

## 泡盛原料米の吸水機構の解明と制御法開発

### － 砕米と健常米（丸米）の違いについて －

豊川哲也、玉村隆子、比嘉賢一

2008年に発覚した汚染米の不正転売事件を受け、泡盛原料である砕米の輸入が中止され、2010年からは健常米（丸米）が輸入されるようになった。各酒造所では、主に吸水工程を変更し原料米の変更に対応したが、その妥当性は不明である。そこで、本試験では吸水工程の機構解明と制御法の開発を目的に各種試験を実施した。その結果、丸米は砕米と比較して粒径が大きく、更に分布が広いこと吸水条件の管理をしっかりと行う必要があることを明らかにした。また、丸米の吸水はクラックの発生とクラックからの水の滲入に大きく依存することが示唆された。さらに、クラック発生量は浸漬温度と時間で制御可能であること等を明らかにした。

#### 1 はじめに

2009年以前の泡盛用原料米は、タイ国産の砕米が使用されてきたが2008年に発覚した汚染米の不正転売事件を受け、砕米の輸入が中止された。砕米に代わり2010年からは、うるち精米（丸米）が輸入されるようになった。この変更に伴い、酒造各社は製造工程の変更を余儀なくされた。そのため、丸米を使用し始めた当初は、出麴の品質が案定せず酒質の変化や、アルコール取得量低下等の事例が頻発した。現在、多くの酒造会社では問題解決が図られているようであるが、幾つかの酒造所では、醸造回数の少なさに起因する調整不足や、製造ラインの硬直化から丸米への切り替えがスムーズに行かない酒造所が複数見受けられる。

また、泡盛原料米に関しては今回の破碎米から丸米への変更だけではなく、タイ米の品質や国際的輸入環境の問題も指摘されている。2011年タイでは、大洪水が発生し穀倉地帯であるタイ中部では稲作に大打撃を与えた<sup>1)</sup>。幸いなことに、タイ東北部が大豊作だったことや乾期作が増産されたことから泡盛原料米への影響はほとんどなかった。しかしながら、今後も同様の事態が生じる可能性は否定できず、その際はタイ国以外からの調達などの必要性に迫られると懸念される。

酒米の研究は数多くなされているが、そのほとんどが日本酒用のジャポニカ種<sup>2-3)</sup>に関するものであり、泡盛製造に利用されるインディカ種<sup>4-5)</sup>に関する報告は少ない。そこで、本試験では泡盛製造用のインディカ種の醸造特性、特に蒸し米の出来具合に大きく関与する吸水機構の解明および吸水制御法を開発することを目的とした。

制御法に関しては、近年、技術開発・新製品開発を効率的に行う開発技法として注目されている品質工学<sup>6)7)11)</sup>の適用を試みた。

## 2. 実験方法

### 2-1 原料米

タイ国産米は2012年に沖縄県に輸入された政府のミニマムアクセス米であるタイ国産長粒米（丸米）を用いた。また、別ロットとして個人輸入によりタイより輸入されたものを使用した。砕米は、ミニマムアクセス米を破碎したものを用いた。日本米は沖縄食糧株式会社のブレンド米であるテイスティーホワイト守礼を使用した。

### 2-2 物理量の測定

粒径測定は、ノギスを用いて各原料米300粒を測定した。表面積ならびに体積はコメを回転楕円体と仮定し次の式にて計算した。百粒重は、各米百粒の重量をmg単位で測定した。

$$\text{体積 } V = 4/3 \pi abc \dots\dots\dots (式1)^*)$$

$$\text{表面積 } S = 4\pi \left( \frac{a^p b^p + a^p c^p + b^p c^p}{3} \right)^{1/p} \dots\dots (式2)**)$$

\*) 2a, 2b, 2c はそれぞれ主軸の長さを示し、今回は  $b = c$

\*\*)  $p = 1.6075$

### 2-3 吸水率および吸水過程の観察

吸水率の測定は、酒造用原料米全国統一分析法<sup>8)</sup>および酒類総合研究所標準分析法<sup>10)</sup>に従った。また、吸水過程はデジタルマイクロスコープ（キーエンス社、VHX-2000）を使用し、ハイダイナミックレンジで観察した。

### 2-4 統計解析

統計処理は、EXCEL（マイクロソフト社）、EXCEL統計（エスミ社）にて、分散分析ならびにTukeyの多重比較検定を行った。

### 2-5 パラメータ設計

品質工学の適用に関しては、パラメータ設計におけるSN比と感度の計算に解析ソフトQeq304E（（社）山陽技術研究会）を使用した。

### 2-6 蒸きょう、製麴、小仕込み試験

個人輸入丸米500gを37℃の温水で洗米した後、それぞれ20、40および50℃で40分浸漬処理し、直径240mmのザルに移しスチームコンベクションオープン（株エフ・エム・アイ、VX304）を用いて、99℃で45分蒸きょうした。

