

定 山 溪 鉄 道 株 式 会 社 納
740 HP 液 圧 式 デ ィ ー ゼ ル 機 関 車
 740 HP Diesel Hydraulic Locomotive

浜 原 一* 竹 田 俊 彦* 杉 本 光 昭**
 Hajime Hamahara Toshihiko Takeda Mitsuaki Sugimoto

内 容 梗 概

戦後の空白期を経て数年ようやくディーゼル機関車が国鉄主要幹線、入換用や地方鉄道、各産業専用線用として使用されるようになってきた。従来自重 30t、出力 300 HP 級以上の液圧式ディーゼル機関車はわが国ではきわめてわずかしかな製作されていない。

本年三月完成した 740 HP 液圧式ディーゼル機関車は大型化への発展を示す製品であり、運転結果は所定の性能を十分発揮することが認められた。以下にその概要を紹介する。

〔I〕 緒 言

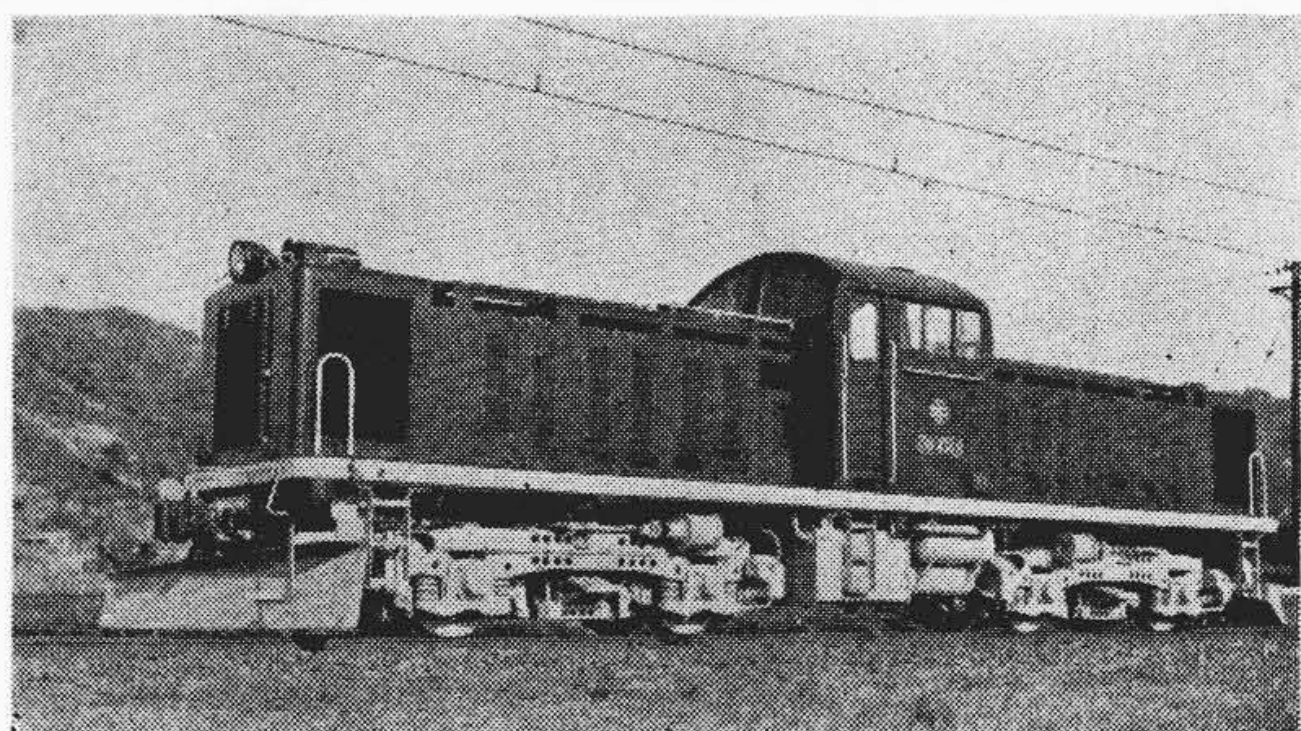
わが国における液圧式ディーゼル機関車は数年前から 30 t, 300 HP 級のいわゆる中型ディーゼル機関車が製作され始めたにすぎないので、ドイツ連邦鉄道の 2,000HP 機関車を初めとする欧米諸外国の大出力大型機関車の製作と比べると著しく立ち遅れているのが現状である。しかし最近ディーゼル機関車の経済性、運転性能などが蒸気機関車よりはるかにすぐれていることが認められてきており主幹線の電化と並んで支線用または入換用として多数使用される気運にある。

ディーゼル電気機関車では国鉄で現在使用中の DD 50 形 1,000HP および DF 50 形 1,200HP の機関車を初めとして、また日立製作所では 1,900HP のディーゼル電気機関車をすでに試作しているが、これらディーゼル電気機関車に対抗する大出力の液圧式ディーゼル機関車はまだ製作されていない。

本機関車は標準速度約 55 km/h 運転整備重量約 50 t でわが国における液圧式ディーゼル機関車の大型化への発展を示す製品である。

ディーゼル機関車はディーゼル機関を原動機として塔載しその出力によつて車軸を駆動し、連結車輛を牽引する。したがって負荷特性が速度によつて変化するために、負荷に応じて変速作用ができる動力伝達方式が必要である。現在のところ動力伝達方式には、機械式、電気式および液圧式の三方式が考えられている。

高速、大出力の機関車に対して、機械式は多段変速および変速の自動化が要求され機構が複雑になるので現在ではほとんど実用されていない。液圧式は動力伝達部の発達につれ製作費が安く、修理点検の容易という利点のために、将来電気式の分野にある程度進出して行くものと思われる。



第 1 図 740 HP 液圧式ディーゼル機関車外観

〔II〕 機関車の概要

機関車の使用路線は、北海道定山溪鉄道水松沢、選鉱場間 20.3 km で、鉱石の運搬に従事する。勾配 20‰ を 200 t 牽引し速度 20 km/h で登坂することが要求された。

本 740 HP ディーゼル機関車は従来の中型機関車の使用実績に基き改善事項を加味しあらたに大馬力、高速重荷重用の諸条件を織り込んで設計したものである。機関は国鉄標準 DMF 31 S (370 HP 過給タービン付) 2 台、液体変速機はニイガタ DFS 138 (リスホルム スミス式) 2 台をおのおの使用した。

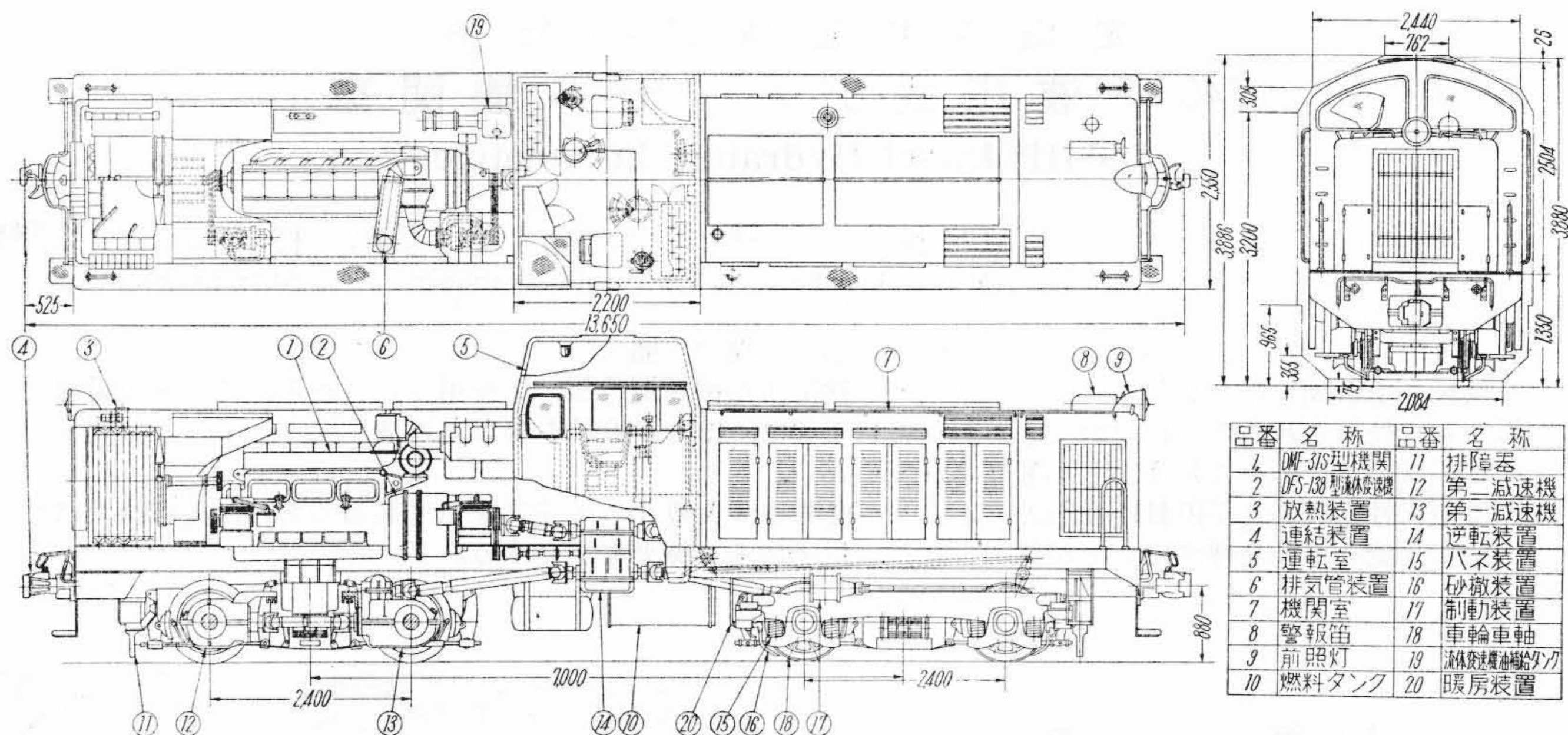
機関車の機械装置の配置は第 2 図に示すように、台枠の中央に高く突きでた運転室をのせ、その前後に機関室を設けたセンターキャブ型両運転台方式で運転室よりの見通しは良好である。

