清酒「焙炒造り」について

これまでの原料処理は、白米に 30% 程の吸水をさせ蒸気で蒸すことが常識であったが、宝酒造(株)では蒸気で蒸すかわりに、吸水させた白米を熱風で加熱する「焙炒」という原料処理法を実用化し、新しい「焙炒清酒」を開発された。本稿では、その開発の過程について詳しく解説していただいた。

高山 卓 美

1. はじめに

清酒造りにおいて、原料処理の工程は、収率や酒質に及ぼす影響が大きく、大変重要であることが知られる。近年、その処理法も種々検討されているのが現状である。そこで、従来から知られている処理法や研究開発されつつある処理法について整理して考察することが、新しい原料処理法の技術開発につながるものと期待される。酒類用穀類の処理法とその処理によって得られる効果を区分してみると、蒸し工程の有無によって、大きく二つの処理法に区分できると考えられる。そのうち、蒸し法に炊飯、常圧蒸し及び加工蒸し法が知られる。一方、蒸し工程のない場合には、常圧及び加圧加熱による液化糖化法があり、また、生原料をそのまま液化糖化する方法も考案されている。

それぞれについて特徴を要約する。①炊飯法は、主にデンプンの糊化を主眼としており、東南アジアで、酒類の一種である粒酒の製造に供されている。②常圧蒸しは、その工程での効果がデンプンの糊化や脂肪酸の揮発を伴い、中国、日本、韓国及び朝鮮での酒造りに常用されている。蒸しによる白米の物理・化学的性質の変化については、蒸し米の電顕観察¹⁾、や蒸し米の構造とデンプンやタンパク質の消化性の変化及び脂肪酸量の変化など²⁾多くの研究が行われている。③加圧蒸しは、常圧蒸しによる効果以外にタンパク質が加熱変性し、米麹酵素による消化性の低下することが知られ、みりん醸造で一部実用化されているが、清酒醸造での研究³⁾は少なく、著者らは、興味を持って検討^{4,5)}を進めている。④液化糖化法は、白米を蒸すことなく、加熱しデンプンを糊化し

つ、酵素による液化または液化糖化したのち、米麹や酵母を加えて発酵させることを特徴としており⁶⁾、最近になり、一部で実用化されている。⑤白米を加熱せずに液化糖化する方法は、古来の口かみ酒⁷⁾にみられるが、生デンプン分解酵素の利用で清酒醸造でも検討されている^{8,9)}。

以上のような種々原料処理が清酒醸造で検討される中で、炊く、蒸す、加熱する液化糖化並びに生のまま液化糖化する以外の特徴ある原料処理法の研究開発を模索した。

2. 焙炒処理装置

このような状況下で、藤原醸産産業(株)で「ロータリー流動焙炒装置」が開発された¹⁰⁾。この装置によって、白米を処理した場合、白米の物理・化学的性質に与える影響やその焙炒米で清酒を醸造したときの収率や酒質に与える効果等に興味を持たれた。

第1図には、ロータリー流動焙炒装置を概略図で示した。焙炒処理の手順を原料米の流れに従って述べる。(1)原料米は、定量フィーダーからロータリー・フィーダーへ供給され、パンチング・プレート上にある8区分の小さなマスを用意したローターへ供給される。(2)ローターは、一定方向に回転しており、図中①のマスに入った原料米は、一回転する間に下部から供給される熱風で浮き上がり、流動層を形成し、激しく攪拌されながら急速に加熱され、均一に効率よく焙炒される。図中②の位置でロータリー排出口へ落下し、排出される。(3)熱風は、燃焼筒でプロパンガス、または都市ガスを燃焼させて発生し、図中の矢印の方向へ送風機で送風され、

Sake Brewed with Polished Rice Treated by Heat Blast Method
Takumi TAKAYAMA (Alcoholic Beverages Research Laboratories, Takara Shuzo Co., Ltd.)

