

スーダン国鉄納

1,500 PS 電気式ディーゼル機関車

1,500 PS Diesel Electric Locomotive for Sudan Railways

渡辺 淳吉* 石田 周二* 桑原 清輝*
 Junkichi Watanabe Shūji Ishida Kiyoteru Kuwabara

辻 洋** 東条 準之助***
 Hiroshi Tsuji Junnosuke Tōjō

要 旨

スーダン国鉄納電気式ディーゼル機関車は、砂漠地帯の過酷な気象条件ならびにスーダン国鉄の線路条件を十分考慮し、これに従来の電気式ディーゼル機関車の製作経験を生かして生まれた機関車で、多くの特長を備えている。すなわち軸重は2段階に調節可能で、発電ブレーキを備え、熱帯地方の高い周囲温度に耐える設計としてある。ことに砂塵に関しては機関室をプレッシャーライズするほか、送風系統、各機器とも防塵に細心の注意を払い、現地と同様の砂塵を起こして試験し、防塵効果を確認している。本文ではこれらの特長、構造の概要を述べるとともに、性能その他の試験結果の一端を紹介している。

1. 緒 言

スーダンは図1に示すとおり、エジプトの南側に位置し、東側は紅海に面してポート・スーダンという港がある。鉄道営業キロ数は約3,600 kmで、現在主要幹線がディーゼル化されており、70両の電気式ディーゼル機関車を保有しているが、逐次他の線区もディーゼル化される予定である。鉄道の沿線は大部分砂漠地帯で、最高日陰温度は48°Cに達し、湿度は47%以下できわめて乾燥しており、しばしば激しい砂嵐が24時間も続くことがある。

これら過酷な条件に対処するため、本機関車の製作にあたっては、現地調査を十分に行ない、設計・製作に慎重な考慮を払った。スーダン国鉄の本線では貨物輸送の需要が多く、軸重も大きい。海岸のポート・スーダンから高度925 mのサミットまで最大10%のこう配線が100 km以上続いており、粘着重量の大きい機関車が必要である。一方支線では軸重が小さく、重量の重い機関車は、運行できない。機関車はこの二つの条件を満たすために、本線では2両重連、支線では単機で使用し、かつ軸重可変構造として本線、支線に共通して使用できるようにした用途の広い機関車である。

2. 仕様および特長

本機関車の一般仕様を表1に示す。

本機関車の性能および構造上の特長を要約すると次のとおりである。

(1) 軸重は2段階に調節可能である。本機関車の軸配置はA1Aであるため、釣合バネの位置を移動して動軸と従軸の軸重配分を変更し動軸軸重を2段に調節できる構造としてある。また発電ブレーキの取付け取はずしも含めて、本線では動軸軸重15.5ロングトン、支線では12.5ロングトンとして軸重の制限内で最大の粘着力を発揮するようにしてある。

(2) 防塵構造である。機関室の空気はプレッシャーライズファンによりエアフィルタを通して吸入され、機関室内の気圧を常に外気より高く保っており、外部からのゴミの侵入を防止している。また主電動機用送風機は、専用のエアフィルタを通して空気を吸入する。

機関の吸気は、屋根に取り付けたパネル形エアフィルタとオイ

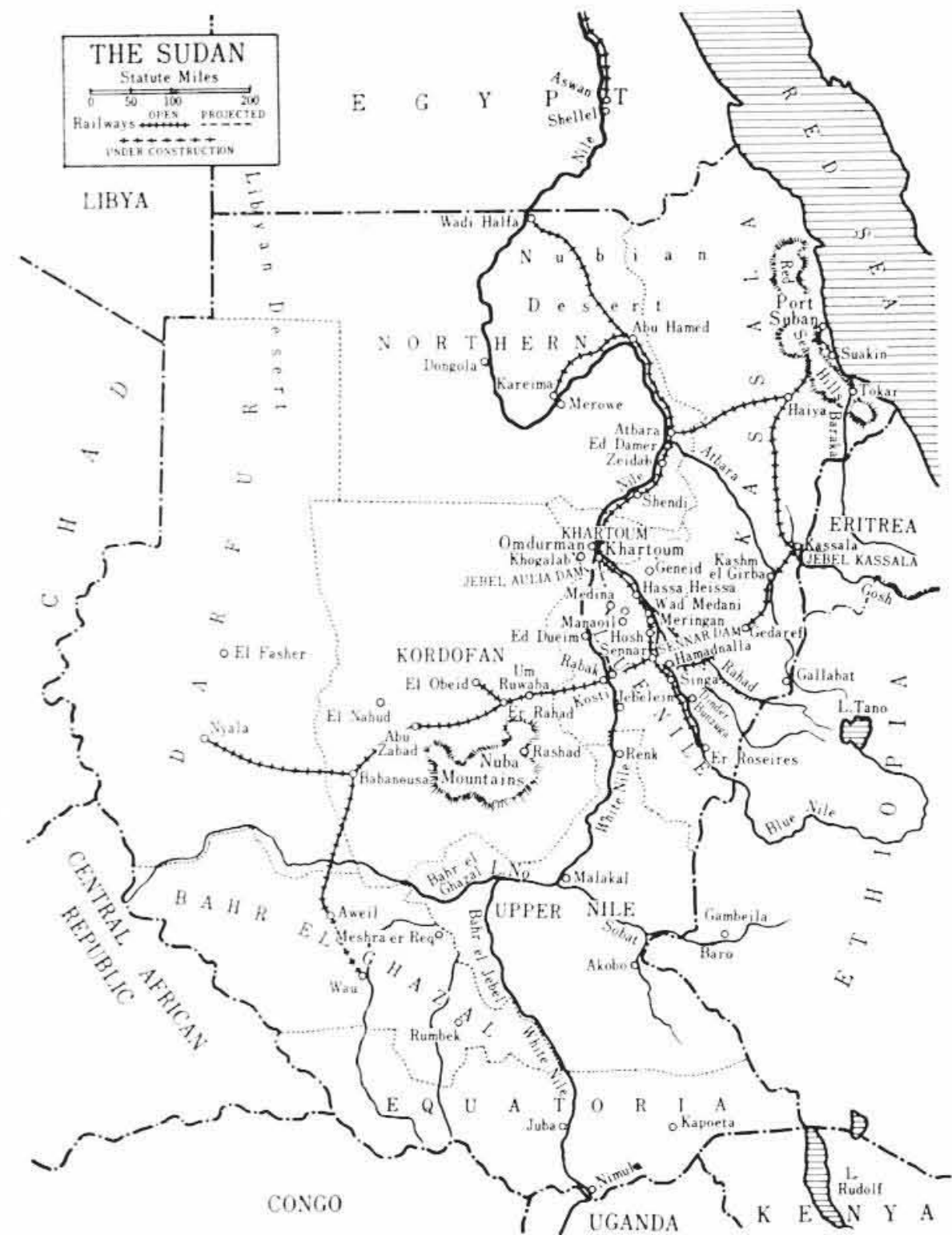


図1 スーダン国鉄図

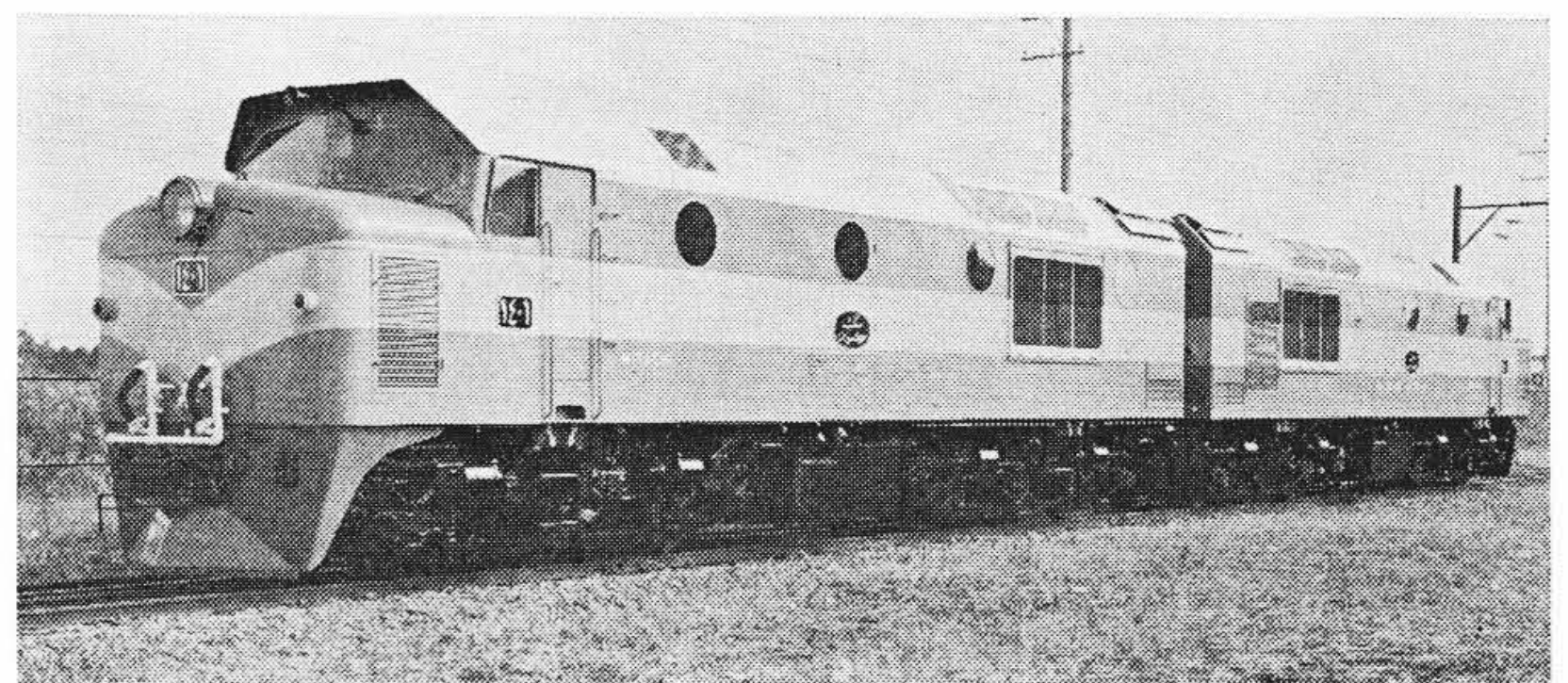


図2 1,500 PS 電気式ディーゼル機関車

ルバスエアフィルタの2重ろ過により、砂塵を充分除去している。

(3) 発電ブレーキを備えている。長いこう配区間を連続して下るため、抑速制動用として発電ブレーキを備えている。停止用のブレーキ装置は機関車、列車ともスーダン国鉄標準の真空ブレーキ装置である。

(4) スリップ保護を完全に行なっている。軸重移動を最小限にとどめる構造とし、スリップ検出を完全に行ない、保護に十分の意を用いている。

* 日立製作所水戸工場

** 日立製作所笠戸工場

*** 日立製作所日立工場

表1 機関車一般仕様

用軸配		途 置	旅客および貨物列車けん引用 A1A-A1A
機関車重量	本線用	運転整備車	80 t. tn
	支線用	真空運転整備車	76 t. tn
軸重	本線用	動軸	15.5 t. tn
	支線用	従軸	9.0 t. tn
主要寸法	軌間		1,067 mm
	全長×全幅×全高		14,800×3,140×4,080 mm
	固定軸距		3,300 mm
	台車中心間距		7,800 mm
性能	連続定格けん引力		11,480 kg
	連続定格速度		21 km/h
補給品	燃料油 (本線用)		700 gal
	(支線用)		440 gal
機 器	潤滑油		77 gal
	冷却水		132 gal
	砂		5.7 ft ³
	ディーゼル機関		HITACHI-M・A・N V6V22/30 mAuL 1台
	連続定格		1,240 PS/950 rpm
	主発電機		1台
	連続定格		755 kW, 600 V, 1,260 A, 950 rpm
	主電動機		4台
	連続定格		168 kW, 300 V, 630 A, 545 rpm, F
	歯車比		76:17
	補助発電機		1台
	連続定格		40 kW, 110 V, 363 A, 855~1,780 rpm
主電動機用電動送風機		2台	
容 量		135 m ³ /min, 140 mm Aq	
電動機連続定格		7.6 kW, 110 V, 85 A, 1,500 rpm	
放熱器用冷却ファン		1台	
容 量		33 m ³ /sec, 45 mm Aq	
プレッシャーライズ		2台	
用ファン		150 m ³ /min, 43 mm Aq	
容 量		3.2 kW, 110 V, 37.5 A, 2,000 rpm	
電動機連続定格		2台	
発電ブレーキ用ファン		450 m ³ /min, 50 mm Aq	
容 量		9.3 kW, 400 V, 28 A, 1,600 rpm	
電動機連続定格		Northey 125 RE 形1台	
電動真空ポンプ		125 ft ³ /min	
容 量		7.¼ HP, 110 V, 60 A, 1,500 rpm	
電動機連続定格		C-600 形 1台	
空気圧縮機		22 ft ³ /min, 6 kg/cm ²	
容 量		1台	
電動予潤滑ポンプ		NIFE HI-15 形 72 セル	
蓄電池		150 AH (2時間率)-96 V	
容 量			
動力伝達方式		電気式, 特殊励磁機付	
制御方式		重連総括制御, 自動弱界磁切換, 電磁, 電磁空気式制御, 制御回路電圧 110 V	
ブレーキ装置		グレンシャム改良形強力真空ブレーキ, 発電ブレーキおよびネジ式手ブレーキ	
台車様式		A1A 軸配置 3軸ボギー, 一体鋳鋼台わく側受支持方式, サイドコントロール付	
車体様式		ノーズピース付箱形単運転室	

