



Title	搗精特性に与える玄米物性の影響
Author(s)	川村, 周三; KAWAMURA, Syuso; 伊藤, 和彦 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 13(4), 467-476
Issue Date	1983-07-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11989
Type	departmental bulletin paper
File Information	13(4)_p467-476.pdf



搗精特性に与える玄米物性の影響

川村 周三・伊藤 和彦・池内 義則

(北海道大学農学部農畜産加工機械学教室)

(昭和 57 年 5 月 7 日受理)

Effects of Physical Properties of Brown Rice on Milling Characteristics

Shuso KAWAMURA, Kazuhiko ITO
and Yoshinori IKEUCHI

(Laboratory of Agricultural Process Engineering,
Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

I. 緒 言

搗精に関する研究は長い歴史を持ち、昭和 16 年に出版された二瓶貞一著書「精米と精穀」には米の諸性質、精米機の分類と搗精作用および使用法、精白米の品質判定法が論じられている。その後、谷達雄らが搗精歩留と玄米の品質・性状および精白米の品質と等級との相関関係について報告している⁸⁾。また、川村登は搗精時の米粒にかかる力学的研究を²⁾、並河清は研削式精米機の力学的研究を行なっている⁶⁾。これらの研究が実施されてすでに多くの年数が経過したが、近年米を取り巻く状況は以下のごとく大きく変化しつつある。

(1) 昭和 38 年より食糧庁は米穀配給施設の近代化促進事業を開始し、昭和 42 年より大型米穀搗精施設設置事業の助成金を交付し大型精米工場の普及に努めてきた⁹⁾。その結果、精米工業会の調査によれば昭和 56 年 3 月現在、全国で 605 箇所的大型精米工場が稼動している。従来の米穀販売店では月間処理能力は平均 10 トン(玄米)以下であるが、大型精米工場では月間平均 500 トン(玄米)以上の処理能力を持っている。これらの大型精米工場の精米装置は研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせ、玄米を 1 回通過させるのみで搗精を終了させる方式(いわゆる Combine-onepass 方式)を採用している例が多い。

(2) 稲作の機械化に伴ない生籾の人工乾燥方式が普及した。乾燥機はその使用法を誤ると玄米を過乾燥の状態とする可能性があり、したがって搗精原料玄米間の水分

差を大ならしめる可能性がある。

(3) 北海道、東北、北陸地方等の寒冷地では冬期間に低温玄米の搗精を余儀なくされている。また関東、関西地方の大消費地においては産地貯蔵の玄米を搗精前夜にトラック輸送する精米工場もあり、このような場合にも冬期間には低温玄米の搗精を余儀なくされている状況がある。

(4) 玄米の貯蔵性を向上させこれによって炊飯米の食味を改善する目的に玄米の低温貯蔵が適合していることが認められ、各地に低温倉庫が建設され、比較的低温の玄米を搗精する機会が増加しつつある。

(5) 米の生産量の増加と消費量の減少に伴ない古米の在庫量が増加しており、古米の適切な搗精方法の確立が求められている。

(6) 搗精を容易にし精白米の品質を向上させることを目的として、搗精前に玄米の水分穀温を調整する玄米調質操作が普及し始めている。

以上のごとき米を取り巻く状況の変化に対し、精米工場では原料玄米の産地、品種、水分、穀温、貯蔵期間等により搗精歩留、消費電力量、搗精時間、仕上り精白米の白度、水分、穀温、胚芽残存率等の搗精特性が異なることが経験的に知られている。しかしこれら玄米物性と搗精特性とについて定量的に比較検討した例はない。そのため筆者らは、高品質な精白米を合理的に搗精する方法を見い出さんとし米の搗精に関する研究を取り上げた。

本報では、精米施設における搗精の現況を調査し、こ

れを参考として研削式精米機および摩擦式精米機の搗精特性を明らかにした上で原料玄米の水分、穀温、貯蔵期間等が搗精特性に与える影響を北海道産米を用い究明したのでその結果について報告する。

なお、本研究を実施するにあたり試料玄米を提供していただいたホクレン農業協同組合連合会、および試料玄米の保管場所の提供ならびに精米施設における調査に御協力いただいたホクレン札幌ライスステーションに対し心から謝意を表す。

II. 実験方法

1. 精米工場における調査

対象精米工場はホクレン札幌ライスステーションである。当ライスステーションは精米工場とこれに隣接する原料玄米貯蔵用倉庫(貯蔵能力は玄米で3万俵。以下「倉庫」と呼ぶ)より成っている。精米工場には佐竹製作所製コンパス式精米装置 CP 4 A 型が2組設置され、1日当り玄米で1400俵の処理能力を有している。コンパス式精米装置は1番機に研削式精米機、2, 3, 4番機に噴風摩擦式精米機を用いている。

