

## 原 著

## 原料米の精米条件が生成酒の酒質に及ぼす影響

水間 智哉

## 〈要 旨〉

清酒メーカーにとって電力費は大きな製造コストであり、これを抑制するには精米機を安価な夜間電力のみで稼働させることが不可避となっている。しかし、これは精米機の連続稼働を強制し、十分に冷却されない環境を強いるためにさまざまな悪影響が懸念されることとなる。そこで、本実験においては、精米の温度条件が生成酒の酒質に及ぼす影響について調べることにした。その結果、高い米温かつ高い研削ロール温度で精米を行った場合、生成酒は雑味が多く後味がわるくなることがわかった。加えて、いずれかの条件を改善すれば酒質の低下はみられないことから、精米機の過密運転により研削ロールを十分に冷却できない場合でも、米温を低くすることによって酒質の低下を防止できることを示した。

**キーワード：**醸造、精米機、研削ロール、温度条件、酒質

## 緒 言

清酒醸造において、原料米の精米工程は長い醸造プロセスの始まりである。入荷した玄米は精米工程に供され、目的とする清酒の規格に合致した精米歩合までいねいに精米が行われる。精米により調製された精白米は、浸漬や蒸しなどのいわゆる原料処理工程で蒸米が調製された後、本格的な発酵工程に移行して生成酒が製造されていく。このような醸造プロセスにおいては、精米工程の良否が生成酒の酒質に大きな影響を及ぼすことは明らかであろう。

近年、この精米工程において深刻な問題が持ち上がっている。清酒メーカーにとって電力費は大きな製造コストになっており、熾烈な競争市場における優位性を高めるため電力費削減のためのあらゆる方策が採られている。その一例が、多くの電力を必要とする精米機の稼働を安価な電力が使える夜間に集中させるというものである。しかしながら、夜間への作業集中によって、過密な連続運転が強制され精米機の冷却時間が十分に確保されない事態が生じている。著者は、前報<sup>1)</sup>において、精米時の高い温度条件(米温と研削ロール温度)が精白米に与える影響を調べた結果、米温が

急激に上昇し米が割れやすくなることや精白米の形状が球形になることを解明し精白米品質が低下することを示した。本検討では、さらに、実際に清酒醸造試験を実施することにより精米条件が生成酒の酒質に及ぼす影響を明らかにした。

## 実験方法

## 1. 使用原料米

平成23年度福井県産五百万石を用いた。本品種は清酒醸造における代表的な酒造好適米である。

## 2. 精米方法

精米は、前報<sup>1)</sup>と同様の方法で行った。すなわち、酒造用小型テスト精米機(㈱サタケ製TM05)を使用し、玄米張込み量150g、ロール回転数1000rpm(周速度628m/min)、ロール粒度#46とし、所定温度に調整された玄米について所定温度に調整された研削ロールを用いて精米を行った。調製する精白米の精米歩合は吟醸グレードにも使用可能な60%とした。

### 3. 精米温度条件

精米時の研削ロール温度は通常時温度である20℃及び連続運転による高温状態を想定した60℃とし、また米温(玄米温度)も20℃及び60℃に設定した。研削ロールの温度調整は、精米機本体からロールのみを取り外し所定温度に設定した恒温器内に温度が一定になるまで放置することによった。これらの条件によって精米を実施し調製された精白米を区分A～Dとして本実験に供した。表1に精白米の区分と精米温度条件を示した。

