

直流電気鉄道用パッケージ形変電設備

Package Type Substation for DC Electrified Railway

大竹 史郎 塩田 広 神田 浩司

■ OHTAKE Shirou ■ SHIOTA Hiromu ■ KANDA Koji

ゴムタイヤ式LRT (Light Rail Transit)トランスロールを日本へ導入するために、大阪府堺市の敷地に走行可能な試験線が建設され、新形車両の安全性評価・検証が進められている。

東芝はこの試験線向けに直流き電に必要な機能をパッケージ化した変電設備を製作した。この設備は試験線向けの仕様で製作したが、今回、中小容量の電気鉄道（以下、電鉄と略記）用変電設備として拡張できるように標準仕様を整理し、トランスロール新線用の変電所だけでなく、路面電車をはじめとする中小容量の電鉄にも適用できる商品体系を構築した。パッケージ化しているので工事が簡素化でき、狭いスペースでも短期間で設置と現地調整が完了できる、付加価値の高い変電設備である。

Toward practical use in Japan, the safety of the Translohr rubber-tire light rail transit (LRT) vehicle is currently under evaluation and verification on a test line constructed in Sakai City, Osaka Prefecture.

For this test line, Toshiba has developed a new type of package type substation that has every function required for feeding DC power to an electrified railway. After completion of the substation for this test line, the specifications for package type substations were reviewed and standardized so as to allow small- and medium-sized railway substations to be easily constructed.

We have prepared a lineup of package type substations that are applicable not only to the Translohr system but also to other small- and medium-sized railway systems in general including streetcar systems. These are high-value-added substations because their packaged structure enables them to be easily set up, including adjustment work, in a short time and in a small area.

1 まえがき

フランスやドイツ、イタリアなどヨーロッパ地域では、道路交通事情の悪化や排気ガスの環境に対する悪影響への配慮から、LRT (light rail transit) が普及している。日本におけ

る路面電車はこれまで減少の一途をたどってきているが、最近では環境への関心が高まっているなかで、クリーンかつバリアフリーで建設コストも安価なLRTが見直されつつある。このような背景のなか、ゴムタイヤ式の新しい超低床式車両“トランスロール”（図1）の導入に向けた試験線が建設され、



図1. トランスロール — ロールインダストリー社で試験走行中の、ゴムタイヤ式・低床式車両である。

Translohr rubber-tire LRT vehicle

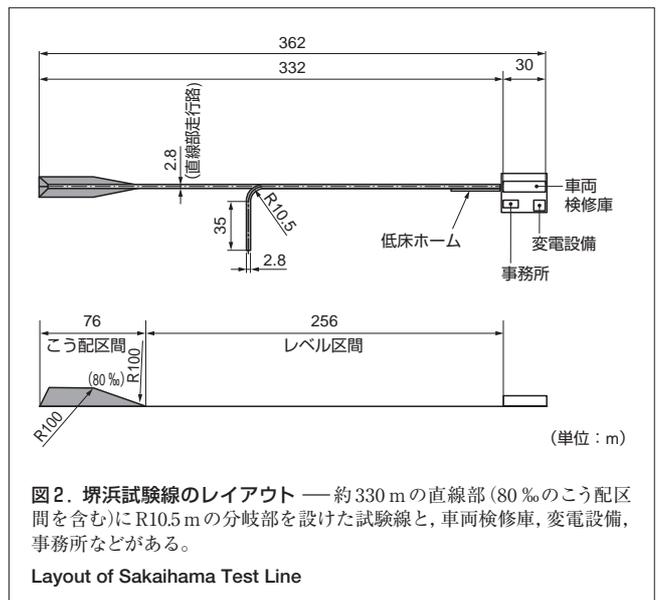


図2. 堺浜試験線のレイアウト — 約330mの直線部(80%のこう配区間を含む)にR10.5mの分岐部を設けた試験線と、車両検修庫、変電設備、事務所などがある。

