

# 近代的な物流を支える機関車及び貨物電車システム

Locomotive and Container Car System Supporting Modern Distribution and Transportation

山本 城二      櫻井 公男      長瀬 光範

■ YAMAMOTO Joji      ■ SAKURAI Kimio      ■ NAGASE Mitsunori

一般に、貨物輸送に対する需要は景気の動向と密接な関係にあり、輸送の伸びはそのまま機関車の需要に結び付いてくる。日本国内では軸重の制限もあり比較的小型の電気機関車が使用されているが、海外では軸重 20～30 t クラスの電気機関車も存在し、大型化とともに制御システムもますます高機能化していく傾向にある。また、これからの貨物列車けん引用の電気機関車システムは単に高性能なだけでなく、安全性や信頼性についても十分に配慮されたものが要求されている。

東芝は、最新の技術を適用し、国内及び海外のユーザーの満足が得られる最適な機関車システムを提供している。

There is generally a close connection between the trend in business conditions and freight demand, and expansion in the transportation sector is directly connected to the demand for locomotives. Locomotives used in Japan are comparatively small because of the limitation on axle weight, while electric locomotives with an axle weight of about 20 to 30 tons are commonly used in other countries. The performance and control functions of locomotives are becoming increasingly sophisticated. Moreover, locomotive systems for freight trains are required to offer not only high performance but also sufficient levels of safety and reliability.

Toshiba is supplying optimum locomotive systems incorporating the latest technologies, which are receiving high evaluations from customers both in Japan and overseas.

## 1 まえがき

鉄道貨物輸送に使用されている機関車は、出力容量、台車軸配置、及び電気システムなどは異なっても、冗長性を含めた信頼性や安全性などに関しては、十分に配慮されたシステムが求められている。東芝は、日本国内及び海外向けに、ユーザー側の要求に適合した機関車システムを長年にわたり供給しており、また、新しい市場ニーズに対応するため、常に高機能・高性能化を目指した開発を続けている。

ここでは特に、貨物列車けん引用の最近の機関車システムについて述べる。

## 2 中国鉄道部向け DJ3 形 交流電気機関車システム

### 2.1 概要

近年、中国では高い経済成長率が持続しており、物資の輸送についても高い伸び率を示している。これに伴い、貨物輸送用の機関車の需要が高まってきており、当社は、主要幹線での大型貨物輸送用として、出力 7,200 kW の 6 軸電気機関車を開発し納入した。

### 2.2 機関車の仕様

機関車の主な仕様を以下に示し、外観を図 1 に示す。

- (1) 架線電圧      交流 25 kV, 50 Hz



図 1. DJ3 形 交流電気機関車 — 交流架線 25 kV を電源とする、出力 7,200 kW の 6 軸機関車である。

DJ3 type AC electric locomotive

- (2) 軸配置      Co-Co<sup>(注1)</sup>  
 (3) 総質量      150 t (25 t × 6 軸)  
 (4) 最高運転速度      120 km/h  
 (5) 機関車出力      7,200 kW (連続定格出力)  
 (6) 環境温度      -40～+40 °C

### 2.3 主変換装置の仕様

主変換装置の主な仕様を以下に示す。

- (1) 制御容量      1 台当たり 1,250 kW 主電動機 × 3 台

- (2) けん引用変換器 PWM (パルス幅変調)コンバータ + インバータ
- (3) 制御方式 各軸個別ベクトル制御方式
- (4) 半導体素子 4,500 V-900 A IGBT (絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)
- (5) 補助電源 230 kVA, 主変換装置に内蔵
- (6) 冷却方式
  - (a) PWMコンバータ・インバータ 循環水冷方式
  - (b) 補助電源 強制風冷方式

