

遠赤外線融雪装置による崩落雪対策の運用効率化検証

長澤 輝^{*1}、四十谷 朋子^{*1}、古澤 立樹^{*1}

1. はじめに

湯沢維持出張所が管理する国道17号は国内屈指の豪雪地帯である。冬期の道路除雪作業と同時に斜面の雪や雪崩を未然に処理する作業を毎日実施しており、斜面の雪を処理する作業は危険な場所が多く、監視員を配置し安全を確保しつつ作業を行っている。

今回紹介する国道17号芝原トンネル新潟側坑口には、高さ3.8mのせり出し防止柵が設置されているが、写真1に示すように大量降雪時には吹き溜まりによる埋没が生じ、斜面からの雪崩や落雪がせり出し防止柵を越流し道路へ流出する恐れがあるため、写真2に示すように人力により除雪作業が実施されている。この地点において平成27年度から写真3に示す遠赤外線融雪装置を設置しており、平成28年度は運用効率を高めるため、降雪検知後の遅延運転を削除した稼働試験や積雪センサーのみでの検知稼働試験を実施し、融雪効果の検証を実施した。



写真1 坑口全景

写真2 除雪作業状況



斜面側

坑口側

写真3 降雪前の設置状況

2. 融雪装置の概要

遠赤外線融雪装置は、せり出し防止柵頂部に設置した。遠赤外線放射体から放射された遠赤外線は、雪に当たり吸収されることにより水分子や結晶を振動させて熱エネルギーに変換され融雪をもたらす。可視光線や近赤外線は、雪や氷に吸収されにくく表面で反射されるが、遠赤外線は吸収率の高い波長帯域のため、雪面よりも深く浸透する特徴を持っている。また、本装置は上から面で照射するため、雪が積もった後からでも融雪効果が高い。今回設置した遠赤外線融雪装置（UFW-4000）の仕様を表1に示す。

表1 遠赤外線融雪装置の仕様

外形寸法	W884 × D433 × H370 (mm)
重量	約12kg
材質	本体：ステンレス 反射板：アルミニウム
最大出力	4000VA (50 / 60Hz) 実負荷電流20A
使用温度	-20 ~ +10
放射体	2000Wセラミック特殊コート ハロゲンヒーター 2本

3. 融雪範囲

遠赤外線融雪装置1台あたりの新雪（雪密度：70から100kg/m³）の融雪能力範囲を図1に示す。設置高さ3.0mの場合、時間融雪3cmに対応する融雪範囲は約3m × 4mである。また、豪雪地帯では、設置間隔を狭めて重ね照射することにより遠赤外線量を増加させ融雪能力を高める事が可能である。

