

汎用高速ロールフィルター 清掃装置の開発



千葉 智*



安田 馨観*



秋元 康克**

車両用空調装置のロールフィルターは、各車両センターで定期的に清掃作業を行っている。その作業は、「時間・人手がかかる」、「重労働である」、「汚い環境である」といった課題がある。

そこで、これらの課題を解決するために、エアの噴射・吸引による非接触清掃方式に補助的なブラシを用いた清掃機構を加えた、新しいロールフィルター清掃装置を開発した。その結果、必要な清掃能力を確保したうえで、清掃時間の短縮、作業性向上、清掃作業環境の改善を確認した。

●キーワード：清掃装置、ロールフィルター、エア、ラインノズル、ブラシ

1. はじめに

車両用空調装置のロールフィルター装置は、首都圏の通勤電車では1両に4機装備され、車内から空調機へ流れる空気を清浄し、車内環境を向上させる役割をしている(図1)。このフィルターの長さは10m、設定した時間で自動的に約55mm巻き取る構造となっており、常にフィルターの新しい面を使用できるようになっている。フィルターの清掃は車両センターにて、フィルター部分を定期的に取り外して実施している。清掃作業は、装置を導入しているものの、①人手による追加清掃作業が必要である②十分な仕上がりにするために長い時間が必要である③粉じんが飛散して作業環境が悪いという課題がある。

そこで、これらの課題を改善するために、新たなロールフィルター清掃装置の開発を行った。清掃方法は、水や洗剤などを使用する湿式と、水などを使用せずにブラシなどで清掃する乾式があるが、今回は、現在、当社の多くの車両センターなどで用いられている、廃水処理などが不要な乾式方法の清掃装置の開発を行った。



図1 ロールフィルター装置

2. 現在の清掃作業の課題

車両内から取り外したロールフィルターには、大小さまざまな埃が全面に堆積している(図2)。現在は1本のロールフィルターを清掃するのに、2～3名の作業者が装置を取扱い、装置による清掃後に、さらに十分な仕上がりにするために、作業者の手作業による清掃を行っている(図3)。このため、ロールフィルター1本あたりの清掃時間は約10分かかり、1編成分10両40本のロールフィルターの清掃は、1日かかりの作業となっている。また、装置稼動時や手作業による清掃時、粉じん回収時に周囲に粉じんが飛散して作業環境が悪い、以上2つの課題がある。

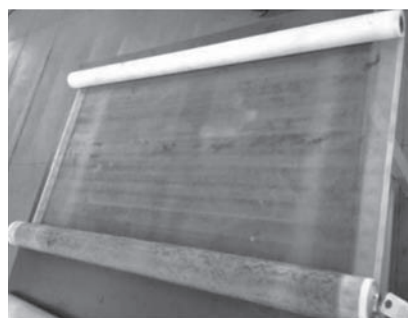


図2 清掃前のロールフィルター



図3 現在のロールフィルター清掃作業

3. 開発の目標

現在の清掃装置の課題を踏まえて、本開発の目標は以下のとおりとした。

- (1) 作業者による追加清掃作業を必用とせず、従来の清掃品質を確保したうえで清掃時間を短縮し、1編成分(40本)の作業を200分(半日)で行えること。
- (2) 一人で装置の操作が可能なこと。
- (3) 狭いスペースでも無理のない作業姿勢で操作ができること。
- (4) 装置稼動時に周囲に粉じんが飛散せず、集めた粉じんを容易に回収できること。
- (5) 低価格な装置であること。

4. 開発内容

(1) 清掃品質確保

今回の開発では、これらの目標の達成に向けて、清掃方式を極力、エア噴射・吸引による非接触清掃方式にすることとし、まず、装置に使用するエアノズルの選定を行った(図4)。そしてコンプレッサーの容量および設計する装置の寸法・適合性を考えラインノズルを採用した(図5)。