蒸米水分は、蒸米約10gを精秤し蒸圧加熱乾燥法<sup>9)</sup>で測定した。種麴として石川種麴店製の種麴を用い、種付けから27時間目までを温度36℃、湿度98%で、その後42時間目までは温度34℃、湿度96%の条件下で製麴した。

麴200g、汲水歩合170%で小仕込み試験を行い、発酵経過は炭酸ガス発生量を測定した。酵母は乾燥泡盛101号酵母を用いた。

## 3. 実験結果

### 3-1 原料米の特性

表1に丸米と碎米および日本米の粒径、表面積ならびに体積を示す。丸米の短径は、ほぼ碎米の粒径と一致し、長径は約4倍であった。また、丸米は表面積で碎米の3倍、体積で1.6倍であった。一方、表面積を百粒重量で除した比表面積は丸米で14.8 mm<sup>2</sup> / g、碎米が14.2 mm<sup>2</sup> / g

となり顕著な差は認められなかった。

図1および図2に、各米の体積ならびに表面積の分布を示す。丸米は碎米に比べ両指標ともブロードな分布を示した。さらにタイ丸米にはショルダーピークが認めら

れ少なくとも2品種のブレンド米であることが推察された。以上のことから、丸米は碎米にくらべ吸水条件の管理をよりいっそう行う必要があると考えられる。日本米は、丸米と碎米の間の特徴を示した。

### 3-2 浸漬温度および時間が吸水率に与える影響

浸漬温度を15℃から75℃まで変化させ、吸水率の変化を測定した。コメデンプンの糊化温度である65℃以上で吸水率は大きく上昇し、35～40%まで吸水したがコメ表面の粘着性が高く蒸し米には不向きであった。そこで浸漬温度65℃以下で試験を行うこととした。

図3～5に各コメの浸漬温度および浸漬時間の変化が吸水率に与える影響を示す。碎米は比較的短時間で吸水し、浸漬温度20℃以上ならびに浸漬時間20分で吸水率18%前後の平衡状態に達した。日本米は15℃でも時間をかければ吸水率20%前後の平衡状態に達することが確認できた。一方、タイ産丸米の吸水率は浸漬温度と時間に大きく依存し、本ロットでは40℃、120分の浸漬でも平衡に達していないように見受けられる。また、120分後の吸水率も碎米や日本米にくらべて低いことが明らかとなった。以上のことから、丸米では浸漬温度の管理も重要な管理項目であることが示唆された。

### 3-3 吸水過程の観察

丸米での浸漬工程は、浸漬時間以外に温度管理も重要

表1 原料米の物理特性（平均±標準偏差）

	長径(mm)	短径(mm)	表面積(mm <sup>2</sup> )	体積(mm <sup>3</sup> )	百粒重量(g)
丸米	6.99 ± 0.56	1.74 ± 0.09	30.72 ± 3.04	11.15 ± 1.55	2.07 ± 0.03
碎米	1.68 ± 0.17	-	8.93 ± 1.81	7.70 ± 2.48	0.63 ± 0.04
日本米	4.87 ± 0.21	1.92 ± 0.12	24.45 ± 2.09	9.49 ± 1.26	2.00 ± 0.02

