



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	寒冷地における粳貯蔵技術の確立（第3報）： カントリーエレベータで貯蔵した粳の品質
Author(s)	竹倉，憲弘；川村，周三；伊藤，和彦
Citation	農業機械学会誌, 65(5), 40-47 https://doi.org/10.11357/jsam1937.65.5_40
Issue Date	2003
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70950
Rights	© 農業機械学会
Type	journal article
File Information	65_40.pdf



寒冷地における粳貯蔵技術の確立 (第3報)*

——カントリーエレベータで貯蔵した粳の品質——

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自然放冷と冬季通風冷却によるサイロ貯蔵を行い、同時に行った -5°C 貯蔵、低温貯蔵、室温貯蔵とサイロ貯蔵の品質保持効果を検証した。その結果、自然放冷によるサイロ貯蔵は低温貯蔵と同等の品質保持効果があること、冬季通風冷却によるサイロ貯蔵は低温貯蔵や自然放冷によるサイロ貯蔵よりも品質保持効果が高いことを明らかにした。通風冷却に利用するのは冬季の寒冷な外気という自然エネルギーであるため低コスト省エネルギーであり、冬季通風冷却によるカントリーエレベータでのサイロ貯蔵は寒冷地の自然環境を利用して高品質米の供給を可能にする貯蔵技術である。

〔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, サイロ, 発芽率, 脂肪酸度, 硬さ粘り比, 食味

Development of Techniques for Storing Rough Rice in Cold Regions (Part 3)*

——Quality Characteristics of Rough Rice Stored at Country Elevator——

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

Abstract

Quality characteristics of rough rice stored at country elevator in Hokkaido and under controlled storage conditions (room-temperature storage, low-temperature storage and -5°C storage) were examined. The quality of rough rice stored at country elevator by aeration with fresh chilly air in winter was better than that of the rough rice stored under low-temperature storage and that of the rough rice stored at the country elevator with natural heat radiation in winter. The combination of storage of the rough rice at a temperature below ice point and utilization of fresh chilly air in winter enables the quality of rice to be preserved at a high level, similar to that of freshly harvested rice, without the requirement of a cooling unit or electricity.

[Keywords] cold climate, natural energy, storage of rough rice, super-low-temperature storage, country elevator, silo, germination rate, free fat acidity, hardness/stickiness ratio, eating quality

I 緒 言

第1報 (Takekura et al., 2003 a) と第2報 (Takekura et al., 2003 b) では、カントリーエレベータで自然放冷によるサイロ貯蔵と冬季通風冷却によるサイロ貯蔵を行い、貯蔵中の穀温や水分変化を調べ、サイロ内結露防止技術の検証や排出時の低温粳の昇温技術の検討を行った。その結果、冬季に通風冷却を行うことによりサイロ

内の粳の穀温は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。

低温で貯蔵した粳または玄米の品質についての報告は数多く見られる (Tani et al., 1964 ; Chikubu et al., 1965 ; Yoshikura et al., 1970 ; Suzuki and Matsumoto, 1971 ; Yamazawa et al., 1971 ; Seno et al., 1975 ; Kimura et al., 1991 ; Miwa et al., 1991 ; Miwa et al., 1993)。これらでは、粳貯蔵や低温貯蔵の有効性が認められている。し

* 1998年4月 第57回農業機械学会年次大会 (山形大学), および 1999年4月 第58回農業機械学会年次大会 (佐賀大学) 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

かしながら、氷点下の温度域で貯蔵を行った粳の品質については瀬能ら（Seno et al., 1975）による基礎試験の報告があるのみであり、実用規模のカントリーエレベータのサイロで超低温貯蔵を行った研究は過去に例がない。

本報では、サイロ貯蔵と並行して比較対照のために -5°C 貯蔵、低温貯蔵、室温貯蔵の3条件で粳貯蔵を行い、カントリーエレベータで行った自然放冷によるサイロ貯蔵と冬季通風冷却によるサイロ貯蔵の品質保持効果を検証した。

II 方 法

1. 貯蔵方法

第1報および第2報で述べたように、北海道上川郡鷹栖町にある上川ライスターミナルのカントリーエレベータ（上川中央部米穀広域集出荷施設）のサイロで、自然放冷と冬季通風冷却による粳貯蔵を行った。このサイロ貯蔵と並行して、対照貯蔵として以下の3条件で粳貯蔵を行った。

(1) -5°C 貯蔵：北海道大学大学院農学研究科の -5°C に制御された低温実験室で貯蔵を行った。これを -5°C 貯蔵と呼ぶ。

(2) 低温貯蔵：上川ライスターミナルに近接するJAたかすの政府指定低温倉庫で貯蔵を行った。低温倉庫の外壁には断熱が施されており、庫内温度は 13°C 以下に制御された。

(3) 室温貯蔵：北海道大学大学院農学研究科の廊下で貯蔵を行った。温度制御は行っていない。

対照貯蔵では粳を約15kgずつ紙袋に入れ、その紙袋をさらに2重のポリエチレン製の袋に入れて貯蔵を行った。貯蔵中は試料の中に温湿度計（タバイエスベック製RS-10）を入れ、穀温を1時間間隔で測定した。

