

原 著

浸漬条件が蒸米に及ぼす影響

水間 智哉

〈要 旨〉

本実験は、清酒醸造における洗米、浸漬、水切り操作が、蒸米特性にどのような影響を及ぼすのかを調べることによって不良蒸米となる条件を見つけ出し、その実践的対策について検討したものである。検討の結果、以下のことを明らかにした。1) 白米温度が蒸米特性に与える影響は大きく、低温白米の場合、得られる蒸米は水分含量が低く、硬い性状で酵素消化性が劣った不良蒸米となった。2) 洗米操作は、白米温度の違いにより生じる蒸米特性値の差を縮小する作用を有した。3) 不良蒸米の実践的な改善法を検討したところ、水切り時間の延長が有効であった。また、この方法は、生成酒品質に悪影響を及ぼさない実践的なものであった。

キーワード：醸造、浸漬、水切り、蒸米、酒質

緒 言

製酒醸造は、入荷した玄米を搗精し白米とした後、浸漬、蒸きょう（蒸し）工程により蒸米を得て、これをそのままあるいは麹菌を繁殖させて酵母とともにもろみをつくり、10～20日間発酵させて行われる。前半期の搗精、浸漬、蒸きょう工程は蒸米を得るための「原料処理工程」とも呼ばれ、後半期でのもろみの発酵状態を左右する重要な操作である。その中でも、いわゆる浸漬工程は、洗米、浸漬、水切りの3つの操作を総じて呼称するもので、複雑な手順が関与する特に注意を要する繊細な作業である。

一方で、多くの清酒製造場では、冷暖房を備えた空調設備をもたず自然環境のままに酒造りを行っており、日々の天候による外気の影響を強く受け、夏季と冬季の室温が著しく変化するなど厳しい製造条件となっている。このような醸造環境がめまぐるしく変化中、製造場では手探りで原料処理を行い良質の蒸米を得るために試行錯誤を繰り返している現状がある。さらにこの問題を深刻にしているのは、清酒の販売量が年々低下する中¹⁾、中小企業や零細企業が多数をしめる清酒製造場において、大掛かりな設備投資を進め空調設備を整備し、あるいは浸漬水を冷却するな

どの抜本的な対策がまったく期待できないところである。

著者らは、清酒醸造操作においてさまざまな検討を行い清酒の酒質向上や安定的供給あるいは製造コストの低減に広く取り組んできた²⁾⁻⁴⁾。本検討では、清酒醸造工程において、洗米、浸漬、水切りの条件が蒸米特性に及ぼす影響を明らかにし、製造現場における実践的な対策法について検討を行った。

実験方法

1. 使用原料米

平成22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。玄米から酒造用小型テスト精米機（(株)サタケ製TM05）を使用し60%精白米を調製した。精米条件は、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とした³⁾。

2. 洗米、浸漬、水切り操作

工場規模の清酒醸造では、白米を大型の浸漬タンクに投入した後、大量の水を供給するバッチ方式により

浸漬操作が行われる。洗米操作は、浸漬タンク内で水を循環・排出する方法が一般的である。また、浸漬操作後、そのままの状態浸漬タンク下部より浸漬水を全量排出し、蒸きょう装置（蒸気処理によって蒸米を製造する装置）に移送されるまでの待機作業が水切り操作となる。本検討では、このような一連の操作を研究室スケールで再現する実験系を以下のように設定した。

洗米操作は、白米10gを500ml容ビーカーに入れ、20℃、200mlの蒸留水を投入した後、スパチュラでゆっくりと5回攪拌することとした。浸漬操作は、洗米水を十分に排出した後、あらためて所定の浸漬水温に調整された200mlの蒸留水をビーカーに投入した。所定の浸漬時間後、浸漬水を排水しメッシュ状の金網容器に浸漬米を移してさらに所定温度（水切り温度）、所定時間（水切り時間）自然に米表面についた水を落させ水切り操作とした。水切り操作後の吸水率を浸漬米吸水率（%）として（浸漬米重量/白米重量-1）×100より算出した。本検討ではこの実験系により、洗米の有無、白米温度（10℃、30℃）、浸漬水温（6℃、10℃、15℃）、水きり温度（10℃、30℃）および時間（20分、120分）による蒸米への影響を調べた。

