

Invitation To Railway Technology

省エネルギーな鉄道き電システムに向けた取り組み

1. はじめに

東日本大震災以降の電力需給の逼迫に伴い、節電の取組強化が社会的課題となっています。当社においては、省エネ車両の導入、省エネ運転、照明のLED化等さまざまな方策により省エネルギーを実現しようとしており、鉄道き電システムにおいても、再生エネルギーの有効活用に着目し、これまでも、上下タイキ電装置の導入やJR東西線に回生インバータの導入をしてきています。

現在は、「電力貯蔵装置」と「直流電力変換装置」の開発を行っていますので、その取組内容について紹介します。

2. 省エネルギーな鉄道システムの構築に向けて

地上設備として省エネルギーな鉄道システムを目指すにあたって、回生電力に着目をしています。図1にそのイメージ図を示します。

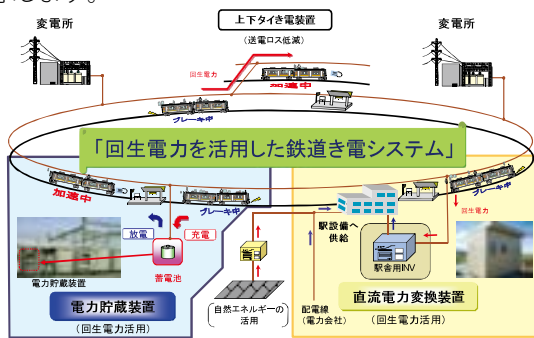


図1：地上設備における回生電力活用のイメージ

上下線のき電線を電氣的に接続し回生電力を融通しやすくする「上下タイキ電装置」、回生電力を地上の蓄電池に貯め列車の加速時に使用する「電力貯蔵（補完）装置」、回生電力を駅の照明等に使用できるように変換する「直流電力変換装置」を効果的に配置することで鉄道き電システム全体としての省エネルギーを実現しようと考えています。表1にこれら装置の概要を示します。

以下に現在開発中の「電力貯蔵装置」および「直流電力変換装置」の内容について説明します。

表1：各装置の概要

	回生インバータ	上下タイキ電	電力貯蔵（補完）装置	直流電力変換装置（駅専用インバータ）
概要	回生電力を変換し、自営の高圧配電線に流し、駅や信号設備に供給する装置	上下線のき電線を接続し、回生電力を融通しやすくする装置	回生電力を蓄電池等に充電し、電車の力行時に放電する装置	回生電力を変換した上で、電力会社の配電線に接続し、駅に供給する装置
活用先	駅や信号設備など（大容量）	他列車	自列車または他列車	駅（小・中容量）
導入開始年	1997年（JR東西線）	2002年（学研都市線）	2006年（北陸線）	未定（開発中）
導入箇所	新福島変電所	学研都市線、JR宝塚線、大和路線、阪和線	新疋田変電所	未定（開発中）
用途	回生失効対策 省エネルギー	省エネルギー 電圧低下対策	変電所バックアップ（省エネルギー）	省エネルギー
その他			コストダウンモデルを開発中	

2-1. 電力貯蔵装置

電力貯蔵装置とは図2の概要図に示すとおり、列車のブレーキ時に発生する回生電力を一旦、二次電池等に貯蔵して列車の加速時に放出する装置です。当社では、2006年に北陸線新疋田変電所に電力補完装置として導入しましたが、導入費用が高価で、省エネルギー効果に見合わないのが現状です（新疋田での導入目的は変電所停止時のバックアップ）。

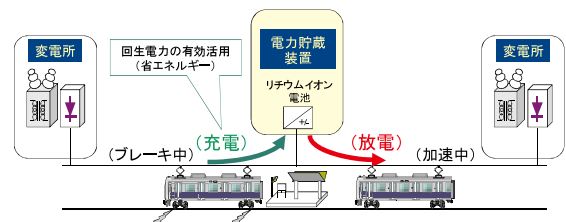


図2：電力貯蔵装置の概要図

そこで、装置のコストダウンを目指し、電気自動車で使用されるようなリチウムイオン電池の採用やシステムの簡素化などを検討した上で試験機を製作し、営業線でのフィールド試験を行っています。平成24年度は性能を確認するために小浜線美浜駅構内で試験を実施し、良好な結果が得られました。現在は、耐久性と省エネルギー効果の確認のため、より列車本数の多い東海道本線野洲き電区分所に移設を行い、平成25年度から平成26年度にかけて試験を実施しているところです（表2、図3）。

表2：電力貯蔵装置の開発スケジュール

項目	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
仕様検討	→				
試験機製作		→			
フィールド試験			→	→	
開発終了					▼

