

## 雪資源の石油エネルギー換算とCO2低減効果

その他（別言語等） のタイトル	Oil Equivalence and CO2 Reduction Effect of Snow
著者	媚山 政良
雑誌名	室蘭工業大学紀要
巻	53
ページ	3-5
発行年	2003-11
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/78">http://hdl.handle.net/10258/78</a>

# 雪資源の石油エネルギー換算とCO<sub>2</sub>低減効果

媚山 政良<sup>\*1</sup>

## Oil Equivalence and CO<sub>2</sub> Reduction Effect of Snow

Masayoshi KOBAYAMA

(論文受理日 平成 15 年 8 月 29 日)

### Abstract

It is easy to store snow until summer. In summer, the snow can be utilized as cold heat energy resources for various purposes. We can reduce the consumption of oil 10 liters and the production of CO<sub>2</sub> of 30 kg by the utilization of the snow of 1 ton. These reduction effects by the snow are remarkably. Air-conditioning by the snow has many excellent characteristics than that by mechanical air-conditioner. And also, we can expect the economical effect by the utilization of the snow. The snow will be utilized more widely and effectively to save energy and to keep environment clean.

Keywords: Snow, Cold heat resources, Energy saving, Oil Equivalence, Clean environment, CO<sub>2</sub> reduction effect

### 1. はじめに

わが国の雪国では、年間、約 500 億トンから 900 億トンの雪が降ると言われている。その内、5000 万トン程度の雪が、雪捨て場(雪堆積場)へ運搬排雪されて、また、雪対策経費(運搬排雪の経費のみだけではない)は、年間、4000 億円程度と推定される。このように雪と戦いつつも雪と折り合いを付け暮らして雪国は、国土面積の 50%以上を占め、人口は 20%に達し、農業を基幹産業とする経済規模は大きい。

冬に降った雪を夏まで保存することは簡単である。夏の雪氷は冷熱エネルギー源として利用できる。1トンの雪氷を利用することにより、約 10 リットルの石油の消費を節約でき、約 30kg の炭酸ガスの放出を抑制することが可能である。

この量は少ないものではなく<sup>1)</sup>、たとえば、雪堆積場へ毎年、運搬排雪される 5000 万トンの雪のうち、その 6 割、3000 万トンが冷熱エネルギー源として利用されるとすると、毎年、30 万リットル、200 リットル入りのドラム缶で 150 万本分の石油の消費が節約でき、80 万トンの炭酸ガスの排出を抑制できる。また、冷熱を販売することを想定してみると、たとえば、雪氷 1トンの潜熱 80Mcalの売値を 5000 円(現行の地域冷熱供給単価の約 1/2)とすると 1500 億円/年にもなる。雪は冷房に用いると従来の冷房システムよりも優れたいくつかの特長を示すが、上記のように、雪堆積場へ

毎年、運搬排雪される雪を利用するだけでも、省エネルギー、環境保全に大きな効果を期待できるほか、経済効果も少なからず見込める。このため、「雪の利用」は 21 世紀の雪国の発展の大きな起爆材の一つとして期待されている。

夏、暑く、冬、大量の雪が降るのは、わが国の雪国が代表である。夏、暑く、冬、寒くとも雪が降らない地域では、冬期の寒冷気により氷を作り、雪と同様の使い方をすれば良い。雪の降らない、わが国の太平洋側へは、列島の背骨の山々から重力などにより雪を運べば済む。

なお、雪の融解温度は 0 であり、そのままでは 0 以下の環境を作り出せないが、塩類やアルコール類などの融点降下剤の添加により、-15 度までの低温環境を作り出すことができる。また、冷凍機の凝縮器を雪の冷熱により冷却することにより、0 以下の環境を作りつつ、動力を低減し、かつ、冷凍機の小容量化を図ることができる。このように、冷凍機と雪氷とは競合関係にあるのではなく、協調と住み分けの関係にある。

### 2. 雪氷の保存と利用の例

雪は密度の低い氷である。0 度で解け、それ以上の温度の物体を冷やすことができる。したがって、雪は暑い夏まで貯蔵保存して、はじめて冷熱エネルギーとしての価値を産む。

