

熊本からはじまる電動バスが未来を拓く

地域のサステナビリティとレジリエンスに貢献する EV バスの研究開発

熊本大学 大学院 先端科学研究部 シニア准教授 松田俊郎

1. はじめに

2050年のカーボンニュートラル（CO₂ 排出ゼロ）実現に向けて、熊本大学では、地域のサステナビリティとレジリエンスに貢献するEV（電動）バスの研究開発を進めています。

EVバス普及の為には、EVの本来機能である排気ゼロ、CO₂削減に加えて、従来のバスを凌ぐ高い実用性、低価格化、再生可能エネルギー活用や地域のレジリエンスへの貢献など、新しい付加価値が必要と考え、熊本大学独自のアイデアを、社会実装構想、研究開発の内容、EVバスの設計に織り込み、実証試験を行っています。

熊本大学の研究開発では、EV路線バスとEVスクールバスの社会実装を主要テーマとして取り組んでいます。



EV路線バス
地域のカーボンニュートラル化の為、公共交通の主力である路線バスを電動化

1. 排気ガスゼロ
2. CO ₂ 排出削減
3. 発進・加速が滑らか
4. 静か（低騒音）
5. 運転し易い

EVスクールバス
再生可能エネルギーと連系可能とし、地域のカーボンニュートラル化、レジリエンスに活用

上記1.~5.に加えて
6. 走る蓄電池（電源）
7. 再生可能エネルギー連系

図1 熊本大学のEVバス研究開発

2. EV路線バスの実用化研究開発

1) 技術開発の内容

地域のカーボンニュートラル化の為、公共交通の主力である路線バスを電動化する技術開発を進めています。低価格のEV路線バスを実現する為、量産されている乗用車EVのバッテリーやモーターを活用した大型車用の電動システムと、従来のディーゼルバスを改造してEVバスを製造する技術を開発しました。また、EVバスの付加価値として、ギヤの変速操作を不要にする大容量減速機を開発すると共に、モーターの回生機能を利用した熊本大学独自の1ペダル制御方法（アクセルペダル操作で車両の加速と減速を制御可能）を考案し、運転士の運転操作を大幅に簡素化しました。

技術開発の実行段階では、車両開発、バッテリーなどの電動システム開発、長期の実証試験など

【技術開発の狙い】

- 1) 低価格EVバスの普及拡大
- 2) 排気ゼロ、CO₂排出ゼロの公共交通実現
- 3) 地方創生（全国で改造EVバスを生産）

【技術開発の特長】

- 1) 乗用車のEV量産技術を活用し低価格化
- 2) 熊本独自の制御でバスの運転を容易化
- 3) 路線バスに適用可能な性能とレイアウト
- 4) 全国の車両工場で生産可能な技術

【実証事業】

環境省事業2件を受託し、熊本市と横浜市で実証試験を実施

EVバス、トラックの普及拡大を可能とする大型車用EVシステム技術開発
(熊本市で実証試験) (2016~2018年度)

- | | |
|----------------------|---------------|
| ■ 熊本大学 (受託者・技術開発代表者) | ■ (株)イズミ車体製作所 |
| ■ 熊本県 | ■ 九州産交(株) |
| ■ (株)ピュース | ■ AESC(株) |
| | ■ 日産自動車(株) |

エネルギー密度を向上した大型車用EVシステムの開発と大都市路線バスへの適用実証
(横浜市で実証試験) (2018~2020年度)

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| ■ 熊本大学 (受託者・技術開発代表者) | ■ (株)ピュース |
| ■ 横浜市 | ■ (株)イズミ車体製作所 |
| ■ AESC(株) | ■ 日産自動車(株) |
| ■ 東京電力ホールディングス(株) | ■ (株)e-Mobility Power |
| | ■ 愛知機械工業(株) |

【技術開発の主な内容】

■ 高エネルギーバッテリーシステム

日産リーフ量産技術

バスに搭載し易いバッテリーを開発し160kWhの大容量を実現しました。

リーフ4台分のリチウムイオン電池

■ 高出力モーター

リーフのモーター2基をギヤで連結

路線バスの走行に十分な性能を実現しました。
(出力190kW、トルク3000Nm)

■ モーター回生技術

熊本大学独自のモーター回生制御技術を開発し運転を容易にしました。

- ・アクセルペダルの踏み込み量で加速と減速の強さが変わります。ブレーキペダルを殆ど使わずアクセルペダルの操作で運行可能です
- ・モーターが走行で使ったエネルギーの50%を回収(回生)しています。

■ 車両設計製造技術開発

現在の路線バスに適用可能なEVバスレイアウトと車両技術を開発しました。(大津町の(株)イズミ車体製作所が開発)

