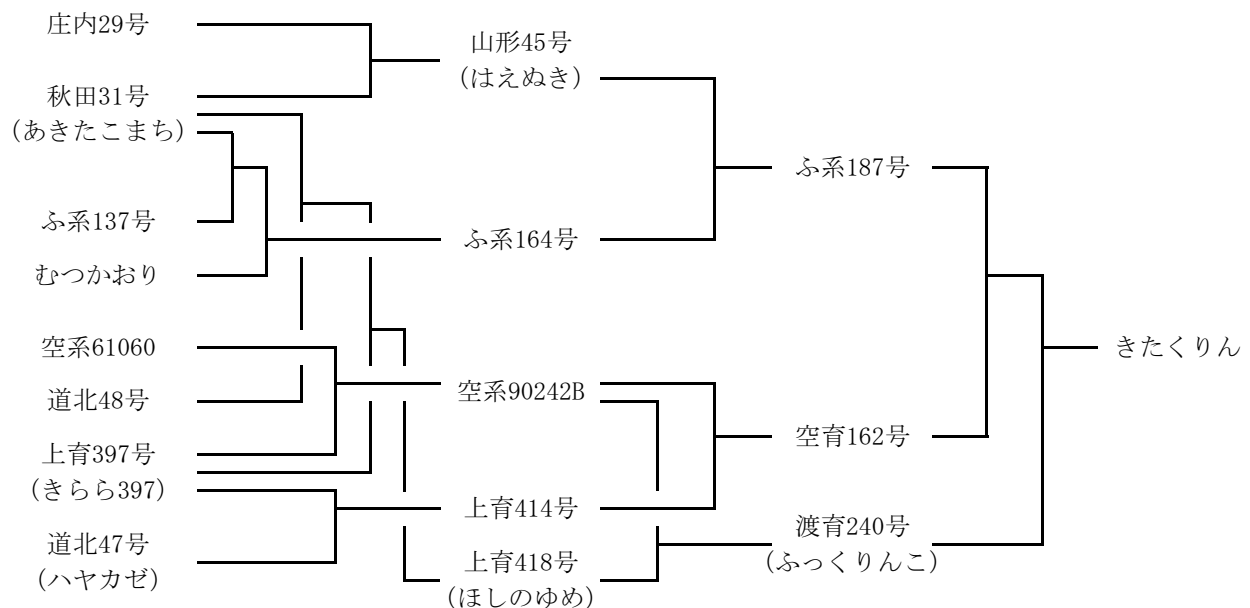


図1 「きたくりん」の系譜

表1 「きたくりん」の交配親の特性

系統名	早晚性		障害型 耐冷性	いもち病抵抗性		耐倒伏性	芒性	ふ先 色	玄 米		
	出穂期	成熟期		葉いもち	穂いもち				粒形	粒大	品質
ふ系187号 ¹⁾	中生の早	中生の早	極強	やや強	やや強	強	極稀短	黄白	中	やや小	中上
空育162号 ²⁾	中生の早	中生の中	強	中～やや強	やや強	中	稀短	黄白	やや長	中	上下
渡育240号 ²⁾	晩生の中	晩生の早	強	やや弱	やや弱	中～やや強	少短	黄白	やや長	やや大	上下

1) 「ふ系187号」の特性は育成地（青森県農業試験場藤坂支場）における評価である。

2) 「空育162号」, 「渡育240号」の特性は新配付時の成績による。

表2 「きたくりん」の育成経過および育成系統表

年次	1999		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
世代	交配	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
供 系統群						5	1	1	1	1	1	1	1	1
試 系統数			播種量		74	3	5	10	10	10	10	10	10	10
数 個体数 ¹⁾		13	(34g)	6,000	15	20	35	210	210	210	210	210	210	210
選 系統群						1	1	1	1	1	1	1	1	1
抜 系統数	採種粒数	採種量	採種量		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
数 個体数 ¹⁾	(210粒)	(34g)	(350g)	74	3	5	10	10	10	10	10	10	10	10
育成系統表	渡99交6				L2	空系D03095			空育172号					
	ふ系187号				1		1	1	1	1	1	1	1	1
	/				:		:	:	:	:	:	:	:	:
	空育162号		B ²⁾	B	⑦④	①	④	⑦	⑨	⑨	⑨	⑧	③	④
	//				:		:	:	:	:	:	:	:	:
	渡育240号					3	5	10	10	10	10	10	10	10
備考	道南農試					中央農試								
	F _i	集団	個体	系統	生予	生本	奨予	奨本	奨本	奨本	奨本	奨本	奨本	奨本
	養成	養成	選抜	選抜	特検	特検	特検	特検	特検	特検	特検	特検	特検	特検

1) 系統当たりの個体数。() 内は交配種子粒数 (粒), 供試および採種種子量 (g)。

2) B: 雑種集団を示す。

3) 丸囲み系統は選抜系統を示す。

特性の概要

1. 形態的特性

(1) 草状

移植栽培における苗の性状は、苗丈が「ななつぼし」より長く、葉数は多い。移植後、本田の初期～中期における生育は、草丈は「ななつぼし」よりやや短く、茎数はやや多い。出穂期の葉色は「ななつぼし」並で、上位葉は「ななつぼし」並に立つ（データ省略）。

草型は“穂数型”である。稈の太さは「ななつぼし」よりやや細い“中”で、剛柔は「ななつぼし」よりやや柔らかい“中”である。ふ先色は“黄白”で、“短”芒を“稀”に生じる。粒着密度は「ななつぼし」並の“中”である（表3）。成熟期の稈長は「ななつぼし」並で、穂長は短い。穂数は「ななつぼし」並で、一穂粒数はやや少ない（表4）。脱粒性は“難”である（データ省略）。