調査項目としては原料玄米の水分、穀温および搗精時の精白米温度を取り上げた。

2. 供試精米機

(1) **研削式精米機** 研削式精米機として佐竹製作所製試験用精米機 TM-05 型を用いた。本機は研削ロール回転数の調整と研削ロールの交換が可能である。

(2) **摩擦式精米機** 摩擦式精米機として佐竹製作所製モータワンプラス MCM-250 型を用いた。本機は家庭用小型精米機として市販されているが、その搗精特性が大型工場用精米機と類似しているため¹⁰⁾、試験用小型精米機として用いられる例も多い。本機のらせんロール回転数は1500 rpm (25 s^{-1}) で、玄米ホップ下部の流量調節シャッタの開口面積および精白米排出口にかかる抵抗板の分銅の個数と位置を変えることにより搗精負荷の調節が可能である。

3. 供試玄米

供試玄米は昭和53年度北海道産「インカリ」2等(新規格)で、昭和53年10月よりホクレン札幌ライスステーションに隣接する倉庫に60kg入麻袋で4袋貯蔵し、適時実験に供した。貯蔵中の玄米温度は貯蔵開始時に15°Cであり、翌年2月に最低-0.5°Cまで低下し、8月に最高25°Cまで上昇した。

4. 実験条件

実験は基礎実験として精米機の搗精条件を変化させた

際の供試精米機の搗精特性を明らかにすることを目的として行なった(実験1とする)。さらに精米機の搗精条件を一定とし、試料玄米の水分、穀温、貯蔵期間の長短が搗精特性に与える影響を明らかにすることを目的として行なった(実験2とする)。

(1) **実験1** 研削式精米機ではロール回転数、ロール粒度、試料密度を変化させた。ロール回転数を930, 1230, 1520 rpm ($15.5, 20.5, 25.3 \text{ s}^{-1}$)、ロール粒度を30, 40, 60 mesh とし、試料密度は試料重量を100, 150, 200gとした。なお、実用の研削式精米機の多くは米粒密度を精白米排出口にかかる抵抗板の分銅を調節して変化させるが、供試精米機は抵抗板と分銅を備えていないため試料重量を変えることにより密度を変化させた。

摩擦式精米機では精白米排出口の抵抗板にかかる圧力および流量調節シャッタ開口面積を変化させた。抵抗板にかかる圧力を11.0, 22.6, 34.2 gf/cm² (1078.7, 2216.3, 3353.9 Pa) とし、開口面積を1.2, 2.6, 4.0 cm² とした。試料重量は一律200gとした。

実験1に用いた供試玄米の水分は15.90% (w.b.)、穀温は20°C、収穫後の貯蔵期間は8カ月であった。

(2) **実験2** 実験2に用いた供試玄米物性を Table 1 に示す。これに示したように、玄米の水分は15.88 (Experiment No. 2-1), 11.71% (2-2)、穀温は-5 (2-3), 5 (2-4), 20 (2-5), 30°C (2-6)、収穫後貯蔵期間は4 (2-5), 11 カ月 (2-7) の試料についてそれぞれ実験を行なった。

実験2の搗精条件は、研削式精米機はロール回転数を1230 rpm (20.5 s^{-1})、ロール粒度を40 mesh、試料重量を200gとし、摩擦式精米機は精白米排出口の抵抗板にかかる圧力を11.0 gf/cm² (1078.7 Pa)、流量調節シャッタ開口面積を2.6 cm²、試料重量を200gとした。

5. 測定項目

(1) **消費電力量** 異相指示電力計により精米機の消費電力を測定しこれと搗精時間との積により消費電力量を算出した。消費電力量は実用上の理解に便利のため精米機の無負荷時の値を差し引き玄米60kg当りに換算して表わした。

(2) **搗精歩留** 搗精歩留を見掛搗精歩留すなわち供試玄米重量で搗精後の精白米重量を除いた百分率で表わした。

(3) **搗精効率** 搗精効率を搗精歩留と消費電力量とによって表わした。すなわち玄米を同一搗精歩留に搗精するのに必要な消費電力量が少ない時は搗精効率が高いことを意味する。

(4) **搗精能率** 搗精能率を搗精歩留と搗精時間とに

Table 1. Physical properties of brown rice (experiment 2)

Experiment No.	Moisture content (% w.b.)	Kernel temperature (°C)	Cracking hardness (kgf)	Crushing hardness (kgf)	Fatty acid value (mg·KOH)	TZ. value (%)	Storage length (months)
2-1	15.88	20.0	6.8	7.7	20.5	97.8	2
2-2	11.71	20.0	11.0	11.9	—	—	2
2-3	15.93	-5.0	9.5	9.9	20.6	97.4	4
2-4	15.93	5.0	8.7	9.2	20.6	97.4	4
2-5	15.93	20.0	6.7	7.5	20.6	97.4	4
2-6	15.98	30.0	5.4	6.6	24.4	92.8	9
2-7	15.14	20.0	7.0	8.0	33.2	52.6	11

1 kgf=9.8 N.

