シリーズ

研究の動向

雪利用貯蔵による食品の新しい高付加価値化

新潟県立大学　神山 伸・曽根 英行

はじめに

日本の大部分は温帯湿潤気候に属しているが，その国土の半分は毎年の降積雪により生活や産業が影響を受ける「豪雪地帯」であり，20％は特に積雪量の多い「特別豪雪地帯」にあたる．「豪雪地帯対策特別措置法」により指定されている豪雪地帯は平成31年４月時点で532市町村であり，特別豪雪地帯も201市町村に上るが，人口はそれぞれ全国の15％と2.4％であり，人口減少と高齢化が課題となっている[1)]．

これらの豪雪地域では，古くよりさまざまな方法で雪が食品貯蔵に利用されてきた．収穫時期の野菜類を収穫しないまま雪下で越冬させ，雪解けの早春期に収穫する雪下貯蔵とともに，積雪中に埋没させる貯蔵庫や，冬の間に採取した雪や氷を利用して氷室や雪室を作り，それを冷房源として夏の間の食品貯蔵などに利用する雪中・雪室貯蔵が，古くから農産物などの食品保存に用いられてきた．これらの貯蔵方法は電気利用冷蔵庫の普及により次第に利用されなくなり，その多くが姿を消して行ったが，近年では雪や氷を利用する「氷雪冷熱」がCO_2を排出しない環境に優しい冷熱エネルギーとして見直されつつある．

この雪冷熱エネルギーを利用した貯蔵は，低コストの冷蔵システムとして貯蔵温度を０℃付近に維持できるうえ，その高湿度の環境により農産物の乾燥を防ぐことが可能である．また，冷房装置による空気変動や振動などを受けないため，環境ストレスの少ない状態で食品を保存できる利点がある．加えて，これらの雪利用貯蔵を行ったいくつかの農産物では呈味が向上する効果が示されており，高付加価値商品としても注目されるようになった．それに伴い，平成元年には豪雪地域においてわずか３施設に過ぎなかった雪冷熱エネルギーを利用した施設は，平成30年度末には182施設に増加しており，その65％が農産物・加工品等の貯蔵に用いられている[1)]．近年では加工食品を含むいろいろな食材について低温貯蔵する試みが行われており，雪利用貯蔵による食味向上が謳われているが，雪利用食品のブランドイメージにもかかわらずその有効性が示されたものは必ずしも多くはない．

筆者らは，加工食品を含むさまざまな食品について雪利用貯蔵の有効性について検証することにより，1. 香気成分の改善，2. 低温高湿度を利用した熟成，3. 脂質酸化抑制による品質保持，4. 抗酸化性を指標とした機能性向上，などによる新しい高品質化について検討している．以下，まだ限定的な研究成果が多いものの，筆者らの検討した雪利用貯蔵による新しい高付加価値食品開発の試みについて紹介することにより，新たな雪利用による高品質化の可能性について論じたい．

1. 雪室貯蔵と香気変化（コーヒーの雪室熟成による香気変化）

世界三大飲料の一つとして知られているコーヒーは，日本においてもその消費量が多く，筆者を含め多くの愛好者がいる．コーヒーの生豆自体はほとんど味と香りがしないため，コーヒーとしての風味を生み出すものは主に焙煎であり，それによって生じるコーヒーの香気成分は800種類以上にも及ぶとされている[2)]．焙煎後のコーヒーは通常常温で熟成と保存が行われるが，長期保存した場合は焙煎によって生じた香気成分が失われるとともに，劣化臭（オフフレーバー）が増加して品質低下を招く．この焙煎後のコーヒーの熟成を雪室で行なったコーヒーは，「苦味の角がとれる」「甘味が増す」「すっきりとした飲み口」などと評されており，現在「雪室珈琲」としてブランド化されて販売されている．

Shin KAMIYAMA
新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科　教授
〔著者紹介〕（略歴）1998年東北大学大学院農学研究科博士課程修了　博士（農学），新潟県立大学助教，講師，准教授を経て2019年より現職．
〔専門分野〕栄養学，食品機能学

