

電熱方式ヒートパイプ発熱体の潜熱を利用した融雪施設設計

(株)復建技術コンサルタント 正会員 ○菅原 寛文
 鎌田 正彦
 正会員 稲山 耕一

1. はじめに

現在、急速に高齢化社会が進展し、都市部における冬期バリアフリーの確保はその必要性、重要性がますます増大している。また、環境面では、京都議定書の発効による温室効果ガスの排出抑制の実現が求められている。

このような背景から、融雪施設は環境への負荷を極力低減するために、自然エネルギーやローカルエネルギーといった再生可能なエネルギーの活用が一般的流れとなっている。しかし、これら再生可能なエネルギーが利用できない箇所は、化石エネルギーに依存せざるを得ないが、その場合でもLCCと二酸化炭素排出量の低減の実現が時代の趨勢となっている。

本報では、岩手県が管理する道路で初めて採用した「電熱式ヒートパイプ発熱体」(以下、「ヒートパイプ」)によるLCCの最小化と二酸化炭素の排出抑制を図りつつ、従来の工法以上の融雪効果を目指した事例について紹介する。

2. 計画箇所の概要

本対象箇所は、盛岡市中ノ橋通地区の一般国道106号歩道部(両側)で、施設規模は道路延長 $L=400\text{m}$ 、融雪対象面積 $A=1,600\text{m}^2$ 、必要熱量 $W=150\text{W}/\text{m}^2$ である。沿道状況は、道路両側に民家、商店が連坦しており、騒音等の生活環境への配慮が必要な状況となっている。



図-1 位置図

3. 融雪方式の選定

(1) 融雪エネルギーの概要

一般的に、融雪施設の熱源は、化石エネルギー、自然エネルギー、ローカルエネルギーに分類される。

具体的には、化石エネルギーは電気、灯油、天然ガス、自然エネルギーは地下水熱、地中熱、空気熱、ローカルエネルギーは温泉熱などである。

(2) 計画箇所の外部条件と融雪方式

盛岡市内では融雪施設が導入されてから20年程経過しているが、当初は電熱線方式に始まり、近年は豊富な地下水を利用した「地下水還元方式」や「地下水熱源ヒートポンプ方式」が主流となっている。

本計画箇所は、白亜系花崗岩の基盤上に築城された不來方(盛岡)城址に近く、地下水の賦存は非常に少ない状

況となっている。

本計画では、地下水以外の「自然エネルギー」と沿道の生活環境に配慮した「化石エネルギー」の2つの熱源を基に比較検討を行い、以下の根拠から電熱方式を採用することにした。

表-1 融雪方法選定表

	自然エネルギー			化石エネルギー		
	地下水還元	水熱源ヒートポンプ	空気熱ヒートポンプ	ガスボイラー	灯油ボイラー	電熱方式
施設面積	5m ² 程度	30m ² 程度	30m ² 程度	10m ² 程度	30m ² 程度	5m ² 程度
評価	地下水がない	地下水がない	騒音が大きい 設置場所がない	騒音が大きい 臭気がある	騒音が大きい 設置場所がない	環境条件、施設条件に問題ない

(3) 電熱方式の特徴と課題

電熱方式は「電熱式ニクロム線発熱体」(以下、「電熱線」)が主要方式で、融雪工法で最初に実用化された工法である。電熱線は、実積の数、システムの信頼性も高く、北海道や札幌市で多く採用され、これまで約40年の歴史がある。しかし、電熱方式の欠点はランニングコストが高く、近年、札幌市は財政負担を軽減するため、一部融雪施設の運用を取りやめる箇所も発生している。

「電熱線」の特徴と課題は、以下のとおりである。

【長所】

- ① イニシャルコストが小さく、省スペースで騒音もなく、クリーンである。
- ② 維持管理(補修)が容易で、安価である。

【短所】

- ① 断面積が小さいニクロム線(直径約10mm)の顕熱を利用するため、予熱運転が必要である。
- ② ニクロム線は断熱材で巻き立てるため、熱抵抗が大きく、エネルギー効率が悪い。
- ③ ①②より、通電時間が長くなるためランニングコストが大きく、結果としてLCCが増大する。

【課題とその対応策】

電熱方式の課題は、上記の長所を活かしつつ、どのようにランニングコストの縮減を実現するかにある。

本計画では、この課題を解決するため、「潜熱」を利用した「ヒートパイプ」方式を採用するにより、予熱運転を無くし、かつ短時間で路面温度を上昇させ、運転時間を極力短縮するシステムを提案した。

4. ヒートパイプ

(1) ヒートパイプの概要

ヒートパイプの構造は、真空の鋼管内に作動液としてメタノール^{*}を封印し、この端部を電熱線で熱して作動液を気

^{*}一般的には代替フロンを利用したヒートパイプが多いが、この回収費用が高いため、この問題を解消するため採用されたものである。

化させ、この気化した作動液が鋼管（路面温度）との温度差により液化する際に発する「潜熱」を融雪熱として利用するシステムである。尚、メタノールの沸点は、大気中で60℃、真空中で15℃である。