TZ. value: Triphenyl tetrazolium chloride value.

Fatty acid values and Triphenyl tetrazolium chloride values were determined in accordance with AACC methods.

よって表わした。すなわち玄米を同一搗精歩留に搗精するのに必要な搗精時間が短い時は搗精能率が高いことを意味する。

(5) 水分 水分を米粒のまま約10gを秤量缶に取り135°Cに設定した恒温器内で24時間乾燥した後求め、湿量基準で表わした。

(6) 白度 白度をケット科学製光電管白度計C-1型(フィルタは青、透過光の中心波長452nm)を用いて測定した。

(7) 胚芽残存率, 異物砕粒割合 胚芽残存率, 異物砕粒割合を食糧事務所の定める方法を改良し測定した^{1), 3)}。

(8) 剛度 剛度を木屋式硬度計を用い測定した。

III. 結果と考察

1. 精米工場における調査結果

精米工場における調査結果を Table 2, Table 3, および Table 4 に示した。

Table 2 に示したように玄米の最高水分は16.77%, 最低水分は14.69%でありその水分差は約2%に達した。また, 1979年8月18日および1980年7月21日の調査では産地, 生産年および品種の同一な玄米において水分差は約1.5%であった。水分の異なる玄米を同時に搗精することはむら搗ぎの原因となり, これは精白米の外観を悪化させる一因となる。

Table 3 に示したように冬期間における玄米の最低温度が-3°C, また Table 4 より夏期間における玄米の最高温度が29.7°Cであり季節間の玄米温度差は約33°Cに達した。本調査で冬期間において精米工場始業時には, 工場内, 精米機, 玄米等が低温のため特に搗精を行ない

づらいという話を聞いた。

Table 4 に示したように冬期間における玄米温度は約1°C, 4番機通過後の精白米温度は約31°Cとなりその際の穀温上昇値は約30°Cであった。夏期間では玄米温度は約30°C, 精白米温度は約52°C, 穀温上昇値は約22°Cであった。したがって冬期間は夏期間に比べ穀温は低いが穀温上昇値は大きい値を示すことを知った。また1982年3月5日の玄米調質を行なった例についての調査では, 玄米温度は約21°C, 精白米温度は約37°C, 穀温上昇値は約17°Cであった。すなわち玄米温度に比較して精白米温度が低く, 穀温上昇値は他のすべての調査より小さかった。これは玄米調質の効果によるものと思われた。

以上の調査より精米工場において原料玄米の水分, 穀温, 精白米の穀温などに原料玄米および搗精時期によりそれぞれ差があることが確認された。

2. 供試精米機の搗精特性

研削式および摩擦式精米機の搗精特性を Table 5 に示した。各搗精特性は同一搗精歩留の試料間で比較した。

研削式および摩擦式精米機はそれぞれ異なる搗精特性を持ち, 一般に前者は搗精効率ならびに搗精能率が高く仕上り精白米の穀温上昇, 水分低下が小さく異物砕粒の発生が少ないという特徴がある。一方後者はむら搗ぎが少なく仕上り精白米については付着糠が少なく, 胚芽残存率が低く米粒に透明感があり外観が良いという特徴がある³⁾。

Table 5 に示すように精米機の消費電力量と搗精時間は搗精条件により変化した。また, 米粒密度(試料重量)を変化させた場合を除き消費電力量と搗精時間は同様な変化をする。他に搗精条件の変化に伴ない穀温が変化

Table 2. Moisture contents of brown rice which were surveyed at a rice milling plant (% w.b.)

Survey date	Nov. 4 1978	Dec. 7 1978	Jul. 3 1979	Aug. 18 1979	Feb. 7 1980	Jul. 21 1980
Average of M.C.	15.60	15.49	16.03	15.88	16.25	15.58
Standard division	0.53	0.31	0.66	0.40	0.33	0.48
Maximum of M.C.	16.57	15.91	16.28	16.53	16.77	16.49
Production place	Hokkaido	Yamagata	Yamagata	Hokkaido	Aomori	Miyagi
Production year	1978	1977	1978	1978	1979	1979
Rice variety	Tomoyutaka	Kiyonishiki	Sasanishiki	Yuukara	Mutsuhonami	Sasanishiki
Rice grade	2	3*	1	2	1	1
Minimum of M.C.	14.69	14.98	15.42	14.91	15.71	14.95
Production place	Hokkaido	Toyama			Hokkaido	
Production year	1978	1977	Same	Same	1979	Same
Rice variety	Ishikari	Koshihikari	above	above	Ishikari	above
Rice grade	1	2*			2	

*: Old standard.

Moisture contents were determined in accordance with SAMJ (The Society of Agricultural Machinery Japan) methods (1975) by drying whole kernel of about 10 g for 24 h. in a oven at 135°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) and calculated on a wet basis.

