

雪氷冷熱利用の取り組み

大規模長期食糧備蓄基地構想推進協議会
北海道大学大学院 農学研究科
教授

浦野 慎一 様

雪氷冷熱利用の取り組み

大規模長期食糧備蓄基地構想推進協議会

北海道大学大学院 農学研究科 教授

浦野 慎一 様



限りある資源の消費から自然エネルギーの活用へ

従来の大きなエネルギー資源といえば、ひとつは石炭・石油に見られるような高密度の有機物でした。現在人類は、地質時代に長い年月をかけて蓄積されたこれら有機物を、地球の歴史から見ればほんの一瞬で燃焼し、その燃焼ガスで地球環境問題を招いています。またそれと同時に「資源の枯渇」という懸念も生じています。もうひとつは原子力資源です。ウランウムなどの同位体元素は、地球誕生のときから隕石に含まれている微量元素で、やはり枯渇が懸念されています。また原子力の場合さらに大きな問題として、エネルギーを取り出す過程で放射能を放出する危険性がかかえています。

このような従来型エネルギー資源は、広い意味では自然エネルギーですが、再生可能ではないため、一般にいう自然エネルギーとは区別して考えられています。そしてこれら従来型資源は、環境問題と密接な関係をもっています。石炭・石油のような化石燃料は、燃焼するとCO₂ガスを放出し、地球温暖化や大気の変動をもたらします。ほかにも石油起源の化学肥料が引き起こす汚染など、さまざまな問題が生じていて、その影響で生物と人間の生存基盤や共存関係が今や崩壊しかねない状態です。

では従来のエネルギーに対して、自然エネルギーとは何でしょうか。ご存じのように、地球は球形で、傾きつつ自転しながら太陽のまわりを公転しています。これにより、地表面に降り注ぐ太陽エネルギーは、時間的・空間的に不均一になります。それで、赤道に達する太陽光と北極・南極に達する太陽光が均一ではないため大気が循環し、それに伴って水循環が生じます。それから季節の変化が生じ、生物の生育が1年周期で起こります。そうした変化が生み出す

風力、水力、地熱、バイオガス、そして太陽光などが自然エネルギーです。すなわち自然エネルギーは、太陽エネルギーと地球の運動によって周期的に生み出される地域的なエネルギーであります。これらは消費によって枯渇するエネルギーではないため、これからはこういった自然エネルギーに注目する必要があります。

雪・氷・凍土の冷熱エネルギーを活かす

そこで本題の冷熱エネルギーについてお話しします。なお、ここでお話する雪氷冷熱は「自然エネルギー」ですが、国のエネルギー政策では「新エネルギー」というカテゴリーに入っています。

自然エネルギーには周期性があると言いましたが、1年間の季節変化に伴って、冷熱エネルギーにも周期性が見られます[資料4]。冬には自然の冷気で水が凍りますが、これを冷熱吸収といいます。冬のあいだに潜熱の形で雪氷に蓄積された冷熱を、夏に取り出して利用することができます。一般に冷熱といえば、このように夏に利用するものですが、実は冬でも使うことができます。例えば、氷は夏に冷熱を発生させるとともに、冬も凍結する過程で潜熱を出すので、冬は暖房、夏は冷房として、一年中使うことができるわけです。

冷熱エネルギーを蓄積している資源は、雪、氷、凍土です。冬の冷気が夏まで保てば、冷気が理想的な資源になるのですが、冷気というのは潜熱蓄積がなく比熱も小さいため、そのままでは夏まで保存できません。そこで雪氷、凍土を使います。ここで、それぞれの特徴をまとめてみましょう[資料6]。雪の冷熱利用は簡単です。降ってきた雪を直接利用するという、わかりやすい方法です。この場合、雪を集める

労力が必要になりますが、除雪と組み合わせれば効果的です。次に氷は、貯蔵タンクに水を入れておけば、冬にその水を自然冷気で凍らせることができます。それを夏に解かし、また冬に凍らせるという繰り返しで、年間の利用が可能になります。ただしデメリットとして、貯氷タンクにコストがかかります。最後に凍土ですが、凍土は雪が少なく寒冷な地域での利用が可能です。凍土の場合、利用施設との組み合わせなど利用方法にはまだ工夫が必要です。

