

車両事業



1 鉄道車両事業の変遷

1. 1990年代後半の事業状況

■ 鉄道車両メーカーを取り巻く情勢の変化

国鉄民営化から10年、21世紀を見据えた鉄道事業がスタート

1997(平成9)年、JR各社は分割・民営化から10年目を迎えた。将来への課題として多極分散型国土の形成、通勤・通学混雑緩和などの大都市問題の解決、地球環境・エネルギー問題への配慮、高齢化社会到来への対応などが挙げられ、交通機関として鉄道にも大きな期待が寄せられた。

1990年代後半には、新たな運輸行政のもと、整備新幹線への対応、速度向上などが推進され、JR各社も、それぞれの施策を打ち出し、一方では航空機業界と競争しつつ、各社の間でもスピード、アクセス、移動コスト、安全性、快適性などを高めることが重要な課題となった。

■ 車両事業の対応

国内向け新型車両の開発と、海外展開への模索

新たな運輸行政のもと、鉄道業界は、新型車両の開発を推進した。車両の多様化が進むとともにIT技術の進化により搭載する装備も増加し、車体もステンレス、アルミ合金へと変化して、部品数も急増。発注形式も標準車を大量発注し、更新していく方式から、各社のオーダーによる多品種・少量へと移っていった。そのため国内市場の低迷が続き、これをカバーするために各企業が海外への輸出を模索し始めた。

当社は、すでに1960年代からアジア、アフリカの国鉄向けに車両を輸出していたが、1979(昭和54)年にペンシルバニア州サウスイースト・ペンシルベニア運輸公団(SEPTA)より路面電車141両を受注。これを契機に北米にも市場を広げた。

未曾有の経営危機へ

1990年代の2階建客車の相次ぐ受注は、1995(平成7)年の阪神・淡路大震災で大きな被害を受けた神戸では明るいニュースとして報じられた。しかし、国内外の受注が集中したため、設計・生産に混乱をきたした。さらに、同時期に米国での客車の衝突、火災をきっかけとしてアメリカ連邦鉄道局の規定が厳格化されたことも、現場



JR東日本 E2系1000番代電車



アルミ合金の車体

の混乱を倍加させ、兵庫工場および現地のKRC (Kawasaki Rail Car, Inc. ヨンカーズ工場) の2階建車両の生産が長期間ストップする事態となり、当社は大きな打撃を受けた。

鉄道車両部門は、新幹線電車、通勤・近郊電車、公営・私鉄からの地下鉄電車の製造など国内市場が持ち直したものの、1997年から4期連続で経常利益は赤字となった。

新たな組織体制と工程混乱の収束

こうした状況のなか、1998(平成10)年4月には、船舶事業部と車両事業部が統合して船舶・車両事業本部とする組織改革が断行された。

北米向けについては、兵庫工場とKRCとの製作区分を明確にするとともに、混乱の一因となった19両のロングアイランド客車をKRCから兵庫工場へ戻し、完成させて出荷するという対策が取られた。輸送コストより、納期と品質を優先したのである。

また、兵庫工場には社内外約200人の応援部隊が投入された。こうした取り組みにより、当初の予想よりも早い1999年には混乱を収め、危機を脱することができた。

2. 2000年代の事業状況

■ 厳しい事業経営状況と事業再生

「車両カンパニー」の誕生と、兵庫工場、KMM、KRCによる3極体制の確立

2000(平成12)年4月には、船舶・車両事業本部に代え「車両事業本部」を復活させ、車両事業本部は、車両事業部と建設機械事業部で編成されることになった。さらに、2001年度には社内カンパニー制の導入により、鉄道車両部門、建設機械部門、破碎機部門から成る「車両カンパニー」が誕生した。このうち破碎機部門は2005年に、また建設機械部門も2009年には分社化し、その後は車両部門のみの編成となった。

2001年11月には、モーターサイクルを製造していたKMM(Kawasaki Motors Manufacturing Corp., U.S.A.、リンカーン工場)内に車両専用工場が開設された。バイ・アメリカ(アメリカに納入するものはアメリカにて製造し現地の雇用を確保する)の達成、海上輸送費節減、為替リスクの低減、生産のフレキシビリティの向上などが主目的だった。2000年度からニューヨーク市交通局(NYCT)の新型地下鉄電車R142A形400両、R143形212両の製造が始まることもあり、新たにKMMに車両専用工場を建て、これをカバーする計画が急ピッチに進められたのである。



KMMリンカーン工場の車両専用工場



ニューヨーク交通局の新型地下鉄電車R142A形

事業の堅調な進展

中国市場への積極的なアプローチ

2005(平成17)年は、南車四方機車車輛股份有限公司(四方車両)(現・中車青島四方機車車輛股份有限公司)と友好関係を結んでから20周年を迎える節目の年だった。その前年、同社との関係は一層深まった。在来線高速化車両(200km/h EMU)を共同受注したのを皮切りに2008年の北京オリンピック、2010年の上海万博を控えた中国の高速車両需要が増加。2005年4月には、四方車両、南車集団(現・中車集団)および伊藤忠商事株式会社との4社合弁で、中国内案件のエンジニアリング業務を担当する青島四方川崎車両技術有限公司を設立、同年8月から営業を開始した。当時の政治状況を考慮し、日本から四方車両を技術支援することが困難になるかもしれないことに対応するためのものでもあった。

3. 2010年以降の事業状況

名実ともに世界の車両メーカーへ

アジア・太平洋が、鉄道車両の最大市場に

2010(平成22)年以降、国内については老朽化

車両の更新需要に加えて、鉄道の楽しみ方を提案するクルーズトレインが企画されるなど、デザインや快適性にも高い水準が求められるようになった。

一方、海外市場は、北米で新造・更新需要が増加し、日系企業の進出もあり競争が激化したが、2010年にはワシントン首都圏交通局(WMATA)向けの地下鉄電車を受注するなど、活発な事業活動を展開した。また、アジアでは日本政府によるインフラ輸出促進に伴い新興国での需要が増加。人口集中や自動車の普及で都市部の渋滞が深刻化し、解決策として都市高速鉄道(MRT)や高速鉄道の整備計画が相次ぎ、当社も積極的な活動を実施した。

