

電車がで きるまで

特集
1

製品の ライフサイクル を追う

この春、日本列島はまた一回り、小さくなった。
3月に「北陸新幹線」が開業したからだ。
「長野－金沢間」が新たにつながり、
最高速度260キロ/時で
「東京－金沢間」を駆け抜ける。
話題をさらった新たな新幹線だが、
鉄道は長距離だけでなく、
毎日の通勤や通学においても
必要不可欠な基幹インフラになっている。
われわれを安全かつ快適に
目的地まで運んでくれる電車は
どのようにつくられるのか。――（編集部）



わが国の電車の歴史

1890年	東京・上野公園でスプレーグ・システムによる路面電車が公開運転
95年	京都電気鉄道が初の営業運転を開始
1903年	大阪市で市営初の電車が運行開始
04年	甲武鉄道（のちに国鉄）で、鉄道路線での電車が初運行
24年	南海鉄道で電車としては初めて食堂車やトイレを設置
49年	国鉄（のちのJR）で中距離用電車を開発
50年	「東京駅」－「伊東駅」間を運行する準急列車「あまぎ」投入
64年	東海道新幹線開業
67年	国鉄が世界でも珍しい寝台・座席車兼用の車両を開発
72年	山陽新幹線開業
73年	国鉄が自然振り子式車両を開発
82年	東北新幹線、上越新幹線開業
97年	北陸新幹線・東京－長野間開業
2004年	九州新幹線開業
15年	北陸新幹線・長野－金沢間開業



▲「機械遺産」に登録されているステンレス鋼製の車両群。（神奈川県横浜市の総合車両製作所横浜事業所構内）



▲鉄道システムはインフラ輸出の「切り札」に。（JR東日本、東芝、丸紅によるタイでの都市鉄道整備事業、イメージ画像）

を得て開発、翌年の1958年には国鉄が特急にも電車（20系、後の151系特急こだま）を導入するなど長距離化・高速化が進み、これが1964年10月開業の新幹線（東海道・0系）誕生に結びつくことになる。動力分散方式を確立し、世界で初めての高速鉄道システムを確立したわが国は、かつての「技術後進国」から「鉄道技術先進国」、「鉄道大国」

の地位を不動のものにしている。そんな日本の鉄道技術は今、海を越えている。アジアを中心とした新興国は社会インフラの整備の一環として、わが国の鉄道システムを採用し、渋滞緩和や物流の効率化、環境保全に乗り出している。代表例のひとつがタイにおける都市鉄道プロジェクトだ。JR東日本、東芝、丸紅の3社はタイの都市鉄道

整備事業「バンプルライン」における鉄道システムの一括供給とメンテナンス事業を受注した。首都・バンコクの都市交通に日本の鉄道車両が採用される画期的な事業で、ステンレス車両はJR東日本グループの総合車両製作所（J-TREC）が製造する。車両だけでなく、信号や軌道、電力、ホームドア、自動運賃収受システムなどシステム全体を日本

勢が受注することが決まっている。インフラ輸出は日本の成長には不可欠なプロジェクト。とくに鉄道は日本を売り込む「切り札」的存在になっている。わが国の電車は、われわれを安全・安心・そして快適に運んでくれる輸送手段だけではなく、日本の戦略的な輸出商材として、そして世界の都市づくりにおいても極めて重要な役割を担いつつある。



