

高効率新幹線温風融雪器の開発



齊藤 里香*1



西 健太郎*2

Development of high thermal efficient warm air switch heating on the Shinkansen

Rika SAITO*1, Kentaro NISHI*2

*1 Assistant Chief Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

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

Abstract

On the Shinkansen, warm air switch heating warms air by heating wires inside the device, and the warmed air is blown to melt snow around rails, so power consumption and heat loss is huge. In this study, we measured and analyzed the details of the amount of power consumed by this snow melting device and the location where the loss occurred. In addition, based on the results of the measurements, we studied methods to reduce heat loss and power consumption, proposed an improved warm-air snow-melting device.

●**Keywords:** Switch heating, High efficiency, Melting snow, Warm air, Thermodynamics

*1 JR東日本研究開発センター 環境技術研究所 副主幹研究員

*2 JR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

電気融雪器では稼働時に多くの電力を消費するため、制御手法の検討、融雪状況の把握がこれまでも行われてきた¹⁾。新幹線温風融雪器は融雪器筐体内のヒータより空気を温め、その温めた空気をレール部に送風することでレール部や軌道間の融雪を行うため、特に熱拡散や消費電力が大きく熱効率が低い。そのため熱拡散を低減する手法が考案され、一部の温風融雪器に導入された²⁾が広く展開するには至っていない。そこで本研究では、新幹線の温風融雪器における消費電力量、熱損失の箇所を当社東北新幹線において測定を行い分析した。その結果に基づき、熱効率を向上し消費電力量を低減する手法の検討を行い、高効率型温風融雪器を試作し、効果を検証し本稿において報告する。

2. 背景・目的

2・1 新幹線温風融雪器

融雪器は分岐器が転換する際に、積雪や凍結により不転換とならないよう分岐器付近を融解するために設置している。新幹線では軌道の積雪を融解する必要があるため、豪雪地域を除いた区間において、温風方式の融雪器が使用されている。当社の新幹線に設置されている温風融雪器は、図1に示すポイントに設置する方式と図2に示すクロッシング箇所に設置する方式に分類される。図1に示すポイント用は送風機が個別別に内蔵される「個別型」と送風機が1~4箇所程度集約した「集中型」がある。「個別型」は図2のように筐体内にヒータと送風機を内蔵し温めた空気をレール部にダクトを介して送風する。この方式では、送風ダクトがレール部近傍まで設置された「基本型」とレール間の支障物のため、ダクトが短い形状である「切断型」に分類される。この温風融雪機は50%、75%、100%の制御が可能である。また、降雪検知や気温による制御を行っており、降雪強度は大雪、中雪、小雪、無の4段階、気温は-5℃以下、-5~0℃、0℃~2℃、2℃以上の4段階で制御を行っている。

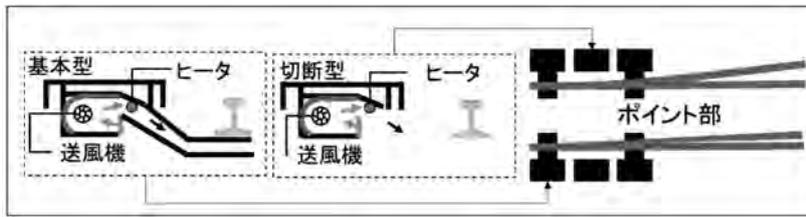


図1 ポイント用温風融雪器

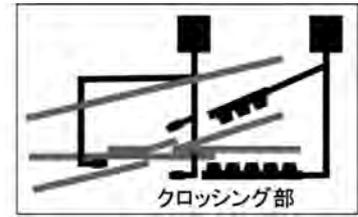


図2 クロッシング用温風融雪器

2・2 本研究の目的

温風融雪器は融雪に温風を用いるため、直接加熱する融雪器より熱効率が低いと考えられているが、定量的に示された実例がない。そこで、温度分布、熱効率の実態を把握し、融雪器の効率を改善するため現地測定を実施した。その結果より熱効率改善について手法を考案することを目的とした。

