

急速充電による電池駆動電車の実用的な技術的成立性の検討

秦 広* 門脇 悟志 小笠 正道 (鉄道総合技術研究所)

Study on technical feasibility of battery e.m.u.

Hiroshi Hata*, Satoshi Kadowaki, Masamichi Ogasa, (Railway Technical Research Institute)

We have studied a relation between maximum speed and battery lifetime for lithium ion battery e.m.u. with rapid charge at stations.

キーワード：電池駆動電車，急速充電

(Keywords, battery e.m.u., rapid charge)

1. はじめに

鉄道総研では、2003年に大容量リチウムイオン二次電池を路面電車の車両に搭載して、「電池電車」として一回の充電で25km走行という結果を得た(1)。これにより、電池駆動電車の可能性を示すことができた。また、2007年には72kWhとさらに大容量のリチウムイオン二次電池を搭載した「Hi-tram」を製作した(2)。電池駆動電車に不可欠な技術である急速充電についても開発を進め、数mの長さの剛体架線からパンタグラフで1分間の充電により10kWhの充電ができることを示した。これにより、実用的な技術的可能性が示された。現在、内外で電池駆動車両の研究開発が進められている。

以前、トラムについて、ある前提条件を設定してフィージビリティスタディを行ったことがある。トラムの場合は日本では最高速度が40km/hということもあり、技術的可能性は上記の試験から確認されていた。そこで、コスト面の検討を行った。鉄道線の場合は、車両搭載可能な電池量で現状の車両性能が得られるか？充電時間がダイヤ上許容される範囲にあるか？という課題がある。また、バッテリー寿命（交換周期）が、許容される範囲かという課題もある。これらについて、一般解を求める試みを行った。

電池駆動電車、言い換えれば架線レス電車については、駅での充電のみによる「完全架線レス」と一部区間は架線がありここを走行中に充電する「部分架線レス」の両ケースが考えられる(3)。今回は完全架線レスについて計算した。変数は最高速度、駅間距離、充電頻度（何駅毎に充電するか）とした。その結果、バッテリー寿命を考慮しなければ車両性能は全ての場合で満たされることがわかった。充電時間がダイヤに与える影響については判断材料をつくることができた。バッテリー寿命について上記の変数を変えた

場合の年数を計算した。以下に結果を報告する。なお、今回は技術的な面からの検討とし、コストについては検討していない。

2. 検討の前提

検討の前提を表1～表4に示す。

表1 前提（線区関係）

項目	内容	記事
駅間距離	変数とする	1km、2km、3km、4km
勾配	レベル	
トンネル、曲線	なし	

表2 前提（車両関係）

項目	内容	記事
編成両数	10両	首都圏の通勤電車の代表例
長さ	20m	
編成重量	403t+バッテリー関係36t	
起動加速度	3.0km/h/s	
回生ブレーキ容量	動輪周のパワーで力行最大の1.2倍を最大とした	通勤電車の平均的な値
補機容量	1両当たり40kW	

表3 前提（電池関係）

項目	内容	記事
搭載量	100kWh	1両当たり
寸法、重量、性能	「Hi-tram」搭載品と同等	
急速充電時間	1分間	停車時間は2分
充電頻度	変数とする	1駅毎、2駅毎、3駅毎
サイクル寿命	2000/DOD ²	文献(4)
カレンダー寿命	考慮せず	

表 4 前提 (運転関係)

項目	内容	記事
運転パターン	フルノッチで力行。最高速度に達したら惰行。減速度 2.5km/h/s のブレーキで停車	再力行はせず。
最高速度	変数とする	60,70,80,90,100km/h
停車時間	充電駅は 2 分、非充電駅は 30 秒	
回生失効	なし	