各機関室内に放熱装置、機関、液体変速機などを収納し運転室床下には逆転装置、蓄電池などを収納する。機関を始め各機械装置の点検、修理が容易に行い得るよう考慮してあり、配管は使用別により配置場所を区分しかつ色わけしてある。

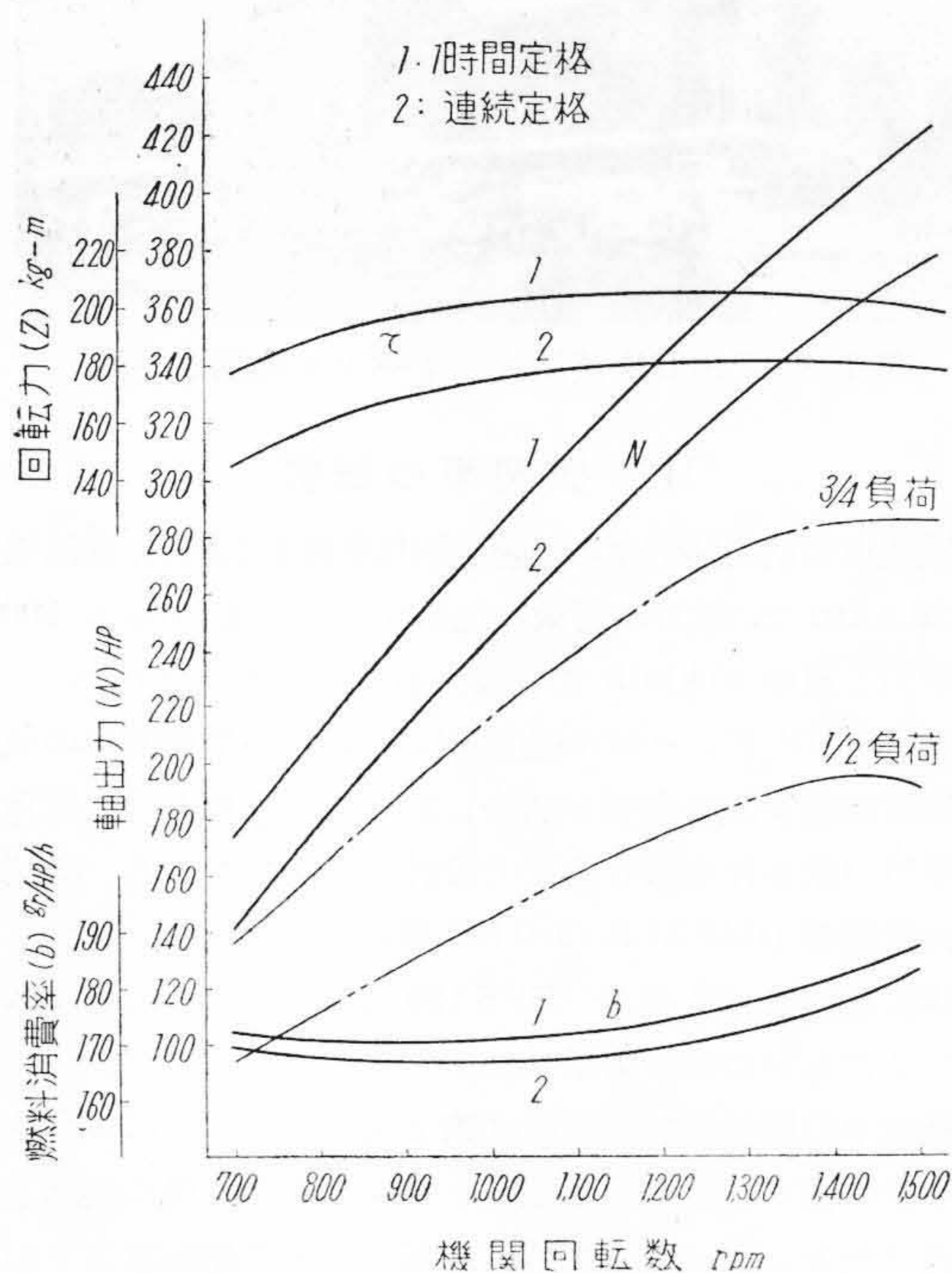
2 台の機関の発生出力は液体変速機でトルクを変換したのち中央の逆転装置に集める集中式動力伝達方式を用いており、逆転装置から動力はプロペラ軸により台車減速装置に伝達され全軸駆動を行う。台車は揺れ枕を有するウィングバネ式二軸ボギー台車で高速度における走行

* 日立製作所笠戸工場

** 日立製作所水戸工場



第2図 740 HP 液圧式ディーゼル機関車構造図



第3図 DHF 31 S 性能曲線

特性をよくするように考えてある。

第1表に主要目を示す。

〔III〕 各装置の詳細仕様

(1) ディーゼル機関

新潟鉄工製国鉄標準 DMF-31S ディーゼル機関2台を塔載している。6シリンダ、4サイクル過給機付で標準回転数 1,300 rpm における出力は 370 HP である。

第2表に主要目第3図に特性曲線を示す。

排気タービンは日立製ターボ過給機で出力増加率約54

第1表 機関車主要目

軸配置	置法	BB
主要寸法		
軌間	1,067mm	
連結面間距離	13,650mm	
最大大輪高	2,700mm	
車軸間距離	3,880mm	
中心皿間距離	910mm	
最小通過曲線半径	2,400mm	
重運軸	7,000mm	
軸重	100m	
整備重量	約 50.0 t	
重量	12.5 t	
最高速度	約 65 km/h	
燃料塔載量	約 800 l	

第2表 機関主要目

シリンダ (径/行程)	180 mm/200 mm
総排気量	30.5 l
圧縮比	14.13
最大出力	420 HP/1,500 rpm
定平均出力	370 HP/1,300 rpm
最高許容回転数	8.39 kg/cm ² /1,300 rpm
燃費	8.67 m/sec/1,300 rpm
全長	1,600 rpm
全高	65 kg/cm
全幅	180 gr/HP/h
全重量	2,640mm
機関室高さ	960mm
排気タービン寸法	1,460mm
過給機重量	約3,260 kg (乾燥状態)
排気タービン回転数	15,000 rpm
過給機圧力	0.375 kg/cm ²
	(いずれも機関 1,300 rpm にて)

%燃料消費量の減少約5%，馬力あたり重量の減少約40%となり車輛用機関として有利となる。

機関の始動には 24 V 10 HP 電動機2台を用いその同期装置、始動方法は下記の制御保護装置の項で述べる。機関の调速機は最高、最低回転数のみを押える最高最低回転调速機を用いてある。

運転中の冷却水温度、潤滑油圧力は運転室内の計器板上の計器に指示され温度の過上昇、油圧の低下に対して警報装置が設けてある。なお機関は液体変速機と一体にして防振ゴムを介して台枠に取付てあり振動の伝達の緩衝、熱膨脹による逃げを与えている。

(2) 動力伝達装置

第4図は動力伝達装置の概要を示す。機関出力は液体変速機、逆転装置を経て減速装置に至り車軸を駆動する。

機関車の動力伝達装置の特性は第5図速度牽引力特性で表わされる。冷却装置の容量によつて全出力における連続運転域が制限される。すなわち全出力で液体変速機効率70%以上を連続運転域となるよう放熱器の容量を定めてあり速度にして約11 km/h が下限である。もちろん短時間の使用にはこの速度以下で使用する実際の使用には第6図運転曲線に示すように1分程度であるので十分粘着牽引力を使用して加速することができる。部分負荷では連続運転速度はさらに低くとり得る。液体変速機使用速度の上限は約43 km/h でこの速度以上では効率が低下するので液体変速機内に設けた湿式クラッチを直結に切換えれば機関出力は直接逆転装置へ伝達され、減速機を経て車軸を駆動する（これを液体変速機の「直結切換」と称する）。

動力伝達装置の効率は液体変速機の効率と歯車装置の効率との積で表わされる。液体変速機効率は約82~70%，歯車装置の効率は約88%である。したがつて液体変速機を使用する場合の全伝達効率は72~61%，直結運転範囲では88%程度である。

