



Title	寒冷地における粳貯蔵技術の確立（第4報）：貯蔵中の粳の穀温差が品質に与える影響
Author(s)	竹倉，憲弘；川村，周三；伊藤，和彦
Citation	農業機械学会誌, 65(5), 48-54 https://doi.org/10.11357/jsam1937.65.5_48
Issue Date	2003
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70951
Rights	© 農業機械学会
Type	journal article
File Information	65_48.pdf



寒冷地における粳貯蔵技術の確立 (第4報)*

——貯蔵中の粳の穀温差が品質に与える影響——

竹倉憲弘*¹・川村周三*¹・伊藤和彦*¹

要 旨

カントリーエレベータで超低温貯蔵を行った際の夏季におけるサイロ内壁付近の穀温上昇や内壁付近と中心部の穀温差が品質に与える影響を明らかにするため、貯蔵終了時のサイロ内各部の粳の品質測定をするとともに、排出時に約10tごとに粳を採取して品質を測定した。その結果、夏季の穀温上昇や穀温差が品質に与える悪影響はないことが確認された。カントリーエレベータでの超低温貯蔵による粳貯蔵技術は、寒冷地の自然環境を利用した米の貯蔵技術として確立した。

[キーワード] 寒冷気候, 自然エネルギー, 粳貯蔵, 超低温貯蔵, カントリーエレベータ, 通風冷却, 穀温, 水分, 発芽率, 脂肪酸度

Development of Techniques for Storing Rough Rice in Cold Regions (Part 4)*

——Effect of Difference in Grain Temperatures during Storage on Rice Quality——

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

Abstract

The temperature of the rough rice near the inner silo wall gradually increased in spring and summer, whereas that of the rough rice in the center of the silo remained below ice point. The effect of this difference in rough rice temperatures in the silo on rice quality was investigated. There was no deterioration in the quality of rough rice near the silo wall, and the quality of the rough rice unloaded from silo after storage was uniform. These results indicate that there was no significant effect of the difference in grain temperatures in the silo on rice quality. The technique for storing rough rice at a temperature below ice point, i.e., super-low-temperature storage, at country elevators in cold regions using natural energy in winter was finally developed.

[Keywords] cold climate, natural energy, storage of rough rice, super-low-temperature storage, country elevator, cooling by aeration, grain temperature, moisture content, germination rate, free fat acidity

I 緒 言

第2報 (Takekura et al., 2003 a) において、カントリーエレベータで冬季に寒冷な外気を通風することにより、穀温を氷点下に低下させて超低温貯蔵を行うことが可能であり、サイロ中心部の粳の穀温は7月中旬まで氷点下に保たれることを明らかにした。カントリーエレベータで超低温貯蔵した粳は、サイロ全体としては従来の低温貯蔵よりも高品質に保たれることを第3報

(Takekura et al., 2003 b) で確認した。しかし、サイロ内壁付近の穀温は3月下旬まで氷点下に保たれた後、春から夏にかけて外気温の影響により徐々に上昇し、氷点下に保たれるサイロ中心部の粳との穀温差が大きくなった。このサイロ内壁付近の穀温上昇や中心部と内壁付近の穀温差が粳の品質へ与える影響については不明のままであった。そこで本報では、サイロ内壁付近の穀温上昇と、それにより生じるサイロ内の粳の穀温差が品質に与える影響について詳細に検証した。

* 2001年4月 第60回農業機械学会年次大会 (鳥取大学) にて一部講演

*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, Kita9, Nishi9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589 Japan

