

省エネ型持込み雪用融雪装置の開発



矢島 武幸*¹



佐藤 雄一郎*²



中谷 興司*³

Development of an energy-saving snow melting equipment for carry-on snow by train

Takeyuki YAJIMA*¹, Yuichiro SATO*², and Koji NAKATANI*³

*¹ Assistant Chief Researcher, Environment Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

*² Assistant Chief Researcher, Environment Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

*³ Chief Researcher, Environment Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

Abstract

We have developed the snow melting equipment for carry-on snow by train, aiming to reduce the energy consumption of conventional equipment. Developed equipment has a thermography camera to understand condition of snow melting and uses the data for control. The control method is to first measure the temperature in snowmelt range with a thermography camera. Then snow melting condition is estimated from the temperature. Presumed that snow have melted by a temperature change, operation of snow melting equipment is stopped by control unit. Developed equipment is expected to reduce energy consumption by about 30% compared to conventional equipment.

●**Keywords:** Energy-Saving, Snow melting equipment, Thermography camera

*¹JR東日本研究開発センター 環境技術研究所 副主幹研究員
*²JR東日本研究開発センター 環境技術研究所 副主幹研究員 (現:大宮支社 大宮機械技術センター 副長)
*³JR東日本研究開発センター 環境技術研究所 主幹研究員

1. はじめに

豪雪エリアでは大雪時に、列車による持込み雪が発生することがある(図1)。この雪による分岐器の不転換を防ぐため、分岐器の前後(前方エリア、背向エリア)に持込み雪用融雪装置が設置されている。現行の融雪装置は、ボイラ(燃料:ガスまたは灯油)により温水を生成し、ゴム製のマット内を循環させる方式になっている。ここでの制御は、持込み雪センサ(雪の有無をマット内の1箇所にて監視)の情報を基にマット全範囲をONまたはOFFにする方式になっている。そのため、マットの一部にしか積雪がない時にも全範囲の加熱を行っており、無駄なエネルギーを消費する課題があった¹⁾。



図1 列車による持込み雪



図2 持込み雪用融雪装置

2. 開発のねらい

本開発では、融雪装置のエネルギー消費量の削減を目的に、融雪装置上の雪の状況をカメラで捉え、融雪状況(積雪の有無)によって融雪を行う範囲を変化させることが可能な装置の開発を進めた。この制御により、融雪装置上の雪が溶け積雪がなくなれば加熱を止めることができ、エネルギー消費量の削減が可能となる。

3. 開発した融雪装置

3・1 融雪装置の構成

現行の融雪装置は、ゴム製のマット内に温水を循環させる方式である。今回開発した融雪装置は、融雪装置上の融雪状況（積雪の有無）に応じた加熱面積の変更が必要のため、応答性を考慮し電気式マットを選択した。マットの大きさは1枚あたり長さ3m×幅0.8mとし、線路長手方向に5枚並べる形とした。これにより、現行の温水式マットと同等の融雪範囲を確保した。またこの5枚のマット上の融雪状況を捉えるためサーモカメラを1台設置した。このカメラからの画像を基に、各マットの融雪状況を判断しその結果を制御盤に取込み、マットごとの加熱有無を制御できる形とした。開発した装置の概要を図3に示す。

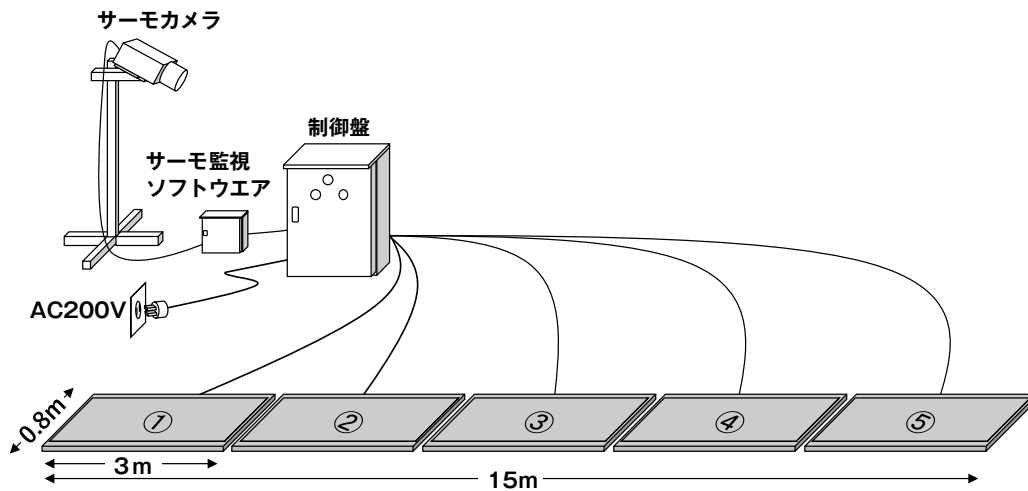


図3 開発した融雪装置の概要

3・2 電気式マットの出力仕様

電気式マットは、従来型の温水式マットに比べて制御応答性はよいが、加熱開始時の立ち上がり出力が弱いという欠点がある。そこで、電気式マットにおいてどれだけの出力があれば、温水式マットと同等の加熱立ち上がり性能が確保できるかについて、実際に雪をマットに載せて融雪能力を確認する試験を屋内環境（人工気象室）にて行った。試験においては、融雪能力の指標としてマット表面温度を測定した。

