

新世代の鉄道車両が走り始めた



162

2005. 7
日本アルミニウム協会

▶ 愛知万博で出会う近未来ビークル

夏空の下で輝く

▶ アルミバット

毎日、多くの人利用する鉄道は、日本の交通網の中心です。日本の大動脈、新幹線。都市と都市を結ぶ特急電車。そして生活の足として欠かせない在来線、地下鉄など。いま全国の鉄道で、アルミ車両が徐々に増加しています。軽い、いつまでも美しい、リサイクルしやすいなど、多くの特長を持つアルミ車両は、最近では新しい車両構造や組立てなどの技術も導入され、新世代の鉄道に適合した車両として期待されています。

より軽く、より強く、より美しく。 アルミ車両は、時代のニーズに応じて進歩する。

高速化、輸送力増強を図る鉄道

日本中に張り巡らされた鉄道網の総延長キロは約27,400km。北から南まで伸びる日本の鉄道は、私たちにとってなくてはならない存在であり、社会の重要なインフラストラクチャーの役割を担っています。

鉄道に求められるニーズは時代とともに高まっており、たとえば都市間鉄道のスピードアップや通勤・通学の混雑緩和、安全性向上、さらに高齢化社会への対応、環境配慮などが挙げられます。これに対応するため、多くの鉄道では、さまざまな技術開発に取り組んできましたが、車両の性能向上は大きなテーマの一つになっています。

新しい車両は、混雑の緩和などのための輸送力増強、新線開通、老朽化した車両の代替などを目的として生産されます。最近では年間約1,700両の鉄道車両が生産されています。鉄道車両にもいろいろな種類がありますが、使用される材料でみると、アルミニウム合金製車両（以下、アルミ車両）、ステンレス製車両、鋼製車両などがあります。このうちアルミ車両は、生産数全体の約3分の1を占めています。

アルミ車両が多く生産されている大きな理由としては、アルミニウムが軽量で、比強度（単位重量あたりの強度）が鋼材の1.5倍であることから、車両の軽量化に貢献することが挙げられます。車両が軽量になると、高速化が図れる、走行エネルギーが低減できる、騒音・振動が低減できるなどのメリットが生まれます。また耐食性にすぐれているため、車両は無塗装でも使用でき、長寿命化が図れます。さらに廃車時には、わずかなエネルギーでリサイクルでき、地球環境への負荷を抑えることができます。

