



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	温水による融雪方法に関する研究
Author(s)	伊藤, 献一; 山根, 清隆; 深沢, 正一
Citation	北海道大學工學部研究報告, 69, 19-28
Issue Date	1973-11-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41185
Type	departmental bulletin paper
File Information	69_19-28.pdf



温水による融雪方法に関する研究

伊 藤 猷 一* 山 根 清 隆* 深 沢 正 一*

(昭和 48 年 4 月 28 日受理)

Various Methods of Snow Melting with Heated Water

Ken-ichi ITO, Kiyotaka YAMANE and Shoichi FUKAZAWA

(Received April 28, 1973)

Abstract

On various types of snow melting methods with heated water, model tests on a small scale are presented. It is found as a result of model tests that the existing melting machines with water pools are lacking in internal melting speed. A method of increasing the internal melting speed is required to increase the overall melting rate. The melting with running water is not quite effective. Water sprinkling or showering is superior in the internal flow through a snow block, and yet insufficient because of big heat loss.

Most advantageous method is the combination of the showering and the soaking. Soaking partly a lump of snow in the melting water reduces the heat loss and furthers the snow block breaking loose.

This new method has been applied to an experimental melting machine of the capacity of 4 ton/h of a practical scale. At the conditions of the soak rate of about 15–30% and of the showering quantity ten times the melting rate, the maximum melting rate is obtained both in model and practical experiments.

1. ま え が き

積雪地域における冬期間の交通確保のため、従来の除雪排雪処理の一環として近年各地方自治体において融雪機械の導入が試みられており、融雪ステーションの規模は大形化していく傾向にある。既存の融雪装置は、定置式と移動式（自走式、けん引式）に大別されるが、融雪方法はいずれの型式でも水槽に雪を投入して融雪する水槽式融雪である。これまでの各地の稼動実績から判断して、定置式融雪装置が今後の主形式となるであろう。しかし、既設融雪装置は、灯油水中バーナにより融雪水を加熱するため、大形化に伴い、排気、騒音の増大、融雪水槽容積の大形化、雪搬入トラックのための余裕スペースの確保などの問題があり、年々、融雪ステーション設置には容易でない環境条件となってきた。結局、排雪を最も必要とする市街地などからはかなり離れた郊外に融雪ステーションを設置せざるを得ないのが実状である。そこで、都市市街地またはその近郊に融雪装置を設置するには、従来の融雪方法に代る何か別な方法を検討してみる必要がある。

筆者らの一部は、既存の融雪装置の性能試験を行い、その折に融雪装置の性能試験方法、性能の評価方法を提案^{1,2)}した。また、実用規模の水槽型定置式融雪試験装置を試作³⁾し、種々の融雪

* 機械工学科燃焼工学講座

方法を試みる事が可能となった。これまでの研究結果から、従来形式の融雪方法はプラントとしての総合熱効率率は90%以上と高い性能を示すが、融雪速度に問題があるように感ぜられた。

現在考えられる最も効率の高い融雪方法は温水（融雪水）と雪との接触による融解である。ほかに、蒸気、熱風、ふく射、減圧蒸発など種々考えられているが、いずれも熱損失が多く見込まれるため、および実用の容易さという面からここではこれらを対象としない。

雪塊の融解現象は一般的な伝熱学上の問題としての取扱いが可能であろうが、融雪方法を考える際には、水と雪との間の接触伝熱面積、温度差、相対速度が融雪速度を決定する要因であることに着目していかななくてはならない。雪を対象とした熱伝達などの信頼性の高いデータや研究報告は見あたらない。

本研究においては、小規模な融雪実験によって、これら融雪に影響をおよぼす種々の条件を変化させ、各種の融雪方法について比較検討を行った。さらに、先に試作した実験用融雪装置において、種々の融雪方法を実用に準じた規模で試みた結果を報告する。

2. 各種融雪方法のモデル実験

2.1 実験方法および装置

水と雪との接触伝熱による融解過程を観察するにあたっては、雪が多孔物質であり、しかも、空隙率が融解の進行に伴ない増加していくことを考慮しなければならない。融解速度に直接影響を与えるものは融雪水と雪との温度差すなわち融雪水温度、流れの速度、雪の単位重量当りの接触伝熱面積である。融雪水温度および流れの速度は、融雪水の主流の温度 t_0 と雪塊の内部へ浸透通過する融雪水の温度 t_{in} とに区別され、同様に主流の速度 U_0 と雪塊内部の流速 U_{in} に区別して考えられる。これらの量を増すことにより、水の中に入れられた雪塊の伝熱量を増すことができる。しかし、実際の融雪装置においては融雪水温の増加は溢水温度の上昇につながり、有効効率が低下することも起りうる。主流速度の増加には大きな動力を要するし、また、雪塊をある限度以下にこまかく崩すと水との相対速度が低下したり、融雪槽の形状と水流との関係によって槽内のある部分に雪が集中するなどの弊害が生じることになる。

従来の水槽式融雪方法では、雪塊を水槽に投げ入れており、水面上に浮び出た部分に上から散水している。そのため、水槽はかなりの深さを要し、また、水槽内での水流は大きくはない。

