

日本国有鉄道 納 DD51 形 液 体 式 デ ィ ー ゼ ル 機 関 車

Class DD 51 Diesel Hydraulic Locomotive Delivered
to the Japanese National Railways

渡 辺 淳 吉* 山 名 順 圭*
Junkichi Watanabe Junkei Yamana

内 容 梗 概

国鉄における動力近代化の一環として、2,000 PS 級の液体式ディーゼル機関車 DD 51 形が計画され、その試作第 1 号機が日立製作所において完成した。この機関車は新設計による 1,000PS 級ディーゼル機関と液体変速機をそれぞれ 2 組搭載し、動輪周定格出力は 1,200 PS で、D 51 形蒸気機関車をやや上回る性能を有するものである。なお軸重 14 t を目標とし、蒸気発生装置を備え、保守点検容易な機関車とするよう計画されており、わが国最大の本線用液体式ディーゼル機関車として広く活躍することが期待されている。

この機関車の特長の一つは、あらゆる部品が国内の技術により設計、製作されたことであり、試作車の経験を折り込んで、さらに改良された量産車が引き続き多数製作されようとしている。本稿においては DD51 の 1 号機に関し、構造および性能の概要を述べる。

1. 緒 言

国鉄動力近代化委員会の答申に基づくディーゼル化計画の一環として、2,000 PS 級の本線用液体式ディーゼル機関車 DD51 形が計画され、その試作 1 号機が日立製作所において完成した。

この機関車は、引き続いて量産車を製作する場合の参考資料を得るため、国鉄において慎重な試験を実施し、性能および製作に関する多くの測定を行なったが、その後奥羽本線で営業運転に入っている。

この機関車は、国鉄最初の本線用大馬力液体式ディーゼル機関車で、1,000 PS 級のディーゼル機関および液体変速機を各 2 台搭載し、公称出力 2,000 PS、最大動輪周出力 1,400 PS の性能を有し、各部品はすべて国内の技術により設計、製作された画期的な機関車で、今後国鉄非電化区間の主力機関車として活躍することが期待されている。

なお、本機関車の出現は、高性能大容量の国産液体変速機の完成

によるところが大きい。

2. 一般仕様および特長

本機関車の一般仕様を第 1 表に示す。また第 2 図に動輪直径 820 mm、7 ノッチにおける引張特性を、第 3 図に引張重量曲線を示す(第 2 図および第 3 図は 2 号機の性能を示す)。

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) DD51 は動輪周引張力において、D 51 形蒸気機関車をやや上回り、最高速度は動輪直径が 780 mm に摩耗した時 95km/h であるようになっているので、本線用機関車として十分な性能を有している。

(2) 液体変速機は、国内で製作されたものとしては最大級の 1,000 PS/1,500 rpm の容量を有し、DW-2 形と称し、全自動制御方式のものであって川崎重工業株式会社および日立製作所亀有工場で製作された。

(3) ディーゼル機関は DML 61 S 形と称し、今回国鉄の標準機

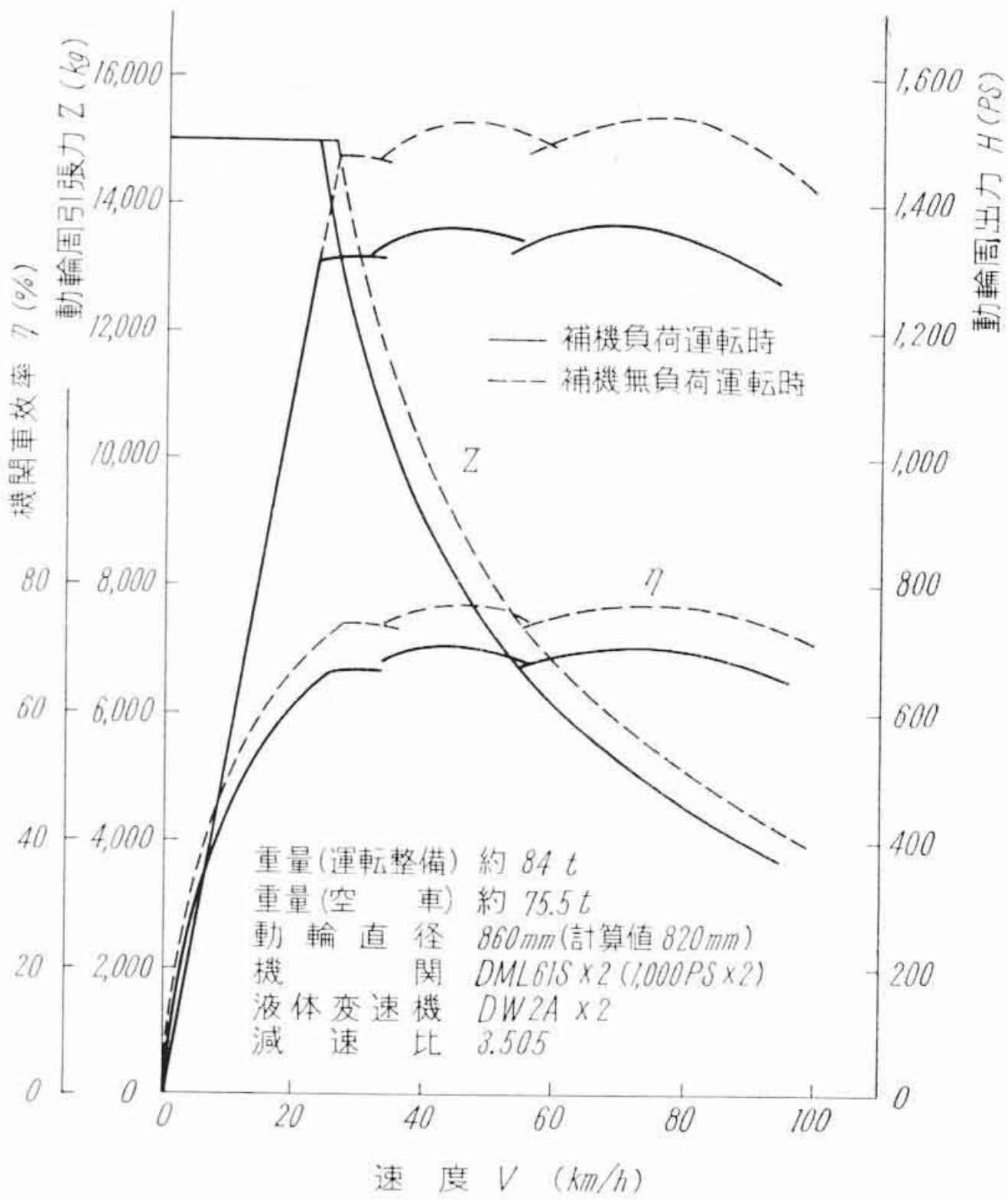


第 1 図 DD51 形 液 体 式 デ ィ ー ゼ ル 機 関 車

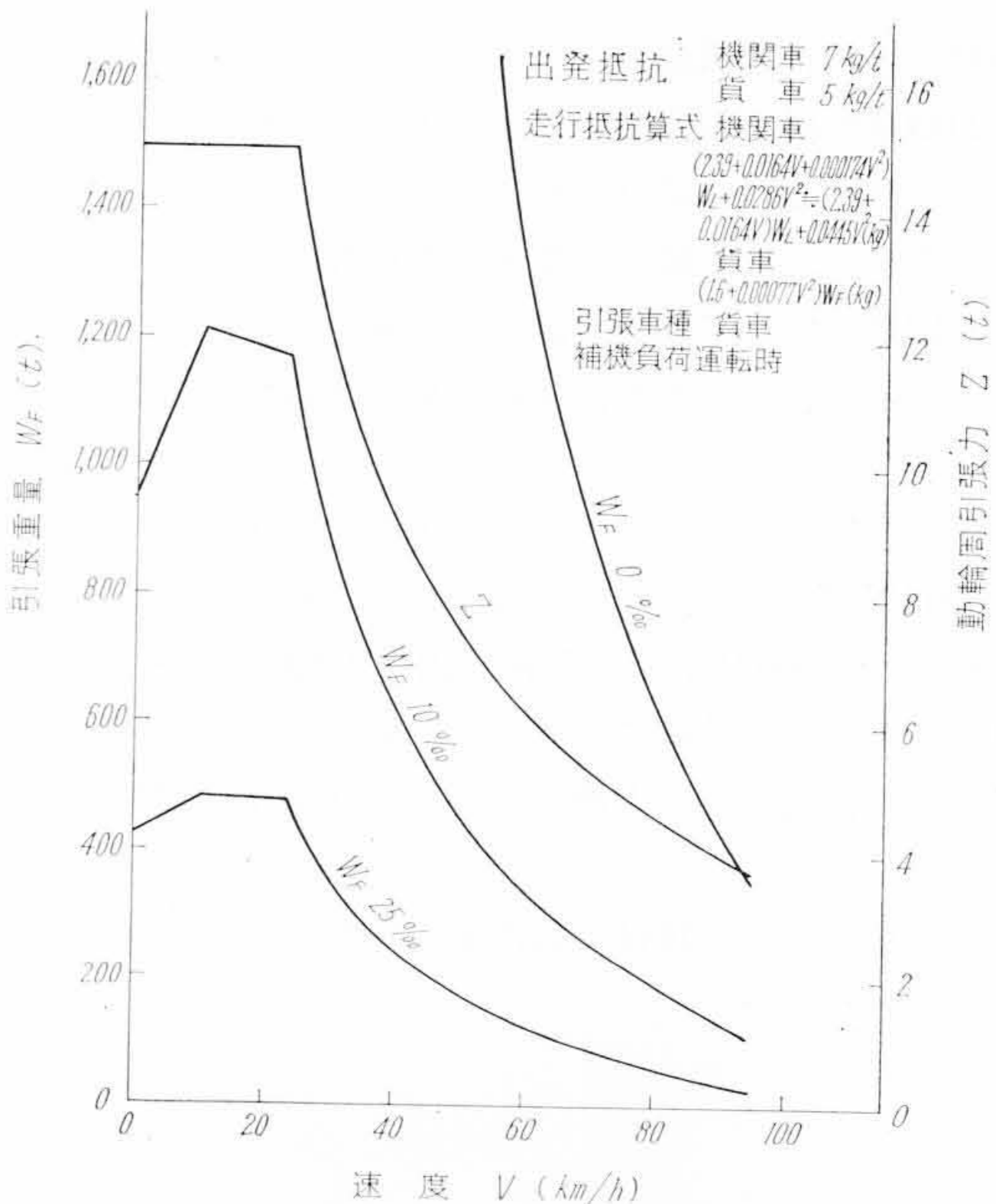
* 日立製作所水戸工場

第1表 機関車一般仕様

機関車形式	DD51
用途	本線用旅客機関車
機関車重量 (運転整備)	約 84.0 t
機関車重量 (空車)	約 75.5 t
軸配置	B-2-B
車両限界	日本国有鉄道構造規定(案)による第1縮小車両限界
軌間	1,067mm
全長×全幅×全高	18,000×2,951×3,955mm
固定軸距×全軸距	2,200×13,340mm
台車中心間距	12,170mm
車輪径	860mm
連結器高 (空車)	880mm
性能	
最大引張力 ($\mu=1/4$)	約 14,000 kg
最高速度 (車輪摩耗时)	95 km/h
補給品	
燃料	油 3,000 l
潤滑油	290 l
液体変速機油	320 l
オイルモータ油	200 l
冷却水	800 l
SG用水	4,000 l
砂	240 l
機関	
ディーゼル機関	DML61S形×2台
連続定格	1,000 PS/1,500 rpm
始動電動機	2台/1機関
定格	24V, 15 PS
充電発電機	2台/1機関
定格	24V, 2.5 kVA
液体変速機	DW2形×2台
形式	4要素, 1段, 変速3段, 全自動制御方式
容量	1,000 PS/1,500 rpm
蒸気発生装置	SG4×1台
蒸発量	700 kg/h
送水ポンプ (SG用)	片側吸込1段渦巻ポンプ1台
定格	30 l/min, 15m
小容量ポンプ	1台
定格	30 l/min, 2.0m
放熱用冷却ファン	プロペラファン×2台
容量	2.120 m ³ /min, 38 mmAq
オイルポンプ	定格 65 PS/1,500 rpm (作動油圧 120 kg/cm ²)
オイルモータ	定格 52 PS/1,380 rpm (作動油圧 120 kg/cm ²)
ブレーキ装置	DL-14A空気ブレーキおよび手ブレーキ
空気圧縮機	C2000形×2台
空気圧縮機容量	3,000 l/min, 8 kg/cm ² , 1,200 rpm
蓄電池	8DGA形 8個
容量	24V-640AH/s 時間率
制御装置	電磁および電磁空気式, 非重連
連結器引張装置	RD2ゴム緩衝器
台車様式	DT 113B, TR 101
車体様式	中央運転室ボンネット形



第2図 引張特性曲線



第3図 引張重量曲線

3. 機関車の構造

3.1 機器配置

機器配置を第4図に示す。機器は運転室を中心にして対称に配置され、Ⅰ、Ⅱエンドとも全く同様である。第5図にⅠエンド左側機関室内部の状況を示す。

両端の冷却室には、静油圧駆動方式の冷却装置のほか、空気圧縮機、油タンクなどを備えているが、冷却装置の風道が容易に取りはずせる構造となっているため、冷却室内に収容された機器の点検、保守はきわめて容易に行なわれる。

