HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	米の外観品質・食味研究の最前線[25]：米の収穫後技術による品質食味の向上 ：籾の超低温貯蔵と玄米の精選別
Author(s)	川村, 周三
Citation	農業および園芸, 88(5), 562-570
Issue Date	2013
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71364
Type	journal article
File Information	562.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

連載記事

米の外観品質・食味研究の最前線〔25〕
米の収穫後技術による品質食味の向上
－籾の超低温貯蔵と玄米の精選別－

川村周三*

〔キーワード〕：超低温貯蔵，自然低温エネルギ，粒厚選別，色彩選別

1. はじめに

米の収穫後技術による品質食味の向上の内容は，大別すると以下の4項目となる．

①籾の自動品質検査システム

②貯蔵のための籾の精選別

③自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵

④粒厚選別と色彩選別を併用した玄米の精選別

前報では，①籾の自動品質検査システムと②貯蔵のための籾の精選別について述べた．本報では，③自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵と④粒厚選別と色彩選別を併用した玄米の精選別について述べる．

2. 自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵

(1) 日本の米の貯蔵

1) 玄米貯蔵

日本では古くから玄米貯蔵，玄米流通が一般的に行われている．玄米貯蔵は，籾を収穫後に乾燥し，ただちに籾摺して玄米を紙袋や樹脂袋に入れて米専用の倉庫に貯蔵する．

玄米貯蔵には，常温貯蔵と低温貯蔵とがある．常温貯蔵では，倉庫内の温度制御をおこなわずに玄米を貯蔵する．そのため，春から夏にかけて外気温度が上昇すると庫内温度が高くなり，害虫（コクゾウムシやコクガ）が発生する．害虫が発生すると，必要に応じてポストハーベスト農薬（殺虫剤）を使用することもある．常温貯蔵では害虫や温度上昇のために米の品質劣化が大きい．これに対し低温貯蔵では，冷却装置を使い年間を通して倉庫内温度を15℃以下に保つ．そのおかげで，害虫の発生や米の品質劣化を抑えることができる．全国各地にある玄米の低温貯蔵倉庫は年々増加しており，最近では玄米低温倉庫の貯蔵能力は748万tとなっている．

2) 籾貯蔵

玄米ではなく籾で貯蔵をおこなうと，籾殻が玄米を物理的生物的に保護するため，害虫や微生物の侵入を防ぎ，米の生理活性を抑制する．そのため，籾貯蔵は玄米貯蔵に比べて品質保持効果が高い．そこで近年は籾貯蔵を行うカントリーエレベータが全国的に徐々に増加している．全国のカントリーエレベータの籾貯蔵能力は225万tであるが，玄米貯蔵に比較すると籾貯蔵の割合は少ない．

3) 氷点下での米の貯蔵（超低温貯蔵）

玄米を−15℃で貯蔵する基礎試験をおこない，氷点下での米の貯蔵が低温貯蔵よりさらに高い品質を保持できることを明らかにした．そこで氷点下で米を貯蔵することを超低温貯蔵と呼ぶこととした．超低温貯蔵は従来から行われている低温貯蔵よりも低い温度で米を貯蔵することから名付けた．

ところが，実用規模のサイロや貯蔵庫では外気温度の季節変化がある．そのため米の温度を常に氷点下に保つことは，貯蔵コストを考慮すると，実用的ではないと思われた．そこで，実用レベルにおける米の超低温貯蔵として，「貯蔵期間中の穀温が1ヵ月以上氷点下である貯蔵方式」と定義した．

4) 北海道の籾貯蔵

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，やがて数年で籾貯蔵をおこなうことを取りや

*北海道大学　大学院農学研究院（Shuso Kawamura）

0369-5247/10/¥500/1 論文/JCOPY

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籾貯蔵は不適切であるとされてきた．

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（北海道上川ライスターミナル）が完成し，本格的な籾貯蔵が開始された．

（2）籾の超低温貯蔵の開発

1）超低温貯蔵の実用化試験

1996 年に上川ライスターミナルが完成した時点では，氷点下で籾を貯蔵する技術は，日本はもちろん世界でも実用化されていなかった．その最大の理由は，籾を氷点下で貯蔵するためには冷却装置の設備費や運転経費が必要である，と思われていたためである．ところが，北海道のような寒冷地では冬の自然の寒さを籾の冷却に利用することができるため，超低温貯蔵が実用的に可能であると考えた．