融雪水と雪塊との相対速度を任意に変化させうることを目的に二種類の小規模な融雪実験装置を試作した。

(a) 流水による融雪実験装置 雪塊を完全に水中に入れ融雪水の速度を変えられるようにした装置で、その概要を図1に示す。雪塊は水路の中央部に金網のカゴによって保持される。融解過程を観察できるように、水槽側面の一部にガラス窓を設けてある、任意の流量、温度の水を水槽に送り、ポンプ2台でこれを循環させた。流れは整流網により整流される。流れの中に注射針から着色インクを流し、主流の速度 U_0 を測定した。雪塊中の流れの速度 U_{in} の測定は行っていないが、 U_{in} は U_0 にくらべてきわめて遅いと考えられる。

(b) 散水および浸水融雪実験装置 雪塊中に浸透していった融雪水が速やかに雪塊を通過するような方法の一つとして散水による融雪を試みることにした。図2に散水融雪の実験装置概要を示す。この場合、雪塊は金網のスノコ上に置かれ上から散水される。散水融雪の場合、融雪が進んでくるにしたがい雪塊中の空隙が大きくなり、熱交換にあずからずに通る水量が増加する。この素通り分の熱量をできるだけ利用するため、スノコ上にのせた雪塊の底部をある程度融雪水に浸すことを試みた。浸水高さを可変にするために溢水口の位置を任意の高さに変えられる

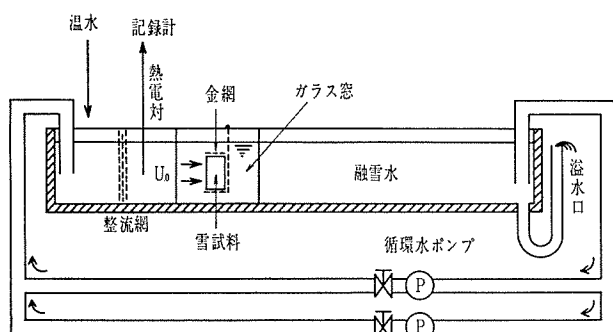


図1 流水中の融雪実験装置概要

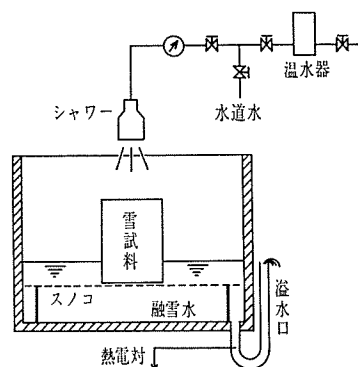


図2 散水による融雪実験装置概要

ようにした。

散水はシャワーノズルにより行い、散水の広がり、雪試料に様にかかるよう工夫した。散水量および散水の温度は任意に設定して実験した。

2.2 流水中における融雪

一様な流れの中においた雪の融雪速度 w を測定した。ここで w は単位時間当りの融雪重量のことであるが、これは、ある一定量の雪試料が完全に融解するに要した時間中の平均融雪速度のことになる。したがって、試料の大きさ、形状が異なれば、流量、水温が同じであっても融雪速度は異なった値を示すことになると思われる。

予備実験において雪試料の形状の違いによる融雪速度への影響を調べ、同じ重量の場合、雪塊の表面積と体積の比が極端に異ならなければ、融雪速度は大きく違うことはないという結果を得た。雪試料は成形しやすい直方体 (50 mm × 70 mm × 95 mm) とした。 U_0 は 0~0.3 m/s, t_0 は 5~35°C の範囲で実験を行った。

U_0 と w との関係を図3に示す。水温の高いほど、流速の速いほど融雪速度は増す。しかし、その変化は一様ではない。

一般に伝熱量は温度差に比例する。流れに雪を投入した瞬間から雪の温度は 0°C になったとすると水と雪の温度差は t_0 である。融雪速度を w/t_0 で表わすと、 w/t_0 は単位重量当りの伝熱面積と熱伝達率との積に比例した値となる。したがって、 w/t_0 と U_0 との関係から U_0 の伝熱面積、熱伝達率への影響の程度を知ることができる。 w/t_0 と U_0 の関係を対数座標で示すと図4のごとくなる。融雪の機構に温度の影響が全くなければ、図4の測定点は一本の線上につらなることになる。図3と図4から融解過程をつぎのように区別して考えることができる。