II 方 法

1. 供試施設

供試施設は、北海道雨竜郡雨竜町にあるJAきたそらち雨竜町ライスコンビナートのカントリーエレベータ（雨竜町穀類乾燥調製貯蔵施設）である。このカントリーエレベータは、1999年秋に操業開始した。サイロは全部で12基あり、全体で5,760tの粃貯蔵能力がある。本試験ではこのうちのサイロ2基を利用した。サイロの形状は円筒形で、サイロ1基は高さ23.2m、直径7.4m、粃貯蔵能力は480tである。サイロ構造は鋼板溶接構造で、12基のサイロ群の外周壁面には75mmの硬質ポリウレタンフォーム断熱材が施されている。サイロ天井部には50mmの硬質ポリウレタンフォーム断熱材が施されており、さらにその上に100mmのコンクリートを打ち付けてサイロ上屋の床となっている。サイロ下部のホッパ部やサイロ間には断熱材は施されていない。各サイロには、サイロ内上部空間における結露防止用の強制換気設備が設置されている。この換気設備はサイロ内壁表面の温度とサイロ内上部空間の露点温度（上部空間の温度と相対湿度から算出）との差を検知し、自動的にファンが作動してサイロ内上部空間に上屋の空気を導入するようになっている。本試験では、「上部空間の露点温度－内壁表面温度」が3℃以下になったときにファンが作動するように設定して使用した。また、施設には各サイロへ通風するための通風設備が設置されている。通風設備は送風機（昭和電機製ターボファン、22kW、3,300rpm）が1機あり、通風ダクトを通じて各サイロの下部から上部へと通風することができる。通風ダクトのダンパの切り替えにより、各サイロへ個別ないし並列に通風を行うことが可能である。

2. 供試試料

1999年北海道雨竜産「きらら397」の粃500tと、1999年北海道雨竜産「ほしのゆめ」の粃494tである。

3. 貯蔵期間

サイロへの粃投入は、きらら397が1999年11月22日から11月23日の間に、ほしのゆめは1999年11月24日から11月26日の間に行い、投入終了後そのまま貯蔵を開始した。サイロからの粃排出は、きらら397は2000年7月21日から7月23日の間に断続的に、ほしのゆめは2000年7月19日から7月20日の間に連続的に行った。したがって、サイロでの貯蔵期間はそれぞれ約8カ月間であった。

4. 測定方法

サイロへの粃投入は、風力選別機、比重選別機、インデントシリンダ型選別機を用いた粃の精選別と並行して行った。精選別後の粃をサイロに投入する際の流量は、約20t/hであった。サイロへの投入直前の粃を約10tごとに採取し、すべてを混合して水分、発芽率、脂肪酸度、胴割率を測定した。

貯蔵中の粃の穀温と、外気、サイロ内上部空間、外壁表面、および内壁表面の温度を測定した。穀温は、T型熱電対（直径0.6mm）をサイロ中心部と内壁付近（内壁面から約10cm）に上下方向約2.2m間隔で取り付けて測定した。外壁表面温度は、日射を浴びる南側の外壁表面に熱電対を貼り付けて測定した。内壁表面温度は、堆積粃表面からの深さ3.6mの南側の内壁表面に熱電対を貼り付けて測定した。温度の測定間隔は4時間とし、データログ（江藤電気製THERMODAC-EF）に自記させた。

貯蔵中の粃の穀温を氷点下にするため、通風設備を用いてサイロ内へ外気を通風して粃の冷却を行った。通風冷却は送風機の入気口付近の温度が－7℃以下のときに自動的に通風するように設定し、サイロ内の穀温がすべて氷点下になるまで断続的に行った。また、通風冷却はきらら397とほしのゆめを貯蔵しているサイロ2基同時に並列で行った。通風時の静圧と風速を測定し、それより送風量と風量比を算出した。

サイロ内壁付近の穀温上昇および中心部と内壁付近の穀温差が品質に与える影響を明らかにするため、貯蔵終了時にサイロから粃を排出する直前に試料を採取し、水分、発芽率、脂肪酸度を測定した。試料の採取位置は、サイロ中心部および内壁付近（東西南北の内壁面から約10cm）の粃表面からの深さ0.1m、0.5m、1.0m、2.0m、4.0mとした。

貯蔵後のサイロからの粃排出時には、排出直後の粃を乾燥機に通し常温通風して穀温を常温に戻す昇温工程を行った。サイロから排出する流量は、約30t/hであった。サイロから排出直後の粃を約10tごとに魔法瓶に取り、熱電対により穀温を測定した。また、サイロ内の穀温差のある粃がどのように混合して排出されるかを確認するため、排出直後のベルトコンベア上を流れる粃の表面温度を放射温度計（日本電気製TH5100）で測定した。さらに、サイロから排出された粃の品質のばらつきの有無を明らかにするために、サイロから排出直後の粃を約10tごとに採取し、水分、発芽率、脂肪酸度を測定した。また、排出後の粃摺りから出荷までの工程においても約10tごとに試料を採取し、穀温と水分、胴割率を測定した。品質の測定方法については、既報と同様である。