▲3月に「長野－金沢間」が開通した北陸新幹線。最高速度260*km/h/時で、最短で「東京－金沢間」を2時間28分で結び、日本が一回り小さくなった。

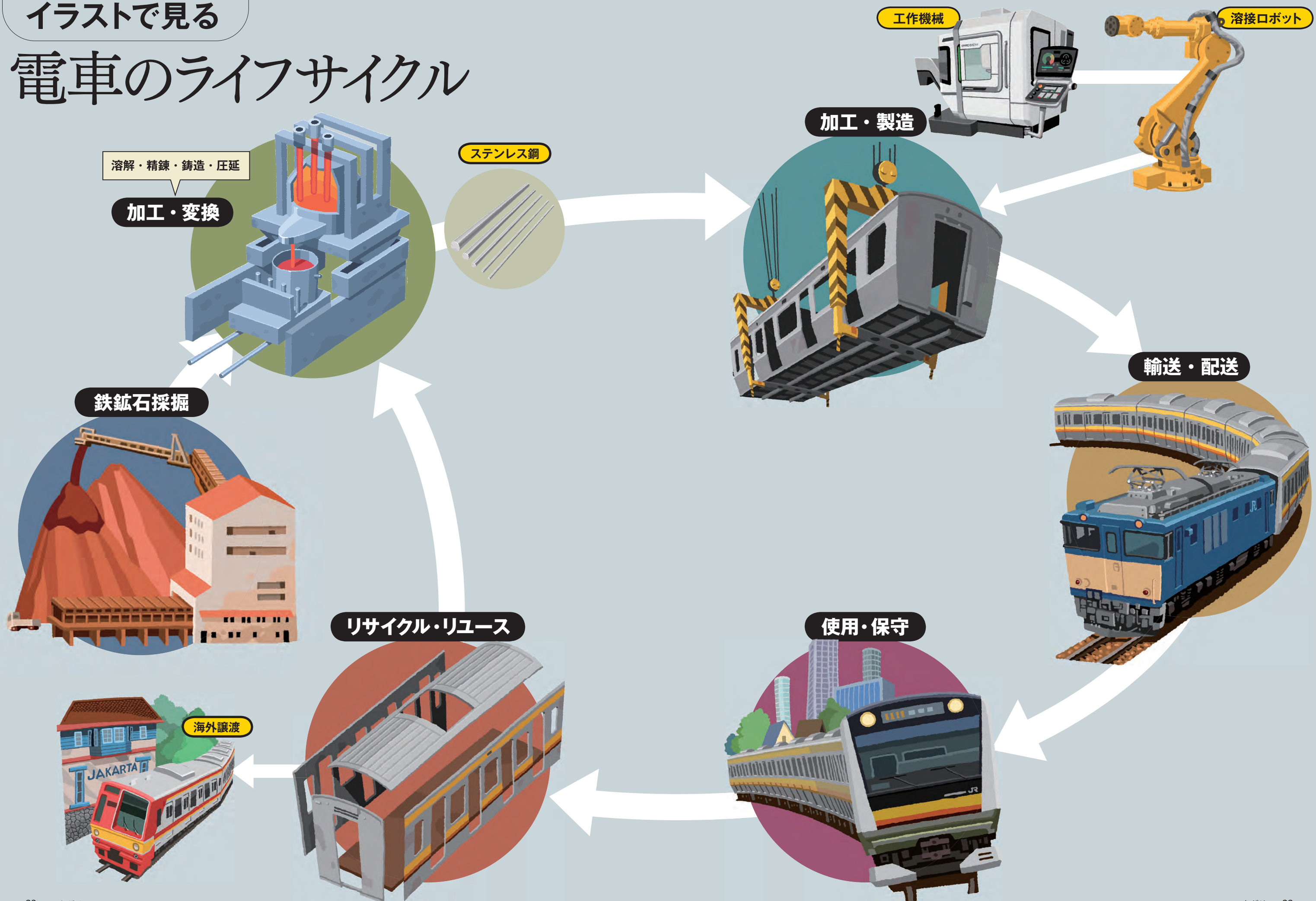
そもそも電車とは、電気を動力源とする鉄道車両を指し、人や荷物を載せる設備を持つ車両の総称である。世界最初の電車は、ドイツの大手メーカー・シーメンスの創業者であるエルンスト・ヴェルナー・フォン・ジーメンスが1879年にベルリン工業博覧会において発表した電気機関車といわれている。その2年後にはドイツにおいて初の路面電車が運行している。翻って日本ではどうか。1872年（明治5年）10月14日、「新橋－横浜間」を結んだ日本初の鉄道が開業したことは広く知られている。この日は「鉄道記念日」として、日本の鉄道史に今も刻み込まれているが、この時、利用されたのは蒸気機関車だ。英国製の機関車で、現存する機関車は国の重要文化財に指定されている。日本の鉄道は蒸気機関車の導入から始まった一方で、馬が車両を

けん引する「馬車鉄道」も全国に広がった。電車が初めて登場するのは鉄道開業から18年後にあたる1890年。東京・上野公園で第三回内国勸業博覧会が開催され、「日本のエジソン」と称せられ、東芝の前身である東京電燈の創業者・藤岡市助が米国から持ち帰ったスプレーグ・システムによる路面電車2両を同公園内に走らせたことが始まりといわれている。電気駆動による電車への期待感は大きく、急速に広がりを見せる。1895年には京都市内において、京都電気鉄道が路面電車の営業運転を開始したのを皮切りに、名古屋電気鉄道、小田原電気鉄道、江ノ島電気鉄道なども手掛け、大都市圏を中心に電車の活用が急速に広がった。「電車黎明期」の到来である。電車が都市部ですんなり受け入れ