すなわち，北海道のような寒冷地の特徴を最大限に生かした低コスト省エネルギで高品質な籾貯蔵をおこなう新技術を確立することを目的に，上川ライスターミナルの建設に合わせて 1996年から1998年に超低温貯蔵を実用化するための実証試験をおこなった．さらに新たに建設された北海道雨竜町ライスコンビナートで 1999 年から 2000 年にかけて再度実証試験をおこない，その有効性を確認した．

2）貯蔵条件

上川ライスターミナルのサイロを用いて，きらら 397 の籾 378t を貯蔵した．貯蔵期間は 1997 年 11 月から 1998 年 8 月までの約 9 ヵ月間であった．1998 年 2 月 2 日から 2 月 10 日の間に，−5℃以下の外気を断続的に延べ 113 時間サイロへ通風した．

雨竜町ライスコンビナートでは，きらら 397 の籾 500t とほしのゆめの籾 494t をそれぞれサイロに貯蔵した．貯蔵期間は 1999 年 11 月下旬から 2000 年 7 月中旬までの約 8 ヵ月間であった．2000 年 1 月 20 日から 1 月 27 日の間に，−7℃以下の外気を断続的に延べ 91 時間サイロへ通風した．サイロへの通風は 2 基同時におこなった．

いずれの貯蔵試験においても，サイロ貯蔵と並行して比較対照のために−5℃貯蔵（冷凍庫），低温貯蔵（サイロの近隣にある低温倉庫），室温貯蔵（大学の実験室）の 3 条件でそれぞれ約 20 kg の籾を貯蔵した．

3）貯蔵中の温度

図 1 に 1997 年から 1998 年の貯蔵中の籾温度を示した．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．

11 月から 2 月にかけてサイロ内壁付近の籾の穀

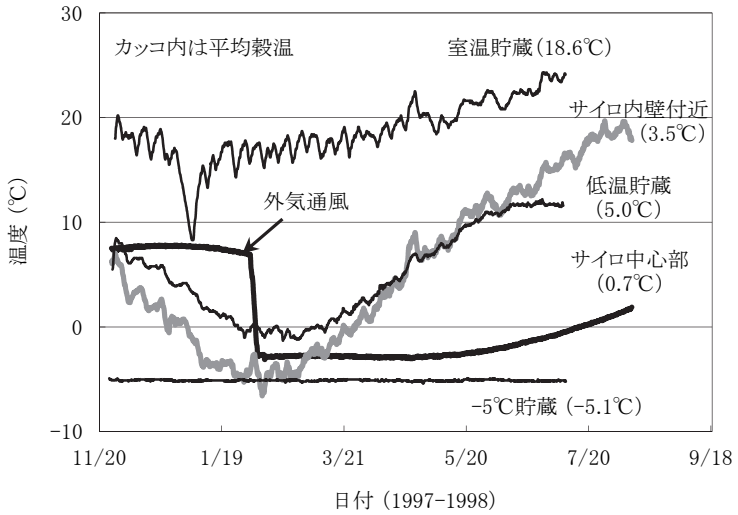

図 1　貯蔵中の籾温度の変化と平均籾温度

温は，自然放冷により低下した．しかし，サイロ中心部の籾の穀温は貯蔵開始時とほぼ同じであった．2月上旬にサイロ内へ−5℃以下の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月上旬に内壁付近が約−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，自然の寒さを籾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．

対照貯蔵の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 0.7℃，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．

4）サイロ内の温度差が品質に与える影響

図1に示したように，冬季の寒冷外気の通風によりサイロ全体の穀温は氷点下となり，その後は籾を静置するだけで，サイロ中心部の穀温は7月中旬まで氷点下に保たれた．しかしサイロ内壁付近の穀温は，3月下旬までは氷点下に保たれるが，その後は外気温度の影響により徐々に上昇し，7月中旬には20℃近くとなった．このサイロ内壁近付近の穀温上昇が籾の品質に悪影響を与えている懸念があった．そこで，貯蔵終了直前にサイロ内各部から試料を採取し，品質を測定した．試料はサイロ中心部とサイロの東西南北の内壁から約 15cm 内側の位置で，籾堆積表面から深さ 0.1m，0.5m，1.0m，2.0m，4.0mの位置の籾をそれぞれ採取した．

サイロ内各部から採取した試料の発芽率を図2に示した．

発芽率は稲の種子としての生命力を測定した値であり，米の鮮度を示す指標ともなる．発芽率が高いと新米と同様な品質の良い状態であることを示している．発芽率はいずれの試料も高く，平均で98.3%であり，新米と同様な発芽率であった．

