

# 車体の汚れを防ぐため、 気動車の排気の流れをさぐる



**原田 夏輝**  
Natsuki Harada  
環境工学研究部  
車両空力特性研究室  
研究員



**野口 雄平**  
Yuhei Noguchi  
環境工学研究部  
車両空力特性研究室  
副主任研究員



**新木 悠斗**  
Yuto Araki  
前 環境工学研究部  
車両空力特性研究室  
研究員



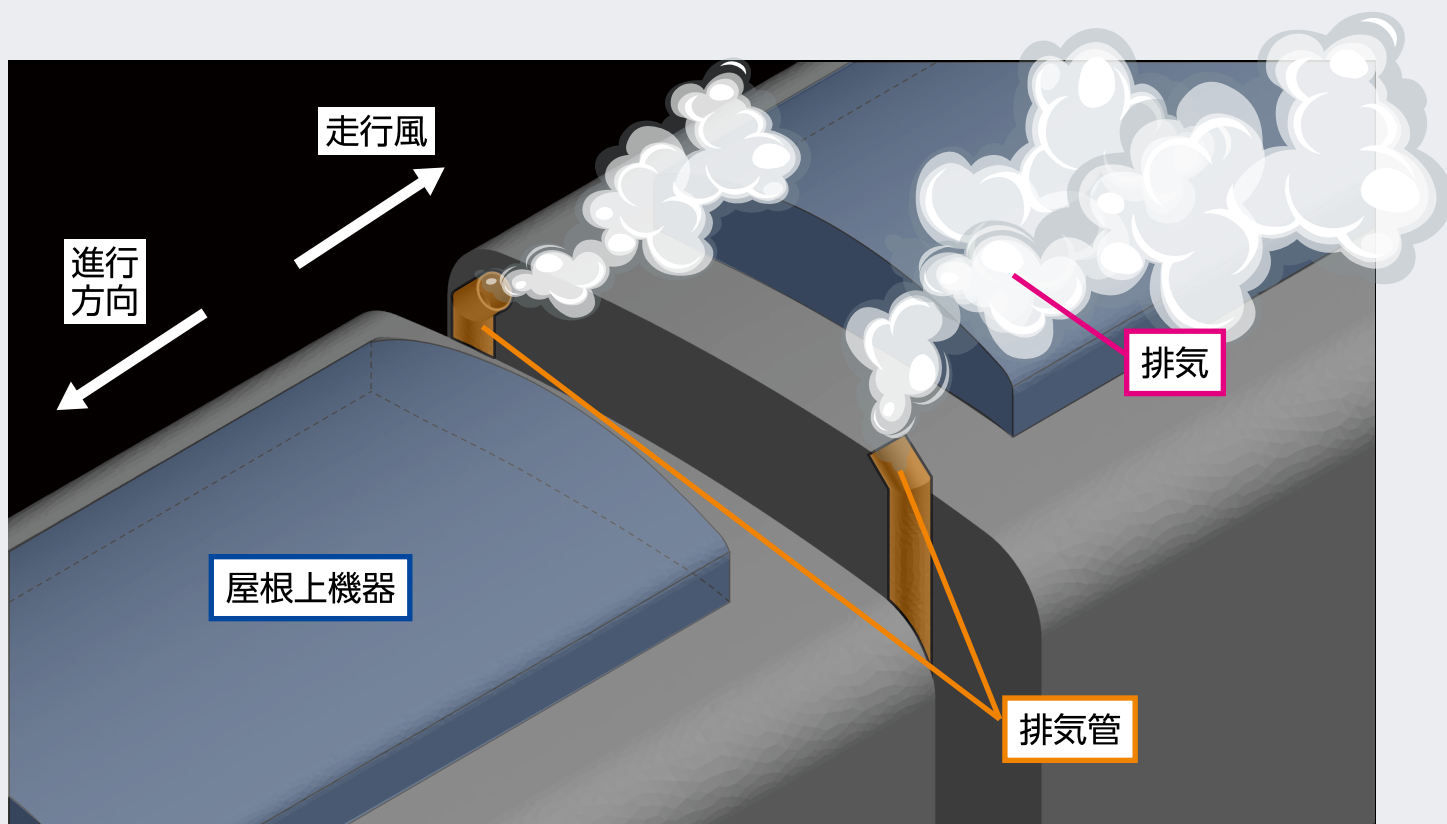
**宮地 徳蔵**  
Tokuzo Miyachi  
環境工学研究部  
熱・空気流動研究室長

