

米粉と小麦粉の雪室貯蔵が品質に与える影響

神山 伸^{†*}、櫛原 詩野[†]、須崎 奈美、田山 舞、本間 千裕、
瀧口 真子、曾根 英行^{**}

積雪地方で古くより農作物の貯蔵に用いられていた雪室貯蔵は、低コストで安定した低温を維持することが可能であり、近年では環境に優しい貯蔵方法として注目されている。主要農産物である米および麦に関しては、低温貯蔵の有効性が品質保持の上で認められているものの、雪室の高湿度がデメリットとなる可能性があるため、調湿された雪室を用いるなど、雪室貯蔵の利用は限定的であった。本研究では、これらの穀物の雪室貯蔵における品質劣化の状態およびその影響要因を評価するため、品質劣化しやすい製粉加工物（米粉および小麦粉）を用いてその状態を比較検討した。温度と湿度の影響を明確にするため、米粉および小麦粉を紙袋あるいはポリエチレン製袋（ポリ袋）に入れ、常温、冷蔵、雪室の条件で3ヶ月間貯蔵した。紙袋貯蔵では、水分量は常温、雪室、冷蔵の順に低下したが、ポリ袋貯蔵では変化が認められなかった。試料の品質は、色彩および色差、遊離脂肪酸量（脂肪酸度）、遊離グルコース量、遊離アミノ酸量で評価した。初期変性の指標である脂肪酸度は米粉、小麦粉ともに、常温貯蔵に比べ冷蔵貯蔵と雪室貯蔵とで有意に低下した。デンプン分解の指標である遊離グルコース量は、紙袋貯蔵の小麦粉のみ冷蔵貯蔵と雪室貯蔵に比べて常温貯蔵で有意に増加したが、ポリ袋では変化が認められなかった。遊離アミノ酸量では、ポリ袋において冷蔵貯蔵のみ、常温貯蔵に比較してわずかであるものの有意な低値を示した。米粉、小麦粉の品質においては、冷蔵貯蔵と雪室貯蔵との間で明確な違いは認められず、また小麦粉の遊離グルコース量を除き、紙袋とポリ袋との間でも違いは認められなかった。これらの結果から、覆いをするにより直接水に触れない状態であれば、雪室貯蔵における湿度は米粉及び小麦粉の品質に大きく影響しないことが示された。

キーワード: 雪室、米粉、小麦粉、湿度、品質保持

はじめに

新潟県を含む北陸地方は山間部を中心に豪雪地帯として知られており、雪を利用した食品の保存が古くより行われてきた。近年、にんじん¹⁾やじゃがいも²⁾などの農産物では雪中保存により呈味が向上することが示され、高付加価値商品としても雪室貯蔵が注目されるようになった。それにより、食味向上を目的とした雪室貯蔵が農産物のみならず畜産物や加工食品などにも適用されるようになったが、その有効性に関して科学的根拠が明確にされていないものが多い。

筆者らはこれまでの研究で、コーヒー³⁾やそば⁴⁾、唐辛子発酵食品（かんずり）⁵⁾など、さまざまな食品における雪利用の有効性について報告してきた。コーヒーにおいては香気成分に関して、雪室に貯蔵したコーヒーでは不快臭（オフフレーバー）の原因となるアルデヒド類が減少する一方で、より「コーヒーらしい」香気であるピラジン類やフラン類の比率が増加するため、呈味の向上に繋がることを明らかにした³⁾。また、山間地で米の代替作物として栽培されるソバに関しても、雪室貯蔵した玄ソバの状態について分析を行うことにより、ソバの香気と品

新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科

責任著者連絡先: *kammy@unii.ac.jp **sone@unii.ac.jp

† 共同筆頭著者

利益相反: なし

質保持における雪室貯蔵の有効性を報告した⁴⁾。

主要農産物である米および麦に関しては、低温貯蔵の有効性が品質保持の上で認められているものの、雪室の高湿度の条件（90%以上）が貯蔵におけるデメリットとなる可能性があり、これまで雪室利用は限定的であった。穀物では、高温・高湿度の条件では呼吸量が増加し、酵素反応や酸化などによる品質の劣化を招くうえに、カビ類や虫などの汚染が懸念される。米に関しても、その温度と湿度の影響に関して古くより調査されており、米のカビ汚染防止のための管理ガイドラインも作成されている⁶⁾。米のカビ毒としては、1937年の台湾貯蔵米における黄変米、1950年代の東南アジアからの輸入米による黄変米、そして2008年の事故米などでその汚染が問題となっている。カビ毒であるマイコトキシンのうち、事故米でも検出されたアフラトキシンは極めて発がん性が高いことで知られており、世界的に広く農産物への汚染が発生していることから、その健康への悪影響を防ぐために、農産物の生産、加工、流通の各段階で温湿度の厳重な管理が要求されている。一方、カビ等の生育が抑制される低温においても、米の保存では玄米の過剰湿度および過乾燥を防ぐ目的で調湿されることが多い。農林水産省では玄米の貯蔵温度を15℃以下にすることを推奨していることから⁶⁾、低温倉庫では一般的に温度15℃以下、湿度70～80%の条件で玄米保存されている。