サイロ内各部から採取した試料の脂肪酸度を図3に示した．脂肪酸度は米の脂質が酵素リパーゼにより加水分解されて生成する遊離脂肪酸の量を測定した値である．米の主成分の中でデンプンやタンパク質に比較して脂質の加水分解が最も早く進み脂肪酸が増加するため，脂肪酸度が品質劣化の指標として広く用いられている．脂肪酸度は，いずれの試料も品質上問題となるような大きな増加はなく，平均で 13.2mg. KOH であった．

サイロ内壁付近の穀温は，貯蔵終了時の7月下旬では20℃程度であるが，冬季は約3ヵ月間氷点下であり，貯蔵期間中の内壁付近の平均穀温は3.5℃と低かった．その結果，サイロ内壁付近の籾の大きな品質劣化はなかったと考えられる．

5）貯蔵前後の品質

図4に貯蔵前後の各試料の発芽率を示した．貯蔵前の発芽率は 96%であった．貯蔵後の発芽率は−5℃貯蔵が最も高く，次にサイロ貯蔵と低温貯蔵が高く，いずれも貯蔵前の発芽率とほぼ同じく 93%以

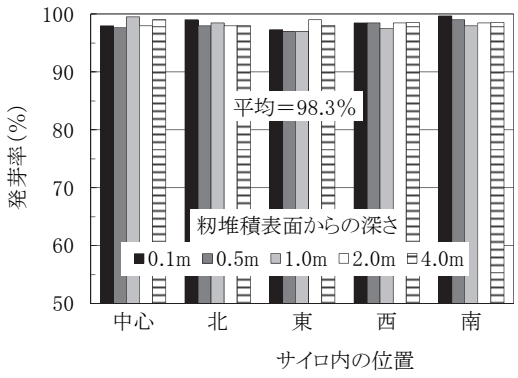

図2　貯蔵終了直前に採取したサイロ内各部試料の発芽率

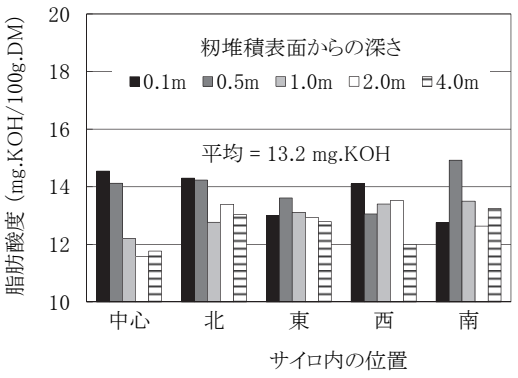

図3　貯蔵終了直前に採取したサイロ内各部試料の脂肪酸度

上であり，新米と同様な品質が保持されていた．一方，室温貯蔵の発芽率は大きく低下し，10%となった．

脂肪酸度は貯蔵後にいずれの試料も増加したが，−5℃貯蔵が最も増加が抑制されており，次にサイロ貯蔵，低温貯蔵と増加が大きく，室温貯蔵の増加が著しかった（図5）．

一般に，貯蔵により古米化が進むと米飯の硬さが増加し，粘りが減少する．したがって，テクスチュログラム特性の硬さ/粘り比が低いほど貯蔵状態が良いと判断される．図6から貯蔵温度が低いほど硬さ/粘り比が低く，古米化が抑制されることが分かった．

食味試験の総合評価は，貯蔵前に比較してサイロ貯蔵と−5℃貯蔵でわずかに良くなり，室温貯蔵では総合評価が大きく低下した（図7）．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おこなった．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．これは超低温貯蔵による食味の相対的向上である．

6）米の最適な貯蔵温度

図8に，米の貯蔵中の平均温度と貯蔵後品質との関係を表す概念図を示した．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