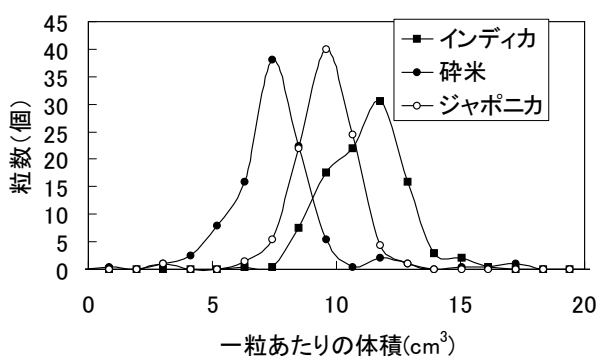


図1 体積分布

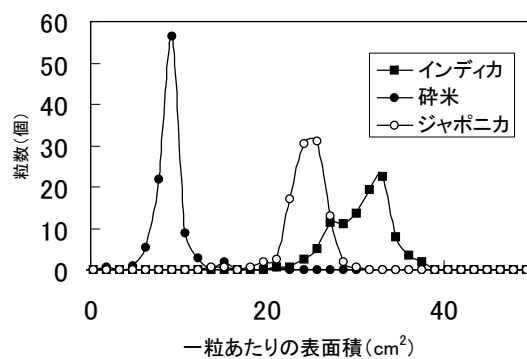


図2 表面積分布

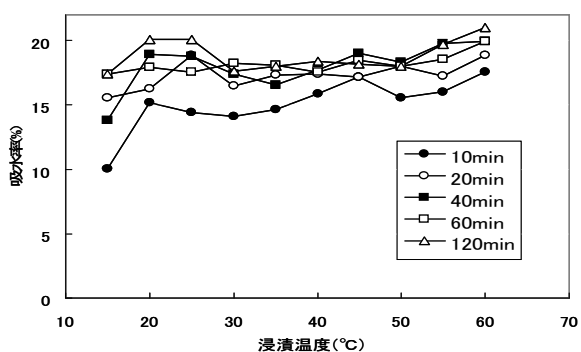


図3 浸漬温度および浸漬時間の変化が碎米の吸水率に与える影響

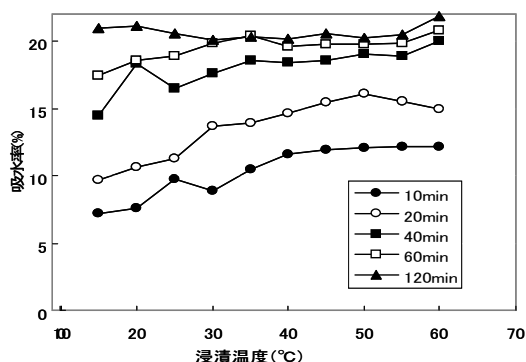


図4 浸漬温度および浸漬時間の変化が日本米の吸水率に与える影響

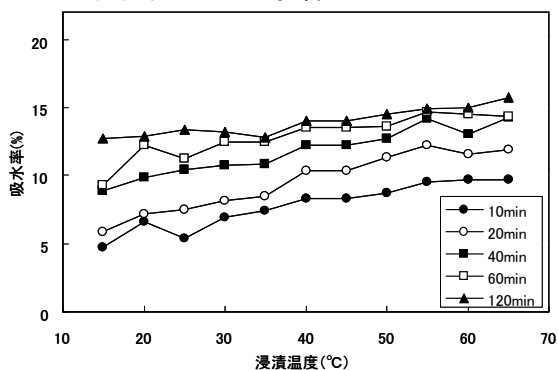


図5 浸漬温度および浸漬時間の変化が丸米の吸水率に与える影響

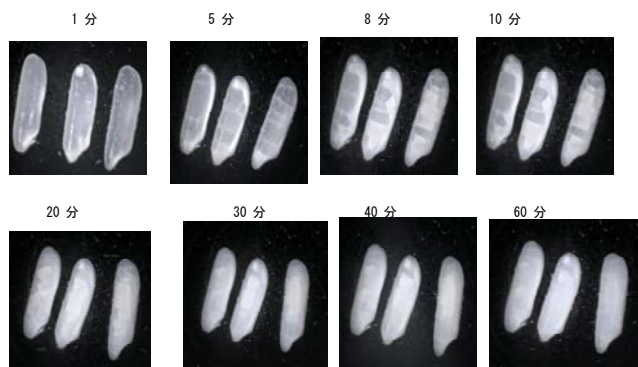


図6 浸漬温度25°Cにおける丸米の表面変化

な管理項目であることが明らかとなった。タイ産丸米の吸水機構を解明するため、各浸漬温度における丸米の外観変化をデジタルマイクロスコープで観察した。

図6に、デジタルマイクロスコープで観察した浸漬温度25°Cにおける丸米の表面変化の様子を示す。まず、吸水初期に丸米の短軸方向にクラックが生じ(1-5分)、続いて長軸方向へのクラックが生じた(8-10分)。このクラックから水の滲入が始まり米粒の膨潤とともにクラックは閉じ始め、水の滲入により米粒は透明感を失い乳白色となっていく(20分以降)様子が観察できた。水の内部滲入は浸漬初期においては胚乳側の側面から起こり、クラックの発生に伴いクラックから周辺へ広がっている。なお、クラックの伸長は、米粒の腹側(胚乳側)および背側でも確認された(図7)。図8に、日本米の浸漬温度45°Cで10分および20分のデジタルマイクロスコープ画像を示す。日本米ではクラックの発生が丸米に比較して非常に少なく、縦方向のクラックもほとんど認められなかった。また、水の滲入は胚乳側からが顕著であるが米粒全体から滲入していることが認められた。

