

## 手のかからない クーラーの開発



大戸 伸一\* 坂井 勝一\*\* 吉田 豊\*

当社の通勤用を使用している209系電車以降の新型電車は、VVVF制御装置やSIV装置等の最新技術の採用により大幅にメンテナンスが軽減されているが、クーラーは従来通り車体から取り下ろし、フィルタや熱交換器フィンの洗浄、部品交換・加修、機能検査などを行っている。そこで、これらの作業を軽減するため、送風機軸受の長寿命化、フィルタの集塵効率の向上、清掃しやすい構造への改造などメンテナンスしやすい構造や周期延伸に向けた非解体化を研究・開発し、試作クーラーを現車に搭載してその有用性について確認した。

**キーワード：**在姿検修、非解体化、長寿命化、フィルター、熱交換器

### 1 はじめに

当社の通勤用を使用している209系電車以降の新型電車は、VVVF制御装置やSIV装置等の最新技術の採用により大幅にメンテナンスが軽減されているが、屋根上に取り付けられている集中型クーラーは、周期的に工場に入場した段階で車体から取り下ろして検査・修繕を行っている。その検査・修繕内容はフィルタや熱交換器フィンの洗浄、部品交換・加修、機能検査などである。そこで、部品の取替等を行う修繕は全検周期毎にクーラーを工場に取り外して行い、要検周期では電車区において車体に取り付けたまま(在姿)でメンテナンスを行うことを目指し、部品取替周期の延伸やメンテナンスしやすい構造について研究・開発を行った。

### 2 現状の問題点と検討項目

現在のクーラーは、209系電車の要検周期である60万km又は4年毎に、異音発生傾向にある室外及び室内送風機軸受の全数取替、熱交換器フィンの目詰まりを除去するための洗浄及び機能確認を行っている。要検周期に電車区で在姿メンテナンスを行うためには、

- 送風機軸受の長寿命化
- 室内フィルタの集塵効率の向上
- 在姿洗浄方法の開発
- 清掃しやすいクーラー構造の開発

を行う必要がある。

従って、これらの要素開発を行うとともに、この結果を反映し

た清掃しやすいクーラーの試作機を製作し、現車で確認することとした。

### 3 要素開発

#### 3.1 送風機軸受の長寿命化

現状の送風機軸受を調査したところ、グリースの変色傾向、転走面に面荒れ及び異物かみ込み跡が見られた。

そこでグリースについては、現行の「エステル油系リチウム石けん」とより大きい荷重や熱に強い「エステル系ウレア」で試験した。寿命加速試験である高温(160℃)連続回転試験ではウレア系グリースの方が約3倍の寿命があることを確認した。

また、軸受内部への異物侵入防止のために、シール方法を表1のように検討した。

表1：シール方法比較

現状	品金属シール形 (ZZ形)	非接触ゴムシール形 (VV形)	接触ゴムシール形 (DDU形)
摩擦トルク	小	小	大
高速性	良好	良好	限界あり
防塵性	良	ZZより良	最良
総合評価			
シール構造 (断面図)			



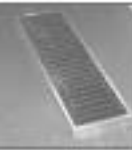
この結果より、非接触ゴムシール式(VV形)の軸受で「エステル油系ウレア」のグリースを使用すれば、軸受の交換周期を

全検周期の8年程度に延長できることが想定される。

### 3.2 室内フィルタの集塵効率向上

室内熱交換器フィンが目詰まりを少なくし、清掃周期を延ばすために、集塵効率の高い室内フィルタの検討を行った。フィルタは3種類について現車に6ヶ月間取付けて試験し、結果を表2に示す。

表2：フィルタ比較

比較	ロールフィルタ		波形固定フィルタ
	現行 (37メッシュ)	新型 (50メッシュ)	
外観			
集塵効果	△	○	◎
フィルタ 清掃周期	○	○	△
清掃しやすさ	○	○	△
総合評価	△	◎	○

この結果より、フィルタの交換(洗浄)周期は現行と同じであり、集塵効果も約1.4倍で目視での室内熱交換器への粉塵付着量が約3分の1である新形ロールフィルタ(50メッシュ)が有効であることを確認した。

