

電気給湯機器を利用した融雪の研究

羽入田 勝也^{*1}

1. まえがき

融雪装置は、主に地中にヒーターや温水配管を埋設して温めるロードヒーティング方式と道路などに地下水等を散水する方式がある。しかし、これらの装置はいずれも基礎工事を含み、コスト的にも負担となることから一般家庭にはなかなか導入しづらいのが現状である。

そこで、電気給湯機器の残湯を利用した、安価でシンプルな融雪装置の提案を目的として、装置を考案・試作し、融雪効率試験やフィールド試験などによりその実用可能性の検討を行った。

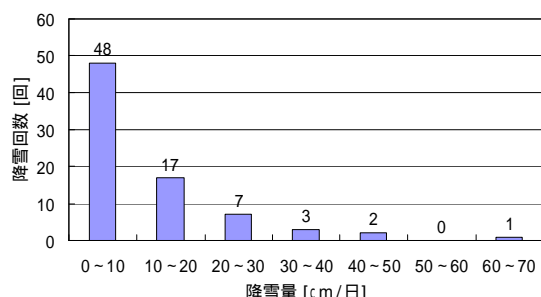
2. 事前検討

(1) 北陸における降雪状況調査

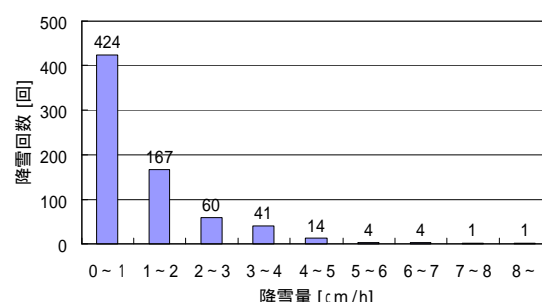
平成 13～15 年度の富山地方気象台のデータをもとに、北陸（平野部）における降雪状況を分析した結果を第 1 図、第 2 図に示す。

第 1 図より、1 日当たりの降雪量が 30cm 以下である日の割合が 9 割以上であることが分かる。つまり、1 日当たり 30cm 程度の融雪能力があれば北陸の平野部においてはほぼ対応できるといえる。

第 2 図より、1 時間当たりの降雪量が 3cm 以下である割合が 9 割以上を占めていることが分かる。つまり、降雪中に融雪する場合は、目安として毎時 3cm の融雪能力があればほぼ対応できるといえる。



第 1 図 1 日の降雪量と降雪回数



第 2 図 1 時間の降雪量と降雪回数

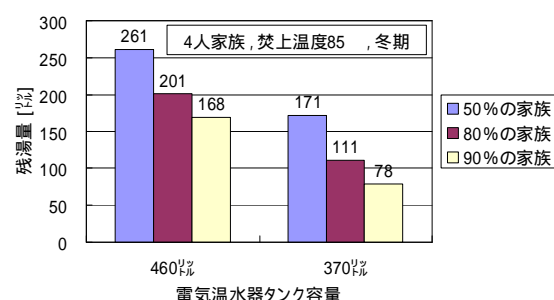
(2) 電気給湯機器の残湯量調査

電気給湯機器の残湯量（使用されずにタンク内に残っている湯量）を把握するため、北陸管内で使用されている冬季の電気温水器の消費電力量（約 6 万件分のデータ）から 1 日当たりの給湯量を換算し、残湯量を算出した。

