

408 横断流式雪 - 空気直接熱交換に関する基礎研究

Study on the cross flow type direct heat exchanging system between snow and air

学 佐藤 孝信 (室工大・院) 正 媚山 政良 (室工大)
正 榎 清 (室工大)

Takanobu SATO, Dep. of Mechanical Systems Eng. Muroran Institute of Technology, Muroran
Masayosi KOBIYAMA, do.
Kiyosi ENOKI, do.

Abstract

It is very important to introduce natural energy for keeping environment clean and saving fossil energy. In the many kinds of natural energies, snow is excellent to be stored for long-term and has an advantage to be utilized with simple system. The air-conditioning using snow is called as snow air-conditioning. One of the direct heat exchanging system between snow and air has been developed and widely used. In this system, hot air is cooled through the vertical holes drilled in the snow pile. In spite of many advantages of this system, there are some defects, for example, many small holes have to be drilled at the beginning of use this system. To improve those defects, in this paper, the authors propose a new type heat exchanging system, that is the cross flow type one. In this system, hot air is cooled on the snow surface. In this paper, the authors investigated the characteristics of heat transfer between snow surface and air experimentally.

Key Words: Snow Air-Conditioning, Cross Flow Type, Direct Heat Exchange

1. 緒言

環境保全や化石燃料の保持を目的とした自然エネルギーの利用が急務とされている。自然エネルギーの中でも雪は貯蔵性に優れ、冷熱源として利用する際の変換ロスが少ないという特長を有している。本研究は雪-空気直接熱交換システムの中でも、従来の雪塊に孔を開け、その中で空気と熱交換させる孔式¹⁾ではなく、雪塊の表面で空気と熱交換させる横断流式を提案する。この横断流式雪冷房は非常に単純なシステムである。

本報告では貯雪槽へ吹出す空気の温度を一定にし、流量をパラメータに取り実験を行い、横断流式雪冷房の特性を明らかに検討したので報告する。

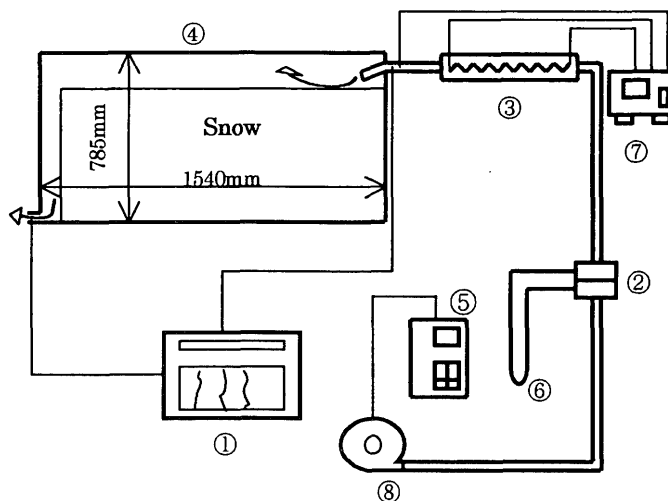
2. 実験装置および測定方法

2.1 実験装置

実験装置の概略図を図 1 に示す。この装置は主に貯雪槽、送風機、ヒーター、オリフィス流量計、データ記録計等により構成されている。貯雪槽の内寸法は、縦 1.54m×横 0.613m×高さ 0.785m の直方体である。送風機より送られた空気はヒーターにより 30℃一定にまで加熱され、貯雪槽に送られる。空気は直径 20mm の 7 孔から吹き出され雪と直接熱交換をした後に排出される。

本報告では実験条件として空気流量を 0.002, 0.003, 0.004 m³/s とする。空気流量はオリフィス流量計により測定インバータによって流量を設定した。初期の雪塊形状は 0.50×0.612

×1.378m, 雪密度は約 600kg を目安に充填した。また環境温度、貯雪槽の入口、出口温度をそれぞれ T 型熱電対により測定し、データ記録計により記録した。



①Blower ②Orifice ③Heater ④Snow storage ⑤Inverter
⑥Manometer ⑦Heat controller ⑧Data recorder

Fig.1 Schematic diagram of experimental equipment

2.2 実験施設

実用規模となる実験施設の貯雪槽平面図を図 2 に示す。実験施設は主に貯雪槽、送風機、冷房空間等により構成されている。貯雪槽の内寸法は、縦 8m×横 6m×高さ 4m の直方体である。また実験施設において冷房空間と貯雪槽は行き、還りともにダ

クトでつながれ閉ループの形を取っている。冷房空間内の温度は行き、還りの間に設けられたバイパスの開度によって調節する。

本報告ではバイパスを閉じた状態で雪残存率 27.5%の時、流量を 0.67m³/s, 0.80m³/s の 2 パラメータ取った際のデータを併記する。

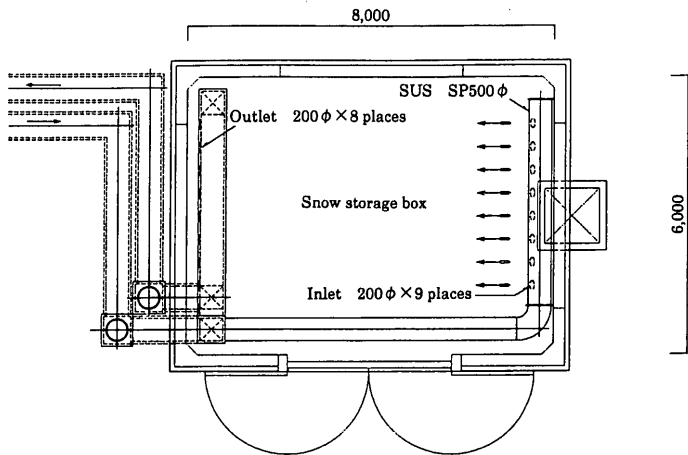


Fig.2 Schematic diagram of experimental institution

3. 実験結果および考察

3.1 温度効率について

温度効率 η_t を以下のように定義する。

$$\eta_t = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{snow}} \dots \dots (1)$$