(5) 機関の制御はウッドワード社のガバナによっている。また補助発電機の電圧はトランジスタ方式の自動電圧調整器で制御するなど各機器の性能を最高に発揮できるような制御方式としてある。

3. 機関車の構造

3.1 機器配置

機器配置は図3に示すとおりである。本機関車は箱形ノーズピー

ス付単運転室形で、2両重連したとき両側に運転室のある形となる。

1 端側ノーズピースの中には主電動機用送風機があり、両側面にパネル形エアフィルタを配置している。

運転室の右側に運転士席、左側に助手席があり、運転台の右側に真空ブレーキ弁、左側に主幹制御器がある。運転手足台にはデッドマン装置のペダルがある。運転室背後の機械室仕切壁には制御箱があり、機械室同様プレッシャーライズされている。

機械室中央には共通台板上に組み立てられたディーゼル機関およびこれと直結された主発電機、補助発電機および励磁機がある。

主発電機上部の取はずし屋根にはオイルバスエアフィルタとパネル形エアフィルタとを組み合わせた2重ろ過装置がある。

機関の両側に蓄電池箱があり、アルカリ蓄電池に箱を収容している。機関の2端側には冷却装置があり、その肩部にはプレッシャーライズ装置を設け、取はずし屋根に取り付けたパネル形エアフィルタを通して吸入した空気で機関室内の気圧を1" Aq以上に保っている。

機関室2端寄りに主電動機用送風機、真空ポンプおよび発電ブレーキ装置がある。また機械室内には炭酸ガス消火器を組み込んであり、機械室内の温度が一定値以上になると警報を発生し、運転手の操作によって機械室に炭酸ガスを放出し、消火を行なうようになっている。

3.2 台 車

台車には図4に示すように一体鋳鋼製台わくを用い、車体は枕ばねによって支持されるとともに、車体より出した腕によって台車を両側より横ばねで支持し、適当な横剛性を与えるとともに、曲線を通過するとき台車が無理なく回転できるように考慮されている。また、この横ばねと台車わくとの接触面を耐摩耗板を有するしゅう動面とし、この摩擦により車体の振動に減衰を与える構造としてある。

起動の際の軸重移動をできるだけ小さくするため、車体から長い中心ピンを下し、引張力伝達の高さをできるだけレール面に近づけている。踏面の摩耗係数が0.3のときの軸重減少量は台車間の軸重移動と台車内の軸重移動を合計して、静止時軸重の11%に押えてある。

主電動機はつりかけ式であって、台車わくへ防振ゴムで支持されるが、電動機は取りはずしの便宜を考えて、上へつりあげることも、下へおろすこともできるようにしてある。

現地の軌道の強さに対して軸重がかなり大きいので、脱線防止の見地より、また砂が多いのでタイヤの摩耗を防止する見地より、曲線を通過するとき軌道に与える横圧をできるだけ小さくすることが望ましい。このためこの機関車では、テコとリンクを用いた横圧軽減装置を装備している。工場構内において100 m 曲線上で測定した結果では、この装置による横圧軽減量は30~40%であり、相当な効果があると思われる。

3.3 車 体

車体の製作に当たっては、機関室をプレッシャーライズするため十分気密にして、床板の貫通穴などもすべてふさぎ、外部からの砂塵の侵入を防止している。機関車完成後現地の砂塵と同様の砂塵を使用して人工的に砂嵐をまき上げ、防塵試験を実施したが、内部に塵砂の侵入はみられず、好成績であった。現地納入後試験中に激しい砂嵐に遭遇し、帰区した所でエアフィルタに付着した砂塵を測定した結果では、先頭車に30 kg、後続車に90 kgの砂塵が付着しており、砂塵の過酷さを物語っていた。

連結器はアライアンス No.2 自動連結器で、スーダンの現有客貨車に装備されているベル形連結器ともピンとリンクを使用して連結できる特殊の構造となっている。

3.4 補機駆動方式

本機関車の補機はラジエータファンと空気圧縮機が機械駆動で、主電動機用送風機、プレッシャーライズファンおよび真空ポンプが電動である。なお小形の電動予潤滑ポンプを有している。

ラジエータファンは機関クランクシャフト延長軸により、CGゴム付駆動軸および流体継手を介して駆動される。流体継手は温度スイッチにより、油の充排を行なって動力の切入を行なうので、サーモスタットの作用とあいまって常に適切な水温を維持することができる。空気圧縮機は制御空気系統用のみ使用するため、小形のC-600形空気圧縮機で、流体継手駆動軸からベルト駆動している。

4. ディーゼル機関

4.1 機関の構造

この機関車の主機としてHITACHI-M・A・N V6V 22/30 m. A. u. L形ディーゼル機関を1台搭載した。この機関は排気ガスタービン過給機と中間冷却器をつけた高出力機関で、その一般仕様は表2に、その外観は図5に示すとおりである。

本機関は特にスーダン国鉄の特殊な使用条件を考慮して機関各部を再検討し、特に防塵対策をはじめ長時間の連続最大負荷運転、ならびに連続無負荷運転に対して種々の改造を実施してある。

防塵に関しては、スーダンにおける砂塵について調査したところ、砂塵は最悪の場合、空気中に1,000 mg/m³程度浮遊していると推定された。またその粒度分布はJIS 2級の分布に近く(表3参照)かなり細かい砂であることが判明した。これに対して、吸気系統の総合清浄効率を99.9%以上に計画し、機関に吸入される空気中のゴミの

表2 V6V 22/30 m.A.u.L ディーゼル機関仕様

項目	仕様
標準出力	1,500 P S/950 rpm
現地出力	1,240 P S/950 rpm
シリンダ径	220 mm
ストローク	300 mm
シリンダ配列	6×2 45°V形
総シリンダ容積	137 ltr
ピストン速度	9.5 m/s
平均有効圧力 (標準出力)	10.4 kg/cm ²
平均有効圧力 (現地出力)	8.54 kg/cm ²
燃焼室	予燃焼室
起動方式	主発電機による
ガバナ	Woodward PG形
機関重量 (乾燥)	8,800 kg

表3 スーダンの砂塵の粒度分布

粒度	スーダン砂	JIS 2級
0~5 μ	17.3%	12±5%
5~10 μ	9.8%	12±2%
10~20 μ	16.0%	14±2%
20~40 μ	14.5%	23±2%
40~80 μ	20.5%	} 39±2%
80 μ以上	21.9%	

真比重 2.82 吸湿性 約 3.5%
採取個所 スーダン国鉄 機関車に付着していたもの。

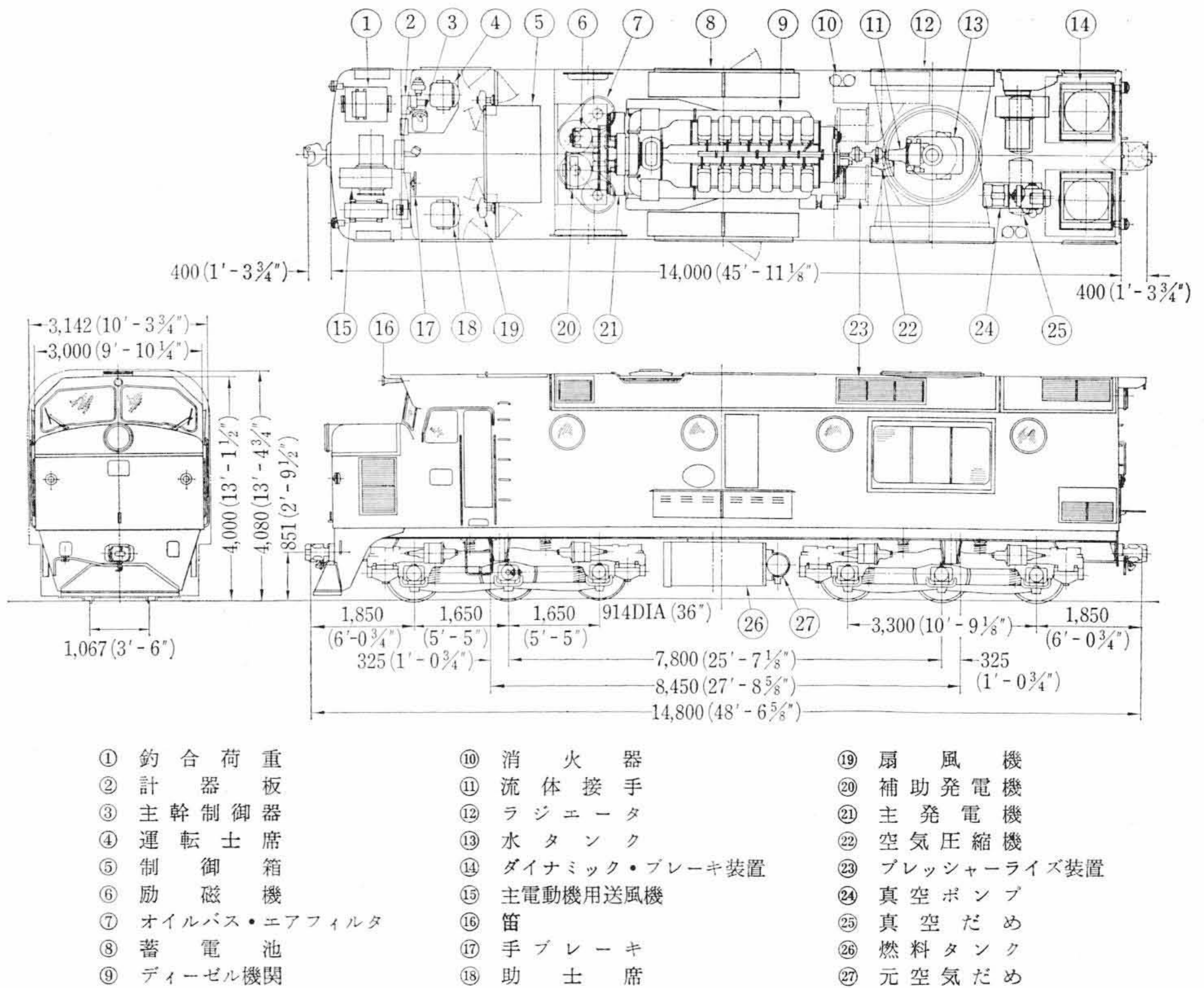


図3 外形ならびに機器配置

量を最悪の場合でも数 mg/m³以下に保つようにした。特にオイルバス式エアフィルタは清浄効率が最大負荷時から無負荷時まで一様に保つように特別に設計した。燃料噴射ポンプも防塵カバーでおおい、またクランクケース内への砂塵の侵入を防ぐために各軸端部、ブリーザなども特殊の設計にしてある。