第 3 図に 4 人家族で焚上温度 85 の場合の残湯量を示す。ただし、焚上温度が 85 よりも低い場合は、残湯量は第 3 図の結果よりも少なくなる。

第 3 図より、460ℓのタンク容量を保有している 50%の家庭では 1 日平均 261ℓ以上、また 80%の家庭では 1 日平均 201ℓ以上の残湯がある。

これらの結果により、目安として 1 日 200ℓ程度の残湯を融雪に利用できると考えられる。



第 3 図 電気温水器の残湯量

3. 融雪装置の検討

(1) 制御方法

制御方法はいくつかのパターン（自動 or 手動、散水温度散水流量調整型 or 固定型）を考案し、どの方法が効果的で実用性が高いのかを検討した。

*1 技術開発・環境保全センター 需要開発チーム

まず、自動散水は降雪センサーによるものとタイマー設定によるものをそれぞれ試作した。降雪センサー制御は比較的安いものでも 6~7 万円程度、タイマー設定制御では 2~3 万円程度の費用増となった。一方、手動散水は、散水温度や散水流量をバルブで調整できるものとした。また、手動で調整する場合、散水箇所近くで散水流量を見ながら調整できるものに工夫した。

次に、散水温度や散水流量を自動調整する場合、電動弁や温度調節器が必要で 10 万円以上の費用増となる。また、必要とされる散水流量がかなり少なく、実際に電動弁で微調整することが困難であることが分かった。よって、自動調整方式については実現可能性が低いことから採用しないこととした。

(2) 配管

電気給湯機器～融雪箇所までの配管は最終的に通常のゴムホースを採用した。選定理由として、設置が簡単、冬期以外の不使用時は取り外し可能なためである。

(3) 散水器具

散水器具としては、ホース型、シャワー型、あるいはマット型などいろいろな器具が考えられるが、広範囲を比較的平均的に散水する目的から、市販の融雪用散水専用ホース、芝生の水撒きに用いられるスプリンクラー、当社で穴開け加工したホースに絞り検討することとした。

4. 融雪比較試験

融雪試験は環境条件（気温や風速など）に大きく左右され、さらに正確に融雪量を測定することが困難であることから、同時に比較する方法で有効性を検証することとした。そこで、コンクリート板（面積 3.8m²[2.76m × 1.38m]）を 2 枚並べ、それぞれ異なる条件で同時に散水を行った。

(1) 散水流量の違いによる融雪実験

散水流量をそれぞれ 0.58 ㍲/min と 0.81 ㍲/min に設定し、降雪センサーにて自動散水した結果を第 4 図に示す。左図は散水量が多すぎ、右図は散水量が少なすぎたことが分かる。ちなみに、タイマー設定による散水についても降雪量を予測できないことから同様の結果となった。このように、降雪センサーは降雪量までは予測できないことから散水量の過不足がどうしても生じてしまう。ま

た、降雪センサーはみぞれや低温時の雨でも動作するため、無駄に散水したケースがしばしばあった。特に冬期でもみぞれや雨の天候が多い北陸においては、降雪センサーによる自動散水方式は適してないと思われる。

【試験条件】

2005年2月1日15時～2日9時
降雪量：39cm（富山気象台）
平均気温：0
降雪センサーによる自動散水
散水温度：16.4

散水流量：0.81 ㍲/min
散水量：783 ㍲（湯164 ㍲）

散水流量：0.58 ㍲/min
散水量：556 ㍲（湯113 ㍲）



第 4 図 散水量の違いによる融雪状況

(2) 水道水と温水による融雪実験

水道水と温水の違いによる融雪効果を第 5 図に示す。左図は水道水、右図は温水を散水した。左図のとおり、水道水を散水しても融雪効果がほとんど見られなかった。（ちなみに、この写真撮影後も散水を続けたが、これ以上融雪されなかった。）また、右図は 20 程度の温水を散水したところ、十分融雪効果が見られた。

【試験条件】

2005年2月2日17時～3日9時
降雪量：25cm（富山気象台）
平均気温：0
散水流量：0.88 ㍲/min
散水量：809 ㍲
水道水温度：2.2
温水温度：21.8

水道水
(水道水温度2.2)



温水
(温水温度16.4)