ではこれら三つの資源が北海道のどの地域で利用しやすいかというと、氷は寒くて積算寒度が大きい道東で、雪は日本海側の多雪地域で、また凍土は寒冷で雪が少ない道東での利用が効果的です。

農産物の貯蔵が最も効果的

北海道では、こうした雪氷冷熱の利用が数年前から進められています。

まず雪利用ですが、例えば1995年に建設された沼田町の米の低温貯蔵施設で利用されています。貯雪量1,500トン、米貯蔵量8,000トンで、雪を米の低温貯蔵に利用しようという施設です。貯雪庫と米の貯蔵ビンのあいだで冷気を循環させて低温貯蔵を行っています。また美唄^{びばい}の介護老人施設や温泉施設、沼田の生涯学習センターなどでは、雪を冷房に利用しています。

次に氷の利用ですが、愛別町で実験的に建てられた農産物貯蔵庫があります[資料12]。建物の左側に貯氷タンクを積み重ねた貯氷庫があります。中央に緩衝地帯の部屋があり、右側が農産物の貯蔵室です。冬は外気を貯氷室に取り入れて貯氷タンクの水を凍らせ、夏にその氷を解かします。貯氷室の水を常に水と氷の共存状態に保ち、その貯氷室の冷気を貯蔵室送り、循環させます。これは雪と違って、氷の凍結と融解を利用して一年中0℃の環境を保持するシステムです。現在はジャガイモの貯蔵などに使われています。

北海道大学では2年前に、もう少し簡単な実験施設を作りました[資料13]。システムは愛別町のもと同じで、貯氷室と貯蔵室があります。ただし緩衝地帯は設けず、ダクトで空気を循環させています。それによって貯蔵室を一年中0℃に保ちます。

氷を冷房に使っているのが、帯広の実験施設の例

[資料14]です。この円筒形の建物に貯氷タンクが図のように積み重ねられていて、冬になると両サイドから冷気が入り、タンクの中の水を凍らせます。そのときに潜熱が発生するので上昇気流が生じます。この自然対流でタンクの水は下から順に凍ります。その氷を夏まで貯蔵しておいて、建物内の部屋を冷房するというしくみです。

旭川で2002年に完成した北方建築総合研究所では、氷と雪のハイブリッド型を用いています[資料15]。地下の貯氷施設に貯氷タンクを積み重ねた部屋があり、冬に外から冷気を取り込み、タンクの水を凍らせ、それを夏まで保存して研究室を冷房するというシステムです。

このほか農作物の温室でも、冬はバイオガスによるコージェネレーションで暖房を使い、夏は氷の冷熱を冷房に利用するといった実験が進んでいます[資料16]。

もう一つの冷熱資源、凍土の利用ですが、これは帯広畜産大学で研究が行われています[資料17]。凍土を作る場所を設定し、その中に貯蔵庫を置きます。このシステムでは、効率よく凍土を作るためヒートパイプを使って地表の冷熱を地中に送り込んでいます。

最後に、冷熱利用の今後の方向性について述べます。まず冷房ですが、雪氷冷熱を使えば換気冷房ができるため健康的な冷房が可能です。ただし雪氷の貯蔵施設が必要なため、用途としては家庭よりも、病院や老人施設といった大型集合施設への導入が適しています。

冷房よりももっと有効な利用法は、農産物の長期貯蔵への利用です。雪氷冷熱を使えば、電力なしで、農産物の貯蔵に適した安定した低温環境の創造が可能です。これにより道内農産物の出荷調節が可能になり、また長期貯蔵によって新しい付加価値の創出が期待できます。そうなれば、北海道の農業と経済に大きなメリットを生み出すことになります。

ただし、雪氷冷熱を利用するには技術的な課題がまだいくつかあります。例えば、熱損失の少ない雪氷貯蔵施設や、効率の良い熱交換の方法を開発する必要があります。今後、こうした課題を解決しながら、自然エネルギーとしての冷熱を積極的に使っていくことが、地球環境問題に対する地域の対策として重要になるだろうと考えています。