たのには理由がある。蒸気機関車は、火災やばい煙公害が社会問題化したほか、加減速が難しいことも弱点とされた。馬車鉄道も給餌の手間や糞尿による衛生面の問題があり、これら諸課題を解決する電車待望論が強まり、電車化は急速に進むことになる。第二次世界大戦後、わが国の電車は第二のステージを迎えることになる。日本国有鉄道（国鉄、現在のJRグループ）は全国幹線の電化を積極推進し、終戦から4年が経過した1949年に「80系」（湘南電車）という中距離用電車を開発。国鉄は80系の走行距離を順次拡大し、東京から伊東、浜松、名古屋へと長距離にも対応できる技術を高めていった。電化に関する地上整備コストの低減、乗り心地や高速性能を高める駆動方式の採用など、わが国の鉄道技術は飛躍的に向上した。1957年には小田急電鉄が特急用車両「ロマンスカー」を国鉄鉄道技術研究所の協力

インフラ輸出の「切り札」として期待される鉄道システム

イラストで見る 電車のライフサイクル



ステンレス・アルミに続く素材は？



▲ステンレス車両の製造風景。広大な工場ではさまざまな作業が続いている。



▶電車の素材となるステンレスは木製のパレットに梱包されて搬入される。

どんな製品にもライフサイクルがある。製品の原料となる資源を「加工・変換」することで原材料が生み出され、原材料はプレス機などさまざまな工作機械や工具、熟達した技能、いわゆる「匠の技」による「加工・製造」の工程を経て、最終消費者に「輸送・配送」される。顧客に愛され活用された商品はやがてその使命を終え、廃棄される運命をたどる。しかし、製品の一生はそれだけでは終わらない。廃棄物の一部は回収され、新たな原材料として再び、製品としての役割を見出される。すべての製品はライフサイクルの中で輝き続ける。

電車のおもな素材は合金だ。ステンレス鋼とアルミ合金に大別され、電車の用途や目的により、ステンレスを採用するか、アルミ製にするかが決められる。たとえば新幹線は一般的にアルミが用いられる一方、お馴染みの東京の「山手線」「中央線」といった車両にはステンレスが採用されている。両者の違いを見てみよう。

まずはステンレス。車両用に使われるステンレス鋼は鉄を主成分とし、クロム16～18%、ニッケル6～8%を含有する合金鋼で、そのほか炭素、シリコン、マンガン、リン、硫黄が含まれる。含有するクロムが酸素と結合して表面に不動態皮膜をつくるため、耐食性が優れるという特徴がある。錆びにくいいため、錆を防ぐためのメッキや塗装の必要がなく、屋外や湿気の多い場所でも利用が可能になる。風雨をしのぐ電車素材として用いられるのはこの特性からだ。

ステンレス鋼は薄くしても強度があるというメリットもある。ステンレス鋼の比重は普通鋼とほぼ同じであるため、単なる置き換えだけでは軽量化は難しい。しかし車両用ステンレスは冷間加工する事で強い強度が出せることや腐食による肉厚の減少をほとんど考えなくてもよいことから、板厚を薄くすることで軽量化を実現している。車体を軽くして、少ないエネルギーで列車を走らせることが可能といえるだろう。

一方のアルミ合金はどうか。アルミの特徴は、①軽くて強い、②気密性・遮音性に優れる、③耐食性に優れる、④流線形の先頭に加工しやすい—ことなどが挙げられる。このため、車両への活用の利点は軽量化に加え、車体形状を自由にできることが挙げられる。

ともに似た特徴を持つステンレスとアルミ。かつては「東のステンレ

ス。西のアルミ」と言われ、東日本を営業エリアに置く鉄道会社はステンレスを、西日本勢はアルミを採用するケースが多く、「輸送力重視の東スピード重視の西」という見方もあった。現在でも鉄道車両はステンレスとアルミの二大勢力になっており、かつての主要材料であった普通鋼はほんの一部の事業者に限られている。リサイクル性については、ス

テンレスはステンレス材に、アルミはアルミ材にどちらもリサイクル可能となっている。

ステンレス勢とアルミ勢がしのぎを削る車両材料だが、新幹線については東西ともにアルミ製が主流である。高速走行する新幹線の場合、在来線よりも高い気密性が求められるほか、周辺に対する振動を抑制するために軽量化がより必要になるから