Hideyuki SONE
新潟県立大学人間生活学部健康栄養学科　教授
〔著者紹介〕（略歴）2000年東北大学大学院農学研究科博士課程修了　博士（農学），新潟県立大学講師，准教授を経て2016年より現職．
〔専門分野〕栄養学，食品機能学

Copyright © 2021 The Japan Society of Home Economics

筆者らがこの雪室熟成コーヒーの風味について，通常の常温熟成を行なったコーヒーと比較しながら新潟県立大学の学生15名をパネルとして官能評価したところ，雪室熟成を行ったコーヒーで有意に渋みが低下し，甘味が増加するなどの呈味向上が確認された[3]（図１上）．そこで，常温貯蔵，冷蔵庫貯蔵，雪室貯蔵品のそれぞれのコーヒーについて，苦味成分であるカフェインやクロロゲン酸類と，酸味・渋みを示す成分である有機酸類について高速液体クロマトグラフィーにより分析したところ，貯蔵前と変化はみられず，含有量に違いは認められなかった．また，「甘味の増加」に関しても，焙煎後のコーヒー豆には甘味を示す遊離糖類や遊離アミノ酸類はほとんど存在しないことから，甘味成分の変化ではなく，香気等の変化による感覚の相互作用によるものと考えられる．そこで，それぞれの貯蔵コーヒー豆の香気成分について，パージ＆トラップ法を用いたコーヒー揮発成分のガスクロマトグラフ質量分析（GC-MS）により分析したところ，雪室熟成を行ったコーヒー豆でアルデヒド類を中心に顕著な変化が認められた[3]．

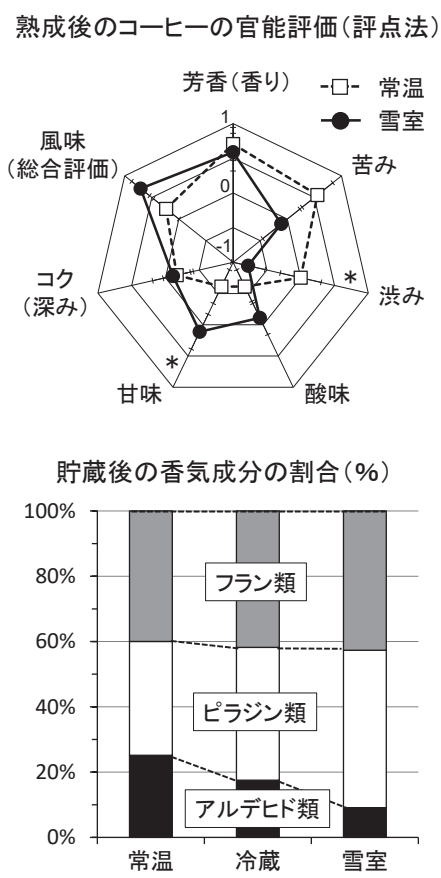

図１　雪室熟成コーヒーの官能評価と貯蔵後の香気成分の割合
文献３，５より作成．
（上）熟成後のコーヒーの官能評価．それぞれの条件で１か月熟成したコーヒー豆の抽出飲料について，新潟県立大学の学生15名をパネルとして５点評点法により官能評価を行った．*は$p<0.05$での有意差を表す．
（下）それぞれの条件における貯蔵後の香気成分の変動．グラフはモデル実験におけるそれぞれの残存香気成分量を，香気成分全体に対する割合（%）として表した．

