

(1)課題概要

①【概要・目的】

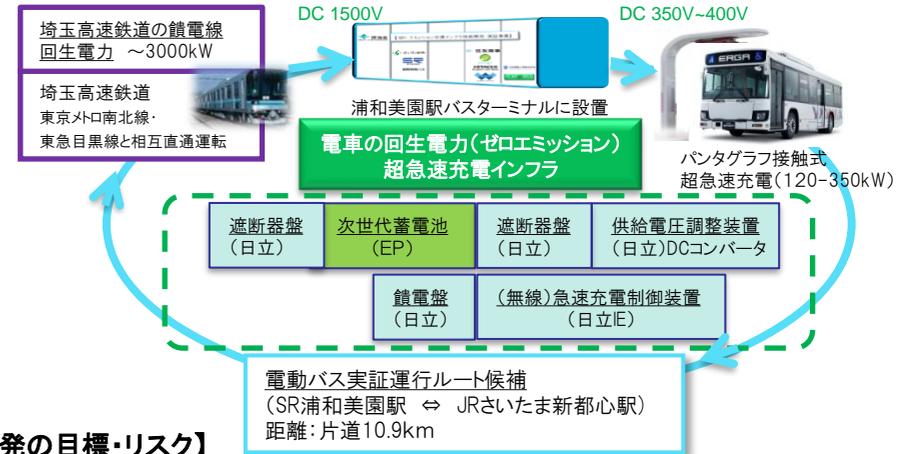
従来、未利用の電車の回生電力（直流3000kWの為、リチウムイオン電池は技術的に一部回収しかできない）全量を回収できる次世代蓄電池を開発し、パンタグラフ接触式により電動バスに5分以内で超急速充電（120～350kW）可能なシステムを構築する。このため、さいたま市で従来のディーゼルバスと同等の稼働率を確保したゼロエミッション地域公共交通インフラとして実証する。関連する課題は、「電動のトラック・バス等の普及拡大に繋がる充電設備や、駆動装置・システム及びそれらを搭載した車両の開発・実証」に該当し、「早期実用化が期待できる金属又は有機物等を用いた次世代蓄電池の開発・実証」にも関連する為、政策的意義は高い。

②【技術開発の内容】

	開発要素
A1	<p><b>【電車の回生電力の受電システムの開発】</b>                      ・課題：電車の饋電線から回生電力を効率的かつ安全に回収し、鉄道への供給が可能なシステムの開発。</p> <p>・取組進捗：システム連携試験にて、機器操作・保護連動面で設備性能が十分であること、鉄道事業法の安全基準に準拠した運用が可能であることを確認。（実用化レベルに到達）</p>
A2	<p><b>【次世代蓄電池システムの開発】</b>                      ・課題：フローティング充電と超急速充放電が可能で、かつ未利用の回生電力を全量回収可能な蓄電池の開発。</p> <p>・取組進捗：システム連携試験にて蓄電池の性能、安全性と保護連動性を確認。コロナ禍作業中断時に機能不全が発生し、原因分析と課題・対策の整理を確認。（実用化レベルへの到達時期未定）</p>
A3	<p><b>【超急速充電（パンタグラフ接触式）制御システムの開発】</b>                      ・課題：パンタグラフ接触式による120kW～350kW 充電及び制御が可能な充電制御システムの実現。</p> <p>・取組進捗：システム連携試験にて、電動バスへの充電がシーケンス通りに機能・動作すること、鉄道指令所からも電動バス充電状況を監視できることを確認。（実用化レベルに到達）</p>
A4	<p><b>【電動バス（パンタグラフ接触式）の製作】</b></p>
A5	<p><b>【回生電力や電動バスのCO2削減効果の評価・検証】</b></p>
A6	<p><b>【ゼロエミッション交通インフラの事業化】</b></p>