## はじめに

気動車のディーゼルエンジンからの排気は、車端部などに設けられた排気管から、車外へ放出されています。排気にはさまざまな物質が含まれていますが、このうち炭素の微粒子からな

るススは、排気管付近の車体表面を黒く汚す原因となります。車体の汚れは美観を損なうため、定期的な清掃が必要となります。また、排気が車体の隙間から車内に侵入すると、客室内の空気質の悪化やススの堆積など、旅客の快適

図1 気動車の屋根上における排気の流れの模式図



性に関わる問題を引き起こすことも考えられます。SLの煙に悩まされていた時代と比較すれば、状況は大きく改善されたとはいえ、現代においても、これらの現象の解明や問題の解決には至っていません。

排気によって生じる問題の要因には、車体表面近くにおける排気の「流れ」が密接に関係しています。図1に、気動車の屋根上における排気の流れを模式的に示します。排気管から車外に放出された排気は、車両の走行によって生じる風の流れ（走行風）によって、車体の屋根上で後方へと流されていきます。この際、排気管の出口の近くに、障害物となる屋根上機器が存在すると、走行風が遮られ、流れによどみが生じます。このよどみの中に排気が入ると、車体表面近くに排気が長時間滞留することになり、車体が汚れやすくなります。したがって、排気の

滞留がなるべく起こらないよう、排気管の出口や屋根上機器を適切に配置することが重要です。

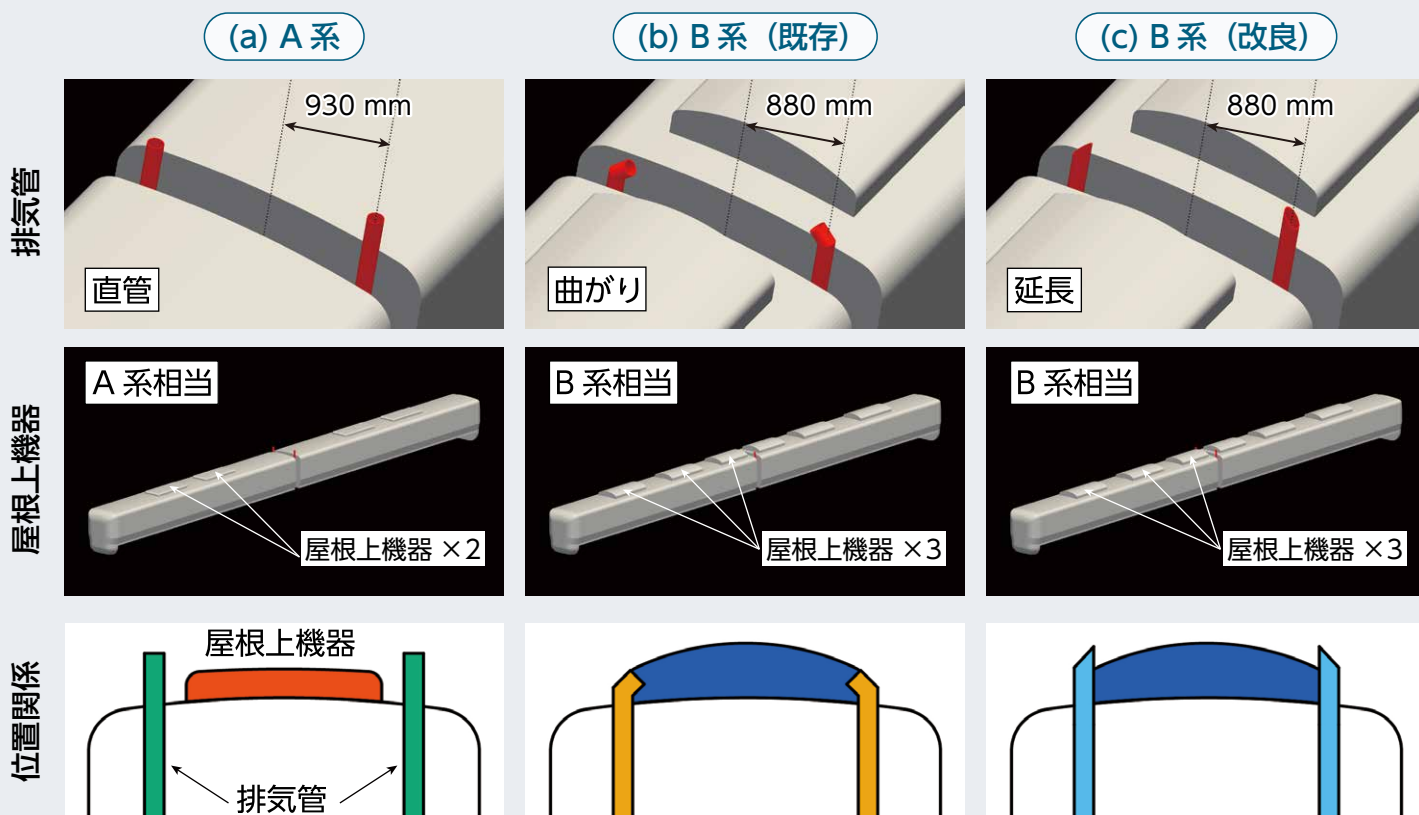
本研究では、気動車の屋根上における排気の流れを模擬した数値シミュレーションを行いました。その結果をもとに、排気の問題が生じにくい排気管の形状や配置について検討しました。