3. 新幹線現地設備での測定

3・1 消費電力量測定結果

東北新幹線各箇所の融雪器において、電力量と温度分布の測定を行い、融雪器1箇所での消費電力量の測定条件を表1に、測定結果を図3に示す。この結果より、駅全箇所での融雪器の消費電力を算出し結果を図4に示す。図3の結果より、各駅ともに制御出力の100%、50%の場合に、定格電力に対して87%から110%の値を示し妥当な消費電力であることが確認された。なおヒータと送風機の消費電力を比較するとヒータの消費電力が圧倒的に高いことが確認された。また図4の結果より100%運転時には駅全体で約500kWの電力が消費されることが確認された。

表1 測定情報

測定箇所	種類	測定日	測定箇所	気温【℃】	降雪	制御状況【%】
大宮 53 イ	個別型	2021年1月25日	ヒータ	1.0	無	100(強制)
那須塩原 62 イ	個別型	2021年3月11日	ヒータ、送風機	1.0	無	50
一ノ関 152 イ	個別型	2022年2月8日	ヒータ、送風機	-1.5~0.0	有	50
二戸 161 ハ	集中型	2022年2月25日	ヒータ、送風機	-1.0~0.0	無	100

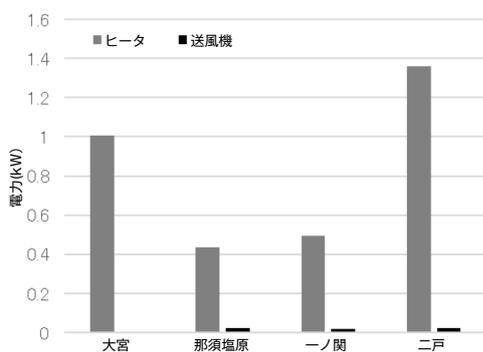


図3 温風融雪器1箇分の消費電力測定結果

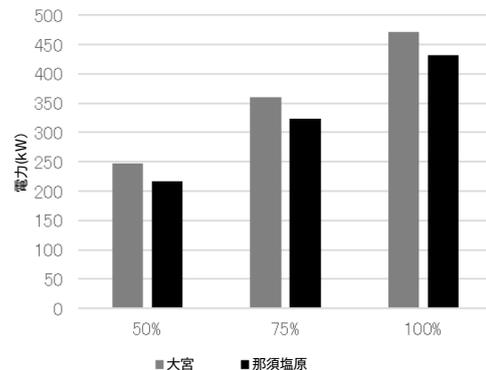


図4 駅全体のポイント用消費電力

3・2 温度分布測定結果

ヒータ部、レール部の温度分布について、サーモカメラを用いて測定を行い、結果を図5、6に示す。図5よりヒータ付近の温度は16℃であり、レール部の温度は12℃であり、温風がヒータ付近からレール部へ移動する過程で温度の低下がみられることから筐体からの熱拡散が確認される。次に、那須塩原駅と一ノ関駅での温風温度測定結果を図6に示す。図6より、基本型と切断型の温風温度に差異があり、切断型はダクトがレール部との離隔があるため熱効率が低いことが確認された。

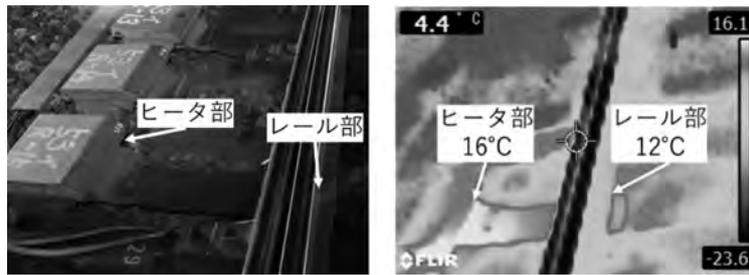


図5 大宮駅の表面温度分布 (左：通常カメラ画像、右：サーモカメラ画像)

