

## 54 電池駆動システムの近距離路線バスへの適用実証モデル事業

北川洋一，中里一茂，三浦久典，熱田稔雄，富田友樹

### 1 目的

二酸化炭素排出量削減のために、自動車からの排出量削減対策が急務となっている。このような状況の下、小型の電気自動車開発は、各国の自動車メーカーにより活発に進められており、既に一部は実用化されている。しかし、公共交通に利用できる大型バスの開発は未だ実現されていない。

そこで、本事業では、大型大出力のニッケル水素電池を用いて大型の電池駆動バスを開発し、その性能評価を行った。本事業は、経済産業省からの委託を受け、財団法人新産業創造研究機構を管理法人として、川崎重工業株式会社、フコクインダストリー株式会社、株式会社タイエストと当工業技術センターが共同して実施したもので、工業技術センターは、開発したバスの性能評価、および電池と充電方式の評価を行った。

### 2 開発した電池駆動バス

大型ディーゼルバス（日産ディーゼル工業㈱製 PKG-RA274PAN）を改造することで電池駆動バスを開発した。開発した電池駆動バスを図1に、諸元を表1に示す。



図1 開発した電池駆動バス

モータには、最大出力 150kW、最大トルク 650N・m のブラシレス DC モータを用い、バッテリーには川崎重工業製のニッケル水素電池（電池容量 48.6 kWh）を用いた。

#### 2.1 充電器

路線バスの平均的な1日の走行距離は、約 100km で

ある。開発した電池駆動バスの1充電走行距離は、約 30km であるため、営業時間の中で1日に3回の充電を行う必要がある。従って、日常的に急速充電が不可欠であり、電池を劣化させずに短時間で電池容量を最大限利用できる充電を行う急速充電装置の必要性が極めて高い。

表 1 開発した電池駆動バスの諸元

全長×全幅×全高	11,490×2,490×3,000(mm)
車両重量	13,360 (kg)
定員	47名
車両総重量	15,945 (kg)
エンジン	DC ブラシレスモータ
駆動方式	後輪駆動
最高出力	150kW/3,750rpm
モータ制御装置	IGBT インバータ
電池	ニッケル水素電池
電池搭載容量	48.6kWh
1充電走行距離	30km (20分充電)
最高速度	76km/h

このように、小型自動車用急速充電器は目的地へ到達する前に電池切れとなった場合のセーフティネットと位置付けられているのに対し<sup>2)</sup>、路線バスの場合の急速充電の目的は全く異なる。そこで、本事業ではフコクインダストリーが中心となって Advanced IC&C 方式<sup>1)</sup>による急速充電器を開発した。この充電方式は、SOC(State of Charge)100%まで急速充電が可能な充電方式である。基本的な動作は定電流充電で、電池の端子電圧に基づいて充電電流を制御しているが、他の充電方式が充電電流を流している状態で端子電圧を測定するのに対し、この方式は、最初は定電流充電を行い、充電完了期においては充電と、充電を停止した状態における電池電圧測定を交互に繰り返す動作により正確に満充電を検出するという方式をとっている。

安全に急速充電を行うには、SOC を精度良く推定する必要がある。高精度な SOC 推定法について現在様々な方法が研究されているが研究室レベルにとどまっており、実用的なものは開発されていない<sup>3-4)</sup>。本研究で採用した Advanced IC&C 方式は、充電を停止して電池の端子電圧を測定することで起電力の測定が可能となるため、

現在市販されている急速充電器と比較して、SOC の推定精度が高いという特長がある。また、他の充電方式は予め設定した端子電圧値を基準として充電終了を検出しているが、この方式は端子電圧上昇の変化率がある規定値以下となった時点で充電を停止するため、過充電領域に入る前に充電を終了させることができ、電池の劣化が生じ難いという特長がある。このため、SOC100%までの急速充電が可能である。

## 2.2 バッテリー

現在多くの自動車メーカーが開発中の電気自動車に搭載されているのはリチウムイオン電池であるが、高エネルギー密度と高パワーを両立できるリチウムイオン電池は未だ開発されていない。そこで、大型車両を対象として、本事業で使用したニッケル水素電池と市販されているリチウムイオン電池の性能比較を行った。結果を表2に示す。

表2 電池の性能比較

	本事業で使用した ニッケル水素電池	A社	B社
定格電圧 (V)	324	345	350
エネルギー容量 (kWh)	48.6	51	48.8
定格容量 (Ah)	150	150	139
パワー (kW)	1170	1035	175
最大電流 (A)	3610	3000	500
容量エネルギー 密度 (Wh/l)	56	60	-
重量エネルギー 密度 (Wh/kg)	22	44	97
容量出力密度 (W/l)	1353	1270	-
重量出力密度 (W/kg)	536	880	350
重量 (kg)	2178	1170	500
体積 (l)	863	846	-

この表から分かるように、リチウムイオン電池の重量エネルギー密度はニッケル水素電池の2倍～4倍以上あるが、出力密度で見ると大きな差は無い。一方、最大電流で見ると、ニッケル水素電池はA社の1.2倍、B社の7倍となっている。これより、B社の電池は、エネルギー容量に重点を置いたタイプであり、航続距離を大きくすることに主眼が置かれて設計されたと推測される。従って、これを大型バスに適用するには、パワー不足を補うためにキャパシタの併用などが必要になると考えられる。このように、車輛の軽量化と航続距離を大きくしたい用

途にはリチウムイオン電池が適しているが、路線バスのように、1日の走行距離が予め分かっており、かつ、乗用車に比べて大パワーを必要とする大型車両用電池としてニッケル水素電池は有効である。

## 3 性能評価

公道走行試験を行い、開発した電池駆動バスの性能評価を行った。走行区間は、勾配や渋滞状況を考慮し、大阪市交通局の営業路線の中から108A系統(鶴町~京セラドーム)を選定した。また、二酸化炭素排出量をディーゼルバスと比較するため、この区間を運行しているバスの乗客数調査を実施し、負荷(乗車人数)条件を等しくして測定を行った。

軽油1lの二酸化炭素排出量を0.2619kg、電力量1kwh当たりの二酸化炭素排出量を0.299kg(関西電力の平成20年実績)とし、現在運行しているディーゼルバスの燃費と、今回の実験における電力消費量、充電効率からそれぞれのバスの二酸化炭素排出量を求めた。その結果、ディーゼルバスと比較して、電池駆動バスの二酸化炭素排出量は約28%となる結果が得られた。

## 4 結論

個人が使用する小型乗用車のように航続距離が求められる場合には、リチウムイオン電池が適しているのに対し、走行距離が予測可能な大型路線バスには、出力パワーが大きい電池の搭載、航続距離の短さを補うための急速充電方式の組み合わせが有効な解の1つとなる。

本事業では、大出力パワーのニッケル水素電池(川崎重工業株製)と、Advanced IC&C方式による急速充電方式を採用し、実証実験により有効性を検証した。その結果、電池駆動バスの二酸化炭素排出量はディーゼルバスの約28%となる結果を得ることができ、開発した電池駆動バスの有効性を確認することができた。

## 参考文献

- 1) 内藤史裕, Semiconductor FPD World, 28, 38(2009)
- 2) 姉川尚史, エネルギーと動力別冊, 101(2009)
- 3) V.Pop, H.J.Bergveld, D.Danilov, P.P.L.Regtien and P.H.L.Notten, Battery Management Systems Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications, Springer(2009)p.11
- 4) 太田豊, 橋本芳宏, 電気学会論文誌 B, 129, 118(2009)

(文責 北川洋一)  
(校閲 三浦久典)