機関は4個の防振ゴムで支持されており、いずれも新設計の汙紙式空気ろ過器および排気消音器にそれぞれたわみ風道または排気たわみ管を介して接続されている。

排気消音器は測定の結果約10dBの消音効果があり、運転室における騒音は90ホン前後で、大形ディーゼル機関車としては騒音の低いものといえよう。

関として新設計されたもので、1,500 rpm で1,000 PS の出力を有している。

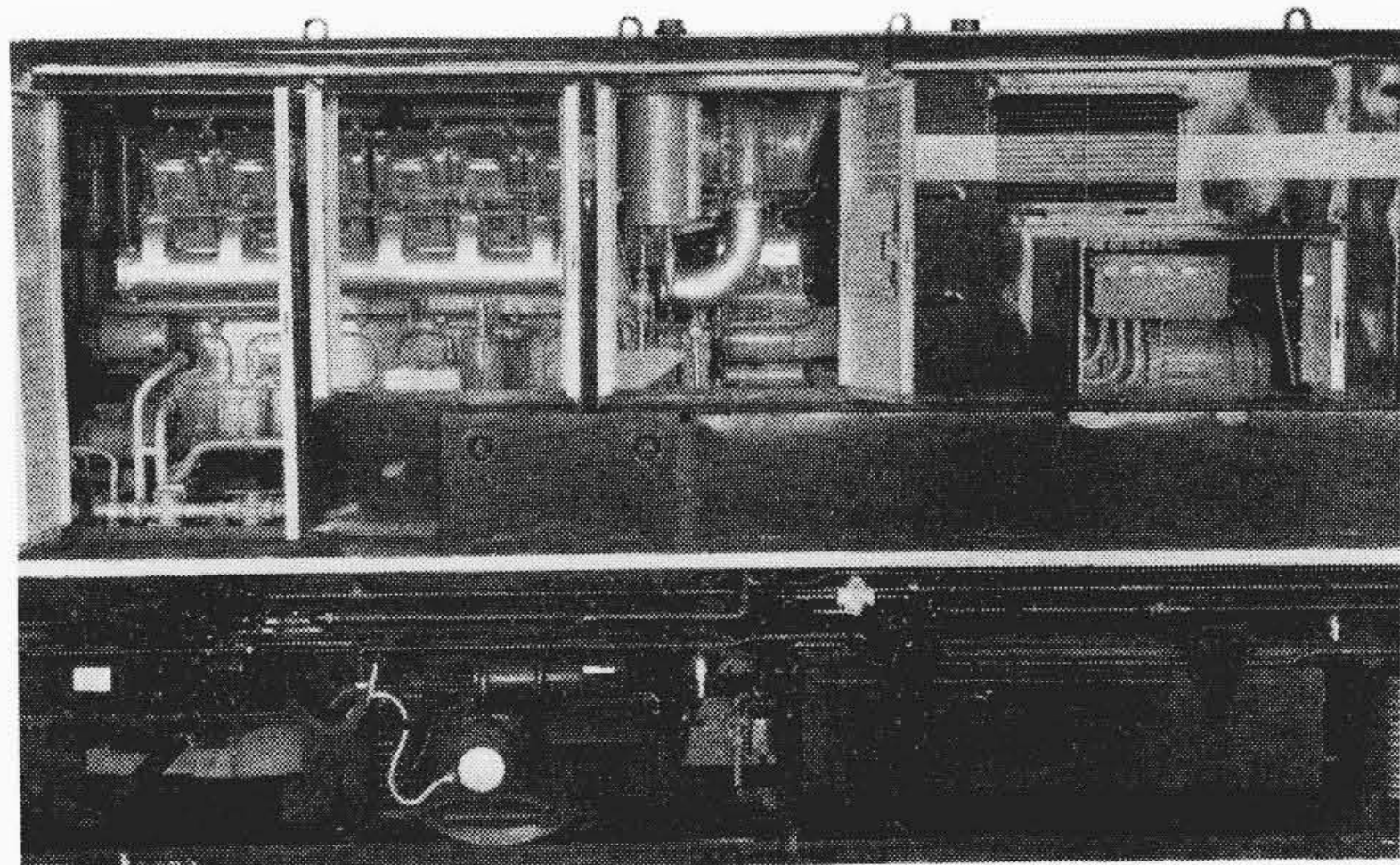
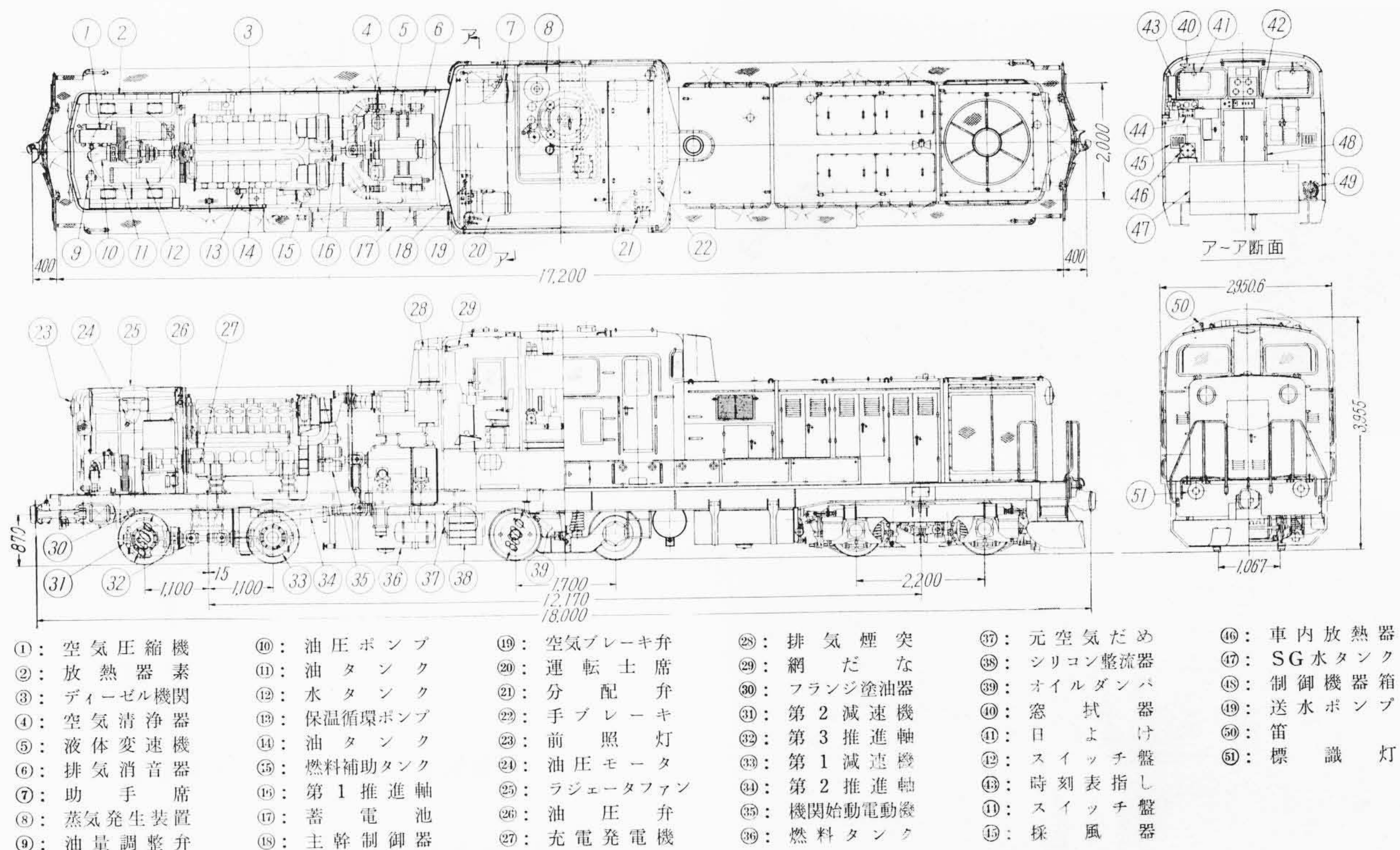
(4) DD 51 用として新設計された SG 4 形蒸気発生装置を塔載している。SG 4 は DF 50 形電気式ディーゼル機関車に塔載されている SG 3 と最大蒸発量は同じで、これをさらに小形軽量化したものである。

(5) 動力伝達装置は運転室を中心として対称に配置されており、両端台車は動力台車で、中間台車は動力伝達装置を有せず、枕バネの横剛性を利用して大幅な横動を許すようにした特殊の構造の従台車である。

(6) 電気制御用の継電器類には小形市販品を使用し、きわめて小形の主幹制御器とともに、限られた空間で複雑な機能を果させることに成功している。

(7) 冷却装置は、アルミろう着ラジエータコアと静油圧により駆動する方式のラジエータファンからなり、機関冷却水の温度は、油量調整弁で自動的に一定に保たれる。

(8) 車体形式は中央運転室ボンネット形とし、機関室の全高を低くして視界を良好ならしめている。



第5図 機械室側面

液体変速機は機関の運転室寄りに配置され、球面軸受とゴム座によって支持されている。

機関室左側には蓄電池箱があって8 DGA 蓄電池と、始動用同期スイッチ盤などが収められている。

運転室中央部右側寄りにSG 4形蒸気発生装置が搭載され、蒸気発生装置は周囲を防音壁で取り囲んであるが、日常の運転においてはその操作盤の前面のとびらを開いてすべての操作を行なうことができる。

運転台は進行方向左側に対角線上に2箇所あり、押ボタンスイッチをはじめ、新設計の主幹制御器などをきわめて近代的な外観をなすように配置し、従来のディーゼル機関車の面目を一新している。第6図に運転室内部を示す。継電器類、制御回路開放器ほかの機器は運転台と助手台の間にある小形の制御箱内にすべて収容してある。

床下の台車の間には、容量750 lの燃料タンク4個のほか、元だめ、シリコン整流器などを下げてあり、運転室床下には4,000 lの蒸気発生器用の水タンクがある。



第6図 運転室内部

3.2 台車

軸配置をB-2-Bとしたため、両端台車と中間台車は著しく違った構造となっている。両端台車は減速機付の動台車で、中間台車は車体重量のみを負担する従台車となっている。

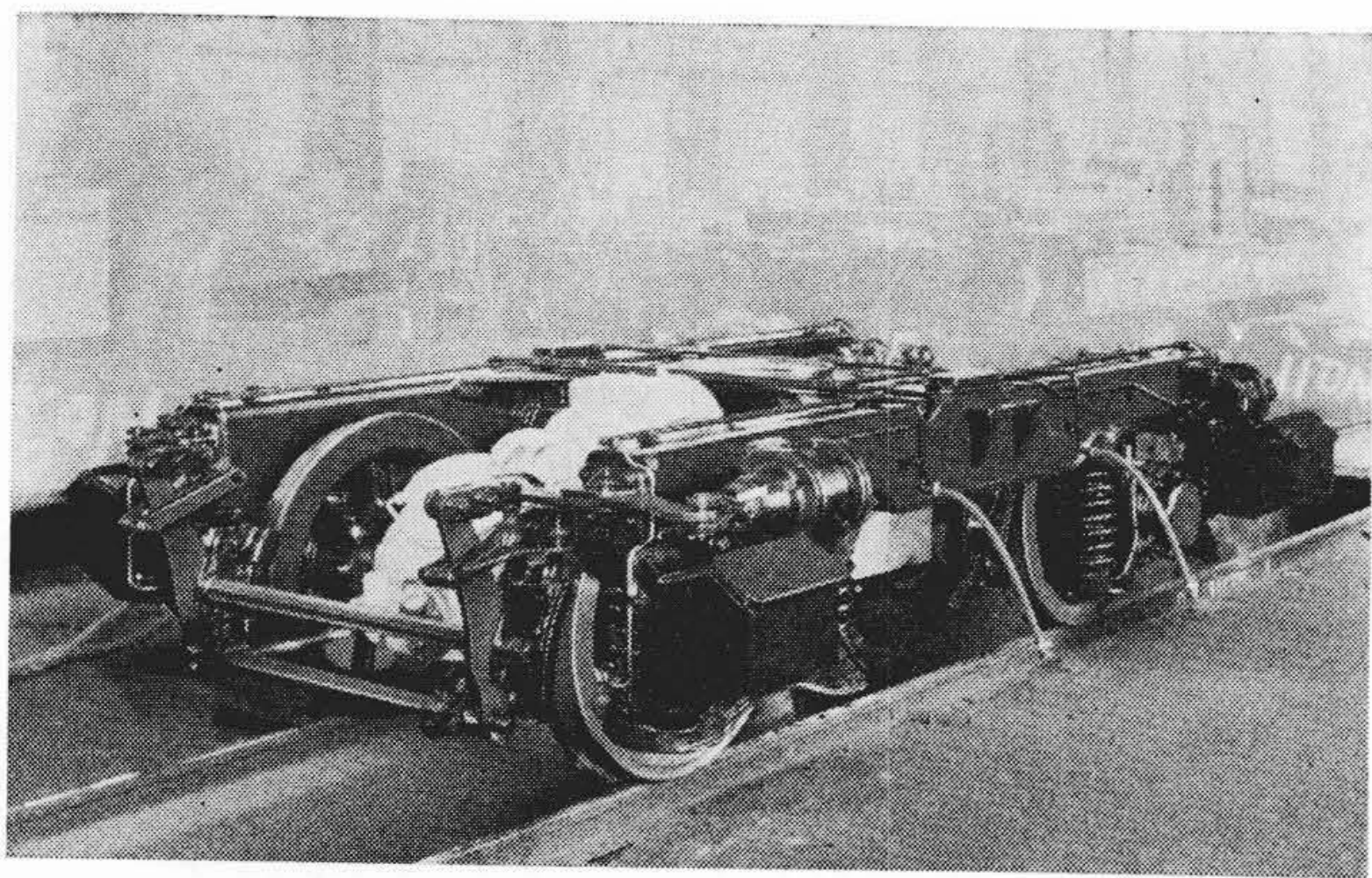
(1) 両端台車

台車外観を第7図に示す。この台車は、DD 13形液体式ディーゼル機関車のDT 113形台車と基本的には同一の構造で、固定まくらばり式ウイングパネ付台車である。

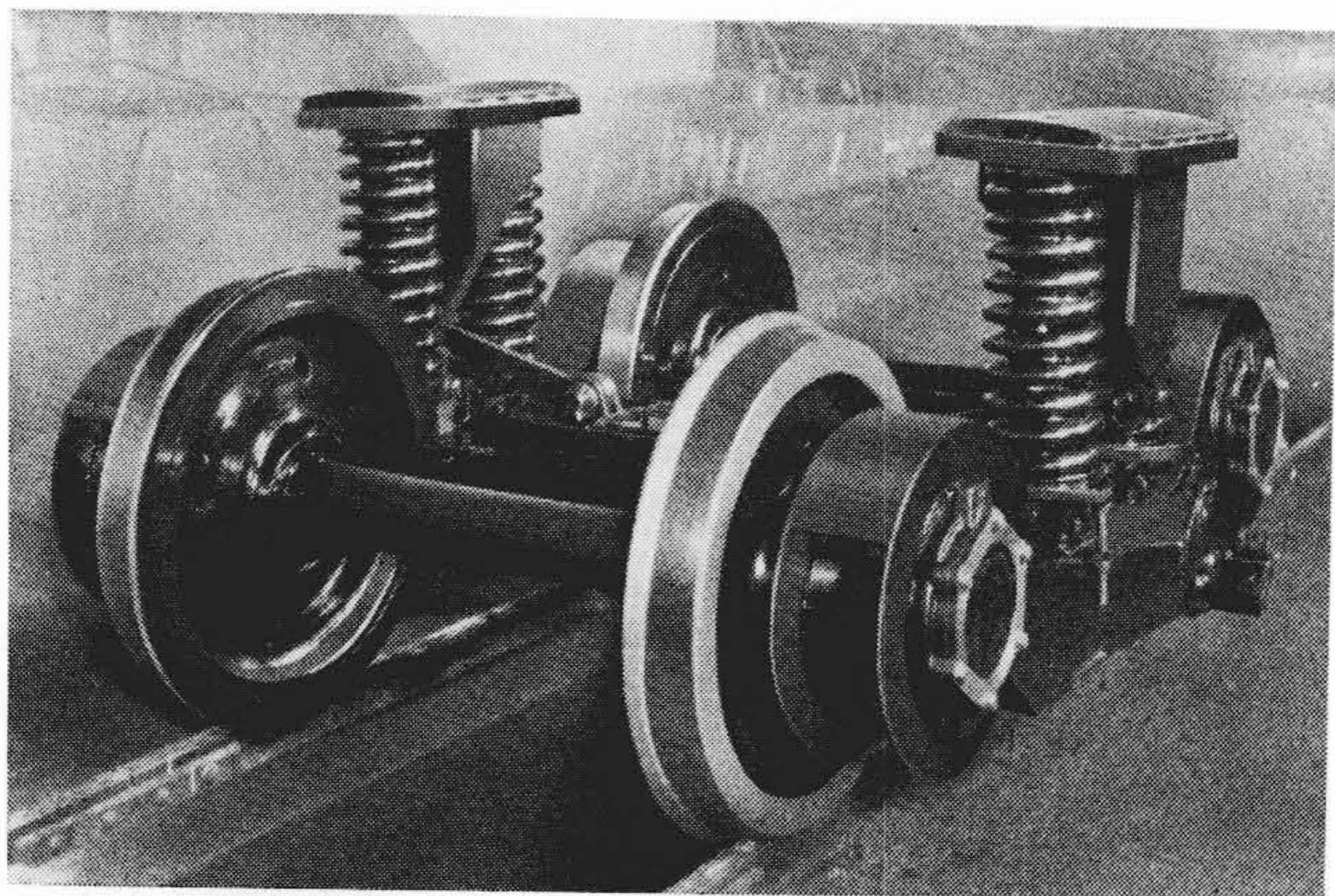
(2) 中間台車

中間台車の外観を第8図に示す。中間台車は従台車であるため、ブレーキ装置はなく、複雑なリンク機構を避けて摩擦部分を少なくし、簡単な機構として保守を容易にした台車である。

