

「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業／  
10分間充電運行による大型EVバス実証事業（マレーシア）」  
個別テーマ／事後評価委員会

資料5



# 「10分間充電運行による大型EVバス 実証事業（マレーシア）」（事後評価）

## 事業説明資料【公開】

2015年度～2021年度 7年間

東芝インフラシステムズ株式会社、株式会社ピューズ  
株式会社ハセテック、株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル  
NEDOプロジェクトチーム(スマートコミュニティ・エネルギーシステム部、国際部)

2022年6月

複製を禁ず



PUTRA NEDO  
EV BUS PROJECT

1. **事業の位置付け・必要性（NEDO）**
  - （1）事業の意義**
  - （2）政策的必要性**
  - （3）NEDO関与の必要性**
2. 実証事業マネジメント（NEDO）
  - （1）相手国との関係構築の妥当性
  - （2）実施体制の妥当性
  - （3）事業内容・計画の妥当性
3. 実証事業成果（事業者）
  - （1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性（事業者）
  - （1）事業成果の競争力【一部非公開】
  - （2）普及体制【一部非公開】
  - （3）ビジネスモデル【一部非公開】
  - （4）政策形成・支援措置
  - （5）対象国・地域又は日本への波及効果の可能性【一部非公開】

## ■ スコープ

・我が国の充電技術を活用したEVバス運行を含めたシステムの国際展開

- ① 10分間充電運行による大型EVバスの実証試験をプトラジャヤ市(PPJ)で実施する。
- ② マレーシア及びASEAN地域で都市交通パッケージ事業の広域展開モデルを構築する。

## ■ ミッション

- ・マレーシア政府との連携を強め、プロジェクトへの支援及び普及展開への協力体制を構築する。
- ・事業者が計画の実証成果を上げられるよう、プロジェクトの運営を的確に管理する。

## (スマートコミュニティ・エネルギーシステム部の役割)

日本の技術を活用し現地企業とも連携しながら、同市の都市交通システムの効率向上によるスマート化を図り、本事業をショーケース化することで、マレーシアがASEAN地域のEVハブとなることに貢献し、都市交通パッケージ事業の広域展開を目指す。国際展開での課題があればその対策等も検討。

- マレーシア政府は、経済変革プログラムにおいて、2020年までに2,000台のEVバス導入計画があった。また、現在はMinistry of Transportation(MOT)において2030年までに10,000台のEVバス導入計画。東南アジア諸国の中でも、EVバス導入政策を強化している。
- マレーシアの行政首都であるプトラジャヤ市は、政府機関が集中しており、都市計画としてグリーンシティを掲げているなど、マレーシアおよび東南アジア諸国連合(ASEAN)地域におけるEV(Electric Vehicle)バスのショーケースとして最適な都市と言える。
- 中国では2016年、世界的にも2018年前後からEVバス普及が本格化した事で中国製の安価な電動部品が急速に流通し始め、モジュール化が進んだ完全電動化EVバスが現れ、EVバスを取り巻く市場環境が大きく変化。

# 1. 事業の位置付け・必要性（3）NEDO関与の必要性

## NEDOが推進すべき事業

NEDOのミッション：エネルギー・地球環境問題の解決、産業技術の強化

国際エネルギー実証のミッション：将来の先行実証、エネルギーセキュリティへの貢献、日本企業の海外展開支援

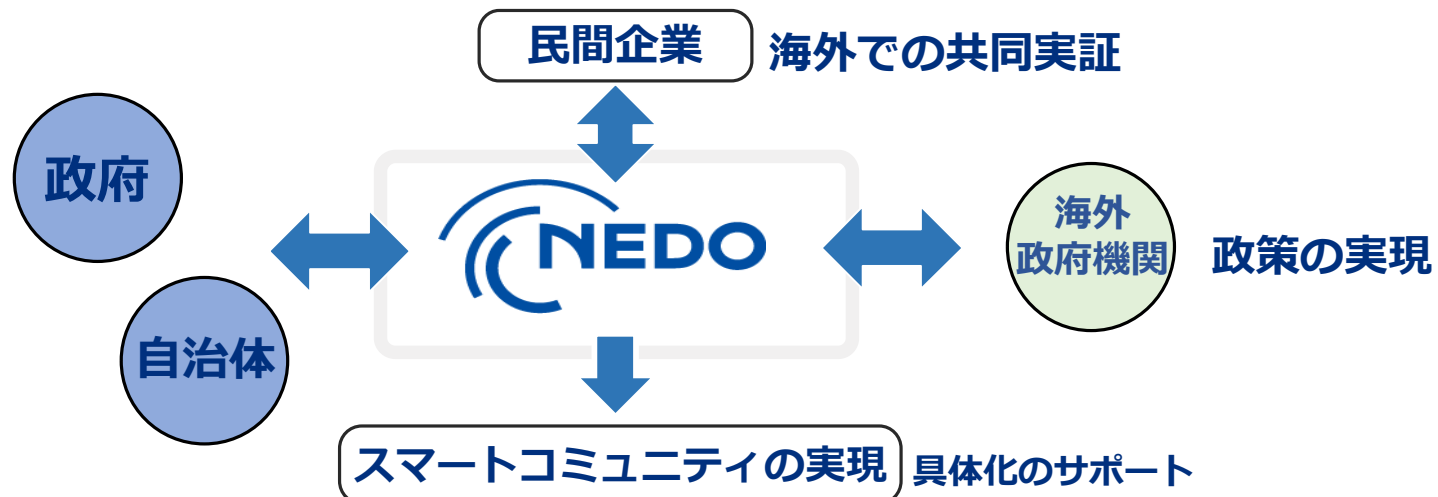


実証事業を円滑に遂行していくためには、官民一体となった取り組みが必要であり、政府機関とのネットワークを活用し、民間企業の海外市場での取り組みをサポートすることが不可欠



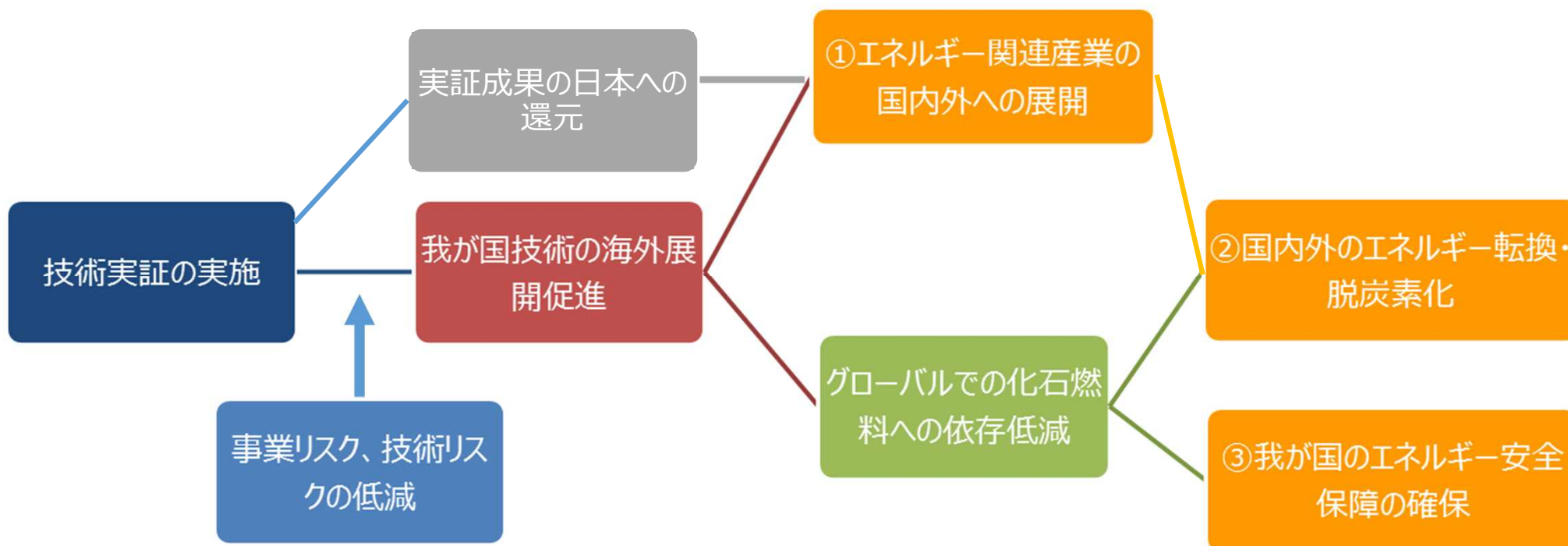
## 「実証の場」を創出

- 👉 10分間急速充電による大型EVバス実証
- 👉 ASEAN地域都市交通パッケージ事業の広域展開モデルを構築



## エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業

3E+S（安定供給、経済性、環境適合、安全性）の実現に資する、我が国の先進的技術の海外実証を通じて実証技術の普及に結び付ける。さらに、制度的に先行している海外のエネルギー市場での実証を通じて、日本への成果の還元を目指す。これらの取組を通じて、我が国のエネルギー関連産業の国内外への展開、国内外のエネルギー転換・脱炭素化、我が国のエネルギーセキュリティに貢献することを目的としている。（出所：基本計画）



1. 事業の位置付け・必要性（NEDO）
  - （1）事業の意義
  - （2）政策的必要性
  - （3）NEDO関与の必要性
2. **実証事業マネジメント（NEDO）**
  - （1）相手国との関係構築の妥当性**
  - （2）実施体制の妥当性**
  - （3）事業内容・計画の妥当性**
3. 実証事業成果（事業者）
  - （1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. 事業成果の普及可能性（事業者）
  - （1）事業成果の競争力【一部非公開】
  - （2）普及体制【一部非公開】
  - （3）ビジネスモデル【一部非公開】
  - （4）政策形成・支援措置
  - （5）対象国・地域又は日本への波及効果の可能性【一部非公開】

