

# 環境に優しい地中熱利用の融雪システムの施工について

## — 春日和田山道路Ⅱの無散水融雪設備 —

近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 機械課 森井 和弘

### 1 はじめに

北近畿豊岡自動車道は但馬と丹波および、京阪神とのネットワークを構成する全長約70kmの高規格幹線道路である。

平成18年7月22日に氷上ICから和田山ICまで開通し、現在は春日～和田山間の31.7kmを供用している。

当区間は、積雪寒冷地域で冬期の積雪、路面凍結対策が必要であることから除雪機械及び融雪設備で対応する。

また、但馬の中核都市である豊岡は、昨年度コウノトリの自然放鳥も行われた地域で、自然環境に恵まれ、豊かな自然との共存を通じて地域の発展を目指す道作りが求められている。

本報告は、この道路の冬期における積雪・凍結時の安全で円滑な交通を確保するため、環境に優しい地熱を利用した融雪設備を施工したので、その事例を報告するものである。

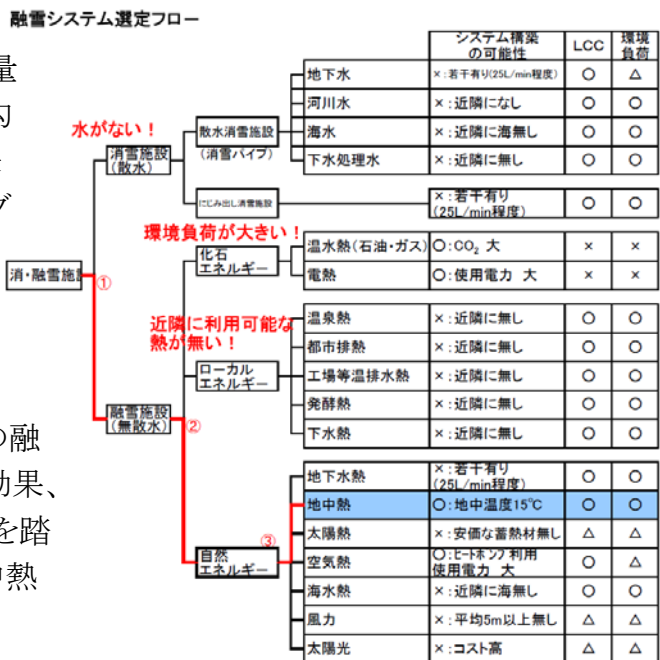


### 2 融雪設備の検討

本路線の雪氷対策として冬期の降雪量をはじめとする気象条件、道路の線形・勾配等の道路構造条件及び経費等を加味して本線は機械除雪、ランプ、パーキングエリアへの出入路については設備による融雪とした。

#### 2.1 融雪設備工法の決定

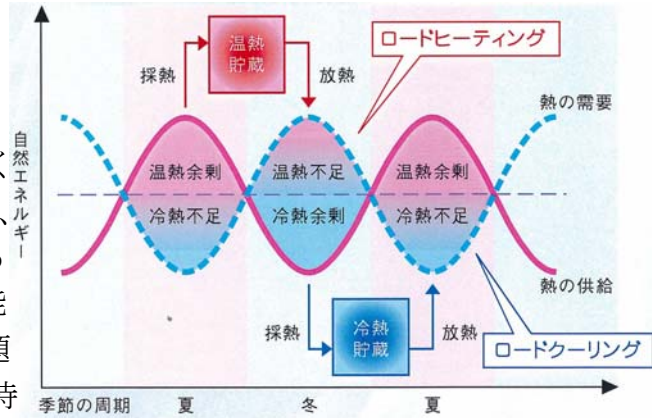
融雪工法の決定にあたっては、右図の融雪システム選定フローに示すよう、融雪効果、経済性、環境負荷等について現場条件を踏まえて総合的に評価検討した結果、地中熱利用無散水融雪設備とした。



### 3 地熱を利用した無散水融雪の設計

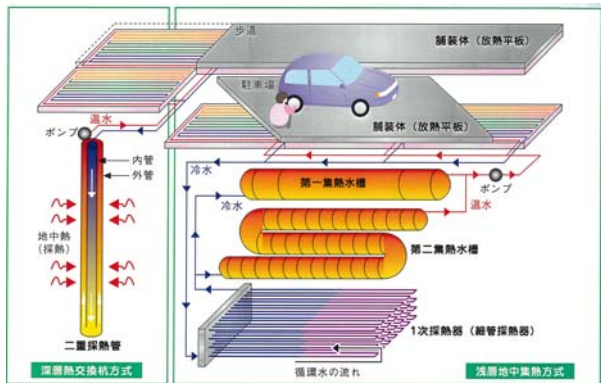
#### 3.1 地熱利用の概念

地熱利用は冬場の融雪運転だけでなく夏場の路面クーリング運転を行う事により、夏場に余る温熱を蓄熱し冬場に利用する事が出来る年間を通じた季節蓄熱が可能であり、地中の低温化という地中環境問題を抑制し安定した地盤温度を維持でき、持続的に安定した運転が可能となる。