主変換装置内の複数のIGBT素子を冷却する水冷フィン  
は、主変換装置の外部にあるラジエータと配管で接続されて

いる。冷媒には、-40℃対応として水系不凍液を採用して  
いる。

循環水冷方式には以下のような特徴がある。

- (1) 冷媒の強制循環によりヒートパイプなどに比べて伝熱性能が優れており、大容量変換装置の冷却に適している。
- (2) 入熱部と放熱部は配置上の制約がないため、保守面を優先した機器構成が可能である。

主変換装置の内部の配置を図2に、また、IGBT冷却部の  
模式図を図3に示す。

### 3 DF200形 電気式ディーゼル機関車システム

#### 3.1 概要

DD51形液体式ディーゼル機関車の置換え用として、当社  
が主回路システムを開発し、1992年から随時量産車を投入  
してきた。2003年(101号機以降)からは、システム構成は変  
えず主回路素子をGTO(ゲートターンオフ)サイリスタから  
IGBT化し、その高速スイッチング特性を生かしてベクトル制  
御を採用し、粘着特性の改善によるけん引性能の向上を  
図っている。

#### 3.2 機関車の仕様

機関車の主な仕様を以下に示し、外観を図4に示す。

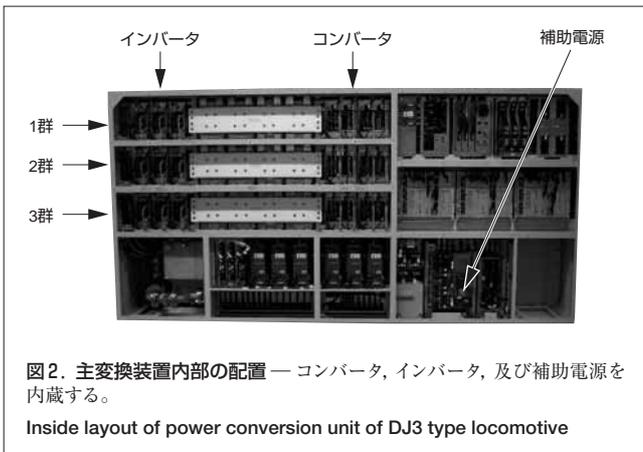


図2. 主変換装置内部の配置 — コンバータ, インバータ, 及び補助電源を内蔵する。

Inside layout of power conversion unit of DJ3 type locomotive

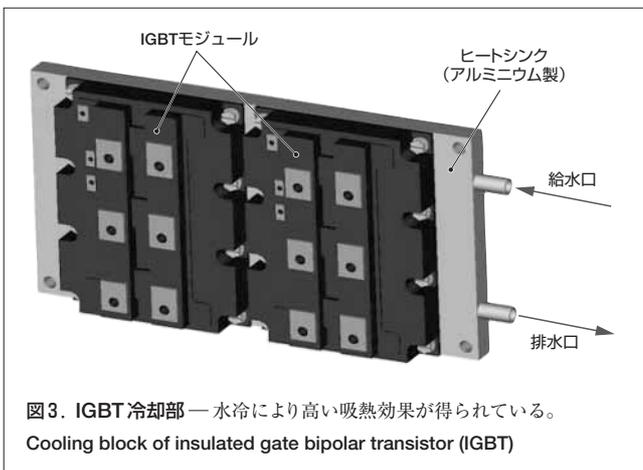


図3. IGBT冷却部 — 水冷により高い吸熱効果が得られている。

Cooling block of insulated gate bipolar transistor (IGBT)



図4. DF200形 電気式ディーゼル機関車 — 1,800 PSのディーゼルエンジン発電機2台を搭載した、インバータ駆動方式のディーゼル機関車である。

DF200 type diesel-electric locomotive

- (1) 機関 1,800 PS / 1,800 rpm × 2台
- (2) 軸配置 Bo-Bo-Bo
- (3) 運転整備質量 96.0 t (軸重 16.0 t)
- (4) 最高運転速度 110 km/h
- (5) 機関車出力 1,900 kW