3. 蒸米の調製と解析

浸漬米を甗（コシキ）を用いて蒸きょうすることによって蒸米を得た。蒸米は、蒸きょう後30分間正確に放冷した後、赤外線水分計（株式会社ケット科学研究所FD-610）により水分量を測定した。30分間の放冷時間を設定したのは、蒸きょう直後の蒸米は水分の揮散が激しいため正確な水分量の測定が困難だからである。蒸米の物性は動的粘弾性測定装置（レオグラフマイクロ粘弾性測定装置、株式会社東洋精機製作所）を用いて貯蔵弾性率G'を測定した。貯蔵弾性率G'は粘弾性体の力学的に検地できる見かけ上の要素で、試料の硬さ（弾性）成分を反映する⁵⁾。測定は一粒ずつ行い、画像処理装置を用いて投影面積を測定して単位面積あたりの値を算出した。また、同時に伝統的な蒸米の硬軟判定手法である、掌で押しつぶして餅状に練って評価する「ひねりもち」による官能評価も行った。蒸米の評価は5段階の評点法（1：硬い⇔5：軟らかい）とした。パネルは本学所属の教員と学生計19名である。蒸米の酵素消化性試験は国税庁所定分析法⁶⁾および酒米研究会統一分析法⁷⁾をもとに一部改変して行った。すなわち、10gの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α

-アマラーゼ力価が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。この酵素溶液は清酒もろみ中の酵素組成を擬して調整されている。分析はそれぞれの項目で各試料について4回行った（変動係数は各分析項目ともに0.05以下）。

4. 清酒醸造試験

本醸造試験では、表1の操作区分により得られた蒸米サンプル①～④について、麹菌を繁殖させない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⁴⁾。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1 清酒醸造試験試料区分

	白米温度（℃）	水切り時間（分）
サンプル①	10	20
サンプル②	10	120
サンプル③	30	20
サンプル④	30	120

全サンプルとも浸漬水温10℃、浸漬時間120分、水切り温度10℃とした。サンプル①は、品温が10℃の白米を20分間水切り後、蒸きょうして得られた蒸米により清酒醸造試験を行ったことを表す。

表2 もろみ配合と仕込温度

	添仕込	伸仕込	留仕込	合計
麹米（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。

5. 生成酒の分析および官能評価

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⁶⁾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19名とした。

実験結果および考察

1. 白米温度の蒸米への影響

1) 洗米操作を行わない場合

清酒製造場に入荷された玄米は搗精により白米が調製され、その後、洗米、浸漬、水切り、蒸きょうの各操作を経て蒸米となる。ここでは、近年、その簡便性から期待される洗米を行わない条件下で、白米温度が蒸米に及ぼす影響について調べた。検討は、白米温度を10℃と30℃に設定し、一般的な製造条件により浸漬（水温6、10、15℃、時間120分）、水切り（10℃、20分）を行い、蒸きょうにより得られた蒸米の特性を解析した（図1）。

