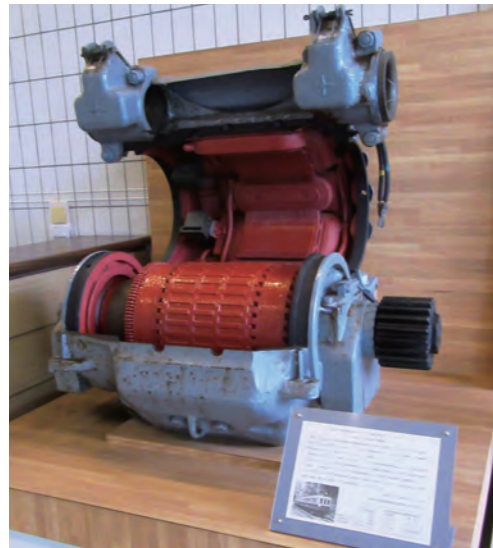


鉄道車両用 主電動機 開発の歴史 と進化



当社初の主電動機 DK9-C形
(1920年 横浜製作所に展示)



DK9-C形の設計図

国内最初の主電動機

当社の生産活動は、車両用主電動機の製作に始まった。国産化第1号機は、設立2年後の1920(大正9)年に京阪電気鉄道に48台納入したDK9-C形であり、その1台は当社横浜製作所に展示されている。国産化といっても英国ディッカー社の技術導入によるものであり、当時の設計書は今も設計部電動機設計課に保管されている。

その後、主電動機的设计は大容量化が進み、1923年、鉄道省が初めて採用する国産主電動機としてTDK502-A形の受注に成功、その前後の関東大震災や世界金融恐慌を乗り越え、1927(昭和2)年に国内最初の1軸200HPの主電動機TDK527-A形を新京阪鉄道に納入し、1930年には220HPのTDK556-A形を搭載した電気機関車を阪和電気鉄道に納入した。

技術面では1924年、国内初のころがり軸受採用の主電動機を納入した。しかし、当初は技術力が不十分であったため故障が生じ、改良を重ねた結果、主電動機の標準軸受として多用されるようになった。1930年にはTDK505-A形主電動機を直巻から複巻界磁方式に改造し、回生ブレーキ試験に成功したが電動機が規定温度を超えたため、その対策を施し、電力回生ブレーキ実用化国内第1号となるTDK582-A形複巻電動機を1932年、京阪電気鉄道に納入した。

1953年には、2年の開発期間を要した国内実用化第1号の中空軸平行カルダン駆動方式用主電動機TDK808/2-B形を京阪電気鉄道に納入した。これは、それまでの吊り掛け式を台車装荷式へと変更したことで好評を博し、高速軽量主電動機時代の幕開けとなった。1956年には国鉄での採用も決まり、試作車を経て、今後の新造車両は本方式とすることが決定された。

1957年9月27日、当社が小田急電鉄に納入したTDK806/1-A形主電動機を含む本方式搭載のSE車(3000形)は、東海道線「函南～沼津間」で行った性能試験では最高速度145km/hの狭軌の世界最高記録を樹立した。この平行カルダン駆動方式は、誘導電動機に変わった現在でも踏襲されている。

主電動機その後の進化

平行カルダン駆動方式は、1957年、国鉄中央線の主電動機MT46搭載の通勤形モハ90形電車(後に101系電車に改称)を先駆けに、多くの車系が製作された。

京阪電気鉄道に納入した回生ブレーキが可能な複巻電動機は民鉄

では広く愛用され、その後は東京急行電鉄、京阪神急行電鉄、名古屋鉄道などにも納入した。

電気機関車の製作では、1916年ごろよりのED16形、EF10形を皮切りに、車体および電機品一式を継続納入していた。1953年ごろからは世代交代が始まり、EH10形用MT43形主電動機325kWが当時の最大出力であった。1965年にはEF60、EF61形を製作し、1964年からは制御に新技术を盛り込んだEF65、EF66形を製造、搭載主電動機は各々MT52形、MT56形で、両者合計1,392台を納入した。

新交通システムでは、新潟鐵工所・住友商事・当社との共同開発で1975年、大阪市交通局向けにゴムタイヤ車両の電機品一式を納入し、その後は関西国際空港や埼玉新都市交通などにも展開した。