1. エネルギー資源について —従来のエネルギー資源—

燃料資源 (石炭、石油等の化石燃料)

- ・過去の地質時代に蓄積された高密度有機物
- ・CO₂など燃焼ガスの発生
- ・枯渇の懸念

原子力資源 (ウラニウム等の同位体物質)

- ・地球誕生時から存在する物質 (隕石に含有)
- ・放射能放出と廃棄物処理の問題
- ・微量元素であるため資源枯渇の懸念

これらは「自然資源」ではあるが、リサイクルが不可能であるため
いわゆる「自然エネルギー資源」とは区別している。

注意：「電気」は資源ではなくエネルギーのひとつの形態

1. エネルギー資源について —地球環境問題の本質—

- ・化石燃料は長い年月をかけて地球が蓄積した太陽エネルギー起源の有機物
- ・現在、人間がその有機物を一気に放出
- ・結果として、CO₂放出に伴う地球温暖化・大気環境変化
つまり、生物と人間の生存基盤 (地球環境) が変化
- ・生物と人間の共存関係の崩壊
- ・人類 (と生物) の将来に対する不安

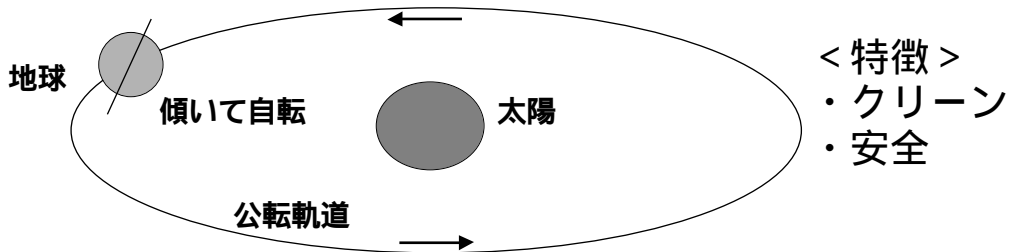
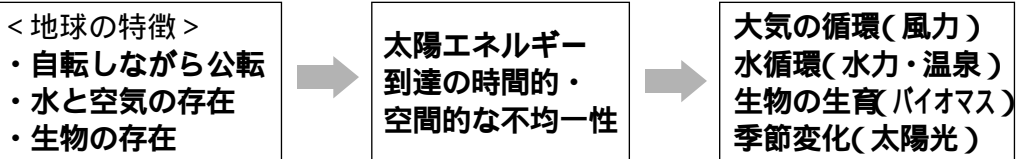
地球の年代



2. 自然エネルギーの特長 — 自然エネルギーとは何か? —

< 自然エネルギーとは? >

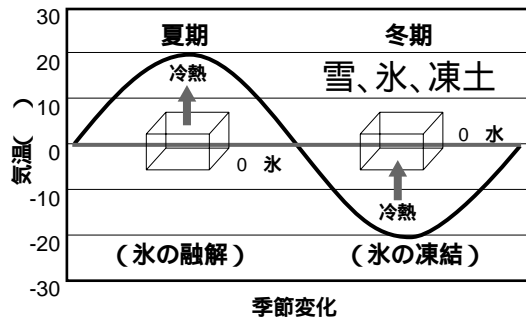
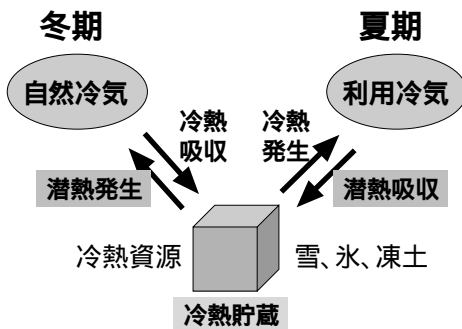
太陽エネルギーと地球の運動によって周期的に生み出される地域的なエネルギー



2. 自然エネルギーの特長 — 冷熱エネルギー —

冷熱エネルギー (季節変化に伴う水の相変化を利用)