試験の結果、電気式マットでは出力2.2kW/m²があれば、温水式マットの加熱開始時立ち上がり融雪性能を確保できることが分かった（図4）。これより今回の開発ではマットの最大出力を2.2kW/m²とし、この出力を電気式マット2枚（1枚目=0.6kW/m²、2枚目=1.6kW/m²）を重ねる構成とすることにした。これにより、出力強度の変更制御も可能になる。

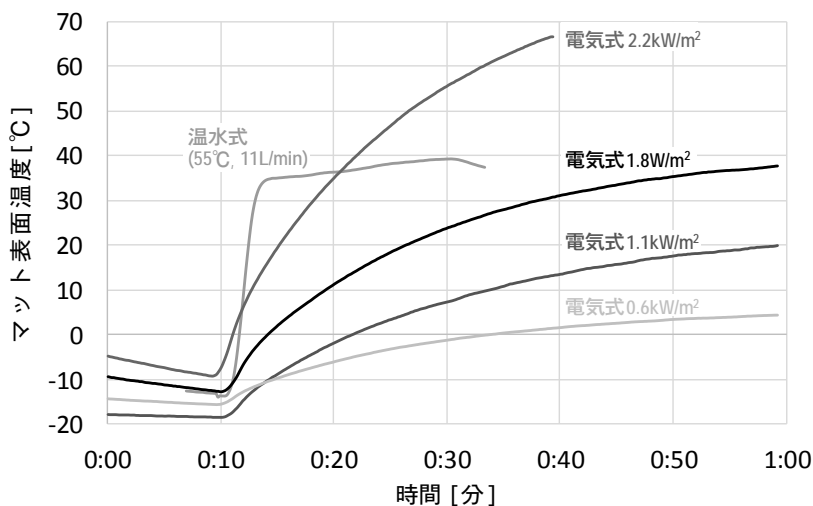


図4 電気式マットと温水式マットの融雪性能（マット表面温度）の比較

4. 屋外環境における融雪試験

山形県新庄市の屋外環境に開発した電気式マット融雪装置を設置し、屋外環境における融雪試験を実施した(図5)。電気式マットとサーモカメラの位置関係は、奥羽本線大石田駅に設置されている温水マット式と監視カメラの位置関係(図6)を模す形とした。これにより実際の現場にてサーモカメラを設置した際にも、問題なくマット表面温度の把握ができることを確認した。



図5 開発した電気式マット融雪装置



図6 奥羽本線大石田駅の温水マット

4・1 電気式マットの融雪能力(屋外環境)

屋外環境に電気式マットを設置し、雪ブロック=質量20kg(縦80cm×横80cm×高さ16cm、雪密度200kg/m³)を載せて融雪能力を確認した(2021年1月18日~2月2日)。電気式マットの出力は、2.2kW/m²、1.6kW/m²、0.6kW/m²の3パターンとし、現行の温水式マットにて融雪完了の目安時間である120分間で、融雪状況がどのようになるか(残った雪量)を確認した。その結果、出力2.2kW/m²の場合、良好な融雪状況であることが確認できた。

	初期(雪20kg)	60分後	120分後	残った雪量 (120分後)
出力2.2kW/m ²				雪3.0kg
出力1.6kW/m ²				雪9.5kg
出力0.6kW/m ²				雪18.5kg

図7 電気式マットの出力レベルによる融雪状況の違い

4・2 サーモカメラによる融雪状況の把握

サーモカメラによる融雪状況の把握については、次のような試験で機能の確認を行った(2021年2月2日~2月21日)。電気式マット上に、①持込み雪(高さ16cm)、②降雪による積雪(高さ1~2cm)、③雪なしの3つの状態を作った。それぞれの雪に対し、電気式マットにて2.2kW/m²の出力で加熱を行った。この時の「加熱時間」と「サーモカメラが捉えた融雪マットの表面温度」の変化を示す(図8)。これより「2分間加熱で5℃の温度上昇」~「10分間加熱で20℃の温度上昇」がある時は「②降雪による積雪、または③雪なし」。その様な温度上昇が無いときは「①持込み雪」という判断ができることが分かった。またマット表面温度が10℃になると、持込み雪の融雪がほぼ完了することも分かった。

