



Title	北海道における米のポストハーベスト技術に関する研究
Author(s)	川村, 周三
Citation	農業機械学会北海道支部会報, 42, 1-7
Issue Date	2002
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/71298
Type	article
File Information	Ka2002-3 Postharvest of rice Hokkaido Published.pdf



[Instructions for use](#)

北海道における米のポストハーベスト技術に関する研究

川村 周三*

[キーワード] 穀物共同乾燥調製貯蔵施設，自主検査，選別，超低温貯蔵，品質

Development of Postharvest Techniques for Producing High-quality Rice in Hokkaido

Shuso KAWAMURA*

[Keywords] grain elevator, rice-quality inspection, cleaning and separating, super-low-temperature storage, quality

I はじめに

北海道における米の共同乾燥施設(共乾施設)は、1995年以前は共同乾燥調製施設(籾貯蔵を行わないライスセンター)が中心であった。1996年以後は共同乾燥調製貯蔵施設(籾貯蔵を行うカントリーエレベータ)が相次いで建設されている。このように急速にカントリーエレベータが普及した背景には、その支援技術として北海道独自の米のポストハーベスト技術の研究開発がある。

図1にカントリーエレベータにおける荷受から出荷までの流れの概略を示した。このなかで、自主検査(品質検査)、籾精選別、籾貯蔵、色彩選別などの工程において、従来にはなかった新しい技術(本州以南のカントリーエレベータでは採用されていない技術など)が使われている。

このたび、北海道における米のポストハーベスト技術の向上に貢献した研究業績に対して第5回農業機械学会北海道支部賞を授与された。研究の内容は、米の共同乾燥施設における荷受時や出荷時の自主検査技術や品質測定技術に貢献するもの¹¹⁻⁹⁾、収穫後の籾や玄米の選別技術の向上に寄与するもの¹⁰⁾⁻¹³⁾、および、北海道の冬の寒冷外気を利用した新規籾貯蔵技術(超低温貯蔵技術)の開発に関するもの¹³⁾⁻¹⁹⁾などである。ここで支部会報の紙面をお借りして、一連の研究の梗概について報告する。

II 米の共乾施設における自主検査・品質判定技術

共乾施設における品質測定は、従来から、荷受時や乾燥工程中および出荷時の水分測定が中心である。また、自主検査のために乾燥した籾の籾摺歩留や良玄米歩留の測定、および肉眼による玄米の外観判定なども行われている。

川村周三(かわむら しゅうそう)
1983年北海道大学大学院農学研究科農業工学専攻博士課程修了。
北海道大学農学部助手を経て、現在、北海道大学大学院農学研究科助教授。
専門分野：農産物加工工学，穀物のポストハーベスト技術，農産物の非破壊品質計測，農産物の理化学特性と食味。



近年、可視光や近赤外光を利用した米の非破壊品質測定技術により、玄米の整粒割合や水分、タンパク質を簡

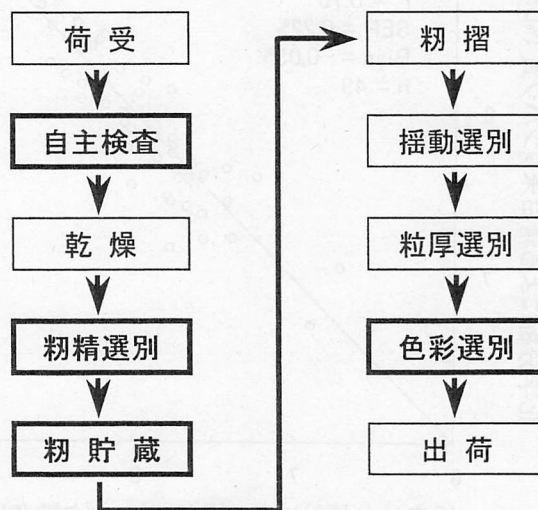


図1 カントリーエレベータにおける荷受から出荷までの流れ

* 北海道大学大学院農学研究科 農産物加工工学研究室(〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目 TEL 011-706-2558 E-mail shuso@bpe.agr.hokudai.ac.jp) Hokkaido University, Graduate School of Agricultural Science, Sapporo 060-8589 Japan

便に測定することが可能となってきた¹⁾⁻⁵⁾⁹⁾。その測定精度は図2と図3に示したように、自主検査に使うには十分である。この技術を利用して米の自動自主検査システム(図4、図5)が開発され⁹⁾、北海道の共乾施設に普及しつつある。この品質測定技術は、品質により出荷玄米に価格差(プレミアム：奨励金)を付けることにも利用されている⁴⁾。