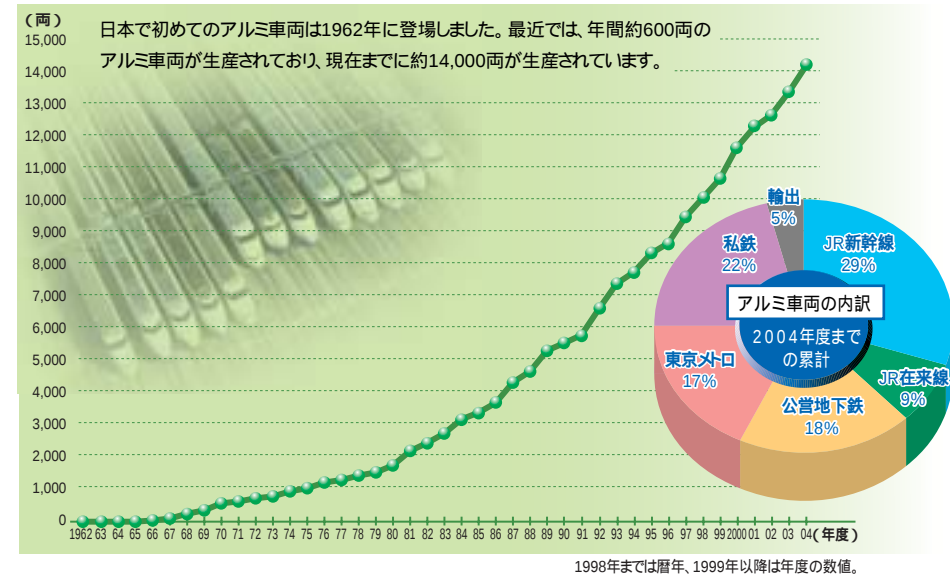
特急や近郊電車でもアルミ車両が増加

現在生産されているアルミ車両のうち、最も数が多いのは新幹線車両です。1980年に200系新幹線車両（東北・上越新幹線で使用）でアルミ車両が登場して以来、アルミ車両の数は徐々に増加し、現在新しく製作される新幹線車両はすべてアルミ車両です。新幹線の歴史の中で、アルミ車両の軽量化による高速化、省エネルギー、騒音・振動低減などの効果は、すでに広く認識されるようになっています。

最近、特急のアルミ車両が注目されるようになりました。特急車両は各鉄道路線のシンボリックな存在で、個性的なデザインの車両が多く見られます。アルミ車両では、アルミニウムの加工性を生かした曲面の形状が作りやすく、ユニークな顔の先頭車両形状や、丸みを帯びた車両側面などを作るのに適しています。

通勤・近郊型車両でもアルミ車両は増加しています。通勤・近郊型の鉄道路線は、比較的短い路線の中に短い間隔で多くの駅があり、路線には曲線や勾配が多いのが特徴です。アルミ車両は軽量なため、加減速がしやすく省エネルギーが図れるなどの効果があります。

■アルミ車両生産累計



最高速度360km/h運転を目指すFASTECH360S（JR東日本）



開発の進むN700系新幹線車両（JR東海、JR西日本）



先進的なデザインと快適性で人気の特急車両（小田急5000形）



地下鉄ですでに多くのアルミ車両が活躍（東京メトロ05系）



日本のアルミ車両は、海外でも都市の基幹交通として親しまれている（シンガポール地下鉄）

ダブルスキン構造とFSW接合による新型車両

現在生産されているアルミ車両の多くは、材料にアルミニウムの大型押出型材を使っています。押出加工では、薄肉や中空など自由な断面形状を作ることができ、断面形状の設計によって軽量化を図ったり、剛性を高めたりすることが可能です。さらに従来複数あった部品を一体化した形状とすることにより、部品点数を減らし、組立て効率がよくなります。押出加工では、同じ断面形状で車両と同じ長さ（20～25m）の長尺材料を効率よく作ることが可能です。

アルミ合金の種類としては、押出加工に適した6N01合金（Al-Mg-Si系合金）などが多く使用されています。また大型押出技術の進歩により、現在は最大幅600mm（中空形状では550mm）まで製造が可能となっています。

最近のアルミ車両では、「ダブルスキン構造」と呼ばれる構造が増えています。使用されるアルミ中空押出型材は、表と裏に面の部分を持ち、それ自体が曲げや衝撃に強い材料となっています。そのため柱や垂木などの骨組みが不要となります。

使用されるアルミ中空押出型材は車両の長さと同じであり、これらを組み合わせて車両全体の形状を作ります。接合技術として注目されているのがFSW（摩擦撹拌接合）技術です。FSW技術では、従来の溶接のように高温になることがなく、接合部の強度が高く、歪みの少ないフラットな外観が得られます。

最近では、鉄道車両の製作の効率を高めるため、部品点数を少なくし組立て工数を減らすなどの工夫がされています。FSW技術を活用したダブルスキン構造は、このようなニーズに対応する技術として増加しています。

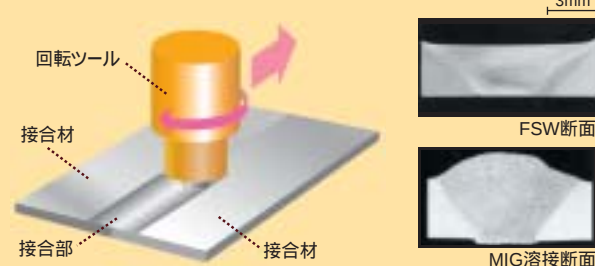
中空押出型材を使用したダブルスキン構造

ダブルスキンとは、車両の外と内に2つの表面がある、という意味。中空押出型材は、ダブルスキンの形状が作りやすく、外からの力による変形が少ないため、構造材と表面材の兼ね備えた材料とすることができる。また中空部に制振材を入れて遮音性を向上させることも可能となる。



