

6

換気排熱を利用した路面凍結防止と融雪

柳 博文^{*1}・松岡 茂^{*2}

概 要

北海道を始めとする積雪寒冷地では、散水融雪とすると路面凍結の恐れがあり、無散水融雪であるロードヒーティングが有効的である。従来の熱交換杭や電熱式等の融雪システムでは、その融雪効果自体は十分に確認されているが、初期費用あるいはランニングコストが大きくなる傾向にあるため、設置されていても常時稼動できないなど課題を抱えている。そこで、今回、融雪システムの低コスト化を目的に、札幌市内の特別養護老人ホームにおいて、24 時間稼動している浴室の換気排熱を利用して、避難路の融雪および凍結防止システムを提案し、その性能試験を実施した。その結果、札幌のような積雪寒冷地でも、積雪後数日で融雪され、路面表面の雪氷付着の防止ができることを確認し、低温度の換気排熱を利用した融雪システムの有効性を実証した。路面の雪氷付着を無くすことで、除雪時に路面に雪氷を残さず、作業の省力・簡略化を図ることができると考える。

キーワード：地中熱，融雪，未利用エネルギー，積雪寒冷地，凍結防止

Prevention of Freezing and Snow Melting on Road Surfaces Using Ventilation Exhaust Heat

Hirofumi YANAGI ^{*1}, Shigeru MATSUOKA ^{*2}

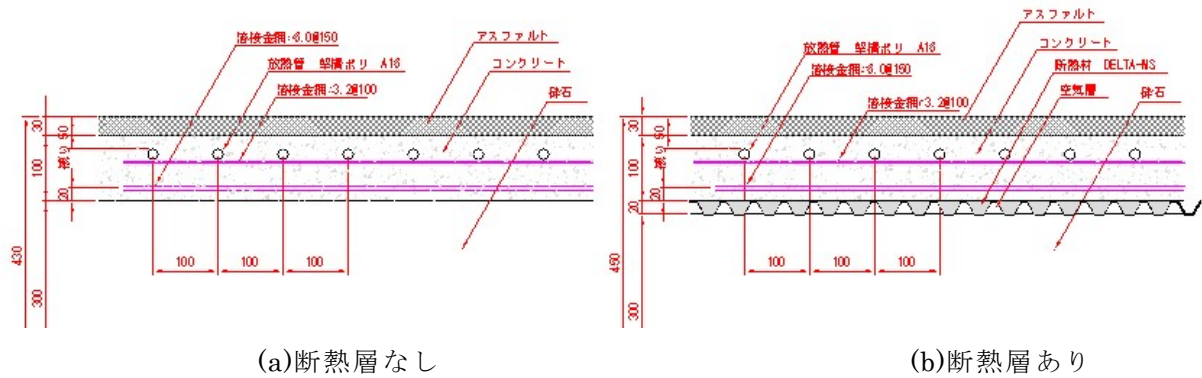
Abstract

In Hokkaido and other snowy cold regions, melting snow by sprinkling water creates a risk of road surface freezing. Heating the roads without spraying water is an effective way to melt snow. The conventional heat exchange pile and the electro-thermal snow melting system have been shown to melt snow effectively but they tend to be expensive to install and operate. Therefore it is not feasible to have them in constant operation even after they are installed. For the purpose of reducing costs of the system for melting snow, the authors proposed a system to melt snow and prevent freezing on the evacuation route of a special elderly nursing home in the city of Sapporo with the use of ventilation exhaust heat from a bathroom operated 24 hours a day and tested its performance. As a result, the system was proven to melt snow within several days after a snowfall and to prevent snow or ice from adhering to the road surface even in a snowy cold place like Sapporo. The test also verified the effectiveness of the system using low-temperature ventilation exhaust heat. Elimination of snow and ice on the road surface is expected to help prevent freezing on uneven surfaces of the road or damage to the road surface when snow is removed and contribute to reducing labor and simplifying maintenance.