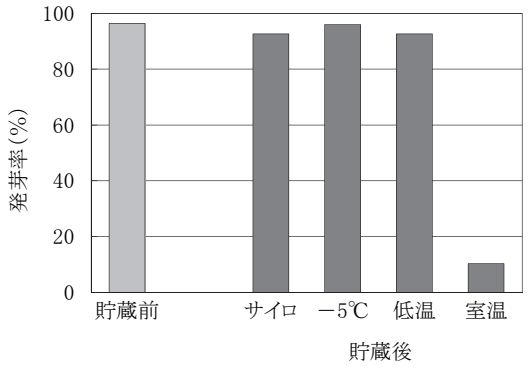

図4　貯蔵前後の発芽率

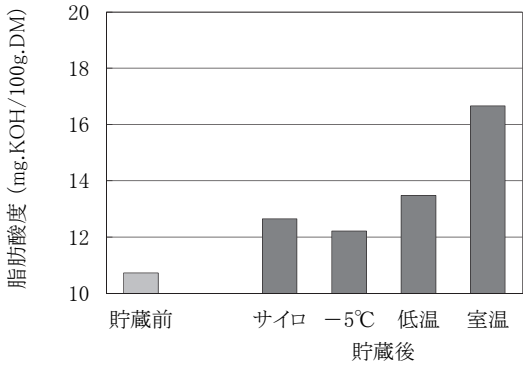

図5　貯蔵前後の脂肪酸度

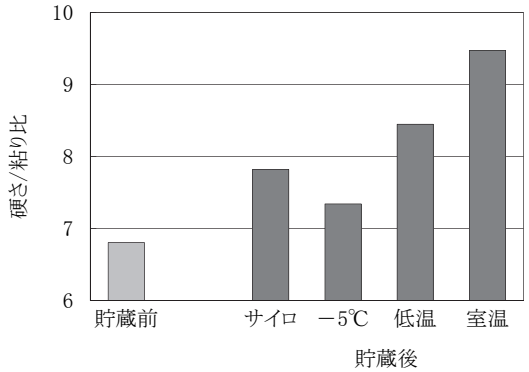

図6　貯蔵前後のテクスチュログラム特性

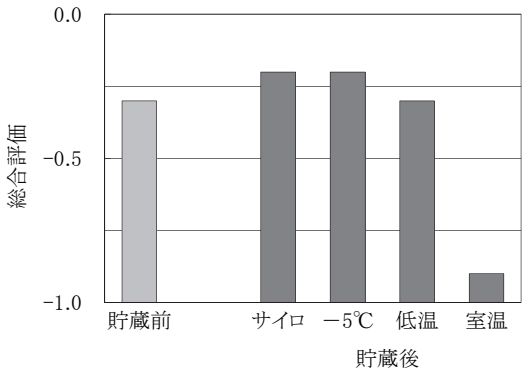

図7　貯蔵前後の食味試験の総合評価

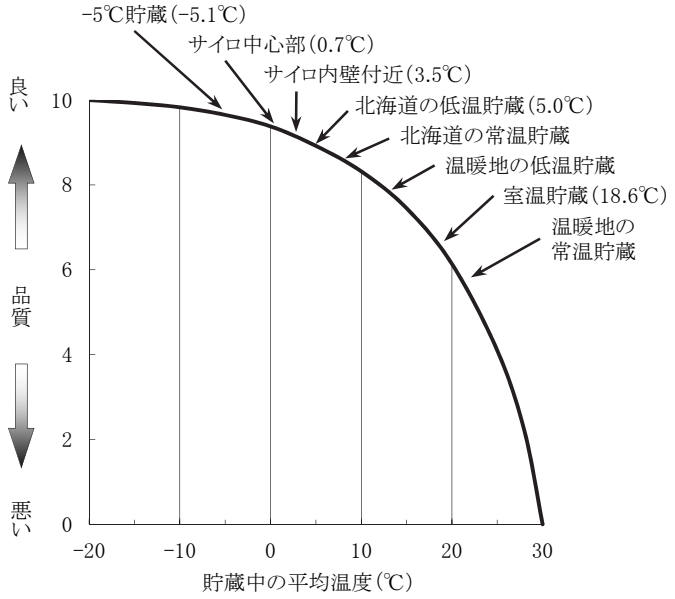

図8　米の貯蔵中の平均温度と貯蔵後品質との関係（概念図）

中平均温度は10℃以上となる場合が多い．したがって，温暖地で貯蔵した米に比べて寒冷地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．

(3) 自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵の特徴

基礎実験により，乾燥後の籾は水分が15%程度であるため-80℃においても凍結傷害は発生しないことを確認した．したがって米の貯蔵温度は低ければ低いほど良い．しかしながら，米の温度を低下させるために冷却設備と電気エネルギを使うと貯蔵コストが増加するので，実用的には望ましくない．一方，北海道のような寒冷地では，冬季の寒冷外気という自然低温エネルギを利用することにより米を氷点下に冷却することが可能である．

この貯蔵技術は，冷却設備や冷却のための電気エネルギを必要としない．そのうえ，貯蔵温度が低いため貯蔵中の殺虫剤なども不要であり，品質保持効果が大きい．すなわち，これは寒冷地の自然環境を有効に活用し，低コスト省エネルギで環境にやさしく，高品質米を供給することができる貯蔵技術である．