スーダンの高い外気温度と前述した長距離にわたるこう配におけ

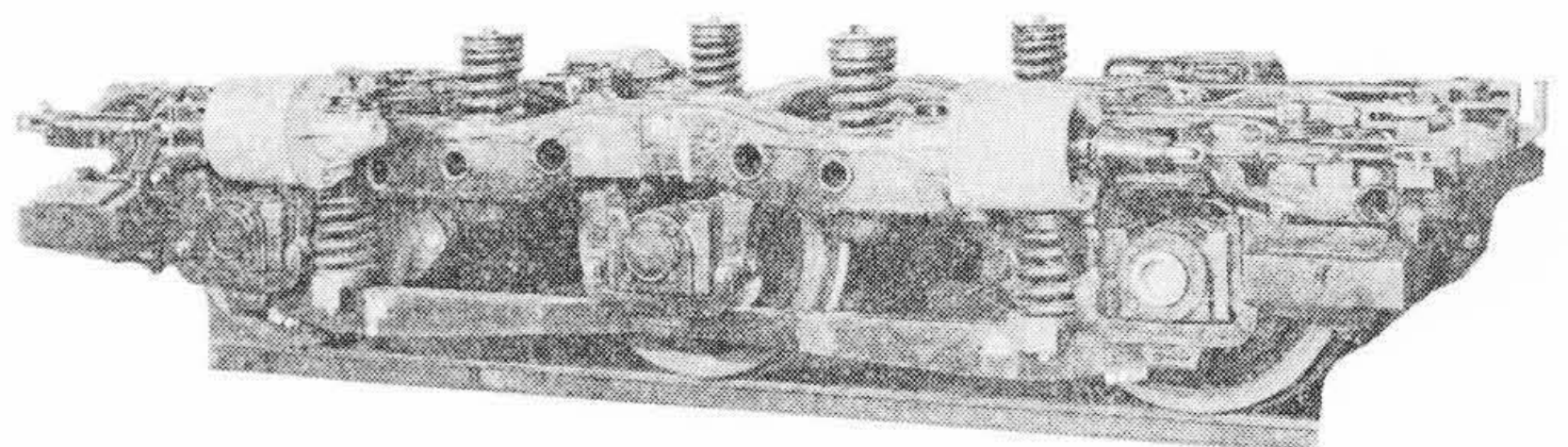


図4 台車

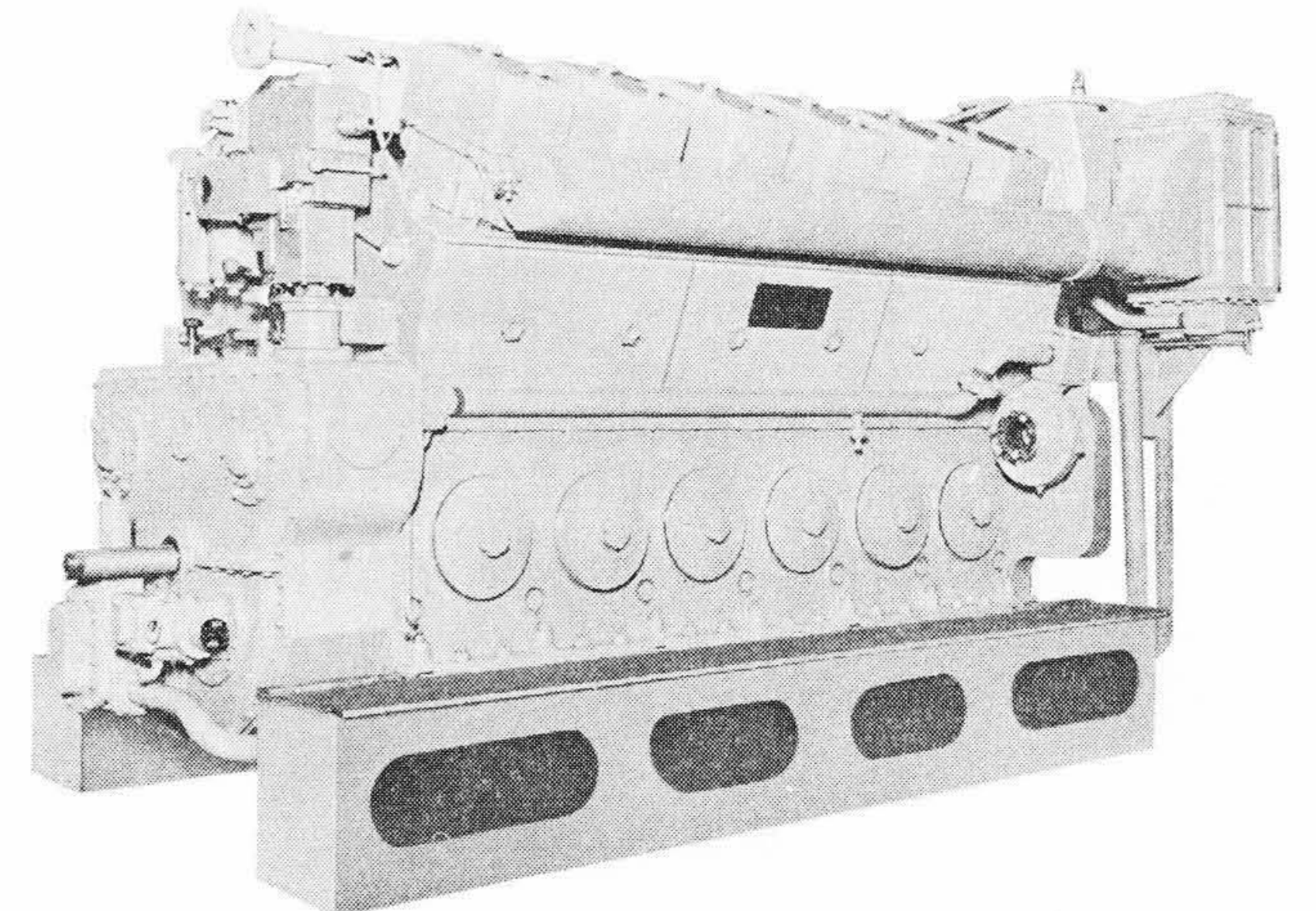


図5 スーダン国鉄向 V6V 22/30 m. A. u. L ディーゼル機関

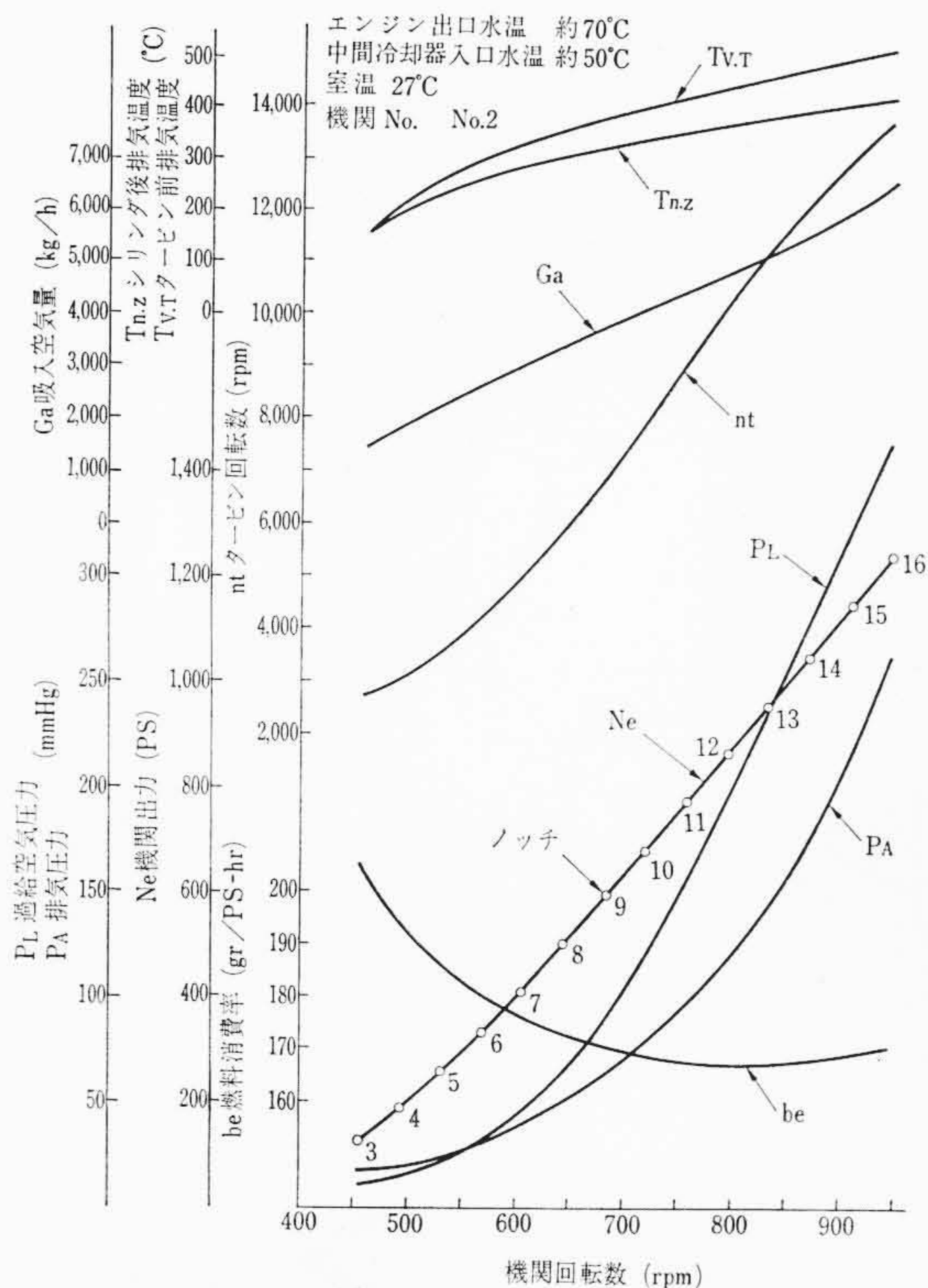


図6 各ノッチ計画出力点におけるディーゼル機関特性図

る連続負荷運転の際の高い熱負荷に対しては、ピストンを裏面から強制冷却して熱負荷を軽減するようにしてある。なおこのピストンの冷却は部分負荷以下では自動的に停止され、長時間の無負荷運転の際の問題点であるオイルアップも確実に防止されるようになっている。

補機および配管の配置については機関の片側に補機、計器類、油面計などを集中配置して取扱い、点検を容易にしてある。これは本機関の従来からの強じんな構造とともにいっそう機関の保守を容易にしている。

4.2 機関の台上試験

スーダンにおける実際の使用条件を加味して種々の試験を実施し、改造の適否の確認を行なった。各ノッチの出力計画点における台上試験の結果を図6に示す。機関出力はきびしい使用条件を考慮し、標準出力から17%低下させてあり、室温は27°Cであるが排気温度(タービン前)は500°C以下で十分余裕があることを示している。

本機関の最初の1台は顧客の要望により、B.S.規格による形式試験をうけた。この試験は8時間を1サイクルとする12回の繰返し試験で、連続100時間運転される。その各サイクルには最大出力(1,400 PS/950 rpm)から無負荷までの運転が含まれ、さらに最大出力と無負荷を4~5分間隔で繰り返す1時間の交番負荷試験が含まれる過酷な試験である。試験運転は無事終了し、運転後の分解点検にも各部品は良好な状態を示した。

スーダンにおける長時間の無負荷運転を考慮し、10時間連続の無負荷試験運転を行なった結果は、オイルアップなどの事故は認められず、潤滑油の分析結果でも引火点は運転前248°C、運転後246°Cでほとんど下がっていないことから、潤滑油の燃料による希釈現象も生じていないことが証明された。

またピストンの温度測定結果によれば、ピストンの強制冷却により全負荷時(1,240 PS/950 rpm)においてピストン頂部中心における温度は255°Cとなっており、十分な余裕のあることを示している。