第1図 焙炒処理工程図

バンチング・プレートからローターを通過し、サイクロンを通り、一部は外部へ排出させ、残りは燃焼筒に戻す。

3. 白米の焙炒処理方法と焙炒米の特性

この焙炒装置を用い白米を焙炒し、清酒醸造の掛米として使用する場合は方法を大きく二通りに設定した。まず(1)白米をそのまま直接焙炒し、掛米として使用(直接焙炒)及び直接焙炒した白米に加水して、さらに蒸して掛米として使用。(2)白米に水分を含ませたのち、焙炒して掛米とする。この二通りの焙炒処理による焙炒米について、掛米としての特性を検討した。

3-1 白米を直接焙炒する方法¹⁾

清酒用の蒸し掛米は、デンプンの糊化、タンパク質の消化性及び含有される脂肪酸量などについて、十分に解析されている。しかし、この焙炒処理による掛米では、検討されておらず不明である。そこで、最初に白米を直接焙炒した場合、掛米としての特性に与える種々条件を評価することにした。

まず、米デンプンの消化性の面から、滋賀県産、日本晴 80% 精白米(水分 14%)を焙炒温度 150℃ から 290℃ までの種々の温度条件で 45 秒間焙炒し、焙炒米の糊化度及び水分含量を測定した(第1表)。その結果、焙炒米デンプン糊化度は、焙炒温度が高いほど向上し、

290℃、45 秒の焙炒条件で 55.4% に達した。しかし、蒸し米の糊化度(90% 程度)に比べると、米麴酵素による消化性の面からは、改良の余地があると考えられた。焙炒米の水分含量は、焙炒温度が高いほど揮発が進み減少した。また、焙炒温度が、230℃ になるとかすかに褐変し、焙炒香が感じられ、それ以上の温度では、さらに褐変が進みコゲ臭が付くようになった。

次に、米タンパク質の米麴酵素による消化性に対する焙炒処理の影響を検討した。すなわち、異なる焙炒温度で調製した焙炒米を掛米として用い、清酒の小仕込試験

第1表 焙炒温度と焙炒米の消化率及び外観性状

焙炒条件 温度(°C)/時間(秒)	焙炒米		性 状	
	水分 (%)	消化率* (%)	色	外観
190/45	9.5	7.4	白色	かすかに膨化
210/45	8.1	44.0	白色	かすかに膨化
230/45	6.1	49.3	かすかに褐色	やや膨化
260/45	3.9	52.0	やや褐色	膨化
290/45	1.8	55.4	褐色	膨化

* コクラーゼ SS 0.1% を含む井水 100 ml に焙炒米 20 g を混合し、55℃ で 24 時間反応後、デンプン消化率を求めた。

小仕込試験の原料配合

原 料	醪			
	初添	仲添	留添	合計
焙炒米 (g)	64	142	273	479
米 麴 (g)	35	38	48	121
汲 水 (ml)	145	204	404	753
乳 酸 (ml)	0.7	—	—	0.7
酵 母 (g)	0.5	—	—	0.5

初添1日目、仲添2日目、留添3日目、合計23日間、15℃で醸造、酵母は協会701号を使用。

第2図 焙炒温度と米タンパク質の消化性との関係

第3図 焙炒温度と米脂肪含量の関係
脂肪酸量：C₁₄、C₁₆、C_{18:0}、C_{18:1}、C_{18:2}、C_{18:3}の合計値

を行った。そして、得られた清酒中の全窒素含量を測定して、焙炒米タンパク質の消化性を評価した（第2図）。第2図に示すように、焙炒温度を高くして調製した焙炒米の場合には、清酒中の全窒素含量が少なく、米麴のタンパク質分解酵素による消化を受けにくくなっている。この現象は、焙炒温度が高いほど、一般に知られるタンパク質の加熱変性を強く受けるためと推察している。

続いて、焙炒処理による白米中脂肪酸の変化についても検討した。蒸し米においては、蒸しの工程で脂肪酸の一部が蒸気と共に揮発し、特に不飽和脂肪酸が比較的多く揮発すること¹²⁾、並びに、蒸し米中の脂肪酸は酵母の香気生成に影響¹³⁾することが知られる。したがって、種々の温度で焙炒処理した焙炒米中の脂肪酸含量を測定した（第3図）。その結果、焙炒処理によっても脂肪酸の減少が認められ、焙炒温度が200°Cまでは、焙炒温度が上昇するにしたがい顕著に減少した。200°C以上では、減少程度が緩やかになるが、さらに米中脂肪酸量が減少した。

