

第IV章 新エネルギーの賦存状況と導入可能性

本章では、新エネルギーの項目別に、長沼町での賦存量と利用可能量等を把握し、コスト、技術動向、CO₂の削減効果等を整理します。さらに、これらをふまえ、導入の可能性を評価しています。

IV-1 再生可能エネルギー

1) 雪氷熱エネルギー

(1) 雪氷熱エネルギーとは

天然の雪氷、寒冷な外気を利用して作る氷、人工凍土等を冷熱源とし、冷蔵・冷房などにその天然のエネルギー（冷熱）を利用します。平成14年1月25日に公布・施行された「新エネルギー法」（正式名称：新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法）によって、新しく新エネルギーとして位置付けられました。

① エネルギー源（冷熱源）の確保方法

エネルギー源には、「天然の雪氷」、「寒冷気を利用して製造した氷」、「ヒートパイプを使用して凍結させた土壌や吸水ポリマー」等があり、これらは雪氷熱エネルギーの「冷熱源」と呼ばれます。

冬季にこれらを確保し、断熱施設を有する貯雪氷庫に貯蔵するなどして、冷蔵、冷房等のためエネルギー（冷熱）が必要な時期に用います。

表IV-1 冷熱源確保の方法

冷熱源	冷熱源の貯蔵	確保方法
天然の雪氷	貯雪庫（スペース） 貯氷庫（スペース）	（雪）自然降雪、雪堆積場、ロータリー除雪 等により搬入 （氷）凍結した池、沼、河川 を搬入
氷	アイスシェルター	アイスシェルター内で寒冷外気による製氷、冷凍機による製氷
凍土、吸水ポリマー	地中	ヒートパイプで土壌や吸水ポリマーを凍結させる

② 利用方法・用途

道内における雪氷熱エネルギーの活用施設は40施設（16年3月末）で、全国の4割以上を占めています。用途としては本州及び北海道ともに農産物貯蔵が最も多く、次いで建物冷房となっています。また、加工品の貯蔵にも利用されており、主に酒類の貯蔵に利用されています。その他では主に実験施設としての利用となっています。

③ 雪氷熱エネルギーシステムの概要

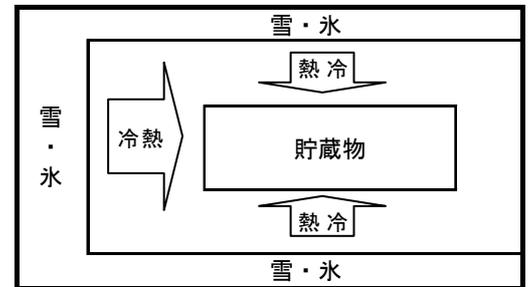
雪氷熱エネルギーシステムとして現在利用されている主な種類を次に示します。

【参考】：「雪氷冷熱エネルギー導入ガイドブック」平成14年3月 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

i 雪室・氷室システム（自然対流方式）

a 基本原理

古くから日本の寒冷地で利用されてきた方法で、雪氷による冷気を庫内で自然に対流させ、低温状態を保ちます。温度管理は困難ですが、密閉状態であれば、庫内の温度は概ね5℃、湿度は85～95%に保たれます。



図IV-1 雪室・氷室システム概要

b 冷熱源の確保

雪の場合は、除雪機などで雪を直接庫内に入れる方法が主ですが、容器などに入れた雪を搬入する方法を取ることもあります。氷の場合はシステムによって様々な製氷方法があります。

c 冷熱源の貯蔵

貯雪・貯氷には外壁などの十分な断熱が必要です。また、投雪の衝撃や雪氷の重さに耐える構造が必要です。

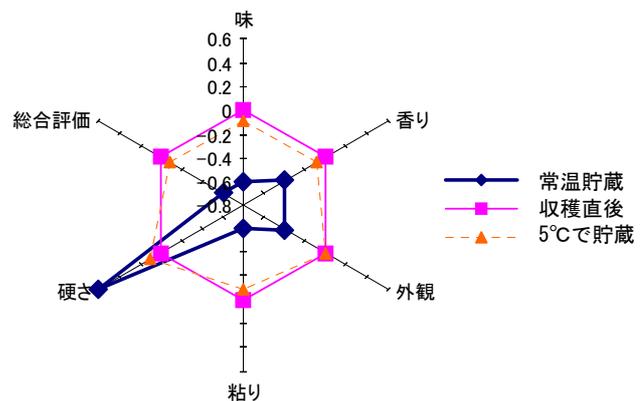
■参考資料 米の食味試験

5℃で貯蔵した玄米は、常温で貯蔵した玄米に比べ、食味の向上が見られます。

（官能試験は日本穀物検定協会による平成11年4月）

表IV-2 米の評価項目

	評価基準
味	プラスほど味が良い
香り	プラスほど香りが良い
外観	プラスほどツヤ、形が良い
粘り	プラスほど粘りが良い
硬さ	プラスほど硬い
総合評価	プラスほど良い



図IV-2 コメの食味官能試験グラフ

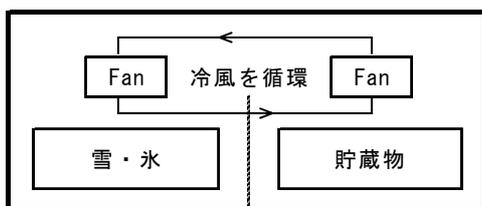
ii 雪冷房・冷蔵システム

貯雪庫等に蓄えた雪による冷気を直接、もしくは冷水を熱交換し、送風機（ファン）やポンプで循環させて利用する冷房・冷蔵システムで、温度コントロールを要する作物貯蔵施設や施設の冷房等に活用されています。雪氷熱の熱交換の方法により、次の二つの方式に大別されます。

【直接熱交換（冷風循環）方式】

a 基本原理

貯雪氷庫と冷房・冷蔵を必要とする空間との間で、送風機によって空気を循環させ、冷房・冷蔵する方式です。循環する空気量を調節して、温度を管理します。冷房に用いる場合は、循環の途中で外気と冷風を混合するなどして、温度を調節する場合もあります。

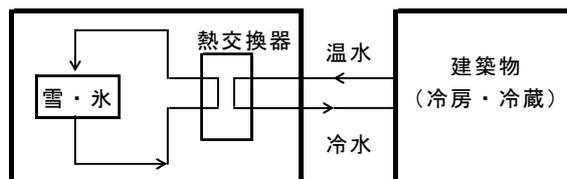


図IV-3 直接熱交換冷風循環方式の概要

【熱交換（冷水循環）方式】

a 基本原理

雪が溶けてできた冷水を利用し、熱交換により冷房・冷蔵する方式です。熱交換後の冷水は、循環して雪を溶かすために用います。建築物側の冷水等の循環量の調節により、温度を管理します。個々の部屋ごとに冷房の温度管理が必要な場合に有効であるとともに、建物側の施設を暖房（ボイラー等による温水、温熱媒又は暖気の利用）と共通利用することも可能です。