我が国の主要な米の主産地は北海道，東北，北陸地域である．これらの地域は冬の気温が氷点下になることが多い．超低温貯蔵はこのような自然環境を有効に活用した貯蔵技術となる．北海道では1996年以降，籾貯蔵施設の建設が進み，2010年には籾貯蔵施設は29ヵ所となり，その籾貯蔵能力は約13万tとなった．

3. 粒厚選別と色彩選別とを併用した玄米の精選別

(1) 玄米の選別

米の共乾施設や農家では，籾摺後の玄米の選別は従来から粒厚選別が行われている．この粒厚選別により粒厚の小さい未熟粒や死米などを除き，整粒割合を増やし，玄米の品質（等級）を向上させる．

粒厚選別の縦目篩（ふるい）の網目幅は，米の品種に応じて，また各生産地域で適切な網目幅が決められている．例えば，日本国内でも九州や関東では1.85mmの篩が多く使われ，北陸や東北では1.90mmの篩が多く使われている．

北海道で玄米の粒厚選別を行う際，古くは網目幅が1.90mm程度の篩を使用していた．しかし，品質の良い米（整粒割合の多い米，1等米）を生産するために，網目幅を徐徐に大きくする傾向にあり，その結果，2000年頃の標準的な篩の網目幅は，「きらら397」では2.00mm，「ほしのゆめ」では1.95mmとなっていた．しかし，網目幅を2.00mm（または1.95mm）と大きくしても，1等玄米を調製できな

い場合も多く，そのような時には，さらに大きな網目幅で選別する例もあった．このように篩の網目幅を大きくすると，選別歩留が低下し，生産者（農家）にとって損失が大きくなるという問題があった．

米の色彩選別機は 1970 年頃に開発され，主として精米工場で精白米中の異物（小石等）や着色粒，糠玉の除去に用いられている．一方，北海道の共乾施設では，1996 年頃から玄米中の異物や着色粒を除去するために，粒厚選別の後に色彩選別を行う例が増え始めた．とくに，北海道で 1999 年にカメムシの被害により着色粒が大発生して以降，共乾施設を中心に玄米の色彩選別の導入が進んでいる．しかしながら，粒厚選別の後にさらに色彩選別を行うと，選別歩留がいっそう低下し生産者の損失がさらに大きくなるために色彩選別の積極的な活用は進んでいなかった．

そこで，粒厚選別のみにより玄米の選別を行うことに対して，粒厚選別の後に色彩選別を組合わせて選別を行う場合，粒厚選別の篩の網目幅を従来よりも小さくして選別歩留を上げ，その後で色彩選別により未熟粒，死米，被害粒，着色粒，異物を積極的に取り除くことが適切であると考えた．すなわち，高品質米（1 等米）の調製と選別歩留の向上とを同時に実現するために，粒厚選別と色彩選別とを併用した新しい玄米精選別技術を開発したので，その詳細を紹介する．

(2) 供試玄米と試料の調製

供試玄米は，①2001 年北村産「きらら 397」，②2002 年北村産「きらら 397」，③2002 年長沼町産「きらら 397」，④ 2001 年美唄市産「ほしのゆめ」の 4 点である．これらの玄米は北海道産玄米で，異なる生産年，異なる生産地，異なる品種を考慮して選択したものである．供試玄米は共乾施設において籾摺直後で粒厚選別前の玄米を採取した．

表 1 に供試玄米（原料玄米）の組成と検査等級を示した．農産物規格規程によれば，水稲うるち玄米の 1 等は，整粒が 70%以上，被害粒が 15%以下，死米が 7%以下，着色粒が 0.1%以下とされている．原料玄米の内 3 点は整粒，被害粒，死米は 1 等玄米の基準を満足するものであったが，着色粒が 1%以上あり，いずれも規格外と判定された．

図 9　試料の調製法および試料名（きらら 397）

図 9 に試験用試料の調製法と試料名を示した．「きらら 397」では，原料玄米を篩の網目幅 1.80mm，1.90mm，2.00mm でそれぞれ粒厚選別した．さらに粒厚選別後の玄米をそれぞれ色彩選別した．「ほしのゆめ」では，原料玄米を篩の網目幅 1.75mm，1.85mm，1.95mm でそれぞれ粒厚選別し，その後に色彩選別を行った．ここで，「きらら 397」では「粒 2.00」，「ほしのゆめ」では「粒 1.95」が従来から行われている粒厚選別のみを行った玄米である．