オイルバス式エアフィルタについては、JIS 2級の砂塵を使用して

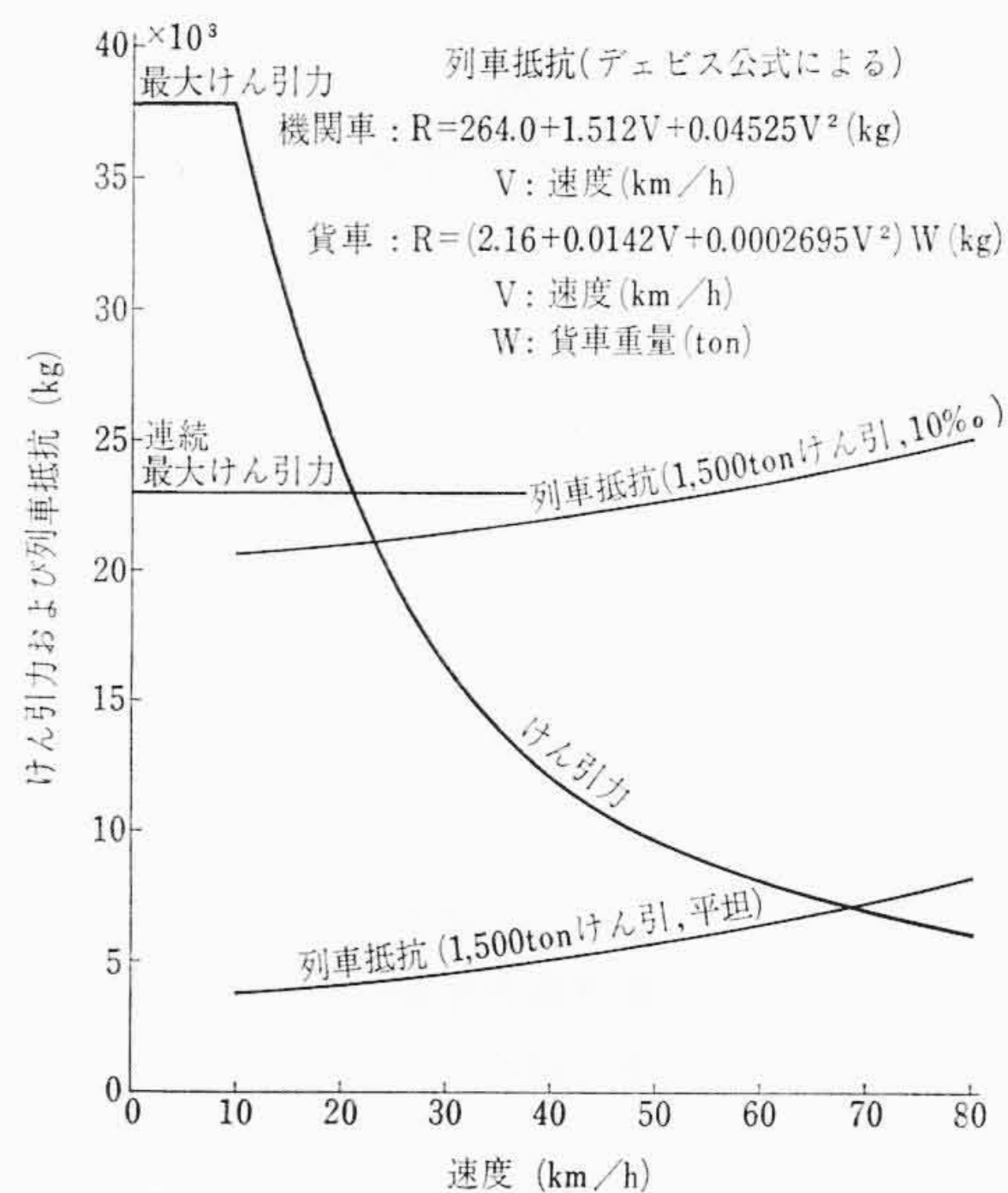
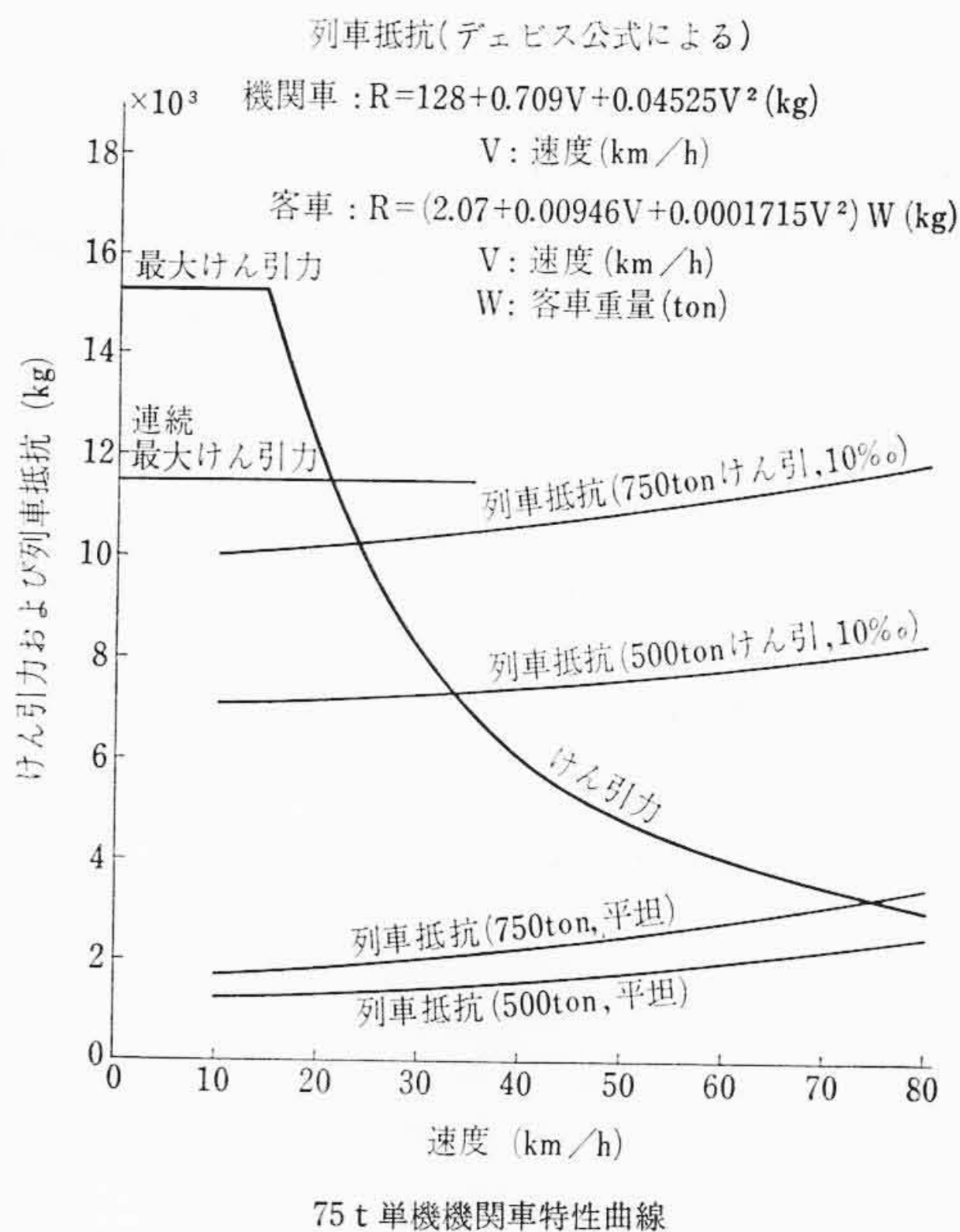


図7 機関車特性曲線

試験したが、全流量範囲で清浄率99%以上の値を示し、計画した効率を上回る結果を得た。砂塵の保持容量も十分大きくその際の流通抵抗もほとんど増加しないことが確認された。

5. 電気回転機

5.1 定格の選定と運転性能

本機は幹線および支線で使用し、そのけん引トン数が異なるため定格仕様選定にあたっては、最も過酷な条件として幹線中にかなりの距離を有する10%こう配に1,500tの貨車を重連にてけん引できる性能とした。

この条件を満足させるために最大連続使用定格けん引力を2重連において22,960 kg、定格速度を21.0 km/hとし、標高925 m、40°CにおいてB.S.規格のH種温度上昇限度を満足するよう決定された。

最高速度は現在の60 km/hに対して将来の速度アップを考慮し80 km/hに選定した。

支線にて単機で最大750tの客車をけん引する予定であるが数kmの短い10%こう配においても24 km/h程度で平衡することになり支線の全範囲にわたってスーダン国鉄の運転基準に十分余裕のあるものとなる。これらの関係は図7に示すとおりである。

区間運転時間については本機関車の主用途のカルツームとポート・スーダン間の幹線において、貨車1,500tを重連してけん引した場合と客車500tを単機でけん引した場合について算出した。図13がその一部を示すもので図中実線が客車、点線が貨車を示しており列車抵抗にはデビス公式を用いた。

以下回転機についての特長、仕様を述べる。

5.2 755 kW 主発電機

主発電機仕様

(適用規格 B. S. 173 : 1960)

形 番 号 HI-506-Br
 形 式 閉鎖自己通風形、他励界磁、起動直巻、補償巻線、補極付

公鎖連続定格 755 kW, 600 t, 1,260 A, 925 rpm

最高電圧 940 V, 最大電流 2,000 A

主発電機はディーゼル機関に直結されており激しい振動条件で使用されることを考慮するとともにできるだけ小形軽量になるよう慎重な設計が行なわれた。本機の通風は反整流子側に設けた冷却扇により行なわれているが、電機子鉄心には半径方向の通風みぞがあるので冷却効果がよい。電機子、固定子ともにH種絶縁としてマイカ、ガラス、アスベストの無機質を使用しシリコンワニスで処理しているので十分な耐熱性を備えている。また本機の整流子片には銀入り硬銅を、刷子には2分割丸頭形状を使用し、さらに電機子導線はみぞ内において上下位置を交差させて過流損の減少を図っており、トレppen巻線方式を採用してリアクタンス電圧を平滑にし、補償巻線をもうけるなど良好な整流条件を確保するよう特に留意している。本機の試験はすべてB. S. 規格によって日本国有鉄道検査官の立会のもとに施行させた。

補助発電機および励磁機は主発電機軸端よりバネ入り歯車を介して駆動する方法が採用されており、主発電機のエンドブラケットにオーバーハングして取り付けられている。歯車箱軸受部の油切り構造には特に留意し、軸受部内側ポケット内に外部より加圧空気を送り、歯車箱に面した外側ポケットを外気に通じさせることにより内外ポケットの空気圧力の調整を図り使用全範囲の回転数において完全な油切り効果をあげている。

さらに刷子交換の便を図るため回転ロッカー式刷子保持器とし、また歯車箱油面計をオーバーフロー式とするなど保守しやすい構造としてあるほか、サンドストームに対して細部にいたるまで十分な防塵構造とするなど熱帯地向けの特別な考慮が払われている。これらの性能は等価砂塵を用いて想定される最も過酷な条件を、工場試験にて再現し十分信頼できることを確認した。図19は補助発電機および励磁機組立ての外観である。

主発電機を励磁する特殊HI励磁機は、独特な構造に設計しており、機関車の運転条件より定まる起動時の最大けん引力の状態から最高速度にいたるまでの広範囲の運転特性に対してディーゼル機関は各ノッチにおいてそれぞれ一定速度、一定出力で運転できるように主発電機の出電圧および電流を制御している。