## 2. 実証事業マネジメント (1) 相手国との関係構築の妥当性

### (1) 相手国との関係構築と事業推進

● 2015年7月 Memorandum of Understanding(MOU)& Implementation Document(ID)調印

● 2016年12月 シングルデッカーバス(SD) 第1号現地到着イベント

● 2017年8月 運転開始式開催

● 2018年3月 SD実証終了・プトラジャヤ市(PPJ)に譲渡  
● 2018年4月 ダブルデッカーバス(DD)& レスキューバス(RSQ)開発開始

● 2019年10月 480kW超急速充電ステーション完成

● 2020年1月 レスキューバス現地到着

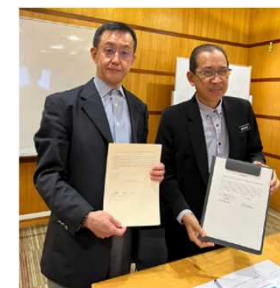
● 2020年3月 COVID-19に伴う現地外出制限令発令

● 2021年10月 ダブルデッカーバス・レスキューバス 現地試験開始

● 2021年12月 展示会参加

● 2022年3月 運行データ取得完了 DD・RSQ性能保証受領

● 2022年3月31日～  
事業終了&譲渡



ステアリング会議の様子



バス開発における試験立合



市長へEVバス説明の様子



展示会の様子



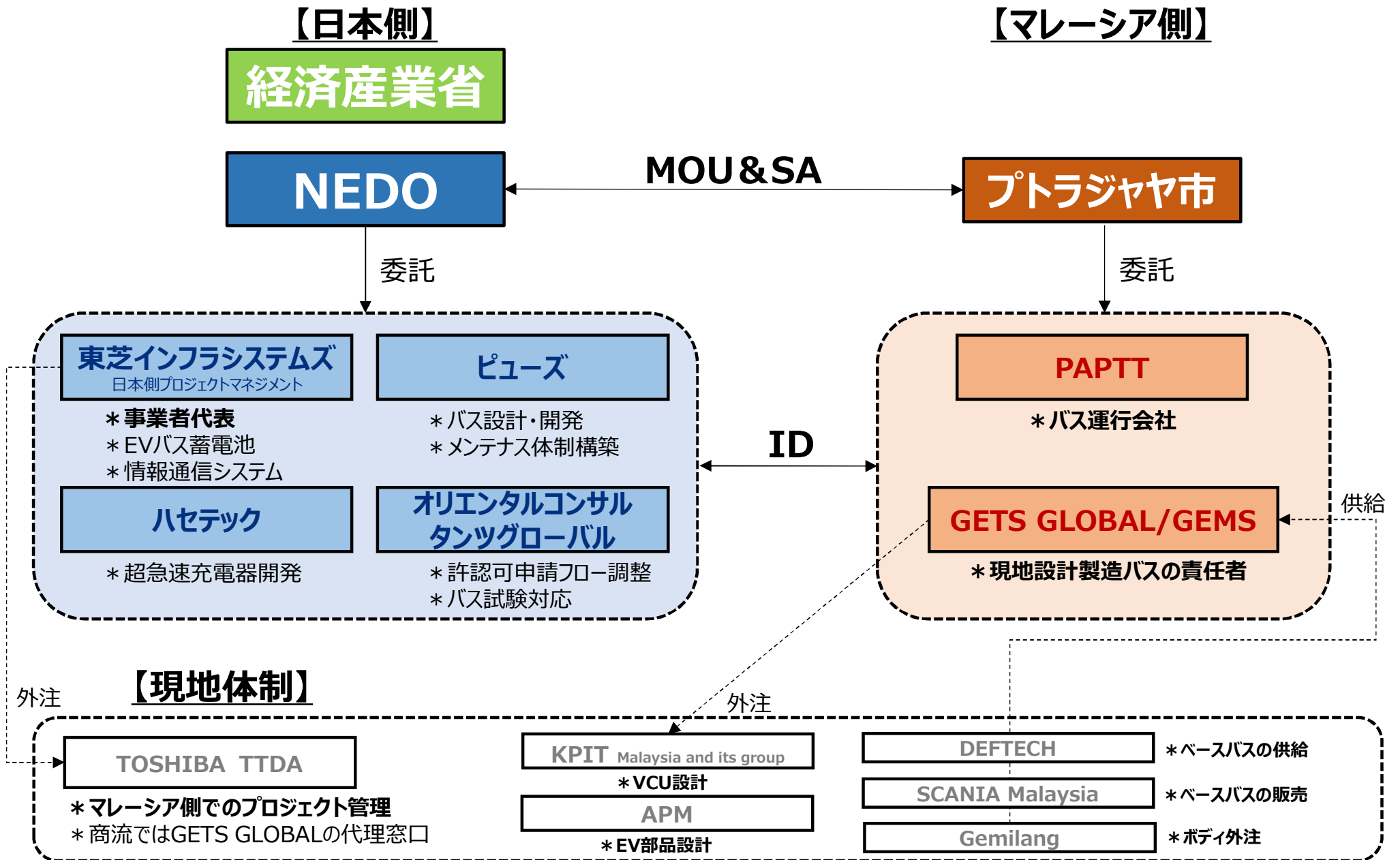
運転開始式の様子



日馬関係者が共通意識を持てるよう、プロジェクトの愛称、ロゴを作成。  
プトラジャヤをショーケースとして、全国に普及展開できるよう“Putra”と“NEDO”を組み合わせている。

## 2. 実証事業マネジメント（1）相手国との関係構築の妥当性

### 実証実施体制(ダブルデッカーバス)





## 2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制の妥当性

会議体等	頻度 または回数	目的	具体例
Steering Committee (NEDO、PPJ、委託先)	年2～3回	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト・スケジュール管理</li> <li>情報共有・課題解決に向けたコンセンサス形成、および事業の円滑な推進のための便宜供与の依頼</li> <li>必要な実務処理のための働きかけ</li> <li>成果の情報発信・広報の共同推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>追加実証実施等の提案と合意形成</li> <li>実証終了後の資産運用・管理のためのコンセンサス形成</li> </ul>
定例会議 (NEDO、委託先)	毎週火曜日	<ul style="list-style-type: none"> <li>NEDO⇔委託者間で交わす「実施計画書」に基づく報告により進捗管理。</li> <li>確認、示唆、NEDO規定・責任範囲内の意思決定、承認のため協議等</li> </ul>	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>情報・課題・問題の共有</li> <li>予算の適切な管理</li> <li>情報発信・広報の推進</li> <li>対処方針・審議（適宜）</li> </ul>
技術定例会議 (委託先)	毎週木曜日	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細なプロジェクト・スケジュール管理</li> <li>情報共有・課題解決に向けたコンセンサス形成、役割分担</li> </ul>	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>バス、充電器、情報システムなど担当ごとの進捗・課題・問題の共有と対策協議</li> <li>各種仕様・試験項目・試験方法等の設定、結果検証</li> </ul>
現地パートナー定例会議 (委託先、現地パートナー)	毎週木曜日	<ul style="list-style-type: none"> <li>バス開発を中心にプロジェクト・スケジュール管理</li> <li>情報共有・課題解決に向けたコンセンサス形成、役割分担</li> </ul>	定例プロジェクト進捗管理 <ul style="list-style-type: none"> <li>情報・課題・問題の共有（サブチームでの対応結果を確認）</li> <li>事業者会議に週一報告</li> </ul>
リスク管理	適宜	「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>次項参照</li> </ul>

## 2. 実証事業マネジメント (2) 実施体制の妥当性

2018年2月にNEDO国際部が制定した「国際実証におけるリスクマネジメントガイドライン」に基づき、国際実証を実施する上でのリスク要因について、NEDOと事業者で議論を行い、想定されるリスクに対する対応計画を検討・策定し、事業に臨んだ。

図 リスク一覧と具体的な議論例



**● コロナ感染拡大にともなう実証計画の調整**  
 ・マレーシア国内での行動規制、またロックダウンに伴うバス組み立て作業の遅延などが発生した。  
 ・委託先と協議し、作業工程や体制等を見直し、世界でも稀なリモートでのバス組み立てを遂行した。

### SD運転開始式



## 2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性

### DD譲渡式



## 2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性

### 事業内容

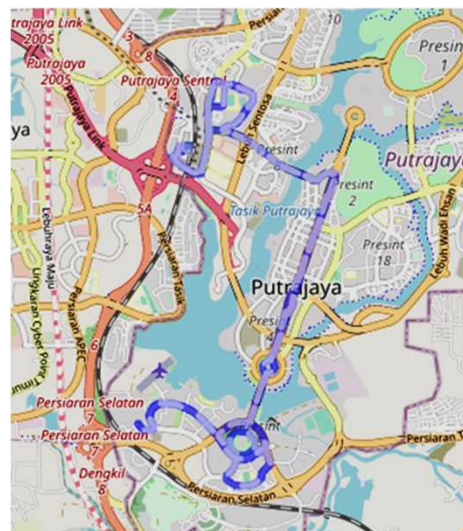
### アクションプラン

政府機関が集中する低炭素グリーンシティであるプトラジャヤ市において、急速充電性能と長寿命特性を兼ね備えたリチウム系二次電池を応用した超急速充電方式（10分間充電）の大型EVバスシステムを投入する。

#### 目的・テーマ①

**シングルデッカーバス (SD)** 2015～2017年度 **計10台**  
10分間急速充電による短距離輸送を実証する。  
EVバスの走行能力や省エネ効果をデータ分析・解析し、今後のASEAN地域への普及可能性を検討する。

#### ■ 実証エリア規模感 (バス運行ルート：約30km)



プトラジャヤ市内バス走行ルート

#### 目的・テーマ②

**ダブルデッカーバス (DD)** 2018～2021年度 **計2台**  
市場環境や現地ニーズに対応し、マレーシア初国産全電動化2階建てEVバスを開発し、短距離輸送を実証する。  
また、最適制御による安全性・経済性を評価する。

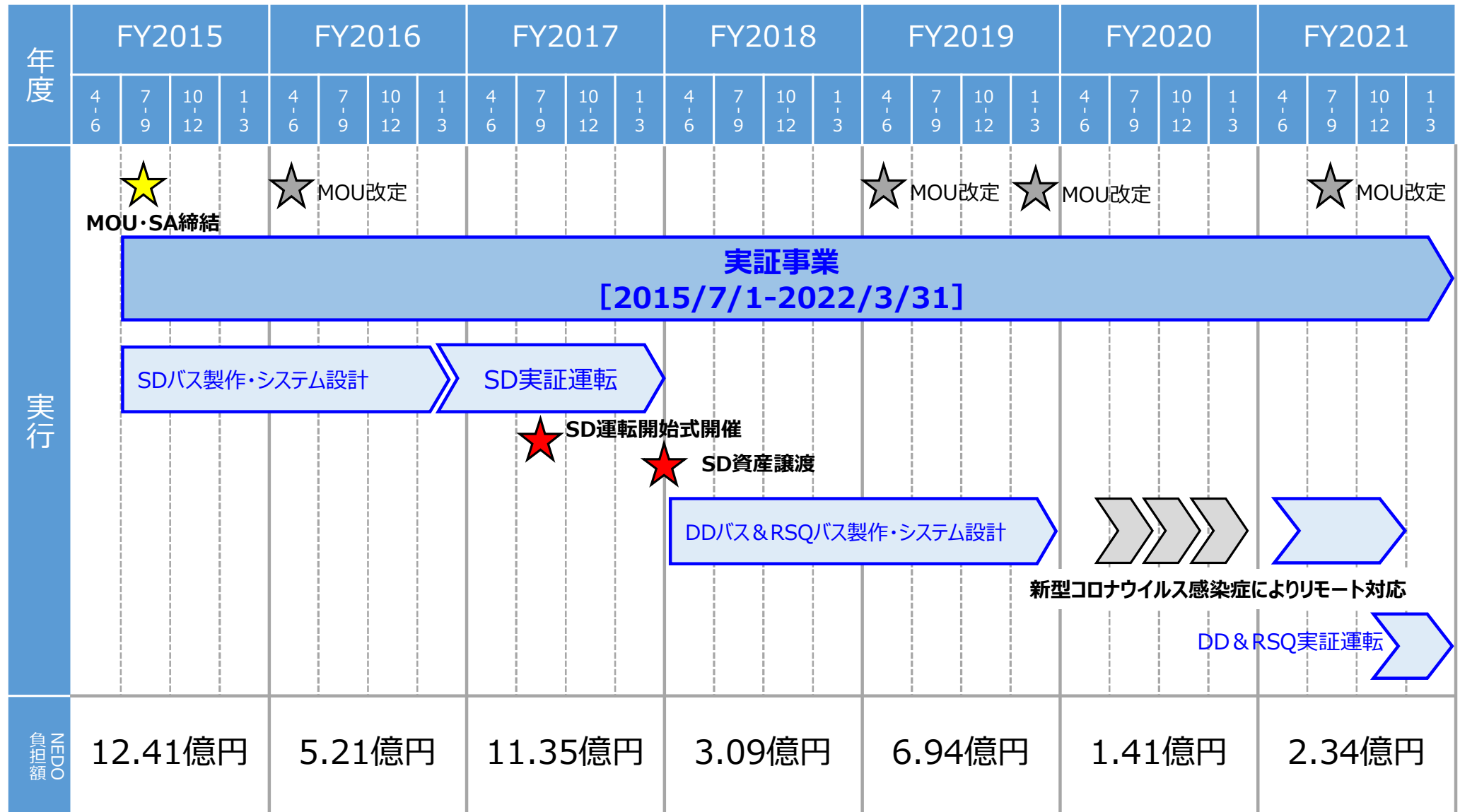
#### ■ 事業モデル



## 2. 実証事業マネジメント (3) 事業内容・計画の妥当性

### スケジュール

新型コロナウイルス感染症の影響を受け、訪馬が困難となる時期があり、遅延が生じたがリモートでのEVバス設計に変更する等、臨機応変に対応した。



【NEDO負担額】= **総計 約43億円**

【相手国負担額】(電気料金、ドライバー等人件費、バス設置代、その他費用) = **総計 約4億円程度**

1. 事業の位置付け・必要性（NEDO）
  - （1）事業の意義
  - （2）政策的必要性
  - （3）NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント（NEDO）
  - （1）相手国との関係構築の妥当性
  - （2）実施体制の妥当性
  - （3）事業内容・計画の妥当性
- 3. 実証事業成果（事業者）**
  - （1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義**
4. 事業成果の普及可能性（事業者）
  - （1）事業成果の競争力【一部非公開】
  - （2）普及体制【一部非公開】
  - （3）ビジネスモデル【一部非公開】
  - （4）政策形成・支援措置
  - （5）対象国・地域又は日本への波及効果の可能性【一部非公開】

