総 説

酒 造 米 の 品 質 評 価

百 瀬 洋 夫*

Quality Estimation of Rice Used for Sake Brewing

Hiroo Momose*

* National Research Institute of Brewing, 2-6,
Takinogawa, Kita-ku, Tokyo, 114

米は清酒の最も重要な原料であり、米質が酒質に及ぼす影響については古くから関心が持たれて来た。しかし米には製品に支配的に働くような高い香りはなく、また清酒製造工程は極めて複雑で、同一の原料米を用いても、工程管理の状況によって酒質の良否に大きな差が生じるため、酒造米としての米の適否の判定も、工程管理の難易に関係するところが大きかった。

以下被糖化性を中心にして酒造米の品質に触れるに先立って、酒造米としての米の適否を先人はどのような点から判定していたか簡単に述べる。この点については野白¹⁾の詳細な総説があるので参照されたい。

1. 酒造好適米のおこり

酒造米についての研究は、醸造用水や麹菌についての研究よりずっと遅れて始まり、優れた清酒を造るためには原料米を吟味しなければならないといいながらも、明治末期頃まではまだどのような米が酒造に適するか選定基準が定まっていなかった。この頃までの知識を集大成して、鹿又²⁾は酒造米に必要な条件として次のことをあげた。

- ①蒸しが容易で均等に蒸せること
- ②蒸米となってから麹菌がよく内部までくい込むこと
(破精込が良いこと)
- ③蒸しによって糊化された澱粉が容易にかつ十分に糖化作用を受けること
- ④糖化作用とともに酒精発酵及びその副産物の生成を好適に行い得ること

⑤フーゼル油のごとき物質の生因となる成分を含まないこと

⑥製成酒に異味異臭を与える成分を含まないこと

⑦有害菌の発育に適さないこと

そしてこれ等の条件は澱粉質に富み、剛度はあまり大きくなく、比重もやや軽い、窒素分及び灰分の比較的少い、風味淡泊な米であることが必要であり、このことは腹白米(現在の心白米と考えられる)を多く含む米によって満されると述べている。酒造米の選定に当たってのこの基準は、基本的には現在も変わっていないものである。

精米歩合 80% 以上の粗白米を用いていた時代においては、白米の吸水が悪くて蒸米が硬くなり易く、またカリウム等が多くて麹菌は米粒の外側のみに旺盛に繁殖し、ぬり破精麹になり易い。このような麹では糖化酵素の力価が低いため、もろみでの蒸米の溶解が悪くなり、糖の生成と発酵のバランスが破れて良質の清酒は得られない。蒸しが容易で麹の破精込が良く、溶解糖化の良いたことが酒造米として最も大切な性質とされており、このような性質の米を軟質米と呼んだ。そしてこの軟質米は経験的に大粒心白米と一致することが見出された。

酒造米として適した米が、軟質米と呼ばれる大粒心白米であるという考え方はこうして明治時代末期に経験から定着したが、実験に基いて酒造米の姿を明かにしたのは佐藤ら^{3)~5)}の研究である。佐藤らは大正 5 年~8 年産米を全国から集めて諸性質を調べ、酒造適品の方が完全粒率、千粒重、心白率が大きく粗タンパク、灰分、粗脂肪が少ないという結果を得、以後このような性質の米を

* 国税庁醸造試験所 (〒114 北区滝野川 2-6-30)

酒造好適米と呼ぶようになった。

精米歩合 70~75% と高度に精白された白米が用いられるようになった現在、米による酒造工程管理の難易は粗白米を用いていた時代に比べて著しく小さくなっているが、近年吉沢ら⁷⁾⁸⁾、米崎ら^{9)~16)} が米の酒造適性を検討した結果も、千粒重、粗タンパク含量、心白の有無等は米の酒造適性を判定するための重要な因子としてあげられている。

2. 酒造米の品種と使用状況

大粒心白米という酒造好適米の持つ性質は米の品種によって決るものであり、現在表 1 に示す 22 品種 59 産地

表 1 醸造用玄米の産地品種銘柄
(昭和 53 年 7 月 20 日改正告示)

