

Invitation To Railway Technology

バッテリー電車用蓄電池システムの開発について

1. はじめに

当社は、JR西日本グループ中期経営計画2017で鉄道システムの省エネ化などを目指すための手段として、電車の駆動回路に蓄電池システムを組み込んだバッテリー電車の開発に取り組んでいます。バッテリー電車は、非電化区間も走行でき、その際には、ディーゼルカーとは異なり排気ガスを排出しません。あわせて、図1に示すように、ブレーキ時にはモーターで発電したエネルギーを蓄電池に回収し、車両の加速や車内の空調用などとして活用することで、高い省エネルギー効果を得ることができます。今回、バッテリー電車に組み込む蓄電池システムの開発状況について報告します。

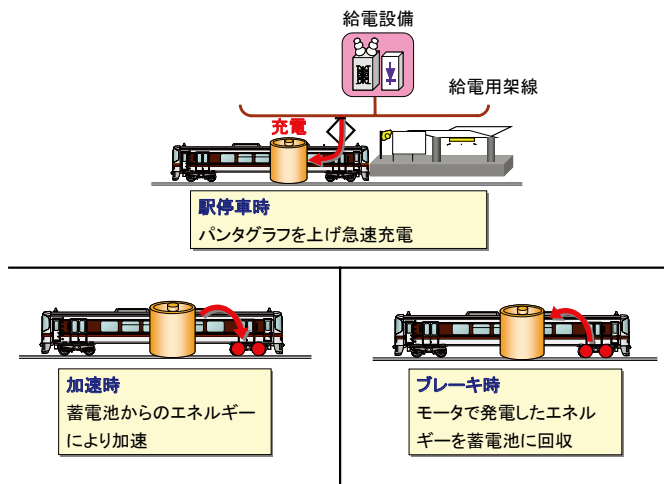


図1：バッテリー電車の動作モード

2. 蓄電池システムの開発ステップについて

バッテリー電車の蓄電池の条件として、車載化する観点から小型・軽量であることが非常に重要です。このことを踏まえ、電気自動車などで採用され、小型・軽量化が図れるリチウムイオン蓄電池を前提として、開発を進めることとしました。蓄電池システムを車両に採用する際の課題として、以下の3点があげられます。

- ①安全性を十分に考慮する必要がある。
- ②リチウムイオン蓄電池は高価であり、寿命性能を把握する必要がある。
- ③蓄電池の充放電制御が安定的に行えること。

これらの課題に対して、当社では図2に示すステップにて、開発を進めることとしました。

STEP2

蓄電池システム性能検証

- ・充放電性能検証(現車試験)

実際の走行条件を考慮

STEP1

蓄電池セル単体検証

- ・安全性検証
鉄道車両に起こりうる条件(火災等)を考慮
- ・寿命性能検証
鉄道車両の使用(充放電)条件を考慮

H22年度

H23年度

H24年度

図2：蓄電池システム開発ステップ

2-1. 蓄電池セル単体検証 (STEP1)

蓄電池単体(セル)の電圧は3V程度であり、蓄電池システムは複数のセルを組み合わせて構成しています。STEP1では、セル単体で安全性検証と寿命性能検証を行い、鉄道車両に適するリチウムイオン蓄電池の見極めを行いました。

2-1-1. 安全性検証について

電車は架線からパンタグラフを通じて、電力が外部から供給されるため、例えば回路がショートしても、パンタグラフを降ろせば、電力が断たれ、安全性を確保できます。しかし、バッテリー電車の場合、蓄電池の中にエネルギーを蓄えているため、蓄電池自身の安全性が非常に重要となります。そこで、安全性の検証を行うために、海外のリチウムイオン蓄電池の試験規格をベースに表1に示すように鉄道車両を想定した独自の試験項目を設定し、検証を行いました。

安全性の目標として、いずれの試験項目においても、発火・爆発が無いことを目指し、その性能を満たす蓄電池を試験に供することとしました。

なお、現在は日本工業規格(JIS)において、鉄道車両を想定した蓄電池の安全性検証の規格が制定されており、その内容は表1とほぼ同等の内容となっています。

表1：安全性検証項目

No	試験項目	想定状況	試験内容
1	火炎曝露試験	車両火災	ガスバーナーで蓄電池を加熱する
2	浸水試験	車両水没	塩水につける
3	衝撃試験	搬送中の落下	上下左右方向に振動を加える
4	衝突(圧壊)試験	他の車両が自車に衝突	丸棒などで、1/2程度の厚みまで押し付ける
5	強制充電試験	充放電装置が故障	過充電させる
6	強制放電試験		過放電させる
7	内部短絡試験	飛来物の突き刺さり	釘で蓄電池を貫通させる
8	外部短絡試験	工具等が接触	金属で端子を接触させる
9	振動耐久試験	車両運用中の振動	上下左右方向に振動を加える