図IV-4 熱交換冷水循環方式の概要

b 冷熱源の確保【共通】

貯雪量が数百 t を超えるような場合は、ロータリー除雪車を用いて貯雪庫内へ直接投入する方法が主となっています。貯雪効率を高める（なるべく小さな貯雪庫に多く貯雪する）ため、 0.5 t/m^3 程度の雪密度を確保するよう、貯雪の時期、集雪の範囲等に留意が必要です。

c 冷熱源の貯蔵【共通】

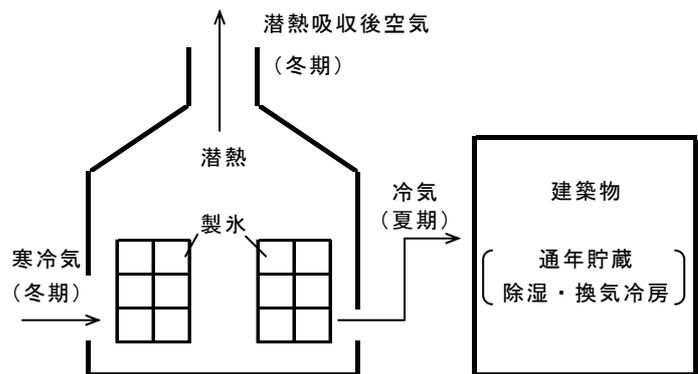
夏場の冷房・冷蔵には多くのエネルギーを必要とし、8月から9月頃まで雪や氷を残す（冷房・冷蔵する）必要がある場合には、貯雪庫や貯蔵倉庫に100mm～200mm程度の断熱材を設置するなど、断熱処理を施す必要があります。

また、沼田町では、広い敷地があり周辺環境に影響がない場所を選定し、雪山を作って表面に断熱を施し、大量に貯雪して広範囲に使用する試みがされています。

iii アイシェルターシステム

a 基本原理

半固定式の貯氷施設（アイシェルター）において、冬の寒冷な外気で氷を生成して蓄えます。水と氷が混ざり合った状態に空気を通すと、空気は温度0℃、高湿度な状態になります。この空気を利用して、農水産物等の貯蔵、建物の除湿・換気冷房を行うシステムです。



図IV-5 アイシェルターの概要

アイシェルター方式では、水 \leftrightarrow 氷の両方向の潜熱を利用し、夏は氷の融解により温度を下げ、冬は製氷によって0℃以下への温度低下を防ぎます。このため、適切な貯氷量を確保すれば、通年、半永久的に温度や湿度を一定に保つことが可能で、農産物等の貯蔵や建物の除湿・換気冷房に利用できます。

b 冷熱源の確保

アイシェルターでは、貯氷コンテナ等に水を溜め、冬期の冷気を当てて結氷させます。この際、コンテナ等の容量が大きすぎると結氷が進まないため、適正な規模とする必要があります。冬期の気温が下がらない地域ではコンテナ容量を小さくし、コンテナの間隔を大きくとり、空気に入れやすくする必要があります。反対に、冬期の気温が低い地域ではコンテナ容量を大きくすることができ、コンテナの間隔を小さくできるため、貯氷効率を高めることができます。

天然の雪・氷利用（前述の i、ii の方式）が冷熱源を一度しか使えないことと比べ、アイシェルターは半固定式で水 \leftrightarrow 氷の両方向で利用するため、水の腐敗等による入れ替えを除いては、収集・搬入の手間（コスト）が不要となります。

c 冷熱源の貯蔵

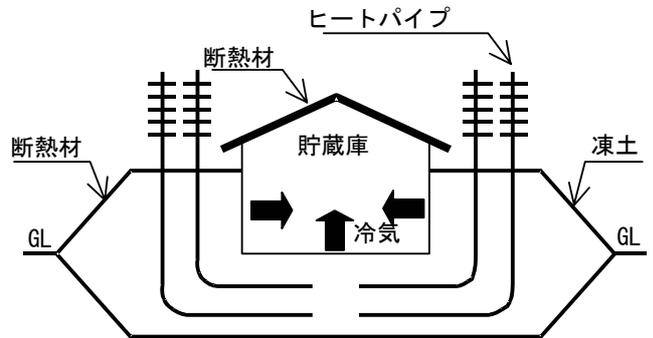
貯蔵物と同一建物内に貯氷コンテナを収容する方式と貯氷コンテナを別の専用建物に収容して冷気を取り出す方式とに大別されます。

また、貯蔵物と同一建物内に貯氷コンテナを収容する方式は、貯氷室を別室（地上もしくは地下）に区分する方式と区分しない方式とがあります。これらの貯氷方式は、その利用目的によって選択が必要ですが、より細かな温度・湿度調節を必要とする冷蔵や冷房への利用を行う場合には、貯氷コンテナを専用建物に収容する方式が優位です。

iv 人工凍土システム（ヒートパイプ）

a 基本原理

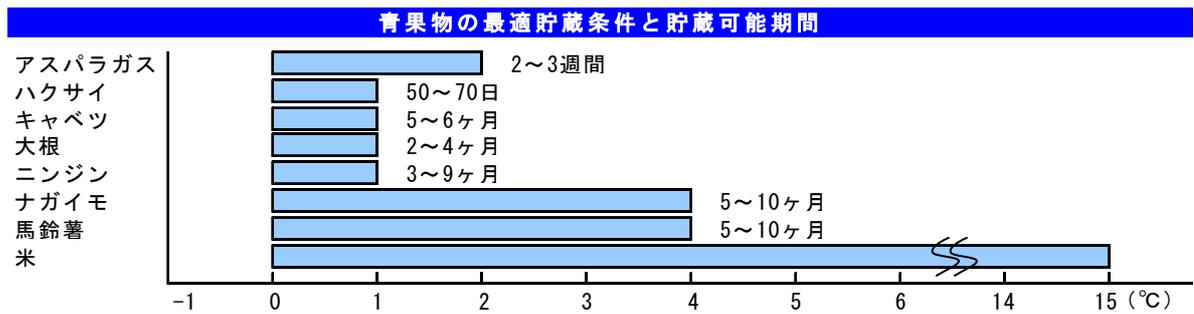
ヒートパイプにより冬の寒冷な外気の熱を地中に移動させ、土壌を凍らせて人工凍土を生成し、その冷熱を農産物等の長期低温貯蔵に活用します。また、ヒートパイプを用いて土壌の代わりに水を凍らせて氷を生成し、建物の冷房源や貯蔵に活用できる「冬氷システム」も開発されています。



図IV-6 人工凍土システムの概要

■ 参考資料 各種農産物の貯蔵条件

下図に示されたとおり、多くの農産物の貯蔵に適した温度環境は、5度以下、高湿度となっており、参考とした雪氷利用貯蔵庫は、多くの農産物において利用可能であると考えられます。