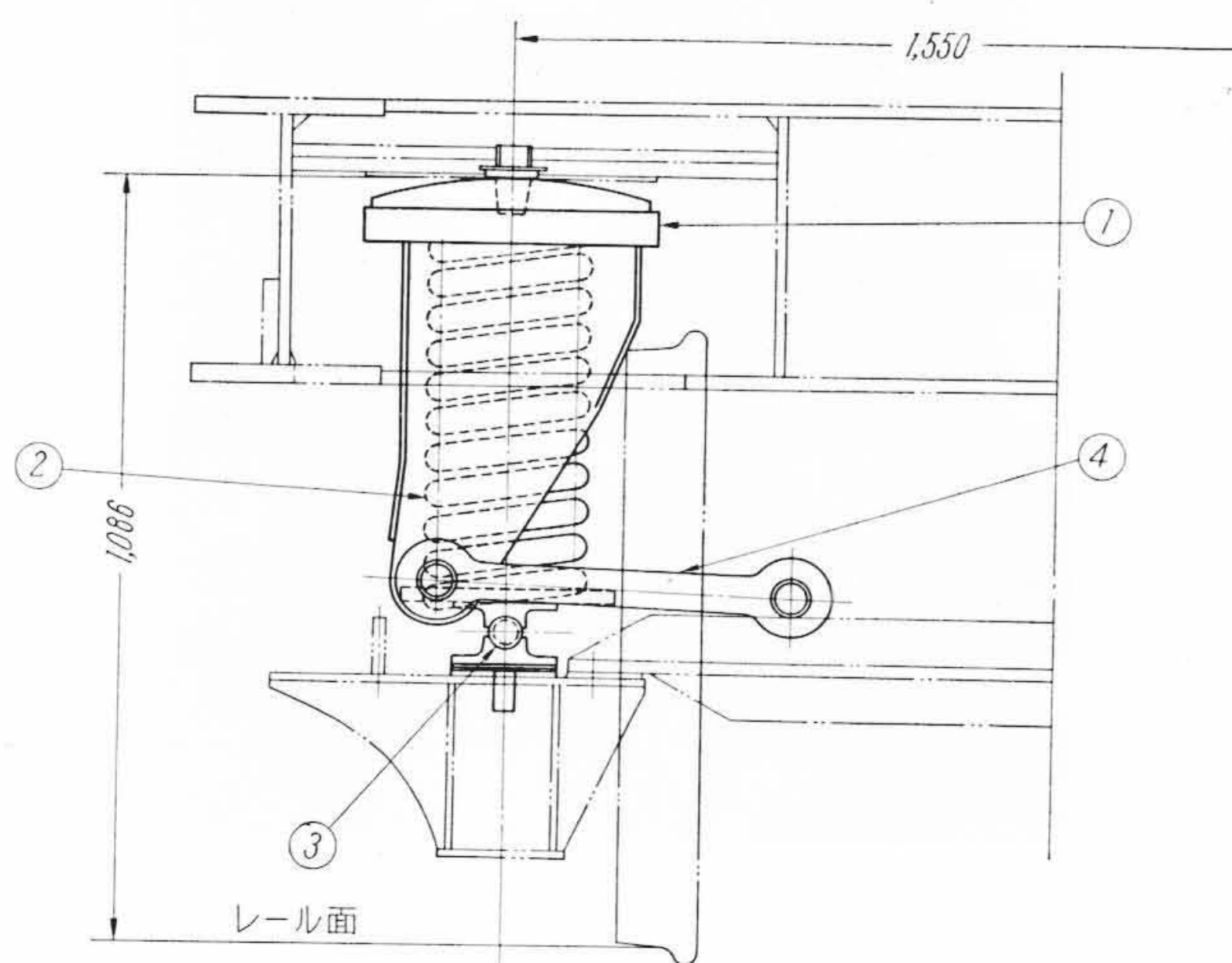
台車の形式は一種の側受支持方式で、車体重量は左右の転動ベネ座で受け、心皿は台車けん引のためだけに使用される構造である。また側ばりはゴムを介して軸箱をかかえており、特に軸ベネに相当



第7図 両端台車



第8図 中間台車



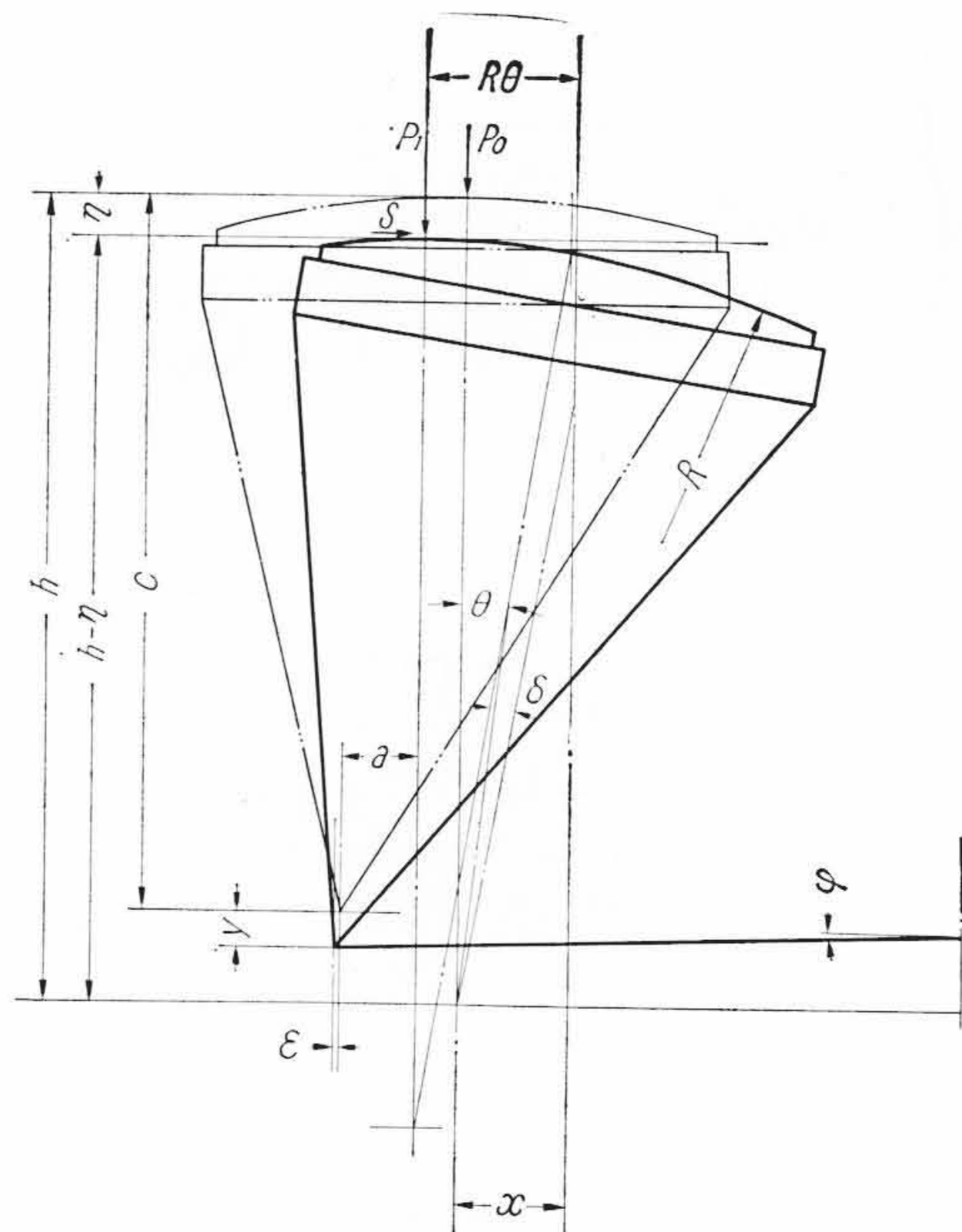
第9図 中間台車バネ装置

するものはない。

DD 51 の中間台車は 100 m 曲線通過時、外方へ 185 mm 偏倚し、また 100 m S 曲線通過時約 1.7 度回転するため、計画にあたっては 190 mm の横動および 3 度の回転を許すことを条件とした。しかも中間台車は、実用上復元力を 0 とし、レールに与える横圧を最小限にとどめることが必要なので、第 9 図に示す特殊のバネ機構を用いた。

第 9 図において、①は上面が円筒面のバネ座、②はまくらバネ、③は下部バネ受をささえるピンで、バネが傾いたとき、まくらバネは③のピンを中心にして左右に傾く構造となっている。④は上バネ座の転動を押さえるリンクである。

この構造は、上バネ座を円筒面とし、下バネ座を回転可能にしてあるため、復元力を生ずることなく、十分横動させることができる



第10図 中間台車バネ変位図

が、一端固定、他端回転自由のバネ系となるため不安定となり、バネの座屈およびこれに伴う横圧の増大が問題となるので、円筒面の半径を適当に選択して横圧を最小限にとどめるよう研究された。

復元力の問題は、中間台車のバネ系のみならず、両端台車のバネによる変位も考慮に入れなければならないので、きわめて複雑であるが、第 10 図に示すように、車体が曲線通過時中間台車に対して x だけ変位したとすると、釣合いの関係より次の式が得られる。

$$x = R\theta - a(1 - \cos \theta) + (R - c) \sin \theta - \varepsilon \dots\dots\dots (1)$$

$$s[(c - \eta + y) \cos \varphi + (x - R\theta + a + \varepsilon) \sin \varphi] = (P_0 + P_1)[\cos \varphi (R\theta - x) + \sin \theta \{-\sin \varphi (a + \varepsilon) + \cos \varphi (h - c - y)\}] + \kappa_s \delta [-\sin (\theta - \varphi) (R\theta - x) + \cos \theta \{-\sin \varphi (a + \varepsilon) + \cos \varphi (h - c - y)\}] \dots\dots\dots (2)$$

ここに R : 円筒面の半径 (mm)

a : バネ中心線と上バネ座リンク支点の距離 (mm)

c : 車体のライナ下面から上バネ座リンク支点までの距離 (mm)

ε : バネが傾いたとき上バネ座リンク支点が水平方向に移動する量 (mm)

s : バネ 1 組によつて生ずる復元力 (kg)

η : バネが傾いたときの上下方向の変位量 (mm)

y : バネが傾いたときの上バネ座リンク支点の上下方向移動量 (mm)

P_0 : バネが傾かないときにかかる垂直荷重 (kg)

P_1 : バネが傾いたとき、高さが変わるために加わる割増加重 (kg)

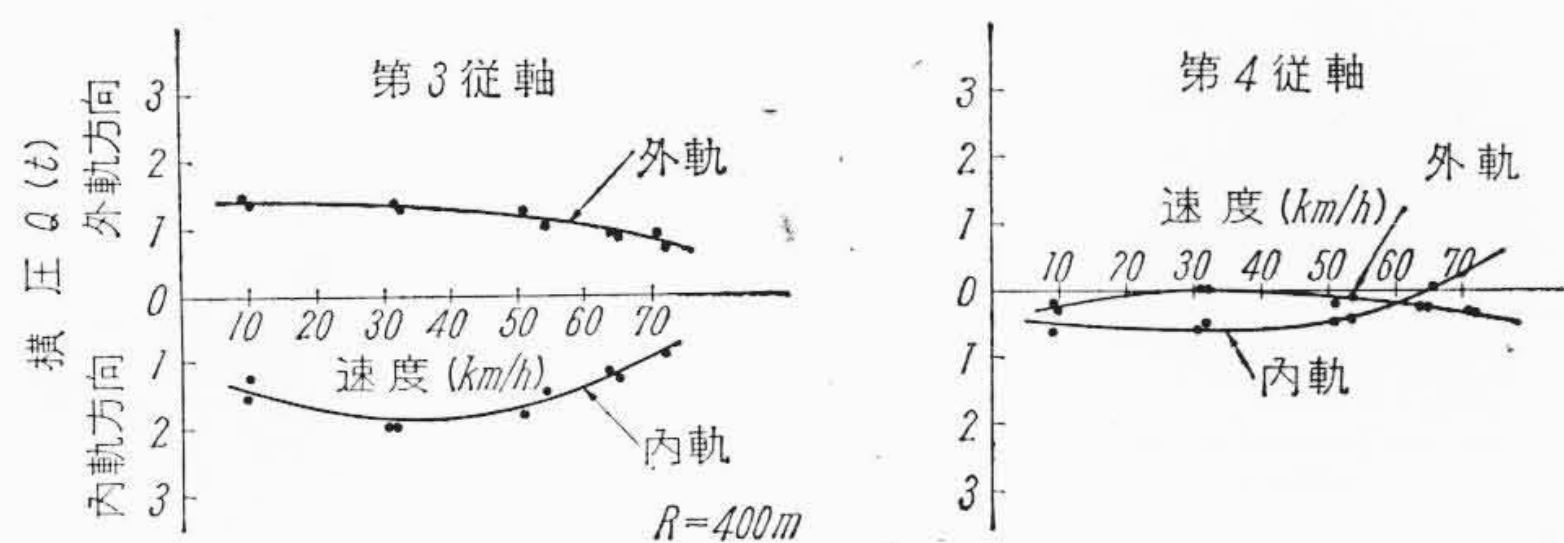
h : 車体のライナ下面から下バネ座ピン中心までの高さ (mm)

κ_s : バネの横剛性 (kg/mm)

δ : バネが傾いたとき、バネ中心線から下バネ座ピン中心までの距離 (mm)