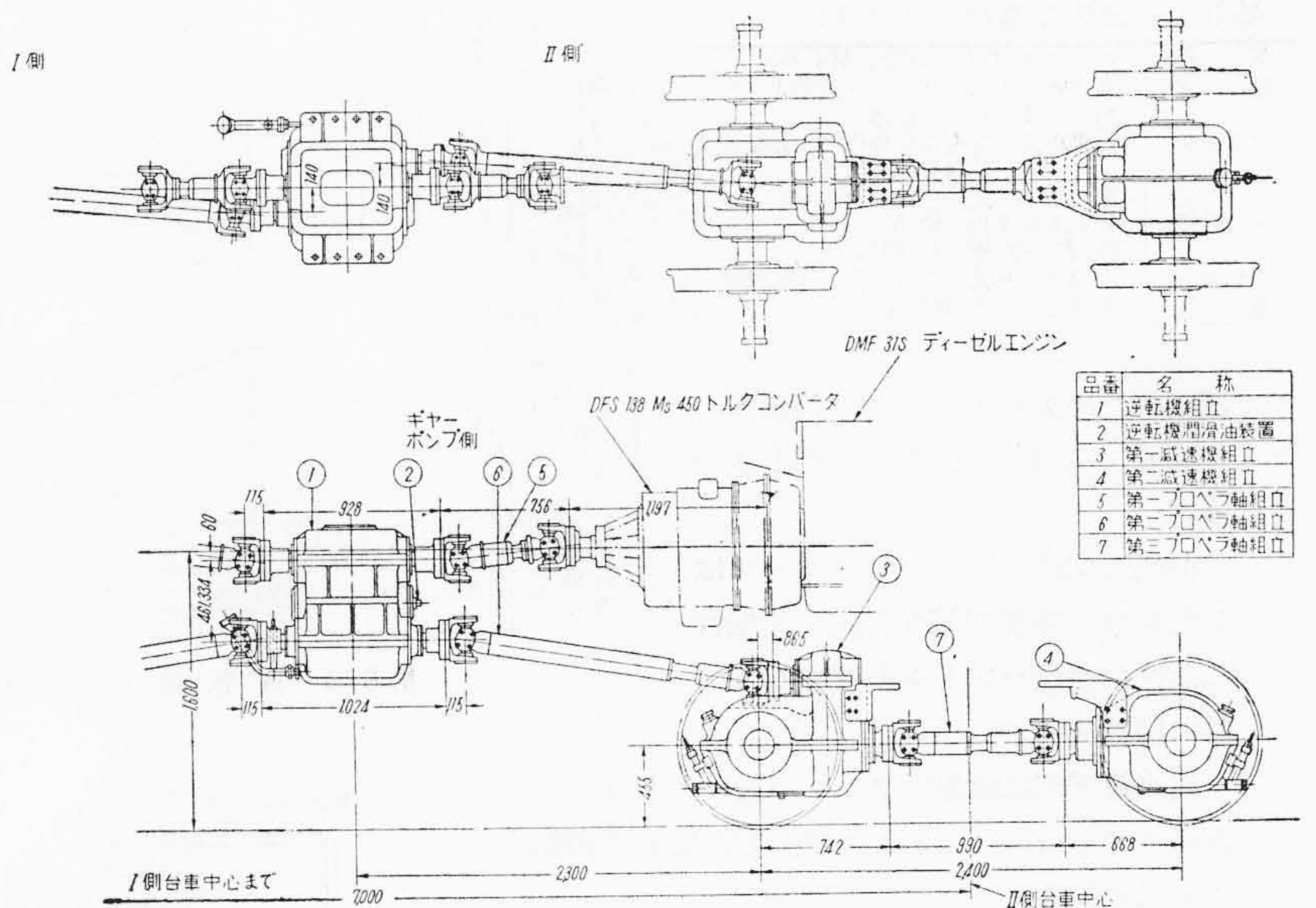
(a) 液体変速機

DFS138型液体変速機は前述のようにリスホルムスミス式三段タービン型で性能は機関車特性曲線で示すとおりである。

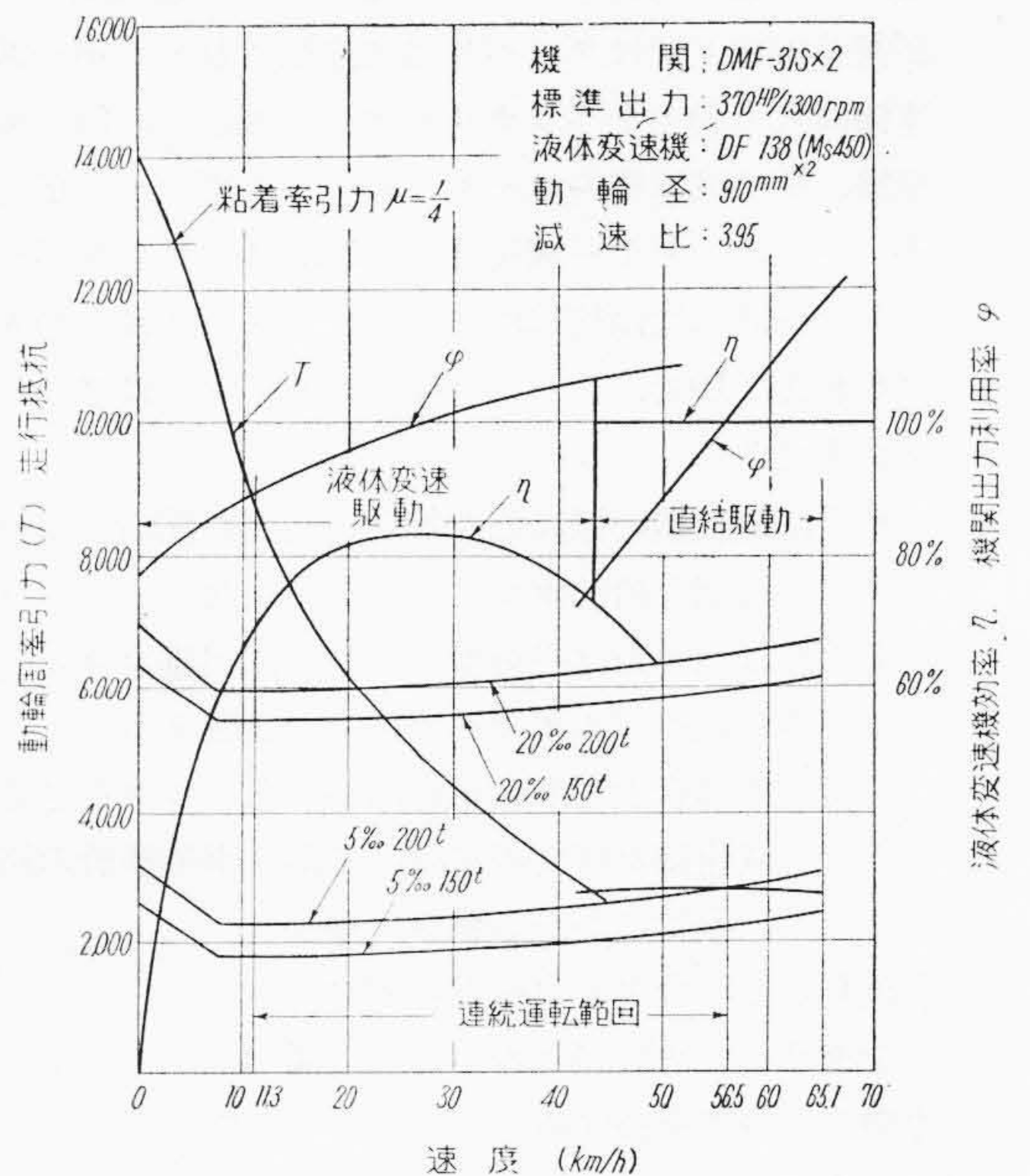
変速運転から直結運転へのクラッチ切換えを衝撃なく行うために変速機入力軸の回転数（機関回転数）を出力軸回転数にあわせる必要がある。本機関車に採用した切換え方式は下記制御保護装置の項で述べる。なお本液体変速機の主要目は第3表のとおりである。

(b) 逆転装置

逆転装置で前後2台の機関出力を同時に集めて正、逆転切換えを行う。この歯車列は第8図に示すとおりで常時噛合式である。歯車装置が機関車の中央に位置するため、2台の機関を用いたBB型式の機関車としては各機械装置の配置がきわめて容易に



第4図 動力伝達装置構成図



第5図 機関車特性曲線

できるという利点がある。さらに本構造の特長として、少ない歯車個数でよく、かつ出力の伝達が常に二分されて行われるため、歯車は1台の機関出力を伝達しうる容量を有すればよいようになっている。

歯車箱は鋳鋼製で3分割され、歯車は8個、歯車比は約1、モジュール8のヘリカルギヤである。

軸受は円錐コロ軸受を使用し、歯車および軸受の

第3表 液体変速機主要目 (1台分)

名 称	ニイガタ DFS 138, Ms 450
型 式	リスホルムスミス式 三段型タービン
クラッチ	型 式 湿式多板型 作動方式 電磁空気操作による油圧式 半自動制御方式
変 速 機	型 式 三段形タービン 最大トルク比 約 5 最 高 効 率 約 84%
回転方向	入力側より見て時計方向、逆転せず
重 量	乾燥状態にて 100 kg

潤滑のため歯車ポンプで下部油溜より油をくみ上げ上部より噴出させる。

前後進切換え用ギヤークラッチは2個あり、電磁空気操作式で運転台に設けた逆転ハンドルを操作して同時に切換える。

歯車箱下部は放熱用フィンが設けてありさらに放熱用コアを取付けてあり外気温度に応じて調節することができる。

(c) 減速装置

台車逆転機側の車軸に第一減速機、ほかの車軸に第二減速機が取付けられ逆転機、第一減速機間および減速機相互間はプロペラ軸で連結される。第一減速機は入力動力をヘリカルギヤで減速し、第一減速機、第二減速機のスパイラルベベルギヤに伝える。ヘリカルギヤ減速比は約2.0、スパイラルベベルギヤ減速比は約1.9である。モジュールはおおの8および10で、スパイラルベベルギヤはグリーンソン式である。

軸受は逆転機同様に転り軸受を使用し潤滑ははねかけ式で特別な給油ポンプは用いていない。

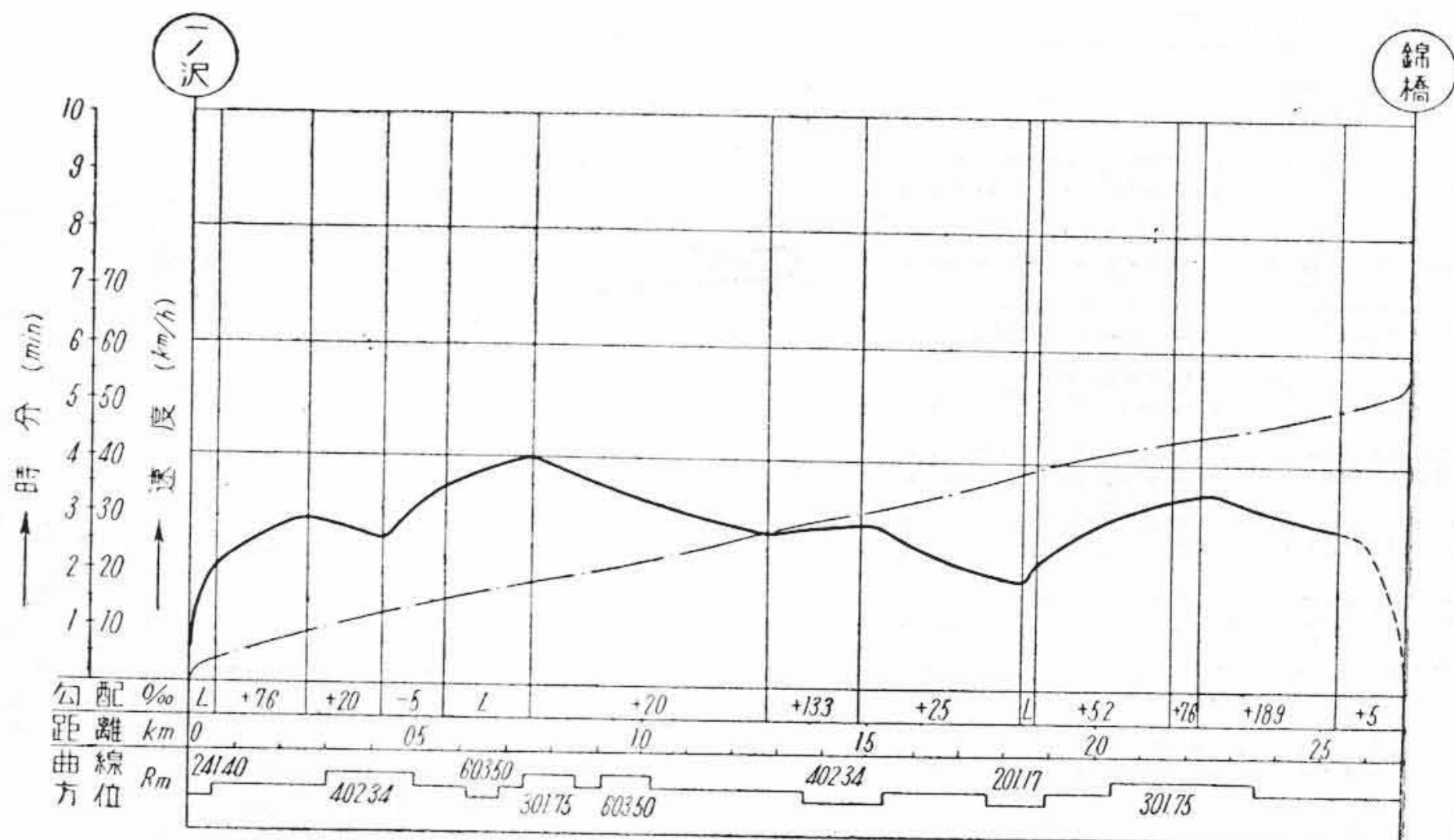
歯車箱は二または三分割で、車軸に円錐コロ軸受で支持され、ベベルギヤの推力をささえる。

