

自然エネルギーを活用した消融雪設備
 ~ 一般国道 13 号 主寝坂道路の消融雪設備計画について ~

東北地方整備局 山形河川国道事務所 機械課 はが ちかこ
 芳賀千賀子

1. はじめに

一般国道 13 号は、福島市を起点として、山形市、新庄市、横手市等を経て秋田市に至る広域主要幹線道路である。このうち、金山町主寝坂峠付近は、幅員狭小、急カーブ、急勾配が連続し大型車の衝突事故、冬期のスリップによる横転事故の多発地帯となっている。また、大雨による道路決壊、土砂崩れ等の災害がたびたび発生し通行規制を余儀なくされている状況である。山形河川国道事務所では、平成 8 年度から「主寝坂道路」の事業に着手し、平成 17 年度に一部暫定共用を予定している。



本報告は、安全で快適な冬期交通を確保するため、新主寝坂トンネル（延長 2,944m）の起点側（金山町）3,246 m²、終点側（真室川町）5,327 m²において自然エネルギーを利用した消融雪設備の設置を計画したものである。

2. 設計条件

道路構造上の重要度に分けて、融雪するサービス水準を表 - 1 のとおり設定し、必要熱量の検討を行った。なお、設計条件は次のとおり設定した。

【設計条件】 日降雪深 11.3 cm/日（過去 7 ヶ年の平均日降雪深）
 外気温 - 4.4 （過去 7 ヶ年の日最低気温の平均値 2 月）

表 - 1 主寝坂道路における融雪のサービス水準

サービス水準	融雪対象箇所	路面状態	対応する気象条件	必要熱量
A	本線（走行車線）	雪が無い状態	降雪深 11.3cm/日(外気温-7.5)	170.7W/m ²
B	駐車帯	凍結しない(雪は残る)	外気温-4.4 (降雪深 5.9cm/日)	108.7W/m ²

外気温-7.5 は 93%のカバー率(12月～3月)

3. 融雪範囲の検討

金山側の本線の融雪範囲は、駐車帯の出入口に係わる箇所からトンネル坑内 25 mまでとし、融雪幅は路肩を除く片側 3.5 mとした。

真室川側の本線の融雪範囲は、トンネル坑内 25 mから秋田側の現道 13 号交差

点までとし、融雪幅は金山側同様路肩を除く片側3.5mとした。

トンネル坑内は、雪の吹き込み、融解水の車両の持ち込みを考慮し、トンネル坑内入口から25mを融雪範囲とした。

また、両坑口の駐車帯については、チェーン着脱場としての位置づけから、必要最小限の範囲を融雪対象に設定した。

4. 利用可能熱源の検討

4.1 熱源の選定

熱源については自然エネルギー、ローカルエネルギー、化石エネルギーが一般的に考えられる。自然環境への負荷軽減と自然エネルギーの有効活用の観点から検討を行った結果、新主寝坂トンネル付近で利用可能な自然エネルギーであるトンネル熱（湧水熱、地中熱、空気熱）と屋外空気熱を選定した。気象の影響を受けにくいトンネル熱を利用することで安定した融雪が期待できるが、計算の結果、融雪対象面積全体を賄う必要熱量は得られないため、融雪箇所の重要度を整理し各々の熱源の組み合わせによる消融雪設備の計画とした。

