

新疋田変電所電力補完装置の適正容量検討

○前田 力 野口 恭平 石川 貴之

安田 隆晴 [電] 伊東 和彦 (西日本旅客鉄道株式会社)

Study of the appropriate capacity of the energy storage system
at the Shin-Hikida substation○Chikara Maeda, Kyouhei Noguchi, Takayuki Ishikawa,
Takaharu Yasuda, Kazuhiko Ito (West Japan Railway Company)

The energy storage system at the Shin-Hikida substation is installed as a backup power source when power reception from the electrolytic corrosion company stops. When the equipment was installed, the capacity to allow the train to run stably was examined even if the power reception from the electric power company stopped. It has been 14 years since the equipment was installed, and there is a possibility that the capacity of the power storage device can be reduced due to changes in train loads. Since it is about to be replaced due to aging, the appropriate capacity was examined in consideration of the operation results so far and the operation after the opening of the Hokuriku Shinkansen.

キーワード：電力補完装置，電池容量，電圧降下，予備電源

Key Words：Energy storage system , Battery capacity , Voltage drop , Backup power source

1. 概要

当社では、2006年の北陸線長浜～敦賀間直流電化に伴い新設した新疋田変電所にリチウムイオン電池を使用した電力貯蔵装置を導入している。導入の目的は、変電所が停止した際のバックアップおよび電圧降下軽減のためである。幸いにもバックアップとして運用されたことはないものの、回生電力の有効活用による省エネルギーや車両の回生失効対策としての機能を果たしてきた。運用開始より14年が経過した今日において、老朽取替の計画が浮上している。通常であれば同等の性能へ取替が計画されるものの、実運用後に装置性能の適正についての評価が行われておらず、導入当初から走行する車両の効率が向上していることもあり、高額なリチウムイオン電池の容量を低減できる可能性が考えられた。また、同区間においては、北陸新幹線敦賀開業に伴い、列車の運用に変更が生じることが予想されることから、その影響についても考慮した計画が求められる。

そこで、本論文では、現状および北陸新幹線敦賀開業後の運用条件における最適な取替計画を検討するために、変電所で計測されている負荷情報と車両に搭載されている運転状況記録装置から新疋田変電所が停止した際に必要となるリチウムイオン電池の容量を算出したので報告する。

2. 電力補完装置について

2.1 容量

電力補完装置の単位装置あたりの主な仕様を表1に示す。新疋田変電所ではこの単位装置が3台並列に直流き電母線に接続され、最大で約1050[kW]の電力を1分間出力できるように運用されている。

表1 蓄電システムの仕様(単位装置)

貯蔵媒体		リチウムイオン電池	
電池側	公称電圧	641V (3.6V×178セル)	
	最大電流	放電	570A
		充電	300A
母線側	最大電流	出力	347A (1000V時)
		入力	119A (1700V時)

2.2 動作モード

電力補完装置には2つの動作モードがある。主たる目的である1つ目が、前章で述べた新疋田変電所が受電停止した場合にき電電圧を補償し列車を安定して走行させる電圧補償モードである。そして、2つ目が、列車の回生電流を回収・貯蔵し、力行する列車へ電源供給することで、使用

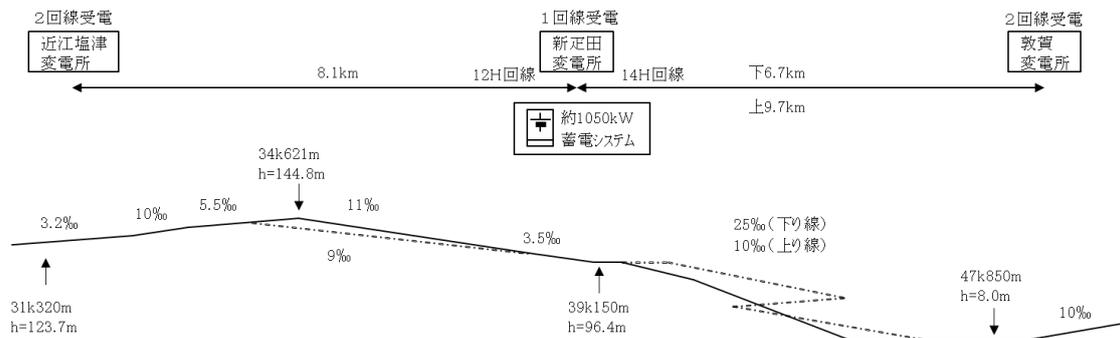


図1 ロケーション図

電力量が削減され環境負荷の低減や電気料金の削減に寄与する回生吸収モードである。これまでに電圧補償モードによる運転した実績はなく、回生吸収モードで運用している。なお、回生吸収モードによる電力削減効果については最大で80kWh/日程度である。

