

## 27. 架線への直流と交流での電力の供給法

電力網から鉄道の架線への電力供給法は、直流と交流で大幅に異なります。基本的に架線への電力供給は変電所ごとに区分されていて、その接続点では、電力供給方法の違いだけではなく、車両の運転法、すなわち電源を切って（ノッチオフ）惰行で走るか、そのまま切らなくて（ノッチオン）のままでよいのか、力行（加速する）してよいのか、パンタグラフのあげ方、さらには車両間の高圧引き通し線（高圧母線）の影響まで、技術的な観点から見ても大変奥深いです。

- 1) 直流と交流の接続点はデッドセクションとよばれる。本来は米原－田村間は単なる非電化の単線だった。

直流電化と交流電化の境界では電気が相互に流れない様に、直流と交流の架線の間を物理的に完全に離しているのが、少し過激な名前ですがデッドセクション（死電区間）と呼ばれます。

昔は、直流の機関車と交流の機関車は全く別物でしたので、一旦駅で停止して必ず機関車を交換する必要がありました。

- ・主要幹線での直流と交流の接続点は、米原駅と田村駅の間で始まった。

以前述べました様に、主要幹線で本格的に交流電化が始まったのは北陸本線で、1957年に東海道本線の米原駅の隣の田村から敦賀まで（41.2km）が交流で電化されました。米原と田村間の約4.7kmは架線のない区間で、なぜかデッドセクションの代名詞の様に使われますが、本来のデッドセクションとは違い、単なる地方の非電化の単線（その後複線）でした。なお米原駅と田村駅の間には坂田駅がありましたが、周囲の土地の広さと配線上の理由から田村駅の方が選ばれました。

米原と田村間を、はじめは蒸気機関車（動輪5軸のE10）が牽引したことは大変有名で、その後は長らくディーゼル機関車（DD50）が牽引しま

した。

注：1957年に北陸本線で始まった日本海縦貫線の電化は、1972年に青森までが完成した。両側に60ヘルツと50ヘルツの区間があり3種類の電化方式が混在する非常に特徴的な路線となっている。比較的短期で完成したのは交流電化であったからと言われている。

- ・なぜ動輪5軸の蒸気機関車（E10）が使われたか。

E10形式の蒸気機関車は、本来は奥羽本線の難所である板谷峠（現在日本で一番急な33-38パーミルの勾配で、しかも峠越えのトンネルがある。）を越えるために、特別に開発された動輪が5軸の日本最強の蒸気機関車でした。乗務員をトンネル内の煤煙から守るために、通常の蒸気機関車とは逆のバック運転を前提とした特殊な構造になっていました。通常は後部に連結される炭水車（石炭と水を乗せるテンダー車）のかわりに、タンクが車体後部についているためタンク機関車と呼ばれます。動輪が5軸で大変強力な機関車ですが短距離の運転が前提でした。なお板谷峠ではE10の前には4110形式蒸気機関車（やはり5軸）が使われていました。

- ・E10蒸気機関車は悲運の機関車と呼ばれる。

このE10形式蒸気機関車は1948年に国鉄最後の新製蒸気機関車として華々しく製造された（5両のみ）のですが、翌年の1949年には板谷峠が直流電化されたため、実にわずか1年で本来の役割を奪われたからです。E10は、その後九州の人吉－吉松間（肥薩線）や金沢（北陸本線、倶利伽羅峠越え）などに転属を繰り返し、最期は米原と田村間で超短距離の運用を担いました。パワーが強力なE10は米原－田村間での重量級貨物列車の牽引に適役だったと思われます。

- 2) 交直両用電気機関車（EF81）の導入により田村駅と隣の坂田駅の間本来の交直デッドセクションが設置された。

1983年に日本海縦貫線用に開発された交直両用

電気機関車（EF81）が導入され、米原－田村間も電化され、田村駅と隣の坂田駅（米原側）の間に本来の交直デッドセクションが設置されました。初めての交直デッドセクションは、1961年に常磐線の取手－藤代間に設置されていたので、北陸本線での設置は実に22年ぶりでした。

