

[生物工学会誌 第80巻 第11号 503-511. 2002]

酒造用低グルテリン米の酒造適性

水間 智哉^{1*}・古川 幸子¹・清川 良文¹・若井 芳則¹・山本 佳宏²・筒井 延男²・
松下 景³・前田 英郎³・飯田 修一³・根本 博⁴

黄桜酒造(株),¹ 京都市工業試験場,² (独法) 近畿中国四国農業研究センター,³ (独法) 作物研究所⁴

¹ 〒612-8242 京都市伏見区横大路下三栖梶原町 53

² 〒600-8813 京都市下京区中堂寺南町 17

³ 〒721-8514 広島県福山市西深津町 6-12-1

⁴ 〒300-8518 茨城県つくば市観音台 2-1-18

(平成13年11月12日受付 平成14年9月24日受理)

Characteristics of Low-Glutelin Rice for Sake Brewing —Studies on Rice for Sake Brewing—

TOMOCHIKA MIZUMA,^{1*} SACHIKO FURUKAWA,¹ YOSHIFUMI KIYOKAWA,¹ YOSHINORI WAKAI,¹ YOSHIHIRO YAMAMOTO,² NOBUO TSUTSUI,² KEI MATSUSHITA,³ HIDEO MAEDA,³ SHUICHI IIDA,³ and HIROSHI NEMOTO⁴ (*Kizakura Sake Brewing Co. Ltd., 53 Kajiwara-cho, Shimomisu, Yokohji, Fushimi-ku, Kyoto 612-8242*¹; *Kyoto Municipal Institute for Industrial Research, 17 Chudoji, Minami-machi, Shimogyo-ku, Kyoto 600-8813*²; *National Agricultural Research Center for Western Region, 6-12-1 Nishifukatsu-cho, Fukuyama, Hiroshima 721-8514*³; *National Institute of Crop Science, 2-1-18 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 300-8518*⁴) *Seibutsu-kogaku* **80**: 503-511, 2002.

The characteristics of new low-glutelin rice hybrid varieties suitable for sake brewing were examined. With regard to cultivation properties, the culm lengths of the low-glutelin varieties were 4–17 cm shorter than that of *Nipponbare* and they had better lodging resistance. In an analysis of brown rice, the weight of 1000 grains of low-glutelin rice was in the intermediate- to large-size range. The ratio of *shinpaku* was low in some low-glutelin varieties but high in others. When polished to 70%, the low-glutelin rice varieties had much lower protein body II ratios with respect to protein body I than *Nipponbare*. In a digestibility test, the low-glutelin varieties exhibited much lower F-N. In sake brewing, the low-glutelin rice produced very low amino acidity in terms of isoamyl acetate, but had higher isoamyl alcohol and L-malic acid contents; fermentation progressed slowly. These results suggest that the low-glutelin rice varieties possess unique characteristics for sake brewing.

[**Key words**: low-glutelin rice, LGC1, protein body, cultivar, sake brewing]

今回検討した酒造用低グルテリン米系統は、低グルテリン米エルジーシー1と酒造好適米である兵庫北錦または灘錦との交雑により、農林水産省生物資源研究所放射線育種場と中国四国農業研究センターとの共同で育成さ

れた系統である。酒造用低グルテリン米の親系統である新形質米エルジーシー1は、米タンパク質の主成分であり、消化器官で消化され易いグルテリンの含量が低いという特徴を有することから、カロリー制限を要する慢性腎不全患者や糖尿病患者向けの制限食として臨床分野への応用が期待されている。現在すでに、このような慢性腎不全患者への機能食品として臨床試験も実施されており、疾患の進行の遷延化に有効であることが明らかにさ

*連絡先, Corresponding author.

TEL. 075-611-4101 FAX. 075-622-3510

E-mail: mizuma@kzkappa.co.jp

れている.¹⁾

一方、清酒醸造においては、酒造原料米に含まれるタンパク質はもろみ中でアミノ酸に分解されることから、清酒のアミノ酸含量に大きな影響を与えることが知られている。アミノ酸は清酒に旨味や濃厚さを与える²⁾反面で、雑味の原因となり、酒質の低下をもたらす³⁾こととなる。さらには、最近の軽快な酒質を求める消費者の嗜好からもアミノ酸の少ない清酒が望まれている。⁴⁾このような状況下において、近年、低タンパク含量の原料米品種の要望が、ますます高まってきていると考えられる。

そこで本報告では、低グルテリン米エルジーシー1と酒造好適米との交雑により育成された酒造用低グルテリン米の原料米特性を明らかにし、清酒醸造への利用を試みた。

実験方法

原料米 独立行政法人中国四国農業研究センターで育成された酒造用低グルテリン米である多収系 997～1007系統を使用した（以下、多収系を省略）。997～1005系統および1007系統はエルジーシー1と兵庫北錦との交配により得られた系統であり、1006系統はエルジーシー1と灘錦との交雑により得られた系統である。また、いずれの試料もF₆世代のものである。対照品種としては親系統であるエルジーシー1、兵庫北錦およびコシヒカリ、日本晴を使用した（Table 1）。なお、これらはすべて中国四国農業研究センターにおいて同一圃場で栽培された平

Table 1. List of 15 samples.

