

安全輸送を担う、 電気と技術。 REPORTS

「安全輸送」は鉄道事業者が担う使命だ。
鉄道事業者は絶えず技術革新を行いながら、
安全で信頼性の高い輸送システムを構築してきた。
特に運行本数の多い首都圏では、世界に類を見ない高密度大量輸送を実現している。
その一つ、西武鉄道は、旅客営業キロ176.6km、幹線2・支線10の12路線、
1日の輸送人員167万人を数える都市交通の担い手だ。
鉄道を支える電気の供給システムについて、
エネルギー効率を高めるために導入した設備と技術について、
西武鉄道株式会社に取材した。

取材・文◎香田朝子／撮影◎織本知之
写真・資料提供◎西武鉄道株式会社

特集：鉄道と電気

[さらに効率的なエネルギー利用へ]

鉄道を支える 電力の安定供給。

電車を動かす電気はもちろん、駅などの施設、信号・踏切などあらゆる設備機器に必要な電気はすべて、沿線に整備された鉄道変電所から24時間供給されている。

直流電化方式から始まった日本の鉄道

日本の電気鉄道の多くは、直流電化方式が採用されている。

日本で電車が走ったのは1890年、第三回内国勸業博覧会の展示品として、上野公園内で運転されたものが最初とされている。本格的に営業運転を行ったのは、その5年後に開業した京都電気鉄道だ。直流500Vの路面電車で、電車を動かすモーター（主電動機）が直流モーターだったため、直流電化方式が採用された。以来、1950年代の後半に交流電化方式が開発されるまで、日本では、直流電化方式が採用されてきた。

また、路面電車での運用から始まった電車は、当初、1両での運行が基本だった。しかし、連結した複数の電車を1人で運転できる制御システムが確立されると、長編成により輸送量が増大していく。電力を効率的に増やすため、電圧も次第に高くなっていった。

電車に送る電気の標準電圧は鉄道の種類によって異なるが、直流電化方式では、

現在1500Vが主流となっており、一部で750V、600Vが使われている。

ちなみに交流電化方式は、新幹線や北海道・九州・東北・北陸のJR在来線、新交通システムなどで採用されており、新幹線やJRの在来線では標準電圧2万2000Vの交流電気が使用されている。

沿線に整備した鉄道変電所で受電

電力会社の発電所から送られる電気は三相交流だ。鉄道事業者は、電力会社の一次変電所、中間変電所から供給される三相交流6万6000Vまたは2万2000Vの特別高圧を、沿線に沿って整備した自社の鉄道変電所で受電している。