図IV-7 青果物の最適貯蔵条件と貯蔵可能期間(帯広畜産大学土谷教授)

④ 雪氷熱エネルギーを利用した農産物貯蔵の意義

i 貯蔵方法ごとのメリットの比較

農産物を高品質のまま貯蔵し、出荷時期調整を行うことが可能になれば、市場価格の高い時期にあわせた出荷や、定量の継続的な出荷が可能となり、出荷形態の多様化が期待できます。

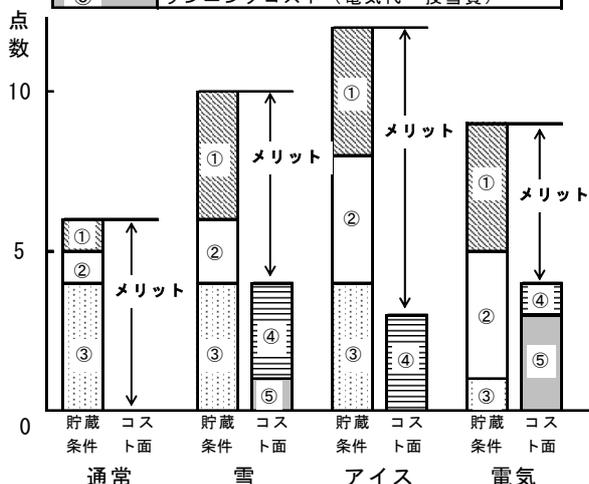
しかし、電気設備を使用して好条件で長期間貯蔵するには、電気代の高騰により、莫大な貯蔵コストがかかります。こうしたことから、貯蔵コストの少ない自然冷熱エネルギーによる貯蔵システムの利用はきわめて有効であると考えられます。

表IV-3 雪氷熱エネルギーのメリットの比較

施設名	通常（非冷蔵）の倉庫	雪冷蔵貯蔵庫	アイスシェルター	電気冷蔵貯蔵庫
冷蔵方法	寒冷外気	雪（夏期）と寒冷外気（冬期）	氷	電気冷蔵
貯蔵条件	① 冷蔵貯蔵が可能な期間	×・冬期	◎・通年	◎・通年
	② 温度・湿度の調節と貯蔵農産物の品質	×・温度は外気と貯蔵庫内の空気を混合し調節できるが、湿度調節は困難で、品質の劣化が大きい	△・夏期は雪利用のため、温度・湿度の調節が可能であるが、冬期は従来の倉庫と同様に湿度調節が困難で品質の劣化が大きい	◎・氷利用のため、通年で温度・湿度の調節が可能であるため、高品質の状態での農産物を貯蔵できる
	③ CO2排出量	◎・少ない（冷蔵用電気設備が無い）	◎・少ない（冷蔵用電気設備が無い）	◎・少ない（冷蔵用電気設備が無い）
コスト面	④ 冷蔵・空調設備設置コスト	◎・空調設備費	×・貯雪庫建設費 ・空調設備費	○・電気冷蔵・加湿設備の設置費 ・空調設備費
	⑤ ランニングコスト（電気代・投雪費）	◎・空調ファン・照明等の電気代	○・空調ファン・照明等の電気代 ・雪投入費（人件費等）	×・冷蔵・加湿・空調・照明の電気代（冷蔵・加湿に莫大な電気代がかかる）
総合評価	・利用期間が限定されるため出荷時期調整が困難	・低ランニングコストで通年保存できるが、一定の環境での保存が困難	・低ランニングコストで通年保存でき、貯蔵環境を一定に保つことが可能	・通年で貯蔵環境を一定にするために、莫大な電気代がかかる

①～③ ◎：4点 ○：3点 △：2点 ×：1点
④～⑤ ◎：0点 ○：1点 △：2点 ×：4点

①	冷蔵貯蔵が可能な期間
②	温度・湿度の調節と貯蔵農産物の品質
③	CO ₂ 排出量
④	冷蔵・空調設備設置コスト
⑤	ランニングコスト（電気代・投雪費）



図IV-8 各施設のメリット比較のイメージ図

表IV-3 では評価項目を「貯蔵条件」と「コスト面」で設定し、点数化を試みています。これらの点数を積み上げたものが図IV-8で、貯蔵条件の点数とコスト面の点数との差をメリットと表示しています。

この評価では、アイスシェルターが最もメリットが大きく、電気冷蔵施設が最も小さくなっています。また、従来の倉庫と雪冷蔵貯蔵庫のメリットは同様になりましたが、雪冷蔵貯蔵庫ではコストの削減を図ることができれば、メリットは拡大すると考えられます。

(2) 雪氷熱エネルギー利用の技術動向

道内における40施設(16年3月末)では、農産物貯蔵、建物の冷房や酒類の貯蔵等、農産加工品の貯蔵にも利用されており、その他にも様々な分野に雪氷熱エネルギーの導入が進むものと期待されています。

原理は比較的簡単ですが、汎用製品等が未だないことから、目的や場所等によりそれぞれに仕様の検討を要すること、きめ細かな温度管理に難があり使用目的(設定温度等)によっては電気冷蔵(冷房)機等との併用が必要になることなどを背景として、様々な試験・研究が行われています。

(3) 雪氷熱エネルギーの利用事例

沼田町や美唄市などでは、雪を使って、大規模な米低温貯蔵施設やマンション、介護老人保健施設などへの導入が行われています。

冬の外気(冷氣)を利用して氷を生成し、農産物の長期低温貯蔵や事務所冷房に用いる試みも進められ、浦臼町のファーマでは野菜の低温貯蔵で実用化しています。

雪と氷を組み合わせ冷房を行う施設が旭川市に、農産物冷房施設がニセコ町に設置されています。



写真IV-1 コミュニティーホーム美唄「貯雪庫」

利用事例① 沼田町スノークールライスファクトリー、利雪型低温貯蔵施設(利雪2号庫)

スノークールライスファクトリーは、平成8年に完成した世界で初めて雪を使って米(粳)を貯蔵する施設です。沼田町で生産される20万俵の米のうち4万俵の米を1,500tの雪を使って温度5℃、湿度70%で貯蔵しています。現在は利雪2号庫と合わせて、8万俵の米を2,500tの雪を使って貯蔵しています。施設の維持費用は電気冷房の1/3程度です。

