

新幹線車両向け換気装置に適用可能なサイクロン式集塵装置の開発

○清水 政宏 雙木 貴之 武田 敏徳

藤井 義博 梅田 啓（東日本旅客鉄道）

谷内田 淳一（川崎重工業） 星 静夏（総合車両製作所）

山川 寛展（日立製作所）

Development of the cyclone dust collector for Shinkansen vehicle ventilation equipment

○Masahiro Shimizu, Takayuki Namiki, Toshinori Takeda,

Yoshihiro Fujii, Hiromu Umeda, (East Japan Railway Company)

Junichi Yachida, (Kawasaki Heavy Industries) Shizuka Hoshi, (Japan Transport Engineering Company) Hironobu Yamakawa, (Hitachi)

The Shinkansen vehicles uses an airtight structure. The inside of the car is ventilated by a ventilation equipment. This ventilator takes in dusty air when taking in outside air. Dust in the outside air is removed with a non-woven fabric filter installed at the intake of the ventilation equipment. However, when the non-woven fabric filter is contaminated in dust, the internal pressure of the Shinkansen vehicle becomes negative and frequent maintenance is required. Therefore, a cyclone dust collector will be installed in the ventilation equipment for the purpose of reducing maintenance and stabilizing the internal pressure of the Shinkansen vehicle.

キーワード：新幹線車両，換気装置，塵埃，サイクロン式集塵装置，フィルタ，サービス品質

Key Words：Shinkansen vehicle, ventilation equipment, dust, cyclone dust collector, filter, service efficiency

1. 緒言

新幹線車両は気密構造であるため，自然に車内の換気を図ることはできない．このため，車内の換気は各車両に配置している換気装置により吸排気を行っている．換気装置から外気を取り入れる際，空気に塵埃を含んだ状態で換気装置内に進入してしまうため，その対策として換気装置の吸気口に不織布のフィルタを設けている．しかし，新幹線車両を運行すると，このフィルタが塵埃により目詰まりする．フィルタの目詰まりにより，吸気量と排気量のバランスが崩れることがあり，車内仕切引戸（客室の自動扉）や側開戸（乗務員乗降用の扉）の開閉不良やお客さまが耳閉感を感じるような，いわゆる「耳つん」の要因となるなどのサービスの低下が懸念される．したがって，フィルタの定期的なメンテナンスが不可欠となっている．

このような背景から，フィルタの目詰まりによる吸気量低下の防止およびメンテナンス軽減のため，フィルタに代わる塵埃除去方法として，新幹線車両に適用可能なサイク

ロン式集塵装置（以後，集塵装置）の開発を行った．新幹線車両の換気装置構成を図1に示す．

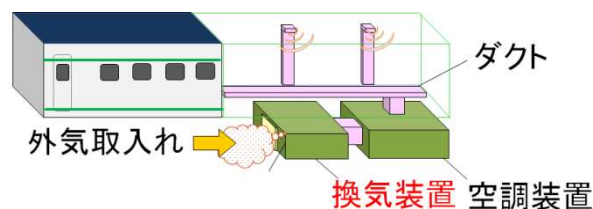


図1 新幹線車両の換気装置構成

2. 集塵装置の搭載

2.1 経緯

これまで，現車搭載を目指した集塵装置を開発してきた．この開発では，集塵装置で塵埃を取りきる目標として定置試験を実施し，現車搭載できる見込みを得たため，E7系新幹線車両を用いて，営業車による約半年間の現車搭載試験

を実施した。結果、集塵装置の圧力損失や集塵装置吸気口への比較的大きな塵埃付着のような課題はあるものの、お客さま及び乗務員からの申告もなく、集塵装置の実用性の可能性を確認できた。このことから、今回、弊社が開発した E956 形式新幹線高速試験電車（以後、ALFA-X）に搭載することを前提に、設計段階から、集塵装置を取り付ける前提とした連続換気装置仕様を検討し、圧力損失の課題を克服し、試験車両に 3 種類の集塵装置を搭載することで、実用化に向けたさらなる開発及び評価を行う。

2.2 集塵装置の構成

換気装置は、吸気口より外気を取り込み、車内へ供給している。この換気装置の外気取り入れ部にフィルタに代わり集塵装置を取り付けた構成となっている。集塵装置の内部には動作機構はなく、すべて換気装置によって発生する吸気能力によって動作している。なお、従来のフィルタを捕集フィルタとして集塵装置で集塵できなかった塵埃の評価も行っている。換気装置と集塵装置の構成を図 2 に示す。

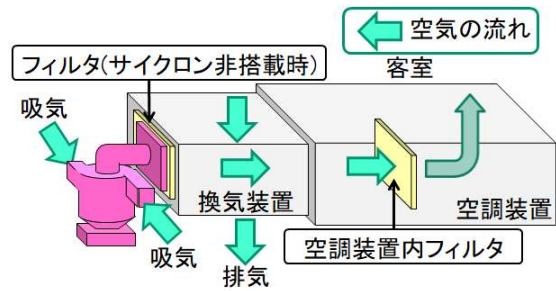


図 2 換気装置と集塵装置の構成

集塵装置の動作は、サイクロン式とし、外気を取り入れて、空気から塵埃を分離することで、清浄化された空気を換気装置に取り入れる仕組みとなっている。対して、集塵装置により分離された塵埃は塵埃回収トレイに溜まる。メンテナンス時には、この塵埃回収トレイを開き、溜まった塵埃を廃棄する。