Table 3. Temperatures of brown rice which were surveyed at a rice milling plant ($^\circ\text{C}$)

Survey date	Dec. 21 1979	May 7 1979	Jan. 8 1980	Feb. 7 1980	Jul. 21 1980	Mar. 5 1982
Open air temp.	-4.5	14.3	-7.7	-5.4	24.1	1.1
Storehouse temp.	6.0	12.6	1.6	2.4	22.1	—
Average of kernel temp.	2.6	11.1	1.0	0.8	21.3	1.8
Standard division	1.87	0.37	2.20	1.08	0.51	1.62
Maximum of kernel temp.	4.9	11.8	3.2	1.9	22.4	4.1
Minimum of kernel temp.	-0.9	10.4	-3.0	-1.4	20.7	0.1

Table 4. Temperatures of milled rice on milling which were surveyed at a rice milling plant ($^\circ\text{C}$)

Survey date	Dec. 21 1978	Mar. 1 1979	Aug. 18 1979	Feb. 7 1980	Jul. 21 1980	Mar. 5 1982
Open air temp.	-4.5	-2.5	28.5	-5.4	24.1	1.1
Milling plant temp.	23.4	22.1	27.0	23.8	25.5	20.0
Brown rice temp.	0.9	1.8	29.7	0.5	21.8	20.8*
Temp. just after a first mill	12.6	13.9	36.2	12.0	30.4	26.3
Temp. just after a second mill	21.1	19.9	40.3	17.9	37.2	32.3
Temp. just after a third mill	27.1	27.1	44.5	24.0	42.7	35.9
Temp. just after a fourth mill	30.9	31.5	51.6	29.5	44.7	37.5
Risen temp. from brown rice to milled rice	30.0	29.7	21.9	29.0	22.9	16.7

*: Rice conditioning.

Table 5. Milling characteristics of laboratory rice mills

Milling conditions	The abrasive type mill			The friction type mill		
	Higher roller revolutions	Finer roller meshes	Higher brown rice weights	Higher back pressures	Wider feed gate openings	
Energy consumption	D	I	I	D	D	
Milling time	D	I	D	D	D	
Milled rice	Whiteness	—	—	D	D	
	Temperature	D	D	I	D	
	Moisture content	—	D	I	I	I
	Unstriped embryo rate	D	—	I	I	D
	Breakage	—	—	—	—	—

D : Decrease.

I : Increase.

— : Unrecognized.

The abrasive type mill was a Satake Test Mill.

The friction type mill was a Satake Motor Onepass.

し、白度、水分、胚芽残存率は変化する場合としない場合があった。しかし異物碎粒割合の変化は認められなかった。

3. 搗精特性に与える玄米物性の影響

(1) 搗精特性に与える玄米水分の影響

実験に用いた玄米の物性を Table 1 の Experiment No. 2-1, 2-2 に示した。これによれば水分 15.88% の試料の挫折剛度と圧碎剛度は 6.8 kgf (66.7 N) と 7.7 kgf (75.7 N) であり、水分 11.71% の試料では 11.0 kgf (107.9 N) と 11.9 kgf (116.7 N) であった。

Fig. 1 に消費電力量に与える玄米水分の影響について

て示した。これによれば搗精歩留 94% において水分 11.71% の試料は水分 15.88% の試料に対して研削式精米機の消費電力量が約 1.2 倍、摩擦式精米機の消費電力量が約 3 倍となった。すなわち玄米水分の低下に伴ない搗精効率が低下し、しかも研削式精米機では摩擦式精米機に比べ玄米水分の低下に伴ない搗精効率の低下が小さかった。これは玄米の水分低下に伴ない剛度上昇のため搗

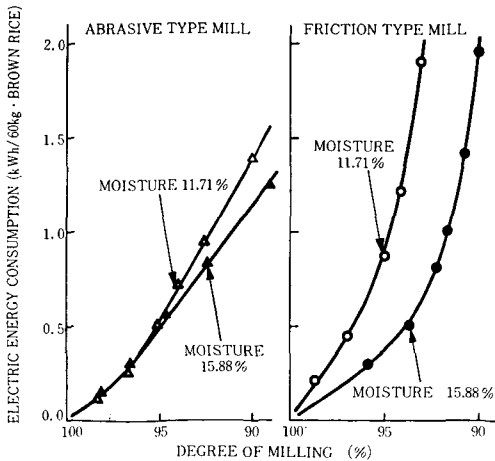


Fig. 1. Effect of moisture content of brown rice on electric energy consumption of mills.

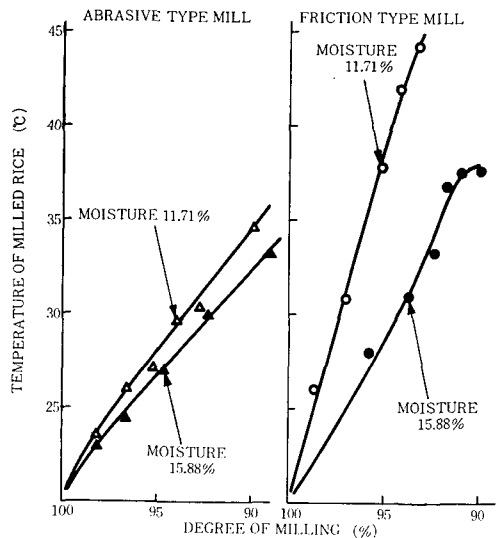


Fig. 2. Effect of moisture content of brown rice on temperature of milled rice just after milling. Temperature of brown rice before milling was 20°C.