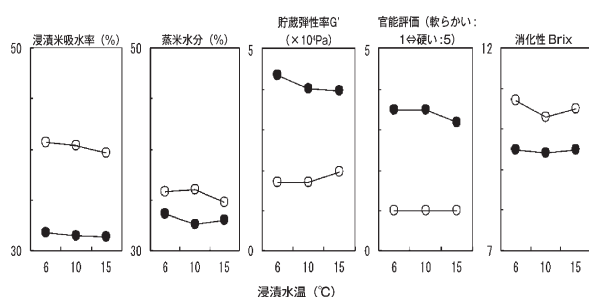


図1 白米温度が浸漬米吸水率および蒸米特性値に及ぼす影響（洗米処理を行わない場合）

—●—：白米温度10℃ —○—：白米温度30℃

各分析項目ともに、浸漬温度にかかわらず白米温度10℃と30℃には $p < 0.01$ で有意差が存在した。

水切り後の吸水状態を反映する浸漬米吸水率を測定した結果、浸漬水温にかかわらず白米温度10℃では30℃に比較して吸水率が低かった。次いで、この浸漬米を蒸きょうし蒸米を得たところ、測定したすべての蒸米特性値（蒸米水分、貯蔵弾性率G'、官能評価、消化性Brix）で白米温度による差異が生じた。すなわち、白米温度が10℃の場合、蒸米水分が低く、硬さの客観的指標である貯蔵弾性率G'や官能評価値から硬い蒸米であることが明らかになった。また、酵素消化性を表すBrix値も低くなり消化性にも劣った不良蒸米であることが示された。この低いBrix値は、蒸きょう時の水分量が少ないため含有する澱粉の糊化が不十分であることが原因と考えられた。これらの結果は白米温度が蒸米特性にきわめて大きな影響を与えることを示す。一方、今回設定した一般的な浸漬水温域である6～15℃においては蒸米に与える差異は認められず、浸漬水温の蒸米への影響は小さいことが明らかになった。

2) 洗米操作を行った場合

洗米操作を追加した場合について検討した。洗米操作は浸漬操作の直前に行われる。検討の結果、同様にすべての浸漬米吸水率および蒸米特性値で白米温度10℃と30℃に有意差が認められ、洗米操作を行った場合でも白米温度が蒸米特性に影響を与えることが明らかになった（図2）。ただし、白米温度10℃と30℃の各分析値の差を浸漬水温6、10、15℃の平均値として算出すると、洗米操作によりその差が小さくなること（浸漬米吸水率：8.7→2.3%、蒸米水分：2.4→1.6%、貯蔵弾性率G'：2.3→1.6（ $\times 10^4$ Pa）、官能評価：2.4→1.2、消化性Brix：1.0→0.4）も明らかになった。これは、洗米操作が白米温度の高低によって生じる蒸米への影響を緩和することを示唆する。洗米操作は、短時間であるが一定温度（20℃）の洗米水で攪拌するため、洗米水－白米間で熱交換が起こり、米温が均一化したものと考えられた。近年、清酒醸造においても、洗米排水の処理問題や精米技術の向上による糠の軽減などにより、洗米操作を省略あるいは短縮する製造場が多くなっている。しかし、本結果は、このような製造操作が蒸米や生成酒へ与える悪影響を危惧するものとなった。

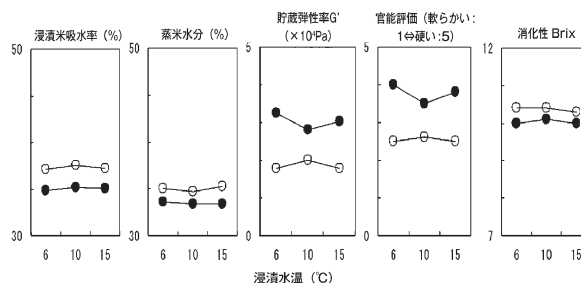


図2 白米温度が浸漬米吸水率および蒸米特性値に及ぼす影響（洗米処理を行った場合）

—●—：白米温度10℃ —○—：白米温度30℃

洗米操作は、浸漬操作直前に20℃の洗米水を用いて実施した。各分析項目ともに、図1と同様に浸漬温度にかかわらず白米温度10℃と30℃には $p < 0.01$ で有意差が存在したが、その差は小さくなった。

2. 製造現場での改善策の検討

低温白米による不良蒸米の発生を防止するため、水切り条件（時間、品温）が蒸米特性に及ぼす影響を検討した。製造現場では大量の水を使用する浸漬水温をコントロールすることは実際上困難であるため、水切り操作による改善を目指した。白米温度は10℃（低温）及び30℃として検討を行った。

1) 水切り時間の影響

一般的な浸漬条件により浸漬(水温10℃、時間120分)後、水切り時間を20分と120分に延長した場合の浸漬米吸水率および蒸米特性値に与える影響を調べた。水切り温度は10℃とした。検討の結果、白米温度10℃かつ水切り時間20分の場合、吸水不足の不良蒸米となるもの(図3)、水切り時間を120分に延長することにより各測定値は大幅に改善し、白米温度30℃の場合とほぼ同様の良好な蒸米になった(図3)。

