低アミロース米のブレンド適性の評価[†]

深井洋一^{*1,*2§}, 石谷孝佑^{*3,*4}

^{*1} 社団法人長野県農村工業研究所

^{*2} (現) 株式会社マイパール長野

^{*3} 独立法人国際農林水産業研究センター

^{*4} (現) 中国農業科学院・日中農業技術研究開発センター

Evaluation of the Blend Suitability of Low-Amylose Rice (Study on characteristic evaluation of the blend rice for the market Part1)

Yohichi Fukai^{*1,*2§} and Takasuke Ishitani^{*3,*4}

^{*1} Agricultural Technology Institute of Nagano Farmers, Federation, Suzaka, Nagano 382-0084

^{*2} Mypearl Nagano Co. LTD, Horigane, Minamiaizumi, Nagano 399-8211

^{*3} Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Owashi, Tuskuba, Ibaraki 305-8686

^{*4} Japan-China Research and Development Center for Agricultural Technology,
Minamitaigai, Tiukanson, Kaidenku, Beijing

We examined the blend for the market on the basis of 3 varieties of low-amylose rice. (1) The 20% of blends of the "Milky queen" and "Snow pearls" were suitable in the palatability evaluation. (2) Hardness was selected as the item to use the evaluation of blend rice from correlation with cohesiveness of palatability evaluation and fluctuation range of palatability evaluation. (3) The multiple regression model was made by the cohesiveness of palatability evaluation of low-amylose blend as purpore variable, and by the hardness as explanation variable. (4) The principal component analysis using variable of a multiple regression formula was examined. The classification of low-amylose blend rice in terms of the evaluation standard of the cohesiveness of the palatability evaluation from principal component load quantity and also principal component scores was examined.
(Received Jul. 2, 2003 ; Accepted Feb. 6, 2004)

主食用米の消費動向を見ると、家庭食は減少傾向¹⁾にあるものの、生活様式の多様化に伴い、外食や中食分野での米消費、すなわち学校給食や社員食堂、コンビニエンスストア、テイクアウトの持ち帰り弁当やおにぎり等を含めた「業務用炊飯」の市場は拡大²⁾してきている。

その業務用炊飯米は、ブレンド米が主流を占めている。その理由³⁾⁴⁾として、第一には食味の安定供給がある。保管条件が異なったり、品種が同じでも産地が異なると品質にも差異が生じる。これにはブレンドによる食味の平準化が必要になってくる。第二には数量の確保と需給事情がある。原料が農産物故に、常時一定品質の原料の確保が困難であることから、多種多様な原料に対応できるような仕組み作りが不可欠である。第三には、消費ニーズの多様化への対応である。用途に応じたきめ細かな商品構成と価格設

定が可能になり、高品質なブレンド米は高付加商品にも成り得る。このように、ブレンド米が業務用炊飯の主流であるのにも関わらず、そのブレンドは、科学的な根拠もないままに、勘と経験を頼りに混米が行なわれてきているのが現状である。

本研究では、業務用ブレンド米について、新形質米の低アミロース米をブレンド構成の基本に用いた。低アミロース米については、種々の報告^{5)~11)}があるが、低アミロース米の実情がブレンド利用であるのにも関わらず、その食味・品質特性に基づいてブレンド比率が定められた研究例が見当たらない。基本的にブレンド構成は3種類前後¹⁾¹²⁾とされており、ここでは低アミロース米(ミルキーQueen¹³⁾、スノーパール¹⁴⁾、ねばりごし¹⁵⁾)を基幹品種として、単品では食されることの少ない5類品種(むつほまれ)と古米(コシヒカリ)によるブレンドで、低アミロース米の特性である粘りが付与された業務用ブレンド米比率の検討を行った。

[†] 業務用ブレンド米の特性評価に関する研究 (第1報)

^{*1} 〒382-0084 長野県須坂市大字須坂 787-1

^{*2} 〒399-8211 長野県南安曇郡堀金村大字烏川 2669

^{*3} 〒305-8686 茨城県つくば市大和 1-2

^{*4} 中国北京市海淀区中関村南大街 12 号

§ 連絡先 (Corresponding author), hukai@mp.nn.zennoh.or.jp

実 験 方 法

1. 供試材料および試料調製

(1) 原 料

平成 14 年産低アミロース米として、ミルキークィーン（長野県安曇野産）、スノーパール（秋田県産）、ねばりごし（信交 483 号）（長野県農事試験場産）の 3 品種と 5 類のむつほまれ（青森県産）、古米として平成 12 年産コシヒカリ（長野県産）を用いた。

(2) 搗 精

山本堅型精米機（ライスパル：VP-31T）を用いて、搗精歩留りを $90 \pm 0.5\%$ に調製した、精米を試料とした。

(3) ブレンド比率および炊飯時の水分補正

ブレンド比率および炊飯時の加水量補正を表 1 に示した。ブレンド比率は低アミロース米 3 品種を所定の比率 20, 40, 60, 80% とし、その残りに、むつほまれとコシヒカリ（古米）を使用して比率を 3:1 および 1:3 で設定した。低アミロース米 3 品種のブレンド比率に応じて、加水量を 2~10% の減少率で補正した。