### 3.3 熱交換器フィンの洗浄方法の開発

#### (1) 防水カバー

在姿状態での洗浄時、車内への洗浄水落下を防止するとともに、電気機器等を保護する防水カバー(図1)を開発製作した。

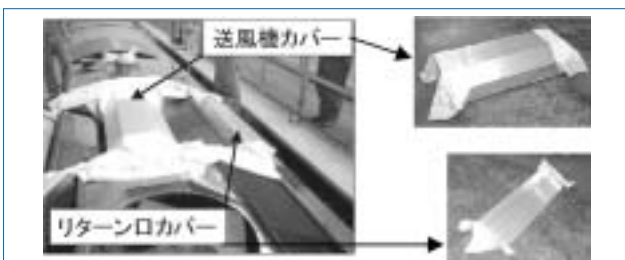


図1：防水カバー

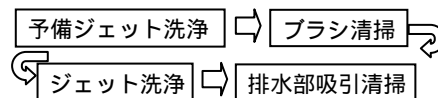
#### (2) 洗浄方法の検討

従来の高圧ジェット洗浄では、装置が大きく固定式のため、在姿での作業はできない。そこで可搬式の低圧ジェット洗浄方法及びスプレー洗浄について、単体試験で比較し、可搬式の低圧ジェット洗浄が、洗浄作業で車内への水漏れや車体への排水の飛散もなく、有効であることを確認した。

#### (3) 洗浄作業最適手順

単体試験の結果から低圧ジェット洗浄を屋根上で実際に作

業を行い、最適な作業手順を検討した。



この作業手順により、清掃後の風量が約13%向上し現状の取り外して洗浄している定期検査と同等であること、3人作業で10両を1日(1台当り40分程度)で洗浄可能なことを確認した。

## 4 手のかからないクーラー構造の試作

屋根上での清掃を考慮し、手のかからないクーラーとして、清掃しやすい構造等について考案し、それを反映した試作クーラーを製作した。

### 4.1 清掃しやすい構造

#### (1) 熱交換器フィンの変更

熱交換器フィンの形状と間隔を変更した。

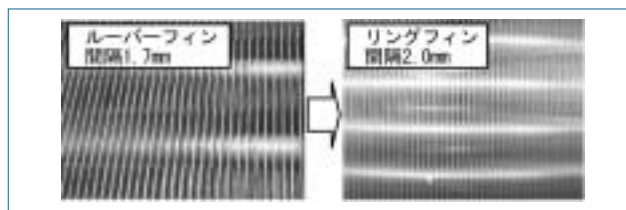


図2：熱交換器フィン

#### (2) 排水溝の変更

排水溝をよどみがないようにストレート化し、排水口を拡大した。

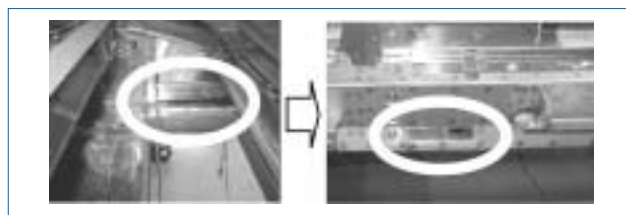


図3：排水溝

#### (3) 本体カバーの着脱容易化

本体のカバーを清掃が必要な室内熱交換器室だけ単独で着脱できるように分割した。

#### (4) 熱交換器取り付け角度の変更

室内熱交換器の裏側を掃除しやすいように、熱交換器の取付角度を22度から26度に大きくした。

#### (5) 防水のための配線経路の変更

配線経路を送風機側にして、送風機と一体で防水できるようにした。

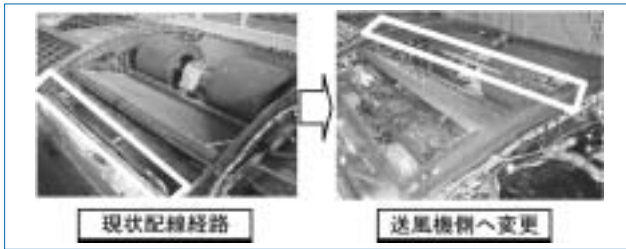


図4：電気配線変更

#### 4.2 冬期における熱交換器の目詰まり低減

冷房の必要ない冬期における熱交換器ファンの目詰まり低減策として熱交換器を通らないようなバイパス経路を設置した。



図5：空気のバイパス経路

バイパスを開放して試験した結果、室内熱交換器を通る風量が10%低減したことを確認した。

#### 4.3 目詰まり検知機能

室内熱交換器が目詰まりすると、冷媒圧力が低下したり、室内熱交換器の前と後で空気の圧力の差が大きくなったりする。これをセンサで検知することによって、目詰まりを検知する機能を搭載した。