表1 精白米区分と精米温度条件

	米温(玄米温度) (℃)	研削ロール温度 (℃)
区分A	20	20
区分B	20	60
区分C	60	20
区分D	60	60

区分Aは、米温20℃の玄米を研削ロール温度が20℃の精米機を使用して調製された精白米であることを表す。

### 4. 精白米の分析

精白米の一般分析と吸水試験および蒸米糖化試験は国税庁所定分析法<sup>2)</sup>および酒米研究会統一分析法<sup>3)</sup>をもとに一部改変して行った。すなわち、吸水試験は精白米を15℃の蒸留水に対して20分および120分間浸漬した後の重量を測定し、その増加分を百分率で示した。蒸米の糖化試験は、10gの精白米から調製された蒸米全量を、50ml酵素溶液(1/10Mコハク酸緩衝液(pH4.3)に $\alpha$ -アミラーゼ力価が60U/mlとなるように調製し、防腐剤として1mlトルエンを添加したもの)に投入して、15℃、24時間反応させた後、濾紙ろ過により蒸米を分離してろ液のBrix値を測定した。あわせて、蒸米の水分吸水率(蒸米吸水率)と濾紙残渣重量を測定した。

### 5. 小規模醸造試験

清酒醸造においては、精白米は蒸米の状態で使用される“掛米”と麹菌を繁殖させた状態で使用される“麴米”のふたつの使用用途がある。本実験では、区分A～Dの精白米を掛米として使用することとし、それ以外の条件はすべて同一になるようにした。酵母は公益財団法人日本醸造協会より購入した協会9号酵母を使用して、添仕込、伸仕込、留仕込の3回にわけて行われる“三段仕込”によりもろみを製造した。もろみ温

度は一般的な品温経過である留仕込品温10℃、最高品温15℃とし留仕込後17日目に遠心分離により上澄と酒粕に分離し、上澄部を生成酒として回収した。表2にもろみ配合および仕込温度を示した。

表2 もろみ配合と仕込温度

	添仕込	伸仕込	留仕込	合計
麴米(g)	8	9	17	34
蒸米(g)	22	47	67	136
総米(g)	30	56	84	170
水(ml)	45	66	98	209
温度(℃)	15	10	10	

三段仕込によりもろみを製造した。

### 6. 生成酒成分の分析方法および官能評価方法

日本酒度(浮ひょう法)、アルコール(蒸留法)、酸度(滴定法)、アミノ酸度(滴定法)は国税庁所定分析法<sup>2)</sup>によった。生成酒の官能評価は5段階の評点法(1:良⇔5:不可)により行った。パネルは本学所属の教員と学生の計21名とした。

### 実験結果および考察

#### 1. 調製された精白米の一般成分と吸水特性

表3に米温と精米ロール温度を変えて調製した区分A～Dの碎米率と含有成分および吸水試験の結果を示した。その結果、区分Dで碎米率およびたんぱく含有量が高くなった。前報<sup>1)</sup>において、高い米温、高い精米ロール温度条件下での精米作業は碎米の発生と米粒が球形となるために不要成分の除去が不十分であることを示したが、本検討でも同様の傾向がみられた。これは、精米条件が精白米品質に及ぼす影響について米の生産年に影響されないことを示している。

精白米の吸水試験では最大吸水率を示す120分吸水率と吸水速度の指標となる20分吸水率を測定した。予備試験において区分A～Dの精白米ともに120分間の吸水時間で最大吸水率に到達することを確認している。検討の結果、吸水速度の指標として測定した20分吸水率および最大吸水率(120分吸水率)において、区分Dで有意に大きな値となった。これは、高温玄米を高温ロールにより精米を行った場合、調製された精白米は吸水速度がはやく、最大吸水率も高くなることを意味する。この要因として、碎米は整粒に比べて表面積が大きいために碎米率が高い区分Dでは水と接触

する機会が増加したこと、および澱粉のアモルファス構造の増加と露出が増えたことが考えられる。鈴木は、乾式ボールミルを用いたメカニカルな粉碎処理によっても澱粉粒は容易にアモルファス化し、その履歴に応じて状態が変化することを報告している<sup>4)</sup>。本検討の精米処理においても、高温状態で物理的衝撃を受けた米粒（区分D）で結晶相からアモルファス相への転移が進み、吸水が増加したものと考えられた。このような区分Dの吸水特性は醸造現場において作業の困難さを示すものとなる。急速な精白米の吸水は、浸漬米の破断に直結し、ひいては原料ロスの原因となるために移送や温度管理などについていねいな作業が求められる。