コーヒーのおいしさにおいては，焙煎によって生じる香りが最も重要であり，香気成分のわずかなバランスの違いがその風味に大きく影響することが知られている[4]．雪室貯蔵の条件でどのように香気成分が変化するかについて，内部にクラッシュドアイスを設置した４面冷却式の低温高湿庫を氷室型の雪室モデルとして用いて検証を行った[5]．そこでは，コーヒーの代表的な香気成分11種類をビーズに吸着させたものを脱気バルブ付きのラミネート包材で密封し，１ヶ月間雪室モデルに保存したものについて，残存する香気成分をガスクロマトグラフィーで分析した．その結果，雪室のような低温・高湿度の環境では，刺激臭や不快臭を含むアルデヒド類やケトン類の香気成分の構成比が低下し，甘い香りや香ばしい香りを含むピラジン類やコーヒーらしい香りを含むフラン類の構成比が上昇することが確認された[5]（図１下）．実際の雪室熟成コーヒーにおいても同様の香気成分の変化がみられていることから，雪室熟成コーヒーでは香気成分の変動で刺激的な香気が減少し，味がマイルドに感じられることにより，相対的に甘味の評価が増加したものと考えられる．この焙煎後のコーヒー豆の雪室熟成による風味の向上効果は，加工食品の「香気改善」という視点から新しく雪室貯蔵の有効性を示したものであり，興味深いと考えられる．

雪室貯蔵と香気との関係については，雪室熟成コーヒーと同様に「マイルドな飲み口」となるとされてきた日本酒の雪室貯蔵でも同様の事例が報告されている[6]．秋田県立大学の研究によれば，雪利用貯蔵酒のおいしさは貯蔵中に生じる不快臭である生老香（なまひねか）の生成が少ないためであり，瓶詰め後３ヶ月間雪室に貯蔵した日本酒の成分は，有機酸組成や呈味アミノ酸組成は常温及び冷蔵庫貯蔵酒と大きな違いはみられなかったが，ヘッドスペース法による GC 分析で検出した香気成分において，生老香の主成分であるイソバレルアルデヒドの生成が大きく抑制されていたことを報告している[7]．筆者らが，このイソバレルアルデヒドが日本酒の呈味に影響するかどうかを官能評価により確認したところ，イソバレルアルデヒドを添加した日本酒は香りのみならず呈味の変化がみられ，甘味が減少し，苦味，酸味，とげとげしさが増加する傾向がみられた[8]．イソバレルアルデヒドを添加した苦味溶液は，苦味の感受性を増加させる結果も得られたことから[9]，日本酒やコーヒーにおいては，香気成分としてのアルデヒド類が苦味や収斂味などの感受性に関与して，飲み口の「マイルドさ」に影響しているものと考えられる．

2. 雪室による低温熟成（チーズの低温熟成）

雪室による貯蔵は農産物のみならず，魚や畜肉の保存にも古くから使われてきた．近年は長期熟成した魚や肉類が流通するようになってきていることから，雪室を利用した魚や食肉等の低温熟成も多く行われており，特に雪室熟成肉は国内外で高い評価が得られている．

筆者らは，雪室の低温度・高湿度を利用した熟成食品として，チーズの保存と熟成の可能性について検討を行っている[10]．チーズは種類により温度や湿度などの熟成条件が異なるが，一般的に気流のない低温高湿の環境が好ましく，高温下での熟成は微生物汚染やオフフレーバーの生成等の好ましくない影響を与えやすい．空調を用いない自然対流方式の雪室は発酵させるには低温ではあるものの，低温・高湿度（室温０～５℃，湿度95％以上）で気流のない安定した環境であり，チーズの保存にとっては好適な条件であるものと考えられる．そこで，上述の雪室モデルに軟質チーズであるカマンベールチーズと半硬質チーズであるゴーダチーズを簡易密封状態で１ヶ月間貯蔵したものについて，その品質と食味，香気成分を初発状態および通常の温度・湿度に変動のある冷蔵庫に貯蔵したものと比較検討した．その結果，水分の多いカマンベールチーズの貯蔵において特に，雪室モデルに貯蔵したチーズは冷蔵庫貯蔵よりも水分の減少と色の変化が抑えられ，テクスチャーも良好であり，官能評価において有意に好まれていた（図２）．

