

12. ディーゼル機関車の開発の歴史

鉄道の発達の歴史をみると、初めに蒸気機関車が、そしてその後直流モーターによる電気機関車が積極的に研究、開発され、日本の交通の大動脈である東海道本線、山陽本線など主要幹線で大変な成功を収めました。その後、東北本線、北陸本線など交通量のやや少ない幹線では、交流電気機関車が開発され交流電化が進められました。しかし、その他の山陰本線、予讃線など、さらに交通量の少ない地方の線区（いわゆる亜幹線）では、電化をする代わりに、設備投資と運用経費の少ないディーゼル機関車の導入が待たれていました。

ご存じの様に自動車の発達の歴史では、鉄道とは異なり、基本的に初めから内燃機関が実用化しましたが、鉄道ではなぜディーゼル機関車の導入が遅かったのかの理由から考えてみたいと思います。（内燃機関にはガソリンエンジンとディーゼルエンジンがありますが、大型のトラックやバスでもそうですが、鉄道ではパワーのでるディーゼルエンジンがもっぱら使われています。）

1) 電気式ディーゼル機関車

鉄道（機関車）と自動車の本質的な差は、自動車にくらべて機関車は圧倒的に重量のある客車（10両以上）、貨車（数10両）を牽引する必要があることです。

随筆2で述べました様に、電動モーターは、完全な静止状態から動き出す時に非常に大きな力（トルク）を出せるのに対し、ディーゼルエンジンはスタート時点では、そもそも自分自身を回転させることができません。自動車学校で習った様に、吸入、圧縮、爆発、排気のサイクルの中で、ディーゼルエンジンは圧縮して爆発するまでを他力（電動のセルモーター）に頼らなくてはならないことが最大の弱点です。また回転し始めても低速の回転ではトルクが非常に弱く、一定の回転数以上にならないと列車を牽引する力は到底出ませ

ん。そのため、自動車でもそうですが、高速の回転を低速に変換することによりトルクを増す変速機（ギア）がどうしても必要になります。

ところが、技術の発達初期の段階では、たとえ自動車で小型の変速機が実用化されても、機関車に利用できる大型の変速機を作ることができませんでした。そこで、初期のディーゼル機関車では、変速機を用いる代わりに、ディーゼルエンジンで直流発電機を回転させ、得られた電気で直流モーターを動かす方法が用いられました。要するに大型変速機の代わりに、やむを得ず直流発電機と直流モーターを使ったわけです。

この様な状況のもと、大変期待されて開発されたディーゼル機関車（DF50、1,200馬力のエンジン1基、モーター6個、動輪6軸）でしたが、電気機関車にくらべて車体が重い割には（エンジンと発電機の重さが加わる）パワーが十分でないこと、蒸気機関車にくらべても力不足といわれ、さらなる改良が待たれました。

2) 液体式変速機（トルクコンバーター）の開発

ご存じの様に、自動車では比較的早期に自動変速機として液体を介する変速機が導入されましたが、その後鉄道でも超大型の液体式変速機の開発が進み、ディーゼルエンジンと液体式変速機を組み合わせたディーゼル機関車（DD51、1,000馬力のエンジン2基、動輪4軸）が開発されて、ようやく亜幹線で利用される様になりました。

ただしDD51はディーゼルエンジンを2基搭載しており、保守が大変でした。また北海道の室蘭本線などの幹線ではまだまだ力不足で、重連（2両連結）で運用されることが多かったのです。

ディーゼルエンジンの問題点はさらに別にあり、動輪に力を伝えるために車両の縦方向に回転する推進軸（ユニバーサルジョイント）が必要なことです。

電気機関車では、台車についているモーターか

ら歯車で直接車輪（動輪）に回転力を伝えますが、ディーゼル機関車では、エンジンから車輪までかなり長い距離を推進軸を使って回転力を伝える必要があります。車輪は推進軸に対して直角に回転しており、しかもレールのカーブに沿ってかなり大幅に左右に動く必要があります。