FSW技術

FSW（Friction Stir Welding）は摩擦撹拌接合の意味。接合する材料の突合せ面に回転工具を回転させて装入し、材料の内部組織を撹拌して一体化する。



2005年8月、東京と茨城・つくばを結ぶ新しい鉄道「つくばエクスプレス」が開通します。今、鉄道に求められている高速性、安全性、快適性、環境との調和などを考慮し、アルミ車両には最新の技術が導入されています。



みんなの夢を乗せて走る つくばエクスプレス



高速鉄道にふさわしいデザインのつくばエクスプレス。車両上部の赤いラインがアルミ車両に映える。

新しい鉄道と街づくりを合わせたプロジェクト

つくばエクスプレスは、東京・秋葉原と茨城・つくばを結ぶ全長58.3kmの新しい鉄道です。エクスプレス(高速鉄道)の名のとおり、最高運転速度130km/hは関東の通勤・近郊型電車では最も速く、秋葉原 - つくば間を最速45分でつなぎます。都心部では地下を走りますが、全路線を通じて踏切がなく、すべて立体交差なのも特徴です。

つくばエクスプレスの計画は、1991年に東京都、茨城県、千葉県、埼玉県、の沿線自治体が協力し、鉄道整備と宅地開発を一体として推進するプロジェクトとして開始し、1994年に着工されました。そして2005年8月、利用者が待ちにまった開通を迎えることになったのです。

車両編成は6両。秋葉原 - 守谷間(直流区間)は通勤客が多いことから全席がロングシートのTX-1000系車両、秋葉原 - つくば間(交直流区間)は中間にボックスシートのあるTX-2000系車両としています。シートの幅は、従来より広くゆったりとしていて快適です。

高速性と省力化のための最新技術を導入

つくばエクスプレスの最も大きな特徴は、その高速性です。車両には、高速走行時の安定性、急曲線や急勾配通過性能、振動や騒音の低減などの高い性能が求められ、アルミ車両が採用されました。



つくばエクスプレスの車両は、TX-1000系とTX-2000系の2種類がある。TX-2000系は中間車2両にボックスシートがあることが特徴。



また運行の効率化を図り、さまざまな省力化を図っています。ATO(自動列車制御装置)やATC(自動列車運転装置)などの最新技術を搭載することにより、運行時は運転士ひとりのワンマン運転で、通常は出発ボタン操作のほかは次駅の定位置に停止するまで自動運転を行います。停止後のドアの開閉も運転士が行ない、これと連動して駅の可動式ホーム柵が開閉する仕組みです。もちろん安全性の確保も十分に図られています。

またバリアフリー設計を取り入れ、1編成に2箇所の車いすスペースの設置、優先席の視認性の向上などを図るほか、車両の床面とホームの段差をきわめて少なく抑えています。このほか駅の施設でも、お年寄り子どもにも使いやすいような工夫をしています。

先頭車両のデザインはシャープなラインとV字型の前面ガラスで高速感を表現。また車体側面には、大型一体窓が連続的に配置され、ドア横には「TX」のロゴマークが付けられています。スマートで軽快なイメージの新しいアルミ車両の登場に、注目が集まっています。

精悍なデザインが印象的なアルミ車両。つくばエクスプレスの車両は、これからの時代のニーズを先取りした、さまざまな工夫が盛り込まれています。設計ご担当者、アルミ車両についてお話をうかがいました。