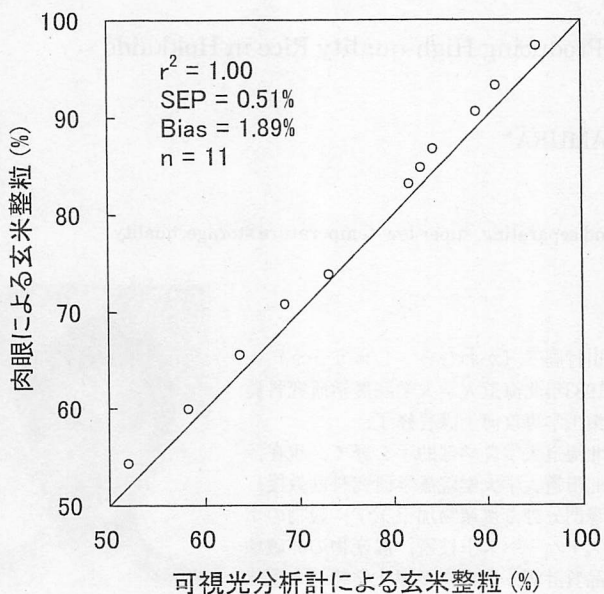


図2 可視光分析計(組成分析計)による玄米整粒の測定精度

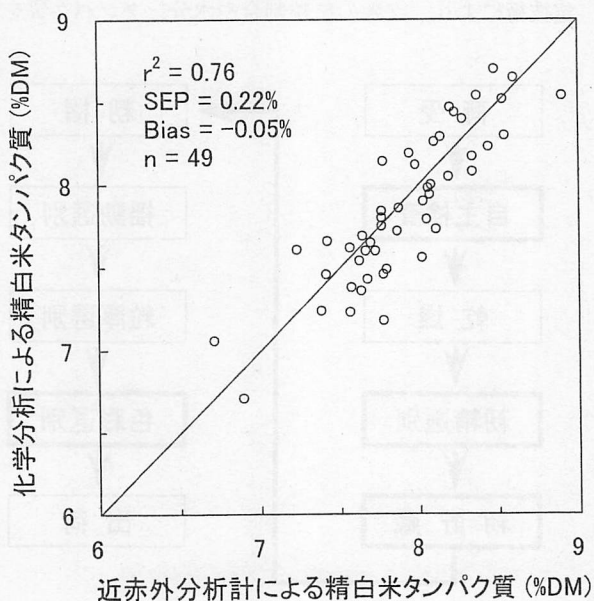


図3 近赤外分析計によるタンパク質の測定精度
(荷受生籾を籾摺した生玄米を近赤外分析計で測定し、生籾を乾燥籾摺搗精した後の精白米タンパク質を推定した場合の精度)

共乾施設で荷受時に測定した自主検査試料の品質情報を生産者にフィードバックし、これを営農指導に役立てるシステムが整備されつつある。荷受時の米のタンパク質は同一地域同一品種であっても大きなばらつきがある⁶⁾。このタンパク質のばらつきは、水田ごとの土壌の違いと生産者ごとの栽培技術の違いによるところが大きい。荷受単位(荷受トラック)ごとの米の組成や成分の情報と各水田の土壌情報と気象情報および生産者の栽培管理情報をデータベース化し蓄積することにより、これ