新幹線新線開業と高速化への対応

2011(平成23)年から2016年にかけて九州、北陸、北海道の各新幹線が相次ぎ開業。東北新幹線や秋田新幹線でも高速化が進んだ。

当社はこれらのプロジェクトに参画し、以下の車両の製造を担った。そのうち、E6系、E7系の内外装デザインは、車両メーカーである当社案(奥山清行氏監修)が採用となった。

○九州新幹線・鹿児島ルート開業：

N700系7000番台(JR西日本)、8000番台(JR九州)

○北陸新幹線(長野～金沢開業)：

E7系(JR東日本)、W7系(JR西日本)

○東北新幹線：

E5系(JR東日本)



中車青島四方機車車輛股份有限公司



クルーズトレイン「ななつ星in九州」用機関車

○北海道新幹線：

秋田新幹線直通車両 E6系(JR東日本)

新青森～新函館北斗開業 E5系、E6系(JR東日本)、H5系(JR北海道)

東日本大震災

2011(平成23)年3月11日午後2時46分、東北地方太平洋沖地震が発生し、それに伴う津波により東北地方および関東地方の太平洋沿岸の諸市町村に大きな被害をもたらし、鉄道網も大打撃を受けた。

高速走行中の新幹線もあったが、幸い乗客の負傷者は出なかった。震災の直後は、東日本エリアでの車両運休が相次いだものの、首都圏の鉄道はすぐに復旧し、東北新幹線もゴールデンウィーク初日の4月29日には全線運行再開を果たした。震災規模、路線の長さを考えれば、驚異的な復旧対応であり、幾度も余震が起きるなか、精神的な不安を抱えつつ、復旧作業に取り組んだ鉄道関係者の団結、底力は驚嘆に値する。

当社車両事業関連では、新幹線総合車両センター内で検査中だったE4系が被災し、緊急対応が必要になったが、工場などは直接の被害を受けていない。

また、震災を機に、老朽化した車両・設備の更新計画が見直され、東日本旅客鉄道株式会社(JR東日本)では、首都直下地震に備えた耐震補強対策等に着手、地震観測体制を強化するなどの対策が進められた。

大手私鉄からも高い評価、新規開拓の努力実る

1946(昭和21)年に東武鉄道株式会社から受注して以来、長らく同社の受注から遠ざかっていたが、2015(平成27)年4月に新型特急電車500系24両を受注したのを皮切りに、同年8月には、西武鉄道株式会社より同社向け初となる新型通勤車両40000系80両を受注することに成功した。

両案件の受注は、追加車両の受注などの拡販につながったばかりでなく、関東大手私鉄から新規発注を受けたという信頼感は、以降の新規案件受注の際に大きな力となった。

皇太子殿下、兵庫工場をご視察

2014(平成26)年11月、皇太子徳仁親王殿下(現・天皇陛下)が「第17回全国農業担い手サミットinひょうご」行啓の際、兵庫工場を訪れ、アルミ構体組立工程や北陸新幹線E7系車両艀装作業をご覧になった。皇太子殿下は従業員とも話され、製造工程についての説明を熱心にお聞きになっていた。

昭和天皇(1947年)、現・上皇陛下の皇太子明仁親王殿下(1958年)も兵庫工場を見学されており、3代にわたるご視察となった。

4. 川崎車両株式会社の分社独立

2021(令和3)年10月、車両カンパニーは川崎重



東武鉄道特急電車500系



西武鉄道通勤車両40000系
(提供：西武鉄道株)



兵庫工場をご視察される皇太子殿下

工グループの事業再編に伴い、川崎車両株式会社として分社独立した。鉄道システムは、今後も世界をフィールドに安定した成長が見込まれる。このような状況のもと、自律的事業経営を徹底し、社会のニーズに機動的かつ柔軟な取り組みで新たなマーケットを掘り起こすとともに、ビジネスモデルの拡充を図っていくこととなった。

2 製品

1. 海外向け製品

■ 客電車(北米向け)

ロングアイランド鉄道向け2階建客車のパイロット車両を完成

1995(平成7)年、アメリカ・ロングアイランド鉄道(LIRR)向けにC-3形2階建客車を受注。1997年に6両、翌1998年から1999年にかけて128両を納めた。

当初、量産車128両はKRCで最終艤装を行う予定だったが、そのうちまだ製造に取り掛かっていない9両と、現場の混乱で製造がストップした10両



アメリカ・ロングアイランド鉄道C-3形2階建客車

の計19両を兵庫工場で完成させることになった。

兵庫工場でも国内向けの車両製造や、海外向けの試作車製造、設計変更などに追われていたため、船舶・鉄構・航空機の3工場および協力会社、同業他社などからの応援派遣を受け、完成に漕ぎ着けた。

■ ニューヨーク市交通局、ニュージャージー港湾局向けに、地下鉄車両などを受注

ニューヨーク市交通局(NYCT)向けには、1997(平成9)年にR142A形、2002年にはR160形の地下鉄車両を受注した。

R142A形は、軽量ステンレス鋼製で、車端部に衝突エネルギーを吸収する構造を採用。追加契約を含め、600両を製造した。開発に当たっては高精度の構造解析を行ったが、後日、これをまとめた技術論文が日本企業として初めてアメリカ機械学会鉄道部門の最優秀論文賞を受賞した。1999年にはR142A形に加え、R143形車両を212両受注した。

R160形は、仏アルストム社との共同受注で、最終的にはオプションを含め1,662両に上った(うち660両と全車両の台車を当社が製造)。R143形との互換性が求められたため、当社がエンジニアリングリーダーとしてプロジェクトを推進した。