前後進の場合生ずる歯車箱にかかるトルクをささえるため減速機支持装置が設けてあり車軸横動の逃げと歯車、軸受にかかる衝撃、振動の緩和さらに台車と車軸との相対変位を逃げるため防振ゴムを介して減速機を台車に支持する。

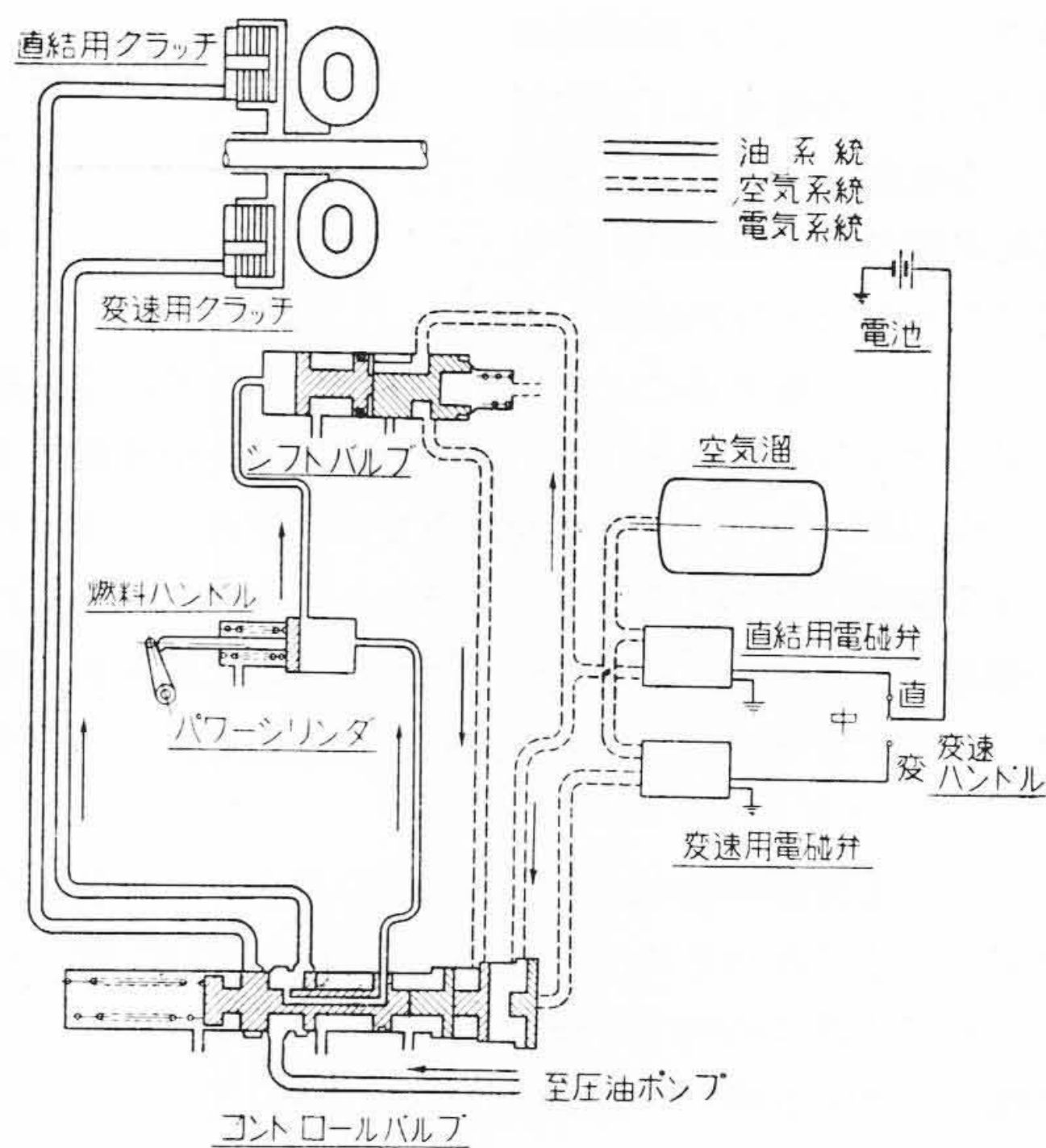
(3) 冷却装置

車体前後両端に機関冷却水用、潤滑油用ならびに液体変速機油用冷却装置が防振ゴムを介して取付けてある。

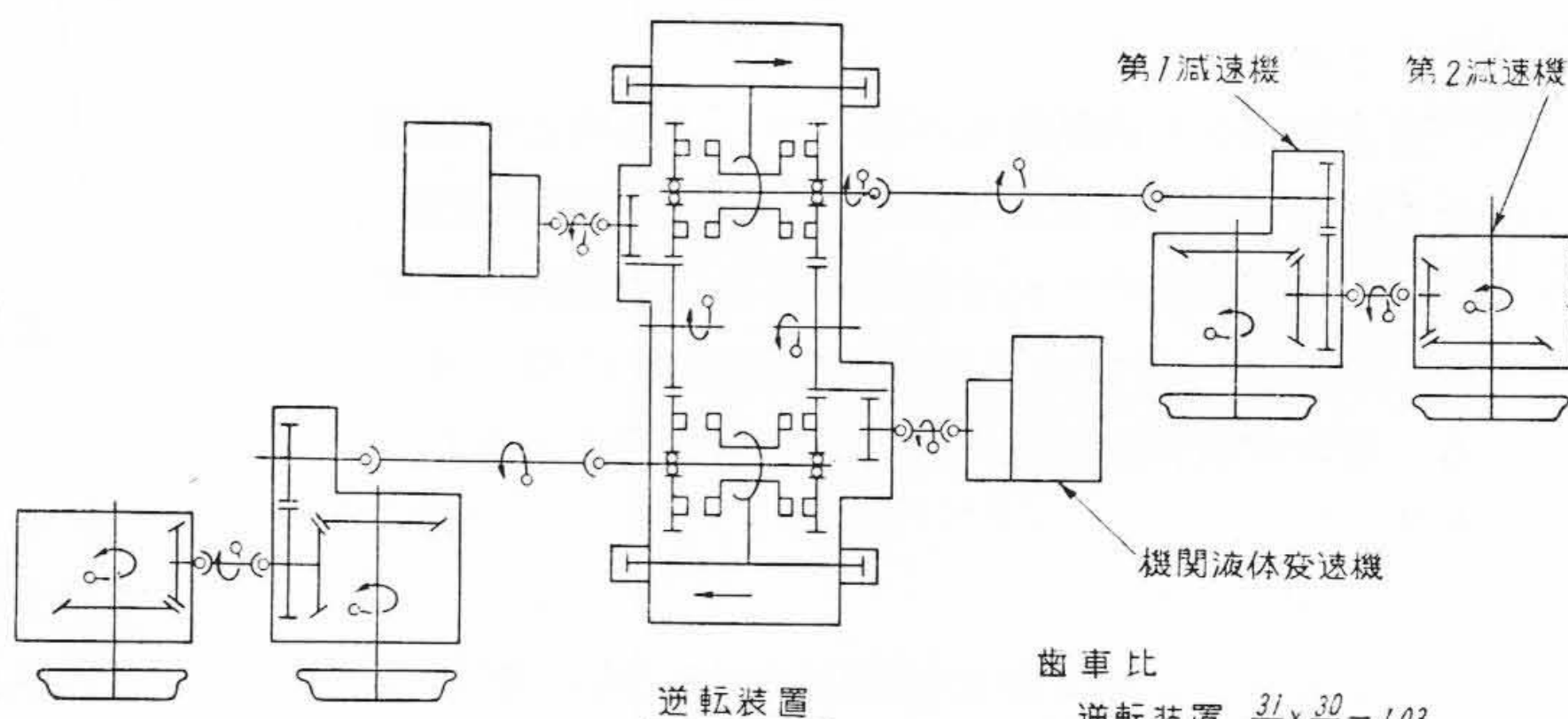
第2図に示すように前方および両側面の三方より冷却空気を吸いこみ機関室上部より排出する。冷却空気吸込用ファンは直径1,000 mmのプロペラファンで機関クランク軸よりVベルトで駆動する。外気温度に応じて冷却能力を制限しうる



第6図 運転曲線の一例 (計算値)

