

もち性小麦品種「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の育成とその特性

山口勲夫^{*1}・乙部(桐淵)千雅子・柳澤貴司^{*2}・長嶺 敬^{*2}・牛山智彦^{*3}・吉田 久

抄 録

「西海168号」の早生と「谷系A6099」の極低アミロースを合わせ持つ小麦系統の育成を目標として交配し、半数体育種法を適用して得られた倍加半数体2年目の系統の中に5系統のもち性系統を見いだした。この中から「もち谷系H1881」及び「もち谷系H1884」の2系統を選抜した。

これらのもち性小麦は世界で初めて固定された系統のため、品種登録申請を行った。その後、系統適応性検定試験を行った結果から、「もち谷系H1881」のみについて「関東糯121号」の系統名を付して奨励品種決定調査試験材料として関係府県に配付した。

2000年10月、それぞれ「もち谷系H1881(関東糯121号)」は「あけぼのもち」、「もち谷系H1884」は「いぶきもち」として品種登録された。

いずれの品種とも、ヨウ素ヨウ化カリウムによる花粉及び穀粒断面の染色反応は赤茶色に染まりもち性であることを示し、でん粉のアミロース含量はいずれも0.4%であった。

キーワード : 小麦、品種、もち性、半数体育種法

Abstract

Two waxy (glutinous) wheat cultivars, "Akebono-mochi" and "Ibuki-mochi," were developed by cross-combination between "Saikai 168" (Kinuiroha) and "Tanikei-A6099" using haploid breeding method.

Endosperm starch of these cultivars is amylose-free and starch paste viscosity measured by a Rapid Visco Analyser showed lower pasting temperature, higher peak viscosity, and higher breakdown than for nonwaxy wheat.

Because both parents, "Saikai 168" and "Tanikei A6099," have a Wx-D1 waxy protein, we discuss way for segregating waxy lines from this combination.

Key Words: wheat, variety, waxy, haploid breeding method.

平成14年9月6日受付 平成14年11月15日受理

^{*1} 現 日本種苗協会

^{*2} 現 近畿中国四国農業研究センター

^{*3} 現 長野県農事試験場

はじめに

めん用として主に消費される国産小麦は、水田転換作物として大豆などととも重要な作物であり、早生、耐病性、多収などの栽培適性ととも、品質、とくに製めん適性の優れた品種開発が求められてきた。最近では、1998年に策定された「新たな麦政策大綱」に基づき、「麦新品種緊急開発プロジェクト」がスタートし、高品質小麦品種の開発が進められている。

製めん適性では、アミロース含量が低いとめんの食感、とくに粘弾性が優れることから、アミロース含量が低い「関東107号」を母本とした育種が進められ、1994年に育成された「チクゴイズミ」(氏原ら 1995)を初めとして、農業研究センター(以下農研センター)でも「あやひかり」(吉田ら 2001a)及び「きぬあずま」(吉田ら 2001b)など、めんの食感が優れた良質の6品種が相次いで育成された(星野 2002)。

また一方では、国産小麦の需要拡大を図る観点から、新規用途の開発も重要な課題である。農研センターでは「関東107号」からアミロース含量がさらに低くなった突然変異系統「中間母本農7号(谷系A6099)」(山口ら 1998)や、特異な粘度安定性を示すもち性突然変異系統「中間母本農8号(谷系A6599-4)」(乙部ら 2001)を作出するなど、新規形質を持つ小麦品種の開発を進めてきた。

異質6倍体である小麦(*Triticum aestivum* L.)では、もち性の存在は知られていなかった。しかし、Nakamura *et al.* (1995)はアミロース合成に関わる酵素(Wxタンパク質)の解析から

小麦でもち性の作出に成功し、東北農業試験場(以下東北農試)では半数体育種法により他の形質も遺伝的に固定した2系統のもち性小麦を育成した(Hoshino *et al.* 1996)。

一方、農研センターでは前述の突然変異系統を母本とした新品種育成を進める中から、東北農試とほぼ時期を同じくして、半数体育種法によりもち性を示す5系統を得ており、この中から2系統を選抜した。

もち性小麦はそれまでの小麦品種には存在していなかったことから、その特徴を生かした新たな用途開発の可能性が期待された。そこで、1996年度(平成8年度)から5年度にわたり、もち性小麦の用途開発を目指した農林水産省農産園芸局農産課による「モチ性小麦の生産・利用技術実用化事業」が実施されることとなった。この事業では、農研センター育成の2系統と東北農試育成の2系統を供試した全国規模の栽培実証試験と製粉試験・ブレンド試験などの実用化のための試験が行われた。

これらの系統はもち性という新しい特性を有するため、上記の事業に先立ち主要特性を調査して種苗法による品種登録の申請を行った。農研センターで育成した2系統は、2000年10月「あけぼのもち」及び「いぶきもち」として登録された。一方、品種登録申請後も栽培特性及び品質特性の試験を継続して特性の把握に努めたので、両品種の育成経過及び特性とともに、栽培特性及び品質特性の成績を合わせてここに報告する。