歴史のある蒸気機関車のピストンと動輪を相互に結ぶ連接棒（コンロッド）では回転方向の力（ねじる力）は働きませんが、ディーゼル機関車の推進軸では、ねじる力が非常に大きく、初期には故障がよく起きました。DD51の後に開発されたDD54型ディーゼル機関車では、保守を軽減することもあり、エンジン（1,800馬力）を1基にして、前後2軸ずつ、合計4つの動輪を2本の推進軸で動かしたのですが、開発初期の推進軸では、1本あたり900馬力の力に耐えられなかったためか、推進軸の断裂、脱落による脱線転覆事故（俗に棒高跳びと揶揄された）を起こし、残念ながら短い期間ですべての車両が廃車になりました。DD54は電気機関車の様な箱型で、運転室が車体中央部にある凸型のDD51より形がスマートなこともあり、鉄道ファンにはかなり人気があったのですが、大変残念に思います。

3) 真打登場！VVVFインバータ制御を用いた電気式ディーゼル機関車

液体式変速機ではどうしても大出力の機関車は作りにくいので開発は足踏みしていたのですが、その後まさに真打登場の形で現れたのが、電気機関車のために開発されたVVVFインバータ制御により三相交流モーターを動かす方式です。

最新鋭のDF200形ディーゼル機関車では、2,000馬力のエンジンを2基搭載し、動輪が6軸なので、三相交流モーターを6個搭載しています。高価なインバータ6組を搭載し、6個のモーターを個別に制御する方式のため、6つの動輪を常に最適な状態で個別に回転させることができます。そのため空転もおこりにくく、いわゆる粘着力があるため、同じパワーでも牽引する力が強くなっています。

蒸気機関車ではすべての動輪が一体化して動きますが、ディーゼル機関車でも、液体式変速機を用いるDD51ではエンジンが2基のため4つの動

輪のうちの2つずつが、DD54ではエンジンが1基のため、4つの動輪のすべてが同じ回転数で動く必要があるため、一旦空転が起きると制御しにくいだけでなく、車輪の直径を全く同じにする必要があるなど、保守にも手間がかかります。

この様に、ディーゼル機関車の開発は、変速機の開発そのものと言って良いほどでした。

4) クルーズトレイン「ななつ星in九州」を牽引するDF200

最近、純粋な旅客列車がほとんどなくなってしまったため、ディーゼル機関車はもっぱら貨物列車を牽引していますが、鉄道ファンにとって大変うれしいことにJR九州ではDF200-7000を新たに製造してクルーズトレイン「ななつ星in九州」を牽引しています。

5) ディーゼルカーでは液体式変速機が生き残っている

新型のディーゼル機関車では液体式変速機は使われなくなりましたが、それまでの液体式変速機の開発は無駄ではなく、JR四国の2700系ディーゼルカーをはじめ、全国のJRで液体式変速機によるディーゼルカーが利用されています。

13. 機関車の名前の付け方

皆さんご存じと思いますが、念のため機関車の名前の付け方を簡単に説明いたします。原則として初めに動力方式（電気ならE、ディーゼルならD、蒸気ならSとなるべきですがEもDもない時代だったので省略）、次に動輪数（動輪3つならC、4つならD、6つならF、8つならH）がきます。あとの番号はおおむね開発された順です。

C62なら動輪3軸の（旅客用）、D51なら4軸（貨物用）の蒸気機関車、EF65なら動輪6軸の電気機関車、EH500なら強力な動輪8軸の電気機関車、DD51なら動輪4軸、DF200なら動輪6軸のディーゼル機関車になります。

