

## 様々な列車編成に対応可能な 台湾向け客貨両用 E500 型電気機関車

E500 Electric Locomotive for Taiwan Railway Corporation Passenger and Freight Trains of Supporting Various Formations

多胡 紀一郎 TAGO Kiichiro 山田 真広 YAMADA Masahiro 高尾 剛広 TAKAO Yoshihiro

国営台湾鐵路股份有限公司 (TRC, 旧交通部台湾鐵路管理局) では、E200・E300・E400・E1000 型電気機関車 (以下、既存機関車 4 種と略記) を牽引 (けんいん) 機関車として、旅客列車及び貨物列車が運用されている。

東芝インフラシステムズ(株) は、TRC の既存機関車 4 種を代替する E500 型電気機関車を 68 両受注・開発し、提供を開始した。E500 型は、既存機関車 4 種の機能を 1 機種に全て包含して運用性・保守性を向上させたことが、最大の特長である。また、高出力で、主要な機器に冗長性を持たせて高信頼性を確保し、モジュールデザイン採用で保守性を更に高めた。旅客運用の運転支援に速度制御やホールディングブレーキを備え、同国の電気機関車で初<sup>(注1)</sup>の回生ブレーキを導入して環境負荷を低減できる。

The Taiwan Railway Corporation (TRC) operates passenger and freight trains using its lineup of traction systems including E200, E300, E400, and E1000 electric locomotives.

To replace these aging electric locomotives, we received an order to deliver 68 units of E500 electric locomotives in 2019, delivering the first unit in August 2023. E500 incorporates the following features: (1) substantial improvements in operability and maintainability by encompassing all functions of existing electric locomotives, (2) application of a high-power auxiliary power supply system with superior reliability by adding redundancy to the main equipment, and (3) further enhancement of maintainability by employing a modular design. In addition, E500 is equipped with speed setting and brake holding functions to support passenger train operation and a regenerative brake to reduce the impact on the environment.

### 1. まえがき

TRC では、1970～80 年代に製造された E200・E300・E400 型電気機関車を牽引機関車として、旅客列車及び貨物列車が運用されている。また、1990 年代から製造された E1000 型電気機関車は、主に特急旅客“自強号”の動力車として運用されている。E200・E300・E400 型は製造から 40 年以上、E1000 型は 20 年以上が経過し、老朽化が進んでいる。

東芝インフラシステムズ(株) は、TRC が運用する 4 種類の電気機関車を代替するために、E500 型電気機関車 (図 1) を開発した。特急旅客・急行旅客・観光旅客・貨物と様々な運用形態や用途をカバーできる。

ここでは、E500 型の特長とその効果として、車両諸元の比較と、既存機関車 4 種の代替については、様々な列車編成に対応した機能と車両性能の向上を、新たな機能については、モジュールデザインや、運転支援など運転機能、火災検知・自動消火の防火システムなどを、述べる。

### 2. 車両諸元

表 1 に、E500 型の車両諸元を、既存機関車 4 種と比較



図 1. E500 型電気機関車

E200・E300・E400・E1000 型の 4 種の代替が可能な電気機関車として開発された。

E500

して示す。E500 型は、既存機関車 4 種の特徴を併せ持つ。ほかに、速度指令運転・ホールディングブレーキなどの旅客運用において利便性の高い機能を備える。E1000 型の発電ブレーキや E500 型の回生ブレーキは、電気ブレーキである。回生ブレーキは、省エネ効果で環境負荷も低減できる。

(注 1) 2024 年 7 月時点、当社調べ。

表1. E500型と既存機関車4種との車両諸元の比較

Comparison of specifications of existing electric locomotives and E500

項目	E500型	E200・E300・E400型	E1000型
形態	機関車（非固定編成）		機関車（固定編成）
用途	旅客・貨物	旅客・貨物	旅客
車体長	20,770 mm	17,049 mm	16,500 mm
質量	96 t		60 t
台車	Co-Co*		Bo-Bo*
架線	交流25 kV, 60 Hz		
運転台	両運転台	両運転台	片運転台
最高速度	130 km/h	110 km/h	130 km/h
最大出力	3,888 kW（単機） 7,776 kW（プッシュプル）	2,800 kW（単機）	2,200 kW（単機） 4,400 kW（プッシュプル）
起動牽引力	280 kN（単機） 560 kN（プッシュプル）	267 kN	164 kN（単機） 328 kN（プッシュプル）
主回路素子	IGBT	サイリスター	GTO
主電動機	誘導電動機	直流電動機	誘導電動機
制動方式	自動空気ブレーキ 電磁空気ブレーキ 回生ブレーキ	自動空気ブレーキ	自動空気ブレーキ 電磁空気ブレーキ 発電ブレーキ
機能	牽引力指令, 速度指令, 電制指令, 重連統括制御, ホールディングブレーキ, 電空協調ブレーキ, 全ユ/階ユ切り替え, ドアイインターロック, 火災検知, 自動消火	牽引力指令, 全ユ/階ユ切り替え	牽引力指令, 重連統括制御, ドアイインターロック
客車電源	交流440 V/3相 450 kVA	交流440 V/3相	交流1500 V/単相 450 kVA
制御 ジャンパー	96芯/32芯	32芯	74芯