III 結果および考察

1. 貯蔵中の穀温

図1に1月25日から2月1日の期間の外気、外壁表面、サイロ内上部空間および内壁表面の温度を示した。外気温度は日変動が大きく、外気温度の日最低値は貯蔵開始時から氷点下であった。外気温度は12月下旬以降－10℃を下回ることが多くなり、1月27日に貯蔵期間中の最低値－23.4℃を記録した。1月下旬から2月下旬にかけての2カ月間は、外気温度の日最高値が氷点下であることが多かった。外気温度は日最高値、日最低値と

もに3月上旬から上昇はじめ、7月中旬には日最高値が30℃近くに達した。外壁表面温度は外気温度より日変動が大きく、冬季には-20℃以下まで低下する一方、日最高値は冬季でも30℃を超えることがあった。サイロ内上部空間温度と内壁表面温度は、外気温度や外壁表面温度と比較して日変動が小さかった。

2000年1月20日から1月27日の期間で断続的にのべ91時間、サイロ内へ外気を通風して籾の冷却を行った。通風冷却はサイロ2基同時に並列で行った。通風空気の静圧はきさら 397 を貯蔵したサイロが268 mmAq、ほしのゆめを貯蔵したサイロが250 mmAq、サイロ内堆積籾表面での平均風速はきさら 397 のサイロが0.031 m/s、ほしのゆめのサイロが0.032 m/s、送風量はきさら 397 のサイロが80.0 m³/min、ほしのゆめのサイロが82.5 m³/min、風量比はきさら 397 のサイロが0.160 m³/min/t、ほしのゆめのサイロが0.167 m³/min/tであった。

図2にきさら 397 を貯蔵したサイロの貯蔵中の籾の穀温を示した。穀温は、サイロ中心部と内壁付近の上下方向の穀温をそれぞれ平均して示した。なお、穀温はほしのゆめについてもほぼ同様の結果であった。内壁付近の籾の穀温は、貯蔵開始時から通風冷却を行うまでの期間はサイロ外壁からの自然放冷により徐々に冷却され、通風冷却直前には約2℃になった。したがって、通風冷却を行う以前は内壁付近の穀温が中心部の穀温よりも低く推移した。通風冷却により内壁付近の穀温は氷点下に冷却され、3月下旬まで氷点下に保たれた。その後、外気温度の上昇にともなうサイロ外壁からの熱移動によって内壁付近の籾が徐々に温められて穀温は徐々に上昇し、貯蔵終了時の7月下旬には20℃前後になった。貯蔵期間中の内壁付近における上下方向の穀温差は約3℃と小さく、一定の温度勾配も認められなかった。

サイロ中心部における堆積表面付近（およそ2 m以内）の籾の穀温は5月下旬まで氷点下に保たれた後、徐々に上昇した。これは、堆積表面近くの穀温はサイロ

内上部空間の温度の影響を受けるためである。中心部の穀温測定点のうち最下部はホッパ部にある。ホッパ部の穀温は貯蔵開始時から徐々に低下し、通風冷却により氷点下に冷却された後、4月下旬まで氷点下に保たれた。それ以降は中心部の他の部分とは異なり穀温が上昇して貯蔵終了時の7月下旬には最高で9℃になった。これは、ホッパ部が円錐状になっていること、またホッパ部には断熱材が施されていないことにより、ホッパ部の籾が周辺環境の影響を受けやすいためである。ホッパ部と堆積表面近くを除く、貯蔵期間中の中心部における上下方向の穀温差は約3℃と小さく、一定の温度勾配も認められなかった。

ホッパ部と堆積表面近くの籾を除くサイロ中心部の籾の穀温は、通風冷却を行うまでは外気温度低下の影響を受けずに、貯蔵開始時とほぼ同じ穀温で推移した。通風冷却により中心部の穀温は-2℃程度まで冷却され、サイロ内の籾すべての穀温が氷点下となった。中心部の穀温は、貯蔵終了時の7月下旬まで氷点下のまま保たれた。

貯蔵終了時のサイロ中心部と内壁付近の籾の穀温差は約20℃あった。一方、貯蔵期間中の穀温の平均値は、サイロ中心部がきさら 397 で1.5℃、ほしのゆめで1.4℃、内壁付近がきさら 397 で5.8℃、ほしのゆめ6.1℃であった。つまり貯蔵期間中の平均穀温の差はきさら 397 が4.3℃でほしのゆめが4.7℃と、貯蔵終了時の穀温差に比べて小さかった。これは、内壁付近の穀温は春から夏にかけて上昇して中心部より高くなるが、逆に冬季（とくに通風冷却以前）は内壁付近の穀温が中心部の穀温より低く、そのため貯蔵期間中の平均穀温では両者の差が小さくなったと考える。

