

S3-1-6

回生電力の有効活用

○ 飯島 宏康 (西日本旅客鉄道㈱)、[機] 大津山 澄明 (西日本旅客鉄道㈱)

Effective use of regenerative power

Hiroyasu IJIMA (West Japan Railway Co.), Sumiaki OHTSUYAMA (West Japan Railway Co.)

The regenerative brake for electric railcars is not fully available in case of light-load control, and regenerative power is limited under the condition of feeding system or lack of load. For energy saving, it is required to improve regenerative braking rate.

In this paper, it first introduces the new measurement system and the promoted effective use plan, and the result verified by the vehicles side is reported about the effect of the wayside energy storage system and the proper feeding voltage.

キーワード：回生ブレーキ、回生絞込み、蓄電、省エネ

Keywords: regenerative brake, regenerative partial-cancellation, energy storage, energy-saving

1. はじめに

電力回生ブレーキは電車の消費電力量の削減に貢献すると言われているが、直流電気鉄道においては、適切な回生電力の消費がない場合、架線電圧の上昇により回生失効や回生絞込みが発生し、車両性能上の回生電力よりも実際の回生電力が少なくなることがわかっている。

当社では、回生電力データを測定する装置を車両に搭載して、営業列車における電力回生の実態調査に取り組み、回生絞込みが多く発生している運用線区もしくは個々の駅を把握するとともに、その要因についても検討してきた^{1),2),3)}。そこで、次のステップとして、これまでの調査結果をもとに具体的な回生電力の有効活用策を検討し、その効果について、定量的な検証に取り組んでいる。また、より効率的な検証を進めるために、新しい回生電力データ収集システムも開発した。

本稿では、まず、新しい回生電力データ収集システムと推進している有効活用策を紹介し、その中で、地上蓄電システムの効果及び変電所送出し電圧の適正化の効果について、車両側で検証した結果を報告する。

2. 新しい回生電力データ収集システム

従来の収集システムと比べて、より効率的なデータ取得と迅速なデータ分析を図るため、広域無線 LAN ネットワーク⁴⁾を活用した新しい収集システムを開発した。その概要を図1に示す。

車上システムで取得したデータは、営業列車ごとにファィリングされ、無線 LAN ネットワークとの通信可能区間において、列車ごとに地上側（本社ビル）へ送信される。地上システムでは、自動的に列車データを駅間ご

とに分割し、駅停車ブレーキごとに回生絞込み制御によって絞り込まれた電力量（損失電力量）などを算出する。さらに、算出された個々の駅データを、駅ごともしくは線区ごとに集計分析する機能も自動化されている。なお、この新しい収集システムは、当社の代表的な通勤形電車と近郊形電車にそれぞれ1編成ずつ搭載されている。

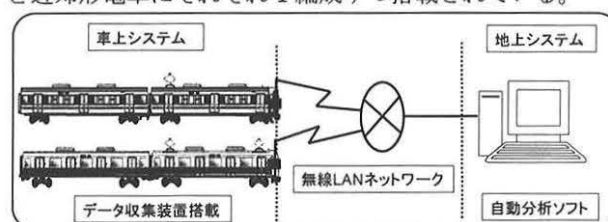


図1 新しい回生電力データ収集システム

3. 回生電力の有効活用策

当社では、「車両側と地上（き電）側のトータルとして、かつバランス良く回生電力の有効活用を図ること」を基本スタンスとして、お互い協調しながら取り組んでいる。図2にその具体的な有効活用策を示す。本稿では図中の③と④について紹介する。なお、⑤については、既にその効果が実証されており、上下線のき電線を接続する「上下タイ」や帰線側でも上下線のレールを接続する「クロスボンド」として一部の線区で実用化されている⁵⁾。

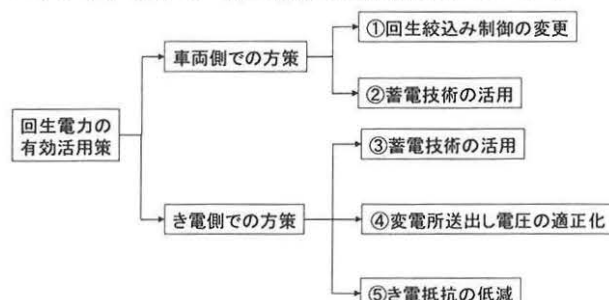


図2 回生電力の有効活用策

4. 地上蓄電システムの効果

回生絞込みによる損失電力量の比較的多い学研都市線松井山手駅において、地上蓄電システムのフィールド試験⁶⁾と協調して、地上蓄電による損失電力量の低減効果を車両側で検証した。その結果を、図3に示す。