一般に、浸漬後の水切り操作は、米粒表面に付着した水滴を取り除き、蒸きょう操作に余分な水分を持ち込まないために実施されるものであるが、本検討結果からは、白米温度が低く吸水が不足している場合には、付着した水滴が米内部へ取り込まれることを示している。このことは、浸漬時に吸水不足となる低温白米においても、水切り時間を延長することで吸水量の再調整が可能であることを意味する。伊藤⁸⁾は、白米の吸水は分子レベルの細孔の中に浸透する部分と亀裂などの間隙に水が保持される部分があることを明らかにしている。このことから、いったん浸漬操作が終了しても水切り操作により米粒が空気と接触すると、あらたに表面に微細な亀裂が生じ、ここに水滴の一部が吸収されたものと考えられた。

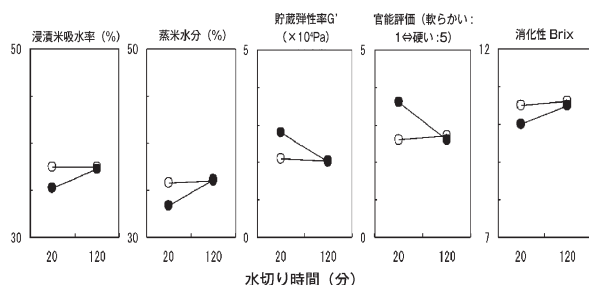


図3 水切り時間が浸漬米吸水率および蒸米特性値に及ぼす影響

●: 白米温度10℃ ○: 白米温度30℃
各分析項目ともに、水切り時間20分における白米温度10℃と30℃には $p < 0.01$ で有意差が存在するが、水切り時間120分では両者に有意差は存在しない。

2) 水切り温度の影響

浸漬操作後、水切り温度を6℃と15℃に設定した場合について検討した。水切り時間は120分である。検討の結果、水切り温度にかかわらず白米温度10℃および30℃ともに良好な蒸米となった(図4)。

以上の結果により、低い白米温度により吸水不足となった場合、水切り時間を適切に延長することが有効な改善策であると考えられた。

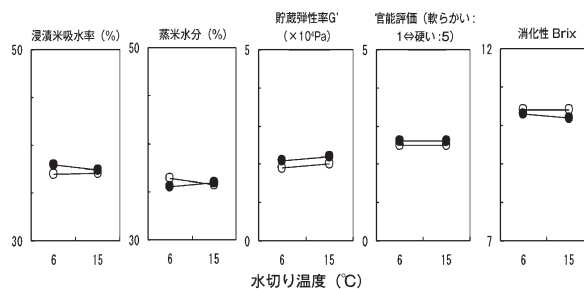


図4 水切り温度が浸漬米吸水率および蒸米特性値に及ぼす影響

●: 白米温度10℃ ○: 白米温度30℃
各分析項目ともに、水切り温度にかかわらず白米温度10℃と30℃には有意差は存在しない。

3. 清酒醸造試験

水切り時間を延長した原料処理条件で得られた蒸米を用いて清酒を製造し、生成酒への影響を確認した。検討した蒸米は、2-1)により調製された表1の蒸米サンプル①~④である。すなわち、サンプル①が低温白米により吸水不足となった不良蒸米、サンプル②は低温白米による吸水不足を水切り時間の延長により改善させた蒸米、サンプル③、④はもとより白米温度が高く良好な蒸米である。

図5に、発酵過程におけるもろみの減少重量を測定し、発酵状態を示した。これは、発酵が活発であれば炭酸ガスが多く発生するため、定量的にもろみ重量が減少することによっている⁴⁾。サンプル①(白米温度10℃、水切り時間20分)において、もろみの減少重量が少なく発酵不良であることがわかる。これはサンプル①の蒸米水分が少ないため(図3)、糊化度が低く麴酵素による蒸米の糖化が不十分で酵母の栄養源が不足したことによると考えられた。また、サンプル①の生成酒成分を測定したところ、アルコール分が少なく、酸度やアミノ酸度も低く、残渣量が多いことから蒸米の糖化・発酵が不良であることは明らかである(表3)。一方、蒸米サンプル②~④においては有意な差異は認められず良好な発酵および生成酒成分であった。また、生成酒の官能評価の結果、不良蒸米サンプル①のみが低くなった。サンプル①は、「異臭を感じる」とのコメントも多く(8名)製品化は困難である。一方、サンプル②~④について有意差は認められなかった。これらの結果は、水切り時間の延長による酒質への影響がないことを示している。