No.	Variety	Combination	Generation
1	<i>Koshihikari</i>	—	—
2	<i>Nipponbare</i>	—	—
3	<i>Hyogokitanishiki</i>	—	—
4	<i>LGC1</i>	—	—
5	<i>Tashu-kei 997</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
6	<i>Tashu-kei 998</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
7	<i>Tashu-kei 999</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
8	<i>Tashu-kei 1000</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
9	<i>Tashu-kei 1001</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
10	<i>Tashu-kei 1002</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
11	<i>Tashu-kei 1003</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
12	<i>Tashu-kei 1004</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
13	<i>Tashu-kei 1005</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6
14	<i>Tashu-kei 1006</i>	<i>LGC1 / Nadanishiki</i>	F6
15	<i>Tashu-kei 1007</i>	<i>LGC1 / Hyogokitanishiki</i>	F6

成12年産米である。試料はサタケ製テストミルを用い見掛け精米歩合70%まで精米を行った。

原料米の分析 原料米の一般分析および消化性分析は国税庁所定分析法および酒米研究会統一分析法によった。ただし、消化性分析は固液の分離を遠心分離機により行い、消化液量および残渣重量についても測定を行った。また、水分・粗タンパク質はブランルーベ社のInfraAlyzer500を使用して、近赤外分光分析法⁵⁾により行った。

プロテインボディの定量 プロテインボディ（以下、PBと略）の定量は木崎ら⁶⁾の方法に従い、SDS-PAGEにより分離定量を行った。

清酒醸造試験 総米170gで行い、掛米に供試試料を白米水分11.5%に調製後使用した。麴には実地醸造使用の福井県産五百万石（精米歩合65%）を麴歩合20%になるように使用した。当社開発のKZ06（泡なし酵母）を用いた酵母仕込みの三段仕込みで、留温度10℃、最高温度15℃とし留後17日目に遠心分離により清酒と酒粕に分離した。

分析方法 アルコール、日本酒度、ボーメ、酸度、アミノ酸度は国税庁所定分析法によった。低沸点香氣成分はHeadspaceGC法、有機酸の定量はロシュ・ダイアグノスティック株式会社F-キットにより分析した。醸成酒のアミノ酸組成は、高速液体クロマトグラフィー（Waters社）で分析した。

結果と考察

栽培特性 平成12年度に中国四国農業研究センター（広島県福山市西深津町）で栽培した酒造用低グルテリン米系統11点および対照試料4点の栽培結果をTable 2に示した。

出穂期は、親系統である兵庫北錦、エルジーシー1にくらべて、すべての多収系で遅くなった。特に1006、1007系統は顕著であり、日本晴よりも遅くなった。成熟期は、最も早かった998系統で親系統の兵庫北錦、エルジーシー1に近い時期となった。兵庫北錦は極早生（兵庫基準）であることから、⁷⁾本検討試料の多収系の中から早い時期に収穫可能となる系統を選択し得ることが示唆された。一方、最も遅い成熟期であった1007系統は日本晴よりも1日遅くなり、998系統との差異は約2週間となった。

形態特性では、1002、1007系統が兵庫北錦と同一の稈長で、これより13 cm短稈の系統まで存在し、コシヒカリ、日本晴と比べて短稈となった。耐倒伏性は、多収系

Table 2. Results of cultivation tests of 15 samples.

No.	Variety	Heading time	Maturity time	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Ear number (Ear/m ²)	Yield (kg/a)	Lodging resistance* (0-5)
1	<i>Koshihikari</i>	Aug.6	Sept.14	97	19.8	366	65.3	2.3
2	<i>Nipponbare</i>	Aug.13	Sept.29	90	19.9	388	55.9	1.3
3	<i>Hyogokitanishiki</i>	Aug.5	Sept.15	86	21.5	286	57.4	0.3
4	<i>LGC1</i>	Aug.9	Sept.16	76	21.1	363	62.1	0.5
5	<i>Tashu-kei 997</i>	Aug.11	Sept.18	73	18.9	385	55.3	0.5
6	<i>Tashu-kei 998</i>	Aug.11	Sept.17	78	21.1	340	59.4	0.5
7	<i>Tashu-kei 999</i>	Aug.10	Sept.19	83	21.3	301	63.4	0.5
8	<i>Tashu-kei 1000</i>	Aug.11	Sept.24	86	21.3	305	62.8	0.8
9	<i>Tashu-kei 1001</i>	Aug.11	Sept.26	85	21.0	325	68.3	0.5
10	<i>Tashu-kei 1002</i>	Aug.11	Sept.23	86	19.7	323	60.9	0.3
11	<i>Tashu-kei 1003</i>	Aug.12	Sept.24	74	17.9	405	58.0	0.0
12	<i>Tashu-kei 1004</i>	Aug.11	Sept.20	84	20.2	347	61.8	0.5
13	<i>Tashu-kei 1005</i>	Aug.11	Sept.24	79	20.1	269	55.3	0.0
14	<i>Tashu-kei 1006</i>	Aug.15	Sept.29	83	22.2	310	59.6	0.5
15	<i>Tashu-kei 1007</i>	Aug.14	Sept.30	86	20.2	296	58.1	0.3

*A higher number indicates a lower lodging resistance.