2. 供試試料

供試試料は、1996年北海道旭川産「きらら397」と1997年北海道旭川産「きらら397」である。サイロへの粳投入時に約10tごとに試料を採取し、すべてを混合して貯蔵前の品質測定用試料および対照貯蔵の試料とした。サイロで貯蔵した粳については、貯蔵後のサイロからの排出時に約10tごとに試料を採取し、すべてを混合して貯蔵後の品質測定用試料とした。玄米を対象とした品質測定に用いる試料は、粳をロール式粳摺機（サタケ製粳摺試験機THU35A）で粳摺し、粳摺後に回転型縦目篩選別機（サタケ製選別試験機TWS）で粒厚選別して調製した。粳摺機のロール間隙は2.0mmで、試料を2回通した（1回目の2番口の試料を1番口の試料と混合して2回目の粳摺を行った）。縦目篩選別機の篩の目幅は1.9mmを用い、90秒間選別した。精白米を対象とした品質測定に用いる試料は、摩擦式精米機（サタケ製モータワンパスMCM-250）で搗精歩留が90.5%（ $\pm 0.1\%$ ）となるように搗精した。

3. 貯蔵期間

貯蔵期間は第1報と第2報で述べたサイロ貯蔵と同じである。すなわち、自然放冷については1996年11月下旬から1997年7月上旬の約7カ月間であり、冬季通風冷却については1997年11月下旬から1998年8月中旬の約9カ月間である。

4. 品質測定

貯蔵前後に、以下に列記した品質測定を行った。

(1) 水分

炉乾法の10g粒 135°C 24時間法で測定し、湿量基準で表わした。測定は3回反復した。

(2) 発芽率

食糧庁の標準計測方法に準じ、玄米の整粒100粒をシャーレに置床し1.0%の過酸化水素水に浸漬して 20°C に設定した恒温器内に静置し、発芽した粒数を測定した。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。

(3) 脂肪酸度

米粒中の脂質が脂質加水分解酵素リパーゼによって分解され生成した遊離脂肪酸の量を、AACC（American Association of Cereal Chemists）の迅速法に準じた滴定法で測定した。粉碎玄米10gにベンゼン50mLを加えて30分間振盪し、その濾液25mLに指示薬としてアルコール性フェノールフタレイン溶液25mLを添加し、0.0178Nの水酸化カリウム水溶液で滴定した。乾物試料100gを中和するのに要する水酸化カリウムの量に換算し、これを脂肪酸度（mg.KOH/100g.DM）とした。なお、脂肪酸度の単位は以下mgと略記する。測定は3回反復した。

(4) テクスチュログラム特性

稲津の方法（Inatsu, 1988）に準じて測定した。精白米20gをアルミ製容器（口径75mm、底径50mm、高さ40mm）にとり、蒸留水26mLを加えて室温下で30分間浸漬し、電気炊飯器（東芝製RC-184）の外釜に100mLの水を入れ、アルミ製容器4個を外釜の底および内壁に接触しないように円形に配置して炊飯した。炊飯時間は約35分で、炊飯終了後20分間保温状態で電気釜の蓋を開けずに蒸らし、その後に木製一合升に炊飯米を移しガーゼを被せて1時間静置した。測定にはテクスチュロメータ（全研製）を用い、2本アームの付着性強調アームを使用した。プランジャは直径22mmのルサイト製、電圧は2V、クリアランスは0.2mm、咀嚼速度は6stroke/min（Low）、記録紙速度は375mm/min、咀嚼回数は1回とした。測定は炊飯開始から1時間55分後に開始し、測定に用いる炊飯米は一合升の中央部から粒形の整った3粒を取り、測定テーブル上に放射状に置いて行った。テクスチュログラムのベースラインより上部のピーク高を硬さ（H）、ベースラインより下部のピーク高を粘り（-H）として読み取り、硬さ粘り比（H/-H）を求めた。

1 試料についてアルミ製容器 2 個で炊飯し、容器 1 個につき 7 回反復し、合計 42 粒について測定した。

(5) 食味評価

日本穀物検定協会北海道支部に委託して、食糧庁の食味試験実施要領に準じて行った。パネルの人数は 20 人で、評価項目は炊飯米外観、香り、味、硬さ、粘り、総合評価の 6 項目とした。評価の範囲は±3 とした。評価は、日本各地の産米の食味評価を行う際に基準米となる滋賀県産の日本晴を基準米とした相対比較法で行った。貯蔵前の食味試験を行った際の基準米（日本晴）を玄米で冷蔵庫（2℃～4℃）に保管し、貯蔵後の食味試験の基準米とした。