精効率低下したものと考えられる。特に摩擦式精米機では米粒相互の摩擦作用により搗精を行なうため、玄米水分の低下による剛度上昇の影響が大きく搗精効率の低下が大きかった。搗精能率における変化も搗精効率と同様であった。

Fig. 2 に精白米温度に与える玄米水分の影響について示した。搗精効率の低下とともに搗精による発熱量が増加し、Fig. 2 によれば摩擦式精米機で搗精を行なった場合、搗精歩留 92% において水分 11.71% の試料の精白米温度が水分 15.88% の試料に対して約 10°C 高い値を示した。

Fig. 3 に胚芽残存率に与える玄米水分の影響について示した。これによれば水分 11.71% の試料を搗精した場合水分 15.88% の試料に比べ搗精歩留 92% において胚芽残存率が研削式精米機で 15%、摩擦式精米機で 30% 高い値を示した。これは玄米水分低下に伴ない胚芽と接する胚乳の脱離層が硬化し胚芽の離脱性が低下したことを示すものである。

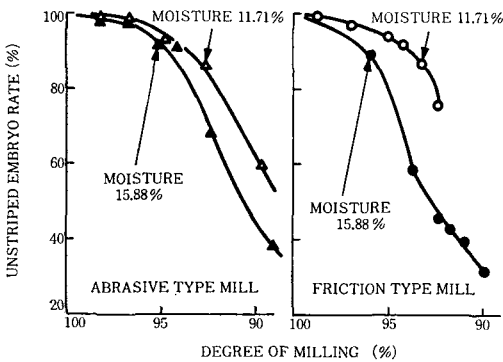


Fig. 3. Effect of moisture content of brown rice on unstriped embryo rate of milled rice. Unstriped embryo rates were determined in accordance with procedures of the Food Agency.

(2) 搗精特性に与える玄米温度の影響 玄米温度と剛度との関係を Fig. 4 に示した。これによれば玄米温度の低下に伴ない挫折剛度および圧砕剛度が直線的に上昇することが認められた。玄米剛度の上昇は搗精効率および搗精能率の低下を引き起こし、Fig. 5 に示した消費電力量に与える玄米温度の影響によれば、玄米温度を 30°C から -5°C へとすることにより搗精歩留 91% における研削式精米機の消費電力量が 1.4 倍、摩擦式精米機の消費電力量が 2.3 倍にそれぞれ増加した。

搗精効率と搗精能率の低下を防ぐには玄米の加温が考えられる。しかし Fig. 6 に示した白度に与える玄米温

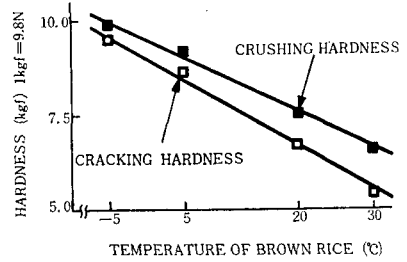


Fig. 4. Relationship between temperature of brown rice and hardness of brown rice.

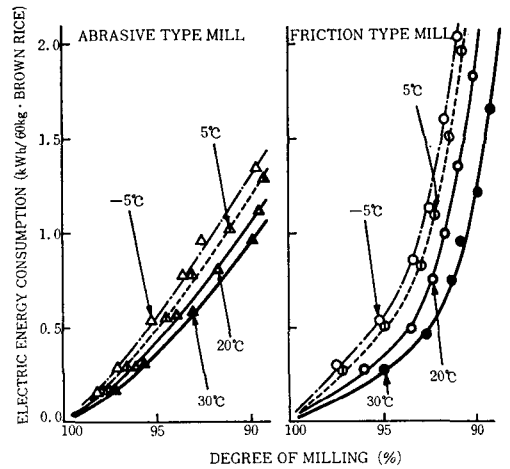


Fig. 5. Effect of temperature of brown rice on electric energy consumption of mills.

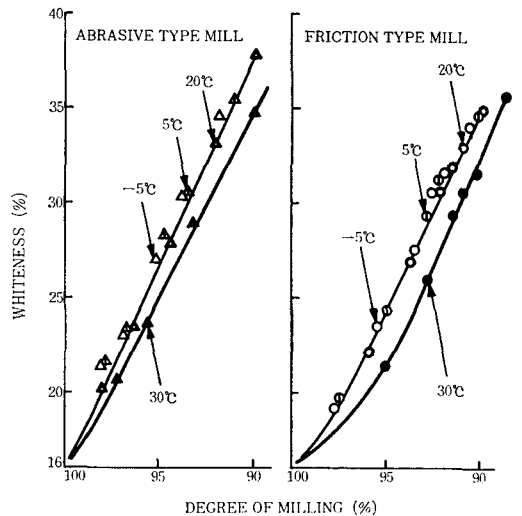


Fig. 6. Effect of temperature of brown rice on whiteness of milled rice.