表IV-4 スノークールライスファクトリー概要

事業主体	沼田町
管理主体	JA北いぶき沼田支所
事業費	16億2,300万円
貯雪量	1,500t
冷房方式	冷風循環
冷房目的	粳の低温貯蔵による食味の維持

表IV-5 利雪型低温貯蔵施設(利雪2号庫)概要

事業主体	沼田町
管理主体	JA北いぶき沼田支所
事業費	約1億2,000万円
貯雪量	1,000t
冷房方式	冷風循環
冷房目的	粳の低温貯蔵による食味の維持



写真IV-2 スノークールライスファクト



写真IV-3 利雪2号庫

【雪中米】 沼田町では、3月下旬に敷地内の湿った雪を搬入し、4月~5月の間低温貯蔵を行います。この雪冷熱により粳のまま低温貯蔵したお米を「雪中米」として販売しています。「雪中米」はお米を休眠させ新米と同様の状態を長期的に持続し品質の劣化を防止したお米です。「雪中米」はブランドとして評価を得ており、5月下旬に出荷を開始し7月下旬には売切となっています。

利用事例② 長沼町 石田農園のアーチ型雪氷利用貯蔵庫（ヒートポンプ式冷凍機兼用）

石田農園は、建物を土で覆わないタイプのアーチ型雪氷利用貯蔵庫を利用しています。この施設は、設置場所を選ばず、また従来の貯蔵施設と同程度のコストで建設することが可能です。雪を基本冷熱源とし、ヒートポンプ式冷凍機を使用して温度調整を行っており、従来の貯蔵施設に比べ電気代を 1/5 程度に抑えることができます。

表IV-6 石田農園雪氷利用貯蔵庫の概要

補助事業者	北海道経済産業局
管理主体	石田農園
事業費	1,100万円
貯雪量	110 t
貯蔵量	90 t
冷蔵方式	ヒートポンプ・冷凍機： 1.1kW（コンプレッサー出力）
冷蔵目的	苗の貯蔵



写真IV-4 石田農園雪氷利用貯蔵庫

利用事例③ 土谷特殊農機具の小型アイスシェルター

冬期間の外気を取り入れ自然製氷し、夏季間は自然対流を利用して冷気を自然循環させる。10t の氷で農産物4t を貯蔵可能で、建設費は 500 万円。

表IV-7 農作物貯蔵施設の概要

補助事業者	独立行政法人 科学技術振興機構
管理主体	土谷特殊農機具製作所
事業費	500万円
貯氷量	10 t
貯蔵量	4 t
冷蔵方式	自然換気
冷蔵目的	農作物の低温貯蔵



写真IV-5 農作物貯蔵施設

壁や天井を冷却し、その輻射熱で室内を冷却する換気冷房装置です。貯氷室の 48t の氷（最大 60t）から発生する冷気は室内を通過して天井から送風され、室内温度を 26℃に保ちます。建設費 700 万円。

表IV-8 土谷特殊農機具製作所冷房施設の概要

補助事業者	ノーステック財団
管理主体	土谷特殊農機具製作所
事業費	700万
貯氷量	48 t
冷房面積	197m ²
冷房方式	換気冷房装置



写真IV-6 室内冷房システム

利用事例④ 雪・氷冷房施設（北海道立北方建築総合研究所）

i. 氷冷房システム

パッシブ換気の外気導入経路にもなっている地下ピットにアイスシェルターを設置し、約 80 t の氷を冬期に製造し、冷房に利用しています。製氷時（1 月～2 月のおよそ 2 ヶ月間）には、給気口から外気を導入し、アイスシェルター内を通過させ、パイプダクトから屋外へ排出（ファン稼働）します。夏期には、換気用の外気をアイスシェルター内に通過させることにより、空気を室内に導入して冷房しています（日中のみファン稼働）。アイスシェルターは中間期には密閉します。



写真IV-7 アイスシェルター
(既存コンテナ+特注防水シート)

ii. 雪冷房システム

約 200m³ の雪を貯雪槽にため、夏期に熱交換により冷水を製造します。冷水は施設の一部（アトリウム）の床冷房（床面積の約 1/3）に用います。また、平成 16 年度からは冷水を外気導入部のコイルに循環させることによる冷房にも用いています。

表IV-9 北海道立北方建築総合研究所の概要

事業主体	北海道
管理主体	北海道
事業費	約47億円
貯氷室	80 t
貯雪室	200m ³
冷房面積	8,356m ²



写真IV-8 貯雪槽

利用事例⑤ 愛別アイスシェルター

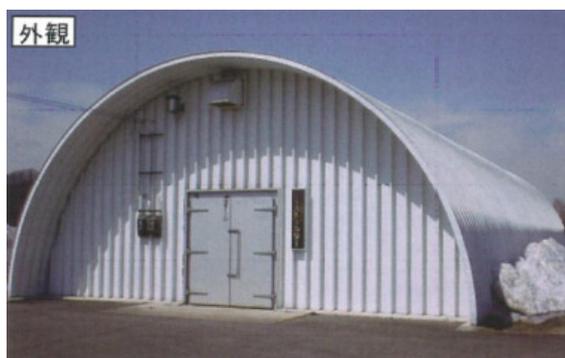
面積 253m² のアーチ型施設の中に、貯氷室、野菜貯蔵室、冷気による貯蔵農産物の凍結防止のための防凍貯氷室、防露室が配置されています。

夏期の冷蔵時には、貯氷室の冷気をそのまま送風せず、防凍貯氷室を通過させることで冷気が 0℃ 以下になるのを防止し、貯蔵農産物の凍結障害を防止しています。貯氷量は約 160 t です。

農産物の貯蔵可能量は約 100 t で、主に馬鈴薯、野菜類が貯蔵されています。



写真IV-9 馬鈴薯貯蔵の様子



写真IV-10 アイスシェルター外観

(4) 長沼町における雪氷熱エネルギーの利用条件

長沼町内では、米の館で冬の冷気を利用した米の低温貯蔵がなされています。

12月～3月の冬季気温や積算寒度から、「雪氷熱エネルギー」利用の条件を有しており、有効な活用が期待されます。

長沼町は、札幌市、千歳空港、苫小牧港から近く、交通、物流の面において恵まれた環境にあります。雪氷熱エネルギーを活かした農産物貯蔵により、農産物の出荷時期の調整が可能になり、経済面でも効果があれば、農産物の安定供給という面でも価値は非常に大きいといえます。

(5) 長沼町における雪氷熱エネルギー賦存量及び利用可能量

① 賦存量

i 雪冷熱

賦存量は、町内全域の積雪量ととらえ、積雪のピークである2月の積雪深に町全域の面積及び積雪の雪密度を乗じた値とします。

長沼町の積雪は、11月から積雪し始め、2月の約70cmをピークに4月まで積雪が続いており、((第II章II-1の5)の(3))十分な雪冷熱エネルギーを得ることが可能と想定されます。

積雪の密度は、一般的に降雪直後は $100\text{kg}/\text{m}^3$ 前後、降り積もって次第に圧縮されると $300\sim 400\text{kg}/\text{m}^3$ となります。これらの値の中間値である $250\text{kg}/\text{m}^3$ を使用します。

