

# 消融雪施設の現状と 自然エネルギーを活用した融雪技術の紹介

齋藤 浩之

近年の地球温暖化対策や環境意識の高まりの中で、省エネルギー型、環境負荷低減型の消融雪施設が望まれている。また、東日本大震災とそれに伴う原発事故を受けて、消融雪分野においても再生可能な自然エネルギーの積極的な導入が必要とされている。

自然エネルギーを活用している消融雪施設の現状と今後普及する可能性の高い、地中熱や空気熱を活用した融雪技術について紹介する。

キーワード：散水消雪施設、無散水融雪施設、地中熱、空気熱、ヒートパイプ、ヒートポンプ

## 1. はじめに

近年、地球温暖化対策への早急な対応が求められたり、東日本大震災とそれに伴う原発事故を受けて、再生可能な自然エネルギーの積極的な導入が必要とされている。消融雪の分野においても、自然エネルギーを活用した施設は、約20年前から施工されている。その中でも最近では、どこでも安定的に熱源が利用可能で、ランニングコスト低減に効果的な地中熱を利用した融雪施設が注目されている。これからの消融雪施設は、地下水の保全やエネルギー消費の低減といった、環境負荷を低減した工法の普及や開発が進むものと考えられる。

本報では、消融雪施設の現状と環境負荷を低減した自然エネルギーを活用した消融雪施設について紹介するものである。

## 2. 消融雪施設の現状

### (1) 消融雪施設の種類

消融雪施設は、大きく分けて散水消雪施設と無散水融雪施設に分類される。

散水消雪施設（消雪パイプ）は、昭和36年に新潟県長岡市で誕生して以来50年を迎えた。この期間に北陸地方を中心に東北の一部から山陰に至るまで広く普及してきた。散水消雪施設は、無散水融雪施設に比べて低コストで路面のサービスレベルが比較的高いことから、消融雪施設の中では最も設置数が多い。

これに対して、無散水融雪施設は電熱線を舗装内に

表1 消融雪施設のエネルギー源と利用形態

区分	熱源別	利用形態	
散水消雪	地下水	直接散水	
	海水	直接散水	
	河川水	直接散水 ボイラー加温散水	
	湖沼水	直接散水 ボイラー加温散水	
	下水処理水	直接散水	
節水型散水消雪	地下水そのものの節水	間欠散水 交互散水 インバーター制御	
	地下水回収加熱利用 地下水回収熱交換利用	直接散水	
	河川水熱交換利用	直接散水	
無散水融雪	自然エネルギー	地下水熱	直接通水
		地中熱	ヒートポンプ ヒートパイプ
		太陽熱	浅層蓄熱 帯水層蓄熱 太陽光発電
		空気熱	ヒートポンプ
		海水熱	ヒートポンプ
		河川水熱	ヒートポンプ
		湖沼水熱	ヒートポンプ
		風力	風力発電
	トンネル湧水	ヒートポンプ	
	ローカルエネルギー	温泉熱	熱交換器 ヒートパイプ
		都市排熱	ヒートポンプ
	化石エネルギー	重油・灯油・ガス	温水ボイラー マイクロガスタービン ガスヒートポンプ
		電気	電熱線

埋設した方式から始まり、舗装内に埋設管を敷設し、その管内に温水や地下水を循環する方式が普及している。普及している地域は、地下水資源の乏しい地域や地下水取水規制のある地域、寒冷地域で地下水を散水すると凍結する恐れのある地域、交通の要所となる箇所が対象となっている。

消融雪施設に利用されているエネルギー源とその利用形態について表一に示す。

**(2) 散水消雪施設の現状**

散水消雪施設(写真一)は、低コストで路面のサービスレベルが高いことから、北陸地方を中心に普及してきた。しかし、この施設は地下水を大量に取水することから、地下水位が低下し、周辺井戸の枯渇、地盤沈下といった環境問題が課題となっている地域もある。このような地域では、地下水取水規制によって地下水の保全に努めるようになり、節水型散水消雪施設が普及するようになった。現在は、環境意識の高まりもあり、節水型の散水消雪施設が増えている。



写真一 散水消雪施設の消雪状況

節水型散水消雪施設は、地下水の散水量やポンプの運転時間を抑えることにより、地下水の取水量や水中ポンプの使用電力量を低減できる。現在普及している節水型散水消雪施設は、交互散水方式、間欠散水方式、インバーター制御方式に大別される。交互散水方式は、散水管を2系統に分け、一定時間毎に交互散水する方式で、約50%の節水が可能である。間欠散水方式は、節水用タイマー(写真二)により水中ポンプを間欠運転する方式で、約20~50%の節水が可能である。ただし、この二つの方式は、散水量を抑制するため、降雪量や交通量によっては、消雪効果が低くなる。これに対して、インバーター制御方式は、降雪の強度(大雪・中雪・小雪)に応じて、散水量を変化させることができ、消雪のサービスレベルを維持しながら、約30%の節水と約40%の節電が可能である。