(4) 精米粉の調製

粉碎機（Perten ラボラトリーミル 3100 型）により、スクリーン 0.5mm で調製した。

(5) 澱粉の調製

アルカリ法（水酸化ナトリウム、0.25%）により、既報¹⁶⁾と同様に調製した。

2. 食味・品質特性測定項目および方法

(1) 精米品質

① 千粒重

精米 1000 粒あたりの重量を粒数計測板で測定した。

② 白 度

精米を白度計（kett, C-300-3）により測定した。

③ アミロース含量

既報¹⁶⁾と同様に、澱粉試料について電流滴定法（平間理化研究所(株)、自動滴定装置 ATR-3）により、見掛けのアミロースを定量した。なお、標準はシグマ社製ポテトアミロース TypeⅢを用いた。

(2) 食味関連測定装置による測定

① 食味分析計による水分含量およびタンパク質含量の測定

精米粒約 350 g を供試し、近赤外透過式（808 nm~1075 nm）の食味分析計（GS2000：静岡精機）により、精米の水分含量およびタンパク質含量を測定した。

② 炊飯食味計による飯米の外観、硬さ、粘り、バランス度および食味値の測定

炊飯米について炊飯食味計（STA-1A：サタケ）により、硬さ、粘りおよびバランス度を炊飯直後に測定した。炊飯試料の調製は以下の様に行った。1.0 L 炊きの電気炊飯器（SR-W180：松下電器）に 250 g の水を入れ、中敷きをセットし、150 ml 容量のステンレス缶に精米 30 g を入れて、水で 5 回洗米後、表 1 の 2~10% の減少率で加水した。30 分間浸漬後、炊飯（約 25 分）し 10 分間蒸らした後、ステンレス缶を取り出し、10 分間冷却ボックス内で冷却後、炊飯米 8 g を測定リングに入れ、測定治具により成型したものをを用いた。

炊飯食味計は炊飯した米の糊化状態について、反射光および透過光の近赤外線を用いたセンサーで測定している。外観は光沢および透明度を数値化したもので、最高評点を 10 点満点としている。硬さ（10 点表示で最良を 5 点）および粘り（10 点満点）は、レオメーター測定値を前者が圧縮力、後者が粘着力で算出している。バランス度は粘りを硬さで除した値（10 点満点）により得られ、食味値は 100 点満点で食味数値を表示している装置¹⁷⁾である。

(3) 精米粉のマイクロビスコアミログラフ特性

マイクロビスコアミログラフ（ブラベンダー社）を用いて、精米粉の糊化特性、すなわち糊化温度、最高粘度、最低粘度、ブレークダウン、最終粘度およびセットバックを測定した。懸濁液には、精米粉に含まれる澱粉分解酵素の作用を阻害するために、乾物換算 10 g に 10 Mm の硫酸銅¹⁸⁾ 100 ml を加え、30℃ から昇温速度 5℃ で 95℃ まで加熱し、3 分間保持後、冷却速度 5℃ で 30℃ まで冷却した。

(4) 官能検査による食味評価

炊飯方法は、精米 450 g を常法により 1.0 L 炊きの電気炊飯器（KS-F102, シャープ）を用いて、洗米を 5 回、水切りを 5 分間で行った。加水量は洗米前の米重量の 1.4 倍量とし、水分 13.0% を基準に水分 0.1% につき 0.9 g の増減と表 1 の 2~10% の減少率により補正した。加水後、室温（約 20℃）で 1 時間浸漬、炊飯加熱および蒸らし時間は約 1 時間（自動）とした。官能検査は、既報¹⁹⁾と同様、(旧)農

表 1 ブレンド比率および炊飯時の加水量の補正

低アミロース米*	混米比率		加水量 (%)
	むつほまれ	12 年コシヒカリ	
20	20	60	- 2
20	60	20	- 2
40	15	45	- 4
40	45	15	- 4
60	10	30	- 6
60	30	10	- 6
80	5	15	- 8
80	15	5	- 8
100	0	0	-10
0	100	0	0
0	0	100	0
0	50	50	0
0	20	80	0
0	80	20	0

* ミルキークィーン、スノーパール、ねばりごし

林水産省食品総合研究所で基本的方法が確立され、(財)日本穀物検定協会より若干の改変を加えた方法に準じ、マイパール長野の職員 15 名以上で実施した。

3. 測定値および官能検査結果の解析

炊飯米の官能検査結果は、EXCEL2000 のデータ解析ソフトの分散分析一元配置により、また各測定値の相関行列は EXCEL 統計 2002 によりそれぞれ算出し有意差を検証した。さらに、食味に関連する性状について重回帰分析と主成分分析により検証した。

実験結果および考察

精米の千粒重、白度、アミロース含量、食味分析計による水分含量、タンパク質含量および炊飯食味計による硬さ、粘りの測定値を表 2、マイクロビスコアミログラフ特性値を表 3、各測定値の相関行列表を表 4 にそれぞれ示した。