西武鉄道の変電所数は、2011年度末現在、12路線に34カ所。旅客営業キロ176.6kmに当てはめると、ほぼ5km間隔で変電所が整備されていることになる。

「変電所は、輸送力の増大に伴って増設



西武鉄道株式会社 鉄道本部 電気部 電力課長

齋藤大輔

Daisuke SAITO



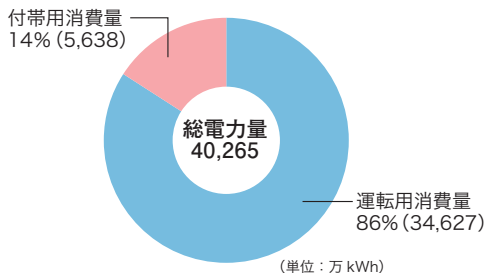
西武鉄道株式会社 鉄道本部 車両部 車両課長

藤澤利之

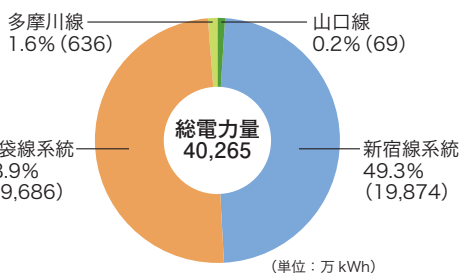
Toshiyuki FUJISAWA



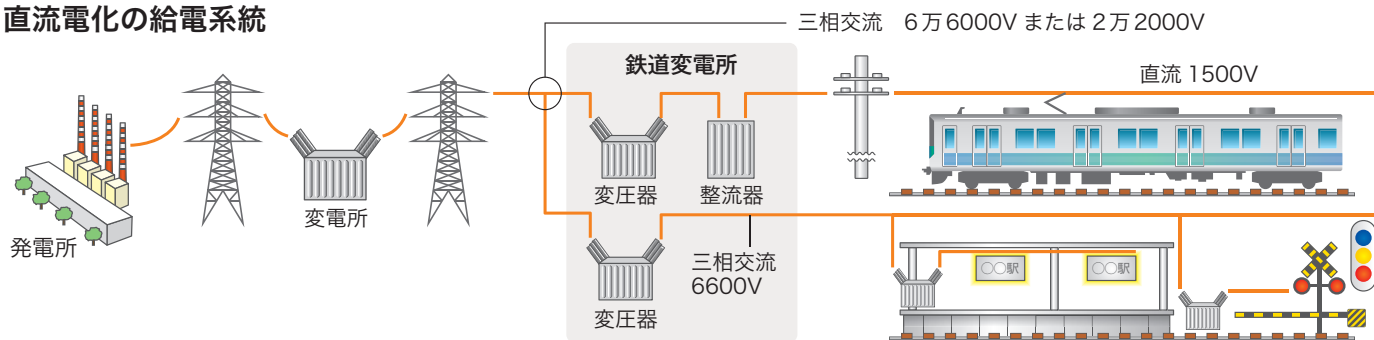
西武鉄道の年間電力消費量（2011年度）



西武鉄道の年間電力消費量の路線別内訳（2011年度）

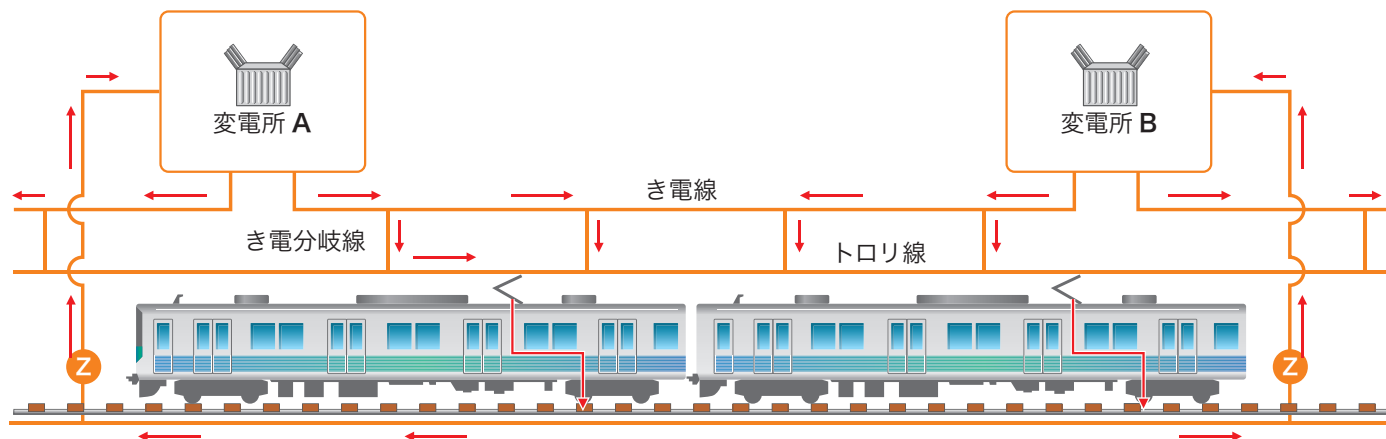


直流電化の給電系統



鉄道変電所は特別高圧または高圧の三相交流を変圧器で降圧、直流 1500 V に変換して電車に供給する。駅施設や信号保安設備には、三相交流 6600 V に降圧して配電する。〔『わかりやすい鉄道技術 〔鉄道概論・電気編〕』 p.70 を参考に編集部で作成〕

