# ディーゼル電気機関車

Diesel Electric Locomotive

立 川 昭 三\* 渡 辺 淳 吉\*\*
Shiyōzō Tatekawa Junkichi Watanabe

#### 内 容 梗 概

鉄道の近代化とともに蒸気機関車は次第に姿を消し、電気機関車、ディーゼル電気機関車に代りつつあることは世界の趨勢であつて、すでに国内においても、ディーゼル電気機関車の量産に着手している。本稿においては主として機械関係および回転機部門の立場からディーゼル電気機関車の一般的問題について概説し、機関の要目、温度上昇率を用いた冷却装置計画の方針などを述べ、次に主発電機電圧、電流の制御範囲および主電動機の界磁制御計画に関する基本的な問題を考察して、主発電機の軽量化のためには主発電機電流の制御範囲を小さくすることが根本的要因となり、このため主電動機の界磁制御がきわめて有効な方法であることを示した。最後に実例として DF90形、タイ国鉄納および DF50形 三種のディーゼル電気機関車についても言及した。

## [I] 緒 言

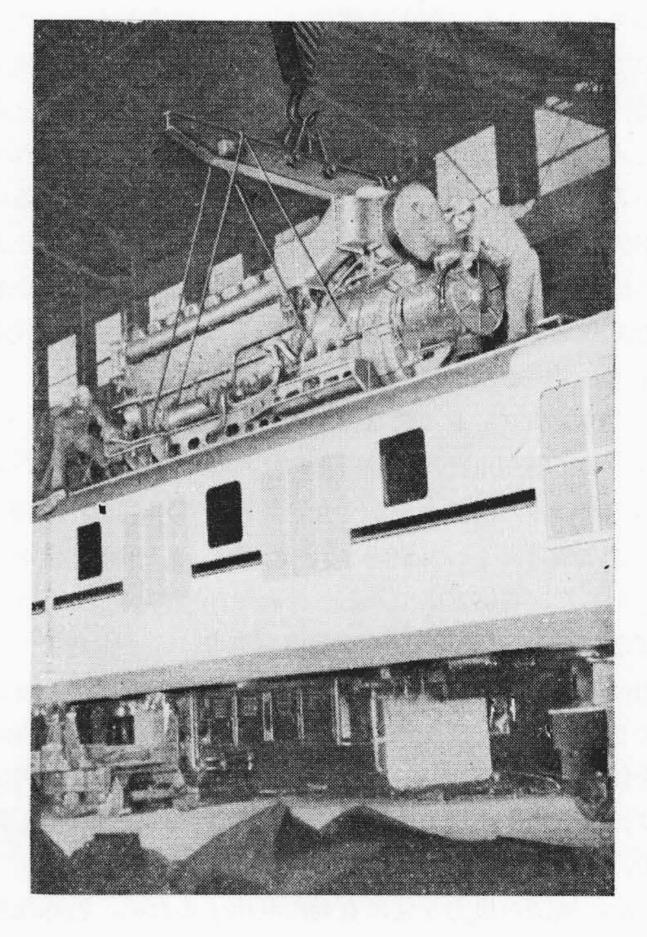
ディーゼル電気機関車は,熱機関として熱効率の高い ディーゼル機関に,動力伝達方式として最も合理的で制 御の容易な電気式動力伝達装置を組合せたものであつ て, その経済上, 運転保守上の利点から近年蒸気機関車 に代つてますます盛んに使用されるに至つた。すなわち 日本国有鉄道においては,鉄道の近代化,合理化を目標と する10箇年計画を樹立し、主要幹線の電化と併行して、 亜幹線, 支線の大幅なディーゼル化が計画されており, この実現のために必要なディーゼル機関車は620輌にも および(1), すでに着々と量産態勢を整えつつある。また 一方,諸外国の状勢に目を転ずると,ディーゼル電気機 関車が最も発達しているのは周知のとおりアメリカであ るが、そのほかの国々においてもそれぞれの燃料事情に 応じたディーゼル化が行われている。たとえばタイ、イ ンドを始めとする東南アジア諸地域,およびブラジル, アルゼンチンなどの南米諸地域においても, 現在大規模 なディーゼル化が行われていて, その需要量は相当多数 におよび、デイーゼル電気機関車に対する関心もきわめ て高い。

このような趨勢のもとに、日立製作所においては、さきに日本国有鉄道納 DF 90 形ディーゼル電気機関車を完成したが、その後もタイ国鉄納ディーゼル電気機関車、日本国有鉄道納DF 50形デイーゼル電気機関車とつぎに大形機関車の製作に着手している。

#### 〔II〕 ディーゼル電気機関車概要

## (1) 電化とディーゼル化(2)

鉄道の近代化とともに、長い歴史を有する蒸気機関車 も徐々に第一線から姿を消していき、今後は直流電化、 交流電化およびディーゼル化が促進されることとなるで



第1図 組立中のディーゼル電気機関車

あろうが、ディーゼル電気機関車は地上設備を要しない ため建設費が安くなり、輸送量のあまり多くない線区で は電化よりも経済的で、電気機関車よりも製作費の高い 点を補つてあまりあるが、輸送量が多い区間では電化の 方が有利となるため、日本では比較的燃料事情に恵まれ ないためもあつて、主要幹線は電化にゆずり、ディーゼ ル電気機関車は亜幹線、支線で活躍することになつたも のである。しかし、ディーゼル電気機関車は架線が不要 であるからどこででも使用できる点は電気機関車よりも 有利であり、特に入換用には有利である。

#### (2) 電気式と液圧式(3)(4)

機関の出力を動輪に伝える動力伝達方式としては、一

<sup>\*</sup> 日立製作所日立工場

<sup>\*\*</sup> 日立製作所水戸工場

部のものを除いては直流発電機と直巻電動機による電気式と、トルクコンバータによる液圧式があり、電気式は主として大型の機関車に用いられ、液圧式がが小型の機関車に多く用いる機関車に多く用いる機関車に多く用

|                       | 第1表 | M.A.N          | <b>√.</b> デ  | 1 -         | - ゼ        | ル機          | 関         | 要目          |            |                        |
|-----------------------|-----|----------------|--------------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|------------|------------------------|
| 型  式                  | 気筒数 | 出力<br>(Ps)     | 回転数<br>(rpm) | 気筒径<br>(mm) | 行程<br>(mm) | 長 さ<br>(mm) | 幅<br>(mm) | 高 さ<br>(mm) | 重量<br>(kg) | 馬力当り<br>重 量<br>(kg/Ps) |
| V8V 22/30 m.A.        | 16  | 1,680<br>1,860 | 900<br>1,000 | 220         | 300        | 3,785       | 1,560     | 1,550       | 9,100      | 5.4                    |
| V6V 22/30 m.A.        | 12  | 1,260<br>1,400 | 900<br>1,000 | 220         | 300        | 3.055       | 1,560     | 1,490       | 7,100      | 5.6                    |
| W8V 22/30<br>m.A.u.L. | 8   | 950<br>1,040   | 900<br>1,000 | 220         | 300        | 3,105       | 1,245     | 1,420       | 5,990      | 6.3                    |

注: m.A. は過給機付 m.A.u.L. は過給機および空気冷却器付

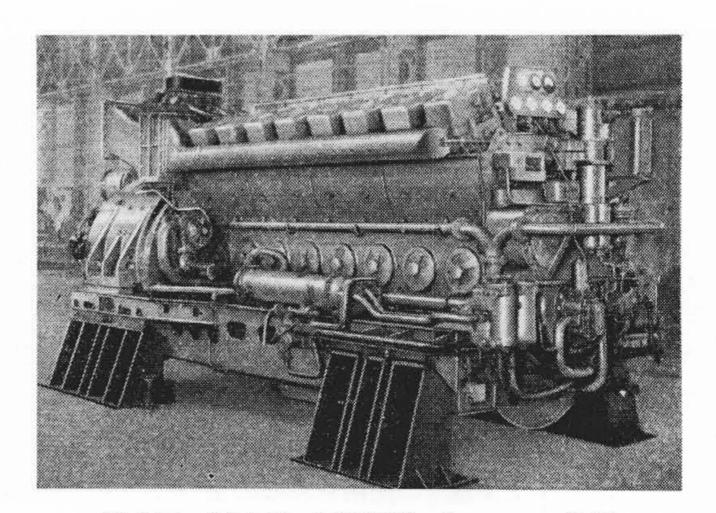
いられている。すなわち、液圧式では構造が比較的簡単で軽量にでき、価格も安くなるが、大出力で理想的な特性をもたせるには、技術的にかなりの困難が伴うので、現在わが国で多く使用されているのは 300 HP 以下のものである。これに対して電気式では、構造上大出力のものでも容易に製作でき、広い速度範囲にわたつて定出力特性が得られ、かつ速度制御、総括制御も容易に行えるため、本線客貨牽引用および入換用として広く使われている。ただし前者に比し重量が増し、価格が高くなるのが欠点とされている。現在ドイツにおいては広く液圧式が採用されているが、アメリカにおいては電気式が全盛であり、そのほかの諸国においても、ほとんど電気式を採用している状況にある。