県 名	銘柄数	産 地 品 種 銘 柄
宮 城	1	改良信交
秋 田	2	改良信交, フクノハナ
山 形	1	改良信交
福 島	1	五百万石
新 潟	3	たかね錦, 北陸 12 号, 五百万石
富 山	1	五百万石
石 川	2	北陸 12 号, 五百万石
福 井	3	五百万石, 金紋錦, 九頭竜
山 梨	1	フクノハナ
長 野	3	たかね錦, 金紋錦, 美山錦
岐 阜	2	フクノハナ, ひだみのり
愛 知	3	菊栄, 露葉風, 五百万石
三 重	1	五百万石
滋 賀	2	五百万石, 玉栄
京 都	2	たかね錦, 五百万石
大 阪	1	山田錦
兵 庫	6	たかね錦, 山田錦, フクノハナ, 兵系酒 18 号, 五百万石, なだひかり
奈 良	2	露葉風, 五百万石
和歌山	1	フクノハナ
鳥 取	5	改良雄町, 幸玉, 玉栄, フクノハナ, 五百万石
島 根	4	改良雄町, 幸玉, 改良八反流, 五百万石
岡 山	4	山田錦, 雄町, 竹田早生, フクノハナ
広 島	2	雄町, 八反
山 口	1	玉栄
高 知	1	露葉風
福 岡	2	山田錦, なだひかり
佐 賀	1	西海 134 号
大 分	1	玉栄
計	59	59 (22 品種, 28 府県)

品種銘柄が醸造用玄米に指定されている。そして醸造用玄米は表 2 に示すように一般の水稲うるち米と異なる基準で検査され、一般の水稲うるち米の 1 等相当が 1~3 等の三段階に格付されており、酒造用には整粒率の高い

玄米を使用することができるようになっている。

実際にはどのような品種の米が酒造米として用いられているのか、昭和 54 酒造年度に日本酒造組合中央会が集計した結果は表 3 のとおりであり、酒造米として用いられた玄米中醸造用玄米は約 14% である。醸造用玄米中では五百万石、たかね錦、山田錦が多く、この 3 品種で 80% 以上を占め、次いでフクノハナ、八反、美山錦となっており、以上 6 品種で醸造用玄米の 95% 以上を占めている。このような酒造米の使用状況は 55 酒造年度についても見込まれている。

酒造米の 85% 以上を占める一般の水稲うるち米については品種別の使用状況は不明であるが、作付面積の大きい品種から、コシヒカリ、ササニシキのように主として飯米に消費される品種を除いた、日本晴、アキヒカリ、キヨニシキ等が多く使用されていることが推定される。

清酒製造において原料米価格が製造原価に占める割合は極めて大きく、酒造米の価値を云々する時、品種産地銘柄及び等級による価格の格差を考慮することは欠くことのできないものとなっている。格差 (60 kg 当り) が 5,000 円以上ある山田錦は別にして、五百万石、たかね錦等では格差が 700~1,000 円位のものが多く、整粒率、予想される無効精米歩合の大小、工程管理の難易等を考慮して一般米と比較し、酒造米としての価値が評価されなければならない。

3. 酒造米の外観

玄米は品種個々の色をしていて光沢があり、腹部が充分発達していて粒型がそろい、整粒率の高いものが品質の優れたものといえる。光沢のある青米 (活青米) の混在は酒造米としてはむしろ歓迎されている。溝の深いものは精米の際に糠層やそれに近い部分が残る易く、白米のタンパク質や粗脂肪含量を高めることになり嫌われる。また精米の際に胚の取れ易さは品種によって異り、胚の取れ難いものは白米の粗脂肪やカリウム含量を高めることになり、酒造米としては好ましくない。

玄米の粒型は一般に長さ 5~6 mm, 幅 2.8~3.2 mm, 厚さ 1.9~2.3 mm の範囲にあり、醸造用玄米に指定されている品種はそれぞれの上限近いものが多い。千粒重も醸造用玄米に指定されている品種では、早期米で 24.5 g 以上、中~晩期米で 26 g 以上が普通である。一般米についても酒造米としては粒型が大きく、千粒重が 23.5 g 以上あるものが望ましい。粒型の大きいものは同一の重量で比較した時、米粒の表面積が小さくなり、同一の

表2 玄米の検査規格

区 分 等 級 目		最 低 限 度			最 高 限 度						色
		容積重* (g)	整 粒 (%)	形 質	水分* (%)	被害粒, 死米, 着色粒, もみ, 異物 (％)					
						計	死米	着色粒	もみ	異物	
醸 造 用	1 等	840	90	1等標準品	15.0	5	3	0.0	0.1	0.0	品種固有の色
	2 等	830	80	2等標準品	15.0	10	5	0.0	0.2	0.1	〃
	3 等	810	70	3等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.1	〃
水稲うるち		容 積 重	整 粒	形 質	水 分 (%)	被害粒, 死米, 着色粒, 異種穀粒, 異物 (％)					異 物
	(g)	(%)	計			死 米	着色粒	異種穀粒 も み もみを除いたもの			
	1 等	810	70	1等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.3	0.2
	2 等	790	60	2等標準品	15.0	20	10	0.3	0.5	0.3	0.4
	3 等	770	45	3等標準品	15.0	30	20	0.7	1.0	1.0	0.6
	等 外	770 以下	—	—	15.0	100	100	5.0	5.0	5.0	1.0
規格外: 1等から等外までのそれぞれの品位に適合しない水稲うるち玄米であって, 異種穀粒および異物を50%以上混入していないもの											