Layout of Sakai Test Line

公共交通システムとしての安全性評価や、技術指針の策定、試験デモンストレーションが行われることとなった。

大阪府堺市に建設した堺浜試験線のレイアウトを図2に示す。約330mの直線部にR10.5mの分岐部1か所を設けた試験線と、ほかの設備として車両検修庫や事務所などがある。試験線では、2005年度に評価試験が行われ、その後2007年度までの2年間に試乗などのデモンストレーションが予定されている。

東芝は、車両(DC(直流)750V)と検修庫内の付帯設備への電力供給を行う機能をパッケージ化した直流変電設備を供出した。2005年3月に現地搬入を終え、4月から受電、6月から試験走行に入っている。

ここでは、開発した変電設備の概要と、路面電車をはじめとする中小容量の電鉄用変電設備としてシリーズ化した内容について述べる。

2 堺浜試験線の変電設備の概要と特長

最寄りの関西電力変電所から7.2kVの1回線を受電し、750kW整流設備でDC750Vに変換し、き電している。また、変電機と検修庫電源用に75kVA変圧器を備えている。

従来の電鉄用直流変電設備では、受電スイッチギヤ、整流器用変圧器、整流器、直流スイッチギヤ、配電盤、及び直流電源装置の盤が機能別に分散しており、しかも保守点検スペースが個々に必要なため、変電設備全体では多くのスペースが必要である。また、現地据付後、機器間の主回路ケーブル接続、制御ケーブル接続、及びこれらに伴う現地調整試験が必要となり、据付後から運用開始まである程度の期間が必要になる。

堺浜試験線用に開発した変電設備は、中小容量の電鉄用直流変電設備に必要な機能をすべてパッケージ化した。

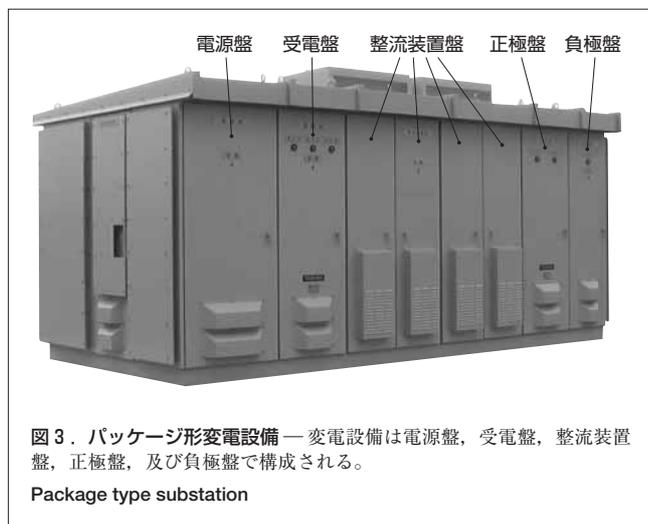


図3. パッケージ形変電設備 — 変電設備は電源盤、受電盤、整流装置盤、正極盤、及び負極盤で構成される。

Package type substation

表1. 定格と機器仕様

Ratings and specifications of substation for Sakaihama Test Line

(a) 受電部	
項目	仕様
定格電圧	7.2 kV
定格電流	600 A
定格遮断電流	12.5 kA
定格短時間電流	12.5 kA (1 s)
定格周波数	50/60 Hz
遮断器種類	真空遮断器
スイッチギア絶縁方式	気中絶縁式

(b) 整流装置部		
項目	仕様	
整流器用変圧器		
結線, 容量	1群	△-△ 280 kVA
	2群	Y-△ 280 kVA
一次電圧	F6.9/R6.6/F6.3/F6.0 kV	
二次電圧	585 V	
定格種別	D種	
冷却方式	KNAN (液体シリコン採用)	
整流器		
定格電圧, 種別	DC750 V, D種	
容量	500 kW	
冷却方式	乾式自冷	

(c) き電部	
項目	仕様
定格電圧	DC750 V
定格電流	1,667 A (連続), 2,500 A (2 h)
定格遮断容量	50 kA
定格短時間電流	50 kA (1 s)
遮断器種類	高速度気中遮断器
スイッチギア絶縁方式	気中絶縁式