また、2005年には、同じくニューヨーク・ニュージャージー港湾局ハドソン横断公社(PATH)向けに新型電車PA-5形を340両受注、2010年にはオ



ニューヨーク市交通局R160形地下鉄電車

プション契約分10両を追加受注した。既存の通勤電車の老朽化によるもので、順次PA-5形に置き換えられ、2012年の完納時には、PATHの電車は、PA-4形と合わせすべて当社製となった。

ワシントン首都圏交通局向け新型地下鉄電車の受注

2010(平成22)年、日本の車両メーカーとして初めて、ワシントン首都圏交通局(WMATA)向け7000系地下鉄電車428両を受注。オプション契約を含め受注総数は748両となった。

延伸計画、既存車両の更新ならびに混雑緩和など旅客サービス向上計画に伴うもので、同交通局で初めてステンレス鋼製の構体を採用し、運転室を2両ごとに設置(従来は全車両)することで座席数を増やしている。

客電車(アジア向け)

シンガポール、台湾で地下鉄車両などを受注

アジアでは、シンガポール、台湾などで、地下鉄車両を受注している。

○シンガポール

1998(平成10)年、シンガポール陸運局(LTA)向けに地下鉄電車C751B形126両を受注した。これは、1984(昭和59)年のC151以来2度目の受注で、前回失注した反省から周到に入札準備したものだ。

さらに、2009年と2012年には同じくLTA向け

に、地下鉄電車C151A形132両、C151B形132両を受注。2014年には地下鉄電車T251形364両を受注している。いずれも、当社と南車青島四方機車車両股份有限公司(南車四方)(現・中車青島四方機車車輛股份有限公司)と共同で受注したもので、C151A形は中国以外で初めて共同受注したプロジェクトとなった。

シンガポール向けには、2021年現在、他社との共同受注を含めて累計1,440両の地下鉄車両を受注している。

○台湾

2003年に台北市政府捷運工程局しょううんから地下鉄電車321両を、2006年には中正国際空港鉄道用車両を受注した。

地下鉄電車は、1992年に台北市の渋滞緩和のために新設された地下鉄・淡水線向けの132両に続くものであった。

中正国際空港鉄道建設契約は、台北・中正国際空港(現・桃園国際空港)と台北市内を直結する空港線(21駅、総延長約51km)の鉄道システムを構築するとともに車両基地を建設するもので、丸紅株式会社が全体の取りまとめと、信号・通信システム、軌道敷設工事を、また株式会社日立製作所が変電システムを担当。当社は、通勤電車80両および急行電車55両の計135両の製造を担った。



左上:ニューヨーク・ニュージャージー港湾局PA-5形、右上:ワシントン首都圏交通局7000系地下鉄電車、左下:シンガポール陸運局地下鉄電車C151A電車、右下:シンガポール陸運局地下鉄電車T251電車



台北市・桃園国際空港線通勤電車

■ 高速車両

日本7社連合が、台湾向け新幹線システムを受注

2000(平成12)年12月、当社および三井物産株式会社、三菱重工業株式会社、株式会社東芝、三菱商事株式会社、丸紅、住友商事株式会社の共同で、台湾高速鉄道股份有限公司(台湾高鉄)から台湾高速鉄道機電システムプロジェクトを受注した。高速鉄道として日本で初めての海外輸出であった。

当社は主契約者として700T型車両30編成360両の設計、供給を担当。日立製作所・日本車輛製造株式会社と共に製作・納入した。

700T型は、700系新幹線電車をベースとした車両で12両編成。車体はアルミ合金製で、最高営業運転速度は300km/hである。

2012年には、4編成48両を追加受注。2016年開業の台北駅～南港駅間(5.7km)の路線延長などに投入された。

中国在来線高速化プロジェクト

四方車両の合作パートナーとして入札に参加し、2004(平成16)年10月にCRH2型60編成480両を受注した。

本案件は、中国の在来線高速化プロジェクトの一つで、当社は主契約者として三菱商事、三菱電機株式会社、日立製作所、伊藤忠商事、丸紅等の各社を取り

まとめ、四方車両と共同で中国鉄道部と契約した。

CRH2型は、JR東日本向けE2系1000番代をベースとし、時速200kmでの営業運転を想定して設計変更を施したもの。日本で完成車両3編成とロックダウン車両6編成を製造。51編成は、当社が四方車両に製造技術を移転し、四方車両が国産車として製造・納入を行った。

2. 国内向け製品

■ 電車

神戸市交通局向けリニア地下鉄電車40両を受注

1999(平成11)年、神戸市交通局より海岸線向けの5000形リニア地下鉄電車40両を受注した。リニア地下鉄電車は、従来よりも機器が小型になり車高を低く抑えられるため、トンネル径が小さくて済み、土木工事費削減を図れるというメリットがある。

海岸線は三宮－神戸－和田岬－新長田間の8kmを10駅で結ぶ地下鉄で、トンネル掘削工事は、高層の建築物の近くを通ることや、地中障害物が予想されるなど難度が高かったが、当社のシールド掘削機5基を用いて無事工事を終えることができた。

「TRAIN SUITE 四季島」、営業運転開始

JR東日本は2017年5月1日、観光立国推進の一環



台湾高速鉄道700T型車両



中国在来線高速化プロジェクトCRH2型



神戸市交通局海岸線5000形リニア地下鉄電車

として開発を進めてきた豪華列車・クルーズトレイン「TRAIN SUITE 四季島」の営業運転を開始した。

車両製造は当社と株式会社総合車両製作所が行い、当社は難易度の高い先頭車およびスイートルームを含む中間電動・付随車両の設計・製造を担当。車両デザインは、世界的な工業デザイナー・奥山清行氏が担当した。

電化区間はもちろん非電化区間においても走行できるよう、走行用主回路電源には、架線からの交流電源、直流電源に加え、両先頭車に搭載されたディーゼルエンジン発電機による電源の3つを使うことができるEDC方式(Electric Diesel Combined system)を採用した。