以上の検討から、白米を直接焙炒することにより、①

米デンプンの約60%が糊化すること、②米タンパク質の米麴酵素による消化性が低下すること、③米中脂肪酸が蒸し米の場合と同様に減少することを確認した。

清酒中のアミノ酸は、米タンパク質の米麴酵素による消化により生成され、この含量が多いと雑味を生じることになる。焙炒処理によって、米タンパク質の米麴酵素による消化性が低下することは、清酒中のアミノ酸を減少させることになり、淡麗な清酒を製造する上で好都合と考えられる。しかし、焙炒温度290°Cでも、糊化度が60%以下で、蒸し米に比べて低く、通常のみ麴を用いた醪中では、糊化されないデンプンが未消化で残り、米粒の溶解が進まず粕の多くなることが予想される。

そこで、直接焙炒した白米に加水して蒸す方法で糊化度の向上を試みた。すなわち、焙炒処理の温度条件210°C、45秒で調製した焙炒米に加水量を調節して、種々水分量の異なる加水焙炒米（最大68%水分）を調製し、常法にしたがい常圧蒸しを40分間行った。この焙炒蒸し米を基質として、米麴酵素による消化試験を行った（第2表）。その結果、加水量が多いほど、米成分の消化性が向上した。また、この焙炒米の外観は、加水後の水分が約40%でやや膨潤し、水分48%以上では、米粒の周辺部が少し砕け始め、それ以上の水分では、著しく砕ける傾向が観察され、実用上では問題があると考えられた。

したがって、直接焙炒米を利用するためには、未糊化デンプンを酵素によって消化できる可能性について検討する必要がある。そのため米麴酵素以外の起源の異なる酵素剤を用いて、直接焙炒米の消化性向上を検討した。すなわち、直接焙炒米を基質として、種々アミラーゼ剤を米麴酵素と併用した場合のデンプンの消化性を評価した¹⁴⁾。ここでは、粕の減少を目的としているので、反応（15°C、10日間）後の残渣中糖質及びタンパク質含

第2表 焙炒米（210°C/45秒）を浸漬、水切及び蒸した場合の消化率と外観性状

蒸 煮		消化率 (%)	性 状	
前水分 (%)	後水分 (%)		加水後外観	蒸煮後外観
限定吸水				
15.0	18.0	50	粒状保つ	粒状保つ
21.0	25.0	55	粒状保つ	粒状保つ
31.4	32.3	64	粒状保つ	粒状保つ
36.8	38.8	80	粒状保つ	粒状保つ
42.8	42.4	84	粒状保つ、やや膨潤	粒状保つ、やや膨潤
48.6	48.1	87	粒状保つ、かなり膨潤	米周辺少し碎けている、かなり膨潤
53.2	53.6	90	粒状保つ、膨潤大	米周辺少し碎けている、膨潤大
59.0	58.6	91	粒状保つ、膨潤大	米周辺かなり碎けている、膨潤大
浸漬水切				
64.8	64.4	19	粒状保つ、膨潤大	米周辺大きく碎けている、膨潤大

第3表 残渣中の不溶性糖質及びタンパク質量

実 験 区 酵 素 剤 (起 源)	常圧蒸し米		焙 炒 米		焙炒/蒸し米	
	残渣中		残渣中		残渣中	
	糖質(g)	タンパク質(g)	糖質(g)	タンパク質(g)	糖質(g)	タンパク質(g)
対照(酵素製剤無添加)	10.4	1.7	13.5	2.5	11.0	2.7
グルクザイム NL (<i>A. niger</i>)	5.5	1.6	7.1	2.4	6.0	2.7
スミチーム L (<i>A. oryzae</i>)	5.4	1.6	5.8	2.3	5.8	2.6
パンセラーゼ BR (<i>Trichoderma</i> sp.)	5.4	1.4	5.5	2.2	5.6	2.5
ユニアーゼ BM-8 (<i>Bacillus subtilis</i>)	3.5	1.4	5.1	2.3	5.1	2.4
スピターゼ M (<i>Rhizopus</i> sp.)	1.4	1.4	2.0	2.3	1.9	2.4
スピターゼMのプロテアーゼ除去品	1.4	1.5	2.0	2.3	1.9	2.4
ダビアーゼ K-27 (<i>Aspergillus</i> sp.)	5.4	1.6	2.8	2.4	2.9	2.4
カララ・パラドクサ由来酵素(<i>Chalara paradoxa</i>)	4.2	1.6	2.8	2.4	2.9	2.4

反応液組成：掛米 (75%) 47.9g, 麴 (1:1) 抽出液 29.0g (3,900 単位), 水 27.9g, 95%(v/v) アルコール 18.4g, 乳酸 0.07 ml, 酵素剤 1,450 単位, pH 4.0.