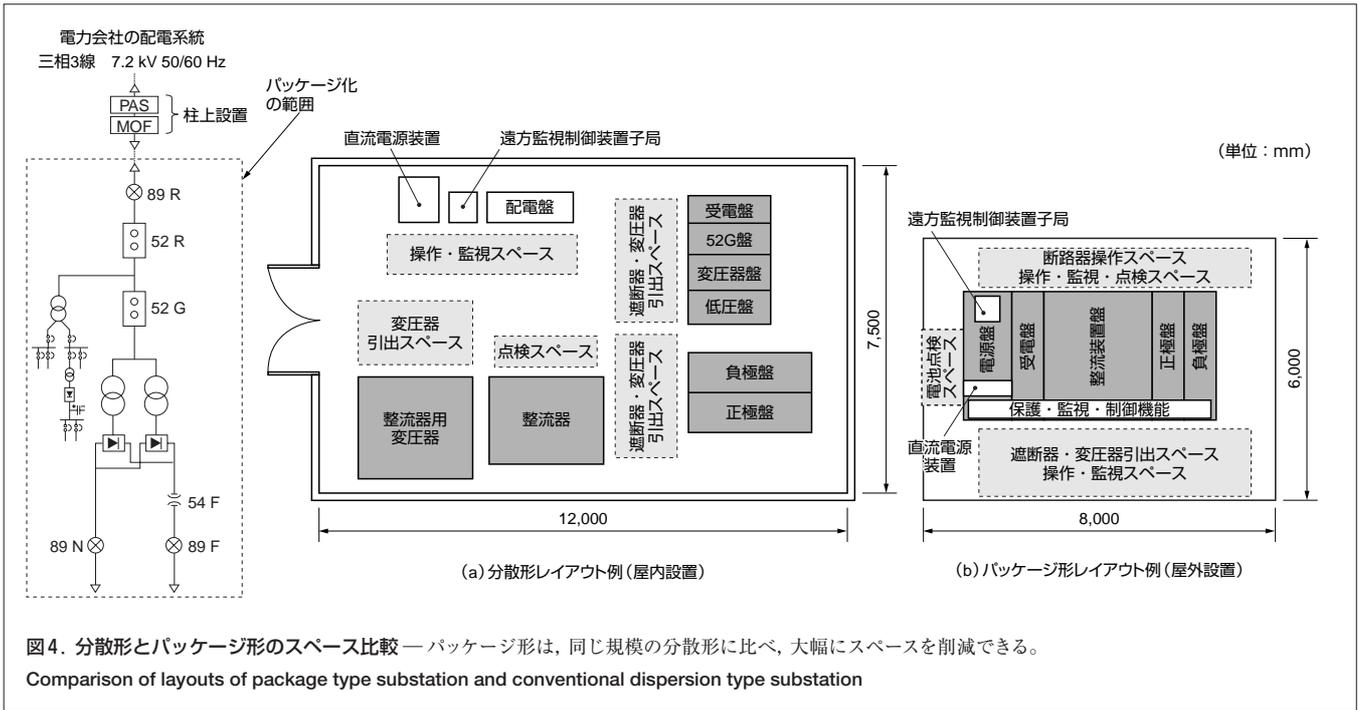
(d) 電源部	
項目	仕様
所内変圧器	
結線, 容量	Y-内接△ 75 kVA
二次電圧	210 V-105 V
冷却方式	油入自冷式
直流電源装置	
蓄電池容量	50 Ah
定格電流	20 A
電池種別	シール鉛式

その外観を図3に、定格と機器仕様を表1に示す。

主な特長は3点あり、以下に述べる。

2.1 パッケージ化

受電用PAS (Pole Air Switch) 及びMOF (Metering Out-Fit)は柱上設置を前提としているが、受電設備、整流器設備、き電設備、所内電源設備(低圧の交流・直流)、保護・監視・制御・計測装置、及び故障通報装置などの装置や機器はすべてパッケージ化した。