### 3-4 丸米のクラック長と吸水率の関係

デジタルマイクロスコープ観察により、浸漬初期ではクラックの生成が吸水に大きく寄与していることが示唆された。そこで浸漬温度15°Cから65°Cと変化させ、浸漬開始後10分時点での米一粒あたりに生じたすべてのクラック長を測定した。総クラック長の変化を図9に示す。クラック長は浸漬温度に依存して増加し、55°Cをピークに下降に転じた。高温側では、表面の澱粉粒子が糊化膨潤するためクラックの伸長が妨げられると考えられる。

各浸漬温度における、クラック長の経時変化を図10に示す。25°C以上では10分以上の浸漬で表面が乳白色となり計測不能となった。15°Cにおけるクラック長の変化が

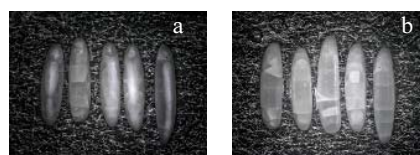


図7 丸米腹側(a)および背側(b)の様子

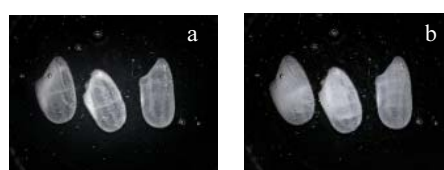


図8 日本米のデジタルマイクロスコープ観察 (a)10分後、(b)20分後

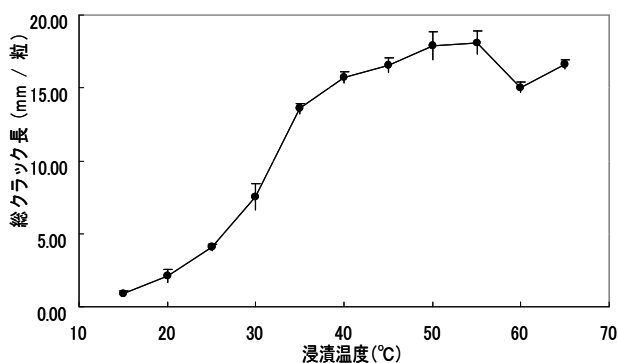


図9 浸漬温度が米粒あたりのクラック長に与える影響 (n=5)

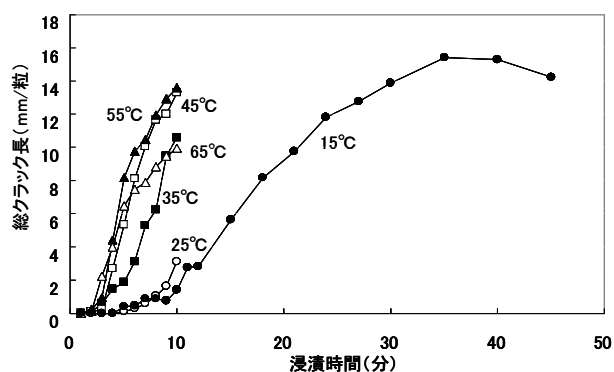


図10 浸漬時間および温度が米粒あたりのクラック長に与える影響 (n=3)

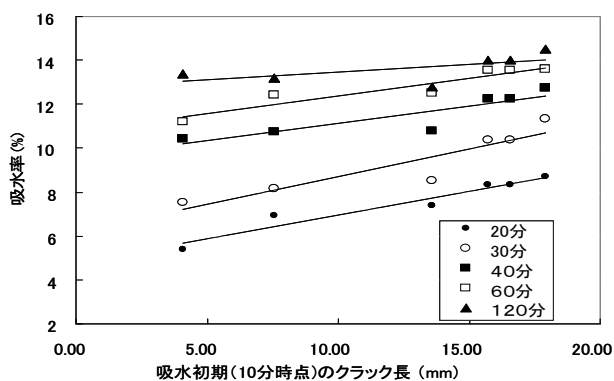


図11 初期クラック長と吸水率の関係

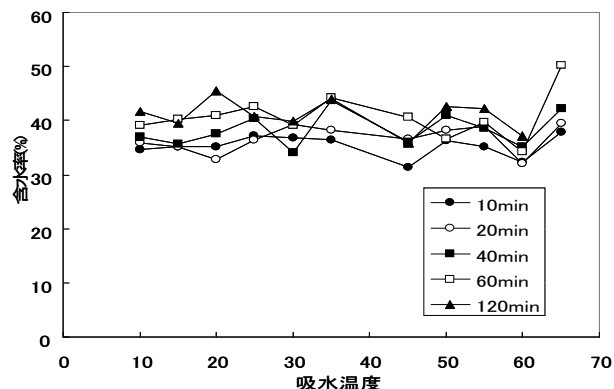


図12 丸米の含水率の変化

らするとクラックの伸長速度は浸漬温度に依存するが、最終的なクラック長は一定となると考えられる。

クラック形成が吸水機構に深く関与することが示唆されたことから、吸水率とクラック長の関係を検討した。図11に縦軸に吸水率、横軸に吸水初期である10分時点のクラック長をとり20, 40, 60, 120分後の吸水率をプロットした結果を示す。その結果、吸水率は浸漬60分までは初期クラック長に依存して大きくなることが認められた。浸漬後120分ではほぼ平衡状態に達している。