\*機関車の動軸（主電動機が付いている車軸）の配置を表す。同一台車内の動軸の数が、Aは1軸、Bは2軸、Cは3軸である。動軸を独立に駆動する場合は小文字“o”を付け、Co-Coは、3軸の台車を2台持つことを表す  
IGBT：絶縁ゲート型バイポーラートランジスター GTO：ゲートターンオフサイリスター  
全ユ/階ユ：全緩め/階段緩め。階ユは、ブレーキハンドルを緩め側に倒すとブレーキ力を徐々に緩めるモード。全ユは、階ユに対応しない貨車向けのモード

### 3. 既存機関車の代替を可能にする機能・技術

#### 3.1 様々な用途の列車編成に対応した機能

既存機関車4種の中で、E1000型は特急自強号客車の固定編成をプッシュプル（先頭と最後尾を動力とする）牽引し、E200・E300・E400型は急行“莒光号”客車又は貨車を単機牽引する両運転台の構成（非固定編成）である。E500型は、これらの構成の全てに対応するために、プッシュプル（又は、客車を挟まず機関車を連結する重連）と、両運転台（非固定編成）のいずれの構成も取れる必要があり、かつ自強号客車・莒光号客車・貨車のいずれとも連結可能にする必要がある。

図2の編成で、(a)は自強号客車をプッシュプル牽引する場合、(b)は莒光号客車を単機牽引する場合、(c)は貨車を単機牽引する場合である。E500型は、これらの様々な用途でも、編成として機能が成立するためのインターフェースを持たせた。

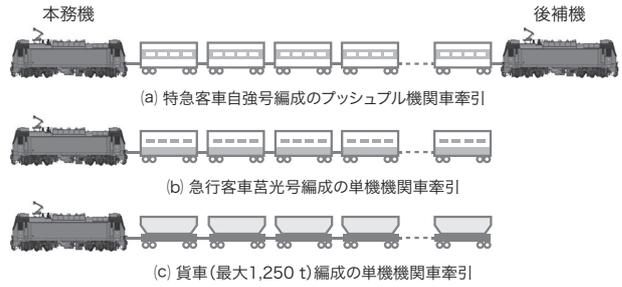


図2. E500型の1機種で対応できる様々な用途の列車編成

E500型は既存の客車・貨車と連結可能であり、様々な編成に対応できる。

Various train formations enabled by E500

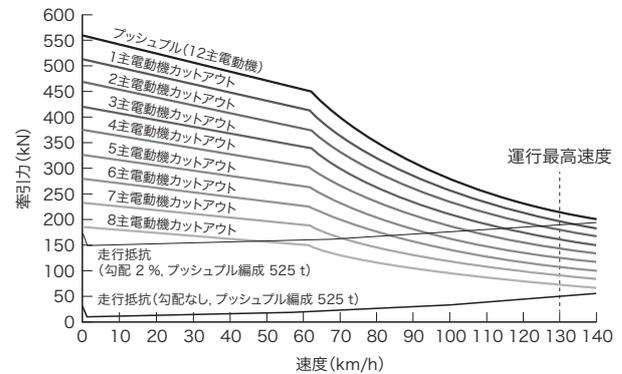


図3. 車両性能

貨車列車から特急旅客列車まで、幅広い用途を想定した車両性能である。

Performance of E500 to meet diversified needs

#### 3.2 様々な運用形態に対応した車両性能

図2(a)の自強号客車をプッシュプル牽引する場合、図3のように、勾配2%、客車525tであっても、最高速度130 km/hにおいて、走行抵抗に対して十分な牽引力を持っている。これはE1000型のプッシュプル編成と比較して、最大出力を7,776 kWと、E1000型の4,400 kWの約1.8倍に性能を向上させた（表1）からである。これにより特急の高速運用や、高加速度化による自由度の高いダイヤ編成が可能になる。

また、走行用電動機である主電動機は、個別にコンバーター・インバーター・制御装置を持つ各軸制御方式を取っている。装置に故障が起きた場合でも、主電動機1系統分ずつのカットアウト（動力系統から外すこと）で走行継続が可能な冗長性の高いシステムであり、故障による性能への影響や、ダイヤへの影響を最小限に抑えられる。