(a) 低速域 ($U_0 < 0.05$ m/s の場合) 実験した雪塊の初期形状に対する Re 数はおよそ 1500~3400 以下の範囲である。一様流中に

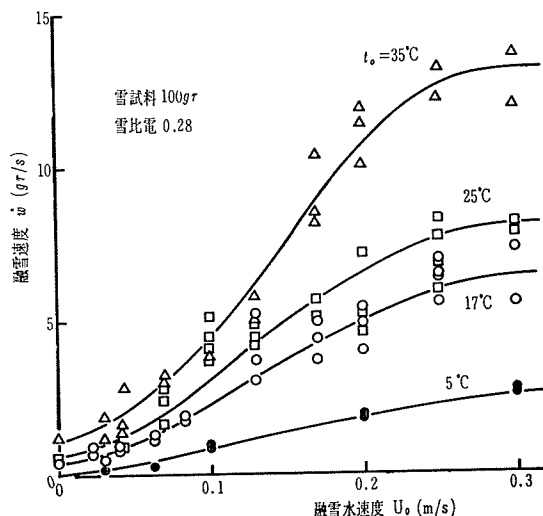


図3 融雪水速度と融雪速度との関係

おかれた球体, 円柱などの Nu 数は Re 数のおよそ $0.4 \sim 0.5$ 乗の関数となることはよく知られている。図 4 の $\dot{w}/t_0$ と U_0 との間の指数関係は Nu 数と Re 数との関係におきかえて考えることができる。水温 $17 \sim 35^\circ\text{C}$ の実験結果は $\dot{w}/t_0$ は $U_0^{0.4 \sim 0.5}$ に比例しているとみなしうる。したがって低速域では, 融解は主として雪塊の外表面で進行し, 伝熱面積の増加はみられない。雪塊内部に浸透した融雪水は主流速度が低いため雪塊の外へ流出せずに雪塊内部に停滞する割合が多く, 雪塊内部への供給熱量が不足し内部融解が進まないものと考えられる。 5°C の場合は, 密度の影響すなわち自然対流の影響が現われて極端に融雪速度が低下するものとみられる。

(b) 中速域 ($0.05 < U_0 < 0.2 \text{ m/s}$ の場合) 初期 Re 数で $1500 \sim 3400$ から $6400 \sim 15000$ の範囲では, 融雪速度は U_0 の約 1.2 乗に比例する変化をたどる。球体または円柱の表面でのみ熱伝達が行われているのであれば前述のごとく Re 数に対して, $0.4 \sim 0.5$ 乗の変化であることから, 雪の融解の場合は固体面での熱伝達よりはるかに高い割合で速度の影響が現われているとみられる。すなわち, この領域では雪塊外周の強制対流による融解に加えて, 流速が大きく, 雪塊に働く動圧が増加したため, 融雪水が雪塊内部へ浸透しやすくなる。このため雪塊内部における熱伝達量が増し, 雪塊全体としての融雪速度が大きく増加したものと考えられる。このように多孔質物体内の熱伝達現象がここでは支配要素となる。

(c) 高速域 ($U_0 > 0.2 \text{ m/s}$ の場合) U_0 が 0.2 m/s をこえると融雪速度の増加割合が低下してくる。これはつぎのように説明できる。 U_0 の増加により雪塊内部での融解が進んでくると, 空洞が広がり, やがては雪塊の結合が弱くなりいくつかの小さな雪塊に分裂する。雪塊寸法が減少すると, 雪塊外表面積が増加し, 伝熱量が増え $\dot{w}$ が増加するはずであるが, 一方, Re 数の減少により熱伝達率が低下すること, 雪塊に働く平均動圧が小さくなり内部への融雪水の浸透が少く, 内部融解が進みにくくなることなどが $\dot{w}$ を減少させる要素となり, 結果として, U_0 の増加するほどには $\dot{w}$ は増加しないものと考えられる。

