

アルミニウム

No.144

1999



次世代新幹線を支えるアルミニウム

日本の鉄道交通の大動脈である東海道・山陽新幹線に新しく700系車両が登場しました。速さと快適さを追求した新型車両には、アルミニウムによる多くの提案が盛り込まれ、次世代新幹線にふさわしい先進のパフォーマンスを実現しています。今回はこの新型車両を中心に、最近注目されるアルミ製鉄道車両の動向についてご紹介します。

21世紀に向けて走り出した新型新幹線700系車両①

東海道・山陽新幹線700系車両

新型「のぞみ」として待望のデビュー

1999(平成11)年3月13日、東海道・山陽新幹線に、新しい700系車両がデビューしました。独特のエアロストリーム型先頭車両を持つこの新型車両は、東京 - 博多間を1日3往復、これまでの「のぞみ」の300系車両、500系車両とともに運転されます。

700系車両は、次世代新幹線にふさわしい車両として、東海旅客鉄道(JR東海)と西日本旅客鉄道(JR西日本)が共同開発しました。最高運転速度は285km/h(山陽新幹線区間)で、東京 - 博多間では300系車両に比べ7分短縮しました。しかしこの車両の開発テーマは、スピードアップだけではありませんでした。ポイントとなったのは「質の向上」、具体的には「快適性」と「環境への適合」でした。

まず快適性では、「乗り心地のよい車両」を目指した配慮が随所に見られます。たとえば車両の外形寸法は以前とほとんど同じにもかかわらず、客室内の天井高さが65mm、通路幅が30mm大きくなっています。また天井左右のダクトスペースを最小限に抑え、見た目にも広々とした印象となりました。このほか高効率の新型空調システム、車体の揺れを感知し最適制御を行うセミアクティブ制御システムや、隣接車両間の振動を吸収する車体間ダンパなどを搭載しました。

そしていよいよ走行し始めると実感できるのが、室内の静かさです。じつはこれが、これまでの車両とは大きく違う700系車両の特徴なのです。

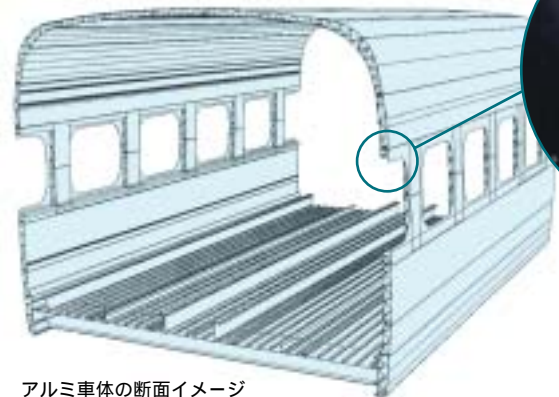
制振材付きアルミ中空型材を初めて本格採用

700系車両の車体はアルミ大型押出型材で作られています。すでに300系車両でも大型押出型材が使われましたが、以前と違っているのは、制振材付きの中空形状のものが本格的に採用されたことです。この材料は、おおむね幅600mm、長さ25m、断面は2枚の板の間に斜めのリブが入ったような形をしており、中空の部分に制振材が付けられています。これを組み立てると、車体全体は外側と内側に2枚の皮を持つ構造となります。これは「ダブルスキン構造」と呼ばれ、すでにヨーロッパなどのアルミ車両の多くはこの構造となっています。

300系車両に使われた型材はソリッド形状(中空部がない形状)でしたが、これに比べ今回の型材は形状的に遮音特性にすぐれ、さらに制振材の効果で客室内騒音をきわめて低く抑えることができました。また材料自体の剛性が強く車体のたわみが少ない、柱が不要となるため溶接など組立工数が削減できるなどのメリットが

生まれました。しかし中空形状はソリッド形状に比べ重くなるため、今回は押出型材の肉厚を一番薄い部分では1.7mmまで薄肉化を図っています。これは車両用中空押出型材としては世界でもあまり例がなく、まさに軽量化の限界に挑んだ成果だといえるでしょう。