写真二 節水用タイマー

節水型散水消雪施設の効果について、表二にまとめた。

表二 節水型散水消雪施設の効果

	交互散水	間欠散水	インバーター制御
地下水節水率	50%	20~50%	30~40%
節電率	0%	20~50%	40~50%
CO <sub>2</sub> 削減率	0%	20~50%	40~50%
サービスレベル	約半分のレベル	約5~8割のレベル	同等のレベル

※通常の散水消雪と比較した場合の概略値

**(3) 無散水融雪施設の現状**

無散水融雪施設は、熱源を電気や灯油、ガスといった化石エネルギーを利用した電熱線方式や温水ボイラー方式が普及していた。しかし、近年の環境意識の高まりの中で、省エネルギー型でCO<sub>2</sub>排出量の少ない無散水融雪施設が望まれている。このような環境負荷低減時代において、再生可能な自然エネルギーを活用した無散水融雪施設が普及してきている。特に空気熱源とヒートポンプを組合せた施設が多く施工されている。空気熱源はどこにでもある熱源であり、利用しやすい点が普及している理由である。また、同様にどこにでもある地中熱を熱源とした無散水融雪施設が、今後普及してくるものと考えられる。地中熱を熱源とした施設は、空気熱源方式に比べCO<sub>2</sub>排出量が少なく、施設の熱効率が良いことからランニングコストを低減できる。しかし、地中熱を採熱する井戸の掘削費用が必要になることからインシヤルコストが高価になる点が課題である。このように、無散水融雪施設の中でも自然エネルギーを利用した融雪施設は、ランニングコストは比較的安いものの、インシヤルコストが高いといった課題があり、今後一層のコスト縮減につながる

技術開発が望まれている。

融雪施設のトータルコストとCO<sub>2</sub>排出量を推定したものを図-1に示す。図中の自然エネルギー利用の無散水融雪施設は、CO<sub>2</sub>排出量は低く環境面では優れているものの、コストが高い傾向にある。

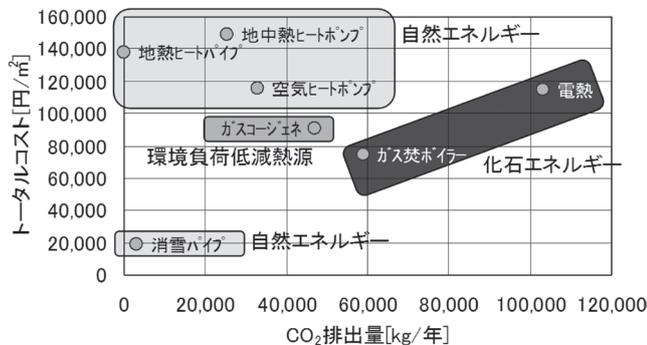


図-1 融雪施設のコストとCO<sub>2</sub>排出量

### 3. 自然エネルギーを活用した融雪技術

融雪施設は、大きく分けて散水消雪施設（消雪パイプ）と無散水融雪施設に分類される。この中で最も設置数の多いのが、散水消雪施設（消雪パイプ）であり、自然エネルギーの一つである地下水を熱源としている。この散水消雪施設は、低コストでCO<sub>2</sub>排出量が少なく（図-1参照）、路面のサービスレベルが高いといった利点があるものの、地下水を大量に汲み上げることから、地盤沈下や周辺井戸の枯渇といった環境問題が発生している地域もある。

無散水融雪施設の熱源は、自然エネルギー、ローカルエネルギー、化石エネルギー（表-1参照）に大きく分けられる。この中で、化石エネルギーを大量に使用する施設は、省エネや環境問題の観点から今後は少なくなるものと考えられる。また、ローカルエネルギー（温泉熱、都市排熱）や自然エネルギーの一部（海水熱、湖沼水熱、トンネル湧水）は、設置可能な地域が限られる場合が多く、どの地域でも普及していく施設ではない。これらのことを踏まえると、省エネルギー型、環境負荷低減型の自然エネルギーを活用した施設で、設置条件に制約条件の少ない熱源である、地中熱や空気熱を活用した無散水融雪施設が今後普及していくものと予想される。