- ・ 氷点下の冷気を持つ冷熱を夏期に使えばエネルギーになる
- ・ 冷熱は水の凍結によって「潜熱」として貯蔵される



3. 北海道の冷熱エネルギー資源 —冷熱資源とは?—

冷熱資源とは? 冷気、および氷(潜熱)を含む物質

↓
雪・氷・凍土

冷熱資源の種類と特徴

冷熱源	冷熱資源	原料	密度	特徴
寒冷気候	冷気	空気	-	直接利用
	雪	水	約0.5	夏期利用
	氷	水	約1.0	夏・冬利用
	凍土	水	約0.5	夏利用

3. 北海道の冷熱エネルギー資源 —冷熱資源の種類と特徴—

雪冷熱

- ・利用が簡単、わかりやすい
- ・毎年、貯雪庫へ雪を集める作業(労力)が必要
- ・除雪と組み合わせることで、効果が増大

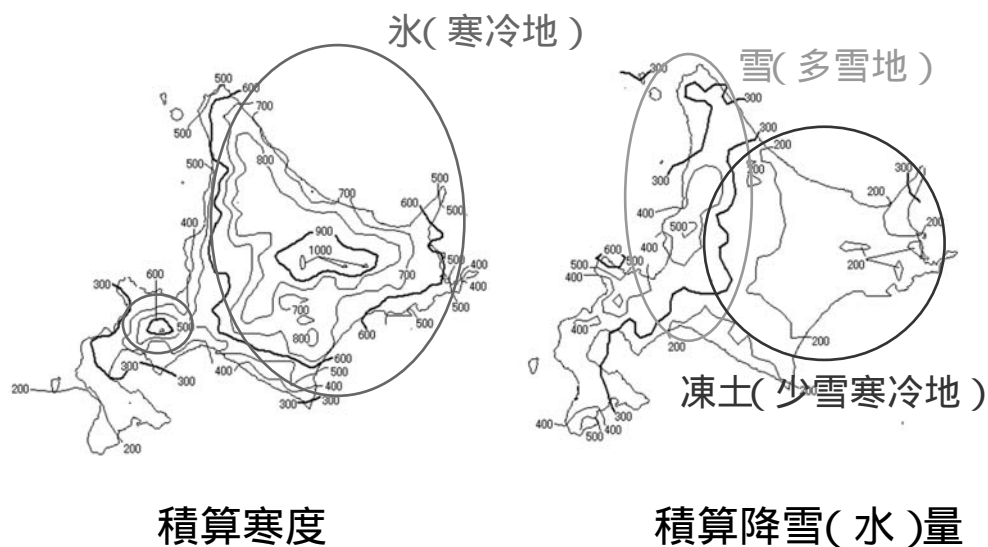
氷冷熱

- ・冷熱密度が高く、冷気から人工的に製造が可能
- ・水の凍結・融解を繰り返すことで、年間利用が可能
- ・貯氷タンクにコストがかかる

凍土熱

- ・雪が少ない、少雪寒冷地域で利用が可能
- ・利用施設のなど、利用方法に工夫が必要

3. 北海道の冷熱エネルギー資源 —冷熱資源の地域分布—

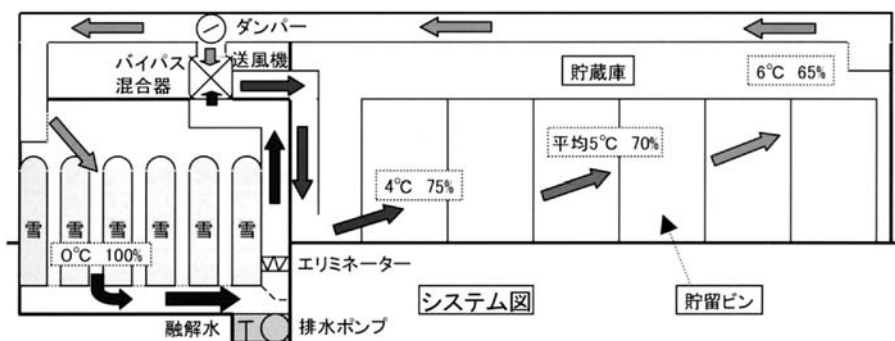


4. 冷熱エネルギー利用の事例 —雪の利用(1)米の貯蔵—



沼田町の米低温貯蔵施設(雪中米)
1995年建設、貯雪量1,500トン、米処理量8,000トン