雪の賦存量は約2,955万t/年となります。

表IV-10 雪の賦存量

項目	単位	計算式	雪
2月の積雪深	m	A	0.702
町全域面積	m^2	B	168,360,000
雪の密度	kg/m^3	C	250
賦存量	t	$D=A \times B \times C$	29,547,180

ii 氷冷熱

「積算寒度」を賦存量とします。町内で最も積算寒度が小さい低い値となるホクレン研究所地点のマイナス 565°C を賦存量とします。

② 利用可能量

i 雪冷熱

農産物貯蔵量施設(貯蔵規模5,000t)で利用する雪の量、2,500t/年を利用可能量とします。

ii 氷冷熱

農産物貯蔵量施設(貯蔵規模5,000t)で利用する氷の量、1,880t/年を利用可能量とします。

なお、JAながぬまの既存の農産物貯蔵倉庫の貯蔵規模は、1庫あたり3,000tです。

(6) 二酸化炭素の排出特性と換算量

① 二酸化炭素排出削減量の考え方

施設規模、利用期間、温度、湿度等が類似した、雪氷熱を利用する冷蔵・冷房と、電気冷蔵・冷房とを比較し、その電力使用量の差をから、CO₂ 排出削減量を算出します。

② 大規模雪氷冷蔵貯蔵庫の検討

i システム別・農産物別の貯蔵条件

大規模雪氷貯蔵施設（アイスシェルター方式、雪冷蔵貯蔵庫）は、「自然冷熱エネルギー利用型米貯蔵庫 経済モデル検討報告書（平成 12 年 大規模長期食糧備蓄基地構想推進協議会）」を参考とします。参考にしたモデルは、システムごとに建設適地が異なるとされています。システムの特徴から、各システムの条件に若干の差異が生じています。

比較対象施設の電気冷蔵貯蔵庫については、雪氷利用貯蔵庫と類似の条件で、同量の農産物が貯蔵できる貯蔵施設を参考にしました。

ii 貯蔵方式

a アイスシェルター方式

施設規模は、貯蔵量 5,000 t を想定しています。貯蔵期間は通年で、一年を通して氷を利用して貯蔵します。製氷は自然換気により行います。

冷蔵は送風ファンを利用した冷風循環方式で、貯蔵庫内は通年で温度 0~3℃、湿度 90%前後の設定、外気と貯蔵庫からの戻り空気を混合することで温度及び湿度を調節するものです。

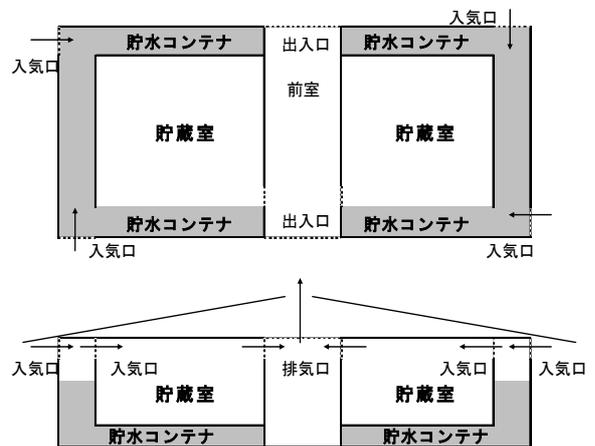
b 雪冷蔵貯蔵庫

施設規模はアイスシェルター方式と同じく貯蔵量 5,000 t を想定しています。貯蔵期間は通年で、5月~11月は雪を利用、12月~4月は寒冷外気を利用して貯蔵します。雪の搬入は除雪用重機により行います。

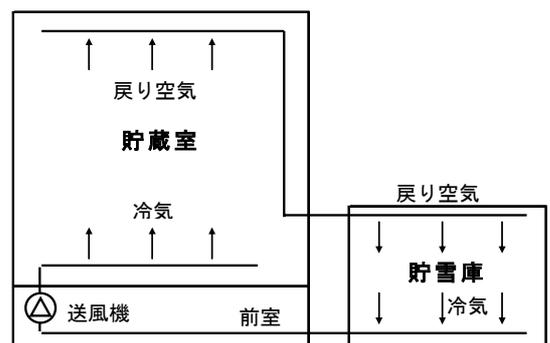
冷蔵は送風ファンを利用した冷風循環方式で、貯蔵庫内は通年で温度 4~5℃、湿度 75%前後の設定、外気と貯蔵庫からの戻り空気を混合することで温度及び湿度を調節するものです。

c 電気冷蔵貯蔵庫

雪氷熱利用施設の比較対象となる電気冷蔵施設は、幕別町農協の馬鈴薯低温貯蔵庫をモデルとしました。施設規模は、貯蔵量 5,400 t です。貯蔵期間は通年で、3月~10月は電気冷蔵設備を利用、11月~2月は寒冷外気を利用して貯蔵を行っています。



図IV-9 アイスシェルターの施設概要図



図IV-10 雪冷蔵貯蔵庫の施設概要図

表IV-11 雪氷熱エネルギー施設と電気冷蔵貯蔵庫の概要

項目		アイスシェルター	雪冷蔵貯蔵庫	電気冷蔵貯蔵庫			
設定条件	温度	0~3℃	4~5℃	3℃			
	湿度	90%前後（外気との混合により湿度調節可能）	75%前後（外気との混合により湿度調節可能）	60%前後			
	施設利用期間	通年	通年（雪利用：5月~11月、寒冷外気利用：12月~4月）	通年（電気利用：3月~10月、寒冷外気利用：11月~2月）			
施設諸元	貯蔵庫容量	2,500t×2室=5,000t	1,250t×4室=5,000t	675t×8室=5,400t			
	貯水雪量	1,880t（変動気候を考慮し、安全率1.5）	2,500t（変動気候を考慮し、安全率1.5）	—			
	機械設置台数	有圧送風機：1kW×2機×2室=4kW	送風機：7.5kW×2機×2室=30kW	冷凍機：49.3kW×1機×8部屋=394.4kW 冷却機：1.2kW×2機×8部屋=19.2kW			
		可逆送風機：2kW×2機=4kW		加湿装置：0.6kW×2機×8部屋=9.6kW コンプレッサー：7.9kW×4機=31.6kW			
		合計：8kW	合計：30kW	合計：454.8kW			
貯蔵庫外部寸法	側壁高	15.5m	貯蔵庫外部寸法：14m	14m			
	床面積	77m×38m（2,926m ² ）	40m×48m×2階（3,840m ² ）	2,928m ²			
	断熱材厚	スタイロフォーム150mm（外断熱）	スタイロフォーム150mm（外断熱）	ウレタン吹き付け 50mm			
使用電力	使用方法	送風機消費電力のみ。通年運転を想定	送風機消費電力のみ。5月~11月を想定	冷蔵装置の消費電力。			
	使用量（kWh/年）	8kW×24h 365日=70,080	30kW×24h×214日=154,080	669,507			
建設費	（千円/年）	建設主体工事	746,000	貯蔵庫建設費	833,000	貯蔵庫建設費	300,290
		電気設備工事	35,000	（断熱施工費込）		（断熱施工費込）	
		機械設備工事	54,000	貯雪庫建設費	215,000	冷蔵設備費	126,000
		貯氷コンテナ	80,000	（関連機器含む）		（冷凍機、加湿器等）	
		その他機器	35,000				
合計	950,000	合計	1,048,000	合計	426,290		
維持費	（千円/年）	電力料金	817	電力料金	1,949	電力料金	8,503
				雪投入費	1,250		
				合計	3,199		