III 結果および考察

1. 穀 温

(1) 自然放冷の穀温

図 1 にサイロ貯蔵（自然放冷）と対照貯蔵の貯蔵中の穀温を示した。サイロ貯蔵の穀温は、サイロ中心部の上下方向の平均穀温で示した。

サイロ貯蔵の穀温は最低 2.6℃、最高 5.8℃、平均 3.9℃であった。-5℃貯蔵の穀温は、貯蔵期間中を通して -5℃に保たれた。低温貯蔵の穀温は、冬季は 1℃まで低下し、その後上昇に転じ、6 月より冷却機が作動して 13℃以下に保たれた。平均穀温は 5.0℃であった。室温貯蔵の穀温は概ね 15℃以上であり、平均穀温は 19.4℃であった。以上より、自然放冷によりサイロ貯蔵した穀温は低温貯蔵の穀温とほぼ同じであったことがわかった。

(2) 通風冷却の穀温

図 2 にサイロ貯蔵（通風冷却）と対照貯蔵の貯蔵中の穀温を示した。サイロ貯蔵の穀温は、サイロ中心部の垂直方向の平均穀温で示した。

サイロ貯蔵の穀温は最低 -3.1℃、最高 8.2℃、平均 0.7℃であった。-5℃貯蔵の穀温は、貯蔵期間中を通して -5℃に保たれた。低温貯蔵の穀温は、冬季は 0℃前

後まで低下し、その後上昇に転じ、6 月より冷却機が作動して 13℃以下に保たれた。平均穀温は 5.0℃であった。室温貯蔵の穀温は概ね 15℃以上であり、平均穀温は 18.6℃であった。以上のことから、通風冷却によりサイロ貯蔵した穀温は自然放冷によるサイロ貯蔵や低温貯蔵の穀温より低く、-5℃貯蔵により近い穀温であったことがわかった。通風冷却によるサイロ貯蔵においてサイロ内すべての珪の穀温が氷点下であった期間は約 1.5 か月であり、超低温貯蔵を行うことができた。

2. 品 質

(1) 自然放冷の品質

発芽率は貯蔵中の米の生命力を示す指標である。発芽率が高い米は種子として生きており、雑菌の侵入を防御し自己の損耗を抑制する機構が働くものと考えられる。したがって、貯蔵においては発芽率を高く保つことが望ましい。図 3 に発芽率を示した。発芽率は、サイロ貯蔵、-5℃貯蔵、および低温貯蔵では貯蔵前と比べて大きく低下することなく 90% 以上に保たれた。これらの貯蔵条件では、貯蔵により米の生命力が失われなかったことがわかった。それに対して、室温貯蔵の発芽率は 52% にまで低下した。室温貯蔵の発芽率の低下は、貯蔵温度が高かったことにより呼吸が盛んになり発芽性が促進され（Yasue and Asai, 1970）、結果として珪自身が消耗したためと考えられる。池橋（Ikehashi, 1973）は貯蔵中の発芽性の変化過程を、「休眠期」、「遅発芽期」、「最速発芽期」、「発芽衰退期」、「発芽力喪失期」に区分して定義している。ここで遅発芽期とは、発芽率がほぼ 100% であるが最速発芽期に比べて発芽に時間のかかる時期である。本試験における貯蔵後のサイロ貯蔵の発芽率は 42%、-5℃貯蔵が 43%、低温貯蔵が 63%、室温貯蔵が 6% であった。池橋ら（Ikehashi and Ishizaka, 1968 ; Ikehashi, 1973）はまた、冷蔵（5℃）することにより休眠性や発芽性が保持されることを明らかにしている。すなわち、サイロ貯蔵、-5℃貯蔵、低温貯蔵の珪は遅発芽期にあり、貯蔵中の低温により発芽性が保持されたまま

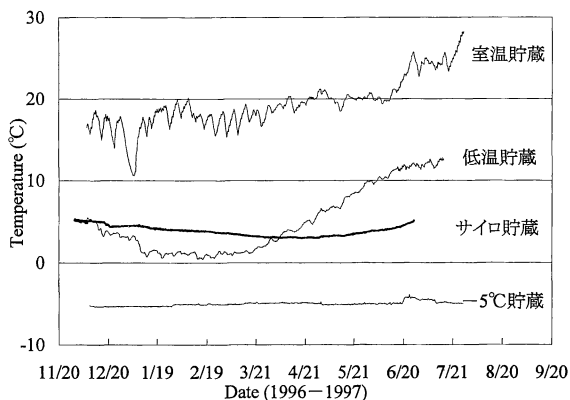


図 1 サイロ貯蔵（自然放冷）と対照貯蔵の穀温

Fig. 1 Grain temperature of silo storage with natural heat radiation and control storage conditions

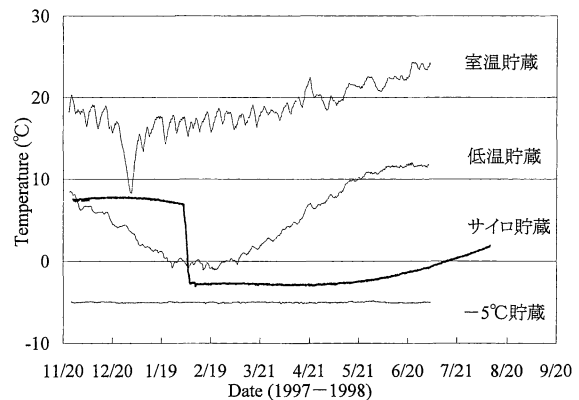


図 2 サイロ貯蔵（通風冷却）と対照貯蔵の穀温

Fig. 2 Grain temperature of silo storage by aeration with fresh chilly air and control storage conditions