③【システム構成】

埼玉高速鉄道（SR）浦和美園駅・バスターミナルでの実証システムイメージ



④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値： 鉄道事業者及びバス事業者・省エネルギー

○目標となる仕様及び性能

- ・地域公共交通インフラとして事業展開を開始できることを目標とし、事業終了時点で以下の項目を完了することを目指す。
- ・電動バスに5分以内で充電できる超急速充電（120～350kW）システムの開発
- ・電車の回生電力を全量回収できる次世代蓄電池の開発
- ・鉄道事業者の実運行時の省エネルギー・メリットを実証において定量的に把握することにより、他の鉄道事業者にも事業展開できる技術評価
- ・鉄道システムに繋ぐに足る仕様を備えた次世代蓄電池及びそのシステムの設置・接続
- ・（電動バスで初めて）ディーゼルバスと同等の稼働率の実現性を検証し、ゼロエミッションの地域公共交通インフラ事業としての経済性評価及び事業化検討

○開発工程のリスク・対策等

- ・次世代蓄電池の製造納期（大型化/実用化の困難性）
  - ⇒ 仕様上は製造メーカーの同構造小型電池の多数設置で調整検討可能
- ・パンタグラフの調達 ⇒ 実績ある複数のパンタグラフ製造者から調達可能
- ・電動バスベース車の納期 ⇒ バス事業者が定期発注する路線バスと調整検討可能
- ・鉄道事業法・電気事業法などへの対応：
  - ⇒ 鉄道事業者と関東運輸局・関東東北産業保安監督部などに事前協議済み

## (2)実施計画等

### ①【実施体制】

#### 技術開発代表者

**住友商事株式会社** モビリティサービス事業第一部  
(ゼロエミッション公共交通インフラの事業主体)

#### 協力先

**さいたま市**  
(次世代電動バス導入施策)  
**埼玉高速鉄道**  
(回生電力・設置場所協力)  
**国際興業**  
(電動バス試験運行)

#### 外注先

**日本電設工業**  
(鉄道電気工事の実績多数)

#### 外注先

**フラットフィールド**  
(電動バス製造の実績多数)

#### 共同実施者

**株式会社日立製作所** 鉄道ビジネスユニット  
(鉄道用電気設備・充電制御システム開発)

#### 共同実施者

**株式会社EP(エクセルギー・パワー・システムズ)**  
(高効率水素製造・リバーシブル燃料電池及び次世代蓄電池の東大発ベンチャー)

#### 共同実施者

**(株)早稲田大学アカデミック・ソリューション**  
(車輛の環境調和性の評価・経済性の検討)

### ②【実施スケジュール】

実施項目	平成29年度 (2017年度)			平成30年度 (2018年度)			平成31年度 (2019年度)			令和元年度 (2020年度)		
	8'9月	10'12月	1'3月	4'6月	7'9月	10'12月	1'3月	4'6月	7'9月	10'12月	1'3月	
電車の回生電力の受電システムの据付及び試運転	饋電線電圧の実測			機器動作試験(バスへの充電)			ステージゲート試験システム稼働準備			コロナによる中断		
次世代蓄電池システムの製作・据付及び試運転	スケールダウン確認試験			次世代蓄電池の詳細設計・製作			ステージゲート試験			電池劣化分析		
超急速充電(パンタグラフ接触式)制御システムの据付及び試運転	供給電圧調整装置+HOSB盤の仕様設計・製作			機器動作試験(バスへの充電)			ステージゲート試験システム稼働準備			鉄道システムとの連携試験		
電動バス(パンタグラフ接触式)の試験走行	海外の電動バス超急速充電の導入事例調査			登録・単体性能評価			ステージゲート試験システム稼働準備			コロナによる中断		
本実証システム設置及び稼働に関わる業法、規制等への対応	鉄道事業者、国交省との協議			保安規定策定			電気事業法届出提出/受理					
回生電力や電動バスのCO2削減効果の評価・検証	機器システム設置場所の選定			システム及び電動バスの実証稼働におけるCO2削減効果の実測、詳細検証			システム全体の環境調和性評価(データ算出)			実データを使用したシステムの環境調和性評価		
ゼロエミッション交通インフラの事業化	海外における先行導入事例調査			経済合理性・技術安全性の調査、評価			国内の公共交通事業者ヒアリング調査			事業化検討		
合計(委託事業)	226,630千円			141,716千円			226,877千円					
合計(補助金所要額:1/2)	2,175千円			1,922千円			72,976千円					