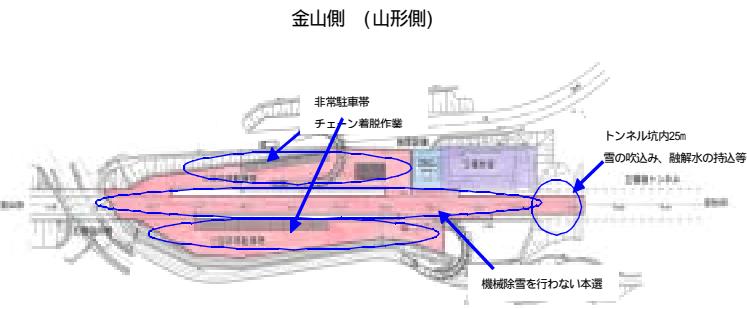


図 - 1 金山側の必要面積

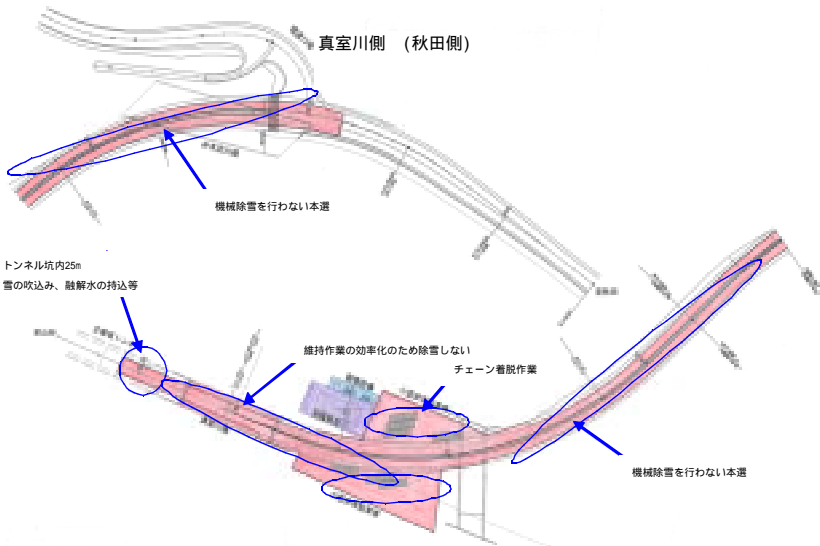


図 - 2 真室川側の必要面積

表 - 2 利用可能な熱源の検討

熱源	熱源の評価	利用可能性	
自然エネルギー	地下水熱	1)トンネル湧水(真室川側210L/min)を利用可能 2)井戸水(約3L/min)はほとんど見込めない	
	地中熱	1)地熱(鉛直方向)を利用した場合は概ね1~2cm/hの降雪強度に対応可能 2)トンネル地中熱を利用した場合、1cm/h未満の降雪強度利用可能(主寝坂トンネル約3km)	
	太陽熱	1)太陽電池を設置するスペースが確保できないことから、利用困難 金山・真室側(合計約10,000㎡)に対し、約5,200㎡の太陽電池パネルが必要となり現実的でない	×
	空気熱	1)トンネル内気温が+1.0のため空気の利用が可能 2)外気温が-4.4のため空気の利用が可能	
	海水熱	1)山間部であるため、利用困難	×
	風力熱	1)最低風速3m/sに対し風速が1.4m/s程度しかないため利用困難	×
	河川水	1)冬期には水温が5以下に低下するため、利用困難	×
ローカル	温泉熱	1)温泉施設がないため利用困難	×
	都市廃熱等	1)都市廃熱等がないため利用困難	×
化石エネルギー	バイオ熱	1)実験段階であり、実用化に達していない	×
	石油・ガス(ボイラー)	1)自然環境への影響(CO2排出)等の課題あり 2)ランニングコストが高い	×
	電気	1)電気のみ利用ではランニングコストが非常に高くなる	×
ガスコージェネレーション	1)都市ガスがないため利用困難	×	

表 - 3 利用可能な熱源の特徴

利用可能熱源		特 徴
トンネル内	トンネル湧水熱	<ul style="list-style-type: none"> ・安定供給可能な熱源である ・湧水量に限られるため得られる熱量も限られる ・消火用配管の凍結防止として二次利用できる ・将来湯水の可能性有り（湯水時対応必要）
	トンネル地中熱	<ul style="list-style-type: none"> ・地中熱のため安定供給可能
	トンネル空気熱	<ul style="list-style-type: none"> ・外気温の影響を受けにくいいため安定供給可能
屋外	空 気 熱	<ul style="list-style-type: none"> ・外気温の変動により融雪能力が不安定

5 . 融雪設備の検討結果

5.1 利用可能熱源と融雪対象箇所の検討

利用可能な熱源の特徴と、融雪対象箇所の重要度を整理し、そこに適した熱源と消融雪方式の組み合わせを検討した。

5.1.1 金山側の融雪対象箇所と消融雪方式の組み合わせ

金山側は吹き溜りとなるトンネル坑口に熱源安定性の高いトンネル地中熱及びトンネル空気熱を適用した。駐車帯については除雪機械が進入可能なことから、本線からの入口と出口、並びにそこを結ぶ駐車帯の必要最小限を融雪範囲とし、空気熱源式ヒートポンプを採用した。

表 - 4 金山側の融雪対象と消融雪方式

重要度	融雪対象	サービ スレバ ル	消融雪方式	熱源安定性
高	本線（トンネル坑口延長 52m）	A(170.7W/m ²)	トンネル地中熱	高
高	本線（中間部延長 60m）	A(170.7W/m ²)	トンネル空気熱	高
中	本線（金山側延長 96m）	A(170.7W/m ²)	屋外空気熱	中
低	駐車帯(1,791m ²)	B(108.7W/m ²)	屋外空気熱	中