中で最も長稈であった1000系統を除き、耐倒伏性が高いとされる兵庫北錦⁷⁾と同程度に高かった。収量性は55.3～68.3 kg/a となり系統間に差異がみられた。最も収量が多い1001系統では対照米4品種に比較しても多収であった。

玄米特性 Table 3 に玄米形状および粗タンパク質含量、精米特性について示した。千粒重は親系統である兵庫北錦とエルジーシー1の中間的性質を示す系統が多かったが、1007系統のように29.5 gと大粒の系統も存在し、中粒～大粒種に属した。心白粒と心白流れ粒を含めた心白の発現率は997, 998, 1006系統で16.5%, 23.6%, 14.8%と低くなったが、その他の系統は約40%以上となり良好であった。整粒の長さ、幅、厚さは兵庫北錦より小さく、エルジーシー1より大であり、親系統の中間的性質となった。

粗タンパク質含量は、すべての多収系で7～8%となったが、各系統間に差異もみられた。親系統の低グルテリン米エルジーシー1は7.2%であった。テスト精米機を使用して、見掛け精米歩合70%に要する時間を測定した結果、1005系統は兵庫北錦よりはやく、灘錦を親に持つ1006系統はエルジーシー1より遅くなった。このことから、米粒組織は1005系統で軟らかく、1006系統で硬いものと考えられ、その他の多収系系統は兵庫北錦とエルジーシー1の中間的特性であると考えられた。

白米特性 Table 4 に70%精白米の各種分析結果を示した。成分分析では、多収系各系統において粗タンパク質含量が4%台後半～5%台前半であった。これらの値は、997系統を除けば、酒造好適米である兵庫北錦と比較してもやや低く、特に灘錦を親系統に持つ1006系統で最も含有量が低くなった。また、カリウム含量についても100 ppm程度の系統間差異が生じた。デンプン価は、いずれも対象試料と比較して顕著な差異はみられなかった。

吸水性試験では、998, 1007系統で20分吸水率が低く、120分吸水率においても25%以下と低くなった。しかし1000, 1005, 1006系統においては酒造好適米の兵庫北錦と同レベル以上であり良好な吸水特性を示した。また、兵庫北錦を親系統に持つ997～1005, 1007系統において吸水速度比(20分/120分)が0.95以上であり20分間の吸水量が最大吸水量近くまで急速に進行する特徴がみられた。灘錦を親系統に持つ1006系統のみがやや吸水速度比が低く、異なる特徴を有した。

消化性試験では、蒸米吸水率において兵庫北錦に比較して、エルジーシー1およびすべての多収系で低くなった。古川ら⁸⁾は各種の原料米を用いた原料タンパク質と小仕込試験結果との相関分析の結果、PB-I含量と蒸米吸水率に負の相関がみられることを報告しており、今回の結果と合致するものであった。

Table 3. Morphological properties of brown rice.

No.	Variety	1000-kernel weight (g)	Ratio of				Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Content of crude protein (%)	Polishing time* (s)
			<i>shinpaku</i> (%)	<i>shinpakunagare</i> (%)	<i>haraziro</i> (%)	<i>muhaku</i> (%)					
1	<i>Koshihikari</i>	20.6	—	—	—	—	5.45	3.09	2.21	8.2	1110
2	<i>Nipponbare</i>	20.6	—	—	—	—	5.51	3.07	2.16	7.9	860
3	<i>Hyogokitanishiki</i>	28.6	22.0	32.3	31.2	14.5	5.92	3.39	2.50	8.3	480
4	<i>LGC1</i>	23.4	—	—	—	—	5.57	3.17	2.28	7.2	690
5	<i>Tashu-kei 997</i>	25.4	7.0	9.5	26.2	57.3	5.61	3.38	2.35	8.0	660
6	<i>Tashu-kei 998</i>	25.3	7.5	16.1	19.3	57.1	5.79	3.36	2.35	7.6	560
7	<i>Tashu-kei 999</i>	25.5	41.0	28.5	15.6	15.0	5.63	3.31	2.33	7.4	580
8	<i>Tashu-kei 1000</i>	25.6	26.1	41.9	20.8	11.3	5.67	3.28	2.34	7.6	580
9	<i>Tashu-kei 1001</i>	25.4	24.9	14.3	43.3	17.6	5.62	3.22	2.31	7.6	650
10	<i>Tashu-kei 1002</i>	26.2	46.3	12.0	23.8	17.8	5.57	3.37	2.36	7.0	560
11	<i>Tashu-kei 1003</i>	26.9	12.5	36.7	36.4	14.4	5.49	3.48	2.37	7.2	560
12	<i>Tashu-kei 1004</i>	27.0	28.7	14.3	6.0	51.0	5.83	3.34	2.31	7.4	650
13	<i>Tashu-kei 1005</i>	28.9	49.6	25.6	16.6	8.2	5.75	3.42	2.48	7.6	440
14	<i>Tashu-kei 1006</i>	24.7	1.6	13.2	8.6	76.6	5.75	3.22	2.27	7.6	860
15	<i>Tashu-kei 1007</i>	29.5	36.1	16.1	12.4	35.4	5.53	3.27	2.48	7.3	510

*The rice was polished to 70%.

Table 4. Properties of 70% polished rice.