θ, φ : 第 10 図に示す角度 (ラジアン)

(2) 式を逐次近似によって解くと、円筒面の半径 R と、復元力 S の関係を求めることができる。製作にあたっては、円筒面などが摩耗した場合のことも考慮に入れて、 $R = 600$ mm とした。この場合復元力は、中間台車が最大偏倚量である 190 mm 移動した状態にお



第11図 DD 51 中間台車横圧値

いて計算上1.3tとなり、実用上支障ない値となる。

このことは第11図 中間台車横圧値に示すとおり、実用上なんら支障ないことが実測によって証明された。第11図の横圧値は、通常のB形台車に比較して著しく小さい値である。

なお、以上の両端台車と中間台車の組み合わせによる振動特性はきわめて良好であることが試運転時に確認された。

3.3 動力伝達装置

動力伝達装置は第12図に示すように構成され、軸配置をB-2-Bとしたことによって推進軸の配置は単純化されている。

第1減速機は、はすば歯車と曲がりばかさ歯車による2段減速機であり、第2減速機は第1減速機と同様の曲がりばかさ歯車を用いた1段減速機である。これら歯車類の仕様を第2表に示す。

各減速機はそれぞれ車軸から駆動されるトロコイドポンプによって歯車および軸受の強制潤滑を行なっている。

減速機の油切部には接触部を用いず、摩耗部品を極力少なくする設計としている。上記趣旨によって製作された第1、第2減速機組立後の外観を第13図に示す。

3.4 車 体

車体は車体台わくとその中央に溶接された運転室および前後の取

りはずし可能な冷却室、機関室からなる。

車体台わくは1号機は主として鋼板溶接により構成されたが、2号車以降にはH形鋼、軽量形鋼なども使用されている。車体台わくは通常、両端台車および中間台車の3点で支持されているが、まくらばり付近および車体台わくの端ばり付近の二点でささえられることも考慮してある。車体台わく完成後各機器の等価荷重による応力およびたわみの測定を行ない、強度については十分の検討を行なった。車体台わく上にボルト締めされたボンネットは、冷却室機関室などの部分に分割され、相互に特殊ゴム継手で接続してあるため容易に取りはずすことができ、保守点検時の便をはかっている。

3.5 放 熱 装 置

DD 51の放熱装置には、アルミ製ラジエータコアを使用し、オイルポンプおよびオイルモータで駆動されるファンにより冷却を行なっている。

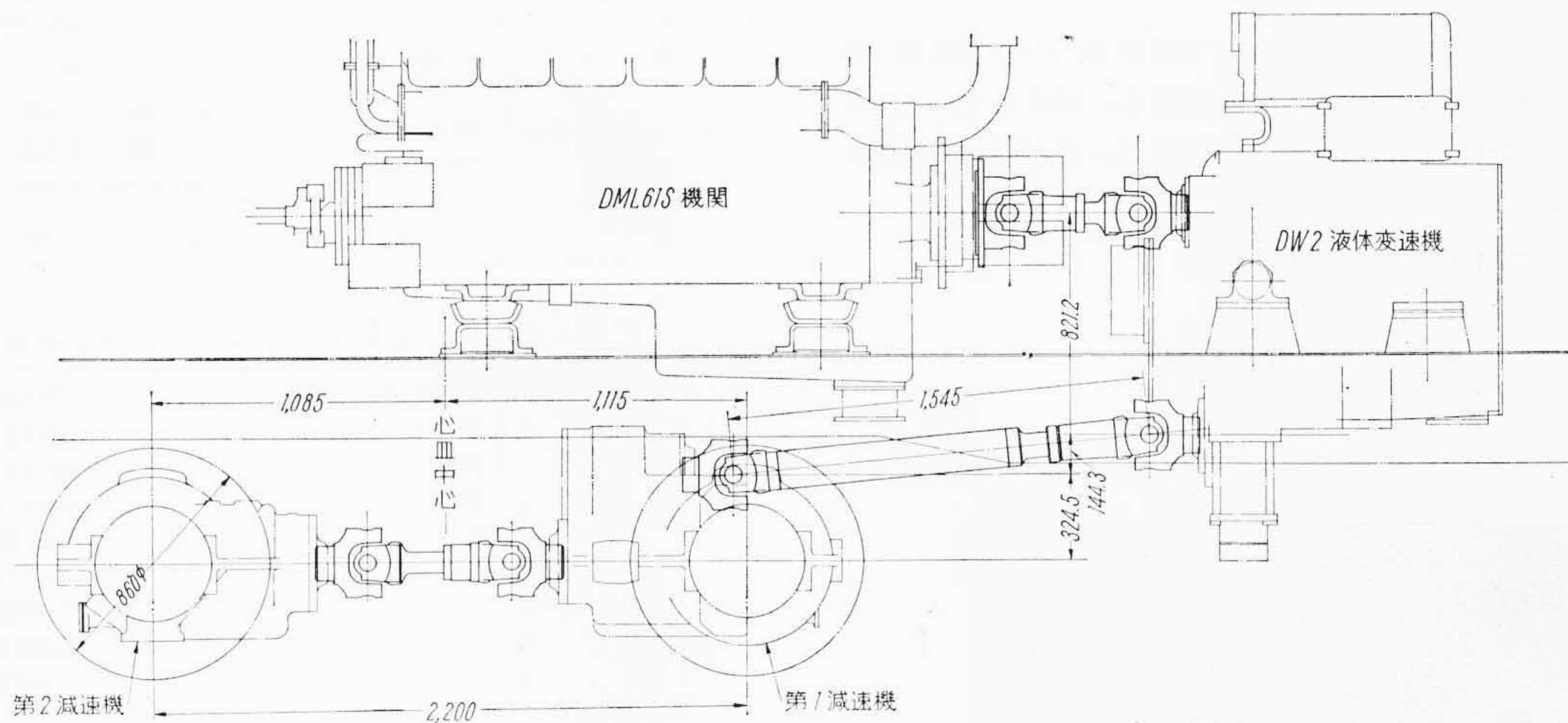
放熱装置にアルミを使用したことにより、熱貫通率はきわめて大きく、平均風速8m/sの場合に100 kcal/m²h²以上の値を示しており、放熱装置全体を小形軽量化することができた。

オイルポンプとオイルモータの回路には油量調整弁がそう入され、機関冷却水の温度に応じてファンの回転数を自動的に制御して水温をほぼ一定に保っている。油量調整弁については別に文献⁽¹⁾があるため詳細は省略するが、機関冷却水温が70℃以上になるとファンが回転し、70℃以下では停止するよう調節されている。

機関車の台上試験の際のファン回転数と水温との関係の一例を第14図に示す。ファン回転数は水温とともに変化し、水温と油温はほぼ一定に保たれていることがわかる。

3.6 空気ブレーキ装置

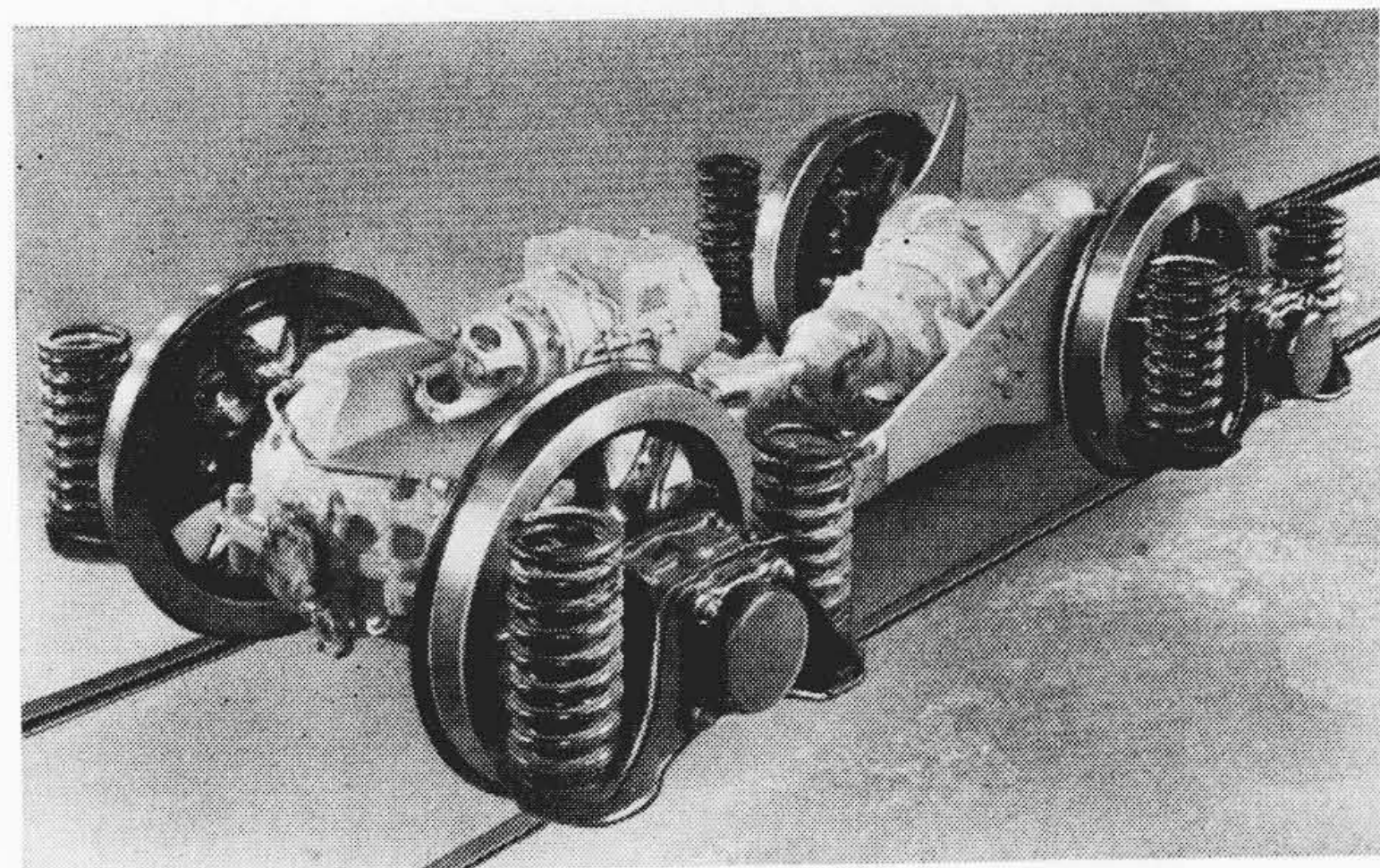
空気ブレーキ装置はDL 14A形で、ブレーキ系統は第15図に示



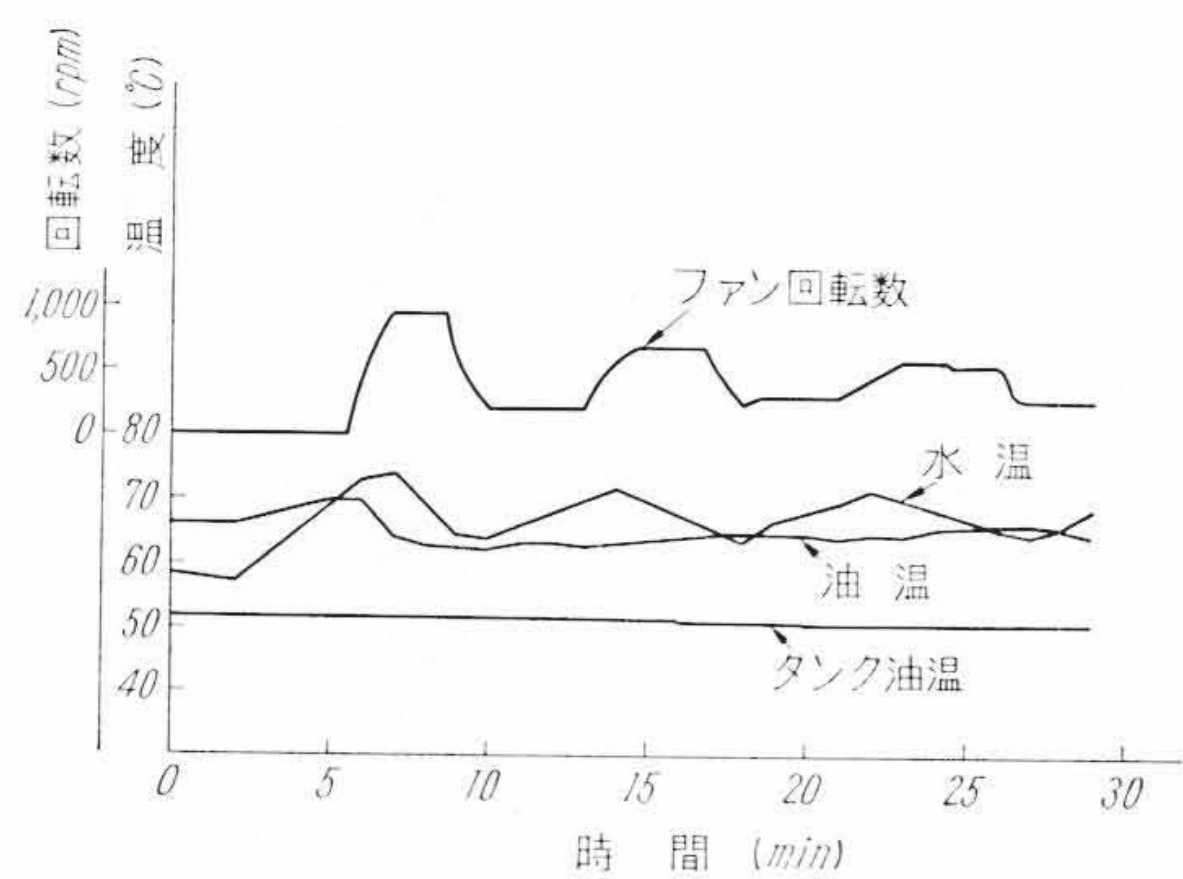
第12図 動力伝達軸系

第2表 減速機用歯車諸元表

	はすば歯車		曲がりば歯車	
	小 歯 車	大 歯 車	小 歯 車	大 歯 車
モ ヂ ュ ー ル	8		14	
歯 数	29	46	19	42
ピ ッ チ 円 直 径	246.889	391.617	266	588
工 具 圧 力 角	20°		20°	
ね じ れ 角 ・ 方 向	20° 右	20° 左	30° 左	30° 右
転 移 係 数	0.900	0.580		
中 心 距 離	330			
歯 車 比	1 : 1.586		1 : 2.210	
全歯車比 (第1減速機のみ)	1 : 3.505			



第13図 第1、第2減速機



第 14 図 冷却装置試験結果

すとおりである。

この系統には、C2000 空気圧縮機、2 道締切コックなど、今回新設計された部品を含むが、作動状態はすべて良好である。第 3 表に C2000 空気圧縮機の主要諸元を示す。空気圧縮機の吐出量は機関回転数に応じて、第 3 表下段に示すように変るが、空気圧縮機を急速に回転させて早込操作を行なうこともできる。早込操作を行なった場合、込め時間は機関空転時に比して 30% 程度短縮できる。

