HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	籾摺方式が貯蔵後の玄米の品質に与える影響
Author(s)	竹倉, 憲弘; 川村, 周三; 伊藤, 和彦
Citation	農業機械学会誌, 66(3), 51-58 https://doi.org/10.11357/jsam1937.66.3_51
Issue Date	2004
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70957
Rights	© 農業機械学会
Type	journal article
File Information	66_51.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

研究論文

農業機械学会誌 66(3)：51～58，2004

籾摺方式が貯蔵後の玄米の品質に与える影響

竹倉憲弘*1・川村周三*1・伊藤和彦*1

要　旨

ロール式籾摺機とインペラ式籾摺機で籾摺した玄米の品質を比較するとともに，籾摺後の玄米を貯蔵して籾摺方式の違いが貯蔵後の玄米の品質に与える影響を調べた。ロール式籾摺機に比べてインペラ式籾摺機では脱芽粒と砕粒の発生が多かった。また，インペラ式で籾摺した玄米は，貯蔵による発芽勢，発芽率，白度，透光度の低下および脂肪酸度の増加がロール式で籾摺した玄米に比べて顕著であった。したがって，籾摺後に玄米形態で貯蔵を行う場合には，インペラ式籾摺機を用いることは適当でないことがわかった。

［キーワード］ロール式籾摺機，インペラ式籾摺機，脱ぷ率，脱芽粒，砕粒，玄米貯蔵，休眠性，発芽勢，発芽率，脂肪酸度

Influence of Difference in Hulling Systems on Quality of Brown Rice after Storage

Kazuhiro TAKEKURA*1, Shuso KAWAMURA*1, Kazuhiko ITOH*1

Abstract

Quality characteristics of brown rice husked with a roll-type husker and an impeller-type husker were examined. Brown rice husked with a roll-type husker and an impeller-type husker was stored, and the influence of the difference in husking systems on the quality of brown rice after storage was investigated. Greater percentage of embryo-removed rice and broken rice were found in brown rice husked with an impeller-type husker than in brown rice husked with a roll-type husker. Vigor rate, germination rate, whiteness, and translucency after storage of brown rice husked with an impeller-type husker were much less than those of brown rice husked with a roll-type husker, and free fat acidity after storage of brown rice husked with an impeller-type husker was much higher than that of brown rice husked with a roll-type husker. The results indicate that an impeller-type husker is not suitable for husking brown rice to be stored.

[Keywords] roll-type husker, impeller-type husker, husking rate, embryo-removed rice, broken rice, brown rice storage, dormancy, vigor rate, germination rate, free fat acidity

I　緒　言

現在わが国で市販されている籾摺機には，脱ぷ機構で分けて2種類がある。一方が1936年に実用化されて以来共乾施設などに広く普及している(ゴム)ロール式であり，他方が古くからあった衝撃式籾摺機を改良して1980年代になって開発されたインペラ式である(Yamashita, 1989)。

ロール式籾摺機の脱ぷ機構は，反対方向に回転し周速度（回転数）が異なる1対のゴムロールの間隙に籾を通過させ，ロールの接触圧力と周速度差によって生じる剪断力によって籾を脱ぷするというものである。脱ぷ能力には，籾がロールに接触している長さと接触圧力，ロール間隙，周速度差，籾水分が大きく影響する。ロール間隙は狭いほど脱ぷ率は高くなるが，肌ずれ粒や砕粒が多くなる。また，籾水分が高いと籾摺後の玄米の肌ずれや砕粒が多くなり，さらには籾摺が不可能となる。一般的にロール式籾摺機は脱ぷ率が90%前後になるように設定して使用される。食糧庁の示す玄米検査規格では1等米で籾の混入率は0.3%以下とされているため，ロール

＊1 会員，北海道大学大学院農学研究科（〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目　TEL 011-706-2558）
Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Kita 9, Nishi 9, Kita - ku, Sapporo, 060-8589 Japan

式籾摺機で籾摺した場合は，籾摺後（ロール通過後）に揺動選別機にかけて玄米と籾を分離し，籾は再び籾摺機にかけられる。ロール式籾摺機は，小型から大型まで様々な能力の機種が市販されている。