貯蔵を行うことができたかと判断できる。一方、室温貯蔵では高温により発芽性が促進され、粳自身が消耗して発芽力喪失期にまで至ったと考えられる。

米粒中の脂質は、酵素リパーゼによって加水分解されて遊離脂肪酸とグリセリンになる（Yasumatsu and Moritaka, 1964）。遊離脂肪酸はアミロースと結合して炊飯時にデンプンの膨潤を妨げるため、遊離脂肪酸が増加すると炊飯米は硬く粘りが少なくなる（Yasumatsu et al., 1964）。脂質および遊離脂肪酸は空気中の酸素により酸化されてカルボニル化合物が生成する。このカルボニル化合物は、炊飯米の古米臭の原因となる（Yasumatsu et al., 1966）とともに、タンパク質と反応することによりデンプンの膨潤を抑制する（Moritaka, 1978）。以上のような理由により、脂肪酸度と食味の間には高い負の相関があることが知られている。また、脂質の分解は米の主要成分の中ではデンプンやタンパク質の変化に比較して最も早く進む（Ishibashi and Tanaka, 1971; Chikubu, 1996）。したがって、脂肪酸度は米の貯蔵における品質劣化の指標として広く用いられている。図4に示したように、脂肪酸度は貯蔵によりいずれも有意差をもって増加した。脂肪酸度は -5°C 貯蔵が14.2 mgと最も増加の程度が小さく、次いで低温貯蔵（15.4 mg）、サイロ貯蔵（15.6 mg）であり、室温貯蔵が18.3 mgと最も大きくなった。サイロ貯蔵と低温貯蔵との間には有意差が認められなかったが、サイロ貯蔵および低温貯蔵と -5°C 貯蔵との間には危険率5%で有意差が認められた。この結果は、貯蔵中の温度が低いほど脂質の分解を抑え、品質劣化を抑制した貯蔵が可能であることを示す。低温での貯蔵によりリパーゼの活性は急速に減少し、やがて緩慢に失活することが明らかになっている（Matsuda and Hirayama, 1973; Matsuda and Hirayama, 1975; Hirayama and Matsuda, 1975）。本試験の結果はこれと合致したものであった。

テクスチュログラム特性のHが小さいほど炊飯米は柔らかく、 $-H$ が大きいほど粘りがある。Hと $-H$ の間には負の相関が認められ、Hと食味評価の総合評価や硬さとの間には負の相関が、 $-H$ やH/ $-H$ と食味評価の総合評価や粘りとの間には正の相関がある（Moritaka et al., 1973; Endo et al., 1976; Endo et al., 1980; Ebata and Hirasawa, 1982; Chikubu et al., 1983; Inatsu, 1988）。貯蔵により古米化が進むと、炊飯米の硬さが増加し粘りが減少して炊飯米のテクスチャは悪くなる（Okabe, 1977）。H/ $-H$ はテクスチャの差をより拡大して捉えることができ、H/ $-H$ の値が低いほど貯蔵状態がよいと判断できる（Inatsu, 1988）。図5にテクスチュログラム特性のH/ $-H$ を示した。H/ $-H$ は、貯蔵によりすべての貯蔵条件で増加したが、 -5°C 貯蔵で増加が最も小さかった。また、脂肪酸度と同様に、貯蔵温度が低いほどH/ $-H$ は低かった。H/ $-H$ によって表される炊飯米のテクスチャの変化は、貯蔵中の低温によ

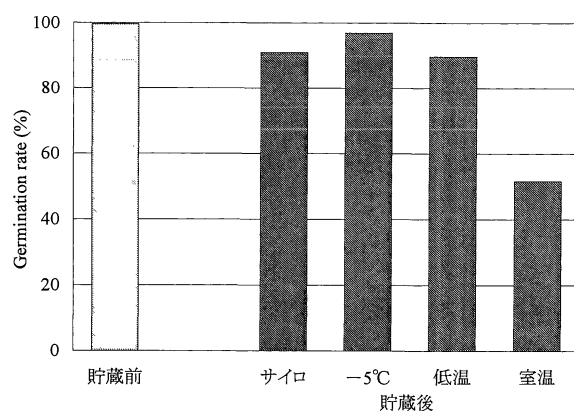


図3 サイロ貯蔵（自然放冷）と対照貯蔵の発芽率
Fig. 3 Germination rate of silo storage with natural heat radiation and control storage conditions