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

#### 超急速充電EVバスシステム開発一覧

SDフェーズ 2015-2017年度

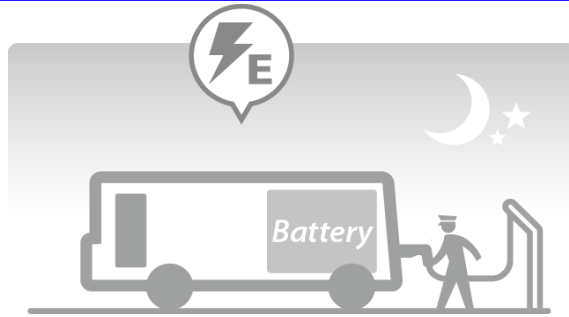
DDフェーズ 2018-2021年度

構成設備	構成設備
日本設計システム	日本基礎設計に基づくマレーシア詳細設計
<ul style="list-style-type: none"> <li>● シングルデッカーバス 10台                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12m大型低床シティーバス仕様</li> <li>- 車両電池容量86kW</li> </ul> </li> <li>● SQC-320kW 4式                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- DC320kW充電 (CHAdeMOプロトコル)</li> <li>- 上昇式パンタグラフ</li> </ul> </li> <li>● 情報システム</li> <li>● ステーション工事</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ダブルデッカーバス 2台                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 12m大型低床DDシティーバス仕様</li> <li>- 車両電池容量177kWh</li> </ul> </li> <li>● レスキューバス1台</li> <li>● SQC-480kW 1式                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- DC480kW充電 (CHAdeMOプロトコル)</li> <li>- 下降式パンタグラフ</li> </ul> </li> <li>● 情報システム</li> <li>● ステーション追加工事</li> </ul>

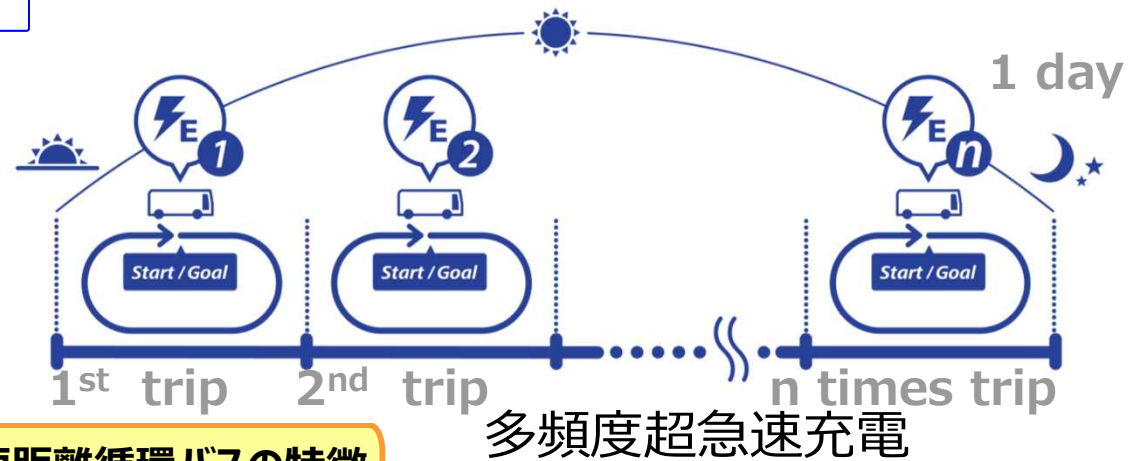




#### 多頻度超急速充電のコンセプト



夜間充電



短距離循環バスの特徴  
・決まったルートを行  
・同じ場所に戻る

#### 解決策

多頻度充電  
→少ないバッテリー容量

超急速充電  
→充電時間の短縮

#### 夜間充電バスの懸念

走行距離を長くするには  
大容量電池が必要

充電時間が長いと  
運行ダイヤに影響を与える

バッテリー寿命の劣化

長寿命バッテリーの使用  
→メンテナンスコスト低減

#### 10分間充電ソリューション コンセプトの意義

夜間充電方式よりも短距離循環バス向きである多頻度超急速充電コンセプトが、1日200km以上の短距離循環バスで十分実用性があることを検証する。



東南アジア  
循環ルート  
1日平均走行距離

**200km以上**

#### 本実証の充電システム

	超急速充電 (多頻度充電)	夜間充電 (電池搭載量を増やす)
電池容量	100kWh以下	300kWh以上
充電時間	10分間	5時間
走行距離	30km × n周	150km前後
電池種類	東芝SCiB™	通常のリチウムイオン電池
電池寿命	10年以上を目標に設計	5年程度
シャーシ	既存シャーシでも対応可能	電池搭載量が多いため、EV専用シャーシが必要

## プトラジャヤ市の運行実証ルート

実証ルート選定：10分間充電による多頻度超急速充電の強みを活かせる短距離循環の公共バス運行ルートを選定し、実証。  
ルート上には市庁舎をはじめ市内での観光拠点が並び、本実証の認知度向上も期待。



(参考) 気温：最高気温35度、平均気温26～27度  
プトラジャヤバス乗客数：13,150人/日 (480万人/年) ※COVID-19前

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2017年度 シングルデッカーバス (SD)



製作者	PUES
パートナー	DEFTECH
シャーシ	SCANIA マレーシア
規格	L11.86m×W2.499m×H3.800m
空車重量	11.5t
最大重量	16.0t
乗員	64名
電池	東芝製SCiB™86kWh
電池パック	PUES(空冷)
充電方式	DC320kW(パンタグラフ)
最高速度	80km/h
登坂	20%

- マレーシアで最も普及しているシティバスモデルを採用
- ディーゼル完成車をEVに改造、マレーシア初の超急速充電対応EVバス
- 2015年時点でバスに唯一搭載可能であった上昇式パンタグラフを採用

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 ダブルデッカーバス (DD)



製作者	PUES
パートナー	GEMS
シャーシ	SCANIA マレーシア
規格	L11.996m×W2.500m× H4.200m
空車重量	17.1t
最大重量	22.0t
乗員	93名
電池	東芝製SCiB™177kWh
電池パック	東芝(チラー水冷)
充電方式	DC480kW(パンタグラフ)
最高速度	80km/h
登坂	20%

- ダブルデッカーEVバスとしては、東南アジア初のパンタグラフ型超急速充電による車輛
- コロナ禍でのリモートによる設計、製作によりマレーシアでの現地化を進めた。
- ベルトドライブ補機を廃し、全電動化に成功 (メンテナンスがより容易となった)

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 レスキューバス (SD)



製作者	PUES
パートナー	DEFTECH
シャーシ	SCANIA マレーシア
規格	L11.86m×W2.499m×H3.800m
空車重量	12.6t
最大重量	16.6t
乗員	62名
電池	東芝製SCiB™ 86kWh
電池パック	PUES(水冷)
充電方式	DC320kW(パンタグラフ)
最高速度	80km/h
登坂	20%

- バスtoバスの給電機能を搭載
- DDと同じ下降式パンタグラフを採用
- DDと同じ水冷式電池を採用



RSQバスには給電ユニットが搭載されており、電欠したEVバスにケーブル接続し、バスからバスへ給電可能

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2021年度 充電器

#### SD 320kW充電器



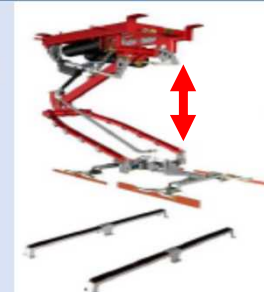
製作：ハセテック  
L：4.4m x W：1.49m x H：2.2m  
重量5.8t  
定格入力電圧：AC415V  
定格入力電流：380 kVA  
出力電圧：DC150～450V  
出力電流：10A～800A



#### DD 480kW充電器



製作：ハセテック  
L：4.0m x W：1.5m x H：2.8m  
重量5.3t  
定格入力電圧：AC415V  
定格入力電流：570 kVA  
出力電圧：DC225～700V  
出力電流：10A～800A



- 安全面を最重視し、CHAdeMOプロトコルに準拠した超急速充電器を設置
- プトラジャヤ市の駅前（セントラル）に充電ステーションを設置し認知度を高めた。
- SD用はパンタグラフがバス屋根から上昇、DD用はインフラから下降

### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2017年度 SDバスによる実証項目と達成度評価

成果：計画設定した仕様については達成。なお、電池の温度管理、現地メンテナンスの重要性が判明

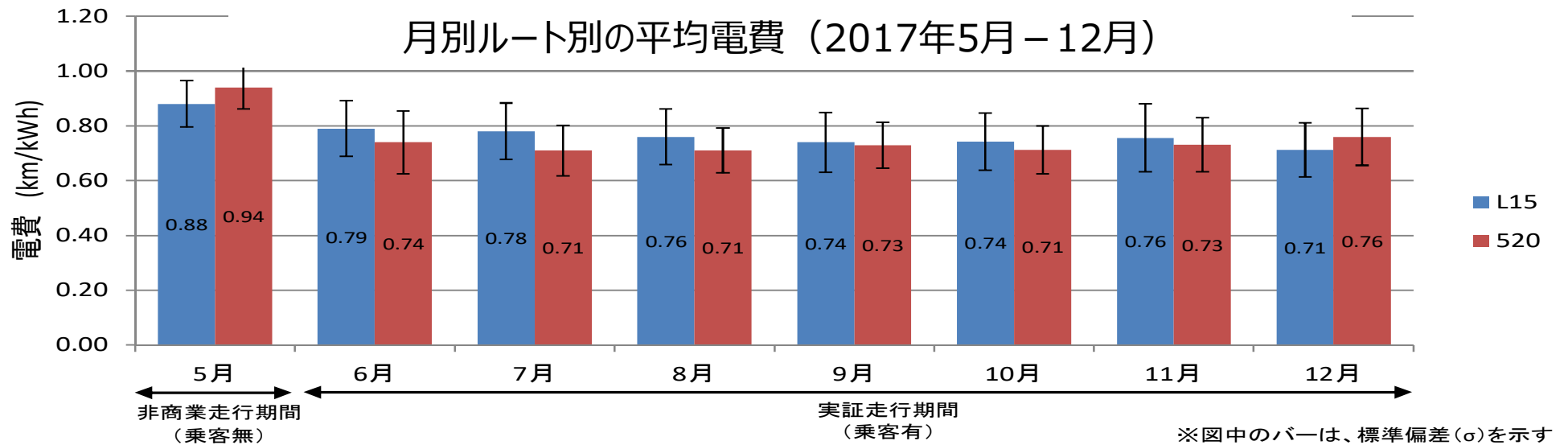
実証項目	目標	成果	達成度 (5段階)	課題
A) 10分間充電 運行のルート 走行能力	搭載電池容量で想定ルートを2周できること	電費が平均0.75km/kWhで、約23kmルートを2周走行した。	5	
B) 路線EV化による連続運転 実証	超急速充電器は1時間に4回、1日28回充電	1時間に4回充電を確認。連続充電に制約はなかった。	5	
C) 電池耐久性 実証	10年の電池寿命を目指した最適温度管理のシミュレーション	電池温度が50℃に達し易く、10年寿命は厳しい。	3	空冷では電池の冷却能力向上が必要であることが判明した。10年間使用する為には、平均40℃程度で運行が必須。
D) 情報システム 実証	クラウド技術による複数走行するバスの遠隔モニタリングを実施検証	バスの位置や電池温度データ等をモニタリングでき、運行管理に役立てた。	4	GUIの改善要望あり。
E) EVバス現地 普及化	現地でのメンテナンス事業化のための体制案等検討	日本製作のバスの技術移転が進まず、メンテナンス体制に課題があることが判明した。	3	メンテナンスの容易化のための設計の見直しと製作の現地化。



### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2017年度 SDバスによる走行能力・電費検証結果