表3 精白米の碎米率と含有成分および吸水特性

	碎米率 (%)	水分 (%)	たんぱく質 (%)	20分吸水率 (%)	120分吸水率 (%)
区分A	23.1a	15.1a	5.1a	24.3a	27.1a
区分B	40.2b	14.7a	5.2a	25.9a	27.9a
区分C	36.8b	14.6a	5.4a	25.4a	27.7a
区分D	64.3c	14.1b	5.8b	27.9b	29.2b

値は4回測定した平均値を表す。変動係数は、碎米率で0.1以下、その他の分析値は0.05以下である。同じ列の異なった文字間には  $p < 0.05$  で有意差があることを表す。

## 2. 蒸米の糖化試験

清酒の醸造プロセスは、米でんぷんの糖化と糖のアルコール発酵が同時に進行する、いわゆる並行複発酵様式である。これはきわめて複雑な反応系であるために、原材料である精白米が生成酒に与える影響を直接的に解明することは非常に困難である。そこで、本検討ではまず糖化反応のみを評価する反応系を設定し、供試精白米の糖化特性を調べることにした。

表4に、区分A～Dにより調製された蒸米による糖化液のBrix値および蒸米吸水率と糖化残渣重量を示した。蒸米の糖化の程度を示す糖化液のBrix値は区分Dで高く、でんぷんから糖への糖化がすみやかに進行していることが示唆される。また、各区分の糖化試験に供した蒸米の蒸米吸水率を比較すると、区分Dで有意に高くなった。これは区分Dにおいてもろみへの持ち込み水分量が多くなることを意味する。糖化残渣重量は原料利用率の指標となるが、各区分ともに有意な差は生じなかった。

表4 蒸米の糖化試験

	Brix (%)	蒸米吸水率 (%)	残渣重量 (g)
区分A	8.2a	31.1a	14.4a
区分B	8.4a	31.7a	14.4a
区分C	8.4a	31.6a	14.6a
区分D	8.7b	32.7b	14.7a

蒸米を酵素液に24時間投入し反応させた後、この酵素液に溶出する糖量をBrix値として測定した。値は4回測定した平均値を表す。変動係数は各分析項目ともに0.05以下である。同じ列の異なった文字間には  $p < 0.05$  で有意差があることを表す。

## 3. 小規模醸造試験

### 1) もろみの重量測定による発酵経過の解析

清酒醸造工程におけるアルコール発酵は、精白米に由来する糖（主にグルコース）が酵母の働きによりエタノールと炭酸ガス（二酸化炭素）を生じる反応である。したがって、もろみにおける発酵の進行状態を定量的に調べるには炭酸ガスの発生量をモニターすることが有効であり、簡易的にはもろみの減少重量を測定すればいいことになる。

図1に醸造期間中のもろみ重量の減少量を示した。区分Dにおいて、醸造開始後10日目から他区分との間に有意差が生じた。これは区分Dで発酵がはやく進行していることを示している。この要因にはさまざまなことが考えられる。1つは区分Dで蒸米吸水率が高くなっており（表4）、もろみ中への水分の持ち込みが多くなったことである。持ち込み水分量が増加すると、もろみ中のアルコール濃度が希釈されるために、酵母の活動が盛んになりアルコール発酵が亢進したと考えられる。もうひとつは、区分Dの精白米の糖化力が高いことによるものである（表4）。これは並行複発酵系においては、アルコール発酵の基質となる糖が多く供給されることを示し、したがってアルコール発酵が亢進したと考えられる。さらに、前報<sup>1)</sup>は、高い米温かつ高い研削ロール温度条件下で調製された精白米にはミネラルが多く残存する可能性を示唆している。清酒酵母はいくつかのミネラルによって活動が活発化する<sup>5)</sup>ことから、精白米のミネラル含量の影響も一要因と考えられた。これらが単独あるいは複合的に関与し、発酵の状態に影響していると考えられるが、詳細については別途検討が必要であろう。