(2) 割刎の発生

割刎の発生は「ななつぼし」よりも少ない“少”である（表3, 表4）。

2. 生態的特性

(1) 早晚性

出穂期, 成熟期は「ななつぼし」よりやや遅い“中生の中”である（表3, 表4, 表5）。

(2) 耐冷性

育成時の穂ばらみ期耐冷性は「ななつぼし」並の“強”, 開花期耐冷性は「ななつぼし」より優る“強～極強”である（表6）。

(3) いもち病抵抗性

いもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia*, *Pii*”と推定され（表7）, 葉いもち圃場抵抗性は「ななつぼし」より強い“強”, 育成時の穂いもち圃場抵抗性は「ななつぼし」に優る“やや強～強”である（表8）。

(4) 耐倒伏性

耐倒伏性は「ななつぼし」よりやや優る“やや弱～中”である（表9）。

表3 「きたくりん」の形態的、生態的特性

品種名	出穂期	成熟期	草型	稈		芒性		ふ先色	粒着密度	割籾程度	玄米					
				細太	剛柔	多少	長短				粒形	大小	腹白	乳白	色沢	光沢
きたくりん	中生の中	中生の中	穂数	中	中	稀	短	黄白	中	少	やや細長	やや大	少	少	やや淡	やや大
ななつぼし	中生の早	中生の中	偏穂数	やや太	やや剛	少	短	黄白	中	やや多	やや細長	中	微	微	やや淡	やや大
きらら397	中生の早	中生の中	穂数	中	中	稀	短	黄白	中	中	やや細長	やや大	微	少	やや淡	やや大
ふっくりんこ	晩生の中	晩生の早	穂数	中	中	少	短	黄白	中	中	やや細長	やや大	微	少	やや淡	やや大

表4 「きたくりん」の生育および収量（中央農試，2005～2011年）

栽培法	品種名	出穂期 (月・日)	出穂期 (7月1日 =1)	成熟期 (月・日)	成熟期			一穂 粒数	倒伏 程度	不稔 歩合 (%)	割籾 歩合 (%)	玄米 重 (kg/a)	同左 比率 (%)	玄米	
					稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)							千粒重 (g)	検査 等級 ¹⁾
中苗 標肥	きたくりん	8.03	33.4	9.21	71	16.0	762	49.1	無	11.9	9.7	56.3	98	22.0	2.7
	ななつぼし	8.01	31.4	9.17	70	16.7	767	50.3	無	13.4	29.4	57.7	100	21.6	2.8
	きらら397	8.03	32.7	9.21	68	16.4	769	46.4	無	12.2	28.5	57.5	100	22.2	2.6
	ふっくりんこ	8.05	34.6	9.22	73	16.8	817	46.8	無	9.9	19.9	58.1	101	22.5	3.1
中苗 多肥	きたくりん	8.04	33.9	9.22	74	16.3	796	53.8	微	15.3	12.6	57.4	96	21.7	3.1
	ななつぼし	8.02	31.7	9.19	73	16.9	791	54.0	微	13.2	34.7	59.6	100	21.3	2.9
	きらら397	8.03	32.9	9.22	70	16.9	809	49.8	微	13.7	33.5	58.0	97	22.0	2.6
	ふっくりんこ	8.05	34.9	9.23	76	17.1	859	47.1	微	11.3	23.9	58.4	98	22.1	3.1

1) 検査等級は農産物検査による。1等上：1.0，1等中：2.0，1等下：3.0，2等上：4.0，2等中：5.0，2等下：6.0，3等上：7.0，3等中：8.0，3等下：9.0，規格外：10.0とした。

表5 「きたくりん」の熟期，収量および検査等級（普及見込み地帯，2005～2011年，標肥）

地帯名 ¹⁾	出穂期（月・日）				成熟期（月・日）				玄米重比率 ²⁾				検査等級 ³⁾			
	きた くりん	ななつ ぼし	きらら 397	ふっく りんこ	きた くりん	ななつ ぼし	きらら 397	ふっく りんこ	きた くりん	ななつ ぼし	きらら 397	ふっく りんこ	きた くりん	ななつ ぼし	きらら 397	ふっく りんこ
北空知 (5)	7.26	7.25	7.25	7.28	9.13	9.10	9.10	9.13	101	58.4	97	99	3.8	2.0	2.0	2.6
中空知 (8)	7.29	7.27	7.27	7.29	9.18	9.15	9.15	9.19	99	59.8	98	96	3.1	2.4	2.4	2.4
南空知 (7)	8.03	8.01	8.03	8.05	9.21	9.17	9.21	9.22	98	57.7	100	101	2.7	2.8	2.6	3.1
檜山 (7)	8.04	8.03	8.03	8.06	9.20	9.18	9.19	9.22	101	52.7	103	108	3.7	3.4	2.6	4.4
渡島 (11)	8.01	7.31	7.30	8.02	9.16	9.15	9.15	9.18	100	49.3	97	101	3.4	3.0	3.6	3.2
総平均 (38)	8.01	7.30	7.30	8.02	9.18	9.15	9.16	9.19	99	54.9	99	101	3.3	2.8	2.8	3.2

1) 地帯名の () 内数値は7カ年のべ試験箇所数。

2) 玄米重比率 (%) は対「ななつぼし」とし、「ななつぼし」の欄は精玄米重 (kg/a) の値。

3) 検査等級は農産物検査による。1等上：1.0，1等中：2.0，1等下：3.0，2等上：4.0，2等中：5.0，2等下：6.0，3等上：7.0，3等中：8.0，3等下：9.0，規格外：10.0とした。

表6 「きたくりん」の障害型耐冷性

品種名	中期冷水掛け流し						人工気象室
	穂ばらみ期						開花期
	中央農試 ²⁾ '03～'11	上川農試 ³⁾ '04～'11	道南農試 '05	北農研 '05	総合 評価 ⁴⁾	変更後の 総合評価 ⁵⁾	上川農試 '05～'11
きたくりん	強	強	やや強～強	強	強	やや強	強～極強
ななつぼし	強	強	強	やや強～強	強	やや強	強
きらら397	やや強	やや強	やや強	やや強	やや強	中	やや強
ふっくりんこ	強	強	強	強	強	やや強	強