- 商用運行実績（2017年6月-2018年3月）：2ルート（市内L15,都市間520）をバス8台で合計232,783km走行。1度も電欠は発生しなかった。
- 電費評価（2017年5月-2017年12月）：想定仕様 0.7km/kWhに対し、エアコン使用条件下で平均電費0.75km/kWh。



SCiB™は使えるSOC範囲が広い

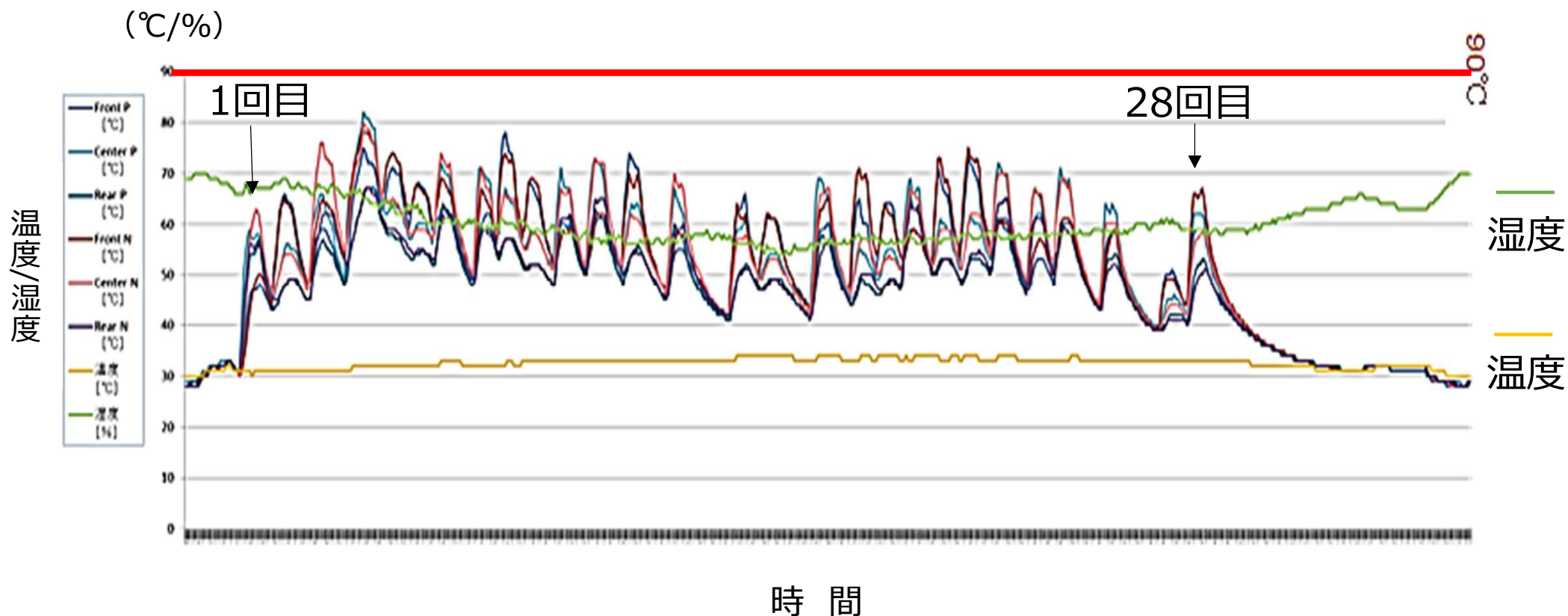
走行可能距離**58.05km** @ 0.75km/kWh

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2017年度 320kW超急速充電器による充電回数

- 目標であった4回/時間、7時間連続、1日最大28回の充電を達成
- 連続充電実施によるSQC側ドーム温度上昇は90℃以内であり、仕様（上限150℃）を大きく下回った。

1時間4回-7時間連続充電試験によるSQCパンタグラフ各部温度推移

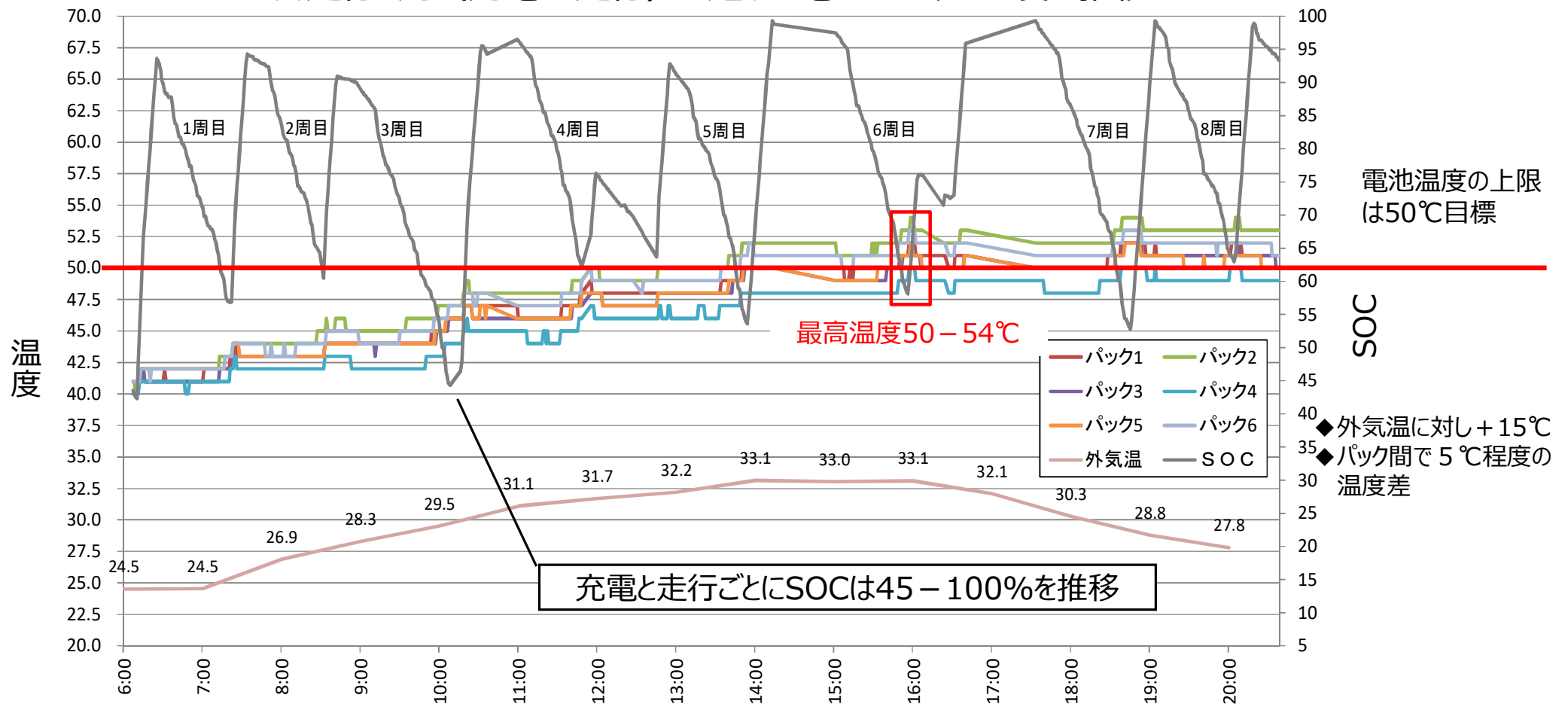


### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2017年度 SDバスの電池温度

- 急速充電での温度上昇が蓄積され、電池温度は50℃超過
- 運用で充電電流を半減させて対応することとしたが、冷却性能改善が課題と判明

1日走行8周（充電＋走行）を通じた電池6パック温度の推移



実証期間：2015-2017年度 SDバスの課題と対策

実証運行は達成、課題も明確になった

① 電池の冷却能力は空冷では不足

10分間充電  
運行継続が困難

③ 電池の水冷化による  
冷却能力UPが必要

熱による  
電池劣化の懸念

② 稼働継続には現地メンテナ  
ンスの容易化が必須

構造を簡単に

④ フル電動化

技術移転の促進

⑤ 製作・調達の現地化

⑥ 国際標準への準拠

DDフェーズで対策、普及展開力を高める

### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスによる実証項目と達成度評価

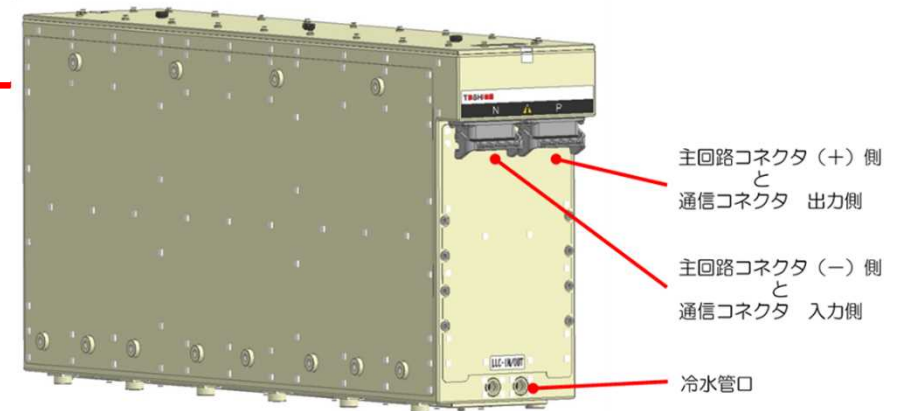
**成果：当初目標に加え、SD課題であった電池温度上昇を電池水冷化で解決。  
電動部品化、国際標準化による製作、リモートでの組立。調達の現地化が達成。**

実証項目	目標	成果	達成度 (5段階)	備考
A) 最適容量の電池搭載量の検討と走行性能	電池搭載の最適化、設定した走行性能(電費、最高速度、登坂性能)の達成	設定値の電費0.4Km/kWh、最高速度80km/h、登坂性能20%を達成。	5	
B) DDバス用充電方式の開発と実証	480kWの出力実証、パンタ温度の検証	連続480kW出力を確認。パンタ温度上昇も仕様内（上限160℃に対して100℃以下）。	5	
C) クラウドと接続したEVバスシステム	ビッグデータ分析を通じてメンテナンスアクションに繋げる	バス・充電器のデータを自動でグラフ化することで、解析、管理を容易にした。 またSDで改善要望のあったGUIを改善した。	5	運行台数が増えるほど運用の低コスト化が図れる。
D) レスキューバスの実証	電欠時にバスtoバスで給電する	SOC 90%で出発、想定20km離れた電欠バスに対して帰還できる電力を給電出来た。	5	

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスによる電池の水冷化にともなう冷却機能の強化

- 電池長寿命化の観点から、電池温度目標を50°C以下とした。
- 冷却方式を空冷式から水冷式に変更し、さらにチラーを搭載し冷却機能を強化。
- 10分間の超急速充電後も電池温度は40°C以下を維持。SDからの大きな改善を確認。

