長期貯蔵米の酒造適性

奥田将生・櫻尾尚平・沼田美子代・小関卓也・畑富士夫¹・蓮尾徹夫¹・庄嶋 修¹・荒巻 功*

橋爪克己

((独) 酒類総合研究所, ¹ 日本酒造組合中央会, * 現所属: 福岡国税局鑑定官室)

平成 16 年 9 月 27 日受理

Characteristics of Long-term Stored Rice for Sake Brewing

Masaki OKUDA, Shohei SAKURAO, Mineyo NUMATA, Takuya KOSEKI, Fujio HATA¹, Tetsuo HASUO¹, Osamu SHYOJIMA¹, Isao ARAMAKI and Katsumi HASHIZUME

(National Research Institute of Brewing, 3-7-1, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-0046; ¹Japan Sake Brewing Association, 1-1-21, Nishishinbashi, Minatoku, Tokyo 105-0003)

Sixteen rice samples stored under 15°C for 5 to 7 years after harvest were examined for their characteristics for sake brewing compared with fresh rice, Nipponbare, harvested in 2003. Some of long-term stored rice samples showed high loss and high ratio of broken grains in the polishing tests both by a grain testing mill and by a 60 kg scale mill. The properties in the polishing test widely differed among the samples tested. The water absorbance of long-term stored rice samples was lower than that of the fresh rice sample, while their digestibility was about the same as the fresh rice sample. The long-term stored rice samples contained potassium and hexanal at higher level than the fresh rice sample, but we could not detect hexanal in steamed and then cooled long-term stored rice samples. The moromi mash of the long-term stored rice showed a slightly faster fermentation rate, and the yield of the sake from the mash was slightly higher than that of the fresh rice sample. Although some panels pointed out bitterness or *zatsumi* to the sake brewed from long-term stored rice, the general quality of the sake did not show significant differences with the sake from fresh rice. The level of dimethylsulfide in the all sake samples brewed on a small scale was less than 1 ppb, which is far below the estimated threshold value in sake (10 ppb).

Key words : 長期貯蔵米, 精米試験, 酒造適性

緒 言

清酒醸造ではその年に収穫された原料米を使用することが一般的であるが、米の収穫前や原料米が不足した場合などには古米も使用される。原料米事情が逼迫した昭和 30 年代後半から 40 年代にかけて、古米を大規模に使用せざるを得なくなり、古米の酒造適性について全国的な調査、検討が行われた^{1,2)}。また、酒造用原料米の適正な貯蔵条件や貯蔵による米質の変化

についても検討が行われている^{3,4,5)}。古米を清酒醸造に使用した場合には、精米時に碎米が発生しやすく、蒸米には古米特有の臭気である古米臭が感じられることがあり、製造工程では、白米中のカリウムなどが多いために発酵が急進しやすく、製成酒は色が濃く、新酒香が低く、火入れ貯蔵後には古米を使用した清酒にいわゆる「古米酒臭」が発生することが報告されている^{1,2)}。当時用いられた米は、低温貯蔵のものは少なく、玄米で常温貯蔵されたものが一般的であった^{1,2)}。

常温貯蔵の場合には、米の品質劣化は速く、また、病虫害を防ぐためにくん蒸処理が必要である⁶⁾。外国産米を含めて古米を使用した清酒に生じた古米酒臭が大きな問題となったが、これは、昭和50年代に入って、難波らによってジメチルスルフィド (DMS) が原因物質であることがつきとめられ、貯蔵時のくん蒸処理によってこの原因物質が生成することが明らかにされた⁶⁾。

現在、米の安定供給のために設けられている政府の備蓄米制度では、玄米を15°C以下の低温で湿度も管理した条件下で貯蔵している。これら備蓄米のなかには生産後5年以上も経過したものもあるが、低温でこのように長期間貯蔵された米の酒造適性についてはこれまで検討されていない。