第5図 水道水と温水による融雪状況

(3) 路面の傾斜の影響について

傾斜の異なる路面での融雪効果を第6図に示す。左図の傾斜は一般家庭の庭とほぼ同じ 1/100 とした。右図の傾斜はその2倍の 2/100 とした。目視ではそれほどの差異は見られなかったが、残雪量の重さを計測したところ、1/100の傾斜では 17.3kg、2/100の傾斜では 13.0kg であり、傾斜の大きい 1/200の方が融雪効果が大きかった。ただし、路面の凹凸によっていずれも残雪箇所が発生し、何らかの方法で雪を均す必要があることが分かった。

【試験条件】

2005年2月22日11時～15時30分
開始時積雪：16cm(実測値)
降雪量：なし
平均気温：5.0
散水流量：1.17ℓ/min
散水温度：22

傾斜：1/100
残雪量：17.3kg

傾斜：2/100
残雪量：13.0kg



第6図 傾斜の異なる路面における融雪状況

5. 融雪効率試験

異なる条件下における融雪効率の違いを把握し、ランニングコストなどの算出に必要な基礎データを取得するため、融雪効率試験を実施した。

(1) 試験概要

第7図に示すとおり、路面を模擬したコンクリート板に 60kgの雪を積載し、約 1/3の雪を融解する熱量(計算値)分の温水を散水した。その際、散水した熱量(散水温度と散水量)と散水前後の雪重量及び含水率を測定した。融雪効率の算出は、計測した散水前後の雪の重量と含水率から融雪量を計算し、それを散水熱量で除した。

本来、融雪効率を算出するためには、周囲環境や路面状況等が安定した状態で正確に融雪量を測定する必要があるが、現実的には難しい。本試験では刻々と変化する環境下で実験を行っている。また、雪の含水率を測定する方法は未だ確立されておらず、今回は富山大学で試作された装置を用いて測定したが、それでも精度や再現性にやや乏しい。よって、測定値はどうしてもバラツキが発生する。

【試験条件】

路面：コンクリート板
融雪対象面積：2.6m²(W1.3m×L2.0m)
雪積載量：60kg(雪の高さ約5～6cm)
散水温度：20～40で可変
散水流量：1.0～1.5ℓ/minで可変
散水器具：4種類(詳細は後述)

(散水前の状況)



(散水後の状況)