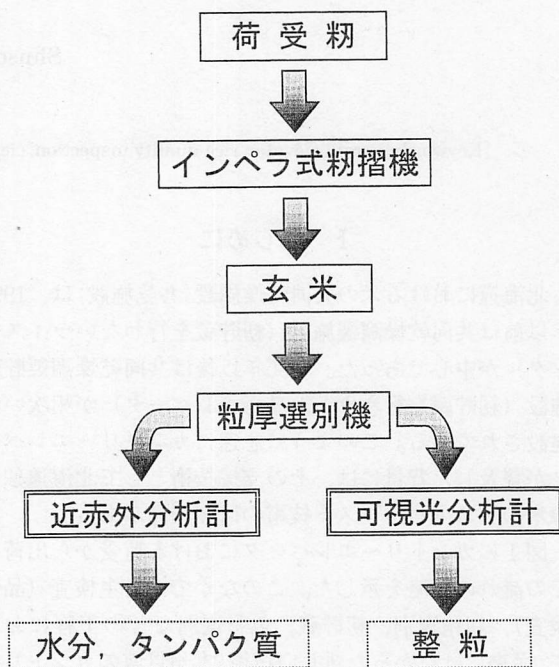


図4 米の自動自主検査システム

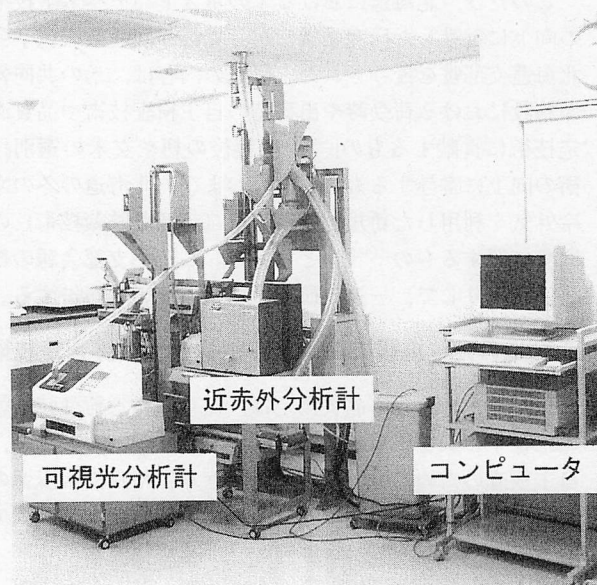


図5 近赤外分析計と可視光分析計を備えた自主検査室の一例

らの情報を営農指導に利用できる⁴⁾。

Ⅲ 籾や玄米の選別技術

1. 貯蔵のための籾精選システム

カントリーエレベータで籾貯蔵を行う場合、貯蔵前の籾の品質が悪いと貯蔵中の品質劣化が促進される可能性が高い。北海道産籾は本州以南産の籾に比べて、登熟期間が短く登熟期の気温が低いため、しいなや未熟粒等が

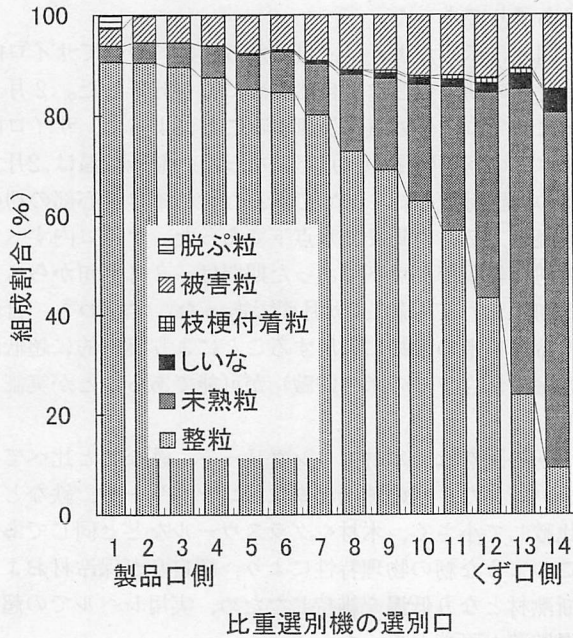


図6 比重選別機の選別口14等分試料の籾組成

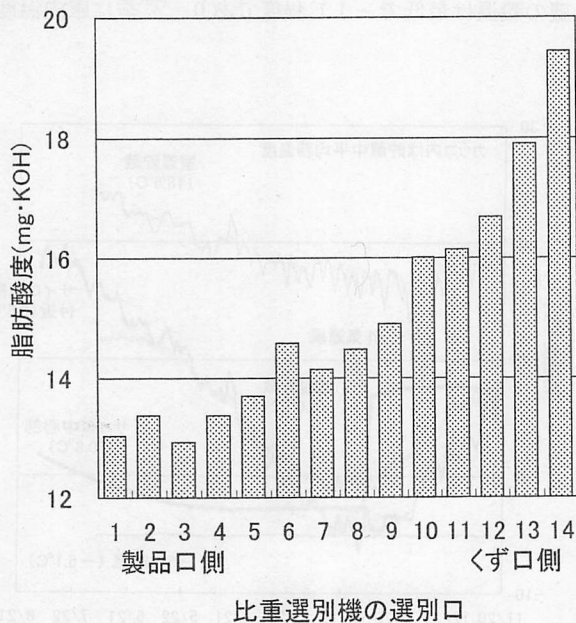


図7 比重選別機の選別口14等分試料の籾摺後玄米の脂肪酸度

多く含まれる。したがって、北海道では貯蔵前の籾精選別がとくに重要となる。

そこで貯蔵前の籾から夾雑物、しいな、未熟粒、脱ぶ粒などを選別除去することを目的に、各種選別機の選別特性について明らかにした¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾。その結果、比重選別機を用いて籾の精選別を行うと、整粒、未熟粒、しいな、脱ぶ粒などを分別することが可能であり(図6)、さらに脂肪酸度の低い米(品質の良い米)と脂肪酸度の高い米(品質の悪い米)の分別も可能であった(図7)。

この結果を基に籾貯蔵のための最適な籾精選システムを考案した¹³⁾。この籾精選システムは、比重選別機を中心に風力選別機とインデントシリンドラ型選別機を組み合わせて構成されている(図8)。このシステムは従来のシステムに比較して単純な構成であり、したがって設備費と運転経費が低コストとなり、同時に夾雑物、しいな、未熟粒、被害粒、脱ぶ粒、碎粒を分別除去し、貯蔵籾の品質と貯蔵後の籾摺歩留とを向上させることが可能である。この籾精選システムは北海道のカントリーエレベータの標準的設備として普及している。