このように, 雪塊内部への浸透は, 雪塊が流れよりうける動圧と, 空隙の状態により影響される。流速が同じであっても雪塊全体としての動圧分布を増すよう

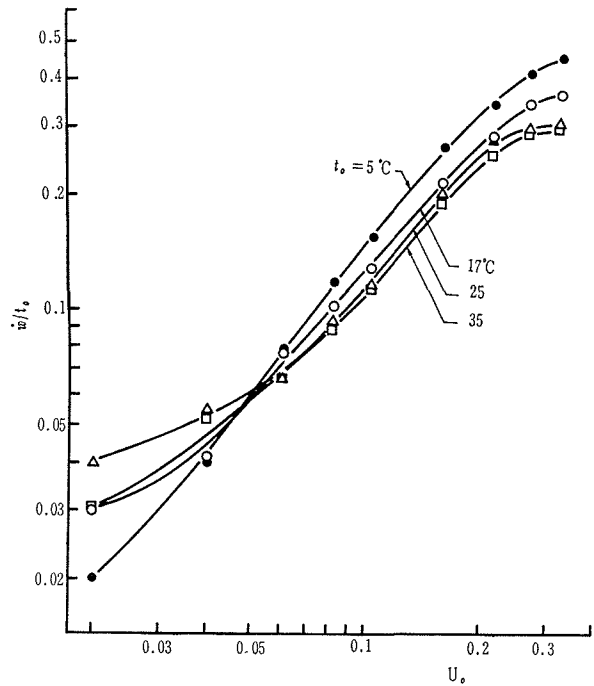


図 4 $\dot{w}/t_0$ と U_0 との関係

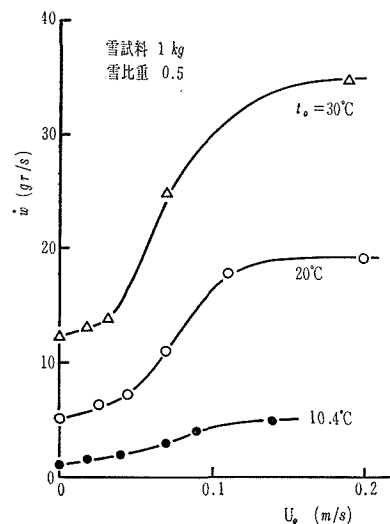


図 5 試料側面を拘束した場合の融雪速度

にすると浸透が進む。雪塊の巾と流路巾とを同じにし、雪塊の側面の流れを拘束した場合の測定結果を図5に示す。試料の大きさ、比重、水槽の形などは図2とは異なるが、全体に低い流速において前述の現象がそれぞれ見られる。

以上の測定結果と従来形式の水槽式融雪装置において、融雪水と雪との相対速度を与えることを考え合せるといくつかの問題点があげられる。まず第一に、融雪水槽の容積にくらべて、投入雪量が少い場合には、水と雪と一緒に運動するために相対速度はそれほど大きくなならない。第二に、前とは逆に投入雪量が多い場合には、水量が少くなり、十分な流量を雪塊に与えることができない。水中で雪塊を機械的に崩壊するには多大の動力を要する。第三に、融雪水の水面から浮き出た雪塊部分は、その部分が水中に沈むまでは融解をはじめない。

これらの問題点に共通することは、雪塊の融解が融雪水に浸った部分のみで行われることに関連している。

2.3 散水による融雪

a. 散水噴孔径の影響

散水流量 Q_s および温度 t_0 を一定に保ち、シャワーノズルの噴孔径を変えた場合の融雪速度の測定結果を図6に示す。図中に噴孔径と噴孔数を表で示したごとくシャワーノズルの噴孔全断面積を一定として、噴孔径が $2\text{ mm}\phi$ から $10\text{ mm}\phi$ までの測定結果である。融雪速度の定義は前項と同じである。雪試料は比重 0.28 で直径 $150\text{ mm}\phi$ 、高さ 183 mm の円柱形である。試料にはまんべんなく散水されるように注意をはらった。 $4\text{ mm}\phi$ 以上の孔径では融雪速度に大きな影響はない。しかし、 $2\text{ mm}\phi$ では、融雪速度が低下しており、噴孔が細いと雪塊の中に慣性により浸透していく貫通効果が少いためと考えられる。噴孔径が大きいと貫通効果は増すが、熱交換せずに素通りする流量割合が増加し融雪速度の向上は見られなくなる。

b. 散水流量と融雪速度との関係

散水流量と融雪速度との関係を求めると、図7に示されるごとく、水量を多くするにしたがい融雪速度は増加するが、ある程度以上に水量を多くしても逆に融雪速度が低下する。これは散水が雪塊の中に浸透流下していくのに雪塊自身の抵抗のため流量が制限され、散水の一部が試料の上から側面に向かって流下する結果と考えられる。この場合 $Q_s = 0.3 \sim 0.5\text{ kg/s}$ の範囲で熱交換が最も効果的に行われている。

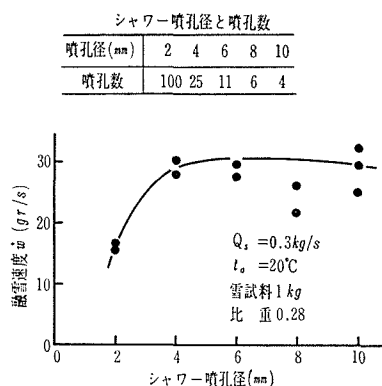


図6 シャワー噴孔径と融雪速度との関係（噴孔全断面積一定）

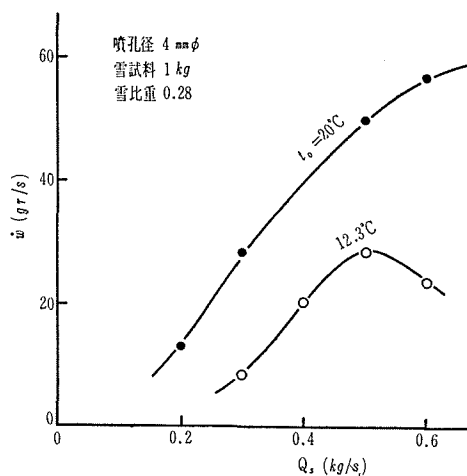


図7 散水流量と融雪速度との関係

2.4 散水と浸水とを組合せた融雪方法

a. 浸水割合と融雪速度

既存の融雪装置に採用されている水槽式融雪方法と前項で述べた散水式融雪方法とを組合せることにより新しい形式の融雪装置を考えることができる。

実験水槽（図2）の溢水レベルを任意の位置に定め、雪試料の底部を融雪水に浸し、さらに上から散水を加える。散水の条件を一定にして、試料の形状、大きさを変え、試料の高さに対する浸水の割合（浸水割合 S_u ）を変化させて融雪速度への影響を求めた。測定結果の一部を図に示し、融解の状況を図9に写真で示す。