### (3) ディーゼル電気機関車の問題点

一般に機関車は、車輌限界によつて制限される狭い車体内に多くの機器を塔載しなければならず、また機関車重量は軸重によつて制限されているから、車体、台車はもちろん、各機器もできるだけ軽量小型に製作しなければならない。ディーゼル電気機関車では、まず軽量で信頼性の高いディーゼル機関の選定が問題となるが、最近の日立機関車には次に述べる M.A.N. 型ディーゼル機関を使用して非常な好結果を得ることができた。この機関は比較的軽量小型でよくまとまつており、保守点検も便で、車輌用として好適である。

次に機関の出力を常に有効に利用するため、特殊な励磁機を用いて主発電機の電圧-電流特性はその使用範囲においてほぼ双曲線となるようにすることが必要で、日立製作所においては HI 励磁機を用いてこの目的を達している。さらに、運転状況の変化によつて起る機関と発電機間の出力の不平衡を調整するため、自動負荷調整装置を用いて機関が過負荷にも軽負荷にもならぬ理想的な状態で運転されるよう、主発電機の出力を制御する方法がとられている。

空気圧縮機,送風機などの補機を駆動するには,機関から直接機械的に駆動する方式と,補助発電機から電力を供給して電動機で駆動する方法がある。機械的にベルトなどを使用して駆動する方法は,構造簡単で軽量安価にできるが,補機を任意に起動したり停止する操作が困難



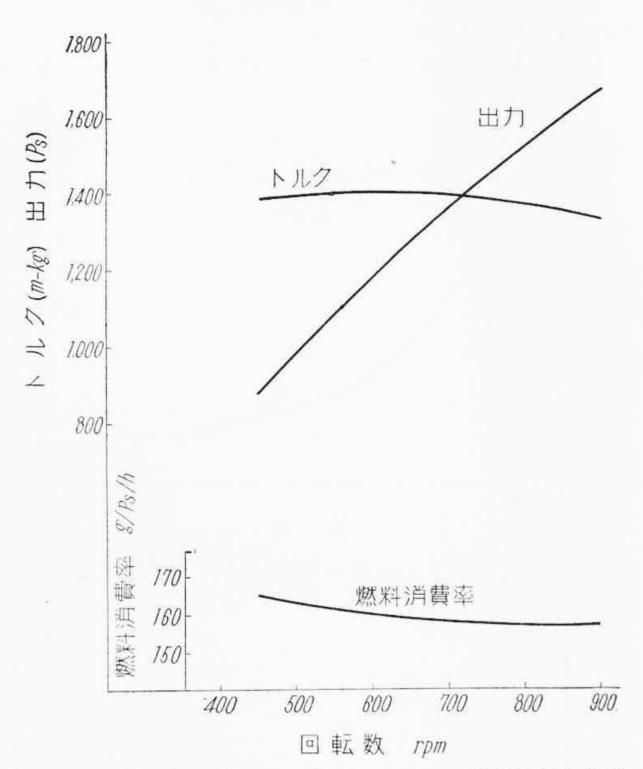
第2図 M.A.N. 1,900 PS ディーゼル機関

であり、また補機の回転数は機関の回転数とともに変動するので運転上若干の難点がある。また機器の取付位置に制限を受ける欠点もある。しかし機関車の軽量化は最近の趨勢であり、優秀な接手の研究とともに補機の機械式駆動も発展するであろうと考えられる。一方電気的に駆動する方式では、機器配置は任意であり、運転操作もきわめて円滑に行えるので、現在では大部分の補機駆動はこの方式によつている。ただし、価格が高くなり、重量も増すのが欠点である。なお補助発電機は、補機駆動のほか、電灯回路、制御回路などにも電力を供給するが、機関回転数のいかんにかかわらず定電圧を発生する必要があるので、定電圧発電機または自動電圧調整器を用いなければならない。

#### 〔III〕 機関および機械部分

#### (1) ディーゼル機関

最近の日立製大型機関車には、上述したようにM.A.N. 型ディーゼル機関  $^{(5)}$  が用いられているが、そのうちよく 用いられるものの要目を第1表に示す。また第2図に外観、第3図にV8V 22/30 m.A.機関の特性曲線を示す。 機関の馬力当り重量は第1表に記したとおり、約6kg/Psであつて、現在多くの機関は  $6\sim18$  kg/PS 程度であるから、最も軽量の部に属するものといえよう。また燃料消費率も第3図のように 160 g/PS/h ときわめて少なく、経済的な運転が期待できる。



第3図 V8V 22/30 m.A.ディーゼル機関特性曲線

機関,発電機系のねじり振動については慎重に検討を 行い,ねじり振動吸振器を付して除去するが,なお問題 の残るときは,補助発電機の結合方法を変更することも 行われる。

#### (2) 機関冷却系統(6)

ディーゼル電気機関車の計画にあたつては、機関の選定の後に、機関冷却水を循環冷却するための冷却装置を決定することが、全体の計画の中でもきわめて重要な問題となる。冷却はラジェータコアーの中を水および油を循環させ、これに冷却ファンで風を送つて行うが、外気温が高いときにも十分冷却が行われるよう注意して設計される。ラジェータ部は通例第4図のように構成されるが、空気冷却器付機関では、所要ラジェータコアーの本数が多くなり、一列に並べたのでは多くの場所を占有して車長が伸び、ひいては機関車重量を増すことになるので、前と後二列に分けて配列する方法もとられている。ラジェータの所要放熱面積の計算には、ヌッセルト数を求めて熱伝達の式から計算する方法も行われるが、概略次の式から見当をつけることができる。

$$F = \frac{H}{K(t_m - \theta_m)} \quad \dots \quad (1)$$

ただし F: 放熱面積 (m²)

H: 機関の放熱量 (kcal/h)

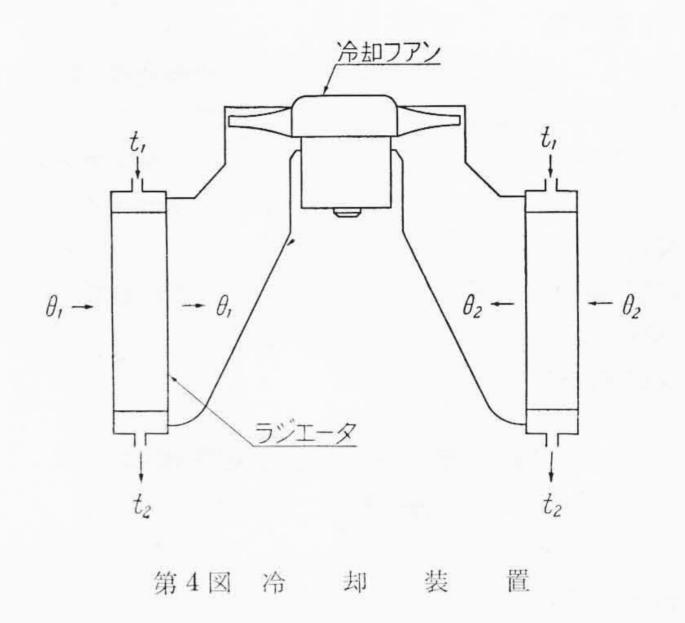
K: 熱通過率 (kcal/m²•h°C)