夏の冷熱の代表的な利用方法は冷房である<sup>2)</sup>。通常冷房は外気温度よりも 5~7 低い温度に設定され、氷の融解

\*1 機械システム工学科

温度0℃は冷房として利用するには十分過ぎるほど低温である。また、雪による冷房（雪冷房と呼ばれ、図1にそのシステムを示す）は、空調機によるよりも除湿能力が高く、また、融けつつある雪の表面においてアンモニアなどの水溶性のガスを吸収し、空气中に浮遊している塵埃を吸着するフィルターと同様の効果を期待できるとともに、マイナスイオンを空气中に供給するため森林浴に良く似た快適な環境を提供できる。

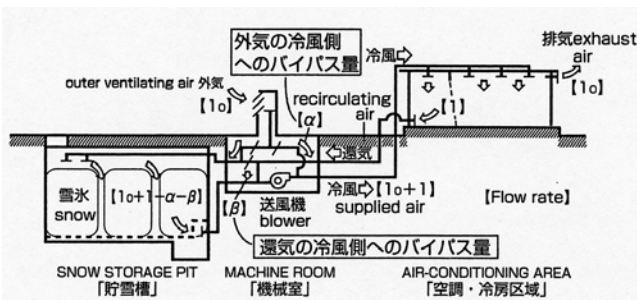


図1 雪冷房のシステム

また、雪はその表面積が広いいため周囲の空気を良く冷やし、また、十分な水蒸気を供給する。この特長を利用すると、2~4℃、湿度85%以上の安定した熱環境を容易に得ることができ、この特長を利用した、図2に示す水室型農産物保冷庫はすでに数多く実用に供されている。

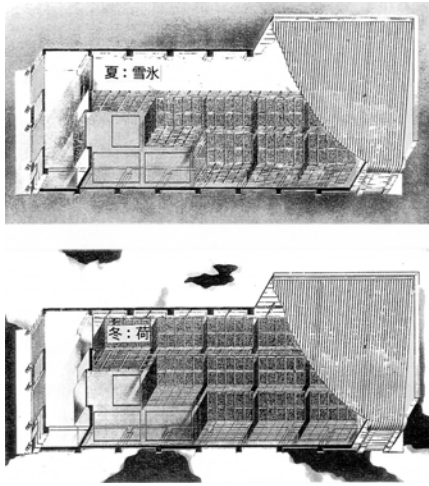


図2 水室型農産物長期保冷庫

一方、数万から数百万トンの雪捨て場（雪堆積場）の雪の山をそのまま夏まで保存し、利用しようとする計画が進んでいる。雪の山を数十cmの柵柄、あるいは、ウッドチップにより覆い断熱を施すだけの簡単な施設であるが、春から盛夏を経ても高さ方向に2m程度の融雪しかなく、残りの大量の雪は、夏に全て冷熱として使用できる。このシステムを「沼田式雪山」と呼んでいる。冷熱は冷水によ

る管輸送と雪をそのまま掘り出し、運搬輸送しユーザーへ届ける宅配便のようなシステムを想定している。数年内に稼働を目指す沼田式雪山の概念図を図3に示す。ちなみに、夏まで貯蔵した10万トンの雪を用いると約2町歩(100m x 200m)の無菌栽培工場の冷房を賄うことができる。なお、このような雪利用の機能も備えた雪堆積場は、未来に受け渡すべき新しいインフラ施設としても注目されている。

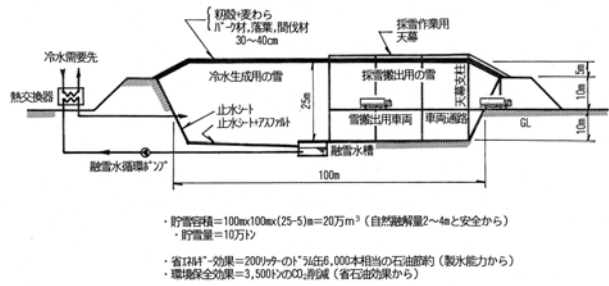


図3 雪堆積場を兼用した沼田式雪山

### 3. 雪水冷熱レバレッジの原油換算とCO<sub>2</sub>抑制量

雪の原油換算(OeI<sub>20</sub>)を1 tonの雪(=水)を冷凍機により作るのに必要な原油の量として計算する。

#### 3.1 基礎資料

雪水冷熱レバレッジの原油換算とCO<sub>2</sub>抑制量を算出するための、原油発熱量、CO<sub>2</sub>排出原単位、熱効率、動作係数などを示すが、これらの値は年などにより変化することに留意する必要がある。

