

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

鉄建建設	正会員	松岡 茂	北武コンサルタント	正会員	渡辺 忠朋
同 上	正会員	柳 博文	同 上	正会員	宮本 真一
同 上	正会員	○松浦 和也	北武研究所		杉本 幸隆

1. はじめに

北海道をはじめとする積雪寒冷地では、散水融雪の場合には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一般に総費用が大きくなる傾向にあるため、一般に普及しているとは言い難い。そこで、今回融雪システムの低コスト化を目的に、新たな熱源として極めて浅い地盤の地中熱並びに暖房排熱を利用した融雪システムを提案し、その融雪の可能性について札幌市内において試験を実施したので、その融雪効果と特性について報告するものとする。本試験では、気象条件の厳しい積雪寒冷地においても、極めて浅い地盤の地中熱や暖房排熱から得られる低温度エネルギーのみでも効果的な融雪及び凍結防止効果が得られることが確認できた。

2. 試験概要

融雪システムの概要を図-1に示す。融雪舗装体の脇には融雪効果の比較のため無対策の舗装を設置している。地下タンクは1m³程度の鋼製タンクを土被り1mの位置に埋設し、その内部を循環水で満たし、それを循環させることで周囲の地盤から熱エネルギーを採取するものである。暖房排熱については、一定温度(約20℃)に保たれた模擬BOX内部に潜熱蓄熱体を設置し、その内部に配した採熱管を通して室内の熱を採取する。この他、暖房排熱の配管経路を切り替え、暖房器具(F F式)の排気管表面から採熱を行う融雪試験も実施している。

温められた循環水は、各融雪舗装体に埋設された放熱管(φ15mm)へと流れ込む。放熱管内を流れることで熱エネルギーを放出(融雪)し、再び各採熱部分に戻る。循環水は凍結防止のためポリプロピレングリコール25%を使用し、当該システムはこの循環水を熱交換の媒体とした一連の作用により成り立つものである。融雪舗装については厚さ160mmのコンクリート版とするが、地下タンクを利用する2ブロックの融雪舗装のうち、1ブロックは舗装体下部に断熱層を設け、その効果を確認した。これら各構造部位の諸元を表-1に示す。

融雪試験は流量をパラメータ(5, 10, 15, 20 l/min)とし、各舗装体の鉛直方向温度分布及び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ている。

3. 融雪効果

融雪試験では各流量について概ね2週間程度の連続運転を実施した。そのうち2007年1月22日～2月18日までの融雪試験の結果について、積雪深さの経時変化を図-2に示す。地下タンクを用いたものは、無対策舗装に比べて融雪効果があることが確認でき、さらには断熱層を設けることで融雪能力が向上している事がわかる。これは、断

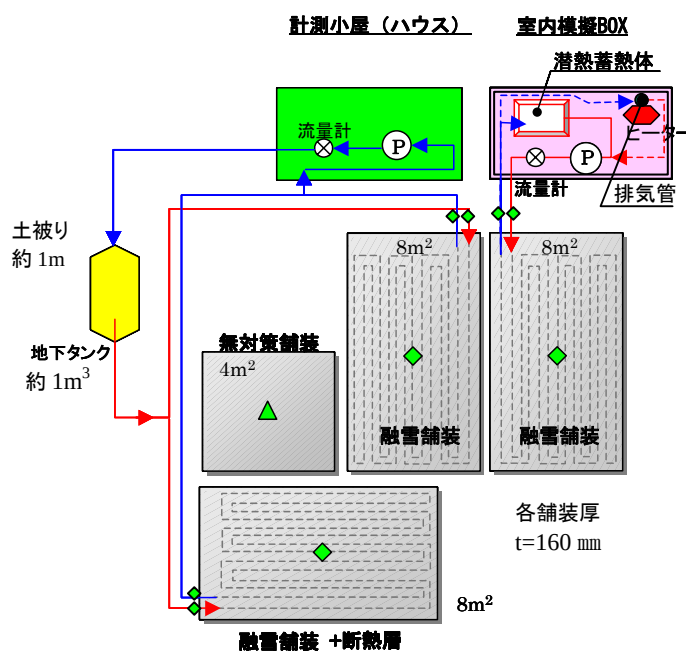


図-1 融雪システム概要図(全体)

キーワード ロードヒーティング、地中熱、無散水融雪、積雪寒冷地、自然エネルギー

表-1 融雪システム諸元表

部 位	仕 様, 形 状	数 量
地下タンク	鋼製 φ 800, L=2m	V=1m ³
蓄熱体	硫酸ナトリウム水和物	V=0.25m ³
循環水	ホ ⁺ リフ ⁺ ロヒ ⁺ レンク ⁺ リコ ⁺ ル25%	—
融雪舗装体	2m×4m 3箇所 t=160mm (1箇所は断熱層t=20mm有り)	1箇所 A=8m ²
無対策舗装体	2m×2m t=160mm	A=4m ²
採熱管 (暖房排熱)	フレートホース φ 15(排気管), φ 19(蓄熱)	L=8m
放熱管	SGP-B 15A	—