インペラ式籾摺機の脱ぷ機構は，湾曲し回転する樹脂製羽根をもつファン（インペラ）の回転中心部に籾を投入し，空気流と遠心力で籾を加速させて飛ばし，インペラ外周のウレタン製ライニングに籾を衝突，滑動させて脱ぷするというものである。インペラの羽根先端部の円弧の曲率により圧縮力と摩擦力が加えられて20～50%の籾が脱ぷされ，残りの籾はライニングに衝突する際とその後の滑動によって脱ぷされる（Wang et al., 1997）。脱ぷ能力は籾水分によって影響され，籾水分が高いほど籾摺後の玄米の肌ずれは増加する。しかし，高水分籾を籾摺した場合の肌ずれの発生は，ロール式籾摺機に比べると著しく少ない。したがって，ロール式籾摺機よりも高水分の籾を脱ぷすることが可能である。インペラの羽根先端部の周速度が速いため，高水分籾を籾摺すると胚芽の損傷率が高くなり，発芽率が低下する場合がある。インペラ式籾摺機は脱ぷ率が高いことがメリットの1つであるため，通常は回転数を下げ脱ぷ率を低下させて使用することはない。近年性能が向上し胚芽への損傷なども少なく抑えられるようになってきたので，インペラ式籾摺機が徐々に増加する傾向にある。しかし，高水分の籾を脱ぷ可能というインペラ式籾摺機の特徴は，現状ではメリットとして利用されていない。すなわち，市販されているインペラ式籾摺機は，共乾施設での自主検査や坪刈試験などに利用するための処理量の小さな小型の機種が主である。

ロール式籾摺機は広く普及しているため，その脱ぷ特性や籾摺後の玄米の品質，さらに貯蔵した玄米の品質についての報告は数多い。一方，インペラ式籾摺機については，脱ぷ特性や摩擦衝撃特性，インペラ内での籾の挙動などを明らかにする研究が行われてきた（Tsuchiya et al., 1980 ; Kamide et al., 1981 ; Nishiyama, 1991 ; Nishiyama et al., 1992 ; Nishiyama and Sugawara, 1995 ; Wang et al., 1997 a ; Wang et al., 1997 b）。ロール式籾摺機とインペラ式籾摺機を比較した研究も行われており，ロール式籾摺機は高水分籾を籾摺すると脱ぷ率が低下するがインペラ式籾摺機は脱ぷ率を高く維持できることや，インペラ式籾摺機で高水分の籾を籾摺すると玄米の胚芽が脱落し発芽率が低下することなどが明らかにされている（Yamashita et al., 1989）。

しかしながら，ロール式籾摺機とインペラ式籾摺機それぞれで籾摺をした玄米を貯蔵し，貯蔵による品質変化の違いを明らかにした研究は過去に例がない。そこで，籾摺方式の違いが籾摺後の玄米の品質に与える影響を比較するとともに，貯蔵による品質変化の違いを比較することを目的とする試験を行った。

II 方　法

1. 供試試料

供試試料は，1998年北海道雨竜産「ほしのゆめ」である。収穫は自脱コンバインを用いて行い，収穫直後の籾水分は23.8%（10 g粒 135℃ 24時間法，以下同じ）であった。収穫後ただちに循環型乾燥機（山本製作所製NCD-50XⅡ，処理量5 t）を用いて，籾水分を15.5%に乾燥した。乾燥中の熱風温度は約46℃，籾の最高穀温は約33℃であった。乾燥後の籾を約30 kg採取し，とうみ（大屋丹蔵製作所製大屋式坪刈試験用小型唐箕B2）により未熟籾やしいなの選別除去を行い供試試料とした。

2. 供試籾摺機

(1) ロール式籾摺機

ロール式籾摺機は，サタケ製籾摺試験機THU35Aを使用した。ロールの回転数は主ロールが1625 rpm，副ロールが875 rpmであり，回転速度差率は46.2%である。実用機のロール幅は63.5～254.0 mm（2.5～10 in）である（Iwao, 1996）が，本機は試験用の小型機のためロール幅が25.4 mm（1 in）と実用機に比べて小さい。同時に，本機はロール直径が100 mmと実用機の半分以下であるため，ロールと籾の接触長さが小さい。また，本機の回転速度差率は実用機の標準的な回転速度差率である23%前後の約2倍である。

(2) インペラ式籾摺機

インペラ式籾摺機は，大竹製作所製ミニダップFC2Kを使用した。本機はインペラの回転軸が水平に置かれた横軸型である。主軸プーリの押しネジ位置を変えることにより，回転数を3,200～3,900 rpmの範囲で調整できる。回転数は標準が3,500rpmであり，標準回転数で脱ぷ率が約99%になるよう設定されている。本試験では標準より低い回転数の試験条件を設けるため，付属のプーリよりも径の小さいプーリを自作して使用した。本機は，脱ぷ率の高い小型籾摺機として，共乾施設での自主検査や個人農家などで利用されている機種である。

3. 籾摺

収穫，乾燥，選別後の供試籾をロール式籾摺機用とインペラ式籾摺機用とに均分し，ただちに籾摺を行った。ロール式籾摺機はロール間隙を1.25 mm，1.35 mm，1.43 mmの3段階に，インペラ式籾摺機は回転数を2,440 rpm，2,580 rpm，3,500 rpmの3段階にそれぞれ調整して脱ぷ率を変化させた。ロール式籾摺機では，試料を2回通しした（1回目の2番口の試料を1番口の試料と混合して2回目の籾摺をした）。籾摺は一度に800 gの籾を用いて行い，上記の各試験条件においてそれぞれ3～4回反復し，籾質量と籾摺後の玄米質量から籾摺歩留を求めた。さらに，籾摺後の玄米を回転型縦目篩選別機（サタケ製選別試験機TWS）を用いて網目幅1.90 mmで90秒間粒厚選別して死米や未熟粒等を除き，篩の上に残った玄米を良玄米として質量を測定し，籾摺前の籾に対す