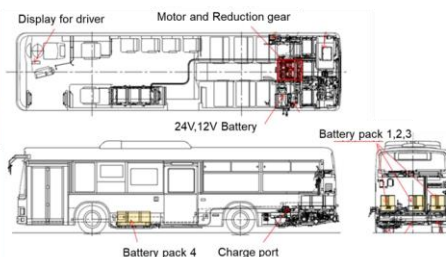


図2 EV路線バス実用化研究開発の概要

に、大規模な産学官の開発体制と研究開発費を要することから、環境省の「CO2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」に応募し、環境省の委託事業として研究開発と実証を進めました。

(図 2 に研究開発内容を示す)

2) 実証事業の成果

2016～2018 年度の事業で開発した実証試験車が、2018 年 2 月から 1 年間、熊本市近郊路線を 1.6 万 km 運行しました。車両の実用性は高い評価を受けると共に、EV バス普及に役立つ多くのデータを蓄積しました。(図 3 に熊本実証試験の概要を示す)

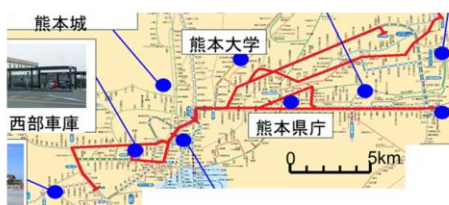
■ 実証試験車(九州産交バス:よかエコバス号)

	大型路線バス (低床型)
	バッテリー容量 90kWh
	急速充電 50kW対応
	重量11,3トﾝ 定員61名
	モーター出力 190kW 電気式冷暖房装置

- ・運行期間 2018年2月～2019年2月
- ・運行距離 16,582km ・輸送人員 23,357人

■ 実証試験路線

熊本市近郊を1日117km走行



■ 試乗会風景

2018年1月にセレモニー試乗会を開催。小学生やくまモンなど、200名が試乗



■ 実証試験まとめ

動力性能や運転容易性など、高い実用性評価を得た

項目	評価結果
動力性能	◎ 殆どの運転士が高い評価
運転容易性	◎ 同上
静粛性/乗り心地	◎ 利用者が高い評価
冷暖房	○ 性能OK
車両レイアウト	○ 利用者の不満無し
排気性能	◎ 排気ガスゼロ
CO2排出量	◎ 3割削減

記号の意味:ディーゼルバス比、◎ 優れている、○ 並み/実用性有り (CO2排出量は充電電力の発電時排出量をディーゼル排出量と比較)

図 3 熊本実証試験の概要

熊本実証事業の動画 [よみがえれ! EVバスプロジェクト始動【#日産ダッシュボード61号】 - YouTube](#)

2018～2020 年度の事業では、バッテリーや急速充電等に最新技術を織り込み、利用者数、急勾配、渋滞が多く EV バスの適用が難しい横浜市で実証試験を行なって、動力性能、運転容易性、快適性など、実用性で高い評価を受けました。(図 4 に横浜実証試験の概要を示す)

■ 実証試験車(横浜市営バス)

	大型路線バス (低床型)
	バッテリー容量160kWh
	急速充電100kW対応
	重量10,6トﾝ 定員74名
	モーター出力 190kW 電気式冷暖房装置

- ・運行期間 2020年2月 2020年9月～2021年2月
- ・運行距離 5,217km ・輸送人員 15,937人

■ 実証試験路線

横浜市営バス路線を曜日毎に路線を変えて運行 (1日50～100km)

(金曜日の路線図を示す)



■ 実証試験車披露セレモニー(2020年10月27日)



■ 実証試験まとめ(横浜市の運転士評価)

本技術の特長である「動力性能」「運転容易性」は、運転士60名の殆どが良いと回答

評価項目	良い	どちらでもない	悪い
発進・加速性能	59		
登坂性能	57		
制動性能	58	1	
アクセルペダルでの発進加速	59		
アクセルペダルでの減速	52	6	
振動	54	3	1

図 4 横浜実証試験の概要

横浜実証事業の動画 [横浜市におけるEVバスの実証実験](#)

3. EV スクールバスの社会実装研究

1) マイクロバス電動化で期待される効果

通勤、通学や施設の送迎などに使われるマイクロバス（全国保有台数 10 万台）は計画的な運行で使われることが多く、特にスクールバスや幼稚園送迎車は、朝と夕方に運行し日中は学校施設に停車しているので、電動化した場合、太陽光発電の電力で充電して走行することが可能です。

わが国では、太陽光や風力などの再生可能エネルギーの導入による地域分散電源（エネルギーの地産地消）の発展が期待されますが、V2G 技術（EV と系統間で電力をやり取りする技術）を使えば、太陽光発電で EV マイクロバスのバッテリーに貯蔵した電力を地域の電力として利用することも可能であり、地域のカーボンニュートラル化に有効です。