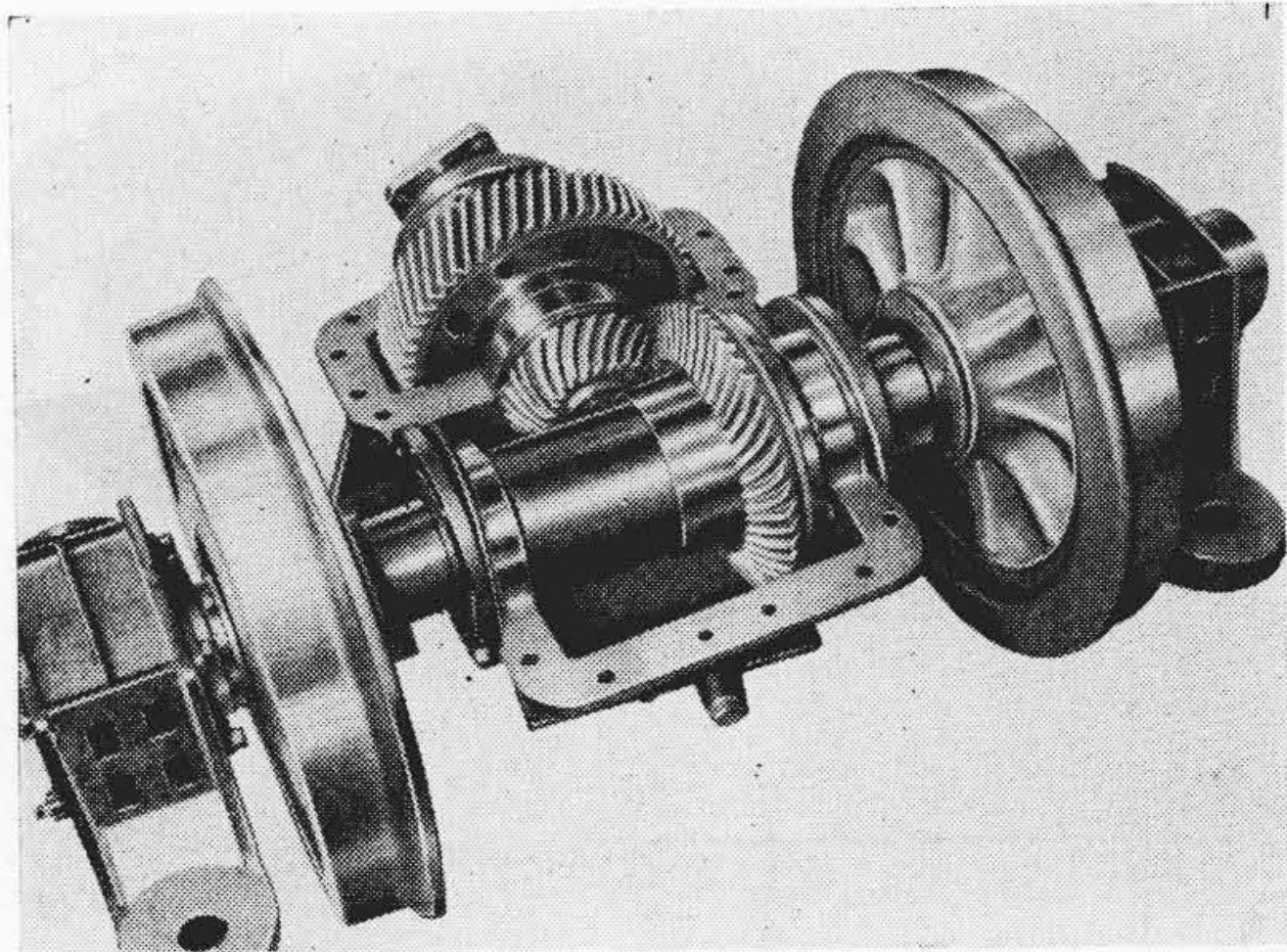


第7図 半自動切換え作動図 (スロットルー直結を示す)

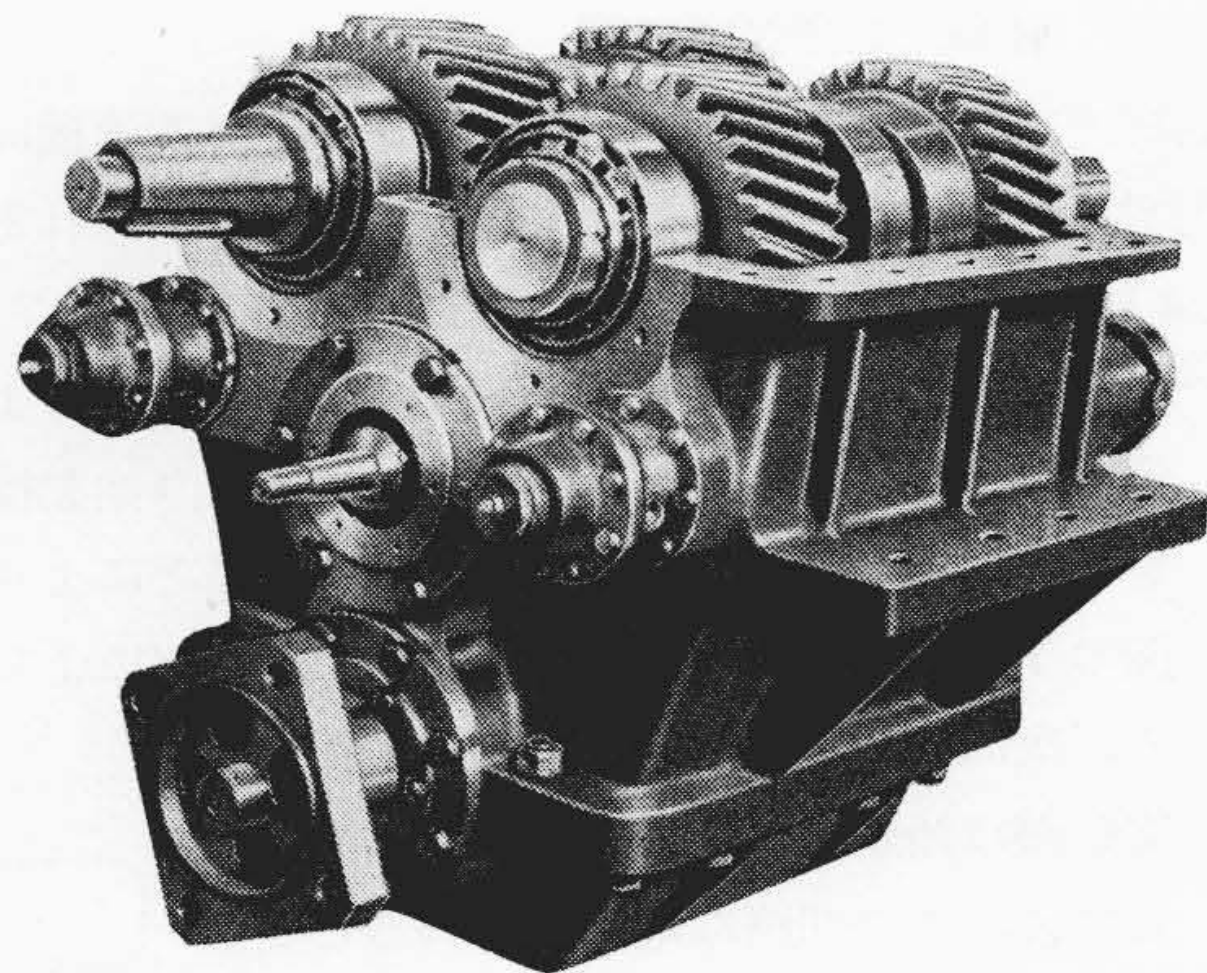


歯車比
 逆転装置 $\frac{31}{29} \times \frac{30}{31} = 1.03$
 第1減速機 $\frac{57}{28} \times \frac{47}{25} = 3.83$
 第2減速機 $\frac{47}{25} = 1.88$
 全減速比 $1.03 \times 3.83 = 3.95$

第8図 動力伝達装置歯車列



第 9 図 第 一 減 速 機



第 10 図 逆 転 装 置

ように空気吸入面に手動式の風量調整板を設け、吸込空気量を任意に調整しうるようにしてある。冷却能力は外気温度 35°C 、冷却水および潤滑油放熱量はおのこの機関発生熱量の30%、5%ならびに液体変機油放熱量は変速機効率70%で連続使用しうるよう設計してある。すなわち

機関冷却水放熱量	130,000 kcal/h
機関潤滑油放熱量	21,000 kcal/h
液体変速機放熱量	75,000 kcal/h
放熱器コア放熱面積	
冷 却 水	$13.86\text{ m}^2 \times 9\text{ 本}$
潤 滑 油	$13.48\text{ m}^2 \times 2\text{ 本}$
液体変速機油	$13.48\text{ m}^2 \times 5\text{ 本}$
フ ア ン 容 量	$11.5\text{ m}^3/\text{s}$
機関冷却水循環流量	$450\text{ l/mm (1,300 rpm)}$
機関潤滑油循環流量	130 l/min
液 体 変 速 機 油	$220\sim 256\text{ l/min (全出力にて)}$

(上記数値は機関1台に対する値を示す)