る良玄米歩留を求めた。なお，籾摺後の玄米には試験条件により籾が一部混在しているが，籾摺歩留と良玄米歩留は籾も含めた質量から算出した。

4. 貯蔵

籾摺方式と籾摺条件の異なる計6種類の玄米を3Lのポリエチレン製容器に約2kgずつ入れ，5℃，15℃，25℃で貯蔵を行った。貯蔵は，1998年10月28日から1999年11月1日までの約12ヵ月間行った。

5. 測定項目

籾摺直後と貯蔵開始から1ヵ月後，3ヵ月後，6ヵ月後，12ヵ月後の試料について以下に列記した項目について測定を行った。なお，組成と脂肪酸度以外の測定では，試料に混在する籾を取り除き玄米のみを対象に測定した。

(1) 組成

籾摺，粒厚選別後の試料約30gを農産物規格規程にしたがい，玄米（整粒，未熟粒，死米，被害粒，脱芽粒，砕粒，着色粒）および籾と異物（籾殻）にそれぞれ分類した。試料全体の質量に占める玄米の質量割合を脱ぷ率とした。また，玄米の中における各項目の質量割合も求めた。測定は3回反復した。

(2) 胴割率

農業機械学会の米の胴割れ測定方法の基準に準じ，籾摺前および籾摺後の試料の軽胴割率と重胴割率を求めた。なお，籾摺前の試料は傷つけないように慎重に手で脱ぷして玄米として測定した。測定は整粒500粒について行った。

(3) 発芽勢，発芽率

食糧庁の標準計測方法に準じ，玄米の整粒100粒を0.3%（w/w）の過酸化水素水に浸漬して20℃の恒温器内に静置し，置床後72時間以内に発芽した粒数割合を発芽勢，7日以内に発芽した粒数割合を発芽率とした。測定は3回反復した。なお，インペラ式籾摺機の特徴の1つとして，籾摺後の玄米に脱芽粒が多く含まれる。本試験では脱芽粒が多く発生することがインペラ式籾摺機の特徴であると考え，脱芽粒も含めて測定に用いる試料とした。

(4) 肌ずれ指数

玄米の整粒100粒を0.2%（w/w）のヨウ素溶液10mLに浸漬し，10分後に玄米表面のヨウ素デンプン反応による着色の程度を肉眼で観察した。着色の指数は，肌ずれの面積が玄米表面積の1/3以上を占める面状のものを「1.0」，線状に繋がった肌ずれがあるもの，点状の肌ずれが3点以上あるもの，または直径1mm以上の点状の肌ずれがあるものを「0.5」，直径1mm以下の点状の肌ずれがあり，なおかつ点状の肌ずれが2点以下と少ないものを「0.1」，肌ずれがないものを「0.0」とし，肌ずれ指数は100粒の着色指数の合計で示した。測定は3回反復した。

(5) 脂肪酸度

AACC（American Association of Cereal Chemists）の迅速法に準じた滴定法で測定した。脂肪酸度の単位（mg. KOH/100 g. DM）は，以下mgと略記する。測定は3回反復した。

(6) 白度

白度計（ケット科学研究所製C-100-3）を用いて測定した。測定は10回反復した。

(7) 透光度

ライスメータ（理研計器製QS-101D, 玄米用）を用いて玄米中の光の透過率を測定し，これを透光度とした。測定は10回反復した。

III 結果および考察

1. 籾摺特性

表1に籾摺歩留，良玄米歩留，脱ぷ率を示した。ロール式籾摺機で籾摺した玄米の脱ぷ率は，84.6%，87.8%，92.3%であった。インペラ式籾摺機で籾摺した玄米の脱ぷ率は，85.4%，94.2%，99.7%であった。標準回転数である3,500 rpmで99.7%という高い脱ぷ率であったことから，標準回転数においてほぼ100%の脱ぷ率をえられることが確認された。

2. 籾摺後の玄米の品質

(1) 組成

表2に籾摺後の玄米の組成を示した。表中の項目の下の「**」と「*」は，分散分析によりそれぞれ危険率1%または5%でその項目における試料間に有意差があることを示す。数値の右の「**」と「*」は，母平均の差の検定により「◎」の試料（ロール式籾摺機の脱ぷ率84.6%の玄米）に対して，それぞれ危険率1%または5%で有意差があることを示す。これは，以下の表においても同様である。

ロール式で籾摺した玄米は，脱芽粒や砕粒が発生せず，脱ぷ率が変化しても玄米の組成に大きな差はなかった。インペラ式で籾摺した玄米は，脱ぷ率が大きくなるにしたがって脱芽粒と砕粒の発生が多くなった。脱ぷ率

