

# 特集「鉄道の電力供給設備のイノベーション」 総論

古関 隆章

東京大学大学院工学系研究科

電気鉄道、電力供給、回生制動、エネルギー蓄積、電力管理

## 1. はじめに

最近、一般に鉄道および鉄道技術への関心が高まりつつある。しかし、この鉄道人気のもととなる一般的関心は、自然なこととはいえ、乗客サービスに直結して見えやすい魅力的な鉄道車両に専ら向いている。電気工学を専攻する学生や、電気系技術者といえども、鉄道業界の電気系技術者でなければ「裏方」の成果である電気エネルギー供給技術や信号保安システムなどの重要技術に目が向くことはほとんどないと言ってよいであろう。

## 2. 地味だが大切な鉄道電気技術

次稿の筆者、JR東日本の電力技術専門家である林屋氏がこの特集の仕掛け人である。その林屋氏と、地味だけでも、鉄道技術の意義と機能に不可欠な要素技術であるエネルギー供給技術の意味と、最近の進歩を広く扱う内容にしようとして合意した。そのため数多くの「その道のプロ」に声をかけ、本特集としてやや異例ではあるが、短い数多くの記事で幅広い話題を盛り込む構成になっている。本稿では筆者の私見を交えつつ、電気鉄道の黎明期からの電気エネルギー供給技術の流れを大まかにたどり、現在どのような技術開発が着目されているかを簡単に紹介したい。

## 3. 電気鉄道の特長？

鉄道を他の交通手段と比べてみると、No. 1 という特長を探ることが実は難しい。ドアツードアの便利さでは、自動車に、速さでは飛行機に、一度に輸送できる量や、輸送に費やすエネルギーでは船に負ける。しかし、「比較的」身近なアクセスが可能で、環境への負荷が小さく、時間的に確実性の高い大量公共輸送として、持続可能な文明社会に不可欠な交通手段として重要性が増している。この特長を根本で支えるのが、電気駆動システムと電気エネルギー制御技術である。

## 4. 鉄道電力技術の「イノベーション」

電気鉄道の誕生は、1873年のベルリンの博覧会におけるジーメンスによる、乗客を運ぶ模型鉄道のような電機駆動

車によるデモであると言われている。

**第1のイノベーション：** そのデモの図には、まさに模型の電車のように電気エネルギーの輸送のための架線はない。それから数年のうちに架線とレールを用いた、車両への連続的な電力供給、ビューゲルによる集電が実用化した。同時期に、電気自動車も黎明期を迎え実用化に向けた開発や実験が行われているが、20世紀は電気自動車の時代にはならなかった。一方の電気鉄道は、20世紀始め1903年にはすでに210km/hの速度記録をドイツ内の試験線で達成し、都市間の幹線交通への実用化が早期に進んだ<sup>(1)</sup>。

仮に2009年を電気自動車ビジネス展開の本格的歴史の元年とすれば、同じ電機駆動車両でありながら、この百年の技術的発展の時間差を生んだ、「車両が重い弁当箱を持たずに常に少しずつエネルギーをもらいながら走る仕組み」を可能とした、鉄道電化そのものが第一の重要なイノベーションであったといえよう。

**第2のイノベーション：** 上述の早期の高速記録は、三相のき電線／集電器を用いて達成された。しかし、この方式は機械的設備が大きく複雑で問題が多かった。そのため、その後の電気鉄道の発展の中では、き電線1本、レールを電流の帰路として鉄道電気システムを構成することとなった。当時の技術的制約の中で整流子モータを用いた可変速駆動を行う理由から、当初15kV 16 2/3Hzという鉄道固有の特徴的電力システムの誕生となったが、20世紀初頭に定着し現在に引き継がれるこの電線1本で送電する方式の誕生は第2のイノベーションといえる。

**第3のイノベーション：** 整流器の実用化により、直流あるいは商用周波の交流を鉄道電力として用いることが可能となった。この場合、重く価格の高い変圧器と整流器を地上の変電所に置いて低い直流電圧で送電し車上の電気品を節約するか、高い電圧の交流で大電力を遠くを送るかわりに、変圧器、整流器（および単相交流の電力脈動を緩和するためのエネルギー蓄積素子を含む平滑回路）を車上に設置するかで、交流き電、（都市部を中心とした）直流き電という2つの方式に分かれることとなるが、相数変換や電磁障害低減のための特殊な変圧器やそれらを用いた回路方式を含め、現在の多くの鉄道電力供給システムの基本的な方