また床部分は300系車両と同様の大型押出型材に制振材を貼り付けたり、車体と内装パネルの接合部にはゴムを挟んで振動を抑えるなど、細かな部分にも、車内の静粛性を守る工夫がなされています。



アルミ車体の断面イメージ



車体はアルミ中空型材を使用したダブルスキン構造で、曲げ剛性に強く、従来あった柱はない。アルミ中空型材は、制振材を中空部に充填したタイプと、制振材をリブ面に貼り付けたタイプが使われている(写真は先頭車の内部)

見えない部分もアルミニウムで軽量化

700系車両のアルミ車体の重量は1両あたり約7.0トン(制振材含む)で、300系車両よりやや増加しています。300系車両に比べ増加した重量を相殺するため、多くの部品でアルミニウムによる軽量化が図られました。

たとえば床下の機器を覆うふさぎ板はこれまでステンレス製が多かったのですが、今回はアルミ展開型材(○形に押出後、展開加工した型材)が使われました。軽量化に加え、平滑化による騒音低減を図るためアルミ展開材が選ばれたものです。また風切り音を少なくするため小型に改良されたパンタグラフでは、FRP製だったカバーを、軽量でリサイクルが可能なアルミ製に変えています。このほか、主変圧器のコイル、台車の軸箱、歯車箱にもアルミニウムが使われています。客室内では、壁面や床のパネル材、荷物棚、座席フレーム、デッキ握り棒などがアルミ製となっています。軽量化、寸法精度、リサイクルなど、アルミニウムの数々の特性が生かされて、700系車両が構成されているのです。



風の抵抗を減らすためシングルアーム化し、小型化したパンタグラフ。カバーはリサイクルを考慮してアルミを使用



電気機器などが取り付けられている床下部ではふさぎ板や配管にアルミを使用





つねに時代の先端を走ってきた新幹線車両

これからのスタンダード車両としての期待

700系車両は、今後数年かけて製造、逐次投入していく予定となっています。東海道新幹線開業当時の0系および100系車両が廃車されるのに替り、700系車両が増えていくわけで、JR東海、JR西日本では、700系車両を今後のスタンダードと位置付けています。

そのため、長期間に渡って通用する確かな性能、ランニングコストを含めた経済性、他車両との共通運用が可能であることなどが考慮されています。新しい車体の製造においても、部品点数が少なく、溶接工程が少なくすむ、製造作業の効率化が図れる点などが評価されています。

毎日平均54万人(平成9年度)の人が利用する東海道・山陽新幹線。多様化する乗客のニーズにこの先も応えていくためには、速度に加え、室内の快適性、周辺環境への配慮、経済性など、多くの課題があります。21世紀を見据えて開発された700系車両は、これからの時代のニーズに応える鉄道技術の提案だといえるでしょう。利用者、そして新幹線を支える多くの人たちの期待とともに、いま700系車両が走り始めました。

700系車両と300系車両との比較

	700系車両	300系車両	
編成	電動車12両、付随車4両	電動車10両、付随車6両	
重量	708トン/編成	711トン/編成	
最高運転速度	270km/h(東海道区間) 285km/h(山陽区間)	270km/h	
主要寸法	最大長さ	中間車: 25,000(車体24,500) 先頭車: 27,350(車体27,100)	中間車: 25,000(車体24,500) 先頭車: 26,050(車体25,800)
	最大幅	3,380	
法	最大高さ	3,650	
	床面高さ	1,300	1,325
	客室天井高さ	2,200(普通車) 2,180(グリーン車)	2,135
台車中心間距離	17,500		
アルミ車体平均重量(中間車1両あたり)	7.0トン(制振材含む)	6.2トン	



⑦ 広々とした客室内では壁面パネル、天井パネル、荷物棚などがアルミ製



⑧ 人間工学の追求から生まれた新型座席ではフレームにアルミニウムが使われている(写真はグリーン車座席)