2. 玄米の複合選別技術による選別歩留の向上と高品質米の調製

北海道の共乾施設において、籾摺後の玄米を粒厚選別する際の篩の目幅は以前は1.90mm程度であった。しかし近年では整粒割合が高い米(1等米)の出荷を目指して、目幅を大きくする傾向にある。その結果現在では、きらら397は2.00mm、ほしのゆめは1.95mmの篩の目幅が標準となっている。

1996年以降、北海道で建設が進んでいるカントリーエレベータでは、異物、着色粒などの除去のために、粒厚

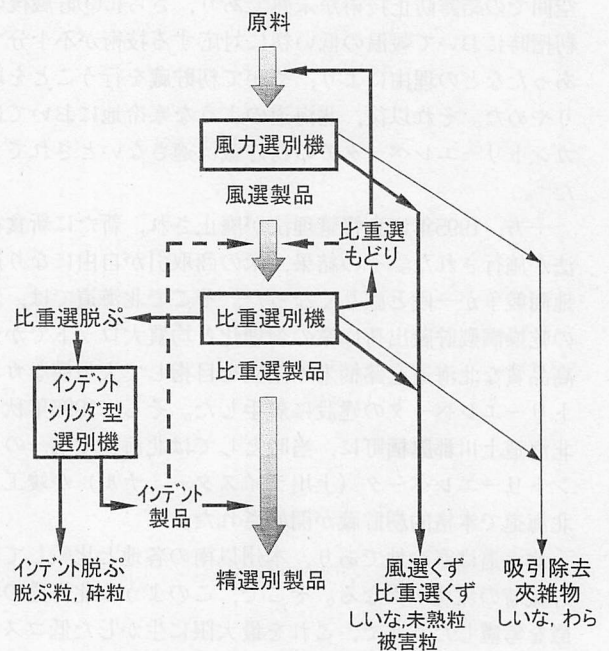


図8 最適な籾精選システムの流れ図

選別後に玄米の色彩選別を行う例が増えている。とくに1999年にカメムシの被害により着色粒が大発生して以降、色彩選別が重要であるという認識が高まっている¹²⁾。しかしながら、粒厚選別に加えて色彩選別を行うことは選別歩留の低下（製品出荷量の減少）を招くため、色彩選別の積極的な利用は進んでいないのが現状である。

そこで、選別歩留の向上と高品質米の調製を目標に、玄米の粒厚選別と色彩選別とを併用した新しい複合選別技術を確立する目的で研究を行った。その結果、きらら397では粒厚選別の篩の目幅を2.00mから1.90mmへと0.1mm小さくし（ほしのゆめでは篩の目幅を1.95mmから1.85mmへと0.1mm小さくし）、そのうえで色彩選別を積極的に活用することにより、選別歩留の向上と高品質米の調製が同時に可能であることがわかった。

2000年のきらら397の生産量は約41万t、ほしのゆめは約21万tであった。上記の結果をもとに、現行よりも篩の目幅を0.1mm小さくして粒厚選別をし、それに加えて色彩選別を行った場合を試算すると、きらら397では約2万t、ほしのゆめでは1万6千tの生産量（製品出荷量）が増加する。すなわち、粒厚選別と色彩選別とを併用した新しい複合選別技術により生産者の収入増加と消費者への高品質米の供給とが同時に可能となる。

IV 寒冷外気を利用した 新規貯蔵技術（超低温貯蔵技術）の開発と普及

1. 北海道における貯蔵

北海道では1965年と1971年にカントリーエレベータが2ヵ所に建設された。しかし当時は、①貯蔵前の籾の精選別技術が確立されておらず、また②貯蔵中のサイロ内空間での結露防止技術が未熟であり、さらに③貯蔵後の籾摺時において穀温の低い籾に対応する技術が不十分であったなどの理由により、やがて貯蔵を行うことを取りやめた。それ以後、北海道のような寒冷地においてはカントリーエレベータでの貯蔵は適さないとされてきた¹³⁾。

一方、1995年に食糧管理法が廃止され、新たに新食糧法が施行された。その結果、米の商取引が自由になり産地間競争が一段と厳しくなった。そこで北海道では、米の乾燥調製貯蔵出荷作業の合理化と均質大ロットでかつ高品質な北海道産銘柄米の確立を目指して大規模なカントリーエレベータの建設に着手した。そして1996年秋に北海道上川郡鷹栖町に、当時としては北海道で唯一のカントリーエレベータ（上川ライスターミナル）が竣工し、北海道で本格的貯蔵が開始された。

北海道は寒冷地であり、本州以南の各地と比較して貯蔵時の環境が異なる。そこで、このような北海道の特徴を考慮したうえで、これを最大限に生かした低コスト省エネルギーで高品質な貯蔵を行う北海道独自の新技术を確立することを目的に、基礎試験を行い、その上で1996