来歴及び育成経過

「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の系譜及び育成経過は図1及び表1の通りである。

1992年5月、「谷系A6099」(後の「中間母本農7号」)のもつ低アミロース特性と「西海168

号」(後の「きぬいろは」)の早生を組み合わせる目的で、「西海168号」を母親として交配を行い、50穂から681粒の交配種子を得た。

育種の効率化を図るため半数体育種法を適用

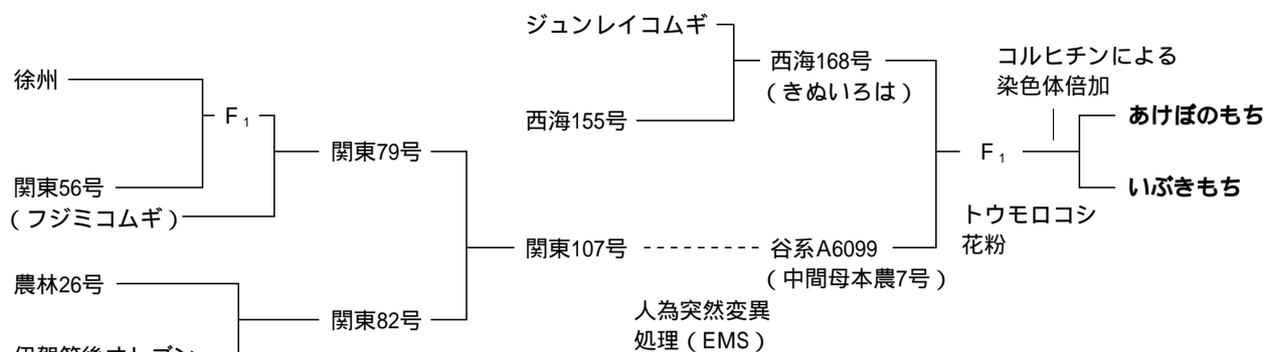


図1 「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の系譜

表1 「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の選抜経過

播種年度 世代	品種登録申請まで						品種登録申請後					
	1991 交配	1992 F ₁	1993 DH ₁	1994 DH ₂	1995 DH ₃	1996 DH ₄	1996 DH ₅	1997 DH ₆	1998 DH ₇	1999 DH ₈	2000 DH ₉	2001 DH ₁₀
供試	系統群数 系統数 個体数	50穂 681粒	681	280	105	99	12 60	5 25	1 5	1 5	1 5	1 5
選抜	系統群数 系統数 個体数		280	105	35 35	12 12	5 5	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
					谷系H1881 (*1) 谷系H1884 (*1)		関係W432 関係W433	関東糯121号 ×			(*2) (*3)	

*1: 品種登録申請

*2: 品種登録「あけぼのもち」

*3: 品種登録「いぶきもち」

×: 配付打切り

することとし、1992年10月から1993年6月にかけて順次温室でF₁を播種・育苗し、開花期にトウモロコシ花粉を交配した後、受粉後約11日目の胚を取り出して培養を行い、半数体個体を得た。得られた半数体個体にコルヒチンによる染色体倍加処理を行って、遺伝的に固定した半数体倍加個体を育成し、280個体から種子を得た。

1993年10月、倍加半数体個体ごとに倍加2世代目の穂別系統として播種した。発芽不良及び冬期間凍死したものを除く249系統を収穫し、系統ごとに胚乳の見かけのアミロース含量をオートアナライザーで測定した(表2)。249系統のうち、244系統のアミロース含量は15%以上で両親のwaxyタンパク質の遺伝構成(後述)から期待される分布を示したが、残り5系統は期待される値とは異なり、アミロース含量がゼロに近い、すなわちもち性を示す5系統を見いだした。この世代では、アミロース含量が25%未満のものは全系統、25%以上では農業特性の

表2 倍加2世代目(DH₂)系統におけるアミロース含量の分布

アミロース 含量(%)	系統数
0 - 5	5
5 - 10	0
10 - 15	0
15 - 20	15
20 - 25	56
25 - 30	156
30 -	17

優れた系統を選抜することとし、もち性を示した5系統を含む105系統を選抜した。

1994年度には、この5系統に「もち谷系H1881」~「もち谷系H1885」の系統名を付し、倍加3世代目の系統として播種した。この5系統は、草型や出穂期などから、「もち谷系H1881」及び「もち谷系H1882」、「もち谷系H1883」~「もち谷系H1885」の2群に分けられ、それぞれの群内では農業特性が極めて類似していた

め、それぞれの群から「もち谷系H1881」及び「もち谷系H1884」の1系統ずつを選抜した。

1996年度には、「もち谷系H1881」を「関係W432」、「もち谷系H1884」を「関係W433」として、7カ所の試験地と農研センターにおいて系統適応性検定試験を行い、1997年度には、前年度の試験における成績がより優れた「関係W432」について「関東糯121号」の系統名を付し、もち性という新規形質をもつ小麦品種の候補として関係県における奨励品種決定調査試験材料に配付した。

一方、1995年度には、2系統を標準栽培及びドリル播標肥区による生産力検定予備試験に供試するとともに、特性調査を行って、種苗法による品種登録の申請を行った。この結果、2000年10月に「もち谷系H1881」は「あけぼのもち」、「もち谷系H1884」は「いぶきもち」として品種登録された。

2001年度における「あけぼのもち」の世代は半数体倍加後10世代目である。なお、「いぶきもち」は半数体倍加後5世代目までで系統育成は中止した。

特性の概要

1 もち性

両品種ともに、ヨウ素ヨウ化カリウム($KI-I_2$)による花粉及び穀粒断面の染色反応では赤茶色に染まり、もち性であることを示す(写真1)。電流滴定法によるでん粉のアミロース含量の測定結果を表3に示した。農林61号が31.8%、関東107号が20.9%であるのに対し、いずれも0.4%である。

表3 「あけぼのもち」及び「いぶきもち」のアミロース含量

品種・系統名	アミロース含量(%)
農林61号	31.8
西海168号	27.9
関東107号	20.9
谷系A6099	17.7
あけぼのもち	0.4
いぶきもち	0.4