3.7 蒸気発生装置

本機関車には、列車暖房用に SG4 形蒸気発生装置を搭載しており、容量 4,000 l の水タンクから送水ポンプにより給水し、発生した蒸気は主蒸気管から列車に供給され、冬期客車の暖房が行なわれる。

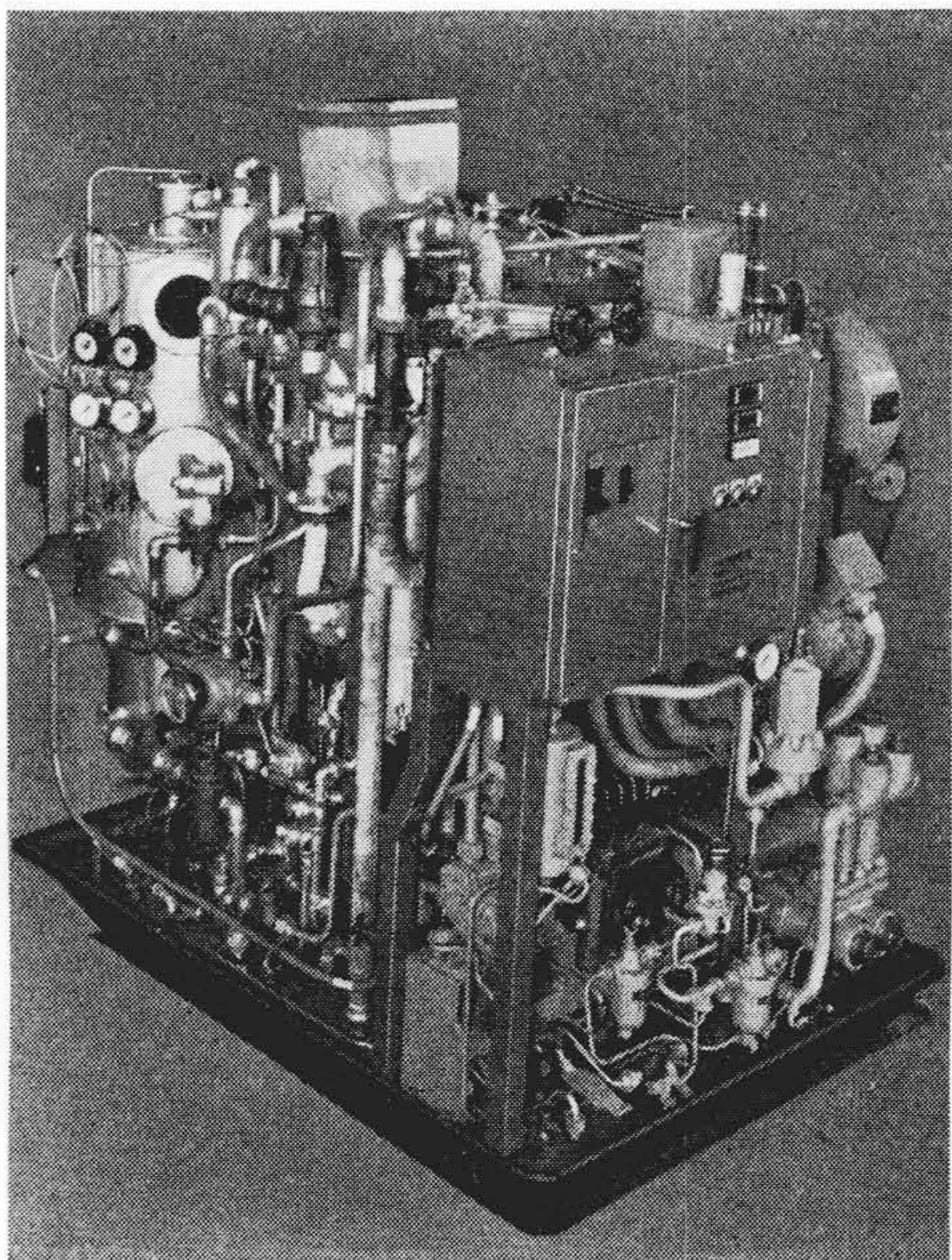
SG4 形蒸気発生装置は、小形軽量で自動制御式の単管式強制貫流ボイラで、DF50 形電気式ディーゼル機関車に搭載している SG3 形をさらに小形軽量化したものである。蒸発量は蒸気負荷の変動に応じ自動的に制御されるようになっている。

その主要諸元を第 4 表に、また外観を第 16 図に示す。

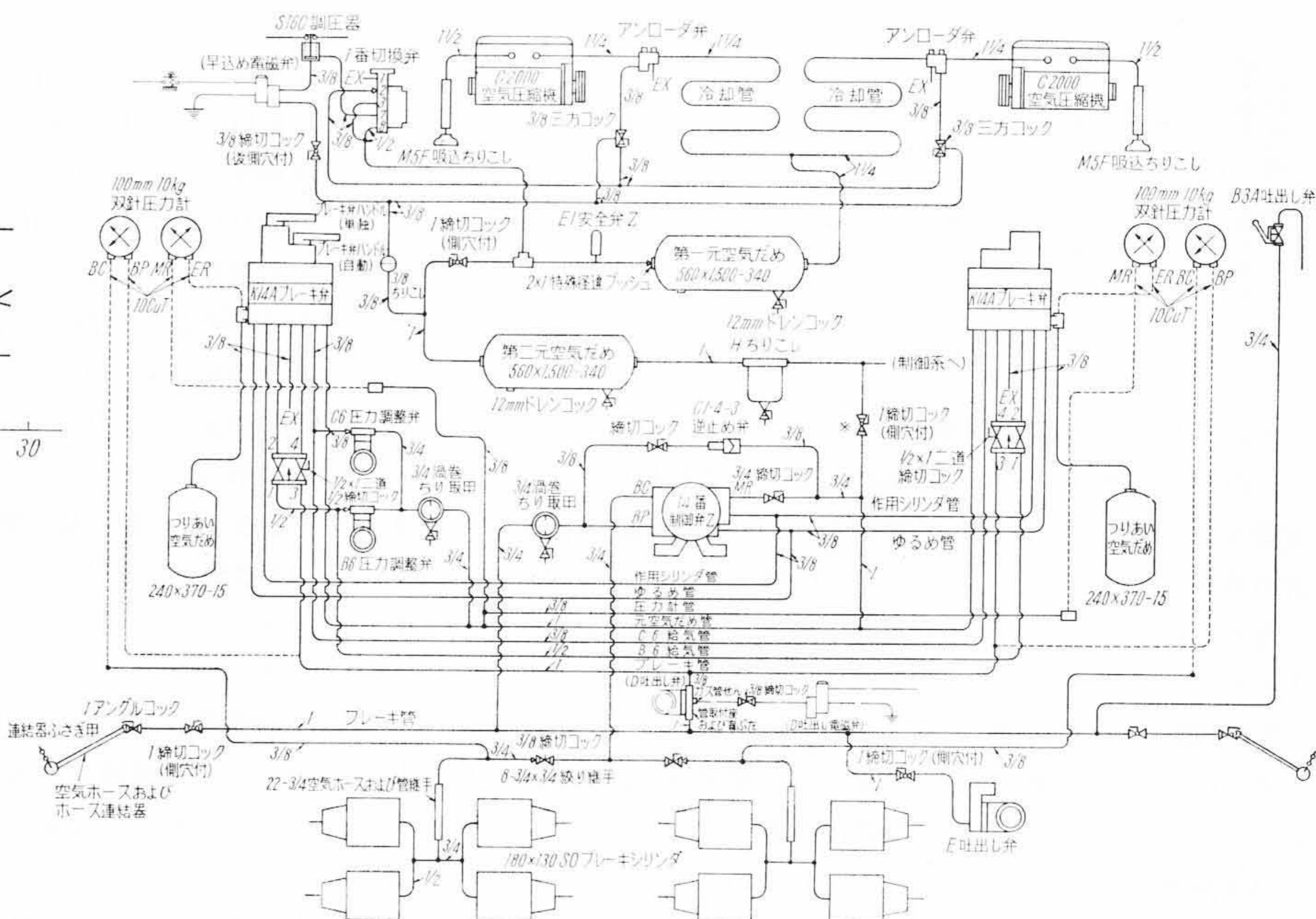
4. ディーゼル機関

4.1 一般

日本国有鉄道の DD13 形液体式ディーゼル機関車に積載されてい



第 16 図 SG4 形蒸気発生装置



第 15 図 EL14A 空気ブレーキ装置系統図

第 3 表 C2000 形空気圧縮機諸元表

シ リ ン ダ 配 列			立形 3 気筒
シリンダ径×ピストン行程×数		低 圧	130φ×100×2
		高 圧	100φ×100×1
吐 出 圧 力 (kg/cm ²)			8
給 油 装 置	方 式	強制給油	
	油 量 (l)	6	
冷 却 所 要	方 式	遠心送風機による強制空冷	
		動 力 (PS)	
ピストン押のけ容積 (l/min)	機関回転数 (rpm)	450/360	955
	圧縮機回転数 (rpm)	1,100/880	2,340
		1,500/1,200	3,185
重 量 (kg)			240

第 4 表 SG4 形蒸気発生装置主要目

蒸 発 量	新 製 時	最 大	800 kg/h
	常 用	最 大	700 kg/h
	最 小		150 kg/h
蒸 気 圧 力	最 常	高 用	10 kg/cm ²
			3~7.5 kg/cm ²
蒸 気 温 度	飽 和		
燃 焼 方 式	圧 力 噴 霧 式		
制 御 方 式	蒸 気 圧 直 動 式		
電 源	電 圧	直 流 24V 標 準	

る DMF31S 形ディーゼル機関は、370 PS の排気ガスタービン過給式の機関であるが、最近その出力を向上して 500 PS とした DMF31SB 形ディーゼル機関が製作された。今回 DD51 形ディーゼル機関車に使用した DML61S 形機関はこれらの経験を生かし、DMF31SB 形機関を V 形 12 気筒にして 1,000 PS としたものである。

この機関の設計、製作に際して基本方針とされたことは堅ろう、安価で、部品は可能な限り DMF31SB 形の部品と互換性を有すること、取り扱い、保守の面においては、DMF31 系機関とほとんど変るところのないものとしたことである。

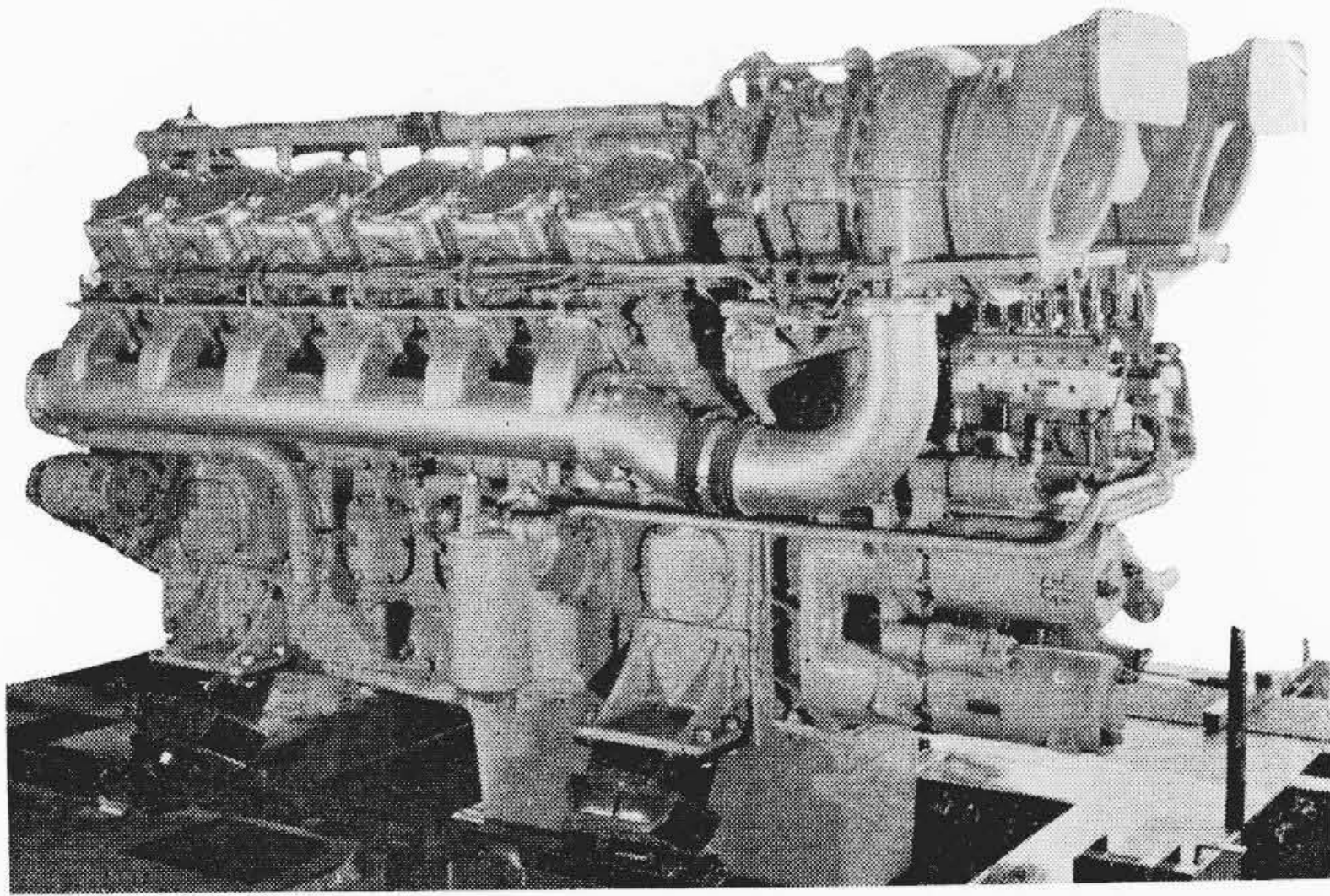
本機関の外観を第 17 図に、また主要諸元を第 5 表に示す。本機関の調速機は全速調速機で、出力は 3 個の電磁コイルにより 7 ノッチに制御される。第 18 図に特性曲線を示す。