年から1998年に実用化のための実証試験を行った。¹³⁾⁻¹⁵⁾¹⁷⁾

2. 米の超低温貯蔵技術の開発

上川ライスターミナルのサイロを用いて、378tのきらら397を貯蔵した。サイロ貯蔵と並行して、比較対照のために-5℃貯蔵、低温貯蔵、室温貯蔵の3条件でそれぞれ約20kgの籾を貯蔵した。貯蔵期間は1997年11月から翌年8月までの約9ヵ月間であった。貯蔵中の外気温度は、最低で-21℃まで低下した。日最低気温が氷点下であったのは、11月下旬から4月上旬にかけての5ヵ月あまりであった。

図9に示したように、11月から2月にかけてサイロ内壁付近の籾の穀温は、自然放冷により低下した。2月上旬にサイロ内へ外気を通風することによって、サイロ内すべての籾の穀温が氷点下になった。最低穀温は、2月上旬の内壁付近の約-7℃であった。サイロ中心部の籾の穀温は、7月中旬まで氷点下であった。サイロ内すべての籾の穀温が氷点下であった期間は、2月上旬から3月下旬にかけての約1.5ヵ月間であった。すなわち、自然の冷気を米の冷却に利用することにより実用的に超低温貯蔵（氷点下での米の貯蔵）が可能であることが実証された。

籾の比熱は、木材、コンクリート、鉄などと比べて大きい。また、籾の熱伝導率は、コンクリート、鉄などと比較して小さく、木材やグラスウールなどと同じである。このような籾の物理特性により、籾自身が保冷材および断熱材となり低温を維持したため、実用レベルでの超低温貯蔵が可能となった。

図9に示したように、室温貯蔵では穀温は概ね15℃以上であり、7月上旬には約25℃にまで上昇した。低温貯蔵の穀温は最低で-1℃程度であり、夏季に庫内温度が

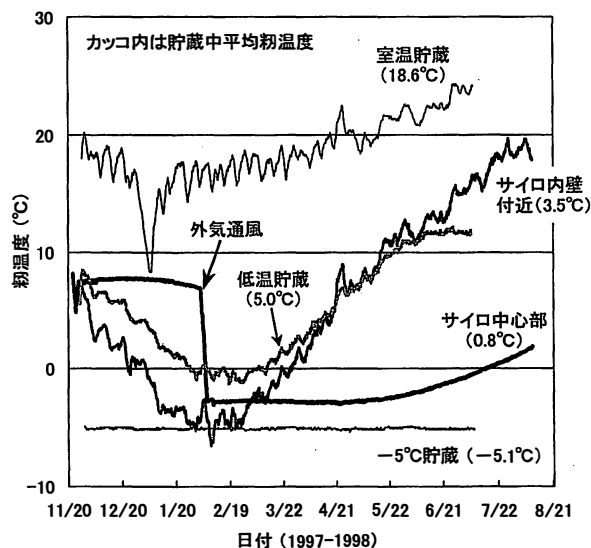


図9 貯蔵中の籾温度の変化と平均籾温度

高くなると冷却装置が作動して、穀温は12℃程度に保たれた。貯蔵中の平均穀温は、サイロ貯蔵のサイロ中心部が0.8℃、内壁付近が3.5℃、-5℃貯蔵が-5.1℃、低温貯蔵が5.0℃、室温貯蔵が18.6℃であった。

図10に食味試験の総合評価を示した。貯蔵前に比較して総合評価は、サイロ貯蔵と-5℃貯蔵でわずかに良くなり、室温貯蔵では大きく低下した。通常、米の食味が貯蔵後に良くなることはない。この試験でサイロ貯蔵と-5℃貯蔵の総合評価が貯蔵前に比べて、わずかながらも良くなったのは以下の理由による。

食味試験は、滋賀県産の日本晴を基準米として相対比較法で行う。貯蔵前の食味試験で基準米とした日本晴を冷蔵庫(3℃~5℃)に玄米で貯蔵し、貯蔵後の基準米とした。基準米も貯蔵中に品質が低下する。サイロ貯蔵と-5℃貯蔵では貯蔵中の平均温度が冷蔵庫よりも低く、かつ籾貯蔵であったため、貯蔵中の品質低下が基準米よりも抑制された。その結果、貯蔵後の総合評価が貯蔵前よりも相対的に良くなった。これを超低温貯蔵による食味の相対的向上と呼ぶ。

図11に、米の貯蔵中平均温度と貯蔵後品質との関係を示す概念図を示した。米は稲の種子として貯蔵中も生きている。米を低温で貯蔵すると米自身の生理活性や酵素活性が抑制され、貯蔵中の品質劣化も抑えられ、新米に近い食味を保持できる。すなわち、貯蔵中の温度が低ければ低いほど、米は高品質保持が可能である。温暖地での米の貯蔵は、低温貯蔵であっても貯蔵中平均温度は10℃以上である。したがって、温暖地で貯蔵した米に比べて北海道で超低温貯蔵した米は、春から夏にかけて品質の低下がわずかであり、相対的に食味が向上する。