表1 籾摺歩留，良玄米歩留，脱ぷ率

Table 1 Husking yield, sound whole kernel yield, husking rate

籾摺方式	ロール間隙 (mm)	籾摺歩留 (%)	良玄米歩留 (%)	脱ぷ率 (%)	籾摺方式	回転数 (rpm)	籾摺歩留 (%)	良玄米歩留 (%)	脱ぷ率 (%)
ロール式	1.43	84.0	77.3	84.6	インペラ式	2,440	84.8	76.4	85.4
	1.35	83.8	76.5	87.8		2,580	84.0	74.8	94.2
	1.25	83.5	75.4	92.3		3,500	81.9	71.9	99.7

表2　籾摺後の玄米の組成
Table 2　Component of brown rice

籾摺方式	脱ぷ率	玄米の質量割合（%）							全体の質量割合（%）	
		整粒	未熟粒	死米	被害粒	脱芽粒	砕粒	着色粒	籾	異物
	(%)	**	**			**	**		**	**
ロール式	84.6	88.3◎	9.9◎	0.2◎	1.3◎	0.0◎	0.1◎	0.2◎	15.4◎	0.0◎
	87.8	86.7**	11.4**	0.2	1.6	0.0	0.0	0.2	12.1**	0.1
	92.3	87.6	10.5	0.2	1.4	0.0	0.0	0.2	7.6**	0.1
インペラ式	85.4	88.2	9.2	0.1	1.9*	0.1	0.2	0.3	14.6	0.0*
	94.2	88.0	9.9	0.1	1.4	0.2*	0.3	0.2	5.8**	0.0*
	99.7	85.2**	10.5	0.2	1.5	1.6**	0.8**	0.2	0.3**	0.0*

項目の下の「**」と「*」は，分散分析によりそれぞれ危険率1%または5%でその項目における試料間に有意差があることを示す．数値の右の「**」と「*」は，母平均の差の検定により「◎」の試料（ロール式籾摺機の脱ぷ率84.6%の玄米）に対して，それぞれ危険率1%または5%で有意差があることを示す．以下の表においても同様．

99.7%の玄米は，脱芽粒が1.6%，砕粒が0.8%と，他と比べてもとくに脱芽粒と砕粒の発生が多かった。これは，インペラ式籾摺機はロール式籾摺機に比べて胚芽に衝撃が加わる確率が高いためと考えられる。組成分析の際の肉眼による観察では，インペラ式で籾摺した玄米には，脱芽粒と判定されなかった粒でも胚芽に損傷を受けている粒が多かった。

(2)　胴割率

表3に籾摺前の籾と籾摺後の玄米の胴割率を示した。ロール式で籾摺した脱ぷ率92.3%の玄米の軽胴割率と全胴割率がわずかに増加したが，その他の玄米では籾摺前後で胴割率に変化がなかった。インペラ式籾摺機は籾に衝撃を与えて脱ぷさせるため，籾摺後の玄米には脱芽粒や砕粒の発生が多かった。よって，インペラ式で籾摺した玄米に胴割の増加が認められると予想した。しかし，本試験においてはインペラ式で籾摺した玄米の胴割は籾摺前後で変化なかった。インペラ式籾摺機が実用化される以前の衝撃式籾摺機では，砕粒や胴割粒の発生が多いことが問題となっていた。インペラ式で籾摺した玄米に胴割の増加が認められなかったのは，インペラ式籾摺機の脱ぷ機構が衝撃式籾摺機とは異なり，インペラ外周のウレタン製ライニングに籾を衝突，滑動させて脱ぷさせるというものであるためと考えられる。

(3)　発芽勢，発芽率

発芽勢は米の休眠性の強弱を示す指標となり，発芽率は米の発芽能力の有無（種子としての生死）を示す指標となる。すなわち，発芽勢が低く発芽率が高い場合は，休眠性が強いため短時間（72時間）では発芽しないが最終的には（7日後までには）休眠が打破されて発芽する能力がある（種子として生命力がある）ことを示している。また，発芽勢が高く発芽率も高い場合は，休眠性が弱くかつ生命力があることを示している。一方，発芽勢が低くかつ発芽率も低い場合は，米の生命力が失われていることを示している。以上のように，発芽勢と発芽率とを組み合わせて考えることにより，稲の種子である米の休眠性と生命力とを判断することが可能である。

表3　胴割率
Table 3　Ratio of cracked rice

籾摺方式	脱ぷ率	軽胴割率	重胴割率	全胴割率
	(%)	(%)	(%)	(%)
籾摺前	—	4.0	1.6	3.6
ロール式	84.6	4.0	1.6	3.6
	87.8	4.0	1.8	3.8
	92.3	5.2	2.0	4.6
インペラ式	85.4	3.6	1.4	3.2
	94.2	3.6	1.4	3.2
	99.7	3.4	1.8	3.5