ディーゼル機関車の場合、液体式変速機では構造や寸法の制約から高出力化が困難で、また、摩耗の大きい機械部品が多く保守性も悪い。そのためこの機関車は、ディーゼル発電機で発電した電力により主電動機を駆動する電気式ディーゼル機関車としている。

(注1) 機関車の動軸(モータが付いている車軸)の配置を表し、A, B, Cは動軸の数(それぞれ1, 2, 3軸)を表す。

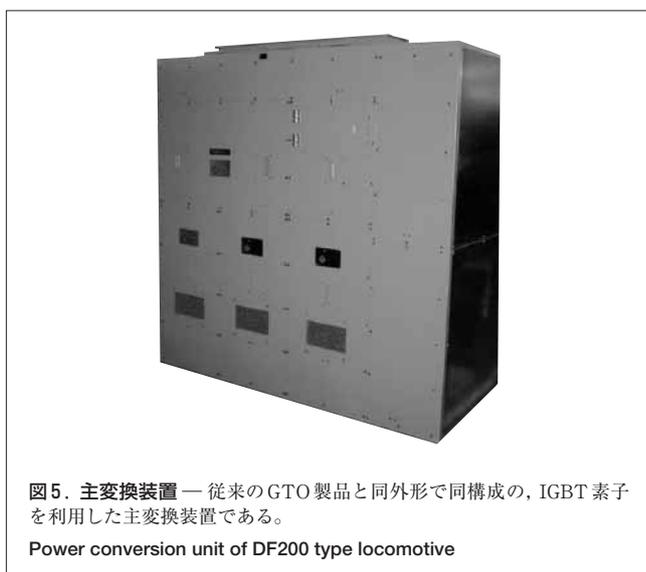
- ・ Co-Co: 機関車1両に台車が2台あり、各々の台車には動軸が3軸ずつある。
- ・ Bo-Bo-Bo: 機関車1両に台車が3台あり、各々の台車には動軸が2軸ずつある。
- ・ (Bo-Bo) - (Bo-Bo): 中間に連結器を持った2車体から成る1両の機関車に全4台(2台+2台)の台車があり、各々の台車には動軸が2軸ずつある。

重連運用<sup>(注2)</sup>と同等の冗長性を保つため、主回路システムと補助電源システムは完全2群構成とし、更に冗長性を高めるため、主電動機回路は1台ごとに開放可能で最適制御を行える個別制御方式を採用している。また、電気ブレーキのニーズ拡大に対する発電ブレーキ用抵抗器の設置、主要電気回路の2群化、インバータ故障時の開放単位の細分化、更には、大出力エンジン2台で構成した高い冗長性を備える狭軌(軌間1,067 mm)路線に適合した機関車として開発した。なお、前記により回路を構成する機器数が多いため、装置の小型化、集約化、及び軽量化を図った。

### 3.3 主変換装置の構成仕様

主変換装置の主な仕様を以下に示し、外観を図5に示す。

- (1) 制御容量 1台当たり 320 kW 主電動機×3台
- (2) 制御方式 各軸個別ベクトル制御方式
- (3) 冷却方式 強制風冷方式



## 4 EH500形 交直流電気機関車システム

### 4.1 概要

ED75形 交流電気機関車の置き換え用として当社が開発した。首都圏～函館間の異なる電気方式(直流及び交流電化区間)と保安装置方式(ATS(自動列車停止装置)及びATC(自動列車制御装置))に対応し、機関車の交換を行わずにけん引することで、運用効率と速達性向上を図っている。

### 4.2 機関車の仕様

機関車の主な仕様を以下に示し、外観を図6に示す。

- (1) 架線電圧 直流1,500 V / 交流20 kV, 50/60 Hz
- (2) 軸配置 (Bo-Bo) - (Bo-Bo)