⑨ 振動を抑える新型台車はアルミ部品の多用により軽量化されている

日本の経済成長のシンボル、東海道新幹線

1964(昭和39)年、東京オリンピック開催に合わせ、東京-新大阪間に東海道新幹線が開通しました。これは、経済成長期にあった日本が、世界の先進国の仲間入りをしたことを象徴するできごととなりました。このとき初めて登場した新幹線車両が0系車両で、当時「夢の超特急」ともはやされました。開業当時の最高運転速度は210km/h、「ひかり」「こだま」とも1時間に1本ずつの運転で、1日平均利用客は6万人。ここから利用者の急速な伸びにともなう、新幹線はスピードアップ、輸送力増強、路線延長の道を走り始めました。東海道新幹線は、この後1972(昭和47)年には岡山まで、1975(昭和50)年には博多まで延長され、現在の東海道・山陽新幹線の形が整いました。

1985(昭和60)年から、0系車両の置き換えのため製造開始されたのが100系車両です。0系に比べスマートな流線形のデザインや2階建て車両の登場などで、「ニュー新幹線」として話題となりました。その後これをベースとした100N系車両も投入されました。

北へ向かった初のアルミ新幹線

昭和40年代に全国に新幹線を広めようという声が高まり、1970(昭和45)年に全国新幹線鉄道整備法が成立し、新幹線は国家プロジェクトとして広められることになりました。

1982(昭和57)年、大宮駅を始発として東北新幹線が開通し、200系車両が登場しました。この車両は床下機器を覆うボディマウント方式を採用するなどの雪対策が施され、これによる車体重量増加を相殺するため、車体に初めてアルミニウムを採用し、話題となりました。建設が遅れていた上越新幹線も同年に開通し、ここでも200系車両が活躍しました。東北・上越新幹線は1985(昭和60)年に上野へ乗り入れ、大幅な列車増発とスピードアップが図られました。

1987(昭和62)年、国鉄民営化により、東海道新幹線はJR東海、山陽新幹線はJR西日本、東北・上越新幹線はJR東日本の管轄となりました。このような路線の整備により、利用率はますます高まってきました。

日本中を駆け抜けるアルミ新幹線



車両材料の主流となったアルミニウム

高速化時代に対応するアルミ車両

この間、新幹線の最高速度(営業運転時)は大きく変化しました。東京・新大阪間3時間10分を実現した0系では220km/h、100系では230km/hでした。また200系で240km/h(ただし一部編成では275km/h)となっています。そして高速化を飛躍的に進めたのが、1992(平成4)年に東海道新幹線に「のぞみ」としてさっそうとデビューした300系車両です。最高速度270km/h、オールアルミ製の軽量、航空機を思わせるインテリア、低重心のスラントノーズタイプのデザイン。高速化を図るため、車体の凹凸を減らし、床下カバーを採用するなど、それまでの新幹線とは違う新世代の設計が取り入れられました。

さらに1997(平成9)年には山陽新幹線500系車両が登場しました。最高運転速度300km/h、ロングノーズとチューブのような車体、初のアルミろう付けハニカムパネル採用など、特徴ある存在で、現在も人気の高い車両のひとつです。

個性あるデザインと性能を持つ新型車両

東北では1992(平成4)年に福島・山形を結ぶ山形新幹線が開通。新幹線と在来線を直通でつなぐ初めての「ミニ新幹線」として注目を集めました。東北新幹線は東京駅乗り入れの1991(平成3)年以来、利用者数が急激に増加し、輸送能力の増強が必要となり、1994(平成6)年にはオール2階建て新幹線のE1系車両、愛称Maxが登場しました。

また1997(平成9)年には秋田新幹線、高崎・長野を結ぶ北陸(長野行き)新幹線が登場しました。秋田にはE3系(ミニ新幹線車両)長野にはE2系と呼ばれるアルミ車両が採用されましたが、このうちE2系車両は、200系車両に変わる東北・上越・北陸新幹線の次世代の主力車両として期待されています。さらに2代目Maxというべきオール2階建てのE4系もアルミ車両となっています。