表4に籾摺後の玄米の品質を一括して示した。ロール式で籾摺した玄米は，発芽勢が54～60%であり，発芽率が98～99%であった。これに対し，インペラ式で籾摺した玄米は，発芽勢が80～82%であり，発芽率が92～99%であった。すなわち，ロール式で籾摺した玄米は休眠性が強く，インペラ式で籾摺した玄米は休眠性が弱いことがわかった。種子の休眠性は，過酸化水素水やホルモンなどの化学物質，一時的な低温や高温，物理的な刺激などにより弱まることが知られている。インペラ式籾摺機ではロール式籾摺機に比較して胚芽に衝撃が加わる確率が高いため，インペラ式で籾摺した玄米の休眠性が弱まったと考えられる。休眠性が弱い玄米は呼吸や物質代謝が活発であり，これを貯蔵すると自己消耗によりやがて生命力を失う。生命力を失った玄米は，いわゆる古米であり品質劣化が著しい。したがって，ロール式籾摺機で籾摺した玄米の方が貯蔵に適していると考える。

インペラ式で籾摺した玄米は，脱ぷ率が高くなるほど発芽率が低い傾向が見られた。この発芽率の低下は，籾摺時の衝撃による脱芽粒の発生と胚芽の損傷が原因である。インペラ式籾摺機による衝撃は休眠性を弱め，その結果発芽勢を増加させるが，衝撃が大きく胚芽が脱落または損傷した場合には発芽能力を失わせる。測定時の観察においても，脱芽した玄米および胚芽が約半分損傷した玄米は発芽しないことを確認した。

(4)　肌ずれ指数

表 4　籾摺後の玄米の品質
Table 4　Quality characteristics of brown rice after husking

籾摺方式	脱ぷ率	発芽勢	発芽率	肌ずれ指数	脂肪酸度	白度	透光度
		(%)	(%)	(−)	(mg)	(−)	(−)
	(%)	**	**	**	**	**	**
ロール式	84.6	54.0◎	99.3◎	43.5◎	10.5◎	16.5◎	74.3◎
	87.8	56.0	97.7	46.3*	11.1**	16.4	75.8**
	92.3	60.0	99.3	45.7*	11.6**	16.6	76.0**
インペラ式	85.4	81.0**	98.7	38.6**	10.6	16.3	70.1**
	94.2	80.0**	95.7**	40.8*	10.1*	16.2*	72.8**
	99.7	82.0**	92.3**	47.6**	10.6	15.9**	80.3**

肌ずれ指数は，インペラ式で籾摺した玄米では脱ぷ率が高くなるほど値が大きくなった。これは，インペラ式籾摺機の回転数が高くなることにより，玄米がより大きな衝撃を受けたためである。インペラ式で籾摺した玄米よりロール式で籾摺した玄米の方が全般に肌ずれ指数は高い値を示した。しかし，インペラ式籾摺機の標準回転数で籾摺した脱ぷ率99.7% の玄米の肌ずれ指数は47.6% とロール式籾摺機で籾摺したいずれの玄米の肌ずれ指数よりも高かった。また，本試験に用いたロール式籾摺機は試験用の小型機であり，そのため肌ずれ指数が実用機より高くなったと考えられる。本試験に用いたロール式籾摺機は，回転速度差率が実用機の標準的な回転速度差率の約2倍の大きさである。回転速度差率が増大すれば脱ぷ率は大きくなるが，肌ずれや胴割の発生が多くなるとされる（Iwao, 1996)。山下等は，ロール式籾摺機の試験用機と実用機で籾摺により発生した肌ずれを比較し，実用機の方が肌ずれが発生しにくいことを確認している（Yamashita et al., 1989)。すなわち，本試験に用いたロール式籾摺機が試験用の小型機であり，回転速度差率が大きいことにより，肌ずれの発生が多くなったと考える。

また，肉眼で観察したところ，ロール式で籾摺した玄米とインペラ式で籾摺した玄米とでは，肌ずれの発生状態が異なっていた。ロール式で籾摺した玄米の肌ずれは米粒の側面に発生し，肌ずれを構成する点の面積が大きく，測定の際に容易に確認することができた。これは，1対のゴムロールの接触圧力と周速度差によって生じる剪断力によって籾摺するというロール式籾摺機の脱ぷ機構に起因していると考えられる。一方，インペラ式で籾摺した玄米の肌ずれは，ロール式で籾摺した玄米の肌ずれと比べると肌ずれを構成する点の面積が小さく，その小さい点が多数散在していた。これは，籾をインペラ外周のウレタン製ライニングに衝突，滑動させて脱ぷするというインペラ式籾摺機の脱ぷ機構に起因していると考えられる。