また、少雪地帯では設置間隔を広げて重ね照射による遠赤外線量の削減が図られるため、設置基数の削減が可能である。本検証では融雪装置を4台配置し、図2の様に照射した。

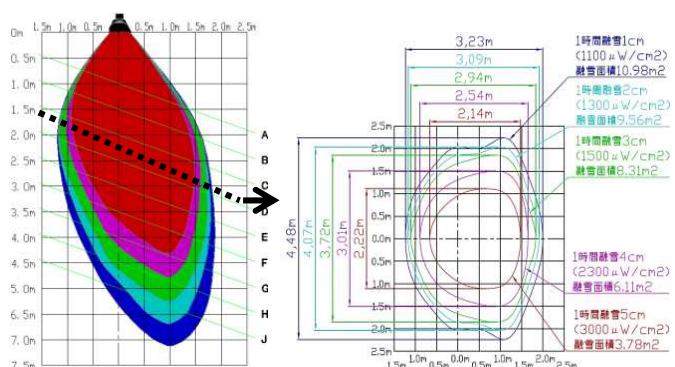


図1 融雪能力範囲（左：垂直 右：水平）

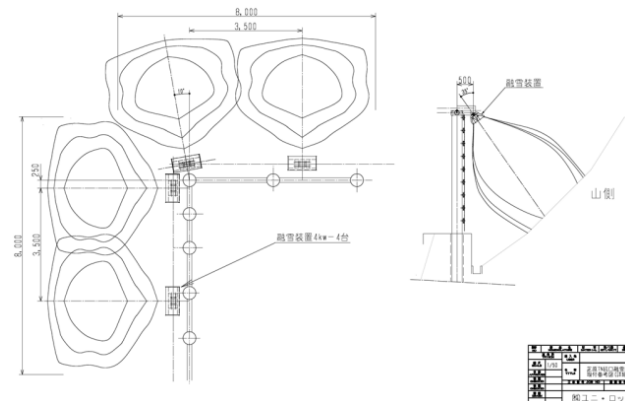


図2 遠赤外線融雪装置設置平面図・断面図

4. 平成27年度融雪効果の検証

融雪システムの制御は、降雪センサーによる降雪検知に加えOFF信号の受信後5時間の遅延稼働を行うように設定した。また、同時に積雪深センサーにより融雪範囲において積雪深1m以上で稼働するよう設定した。融雪効果については、写真4に示すように、周辺の積雪深124cmに対して融雪範囲は、地表面が露出するまで融雪していた。

平成27年12月15日から平成28年3月18日の集計データから、融雪システムの稼働時間はトータルで1065時間(稼働率46.7%)であった。平成27年度冬期は、融雪範囲において積雪深センサーの制御高さ(地面から1mに設定)に積雪が達することが無かったため、降雪センサーのみの制御となった。



写真4 H27年度融雪状況

5. 平成28年度 降雪センサー制御運用

平成28年度には、1月の初期降雪時に遠赤外線融雪装置の融雪能力の検証を目的とした運用を実施した。運用方法としては、せり出し防止柵背面に2.5m程積雪が積もってから降雪センサーのみの検知で稼働させ、検知後の遅延時間は、検知終了後1分間の最小設定で実施した。

図3に1月15日～18日の1降雪イベントでの稼働状況を示す。大量降雪イベントでの合計稼働時間は2890分であり、写真6に示すように、融雪機器と雪面距離が積雪を積もらせたことにより短くなったため、時間融雪能力が高まり、雪面に穴が開いた状態が10時間程で確認できる状態となった。降雪イベント終了時においては、堆雪ポケットとし、2890分の稼働時間で融雪と圧密により定点観測カメラから約150cmの積雪を減少させていたことが読み取れた。

なお、積雪の値については、撮影画像からの読み取り値であり、詳細計測は実施していない。

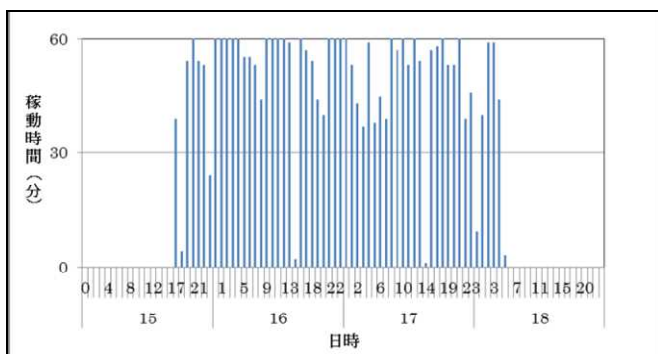


図3 H29/1/15～18の降雪センサーでの稼働状況



1/15 16:52

1/15 19:59



1/16 8:59

1/18 16:54

写真6 降雪センサー制御による融雪状況

6. 平成28年度 積雪センサー制御運用

図4に1月30日～31日の1降雪イベントでの降積雪状況と稼働状況を示す。稼働遅延時間は検知終了後1分とし、期間合計稼働時間は、489分であった。この期間の積雪の増加は50cmであった。写真7に積雪センサーでの稼働による融雪状況を示す。写真7に示すように降雪終了後にも堆雪ポケットが確保され、落雪が発生しても、越流することなく融雪されたスペースへ取り込まれている状況が確認された。

