

N700系新幹線用空調装置における 省エネルギー・低振動化への取り組み

首藤克則*
宮下 剛**
福井智巳**

Approach to Energy Saving and Vibration Reduction in Air Conditioning System for Series N700 Shinkansen

Katsunori Shudo, Tsuyoshi Miyashita, Tomomi Fukui

要 旨

最速、最高の乗り心地、そして省エネルギーをコンセプトに、東海旅客鉄道㈱と西日本旅客鉄道㈱の共同で開発されたN700系新幹線向けに、三菱電機の長崎製作所では東海旅客鉄道㈱と先行して技術開発を行い、客室の快適性を担う空調装置を開発した。N700系新幹線用空調装置の開発に当たっては、軽量・コンパクト・静かでありながら冷房能力を確保し、しかも消費電力を削減することを目標とした。

次に、開発したN700系新幹線用空調装置の特長を示す。

①各車両の床下に、前位空調装置と後位空調装置の2台

を搭載。また、従来別置きにしていた換気装置を、後位空調装置に内蔵することによって、従来空調装置に比べて小型化を実現

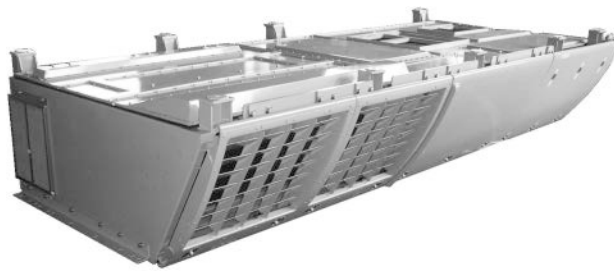
②全熱交換器を採用し、外気取り入れによる熱負荷を低減することによって、圧縮機台数を削減でき、従来空調装置に比べて省エネルギー化を達成

③防振構造の最適化によって、低振動かつ低騒音を実現

④空調装置筐体(きょうたい)のアルミ化及び圧縮機台数の削減などによって、従来の空調装置に比べて軽量化を実現



前位空調装置



後位空調装置
(換気装置内蔵)

N700系新幹線用空調装置

N700系新幹線用空調装置は、1両当たり前位空調装置と後位空調装置の各1台で構成されている。後位空調装置には、従来の空調装置では別置きにしていた換気装置を内蔵している。

1. ま え が き

表 1 にN700系新幹線用空調装置の開発目標を示す。N700系新幹線の一世代前となる700系新幹線用空調装置をターゲットとして、開発目標を設定した。

本稿ではこの開発目標を達成するに至ったN700系新幹線用空調装置の概要と、小型軽量化、省エネルギー化、低振動、低騒音化に向けた取り組み内容について述べる。

2. N700系新幹線用空調装置の概要

図 1 に、N700系新幹線の空調システムと700系新幹線の空調システムを示す。N700系新幹線用空調装置は車体の床下に搭載され、車両ごとに前位空調装置と後位空調装置を備える。前位空調装置は、車内からのリターン空気のみを冷却／加熱し、後位空調装置は換気装置を内蔵し、新鮮気とリターン空気を冷却／加熱する構成である。

また、700系新幹線では、空調装置と、それとは別置きの換気装置を用いたため、両者を接続する新鮮気ダクトを必要としていたが、N700系新幹線では後位空調装置に換気装置を内蔵したことで新鮮気ダクトが不要となった。

3. 小型軽量化

N700系新幹線用空調装置の小型軽量化を進めるため、次の取り組みを実施した。

- ①換気装置の内蔵化
- ②筐体のアルミ化
- ③全熱交換器の搭載

3.1 換気装置の内蔵化

N700系新幹線用空調装置では、従来別置きにしていた換気装置を後位空調装置に内蔵した。これによって換気装置の筐体を省略でき、さらに内部機器配置を最適化することによって、小型軽量化を実現した。また、従来換気装置が別置きであった場合には、新鮮気ダクトを用いて2台の空調装置へ外気を振り分けていたが、N700系新幹線用空調装置では換気装置を後位空調装置に集約させたことで新鮮気ダクトが不要となり、ダクト削減による車両全体の軽量化も図っている。図 2 に、700系新幹線用空調装置とN700系新幹線用空調装置のレール方向長さの比較を示す。N700系新幹線用空調装置の機装(ぎそう)スペースは、700系新幹線用空調装置に比べて約25%低減できた。

3.2 筐体のアルミ化

これまで、空調装置における筐体の材料はステンレスであったが、軽量化を目的にアルミ化を実施した。

3.3 全熱交換器の搭載

N700系新幹線では、換気送風機によって最大30m³/minの外気を車内に取り込んでいる。全空調負荷に対して、外気取り入れによる熱負荷の割合は高く、およそ50%に及ぶ。