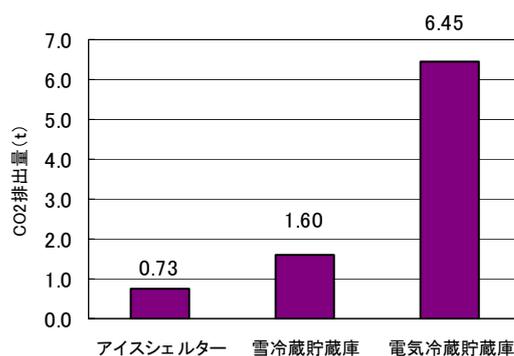
iii CO₂排出削減量

各システムの年間電力使用量から、貯蔵容量100t当たりのCO₂排出量を算出します（表IV-11）。

電気冷蔵貯蔵庫（貯蔵容量100t当たり）と比較した場合、アイスシェルターでは5.72t、雪冷蔵貯蔵庫では4.85tのCO₂排出量を削減できると見込まれます。

表IV-12 貯蔵容量100t当たりの年間CO₂排出量

項目	単位	計算式	アイスシェルター	雪冷蔵貯蔵庫	電気冷蔵貯蔵庫
貯蔵庫容量	t	A	5,000	5,000	5,400
年間電力消費量	kWh	B	70,080	154,080	669,507
貯蔵容量100tあたりの電力消費量	kWh/100t	C=B÷A×100	1,402	3,082	12,398
CO ₂ 排出係数	kg-CO ₂ /kWh	D	0.52		
貯蔵容量100tあたりの年間CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年・100t	E=C×D÷1000	0.73	1.60	6.45



図IV-11 雪冷蔵貯蔵庫のCO₂排出量比較

③ 小規模氷冷蔵貯蔵庫（アイスシェルター方式）の検討

i 小規模氷冷蔵貯蔵庫の導入意義

a 農業的側面

- ・ 生産農家での出荷調整を行うことにより、多様な消費者ニーズに合わせたきめ細かい対応ができます。

- ・ 生産農家や道の駅などにおいて、個別販売を行うための予冷库として利用できます。
- ・ 生産した農作物を1戸～数戸の農家単位で貯蔵できるため、農産物の生産者が明確に認識され、生産者の顔が見える安全・安心な農産物の提供につながります。
- ・ 農産物の予冷のみならず、アイデアを活かした多目的な利用により、メリットを拡大できます。
(実例として、米の直販、漬物製造、味噌の熟成等に利用されています。)

b 研究的側面

- ・ 小規模氷冷蔵貯蔵庫を、農産物の貯蔵実験や栽培実験などの農業研究に利用することで、地域の特性を活かした農業発展に貢献できると考えられます。

c 教育・普及啓発的側面

- ・ 身近に小規模氷冷蔵貯蔵庫が利用されることで、農業とエネルギー、環境に関する教材となり、新エネルギーの教育や普及啓発に利用できると考えられます。

ii 小規模氷冷蔵貯蔵庫の農業利用

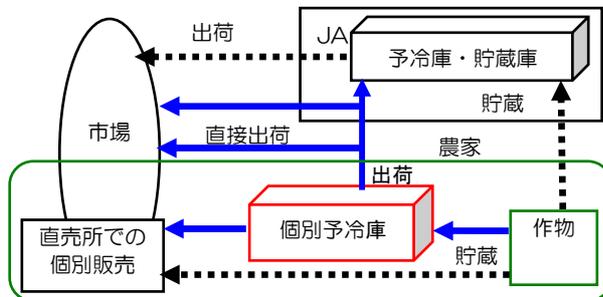
生産農家で収穫された野菜や花木等の農産物は、現在、農協の大規模予冷库（電気冷蔵式）に収集され、一時的に保管されますが、個別の予冷库で一時予冷し、農協の予冷库へ搬送している農家もあります。

農家個別または、数戸共同での利用が考えられる小規模氷貯蔵施設と、既存の小規模個別予冷库との比較を行います。

表IV-13に「北海道大学氷利用農産物長期貯蔵実験施設」と長沼町内の農家に実際に導入されている既存個別予冷库の施設概要等を示します。

iii CO2 排出削減量

表IV-14より、既存予冷库と比較し、アイスシェルターでは貯蔵面積 1m² 当たり 645kg/年の CO₂ 排出量を削減できると見込まれます。



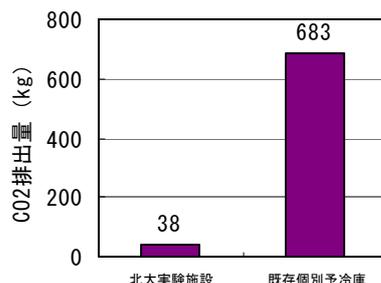
図IV-12 雪氷熱を利用した個別予冷库導入のイメージ図

表IV-13 北大実験施設と既存個別予冷库の概要およびコスト

	項目	単位	計算式	北大実験施設	既存個別予冷库
施設概要	設定温度	°C	A	0~3	-5~15
	設定湿度	%	B	90	-
	使用期間	日	C	365	365
	1日の使用時間	h	D	24	24
	貯蔵庫面積	m ²	E	24	10
	貯水庫面積	m ²	F	36	-
	延べ床面積	m ²	G=E+F	60	10
	貯水量	t	H	67	-
	送風機	kW	I	0.2	-
	冷蔵機	kW	J	-	1.5
各種コスト	年間使用電力量	kWh	K=C×D×I	1,752	13,140
	建設費	千円	L	10,000	1,800
	年間電気代	千円	M	40	302

表IV-14 北大実験施設と既存予冷库の電力消費量およびCO₂排出量

項目	単位	計算式	北大実験施設	既存個別予冷库
貯蔵期間	日	A	365	
貯蔵面積	m ²	B	24	10
年間電力消費量	kWh	C	1,752	13,140
貯蔵面積1m ² あたりの電力消費量	kWh/m ²	D=C÷B	73	1,314
CO2排出係数	kg-CO2/kWh	E	0.52	
貯蔵面積1m ² あたりの年間CO2排出量	kg-CO2/年	F=D×E	38	683