海外向け大型案件では、1962年からのパナマ運河会社への62両分の第2世代の機関車納入に続き、第3世代の機関車も受注、1999年以降は計100両分の主電動機を含む電機品一式を納入した。1965年にはインド市場への主電動機設計・製作技術供与を行うと同時に主電動機TDK5442-Aを納入し、1985年ごろまでにインド国鉄などに計600台を超える吊り掛け式主電動機を納入した。1979年にソビエト連邦向け世界最大級の120トン積電動ダンプトラックHD1200用電機品一式の製造が始まり、2006(平成18)年までに計1,100台分を小松製作所に納入した。これらは、後輪ホイール内に搭載した電動機2台をエンジン発電機で駆動する方式で、極寒地での電動機保守への対応のため多くの関係者が現地滞在した。

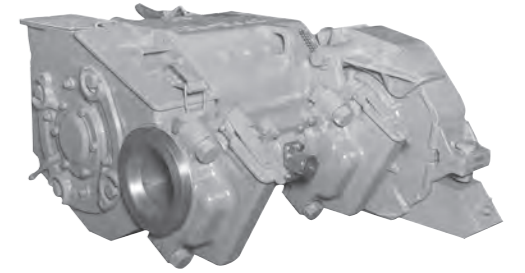
電動発電機の歴史

1926年、京成電気軌道に国内初の電動発電機TDK301-A形を納入した。初期の電気鉄道は600V架線から1,200Vへの昇圧予定であったため、仕様は2kW・600/1,200Vの複電圧方式であった。その後は1,500Vの複電圧にも対応可能とした性能が高く評価され、1980年ごろまでの生産台数は4,500台を超えた。

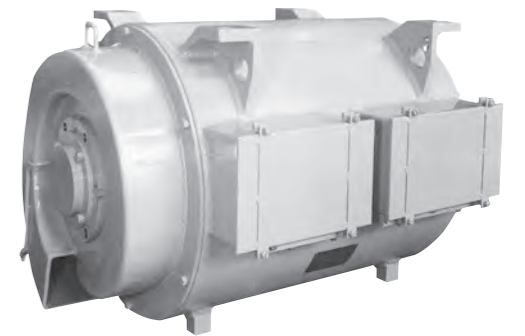
その後、電動発電機は75kVAから210kVAへと大型化し、クーラ電源用として幅広く使用され、1985年ごろまでの生産台数は1,670台超であった。構造は、直流電動機と三相同期発電機を同軸で直結し、両側にブラシを要した。その後は、発電機側に交流励磁器と回転整流器を設け、ブラシを廃止した。さらに、1972年には電動機側・発電機側ともにブラシを廃止した世界初の完全ブラシレス電動発電機(BL-MG)を完成させた。BL-MGは、30%質量軽減と保守軽減および照明のチラつきや瞬時停電にも対応できる点が好評で、2000年ごろまで1,500台を超える生産台数を誇ったが、1990年ごろより台頭してきた静止形補助電源装置との世代交代を迎えることとなった。



MT56形主電動機(1968年)



TDK5442-A形主電動機(1965年)



完全ブラシレス電動発電機(1972年)

新幹線用主電動機の開発と最近の動向

新幹線は、1964年10月1日の営業運転開始に向けて、1958年、国鉄内に研究会が立ち上げられた。官民一体での数百回にもおよぶ設計会議が開かれ、当社も参加した。入札で国内連合が受注し、当社はMT200形主電動機を含む主要電気機器の30%を担当した。

0系は数々の改良の末にMT200B形に置き換わり、その後100系、200系、400系まで、直流主電動機約4,800台を納入した。

誘導主電動機では、1989年にJR東海300系用にTMT3形が初めて採用された。新幹線用機器は、軽量化への知恵を絞った各社の戦いでもあり、主電動機もグラム単位での軽量化を目指し、当社は限界電気設計や主電動機のブラケットに初めてアルミを採用するなど、軽量化をリードした。アルミの提案には、試作ブラケットに空気砲でバラストを350km/hで当て、強度検証を行った。

その後、JR各社でも誘導主電動機の採用が急速に広がり、当社の生産台数は2017年までに4,900台を超えた。

電管用主電動機の最近の動向

1989年ごろからは直流機から誘導主電動機の時代へと移り、工場生産台数も逆転、新規設計はほとんどが誘導機となった。そのため、当社では2002年に生産ラインを誘導機専用に変更し、直流機の生産は子会社の東洋工機に移管した。

当社における電管用誘導主電動機の初試作は、1980年に相模鉄道で構内走行現車試験に使用されたTDK6100-A形であるが、開発当初は経験不足から試験中に煙を出すなどのトラブルも生じた。現車搭載は1985年、東急電鉄へのTDK6210-A形の16台に始まり、年間生産量は翌年48台、1990年500台、1999年800台、2004年1,400台と急増、2017年までの生産台数は25,500台を超えた。