当社は四季島のほか、九州旅客鉄道株式会社(JR九州)の「ななつ星in九州」(2013年運行開始、機関車のみ)、西日本旅客鉄道株式会社(JR西日本)の「瑞風」(2017年運行開始、1編成10両のうち5両)も製造しており、2019年現在、JR各社のすべての豪華列車に関与している唯一の鉄道車両メーカーとなっている。

■ 新幹線電車

全国の新幹線開業に合わせ、新幹線車両を製造

2013(平成25)年から、2016年にかけて秋田、北陸、北海道の各新幹線向けに新型車両を製造した。

○秋田新幹線E6系(2013年春、運行開始)

当社が車両メーカーとして初めて新幹線の内外

装デザインを手掛けた案件。長さ約13mのロングノーズで、全車に、車体動揺防止制御装置(フルアクティブサスペンション)、車体傾斜制御装置を備え、乗り心地を向上しつつ、国内最速の営業運転時320km/hを実現した。

内外装は、奥山清行氏監修のもと車両カンパニーデザイン部門が手掛けた。

○北陸新幹線E7系・W7系(2015年3月15日開業)

北陸新幹線本格開業に向け、E7系(JR東日本)、W7系(JR西日本)合わせて全10編成を納入した。内外装についてはデザインコンペが行われ、当社案が採用された。新幹線では初めて、全席に備え付けのコンセントを設け、すべての洋式便器に、洗浄機能付脱臭暖房便座が搭載されている。

○北海道新幹線H5系(2016年3月26日開業)

北海道新幹線が開業し、東海道新幹線開業から半世紀を経て北海道から鹿児島までの2,150kmがつながった。当社は北海道新幹線向けに、東北新幹線E5系をベースに北海道の気候に対応できるよう改良を加えたH5系、第1編成10両を納入した。

3. その他の車両

東京モノレール向けに、世界初、停電時非常走行用の鉄道システム用地上蓄電設備を納入

東京モノレール株式会社向けに、停電時の非



クルーズトレイン「TRAIN SUITE 四季島」



秋田新幹線E6系



E7系/W7系 内装デザイン

常走行を目的とした鉄道システム用地上蓄電設備(BPS: Battery Power System)を納入した。これは震災などで電力会社からの電力供給が止まり、電車が駅間に停車した際の乗客の安全性確保策の一環として、同社の品川変電所と多摩川変電所に設置されるもので、非常時にはこの2カ所のBPSから電力を供給することが可能となる。導入により、朝のラッシュ時に最大17編成が、上下線35.6kmのどこかで停車しても、最寄り駅へ安全に移動させることが可能となった。

3 鉄道車両製造の技術

1. 技術開発

■ 機関車

EF210形式300番代直流電気機関車緩衝器の開発

2011(平成23)年、山陽線の急勾配区間(瀬野～八本松)で1,300トンの貨物列車を後押ししてきた勾配後押機関車・EF67形式直流電気機関車の置き換え用に、EF210形式をベースとする300番代直流機関車の開発に着手した。EF67形は新製時



EF210形式300番代直流電気機関車

から40年を超え老朽化が進んでいた。

開発のポイントとなったのは緩衝器で、従来使用されていたEF67形式緩衝器が製造中止になっていたことから、これに代え、日本貨物鉄道株式会社(JR貨物)、公益財団法人鉄道総合技術研究所および株式会社日本製鋼所で共同開発した新形シリコン緩衝器を採用。完成車両は、試験用のコンテナ貨車26両編成の1,300トン列車を連結して本線での走行試験を実施したのち、2013年3月運用を開始した。

DD200形式電気式ディーゼル機関車の開発

国鉄時代からJR貨物やJR各社で、支線区の旅客・貨物列車けん引や、貨物駅構内の入換作業に使用されていたDE10形式ディーゼル機関車の老朽化に伴い、DD200形式電気式ディーゼル機関車を開発した。当時、橋梁強度が低い線区においては、「貨物列車けん引」「貨物駅構内の入換」に共用できる機関車はDE10形しかなく、開発が急がれていた。

2015(平成27)年8月から設計を進めながら勉強会を開催。試作車の製造、JR旅客本線各地での性能確認試験、試作車の営業運用を経て、2019年8月に量産車製造がスタート。順次DE10形と置き換えられた。



DD200形式電気式ディーゼル機関車

■ 電車・気動車

ニューヨーク地下鉄 R142A形における耐衝突構造の開発

欧米では1990年代以降、衝突時の被害を低減するために新たな規格が定められ、車両設計仕様にも具体的かつ高度な要求が盛り込まれた。そのためニューヨーク市交通局(NYCT)向け地下鉄電車R142A形(1997(平成9)年受注)では、衝突時に車両先頭部を積極的に変形させて客室を守る構造とし、それを「衝突試験」で実証することが求められた。

当社は、構造については開発から1年後の1998年6月に2度目の要素試験にトライし、合格。翌1999年1月にコロラド州運輸技術センター(TTCI)において、質量6,000トンの剛壁を建設し、1両全体を衝突させる衝突試験を受け、性能を実証した。この実績により、以降の別案件においても当社製車両は衝突試験を免除された。

車両衝突対策技術の向上

2005(平成17)年4月のJR福知山線脱線事故以降、国内でも衝突対策への要求が高まった。そんななか、JR西日本は前面に加え、側面やオフセット衝突にも対応できる徹底した安全対策を設け、車両メーカーに求めた。当社はこれに応え、

2006年3月、既存のSUS通勤車両223系の側面衝突の解析による評価を実施したのを皮切りに、アルミ特急車683系の側面衝突やオフセット衝突対策、アルミ特急車287系の踏切衝突対策、SUS通勤車両225系の各種衝突対策を実施、実証実験を行った。