### 排気の流れの数値シミュレーション

本研究では、屋根上における排気の流れをコンピュータ上でシミュレーションしました。このシミュレーションでは、静止した車両に走行風に相当する風を当てながら、排気管から高温の空気を放出することで、走行する車両の排気の流れを模擬しました。

シミュレーション対象は、特急型気動車をモデル化した2形式（A系、B系）です（図2）。それぞれのモデルは2両編成で、連結部には各車

図2 シミュレーション対象とした排気管と屋根上機器の条件



両に1本ずつ、合計2本の排気管が設置されています。図2(a)に示すA系の屋根上機器は、1両につき2つで、排気管は直管、出口は上向きです。いっぽう、図2(b)に示す既存のB系の屋根上機器は、1両につき3つで、屋根上機器の厚さがA系よりも厚く、排気管のすぐ近くにも屋根上機器があります。また、排気管出口はまくらぎ方向内側に向けて曲がっています。

両者は同じ線区で運用されていますが、車体の汚れ具合は大きく異なっています。A系では車体のスス汚れは軽微であるのに対し、B系ではスス汚れが激しく、車体清掃後すぐに黒くなってしまいう状態でした。両形式を比較した結果、B系の場合には、内向きの排気管や、排気管のすぐ近くに位置する屋根上機器が、問題を引き起こしていると考えられました。そこで、図2(c)のように、B系の屋根上機器はそのままに、排気管のみを改良し、内側に曲がった部分を切り取って車両限界付近まで伸ばした条件も設定しました。

### 屋根上における排気の流れ

図3に、シミュレーション結果を示します。図3(a)のピンク色の部分が、排気管からの排気の流れに対応します。A系では、排気は大きく拡散することなく、線状を保ったまま、後方へ流れています。いっぽう、内向きの排気管をもつB系(既存)では、車間部(車両と車両の間)に排気が滞留するとともに、屋根面に排気がまとわりつくように流れています。排気管を延長したB系(改良)では、車間部での滞留は確認できず、屋根上における排気の広がりも、B系(既存)の排気管の場合と比較して緩やかです。

図3(b)に、車体表面の時間平均した温度分布(走行風の温度との温度差)を示します。なお、以降に示す車体表面の温度は、厳密には車体表面のすぐ近くの空気の温度のことです。シミュレーションにおいては、車体表面の温度が

高いほど(図の色が赤いほど)、その部位に排気が到達していることを意味します。A系では車体表面近くに排気が到達することがなく、車体表面温度はほぼ上昇しません。B系(既存)では、上で述べたように排気が車間部に滞留するため、妻面および妻面に近い屋根面の温度上昇が顕著です。B系(改良)では、妻面の温度上昇はほとんど見られず、屋根面の温度上昇もB系(既存)と比較して低減しています。以上から、排気管の改良によって、車体表面の温度上昇を抑制できることがわかりました。なお、図3(b)に示した温度上昇が顕著な箇所では、B系の実際の列車においてもススによる汚れが著しいことを確認しています。

### 排気管の改良による効果

シミュレーション結果を受けて、実際にB系の排気管を延長する改造を行いました。本節では、排気管の改良が車体の汚れに与える影響について調査した結果<sup>1)</sup>について示します。