香気成分に関しては，匂いの強いチーズの代表であるブルーチーズを中心に検討したが，ガス抜きバルブ付きのラミネート包材で雪室モデルに１ヶ月間貯蔵したブルーチーズでは，初発状態よりも，2-heptanol，2-nonanolなどのようなアルコール類の香気が増加しており，雪室モデルの低温下でも熟成が進行していることが示唆された（表１）．また，ブルーチーズに特徴的な2-nonanoneや8-nonen-2-oneのようなケトン類は，冷蔵庫貯蔵では初発状態よりも減少していたのに対し，雪室モデルでは減少はみられず，2-heptanoneはむしろ増加しており，雪室モデル貯蔵で高い香気の保持効果が確認された．

これらの結果から，温度変化が少なく高湿度である雪

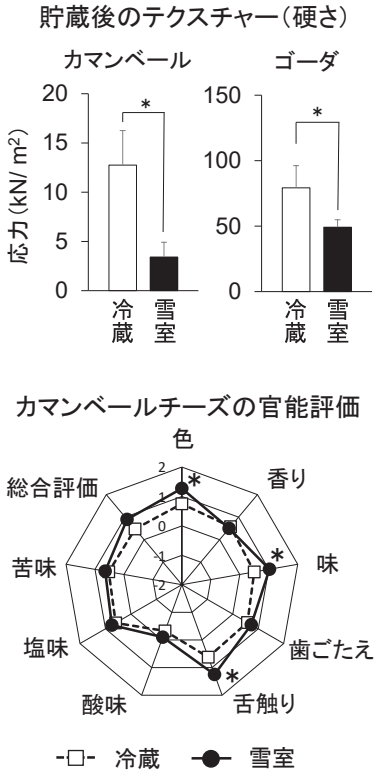

図２　雪室貯蔵チーズのテクスチャーと官能評価

文献10より作成．

（上）１か月貯蔵後のゴーダチーズとカマンベールチーズのテクスチャー（硬さ）．

（下）貯蔵後のカマンベールチーズの官能評価．それぞれの条件で１か月貯蔵したカマンベールチーズについて，新潟県立大学の学生40名をパネルとして５点評点法により官能評価を行った．*はp＜0.05での有意差を表す．

表１　それぞれの貯蔵条件におけるブルーチーズに特徴的な香気成分の量

	Ethanol	2-heptanone	2-heptanol	2-nonanone	8-nonen-2-one
貯蔵前	0.16±0.10	0.31±0.10[a]	0.21±0.04[a]	3.29±0.20[a]	0.45±0.03[a]
冷蔵庫	0.20±0.02	0.20±0.04[a]	0.39±0.05[b]	1.63±0.14[b]	0.21±0.01[b]
雪室	0.37±0.35	0.66±0.07[b]	0.69±0.02[c]	3.18±0.47[a]	0.42±0.06[a]

	2-nonanol	Methyl decanoate	2-undecanone	Butyric acid	Hexanoic acid
貯蔵前	0.30±0.03[a]	0.17±0.02	0.67±0.07	0.52±0.36	0.32±0.22
冷蔵庫	0.24±0.02[a]	0.25±0.04	0.36±0.01	0.64±0.43	0.33±0.19
雪室	0.52±0.06[b]	0.36±0.17	0.70±0.33	0.27±0.17	0.13±0.10

文献10より作成．

それぞれの香気成分は，内部標準に対する比として表した．

[a, b] 異なる記号のものは有意差を表す（p＜0.05）．

室はチーズの保存と熟成においても，品質保持と香気改善の上で有効であるものと考えられる．雪室は一般的なチーズの熟成庫よりは低温であるものの，チーズの熟成に好適な空気振動のない高湿度条件であることから，今後，チーズのような乳製品に対しても雪室を利用した熟成が活用されることにより，国産チーズの高付加価値化が期待される．

3. 雪室貯蔵と脂質酸化抑制（小麦粉の雪室貯蔵）

主要農産物である米の貯蔵に関しては，低温貯蔵の有効性が品質保持の上で認められており，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[11]，温度を15℃以下，湿度を70～80％に調温・調湿した低温貯蔵倉庫による貯蔵が一般化してきており，雪利用冷蔵を玄米の貯蔵に利用する例も増えている．