図7：目詰まり検知用センサ取付

この機能については試験台で試験を行った。熱交換器風下側にフィルタを設置し、吹き出し風量が10%減少させた状態を目詰まり状態と仮定し、検証を行った。

##### (1) 冷媒圧力検知方式

室内及び室外温度の条件を変えて目詰まり有り無しで測定した結果から、「目詰まり判定値: X<sub>e</sub>」を計算し、室内温度との相関関係をグラフにした。

ただし、 $X_e = \{ \text{吸込空気温度} - \text{吹出空気温度} \} \times \text{低压圧力}$ とした。

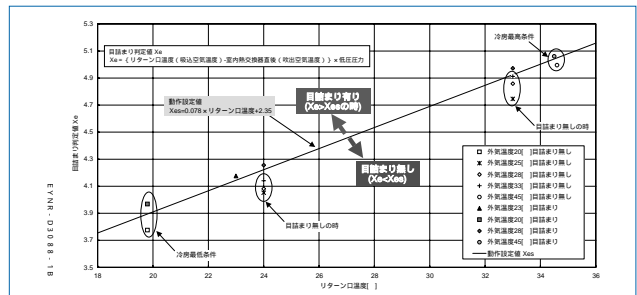


図8：リターン口温度と目詰まり判定値の関係

このグラフより、目詰まり有り無しで境界線を引くことができる。従って、「目詰まり動作設定値: X<sub>es</sub>」は以下の式で表現することが可能であるとする。

$$\text{目詰まり動作設定値 } X_{es} = 0.078 \times \text{リターン口温度} + 2.35$$

すなわち、熱交換器前後の温度(吸込、吹出空気温度)と低压冷媒圧力、リターン口温度をモニタし、その目詰まり判定値 X<sub>e</sub>が動作設定値 X<sub>es</sub>以上の場合は、目詰まりと判定することができる。

なお、この設定値は、今回試作したクーラー固有の数値を元に算出しているため、他形式のクーラーでは新たに測定等を行い決定する必要がある。

##### (2) 微差圧検知方式

表3：微差圧測定結果

センサ値	0%塞ぎ	27%塞ぎ
室内送風機電流[A]	1.70	1.64
室内熱交換器前後の差圧[Pa]	14.7	39.2

試験結果より、約30[ Pa ]以上の微差圧となった際に微差圧スイッチが動作するようにセットすることにより検知可能と考える。

以上2つの機能を活用し、目詰まりするとこれを検知しモニターを経由して清掃の要求を出すことによって、必要な時期にメンテナンスを行うことができ、ひいては現行の清掃周期を延伸することが可能となる。

## 5 試作クーラーの現車搭載試験

製作した試作クーラーを現車に搭載し、約6ヶ月間での既存

クーラーとの汚損状況の比較と、比較終了後清掃作業性の確認を行った。

また、営業線での試作クーラー各センサーのデータから目詰まり検知シーケンスの確認を行った。

### 5.1 搭載車両、走行線区及び期間

大井工場に全検入場した車両に試作クーラー及び整備完了した従来のクーラーを搭載し営業運転に供した。

- ・搭載車両:浦和電車区所属ウラ78編成 モハ209 - 158
- ・比較車両:同モハ208 - 158
- ・走行線区:京浜東北線 大宮・大船間
- ・期間:平成13年7月18日から12月20日まで

### 5.2 汚損状況調査結果

搭載後103日目と158日後の汚損状況を調査した。

リターン風量測定での結果では、不良の差は認められなかった。取付時より取外し直前のほうが風量が増加しているが、これは測定誤差と考えられる。また、試作クーラーで清掃を行った結果、その前後で軽微ではあるが風量が増加しており洗浄効果が確認できた。

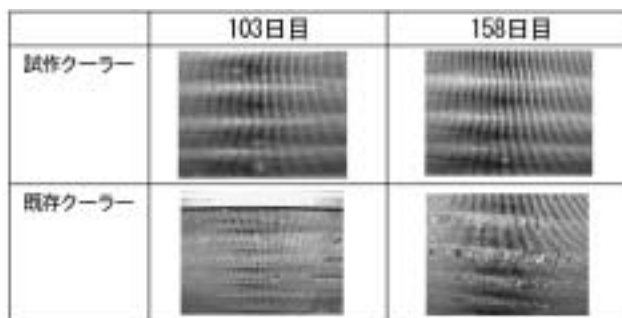
表4：清掃前後の風量比較

	大井工場 (01/7/12)	清掃前 (01/12/10)	清掃後 (01/12/10)
既存クーラー	50.3	53.5	-
試作クーラー	50.6	52.5 (100%とする)	54.7 (104%)