環境負荷を第一に考えてアルミ車両を採用

「新しい時代の鉄道を目指すつくばエクスプレスでは、車両は地球環境負荷を考えリサイクル性がよいものにしようということになりました。アルミ車両ならば何十年か後に廃車する時も、少しのエネルギーでリサイクルできる。貴重な資源をむだにしないし、後になっても価値がある、ということから、車両の材料はアルミニウムになりました。軽量なので、走るための電力が少なくてすむので省エネルギーになるなど、経済性もすぐれていると思います」

車両設計を担当した石原秀雄氏は、こう語ります。リサイクル後の材料の品質を確保するため、使用するアルミ合金の種類をできるだけ少なくしたり、材料別に分解しやすい設計を取り入れたりするなどの配慮もされています。車両構造はダブルスキン構造で、組み立てにはFSW技術が採用されたため、作業工数が少なくてすんだといえます。



先頭車両はシャープなラインを強調したデザインとしている。



車両の床下。床板のアルミ大型押出材には、制御装置等を吊り下げるレールが一体化されている。



なめらかな曲面をしている車両側面。側面には7枚の押出材材が接合されているが、FSW技術で接合された側面を見ても、接合の跡はほとんどわからない。

石原秀雄氏
Ishihara Hideo
首都圏新都市鉄道(株)
運輸部車両課調査役



「保守のしやすさもアルミ車両のいいところですね。アルミニウムは耐食性にすぐれ、車両の外板は無塗装でも大丈夫なので、メンテナンスの工程が少なくてすむ。定期検査にかかる時間も短くてすみ、経費が削減できると思います」

独自のデザイン、設計の実現に貢献するアルミニウム

車両の顔とも言える先頭車両は、他にはないくさび形の精悍なデザインで、これは風を切り裂いて進む高速鉄道のイメージを表現したものだそうです。

「車両ではデザインも大切な要素です。アルミニウムは加工性がいいので、直線のエッジや曲線のやわらかな丸みを出すことができます。見た目にも速そうな感じがして、乗ってみたいくなるような車両を作りたかった。この車両では思い通りのデザインを作ること

ができました」

車両の内部は明るく、広々とした印象です。編成によってロングシートとボックスシートが組み合わせられますが、どちらもゆったりとした寸法で、シート下部のスペースも広くとってあります。車両の内装には、壁の化粧板や窓枠など、多くのアルミ部品が使用されています。

「一度作った車両は30年以上は稼働しますが、途中で内装を改装することもあります。この車両はダブルスキン構造ですから、改装時でも構造にはさわらずに、壁の化粧板を張り替えるだけですむので、手間も時間も少なくて済みます」

このようにつくばエクスプレスでは、導入時のメリットだけでなく、保守や廃車後のことも考慮されてアルミ車両が採用されています。アルミニウムのメリットを生かした、車両が、今後ますます増えていくことが期待されます。

車両室内では、化粧板、窓枠、表示板カバー、広告吊り、吊り手ブラケットなど、さまざまな箇所にアルミ部品が使用されている。



愛知万博で出会う 近未来ビークル

現在、名古屋東部丘陵(長久手町、豊田市、瀬戸市)で開催されている愛知万博。今回の万博では環境問題が大きく取り上げられており、とくに会場内外を走るクルマでは環境配慮型の新しいクルマが走行しています。これらのクルマの多くは実際に来場者が乗車体験できるのが特徴的で、近未来ビークルの乗り心地に来場者からは歓喜の声が上がっていました。ここではその一例を紹介します。

現代のクルマは1人で移動するときも複数人乗りのクルマを運転する必要があり、無駄なエネルギー消費が大きい。トヨタ館では1人乗りに最適な未来のクルマが提案されている。i-unit(写真右の数台)のジョイント部分、i-foot(写真左)の骨格部分にアルミニウムが使用されている。

クリーンな燃料電池バスが会場をつなぐ

愛知万博は、長久手会場、瀬戸会場の二会場があり、この二つの会場を燃料電池バスが結んでいます。燃料電池は、水素と酸素の化学反応で発電するため、二酸化炭素や窒素酸化物などの有害物質を排出せず、水だけが発生します。また、発電に必要な水素はさまざまな原料から取り出すことができ、枯渇の心配がないと言われています。地球温暖化が大きな課題となるなか、クリーンな燃料電池車は実用化が大きく期待されています。