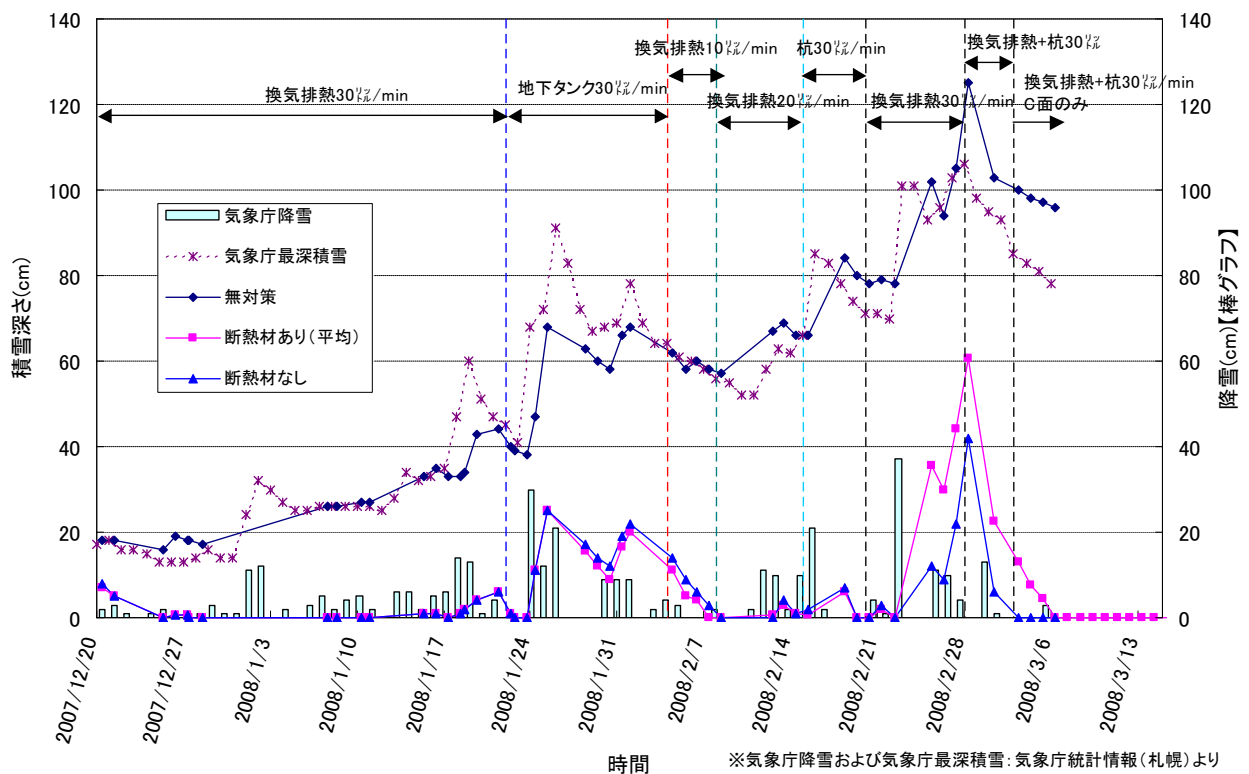
Keywords: geothermal heat, snow melting, unused energy, snowy cold region, freezing prevention

*1 Manager, Geotechnical Engineering Group, Construction Technology Center, Engineering Division

*2 General Manager, Technology Planning Department, Engineering Division



図－２ 融雪舗装断面



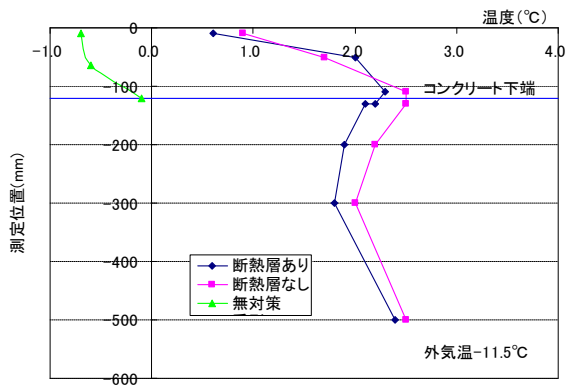
図－３ 積雪深さの経時変化

り成り立つものである。融雪舗装は「北海道開発局 道路設計要領」を参考として、図－２のような断面とした。３ブロックの融雪舗装のうち、２ブロックは舗装体下部に断熱層を設けた（図－１参照）。融雪試験は流量および各舗装体の鉛直方向温度分布と融雪舗装体出入口部の循環水温度を計測した。積雪量は、適時ロットにて直接測定した。

３． 融雪効果

融雪試験では排熱、熱交換杭、地下タンク

のそれぞれを切り替えながら連続運転を実施した。２００７年１２月２２日から２００８年３月６日までの融雪試験の結果として、積雪深さの経時変化を図－３に示す。ここで、断熱層ありの舗装は２面あるので平均値を示した。１月２３日頃までは排熱を利用して循環流量 30 L/min で運転したが、10cm 程度の降雪はあるもののほとんど融雪舗装に積雪することはなく、１日程度で融雪は完了した。また、循環流量 10 L/min のとき１日に 6cm 程度の融雪が出来た。熱交換杭を熱源にしたとき、