(3) 最適な玄米の精選別条件

表 2 に玄米の粒厚選別と色彩選別後の選別歩留，

表 1　供試玄米（原料玄米）の組成と検査等級

試料	質量割合（%）						等級
	整粒	未熟粒	死米	被害粒	砕粒	着色粒	
2001 年北村産「きらら 397」	72.6	16.0	1.3	8.4	0.4	1.3	規格外
2002 年北村産「きらら 397」	69.7	21.0	0.3	8.1	0.4	0.5	3
2002 年長沼産「きらら 397」	73.6	12.6	0.2	12.0	0.4	1.2	規格外
2001 年美唄産「ほしのゆめ」	72.8	13.7	0.4	10.3	1.1	1.6	規格外

表2　玄米の粒厚選別と色彩選別後の選別歩留，整粒割合，検査等級

試料	色彩選別の有無	選別歩留（%） 粒厚選別の篩の目幅			整粒割合（%） 粒厚選別の篩の目幅			検査等級 粒厚選別の篩の目幅		
		1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm
2001年北村産きらら397	色選なし	97.3	94.1	**84.0**	73.4	74.9	**78.4**	規格外	規格外	**3（中）**
	色選あり	88.2	**88.2**	81.5	80.6	**80.8**	79.3	1（下）	**2（上）**	2（上）
2002年北村産きらら397	色選なし	98.5	95.9	**84.5**	70.6	72.3	**75.8**	3（上）	2（下）	**2（中）**
	色選あり	89.6	**89.5**	81.9	75.5	**75.9**	75.9	1（下）	**1（下）**	1（下）
2002年長沼産きらら397	色選なし	98.1	92.5	**72.3**	74.0	76.4	**81.8**	規格外	規格外	**3（下）**
	色選あり	84.9	**83.6**	67.3	85.6	**84.6**	85.3	1（中）	**1（中）**	1（中）
		1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm
2001年美唄産ほしのゆめ	色選なし	97.5	94.1	**79.7**	68.7	69.8	**75.2**	3（下）	3（中）	**2（中）**
	色選あり	85.9	**85.6**	76.9	77.5	**78.1**	77.0	1（下）	**1（下）**	1（下）

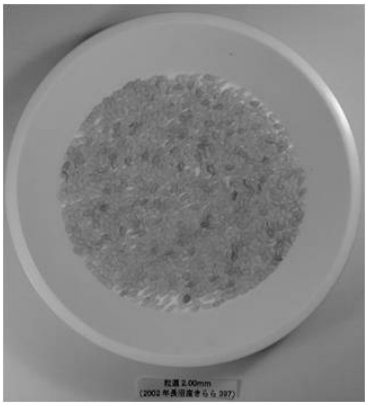

図10　2002年長沼産きらら397
選別前原料
整粒割合：73.6%
検査等級：規格外

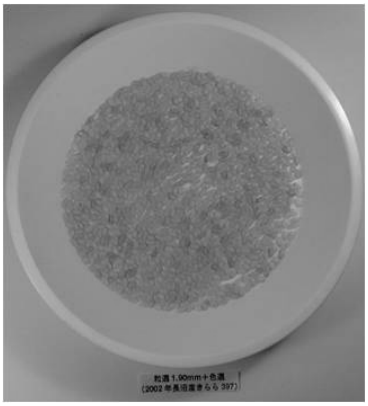

図11　従来の選別技術
粒厚選別2.00mm
選別歩留：72.3%
整粒割合：81.8%
検査等級：3等（下）

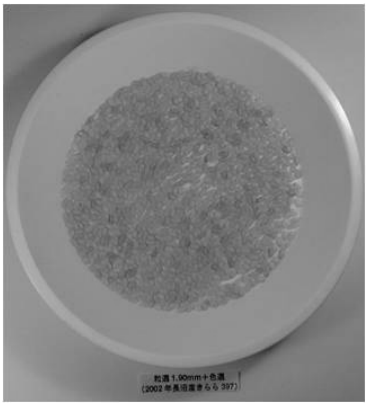

図12　新しい選別技術
粒厚選別1.90mmと色彩選別
選別歩留：83.6%
整粒割合：84.6%
検査等級：1等(中)