1998年、当社では北京地下鉄向けに初めてTDK6175-A形主電動機を製作し、計462台を納入した。この契約には、中国現地生産として長沙市の湘潭電機への設計・製造に関する技術供与も含まれており、当社の設計・製造部員が2年にわたって湘潭電機を何度も訪れ、現地指導を行うとともに湘潭電機作業員を横浜工場に招いて実技実習を行った。湘潭電機では車両用主電動機の製造経験は皆無で、当初は品質が著しく劣ったが、数年後には現地生産できるまでの実力をつけ、当社の技術供与が成功した。

誘導主電動機は小型化・軽量化が図れるため、当初は大容量の方向に進んだが、その後は制御との組み合わせによる高効率化や低騒音化、さらなる保守軽減に向けた開発や改良が加えられた。

主なものでは、開放型では最も低騒音を実現し、かつ16年・240

万km非分解の大幅な保守軽減を可能にしたMT75形主電動機をJR東日本在来線向けに3,500台納入した。一方、低騒音と保守性向上の目的から、開放型から全閉型へのシフトが進んでいる。当社における全閉主電動機の開発は1991年に始まり、最初の軸受オイル潤滑方式全閉内扇主電動機では、保守の大幅軽減と5,000回転・75dBという国内トップクラスの低騒音を実現し、2011年以降、京王電鉄、阪急電鉄、南海電気鉄道などに納入、現在までに500台を超えた。さらに、グリース潤滑方式全閉外扇主電動機も開発し、2014年から京成電鉄、JR四国などに納入している。

海外では、ドーハメトロ向け、ロサンゼルス地下鉄向け、ジャカルタMRT向けがあり、現在も納入継続中である。

リニアモータ (LIM) では1998年、世界で初めてスカイレール用にLIMを採用した加減速装置をスカイレールサービスに納入した。また、2005年の日本国際博覧会 (愛知万博) 開催を機に、都市内交通型としては世界初の常電導磁気浮上式TDK6820-B形LIMを愛知高速交通に納入した。1978年、LIMの開発に着手してから、1985年の国際科学技術博覧会 (つくば万博)、1988年のさいたま博覧会 (さいたま博)、1989年の横浜博覧会 (横浜博) の各会場での実用車両を含め、長年にわたる試作・研究の成果が結実したものである。

路面電車・新交通向け主電動機の最近の動向

近畿車輛・三菱重工業・当社による「U³プロジェクト」名で共同開発した広島電鉄向けの純国産技術初となる超低床路面電車 (JTRAM:ジェイ・トラム) は、現在も増備中である。これは、左右輪に車軸を持たず、前後車輪間に主電動機TDK6490-B形が直結した独立車輪新台車装荷システムで、その電機品を納入している。

その他の路面電車では、1999年よりアルナ工機において超低床路面電車の開発プロジェクトが始動し、当社もこれに参画、2002年に鹿児島市交通局向けに日本初の国産超低床路面電車 (リトルダンサー) 用TDK6309-A形主電動機などの電機品を納入した。続いて、伊予鉄道、とさでん交通などにも納入したが、これら車両の台車は従来型を用い、主電動機を車体装荷として低床化を実現した。

特記事項としては2016年、鹿児島市交通局7500形に、超低床構造ながら平行カルダン式動力台車に取り付け可能な、当社史上最小直径φ305を実現したTDK6255-A形50kW主電動機を納入した。

新潟トランスとボンバルディアが共同開発した低床式車両は、主電動機の一部を国産品に置き換えており、当社は岡山電気軌道、福井鉄道、熊本市交通局などに納入した。新交通既存線の代替新造車は誘導主電動機化され、三菱重工業の新線では、タンパ国際空港やマカオAPM向けに主電動機などの電気品を納入している。



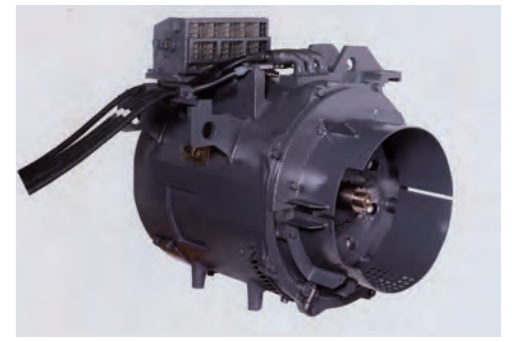
MT200B形主電動機 (1964年)



TMT3形主電動機 (1989年)



TDK6175-A形主電動機 (1998年)



MT75形主電動機 (2005年)



軸受オイル潤滑方式全閉内扇型主電動機 (2011年)



グリース潤滑方式全閉外扇型主電動機 (2014年)



スカイレール (1998年)