2.2 省スペース化

従来の分散形との据付面積の比較を図4に示す。分散形の場合、各機器の保守点検スペースが個別に必要であるが、パッケージ形の場合、保守点検スペースを共有できるので大幅なスペース削減が可能になった。

2.3 据付工事の簡素化

据付けから復元までの作業が簡素化できる。基礎ベースが完成した状態で、天候が良ければ、荷降ろしから順に、オンベース、列盤(母線及び制御ケーブル接続)、主機器(遮断器、変圧器)の収納までを短時間で完了することができる。また、

盤間の母線や制御ケーブルはすべて盤内処理しており、ピットが不要になる。

盤は屋外仕様としており、据付工事の簡素化や建屋レスに貢献できる。据付けのようすを図5に示す。

3 パッケージ化技術

3.1 整流器用変圧器と整流器の一体化

整流器設備は盤面数縮小のため、整流器用変圧器と整流器を一体化して1面の盤構成とした(図6)。前面に Δ - Δ 、Y- Δ 結線の整流器用変圧器を各1台並列接続し、背面に



整流器を配置している。整流器用変圧器は、屋外設置のため、冷媒として液体シリコンを採用し、媒体温度を高くすることで小型化することができた。整流器はヒートシンクによる自冷式としている。

整流器用変圧器と整流器は1面の盤の中を独立に仕切ったスペースに収納し、扉面と屋根に適切な換気口を設けて完全自冷式とした。

3.2 直流電源装置のユニット化

50 Ah (停電保持時間30分)の容量を持つ直流電源装置を屋外盤の中に収納できるよう整流器、電池、及び監視・制御装置を合理的に配置し、点検時に引き出せるように台車付き盤とした。直流電源装置の外観を図7に示す。



図7. 直流電源装置 — パッケージ形専用開発した直流電源装置である。台車付きで、点検時は電源盤から引き出すことができる。
DC power supply

3.3 電源盤

75kVA 所内用変圧器、直流電源装置、及び低圧配電盤を1面の盤に集約した。この盤に、共通故障表示や遠方・直接切替スイッチなど共通回路的な要素も収納している。

また、堺浜試験線設備にはないが、遠方監視・制御装置の子局はこの盤に収納する計画でいる。

3.4 保護監視制御

この変電設備は保護・監視・制御機能をすべて搭載し、配電盤レスの構成としている。各盤の内部パネルに保護継電器や制御スイッチ、メータ、故障表示器などを分散して配置している。

各盤の扉面には、各開閉器の状態表示ランプと故障表示器を取り付け、系統の状態がわかるように配慮した。

盤間の制御ケーブルを削減するため、遮断器と断路器の制御スイッチ、状態表示ランプ、故障表示器、メータは分散して配置している。

4 シリーズ化

“パッケージ (Package)”ということばには、“包む”、“ひとまとめにする”という意味がある。電鉄用直流変電設備として必要な機能がすべて詰め込まれているという意味合いでこのネーミングとしている。

パッケージ形変電設備はトランスロール新線用に開発・製作したが、路面電車用や電圧降下救済用などにも中小容量の変電設備として適用が可能である。変電設備の規模を決める三つの要素と、パッケージ形変電設備におけるそれぞれの標準仕様を以下に示す。

- (1) 受電電圧 契約電力が2,000 kW以下の場合、受電電圧は7.2 kVとなる。中小規模のユーザーの場合このクラスの設備が多いため、受電電圧は7.2 kVを標準とする。
- (2) 整流器容量 DC600 Vで電しているユーザーを調査すると1,000 kW以下が大半であるため、DC600 V-1,000 kWを上限とする。
- (3) き電回線数 中小容量の場合、方面別に上下一括き電のケースが多いため、き電回線数は2フィーダを標準とする。また、変電設備停止時には隣接変電設備から延長して給電ができるように、き電回線間にはタイ断路器を装備する。

これらの三つの要素を整理して図8に示す。パッケージ形は中小容量向けに限定し、特高受電や大容量整流設備、き電回線数の多い変電設備向けには従来の分散形を適用する。パッケージ形としては7.2 kV受電-1,000 kW (DC600 Vき電)-2フィーダが標準となるが、ユーザー固有の系統もあるため、この基本システムをベースとして様々な系統に対応できるように標準化を実施している。