2.3 集塵装置

今回の試験に向けて、以下の 3 種類の集塵装置を搭載した。各集塵装置の外観を図 3～5、比較を表 1 に示す。



図 3 集塵装置 A



図 4 集塵装置 B



図 5 集塵装置 C

表 1 集塵装置の比較

項目	集塵装置 A	集塵装置 B	集塵装置 C
外寸(mm) 長×幅×高	420×340× 489	525×340× 572(取付含)	599×234× 496
重量(kg)	約 12.1	約 24.5	約 25.0
圧力損失対策	換気装置の 基準回転数 向上	換気装置の 基準回転数 向上	換気装置の 電動機出力 向上
吸気口数	4	2	3
サイクロン 数	1	1	3
過去の現車 搭載実績	なし	E7 系	なし

3. 集塵装置の性能測定

3.1 現車試験の概要

ALFA-X を用いて、集塵装置の各種試験を実施した。試験概要を表 2 に示す。

表 2 性能試験の実施概要

搭載期間	2019 年 5 月 8 日～2020 年 10 月 20 日
走行区間	東北新幹線
供試車両	ALFA-X
試験条件	集塵装置 A, 集塵装置 B, 集塵装置 C 換気装置 D, 換気装置 E

※換気装置 D, E には集塵装置を搭載せず、吸気部に現行の不織布フィルタを設置する。

3.2 塵埃の捕集性能

集塵性能の確認をするため、交番検査毎（2 か月程度）に集塵装置の回収トレイに溜まった塵埃について、調査を行った。

(1) 塵埃量

回収した塵埃の重量測定を行った。図 6 に各集塵装置の

塵埃量を示す。



図6 集塵装置による回収した塵埃量

回収した塵埃量は、時期によって異なることがわかった。これは、塵埃の粒径や比重の構成が変化することが考えられるため、各装置の得意とする時期があるのではないかと推測する。

(2) 塵埃分析

(1)により、集塵装置やフィルタより回収した塵埃を目視による調査を行った。捕集された塵埃の拡大写真を図7に示す。



図7 捕集された塵埃

確認したところ、鉄粉や砂状成分など、粒径が小さい成分が大半を占めていた。また、羽毛、花粉や昆虫が捕集されているケースがみられた。塵埃の捕集傾向より、集塵装置はいずれも粒径の小さい成分に対して有利であると推測される。

(3) 集塵装置が取り逃した塵埃

今回の試験により、換気装置の吸気部をフィルタから集塵装置へと変更を行ったが、集塵装置では捕集できない塵埃について確認するため、捕集フィルタを設置した。捕集フィルタを約1か月程度仕掛け、確認された塵埃の一例を図8に示す。



図8 捕集フィルタにより確認された塵埃

捕集フィルタより検出されたのは、枯葉や鳥の羽根など、鉄粉のような粉上の成分と比較すると大きい物質が検出された。このことから、粒の細かい物質に関しては、フィルタと比較して集塵装置にて捕集可能だが、枯葉や鳥の羽などは、フィルタと比較して集塵装置で捕集しづらいことが分かった。