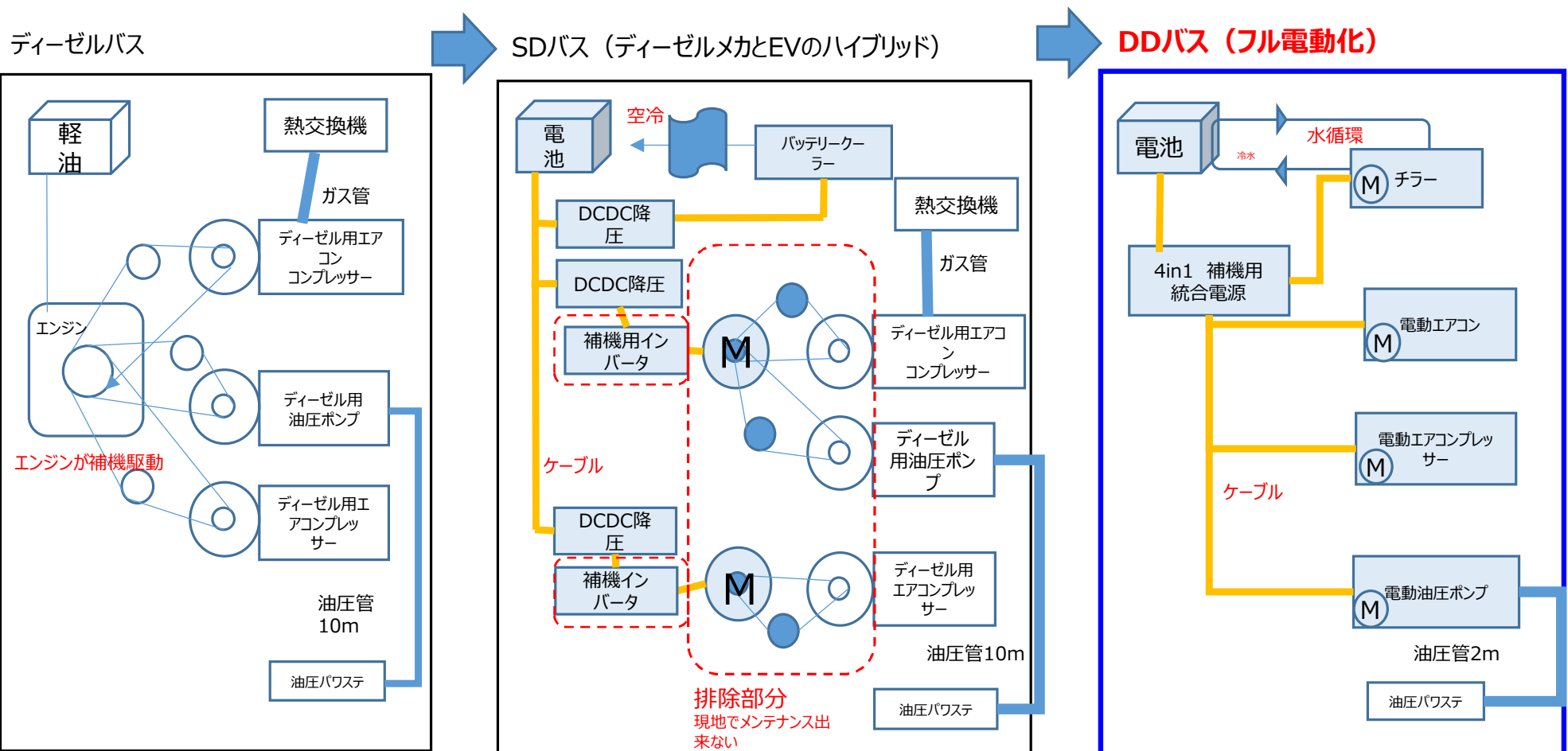


水冷式電池パックユニット外観

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスによる補機の電動化

- 日本のEVバスでも実現していないエンジンベルトドライブの補機のフル電動化
- メカ調整分が激減し、保守性、省スペース、省電力化、制御性が向上



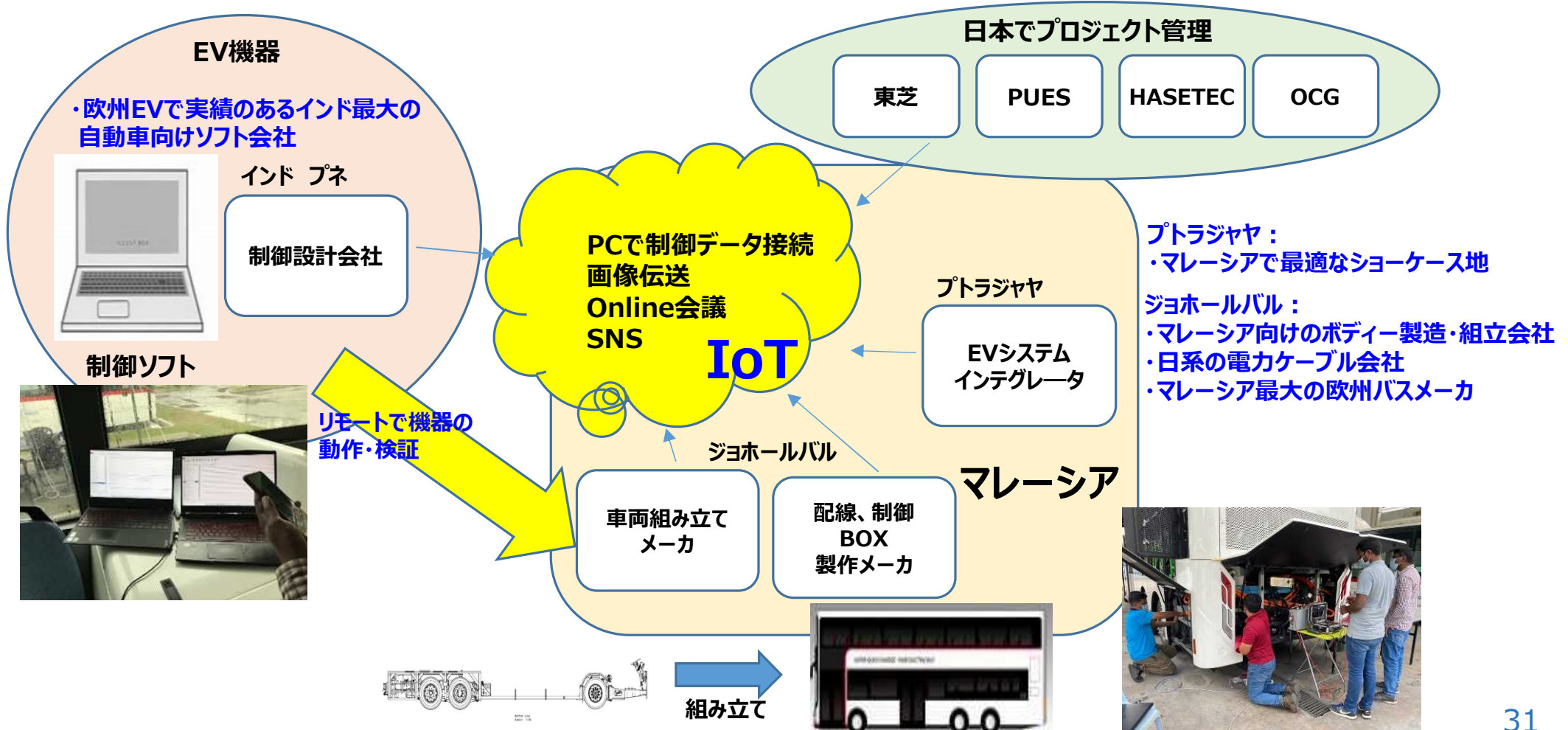
ベルト駆動部分があると、張力調整に外部フレーム含めディーゼルのノウハウも必要、設置スペースの制約を受ける。

電動部品は配線するだけで良く、配置制約がなく、調整もデジタル的となった。また、データ収集の領域が広がる。

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスのリモートによる製作体制の構築及び組立

- 2020年初頭より、COVID-19の影響を受け、マレーシアへの渡航が不可。  
DDバスの組み立てについては、マレーシア・日本・インドを結びリモート製作体制を構築し対応。
- 世界でも稀なりモートによるバス開発・製造・評価。
- リモート開発体制は将来の国際分業モデルに活かせる。





実証期間：2018-2021年度 DDバスの国際標準化開発

#### DD設計では、海外展開が出来るよう国際規格への対応を図った

##### ✓ AUTOSAR準拠

設計手法、プログラム、定義に関し、国際標準であるAUTOSAR準拠とし、**設計文書も英語化**。  
**モデルベース開発でECUの早期開発**が可能となった。

##### ✓ 機能安全設計 (ISO26262)

3.5トン以上のバス・トラックにも機能安全規格 (Second Edition) が2018年に制定され、2020年以降を目指すなら対応が必要と判断、機能安全対応ECUを新規開発した。

\* 上記二つはインドの制御ソフトハウスとの協力で実現した

##### ✓ パンタグラフ充電： 欧州規格へのハードウェア互換

欧州でトラック・バス用パンタグラフ充電の標準化の動きがあり (OPPCHARGE規格)、グローバルなパンタグラフ充電器メーカーが製品化していた。

本実証での安全プロトコルはCHAdeMOを採用した上で、DDにおけるパンタグラフの設置場所はOPPCHARGEと同じ**前輪上方**とした。

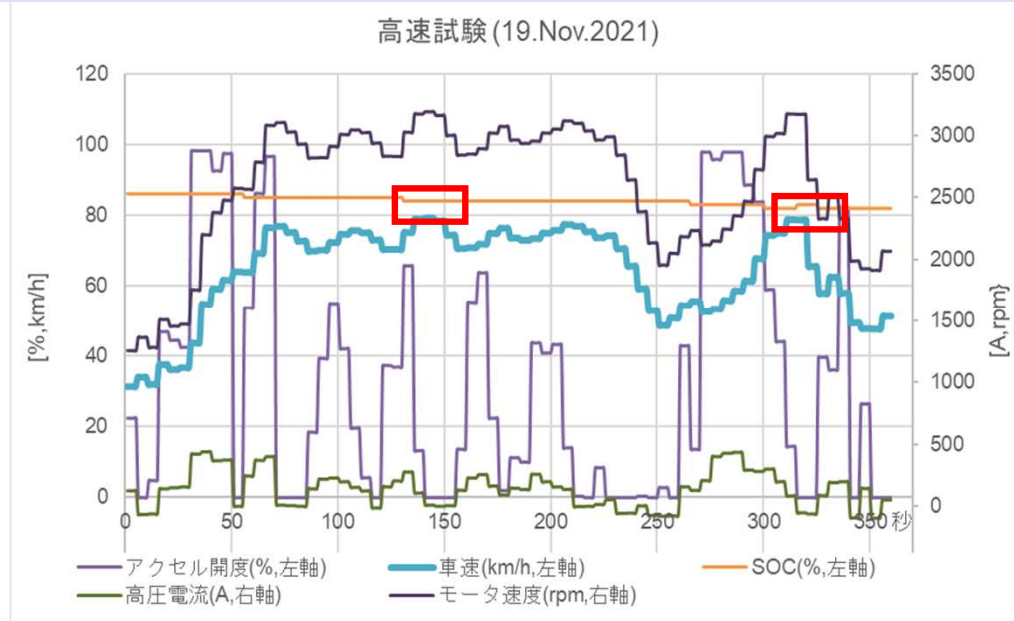


# 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義



**実証期間：2018-2021年度 DDバスの走行性能**

## 走行性能として設定した最高速度80km/h、登坂性能20%を達成



**高速試験 (80 km/h) 目標値達成**

公共バスは通常最高速度60km/h



**登坂試験 (20%可能) 目標値達成**

斜度13度 (23%) の上り坂で、17.5(kph/s<sup>2</sup>)の加速度を確認、20%登坂能力可能とした。

**搭載電池容量 177kWh**

使わないSOC (10%) 17.7kWh	走行用エネルギー 159.3kWh
--------------------------	----------------------