糖化酵素活性単位：1 単位とは 40°C で 10 分間に 1 mg のグルコースに相当する還元力を生成するのに要する酵素量をいう。

第4表 残渣中の不溶性糖質及びタンパク質

添加酵素 (単位)	常圧蒸し米		焙 炒 米		焙炒/蒸し米	
	残渣中		残渣中		残渣中	
	糖質(g)	タンパク質(g)	糖質(g)	タンパク質(g)	糖質(g)	タンパク質(g)
0	10.4	1.7	13.5	2.5	11.0	2.7
780	4.5	1.6	5.8	2.4	5.4	2.4
1,450	1.4	1.5	2.0	2.3	1.9	2.4
1,950	1.3	1.5	2.0	2.3	1.8	2.4

反応液組成：掛米 (75%) 47.9g, 麴 (1:1) 抽出液 29.0g (3,900 単位), 水 27.9g,

95%(v/v) アルコール 18.4g, 乳酸 0.07ml, 酵素剤 1,450 単位, pH 4.0.

糖化酵素活性単位：1 単位とは 40°C で 10 分間に 1 mg のグルコースに相当する還元力を生成するのに要する酵素量をいう。

量を測定した(第3表)。使用した種々起源の異なるアミラーゼ剤のうち、特にリゾプス属起源のアミラーゼ剤は、反応後の残渣中の糖質量が米麴酵素だけの対照に比べ顕著に減少し、デンプン消化率の向上が認められた。そこで、このリゾプス属起源のアミラーゼ剤を選択した。次いで、デンプン消化に適切な酵素量を求めるため、このリゾプス属起源のアミラーゼ剤の添加量を総合糖化力0から1,950 単位まで種々の水準に調節し、米麴酵素と併用した場合の消化試験を、先程のアミラーゼ剤選択の反応条件に順じて行った(第4表)。なお、使用したアミラーゼ剤は、タンパク質を消化させないため、共存するプロテアーゼをできるだけ除去したものを用いた。この消化試験の結果、総合糖化力 780 単位の添加で、反応後残渣中の糖質が顕著に減少した。また、それ以上の添加では、1,450 単位までは、さらに糖質が減少し、対照の無添加に比べて残渣中糖質量が 20% 以下となった。また、残渣中のタンパク質は、対照の無添加に

比べて減少していないことから、このアミラーゼ剤の使用は、清酒中のアミノ酸成分の増加につながらないことが示唆された。

したがって、直接焙炒米は、清酒用掛米として、蒸し米に比べて充分な糊化度が得られなかったが、米麴酵素とは起源の異なる酵素剤を併用することにより、清酒製造ができることを明らかにした。

3-2 白米に水分を含ませて焙炒する方法¹⁵⁾

白米を直接焙炒すると白米水分が減少し、デンプンの糊化、タンパク質の加熱変性及び脂肪酸の揮発することが確認された。しかし、焙炒温度を上昇すると、焙炒米が褐変することが観察された。そこで、焙炒前に白米の水分を増加させれば、白米自体の比熱が向上して、熱風による糊化の向上とタンパク質の加熱変性の強化、並びに脂肪酸の揮発が多くなること、また、焙炒処理の温度を上昇させた場合でも褐変しにくいことが予想される。