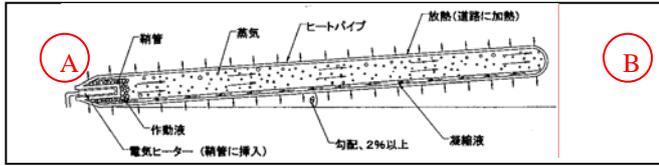


図-2 ヒートパイプの構造と動作原理

(2) 顕熱と潜熱の熱量比較

物質の「相」が変化する際に発する熱を「潜熱」というが、本システムは気相と液相の相変化を利用している。相変化による熱伝達は、わずかの温度差で大量の熱エネルギーの交換ができ、電熱方式で利用する顕熱に比べ、590倍（例1、2より）の熱輸送が可能である。

例 1) 顕熱: 質量 1kg、温度 15℃の水が 14℃になった時に放出する熱量。

$$Q_c = 1.0 \times 4.18 \times (15 - 14) = 4.18 \text{ kJ} = 1 \text{ kcal}$$

例 2) 潜熱: 質量 1kg、温度 15℃の水蒸気が 15℃の水になった時、放出の熱量を計算する。

$$Q_L = 1.0 \times 2465.9 = 2465.9 \text{ kJ} = 590 \text{ kcal}$$

(3) ヒートパイプの設計方針について

ヒートパイプは、NASAが人工衛星中の放熱に利用されたのが実用化の始まりで、現在ではパソコンのCPUの冷却のためにも利用される。その特徴は、小さな本体で大きな熱交換が可能なる点にある。

電熱方式ヒートパイプ融雪システムは、JR東日本が踏切融雪に利用している事例が多いが、一般道路の融雪施設としての実績は少ない。これまでは、電熱方式と同じ運用方法を前提とした比較検討を行っており、イニシャルコストが電熱方式に比べ割高なヒートパイプがLCCも割高となるのが自明の理である。

本計画では、複数のヒートパイプの運用実績を基に、運転時間を短縮し、LCCの比較検討を行うことにした。

参考とした具体の事例は、以下のとおりである。

- ① JR花輪線安代踏切は、盛岡側と鹿角側で交互に通電（過熱）し、十分な融雪効果を得ている。
- ② 岩手町町道は、電熱線の標準稼働時間720hが300hに短縮され、年間の電気代を1,300円/m²に圧縮した。
- ③ 各施設とも設計熱量に+100W/m²で運用している。

(4) ヒートパイプの運用方法について

本計画箇所のヒートパイプ運用方法は、上記事例を基に以下のように設定した。

- ① 対象が歩道部である点を考慮し、必要熱量150W/m²に対し、+50W/m²とし稼働時の熱量は200W/m²とする。
- ② 交互運転の方法は、各ブロックの歩道を左右に分割し、左右交互に通電する。これにより、電熱線の2/3の契約電力量となる。
- ③ 熱伝導率が高いため、降雪前と融雪後の余熱運転は、基本的には行なわないため、年間運転時間は720hの3/4と考え540hとする。

→実績では300hであるが、必要熱量を+50W/m²としているため、3/4程度に設定した。

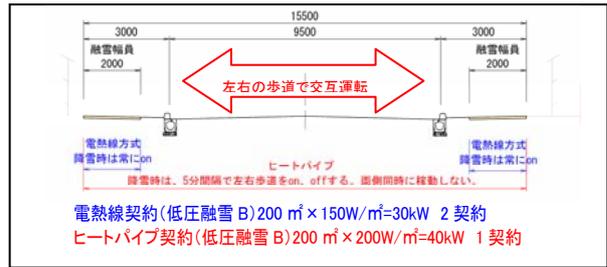


図-3 運用方法イメージ図



図-4 ヒートパイプの融雪状況写真

5. 電熱方式の比較検討

以上の条件を基に、電熱線とヒートパイプの比較検討結果は、下表のとおりである。

「電熱式ヒートパイプ発熱体」は、LCCと二酸化炭素排出量の両方を低減することが可能である。

表-2 電熱方式比較表

	電熱式ニクロム線発熱体	電熱式ヒートパイプ発熱体
電力量	40kw × 6=240kw	40kw × 4=160kw
稼働時間	720時間/年	540時間/年
経済性	設備費	73,640,000
	維持費(電気代)	2,793,952
	更新費	3,086,000
	20年トータル	9,561,952
二酸化炭素排出量	62,208 kgCo2/年	41,472 kgCo2/年
総合評価	△	○

※CO₂排出係数は、平成11年環境省による。(0.36kg-CO₂/kwh)

6. おわりに

自然エネルギーの活用は、環境負荷の軽減を目的に導入が始まった。近年、何が何でも「自然エネルギー」といった「手段が目的化」した事例も散見され、高コスト化、環境負荷の増大が懸念される施設も見られる。

本計画は電気を熱源とするものの、熱効率の高い発熱体とこの能力をベースとした細やかな運用方法等、性能設計の手法を導入し、消費エネルギーの抑制による「LCCと環境負荷の低減」の両立を目指したものである。

今後、自然エネルギーの利用が困難な場所における融雪方法について、本事例は新たな知見と展望を示すことが出来たものと考えている。

謝辞 本計画に対し御理解と御協力を戴いた岩手県盛岡地方振興局土木部と当時の担当者亀田氏に深謝する。

以上

参考文献

- 1)建設省北陸地方整備局:路面消・融雪施設等設計要領 H12年3月
- 2)防雪工学ハンドブック:日本建設機械化協会 S63年3月
- 3)ロードヒーティング設備の設計指針:建設電気技術協会 S49年10月