本研究では、雪室貯蔵した穀物の品質の状態を確認するために、品質劣化しやすい製粉加工物（米粉および小麦粉）を用いて、貯蔵条件の違いがその品質に与える影響を検討した。また、雪室の湿度が貯蔵に与える影響を明らかにするために、紙袋貯蔵と湿度を通さないポリエチレン製袋（ポリ袋）貯蔵の両方を用いて比較検討し、低温下における湿度条件の違いがその品質に及ぼす影響を明確にすることを試みた。

方法

試料と貯蔵方法

試料は、株式会社丸栄製粉（新潟県新潟市）より購入した国産中力粉（麺万代）と、株式会社新潟製粉（新潟県胎内市）より購入した米粉を用いた。貯蔵方法について、(1) 常温貯蔵（22

～28℃）(2) 冷蔵庫貯蔵（5～10℃）(3) 雪室貯蔵（1～5℃）の3条件を設定し比較検討した。包材としては、水分変化の影響を検討するため、紙製の貯蔵用袋と、水分を通さないポリ袋の両方を用いた。いずれの貯蔵条件においても、紙袋は水滴等の付着を防ぐため、全体をポリエチレン製の覆いで包んだ状態（通気可能）で貯蔵した。ポリ袋は、シーラーで完全に密封した状態で行った。常温貯蔵は新潟県立大学の保管室（空調設備なし、直射日光の射さない1階北向きの部屋）の暗所に保存した。冷蔵庫貯蔵は新潟県立大学の低温室（設定温度6℃）で行った。雪室貯蔵は新潟県上越市安塚区の雪室貯蔵庫を利用して行い、食品貯蔵室（雪貯蔵室に隣接）の保管コンテナ内に静置した。いずれの貯蔵条件においても、調湿は行わなかった。貯蔵期間はいずれも平成26年7月～9月の3か月とし、Thermo Recorder おんどとり TR-72wf-H（T&D CORPORATION 製）を用いて、貯蔵中における温度と湿度の変化を測定した。貯蔵終了後は、ただちに水分を通さないポリ袋に入れて密封し、分析時まで-30℃の冷凍庫で冷凍保存した。

測定においては、包みの内部を均一にした後、同一試料よりそれぞれの方法に記載された量を採取して行った。

水分の測定

常圧加熱乾燥法⁷⁾により測定した。恒量を求めたアルミ皿に試料1.0gをとり、135℃、2時間の加熱→デシケーター中での30分間の放冷→秤量を恒量になるまで繰り返した。

色調および色差の測定

小麦粉及び米粉の色調は、カラーアナライザー色差計 TES-135A プラス（佐藤商事株式会社）を用いて測定した。粉体の測定は、試料1.5gをマルチプレート12F（住友ベークライト株式会社）のウェル（径21.5mm）に充填した状態で、プレート下部より測定した。加水ペーストの測定では、試料1.5gに2mLの水を加えてペーストを調製し、同様に測定した。明度差および色度差はそれぞれの常温貯蔵の試料を基準として求め、色差 ΔE^*_{ab} は $[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ より算出した。

脂肪酸度の測定

脂肪酸度としての遊離脂肪酸量を大坪らによる改良比色法⁸⁾により測定した。試料 0.1 g にトルエン 0.5 mL を加え、10 分ごとに強く攪拌しつつ 30℃ で 30 分間抽出した。10,000 rpm で 5 分間遠心分離し、上清 200 μ L を回収した。クロロホルム 800 μ L と銅試薬（1 M トリエタノールアミン、1 N 酢酸、6.45% 硝酸銅水溶液の 9:1:10 混合溶液）500 μ L を添加し、強く混合攪拌した後、10,000 rpm で 5 分間遠心分離した。上部の青色の水層を除去したのち、無色のクロロホルム層から 600 μ L を採取した。発色液（0.1% ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムのイソブタノール溶液）100 μ L を添加し、440 nm における吸光度を測定した。検量線は 1 mM リノール酸標準液を用いて作成した。脂肪酸度は中和に要する水酸化カリウム（KOH）の量として試料 100 g あたりの値で表した。

遊離グルコース量の測定

試料中の遊離グルコースは「グルコース C II - テストワコー」（和光純薬工業）を使用した。試料各 0.1 g に蒸留水 0.5mL を加え攪拌抽出後、12,000 rpm で 5 分間遠心分離した。上清 20 μ L をとり、発色試薬 200 μ L を加え 37℃ で 5 分間放置し波長 490 nm で吸光度を測定した。付属のグルコース標準液（200mg/dL）を用いて検量線を作成した。

