

リチウムイオン電池による架線レス鉄道の開発

○ [電] 荻原 隆 (福井大学) 小沢 浩典 小沢 和典 (エナックス)

山中 重宣 愛 清 仁 原田 昭雄 (大研化学工業)

Development Contactwire-less Railcar by Lithium Ion Battery

○Takashi Ogihara, (University of Fukui)

Hironori Ozawa, Kazunori Ozawa, (Enax Co., Ltd.)

Shigenobu Yamanaka, Hitoshi Aikiyo, Akio Harada (Daiken Chemical Co., Ltd.)

The running test was examined using DC 600V and VVVF inverter type railcar with lithium ion battery. 90kWh and 15kWh of lithium ion battery was used. The relation between running time and voltage, current and integrating watt was investigated in detail. The railcar was run when the lithium ion battery module was discharged between 660V and 480V. On one charge, it was also found from the running test that the railcar could run for about 40km and the mileage improved 9%. The running test was also carried out using VVVF inverter type railcar to investigate charge performance due to regenerative energy. Lithium ion battery module was quickly charged for three times at more than 5C by regenerative braking system. It was estimated that the regenerative ratio was 22% and the effect of energy saving was 28%.

キーワード：リチウムイオン電池，架線レス，省エネ，回生エネルギー，低床車両

Key Words : Lithium ion battery, Contactwire-less, Energy saving, Regenerative energy, Light rail transit

1. 緒言

鉄道車両の駆動源にリチウムイオン電池を適用することで、鉄道におけるさらなる省エネとCO₂削減が期待できる。また、架線レス化による都市景観の向上やディーゼルの代替によるNO_x等の環境負荷低減と低騒音化に貢献できる他に、災害、事後による架線供給不可時の緊急動力源、電圧の異なる路線への相互乗り入れへの活用が見込まれる¹⁾。

近年では、鉄道技術では省エネを図るためにインバータ技術が導入されているが、同時に走行している車両が少ないときは、回生失効が発生する問題もある。そこで、回生エネルギーをリチウムイオン電池へ充電することで、回生失効の問題解決と省エネ効果が期待できる。しかし、回生エネルギーのリチウムイオン電池への充電は、急速充放電を繰り返すことになり、リチウムイオン電池の急激な発熱による電池部材の劣化や寿命が短くなる恐れがある。これまで、本研究では急速充放電に耐える電池部材の開発と放熱性に優れたリチウムイオン電池の開発を進め、DC600V系車両の走行試験を行い、走行性能と電池の耐久性について検討してきた²⁾⁻⁴⁾。

そこで、本研究の目的はディーゼル車両への適用を図る

ために、走行距離の向上を目指して、大容量の大型マンガン系リチウムイオン電池システムを試作し、DC車両での走行試験を行い、リチウムイオン電池の性能を検証することにある。さらに、インバータ車両へ適用し、回生エネルギーをリチウムイオン電池へ充電することで鉄道車両の省エネ効果を検討した。

2. 実験方法

本実験ではマンガン系リチウムイオン電池のL型シートセル(17Ah)を用いた。これを3S10P接続し、ケースに収納して1.6kWhのサブモジュール電池(168Ah)を得た。各サブモジュール電池に保護回路を取り付けて、電圧を管理した。これを54直列して90kWhモジュール電池(1,188kg)を構成し、600V系DC車両(重量40t)車両中央に配置した。一方、回生エネルギーの検討には、600V系VVVFインバータ車両(重量25t)を使用し、15kWhリチウムイオン電池を車両前方へ配置した。使用したシートセルは正方形型シートセル(8Ah)である。これを9S4P接続したサブモジュール電池を18直列接続して15kWhモジュール電池を構成した。実験は、架線からリチウムイオン電池へ充電した後、

力行-惰行-減速-停止のパターンを繰り返しながら連続走行を行い、その時の各サブモジュール電池の電圧、電流及び温度の変化を測定した。

3. 結果と考察

リチウムイオン電池による走行性能を検討するために、4%勾配の登坂線を 40km 走行させた。その結果を図 1 に示す。60kWh による走行試験から、電池走行と架線走行とを比較すると、電池走行では電圧降下の変動が少なく、電池走行により約 9%の省エネ効果があった。これは、架線の場合、変電所からの電力損失と架線とパンタグラフとの接触抵抗による電力損失があるのではないかと考えられる。