(注2) 機関車を2両以上連結して運用すること。



図6. EH500形 交直流電気機関車 — 4,520 kW(短時間)の出力を備え、青函トンネルの走行も可能な交直流電気機関車である。

EH500 type AC/DC electric locomotive

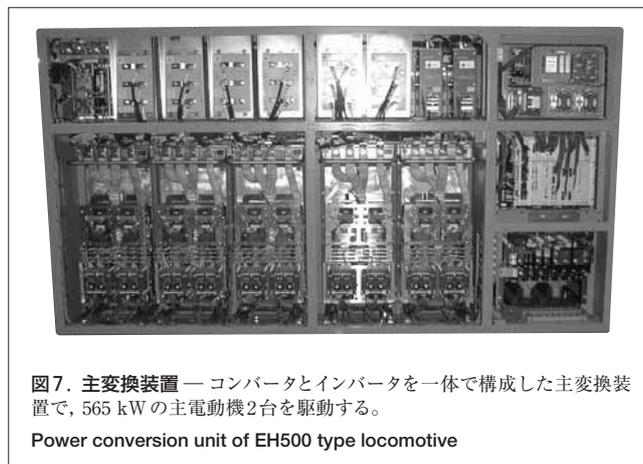
- (3) 運転整備質量 134.4 t(軸重16.8 t)
- (4) 最高運転速度 110 km/h
- (5) 機関車出力 4,000 kW(1時間定格出力)

この機関車は、ED75形及びED79形の重連運用解消のため短時間定格を4,520 kWに設定し、青函トンネル内の25/1,000こう配での安定した起動性能を確保するよう、8軸駆動で2車体永久固定方式のH形機関車としている。主回路システムはコンバータ1台・インバータ1台・主電動機2台を駆動単位とし、また、補助電源装置は1両に2台搭載して、運転冗長性が十分確保できるようにしている<sup>(1)</sup>。

### 4.3 主変換装置の仕様

主変換装置の主な仕様を以下に示し、外観を図7に示す。

- (1) 制御容量 1台当たり 565 kW 主電動機×2台
- (2) 制御方式 台車単位ベクトル制御方式  
PWMコンバータ+インバータ
- (3) 冷却方式 強制風冷方式



## 5 EH200形 直流電気機関車システム

### 5.1 概要

EF64形 直流電気機関車の置換え用として当社が開発し、中央本線や篠ノ井線をはじめ、直流電化こう配線区へ投入してきた。機関車出力は、短時間の最大定格を5,120 kWに設定し、EF64形 直流電気機関車の重連に相当する性能を確保している。この機関車は、安定したこう配起動性能の確保と冗長性の向上を図るため8軸機関車とし、粘着性能向上を図るため各軸個別ベクトル制御を採用した。運転冗長性を確保するため、補助電源装置に異常が発生した場合には、主回路インバータ装置の1台を速やかにCVCF (Constant Voltage Constant Frequency : 電圧・周波数一定) 運転に切り替える、デュアルモード方式を採用している。

### 5.2 機関車の仕様

機関車の主な仕様を以下に示し、外観を図8に示す。

- (1) 架線電圧 直流 1,500 V
- (2) 軸配置 (Bo-Bo) - (Bo-Bo)



図8. EH200形 直流電気機関車 — 短時間最大出力5,120 kWを備える、直流電化こう配線区向けの直流電気機関車である。

EH200 type DC electric locomotive

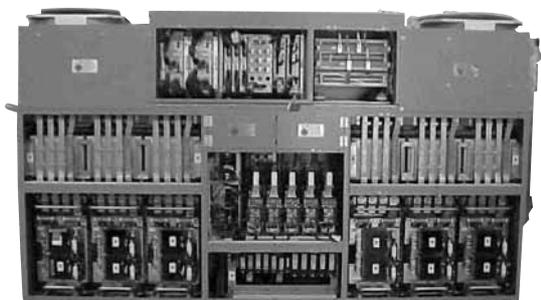


図9. インバータ装置 — インバータパワーユニット上部にフィルタリアクトルを配置し、小型化と冷却構成の簡易化を図っている。

Inverter equipment of EH200 type locomotive

- (3) 運転整備質量 134.4 t (軸重16.8 t)
- (4) 最高運転速度 110 km/h
- (5) 機関車出力 4,520 kW (1時間定格出力)