B系3号車の、排気管に近い屋根上機器の排気管側の側面(図4(a)(b))を、一部のみ清掃した後、営業列車として運用中に定期的に撮影を行いました。既存の排気管の車両のみからなる編成と、改良した排気管の車両のみからなる編成を比較し、排気管の改良の有無による汚れの進展具合を評価しました。図4(c)に、得られた画像を示します。B系(既存)では、車体の汚れの進展が速く、営業走行距離2万キロ程度で、清掃範囲内外の色の差がほとんどなくなっています。いっぽう、排気管を延長したB系(改良)では、清掃範囲内の色合いはほぼ変わらず、汚れはほとんど進展していません。これらの結果から、排気管の改良により、車体のスス汚れが抑制されることを確認しました。

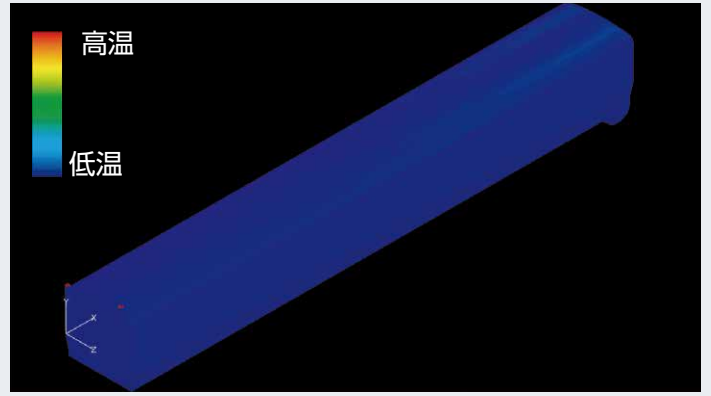
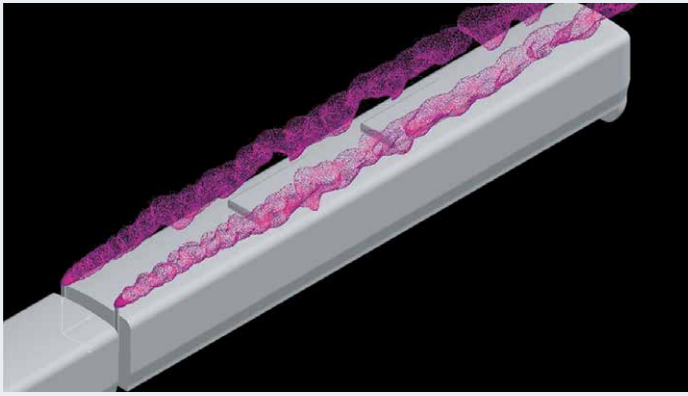
### 排気管の設計指針

B系の既存の排気管で問題が生じた理由は、

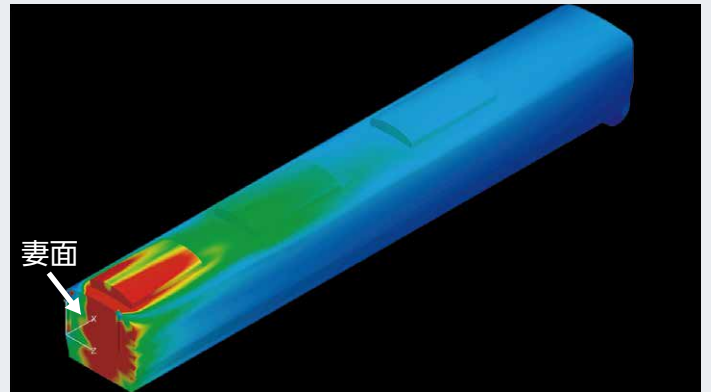
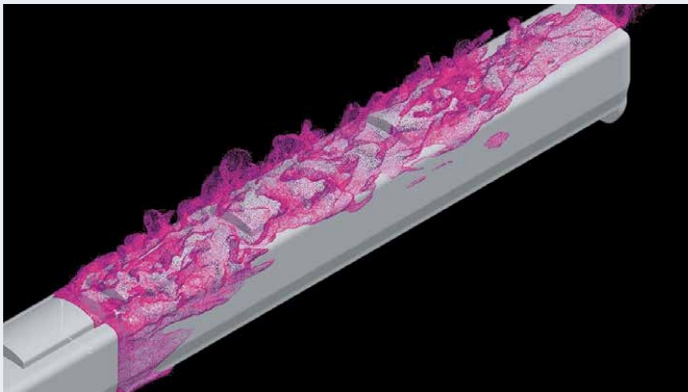
(a) 排気の流れ