浸水割合が15～30%において融雪速度は最大値を示している。浸水割合の小さい場合には、試料厚みの厚い方が融雪速度が大きく、通りぬけによる損失が少なくなっている。浸水割合が15～30%の最大値にいたるまでは、浸水割合を増すと雪塊底部にかかる試料の重量が雪塊の崩壊を助長している。浸水割合がそれ以上増すと散水の貫通効果は薄れ、しかも、雪塊底部にかかる重量は浮力の増加により低下し、全体として融雪速度が低下すると考えられる。浸水割合の大きな場合には、厚みの薄い雪塊の方が融雪速度の低下は少ない。散水の貫通効果は薄い雪塊に有効である。

b. 各種水槽式融雪方法の比較

融雪水温度 t_0 を一定に保って水槽式融雪の種々の方法を比較して図10にその結果を示す。(a)

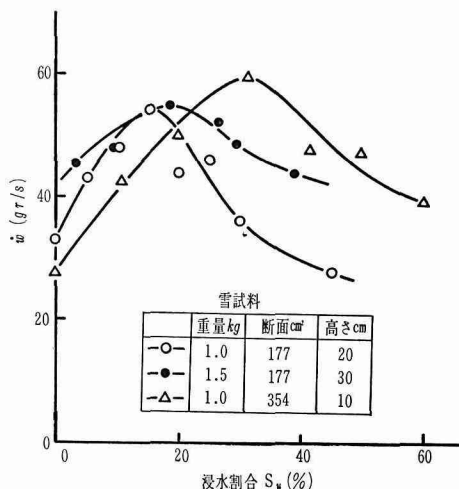
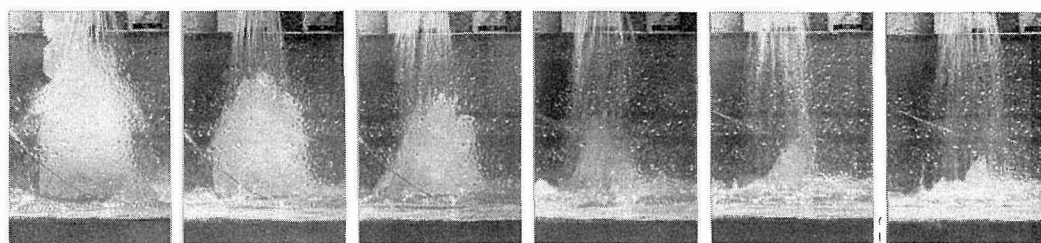
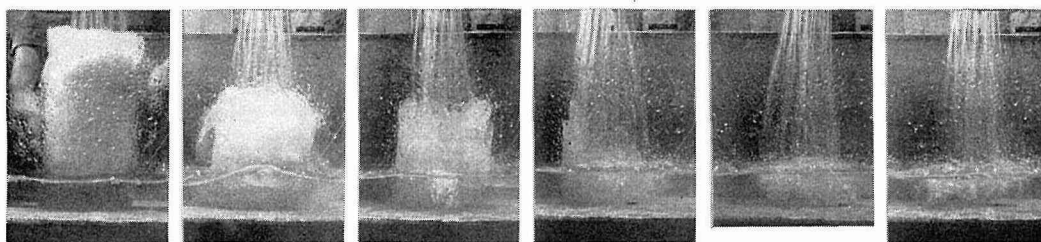


図8 浸水割合の影響 ($Q_s=0.4$ kg/sec, $t_0=20^\circ\text{C}$, 噴孔径 4 mm ϕ)



投入後 5 sec 10 sec 15 sec 20 sec 25 sec 30 sec
(a) 浸水割合 $S_u=3.2\%$, 融雪時間 32.9 sec, 融雪速度 $\dot{w}=45.9$ gr/sec



0 sec 5 sec 10 sec 15 sec 20 sec 25 sec
(b) 浸水割合 $S_u=18.5\%$, 融雪時間 27.2 sec, 融雪速度 $\dot{w}=55.1$ gr/sec

図9 散水と浸水の組合せ融雪 ($Q_s=0.4$ kg/sec, $t_0=20^\circ\text{C}$, 噴孔径 4 mm ϕ , 雪試料 1.5 kg, 雪比重 0.30)

は静止水中に雪塊を入れた場合である。自然対流のみの場合であり他の方法にくらべ最も融雪速度が小さく能率が悪い。(b)は(a)の状態に散水を加えた場合であり、(a)にくらべ融雪速度は10倍以上となり、きわめて散水の効果の大きいことがわかる。従来の実機の融雪状態は(a)と(b)の間にあると考えられる。(c)はスノコ上に試料をおき散水を行った場合であり浸水割合が0に相当する。(d)は融雪槽の底に直接雪試料をおき、その底部がごくわずかに融雪水に浸っている場合である。(e)は浸水割合が15%の場合である。前項の結果と同様、この方法が試験した中で最も融雪速度を高めることのできる方法であった。