### 5.3 インバータ装置の仕様

インバータ装置の主な仕様を以下に示し、外観を図9に示す。

- (1) 制御容量 1台当たり565 kW主電動機×2台
- (2) 制御方式 各軸個別ベクトル制御方式
- (3) 冷却方式 強制風冷方式

## 6 M250系 直流貨物電車システム

### 6.1 概要

貨物の鉄道輸送は、発着地の貨物駅においてトラックとの載せ換えが必要となり、東京～大阪間などの中距離ではトータルの輸送時間を短縮することが容易ではないが、昨今の環境問題対策(二酸化炭素排出量の削減など)から鉄道貨物輸送へのニーズが高まっている。

このため、所要時間を短縮して速達性を向上することが必要であり、最高速度と曲線通過速度の向上が可能な動力分散方式とし、軸重軽減と加減速性能向上を行える貨物電車方式が開発された<sup>(2)</sup>。

### 6.2 貨物電車の仕様

貨物電車の主な仕様を以下に示し、外観を図10に示す。

- (1) 架線電圧 直流 1,500 V
- (2) 編成 4M12T<sup>(注3)</sup>
- (3) 編成質量 406 t (空車) / 728 t (積車)
- (4) 最高運転速度 130 km/h
- (5) 機関車出力 3,520 kW (1時間定格出力)



図10. M250系直流貨物電車 — 東京～大阪間を6時間10分で結ぶ、動力分散方式の貨物電車である。

M250 type DC electric container train

(注3) Mは電動車 (Motor car), Tは付随車 (Trailer) を表し、この場合、電動車4両+付随車 (コンテナ貨車) 12両の編成であることを表す。

M250系 直流貨物電車は、4M12Tの固定編成で、電動車各2両を編成の前後に配した構成となっている。各電動車にはコンテナを1個、付随車には2個搭載でき、電動車はコンテナ1個分のスペースを運転室と機器室の構成にしている。

### 6.3 インバータ装置の仕様

インバータ装置の主な仕様を以下に示し、外観を図11に示す。

- (1) 制御容量 1台あたり 220 kW 主電動機×2台
- (2) 制御方式 各軸個別ベクトル制御方式
- (3) 冷却方式 ヒートパイプ自然冷却方式(冷却部かくはんファン付き)

電動車はコンテナを搭載するため低床化されており、車両の床下に電気機器を搭載するのが困難なため、床上の機器室に搭載するようにした。パワーユニットはヒートパイプ自然冷却方式を採用しているが、機器室内に搭載するため対流補助用にファンを取り付けている。



図11. インバータ装置 — インバータユニット2台と制御ユニット4台を集中配置したもので、インバータユニット2台を収納する装置とこの装置で1対の構成としている。

Inverter equipment of M250 type train

## 7 あとがき

これまでに当社が開発した貨物列車けん引用の各種機関車システムのうち、一部について概要を述べた。

当社は今後も、電源やけん引負荷など様々なニーズに合わせた機関車システムの開発を行い、社会に貢献していきたい。

## 文 献

- (1) 日本貨物鉄道株式会社. 2001年車両形式図.
- (2) 中川哲朗, ほか. M250系直流貨物電車(スーパーレールカーゴ)の開発. JREA. 47, 11. 2004, p.28-34.



山本 城二 YAMAMOTO Joji

産業システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術  
部グループ長。海外鉄道車両システムのエンジニアリング  
業務に従事。

Transportation Systems Div.



櫻井 公男 SAKURAI Kimio

産業システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術  
部参事。海外鉄道車両システムのエンジニアリング業務に  
従事。

Transportation Systems Div.



長瀬 光範 NAGASE Mitsunori

産業システム社 交通システム事業部 交通車両システム技術  
部主任。鉄道車両システムのエンジニアリング業務に従事。

Transportation Systems Div.