1) 検定方法および判定法

穂ばらみ期：早生種の止葉抽出始期～晩生種の出穂揃いまでの間，19℃程度の冷水をかけ流すことにより検定。稔実歩合に出穂期を加味して，基準品種との関係から総合的な判定を行った。

開花期：開花期に人工気象室で冷温処理を行い検定した。処理は17.5℃，15日間。判定は，処理区の稔実率により行った。

2) 2003年は道南農試における検定結果。

3) 2006年は未検定。

4) 2011年度農業試験会議成績会議における判定。

5) 2015年度農業試験会議設計会議において耐冷性ランクが見直された。

現在の穂ばらみ期耐冷性検定は変更後の総合評価を元に供試系統の評価を実施している。

表7 「きたくりん」のいもち病真性抵抗性遺伝子型の推定（中央農試，2005～2011年）

系統名 品種名	接 種 菌 系 ¹⁾					推定抵抗性 遺伝子型 ²⁾
	Kyu89-246 003	稲86-137 007	TH68-126 033.1	TH68-140 035.1	24-22-1-1 037.1	
きたくりん	R	S	R	R	S	<i>Pia, Pii</i>
新2号	S	S	S	S	S	<i>Pik-s</i>
愛知旭	S	S	S	R	S	<i>Pia</i>
藤阪5号	R	S	R	S	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	R	S	S	S	<i>Pik</i>

1) R：抵抗性，S：罹病性，噴霧接種による。

表8 「きたくりん」のいもち病圃場抵抗性

品種名	推定真性	葉いもち ¹⁾				
	抵抗性	中央農試	上川農試 ²⁾	道南農試	北農研	総合
	遺伝子型	'04～'11	'05～'11	'05	'04～'05	評価
きたくりん	<i>Pia, Pii</i>	強	強	強	強	強
ななつぼし	<i>Pia, Pii</i>	やや弱	弱～やや弱	やや弱	やや弱～中	やや弱
きらら397	<i>Pii, Pik</i>	やや弱	弱～やや弱	やや弱	弱～やや弱	やや弱
ふっくりんこ	<i>Pia, Pii, Pik</i>	弱～やや弱	やや弱	やや弱	弱	弱～やや弱

品種名	推定真性	穂いもち ¹⁾				
	抵抗性	中央農試	上川農試 ²⁾	北農研	総合	変更後の
	遺伝子型	'04～'11	'05～'11	'06	評価	総合評価 ³⁾
きたくりん	<i>Pia, Pii</i>	強	やや強	やや強	やや強～強	強
ななつぼし	<i>Pia, Pii</i>	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱
きらら397	<i>Pii, Pik</i>	中	中	中	中	中
ふっくりんこ	<i>Pia, Pii, Pik</i>	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱	やや弱

1) 検定方法および判定法

葉いもち：畑圃場に晩播した材料に，いもち病菌を接種もしくは前年の罹病藁の散布により，十分にいもち病を蔓延させて検定を行った。

発病程度0（無）～10（全茎葉枯死）までの11段階で3回程度調査し，真性抵抗性遺伝子型別の基準品種を元に判定した。

穂いもち：多肥条件とした圃場に栽植した材料に，いもち病菌を接種もしくは前年の罹病藁の散布を行って，十分にいもち病を蔓延させて検定を行った。発病程度は0（罹病率0%）～10（同100%）までの11段階で3～5回程度調査し，出穂期，真性抵抗性遺伝子型別の基準品種をもとに判定した。

2) 2006年は未検定。

3) 2014年度農業試験会議設計会議において基準品種が見直され，「きたくりん」は“強”の下限に選定された。

現在の穂いもち圃場抵抗性検定は変更後の総合評価を元に供試系統の評価を実施している。

表9 「きたくりん」の倒伏程度と耐倒伏性（2005～2011年，標肥および多肥）

品種名	倒伏程度（下段の数値は階級値）									平均 ²⁾	耐倒伏性
	無 1	なびき 2	微 3	少 4	やや少 5	中 6	やや多 7	多 8	甚 9		
きたくりん	49	3	4	0	0	1	1	1	0	1.49	やや弱～中
ななつぼし	46	4	4	3	0	1	0	0	1	1.58	やや弱
きらら397	53	0	3	1	0	1	0	0	1	1.37	中～やや強
ふっくりんこ	49	2	1	4	0	1	1	1	0	1.58	中～やや強

1) 表中の数値は現地および試験場の試験箇所数。

2) 平均はΣ（階級値×箇所数）/全箇所数。

3. 収量

玄米収量は育成地では「ななつぼし」よりやや劣るが、普及見込み地帯では「ななつぼし」並である（表4, 表5）。

4. 品質

(1) 玄米形状と外観品質

「きたくりん」は粳種で、玄米の粒長は「ななつぼし」よりやや長く、粒幅はやや広い（表10）。粒形は“やや細長”で、粒大は「ななつぼし」よりやや大きい“やや

大”である（表3）。玄米千粒重は「ななつぼし」よりやや重い（表4）。腹白粒や乳白粒の発生がやや多く、白未熟粒率は「ななつぼし」よりやや高い（表11）。玄米品質は「ななつぼし」よりやや劣る“中上”，検査等級は育成地では「ななつぼし」並であるが、「きたくりん」の普及見込み地帯ではやや劣り、落等比率が高い（表3, 表4, 表5, 表11）。刈り遅れによる品質の低下程度は「ななつぼし」よりやや大きい（表12）。

表10 「きたくりん」の玄米形状（中央農試，2005～2011年）

品種名	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	粒形 長さ/幅	粒大 長さ×幅
きたくりん	5.05	2.81	2.00	1.80	14.19
ななつぼし	4.97	2.75	2.01	1.81	13.67
きらら397	5.11	2.78	2.01	1.84	14.21
ふっくりんこ	5.22	2.81	1.97	1.86	14.67

