

E956 形式における着落雪対策の検証

田中 大希* 雙木 貴之 武田 敏徳 梅田 啓 (東日本旅客鉄道)

和田 雄一郎 (北海道旅客鉄道)

中村 裕 杉本 直 (川崎車両)

鎌鹿 智教 高橋 忍 (東邦シートフレーム)

Verification of Countermeasures Against Snow Accretion on type E956 high-speed experimental Shinkansen Trains

Daiki Tanaka*, Takayuki Namiki, Toshinori Takeda, Hiromu Umeda (East Japan Railway Company)

Yuichiro Wada (Hokkaido Railway Company)

Sunao Sugimoto, Yutaka Nakamura (Kawasaki Railcar Manufacturing Co., Ltd.)

Tomonori Kamaka, Shinobu Takahashi (Toho Sheet & Frame Co., Ltd.)

Snow can accumulate on bogies, bogie-end covers, and bogie-side covers of Shinkansen vehicles. At times, this snow falls from the train and can damage ground signal equipment or the traincars themselves. Thus, it is necessary to reduce snow from accumulating. We previously developed a thermal heater system for bogie-end covers which is effective for snow accumulation. The series E6 trains, that run as fast as 320km/h, are equipped with this system, but snow still manages to accumulate on bogie-end covers.

Therefore, we have developed two different bogie end covers, one in aluminum Alloy and one in polycarbonate. We verified the effect on type E956.

キーワード：新幹線電車，着落雪，台車端部フサギ板，ポリカーボネート，ヒータ
(Shinkansen trains, snow accretion, bogie end covers, polycarbonate, heaters)

1. はじめに

新幹線車両の台車端部フサギ板や台車カバー部に付着した雪が高速走行時に落下し、地上信号設備や車体を損傷させる事象が冬期に発生している。特に在来線区間も走行する新在直通新幹線が在来線区間を走行中に着雪が生じて新幹線区間で落雪する事象を防ぐため、秋田新幹線大釜駅融雪装置の設置や秋田新幹線用の E6 系新幹線電車(以下、E6 系)の台車キャビティ内の台車端部フサギ板に融雪ヒータを内蔵し、雪を着きにくくするなどの対策を行っているが、被害を完全に防ぐことができていない。

これまで、E6 系を用いて着落雪対策の研究開発や検証を進めてきた。その成果として、以下の開発品において既存の E6 系用ヒータ付き台車端部フサギ板と同等以上の融雪性能を有している事が確認できている。

①アルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板

②ポリカーボネートを用いたヒータ付台車端部フサギ板
E956 形式では E6 系での開発成果を基にヒータ付き台車端部フサギ板を開発し、2019 年度から定置試験および現車走行試験で融雪効果の検証を行った。

2. これまでの開発経緯

〈2・1〉アルミ一体型台車端部フサギ板の開発 E6 系新幹線に搭載されているヒータ付台車端部フサギ板は融雪による着雪量低減効果が確認されているものの、依然として着雪している状況であり、さらなる改善が求められている。これは、台車端部フサギ板周縁部にヒータを内蔵することができない事により、フサギ板中央部の雪と接触する部分のみが融雪され、フサギ板周縁部に着雪してフサギ板中央部着雪の間に空隙が生成される「かまくら状態」が発生している状態となってしまう事が推定されている。この対策として、2015 年にフサギ板の周縁

部のヒータ範囲を拡大し、より全体を効率良く昇温できるアルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板の開発を行い、E6系既存品と同等以上の融雪性能を有している事が確認できた⁽¹⁾。一方で、開発品はアルミ材を削り出しの機械加工で製作していたため、コストが大幅に増大する課題があった。

〈2・2〉 ポリカーボネートを用いたヒータ付台車端部フサギ板 2018年には表面素材を金属製から樹脂製へ変更する事による着雪防止効果の向上を期待し、表面素材にポリカーボネートを用いて、面状に発熱可能なヒータシステムを構成したヒータ付台車端部フサギ板を開発した⁽²⁾。ヒータは、ポリカーボネートに透明な発熱層を有するクリアヒートと、ポリカーボネートにシリコンラバーヒータを貼り付けた2種類で試行した。また、断熱構造とするため、ポリカーボネート板+空気層+ポリカーボネート板の複層構造とし、外側ポリカーボネート板の空気層側にヒータを構成した。図1に、ポリカーボネートを用いた台車端部フサギ板の外観とヒータ配置を示す。