Whitenesses were measured by a whiteness meter model "C-1" made by Kett Electric Laboratory. Whiteness of brown rice was 16%.

Table 6. Temperatures and risen temperatures of milled rice (°C)

Brown rice temperature	The abrasive type mill		The friction type mill	
	Milled rice temperature	Risen temperature	Milled rice temperature	Risen temperature
-5	26	31	35	40
5	29	24	36	31
20	32	12	38	18
30	34	4	41	11

Degree of milling was 91%.

度の影響によれば、玄米温度を -5°C から 20°C へとすることにより白度がわずかに低下し、さらに玄米温度を 20°C から 30°C へとすることにより顕著に白度が低下した。すなわち穀温が 30°C の玄米を搗精した場合は穀温が 20°C の玄米に比べ搗精歩留 91% において研削式および摩擦式精米機による精白米の白度が 3% 低下した。

Table 6 に搗精歩留 91% における搗精直後の精白米温度と搗精による穀温上昇値を示した。これによれば、研削式精米機に比較して摩擦式精米機による精白米温度と穀温上昇値が大きくなり、また両精米機とも玄米温度を上昇させるに伴ない穀温上昇値が減少した。これは玄米温度上昇に伴ない搗精中における精白米から周囲への放熱量が増加することに起因している。

搗精に際し過大な玄米温度は精白米品質に悪影響を与え、と思われ、上述のごとく穀温 30°C の玄米を搗精した場合精白米白度が低下することを認めた。また搗精中における過大な穀温上昇は米粒内部に熱応力を生ぜしめ、胴割粒の増加ひいては異物砕粒の増加の原因となる恐れがある。したがって搗精における玄米の適温は搗精効率、搗精能率、精白米白度、精白米温度に関する結果より約 20°C であると推定される。

(3) 搗精特性に与える玄米貯蔵期間の影響

本実験に用いた供試玄米の物性を Table 1 の Experiment No. 2-5, 2-7 に示した。これによれば、供試玄米の貯蔵期間の延長に伴ない TZ Value (胚の活性度) が 94.7% から 52.6% へと低下し、脂肪酸度が 20.6 mg から 33.2 mg へと増加した。またわずかな水分低下と剛度の上昇が認められた。これは貯蔵期間の延長に伴ない糠層の細胞膜が硬化した⁵⁾ ためと貯蔵期間中に玄米水分が低下したために剛度が上昇したものである。しかし剛度の上昇がわずかなため、Fig. 7 に示した消費電力量に与える玄米貯蔵期間の影響によれば、本実験の範囲内で

は玄米貯蔵期間の長短が精米機の消費電力量に与える影響は確認できなかった。一方 Fig. 8 に示した胚芽残存率に与える玄米貯蔵期間の影響によれば、貯蔵期間の増

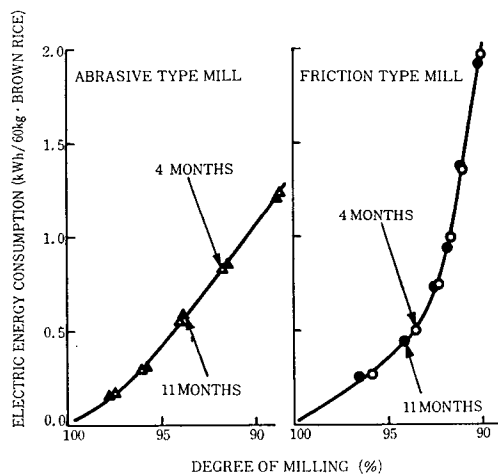


Fig. 7. Effect of storage length of brown rice on electric energy consumption of mills.

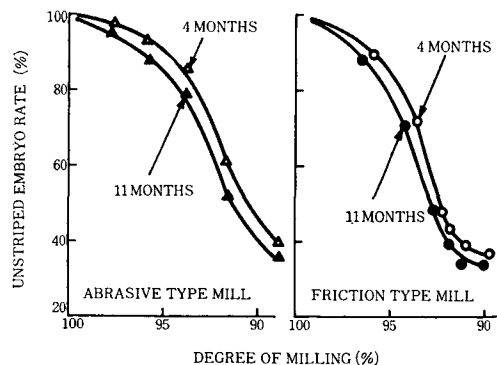


Fig. 8. Effect of storage length of brown rice on unstriped embryo rate of milled rice.