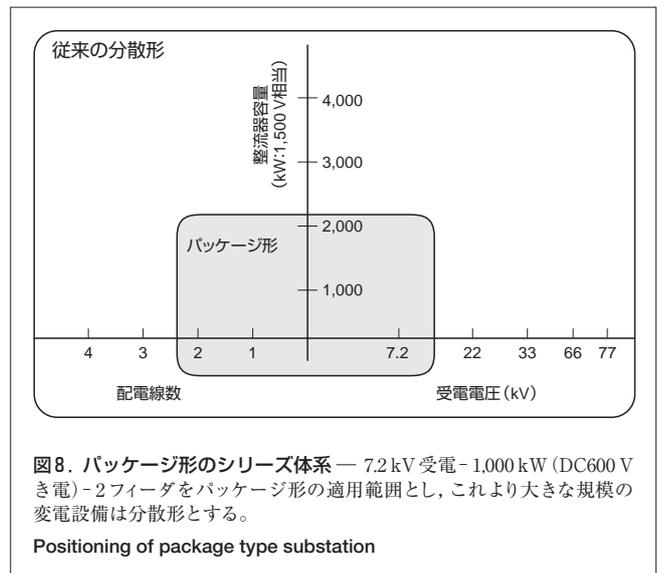


図8. パッケージ形のシリーズ体系 — 7.2 kV受電-1,000 kW (DC600 Vき電)-2フィーダをパッケージ形の適用範囲とし、これより大きな規模の変電設備は分散形とする。

Positioning of package type substation

5 信頼性検証

信頼性検証用データとして、車両実負荷時の盤内温度変化や、真夏の日照による盤内温度上昇、年間を通しての温度・湿度変化などを、盤内の要所に設置した温湿度データロガーで記録をとっている。盤内に収納しているデジタル保護継電器や電池の寿命に影響を与えないよう、温湿度センサによりファンを自動運転しているが、盤内温度が許容以下になっているかなど、屋外盤における信頼性検証を続けている。

6 整流器の容量の拡大

堺浜試験線の整流器容量は750 V - 500 kWであるが、前述したように、シリーズ拡大のためには、DC600 V - 1,000 kW - D種(過負荷定格100%(連続)-150%(2h)-300%(1min))クラスの容量が必要である。5章で述べたように温度データを採取して日射による屋外盤内の最高温度を把握し、このデータに基づいて自冷式整流設備の最適な吸気口及び排気口について確認検証をする予定である。

7 あとがき

コンパクトで据付工事が簡単な屋外直流変電設備を開発できた。今回は、受電電圧7.2 kV、整流器容量500 kW、き電電圧750 Vの上下一括き電方式(1フィーダ)の変電設備を開発したが、方面別上下一括き電方式(2フィーダ)や整流器容量アップを含めてシリーズ化を進め、幅広いユーザーが使用できる変電設備にしていく。

文献

- (1) 中沢新一郎, ほか. ゴムタイヤ式LRTトランスロール堺試験線への取り組み. サイバネティクス, **10**, 2, 2005, p.13-16.
- (2) 金子博之. トランスロール堺試験線向け変電設備(パッケージ形変電所). 第42回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集. 日本鉄道サイバネティクス協議会. 東京, 2005-12, 論文番号602. (CD-ROM).



大竹 史郎 OHTAKE Shirou

産業システム社 交通システム事業部 交通電力システム技術
部参事。民鉄・公営の電力システムのエンジニアリング業務
に従事。

Transportation Systems Div.



塩田 広 SHIOTA Hiromu

東芝産業機器製造(株) 静止器開発・設計主査。
主に変圧器の開発・設計業務に従事。電気学会会員。
Toshiba Industrial Products Manufacturing Corp.



神田 浩司 KANDA Kouji

産業システム社 府中事業所 スイッチギヤ部主務。
気中スイッチギヤの構造設計業務に従事。
Fuchu Complex