また、豪雨や地震等の大規模災害時には、EV マイクロバスのバッテリーに貯蔵した電力を避難所等の非常電源に使えるので、地域のレジリエンスの強化に有効です。

2) 熊本県球磨村で行う EV スクールバスの実証事業

マイクロバス用途の中で、「中山間地のスクールバスの電動化」を社会実装のテーマとして、環境省の事業を受託し、熊本県の球磨村で実証試験を行っています。（図 5 に事業概要を示す）

【事業概要】

1. 事業名 環境省「中山間地域における電動マイクロバスの評価検証委託事業」
2. 事業期間 R3年度～R5年度（R4年1月開始）
3. 受託事業者 / 実施責任者
熊本大学 / 大学院先端科学研究部 松田俊郎
4. 共同実施者 熊本県 球磨村

【期待される効果】

- ・カーボンニュートラル化
- ・エネルギー地産地消（再生可能エネルギー活用）
- ・地域強靱化（移動する非常電源）
- ・グリーンな地域交通
- ★学校統廃合やガソリンスタンド減少に対応
- ★いろいろなマイクロバス用途に拡大

【事業の内容】

- ・球磨村で新型EVスクールバスを運行
- ・再生可能エネルギーを活用し、地域のCO2排出量を最小とする技術を開発
- ・バスを移動可能な非常電源として活用
- ・EVスクールバスの最適な運用方法/制御と地域有用性/事業性をまとめ、社会に発信

【実証試験の構成】

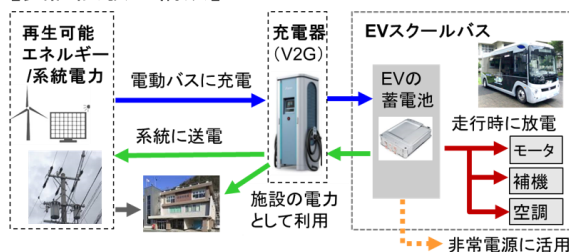


図 5 球磨村実証事業の概要

全国の中山間地では、カーボンニュートラル化、エネルギーの地産地消、災害強靱化などの地域課題があり、過疎地での学校統廃合やガソリンスタンド廃業が進む中で、EV スクールバスを社会実装する価値は高いと考えています。

実証試験では、EV スクールバスの実用性評価と充放電等のデータ収集を行い、シミュレーション技術も駆使して、CO2 と燃料費の削減効果、再生可能エネルギー連系の効果、非常電源としての可能性をあきらかにし、EV スクールバスの最適な運用方法/制御、地域有用性/事業性をまとめて、全国の自治体や自動車業界等に情報発信し、EV スクールバスの社会実装を推進します。

（本事業では、電動バスの車両開発は行わず、既存の電動バス試作車でデータ収集を行います）

球磨村実証事業の動画 <https://www.youtube.com/watch?v=ZJ6g8YHsMEc>

4. その他の主な取り組み

1) EV路線バス普及に向けた仕組みづくりの研究

2050年のカーボンニュートラル化に向けて、路線バスに大量のEVバスを導入する場合に必要な性能(バッテリー容量,充電器出力等)を予測し、バス事業所で必要となる充電電力/電力量、燃料費(電気料金)、電力インフラへのインパクト、電力需給調整の可能性などを検討しています。

(検討例:首都圏のバス事業所(79台運用)では、最大1.6MW程度の充電電力が必要)

(検討例:100kWhのバッテリー容量で首都圏のバス事業所79台の75%をカバー可能)

参考論文:EV路線バス大量運用に必要な性能,電力,燃料費の予測と考察(松田 俊郎ほか)
自動車技術会論文集 53(4) 737-742 2022年6月

2) 商用車の電動化可能性の研究 (電力企業と共同研究)

商用車(全国保有台数15百万台のトラック、バス)を用途毎に22種類にカテゴリライズし、俯瞰的調査と詳細調査を行って、電動化の可能性、充電の可能性などを検討しています。

3) EVバス専用タイヤの研究開発 (タイヤ企業と共同研究)

EV路線バスに最適なタイヤの特性を開発するとともに、タイヤ転がり抵抗の低減による、EV路線バスの消費電力の低減効果をあきらかにしています。

プレスリリース [熊本大学と\(株\)ブリヂストンが共同研究でEVバス専用タイヤを開発—横浜市で行われる環境省委託事業のEVバス実証実験で性能を実証— | 熊本大学\(kumamoto-u.ac.jp\)](#)

4) EVバスの社会実装 (熊本大学のEVバス事業に参画した企業の活動)

熊本大学のEVバス研究開発で培った技術を使ったEVバスの社会実装が始まっています。

(下は熊本城周遊バスの事例)

[熊本城周遊EVバス運行 9日から:朝日新聞デジタル\(asahi.com\)](#)