今回、万博に投入された燃料電池バスは燃料電池とニッケル水素電池を動力源とするハイブリッドバスです。騒音が少なく、周辺環境に影響を与えずに走行します。次世代のクルマに乗れるとあって、来場者のなかには燃料電池バスを写真におさめようとする人も多く、注目度の高さがうかがい知れました。



実用化が大いに期待される燃料電池車は、会場間を結ぶシャトルバスとして乗車体験できる。

気ガスのない無公害な乗り物です。

車両はメーカーごとにさまざまなものが開発され、たとえば国内メーカーが開発した車両は、特別にアシスト力を強化し、運転者のこく力を軽減する工夫がなされています。さらに軽量化を図るためフレームは高強度アルミニウム(7000系合金(Al-Zn-Mg系合金))を採用し、会場内を走る自転車タクシーのうち最も軽い総重量となっています。開放的な乗車部からは、ゆっくりと流れる車外の風景や風を味わうことができます。欧州では多くの都市で導入されている自転車タクシーですが、今後、日本においても快走する姿を見かけるようになるかもしれません。

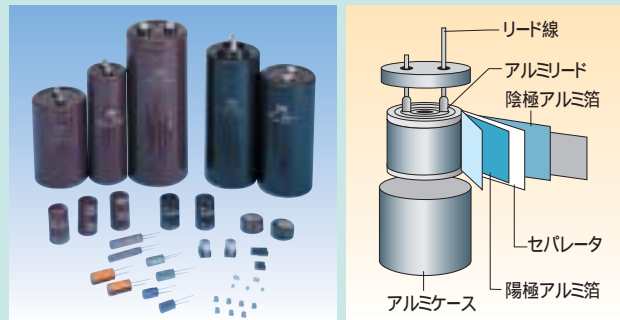
人と環境にやさしい自転車タクシー

会場内の移動手段として話題になっているのが自転車タクシーです。これは電動アシスト付自転車をベースに開発されたもので、排

活躍が期待される大型アルミ電解コンデンサ

現在、一般的な自動車にはアルミ電解コンデンサが多数使用されていますが、とくに燃料電池車やハイブリッドカー、電気自動車などにはモーターを駆動させるためのインバータ電源が搭載され、そこに大型のアルミ電解コンデンサが使用されています。

電解コンデンサは、大量の電気を蓄え瞬時に流す、電流を平滑化する(ノイズを防ぐ)などの機能を持ちます。なかでもアルミ電解コンデンサは小型でも容量が大きく、低価格であることが特長です。近年ではハイブリッドカーなどへの採用が増加しており、燃料電池車には、試験的な採用が始まっています。今後



の需要拡大がのぞめる自動車分野に対し、現在、高性能なアルミ電解コンデンサの開発が積極的に進められています。



低公害な自転車タクシーは、長久手会場のメインストリートを時速約5kmで走行する。

運行開始。国内初の磁気浮上式リニアモーターカー

長久手会場へのアクセスとして、常電導磁気浮上式リニアモーターカー「リニモ」(愛知高速交通・東部丘陵線)が運行しています。リニモは磁気浮上式リニアモーターカーとしては国内初の実用線です。最近では都営大江戸線など、リニアモーターを採用する例が増えていますが、いずれも車輪で車体を支えて走ります。しかしリニモは車両を軌道から浮上させて走行するのが特徴です。まず、車体に取り付けられた電磁石が、レールに下から吸い付くことによって車体が浮き上がり、そしてレールの上に設置されたアルミ製のリアクションプレートと車両側のリニアモーターが作用し合って直進します。