* 一部地域には緩和措置が取られている

表3 昭和54酒造年度原料米使用状況

区分	使用量 (t)
醸造用玄米	76,000
内 五百万石	37,400
たかね錦	14,900
山田錦	9,000
その他	14,000
水稲うるち玄米	468,000
水稲もち玄米	2,000
計	546,000

精米歩合とした時には米粒の表層近くが大きく削られることになって, 白米のタンパク質や粗脂肪含量が低くなると考えられるためである。

醸造用玄米に指定されている品種で良好な生育をした玄米は, 米粒の中心付近に白色不透明な部分を持っている。このような米を心白米と呼んでおり, 同一品種内にあっては心白米含有率の高い玄米が酒造米として優れたものとされている。また一般米で腹の部分に白色不透明な部分を持つ玄米があるが, このような玄米は腹白米と呼ばれ, 腹白の部分は組織が粗で精米の時に崩壊し易いため, 酒造米としては不適当な米とされている。

4. 米粒の内部構造

玄米の表面近くの構造を模式的に描くと図1のようになる¹⁷⁾。澱粉貯蔵組織である胚乳細胞は内部ほど大型になっていて, 各細胞の型やその配列は組織内の位置によ

図1 玄米の表面近くの構造

ってほぼ決っている。

米崎ら¹⁸⁾は米粒の外側に近い胚乳細胞ほどタンパク質含量が多いことを報告しており, また吉沢ら¹⁸⁾は同様に粗脂肪が米粒の外側に近い部分に多いことを観察している。これ等のことは精米との関係において重要である。

米粒の横断面を作って胚乳細胞の配列状況を見ると, 一般の米では米粒の中心点よりほぼ放射状に胚乳細胞が配列しているが, 醸造用玄米に指定されているような大粒の品種では, 背腹軸に沿って何層かの細長い胚乳細胞が配列し, 側部のみが放射状の配列になっている。心白米について米粒の横断面を見ると, 図2に示すように中心部に亀裂があり, この亀裂の近くでは胚乳細胞壁が破れ, 澱粉粒が露出している。このような胚乳細胞の配列

図 2 山田錦心白部

が、米粒の内部組織を粗にすることに働いており、白米の吸水速度を大きくし、麴米として用いた時には米粒の内部へ速かに菌糸を侵入させ、また米粒内部への酵素の透過を容易にして、米粒の被糖化性を大きくしている。

5. 精米による米質の変化

精米により米の物理的性質及び化学組成が、酒造米として好ましい方向に変化することは古くから知られていることであり、このことが精米の目的となっている。

酒造米の精米歩合の制限が解かれた直後の昭和34酒造年度には、全国の平均精米歩合は76.8%であったが、その後徐々に精米歩合が低下し、数年前からほぼ72~73%で落ち着いている。ちなみに昭和54酒造年度の全国平均精米歩合は、日本酒造組合中央会の集計によると73.1%である。

精米による米の性質の変化として、精米歩合が低下するにつれて白米が吸水し易くなることが報告されている¹⁹⁾²⁰⁾。白米の吸水性は、酒造米として大切な性質とされている被糖化性との関連において大切なことであり、別の項で詳細に触れてみたい。また精米歩合が低下するに伴って、米粒のアルカリ崩壊性や剛度が増すことが報告されている¹⁹⁾、現在の所これ等の性質と酒造適性との結び付きは明らかにされていない。

化学組成をみると、酵母の増殖や発酵、麴菌の増殖に直接関係すると考えられる、カリウムやマグネシウムをはじめ、ほとんどの金属は精米歩合80%位まで急激に減少し、以後一定となる²¹⁾。金属についてのみ考えた場合には、酒造米として必要な精米歩合は80%位といえる。

タンパク質や脂質は古くから清酒醸造上好ましくない成分とされ、清酒醸造で高度に精白した米を用いる理由が、これ等の成分の除去にあるとされて来た。全タンパク質は精米歩合が低下するとともに直線的に減少し、こ

れを構成タンパク質別にみると図3のようになる²²⁾。全タンパク質の減少は主としてグルテリンの減少によるものであるが、米粒の外層部では、水や稀い塩溶液に溶け易いアルブミンやグロブリンの比率が高く、またアミノ酸含量も多くなっており、精米歩合が低下するにつれてこれ等の成分が急激に減少してゆくことは、清酒醸造で高度に精白した米を用いることとの関連において興味深い。