### ③【事業化・普及の見込み】

#### ○事業化計画

事業化を担う主たる事業者 住友商事株式会社

#### ○事業展開における普及の見込み

- ・対象市場規模: 首都圏で57拠点 (\*)
- ・システムコスト目標: 3億円/式 (実証中コスト: 5億円/式)
- ・回収年数: 7年程度
- (\*) 目標コストに環境性・経済性を勘案して試算した結果、首都圏811駅のうち57駅が対象となる。

#### ○年度別販売見込み

#### 【提案時当初計画】

年度	2020	2025	2030
ゼロエミッション 急速充電拠点数	首都圏 3拠点	四大都市圏 20拠点	全国政令指定都市 100拠点
普及率	0.3%	1.7%	8.3%
充電インフラ・コスト (百万円/拠点)	150百万円	100百万円	50百万円
電車の回生電力 回収量(万kWh/年)	766.5 万kWh	5,110 万kWh	25,550 万kWh

#### 【現時点見込】

実証を通じて複数課題が確認されており、それらの解決目途がまだついてない現時点では具体的な導入計画の提示は不可

#### ○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・次世代蓄電池の実用化 (対策については次頁に記載)
- ・システムコストの低減
- ・鉄道回生電力の効率活用可能なエリアの限定性
- ・鉄道回生電力の鉄道外利用の是非 (鉄道用電力契約による制約の整理)

⇒ 上記、確認された課題及び障害を踏まえ、段階的な普及展開: 全ての課題解決には一定の期間を要する見込みゆえ、本実証システムモデルの要素を活かしながら、段階的な形での事業化実現を目指す。  
即ち、必ずしも100%電車回生電力に拘らず、再生可能エネルギー等の電源利用も選択肢に含め、最適な充電環境を整えることが肝要と思慮。

・補助総額(委託事業+補助事業): 672,296千円 ・総事業費: 1,815,000千円

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

##### (1) 許認可手続きの完了（業法規制下で運用可能であることの確認）

- 鉄道施設変更認可の取得  
:鉄道事業法に基づき、鉄道線に直結接続する「電車回生電力受電システム」及び「次世代蓄電池」は、鉄道設備として、関東運輸局より認可を取得。
- 自家用電気工作物使用に関する届出受理  
:電気事業法に基づき、電動バスの超急速充電システムを、自家用電気工作物として保安規定を策定、関東東北産業保安監督部より届出受理。

##### (2) トータルシステム連携試験の実施・合格

鉄道システムへの直結接続を想定した各機器を連携させた機能・安全確認試験にて、直流1500Vの電源を用いて、次世代蓄電池への充電、同電池からの電動バスのパンタグラフ超急速充電(120kW超)を実施し、合格の判定。

##### (3) 鉄道システムとの連携試験の実施・合格

実証地：浦和美園駅にて、埼玉高速鉄道(株)の制御システムとの連携試験を実施、各機器の制御信号受送信、インターロック・保護連動、電動バスのパンタグラフ充電も含めた動作連動を全て確認し、合格した。

##### (4) 次世代蓄電池の劣化分析及び実用化にむけた対策の整理

コロナ禍、2か月超の作業中断期間に一部セルが機能不全に陥った事象の原因分析を実施。非破壊検証として①0.2～1C(15～80A)での充放電試験、②最大400Aでの充放電試験、③同構造のマイクロ電池セルを用いた経時変化検証、および破壊検証として④上記マイクロ電池セルを用いた分解検査の結果、劣化原因は、長期放置に伴う負極の酸化であることを確認。

上記を踏まえ、今後次世代蓄電池の実用化に向けた対策を、以下の通り取り纏めた。

- 全電池モジュールに対して常時充電できる設備・環境整備〈過放電対策〉
- セル電位を揃えるセルバランスの導入〈セル毎の状態バラツキの防止〉
- モジュール構成するセル数の最適化、及びセル単位で交換可能な構造の検討〈メンテナンス性の向上〉