実験材料及び実験方法

1 実験材料

低温貯蔵された平成8, 9, 10年 (1996, 97, 98年) 産きらら397 (北海道) 及び朝の光 (埼玉), 平成9, 10年 (1997, 98年) 産たかねみのり (岩手), 中生新千本 (広島) 及びレイハウ (佐賀), 平成8, 9年 (1996, 97年) 産ゆきの精 (新潟) 及び日本晴 (滋賀) を試料とした。対照として平成15年に酒類総合研究所水田で収穫した日本晴を用いた。長期貯蔵米試料はすべて30kg紙袋入り玄米で入荷し、入荷後は屋内 (室温) で保存した。酒造用原料米全国統一分析に供する試料は、入荷後直ちに必要量のサンプリングを行い10°Cの低温庫で保存した。全ての長期貯蔵米試料は入荷後1ヶ月以内の平成15年11月に1俵張り精米機による試験に供した。精米後の白米は屋内 (室温) で保存した。精米前に分取した玄米試料は12°Cの低温庫で貯蔵した。

2 実験方法

(1) 原料米分析

酒米研究会の酒造用原料米全国統一分析法 (以下「統一分析法」) という⁷⁾の項目についてはこれに従った。白度は、ケット製C-300-3型白度計で測定した。脂肪酸度は大坪らの方法⁸⁾によった。ヘキサナールはBergmanらの方法⁹⁾によって抽出し、GC-MSによって測定した。ただし、放冷蒸米の抽出は破碎せずに行った。ヘキサナールの定量には $m/z=72$ のイオンクロマトの該当ピーク面積を使用した。ヘキサナール測定に供した白米、糠は堅型小型精米機¹⁰⁾により調製し、蒸米は統一分析法に従って調製した。

(2) 1俵張り小型醸造精米機による精米試験

チヨダ製HS-08CNC1俵張り小型醸造精米機 (ロールメッシュ70番) により行った。玄米50kgを張り込み、見かけの精米歩合70%を目標として、Table 1の条件で精米した。この場合の第1段階のロールの周速度は869m/分である。

(3) 仕込試験

イ 麴酵素力価測定

α -アミラーゼ、糖化力、酸性カルボキシペプチダーゼはキッコーマン社製キットにより、酸性プロテアーゼは国税庁所定分析法により測定した。活性の表示は各測定法の定めによった。

ロ 小仕込試験

1俵張り小型醸造精米機により精米した平成9年産長期貯蔵米を使用して小仕込試験を行った。小仕込は総米1.2kgで既報¹¹⁾の仕込み配合を拡大した方法によった。麴は大規模に製造して冷凍保存したもの (原料米品種：山田錦, 精米歩合：60%, 酵素力価： α -アミラーゼ37.4U/g麴, 糖化力1.52U/g麴, 酸性プロテアーゼ3681単位/g麴, 酸性カルボキシペプチ

Table 1 Conditions of polishing process of 60 kg scale mill.

Operation Step	Degree of polishing (%)	Rotation frequency (rpm)	Electric current of motor (A)	Shutter of feeder
1	90	1300	6.5	3
2	80	1250	6.5	2
3	73	1200	6.5	2
4	68	1150	6.5	2

ダーゼ 1.48 U/g 麹) を共通に使用した。使用酵母は協会 701 号、酵母添加量は 1×10^{10} /ml $\times$ 5 ml とし、9 %乳酸 6 ml を添加した。添は全量麹とし長期貯蔵米を掛米とする 2 段仕込みとした。品温経過は、7°C で留めた後、1°C/日 で上昇させ、15°C で一定とした。もろみ日数は 17~18 日とし、遠心分離により上槽した。この間、経時的にもろみ重量を測定して炭酸ガス減量とした。

ハ 100 kg 仕込試験

1 俵張り小型醸造精米機により精米した長期貯蔵米を使用して総米 100 kg の仕込試験を行った。Table 2 の配合により、酒母、添、全ての麹は共通の米（平成 15 年産日本晴）を使用し、長期貯蔵米は仲、留の掛米に使用した。酒母は中温速醸、酵母は 701 号を使用した。もろみ温度はできるだけ仕込間で差が出ないように管理した。使用麹の酵素力価は、添麹 (α -アミラーゼ 46.8 U/g 麹，糖化力 1.44 U/g 麹，酸性プロテアーゼ 2977 単位/g 麹，酸性カルボキシペプチダーゼ 1.40 U/g 麹)，仲・留麹 (α -アミラーゼ 55.0 U/g 麹，糖化力 1.57 U/g 麹，酸性プロテアーゼ 3191 単位/g 麹，酸性カルボキシペプチダーゼ 1.34 U/g 麹) であった。