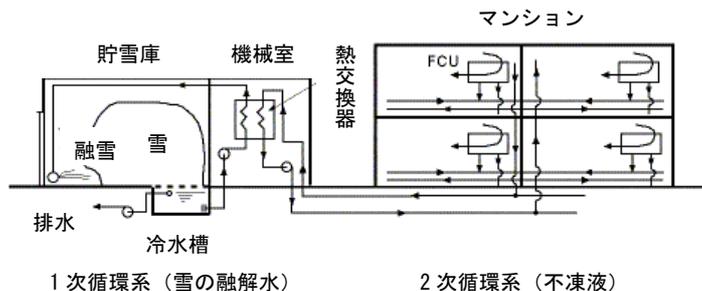
図IV-13 CO₂ 排出量の比較

④ 雪を利用した施設冷房の検討

雪氷熱を利用した施設冷房の事例は、農産物貯蔵への利用に比べて少ない現状にあります。「NEDO 北海道新エネルギーマップ 2004」によると、冷房における利用事例は、雪利用が9件、氷利用が1件、雪氷併用1件であり、雪を利用したシステムの導入が主です。これを考慮し、雪を利用した冷房と電気冷房のCO₂排出量の比較を行いました。

i 参考施設

美唄の雪冷房マンション「ウエストパレス」(1999年4月完成)を参考にします。施設諸元等はNEDOのHPに掲載されている「IEA(国際エネルギー機関)データベース CADDET 事業 情報先進諸国の省エネルギー・新エネルギー事業例 プロジェクト番号 JP-2003-024」及び「美唄市地域新エネルギービジョン」を参考にしています。



図IV-14 雪冷房マンションの概略図

ii システム概要

a 雪冷房システム

ウエストパレスでは、24戸(地上6階、各階4戸)の居間に雪冷房を利用しています。冬期に駐車場から除雪された雪を、春先に貯雪庫(貯雪容量約100トン)に投入して冷熱源を確保し、7月初旬~8月中旬の冷房に利用しています。この期間中に外気温度が一定温度を超えると、室温24℃、湿度55%に保つよう冷房を行います。冷房方式は熱交換(冷水循環)方式です。冬の暖房期には、2次循環系は真空式温水ヒータに接続され、暖房に活用されます。

b 電気冷房システム

雪冷房の比較対象として、各部屋にルームエアコンを設置した場合を想定しました。ルームエアコンは省エネタイプの製品で、消費電力、価格等はメーカーカタログ及び電気店聞き取りの数値を参考にしました。

表IV-15 雪冷房と電気冷房のシステム概要

項目		雪冷房		電気冷房		
設定条件	温度	24~25℃		25℃		
	湿度	55~60%		-		
	施設利用期間	7月初旬~8月中旬(150時間)		7月初旬~8月中旬(150時間)		
施設諸元	冷房面積	600m ² (25m ² /戸×24戸)		600m ² (25m ² /戸×24戸)		
	貯雪量	100t		-		
	機械設置台数	ポンプ(0.25kW×4機)	-		ルームエアコン 24機	
		FCU(0.054kW×24機)	-		(消費電力1.21kW・冷房能力4.0kW)	
		合計: 1.3kW		合計: 29.04kW		
電力使用	使用方法	外気が一定温度を超えると稼動		雪冷房と同条件で使用		
	使用量(kWh/年)	629		4,356		
建設費 工事費	(千円)	貯雪庫建設費	19,120	ルームエアコン	3,720	
		設備費(熱交換器、ポンプ、FCU、計装設備)	7,650	電気工事費	360	
		配管工事費	1,080			
		合計	27,850	合計	4,080	
年間 維持費	(千円/年)	電力料金	14	電力料金	100	
		雪投入費	50			
		合計	64		100	

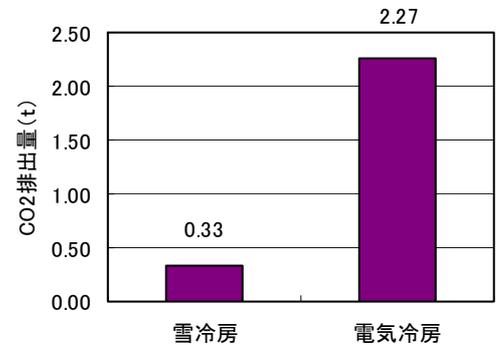
iii CO2 排出削減量

各システム年間電力使用量及び、CO₂ 排出量を、表IV-15 に示します。

電気冷房と比較した場合、雪冷房では 1.94 t /年の CO₂ 排出量を削減できると見込まれます。

表IV-16 年間CO₂排出量

項目	単位	計算式	雪冷房	電気冷房
年間電力使用量	kWh/年	A	629	4,356
CO ₂ 排出係数	kg-CO ₂ /kWh	B	0.52	
年間CO ₂ 排出量	t-CO ₂ /年	C=A×B/1000	0.33	2.27



図IV-15 雪冷房と電気冷房のCO₂排出量の比較

(7) コスト試算例

① 大規模雪氷貯蔵施設におけるコスト試算

年間コストは、年間の電気使用量、雪投入費（雪冷蔵貯蔵庫のみ）、建設費を耐用年数で除した減価償却費の合計とします。

なお、建設費については、アイスシェルターと雪冷蔵貯蔵庫は、NEDO 等の補助金を使用した場合を想定、電気冷蔵施設は農水省等の補助金を使用した場合を想定しています。（いずれも 50%補助）

アイスシェルター、雪冷蔵貯蔵庫、電気冷蔵貯蔵庫の年間コストは、それぞれ 24,524 千円と 29,399 千円、19,160 千円です。補助を利用した場合、年間コストは電気冷蔵施設が最も低くなります。

表IV-17 年間コスト

項目	単位	計算式	アイスシェルター	雪冷蔵貯蔵庫	電気冷蔵施設
施設建設費	千円	A	950,000	1,048,000	426,290
補助	%	B	50	50	50
補助使用での施設建設費	千円	C=A×B	475,000	524,000	213,145
施設耐用年数	年	D	20	20	20
減価償却費	千円	E=C÷D	23,750	26,200	10,657
年間電気料金	千円	F	774	1,949	8,503
雪投入費	千円	G	-	1,250	-
年間コスト	千円	K=E+F+G	24,524	29,399	19,160

② 小規模氷貯蔵施設におけるコスト試算

アイスシェルターと既存予冷庫を比較すると、貯蔵面積あたりの建設コストは、アイスシェルターのほうが 237 千円/m² 高くなります。

年間電気代は、アイスシェルターのほうが年間で 28.3 千円/m² 安くなります。

表IV-18 貯蔵面積あたりのコスト試算

項目	単位	計算式	アイスシェルター	既存予冷庫
貯蔵面積あたりの建設費	千円/m ²	A	417	180
貯蔵面積あたりの年間電気代	千円/m ² ・年	B	1.7	30