このHI励磁機は日立製作所が開発して国内をはじめ、タイ国、台湾の各国鉄に輸出しており実績も多くすでに詳しく紹介されている⁽⁴⁾ので本稿では省略する。

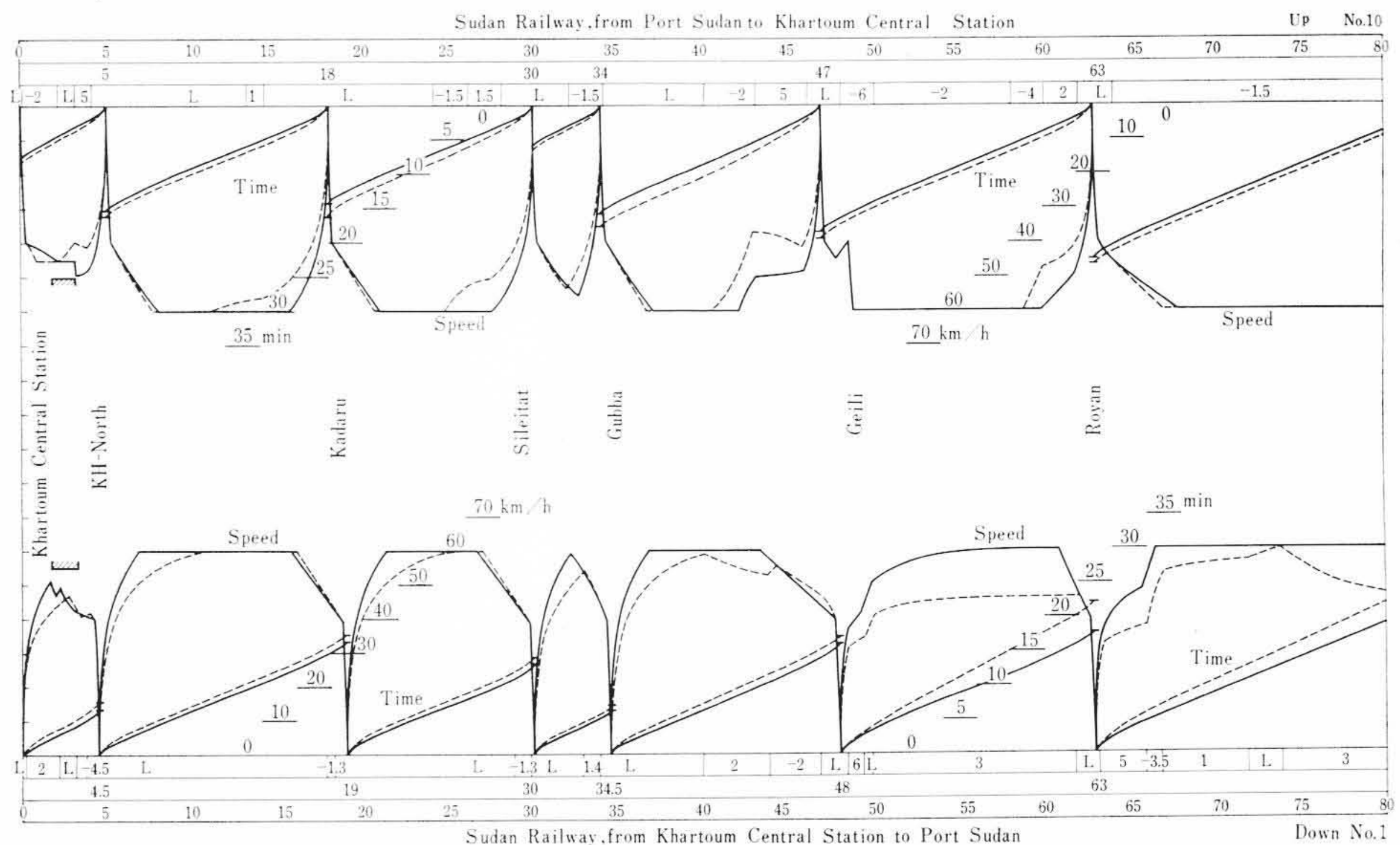


図8 走行特性曲線

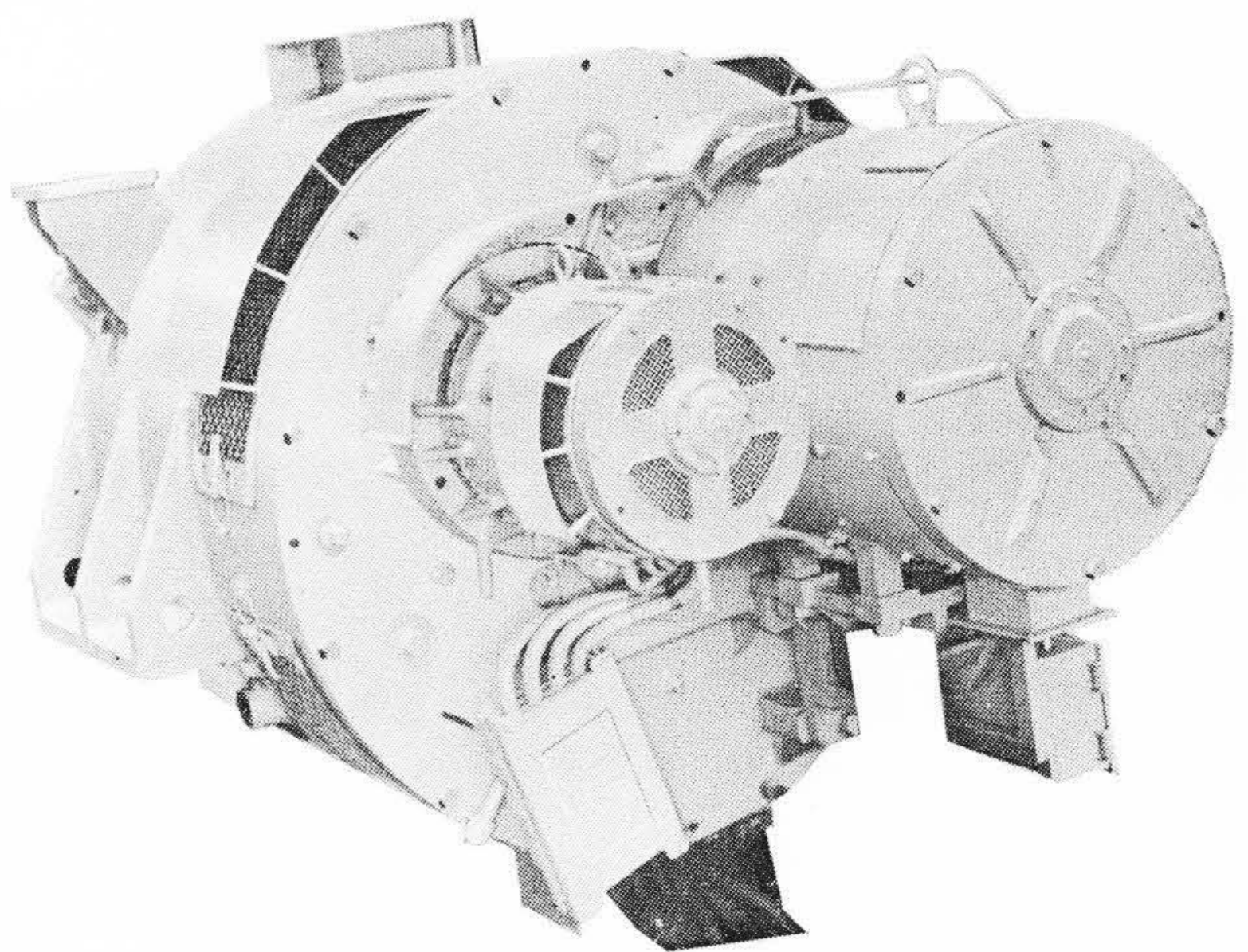


図9 主発電機、励磁機および補助発電機組立

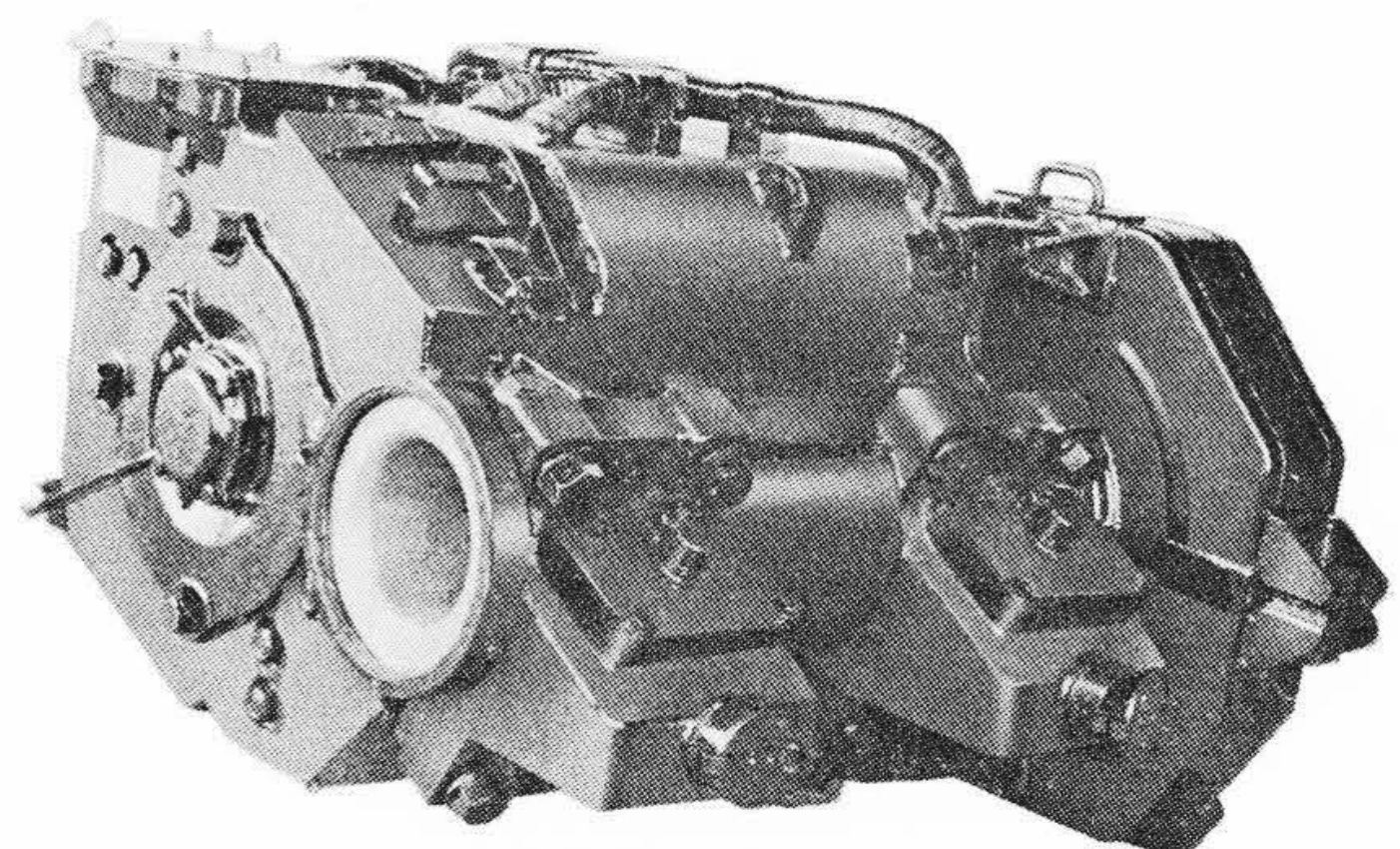


図10 168 kW 主電動機

5.3 168 kW 主電動機

主電動機仕様 (適用規格 B. S. 173 : 1960)

形 番 号 HS-275-Ar
 形 式 閉鎖他力通風形、直巻界磁、補極付
 連続定格 168 kW, 300 V, 630 A, 545 rpm, 90% 界磁

本機関車は1両当たり4台の主電動機を有しており、主発電機に対して2個直列、2群を並列に使用されている。連続定格けん引力は1両当たり11,480kgときわめて強力なものであり、一方最高速度

は 80 km/h を許容し、最弱界磁 30% の弱界磁制御を行なっている。最大電流値は機関車の 30% 粘着けん引力相当の定格電流の 160% としてある。巻線の絶縁は電機子、固定子ともに主発電機と同様 H 種絶縁で十分な耐熱性を備え、強制通風冷却が行なわれている。整流子片には銀入硬銅を、刷子には 2 分割丸頭状刷子を使用し、アーキングホーンをもうけるなど過酷な使用に対しても耐えるよう考慮してある。電機子軸受周囲を閉鎖形とし、グリースだめをもうけて砂塵の侵入口をふさぎ、歯車箱内部は加圧して砂塵の侵入を防止する(特許申請中)など、現地状況を調査した結果によって慎重に製作した。主電動機についても主発電機同様過酷な稼働条件を考慮した耐熱性、耐塵性の特別試験を行なって良好な性能を確認した。本機の外観は図 10 に示すとおりで従来の電動機に比べて大幅に小形軽量化されている。

5.4 40 kW 補助発電機

本機は機関車の各種電動補機の駆動、照明設備、制御装置およびバッテリー充電用などの電源として使用されるが回転数がエンジン速度に応じて変動するので 6.5 項に示すトランジスター式自動電圧