1) 奨励品種決定基本調査における標肥区玄米1,000粒をサタケ社穀粒判別機RGQI10Bを用いて調査。

表11 「きたくりん」の普及見込み地帯における白未熟粒，死米率および落等比率（普及見込み地帯，2005～2011年，標肥）

品種名	白未熟粒率 (%) ¹⁾				死米率 (%) ¹⁾	落等比率 (%) ²⁾
	腹白粒	乳白粒	基部未熟粒	合計		
きたくりん	2.2	3.8	2.4	8.4	2.1	39.5
ななつぼし	1.6	2.1	1.8	5.5	1.1	28.9
きらら397	2.6	3.7	1.4	7.7	1.2	23.7
ふっくりんこ	2.6	3.5	1.2	7.3	1.5	34.2

1) 玄米1,000粒をサタケ社穀粒判別機RGQI10Bを用いて調査。n=32。

2) 検査等級2等上以下の割合。n=38。

表12 「きたくりん」の刈り取り時期別玄米品質（中央農試，2008年）

品種名	刈取時期	検査等級 ¹⁾	主な落等要因	青未熟粒率 ²⁾ (%)	腹白粒率 ²⁾ (%)	茶米粒率 ²⁾ (%)
きたくりん	適期	2	—	4.8	1.0	0.0
	7日後	4	形質不良，腹白	0.8	3.9	0.0
	14日後	4.5	形質不良	0.6	3.2	0.1
ななつぼし	適期	2	—	5.8	0.5	0.0
	7日後	2	—	0.4	2.7	0.0
	14日後	4	形質不良，腹白	1.1	3.3	0.0
きらら397	適期	4	腹白	4.0	0.9	0.0
	7日後	4.5	形質不良	3.5	2.8	0.1
	14日後	5.5	形質不良	2.6	4.2	0.1
ふっくりんこ	適期	4.5	形質不良	8.3	0.6	0.0
	7日後	4	形質不良，腹白	2.1	2.0	0.0
	14日後	4.5	形質不良	1.6	1.7	0.0

1) 検査等級は農産物検査による。1等上：1.0，1等中：2.0，1等下：3.0，2等上：4.0，2等中：5.0，2等下：6.0，3等上：7.0，3等中：8.0，3等下：9.0，規格外：10.0とした。

2) 奨励品種決定基本調査における標肥区玄米1,000粒をサタケ社穀粒判別機RGQI10Bを用いて調査。

(2) 白度と搗精歩合

玄米白度は「ななつぼし」より高く、同一搗精歩合における白米白度も高い。適搗精歩合および適搗精回数は「ななつぼし」並である（表13）。

(3) 食味官能評価

白米の食味官能評価は粘り、柔らかさが「ななつぼし」並～やや優り、総合評価は「ななつぼし」並～やや優る（表14）。

(4) 食味に関連する白米の理化学的特性

アミロース含有率は「ななつぼし」より高く、タンパク質含有率は「ななつぼし」よりやや低い。ラピッドビスコアアナライザー測定値は最高粘度およびブレイクダウンが「ななつぼし」並～やや低く、セットバックは「ななつぼし」並である（表15）。

表13 「きたくりん」の玄米白度、白米白度および搗精試験

品種名	玄米白度 ^{1) 2)}	同一搗精歩合における ³⁾ 白米白度 ^{1) 2)}	適搗精時 ⁴⁾		
			搗精歩合	白度 ¹⁾	回数
きたくりん	20.1	42.1	90.6	42.2	5
ななつぼし	19.3	41.7	90.6	40.8	5
きらら397	19.8	40.5	90.3	40.8	3
ふっくりんこ	19.4	41.7	90.6	40.6	3

1) 白度はいずれもケット社白度計C-300を使用。

2) 普及見込み地帯産，2005～2011年平均，n=38。

3) 東洋精米機製作所テスター精米機MC90Aを使用，試料各100g，搗精歩合90.5%。

4) 2008年育成地中苗標肥栽培玄米，1.90mmの網目で選別した材料を供試，サタケ社TWO-IN ONEPASSを使用，試料各500g。

表14 「きたくりん」の炊飯米による食味官能評価（2005～2011年）

場所	品種名	基準品種	外観		香り	味	口あたり	粘り	柔らかさ	総合評価	試験回数
			白さ	つや							
中央農試	きたくりん	ほしのゆめ	0.18	0.29	0.02	0.22	0.28	0.39	0.42	0.35	18
	ななつぼし		0.10	0.14	0.03	0.08	0.10	0.15	0.24	0.15	17
	ふっくりんこ		0.14	0.24	0.02	0.15	0.27	0.36	0.39	0.32	17
	きたくりん	ななつぼし	0.17	0.36	0.07	0.19	0.21	0.39	0.33	0.37	12
	ふっくりんこ		0.21	0.25	0.05	0.10	0.13	0.20	0.19	0.17	11
道南農試	きたくりん	ほしのゆめ	0.14	0.19	-0.04	0.11	0.00	0.04	0.09	0.08	3
	ななつぼし		-0.13	0.13	-0.25	-0.13	0.13	-0.13	-0.25	0.00	1
	ふっくりんこ		0.00	-0.13	-0.25	0.13	0.00	0.38	0.63	0.00	1
	きたくりん	ななつぼし	0.31	0.11	-0.04	0.01	0.09	0.13	0.14	0.10	7
	ふっくりんこ		0.34	0.16	0.13	0.11	0.06	0.14	0.27	0.18	5
	コシヒカリ ³⁾		0.26	0.35	-0.07	0.26	0.22	0.28	0.03	0.26	2