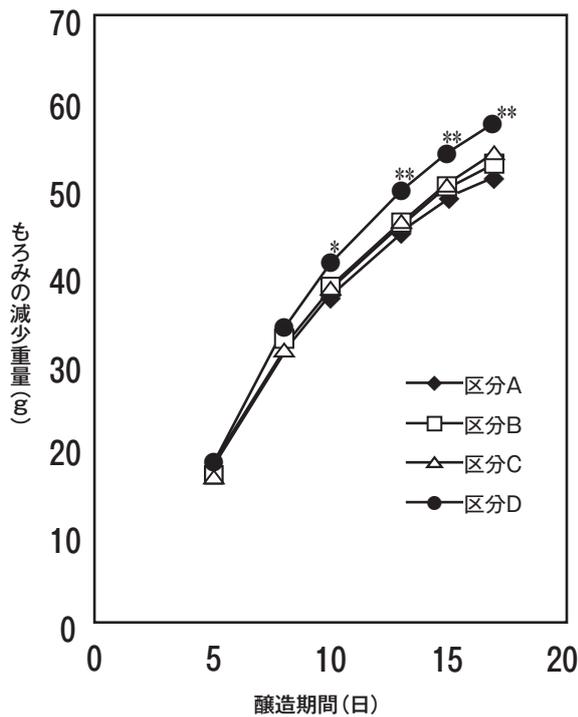


図1 もろみの重量変化

\*は他の区分に対して $p < 0.05$ で有意差があることを表す。  
\*\*は他の区分に対して $p < 0.01$ で有意差があることを表す。

## 2) 生成酒の成分

表5に、本醸造試験により製造した生成酒の成分値を示した。日本酒度は、清酒の比重を表示するために特別に設けられた単位であり、摂氏4℃の水の比重を“±0”として、これより比重が大きい清酒をマイナス値に、小さい清酒をプラス値とするものである（日本酒度 =  $(1 / \text{比重}) - 1 \times 1443$ で定義される）。また、日本酒度は糖分が多いほどマイナスになり、アルコールが多いほどプラスになるために甘辛度の指標として一般に用いられている。本醸造試験の生成酒では区分Dが有意に日本酒度が高くなり、“辛口”の酒質であった。酸度も区分Dで大きくなり、酸味が強い酒質が予想される。アミノ酸度も区分Dで高いが、これはたんぱく質の高含有が原因と考えられた。アミノ酸は清酒にコクや深みを与える一方で多量に含有すると雑味として認識されるため<sup>6)</sup>、すっきりとした飲み心地が求められる近年の嗜好傾向からは、区分Dの生成酒は低評価となる。区分A～Cにおいては有意な差異は認められなかった。

本醸造試験では、原料利用効率の指標となる生成酒量と残渣重量の測定も行った。これらは生成酒量が多いほど、また残渣重量が小さいほど、精白米から製造

できる清酒量が多くなり生産効率が高いことを意味する。各区分を比較すると区分Dで生成酒量が高くなった。これは、残渣重量に差異が生じていないことから蒸米の持ち込み水分量が影響したものと推察される。

表5 生成酒の成分

	日本酒度	アルコール (%)	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	生成酒量 (ml)	残渣重量 (g)
区分A	±0a	17.9a	2.69a	1.52a	258a	124a
区分B	+0.5a	18.1a	2.73a	1.59a	260a	129a
区分C	+0.5a	18.1a	2.75a	1.54a	264a	127a
区分D	+2.5b	18.2a	3.01b	1.74b	274b	129a