以上のことから、タイ産丸米の吸水工程においては特定の温度帯（本試験では25-50°C）の温水を用いて、米に多数のクラックを生じさせ初期吸水を十分行わせることが重要であることが示唆された。また、初期吸水を早めに十分行わせることで、つづく米粒内の水分平衡化の時間を稼ぐことが可能となり、芯のない蒸し米が調製できると推察された。

### 3-5 含水率

泡盛製造では、吸水工程に続き蒸きょうを行う。蒸きょうの目的は、米粒内のデンプン糊化およびタンパク質熱変性を生じさせ麹菌の酵素作用を容易にすることである。そこで、実際の製造現場での工程に習い蒸きょう工程に入る直前の水切り工程直後の酒米について考察した。蒸きょう工程では、米粒の外側に存在する付着水の米粒内への吸収が起こり米粒の水分増加が起こる。そこで、遠心による脱水をおこなわず米粒外の水分量も同時に重量測定した含水率を測定した（図12）。丸米の含水率は、吸水温度および時間に関係なくほぼ一定であった。砕米および日本米でも同様に一定の水分量を示したが、含水率は丸米と比較して10~15%程度大きく砕米では約55%、日本米では50%を示した。

これは、砕米および日本米は丸米と比較して粒径が小さいため、一定重量あたりの表面積が大きくなり多くの付着水が米粒にまとわりつくためだと考えられる。これは、付着水の制御が粒径依存的であり、付着水の制御が温度や時間で制御できないことを示す。すなわち、丸米での蒸きょう工程で水分調整が必要になることを示すデータと考えられる。

### 3-6 タイ産米のロット差について

現在、泡盛原料のタイ産米は年4回輸入されているが、品種やアミロース含量などが管理されておらず泡盛醸造における大きな誤差因子となっている。また、原料米の物理特性でも見たように輸入丸米には一粒当たりの体積のピークが2箇所認められ、異なる品種の混合米であることが示唆された。そこで、ロットの違いが吸水率に与

える影響を検討した。原料丸米は11月入荷品（ロットA）、個人輸入タイ産丸米（ロットB）および8月入荷品（ロットC）を用いた。

図13に浸漬温度15℃ならびに55℃での、丸米各ロットの浸漬時間と吸水率の関係を示す。浸漬時間の増加に伴い吸水率は増加するが、吸水率はロットに大きく依存することが認められた。すなわち、米の品種や栽培条件等の酒米特性を指定できない現状では、最適条件で製造を行うにはロットが代わるたびに吸水条件の検討が必要となる。または、吸水時間や温度を必要以上にとることになり製造コスト上昇の要因となることが認められた。

### 3-7 吸水の制御法について

以上のように、丸米で良い蒸し米を作るためには吸水率の制御が重要であり、それには浸漬温度と浸漬時間が大きく関与することを述べてきた。また、現状では酒米特性を指定して購入できないことからロット差が大きな誤差要因になることを明らかにした。酒米の吸水過程は、水質や洗米温度、酒米水分、酒米品種、精白度合い等、数多くの因子に影響される<sup>2-3)</sup>。そのため、これら吸水過程に関する因子を如何に制御するかが重要となる。

