

主回路用リチウムイオン電池の気動車制御回路への活用に係る基礎検討

古谷 勇真* 田口 義晃 (鉄道総合技術研究所)

A fundamental study on application of traction lithium-ion battery for diesel-car control circuit
Takemasa Furuya*, Yoshiaki Taguchi, (Railway Technical Research Institute)

A lithium-ion battery module for traction circuit was experimentally reused for control circuit of diesel car. The battery module was tested under a maximum current condition when a diesel engine starts. Test results showed the output voltage and current of the battery module were enough for the engine start.

キーワード：リチウムイオン電池, 再活用, 気動車
(lithium-ion battery, reuse, diesel car)

1. はじめに

鉄道分野においても低燃費・低排出ガスなどの環境負荷低減に対する意識の高まりから、ハイブリッド気動車や蓄電池電車の導入が進んでいる。これらの環境配慮型鉄道車両では、リチウムイオン電池を主回路用の蓄電媒体として使用する車両数も年々増加している⁽¹⁾。

主回路用蓄電池は、主回路構成や主要な用途等によって定格電圧・公称容量は様々であるが、継続使用による劣化・電池交換等は将来的に避けることができない。また、主回路用蓄電池は、複数のモジュール（組電池）を組み合わせて構成される場合が多く、個々の劣化度に応じてリサイクル・再活用を検討する意義は大きい。更に、リチウムイオン電池の安全性を確保する上で、監視装置を備えたモジュール単位での電気的特性に応じて適切な用途を選定することが重要であると考えられる。

一方、従来型の気動車では、制御電源回路にアルカリ電池や鉛電池が使用されており、体積と重量はそれぞれ約0.021m³と約40kgが一般的である⁽²⁾。このため、交換作業を一人で実施することは難しい場合がある。

そこで、一定期間使用した主回路用リチウムイオン電池を気動車の制御回路に再活用することを考え、その基礎検討として、一番厳しい使用条件と考えるエンジン始動時の特性を測定した。

2. 試験条件

〈2-1〉 供試エンジン 従来型の気動車で使用されるディーゼルエンジンは、一般的に総排気量約12Lまたは約15Lのいずれかである。始動用セルモータには直流電動機が

用いられており、制御電源（DC24V）が直接供給されるような回路構成となっている。総排気量が大きいエンジンは、小さなエンジンと比較して始動時のクランキング時間が長くなるため、総排気量約15Lのエンジンを用いた。供試エンジンおよび始動電動機の外観を図1に、主要諸元を表1にそれぞれ示す。

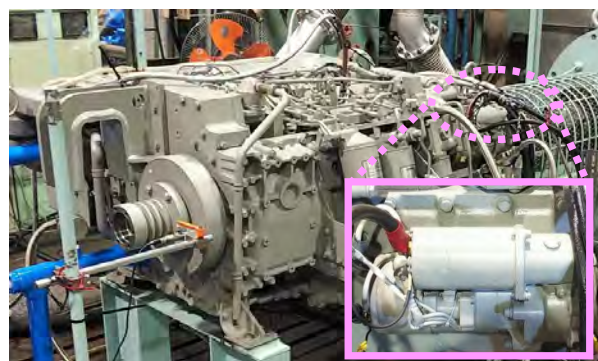


図1 供試エンジンおよび始動電動機の外観

表1 供試エンジンの主要諸元

名称	排ガス対応型4サイクルコモンレール式 ディーゼルエンジン
総排気量	15.24L
定格出力	331kW/2000min ⁻¹
始動方式	スターティングモータ
モータ定格	直流 24V 7.5kW

〈2-2〉 供試電池 試験では、鉄道用よりも小型・高出力なバス用12V鉛電池を2直列した5時間率容量:約120Ahの鉛電池モジュール（以下、鉛バッテリー）および一定期間

使用した主回路用リチウムイオン電池モジュール（以下、リチウムバッテリー）を用いた。なお、リチウムバッテリーの公称電圧・5時間率容量は、鉛バッテリーのそれぞれ約9割・約5割であり、定格最大電流を短時間ではあるが超過する条件で使用することになる。このため、専用の監視装置の使用に加え、エンジン始動回路へのNFB追加・電池表面温度上昇監視等の安全対策を講じた上で試験に用いた。また、質量と体積はそれぞれ鉛バッテリーの約3割と約4割である。

同等の電気的特性における、鉄道用アルカリ蓄電池、鉄道用鉛蓄電池、リチウムバッテリーの重量比を表2に示す。

表2 同等の電気的特性における重量比

種類	アルカリ蓄電池	鉛蓄電池	リチウムバッテリー
重量比	1.0	1.1	0.66

試験回路の構成を図2に示す。一般的に、鉄道用ディーゼルエンジンの始動は最大でも30秒程度で完了するため、図2に示すとおり始動電動機に接続される電線サイズは80mm²とした。