1. 精米の千粒重、白度、アミロース含量、食味分析計による水分含量およびタンパク質含量

千粒重は 16.5~20.0 の範囲であり、ブレンド種別では、スノーパール、ミルキーキーン、ねばりごしの順に高い

表 2 精米測定値、食味分析計および炊飯食味計測定値

低アミロース 品種	No.	混米比率			千粒重 ¹⁾	白度 ²⁾	アミロース ³⁾ (%)	水分 ⁴⁾ (%)	タンパク質 ⁴⁾ (%)	硬さ ⁵⁾	粘り ⁵⁾
		低アミロース米	むつほまれ	12 年コシヒカリ							
ミルキーキーン	1	20	20	60	18.1	40.0	18.2	14.3	6.4	7.3	4.5
	2	20	60	20	18.7	39.2	18.5	14.3	6.7	7.5	4.2
	3	40	15	45	17.9	39.9	16.2	14.4	6.2	7.1	4.9
	4	40	45	15	18.4	39.1	16.5	14.4	6.3	7.3	4.4
	5	60	10	30	17.8	39.7	14.4	14.5	6.2	6.8	5.0
	6	60	30	10	18.1	39.6	14.2	14.5	6.6	6.6	5.4
	7	80	5	15	17.6	39.9	12.3	14.6	6.3	6.9	5.3
	8	80	15	5	17.7	40.4	12.4	14.6	6.3	7.0	4.8
	9	100	0	0	17.4	39.9	10.3	14.6	6.4	6.7	5.6
スノーパール	10	20	20	60	18.6	40.4	17.6	14.3	6.7	7.7	3.6
	11	20	60	20	19.2	40.3	17.9	14.3	6.9	7.5	4.2
	12	40	15	45	19.0	41.6	15.0	14.2	6.7	7.3	4.7
	13	40	45	15	19.4	41.9	15.3	14.2	7.1	7.6	4.1
	14	60	10	30	19.3	43.1	12.6	14.3	7.0	7.3	4.5
	15	60	30	10	19.6	42.8	12.4	14.3	7.1	7.4	4.7
	16	80	5	15	19.7	44.6	9.9	14.2	7.1	7.1	4.8
	17	80	15	5	19.8	43.6	10.0	14.2	7.3	7.1	4.9
	18	100	0	0	20.0	44.7	7.3	14.2	7.1	7.1	4.9
ねばりごし	19	20	20	60	17.9	41.9	17.1	13.8	6.7	7.5	5.0
	20	20	60	20	18.5	41.0	17.5	13.8	7.1	7.5	5.1
	21	40	15	45	17.6	43.5	14.2	13.3	7.4	7.3	5.0
	22	40	45	15	18.0	43.3	14.4	13.3	7.4	8.0	3.9
	23	60	10	30	17.2	45.8	11.4	12.7	7.7	7.0	5.8
	24	60	30	10	17.5	45.8	11.2	12.7	7.6	7.2	5.4
	25	80	5	15	16.9	48.5	8.2	12.1	7.9	7.1	5.3
	26	80	15	5	17.0	48.0	8.3	12.2	7.7	7.3	4.8
	27	100	0	0	16.5	49.2	5.2	11.8	8.0	6.6	5.9
未使用	28	—	100	0	19.4	38.4	20.8	14.2	6.9	7.9	3.6
	29	—	0	100	17.9	39.6	19.9	14.2	6.5	6.6	5.4
	30	—	50	50	18.7	38.9	20.4	14.2	6.5	8.0	3.0
	31	—	20	80	18.2	39.2	20.1	14.2	6.3	7.9	3.5
	32	—	80	20	19.1	39.0	20.6	14.2	6.8	8.2	2.9

¹⁾ 精米 1000 粒あたりの重量を粒数計測板で測定

²⁾ 白度計 (kett, C-300-3) により測定

³⁾ 電流滴定法により測定

⁴⁾ 食味分析計 (GS2000: 静岡精機) により測定

⁵⁾ 炊飯食味計 (STA-1A: サタケ) により測定

傾向であった。白度は39.0～49.2の範囲であり、ブレンド種別では、ねばりごし、スノーパール、ミルキークィーンの順に高く、白濁の程度もこれに準じていた。アミロース含量は5.2～20.8%の範囲であり、ブレンド種別では、ねばりごし、スノーパール、ミルキークィーンの順に低い傾向を示し、白度との間に負の相関関係を認めた ($r=-0.820^{**}$)。これは低アミロース米のアミロース含量の低さと中間もち²⁰⁾とも評されるもち種に近い白度の高さとの関係を示している。

水分含量は11.8～14.6%の範囲であり、ねばりごしが低水分を示し、千粒重 ($r=0.594^{**}$)、白度 ($r=-0.858^{**}$)、アミロース含量 ($r=0.515^{**}$) との間にそれぞれ相関関係を認めた。

タンパク質含量は6.2～8.0%の範囲であり、ブレンド種別では、ねばりごし、スノーパール、ミルキークィーンの

順に高い傾向であった。タンパク質は含量が多いと、吸水性が妨げられて、米飯の粘りが少なく硬くなる²¹⁾ことが知られている。タンパク質含量との相関は、白度 ($r=0.890^{**}$)、アミロース含量 ($r=-0.590^{**}$) および水分 ($r=-0.861^{**}$) との間に認めた。タンパク質と白度の関係については、一般に飯用米はタンパク質含量の高い米ほど白度が低くなると報告²²⁾されているが、ここで供試した白度の高い低アミロース米は、タンパク質含量が高い傾向であったことから、従来の知見とは符合しなかった。