遊離アミノ酸量の測定

試料中の遊離アミノ酸量はトリニトロベンゼンスルホン酸（TNBS）法により測定した⁹⁾。試料 0.2 g を 2 mL マイクロチューブに取り、3% スルホサリチル酸 1mL を加えよく混合し、10,000 rpm、4℃ で 15 分間遠心分離することにより、タンパク質を沈殿させた。上清 40 μ L に 0.1 M ホウ酸緩衝液（pH 9.5）160 μ L と TNBS 溶液（亜硫酸ナトリウム 63 mg と TNBS 50 mg を純水 100 mL に溶解したもの）80 μ L を加え、37℃ で 1 時間反応させた後、波長 450 nm で吸光度を測定した。1 mM L-glycine を標準溶液として検量線を作成した。



図 1 貯蔵試料の外観

（上）貯蔵に用いた紙袋とポリ袋。

（下）貯蔵後の試料。列並びは左より、米粉（ポリ袋）、米粉（紙袋）、小麦粉（ポリ袋）、小麦粉（紙袋）。行並びは上より、常温貯蔵、冷蔵貯蔵、雪無貯蔵。

表 1 貯蔵後の小麦粉および米粉試料の水分量（%）

		紙袋	ポリ袋
小麦粉	常温貯蔵	14.3 \pm 0.3 ^a	12.9 \pm 0.1
	冷蔵貯蔵	12.3 \pm 0.1 ^b	12.9 \pm 0.2
	雪室貯蔵	13.5 \pm 0.1 ^c	13.1 \pm 0.1
米粉	常温貯蔵	15.1 \pm 0.1 ^a	13.0 \pm 0.2
	冷蔵貯蔵	12.9 \pm 0.2 ^b	12.7 \pm 0.1
	雪室貯蔵	13.5 \pm 0.2 ^c	12.8 \pm 0.2

値は n=4 の測定結果について、平均値 \pm 標準偏差で表した。

a, b, c 異符号は、それぞれの試料で貯蔵方法の違いにおける有意差を表す（p<0.05）。

表2 貯蔵後の小麦粉試料の色調と色差

袋	貯蔵方法	粉体				加水ペースト			
		L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}	L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}
紙袋	常温貯蔵	90.4±0.1	0.4±0.0	6.6±0.1	—	77.1±0.1	1.0±0.1	12.1±0.1	—
	冷蔵貯蔵	90.7±0.0	0.5±0.0	6.7±0.0	0.3	77.9±0.0	1.1±0.0	12.6±0.1	0.9
	雪室貯蔵	90.6±0.0	0.5±0.1	6.9±0.1	0.4	77.5±0.0	0.9±0.0	12.5±0.0	0.6
ポリ袋	常温貯蔵	90.3±0.0	0.4±0.0	7.0±0.0	—	77.5±0.0	1.0±0.1	11.9±0.0	—
	冷蔵貯蔵	90.8±0.0	0.4±0.1	6.8±0.0	0.6	77.9±0.0	1.1±0.0	12.4±0.0	0.6
	雪室貯蔵	90.5±0.1	0.4±0.0	6.7±0.0	0.4	77.5±0.0	1.0±0.0	12.6±0.1	0.7

表3 貯蔵後の米粉試料の色調と色差

袋	貯蔵方法	粉体				加水ペースト			
		L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}	L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}
紙袋	常温貯蔵	92.1±0.0	0.1±0.0	2.2±0.1	—	80.7±0.1	-0.1±0.1	2.9±0.1	—
	冷蔵貯蔵	92.1±0.0	0.3±0.0	2.1±0.0	0.1	81.6±0.0	0.0±0.0	2.9±0.0	0.9
	雪室貯蔵	92.0±0.0	0.1±0.0	1.8±0.1	0.4	81.4±0.0	-0.1±0.0	2.6±0.0	0.8
ポリ袋	常温貯蔵	91.6±0.0	0.1±0.0	1.9±0.0	—	80.7±0.0	0.0±0.0	2.6±0.1	—
	冷蔵貯蔵	92.2±0.0	0.2±0.1	2.0±0.1	0.6	82.0±0.0	0.0±0.0	2.7±0.0	1.3
	雪室貯蔵	92.2±0.0	0.2±0.0	1.9±0.0	0.6	81.8±0.0	-0.1±0.0	2.7±0.1	1.1

L*a*b*値は5回測定の実測値で示した。 ΔE^*_{ab} 値はそれぞれの常温貯蔵を基準とし、 $\Delta L^*a^*b^*$ 値より求めた。

統計処理

統計処理はStatView 5.0 プログラム (SAS Institute Inc.) を用いて一元配置分散分析 (one-way ANOVA) により行った。多重比較はBonferroni法によるポストホック検定で5%を有意水準として行った。