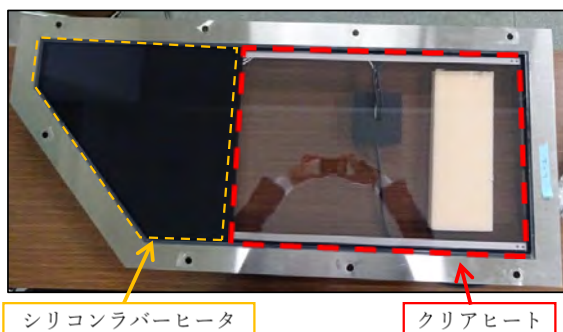


図1 ポリカーボネートを用いた台車端部フサギ板外観

ポリカーボネートを用いた台車端部フサギ板について、E6系に搭載し現車での検証試験を実施したところ、E6系既存品と比較して着雪量が少ないことから、E6系既存品同等以上の着雪防止効果があることが確認できた。また、クリアヒートを採用した部分は、透明でフサギ板内部の状況が直接観察できた。台車端部フサギ板の内側である床下機器側の雪はポリカーボネート板に接触しているものの、雪が融けずに滞留していることがわかった。これらから、ヒータ付台車端部フサギ板の内側である床下機器側へは空気層により十分に断熱されており、ヒータ付台車端部フサギ板の外側である台車側にヒータ発熱の多くが伝熱されている事が確認できた。一方で、耐久性等について課題が見つかった。

3. E956形式における開発

〈3・1〉 アルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板の開発 E6系に搭載した開発品は、アルミを削り出しの機械加工で

製作したが、製造コストが大幅に増大することから、E956形式は、アルミを押し出し成形に変更した構成を採用する事で量産時のコストダウンを目指し開発を行った。2020年度の検証において、ヒータ付台車端部フサギ板下端部に着雪する傾向が確認された。そのため、2021年度開発品では下端部のヒータ出力を増大させるため、下端部ヒータの敷設密度を増加させることとして、2枚のヒータ付端部フサギ板を改造した。

改造内容は、下端部から約80mmの範囲でヒータ出力を変更する。改良後のヒータ敷設状況を図2に示す。赤破線で囲った箇所が改良範囲である。また、ヒータ出力増強後のヒータ内部のサーモグラフ画像を図3に示す。ヒータ密度を増強した下端部の温度が高くなっていることが確認できた。



図2 出力増強後のヒータ敷設状況

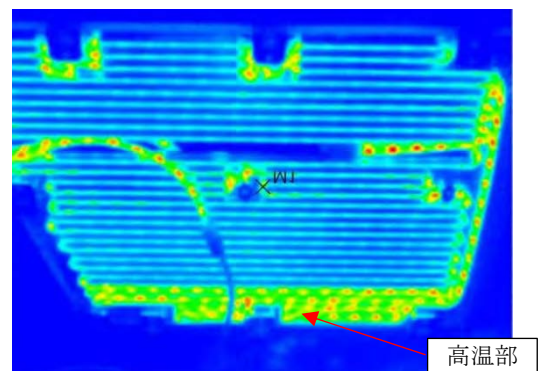


図3 ヒータ内部のサーモグラフ画像

2021年度の冬期試験では、改良前のアルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板とヒータ出力を増強したアルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板をE956形式に搭載し、比較検証を行った。

〈3・2〉 ポリカーボネートを用いたヒータ付台車端部フサギ板の開発 〈2・2〉項で開発した成果を基にE956形式においても、ポリカーボネートを用いたヒータ付台車端部フサギ板を搭載した。〈2・2〉項の開発では発熱に伴うポリカーボネートの耐久性等について課題が残る結果となっ