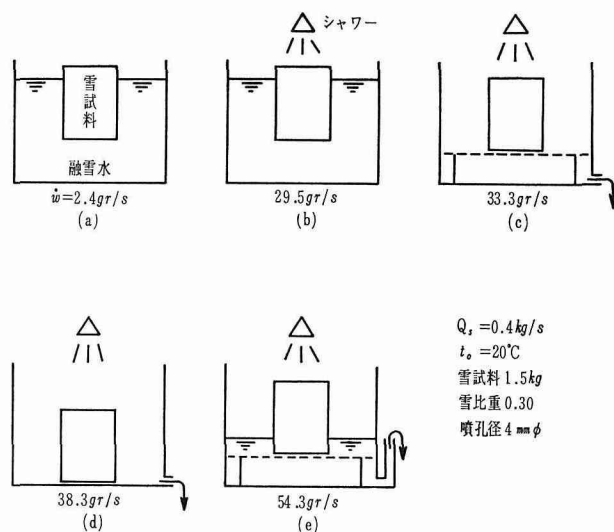


図10 各種融雪方法の比較

3. 4 ton/h 実験用融雪装置による散水融雪実験

3.1 実験用融雪装置

融雪槽にスノコを設け、その上に雪塊を投げ、上から散水する融雪方法は融雪速度が大きく、しかも、融雪槽は浅くでき容積は小さくて済むなどの利点の多い方法と考えられる。この融雪方法を実用規模に近い融雪装置において試みることにした。

実験用融雪装置の系統図を図11に、その外観を図12に示す。融雪能力は約4 ton/hであり実用規模である。装置は燃焼室、温水槽、融雪槽からなっている。灯油燃焼ガスを温

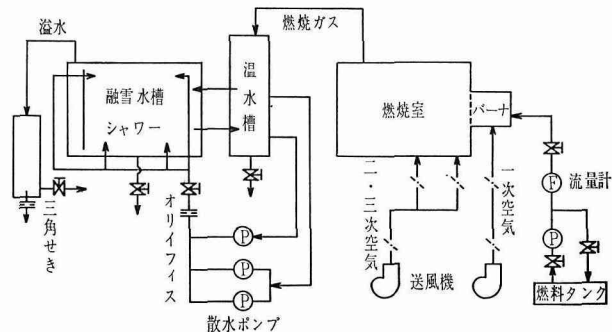


図11 実験用融雪装置および散水融雪実験概要

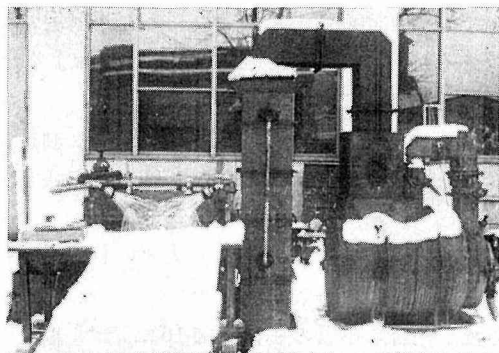


図12 実験用融雪装置 (4 ton/h)

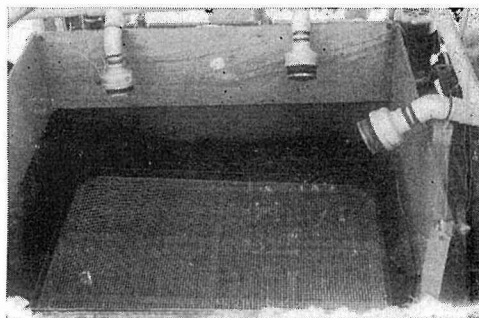


図13 スノコおよび散水装置

水槽内の水中に噴出させ、融雪水を加熱する。

融雪槽は 0.9 m (巾)×1.2 m (長さ)×0.9 m (深さ) の鋼板製であり、融雪水は水槽底面より 700 mm の高さに設けられた溢水口より三角せきを通して下水道に放出される。融雪槽の中には取付高さを任意に設定できる金網スノコを入れた。また、融雪槽周囲には散水方向を調節できるシャワーを 4 本設けた。シャワー噴孔径は 4 mm ϕ 、孔数は 65 である。スノコおよびシャワーの様子を図 13 に示す。

温水槽から加熱水が直接融雪槽に通じ、投入された雪塊と接触伝熱により融雪する一方、温水槽からの加熱水をポンプにより加圧し、噴出散水させて融雪を行う組合せ式の融雪方法を試みることができる。

3.2 実験条件および測定項目

燃料流量を一定に保ち、投雪負荷 $\dot{W}$ 、散水流量 Q_s 、浸水割合 S_u をそれぞれ変化させ、融雪性能への影響を求めた。雪投入はスノーカートによる人力で行った。スノーカート 1 台当りの雪重量は平均 25 kg であった。雪投入回数 25 回で 1 サイクルの実験とした。したがって、1 サイクルの全投入雪量は約 625 kg である。雪投入間隔は等間隔とし、間隔を変えて投雪負荷を変化させた。