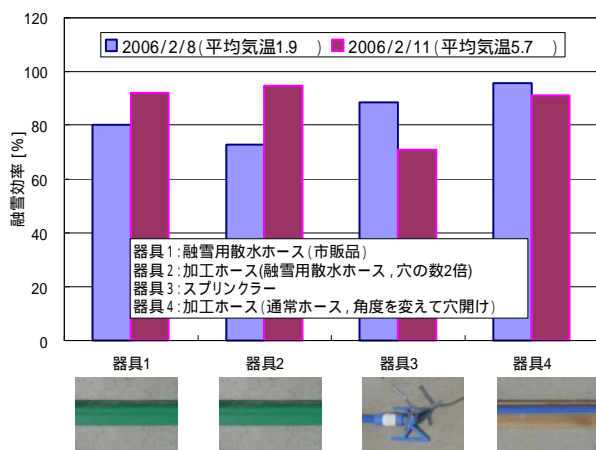
第7図 融雪効率試験状況

(2) 試験結果

a. 散水器具の違いによる融雪試験

4種類の散水器具を用いて、それぞれ2回測定した結果を第8図に示す。融雪効率はバラツキがあるものの、大きな差は見られなかった。グラフはバラツキがあることを示した

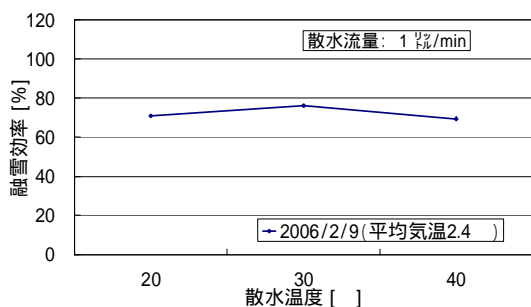
めに取って平均化していない。



第8図 散水器具の違いによる融雪効率

b. 散水温度の違いによる融雪試験

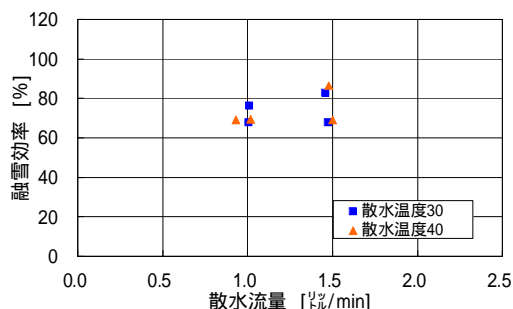
散水温度をそれぞれ約 20, 30, 40 に設定し、測定した結果を第9図に示す。40 では融雪効率が多少下がる傾向が見られるが、際立った変化は見られなかった。



第9図 散水温度と融雪効率の関係

c. 散水流量の違いによる融雪試験

散水流量をそれぞれ約 1.0, 1.5 L/min に設定し、測定した結果を第10図に示す。1.5 L/min では流量が多いことからデータのバラツキが多少大きいですが、流量の違いによる効率の変化はほとんど見られなかった。



第10図 散水流量と融雪効率の関係

6. フィールド試験

融雪装置の利便性や課題を明らかにするため、富山市に住む3軒のモニター宅においてフィールド試験を実施した。

(1) モニターの概要

便宜上モニター宅をそれぞれA宅、B宅、C宅と呼ぶこととする。モニターの融雪箇所 conditions はそれぞれ異なるが、融雪装置の構成はすべて同じものとした。

A宅は1台分の駐車場 (15m²) の融雪を目的としており、融雪箇所を第11図に示す。路面はコンクリートであり、雪の捨て場のないお宅であった。



第11図 A宅駐車場

B宅は道路～玄関までのアプローチ (35m²) の融雪を目的としており、融雪箇所を第12図に示す。路面は透水性のレンガであり、水の流れが悪いためにアプローチの真ん中に散水ホースを設置した。



第12図 B宅玄関アプローチ

C宅は道路～玄関までのアプローチ (15m²) の融雪を目的としており、融雪箇所を第13図に示す。路面は石畳であり、段差もあることから散水ホースの配置がやや複雑となった。



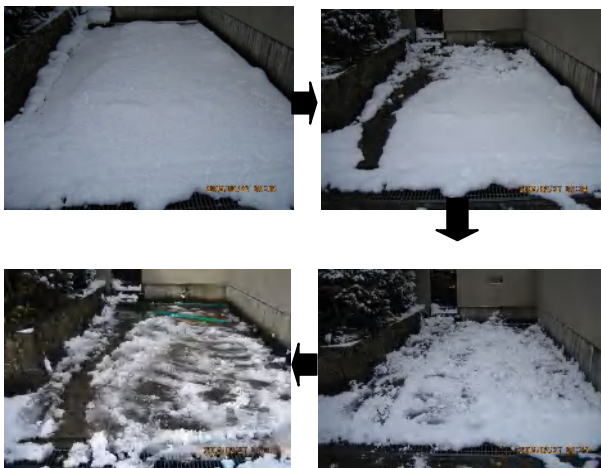
第13図 C宅玄関アプローチ

(2) 試験結果

A宅における試験結果を第14図に示す。散水開始から約90分後には5~7cmの積雪をほぼ融雪できた。その時の散水量は140ℓ(湯40ℓ)であった。ただし、融雪むらが生じたので散水開始30分後(散水量:40ℓ時点)に雪を人力で軽く均している。(第14図の)

【試験条件】

2005年2月27日8時06分~9時33分
 積雪:5~7cm(実測値)
 降雪量:なし
 平均気温:2.9
 散水流量:1.7ℓ/min
 散水温度:22.4



第14図 A宅試験状況

B宅では、試験開始当初にタンクの湯切れが数回発生した。路面が透水性で散水の効果が小さく、広範囲を融雪する必要があったことから温水不足

が生じたと考えられる。そのため、湯切れ後は人が歩ける幅を融雪する程度に散水流量を絞って運用されていた。よって、当初の目的であるアプローチ全体を融雪するまでには至らなかった。