・本来の交直デッドセクションの構造と列車の運転法

常磐線の項ですでに説明しましたが、本来の交直デッドセクションでは、直流と交流のトロリ線の間にセクションインシュレータ（FRP製）で完全に絶縁し、数メートルから数十メートルの無電圧区間を設けています。列車はこの区間を必ずノッチオフ（惰行）で通過します。

・板谷峠は当初直流で電化されたがその後交流電化に変更された。

板谷峠が直流電化（1949年）された際には、その頃の主要貨物用電気機関車であったEF15に回生ブレーキを追加設置し、勾配専用機に改造されたEF16形が運用されました。

その後奥羽本線の交流電化に合わせて、1968年に直流から交流20,000Vへ転換されました。直流専用電気機関車EF16に交代したのが、交流専用電気機関車（回生ブレーキ機能付き）のED78とEF71です。

EF71は国鉄時代最強の勾配専用機（重さ100トン）といわれ、碓氷峠を担当した直流電気機関車EF63（重さ108トン）とほぼ同じ規格となっています。

・直流専用電気機関車EF63より交流専用電気機関車EF71の方がトルク変動が少なく空転が起りにくかった。

EF63とEF71は、ほぼ同じモーターで同じ出力ですが、交流電気機関車はトランスで細かく電圧を切り替える（タップ切り替え）ことができ、動輪を動かすトルク変動が少ないため、空転が少なく安定して牽引できます。

興味深いことに、交直両用電気機関車EF81では、初期の開発だったこともあり、直流電気機関車EF65に電圧変換（20,000Vから1,500V）と直流への変換（整流）機能だけを持たせたため（細かく電圧を変換するタップ切り替え機能は無し）、EF65同様に空転のしやすさは残りました。

3）交流電化から直流電化への逆の変更、まずは米原駅から北陸本線の長浜駅までが直流化され、その後敦賀駅まですべてが直流化された。

当時、新快速電車が京阪神方面から米原駅まで直通運転を開始しましたが、すぐ隣の長浜には直流電車の新快速は入れず、列車本数も少なく大変不便な状況にありました。そこで試験的に米原－長浜間を直流化（1991年）したところ（実質的には田村－長浜間2.8kmの直流化と田村－坂田間のデッドセクションを長浜－虎姫間に移設しただけ。）、利便性が大幅に向上し、観光客だけでなく通勤客も増え人口増に寄与しました。その結果2006年には敦賀まで一気に直流電化する方針に変更され、関西圏と福井県嶺南地域の交通アクセスが大幅に改善されたことは大変有名です。同時に琵琶湖北岸を走る湖西線もすべて直流化されました。（以前は湖西線の永原駅－近江塩津駅間にデッドセクションがありましたが、同時期に直流化され、琵琶湖周囲のJR線はすべて直流化されました。）現在北陸本線のデッドセクションは、北陸本線の敦賀～南今庄間へ移動しています。

・直流電化から交流電化への変更

日本で一番初めに交流で電化された場所は仙山線（仙台－山形間）の仙台－作並間であったことはすでに述べましたが、当時作並－山形間には長大なトンネル（面白山トンネル）があり、煤煙対策で直流電化されていました。近隣の奥羽線の板谷峠も同様の理由で直流で電化されていたが、最終的には、両線とも同じ1968年に奥羽本線の交流電化に合わせる形で直流電化から交流電化に変更されました。

4）東北本線の黒磯駅構内での直流と交流の切り替え（地上切り替え方式）

・日本で初めて交流電化が行われた仙山線の作並駅での交直切り替えは、駅構内の架線への電力供給を切り替える方式で行われた。

日本で初めて試験的に交流電化が行われた仙山線の作並駅での交直切り替えは、デッドセクションではなく、駅構内の切り替えで行われました。機関車は牽引してきた列車を切り離して、別のホームや側線に移動し、架線の電気を直流から交流に、あるいは逆に切り替えたあと、直流用と交