#### 3.2 道の駅「ハチ北」での取り組み

平成10年、地熱による融雪技術が確立していない中、当事務所管内、一般国道9号において供用した道の駅「ハチ北」での地中熱利用した本格的な無散水融雪設備の取り組みは、平成12年度の土木学会環境賞を受賞する栄誉を賜っている。

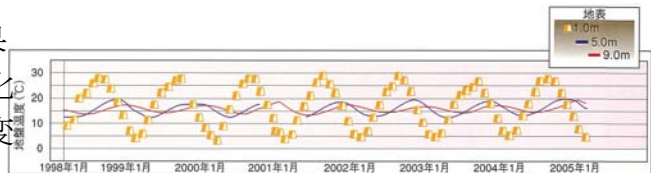


「ハチ北」では、地熱を利用した融雪システムの確立に向けこれまで7年間におよぶ地中温、路温、循環水温、気象等各種計測データを収集・解析を福井大学と共同して実施してきた。

#### 3.3 道の駅「ハチ北」のデータ解析成果

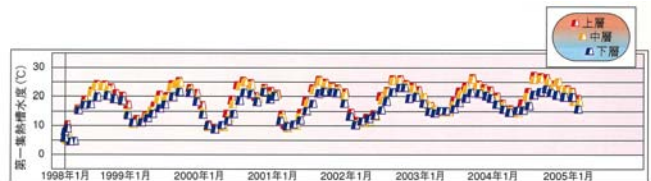
##### 1) 地盤の深度と年間の地盤温度変化

① 地表から5m下では、地中温度変化は極めて小さい。



##### 2) 集熱水槽内の年間の水温変化

- ① 夏期は約30℃まで上昇
- ② 冬期でも10℃を下回らない。



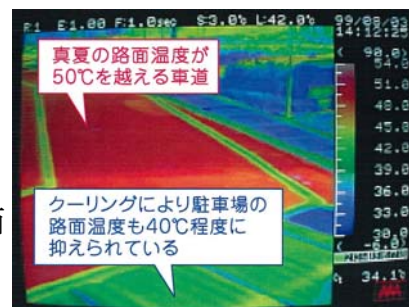
##### 3) 夏期の路面クーリング運転効果

- ① 舗装温度を約20℃冷却
- ② 12月でも貯水槽水温、地盤温度は20℃を超える。

##### 4) 運転制御方法

① シンプルな路面温度による制御がベスト

降雪強度に応じて必要熱量を自然の摂理により自在に変化する為、降雪センサー等は不要で、路面温度センサーのみで制御が可能となった。



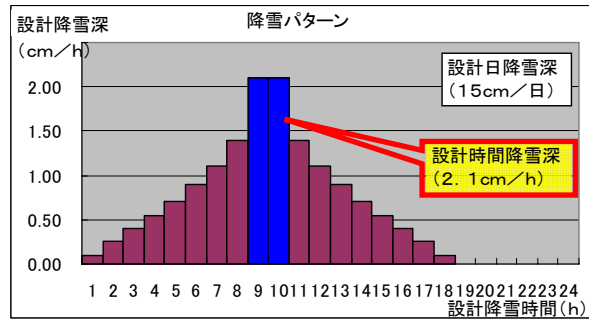
#### 4 春日和田山道路Ⅱ融雪システム

##### 4.1 降雪条件の設定

従来の化石燃料を使った融雪システムでは過去10年間の降雪記録から設計時間降雪深を算定これが設備能力となる。

しかし、自然エネルギーである地中熱を熱源とした融雪システムを化石燃料での融雪システムと同様に設計すると設備容量が大きくなり設備コストが高価となる。

そこで、昔から三寒四温と言われるように雪の降り方に注目し、過去の降雪パターンを分析し、設備容量を適切に決定することでコスト削減を図った。



##### 4.2 融雪システムの概要

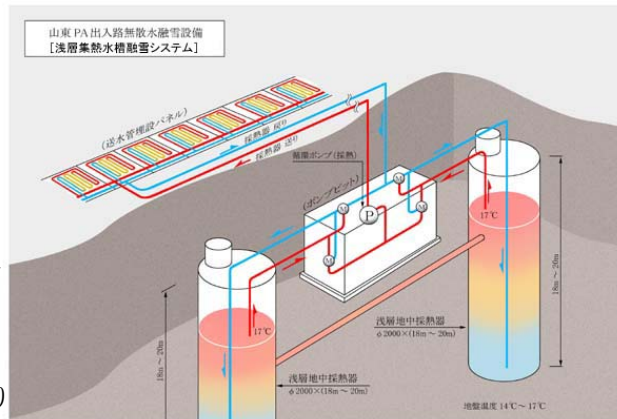
春日和田山道路Ⅱでは、山東PA出入路部の約1,450m には地中に埋設した鋼製大口径タンクで地熱を集熱・蓄熱し、融雪する浅層集熱水槽融雪システム、山東IC出入路部の約1,550mには地中約100mまで埋設した樹脂製チューブで採熱、蓄熱水槽で蓄熱し、融雪する深層採熱器・蓄熱水槽併用融雪システム、山東PA歩道部555㎡には中水タンクを用いて浄化槽で処理した水の熱と地熱を利用した浄化槽融雪システムを設置している。