以上の結果から、低い白米温度を起因とする吸水不足の場合、水切り時間の延長により改善が可能で良質な生成酒を得ることができることを明らかにした。こ

の手法は、清酒製造場においても大掛かりな設備投資を投入することなく直ちに実践できるものである。

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。

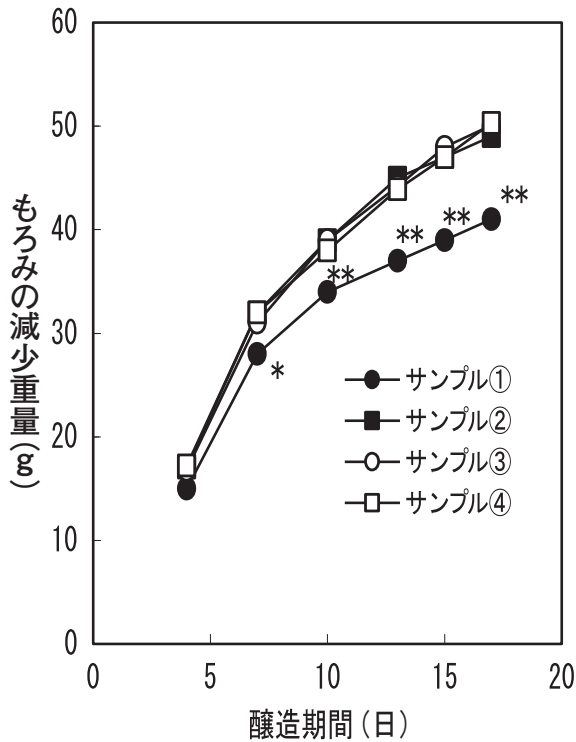


図5 もろみの重量変化

*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。

表3 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)
サンプル①	-3.5a	14.9a	2.21a	1.21a	202a	180a
サンプル②	+0.5b	18.2b	2.76b	1.60b	262b	128b
サンプル③	+0.5b	18.3b	2.77b	1.58b	265b	126b
サンプル④	+0.5b	18.2b	2.72b	1.54b	262b	129b

留仕込後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。

表4 生成酒の官能評価

	香 (1-5)	総合 (1-5)
サンプル①	4.01a	3.98a
サンプル②	2.34b	2.44b
サンプル③	2.28b	2.55b
サンプル④	2.44b	2.42b

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。

参考文献

- 1) 国税庁ホームページ：http://www.nta.go.jp/kohyo/tokei/kokuzeicho/sake2011/pdf/08_suryo.pdf
- 2) 水間智哉, 古川幸子, 小林拡美, 清川良文, 若井芳則：酒造用原料米における砕粒の性質, 日本醸造協会誌, 95, 133-139 (2000)
- 3) 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)
- 4) 水間智哉：原料米の精米条件が生成酒の酒質に及ぼす影響, 西南女学院大学紀要, 17, 37-42 (2013)
- 5) 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵:おいしさのレオロジー. 改定第一版, pp.21-24, 株式会社アイ・ケイ・コーポレーション. 東京, 2011
- 6) 第四回改正国税庁所定分析法注解：pp.150-152, 157-160, 230-231 (2006)
- 7) 酒米研究会統一分析法：http://www.sakamai.jp/bunseki.html
- 8) 伊藤清：酒米の微細構造と消化性, 日本醸造協会誌, 87, 497-502 (1992)

Influences of Soaking Conditions on the Characteristics of Steamed Rice

Tomochika Mizuma

<Abstract>

This study examined the influences of rice-rinsing, soaking, and drainage conditions on steaming in the process of sake brewing to determine both the causes of poor-quality steamed rice and their practical preventive measures. The results were as follows: 1) the temperature of polished rice markedly influenced the characteristics of steamed rice because when it was low, the quality of steamed rice was poor due to a low moisture content, resulting in hardness and poor enzymatic digestibility; 2) rice rinsing reduced variation in the characteristics of steamed rice due to differences in the temperature of polished rice; and 3) appropriate drainage temperature control was an effective preventive measure against poor-quality steamed rice. This method was also practical, as it did not affect the quality of sake.

Keywords: brewing, soaking, drainage, steamed rice, quality of sake