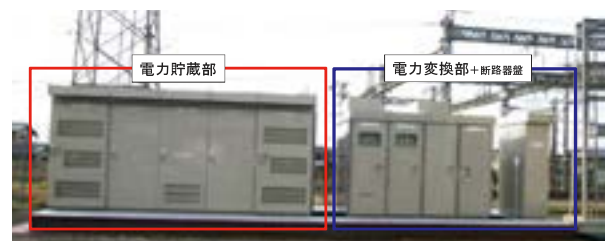


図3：電力貯蔵装置の設置状況
（上：美浜駅構内、下：野洲き電区分所構内）



2-2. 直流電力変換装置

直流電力変換装置は、列車のブレーキ時に発生する直流の回生電力の一部を交流（200V / 100V）に変換し、それを駅の照明等（駅舎負荷）へ供給する装置です（図4）。回生電力が発生していない時は通常の配電線（電力会社等）から供給するため、駅舎負荷から見ると、回生電力の有無に関わらず無停電で電力が供給されることになります。

直流電力変換装置の開発においても、コスト低減を意識しており、装置の肝となる「直流→交流」の変換には既存の鉄道車両で用いられているインバータを、外部の配電線との接続に必要な「系統連系」の技術は太陽光発電等で使用されているパワーコンディショナーの技術を応用しています。

このような思想のもと、開発した試験機を平成25年度に小浜線美浜駅構内へ設置し、性能および省エネ効果の検証を行っています（図5、表3）。

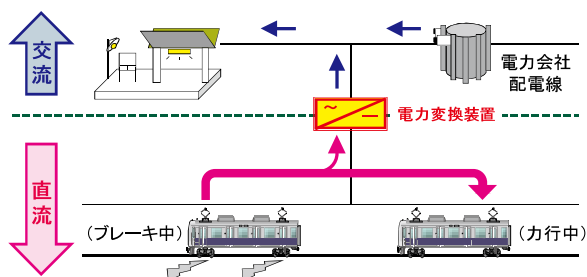


図4：直流電力変換装置の概要図



図5：直流電力変換装置の設置状況

表3：直流電力変換装置の開発スケジュール

項目	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
仕様検討	→				
試験機製作		→			
フィールド試験		→	→		
開発終了				▼	

3. 電力貯蔵装置と直流電力変換装置の特徴と使い分けについて

上述したとおり、電力貯蔵装置と直流電力変換装置はどちらも回生電力を有効活用することができるのは同じですが、下記のような特徴があります。

電力貯蔵装置は、列車の回生電力を列車の加速時に活用することが目的のため、大きな瞬間パワーの回生電力（1MW程度）を扱うことになります。一方、直流電力変換装置は、回生電力の活用先が駅舎負荷であるため、比較的小さな瞬間パワーの回生電力（数十～数百kW）を扱うことになります。

上記を踏まえた上で、東海道・山陽本線の米原～姫路を例に取り、これらの装置の使い分けの考え方を図6で説明します。図6の左縦軸（青線）は、車上で実測した回生電力が有効活用された割合の実測データであり、数字が高いほど、無駄になった回生電力が少ないということになります。また、右縦軸（赤線）は、列車本数を示しており、これらから列車本数が多ければ回生電力活用率が高いという相関が見られます。したがって、回生電力活用率が比較的低い区間（草津以東および西明石以西の複線区間）においては、大きな回生電力を吸収できる電力貯蔵装置が適しており、回生電力活用率は高く列車本数も多い草津～西明石の複々線区間には小さな回生電力を（頻繁に）吸収できる直流電力変換装置が適していると言えます。

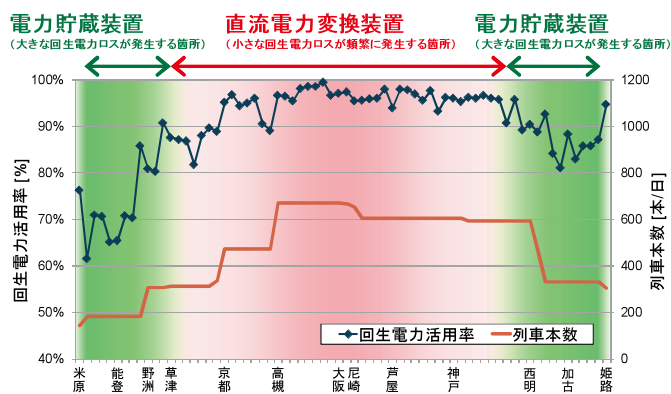


図6：米原～姫時間における回生電力活用率

4. 最後に

今回紹介した開発中の電力貯蔵装置と直流電力変換装置は、JR西日本グループ中期経営計画2017の電力削減の具体的項目として挙げられます。今後もこれらの開発を推進していき、省エネルギーな鉄道き電システムの構築を目指していきます。