

自然冷熱の雪山を利用した牛舎冷房の小規模活用モデル

土谷 富士夫 (帯広畜産大学)

1. はじめに

農業を支える最も大切なエネルギーは、いうまでもなく太陽エネルギーである。稲作・畑作はもちろん畜産は、太陽エネルギーを利用して行う作物の光合成に直接・間接的にも強く依存している。また、耕作、収穫、運搬、貯蔵などに使用されている化石燃料は意外に多く、肥料やハウスなどの農業資材も石油製品であり、この量をいかに削減するかが低炭素社会への目標である。近年冷熱を利用する試みが注目されている。冷熱の代表である雪は、雪室や集雪冷房システムに利用され始めている。氷室の歴史は古く飛鳥時代から利用され、金沢では雪を利用した氷室が再現され、6月1日を「氷室の日」に制定し、氷室まんじゅうを販売して無病息災を願うならわしである。また、氷を利用した本来の氷室は、小規模的に農産物貯蔵に利用されてきている。かつては、函館で天然氷をつくり本州に運ばれたが、冷凍機の発明により氷室等の貯雪技術は衰退してしまった。石油の高騰から、再び雪氷技術の関心が高まり、東北・北海道などで小規模の農産物貯蔵等の試みが始まった。北海道では雪氷利用施設は、農産物貯蔵や冷房等施設をあわせると63ヵ所に及んでいる。

2. 雪氷エネルギーとは

石油や天然ガスのような化石エネルギーに依存せずに、地域エネルギーの利用が必要である。地域エネルギーとは、地域社会を中心にエネルギーの需要と供給が密接に結びついたものを指し、太陽(熱、光)、風力、海洋、地熱、小水力などの自然エネルギーとバイオマス、廃棄物・廃熱など未利用エネルギーをいう。雪氷(冷熱)エネルギーという定義ははっきりしないが、雪、氷あるいは凍

土などの冷熱源を夏季に取り出し、農産物の貯蔵や建物の冷房に利用するものである。また雪氷熱エネルギーとも呼ばれている。平成13年に自然エネルギーのひとつに認められ、施設導入の補助の対象になった。

資源としての特徴は、寒冷地や高地に存在する固有のエネルギーで、その量は豊富である。クリーンであることからCO₂の排出の心配はなく、環境保全型である反面、地域的に偏在していることと、季節あるいは気象変動に左右されやすい。北海道では一般に、雪、氷や凍土は生活に対する厄介者として考えられ、その高度利用に目が向けられなかった。

3. 潜熱と雪氷エネルギーの価値

エネルギーとしての根拠は、水の「潜熱」にある。水は0℃で凍結・融解し、100℃で沸騰・蒸発する。この温度があり、温度は変化しない熱量がある。これを潜熱と呼び水-氷間で80kcal/kg、水-水蒸気間で540kcal/kgが必要である。したがって、雪は上空で水蒸気が潜熱を放出して地上に堆積し、地上では水が潜熱を放出して氷となる。また、地中に含まれる水分が凍結されて凍土が形成される。この雪氷エネルギーは、0℃付近の冷熱を保持するとともに、高湿度も供給することから、保存物が乾燥しにくい利点も与えることから、農産物の長期保存に適している。

4. 雪氷エネルギーの利用方法

雪を利用した貯蔵庫は主として冷熱源を内部に持つ方式と、外部の雪山を用いる方式に二分される。多くは、貯蔵庫内または貯雪施設に重機などを使用して雪を直接搬入する方式が多い。

雪は密度が小さいため、大きな容積を必要とするため断熱材等にコストがかかるのが最大の欠点である。雪をコンテナに詰め貯雪空間に運び込むタイプは貯蔵設備が小さく済む反面、搬入とコンテナ経費と手間がかかる。他方、冷熱源を外部の雪山に求める方式は、イニシャルコストは少ない反面、広い敷地を要し冷熱取出しが難しく断熱に工夫が必要である。美唄市農業共同組合が米穀零温貯蔵施設「雪蔵工房」を稼働している。貯雪量3600tに及ぶ国内最大級の雪室貯蔵システムである。

他方、氷を利用した氷室貯蔵庫も、同様に貯蔵庫内に冷気を導入して製氷する方式と、池、沼あるいはアイスpondの外部製氷で、貯蔵庫内に搬入するタイプと解凍冷水を取込むタイプがある。多くは、内部で製氷する方式が多く労力削減を目指している。氷の密度が最も大きい利点があるが、反面貯氷容積が大きく、製氷コンテナが多量に必要となる。「アイスシエクター」と呼ばれるD型ハウス型施設で、野菜の貯蔵に使用されている。上川管内愛別町内に設置された貯氷量約160tのアイスシエクターが稼働している。