その結果得られたノウハウは、225系以降の新造車両にも反映され、前面衝突に対しては、サバイバルゾーンを確保しつつ衝撃を吸収する「部材配置」や耐側面衝突性能を持つ「リング構造」を開発。オフセット衝突対策としては「ガイドボンツーン」「フォールディングスリット」などを備えた。また2次衝突対策として、乗客が直接接触する車両内装品についても、吊り手を大型化し、荷棚端部を曲面処理するなど細やかな安全対策を施した。

標準型設計「efACE」の開発

2009(平成21)年2月、東京地下鉄株式会社(東京メトロ)向け16000系の受注を目指し専任チームを立ち上げ、大幅なコストダウンを目指して、標準型設計「efACE」の開発に着手した。国内市場が成熟し、競合が激しくなるなか、価格競争力を高め差別化を図るためである。

専任チームは、技術本部の他、資材本部、生産本部からも選出され、構体、艤装、資材、デザインの4つに分かれ開発を進めた。

バリューエンジニアリングの視点から、座席の両



衝突対策の実証実験



耐側面衝突性能を持つ「リング構造」



オフセット衝突対策「ガイドボンツーン」

端にある袖仕切りなどの細部まで見直し、幾度も図面を引き直すなどの試行錯誤を行い、資材費を低減。コンカレントエンジニアリングやフロントローディングなどの手法を駆使し、大幅なコストダウンを実現した。艤装についても工程を削減し、組み立てやすい工法を考案するなど徹底した見直しを行った。

R211編成衝突を考慮した耐衝突設計

2018(平成30)年にNYCTから受注したR211において10両対10両の編成同士が衝突しても、客室や運転室がつぶれない仕様が要求された。従来の耐衝突設計は、単独1両での衝突エネルギー吸収が求められていたが、各車の挙動を考慮し、編成としての安全性をより高めるための要求である。

なかでもR211の貫通幌付き試験車は、車両間の距離が通常よりも広くなるため、衝突時に車端同士で、従来のアンチクライマー構造が噛み合う範囲を超える大きな上下動が発生する。そこで、この上下動にも対応できるカップ&コーンと呼ばれる衝突エネルギー吸収機構を開発し、各車端に装備することで、衝突時に分散してエネルギー吸収する耐衝突設計を実現した。

この構造は2019年に日本と米国で特許を取得した。

叡山電車「ひえい」の改造

2018(平成30)年、1988年製造の732号車を改

造した新型観光車両「ひえい」が発表され、インパクトのあるデザインが話題となった。

外観および内装デザインは、叡山電鉄株式会社によるイメージ画をもとに、株式会社GKデザイン総研広島が担当。車両の改造を当社が行った。

車両前面の巨大な楕円形デザインを生かしつつ視界を確保するため、運転席を従来より約30cm中央に寄せ、両サイドにも細い窓ガラスを設けた。側窓もすべて楕円型に変更されたため、それに合わせてシートなどのインテリアも新たにした。

改造に当たっては、新旧の主要構体を3Dモデル化して比較。撤去部分や補強範囲、改造による干渉部位などを詳細に検討し、品質・コストのバランスの取れた改造方法を採用した。

■ 新幹線電車

500系、700系、N700系 新幹線車両の開発

1990年代後半から2000年代にかけて、JR各社と新幹線車両の開発、製造を行った。主なものに500系、700系7000番台、N700系などがある。

○500系

航空機利用者を取り込み山陽新幹線の利用者増を図るため、速度向上と到達時間短縮が求められた。高速化は、トンネル内走行時の車外圧の高まりや騒音、軌道への負担を増す。そのため、車外圧の変動を受けやすい引戸には、空気圧シリンダによ



叡山電車「ひえい」



500系(提供:西日本旅客鉄道株)

る押さえ装置を装備。全車両の側面下部に側カウル(整流部品)を取り付け、床下で生じる空気の乱れを抑えて車外騒音を低減した。また、軌道の保安業務を徹底するとともに、車両側にも軌道検測を行う装置を装備。走行中にも軌道の状態を把握し、速やかに保線業務へ反映するシステムを築いた。

その結果、営業車では国内初の300km/h走行を達成した。

○700系

東海道・山陽新幹線の直通車として快適性と速度向上による利便性の向上を目指し、東海旅客鉄道株式会社(JR東海)とJR西日本が共同開発した300系車両の後継車。285km/hを目標とする速度向上、先頭長増に対応する救援連結構造の開発、車外騒音を低減させる側カウルの取り付け、快適性を高める真空式トイレ搭載などが課題となった。

救援連結器構造とは、車両連結の救援作業を短時間で行うことができるよう開発された連結器の格納構造で、先頭長が長い独特のフォルムのため先頭車後方に十分な余裕がなく、救援作業時間が長くなることが予想されるため、これを解決するために開発されたものである。この時開発されたCFRP製の取り外しカバー(軽量化による作業性改善)や、手動引き出し構造の連結器(作業の柔軟性向上とスピードアップ)は、その後の新幹線にも搭載された。

○N700系

700系から、さらなる高速性と快適性・環境性能向上の両立を目指してJR東海とJR西日本が共同開発した車両。東海道・山陽・九州新幹線での運用が想定されるため、トンネルが多い条件などのなかで300km/h走行を達成することが目指された。当社は、トンネル内で発生する微気圧波を低減する先頭形状を開発した。先頭形状の設計では、従来と同一の定員が求められたため、航空宇宙カンパニーが開発した最適化計算手法を用い、微気圧波低減と先頭車定員を両立させる断面積値を算出した。

山陽・九州新幹線直通用8両編成では、九州区間に35%の急勾配があるため、先頭車両にもモータを設置し、全車両に動力を備えた派生型が使用されている。

E3系/観光列車E3系700番台

E3系は、東北で運用されている新在直通の新幹線車両で、長くシリーズ展開された。最初は1997(平成9)年の秋田新幹線開業時のE3系0番台、次いで1999年に山形新幹線が新庄駅まで延伸開業した際には増備用として1000番台を、さらに2008年には、山形新幹線で400系の置換として2000番台を製造した。