3.　貯蔵による玄米の品質変化

(1)　発芽勢，発芽率

表5に12ヵ月貯蔵後の玄米の品質を一括して示した。また，図1および図2にロール式で脱ぷ率87.8% に籾摺した玄米とインペラ式で脱ぷ率99.7% に籾摺した玄米について，発芽勢および発芽率の貯蔵中の経時変化をそれぞれ示した。

ロール式で籾摺した玄米の発芽勢は貯蔵開始時に56% であったが，図1に示したように貯蔵の経過にともない増加し，貯蔵温度25℃では1ヵ月後に，15℃では3ヵ月後に，5℃では6ヵ月後にそれぞれ発芽勢が90% を超えた。この発芽勢の増加は，米の休眠性が収穫，乾燥後から時間経過とともに徐々に弱まることや，温度が高いと弱まることに起因している。ロール式で籾摺した玄米を25℃に貯蔵した場合の発芽勢は，貯蔵1ヵ月後に増加した後，3ヵ月後には低下しはじめ，12ヵ月後には0% になった。この試料の発芽率も発芽勢と同様に3ヵ月後には低下しはじめ，12ヵ月後には0% となった。ところが，ロール式で籾摺した玄米を5℃と15℃で貯蔵した場合の発芽勢と発芽率は，12ヵ月後まで低下しなかった。

既述したように，インペラ式で籾摺した直後（すなわち貯蔵開始時）の玄米は発芽勢がロール式より高く，インペラ式の籾摺時の衝撃により休眠性が弱くなっていることが示された。図1と図2によれば，インペラ式で籾摺した玄米の発芽勢と発芽率は，5℃の貯蔵では貯蔵開始時と12ヵ月貯蔵後がほぼ同じ値であったが，15℃，25℃と貯蔵温度が高くなるにともなって発芽勢と発芽率の低下が大きくなった。さらに，インペラ式で籾摺した玄米の発芽勢と発芽率の低下は，ロール式で籾摺した玄米より早く，その程度が大きかった。

玄米の休眠性が弱いと呼吸や物質代謝が活発になり，やがて自己消耗により生命力を失うとともに品質が劣化する。インペラ式籾摺機は衝撃により玄米の休眠性を弱め，その結果貯蔵中の発芽率の低下（生命力の喪失，品質の低下）が早くなった。したがって，インペラ式で籾摺した玄米を貯蔵することは適切でないと考える。

(2)　肌ずれ指数

表5によれば，肌ずれ指数はロール式で籾摺した玄米の増加の程度が大きかったのに対し，インペラ式で籾摺した玄米の増加の程度は小さかった。ロール式で籾摺し

表5　12ヵ月貯蔵後の玄米の品質
Table 5　Quality characteristics of brown rice after storage

籾摺方式	脱ぷ率 (%)	貯蔵温度 (℃)	発芽勢 (%)	発芽率 (%)	肌ずれ指数 (−)	脂肪酸度 (mg)	白度 (−)	透光度 (−)
			**	**	**	**	**	**
ロール式	84.6	5	95.7◎	99.3◎	57.3◎	16.8◎	16.4◎	75.1◎
		15	93.3	96.7	59.7	19.7**	16.9**	75.2
		25	0.0**	0.0**	62.4**	16.7	16.8**	51.1**
	87.8	5	95.3	97.3	60.5	19.1*	16.6	76.4*
		15	92.3	96.3	63.2**	21.9**	17.1**	75.2
		25	0.3**	0.3**	65.6**	18.8*	16.9**	47.6**
	92.3	5	97.3	98.7	67.3**	18.6*	16.8**	75.4
		15	94.0	97.7	69.5**	20.5**	17.2**	72.8**
		25	0.3**	0.7**	74.0**	18.8*	17.1**	47.2**
インペラ式	85.4	5	92.3	95.7*	41.5**	15.6	16.1**	73.9*
		15	85.0**	93.3**	41.7**	18.9*	16.3	76.8**
		25	0.0**	0.0**	43.4**	18.9*	15.4**	38.0**
	94.2	5	94.0	96.0	46.7**	17.1	16.2*	76.8**
		15	76.3**	87.3**	45.9**	22.4**	16.3	79.1**
		25	0.0**	0.0**	45.2**	20.2**	14.9**	30.5**
	99.7	5	81.7**	89.3**	50.3**	22.0**	15.8**	80.8**
		15	56.0**	67.7**	51.1**	31.3**	16.1**	85.6**
		25	0.3**	0.3**	51.3**	24.4**	13.6**	13.1**