No.	Variety	Content of		Starch- value (dry%)	Water absorption			Absorbed water (ST*) (%)	Digestibility		
		crude protein (%)	potassium (ppm)		20 min (%)	120 min (%)	ratio (20/120min)		Brix (%)	F-N (ml)	residue (g)
1	<i>Koshihikari</i>	5.0	542	89.1	24.6	28.5	0.86	32.4	8.3	0.47	15.7
2	<i>Nipponbare</i>	5.5	594	87.5	26.3	27.9	0.94	31.0	7.6	0.50	16.2
3	<i>Hyogokitanishiki</i>	5.2	570	87.5	26.8	27.4	0.98	33.0	8.7	0.54	14.8
4	<i>LGC1</i>	5.1	544	88.0	24.4	25.6	0.95	29.2	7.5	0.29	18.4
5	<i>Tashu-kei 997</i>	5.5	596	87.9	24.1	25.1	0.96	27.4	7.4	0.31	15.6
6	<i>Tashu-kei 998</i>	5.0	541	88.2	22.9	23.9	0.96	26.0	7.4	0.31	17.5
7	<i>Tashu-kei 999</i>	4.8	518	89.6	26.3	27.1	0.97	29.7	9.0	0.35	14.3
8	<i>Tashu-kei 1000</i>	5.0	541	86.9	26.5	27.7	0.96	29.1	9.5	0.37	13.4
9	<i>Tashu-kei 1001</i>	5.0	541	88.4	25.5	26.6	0.96	30.5	8.8	0.35	14.2
10	<i>Tashu-kei 1002</i>	4.6	496	86.7	25.6	26.3	0.97	29.1	9.3	0.33	13.6
11	<i>Tashu-kei 1003</i>	4.5	485	86.1	24.6	24.8	0.99	27.6	7.9	0.28	18.2
12	<i>Tashu-kei 1004</i>	4.7	509	89.5	24.6	25.4	0.97	28.3	8.7	0.33	16.6
13	<i>Tashu-kei 1005</i>	4.8	523	88.2	26.3	27.4	0.96	30.8	7.4	0.30	17.2
14	<i>Tashu-kei 1006</i>	4.5	490	89.1	25.1	27.9	0.90	32.4	8.2	0.32	15.2
15	<i>Tashu-kei 1007</i>	5.1	545	88.4	23.7	24.8	0.96	28.3	7.1	0.30	18.9

The rice was polished to 70%.

*Water absorption rate of polished rice grain after steaming.

Brix は多収系各系統において7.1～9.5の範囲であり酒造好適米である兵庫北錦を上回る系統が存在した。特に

1000, 1002系統は、消化残渣も少なく良好な溶解特性を示した。フォルモール態窒素（以下、F-N と略）におい

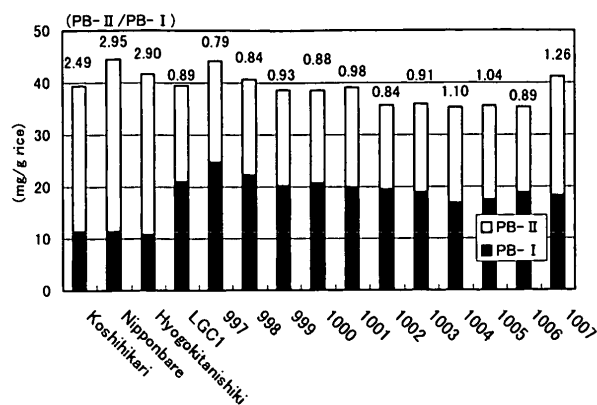


Fig. 1. Distribution of rice varieties according to protein body contents and PB-II/PB-I ratio.

ては、対照米のコシヒカリ、日本晴、兵庫北錦は0.47～0.54であるのに対して、エルジーシー1および多収系は0.28～0.37と低くなり、興味深い結果となった。

プロテインボディ (PB) の定量 前述したように酒造用低グルテリン米各系統は、対照試料に比較して、粗タンパク含量では、わずかに低い程度の値であったにも関わらず、消化性のF-Nは大幅に減少していた。この要因について明らかにするために多収系低グルテリン米および対照試料についてPBの定量を行った (Fig. 1)。

その結果、PB-II含量は、コシヒカリで28.1 mg/g、日本晴は33.2 mg/g、兵庫北錦は30.9 mg/gであり日本晴が対照米3品種の中ではやや高くなった。これに対して低グルテリン米のエルジーシー1は18.5 mg/g、多収系は16.3～22.9 mg/g (Ave18.5 mg/g) となり低い値であった。一方、PB-I含量においては、コシヒカリ・日本晴で11.3 mg/g、兵庫北錦は10.7 mg/gであり、低グルテリン米のエルジーシー1は20.9 mg/g、多収系は16.8～24.6 mg/g (Ave19.6 mg/g) となり約2倍の含量であった。

このことから、多収系と対照試料の粗タンパク含量に大差がないにも関わらず、消化性F-Nに顕著な差異が生じる原因としては、酵素による溶解性^{6,8,9)}の異なるPB-IとPB-IIの構成比が異なるためと考えられた。また、この特性はエルジーシー1からすべての多収系に引き継がれていた。

近年、酒造用原料米の醸造適性を判断する指標としてPB含量の測定が行われることが多い。最近報告された新品種のPB構成比 (PB-II/PB-I) は、千本錦2.12,¹⁰⁾ かいおまち2.2,¹¹⁾ 吟の夢2.04～2.66,¹²⁾ 滋系酒56号 (品種名吟吹雪) 2.23,¹³⁾ 新山田穂1号1.8¹⁴⁾ であることから、本検討試料である酒造用多収系低グルテリン米の0.79～1.26はきわめて低い値と考えられた。このことから、酒造用低グルテリン米を使用することにより、今までにな