流用の機関車を付け替えていました。

- ・なぜ黒磯駅構内で大規模な交直切り替えが行われたか。

東北本線は1959年に東京方面から黒磯まで直流電化が完成しました。その後黒磯以北は交流電化の方針となり、1959年の黒磯－白河間の交流電化（黒磯までの直流電化と同じ年）を皮切りに、1968年までは10年をかけて青森まで全線の電化が完成しました。

黒磯駅は、駅から北に連続する急勾配（白坂峠、25パーミル）を控えるため、蒸気機関車の時代から補助機関車（補機）の連結や機関車の交換を行うための重要な拠点で、広大な構内を備えていました。電気機関車の時代になっても、黒磯駅で直流電気機関車と交流電気機関車を交換する時代が長く続きました。

- ・黒磯駅ではEF81形交直両用電気機関車が導入された後も、長らく地上切り替え方式が続いた。

1968年にまずは日本海縦貫線用に開発されたEF81ですが、すでに1970年代には東北本線にも導入され「寝台特急はくつる」をさっそうと牽引しました。しかしその後も長らく黒磯駅構内で地上切換が続けられました。その理由は、EF81の配備の数が十分でなく、EF65やEF15形の直流電気機関車が貨物列車牽引等で多数運用されていたためでした。その後EF81に加えてVVVFインバータ制御のEF510（レッドサンダー）やEH500型（金太郎）など交直両用電気機関車が配備され、2018年に地上切り替え方式はようやく廃止されました。実に60年近く続いたこととなります。現在は黒磯駅の北側にデッドセクションが設置され、スムーズな直通運転が実現しています。

- ・九州の入り口、門司駅に設置されたデッドセクション

九州地域での電化は、1961年に門司港－久留米間に交流で電化が始まり、その後、鹿児島本線や日豊本線の電化が順次進められました。それまで関門トンネルは直流で電化（1942年）されていたこともあり、門司駅構内も直流で電化されていました。そのため一時期黒磯駅のように駅構内で切り替えが行われたこともありましたが、交流電化の際に門司駅構内は交流化され、関門トンネルを上がりきったところにデッドセクションが設置され

ました。しかし本来デッドセクションは、前後が平坦な場所に設置することが大原則であり、門司駅はあくまでも例外的な扱いで、そのため下り貨物列車用（博多方面行き）の線路として、トンネルをでて門司駅を過ぎた平坦な場所にデッドセクションが設置されています。

- ・関門トンネル用に開発された交直両用電気機関車EF30（ステンレス車体が有名）

関門トンネルは、海水の漏出が多く、しかも勾配が22パーミルもあり、大変条件の厳しい路線のため、当時の最新技術での交直両用電気機関車EF30が開発されました。（常磐線用のEF80の2年前になります。）たとえトンネル内の急勾配の場所で停止しても、重量のある貨物列車（1,200トン）の牽引（重連で）が可能な性能を備えています。ただし、交流で走る区間（門司駅構内）を低速で走ればよいので、トランスや整流器の機能を落として、交流時の出力は直流時の約1/4と特殊な設計になっています。またEF30はトンネル内の塩害対策として、無塗装のステンレス製車体で鉄道ファンから大変人気がありました。その後、EF30は万能交直両用電気機関車EF81に交代しましたが、やはりステンレス製車体で「銀がま」の愛称がつけられました。現在はステンレス車体のEF510が引き継いでいますが、なぜか愛称は従来の「レッドサンダー」のままのようです。

- ・北海道の入り口青函トンネルの両側に設置されたデッドセクション

本州と北海道の間は、以前は青函トンネルの両側とも交流20,000V（50ヘルツ）でしたが、その後在来線と新幹線の共用となったため、トンネル内は新幹線の規格を優先して25,000Vになりました。もちろんレールも3本にして、1,067mと1,435m両方の車両が走れる様になっています。そのため、青函トンネルの両側、（青森側：新中小国信号場付近、函館側：木古内駅付近）に交流20,000Vと25,000Vのデッドセクションが設置されています。従来の電気機関車は交流20,000V対応ですので、青函トンネル用（2電源対応）に交直両用EH500（エコパワー金太郎）形を改良した交流専用電気機関車のEH800（現在愛称なし）が導入されました。

（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。）