図－4 舗装の鉛直温度分布（換気排熱）



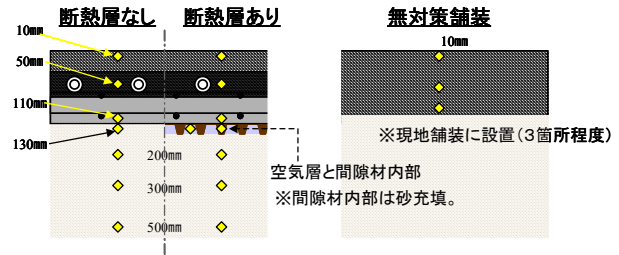
(a)融雪舗装



(b)無対策舗装

写真－2 舗装路面の状況

2008年2月16日に20cm程度の積雪があったが、3日程度で融雪は完了した。地下タンクを熱源にしたときは、1日に3cm程度の融雪しか出来なかった無対策舗装の積雪状況は、気象庁の降雪データとほぼ同じように推移したが、融雪舗装はほとんどの期間で大きな積雪状態にはならなかった。また2月23日～3



図－5 舗装の温度測定箇所

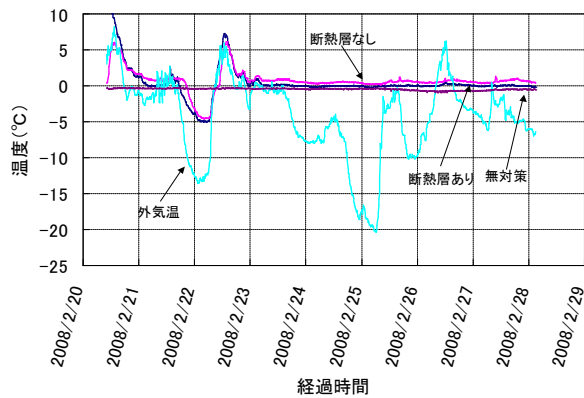
月1日にかけて、集中的に降雪があったため、排熱と熱交換杭を直列で循環させて、熱量を大きくし1～2日で20cm程度の融雪を確認した。しかしながら、融雪舗装に設置した断熱層については、図－4に示すように、昨年度実施した試験¹⁾のような保温効果が見受けられず、断熱層なしの舗装との違いはほとんど見られなかった。断熱層を構成している空気層の保温断熱効果が大きく関連していると考えていたが、この点については、今後検討する必要がある。

次に、融雪舗装の路面状況を写真－2に示す。積雪した状態であれば、融雪舗装の路面は無対策舗装の路面のように常時凍結した状態ではなく、シャーベット状となっており雪氷が付着していないことを確認した。この状態であれば、歩道や車道の除雪作業を省力・簡略化し、除雪時の路面表面の損傷を低減することができると考えられる。

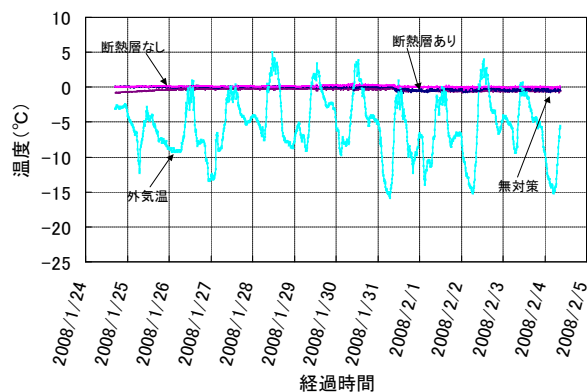
図－5に舗装の鉛直方向の温度測定箇所を示す。断熱層がある場合の温度測定については、断熱層の位置において空気層並びに間隙材の両方の温度を計測した。

図－6にそれぞれの熱源に対しての各舗装表面（舗装天端より10mm）の温度履歴を示す。各舗装の表面温度に大きな差異はないが、無対策舗装の表面温度はすべて氷点下となっており凍結状態になっている。他の融雪舗装については、積雪状態にある場合には概ね一定温度を示し0℃を若干ではあるが常に上回っていた。しかし、各熱源の舗装表面温度は0.5～1.0℃程度で大きな差異はなかった。