1) 各評価の数値は，基準品種を0とし，-2（かなり不良）～2（かなり良）の5段階で評価した時の相対値。

2) 「コシヒカリ」以外の供試材料は，中央農試は中央農試・現地試験産米，道南農試は道南農試産米を使用。

3) 「コシヒカリ」は新潟県魚沼産を使用。

表15 「きたくりん」の理化学的特性

産地	品種名	アミロース含有率 (%) ^{1) 2)}	蛋白質含有率 (%) ^{1) 3)}	R.V.A (RVU) ^{1) 4)}		
				最高粘度	ブレイクダウン	セットバック
中央農試	きたくりん	20.9	6.7	316	214	84
	ななつぼし	19.5	6.8	331	225	81
	きらら397	20.3	7.1	317	209	86
	ふっくりんこ	21.0	6.5	320	209	87
道南農試	きたくりん	19.9	6.9	348	178	122
	ななつぼし	18.7	7.2	360	184	120
	きらら397	19.5	7.4	342	162	129
	ふっくりんこ	19.9	6.6	345	157	133

1) 2005～2011年，標肥。道南農試産は上川農試にて測定。

2) ブランルーベ社アミロースオートアナライザーを使用。

3) ブランルーベ社インフラライザーまたはFOSS ELECTRIC社インフラテックを使用。

4) NewportScientific社ラピッドビスコアアナライザーを使用，道南農試は2008～2011年の平均。

普及見込み地帯および栽培上の注意

1. 普及見込み地帯と対照品種

「きたくりん」は出穂期、成熟期とも“中生の中”に属することから、「水稻地帯別栽培指標」⁹⁾に基づき、北空知（雨竜町、北竜町、沼田町を除く）、中空知（上砂川町、歌志内市を除く）、南空知（岩見沢市、三笠市、美瑛市、月形町）、後志（共和町、岩内町）、胆振（豊浦

町、洞爺湖町、壮瞥町、伊達市）、渡島（森町、八雲町八雲を除く）、檜山を「栽培適地」とし、加えて、生育遅延が発生しにくい地域を成苗移植栽培に限り栽培が可能な「準ずる良地帯」とする（表16）。普及見込み地帯は育苗様式を問わず移植栽培が可能な「栽培適地」と「準ずる良地帯」で、「ななつぼし」の一部に置き換えて普及する。

表16 「きたくりん」の品種登録時における普及見込み地帯

2008 年の 地帯 区分	市町村等 ¹⁾	出穂晩限 (月/日), 出穂後積算 気温750℃	中生品種 (きらら397)	成苗の 出穂猶予日数 (きらら397)	成苗の 出穂猶予日数 (きらら397 +3日遅れ)	普及 見込み 地帯 ^{2) 3)}
			成苗 出穂期			
1	江差町	8/21	8/1	21	18	◎
2	北斗市	8/16	8/4	13	10	◎
	厚沢部町	8/13	8/3	11	8	
	今金町	8/13	8/5	9	6	
	森町	8/13	8/8	6	3	○
3	ニセコ町	8/8	8/3	6	3	○
	倶知安町	8/7	8/5	3	0	
4	仁木町	8/12	7/31	13	10	○
	共和町	8/12	8/5	8	5	◎
	蘭越町	8/11	8/5	7	4	○
5	伊達市	8/15	8/5	11	8	◎
	壮瞥町	8/11	8/6	6	3	
6	厚真町	8/7	8/9	-1	-4	
	新ひだか町	8/7	8/10	-2	-5	
7	恵庭市	8/11	8/4	8	5	○
	江別市	8/11	8/3	9	6	
8	長沼町	8/11	8/4	8	5	○
	由仁町	8/8	8/5	4	1	
9	新篠津村	8/9	8/4	6	3	○
	当別町	8/9	8/4	6	3	
10	岩見沢市	8/11	8/3	9	6	◎
	美瑛市	8/11	8/1	11	8	
11	滝川市	8/7	8/1	7	4	◎
	新十津川町	8/8	8/1	8	5	
	深川市	8/6	8/2	5	2	
12	雨竜町	8/7	8/1	7	4	○
	沼田町	8/4	8/3	2	-1	
13	小平町	8/7	8/5	3	0	○
	羽幌町	8/9	8/4	6	3	
14	和寒町	8/4	8/2	3	0	
	士別市士別	8/2	8/4	-1	-4	
17	士別市朝日	7/30	8/6	-6	-9	
	名寄市風連	8/2	8/4	-1	-4	
15	旭川市	8/5	8/1	5	2	○
	東川町	8/2	8/2	1	-2	
	比布町	8/3	8/2	2	-1	
16	美瑛町	8/2	8/3	0	-3	○
	中富良野町	8/7	7/30	9	6	
18	北見市	7/31	8/10	-9	-12	

1) 市町村等は2008年の地帯区分から抜粋した。

2) “◎”は「水稻地帯別栽培指標」(1989年)による「栽培適地」で、育苗様式を問わず移植栽培が可能な地帯である。

3) “○”の地帯のうち、生育遅延が起りにくい場所が「準ずる良地帯」であり、成苗移植栽培に限り作付が可能である。

「準ずる良地帯」は「水稻作付地帯区分(2008年9月)」で設定された「成苗の出穂猶予日数(きらら397)」から3日を減じた「成苗の出穂猶予日数(きらら397+3日遅れ)」が1日以上で、生育遅延が起りにくい場所とした。

2. 栽培上の注意

「きたくりん」は、諸特性から見て以下の点に留意して栽培する必要がある。

(1) 腹白粒・乳白粒の発生を助長しないように「北海道施肥標準」¹¹⁾を遵守し、多肥栽培は厳に慎むとともに、発生が多い場合は必要に応じて色彩選別を行う。

(2) 熟期がやや遅いので適期移植に努め、側条施肥など生育を促進する栽培法を励行する。

(3) 周囲にいもち病多発圃場等感染源がある場合は、基幹防除を実施する。また、採種圃におけるいもち病防除対策は既存品種に準じる²⁾。

論 議

近年の北海道における水稲粳品種の開発は食味の向上を主要な目標として進められてきた。その結果、「きらら397」を始めとして、「ほしのゆめ」、「ななつぼし」、「ゆめぴりか」と、着実に食味が向上した品種が開発された^{19, 24)}。しかし、これら品種のいもち病抵抗性はいずれも“中”以下である^{7, 22)}。そのため、2010年の穂いもち発生面積は、水稲作付面積の45.2%に達する大きな被害が発生した⁴⁾。