##### a) 原油について

$$\begin{aligned} \text{発熱量} &= 9250[\text{kcal}/\text{l}_{(o)}] \\ \text{比重} &= 0.925[\text{kg}_{(o)}/\text{l}_{(o)}] \\ &= 9250/0.925[\text{kcal}/\text{l}_{(o)} / \text{kg}_{(o)}/\text{l}_{(o)}] \\ &= 10000[\text{kcal}/\text{kg}_{(o)}] \\ [\text{換算}] &= 10^4[\text{kcal}/\text{kg}_{(o)}] \times 10^3[\text{kg}_{(o)}/\text{ton}_{(o)}] \\ &= 10^7[\text{kcal}/\text{ton}_{(o)}] \end{aligned}$$

##### b) CO<sub>2</sub>排出原単位について

$$\begin{aligned} \text{原油でのC量} &= 0.781[\text{Gg}_{(C)}/10^{10}\text{kcal}] \\ [\text{換算}] &= 0.781[\text{ton}_{(C)}/\text{ton}_{(o)}] \\ \text{原油でのCO}_2\text{量} &= 2.864[\text{ton}_{(CO_2)}/\text{ton}_{(o)}] \end{aligned}$$

##### c) 火力発電所について

$$\text{熱効率} = 0.4[-] (\text{=送電端効率})$$

##### d) 製氷冷凍機について

$$\text{動作係数} = 2.5[-] (\text{=ダットミックアイを想定})$$

3.2 雪の原油換算と CO<sub>2</sub> 抑制量

1ton の氷を作るのに必要な冷熱量(EeI<sub>20</sub>)を算出する .

20 から 0 まで水を冷却する顕熱

$$= 20 \times 10^3 \text{ [kcal/ton}_{(w)}]$$

0 の水を凍らせる潜熱

$$= 79.68 \times 10^3 \text{ [kcal/ton}_{(i)}]$$

合計 EeI<sub>20</sub> = 99.7 × 10<sup>3</sup> [kcal/ton<sub>(i)</sub>]

したがって, OeI<sub>20</sub> = [1ton の氷を作る冷熱量 ]

$$/ \text{ [動作係数 } x \text{ (熱効率 } x \text{ 発熱量 ) ]}$$

$$= 99.7 \times 10^3 \text{ [kcal/ton}_{(i)}]$$

$$/ \text{ [ 2.5[-]x(0.4[-]x9250[kcal/l}_{(o)}] ) ]}$$

$$= 10.78 \text{ [l}_{(o)}/\text{ton}_{(i)}]$$

$$\text{[換算]} = 9.97 \text{ [kg}_{(o)}/\text{ton}_{(i)}]$$

また, 以上より,

$$\text{CO}_2 \text{抑制量} = x = 28.55 \text{ [kg}_{(\text{CO}_2)}/\text{ton}_{(i)}]$$

$$\text{Cの抑制量} = x' = 7.79 \text{ [kg}_{(C)}/\text{ton}_{(i)}]$$

したがって, 1 ton の雪氷を利用することにより, 約 10 リットル の石油の消費を節約し, 約 30kg の炭酸ガスの放出を抑制できることが分かる .

4 . 1 億ト(初期)の雪の利用による省エネルギー - , 環境保全効果の例

雪の利用を考えると, 雪が集積し, また, その利用個所が近接していることが望ましい . この条件を満たした雪利用の一つの適地は, 雪堆積場 (雪捨て場) である . 前述のように毎年, 雪堆積場に運搬排雪される雪の量は, おおよそ 5000 万トであり, 図 3 に示した「沼田式雪山」の形式で利用できる . 一方, 図 2 の氷室, あるいは, 図 1 の雪冷房施設のように雪堆積場とは直接関連せず, 個別に貯雪し, その雪の利用を図る施設の普及も望めるが, 仮に, その雪の量を全国の雪堆積場における量 5000 万トと同じと考えれば, 将来, わが国では 1 億ト程度の雪を利用する可能性がある . ここでは, 初期に貯蔵した 1 億トの雪の利用による省エネルギー - , 環境保全効果を示す .

