小型精米機の開発と精米条件の設定

荒 巻 功・武田 俊久・*清水 明・**増井 計彦

木崎 康造・小林 信也・岡崎 直人

(国税庁醸造試験所, *(株)加工米育種研究所, **(株)チヨダエンジニアリング)

平成4年12月24日受理

Development of a Compact Testing Mill and the Determination of Polishing Conditions

Isao ARAMAKI, Toshihisa TAKEDA, Akira SHIMIZU*, Kazuhiko MASU**,
Yasuzo KIZAKI, Shin-ya KOBAYASHI and Naoto OKAZAKI

(National Research Institute of Brewing, 2-6-30 Takinogawa, Kita-ku, Tokyo 114,
*Rice Breeding Research Laboratories, 6-6-3 Minamiyoshinari, Aoba-ku,
Sendai, Miyagi-ken 989-32, **Chiyoda Engineering Co., Ltd., 2-19
Shinchi, Fuchu-cho, Aki-gun, Hiroshima-ken 735)

A compact and vertical shape testing mill was newly developed, which was able to polish not more than 30 g of rice, in order to construct a mill suitable for small amounts of samples and to obtain a polishing ratio lower than 50%.

The optimum polishing conditions were as follows: 30 g of rice was supplied and the roll (60 mesh) rotation frequency were 1,700 rpm till polishing ratio reached 60%. Then the roll rotation frequency were kept at 1,300 rpm till 40% polishing ratio. Under such conditions the polishing time was minimized to about 2 hr as compared to other polishing conditions. The shape of rice grains was estimated by using an image-processor. Consequently, we were able to control the shape of rice by the new testing mill as well as the practical mill used in sake brewing.

Key words: 精米機・原料米・テストミル

緒 言

近年、農水省のスーパーライス計画¹⁾に見られるように各種用途の原料米の育種が盛んに行われるようになってきている。醸造用原料米についても、日本酒の表示制度の発足²⁾、級別制度の廃止を背景に清酒の多様化が叫ばれる中で、新しい品種の育種が盛んになってきている。

このような状況にあって、醸造用原料米を育種する過程で行われる初期の選抜で、原料白米の成分、精米特性、醸造特性などの把握のために少量(50 g以下)の玄米を精米することが可能な小型精米機が必要とされた。

従来の小型精米機³⁾では、どうしても150 g程度の玄米が必要でまた50%以下の低精米歩合には適していなかった。そこで、国税庁醸造試験所及び(株)加工米育種研究所の共同研究により、(株)チヨダエンジニアリングの協力を得て、小型精米機の開発に着手した。

開発のアウトラインは次のように設定した。

- (1) 30 gでも精米が可能であること。
- (2) 従来の醸造用精米機のノウハウを生かし、精米歩合50%以下の精米が可能であること。
- (3) 精米条件の設定が容易で、再現性がよいこと。
- (4) 堅牢かつ安価であること。

これらの、目標を一応満足する試作機を(株)チヨダエンジニアリングの協力を得て作成し、以下により詳細な条件設定を行った。

実 験 方 法

1. 試 料

平成3年度産、山田錦及び日本晴。

2. 小型精米機の構造

Fig. 1に試作機の構造を示した。試作機の仕様は、Table 1のとおりであるが、主な特徴は、一般の醸造用精米機と同様の堅型であること、精米量が10~70 gで

Fig. 1 Assembly chart of the compact testing mill.

Table 1 Specification of the compact testing mill.

Motor	0.25kw 4P-Motor 100V
Rotation frequency	700~1,700rpm
Circumference velocity	220~503m/min
Sample weight supplied	10~70g
Diameter of roll	100mm
Rotating control	Frequency inverter
Size of testing mill	400×349×920W×D×H(mm)
Weight of testing mill	About 40 kg

あること、ロール回転数の設定を容易にし、かつ、精度を上げるためインバーター制御としたことなどである。

なお、ストレイナーメッシュ（ロールを取り巻く金網で、一面に円形の穴が開けられている）に取り付けられる抵抗片の高さは精米条件にきわめて大きく影響するため、あらかじめ種々の高さのもので試験を行い、高さ2.1mmに設定した。