近年、技術開発・新製品開発を効率的に行う開発技法

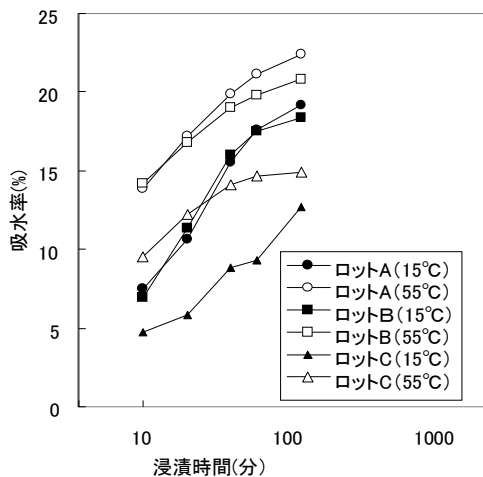


図13 各ロットの吸水率と時間の関係

表2 入力信号が浸漬時間のSN比

	デシベルSN比	dB感度	SN比利得	感度利得	SN比利得	感度利得
実験	$\eta$ [dB] = 10 $\times \log_{10} \eta$	S [dB] = 10 $\times \log_{10} S$	dB	dB	実数	実数
15℃	-25.29	-34.25	5.78	-0.01	3.78	1.00
25℃	-27.96	-34.58	3.11	-0.34	2.04	0.93
35℃	-31.07	-34.24	0.00	0.00	1.00	1.00
45℃	-25.45	-33.69	5.62	0.55	3.65	1.14
55℃	-26.15	-34.39	4.92	-0.15	3.10	0.97

である品質工学<sup>1)</sup>が注目を集めている。従来の技術・製品開発では、無数の条件組み合わせのなかから、重要そうな製造因子を選定し、いくつかの水準を設定して品質特性を調べる一因子実験を行うのが一般的である。しかし、この方法では最適解と考えた因子水準を組み合わせた場合、予想もしなかった問題が発生し、これを解決するために再試験を繰り返すという場合がほとんどである。品質工学では、パラメータ設計という手法により、少ない組み合わせの実験で、ばらつきが少ない最適条件を効率よく設定することが可能である。そのため、開発・設計のフロントローディング化に有効で、着実に普及しつつある手法である。本試験では、丸米の吸水工程の最適化に品質工学の適用を検討した。

本試験の目的は「よい蒸し米を製造する工程を開発する」ことである。よい蒸し米の最大の条件は芯がなく米粒内部のデンプンやタンパク質が十分加熱されていることである。すなわち、水分が速やかに吸収され米粒内部で平衡化することだと考えられる。そこで、吸水の基本機能を浸漬時間に対する吸水率の増加と設定した。植物の成長や人口増加などの自然現象はS字型の曲線を示すことが知られており、時間と吸水率の関係にも典型的な成長曲線の関係が認められた。代表的な成長曲線に、ゴンペルツ曲線があり式3で示される。

$$y = Kb e^{-cx} \dots\dots\dots (式3)$$

ゴンペルツ曲線の式を適宜変形すると、

$$\log(y) = \log(K) + e^{-cx} \log(b) \dots\dots\dots (式4) \text{ ここで、}$$

$Y = \log(y), P = \log(K), Q = \log(b)$  とすれば、

$$Y - P = e^{-cx} Q \dots\dots\dots (式5)$$

$$(Y - P) / Q = e^{-cx} \dots\dots\dots (式6)$$

さらに式を変形して

$$y = -\ln((Y - P) / Q) = cx = \beta T \dots\dots\dots (式7)$$

となり、線形性がえられ、品質工学の基本機能の適応が可能となる。

本式にて吸水率を対数変換し、信号因子に吸水時間を、誤差因子にロットA, B, Cを、出力信号に吸水率を割り付けて所定温度で吸水試験を行ったデータに関してSN比ならびに感度を算出した。表2に結果を示す。

浸漬温度が35℃の条件を現行条件として利得を計算した。その結果、15℃の条件でSN比が5.78dB向上することが認められた。一方、感度に顕著な変化は認められなかった。以上のことより、浸漬時間を制御因子として直交表に割り付けて試験を行うことで安定性の向上が図れると考えられた。

そこで、誤差因子を米のロット、信号因子を浸漬時間、制御因子を洗米温度、浸漬時間ならびに水質として表3の条件で2水準L4の直交表に割付け、動的特性を検討した。なお、浸漬時間は5, 10, 20, 30, 40, 60分の6水準、実験繰り返し回数4回とし、水質の検討に用いた軟水は蒸留水、硬水はミネラルウォーター（コントレックス、硬度1551）を用いた。

吸水試験の直交表L4における因子効果のグラフおよび全組み合わせ推定値を図14および表4に示す。表4の組み合わせ推定表から実験No.2、すなわち洗米温度25℃、散水温度45℃および硬水を用いた場合がもっともSN比

が高いことが推定された。そこで、この条件で確認試験を行った。また、比較として現行条件、洗米温度35℃、浸漬温度35℃、軟水の条件での試験を行った。結果を表5に示す。また、吸水率を対数変換した結果を図15に示す。

計算の結果、現行条件と比較して最適条件ではSN比が1.99dB（実数で1.58倍）、感度が0.6dB（実数で1.15倍）向上したことが明らかとなった。また、推定値と確認試験の差は2.6dBで非常に良い再現結果を示した。図15の現行条件では、給水時間の増加に伴いロットCの最適条件で感度（吸水率の傾き）の向上が認められた。また、ロットBとCの差が小さくなりSN比が向上した事が認められた。