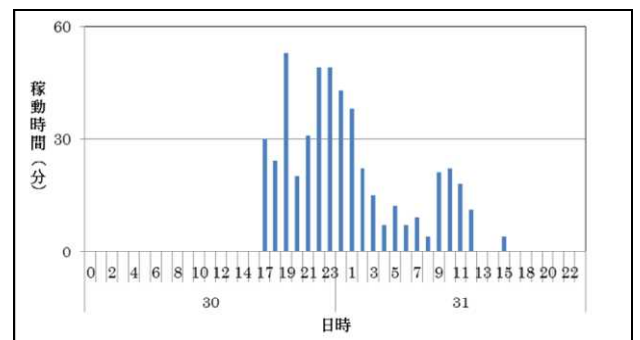
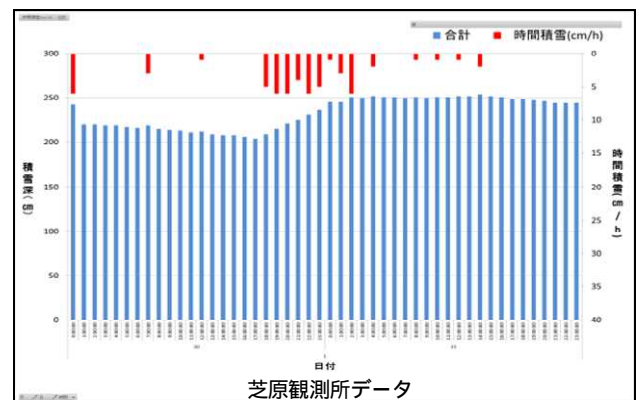


図4 1/30-31降積雪状況と積雪センサーでの稼働状況



1/30 14:55

1/31 6:00



1/31 16:53

2/1 10:57

写真7 積雪センサー制御による融雪状況

7. 芝原地区での降積雪状況

図5に芝原地区での積雪状況を示す。下グラフは積雪深、上グラフは時間降雪量とし、平成27年度最大積雪深は180cm、平成28年度最大積雪深は347cmであった。また、平成29年1月の大寒波時(1/11~17)には降雪量が260cm、積雪深が160cmを記録した。

芝原観測所データ

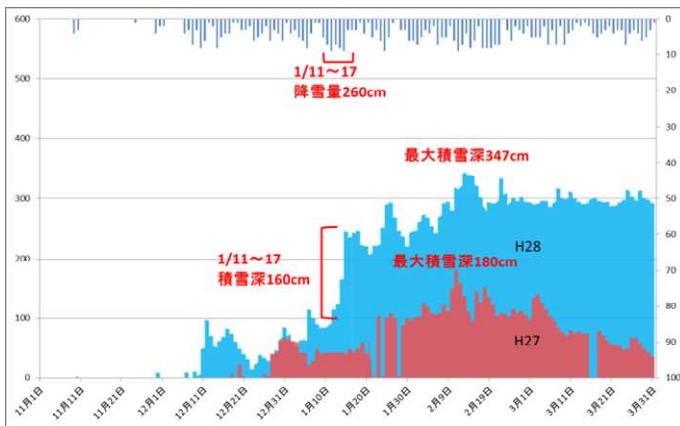


図5 平成28年度芝原地区での積雪状況

8. 遠赤外線融雪装置の消費電力

表2に示す設定にて運用検証を実施した結果、遠赤外線融雪装置使用による電気使用量・稼働時間及び電気料金は、平成27年度より平成28年度の方が電気使用量・稼働時間共に74%縮減され(図6)、電気料金も49%のコスト縮減(図7)となった。

表2 降雪・積雪センサーの運用設定

降雪・積雪センサーの運用設定		
	積雪センサー	降雪センサー
H27	積雪深が100cmを超えた場合稼働 少雪のため100cm超はなし	降雪を感知して即稼働 降雪が終わって5時間後に停止
H28.1.15 17:00 から H28.1.20	稼働なし	降雪を感知して即稼働 降雪が終わって1分後に停止
H28.1.20以降	稼働あり 積雪深が200cmを超えた場合稼働	稼働なし