#### ②【エネルギー起源CO2削減効果】

##### 【提案時当初計画】

年度	2020	2025	2030
ゼロエミッション回生電力による電動バス充電可能台数(台)	258台	1,720台	8,599台
年間CO2削減量(t-CO2/年)	6,026t	40,170 t	200,851 t
CO2削減コスト(円/t-CO2)	7,468 円	4,979 円	2,489 円

#### 【現時点見込】

開発システム1式当たりの単年度CO2削減量		3,198 t-CO2/台・年		
開発システムの法定耐用年数		8年		
年度	2022	2023	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	3,198	9,595	63,967	182,306
累積CO2削減量(万t-CO2)	3,198	12,793	275,059	2,884,917
CO2削減コスト(円/t-CO2)	271	68	3.2	0.3

\*上記見込は、以下「事業拡大シナリオ」同様に、実証中に確認されたそれぞれの課題が2022年度までに解決できたことを想定したもの。

#### ③【成果発表状況】

- ・本実証で導入した電動バスの活用に関するプレスリリース発表  
2021年9月27日「電気バスの導入拡大と低炭素社会の実現に向けて」  
<https://www.sumitomocorp.com/ja/jp/news/release/2021/group/15110>

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○量産化・販売計画

実証を通じて確認された課題解決の目途が現時点ではついていないため、現段階での明確な計画提示は困難。

##### ○事業拡大シナリオ

環境性に事業性の検証から本実証システムの導入候補場所は57箇所(駅)と試算。実証を通じて解決すべき複数課題が確認され、当面の事業展開・計画は困難だが、各課題が解決されたことを前提とした場合の想定導入数及びCO2削減効果は以下表の通りと見込む。

項目	単位	2022年度	2023年度	2030年度	2050年度
拠点数	拠点	1	3	20	57
回収量	MWh/年	5,561	16,683	111,218	316,970
電動バス台数	台	2	6	40	114
走行距離	km/年	103,624	310,872	2,072,480	5,906,568
バス需要量	MWh/年	110	331	2,205	6,284
CO2削減量	t-CO2/年	42	127	849	2,419
電車力行需要量	MWh/年	5,451	16,352	109,013	310,686
CO2削減量	t-CO2/年	3,156	9,468	63,118	179,887
単年削減量合計	t-CO2/年	3,198	9,595	63,967	182,306
累計削減量合計	t-CO2/年	3,198	12,793	275,059	2,884,917
CO2削減コスト	円/t-CO2	271	68	3.2	0.3

#### ○シナリオ実現上の課題

P2:③の「○普及におけるリスク(課題・障害)」に記載の通り。

# ○参考資料1 CO2削減効果について

## ・CO2削減効果の計算方法 【試算パターン】 開発システムの導入量：B-a、CO2削減原単位：II-I

【概要】申請当初は回収される回生エネルギー量から走行可能な電動バスの台数を算出し、それにより代替できるディーゼルバスからの削減量としていたが、平成28年度の検討より、バスへの利用だけでなく、電車力行への利用による鉄道事業者の買電量の削減（＝省エネ）を考慮した削減効果の検討を行うこととした。浦和美園駅での試算検証に加え、令和元年度には東急電鉄三軒茶屋駅のデータを用いて、両拠点での本システム導入時のCO2削減効果を比較検証し、三軒茶屋駅では十倍以上の回生電力回収が見込めるとの結果が得られた。以下は三軒茶屋駅と同等の回生電力回収が見込まれる箇所に、実証中に確認されたそれぞれの課題が解決できたことを想定した試算値。