SCiBは使えるSOC範囲が広い

**走行可能距離63.72km @ 0.4km/kWh**

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

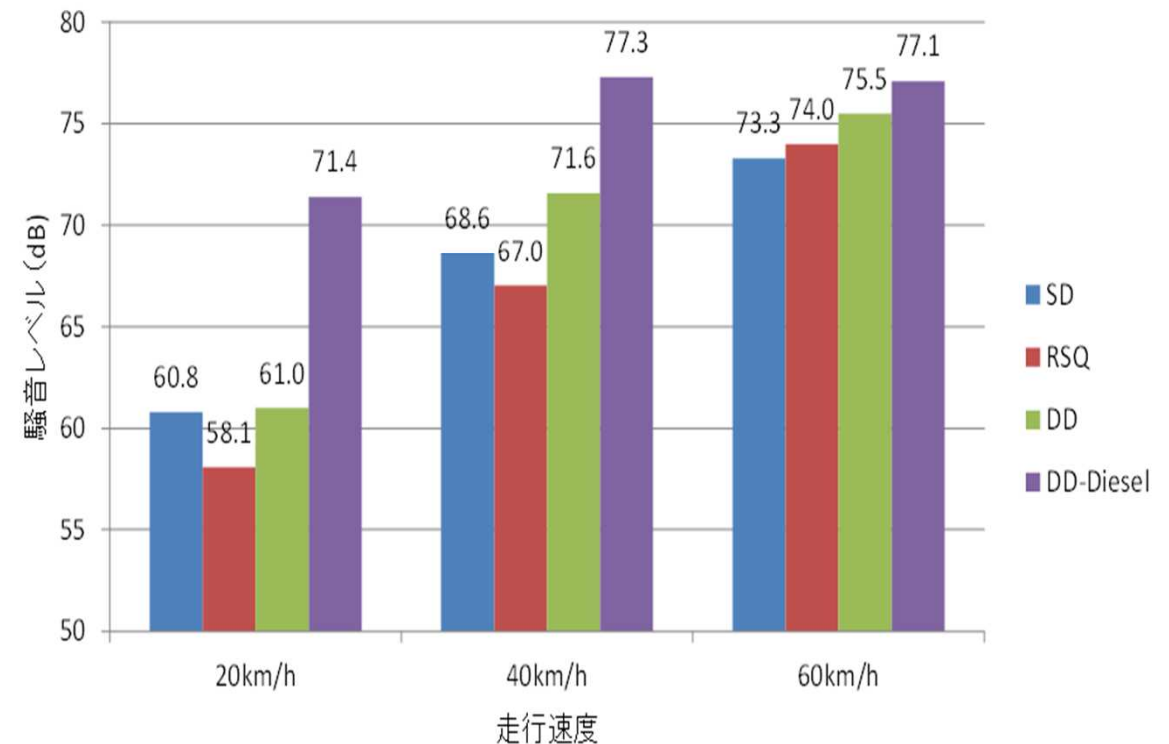
実証期間：2018-2021年度 DDバスの騒音レベル性能検証

- 公共バスは低速運行が主体、かつ停留所で停車、待機することが多く、低速時の静粛効果が高いことには大きなメリット
- ほぼ同サイズのDDEVバスとDDディーゼルバスの騒音レベルを計測し、EVに期待される静粛性を確認（ただし高速運行時はタイヤ音が支配的になり、ディーゼル車との騒音差は縮小）

マレーシア工科大学の協力で測定



騒音レベルの比較

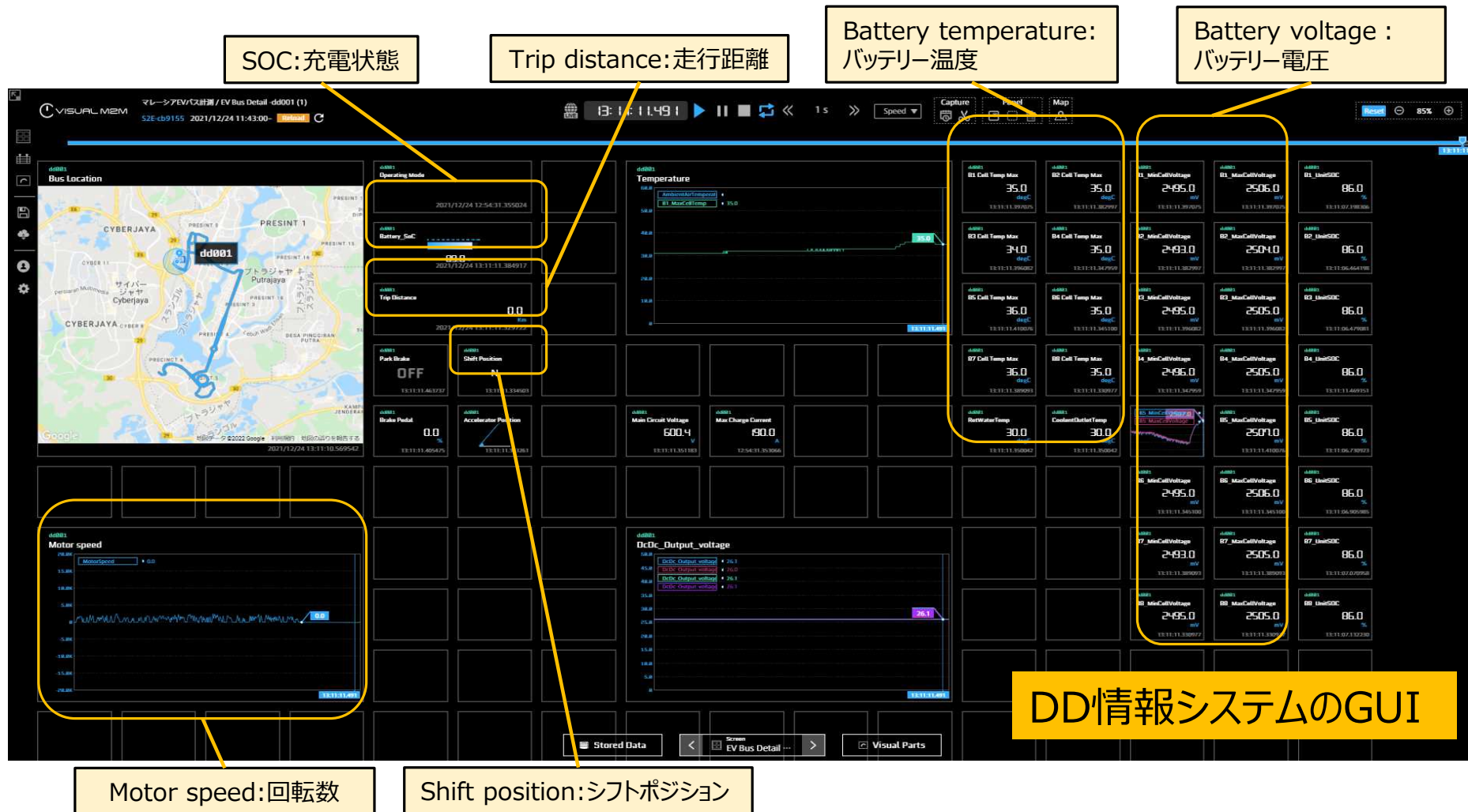


※SDとRSQの騒音レベルも計測。SD第2世代としてのRSQの静粛性改善（低速時）を確認

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスの情報システム整備①

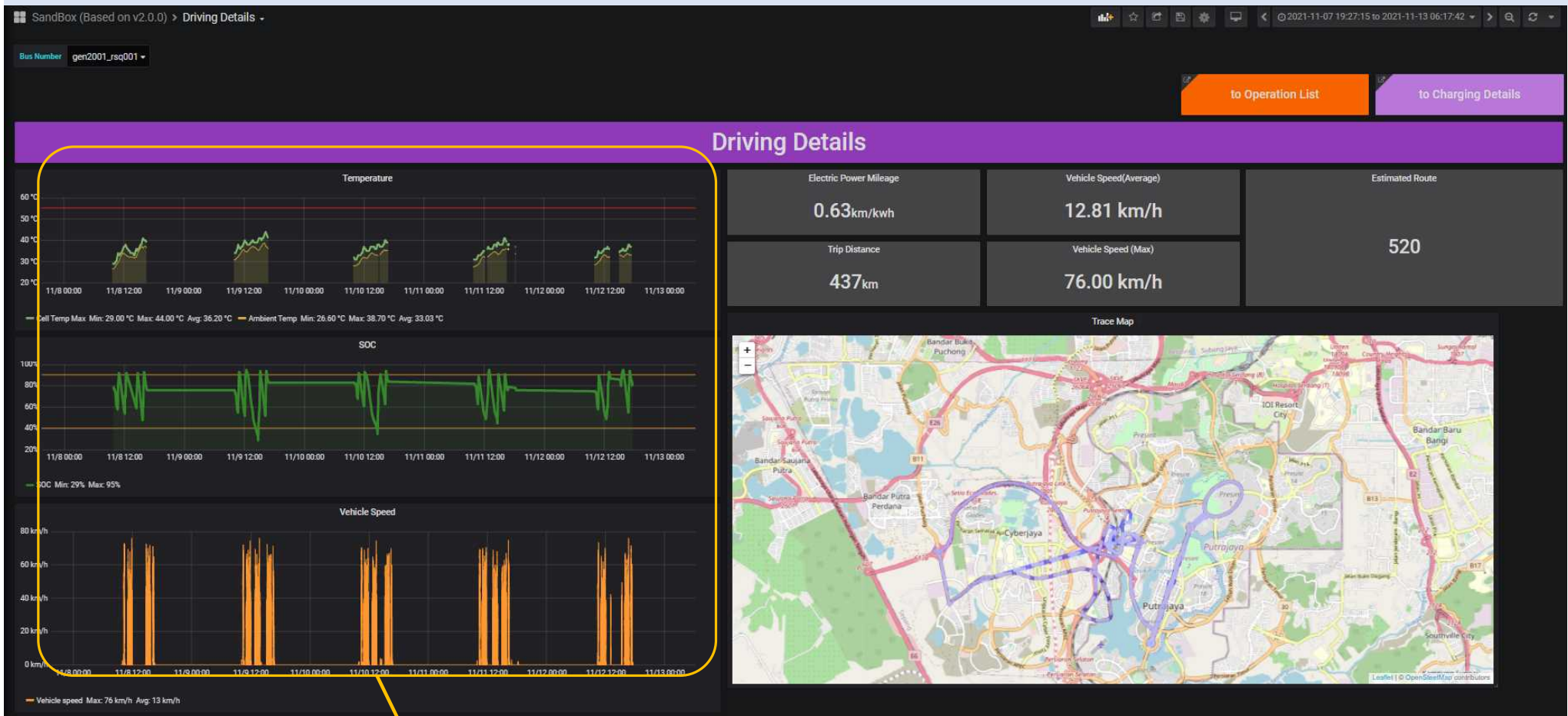
- バス、充電器の稼働状況、ルート上のバス位置、電池残量や電池温度、エラー情報などをリアルタイムで監視、モニター表示が可能となり運行管理やメンテナンスが容易になった。
- 上記に加え、コロナ禍でのリモート開発、実証データ取得に威力を発揮した。



### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスの情報システム整備②

バス、充電器の稼働データを全期間に亘って蓄積し、ツールで自動グラフ化することで運行データ、電池温度、充電電流などの解析を容易にし、予防保全に役立てることを目指している。

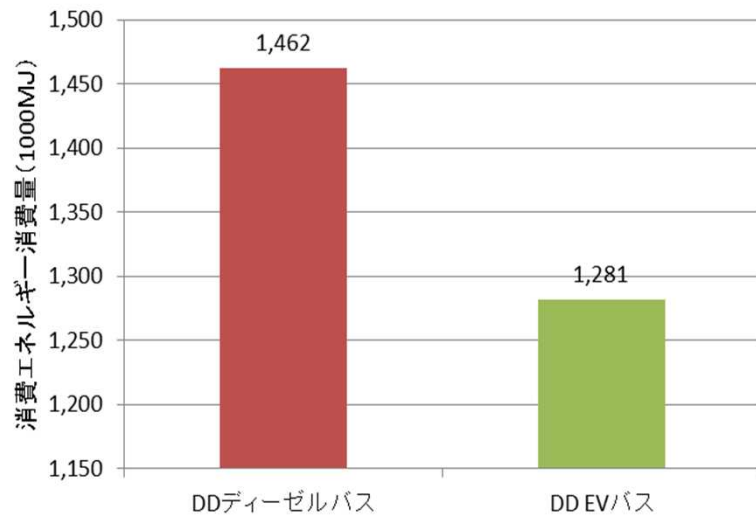


### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

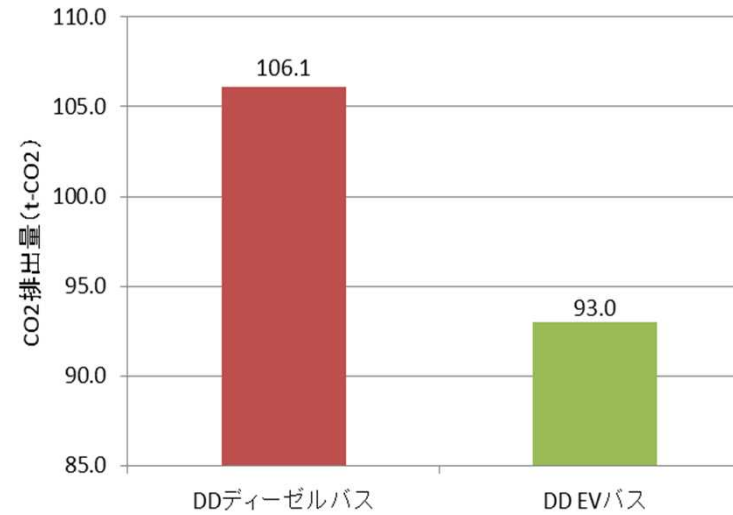
**実証期間：2018-2021年度 DDバスによる省エネ・GHG削減効果**

**ディーゼルに比べ、エネルギー消費、CO2排出とも12%減。NOx、SOx はゼロ化。**

バス一台あたりの年間消費エネルギーの比較



バス一台あたりの年間CO2排出量の比較



項目	単位	DDディーゼルバス	DD-EVバス	摘要
年間走行距離	km	63,000	63,000	30km/回×7回/日×300日
燃料消費量	Unit/km	0.65 L/km	2.27 kWh/km	DD-EVバスは実績値、DDディーゼルバスは、SDバスの1.3倍とした。
燃料消費量	Unit	40,950 L	143,010 kWh	
単位熱量	MJ/unit	35.7 MJ/L	8.96 MJ/kWh	ディーゼルバス、EVバスは、National Energy Balance 2018をもとに換算
バス1台当たりの年間消費エネルギー量	MJ (mega joule)	1,461,915 (180,545)	1,281,370	( )はEVバスに代替された場合の削減量を示す
バス1台当たりの年間CO2排出量	t-CO2	106.1 (13.1)	93.0	( )はEVバスに代替された場合の削減量を示す