融雪機械としての諸性能を求めるためにつぎの各項目の測定を行った。

- (a) 投入雪量 $\dot{W}$ 、溢水量 (融雪速度) $\dot{W}_m$ 、散水量 Q_s 、
- (b) 燃料消費量、送風空気量、燃焼ガス温度
- (c) 溢水温度、散水温度、融雪槽内温度分布
- (d) 雪温、雪密度、雪の硬度、含水率

実験方法および性能の表わし方、評価方法については既報¹⁾の間欠雪投入時の性能試験方法に準じた。

3.3 実験結果

a. 投雪負荷の影響 投雪負荷 $\dot{W}$ に対する熱効率 η_{th} 、有効効率 η_{eff} の変化を図 14 に示す。図中、スノコなしと印した測定点は従来の水槽式融雪方法に散水を加えた場合で図 10 (b) に相当する状態であり、雪塊はほとんど融雪水中に浸されている。この状態で負荷を変えた実験は行っていないが、 η_{th} 、 η_{eff} とともに、スノコを使用した場合に比べ、低い値を示している。スノコを使用し、雪塊の底部を融雪水に浸した場合は、 η_{th} は $\dot{W}$ が 5~6 ton/h で最高値に達し、 η_{eff} も $\dot{W}$ が 5 ton/h において最大になりそれ以上の負荷では η_{eff} の減少してくることがわかる。負荷の増加に伴い残雪量が増え、溢水レベルが上がり溢水の持ち去る損失熱が増し、 η_{eff} は低下する。

供給燃料量は一定であるから、このときの定格負荷 (約 4.4 ton/h) より軽負荷の場合は、効率は急激に低下することになる。 η_{th} は定格負荷以上でも増加傾向にある。すなわち、水槽に常に雪が入っているときの方が効率が低いということであるが、一方、 η_{eff} で判断すると、およそ 25 % の過負荷において最大値が存在し、それ以上の負荷では溢水の損失熱が増大する。

図 15 は投雪負荷 $\dot{W}$ と融雪速度 $\dot{W}_m$ との関係を示したものである。 $\dot{W}_m = \dot{W}$ の線に測定点が一致している場合は、融雪率が 1 であり残雪が全くない状態で、運転は円滑なことを意味している。 $\dot{W}_m = \dot{W}$ 線より下に測定点がある場合には、残雪の生じていることを示している。

効率を上げ、融雪速度を増すためには、多少残雪の生じるような、定格より大きい負荷で運転した方がよいことになる。

b. 浸水割合の影響 スノコ面上の水位すなわち浸水割合の影響の一例を図 16 に示す。投入した雪の初期平均厚みは約 230 mm であるから浸水割合に換算すると、スノコ面上水位 50 mm は

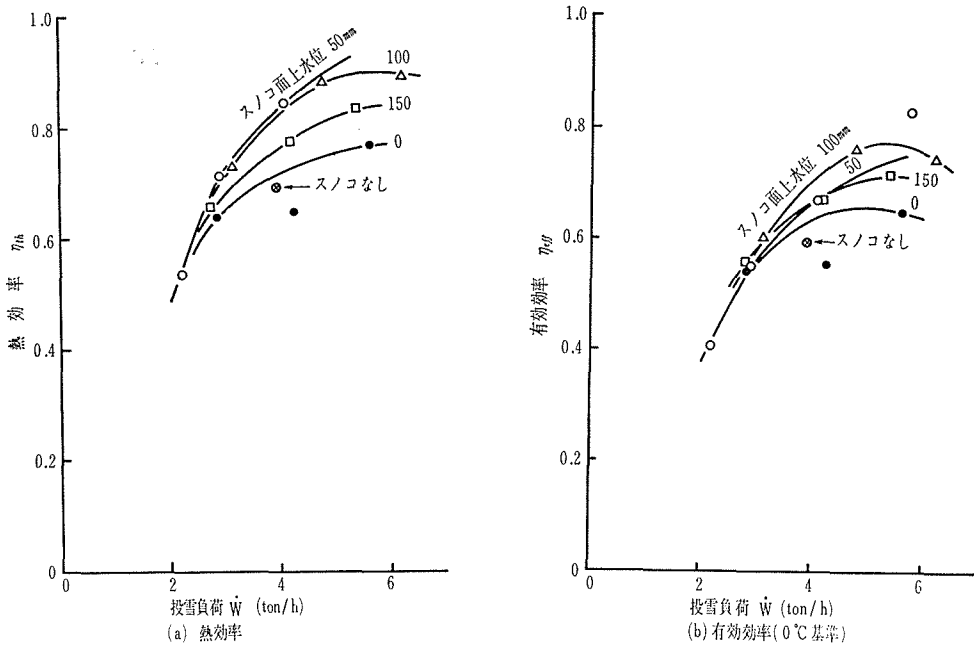


図 14 効率におよぼす投雪負荷の影響($Q_s=0.65$ ton/h, 雪比重 0.3, 外気温度 -6°C)