2-1-2. 寿命性能検証について

リチウムイオン蓄電池は非常に高価であり、使用する上で、極力交換周期を延伸したいというニーズがあります。交換周期を検討する際には、リチウムイオン蓄電池の寿命性能を把握することが必要となります。

今回、検証の手法として、実際の鉄道車両の使用状況を一般化して、図3、表2に示すような蓄電池の充放電の負荷パターンを設定し、その負荷を蓄電池に与えて、寿命性能の検証を行いました。また、試験条件として、45℃における加速劣化条件(25℃条件に対し、4倍の劣化速度)にて、検証を行いました。なお、寿命性能は、車両の全般検査周期である8年を目標に検証を行い、その性能を満たす蓄電池を試験に供することとしました。

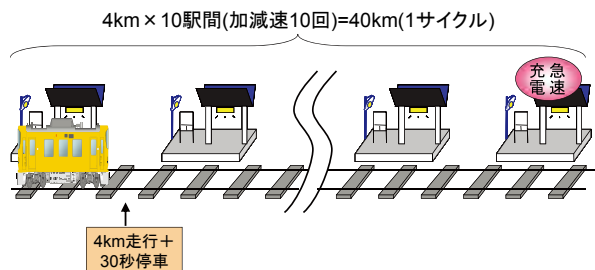


図3：寿命性能評価における想定負荷パターン

表2：寿命性能評価におけるサイクル数の考え方

駅間距離	4km	サイクル数	1日	6サイクル
停車時分(各駅)	30秒		8年	17520サイクル
急速充電までの走行距離(1サイクル)	40km(10駅間)			
走行距離	240km/日			

2-2. 蓄電池システム性能検証 (STEP2)

STEP 2では、蓄電池システムを既存車に搭載し、現車試験にて、蓄電池の充放電性能などの確認を行いました。

今回、試作した蓄電池システムは、図4に示すように、機器構成の簡素化を図りながら、既存の電車と同様の機器を活用するため、蓄電池システムの電圧を高圧(1200V)で構成しました。

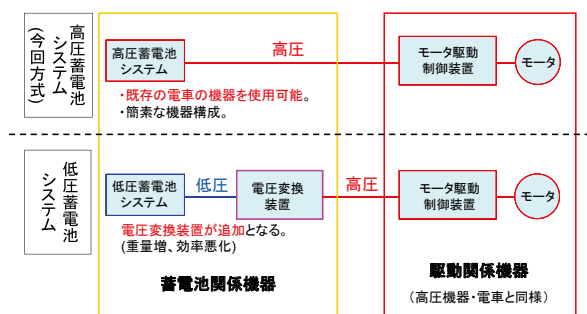


図4：蓄電池システムの電圧による機器構成の比較

2-2-1. 現車試験の概要について

現車試験の概要を表3に、試験時の蓄電池システム設置状況(車内)を図5に示します。

表3：現車試験概要

試験目的	蓄電池システムの充放電性能などの確認
試験期間	平成25年2月7日~2月14日(5日間)
試験区間	山陽本線 網干~有年(約18km)
供試車両	223系2000代
蓄電池容量	102kWh(1200V)
備考	・蓄電池システムを車内に仮設 ・蓄電池の充電は網干総合車両所構内で実施



図5：蓄電池システム設置状況(車内)

駆動回路の構成としては、回路を切り替えることで、蓄電池からの電力でも、架線からの電力(パンタ走行)でも、走行できるようにしました。また、基準データを取得するために、現車試験のうち、1日は架線からの電力で走行したデータを取得しました。

図6に現車試験でのパンタ走行と蓄電池走行における力行試験の結果を示します。この結果から蓄電池走行において、パンタ走行と同様に120 km/h まで加速できることが確認できました。また、パンタ走行時は架線電圧が他の車両の影響で変動していますが、蓄電池走行時は電圧の変動が少なく、安定的に加速できていることが確認できました。

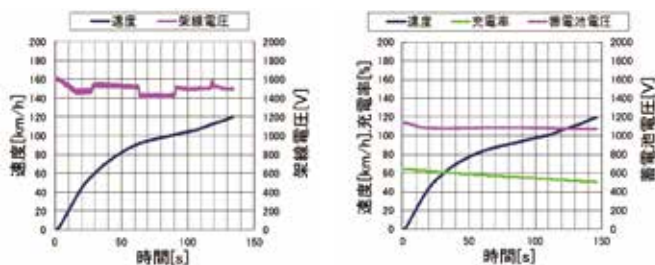


図6：現車試験測定結果(力行試験)

3. 今後の取り組み

今回の現車試験で、蓄電池システムの基本的な充放電性能について確認できました。今後は、今回の現車試験の結果を踏まえ、さらに実用化に向けて蓄電池システムの開発を進めます。