整粒割合，検査等級を示した．

従来から標準とされている篩の網目幅（きらら397は2.00mm，ほしのゆめは1.95mm）で粒厚選別を行うと選別歩留は72〜84%であった(表2のゴシック体の文字)．選別後の整粒割合は，原料に比較して，2〜8%増加したが，1等玄米を調製することはできなかった．従来の標準より0.1mm小さい網目幅で粒厚選別を行うと選別歩留は10〜20%増加したが，整粒割合が低下し，検査等級も下がった．

従来の標準より0.1mm小さい網目幅(きらら397は1.90mm，ほしのゆめは1.85mm）で粒厚選別を行いさらに色彩選別を行った試料に注目すると（表2の矢印の先のゴシック体文字)，従来の粒厚選別のみの場合に比較して，選別歩留が4〜11%増加した．さらにこれらの試料の整粒割合が0.1〜3%増加し，検査等級も向上して1等米の調製が可能であった．（2001年北村産きらら397は，等級検査の際のカルトンに着色粒が2粒（0.2%）含まれていたため2等となった）

一例として，2002年長沼産きらら397の写真を図10〜12に示した．選別前の原料玄米の整粒割合は73.6%であり，検査等級は規格外であった(図10)．この原料を従来の篩の網目幅2.00mmで粒厚選別のみ行うと，選別歩留が72.3%であり，整粒割合が81.8%であり，検査等級は3等（下）であった（図11)．これに対して，新しい選別技術（粒厚選別1.90mmと色彩選別の併用）を用いると，選別歩留が83.6%，整粒割合が84.6%，検査等級が1等(中)となった（図12)．すなわち，従来からの粒厚選別の篩の網目幅を0.1mm小さくし，さらにそれを色

彩選別することにより，選別歩留が 11.3%向上し，整粒割合が2.8%向上し，1等米の調製が可能であった．

2001 年北村産きらら 397 から調製した各試料を同一の搗精条件（サタケ，モータワンパス MCM-250，4 回通し）で搗精した際の搗精歩留を図 13 に示した．従来の網目幅 2.00mm で粒厚選別のみを行った試料（粒 2.00）に比較して，1.90mm で粒厚選別し色彩選別を行った試料（粒 1.90 色）は搗精歩留が 90.1%から 90.4%と 0.3%増加した．

2001 年北村産きらら 397 から調製した各試料を同一の歩留に搗精した精白米の食味試験の総合評価を図 14 に示した．食味試験の結果，1.90mm の網目幅で粒厚選別し色彩選別を行った試料（粒 1.90 色）の総合評価が最も高かった．

以上のように，従来からの粒厚選別の篩の網目幅を 0.1mm 小さくして，「きらら 397」では 1.90mm，「ほしのゆめ」では 1.85mm で選別し，さらにそれを色彩選別を用いて未熟粒，死米，被害粒，着色粒，異物を積極的に除去することにより，玄米の品質（等級）の向上と選別歩留の向上とが同時に可能なことが明らかとなった．

（4）粒厚選別と色彩選別とを併用した玄米の精選別技術の普及

粒厚選別と色彩選別を併用した玄米の精選別技術は，2003 年 1 月の北海道農業試験会議の審査を経て北海道農政部から「普及推進事項」に指定され，普及が進んでいる．北海道のカントリーエレベータおよび大規模なライスセンタには，色彩選別機が設置されており，これらの施設では出荷玄米のほぼ全量を色彩選別している．