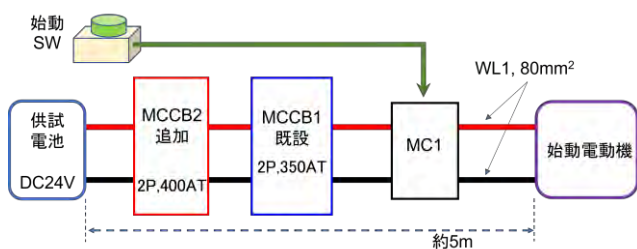


図2 試験回路の構成

〈2・3〉 測定機器 試験ではクランキング動作中における供試電池の電圧・電流の測定を行った。電圧は倍率1/5に設定した高耐圧直流アンプ(AL1301)を介して、電流は測定レンジ2000Aのクランプ(CT7742)用ディスプレイユニット(CM7290)のアナログ出力を、マルチ入力データロガー(NR600)を用いて測定した。なお電流クランプは、始動時の突入電流波形を把握するためにDCモードに、データロガーは1kHz以上のサンプリングに設定した。

3. 測定結果

〈3・1〉 最大電流 鉛バッテリー及びリチウムバッテリーの電流測定結果を図3に示す。なお、鉛バッテリー使用時の最

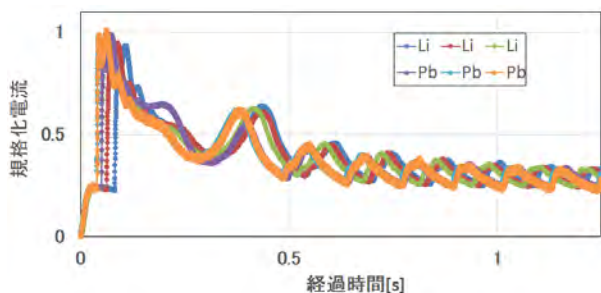


図3 電流測定結果

大電流(3回の平均)の大きさを1として規格化している。クランキング開始直後に生じる大きな突入電流を除き、概ね一定の電流が流れることが確認できた。また、本試験で使用したリチウムバッテリーでは、鉛バッテリーと大きな差異はなかった。

〈3・2〉 電圧降下 クランキング時における鉛バッテリー及びリチウムバッテリーの電圧測定結果を図4に示す。なお、それぞれの公称電圧が異なるため、鉛バッテリーの電圧降下量最大値(3回の平均)を1として規格化している。図4から、リチウムバッテリーの電圧降下の割合は鉛バッテリーと比較して若干小さいことが確認された。また、一番厳しい使用条件と考えるエンジン始動時においても、気動車の制御回路の規定電圧範囲内(約16V~30V)を維持できることから、再活用の1つの用途として適用可能性があると考えられる。

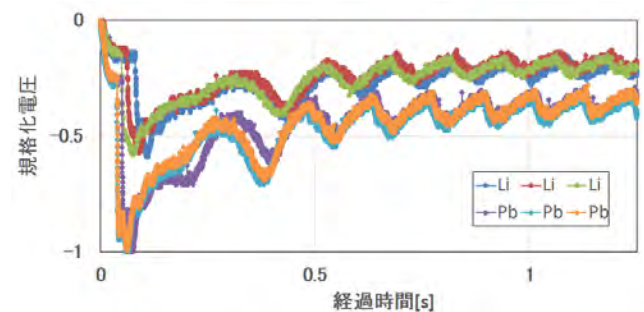


図4 電圧測定結果

4. おわりに

一定期間使用した主回路用リチウムイオン電池を気動車の制御回路に再活用することを考え、その基礎検討として、一番厳しい使用条件と考えるエンジン始動時の特性を測定した。その結果、始動に十分な出力特性を確認することができた。

なお、本結果は耐久性の評価を含まない点と、一般的ではない(全ての製品に対して当てはまるわけではない)点に十分留意する必要がある。このため、再活用を検討するリチウム電池モジュールが有する電気的特性や耐久性、およびこれらの再活用用途との整合性等については、今後さらに検討を進めていきたい。

文 献

- (1) 小笠正道：「バッテリー電車の最近の動向」, 鉄道総研報告, Vol.29, No.9, pp.51-60, 2015
- (2) 鈴木孝光、岩淵剛志：「機関始動用アルカリ蓄電池 TRZ 形の実用評価」, FBテクニカルニュース, No.63号, p44-48(2007)