結果

試料の外観と水分量、色調および色差

米粉および小麦粉は図1の写真のように、貯蔵用の紙袋あるいは完全密封したポリ袋の状態で、常温、冷蔵、雪室のそれぞれの貯蔵条件で3ヶ月間保存した。それぞれの平均温度 (及び最大・最小値) は、常温貯蔵 24.7℃ (19.8–28.7℃)、冷蔵貯蔵 6.7℃ (5.0–10.5℃)、雪室貯蔵 2.7℃ (1.1–5.1℃) であった。また、平均湿度は常温貯蔵 69.5% (51.2–79.4%)、冷蔵貯蔵 42.1% (37.4–56.5%)、雪室貯蔵 58.6% (56.0–80.1%) であった。今回、覆いの外の湿度については測定しなかったが、雪室においては雪貯蔵室に雪が維持されている間は通常湿度 90% 程度の状態が保たれている (雪だるま財団調べ)。一方、

覆いの内部では、常温保存では時期により 50 ~ 80% の間で変動していたのに対し、雪室貯蔵においては貯蔵開始直後 (湿度 80%) を除き、常に 56 ~ 60% の一定の湿度を示した。冷蔵貯蔵では水分量は次第に減少し、貯蔵終了時に低い値を示した。貯蔵後の外見としてはいずれも変わらず、カビの発生などは認められなかった。それぞれの試料の水分量は表1に示した。米粉、小麦粉ともに水分を通さないポリ袋による貯蔵では水分量に変化は認められなかったが、紙袋による貯蔵では、常温、雪室、冷蔵の順に低下した (それぞれ、 $p < 0.05$ で有意)。色差計で測定した試料の色調と色差を表2 (小麦粉) および表3 (米粉) に示した。粉体の小麦粉と米粉では、紙袋、ポリ袋ともに、わずかであるものの常温貯蔵と比べて冷蔵貯蔵と雪室貯蔵で明度 (L^* 値) が上昇しており、また常温貯蔵と比較した色差 (ΔE^*_{ab} 値) でも変化が認められた。この差は小麦粉よりも米粉が大きく、紙袋貯蔵とポリ袋貯蔵の両方で同じような傾向を示した。また、加水ペーストの状態でも同様の変化が認められたことから、この変化は水分量の