2. 炊飯食味計測定値

測定値の範囲は、硬さ6.6～8.2、粘り2.9～5.9であり、硬さは粘りと負の相関関係を認めた ($r=-0.946^{**}$)。

ブレンド種別では、ねばりごし、ミルキークィーン、スノーパールの順に高い傾向が認められ、品種別では、ねばりごしが高いのに対して、むつほまれが低かった。

表 3 ブレンド米のマイクロビスコアミログラフ測定値

低アミロース 品種	No.	混米比率			糊化温度 (℃)	最高粘度 (BU)	最低粘度 (BU)	ブレーク ダウン (BU)	最終粘度 (BU)	セットバック (BU)
		低アミロース米	むつほまれ	12年コシヒカリ						
ミルキークィーン	1	20	20	60	71.1	719	365	354	794	429
	2	20	60	20	71.3	702	365	337	791	426
	3	40	15	45	71.6	744	357	387	797	440
	4	40	45	15	72.1	756	340	416	804	463
	5	60	10	30	70.8	799	332	466	797	465
	6	60	30	10	70.6	764	365	399	791	426
	7	80	5	15	69.7	808	324	484	786	462
	8	80	15	5	66.2	801	316	485	783	468
	9	100	0	0	66.7	853	299	554	785	485
スノーパール	10	20	20	60	69.9	695	390	305	806	416
	11	20	60	20	70.4	680	381	299	815	434
	12	40	15	45	69.8	712	398	314	792	394
	13	40	45	15	71.8	700	373	326	785	411
	14	60	10	30	69.2	754	365	389	789	424
	15	60	30	10	70.8	724	382	343	783	402
	16	80	5	15	69.9	796	349	447	779	430
	17	80	15	5	68.8	751	349	403	787	438
	18	100	0	0	68.4	873	332	540	796	464
ねばりごし	19	20	20	60	70.6	702	332	370	798	466
	20	20	60	20	71.2	680	324	356	791	467
	21	40	15	45	69.7	722	349	373	800	452
	22	40	45	15	69.9	704	340	364	802	461
	23	60	10	30	70.8	771	340	431	791	451
	24	60	30	10	69.2	737	357	380	786	429
	25	80	5	15	70.6	799	332	466	785	452
	26	80	15	5	71.5	776	324	452	787	463
	27	100	0	0	68.8	942	308	634	794	486
未使用	28	—	100	0	71.0	610	431	180	785	354
	29	—	0	100	70.0	697	373	324	799	426
	30	—	50	50	70.3	662	382	281	795	413
	31	—	20	80	71.5	672	390	283	797	407
	32	—	80	20	70.3	623	423	200	786	363

精米測定値との関係は、硬さは千粒重およびアミロース含量と正、白度とは負、粘りは逆に千粒重およびアミロース含量と負、白度とは正のそれぞれ有意な相関関係を認めた。

Juliano²³⁾らの研究を端緒に、アミロース含量が米飯の硬さおよび粘りなどの食感への大きな影響因子であることに、多くの報告がされているが、ここでも、炊飯食味計で測定される硬さおよび粘りとアミロース含量との相関にはこれまでの知見²⁴⁾と同様の関係が示されていた。

なお本測定値では、外観、バランス度および食味値については本目的での必要性がないと判断し、検討から除外した。

3. 糊化特性値

糊化温度は 66.2~72.1℃ の範囲で、相対的に低アミロース米のブレンド比率が高まるほど低い傾向であった。最高粘度は 610~942 BU、ブレイクダウンは 180~634 BU、セットバックは 354~486 BU の範囲で、低アミロース米のブレンド比率が高まるほど最高粘度、ブレイクダウンの特性値は高く、品種別では、ねばりごしが高いのに対して、むつ

ほまれが低かった。一方、最低粘度は 299~431 BU の範囲であり、低アミロース米のブレンド比率が高まるほど低い傾向を示した。

マイクロビスコアミログラフ測定値と精米測定値および炊飯食味計測定値との関係について検討した。マイクロビスコアミログラフ測定値の最高粘度、最低粘度、ブレイクダウンおよびセットバックと精米測定値では千粒重、白度およびアミロース含量、炊飯食味計測定値 2 項目で有意な相関関係が認められた。最高粘度、ブレイクダウンおよびセットバックでは、正の相関関係は白度と炊飯食味値の粘り、負の相関は千粒重、アミロース含量および硬さでそれぞれ認められた。また、糊化温度と最終粘度はアミロース含量との間に正の相関関係を認めた。

糊化特性値と食味との関係については、従来より良食味米ほど最高粘度、ブレイクダウンが大きく、糊化温度が低く、セットバックが小さい傾向²⁴⁾であり、ここでも食味に関わり深いアミロース含量と硬さおよび粘りの関係と糊化特性値は整合した。糊化特性値のうち、特に最高粘度およびブレイクダウンは、米の硬さや粘りとの関連性が大き