すなわち、白米に種々量の水を含ませた水分調整白米

を焙炒処理（290℃、45 秒）して得た焙炒米（3 品種、図中●、▲及び□）を米麴酵素による消化試験を行った（第4図）。その結果、直接焙炒米に比べて明らかにデン

第4図 水分調整米の焙炒と消化性

第5表 焙炒及び蒸し前後の米粒中の脂肪酸量

米粒	脂肪酸 (ppm)								合計
	飽和脂肪酸				不飽和脂肪酸				
	C14:0	C16:0	C18:0	計	C18:1	C18:2	C18:3	計	
焙炒前	11.4	171.7	8.0	191.1	88.9	204.1	6.8	299.8	490.9
後	6.2	76.5	3.3	86.0	42.6	84.4	3.2	130.2	216.2
蒸し前	12.6	270.2	12.8	295.6	106.3	285.8	10.4	402.5	698.1
後	4.7	80.5	3.9	89.1	36.7	89.1	3.6	129.4	218.5

サンプル：焙炒（日本晴 75% 精白米），蒸し（レイホウ 75% 精白米）

脂肪酸の抽出：クロロホルム：メタノール＝2：1(v/v) で抽出後、*n*-ブタノール：水＝65：35 (v/v) 抽出した。値は、両抽出による脂肪酸量の合計値。

ブンの消化性が向上し、タンパク質の消化性はさらに低下した。また、焙炒前後の脂肪酸含量を測定した。焙炒米として、水分調整白米（28% 水分）を 290℃ で 45 秒焙炒したものをサンプルとした。対照は、常法にしたがって常圧蒸し（100℃、40 分間）した蒸し米をサンプルとした。その結果を第5表に示した。飽和及び不飽和脂肪酸含量の合計値は、焙炒前の米粒で 490.9 ppm に対し、焙炒後は 216.2 ppm になり、焙炒米中の脂肪酸含量は、焙炒前に比べ減少し、41% となった。蒸し米についても同様に比較すると、脂肪酸合計値は、蒸し前 698.1 ppm に対し、蒸し後 218.5 ppm で、蒸し米中の脂肪酸含量は、蒸し前の 31% になった。両処理法の結果の比較から、焙炒処理による米脂肪酸の減少は、蒸しの場合に比べてさほど遜色のないことが明らかとなった。なお、焙炒温度を 290℃ にしても、焙炒米が褐変したり、コゲ臭の付くこともなかった。

4. 焙炒米を用いる清酒醸造と酒質特性

焙炒米の掛米としての特徴が明らかになったので、パイロットプラントによる試験醸造を繰り返したのち、生産に移った。普通清酒の仕込配合に順じて、焙炒及び蒸し掛米を用いる仕込配合を第6表に示した。総米 3,400 kg を使用するが、実際の仕込みにおいては、汲水歩合に多少の違いが生ずる。すなわち、焙炒掛米の仕込みでは、ここに示す汲水とは別に、補正汲水として 1,000 l を追加して使用する。これは、蒸し米水分が仕込みに持込まれる量に相当する。また、酵母は協会 701 号の泡なし酵母を用いた。

このような仕込配合で仕込んだ焙炒清酒の醪経過を第

第6表 焙炒及び普通清酒の仕込配合

記号 個数	原 料	仕 込 区 分							
		酒母	初添	仲添	留添	四段	アルコール	追水	計
焙炒仕込み	総 米 (kg)	0	510	910	1,590	390			3,400
	掛 米 (kg)	0	330	720	1,360	390			2,800
	麴 米 (kg)	0	180	190	230				600
	アルコールまたは焼酎(l)(40%)						2,380		2,380
	調 味 液 (l)								
	汲 水 (l)	0	750	1,020	1,840	590		830	5,030
記号 個数	原 料	仕 込 区 分							
		酒母	初添	仲添	留添	四段	アルコール	追水	計
普通仕込み	総 米 (kg)	0	490	880	1,540	490			3,400
	掛 米 (kg)	0	320	700	1,300	490			2,810
	麴 米 (kg)	0	170	180	240				590
	アルコールまたは焼酎(l)(40%)						2,380		2,380
	調 味 液 (l)								
	汲 水 (l)	0	720	990	1,930	730		770	5,140

第5図 焙炒清酒醪の経時変化

第7表 焙炒及び普通清酒の収率と成分比較

項 目	清 酒	
	焙 炒	普 通
20% アルコール清酒生成量 (l/1,000 kg 白米)	3,255	3,065
アルコール取得量 (l/1,000 kg 白米)	371	333
醪たれ歩合 (%)	93.1	92.2
粕歩合 (%)	23.5	25.5
日本酒度	+14.9	0.0
アルコール (%)	22.1	21.1
pH	4.4	4.0
酸度 (ml/10 ml)	1.8	2.3
アミノ酸度 (ml/10 ml)	1.3	1.6
全窒素 (N mg/100 ml)	70.2	93.3