3. 精米条件の検討項目

精米条件として、ロールメッシュ、ストレイナーメッシュ径、ロール回転数、米の張り込み量をパラメーターとし、精白米の評価は、無効精米歩合、碎米率、精米時間によって評価した。

無効精米歩合(%)=真精米歩合-見掛け精米歩合

$$\text{碎米率}(\%) = \frac{\text{碎米重量}}{\text{全精米重量}} \times 100$$

なお、精米条件は以下の3段階に分けて評価した。

- 1) 見掛け精米歩合 70% での精米条件の設定
- 2) 高精白（精米歩合 40%）の精米条件の設定
- 3) 米粒形状の評価

実験結果及び考察

1. 見掛け精米歩合 70% での精米条件の設定

1) ロール回転数の検討

米の張り込み量を 50g 一定としロールの回転数の検討を行った結果を Fig. 2 に示した。

無効精米歩合は回転数の差異による大きな差はなかったが、碎米率は低速回転よりも高速回転の方が低かった。最適な回転数は、1,100~1,700 rpm であった。

また、回転数を要因とし説明変数を無効精米歩合、碎米率、精米時間にした1因子分散分析を行った結果を Table 2 に示した。碎米率に関して1%水準で有意差が認められ、回転数により碎米率は大きく左右されるが、無効精米歩合には大きな影響がないことが分かった。しかし、米の張り込み量を一定にしたため、回転数が変化すると米の最適な張り込み量も変化する可能性があると考えられた。

2) 最適回転数と米の張り込み量の検討

1) の結果より回転数を 700 rpm, 1,300 rpm, 1,700 rpm の3段階に設定し、最適な米の張り込み量の検討を

Fig. 2 Influence of rotation frequency on the ratio of cracked rice and loss of cracked rice.

Polishing conditions : 50g of sample (*Yamadanishiki*) was supplied and 46 mesh roll and 1.2mm strainer were used. The sample was polished till 70% of apparent polishing ratio.

Table 2 Results of variance analysis (*Yamadanishiki*).

For ration of cracked rice

Parameter	S. S.	D. F.	M. S.	Fo
Rotation frequency	1427	5	285.4	103.8**
Error	33.0	12	2.75	
Total	1460	17		

For loss of cracked rice

Parameter	S. S.	D. F.	M. S.	Fo
Rotation frequency	0.781	5	0.156	2.97
Error	0.631	12	0.0526	
Total	0.1412	17		

*: 5% significant. **: 1% significant.

S. S.: Sum of squares. D. F.: Degrees of freedom.

M. S.: Mean squares. Fo: Ratio of mean squares.

行った。Fig. 3 (a), 3 (b) に示したように回転数の違いで最適な米の張り込み量も変化した。このことを、張り込み量と回転数の組み合わせを要因に説明変数を無効精米歩合、碎米率とした 2 因子分散分析を行って確認した。結果を Table 3 に示したが、張り込み量と回転数の各水準の組み合わせで、水準間に 1% 及び 5% 水準で有意差が認められた。また、張り込み量と回転数の交互作用も 1% 水準で有意差が認められた。従って、米の張り込み量と回転数の組み合わせにより、無効精米歩合、碎米率が大きく左右され、回転数を高速にすれば米の張り込み量が多く、低速にすれば少ない方が良好な精

Fig. 3(a) Influence of supplied sample weight on the ratio of cracked rice.

Polishing conitions : *Yamadanishiki*, 46 mesh roll and 1.2mm strainer were used. The sample was polished till 70% of apparent polishing ratio.

Fig. 3(b) Influence of supplied sample weight on the loss of cracked rice.

Polishing conitions are the same as in Fig. 3(a).

米結果が得られた。

すなわち、1,700 rpm の場合 30~50 g, 1,300 rpm で 20~30 g, 700 rpm で 10~20 g で良好であった。

最適なロールの回転数と米の張り込み量の組み合わせは 1,300 rpm, 30 g で、その場合の精米時間は 40 分程度であった。

3) 品種による差異

2) により得られたロール回転数と米の張り込み量の最適組み合わせ条件は、日本晴でも同様の結果となった。また、その場合の無効精米歩合、碎米率についても山田錦と同等か山田錦の方が高い値を示したため、今後の検討には、山田錦を用いて条件設定を行えば、他の品種に関してもその条件が適用できると推察された。

Table 3 Results of variance analysis
(Yamadanishiki).