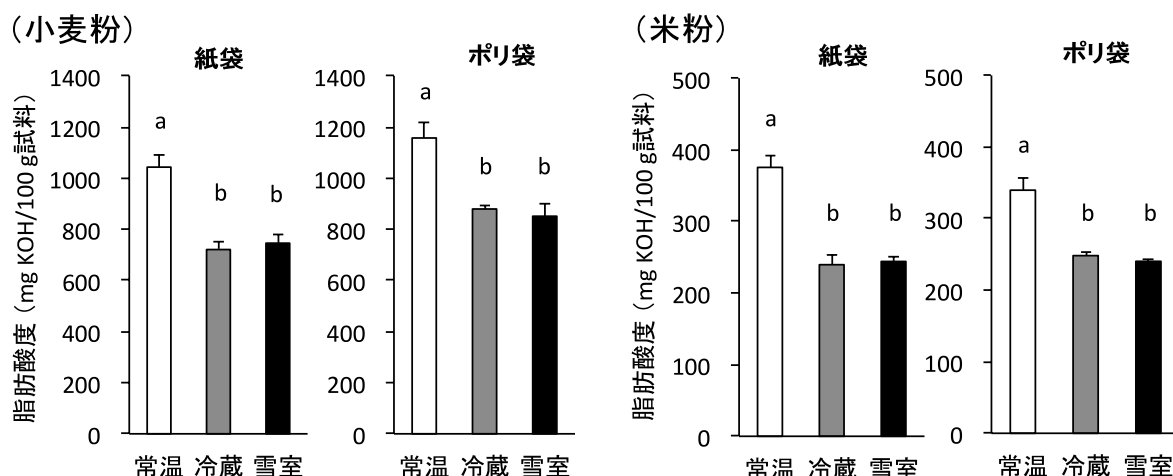


図2 貯蔵方法による小麦粉および米粉試料の脂肪酸度の相違

小麦粉（左）と米粉（右）の脂肪酸度は、試料 100g を中和するのに必要な KOH の量（mg）として表した。

値は n=4 の測定結果について、平均値±標準偏差で表した。

a, b 異符号は、それぞれの試料での貯蔵方法の違いにおける有意差を表す（ $p < 0.05$ ）。

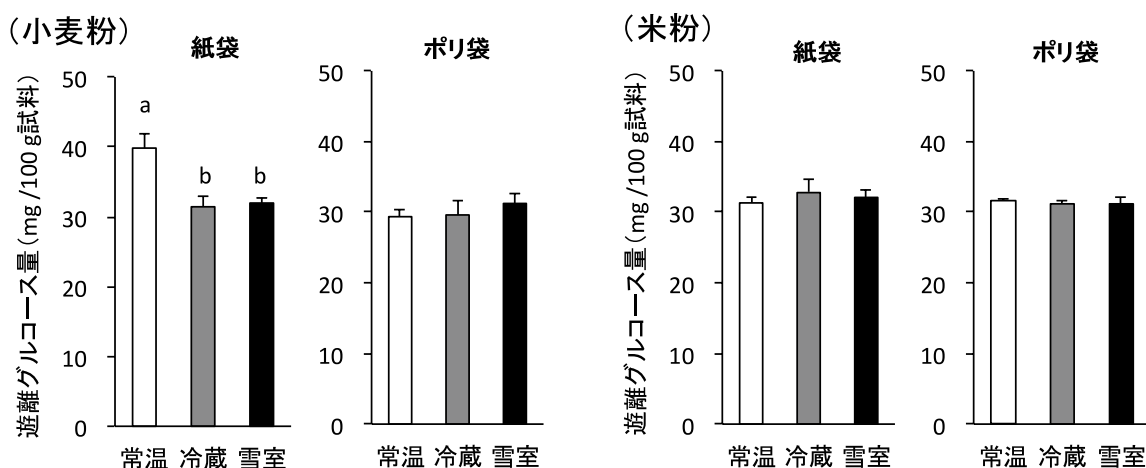


図3 貯蔵方法による小麦粉および米粉試料の遊離グルコース量の相違

小麦粉（左）と米粉（右）の遊離グルコース量は、試料 100g あたりの量（mg）として表した。

値は n=4 の測定結果について、平均値±標準偏差で表した。

a, b 異符号は、それぞれの試料での貯蔵方法の違いにおける有意差を表す（ $p < 0.05$ ）。

違いによるものではなく、試料の変化に基づくことが示唆された。全体的に、 ΔE^*_{ab} は粉体よりも加水ペーストの方で大きい値を示した。なお、米国標準局による古典的な色差の等級では、NBS 単位 ($\Delta E^*_{ab} \times 0.92$ で換算しうる¹⁰⁾) について、0～0.5 が“trace”（極めてわずかな変化）、0.5～1.5 が“slight”（わずかな変化）、1.5～3.0 が“noticeable”（感知しうる変化）、3.0～6.0 が“appreciable”（顕著な変化）、6.0～12.0 が“much”

（極めて大きな変化）、12.0 が“very much”（別の色）とされている¹¹⁾。

脂肪酸度

米や小麦の品質劣化は、その呼吸や、含まれる酵素、酸化などにより進行する。化学変化としては、通常脂質の分解による遊離脂肪酸の増加が先におこり、その後デンプン、タンパク質の分解が起こる。米では特に、脂肪酸の酸化分

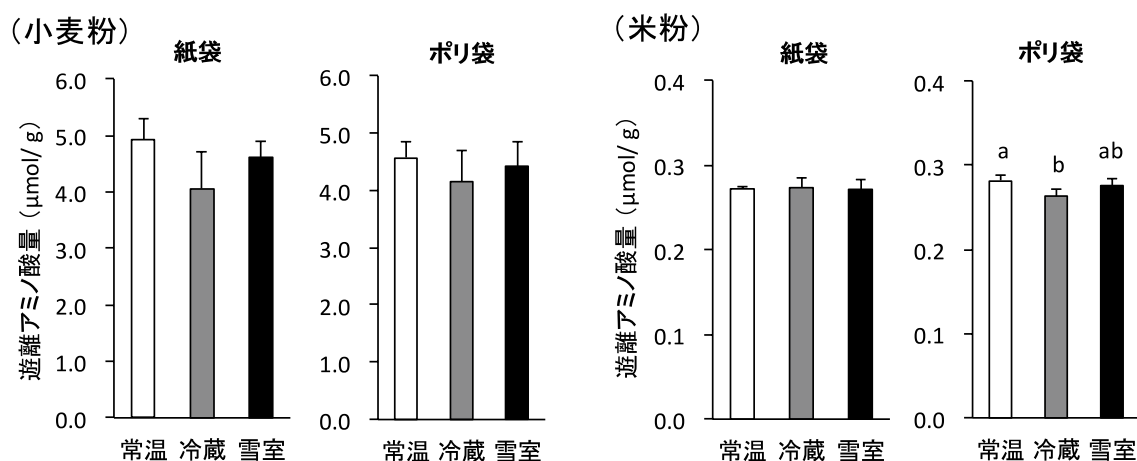


図4 貯蔵方法による小麦粉および米粉試料の遊離アミノ酸量の相違

小麦粉（左）と米粉（右）の遊離アミノ酸量はTNBS法で求め、試料1gに含まれるアミノ酸量（μmol）として表した。値はn=4の測定結果について、平均値±標準偏差で表した。

a, b 異符号は、それぞれの試料での貯蔵方法の違いにおける有意差を表す（ $p < 0.05$ ）。

解によって生じたヘキサナールのような成分が「古米臭」の原因となり、食味の大きな低下を招く。このように、米の品質には遊離脂肪酸の増加が特に大きく影響することから、品質劣化の指標としてこの遊離脂肪酸の増加を「脂肪酸度」として表す。脂肪酸度は試料100gを中和するのに必要なアルカリ（KOH）の量として表すことが一般的であり、貯蔵時間の増加によりこの値は上昇する。収穫直後の新米の脂肪酸度は20 mg以下であるが、25 mgで変質の兆候を示し、古米では30 mgを超えることが多い¹²⁾。