再生可能な自然エネルギーである地中熱と空気熱を活用した融雪技術について次に紹介する。

#### (1) 地中熱を活用した融雪技術

地中熱は、一般的には地下200m程度までの深さの熱エネルギーを示している。地中の温度は深度約

10m以深になると年間を通して一定である。また、他の自然エネルギーと異なり、天候や時間帯等の条件に左右されることがなく、どの地域、どの場所においても普遍的に採熱が可能な特長を有している。しかし、地中熱を活用した融雪施設は、地中熱を採熱するために地中を掘削する費用が掛かり、イニシャルコストが高価になるといった課題がある。この課題に対して、近年の掘削機械の性能が向上し、掘削速度が速くなりコスト低減が図られるようになってきた。今後は更に掘削機械の技術革新が期待されている。

地中熱の特長を活用した融雪技術としては、地中熱ヒートポンプ方式と地中熱ヒートパイプ方式が挙げられる。

#### (a) 地中熱ヒートポンプ方式

地中熱ヒートポンプ方式は、採熱用井戸を掘削し、その井戸内に熱交換器を設置して、熱交換器を循環する不凍液と地盤との間で熱交換させ、その不凍液の熱を水熱源ヒートポンプの熱源として温水を造り、融雪を行うものである。地中熱ヒートポンプ方式の概要図及び融雪状況を図-2、写真-3に示す。

地中熱ヒートポンプ方式と空気熱ヒートポンプ方式を比較した場合、冬期間においては、地中の温度の方が外気温より高いことから、地中熱の方が空気熱より

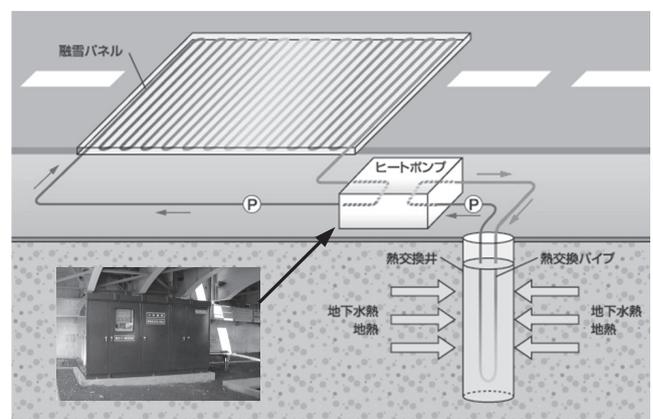


図-2 地中熱ヒートポンプ方式の概要図



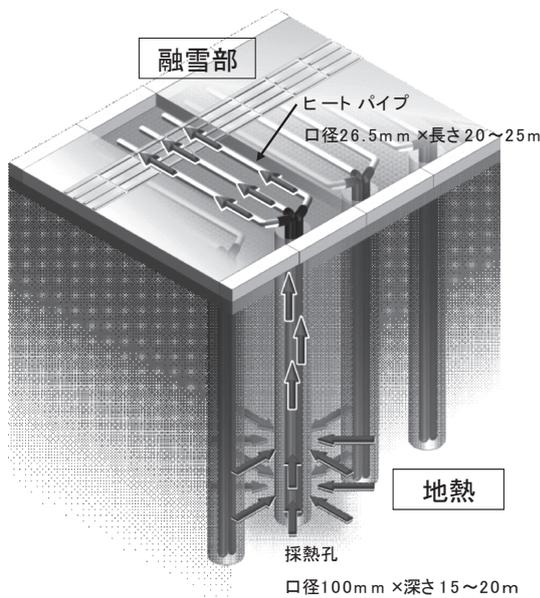
写真-3 地中熱ヒートポンプ方式の融雪状況

ヒートポンプへの負荷が減り、ランニングコストの低減になる。積雪寒冷地の中でも特に外気温の低い厳寒地域で、空気熱に比べて熱効率の良い運転ができる。また、地中熱ヒートポンプの場合、冬期間のデフロスト運転（霜取り）がないことも特長であり、省エネ効果や融雪効果の面で有利である。

(b) 地中熱ヒートパイプ方式

地中熱ヒートパイプ方式は、15～20mのボーリング孔にヒートパイプを挿入し、地中熱を地表に運んで融雪を行うものである。地中熱ヒートパイプ方式の概要図を図一3に示す。また、ヒートパイプの原理を図一4に示す。

ヒートパイプは、地中温度と舗装路面温度の温度差で放熱するため、冬期間でも比較的暖かい時はあまり放熱せず、気象条件が厳しく舗装路面温度が低下する



図一3 地中熱ヒートパイプ方式の概要図

と、多くの放熱を行う。このように、雪の降り方や外気温の程度によって自動制御的に放熱量を調整するため、地中熱を浪費することなく、冬期間を通じて安定した融雪効果を発揮する。