電流滴定法による測定値

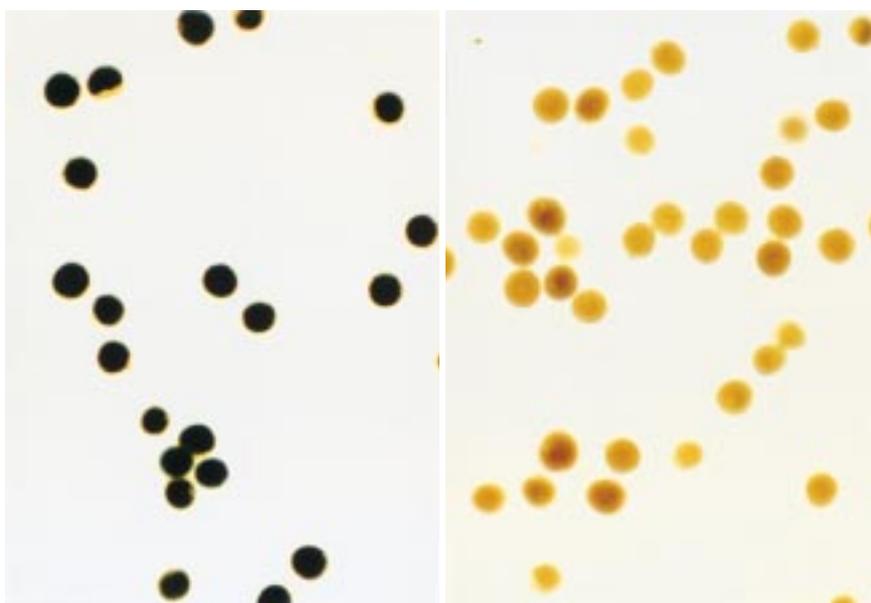


写真1 ヨウ素ヨウ化カリウム溶液で染色された花粉

左：中間母本農7号(うるち性)
右：あけぼのもち(もち性)

2 形態的特性

種苗特性分類調査基準に従い、「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の形態的特性を生態的特性及び品質特性とともに表4に示した。

叢性は「あけぼのもち」がやや直立で「いぶきもち」が中、株の開閉は「あけぼのもち」がやや開で「いぶきもち」が中である。稈長はともに短であるが、「あけぼのもち」がより短い。稈の細太は「あけぼのもち」がやや太で「いぶきもち」が中、稈の剛柔はともにやや剛であり、稈のワックスの多少はともに少である。葉色はともに中であり、葉鞘のワックスの多少は「あけぼのもち」が極少で「いぶきもち」は少である。ふ毛の有無・多少及び葉身の下垂度はともに中であり、フレッケンの有無・多少は「あけぼのもち」が無～極少で「いぶきもち」が中である。

穂型はともに紡錘状であり、穂長は「あけぼのもち」が中で「いぶきもち」がやや短、粒着の粗密は「あけぼのもち」が疎で「いぶきもち」が密である。穂の抽出度はともにやや短、穂の

ワックスの多少はともに無～極少であり、芒の有無と多少及び芒長はともに中、ふの色はともに黄である。

粒の形はともに中であるが、粒の大小は「あけぼのもち」がやや大で「いぶきもち」が中であり、粒の色はともに褐である。千粒重は「あけぼのもち」がやや大で「いぶきもち」がやや小、原麦粒の見かけの品質はともに中の中である。

3 生態的特性

播性の程度は「あけぼのもち」が中であり、「いぶきもち」がやや早であり、出穂期は「あけぼのもち」がやや早で「いぶきもち」が中、成熟期はともに中である。

耐倒伏性はともにやや強であり、穂発芽性は「あけぼのもち」がやや難で「いぶきもち」が中、脱粒性はともに中である。収量性は「あけぼのもち」が中で「いぶきもち」はやや少である。

縞萎縮病抵抗性はともに強、赤かび病抵抗性

表4 「あけぼのもち」及び「いぶきもち」の特性概要

形態的特性												
品種・系統名	叢性	株の開閉	稈長	稈の細太	稈の剛柔	葉鞘のワックスの多少	フレッケンの有無・多少	穂型	穂長	粒着の粗密	穂のワックスの有無・多少	
あけぼのもち	やや直立	やや開	短	やや太	やや剛	極少	無～極少	紡錘状	中	疎	無～極少	
いぶきもち	中	中	短	中	やや剛	少	中	紡錘状	やや短	密	無～極少	
関東107号	中	中	中	中	やや剛	少	少	紡錘状	中	中	無	
農林61号	やや直立	中	長	中	中	少	少	紡錘状	中	中	少	
品種・系統名	芒の有無・多少	芒長	ふの色	粒の大小	粒の色	千粒重	リットル重	原麦粒の見かけの品質				
あけぼのもち	中	中	黄	やや大	褐	やや大	やや小	中の中				
いぶきもち	中	中	黄	中	褐	やや小	やや小	中の中				
関東107号	中	中	黄	やや大	褐	やや大	中	中の上				
農林61号	中	中	褐	やや大	赤褐	やや大	中	中の上				
生理的特性												
品種・系統名	播性の程度	出穂期	成熟期	耐倒伏性	穂発芽性	脱粒性	収量性	縞萎縮病抵抗性	赤かび病抵抗性	うどんこ病抵抗性	赤さび病抵抗性	
あけぼのもち		やや早	中	やや強	やや難	中	中	強	やや強	やや弱	強	
いぶきもち		中	中	やや強	中	中	やや少	強	やや強	やや弱	強	
関東107号		やや早	やや早	中	難	中	やや多	強	中	弱	強	
農林61号		中	中	やや弱	難	中	中	中	中	中	中	
品質特性												
品種・系統名	粒の硬軟	粒質	製粉歩留	ミリングスコア	60%粉粗蛋白質含量	60%粉アミノ酸含量	粉の白さ	吸水率	最高粘度			
あけぼのもち	中	粉状質	やや低	やや低	中	極少	低	極高	中			
いぶきもち	中	粉状質	やや低	やや低	やや低	極少	やや低	極高	中			
関東107号	やや硬	中間質	中	中	やや低	少	やや低	中	中			
農林61号	中	粉状質	中	中	中	中	中	中	中			