本検討では老朽取替における検討においては列車走行に直接影響を及ぼす電圧補償モードによる運用に対しての仕様に特化して取り組んだ。

3. 検討内容

3.1 ロケーション

電力補完装置が設置されている新足田変電所付近のロケーションを図1に示す。上り線については、敦賀から近江塩津にかけて連続した上り勾配、下り線は連続した下り勾配となっている。よって、検討は負荷が最大となり、電圧補償の必要性の高いことが想定される上り列車を対象に行った。

3.2 検討の進め方

検討を進めるにあたり、新足田変電所に設備されている情報計測装置から時間帯ごとの負荷状況を調査し、基本ダイヤを基に最も高負荷な時間帯に走行している列車を特定する。そして、その列車に搭載されている運転状況記録装置を用いて、通常き電時の近江塩津～敦賀間の架線電圧の推移を取得し、最低架線電圧を把握する。その上で、これらの情報および過去の調査にて報告された電力補完装置の補償電圧を参考に、現在の列車種別・列車ダイヤにて新足田変電所が受電停止した場合に最低限必要な電力補完装置の容量を検討する。加えて、北陸新幹線敦賀開業後の在来線の列車運用についての計画を考慮する。

4. 検討・測定結果

4.1 高負荷な時間帯の調査

新足田変電所の情報計測装置から上り線（12H 回線・14H 回線）における約450日分（2019/4～2020/6）の負荷データを取得・調査した結果、12H回線が16:21頃、14H回線が7:44頃に最も高負荷となることを確認した。参考に、12H回線の各月の最大負荷電流を記録した日の負荷電流推移を重ね合わせた結果を図2に示す。なお、時折見受けられるピークについては列車乱れによるものと確認でき、検討から除外している。

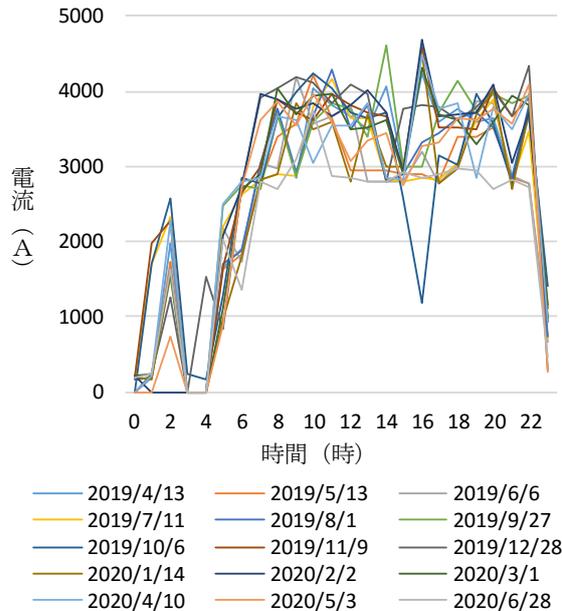


図2 新足田変電所 12H 回線における負荷電流推移

4.2 列車の特定

4.1で確認した時間帯に近江塩津～敦賀間を走行している上り列車を確認した結果を表2に示す。負荷電流が最大となる列車運行パターンとして、「特急列車+貨物列車」、「特急列車2編成」が同区間を走行していることが分かった。

表2 特定した列車一覧

時間帯	列車番号
7:44頃	4004M (特急), 3096 (貨物)
16:21頃	12M (特急), 3030M (特急)

4.3 最低架線電圧の把握

前節で特定した列車の架線電圧を把握するため、列車に搭載されている運転状況記録装置のデータの収集を行ったが、装置が搭載されていない貨物列車および装置種別の異なる3030Mでは収集することができなかった。そのため、4004M 9両編成、4004M 12両編成、12M 9両編成のデータを収集・分析した。なお、貨物列車については4.2の時間帯において敦賀駅周辺を走行中（図3）であることや4004M12両編成で運用される681系や683系の12両編成に比べて列車負荷が小さいことがわかっている。そのた

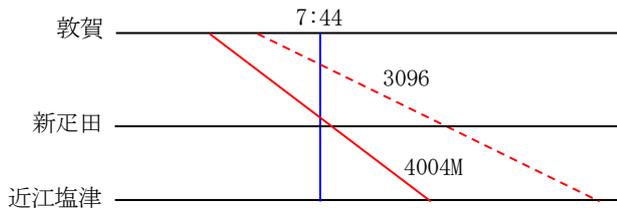


図3 7:44 前後の基本ダイヤ抜粋（上り線のみ）

め、図3の列車位置条件において最低架線電圧を記録する車両が4004Mである可能性が極めて高いことから貨物列車のデータが不足している点については問題がないと判断した。