(b) 車体表面の時間平均温度分布

A系



B系 (既存)



B系 (改良)

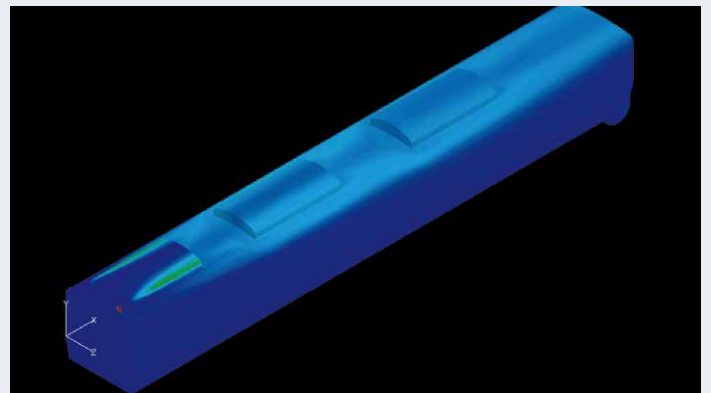
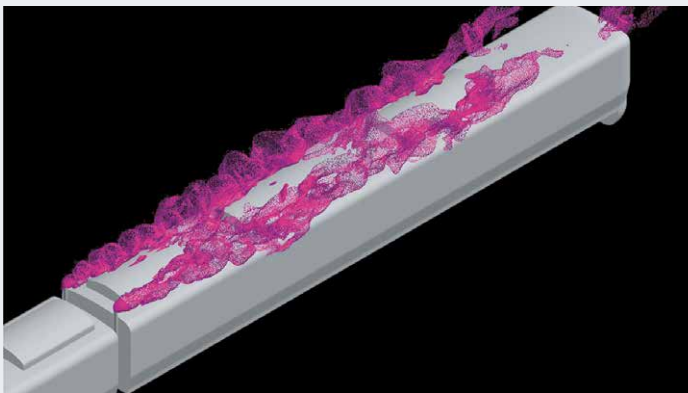


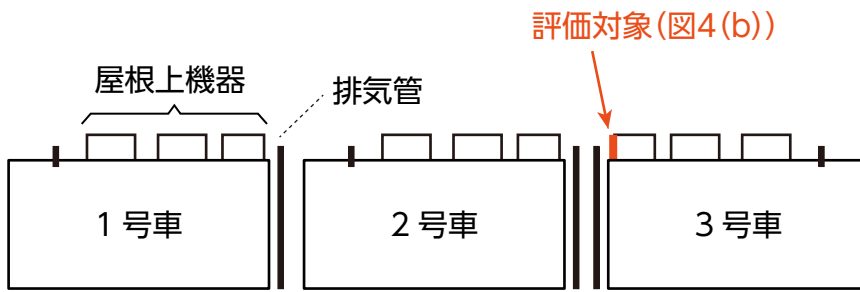
図3 シミュレーション結果 (排気の流れと車体表面の時間平均温度分布)

排気管の出口位置で走行風の風速が低く、排気がうまく後方に流されないからです。言い換えると、排気管の出口位置において走行風の風速がある程度高ければ、排気の滞留は生じないと考えられます。この点に着目し、どのような排気管が望ましいか検討するため、排気管の形状や配置 (排気管の出口位置) をさまざまに変え

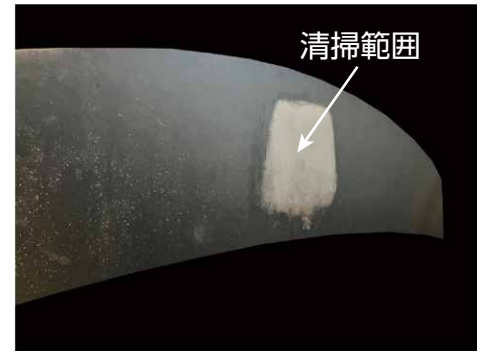
たシミュレーションを行いました。

各条件でのシミュレーション結果について、屋根面の平均温度上昇量と、排気管の出口位置における走行風の風速の関係を整理したものが図5です。屋根面の温度上昇量が大きい条件では、排気管の出口が屋根上機器の風下に隠れる位置となっており、走行風の風速も低くなって