脂質をエーテルで容易に抽出できる粗脂肪と、試料を酸分解した後でなければエーテルで抽出できない結合脂質に分けて、精米歩合の低下による

図 3 精米によるタンパク質組成の変化

図 4 精米による脂質含量の変化

量的変化をみると図4のようになる²³⁾²⁴⁾，精米歩合に対する粗脂肪の減少は指数関数的であり，精米歩合70～75%を境としてその減少率は大きく異なる。結合脂質は精米歩合80%以後ほぼ一定となり，量的にも粗脂肪に比べて多くなり，高度精白米の脂質の主体は結合脂質ということになる。この結合脂質の構成脂肪酸を精米歩合との関係でみると表4のようになり²³⁾²⁴⁾，精米歩合の低下

表4 結合脂質の構成脂肪酸組成の精米歩合による変化

精米歩合(%)	80	75	70	60	50
脂肪酸					
ミリスチン酸	3.0	2.8	2.8	2.8	3.9
パルミチン酸	43.7	44.4	46.5	46.5	47.2
ステアリン酸	0.7	0.8	1.0	1.3	2.5
オレイン酸	13.1	12.8	12.3	12.3	12.1
リノール酸	38.4	38.2	36.5	36.0	33.6
リノレン酸	1.0	1.0	0.9	1.1	0.7
飽和度*	0.90	0.93	1.01	1.02	1.16

* 飽和度=(飽和脂肪酸総量)/(不飽和脂肪酸総量)

に伴って飽和脂肪酸，特にパルミチン酸の割合が増加し，不飽和脂肪酸であるオレイン酸の割合が減少する。精米歩合75%以下の米では脂質の主体は結合脂質であり，これ以上精米歩合を低下しても，脂質の量的な減少はほとんど望めない。清酒醸造で高度に精白した米を用いる理由を脂質についてみた場合，量的な減少よりも構成脂肪酸組成を変えることにあるといえる。

果実様の芳香を持つ吟醸酒と呼ばれる清酒を造るためには，精米歩合40～50%の高度に精白された米が用いられる。吟醸酒の芳香の主成分の一つである，酢酸イソアミルや酢酸エチル等の香気エステル類は酵母によって生成されるものであるが，この香気エステル類の生成には脂肪酸が大きく影響している。Åyräpääら²⁵⁾はビール醸造において，オレイン酸及びリノール酸の多いもろみでは，香気エステルの生成が著しく低いことを見出した。また吉沢²⁶⁾はパルミチン酸を添加した清酒をもらみと，オレイン酸を添加した清酒もろみで香気エステルの生成を比較し，酢酸イソアミル及び酢酸エチルは，前者では後者の50%近く多く生成されることを認めている。この知見に基いて，精米歩合の比較的高い白米をリパーゼ処理し，遊離した脂肪酸を蒸しの工程で飛散させることによって不飽和脂肪酸含量の少ない蒸米を得，この蒸米を用いて香気エステル類の多い清酒を造る方法が開発されている²⁷⁾。

6. 白米の酒造適性

米は精米によってその酒造適性を増すが，吉沢ら⁸⁾及び花本ら²⁸⁾は白米の酒造に関する性質の構造を明らかにするために，精米歩合70～75%の米について諸性質を調べ，因子分析を行った。その結果いずれも寄与率の最も高い因子として被糖化性に関する因子を抽出した。溶解糖化の良い米が酒造に適しているということは古い時代に見出されているが，高度に精白した米を用いている現在においても，酒造米には被糖化性の大きい米が適しているという点は変わっていない。

白米の被糖化性その他の性質との相関々係をみると，千粒重及び吸水速度は高度の正の相関々係にあり，粗タンパク含量は負の相関々係にある⁷⁾¹⁰⁾。即ち酒造米として適している米は，大粒で吸水速度が大きく，タンパク含量の少ない米ということになる。

7. 白米水分と吸水性

白米の吸水性は米の酒造適性を判定する上で重要な性質であることを指摘して来たが，熊谷ら²⁹⁾は昭和49年新潟県産越路早生の75%精白米を用いて，白米水分と吸水率 $=\{(\text{吸水後の白米重量}-\text{白米重量})/\text{白米重量}\} \times 100$ を測定して図5の結果を得，白米の吸水性は白米水分と密接な関係があることを明らかにした。そしてさらに多くの品種の75%精白米について水分と吸水性の関係を調べ，表5の結果を得た²⁹⁾。即ち品種によって若干の差はみられるが，白米の水分が1%低下するに伴って