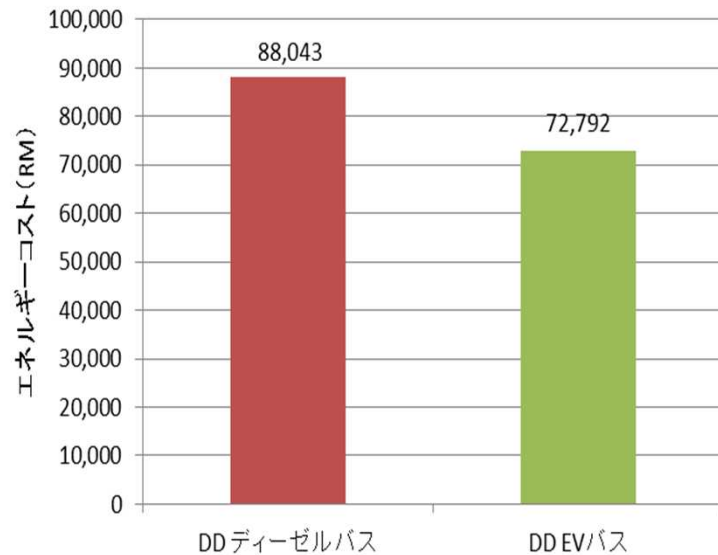
### 3. 実証事業成果（1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2018-2021年度 DDバスの事業採算性

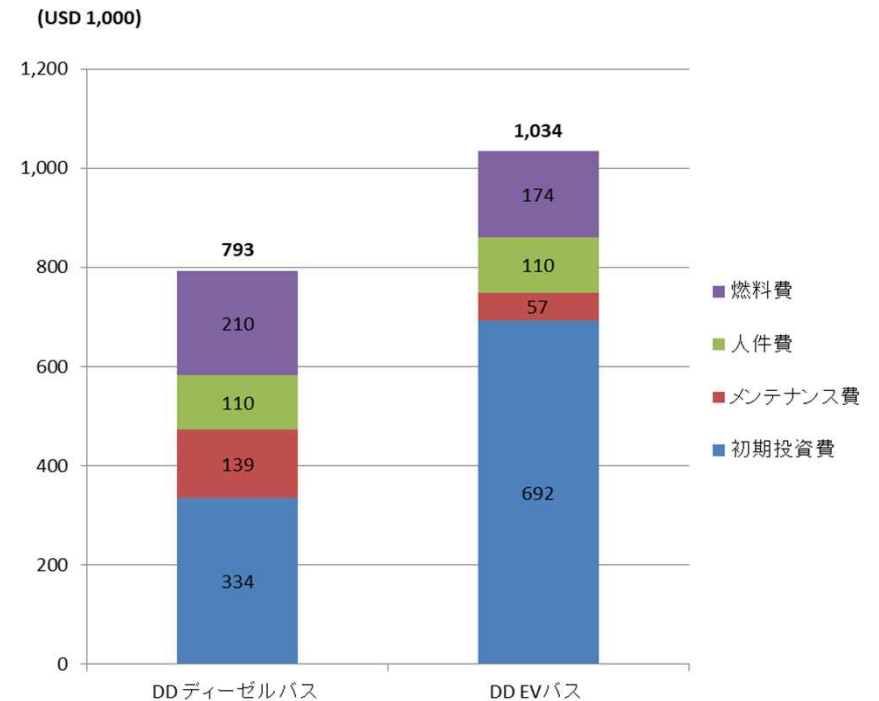
マレーシアでは燃料コストが低く、EVの優位性が低いことから、EV推進策の一環として政府補助金が検討されている。政府政策とあわせて、現地量産化による価格競争力強化を図る。

年間エネルギーコスト試算

項目	単位	DDディーゼルバス	DD-EVバス
想定年間走行距離	Km/年	63,000km/年 (30km/回×7回/日×300日)	
燃料消費率	Unit/km	0.65 L/km	2.27 kWh/km
燃料消費量	Unit	40,950 L	43,010 kWh
燃料単価	RM/unit	2.15 RM/L	0.509 RM/kWh
エネルギーコスト	RM/年	88,043 RM	72,792 RM



ライフサイクルコスト試算（10年）



通常、EVは燃料価格差で初期投資費を回収する。  
 (シンガポールの場合は燃料費は約3倍、香港の場合は約5倍であり、このようなDD大国ではメリットあり)

マレーシアでは燃料価格が安く設定されており、EVのメリットは出にくい (軽油約60円/L)

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2021年度 プロジェクト実行イベント



充電ステーション掘入れ式



SD試験前のお披露目式



SD運行開始式



ハリヤ明け首相オープンハウス送迎



譲渡したDDバスに乗車するプトラジャヤ市長



譲渡したDDバスと充電器

プトラジャヤ市とともに様々なアウトリーチ活動に資するイベントを実施し、  
グリーンシティ・プトラジャヤ+低炭素モビリティを発信



### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2021年度 セミナー・展示会への参加



マレーシアMOT主催セミナーでの紹介



ハワイにおけるNEDO主催セミナーでの紹介



InvestKLでナジブ首相に説明



TPB2030展示会の様子



TPB2030展示会での首相説明



イスカンダルでのバス展示会の様子

国内外のセミナーや展示会に参加し、提案技術を積極的に紹介。

### 3. 実証事業成果 (1) 事業内容・計画の達成状況と成果の意義

実証期間：2015-2021年度 事業化活動・メディア活動



Rapid KLバスとの意見交換会



シンガポールLTA視察



マハティール首相にご説明



東芝が1年間全国放送したTV広告



マレーシアでのTVニュース（副大臣とともにPutra-NEDOバスがテレビに登場）



主要な交通事業者と意見交換・事業化検討をすすめつつ、国のトップに提案技術をPR

1. 事業の位置付け・必要性（NEDO）
  - （1）事業の意義
  - （2）政策的必要性
  - （3）NEDO関与の必要性
2. 実証事業マネジメント（NEDO）
  - （1）相手国との関係構築の妥当性
  - （2）実施体制の妥当性
  - （3）事業内容・計画の妥当性
3. 実証事業成果（事業者）
  - （1）事業内容・計画の達成状況と成果の意義
4. **事業成果の普及可能性（事業者）**
  - （1）**事業成果の競争力【一部非公開】**
  - （2）**普及体制【一部非公開】**
  - （3）**ビジネスモデル【一部非公開】**
  - （4）**政策形成・支援措置**
  - （5）**対象国・地域又は日本への波及効果の可能性【一部非公開】**

## 4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力

### 夜間充電方式に対する超急速充電方式の強み・メリット

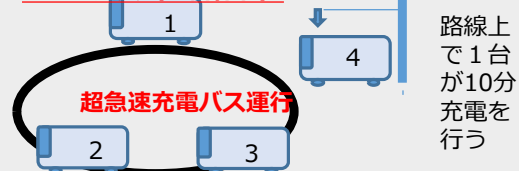
- ・超急速充電方式は、ライフタイムで大量の電池を必要とせず、電池材料資源の枯渇や大量廃棄等の環境リスクを勘案すると、提案技術に優位性がある。
- ・本実証を通じて、多頻度超急速充電が実用的であることが判明した。夜間充電に比べての強みを生かすことにより、トータルコストで優位に立てる。

(参考)10年間のバス運行で必要とされる電池の量 超急速充電方式を **1** とした場合

	超急速充電 (SCiB使用)	夜間充電 (通常のリチウムイオン電池使用)	理由
バス1台への搭載量	<b>1</b> (<90kWh)	<b>3</b> (>270kWh)	夜間充電は大量電池で走行距離を確保 超急速充電は、多頻度充電することで電池容量が少なく済む
1周回路線での必要量	<b>1</b> (バス4台/h)	<b>1.5</b> (バス6台 = 3台/h × 2シフト)	60分ルート (約30kWh) を20分間隔で終日 (200km以上) 運行する場合、夜間充電 (100km+) は3台/h投入、2シフトが必要となる。
10年で必要とされる量	<b>1</b> (電池寿命10年)	<b>2</b> (電池寿命5年)	多頻度充電に強いSCiBの長寿命特性による。
掛けた総量	<b>1</b>	<b>9</b> (3 × 1.5 × 2)	

10年で1/9の電池容量で済む

NEDOバス (4台体制)



夜間充電バス6台体制



## 4. 事業成果の普及可能性 (1) 事業成果の競争力

### CHAdeMOプロトコルベースの超急速充電（大電力充電）の実用性

- CHAdeMOプロトコルベースの大電力充電（320kW/480kW）の実用性を確認できた。
- 運行事業者にとっては充電方式の汎用性・安全性が導入条件として重要。