表 1. N700系新幹線用空調装置の開発目標

項目	開発目標
冷房能力	700系以上
質量	700系以下
外形寸法	
消費電力	
振動	
騒音	

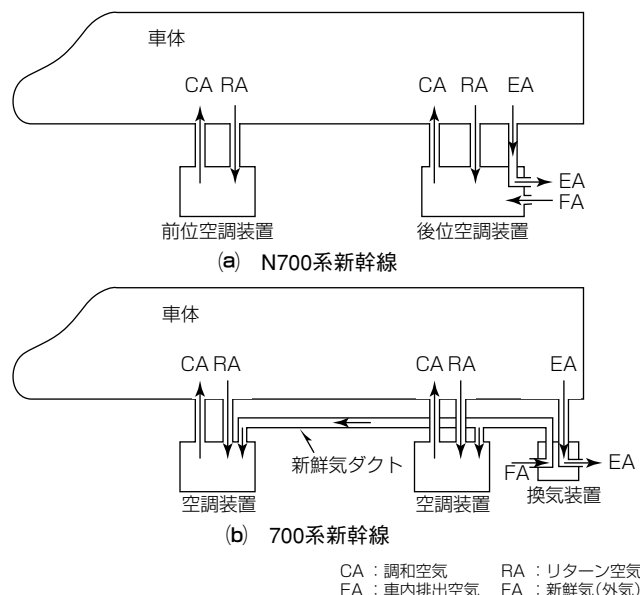


図 1. N700系, 700系新幹線の空調システム

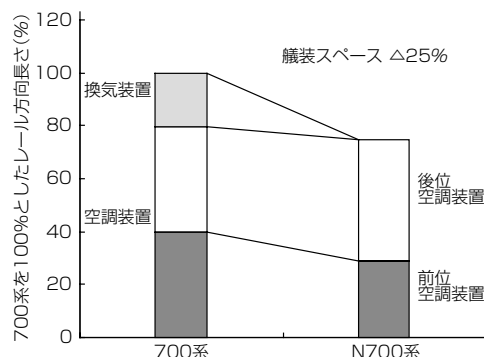


図 2. 空調装置レール方向長さ

そこで、外気取り入れによる熱負荷を低減するため、全熱交換器を空調装置に搭載した。

3.3.1 全熱交換器

図 3 に、全熱交換器の説明図を示す。全熱交換器は、特殊加工紙の仕切り板と間隔板で構成され、特殊加工紙が持つ優れた熱通過性及び透湿性によって、空気と空気が互いに混ざり合うことなく、温度と湿度を同時に交換することができる。

N700系新幹線では、車内から車外に至る排気通路と、車外から車内に至る給気通路を交差するように全熱交換器を配置している。排気通路と給気通路のそれぞれに排気及び新鮮外気を通すことで熱交換させ、排気熱をそのまま捨てることなく、回収するようにした。

3.3.2 圧縮機台数の削減

従来の換気装置では、排気される車内空気は車外へ捨てられるだけであったが、全熱交換器によって新鮮外気と熱交換させることで、その排熱分を有効に活用できる。つまり、全熱交換器が全熱負荷の一部を担うことで、空調装置の冷凍サイクルで受け持つ熱負荷が小さくなる。これによって、N700系新幹線用空調装置は700系新幹線用空調装置に比べて、圧縮機を1台削減することが可能となり、軽量化を図ることができた。

3.4 軽量化の効果

図4に、N700系新幹線用空調装置における軽量化の効果を示す。N700系新幹線用空調装置の質量は、700系新幹線用空調装置に比べて14%低減できた。また、図に示す効果以外に、3.1節で述べたように新鮮気ダクトが不要になったことで車両全体の軽量化にも貢献している。

4. 省エネルギー化

図5に、N700系新幹線用空調装置と700系新幹線用空調装置の消費電力の比較を示す。N700系新幹線用空調装置では、全熱交換器を搭載したことで圧縮機を1台削減することができたため、消費電力を約11%削減することができた。

5. 低振動、低騒音化

N700系新幹線用空調装置の低振動、低騒音化を進めるため、次の取り組みを実施した。

- ①振動伝播(でんぱ)の抑制
- ②配管発生応力の低減

5.1 振動伝播の抑制

空調装置の振動、騒音源として、回転機器である圧縮機、室内送風機、室外送風機、換気送風機が挙げられる。これらの運転振動は取り付けられている空調装置の筐体へ伝わり、それから車体への取付け脚、車体、客室へと伝播する。N700系新幹線用空調装置では、最初の振動伝播経路である回転機器と空調装置筐体間の振動を防止するため、700系新幹線用空調装置よりも硬度の低い防振ゴムを介して、回転機器を筐体に取り付けるようにした。図6に、圧縮機の取付け構造の例を示す。

5.2 配管発生応力の低減

回転機器と空調装置筐体間の振動を防止するため、防振ゴムの硬度を低くしたが、回転機器は揺れやすい構造となるため、圧縮機周りの配管について信頼性の低下が懸念された。そこで、圧縮機起動時における配管応力を測定した結果、圧縮機が回転する方向の振動に合わせて配管が大きく振動し、圧縮機の吸入配管、吐出配管に発生する応力が増加することが分かった。