$$\bullet \text{ 1 億}[\text{ton}_{(s)}/\text{年}] = 10^8 [\text{ton}_{(s)}/\text{年}] \text{ (貯蔵開始時(初期)での量)} \quad [a]$$

$$\text{雪の利用(可能)率} = (1 - \text{自然融解}) \times (1 - \text{輸送損失}) \\ = (1 - 0.2) \times (1 - 0.25) = 0.6[-] \quad [b]$$

$$\text{利用可能な雪の量} = [a] \times [b] \\ = 10^8 [\text{ton}_{(s)}/\text{年}] \times 0.6[-] = 6 \times 10^7 [\text{ton}_{(s)}/\text{年}] \quad [c]$$

$$\bullet \text{ 利用可能冷熱量} = x[c] \\ = 99.7 \times 10^3 \text{ [kcal/ton}_{(i)}] \times 6 \times 10^7 [\text{ton}_{(s)}/\text{年}]$$

$$= 5.98 \times 10^{12} \text{ [kcal/年]} = 5.98 \times 10^{15} \text{ [cal/年]} \\ = 5.98 \text{ [P(ワット)cal/年]} \quad [d]$$

$$\bullet \text{ 原油換算量} = x[c] \\ = 9.97 \text{ [kg}_{(o)}/\text{ton}_{(i)}] \times 6 \times 10^7 [\text{ton}_{(i)}/\text{年}] \\ = 5.98 \times 10^8 \text{ [kg}_{(o)}/\text{年}] \\ = 5.98 \times 10^5 \text{ [ton}_{(o)}/\text{年}] = 59.8 \text{ 万}[\text{ton}_{(o)}/\text{年}] \quad [e]$$

$$\text{[換算]} = 59.8 \text{ 万} \times 10^3 \text{ [kg}_{(o)}/\text{年}] / 0.925 \text{ [kg}_{(o)}/\text{l}_{(o)}] \\ = 64.6 \text{ 万}[\text{l}_{(o)}/\text{年}] \quad [f]$$

$$\text{[換算]} = 323 \text{ 万}[\text{ドットリム缶}/\text{年}] \quad [f]$$

$$\bullet \text{ C抑制量} = x[e] \\ = 0.781 \text{ [ton}_{(C)}/\text{ton}_{(o)}] \times 59.8 \text{ 万}[\text{ton}_{(o)}/\text{年}] \\ = 46.7 \text{ 万}[\text{ton}_{(C)}/\text{年}] \quad [g]$$

$$\text{CO}_2 \text{抑制量} = x[e] \\ = 2.864 \text{ [ton}_{(\text{CO}_2)}/\text{ton}_{(o)}] \times 59.8 \text{ 万}[\text{ton}_{(o)}/\text{年}] \\ = 171 \text{ 万}[\text{ton}_{(\text{CO}_2)}/\text{年}] \quad [h]$$

ただし, 添字は次のとおりである .

(s or i) : 雪氷, (w) : 水, (o) : 原油, (CO<sub>2</sub>) : 炭酸ガス, (C) : 炭素

以上のように, 年間, 1 億トの雪を貯蔵し, 利用すると, 320 万本のドットリム缶[F]に相当する石油を節約でき, また, 170 万 ton[h]の炭酸ガスの放出を抑制できる . これらの値は, わが国における雪利用の効果を示す一つの目安となる .

5 . 雪氷冷熱の利用を薦める

地球の温暖化と都市部のヒートアイランド化は確実に忍び寄ってきている . 身の丈に応じた生活の第一歩として「ゆき」の利用を薦めたい . 積雪寒冷地には雪のほか, 自然の氷もあり, また, 冬期間の寒冷気で容易に氷を作ることができ, それらを夏まで保存し, 雪と同様の使い方ができる .

いずれにしても, 21 世紀の「雪国」の元気が「ゆき」から始まる . 自分の薪を捨てるに雪国へ行こう . 雪氷を利用するシステムの構築, その要素の開発, さらに, 雪を核としたプロジェク外など有り余る程の仕事が山積しており, それらのいずれもが雪国の生活と直に響き合い 意義深い .

参考文献

1) 媚山 : 雪資源の石油換算・換算, 寒地技術ソボジム講演論文集, 1992-12, pp35-42.  
2) 媚山 : 現代の氷室技術と雪国, 第 17 回日本雪工学会大会論文報告集, 2000-12, pp9-16 .