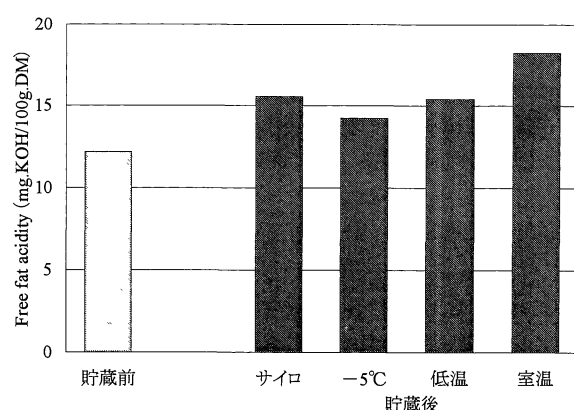


図4 サイロ貯蔵（自然放冷）と対照貯蔵の脂肪酸度
Fig. 4 Free fat acidity of silo storage with natural heat radiation and control storage conditions

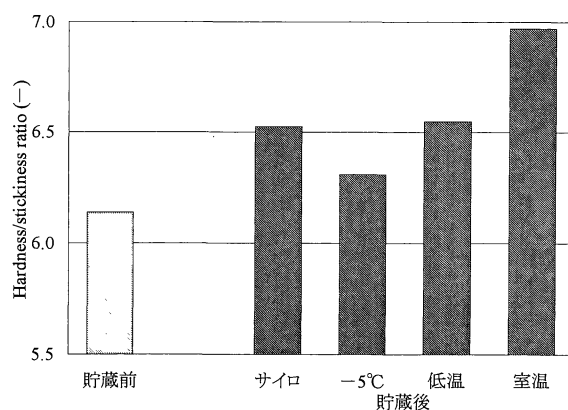


図5 サイロ貯蔵（自然放冷）と対照貯蔵のテクスチュログラム特性（H/ $-H$ ）
Fig. 5 Hardness/stickiness ratio of silo storage with natural heat radiation and control storage conditions

て抑えられることがわかった。

食味の総合評価を図 6 に示した。食味の総合評価は、 -5°C 貯蔵が最も高かった。また、食味の総合評価は貯蔵温度が低いほど高かった。 -5°C 貯蔵の総合評価は貯蔵前よりも高くなったが、これは貯蔵により食味が向上したことを示すものではない。食味試験は、日本晴を基準米とした相対比較法で行った。貯蔵前の食味試験に用いた基準米を玄米で $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ に制御した冷蔵庫にて保管し、貯蔵後の食味試験の基準米とした。したがって、貯蔵試験に用いた試料と同期間貯蔵を行った基準米の食味が貯蔵期間中に低下し、相対的に -5°C 貯蔵の評価が高くなったためである。サイロ貯蔵と貯蔵前の総合評価はほぼ同じであるが、これはサイロ貯蔵の貯蔵中の平均穀温が 3.9°C 、基準米の貯蔵温度が $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ とほぼ同程度であったことによるものと考えられる。

以上の結果から、自然放冷によりサイロ貯蔵した粳は、低温貯蔵した粳とほぼ同等の品質であることがわかった。したがって、北海道のような寒冷地では、カントリーエレベータのサイロ貯蔵において冬季に自然放冷により貯蔵中の粳が冷却され穀温が低下し、そのまま夏季まで低い穀温が維持されて米の高品質保持が可能であることがわかった。カントリーエレベータでの自然放冷によるサイロ貯蔵では、低温貯蔵のように冷却機を使用しないため電気エネルギーを必要としない。また、本州以南の温暖地で行われている低温貯蔵は、北海道の低温貯蔵よりも冬季の貯蔵庫の庫内温度は高いと考えられる。したがって、北海道でのサイロ貯蔵は本州以南の低温貯蔵より高品質保持が可能であると推察される。すなわち、北海道のような寒冷地は米の貯蔵に最適な自然環境を有していると考えられる。

(2) 通風冷却の品質

図 7 に発芽率を示した。発芽率は、サイロ貯蔵、 -5°C 貯蔵、および低温貯蔵では貯蔵前と同じ 90% 以上に保たれた。これらの貯蔵条件では、貯蔵により生命力が失われなかったことがわかった。室温貯蔵では貯蔵期間中

の高温により粳自身が消耗して生命力が失われ、貯蔵後の発芽率は 10% にまで低下した。

図 8 に脂肪酸度を示した。脂肪酸度は、いずれの貯蔵条件でも有意差をもって増加した。サイロ貯蔵の脂肪酸度は 12.7 mg、 -5°C 貯蔵は 12.2 mg、低温貯蔵は 13.5 mg、室温貯蔵は 16.7 mg であり、貯蔵中の温度が低いほど脂肪酸度の増加の程度は小さい傾向が見られた。サイロ貯蔵と -5°C 貯蔵の間には有意差が認められず、サイロ貯蔵と低温貯蔵の間には危険率 5% で有意差が認められた。したがって、貯蔵温度が低いほど脂質の分解を抑え品質劣化を抑制した貯蔵であることがわかった。また、自然放冷によるサイロ貯蔵の脂肪酸度は低温貯蔵と同程度であったが、通風冷却によるサイロ貯蔵の脂肪酸度は低温貯蔵より低く、 -5°C 貯蔵により近い値を示した。このことは、自然放冷によるサイロ貯蔵の穀温が低温貯蔵とほぼ同じであったのに対して、通風冷却によるサイロ貯蔵の穀温がより低く -5°C 貯蔵の穀温に近かった結果によるものであると考えられる。