 $t_m$ : 水または油の平均温度 (°C)= $\frac{t_1+t_2}{2}$ 

t₁: 水または油の冷却器入口温度 (°C)

t2: 水または油の冷却器出口温度 (°C)

θ<sub>m</sub>: 空気の平均温度



ここで空気の平均温度  $\theta_m$  は下式によつて求めた空気の 出口温度と入口温度の平均値を用いる。

$$\theta_2 = \theta_1 + \eta (t_1 - \theta_1) \dots (2)$$

ただし  $\theta_2$ : 空気の出口温度 (°C)

θ<sub>1</sub>: 空気の入口温度 (°C)

t<sub>1</sub>: 水または油の入口温度 (°C)

η: 温度上昇率

次に所要風量 G ( $m^3/s$ ) は,

$$G = \frac{H}{3,600 \times \gamma \cdot C_P(\theta_2 - \theta_1)} \dots (3)$$

ただし CP: 空気の定圧比熱 (kcal/kg°C)

7: 空気の比重 (kg/m³)

によつて求めるが、一方ラジェータの前面風速をv(m/s)、前面面積をs( $m^2$ )とすると、

$$G = v \cdot s$$
 .....(4)

の関係があるから、(1)、(3)、(4) 式からラジェータおよび冷却ファンの所要性能を求めることができる $(7)^{(8)}$ 。

こうして設計された冷却装置には,冬季,夏季においても適当な冷却が行われるよう,さらに各種の制御装置や保護装置が付加されて,安全確実な運転ができるよう考慮される。

#### (3) 騒 音(9)

ディーゼル電気機関車においては、機械室内の騒音を 運転室から遮蔽することが重要な問題であつて、運転室 と機械室の仕切壁には、グラスウール、モルトプレンな どを用いた防音壁を設け、仕切戸には二重ガラスなどを 使用して、運転室内の騒音の低下を図つている。機械室 の騒音は機関の過給器付近で最大で、DF90形では全力 時約115 ホンであるが、運転室で扉を閉めた場合は95ホ ン以下に低下している。

## [IV] ディーゼル電気機関車の 回転電機について

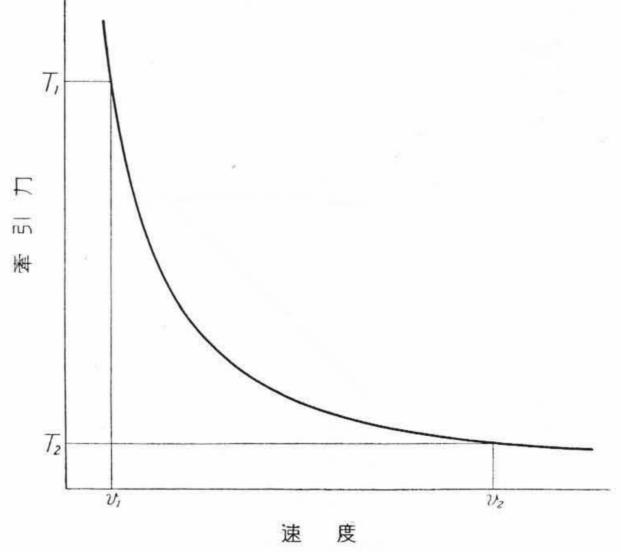
ディーゼル電気機関車に使用される回転電機には機関車の動力伝達装置として最も重要な役割を果す主発電機, 励磁機, および主電動機があり, このほかに機関車の補助電源となる補助発電機, さらに補機を電動にする場合にはそれぞれの補機用電動機が用いられる。これらの回転電機は車輌塔載用機器の特質としてきびしい温度, 湿度あるいは塵埃の中で使用され, また激しい振動, 衝撃にさらされることに留意して設計, 製作しなければならぬのは一般電気車輌用の場合とまつたく同様であるが, ディーゼル電気機関車用としてはすでに説明したように重量の制約が最も大きい問題となり, 単位重量あたりの出力を増加させることが機関車の性能を決定づける最大の要素となるものである。この意味において主発電機, 励磁機および主電動機の設計には特に慎重な考慮が払われている。

ディーゼル機関に直結された主発電機は機関車の低速運転の場合の最大牽引力の状態から最高運転速度に至るまでの全使用範囲において常に機関の定格出力を利用するように設計し制御されなければならない。すなわち機関の出力P, 発電機の電圧 $V_G$ , 電流 $I_G$ , および効率 $\eta_G$ の関係は

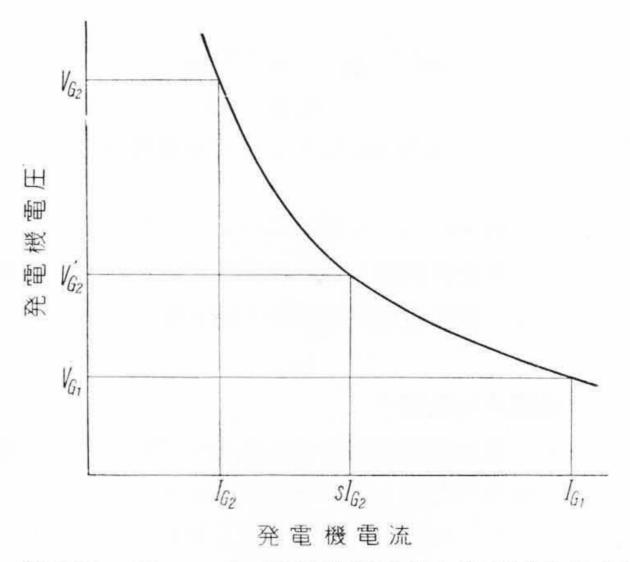
$$P = \frac{V_G I_G}{\eta_G} \dots (5)$$

となり、この関係をみたすためには発電機の電圧-電流はその使用範囲においてほぼ双曲線となるようにしなければならない。このための制御方式はディーゼル電気機関車の発達とともに種々の方式が開発されてきたが(10)(11)、最近日立製作所においては独特の設計を施した HI 励磁機と自動負荷調整装置による方式を採用することによつてきわめてすぐれた制御特性を得ることができたので、後に示す各種のディーゼル電気機関車はDF50形を除きすべてこの方式によつている。これらについてはすでにその詳細が紹介されているので改めて述べるまでもないと思う(12)(13)。