はともにやや強であり、うどんこ病抵抗性はともにやや弱、赤さび病抵抗性はともに強である。

4 品質特性

粒の硬軟はともに中、粒質はともに粉状質であり、製粉歩留及びミリングスコアはともにや

や低である。60%粉の粗蛋白質含有率は「あけぼのもち」が中で「いぶきもち」はやや低であり、60%粉アミロース含量はともに極少である。粉の白さ及び明るさは「あけぼのもち」が低で「いぶきもち」がやや低である。吸水率はともに極高、パロリーメーターバリューは「あけぼのもち」が低で「いぶきもち」がやや低である。最高粘度はともに中である。

生産力検定試験、特性検定試験及び製粉試験

いずれの品種も1995年に品種登録申請を行ったが、その後も生産力検定試験、特性検定試験及び製粉試験を引き続いて行ったので、それらの成績を合わせて以下に記した。

「あけぼのもち」については、1995年度は生産力予備試験、1996年度は系統適応性検定試験、1997～2000年度は生産力検定試験の計6年度、「いぶきもち」については、1995年度は生産力予備試験、1996～1997年度は系統適応性検定試験の計3年度にわたって生産力についての試験を行った。いずれも「農林61号」を標準品種として、2～3反復で標準栽培及びドリル栽培を行った。また、「あけぼのもち」については、1997～2000年度に転換畑における試験を行っ

た。生産力予備試験から生産力試験までの試験成績を合わせて表5に示した。なお、特性検定試験の結果は省略した。

「農林61号」に比較して、出穂期は両品種とも2～3日早く、成熟期はほぼ同じであった。稈長は「農林61号」より「いぶきもち」が10cm、「あけぼのもち」が20cm程度短い。穂長は「あけぼのもち」は「農林61号」と同程度で、「いぶきもち」は1cm程度短かった。穂数はいずれも「農林61号」より少ない。1アール当りの子実重は「あけぼのもち」は標準栽培で「農林61号」と同等であるがドリル栽培で多収を示し、「いぶきもち」はいずれの栽培でも多収でとくにドリル栽培で増収となった。リットル重

表5 生産力検定試験成績

		出穂期	成熟期	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	子実重 (kg/a)	標準 比率	1%重 (g)	千粒重 (g)	粒形	粒大	粒質	粒色	粒張	粒揃	外観 品質
標準 栽培	あけぼのもち	4.22	6.12	63	9.5	301	30.8	92	768	33.8	中	やや大	粉質	褐	中	中	中中
	農林61号	4.24	6.13	90	9.3	360	33.7	100	799	36.0	中	やや大	中間質	褐	中	中	中中
	あけぼのもち*	4.21	6.14	64	9.5	325	34.4	107	780	34.0	中	やや大	粉質	褐	中	中	中中
	いぶきもち*	4.23	6.15	73	8.3	318	36.9	117	793	29.9	中	中	粉質	褐	中	中	中中
ドリ ル 裁 培	あけぼのもち	4.21	6.14	72	9.0	929	66.5	137	747	30.2	中	やや大	粉質	褐	中	中	中中
	農林61号	4.24	6.13	95	9.2	998	48.5	100	756	31.5	中	やや大	中間質	褐	中	中	中中
	あけぼのもち*	4.23	6.16	76	9.1	965	69.8	167	761	30.6	中	やや大	粉質	黄褐	中	中	中中
	いぶきもち*	4.23	6.17	79	8.2	1023	61.1	146	729	21.1	中	やや小	中間質	褐	やや否	中	下上
転 換 畑	あけぼのもち	4.22	6.6	-	-	-	24.3	96	763	32.5	中	やや大	粉質	褐	中	中	中中
	農林61号	4.24	6.8	-	-	-	25.4	100	767	34.1	中	やや大	中間質	褐	中	中	中中

* : 1995～97年度の平均

「あけぼのもち」は生産力検定予備試験(1995)、系統適応性検定試験(1996)及び生産力検定試験(1997～2000)、「いぶきもち」は生産力検定予備試験(1995)及び系統適応性検定試験(1996～97)の成績。

転換畑は1997～2000年度の成績。

はいずれも「農林61号」と同等かやや低めであるが、千粒重は「あけぼのもち」が同等かやや小さいのに対して、「いぶきもち」は明らかに「農林61号」より小さく、とくにドリル栽培で極端に小粒となり、外観品質が劣った。

収穫後、製粉試験及び粉質試験を行った結果を表6及び表7に示した。年度は播種年度で示した。なお、1999年度の標準栽培は収穫時に遭雨で低アミロとなったため、品質試験は行わなかった。

製粉歩留及びミリングスコアは「あけぼのもち」ではドリル栽培や転換畑で「農林61号」よりやや低く、「いぶきもち」はいずれの栽培でも「農林61号」より低かった。60%粉の白さ及

び明るさはいずれも「農林61号」より劣り、両品種の間では「あけぼのもち」の方が低い値を示した。粉質試験におけるファリノグラムでは、吸水率はいずれも「農林61号」より大きく、パロリーメーターバリューは低かった。エキステンソグラムは「あけぼのもち」についてのみ試験を行ったが、面積、伸張抵抗、伸張度及び形状係数のいずれも「農林61号」より低い値を示した。アミログラムでは「農林61号」に比較して最高粘度時の温度が低く、最高粘度は同程度かやや低いが、ブレイクダウンは大きかった。