乾燥後の米は水分が15%程度であり、-80℃でも凍結しないことを確かめた¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁹⁾。したがって、米は凍らないので貯蔵温度は低ければ低いほど良い。しかしながら、実用的には、米の温度を低下させるために多くの電気エ

ネルギー(経費)を使うことはできない。北海道のような寒冷地では、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、低コストで米を冷却することが可能である。この技術は、冷却設備や冷却のための電気エネルギーを必要としない。そのうえ、低温であるため貯蔵中の殺虫剤なども不要である。すなわち寒冷外気を利用した超低温貯蔵は、低コストで省エネルギー、かつ安全に米の高品質保持が可能な貯蔵技術である。

3. 超低温貯蔵技術の普及

寒冷外気を利用した米の超低温貯蔵技術の普及において、実用技術上もっとも重要なポイントは、冷たい籾を春から夏にかけて気温の高い時期に籾摺する際の結露に伴う玄米の胴割発生防止である。そこで2年間にわたる実証試験の結果から、安全な籾摺温度条件(籾摺時において結露による玄米の胴割発生を防ぐための穀温の判断基準)について図12のようにまとめ、現場のオペレータの指針としている¹³⁾。

米の超低温貯蔵技術の実証試験は、1999年から2000年にかけて雨竜町ライスコンビナートで再度試験を行い、その有効性を確認している¹⁸⁾¹⁹⁾。

北海道においては、米の超低温貯蔵技術の実用化以降、ントリーエレベータの建設が急速に進んでいる。図13に示したように、1996年から2001年末までに22カ所の籾貯蔵施設が建設され、約9万9千tの籾貯蔵能力となっている。

V 北海道産米の品質向上を目指して

北海道の豊かな自然と広い大地、そして、そこから産み出される新鮮で美味しい農産物。消費者は北海道の農産物に良いイメージを抱いている。ところが、北海道の農産物の中で品質評価の低い唯一のものが米であった。

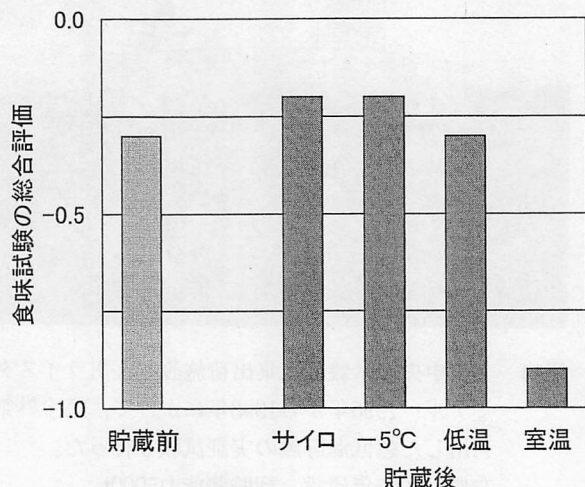


図10 貯蔵前後の食味試験の総合評価

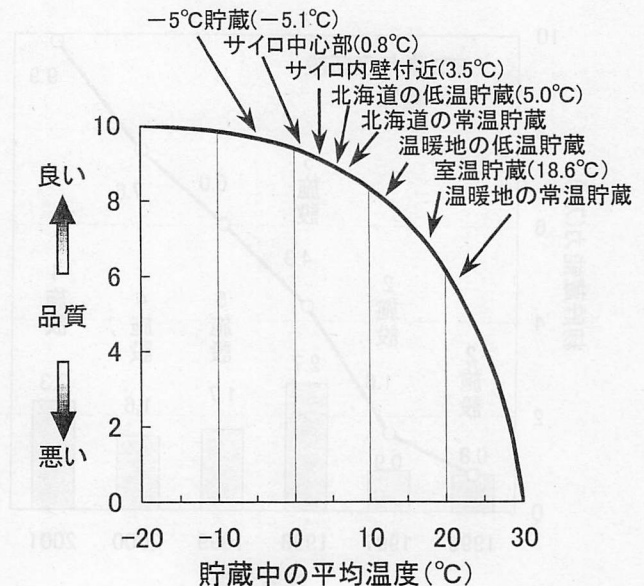


図11 米の貯蔵中平均温度と貯蔵後品質との関係(概念図)