4.2 冷却水系統

本機関車の冷却系統には、機関および液体変速機の冷却水系統と

第5表 ディーゼル機関の主要諸元

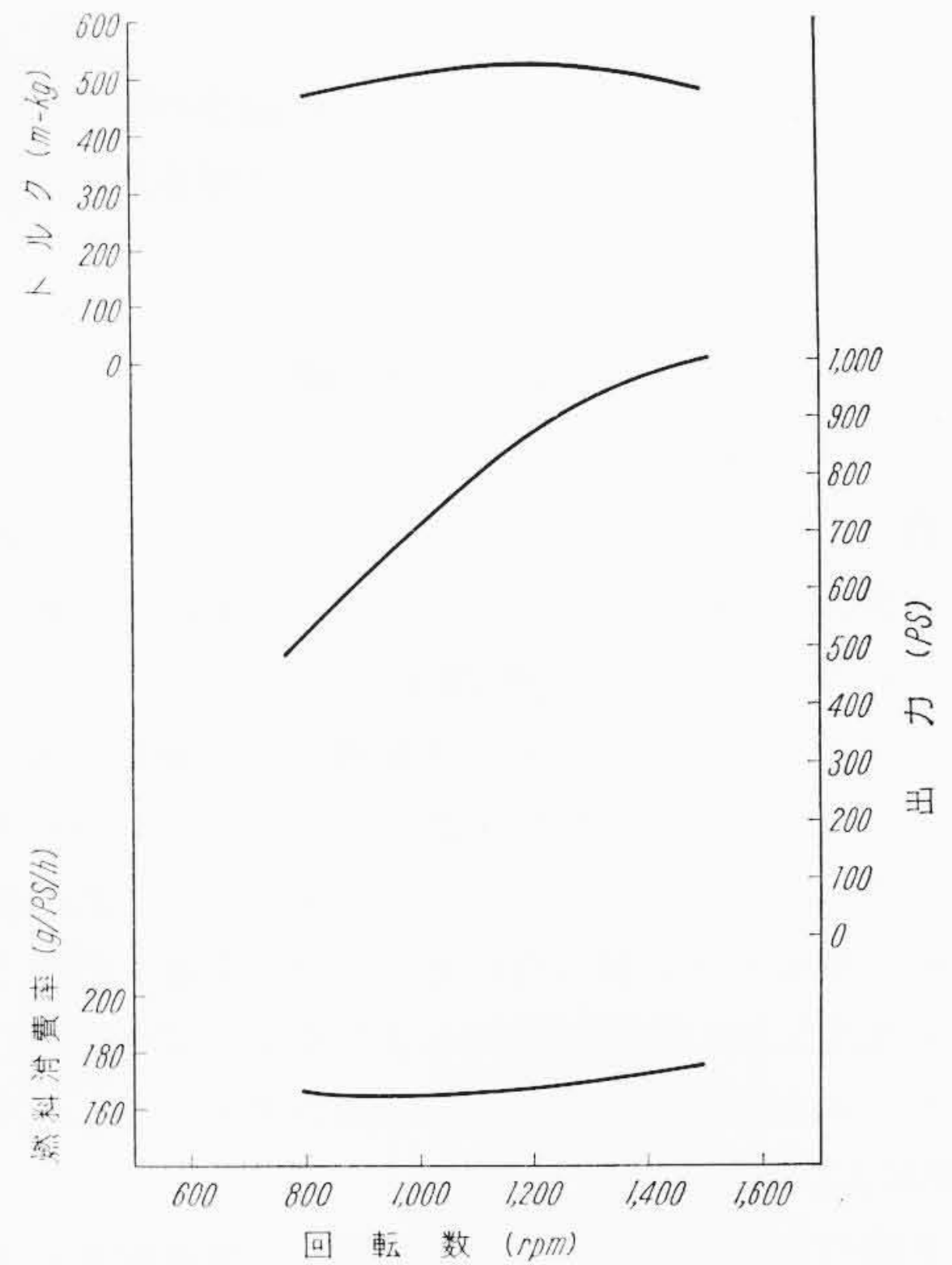
名称	DML61S形
形式	4サイクル、V形、単動、水冷、過給機付ディーゼル機関
シリンダ数	12, 60° V形
シリンダ径×行程	180×200mm
総排気量	61.08 l
燃焼方式	予燃室式、排気ガスタービン過給式
圧縮比	14.8
連続定格出力/回転数	1,000 PS/1,500 rpm
最高許し回転速度	1,650 rpm
平均ピストン速度	10m/s
平均有効圧力	9.83 kg/cm ²
使用燃料	軽油2号
始動方式	電気式、24V、15 PS×2台
機関寸法(全長×全幅×全高)	2,746×1,385×1,963 mm
機関重量(乾燥状態で)	約5,400 kg



第17図 DML61S形ディーゼル機関

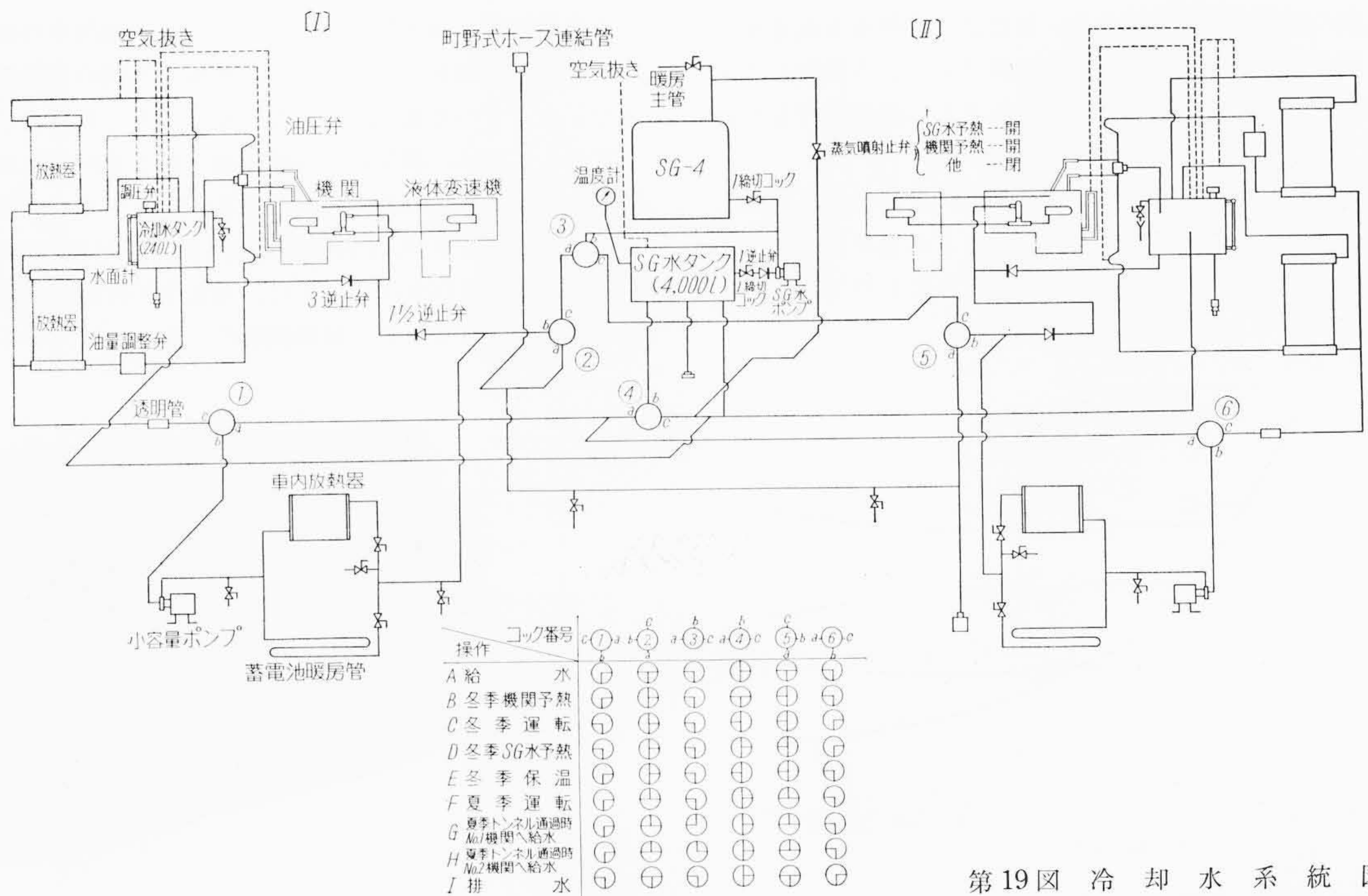
SG4形蒸気発生装置を利用した機関保温系統とがあり、コック操作によって冷却水温を合理的に調節できるようにした独特のものである。

これを第19図の冷却水系統図によって説明すると、冷却水系統は、機関および液体変速機の冷却水系統と、蒸気発生装置に関する系統、運転室および蓄電池暖房を行なう系統に大別され、それぞれ次のとおり作動する。



第18図 ディーゼル機関特性曲線

- (1) 夏季運転時： この場合①コックは締め切られ、通常の開放式冷却水系統と同様に冷却水はラジエータにより冷却される。
- (2) 夏季トンネル通過時： 機関車がトンネルを通過する時、先頭側の機関の排気の熱により後側の冷却装置の機能が低下する場合には、蒸気発生装置用の多量の水を機関冷却水系統に送り込んで冷却水の温度を下げることができる。
- (3) 冬季運転時： 小容量ポンプで、温水を循環させて運転室暖房および蓄電池保温を行なうことができる。
- (4) 冬季機関予熱時： 機関始動前には、蒸気発生装置により発生した蒸気を冷却水系統に噴射させて、冷却水を急速に予熱することができる。
- (5) 冬季保温時： 機関車が停泊する場合は、小容量ポンプでラジエータ内の水を冷却水タンクに汲み上げた後、あらかじめ蒸気発生装置により加熱した温水を循環させることによって冷却水の



第19図 冷却水系統図

凍結を防止する。

以上のように本機関車の冷却水系統は、機関車の遭遇するあらゆる場合に対応できるよう万全の配慮をもって計画されており、四季を通じて十分な性能を発揮することができる。

5. 液体変速機

5.1 一般

液体変速機は DW 2 形と称し、DML 61 S 形ディーゼル機関と組み合わせて本機関車に搭載する目的で、国産技術により新たに開発されたものである。その外観を第 20 図に示す。

本機は充排油式コンバータ 3 個と逆転機とを装備し、入力軸と出力軸の回転を比較する速度比検出装置を使用してコンバータに充排油を行ない、常に 1 個のコンバータを選択使用し、これと減速比の異なった 2 組の減速歯車を組み合わせて 3 段の変速を行なうものである。しかも速度比検出装置は機関および車速の変化に応じて常に最適のコンバータを選択する完全自動制御方式としたものである。

5.2 仕様および構造

第 6 表に本機の主要諸元を示す。変速機は、増速歯車と 3 個の充排油式コンバータ、2 組の常時かみ合減速歯車および逆転装置からなり、油冷却器、速度比検出装置、回転検出装置などが付属している。

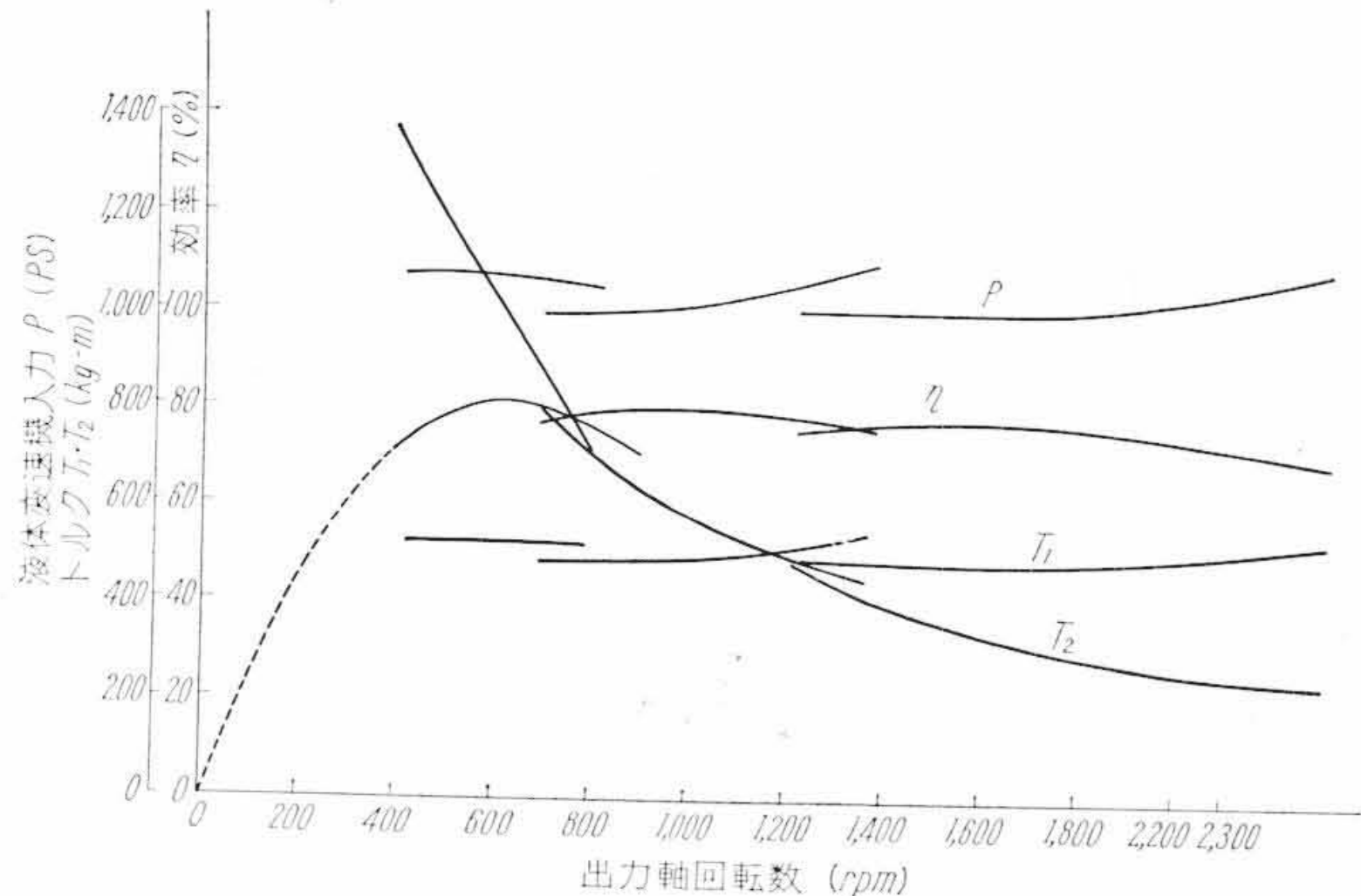
3 個のコンバータはいずれも 1 段 3 要素形で、第 1 速コンバータはストールトルク比の大きな起動用、2、3 速コンバータは高速度比部分で効率のよい駆動用である。1 速コンバータは速度比が 0 から約 0.64 の範囲で使用され、2、3 速コンバータは速度比約 0.64 から 1.1 の範囲で使用される。入、出力軸の速度比が規定の値に達すると、速度比検出装置が作動して作動コンバータの切り換えが行なわれるが、一方のコンバータの充油と他方の排油が重複して行なわれるから、切り換えには動力の中断を伴わない。

逆転装置には、かみ合わせを容易にするためのかみ合わせ補助装置があり、また逆転操作を出力軸の回転が停止したことを確認してから行なわせるような電気式回転検出装置を有している。