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —雪の利用(1)米の貯蔵—



米貯蔵施設(沼田)の冷蔵システム

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —雪の利用(2)・冷房—



賃貸マンション(美唄) 1999



介護老人施設(美唄) 1999

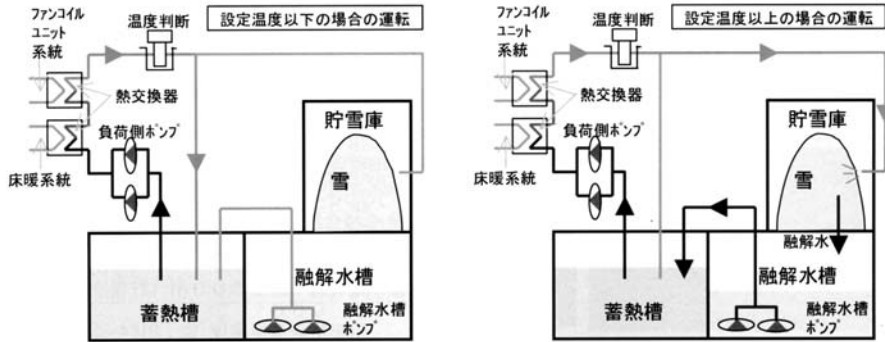


生涯学習センター(沼田) 2001



大衆温泉施設(美唄) 2003

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —雪の利用(2)・冷房—



米貯蔵施設(沼田)の冷蔵システム

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —氷の利用(1)貯蔵—

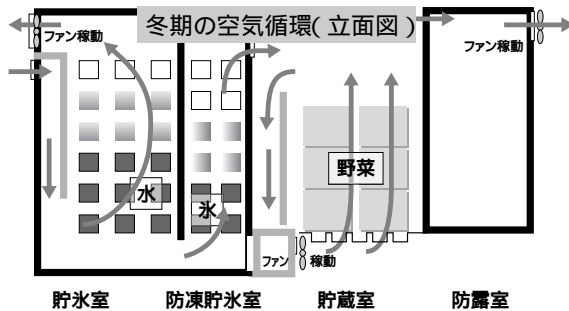


愛別町の農産物貯蔵庫
(アイスシェルター)

1988年完成

ジャガイモ100トン貯蔵

貯氷量160トン



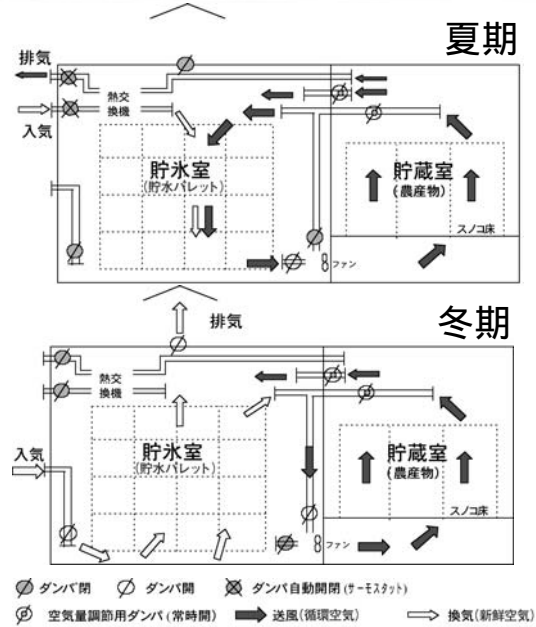
冷気を貯氷タンクの下部へ導入し、氷を作る

氷の凍結(冬)・融解(夏)を利用して1年中
0 の低温環境を保持(氷利用の特徴)