表3 吸水に関する制御因子と水準

制御因子	水準 1	水準 2
A : 洗米温度	25℃	35℃
B : 散水温度	45℃	50℃
C : 水質	軟水	硬水

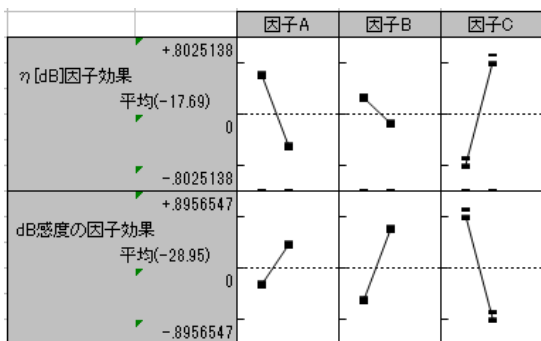


図14 因子効果のグラフ

表4 組み合わせ推定値表

実験 No	A	B	C	$\eta$ [dB]	$\eta$	$\beta$	感度	dB感度
1	1	1	1	-17.72	0.016	0.035	0.0012	-29.02
2	1	1	2	-16.11	0.023	0.027	0.0006	-30.81
3	1	2	1	-18.14	0.016	0.040	0.0016	-27.81
4	1	2	2	-16.54	0.022	0.033	0.0010	-29.60
5	2	1	1	-18.83	0.012	0.038	0.0015	-28.27
6	2	1	2	-17.23	0.018	0.031	0.0009	-30.06
7	2	2	1	-19.25	0.011	0.044	0.0019	-27.07
8	2	2	2	-17.65	0.018	0.036	0.0013	-28.86

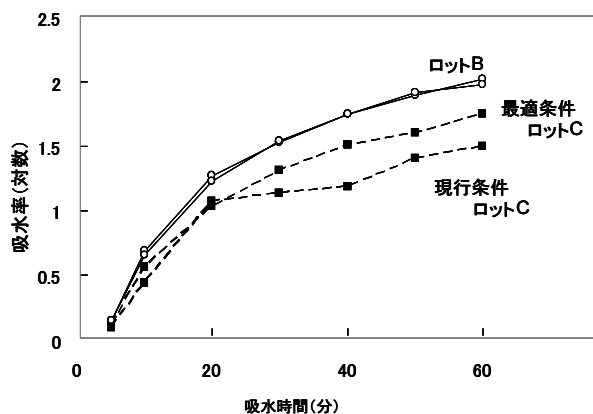


図15 最適条件と現行条件での吸水率経時変化の違い

表5 確認試験SN比および感度

No	デシベルSN比	dB感度	SN比利得	感度利得	SN比利得	感度利得
	$\eta$ [dB] =10 $\times \log_{10} \eta$	S[dB] =10 $\times \log_{10} S$	[dB]	[dB]	実数	実数
最適条件	-18.68	-28.85	1.99	0.60	1.58	1.15
現行条件	-20.67	-29.45				

麴の製造工程で重要な吸水率を基本機能として試験を行った。今回、除湿器をかけた部屋でロットBを保存していたため、ロットBの水分が低下し吸水性が非常に良くなり、ばらつきが少なくなったことと、吸水は製麴のもっとも初期の工程であるため制御因子が多く取れずSN比および感度の向上がはかれなかった。蒸きょう工程、または製麴工程で基本機能を設定することができればより多くの制御因子が設定でき、さらなるSN比ならびに感度の向上が図られると予想される。

### 3-8 蒸きょう、製麴、小仕込み試験

丸米を35℃で洗米し、20、40、50℃の浸漬温度で40分浸漬した後99℃で45分蒸きょうした。いずれの浸漬温度で処理した蒸米も適度にさばけが良く、芯も残っていなかった。

蒸きょう後の製麴工程では、温度や湿度の条件以外に蒸米水分が麴の酸度や酵素活性といった麴の出来具合に影響する。丸米では、浸漬温度の違いがクラック形成に影響することが明らかとなったことから、同様に蒸米水分量にも違いがあると考え、所定の温度で浸漬処理を行った後、蒸きょうを行って蒸米水分を測定した。表6に結果を示す、吸水率の結果とは逆に50℃、40℃、20℃の順に蒸米水分が高くなる傾向が認められた。詳細な原因は不明であるが、米の周りに付着した水分の吸収に違いがあるのかもしれない。また、異なる浸漬温度で処理した蒸米について、製麴を行ったところ、出麴酸度はいずれも酸度3以上と十分な酸が得られた。