加に伴ない胚芽残存率が低下し胚芽の離脱性の向上が認められた。

4. 考 察

研削式精米機は速度系搗精作用を、摩擦式精米機は圧力系搗精作用⁷⁾を主として搗精を行っておりそれぞれ異なる搗精特性を持っている。一般の大型精米施設では研削式および摩擦式精米機のそれぞれの長所を利用し短所を補うために両精米機を組み合わせて使用する例が多い。この際、研削式精米機に割り合てる搗精作用割合は搗精の難易により調整する必要がある。

搗精の難易は玄米物性に影響される。すなわち精米機の搗精効率、搗精能率は玄米の水分、穀温の影響を受ける。Experiment No. 2-1 から 2-7 までの各供試玄米の圧砕剛度と、Fig. 1, Fig. 5, Fig. 7 から読み取った搗精歩留 93% における研削式および摩擦式精米機の消費電力量との関係を Fig. 9 に示した。ここに示したように圧砕剛度と消費電力量との間に危険率 1% において有意な回帰性が認められた。研削式および摩擦式精米機の回帰式はそれぞれ式 (1), 式 (2) であった。

$$Y = 0.061X + 0.219 \quad (1)$$

$$Y = 0.054X^2 + 0.727X + 2.943 \quad (2)$$

ここに Y は精米機の消費電力量, X は玄米の圧砕剛度である。

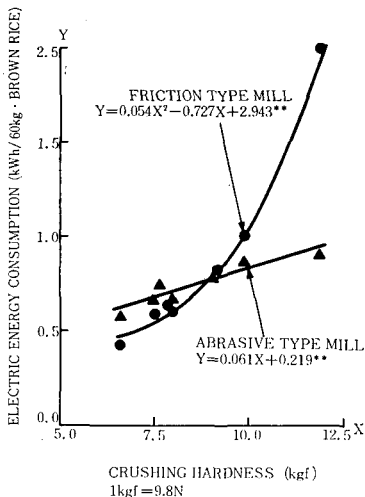


Fig. 9. Relationship between crushing hardness of brown rice and electric energy consumption of mills.

Degree of milling was 93%.

** indicates significance at 1% level.

また圧砕剛度と両精米機の搗精時間との関係も同様であった。すなわち玄米物性の搗精効率および搗精能率に与える影響は玄米剛度により決定され、搗精効率および搗精能率は研削式精米機では式 (1) より剛度に比例して低下し、摩擦式精米機では式 (2) より剛度の 2 乗に比例して低下することが認められた。これは研削式精米機は金剛砂ロールと米粒との接触による米粒表面の研削除去を搗精原理としており、摩擦式精米機は米粒相互の摩擦による米粒表面の剝離を搗精原理としているためである。すなわち前者は金剛砂ロールと米粒との接触、後者は米粒と米粒との接触により搗精を行なうため、米粒剛度の消費電力量に与える影響が前者は 1 次式、後者は 2 次式として回帰されたと推測できる。

研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせて搗精を行なう際、低水分玄米や低温玄米等の搗精が困難な玄米を搗精するには研削式精米機のロール回転数、ロール粒度、米粒密度を調節し研削式精米機の搗精作用割合を増加させて搗精を行なうことが合理的な搗精方法であると考えられる。しかし研削式精米機の搗精作用を増加させると精白米表面に研削ロールによる傷や付着糠が増加し、精白米の透明感やつやが減少し外観が劣化するため研削式精米機の搗精作用割合の増加には限界がありはば 40% 以内とすべきであると考えられる⁴⁾。

精米工場における調査結果より原料玄米の最大水分差は約 2%, 最大穀温差は約 33°C であることを知った。これと Fig. 1, Fig. 5, Fig. 7 より当精米工場において搗精効率、搗精能率に与える玄米物性の影響は玄米温度の影響が最も大きく玄米水分の影響がこれに続き、玄米貯蔵期間の長短の影響はほとんどないものと思われる。玄米温度を 0°C から 20°C に上昇させた場合または玄米水分を 14% から 16% に増加させた場合玄米の圧砕剛度がそれぞれ約 20% 低下し、搗精歩留 91% において研削式精米機では消費電力量が 15%, 搗精時間が 20% 減少し、摩擦式精米機では消費電力量が 35%, 搗精時間が 40% 減少する。ここに搗精前に玄米の水分または穀温を調整する玄米調質の意義が認められる。

IV. 摘 要

近年精米方式が従来の店頭精米方式から大型精米方式へとその形態が変化しつつある。また原料玄米に関して過乾燥米、低温米、古米等の搗精が困難であると言われるものが増加する傾向を示し、そのため玄米調質が行なわれ始めるなど米を取り巻く状況が急激に変化しつつある。本研究はこのような状況を鑑み、精米工場における

現況を調査しこれを参考とし、各種条件下での研削式精米機および摩擦式精米機の搗精特性を知り、さらに搗精特性に与える玄米物性の影響を知り、よって合理的な搗精方式を見出すことを目的として実施した。