次に機関車の使用条件が定められた場合の発電機電



第5図 ディーゼル電気機関車特性曲線



第6図 ディーゼル電気機関車用主発電機特性曲線

圧,電流の制御範囲および主電動機の界磁制御の計画などについて基本的な問題を考察すると、一般にディーゼル電気機関車の牽引力 Tと速度 v は

$$P = K_0 \frac{Tv}{\eta_M \eta_G} \qquad \dots \qquad (6)$$

で表わされる。 ただし  $\eta_M$  は歯車損を含む電動機の効率、 $K_0$  は定数である。 また一般に牽引力は電動機の特性により

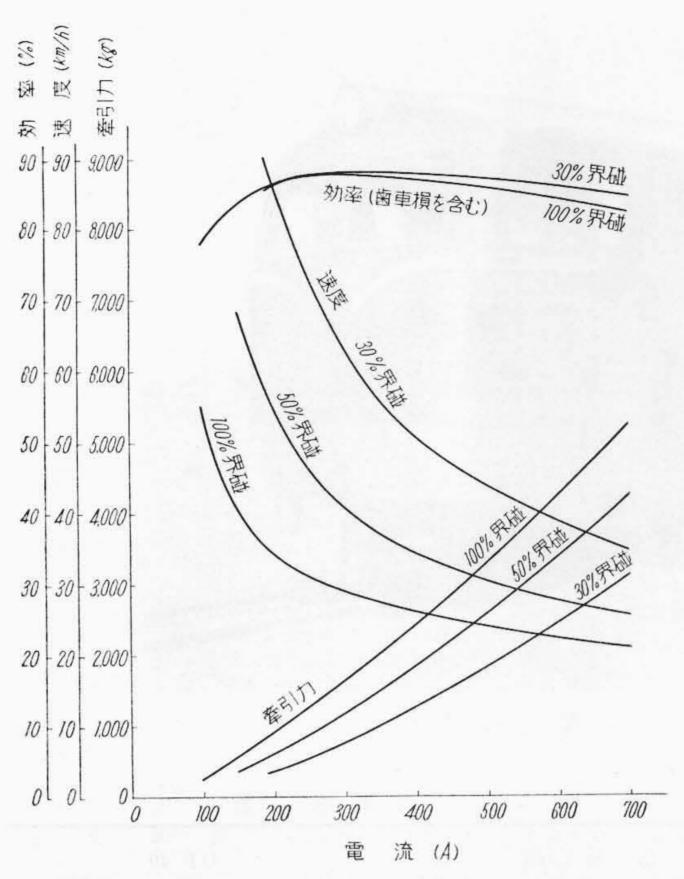
n=ps,  $I_G=pI_M$ 

回路並列に接続されているとすれば

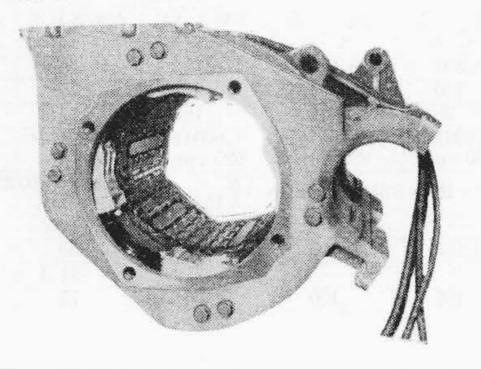
となるから(7)式は

$$T = Kn\phi\left(\frac{I_G}{p}\right)\frac{I_G}{p}\dots(8)$$

または



第7図 DF-90 用主電動機特性曲線 連続定格: 165 kW 500 V 367 A 動輪径: 960, 歯車比: 76/17

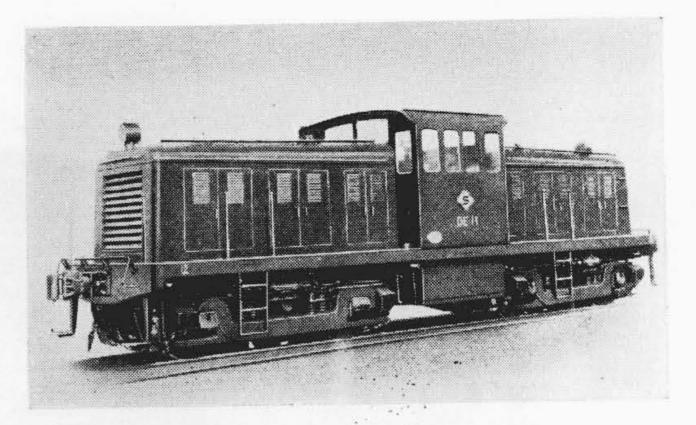


第8図 DF-90用 165 kW 主電動機固定子

$$T = Kn\phi\left(\frac{sI_G}{p}\right)\frac{sI_G}{n}\dots(9)$$

となる。さて機関車の最大牽引力  $T_1$  は通常粘着重量の  $25\sim30\%$ 程度に定められ、また運転条件より最高速度 $v_2$  が定められると(6)式の関係より牽引力の制御範囲  $T_1\sim T_2$  が定まり第5図に示すようになる。牽引力を制御するためには  $I_G$  を制御するわけであるが通常  $I_G$  の制御のほかに電動機の界磁制御を併用する方法が行なわれている。この場合弱界磁アンペアターンの全界磁アンペアターンに対する比を  $k_M$  とすると  $T_1$ ,  $T_2$  はそれぞれ次のようになる。