いアミノ酸含有量の少なく、雑味を抑えた清酒の醸造が可能であると考えられた。

清酒醸造試験 Table 1に記載の原料米を掛米とする総米170gの清酒醸造試験を実施した。製成酒の一般分析、低沸点香气成分分析および官能評価試験結果をTable 5に示した。

日本酒度は多収系において-0.5～+3.5と差異がみられた。酒造好適米である兵庫北錦と比較すると、997、1005、1007系統で発酵が良好であった。アルコール度数は、対照試料において19%前後であるのに対して多収系では18%前後となり約1%低くなった。上槽時の炭酸ガス減量もやや少ないことから、発酵がゆるやかに進行する傾向であると考えられる。また製成酒量がやや少なく、粕重量がやや多いことから、原料利用率がやや低くなるものと推察された。アミノ酸度は兵庫北錦の1.44 mlに対して多収系では0.55～0.70 mlと半分以下の値となった。木崎ら¹⁵⁾は米粒中のPBについて検討を行い、PB-IIは清酒醪中で麴酵素により分解されて、製成酒のアミノ酸度に大きな影響を与えると報告している。したがって、このことは多収系各系統において原料米中の易消化性であるPB-IIの含有量が低いために、麴酵素によって分解されて製成酒に移行するアミノ酸量が減少したためであると考えられた。

低沸点香气成分は、低グルテリン米において酢酸イソアミル (E) が低く、イソアミルアルコール (A) が高くなり、一般に官能評価と正の相関関係が知られているE/Aは低くなった。

酵母によるイソアミルアルコールの生成は、取り込まれたアミノ酸が脱アミノおよび脱炭酸により生成したアルデヒドの還元により炭素数の1つ少ないアルコールが生成される Ehrlich 経路と、アミノ酸合成系路の中間体であるケト酸から脱炭酸後生成される生合成経路が主であることが知られている。¹⁶⁾ ここで、培地中にロイシンなどのアミノ酸が不足すると、酵母は必要とするアミノ酸を生産するために生合成経路は活性化される。この反応の最終段階は、対応するケト酸のアミノ化であるために、アミノ酸生成量は必要とするアミノ基の供給源であるアミノ酸などにより制限されることとなる。すなわち、培養中に多量のアミノ酸が存在すると、ロイシンなどの生成系の第一段階であるピルビン酸→ α -アセト乳酸が阻害され、イソアミルアルコールの生成は停止することとなる。¹⁶⁾

秋田ら¹⁷⁾は、白米糖化液と麴糖化液の使用比率を変化させたアミノ酸含量の異なる糖化液の発酵試験結果が

Table 5. Components and sensory scores (total balance) of fresh sake.

No.	Variety	Sake meter	Alcohol (%)	Acidity (ml)	Amino acidity (ml)	CO ₂ evolution (g)	Volume of sake obtained (ml)	Weight of sake cake (g)	Isoamyl acetate (ppm)	Isoamyl alcohol (ppm)	Ethyl caproate (ppm)	E/A ×100	Sensory score* (total balance) (1-5)
1	<i>Koshihikari</i>	+1.5	18.9	2.59	0.97	52.9	257	128	11.5	287	0.6	4.0	2.3
2	<i>Nipponbare</i>	-1.5	19.1	2.92	1.61	52.2	256	129	11.2	281	0.6	4.0	2.6
3	<i>Hyogokitanishiki</i>	+2.0	19.3	2.86	1.44	53.2	264	121	13.0	326	0.6	4.0	2.6
4	<i>LGC1</i>	+2.5	18.9	2.73	0.93	51.2	247	137	12.9	330	0.6	3.9	2.6
5	<i>Tashu-kei 997</i>	+3.5	17.8	3.04	0.64	48.3	243	144	8.2	408	0.6	2.0	3.2
6	<i>Tashu-kei 998</i>	+1.5	17.5	2.97	0.64	47.1	240	146	9.0	396	0.5	2.3	3.4
7	<i>Tashu-kei 999</i>	+1.5	18.2	3.07	0.62	47.6	246	141	8.5	389	0.5	2.2	3.1
8	<i>Tashu-kei 1000</i>	±0	18.0	3.03	0.59	51.8	249	137	9.1	386	0.5	2.3	3.0
9	<i>Tashu-kei 1001</i>	±0	17.5	3.00	0.61	51.3	242	145	8.8	378	0.6	2.3	3.1
10	<i>Tashu-kei 1002</i>	+0.5	18.0	3.09	0.54	49.3	242	145	8.4	389	0.4	2.2	3.0
11	<i>Tashu-kei 1003</i>	+0.5	18.0	3.03	0.55	48.0	237	149	8.6	395	0.5	2.2	3.0
12	<i>Tashu-kei 1004</i>	-0.5	18.1	3.12	0.64	49.1	241	145	9.2	438	0.5	2.1	2.9
13	<i>Tashu-kei 1005</i>	+3.5	18.0	3.03	0.56	50.5	244	149	7.0	283	0.7	2.5	3.2
14	<i>Tashu-kei 1006</i>	+1.5	17.7	3.15	0.55	51.3	245	147	9.5	323	0.8	2.9	3.2
15	<i>Tashu-kei 1007</i>	+3.0	18.4	2.91	0.70	49.2	237	146	11.3	423	0.6	2.7	3.1

*A lower number indicates a higher evaluation.