留仕後17日目のもろみについて、遠心分離により固液を分離した液部を生成酒とした。値は4回測定した平均値を表す。変動係数は各分析項目ともに0.05以下である。同じ列の異なった文字間には $p < 0.05$ で有意差があることを表す。

## 3) 生成酒の官能評価

生成酒の官能評価結果を示した（表6）。総合評価において区分Dで低い結果となった。区分A～Cにおいては有意な差は生じなかった。区分Dには、雑味がある（6名）、後味が悪い（5名）とのコメントがみられている。これらは生成酒の高いアミノ酸度が影響していると考えられた<sup>6)</sup>。以上のことから、高い米温かつ高い精米ロール温度で調製された精白米により製造された生成酒は酒質が劣るとともに、いずれかを低温にすれば官能評価が向上することが明らかになった。

表6 生成酒の官能評価

	香 (1-5)	総合 (1-5)
区分A	2.90a	3.12a
区分B	2.87a	2.94a
区分C	3.01a	3.01a
区分D	2.94a	3.42b

1：良、5：不可の5段階評価。値は4回評価した平均値を表す。変動係数は両評価項目ともに0.05以下である。同じ列の異なった文字間には $p < 0.05$ で有意差があることを表す。

## 結 語

本実験は、精米条件（精米時の米温と精米ロール温度）が製造される清酒の酒質に及ぼす影響について調

べたものである。スタート時に高い米温と高い精米ロール温度のふたつが揃った精米条件下で調製された精白米を使用した場合、発酵がはやく進み、製造された生成酒は雑味が多く後味がわるいために低評価となった。しかし、米温と精米ロール温度のいずれかが通常温度であれば酒質は低下しなかった。このことは、精米機の過密運転により精米ロールを十分に冷却する時間が確保できない場合であっても、米温を低くすることにより酒質の低下を防止できることを示している。

## 謝 辞

本研究は西南女学院大学共同研究費の助成を得て行われている。また、本研究の醸造試験は勝屋酒造合名会社にて実施した。ご協力いただいた川嶋杜氏に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 水間智哉:精白米の品質に及ぼす研削ロール温度の影響, 西南女学院大学紀要, 16, 97-101 (2012)
- 2) 第四回改正国税庁所定分析法注解: pp.150-152, 157-160, 230-231 (2006)
- 3) 酒米研究会統一分析法: <http://www.sakamai.jp/bunseki.html>
- 4) 鈴木徹:アモルファスデンプンの緩和と物性変化, 低温生物工学会誌, 51, 43-49 (2005)
- 5) 最新酒造講本: pp.52-53 (2007), 公益財団法人日本醸造協会
- 6) 若井芳則, 宮崎紀子, 水間智哉, 中村智美, 長野智子, 福田潔, 柳内敏靖:清酒醸造における原料米の酒造適性, 生物工学, 74, 245-256 (1996)

## Effects of the Conditions of Polishing Rice, a Primary Ingredient, on the Quality of Sake Products

Tomochika Mizuma

### <Abstract>

For (Japanese) sake manufacturers, the costs of electricity constitute a large proportion of the production costs. With a view to lowering production costs as much as possible, sake manufacturers often use inexpensive night-time power to operate rice-polishing machines, since their operation requires a significant amount of electricity. However, operators are concerned over a number of adverse effects because, in such an operating environment, they are required to continuously operate rice-polishing machines, being unable to secure time to cool them down adequately. The present experiment examined the effects of the temperature conditions of rice polishing on the quality of sake products. The results were as follows: When the temperatures of both rice and grinding rolls were high while rice polishing, the product received unfavorable evaluations because its flavor altered and had a bad aftertaste. However, the quality of sake was maintained when the temperature of rice or grinding rolls was low. This suggests that the quality of sake products can be prevented from being deteriorated by maintaining the temperature of rice at a low level, even if it is difficult to cool down grinding rollers adequately due to a hectic operating schedule.

Keywords: sake brewing, polishing mill, grinding roller, temperature condition, quality of sake products