通風冷却を行った1月下旬からサイロ内壁付近の穀温が0℃以上になった3月下旬までの約2カ月間、サイロ内の籾すべての穀温が氷点下であった。これは「貯蔵期間中1カ月以上の期間、穀温が0℃以下になる貯蔵方式」という実用レベルにおける超低温貯蔵の定義

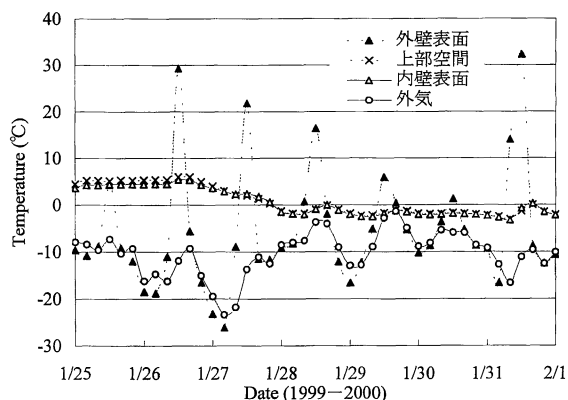


図1 貯蔵中のサイロ周辺温度

Fig. 1 Environmental temperature during storage

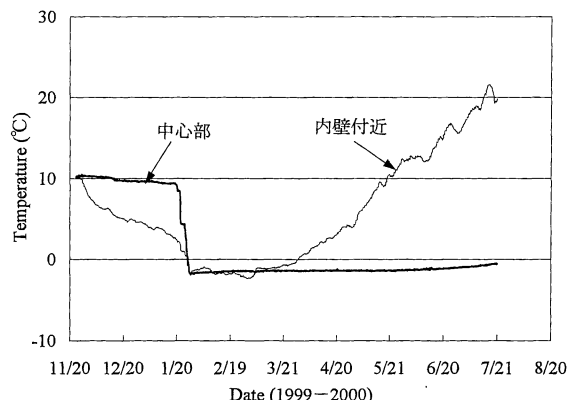


図2 貯蔵中の穀温（きさら 397）

Fig. 2 Grain temperature during storage

(Kawamura, 1996) を満たしていた。

2. 内壁付近の穀温上昇とサイロ内の穀温差が品質に与える影響

(1) 貯蔵終了時のサイロ内の粳の水分と品質

貯蔵終了時における内壁付近の粳の穀温は20℃前後であり、中心部と内壁付近の穀温差は約20℃あった。また、堆積表面付近やホッパ部の穀温も春から夏にかけて上昇し、中心部との穀温差が大きくなった。この内壁付近や堆積表面付近の穀温上昇や、内壁付近などと中心部との間の穀温差が粳の品質に悪影響を与えている可能性が懸念された。そこで、貯蔵終了時のサイロから粳を排出する直前にサイロ内の各部で粳を採取し、水分、発芽率、脂肪酸度の測定を行った。測定した水分を図3に、発芽率を図4に、脂肪酸度を図5に示した。

貯蔵終了時の水分は、堆積表面からの深さ0.1 mの粳が低い傾向にあった。これは強制換気装置が作動してサイロ内上部空間の湿度が低めに保たれたためである。発芽率はサイロ中心部と内壁付近との位置の違いや堆積表面からの深さの違いによる差は見られず、いずれも95%以上であった。また、ほぼ100%であった貯蔵前の発芽率からの大きな低下も認められなかった。脂肪酸度は、きらら397が最低13.0 mg, 最高16.3 mg, 平均14.8 mgで、ほしのゆめが最低11.6 mg, 最高14.9 mg, 平均13.2 mgであった。貯蔵前のきらら397が9.7 mg, ほしのゆめが13.1 mgであったことから、品質上問題となるような脂肪酸度の上昇は認められなかった。また、サイロ中心部と内壁付近との位置の違いや堆積表面からの深さの違いによる脂肪酸度の差は認められなかった。したがって、内壁付近や堆積表面付近の穀温が上昇し、内壁付近などと中心部との間に穀温差が生じたものの、それらは品質へ悪影響を与えなかったことが確認された。