ここで T_{in} : 入口温度 [°C], T_{out} : 出口温度 [°C], T_{snow} : 雪表面温度 [°C]

上式を用いて算出した温度効率と雪残存率との関係を図 3 に示す。すべての流量で温度効率は徐々に低下している事がわかる。これは雪の融解に従って貯雪槽内で空気の流通する空間が大きくなることに影響されているからである。この空間が大きくなると空気の滞留時間が長くなるため出口温度は下がり、温度効率は徐々に高くなると思えることができる。しかし実際には雪から離れた空間を通る空気は熱交換が十分に行われないうちに排出されるという要因が支配的であるために温度効率は低下する傾向となる。

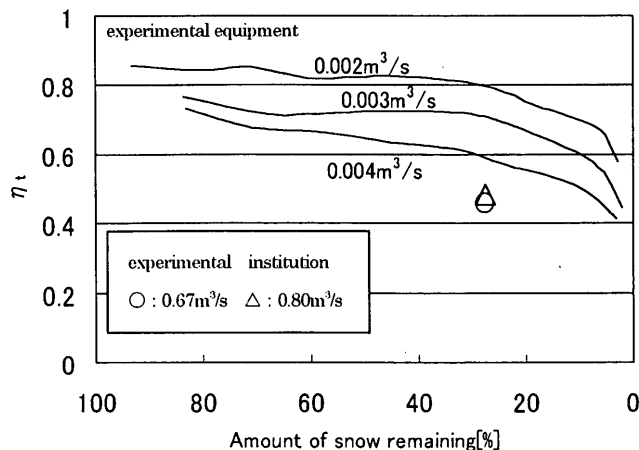


Fig.3 Temperature effect and amount of snow remaining

3.2 評価基準値の導入

横断流式雪冷房の冷房能力を評価するための評価基準値 T^* を以下のように定義する。

$$T^* = \frac{T_{out} / T_m}{V / (S \times l)} \dots \dots (2)$$

ここで V : 空気流量 [m³/s], l : 貯雪槽入口出口間距離 [m]
 S : 空気の流れと垂直方向の貯雪槽断面積 [m²]

上式を用いて算出した T^* と雪の残存率の関係を図 4 に示す。図より実験装置から算出した値は流量によらずほぼ同一曲線上に載ることが明らかであり、実際に雪冷房使用時に使われる雪残存率 80~20%で T^* は 80 前後の値を取り、ほぼ比例直線的に推移している。また実験施設より得た 2 つのデータはほぼ同じ値を取るが、実験装置のデータからはやや外れている。この理由として貯雪槽の規模と内壁の違いが挙げられる。実験施設の貯雪槽が大きいため外部からの熱侵入の影響がより小さくなり、また貯雪槽内壁が実験装置では断熱材であるのに対し、実験施設はコンクリートのため、雪からの熱伝導によって内壁が冷やされ空気がより冷却されるためと思われる。

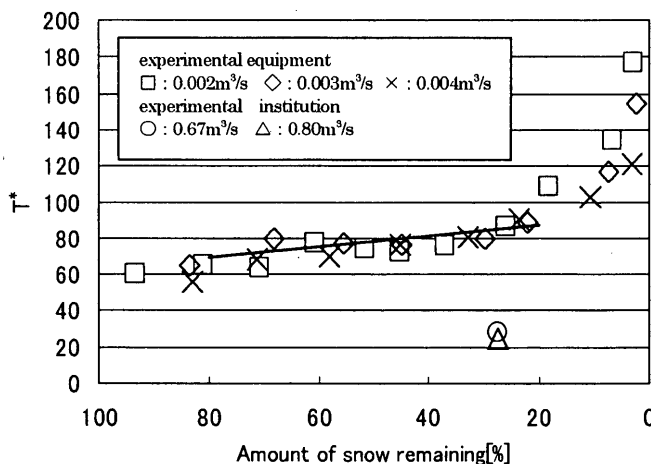


Fig.4 The appreciation standard value and amount of snow remaining

4. 結言

以上のことから、以下のような結論を得た。

- (1) 空気流量は少ないほうが雪との熱交換時間が長くなり、より出口温度を下げる事ができる。
- (2) 雪と空気との熱交換は、貯雪槽内の空気流通空間の容積に大きく影響される。
- (3) 貯雪槽の寸法、空気流量、出口温度の関係は T^* を用いて表すことが可能であり、今回の実験装置においては 80 前後の値となっている。
- (4) 貯雪槽の規模が違うデータを詳細に検討、考察することがこれからの課題である。

なお、本研究を行うに当り前田製管株式会社様より実験施設を借用した。付記し謝意を表す次第である。

参考文献

1) 王 愛栄, 雪-空気直接熱交換による雪冷房システムに関する研究, 室蘭工業大学博士論文, 1998, 3