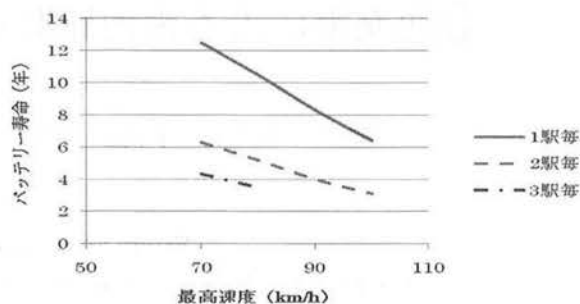


図 4 駅間距離 4km での結果

3. 結果と考察

各駅間距離ごとに横軸に最高速度、縦軸にバッテリー寿命 (交換周期) という形で整理した。図 1～図 4 に示す。

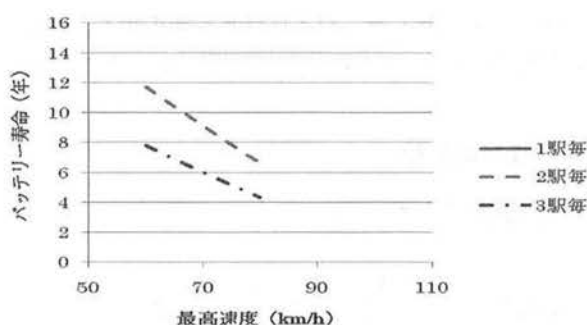


図 1 駅間距離 1km での結果

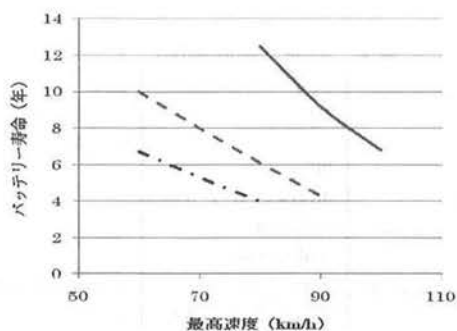


図 2 駅間距離 2km での結果

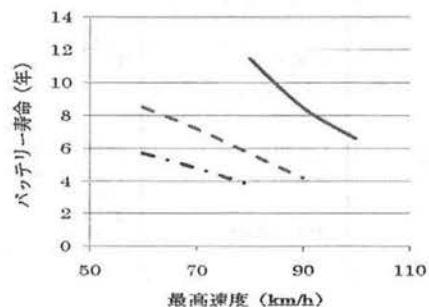


図 3 駅間距離 3km での結果

これらの結果から、全てのケースでバッテリー寿命を考えなければ車両性能は得られることがわかった。また、充電時間がダイヤに与える影響については充電頻度と駅間距離の場合分けから事業者などの検討、計画される方の判断材料を示すことができた。

バッテリー寿命については、

- ・充電頻度が高いほどバッテリー寿命は長い。
- ・駅間距離が短いほどバッテリー寿命は長い。
- ・最高速度が低いほどバッテリー寿命は長い。

ことがわかる。これらは定性的には当然の結果であるが、これを定量的に示したことに本報告の意義があると考えている。バッテリー寿命を何年まで許容するかは技術的判断というより経営的判断になる。最近の電車は工場に入れて全般検査を行う周期が 8 年というケースが多く、バッテリー交換作業がその時にできれば望ましいという意味で 8 年という数字が一つに指標になろう。

バッテリーの研究開発は現在も精力的に進められている。バッテリーがさらに高密度化して積装可能な量が大きく増えた場合や寿命が大きく伸びた場合はこの結果が大きく変わることになる。

4. あとがき

最近、話題になることが多い電池駆動の電車について、バッテリー寿命という観点で検討してみた。電池駆動の検討をされる事業者、自治体等の方々の参考になれば幸いである。

文 献

- (1) 鮫島博・小笠正道・山本貴光：「リチウムイオン二次電池搭載のエネルギー回生型トラム」, J-RAIL2003 講演論文集, pp.87-90(2003)
- (2) 秦広・小笠正道：「架線ハイブリッド電車の試験結果と今後」, JREA, Vol.52, No.5, pp.7-10(2009)
- (3) 門脇哲志・田口義晃・小笠正道・山本貴光・寺内伸雄・秦広：「架線レス LRV 導入へのコスト面のフィージビリティスタディ」, 鉄道総研報告, Vol.22, No.9, pp.47-52(2008)
- (4) 米山崇・田口義晃・小笠正道・山本貴光：「リチウムイオン二次電池の放電深度による寿命予測法」, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 3-32, pp.III-193-196(2005)