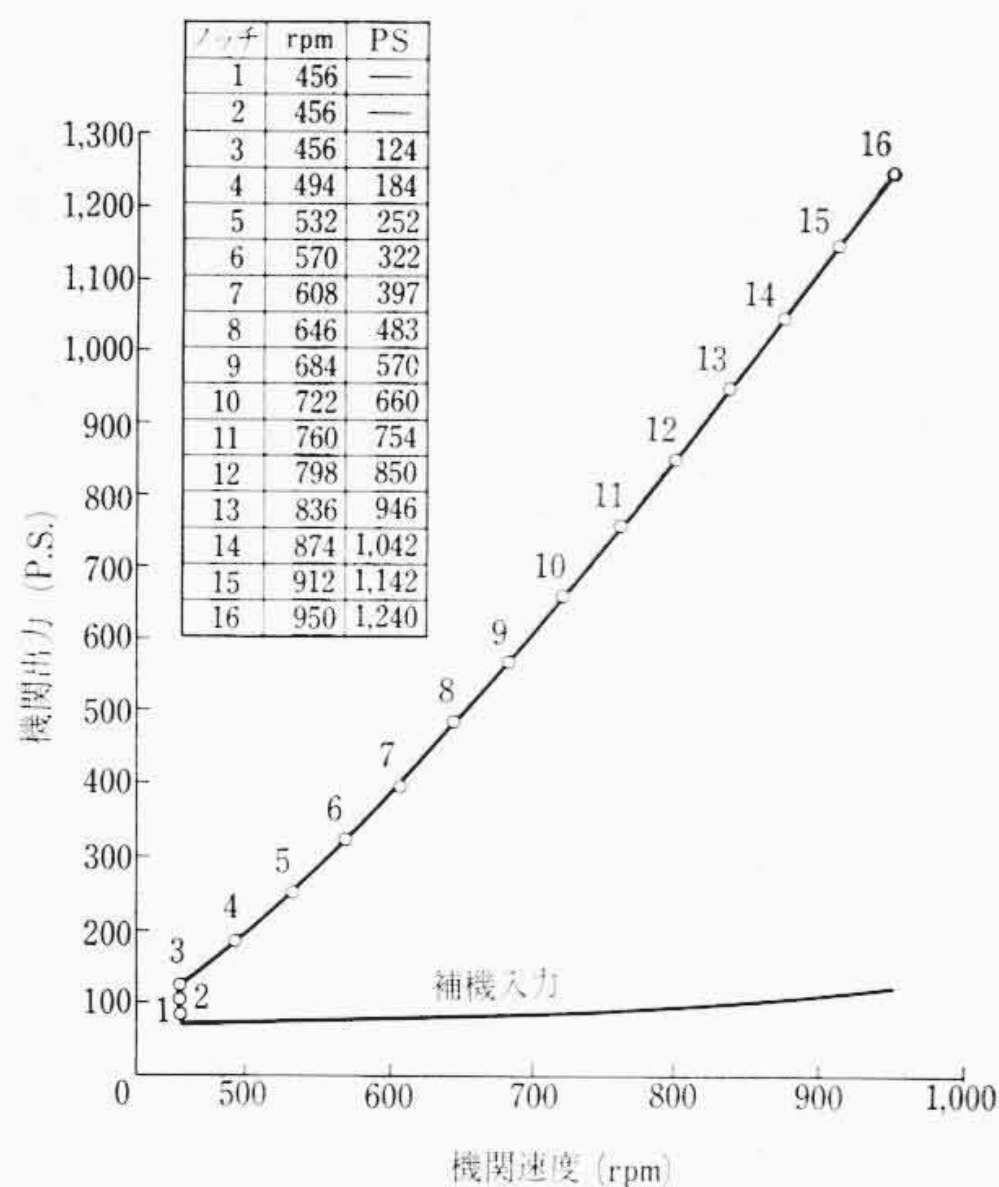


図 11 機関出力対速度制御特性

調整装置を組み合わせることによりおおむね 110V 一定の良好な出力電圧となっている。巻線は F 種絶縁が採用され、強制通風冷却により回転数の変動に対して十分な熱容量を持たせている。

6. 制御保護装置

6.1 一般

制御方式は、電磁、電磁空気および電磁油圧を用いた間接操作式で、機関車 2 両の重連総括制御が可能となっている。

特に防塵および耐候性に留意し、電気的接触部はすべて最新の突き合せ接触方式とし、補助接点などは透明なプラスチックカバーでおおわれた構造としてある。

機関車は、力行時 16 ノッチ、抑速制動時 40 ステップで制御される。安全、保護、警報および表示方式には、稼働地域の運転、保守の現状に合わせて、6.6 項に示すような幾多の装置が採用され、運転の安全および便宜を図っている。

6.2 ディーゼル機関の制御

ディーゼル機関の调速機としては、ウッドワードガバナー社製の電磁油圧操作式ガバナーを採用した。機関の速度すなわち出力は、これに設けられた 4 個の電磁ソレノイド“A”, “B”, “C”および“D”が主幹制御器により、14 ステップに制御される。その出力対速度制御特性は図 11 に示すとおりである。

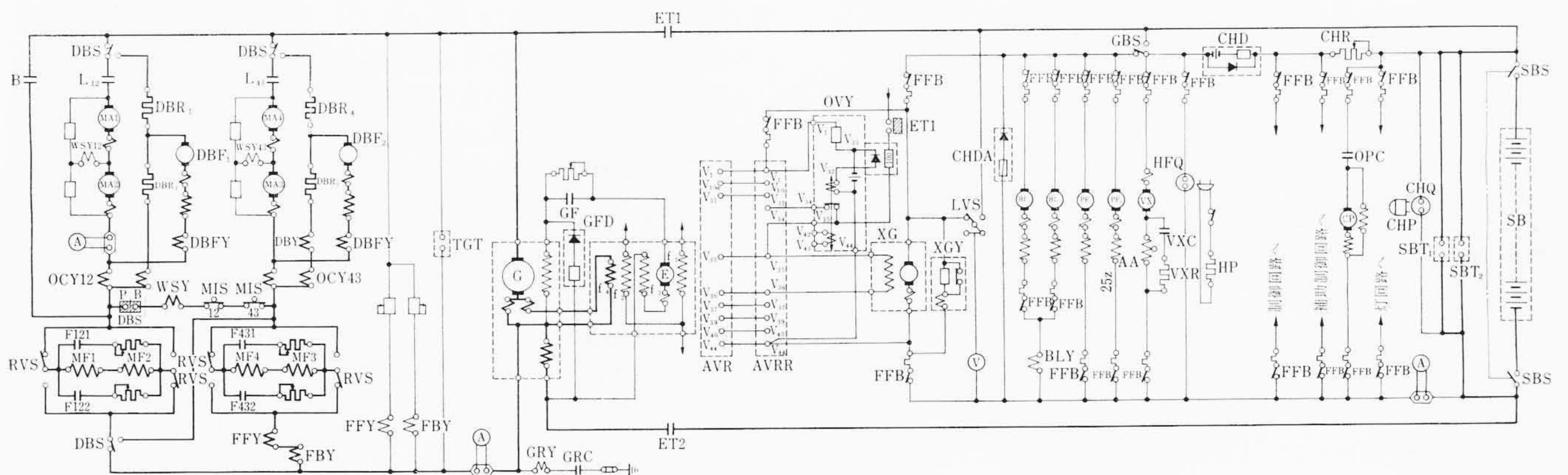
ガバナーには、油圧ベーンモータで駆動される負荷調整器が設置されており、この調整器は、力行の場合、励磁機他励界磁に直列に接続され、機関の出力を常に適切な値に調整する作用を果たしている。

機関を始動する場合は、始動ボタンスイッチを操作すれば、機関は最初に予潤滑ポンプにより潤滑され、各部に十分に潤滑油がゆきわたった後、始動接触器が投入され、主発電機が回転し、着火する方式が採用されている。

6.3 力行の制御

主発電機の出力は、2 個直列、2 群永久並列接続された 4 個の主電動機に供給される。

主電動機には、機関車の低速度から高速度までの広い速度範囲に



- | | | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| AVR 補発自動電圧調整器 | DBS 制動転換器 | GRY 接地継電器 | RVS 逆転器 |
| AVRR 電圧調整器用抵抗器 | DBY 制動電流継電器 | HP 電熱板 | SB アルカリ蓄電池 |
| B 発電制動接触器 | E 主発電機励磁機 | HPQ 電熱板栓受 | SBS 蓄電池開放スイッチ |
| BL 主電動機送風電動機 | ET 始動接触器 | L 主電動機接触器 | SBT 機関車間始動電力通端子台 |
| BLY 送風電動機継電器 | F 主電動機界磁接触器 | LVS 電圧計切換スイッチ | TGT 主発電機測定端子台 |
| CHD 充電回路逆流阻止整流器 | FBY 主電動機界磁制御戻し継電器 | MA 主電動機電機子 | V 電圧計 |
| CHDA 逆流阻止整流器サージ吸収器 | FFB 保護遮断器 | MF 主電動機直巻界磁巻線 | VX 真空排気電動機磁接触器 |
| CHP 外部充電栓 | FFY 主電動機界磁制御進め継電器 | MIS 故障電動機開放スイッチ | VXC 真空排気電動機磁接触器 |
| CHQ 外部充電栓受 | G 主発電機 | OCY 主電動機および制動抵抗過電流継電器 | WSY 空転継電器 |
| CHR 充電抵抗器 | GBS 電源切換スイッチ | OP 予潤滑ポンプ電動機 | XG 補助発電機 |
| DBF 発電制動抵抗冷却ファン電動機 | GF 主発界磁接触器 | OPC 予潤滑接触器 | XGY 補発運転継電器 |
| DBFY 制動抵抗ファン電動機差電流継電器 | GFD 主発界磁サージ吸収器 | Ovy 補発過電圧継電器 | |
| DBR 発電制動抵抗器 | GRC 接地接触器 | PF 予圧ファン電動機 | |