注：風量[m<sup>3</sup>/min/片側]

目視での調査では、既存クーラーは熱交換器にゴミの付着が顕著に見られたが、試作クーラーでは微小であった。

表5：経過別汚れ比較



### 5.3 車上簡易洗浄試験結果

試作クーラー取り外し前に車上での清掃を行い、既存クーラーで行った清掃と作業時分を比較し、作業性の比較を行った。

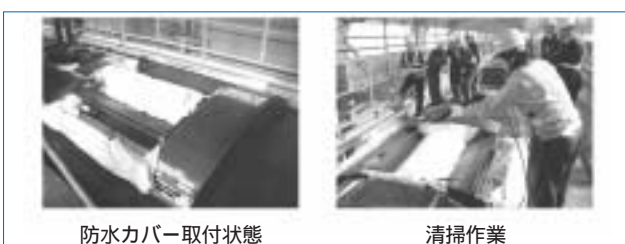


図9：車上簡易洗浄試験

表6：車上簡易清掃作業時間

車種	作業区	既設クーラー 作業時間 (分)	試作クーラー 作業時間 (分)	削減率 (%)
1	大宮駅～大船間	63	57	9
2	大宮駅～大船間	63	57	9
3	大宮駅～大船間	63	57	9
4	大宮駅～大船間	63	57	9
5	大宮駅～大船間	63	57	9
6	大宮駅～大船間	63	57	9
7	大宮駅～大船間	63	57	9
8	大宮駅～大船間	63	57	9
9	大宮駅～大船間	63	57	9
10	大宮駅～大船間	63	57	9
11	大宮駅～大船間	63	57	9
12	大宮駅～大船間	63	57	9
13	大宮駅～大船間	63	57	9
14	大宮駅～大船間	63	57	9
15	大宮駅～大船間	63	57	9
16	大宮駅～大船間	63	57	9
17	大宮駅～大船間	63	57	9
18	大宮駅～大船間	63	57	9
19	大宮駅～大船間	63	57	9
20	大宮駅～大船間	63	57	9
21	大宮駅～大船間	63	57	9
22	大宮駅～大船間	63	57	9
23	大宮駅～大船間	63	57	9
24	大宮駅～大船間	63	57	9
25	大宮駅～大船間	63	57	9
26	大宮駅～大船間	63	57	9
27	大宮駅～大船間	63	57	9
28	大宮駅～大船間	63	57	9
29	大宮駅～大船間	63	57	9
30	大宮駅～大船間	63	57	9

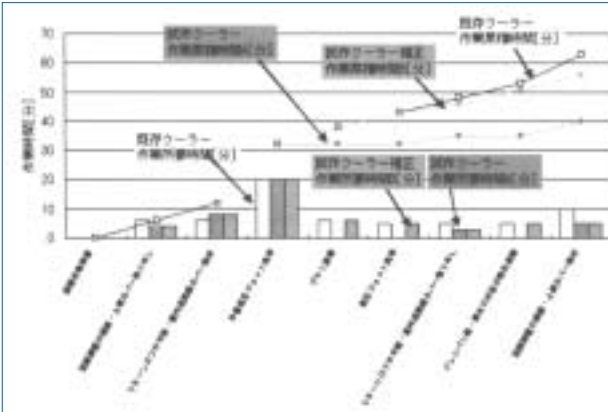


図10：車上簡易清掃作業時間累積

1台単体での屋根上でのクーラー洗浄作業は、既存のクーラーで行った場合63分要していたものが、カバー取り外しの改善によって7分の短縮が可能となり、57分で作業可能となることを確認した。

なお、編成で行う場合は3.3(3)で確認したように、熱交換器を洗浄中に次のクーラーのカバーを取り外すなど、流れ作業的にラップして作業できるため、10両編成で1両平均では40分弱となると考えられる。

## 6 今後の課題及びまとめ

新形の50メッシュロールフィルタについては、再使用するための洗浄に対する耐久性の確認を行った上、新形電車及び従来の電車も含め、現在のフィルタとの取替を検討中である。

また、送風機用の長寿命軸受については、現在、全数取替えている軸受の、取替用部品として採用し、4年後解体した時にその状態を確認の上、8年間非解体に移行していく予定である。

今回開発した試作クーラーの要素については、今後の新型クーラーの設計に反映するなど、当社で進めている新しいメンテナンス体系(新保全体系)に寄与していくこととなる。