(4) 製成酒の分析及び官能評価

製成酒の一般成分の分析は、国税庁所定分析法に従った。ジメチルスルフィド (DMS) は、ヘッドスペース法により PFPD 検出器 (O・I・Analytical 社製) を装着したガスクロマトグラフ (Agilent 社製 6890GC 及び 7694 ヘッドスペースサンプラー) により測定した。香気成分は、ヘッドスペース法¹²⁾ により分析した。無機成分は、島津製作所製高周波誘導結合発光プラズマ分析装置 (ICPS-1000IV) により分析した。

官能評価は、小仕込酒についてはパネル 17 名によ

り、100 kg 仕込酒については新酒時パネル 27 名、貯蔵後 18 名によって、総合評価を 5 点法により評価し、香り味等についてはコメント記入する方法で行った。なお、総合評価は、1 点が良、5 点が不良とする 5 段階評価によった。平均値の差の検定は、SAS インスティテュートジャパンの統計ソフトウェア JMP5.1 を使用し、Tukey-Kramer の HSD 検定により行った。

(5) 貯蔵試験

小仕込の製成酒は、上槽後 4°C で 2 週間貯蔵し、おり引き後 500 ml 容ガラスびんに詰め火入れ (65°C までの湯煎加熱) し、官能評価を行い、評価の約 1 ヶ月後に再度同様に 2 回目の火入れを行い、ガラスびん中で 40°C、60 日間貯蔵した。100 kg 仕込製成酒は、カートリッジフィルターによるろ過の後、500 ml びんに詰め、火入れ (65°C までの湯煎加熱) を行い、30°C 及び 4°C で 5 ヶ月間貯蔵した。なお、原料米が製成酒に及ぼす影響を把握するため製成酒の活性炭処理は行わなかった。

結果及び考察

1 原料米分析結果

統一分析法によって分析した長期貯蔵米試料の玄米及び精米時の特性は Table 3 のとおり、また、白米の特性は Table 4 のとおりであった。既に報告されているように、長期貯蔵米は無効精米歩合及び碎米率が対照と比較して高い傾向を示し、精米時に砕けやすい傾向が見られた。また、20 分吸水率は対照と比較して低く、120 分吸水率もやや低い傾向を示した。一方、消化性は、°Brix、フォルモール態窒素ともに対照とほぼ同じ値であった。また、カリウム含量は対照と比較して約 2 倍であった。脂肪酸度及び白度を測定した結果は Table 5 のとおりであった。脂肪酸度は、対照

Table 2 Proportion of raw materials in sake mash of 100 kg total rice weight

	Moto	Soe	Naka	Tome	Total
Total rice(kg)	7	15	30	48	100
Steamed rice(kg)	5	10	23	41	79
Koji (as rice) (kg)	2	5	7	7	21
Water(l)	8	15	36	71	130
Mash temperature(°C)		13	11	7.5	

Table 3 Properties of brown rice samples and their characteristics in polishing.

Variety name	Year produced	1000 kernel weight of brown rice (g)	Moisture content of brown rice (%)	Apparent polishing rate (A) (%)	True polishing rate (B) (%)	Loss in polishing (B) - (A) (%)	Ratio of broken grains (%)
<i>Kirara 397</i>	1996	22.6	15.7	70.4	77.2	6.8	13.6
<i>Kirara 397</i>	1997	23.8	15.8	70.3	78.2	7.9	19.0
<i>Kirara 397</i>	1998	23.1	15.6	70.4	77.3	7.0	43.8
<i>Takaneminori</i>	1997	24.2	15.0	70.5	72.4	1.9	12.6
<i>Takaneminori</i>	1998	22.8	15.9	70.5	75.3	4.7	20.7
<i>Asanohikari</i>	1996	21.5	14.6	70.4	75.3	5.0	15.1
<i>Asanohikari</i>	1997	20.8	14.5	70.4	74.7	4.3	18.6
<i>Asanohikari</i>	1998	22.3	14.4	70.5	75.7	5.2	28.4
<i>Yukinosei</i>	1996	24.1	15.1	70.3	73.9	3.6	21.7
<i>Yukinosei</i>	1997	22.8	15.3	70.4	75.8	5.4	19.6
<i>Nipponbare</i>	1996	24.0	14.7	70.4	74.1	3.7	15.2
<i>Nipponbare</i>	1997	21.4	14.6	70.4	74.1	3.8	11.3
<i>Nakateshinsenbon</i>	1997	23.7	15.0	70.4	74.5	4.1	28.4
<i>Nakateshinsenbon</i>	1998	25.2	15.2	69.5	76.4	6.9	24.1
<i>Reihou</i>	1997	23.8	15.0	70.0	76.6	6.7	18.2
<i>Reihou</i>	1998	23.2	15.1	70.0	76.1	6.2	14.9
<i>Nipponbare</i>	2003	22.7	14.6	70.2	73.5	3.3	9.8