図 12 主回路および補助回路結線図

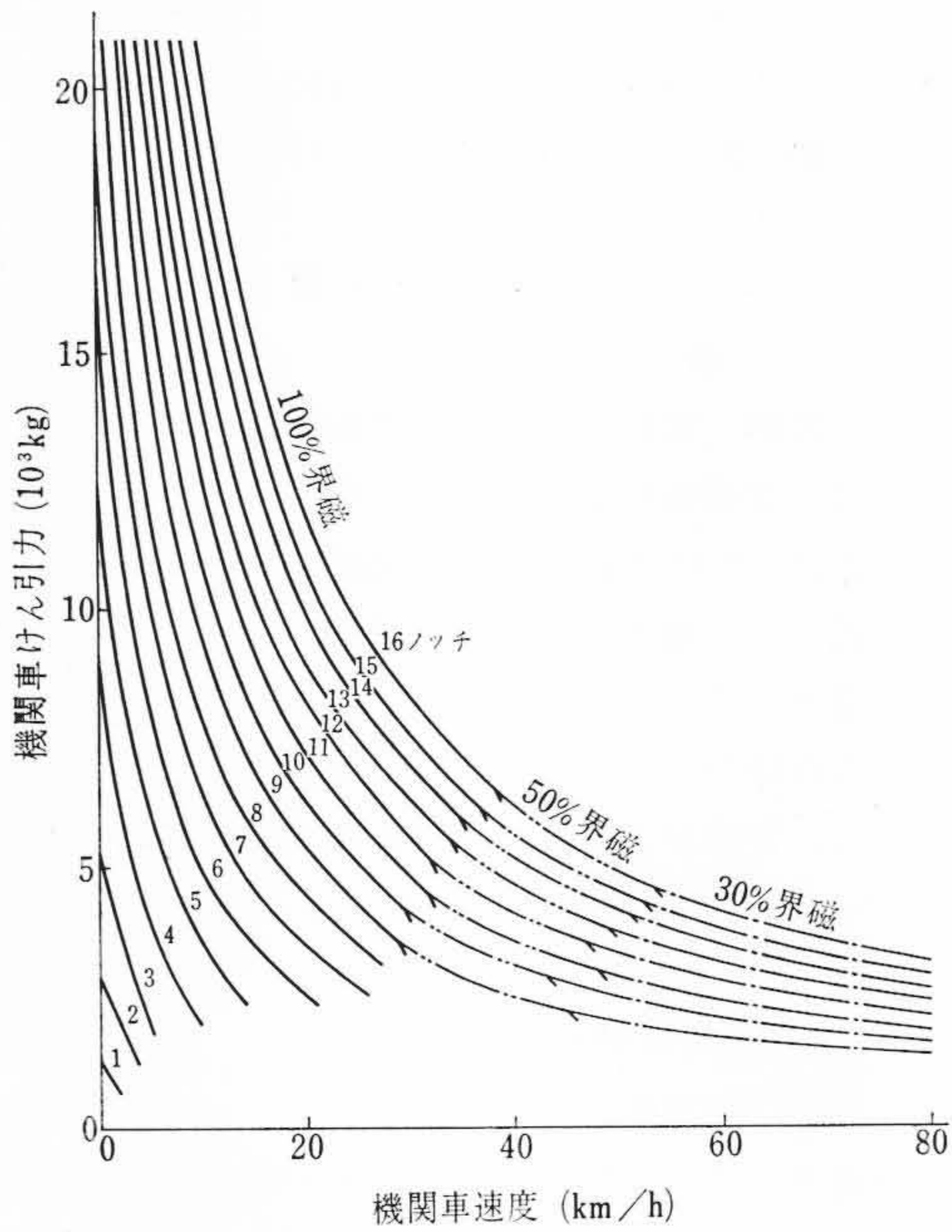


図13 けん引力対速度ノッチ特性

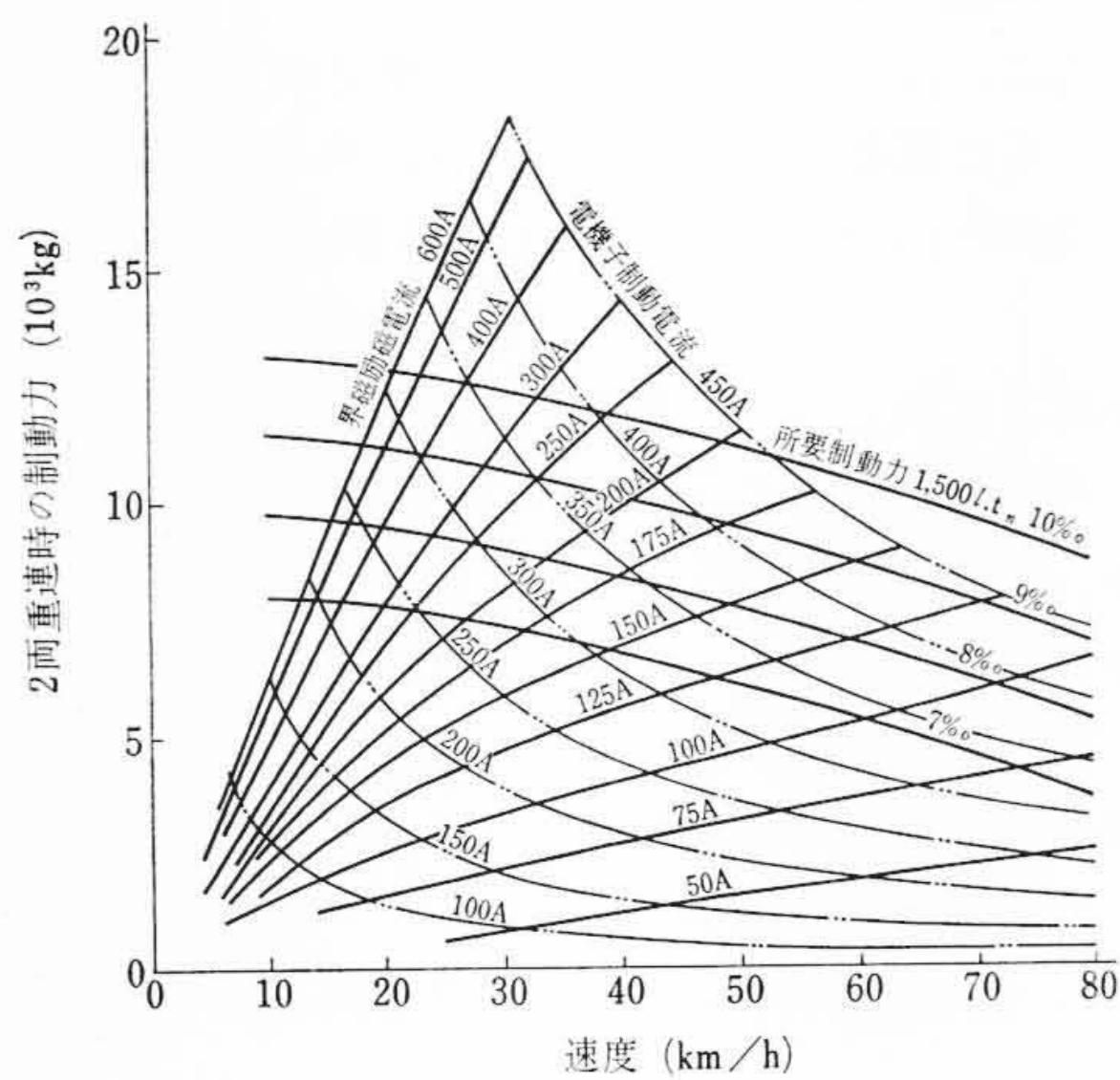


図14 制動力対速度特性曲線

わたり、常に、ディーゼル機関の能力を十分に利用するため、50%および30%分路界磁制御が用いられている。図12は主回路および補助回路結線を示したものである。

全世界磁、あるいは分路界磁の選択は、主発電機の端子電圧と負荷電流を組み合わせた、最適の特性で動作する界磁継電器により、自動的に制御される。

力行ノッチは、機関の速度制御により得られる14ステップのほか、機関車起動時の衝撃を緩和するために付加された励磁機界磁抵抗制御の2ステップの計16ノッチとなっている。図13はこの場合の機関車の速度対けん引力ノッチ特性を示している。

6.4 発電ブレーキ

この機関車は、既述した連続こう配区間を、2両重連で、貨物列車1,500ロングトンけん引して下る場合、50~60 km/hに抑速するため、図14制動力対速度特性曲線に示すような特性を有する本格的な発電ブレーキ装置を具備している。

電気ブレーキ時には、主電動機界磁を主発電機で励磁し、電動機を発電機として作用させ、列車の機械的エネルギーを電力に転換し、これを抵抗器でさらに熱エネルギーに変換して大気中に放散する、いわゆる他励発電抵抗ブレーキ方式が用いられている。

ブレーキ力の制御は、機関の速度を532 rpm一定に維持し、励磁

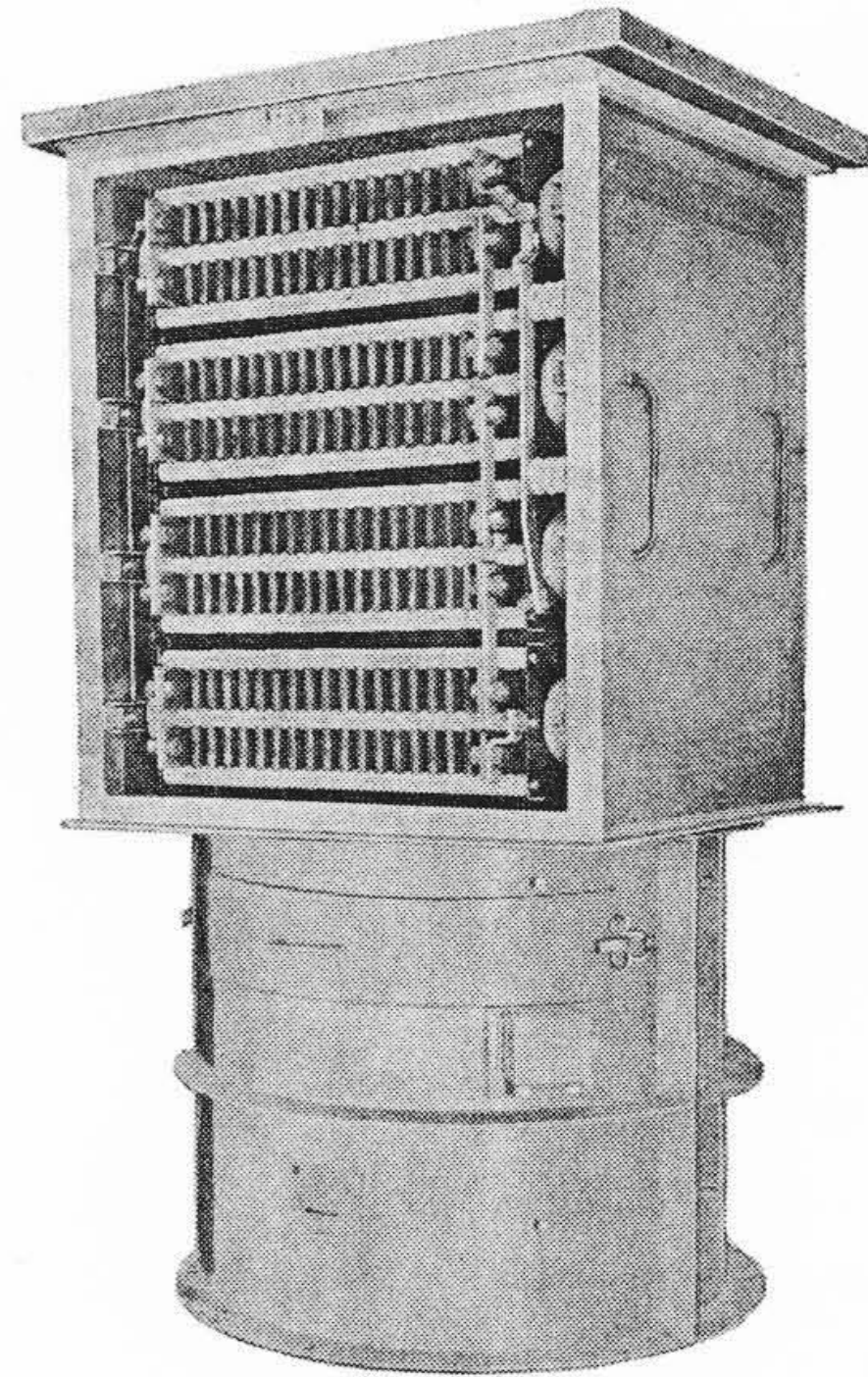


図15 電動ファン付制動抵抗器

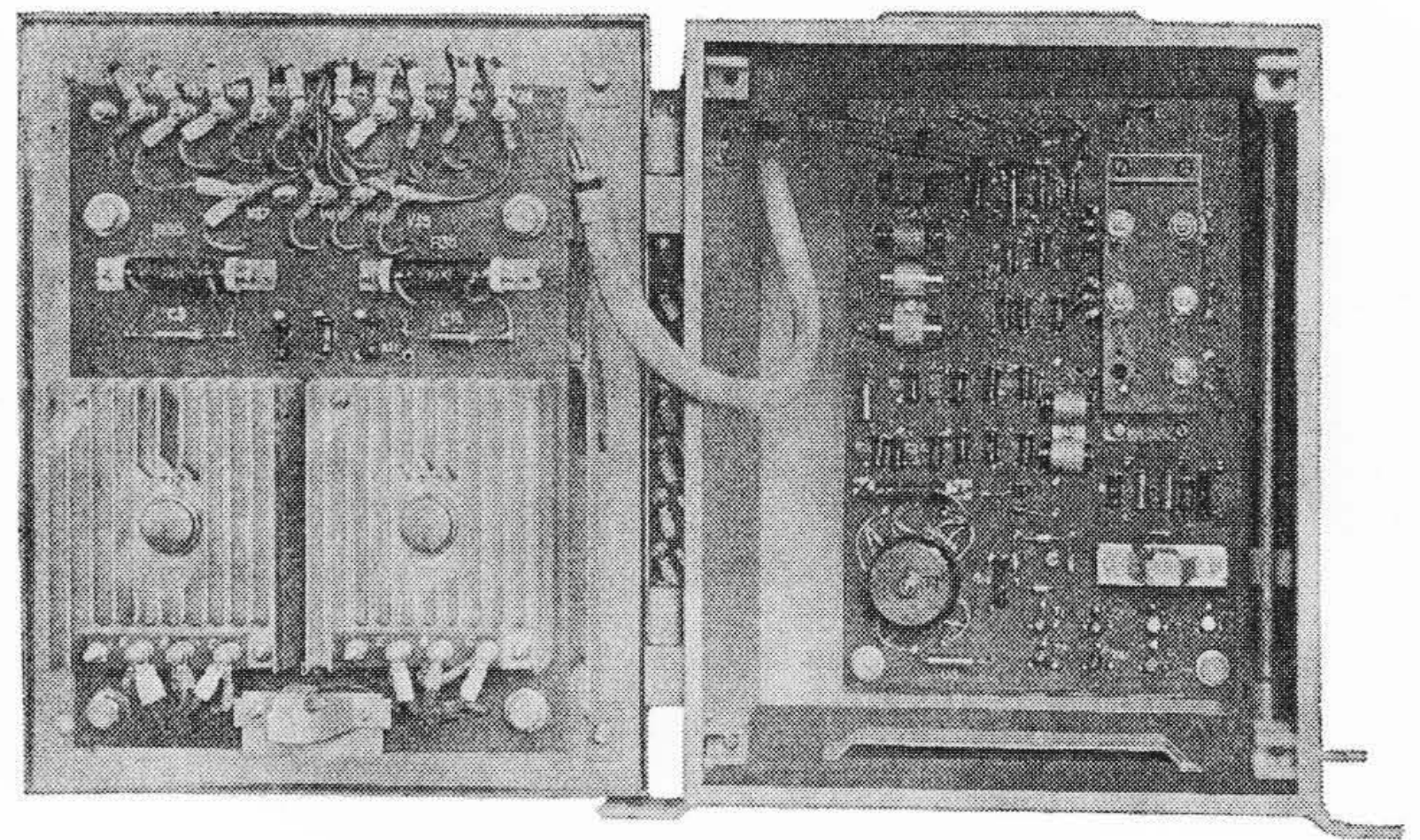


図16 自動電圧調整器

機界磁巻線 f_1 、 f_2 および f_3 のうち f_1 を消磁のままとし、 f_2 の界磁抵抗を主幹制御器で微細に調整することにより行なわれる。

界磁巻線 f_1 を遊びとすることにより、主発電機の出発電圧対電流の関係は、負荷抵抗の小なる範囲において、電圧が急峻に立ち上がる特性となり、発電機の負荷抵抗すなわち主電動機界磁巻線の内部抵抗が、温度の影響で大幅に変化しても、 I_f はわずかに変化するのみである。したがって制動の各ステップにおいて、主発電機は主電動機に安定した一定の励磁電流を供給することができる。