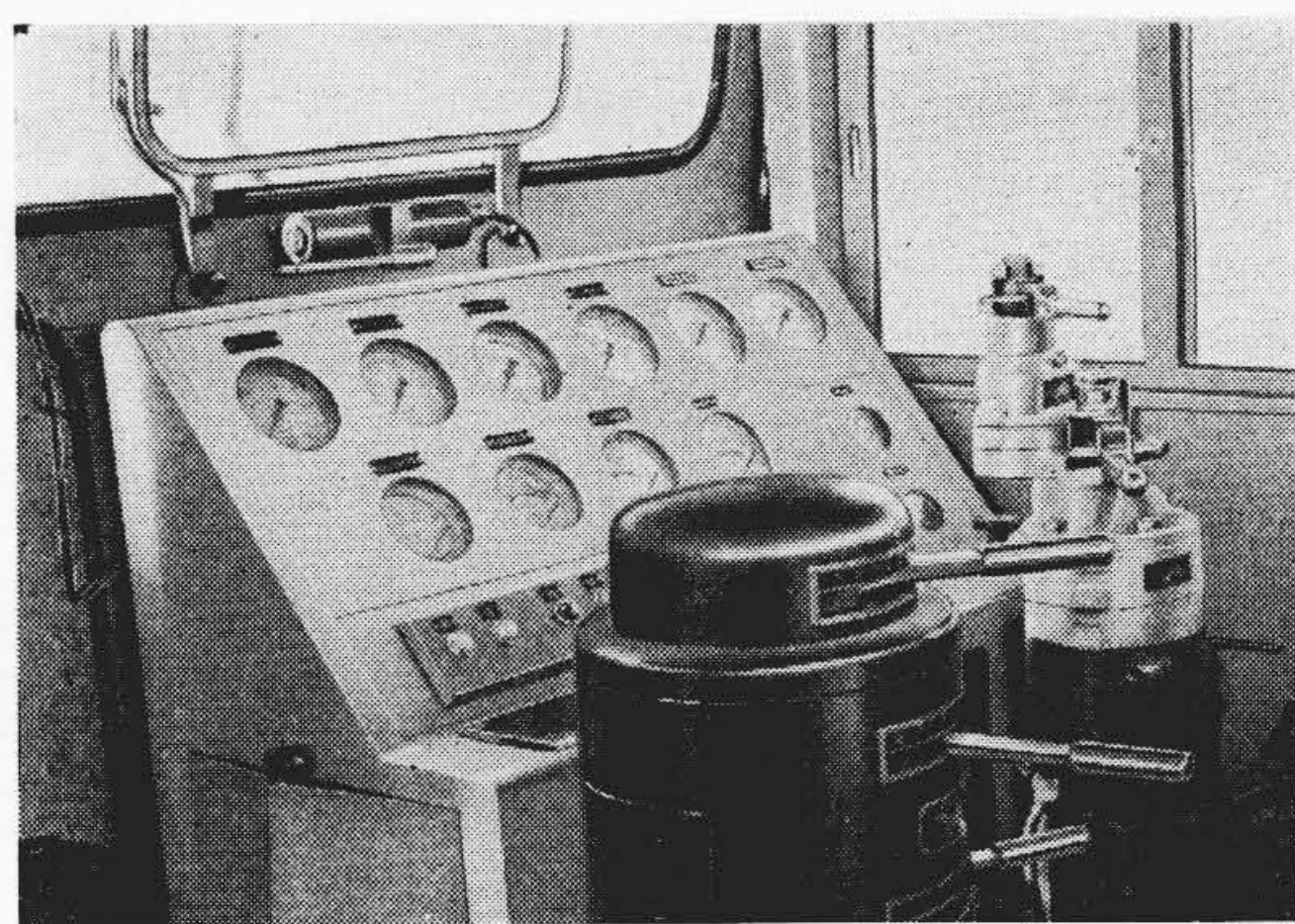
(4) 車体、台枠

台枠中央に高く突き出た運転室を取付け台枠前後両端部に細長い機関室を取付けたセンターキャブ型である。

機関室、運転室は型鋼骨組に薄鋼板を溶接して成形してあり、機械装置の分解時に取りはずしのできるように台枠にボルト締めしてある。

運転室内には対角線状におかれた二つの運転台があり、おのこの前後進用に用いられる。運転台には円筒形の主幹制御器があり上部に燃料制御用、中央に液体変速機変速直結切換用、下部に逆転用操作ハンドルがある。このほか、ブレーキ弁、始動スイッチ、各種計器、警報ベル、標識灯などがある。第11図は運転台の写真である。

前後部の窓は大きな2枚割りの窓でHゴムで固定しワイパーおよびデフロスタを有する。運転室側面の窓は三分割の引違い窓で大きく開放することができるので入換



第 11 図 運 転 台

時の牽引車輛の連結に便利である。

運転室天井および側面は二重構造で内外板間にアンダーシールを塗って防熱防音効果を図っている。運転中の運転室中央における騒音は約95ホンであつた。

(5) 台 車

揺枕を有するウィングバネ式二軸ボギー台車で車体重量の70%を心皿部で、30%を側受でささえる。

台車枠は鋳鋼製で側枠に下揺枕、前後台車端梁をリーマボルトで固定する組立式である。側受は防振ゴム製で側枠にささえられ、心皿部の荷重は上揺枕、重ね板バネを経て下揺枕にかかる。

バネは重ね板バネ(三連)と防振ゴム付軸バネ(コイルバネ)の二段支持、車軸々受は120mm円筒コロ軸受を使用して高速度での振動特性の向上を図っている。台車外観は第12図に示す。

台車バネ系は下表のとおりである。

剛性(1台車あたり)

軸バネ	532 kg/mm
枕バネ	474 kg/mm
合 成	252 kg/mm

上下方向の固有振動数は約 2.6 c.p.s. である。

(6) 制御および保護装置

制御方式は電磁空気式にして、車速は液体変速機により円滑に変化する。変直の切換は半自動的になされる。

(a) 機関始動および機関の出力制御

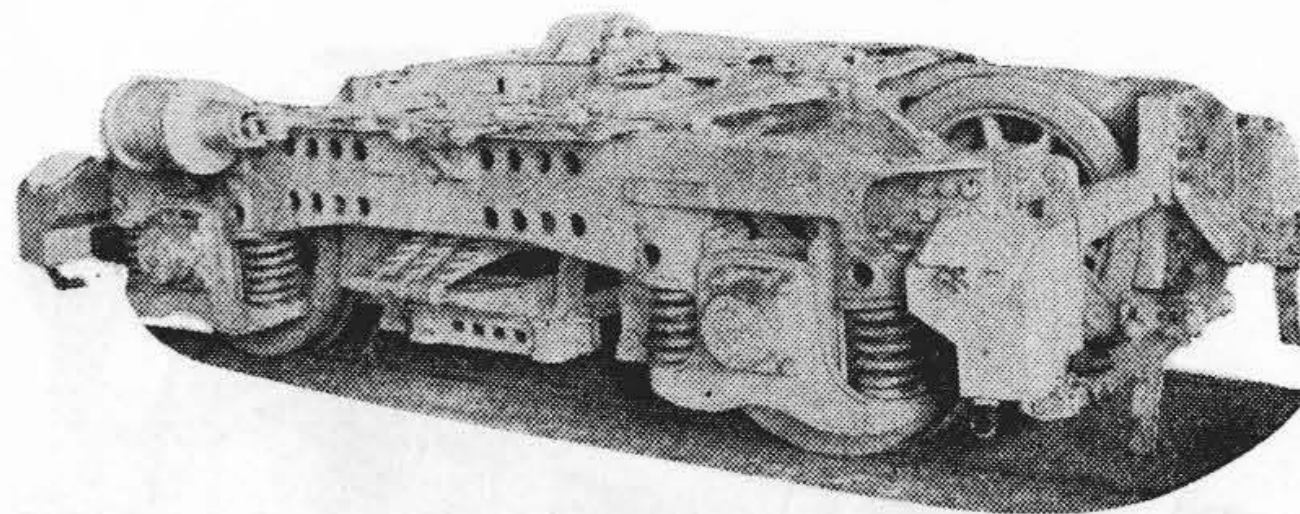
第13図は始動回路結線図である。運転室および機関室に取り付けられた始動スイッチにより始動操作を行う。すなわち始動スイッチを引くことにより機関の予熱を行い、予熱の程度を予熱表示灯により知る。次に始動スイッチを押すと始動電動機は始動装置を経て蓄電池に接続され、この回路に電流が流れるとピニオンが突き出して機関のはずみ車の外周に装備してある大歯車と噛み合い機関を駆動する。一定回転数に達するとピニオンは自動的に引込み機関の回転とは無関係となる。このようにして2台の機関は別個に始動される。機関の出力制御は機関に附属せる燃料噴射ポンプの燃料加減ラックを第14図に示す燃料加減装置で制御して行う。燃料加減装置は3個の電磁弁と空気シリンダによって動くリンク装置からなり、第15図制御回路結線図のように運転室の主幹制御器の指令で3個の電磁弁は七つの組合せ動作をなし、リンク装置を介して燃料加減ラックを制御する。2台の機関は同時に運転制御され、一方の機関が故障の場合または不用の場合などは制御回路開放器を開いて他方の機関のみにて運転することも可能である。