(2) 排出時の粳の穀温と水分および品質

図6にサイロから排出直後の粳の穀温を示した。排出を開始して間もない間は、15℃程度の比較的穀温の高い粳が排出された。排出開始から20分後には2℃程度の冷たい粳が排出されたことから、最初に排出された穀温の高い粳はホッパ部にあった10 t以下のごく少量の粳であったと考えられる。20分経過以降は、5℃以下の冷たい粳が約3時間（約90 t）排出された。排出直後の穀温はその後15℃以上に上昇し、さらにその後は5℃～15℃で変動した。サイロから穀物を排出した際の穀物の流れ方は、サイロ下部から順に水平に排出されるか、まずサイロ中心部の穀物が排出してその後上部から順に中心部を通して排出されるかのいずれかである（Takagi and Minami, 1986; Takagi, 1987）。本試験においては、排出時の穀温の変化から、後者の流れ方で粳が排出されたと考えられる。すなわち、まずホッパ部の15℃程度の粳が排出された後に中心部の冷たい粳が排出され、その後排出された15℃以上の粳は堆積表面の粳である。この時点でサイロ内の堆積表面は掘り鉢状になってお

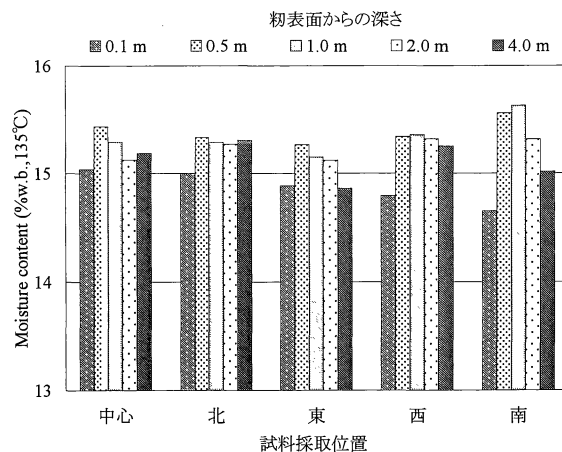


図3 貯蔵終了時のサイロ内各部の水分（ほしのゆめ）
Fig. 3 Moisture content of rough rice before unloading at the end of storage

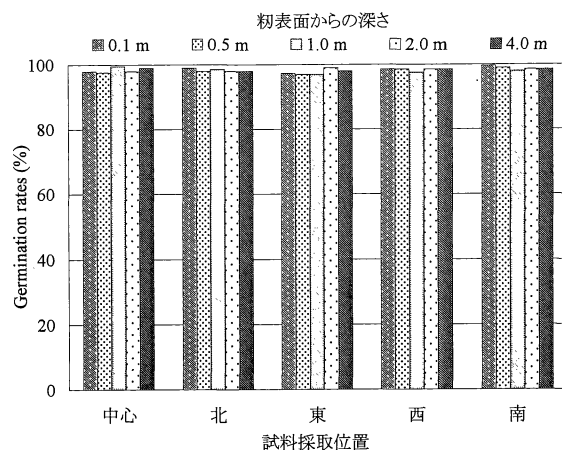


図4 貯蔵終了時のサイロ内各部の発芽率（ほしのゆめ）
Fig. 4 Germination rate of brown rice before unloading at the end of storage

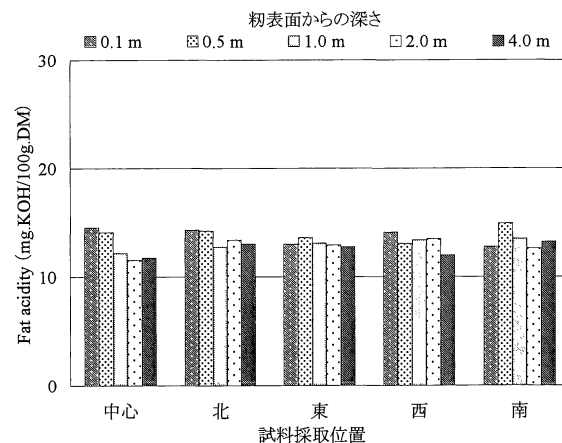


図5 貯蔵終了時のサイロ内各部の脂肪酸度（ほしのゆめ）
Fig. 5 Free fat acidity of brown rice before unloading at the end of storage