図 9 にテクスチュログラム特性の H/−H を示した。テクスチュログラム特性の H/−H は、貯蔵によりすべ

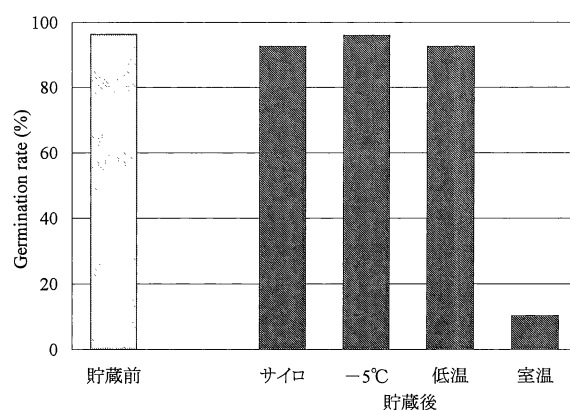


図 7 サイロ貯蔵（通風冷却）と対照貯蔵の発芽率
Fig. 7 Germination rate of silo storage by aeration with fresh chilly air and control storage conditions

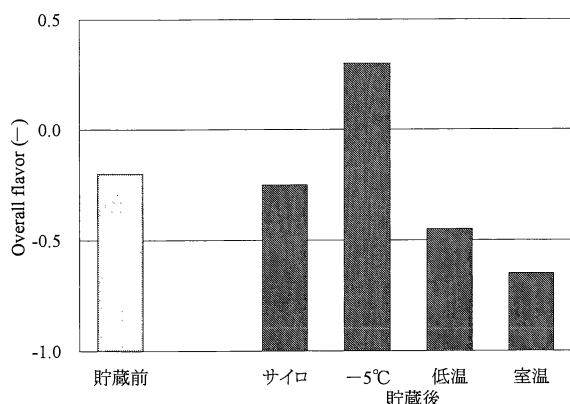


図 6 サイロ貯蔵（自然放冷）と対照貯蔵の食味試験総合評価
Fig. 6 Overall flavor of silo storage with natural heat radiation and control storage conditions

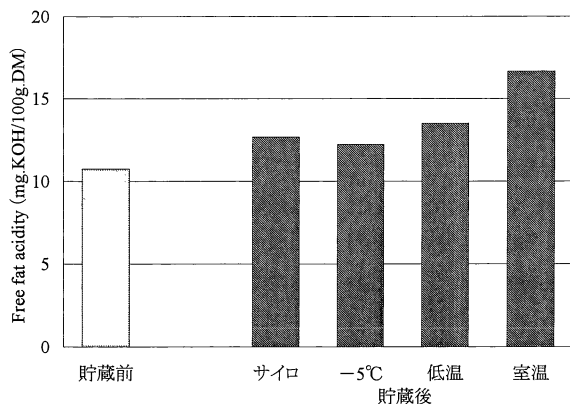


図 8 サイロ貯蔵（通風冷却）と対照貯蔵の脂肪酸度
Fig. 8 Free fat acidity of silo storage by aeration with fresh chilly air and control storage conditions

ての貯蔵条件で増加するとともに、貯蔵温度が低いほど値が低い傾向を示した。また、自然放冷によるサイロ貯蔵の $H/-H$ は低温貯蔵の値に近かったが、通風冷却によるサイロ貯蔵では低温貯蔵より低く -5°C 貯蔵に近い値を示した。これは脂肪酸度と同様に、貯蔵中の穀温が自然放冷よりも通風冷却の方が低かったことに起因するものと考えられる。

食味の総合評価を図10に示した。食味の総合評価は、サイロ貯蔵と -5°C 貯蔵が最も高かった。このことは脂肪酸度やテクスチャログラム特性の結果と同様に、通風冷却によるサイロ貯蔵の貯蔵中の穀温が -5°C 貯蔵の穀温に近かったことによるものと考えられる。サイロ貯蔵と -5°C 貯蔵の総合評価は貯蔵前よりも高くなったが、これは自然放冷の場合と同様に貯蔵中に基準米の食味が低下したため、基準米より貯蔵温度が低かったサイロ貯

蔵と -5°C 貯蔵の食味が相対的に向上したものである。

以上の結果から、通風冷却によりサイロ貯蔵した粳は、低温貯蔵した粳より品質が高く保たれ、 -5°C 貯蔵に近い高品質に保持されたことがわかった。同時に、冬季に通風冷却を行い穀温を低下させてサイロ貯蔵することによって、自然放冷によるサイロ貯蔵よりも高品質保持が可能であることが明らかとなった。北海道のような寒冷地では、冬季に低温の外気をサイロ内へ通風して貯蔵中の粳を冷却して穀温を氷点下として超低温貯蔵することが可能である。カントリーエレベータで超低温貯蔵を行うことにより、低温貯蔵よりも高品質保持が可能であることが実証された。米を冷却するためには、通常は冷却装置や多くの電気エネルギーが必要となる。しかしながら、北海道のような寒冷地においては冬季の寒冷な外気という自然エネルギーを利用することにより、冷却装置や電気エネルギーを必要とせず低コストかつ省エネルギーで米を冷却することが可能である。カントリーエレベータでの冬季通風冷却によるサイロ貯蔵は、寒冷地の自然環境を最大限に利用した貯蔵法であり、年間を通して高品質米を安定的に供給することを可能とする貯蔵技術である。