そして今回の700系車両まで含め、新幹線7路線のうち6路線、7種類のアルミ車両が走っています。また山形新幹線でも、1999(平成11)年12月にはE2系車両をベースに開発中のアルミ車両が登場する予定です。

最近注目されるアルミ車両

経済性にすぐれたアルミ車両を採用

軽量化や性能向上がシビアに求められる新幹線車両だけでなく、その他の鉄道車両でも多くのアルミ車両が活躍しています。

JR在来線や大手私鉄では、各社で以前からユニークな車両の開発が進められてきました。とくに最近では、軽量化や省エネルギー、デザイン性向上などの目的で、アルミ車両の採用が増えています。またメンテナンスコスト低減のため、塗装を行わない車両も少しずつ増加しています。構造としては、300系新幹線車両のようなソリッド形状の大型型材の全溶接構造が主流となっています。

比較的早くからアルミ車両が活躍しているのは地下鉄です。地下鉄は、駅間が短く頻繁な加減速を行うため、電力節減が図れる軽量のアルミ車両が適しています。またメンテナンス、軌道保守などの点でも、軽量車両は経済的で、最近開通した路線の多くにもアルミ車両が使用され、大型中空型材の採用も見られます。

このほか、モノレール、新交通システムなどでも、経済性が認められ、アルミ車両が多く使用されています。

在来線特急にもダブルスキン構造車両が登場

最近注目されるアルミ車両の一つに、JR東日本・常磐線特急「フレッシュひたち」のE653系車両があります。この車両は、在来線車両としては初めて車体の全断面をアルミ中空大型押出型材で構成するダブルスキン構造としています。

これにより、軽量化、構造の簡素化が図れたうえ、機器などを取り付ける箇所をあらかじめ構体と一体で設けることにより組立工数を大幅削減でき、さらに車体裾の曲面、肩のラインとくぼみなど、鋼製車では難しい断面形状を実現することができました。1997(平成9)年に登場したこの車両は、斬新なデザイン、スピード、快適さから、利用者からの評判も上々だということで、従来車両からの代替が順次行われています。

このように、新しいアルミ車両の登場が、私たちにとって身近な鉄道をさらに魅力的なものにしてくれることでしょう。



近畿日本鉄道5800系車両。通勤用のアルミ車両で、混雑時に応じ配列を変えられるデュアルシートが特徴



多摩都市モノレール1000系車両。薄肉大型型材などを用いて軽量化、構造簡略化が図られた



営団地下鉄南北線9000系車両。製造の合理化、品質の安定などのため中空大型押出型材を採用



東京都営地下鉄12-000形車両。リニアモーター駆動の小型アルミ車両で、外板は無塗装仕上げ



常磐線「フレッシュひたち」のE653系車両。在来線で初めてのアルミ中空大型押出型材のダブルスキン構造を採用

鉄道車両とともに進歩してきたアルミニウム

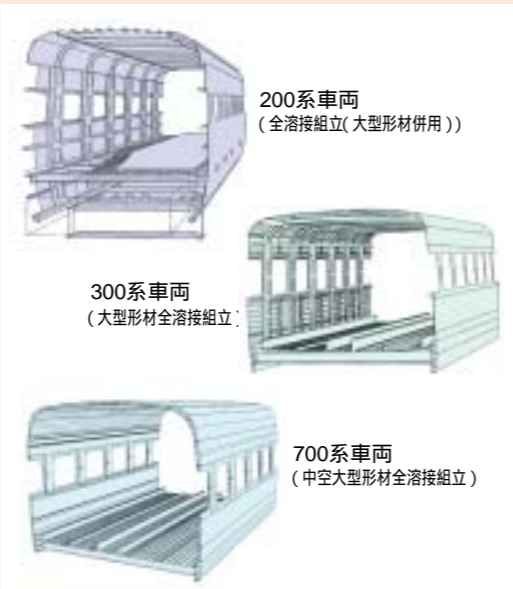
日本で鉄道車両に初めてアルミニウムが採用されたのは、内装材や窓枠などの臓器部品からでした。1962(昭和37)年、初めてのアルミ車体(山陽電気鉄道2000系車両)が登場しました。当時のアルミ車体は、すでにあった鋼製車体の設計をそのままアルミニウムに置き換えた、「溶接・リベット併用組立」でした。1964(昭和39)年には骨材に強度の高い17N01合金を使用した「全溶接組立」のアルミ車体(山陽電気鉄道3000系車両)が登場しました。また新幹線鉄道網の整備とともに軽量・気密・高剛性車体の研究が進み、「全溶接組立(大型型材併用)」の新幹線200系車両が誕生しました。