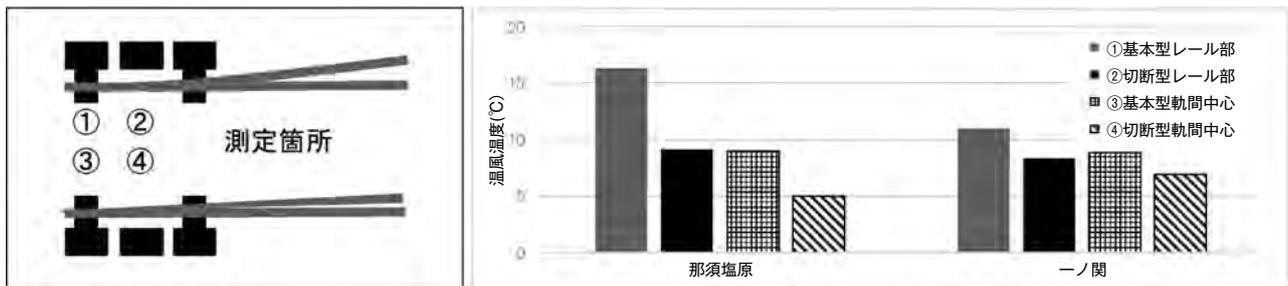


図6 温風温度測定箇所と測定結果

4. 熱効率改善の検討

4・1 現状の熱効率

融雪器の消費電力量、温度測定結果より、送風される熱量を出力、消費電力を入力とする効率の算出を行った。温風融雪器の仕様より温風は毎分0.57m³送風される。この送風熱量を送風空気質量×比熱×温度差より計算した。空気の質量は空気の密度1.2kg/m³、体積0.57m³/分から計算、空気の比熱cは0.24kcal/(kg・℃)とした。温度差は温風温度と外気温の差異を用いた。表2に那須塩原駅の融雪器の熱効率算出結果を示す。基本型の熱効率37%に比して切断型は20%と効率が大幅に低いことが確認された。

次に那須塩原駅、一ノ関駅、二戸駅の消費電力に対する熱効率を図7に示す。図7より、熱効率の差異が確認された。なお一ノ関駅での基本型の熱効率は他条件に比して低く、その要因として、当該箇所は降雪があり、融雪器本体が冷却されていたためと考えられる。これらより温風融雪器は熱効率64%とされる直接加熱型の融雪器と比較して37%と極めて低く、特に切断型の熱効率は20%と基本型と比較し、更に低いことが確認された。

表2 那須塩原駅の熱効率

種類	温度差[℃]	出力[kW]	入力[kW]	効率[%]
基本型	15.0	0.17	0.46	37
切断型	8.1	0.09	0.46	20

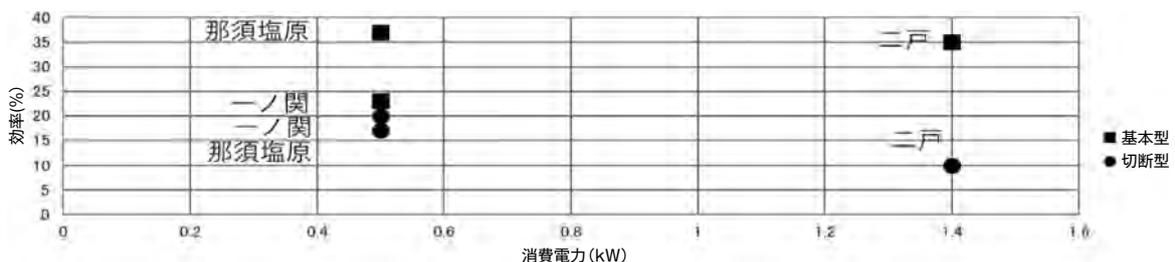


図7 各駅の消費電力と効率

4・2 熱効率改善の検討

前項より温風融雪器の熱効率が低く、筐体から熱の損失があると判明したため、以下の対策を検討した。

- ①図5より、融雪対象から離れたヒータ設置部の熱拡散が確認できたことからヒータを融雪対象と近づける。
- ②図5より、筐体表面から熱拡散が生じていることが確認できたことから、熱拡散を防ぐ断熱材を活用する。