表 4 各測定値の相関行列表

	精米測定値					炊飯食味測定値		マイクロビスコアミログラフ測定値				
	千粒重	白度	アミロース	水分	タンパク質	硬さ	粘り	糊化温度	最高粘度	最低粘度	ブレイクダウン	最終粘度
白度	-0.335											
アミロース	0.274	-0.820**										
水分	0.594**	-0.858**	0.515**									
タンパク質	-0.185	0.890**	-0.590**	-0.861**								
硬さ	0.489**	-0.486**	0.690**	0.322	-0.261							
粘り	-0.424*	0.526**	-0.713**	-0.340	0.321	-0.946**						
糊化温度	0.075	-0.149	0.452**	-0.064	-0.032	0.224	-0.241					
最高粘度	-0.398*	0.556**	-0.868**	-0.302	0.240	-0.742**	0.738**	-0.492**				
最低粘度	0.554**	-0.456**	0.685**	0.326	-0.196	0.659**	-0.706**	0.385*	-0.788**			
ブレイクダウン	-0.467**	0.551**	-0.851**	-0.325	0.238	-0.751**	0.764**	-0.481**	0.980**	-0.895**		
最終粘度	-0.046	-0.243	0.375*	0.083	-0.202	0.181	-0.151	0.231	-0.197	0.097	-0.174	
セットバック	-0.561**	0.391*	-0.585**	-0.303	0.143	-0.608**	0.663**	-0.324	0.732**	-0.968**	0.844**	0.157

*, 有意差 5%; **, 有意差 1%.

n=18

表 5 ミルキークィーン適性ブレンド比率の官能検査

No.	混米比率 (%)			評価項目					
	ミルキークィーン	むつほまれ	12 年コシヒカリ	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ
1	20	20	60	0.41 ⁶⁾	0.59 ¹⁾	0.00	0.35 ⁵⁾	0.06	0.12
2	20	60	20	0.59 ⁶⁾	0.59 ⁴⁾	0.47 ²⁾	0.35 ⁵⁾	0.18	0.29
3	40	15	45	0.00	0.35 ⁶⁾	0.35 ⁶⁾	0.06	-0.06	0.59 ⁶⁾
4	40	45	15	0.24	0.53 ¹⁾	0.12	0.18	-0.12	0.18 ⁴⁾
5	60	10	30	0.00	0.18	-0.18	-0.18	0.41 ⁶⁾	-0.12
6	60	30	10	-0.29	-0.29 ⁶⁾	-0.94 ²⁾	-0.47 ⁶⁾	0.35	0.12

²⁾ p<0.005, ¹⁾ p<0.05, ⁵⁾ p<0.1, ⁶⁾ p<0.2.

い¹⁶⁾ことが示唆されている。

4. 炊飯米の官能検査

低アミロースの適性ブレンド比率の官能検査を予備試験として、ミルキークィーン、スノーパールおよびねばりごしを20%刻みで、20～100%添加して検討（平成12年産コシヒカリを対照）したところ、添加量は40%以下に最適値が認められた。そこで低アミロースブレンド3品種について、対照を設けない相対評価で20、40および60%比率により官能検査を行った。ミルキークィーンを表5、スノーパールを表6、ねばりごしを表7にそれぞれ示した。ミルキークィーンとスノーパールでは20%ブレンドに適性が認められ、ミルキークィーンではむつほまれのブレンド比の高い方、スノーパールでは12年産コシヒカリのブレンド比の高い方が高い評価を得た。ねばりごしでは有意に優れる検査結果は得られず、ねばりごしのブレンド比が40%を超えると、総合、外観、香りなどで有意に劣った。

評価値の範囲に着目するとそれぞれミルキークィーンは、総合-0.29～0.59、外観-0.29～0.59、香り-0.18～0.47、味-0.47～0.35、粘り-0.12～0.35、硬さ-0.12～0.59、スノーパールは総合-0.06～0.44、外観-0.25～0.69、香り-0.25～0.50、味-0.19～0.38、粘り0.13～0.50、硬さ-0.13～0.31、ねばりごしは、総合-0.47～0.18、外観-0.59～0.18、香り-0.53～0.24、味-0.41～0.18、粘り-0.29～0.35、硬さ-0.71～0.35を示した。低アミロース米3種類のブレンドにおける、官能検査の最大値から最小値を引いた変動の幅は、総合1.06、外観1.28、香り1.03、味0.85、粘り0.79、硬

さ1.30であった。この結果を竹生ら²⁵⁾の単一品種との変動幅（総合1.61、外観1.24、香り0.53、味1.54、粘り1.20、硬さ1.13）と比較すると、低アミロースブレンド米は、総合、香り、味および粘りで単一品種との変動幅と異なる傾向が認められた。

5. 官能検査の総合評価と評価項目間の相関および官能検査の変動範囲との関係

官能検査の総合評価と評価項目間の相関を表8に示した。官能検査による総合評価は、官能検査の外観、香り、味および硬さ、精米測定値の水分、炊飯食味測定値の硬さと有意な正の相関関係を認めた。また、精米測定値の白度およびタンパク質含量、糊化特性値のブレイクダウン、炊飯食味測定値の粘りと有意な負の相関関係を認めた。

4. の官能検査による硬さの変動幅が低アミロースブレンド米と単一品種が近似する値（1.30と1.13）であり、官能検査による総合評価と硬さ（0.546）、官能検査による総合評価と炊飯食味計による硬さ（0.588）の相関係数がほぼ同じであることから、硬さは低アミロースブレンドの食味評価の活用可能な指標であると推察した。

一方、官能検査による香りの変動幅が低アミロースブレンド米は単一品種と比べて、変動幅が大きくなっている（1.03と0.53）。これは、低アミロース米独特のもち臭²⁶⁾に起因しており、低アミロース米のブレンド比率が多くなると香りの評価が下がる傾向の要因と思われる。