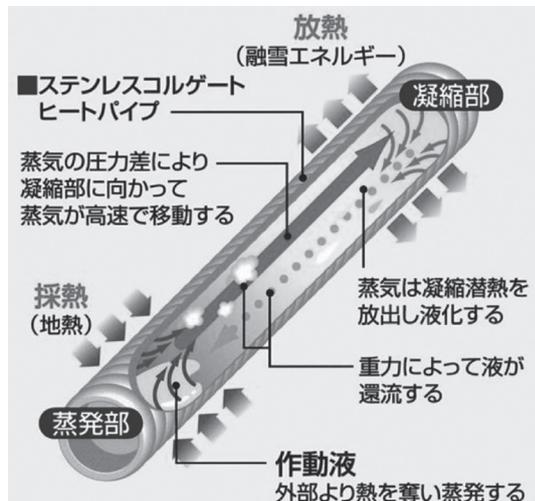
地中熱ヒートパイプ方式は、ヒートパイプを介して自動制御的に地中熱を舗装路面に運ぶことから、通常の融雪施設では必要な制御盤やエネルギー供給設備等が必要なく、電気やガス、油といった化石エネルギーも一切使用しないため、自然エネルギーを100%利用した融雪方式である。地中熱ヒートパイプ方式の配管状況と融雪状況を写真一4、写真一5に示す。



写真一4 地中熱ヒートパイプ方式の配管状況



写真一5 地中熱ヒートパイプ方式の融雪状況



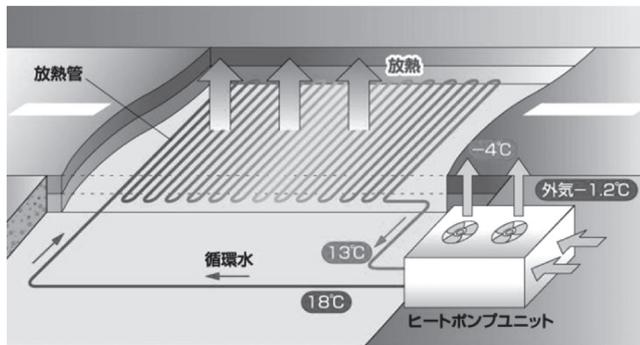
図一4 ヒートパイプの原理

(2) 空気熱を活用した融雪技術

空気熱は、どこにでもあり、簡単に採熱が可能であるため、ヒートポンプの熱源としては安価で利用しやすく、空気熱ヒートポンプ方式の融雪施設が増えている。

空気熱ヒートポンプ方式は、外気温が低下することによってヒートポンプに負荷が掛かったり、デフロスト運転（霜取り）が多くなり、熱効率が低下するといった状況がある。前節で述べたように、熱効率やランニングコストの面では地中熱ヒートポンプ方式は優れているが、空気熱ヒートポンプ方式は地中熱のように採熱用井戸といった熱源設備を必要とせず、インシヤルコストが安価な点が利点である。

空気熱ヒートポンプ方式は、積雪寒冷地の中でも比較的気温の高い地域に適していると考えられる。外気温の低い厳寒地域での採用については、その地域の気象条件等を十分考慮し、地中熱ヒートポンプ方式と比較検討する必要がある。空気熱ヒートポンプ方式の概要図及び融雪状況を図—5、写真—6に示す。



図—5 空気熱ヒートパイプ方式の概要図



写真—6 空気熱ヒートポンプ方式の融雪状況

また、近年開発された、空気熱を利用した新しい融雪技術としては、温排気を舗装用タイルの下を循環させ、融雪を行う工法がある。温排気には、都市排熱や工場等の機械排熱、厨房からの排熱等があり、今まで捨てていた熱エネルギーを再利用するものである。こ

の工法は、一般的な無散水融雪工法のように舗装内を温水が循環するのではなく、空気が循環するため、多少大気中に空気が漏れても無害であり、維持管理が容易であるといった特長もある。

#### 4. おわりに

これからの消融雪施設は、散水方式、無散水方式の両方式とも、省エネルギー型、環境負荷低減型、低コスト、長寿命、容易な維持管理等の融雪技術が望まれている。散水消雪施設（消雪パイプ）は、節水・節電型の技術開発がさらに推進され、今後普及していくものと考えられる。無散水融雪施設は、省エネルギー型、環境負荷低減型の再生可能な自然エネルギーを活用した融雪技術が開発・普及していくものと考えられる。その中でも設置条件に制約条件の少ない熱源である、地中熱や空気熱を活用した無散水融雪施設が今後普及していくものと予想される。

今後は更に、人にも地球環境にも優しい、消融雪施設の普及を進めていかなければならない。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 桑原 剛：路面の消融雪施設の現状と課題，ゆき，No66，pp11-14，2007.1
- 2) 路面消融雪施設等設計要領編集委員会：路面消・融雪施設等設計要領，2008.5

#### 【筆者紹介】

齋藤 浩之（さいとう ひろゆき）  
株興和  
水工部長