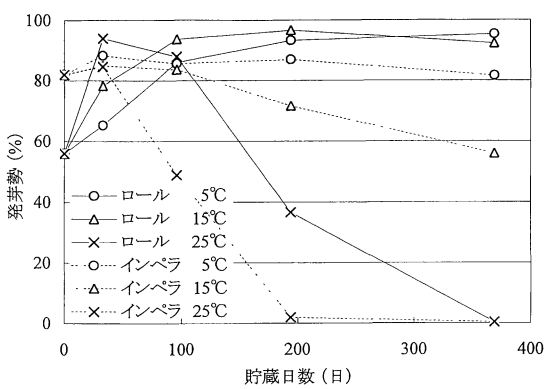


図1　ロール式籾摺機で脱ぷ率87.8%に籾摺した玄米とインペラ式籾摺機で脱ぷ率99.7%に籾摺した玄米の発芽勢

Fig. 1　Vigor rate of brown rice husked to 87.8% of husking rate with roll-type husker, and that husked to 99.7% of husking rate with impeller-type husker

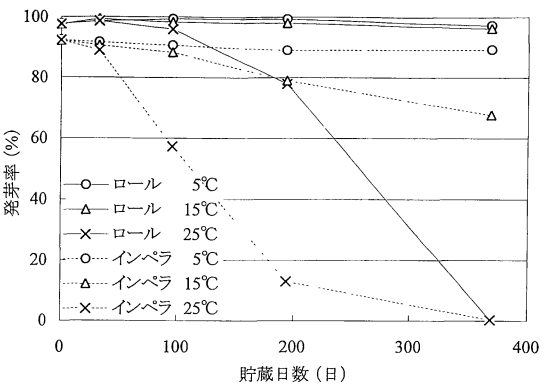


図2　ロール式籾摺機で脱ぷ率87.8%に籾摺した玄米とインペラ式籾摺機で脱ぷ率99.7%に籾摺した玄米の発芽率

Fig. 2　Germination rate of brown rice husked to 87.8% of husking rate with roll-type husker, and that husked to 99.7% of husking rate with impeller-type husker

た玄米では，とくに面状の肌ずれが大きく増加した。既述したように，ロール式とインペラ式とでは籾摺時の肌ずれの発生状態が異なっており，これが肌ずれの増加に影響を与えたと考える。すなわち，ロール式で籾摺した玄米は側面に大きな肌ずれがあり，これが貯蔵中に拡大して面状の肌ずれとなり肌ずれ指数が増加した。

(3)　脂肪酸度

図3に脂肪酸度を示した。ロール式で籾摺した玄米の脂肪酸度は貯蔵により増加したが，脱ぷ率による増加の差は認められなかった。インペラ式で籾摺した玄米の脂肪酸度も貯蔵により増加したが，とくに脱ぷ率99.7%の玄米の脂肪酸度の増加が著しかった。脱ぷ率99.7%の玄米は，インペラ式籾摺機の標準回転数で籾摺した玄米である。すなわち，インペラ式籾摺機を用い脱ぷ率がほぼ100%となるような標準回転数で籾摺した玄米は脂肪酸度の増加が大きいため，長期間の貯蔵には適さないと判断できる。

(4)　白度，透光度

インペラ式で籾摺して25℃で貯蔵した玄米の白度は，1ヵ月貯蔵後から低下しはじめた。図4に示したように，

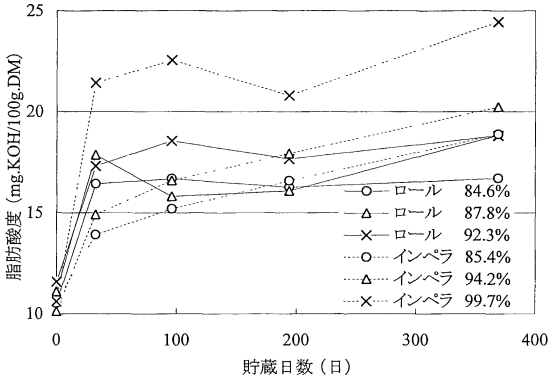


図 3　25℃で貯蔵した玄米の脂肪酸度
Fig. 3　Free fat acidity of brown rice stored at 25℃

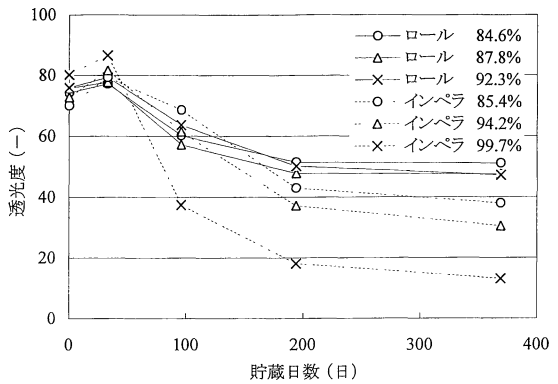


図 4　25℃で貯蔵した玄米の透光度
Fig. 4　Translucency of brown rice stored at 25℃

ロール式およびインペラ式で籾摺して25℃で貯蔵を行った玄米の透光度は，1ヵ月貯蔵後から低下しはじめた。また，ロール式で籾摺した玄米に比べてインペラ式で籾摺した玄米の方が，透光度の低下の程度が著しかった。透光度と白度が低下した玄米は，肉眼による観察では透明感がなく，表面が浅黒くツヤがなく，明らかに外観が劣っていた。