### ○2022年（販売開始年想定）時点の削減効果（試算方法パターン B-a, II - i）

- ・国内潜在市場規模：57セット/箇所（三軒茶屋駅と同等の導入効果が得られるとの試算に基づき推計）
- ・販売開始年度までに期待される最大普及量：1セット
- ・開発システム1セット当たりのCO2削減量：3,198t/年
- ・削減原単位： <鉄道事業者> 電車力行電力消費量：9923MWh/年/駅（三軒茶屋駅での試算）、実証システムによる省エネ率：55%（回生電力回収効率70%の前提／電動バス利用差分）  
<バス事業者> 1拠点あたり電動バス2台の電力使用量 110MWh/年（ディーゼルから転換）、CO2削減量 42t-CO2/年  
(ディーゼルバス燃費：6.3km/l／軽油排出係数：2.58kg-CO2/l／系統電力排出係数：0.579kg-CO2/kWh)
- ・累積CO2削減量：3,198t-CO2
- ・CO2削減コスト：271円/t-CO2

### ○2023年時点の削減効果（試算方法パターン B-a, II - i）

- ・国内潜在市場規模：57セット/箇所（三軒茶屋駅と同等の導入効果が得られるとの試算に基づき推計）
- ・2023年度までに期待される最大普及量：3セット
- ・開発システム1セット当たりのCO2削減量：3,198t/年
- ・削減原単位：上記(2022年)同様
- ・累積CO2削減量：12,793t-CO2
- ・CO2削減コスト：68円/t-CO2

### ○2030年時点の削減効果（試算方法パターン B-a, II - i）

- ・国内潜在市場規模：57セット/箇所（三軒茶屋駅と同等の導入効果が得られるとの試算に基づき推計）
- ・2030年度までに期待される最大普及量：20セット
- ・開発機器システム1セット当たりのCO2削減量：3,198t/年
- ・削減原単位：上記(2022年)同様
- ・累積CO2削減量：275,059 t-CO2
- ・CO2削減コスト：3.2 円/t-CO2

### ○2050年時点の削減効果（試算方法パターン B-a, II - i）

- ・国内潜在市場規模：57セット/箇所（三軒茶屋駅と同等の導入効果が得られるとの試算に基づき推計）
- ・2050年度までに期待される最大普及量：57セット
- ・開発機器システム1セット当たりのCO2削減量：3,198t/年
- ・削減原単位：上記(2022年)同様
- ・累積CO2削減量：2,884,917 t-CO2
- ・CO2削減コスト：0.3 円/t-CO2

## ○参考資料2 事業化計画について

■本実証を通じて、P2:③【事業化・普及の見込み】にて挙げたそれぞれの課題が確認され、システムとしての実用化・社会実装の目処が  
ついていないことから、今の段階で事業化に向けたロードマップの明確化は困難な状況である。判明した種々の課題は本実証の成果と捉え、  
本実証システムの今後の成否に関わらず、低炭素交通インフラの確立に向けて各関係者で推進していく所存。

### ①:ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

- ・鉄道会社において、回生電力の回収・活用は従来より一定の取り組みがなされているのが現状であり、本実証システムのような新規設備  
のニーズは費用対効果で訴求していく必要がある。CO2削減に向けた各種取り組みが進みつつある一方で、事業採算性のバランスは重要  
であり、設備インフラ整備コストの低減が課題と捉え、ESCOのようなサービス提供によりユーザーの初期導入コストを抑制できるモデルが  
考えられる。
- ・バス事業者における脱炭素に向けたニーズとして、電気バスなどの環境負荷が低い公共交通の重要性が高まっている中、具体的なアクション  
に入っているユーザは多くないが、都市部を中心に導入検討が進められている。充電インフラ・電動バスともに、やはりコストが大きな普及障害  
要因になっており、充電設備、電動バス、充電電力それぞれの側面からユーザーに対してソリューションを提供することが必要で、電車回生  
電力は選択肢の一つとして、ユーザーニーズや環境を踏まえた事業展開が肝要となる。

### ②:コスト目標と事業採算性の見通し

- ・本実証中の試算の結果、実証システムの導入費を1式3億円と想定した場合、浦和美園への導入のケースではコスト回収に数十年という見立  
てとなる一方、三軒茶屋駅への導入ケースでは7年での回収見通しとなっている。左記7年という回収期間が事業採算性の目安として妥当であ  
るとの判断に基づき、3億円をコスト目標の基準として認識。
- ・他方、導入環境によりシステム設計・工事設計ほか前提条件が異なってくる為ケースバイケースでの判断にはなるため、本実証において確認・  
整理できた各種の課題に対する各関係者との対応検討が必要となる。

## CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 5.5点 (10点満点中。(10点:特に優れている、8点:優れている、6点:問題ない、4点:多少問題がある、2点:大きな問題がある))

### ・ 評価コメント

#### [評価された点]

- これまで未利用であった鉄道車両の減速時に発生する回生電力全量を回収して蓄電し、それを電動バスの充電に利用するゼロエミッション地域公共交通インフラシステムの構想は、鉄道における省エネルギーとバスの電動化に資する可能性を示した点は評価できる。
- サブシステムとしての電車の回生電力受電システム、フローティング充放電の蓄電池システム、パンタグラフ接触式の超急速充電制御システムの開発を行い、新型コロナウイルス感染症禍にあって想定していない状況下においても蓄電池システムを除く開発目標を達成し、充電回りの基本的な動作環境の確認ができたことで、本事業の技術開発としては一定の成果が得られたものと判断できる。また、システム全体の実証試験を行わなくとも、システムを導入する際のコスト算定や投資回収期間について知見が得られたことにより、将来の事業展開において適切な導入サイトの見極めや採算検討が可能になった点も評価できる。
- 鉄道設備と自家用大容量蓄電システムとなる設備を混成したシステムの実用化へ向けて、鉄道業者との連携、必要な許認可の取得、運用面での課題の洗い出しを着実にを行うと共に、浦和美園駅での鉄道設備との連携試験を実施するなど、電車の回生電力を利用するための環境づくりに必要な手続きを明らかにした点は評価できる。

#### [今後の課題]

- 本事業の主要な課題である鉄道の回生電力を蓄電する次世代蓄電池システムの開発では、新型コロナウイルスの感染防止策に起因する長時間の充電停止状態によって進行した劣化の原因解明と、実用化に関わる課題と対策の整理が必要とされた。劣化の原因は一通り解明されたものと判断するが、実用面での対策については、設計自体の見直しや、製造方法、メンテナンス等の面でなお解決すべき課題が残っている。これらを解決した上で、回生電力を活用して電動バスを運行するコンセプトは維持しつつ、脱炭素に積極的な自治体や協業する企業の参画等の体制の組み替えも含めて、早期の事業化に向けた課題の整理と事業計画の見直しが必要である。特に蓄電池については品質や量産の面で実績のある企業との連携も検討すべきである。
- 本事業が目指す地域の公共交通インフラとして社会実装しつつCO2削減に貢献するためには、適用サイトにおけるコスト回収に数十年を要する浦和美園駅ではなく、具体例として検討したコスト回収年が短く事業性が高い三軒茶屋駅を選定し、関係者を牽引しながら得られた課題を早急に解決して具体化を進めることを期待する。

#### [その他特記事項]

- 鉄道車両の回生電力をバスの電動化に利用するというCO2削減に対する斬新な構想に対して、次世代蓄電システムの開発が未達成であったことから、鉄道からの電力回収から電動バスの運行にわたる一連の実証を行うことが出来なかったことは残念である。
- 開発技術の成果発表が企業の広報ページのみでは、対外発表の努力をしているとは評価できない。国費による技術開発・実証であり、本事業を通して得られた成果を公表する努力が必要である。

#### [事業化に向けたコメント]

- 電車の回生電力を全量回収して利用する公共交通インフラに関しては、蓄電池に関する課題が解決されておらず今後の事業化計画を明確に示せないとのことであるが、大きなCO2削減効果が期待されることから、引き続き課題解決に努め、最終目的である社会実装を実現できるよう関係者と協力して進めて行くことを要望する。
- 現状では次世蓄電池の開発に至っておらず、事業化に関しては具体的に提示できない状況である。次世代蓄電池の開発は本構想のコア技術であるため、早急に実用化に向けての見通しと適用対象の具体化を目指し、本事業におけるここまでの投資が今後どう活かされるのかについて整理することが必要である。