ら、イソアミルアルコールは初発アミノ態窒素含量が少ないほど高生産されることを報告し、アミノ酸量が少ない場合には、上述したように生合成経路からの寄与が大きいものとした。

本報においても同様に、多収系は易溶解性のPB- IIの含有量が低く、白米からのアミノ酸の溶出量が少ないために、生合成経路を通してイソアミルアルコールが高生産されるものと推察された。

また、多収系においては、前駆体であるイソアミルアルコールが高生産されているにもかかわらず酢酸イソアミルは低くなった。秋田ら¹⁸⁾は、酢酸イソアミルを生成する酵母のアルコールアセチルトランスフェラーゼ (AATase) 活性はアミノ酸量が多いほど高くなる傾向がある一方で、その前駆体であるイソアミルアルコールは、アミノ酸量が少ないほど高生産されることから、酢酸イソアミルの生成量が最大となるアミノ酸量が存在することを明らかにしている。この報告から、本報のアミノ酸量の少ない低グルテリン米は、イソアミルアルコールが高生産される一方で、対照試料に比べてAATase活性は低くなっていると考えられ、結果的に酢酸イソアミルの生成量が少なくなったものと推察された。

次に、得られた製成酒について9名のパネラーによる

官能評価試験を行った。その結果、低グルテリン米では対照試料に比較して特有の香があるために、やや低い評価となった。

製成酒のアミノ酸組成 低グルテリン米はPB- II含量が少なく、PB- I含量が多いことをFig. 1において示したが、このことが製成酒のアミノ酸組成に、どのような影響を及ぼすかについて検討を行った。

低グルテリン米である1001系統の白米のアミノ酸組

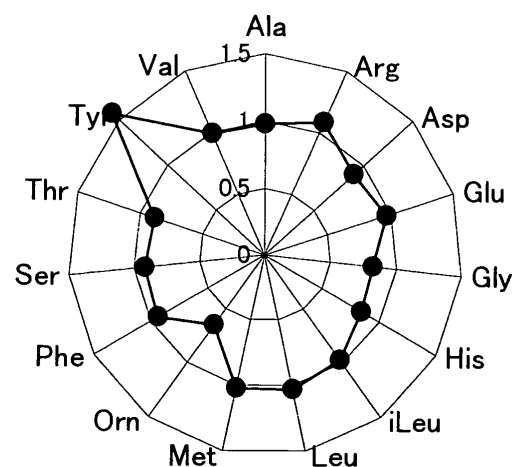


Fig. 2. Comparison of amino acid composition in polished rice. The amino acid composition of *Tashu-kei 1001* is shown relative to that of *Hyogokitanishiki*.

成を Fig. 2 に示した。グラフは親系統の兵庫北錦に対する 1001 系統の含量を各アミノ酸ごとに示したものである。1001 系統は兵庫北錦にくらべて Tyr が多かったが、その他のアミノ酸含量に顕著な差異は認められなかった。増村ら¹⁹⁾は PB の構成ポリペプチドについてのアミノ酸組成を cDNA の構造解析に基づき検討しており、その結果から、PB-I と PB-II の構成アミノ酸組成に差異が認められた。しかしながら、本検討においては兵庫北錦と低グルテリン米の 1001 系統で Tyr を除き顕著な差異は認められなかった。これは、PB-I と PB-II のアミノ酸組成の差異は、両品種の PB-I / PB-II 比の差異により相殺され、結果として、白米中の各構成アミノ酸含量に Tyr を除き顕著な差異がなくなったと考えられた。すなわち、両品種は、白米中のアミノ酸含量には Tyr を除いて顕著な差異はみられないが、それが PB-I あるいは PB-II のいずれに多く存在するかが異なっているものと推察された。顕著な差異を生じた Tyr は PB-I を主に構成している 13kDa のプロラミンに多く存在していることから、PB-I / PB-II 比が高い 1001 系統では、含有量が高くなったと考えられる。

Fig. 3 には製成酒中のアミノ酸組成について 1001, 1003, 1006, 1007 の 4 系統について、同様に兵庫北錦に対する各系統の含量を示した。ここに示した 4 系統以外の多収系系統は、4 系統の最大値と最小値の間に位置した。この結果より、ここに示した 4 系統を含む全ての多収系は、ほぼ同様のアミノ酸の構成となることが明らかとなった。すなわち、Met, Arg を除くその他のアミノ酸は兵庫北錦の 20~60% 程度の含有量となり、Met, Arg のみが低い傾向が一律にみられた。増村ら¹⁹⁾は、Met は

PB-II にくらべて PB-I で多量に存在することを報告していることから、1001 系統では PB-I が顕著に多いため、もろみ中で溶解されにくく、製成酒への移行量が少なくなったものと推察された。

また Arg の場合、他のアミノ酸と比較し、PB-I における含量は顕著に多くはないにも関わらず、¹⁹⁾ 製成酒の Arg 含量は、他のアミノ酸より低くなっている。その詳細は不明であるが、低グルテリン米では PB-II の割合が低く、もろみ中に溶出するタンパク質の総量が少なくなるために、酵母の代謝系が変化し、Arg を選択的に取り込んだことなどが考えられる。