図5 白米水分と吸水率

表 5 白米水分と吸水率の関係

品 種	図 5 における直線について	
	傾 斜	y 軸との切片
カルフォルニア米 (47年産)	-2.68	65.0
五 百 万 石 (49年産)	-2.68	64.2
ト ヨ ニ シ キ (")	-2.69	65.5
シ オ カ リ (")	-2.76	65.3
山 田 錦 (")	-2.84	67.1
越 路 早 生 (")	-2.94	67.7
日 本 晴 (48年産)	-3.00	68.7
" (49年産)	-3.17	72.0
全 体 (n=48)	-2.84	67.1

吸水率は約 3% 上昇する。

精米歩合の低い米が高い吸水性を示すことは良く知られて来たことであるが、水分を同一にして精米歩合の異なる米の吸水率を調べた結果は、50% 精白米では 80% 精白米より吸水率が 2.3% 上昇することになった²⁰⁾。一般に 50% 精白米では 80% 精白米より約 8% 吸水率が高くなる²⁰⁾ことから、精米歩合の低い米が高い吸水性を示すのは、主として長時間の精米による白米水分の低下によるものといえる。

白米水分が低い場合になぜ吸水率が高くなるのか、現在まだ解明されていないが、水分の低い白米を水に浸漬した場合には胚乳細胞の破壊が起きることが観察されている²⁰⁾。胚乳細胞が健在である時、胚乳細胞壁が白米の吸水膨潤の枠を決めていると考えられるが、水分の低い白米が急激な吸水をする場合、部分的な発熱や膨潤の不均等などによる歪み等の力が働いて胚乳細胞壁が破壊され、そのために胚乳細胞壁の枠をはずれた吸水膨潤が可能になるのではないかと考えられる。さらに胚乳細胞壁の破壊は、後述するように酵素の米粒内部への透過を容易にし、米粒の被糖化性を高めることになる。

蒸米吸水率 = $\{(\text{蒸米重量} - \text{白米重量}) / \text{白米重量} \} \times 100$ は、蒸し前の白米吸水率に約 10% を加えた値になるのが普通であるが、熊谷ら²⁹⁾は種々の品種の 75% 精白米について、白米水分を変えることにより吸水率の異なる蒸米を作り、その被糖化性を調べ図 6 の結果を得た。蒸米吸水率が高ければいずれの品種も高い被糖化性を示すが、蒸米吸水率が低くなった場合には品種による被糖化性の差が現れる。

清酒醸造で一般に用いられている蒸米の吸水率は 38~40% であり、このあたりでは大粒心白米である山田錦の被糖化性が、その他の品種より高くなっている。また山田錦は、さらに低い蒸米吸水率であっても被糖化性の

図 6 蒸米吸水率と被糖化性

低下は他の品種に比べて小さい。このように蒸米吸水率の変動にほとんど影響されず、常に高い被糖化性を示すことが山田錦を酒造好適米の代表としている大きな要因ではないかと考えられる。

酒造米として一般に用いられている 70%~75% 精白米の水分は約 13.5% であり³¹⁾、この程度の水分の白米を用いれば浸漬時の白米吸水率が図 4 より約 28% となり、吸水率 38~40% の蒸米が得られることになる。酒造用の蒸米として吸水率 38~40% のものが本当に最適なものであるか否か、疑問をさしはさむ余地はまだあるが、酒造に当る者は吸水率 38% の蒸米の取扱に習熟している。そこで酒造米として精米歩合 70~75% の場合には水分 13.5% 位のものが最適といえることができる。

8. 米粒の構造と被糖化性

米の酒造適性を示す性質として被糖化性が重要なものであり、一般に大粒心白米の被糖化性が大きく、また吸水性の大きい米で被糖化性が大きくなることを述べて来た。清酒醸造では米を粉碎することなしに粒のまま用いており、穀類を用いる他のアルコール飲料の製造と比較した時、このことは一つの特徴となっている。したがって酒造米について考えるとき、米粒としての性質を取りあげなければならない。

米粒の構造とその吸水性、被糖化性等の関係については、古浦³²⁾、米崎ら^{33) 34)}、秋山ら^{35) 36)}、安藤ら³⁷⁾、吉沢ら^{38)~40)}が種々な面から検討した多くの報告があり、ここではこれ等のすべてを紹介することはできないので、米粒内部への酵素の透過を中心として、米粒の構造と被糖化性の関係に触れてみたい。

米粒の被糖化性は品種によりまた蒸米吸水率によって異なることが知られている^{10) 39) 47) 48)}が、米粒を 100 メシ

μ以上の微粉に砕いてその被糖化性を調べると、品種による差は認められなくなり、また蒸し後の米粉の吸水率が約30%以上では、吸水率による被糖化性の変化も認められなくなる⁴⁵⁾。このことは米粒の被糖化性には、胚乳細胞及びその配列が大きく関係していることを示すものである。