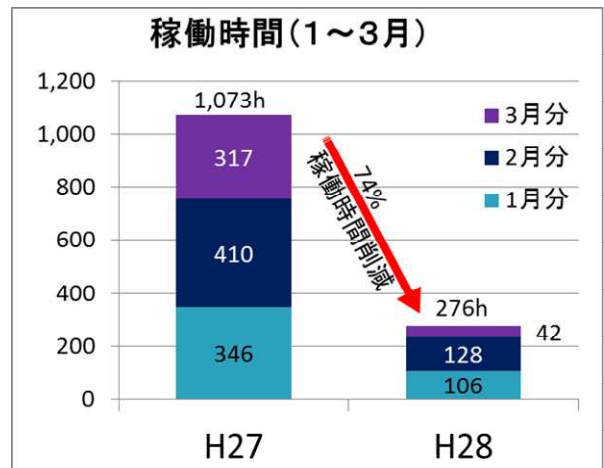
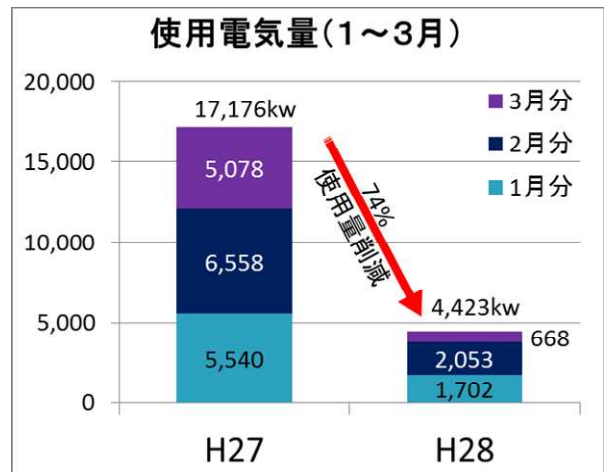


図6 平成27・28年度使用電気量及び稼働時間比較

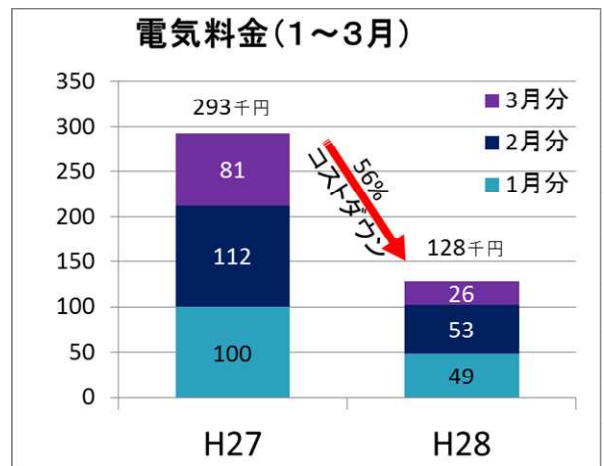


図7 平成27・28年度使用電気料金比較

9. まとめ

平成28年度の遠赤外線融雪装置においては、降雪センサー稼働開始をせり出し防止柵堆雪スペースにおいて約2.5m以上積もらせてから稼働させた。稼働後の連続降雪においては、融雪機器と雪面との距離が近くなった為融雪能力が高まり、十分な堆雪スペースを短時間で確保できた(写真6)。

積雪センサーの稼働においては、積雪2.0m以上で融雪装置が稼働するようにセンサーを設定し運用した。融雪状況の観測結果から常時堆雪スペースが確保されているのが確認された（写真7）。

今回の運用においては、降雪センサー稼働においては稼働後半の1月17～18日の2日間降雪量が14cmと降雪強度が弱い時にも稼働しており、降雪量を大幅に上回る融雪効果があった。

この結果、融雪効果が高い事が明らかになった一方、無駄な稼働も多くなることが判明した。

積雪センサーによる稼働では、常時堆積スペースが確保でき、稼働時間も少なく効率の良い運用が出来たものと考えられる。

今年度の検証で融雪能力が十分に検証されたことから、今後さらにランニングコスト低減を図るには、坑口側と斜面側の4台同時運転ではなく、ユニット毎に交互運転させ、契約電気を抑え基本料金を低減させる運用が可能と考えられる。

今後も芝原地区で記録された降積雪データと融雪装置の能力・コストの解析を進め、運用効率化の確立を目指す。

* 1 長岡国道事務所 湯沢維持出張所（〒949-6101 南魚沼郡湯沢町大字湯沢1802-5）