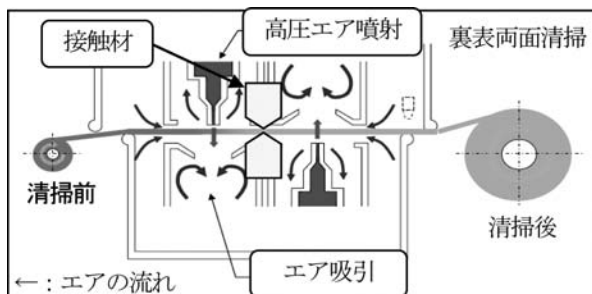


図4 清掃機構のイメージ



図5 ラインノズル

しかし、開発を進めていく中で、非接触清掃方式では、フィルターの目に絡んだ埃や、付着した微細な汚れまでは除去できないことが判明したことから、品質を目標とする水準に保つた

めに、エアノズル間に補助的な接触部の追加を行うこととした。

接触部は、複数のスポンジとブラシを検討した(表1)。

表1 接触材の検討

種別	材質	毛の太さ・硬度
ブラシ	ナイロン	64 μm
	ポリプロピレン	100 μm
	ポリプロピレン	150 μm
スポンジ	ネオプレン	10°
	ネオプレン	25°

スポンジについては、最も清掃品質は良かったものの稼働時の抵抗が大きく、駆動部への負担が大きくなるため、不適であると判断した。ブラシについては、この問題はさほどないが、試験結果より太さが100 μm 以上になるとフィルターとの接触で静電気が発生し易く、装置およびフィルターへの悪影響が考えられることから、細いナイロン製の64 μm のブラシを採用した(図6)。



図6 ブラシの追加

(2) 清掃時間短縮

清掃時間を短縮するために装置によるロールフィルターの巻取り速度を上げると、巻取りが乱雑となり品質が低下するだけでなく、ロールフィルターを損傷させる可能性がある。そこで、開発した装置ではロールフィルターの乱巻きを防止と、一定速度で巻き取ることを目的にモータを2台搭載し、稼動時にロールフィルターの巻取り寸法をセンサで検知しながら、ロールフィルターの巻取りのテンションを制御することとした(図7)。

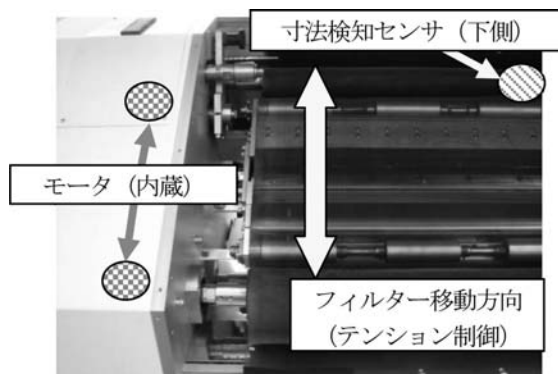


図7 制御モータ

(3) 一人作業化

清掃装置に取り付けるロールフィルターの軸端の形状はメーカーなどにより異なり、それを大別するとピン付タイプと円筒タイプがある（図8）。この両タイプのロールフィルターにも対応できるように、取付部分を切り替えて使用可能とし、取付作業が容易にできるように、ピン付タイプはバネを利用して取り付けの機構を、円筒タイプは、エアによって膨張するエアピッカーを採用した。また、この取付部分は切り換えての使用を可能としている。この機構によって、着脱は作業者1人で、1分程度でできるようになった（図9）。