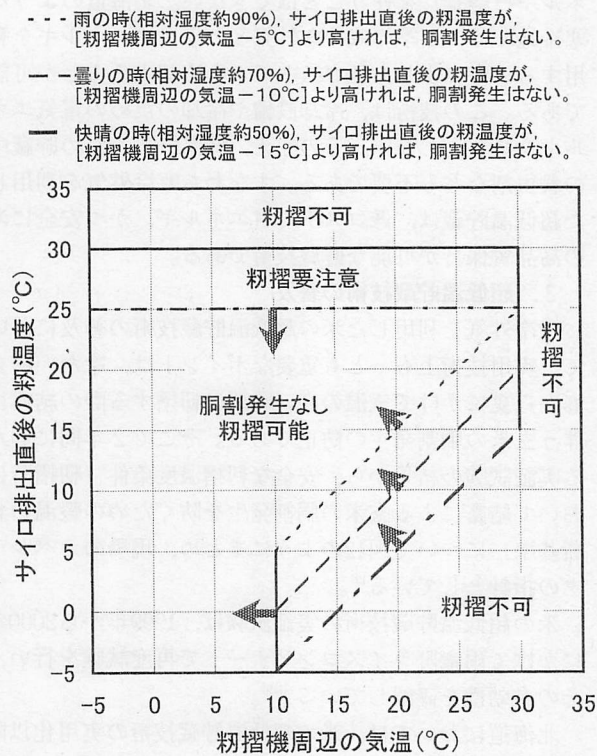


図12 安全な籾摺温度条件 (籾摺時において結露による玄米の胴割発生を防ぐための穀温の判断基準)
この図は、あくまでも目安である。籾摺時の胴割発生防止の大原則は、籾摺後の玄米表面に結露水を付着させないことである。籾摺直後の玄米温度が籾摺機周辺空気の露点温度よりも高いと、胴割は発生しない。揺動選別前の籾玄米混合物調整タンクの金属部分の外側、または揺動選別後の玄米排出口の金属部分の外側に結露水が付着していないことを確認する。

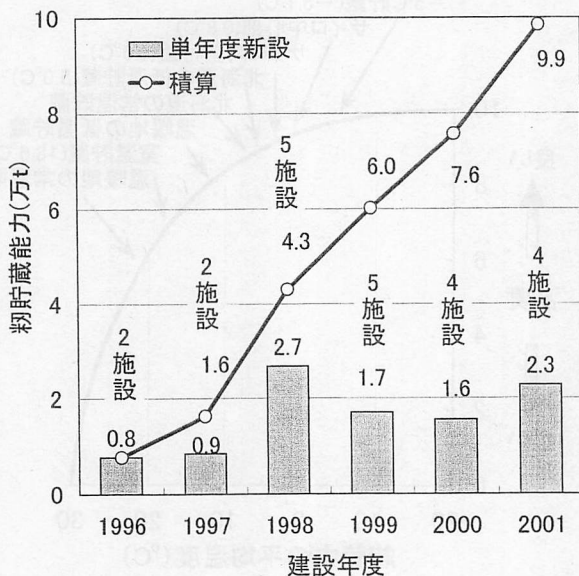


図13 北海道における籾貯蔵能力

これは、北海道が寒冷地であるために本州産の米に比較して品質が劣るためであった。

しかしながら、北海道において生産される米は、近年その品質が大きく向上しつつある。その主な理由として、①「きらら397」や「ほしのゆめ」に代表される良食味品種の改良、②適切な栽培管理技術の向上、および、③ポストハーベスト技術の向上、の三点が挙げられる。その結果、日本穀物検定協会が毎年公開する米の食味ランキングにおいても、きらら397やほしのゆめは、ほぼ毎年Aランクとされている。

今後の更なる品種改良、栽培管理技術の向上、ポストハーベスト技術の向上により北海道産米の品質が一層向上し、消費者からの評価がますます高まることが期待される。

謝 辞

北海道における米のポストハーベスト技術に関する研究は、大学(研究室)での基礎研究および大学外(いわゆる現場)での応用実用化研究により成された成果である。これらの一連の研究を行うにあたり、北海道大学農産物加工工学研究室、北海道農業施設協議会、北海道立農業試験場、専修大学北海道短期大学、全国農業協同組合連合会札幌支所、ホクレン農業協同組合連合会、各農業協同組合、各企業など、数多くの機関・組織から多大なる協力を得た。本研究はこのような産官学の連携と、それに携わった数多くの方々の協力により達成された努力の成果であることをここで強調し、関係各機関および

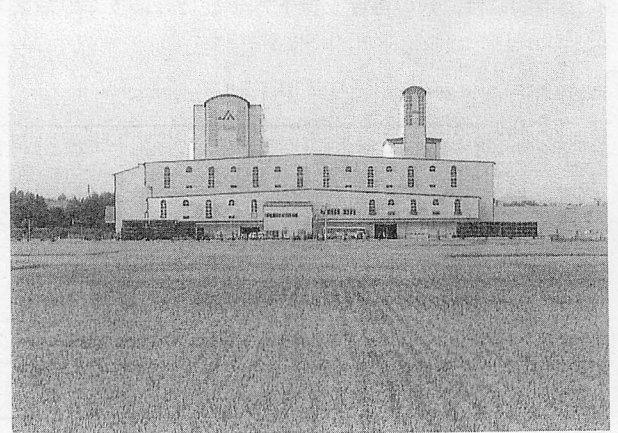


図14 上川中央部米穀広域集出荷施設(上川ライスターミナル) 1996年から1998年にかけて、寒冷外気を利用した超低温貯蔵の実証試験を行った。
左側、1996年建設、籾貯蔵能力5000t
右側、1999年増設、籾貯蔵能力5000t