だ。ステンレス車両を推進する東の横綱・JR東日本も新幹線に関しては100%、アルミ素材を採用している。在来線についてはステンレス車の軽量化が図られたため、現在ではステンレス、アルミともに重量はほぼ同等となっている。

今後、新たな車両材料として注目されているのが炭素繊維強化プラスチック（CFRP）をはじめとする複合素材だ。日本が技術的優位に立つ炭素繊維は航空機の素材として実用化された現在、さまざまな用途拡大が検討されている。炭素繊維は鉄と比べ10倍の強度を持つ一方で、重量はその「4分の1」といわれる次世代素材。そのため自動車メーカーも炭素繊維を車両素材の一部に活用し始めている。軽さと強さが不可欠な鉄道車両においても素材の開発コストの低減が進めば、十分CFRPの活用は可能といわれており、検討が進められるとの見方もある。

鉄道車両の素材は木製から普通鋼、ステンレスやアルミという合金鋼と推移してきた。素材の高度化により、高速化や快適性、そして安全性は飛躍的に向上したが、これら鉄道車両に求められる特性に終着駅はない。次なる車両開発を目指し、素材研究はこれからも続けられていく。



▲ステンレスは切断や曲げ加工などが施され、車両の各部分に活用される。



▲電車の車輪。見るからに頑健そうだ。

電車 E233系 ができるまで

JR新潟駅から南南西におよそ15キロメートル。総合車両製作所（J-TREC）新津事業所が姿を現す。敷地面積15万平方メートルという巨大な工場では、協力会社を含め約600人の社員と約1000台に達する工作機械が、年間240車両を生み出している。もともとは国鉄新津工場で、国鉄民営化後もJR東日本の新津車両所として、おもに車両の修繕・保守の中核拠点に位置づけられてきた。しかし1994年には新津車両製作所として車両の計画から設計、製造、運用、リサイクルに至る「車両トータルマネジメント」の実現を目指し、東急車輛製造（現J-TREC）の技術供与を受けて車両製造に着手。その後、JR東日本による東急車輛製造買収などを経て、2014年4月には会社吸収分割の再編手法によりJ-TRECと経営統合。現在ではJ-TREC新津事業所として活動を展開している。おもにJR東日本向けに「E233系」、「E129系」などを生産しているが、今回はJ-TREC新津事業所を舞台に電車（E233系）の製造工程を見てみよう。



素材加工

新津事業所では、素材の加工から一連の組立作業まで一貫生産するのが大きな特徴のひとつ。同事業所で生産される電車の主要素材はステンレス鋼。実際の製造工程はステンレス鋼の加工から始まる。

ステンレス鋼板は木製のパレットに梱包されて、素材置場に搬入される。用途に応じて、ステンレス板を



◀ステンレスを全自動で折り曲げる。電車の製造工程にはロボットが随所で活躍する。
▼自動化とともに、素材の加工には熟練の技も欠かせない。



切断したり、折り曲げたり、つなぎ合わせたりしながら、電車の各部品をつくり上げていくが、ここで活躍するのが各種工作機械。3次元レーザー加工機やロボットが活躍し、素材を加工していくが、とくに3次元レーザー加工機では切断面を斜めにするのが可能で、きめ細かい加工を実現している。また、ステンレス



◀電車の屋根の溶接。さまざまな部品が取り付けられていく。

板を折り曲げるロボットは、人間の手のように、板を手渡すところから折り曲げ作業を終了してケースに納められるまですべて自動化されている。

車体組み立て

さまざまな加工を施されたステンレス材（パネル）は、屋根や側面といった電車の骨格づくりの工程に入る。これは「パネル結合」と呼ばれる。部品を溶接しながら結合させていく。これが終わると、車体の組立工程に移行する。

車体の屋根や側面、床面はそれぞれの工程で組み立てられていく。たとえば床面の組み立てでは、床面をひっくり返して作業を実施。普段は床下にあり、われわれが目にすることが少ない空気タンクなどが取り付けられていく。こうした作業はおもに人間の手によって進められ、慎重にかつきめ細かな作業が続けられている。

部材同士をつなぎ合わせる溶接方法によって、電極間に部材を挟んで加圧し、電流を流して溶接する「スポット溶接」で接合されていく。車両側面のスポット溶接の数（打点）は、外側に見えるだけでも9800打点あるという。