$$T_1 = Kn\phi\left(\frac{sI_{G_1}}{n}\right)\frac{sI_{G_1}}{n}\dots\dots(10)$$



第9図 35 t ディーゼル 電気機関車

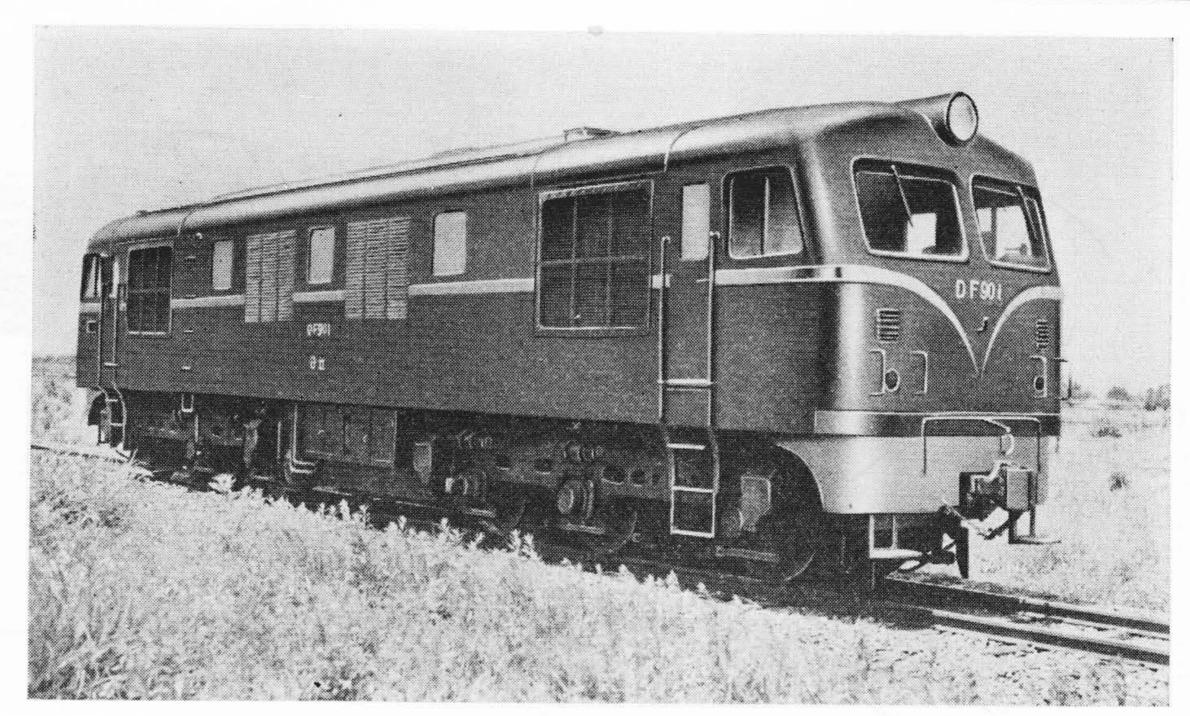
第2表 大型ディーゼル電気機関車一覧

| 97 年 秋  | 八生/1  |   |  |
|---|---|---|--|
|   | DF 90   | タイ国鉄向DEL  | DF 50  |
| 納<br>入<br>先<br>途<br>軌<br>間<br>配<br>配<br>車     | 日本国有鉄道<br>本線客貨用<br>1,067<br>C-C                                   | タイ国<br>本線客貨用<br>1,000<br>C-C                                      | 日本国有鉄道<br>本線客貨用<br>1,067<br>B-B-B                                |
| 台 車   | 固定枕梁3軸<br>ボギー   | 固定枕梁3軸ボギー   | 揺枕式2軸ボギー   |
| 動輪直径軸距  | 1,000mm<br>3,850mm  | 914mm<br>3,500mm  | 1,000mm<br>2,300mm   |
| 機関車寸法連結面間長さ                                   | 16,330mm  | 15,010mm 注1)  | 16,400mm   |
| 最大幅高大工厂 工厂 工 | 2,945mm<br>4,000mm<br>8,300mm                                     | 2,826mm<br>3,780mm<br>9,200mm                                     | 2,932mm<br>3,995mm<br>5,300+ 注2)<br>4,700mm                      |
| 機関車重量備車整備車                                    | 94.5 t<br>90 t  | 70 t<br>65.15 t   | 81 t<br>75 t   |
| 機関車性能力度格別張度 は 大 引 速 表 大 力 速 容                 | 11,820 kg<br>29.9 km/h<br>28,350 kg<br>100 km/h<br>2,800 <i>l</i> | 14,400 kg<br>11.74 km/h<br>21,600 kg<br>70 km/h<br>3.300 <i>l</i> | 12,210 kg<br>19.6 km/h<br>24,300 kg<br>90 km/h<br>1,500 <i>l</i> |
| ディーゼル 機 関型 式                                  | V8V 22/30mA   | W8V 22/30<br>mAuL   | V6V 22/30mA  |
| 連絡定格  | 1,680 Ps/<br>900 rpm  | 950 Ps/900 rpm  | 1,260 Ps/<br>900 rpm   |
| 1時間定格   | 1,900 Ps/<br>950 rpm  | 1,040 Ps/<br>1,000 rpm  | 1,400 Ps/<br>1,000 rpm   |
| 主発電機連続定格                                      | 1,100 kW 500V<br>2,200A 900 rpm                                   | 550 kW 500V<br>1,100A 900 rpm                                     | 780 kW 500V<br>1,560A 900rpm                                     |
| 主発電機用励磁機 方 式                                  | 磁声差删特殊  | 磁束差動特殊  | 主発電機による差   |
| 連続定格  | 1.5 kW 24V<br>62.5A1,600 rpm                                      | 励磁機<br>1.1kW 17.8V<br>62A 1,600 rdm                               | 2 kW 40V<br>50A 2,250 rpm  |
| 主 電 動 機 数 種                                   | 6<br>165 kW 500 V<br>367A 740 rpm                                 | 6<br>80 kW 250 V<br>367 A 375 rpm                                 | 6<br>112 kW 250V<br>520A 460 rpm                                 |
| 接続  | 6個永久並列  | 直並列切換   | 2個直列3回路永久並列  |
| 歯 数 比<br>補 助 発 電 機<br>連 続 定 格                 | 76:17<br>60 kW 110V<br>546A 800                                   | 77:14<br>45 kW 120V<br>375 A<br>800~1 780 rpm                     | 72:17<br>40 kW 110V<br>364A<br>1,000~2,220 rpm                   |
| 蓄 電 池類<br>種 型容                                | ~1,690 rpm<br>鉛<br>VGCH-10 型<br>96V 220AH/<br>5 時間率               | アルカリ<br>KD 22型<br>104V 220AH/<br>2 時間率                            | .51  |
| 制 御 装 置                                       | 電磁および電磁空気式  | 電磁および電磁空気式  | 空気式電磁およ<br>び電磁空気式  |
| ブレーキ装置  | EL14AS空気<br>ブレーキ,<br>手ブレーキ  | 真空併用空気<br>ブレーキ,手<br>ブレーキ  | EL14 A-D 空<br>気ブレーキ,<br>手ブレーキ                                    |

注:1 自動連結器を使用した場合は 14,300mm となる

2 中央台車は第1端側へ 300mm 寄つている

車



第10図 1,900 PS ディーゼル電気機関車

第5図に対応する $I_G$ の制御範囲を第6図に対応す。このようにして主発電機の最大で主義高電圧 $V_{G_2}$ が定まると実際の使用状態においになるが、発電機の方とはなが、発電機の $D^2L$  (D は電機・子鉄心の積厚)は ( $V_{G_2}$ ) は、 $V_{G_2}$ 

第3表 大型ディーゼル電気機関車一覧

| Fri tru            |                      |  |   |                                   |                   |                                      |                  |
|--------------------|----------------------|--|---|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|
| 国 別                | アメリカ                 | アメリカ   | アメリカ                                      | アメリカ                              | コンゴー              | 日本                                   | タイ               |
| 形式                 | PA-3, PB-3           | RSD-15   | H 16-66                                   | R                                 | _                 | DF 40                                |                  |
| ゲ ー ジ              | 4'-81"               | 4'-81"   | $4'-8\frac{1}{2}''$                       | 1,000                             | 1,067mm           | 1,067mm                              | 1,000mm          |
| 機関製作社              | Alco                 | Alco   | F-M                                       | GM                                | Boldwin           | 川重                                   | Sulzer           |
| 機械部分製作社            | Alco                 | Alco   | F-M                                       | GM                                | Cockerill         | 川車                                   | Henschel         |
| 電気部分製作社            | GE                   | GE   | GE  | GM                                | Westing-<br>house | 川車                                   | Oerlikon         |
| 使 用 目 的            | 客車用                  | 本線入換   | 汎 用                                       | 汎用                                | 本線客貨用             | 本線客貨用                                | 本線客貨用            |
| 軸 配置               | A1A-A1A              | C-C  | C-C                                       | C-C                               | C-C               | C-C                                  | A1A-A1A          |
| 連結面間長さ (mm)        | 20,000               | 20,295   | 18,898                                    | 16,612                            | 17,575            | 15,400                               | 14,190           |
| 全 重 量 (t)          | 137                  | 152  | 150                                       | 101.15                            | 97                | 75                                   | 58               |
| 軸 重 (t)            | 22.9                 | 25.3   | 25 16.9                                   |                                   | 16.2              | 12.5                                 | 12               |
| 機関連続定格             | 2,250HP<br>1,000 rpm | 2,400HP<br>1,000 rpm                                   | 1,600HP<br>850 rpm                        | 1,750HP 1,600HP<br>835rpm 625 rpm |                   | 1,200HP<br>900 rpm                   | 860HP<br>800 rpm |
| シリンダ径<br>×行程×シリンダ数 | 9"×10½"×16           | $9^{\prime\prime}\times10^{1\prime\prime}_{2}\times16$ | $8\frac{1}{8}$ " $\times 10$ " $\times 8$ |                                   | 101//             | $220$ mm $\times 300$ mm $\times 12$ |                  |
| 主 発 電 機            | GT-586               | GT-586   | -   | -                                 |                   | 730 kW                               | 550 kW           |
| 連続定格引張力(kg)        | 19,700               | 36,100   | 36,100                                    | 19,000                            | 15,800            | 10,800                               | 5,800            |
| 連続定格速度 (km/h)      |                      |  | -   |                                   | 21.9              | 21.4                                 | 30.5             |
| 最高許容速度 (km/h)      | 129                  | 105  | 106                                       | 100                               | 80                | 75                                   | 64.5             |

 $imes I_{G_1}$ ) で示される等価容量によつて定められることにな り, したがつて発電機の重量もほぼこれによつて定まる ことになる。それゆえに発電機電流の制御範囲を小さく することがその軽量化に最も重要な根本要因となるもの で,この意味において電動機の界磁制御はきわめて有効 な方法である。一例として, 第7図にDF90用 165kW 主電動機の特性曲線を示したが, 図によつて明らかなよ うに界磁を弱めるほど同一の  $v_2$  を得るための  $I_{G_2}$  は大 きく(したがつて最高速度に対する $V_{G_2}$ は小さくてよく) なり、電流の制御範囲が小さくなることがわかる。しか しこの場合電動機としては界磁を弱めるにしたがつて不 安定な状態になり特に整流条件が著しく苦しくなるが, 165 kW 主電動機においては 第8 図にみられるように補 償巻線を設け、また刷子には3分割刷子を使用するなど 慎重な考慮が払われた結果30%界磁においても良好な 性能をおさめることができた。