被糖化性を調べるために蒸米を酵素液に浸漬した場合、蒸米は酵素液を吸収して膨潤するが、同一の品種にあっては、吸水膨潤性の大きいもののほど被糖化性が大きい⁴⁾⁴⁹⁾。このことは米澱粉がより酵素に接し得るようになったためとして説明できる。しかし同一の吸水膨潤性を示しても、品種が異れば被糖化性が異なることが認められており⁴²⁾、このことは前述の微粉にした場合に品種による被糖化性の差が認められなくなることを併せて考えた時、蒸米を同一力価の酵素液に浸漬して同一量の酵素液を吸収させたとしても、米粒内部での酵素力価は品種によって異なっていると考えなければ説明できない。この点について検討して表6の結果を得た⁴⁵⁾。同一力価の酵

表6 蒸米に吸収された酵素液の力価に及ぼす品種及び蒸米吸水率の影響

品 種	白米水分 (%)	蒸米吸水率 (%)	蒸米の酵素液吸収量 (g) (白米5g当り)	総合糖化力 (U/ml)	
				蒸米浸漬前の 酵素液	蒸米に吸収された液
五百万石	16.7	28.1	2.42	49.0	24.3
	10.7	48.4	3.42	49.0	24.2
	17.8	26.3	2.13	49.0	17.5
日 本 晴	10.8	49.1	3.32	49.0	22.0

素液に蒸米を浸漬した場合、被糖化性の大きい大粒心白米である五百万石に比べ、日本晴では吸収される酵素液の力価が低く、蒸米吸水率の影響を大きく受ける。五百万石及び日本晴の蒸米(吸水率約40%)を力価の異なる酵素液に浸漬して、蒸米に吸収された液の酵素力価を測定した結果は図7のとおりであり⁴⁶⁾、五百万石では浸漬した酵素液の力価の42%の力価の酵素液が蒸米に吸収さ

れ、日本晴では34%の力価の酵素液が蒸米に吸収されることを知った。蒸米が酵素液を吸収する場合、そこには酵素の透過をさえぎるものがあることになり、その働きをするものとしては米の胚乳細胞壁区分(膜を含めて)が考えられる。

菅野ら⁵¹⁾の方法に倣って得た米の胚乳細胞壁区分について、ヘミセルロース区分及びα-セルロース区分の含量を比較したところ、表7に示すように被糖化性の大きい

表7 胚乳細胞壁区分の多糖類組成

品 種	多糖類	
	ヘミセルロース区分 (%)	α-セルロース区分 (%)
日 本 晴	63.3	33.7
トドロキワセ	59.0	37.3
五 百 万 石	50.9	46.4
山 田 錦	48.6	42.4

山田錦や五百万石に比べ、日本晴やトドロキワセではヘミセルロース区分の含量が多いことを知った⁴⁸⁾。白米を浸漬時にヘミセルラーゼ処理することにより、米粒内部へ酵素が透過し易くなり、米粒の被糖化性が大きくなるという結果も得られており⁵⁰⁾、間接的であるが米粒内部への酵素の透過には、米の胚乳細胞壁区分が障壁となっていることが示されている。

蒸米吸水率が高いものの即ち浸漬時に吸水性の大きいものは、前項で述べたように胚乳細胞壁がある程度破壊されていると推定できる。また米粒の構造からみて大粒心白米の被糖化性が大きい原因は、胚乳細胞壁区分の組成が比較的酵素を通し易いものであると推定される他に、米粒の中心に亀裂があること、この亀裂に沿った部分では胚乳細胞壁が破壊されて澱粉粒が露出しており、澱粉が力価の高い酵素液に接し得ることなどがあげられる。さらに安藤ら⁵²⁾が指摘しているように、大粒心白米では米粒内部での澱粉の詰り方が粗であるという点も、米粒内部への酵素の透過を良くすることに働いていることも考えられる。

9. 古米の酒造適性

古米を清酒醸造に用いる場合の最大の問題点は、製成酒に古米酒臭と呼ばれている特有の臭が生じることであり、この臭の本体は難波ら⁵³⁾によってジメチルスルフィド(DMS)と同定された。