「きたくりん」の第一の長所はいもち病抵抗性が強いことである。表7に示した通りいもち病真性抵抗性遺伝子型は“*Pia*, *Pii*”と推定されるが、北海道で優占するイネいもち病菌レースはこれらを侵す037.1である²⁸⁾。イネいもち病菌レースは、水稲作付品種の真性抵抗性型の変遷とともに変動することが知られている¹⁷⁾。そのため、いもち病抵抗性の向上にあたっては、圃場抵抗性が強い系統を選抜することが重要である。本品種はF₅世代から葉いもち、F₆世代から穂いもちを圃場抵抗性で選抜してきた。その結果、表8に示した通り葉いもちおよび穂いもち圃場抵抗性は、いずれも現在の主要品種を大きく上回っている。一方、「きたくりん」の親である「空育162号」と「ふ系187号」はいもち病抵抗性に優れているものの（表1）、「きたくりん」の葉いもちおよび穂いもち圃場抵抗性は両親よりも優る。すなわち、「きたくりん」のいもち病抵抗性は親系統が持ついもち病圃場抵抗性が集積された結果と推察される。なお、本品種が北海道優良品種に認定されたあとの研究で、「きたくりん」はいもち病圃場抵抗性を向上させる遺伝子Pi-cdを保有していることが判明した²⁵⁾。

「きたくりん」の第二の長所は割籾が少ないことである（表4）。斑点米は、北海道ではカメムシによる吸汁被害が発生の主因であるが、水稲の登熟期における割籾の発生程度と関係があり、割籾が多くなるほど斑点米率が高まる傾向がある¹⁶⁾。斑点米を含む着色粒の混入率が高くなると検査等級が下がることから、生産者はカメムシ

の適期防除を実施している。北海道では、出穂期以降必ず実施する2回の基幹防除とカメムシの発生量に応じた追加防除を行うよう指導されている^{1, 6, 13)}。追加防除を実施する基準（要防除水準）は品種の割籾歩合に応じて変動し、割籾歩合が少ない品種は多い品種よりも要防除水準を超えるリスクが小さい³⁾。すなわち、割籾歩合が“少”の「きたくりん」は、“やや多”の「ななつぼし」よりも追加防除を行う可能性は低いと考えられる。

「きたくりん」の第三の長所は良食味である。「きたくりん」は食味官能試験において主に粘りと柔らかさは「ななつぼし」並～やや優り、総合評価が「ななつぼし」並～やや優る（表14）。米の食味官能試験における粘りおよび柔らかさは、白米のアミロース含有率およびタンパク質含有率の影響を受けることが指摘されている^{15, 20, 21)}。「きたくりん」は「ななつぼし」に比べ、タンパク質含有率はやや低いものの、アミロース含有率は高い（表15）。この食味特性や理化学的特性の傾向は父本の「ふっくりんこ」に類似している。田中ら²⁶⁾は「ふっくりんこ」の食味特性について、「きらら397」、「ほしのゆめ」よりもタンパク質含有率が低いことと、「国宝ローズ」由来の良食味特性を導入したことによると報告した。しかし、「きたくりん」は「ふっくりんこ」と比べ、食味官能評価値が並であるが、タンパク質含有率はやや高い傾向にある。これらのことは、アミロース含有率やタンパク質含有率以外の要素が食味官能試験における粘りや柔らかさに関与することを示唆しており、今後の研究を待ちたい。

一方、「きたくりん」の第一の短所は、白未熟粒の発生がやや多く検査等級がやや劣ることである（表4, 5）。

白未熟粒のうち、乳白粒および腹白粒は籾数過剰や穂揃い性不良により発生が助長される¹⁸⁾。その軽減方策として、適正施肥や深水管理などによる適正なm²当たり籾数の確保と、育苗管理および栽植密度の基準遵守が有効であり、従来の水稲栽培基本技術を励行することで対応が可能であると報告されている¹⁸⁾。一方、「きたくりん」の基部未熟粒は、「ななつぼし」等他の品種よりも、登熟期間後半の高温により発生が助長される¹⁸⁾。水稲の生育可能期間が短く作期が固定されている北海道では、栽培技術による対応で基部未熟粒の発生を軽減することは難しい。そのため、「きたくりん」の栽培にあたっては、乳白粒と腹白粒の発生軽減対策を講じることが重要である。また、今後は、白未熟粒の発生が少ない品種の育成が重要である。

「きたくりん」の第二の短所は出穂期および成熟期がやや遅いことである（表4, 5）。北海道は冷涼な気象条件であるため、出穂が遅い品種は生育が遅延し、登熟期間の温度低下による玄米品質の低下が懸念される。この

ため、本品種の普及にあたっては、普及見込み地帯を明確にすることが重要である。その地帯については、品種登録時に「普及見込み地帯および栽培上の注意 1. 普及見込み地帯と対照品種」の項で示したとおり設定した。一方、本品種は胆振東部、日高、上川北部など栽培が推奨されない地域がある(表16)。これらの地域でクリーン農業を推進するには、耐病虫性に優れ熟期が早い新たな品種の育成が必要である。

「きたくりん」のいもち病抵抗性に優れるという特性、また、割刈が少ないという特性は既存の水稻基幹品種よりも化学合成農薬の使用回数を削減することができる。消費者の食に対する安心・安全志向が高まるなか、本品種の普及は化学合成農薬の低減、自然環境の保全に貢献するとともに、水稻におけるクリーン農業の推進に大きく貢献できる。

謝 辞 本品種の育成にあたり、各種試験について御協力いただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センターおよび北海道立総合研究機構農業試験場各担当者、奨励品種決定現地試験を担当していただいた各地区農業改良普及センターおよび生産者の方々、玄米品質を鑑定していただいた農林水産省北海道農政事務所および一般社団法人北海道米麦改良協会の関係各位に厚く御礼申し上げる。さらに、本稿の御校閲を頂いた、北見農業試験場研究部麦類グループ研究主幹(現：農業研究本部企画調整課企画課長)神野裕信氏、北見農業試験場研究部長江部成彦氏および北見農業試験場長清水基滋氏に深く感謝の意を表する。