新米の状態がもっとも好まれる米に対し，小麦では胚芽の酵素活性が高い収穫直後よりも，ある程度熟成（エージング）が進んで品質の安定化した状態の方が好ましいとされている．また，小麦粒は低温低湿度の良好な貯蔵条件であれば長期保存が可能であるが，製粉後の小麦粉は急速に脂質の酸化による劣化が進むため，一般的に製粉後すぐに用いることが好ましいとされている．筆者らは，製粉直後の強力粉および全粒粉を常温，冷蔵室，雪室の条件で貯蔵し，それぞれの品質と製パン性を検討することにより，雪室を利用した高付加価値食品としての小麦粉生産の可能性を試みている[12]．貯蔵中に脂肪が分解して生じる遊離脂肪酸量は，ある程度までは食味や加工性を良好にするが，増加すると製パン性が低下する．また，過酸化脂質はグルテンの形成を阻害して，製パン性の低下に寄与する．製粉直後の小麦粉（強力粉と全粒粉）を夏季の３ヶ月間，常温（22～28° C），冷蔵室（５～10° C），雪室（１～5° C）の条件で貯蔵した場合，冷蔵室と雪室に貯蔵した小麦粉はともに常温貯蔵と比べて遊離脂肪酸の生成と過酸化脂質の生成が抑制され，良好なグルテン形成と製パン性を示した（図３）．テクスチャーによる解析では，パンの上部と中央部において，冷蔵貯蔵と雪室貯蔵とで有意に硬さの応力が低下しており，下部においては，常温貯蔵と雪室貯蔵のみ有意差が認められた．新潟県立大学の学生48名をパネルとした官能評価では，順位法，評点法ともに常温貯蔵より雪室貯蔵で有意に好まれていたが，常温貯蔵と冷蔵貯蔵との間では有意差は認められなかった[12]．したがって，小麦粉の雪室貯蔵では，品質劣化が抑えられるとともに，グルテン形成能と製パン性が向上し，冷蔵庫保存のものと比較してもよりふっくらとしたパンを作成できることが示され，「製粉加工物の雪利用貯蔵」という新しい可能性が示された．

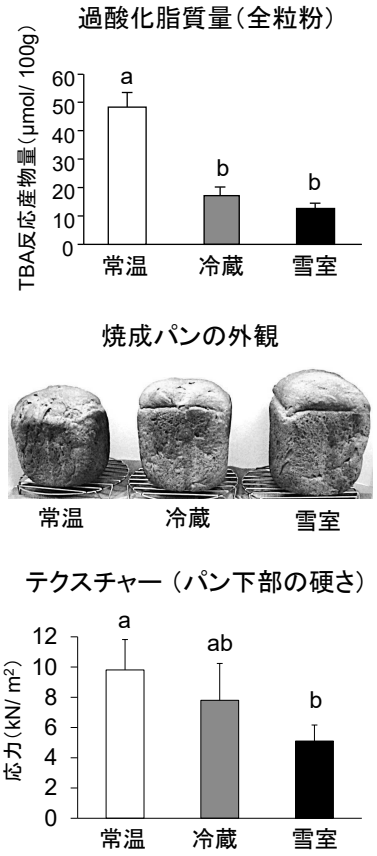

図３　雪室貯蔵小麦粉の過酸化脂質量と焼成パンの外観，テクスチャー

文献12より作成．
（上）それぞれの条件で貯蔵した小麦粉（全粒粉）の過酸化脂質量．過酸化脂質量はチオバルビツール酸（TBA）法で測定し，TBA 反応産物量を試料 100 g あたりのマロンジアルデヒド相当量（μmol）として表した．
（中）貯蔵後の小麦粉（強力粉，全粒粉１：１）を用いて焼成したパンの外観．
（下）焼成したパンのテクスチャー．下端より 2 cm 上の部分から 2 cm の厚さで切り分けたパンについて，硬さをテクスチュロメーターで測定した．a, b の異なる記号を持つものは $p<0.05$での有意差を表す．