皆様へのお礼の言葉といたします。

引用文献

- 1) Kawamura, S., M. Natsuga, K. Itoh : Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Rice Taste Evaluation. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)*, 40 (6) : 1755-1759, 1997
- 2) Kawamura, S., M. Natsuga and K. Itoh : Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Determining Physicochemical Properties of Rice. 1998 *ASAE Annual International Meeting*, Orlando, Florida USA, Paper No. 983063, 1-9, 1998
- 3) 川村周三, 沼田典夫, 伊藤和彦 : 可視光を用いた米の組成分析計の測定精度, 農機北支部報, 39, 39-45, 1999
- 4) 川村周三 : 穀物品質測定技術の発展と新技術を利用した穀物共同乾燥調製施設の将来展望, 1999年度農業施設学会大会30周年記念大会シンポジウム「穀物関連施設の新技术の歩みと将来展望」, 194-198, 1999
- 5) Kawamura, S., M. Natsuga, K. Itoh : Determination of Undried Rough Rice Constituent Content Using Near-Infrared Transmission Spectroscopy. *Transactions of the ASAE*, 42 (3) : 813-818, 1999
- 6) 川村周三, 竹倉憲弘, 小河健伸, 伊藤和彦 : 同一地域で生産された「きらら397」の成分分布, 農機北支部報, 40, 7-11, 2000
- 7) 小河健伸, 市川公一, 竹倉憲弘, 川村周三, 伊藤和彦 : 玄米水分と玄米物理特性との関係, 農機北支部報, 40, 45-49, 2000
- 8) Kawamura, S., M. Natsuga and K. Itoh : Development of an Automatic Rice-Quality Inspection System. *IFAC/CIGR 4th International Workshop on Artificial Intelligence in Agriculture*, Budapest, Hungary, AIA2001 Preprints edited by Prof. I. Farkas, 71-76, 2001
- 9) 川村周三, 竹倉憲弘, 伊藤和彦 : 近赤外透過型分析計による米の成分測定の精度とその改善. 農機誌, 64 (1), 120-126, 2002
- 10) 沼田典夫, 川村周三, 伊藤和彦 : 比重選別機別機による籾の精選別特性, 農機北支部報, 38, 15-19, 1998
- 11) 沼田典夫, 川村周三, 竹倉憲弘, 樋元淳一, 伊藤和彦 : 揺動選別機による籾の精選別特性, 農機北支部報, 39, 35-38, 1999
- 12) 川村周三 : 着色米発生に威力発揮の色彩選別機—特徴と性能—, ニューカントリー, 47 (8), 44-46, 2000
- 13) 川村周三 : 北海道における新規籾貯蔵技術の確立—貯蔵のための籾精選別システムおよび寒冷気候を利用した超低温貯蔵による米の高品質保持技術—, 北海道農業施設, 1-72, 2000
- 14) Kawamura, S., K. Takekura, N. Numata, T. Ogawa and K. Itoh : Rice Storage below Ice Point Using Natural Coldness to Preserve Its Quality. 1999 *ASAE / CSAE-SCGR Annual International Meeting*, Toronto, Ontario Canada, Paper No. 996044, 1-10, 1999
- 15) 川村周三 : 超低温貯蔵で新米のおいしさ長期保存, 現代農業, 79 (12), 126-130, 2000
- 16) Kawamura, S., K. Takekura, T. Ogawa and K. Itoh : Long-term Storage of Rough Rice at Temperatures Below Ice Point. 2000 *ASAE Annual International Meeting*, Milwaukee, Wisconsin USA, Paper No. 006041, 1-6, 2000
- 17) 伊藤和彦, 川村周三, 樋元淳一, 竹倉憲弘 : 米は凍らない!—新米の美味しさを保つ超低温貯蔵. 2001国際食品工業展アカデミックプラザ研究発表要旨集 Vol. 8, 17-20, 2001
- 18) Kawamura, S., K. Takekura, K. Itoh : Development of On-farm Storage Technique for Rice at Temperature below Ice Point Using Ambient Naturally Cold Air in Winter. 2001 *ASAE Annual International Meeting*, Sacramento, California USA, Paper No. 01-6114, 1-10, 2001
- 19) Kawamura, S., Takekura, K., Itoh, K. : Rice Storage Controlled at Temperature below Ice Point for Preserving High Quality. *IFAC/CIGR 3rd Workshop on Control Application in Post-harvest and Processing Technology*, Tokyo, Japan, CAPPT 2001 Preprints edited by Prof. Y. Seo & Prof. S. Oshita, 101-106, 2001