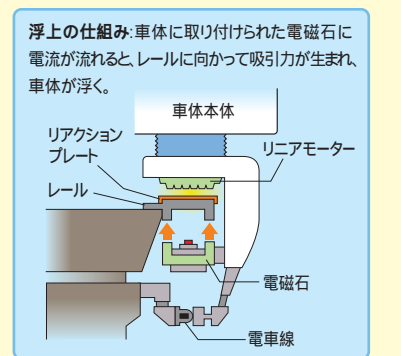
車両には、軽量化や強度が考慮されアルミニウムが採用されています。また、車両に電気を送る電車線にも、アルミニウムが使用されています。

万博終了後もリニモは運行される予定で、今後は住民の足として活躍することになるでしょう。

リニモは、騒音や振動が少なく快適な乗り心地を実現している。また軌道には、投下防止柵、軌道用側壁などにアルミ製品が使用されている。



レールの上にはアルミ製リアクションプレートが設置されており、これとリニアモーターが作用して直進する。(写真提供:愛知高速交通(株))



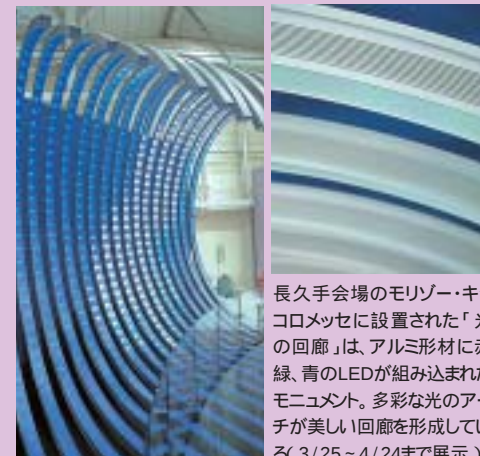
電気を供給する電車線。ステンレスで摺動面の強度を高めたアルミニウムが使用されている。(写真提供:愛知高速交通(株))



JR東海超電導リニア館では、超電導磁石を利用し、世界最高速度581km/hを達成した超電導リニアの実物車両などが展示されている。この車両はアルミ製である。

会場を彩るアルミニウムの輝き

愛知万博の会場には、アルミニウムを使用した展示物が設置され、アルミニウムの美しい輝きが華やかな祭典の雰囲気彩っています。



長久手会場のモリソー・キョコメツに設置された「光の回廊」は、アルミ材に赤、緑、青のLEDが組み込まれたモニュメント。多彩な光のアーチが美しい回廊を形成している(3/25~4/24まで展示)。



愛・地球広場には、参加国の国旗や国際機関の旗などが並び、ポールはすべてアルミ製(6000系合金(Al-Mg-Si系合金))。最近では旗ポールはほとんどがアルミ製となっており、すぐれた耐候性や軽量による高い施工性などが採用理由となっている。

フィリピン館はパビリオン外観にアルミパネルを使用。一部穴が開いており、夜間は穴から漏れる照明の効果も狙っている。



バットの材料には、アルミ合金中最も強度の高い7000系合金(Al-Zn-Mg系合金)などが使用される。(写真上)アルミパイプをスウェーピング加工(左右の型で力を加えながら形状を作る)した後、熱処理が施される。(写真下)ヘッド加工の様子。完成品のアルミ部分の肉厚は3~4mm程度である。



アルミバットは硬式野球、軟式野球、ソフトボールで使用される。競技ごとにバットの形状や重量の規格が決まっているが、重量バランスや表面光沢などを工夫することにより差別化が図られている。

[取材協力] ミズノ(株)、日本シャフト(株)

夏空の下で輝く

アルミバット

前のバッターが塁に出た。
ここは打つしかない。
ピッチャーは速球勝負だ。
バッターは最高のタイミングを狙う。
動き出すアルミバット。

ボールの衝撃を受け、眠っていた反発力が目を覚ます。
高い強度を持つアルミ合金を材料に、
丹念な成形加工と熱処理が施され、
大きなパワーが生み出される。
そして、独特の鋭い金属音だけを残し
ボールは青空へ消えていく。

甲子園を目指す選手たちにも
青春を懐かしむ大人たちにも
今年もまた、暑い夏がやってくる。