屋根部分や側面、床面はそれぞれの作業が終わると、6面を組み合わせて、立体的な「箱」がつくられる。長さ20メートルに達するシルバーの車体は、



◀電車の側面部。屋根や側面、床面はそれぞれの工程で組み立てられていく。
▼屋根の取り付け風景。慎重かつ正確な作業が求められる。



◀6面を組み合わせ、「箱」になった電車。大型クレーンでつり上げられた姿は圧巻だ。

歪み修正

箱に仕上げられた車体は、歪みの修正工程に移される。一連の溶接作業により、素材には若干の歪みが生じるが、その歪みをここで修正する。バーナーで熱を加えたり、水をかけたりしながら、職人が微妙な感覚でハンマーを駆使して歪みを修正して

いく。車体が濡れているのは水をかけているためだ。素人目には何も難点がなさそうな車体だが、職人の目で少しの歪みも的確に見つけ出し、修正を加えていく。まさに熟練した「職人の技」といえるだろう。



▲職人が微妙な感覚で歪みを修正していく。

窓やドア製作

歪みを調整した車体には、乗降用ドアなどの各種部品の製造・取り付けが実施される。吊るされた複数の乗降用ドアには、すばやく窓ガラスを取り付けられていく。この際、加湿されたシーリング剤で隙間をコーティングして固定する。力が必要になる作業ではあるが、多くは女性社員が担当している。ものづくり現場でも女性パワーは確実に生かされている。ドアのほか、車体内に張り巡らされる数十本のケーブルの下ごしらえやお馴染みの「吊り手」の組立作業もここで進められていく。



◀車内に敷設されるケーブルを組み立て・チェックする。



▲乗降用のドアに窓ガラスを取り付けていく。女性が活躍する姿も。

ぎ装

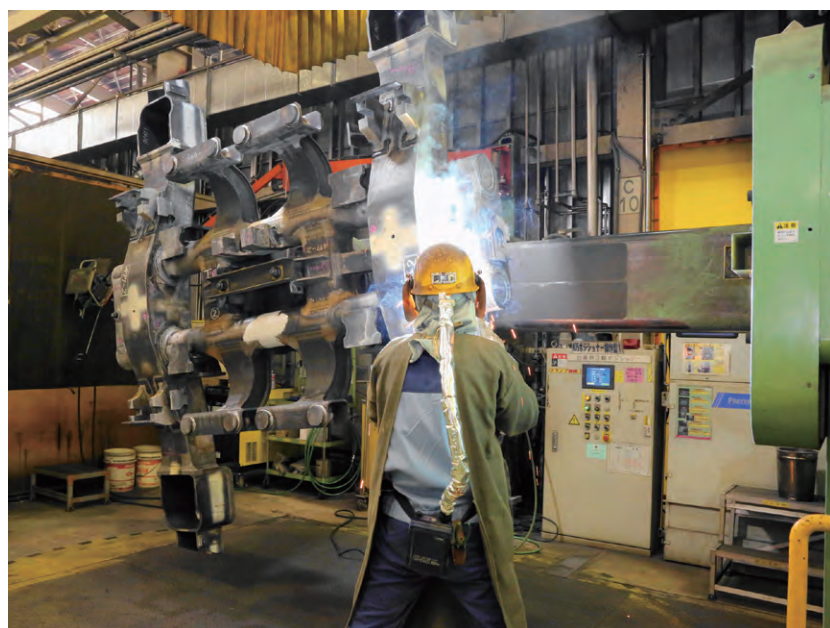
車体内部にさまざまな機器や配線部品を取り付けていく工程は「ぎ装」と呼ばれている。ぎ装工程では、電車の車内に必要な座席や吊り手、表示器、ドアを取り付けていくほか、普段は絶対に見ることができないケーブルの配線作業が進められていく。ドアまわりや天井部、床下など

に、さまざまなケーブルを一本ずつ確実に配線していく。ミスが許されない作業だけに、作業員は慎重にケーブルを敷設していく。殺風景だった車両内部は座席や吊り手などが取り付けられて、ようやく見慣れた車内の姿に近づいていく。



▲車内にケーブルなどを敷設していく。
◀ここでも高い技能を持った職人技が生かされている。

台車製造



▲巨大な台車の溶接。「鉄の塊」にさまざまな部品が取り付けられていく。
▶台車に車輪が組み込まれる。



ここまでの車体製造工程と並行しながら、駆動部である台車づくりも同時に進められている。J-TREC新津事業所では、車体だけでなく台車も内製化している。台車づくりでは、長手方向の主要材である「側バリ」と左右の「側バリ」をつなぐ「横バリ」を組み合わせ、「台車枠