##### 4.3 山東PA融雪システム

###### 1) システム概要

地下に埋設した直径2m、深さ20mの鋼製水槽内の水を周辺地盤の熱で温め、これを舗装内に埋設した配管に循環する事で、舗装を温め融雪をする浅層集熱水槽融雪システムである。

集熱水槽を成層化させる事で、暖かい水、冷たい水を使い分ける事が可能となり地熱をより有効に活用できるシステムとなっている。



###### 2) 集熱水槽(採熱部)

採熱部では地熱を採熱するために熱伝導率の良い材料を使用するだけでなく、採熱器と地盤との熱伝導を良く(埋戻し材に珪石、珪砂を使用)する事で、採熱をより効率的に行う事が出来るようにした。

###### 3) 融雪パネル(放熱部)

本設備では、舗装表面に効率的に地熱利用を行うため、放熱管の保護コンクリート及び表層舗装の骨材に熱伝導率の優れた珪石を使用している。

|                  |                | コンクリート<br>t=40mm(放熱管中心から) |                |                   |
|------------------|----------------|---------------------------|----------------|-------------------|
|                  |                | 普通骨材<br>(1.40)            | 珪石骨材<br>(2.40) | 珪石骨材+珪砂<br>(3.26) |
| アスファルト<br>t=30mm | 普通骨材<br>(1.20) | 1.31                      | 1.68           | 1.88              |
|                  | 珪石骨材<br>(2.06) | 1.62                      | 2.24           | <b>2.61</b>       |

表中()内の数値は、各材料毎の熱伝導率を示す。

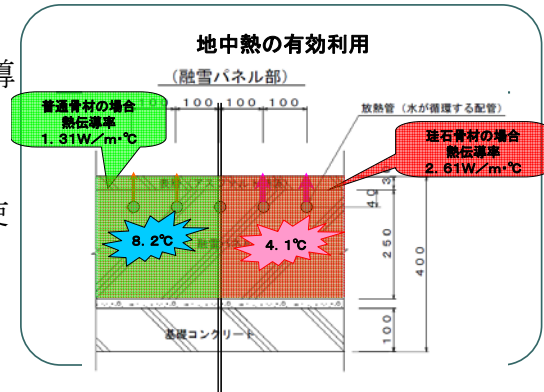
普通骨材を使用した場合と珪石骨材を使用した場合を比較すると珪石骨材を使用する事で熱伝導率を2倍とする事が出来た。

その結果、融雪を行うために必要な放熱管表面温度は普通骨材の約8℃から約4℃と半分まで下げる事が出来た。

この事により、地中熱から舗装表面への熱伝導が良くなり、熱ロスが少なくなるため、低温である地中熱のみで融雪する事が可能となった。

融雪に必要な熱量を、ヒートポンプや電熱を使用する事なく地熱の熱量のみで確保できるため、電気を使用するのは水を循環するポンプのみとなり、大幅な電力量の削減が可能となった。

|                  |      | コンクリート<br>t=40mm(放熱管中心から) |      |         |
|------------------|------|---------------------------|------|---------|
|                  |      | 普通骨材                      | 珪石骨材 | 珪石骨材+珪砂 |
| アスファルト<br>t=30mm | 普通骨材 | 8.20                      | 6.30 | 5.70    |
|                  | 珪石骨材 | 6.60                      | 4.70 | 4.10    |



## 5 まとめ

今回、本設備は地中熱のみで融雪を行う事により、使用電力量を大幅に削減する事が出来、環境負荷を軽減する事が可能となった。

環境負荷に対する軽減は、電熱式と比べ、CO2排出量で約96%の削減となった。

また、電力料に換算した場合、山東PAで約68%の削減、山東ICで約76%の削減となった。

## 6 終わりに

但馬は、自然に恵まれた地域であり、コウノトリ自然放鳥や河川自然再生等地域全体として環境に対する取り組みを推し進めている。また、当事務所では、その他トンネル換気設備の制御方法について坑内環境を改善した上で使用電力量を大幅に削減可能な「省エネ環境対応型ファジー制御」等、環境に優しい施設への取組を積極的に進めている。

地中熱等自然エネルギーを利用した融雪設備の課題としては、維持管理費は安価であるが、初期投資が高価であるため、トータルコストを割高にしてしまうイニシャルコストを削減する事である。

地中熱利用の無散水融雪設備に関して言えば、当事務所管内の道の駅「ハチ北」で平成10年に供用した設備と比較すると、今日まで新たな技術の導入や設計手法の確立等を取り組んだ結果により、建設コストを約1/3まで削減しているが、さらなるコスト削減に取り組む必要がある。

本設備では供用後の事後評価を福井大学と共同で行う事で、さらに環境に優しい低コストな融雪設備の確立を目指して取り組んでいきます。