命名の由来

北を意味する「きた」に、親の「ふっくりんこ」および薬剤防除が少なくクリーンを意味する「くりん」を合わせて「きたくりん」と命名した。

付表1 育成担当者

氏名	年次	世代
尾崎 洋人	1999～2003, 2011	交配～F ₅ , F ₁₃
木下 雅文	2009～2011	F ₁₁ ～F ₁₃
其田 達也	2007～2011	F ₉ ～F ₁₃
田中 一生	2000～2008	F ₂ ～F ₁₀
平山 裕治	2004～2010	F ₆ ～F ₁₂
菅原 彰	2004～2006	F ₆ ～F ₈
宗形 信也	1999	交配～F ₁
沼尾 吉則	1999	交配～F ₁

付表2 特性検定試験および奨励品種決定基本調査担当場所

項目	場所名	年次
障害型耐冷性	北海道農業研究センター	2005
	中央農業試験場	2004～2011
	上川農業試験場	2004～2005, 2007～2011
	道南農業試験場	2003, 2005
葉いもち抵抗性	北海道農業研究センター	2004～2005
	中央農業試験場	2004～2011
	上川農業試験場	2005, 2007～2011
	道南農業試験場	2005
穂いもち抵抗性	北海道農業研究センター	2006
	中央農業試験場	2004～2011
	上川農業試験場	2005, 2007～2011
	中央農業試験場	2005～2011
奨励品種決定基本調査	上川農業試験場	2005, 2008～2011
	道南農業試験場	2005～2011

引用文献

- 1) 中央・上川農業試験場. 水稻の減農薬栽培のための病害虫防除技術. 平成8年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部編. p166-169 (1996)
- 2) 中央農業試験場病虫部クリーン病害虫グループ. 圃場抵抗性に優れる水稻「空育172号」のいもち病防除対策. 平成24年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部編. p171-173 (2012)
- 3) 中央農業試験場病虫部クリーン病害虫グループ, 上川農業試験場研究部生産環境グループ. 水稻の割刈歩合ランク‘少’～‘やや少’品種に対するカメムシの要防除水準. 平成26年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部編. p201-203 (2014)
- 4) 道総研中央農試病虫部予察診断グループ. 平成22年度の発生にかんがみ注意すべき病害虫. 北農. 78(2), 176-192 (2011)
- 5) 藤根統, 小倉玲奈, 長濱恵. いもち病圃場抵抗性に優れる水稻新品種「きたくりん(空育172号)」におけるいもち病防除体系. 北日本病害虫研究会報. 64, 21-24 (2013)
- 6) 八谷一彦, 橋本直樹. 「ほしのゆめ」における斑点米カメムシの要防除水準. 北農. 68(3), 248-252 (2001)
- 7) 平山裕治, 吉村徹, 白井佳代, 木内均. 北海道における水稻の穂いもち圃場抵抗性に関する遺伝子別基準品種の選定. 北海道立農業試験場集報. 85, 13-16 (2003)
- 8) 北海道. 北海道農業・農村の動向. 2019. 67p

- 9) 北海道米麦改良協会. 水稲地帯別栽培指標の手引. 北海道の米づくり. 1989. p1-91
- 10) 北海道米麦改良協会. 水稲移植栽培技術. 北海道の米づくり 2011年版. 2011. p126-208
- 11) 北海道農政部. 北海道施肥ガイド2015. 2015. 246p
- 12) 北海道農政部. 北海道クリーン農業推進計画 (第7期). 2020. 43p
- 13) 北海道農政部生産振興局技術普及課, 北海道病害虫防除所編. 平成29年度北海道農作物病害虫・雑草防除ガイド. 2017. p30-40
- 14) 北海道植物防疫協会. 北海道病害虫防除提要. 2014. p43-45
- 15) 稲津脩. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究. 北海道立農業試験場報告. 66, 1-89 (1988)
- 16) 伊藤清光. アカヒゲホソミドリカスミカメの加害による斑点米発生：特に割れ粳との関係. 日本応用動物昆虫学会誌. 48(1), 23-32 (2004)
- 17) 岩野正敬, 山田晶雄. イネいもち病菌レースの分布とその変動要因に関する研究. 北陸農業試験場報告. 25, 1-64 (1983).
- 18) 上川農業試験場研究部生産環境グループ. 北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策. 平成29年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部編. p157-159 (2017)
- 19) 沼尾吉則. 技術開発の成果と展望 (1) 北海道米の良食味品種育成について. 北農. 76(3), 336-342(2009)
- 20) 大坪研一, 岩崎哲也, 奥野員敏, 堀末登, 久保田興太郎, 竹生新治郎. 米の科学. 朝倉書店, 東京, 1995, p13-135
- 21) 大坪研一, 堀末登, 丸山幸夫. 美味しい米第2巻米の美味しさの科学. 農林水産技術情報協会, 東京, 1996, p31-174
- 22) 尾崎洋人, 佐藤毅, 沼尾吉則, 吉村徹, 木下雅文, 品田博史, 粕谷雅志, 木内均, 前川利彦, 平山裕治, 佐々木忠雄, 相川宗嚴, 菊池治巳, 丹野久, 田中一生, 新橋登. 水稲新品種「ゆめぴりか」の育成. 北海道立総合研究機構農業試験場集報. 102, 1-13 (2018)
- 23) 佐々木多喜雄, 佐々木一男, 柳川忠男, 沼尾吉則, 相川宗嚴. 水稲新品種「きらら397」の育成について. 北海道立農業試験場集報. 60, 1-18 (1990)
- 24) 佐藤毅. 技術開発の成果と展望 (2) 新品種「ゆめぴりか」の育成と今後の北海道稲育種. 北農. 76(3), 343-357 (2009)
- 25) 品田博史. 北海道新旧主要イネ品種・系統における遺伝的多様性と耐病・耐冷性に関与する遺伝因子の解明. 北海道立総合研究機構農業試験場報告. 146, 30-40 (2016)
- 26) 田中一生, 尾崎洋人, 越智弘明, 品田裕二, 沼尾吉則, 宗形信也, 萩原誠司, 前田博, 佐々木忠雄, 本間昭, 吉村徹, 太田早苗, 鴻坂扶美子. 水稲新品種「ふっくりんこ」の育成. 北海道立農業試験場集報. 92, 1-12 (2008)
- 27) 吉村徹, 丹野久, 菅原圭一, 宗形信也, 田縁勝洋, 相川宗嚴, 菊池治巳, 佐藤毅, 前田博, 本間昭, 田中一生, 佐々木忠雄, 太田早苗, 鴻坂扶美子. 水稲新品種「ななつぼし」の育成. 北海道立農業試験場集報. 83, 1-10 (2002)
- 28) 善林薫, フェ デラペーニャ, 芦澤武人, 小泉信三. 2001年に北海道・東北地方に分布したイネいもち病菌レース. 北日本病害虫研究会報. 53, 19-23 (2002)