また2014年には、E3系0番台を改造したE3系700番台の「とれいゆ」を、2016年には同じく



700系「ひかりレールスター」



E4系

700番台の「GENBI SHINKANSEN(現美新幹線)」を設計・改造している。

E4系新幹線車両の開発

東北・上越新幹線200系の老朽化に伴う更新と、通勤・通学旅客需要増に対応するために、1997(平成9)年から2002年にかけてE4系を開発、製造した。要求された仕様は、定員817人(8両)および速度240km/h、重量を平均15トン/軸(定員時)に抑えることであった。

当社は、車両構体をオール2階建アルミ合金製とし、さらにガラス繊維と芯材を組み合わせたドライレイアップ方式サンドイッチパネル構造を採用し、簡素化、軽量化を図った。また、環境騒音対策(微気圧波対策)では、技術開発本部、航空宇宙システムカンパニーと共に開発を推進。先頭構体にはFRPを採用し、長さ11.5mのロングノーズ・デザインとし、騒音を抑えている。

試験車E954/E955形式とE5/E6/E7系の新幹線車両の開発

東北新幹線が2010(平成22)年に新青森駅へ、2016年には新函館北斗駅まで延伸するに当たり、速度向上による到達時間短縮を目指して開発されたのが試験車一新幹線専用のE954形式と、新在直通用のE955形式であった。いずれも営業最高速度360km/hを目指した。

開発においては、高速化とともに安全性の向上や、トンネル微気圧波・騒音などの低減、乗り心地向上などが要求され、新幹線で初めて空気抵抗増加装置(空カブレーキ)を採用。全周外ホロや、側カバー部の吸音パネル、先頭部の可動式スノープラウカバー、低騒音可動式パンタ遮音板(E955形式)などの騒音を低減させる工夫や、車体傾斜装置、動揺防止装置、融雪ヒータ付床下吸音フサギ板などが採り入れられた。

両試験車を用いた試験の結果、実際の営業用車両として製造されたのが、新青森駅への延伸用のE5系と、秋田新幹線への直通車両E6系である。最高速度は320km/h。さらに、2014年には、金沢に延伸する北陸新幹線向けにE5系をベースとしたE7系(営業最高速度275km/h)が開発された。E7系は、上越新幹線のE4系の置換用としても投入されている。

映画『未来のミライ』プロダクションデザインを担当

2018(平成30)年7月20日に公開された、スタジオ地図企画・制作のアニメーション映画『未来のミライ』(監督：細田守 プロデューサー：齋藤優一郎)の劇中に登場する新幹線のデザインを車両カンパニーデザイン担当部門が手掛けた。作品後半に登場する「未来の新幹線」と生き物をモチーフに取り入れた「黒い新幹線」のプロダクション



ドライレイアップ方式サンドイッチパネル構造



左上：空気抵抗増加装置(空カブレーキ)、右上：E5系、左下：E7系/W7系、右下：映画『未来のミライ』の「黒い新幹線」

デザインを担当した。

■ 新交通システム

新交通システム車両の進化

2005(平成17)年に、神戸新交通向けにポートライナー8000形車両の置き換えとして新たに2000形を納入。2015年には六甲ライナー1000形車両の置き換えとして3000形車両を受注し、2017年に初編成を納入した。

いずれも、開業時から運用されていた車両の置き換えで、開発に当たっては、安全性の向上と、技術進歩による車内空間の拡大、乗り心地など旅客サービスの向上が求められ、環境に配慮した省エネ対策などを実施した。

■ 台車

鉄道車両用台車「efWING」の開発

当社は、2014(平成26)年3月、世界初となるCFRPバネを採用した鉄道車両用台車「efWING」2台を、熊本電気鉄道株式会社に納入した。

「efWING」は、世界で初めてフレームの一部に、高い強度と軽さを併せ持つCFRPを採用し、台車フレームの重量を従来比で約40%、1両当たり約900kgの軽量化を実現し、エネルギー効率向上、ランニングコスト低減、CO₂排出量削減を実

現した。また、高いサスペンション機能により各車輪がレールに与える力が安定するため乗り心地も向上し、「輪重抜け」が半減し、脱線のリスクを低減することができる。

開発のポイントとなったのは、H鋼とコイルバネで構成されていた従来の台車構造を、CFRPと弓形のフレームとし、フレームそのものにバネの機能を持たせたこと。開発には、車両カンパニー(台車技術)、航空宇宙システムカンパニー(複合材技術)、技術開発本部(各要素技術)とのシナジーが活かされている。

2012年6月には、アメリカ鉄道協会運輸技術センター(TTCI)にて走行試験を実施。延べ20日間、走行距離4,469kmに達する試験において、48~160km/hのすべての速度域で鉄道車両の走行安全性に関する規定の要求を満たすなど、高い安全性が証明された。

2016年には四国旅客鉄道株式会社(JR四国)7200系用台車として採用された。

■ 試験

台車枠疲労試験装置の導入および利用開始

海外への展開を積極化していた2000年代、海外の顧客から設計検証の一環として疲労試験の実施を要求されるケースが多くなったことから、台車疲労試験装置を導入した。



CFRPバネを採用した鉄道車両用台車「efWING」



アメリカ鉄道協会運輸技術センター(TTCI)での走行試験

最初の試験は、2005(平成17)年受注のニュージャージー港湾局ハドソン横断公社(PATH)向け通勤車用台車で、初めての経験だったため、治具のサイズ、重量、装置との干渉のチェック、アクチュエータの位相差の調整(ゲイン調整)など、さまざまな点で苦労したが、関係部門による協力できり切ることができた。