以下に本報の内容を要約する。

1. 研削式精米機では搗精条件として研削ロール回転数、ロール粒度、試料重量を取り上げて搗精実験を行なった。摩擦式精米機では搗精条件として精白米排出口の抵抗板にかかる圧力、流量調節シャッター開口面積を取り上げて搗精実験を行なった。その結果、搗精条件により両精米機の搗精効率、搗精能率、精白米の白度、穀温、水分、胚芽残存率等の搗精特性が変化することが認められた。

2. 搗精効率および搗精能率に与える玄米物性の影響は玄米剛度により決定された。すなわち、一定搗精歩留に搗精するのに必要な消費電力量、搗精時間は玄米剛度が高いほど大となり、その傾向は研削式精米機では直線に摩擦式精米機では2次曲線に回帰された。

3. 精米工場における調査の結果原料玄米の水分差は約2%、穀温差は約33°Cであることを知った。また実験より玄米水分を16%から14%へと低下させると研削式および摩擦式精米機の消費電力量がそれぞれ1.2倍、1.6倍となり、玄米温度を30°Cから0°Cへと低下させると両精米機の消費電力量がそれぞれ1.3倍、2.0倍となった。収穫後の玄米貯蔵期間を4カ月または11カ月とした場合には消費電力量の差異は確認できなかった。これらより搗精効率および搗精能率に与える玄米物性の影響は玄米温度の影響が最も大きく、玄米水分の影響がこれに続き大きいものと思われた。また玄米貯蔵期間の長短の影響は本実験の範囲内では無視できると思われた。

4. 低温玄米、低水分玄米等搗精困難であると思われる玄米を搗精するには、研削式精米機と摩擦式精米機とを組み合わせた搗精方法の場合、玄米物性の影響を受けにくい研削式精米機の搗精作用割合を増加させることが合理的であると考えられた。しかし、低温玄米、低水分玄米は搗精前に穀温を上昇させる、水分を増加させる等の玄米調質を行なうことがより合理的な搗精方法であると考えられた。またこの際の玄米温度は約20°Cが適当であると思われた。

引用文献

- 北海道食糧事務所検査部：精白米の品質と鑑定方法及び計測方法，51 北食糧第783号，1976
- 川村 登：搗精作用の研究，農機誌，12：43-51，1951
- 川村周三・伊藤和彦・池内義則：研削式および摩擦式精米機の搗精特性に関する基礎的研究，農機北支部報，20：96-102，1979
- 川村周三・伊藤和彦・池内義則：研削式精米機および摩擦式精米機を組み合わせた際の搗精特性，農機北支部報，21：74-79，1980
- 長戸一雄：米の品質について，日作紀，42：238-257，1973
- 並河 清：研削式精米機の研究，農機誌，21：65-69，1959
- 佐竹利市：穀類搗精機の研究，糧友会，109-127，1940
- 谷 達雄他：我国産米の搗精歩留について，第1報～第6報，食研報告，7-12，1952-1957
- 山下律也：精米施設機械化の現況，農機誌，40：592-597，1979
- 柳瀬 肇他：搗精試験における大型工場機種と小型試験機種と比較，第1報，第2報，食研報告，30，35，1975，1979

Summary

This study was conducted to determine reasonable methods of rice milling. Some surveys have been made to understand current situations of milling plants and milling experiments have been carried out to know milling characteristics of laboratory mills and effects of physical properties of brown rice on milling characteristics.

The results may be summarized as follows:

1. Roller revolutions, roller meshes and brown rice weights were chosen as milling conditions for the abrasive type mill and back pressures and feed gate openings for the friction type mill, respectively. With the milling conditions mentioned above, electric energy consumptions and milling times of mills and whitenesses, temperatures, moisture contents and unstriped embryo rates of milled rice varied, respectively (Table 5).

2. Effects of physical properties of brown rice such as moisture contents, temperatures and storage length of brown rice on milling efficiency were determined by measuring hardness of brown rice. With increasing of hardness, electric energy consumption and milling time were increased more rapidly. From the result of the regression analysis, the relationships between hardness and electric energy consumption were indicated by a straight line for the abrasive type mill and by a second

order curve for the friction type mill. Those were

$$Y = 0.061X + 0.219 \text{ and}$$

$$Y = 0.054X^2 - 0.727X + 2.943.$$

where Y = electric energy consumption of mills.

X = crushing hardness of brown rice.

3. Effect of temperature of brown rice on milling efficiency was most significant and effect of moisture content was significant to some extent, too. However effect of storage length was not significant.

4. When low temperature or low moisture con-

tent brown rice is milled at a rice milling plant of which milling system consists of abrasive type and friction type mills, it is considered reasonable that the abrasive type mill should be operated for longer time than usual operation to increase milling efficiency. However it is supposed that more reasonable milling characteristics will be obtained by heating or moistening brown rice before milling operation. This heating or moistening treatment of brown rice is called rice conditioning. It seems that adequate temperature is 20°C for milling.