これは，小麦粉の品質を劇的に改善するというような効果ではないものの，製粉直後と同程度の高品質のものを安定して供給できる上で有用であるものと考えられる．この試験は３ヶ月間の貯蔵であったが，さらに長期間の保存により，雪室貯蔵の有効性がより明確になるものと期待される．筆者らはまた，夏期の高温による品質低下が大きいソバについてもその品質保持における雪室貯蔵の効果を検証しており，低温貯蔵では過酸化脂質の生成が抑制されるとともに多くの香気成分が残存しており，雪室貯蔵は冷蔵保存と比較してもさらに良好な成績を示すことを報告している[13]．今後，米粉とその加工物など，さまざまな製粉試料を用いた加工品についても雪室貯蔵の有効性が示されることが望まれる．

4. 機能性を指標とした雪利用貯蔵（機能性人参の雪下貯蔵と紫芋の雪室貯蔵）

雪下貯蔵は農作物を収穫せずに雪の下に放置することにより保存する方法であり，凍害の発生を避けつつ保存することができることから，農作物の保存に古くから用いられてきた．植物類は低温にさらされると細胞内の糖類やアミノ酸類などの成分を濃縮し，凍結温度を下げる低温馴化（順化）により耐凍性を獲得することから，雪下貯蔵を行った人参[14]やキャベツ（雪下かんらん）[15]などの作物は食味や香りが優れていることが知られている．この雪下人参は，本来の収穫期である秋に人参を収穫せず，そのまま冬季の積雪下で貯蔵し，翌春に雪下から掘り起こすものであるが，官能評価において，人参の香りが強く，味が濃く，歯切れがよいとされている．石原ら[14]は，雪下貯蔵人参は苦味を呈する塩基性アミノ酸類が減少する一方で，甘味やうま味を呈するアミノ酸であるアスパラギン，グリシン，セリン，アスパラギン酸が増加しており，また，人参の特徴的な香気であるβ-カリオフィレンが大きく増加するとともに，トランス-α-ビサボレン，β-ビサボレン，α-フムレンなどの香気成分も増加することを報告している．この雪下人参の良好な食味を活用して，新潟県津南町のような多雪地域では生人参とともにジュースやジャム等の加工物の商品化が展開されており，町の産業と観光の一端を担うに至っている．

これまでの雪下人参は主にその食味を中心に注目されていたが，近年では，新しく機能性成分であるリコピンを多く含む京くれない人参についても雪下栽培による新商品の開発が試みられている．この京くれない人参は西洋系の五寸人参と東洋系の金時人参との交配種であり，五寸人参の良食味と金時人参の機能性を兼ね備えている．現在，津南町内の企業がこの雪下京くれない人参（津南町では「雪くれない」の名称でブランド化）を原材料にしたジュース等の加工品について事業化している．筆者らがこの雪下京くれない人参について分析した結果[16]では，味成分と香気成分ともに従来のはまべに五寸の雪下人参と近い組成であり，食味に関しても類似していることが確認された．一方，人参の機能性として中心的な役割を果たしているカロテノイドに関しては，カロテノイド総量としては通常の雪下人参と同程度であったが，20倍程度のリコピンを含んでいた．このカロテノイドの抗酸化活性はSOAC（Singlet Oxygen Absorption Capacity）法による一重項酸素消去活性で評価したが，重量あたりで雪下京くれない人参は通常の雪下人参の1.7倍の一重項酸素消去活性を示していた．カロテノイドの総量としては同程度であることから，この活性の差はリコピン含有量の相違に基づくものと考えられる．雪下貯蔵期間における機能性の変化については現在確認しているところであるが，筆者らの検討では低温にさらした野菜類のいくつかで抗酸化性の増加がみられたことから，雪下野菜は成分が濃縮されることにより食味とともにその機能性が向上することが期待される．