IV 摘 要

本試験では、北海道上川郡鷹栖町にあるカントリーエレベータのサイロを用いて、自然放冷と冬季通風冷却による粳の貯蔵試験を行い、その品質保持効果を検証した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 自然放冷によるサイロ貯蔵は、低温貯蔵と同等の品質保持効果がある。
- 2) 冬季通風冷却によるサイロ貯蔵は、低温貯蔵や自然放冷によるサイロ貯蔵よりも品質保持効果が高い。
- 3) 通風冷却には、冬季の寒冷な外気という自然エネルギーを利用するため、低コスト省エネルギーである。
- 4) カントリーエレベータでの冬季通風冷却によるサイロ貯蔵は、寒冷地の自然環境を最大限に利用して年間を通して高品質米を安定供給することを可能とする貯蔵技術である。

References

- Chikubu, S., Iwasaki, T., Horiuchi, H., Tani, T., 1965. Changes of chemical quality in husked rice during low temperature (Part 2). *Journal of Japanese Society of Food and Nutrition*, 18 (3), 204-209.
- Chikubu, S., Watanabe, S., Sugimoto, T., Sakai, F., Taniguchi, Y., 1983. Relation between palatability evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. *Journal of the Japanese Society of Starch Science*, 30 (4), 333-341.
- Chikubu, S., 1996. Rice storage and its quality. *Journal of Agricultural Science, Tokyo Nogyo Daigaku*, 40 (4), 199-223.
- Ebata, M., Hirasawa, K., 1982. Studies on the texture of

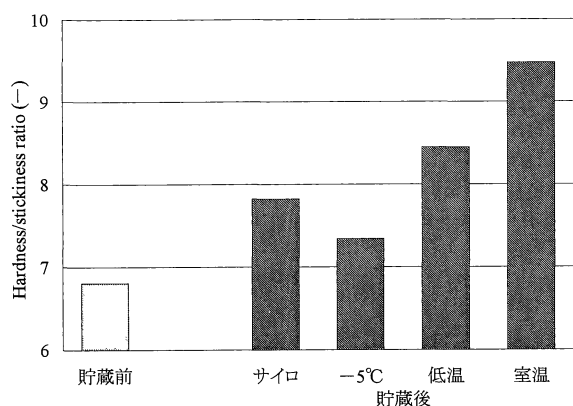


図9 サイロ貯蔵（通風冷却）と対照貯蔵のテクスチャログラム特性 ($H/-H$)

Fig. 9 Hardness/stickiness ratio of silo storage by aeration with fresh chilly air and control storage conditions

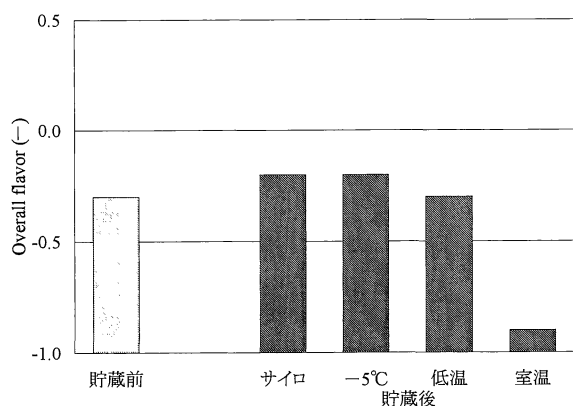


図10 サイロ貯蔵（通風冷却）と対照貯蔵の食味試験総合評価

Fig. 10 Overall flavor of silo storage by aeration with fresh chilly air and control storage conditions