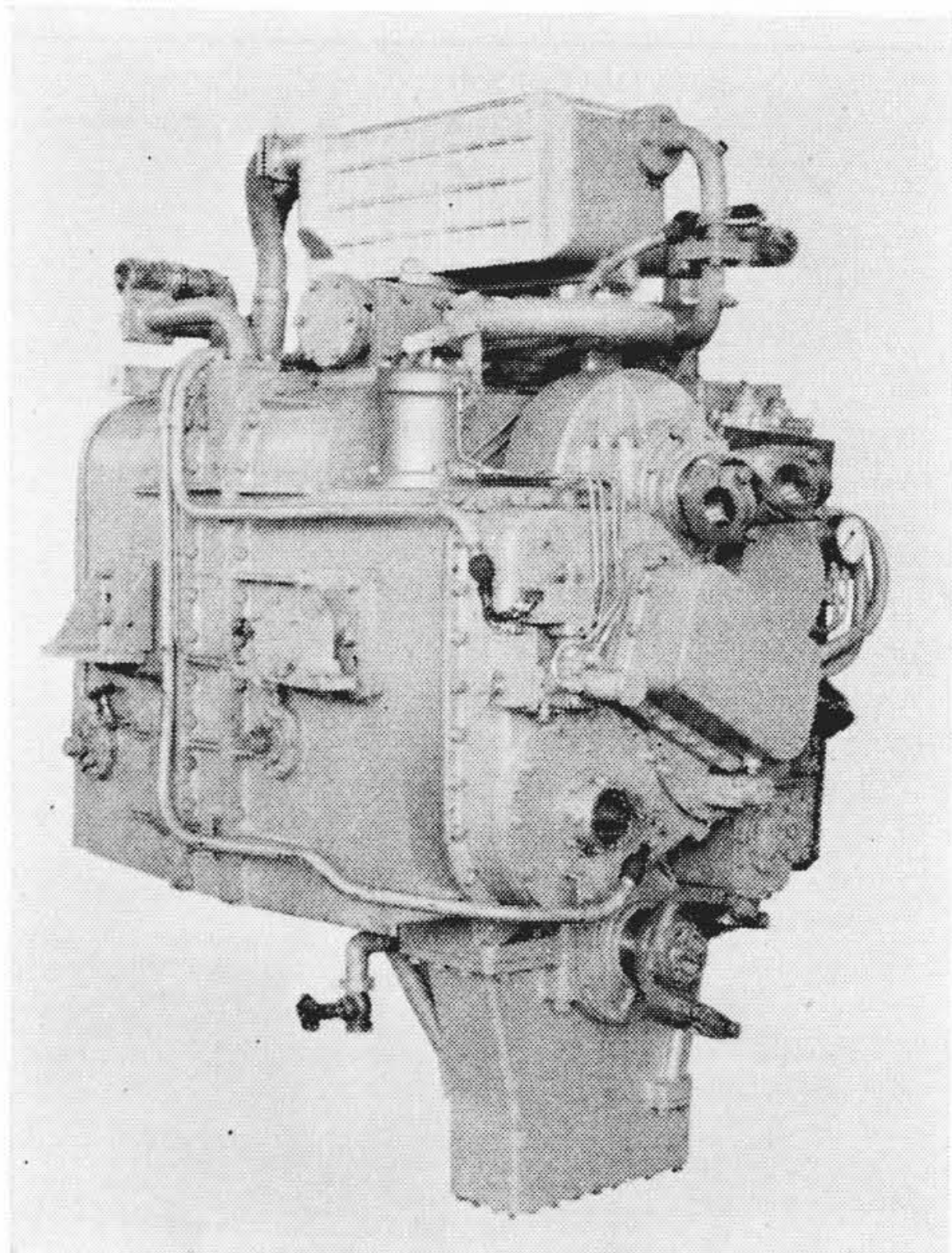
変速機の下部は油だめとなっており、入力軸から駆動される渦巻ポンプがコンバータに油を供給するが、これとは別に入出力軸から駆動される歯車ポンプを備え、歯車軸受の強制潤滑を行なっている。

本液体変速機の制御は電気式であり、検出部と操作部を変速機の本体におき、指令部は切り離して車体に設置するという独得の方式をとっている。これらは常時は自動操作であるが、手動操作も可能なように構成されている。

第 21 図に特性曲線の一例を示す。この種液体変速機油は低粘度でかつ耐圧性、安定性、あわ消し性が良好なことが要求される。富士トルクフルード L はこの目的に沿って開発されたものであり、粘度は 98.9℃ (210°F) で 4 Cst である。



第 21 図 DW 2 液体変速機特性曲線



第 20 図 DW 2 液体変速機

第 6 表 DW 2 形液体変速機諸元

名 称	容 量
変 速 方 式	DW 2 形 1,000 PS/1,500 rpm
ス ト ー ル ト ル ク 比	3 個の 1 段 3 要素形コンバータの充排油による自動 3 段切り替え
最 高 全 効 率	約 5
変 速 機 油 種 類	約 80%
冷 却 方 式	富士トルクフルード L
回 転 方 向	水による間接冷却
寸 法 (全 長 × 全 幅 × 全 高)	入力軸は機関より見て右回り
重 量 { 乾 燥	1,487 × 1,523 × 2,056 mm
運 転 整 備	4,700 kg
	4,900 kg

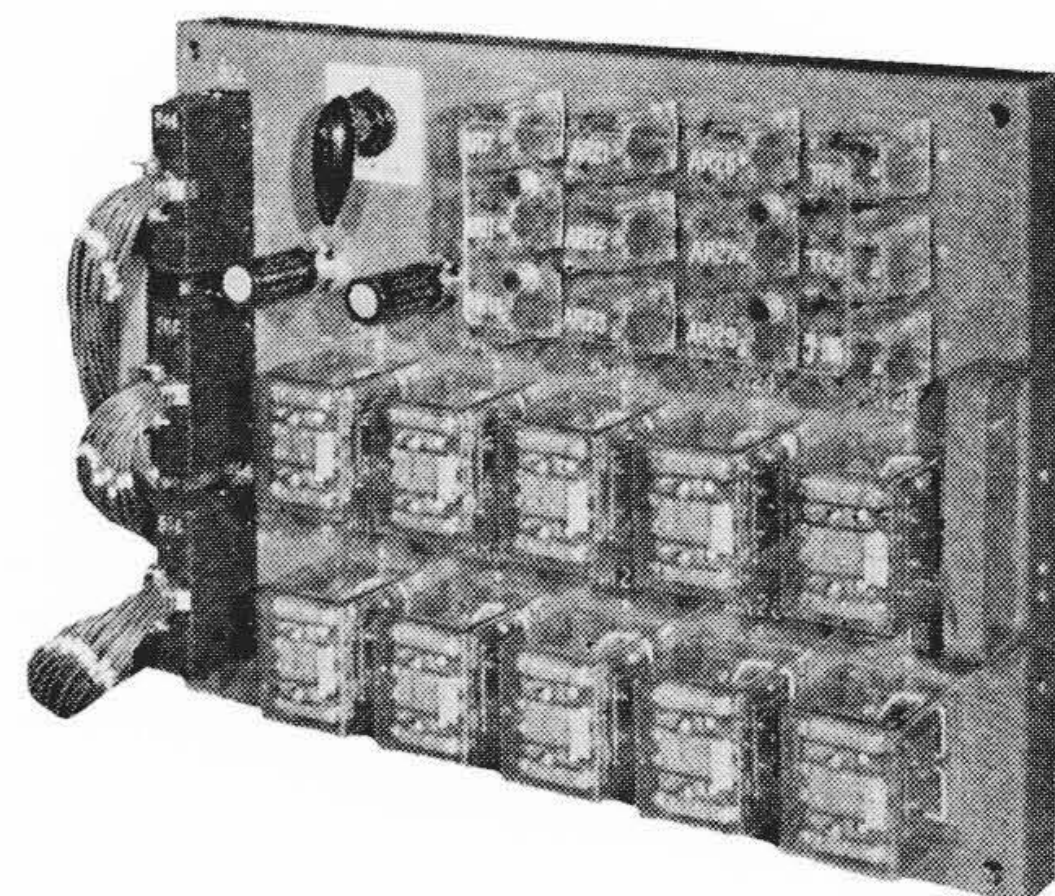
6. 制御保護装置

6.1 一般

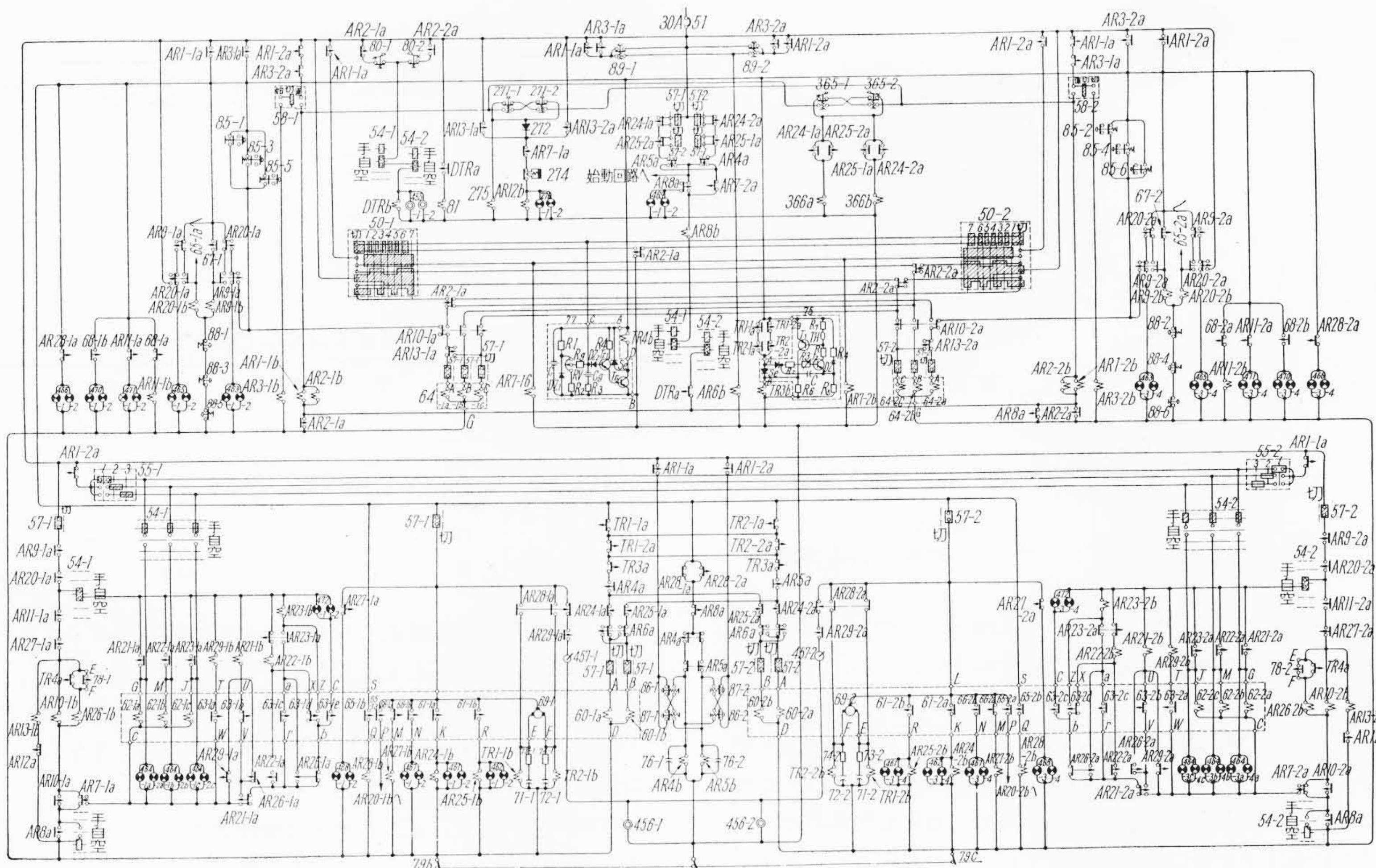
中央運転室、両運転台、非重連式のこの機関車の制御方式としては、機関の制御をはじめとして、液体変速機の変速切換、逆転機制御などを、すべて電気的に行なわせることを特長としている。

電源としては、機関によって駆動される 2.5 kVA 交流発電機が 1 機関につき 2 台ずつ備えられており、またシリコン整流器を通して充電されている 8 DGA 形鉛蓄電池 8 個が設けられている。