小麦粉および米粉の貯蔵条件による脂肪酸度の違いを図2に示した。ここで、貯蔵開始時の脂肪酸度（mg KOH/100g 試料）は小麦粉が 515 ± 50 、米粉が 33 ± 4 であり、酸化しやすい製粉加工物においては既にある程度酸化が進行した状態であった。3ヶ月間常温保存した場合、脂肪酸度は小麦粉で2倍、米粉では10倍以上に値が上昇していた。小麦粉において、常温保存に比べ冷蔵と雪室貯蔵で有意に値が低下したが、冷蔵と雪室とでは有意差は見られず、またポリ袋と紙袋との間で相違はみとめられなかった。また、米粉においても、常温保存に比べて冷蔵と雪室貯蔵とで有意に値が低下し、低温貯蔵による遊離脂肪酸生成の抑制が確認された。小麦粉と同様、米粉においても冷蔵と雪室

との間および、ポリ袋と紙袋との間で相違はみとめられなかった。これらのことから、小麦粉、米粉ともに、遊離脂肪酸生成の抑制には湿度より温度の影響が大きいことが示された。

遊離グルコース量

米や小麦などの穀物に含まれる遊離グルコースはデンプン劣化の指標として用いられ、これらの穀物中に含まれるαアミラーゼ（EC 3.2.1.1）などの酵素の作用により生じる。デンプン劣化によりアミロースの低下した小麦では、製パン製などの加工性が低下する原因となることが知られている。貯蔵条件による遊離グルコース量の違いを図3に示した。小麦粉においては、紙袋貯蔵で常温貯蔵のみ高い値を示したが、ポリ袋では変化は認められなかった。米粉においては、紙袋、ポリ袋ともにいずれの保存でも同様の値を示した。小麦粉の貯蔵において紙袋でのみ常温貯蔵で遊離グルコース量が増加した原因は明確ではないが、通気性のないポリ袋では酵素反応が抑制された可能性が考えられる。これらの結果から、低温あるいはポリ袋による貯蔵により、デンプンの分解を抑制できる可能性が示された。

遊離アミノ酸量

穀物中のタンパク質は貯蔵中にプロテアーゼ

類により分解を受け、遊離アミノ酸を生じる。アミノ酸はその種類により異なる味を示すため、その生成が呈味の変化に寄与している。試料中の遊離アミノ酸総量を、アミノ基を定量する TNBS 法により定量した。図 4 に示したように、小麦粉、米粉ともに、紙袋、ポリ袋のいずれでも貯蔵方法による明確な変化は認められなかったが、ポリ袋においては米粉の冷蔵貯蔵のみ、常温貯蔵に比較してわずかであるものの有意な低値を示した ($p < 0.05$)。なお、TNBS 法はあくまでも総遊離アミノ酸量の推定値であり、それぞれのアミノ酸の生成量に関しては高速液体クロマトグラフィーを用いたアミノ酸定量が必要である。また、それぞれの貯蔵が呈味性に与える影響についても、官能試験等による検討が必要であるものと考えられる。

考察

本研究では、主要穀物である米および麦の雪室貯蔵による品質劣化の状態およびその影響要因を評価するために、製粉加工物である米粉および小麦粉を用いて常温貯蔵と冷蔵貯蔵、雪室貯蔵を比較することにより、貯蔵条件の違いがその品質に与える影響を検討した。米粉および小麦粉の品質は、遊離脂肪酸（脂肪分解）、遊離グルコース（デンプン分解）、遊離アミノ酸（タンパク質分解）で評価したが、初期変性の指標となる遊離脂肪酸の生成において、常温貯蔵と比べ冷蔵貯蔵と雪室貯蔵で低下しており（図 2）、低温保存により品質低下を防ぐことができることが確認された。一方、いずれの指標でも冷蔵貯蔵と雪室貯蔵との間で差はみられず、また遊離グルコース量を除き紙袋とポリ袋とで大きな違いはみられなかったことから、直接水分に触れない状態であれば、低温下では外部環境における湿度は水分量以外の成分変化に大きな影響を与えないことが示された。

通常の雪室貯蔵室の湿度は 90% 程度の高湿度であるが、通気を保った状態でポリエチレン覆いをした状態であれば試料付近の湿度は 60% 程度に保たれており、過剰湿度にはならないことが示された。これは、小麦粉および米粉自体による吸湿と放湿により、湿度が調節されたものと考えられる。実際、紙袋で貯蔵した試料の