制動の第1ステップおよび第2ステップは、主電動機界磁を、それぞれ30%および50%界磁に制御し、機関車の運転を力行から制動に急激に切り換えたとき、主として主発電機および励磁機の残留磁気、過渡特性などにより、制動ノッチ投入瞬時に、過渡的に発生する過大電流および制動力を抑制している。

制動回路は、図12の接続より明らかなように、2群の主電動機電機子の正側が、主発電機回路から切り離され、各群ごとに制動抵抗器に接続される。また直巻界磁は4個とも直接主発電機に直列に接続される。

800V、450Aの連続定格容量を有する2群の制動抵抗器は、おのおの、その中間端子と負側端子に並列に接続され、制動電力の一部分を利用して駆動される、専用の熱放散用電動ファンで強制冷却される。図15は電動ファン付制動抵抗器を示したものである。

6.5 補助回路

40 kW 補助発電機の電圧は、最近開発された位相制御式トランジスタ自動電圧調整器により、総合電圧変動率が優に $\pm 2\%$ 以内に納

表4 安全、保護および表示方式一覧表

事故の処置および表示	非常ブレーキ	機停閉	機回閉	動遮力断	動減力少	砂まき	警報	総表示灯	個表示灯
列車ブレーキ真空度低下	○		○	○				○	
デッドマン	○		○	○				○	
火災							○	○	
動力空転					○	○	○	○	
力行過電流			○	○				○	○
制動過電流			○	○	○		○	○	○
主電動機送風機停止			○	○				○	○
接地								○	○
補発電停止			○	○				○	○
潤滑油圧低下		○		○				○	○
冷却水位低下		○		○				○	○
冷却水温過昇			○	○				○	○

まるように制御され、良質の定電圧が負荷に供給されている。図16はこの調整器を示す。

電圧調整器には、予備励磁装置が付属し、補助発電機に全負荷を接続した状態で機関始動を行なっても、その電圧が確立するよう考慮が払われている。

充電回路には、従来の逆流継電機、充電接触器に代わるものとして、周囲温度の高い現地においても十分な容量を有するシリコン整流器を採用し、蓄電池から補助発電機への逆流を阻止している。

主発電機界磁および補助発電機には、サージ電圧抑制装置が設けられ、界磁接触器接触子の荒損防止および逆流阻止用シリコン整流器の保護が図られている。

補助回転機、制御回路、灯回路などには、それぞれ2極の日立ヒューズフリー遮断器を設置し、正側および負側を同時に開閉し、直

流の遮断能力の増大および回路点検の便を考慮している。

6.6 安全、保護および表示装置

安全、保護および表示方式を一覧表にまとめれば、表4のようになる。このうち特殊なものとしては、スーダン国鉄の要求に基づき、イギリスの DAVIES & METCALFE 社より購入して装備した安全監視装置がある。

7. 結 言

本機関車はスーダン国鉄に納入後アトバラ、ポート・スーダン間を1,500 tけん引運行する試験を行ない、サミット、ポート・スーダン間の10%こう配におけるけん引試験にも優秀な成績をおさめたほか、たびたび襲来する砂嵐中も異常なく走行している。本機関車は軸重可変構造としてあるため、本線・支線いずれにも使用でき、きわめて利用範囲の広い機関車で、今後スーダン国鉄のディーゼル化に大きな寄与をするものと期待される。

本機関車の製作にあたっては、日本国有鉄道臨時車両設計事務所および監督事務所のかたがたより懇切なご指導を賜った。またスーダン国鉄のディーゼル化進展に技術協力された日本国有鉄道の飯山・武田両氏からは多くの有益なご助言をいただいた。ここに衷心より謝意を表するとともに、今後のご指導をおねがいする次第である。

参 考 文 献

- (1) 竹村, 小泉, 立川: 日立評論 39, 707 (昭 32-6)
- (2) 竹村, 小泉, 立川: 日立評論 40, 709 (昭 33-6)
- (3) 小泉, 梅島, 北野, 山名, 桑原: 日立評論 別冊 40, 24 (昭 36-4)



特 許 の 紹 介



特許 第458125号 (特公昭40-8456)

本 名 孝 男

ト ラ ン ジ ス タ 限 時 継 電 器

この発明は、トランジスタ発振回路とその位相反転回路を設けて、これらの出力信号によりCR充放電回路を交互に充放電せしめ上記CR回路に累積された充電電圧と動作電圧としてヒステリシス特性を有するスイッチ回路を動作せしめて継電器出力を得るようにしたもので、1は発振回路でその信号はゲート回路2、充電回路3を経てCR充放電回路7に導入されるとともに、位相反転回路4、ゲート回路5、放電回路6を経てCR回路7に導入され、CR回路7の信号はヒステリシス特性を有するスイッチ回路8を経て出力として取り出される。なおAは電源スイッチを示すもので、上記各回路はいずれもAに接続され、スイッチAの開閉によってこの発明のトランジスタ継電器に電圧が印加され、発振回路1がその動作を開始する。

ここで発振回路1の出力波形Aおよび位相反転回路4の出力波形Bが図2A, Bに示す特性のようなものとすれば、この出力波形A, Bをそれぞれゲート2、充電回路3およびゲート回路5および放電回路6を介することによりそれぞれの出力波形CおよびDとして図2CおよびDのような出力を得る。この出力波形C, DをもってCR充放電回路7を交互に充放電し、充電量と放電量とを適当に選

べばCR回路7の出力波形Eすなわち充放電特性は図2Eのようなになる。この累積された充電電圧の値が最終段のヒステリシスを有するスイッチ回路8を動作し、限時継電器としての出力を得るのである。

この発明によれば、小容量のコンデンサを充放電することにより限時整定の範囲が広くしかも非常に長時間の限時継電器を得ることができるので、利用範囲もきわめて広がるなどの効果を発揮するものである。(西宮)

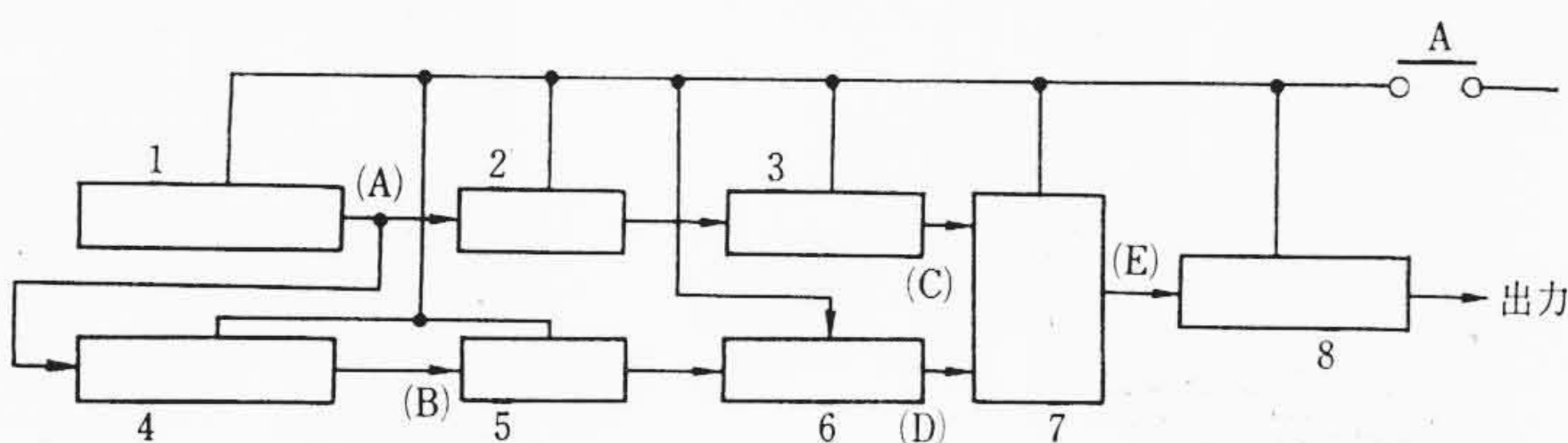


図 1

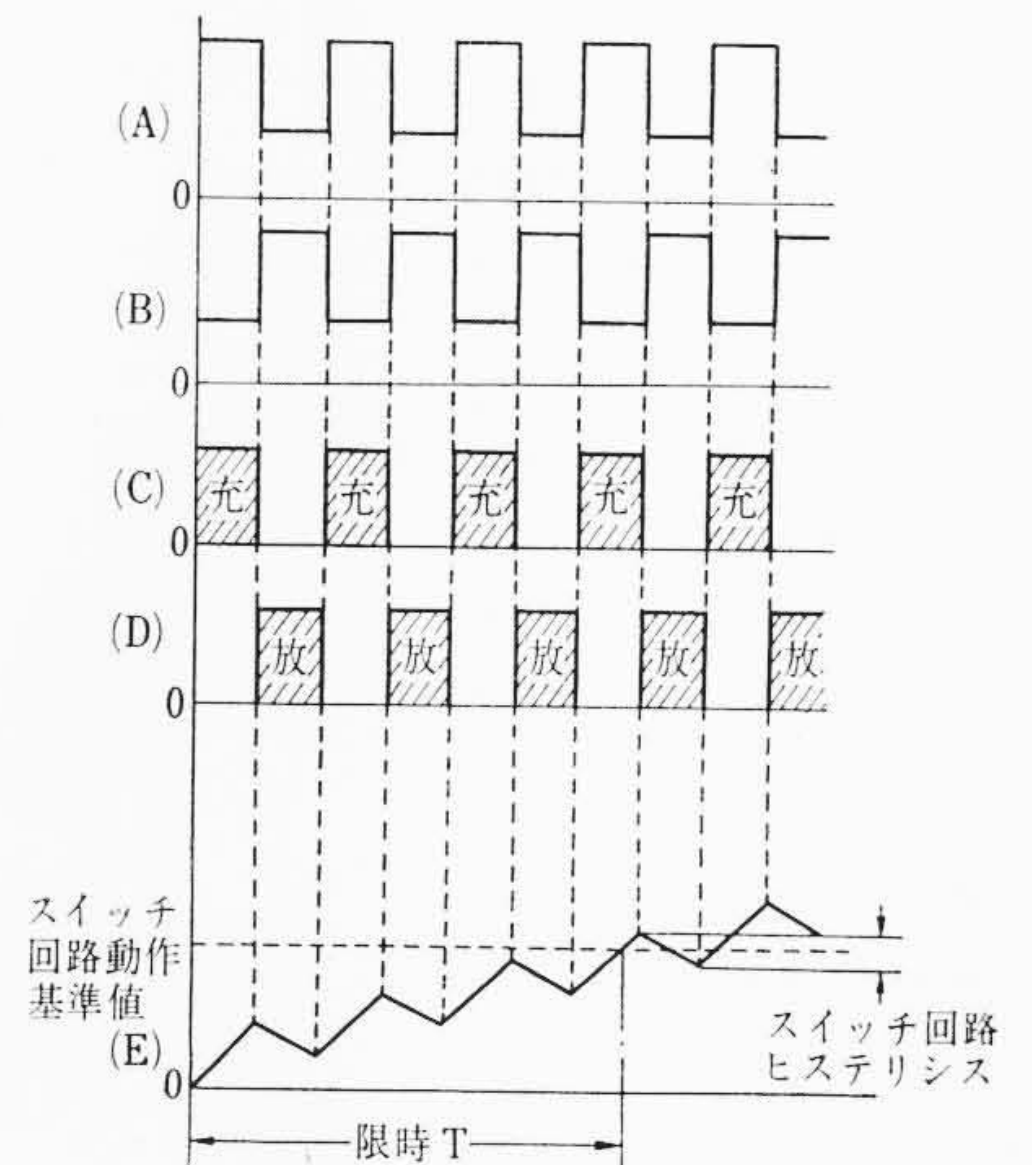


図 2