特集論文

国産初 100 %超低床 LRV（Light Rail Vehicle）

First Domestic 100 % Low-Floor Tram

星 光 明[*1] Mitsuaki Hoshi
山 口 正 博[*2] Masahiro Yamaguchi
大久保吉喜[*1] Yoshiki Ookubo
新 井 德 泰[*3] Tokuhiro Arai
野 中 裕 樹[*4] Hiroki Nonaka
河 野 浩 幸[*5] Hiroyuki Kono

1. はじめに

2005 年 3 月 30 日から，日本初の独立車輪方式の 100％超低床車両が広島の街で運行を開始した. グリーンムーバー max と名づけられた車両は，構想からおよそ５年，様々な問題を克服して具現化したものである. 本稿ではその開発の経緯と車両の概要をまとめる.

2. 開発コンセプト

グリーンムーバー max は当社・近畿車輛(株)・東洋電機製造(株)の３社が共同して開発を担当し，運用面のアドバイザとして広島電鉄(株)も加えた４社で開発を進め，日本の国土，社会にふさわしい LRV（Light Rail Vehicle）を日本の技術で開発・製造することを目指した.

そのコンセプトとして，

① Ultimate（究極の）

② User friendly（人にやさしい）

③ Urban（都市の）

の３点を挙げた. このコンセプトにちなんで，このプロジェクトを U3 プロジェクトと名づけ，台車・ブレーキ・内／外艤装を当社が，デザイン・車体・連接部・運転室を近畿車輛(株)が，そして電機品・制御・駆動装置を東洋電機製造(株)が担当して開発した.

3. 開発の背景

快適な都市内交通，それも環境にも市民にも優しく，街のシンボルとなるものとして新世代の都市交通システム LRT（Light Rail Transit）が注目を集めており，とりわけ，それまでの路面電車の概念を大きく超える，高性能でスタイリッシュ，そしてバリアフリー化された超低床車は，既に欧米の各都市で導入され，その有効性が高く評価されている.

しかし，100 %超低床 LRV は，独立車輪台車などの技術開発面で欧州メーカが先行しており，日本に導入されたものは海外メーカ製や，海外技術を導入し一部を製作した車両に限られていた.

そのため，運用性やメンテナンス性などから一刻も早く日本の実情に合わせた国産車両開発が期待されていた. 今回，初めて国産技術で開発した 100 %超低床 LRV は，車両長 30 m，５車体（３台車）連接の構成. 台車は，国交省の支援を得て設立された“超低床エルアールブイ台車技術研究組合”の研究成果をベースに，当社が標準軌道（軌間:1 435 mm）用に，開発から設計，製作，検証までを行い，バリアフリー化，低騒音・低振動，低速から高速までの幅広い走行性能などを実現した.

4. 独立車輪方式台車の技術開発

100 %超低床 LRV 開発のカギを握ったのは独立車輪方式の台車. 通常，左右の車輪の間は車軸でつながっており，床面の高さは車軸の高さによって決められてしまう. そのため，台車には車軸のない独立車輪方式を採用，モータ付き電動台車（図１）は，車輪の外側に電動機や駆動装置を配した. この台車方式より，出入口部の床面高さは，停留所からステップなしで直接乗り込める 330 mm（通路部 360 mm）を実現した.

また，台車部分は客室内に突出するが，その上面を座席として違和感のない室内としている.

さらに，台車構造をコンパクト化し，台車直上の客室通路幅は 880 mm と海外メーカ製 LRV と比べて 50 mm 拡大している. また，モータが設置されない従台車（図２）では，台車構造を専用設計とすることによって，客室通路幅を 1 120 mm と大幅に拡大することができた. これにより乗客の乗降時移動がスムーズになるとともに，見通しの良い開放感のある室内空間とすることも可能となった.

合わせて，台車上部の座席数も海外メーカ製 LRV に比べおよそ 20 %座席定員を増やすことができた.