り、その後は中心部の粃と内壁付近の粃とが混合されながら排出されたため、穀温が $5^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ で変動したものと考えられる。排出直後のベルトコンベア上を流れる粃の表面温度を放射温度計で測定したが、これより排出初期は冷たい粃が排出され、その後は穀温の異なる粃が混合されて排出されていることが確認された。また、乾燥機での昇温工程が十分に行われたため、常温に戻った穀温がその後の工程で再び低下することはなかった。

図7にサイロから排出された直後に採取した粃の水分を示した。排出を開始してすぐと終了する直前の粃の水分が、きらら397とほしのゆめともに1%ほど全体の平均値より低かった。排出開始してすぐと終了する直前の粃はホッパ部の粃であり、通風冷却時にサイロ通風口のあるホッパ部の粃の水分が低下したと考えられる。しかし、水分の低い粃はその後の粃摺りから出荷までの工程において他の粃（または玄米）と混合されるため、水分のばらつきは小さくなった。貯蔵前の水分はきらら397、ほしのゆめともに15.4%であった。排出直後の粃の平均水分は、きらら397が14.9%、ほしのゆめが15.0%であった。乾燥機での昇温工程を経た後の粃摺り機前の水分は、きらら397が15.4%、ほしのゆめが15.3%であっ

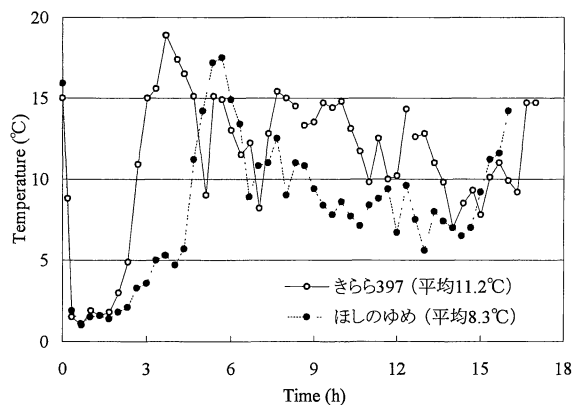


図6 排出時の穀温

Fig. 6 Grain temperature during unloading

た。よって、貯蔵中に水分は低下したが、粃摺り前には貯蔵前とほぼ同じ水分になった。貯蔵中の水分低下は、強制換気装置の影響で堆積表面付近の水分が低下したこと、通風冷却時にホッパ部の水分が低下したことによると考えられる。昇温工程での水分上昇は、乾燥機での昇温中に粃に結露が発生したためである。昇温工程で粃へ結露した水分は、粃殻を通して徐々に玄米へと移動する。また、昇温により粃摺り前の粃の穀温は粃摺り機周辺の露点温度より高くなっており、粃摺り後の玄米に結露が発生することにはなかった。貯蔵前の重胴割率はきらら397が2.6%、ほしのゆめが1.4%であり、出荷時に測定した重胴割率はそれぞれ2.5%と1.3%であった。したがって、昇温工程での粃への結露は、玄米に胴割が発生することにはなかったことが確認された。なお、出荷時の玄米水分は均一であった。

サイロから排出された直後に採取した粃の発芽率を図8に、脂肪酸度を図9に示した。発芽率はいずれも95%以上であった。すなわち、排出された粃の発芽率は高く保持されており、なおかつばらつきはなかった。脂肪酸度は、きらら397が最低11.4mg、最高16.1mg、平均13.5mgで、ほしのゆめが最低11.6mg、最高15.7mg、