常温貯蔵古米では米の主要タンパク質であるグルテリン区分にDMS前駆物質があり⁵⁴⁾、もろみ中でタンパク質分解酵素の働きによって分解されてS-メチルメチオ

図7 浸漬液の総合糖化力と蒸米に吸収された液の総合糖化力

ニンスルフォニウム (MMS) 及び MMS を含むペプチド (清酒中における DMS 前駆物質) となり⁶³⁾、火入れ貯蔵することによって DMS となる。昭和 52 年産の常温貯蔵古米と 53 年産新米について、精米歩合と DMS 前駆物質を測定した結果は図 8 のとおりであり⁶⁴⁾、古米で

図 8 精米歩合と DMS 前駆物質含量

は精米歩合を 50% としても DMS 前駆物質を除くことはできなかった。新米中にも DMS 前駆物質が約 300 ppb 程存在したが、これは主として MMS の形で存在し⁶⁵⁾、精米歩合 80% で不検出となった。なお DMS の清酒中での閾値は 6.2~11.6 ppb であり、低温貯蔵古米で造った清酒では古米酒臭は発生していない⁶⁶⁾。

米の貯蔵中の変化については良く研究されている^{66)~69)}が、特に著しい変化はカリウム、リン等の米粒内部への移動であろう⁶¹⁾。吉沢ら⁶²⁾⁶³⁾は温度を変えて貯蔵した玄米より得た 75% 精白米について諸性質を測定し、カリウム、粗脂肪等は貯蔵により増加し、吸水性、被糖化性などは貯蔵により低下することを報告している。これ等のことは貯蔵温度が高いほど顕著になり、DMS 前駆物質の増加とともに、古米化するにつれ米の酒造適性は低下するといえることができる。

10. おわりに

酒造米として望ましいと考えられる米の性質について述べて来たが、被糖化性が大きく、しかも蒸米の吸水歩合の多少の変動に対して安定した被糖化性を示す米は、大粒心白米で、タンパク質含量の少ない米ということになり、このような米は古くから酒造好適米として選択されて来ているものである。

清酒醸造にも連続蒸米機や製麹機等が取り入れられ、種々の作業が機械化されて来ているが、米を粒のまま用いて製麹し、もろみを作るという本質的な面が変わって

ない以上、酒造米の品質についての評価の基準が古くから変わっていないのは当然のことともいえる。

清酒の品質と麴の品質は密接な関係があるという考え方が一般にあり、酒造米として大切な性質と考えられるものに製麹特性がある。米の品質が麴の酵素力価にどのような影響を及ぼすのか、清酒用麴の品質は何を基準にして決められるべきものであるのか、これ等のことは今後さらに研究が進められなければならない問題である。

文 献

- 1) 野白喜久雄：醸協，70，25 (1975)。
- 2) 鹿又 親：醸協，5，1 (1910)。
- 3) 佐藤寿衛・松浦信次・佐田楽造：醸試報，74，1 (1919)。
- 4) 佐藤寿衛・松浦信次：醸試報，79，1 (1920)。
- 5) 佐藤寿衛・伊藤八郎：醸試報，88，1 (1922)。
- 6) 佐藤寿衛・山田正一：醸試報，93，506 (1925)。
- 7) 吉沢 淑・石川雄章・浜田由紀雄：醸協，68，767 (1973)。
- 8) 吉沢 淑・石川雄章・木下 実・武田荘一・藤江勇：醸協，69，581 (1974)。
- 9) 曾我英介・米崎治男：醸協，69，855 (1974)。
- 10) 花本秀生・近藤芳宏・河上秀雄・米崎治男：醸協，70，55 (1975)。
- 11) 入江経明・宮内俊一・米崎治男：醸協，70，59 (1975)。
- 12) 前川季義・入江経明・米崎治男：醸協，70，121 (1975)。
- 13) 米崎治男・大島 雄：醸協，70，127 (1975)。
- 14) 入江経明・前川季義・米崎治男：醸協，71，391 (1976)。
- 15) 前川季義・入江経明・米崎治男：醸協，71，391 (1976)。
- 16) 曾我英介・花本秀生・永田興四郎・高岡祥夫・米崎治男：醸協，71，464 (1976)。
- 17) 諫山忠幸編：米その商品化と流通，(地球社) p. 133 (1975)。
- 18) 吉沢 淑・蓮尾徹夫・石川雄章・醸協，75，432 (1980)。
- 19) 吉沢 淑・石川雄章・野白喜久雄：醸協，68，614 (1973)。
- 20) 熊谷知栄子・黒柳嘉弘・野白喜久雄：醸協，71，718 (1976)。
- 21) 戸塚 昭：清酒醸造工程における金属の動向に関する研究，p. 66 (1974)。
- 22) 小武山温之・布川弥太郎・難波康之祐・戸塚 明・石川雄章・小幡孝之・竹田正俊・清水康弘・宮沢新三郎：醸協，64，648 (1969)。
- 23) 吉沢 淑・石川雄章・野白喜久雄：農化，47，717 (1973)。
- 24) 吉沢 淑・石川雄章：醸協，71，223 (1976)。
- 25) ÅYRÄPÄÄ, T. and LINDSTRÖM, I.: *Eur. Brewery*