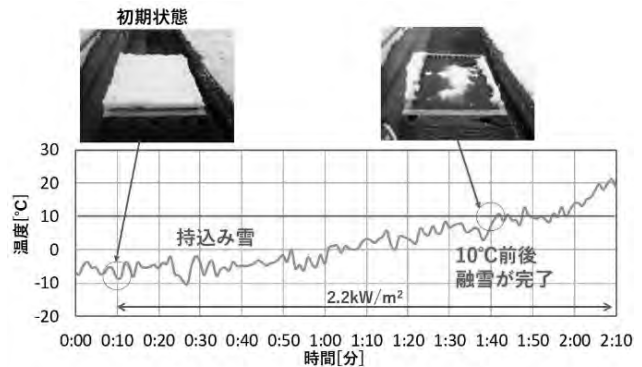
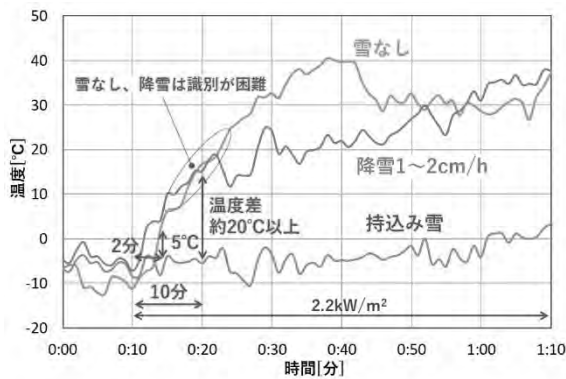


図8 「加熱時間」と「サーモカメラが捉えた融雪マット表面温度」

4・3 サーモカメラによる省エネ制御を用いた融雪試験

列車による持込み雪の場合、前方に多くの雪が落ち、後方は雪が少ない状態（部分持込み雪）になることがある（図9）。このような形で電気式マットに雪を載せ（高さ16cm→8cm→4cm→雪なし）、サーモカメラを用いた省エネ制御による融雪試験を実施した（図10）（2021年2月22日～3月31日）。この結果、「雪なしエリア」では、2分程度の加熱で5°C以上の温度上昇がみられたため運転を停止した。「高さ8cmと4cmのエリア」において、2～10分間の加熱では1°C程度の温度上昇しか見られなかったため、2.2kW/m²の運転を続け、その後30分程度で表面温度が10°Cになったため運転を停止した。「高さ16cmのエリア」では、2～10分間の加熱では温度上昇が見られなかったため2.2kW/m²の運転を継続し、その後90分で表面温度が10°Cとなり運転を停止した。これにより常時すべてのマットを加熱する方式と比較し、69%の省エネ効果が期待できる。



図9 列車による持込み雪

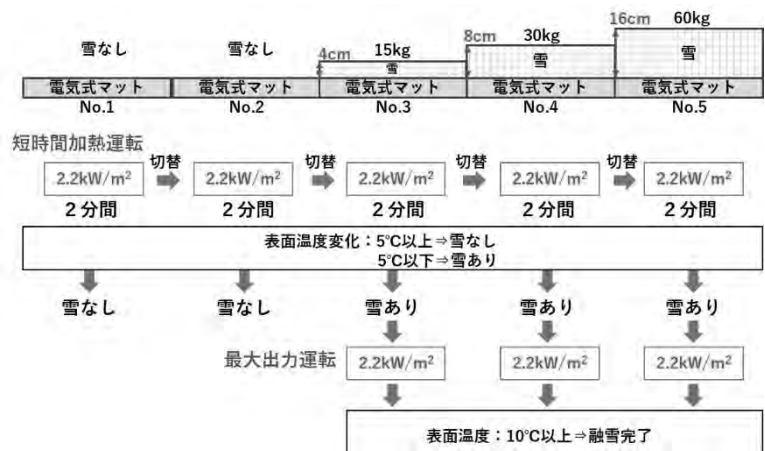


図10 サーモカメラによる省エネ制御を用いた融雪試験条件

4・4 省エネ効果の試算

奥羽本線大石田駅における持込み雪の状況を1か月間（2020年12月中旬～2021年1月中旬）確認したところ、全面持込み雪が45回、部分持込み雪が29回であった。これに基づき、今回開発した装置の省エネルギー効果を試算すると、約27%の削減が見込める。

5. まとめ

持込み雪用融雪装置のエネルギー削減を目的に、融雪状況をサーモカメラで捉え、制御を行う融雪装置を開発した。開発した装置にて屋外試験を行った結果、必要な融雪性能とエネルギーの削減効果が確認できた。今後は実導入に向けて、効果とコスト（イニシャル、ランニング）の検討を深度化させていく。

参考文献

- 1) 佐藤雄一郎、中谷興司、次期持ち込み雪用融雪装置の開発、日本鉄道サイバネティクス協議会、第58回シンポジウム論文、11月(2021)