### (a) 編成の模式図



### (b) 評価対象



### (c) 走行距離に応じた汚れ度合いの変化

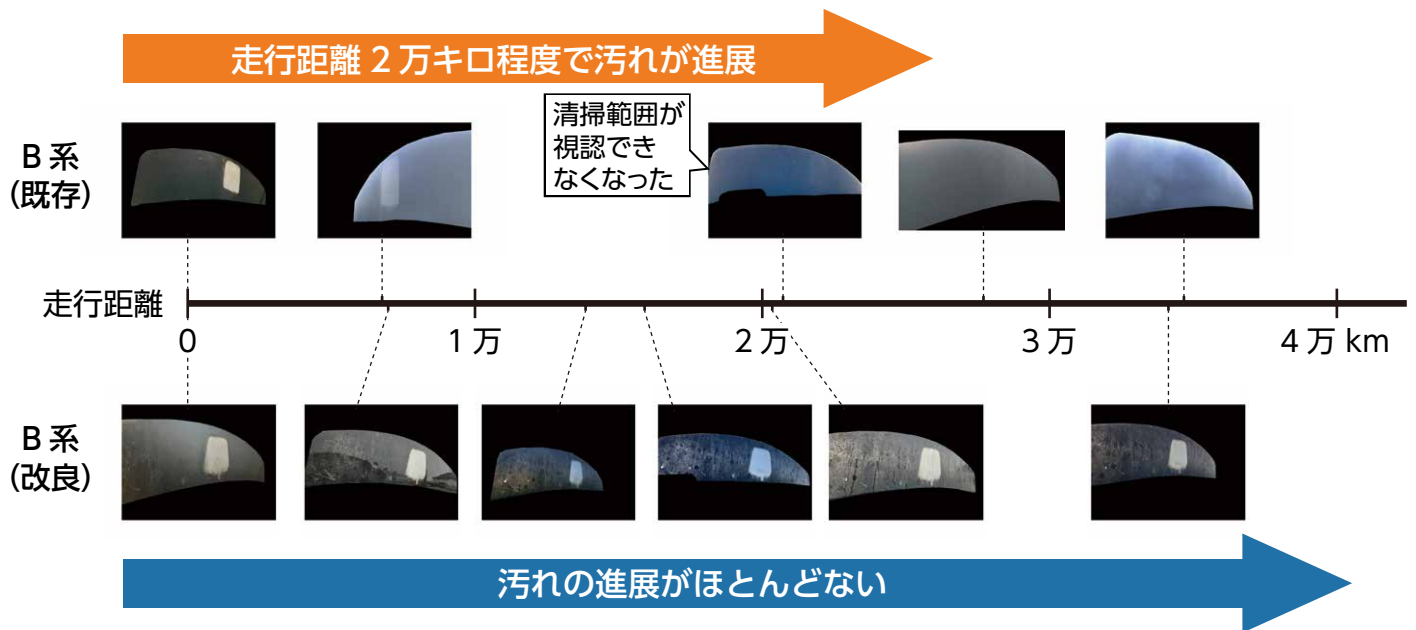


図4 排気管の改良の有無による汚れの進展度合いの比較

います。いっぽう、屋根面の温度上昇量が小さい条件では、排気管の出口位置で走行速度の70%以上の風速が確保されています。

この結果から、例えば図5の点線のように、排気管出口位置での流速にしきい値を設けることで、車体に排気が到達しにくい排気管と屋根上機器の組み合わせを選択できます。本研究で

は、排気管の出口位置において、走行速度の60～70%程度の風が吹いていれば、車体に排気が到達しにくくなりました。排気管の設計の際には、シミュレーションや風洞実験によって排気管出口位置での走行風の大きさを確認することで、排気による問題を回避できます。