一方，農作物の雪室貯蔵による高付加価値化としては，じゃがいも（馬鈴薯）などが甘くなる「低温糖化」が代表的な例としてあげられる．じゃがいもの雪室貯蔵の有効性は新潟県農業総合研究所食品研究センターにより検証されているが，雪室貯蔵ではスクロース，グルコース，フルクトースのような遊離糖が貯蔵期間に応じて大きく増加するのに対し，冷蔵庫貯蔵では貯蔵開始30日においては雪室条件より遊離糖が増加したものの，その後の増加量は少なく，５ヶ月後では雪室貯蔵の半分程度であったという[17]．雪室貯蔵では冷蔵庫保存でみられた芽の発生と伸びが生じなかったことから，雪室貯蔵における糖の増加は低温におけるアミラーゼ酵素の活性化のみならず，呼吸と成長の抑制による糖の消費低下が関与しているものと考えられる．近年ではこの低温糖化を期待して，くりやかぼちゃなど，さまざまな作物について雪室貯蔵を利用した高付加価値化が試みられている．

筆者らは，低温障害を起こすことからこれまでほとんど検討されていなかったさつまいもの雪室貯蔵について，紫芋を中心に機能性として抗酸化性を指標とした検討を行っている[18]．試料として通常の黄色系（カロテノイド色素）さつまいもである「紅はるか」と，紫色系（アントシアニン色素）の機能性さつまいもである「アヤムラサキ」（加工用）および「パープルスイートロード」（食用）を用い，これを常温貯蔵，雪室モデル貯蔵，通常の冷房装置を備えた低温室（５℃設定）貯蔵の３つの条件で，１ヶ月保存し，それぞれの品質と抗酸化性の変化を検討した．じゃがいもと同様に，さつまいもにおいても低温貯蔵により糖度が上昇することが確認されたが，低温室保存では試験した全ての試料で根端部分や表皮付近に低温障害が見られたのに対し，雪室モデルでは１ヶ月の貯蔵では変化はみられなかった．また，機能性に関しては，持続的なラジカル消去能を評価するORAC（Oxygen Radical Absorbance Capacity，活性酸素吸収能）法で評価したが，それによる抗酸化活性も低温貯蔵により上昇する傾向がみられた（表２）．今後，より長期の貯蔵に繋がる条件について検討するとともに，干し芋等の加工品を含めその機能性向上に繋がる雪室貯蔵の有効性について検証することが望まれる．

これらの機能性成分は加工製品でも残存しており，雪下貯蔵などで多く生じる規格外野菜を有効活用できるとともに，通年流通の商品開発が容易であるという利点も併せ持つ．また，食品の三次機能である機能性を指標と

表2　それぞれの貯蔵条件におけるさつまいもの糖度と抗酸化性の変化

	紅はるか		パープルスイートロード		アヤムラサキ	
	糖度（%）	Total ORAC	糖度（%）	Total ORAC	糖度（%）	Total ORAC
貯蔵前	13.3±0.6[a]	1003±263	10.5±0.7[a]	1315±209[a]	13.3±1.9[a]	5843±666[a]
常温	14.2±1.2[ab]	1020±244	11.5±0.5[ab]	1613±128[ab]	13.4±3.3[ab]	7016±1128[ab]
冷蔵	20.2±0.4[b]	1305±162	16.0±1.3[b]	1729±233[ab]	25.6±2.0[b]	7863±748[b]
雪室	18.3±1.1[b]	1126±222	13.5±0.9[b]	1809±400[b]	18.3±2.5[ab]	6996±638[ab]

文献18より作成.
糖度は糖用屈折計を用いたBrix値として表した.
Total ORAC値は，水溶性成分のH-ORAC値と脂溶性成分のL-ORAC値の総量として求め，試料100 gあたりのTrolox相当量（μmol Trolox equivalent/100 g）として表した.
[a, b] 異なる記号のものは有意差を表す（$p<0.05$）.