5図に示した。品温経過は、両仕込醪ともほとんど同様に推移し、ボーメの切れ及びアルコールの生成も良好であった。特徴として、焙炒掛米を用いた醪では、蒸し掛米の場合と比較して、酸度やアミノ酸度が比較的低い値で推移した。

醸造して得られた清酒と粕から、両仕込みの製造成績と一般的な成分分析値を比較した(第7表)。粕歩合は、焙炒掛米の仕込みで、23.5%となり、対照の蒸し掛米仕込みの25.5%に比べ幾分低く、したがって、焙炒掛米の仕込みでは、アルコール取得量が白米1,000kg当たり371l(100%アルコール換算)得られ、対照の333lに比べて多くなっている。このことから、焙炒米を用いても米粒の消化、特にデンプンの消化がよく進み、アル

コールの生成も良好になっていることが確認できた。一方で米粒の消化が進むとアミノ酸や全窒素含量の増加することも予想された。しかし、得られた清酒のアミノ酸度と全窒素含量は、焙炒掛米の場合、それぞれ、1.3 ml/10 ml 及び 70.2 N mg/100 ml であるのに対し、対照の蒸し掛米の場合 1.6 ml/10 ml 及び 93.3 N mg/100 ml となっており、焙炒掛米は醪中でタンパク質の消化率の低いことが再確認された。次に、焙炒清酒の成分値を普通清酒の場合を100%として比較すると、表には示していないが、直糖 63% 及び全糖 60% と低く、辛口となっている。アミノ酸 81% 及び全窒素 75% と低く、淡麗な酒質である。また、酸度は、78% となっているが、これは味のバランスの点から、アルコール濃度 15% のとき、酸度が約 1.2 ml/10 ml になるようにしたものである。

糖組成(第8表)、アミノ酸組成(第9表)及び有機酸組成(第10表)について、焙炒清酒と対照の普通清酒とを比較して示した。第8表に示すように、焙炒清酒の糖組成は、対照の普通清酒に比べてグルコース区分の比率が幾分多く、マルトースやイソマルトース区分の比率が少し低い傾向にあった。第9表から、焙炒清酒のアミノ酸組成では、対照の普通清酒に比べてリジン及びプロリン比率が高く、イソロイシン及びアルギニン比率が小さくなっており、焙炒処理によって、清酒中の遊離アミノ酸組成に差異が生じたものと考えられる。第10表から、有機酸組成は、両清酒において、ほぼ同様であることが認められた。香気成分の分析結果を第11表に示し

第 8 表 糖分析

糖 区 分	清 酒			
	焙 炒		普 通	
	(g/100 ml)	(%)	(g/100 ml)	(%)
グルコース	2.91	80.8	4.31	70.7
マルトース	0.18	5.0	0.56	9.2
トリオース	0.10	2.8	0.49	8.0
テトロース	0.07	2.0	0.19	3.1
ペントース	0.12	1.1	0.12	2.0
ヘキソース	0.12	3.3	0.13	2.1
ヘプタオース他	0.18	5.0	0.30	4.9
計	3.60	100.0	6.09	100.0

第 9 表 アミノ酸分析

アミノ酸	清 酒			
	焙 炒		普 通	
	(ppm)	(%)	(ppm)	(%)
Asp	43	3.4	76	3.4
Thr	109	8.5	171	7.8
Ser	57	4.4	87	4.0
Glu	149	11.6	216	9.8
Gly	84	6.5	117	5.3
Ala	196	15.3	339	15.4
Val	56	4.4	107	4.9
Met	27	2.1	36	1.6
Ileu	31	2.4	68	3.1
Leu	83	6.5	136	6.2
Tyr	75	5.8	109	5.0
Phe	86	6.7	126	5.7
Lys	93	7.2	90	4.1
His	37	2.9	41	1.9
Arg	39	3.0	352	16.0
Pro	119	9.3	128	5.8
計	1,284	100.0	2,199	100.0