さらに、ローカルディーゼル線への導入を想定して、電気容量を 90kWh まで増加させ、同路線を走行させた。90kWh にすることで、40km 走行が可能となり、75 分間走行による消費電力は 75kWh であった。この間、加速毎にリチウムイオン電池へ 500A が流れたが、温度は 20℃程度であった。本実験の結果から、90kWh による走行燃費は、60kWh の場合と比較すると、27%向上していることがわかった。

また、本研究では 15kWh リチウムイオン電池によるインバータ制御式車両の走行試験を行い、回生エネルギーの吸収による省エネ効果を検討した。実験では、1.8km の区間の走行試験を行った。その結果を図 2 に示す。比較のために、通常の架線走行の結果を示す。インバータ車両においても走行時の電圧降下の変化は少ない。約 7 分間の走行で回生エネルギーをリチウムイオン電池へ充電したところ、5C (150A) で充電し、その際のサブモジュールの温度は 30℃以下であった。本実験による電池走行の省エネ効果は約 28%であった。

4. まとめ

リチウムイオン電池による DC 車両及びインバータ車両の走行実験から、架線と同等の走行が可能であり、加速時の大電流放電に対しても安全であることがわかった。DC 車両では約 9%の省エネ効果もあり、電池容量を向上させることで走行距離の向上だけでなく、燃費向上にも繋がることわかった。また、インバータ車両の電池走行では、省エネ効果は DC 車両よりも高く、約 28%であった。

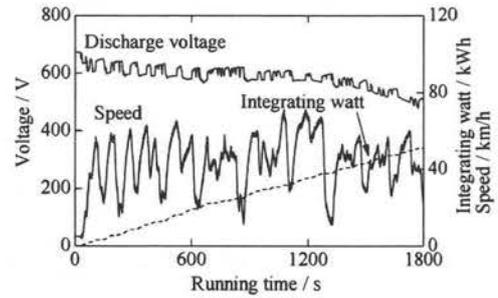
謝辞

本研究は NEDO エネルギー使用合理化技術戦略的開発「2 次電池駆動式車両導入による私鉄省エネルギー技術の研究開発」により行われた。

参考文献

1) 鮫島博, 小笠正道, 山本貴光: エネルギー回収率向上のためのリチウムイオン二次電池車載特性, 鉄道総研報告, Vol. 18, No.5, pp.29-34, 2004.
 2) Ozawa, H, et al.: Synthesis of lithium manganate powders by spray pyrolysis and its application to

電池走行



架線走行

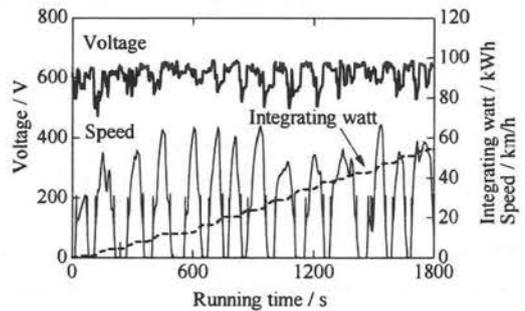


図 1 DC 車両を用いた電池及び架線走行における電圧、速度及び消費電力の比較

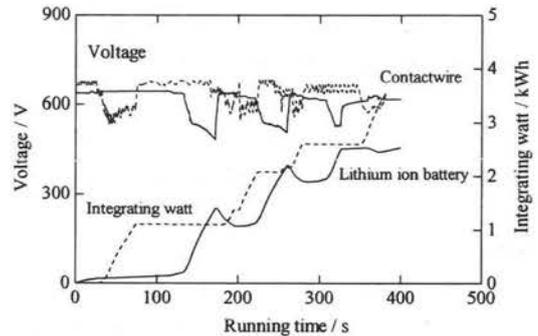


図 2 インバータ車両を用いた電池及び架線走行における電圧及び消費電力の比較

lithium ion battery for tram W.E.V.A. Journal, Vol. 1, pp.19-23, 2007.

3) Ozawa, H, et al.: Running performance of railcar using Mn type of lithium ion battery, Electrochemistry, Vol. 76, pp.184-187, 2008.
 4) Ozawa, H, and Ogihara, T., : Running test of contactwire-less tramcar using lithium ion battery IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 3, pp.360-363, 2008.