C宅では、石畳の路面で凹凸が多少あるものの、A宅同様にある程度雪を均しながら散水することによって問題なく融雪ができた。ただし、散水ホースの配置がやや複雑となったために面積に対してホースの長さが長くなり、散水流量を絞るための調整が難しかった。当初は流量の調整に慣れず、多めに散水するケースが多く、湯切れが発生したこともあった。

(3) モニターのアンケート結果

アンケート結果を第1表に示す。A宅とC宅においては融雪装置が問題なく機能し、価格や見栄えといった課題が多少残されているものの採用しても良いという意見であった。一方、B宅においては路面が透水性で散水の効果が小さく、広範囲を融雪する必要があることから湯切れを生じた。よって、融雪装置は採用しないという意見であった。

価格面においてはモニターの思いと実際の設備費との間に2万円程度の差があり、購入していただくにはより安価なものを提案していく必要がある。

	A宅	B宅	C宅	備考
面積	15m ²	35m ²	15m ²	B宅は透水性舗装有
使い易さ				
価格	3万	購入しない。	3~5万	設備費5~7万円
効果		×		
意見要望	<ul style="list-style-type: none"> 混合性やホースが目立つ 屋根からの落下雪の融雪、犬を洗う等も使用できる。 除雪は不要だった。 	<ul style="list-style-type: none"> 消雪能力が不十分(特にインターロッキングは透水性であり散水融雪には不向きであった。) 温水不足が生じた。 	<ul style="list-style-type: none"> 年に10回程度使用するならば設置しても良い。 ホース等の見栄えがあまり良くない。 	<ul style="list-style-type: none"> 15m²程度の面積であれば効果があった。 使用頻度が少ないので、価格の面の工夫がないと導入しづらい。 もう少し見栄えを良くする工夫が必要 融雪以外にも用途があれば好評