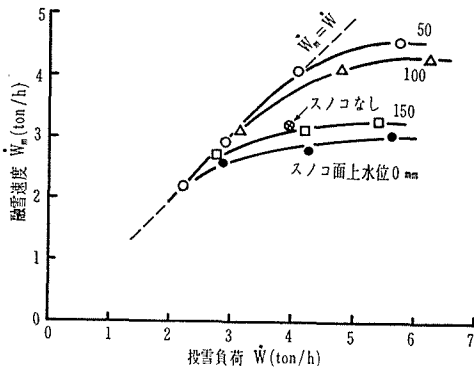


図 15 融雪速度 ($Q_s=0.65$ ton/h, 雪比重 0.3, 外気温度 -6°C)

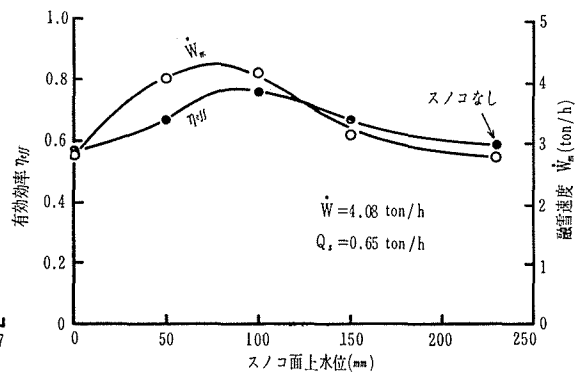


図 16 浸水割合の影響

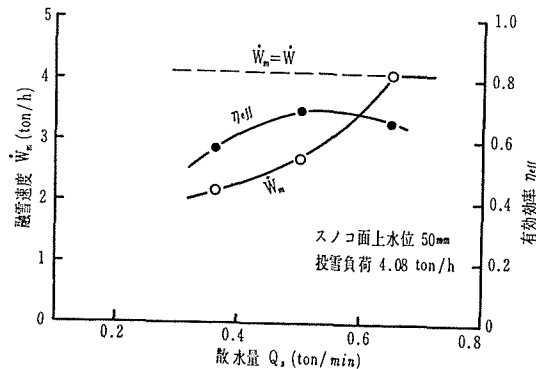


図 17 散水量の影響

22%, 100 mm で 43.5% となる。前節の小規模なモデル実験においては浸水割合が 15~30% のとき融雪速度が最大を示した結果と本節の実験結果とはよく一致している。軽負荷では浸水割合の影響はあまりない。比較的高負荷で効果がある。

c. 散水量の影響 散水量の影響を図 17 に示す。 $\dot{W}$ は一定である。散水量 Q_s を増すにしたがい $\dot{W}_m$ は増加し、 $\dot{W}_m = \dot{W}$ すなわち融雪率が 1 になるまで増加する。しかし、有効効率 η_{eff} は残雪のいくらかある状態において最大となる。 Q_s を多くしすぎても η_{eff} の低下をまねくことになる。モデル実験においては図 7 のごとく融雪速度の約 10 倍弱の散水量で最大融雪速度を示したが、この実験用融雪装置の場合も、約 4 ton/h の融雪速度に対して散水量は 30~39 ton/h (0.5~0.65 ton/min) が必要であり、融雪速度の 10 倍弱の散水量を見込めばよいことになる。

4. ま と め

温水による融雪の種々の形式について小規模なモデル実験と、実用規模の性能を想定できる融雪能力 4 ton/h の融雪装置による融雪実験を行った。モデル実験の結果、従来形式の融雪方法では雪塊内部において融解が進みにくいこと、内部融解の速度を高めることが全体の融雪速度を高めるのに必要なことが指摘された。それには散水による融雪と水槽式融雪を組合せた方法が適していることが示された。

以上の実験結果を要約すると、

(1) 流水中の融雪では、流速が増すと融雪速度は増すが、融雪状況は流れの速度範囲により低速域、中速域、高速域の三つに大別される。低速域は雪塊外周からの融解が、中速域は雪塊内部の融解が支配的と考えられ、高速域では雪塊の内部の空隙が大きくなり崩壊分裂が進み融雪速度の増加は少ない。

(2) 散水による融雪は雪塊内部での融解を速めるが、散水が雪塊中を素通りすること、雪塊自身の抵抗により流量に制限が生ずるなどの問題がある。この点に関しては、雪塊底部を融雪水に浸すことにより損失を防ぎ底部からの雪塊の崩壊を助長し、融雪速度を高めることができた。

(3) 組合せ式融雪方法は他の方法にくらべ、融雪速度が高く、熱効率、有効効率も高めることの可能な方法である。浸水割合は 15~30%, 散水量は融雪速度の 9~10 倍を見込むことが必要である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、当時北大工学部学生梅村和広君、茂澄孝君は卒業研究の一環として研究に携わった。また、実験用融雪装置の運転および雪投入作業には北大工学部熱機関第 1 講座各位の協力を得たことに謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 深沢, 斎藤, 谷口, 石黒, 伊藤: 工学部研究報告, 第 54 号, (昭和 44 年), p. 185.
- 2) 伊藤, 谷口, 斎藤, 深沢: 工学部研究報告, 第 56 号, (昭和 45 年), p. 17.
- 3) 谷口, 伊藤, 今野, 山根: 日本機械学会講演論文集, No. 700-16, (昭和 45 年), p. 251.