アミログラムでは60%粉を用いるため、粉に含まれるでん粉分解酵素アミラーゼの作用が関与することが考えられる。そこで、「あけぼの

表6 製粉試験成績

	原粒			製粉性					60%粉					未粉							
	水分 (%)	灰分 (%)	粗蛋白 (%)	歩留 (%)	ミリングスコア	BM率 (%)	セモリナ生成率 (%)	セモリナ粉砕率 (%)	セモリナ移行率 (%)	灰分 (%)	反射率 R455	反射率 R554	色差計 L*	色差計 a*	色差計 b*	水分 (%)	灰分 (%)	粗蛋白 (%)	アミロス含量 (%)	アミロス (%)	
標準栽培	あけぼのもち	12.3	1.57	14.4	60.5	74.4	41.0	58.8	73.2	46.9	52.5	68.0	82.3	-0.8	14.4	75.5	12.4	0.42	11.5	3.0	0.53
	農林61号	12.7	1.53	14.4	59.2	74.8	42.7	57.8	71.9	51.1	53.6	69.0	81.5	-1.1	13.3	76.0	12.8	0.39	11.0	2.2	0.48
ドリル栽培	あけぼのもち*	13.1	1.55	15.1	59.8	75.4	42.5	58.5	71.9	51.7	52.2	67.3	80.7	-0.9	13.4	75.2	12.7	0.39	11.4	2.6	0.48
	いぶきもち*	12.3	1.51	13.6	58.7	74.2	43.0	57.1	72.0	50.5	55.1	70.6	82.4	-1.3	13.1	76.8	12.9	0.39	10.6	1.8	0.47
転換畑	あけぼのもち	13.1	1.55	15.1	59.8	75.4	42.5	58.5	71.9	51.7	52.2	67.3	80.7	-0.9	13.4	75.2	12.7	0.39	11.4	2.6	0.48
	農林61号*	13.1	1.55	15.1	59.8	75.4	42.5	58.5	71.9	51.7	52.2	67.3	80.7	-0.9	13.4	75.2	12.7	0.39	11.4	2.6	0.48
ドリル栽培	あけぼのもち	12.0	1.64	13.6	62.1	74.8	54.2	52.8	76.5	47.5	52.6	69.1	82.7	-1.0	15.0	75.4	12.0	0.44	11.4	2.7	0.60
	農林61号	11.6	1.65	14.4	65.5	78.1	55.4	51.8	81.5	50.2	55.0	70.8	83.8	-0.8	14.5	76.6	12.2	0.43	11.7	28.7	0.67
転換畑	あけぼのもち*	11.9	1.60	13.5	64.0	74.0	50.0	55.3	77.3	52.7	51.5	67.4	80.8	-0.9	14.2	75.0	11.2	0.49	11.6	3.4	0.65
	いぶきもち*	11.7	1.68	13.7	61.7	72.8	54.4	50.8	78.9	51.0	52.8	68.8	81.4	-1.2	13.8	75.6	11.0	0.48	10.9	2.4	0.66
転換畑	あけぼのもち	11.8	1.69	15.3	67.6	78.6	57.2	52.8	81.6	58.1	54.7	69.6	81.7	-0.7	13.3	76.1	11.6	0.44	12.1	30.0	0.80
	農林61号	11.8	1.72	10.8	61.7	73.6	49.1	54.8	75.9	47.5	52.9	69.3	83.6	-1.0	15.3	75.4	12.6	0.46	9.3	2.2	0.57
転換畑	あけぼのもち	11.8	1.76	11.6	63.7	76.5	45.1	55.1	80.1	50.2	55.5	71.7	84.6	-1.0	14.9	76.6	12.7	0.44	9.7	29.2	0.58
	農林61号	11.8	1.76	11.6	63.7	76.5	45.1	55.1	80.1	50.2	55.5	71.7	84.6	-1.0	14.9	76.6	12.7	0.44	9.7	29.2	0.58

* : 1995 ~ 96年度の平均値

** : オートアナライザーによる分析値

「あけぼのもち」は標準栽培は1995 ~ 98、ドリル栽培は1995 ~ 99年度、転換畑は1996 ~ 99年度(いずれも播種年度)の試験材料を供試したが、「いぶきもち」は標準栽培、ドリル栽培とも1995 ~ 96年度の試験材料を供試し、その平均値を示した。

表7 粉質試験

	ファリノグラム				エキステンソグラム(135分)				アミログラム				
	吸水率 (%)	生地形成時間 (分)	生地の弱化度 (BU)	パロリーメーターバリュー	面積 (cm ²)	伸張抵抗 (BU)	伸張度 (mm)	形状係数	糊化開始温度 (°C)	最高粘度時の温度 (°C)	最高粘度 (BU)	ブレイクダウン (BU)	
標準栽培	あけぼのもち	72.6	4.0	148	40	41	135	172	0.8	58.6	72.2	771	380
	農林61号	61.4	3.8	69	50	69	230	213	1.1	58.7	89.1	1084	298
ドリル栽培	あけぼのもち*	76.0	2.9	208	25	11	70	72	1.0	58.5	66.8	722	448
	いぶきもち*	75.0	3.9	133	36	-	-	-	-	57.3	65.9	1079	578
転換畑	あけぼのもち	61.4	3.8	69	50	69	230	213	1.1	58.7	89.1	1084	298
	農林61号*	61.4	3.8	69	50	69	230	213	1.1	58.7	89.1	1084	298
ドリル栽培	あけぼのもち	74.4	4.4	109	50	-	-	-	-	58.8	66.4	787	464
	農林61号	60.8	3.1	90	46	-	-	-	-	58.5	89.1	891	214
転換畑	あけぼのもち*	77.5	3.8	105	48	-	-	-	-	58.2	66.5	772	359
	いぶきもち*	79.0	5.4	80	57	-	-	-	-	58.0	66.6	1044	539
転換畑	あけぼのもち	62.0	2.8	105	44	-	-	-	-	57.5	88.9	949	244
	農林61号*	62.0	2.8	105	44	-	-	-	-	57.5	88.9	949	244