以降、ワシントン向け地下鉄用台車、メトロノース向け電車用台車、台湾向け通勤車両用台車、シンガポール向け地下鉄用台車など、多数の疲労試験を手掛けている。

5000形車両側構体板継ぎに初めて適用したのを皮切りに、2008年には大型中空形材を用いた京阪電気鉄道株式会社3000系電車に、さらに2010年には東京メトロ16000系においても無塗装車にFSWを適用し、アルミニウム合金製の標準型通勤車両を確立。その後、都営大江戸線12-600形等、小断面規格車両へ適用し、改良を重ねながら適用を拡大している。

ステンレス車両構体へのレーザ溶接適用

従来、ステンレス製車両の組立は、ステンレス外板と骨材を重ね合わせて抵抗スポット溶接を用いていたが、重ね合わせた部位を所定の間隔を置いた点で継いでいくため、溶接の痕跡が外板表面に残るとともに、多くのスポット溶接をするため歪みが集積され、外板に波打ちを生じるという問題点があった。

そこで当社は、当時実用化されつつあった高能率、高品質で溶接歪みの少ないレーザ溶接に着目し、2006(平成18)年から技術導入を進め、実用化した。

これにより、外観品質において競合他社製品に勝る製品の開発が可能となり、レーザ溶接による車体は当社のステンレス標準車体として確立され、2020(令和2)年現在、国内ステンレス車両構体の大半がレーザ溶接適用車両となっている。

2. 製造技術

■ 構体

アルミニウム車両構体への摩擦攪拌接合(FSW)の適用と標準化

摩擦攪拌接合(FSW)は1990年代初めに英国の研究機関(TWI)によって開発された施工法で、従来のMIG溶接では生じる溶接余盛部を仕上げなくても、平滑面が得やすく、熱影響による母材の色調変化も小さい。そのため無塗装でも意匠性が大幅に向上し、アルミニウム合金製の無塗装車両にとって不可欠な接合技術となった。

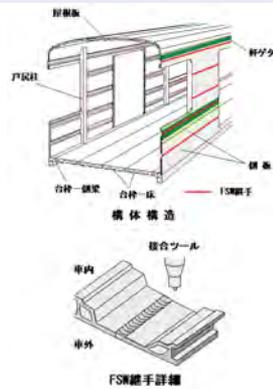
当社は、1998(平成10)年に、札幌市交通局

アルミ長尺形材加工ルーター導入

アルミ構体は、全長最大25mのダブルスキン



台車疲労試験装置



摩擦攪拌接合(FSW)



都営大江戸線12-600形

構造断面を持つ長尺の形材で構成されるため、長尺の形材に切削加工を施すことは必須の工程だった。そのため当社は、従来、切削加工の設備2基を年間を通して昼夜稼働させており、故障等による工程停止のリスクを抱えつつ製造を続けていた。そこで、2011(平成23)年以降は新幹線車両を中心にアルミ車両製造の高操業を控えていたため、新たな加工ルーターの導入を決定。2012年3月から7月にかけて、装置製造から据付までを完了させ、新幹線車両を1車両/1.5日ペースで製造する高操業生産を実現した。

■ 艤装

機関車工場302棟の整備

1997(平成9)年8月から約5カ月をかけて機関車の構体—艤装の製造工程を、一貫生産ラインとして整備した。EF210形式機関車の量産受注により、より効率的な生産が求められたためである。

整備に当たっては、既存設備の移動だけでなく、台枠・構体の搬送方法や工程短縮など、より効率化する工夫を取り入れ、構体製作では天井クレーンレスを実現するために、台枠組立治具内、台枠溶接場所をトロックで搬送するラインの検討を重ねた。また、運転室の製造工程を分け、車体と並行して流れ作業を行い、塗装、断熱材、窓・外設、入線まで終了させ、最後に車体に取り付ける

などの工夫をし、組立ラインの工程短縮を実現した。

新塗装工場112棟の建設と自動塗装装置導入

初代型新幹線(0系)はシンボルカラーとして白と青をベースとしたカラーリングがなされていたが、1990年代以降、年々多彩な色合いの新幹線車両が誕生していた。一方、地球環境保護の観点から、塗装においては揮発性有機溶剤(VOC)を低減できる水性塗料の適用が求められるようになり、より高い塗装技術が必要となった。

そこで当社は、2007(平成19)年、国内の鉄道車両メーカーでは初めて、水性塗料を使って多彩な塗装を高品質かつ効率的に行うことができる多関節式ロボットの自動塗装装置の導入を決定。顧客や競合の情報収集をしつつ、塗装条件出しを行い、精度を高めていった。また、開発に当たっては塗装関係のメーカー(塗料、塗装機、塗装ブースなど)、および当社ロボットビジネスセンターと共同プロジェクトを立ち上げ、第一線の知識や技術を反映して自動塗装装置を完成。併せて新塗装工場112棟を建設した。

■ 台車

高操業や現地生産などのグローバル化、IT技術の進化に対応し設備を更新

台車製造においては、2000(平成12)年以降、



アルミ長尺形材加工ルーター



多関節式ロボットの自動塗装装置

ニューヨーク地下鉄R160形受注等による高操業対策や、グローバル化への対応、新しい設備の導入などを行った。

○ニューヨーク地下鉄R160形受注による高操業への対応

2004年のR160形の生産開始に際して過去最大の5台車/1日の生産対応が必要となった。また、輸送などの問題により神戸工場の第二台車工場を速やかに兵庫工場へ集約することが必要となり、「新しい考えの台車製造ラインを作れ」の号令のもと、2005年にプロジェクトがスタート。兵庫工場では溶接から機械加工までの台車枠一貫生産ラインの刷新や、ニューヨーク地下鉄向けラインの整備を実施。播磨工場内にも台車製造ラインを新設し、台車枠の生産体制を再編。2008年にはスケジューラーを導入し、ボトルネック工程を中心に生産負荷の山積み・山崩しを実施し、高操業、および生産リソース、場所の有効活用を図った。