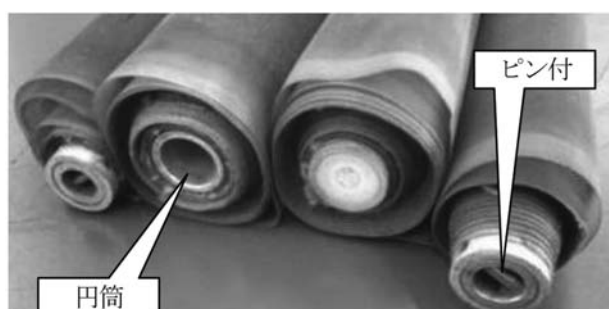


図8 ロールフィルターの軸端形状

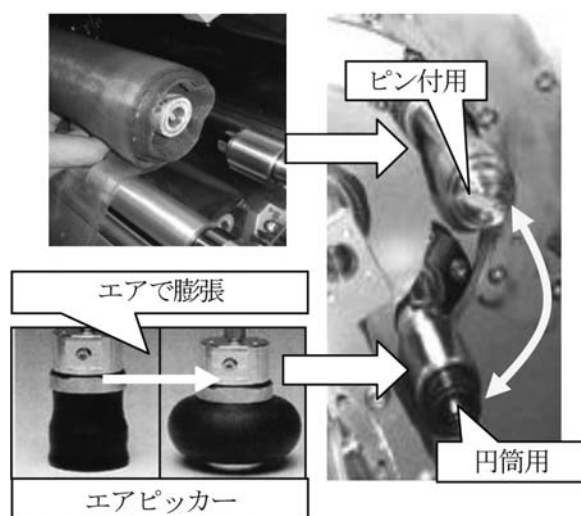


図9 ロールフィルター取付作業の改善

(4) 作業性向上

作業性向上のために以下の工夫をした（図10）。

- ・配電盤を装置下部に設置し一体化させて、使用前、使用後の取扱いを容易にした。あわせて装置を小型化した。
- ・キャスターを取り付けて移動を容易にした。
- ・立ち姿勢で作業がしやすいよう作業部を30度の傾斜にした。
- ・操作盤は、操作が容易にできるよう可能な限りシンプルにした。

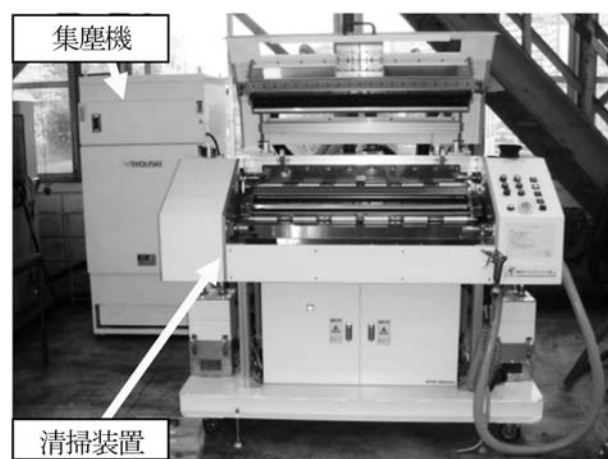


図10 開発した清掃装置

(5) 作業環境向上

周囲へ粉じんが飛散しないように、装置の構造を密閉構造とした（図11）。粉じんは集塵機の集塵バケツに回収されるが、粉じんの排出も1人で作業が可能になった。



図11 稼働中の清掃装置

5. 効果の確認

(1) 顕微鏡による品質確認

清掃前、また従来の装置と開発した装置での清掃後のロールフィルターの状態を、それぞれ顕微鏡で確認した。清掃前は大量の埃の付着がある。一方、従来の装置で清掃したフィルターの様子を見ると、大部分の埃を取り除くことができている。これは、従来の装置はブラシでの接触した清掃の上、人による追加の清掃も行っているからである（図12）。

一方、開発した装置で、ブラシを設置しない非接触のみで清掃したフィルターの様子を見ると、従来の装置と同様に大部分の埃が取り除かれているが、フィルターの目に絡んだ埃や、微細な汚れまでは取りきれていないことが分かった。この状態では、従来の清掃装置よりも埃を除去できていない。

そこで、最終開発品であるブラシを併用した装置で清掃したフィルターの様子を見たところ、非接触で取り残した微細な埃も除去されている。開発を進める中で、ブラシを併用して品質を確保するためには、順方向と逆方向の清掃が有効であることが分かった。そこで、十分な清掃を達成するために、正転→逆転→正転の1往復半の清掃を、約3分で自動で行えるようにした。このことから、目標とした時間内で清掃品質は確保され、むしろ向上しているとさえ言えるレベルにあることが分かった（図13、図14）。