第 10 表 有機酸分析

有 機 酸	清 酒			
	焙 炒		普 通	
	(ppm)	(%)	(ppm)	(%)
クエン酸	63	5.1	61	5.0
リンゴ酸	189	15.2	195	16.1
コハク酸	262	21.1	290	23.9
乳 酸	695	56.1	655	54.0
酢 酸	31	2.5	12	1.0
計	1,240	100.0	1,213	100.0

た。焙炒清酒の香気成分は、対照の普通清酒に比べて、*i*-ブタノールは約 2 倍、*i*-アミルアルコールが幾分多く、カプロン酸エチル、カプリル酸エチル、 β -フェネチルアルコール及び高級脂肪酸エチルは少ない傾向にあった。

第 11 表 香気成分の分析

成 分	清 酒	
	焙 炒 (ppm)	普 通 (ppm)
アセトアルデヒド	17.0	16.1
酢酸エチル	38.6	34.8
<i>n</i> -プロパノール	78.9	76.0
酢酸イソamil	1.5	1.5
<i>i</i> -ブタノール	83.8	37.3
カプロン酸エチル	0.2	0.5
<i>i</i> -アミルアルコール	102.1	92.8
カプリル酸エチル	0.2	0.6
フェニル酢酸エチル	4.0	3.7
β -フェネチルアルコール	57.0	73.3
ミリスチン酸エチル	0.0	0.0
パルミチン酸エチル	0.0	trace
オレイン酸エチル	0.0	0.0

このように、焙炒掛米の仕込みでは、蒸し掛米と比較して、掛米中脂肪酸組成や醗中の遊離アミノ酸組成が異なることから、醗母による生成香気成分に差異を生じたものと考えられる。官能検査によると、焙炒清酒は、従来の清酒と比べて、香りの質と量に差があり、従来のような清酒の香りと異なり、すっきりした香りであるという評価であった。

飲酒後の呼気は、酒質の品質特性において、特に重要な因子と考えられる。焙炒清酒は、従来の普通清酒に比べてアミノ酸度が低く、香気成分にも差が認められることから、飲酒後の呼気成分に差があると予想され、焙炒及び普通清酒の生酒を飲酒し、呼気成分を分析して検討した。すなわち、パネラー 8 名とし、その内 4 名が焙炒清酒を、残り 4 名が対照の普通清酒を飲酒した。飲酒条件は、それぞれの清酒 500 ml を 50 分間で飲み、飲み終わってから 70 分後に 1 人当たり呼気 2 l を採取した。この採取した焙炒及び普通清酒の飲酒グループ、それぞれ 4 名分 8 l を、各々カラム中の吸着剤（ポーラパック）に通し、臭い成分を吸着させ、吸着した成分をガスクロマトグラフィーで分離後、質量分析計で分析した（第 6 図）。その結果、焙炒清酒の呼気からは、酢酸エチルと *i*-ブタノールが多く、他の成分については、普通清酒の呼気に多く検出された。焙炒清酒中に多く含まれる *i*-ブタノールは、呼気中に多くなったと思われるが、酢酸エチルが多くなる点については、その原因は、不明であった。

5. 製品品質の設定

焙炒米を掛米として用いる清酒製造が可能となった。焙炒清酒の品質は、アミノ酸や全窒素の含量が少なく、

ピーク No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
濃 度*	アセトン	酢酸エチル	エタノール	i-ブタノール	i-アミルアルコール	アセトイン	酢 酸	2-エチルヘキサンール	プロピオン酸
普通生酒 (F)	29.6	175.0	1,043.2	35.4	22.4	10.1	8.8	36.5	3.4
焙炒生酒 (B)	15.4	402.4	955.0	51.2	21.0	8.5	5.0	8.6	2.9
濃度比(F/B)	1.92	0.43	1.09	0.69	1.07	1.19	1.76	4.24	1.17

*濃度は、ピーク面積で示した。

第6図 飲酒後の呼気の GC-MS 分析結果

第7図 若者の清酒観 (出所: 東大五月祭若者アンケート H2年5月)

しかも一部のアミノ酸組成が異なっており、雑味の少ない、非常に淡麗な酒質であると評価されたこと、また生成される香气成分の含量が少なく、その質も異なることから、従来の清酒と異なり、スッキリとした香りであると評価され、飲酒後、口臭の酒臭さが軽減できることを明らかにした。