台車には，弾性車輪を採用し，振動，騒音の軽減を図ったものとし，ブレーキは電気ブレーキ，油圧ブレーキ，レールブレーキの３タイプを装備し，モードの切替え時でもショックが少なく，どんな条件でも安全に

*1 プラント・交通システム事業センター交通システム・機械技術部車両・機械設計課
*2 プラント・交通システム事業センター同部車両・機械設計課長 工博
*3 プラント・交通システム事業センター同部空制装置設計課
*4 プラント・交通システム事業センター同部システム制御設計課
*5 技術本部広島研究所機械・交通システム研究室

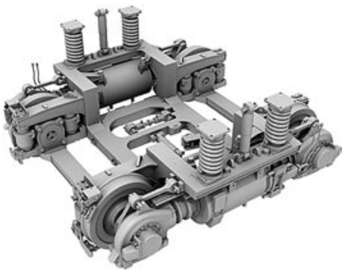

図1　モータ付き電動台車鳥瞰図

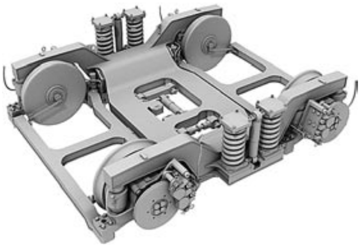

図2　従台車鳥瞰図

停止できるものとした.

5. 車　両　諸　元

グリーンムーバー max の車両諸元を表1に示す.

車両本体には，列車情報システムを搭載し，そのモニタを運転台に置くことによって運転台コンソールの小型化，スイッチ類の集約化，またモニタを使っての設定，メンテナンス・故障表示など運転・保守支援を図り，運転と接客をこなさなければならない運転士のワークロードを下げることを狙った.

車両制御には省エネルギー性の高い VVVF インバータ装置を用い，電動機個別制御方式を採用し，駆動台車の外側に配置された 100 kW のモータ（4台／1編成）による左右の車輪の回転数差，車輪径差によるトルクアンバランスを吸収して，快適な走行性能を発揮させるようにしている.

車体には，路面を走る車両としての安全性，剛性，メンテナンス性などを考慮し鋼製を選択し，徹底した軽量化によって強くて軽い車体を完成させた．中間車をフローティング構造とした5車体3台車構成で，各車体を結ぶ連接部は，高い信頼性をねらいながら，軽量でコンパクト，メンテナンス低減を追及したものである.

6. 車両デザイン

車両のデザインについては，新しい国産の低床車両として，新鮮さと同時にお客様に親しみを感じていただけるデザインとするため，先頭形状を中心に，柔らかさ，丸みをテーマとしたデザインとした.

インテリアデザインは癒しの空間をコンセプトにデザインをまとめたものであり，車体内外には，広島のシンボルであるもみじのモチーフを配置し，これによって路面電車に求められる地域性を強調することとした.

7. 徹底した技術検証

本車両の検証には，当社プラント・交通システムセンター和田沖工場内に 900 m の LRV 専用となる走行試験線を建設し，徹底した技術検証を行うことにより，完成度の高い車両開発を実現した.

試験線では，加減速性能や，走行安全性を検証するための車体挙動，台車や車体の各部の強度測定をするとともに，乗り心地や室内外騒音，空調能力などを計測し快適性の検証も行った.

これらの検証により海外メーカ製 LRV に対して，十分な競争力を持つ国産初の 100 ％超低床 LRV が開発できた.

表1　車両諸元表

編　成	5 車体 3 台車連接超低床車
定　員　（人）	149（座席 56）
重　量　（t）	33.9
寸　法　（mm）	長 30 000 × 幅 2 450 × 高 3 450
床面高さ・低床率　（mm）	360（出入口部 330）・ 低床化率 100 %
電気方式　（V）	DC 600
軌　間　（mm）	1 435
最高運転速度　（km/h）	60
加速度　（km/h/s）	3.5
常用減速度　（km/h/s） 非常減速度　（km/h/s）	4.8 6.0
主制御装置	2 レベル IGBT-VVVF インバータ 回生発電ブレンディングブレーキ方式
ブレーキ装置	機械（油圧）式ブレーキシステム 回生・発電ブレーキ 保安ブレーキ（トラックブレーキ）， デッドマン装置
主電動機	三相かご形誘導電動機　100 kW × 4 台
台　車	軸なし左右独立回転車輪台車

8. お　わ　り　に

以上，グリーンムーバー max の概要について紹介した.

100 % 超低床 LRV の開発は，既存の車両とは違う要素が多く，技術検証は多岐に亘ったが，更に技術熟成を行い，国産の低床車両が各地で導入されることを期待してやまない.

おわりに，国産初の 100 % 超低床 LRV の開発に，多大なご指導を賜った広島電鉄(株)はじめ，台車技術研究組合，近畿車輛(株)，東洋電機製造(株)各位に厚くお礼申し上げる.

星光明

山口正博

大久保吉喜

新井徳泰

野中裕樹

河野浩幸