③ 雪を利用した施設冷房におけるコスト試算

年間コストは、年間の電気使用量、雪投入費、建設費を耐用年数で除した減価償却費の合計とします。

雪冷房と電気冷房の年間コストは、それぞれ 474 千円と 508 千円となり、補助を使用した場合、雪冷房のほうが低くなります。

表IV-19 年間コスト

項目	単位	計算式	雪冷房	電気冷房
建設費・設備費	千円	A	27,850	4,080
補助 ^{※1}	千円	B	50%	-
補助使用での施設建設費	千円	C=A×B	13,925	4,080
施設耐用年数 ^{※2}	年	D	34	10
減価償却費	千円	E=C÷D	410	408
年間電気料金	千円	F	14	100
雪投入費	千円	G	50	-
年間コスト	千円	K=E+F+G	474	508

※1 「バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業」(NEDO)等を想定

※2 雪冷房の耐用年数は、各設備の平均値

(8) 助成制度

表IV-20 代表的な雪氷熱エネルギー助成制度(平成16年度)

実施主体	事業名	対象	補助率・条件
NEDO	バイオマス等未活用エネルギー実証試験事業・同事業調査	企業、地方公共団体、公益法人、大学等の法人	1/2(実証試験) 定額(実証試験の実施に係るフィージビリティスタディ) ・公共施設等の冷房システム ・その他新規性のある冷熱利用システム
	新エネルギー事業者支援対策事業(補助事業)	民間事業者等	1/3以内 ・住居、事務所等冷房利用:雪氷貯蔵量100t/年以上 ・倉庫、保冷库等冷蔵等利用:雪氷貯蔵量200t/年以上
	地域新エネルギー導入促進事業	地方公共団体	1/2以内又は1/3以内、定額 ・上記と同じ。

(9) 導入可能性及び導入課題

① 導入可能性

- ・ 雪氷熱の農産物貯蔵への利用は、道内の導入事例も増えており、長沼町においても、有望なものと考えられます。また、北海道特有の豊富な自然エネルギーを利用し、アイデア次第で様々な有効利用の形態が考えられます。
- ・ 雪氷熱を利用した低温貯蔵は、農産物を長期間鮮度維持することが可能であるだけでなく、電気式貯蔵と比較してランニングコストが小さいことや、貯蔵期間中に糖度や食味が増すなど、付加価値の向上も期待されます。
- ・ 長沼町は年間85,000tの農産物を生産していることから、雪氷熱エネルギー利用による経済効果は計り知れないものと考えられます。

② 課題

- ・ 自然対流方式（氷室等）では、送風機等のランニングコストが低減されますが、貯蔵庫内温度の設定、一定管理が困難であるなどの短所があります。
- ・ 従来の農産物貯蔵庫を改造して導入することで、雪氷熱エネルギー導入の課題である初期コスト（冷凍機や配管・電気工事費など）や建設場所の確保の問題は解消される可能性があります。
- ・ 雪冷房・冷蔵方式の場合、除雪作業との連携等により、給雪費用の低減を図る必要があります。
- ・ 雪氷利用のメリットを活かすため、より効果（市場価格差）の大きい農産物への適用、「雪氷」を売りにしたブランド化・差別化による付加価値の向上などが重要と考えられます。
- ・ 上記のことを踏まえ、事業主体が利用目的を明確にして最も適した方式を選択するとともに、補助金等の活用によりコスト低減を図ることが必要です。また、導入のメリットを最大限に活かせるよう、流通、販売を含めて戦略的に実施することが必要です。

■参考資料

農産物の価格変動と出荷量

(1) 馬鈴薯の市場価格変動と出荷量

東京太田市場の卸売価格によると、馬鈴薯の卸売価格は4月、5月にピークを迎え、6～11月にかけて減少する傾向があります。一方、長沼産の馬鈴薯の道外出荷は10月が最も多く、2月まで出荷しています。雪氷熱エネルギーの利用により、低ランニングコストでの出荷時期調整が行え、4・5月に馬鈴薯を出荷することが可能になると考えられます。

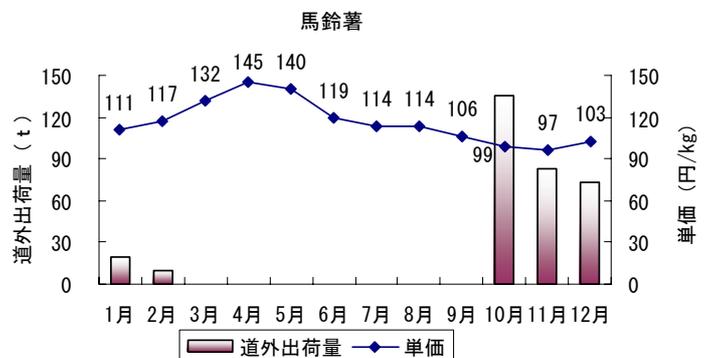
さらに、雪氷熱による貯蔵で、高品質の状態での保存することで、価格が減少傾向にある6月以降も、高価格で出荷できる可能性があります。

また、馬鈴薯の糖度上昇による食味の向上など、ブランド化も含め、単価向上による収益の拡大が期待されます。

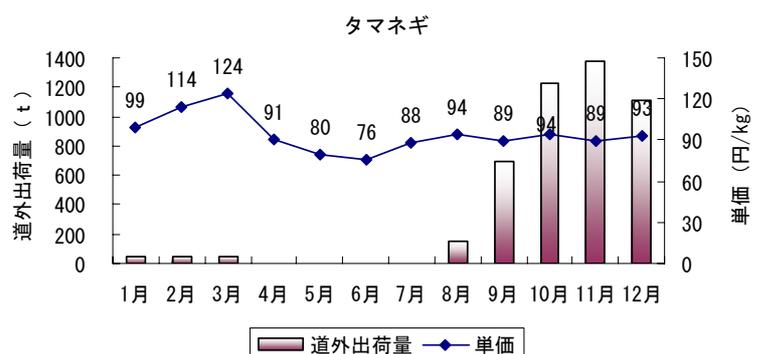
(2) タマネギの市場価格変動と出荷量

大阪本場市場の卸売価格によると、タマネギの卸売価格は1月から3月にかけて高値をつけ、その後、減少し、6～11月にかけて低く推移する傾向にあります。

一方、長沼産のタマネギは8月から道外出荷が始まり、11月が最も多く、3月まで出荷していますが、販売価格の高い1月から3月までの出荷量は非常に少なくなっています。タマネギも馬鈴薯と同様に、雪氷熱エネルギー利用による、低ランニングコストでの出荷時期調整によって、1月から3月の出荷量を増加、及び長期間の出荷が可能になると考えられます。



図IV-16 東京太田市場における馬鈴薯の価格推移及び JA 長沼の道外への馬鈴薯出荷量 (平成 14・15 年平均)



図IV-17 大阪本場市場におけるタマネギの価格推移及び JA 長沼の道外へのタマネギ出荷量 (平成 14・15 年)