直流き電の仕組み



直流電化では「低電圧×大電流」で送電するため電力損失が大きい。変電所間隔を短くする必要があり、隣り合う二つの変電所から同時にき電している。〔『わかりやすい鉄道技術 〔鉄道概論・電気編〕』 p.70 を参考に編集部で作成〕

増強してきた。西武の最も新しい変電所は 2003 年 4 月に使用を開始した正丸変電所だが、その後も必要に応じて既設変電所や電路設備を増強して電力の安定供給に努めている」と、鉄道本部電気部の齋藤大輔電力課長は説明する。

鉄道で使う電気は、電車を動かす「運転用電力」と、駅施設や信号保安設備などに使う「付帯用電力」の二つに大別される。変電所は、電圧を変える変圧器、交流を直流に変える整流器を備え、特別高圧の三相交流を降圧した後、直流 1500 V に、新交通システムの山口線については直流 750 V に変換して、運転用電力として供給している。付帯用電力については、三相交流 6600 V に降圧して配電している。

「変電所の立地は沿線の線路沿いが最も望ましいが、電力会社の送電線からの引き込みが可能などどこにどうしても限定される。電力会社からの送電線の引き込みが困難な場合には、自社の変電所から変電所へ、自前の送電線で引き込む場合もある」（齋藤課長）

鉄道の需要電力は、変動が大きい。通勤線区では朝夕の通勤時間帯に電車の運行本数が最も多くなるが、西武鉄道では、1 日の輸送人員の実に 25% が朝のラッシュ時に集中するという。さらにまた、同じ路線でも線区によって電車密度が異なり、それに伴い需要電力は変わる。

「特に上りは、始発駅がどこであろうと池袋線なら池袋駅、新宿線なら西武新宿駅が終点となる。終着駅が近づくにつれて在線する電車本数が増えていく」と鉄

道本部車両部の藤澤利之車両課長は説明する。

「そのため、上りの電車密度が高い区間は、変電所間隔が短くなっている。また、変電所でも変圧器と整流器をそれぞれ 2 台並列運転させるなどして、需要のピークに見合った電力を供給できる設備を整えている」（齋藤課長）

西武鉄道が鉄道に使う電力消費量は、年間 4 億 265 万 kWh（2011 年）。1 日当たり 110 万 kWh で、一般家庭 11 万世帯の使用量に相当する。全使用量のうち、運転用電力が占める割合は 86% になるといふ。

電車に安定供給する仕組み

では、変電所から電車へ、電気はどのように送られるのだろうか。

駅のホームに立って、線路の上を見上げてみると、線路に平行して数本の電線が張られているのが見える。これが変電所から電車に送る電気の通り道だ。

変電所から上り方面と下り方面、2 線に送り出された電気は、線路脇に平行して張られた饋電線（以下、き電線）を流れ、き電分岐線を介して、線路真上のトロリ線に供給される。

このトロリ線に、集電装置であるパンタグラフを接触させて、電車は車内に電気を取り込んでいる。電気は、電車のモーターを回転させた後、レールを通過して変電所に戻る。

「高密度の大量輸送を支えるには、この回路を構成するき電線やトロリ線など電

特集：鉄道と電気

[さらに効率的なエネルギー利用へ]



1 付帯用電力は「電灯高圧 (A)」と「信号高圧 (B)」の2系統で受電する。2 パンタグラフの「集電棒」と呼ばれる箇所がトロッコ線と接触、電気を取り込んでいる。3 駅構内に設置されたキュービクル。