次に凍土利用方式であるが、冬期間の外気にヒートパイプを用いて地中熱を放出し、貯蔵庫周囲の土を凍土化し、その冷熱で通年、バレイショ、長いもなど野菜や米を低温貯蔵する方法である。モデルプラントとして最初帯広畜産大学に建設され23年経過しているが、機能は変わらず庫内温度は4℃以下を維持している。帯広八千代地区に建設されたバレイショ70tを貯蔵するために建設されたヒートパイプ80本を使用した凍土低温貯蔵庫がある。

雪、氷および凍土の冷熱利用方式には違いがあるものの、貯蔵野菜の種類、貯蔵期間、貯蔵品質などによって採用要素が異なり簡単な比較はできない。また、地域特性によっても異なり更なる改良や開発によって期待も異なる。

5. 牛舎への雪冷房の事例

雪氷熱エネルギーの小規模活用モデルを示すと、雪堆積場を用いたスポット冷房システムとなる(図-1)。

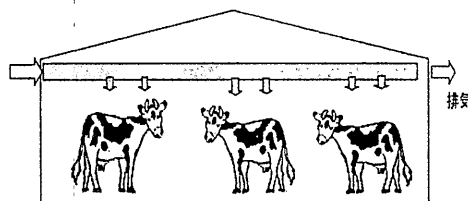


図-1 冷房システムのイメージ

- 1) 生産品名 乳牛・肉牛
- 2) 冷熱需要 スポット冷房
- 3) 需要量 1棟(100頭/棟)
- 4) 需要時間 316 hr/年
- 5) 需要地域 道内各地
- 6) 小規模活用モデル

①牛舎の概要

フリーストール、5-7 m²/頭、635 m²/棟

②スポット冷房

牛舎全体を冷やすのではなく、牛体に外気より若干温度の低い空気を送風し、牛の体感温度を下げる。冷熱源は冬季雪山の融解時の冷風を循環させ牛舎上部の配管より冷風を供給する。体感温度25℃の気温と風速の関係を表-1に示す。

牛舎内の送風管、送風機は下記のとおりである。

ポリダクト	500 mm
系統数	1 系統
吹出穴数	2 穴/頭
吹出穴径	50 mm
穴面積	0.002 m ² /穴
吹出風速	2 m/sec
設置位置	2.2m床上

牛体の上部1m程度に設置

流出量	3,391 m ³ /hr
送風機	3φ・200V・0.6kW,

3,500 m²/hr, 400mmダクト径

必要熱量は、吸込み口と吹出し口の温度差を2℃と

すると、2,184 kca/hr、稼働時間は316hr/年とする。安全率1.2を使用すると、必要熱量は828,178kcal/年となる。

雪堆積場の雪量は、送風機0.6kWから163,056 kcal/年となり、雪量12 t/年となる。自然融解量であるが、雪の上層部1.5mが自然融解部となり、下層部を冷熱源として利用する。上層と下層の間にシートとネットを敷設する。雪山の表面断熱材としてパークを用い、被服厚さは200mm以上とする。図-2に示すように雪堆積場はパワーショベル等で造成する。

表-1 体感温度25℃の気温と風速

気温 ℃	風速 m/sec 以上
28	0.3
29	0.5
30	0.7
31	1.0
32	1.4
33	1.8

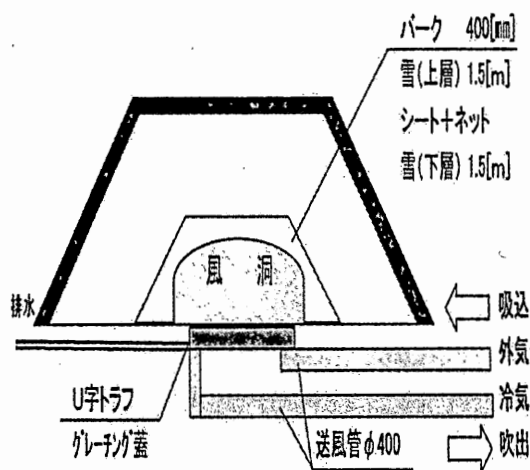


図-2 雪堆積場の造成方法

導入効果

乳牛のストレスおよび夏バテ防止することにより、7月中旬から8月中旬ころまでに起る乳量の3%

減少を防ぐことができる。

造成に関わる経費を計算すると、請負工事であると、780,000円程度、自営工事では約520,000円程度と考える。雪堆積場の平面図を図-3に示すとともに、造成に関わる経費の詳細を表-2に示す。北海道経済産業局の地域活性化推進事業で農業分野等における雪氷熱エネルギーのこのような少規模活用モデルを推奨している。