ディーゼル電気機関車が低速貨物列車用と高速客車用

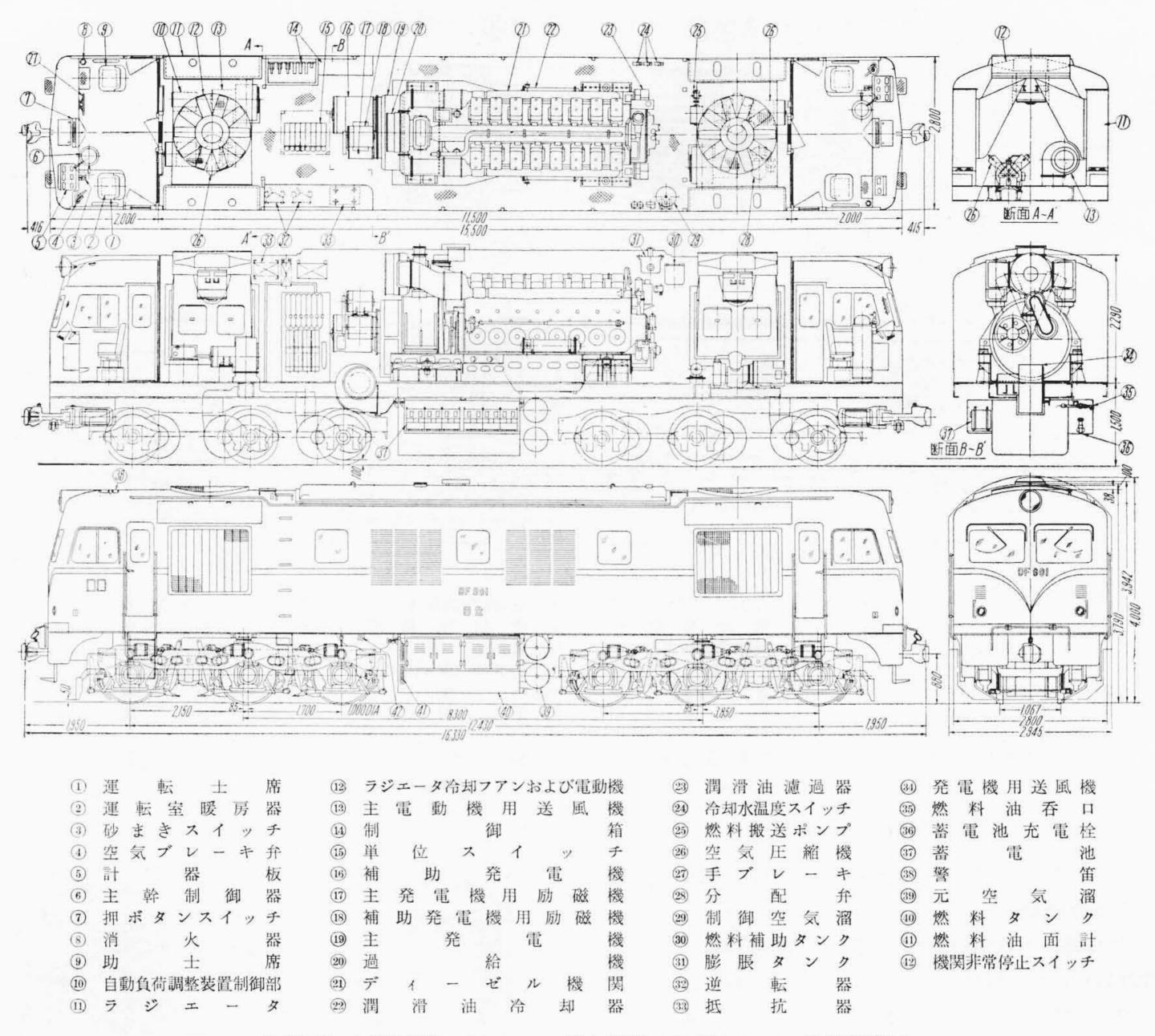
に併用される場合のようにきわめて広範囲の  $T_1 \sim T_2$  の 制御が要求される場合には電動機の直並列切換えによる 制御方式が採用されるが,一例として低速時にs 個直列 の電動機を高速時に全部並列に接続して使用するとすれば (11) 式は

$$T_2 = Kn\phi \left(k_M \frac{I_{G2'}}{n}\right) \frac{I_{G2'}}{n}, I_{G2'} = sI_{G2} \dots (12)$$

のように表わされ第6図に示すように電流の制御範囲は $I_{G1}\sim sI_{G2}$ となり発電機の設計は著しく有利になる。 しかしこの場合は制御方式が複雑化して接触器の数を増すこと、および電動機としては使用される電圧範囲がs 倍に広くなるから設計条件が苦しくなることを比較考慮しなければならない。

## [V] 最近のディーゼル電気機関車

日立製作所においては, さきに35 t ディーゼル電気機 関車(第9図)<sup>(12)</sup>を製作し, HI 励磁機を使用して好成績



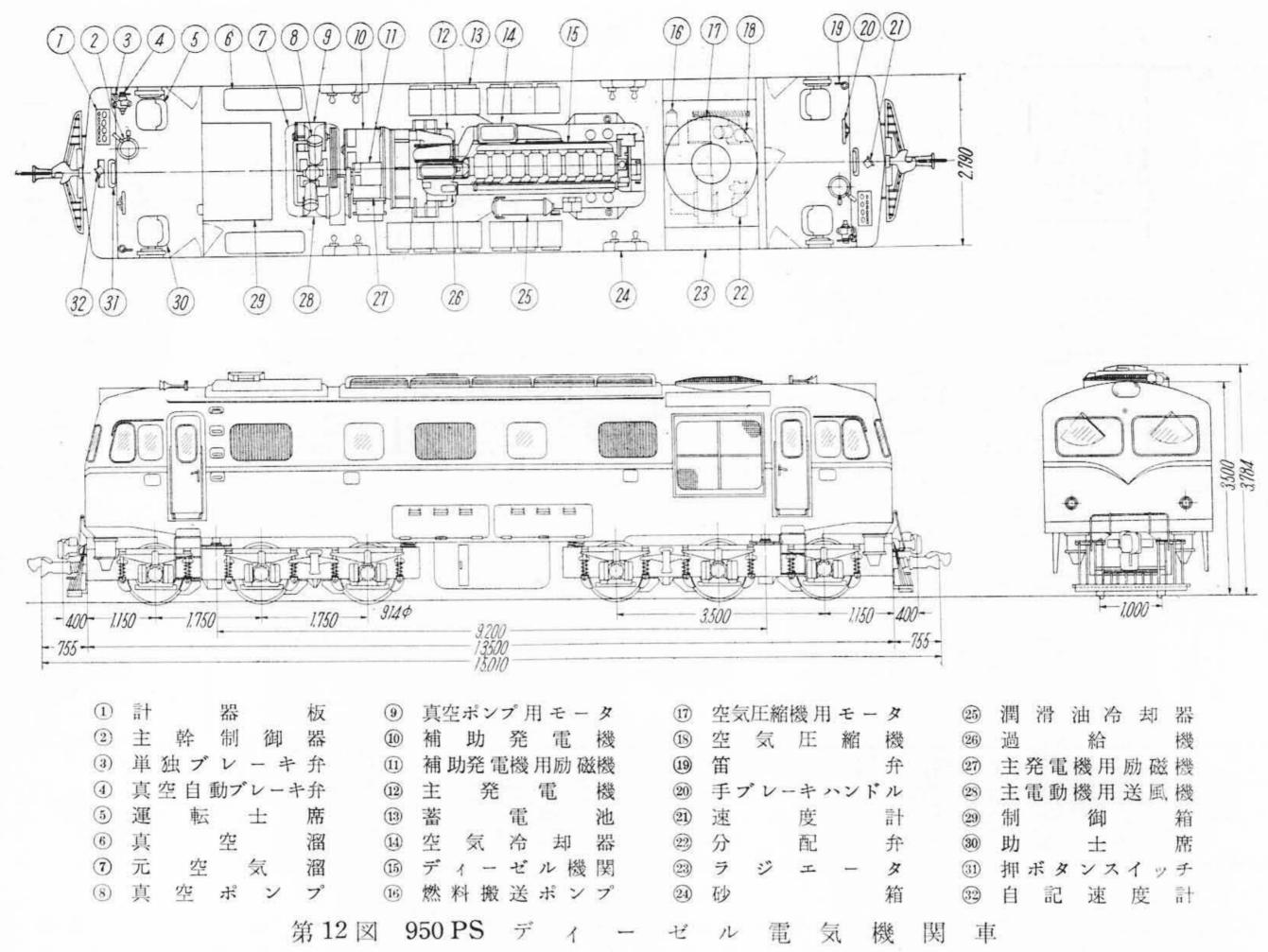
第11図 1,900 PS ディーゼル電気機関車外形ならびに機器配置図

を得たが、その後この経験によりさらに大型機関車を製作、完成するに至つた。第2表に最近のディーゼル電気機関車の一般仕様を示す。また比較のために、世界各国のディーゼル電気機関車のなかから代表的な例を選んで第3表に示した。

#### (1) DF 90 形ディーゼル電気機関車(13)(14)

本機関車は日本国有鉄道本線貨車牽引用として製作されたもので、現在常磐線において活躍中であるが、1時間定格出力1,900 PSのディーゼル機関を塔載しており、国内はもちろん、狭軌では世界でも最大級の機関車である。その外観を第10 図に、また機器配置を第11 図に示す。