パンタグラフでは、物理接続するピンは4つしかない（P、N、GND、CP）。

- 他の4つの制御信号は、CPを使用し多重化にて送受信。（CHAdeMOプロトコル準拠）
- CAN信号通信はワイヤレス（Bluetooth）で行った。

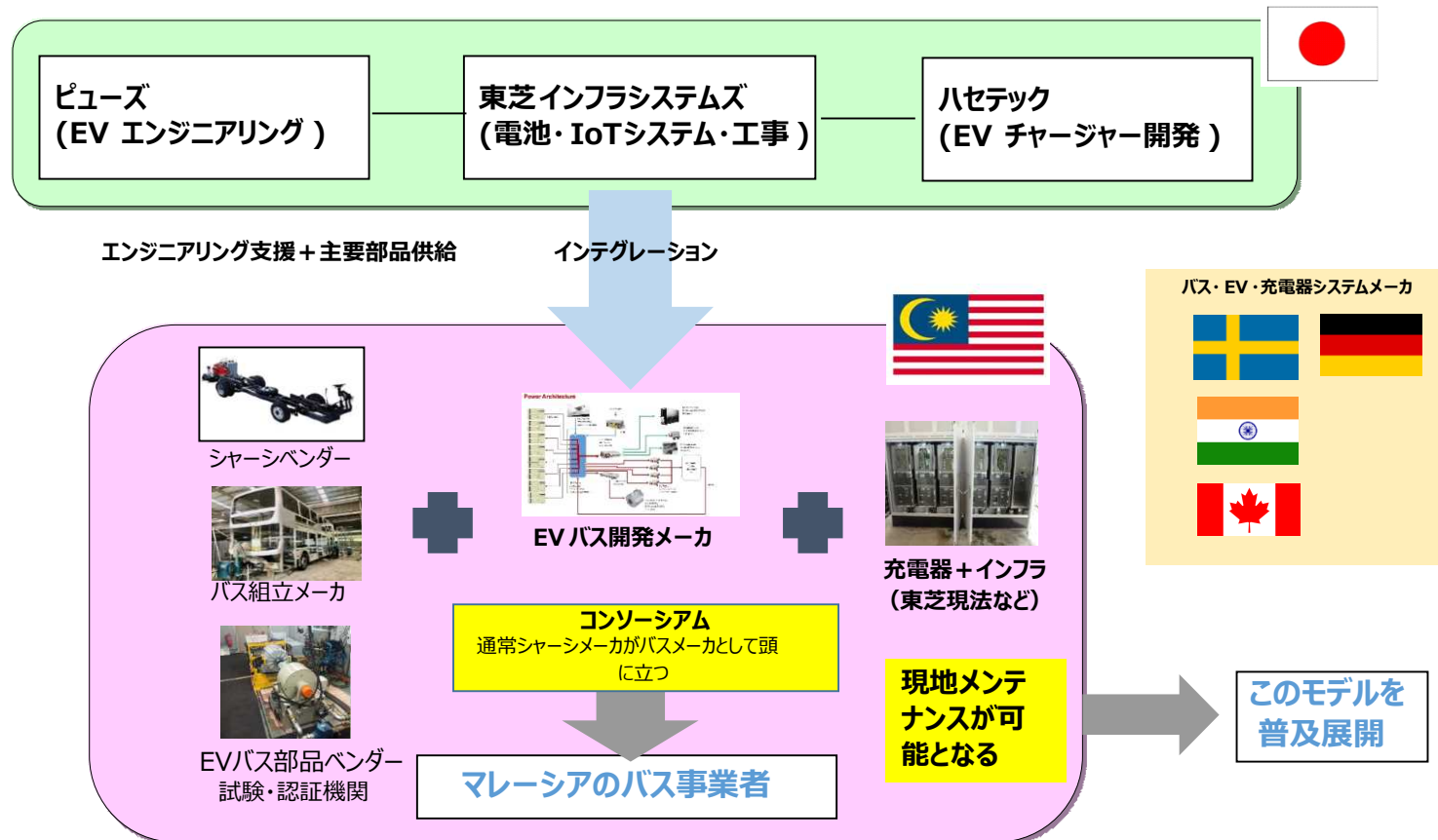
安全性ではCANを使っているCHAdeMOがPLCのCCSより車両との親和性が高いことから本PJに採用した。

CHAdeMO inlet		Pantograph		
Pin number	Terminal name	Pin symbol	Terminal name	Remarks
①	Protective conductor	c	Protective Earth (PE)	
②	Charge sequence signal 1	b	Control Pilot (CP)	
⑩	Charge sequence signal 2			
④	Vehicle charge permission			
⑦	Connector proximity detection			
⑤	DC output N	d	Negative Pole	
⑥	DC output P	a	Positive Pole	
⑧	CAN-High	-	-	Bluetooth
⑨	CAN-Low	-	-	Bluetooth
③	-	-	-	

Intersection viewed from the vehicle inlet

## 本実証を通じて確立した生産アライアンス体制モデル

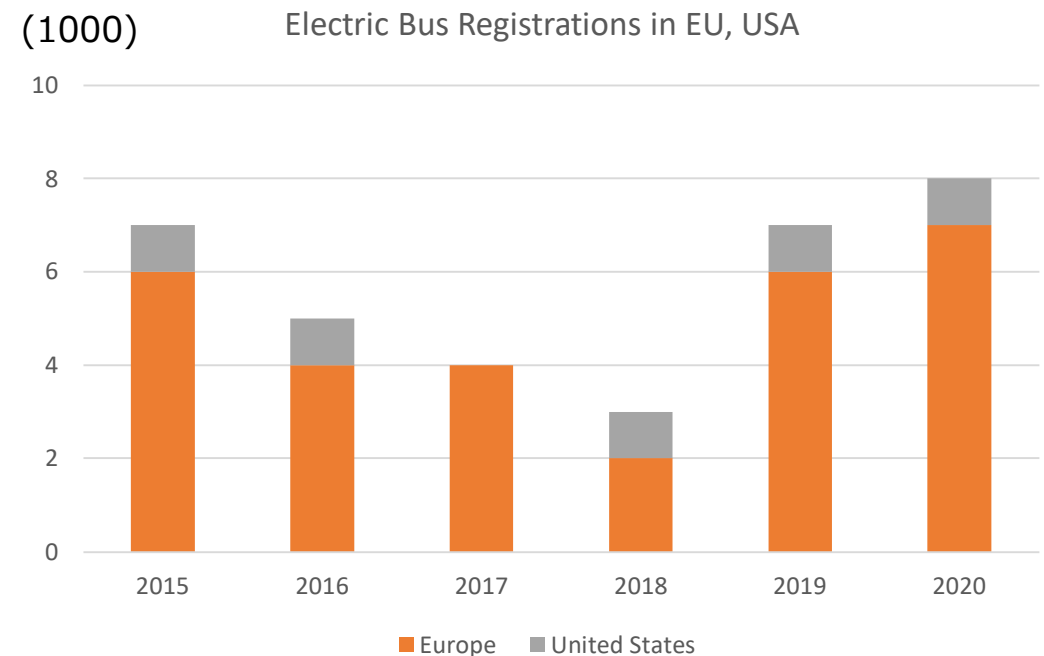
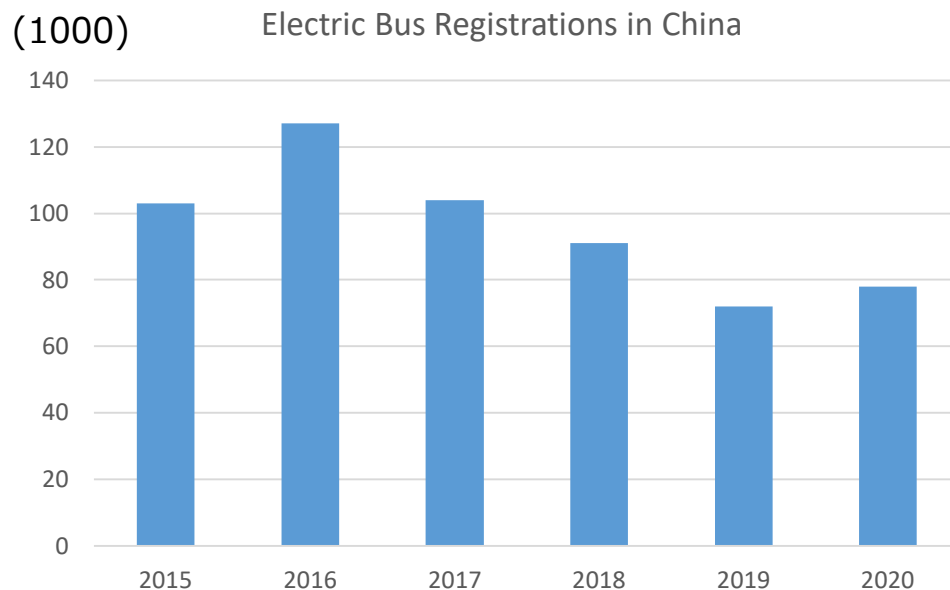
- ・完成バス輸入を規制する国・地域が多い（関税、輸入ライセンス、ローカルコンテンツ利用等）  
⇒公共バスは地産地消型であり、メンテナンス体制をもった現地バスメーカーを立てたCKD生産モデルが有効
- ・本実証におけるリモートでの開発実績から、国を超えたパートナーとアライアンス体制構築が重要である。それにより競争力のある開発に繋がることが期待できる。



## 世界のEVバスをめぐる動向

- 有力バス・トラックメーカーの自主開発に依存するだけでは限界。
- 中国では国策としてEV政策を強力に進めた結果、圧倒的なポジションを得た。
- 欧州では国を越えてオペレータ、自工協会、自治体、車両メーカー、充電器メーカー、電力会社の連携でオープンに進めた。このEU的合意形成の仕組みが欧州の強み。  
⇒EU各国での共通化の必要性が、そのまま世界の標準化に繋がる優位点を狙っている。  
⇒大都市の「化石燃料車は将来、街に入れない宣言」で、欧州を中心として車両メーカーも動き始めた。

EVバス市場における中国の存在感は大きいですが、EUはじめ、その他の地域においても、EVバスの販売・登録が拡大中



出典：IEA, World EV Outlook 2021

### EVバス導入に対するマレーシアにおける動向

- ・2030年に向けてEVバス導入拡大を進める方針（10,000台目標）が打ち出されている。
- ・本実証成果をもとに、政府関係機関、自治体、交通事業者に対するプロポーシオンを継続する。

EVバス製造者/サプライヤー	導入場所	台数	導入年
BYD	クアラルンプール (Sunway BRT)	15	2015
Sunwin	マラッカ	2	2015
DEFTECH	プトラジャヤ (Putra-NEDO)	10	2017
Sync R&D			
Go Auto Manufacturing/ Higer Bus Company	ジョホールUTM, UNITEN (大学構内)	4	2018
Foshan Feichi Automobile Manufacturing	サラワク	1	2019
CRRC Zhejiang (Gemilang)	サラワク	4	2021
HMH Electric Transport	ジョホール (BRTモデル事業)	デモ	2021
Edison Motors	ジョホール (BRTモデル事業)	デモ	2021
Wise Star Group/ Shenzen Skywell	ジョホール (BRTモデル事業)	デモ	2021
WSH Automotive	マラッカ	予定	2022
SKS Bus Group	クアラルンプール (GoKL)	予定	2021-2024

出典：本事業体調査による



### マレーシアをはじめとする各国の政策実現に貢献

- EV製造・稼働を通じてのCO2排出量は、国の発電状況（電源構成）に左右されるものの、ガソリン車よりも抑えられると試算されている。
- マレーシアでは、低炭素モビリティ計画（Low Carbon Mobility Blueprint : LCMB）において、EV、EVバス、EV2輪車導入推進による効果として、2030年に省エネ2,000.58ktoe, GHG排出削減2.83 million CO2t と試算している。
- 提案するEVバスシステムの普及は、マレーシア及び日本におけるバスを含む大型車の電動化施策に合致し、エネルギー問題、二酸化炭素排出削減、雇用を含む産業振興、人材育成等への貢献が期待できる。

マレーシアにおけるLow Carbon Mobility Blueprintと2030年にむけたEVバス導入目標案

Existing	National target for EV bus adoption		
2021	2020-2022	2023-2025	2026-2030
35 e-bus	500 e-bus	2000 e-bus	7,500 e-bus

出典：MGTCCC

日本における「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」における大型車の電動化目標

8トン超の大型の車については、貨物・旅客事業等の商用用途に適する電動車の開発・利用促進に向けた技術実証を進めつつ、2020年代に5,000台の先行導入を目指すとともに、水素や合成燃料等の価格低減に向けた技術開発・普及の取組の進捗も踏まえ、2030年までに、2040年の電動車の普及目標を設定する。

## 目的

- 夜間充電よりも短距離循環バス向きである**多頻度超急速充電コンセプト**が、1日200km以上の短距離循環バスで十分実用性があることを検証する
- 実証ではEVバスの**走行能力、車両法規、道路法規、熱帯環境への適合可能性**を評価し、マレーシアおよびASEAN地域で**EVバスシステムの広域展開モデルを構築する**

## 成果

### マレーシアにおける超急速充電EVバス運行システムの導入と目標性能の達成

- 成果 1. 日本からのディーゼル改造型完成車輸入→マレーシア国産全電動化バスとして設計製造し運行させた
- 成果 2. 夜間充電EVバスに対して、10分間充電による運行車両台数の削減、電池廃棄量削減、急速充電時の安全性確保を達成した

### マレーシア及びASEAN地域で事業展開するためのビジネスモデル構築

- 成果 3. バスメーカー依存ではなく、国際標準ベースのVCU制御ソフトウェアと設計、流通市場からの電子部品調達、OEM組立て企業への製造委託で、構造がシンプルで故障しにくく、メンテナンスも現地対応可能なバスを実現
- 成果 4. 全電動化で入札できる体制を築いた
- 成果 5. PPJで10分間給電の優位性を実証し、その結果をアピールして、マレーシア国内或いは東南アジア都市での普及展開の足がかりを作った



プトラジャヤ市への譲渡式



ダブルデッカーバスと超急速充電器



レスキューバス



プトラジャヤ市庁前での集合写真

プトラジャヤ市内を走るコミュニティバスの導入計画など本プロジェクトをベースにした量産化EVバス導入の可能性についても今後協議を進めていく。