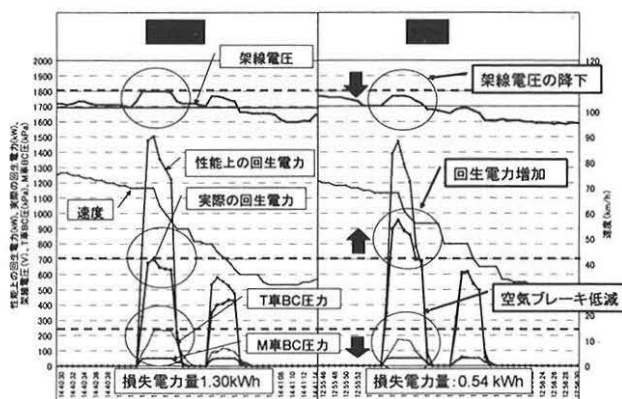


図3 地上蓄電システムの非移動時と移動時における回生ブレーキ挙動の違い

なお、図は当該駅の停車ブレーキ中（同一ブレーキノッチ）のデータを抜粋したもので、図中に示される「回生電力」は、収集システムが搭載されている通勤形電車4両編成（2M2T）の2M車分を合計した数値である。この図から、地上蓄電により、実際の回生電力が増加し、損失電力量が低減したこと、さらに、その分の空気ブレーキ力が低減することがわかり、回生電力の有効活用が図られたことを車両側のデータで実証できた。なお、今回開発した地上蓄電システムは、必要な性能の約1/6モデルで設計されている。したがって、フルモデルでは、現状の回生絞込みによる損失電力量を全て地上側に蓄電することができるため、当該駅のような回生電力を適切に消費できない閑散線区においても、車両性能上の回生電力を100%発揮できるようになると推察される。

5. 変電所の送出し電圧適正化による効果

学研都市線の津田変電所において、最新の整流器に設備更新されたのに伴い、これまででは力行時の電圧降下補償のために上げていた送出し電圧（1697V）を、当社標準の1575Vに適正化することができた。そこで、この機会を捉え、変更前後での損失電力量の変化を車両側のデータで分析した。その結果を、図4に示す。

なお、図中の「平均損失電力量」は図3と同様に収集システムが搭載されている通勤形電車4両編成（2M2T）の2M車分を合計した数値である。

この図から、変電所の送出し電圧の適正化によって、当該変電所近傍だけでなく線区全体で回生絞込みによる損失電力量を削減できることがわかる。

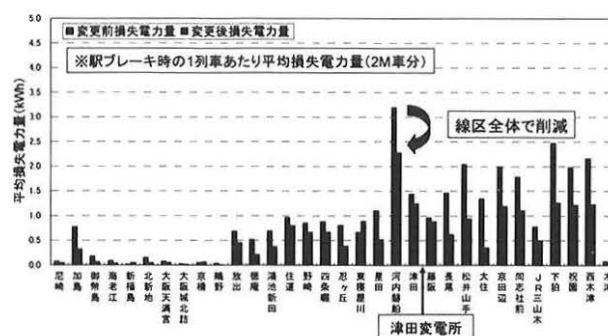


図4 変電所の送出し電圧適正化前後における損失電力量の変化

6. まとめ

- (1) 従来の収集システムと比べて、より効率的なデータ取得と迅速なデータ分析を図るため、広域無線LANネットワークを活用した新しい収集システムを開発した。
- (2) 地上蓄電は、回生絞込みによる損失電力量の低減に効果があることを車両側のデータで実証することができた。
- (3) 変電所の送出し電圧適正化では、当該変電所近傍だけでなく線区全体で回生絞込みによる損失電力量の低減に効果があることがわかった。

7. 今後の取り組み

現在、第3項で示した①については、回生絞込み開始電圧を昇圧し、収集システム搭載編成において、制御応答性能と損失電力量の低減効果の検証に取り組んでいる。また、②の車上蓄電についても、回生失効や回生絞込みの低減による省エネだけでなく、高速域での回生ブレーキ力の拡大も視野に入れて開発を進めている⁷⁾。

【参考文献】

- 1) 小笠、道川 他：電気ブレーキ信頼度測定、平成14年電気学会全国大会 5-219、pp.308-309、2002.5
- 2) 玉置、小笠 他：営業列車における回生絞込みの実態把握、J-Rail' 2003、pp.299-300、2003.12
- 3) 飯島、玉置 他：営業列車における回生絞込みの実態把握、J-Rail' 2004、pp.223-226、2004.12
- 4) 森、山内 他：鉄道におけるIPv6ネットワーク構成と活用、J-Rail' 2004、pp.249-252、2004.12
- 5) 松井、石井 他：上下タイキ電による省エネルギー、J-Rail' 2001、pp.395-398、2001.12
- 6) 梅田、中村 他：直流電気鉄道における蓄電システムのフィールド試験、平成17年電気学会産業応用部門大会、3-43
- 7) 田口、小笠 他：インバータ入力直列キャパシタ蓄電装置の動作基礎検討、平成17年電気学会産業応用部門大会、3-37