いまこれを、機関車の重量と出力の比についてみると、 現在世界各国で使用されている機関車では、機関の1時 間定格出力と全重量の比が約  $16\sim17~\mathrm{HP/t}$  であるのに 対し、DF90形では  $20.1~\mathrm{PS/t}$  ( $19.8~\mathrm{HP/t}$ ) となつてお り、軽量、大出力であることがわかる。また第3表と比 較してみても、アメリカには出力 2,400 HP の機関車が あるが, これらはいずれも軸重25tに及び, 日本国有 鉄道では甲線で軸重16 t であることを考慮すれば,第3 表のそのほかの例からも知れるとおり,狭軌では最強力 のものといえよう。 この機関は M. A. N. 社製 V8V 22/30 mA で発電機とともに強固な共通台板上に取付け られ,前後4箇所の防振ゴムで完全に弾性支持されてい る(15)。機関の出力は主幹制御器から電気式機関遠方制 御装置を介して9段階に制御される。また自動負荷調整 装置により,発電機の出力を常に機関の出力につりあつ た点に調整するようにしている。機関および補機は機械 室内の空気を吸入するので、 車体側面に はパネル 型 の 空気濾過器を設けて吸入空気の浄化を行つている。両エ ンドの運転室の背後にある冷却装置は機関1時間定格出 力の場合にも,十分な冷却を行う容量を有し,冷却ファ



ンの回転数を水温によつて自動的に調節し, 風量を変え て適切な冷却を行うようにしている。

本機関車の主回転機は最大牽引力 28,350 kg, 最高速度 100 km/h の仕様に満足するように設計されたが、この ため165kW 主電動機はすでに説明したように 50% およ び30%の大幅な界磁制御を行い、1,100kW 主発電機(等 価容量 2,300 kW) は10極補償巻線付半密閉強制通風型と してこの狭軌用として記録的な大容量機を極力小型軽量 にするために設計上種々の考慮が払われた。

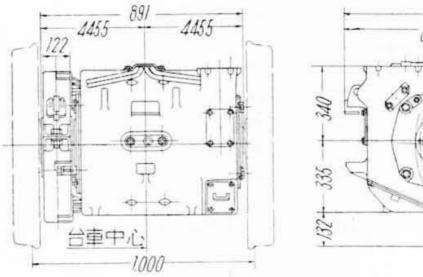
## (2) タイ国鉄納ディーゼル電気機関車

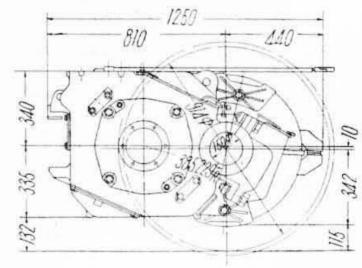
本機関車はタイ国鉄本線客貨車牽引用として製作中の もので、特にタイ国鉄仕様を満足するよう、十分の考慮 が払われている。この機器配置を第12図に示す。

注目すべき点は次のとおりである。

- 軌間は1mである。 (i)
- 車輌限界は日本国有鉄道のものよりやや小さ (ii) Vio
- 軸重は12 t であるから, 軸配置をC-Cとしても (iii) 機関車重量は72 t 以下におさえなければならない。
- (iv) 外気温は最高43°Cに達する。
- (v) ブレーキは真空併用空気ブレーキである。 なおそのほか, 蓄電池はアルカリ蓄電池を使用し, 連結

器は,中央緩衝器付連結器と自動連結器のいずれをも取





第13図 タイ国鉄向け 80kW 主電動機外形図

付けられるようになつている。

このため特別の考慮を必要とする点も少なくない。そ の一例として, ディーゼル機関には M.A.N. 社製 W8V 22/30 m.A.u.L. を用いたが、周知のようにディーゼル機 関は高度, 吸入空気温度の上昇とともに出力が低下する のでこの場合機関車は高度 600m, 外気温度43°Cで運転 されることを考慮し、標準状態における出力から上記条 件に対応する出力低下約10%を引いて1時間定格出力 1,040 PS を 940 PS に絞つて使用することとした。

また真空併用空気ブレーキを使用するため,空気圧縮 機のほかに真空ポンプを塔載しており、単独ブレーキ弁 で機関車単独に空気ブレーキを、あるいは自動ブレーキ 弁で機関車には空気ブレーキ,列車には真空ブレーキを 貫通してかけることができる。

このほかオイルバスエヤフィルタを初 めとして最新型の機器が多数用いられて いるが,機関車内の空間を有効に利用す るために機器配置には特に留意し、機関 車重量の軽減に慎重な考慮が払われてい る。

また本機関車はタイ国鉄の仕様として 連続定格速度 12 km/h とし, 旅客列車 450 t 牽引の場合平坦線にて平衡速度 70 km/h を要求されているが、このために は牽引力の制御範囲  $T_1/T_2$  を約8.8にす ることが必要となり、本機関車において は電動機の直並列制御方式を採用して十

分この仕様を満足するようにしてある。また本機関車の 連続定格牽引力は 14,580kg (粘着重量の 20.8%) という きわめて強力なものであるが,回転機としては主電動機 を 1 m軌間の制約のもとにできるだけ軽量にしてかつ高 い連続定格牽引力を得ること, および広い速度範囲で使 用される場合の機械的強度と整流条件の向上に設計上最 大の努力が払われた。また現地における高温多湿の周囲 条件を考慮して主回転機の絶縁はすべてF種にしてあ る。なお本機関車の回転機はすべてAIEE 規格によって す。なお詳細は別の機会に紹介することにする。

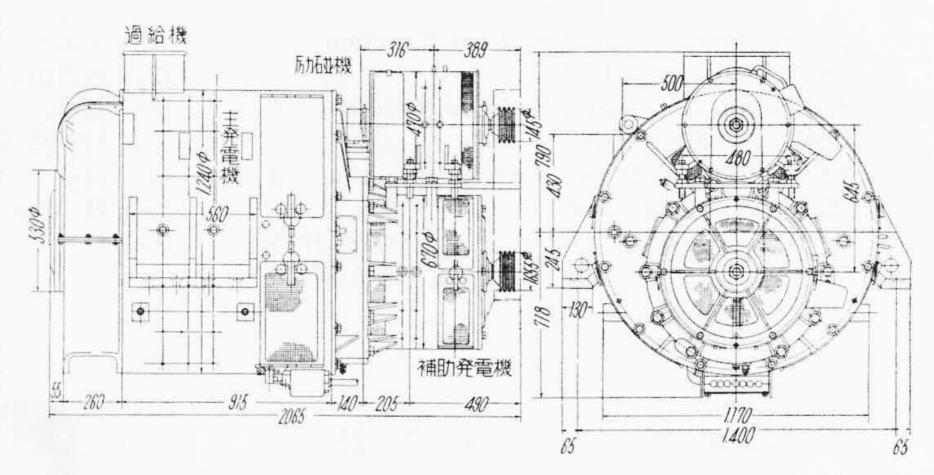
#### (3) DF 50 型ディーゼル電気機関車<sup>(16)</sup>

本機関車は日本国有鉄道標準形として設計されたもの で、M.A.N. 型ディーゼル機関または Sulzer 型ディー ゼル機関のいずれも塔載できるようになつている。 M. A.N. 型ディーゼル機関の場合は日立M.A.N. V6V 22/30 m.A. を使用し、軸重も 13.5 t で亜幹線における客貨車 牽引用として最適のものである。特に注目すべき点は次 のとおりである。

- (i) 軸配置はB-B-Bである。
- 重連して使用することを考慮して, 運転室には 両側の扉の外前面にも扉を有する。
- 暖房用蒸気発生装置を塔載している。 (iii)
- 6個の主電動機は2個づつ直列に接続したもの を3組永久並列接続としてある。
- (v) 機関制御は圧縮空気によつて機械的に行う。

軸配置を B-B-B とした機関車の例は比較的少ない が,中間台車には特殊な横動装置を用いて曲線通過を容 易にしてあり、揺枕式台車を使用しているから振動特性 も良好である。