また、官能検査による総合評価と粘り（-0.086）、官能検査による総合評価と炊飯食味計の粘り（-0.625）の相関関

表6 スノーパール適性ブレンド比率の官能検査

No.	混米比率 (%)			評価項目					
	スノーパール	むつほまれ	12年コシヒカリ	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ
10	20	20	60	0.44 ⁶⁾	0.69 ⁵⁾	0.50 ⁶⁾	0.38 ⁶⁾	0.25	0.31
11	20	60	20	0.38 ⁵⁾	0.19	0.06	0.25	0.50 ⁴⁾	0.13
12	40	15	45	0.31	0.63 ⁴⁾	0.06	0.00	0.25	0.00
13	40	45	15	0.06	0.19	-0.19	-0.13	0.13	0.25
14	60	10	30	-0.06	-0.25	-0.10 ⁵⁾	-0.19	0.44	-0.13
15	60	30	10	0.00	0.13	-0.25	0.25	0.50 ⁵⁾	0.31

⁴⁾ p<0.05, ⁵⁾ p<0.1, ⁶⁾ p<0.2.

表7 ねばりごし適性ブレンド比率の官能検査

No.	混米比率 (%)			評価項目					
	ねばりごし	むつほまれ	12年コシヒカリ	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ
19	20	20	60	-0.06	-0.06	0.18	-0.06	-0.18	0.35 ⁶⁾
20	20	60	20	0.06	0.18	0.24	0.18	-0.29	-0.18
21	40	15	45	0.18	-0.06	-0.24	0.06	-0.18	0.24
22	40	45	15	-0.47 ⁶⁾	-0.53 ⁴⁾	-0.53 ⁴⁾	0.24	0.35	-0.35
23	60	10	30	-0.41 ⁶⁾	-0.59 ⁴⁾	-1.18 ¹⁾	-0.24	0.12	-0.71 ³⁾
24	60	30	10	-0.47 ⁵⁾	-0.53 ⁴⁾	-0.53 ³⁾	-0.41 ⁶⁾	0.12	-0.18

¹⁾ p<0.001, ³⁾ p<0.01, ⁴⁾ p<0.05, ⁵⁾ p<0.1, ⁶⁾ p<0.2.

係は、単一の通常のうるち品種を試料とする際の総合評価と粘りの相関とは異なる関係になっている。

これは、これまでの報告²⁵⁾は通常のうるち米の約 18～23% 程度のアミロース含量を対象にしたもので、本研究のように基幹品種として用いたアミロース含量 5.2～10.3% の低アミロース米に通常のうるち米を混米していく手法には基本的に当てはまらないと考える。従来からのアミロース含量と食味の関係²⁷⁾の一方で、吉井⁸⁾らは、うるち米飯について、食味とアミロース含量の間には直接的な関係は認めないとしている。これは、本結果が示している低アミロース米の最適ブレンド比率が 20% であり、低アミロース米のブレンド比率を増やして粘りを強くすることが官能値の高評価に反映されず、食す際の適度な粘りおよび硬さが求められていることに関連すると思われる。

なお、官能検査の総合および味については、いずれも低アミロースブレンド米と比べて単一品種の変動幅が大きくなっている。これは、本試験で供試した品種が低アミロース米 3 品種、混米うるち品種 2 品種の合計 5 品種の組み合わせであるのに対して、竹生ら²⁵⁾は全国各地から収集した 34 種類の多様な食味ランクのうるち米で官能検査を実施したことに起因すると推察している。

6. 重回帰分析

硬さの要因が低アミロースブレンド米の評価に利用できる指標と考えられたため、精米測定値、糊化特性値、食味分析計による測定値、炊飯食味計による測定値から硬さに係わる理化学測定項目を中心に抽出し、以下に利用価値を考慮して様々な規模の精米工場の品質管理を想定した複数の重回帰式の検討を行った。

目的変数を、低アミロースブレンドの官能検査の総合評

価、説明変数を以下の (1)～(8) の項目をとってそれぞれ算出した。(1) 精米測定値 (千粒重; x_1 , 白度 x_2 , アミロース含量; x_3), (2) 糊化特性値 (最高粘度; x_4 , ブレークダウン; x_5), (3) 食味分析計による測定値 (水分; x_6 , タンパク質含量; x_7), (4) 炊飯食味計による測定値 (硬さ; x_8 , 粘り; x_9), (5) (1)～(4) の全項目, (6) 全項目から x_5 と x_9 を除いた項目, (7) 全項目から x_1 と x_8 を除いた項目, (8) 全項目から x_1 , x_2 および x_6 除いた項目。

$$(1) \quad **Y = 0.120x_1 - 0.011x_2 + 0.087x_3 - 3.032$$

$$R = 0.805$$

Y = 官能検査による総合評価

R = 重相関係数

$$** : P < 0.01$$

$$(2) \quad Y = 0.002x_4 - 0.005x_5 + 0.261$$

$$R = 0.523$$

$$(3) \quad *Y = 0.281x_6 - 0.070x_7 - 3.399$$

$$R = 0.610$$

$$* : P < 0.05$$

$$(4) \quad *Y = -0.270x_8 - 0.444x_9 + 4.109$$

$$R = 0.603$$

$$* : P < 0.05$$

$$(5) \quad *Y = 0.123x_1 + 0.067x_2 + 0.221x_3 + 0.018x_4 - 0.009x_5 + 0.007x_6 + 0.077x_7 + 0.481x_8 + 0.237x_9 - 23.412$$