することにより，高齢者用食品や健康食品などの高付加価値食品の開発も視野に入れることが可能であると考えられる．今後，さまざまな機能性農産物について雪利用貯蔵による機能性の変化が明らかにされることにより，その「食味」だけでなく「機能性」に着目した食品の雪利用による高付加価値化が広がることを期待している．

おわりに

雪をエネルギー源として冷蔵源や冷房源として利用する「利雪」は大きな可能性を秘めており，食味向上による高付加価値化を目的として，野菜類，穀物，果実類のような農作物のみならず，酒，味噌，醤油などの醸造品や，コーヒー，茶のような嗜好品を含めた約70品目が雪で貯蔵され，100種類以上の商品が展開されている[6)19)]．この雪冷蔵による貯蔵は，近年は切花や球根など食品以外の生産物の保存についても応用が図られており，その有用性がますますクローズアップされている．食品においても今後，従来の「保存性」と「おいしさ」だけでなく，機能性を含めたさまざまな指標から高付加価値化が評価され，一層の雪利用貯蔵が進められることを希望している．

文　献

1）国土交通省．豪雪地帯対策における施策の実施状況．国土審議会第12回豪雪地帯対策分科会資料．2019.
2）日本香料協会編．食べ物 香り百科事典．朝倉書店，2006, 200.
3）神山伸，押味真里菜，伊藤美咲，大内彩也夏，磯島秋穂，曽根英行．雪室熟成によるコーヒーの香気と呈味の変化．*New Food Industry*．2019, Vol. 61, 657–664.
4）旦部幸博．コーヒーの科学「おいしさ」はどこで生まれるのか．講談社，2006, 130–164.
5）曽根英行，押味真里菜，伊藤美咲，石黒真理子，辻友美，小林和也，渡辺聡，神山伸．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, Vol. 31, 12–16.
6）伊藤親臣．雪室貯蔵食品の現状と品質改善に関する報告．空気調和・衛生工学．2018, Vol. 92, 45–50.
7）公益財団法人雪だるま財団．雪室貯蔵食品の品質保持・改善効果に関する研究の現状と展望．雪だるま財団資料集．2015, 41.
8）神山伸，臼井歩，曽根英行．日本酒の香気に及ぼす雪利用貯蔵の効果―官能評価とモデル実験による検討―．新潟の生活文化．2018, Vol. 24, 10–13.
9）神山伸，須崎奈美，田山舞，曽根英行．香気成分が苦味の感受性に与える影響について．人間生活学研究．2017, Vol. 8, 73–79.
10）神山伸，田山舞，須崎奈美，太田ひかる，金子未来，曽根英行．雪室モデルを用いたチーズの雪利用貯蔵の有効性に関する検討．日本食品工学会誌．2018, Vol. 19, 137–144.
11）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（入手日：2020.11.1）.
12）神山伸，櫛原詩野，本間千裕，萩原真，曽根英行．雪室貯蔵が小麦粉の品質と製パン性に与える影響．日本食品工学会誌．2017, Vol. 18, 19–24.
13）神山伸，伊藤美咲，押味真里菜，瀧口真子，櫛原詩野，石黒真理子，小林和也，下條明，渡辺聡，曽根英行．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, Vol. 6, 83–92.
14）石原和夫，鈴木裕行，土田早苗，馬克己，萩幸男，横山泰裕．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, Vol. 4, 353–357.
15）松村謙生．「野菜の雪中貯蔵方法とその実証」．北陸農業試験場報告．1987, Vol. 29, 75–94.
16）神山伸，上浦桜民，甘利礼奈，酒井史彰，曽根英行．雪下京くれない人参と雪下はまべに五寸人参の食味及び成分，抗酸化性の比較．*Trace Nutrients Research*．2018,

Vol. 35, 58-65.
17）下條明，佐藤嘉一，安藤健介，長谷川雅明，加納義高，高橋聡，渡辺聡．『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, Vol. 46, 69.
18）神山伸，滝本なづな，曽根英行．雪室貯蔵によるさつまいもの成分と機能性の変化について．新潟の生活文化．2020, Vol. 26, 13-17.
19）伊藤親臣．空から宝ものが降ってきた！雪の力で未来をひらく．旬報社．2016.

日本家政学会誌72-1に掲載されています