第1表 アンケート結果

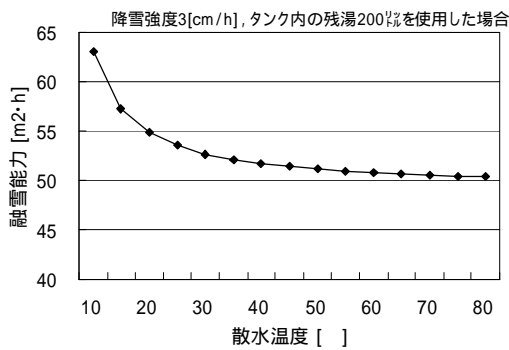
7. 散水流量やランニングコストの試算

これまでの試験データをもとに、融雪能力、散水流量の目安、ランニングコストを試算した。

(1) 融雪能力

第15図に融雪能力を示す。これは、タンク内の残湯でどの程度の融雪が可能であることを示すものであり、散水温度が低い部分で能力が上がるのは

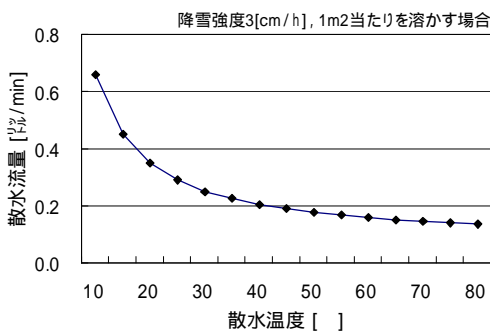
水道水の熱量が加算されているためである。



第 15 図 融雪能力の試算結果

(2) 散水流量の目安

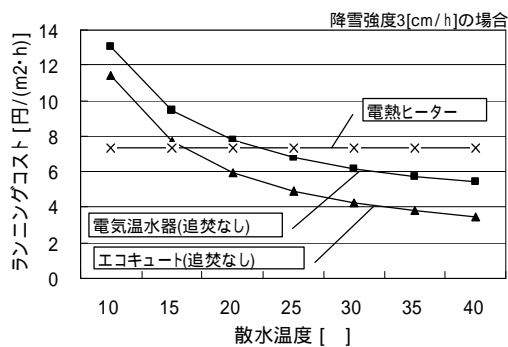
第 16 図に散水流量の目安を示す。散水温度が低いと、必要な散水流量は急激に増大する。よって、水を節約するためにはある程度高い温度で散水すると良いことが分かる。



第 16 図 散水流量の試算結果

(3) ランニングコスト

第 17 図にランニングコストの試算結果を示す。ランニングコストは比較的高温で散水する方が安くなり、低温で散水する場合は電熱ヒーターよりも高くなる恐れがある。



第 17 図 ランニングコスト試算結果

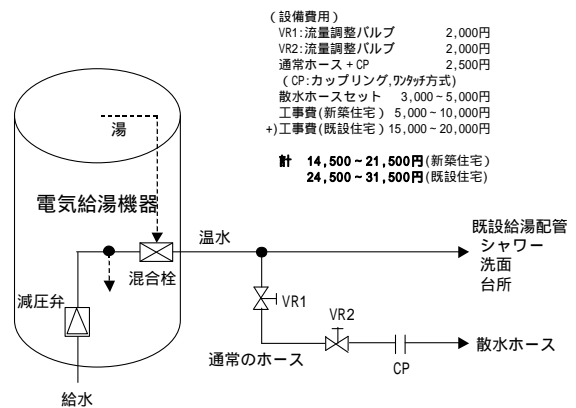
8. 提案

これまでの検討結果から、融雪装置、散水方法などについて提案する。

(1) 融雪装置

a. 出湯温度を設定できるタイプ

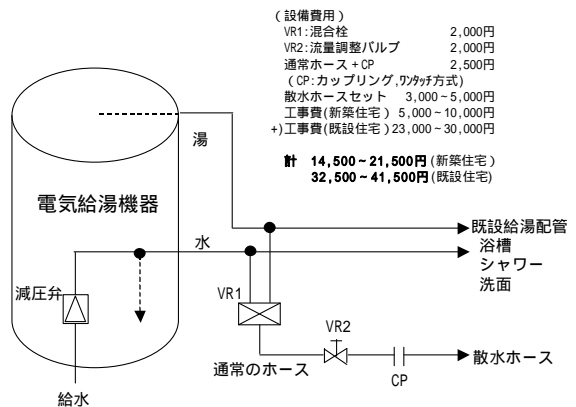
リモコンで出湯温度を設定できるタイプは、給湯配管から分岐して直接散水でき、イニシャルコストを低減できる。新設住宅の場合は 14,500 ~ 21,500 円、既設住宅の場合は 24,500 ~ 31,500 円となる。(融雪箇所の条件や配管工事内容などで金額幅が生じる。)これは、モニターの希望金額に近いものである。



第 18 図 融雪装置の概要 (温度設定有)

b. 出湯温度を設定できないタイプ

リモコンで出湯温度を設定できないタイプは、水道水と混合する配管工事が追加となる。新設住宅の場合は配管工事にほとんど影響はないが、既設住宅の場合は配管ルートの変更等が必要となってくるためコスト増となる。イニシャルコストは新設住宅の場合は 14,500 ~ 21,500 円、既設住宅の場合は 32,500 ~ 41,500 円となる。



第 19 図 融雪装置の概要 (温度設定無)

(2) 散水方法

a . 散水温度

散水温度は 25 ~ 35 程度を推奨する。20 ~ 40 の範囲では融雪効率はほとんど同じであるが、低温になるほどランニングコストが高くなり、逆に 40 以上に高温になるほど気化熱などによる大気中への放熱ロスが増加すると予想される。

b . 散水方法

経済性を重視する場合、比較的高温・少流量で散水する。水道代を節約でき、ランニングコストは安くなる。ただし、融雪むらが発生しやすく、融雪途中で軽く雪を均す必要がある。