(b) 液体変速機の制御

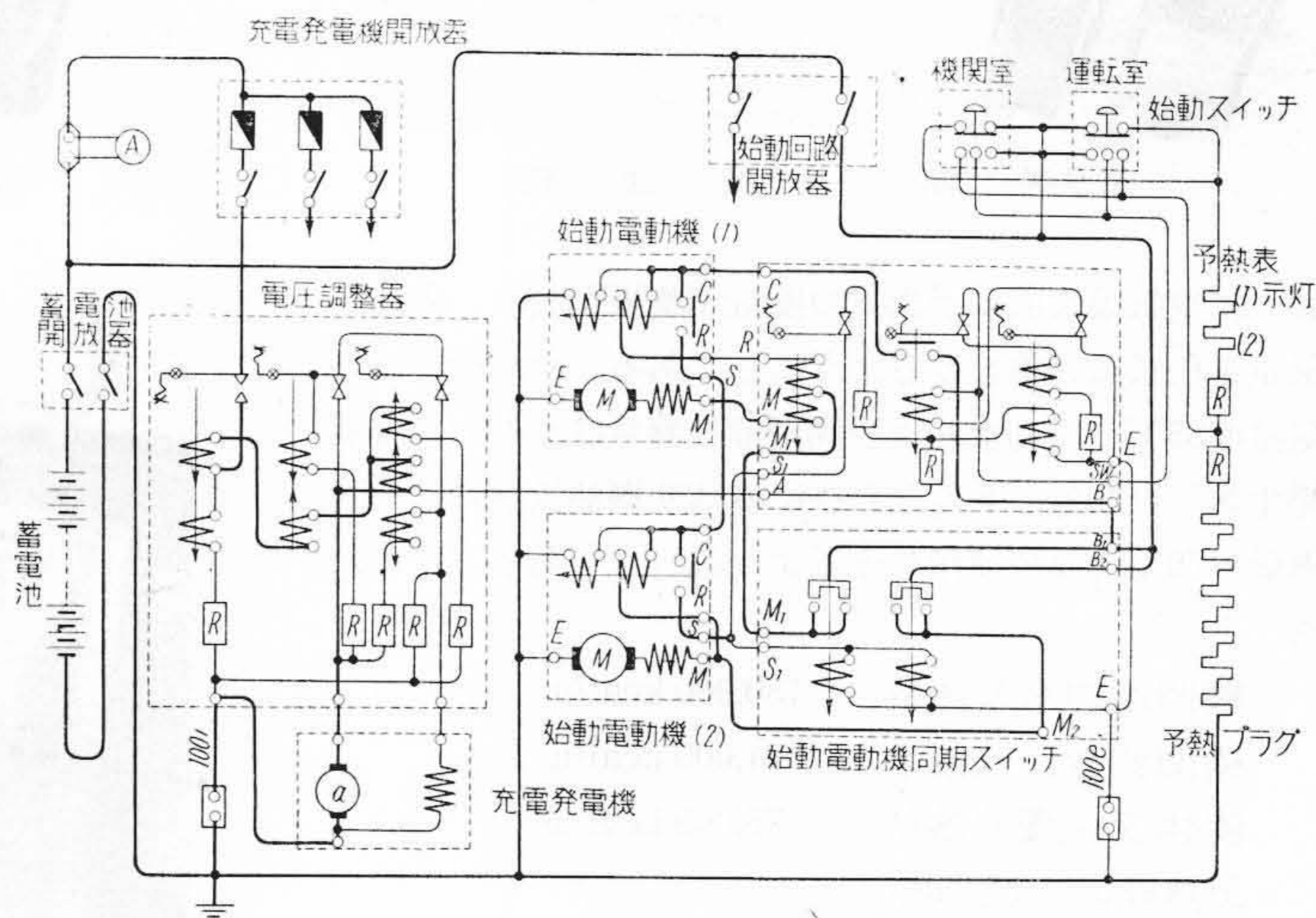
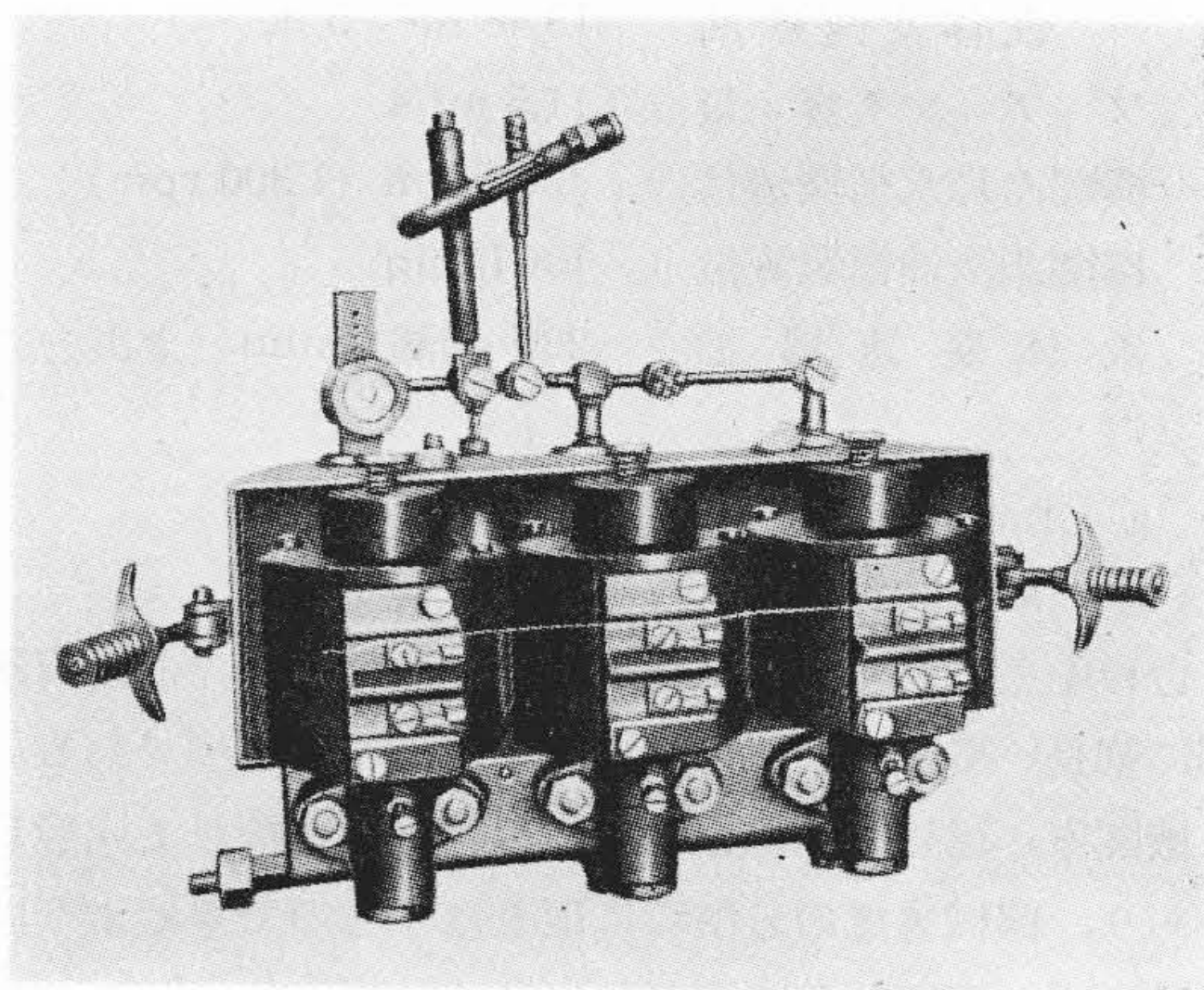
第5図機関車特性曲線に示すように液体変速機駆動範囲では、機関車は速度に応じて連続的に牽引力を変化させ円滑に運行するが速度約42 km/h以上では効率が低下するため液体変速機のクラッチを切換えて直結運転を行う。

クラッチ切換えを衝撃なく行うには入力軸回転数(機関回転数)を低下せしめて出力軸回転数に合わせ必要がある。切換え作用を第7図作動図により説明する。機関回転数の低下はパワーシリンダの作動で機関燃料供給量を減じて行う。このようにして近似的に入出力回転数を同期させた後クラッチが切換わる。制御は油圧、空気ならびに電磁空気をを用いる。すなわち直結切換え速度で変速ハンドルを「変速」位置から「直結」位置に切換えると

直結用電磁弁 $\xrightarrow{\text{空気}}$ コントロールバルブ $\xrightarrow{\text{油}}$ パワーシリンダ



第12図 台 車

第13図 始動回路結線図 740 HP₂D.H.L.

第14図 燃 料 加 減 装 置

となり、パワーシリンダの動きによりこれに連動する燃料供給ハンドルが機関供給燃料を減じて機関回転数は低下して行く。同時にパワーシリンダの移動により

油圧 $\xrightarrow{\text{パワーシリンダ}}$ シフトバルブ $\xrightarrow{\text{空気}}$ コントロールバルブ

の順序に作動しコントロールバルブの移動によりパ

ワーシリング内の油が排出され燃料ハンドルは旧位置に復し、機関回転数が上昇し始めるとともに直結用クラッチに油圧が作動し変速運転から直結運転に切換わる。

以上が本機関車の変速機の変速→直結切換えの説明であるが変速クラッチの操作は同期装置に関係なく変速切換え電磁弁およびコントロールバルブにより行われる。

(c) 主幹制御器

機関車の総括制御をつかさどる主幹制御器は絶対に誤操作のない機構のものでなければならない。第10図に運転室内に設置された主幹制御器を示す。

主幹制御器は逆転ハンドル、変速ハンドルおよび主ハンドルを有し、逆転ハンドルは前進、中立、抜および後進の四つの位置を有し、変速ハンドルは変速、中立、直結の3位置を主ハンドルは切および1～7ノッチの8位置がある。これらのハンドル相互間には次のような機械的鎖錠により誤操作を防止している。

- (i) 主または変は逆が抜位置では回らない。
- (ii) 逆は主が切位置でなければ回らない。
- (iii) 逆は変が中立位置でなければ回らない。
- (iv) 変は逆に無関係に回り得る。