日本の 2010 年産米の等級検査結果は，1 等米比率

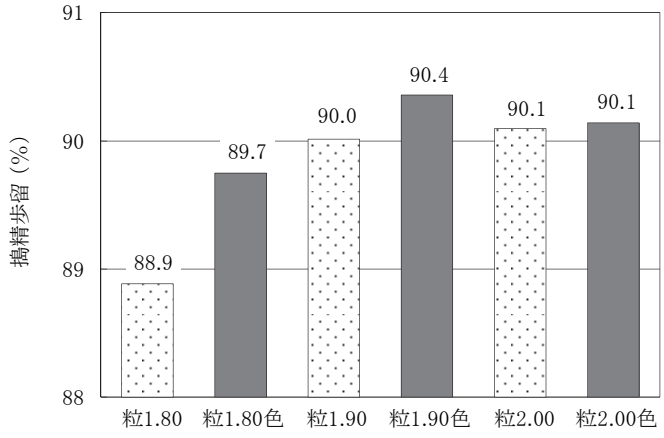

図 13　搗精歩留（2001 年北村産きらら 397）

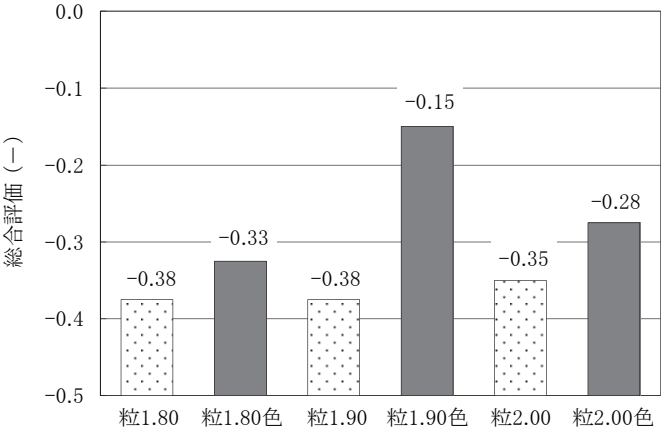

図 14　食味試験の総合評価（2001 年北村産きらら 397）

が全国平均で61%である．1等米比率は天候などの影響もあり地域の差も大きいが，北海道米の1等米比率は88%となっている．北海道米を加工する精米工場から「最近の北海道米は品質のバラつきが少なく，搗精歩留も安定して高い」という声を聞くが，これは玄米の色彩選別による効果が大きいと思われる．

参考文献

川村周三・竹中秀行 2000．北海道における籾調製貯蔵技術（バラ籾調製・貯蔵技術の確立）．北海道農業試験会議（成績会議）資料：2-18．

川村周三 2000．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．

川村周三・小河健伸・藤川清三・竹倉憲弘・伊藤和彦 2003．水分が異なる籾の凍結温度および凍結傷害．低温生物工学会誌 49（2）：97-102．

川村周三・竹中秀行 2003．粒厚選別と色彩選別の組み合わせによる玄米品質および歩留向上技術．北海道農業試験会議資料：1-13．

川村周三 2003．品質向上！歩留向上！粒厚と色彩による1等米選別技術．ニューカントリー 50（4）：52-53．

Kawamura, S., Takekura, K., Itoh, K. 2004. Development of an on-farm rice storage technique using fresh chilly air and preservation of high-quality rice.（寒冷外気を利用した米の貯蔵技術の開発と高品質保持）Proceedings of the World Rice Research Conference, Tsukuba, Japan. CD-ROM, ISBN: 971-22-0204-6：310-312.

川村周三・稲津 脩・夏賀元康・竹倉憲弘 2005．特集：高品質米の生産技術．農業機械学会誌 67（1）：3-23．

川村周三 2006．農業技術体系，作物編，イネ（基本技術編），冬の寒さを活用した高品質貯蔵技術．農山漁村文化協会，第2－①巻，追録28号，402，177：10-19．

Kawamura, S., Takekura, K., Takenaka, H. 2007. Development of a New Technique for Fine Sorting of Brown Rice by Use of a Combination of a Thickness Grader and a Color Sorter.（玄米の精選別のための粒厚選別と色彩選別機を組合せた新技術の開発）American Society of Agricultural and Biological Engineers. Paper No. 076266. St. Joseph Mich. USA: 1-8.

川村周三・竹倉憲弘 2007．田んぼの稲が白いご飯になるまで －自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵－．精米工業 224：10-15．

川村周三・竹倉憲弘・竹中秀行 2007．田んぼの稲が白いご飯になるまで －粒厚選別と色彩選別とを併用した玄米の精選別－．精米工業 226：9-13．

竹倉憲弘・川村周三・伊藤和彦 2003．寒冷地における籾貯蔵技術の確立 第1報 カントリーエレベータでの自然放冷による籾貯蔵．農業機械学会誌 65（4）：57-64．

竹倉憲弘・川村周三・伊藤和彦 2003．寒冷地における籾貯蔵技術の確立 第2報 カントリーエレベータでの冬季通風冷却による超低温貯蔵．農業機械学会誌 65（4）：65-70．

竹倉憲弘・川村周三・伊藤和彦 2003．寒冷地における籾貯蔵技術の確立 第3報 カントリーエレベータで貯蔵した籾の品質．農業機械学会誌 65（5）：40-47．

竹倉憲弘・川村周三・伊藤和彦 2003．寒冷地における籾貯蔵技術の確立 第4報 貯蔵中の籾の穀温差が品質に与える影響．農業機械学会誌 65（5）：48-54．

竹倉憲弘・川村周三・竹中秀行・伊藤和彦 2004．粒厚選別と色彩選別とを組み合わせた玄米選別技術の開発．農業機械学会誌 66（5）：135-141．