For ration of cracked rice

Parameter	S. S.	D. F.	M. S.	Fo
Sample weight	4051	4	1013	34.3 **
Rotation frequency	308.5	2	154.3	5.23*
Interaction	3536	8	442.0	15.0 **
Error	442.9	15	29.53	
Total	8338.4	29		

For loss of cracked rice

Parameter	S. S.	D. F.	M. S.	Fo
Sample weight	25.74	4	6.44	41.0**
Rotation frequency	7.44	2	3.72	23.7**
Interaction	30.25	8	3.78	24.1**
Error	2.35	15	0.157	
Total	65.78	29		

*: 5% significant. **: 1% significant.

S.S.: Sum of squares. D.F.: Degrees of freedom.

M.S.: Mean squares. Fo: Ratio of mean squares.

Fig. 4(a) Influence of rotation frequency and supplied sample weight on the ratio of cracked rice at 1,700 rpm.

Polishing conditions: Yamadanishiki, 60 mesh roll and 1.2mm strainer were used. The sample was polished till 40% of apparent polishing ratio.

2. 精米歩合 40% での精米条件の設定

1) ストレイナーメッシュ径

見掛け精米歩合 70% までの最適精米条件でストレイナーメッシュ径 (直径) がそれぞれ 1.0 mm, 1.2 mm, 1.5 mm のものを用いて 40% まで精米した。その結果、ストレイナーメッシュ径が 1.0 mm, 1.2 mm では大きな差異は認められず良好な結果が得られたが、1.5 mm では無効精米歩合が高く、碎米率が低い結果となった。1.5 mm で碎米率が低くなった理由は碎米が精米室の外

Fig. 4(b) Influence of rotation frequency and supplied sample weight on the ratio of cracked rice at 1,300 rpm.

Polishing conditions are the same as in Fig. 4(a).

Fig. 4(c) Influence of rotation frequency and supplied sample weight on the ratio of cracked rice at 700 rpm.

Polishing conditions are the same as in Fig. 4(a).

へ放出されたためと考えられる。今後の試験には、ストレイナーメッシュ径が 1.2 mm のものを使用した。

2) ロールメッシュの検討

ロールメッシュについては、高精米歩合に用いられる 46 メッシュと低精米歩合に用いられている 60 メッシュ及び 80 メッシュについて検討した。見掛け精米歩合 70% までの最適精米条件でロールを交換し、40% まで精白した結果、46 メッシュでは無効精米歩合、碎米率が高く、良好な結果が得られなかった。60 メッシュ及び 80 メッシュでは 40% まで精米しても無効精米歩合 3%, 碎米率 20% の良好な結果を得た。従って、低精米歩合に対応するには、60 メッシュ以上のロールを使用する必要がある。

Fig. 5(a) Influence of rotation frequency and supplied sample weight on the loss of cracked rice at 1,700 rpm.

Polishing conditions : Yamadanishiki, 60 mesh roll and 1.2mm strainer were used. The sample was polished till 40% of apparent polishing ratio.

Fig. 5(c) Influence of rotation frequency and supplied sample weight on the loss of cracked rice at 700 rpm.

Polishing conditions are the same as in Fig. 5(a)

Fig. 5(b) Influence of rotation frequency and supplied sample weight on the loss of cracked rice at 1,300 rpm.

Polishing conditions are the same as in Fig. 5(a).

3) ロール回転数と米の張り込み量

以上のロール及びブストレイナーメッシュの最適条件を用い、回転数と米の張り込み量に関して Fig. 4 (a), 4 (b), 4 (c) に砕米率, Fig. 5 (a), 5 (b), 5(c) に無効精米歩合の結果を示した。

最適精米条件は、1,300 rpm, 20 g であった。見掛け精米歩合 70% での最適回転数及び張り込み量の検討結果と同様に回転数の変化に伴い最適な米の張り込み量も変化し、700 rpm では 10~20 g, 1,300 rpm では 20~30 g, 1,700 rpm では 30~50 g の条件で無効精米歩合 5% 以下、砕米率 30% 以下の良好な結果が得られた。