をつくり、電動機や車輪などの各種部品を台車枠に次々に取り付けしていく。その際、台車枠は非常に重いため、大型の機械に固定されて溶接されている。台車の上には車体が乗せられるため、台車枠は見るからに頑丈で、「鉄の塊」という姿が見て取れる。

内装が施された車体と、別の工程で完成した台車をドッキングする。これは「台車入れ」と呼ばれる工程で、車輪などで構成される台車の上に、慎重に車体を載せていく。ここで車体と台車が初めて一体化したことで、ステンレス製の最新型電車は完成の時を迎えることになる。



◀別々の工程で出来上がった車体と台車をドッキングさせる。

完成した電車は最終的な検査を受ける。車両をつなぎ合わせ、編成全体として電車の機能を最終確認する。この検査でパスした車両は新津事業所内に敷設された専用レールで新津駅に出て試運転試験を行う。試運転

試験が終了した車両は、同じ新潟市にある「JR東日本新潟車両センター」まで移送された後、引き渡される。2014年4月のJITREC新津事業所発足以降の累計生産両数は2015年3月末時点で194



▲車両は台車と合体し、最終検査を行う。

両。旧新津車両製作所を含めた累計では4487両になっており、今日も高品質で高性能な電車が同事業所で生み出されている。

取材・写真協力 JR東日本、JITREC新津事業所

◀完成した車両は工場内に敷設された専用レールを走り、JR東日本新潟車両センターに移送される。

Miyashita Naoto

宮下直人氏

総合車両製作所（JITREC）
代表取締役社長に聞く

——JR東日本グループにおける車両製造事業の意義は。

「経営の第4の柱」に位置づけられています。JR東日本グループでは、主力の鉄道事業に加え、駅を中心に商業空間を創り出す「駅ナカ」事業、『Suica』で知られるＩＴ事業という3本の経営の柱を確立していますが、それに次ぐものとして車両製造事業を強化しています。国内だけでなく、海外市場への事業展開も積極化する方針です。

——ものづくり力をどのように高めていきますか。

「装置産業」への転換を進めています。車両製造事業では、お客様からコストダウンの要求が強いため、当社としてもコスト削減努力を図っています。その一つとしてさらなる自動・省力化を徹底し、製造工数を3年後に20%減、10年後には半減する目標を掲げ、装置産業への脱皮を推進している段階です。

——先進国、新興国を問わず、世界で鉄道インフラの需要が高まっていますか。

アジア・大洋州、西欧などを中心にアプローチしていきたいと考えています。当社の強みであるステンレス製通勤電車「sustina」（サスティナ）は、軽量で長寿命、低メンテナンス性、リサイクル性に優れており、差別化が十分期待できます。サスティナブランドを構築し、世界市場で競争力を高めていく方針です。

TOPICS
トピックス

海外で活躍する「退役車両」

毎日、多くの人や荷物を完全かつ快適に運び続ける電車だが、任務を終えた車両はどうなるのか。ひとつは廃車となり、リサイクルに回される。金属の塊である鉄道車両はリサイクルしやすく、一般的リサイクル率（重量ベース）は9割を超える。「リサイクルの優等生」といえるだろう。

日本国内を走り続けた車両が、海外に譲渡されるケースも増え始めた。鉄道網の整備・強化を目指す新興国に渡り、再び「輝き」を取り戻す車両も少なくない。

JR東日本では2013年から、埼京線で使用してきた車両をインドネ

シアの鉄道事業者「ジャカルタ首都圏鉄道会社」に譲渡している。初年度は180両だったが、翌2014年には横浜線で活用していた205系車両176両を追加譲渡。「メイド・イン・ジャパン」の鉄道車両が、ジャカルタの地で再び活躍中だ。

JR東日本では車両の提供に加え、技術者を派遣し現地で車両保守のノウハウを伝授しているほか、鉄道システムのオペレーションやマネジメントなど総合的な情報を提供することでインドネシア側と合意。大都市における渋滞や温暖化対策を強めたい新興国の「モーダルシフト」を積極的に支援している。

わが国の鉄道システムは世界最高水準にあり、高速鉄道を筆頭にイン

▼インドネシアで今も活躍する「退役車両」。メイド・イン・ジャパンが海を越えて、再び活躍の舞台が与えられている。



フラ輸出の中核を占めるが、「退役車両」も国際貢献の一翼を担っている。世界の各所で見慣れた日本製車両に乗車できる機会はますます増えていきそうだ。