4.　籾摺方式が貯蔵後の玄米の品質に与える影響

標準的な使用法では，ロール式籾摺機の脱ぷ率は90%前後であり，インペラ式籾摺機の脱ぷ率はほぼ100%である。そこで，ロール式で脱ぷ率87.8%または92.3%に籾摺した玄米と，インペラ式で脱ぷ率99.7%に籾摺した玄米とを比較する。インペラ式で籾摺した玄米は，脱芽粒と砕粒が多く含まれ，籾摺後の発芽率が低かった。また，インペラ式で籾摺した玄米は，貯蔵による発芽勢や発芽率，白度，透光度の低下および脂肪酸度の増加がロール式で籾摺した玄米に比べて顕著であった。過去のインペラ式籾摺機の報告と比較すると，本試験におけるインペラ式籾摺機の脱芽粒や砕粒の発生率は低い。これは，インペラ式籾摺機の改良によると考えられる。しかしながら，籾摺後に玄米形態で貯蔵を行う場合には，貯蔵中における品質低下が大きいことを考慮すると，インペラ式籾摺機の使用は適切ではないと判断できる。

本試験では，インペラ式籾摺機で脱ぷ率を85.4%まで下げた場合には，籾摺後の玄米の脱ぷ率や砕粒の発生率が低かった。また，貯蔵後の玄米の品質も，脱ぷ率85.4%の玄米はロール式で籾摺した玄米と大きな違いがなかった。しかし，インペラ式籾摺機の場合，籾摺時の衝撃によって玄米の休眠性が弱められるため，とくに貯蔵温度が高い長期の貯蔵には適さないと考える。

インペラ式籾摺機のメリットは脱ぷ率が高いことであり，籾摺後に籾と玄米とを分離する揺動選別が不要なことである。そこで，インペラ式籾摺機を使用する場合には，籾摺した玄米を直ちに搗精することにより，インペラ式籾摺機の問題点を解消し，メリットを生かすことが可能であると考える。

IV　摘　　要

ロール式籾摺機とインペラ式籾摺機で籾摺した玄米の品質を比較するとともに，籾摺後の玄米を貯蔵して籾摺方式の違いが貯蔵後の玄米の品質に与える影響を調べた。その結果，以下のことが明らかになった。

1)　ロール式で籾摺した玄米には脱芽粒や砕粒が発生しなかったのに対し，インペラ式で籾摺した玄米は脱ぷ率が大きくなるにしたがって脱芽粒と砕粒の発生が多くなった。

2)　インペラ式で籾摺した玄米は休眠性が弱められて発芽勢が高く，脱芽粒の発生や胚芽への損傷が多くなることにより発芽率が低かった。

3)　インペラ式で籾摺して貯蔵した玄米は，発芽勢，発芽率，白度，透光度の低下および脂肪酸度の増加がロール式で籾摺した玄米に比べて顕著であった。

4)　籾摺後に玄米形態で貯蔵を行う場合には，籾摺にインペラ式籾摺機を用いることは適切でない。

References

Iwao, T., 1996. Rice husker. JSAM, Handbook of Bioproduction Machinery (First Edition). Corona Publishing Co., Ltd., Tokyo, 821-827.

Kamide, J., Tsuchiya, M., Akase, A., 1981. The study on an impeller type rice husker (2). Journal of JSAM, 42(4), 491-497.

Nishiyama, Y., 1991. Dynamical analysis of impeller-type rice husker (Part 1). Journal of JSAM, 53(4), 71-76.

Nishiyama, Y., Kikuchi, Y., Shisai, T., 1992. Dynamical analysis of impeller-type rice husker (Part 2). Journal of JSAM, 54(6), 65-71.

Nishiyama, Y., Sugawara, S., 1995. Dynamical analysis of impeller-type rice husker (Part 3). Journal of JSAM, 57(3), 45-53.

Tsuchiya, M., Kamide, J., Akase, A., 1980. The study on an impeller type rice husker (1). Journal of JSAM, 42(3), 391-396.

Wang, X.G., Ito, N., Miwa, K., Kito, K., Wang, X.L., 1997a.

Friction and impact characteristics of impeller type rice husker (Part 1). Journal of JSAM, 59(2), 13-20.
Wang, X.G., Ito, N., Miwa, K., Kito, K., Wang, X.L., 1997 b. Studies on friction and impact characteristics of impeller type rice husker (Part 2). Journal of JSAM, 59(4), 11-19.
Yamashita, R., 1989. Post-harvest of grain (1) (in Japanese). Journal of JSAM, 51(2), 93-99.
Yamashita, R., Omar, S.J., Goto, K., 1989. New postharvesting method on rice grain (Part 1). Journal of JSAM, 51(4), 71-75.
(原稿受理:2003年6月5日・質問期限:2004年7月31日)