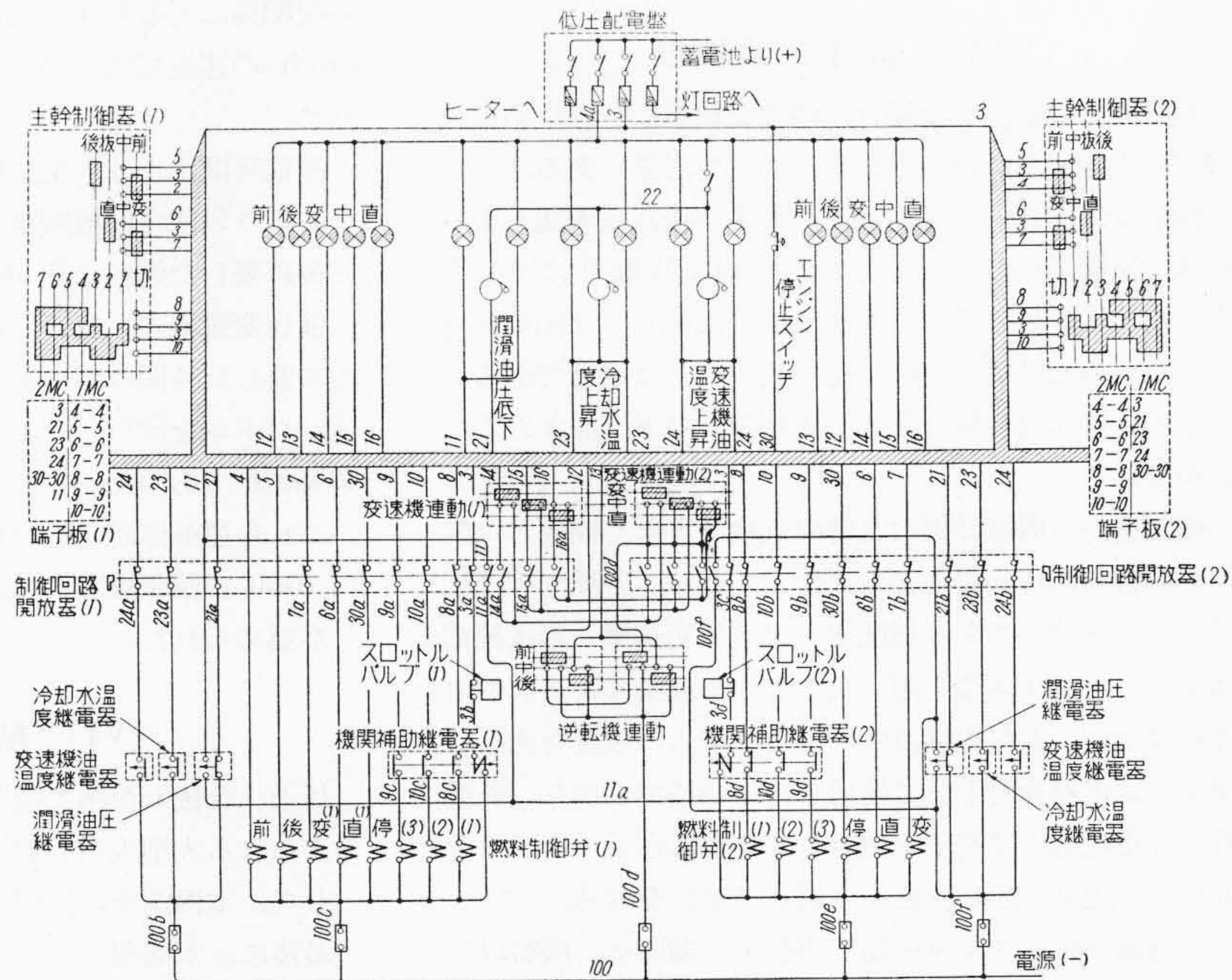
ただし逆が抜位置のときは回らない。

- (v) 変と主の連動があつてはならない。

ただし 主：主ハンドル
変：変速ハンドル
逆：逆転ハンドル

(d) 保護装置および表示灯

保護装置として機関潤滑油圧継電器、冷却水温度継電器、変速機油温度継電器を有しており、これら継電器の動作は運転室の表示灯およびベルによつて運転手に警報を発する。また運転室には逆転器および変速機の動作表示灯があり、前進、後進、変速機クラッチの中立、変速または直結などの表示をなして運転の安全を期している。



第15図 制御回路結線図 740 HP D.H.L.

(e) 蓄電池および充電装置

始動用蓄電池として24V、400Ahの鉛蓄電池(型式8D)を塔載し、始動電動機用電源として使用される。機関運転中は各機関により駆動される2台の充電発電機および液体変速機出力軸より駆動される1台の充電発電機から浮動充電される。機関速度は広範囲に変化するもので、この速度範囲内で一定電圧を維持するためにチリル型の電圧調整器が各充電発電機に附属している。

(7) 特殊装置

寒冷時機関始動を容易にしかつ運転性能を向上するためにウェバスト機関予熱器100W型1台を機関室内に設け2台の機関の冷却水を予熱する。燃料は機関燃料油を使用する。

100W型ウェバスト機関予熱器仕様

発熱量	10,000 kcal/h
燃料消費量	1.4 l/h
熱効率	80% 以上
送水量	30 l/min
電動機	D.C. 24 V 55 W
全重量	31.5 kg

外気温5℃にて、冷却水温度20℃に達するまでに要した時間は約40分であつた。

冬期、砂撒管の凍結を防止するため機関排気熱を利用した砂撒管凍結防止装置が設けてある。

〔IV〕 保守点検性能

機械装置の損傷した場合、修理を簡単に行うためには機関車より容易に取り出さうことが必要である。

機関室は前部（冷却装置部）および後部（機関および液体変速機部）とに二分割して台枠より取りはずしうる。動力伝達装置各部の連結はすべてプロペラ軸が使用してあるので各部の連結を切り放すことは容易である。

逆転装置は取付板の移動により台枠の下へ抜きとることができる。

機関室内の機械装置の日常の点検は大きく開放した側扉から容易に行い得るようになっていいる。各種配管は配置場所を区分してあり機関または液体変速機との接続部はすべて可撓ゴム管を用いているので振動による破損の恐れはない。電気配線はすべて合成ゴムの被覆を施し、樋または電線管を十分に使用し寿命の増加を図り、各機器との接続部には端子を使用し、必要に応じて端子板を取付け機関室、運転台などの取りはずしを容易にしている。電気機器はスイッチ箱、運転台、機関室内機器取付台などに集約してあるので日常の点検に便利である。

台車心皿部、車軸々箱守など点検、修理に手数を要するところは耐磨レジンを使用して寿命を長くしている。

〔V〕 運 転 試 験

納入先使用路線で行った 176 t 牽引試験の結果、最大

勾配33%にて最低速度約 20 km/h、20%の連続勾配で 24 km/h の速度で所定の牽引性能を発揮することが認められた。

運転時間は上り勾配で約 2 時間、下り勾配約 1 時間50分、下り勾配では機関はアイドル運転で使用できる。1 往復に要した燃料は約 180 l であつた。

液体変速機の「変速」運転から「直結」運転に切換えるに要した時間は1.3~1.5秒、43 km/hの切換え速度で変速ハンドルを操作し、直結クラッチの噛み合う速度は約 40 km/h であつた。

これら運転性能、燃料費、運転条件は従来使用していた 8100 形蒸気機関車に比べてはるかにすぐれていることが認められた。

〔VI〕 結 言

以上、今後わが国で電気式に対抗して発達していくと考えられる大型大出力液圧式ディーゼル機関車の記録品として、本機関車の性能、構造の概要を述べた。

最後に、本機関車の計画、運転試験に御尽力賜わつた定山溪鉄道関係者各位に厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 小野、伊達：日立評論 36, 1507 (昭 29-10)



製品

紹

介



日立 GSA-6 型 戸締め機械

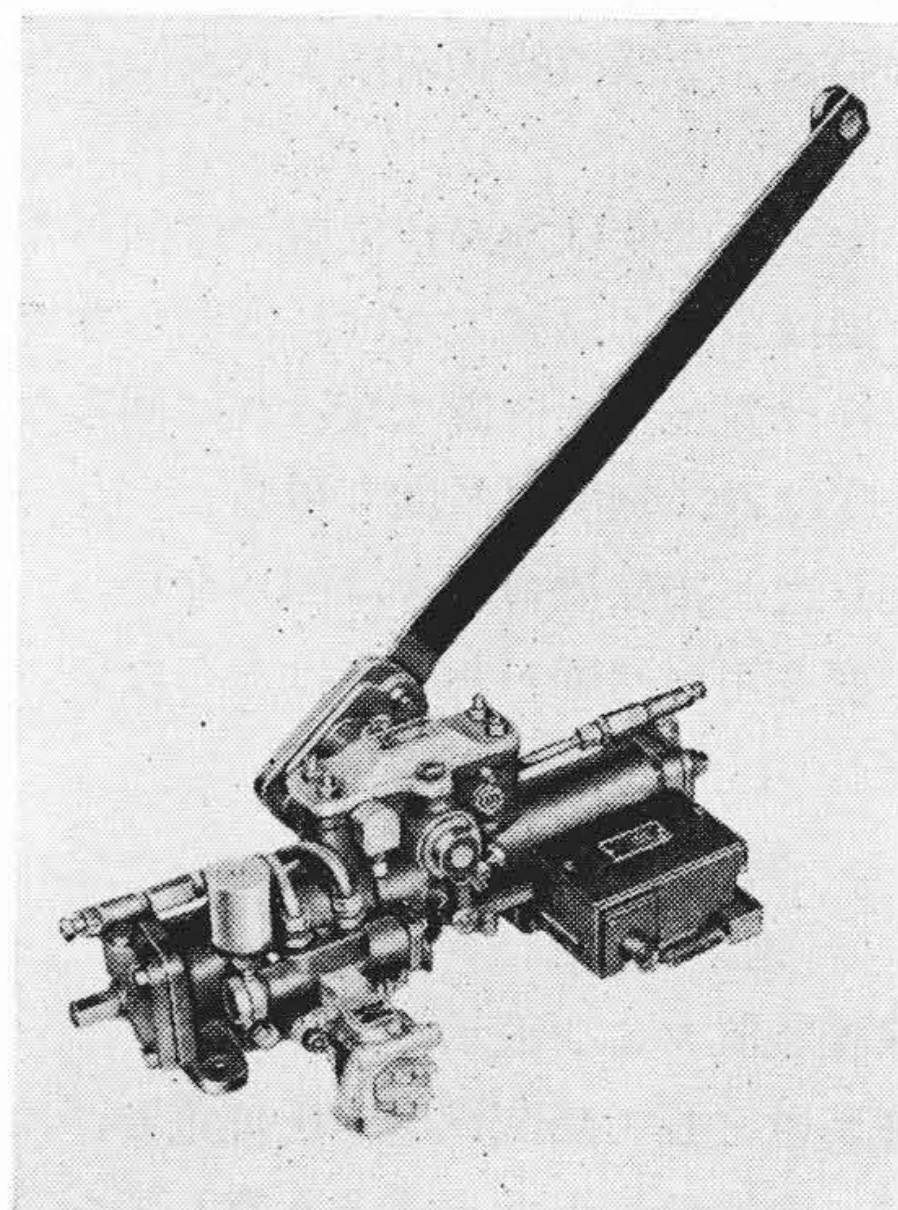
車輜用戸締め機械には、幾多の型式がありますが、日立製作所においては、たえず改良のための研究を進め、最近さらに油圧緩衝を利用した新しいクッション機構をとり入れた GSA-6 型戸締め機械を製作いたしました。

これはクッションのためのシリンダー中間排気口によるピストンパッキンの損傷や、弁装置の作用不確実から起るクッション不調、および操作空気圧力の変動による開閉特性の変化といった問題を、新たに考案した油圧クッション方式によつて一挙に解消しようと試みたものであります。これらの試験結果はすこぶる良好でありまして、扉の開閉時間調整も、給気通路の加減によって、特性をそこなうことなく相似的に行い得るという特長をもっております。

GSA-6 型戸締め機械は名古屋地下鉄、および京王電鉄モハに使用致しました。

仕 様

重 量..... 19.8 kg



第1図 GSA-6 型 戸締め機械

開閉テコ作用角度.....110~120度
 操作空気圧力..... 3.5 ~ 7 kg/cm³
 標準引戸行程..... 700~1,000 mm
 シリンダ直径.....70 mm
 開閉作用時間..... 2 ~ 4 秒