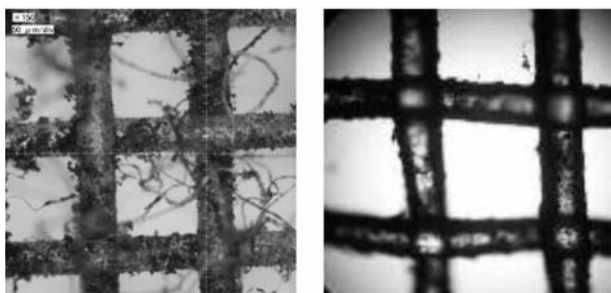


図12 清掃前と従来の装置による清掃後の品質

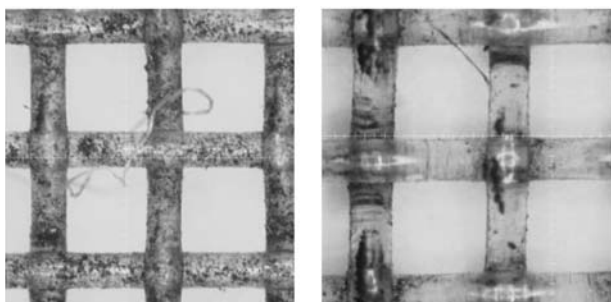


図13 清掃方式の違いによる清掃品質

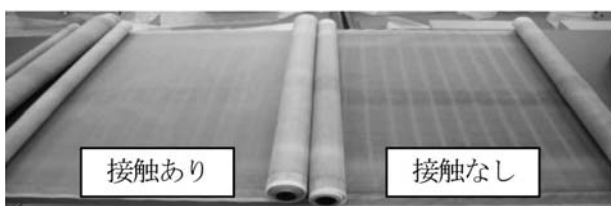


図14 仕上がり品質

(2) 圧力損失測定による品質確認

ロールフィルターの清掃前と清掃後の清掃品質を定量的に把握するために、送風機で風を送りフィルター入口側の圧力P1と、フィルター出口側の圧力P2を測定することで、フィルター前後の圧力損失 ΔP を簡易的な測定器で測定して比較した（図15）。清掃前の圧力損失が25.0Pa～33.0Paであるフィルターを用いて、それぞれの装置の効果を確認した。その結果、従来の装置では清掃後の圧力損失は8.9Paであるのに対し、開発した装置での清掃後の圧力損失は8.5Paと低くなってい

る。このことから、清掃品質は確保され、むしろ向上していることが分かった（表2）。

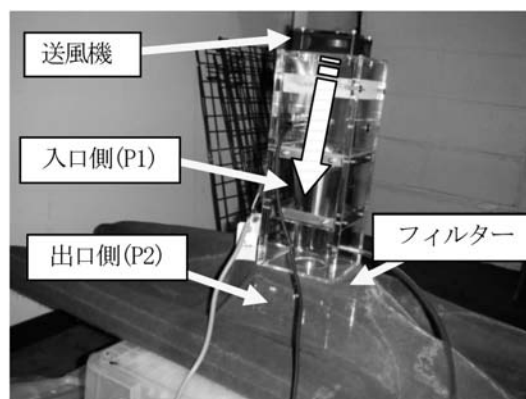


図15 圧力損失測定

表2 圧力損失の測定結果（平均値）

	従来の装置	開発した装置
清掃前	25.0 ～ 33.0Pa	
清掃後	8.9Pa	8.5Pa

(3) 作業環境改善

開発した装置は、稼働中は密閉される構造としたため粉じんが周囲に飛散することがなくなった。また、集めた粉じんは、集塵機内の回収バケツに収集されるため、回収が容易になった。

(4) 清掃時間・作業性

作業一人ですぐ装置への取り付けから取り外しまで短時間で行うことが可能となった。また、無理の無い作業姿勢で着脱作業ができるようになった。さらに、装置での清掃後の追加清掃も不要となった。

(5) その他

配電盤も本体と一体の装置としたため、狭いスペースでの設置も可能となった。

7. まとめ

上記のように、開発した装置では、従来の装置によるものと同等以上の清掃品質を確保しながら、清掃時間の短縮や一人作業化、作業環境改善という目標を達成した。今後、実作業における清掃効果を確認し、その結果を踏まえ、開発したロールフィルター清掃装置を各車両センターへ展開していく予定である。

参考文献

- 1) 秋元 康克；高性能ロールフィルター清掃装置の開発、R&M 2010.1