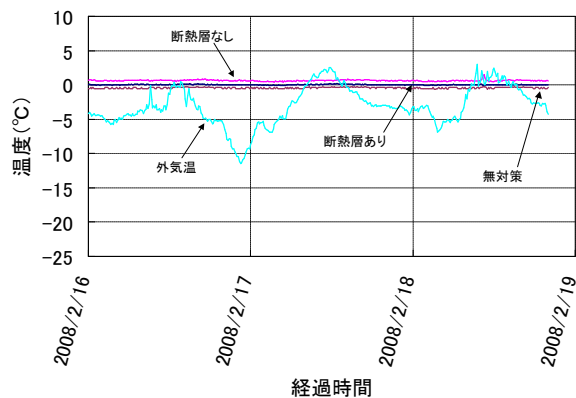
一方、融雪が完了して舗装表面が露出され



(a)換気排熱



(b)熱交換杭



(c)地下タンク

図－6 舗装表面の温度履歴

ると、図－6 (a)の換気排熱の場合のように、舗装表面の温度は外気温の変化に影響を受けて変動するようになる。各熱源とも低エネルギーであるため、外気温が低下すると、融雪舗装の表面も凍結状態に至る。

4. 融雪能力特性

舗装内を循環する循環水の温度変化を表－1に示す。このときの循環流量は30 L/minで、

表－1 融雪舗装の出入口温度

熱源	測定位置	断熱層あり(A) (°C)	断熱層あり(B) (°C)	断熱層なし (°C)
排熱	入口	2.8	3.2	3.2
	出口	2.1	2.3	2.3
熱交換杭	入口	2.6	2.5	2.5
	出口	2.4	1.8	1.9
地下タンク	入口	0.6	0.9	0.9
	出口	0.5	0.5	0.6

(循環流量30 L/min)

表－2 融雪能力比較

熱源	融雪能力 (Wh/m ²)	循環流量 (L/min)
排熱	43.4	30
熱交換杭	26.4	
地下タンク	13.1	

温度の測定は、各融雪舗装の循環水出入口部で行った。表中の出入口の温度差に流量を乗じたものが、各融雪舗装で消費された熱量を意味する。

換気排熱および熱交換杭を熱源とすると、0.6～0.8°C程度で熱収支が行われ、2.0～3.5°Cの範囲で温度は変動している。しかしながら、地下タンクを熱源とすると、0.3°C程度で熱収支され、出入口温度は1°C以下で変動した。また、断熱層ありと断熱層なしの違いも見られなかった。今後再度、この原因を探る必要がある。

次に、各融雪舗装の循環水温度及び流量から融雪能力を算定した値を表－2に示す。今回の試験では、一般的な電熱式の融雪方式(250W/m²)に比べて全体的に低い融雪能力値を示した。換気排熱による融雪能力は熱交換杭による融雪と同等以上の水準であった。また、地下タンクの融雪能力は熱交換杭の半分の能力しかなかった。降雪時に積雪を許さないほどの熱量は、どの場合においても望めないが、積雪状態になっても路面は凍結しておらず、除雪しやすい状態にあることは確認できた。札幌市内においても、写真－3に示すように、路肩に雪が山積みとなり、路面に雪氷が付着して道路が凹凸になっているところが至るところにある。この山積みの雪を時間をかけて融雪し、路面の凹凸を除雪しやすくできれば、バリアフリーや作業



写真－３ 札幌市内の道路状況

の省力化などが期待できると考えられる。

５． まとめ

札幌のような積雪寒冷地でも、積雪後数日で融雪され、路面表面の雪氷付着の防止が出来る低温度の換気排熱を利用した融雪システムの有効性を確認した。路面の雪氷付着をなくすことで、除雪時に残る路面雪氷の凹凸をなくし、作業の省力・簡略化を図ることができると考えられる。

今後は、完全な融雪（降雪直後の融雪）を目指すのではなく、路面の雪氷付着を防止する

こと、連続運転による融雪を目的として、効率的な連続運転によるシステムの向上を図っていく予定である。

最後に、本研究は、北武コンサルタント株式会社と共同で行った。また、本研究に対して北海学園大学の武市教授、福井大学の福原教授から貴重なご助言を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 松岡茂ほか：積雪寒冷地における低エネルギー融雪の可能性について，土木学会第 62 回年次学術講演会，2007. 9, pp201-202
- 2) 福原輝幸ほか：放熱管を有する舗装体の融雪能力特性，水工学論文集，第 36 巻，pp. 721-724，1992
- 3) 福井県雪対策・建設技術研究所：年報地域技術第 18 号，pp. 143-145，2005. 7
- 4) 松岡茂ほか：北海道札幌地区における無散水融雪試験（融雪能力について），土木学会第 61 回年次学術講演会，pp. 349-350，2006. 9