省力化を重視する場合、比較的低温・多流量で散水する。流量が多いため融雪むらが発生しづらく、融雪途中で雪を均す必要は少なくなる。ただし、使用水道量が増えるのでランニングコストは高くなる。

(3) 散水流量やランニングコストの計算方法

a . 簡易算定表の作成

散水流量やランニングコストなどは様々な条件によって変化することから、グラフ等で簡単に表すことは難しい。そこで、第 20 図に示す簡易算定表を EXCEL で作成し、諸条件を入力することにより簡単に計算ができるようになった。計算にはこれまでの調査結果や試験結果が反映されている。

(4) 特に推奨するお客様

本装置を特に推奨するお客様は以下のとおりである。

- ・ 高齢者一人住まいで除雪が困難な方
- ・ 雪の捨て場がない住宅密集地の方
- ・ エコキュートの設置予定の方(ランニングコスト及び設備費が安い)
- ・ フルオート、セミオートタイプの給湯機を使用する方(設備工事費が安い)
- ・ 屋外で湯を使用する方(洗車や犬を洗う)

9 . まとめ

これまでの検討結果より、以下の結果を得た。

- (1) 降雪量を分析した結果、1 時間当たりの降雪量 3cm、1 日当たりの降雪量 30cm 程度を融雪できれば、北陸の降雪にほぼ対応できるこ

とが分かった。

簡易算定表

入力表

融雪対象とする雪データの入力

積雪を対象とする場合は積雪量を入力してください。

積雪量 10 cm

降雪を対象とする場合は降雪強度と散水時間を入力してください。

降雪強度 cm/h 散水時間 h

融雪面積 10 m²

散水温度 30 °C (散水温度の目安は25~35°Cです。)

家族人数 4 人 (1~7の範囲で入力してください。)

計算 リセット

給湯機選択

電気温水器

エコキュート

タンク容量選択

370ℓ

460ℓ

550ℓ

計算結果

タンク内の残湯量	274 ℓ	(沸上温度85°Cの場合)
散水流量の目安	4 ℓ/分	(積雪対象の場合、0.4ℓ/(分・m ²)で計算しています。)
散水可能時間の目安	3.654167 h	(タンク内の残湯で散水可能な時間)
使用水量	1508 ℓ	
消費電力量	58 kWh	
上下水道代	439 円	
電気代	737 円	
ランニングコスト	1176 円	(上下水道代+電気代)

第 20 図 簡易算定表

- (2) 給湯量を調査した結果、一般的な家庭(4 人家族、460 ℓタンク使用、85 焚上)の場合、目安として約 200 ℓの残湯を融雪に利用できることが分かった。
- (3) 操作方法は、ある程度積もった雪を手動で融雪するのが有効的である。降雪センサーによる自動散水や自動調整機能は課題が多く、採用は難しい。
- (4) 融雪比較試験の結果、温水(10 数 ~ 40)は融雪効果があるが、水道水ではほとんど効果がなかった。また、路面の傾斜が大きいほど融雪効果が大きい傾向が見られた。
- (5) フィールド試験の結果、融雪装置は正常に動作した。ただし、透水性のレンガの路面には効果が小さく、面積が 15m² 以上の箇所では湯切れ等の注意が必要となってくる。
- (6) 融雪効率試験の結果、散水器具、散水温度(20 ~ 40)、散水流量の違いが融雪効率に及ぼす影響は小さかった。また、試験より融雪効率はおよそ 75 ~ 80%程度であった。
- (7) 研究結果を踏まえ、安価でシンプルな融雪装置やその散水方法、簡易算定表について提案した。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会：「新防雪工学ハンドブック」森北出版(1997)