○グローバル化に対応し、現地生産や教育を実施

2006年より中国においてCRH2型車両(200km/h)の台車および輪軸組立を、台湾においては2009年より地下鉄車両の台車の現地生産を行った。その際、生産準備や現地従業員の教育を実施し、技術移転先が起因する不具合の発生を防いだ。

2007年には中国四方工場より300km/h級車両用軸箱体としてアルミ合金製軸箱体を受注・生産したが、これに対応して機械加工設備、アルミ合

金の加工精度向上に必要な空調設備を増強。生産量を8個/1日から20個/1日へと増やし、ミクロン単位の寸法精度要求を実現した。

○五面加工機、ポータブル式三次元測定器など新しい設備の導入

2016年、1989年に導入し昼夜フル稼働で老朽化していた五面加工機を最新式に更新。これまで台車一台分しかなかったテーブル面積を二台分へと広げ、自動計測機能を加え、連続自動送り時間の向上と自動化を図った。また、台車枠などの寸法測定を目的として2003年から導入したポータブル式三次元測定器も第二世代へと更新。3Dデータとの連携により適用範囲の拡大を図った。

4 製造工場・関係会社

1. 製造工場

■ 兵庫工場の変遷

車両事業のマザーファクトリー、兵庫工場

当社の鉄道車両の生産拠点としては、2020(令和2)年現在、兵庫工場、播磨工場、ヨンカース工



兵庫工場台車枠一貫生産ライン



台湾での生産準備や現地従業員の教育



五面加工機



ポータブル式三次元測定器

場、リンカーン工場の4カ所がある。

兵庫工場は1906(明治39)年の開設以来、車両製造事業をけん引してきた伝統のある工場で、現在も国内車両および輸出車両の製造、台車枠の製造ならびにシステムの開発・設計を主業務としている。また、車両開発案件では試験車や第1編成などの製造を行っており、世界4工場の中心的な役割を担っている。

2007(平成19)年には工場内に、車両カンパニーのシンボルとなる中核施設として「車両本館」が竣工された。

■ 播磨工場の変遷

播磨工場での車両製造をスタート

2000(平成12)年以降、国内外から車両を受注し、高操業が継続したため、2006年のコンテナ貨車コキ106の生産を契機として兵庫工場の生産設備の移転を計画。当時、鉄構工作課であった播磨工場の南エリアに端部台枠、台車枠などの車両部品の一部の製造設備を移管し、播磨車両課として車両製造をスタートさせた。

以降、播磨車両課は、発足以来、現在まで貨車(コンテナ車・タンク車)1,000両以上、端部台枠約2,000両、台車約1,500両以上の完成部品を送り出した。



車両製造開始時の播磨工場

2. 関係会社

■ 関係会社の変遷

Kawasaki Rail Car, Inc.(KRC、ヨンカース工場)

1985(昭和60)年7月に前身であるKawasaki Rolling Stock(U.S.A.), Inc.を設立し(1989(平成元)年にKawasaki Rail Car, Inc.へ改称)、以降、北米向け各種鉄道車両で豊富な実績を持つ工場。北米向けの車両については、プロトタイプ車を兵庫工場で作製し、KRCで台車組立および後艀装を含む最終組立を行う体制を取っている。北米案件の営業、調達、プロジェクトマネジメントの拠点である。

Kawasaki Motors Manufacturing Corp., U.S.A.(KMM、リンカーン工場)

ニューヨーク州ヨンカースのKRCに次ぐアメリカで2番目となる鉄道車両工場。2001(平成13)年11月の開設と同時に、艀装工程の稼働を開始。2002年4月には、構体製作から車両完成までを手掛ける体制を整え、2011年には機能試験設備を新設し、顧客へ直接納入できるアメリカで唯一の工場となった。



KRC、ヨンカース工場

5 | 車両事業の 将来展望

1. グループビジョン2030における 車両事業のビジョン

「陸・空輸送システム」事業グループとして、車両事業と航空宇宙システム事業での製造工程の親和性を活かし、生産技術・品質管理を高度化。安定した品質とコスト競争力を基盤に、革新的なソリューションを社会に提供していく。2021(令和3)年10月、車両カンパニーは川崎車両株式会社として分社独立した。自律的事業経営を徹底し、社会のニーズに機動的かつ柔軟な取り組みで新たなマーケットを掘り起こすとともに、ビジネスモデルの拡充を図っていく。

さらに、グループビジョン2030が掲げる2つの注力フィールドの取り組みを強化する。

○安全安心リモート社会

2021年5月、北米で軌道検査の自動化・省力化システムとして、軌道遠隔監視サービスを開始。今までは線路を人が歩いて目視で点検していたが、装置を付けた機関車でデータを収集するソリューションの提供で省力化を実現した。今後はさらにデータプラットフォーム化を目指し、サービスプロバイダーへの変革を図っていく。

○エネルギー・環境ソリューション

内燃機関の車両を、どう代替させてカーボンフリーにするかが問題になっている。水素車両用の水素供給システムを提供する川崎車両の技術力・ノウハウを活かした、水素発電所から走行用電力を供給する方法や、その他エネルギー効率・コスト面で優れたソリューションを提供していく。

2. 車両事業の中期的な 取り組み

川崎車両の企業理念「私たちは、ものづくりと技術革新への挑戦を続け、安心の日常と感動の未来を約束します」実現のため、内外で以下の取り組みを進めていく。

国内の少子高齢化による人手不足という課題に対しては、鉄道車両や軌道の状態を自動的に監視する機器およびサービスの拡充、車両基地設備の自動化などを通じて、保守メンテナンスの効率化実現を図る。

都市交通の整備が課題となっている海外では、交通混雑や環境問題に対応するため、総合重工業グループとしての技術力と、これまでに培ったプロジェクト履行能力を活かした、質の高い鉄道システムを世界に向けて拡販していく。



新会社発足時のポスター



川崎車両の企業理念