一方、世間の清酒に対する調査の結果(第7図)から、若者の清酒離れの大きい理由として「清酒本来の香り(臭い)が嫌いなので」、また「飲酒後に臭いが口に残るので好ましくない」が挙げられる。この傾向は、10から20才代及び30から40才代に層別して調査(昭和62年8月、宝酒造による調査、場所 東大阪、男女 1,300

人)した結果からも同様のことが確認された。そこで、焙炒清酒の特性である従来清酒との違い、すなわち、香りが低く、酒質が異なり、味が超淡麗という品質特性を生かしながら、第8図に示すように、最近の甘味離れで辛口嗜好より、さらに思い切った超辛口とすることが好ましいと考え、日本酒度 +10 に設定した。この焙炒清酒(○)、普通清酒(●)及び吟醸清酒(◎)を甘辛と濃淡の等高線図¹⁶⁾にプロットした(第9図)。この第9図

第8図 清酒甘辛に対する志向
(出所：生酒ユーザー調査サンプル 101 H 2年10月)

第9図 甘辛と濃淡の等高線図

から、焙炒清酒が酒質的には、吟醸清酒のグループに入り、設定通り超淡麗辛口酒の位置づけとすることができた。また、酸度は甘辛度に合わせて、1.1 から 1.2 ml/10 ml とした。

市場の評価として

- ・辛口なのが良い。
- ・スッキリしておいしいそう。
- ・臭いが無いのはよい。
- ・特徴があってよい。
- ・日本酒度 +10 はよい。

等、現在の嗜好に合っているというねらい通りの品質評価が多く得られている。

<宝酒造(株)酒類研究所>

文 献

- 1) 吉沢 淑, 池見元宏, 中田健美, 家村芳次, 百瀬洋夫: 醸協, 73, (9) 737 (1978)
- 2) 吉沢 淑, 百瀬洋夫, 石川雄章, 家村芳次: 醸協, 74, (3) 186 (1979)
- 3) 斎藤和夫, 島 靖英, 佐藤俊一, 下飯 仁, 南信一, 島 英三, 蓼沼 誠: 昭和 61 年度日本醸酵工学会大会講演要旨集, p. 64 (1986)
- 4) 平井信行, 島田 敦, 坂本 伸, 黒瀬直孝, 大屋敷春夫, 内田正裕, 大林 晃: 昭和 62 年度農芸化学会大会講演要旨集, p. 247 (1988)
- 5) 坂本 伸, 平井信行, 島田 敦, 大屋敷春夫, 内田正裕, 大林 晃, 田中國介: 昭和 63 年度農芸化学会大会講演要旨集, p. 115 (1989)
- 6) 今安 聡, 秦 洋二, 大石 薫, 川戸章嗣, 杉並孝二: 農化, 63, 971 (1989)
- 7) 加藤百一: 醸協, 64, (12) 1056 (1969)
- 8) 熊谷知栄子, 宮入正法, 黄 正財, 鈴木逸郎, 田中利雄, 秋山裕一: 醸酵工学, 60, 77 (1982)
- 9) 秋山裕一, 田中利雄, 熊谷知栄子, 岡崎直人: 醸協, 77, (6) 352 (1982)
- 10) 狩山昌弘: 醸協, 86, (6) 386 (1991)
- 11) 内田正裕, 大屋敷春夫, 平井信行, 島田 敦, 坂本 伸, 大林 晃, 富士野公也: 特開, 平 2-79965 (1990)
- 12) 石川雄章, 吉沢 淑: 農化, 48, 337 (1974)
- 13) 吉沢 淑: 農化, 50, 115 (1976)
- 14) 平井信行, 島田 敦, 坂本 伸, 大屋敷春夫, 内田正裕, 高山卓美, 大林 晃: 特開, 平 3-130065 (1991)
- 15) 石原直樹, 島田 敦, 平井信行, 大屋敷春夫, 内田正裕, 高山卓美: 特開, 平 3-292878 (1991)
- 16) 佐藤 信, 川島 宏, 丸山良光: 醸協, 69, (11) 774 (1974)