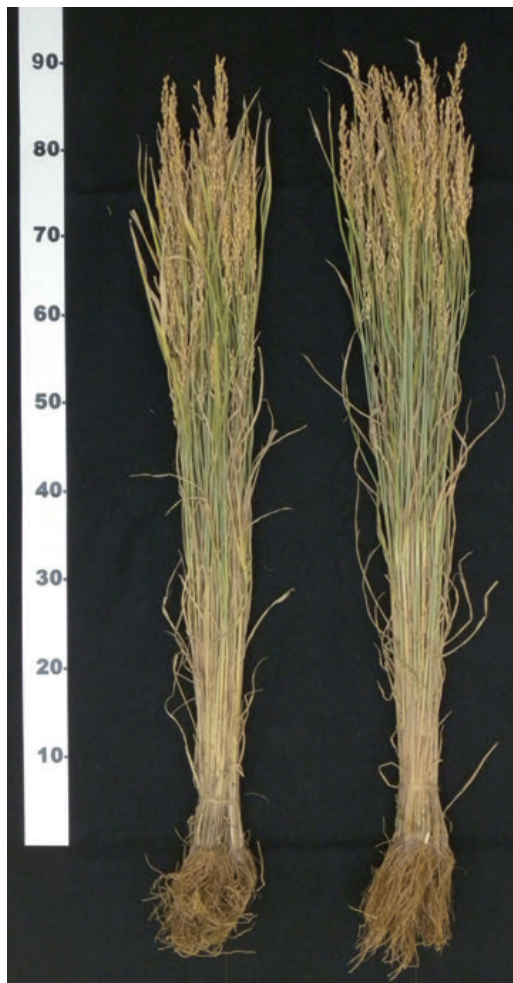


写真1 「きたくりん」の草姿
左：「きたくりん」、右：「ななつぼし」



写真2 「きたくりん」の籾ならびに玄米
左：「きたくりん」、右：「ななつぼし」

A New Rice Variety “Kitakurin”

Tatsuya SONODA^{*1}, Hiroto OZAKI^{*2}, Masafumi KINOSHITA^{*3}, Kazuo TANAKA^{*1},
Yuji HIRAYAMA^{*3}, Akira SUGAWARA^{*4}, Shinya MUNAKATA^{*5}
and Yoshinori NUMAO^{*6}

Summary

A new non-glutinous paddy rice variety, “Kitakurin” was developed at Hokkaido Research Organization Central Agricultural Experiment Station and Donan Agricultural Experiment Station. It was derived from the three-way cross “Fukey 187” “Kuuiku 162”, and “Toiku 240 (Fukkurinko)”. It was registered as a recommended variety in Hokkaido in 2012.

“Kitakurin” is a moderate maturing cultivar, and it has the following characteristics compared to “Nanatsuboshi”. The heading and maturing dates are slightly later. The number of ears per unit area is similar and the number of spikelets per panicle is lower therefore “Kitakurin” is the panicle-number type. Tolerance to cool weather during the booting stage is similar. Yield potential is similar or slightly inferior. White immature grain number is slightly larger. Grain quality is slightly inferior. The amylose content in the endosperm is larger. The protein content in the endosperm is slightly lower. The eating quality of cooked rice is similar or slightly superior.

“Kitakurin” shows high field resistant level; ‘strong’ against to rice leaf blast and form ‘strong’ to ‘slightly strong’ against rice panicle blast. The genotype of blast resistance is estimated with Pia and Pii. The farmer will be able to cultivate without rice blast control by germicide after transplantation.

From the above, “Kitakurin” will be replaced to a part of “Nanatsuboshi”. It will contribute to stable rice production under cultivation with reduced agrochemicals.

^{*1} Hokkaido Research Organization Central Agricultural Experiment Station, Iwamizawa, Hokkaido, 069-0365, Japan (Present; Hokkaido Research Organization Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-1496 Japan)

E-mail: sonoda-tatsuya@hro.or.jp

^{*2} ditto. (Present; Hokkaido Research Organization Donan Agricultural Experiment Station, Hokuto, Hokkaido, 041-1201 Japan)

^{*3} ditto. (Present; Hokkaido Research Organization Kamikawa Agricultural Experiment Station, Pippu, Hokkaido, 078-0397 Japan)

^{*4} ditto. (Present; Hokkaido Research Organization Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan)

^{*5} Hokkaido Research Organization Donan Agricultural Experiment Station, Hokuto, Hokkaido, 041-1201 Japan (Present; Hokkaido Research Organization Kamikawa Agricultural Experiment Station, Pippu, Hokkaido, 078-0397 Japan)

^{*6} ditto. (Present; Sapporo, Hokkaido, 003-0029 Japan)