* : 1995 ~ 96年度の平均

試験材料は表6と同じ

もち」及びその片親である「谷系A6099」を対照の「農林61号」とともにでん粉を調製し、ラピッドビスコアライザー (RVA) による粘度特性を調査した。なお、比較にもち性トウモロコシのでん粉を用いた。その結果は図2に示すように、「あけぼのもち」は「農林61号」に比較して、糊化開始温度 (粘度が上昇し始める温度) が低く、糊化開始からピークに達するまでの時間が短く、従って、ピーク時の温度も低い。ピーク時の最高粘度は高く、ブレイクダウン (ピーク後の粘度低下の程度) も大きい。比較に用いたもち性トウモロコシと類似するが、糊化開始温度がやや低く、ピークはより大きい。

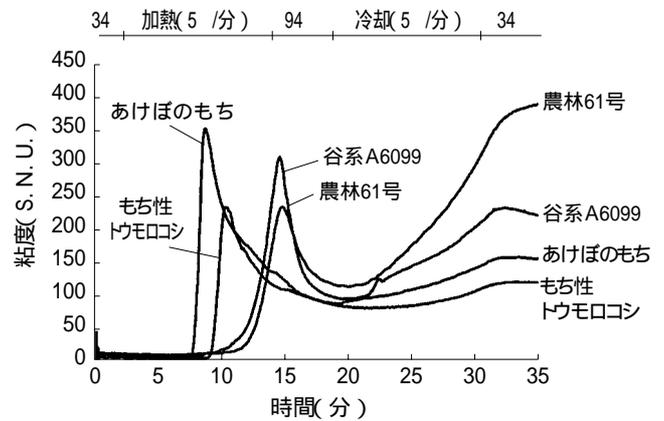


図2 ラピッドビスコアライザーによるでん粉粘度特性
上部横線は試料槽の温度変化を示す。

もち性小麦の実証試験

もち性小麦のでん粉はアミロースを全く含まないため、その品質特性はこれまでの品種にない大きな特徴を有する。

このため、冒頭に述べたように農研センター育成の2系統 (後の「あけぼのもち」及び「いぶきもち」) と東北農試育成の2系統 (後の「はつもち」及び「もち乙女」) を供試して、農産課による実証試験事業が1996年度から2000年度にかけておこなわれた。その成果は各年度ともに「もち性小麦の生産・利用技術実用化事業実績報告書」(財団法人農産業振興奨励会編) に報告されている。最終年度の報告 (2001) からその概略をここに紹介する。

栽培実証試験は岩手県 (花巻市)、茨城県 (八郷町)、埼玉県 (熊谷市)、香川県 (高松市)、福岡県 (瀬高町)、佐賀県 (三日月町) の6地区で行われた。実証栽培試験に基づいて、岩手県では「もち乙女」、茨城県では「あけぼのもち」及び「もち乙女」、埼玉県では「あけぼのもち」、香川県では「はつもち」及び「あけぼのもち」、福岡県では「もち乙女」、佐賀県では「あけぼのもち」について、それぞれの地区における「もち性小麦栽培マニュアル」が作成された。

また、もち性小麦はめんをはじめブレンド用

としての利用が考えられることから、製粉協会・製粉研究所において、製粉及びブレンドによる製めん試験が行われた。ブレンドによるめん試験の結果、もち性小麦をブレンドする比率を増すほどめんの色が黒くなる、ブレンド率を増したものではゆで時間を短くする必要がある、ブレンドする母体が低アミロースでない粉の場合は20%、低アミロースの粉では10%をブレンドした時が、その特徴を一番発揮できるブレンド率であることなどが明らかとなった。

さらに、新規用途開発として、ブレンドによる乾麺うどん・そば (株式会社成井製粉製麺工場)、生めん (田中製麺株式会社)、及び製パン性 (社団法人日本パン技術研究所) の評価が行われた。もち性小麦20%をブレンドした乾麺うどん・そばでは、作業性や乾燥後の麺の物性に問題はなく、麺のゆで時間はやや短くなり、うどんの粘弾性となめらかさがやや優り、生めんの評価では10~15%がブレンドの最適値であった。食パン (10~20%ブレンド)、フランスパン (20%) など数種の製パンによる評価では、もちもちとして特徴的な食感と食味を有し、市販品として販売されても良好なレベルを持つパンが得られた。

考 察

一粒系小麦にはもち性の突然変異が報告 (Kanzaki and Noda 1988) されていたが、冒頭にも述べたように異質六倍体作物である普通系小麦では、近年までもち性は知られていなかった。

Nakamura *et al.* (1993a) はアミロース合成酵素である waxy (W_x) タンパク質を二次元電気泳動で分離し、各アイソザイムが A、B、D ゲノムのどの遺伝子によってコードされているかを識別する方法を開発した。その結果、「関東107号」が W_x -A1 及び W_x -B1 タンパク質を欠き W_x -D1 タンパク質のみが働いていることを明らかにし (Nakamura *et al.* 1993b) また世界中から収集された遺伝資源を検索して W_x -D1 タンパク質を欠く品種「白火」を見出し (Yamamori *et al.* 1994) この「白火」を「関東107号」と交配することにより、普通系小麦におけるもち性の作出に成功した (Nakamura *et al.* 1995)。Hoshino *et al.* (1996) はこの組合せに半数体育種法を適用して、他の形質についても遺伝的に固定した 2 系統を得ており、「はつもち」及び「もち乙女」として品種登録された (吉川ら 未発表)。

また、日本でのもち性小麦育成の成功に刺激されて、アメリカ、オーストラリアにおいても同じ組み合わせの交配によるもち性小麦の育成が進められている (Graybosch 1998)。

一方、「あけぼのもち」及び「いぶきもち」は上記の 2 品種とは異なる育成経過をたどった。「あけぼのもち」及び「いぶきもち」が得られた交配は、「西海168号」(後の「きぬいろは」)と「谷系A6099」(後の「中間母本農7号」)であり、前者の早生に後者の極低アミロースを合わせもつ系統の育成が育種目標であった。半数体育種法を適用した倍加2年目の系統について、両親から期待されるアミロース含量の分布を示す中に、予測されてはいなかった5系統のもち性を見出し、この中から農業特性がそれぞれ異なる「あけぼのもち」及び「いぶきもち」

