HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	冷やせば美味しい米の味 ： 米の低温貯蔵・超低温貯蔵のすゝめ（すすめ）
Author(s)	川村, 周三
Citation	美味技術研究会誌, 17, 1-4
Issue Date	2011
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71302
Type	journal article
File Information	2011 17_1_4 .pdf



Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

論説

美味技術研究会誌　No.17：1-4，2011

冷やせば美味しい米の味
米の低温貯蔵・超低温貯蔵のすゝめ（すすめ）

川村周三※

[keyword] 品質，食味，自然低温エネルギー，氷点下，カントリーエレベータ

１．わが国の米の貯蔵

(1) 玄米貯蔵

わが国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農業倉庫などに貯蔵する。

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。常温貯蔵では害虫発生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800万ｔ近くとなっている。

(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し，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増加している。国内の籾貯蔵能力は200万ｔ強であるが，玄米貯蔵に比較すると籾貯蔵の割合は少ない。

(3) 超低温貯蔵（氷点下での米の貯蔵）

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。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，籾貯蔵を行うカントリーエレベータが1965年と1971年に１ヵ所ずつ建設された。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。

※）北海道大学：〒060-8589 北海道札幌市北区北９条西９丁目

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（上川ライスターミナル，図 1）が竣工し，本格的な籾貯蔵が開始された。



図１　米のカントリーエレベータ
北海道，上川ライスターミナル
(1996 年建設，1999 年増設)，
計画籾処理量：11,800ｔ，
籾貯蔵能力：10,000ｔ

２．米の凍結温度と凍結傷害

新鮮な青果物の水分はおよそ 80%以上であり，－2～0℃程度で凍結する。青果物が凍結すると氷結晶が細胞を破壊するため，青果物としての品質が大きく損なわれる。

米はいったい何℃で凍るのか？そこで，籾の水分と凍結温度および凍結傷害との関係を明らかにするために，水分が異なる籾を調整して示差走査熱量分析により凍結温度を測定した。水分が 26.5%の籾は－25～－15℃程度で凍結した。水分が 22.1%の籾は－35℃程度で凍結した。水分 20%以下の籾は，－55℃（測定装置の下限温度）まで冷却しても凍結せず，凍結温度は測定できなかった。

米は稲の種子である。一般に種子が凍結すると凍結傷害が発生し発芽能力を失う。そこで水分を調整した籾を，－80～2.5℃の各種温度でそれぞれ 11 日間冷却し，その後の発芽率を測定することにより凍結傷害の有無を調べた。水分が 26.5%の籾を－19℃以下に冷却すると発芽率が 0%となり，凍結傷害が発生したことを示した。一方，水分が 17.8%以下の籾は－80℃に冷却した場合でも発芽率が低下しなかった。すなわち，水分 17.8%以下の籾は－80℃においても凍結傷害は発生しないことが明らかとなった。

収穫時の籾の水分は，天候や収穫時期に左右されるが，およそ 25～30%程度である。収穫後の籾はただちに乾燥され，貯蔵を行う際の籾水分は 15%程度である。したがって，乾燥後の籾は水分が低い（氷結晶となる自由水がない）ために－80℃でも凍ることはない。

３．籾の超低温貯蔵技術の開発

(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かさむ，と予想されたためである。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雨竜町ライスコンビナートでも 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。その結果，1 月や 2 月に－5℃以下の外気

をサイロ内の籾に通風することにより，冬の自然の寒さを利用した実用的な超低温貯蔵（氷点下での米の貯蔵）が可能であることが実証された。

(2) 貯蔵した米の品質と食味

収穫後から翌年の夏まで超低温貯蔵した米の発芽率は，貯蔵前の発芽率とほぼ同じく 93%以上であり，新米と同様な品質が保持されていた。また，超低温貯蔵した米の脂肪酸度の増加も抑制されていた。

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。テクスチュログラム特性（米飯の粘弾性）の測定により，超低温貯蔵した米の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で超低温貯蔵した米の評価がわずかに良くなった。通常，米の食味が貯蔵後に良くなることはない。この試験で超低温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。サイロで超低温貯蔵した米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。

(3) 冬の自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵の特徴

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ー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ー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ーを必要としない。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，同時に品質保持効果も大きい。すなわち，これは寒冷地の自然環境を有効に利用し，低コスト省エネルギーで高品質米を供給する貯蔵技術である。

わが国の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である。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。

４．米の低温貯蔵・超低温貯蔵のすゝめ（すすめ）

図 2 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

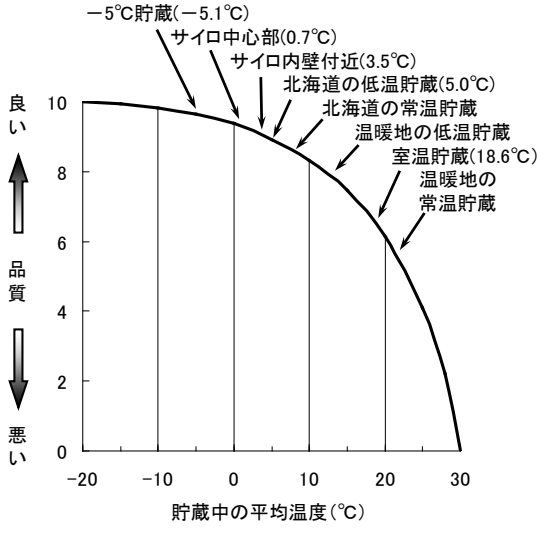


図 2　米の貯蔵中の平均温度と貯蔵後品質との関係（概念図）
（温度）は，実証試験で実測した温度

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。したがって,低温貯蔵(15℃以下の貯蔵)や超低温貯蔵(氷点下の貯蔵)がお米を美味しく貯蔵するには最適である。

一般家庭でお米(精白米)の保管は米びつ等で常温保管される場合が多い。しかし,いつも美味しいお米を食べるには,一般家庭でも米を冷蔵庫や冷凍庫の中に入れるのが“おすすめ”である。

参考文献

1) 川村周三, 夏賀元康, 河野慎一, 谷口健雄, 藤倉潤治. 1996. 北海道産米の品質向上を目指してーポストハーベストテクノロジーの新しい試みとその応用ー. 農機北支報, 36, 65-71.

2) 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. 低温生工誌, 49(2), 97-102.

3) 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. 農機誌, 65(4), 57-64.

4) 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. 農機誌, 65(4), 65-70.

5) 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. 農機誌, 65(5), 40-47.

6) 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. 農機誌, 65(5), 48-54.

7) Kawamura, S., K. Takekura, K. Itoh. 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.

8) 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. 農機誌, 67(1), 3-23.

9) 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ー①巻, 追録28号, 402, 177, 10-19.

10) Kawamura, S., K. Takekura, M. Yokoe, J. Himoto, H. Takenaka, M. Natsuga. 2008. NEW POST-HARVEST TECHNIQUES FOR IMPROVING INTEGRITY, CONSISTENCY, QUALITY AND SAFETY OF RICE IN JAPAN (日本産米の品位, 均質性, 品質, 安全性を向上させるための新しいポストハーベスト技術). Proceedings of 2008 International Grain Quality and Technology Congress, Chicago, Illinois, USA, 1-21.

11) Kawamura, S., K. Takekura. 2010.ROUGH RICE STORAGE BELOW FREEZING POINT BY USING RENEWABLE ENERGY FROM FRESH CHILLY AIR IN WINTER (冬季寒冷外気からの再生可能エネルギーを用いた氷点下の籾貯蔵). Proceedings of XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Québec City, Canada, 1-10.