既存の車体サイズを大きく変えることなく、このように大きく性能を向上できた。主回路素子のIGBT（絶縁ゲート型バイポーラートランジスター）化による効率向上や、主回路

素子冷却方式の水冷化による装置(コンバーター、インバーター)小型化などの成果である。

## 4. 新たな機能・技術

### 4.1 モジュールデザイン

E500型では、図4に示すように搭載する機器と車体構造をモジュールに分けている。従来は、複数人が機関車の中に入って組み立てていたのが作業しにくいことがあったが、モジュールごとに並行して製造・組み立てができるので、製造リードタイムの短縮が可能になった。また、モジュール単位での組み立てや保守が可能のため、品質と保守性が向上した。更に、モジュールをラインアップすることでセミオーダーメイドが可能になり、多様なニーズに応えられる。

### 4.2 運転機能

#### 4.2.1 速度指令運転

E500型は、設定速度に合わせて速度を制御する速度指令運転を採用している。速度の設定は、マスコン(マスターコントローラー)ハンドルを速度表記の目盛りに移動させるだけで、その速度を維持して走行できる。設定速度より機関車の速度が低い場合は力行(加速)になり、高い場合はブレーキが掛かる。ここでのブレーキは回生ブレーキが優先され、機関車が出せる最大の回生ブレーキ力を使用する。高速域で回生ブレーキ力が不足する場合には、空気ブレーキで補足する。

#### 4.2.2 回生ブレーキと空気ブレーキの電空協調制御

ブレーキハンドルによるブレーキ動作時に、本務機(先頭機関車)の空気ブレーキと回生ブレーキは協調して動作す

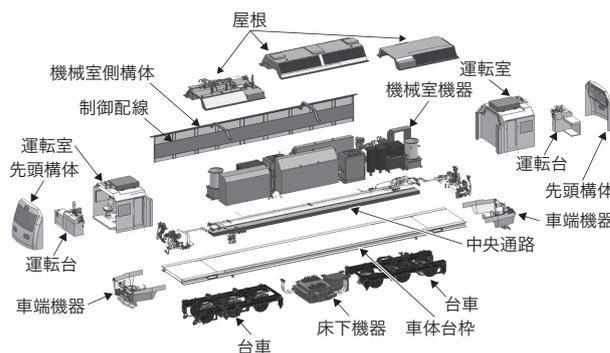


図4. モジュールデザイン

E500型は、搭載機器と車体構造で、モジュールに分けた構成を採用している。

Modular design of E500

る。ブレーキハンドルを操作すると、回生ブレーキが優先して動作し、不足分を空気ブレーキで補う動作になる。これにより得られる回生電力は、架線に戻ることで他の車両の電力として使用可能である。また、空気ブレーキの使用を最低限にすることでブレーキシューの摩耗を低減でき、メンテナンスコスト低減に効果的である。

#### 4.2.3 ホールディングブレーキ

ホールディングブレーキは、ブレーキハンドルでブレーキを掛けることなく、停車時に自動でブレーキを動作させ、力行時に自動でブレーキを解除する機能である。従来の機関車の操作では、上り坂での起動に、後退を防ぐための力行を入れながらブレーキを徐々に解除する操作が必要であり、運転士の技量が必要な操作であった。ホールディングブ