と比較して高い値を示す試料もみられたが、全体としては対照と同程度のレベルであった。一般に白米で貯蔵された米の脂肪酸度は短期間に上昇することが知られている^{3,8)}が、今回の試料は玄米で低温貯蔵されていたため値が低かったと考えられる。長期貯蔵米には全般的にやや黄色系の着色が見られた。白米の白度は対照である平成15年産米がもっとも高い値を示し、長期貯蔵米は黄色系の着色の強さに応じて白度は低い値となった。

米の醸造適性は品種、産地、生産年度などによって大きく変動するので、厳密な比較は困難であるが、同じ日本晴試料間で比較すると、長期貯蔵米（平成8及び9年産）の吸水率は平成15年産より低く、°Brixはわずかに低く、フォルモール態窒素は同程度、カリウムは平成15年産の約150%のレベルであった。

古米臭の指標成分とされるヘキサナールについては、平成9年産ゆきの精及び朝の光並びに平成15年産日本晴の玄米、白米、糠、及び蒸米について測定した結果はFig. 1のとおりであった。既に報告されているとおり^{13,14)}、長期貯蔵米は玄米、白米、赤糠、白糠のいずれの試料においても対照と比較して高いヘキサナ

Fig. 1 Hexanal content of rice samples examined. Brown rice and 70%-polished rice was analyzed after grinding. The extraction from the steamed rice was performed after adequate cooling without grinding.

ール値を示した。特に脂質含有量の高い赤糠では顕著に高いヘキサナール濃度を示した。一方、統一分析法により調整した蒸米を放冷した後の試料ではヘキサナールは検出限界以下であった。

2 1 俵張り小型醸造精米機による精米試験結果

Table 4 Properties of polished rice samples examined.

Variety name	Year produced	Moisture content of polished rice (%)	Water absorption			Digestibility		Protein (%/DRY)	Potassium (ppm/DRY)
			at 20 min (%)	at 120 min (%)	of steamed rice (%)	(°Brix)	(F-N) (ml)		
<i>Kirara 397</i>	1996	13.5	24.8	29.4	33.9	10.0	0.9	6.1	930
<i>Kirara 397</i>	1997	13.6	26.4	29.4	32.9	10.0	1.0	6.0	878
<i>Kirara 397</i>	1998	13.7	23.7	27.0	31.4	10.6	1.0	6.3	763
<i>Takaneminori</i>	1997	13.7	23.0	27.0	30.3	10.4	1.0	6.0	682
<i>Takaneminori</i>	1998	13.5	23.9	26.6	30.4	11.1	0.8	5.2	738
<i>Asanohikari</i>	1996	13.4	23.4	27.9	32.1	9.8	0.9	5.5	738
<i>Asanohikari</i>	1997	13.6	22.3	27.2	30.8	9.5	1.1	6.1	625
<i>Asanohikari</i>	1998	13.5	23.7	27.8	31.8	10.1	1.0	5.7	593
<i>Yukinosei</i>	1996	13.5	25.5	29.1	32.8	10.4	0.9	5.1	638
<i>Yukinosei</i>	1997	13.7	24.5	28.3	32.2	9.6	0.9	5.1	831
<i>Nipponbare</i>	1996	13.5	22.5	27.6	31.4	9.0	0.9	6.0	633
<i>Nipponbare</i>	1997	13.3	23.8	28.6	32.9	9.1	0.8	5.4	660
<i>Nakateshinsenbon</i>	1997	13.5	23.7	27.0	30.9	10.1	0.9	5.3	807
<i>Nakateshinsenbon</i>	1998	13.6	24.4	27.0	30.5	10.5	0.8	4.6	866
<i>Reihou</i>	1997	13.8	22.6	26.7	30.4	9.9	1.0	5.9	794
<i>Reihou</i>	1998	13.5	22.4	27.3	31.4	9.5	1.0	6.2	601
<i>Nipponbare</i>	2003	13.4	26.2	29.7	34.9	9.4	0.9	5.2	415