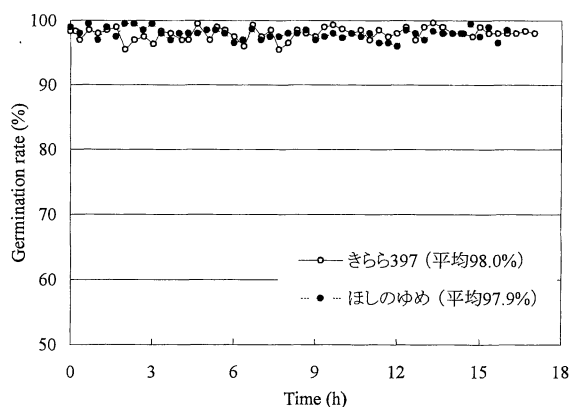


図8 排出時の発芽率

Fig. 8 Germination rate of brown rice during unloading

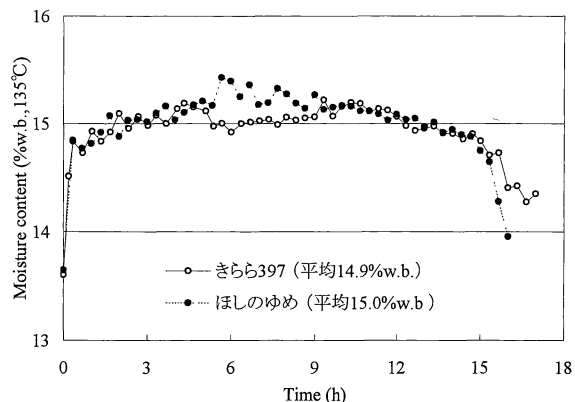


図7 排出時の粃水分

Fig. 7 Moisture content of rough rice during unloading

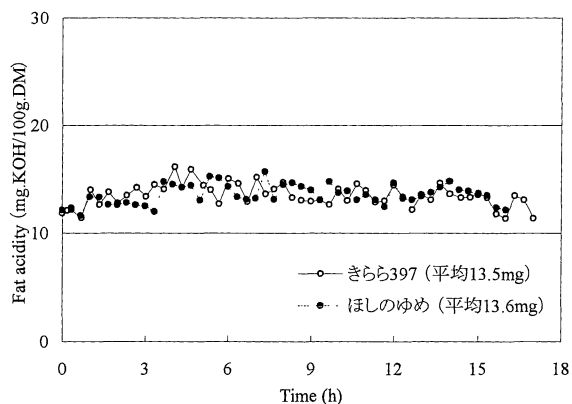


図9 排出時の脂肪酸度

Fig. 9 Free fat acidity of brown rice during unloading

平均 13.6 mg であった。すなわち、排出された粃の脂肪酸度はいずれも低く、脂肪酸度のばらつきも小さいことが確認された。以上のことから、サイロから排出される粃の品質は高く保持されており、なおかつ品質のばらつきも小さいことがわかった。

(3) 貯蔵中の穀温差が品質に与える影響

サイロ内壁付近や堆積表面付近の穀温が夏季に高いことや、それらと中心部との間に穀温差が生じていることが粃の品質に悪影響を与えている可能性が懸念された。しかしながら、貯蔵終了時にサイロ内各部で採取した粃の品質、および排出時に約 10 t ごとに採取した粃の品質の測定結果から、貯蔵中のサイロ内での局所的な粃の品質低下は認められず、排出される粃の品質も均一であることが確認された。前述したように、サイロ内壁付近の貯蔵期間中の平均穀温は、きさら 397 が 5.8℃、ほしのゆめが 6.1℃ であった。また、貯蔵期間中のサイロ中心部と内壁付近の平均穀温の差は、きさら 397 が 4.3℃ でほしのゆめが 4.7℃ であった。内壁付近の平均穀温は、北海道における低温貯蔵と比べて低く、本州以南の温暖地における低温貯蔵よりもさらに低い。また、中心部と内壁付近の粃の穀温差は貯蔵終了時は約 20℃ と大きい、貯蔵期間中の平均では約 4.5℃ と小さい。すなわち、貯蔵終了時にはサイロ内で穀温差が大きくなるものの、冬季はサイロ内の粃すべてが約 2 カ月氷点下になるなど穀温が低い期間が長く、穀温差が生じる期間が相対的に短期間であるために品質への悪影響がなかったものと考えられる。実用規模のサイロで貯蔵を行った場合、本試験のようにサイロ内での穀温差は必然的に生じる。しかしながら、穀温差が生じて品質には問題がないことが明らかになったことから、穀温差を解消するためのローテーションなどの操作は必要ないと考えられる。

3. 寒冷地における粃貯蔵技術の確立

第2報において、カントリーエレベータで冬季通風冷却を行うことにより貯蔵中の粃の穀温がすべて氷点下となり、実用規模のサイロ貯蔵において超低温貯蔵が可能であることを実証した。カントリーエレベータで超低温貯蔵した粃の品質は、従来の低温貯蔵に比べて高く保たれることが明らかとなった。同時に、貯蔵中のサイロ内の結露防止技術や、低温粃排出時の昇温技術を確認した。本報においては、サイロ内壁付近の穀温上昇やサイロ内での穀温差は品質に悪影響を与えないことを確認した。