を育成したものである。

SDSポリアクリルアミド電気泳動及びイネの W_x タンパク質抗体を用いたイムノプロット解析の結果からは、両品種とも W_x タンパク質の欠損がもち性の発現に関わっており (柳沢ら 1996a、柳沢ら 1996b)、「あけぼのもち」を「農林61号」、「関東107号」及び「谷系A6099」と交配した F_1 植物の花粉分析も「あけぼのもち」が W_x タンパク質の 3 遺伝子欠損型であることを示した (Kiribuchi-Otobe *et al.* 1998)。また、「あけぼのもち」及び「いぶきもち」を東北農試育成の 2 品種「はつもち」及び「もち乙女」、また、「関東107号」から Ethylmethane-sulfonate (EMS) 処理により得られたもち性突然変異 2 系統 (Yasui *et al.* 1998) と交配し、その F_1 植物の花粉について調査を行ったところ、いずれももち性の花粉だけが観察され、「あけぼのもち」及び「いぶきもち」のもち性の原因はこれらのもち性品種・系統と同じ W_x 遺伝子によるものであることが明らかとなった (Kiribuchi-Otobe *et al.* 1998)。

しかし、これら 2 品種の両親のうち「西海168号」は W_x -A1、 W_x -B1 及び W_x -D1 のすべてのタンパク質を有しており、また、「谷系A6099」は「関東107号」からアミロース含量がさらに低下した突然変異系統で、原品種より発現量は少なくなっているものの、 W_x -D1 タンパク質を有している。従って、両親ともに W_x -D1 タンパク質を有するため、本来この組合せからはもち性は出現しないはずである。

「谷系A6099」及び「関東107号」の W_x タンパク質は W_x -D1 だけであり、1 遺伝子の突然変異でもち性となるため、突然変異によるもち性の出現の可能性が考えられる。Yasui *et al.* (1998) は W_x -D1 タンパク質だけを持つ「関東107号」から 2 系統のもち性突然変異を得ている。しかし、「谷系A6099」と「西海168号」の組合せから得た 249 系統中からもち性が 5 系統 (出現頻度 2%) 出現している。また、1993~

1995年度の3ケ年に「谷系A6099」を片親にして交配し半数体育種法を適用した4組合せについて、計2199系統のアミロース含量を調べた結果、前述の組合せの他に「羽系88-150」と「谷系A6099」の組合せの中から1系統のもち性系統が見出された(乙部 未発表)。これらのことを考慮すると、突然変異が生じたにしてはその出現頻度(0.27%)は高率に過ぎ、遺伝的組み換え等、他の要因の関与が示唆される。「谷系A6099」を「西海168号」以外の品種・系統と交配した中からももち性が見出されたことは、その要因が「谷系A6099」に有ることを示唆している。「谷系A6099」は「関東107号」からアミロース含量がさらに低下した突然変異体であり、突然変異に起因する何らかの遺伝的に不安定な要因を有している可能性がある。

「あけぼのもち」及びその片親である「谷系A6099」のWx-D1遺伝子の構造遺伝子領域の塩基配列は「谷系A6099」の原系統である「関東107号」と変わらず(柳沢 未発表)、Wx-D1タンパク質を欠く「白火」がWx-D1遺伝子の構造遺伝子領域に588bpの欠失を有する(Vrinten *et al.* 1999)のためにWx-D1タンパク質が出来ないのとは異なる。

また、「西海168号」と「谷系A6099」の交配を再度行ったF₁12個体及び前述の「羽系88-150」と「谷系A6099」を組合せたF₁78個体の花粉についてKI-I₂による染色を行ったが、もち性花粉と見られるものはなかった(乙部 未発表)。一方、最初にもち性系統が得られた「西海168号」と「谷系A6099」の組合せの半数体育種法に適用しなかった残余種子について集団採種を繰り返したF₄世代の自殖種子についても、KI-I₂染色による調査を行ったが、調べた約10,000粒

からはもち性の粒は見られなかった(乙部 未発表)。

このように、もち性は半数体育種法による育成過程でのみ得られており、「谷系A6099」が遺伝的不安定な要因を有し、培養と半数体を経る過程で何らかの変化が生じ、Wx-D1タンパク質を欠くこととなりもち性となったことが推察される。しかし、いずれも推察の段階であり、この組合せからもち性小麦が得られた理由は解明されてはならず、今後の課題として残されている。

実証試験事業では、製めん及び製パン用途に向けたもち性小麦の評価が行われたが、いずれもブレンド用として用いられ、小麦粉の従来の用途範囲である。従来の小麦粉にはないもち性という特徴、また、もち米やもちトウモロコシともグルテンを持っている点で異なり、現在では考えられないようなまったく新しい用途の可能性が残されている。新しい用途の開発のためにも、もち性小麦の早急な普及が望まれる。

「あけぼのもち」及び「いぶきもち」が品種登録されたが、「いぶきもち」は小粒に過ぎるため、「あけぼのもち」についてのみ「関東糯121号」として奨励品種決定調査(奨決)供試材料として関係府県に配付している。「関係W433」については試験を打ち切り、種子保存にとどめた。さらに、「あけぼのもち」の栽培特性や品質特性を改良した、「あけぼのもち」より多収で製粉性や粉の色が優れる新しい系統「関東糯124号」も育成され、奨決供試材料として配付されている。