その後登場したのが「大型型材全溶接組立」方式で、押出性、溶接性にすぐれた6N01合金の大型薄肉押出型材を主材料とし、軽量化、生産性が大幅に向上しました。この代表的なものが新幹線300系車両です。

今回ご紹介した700系車両は、300系車両の大型型材をベースに、断面形状を中空としたダブルスキン構造であることが大きな特徴です。車体の剛性を確保しつつ、骨材がほとんどないため軽量化、生産性向上もいっそう進みました。

このようにアルミ車体が進歩した背景には、アルミニウムの新合金や新材料の開発、大型押出型材の開発、接合技術の開発などがありました。現在、新しい新幹線の多くがアルミ車体を採用してっており、今後もアルミニウムの果たす役割はますます大きくなりそうです。

おもなアルミ車両の構造



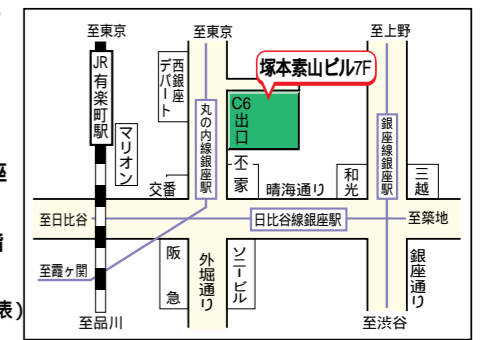
取材協力：東海旅客鉄道(株) 東日本旅客鉄道(株) 近畿日本鉄道(株) 多摩都市モノレール(株) 帝都高速度交通営団、東京都交通局、(社)日本鉄道車輛工業会

お知らせ

(社)日本アルミニウム連盟と(社)軽金属協会は、平成11年4月1日付で社団法人日本アルミニウム協会(英文名 Japan Aluminium Association)として統合し、これに伴い事務所を移転しました。今後ともよろしくお願ひします。

新住所
〒104-0061
東京都中央区銀座
4丁目2番15号
つかもとそん
塚本素山ビル7階

TEL 03-3538-0221(代表)
FAX 03-3538-0233



最寄り JR「有楽町駅」または営団地下鉄「銀座駅」

アルミ新接合技術の量産に成功 鉄道車両用FSW製品

接合・溶接技術は、アルミ製品の需要創造のためのキーテクノロジーの一つとなっています。FSW(摩擦攪拌接合)は、塑性流動現象を用いた新技術として、英国TWI(接合・溶接に関する総合研究所)からの技術導入により、量産化を目指した研究が進められてきましたが、先ごろ、東京の都営地下鉄12号線環状部車両の戸袋と腰板として採用されました。従来の接合・溶接製品に比べ、外観の美しさや溶接変形の小ささが評価されたものです。FSW技術は、今後自動車部品、電気製品、建材などへの応用展開が期待されます。

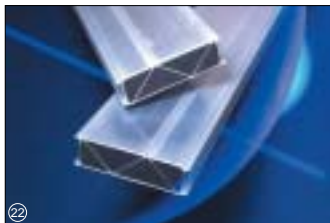
[資料提供：日本軽金属(株)]