統一分析法の精米は横型のテストミルであるため、より実用機に近い1俵張り小型醸造精米機により試験を行った。玄米50kgを張り込み、見かけの精米歩合70%を目標として精米した。見かけの精米歩合約90%及び80%の時点でサンプリングを行った。最終約70%まで精米した場合を含めた砕粒の発生状況はTable 6のとおりであった。なお、統一分析法の砕米率の算定では整粒以外の未熟粒なども含まれるので、1俵張り小型醸造精米機の試験では砕粒率(%)を測定した。砕粒率(%)は全重量中の砕粒重量の%割合とした。長期貯蔵米の砕粒率は、試料間の差が大きく、70%精米時に最小値3.5%から最大値49.2%までの間にばらついた。16点の試料中10点が15%を超える砕粒率となり、対照(2.5%)と比較して明らかに高い値となった。生産年度間では平成9年産がやや低い砕粒率を示した。無効精米歩合は砕粒率の高い長期貯蔵米が対照と比較して高い値を示した(Table 6)。

統一分析法の砕米率と1俵張り小型醸造精米機の砕粒率の関係はFig. 2-Aのとおりであった。両精米試験の間では、砕米の発生し易さの順序にはある程度の類似性が見られたが、砕米率及び砕粒率の数値間には

明確な相関は見られなかった。1俵張り小型醸造精米機の試験の方が、砕粒率の高低の差が大きく現れる傾向があった。1俵張り小型醸造精米機の砕粒率と玄米水分との関係はFig. 2-Bのとおりであった。熊谷ら¹⁵⁾は水分が多過ぎる玄米は砕米が発生し易いことを実用精米機を使用した試験により報告しているが、今回の結果では、水分含量と砕米の発生率の間には明確な相関関係は見られなかった。

3 仕込試験結果

(1) 小仕込試験

統一分析の結果、長期貯蔵米の吸水速度が遅かったため、吸水時間を3.5時間としたが、長期貯蔵米の吸水率は23.9~26.9%となり、対照(27.7%)と比較して低かった。長期貯蔵米の蒸米吸水率は、吸水率と同様に29.3~31.3%で対照(32.9%)よりやや低くなった。蒸きょうの過程では古米臭に類する臭気を感じられたが、放冷後の蒸米では特に強くは感じられなかった。白米と同様に長期貯蔵米の蒸米には黄色系の着色が見られた。この着色は白米の着色程度に対応して強くなった。仕込後のもろみ重量の減少から見た発酵速度は、長期貯蔵米の中にやや速いものがみられた

Table 5 Degree of whiteness and fat acidity of polished rice samples.

Variety name	Year produced	Hakudo*	Fat acidity (mg・KOH/100g)
<i>Kirara 397</i>	1996	42.6	2.8
<i>Kirara 397</i>	1997	44.7	0.7
<i>Kirara 397</i>	1998	46.3	0.9
<i>Takaneminori</i>	1997	46.7	0.9
<i>Takaneminori</i>	1998	47.3	1.1
<i>Asanohikari</i>	1996	47.3	2.6
<i>Asanohikari</i>	1997	49.6	0.5
<i>Asanohikari</i>	1998	49.8	0.5
<i>Yukinosei</i>	1996	48.3	0.8
<i>Yukinosei</i>	1997	50.2	0.7
<i>Nipponbare</i>	1996	50.0	1.1
<i>Nipponbare</i>	1997	48.0	0.8
<i>Nakateshinsenbon</i>	1997	47.2	0.8
<i>Nakateshinsenbon</i>	1998	49.0	1.6
<i>Reihou</i>	1997	47.9	0.8
<i>Reihou</i>	1998	49.1	0.8
<i>Nipponbare</i>	2003	51.3	1.2

*Degree of whiteness measured by Kett C-300-3 apparatus

Table 6 Ratio of broken rice grains and loss in polishing by a 60 kg scale mill.