見掛け精米歩合 40% までの精米時間は 700 rpm, 10 g で 23 時間, 20 g で 20 時間, 1,300 rpm, 20 g で 3 時間半, 30 g で 4 時間, 1,700 rpm, 30 g で 1 時間, 50 g で 2 時間であった。

最短時間で高精白米 (60~40%) に精米し、最良な結果を得るには、米の張り込み量を 30 g とし、1,700 rpm で 60% (約 20~30 分) まで精米後、1,300 rpm で 40% (1 時間~1 時間 30 分) まで精米すればよいことが分かった。精米時間は約 2 時間であった。またこの場合の白米水分は、精米時間が長くなるに従い減少し、精米歩合 70% で 1~2%, 40% で 2~3% 程度初発水分に対して減少した。

一方、精米後の白米品温は気温に左右されたが、30~40°C の間であった。精米試験の始めに適当量の白米を用いて 30 分程度の慣らし運転によって精米室温度の均一化を図ることにより、再現性のよい精米試験が可能であった。

ところで、30 g の玄米を精米歩合 40% に精米した場合 12 g の白米が得られるが、分析等にそれ以上の試料が必要であれば張り込み量を 60 g としても幾分砕米率が高くなるもの問題なく精白米を得ることが可能であることを、データは示していないが、確認している。

4) 画像処理による精米後の米粒の形

画像処理により米粒の形状 (長さ, 幅, 厚さ) を測定し、斎藤の方法⁴⁾による 原形精米換算精米歩合 (精米係数) で形状変化を評価し、Fig. 6 に示した。その結果、回転数の差異により米粒の長さ, 幅, 厚さそれぞれの減少の程度が異なることが分かった。すなわち、700 rpm と 1,700 rpm を比較すると、低速の場合では米粒が外

Fig. 6 Estimation of polished rice by polishing-coefficient⁴⁾.

Polishing conditions : Yamadanishiki, 60 mesh roll and 1.2mm strainer were used. The sample was polished till a : 80%, b : 60%, c : 40% polishing ratio, respectively. In Fig.6, $\triangle$: polished at 700 rpm, $\square$: polished at 1,300 rpm, $\diamond$: polished at 1,700 rpm, Polishing-coefficient was estimated at respective polishing ratio.

側から同じ割合で削られているのに対し、高速回転では米粒の長さ方向が削られる割合が大きく、結果的に球状精白になっていることが分かった。

このことは、野白ら⁵⁾が醸造用堅型精米機を使用して行った精米試験の結果と一致しており、この度開発した小型精米機によっても、回転数などの設定によって醸造用精米機と同様な条件設定が可能であることが明らかになった。

以上 30 g 以下の少量の米を精白できる堅型の小型精米機を開発し、最適精米条件を設定すると同時に、その形状変化を評価した結果、回転数などのコントロールにより、実用堅型精米機と同様な条件設定が可能であることを明らかにした。しかし、本小型精米機は実用精米機と異なり精米時の圧力を変化させることができず、ほとんど無圧で精米が行われるため、この点に関して実用精米機との違いが精米にどのような影響を及ぼすかは今後の検討課題である。

要 約

- 1) 30 g 以下の少量の米を精白できる堅型の小型精米機を開発した。
- 2) 最短時間で精米歩合 40% に精米し、最良な結果を得るには、米の張り込み量を 30 g とし、1,700 rpm で 60% (約 20~30 分) まで精米後、1,300 rpm で 40% (1 時間~1 時間 30 分) まで精米すればよいことが分かった。精米時間は約 2 時間であった。
- 3) 画像処理により米粒の形状変化を評価した結果、回転数などのコントロールにより、一般の醸造用堅型精米機と同様な条件設定が可能であった。

文 献

- 1) 横尾政雄：食の科学，148，30 (1990)
- 2) 西谷尚道：醸協，85，(6) 369 (1990)
- 3) 国税庁所定分析法注解委員会編：国税庁所定分析法注解，p.453 (1987)
- 4) 斎藤富男：酒米懇談会講演要旨集，16，25 (1992)
- 5) 野白喜久雄・松田真吉・石井 治・益田士郎：醸協，49，(5) 38 (1954)