Arg は通常の清酒ではもっとも多量に存在する構成アミノ酸であり、単独でも刺激閾²⁰⁾を越える含有量である。そのため低グルテリン米を用いた製成酒の Arg 含量が顕著に低いことは、香味に大きな影響を与えていると思われる。

各系統間の差異については、Arg (変動係数 31.2%) で最も大きく、Lys (7.2%), Glu (8.0%), Asp (8.6%), Gly (9.7%) で小さくなった。また、1007 系統は多くのアミノ酸で最も含有量が高くなっており、総アミノ酸含量が高いことにも合致した (Table 5)。特に、Thr はその他の系統に比較して高い含有量となった。さらに、灘錦を親系統に持つ 1006 系統は His, Gly, Gln で最低値となったが、その他のアミノ酸は平均的な値であり、兵庫北錦を親系統に持つ系統と顕著な差異は認められなかった。

製成酒の有機酸組成 Table 6 に製成酒の有機酸含有量を示した。リンゴ酸含有量は、灘錦を親系統に持つ 1006 系統は兵庫北錦と同程度であったが、その他の多収系では、兵庫北錦にくらべて 1.2~1.6 倍となり、白米からのアミノ酸溶出量が少ない低グルテリン米で高くなった。また、コハク酸においてもリンゴ酸とほぼ同様の傾向がみられた。秋田ら¹⁷⁾はアミノ酸含量の異なる糖化液の発酵試験結果からアミノ酸含量が少ないほどリンゴ酸およびコハク酸の含有量が高くなったと報告しており、本報と合致した。

酵母菌体中でのリンゴ酸の生産は、グルコース代謝が TCA 回路で進行する比率の大きい条件下で高生産され、さらに、低い培養温度などの酵母の増殖が遅く、発酵に長期間を要するような条件下で高生産されと考えられている。²¹⁾ 清酒醸造試験の結果より、多収系においては兵庫北錦などの対照米に比較してアルコールの生成が低く、炭酸ガス減量が少ないことから、リンゴ酸が高生産されやすい条件下で発酵が進行したと考えられた。また、清川ら²²⁾は蒸米中のパントテン酸含量と製成酒のリン

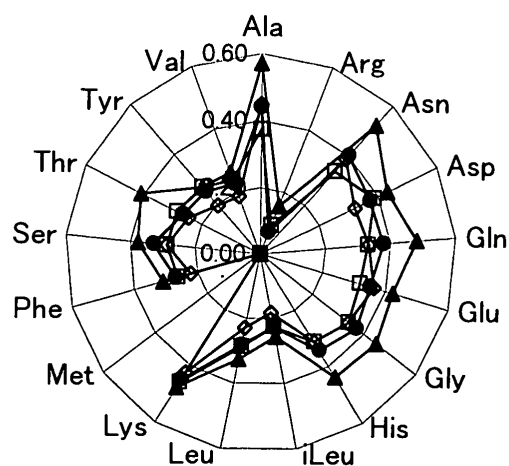


Fig. 3. Comparison of amino acid composition in sake. The amino acid composition is shown relative to that of Hyogokitanishiki. Symbols: ●, Tashu-kei 1001; ◇, Tashu-kei 1003; □, Tashu-kei 1006; ▲, Tashu-kei 1007.

Table 6. Contents of organic acids in fresh sake.

No.	Variety	Pyruvic acid (ppm)	L-Malic acid (ppm)	Succinic acid (ppm)	D-Lactic acid (ppm)	L-Lactic acid (ppm)	Acetic acid (ppm)
1	<i>Koshihikari</i>	45	257	792	253	394	54
2	<i>Nipponbare</i>	67	313	729	323	317	112
3	<i>Hyogokitanishiki</i>	28	316	733	288	353	67
4	<i>LGC1</i>	62	371	808	273	381	51
5	<i>Tashu-kei 997</i>	63	448	777	236	350	99
6	<i>Tashu-kei 998</i>	58	489	858	222	384	80
7	<i>Tashu-kei 999</i>	48	452	960	214	361	90
8	<i>Tashu-kei 1000</i>	54	489	939	232	309	73
9	<i>Tashu-kei 1001</i>	61	490	933	232	324	85
10	<i>Tashu-kei 1002</i>	51	507	952	215	314	80
11	<i>Tashu-kei 1003</i>	56	511	936	242	401	84
12	<i>Tashu-kei 1004</i>	57	516	912	173	275	93
13	<i>Tashu-kei 1005</i>	80	375	774	230	378	147
14	<i>Tashu-kei 1006</i>	77	316	748	285	359	107
15	<i>Tashu-kei 1007</i>	50	477	924	229	349	80

ゴ酸含量は、正の相関関係を持つことを報告しているが、多収系の中でリンゴ酸含量に差異が認められることも、原料米中のパントテン酸が影響している可能性が考えられた。

以上示したように、低グルテリン米は、単に製成酒のアミノ酸含量が少なくなるだけでなく、PB- II 含量が特異であるために酵母の代謝に影響し、そして製成酒の酒質にも影響をもたらしていると考えられる。このような低グルテリン米の酒米としての特性は、消費者の嗜好に合致したアミノ酸度の低い清酒の提供を可能にするとともに、差別化した清酒を醸造することにも寄与すると考えられた。