Year produced	No. of samples	Ratio of broken rice grains (%)			Loss in polishing
		Degree of polishing			
		90%	80%	70%	
1996	4	1.3±0.6*	9.4±10.5	24.8±24.0	5.4±2.2
1997	7	0.5±0.2	4.9±5.8	13.1±8.3	3.1±2.0
1998	5	1.9±2.3	11.4±4.7	25.3±9.3	4.1±0.8
2003	1	0.6	1.6	2.5	1.9

*Mean value and standard deviation

が、対照と変わらないものが約半数であった。もろみは、17日目（対照を含む6点）及び18日目（2点）に遠心分離により上槽した。試料間の最終的なもろみ減量の差異は5%未満であった。

(2)100 kg 仕込試験

小仕込試験を行った試料のうち代表的な2点（朝の光及びゆきの精）について総米100kgの仕込試験を行った。長期貯蔵米は仲、留の掛米として使用し、その他は平成15年産日本晴を用いた。また対照は平成15年産日本晴を仲、留掛米とした。白米の浸漬時間

は、吸水率と消化性の間には有意の正の相関があることが知られている¹⁶⁾ので、予備試験を行い、吸水率を30%とするために必要な時間を予測し、対照の日本晴は30分弱、長期貯蔵米は3.5時間とした。こしき置き前の吸水率は、仲時に朝の光：30.7%、ゆきの精33.6%、日本晴（対照）：29.1%、留時に朝の光：31.8%、ゆきの精34.4%、日本晴（対照）：31.6%となった。蒸米吸水率では、仲時に45.3～47.5%、留時に43.4～44.1%となり、試料間の差は小さくなった。3仕込のもろみは留後ほぼ同じ品温経過をとって

Fig. 2 A : Correlation between the ratio of broken rice grains after polishing by a testing mill and a 60 kg scale mill.

B : Correlation between the moisture content of brown rice and ratio of broken rice grains after polishing by a 60 kg scale mill.

9日目に約14℃となり14日目まで14～16度の間に品温を維持し、その後徐々に品温を低下させ上槽前に10℃以下になるように誘導した。この間、朝の光の最高ボームは6.6(5日目)、ゆきの精は8.0(4日目)、対照である日本晴は7.0(4日目)を示し、ゆきの精がもろみ初期にやや高いボームを示した。長期貯蔵米2品種は対照と比較して発酵がやや旺盛でアルコールがやや速く生成し、上槽前のアルコール分は、朝の光19.1(20目)、ゆきの精19.2(20日目)、対照の日本晴18.4(21日目)となった。

(3) 製成酒の酒化率、成分、官能評価

イ 小仕込製成酒

小仕込製成酒の成分と製成数量はTable 7のとおりであった。長期貯蔵米の原エキ스는対照と同等かそれ以上、液量も対照と同じかやや多い傾向を示し、長期貯蔵米のもろみにおける溶解は良好であった。一般成分は、蒸米の溶解と発酵速度を反映した日本酒度、アルコール分となった。すべての製成酒において新酒時には目立った着色は見られなかった。小仕込酒を再度火入れして貯蔵試験(40℃, 60日間)した後の着色度の増加率は長期貯蔵米が272%(7点の平均値)で対照の224%よりやや高い値を示した。また、2回の火入れをして貯蔵した後に古米酒臭の原因物質とされるDMSを測定したところ、全ての試料が1ppb未満

で、難波らが推定した清酒における閾値10ppb³⁾よりも大幅に低い値であった。

同一品種である日本晴試料(平成9年産と15年産)間の比較では、平成9年産がやや発酵速度が速く、日本酒度は大きく、アルコール度数は高くなった。平成9年産は製成酒の容量及び原エキスともに平成15年産よりもやや大きな値を示し、溶解性は平成15年産よりもやや良好であった。また、新酒時の着色度は同じ値であった。

小仕込製成酒を火入れ処理直後に官能評価した結果はTable 7のとおりであった。総合評価の得点において、長期貯蔵米は、対照と同程度かやや低い傾向を示したが、平均値の差の検定を行った結果、有意な差(5%危険率)は見られなかった。長期貯蔵米の製成酒には、酸味、苦味、渋味、雑味が複数のパネル(17人中4人以上指摘があったもの)から指摘されるものがあったが、対照にはそのような指摘は見られなかった。同一品種である日本晴試料(平成9年産と15年産)間の比較では、平成15年産の総合得点平均値は、統計的に有意な差ではなかったが、平成9年産より良好であった。