JR貨物では、EF210に「桃太郎」、EH500に「金太郎」、DF200に「レッドベア」と愛称をつけており、高松では「桃太郎」をよく見かけます。

14. 車輪の直径に関しての素朴な疑問、電動モーターの大きさで車輪の直径が決まる

趣旨がぐっと変わりますが、機関車、電車、ディーゼルカー、さらには昔の客車の車輪の直径を比較するだけでも、技術的になかなか奥深いことがわかります。そもそも車輪の直径はどうして決まったのでしょうか。

1) 客車、電車の車輪の直径は基本的には860mm

歴史的にみると、大正時代の頃からの客車の車輪の直径は860mmが多かった様です。その後、在来線では電車の時代になってからも「新性能車モハ101型」までは長らく860mmの時代がつづきましたが、電車の出力を増やすために大型モーターが導入されて、「モハ103型」ではやむを得ない形で直径が50mm拡大して910mmになりました。しかしVVVFインバータ制御の時代になると、小型化された交流モーターになり、山手線のE235系でも以前の860mmに戻っています。もちろんマリナーや（2階建ての車両を含め）、さらにオール2階建てのサンライズ瀬戸号でも860mmです。

新幹線に関しては、初代の新幹線車両の0系では910mmへ大型化されましたが、VVVFインバータ制御の300系以降の車両はやはり860mmに縮小されています。

こうしてみると、蒸気機関車の動輪は別として、結局はその時代の電動モーターの大きさで車輪の直径が決まることになりそうです。

2) 電気機関車の動輪の直径は旧型を除けば

VVVFインバータ制御でも一貫して1,120mm

直流電気機関車では電車の3倍程度の大型のモーターを使うので調べてみると、昔鉄道ファンに大変人気の高かった旧型のEF58の動輪は1,250mm、その後の代表的なEF65、そして最後の直流電気機関車EF66とも1,120mmであり、その後のVVVFインバータ制御のEF200、EF210、そして最新型のEH500もやはり1,120mmとなっています。

以上のことから電気機関車の動輪径に関しては、旧型では1,250mm、その後たとえVVVFインバータ制御になっても一貫して1,120mmであることがわかります。

3) 液体式ディーゼル機関車では重心を低くするために基本的には電車と同じ860mmの動輪径を採用

ここで電気機関車とディーゼル機関車の構造的な違いを考えると、電車でもそうですが、電気機関車では重量のあるモーターが車体より下の台車に設置されるのに対し、ディーゼル機関車ではエンジンが台車ではなく、車体に設置されることが大きな差です。

そのため、電気機関車では重心が低めになるのに対して、ディーゼル機関車ではどうしても高くなる傾向があります。そこで、ディーゼル機関車の動輪径を比較してみると、旧型の電気式ディーゼル機関車DF50では大きめの直流モーターを使っているのも、直径はやや大きくびったり1,000mmです。その後に開発された液体式変速機のDD51、DD54では、重心を低くするために、電車と同じ860mmとなっています。

ただしVVVFインバータ制御によるDF200では電車より大きめの三相交流モーターを使い、しかも重量が台車にかかるため重心は低めになるためか、動輪径は電車でも以前採用された910mmとなっています。

4) JR四国の振り子電車と振り子ディーゼルカーでは重心を下げるためさらに縮小した810mmを採用している

これまで何回も出てきていますが、JR四国の8000系振り子電車と空気ばねで車体を傾斜させる8600系電車（両者ともVVVFインバータ制御）、および空気ばねで車体を傾斜させる2600系ディーゼルカーと2700系振り子ディーゼルカーでは重心を下げるために、車輪直径をさらに50mm縮小して810mmを採用しています。

以上から、蒸気機関車は別として、日本の鉄道の車輪の直径は860mmが標準で、電気機関車などで強力なモーターが必要な場合にはやむを得ず大きめの車輪を、電車、ディーゼル機関車では860mmを、振り子電車の様に重心を低くしたい場合には810mmにすることがわかります。

（次回も思いつくまま鉄道のテーマに関して書きたいと思いますのでご期待ください。）

つづきは下記サイトに掲載しております。
<http://healthcare-innovation-forum.jp/>