本機関車は連続定格速度は 19.6 km/h であるが最高速 度90 km/h まで使用され, 6 個の主電動機は2 個永久直 列接続3回路並列として50%および30%の界磁制御を行 うものである。本機関車用の 780 kW 主発電機 (等価容



第 14 図 DF-50 用 780 kW 主発電機, 40 kW 補助発電機, 2kW 励磁機外形図

量 1,630 kW) は8極補償巻線付半密閉自己通風型であ るが, 電機子導体は溝中で転位して付加銅損の減少を図 つている。さらに電機子巻線はトレッペン巻としてリア クタンス電圧を平滑にし、3分割刷子を使用するなど整 流条件の向上に留意している。さらにまた補極鉄心も積 層して電流急変時にも安定度を高くするなど万全を期し てある。電機子巻線は特B種, 固定子はH種絶縁として (温度上昇限度は電機子は 120°C, 固定子は 160°C) 上 記のように種々の性能を有しながら極力軽量に設計され 試験される。第13回に80kW主電動機の外形図を示 た画期的な発電機である。第14回に本機の外形図を示 す。

#### [VI] 結 言

以上三種の機関車を中心として、ディーゼル電気機関 車に関する一般的問題を二,三取り上げて述べたが、制 御装置はほかの筆者によって詳細に論じられているから ここには割愛した。

従来日本におけるディーゼル化は,燃料事情に制約さ れて電化ほど強力に推進されず, 大型ディーゼル電気機 関車を製作する機会には比較的恵まれなかつた。このた め高度に標準化され、量産化されているアメリカのディ ーゼル電気機関車に比較すると,標準方式および価格な どなお努力を要する点も少なくない。日本国有鉄道のデ ィーゼル化計画もようやく本格化し, 現在日本国有鉄道 納および輸出用として各種の機関車が量産されつつある が, 諸賢の御支援を得てなおいつそうの発展をみること を期待する次第である。

#### 参考文献

- (1) 資料月報 99, 4 (昭32-2)
- 電気鉄道便覧 371 (昭 31-11)
- H. Howard, B. Eng: Diesel Railway Traction 9, (281) 309 (Oct. 1955)
- (4) 横堀: 鉄道車輌工学 106 (昭 30-2)
- M.A.N. Locomotive Oil Engine: Diesel Railway Traction 9, (276), 147 (May, 1955)

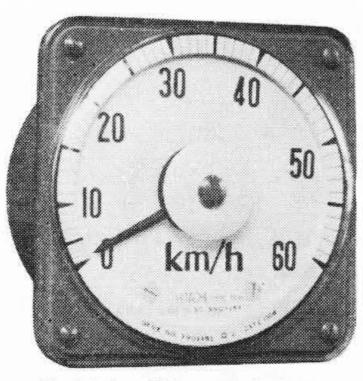
- (6) J.L. Koffman: Diesel Railway Traction 5, (230), 164 (July, 1951)
- (7) J.L. Koffman: Diesel Railway Traction 5, (226), 65 (Mar. 1951)
- (8) J.L. Koffman: Diesel Railway Traction 5, (231), 183 (Aug., 1951)
- (9) O. Taschinger: E.T.R. 4, (3), 71 (Mar., 1955)
- (10) 牧野田: 日立評論 16, (8), 425 (昭 8-8)
- (11) 平田: 日立評論 17, (12), 603 (昭 9-12)
- (12) 牧野田: 日立評論 35, (5), 793 (昭 28-5)
- (13) 竹村, 小泉, 立川: 日立評論 **39**, (6), 707 (昭 32-6)
- (14) 河合: 電気車の科学 10, (1), 16 (昭 32-1)
- (15) H. Weas: VDI-Z 81, (26), 763 (Jun, 1937)
- (16) 河野: 電気車の科学 10, (1), 11 (昭 32-1)

## 車輌用電気式速度計

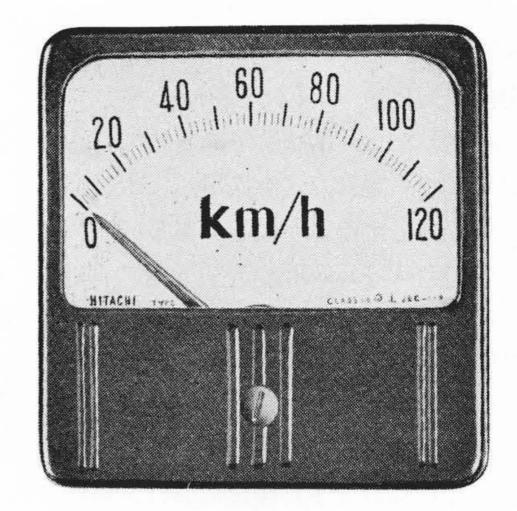
列車の安全運転の見地から車輌用速度計の必要性は改 めていうまでもないが, 日立製作所においては斯界の要 望に応えて信頼度が高く,耐久力の大きい電気式速度計 を完成し、現在までに国鉄はじめ私鉄のほとんどに多数 納入してきた。これらは各種車輌に使用されており, そ の実績は過去7年間に2,000組を超え、故障もほとんど なく好評を博している。特に最近ではセレン整流器を日 立製作所独特の特許長寿命型に変更して万全の態勢を整 えることができた。すなわち長期にわたる寿命試験の結 果在来のセレン整流器は国内において使用する場合, そ の特性は安定しているが南方向け輸出車輌用として高温 多湿の環境においては不十分であつた。しかるに日立特 許長寿命型セレン整流器は周囲温度 50℃, 湿度 100% のもとで連続通電し、9,000 時間で劣化は認められず、 出力電流の変化は1%以内であり、在来品に比しいつそ う優秀な性能を示している。これを走行距離に換算する と 108,000 km になり約8年間に相当する。また本品は通 電せずに長期間放置しておいても劣化することがない。

以上の改善によつて今後は内地のみならず輸出車輌に 対しても絶対故障のない速度計としてますますその真価 を発揮するものと期待されている。

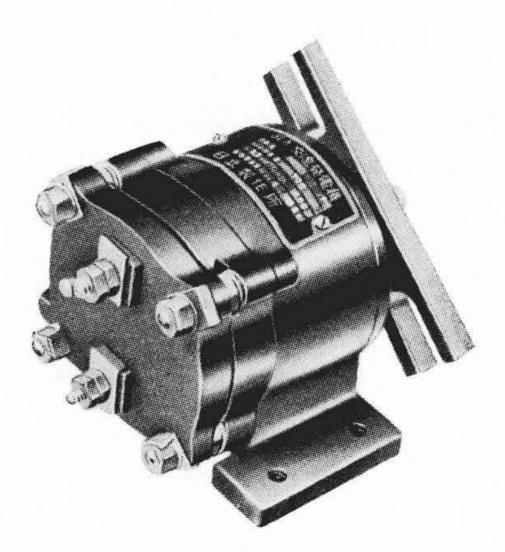
また指示計には従来の  $S_{24}$  型に加えて新たに  $SR_{35}$  型 広角度計器が国鉄の車輌用標準型計器として指定され、運転室の斬新なデザインにマッチした体裁のよい計器として、交流電気機関車輸出車輌その他に多数使用されている。



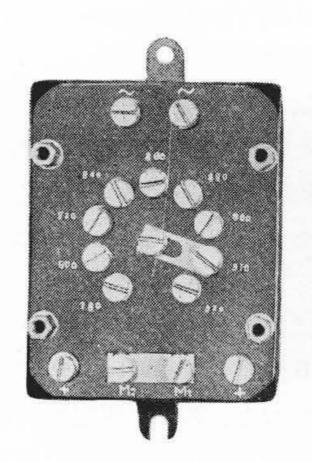
第1図 SR<sub>35</sub> 型速度計

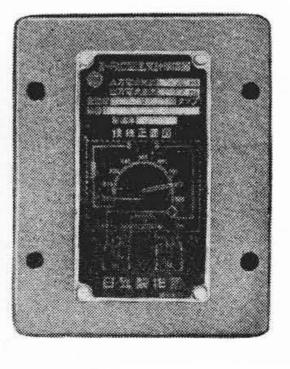


第2図 S<sub>24</sub> 型速度計



第3図 FAC 型発電機





第4図 X-FAC 型 補 償 器