「キュービクルは、高圧で受電するすべての機器の変圧器を、金属性の外箱にまとめて収めたもの。6600Vの電気を駅照明には単相交流200V、エレベーターやエスカレーターなど動力用には三相交流200

2系統の高圧で受電した電気は、駅構内に設置したキュービクル（地上変電設備）で変圧し、それぞれの施設・設備に供給する。駅間などに点在していた柱状変圧器をキュービクルに一元化した。

また、無人変電所には監視カメラが設置されており、電気司令は変電所構内の様子や機器の状態を常にチェックするとともに、機器類のメンテナンスのためのデータも電気司令と保守のダブル体制で自動収集するシステムを採っている。

「変電所で異常が起きたときには、電気司令や保守現業で変電所の詳細な状況が把握できるので、迅速に対応することが

できる」(齊藤課長)

電気司令がキュービクルを監視することにより、高圧配電線のトラブル箇所が見つけやすくなったことも大きなメリットだ。

電気司令と電力管理システム

鉄道で使用する電気は、すべて鉄道変電所から供給されている。その変電所設備をはじめ、信号機や踏切などの信号保安設備、駅などに供給する電気設備システムを24時間監視しているのが電気司令だ。

電気の安定供給を確保し、トラブル時にはより正確・迅速に対応するため、電気司令が電力管理システムを使って集中管理している。電力管理システムには、

系統の状態と異常を感じし機器の操作を行う「系統監視・制御機能」、故障発生時に自動復旧制御を行うとともに故障に応じた確認事項や復旧手順を示す「故障処理機能」、そして変電所機器の運転と停止を自動制御する「スケジュール運転機能」など、12のシステム機能が備わっている。万一のトラブル時には、運転司令と密接に連絡を取り、その影響を最小限にとどめるよう適切に対処している。

「鉄道事業者の営業は、初電から終電までの列車運行の時間で捉えられがちだが、その運行を支える電気の安定供給の取り組みは、24時間休むことなく続いている。

「鉄道の安定輸送は、電気の安定供給に支えられている。信頼性の高い、安定した電気の供給システムを維持することが大切だと考えている」と齊藤課長は語っている。



電力の安定供給と列車の安全運行を支える電気司令。

路設備の強化も、非常に重要になってくる」と藤澤課長は話す。

西武鉄道では、き電線やトロッコ線を太くするなどして電線の許容電流を上げている。

各駅にキュービクルを設置

一方、付帯用電力は高圧配電線で送電されるが、西武鉄道では、2001年から三相交流6600Vを「電灯高圧」と「信号高圧」の2系統で受電し、お互いにバックアップ電源になるように設備している。電灯高圧が駅施設、信号高圧が信号機や踏切などの信号保安設備に供給される電気だ。

「電灯高圧が故障で停電した場合には、

自動的に電源が信号高圧に切り替わり、駅施設が停電することはない。逆に、信号高圧にトラブルが生じたときには、電灯高圧に切り替わって信号保安設備が平常通り稼働するので、列車運行に支障を来たすこともなくなった」(齊藤課長)

また、電気関係の保守点検や電線に近接する施設の改良工事は、列車運行が終了した夜間に行うことが多い。

「バックアップを取っていないかったときは、すべての電気を止めなければ作業ができないので時間的な制約が多かった。2系統にしてからは、1系統を切っても、高圧で動く設備機器を稼働させることができる。他の業務に支障を来すことなく、必要な箇所の電気を止め、安全に作業ができるようになった」(齊藤課長)

Vというように、個々に適した電気に変圧して供給する。複数の変圧器を駅ごとにまとめることで、保守管理の作業効率を高めている」(齊藤課長)

ができる」(齊藤課長)

「キュービクルによる集中制御を導入する以前は、駅間に変圧器が点在していたため、事故があっても大まかな場所しか推定できなかった。現在はキュービクルを設置した駅単位で通電状態を確認できるので、どこでトラブルが発生しているか、範囲を絞って探すことができる」(齊藤課長)