北海道のような寒冷地において、カントリーエレベータで超低温貯蔵する際には冷却装置や電気エネルギーは不要である。冬季に温度が低下した外気をサイロ内へ通風することにより貯蔵中の粃の穀温を氷点下とできるため、低コスト、省エネルギーで高品質保持が可能である。冬季の寒冷な外気は自然エネルギーであり、カントリーエレベータでの超低温貯蔵は、寒冷地の自然環境を利用した米の貯蔵技術である。また、この貯蔵技術により年間

を通して高品質米を安定的に供給することが可能となる。

寒冷地における粃貯蔵技術の確立により、北海道ではカントリーエレベータのような粃貯蔵可能な共乾施設の建設が急速に進んでいる。1996 年から 2002 年末までに 23 カ所で粃貯蔵可能な施設が建設され、約 10 万 4 千 t の粃貯蔵能力を有するまでになった (Agricultural Structures Council of Hokkaido, 2002; Takekura, 2003)。

IV 摘 要

本試験では、カントリーエレベータのサイロで粃貯蔵を行い、サイロ内壁付近の穀温上昇とサイロ内での穀温差が品質に与える影響について詳細に検討した。

1) 貯蔵終了時のサイロ中心部と内壁付近の粃の穀温差は約 20℃ であった。

2) 貯蔵期間中の平均穀温の差は、5℃ 以下と貯蔵終了時の穀温差に比べて小さかった。

3) 貯蔵終了時のサイロ内各部で採取した粃および排出時に約 10 t ごとに採取した粃の品質には、内壁付近の穀温上昇やサイロ内での穀温差の悪影響は認められなかった。

4) カントリーエレベータでの超低温貯蔵による粃貯蔵技術は、寒冷地の自然環境を利用した米の貯蔵技術として確立した。

References

- Agricultural Structures Council of Hokkaido, 2002. Development and extension of novel techniques for storing rough rice in Hokkaido. *Journal of the Agricultural Structures of Hokkaido (Special Issue)*, 60-61.
- Kawamura, S., 1996. Promise of improving quality of Hokkaido-grown rice —New post-harvest technology and its application—. *Journal of Hokkaido Branch of JSAM*, 36, 65-71.
- Takagi, F., 1987. Soybean storage in silos. *Special Report of Institute of Technology, Shimizu Construction Co.*, 20, 117-122.
- Takagi, F., Minami, K., 1986. Segregation and caking of grain silo. *Journal of JSAM*, 48(3,4), 349-360.
- Takekura, K., Kawamura, S., Itoh, K., 2003 a. Development of techniques for storing rough rice in cold regions (Part 2) —Super-low-temperature storage at country elevator by aeration with fresh chilly air in winter—. *Journal of JSAM*, 65(4), 65-70.
- Takekura, K., Kawamura, S., Itoh, K., 2003 b. Development of techniques for storing rough rice in cold regions (Part 3) —Quality Characteristics of Rough Rice Stored at Country Elevator—. *Journal of JSAM*, 65(5), 40-47.
- Takekura, K., 2003. Development of Techniques for Preserving and Improving of Rice Quality in Postharvest Process. *Doctoral Thesis, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo.*

(原稿受理：2002 年 8 月 1 日・質問期限：2003 年 11 月 30 日)

コ メ ン ト

〔読者のコメント〕

温度の変化の小さい中心付近と動的に激しく変動する外壁付近との穀温差が品質に及ぼす影響を検討することは実用的に重要なことだと考えます。しかしこの低温における温度差が品質に及ぼす影響は制御された定量的な実験結果から考察すべきであると考えますが。

〔コメントに対する著者の見解〕

穀温差が品質に及ぼす影響を定量的に調べるために、制御された実験を行うことは考えられます。しかしながら、本試験の主目的は実用施設において粳を貯蔵した際に必然的に生じる穀温差が、品質に悪影響を及ぼさないことを確認することです。その結果として穀温差は品質に悪影響を及ぼさないことが実証されており、本試験の目的に対する結果としては十分であると考えます。なお、穀温と品質との関係については、この試験とは別に、 -50°C 、 -20°C 、 -5°C 、 5°C 、 15°C 、 25°C で4年間にわたり粳貯蔵する基礎試験を行い、品質の温度依存性を定量的に測定しています。この内容については、第62回年次大会で発表しました。また、現在学会誌への投稿準備を進めています。