- Conv. Proc. of 14th Cong.*, p. 271 (1974).
- 26) 吉沢 淑: 農化, **50**, 115 (1976).
- 27) 吉沢 淑・池見元宏・石川雄章: 醸協, **71**, 975 (1975).
- 28) 花本秀生・中沢英五郎・曾我英介・竹村成三: 醸協, **73**, 115 (1978).
- 29) 熊谷和栄子・黒柳嘉弘・秋山裕一・野白喜久雄: 醸協, **71**, 788 (1976).
- 30) 熊谷知栄子: 昭和53年度醸工大会講演.
- 31) 野白喜久雄・熊谷知栄子・森山裕一・大原邦夫・小柳茂夫・新良成生: 醸試報, **147**, 1 (1975).
- 32) 古浦二郎: 醸協, **67**, 543 (1972).
- 33) 米崎治男・豊沢 誠: 醸工, **40**, 448 (1962).
- 34) 米崎治男・豊沢 誠: 醸工, **42**, 131 (1964).
- 35) 秋山裕一・山本友厚: 醸協, **58**, 319 (1963).
- 36) 秋山裕一・北島恭一: 醸協, **61**, 931 (1966).
- 37) 安藤孝雄・市川邦介: 醸工, **52**, 46 (1974).
- 38) 吉沢 淑・池見元宏・石川雄章・鈴木英弥・池田哲郎: 醸工, **56**, 116 (1978).
- 39) 吉沢 淑・池見元宏・石川雄章・宝玉俊信・池田哲郎: 醸工, **56**, 122 (1978).
- 40) 吉沢 淑・百瀬洋夫・石川雄章・島岡芳和: 醸協, **73**, 389 (1978).
- 41) 吉沢 淑・百瀬洋夫: 醸協, **73**, 651 (1978).
- 42) 吉沢 淑・池見元宏・中田健美・家村芳次・百瀬洋夫: 醸協, **73**, 737 (1978).
- 43) 吉沢 淑・百瀬洋夫・石川雄章・有賀義裕: 醸協, **73**, 729 (1978).
- 44) 吉沢 淑・百瀬洋夫・石川雄章・家村芳次: 醸協, **74**, 186 (1979).
- 45) 吉沢 淑・百瀬洋夫・石川雄章: 醸協, **74**, 190 (1979).
- 46) 吉沢 淑・百瀬洋夫・蓮尾徹夫: 醸協, **75**, 428 (1980).
- 47) 吉沢 淑・石川雄章・今村一臣・武田莊一・藤江勇: 醸協, **69**, 315 (1974).
- 48) 布川弥太郎・金森 徹・小武山温之: 醸協, **63**, 678 (1968).
- 49) 永田興四郎・中沢英五郎: 醸協, **7**, 121 (1976).
- 50) 吉沢 淑・百瀬洋夫・蓮尾徹夫: 醸協, 投稿中.
- 51) 菅野信男・秋山裕一・野白喜久雄: 農化, **47**, 736 (1973).
- 52) 高橋康次郎・大場俊輝・高木光良・佐藤 信・難波康之祐: 醸工, **57**, 148 (1979).
- 53) 難波康之祐: 昭和55年度醸工大会講演.
- 54) 北本勝ひこ・大場俊輝・難波康之祐: 醸協, **74**, 677 (1979).
- 55) 難波康之祐: 昭和54年度醸工大会講演.
- 56) 米の品質と貯蔵, 利用 (食糧技術普及シリーズ第7号), 食糧研究会 (1969).
- 57) YASUMASU, K. and MORITA, S.: *Agric. Biol. Chem.*, **28**, 257 (1964).
- 58) 渋谷直人・岩崎哲也・竹生新治郎: 澱粉科学, **24**, 55 (1977).
- 59) 渋谷直人・岩崎哲也・竹生新治郎: 澱粉科学, **24**, 67 (1977).
- 60) 渋谷直人・岩崎哲也・柳瀬 肇・竹生新治郎: 日食工誌, **21**, 597 (1974).
- 61) 久保彰治: 農化, **34**, 689 (1960).
- 62) 吉沢 淑・石川雄章・木下 実・武田莊一・藤江勇: 醸協, **69**, 625 (1974).
- 63) 吉沢 淑・百瀬洋夫・石川雄章: 醸協, **74**, 632 (1979).
- (昭和56年3月16日受理)