$$R = 0.911$$

$$* : P < 0.05$$

$$(6) \quad *Y = 0.218x_1 + 0.142x_2 + 0.218x_3 + 0.005x_4 + 0.134x_6 - 0.020x_7 - 0.136x_8 - 17.728$$

$$R = 0.846$$

$$* : P < 0.05$$

表 8 官能検査の総合評価と評価項目間の相関

官能検査		糊化特性値	
外観	0.907**	糊化温度	0.258
香り	0.740**	最高粘度	-0.402
味	0.689**	最低粘度	0.436
粘り	-0.086	ブレークダウン	-0.510*
硬さ	0.546*	最終粘度	0.355
		セットバック	-0.277
精米測定値			
千粒重	0.425		
白度	-0.645**		
アミロース	0.757**		
食味分析計による測定値			
水分	0.607**		
タンパク質	-0.540*		
炊飯食味計による測定値			
硬さ	0.588*		
粘り	-0.625**		

*, 有意差 5%; **, 有意差 1%.

図 1 主成分負荷量散布図

官能検査の総合評価，アミロース含量，最高粘度，ブレイクダウン，タンパク質含量，硬さおよび粘りについて，主成分分析を行った主成分負荷量散布図を示す．第1主成分の寄与率は57.16%，第2主成分までの寄与率は82.13%．

$$(7) \quad *Y = -0.089x_1 + 0.097x_2 + 0.901x_3 - 0.002x_5 + 0.399x_6 - 0.083x_7 - 0.065x_9 - 7.852$$

$$R = 0.838$$

$$*: P < 0.05$$

$$(8) \quad **Y = 0.158x_1 + 0.018x_4 - 0.011x_5 + 0.055x_7 + 0.791x_8 + 0.320x_9 - 19.251$$

$$R = 0.902$$

$$**: P < 0.01$$

7. 主成分分析

6. で得られた8つの重回帰モデルの一例として，相関係数および有意水準の最も高かった(8)のアミロース含量，最高粘度，ブレイクダウン，タンパク質含量，硬さ，粘りに官能検査による総合評価を加えた7項目で主成分分析を行なった主成分負荷量散布図を示した(図1)．低アミロースブレンド米の性状に関して，第1主成分の寄与率は57.16%，第2主成分までの寄与率は82.13%であった．第1主成分に対する寄与は，粘り，最高粘度，ブレイクダウンの順に近似して正に大きく，タンパク質含量も正を示した．また硬さ，アミロース含量，官能検査総合の順に近似して負に大きかった．一方，第2主成分に対する寄与は，タンパク質含量，硬さ，粘りの順に正に大きく，官能検査総合，最高粘度，アミロース含量の順に近似して負に大きかった．

第1主成分と第2主成分について，18試料の主成分得点を求め，第1主成分を横軸，第2主成分を縦軸とした主成分得点散布図を図2に示した．低アミロースブレンド米の散布は，大別してA～Dの4つのグループに分けられた．第1主成分が負に大きい傾向で散布するAグループは，官能検査総合が最も高い評価であったミルクキーンお

図 2 主成分得点散布図

18試料の主成分得点を求め，第1主成分を横軸，第2主成分を縦軸に示す．

Aグループ；ミルクキーンおよびスノーパールの20%ブレンド，Bグループ；ミルクキーンおよびスノーパールの40%ブレンド，ねばりごしの20%ブレンド，Cグループ；ミルクキーンおよびスノーパールの60%ブレンド，ねばりごしの40%ブレンド，Dグループ；ねばりごしの60%ブレンド．

およびスノーパールの20%ブレンド，第1主成分の負から正に小さく散布するBグループは，官能検査総合がAグループに次ぐ評価のミルクキーンおよびスノーパールの40%とねばりごしの20%ブレンド，第1主成分の正に散布するCグループは，官能検査総合の評価の低かったミルクキーンおよびスノーパールの60%とねばりごしの40%ブレンド，第1主成分の正が大きい傾向で散布するDグループは，官能検査総合の最も評価の低かったねばりごしの60%ブレンドのグループ別に散布していた．このように，官能検査総合の評価水準別に低アミロースブレンド米の分類を示すことができた．

なお，ブレンドに際しては，低アミロース米のアミロース含量が種子登熟時期の温度が高いほど低くなる傾向にある²⁸⁾とされており，年産および産地(平成13年つくば産ミルクキーンはアミロース含量9.2%であり，供試試料と比べて1.1%低い)により変動を生じるので考慮する必要がある．

要 約

低アミロース米の3品種を基本とした業務用ブレンドについて検討し，以下の知見が得られた．

(1) 炊飯米の官能検査では，ミルクキーンおよびスノーパールの20%ブレンドに適性が認められた．

(2) 官能検査の変動範囲および官能検査の総合評価との相関関係から，ブレンド米の評価に利用できる項目として，硬さを設定した．

(3) 低アミロースブレンドの官能検査の総合評価を目的

変数, 硬さに関わる項目を説明変数として重回帰分析を行い, 重回帰モデルを作成した。

(4) 重回帰式で用いた変数について主成分分析を行い, 主成分負荷量および主成分得点により, 官能検査総合の評価水準別に, 低アミロースブレンド米の分類を示した。