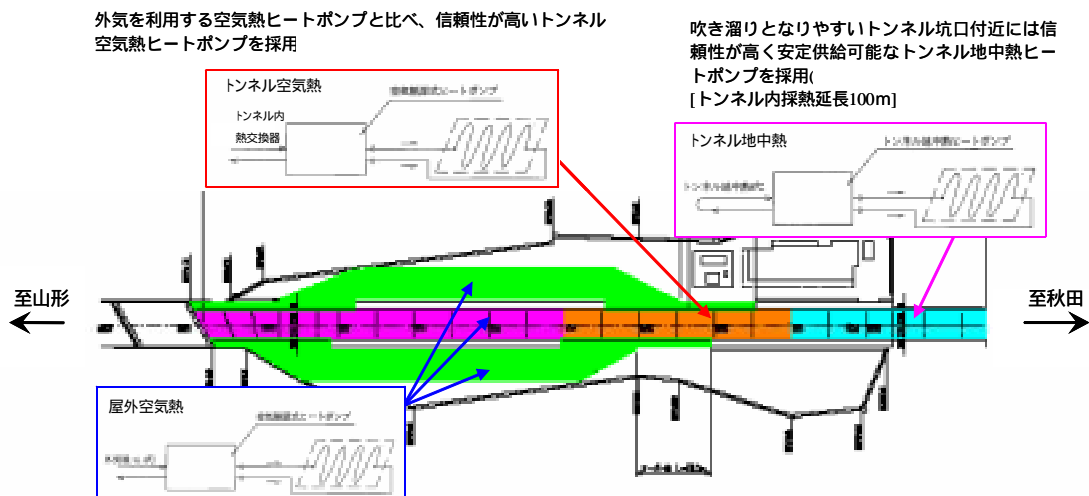


図 - 3 金山側の融雪設備と融雪範囲

5.1.2 真室川側の融雪対象箇所と消融雪方式の組み合わせ

真室川側は、乾燥路面のトンネル内を走行した車両が十分な減速をせずにかーブに進入することが考えられるため、坑口及び S 字線形区間(下り線:秋田方面)の交通安全性を特に重視し、熱源安定性の高いトンネル湧水熱、トンネル地中熱、トンネル空気熱を適用した。その他の箇所は、空気熱源式ヒートポンプを採用した。

表 - 5 真室川側の融雪対象と消融雪方式

重要度	融雪対象	サービスレベル	消融雪方式	熱源安定性
高	本線 (下り S 字線形延長 105m)	A(170.7W/m ²)	トンネル地中熱	高
高	本線 (真室川橋延長 44m +下り 40m)	A(170.7W/m ²)	トンネル空気熱	高
高	本線 (トンネル坑口延長 37m)	A(170.7W/m ²)	トンネル湧水熱	高
中	本線 (現道交差点まで 2497m ²)	A(170.7W/m ²)	屋外空気熱	中
低	駐車帯 (1,756m ²)	B(108.7W/m ²)	屋外空気熱	中

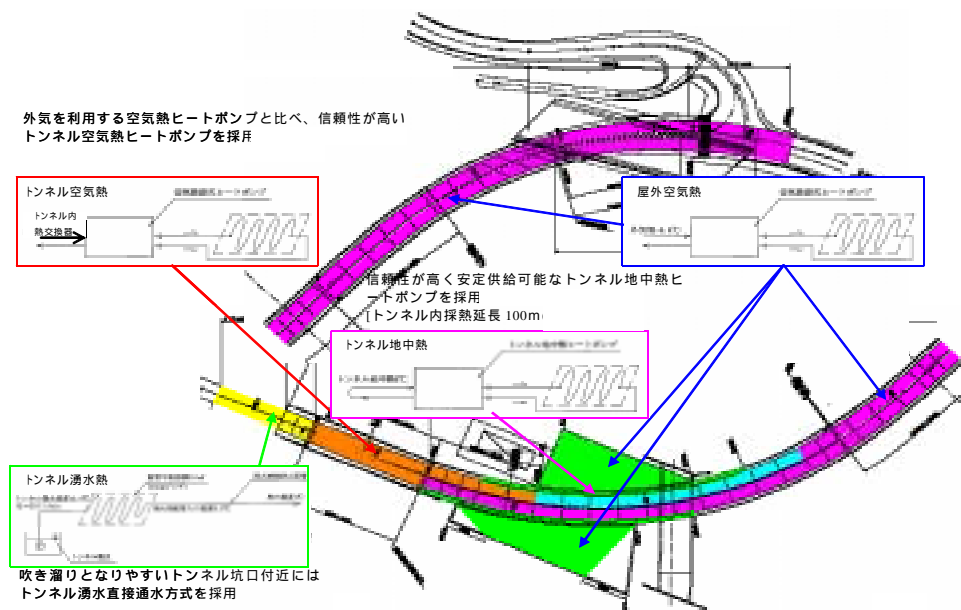


図 - 4 真室川側の融雪設備と融雪範囲

6. まとめ

消融雪設備を計画するにあたり、主寝坂道路のトンネルを含む区間での円滑な交通を確保するため、除雪作業時低速となる除雪機械は基本的に走行させないとの方針から、融雪対象が広範囲という特徴があった。熱源となる自然エネルギーを単独で利用しても融雪範囲全てをカバーすることが出来ない。そこで融雪箇所の重要度と融雪のサービス水準を整理し、利用可能な熱源と融雪方式を組み合わせることで広い融雪範囲をカバーすることとした。

また、トンネル内の熱源の利用は実施例も少なく新たな取り組みであるため、供用後追跡調査を実施し、各方式の特性や設備の有用性等を確認する予定である。