これらの中から、有望な系統がもち性小麦の奨励品種として採用され、新規用途による小麦の需要拡大に貢献することを期待する。

引用文献

- Graybosch, R. A. (1998) Waxy Wheat: origin, properties, and prospects. Trends in Food & Tech. 9, 135-142.
- Hoshino, T., S. Ito, K. Hatta, T. Nakamura and M. Yamamori (1996) Development of waxy common wheat by haploid breeding. Breed. Sci. 46, 185-188.
- 星野次汪 (2002) 低アミロース系統「関東107号」の開発と高製めん適性小麦品種の育成. 育種学研究 4(3), 159-165.
- Kanzaki, K. and K. Noda (1988) Glutinous (waxy) endosperm starch mutant of *Triticum monococcum* L. Japan. J. Breed. 38, 423-427.
- Kiribuchi-Otobe, C., T. Yasui, T. Yanagisawa and H. Yoshida (1998) Allelism test of waxy haploid wheat from different sources. Breed. Sci. 48, 93-94.
- Nakamura, T., M. Yamamori, H. Hirano and S. Hidaka (1993a) Identification of three Wx proteins in wheat (*Triticum aestivum* L.). Biochem. Genet. 31, 75-86.
- Nakamura, T., M. Yamamori, H. Hirano and S. Hidaka (1993b) Decrease of waxy (Wx) protein in two common wheat cultivars with low amylose content. Plant Breed. 111, 99-105.
- Nakamura, T., M. Yamamori, H. Hirano, S. Hidaka and T. Nagamine (1995) Production of waxy (amylose-free) wheats. Mol. Gen. Genet. 248, 253-259.
- 農産業振興奨励会編 (2001) もち性小麦の生産・利用技術実用化事業報告書 平成12年度. pp120.
- 乙部 (桐淵) 千雅子・柳澤貴司・吉田 久・山口勲夫・瀬古秀文・牛山智彦・天野洋一 (2001) 澱粉の粘度安定性に優れた糯性系統「小麦中間母本農8号」(谷系A6599-4)の育成. 作物研報 2, 63-74.
- 氏原和人・藤田雅也・吉川 亮・谷口義則 (1995) 小麦新品種「チクゴイズミ」の育成. 九州農試報告28(3), 195-217.
- Vrinten, P., T. Nakamura and M. Yamamori (1999) Molecular characterization of waxy mutations in wheat. Mol. Gen. Genet. 261, 463-471.
- Yamamori, M., T. Nakamura, T. R. Endo and T. Nagamine (1994) Waxy protein deficiency and chromosomal location of coding genes in common wheat. Theor. Appl. Genet. 89, 179-184.
- 柳澤貴司・乙部千雅子・山口勲夫 (1996a) もち性コムギのWxタンパク質変異. 育雑46(別1), 148.
- 柳澤貴司・乙部千雅子・平野博之・鈴木保宏・山口勲夫 (1996b) コムギにおけるモチ性の遺伝とWxタンパク質のイムノプロット解析. 育雑46(別2), 261.
- 山口勲夫・乙部 (桐淵) 千雅子・柳澤貴司・牛山智彦・瀬古秀文・天野洋一・宮川三郎・黒田 晃・小田俊介 (1998) 低アミロース系統「小麦中間母本農7号」(谷系A6099)の育成. 農研センター研報29, 1-11.
- Yasui, T., T. Sasaki and J. Matsuki (1998) Waxy bread wheat mutants, K107Wx1 and K107Wx2, have a new null allele on Wx-D1 locus. Breed. Sci. 48, 405-407.
- 吉田 久・乙部 (桐淵) 千雅子・柳澤貴司・山口勲夫・瀬古秀文・牛山智彦・天野洋一・小田俊介・宮川三郎・黒田 晃 (2001a) 小麦新品種「あやひかり」の育成. 農研センター研報34, 17-35.
- 吉田 久・乙部 (桐淵) 千雅子・柳澤貴司・山口勲夫・瀬古秀文・牛山智彦・天野洋一・小田俊介・宮川三郎・黒田 晃・星野次汪 (2001b) 小麦新品種「きぬあずま」の育成. 作物研報 1, 71-83.

表8 育成従事者

氏名	年度・世代	1991	1992	1993	1994	1995
		交配	DH ₁	DH ₂	DH ₃	DH ₄
山口 勲 夫		○	—————			○
乙部 千雅子		○	—————			○
柳澤 貴 司					○ —	○
長 嶺 敬		○ —	○			
牛山 智彦		○	—————	○		



写真2 草姿及び子実

左から「農林61号」、「いぶきもち」、「あけぼのもち」

Breeding of 2 waxy wheat cultivars, “Akebono-mochi” and “Ibuki-mochi,” and their main features.

Isao YAMAGUCHI^{*1}, Chikako KIRIBUCHI-OTOBE, Takashi YANAGISAWA^{*2}, Takashi NAGAMINE^{*2},
Tomohiko USHIYAMA^{*3} and Hisashi YOSHIDA

Summary

Haploid breeding method was adapted to a cross-combination between early-maturing “Saikai 168” (Kinuiroha) and low-amylose “Tanikei-A6099.”

Among 249 doubled haploid second generation (DH₂) lines, we unexpectedly obtained 5 glutinous (waxy) wheat lines. These could be divided in 2 groups by agronomic features, so we selected 2 lines, “Tanikei-H1881” and “Tanikei-H1884,” from each group.

Two waxy cultivars, “Akebono-mochi” and “Ibuki-mochi,” were bred from these 2 lines and registered in 2000.

“Akebono-mochi” have 10cm shorter culm and “Ibuki-mochi” is 20cm shorter than “Norin 61.” The heading date of both cultivars is 2 - 3 day earlier than “Norin 61.”

These cultivars has no amylose in endosperm starch and their starch paste viscosity measured by a Rapid Visco Analyser showed lower pasting temperature, higher peak viscosity, and higher breakdown than for nonwaxy wheat.

Received 15 November, 2002

^{*1} Japan Seed Trade Association

^{*2} National Agricultural Research Center for Western Region

^{*3} Nagano Agricultural Experiment Station