700系の静粛性を支える アルミ合金制振形材

700系新幹線車両の構体に採用され、室内の静粛性、快適性の向上に貢献し、制振、断熱効果にすぐれた形材です。特殊な制振材を、発泡充填により三角形断面の形材中空部に入れた構造により、制振性、遮音性、吸音性を同時に付与することに成功しています。この制振材は、グラスウールなどの断熱材と同等の低熱伝導率のため、断熱性も向上しました。また鉄道車両用の不燃材料として認定されています。この材料の採用によって、700系車両は軽量化と騒音、熱対策を同時に実施した最先端の車両となっています。

[資料提供：住友軽金属工業(株)]



都市で活躍するアルミ車両 多摩都市モノレール

東京都多摩地区の交通網を南北につなぐ多摩都市モノレールが平成10年11月に運転を開始し、話題となっています。開業したのは全線約16kmのうち、上台北駅 - 立川北駅の5.4kmの区間です。車両はゴムタイヤ付き跨座型で、車体はアルミ製となっています。この車体は床下をスカートで覆い、防音カバーを設けるなど、騒音防止の工夫が施されています。またドアなどの内装材や、軌道桁に沿って回転する横行輪(案内輪、安定輪)用ホイールにもアルミニウムが採用され、軽量化が図られています。

[資料提供：(株)神戸製鋼所]



横書きのデザインと高性能で人気 フッ素アルミ合金屋根

住宅のデザインが多様化し、建材にも建てる人の個性を反映できるものが求められています。すぐれたデザイン性を持つこのアルミ屋根材は、そんなニーズにこたえ、多くの設計者や施工主から注目を集めている製品です。デザインは、シャープな横書きで、住宅のグレードを高めると好評です。また性能では、瓦の15分の1と軽く地震に強い、耐久性、耐食性にすぐれるなど、アルミ屋根材の特徴を持ち、フッ素樹脂塗装により長期間すぐれた耐候性を発揮します。しかも、断熱材との一体化、ジョイント工法の採用により施工が簡単で、リフォームにも対応します。

[資料提供：スカイアルミニウム(株)]



大型開口部にも対応 全天候型ホビースペース

住宅の開口部の大型化に対応した、新しいタイプのアルミ製ホビースペースが登場しました。この製品は、ランマやシャッターボックスが付いた、母屋の高い開口部にも取り付けができるような軒高仕様品もラインナップしています。また製品カラーについても、母屋側のサッシのブラック化が進んでいることに対応し、これまであったブロンズ色に加え、シックな魅力を漂わすブラック色も取り揃えています。幅広い住宅リフォームニーズに応える製品として、期待されています。

[資料提供：昭和アルミニウム(株)]



シンプルなデザインでお部屋を演出 ハニカムパネル製デザイン家具

ロンドンを拠点とする著名な建築家デビッド・チップパーフィールド氏がデザインを手掛けた、アルミハニカムパネルを構造体に採用したデザイン家具。アルミハニカムパネルの特徴である高剛性と、アルマイト処理されたアルミ板の質感が生かされたシンプルなデザインとなっています。シリーズにはソファ、ベンチ、テーブルシリーズがあり、置かれる空間に合わせクッションの張地、テーブルの天板表面のデザインを変えることが可能です。また、他にも受付カウンター等さまざまなバリエーションが揃っています。

[資料提供：(株)インターデコール
三菱アルミニウム(株)]



時代のニーズに応える特性をプラス 高機能カラーアルミシリーズ

コストダウンの要請からプレコート材への期待はますます高まっています。それにともないこれまでのポストコート(後塗装)材の特性をそのままカラーアルミで実現したいというニーズが強まり、なかでも耐傷つき性や耐汚染性の向上が強く求められてきました。これに応えるのが高機能カラーアルミシリーズで、耐傷つき性と加工性を兼ね備えたバランス型、耐汚染性の徹底追求型、耐汚染性と加工性を兼ね備えたバランス型、の3種類が登場しました。従来製品にはない特性を生かし、電子、電気製品や住宅、輸送機器など新たな分野への適用が期待されます。

[資料提供：古河電気工業(株)]