各種計器および表示灯などは、運転士が容易に確認、識別できるように配置されている。制御機器の主体をなしている補助継電器と



第 22 図 継 電 器 盤



第23図 DD51 制御回路つなぎ

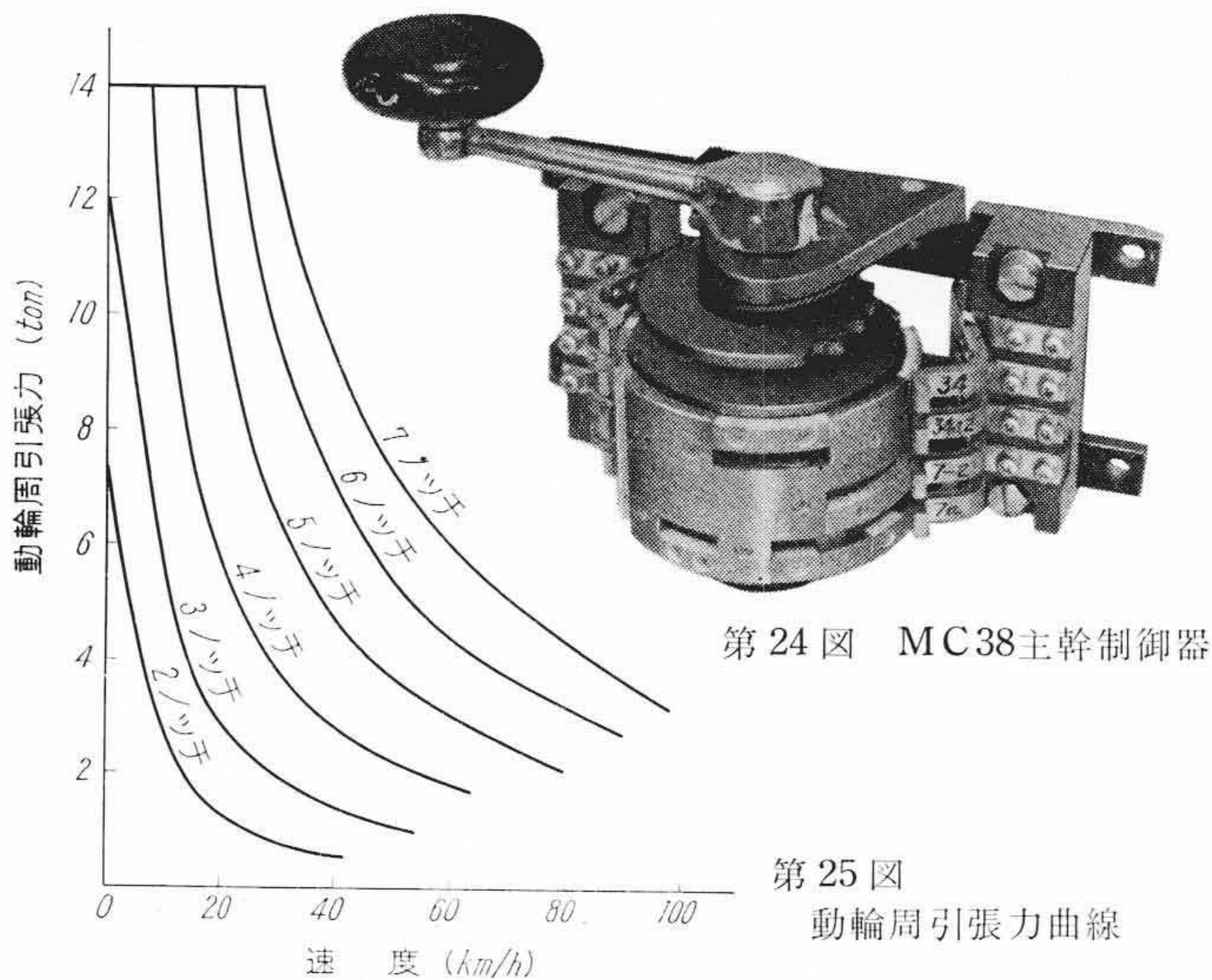
第7表 DD51 機器番号と名称表

機器番号	名 称	機器番号	名 称	機器番号	名 称	機器番号	名 称
AR ₁	運転制御切換継電器 (1)	a	接 触 部	b	2 速 コ イ ル	a	固 定 プ ラ グ
a	接 触 部	b	電 磁 コ イ ル	c	3 速 コ イ ル	b	可 動 ソ ケ ッ ト
AR ₂	運転制御切換継電器 (2)	AR ₂₄	逆 転 前 進 補 助 継 電 器	63	速 度 比 検 出 ス イ ッ チ	92	大 形 継 電 器 盤 上 段 コ ネ ク タ
a	接 触 部	a	接 触 部	a	2-1 速 用 (切 換 点 で 動 作)	a	固 定 プ ラ グ
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	b	1-2 速 用 (切 換 点 で 動 作)	b	可 動 ソ ケ ッ ト
AR ₃	始 動 制 御 切 換 継 電 器	AR ₂₅	逆 転 後 進 補 助 継 電 器	c	3-2 速 用 (切 換 点 で 動 作)	93	大 形 継 電 器 盤 中 段 コ ネ ク タ
a	接 触 部	a	接 触 部	d	2-3 速 用 (切 換 点 で 動 作)	a	固 定 プ ラ グ
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	e	過 速 度 比 用	b	可 動 ソ ケ ッ ト
AR ₄	逆 転 1 進 継 電 器	AR ₂₆	変 速 機 凍 結 継 電 器	64	機 関 制 御 電 磁 コ イ ル	94	大 形 継 電 器 盤 下 段 コ ネ ク タ
a	接 触 部	a	接 触 部	a	小	a	固 定 プ ラ グ
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	b	中	b	可 動 ソ ケ ッ ト
AR ₅	逆 転 2 進 継 電 器	AR ₂₇	油 温 補 助 継 電 器 (高)	c	大	271	圧 縮 機 早 込 押 ボ タ ン ス イ ッ チ
a	接 触 部	a	接 触 部	65	油 流 継 電 器	272	早 込 回 路 逆 流 阻 止 用 整 流 器
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	a	一 次 油 流	274	調 圧 電 磁 弁
AR ₆	逆 転 再 投 入 継 電 器	AR ₂₈	二 次 油 流 補 助 継 電 器	b	二 次 油 流	275	同 期 駆 動 電 磁 弁
a	接 触 部	a	接 触 部	66	油 温 継 電 器	276	早 込 表 示 灯
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	a	変 速 機 油 温 (高)	291	灯 回 路 遮 断 器
AR ₇	力 行 継 電 器	AR ₂₉	変 速 機 制 御 補 助 継 電 器	b	変 速 機 油 温 (注 意)	292	暖 房 回 路 遮 断 器
a	接 触 部	a	接 触 部	67	機 関 油 圧 継 電 器	293	保 温 回 路 遮 断 器
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	68	水 温 継 電 器	298	充 電 ス イ ッ チ
AR ₈	力 行 準 備 継 電 器	TR ₁	出 力 軸 回 転 検 出 限 時 継 電 器 (1)	a	機 関 水 温 (高)	299	充 電 ヒ ュ ー ズ
a	接 触 部	a	接 触 部	b	機 関 水 温 (注 意)	350	蓄 電 池
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	69	出 力 軸 回 転 検 出 器	351	蓄 電 池 開 放 ス イ ッ チ
AR ₉	油 圧 補 助 継 電 器	TR ₂	出 力 軸 回 転 検 出 限 時 継 電 器 (2)	71	TR ₁ 限 時 コ ン デ ン サ	360	電 流 計 用 分 流 器
a	接 触 部	a	接 触 部	72	TR ₂ 限 時 コ ン デ ン サ	361	電 流 計 用 分 流 器
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	73	TR ₁ 制 限 抵 抗 器	362	電 圧 計
AR ₁₀	機 関 継 電 器	TR ₃	逆 転 回 路 継 電 器	74	TR ₂ 制 限 抵 抗 器	365	砂 ま き ス イ ッ チ
a	接 触 部	a	接 触 部	75	逆 転 回 路 限 時 装 置	366	砂 ま き 電 磁 弁
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	76	逆 転 継 電 器 限 時 コ ン デ ン サ	a	1 進 コ イ ル
AR ₁₁	水 温 補 助 継 電 器	TR ₄	逆 転 機 凍 結 補 助 継 電 器	77	変 速 機 凍 結 限 時 装 置	b	2 進 コ イ ル
a	接 触 部	a	接 触 部	78	変 速 機 凍 結 ス イ ッ チ	455	デ ッ ド マ ン 警 報 ブ ザ
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	79	帰 路 ス イ ッ チ	456	二 次 油 流 異 常 警 報 ブ ザ
AR ₁₂	圧 縮 機 早 込 継 電 器	DTR	デ ッ ド マ ン 継 電 器	80	デ ッ ト マ ン ス イ ッ チ	457	二 次 油 流 用 開 放 ス イ ッ チ
a	接 触 部	a	接 触 部	81	非 常 プ レ ー キ 電 磁 弁	461	逆 転 表 示 灯 (1 進)
b	電 磁 コ イ ル	b	電 磁 コ イ ル	82	機 関 キ ャ ノ ン プ ラ グ	462	逆 転 表 示 灯 (2 進)
AR ₁₃	早 込 用 機 関 制 御 継 電 器	50	主 幹 制 御 器	a	せ	463	油 圧 表 示 灯
a	接 触 部	51	主 制 御 回 路 遮 断 器	b	せ ん 受	464	変 速 機 表 示 灯
b	電 磁 コ イ ル	54	変 速 機 切 換 ス イ ッ チ	83	変 速 機 キ ャ ノ ン プ ラ グ	a	1 速 表 示 灯
AR ₂₀	一 次 油 流 補 助 継 電 器	55	変 速 機 手 動 制 御 ス イ ッ チ	a	せ	b	2 速 表 示 灯
a	接 触 部	57	制 御 回 路 開 放 器	b	せ ん 受	c	3 速 表 示 灯
b	電 磁 コ イ ル	58	運 転 切 換 ス イ ッ チ	85	始 動 押 ボ タ ン ス イ ッ チ	465	変 速 機 一 次 油 流 異 常 表 示 灯
AR ₂₁	変 速 機 1 速 継 電 器	60	逆 転 電 磁 弁	86	1 進 押 ボ タ ン ス イ ッ チ	466	変 速 機 二 次 油 流 異 常 表 示 灯
a	接 触 部	a	前 進 コ イ ル	87	2 進 押 ボ タ ン ス イ ッ チ	467	変 速 機 油 温 (注 意) 表 示 灯
b	電 磁 コ イ ル	b	後 進 コ イ ル	88	機 関 停 止 押 ボ タ ン ス イ ッ チ	468	変 速 機 油 温 (高) 表 示 灯
AR ₂₂	変 速 機 2 速 継 電 器	61	逆 転 ロ ッ ク 連 動	89	切 再 投 入 押 ボ タ ン ス イ ッ チ	469	「切」 確 認 表 示 灯
a	接 触 部	a	前 進 連 動	90	小 形 継 電 器 盤 上 段 コ ネ ク タ	470	水 温 (注 意) 表 示 灯
b	電 磁 コ イ ル	b	後 進 連 動	a	固 定 プ ラ グ	471	水 温 (高) 表 示 灯
AR ₂₃	変 速 機 3 速 継 電 器	62	変 速 機 電 磁 弁	b	可 動 ソ ケ ッ ト	472	変 速 機 過 速 比 表 示 灯
a	接 触 部	a	1 速 コ イ ル	91	小 形 継 電 器 盤 下 段 コ ネ ク タ		

しては、価格の低減、機器の小形軽量化を極度に推進するため、一般市販のプラグイン式小形継電器が採用された。第22図は継電器盤を示す。2台の機関、液体変速機、逆転機は総括制御され、運転

操作の簡易化に意を用いたことはもちろん、安全運転のために、十分な保護装置が設けられている。

第23図に制御回路つなぎを示す。第7表はこれらの機器番号と



名称表である。各回路について詳述する紙面がないので、以下、制御回路の特長について簡単に記述することにする。

6.2 機 関 制 御

1 端側，2 端側の機関は，運転室のキースイッチを始動位置に切り換えた後，運転室または機関室の機関始動押ボタンスイッチを押すことによって，それぞれ単独に始動される。蓄電池保護のため両機関の同時始動はできないようになっている。切位置でキースイッチのキーをはずしておけば，故意に，または誤って機関が始動されるようなことはない。また主幹制御器には，電氣的鎖錠が設けてある。

この機関には，全速調速機が用いられており，3 個の電磁コイルによって制御されている。主幹制御器の各ノッチ間には，変速機凍結用セグメントが設けてある以外には，機関制御に特に変わったところはない。第 24 図に示す主幹制御器は，本体の全長 140 mm 以内という制限寸法におさめるため，新たに製作されたもので，運転台に埋込み式の小形品である。

6.3 逆 転 機 制 御

この機関車の逆転機には「中立」位置がなく，無火回送の場合などに，手で「中立」位置にする場合以外は，常に「前進」または「後進」のいずれかの位置をとっている。この逆転機制御も，すべて電氣的に行なわれることを特長としている。すなわち，機関車速度がいまだ逆転操作を行なうに適當な速度にまで低下していないときに逆転操作を行なうような場合には，逆転継電器は自己保持して，逆転指令を記憶し，機関車速度が十分に低下した後，はじめて自動的に逆転操作が行なわれるようになっている。すなわち，変速機出力軸回転検出装置と，コンデンサおよび抵抗からなる限時継電器の作用によって，機関車速度が十分に下がったことを確認した後，さらにその確認信号をトランジスタ式限時装置に与え，3～4 秒後に逆転機電磁弁の励磁が行なわれるようになっている。

6.4 液体変速機制御

主幹制御器によって，電磁コイルの組み合わせを変え，機関回転数の制御が行なわれるが，変速機内に組み込まれた速度比検出装置により，変速機入力軸回転数と出力軸回転数の比を検出し，その値に応じて，もっとも効率のよいコンバータに自動的に切り換えが行なわれるようになっている。入出力軸速度比が 1.52 に達すると，変速機過速表示灯を点灯する接点が閉じて警報が行なわれる。

前述のように，主幹制御器の各ノッチ間には，変速機凍結用のセグメントが設けてあり，ノッチの上げ下げを行なっている時には，あるノッチの中間位置で，変速機速度段を，ある時間(1～2 秒)その時の状態のままに保持する司令を発するようになっている。これは急激なノッチの上げ下げに応じて，無用の変速機切り換えが行なわれないようにするため，主幹制御器をあるノッチ位置において

第 8 表 保護警報方式一覧表

現象		処置	機関停止	機関空転	保護装置 動作表示灯	注意表示灯
機 関	油 圧 低 下		○	—	○	—
	水 温 上 昇		—	○	○	○
変 速 機	油 流 低 下		○	—	○	—
	油 温 上 昇		—	○	○	○
	過 速 比		—	—	—	○

第 9 表 車速と速度比切換点の関係

速度比切換 ノッチ	車 速 (km/h)					
	2	3	4	5	6	7
1 速→2 速	15	19	23.5	28	31.5	34
2 速→1 速	13.5	17	21.5	25	28.5	30.5
2 速→3 速	23.5	30.5	38	45	51	54.5
3 速→2 速	23	30	37.5	44.5	50.5	54

から 1～2 秒変速機を凍結した後，その時の適當なコンバータに切り換えられるようにしたものである。

変速機凍結用限時装置は今回開発されたもので，ゼナー・ダイオードとトランジスタによってコンデンサの充放電を行なわせ，必要な時限を得る方式のものである。

試作車においては，速度比検出は機械式のものが採用された（検出後の制御は電気式である）が，1 号機完成後，引き続きトランジスタ式パルスカウンタ回路のものを製作し，9 月から現車に取り付け，使用されている。

6.5 保 護 装 置

第 8 表に機関および変速機の保護警報方式を一括表示した。市販の温度継電器の信頼性が乏しいため，目下第 2 号機以降には日立製作所製ヒタスタットの採用を考慮中である。

7. 機関車性能試験について

DD51 の試作 1 号機は，機関車製作中および完成後，日本国有鉄道ならびに日立製作所において，広範囲な試験が行なわれた。

機関-変速機の結合特性試験結果から車速とコンバータの速度比切換点の関係を出すと第 9 表のとおりであり，動輪周引張力と速度との関係は第 25 図のとおりで，所期の計画が達成されている。

なお機関の始動試験，熱平衡試験，騒音試験ほか各種試験が慎重に行なわれたが，実用上十分の性能を有することが確認された。これら試験結果は，すべて量産車の製作にあたって十分考慮され，設計に折り込まれている。

8. 結 言

2,000 PS 級液体式ディーゼル機関車は，ドイツではすでに量産されており，日本におけるこの級の機関車の出現が久しい間待望されていたが，今回 1,000 PS 級機関および液体変速機の完成にともない実用化への一歩をふみ出すことができた。DD51 の 1 号機は試作機関車であるが，さらに改良形の DW 2 A 形液体変速機を搭載し，試作車の経験を折り込んで，いっそうすぐれた性能とした量産車が近く多数製作されようとしている。

DD51 形液体式ディーゼル機関車は，今後日本国有鉄道において非電化区間の主力機関車として活躍することが期待されている。

終わりに臨み，本機関車の設計にあたり，懇切なご指導を賜った日本国有鉄道臨時車両設計事務所ならびに本機関車の試験から得られた貴重なデータを貸与して頂いた鉄道技術研究所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) 渡辺，平川，笠井：日立評論 44, 342 (昭 37-2)