- cooked rice —1. Textural parameters in relation to palatability—. *Japanese Journal of Crop Science*, 51 (2), 235-241.
- Endo, I., Chikubu, S., Suzuki, M., Koboyashi, K., Naka, M., 1976. Palatability evaluation of cooked milled rice by physicochemical measurement. Report of National Food Research Institute, 31, 1-11.
- Endo, I., Yanase, H., Ishima, T., Chikubu, S., 1980. Texture measurement of a very small amount of cooked rice by texturometer Part. 1 —Investigation of measurement conditions and application to main rice varieties—. Report of National Food Research Institute, 37, 1-8.
- Hirayama, O., Matsuda, H., 1975. Purification and characterization of lipolytic acyl-hydrolases from rice bran. *Journal of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry*, 49 (11), 569-576.
- Ikehashi, H., Ishizaka, S., 1968. Breeding studies on germination of rice seeds (1) (in Japanese). *Agriculture and Horticulture*, 43 (7), 101-102.
- Ikehashi, H., 1973. Breeding studies on the specific differences and the environmental conditions in the germination of rice seeds (in Japanese). *Journal of the Central Agricultural Experiment Station*, 19, 1-60.
- Inatsu, O., 1988. Studies on improving the eating quality of Hokkaido rice. Report of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Stations, 66, 1-89.
- Ishibashi, S., Tanaka, S., 1971. Theory of quality, drying and storage of rice (in Japanese). *Journal of JSAM*, 33 (3), 312-322.
- Kimura, T., Shimizu, N., Warashina, J., Tsuboi, K., 1991. Effect of storage type on the quality of rice. *Tohoku Branch Report of JSAM*, 38, 59-64.
- Matsuda, H., Hirayama, O., 1973. Changes of lipid components and lipolytic acyl-hydrolase activities in rice grains during their storage. *Journal of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry*, 47 (6), 379-384.
- Matsuda, H., Hirayama, O., 1975. Purification and characterization of lipolytic acyl-hydrolases from rice endosperm. *Journal of Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry*, 49 (11), 577-583.
- Miwa, Y., Goto, K., Murase, K., 1991. Quality change during storage of rough rice (in Japanese). *Kansai Branch Report of JSAM*, 69, 25-28.
- Miwa, Y., Goto, K., Murase, K., 1993. Studies on paddy storage in country elevator (Part 2) —Prediction of change of fat acidity value—. *Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan*, 24 (1), 39-44.
- Moritaka, S., Yamamoto, N., Sawada, K., Toda, J., Yasumatsu, K., 1973. Studies on cereals 12 —Relations between physico-chemical properties and sensory scores—. *Journal of Takeda Research Laboratories*, 32 (3), 404-409.
- Moritaka, S., 1978. Changes of qualities in milled rice during storage (in Japanese). *Journal of the Society of Brewing, Japan*, 73 (9), 690-696.
- Okabe, M., 1977. Study on palatability of cooked rice (in Japanese). *New Food Industry*, 19 (4), 65-71.
- Seno, T., Sahara, D., Yamaguchi, T., Kohara, S., 1975. Studies on grain storage by steel silo (1) —On the temperature, moisture contents and deterioration of grains—. *Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan*, 5 (1), 9-22.
- Suzuki, Y., Matsumoto, F., 1971. Storage temperature of rice and eating quality of cooked rice. *Journal of Home Economics of Japan*, 22 (5), 9-16.
- Takekura, K., Kawamura, S., Itoh, K., 2003 a. Development of techniques for storing rough rice in cold regions (Part 1) —Storage of rough rice at country elevator with natural heat radiation in winter—. *Journal of JSAM*, 65 (4), 57-64.
- Takekura, K., Kawamura, S., Itoh, K., 2003 b. 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.
- Tani, T., Chikubu, S., Iwasaki, T., 1964. Changes of chemical qualities in husked rice during low temperature storage (Part 1). *Journal of Japanese Society of Food and Nutrition*, 16 (5), 436-442.
- Yamazawa, S., Yoshizaki, S., Maekawa, T., 1971. On the maintenance of rice quality at the low temperature, *Journal of the Society of Agricultural Structures, Japan*, 1 (1-2), 25-28.
- Yasue, T., Asai, Y., 1970. The influence of storage conditions on dormancy and germination in rice seed. *Research bulletin of the Faculty of Agriculture Gifu University*, 29, 67-79.
- Yasumatsu, K., Moritaka, S., 1964. Fatty acid compositions of rice lipid and their changes during storage. *Agricultural and Biological Chemistry*, 28 (5), 257-264.
- Yasumatsu, K., Moritaka, S., Kakinuma, T., 1964. Effect of the change during storage in lipid composition of rice on its amylogram. *Agricultural and Biological Chemistry*, 28 (5), 265-272.
- Yasumatsu, K., Moritaka, S., Wada, S., 1966. Studies on cereals (Part 5) —Stale flavor of stored rice—. *Agricultural and Biological Chemistry*, 30 (5), 483-486.
- Yoshikura, J., Sawa, M., Nakagawa, K., Fujii, H., 1970. On the physical and chemical properties of rice —1. Chemical change during storage at low and room temperature. *Bulletin of the Hyogo Prefectural Agricultural Experiment Station*, 18, 47-50.

(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〕

品質とくに食味として、官能検査、脂肪酸度、テクスチュログラム特性を測定しておられるが、これらを選ばれた理由は何でしょうか。サイロ貯蔵、低温貯蔵、 -5°C 貯蔵など低温が米の食味に及ぼす影響を考えると、これらの特性が重要な因子となるのでしょうか。

〔コメントに対する著者の見解〕

米の品質としてとくに食味が重要ですが、食味を評価する手法としては官能検査が最も確実です。また、脂肪酸度とテクスチュログラム特性は、過去の研究により官能検査による食味評価との間に高い相関があることが明らかになっています。また、脂肪酸度とテクスチュログラム特性は貯蔵による変化が現れやすく、貯蔵の良否を判断する際には最も重要であると考えます。そのため、官能検査と脂肪酸度およびテクスチュログラム特性の測定を行いました。なお、本報ではページ数に限りがあることから述べることはできませんでしたが、この他に白度や透光度、色調、タンパク質含有率、アミロース含有率、アミログラム特性などを測定し、食味計を用いた食味評価を行っています。