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ものと考えられる。地下タンク（地中熱）を熱源としたシステムにおいては、30cmを超える積雪があった場合においても4～5日程度で融雪が完了し、断熱層を用いた場合には、さらに積雪量が抑えられ、3～4日程度で融雪が完了する。

次に、暖房排熱を熱源とした融雪システムについては、暖房による室温の余熱並びに排気管(FF 式ストーブ)の排熱を熱源とする場合、ともに積雪抑制効果と積雪後の融雪能力は地下タンクと比して高く、概ね 2～3 日で融雪が完了している。

次に、融雪状況を写真-1 に示す。無対策舗装に比べて、各融雪舗装の効果をも十分に確認することができる。なお、融雪過程で積雪状態にある場合でも、常時凍結状態にある無対策舗装に比べ、それ以外の各融雪舗装体は舗装表面が凍結しておらず、積雪境界部はシャーベット状となっていることが確認できた。

4. 融雪能力特性

次に、各融雪システムの舗装部の循環水温度及び流量から融雪能力を算定したものを表-2 に示す。参考として昨年実施した熱交換杭の試験結果³⁾ から得られた値を併記している。今回の試験では、電熱式等の一般的な融雪方式に比べて全体的に低い融雪能力値を示している。地下タンクについてはその中でも低い値ではあるが、舗装に断熱層を併用することで、さらに前述の融雪効果が十分に期待できる。また、室温の余熱については昨年実施した熱交換杭による融雪能力と同等の水準であり、排気管を用いた融雪はそれを上回る能力があることが確認できた。

5. まとめ

札幌のような積雪寒冷地でも、積雪後 1～5 日程度で融雪され、低温度な地中熱並びに暖房排熱を利用した融雪システムの有効性を確認することが出来た。また、断熱層（空気層）を融雪舗装の下部に設けることで融雪能力が向上することが確認できた。今後は、試験施工等を通じて効率的なシステムの稼動と採熱能力の向上を目指すと共に、融雪能力と採熱量の定量的な評価に繋げていきたい。

参考文献

1) 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, 1992, pp. 721-724
2) 福井県雪対策・建設技術研究所 年報地域技術第 18 号, 2005.7, pp143-145
3) 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, 2006.9, pp349-350

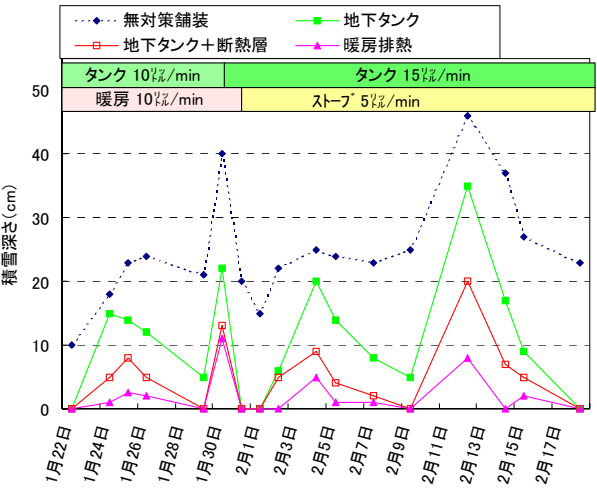


図-2 積雪量の変化 (2007.1.22～2.18)

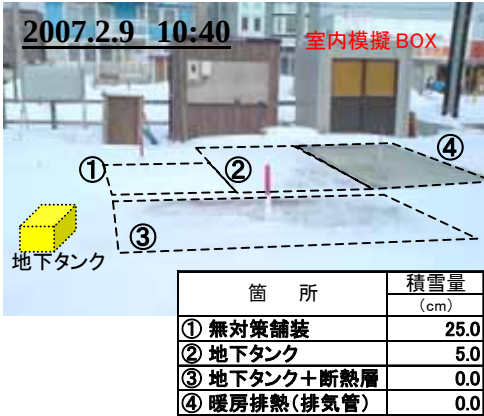
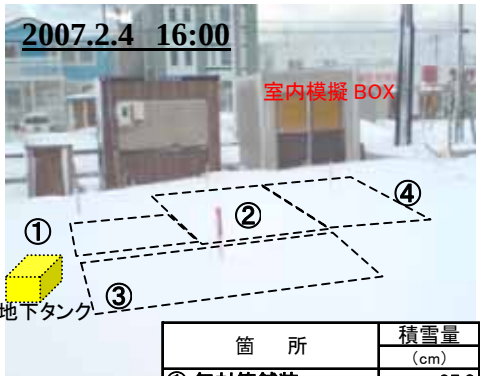


写真-1 融雪状況

表-2 各熱源による融雪能力の一覧

熱 源		融雪能力 (W/m)	ポンプ流量 (ℓ/min)
暖房排熱	室温余熱	60～80	10、15
	排気管	84～97	5、10
地中熱	地下タンク	(17～27)	5、10、15
	熱交換杭	40～70	5、10、20