

高速鉄道用ATき電システムの開発経緯

伊藤 二郎(元 鉄道総合技術研究所 き電システム室長)

はじめに

時速300km/hを超える高速で走る新幹線の電力供給方式として世界的にATき電方式が使用されようになっています。交流電化方式の採用から始まり、当初のBTき電方式からATき電システムが採用されるに至った開発経緯を述べます¹⁾。

BTき電方式による交流電化とその問題点

当初の電気鉄道は直流電化方式でしたが、輸送力の強化を図るため、1953年8月国鉄では「交流電化調査委員会」を設置し、交流電化の基礎研究を行うこととしました。「交流電化調査委員会」は2年半にわたる委員会の結果、交流き電方式が経済的であるとの結論を得て、負き電線(NF)ありの吸上変圧器(BT)き電方式による交流電化方式の採用が決定されました。1957年9月仙山線仙台～作並間、10月北陸本線田村～敦賀間の電化以来、東北線、常磐線、鹿児島線など多くの線区で交流による電化開業が行われました。

BTき電方式は図1に示すように通信誘導障害対策のため、負き電線(NF)が設けられていますが、約4km毎のBT箇所にはセクションがあり、電車が通過の度にパンタグラフで電流が遮断され、アークを発生するのが弱点です。1961年5月東北線越河(こすごう)駅付近のBTセクション箇所ではアーク発生による架線損傷が発生しました。このため1962～1964年に東海道新幹線鴨の宮モデル線でBTセクション対策試験が実施されました。1964年10月開業した東海道新幹線では、各種試験の結果、抵抗を用いたセクション方式のBT方式が採用されました。架線はひねりセ

クション構造の特殊架線構造となり、使用開始後、トロリ線、パンタグラフの摩耗の問題が多発しました。

ATき電方式の開発

BTき電方式における問題を解決するため、ATき電方式の開発が1965年に開始されました。ATき電方式の調査研究は(社)鉄道電化協会や(社)鉄道通信協会に委託され、委員会方式で研究が進められました。ATき電方式はアメリカのDr. Charles F. Scottの発明によるもので、1911年Stanford～New Heaven間が最初の区間です。電圧11kVで周波数が25Hzです。委員会における研究はこの方式の調査から始まりました。実際の計算プログラムの開発と解析、日豊線、水戸線などの現地試験については、鉄道技術研究所の多くのメンバーによって実施されました。ATき電方式の構造がはしご状になっているため計算が難しかったのです。1965年Bendix-20の機種が導入されたのを機に、計算機による解析が始められ、1967年IBM-360-751によるATき電専用のプログラムが開発され、計算方式が確立できるようになりました。1966年7月日豊線および1966年11月水戸線で低電圧(BTをATと見なして試験)により実証試験による特性把握を行いました。さらに1968年3月と7月に水戸線ではATを仮設し、特高電圧試験が実施され、営業貨物の機関車を走行させ、その性能が確認されました。さらに1969年10月～11月鹿児島線で使用開始に先行して、ATき電回路を構成して試験が実施されました。その結果、在来線では1970年9月鹿児島線八代～西鹿児島間で、新幹線では1972年山陽新幹線でATき電方式が初めて実用化されました。

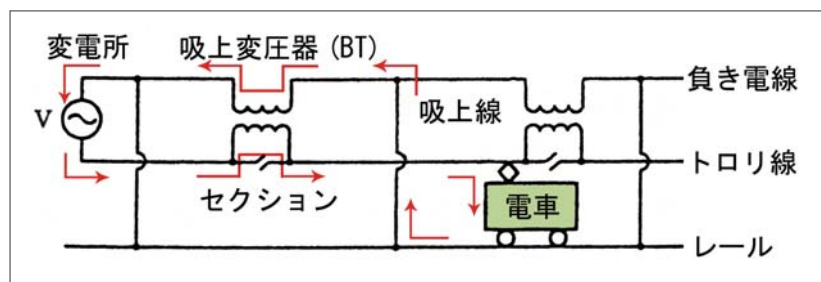


図1 BTき電方式(電圧がVとなっている)

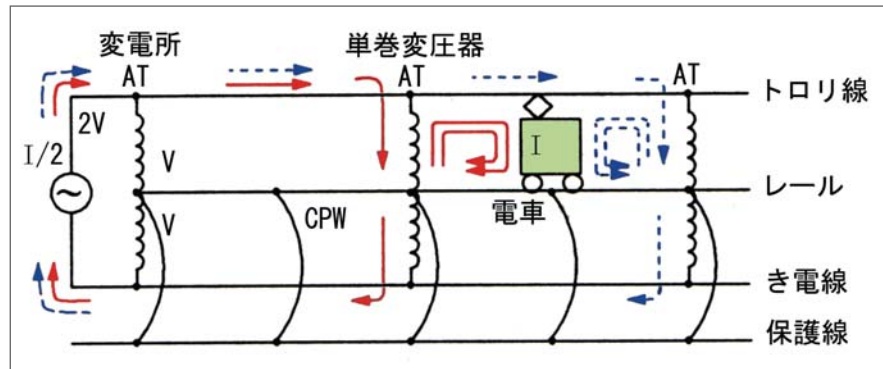


図2 ATき電方式(電圧が2Vとなっている)

ATき電方式とその効果

ATき電方式は電車線とき電線の間に約10～15km毎に単巻変圧器 (Auto-transformer) を設置しているき電方式です(図2, 図3)。大地に漏れる電流が少ないため、誘導が少なくなっています。BTき電方式に比較して変電所とき電電圧が2倍であるためき電電流が小さくなり、変電所間隔を2～3倍程度に広くでき、受電点の位置を自由に選択でき、電力がたくさん必要な新幹線に最適な方式です。また、BT用セクションがないため、架線の損傷がなく、パンタグラフ数も当初の8パンタグラフから1～2パンタグラフになり、騒音低減にも効果を上げています。

適用が拡大するATき電方式

BTき電方式で開業した東海道新幹線は1991年には全区間でATき電方式に変更されています。整備新幹線はすべてATき電方式で設備されています。1981年～1984年ニュージーランド北島で400kmの電化のコンサルタントとして筆者が従事しました。コンサルタント業務を日本が受注できた理由は、ATき電が大きな要素であると当時いわれていました。その後、アルゼンチンや台湾の日本が受注したプロジェクトではいずれもATき電方式が採用されています。フランスでは高速鉄道には直接き電方式(図1のBTき電方式で負き電線がない方式)が採用されていましたが、最近ではATき電方式を採用するようになりました。このようなことから、日本はもちろん、海外では20箇所以上の国でATき電方式が採用されています。その理由は変電所間隔を広くでき、受電位置の自由度が高く出来るのが大きな理由です。電源は一般に超高压(187kV以上)の強い電源から受電しています。



図3 単巻変圧器(新幹線用)の外観

発明と最初の実施はアメリカですが、これを日本が高速大電力商用周波用として発展させ、世界で活用されるようになりました。

文献

- 1) 新井浩一, 伊藤二郎, 榎本龍幸, 濱寄正一郎, 三浦 梓, 持永 芳文「高速運転に適した交流き電システムの開発～ATき電システムはどのように開発され発展したか～」(社)日本鉄道電気技術協会, 2010.3