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —氷の利用(1)貯蔵—



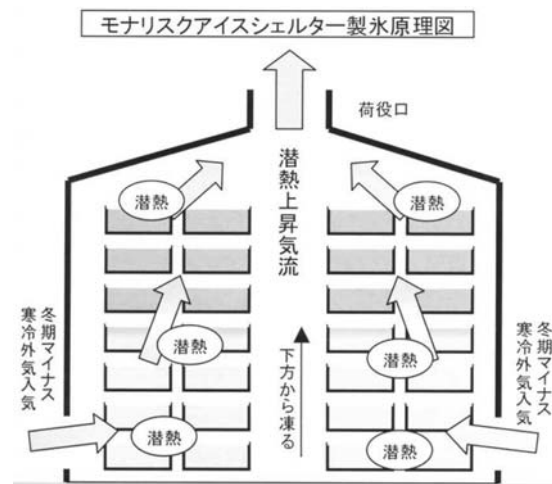
北大の農産物貯蔵実験施設
2002年完成
床面積60m²
貯水量約60トン



4. 冷熱エネルギー利用の事例 —氷の利用(2)冷房—

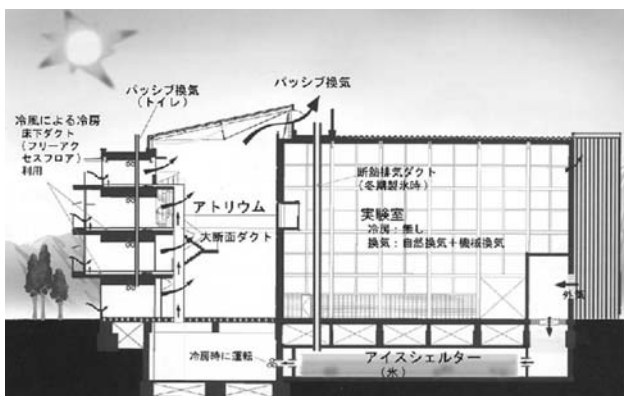


帯広の冷房施設
(モナリスクアイスシェルター)
冷房面積204m²
貯水量48トン
2000年完成



4. 冷熱エネルギー利用の事例 —氷の利用(2)冷房—

北方建築総合研究所(旭川)



貯水量100トン、
貯雪量100トン
雪氷ハイブリット型
2002年完成

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —氷の利用(3)その他—



貯蔵実験施設(北檜山) 2001年



温室栽培施設(月形) 2001年

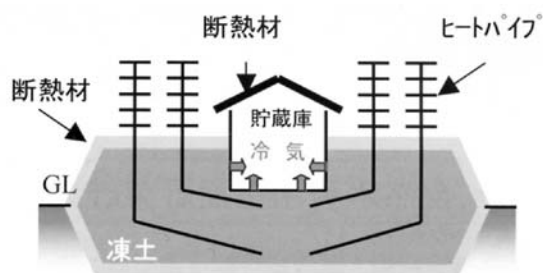
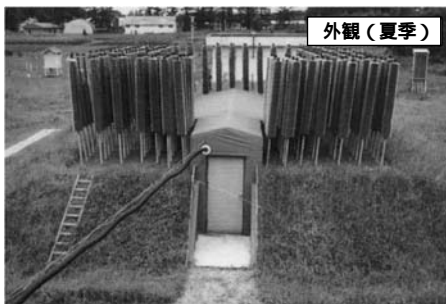


えのき栽培施設(愛別) 2002年



苗木貯蔵施設(ニセコ) 2003年

4. 冷熱エネルギー利用の事例 —凍土の利用—



帯広の貯蔵実験施設
1987年完成・ヒートパイプ216本
床面積200m²・凍土厚さ約2m

5. 冷熱利用の今後の方向と課題

冷房

- ・換気冷房が可能のため、健康的な冷房が可能
- ・病院、老人施設など大型集合施設への導入が有利

農産物貯蔵

- ・農産物貯蔵に適した環境の創造が可能
- ・道内農産物の安定出荷が可能になり経済的効果が大
- ・長期貯蔵で新しい付加価値の創出が可能
- ・安定出荷と付加価値で経済的効果が期待できる

技術的課題

- ・熱損失の少ない貯雪氷庫の開発
- ・貯氷タンクの開発
- ・効率の良い熱交換方法の開発