水分は米粉、小麦粉ともに常温貯蔵が一番高く、雪室貯蔵は常温貯蔵に比べて有意に低い値を示した（表 1）。一方、雪室と異なり一般的に湿度の変動が大きい冷蔵庫での貯蔵では、試料の水分は最も低い値を示した（表 1）。これらのことから、試料全体に覆いをすることにより水滴に触れない状態にしてあれば、低温状態であれば試料が過剰湿度になることはない可能性が示された。青木らは栃木県の大谷石採掘跡（温度 2 ～ 10℃、湿度 90 ～ 98%）を用いた玄米貯蔵で、除湿器を用いて庫内湿度を 70% に調整した場合と玄米袋をビニールシートで被覆する方法とを比較検討しており、被覆のみでも玄米湿度 15% 以下を維持できており、品質変化が少なかったことを報告している¹³⁾。ただし、玄米水分が 15% を越えるような場合は被覆法では放湿できないため、庫内湿度を 70% 程度に調整する必要があるとしており、雪室貯蔵においても調湿しない条件では貯蔵開始時の玄米水分量に注意が必要であるものと考えられる。

米の貯蔵においては、貯蔵期間が長くなるほど品質低下（古米化）が進むが、その程度は温度や湿度などの貯蔵条件により大きく異なる。高温・高湿の状態ではカビや害虫などによる汚染のリスクが増加することに加え、古米化が早く進むことから、通常収穫翌年の梅雨から夏の間にかけて食味が大きく低下する。また、空気に触れると酸化が促進されることから、玄米より白米の方で品質低下が進みやすく、モミの状態がもっとも保存に適している。日本では大部分の米は玄米の状態で常温貯蔵されているが、15℃ 以下であればカビや害虫の繁殖も少なく、また米の呼吸も抑えられることから、農林水産省では玄米の低温貯蔵温度は 15℃ 以下にするよう推奨しており⁶⁾、低温倉庫（15℃ 以下）や準低温倉庫（20℃ 以下）による貯蔵も増えてきている。また、湿度の状態も品質および食味に影響しており、玄米自体の含水率は吸湿と放湿が平衡化する 14 ～ 15% が最適とされている（平衡含水率）。玄米の水分が増加すると呼吸量が増加し、古米化が早く進むが、14% 以下の過乾燥米も表面と内部との水分差が増加することにより亀裂が生じた胴割米となり、精米時の碎米の発生や吸水時のひび割れなどにより食味が

低下する。したがって、低温貯蔵倉庫では温度を 15℃ 以下、湿度を 70 ～ 80% に調湿・調湿することが一般的である。一方、主に粉食として利用される小麦は良好な貯蔵条件であれば長期保存が可能であり、また新米の状態がもっとも好まれる米に対し、収穫直後の胚芽の酵素活性が高い状態よりも、ある程度熟成（エージング）させた方が品質が安定化し、加工特性が向上するため好ましいとされている。ただし、カビや害虫の繁殖を抑制し、胚芽中の酵素活性による変性を少なくするため、なるべく低温での保存が推奨されている。また、カビの繁殖しやすい高湿度の条件は禁忌であり、小麦粒の水分が 12% 以下となる乾燥状態が望ましく、高湿度である雪室を用いた検討はなされていなかった。

米の貯蔵においても、品質保持には 10℃ 以下の低温の方が好ましいが、設備費と維持コストの問題があり一般的ではない。ここで、雪室貯蔵は再生可能エネルギーである雪氷熱エネルギーを利用しており、CO₂ を排出しない環境に優しい貯蔵方法であるのみならず、通常の電気冷蔵庫が日内で温度の上下変動があるのに対し、自然対流による雪室貯蔵は 5℃ 以下の安定した低温を低コストで維持できる利点がある。雪室貯蔵を玄米の貯蔵に利用しようとする試みは既に行われており、JA 北魚沼や JA びばい、株式会社吉兆楽（新潟県南魚沼市）などでは湿度 70% 程度に調湿された雪冷氣を用いて米を貯蔵している。また、凍結しない程度の氷点下以下でモミあるいは玄米を貯蔵し、米の呼吸や生理活性を抑えて品質を保持する「氷温貯蔵」も行われている。以前の研究で筆者らは、ソバの貯蔵には品質保持の面でも冷蔵庫利用よりも雪室貯蔵の方が有効であることを報告している⁴⁾。本研究の結果は、貯蔵試料が適切な水分状態であり、また覆いをすることにより直接水滴に触れない状態であれば、穀物の雪室貯蔵において調湿は必ずしも必須でない可能性を示しており、米や小麦などの貯蔵における氷雪熱利用が今後ますます進められることが期待される。