要 約

低グルテリン米エルジーシー 1 と酒造好適米である兵庫北錦または灘錦との交雑により育成された酒造用低グルテリン米系統について、原料米特性を解析し、清酒醸造への利用を試みた。(1)栽培特性では、出穂期において兵庫北錦よりも遅く、成熟期は系統間で差異が生じた。形態は短稈～中稈型であり兵庫北錦と比較して同程度から 13 cm 低く、耐倒伏性も良好であった。収量性は兵庫北錦並であった。(2)玄米特性において、千粒重は中粒～大粒種に属した。また、心白と心白流れ粒を含めた心白発現率が低い系統と、約 40% 以上の高い系統に分けられた。(3)白米特性において、粗タンパク質含量は兵庫北錦

と比較してやや低い値であった。吸水性では、120 分吸水率においても 25% 以下の吸水が低い系統と、酒造好適米の兵庫北錦と同レベル以上の良好な吸水性を示す系統がみられた。プロテインボディ含量の測定の結果、PB- II 含量はエルジーシー 1 および酒造用低グルテリン米系統で低く、PB- I 含量は高くなった。また、この特性はエルジーシー 1 からすべての酒造用低グルテリン米系統に引き継がれていた。消化性試験では、蒸米吸水率において酒造用低グルテリン米系統は低くなり、Brix は酒造用低グルテリン米において酒造好適米である兵庫北錦を上回る系統が存在し、フォルモール態窒素においては低い値となった。(4)清酒醸造試験の結果、酒造用低グルテリン米は発酵がゆるやかに進行し、やや原料利用率が低くなる傾向にあった。アミノ酸度は酒造用低グルテリン米できわめて低い値となった。この原因としては、PB- I と PB- II の構成比が異なり、易消化性の PB- II 含量が低いこと製成酒に移行するアミノ酸量が減少したためと考えられた。(5)低沸点香気成分では酢酸イソアミルが低く、イソアミルアルコールが高くなった。有機酸において、リンゴ酸含量は、兵庫北錦にくらべ酒造用低グルテリン米において約 1.6 倍程度高生産する系統が存在した。

文 献

- 1) 望月隆弘, 原 茂子: 日本腎臓学会誌, **42**, 24-29 (2000).
- 2) 北本勝ひこ, 三宅 優, 渡辺誠衛, 中村欽一: 醸協, **80**,

- 53-58 (1985).
- 3) 佐藤 信, 大場俊輝, 高橋康次郎, 杉谷 守: 醸協, **73**, 473-478 (1978).
 - 4) 秋山裕一, 醸造試験所所員一同: 醸協, **77**, 57-61 (1982).
 - 5) 若井芳則, 井上佳彦, 西川泰央, 邑田淳一, 三浦 剛: 醸協, **79**, 445-446 (1984).
 - 6) 木崎康造, 井上安裕, 岡崎直人, 小林信也: 醸協, **86**, 293-298 (1991).
 - 7) 米穀データバンク: 米品種大全, p.304 (1996).
 - 8) 古川幸子, 水間智哉, 柳内敏晴, 清川良文, 若井芳則: 醸協, **95**, 295-303 (2000).
 - 9) 木崎康造, 小原 昭, 逸見彰則, 荒巻 功, 小林信也, 岡崎直人: 醸協, **86**, 323-331 (1993).
 - 10) 大土井律之, 松本英之, 橋本寿之, 土屋義信, 末成和夫, 手島義春, 土屋隆生, 勝場善之助: 醸協, **95**, 465-471 (2000).
 - 11) 松本英之, 大土井律之, 橋本寿之, 土屋義信, 末成和夫, 手島義春, 土屋隆生, 勝場善之助: 醸協, **95**, 373-377 (2000).
 - 12) 上東直彦, 中村幸生, 森山洋憲, 溝渕正晃, 菅野信男, 永田信治, 味園春雄: 醸協, **94**, 840-848 (1999).
 - 13) 水間智哉, 宮崎紀子, 小林弘美, 柳内敏晴, 若井芳則: 醸協, **94**, 237-243 (1999).
 - 14) 長谷 篤, 山下信雄, 永井英雄, 池上 勝, 世古晴美, 中島有紀, 山本俊哉, 大江田憲治, 近藤恭一: 醸協, **91**, 633-639 (1996).
 - 15) 日本農芸化学会大会講演要旨集, p.431 (1990).
 - 16) 清酒酵母研究会: 清酒酵母の研究, p.162 (1980).
 - 17) 秋田 修, 蓮尾徹夫, 大場俊輝: 醸協, **81**, 626-632 (1986).
 - 18) 秋田 修, 蓮尾徹夫, 大場俊輝, 宮野信之: 醸酵工学, **65**, 19-26 (1987).
 - 19) 松雄孝嶺, 清水正治, 角田重三郎, 村田吉男, 熊澤喜久雄, 蓬原雄三, 星川清親, 山口彦之, 菊池文雄編: 稲学大成, **3**, 324 (1990).
 - 20) 佐々木 裕, 二宮恒彦: 調味科学, **13**, 1 (1966).
 - 21) 布川弥太郎: 醸協, **76**, 705-708 (1981).
 - 22) 清川良文: 酒研会報, **33**, 20-26 (1994).