3.3 車内環境測定

集塵装置により、塵埃を除去した空気を車内に取り込んでいるが、車内への塵埃量の増減状態を把握するため、粉塵計を設置して測定を行った。図9、10に粉塵量を示す。

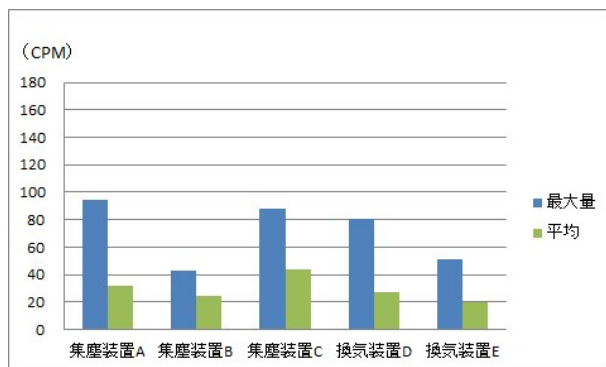


図9 仙台→盛岡間の車内粉塵量

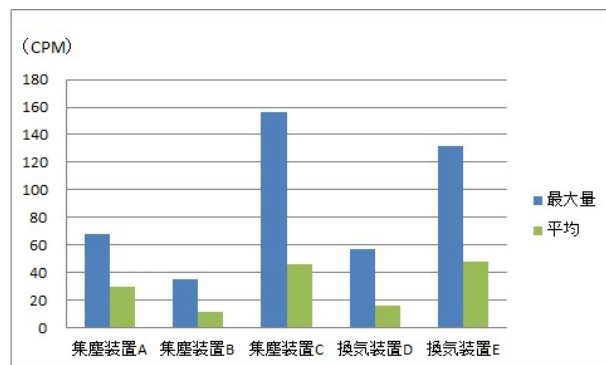


図10 盛岡→仙台間の車内粉塵量

車内粉塵量の平均で評価すると、集塵装置Bと換気装置D、Eについては、走行方向の影響があるとみられ、図9と図10に示す車内粉塵量に差がみられた。対して、集塵装置A、Cについては走行方向の影響が特にみられなかった。また、集塵装置Cにおいては、進行方向を問わず観測された粉塵量が突出して高いことがわかった。この要因としては、集塵装置に流入する塵埃の絶対量が多い、または集塵装置集塵特性上の苦手とするような粒形や比重の塵埃成分が多く含まれるとも考えられる。

3.4 騒音測定

換気装置に集塵装置を搭載すると、集塵装置内において発生する気流により唸り音が出ることで、集塵装置非搭載車と比較すると騒音値が上がる傾向となることが、過去の開発の結果から懸念されるため、騒音測定を実施した。この騒音測定結果を図11に示す。なお、条件としては車両を無加圧にした状態と、車両を加圧し、換気装置以外の騒音元となる装置の電源を切った状態での比較である。

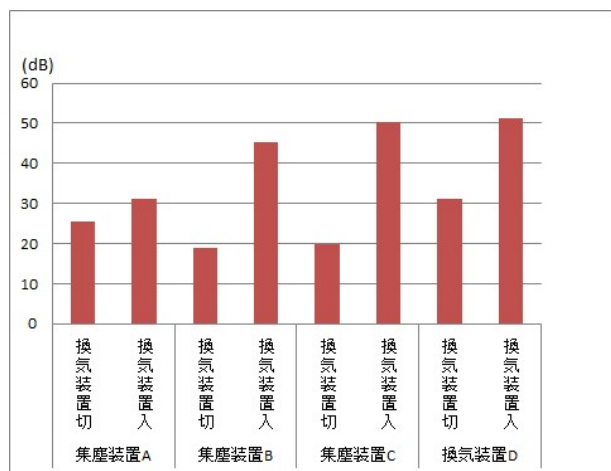


図11 集塵装置の車内騒音結果

騒音値は、換気装置の切状態と入状態で比較をすると、集塵装置では最大で約30dB程度、フィルタでは20dB程度の差がみられ、高くなっていることが確認された。フィルタと異なり、集塵装置は、吸気口が小さい事やサイクロンを通過する際の気流を発生させることなどによる唸り音が原因で騒音が高くなりやすいと考えられる。新幹線車両においては、先頭長やトイレ設備の有無による客室空間の違い、客席数や種類により、車両状態が異なる点も、騒音レベルに影響している部分があるため、今後の検討事項とする。

3.5 集塵装置の耐久性

ALFA-Xに搭載をしてから、1年5か月程度走行を続けているが、集塵装置本体の不具合の発生はなく、外観検査においても、問題は確認されていないため、順調に稼働していると言える。

4. 今後に向けた課題

現在確認できていることとして集塵装置では、粒の小さい塵埃を多く回収することができるが、反対に比重が小さく粒の大きい塵埃を捕集することが苦手なため、幅広い塵埃の捕集に向けた改良が必要であることが分かった。このため、今後も3.2(3)で実施したような集塵装置と換気装置の間に捕集フィルタを挿入、または空調装置内のフィルタにより、取り切れていない塵埃を確認、検証を引き続き実施する。また、騒音レベルが最大で30dB程度悪化しているため、集塵装置内のサイクロン配置や換気装置を含めた改良、車両へ遮音材を取り付けるなどの騒音低減策も必要であることも推定され、今後の課題となった。

また、捕集フィルタによる圧損、集塵機そのものの圧損や吸気量の一部に差異があることがわかり、条件を合わせて精度の高い測定が必要であることも課題として認識した。

5. 結言

新幹線車両に搭載している換気装置のフィルタが目詰まりすることで起こる車内への吸気量低下とそれに伴うメンテナンスが問題となっていた。今回の開発では、以前より開発を進めている集塵装置の他、新たに2種類の集塵装置を取り付け、検証を行った。集塵装置の搭載により、フィルタと比較して小さな成分の捕集が可能となることが分かった。その反面、幅広い成分の回収が困難であることがわかり、空気中に含まれる大小さまざまな成分の塵埃を集塵装置以外の仕組みと組合せることが有効であると考えられ、今後の検討課題として取り組む。また、細かな測定条件に差異があることが判明したため、これらの条件も合わせた上で詳細な評価を継続したい。

さらに、車内の空気を浄化できたとしても、騒音により快適性を損なう問題に関しても解決途上であることから、集塵装置の騒音を分離して影響を評価した上で、低減を目指した検討も引き続き行っていく。

参 考 文 献

- 1) 雙木貴之、藤井義博、石井冬貴、矢嶋直樹、橋本克史、小泉貴洋：新幹線車両用サイクロン式集塵装置の開発、第24回鉄道技術・政策連合シンポジウム（J-RAIL2017）