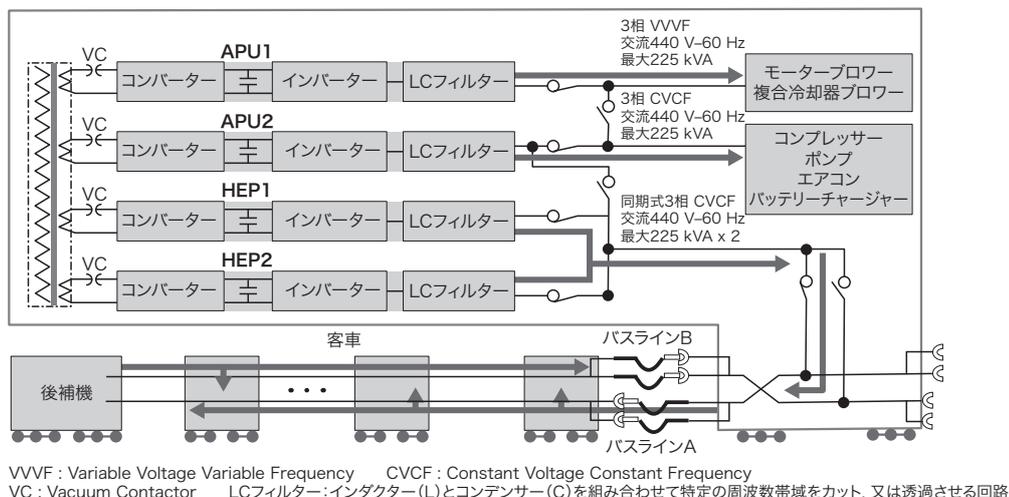


図5. 補助電源バックアップシステム

冗長性の高い構成とし、信頼性を高めた。

Highly redundant auxiliary power supply system

レーキにより、複雑な操作を必要とすることなく上り勾配での起動が可能になるほか、停車時に運転士がブレーキを操作する手間も軽減される。

### 4.3 補助電源バックアップシステム

図5に、補助電源バックアップシステムのブロック図を示す。機関車の補助機器向け電源であるAPU (Auxiliary Power Unit) 2台と、客車向け電源であるHEP (Head End Power) 2台、計4台の補助電源で構成する。

E500型は、客車向け電源として1両につき電源容量450 kVAが必要とされ、かつ電源が1台故障した場合も電源容量450 kVAを保持して客車の電源負荷(空調・電灯など)に支障を来さないようにする必要があった。しかし、電源容量450 kVAの客車向け電源を2台搭載することは、機関車サイズの観点から困難であった。

これを解決するため、電源容量225 kVAの電源を4台搭載する構成にした。機関車の補助機器に必要な電源容量は225 kVAであるので、客車向け電源が1台故障した場合でも、機関車の補助機器向け電源1台を客車向けに振り替えて使用できる。これらの電源は補完的に動作し、どれか一つの電源が故障した場合も、出力側接触器の切り替えにより、機関車と客車に必要な補助電源容量を維持することが可能である。このように機関車サイズの制約の中で、大容量かつ冗長性の高い補助電源バックアップシステムを実現した。

### 4.4 防火システム

#### 4.4.1 火災検知システム

E500型は、国際防火規格であるEN45545に準拠するため、火災検知システムを搭載した。図6に火災検知で使用するLHD (Linear Heat Detector) の配置を示す。機械室で火災が発生した場合、LHDの絶縁体が溶けて配線が短絡し、火災を検知する。火災ブザーが動作し、運転士も火災を知る。

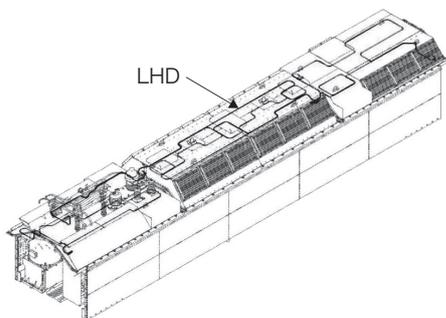


図6. 火災検知システム

LHDにより火災を検知する。

Fire detection system using linear heat detector (LHD)

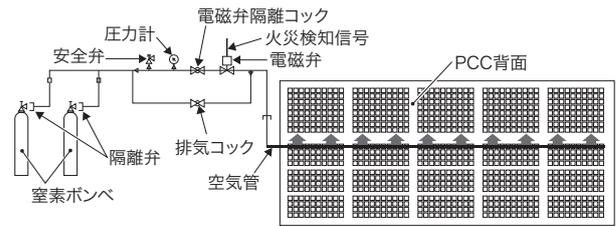


図7. 自動消火システム

LHDからの火災検知信号を受けると、自動で窒素ガスにより消火する。

Configuration of fire-fighting system using nitrogen gas

#### 4.4.2 自動消火システム

E500型は、高出力機器であるPCC (Power Conversion Cubicle) に対し、機械室内に自動消火システムを搭載した。図7に、自動消火システムの構成を示す。PCC近傍に窒素ボンベや電磁弁を設置し、LHDからの火災検知信号を受けた場合、窒素を自動的に噴出する。PCC内に窒素を充満させ、酸素濃度を下げて消火する。窒素は、機械室の機器に害を与えない。

#### 4.5 冷却システムの騒音低減

騒音を低減させるため、機関車内の各装置の温度状態に応じて、モーターブロー・複合冷却器ブローの周波数を下げる制御を行う。停車時に装置の温度が上がっていない場合は、周波数を下げ、騒音を低減させる。

## 5. あとがき

このE500型電気機関車は、2023年8月に1号機を出荷した。2024年7月までに6両の機関車を納入し、台湾現地でコミッショニング(性能検証)が実施されている。2024年9月までに営業運転に投入される見込みである。今後も、2026年にかけて全数68両を納入していく。



多胡 紀一郎 TAGO Kiichiro  
東芝インフラシステムズ(株)  
鉄道システム事業部 海外鉄道システム技術部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



山田 真広 YAMADA Masahiro  
東芝インフラシステムズ(株)  
鉄道システム事業部 交通システム部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



高尾 剛広 TAKAO Yoshihiro  
東芝インフラシステムズ(株)  
鉄道システム事業部 交通システム部  
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.