結語

主要穀物である米および麦の製粉加工物であ

る米粉および小麦粉を用いて、貯蔵方法の違いがその品質に及ぼす影響を比較検討した。初期変性の指標である遊離脂肪酸の生成は、常温貯蔵に比べて冷蔵貯蔵と雪室貯蔵で低下しており、低温保存により品質低下を防げることが確認された。一方、紙袋とポリ袋との間では遊離グルコース量以外に大きな差異は認められず、覆いをすることにより直接水に触れない状態であれば、雪室貯蔵における湿度は米粉及び小麦粉の品質に大きく影響しないことが示された。

謝辞

本研究は平成 25 年度飯島藤十郎記念食品科学振興財団学術研究助成金の補助を受けて行われた。

文献

- 1) 石原和夫、鈴木裕行、土田早苗、他．ニンジンの雪下貯蔵に伴う香気成分の変化．園芸学研究 2005; 4: 353-57.
- 2) 下條明、佐藤嘉一、安藤健介、他．『ばれいしょ』の雪室貯蔵による品質向上効果の検証～低炭素社会にふさわしい雪による新たなニイガタブランドの創造～．食品の試験と研究 2012; 46: 69.
- 3) 曾根英行、押味真里菜、伊藤美咲、他．雪室貯蔵によるコーヒー豆の香気成分の変化について（雪室を再現したモデル実験による検討）．Trace Nutrients Research 2014; 31: 12 - 6.
- 4) 神山伸、伊藤美咲、押味真里菜、他．ソバの貯蔵における雪室利用の有効性について．人間生活学研究 2015; 6: 83-92.
- 5) 神山伸、曾根英行、勝沼芽依、他．雪さらしによる赤色唐辛子の成分と機能性の変化（越後妙高辛味調味料「かんずり」）．人間生活学研究 2014; 5: 1-7.
- 6) 農林水産省．米のカビ汚染防止のための管理ガイドライン．2012; http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/kabidoku/pdf/120229_guide_linehp.pdf.
- 7) 文部科学省科学技術学術審議会資源調査分科会食品成分委員会．「五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル」．国立印刷局 2005.
- 8) 大坪研一、柳瀬肇、石間紀男．比色法によ

- る米の脂肪酸度の測定. 食品総合研究所研究報告 1987; 51: 59-65.
- 9) Satake K, Okuyama T, Ohashi M, et al. The spectrophotometric determination of amine, amino acid and peptide with 2, 4, 6-trinitrobenzene 1-sulfonic acid. J Biochem 1960; 47: 654-60.
- 10) Koksai T, Dikbas I. Color stability of different denture teeth materials against various staining agents. Dental Materials 2008; 27: 139-44.
- 11) Nimeroff I. Colorimetry. Natl Bureau Stand Monogr 1968; 104: 47.
- 12) 農林省食糧研究所. 米の品質と貯蔵、利用. 食糧技術普及シリーズ 1969; 7: 1-12.
- 13) 青木岳央、鈴木正行、山口正篤、他. 大谷石採掘跡を利用した玄米の貯蔵法について. 栃木農研報 1992; 39: 1-8.

ABSTRACT

Effects of storage using snow on the quality of wheat and rice flours

Shin Kamiyama^{†*}, Shino Kushihara[†], Nami Suzaki, Mai Tayama, Chihiro Homma,
Mako Takiguchi, Hideyuki Sone^{**}

Department of Health and Nutrition, Faculty of Human Life Studies, University of Niigata Prefecture

Correspondence: * kammy@unii.ac.jp, ** sone@unii.ac.jp

[†] These authors contributed equally to this article.

"Yukimuro" means "snow room" in Japanese and has been used to preserve vegetable and other foods under low temperature by using natural energy. Yukimuro keeps foods in cold and moist throughout the year and the condition is suitable for the storage of many agricultural products. Here we investigated the effects of cold moist conditions by snow utilization on the storage of wheat and rice flours. In the study, wheat and rice flours were packed into paper bags or polyethylene bags and stored in a polyethylene covering for three months under following conditions: at room temperature, in refrigerator, and in moist cold room filled with snow (i.e., "yukimuro"). Then these samples were provided for analyses of water content, colors of the flour and its paste, free fatty acid content, free glucose content, and free amino acids content. Regarding water content, the samples stored in room temperature showed the highest value, followed by those stored in yukimuro. The samples stored in refrigerator showed the lowest value. As compared with the samples stored at room temperature, both storage conditions in refrigerator and in yukimuro reduced generation of free fatty acid in wheat and rice flours. Further, either sample of wheat flour in paper bags stored in refrigerator or in yukimuro showed low free glucose contents than those stored at room temperature. In either analysis, no significant difference was observed between the samples stored in refrigerator and in yukimuro. These results indicate that the stable low-temperature condition in yukimuro is preferable for the storage of wheat and rice flours and the moisture has little effect on the quality of the flours if wrapped with a covering for avoiding direct exposure to water.

Key Words: Snow room, yukimuro, rice flour, wheat flour, humidity, quality preservation