次に、通常き電時に4004Mの9両編成、12両編成が近江塩津駅から敦賀駅へ走行した際の架線電圧と1ユニット分の集電電流の測定結果を図4.5に示す。なお、図の横軸については敦賀駅を0kmとし、近江塩津駅までの距離を示している。結果より最低架線電圧は9両編成が約1400V、12両が約1080Vであった。また、波形から9両編成に比べて、12両編成ではノッチ操作が頻繁に行われたことが確認された。なお、いずれの場合も運転状況は良好であり、回復運転などは実施されていない。

そこで、運転士へ波形を確認してもらい、運転操作について聞き取りをしたところ、当該区間では図5の4004M12両編成の様な運転方法を通常では行わないとの意見で一致した。さらに、走行時の速度を記録する装置のデータを確認し、図5の4004Mと過去の4004Mの速度を比較したところ、図5の4004Mの運転操作が特殊であることを裏付けることができた。

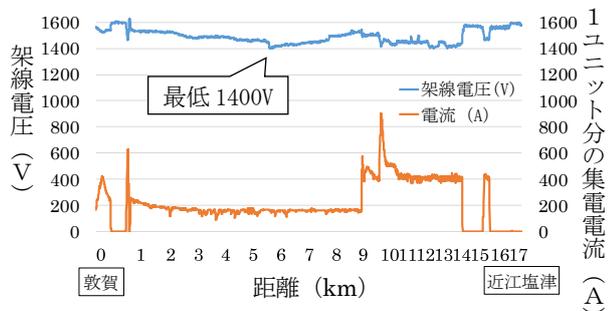


図4 4004M(9両)の架線電圧測定結果

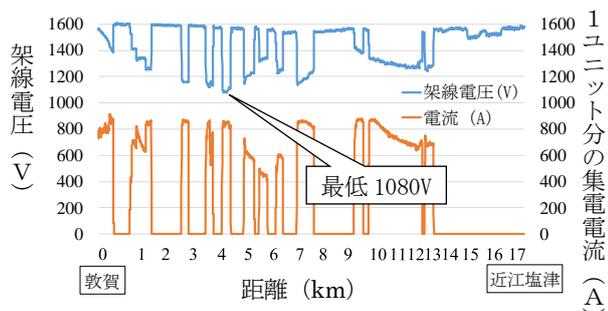


図5 4004M(12両)の架線電圧測定結果

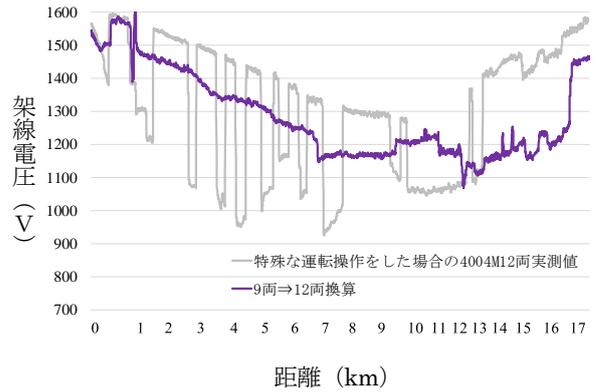


図7 整流器と電力補完装置の停止時における最低架線電圧

4.4 最低架線電圧維持のために求められる性能

本装置の導入時において、整流器と電力補完装置を共に停止させた条件と整流器のみを運転させた条件における最低架線電圧の差が確認されている。この調査では、200～290Vの差が生じていると報告されており、当時の条件においては整流器と電力補完装置が停止することにより架線電圧が最大で290V程度低下することが言える。そこで、この結果および図4、5の実測結果をもとに、最も厳しい条件にあたる整流器と電力補完装置が停止時に12両編成が走行した場合を想定した(図7)。結果では、図4、5の9両編成走行の結果を12両へ換算し、さらにその結果から290Vを減じている。この結果より、通常の運転操作では規定値の1100Vを30V程度、時間にして40秒程度下回る試算が得られ、この電圧および時間を電力補完装置で補う必要があることがわかった。

電力補完装置導入時におけるき電電圧救済効果は、過去の試験結果からおおよそ60V程度1分間であると推定されている。そこで、特殊な運転操作を制限することで、必要な性能を約30V1分間と仮定した場合、電力補完装置の容量を約50%まで縮小可能となる。

5. おわりに

走行車両の電圧電流データおよび過去に検討されたデータをもとに、現状、新疋田変電所の受電が停止時に電車線最低架線電圧の維持に必要な電力補完装置の容量の試算を行った。今後は試算結果の精度を向上させ、最適な容量の検討に努めていきたい。

参考文献

1) 太田康文ほか：「鉄道用蓄電システムの有効活用について」、電気学会全国大会，5-088，pp138-139(2011)