5. 効率改善融雪器の試験・結果

前述した熱効率改善の方策を施した温風融雪器を試作し、概略構造を図8に示す。試作品はヒータから雪へ直接熱が伝わる構造とするためヒータを筐体内からレール部へ移動させた。表面からの熱拡散を防ぐために断熱材を筐体内、ダクト内に設置した。

この試作品の検証を東北新幹線鶯宮保守基地訓練線において実施した。試験時は図9に示すように従来型の融雪器4台、試作品3台を併用し、比較検証した。この結果を表3に示す。従来型では定格出力の75%の制御に対し、試作品は50%の制御を行い、レール温度はほぼ同等であり、約30%の消費電力を低減できることが確認された。このことより、試作品は約30%の省エネ効果が得られる見通しであることを確認した。

なお本試作品では長期使用や耐水性を鑑みた構造ではないため、本結果を活用した耐久性のある構造を今後検討する方針とした。

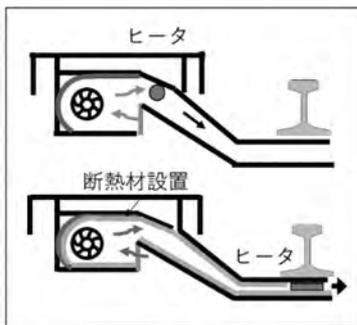


図8 熱効率改善の温風融雪器イメージ図

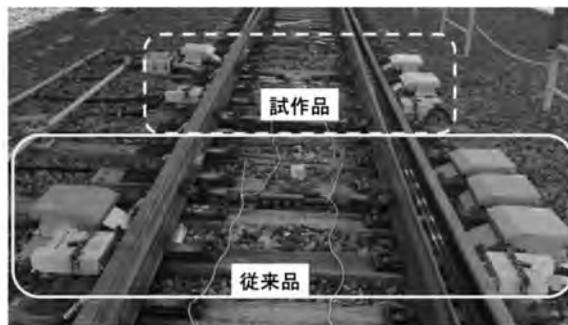


図9 訓練線での試作品実証試験の様子

表3 試作品の温風温度、熱効率

種類	制御状況【%】	温風温度【℃】	1個あたりの消費電力【kW】	レール温度【℃】	外気温【℃】	降雪
試作品	50	+23	0.53	+18	1.7	無
従来型	75	+23	0.78	+18	1.7	無

6. まとめ

本検討では新幹線温風融雪器の消費電力量、温度分布の測定を行い、現状の融雪器では熱効率が直接加熱型融雪器と比較して27%程度低いため、熱効率の改善手法を検討した。そこで、熱源をレール部付近とする試作品を製作した。その結果、融雪対象へ従来品と同等温度の温風を、消費電力を30%程度低減して送風できる見込みを得た。今後は実導入を目指し、耐久性を鑑みた温風融雪器の製作、製作品の冬季降雪箇所におけるフィールド試験による効果検証、を実施する。

参考文献

- 1) 小田島大介、原克行、田中勇希、山下直樹、中島良：「電気融雪器の運転制御条件についての提案」、電気学会交通・電気鉄道研究会資料、pp.67-pp.70、2017。
- 2) 小野寺勇樹、阿部隆一、菅原周一、月館晃二、岩崎昭史：「新幹線温風式融雪器の融雪効率向上に関する研究」、鉄道電気テクニカルフォーラム論文集25th、pp.81-pp.84、2012。