表6 浸漬温度の違いが蒸米水分と出麴酸度に与える影響

	20℃	40℃	50℃
蒸米水分 (%)	31.24	29.81	28.29
出麴酸度	3.81	4.46	4.16

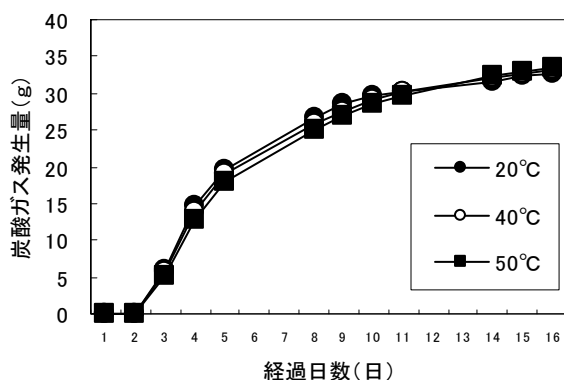


図16 浸漬温度別小仕込み発酵経過 (n=2)

図16に今回得られた麴での発酵経過を示す。発酵経過に大差はなく、発酵16日目のもろみでアルコール16%以上となっていた。

以上のように、通常は行われなような浸漬温度帯である40℃～50℃の場合でも、蒸米、出麴およびもろみの状態は良好であり、本試験で明らかにした吸水工程の管理条件は酒造所の製造現場でも十分実施可能である。

### まとめ

泡盛原料に丸米が使用されて3年が経過した。この間、丸米での醸造に適応できた酒造所もあるが、未だに試行錯誤を繰り返している酒造所もある。また、タイ産米は品質や品種指定ができないためロット毎に製造条件を微調整せざるを得ない。また、気候変動や国際情勢の変化によりタイ産米が輸入できなくなる可能性も否定できない。こうした、状況を改善するためには、インディカ種といわれる硬質米の基本的特性を明らかにし、品種差や産地差などの外乱に頑健なシステムを構築することが必要である。

本試験では、製麴の最も上流の工程である吸水工程の機構解明と制御法の開発を目的に各種試験を実施し、いくつかの知見を得たので以下に要約する。

1. 丸米は、碎米と比較して粒径が大きく、更に分布が広いいため吸水条件の管理をしっかりと行う必要がある。
2. 丸米の吸水は、クラックの発生とクラックからの水の滲入に大きく依存すると考えられた。また、クラック発生量は浸漬温度と時間で制御可能であった
3. システムの頑健性を構築するために、品質工学の手法導入が有効であり、品質の安定性向上に寄与すると考えられる。

以上、泡盛原料用のタイ産丸米の吸水特性に関して基礎的特性の解明と制御法開発を検討した。しかし、泡盛製造は吸水工程以降も蒸きょう、製麴、アルコール発酵、蒸留と数段の工程が存在する。これら工程に関しても、製造工程の詳細な解明と制御法の開発が進展することで、工程の頑健性の向上と制御の容易性が確保されることが期待される。

本研究は、平成24年度企業連携共同研究支援事業、及び「丸米を用いた泡盛製造の安定化の検討 (2012技010)」として実施した。研究の遂行に当たり共同研究先の瑞泉酒造株式会社に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 農中総研、調査と情報、2012.3 (第29号)
- 2) 酒米の微細構造と消化性、伊藤清、醸造協会誌第87巻第7号、497-502、(1992)
- 3) 浸漬における白米の吸水に対する水温と浸漬時間の影響、古浦二郎、玉置雅彦、荒巻功、猪谷富雄、醸造協会誌、第105巻、第8号、539-545 (2010)
- 4) 硬質外米処理の原理と実際、久米僂、醸造協会誌第90巻 第1号27-31 (1995)
- 5) 味噌用輸入米の加工適正、海老根英雄、醸造協会誌第89巻 第1号33-38 (1994)
- 6) 田口・久米編、化学・薬学・生物学の技術開発(品質工学応用講座)、日本規格協会
- 7) 島田、渡辺、品質工学の手法を用いた伝送損失のシミュレーション解析、エレクトロニクス実装学術講演大会講演論文集、Vol. 21 (2007)
- 8) 酒造用原料米全国統一分析法、酒米研究会、昭和51年10月21日 制定
- 9) 食品分析法、光琳
- 10) 酒類総合研究所標準分析法、独立行政法人酒類総合研究所、平成22年11月4日制定
- 11) 品質工学応用講座 化学・薬学・生物学の技術開発、田口玄一編集、(財)日本規格協会 (1999)



編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。