なお本知見は, 農林水産省の平成 14 年度国産農産物利用食品産業技術開発支援事業により得られた研究成果の一部である。ご支援をいただいた関係皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 吉田俊幸, 米飯食品ビジネス事典, 「米飯用米の米需要と流通について」, (サイエンスフォーラム, 東京), pp. 15-25 (2001).
- 2) 大坪研一, 流通利用技術, 「米及び加工品」, 農林水産技術会議事務局編, (農林統計協会, 東京), pp. 352-358 (2001).
- 3) 西野勝美, 精米とブレンド考察, 精米工業, 12-18 (1999).
- 4) 竹生新治郎, 米の食味, 「米のブレンド (混米)」, (全国米穀協会, 東京), pp. 39-41 (1987).
- 5) 中川原捷洋, 農林水産省農業研究センター・生物系特定産業技術研究推進機構, 稲と米一品質を巡って一, pp. 31-52 (1988).
- 6) 石谷孝佑, 「日本の稲育種」, (農業技術会, 東京), pp. 175 (1992).
- 7) 大坪研一, 中川原捷洋, 岩崎哲也, 新規育成米の利用特性, 日食工誌, **35**, 587-594 (1988).
- 8) 吉井洋一, 有坂将美, 城斗志夫, 早川利郎, 低アミロース米の理化学特性, **40**, 278-286 (1993).
- 9) 山田博治, 笹川信夫, 北沢 清, 新形質米の米菓加工適性, 日食工誌, **44**, 353-360 (1997).
- 10) 高見幸司, 郡山 剛, 大坪研一, 低アミロース米の低温保存中における硬化性とその評価方法, 日食工誌, **45**, 469-477 (1998).
- 11) 高見幸司, 耐老化性スノーパールの特性と利用, 食品と科学, **41**, 82-85 (1999).
- 12) 三好敏弘, 米飯食品ビジネス事典, 「美味しいご飯を炊くために」, (サイエンスフォーラム, 東京), pp. 137-147 (2001).
- 13) 須藤 充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末 登, 低アミロース・良食味水稻品種「ミルキークィーン」の育成, 育種, **46** (別 1), 221 (1996).
- 14) 東 正明, 斉藤 慈, 滝田 正, 山口誠之, 春原嘉弘, 横上晴郁, 池田良一, 田村泰章, 小山田善三, 小錦寿志, 井上正勝, 松岡知守, 低アミロース良食味品種「スノーパール」の育成, 東北農試研報, **95**, 1-12 (1999).
- 15) 新井利直, 近藤武晴, 後藤和美, 前島秀和, 手塚光明, 久保田基成, 中澤伸夫, 小池英彦, 水稻新品種「信交 483 号」について, 長野農事試報, **47**, 36-44 (1998).
- 16) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑, 米粒の搗精部位層における澱粉の糊化特性と理化学的性質, 食科工, **44**, 102-111 (1997).
- 17) 三上隆司, 柏村 崇, 土屋義信, 西尾尚道, 可視光および近赤外光による米飯の官能値評価, 食科工, **47**, 787-792 (2000).
- 18) 庄司一郎, 倉澤文夫, 家政誌, **39**, 237-241 (1988).
- 19) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑, 無洗米の品質特性および貯蔵性の評価, 食科工, **44**, 367-375 (1997).
- 20) 中川原捷洋, 米澱粉の変異と遺伝, 「稲と米」, 農研センター・生研機構編, (農林水産技術情報協会, 東京), pp. 31-56 (1988).
- 21) 大坪研一, 米の化学成分, 「米の科学」, 竹生新治郎監修, 石谷孝佑, 大坪研一編, (朝倉書店, 東京), pp. 18-48 (1995).
- 22) 寺西敏子, 柳瀬 肇, 大坪研一, 窒素施肥法と米, 米飯の白度並びに色調, 日作紀, **52** (別 1), 77 (1983).
- 23) Juliano, B.O., Onate, L.U. and del Mundo, A.M., "Relation of starch composition, protein content, and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice." *Food Technol.*, pp. 1006-1012 (1965).
- 24) 岩崎哲也, 米の物理化学的性質, 「米の科学」, 竹生新治郎監修, 石谷孝佑, 大坪研一編, (朝倉書店, 東京), pp. 48-60 (1995).
- 25) 竹生新治郎, 渡辺正造, 杉本貞三, 真部尚武, 酒井藤敏, 谷口嘉廣, 多重回帰分析による米の食味の判定式の設定, 澱粉科学, **32**, 51-60 (1985).
- 26) 東堂衣紀, 村田容常, 本間清一, 低アミロース米のもち臭成分の解明, 日本食品科学工学会第 50 回大会講演要旨集, p. 47, 東京 (2003).
- 27) 竹生新治郎, 渡辺正造, 杉本貞三, 酒井藤敏, 谷口嘉廣, 米の食味と理化学的性質の関連, 澱粉科学, **30**, 333-341 (1983).
- 28) 不破英次, 米澱粉の化学, 「稲と米」, 農研センター・生研機構編, (農林水産技術情報協会, 東京), pp. 57-101 (1988).

(平成 15 年 7 月 2 日受付, 平成 16 年 2 月 6 日受理)