ロ 100 kg 仕込製成酒

100 kg 仕込の製成歩合と成分はTable 8のとおりであった。長期貯蔵米の2点は、対照よりも純アルコ

ール取得量は大きく、また粕歩合は低く、小仕込の結果と同様に、長期貯蔵米のもろみにおける溶解は良好であった。また、製成酒の一般成分のうち、酸度、アミノ酸度、着色度には大きな差は見られなかった。また、一般的な香気成分にも明確な差は見られなかった。無機成分では、長期貯蔵米の製成酒がCa及びMg含有量が対照の2倍以上となったが、リン、K及びNa含有量には大きな差は見られなかった。貯蔵試験(30°C, 5ヶ月間)後の着色度の増加率は、朝の光：348%, ゆきの精：345%, 日本晴(対照)：336%と、長期貯蔵米の製成酒がわずかに高い傾向を示した。

100 kg 仕込製成酒を火入れ直後及び貯蔵後に官能評価した結果はTable 8のとおりであった。火入れ直後の総合評価得点において、長期貯蔵米の製成酒の2点と対照との間にはほとんど差が見られなかった。長期貯蔵米の新酒には複数のパネルから苦味(27人中9人が朝の光について指摘(以下指摘数と試料名を示す。), 6人; ゆきの精), 雑味(6人; ゆきの精, 5人; 朝の光)が指摘されたが、対照酒でまとまった指摘があったのは酸味だけであった。火入れ貯蔵後(5ヶ月)の総合評価得点では、長期貯蔵米の貯蔵酒のうち、30°C貯蔵の区分でパネル(18人中)から苦味(7人; 朝の光, 4人; ゆきの精), 雑味(4人; 朝の光)の指摘があったが4°C貯蔵区分では酸味以外にまとまった指摘はなかった。

要 約

1 酒造用原料米全国統一分析法による検討の結果、長期貯蔵米は、碎米率・無効精米歩合が高かった。一方、消化性は°Brix, フォルモール態窒素ともに対照と同程度であった。また、長期貯蔵米のカリウム含量は対照の2倍程度に高かった。

2 長期貯蔵米の白米(70%)の脂肪酸度は概ね低かった。また、長期貯蔵米は白米、蒸米ともにやや黄色系の着色が見られ、白米の白度は対照と比較して低かった。長期貯蔵米は、玄米、白米、糠のいずれの試料においてもヘキサナール含有量が対照よりも高かった。一方、放冷後の蒸米からはヘキサナールは検出されなかった。

3 1俵張り小型醸造精米機の試験でも、長期貯蔵米は、碎米が多く発生する試料があり、無効精米歩合が高い傾向にあった。また、これら精米特性は試料間の

Table 7 Results of physicochemical and sensory analysis of sake brewed on a small scale

Variety name	Year produced	Volume of sake obtained (ml)	Fresh sake				Stored sake**				
			Sake meter	Alcohol (%)	Acidity (ml)	Amino acidity (ml)	Original extract	A 430	DMS*** (ppb)		
<i>Kirara 397</i>	1997	1520	-4.5	17.4	2.8	2.0	34.2	0.021	2.76±0.75	0.058	0.7
	1997	1500	-5.0	17.6	2.9	2.1	34.7	0.026	2.35±0.79	0.057	0.6
	1997	1470	-2.2	17.0	2.9	2.3	33.0	0.021	2.71±0.92	0.074	0.7
	1997	1530	-4.5	17.6	3.0	2.1	34.6	0.021	2.71±0.77	0.069	0.6
<i>Nipponbare</i>	1997	1520	3.0	17.6	3.0	1.8	33.2	0.021	2.94±1.09	0.054	0.5
	1997	1560	-1.9	17.2	2.8	1.8	33.3	0.026	3.00±0.61	0.051	0.7
	1997	1460	-8.9	17.0	3.2	2.0	34.2	0.022	2.47±0.92	0.068	0.7
	<i>Nakateshinshon Reihou</i>	2003	1480	-4.5	16.8	3.0	2.0	33.1	0.021	2.29±0.92	0.047

*Score range from 1 (good) to 5 (bad). Mean value and standard deviation of quality score of senventeen panels are shown.