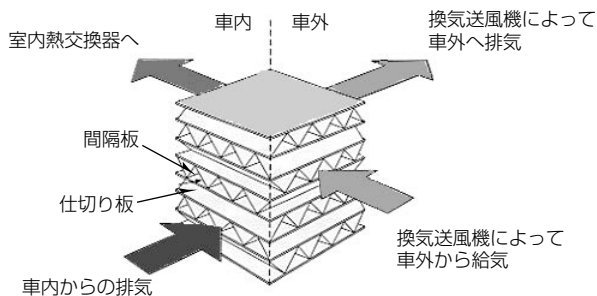


図3. 全熱交換器

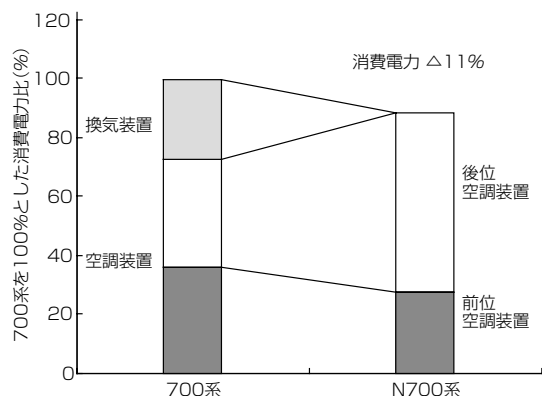


図5. 空調装置の消費電力

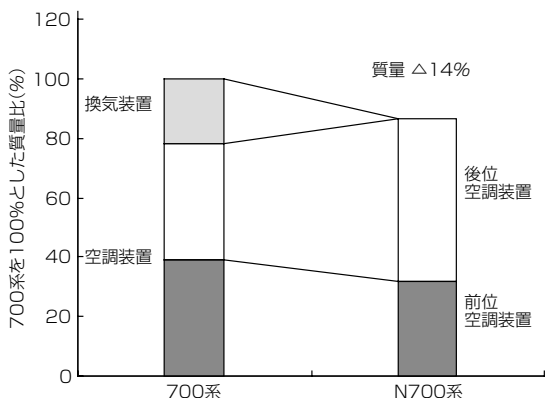


図4. 空調装置質量

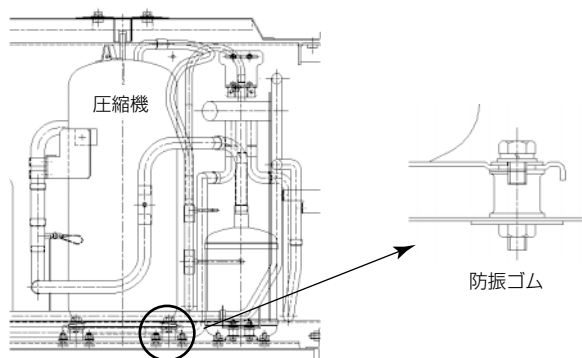


図6. 圧縮機の取付け構造

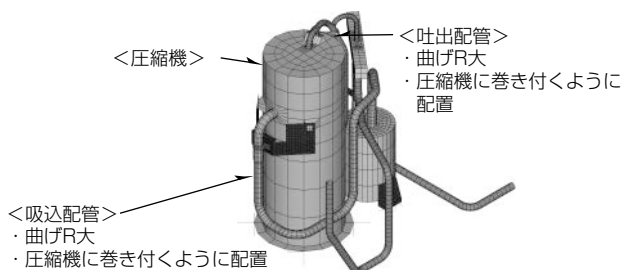


図7. 圧縮機周り配管(N700系新幹線用空調装置)

このため、図7に示すように配管の曲げ半径を大きくとるように配置し、配管に発生する応力集中を取り除いた。さらに、圧縮機の起動時に、圧縮機が回転する方向の振動が問題となることから、その振動方向に合わせて、配管を圧縮機に巻き付くように配置した。これによって配管への発生応力を低く抑えることができた。

5.3 現車振動，騒音測定

5.1節，5.2節で述べた対策の効果を確認するため，空調装置を新幹線に搭載し，振動，騒音の測定を実施した。その結果，N700系新幹線用空調装置の振動，騒音は，目標値である700系新幹線用空調装置以下であることを確認できた。

6. む す び

N700系新幹線用空調装置の概要を述べるとともに，小型軽量化，省エネルギー化，低騒音，低振動化に向けた取り組み内容について述べた。今後，この開発で培った技術を生かし，更なる省エネルギー化への取り組みと，環境への配慮に貢献していきたいと考える。

最後にこの空調装置の開発に当たり，多大なご支援，ご指導をいただいた東海旅客鉄道㈱，西日本旅客鉄道㈱をはじめ関係各位に深く感謝の意を表す。