屋根上機器：A系相当  
排気管：直管

屋根上機器：B系相当  
排気管：延長

屋根上機器：B系相当  
排気管：曲がり

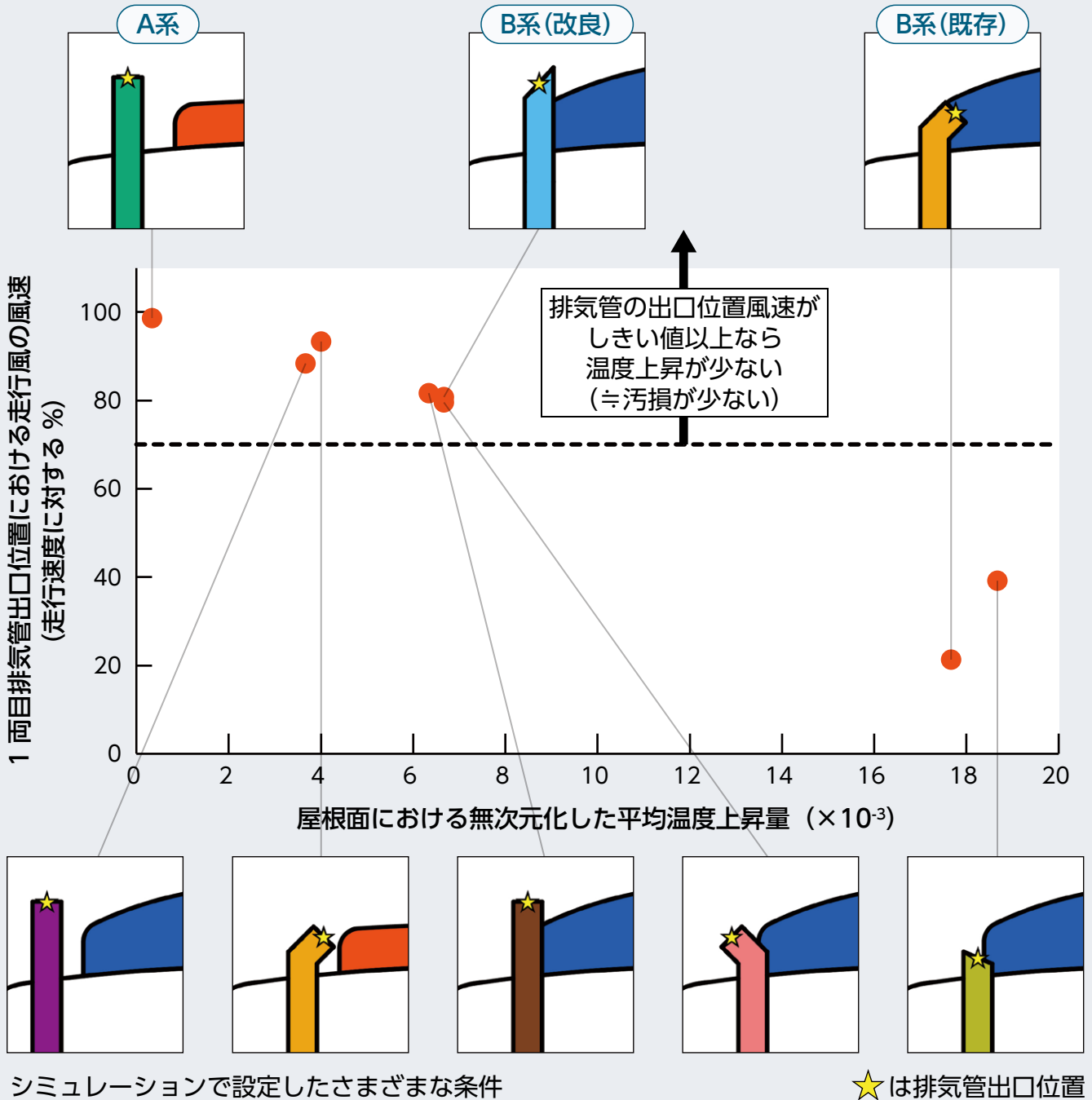


図5 屋根面における平均温度上昇量と排気管出口位置における走行風の風速

## おわりに

走行する気動車の排気管から放出される排気の流れをシミュレーションし、排気による問題が生じにくい排気管の形状や配置について検討しました。今回示した対策により、車体の汚れの低減による美観の向上、清掃頻度の低減、車内の空気質の向上など、さまざま

な効果が期待されます。今後も、設計指針の深度化など、必要な技術開発を推進していきます。

RRR

## 文献

- 1) 原田夏輝, 新木悠斗, 宮地徳蔵: 排気流れによる車体表面のすす汚損度合いの画像による評価, 第30回鉄道技術・政策連合シンポジウム (J-RAIL2023), S2-8-1, 2023