**Stored for 2 months at 40°C.

***DMS: dimethylsulfide.

Table 8 Results of sake brewing in a 100 kg scale

Variety name Year produced	Asanohikari 1997	Yukinosei 1997	Nipponbare 2003
Yield			
Sake-cake (w/w %)	34.1	31.1	35.2
Alcoholic yield(l/t)	340	336	322
Analysis of fresh sake			
Sake-meter	2.74	0.29	-1.00
Alcohol (%)	18.9	19.0	18.2
Extract	5.6	6.0	6.1
Acidity(ml)	2.5	2.5	2.6
Amino acidity(ml)	1.3	1.2	1.3
A 430	0.023	0.022	0.022
Volatile compounds(ppm)			
<i>n</i> -Propanol	107	109	110
Isobutanol	86	85	97
Isoamyl alcohol	190	192	208
Ethyl acetate	89	96	83
Isoamyl acetate	3.7	3.9	4.3
Ethyl caproate	0.8	0.8	0.7
Minerals(ppm)			
P	138.2	127.5	122.1
K	44.6	44.9	48.9
Na	12.3	13.0	10.8
Ca	33.9	32.5	10.5
Mg	0.6	0.6	0.3
Sensory evaluation score*	2.9±0.82	3.0±0.85	3.0±0.92
Analysis of sake stored for 5 months			
A 430			
Stored at 30°C	0.080	0.076	0.074
Stored at 4°C	0.039	0.035	0.035
Sensory evaluation score**			
Stored at 30°C	3.7±0.97	3.4±0.92	3.4±0.86
Stored at 4°C	3.0±0.91	2.4±0.92	2.8±0.73

*Mean value and standard deviation of quality scores of twenty-seven panels are shown.

**Mean value and standard deviation of quality scores of eighteen panels are shown.

バラツキが大きかった。

4 総米約1kgの小仕込及び100kgの仕込試験の結果、長期貯蔵米の中には、対照と比較して発酵がやや旺盛で、アルコールの生成がやや速いものが見られた。溶解は対照と同程度又は良好であった。

5 長期貯蔵米の小仕込及び100kg仕込の製成酒は、溶解性及び発酵速度を反映した日本酒度、アルコール分となったが、その他分析した一般成分、香気成分には対照と明確な差は見られなかった。また、長期貯蔵米小仕込酒の火入れ貯蔵酒のDMSレベルは全て1ppb未満であった。長期貯蔵米100kg仕込の製成酒

では対照と比較して、Ca及びMg含有量が高かった。

6 長期貯蔵米の小仕込及び100kg仕込の製成酒は、官能評価の結果、苦味、雑味等の指摘のあるものがあったが、総合評点は対照との間に明確な差は見られなかった。

謝 辞

統計処理及びDMS等の分析にご協力いただきました酒類総合研究所分析評価研究室宇都宮仁主任研究員及び磯谷敦子研究員に感謝いたします。

文 献

- 1) 国税庁醸造試験所第一研究室：醸協，**63**, 1124-1139 (1968)
- 2) 戸塚 昭：醸協，**64**, 583-587 (1969)
- 3) 今安 聰：醸協，**64**, 578-582 (1969)
- 4) 吉澤 淑，石川雄章，木下 実，武田荘一，藤江 勇：醸協，**69**, 625-626 (1974)
- 5) 吉澤 淑，百瀬洋夫，石川雄章：醸協，**74**, 632-634 (1979)
- 6) 難波康之祐：醸協，**75**, 469-473 (1980)
- 7) 酒米研究会編：「酒造用原料米全国統一分析法」，酒米研究会 (1996)
- 8) 大坪研一，柳瀬 肇，石間紀男：食総研報，**51**, 59-65 (1987)
- 9) C. J. Bergman, J. T. Delgado, R. Bryant, C. Crimm, K. R. Cadwallader, and B. D. Webb：CEREAL CHEMISTRY., **77** (4), 454-458 (2000)
- 10) 荒巻 功，武田俊久，清水 明，増井計彦，木崎康造，小林信也，岡崎直人：醸協，**88**, 639-644 (1993)
- 11) 荒巻 功，神田涼子，菊永雪絵，吉井美華，岩田 博，奥田将生，小関卓也，小川雅広，熊丸敏博，佐藤 光，橋爪克己：醸協，**99**, 189-201 (2004)
- 12) 岡崎直人，三上重明，後藤奈美，江村隆幸，石川雄章：酒類総合研究所報告，**173**, 1-11 (2001)
- 13) 安松克治：醸協，**62**, 826-834 (1967)
- 14) H. S. Lam and A. Proctor：Journal of Food Science, **68**, 2676-2681 (2003)
- 15) 熊谷知栄子，坂野大義，秋山裕一：醸協，**73**, 808-810 (1978)
- 16) 野白喜久雄：醸協，**71**, 744-749 (1976)