ため、構造の見直しを実施し検証試験を行った。

〈3・3〉 E956 形式への仮設 冬期走行試験におけるヒータ付台車端部フサギ板の性能検証のため、E956 形式へ仮設した。アルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板は、改良前の構造およびヒータ出力増強型を 1 号車第 4 軸に仮設した。また、ポリカーボネートを用いたヒータ付台車端部フサギ板は 3 号車第 1 軸に仮設した。それぞれの仮設状況を図 4 に示す。ヒータ付き台車端部フサギ板には表面温度を測定するため、測定仮設として熱電対を敷設した。



図 4 ヒータ付き台車端部フサギ板の仮設状況

4. 現車走行試験

〈4・1〉 概要 2021 年度に実施した冬期走行試験において、駅停車時の着雪状況の確認および走行時の台車端部フサギ板表面の温度データ推移を計測した。走行試験の実施概要を表 1 に、新函館北斗駅の所在地である北斗市の気象条件を表 2 に示す。

2021 年度に実施した冬期走行試験は全体の傾向としては車両への着雪量があまり多くは無かったものの、2 月 2 日～2 月 3 日、2 月 21 日～2 月 22 日に実施した走行試験において中程度の着雪が確認できた。そのため、以降は 2 月 3 日及び 2 月 22 日に取得できたデータをもとに評価を実施した。

表 1 2021 年度冬期走行試験の実施概要

試験実施日	2022 年 1 月 19 日, 20 日, 26 日, 27 日 2022 年 2 月 2 日, 3 日, 9 日, 10 日, 13 日, 14 日, 21 日, 22 日
走行区間	東北新幹線 (仙台～新青森) 北海道新幹線 (新青森～新函館北斗) 最高速度: 320km/h
試験項目	・開発品の融雪性能 (駅停車時等に目視により着雪状況を確認) ・フサギ板の表面温度測定

表 2 気象条件 (北海道北斗市)

日付	時分	降水量(mm)	気温(°C)	着雪量
1/19	17:00	0	-1.2	無し
1/20	13:00	0	-0.5	微少
1/26	17:00	0	1.4	無し
1/27	13:00	0	1.1	微少
2/2	17:00	0	-2.3	小
2/3	13:00	0	-3	中程度
2/9	17:00	0	-1.5	無し
2/10	13:00	0	2.4	微少
2/13	17:00	0	-1.7	無し
2/14	13:00	0	1.6	無し
2/21	17:00	0	-1.2	小
2/22	13:00	0	-2.4	中程度

〈4・2〉 アルミ一体型台車端部フサギ板 2 月 3 日上新青森駅での着雪確認におけるアルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板の改良前の構造とヒータ出力増強型との比較を図 5 に示す。どちらの構造についても、着雪量はそれほど多い着雪ではないが、下端部の着雪量に大きな差は認められなかった。これは、今回の出力強化の規模では有意差が現れなかったものと推定される。また、図 5 から確認できるようにどちらの構造においても、ヒータ下端部表面と着雪面は融雪により剥離しており隙間ができていることが確認できる。



図 5 ヒータ出力強化の有無の比較

2 月 22 日上新青森駅での着雪確認におけるヒータ付き台車端部フサギ板の有無による比較を図 6 に示す。ヒータ無し台車端部フサギ板は全面に着雪が見られるが、ヒータ付台車端部フサギ板は部分的な着雪にとどまっている事が確認できる。その際の 1 号車第 4 軸におけるヒータ付台車端部フサギ板の温度推移を図 7 に示す。図 7 のグラフからも融雪が進んでいる時間に表面温度が上昇していることが確認できることから融雪の効果が確認できた。

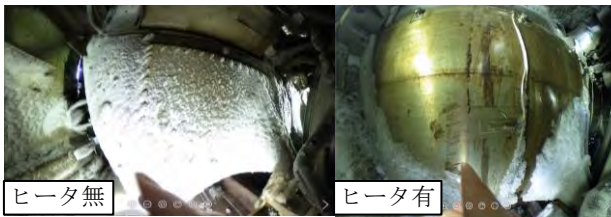


図 6 ヒータの有無の比較

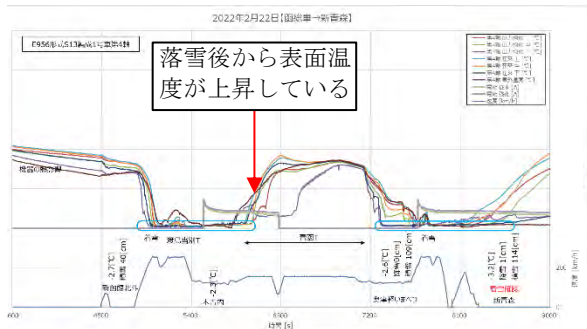


図 7 ヒータ出力増強型ヒータ付台車端部フサギ板の表面温度推移(2022/2/22)