参考文献

- 1) 北海道経済産業局(2008):雪氷熱エネルギー活用事例集4、平成20年3月
- 2) 北海道経済産業局(2008):雪氷熱エネルギー小規模活用モデルシステム集、平成20年3月
- 3) 北海道経済産業局(2008):地域活性化推進事業、農業分野等における雪氷熱エネルギーの小規模活用モデル検討調査、委員会資料
- 4) 土谷富士夫(2009):雪氷熱を利用しよう-基礎から分かる仕組みとポイント、ニューカントリー、2009年11月号、22-24
- 5) 土谷富士夫(2007):電気いらず、ヒートパイプ利用の永久凍土貯蔵庫、現代農業、2007、12月号、268-270
- 6) 土谷富士夫(1994):寒冷エネルギーを利用した農産物貯蔵、太陽エネルギー-20巻1号、46-52
- 7) 土谷富士夫(2007):食料危機と雪氷エネルギー、雪氷、69巻3号、393-397

自然冷熱の雪山を利用した牛舎冷房の小規模活用モデル

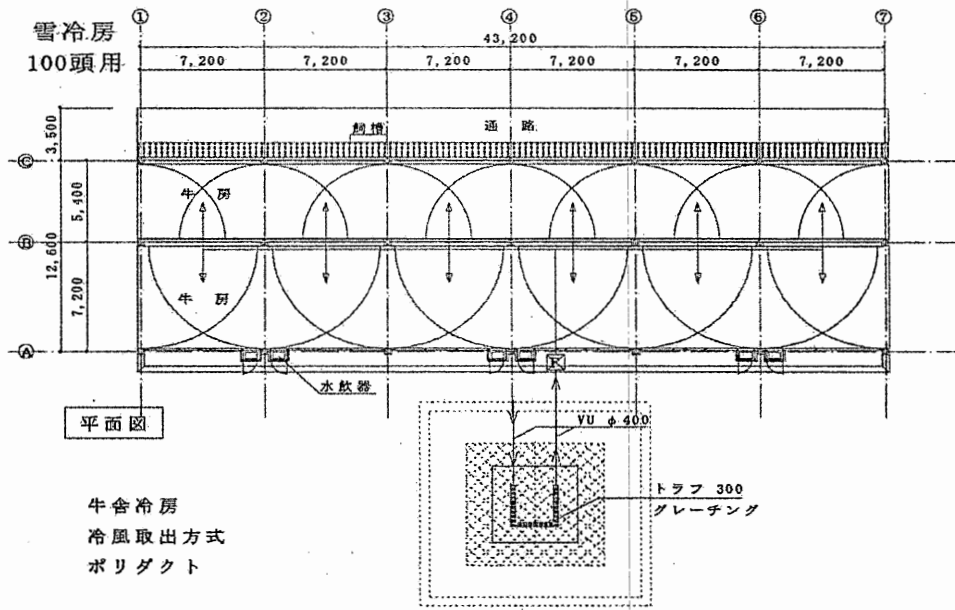


図-3 雪堆積場と牛舎の平面図

表2 雪堆積場等造成費

工種名称	摘要	数量	金額	備考
堆積場 U字トラフ	300B	9m	49,500	
同上グレーチング蓋		9m	135,000	
水抜きパイプ	φ50	15m	3,900	
機械設備 送風機	ダクトファン 3,500m ³	1式	140,000	動力工事を含む
塩ビ管ダクト	φ400	20m	200,000	
ポリダクト		50m	5,000	
雪山造成 建設機械	小型バックホウ(製形)	290m ²	50,000	回送費を含む
建設機械	タイヤシャベル(集雪)	290m ²	50,000	回送費を含む
シート	5年流用	85m ²	6,800	
同上敷設工			3,400	
ネット	5年流用	85m ²	23,800	
同上敷設工			11,900	
パーク材	5年流用	60m ³	24,000	
同上敷設工			12,000	
諸経費			64,700	
合計			780,000	