〈4・2〉 ポリカーボネートを用いた台車端部フサギ板

2月22日下り新函館北斗駅までの走行中の台車端部フサギ板の様子を映像で確認した。図8に示す様に、ヒータ付台車端部フサギ板を仮設した部位では、雪が塊にならず、融雪が進んでいく様子が確認できた。また、フサギ板正面だけでなく、板上部に付着した雪もトンネル内で徐々に融雪している様子が確認できた。その際の3号車第1軸におけるヒータ付台車端部フサギ板の温度推移を図9に示す。図9のグラフからも融雪が進んでいる時間に表面温度が上昇していることが確認できることから融雪の効果が確認できた。

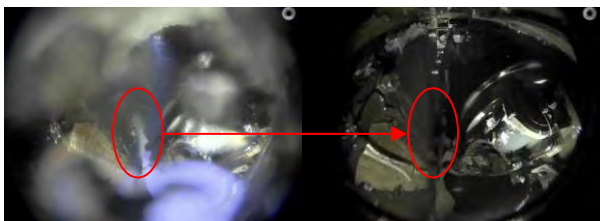


図 8 3号車第1軸の融雪が進んでいく様子(2022/2/22)

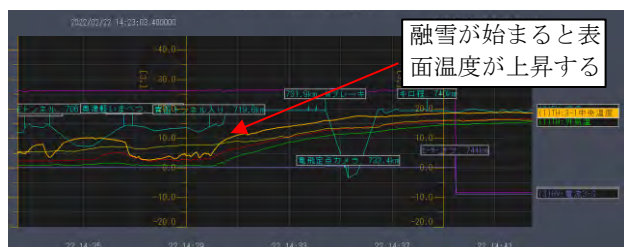


図 9 ポリカーボネートを用いた台車端部フサギ板の表面温度推移(2022/2/22)

一方で、図10に示す様にフサギ板中央部は融雪されているものの、ヒータが無いフサギ板の下端部やフサギ板取付ボルト付近に着雪する様子が確認できた。



図 10 フサギ板下端部の着雪の様子(2022/2/22)

5. まとめ

これまでのE6系での開発成果を基に、E956形式向けのヒータ付台車端部フサギ板を開発し、営業車への採用に向けて低コスト化及び融雪性能の向上について検討し、評価を行った。

アルミ一体型ヒータ付台車端部フサギ板は、アルミを機械加工から押出成形に変更する事で量産時のコストダウンに向けての知見を得た。また、E956形式においてもヒータによる融雪効果については有効であることが確認できた。一方で、2020年度の検証結果において、台車側カバー部や台車端部フサギ板下端部への着雪が認められたことから、2021年度に下端部の出力増強について検証を行ったものの、有意な差は確認できなかった。

ポリカーボネートを用いた台車端部フサギ板についても、E956形式による検証において、ヒータによる融雪効果が確認できた。また、2018年の開発品において発生していた耐久性等の課題については改良により解消していると考えられる。

どちらの開発品についてもこれまでの走行試験において、基本的な性能については確認ができたことから、今後は長期的な耐久性の確認およびコスト削減に向けた検討を引き続き実施していく。

文 献

- (1) 齋藤 寿彦, 藤井 義博, 杉本 直: 新幹線車両への着雪対策の開発, 第23回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集(J-RAIL2016), CD-ROM, 2016.12)
- (2) 相原 伸至, 雙木 貴之, 藤井 義博, 梅田 啓, 中村 雄也, 鎌鹿 智教: 新幹線電車における着落雪対策の開発, 第26回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集(J-RAIL2019), CD-ROM, 2019.12)